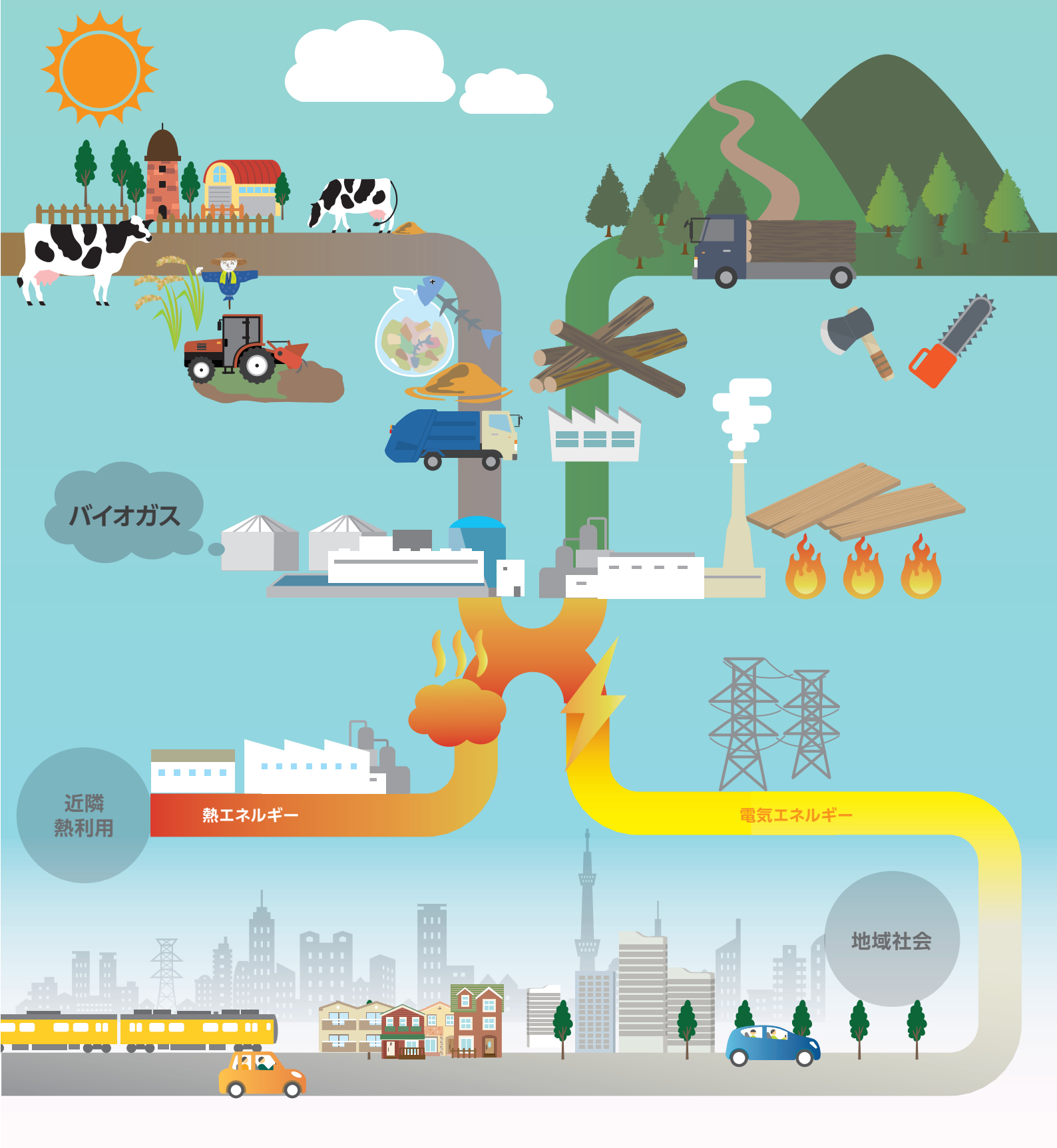


NEDOバイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業

バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針　第6版

実践編（メタン発酵系バイオマス）

国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

2022年3月 発行

はじめに

我が国では、2021 年 10 月に閣議決定された第 6 次エネルギー基本計画において、2030 年に向けて再生可能エネルギー導入量を大幅に拡大する方向性が示された。同年の電源構成のうち、再生可能エネルギーは 36～38%を賄うとされ、うちバイオマスの同年のシェアは 5%と、重要な再生可能エネルギー源としての役割を期待されている。2012 年に開始された固定価格買取制度（FIT 制度）によりバイオマスは発電利用を中心に急速に拡大し、2021 年 6 月時点で 525 万 kW の導入量となっている。

今後 FIT 制度からの自立と 2030 年目標の達成に向け、またその先も中長期的にバイオマスエネルギーが導入拡大していくためには、エネルギーのコストを他の電源と比較して競争力ある水準まで低減させ、自立化を図っていくことが必要である。しかしながら、バイオマスエネルギーの発電および熱利用コストの低減は十分進んではいないのが現状である。また、コスト低減や安定稼働を達成した一部の成功事例とそうでない事例との間に、課題の解決方法を含む各種情報の断絶が存在することも重要な課題として挙げられる。

コストや情報整備の観点以外にも、バイオマス利用は上流から下流までのサプライチェーンが長くステークホルダーも多岐にわたるため、原料の安定調達や地域関係者との様々な合意形成が必要となるなど特有の難しさが存在する。実際、経済性を確保する以前に地域関係者との同意形成ができずに計画段階や設備稼働後に頓挫してしまう事例は後を絶たない。第 1 部 4 章で後述するとおり、こうした課題は、裏を返せばバイオマス事業が持続可能な形で運営できれば周辺地域に与える経済的メリットの大きさに直結している。これは、他の再生可能エネルギーにはない意義であり、地域のシステム全体を活性化するための重要なドライバーとして今後もより一層の普及が期待されている。

このような地域に根差した持続可能なバイオマスエネルギー事業の実現と、より一層の普及拡大のためには、熱も効率よく利用するとともに、地域の特性を活かした最適なシステム化が必要となる。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、地域の特性を活かした最適なバイオマスエネルギー利用システムを構築するために、2014 年度から「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」を実施している。本事業では、再生可能エネルギーの固定価格買取制度や補助金などに頼らないことを念頭においた、地域自立システムとしての事業性評価（FS）、実証事業、および技術開発事業を実施してきた。

本書はそれらの成果を取りまとめ、さらに国内の様々な成功事例・失敗事例の調査分析に基づき、構想段階から運転段階に至るまでの留意点や必要情報を包括的に整理したガイドラインである。本書の内容が我が国の持続可能なバイオマスエネルギーの普及に役立つことができれば幸いである。

全体目次

＜第 1 部　章目次＞

第1部　　持続可能なバイオマスエネルギー事業を始めるために.....3

1 章.... 本書の使い方と構想から実現までの実施事項.....4
1.1 本書の使い方.....4
1.2 他のガイドライン・マニュアルとの関係性.....8
1.3 メタン発酵事業の実施事項の全体像.....10
1.4 持続可能なバイオマス事業実施のためのチェックリスト.....11
2 章.... バイオマスエネルギーの事業環境.....15
2.1 日本の再生可能エネルギーの現状と政策.....15
2.2 日本のメタン発酵系廃棄物バイオマスの現状と政策.....32
2.3 日本におけるバイオマスエネルギーの導入状況.....35
2.4 海外先進国のバイオマスエネルギーの利用動向.....38
3 章.... NEDO バイオマスエネルギー地域自立システム化実証事業.....48
4 章.... バイオマスエネルギー利用の意義.....62
4.1 経済（事業性）としての意義.....63
4.2 地域社会に対する意義.....69
4.3 環境に対する意義.....78

全体目次

＜第 2 部　章目次＞

第2部　バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針【メタン発酵系バイオマス編】.

事業検討の進め方 94
実施事項の全体像 95
1 章 …. バイオマス利用システム全体に係る留意点と解決策 100
システム全体に関する「よくある課題」..... 100
フェーズⅠ　構想段階..... 104
1.Ⅰ.1 事業コンセプトおよび事業内容の構築..... 105
① 事業コンセプトの構築..... 106
② 事業形態（個別型／集中型）の検討..... 109
1.Ⅰ.2 用地の想定 112
1.Ⅰ.3 事業主体の検討..... 114
1.Ⅰ.4 運転開始時期の想定..... 115
1.Ⅰ.5 事業モデルと収支の概略検討..... 116
① 事業の 5W1H の確認 116
② 事業収支の概略検討..... 119
1.Ⅰ.6 事業実施体制の構築..... 121
① 組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討 122
② 専門家への相談..... 124
③ 行政への相談..... 125
1.Ⅰ.7 資金の検討 126
① FS 調査の予算獲得..... 127
② 初期投資に必要な資金の検討..... 128
フェーズⅡ　FS 段階..... 129
1.Ⅱ.1 事業化スケジュールの検討 133
1.Ⅱ.2 設置場所の検討・確定..... 137
1.Ⅱ.3 地域関係者との合意形成..... 142
1.Ⅱ.4 事業収支の検討..... 145
① 売上高の予測 146
②事業費（初期費用と運用費）の積算・見積りの取得 .. 147
③ 事業リスクの評価（事業収支の検討時）..... 152
④ 事業収支・キャッシュフロー分析 153
1.Ⅱ.5 資金計画の策定..... 157
① 資金調達方法の検討..... 157
② 資金調達先・金融機関との交渉 160
③ 補助制度の確認 166
1.Ⅱ.6 事業実施体制の確定..... 170
① 事業コンセプトの再精査・確定..... 171
② 事業による波及効果の評価..... 171
③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成 173
1.Ⅱ.7 事業のリスク評価（全体課題整理）..... 174
① 建設段階のリスクとその対処方法の例..... 174
② 運営段階のリスクとその対処方法の例..... 177
③ その他全般に関するリスクとその対処方法の例..... 180
④ FS 調査終了後次のステップに進めるかの判断基準183
フェーズⅢ　設計施工段階..... 193
1.Ⅲ.1 事業化体制の具体化..... 194
① 事業化体制の詳細検討..... 194
② 職員の採用 195
1.Ⅲ.2 生活環境影響調査の実施..... 201
1.Ⅲ.3 地元合意形成..... 202
1.Ⅲ.4 施設の運転管理計画の策定 203
1.Ⅲ.5 事業の将来計画の検討 205
1.Ⅲ.6 設備補助の申請..... 208
1.Ⅲ.7 金融機関との融資契約・資金実行 209
フェーズⅣ 運転段階..... 210
1.Ⅳ.1 運転計画の最適化の検討 211
1.Ⅳ.2 地元の理解醸成..... 212
1.Ⅳ.3 波及効果の検証と公開 212
1.Ⅳ.4 事業採算性の検証と改善 215
1.Ⅳ.5 維持保守費の中期的な予算化 216
1.Ⅳ.6 大規模修繕に対しての積立 217
2 章 …. バイオマス調達に係る課題と解決策..... 218
原料調達に関する「よくある課題」..... 218
フェーズⅠ　構想段階..... 221
2.Ⅰ.1 原料課題の整理..... 222
① 原料種候補のリストアップ 223
② 原料収集可能性調査 227
2.Ⅰ.2 前処理の必要性の検討 232
フェーズⅡ　FS 段階 235
2.Ⅱ.1 原料調達可能性調査 237
① 原料発生状況の調査..... 237
② 原料収集可能性の調査..... 243
③ 代替原料の可能性調査..... 245
2.Ⅱ.2 原料性状およびガス発生量の調査..... 247
① 原料性状の調査..... 248
② ガス発生量の調査..... 254
2.Ⅱ.3 バイオマスの収集運搬計画..... 258
フェーズⅢ　設計施工..... 261
2.Ⅲ.1 原料の最終確定..... 262
2.Ⅲ.2 荷姿と運搬車両の確定 264
フェーズⅣ 運転段階..... 265
2.Ⅳ.1 搬入される原料の性状の確認 266
2.Ⅳ.2 搬入される原料の量の確認 267
3 章 …. エネルギー・副生物利用に係る留意点と解決策 270
エネルギー・副生物利用に関する「よくある課題」..... 270
フェーズⅠ　構想段階..... 273
3.Ⅰ.1 副生物の処理・利用方法の検討..... 274
3.Ⅰ.2 バイオガス利用方法の検討..... 278
① エネルギー利用先と供給形態の検討 279
② 系統接続の検討（広域グリッド型）..... 282
フェーズⅡ　FS 段階 283
3.Ⅱ.1 消化後残渣の処理・利用方法の具体化..... 285
① 消化後残渣の処理・利用方法の検討..... 287
② 液肥利用の調査..... 293
③ 水処理設備の検討（放流基準調査）..... 296
3.Ⅱ.2 バイオガス利活用計画..... 298
① エネルギー利用先・利用量の具体化検討..... 298
② エネルギー需要の調査 308
③ 系統連系の調査..... 313
フェーズⅢ　設計施工段階..... 317
3.Ⅲ.1 消化液液肥利用の詳細検討 318
3.Ⅲ.2 FIT 事業申請 325
3.Ⅲ.3 接続契約・売電契約 327
3.Ⅲ.4 エネルギー供給契約..... 328
フェーズⅣ 運転段階..... 329
3.Ⅳ.1 副生物利用効果の確認..... 330
3.Ⅳ.2 水処理施設の性能確認..... 333
3.Ⅳ.3 発電装置のメンテナンス計画/実働検証..... 334

4 章 …. エネルギー変換設備に係る留意点と解決策 335
エネルギー変換設備に関する「よくある課題」..... 335
フェーズⅠ 構想段階..... 337
4.Ⅰ.1 メタン発酵技術の選定と信頼性の確認..... 338
4.Ⅰ.2 メーカーへの概略検討依頼 347
フェーズⅡ FS 段階..... 349
4.Ⅱ.1 基本設計..... 351
① 基本設計（全体）..... 352
② 要素技術の選定（発酵／付帯技術）..... 358
③ フローシート／配置図／仕様書の作成 362
④ 設備・工事発注方法の検討..... 366
⑤ 施設関連法規制の確認と対応 369
⑥ 設置場所の検討・確定..... 381
⑦ 地域関係者との合意形成..... 381
フェーズⅢ 設計施工段階..... 382
4.Ⅲ.1 建設業者の決定..... 384
4.Ⅲ.2 実施設計..... 385
4.Ⅲ.3 設備の調達 392
4.Ⅲ.4 工事契約の締結..... 396
4.Ⅲ.5 建設・施工工程進捗の管理..... 399
4.Ⅲ.6 O＆M 契約..... 401
4.Ⅲ.7 保険契約..... 404
4.Ⅲ.8 種汚泥の確保..... 405
4.Ⅲ.9 試運転/計画の立案..... 407
4.Ⅲ.10 試運転後の性能確認..... 408
4.Ⅲ.11 性能保証事項の確認..... 409
4.Ⅲ.12 引き渡し確認の実施..... 410
フェーズⅣ 運転段階..... 411
4.Ⅳ.1 プラントの運営管理..... 412
4.Ⅳ.2 システム・機器の性能評価と改善..... 414
4.Ⅳ.3 設備利用率の検証と改善..... 417
4.Ⅳ.4 トラブルシューティング 423
4.Ⅳ.5 メタン発酵槽の運転把握..... 425

全体目次

＜第 3 部　章目次＞

第3部　　メタン発酵技術に係る基礎知識 433

1 章....メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴 436
バイオマスエネルギーとは 436
1.1　生ごみ･食品残渣 438
1.2　乳牛ふん尿 438
1.3　肉牛ふん尿 440
1.4　豚ふん尿 440
1.5　鶏ふん 441
2 章....メタン発酵技術に係る基礎知識 443
2.1　メタン発酵技術 443
2.2　要素技術 445
a.　受入設備 445
b.　前処理設備 448
c.　メタン発酵設備 455
d.　バイオガス貯留設備（ガスホルダー） 463
e.　脱硫等バイオガス調整設備 465
f.　発電設備 468
g.　余剰ガス燃焼装置 471
h.発酵残渣処理設備 472
j.　脱臭設備 477
k.　用水設備 479

第１部
持続可能なバイオマスエネルギー事業を始めるために

＜第 1 部 章目次＞

第1部　持続可能なバイオマスエネルギー事業を始めるために 3

1 章 .... 本書の使い方と構想から実現までの実施事項 4
1.1 本書の使い方 4
1.2 他のガイドライン・マニュアルとの関係性 8
1.3 メタン発酵事業の実施事項の全体像 10
1.4 持続可能なバイオマス事業実施のためのチェックリスト 11
2 章 .... バイオマスエネルギーの事業環境 15
2.1 日本の再生可能エネルギーの現状と政策 15
2.2 日本のメタン発酵系廃棄物バイオマスの現状と政策 32
2.3 日本におけるバイオマスエネルギーの導入状況 35
2.4 海外先進国のバイオマスエネルギーの利用動向 38
3 章 .... NEDO バイオマスエネルギー地域自立システム化実証事業 48
4 章 .... バイオマスエネルギー利用の意義 62
4.1 経済（事業性）としての意義 63
4.2 地域社会に対する意義 69
4.3 環境に対する意義 78

＜第１部 図目次＞

図 1.1.1 本ガイドライン基礎編の構成 5
図 1.1.2 本ガイドライン実践編【メタン発酵系バイオマス編】の構成 6
図 1.1.3 メタン発酵事業の実施事項の全体像 10
図 1.2.1 地域の脱炭素化について 18
図 1.2.2 地域脱炭素化促進事業の対象イメージ 19
図 1.2.3 地域脱炭素ロードマップのイメージ 20
図 1.2.4 再生可能エネルギー活用モデルの分類 23
図 1.2.5 2022 年度･2023 年度におけるバイオマス発電の FIP/FIT 制度の対象 24
図 1.2.6 電力系統における制度改革の概要 26
図 1.2.7 ノンファーム型接続による送電線利用イメージ 27
図 1.2.8 省エネ法が規制する分野 28
図 1.2.9 需要サイドのカーボンニュートラルに向けたイメージと取組の方向性 28
図 1.2.10 エネルギーの定義の見直しと非化石エネルギーへの転換 29
図 1.2.11 省エネと非化石エネルギーへの転換の関係 30
図 1.2.12 再生利用等実施率の推移 32
図 1.2.13 食品廃棄物の種類と再生利用の方法 33
図 1.2.14 使用開始年度別焼却施設（溶融施設含む）の炉数 33
図 1.2.15 汚泥中のバイオマス利用（2019 年度） 34
図 1.2.16 現在と 2030 年エネルギーミックスの電源構成 35
図 1.2.17 FIT 制度におけるバイオマス発電区分の比較（2021 年 6 月時点） 36
図 1.2.18 FIT におけるメタン発酵発電所の稼働状況 GIS マップ（2019 年 6 月時点） 37
図 1.2.19 世界全体の発電設備容量 38
図 1.2.20 発電電力量に占める再生可能エネルギー比率の比較 39
図 1.2.21 ドイツ国内のバイオマス発電の推移 40
図 1.2.22 バイオガス原料用のエネルギー作物の作付面積の変化 41
図 1.2.23 バイオマス発電設備の FIT または市場プレミアムの比率 42
図 1.2.24 2020 年におけるドイツの家庭用の暖房熱供給源（左）と地域暖房熱供給（右） 44
図 1.2.25 再エネ熱源別の供給量変化 45
図 1.2.26 バイオエネルギーの今後の利用形態 46
図 1.2.27 バイオガス発電設備の運転形態の変化 47
図 1.3.1 バイオマスエネルギー地域自立システム化実証事業の目指す社会像のイメージ 48
図 1.4.1 バイオマスエネルギー利用の 3 つの意義 62
図 1.4.2 メタン発酵事業の 2 面性 63
図 1.4.3 産業廃棄物系メタン発酵モデルの 20 年間の収支バランス 65
図 1.4.4 畜産系メタン発酵モデルにおける 20 年間の収支バランス 68
図 1.4.5 メタン発酵施設の導入メリット 69
図 1.4.6 IOW の地域経済付加価値モデルの基本概念 71
図 1.4.7 産業連鎖分析の算出イメージ 71
図 1.4.8 バイオマスエネルギー事業の事業性･地域経済性分析ツールの全体像 73
図 1.4.9 バイオマスエネルギー事業の事業性ツールのイメージ 74
図 1.4.10 バイオマスエネルギー事業の地域経済性分析ツールのイメージ 74
図 1.4.11 バイオマス事業の開始による地域経済効果（20 年間平均値） 76
図 1.4.12 バイオマス事業の開始による地域経済効果（20 年間の総額） 77
図 1.4.13 バイオマスエネルギーが寄与する SDGs（赤枠部分） 78
図 1.4.14 同一事業者が電熱併給事業を行う場合のシステム境界 79
図 1.4.15 比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）（牛ふん尿のメタン発酵による発電を行うとともに、その副産物を液肥として利用する事 業に関するオリジナルプロセス） 80
図 1.4.16 比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）（バイオガスを都市ガス代替品とする事業に関するオリジナルプロセス） 81
図 1.4.17 配分対象の決定フローチャート 84

＜第 1 部 表目次＞

表 1.1.1 メタン発酵系バイオマスに係るガイドライン・マニュアルの例 8
表 1.1.2 NEDO バイオマスエネルギー導入に係る技術指針・導入要件の特徴 9
表 1.2.1 第 6 次エネルギー基本計画における 2030 年度の電源構成 15
表 1.2.2 第 6 次エネルギー基本計画におけるバイオマス利用に係る該当箇所（抜粋） 16
表 1.2.3 地球温暖化対策推進法の主な改正点 17
表 1.2.4 地球温暖化対策推進法における地方公共団体実行計画に係る改正点 18
表 1.2.5 地域脱炭素ロードマップの概要 19
表 1.2.6 地球温暖化対策計画の概要 21
表 1.2.7 地球温暖化対策計画における具体的な温室効果ガス削減目標 21
表 1.2.8 バイオマスエネルギーの固定買取価格 22
表 1.2.9 2022 年度以降の FIT 制度における地域活用要件 . 25
表 1.2.10 非化石エネルギーに関する省エネ法の改正案（2021 年 12 月時点） 30
表 1.2.11 建築物における再生可能エネルギーの利用促進に係る方向性 31
表 1.2.12 EEG2021 の再エネ導入目標 41
表 1.2.13 KWKG2020 による KWK ボーナス(セント/kWh) 43
表 1.2.14 KWKG2020 法による革新的再エネ熱ボーナス 44
表 1.2.15 燃料別のバイオマス発熱量と割合（2019 年） 45
表 1.3.1 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における実証事業者一覧 49
表 1.3.2 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者一覧（メタン発酵系バイオマス） 49
表 1.3.3 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者一覧（木質バイオマス） 50
表 1.4.1 メタン発酵施設に関する前提条件（乾式メタン発酵モデル） 64
表 1.4.2 初期コスト・O&M コストの前提条件（乾式メタン発酵モデル） 64
表 1.4.3 廃棄物処理委託費用に対する事業性の変動（助成なし） 66
表 1.4.4 設備利用率に対する事業性の変動（助成なし） 66
表 1.4.5 事業性評価に用いたエネルギー事業モデル 67
表 1.4.6 事業性評価に用いた支出項目 67
表 1.4.7 ふん尿処理価格に対する事業性の変動（助成なし） 68
表 1.4.8 完熟堆肥・再生敷料の販売価格に対する事業性の変動（助成なし） 68
表 1.4.9 産業連鎖分析における各地域経済効果項目の計算方法 72
表 1.4.10 事業性評価に用いたエネルギー事業モデル 75
表 1.4.11 事業性評価に用いた支出項目 75
表 1.4.12 バイオマス事業開始前のエネルギー等取引価格 .. 75
表 1.4.13 活動量データ収集例（廃食用油由来バイオディーゼルの場合） 81

1章　本書の使い方と構想から実現までの実施事項

1.1 本書の使い方

背景

メタン発酵をはじめとするバイオマスエネルギーの利用が経済、環境、地域社会のそれぞれの観点で重要な役割を果たす。中でも地域社会の意義は重要であり様々な関係者や地域産業に対して利益を波及させることができることは他の再生可能エネルギーよりも大きな優位性と言える。

これらの意義をもとに我が国では 2000 年代からバイオマスエネルギーの利用が進められてきた。特に近年は FIT 制度の影響もあり、民間事業者を中心にメタン発酵事業の計画が急増した。

しかしながら、これまでの NEDO の調査では、メタン発酵を含むバイオマスエネルギー事業は多くの企業や自治体が着目し計画を策定するにも関わらず、実現に至らない事例が数多く存在することがわかっている。また、運転開始まで至った事例においても安定稼働に至らず頓挫してしまうケースも少なくない。

必要な知識と情報に係る 4 つの要素

こうした背景には、バイオマスエネルギー事業を実現するまでに必要となる知識や情報が極めて多岐にわたることが挙げられる。具体的には、**（1）事業全体、（2）原料調達、（3）エネルギー利用･副生物処理、（4）エネルギー変換設備（施設自体）**のそれぞれについて数多くの選択や判断を行う必要があり、また、資金調達のために第三者から出資を受けたり金融機関から融資を受ける必要がある場合には、それら第三者や金融機関が納得する内容での選択や判断が求められるため、バイオマスに係る事業経験のない事業者が新たに始めるには高いハードルがある。

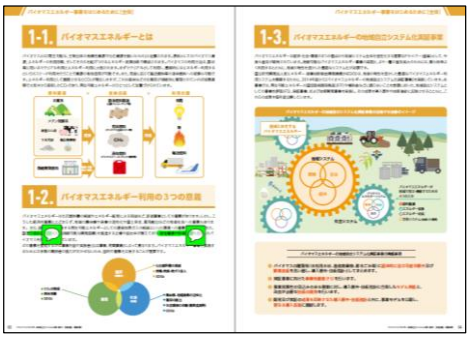
事業実現までの 4 つのフェーズ

上述の 4 つの要素における多様な知見は、検討開始から事業実現に至るまで、すなわち、**構想段階（フェーズⅠ）、FS 段階（フェーズⅡ）、設計施工段階（フェーズⅢ）、運転段階（フェーズⅣ）**のそれぞれで必要となる。また、資金調達が必要な場合には、それらのポイントポイントで、その調達先候補（金融機関等）との協議や了承が必要となる場合も多い。多くの既存事例ではコンサルタントやメーカーなどの専門家の協力を得ながら進められているが、いずれも上記（1）～（4）の全ての知見を有している人材は限られる。また、その中で、金融機関等との交渉経験を有する人材となるとさらに限られ、交渉経験があるとしても、金融機関毎にその判断も大きく異なるため、そのような経験があるだけで安心できるわけでもない。そのため、**事業者自身も各要素に係る一定水準の知見を持ち、様々な選択肢やリスクを理解し、また、適宜金融機関等とも協議しながら検討を進めることが事業の成功のために重要**である。

本ガイドラインの構成

本ガイドラインは 70 頁程度の**「基礎編」**と 490 頁程度の**「実践編」（本書）**から構成されている。**「基礎編」は本書「実践編」のエッセンスを取りまとめた書であり、バイオマスエネルギー事業実施の意義や実施事項、留意事項について概説している。**特に、実施事項については、構想段階～FS 段階を対象に実施すべき事項と次のステップに進む判断を行うための意思決定の考え方をフローチャートで示している。ただし、実施事項および検討の順序は事業者または地域の特性によって大きく異なるため、本ガイドラインの記載は代表的なケースのみを示していることに注意されたい。





第 1 章 バイオマスエネルギー事業をはじめるために
- 1-1. バイオマスエネルギーとは
- 1-2. バイオマスエネルギー利用の 3 つの意義
- 1-3. バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業
- 1-4. 木質バイオマス利用による経済的効果
- 1-5. 地域社会への波及効果
- 1-6. 入口と出口から考えるシステム選定【木質系】
- 1-7. 木質系バイオマスエネルギー事業実現までの流れ
- 1-8. メタン発酵事業の 2 面性
- 1-9. メタン発酵事業の地域への効果
- 1-10. 入口と出口から考えるシステム選定【メタン発酵系】
- 1-11. メタン発酵系バイオマスエネルギー事業実現までの流れ

第 2 章 構想～ FS 段階の検討の流れ
- 2-0. 事業検討の進め方
- 2-1-① 【木質系】構想段階の実施事項
  構想段階終了時点のチェックリスト
- 2-1-② 【木質系】FS 段階の実施事項
  FS 段階終了時点のチェックリスト
- 2-2-① 【メタン発酵系】構想段階の実施事項
  構想段階終了時点のチェックリスト
- 2-2-② 【メタン発酵系】FS 段階の実施事項
  FS 段階終了時点のチェックリスト

図 1.1.1 本ガイドライン基礎編の構成

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

本書ガイドラインの「実践編」は、基礎編に記載されている内容をデータや解説とともに詳述した書である。以下のとおり 3 つのパートから構成されている。第 1 部「持続可能なバイオマスエネルギー事業をはじめるために」では本ガイドラインおよび NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業について概説するとともに、政策動向等の事業環境、バイオマスエネルギー事業実施に係る意義（事業性、地域経済効果等）について示している。すなわち、事業開始に向けた「動機付け」をするパートとなっている。

第 2 部「バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針」は事業の構想段階（フェーズⅠ）～運転段階（フェーズⅣ）それぞれにおける実施事項と留意事項を記載している。実施事項については、基礎編で示した構想段階～FS 段階の実施事項をベースに、より具体的な内容を整理している。なお、「基礎編」では構想段階、FS 段階といったフェーズ毎に実施事項を通読可能な構成にしたのに対し、「実践編」では「全体」、「原料・燃料調達」、「エネルギー変換」、「エネルギー・副生物利用・処理」の主要要素を 1～4 章としている。各章の中で構想段階～運転段階の実施事項を記載する形式を採用している。上述のとおり事業者や地域の特性に応じて進め方は異なる上、各フェーズの実施事項は前後または重複することが理由である。そのため、**構想および FS 段階の実施事項を一気通貫で把握したい読者は基礎編を利用されることを勧めたい。**

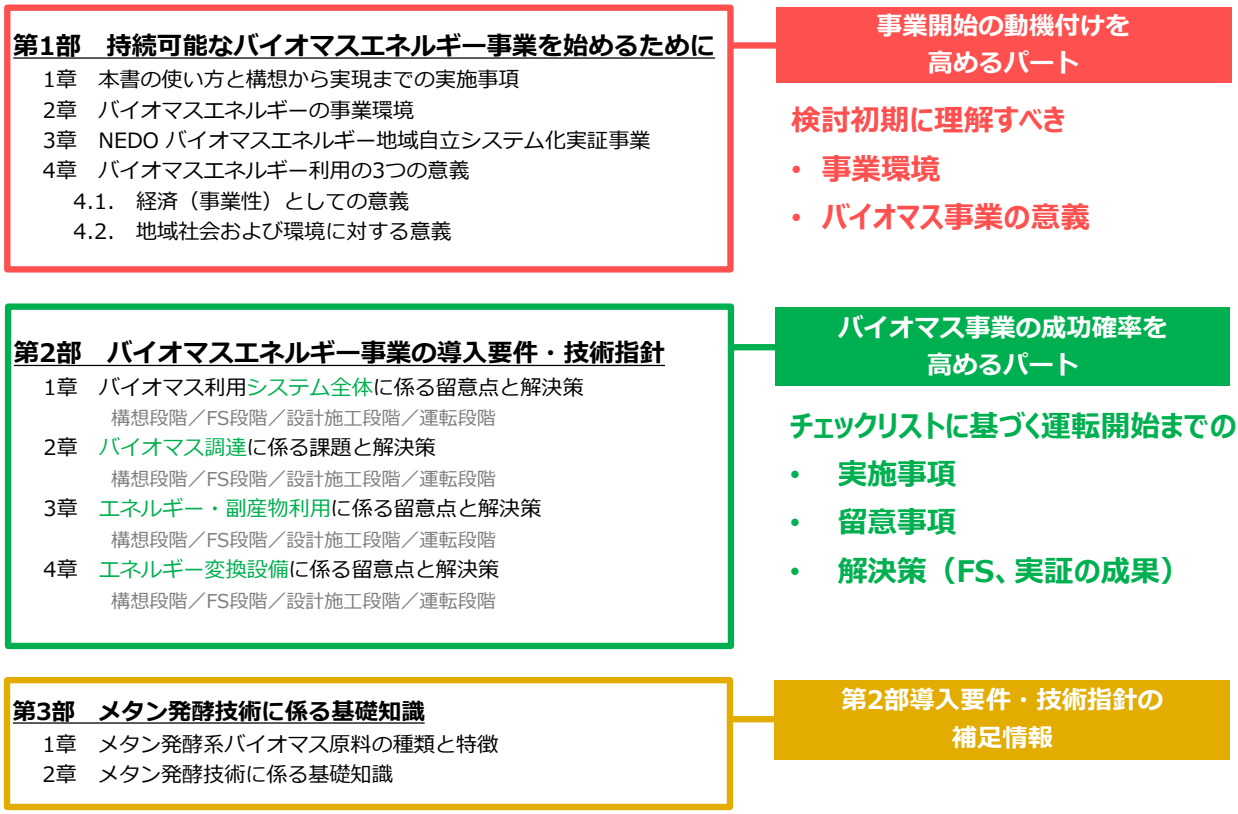


図　1.1.2　本ガイドライン実践編【メタン発酵系バイオマス編】の構成

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

留意事項については上記実施事項別に取りまとめている。情報源は文献調査の他、NEDO におけるこれまでの **150 件以上におよぶ国内外の先進事例、専門家（メーカー、コンサルタント等）へのヒアリング調査**、並びに**「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」の FS 事業・実証事業で得られた知見**に基づいている。さらに、後述するように、これからバイオマスエネルギー事業を実施する事業者が過去の先行事例で経験した「落とし穴」に陥ることがないよう、実施事項毎の課題・リスクや留意すべき内容を可能な限り一般化した「チェックリスト」を策定している。その上で、**それぞれのチェック事項に関する解説と先進事例や FS・実証事業の成果に基づく解決策等を記載**している。このように、第 2 部はバイオマスエネルギー事業の実現（運転開始）の「成功確率」を高めるパートとなっている。

「第 3 部　メタン発酵技術に係る基礎知識」は、第 2 部の補足のための参考資料としての位置づけであり、バイオマスエネルギーの原料・燃料および技術等に関する基礎的な情報を整理している。また、バイオマスエネルギー施設における具体的なエネルギー変換設備に関する選択肢や設備選定の際の留意事項についても取りまとめている。このような設備の技術的検討は専門知識を有するコンサルタントやメーカーが関与するため、本項目は必ずしも現場担当者が全て理解している必要はないが、導入を検討している設備に関し発注側（事業計画者）と受注側（メーカー、コンサルタント等）の知識のギャップを埋め、経済的かつ技術的なリスクを低減する観点から一読されることを勧めたい。

本書の記載内容に係る留意事項

本書は全体を通じて**フェーズが進むにつれ情報の専門性が上がる構成**となっている。例えば、構想段階では検討初期段階に必要な基礎情報を中心に整理されており、FS 段階から設計施工段階、運転段階（フェーズⅣ）と進むにつれ、具体的な調査や評価方法、個別の技術情報、実際の運転管理方法などが記載されている。なお、設計施工段階以降のパートにおいても技術等の詳細ではなく、あくまで**事業リスクを最小限に抑えるために事業者自身が認識すべき留意事項を中心に記載**しているため、設計などの具体的な技術的要素は業界団体などが策定しているマニュアルやガイドラインを参照されたい。なお、本書の文章中およびチェックリストの文字や枠の太さ・色の違いが意味するものは以下のとおりである。各実施事項において、**青太字（推奨する取り組み）**および**橙字（対象事業モデル、条件）**を追うことで対応事項を確認できる構成となっている。

本文	**太字**：重要なキーワード、リスクなど **青太字**：読者（事業者）のアクションに係る部分、先進事例の取り組み・工夫など **橙字**：チェックリストまたは記載内容が対象となる読者・事業モデルの条件
チェックリスト	❑ **太字・太枠**：重要なチェック項目 ❑ 細字・細枠：より具体的または詳細なチェック項目

本書の使い方①：読者の現在の事業進捗に対応する必要情報・留意事項を参照

本書はこのような考えに基づき、**バイオマスエネルギー事業を計画している、または既に取り組んでいる事業者を対象**に、**実現までの各フェーズで知っておくべき基礎情報や留意事項について可能な限り網羅的に整理**している。

バイオマスエネルギー事業には様々な原料、技術の選択肢が存在し、事業者のリソースや規模、実施地域によって事業モデルや必要となる情報が異なることから、**本書の「第 2 部　バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針」は冒頭から順に読んで頂くことを想定していない。**

まずは「基礎編」の**構想段階から運転段階までの実施事項一覧およびフローチャート**を通読の上、読者（事業者を想定）が**現在取り組んでいるフェーズにおける必要項目から参照頂く使い方を想定している。**

本書の使い方②：チェック項目からの逆引き的な利用

また、本書ではそれぞれの実施事項において、**留意すべき事項を整理したチェック項目**を提示している。これらのチェック項目は、既存の国内既存事例および「NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」の事業者が直面した**課題および、それらの解決方法を総括**したものとなっている。チェック項目の確認を通じて、読者が**過去の失敗事例と同じ事態に陥ることを回避するとともに、有望な選択肢や工夫について認識**して頂くことを目的に策定している。

したがって、本書の重要な使い方の一つとして、最初に次頁（抜粋版）または第 2 部冒頭（詳細版）に記載している**チェック項目を確認し、「〇」をつけることが難しい箇所や不明な点について、「第 2 部　バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針」の対象項目を逆引き的に確認頂く**ことも想定している。その際、読者が現在取り組んでいるフェーズおよびその前段となるフェーズについて（１）～（４）の各要素のチェック項目を確認することが望ましい。本チェックリストは事業を進めるうえで、**事前にリスクと対応策の認識を促すことを主目的に策定されているため、全てのチェック項目のクリアを求めるものではない**ことにも留意されたい。

なお、逆引き的な利用の観点から**一部の記載内容は複数の実施事項に重複**して記載していることに留意されたい。

1.2 他のガイドライン・マニュアルとの関係性

メタン発酵事業に係るガイドラインは本書以外に様々な省庁や業界団体等において策定されている。現在 Web 上で公開されている代表的なガイドライン・マニュアルは以下のとおりである。

表 1.1.1 メタン発酵系バイオマスに係るガイドライン・マニュアルの例

発表年	タイトル	策定元
2006	バイオガス化マニュアル	一般社団法人日本有機資源協会
2012	バイオガス関連事業の LCA に関する補足ガイドライン Ver.1.0	環境省
2013	バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム導入ガイドライン	国土技術政策総合研究所
2013	B-DASH プロジェクト№1 超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム導入ガイドライン（案）	国土交通省 国土技術政策総合研究所
2013	バイオマス活用ハンドブック	一般社団法人日本有機資源協会
2014（2021 年 4 月改訂）	エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル	環境省環境再生・資源循環局廃棄物適性処理推進課
2014	バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第 4 版）	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
2015	地域循環圏形成の手引き	環境省
2015	下水道バイオマスからの電力創造システム導入ガイドライン	国土技術政策総合研究所
2015	地域循環圏形成の手引き	環境省
2016	物語で理解するバイオマス活用の進め方	国立環境研究所
2016	消化液の肥料利用を伴うメタン化事業実施手引	一般社団法人地域環境資源センター
2017	ごみ処理施設整備の計画・設計要領	全国都市清掃会議
2018	廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル	環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 廃棄物対策課
2018	メタンガス化施設整備マニュアル（改訂版）	環境省
2018	下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル	国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部
2018	下水広域利活用検討マニュアル	国土交通省
2018	下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン	国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部
2019	下水汚泥広域利活用検討マニュアル	国土交通省 水管理・国土保全 局 下水道部
2019	兵庫県食品残渣等小規模地産エネルギー導入促進事業支援業務ーメタン発酵施設の導入ガイドラインー	兵庫県
2021	事業計画策定ガイドライン（バイオマス発電）	資源エネルギー庁
2022	メタン発酵バイオガス発電における人材育成テキスト	資源エネルギー庁

（出所）各種 Web 資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

本書「NEDO バイオマスエネルギー導入に係る技術指針・導入要件」は、これらの既存のガイドライン、マニュアルを踏まえ、より「全体感」を把握するのに有益なガイドラインとして取りまとめている。本書の中心である「第 2 部 バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針 【メタン発酵系バイオマス編】」では、メタン発酵事業に関する構想、FS、設計施工、運転段階に至るまでの留意事項や FS・実証事業に基づく解決策、その他参考情報を広くカバーしている。

表 1.1.2 NEDO バイオマスエネルギー導入に係る技術指針・導入要件の特徴

- 主な対象読者は民間事業者（自治体担当者にも有用なものとなっている）
- 構想段階～運転段階までをカバーしている（ただし、構想・FS 段階に重きを置いている）
- 実現や安定稼働に向けた「リスク・落とし穴」とその解決策に焦点を当てている
- 経済性・地域経済性分析ツールを公表している
- 課題の解決策について、FS・実証事業の検討結果・成果についても取りまとめている

言うまでもなく本書だけでは、計画者がバイオマスエネルギー事業を実現するために必要な全ての内容を網羅できないため、ガイドラインの各項目の中で、適宜各機関で公開されているガイドライン・マニュアルを含む、関連文献を参照している。

また、上述のとおり、本書では構想・FS 段階に重点を置いた内容となっているため、特に施設運用上の具体的な内容は、2022 年度に公開される資源エネルギー庁**「令和３年度 新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における再エネ導入・運転人材育成支援事業 メタン発酵バイオガス発電における人材育成テキスト」**（委託事業者：一般社団法人日本有機資源協会）を参照されたい。同マニュアルでは、既存のメタン発酵発電バイオマス発電施設の調査をもとに、運転段階におけるエンジニアリングの留意事項や適性なメンテナンス、レジリエンス強化等に係る詳細なガイドラインを策定しているため、本 NEDO ガイドラインと併せて読まれたい。

1.3 メタン発酵事業の実施事項の全体像

メタン発酵事業は構想から運転まで数多くの実施事項がある。本書実践編第 2 部では、それぞれの実施事項に対する留意点や詳細情報、各種データ等を解説している。（図中青字の番号は第 2 部実践編の対応項目）

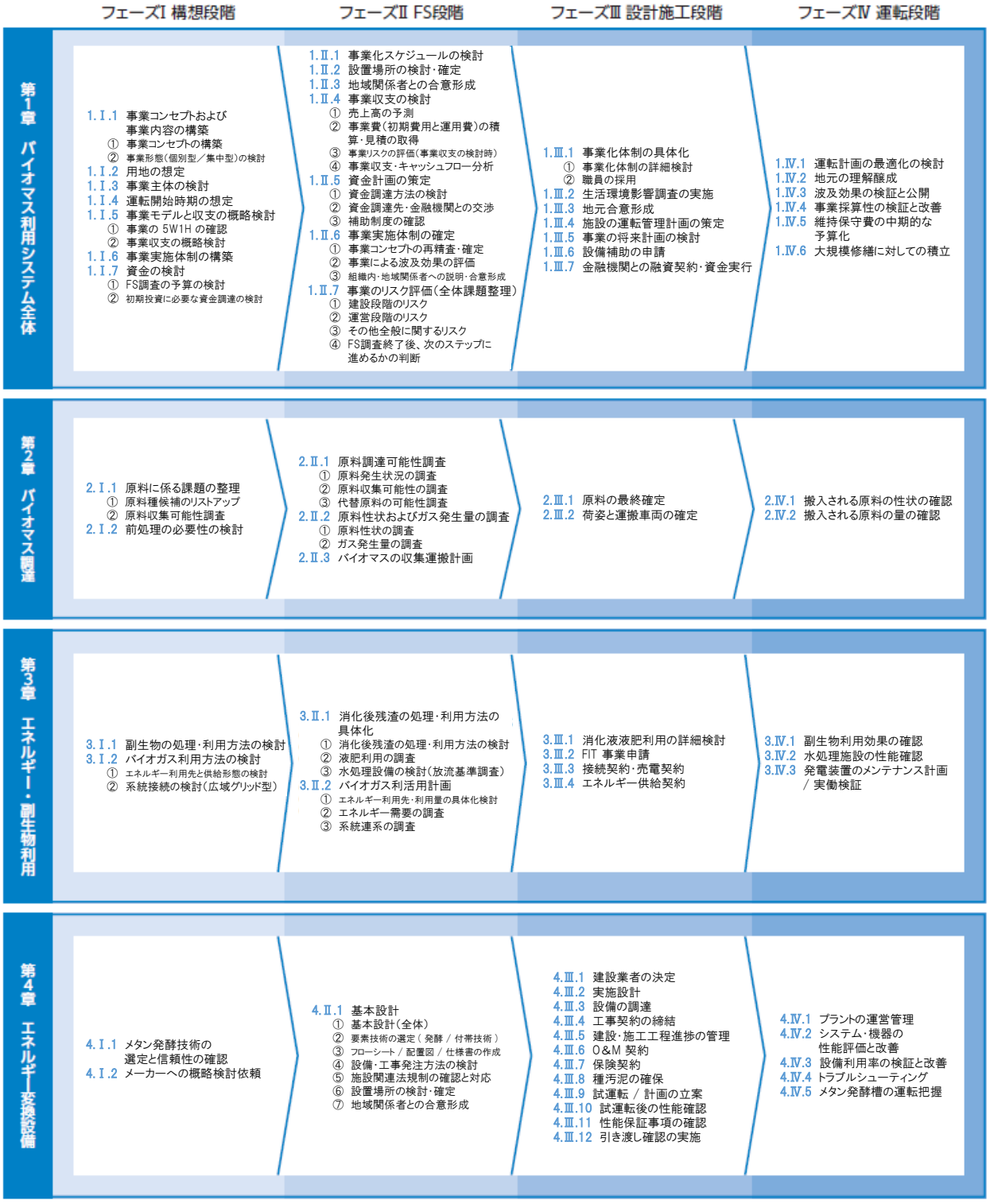


図 1.1.3 メタン発酵事業の実施事項の全体像

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

1.4 持続可能なバイオマス事業実施のためのチェックリスト

上述のチェックリストのうち、構想～FS 段階かつ特に重要なものを以下に示す。詳細は第 2 部を参照されたい。

フェーズⅠ　構想段階のチェックリスト（抜粋）

項番号	実施事項	留意事項	チェック	解説
1.Ⅰ.1	①事業コンセプトの構築	事業の目的・ねらいが整理できているか？		メタン発酵施設は地域の廃棄物処理インフラとして位置づけられ簡単に止めることはできない。したがって、エネルギー販売に偏重せず固定価格買い取り制度が終了する20年後においても持続的な事業を意識した中長期的な視点で事業を検討することが必要。
		特定の技術・機器を前提としたの計画や規模感になっていないか?交付金や補助金先行の計画となっていないか?		特定の技術の利用や補助金の取得が事業実施の主目的となり、事業実施意義の検討があいまいな状態で進んだ結果、稼働後原料調達を含む関係者の協力が得られず頓挫した事例も存在するため事業実施意義を事業者自ら整理することが必要。
		地域からの反対を受けるような計画になっていないか？社会的に問題になるような計画になっていないか？		メタン発酵事業は原料の廃棄物収集車両の往来や景観上の問題、水質汚濁、悪臭、騒音などにより住民問題に発展するケースもあるため対策が必要。また、、既存の廃棄物業者・再生事業者の収集ルートが乱れトラブルに発展することもある。
1.Ⅰ.2	用地の想定	地形、地質に問題はないことを確認したか？		新規に土地を取得する場合は法規制や土地の脆弱性などにより思わぬ制限や造成費などの追加コストが発生することがある。過去の災害の有無、災害危険の可能性、地耐力、過去の土地利用、用水、アクセス道路、その他、周辺住民との関係性についても確認することが望ましい。
		候補地の土地の区分を確認し、許認可（地域区分、用途区分）の必要性の有無を把握したか？		FS段階や設計施工段階になって、想定していた用地が法律上メタン発酵事業が困難なことが判明し、やむなく断念したケースが少なくない。特に 市街化調整区域（都市計画法）、準工業地域（都市計画法）、農地（農業振興地域における"農用地区域"、"第1種農地）は実施に制限がある。
1.Ⅰ.3	事業主体の検討	ビジョンのみが先行して事業主体が想定できない計画となっていないか？		特に自治体事業の場合は青写真を描いたものの、実施主体をはじめとする５W1Hが想定されていなかったため、FSの事業化に進めなかったケースが数多く存在する。事業主体が明確な場合もFS調査費、初期投資を賄うことができる「資金力」を有するかを確認する必要がある。
1.Ⅰ.4	運転開始時期の想定	運転開始時期を想定できているか？		運転開始時期を決定するためには、まず施工メーカーの工期が明確になる必要がある。また、廃棄物処理の場合であれば「業の許可」、FIT売電する場合は「事業認定」など様々な要素を考慮する必要がある。その他、住民との合意形成も運転開始時期のボトルネックになる場合もある。
1.Ⅰ.5	①事業の5W1Hの確認	原料調達、エネルギー変換、利用までのプレーヤーや拠点が想定できるか？		ビジネスモデルを考える際は5W1Hを明確化する。「Why? なぜ事業を実施するか？／Who? 誰が事業を実施するのか？／Where? どこで事業を実施するのか？／When? いつ事業を実施するか？（いつまでに事業化判断が必要か？）／Which? どの技術を用いるか？／How? どのようにエネルギー・副生物を利用するか？」
		特別な許認可(廃掃法、開発申請など)の必要な事業ではないか？またその取得も想定しているか？		事業者が廃棄物を外部から収集運搬して処理する場合、一般廃棄物もしくは産業廃棄物の処理業の許可が必要となる。新規に許可を取得する場合、相応の人的コストや手続き期間（1～2年）が必要。
	②事業収支の概略検討	設備単体だけではなくシステム全体での建設費、投資規模は想定できているか？		メタン発酵事業では他の再生可能エネルギー事業と異なり主設備のメタン発酵設備以外の設備の比重が非常に大きい。設備以外にも系統接続費や土地造成費・開発費などの投資が必要な場合もある。そのため、投資規模の検討の際に、メタン発酵設備のみに着目すると初期費用の見積を誤ることになる。
		収益構造・採算性のターゲットが想定できているか？（処理費低減、売電・売熱、液肥販売など）		産業廃棄物系モデルでは、通常エネルギー収益より廃棄物処理収益がメインとなる。畜産系の場合は通常エネルギー販売収入がメインになる他、液肥や堆肥、再生敷料など様々な収益項目が見込まれるが、こうした副生物販売に過度に依存すると稼働後収支計画が崩れるリスクがある。
1.Ⅰ.6	①組織内外の事業実施体制・FS実施体制の検討	資金力や実行力も含めた事業主体を想定することができるか？		事業主体が決まっていても、専門的知見を有する人物の不在や、中心的な担当者が不在で、それぞれの担当がバラバラに動いた結果、プロジェクトが予定通り進捗しないことがある。
	②専門家への相談	構想の具体化について専門家や専門機関・支援機関等に相談して助言を受けているか?		FS段階以降の設計や許認可申請に関しては、専門的、技術的な知見を有する企業の助勢なしには進めることはできないため、多くの場合、事業者単独ではなく専門的なアドバイザリーが可能なメーカーやコンサルタントが参画することが多い。
	③行政への相談	構想について地元行政に相談や情報提供ができているか？そのうえで行政の協力を得ることが可能か？		メタン発酵事業では地域内の様々な情報の把握や地域関係者の協力を仰ぐ必要があるため行政の協力を得ることで、地域関係者への説明や許認可の取得などを円滑に進めることができる。
1.Ⅰ.7	①FS調査の予算獲得	国の補助メニューの活用を含めFS予算を確保できるか？		政府の各省庁や自治体においてFSに関する補助事業が行われていることがあり、内容な適用要件を確認する。1年のうち申し込み期間が限られることがあるためスケジュール変更が必要な場合もある。
		信頼できる技術力のある専門家・専門機関も交えたFS調査の実施体制を構築できるか?		メタン発酵事業は原料調達や技術選定、エネルギー利用など専門的な知見が要求されるため、多くの場合、企業単独ではなく専門的なアドバイザリーが可能なコンサルタントが参画することが多い。
2.Ⅰ.1	①原料種候補のリストアップ	原料の種類は特定できているか? それらが有価物か廃棄物か確認できているか？		集中型の場合は構想段階では地域内の調達候補となるバイオマスのLong listを作成する。その際、廃棄物扱いとなるバイオマスの場合は外部から調達するには許認可が必要となる。
3.Ⅰ.1	副生物の処理・利用方法の検討	消化液の処理・利用方法を想定できているか？（水処理後に放流または液肥利用）		消化液を水処理し下水または河川に放流する場合は液肥処理より運転管理費が増大する。ただし、液肥として利用するためには、十分な散布面積や需要家（農家）の理解に加え、液肥品質の確保から投入する原料廃棄物の排出元が限定的で成分が安定していることが条件となる。
		液肥利用に備えて、メタン発酵施設の周辺の農地面積を把握しているか？		液肥は牧草地や農地で利用することになるため、想定されるメタン発酵施設の周りの土地利用状況を地図や現地踏査で把握し、消化液生成量を利用しきれる農地面積が存在するかどうかを見極める必要がある。明らかに面積が小さい場合は、液肥利用という選択肢を断念することになる。
3.Ⅰ.2	①エネルギー利用先と供給形態の検討	電気および熱の利用先は想定できているか？		小規模の施設の場合は発電機の冷却水の活用などの廃熱を有効に活用することが経済性を高めるために重要である。メタン発酵槽の加温以外で余剰熱を活用する事例は少ないが、消化液の殺菌や牛舎の加温に利用するケースもある。
	②系統接続の検討（広域グリッド型）	電力の系統の容量がひっ迫している地域ではないか？		FIT制度下で急増した太陽光発電などの他の再生可能エネルギー発電施設の導入状況によっては、地域の電力系統の容量が逼迫し、メタン発酵施設が建設できなかったケースが多数存在するため、電力会社に確認が必要。
4.Ⅰ.1	メタン発酵技術の選定と信頼性の確認	湿式メタン発酵、乾式メタン発酵の技術的特徴および対象原料を理解できているか？		湿式法、乾式法といった技術そのものに注目するのではなく施設の「入口」と「出口」、すなわち原料の特徴を踏まえ、さらに発生する残渣（液肥、堆肥）の供給先や処理先の有無などの様々な要素を総合的に検討しシステムを決める必要がある。
		実証ではなく商用ベースでの導入実績のある機器・技術であるか？		実証技術や海外で実績のある技術でも国内の商用化条件で実施したところ安定稼働ができない事例が存在する。国内の商用運転の事例の有無を確認し視察などを行ったうえで選定する必要がある。
4.Ⅰ.2	メーカーへの概略検討依頼	付帯設備の条件等、見積り条件を明確にしたうえで、複数のメーカー等からの見積りを比較したか？それらに基づく採算性の検討のうえ、規模選定がされているか?		EPC及び設備の見積依頼を特定の１社に限定すると各設備や全体費用の相場観が見えないまま投資することになるため時間は掛かるが複数社の比較が望ましい。また、事業費の積算において費目の抜け漏れがあったために計画時点と事業開始後の事業性に乖離が生じたケースも見られる。

フェーズⅡ　FS 段階のチェックリスト（抜粋）

項番号	実施事項	留意事項	チェック	解説
1.Ⅱ.1	事業化スケジュールの検討	許認可対応、建設工期、試運転期間などに必要な期間を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？		通常、検討開始から事業化判断までに少なくとも1年以上かかる。集中型の場合は廃棄物関連業者や農家、行政、住民等との調整で時間が掛かることがある。また、FIT制度の系統接続手続き、廃掃法等の法規制・許認可対応、建設工事の期間、その他、寒冷地域では降雪時期に工事が滞るほか、安定発酵に至るまでに数か月～半年以上の試運転期間も考慮が必要。
1.Ⅱ.2	設置場所の検討・確定	候補となる立地が都市計画上の用途地域に該当するか否かを確認したか？同法において、工業地域もしくは工業専用地域であることは確認したか？		都市計画上の用途地域の場合は建設自体が制限される可能性があるため、最初に該当区分を確認する必要がある。工業地域もしくは工業専用地域以外の用途地域では建設は難しい。
		候補となる立地が農業振興地域の場合、農用地区域、第1種農地に該当しないことを確認したか？		農業振興地域の場合は建設自体が制限される可能性があるため、最初に該当区分を確認する必要がある。農地にメタン発酵施設を建設する場合は農地転用許可を取得する必要がある。
		自然条件や自治体や住民の対応、リスク有無、原材料確保、用地費等で適地であるか確認したか？		元々地盤が脆弱であった場所（湿地帯など）に建設する場合は多額の造成費や土地開発費が必要となることがある。また、他地域から廃棄物を持ち込むことに対して住民の反対が生じることがあるため建設地周辺の住民理解が得られることが立地選定の前提となる。
1.Ⅱ.3	地域関係者との合意形成	地域関係者との合意形成はできているか？		特に新規にプラントを建設する場合、地元との合意形成が得られずに建設工事が大幅に遅延したり、事業の縮小を余儀なくされたりといったことも起こりうるため、計画の初期段階から、都道府県や市町村などの地元行政に適宜相談して指導を仰ぐことはもちろん、立地する地域の周辺住民に対する事業説明会を開催するなど、十分な調整を行うことが必要である。
1.Ⅱ.4	②事業費（初期費用と運用費）の積算・見積の取得	メーカー等の見積りを取得したうえで、将来的な追加コスト発生リスクについて考慮された建設費・O&M費積算を行っているか？		設備運転に必要なメンテナンス費は年々増加していくことを想定しておく必要がある。見掛の事業性を良くするために実際には生じる大規模メンテナンスを計上しないメーカーがあるので注意が必要である。
	③事業収支・キャッシュフロー分析	技術的な裏付けの運転計画の条件をベースとした収支計画が組まれているか？		特に発電機などは、メーカーのカタログ値そのままでの収支を検討すると実際とギャップがあるため、メーカーより実際の国内運転実績に基づくデータを取得する必要がある。
		損益計算だけではなく、キャッシュフローの分析がなされているか？		事業収支と資金繰りは異なる問題であり、収支が確保できても資金がショートすることはあるため、損益計算だけではなくキャッシュフロー分析を行うことが必要である。さらに、投資回収年、IRR、DSCRなどの財務指標を用いた財務分析を行う必要がある。
1.Ⅱ.5	①資金調達方法の検討	資本力や本業の事業規模に対して過大な投資規模の事業となっていないか？		資本力や本業の事業規模に対する投資規模は事例によって異なるが、新規事業としてのバイオマス事業は一定のリスクを伴うことから、本業の事業規模を上回る投資は望ましくない。借入規模を含め、ビジネスモデルが固まった段階で金融機関と相談することが望ましい。
1.Ⅱ.6	①事業コンセプトの再精査・確定	構想段階の事業コンセプト・ねらいからぶれた計画となっていないか？		FS調査を進めるにあたり、多くの場合構想段階で描いたビジネスモデルや実施規模、協力関係者の変更修正を余儀なくされ、当初構想段階で描いた本来の目的や事業コンセプトの方向性から乖離してしまうことがあるため（地域活性化目的がいつの間にかFITの売電収益目的になる等）、社内外の関係者との実施体制構築にあたり事業意義を明確化する必要がある。
	②事業による波及効果の評価	事業による地域への波及効果等の評価がされ、地域からの理解醸成に活かされているか？		サプライチェーン上流から下流までの様々な地域関係者との間で協力体制を構築する際、地域関係者へのメリットを波及効果として定量的に示すことで事業の意義の理解の促進と事業実施体制の構築を円滑にすることができる。
	③組織内・地域関係者への説明・合意形成	事業主体は確立しているか?原料調達、運搬、エネルギー転換・利用までの主体は明確となっているか?		FS時点でもビジネスモデルを描いたにも関わらず、「実施者」が不在で実現に至らなかったケースや、地域関係者の協力が得られなかったケースが数多く存在する。
1.Ⅱ.7	①建設段階のリスクとその対処方法の例	そもそも完工しない、あるいは、所期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？		国内の事例では事業に必要な許認可や土地の取得が大幅に遅延するまたは最終的に許可が下りないケースが見られる。また、工事期間中やプラント設備の発注後に、工事業者やプラントメーカーが倒産してしまう事例、さらにプラントが完成しても燃料等の問題で想定していた稼働が実現できないことがある。
		完工が遅れる（タイムオーバーラン）リスクおよび、その場合に生じる問題につき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？		完工が遅れると、バイオマス燃料の供給側に迷惑をかけることとなり、プラントが完成していないにもかかわらず、燃料の引き取りは開始せざるを得なくなることもある。さらに、キャッシュインが遅れる一方で、融資への金利支払いや人件費等の経費はかかることになる。
		建設コストを中心とした建設段階にかかる費用が嵩む（コストオーバーラン）リスクにつき認識し、適切な予備費が計上されているか？		一般的には、建設請負契約において、発注者・受注者のどちらが負担すべきか記載されているが、その場合に、発注者の負担となる場合が記載されていることが多い。また、タイムオーバーランが生じた場合にもコストが嵩むこととなる。それらのリスクを踏まえて、建設請負契約の条項を交渉したり、適切な予備費を確保するなどの対応策を講じておくことが望ましい。
	②運営段階のリスクとその対処方法の例	当初予定した調達する原料の量・価格・質が、事業期間中維持されるための対応が取られているか？		廃棄物処理関連の許認可が必要な場合には、設備の完成後でないと得られないものもあり、バイオマスの供給元としても、その段階で、供給を正式にコミットするのは難しい場合が多い。
		原料調達先との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？		供給先と安定供給に係る契約を結んでも、調達先にて長期間それを維持できないとあまり意味がない。測の事態に供給条件の変更を迫られる可能性を低減すべく、バイオマス調達先と強固な関係を築くことが重要である。
		稼働後に故障その他により初期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？		不測の事態が生じた場合に備えて、費用負担やメーカーや工事業者との契約における保障条件や内容を十分に検討しておく必要がある。稼働開始後の外部環境の変化などによる追加コストは必ず発生するという前提の元、例えば、予備費用として収益の5%以上準備しておくことが望ましい。
		メーカーの倒産や部品在庫等の問題により、メンテナンスを適正に受けられないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？		特に海外のメーカーの機材を用いる場合には、本国から部品等を運搬するのにコストや時間がかかったり、技術者の出張も必要な場合は、そのコストも大きなものとなる場合がある。メーカーの倒産リスクについて完全に対処することは難しいが、まずは、その信用力について可能な限り調査したうえで、可能であれば海外の信用調査機関等も活用して、その動向をウォッチしておくべきである。
		熱供給を行う場合や、その他副生物を販売・処理する場合に、その需要や価格（処理コスト）の見積りは適正にできているか？		化石燃料価格の変動への対処方法は、燃料価格、熱供給価格を長期間固定化する手法が有効である。また、先行事例では化石燃料のサーチャージとして料金を設定しているケースもある。
		熱供給先や副生物の販売先（処理委託先）との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？		FIT制度下の売電と異なり、熱供給や副生物の販売、あるいは副生物の処理については、相手方との契約次第で、量も価格も変動する。場合によっては、供給・販売や処理を事業期間中に断られることもある。れらのリスクは、まずは、相手方との契約内容の交渉により、可能な限り排除することが望ましい。

項番号	実施事項	留意事項	チェック	解説
1.Ⅱ.7	③その他全般に関するリスクとその対処方法の例	自然災害等の不可抗力による事業への影響につき、適切な対応が考えられているか？		自然災害やメーカーや工事業者に責任を問うことができないようなプラントの不具合などの不可抗力についても、各種契約において、誰がその負担を行うのかを決めておく必要がある。これらのリスクは保険でカバーすることが一般的である。
		制度変更にかかるリスクがあることを認識し、それらをフォローする体制が構築されているか？		バイオマス事業は関連する法令が多岐にわたるため、その改正が事業に影響を与えることがある。また、税率の変更などもコストアップ要因となりうるため、適宜制度の動向はフォローしておくべきである。
		法令遵守等コンプライアンス面について、事業期間中に維持できる体制が構築されているか？		法令順守等のコンプライアンス面の問題を起こして稼働停止期間が生じると業績にダメージが生じるだけでなく、問題によっては周辺住民の排斥運動に発展する恐れも否定できない。法令遵守などは専門的な事項も多いため、それらを理解し実行できる人材が必要であり、日ごろの従業員教育に加え、有資格者が必要な場合もある。
		ジョイントベンチャーにて他者と共同して事業を行う場合、意見が対立した場合における取り決めが適切になされているか？		JVを組成する場合、当初はコンセンサスが醸成されたと皆が考えていても、事業が進むにつれて意見がすれ違い事業遂行に影響が出ることもある。そのため、例えば出資者間協定などの形で、それぞれの役割分担や意思決定方法等を定めておくことが重要である。
	④FS調査終了後、次のステップに進めるかの判断	採算性、実施体制、原料調達・エネルギー供給等の事業リスクを踏まえ事業化が可能か？（設計施工段階に進むことができるか？）		１．採算性が確保できるか？、２．実施体制が構築できているか？ 、３．原料バイオマスの調達ができるか？ 、４．エネルギー需要を確保できるか？ 、５．資金調達の蓋然性は高いか？を確認の上、事業化を判断する。
2.Ⅱ.1	①原料発生状況の調査	自社または地域で発生する原料の種類と発生量変動は把握できているか？		食品廃棄物、家畜ふん尿などは季節によって発生量が異なるため、安定稼働に影響を及ぼすことがある。可能なら過去の年間を通じた季節変動推移のデータを取得できることが望ましい。
		地域で発生する原料種の法的な取扱いの確認と許認可対応できているか？		廃掃法上で「廃棄物」(一般廃棄物、産業廃棄物)扱いのバイオマス種を外部から収集する場合は、処理施設、処理業、運搬輸送の許認可が必要。なお、有価物であっても運搬車両は許可が必要。
	②原料収集可能性の調査	地域の排出業者および運搬・収集業者の状況を踏まえ、長期的に安定収集が可能か？		排出量≠調達可能量であり、排出業者の処理利用状況や収集運搬業者の体制面のリスクを踏まえて現実的な調達量を把握する必要がある。FS時点で排出業者との間で覚書を締結できることが望ましい。
		安定した価格で調達できる見込みがあるか？		有価物／廃棄物の場合も輸送距離が長いと輸送費により事業性に影響が発生する。また、周辺地域に廃棄物処理業者や食品リサイクル業者がいる場合は競合により価格や調達量に影響がでることもある。
	③代替原料の可能性調査	量的にも種類的にも余裕を持った計画となっているか？調達できなかった場合の、代替原料まで検討できているか？		メタン発酵施設では地域の廃棄物循環インフラとして長期の運転継続が求められるが、中長期的に地域の産業・人口等の変化により調達する原料の発生量や種類も変化するため代替原料の目途をつけておくことが望ましい。
2.Ⅱ.2	①原料性状の調査	原料性状の分析結果を踏まえ、安定稼働や発酵阻害リスクを考慮した原料構成となっているか？		FS段階では利用量[t],体積[m3],有機物濃度[VS],固形物濃度[TS]、pH、含水率又はTS・強熱減量・CODcr・TN又はケルダール窒素・アンモニア性窒素などの分析が必要。なお、窒素濃度が高いと発酵阻害が生じる可能性がある。
		各家畜ふん尿調達先の含水率、性状（敷料混合状況など）を把握したか？また、敷料については、その種類（おが粉、わら、牧草等）を把握したか？		畜産ふん尿の量と性状は、家畜の種類や、その飼養形態により大きく異なることが多いので、事前に十分に調査する必要がある。いずれの畜種についても農家の飼養形態により発生するふん尿の性状や集め方、含まれる固形物（敷料など）が異なる。
	②ガス発生量の調査	回分式発酵試験を実施し、それぞれのバイオマスが持つ発生量のポテンシャルを確認したか？		回分式発酵試験とはサンプリングしたバイオマスの一定量を小型のメタン発酵タンクに投入し、温度を一定に保ちながら一定期間(2週間から1カ月間)のガス発生量を確認するものである。原料1tからどの程度のバイオガスが発生するかがわかる。ガス発生量の把握は事業性の評価だけでなく設備規模の検討の際にも重要。
		連続発酵試験により、メタン発酵設備の長期間の安定運転可能性を確認したか？（主に槽内のアンモニア性窒素の阻害の確認および定常状態における消化液の性状など）		連続発酵試験とは、サンプリングしたバイオマスの一定量を数カ月間にわたり毎日メタン発酵タンクに投入しガス発生量を確認するものである。連続発酵試験に要する期間は3カ月間から5カ月間を要するが、発酵の安定性を高い精度で確認できる。
2.Ⅱ.3	バイオマスの収集運搬計画	輸送のうえでの周辺環境への影響はないか?近隣からの理解は得られるか？		稼働後は廃棄物などを輸送する運搬車がプラント周辺を多数往来するため、近隣住民から騒音や悪臭などに関するクレームが発生し事業停止に至った例もある。事業化判断前に行政と連携し住民合意をする必要がある。
3.Ⅱ.1	①消化後残渣の処理・利用方法の検討	消化液の処理方法を検討したか？（液肥の利用、水処理後公共水域または下水道への放流）		液肥利用する場合は、発酵後の残渣はそのまま貯留槽に貯められ、散布車で農地に液肥として散布される。または、固液分離設備で固形分を分離した状態にしたうえで液肥散布される場合もある。水処理後に放流する場合は、対象水域や下水道の放流水質基準を把握し、それに見合う処理性能の確保が必要。
		原料の調達量、性状等から年間の消化液の発生量、肥料成分濃度を確認したか？また、肥料登録の手続きを理解しているか？		FS以降では水分の添加や、移送、槽内温度調整、アンモニア濃度を考慮した物質収支をもとに、処理すべき消化液の日量と処理時間、処理方式等を設定する必要がある。また、農地で液肥利用するためには肥料取締法の届け出が必要となる。
		利用計画に基づいた適切な前処理・貯留槽が計画されているか？		施肥は主として年2回、多くて4回であり、水田と麦では年2回施肥が可能として一般的に１haあたり100tしか散布できない。また、液肥利用する場合は、堆肥利用することになる固体分に脱水剤成分が混入することを踏まえて、農作物に害となる脱水剤を使わないことが原則である。
		文献調査、先進地視察、専門家ヒアリングなどにより、液肥利用の利点や限界について理解できているか？		消化液の液肥利用についてはレポートや論文が出ているが、それらを読み込んで利用方法を具体化することは容易でないため、予備知識を上で、専門家ヒヤリングを行い、その助言をもとに先進地視察を行うのが早道である。
		再生敷料の生産可能量および供給先の確保を検討したか？		近年、メタン発酵消化液を固液分離し、液分（搾液）は有機質液体肥料として、固形分は再生敷料として再利用（マテリアル利用）する技術が登場し、利用事例が増加している。メタン発酵設備を計画・設計する場合には、再生敷料の生産可能量の正しい評価と供給先の確保が重要となる。
	②液肥利用の調査	消化液液肥の十分な散布圃場の確保の目途が立っているか？その他、サテライトタンクの検討は行ったか？		散布圃場については、事業期間中に需要家の液肥利用量が減少することも想定し、一定の余裕をもった面積の確保が望ましい。FS時点では消化液がまだない状態で農家に数年先の協力を取り付けは難しいため散布先の想定を置くことが重要。
	③水処理設備の検討（放流基準調査）	放流先となる公共水域または下水道施設への放流基準の確認ができているか？		放流先は公共水域と下水道施設に大別され、通常、公共水域の方が厳格な放流基準が設けられており、排水処理コストが増大する傾向にある。また、公害防止条例や公害防止協定等が存在する地域はより厳しい基準が要求されることがあるため確認が必要。

項番号	実施事項	留意事項	チェック	解説
3.Ⅱ.2	①エネルギー利用先・利用量の具体化検討	エネルギー利用・供給先と利用量は決まっているか？		FS段階ではバイオガスのエネルギー利用先および供給先を具体化するとともに、需要先で必要なエネルギー量を把握する必要がある。電力供給量の試算の際、発電装置の出力や効率などのスペックについてメーカーのカタログ値（理想値）をもとに計算すると実際の設備とギャップが生じることがある。
		バイオガス発生量調査を踏まえて、発生するバイオガス発熱量は、想定するエネルギー需要を賄うのに十分か？		実施地域の気候によっては生成したバイオガスの一部を発酵槽の加温に利用するため、こうした自家消費分を考慮したエネルギー供給を検討する必要がある。その他、通常メタン発酵施設では一定の時間に原料を投入するバッチ処理が行われるため、日々のバイオガス発生量も変動する。これらを踏まえたエネルギーの供給形態やガスホルダーの規模のを確保検討する必要がある。
	②エネルギー需要の調査	季節別、時間帯別での電力および熱の需要特性が把握できているか？		エネルギー需要は季節変動や1日の時間帯によって変動するだけでなく、同じ月でも毎年異なる他、曜日によっても変動することを考慮して供給量を検討する必要がある。
		供給候補先の既存設備の運転状況、費用などを考慮しメリットのある電気・熱供給の仕組みとなっているか？また候補先と具体的な協議を行っているか？		供給候補先の需要家の既存の設備の老朽化状況、化石燃料使用量、運転費用などを把握しバイオガスを利用するメリットを提示することが持続的な事業に必要。また、FS段階では需要先があることを「想定」するのではなく具体的な協議のもと蓋然性を判断しないと事業性を見誤ることになる。
	③系統連系の調査	電力会社の系統アクセス調査で空き容量が確認されているか?		発電事業の検討を行っている場合、もしくは自家消費を目的としつつも逆潮流の発生が見込まれる場合は、電力会社に連系希望地点付近の系統状況について任意の事前相談と接続検討の申し込みが必要となる。
4.Ⅱ.1	①基本設計（全体）	特定の設備や技術を前提とせず、入口（原料）と出口（エネルギー・副生物利用）、法規制の実状を踏まえて、施設の概略設計を行ったか？		寒冷気候下の凍結対策や既存設備(受入槽、水処理、焼却設備)の有効活用など、地域や事業者のリソースによってメタン発酵施設で求められる設計は異なる。また、規模やエネルギー利用方法応じて電気事業法、ガス事業法、高圧ガス保安法などの遵守すべき法規制が異なり設計に反映する必要があり、手続き等のスケジュールも考慮する必要がある。
		原料の調達可能性、液肥・堆肥、エネルギーの需要規模を踏まえた適正な設備規模が選定されているか？		FIT事業収入の目安となる発電規模から逆算して原料処理規模を決めると、持続的な原料調達ができず安定運転ができないことがある。また、液肥利用の場合は原料調達可能量だけでなく出口（散布可能量）を考慮して施設規模を選定する必要がある。
		原料の搬送や投入、機器の運転による騒音・振動・臭気・粉塵など周辺への影響がないか？		原料受入の他、機器運転による騒音・振動・臭気・粉塵による周辺住民への影響が発生することがある。特に臭気問題は住民問題に発展しやすいため十分な対策と合意形成が必要。
	②要素技術の選定(発酵/付帯技術)	メーカー、代理店の国内でのメンテナンス体制は整っているか？		稼働開始後のメンテナンス体制、設備トラブル対応の迅速性もメーカーを選定する際に考慮する必要がある。特に海外の技術を用いる場合は、設備トラブル時の技術者派遣や交換部品の調達に数か月要したケースも存在するため留意が必要。
		安定稼働の実績、メンテナンス・パーツの支給体制、法規制対応に問題がないか？		海外で実績のある技術でも国内の原料等の条件では安定できないこともあるため、同技術の国内の事例にヒアリングすることが望ましい。また、海外メーカーおよび販売代理店は日本の法規制の知見不足で設計やスケジュール、価格が当初想定と異なることがある。その他、設備トラブル時の技術者派遣や交換部品調達の迅速性も確認が必要。
	③フローシート/配置図/仕様書の作成	基本設計に係る基礎資料を用意したか？（フローシート／基本仕様書／基本設計計算書／図面類／概算費用など）		近年、一部の国内事例ではこれらの資料がメーカー側から提示されないまま設計を進められるケースがあるが、思わぬ設計の不備につながるため必ず事業者がメーカーより入手する必要がある。
		設計・工事の発注に係る概略仕様および発注仕様書は確定しているか？		設計・工事の概略仕様とそれに基づく発注仕様書はコンサルタント等に一任せず、事業者自身が各設備および設計の意図や必要性を理解をしないと地域性や既存施設と不整合なユーザビリティの悪い施設となることがある。また、発注方式（EPC契約または分離発注）によっても費用は異なる。ただし、分離発注は事業者自身に高度な技術的知見がないと難しい。
	④設備・工事発注方法の検討	設計・工事の発注方法は確定しているか？		工事請負契約とするのであれば、コスト比較の観点から複数の設計施工メーカーに依頼をして判断することが望ましいと言える。なお、分離発注を行う場合は事業者側が各設備を理解しておくとともに、全体の施設を監督する能力が必要である。
	⑤施設関連法規制の確認と対応	ガス事業法、悪臭防止法、建築基準法、消防法等の必要な法規対応を確認できているか?		メタン発酵事業では実現までに数多くの法規制への対応が必要となる。また、調達する原料や事業モデルについても法規制の制約を受けるため留意が必要である。

2章　バイオマスエネルギーの事業環境

2.1 日本の再生可能エネルギーの現状と政策

（1） 共通

1）ゼロカーボン宣言

2020 年 10 月 26 日、菅総理大臣（当時）は所信表明演説において、2050 年カーボンニュートラルを目指すことを宣言した。さらに 2021 年 4 月に開催された気候サミットにおいて、2050 年カーボンニュートラルの長期目標と整合的で野心的な目標として、2030 年度には温室効果ガスを 2013 年度比 46%削減することを宣言するとともに、さらに 50%の高みに向けて挑戦を続けていく決意を表明した[1]。新しい目標は、2020 年 3 月にパリ協定に沿って提出した「国が決定する貢献（NDC）[2]」で示された 2013 年度比 26%削減を大きく上回るものとなった。本宣言を踏まえ、以下に示すような脱炭素化および再生可能エネルギーの導入を加速させる各種政策が策定されることになった。

2）第 6 次エネルギー基本計画

エネルギー基本計画は、エネルギー政策基本法に基づいて策定される、エネルギーの需給・利用等に関する中、長期政策の基本指針である。2021 年 10 月には、上記 2050 年のカーボンニュートラル目標を踏まえ、第 6 次エネルギー基本計画がに閣議決定された。今回の計画では再生可能エネルギーを主力電源化として最優先の原則の下で、第 5 次計画以上に大幅に拡大していく方向性が掲げられ、2030 年度の電源構成のうち再生可能エネルギーは 36～38%、バイオマスは 5%を担うとする方向性が示された。

表 1.2.1 第 6 次エネルギー基本計画における 2030 年度の電源構成

		（2019年 ⇒ 旧ミックス）		2030年度ミックス（野心的な見通し）	
省エネ		（1,655万kl ⇒ 5,030万kl）		6,200万kl	
最終エネルギー消費（省エネ前）		（35,000万kl ⇒ 37,700万kl）		35,000万kl	
電源構成 発電電力量：10,650億kWh ⇒ 約9,340億kWh程度	再エネ	（18% ⇒ 22~24%）	太陽光 6.7% ⇒ 7.0% 風力 0.7% ⇒ 1.7% 地熱 0.3% ⇒ 1.0~1.1% 水力 7.8% ⇒ 8.8~9.2% バイオマス 2.6% ⇒3.7~4.6%	36～38%※ ※現在取り組んでいる再生可能エネルギーの研究開発の成果の活用・実装が進んだ場合には、38%以上の高みを目指す。	
	水素・アンモニア	（ 0% ⇒ 0%）		1%	（再エネの内訳） 太陽光 14～16% 風力 5% 地熱 1% 水力 11% バイオマス 5%
	原子力	（ 6% ⇒ 20~22%）		20～22%	
	LNG	（37% ⇒ 27%）		20%	
	石炭	（32% ⇒ 26%）		19%	
	石油等	（ 7% ⇒ 3%）		2%	
（ ＋ 非エネルギー起源ガス・吸収源 ）					
温室効果ガス削減割合		（ 14% ⇒ 26%）		46% 更に50%の高みを目指す	12

（出所）経済産業省「エネルギー基本計画の概要」[3]

第 6 次エネルギー基本計画では、バイオマス発電は、災害時のレジリエンスの向上、地域産業の活性化を通じた経済・雇用への波及効果が大きいなど、地域分散型、地産地消型のエネルギー源として多様な価値を有するエネルギー源であるとしている。一方で、再生可能エネルギーとして唯一燃料調達が必要であり、発電コストの大半を燃料費が占めているという特徴についても

[1] 外務省　日本の排出削減目標　https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000121.html
[2] 日本の NDC　http://www.env.go.jp/press/110060/116985.pdf
[3] https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-2.pdf

言及している。このため、バイオマス発電の導入拡大に向けては、限りあるバイオマス燃料の安定調達と持続可能性を確保しつつ、燃料費の低減を進めることが課題としている。こうした課題を克服し、地域での農林業等と合わせた多面的な推進を目指すために、次の方針を示している。

表 1.2.2 第 6 次エネルギー基本計画におけるバイオマス利用に係る該当箇所（抜粋）

燃料ポテンシャルの拡大

国産木質バイオマス燃料の供給拡大に向け、バイオマス関係省庁が連携して早生樹や広葉樹等の燃料材に適した樹種の選定や、地域に適した育林手法等の実証、木質バイオマス燃料の品質規格の策定等による市場取引の活性化等の取組を推進し、燃料費の低減と燃料材が重要な収益機会になりつつある林業者の経営の安定化の両立を図る。

持続可能性の確保

バイオマス燃料の持続可能性を確保するため、FIT・FIP 制度においては、環境、社会、労働、ガバナンスの観点に加え、食料との競合、ライフサイクル温室効果ガスの排出量等の観点について専門的・技術的な検討を踏まえ策定する持続可能性基準を満たした燃料を利用することを求めていく。加えて、既に認定を受けた案件について、事業計画に沿った事業を行っていないことが確認された場合、再エネ特措法に基づき指導、改善命令、必要に応じて認定取消しを行い、適切に事業を行うことを求めていく。

熱利用・熱電併給の推進とコスト低減

バイオマス発電及び熱利用等について、森林資源の保続が担保された形での木質バイオマスの熱利用・熱電併給に向けた施策を推進するとともに農山漁村再生可能エネルギー法等を通じて積極的に推進し、農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギーの導入を進めていく。加えて、家畜排せつ物、下水汚泥、食品廃棄物などのバイオマスの利用や、耕作放棄地等を活用した燃料作物バイオマスの導入やコスト低減を進める。2022 年 4 月以降も引き続き FIT 制度が適用されるバイオマス発電は、地域活用要件の一つとして熱電併給を行うことが求められる。特に、大規模なバイオマス発電を中心に、競争を通じてコスト低減が見込まれるものについては、安定的かつ持続可能な燃料調達を前提に、FIP 制度に基づく入札制を通じて、コスト効率的な導入を促す。

（出所）経済産業省「第 6 次エネルギー基本計画」を基に作成

3) 地球温暖化対策推進法

地球温暖化対策推進法（以下、温対法）は、温暖化対策を国・地方自治体・事業者・国民が一体となって取り組んでいくために制定された法律である。温室効果ガスの排出量に対する報告義務や排出量抑制等について規定している。

2021 年 3 月には上述の 2050 年のカーボンニュートラル目標を踏まえ、7 回目の改正となる「地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案」が閣議決定された[4]。主な改正点は以下のとおりである。

[4] http://www.env.go.jp/press/109218.html

表 1.2.3 地球温暖化対策推進法の主な改正点

①パリ協定・2050 年カーボンニュートラル宣言を踏まえた基本理念の新設

「パリ協定」の目標や「2050 年カーボンニュートラル宣言」が基本理念として法に明確に位置付けられた。政策の方向性や継続性を明確に示すことで、あらゆる主体（国民、地方公共団体、事業者等）に対し予見可能性を与え、取組やイノベーションを促進する。

②地域の再エネを活用した脱炭素化を促進する事業を推進するための計画・認定制度の創設

地方公共団体実行計画に、施策の実施に関する目標を追加するとともに、市町村は地域の再エネを活用した脱炭素化を促進する事業（地域脱炭素化促進事業）に係る促進区域や環境配慮、地域貢献に関する方針等を定めるよう努めることとする。

③脱炭素経営の促進に向けた企業の排出量情報のデジタル化・オープンデータ化の推進等

一定以上の温室効果ガスを排出する事業者に課せられる排出量に係る算定報告公表制度について、電子システムによる報告を原則化することで利便性向上を図るとともに、開示請求の手続なしで公表される仕組みとし、公表までの期間を以前の「2 年」から「1 年未満」に変更している。これにより、企業の排出量情報が広く活用されるようになる基盤を整え、企業の脱炭素への前向きな取り組みが評価されやすい環境を作る。

（出所）環境省「5 回 地域社会における持続的な再エネ導入に関する情報連絡会」資料を基に作成

このうち、「②地域の再エネを活用した脱炭素化を促進する事業を推進するための計画・認定制度の創設」についてはバイオマスエネルギーの今後の導入拡大に特に重要となる。

後述するゼロカーボンシティをはじめとする各地方自治体では、現在地域資源である再エネの活用に積極的に取り組んでおり、その際、脱炭素化のみならず地域経済の活性化や、災害に強い地域づくりなど、地域の便益となる再エネ事業を目指している。一方、再エネ事業に対する地域トラブルも見られるなど、地域における合意形成が課題となっている。

これを踏まえ、今回の改正において温対法に基づく地方公共団体実行計画制度を拡充し、地域の環境保全や地域の課題解決に貢献する再エネを活用した「地域脱炭素化促進事業」を推進する仕組みを創設することで、地域の合意形成を円滑化しつつ、地域の脱炭素化を促進する方針を示した。併せて、実行計画で定める再エネの利用促進等の施策について、適切な実施目標の設定を促進するとした。

なお、地方公共団体実行計画では、①再エネの利用促進、②事業者・住民の削減活動促進、③地域環境の整備、④循環型社会の形成の 4 カテゴリについて施策の実施目標を定める必要がある（第 21 条第 3 項第 5 号）。①の再エネについて、基本的には、各地方公共団体の再エネポテンシャルを最大限活用する観点から、再エネ導入容量（kW 等）を、再エネ種別ごとに設定することが考えられる。再エネ以外の施策（②～④）については、施策の実施状況の進捗管理を適切に行えるような KPI としての目標を設定することが想定されている。

表 1.2.4 地球温暖化対策推進法における地方公共団体実行計画に係る改正点

1．都道府県の地方公共団体実行計画制度の拡充

(1) 都道府県は、地方公共団体実行計画において、その区域の自然的社会的条件に応じた再エネ利用促進等の施策に関する事項に加えて、施策の実施に関する目標を定めることとする（第 21 条第 3 項）。

(2) 都道府県は、地方公共団体実行計画において、地域の自然的社会的条件に応じた環境の保全に配慮し、省令で定めるところにより市町村が定める促進区域の設定に関する基準を定めることができる（第 21 条第 6 項及び第 7 項）。

2. 市町村の地方公共団体実行計画制度の拡充

(3) 指定都市・中核市・特例市は、地方公共団体実行計画において、その区域の自然的社会的条件に応じた再エネ利用促進等の施策に関する事項に加えて施策の実施に関する目標を定めることとする（第 21 条第 3 項）。

(4) 上記以外の市町村も、(1)の施策及びその実施に関する目標を定めるよう努めることとする（第 21 条第 4 項）。

(5) すべての市町村は、上記の事項を定めている場合において、協議会も活用しつつ、地域脱炭素化促進事業（※1）の促進に関する事項として、促進区域（※2）、地域の環境の保全のための取組、地域の経済及び社会の持続的発展に資する取組等を定めるよう努めることとする（第 21 条第 5 項）。

3. 地域脱炭素化促進事業の認定

(6) 地域脱炭素化促進事業を行おうとする者は、事業計画を作成し、地方公共団体実行計画に適合すること等について市町村の認定を受けることができる（第 22 条の 2）。

(7) (1)の認定を受けた認定事業者が認定事業計画に従って行う地域脱炭素化促進施設の整備に関しては、関係許可等手続のワンストップ化（※3）や、環境影響評価法に基づく事業計画の立案段階における配慮書手続の省略といった特例を受けることができる（第 22 条の 5～第 22 条の 11）。

※1 再エネを利用した地域の脱炭素化のための施設（地域脱炭素化促進施設）として省令で定めるものの整備及びその他の地域の脱炭素化のための取組を一体的に行う事業であって地域の環境保全及び地域の経済社会の持続的発展に資する取組を併せて行うもの(第 2 条第 6 項)。

※2 環境保全に支障を及ぼすおそれがないものとして環境省令で定める区域の設定に関する基準に従い、かつ、都道府県が定めた場合にあっては都道府県の促進区域の設定に関する環境配慮基準に基づき定めることとなる。(第 21 条第 6 、 7 項)

※3 自然公園法に基づく国立・国定公園内における開発行為の許可等、温泉法に基づく土地の掘削等の許可、廃棄物処理法に基づく熱回収施設の認定や処分場跡地の形質変更届出、農地法に基づく農地の転用の許可、森林法に基づく民有林等における開発行為の許可、河川法に基づく水利使用のために取水した流水等を利用する発電（従属発電）の登録。

（出所）同上

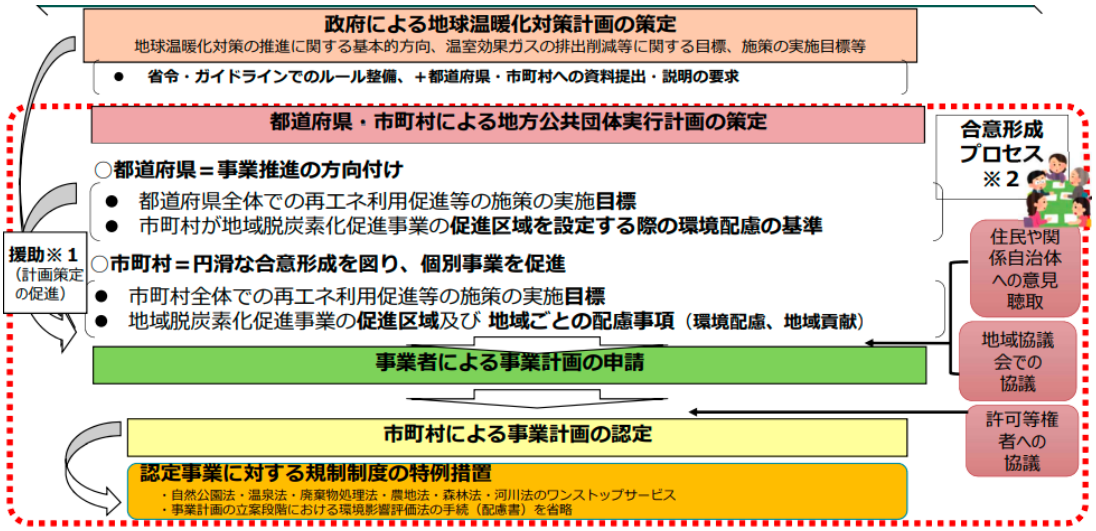


図 1.2.1 地域の脱炭素化について

※1 国及び都道府県は、市町村に対し、地方公共団体実行計画の策定及びその円滑かつ確実な実施に関し必要な情報提供、助言その他の援助を行うよう努める（第 22 条の 12)。

※2 住民その他の利害関係者や関係地方公共団体の意見聴取（第 21 条第 10 項及び第 11 項）や、協議会が組織されているときは当該協議会における協議が必要（第 21 条第 12 項)。協議会は、関係する行政機関、地方公共団体、地域脱炭素化促進事業を行おうとする者等の事業者、住民等により構成。

（出所）同上

また、上述の「地域脱炭素化促進事業」については、再エネを利用した地域の脱炭素化のための施設（地域脱炭素化促進施設）として省令で定めるものの整備及びその他の地域の脱炭素化のための取組を一体的に行う事業であって、地域の環境保全及び地域の経済社会の持続的発展に資する取組を併せて行うものを、「地域脱炭素化促進事業」として定義（第 2 条第 6

項）。地域脱炭素化促進事業の対象として、現在検討されているものは下図のとおりであり、バイオマスは再エネ発電施設、並びに再エネ熱供給施設において重要なエネルギー源として位置づけられている。

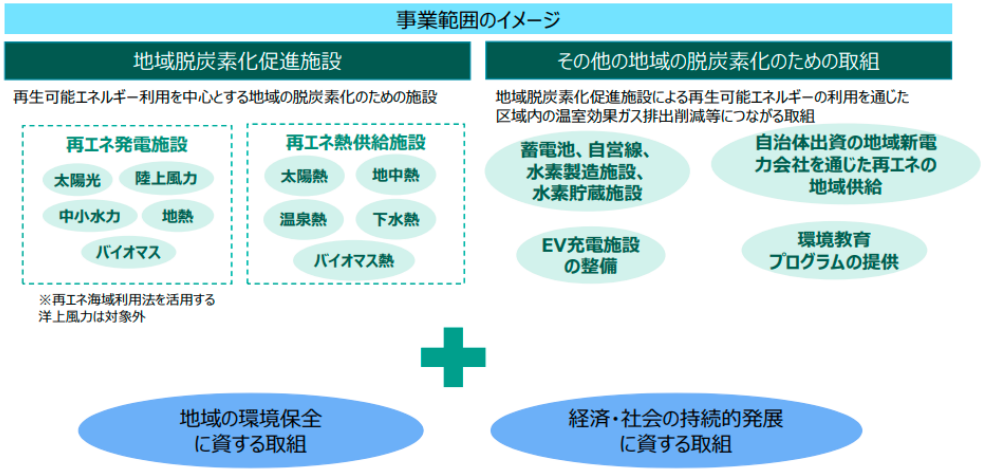


図 1.2.2 地域脱炭素化促進事業の対象イメージ

（出所）同上

4) 地域脱炭素ロードマップ・ゼロカーボンシティ

国と地方が協働・共創して 2050 年までのカーボンニュートラルを実現するため、地域の取組と国民のライフスタイルに密接に関わる分野を中心に脱炭素方策を議論する場として 2020 年 12 月に「国・地方脱炭素実現会議」が設置され、2021 年 6 月に「地域脱炭素ロードマップ」が策定された。本ロードマップの概要は以下のとおりであり、今後 5 年間での政策を総動員し、2030 年度までに少なくとも 100 か所の「脱炭素先行地域」を作るとしている。

表 1.2.5 地域脱炭素ロードマップの概要

(1) 足元から 5 年間に政策を総動員

1. 2030 年度までに少なくとも 100 か所の「脱炭素先行地域」をつくる。

   ※脱炭素先行地域では、民生部門（家庭部門及び業務その他部門）の電力消費に伴う CO2 排出実質ゼロまで削減し、さらに運輸部門や燃料・熱利用等も国全体の削減目標と整合するレベルに削減することを目指す。IoT 等も活用し、取組の進捗や排出削減を評価分析し、透明性を確保する。

2. 全国で重点対策を実行（自家消費型太陽光、省エネ住宅、ゼロカーボンドライブなど）

(2) 3 つの基盤的施策

1. 人材・情報・資金の継続的・包括的支援スキーム構築（地方支分部局が水平連携して支援実施）
2. ライフスタイルイノベーション（排出見える化や、ふるさと納税の返礼品としての地域再エネ活用など）
3. ルールのイノベーション（風力発電の環境アセスの最適化や、地熱発電の開発加速化など）

(3) モデルを全国に伝搬し、2050 年を待たずに脱炭素達成（脱炭素ドミノ）

（出所）環境庁「地域の脱炭素化の促進について（改正地球温暖化対策推進法等）」[5]を基に作成

[5] https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kisei/conference/energy/20210907/210907energy12.pdf



図 1.2.3 地域脱炭素ロードマップのイメージ

（出所）環境庁「ゼロカーボンシティの関連施策について」

上記を踏まえて、ゼロカーボンシティをを目指す地方公共団体に対し、情報基盤整備、計画等策定支援、設備等導入を一気通貫で支援するための施策として「地域脱炭素移行・再エネ推進交付金」が提供される予定である。

2022 年 1 月時点で「2050 年までに二酸化炭素排出実質ゼロ」を表明した自治体は、534 自治体(40 都道府県、319 市、15 特別区、134 町、26 村)に上り、それぞれ取り組みを進めている。今後、カーボンニュートラルの実現に重要な再生可能エネルギー事業に関しては、自治体が積極的に再生可能エネルギー活用事業に関与し、地域内での円滑な合意形成を図りやすい基盤を整えている[6]。

5) 地球温暖化対策計画

地球温暖化対策計画は、地球温暖化対策推進法に基づく政府の総合計画となっている。上述の 2030 年度に温室効果ガス 46%削減するという新たな目標を踏まえて 5 年ぶりに改訂され、2021 年 10 月に閣議決定した。本計画は二酸化炭素以外も含む温室効果ガスの全てを網羅し、新たな 2030 年度目標の裏付けとなる具体的な対策・施策について記載している。

[6]環境省　地方公共団体における 2050 年二酸化炭素排出実質ゼロ表明の状況（https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html）

表 1.2.6 地球温暖化対策計画の概要

再エネ・省エネ

- 改正温対法に基づき自治体が促進区域を設定 → 地域に裨益する再エネ拡大（太陽光等）
- 住宅や建築物の省エネ基準への適合義務付け拡大

産業・運輸など

- 2050 年に向けたイノベーション支援→2 兆円基金により水素・蓄電池など重点分野の研究開発と社会実装を支援
- データセンターの 30%以上省エネに向けた研究開発・実証支援

分野横断的取組

- 2030 年度までに 100 箇所以上の「脱炭素先行地域」を創出（地域脱炭素ロードマップ）
- 優れた脱炭素技術等を活用した、途上国等での排出削減→「二国間クレジット制度：JCM」により地球規模での削減に貢献

（出所）環境省「地球温暖化対策計画　概要」[7]を基に作成

この中で、2030 年 46%の削減目標を達成するための各セクター別、削減手法別の具体的な目標を下表のとおり提示している。エネルギー起源の CO2 の 2030 年の削減目標は従来目標である 25%減から 45%減に大幅に引き上げられ、このうち得に排出量が大きい産業部門、業務・その他部門、家庭部門はそれぞれ 38%減、51%減、66%減となっている。

表 1.2.7 地球温暖化対策計画における具体的な温室効果ガス削減目標

温室効果ガス排出量・吸収量（単位：億t-CO2）		2013排出実績	2030排出量	削減率	従来目標
		14.08	7.60	▲46%	▲26%
エネルギー起源CO_2		12.35	6.77	▲45%	▲25%
部門別	産業	4.63	2.89	▲38%	▲7%
	業務その他	2.38	1.16	▲51%	▲40%
	家庭	2.08	0.70	▲66%	▲39%
	運輸	2.24	1.46	▲35%	▲27%
	エネルギー転換	1.06	0.56	▲47%	▲27%
非エネルギー起源CO_2、メタン、N_2O		1.34	1.15	▲14%	▲8%
HFC等４ガス（フロン類）		0.39	0.22	▲44%	▲25%
吸収源		-	▲0.48	-	（▲0.37億t-CO_2）
二国間クレジット制度（JCM）		官民連携で2030年度までの累積で１億t-CO_2程度の国際的な排出削減・吸収量を目指す。我が国として獲得したクレジットを我が国のNDC達成のために適切にカウントする。			-

（出所）同上

[7] http://www.env.go.jp/earth/211022/mat02.pdf

（2） バイオマス発電に係る政策動向

1） 固定価格買取制度

買取価格

現状、バイオマス発電は 2012 年から開始された上述の FIT 制度により導入支援が進められている。2022 年 1 月には 2023 年度までの調達価格が以下のとおり発表されている。2022 年度は 10,000kW 以上の一般木質バイオマス発電とすべての液体燃料バイオマス発電は価格入札による FIP 制度のみ対象となり、2023 年度には 2,000kW 以上のバイオマス発電が FIP 制度（非入札）に移行する予定である。

表 1.2.8 バイオマスエネルギーの固定買取価格

一般木材等（2,000kW 未満）

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注1)	24円/kWh＋消費税	24円/kWh＋消費税	24円/kWh＋消費税
FIP基準価格(注2)		24円/kWh	24円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

一般木材等（2,000kW 以上 10,000kW 未満）

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注1)	24円/kWh＋消費税		
FIP基準価格		24円/kWh	24円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

一般木材等（10,000kW 以上）・液体燃料）

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格	入札制		
供給価格上限額	18.5円(事前非公表)		
FIP基準価格(注3)		入札制(事前非公表)	入札制
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

未利用材（2,000kW 未満）

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注1)	40円/kWh＋消費税	40円/kWh＋消費税	40円/kWh＋消費税
FIP基準価格(注2)		40円/kWh	40円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

未利用材（2,000kW 以上）

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注4)	32円/kWh＋消費税	32円/kWh＋消費税	
FIP基準価格		32円/kWh	32円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

建設資材廃棄物

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注4)	13円/kWh＋消費税	13円/kWh＋消費税	13円/kWh＋消費税
FIP基準価格(注2)		13円/kWh	13円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

一般廃棄物その他バイオマス

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
調達価格(注4)	17円/kWh＋消費税	17円/kWh＋消費税	17円/kWh＋消費税
基準価格(注2)		17円/kWh	17円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

メタン発酵バイオガス発電

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
調達価格(注4)	39円/kWh＋消費税	39円/kWh＋消費税	35円/kWh＋消費税
基準価格(注2)		39円/kWh	35円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

(注 1) 地域活用要件あり。ただし、沖縄地域・離島等供給エリアは地域活用要件を求めない。
(注 2) 50kW 以上のみ FIP 制度を選択可能。
(注 3) 液体燃料については 50kW 以上。
(注 4) 2022 年度は 10,000kW 未満かつ地域活用要件あり。2023 年度は 2,000kW 未満かつ地域活用要件あり。ただし、沖縄地域・離島等供給エリアは、10,000kW 未満の地域活用要件を求めない。

FIT 制度の抜本見直し

2012 年に開始された FIT 制度は、同制度の前提となる「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」において、2020 年度末までに FIT 制度の抜本見直しを行う旨が規定されている。そのため、2019 年 9 月以降、総合資源エネルギー調査会／基本政策分科会／再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会において、①電源特性に応じた支援制度、②地域に根差した再生可能エネルギー導入の促進、③再生可能エネルギー主力時代の次世代電力ネットワークの構築といった観点から、FIT 制度の抜本見直しの検討が進められてきた。

再生可能エネルギーが主力電源になるためには、将来的に FIT 制度等による政策措置がなくとも、電力市場でコスト競争に打ち勝って自立的に導入が進み、規律ある電源として長期安定的な事業運営が確保されなければならない。他方、再生可能エネルギーには、地域の活性化やレジリエンス強化に資する面もあることから、地域で活用される電源としての事業環境整備も重要とされている。そこで、資源エネルギー庁では再生可能エネルギーの活用モデルを①競争力ある電源と②地域で活用される電源の 2 つに分類し、それぞれの「自立」に向けた制度や政策措置の在り方を検討、2022 年度より①の電源については順次 FIT 制度から FIP 制度へ移行し、②の電源については引き続き FIT 制度を適用するものの、認定の取得にあたっては地域活用要件を満たしていることが求められることとなった。

①競争力ある電源への成長モデル

- コスト競争力ある電源として、**卸電力取引市場や相対契約による市場取引**で勝ち残り、全国大で活用される電源
- インバランスリスクや出力制御など**発電事業者としての然るべき責務**を負い、信頼度の高い設備運用や事業体制により、**安定的に電力供給可能な長期安定電源**
- 系統制約の中でも、入札制度等と併せて計画的かつ効率的に配置されていく電源

②地域で活用される電源としてのモデル

- 地域でエネルギー供給構造に参加する事業者が、各電源の特性に応じ、**地域政策**や他の分散型エネルギーとの連携、**自家消費**等を進めることにより、**効率的なエネルギー利用や産業・雇用創出など地域活性化を促す小規模な分散型電源**
- 系統への負荷を抑制するとともに、災害時・緊急時における地域のレジリエンス強化に資する電源

図 1.2.4 再生可能エネルギー活用モデルの分類

(出所) 資源エネルギー庁　再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会資料

バイオマス発電の新規認定で FIP 制度対象とする領域

2021 年度の調達価格等算定委員会では、バイオマス発電について、2022 年度に地域活用電源となる電源の規模は 10,000kW 未満とすることが取りまとめられている（ただし液体燃料を原料とするバイオマスは除く）。バイオマス発電については、稼働期間全体にわたって燃料を要することから、一般的に、コスト全体に占める燃料費の割合が大きく、高コスト構造にあることが理由となっている。一方で、10,000kW 以上の大規模設備は、以下のような特徴がある。

- 一般木材等・一般廃棄物その他バイオマスなどの複数の区分において発電効率が高く、相対的に低コストでの事業実施が可能（そのため十分な競争状況が整っている一般木材等・液体燃料については、10,000kW 以上が 2018 年度より入札制に移行済み）
- バイオマス発電は、安定的に発電可能で調整しやすいことから、発電予測が比較的容易、需要側が単体の電源から安定した電気を調達しやすい、調整力としても活用しやすい。

そのため、上記委員会では再生可能エネルギーの自立化へのステップとして、FIP 制度により早期に電力市場へ統合していく方向性が示された。FIP 制度が開始される 2022 年度は、新規認定で同制度のみ認められるバイオマス発電の対象を、一般木質等バイオマス発電の 10,000kW 以上、すべての容量の液体燃料バイオマス発電とし、FIP 基準価格は現行の FIT 制度と同様に入札によって決定されるものとした。また、自然変動電源である太陽光発電でも 2022 年度から 1,000kW 以上は FIP 制度のみ認められることをふまえ、2023 年度には 2,000kW 以上の一般木質等バイオマス発電とその他燃料のバイオマス発電は FIP 制度のみが対象となり、2,000kW 未満のバイオマス発電については地域活用要件を満たした FIT 制度か FIP 制度を選択できるものとして、2022 年 1 月の調達価格算定委員会でとりまとめられた。これらの電源の FIP 基準価格については入札を行わないものとしている。

バイオマスの新規認定における FIT 制度対象領域の取扱い

FIP 制度により早期に電力市場へ統合していく「10,000kW 以上のバイオマス発電」以外のバイオマス発電については、2022 年度より後述する地域活用要件を満たす限りは新規認定として FIT 制度を認める方針が示されている。すなわち、2022 年度に FIT 制度の新規認定を認める対象は、10,000kW 未満かつ地域活用要件を満たすものに限定することになった。

2023 年度以降の FIT 制度の取扱いは、2,000kW 未満の一般木質等バイオマス、その他のバイオマス発電について適用され、これらの電源は FIP 制度の認定を受けることも選択可能とした。

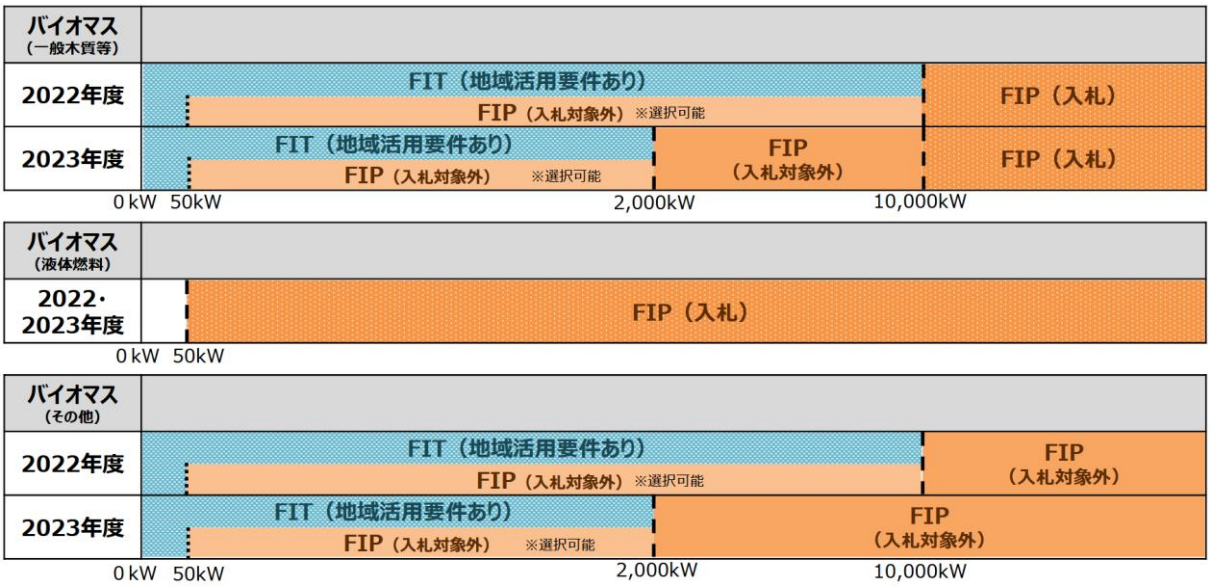


図 1.2.5 2022 年度・2023 年度におけるバイオマス発電の FIP/FIT 制度の対象

（出所）資源エネルギー庁「調達価格等算定委員会」

地域活用要件

2022 年度より一定規模未満のバイオマス発電、地熱発電、中小水力発電の FIT 認定では、自家消費型・地域消費型の地域活用要件および地域一体型の地域活用要件が適用されることとなった。一定規模未満のバイオマス発電で FIT 認定を取得する際は、以下の①②の要件のいずれかを満たすことが必要となる。

表 1.2.9 2022 年度以降の FIT 制度における地域活用要件

① 自家消費型・地域消費型の地域活用要件（以下のいずれか）

- 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備により発電される電気量の少なくとも 3 割を自家消費するもの。すなわち 7 割未満を特定契約の相手方である電気事業者に供給するもの。
- 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備による電気を再生可能エネルギー電気特定供給により供給し、かつ、その契約の相手方にあたる小売電気事業者または登録特定送配電事業者が、小売供給する電気量の 5 割以上を当該発電設備が所在する都道府県内へ供給するもの。
- 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備により算出された熱を、原則として常時利用する構造を有し、かつ、当該発電設備により発電される電気量の少なくとも 1 割を自家消費、すなわち 9 割未満を特定契約の相手方である電気事業者に供給するもの。

ここで、自家消費では自家消費比率を把握するため、発電電力量を記録することが求められる。また、小売供給の状況については、小売電気事業者または登録特定送配電事業者の協力によって必要な書類の添付等をすることが求められる。

② 地域一体型の地域活用要件（以下のいずれか）

- 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備が所在する地方公共団体名義（第三者との共同名義含む）の取り決めにおいて、当該発電設備による災害時を含む電気または熱の当該地方公共団体への供給が位置づけられているもの。取り決めには法律に基づいて当該発電設備に係る認定を地方公共団体が行うものを含む。
- 地方公共団体が自ら事業を実施または直接出資をするもの。
- 地方公共団体が自ら事業を実施または直接出資する小売電気事業者または登録特定送配電事業者に、当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備による電気を再生可能エネルギー電気特定卸供給により供給するもの。

2) 基幹系統の利用ルールの見直し状況

上述の固定価格買取制度等における政策支援策の他、我が国において脱炭素化を進めるためには、再生可能エネルギーのさらなる導入が必要であり、導入拡大に向けて電力系統の整備が必要とされている。資源エネルギー庁の「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会次世代ネットワーク小委員会」にでは、電力系統の整備にかかる投資額は増大するものの、再エネの接続可能量が増加することで発電コストが低減するなど、トータルでの再エネ導入コストを低減するものとして電力系統に係る制度改革の方針を示した。

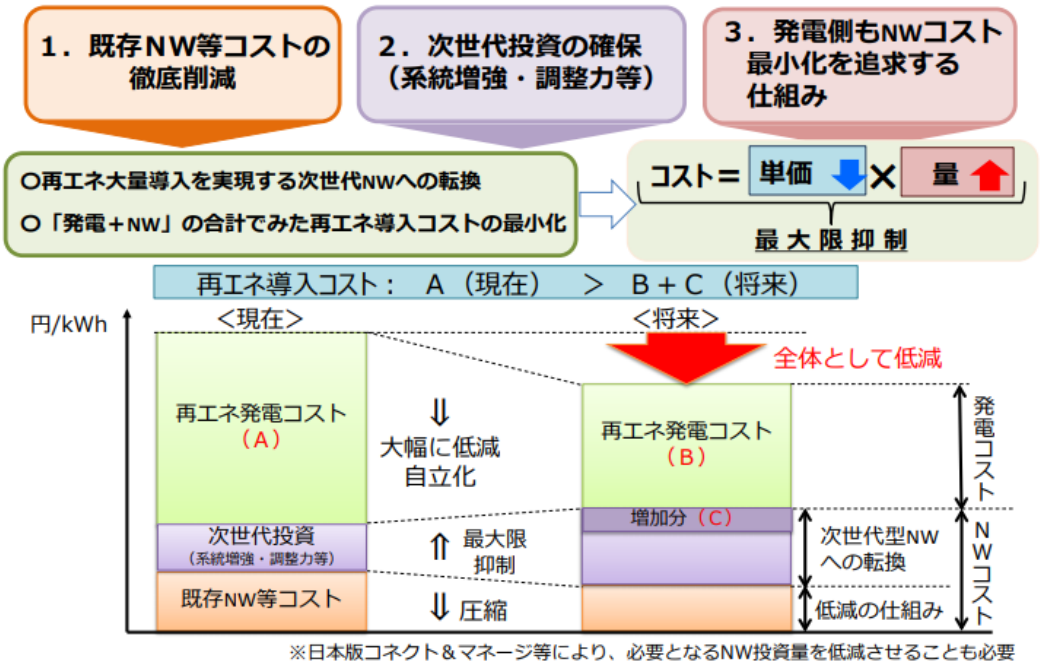


図 1.2.6 電力系統における制度改革の概要

（出所）資源エネルギー庁 第４回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

このうち、既存の電力系統への再エネの接続可能量増加に向けた制度改革として、「想定潮流の合理化」、「N-1 電制」、「ノンファーム型接続」の 3 つの改革があり、総じて「日本版コネクト＆マネージ」と称されている。特に「ノンファーム型接続」は、電源を新たに系統へ接続する際、局所的な発電量・送電量の増大によって系統設備の容量を超過する場合に、出力制御を課されることを条件に接続を認める仕組みである。これまでは系統を利用する際、接続契約の申し込み順に容量を確保する「先着優先ルール」が採用されている。そのため現行のルールでは再生可能エネルギー等を新たに導入するために系統への接続申し込みした際、空き容量がない場合は系統増強工事を行わなくてはいけないという課題が存在した。

しかしながら、先着優先ルールにおいて確保される系統容量は各発電設備の最大出力相当かつ、一部の系統設備の故障時に他の系統設備に回り込む電力量を想定したうえで計上されるため、実際は送電線を流れる電力量は変動し、夏季冬季の電力需要・発電量のピーク時以外は空き容量が存在することがほとんどである。こうした発電設備の最大出力や電力量の回り込みを想定した空き容量の算定は、一部の系統設備が故障を起点に、他の設備の容量を超過するような連鎖的な故障を引き起こし、大規模な停電事故を発生を防ぐために適用されていたものであるが、近年の再エネ導入量の拡大や、オンラインでの出力制御技術の実装によって、実際の系統の空き容量を柔軟に活用できるノンファーム型接続導入に向けた制度設計が進められている。

ノンファーム型接続は、2019 年 9 月から千葉エリア、2020 年 1 月から北東北エリアと鹿島エリアで施行型として先行して実施されており、2021 年 1 月より全国の空き容量のない基幹系統を対象に契約申し込みが開始、2022 年 4 月より原則すべての新規電源が基幹系統を対象としたノンファーム接続とすることが決定し、リードタイムを考慮した 2024 年頃までに系統の混雑管理・出力制御システムの開発完了を目指している。基幹系統とは各送配電エリアにおける送電圧の上位 2 系統とされており、基幹に対してローカル系統と称される 3 位以下の系統で空き容量が存在しない場合は増強が前提となる。ローカル系統へを対象としたノンファーム接続も検討が進められているが、2024 年以降の見通しである。

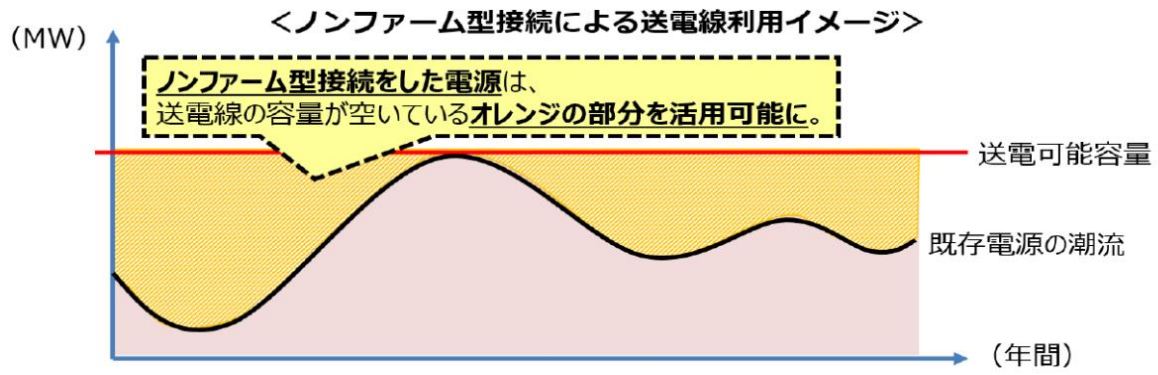


図 1.2.7 ノンファーム型接続による送電線利用イメージ

（出所）第 50 回　広域系統整備委員会　資料

これまでの先着優先ルールでは、春秋の低需要の時期に発電されない火力発電や、稼働を見合わせている原子力発電などの系統容量が確保されているため、ノンファーム接続電源の系統制約に起因する出力制御は当面は小さいものとなる可能性がある。一方の課題として、ノンファーム型接続では送配電エリアの電力需給バランスに起因する出力制御のみを前提とした従来の契約で接続する電源よりも出力制御リスクは高くなっており、接続地の発電ポテンシャルに応じて局所的に導入量が増加しやすい再エネの接続が今後進めば、系統制約に起因する出力制御が発生し、CO2 削減効果や我が国のエネルギー自給率の向上効果が最大限発揮されない可能性が指摘されている。こうした指摘をうけて、資源エネルギー庁では増強費用に対する CO2 削減効果、エネルギー自給率向上の効果を分析したうえでコストメリットの高い系統を先回りして増強する系統マスタープランの検討や、系統への接続の順序によらず、発電コストが小さい（限界費用の低い）電源から順に系統容量を使用し送電できる「メリットオーダー方式」の導入方針が示されている。

なお、系統増強やノンファーム型接続等に関するより具体的な議論は電力広域的運営推進機関（OCCTO）における「広域連系系統のマスタープラン及び系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会」[8]において行われている。

[8] https://www.occto.or.jp/iinkai/masutapuran/

（3） バイオマス熱利用に係る政策動向

1）エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）

「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（以下「省エネ法」）は、石油危機を契機として昭和 54 年に制定され、工場等、輸送、建築物及び機械器具等におけるエネルギーの使用の合理化等を総合的に進めることを目的とした法律となっている。

省エネ法がエネルギー使用者へ直接規制する事業分野としては、工場・事業場及び運輸分野がある。工場等（工場又は事務所その他の事業場）の設置者や輸送事業者・荷主に対し、省エネ取組を実施する際の目安となるべき判断基準を示すとともに計画の作成指示等を行うこととしている。また、エネルギー使用者への間接規制として、機械器具等（自動車、家電製品や建材等）の製造又は輸入事業者を対象とし、機械器具等のエネルギー消費効率の目標を示して達成を求めるとともに、効率向上が不十分な場合には勧告等を行っている。



図 1.2.8 省エネ法が規制する分野

（出所）資源エネルギー庁ホームページ[9]

上述の 2050 年カーボンニュートラル目標を踏まえ、途上である 2030 年に向けても、徹底した省エネを進めるとともに、非化石電気や水素等の非化石エネルギーの導入拡大に向けた対策を強化していくことが必要としている。

このため、引き続き省エネ法に基づく規制の見直し・強化や、支援措置等を通じた省エネ対策の強化とともに、供給サイドの非化石拡大を踏まえ、需要サイドにおける電化・水素化等のエネルギー転換の促進などに向けた対策を強化していく方針が示された。

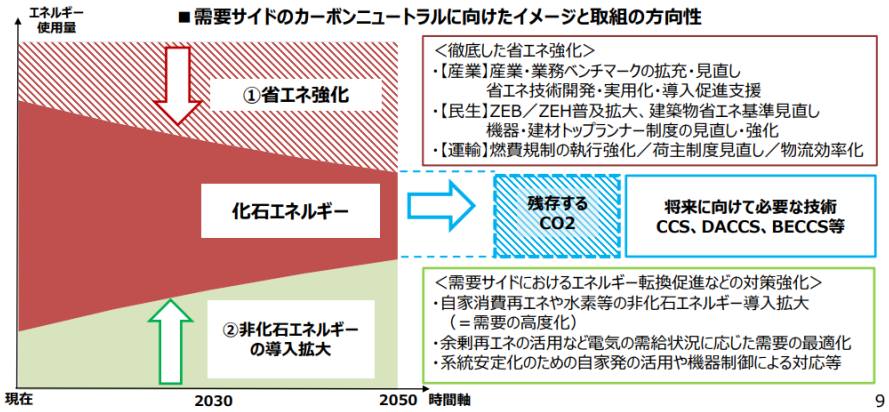


図 1.2.9 需要サイドのカーボンニュートラルに向けたイメージと取組の方向性

（出所）資源エネルギー庁「今後の省エネ法について」[10]

[9] https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/overview/index.html
[10] https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/pdf/036_01_00.pdf

改正事項①（エネルギー定義の見直し）

現行省エネ法においては、化石燃料、化石燃料由来の熱・電気を「エネルギー」と定義し、合理的な使用（エネルギー消費原単位の改善）を求めている[11]。廃棄物からの回収エネルギーや風力、太陽光等の非化石エネルギーは同法の対象外となっている。

今後、非化石エネルギーについても使用の合理化を図るため、「エネルギー」の定義を見直す方針が示されている。

改正事項②（非化石転換）

現在、民間主導の低炭素社会実行計画や RE100 等の取組が進みつつあるが、産業界全体では、非化石エネルギーへの転換は道半ばである。また、現行省エネ法では、非化石エネルギーを使用エネルギー（化石エネルギー）から控除しているものの、非化石エネルギーへの転換を促すための積極的な評価ができていない。

今後は、一部の事業者の自主的な取組だけでなく、産業界全体で、非化石エネルギーへの転換を進めていくことが必要である。その際、「生産プロセスの見直しなど、中長期的視点での取組を足下から進めることが必要であること」、「コスト面や技術面で、化石エネルギーに比べて制約があること」に留意し、過度な規制を設けるのではなく、事業者の創意工夫を促す形での対応を進めていく必要がある。

以上を踏まえ、省エネ法において、特定事業者等に対し、非化石エネルギーへの転換（非化石エネルギー利用割合の向上）に関する中長期計画の作成や、非化石エネルギーの利用状況の定期報告等を求める制度を設ける。

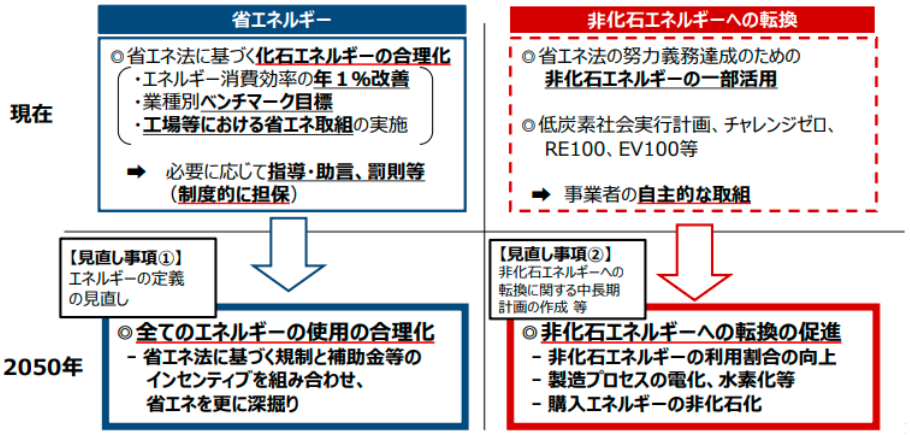


図 1.2.10 エネルギーの定義の見直しと非化石エネルギーへの転換

（出所）資源エネルギー庁「今後の省エネ法について」

[11] 対象となる燃料種は次のとおりである：原油及び揮発油（ガソリン）、重油、その他石油製品（ナフサ、灯油、軽油、石油アスファルト、石油コークス、石油ガス）、可燃性天然ガス、石炭及びコークス、その他石炭製品（コールタール、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス）であって、燃焼その他の用途（燃料電池による発電）に供するもの。
対象となる熱の定義は次のとおりである：上記に示す燃料を熱源とする熱（蒸気、温水、冷水等）※太陽熱及び地熱など、上記の燃料を熱源としない熱のみであることが特定できる場合の熱は対象外。
対象となる電気の定義は次のとおりである：上記に示す燃料を起源とする電気。※太陽光発電、風力発電、廃棄物発電など、上記燃料を起源としない電気のみであることが特定できる場合の電気は対象外。

2021 年 12 月現在、省エネ法の改正は検討段階にあるが、上記方針を踏まえて具体的な施策として以下の案が提示されている。

表 1.2.10 非化石エネルギーに関する省エネ法の改正案（2021 年 12 月時点）

非化石エネルギーへの転換に関する報告措置

特定事業者等は、国が提示する非化石エネルギーへの転換に係る「中長期計画書作成指針」及び「判断基準」に従い、毎年度、非化石エネルギーへの転換に関する中長期計画書及び定期報告書を作成し、主務大臣に提出する。報告方法は、現行の中長期計画書及び定期報告書と同一の様式中で行うものとする方向となっている。

非化石エネルギーの利用割合向上の目標の設定

非化石エネルギーについては、供給面・コスト面・技術面で制約があることに加え、業種ごとのエネルギーの使用方法によって利用状況に差がある。例えば、燃料・熱を主に使う事業者は、電気を主に使う事業者に比べて非化石エネルギー利用比率を向上させにくいといった性質がある。こうした技術的かつ経済的な観点を踏まえると、非化石エネルギーの目標については、事業者ごとの実態を踏まえて設定することが必要となる。

このため、まず、2030 年度に向けては、事業者ごとに、国が定める判断基準に沿って、非化石エネルギーの利用割合を向上させる定量的な目標を設定してもらい、その達成を求めることとする。

この際、目標の達成に向けた計画については、毎年度の非化石エネルギーの利用割合を向上させるものや、数年ごとに非化石エネルギー利用割合を向上させるものなど、事業者の取組の創意工夫を認めつつ、従前の省エネの枠組みと同様に、必要な場合には指導・助言を行うことで実行性を担保することとする。

エネルギー消費原単位・ベンチマークの算定方法の改訂

現行省エネ法においては、非化石エネルギーは「エネルギー」に該当せず、エネルギー消費原単位等の算定におけるエネルギー投入量から控除されている。こうした中、改正省エネ法では、（非化石エネルギーを含む）全てのエネルギーの使用の合理化と非化石エネルギーへの転換を需要家に求めることとしている。なお、改正省エネ法では、これまでと同様、エネルギーは全て原油換算して評価することとしているが、非化石エネルギーは化石エネルギーに比べて燃焼効率が劣る場合があるため、化石エネルギーから非化石エネルギーに転換することによってエネルギー投入量が増加する場合がある。したがって、事業者によっては非化石エネルギーよりも化石エネルギーを使用した方が燃焼効率がよく、経済合理的である可能性もある。こうした非化石エネルギーの特性を踏まえつつ、化石エネルギーから非化石エネルギーへの転換を一層後押しするための措置として、エネルギー消費原単位やベンチマークの算定において、非化石エネルギーをエネルギー投入量から一部控除する。

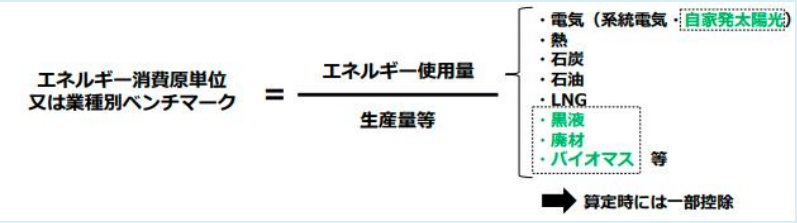


図 1.2.11 省エネと非化石エネルギーへの転換の関係

（出所）資源エネルギー庁「今後の省エネ法について」

2) 社会資本整備審議会（今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方（第三次答申）及び建築基準制度のあり方）

国土交通省の社会資本整備審議会では、2022 年 2 月に「今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方（第三次答申） 及び建築基準制度のあり方（第四次答申）について（副題：脱炭素社会の実現に向けた、建築物の省エネ性能の一層の向上、CO2 貯蔵に寄与する建築物における木材の利用促進及び 既存建築ストックの長寿命化の総合的推進に向けて）」[12]が発表された。

本答申の中では、建築物の質の向上を図りつつ建築物分野の中期目標を達成し、さらに脱炭素社会の実現に寄与できるよう、今後の住宅・建築物の省エネルギー対策および建築基準制度のあり方を、①建築物の省エネ性能の一層の向上、②CO2 貯蔵に寄与する建築物における木材の利用促進、③CO2 貯蔵に寄与する既存建築ストックの長寿命化の観点から取りまとめている。

この中で示された施策の方向性の一つに「建築物における再生可能エネルギーの利用促進」が挙げられている。ここでは、建築物における太陽光、太陽熱、地中熱やバイオマスなどの再生可能エネルギーの利用の促進に向けて、地域の実情に応じて再生可能エネルギーの利用の促進を図るため、以下のような具体的な対策を講じる必要があるとしている。

表 1.2.11 建築物における再生可能エネルギーの利用促進に係る方向性

1. 地方公共団体が、地域の実情を踏まえて再生可能エネルギー利用設備の設置を促すことにより建築物の省エネ性能の向上を図ることが効果的な区域について、再生可能エネルギー利用設備の設置の促進に関する計画を定め、当該区域内において、建築士から建築主に対する再生可能エネルギー利用設備の効果等の説明義務を課すことができる制度を創設する。

2. 当該区域内で、再生可能エネルギー利用設備の設置の促進に関する計画に即して再生可能エネルギー利用設備を設置する建築物について、特定行政庁が市街地環境を害しないことを個別に確認し、建築審査会の同意を得た上で許可した場合には、許可の範囲内で、建築物の高さ等の限度を超えることを可能とする制度を導入する。

3. 低炭素建築物の認定基準について、省エネ性能の引上げと併せて再生可能エネルギーの導入を要件化する。

4. ZEH・ZEB、LCCM 住宅等に対する関係省庁連携による支援の継続・充実を図るほか、ZEH 等の住宅については、個人負担軽減の観点から、財政上の支援に加えて融資・税制においても支援措置を講じる。

また、本答申の添付資料[13]の中では「建築物省エネ法における 451 所管行政庁に対する国土交通省アンケート（R3.10.13 時点）」の結果が示されており、建築物に係る地方公共団体の再生可能エネルギー利活用意向の中で、バイオマスは太陽光に次ぐ 32 行政庁において導入意向があるとしている。

このように、民生部門の建築物についても今後再生可能エネルギーの導入が進む方向性であり、バイオマスエネルギーも重要な手段の一つに位置付けられている。

[12] https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001462084.pdf
[13] 出典は同上

2.2 日本のメタン発酵系廃棄物バイオマスの現状と政策

食品廃棄物の肥料化、飼料化、メタン化の進展

2008 年度以降の再生利用等実施率の推移を見ると、食品製造業は 95%程度で横ばいであるのに対して、食品卸売業、食品小売業、外食産業は上昇傾向にある。特に、これまで再生利用等実施率が低かった外食産業では、2016 年度の 23%から 2019 年度時点で 32%と上昇傾向にあり、サプライチェーンでの下流のリサイクルは普及しつつある。

さらに、外食産業の再生利用等の実施量で 2016 年度から 2017 年度にかけて増えたのは、肥料化（対前年比 204.6%）、飼料化（同 157.9%）、メタン化（同 138.2%）であり、メタン化以外にも再生利用が進んでいることが分かる。

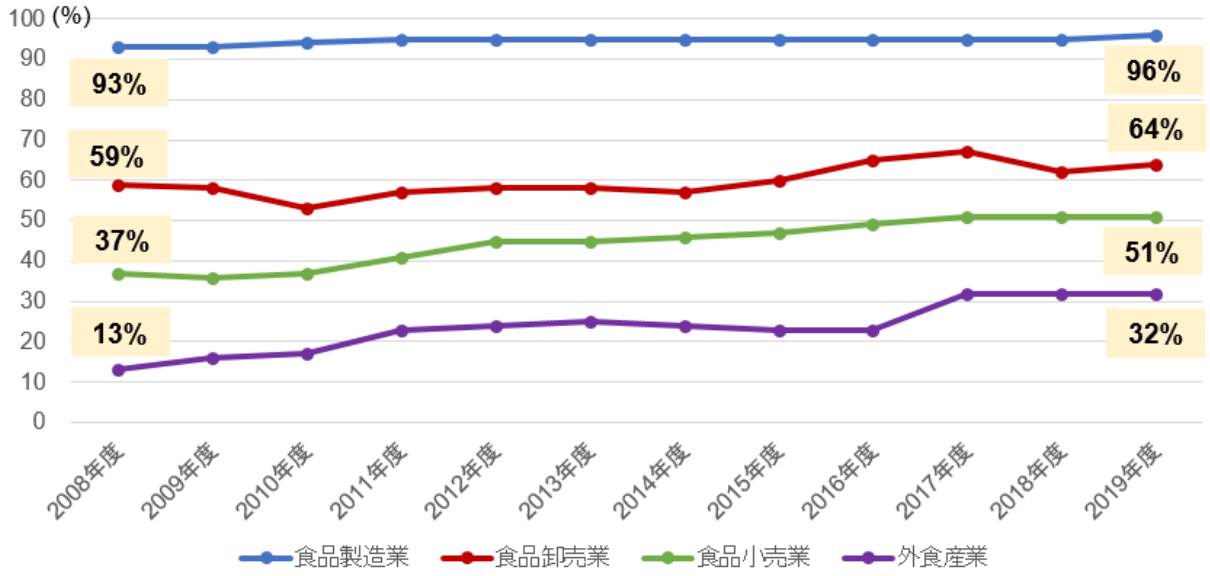


図 1.2.12 再生利用等実施率の推移

（出所）農林水産省「食品廃棄物等の年間発生量及び食品循環資源の再生利用等実施率」よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

飼料化基準の強化

以上のように、飼料化が進み、現行の「食料・農業・農村基本計画」における令和 7 年度の濃厚飼料自給率目標 20%の達成のために、令和 7 年度までにエコフィードを 50 万 TDN トンまで拡大するとしている。

一方で、豚熱（CSF）の拡大やアフリカ豚熱（ASF）の農場への侵入防止対策として、飼養衛生管理基準の強化が 2020 年、2021 年に予定されていることから、メタン化などの飼料化以外の再資源化が増加する可能性がある。

他の処理・利用技術との棲み分けの考え方

飼料化は、原料である食品残渣の適切な分別管理や製品の精密な成分管理等が求められる。食品残渣の種類としては、食品製造業から排出される大豆粕・米ぬか、パン・菓子屑などのほか、店舗での調理残渣などが向いているとされる。

肥料化（堆肥化）は、飼料化に向く原料と重なるものも多いが、初期投資の少なさ、技術的なハードルの低さなどから新規参入が容易である一方、他の肥料との競合から需要も必ずしも多くなく、最終製品価格も決して高くないとされている。

メタン化の場合は、含水率の高いバイオマス資源を対象とすることができる。また、飼料化、肥料化等のリサイクル手法に比べて、比較的分別が粗くても適用できる技術である。さらに、バイオマス資源をメタン発酵させた後、固液分離して、再生敷料や液肥を生産するなど、資源化技術を組み合わせて利用することができる。

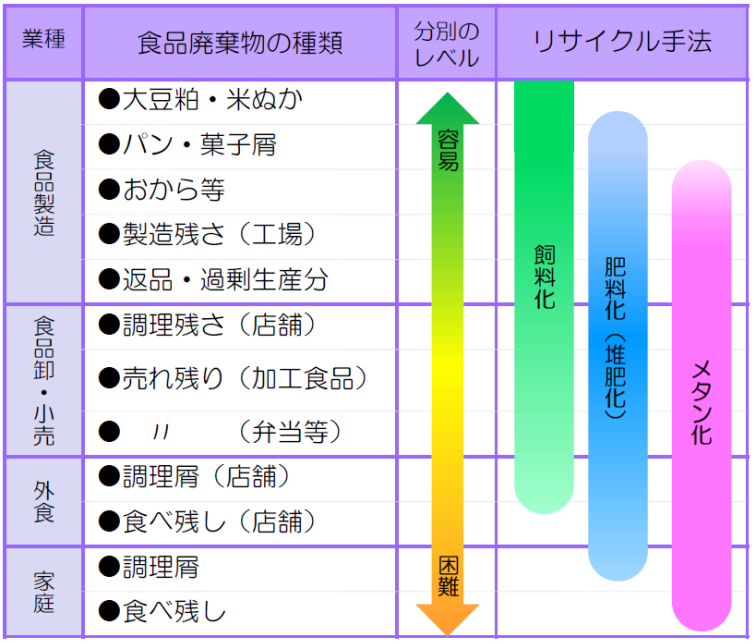


図 1.2.13 食品廃棄物の種類と再生利用の方法

（出所）農林水産省・環境省「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律の施行状況」

一般廃棄物施設の老朽化

使用開始年度別の焼却施設の炉数を見ると、特に、1990 年代に焼却炉の建設が進められてきたため、使用開始後 20 年が経過する 1999 年度以前の焼却炉は全体の約 3 分の 2 を占めている。

このように一般廃棄物処理施設は老朽化が進んでおり、自治体は、その更新費用の負担が懸念されている。そのため、廃棄物の処理量を抑制するとともに、メタン発酵等の設備を組み合わせながら、焼却炉の処理能力を縮小し、更新費用の負担額を軽減させることが一層求められる。

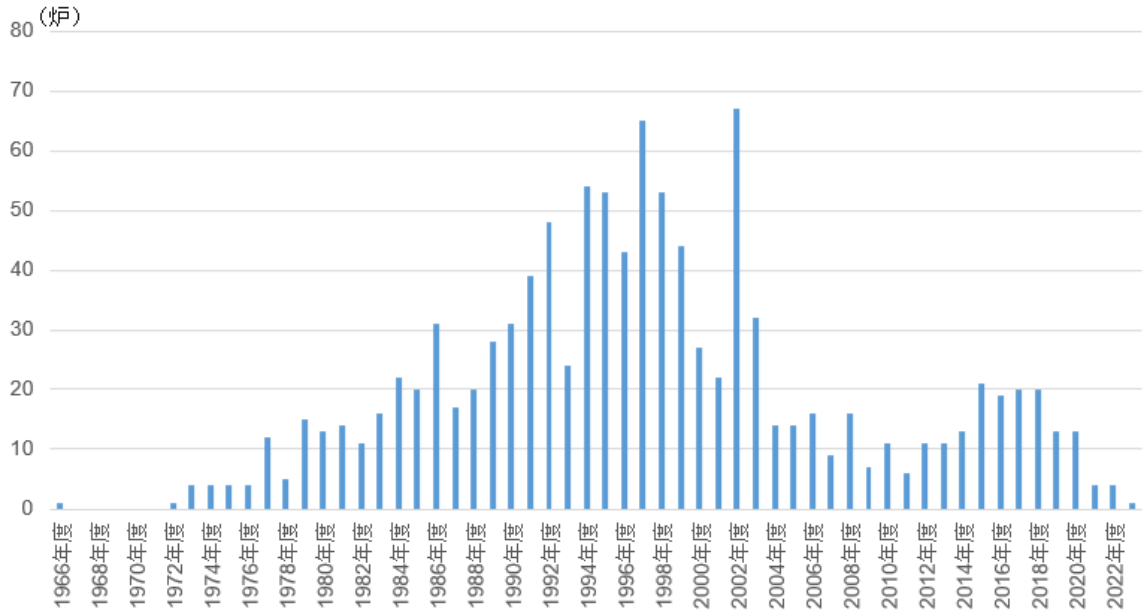


図 1.2.14 使用開始年度別焼却施設（溶融施設含む）の炉数

（出所）環境省「一般廃棄物処理実態調査結果」より作成

下水汚泥のエネルギー・農業利用の促進

2015 年 5 月に下水道法が改正され、下水道管理者に対し、下水汚泥の燃料や肥料としての再生利用を努力義務化した。さらに、「生産性革命プロジェクト」（2016 年 11 月）において、2020 年度までに下水汚泥のエネルギー・農業利用率を 40%とすることを目標として掲げているが、2019 年度は 35%に留まっている。

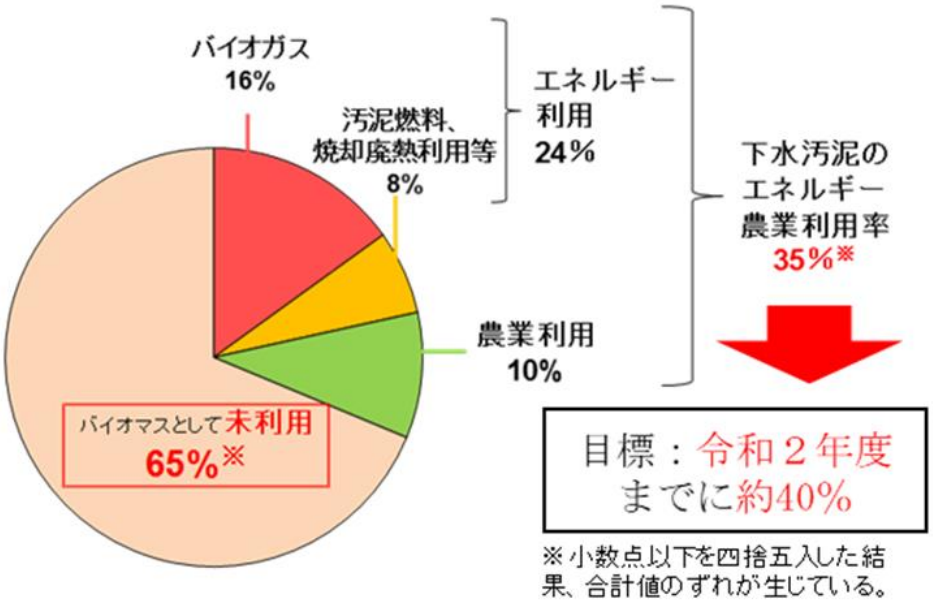


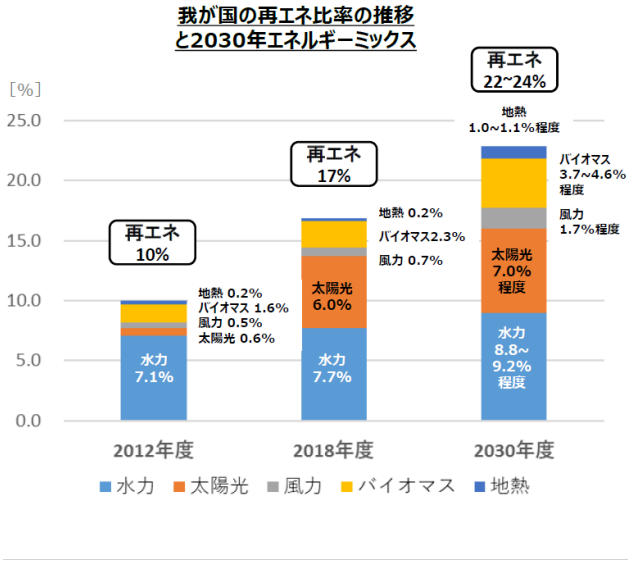
図 1.2.15 汚泥中のバイオマス利用（2019 年度）

（出所）国土交通省ホームページ

2.3 日本におけるバイオマスエネルギーの導入状況

総合資源エネルギー調査会基本政策分科会によると、2018 年度末時点で我が国の総発電量に占める再生可能エネルギーの比率は 17%、2019 年度末時点で 18.1%となっている。水力発電を除く再生可能エネルギーの発電量は 2012 年から 2018 年の 6 年間で 3.1 倍に増加しており、国際的に見ても高い増加率となっている。

バイオマス発電量のシェアは 2.3%と太陽光発電に次ぐ導入量シェアとなっている。現状のエネルギー基本計画では、2030 年度のエネルギーミックスの中でバイオマスは 3.7%～4.6%（602～728 万 kW）を占めることが掲げられており、さらなる導入が求められる。



発電電力量の国際比較（水力発電除く）

単位：億kWh

	2012年	2019年	
日本	309	1,056	3.4倍
EU	3,967	6,600	1.7倍
ドイツ	1,213	2,227	1.8倍
イギリス	359	1,146	3.2倍
世界	10,586	27,938	2.8倍

図 1.2.16 現在と 2030 年エネルギーミックスの電源構成

（出所）資源エネルギー庁「総合資源エネルギー調査会基本政策分科会（第 33 回会合）」

このように導入量自体は道半ばといえる一方、次頁に示すとおり、バイオマス発電は FIT 認定量急増により同制度開始前の導入量と 2021 年 6 月時点の FIT 認定量を合わせた容量がバイオマス発電全体で 1,036 万 kW となっており、第 6 次エネルギー基本計画における 2030 年エネルギーミックスの 800 万 kW を超えている。

この中で、一般木質・農作物残さの区分、すなわち輸入バイオマスを燃料とする発電が突出している。導入量・認定量の合計値は 681 万 kW と、第 5 次エネルギー基本計画時のエネルギーミックス想定値である 274～400 万 kW の 2 倍近くとなっている。これらの発電所は 2 万～11 万 kW といった大規模が中心で、輸入燃料の受入に適する港湾沿いに位置している。

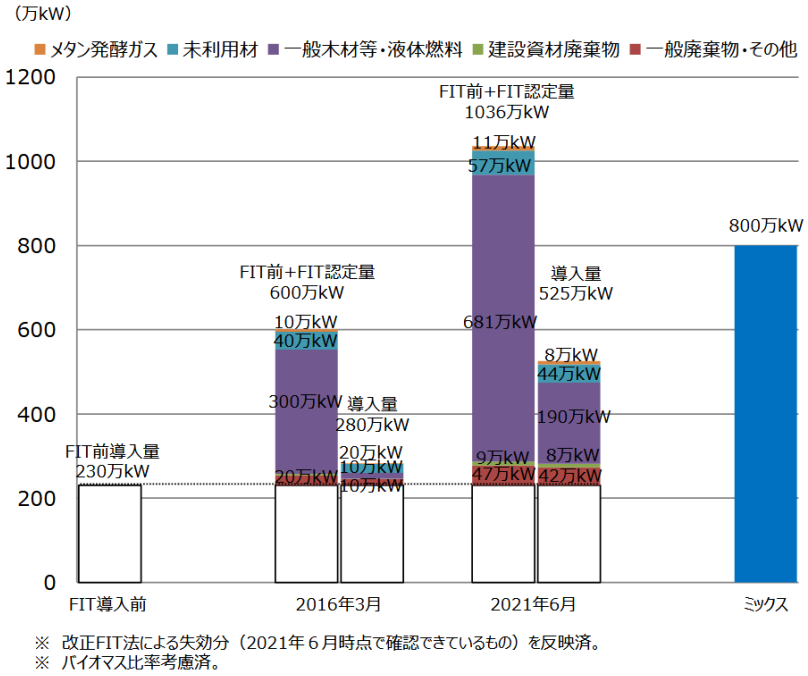


図 1.2.17 FIT 制度におけるバイオマス発電区分の比較（2021 年 6 月時点）

（出所）資源エネルギー庁統計より作成

一方、本書の中で主な対象とする国産バイオマスの導入量・認定量合計値については、未利用木質区分は 57 万 kW、メタン発酵系 9 万 kW となっている。未利用木質区分の発電所は、10MW 以下の中小規模が中心であり、GIS マップ中には内陸の小規模のプロットとして示される。一般木質・農作物残渣区分の大規模発電所には満たないが、全国的に計画が進みつつあり、前回エネルギーミックス想定値の 24 万 kW を上回っている。主に 10MW 以下の中小規模となっている。

メタン発酵系区分は、1 か所あたりの発電規模が平均 200kW 前後と小規模であるが、都市部から農村部まで全国的に広がりつつある。原料種も多様であり、主に牛ふん尿は北海道に集中しており、本州以南では比較的人口密度が高い地域を中心に食品残渣や下水汚泥のメタン発酵施設が存在する。

メタン発酵系区分は、1 箇所あたりの発電規模が平均 200kW 前後と小規模であるが、下図のとおり全国的に広がりつつある。原料種も多様であり、主に牛ふん尿は北海道に集中しており、本州以南では比較的人口密度が高い地域を中心に食品残渣や下水汚泥のメタン発酵施設が存在する。

このように FIT 制度によりバイオマスエネルギー利用は我が国全体に広がりつつある。しかしながら、発電コストの低減は十分進んでいるとは言えず、いずれのバイオマス区分においても買取期間終了後の経済的自立の見通しは立っていないのが現状である。

NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業では、こうした背景から地域の資源を活用し熱利用を行いながら FIT からの自立を目指した事業モデルの事業性評価（FS）、実証事業を行っている。

本書ではそれらの成果に基づき、第 2 部において事業フェーズ・実施項目別に持続可能なバイオマス事業のための工夫や留意点を取りまとめている。

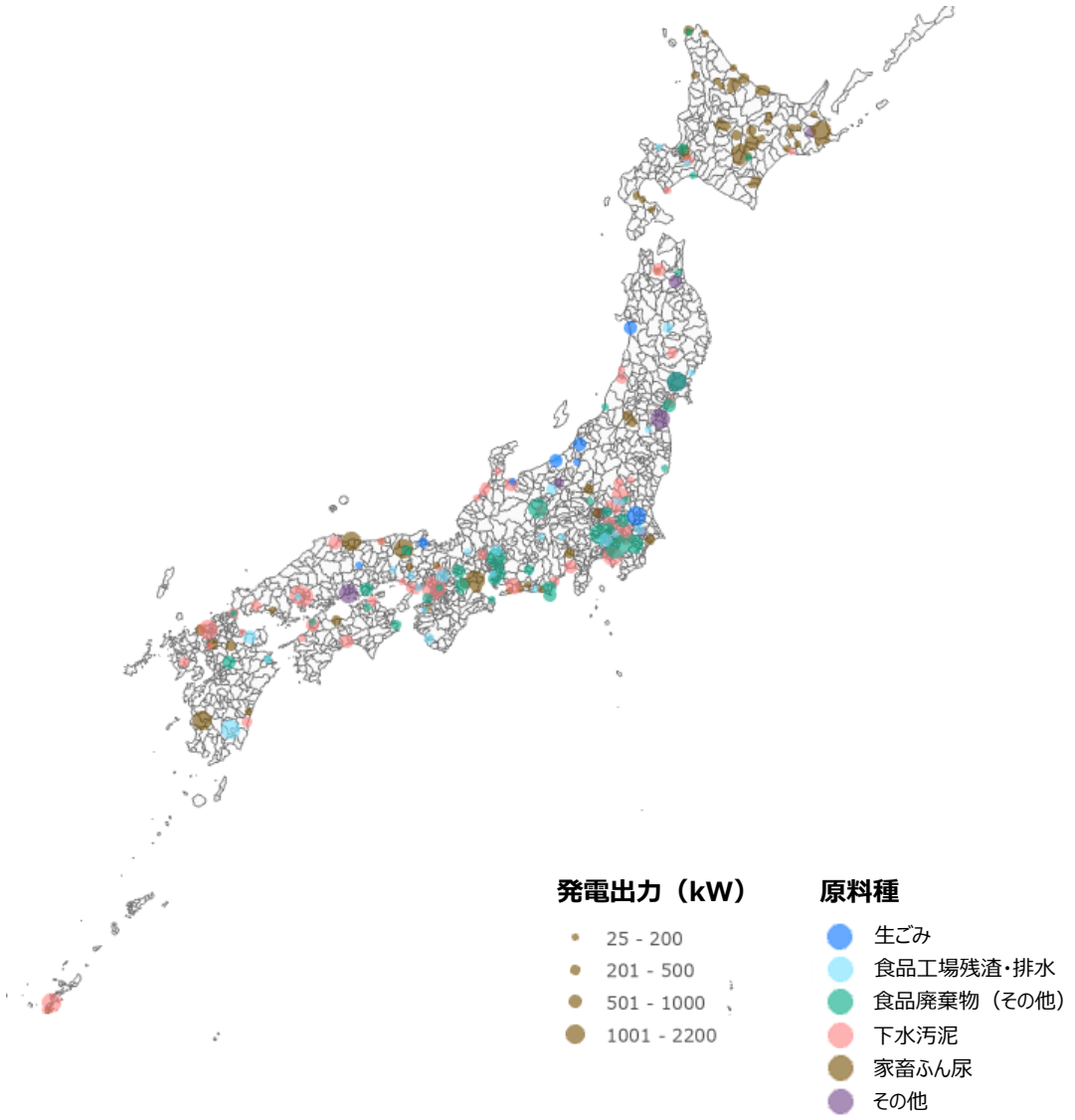


図 1.2.18 FIT におけるメタン発酵発電所の稼働状況 GIS マップ（2019 年 6 月時点）

注）原料種については公開情報からメインの原料と判断できるものをマップ化しており、各プロットには一部複数の原料種を混合している事例も含まれる。

（出所）各種プレスリリースより作成

2.4 海外先進国のバイオマスエネルギーの利用動向

（1） 世界の再生可能エネルギーの導入状況

世界全体の電源構成はこの 10 年間で大きく変化してきた。2014 年までは発電容量に占めるシェアが最も大きい電源は石炭であったが、2015 年にはじめて再生可能エネルギーが石炭を上回った。現在に至るまで他電源を上回るペースで増加しており、その伸び率は年々加速している。一方、他の電源の導入容量の伸びは微増または横ばいであり、世界の発電市場全体が再生可能エネルギーにシフトしていると言える。

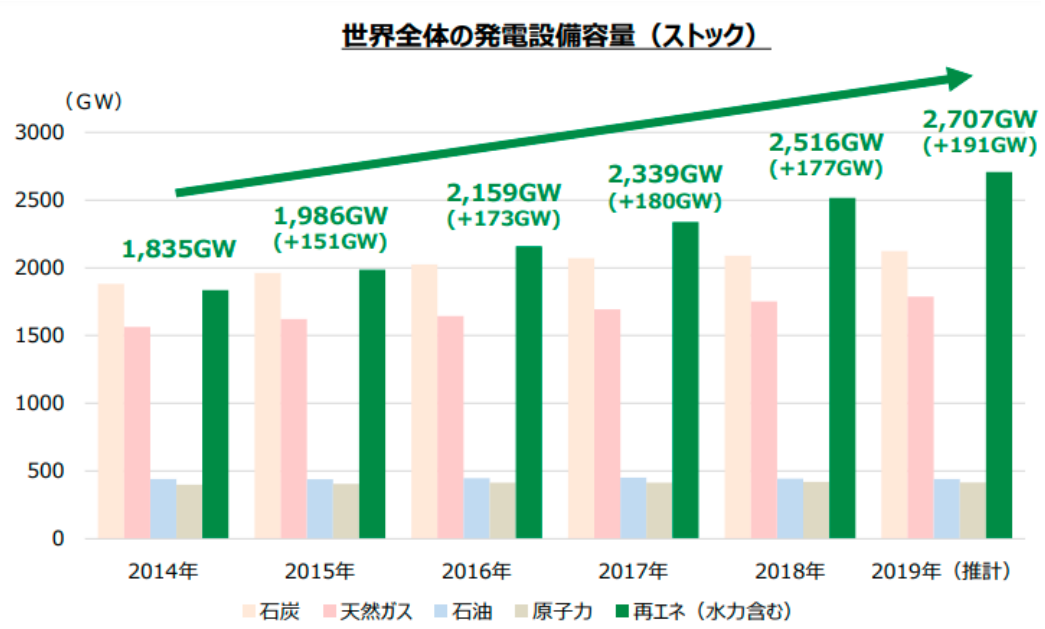
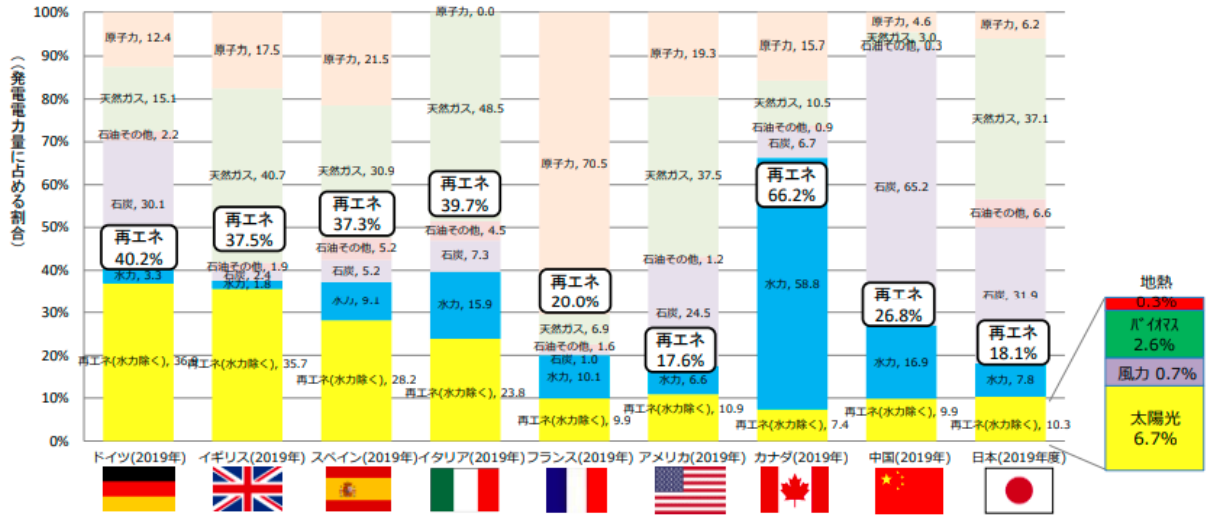


図 1.2.19 世界全体の発電設備容量

（出所）IEA「World Energy Outlook」より資源エネルギー庁作成

こうした背景には、パリ協定をはじめとする低炭素化に向けた国際的な潮流を踏まえ、各国政府、企業双方が再生可能エネルギーを強力に推進していることが挙げられる。下図に示すとおり、特に欧州では政府の掲げる意欲的な再生可能エネルギー導入目標およびインセンティブのもと、既に発電電力量に占める再生可能エネルギーの比率は 30%前後に到達している。

一方で、日本は現状約 18%でありそのうち大型水力を除く比率は 10.3%に留まっている。上述のとおりバイオマスエネルギーの比率は太陽光に次ぐ 2.6%であり、今後再生可能エネルギーを主力電源化するためにさらなる拡大が求められる。



主要再エネ ※水力除く	風力 20.9%	風力 20.0%	風力 20.5%	太陽光 8.1%	風力 6.1%	風力 6.8%	風力 5.1%	風力 5.4%	太陽光 6.7%
再エネ 発電量	2,424 億kWh	1,205 億kWh	1,001 億kWh	1,159 億kWh	1,131 億kWh	7,670 億kWh	4,273 億kWh	20,150 億kWh	1,852 億kWh
再エネ 発電量 ※水力除く	2,227 億kWh	1,146 億kWh	763 億kWh	695 億kWh	562 億kWh	4,772 億kWh	477 億kWh	7,424 億kWh	1,056 億kWh
発電量	6,031 億kWh	3,211 億kWh	2,710 億kWh	2,920 億kWh	5,661 億kWh	43,710 億kWh	6,453 億kWh	75,091 億kWh	10,238 億kWh

図 1.2.20 発電電力量に占める再生可能エネルギー比率の比較

（出所）資源エネルギー庁公開資料

欧州各国でもバイオマスエネルギーは政策的に推進されているが、特にドイツでは発電量に占める比率が 10%近くを占めるなど重要な電源として位置づけられている。そのため、以下ではドイツにおけるバイオマスエネルギーが普及するまでの政策的経緯や現在までの導入状況について述べる。

（2） ドイツにおけるバイオマスエネルギーの政策と導入状況

1）バイオマス発電の導入推移

ドイツでは 2000 年に FIT 制度が導入され、以来バイオマスエネルギーの利用が急速に拡大した。2020 年の発電量におけるバイオマスの割合は 20.3%だった。全体に占める固形・液体バイオマスの割合は 4.6%、バイオガスが 11.5%、バイオメタンが 1.2%、汚泥・埋立ガスが 0.7%、生物由来ゴミが 2.3%だった。

FIT 制度を管轄する再生可能エネルギー法は現在に至るまで度々大幅な改正がなされ、バイオマスの立ち位置も 2000 年当初とは大きく変わっている。バイオマスについては 2014 年の再生可能エネルギー法改正で、固定価格での全量買取が廃止され、直接販売が義務付けられ（Direct marketing）、電力市場に合わせた運転のできる柔軟性の高い再生可能エネルギー電源という位置づけとなっている。

このことは、導入容量自体は引き続き増加傾向にあるものの、発電量は横ばいとなったデータに現れている。こうした政策変更の背景には、ドイツ国内のバイオマス資源の利用が進み、そのポテンシャルの多くがすでに使われていることから、量的な拡大を追い求めるのではなく、柔軟性の提供など役割を果たすように誘導すべきという考え方があると推察できる。

なお、ドイツでは未加工の植物資源として、木質系であれば林地残材や樹皮、農業系であればトウモロコシの使用に対してボーナスが支払われていたが、2014 年に廃止され、廃材や家畜糞尿など廃棄物や副産物系のバイオマスの利用が徹底されることになっている。

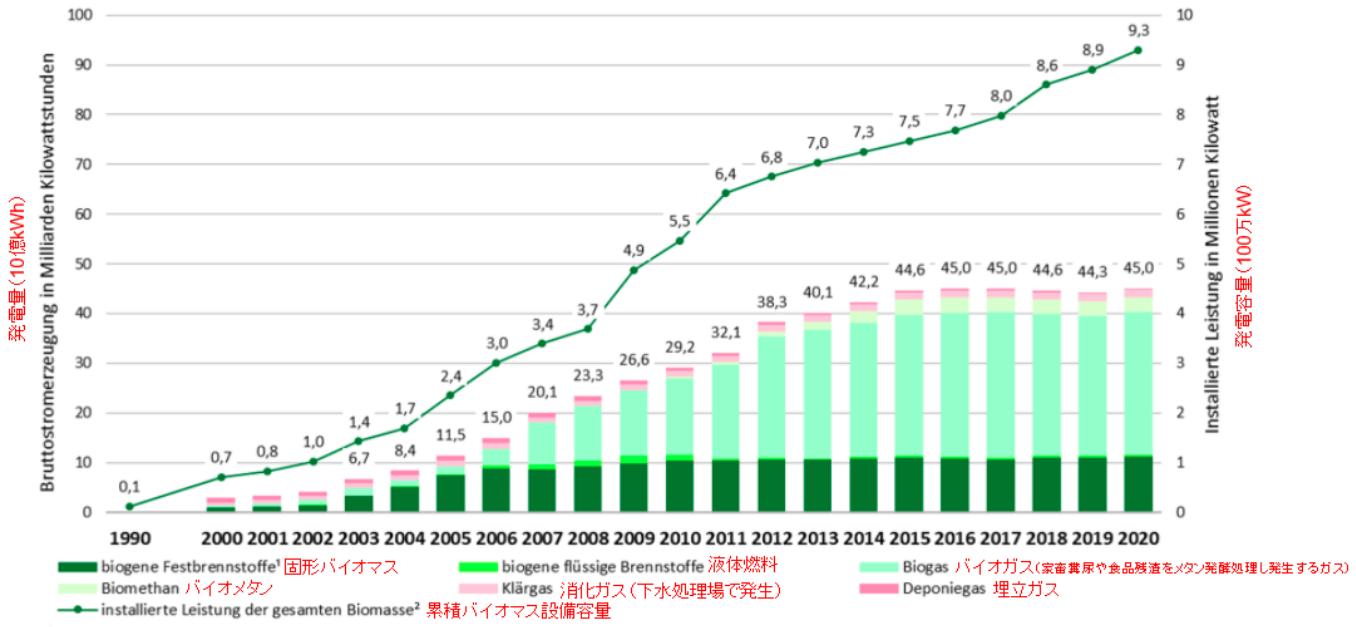


図 1.2.21 ドイツ国内のバイオマス発電の推移

（出所）BMWi「Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2020」より作成

ドイツでは、2005 年頃までは固形バイオマス、即ち木質バイオマス発電の導入が伸びていたが、2006 年頃からほとんど成長が見られず、以降の成長はバイオガスによるものである。バイオガス設備は技術的には再生可能エネルギーメタンガスを天然ガス導管を通じて供給できるが、現時点ではほとんどが再生可能エネルギー法の支援を受け、ガス生産設備と同じ場所で発電して売電を行っている[14]。しかし、再生可能エネルギー法の制度変更による買取の仕組みの影響があり、2015 年以降のバイオマスの新規設置はほとんどない。

ただし、次頁の図に示すとおり、バイオガス生産の主要原料であるエネルギー作物の作付面積は依然として増加傾向にある。

[14] Fraunhofer IEE, (2018), “ Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz Teilvorhaben II a: Biomasse Zwischenbericht“

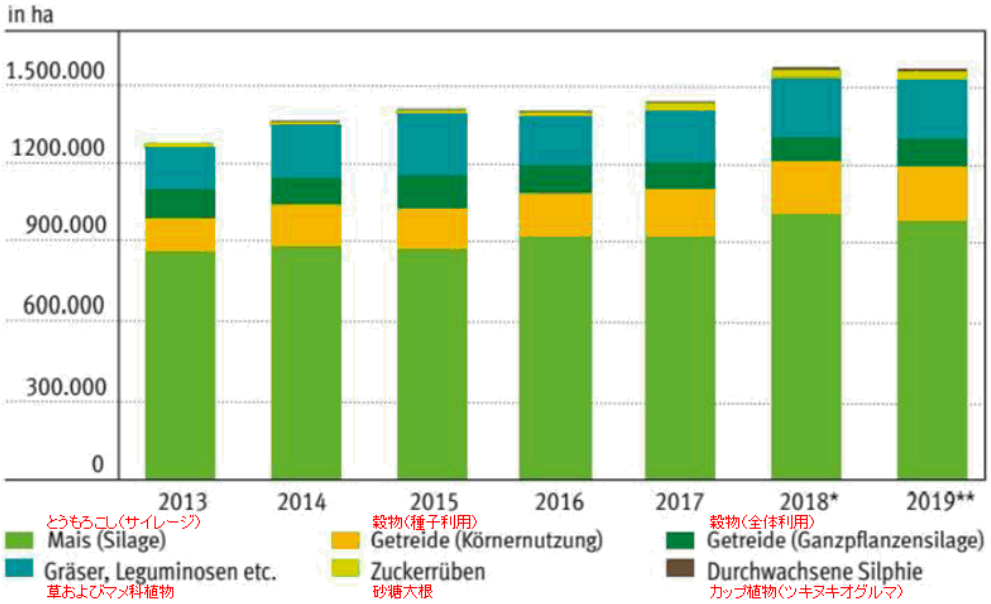


図 1.2.22 バイオガス原料用のエネルギー作物の作付面積の変化

（出所）FNR, 2020 P. 17.

2) 再生可能エネルギー法（EEG）におけるバイオマスの位置づけ

ドイツ国内でバイオマス発電の推進を担うのは再生可能エネルギー法（EEG）である[15]。ドイツ政府は 2020 年 12 月に最新の改定である EEG2021 を可決した。EEG2021 はここ数年では大きな改定であり、再エネ電源ごとの導入目標も改定された。

この導入目標は、ドイツの気候保護プログラムを土台としており、2030 年までに電力供給の 65%を再エネで賄うという目標に必要な容量をエネルギー源ごとに定めている[16]。

EEG2021 第 4 条にはバイオマスの導入目標を 2030 年に 8.4GW と定めている。上述のとおり、バイオマスの発電容量は目標値を上回っており 2030 年までの純減を防ぐことが政府の目標となっている。

その他の目標は以下の通りである。陸上風力は毎年 1.5～3GW 増設させていき、2030 年には 71GW に、太陽光発電は毎年 2.5-5ＧW増設し、100GW までそれぞれ大幅に増設させるとしている。また、洋上風力は洋上風力開発支援法 (Windenergie-auf-See-Gesetz)において 2030 年までに発電容量を 20GW にまで増設するとしている。

表 1.2.12 EEG2021 の再エネ導入目標

GW	2022年	2024年	2026年	2028年	2030年
太陽光	57 GW	62 GW	65 GW	68 GW	71 GW
陸上風力	63 GW	73 GW	83 GW	95 GW	100 GW

（出所）EEG2021

こうした各電源の目標を達成させるための経済手法として、EEG2021 ではエネルギー源ごとに支援の対象となる発電容量に対して入札方式による市場プレミアム制度を設けている。同制度の詳細は後述するが、2021 年以降バイオマス発電設備には毎年 600MW の新規建設の入札枠が配分される。一方で、陸上風力は毎年 2.9～5.8GW、太陽光発電は 1.55～2.15GW の入札枠を設けるとしている（EEG2021 第 28 条、第 28a 条、第 28b 条）[17]。

[15] Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021) (https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html)
[16] Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (http://www.gesetze- im-internet.de/windseeg/WindSeeG.pdf)
[17] Energiezukunft 2020: EEG-Novelle 2020. Mehr Erneuerbare, weniger Blockaden. (https://www.energiezukunft.eu/politik/mehr-erneuerbare-weniger-blockaden/)

また、上記に加えエネルギー源を区別しない「革新的な設計コンセプト」枠も設け、募集容量は 2021 年の 500MW から段階的に増やし、2028 年には年間 850MW とする（EEG2021 第 28c 条）。洋上風力発電を除く再エネ電源の増設支援対策には、市場プレミアム制度に加え、固定価格買取制度も併せて行うとしている[18]。

EEG2021 では、バイオマス発電設備の新規導入への支援策として以下の内容が示されている[19]。同制度の主な支援策として市場プレミアム制度があり、加えて固定価格買取制度も利用可能である（EEG2021 第 19 条）。市場プレミアム制度は、電力を市場へ直接販売する際の電力販売価格に市場プレミアムを上乗せした価格を発電事業者が受け取る制度で、支援期間は 20 年間である（同 25 条）。なお、プレミアム価格は発電容量 150ｋW 以下の場合は 12.8 セント/kWh(同 42 条)、それ以上の場合はスポット市場の年平均価格を考慮し EEG2021 の附表 1 に基づいて計算するとしている（同 23a 条）。

固定価格買取制度(Einspeisevergütung)も継続して導入されているが、対象となるバイオマス施設は発電容量が 100kW 以下のものである。100kW 以上も対象となるものの、FIT による売電期間は最長で連続した 3 ヶ月間、そして 1 年で計 6 ヵ月とし、それ以外の期間は市場への直接販売を行うとし、毎年の支援期間を限定している（同 21 条、21b 条）。なお、売電手法の変更は月ごとであるが、バイオマス施設事業者が決定するとしている（同 21c 条）。支援期間は後者が 20 年であるのに対し、前者は支援期間を 2027 年までに限定している（同 25 条）。同制度を利用する条件として、同制度を通じて電力供給を行う、もしくは行っている期間は配電網を通さない施設近隣での消費電力や自家消費を行ってはならず、発電した電力は全て送電することが義務付けられている（同 21 条）。なお、電力の固定買取価格はスポット市場の年平均価格を考慮し EEG2021 の附表 1 に基づいて計算するとしている（同 23b 条）。

バイオマス発電事業者は既存設備では FIT か市場プレミアムを選択することができ、新規設備は原則市場プレミアムのみを利用可能となっている。

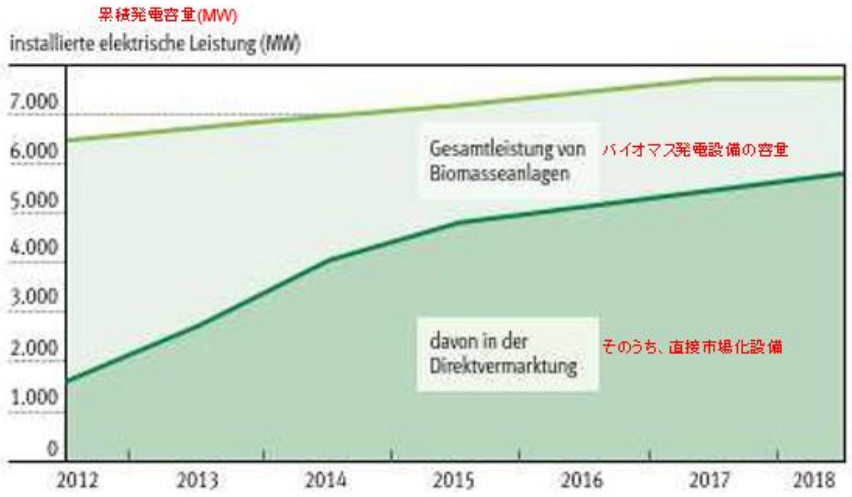


図 1.2.23 バイオマス発電設備の FIT または市場プレミアムの比率

（出所）FNR,2020

[18] 連邦経済省報道資料 (https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/ 09/20200923-altmaier-eeg-novelle-2021-klares-zukunftssignal-fuer-mehr-klimaschutz- und-mehr-erneuerbare.html)

[19] なお、EEG の指すバイオマス及びバイオガス発電設備の原料と発電技術の定義は 2001 年に施行されたバイオマス政令（Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung – BiomasseV)によれば、植物由来である、動物性・植物性廃棄物を原料とする、生物由来廃棄物(生ゴミ)、植物から熱分解やガス化で生成されるガス、アルコール発酵で生成される資源とされている。

3) バイオマスのコジェネとしての利用

熱電併給法(コジェネ法、KWKG:Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetz)は 2015 年に制定され、2020 年に以下の内容に改正されている。

まず、2021 年時点でコジェネ設備(以下ドイツの制度に関連する場合は KWK と記載)の発電容量ごとに売電価格に上乗せする形で以下のような KWK ボーナスの価格(セント/kWh)が規定されている(DIHK,2020b)。なお、価格は発電容量に加えてエネルギーの用途によっても異なった価格を設定しており、以下の表で右よりそれぞれ自家消費、電力系統を使わない売電(第三者所有モデル)、及び電力系統を通じた売電となっている。なお、ここでいうコジェネはバイオガスに限らないので大型の設備も対象になっている。バイオガスも EEG の支援を受け取らないのであれば 20MW 以上でも構わない。

KWKG では 100ｋW以下の設備に対しては、自家消費と売電の両方にボーナスを支給するとしている。またコジェネ設備で発電容量が 500kW から 50MW までの設備に対しては 2021 年 7 月より入札制度への参加を義務付けており（KWKG2020 第５条、第６条）、さらに発電容量が 300ＭW以上の設備の建設に関しては、競争法に照らして欧州委員会の許可が必要となる（KWKG2020 第 10 条）。なお、2021 年 7 月 1 日以前に送電を開始した設備に対する支払いは 4.4 セント/kWh となっている。また、設備増設分の燃焼容量が 20MW 以上で、欧州委員会の排出権取引に参加する場合、0.3 セント/kWh のボーナスが与えられるとしている。

表 1.2.13 KWKG2020 による KWK ボーナス(セント/kWh)

設備規模	公共系統を使って売電	第三者所有、EEG 賦課金が 100%かかるケース	自家消費
50kW 以下	16	8	8
50～100kW	6	3	3
100～250kW	4.4	1.5	0
250～500kW	入札で決定	0	0
500kW～50MW (拡張も含む)	2MW まで 4.4 2MW 以上は 3.1	2MW まで 1.5 2MW 以上は 1	0
50MW 以上[20]	3.4	1	0

（出所）DIHK,2020b　P.5.

次に、KWK 設備の発電容量が 50MW を超える場合について、新規設置設備に対して 2023 年よりボーナス価格を 0.5 セント/kWh ずつ上乗せするが、過剰支援にならないよう、発電費用と売電価格の差は超えないという条件が与えられている（KWKG2020 第 7 条）。これらは変動再エネに対応するためのガスコジェネの増強に必要な措置として定められているが、バイオガス電源も利用可能なものであり、対象はバイオガスに限らない。

上記に発電容量にかかる条件に加え、支援対象となる発電量の上限も変更されており（KWKG202 第 8 条）、新規設備の場合は支援を受けられる電力量は発電容量に関係なくフル負荷稼働時間が合計 3 万時間相当分までとしている。さらに、新規設置設備、更新設備、及び増設設備に対して、2021 年からは年間で最大負荷稼働時間 5,000 時間相当分までを支援対象とし、以降 2023 年は同 4,000 時間、2025 年以降は 3,500 時間までとしている。なお、2018 年改正で条件に加えられた更新費用もしくは増設費用と同じ発電容量で新規建設した場合の費用との割合によって支援時間を変更する条件に変化はない。

[20] 増設によって発電容量が 50MW を超えた場合、KWK ボーナスは 3.1 セント/kWh となる（KWKG2020 第 7 条）。

表 1.2.14 KWKG2020 法による革新的再エネ熱ボーナス

参照熱容量に対する革新的再エネ熱の割合	ボーナスの額(セント/kWh 発電容量)
5%	0.4
10%	0.8
15%	1.2
20%	1.8
25%	2.3
30%	3
35%	3.8
40%	4.7
45%	5.7
50%	7

（出所）DIHK, 2020b P.11.

2020 年 12 月の KWKG の改正では新たに 3 種類のボーナス制度が設けられているが、このうち「革新的再エネ熱ボーナス(Bonus für innovative erneuerbare Wärme)」は、バイオマスを利用した KWK 設備に対しての支援策となっている[21]。ボーナス価格の設定は以下のとおりであり、支援金額は燃焼容量に対する革新的な再エネ熱の供給割合が増えるほど高くなるように設定されており、また単位発電量当たりの換算になっている。

4) バイオマスの熱利用の現状

ドイツにおける 2019 年の家庭用暖房の熱源は下左図のとおりであり、木質バイオマスやペレットを用いたバイオマスの利用は 2.8%に過ぎず、依然として天然ガスもしくは石油をエネルギー源とした戸別のセントラルヒーティング（Zentralheizung）が 70%を占めている。また、地域熱供給を利用している家庭も 6.6%に過ぎない。

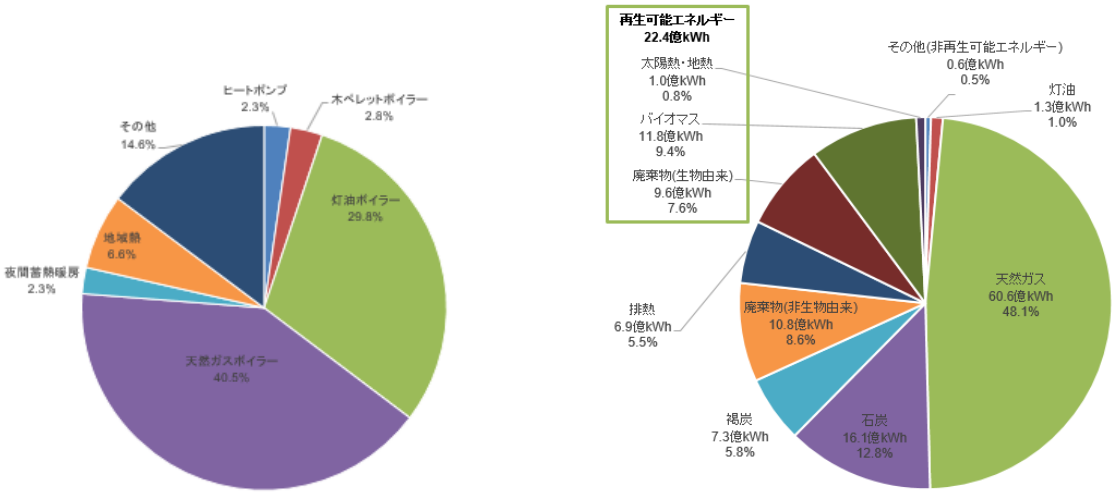


図 1.2.24 2020 年におけるドイツの家庭用の暖房熱供給源（左）と地域暖房熱供給（右）

（出所）AEE[22]資料をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

地域熱供給だけを見てみると、2020 年の地域熱暖房の熱源となっているのはバイオマス設備と生物由来の廃棄物を利用したバイオガス設備があるが、熱供給量はそれぞれ 118 億 kWh、及び 96 億 kWh である。これは全熱供給量 1,260 億 kWh に対してそれぞれ 9.4%、及び 7.6%となっている。

[21] このプログラムの支援対象となるのは以下の条件を満たす KWK 設備である（KWKG 2020 第 7a 条）。①年間電力供給量に対する年間熱供給量が 1.25 倍以上の高効率で温暖化ガスの排出量が少ない KWK 設備であること。②供給熱が熱供給網を通じて暖房や給湯、産業用のプロセス熱等に利用されていること。③発電容量が 10MW を超える、革新的コジェネ(非再エネ)の入札を通じた支援策を受けていない設備に関しては KWK ボーナスとの併用は可能であること。④通常の KWK ボーナスとの併用は可能であること。

[22] https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/heizungssysteme-in- wohngebaeuden-in-deutschland
https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/fernwaermeerzeugung- nach-energietraegern-in-deutschland-2020

上記の中でも再生可能エネルギー源を利用した主な熱供給源は固形バイオマス、液体バイオマス、気体バイオマス、生物由来の廃棄物、太陽熱利用、大深度地熱、地熱及び廃熱利用があるが、これらの 1990 年から 2019 年までの供給割合の変化は以下の通りである。



図 1.2.25 再エネ熱源別の供給量変化

（出所）BMWi, 2020c, P.24.

さらに、バイオマス熱供給設備の中での熱源もしくは燃料資源 10 種類別に見た熱供給量と全熱供給量に対する割合は以下の表のとおりである。

表 1.2.15 燃料別のバイオマス発熱量と割合（2019 年）

燃料種	最終消費熱エネルギー (GWh)	再エネ熱の全熱エネルギー消費に占める割合(%)
固形バイオ燃料(家庭)	71,238	5.8
固形バイオ燃料(民生)	18,024	1.5
固形バイオ燃料(産業)	24,047	2.0
固形バイオ燃料(地域熱)	5,855	0.5
液体バイオ燃料	2,173	0.2
バイオガス	13,307	1.1
バイオメタン	3,228	0.3
汚泥ガス	2,495	0.2
埋め立てガス	104	0.01
生物由来廃棄物	14,664	1.2

（出所）BMWi, 2020d P. 16.

バイオマス由来の熱の普及に影響する可能性のある法制度として、2020 年に制定された建築物エネルギー法（GEG）[23]が挙げられる。同法は暖房等の熱源としての再生可能エネルギーに建物内での利用を高めつつ、他方で建物のエネルギー効率を高め

[23] Gebäudeenergiegesetz: GEG，正式名称：省エネルギー、及び建築物の暖房・冷房供給への再生可能エネルギーの利用法、Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden）

ることにより建物で消費するエネルギー量を減らすことを目的としている。ただし産業の製造過程で用いられるプロセス熱に関しては同法の対象外としている（GEG 第 1 条、及び第 2 条）。

同法にて義務付けられた規定として、新規に建設される建物では、暖房や温水等のエネルギー消費量を計算し、規定値を超えない省エネ建築（ドイツ語では低エネルギー建物、Niedrigstenergiegebäude）であることを証明することが 2021 年より義務付けられた（GEG 第 15 条）。また、近隣暖房、及び地域暖房の設備に関して、主な供給源を再生可能エネルギーとすること、また熱源の 50%以上を廃熱、熱電併給装置、もしくはこれらの組み合わせにて供給することも義務付けている（GEG 第 44 条）。

GEG 法の附表 4 によると、建物の一次エネルギー消費量の計算時には熱源が区別され、太陽光、地熱、一般廃棄物等は再生可能エネルギー、固形バイオマスは再生可能エネルギーとして一次エネルギーの消費が少ないとしている。

なお、バイオマスを原料とした熱供給装置を新規設置、もしくは既存設備を増設させる場合には金銭的な支援を行うとしているが、その条件として暖房や給湯の熱源に使用する場合は熱効率が 89%以上、それ以外の熱利用であれば 70%と規定している（GEG 第 90 条）。この具体的な支援策は連邦経済省が告知するとしている（GEG 第 89 条）。

5) バイオマス利用に関する見通し

ドイツにおける今後のバイオエネルギーの利用の方向性として、ここでは連邦農業食糧省および再生可能資源専門協会の助成により、ドイツ再生可能エネルギー協会の協会紙の中で発表されたレポート[24]の内容について以下のとおり記載する。

同レポートでは、バイオマスの利用形態は電力利用、熱利用、交通燃料利用の 3 つに分かれ、さらに普及するとみられる利用方法は、電力（P2G の合成ガスを含む）、熱利用では固形燃料、バイオメタン、Power to heat、柔軟性の高いコジェネ、交通燃料利用ではバイオディーゼル、バイオエタノール、バイオメタン、Power to liquid（合成液体燃料）としている。[25]

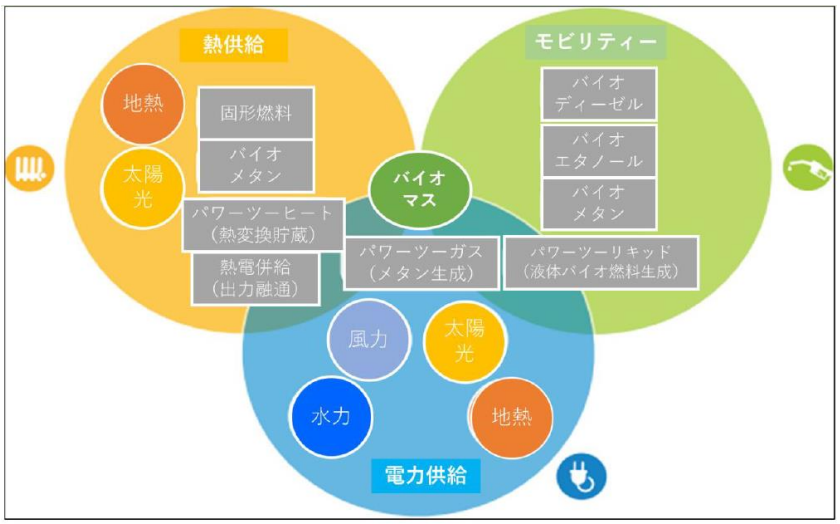


図 1.2.26 バイオエネルギーの今後の利用形態

（出所）Hülsken & Agentur für Erneuerbare Energien e.V, 2019 P.29 をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

レポートの中では、ドイツにおけるバイオマス発電の大半を占めるバイオガス発電設備の運用形態について言及されている。下図は柔軟性のある電力と熱の供給に向けたバイオガス施設の運用変化を示している。バイオガスは 24 時間稼働するのではなく電力系統と電力市場の状況に合わせて運営をすることで安定供給に貢献するとしている[26]。

[24] Hülsken & Agentur für Erneuerbare Energien e.V, 2019

[25] ドイツのガス事業を所管するエネルギー事業法では現在、水素を産業用以外の用途で販売しようとした場合は、バイオガスとしてしか販売できないようになっている。そのため、メタン化であっても水素混入であっても法律上はバイオガスとして扱われる。

[26] バイオガス発電設備で必要とする熱をガスコジェネで利用しているエネルギー取得率は 21～31%であり、主に発酵槽での熱として使われている。その他の熱の用途としては、ドイツバイオガス協会が実施したアンケート(有効回答数 602)では、熱を利用している設備の 81%が住宅の暖房として利用し、47%が木材の乾燥に利用していた。その他、オフィスなどの暖房(45%)、穀物の乾燥(36%)が続く。また、利用される熱エネルギー量で見ると、全体の 42%が発酵槽での利用、公的建物が 33%、木材乾燥が 14%だった。公的建物とは市庁舎などを指し、熱利用においては、役場などの公的機関との関係構築が重要であることを示している。

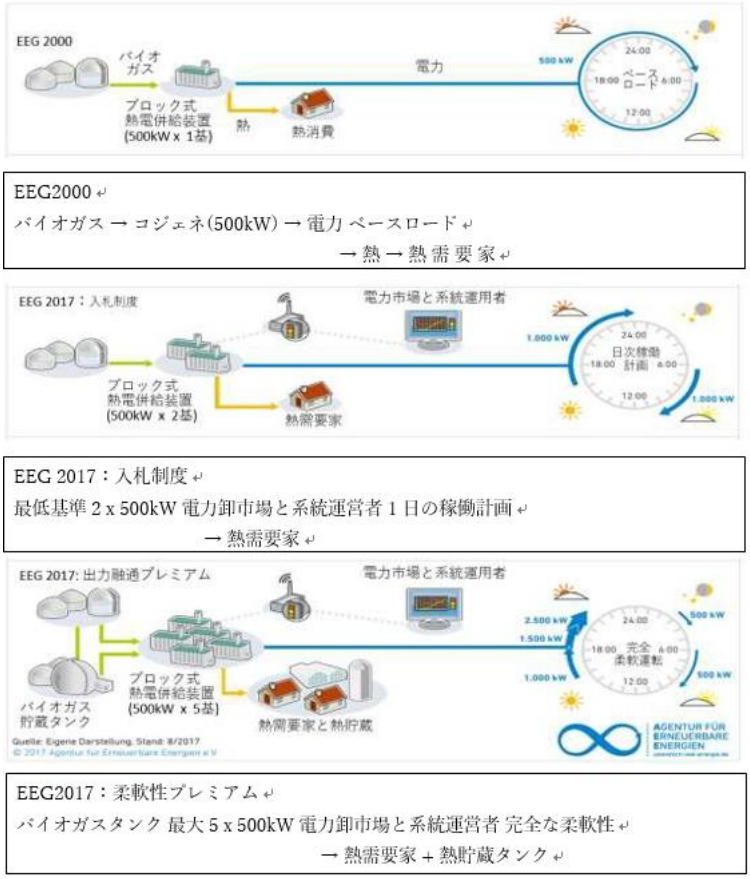


図 1.2.27 バイオガス発電設備の運転形態の変化

（出所）Hülsken & Agentur für Erneuerbare Energien e.V, 2019 P.27 をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

EEG が施行された 2000 年当時はバイオガス発電設備は化石燃料の代替となるベース電源となることが期待されていた。しかし 2017 年の同法改正では入札制度により、出力 500ｋW の潜熱回収型コジェネ設備 2 基以上が連動して発電を行う施設を増やすことで、朝夕の電力ピーク需要に合わせて設備を稼働、停止させる柔軟な運転を行える設備を増やすよう、支援の方向転換が行われた。

また完全に柔軟な運転が行えるバイオガス発電設備は迅速に大きな電力量を供給するためにより大きな発電容量が必要となり、EEG2017 の規定に従った場合は BHKW を最大 5 基までを用意する必要がある。また発電量に合わせてバイオガスの生成速度を上げることはできないのでバイオガス貯蔵タンクを増設する必要がある。さらに BHKW の出力を主に発電へ向けた場合は発熱量が減るため、新たに蓄熱タンクを設置し電力需要が少ない時に発熱し貯蔵することで電力及び熱の両需要に対してより柔軟な対応ができることが期待されている。

これまで EEG2012 年改正法から柔軟性プレミア（Flexibilitätsprämier）の上乗せ支援を行う政策が採られているが、政府は今後はさらにこのようなそのため、柔軟な運用方式をとる設備に対する支援を強める必要性についても言及している。

3章　NEDO バイオマスエネルギー地域自立システム化実証事業

地域と共生するバイオマスエネルギーを目指して

バイオマスエネルギーは経済・社会・環境の 3 つの観点から地域システム全体を活性化する重要なドライバー（歯車）として、今後も普及が期待されている。持続可能なバイオマスエネルギー事業の実現と、より一層の普及拡大のためには、熱も効率よく利用するとともに、地域の特性を活かした最適なシステム化が必要となる。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、地域の特性を活かした最適なバイオマスエネルギー利用システムを構築するために、2014 年度から「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」を実施している。本事業では、FIT 制度や補助金などに頼らないことを念頭においた、地域自立システムとしての事業性評価（FS）、実証事業、および技術開発事業を実施し、その成果を本書（導入要件や技術指針）に反映させている。

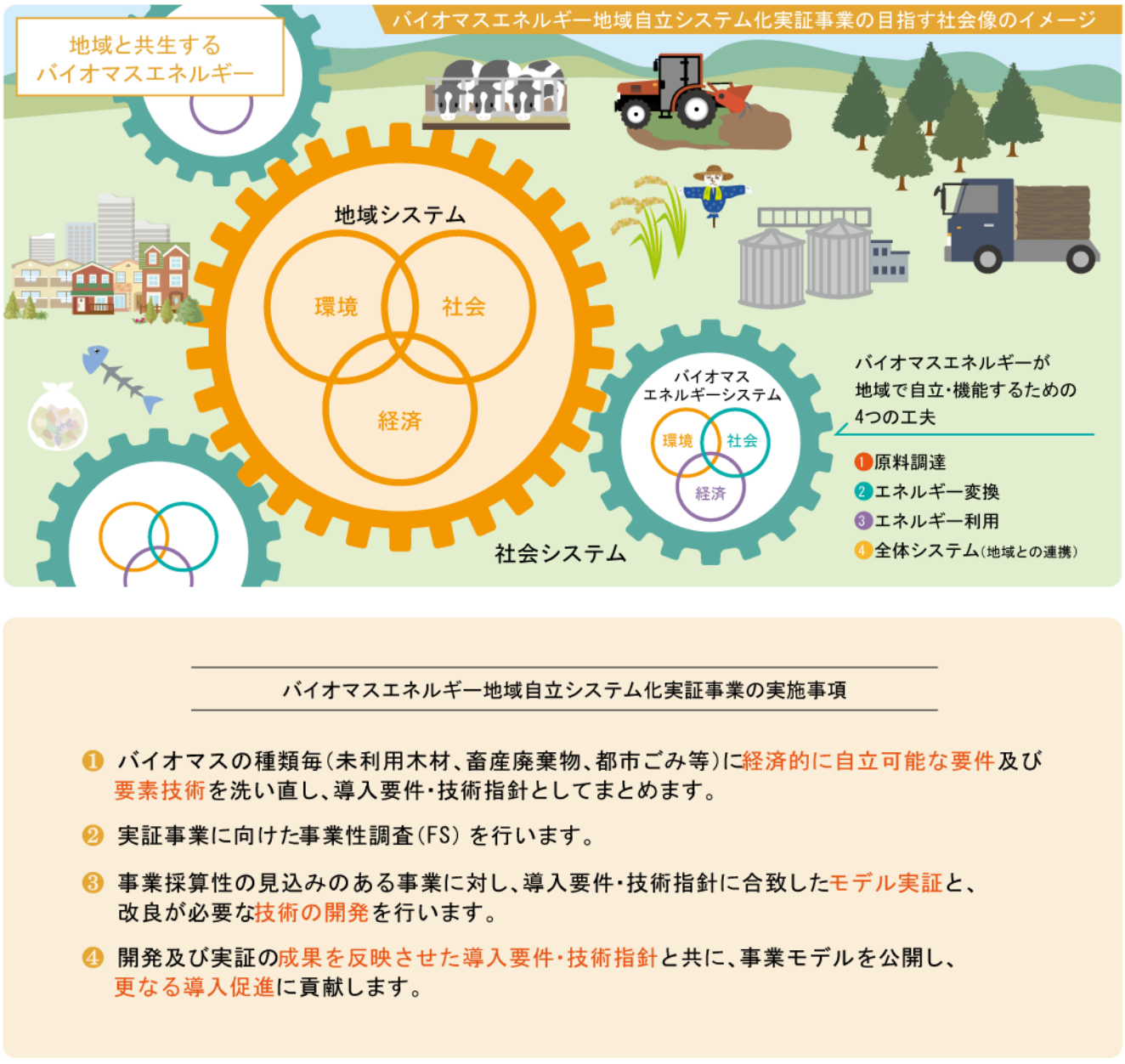


図 1.3.1　バイオマスエネルギー地域自立システム化実証事業の目指す社会像のイメージ

（出所）NEDO 作成

表 1.3.1　NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における実証事業者一覧
（木質バイオマス・メタン発酵系バイオマス）

カテゴリ	事業名	事業者
木質バイオマス	竹の新素材加工工場に併設したバイオマス熱・電併給カスケード利用による地域再生自立システム”ゆめ竹バレー”の実証事業	バンブーエナジー株式会社
	真庭市北部におけるバイオマスエネルギーによる地域自立システム実証事業	昭和化学工業株式会社
	低品位木質系廃棄物を燃料とした蒸気供給モデルの実証事業	JFE環境サービス株式会社[27]
	持続可能な林業に資するバイオマスエネルギーの地域利活用の実証事業	田島山業株式会社
	廃棄バイオマスを利用したクリーニング工場への蒸気供給事業の実証事業	社会福祉法人ウイズユー
メタン発酵系バイオマス	家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの実証事業	阿寒農業協同組合
	地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの実証事業	株式会社富士クリーン

表 1.3.2　NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者一覧（メタン発酵系バイオマス）

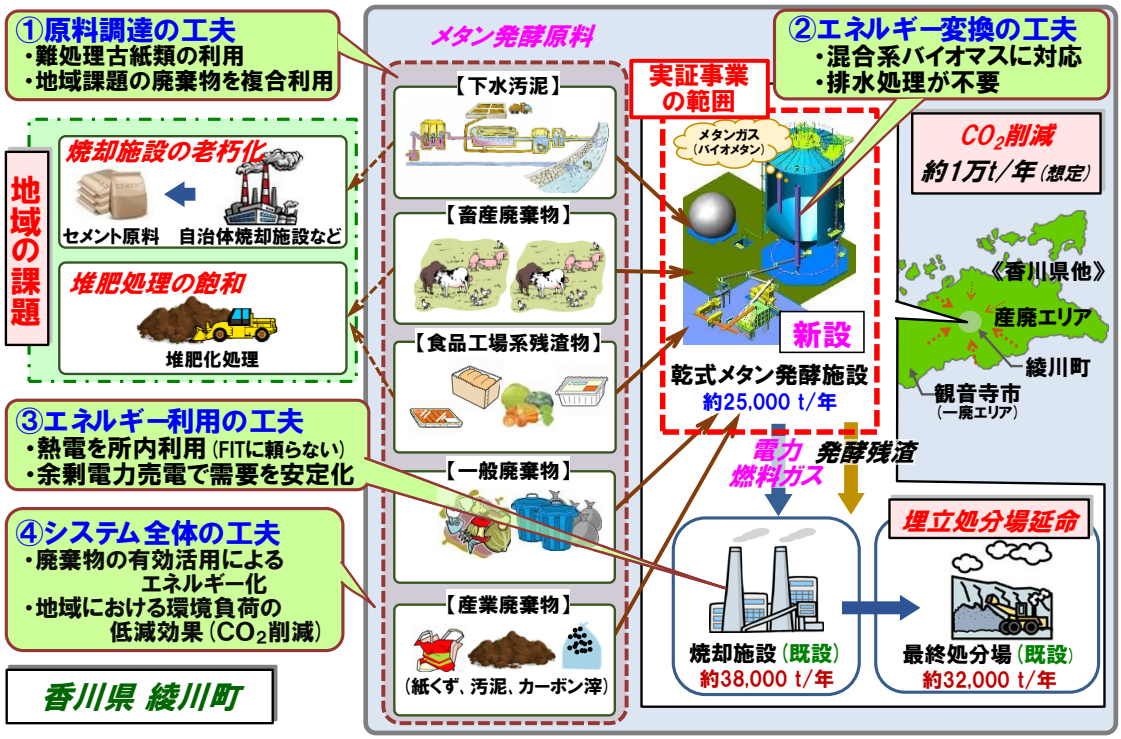
事業名	事業者
地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価（FS）	株式会社富士クリーン 栗田工業株式会社
都市と農業地域を繋ぐ循環型バリューチェーン構築を目的とした実証開発の事業性評価（FS）	株式会社竹中工務店
エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価（FS）	株式会社大原鉄工 株式会社いわむろバイオソリューション
JAがのぞむ地域未利用資源を活用したバイオマスエネルギー有効利用システムの事業性評価（FS）	株式会社小桝屋 JA ゆうき青森 東洋紡エンジニアリング株式会社
混合バイオマスによるガレージ式乾式メタン発酵システムの事業性評価（FS）	株式会社サナース 山興緑化有限会社
家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの事業性評価（FS）	阿寒農業協同組合 エア・ウォーター北海道株式会社
小型分散による鶏糞メタンガス発電システム導入と熱利用の事業性評価（FS）	三昌物産株式会社 三菱 UFJ リサーチ＆コンサルティング株式会社
鶏糞メタンガス発酵システムを用いたエネルギー変換利用及び鶏糞残余を活用した副産物高付加価値化に係る事業性評価（FS）	株式会社インターファーム
家畜ふん尿に由来する液化バイオメタンの都市部へのエネルギー供給システムの事業性評価（FS）	エア・ウォーター北海道株式会社
オンサイト型小型メタン発酵システムの普及のために高温可溶化処理と乳酸発酵の技術を活用したメタン発酵のガス収量の増加による事業性向上と陸上養殖を組み合わせた事業性評価（FS）	株式会社ヴァイオス 国立大学法人京都大学
グリセリン含有廃液リサイクルを核とした地域バイオマスエネルギー循環事業の事業性評価（FS）	バイオ燃料技研工業株式会社 国立大学法人山口大学
製糖工場汚泥と肉牛ふんを主原料とした乾式メタン発酵バッチシステムの事業性評価	株式会社北土開発

[27] 株式会社日本リサイクルマネジメントより社名変更

表 1.3.3 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者一覧（木質バイオマス）

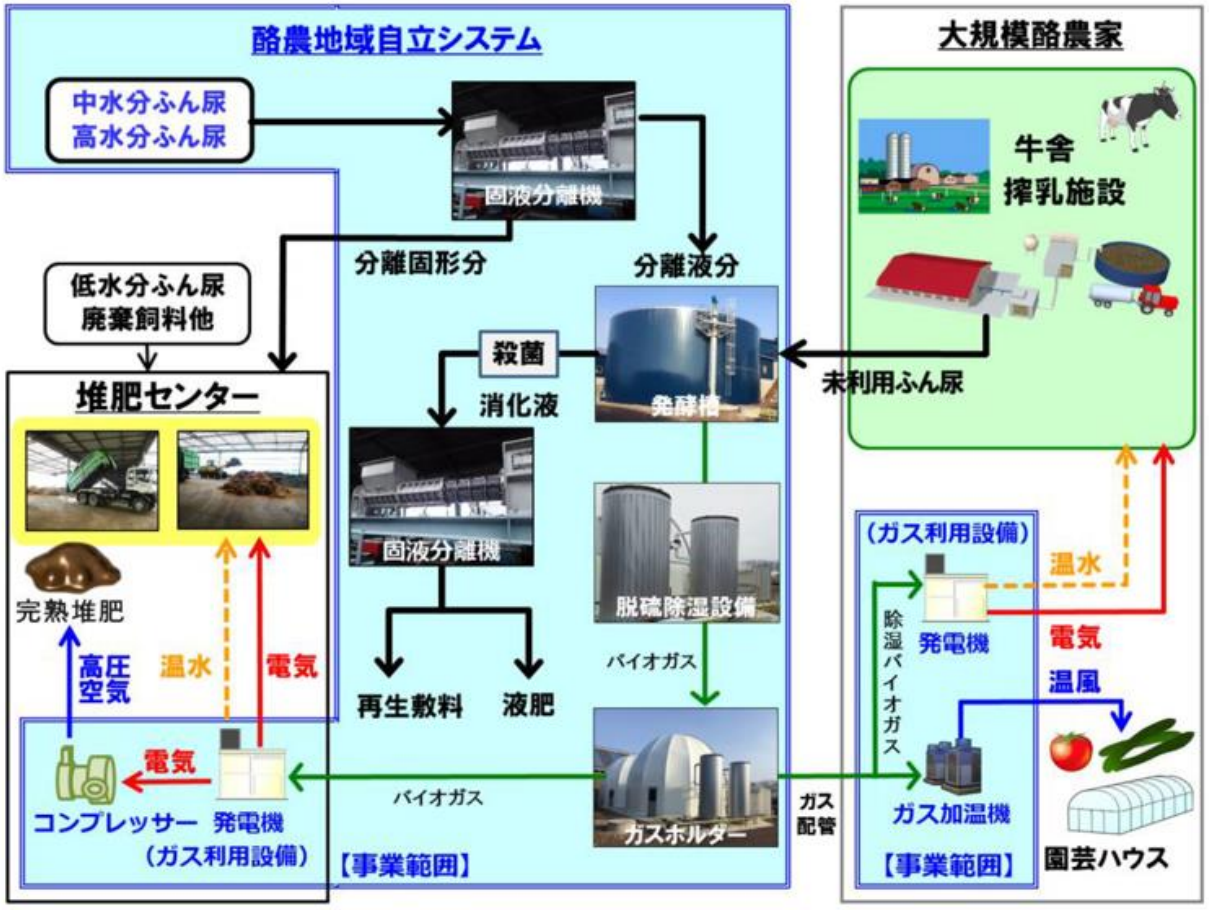
事業名	事業者
バイオマスエネルギーを活用した農・林・工複合型モデルの事業性評価（FS）	昭和化学工業株式会社
飲料製造工場及び周辺施設へのバイオマス地域熱供給事業の事業性評価（FS）	サーフビバレッジ株式会社
低品位木質系廃棄物を燃料とした蒸気供給モデルの事業性評価	JFE 環境サービス株式会社
アクアイグニス多気 ORC ユニットを活用した木質バイオマスコジェネレーションシステムの事業性評価（FS）	バイオマス熱電併給株式会社 E2リバイブ株式会社
産業拠点において低質バイオマスを段階的利用する熱電自給・小規模熱利用システムの事業性評価（FS）	山室木材工業株式会社
栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を利活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価（FS）	高砂熱学工業株式会社 一般社団法人日本有機資源協会
持続可能な林業に資するバイオマスエネルギーの地域利活用の事業性評価（FS）	田島山業株式会社
原木をそのまま燃料とする丸太ボイラーによる熱供給事業の事業性評価（FS）	智頭石油株式会社
山林循環再生をめざすバイオマスエネルギー活用地域自立システム化実証事業の事業性評価（FS）	山陽チップ工業株式会社 株式会社 EECL
竹改質による燃料化の事業性評価	株式会社日立製作所
中山間・内陸に適した木質バイオマスエネルギー需給複合型システムの事業性評価（FS）	長野森林組合
地域材を利用した木質バイオマス熱供給事業の事業性評価（FS）	坂井森林組合
早生樹を軸とした農林エネルギー地域循環サスティナブル事業の事業性評価（FS）	遠野興産株式会社、JCOAL
山村における木質バイオマス地域熱供給モデル構築事業の事業性評価（FS）	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会
性状の異なる原料を用いたバイオマスガス化電熱併給事業の事業性評価（FS）	日本総合研究所
大分県臼杵市における木質バイオマスの熱エネルギー有効活用の事業性評価（FS）	ワタミファーム＆エナジー株式会社
竹の新素材加工工場に併設したバイオマスの熱・電併給カスケード利用による地域再生自立システム”ゆめ竹バレー”の事業性評価（FS）	バンブーエナジー株式会社 中外炉工業株式会社
里山エコリゾートのためのスローテクノロジー統合型の地域木質熱利用システムの事業性評価（FS）	東海大学 株式会社東急リゾートサービス
廃棄バイオマスを利用したクリーニング工場への蒸気供給事業の事業性評価（FS）	智頭石油株式会社
地域バイオマス持ち込みシステムとスマートバイオマスネットワークの事業性評価（FS）	広島県北広島町 国立大学法人広島大学
使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価（FS）	中部電力株式会社 株式会社シーエナジー

富士クリーン（FS：2014～2016 年度、実証：2017～2020 年度）

事業名	地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの実証事業
事業者	株式会社富士クリーン（FS、実証）、栗田工業株式会社（FS）
背景	廃棄物を利用しメタン発酵するシステムは従来から多く実施されているが、持続的かつ経済的に成立可能なシステムとして普及しているとは言い難い。普及が進まない要因としては次の4 つが考えられる。①バイオマスについて持続的な量と質の確保が困難である。②バイオマスから効率的にバイオマスエネルギーを回収するためのコストが高い。③バイオマスエネルギーについて施設内や周辺地域及び産業における有効な活用方法の選択肢が少ない。④システムの持続的かつ経済的に成立する適正な処理規模が明確でない。この4つの要因の課題を解決するために本事業では①混合系バイオマス等の量の確保と質の明確化、②乾式メタン発酵技術を適用した高効率なバイオマスエネルギーの回収、③オフサイト及びオンサイトにおけるバイオマスエネルギーの有効利用、④持続的かつ経済的に成立する適正な事業規模の明確化に関する課題解決の FS 調査に取り組み、実証事業を実施した。
事業概要	株式会社富士クリーンでは、近隣地域の生活ごみ、食品残渣や家畜糞尿･下水汚泥･難処理古紙類などを収集し、メタン発酵処理によるエネルギー利用モデルを実証している。本実証では国内初となる縦型乾式メタン発酵技術を導入しており、2018 年より 73t／日の規模で運転を開始した。 今回採用した乾式メタン発酵技術（KURITA DRANCO PROCESS®）の特徴は次の 3 点である。まず、縦型かつ攪拌装置不要の発酵槽のため省スペース化および省エネルギー化を実現できること。また、高温発酵により分解速度が速く、混合型系バイオマスに対応できること。最後に、一定の水分率の原料であれば排水処理を必要としないことが挙げられる。縦型メタン発酵槽の大きさは国内最大規模の 3,000m^3 であり、バイオガス生成量は約 9,500Nm^3／日となっている。生成したバイオガスは、ガス発電装置（370kW×2 基）と蒸気ボイラー（0.5t／時×2 台）により、電気と蒸気に変換し、自社内で実証施設／廃棄物処理施設内の回転機器などの駆動用電気や加熱用蒸気として有効活用する。さらに、ガス生成過程で排出される発酵残渣は、既設焼却施設の補助燃料として利用することができる。これまで埋め立て処分していた熱量の高い廃棄物とこの残渣と混合し焼却することで、埋め立て処分量が減少し、埋め立て処分場の延命化につながるとともに焼却炉燃料の削減が可能となっている。 

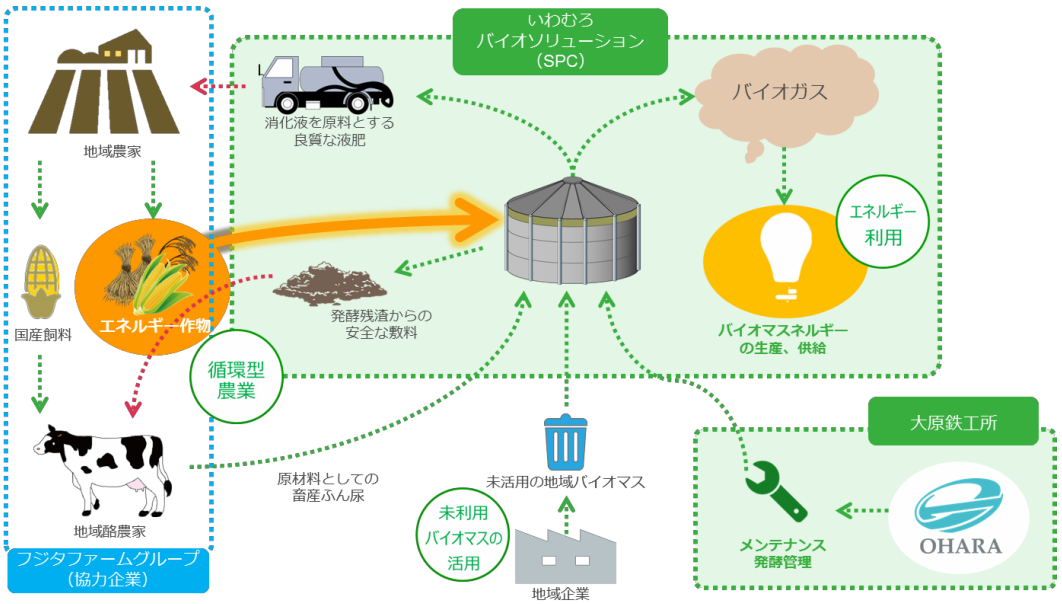
（出所）株式会社富士クリーン FS 報告書および成果報告会等公開資料より作成

阿寒農業協同組合（FS：2016 年度、実証：2017～2021 年度）

事業名	家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの事業性評価
事業者	阿寒農業協同組合（FS、実証）、エア・ウォーター北海道株式会社（旧　北海道エア・ウォーター株式会社）（FS）
背景	地域の酪農業においては機械化によるエネルギーの使用量が増大し、これが酪農経営を低迷させる一因にもなっている。また、当組合の構成員（酪農家 21 戸）が運営する堆肥センターもエネルギー使用量の増加や、施設老朽化による維持管理費の増大が顕在化している。このため堆肥センターでは完熟堆肥の生産が困難となり、未熟堆肥の集中散布による牧草・生乳の品質低下や、悪臭や地下水汚染の発生が懸念されている。地域のおよび事業者（JA）の課題として、以下の 5 つが挙げられ、これを解決するエネルギー利用システムが求められていた。 ⅰ）酪農家および地域の省エネルギー化 ⅱ）良質な堆肥、液肥生産と良質な飼料、生乳生産 ⅲ）悪臭および地下水汚染の軽減 ⅳ）ふん尿処理料の軽減によるJA組合員への負担軽減 ⅴ）送電網が脆弱なため、FIT による売電ができない
事業概要	本事業では、老朽化の著しい釧路市堆肥センターに搬入される原料のうち、特に堆肥化が困難である中水分（水分 80～85%）および高水分（水分 88%）の半固形状ふん尿を対象として、固液分離して得られた分離液分をメタン発酵し、バイオガス、電気および温水を堆肥センターおよび大規模酪農家に供給する「地域自立システム」の事業性評価を行った。 また、市場流通可能性調査を実施し、本システムにおいて生成される消化液、完熟堆肥、再生敷料の適正販売価格を設定して地域の酪農家に販売する計画を策定し、事業収入の増加による事業採算性の改善を検討した。 

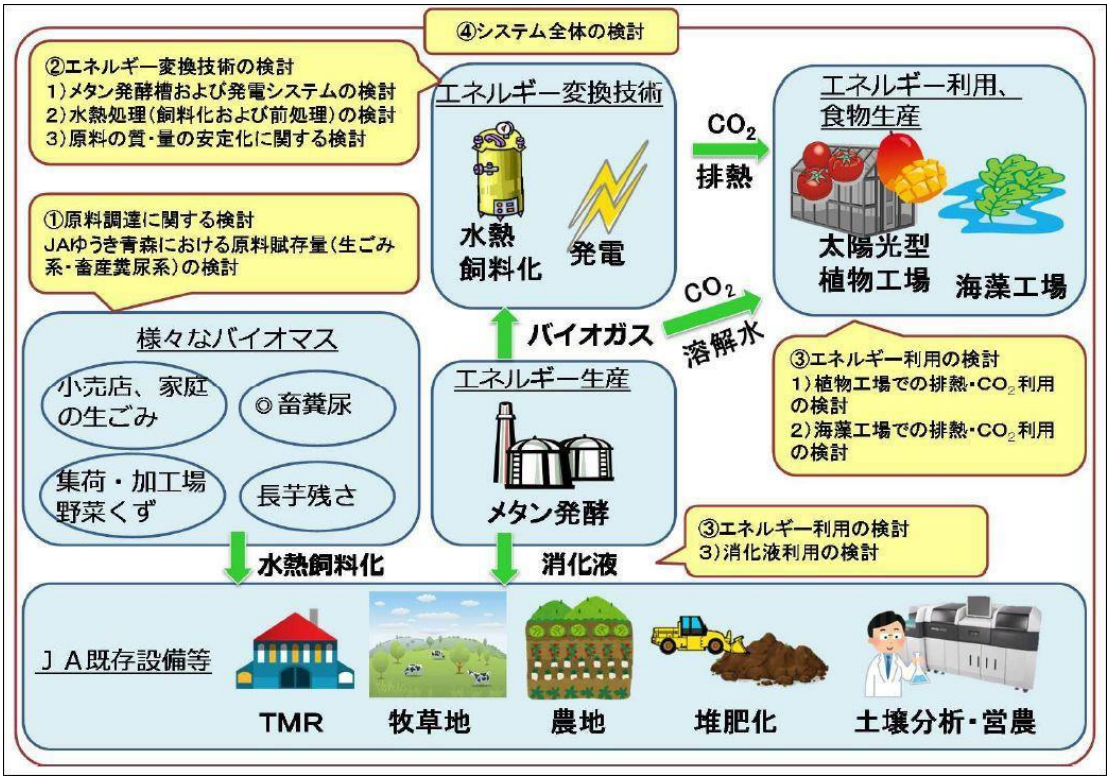
（出所）阿寒農業協同組合・北海道エア・ウォーター株式会社 FS 報告書および成果報告会等公開資料より作成

大原鉄工／いわむろバイオソリューション（FS：2014～2016 年度）

事業名	エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価（FS）
事業者	株式会社大原鉄工･株式会社いわむろバイオソリューション
背景	家畜ふん尿の処理には、適正処理の観点やエネルギー利用を推進するための技術として、メタン発酵技術が位置づけられてきた。しかし家畜ふん尿は、生ごみ等の都市型系バイオマスに比べ単位バイオマス量あたりのバイオガス発生量が低いため、経済性の観点からメタン発酵を適用するためには、乳牛で 300 頭規模以上の農家でなければ成立し難いとされている。そのため、日本の多くを占める中小規模農家への適用は困難な現状である。このような現状から、家畜ふん尿処理へのメタン発酵の適用を促進し、バイオマスエネルギーとしての利用を拡大するためには、ガス発生倍率を増加させ、生成されるバイオガスを増産し、エネルギー収支を改善することが必要と考え、FS 調査を実施した。
事業概要	本事業では、地域で発生する未利用バイオマス及びエネルギー作物、飼料残渣、稲わら等を家畜ふん尿と混合してメタン発酵することによるバイオガス増産手法について検討する。また、バイオガスの利活用技術について調査･検討し、技術面･経済面を踏まえ多角的に評価･検討を行った。 メタン発酵処理後に大量に発生する消化液は窒素･カリウムを多く含む即効性の良質な液肥であるため、消化液発生量及び水田･耕作地への散布方法･コストについても併せて調査･検討を行った。 

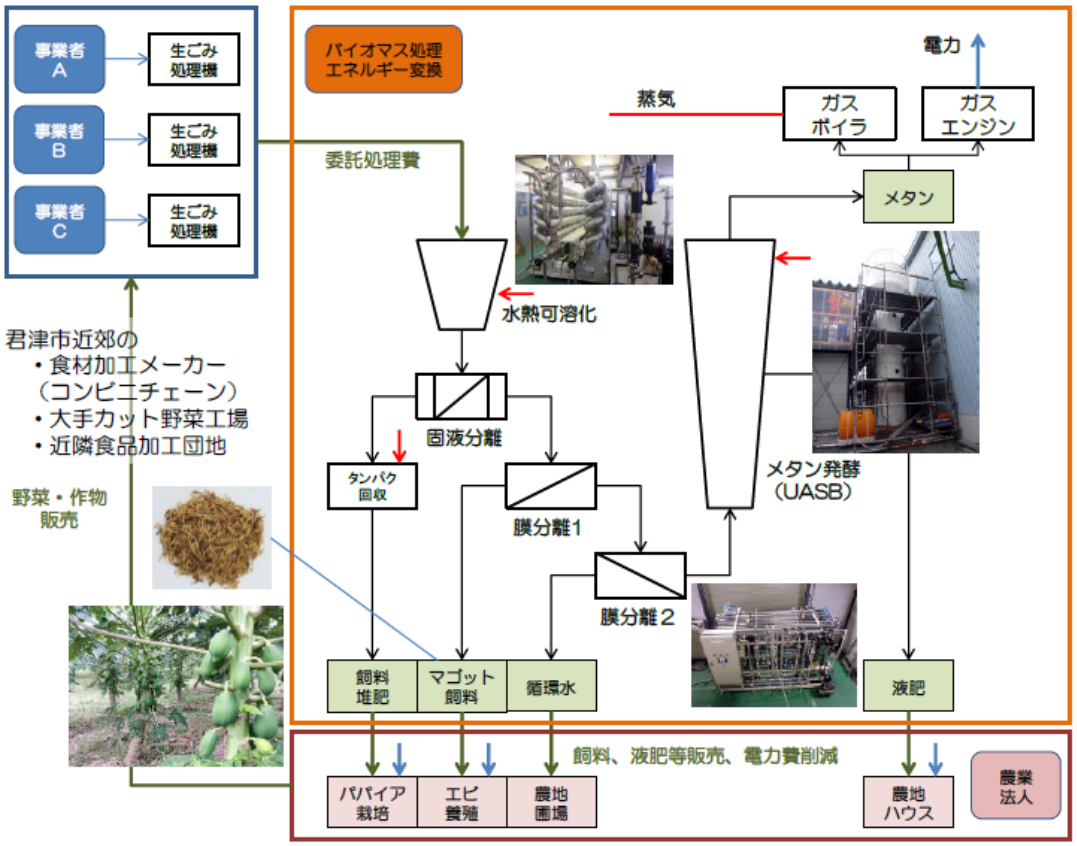
（出所）株式会社大原鉄工・株式会社いわむろバイオソリューション FS 報告書より作成

小桝屋／JA ゆうき青森／東洋紡エンジニアリング（FS：2015 年度）

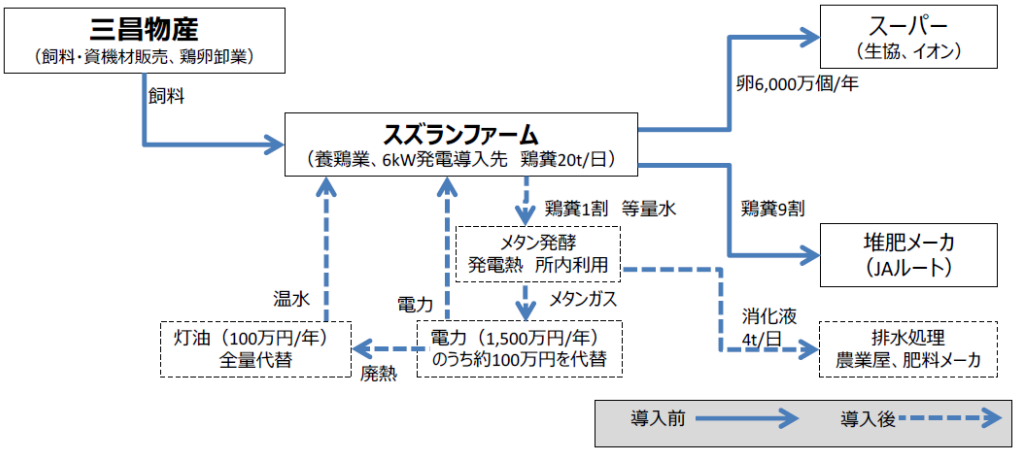
事業名	JAがのぞむ地域未利用資源を活用したバイオマスエネルギー有効利用システムの事業性評価（FS）
事業者	株式会社小桝屋･JA ゆうき青森･東洋紡エンジニアリング株式会社
背景	JAゆうき青森は農産物生産を行っている組織であり、バイオマス資源が豊富に存在する。また、ながいも、にんにく、牛乳などの農業生産額としては青森県内で最も大きな規模のJAであり、生産活動に伴い発生する未利用バイオマスは尽きることがない。特に、JAゆうき青森の主力農産物であるながいも生産に伴い発生する残さの処理費が組合員の負担となっていることが大きな課題であった。また、酪農では搾乳ロボットの導入など作業の機械化及び大型化が進められている。この方式は水分含量の多い畜糞尿が発生するため、その処理方法の確立が課題となっていた。 有機資源を資源循環する仕組みにの構築および多角的なバイオマス活用によるエネルギーを創出する仕組みを加えることで、畜糞尿処理の適正化やながいも処理費の低減、冬の農業創出による周年収益のある生産活動を確立するし、従来の課題の解決を目指す。
事業概要	本事業は、JAゆうき青森管内の野菜加工残渣、小売店(スーパー、直売所)生ごみ、組合員の家庭生ごみ、農業残渣(野菜くず)、畜糞尿などのバイオマス資源を原料として、メタン発酵(嫌気性消化)-発電する設備の導入を行う。また、単に売電を行うだけでなく、その排熱および排気ガス(CO2)を有効に利用した植物工場を整備して、食料生産までも行う。さらに、既存の分析設備を用いた土壌分析サービスを実施し、本システムから出る消化液についても、農業資材として効果的に利用する。そして、バイオガスを燃料としたながいもの水熱飼料化も行い、売電以外の利用も行う。 

（出所）株式会社小桝屋・JA ゆうき青森・東洋紡エンジニアリング株式会社 FS 報告書より作成

株式会社竹中工務店（FS：2016 年度）

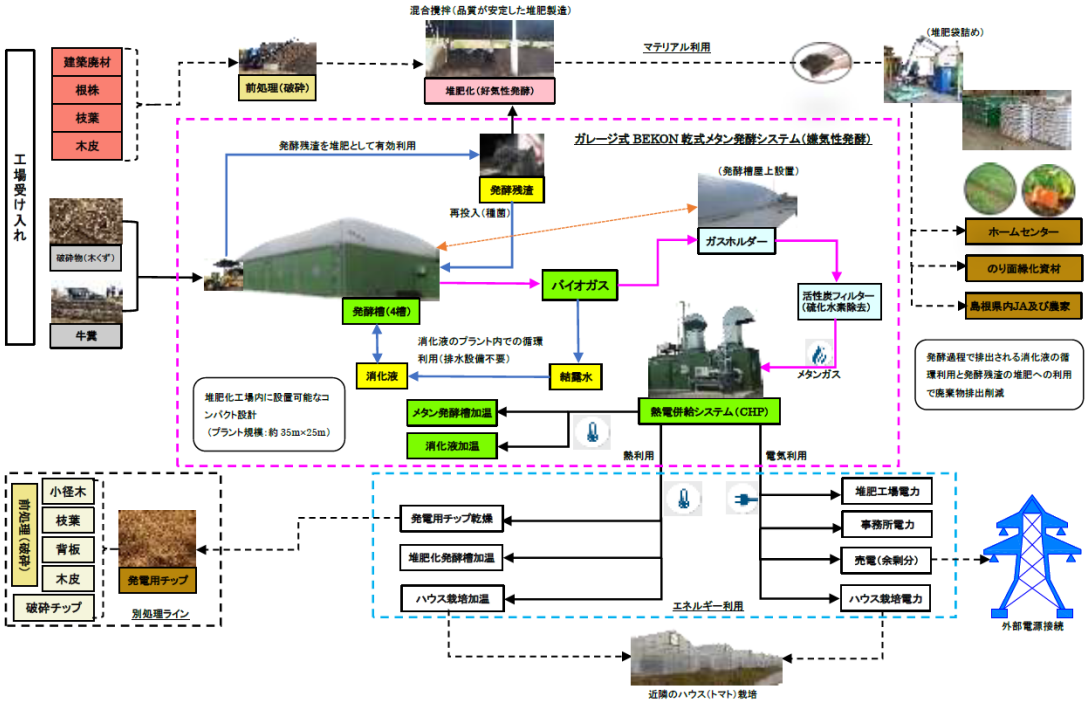
事業名	都市と農業地域を繋ぐ循環型バリューチェーン構築を目的とした実証開発の事業性評価（FS）
事業者	株式会社竹中工務店
背景	株式会社竹中工務店では、馬鈴薯澱粉工場にて、2011～2014 年度に NEDO 事業にてコンパクトメタン発酵システムの実証開発を完了し、同システムは馬鈴薯澱粉工場で発生する、ハイドロサイクロン排水と澱粉粕（澱粉乳との分離で発生する）を原料として実証を行った経緯がある。 本 FS では、このコンパクトメタン発酵システムを核にして、千葉県君津市近郊で発生する生ごみ系バイオマスへの適用の検討を行った。
事業概要	本事業で検討する地域自立システムは、バイオマス原料となる千葉県君津市近郊の食材加工メーカー（コンビニチェーン用惣菜加工）、大手カット野菜工場、食品加工団地からバイオマスを受入れて処理を行う。生産したメタンガスによる蒸気･電力を利用しながら、副産物として発生する発酵残渣や分離した資源を飼料･堆肥、マゴット飼料、循環水および液肥として販売する。これらを利用して生産した農産物等をバイオマス排出事業者である食材加工メーカー（コンビニチェーン）、大手カット野菜工場、食品加工団地に販売することで排出者ー生産者間の資源循環を可能とするシステムの構築を検討した。 

三昌物産／三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（FS：2017 年度）

事業名	小型分散による鶏糞メタンガス発電システム導入と熱利用の事業性評価（FS）
事業者	三昌物産株式会社・三菱 UFJ リサーチ＆コンサルティング株式会社
背景	戦後、機械化された養鶏システムが日本に普及し、一般にある程度の規模以上の養鶏業の鶏糞はたい肥として土壌に還元利用されてきた。しかし、ここ数年は、国内の農業で利用される鶏糞堆肥の使用量は頭打ちで、堆肥よりもハンドリングがよく、成分が安定した化成肥料を農家は好む。堆肥発酵には ブロア等の 電気がかかり、鶏糞堆肥の販売にあたっては袋詰め等にも手間がかかっているが、堆肥が希望価格で販売できないことが多い。また、採卵鶏糞は 発熱量が低く高含水で、直接燃焼には不向きである。かつ鶏は糞尿が一緒に排泄されるため、メタン発酵過程においてアンモニア阻害が懸念されること、C/N 比のバランスが悪く 排水処理などの追加費用が高額となる。消化液の液肥利用もなく、鶏単独ではメタン発酵発電の実績がない。また、地域に多い小中規模の養鶏農家が、売上に直結しない大規模な設備投資を行うことは稀である 。輸入飼料から生じた糞で国内において発電・発熱し 、輸入されている化石燃料の代替となれば、社会全体のエネルギー効率は改善される。また、地球規模でみれば、メタンガスが発電に利用されれば、鶏糞堆肥の発酵工程によるメタンの大気放散による温暖化の原因物質の削減にもつながる。
事業概要	未利用鶏糞をバイオマス原料として鶏舎内に小型分散のメタン発酵発電システムを導入し、所内の購入電力及び熱の代替をめざすものである。 熱需要とガスエンジン廃熱が一致する台数の発電機を連結して全体設計し、 発電に必要な 1 割の鶏糞を堆肥製造から発電利用に切り替える。 

（出所）三昌物産株式会社・三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 FS 報告書より作成

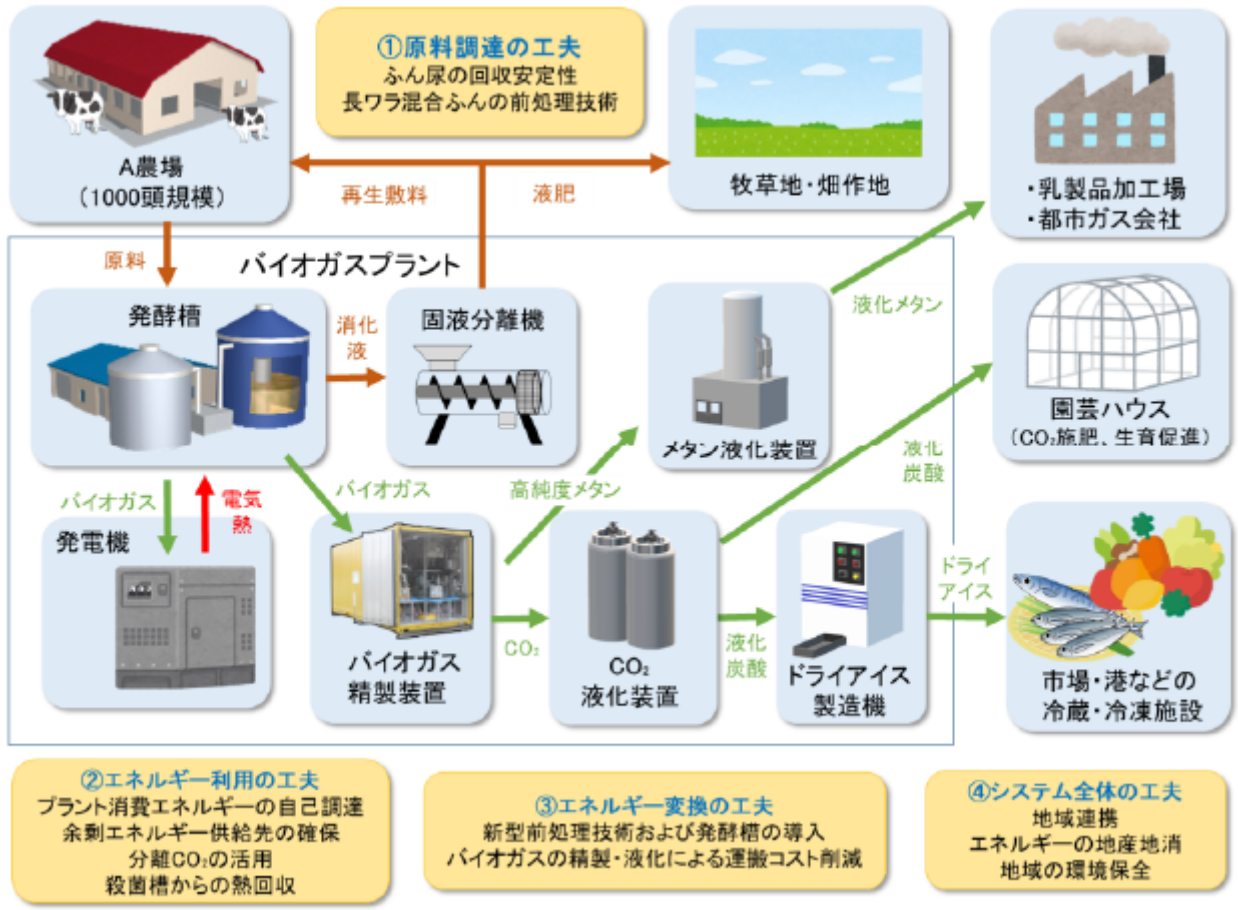
サナース／山興緑化（FS：2018～2019 年度）

事業名	混合バイオマスによるガレージ型乾式メタン発酵システムのの事業性評価（FS）
事業者	株式会社サナース、山興緑化有限会社
背景	近年、混合系バイオマスへのメタン発酵適用へのニーズは高まってきているが、発酵残渣である消化液の活用･処理が課題となり、導入に二の足を踏むケースが多い。そこで、湿潤系バイオマスでも含水率が比較的低め（50～80%程度）のものを原料とする場合、消化液の発生量が少ない乾式メタン発酵の導入を検討したいというニーズが増えてきている。 ガレージ型乾式メタン発酵システム（以降：BEKON システムと呼称）は、上記ニーズに対応する安価なイニシャル･ランニングコストで導入できる乾式メタン発酵技術である。しかし、日本では導入事例がないことから、原料調達や安定したエネルギー変換（メタン発酵）、エネルギー利用、システム全体の観点から、導入可能性を検討する。
事業概要	島根県内における木質系バイオマス、家畜ふん尿、汚泥を調達し、BEKON システムを用いてメタン発酵を行い、メタンガスと発電、熱供給を行うとともに、発酵残渣を、既に山興緑化有限会社で行っている堆肥製造（好気性発酵）の原料に用いる事業の実現可能性調査を行った。 

（出所）株式会社サナース、山興緑化有限会社 FS 報告書より作成

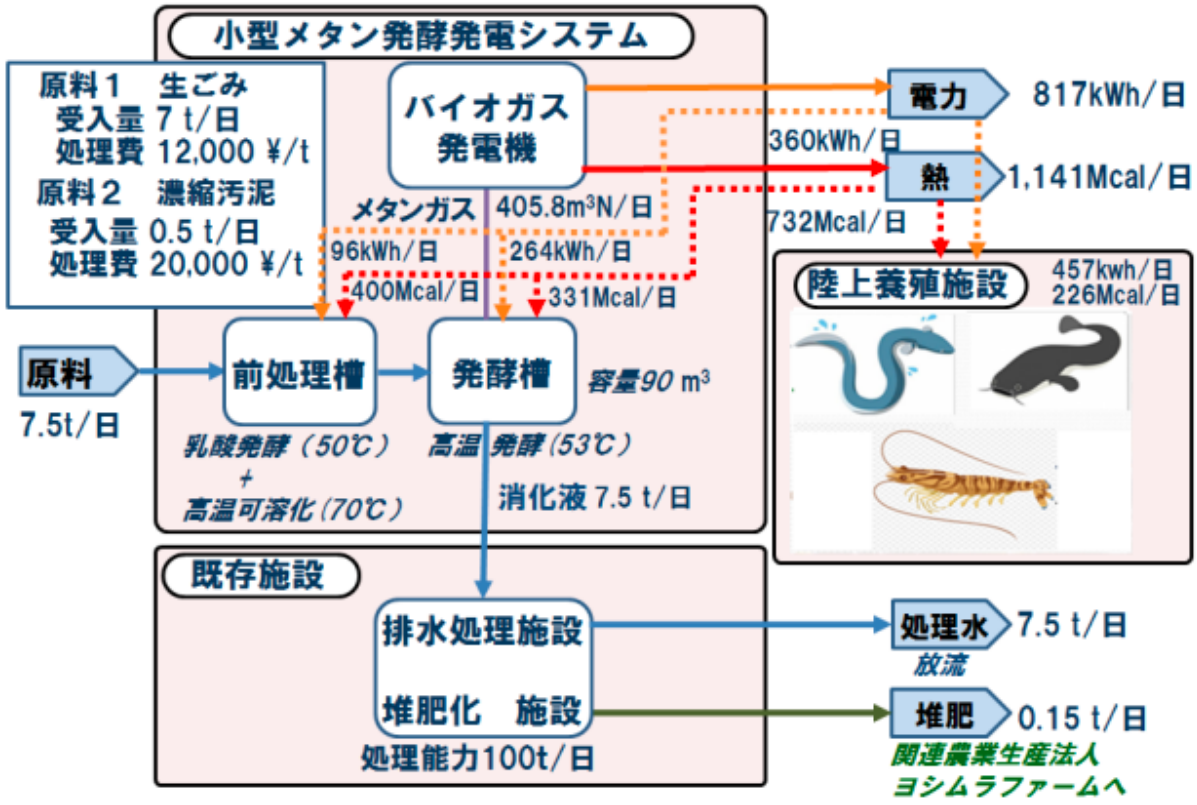
エア･ウォーター北海道（FS：2019～2020 年度）

事業名	家畜ふん尿に由来する液化バイオメタンの都市部へのエネルギー供給システムの事業性評価（FS）
事業者	エア･ウォーター北海道株式会社
背景	プラント建設を検討するA農場周辺 10km 圏内には多数の酪農家が点在し、排出される家畜ふん尿は農地へ還元しているほか、堆肥センターに運搬し処理を行っている。しかし現在、村内における乳牛飼養頭数の増加に伴い、堆肥センターでは処理しきれないほどの家畜ふん尿が運び込まれているのが現状であり、その余剰ふん尿を処理するための新たなふん尿処理システムが求められている。 そこで、メタン発酵システムを導入することによって、化石燃料購入費、家畜ふん尿処理費の節減を想定している。また、地域における様々な問題（悪臭、水質汚染など）の防止などの二次的効果も期待できる。こういった、地域における未利用資源の活用により、食料生産への貢献だけでなく、地域イメージ改善による観光客増加など農村地域における地域活性化事業としての展開も期待できる。
事業概要	家畜ふん尿のメタン発酵から生成したバイオガスを精製･液化することで液化バイオメタンに変換し、都市部へ供給する。メタン発酵の副産物として得られる再生敷料と消化液は周辺農家へ、精製後に得られる CO_2 は液化･固化し、園芸ハウス等に供給及び販売することで、物質･事業収支バランスを整える。本研究開発では地域循環型エネルギー利用として、液化バイオメタン供給システムの事業性評価を行った。



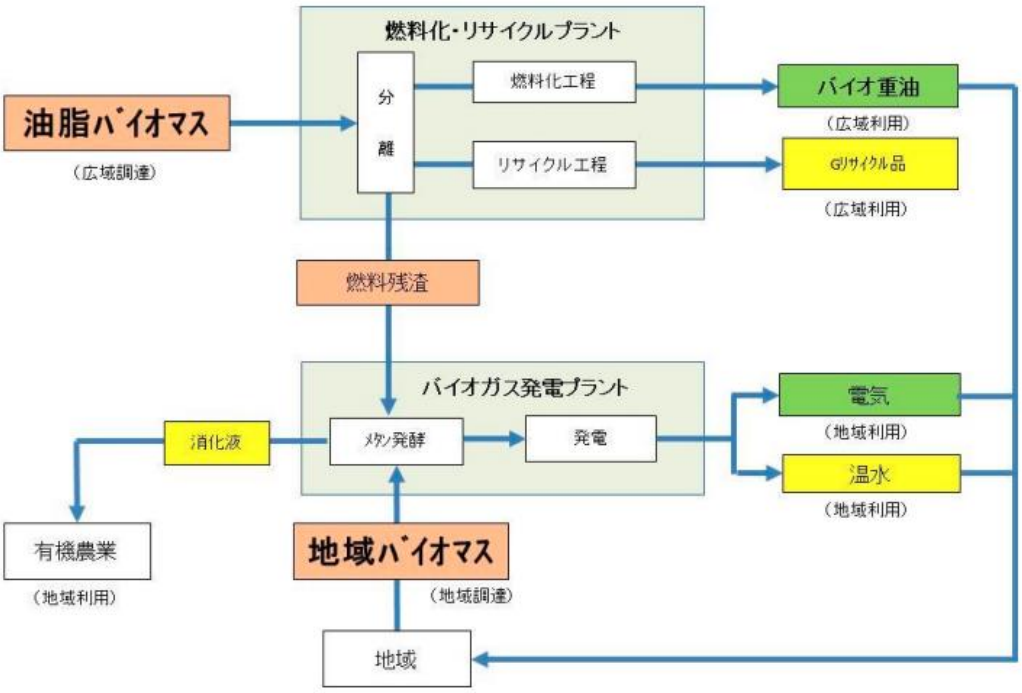
（出所）北海道エア・ウォーター株式会社 FS 報告書より作成

ヴァイオス／京都大学（FS：2019～2020 年度）

事業名	オンサイト型小型メタン発酵システムの普及のために高温可溶化処理と乳酸発酵の技術を活用したメタン発酵のガス収量の増加による事業性向上と陸上養殖を組み合わせた事業性評価（FS）
事業者	株式会社ヴァイオス、国立大学法人京都大学大学院
背景	メタン発酵プラントは従来、自治体の廃棄物処理としてのし尿や下水処理場に併設され、ごみ処理業を主業とする大規模な産業廃棄物処理事業者が、一箇所に生ゴミを集めて処理する方式をとってきたが、収集運搬による腐敗や悪臭の問題や頻回回収による処理コストの増加などの課題があり、普及が進んでいない。 株式会社ヴァイオスは「小型メタン発酵プラント」を既に製品化しており、その前処理システムとして、高温可溶化のための加熱前処理と乳酸発酵前処理を活用することで、バイオガス生成量の増大、メタン発酵のシステム効率化を実現する。食品加工場などの生ごみの発生現場でのオンサイト型処理に加えて、例えば広域処理化が進む自治体の行政スキームの中で、遠隔地や過疎地などで原料を中間処理すると同時に、液肥を現地で散布して地産地消プラントとしての活用まで考慮した小型処理システムとして期待できる。
事業概要	小型バイオガス発電システムで課題とされている事業採算性について、加熱による前処理と乳酸発酵の前段発酵を加えることでメタン発酵によって得られるガス回収量を増加させる。また、取り出したエネルギーを熱や電気に変換することによって、発酵槽の加温でなお余る余剰熱を陸上養殖施設などに熱電併給し、電気は施設の稼働にあてることにより、一層の収益の改善を可能とするリサイクルシステムの確立･事業化を目指す。 

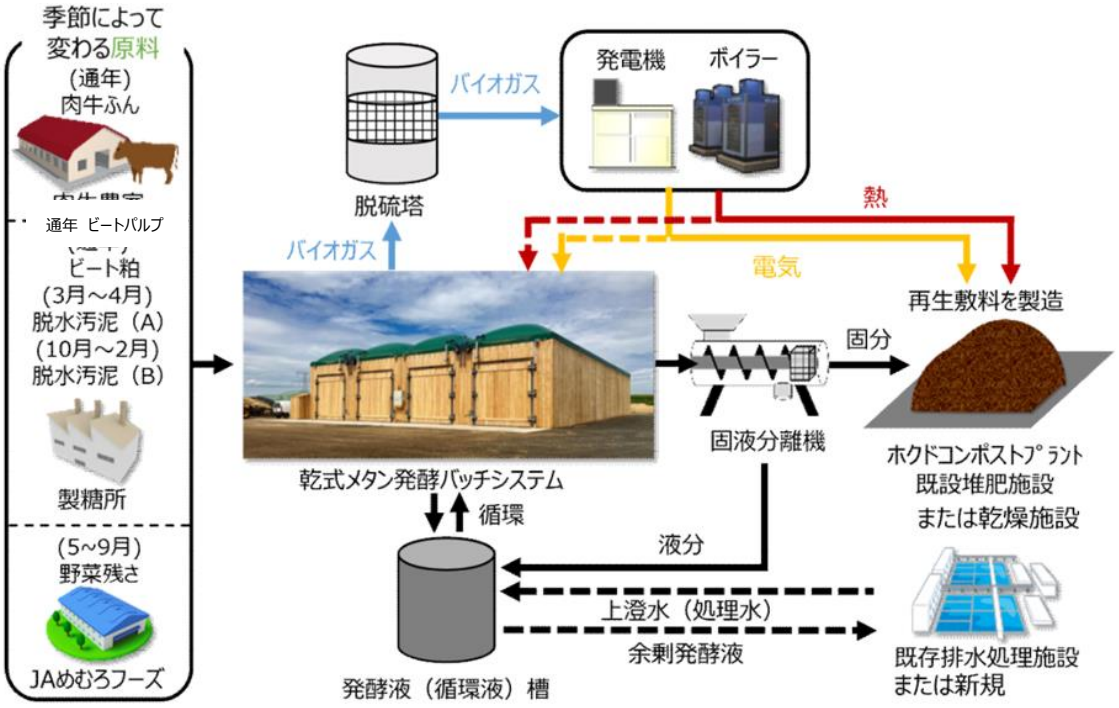
（出所）株式会社ヴァイオス、国立大学法人京都大学大学院 FS 報告書より作成

バイオ燃料技研工業／山口大学（FS：2019～2020 年度）

事業名	地域バイオマスとグリセリン含有廃液を用いたエネルギー循環事業の事業性評価
事業者	バイオ燃料技研工業株式会社、国立大学法人山口大学
背景	これまでメタン発酵では高級脂肪酸による阻害が懸念されていた。一方、油脂バイオマスについては有効活用されないまま廃棄されることが多く、メタン発酵利用ができれば有効活用が加速する可能性がある。 燃料化工程で油脂バイオマスから高級脂肪酸を除去する本システムにより、油脂バイオマスのサプライチェーンを確立し、地域バイオマスとともにメタン発酵を行うことで、地域の環境問題の解決し、かつ高い収益性を期待できる。
事業概要	燃料化･リサイクルプラントでは油脂バイオマスからバイオ燃料の一つであるバイオ重油と水処理脱窒剤やアスファルト付着防止剤等のグリセリンリサイクル品を製造する。 バイオガス発電プラントではバイオ重油を製造する際に副生される残渣を利用しバイオガス発電を行う。同プラントでは、燃料化･リサイクルプラントで副生された燃料残渣と地域バイオマスを原料としてメタン発酵を行い、ガスエンジンによるコジェネレーションシステムで電気と温水を生産する。 電気と温水は施設内で利用し余剰を近隣の施設に供給する。メタン発酵消化液を液肥として地域の耕作地に散布し、地域の有機農業を推進する。この時、施肥に必要な散布作業を提供する。 

（出所）バイオ燃料技研工業株式会社、国立大学法人山口大学 FS 報告書より作成

北土開発（FS：2019～2020 年度）

事業名	製糖工場汚泥と肉牛ふんを主原料とした乾式メタン発酵バッチシステムの事業性評価（FS）
事業者	株式会社北土開発
背景	てん菜糖の製造を行う日本甜菜製糖株式会社が所有する芽室製糖所では、製糖時に発生する排水を活性汚泥法で処理する過程で脱水汚泥が大量に発生している。製糖増産に伴い汚泥量が増えることにより、処理費の増大が予想される。製糖の過程で生じるてん菜の搾り粕（ビートパルプ）は、現在、化石燃料を用いて乾燥させたものを乳牛の飼料として販売している。 一方、株式会社北土開発は、製糖工場の廃水処理によって発生した脱水汚泥を受入れ、①化石燃料（重油）によって乾燥させた後、②好気性発酵（堆肥化処理）を行った後、さらに乾燥化させたものを肥料として販売している。 そこで、脱水汚泥やビートパルプなどの受入量を拡大し、再生敷料の生産コストの削減等に寄与するエネルギーシステムの導入が求められている。
事業概要	バイオガス原料としてほとんど事例のない製糖工場脱水汚泥、肉牛ふん尿の他、野菜加工残さおよびビートパルプを組合せて、これら排出量の季節変動を考慮しつつ原料として利用し、国内での採用事例が極めて少ない乾式メタン発酵バッチシステムによってバイオガスを生成する。そのガスを発酵残渣の固液分離固形分の乾燥エネルギーとして用い、乾燥物を肉牛農家・酪農家へ再生敷料として販売する。これにより乾燥処理のために多量に使用される重油の代替エネルギーとしてバイオガスを使用し、かつ市場への供給量が不足している敷料の供給を可能とする地域自立システムの事業性を評価する。 

（出所）株式会社北土開発 FS 報告書より作成

4章　バイオマスエネルギー利用の意義

バイオマスエネルギーは化石燃料費の削減やエネルギー販売による収益など、新規事業としての経済的意義があり民間企業をはじめ多くの事業者が取り組んでいる。しかし、経済的意義にとどまらず、地域の農林業や産業の活性化や国土保全、雇用創出などの地域社会への意義、また脱炭素化に資する再生可能エネルギーとしての温室効果ガスの削減といった環境への意義も重要である。また、国連で採択された SDGs（持続可能な開発目標）を推進する自治体や企業が増えており、地域資源や自社資源を活用したバイオマス利用が注目されている。

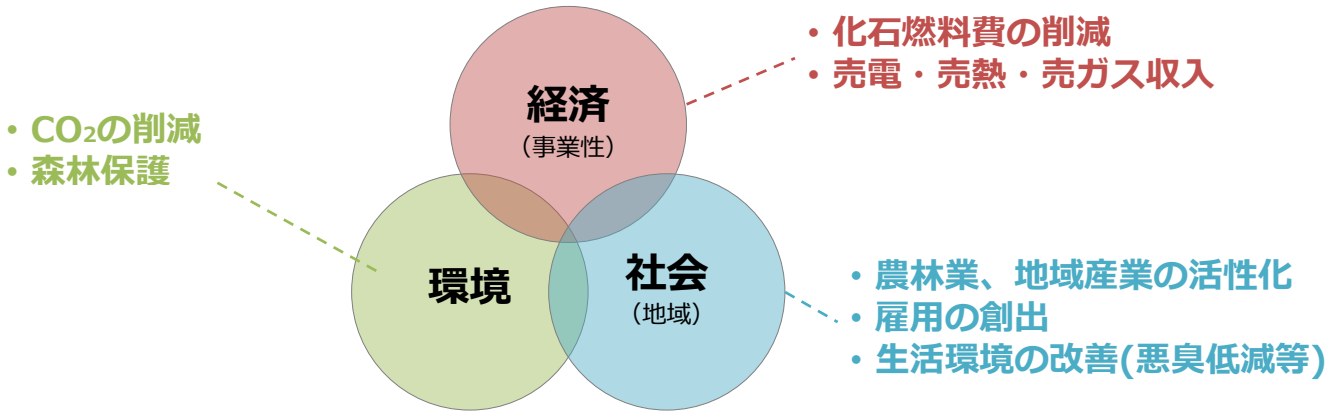


図 1.4.1 バイオマスエネルギー利用の 3 つの意義

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

どの意義を重視するかは事業内容や実施者(公共事業、民間事業)によって異なり、バイオマスエネルギー事業を実施するためには多数の関係者の協力が欠かせないため、目的や意義を共有することが重要といえる。

次頁より、経済（事業性）、環境、社会（地域）の 3 つの意義について、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS および実証事業の成果を踏まえ定量的な分析結果と併せて概説する。

4.1 経済（事業性）としての意義

経済（事業性）の意義は特に民間事業者にとって最も重視されるものであり、近年 FIT 制度を利用しメタン発酵施設によるエネルギー事業（売電事業）を行う事例が増えている。

メタン発酵事業の２面性

メタン発酵事業は再生可能エネルギーの生産・利用という側面がある一方で、より重要なのは環境保全を目的とした有機物リサイクル（廃棄物処理を含む）という一面である。施設の稼働を開始すると、地域の廃棄物処理インフラとして様々な関係者から排出された廃棄物やバイオマス資源を毎日必ず受け入れる必要がある。このような地域における重要な役割を担う立場となるため、事業を簡単に止めることはできない。したがって、固定価格買い取り制度が終了する 20 年後においても持続的な事業を意識した中長期的な視点で事業を検討することが必要となる。

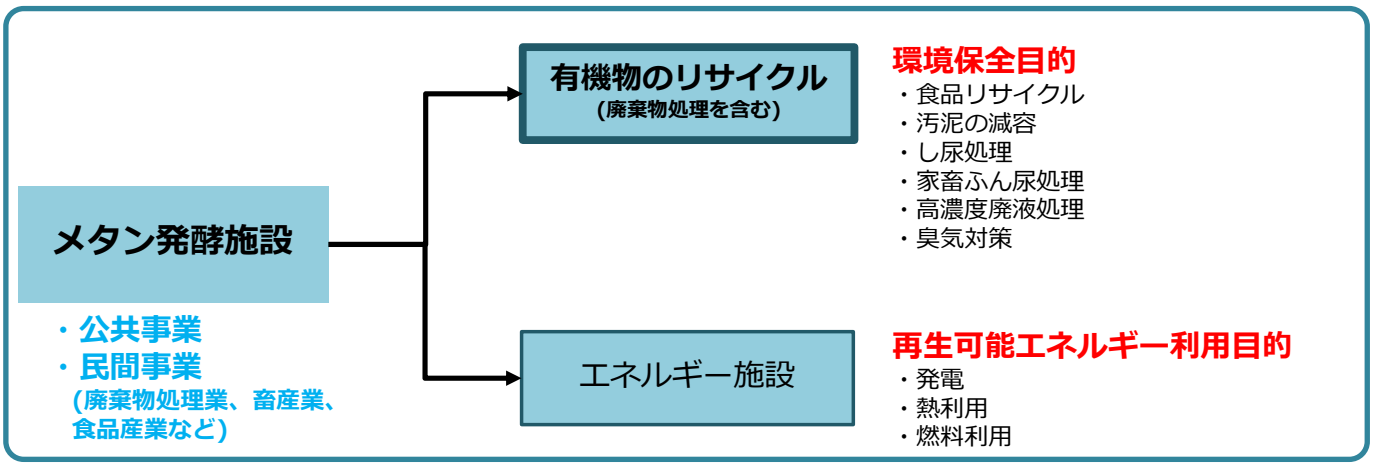


図 1.4.2 メタン発酵事業の 2 面性

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

（1） 産業廃棄物系乾式メタン発酵モデル

産廃系食品廃棄物を主な原料とした乾式メタン発酵事業について、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者の公開報告書に基づきに事業性分析を実施した。

事業モデル概要

FS 事業者は従来より一般廃棄物・産業廃棄物の焼却処理事業を実施しており、処理能力の向上ならびに産業廃棄物のエネルギー利用を目的として、新たに乾式メタン発酵技術（以下、乾式法）の導入を検討した。乾式法は国内では湿式に比べ事例は少ないが、含水率が少ない廃棄物に適した技術で欧州では普及している。乾式法の詳細は**「第 3 部 2 章メタン発酵技術に係る基礎知識」**を参照されたい。

今回試算を行った事業モデルでは原料となる産業廃棄物を逆有償で調達することを想定した（一部の紙ごみ等は有償で調達）。なお、回収される廃棄物に含まれるプラスチック類、布類等を取り除くため、ドラム式の選別機による機械選別装置の導入を想定した。その他、売電価格と熱販売価格を他のモデルと統一して 15 円/kWh と 2.0 円/MJ としている。

表 1.4.1 メタン発酵施設に関する前提条件（乾式メタン発酵モデル）

諸元	数値	備考
発電出力	680kW	事業者想定値
売電価格	15.0 円/kWh	他の事業モデルと一律で設定、電力系統へ供給
産業廃棄物調達量	63.5t/年	事業者想定値
調達価格	-16,400 円/t	逆有償、収入として計上
紙ゴミ調達量	7.9t/年	事業者想定値
調達価格	8,300 円/t	有償で購入
年間稼働日数	310 日	24 時間稼働

（出所）NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.2 初期コスト・O&M コストの前提条件（乾式メタン発酵モデル）

費目	費用（千円）	備考
初期投資費用		
設備費用	2,100,000	事業者想定値
土木建築費用等	1,500,000	事業者想定値
助成金	−1,400,000	初期投資費用の 2/3 補助（収入として計上）
O&M コスト（年間）		
バイオマス調達費	-311,660	各バイオマス調達費用の合計（収入として計上）
ユーティリティ費用	48,000	薬品代、電気代、水道代、分析費、重機運用費
薬剤・消耗品費用	20,000	現場管理者 1 名、オペレーター4 名、管理業務 2 名、福利厚生含む
労務費用	48,000	20 年平均
保守点検費用	45,000	損害保険、土地賃借料、灰処分、事務費・調査費・通信費
補助燃料費	40,000	事業者想定値
一般管理費用	8,000	事業者想定値

（出所）NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

事業収支の試算結果

前述の条件において乾式メタン発酵設備を利用したバイオマス電力供給事業を 20 年間継続した場合の合計収支の計算結果を図 1.4.3 に示す。初期投資費用の 2/3 が助成された場合、20 年間での IRR は 13.5%、イニシャルコストは 8 年程度で回収される。

収益の内訳について見ると、発電事業による売電収益は全体の 21%であり、残りの 79%はすべて廃棄物の処理料による収益となる。廃棄物を用いたバイオマス事業においては、処理手数料が大きな収入源となっている。

支出においては全体の 47%を初期投資費用が占め、残りは保守点検費用、労務費、補助燃料費用が主となっている。

なお、本試算においては、変動費、燃料調達価格を 20 年間固定の値を用いたが、実際にはバイオマス調達価格や売電・売熱価格などの各費目は変動することに留意が必要である。

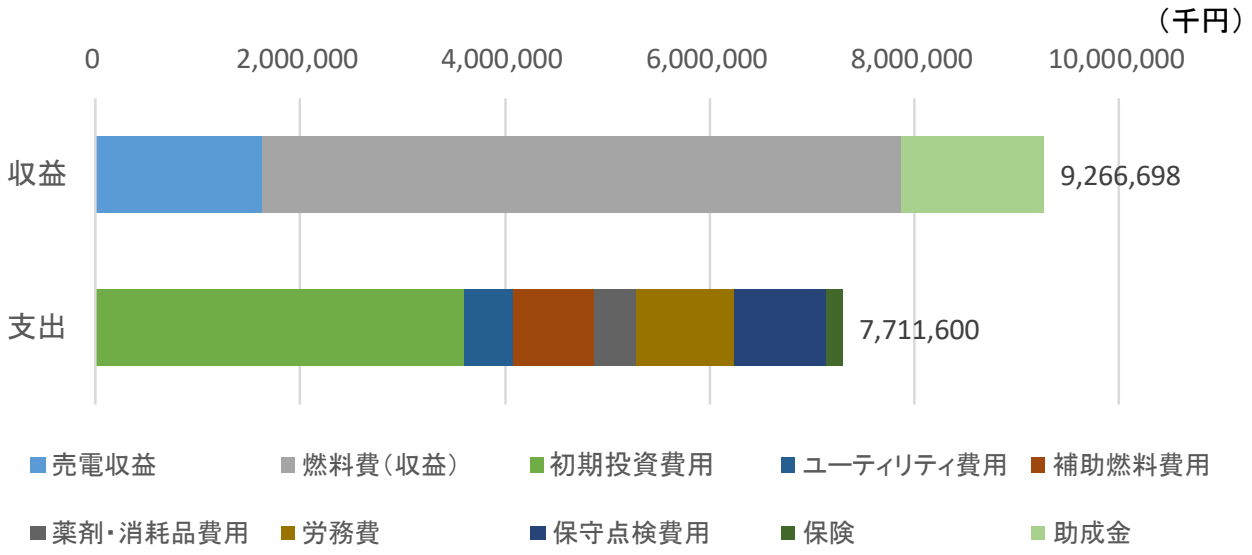


図 1.4.3 産業廃棄物系メタン発酵モデルの 20 年間の収支バランス

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

感度分析結果

事業性の計算結果について、初期投資費用削減率・廃棄物処理手数料・設備利用率のパラメータを変動させたときの IRR の変化について分析した結果を表 1.4.3 と表 1.4.4 に示す[28]。

廃棄物処理手数料用について、前述の条件で助成金を見込まない場合、20 年間の IRR は 0.4%となる（表 1.4.3 青塗りつぶし）。事業性向上の観点からは、廃棄物処理手数料を上げることが望ましいが、廃棄物のエネルギーとしての再生利用価値を排出者にどこまで訴求できるかが重要となる。

設備利用率について、初期投資費用の低減なし・助成金なしの状態では、現在の設備利用率において 0.4%の IRR となる（表 1.4.4 青塗りつぶし）。ただし、設備故障などの何らかの要因で設備利用率が低下した場合、事業性に影響が生じる可能性がある。

[28] ここで初期投資費用削減率は土木工事費用を含めた単純な設備コストの削減、または助成金による初期投資負担額の削減と考えることができる（例えば 10%減であれば計算条件の初期投資費用を 10%削減した場合、または、初期投資費用比 10%の助成金が支払われた場合とみなすことができる）。

表 1.4.3 廃棄物処理委託費用に対する事業性の変動（助成なし）

IRR（20 年）		廃棄物処理手数料（円/t）						
		10,000	11,500	13,000	14,500	16,400	17,000	18,000
初期投資費用削減率	39%減	-0.2%	3.7%	7.0%	10.1%	13.7%	16.6%	19.3%
	25%減	-4.4%	-1.3%	1.3%	3.6%	6.2%	8.2%	10.0%
	10%減	-7.0%	-4.2%	-2.0%	0.0%	2.2%	3.8%	5.3%
	0%減	-8.2%	-5.6%	-3.5%	-1.7%	0.4%	1.9%	3.2%

※事業性評価の計算条件に相当（助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合）

表 1.4.4 設備利用率に対する事業性の変動（助成なし）

IRR（20 年）		設備利用率						
		65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
初期投資費用削減率	39%減	4.5%	7.0%	9.4%	11.6%	13.7%	15.8%	17.9%
	25%減	-0.7%	1.3%	3.0%	4.7%	6.2%	7.7%	9.1%
	10%減	-3.7%	-2.0%	-0.5%	0.9%	2.2%	3.4%	4.5%
	0%減	-5.1%	-3.5%	-2.1%	-0.8%	0.4%	1.5%	2.5%

※事業性評価の計算条件に相当（助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合）

（2） 畜産系メタン発酵モデル

乳牛から排出される家畜ふん尿をバイオマス原料としたメタン発酵モデル事業について、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者の公開報告書に基づきに事業性分析を実施した。

事業モデル概要

ここで取り上げる FS 事業者は、従来より地域内の複数の酪農家から排出される家畜ふん尿を「集中型」の堆肥処理施設にて処理していた。しかし、設備の老朽化による保守管理コストの増大、未熟堆肥の散布による牧草・生乳の品質低下が懸念され、含水率の高い家畜ふん尿を湿式メタン発酵設備による嫌気性処理・エネルギー利用の検討を行った。湿式法の詳細は**「第 3 部 2 章メタン発酵技術に係る基礎知識」**を参照されたい。

今回試算を行った事業モデルにおいては、近隣の酪農家の家畜ふん尿を従来と同価格で引き取り、メタン発酵処理によって得られた電力とメタンガスを堆肥センターと大規模農家へ供給する。大規模農家はメタン発酵施設から数百メートルの距離に位置するため、ガス配管でメタンガスを輸送することを想定した。加えて、メタン発酵処理の前工程に固液分離機を導入し、副生物から完熟堆肥、液肥、再生敷料を製造し、これらも近隣農家へ販売する。

また、一日あたりに回収されるふん尿は 102t とした。上述のとおり集中型の家畜ふん尿処理のため、逆有償での原料調達を行う。その際、事業者が酪農家から受領する処理費用を 1,288 円/t とし、そのうち 7 割を輸送費・散布費としているため、残りの 3 割にあたる 386 円/t が発電事業の収入となる。

その他、設備費用については既存の液肥貯留槽や、埋設配管などを活用することで初期投資費用を抑えるものとした。なお、売電価格とメタンガスの熱量あたりの価格については他のモデルと統一して 15 円/kWh と 2.0 円/MJ としている。

表 1.4.5 事業性評価に用いたエネルギー事業モデル

諸元	数値	備考
発電出力	106 kW	堆肥センター・近隣農家へ供給
メタンガス発生量（販売分）	686 MJ/h	熱量換算
内部消費電力	16.7 kW	
完熟堆肥製造量	22.6 t/日	事業者想定値
液肥製造量	91.2 t/日	事業者想定値
再生敷料製造量	6.0 t/日	事業者想定値
売電価格	15.0 円/kWh	他の事業モデルと一律で設定、電力系統へ供給
メタンガス販売価格	2.0 円/MJ	熱量換算。他の事業モデルと一律で設定（2.0 円/MJ）
畜産廃棄物調達量	102t/日	事業者想定値
畜産廃棄物調達価格	1,288 円/t	事業者想定値
年間稼働日数	365 日	24 時間稼働

（出所）NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.6 事業性評価に用いた支出項目

費目	費用（千円）	備考
初期投資費用		
固液分離費	174,800	事業者想定値
発酵槽設備	231,800	事業者想定値
ガス利用設備	228,500	事業者想定値
電気計装設備	50,300	事業者想定値
堆肥化設備	73,600	事業者想定値
その他設備	7,000	事業者想定値
助成金	-510,667	初期投資費用の 2/3 補助
O&M コスト（年間）		
バイオマス調達費	-14,371	表 1.4.5 から算出
機器・消耗品費用	15,888	本ガイドライン想定（類似事例を参考）
機器修繕費	4,916	本ガイドライン想定（類似事例を参考）
施設管理運営費	8,000	事業者想定値

（出所）NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

事業収支の試算結果

前述の条件において湿式メタン発酵を利用したバイオマス熱電併給事業を 20 年間継続した場合の合計収支の計算結果を図 1.4.4 に示す。初期投資費用の 2/3 が助成された場合、20 年間での IRR は 6%、初期投資費用は 12 年程度で回収される。

収益について見ると、発電事業による売電収益は全体の 21%と、バイオガスの販売収益が 21%、家畜ふん尿の処理委託による収益が 25%となっている。残りの 33%は完熟堆肥などの副生物の販売収益が占めている。

支出総額は、助成金を除くと、収入総額を上回る結果が出ている。支出の内訳の 54%を初期投資費用、24%を機器の消耗品費用が占めており、これらのコスト削減が事業性確保に重要と推察される。

一方で本事例においては、老朽化した家畜ふん尿の処理施設（堆肥化施設）の保守管理コストが増大し経営を圧迫していたこともあり、新規のメタン発酵施設を建設し、堆肥化施設と併せて運用することで、地域の酪農家の処理費用負担を緩和することができる。

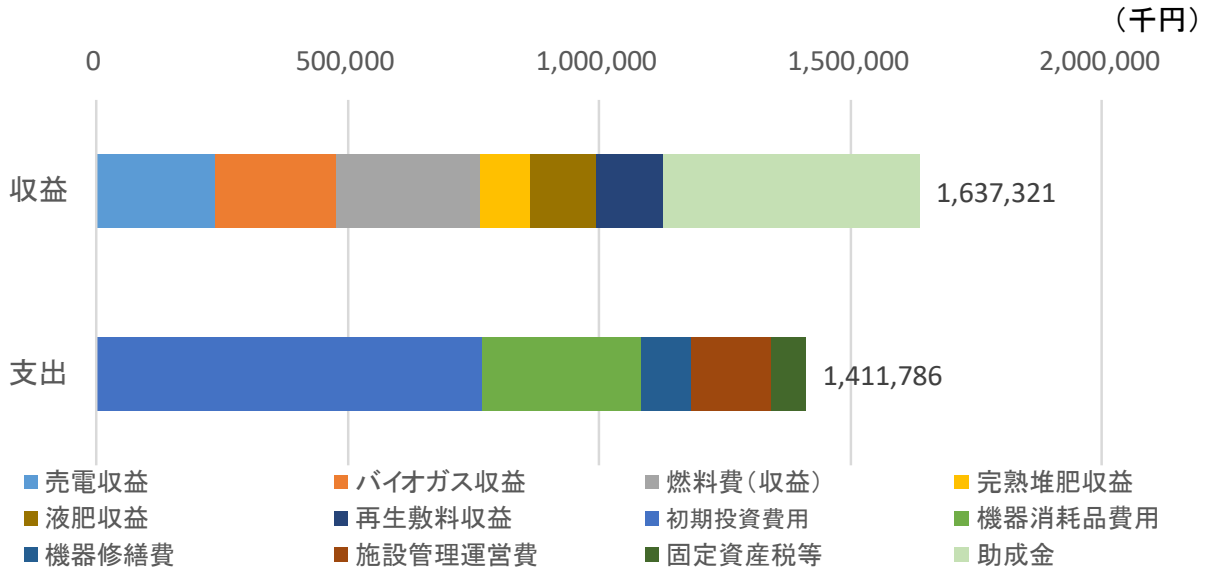


図 1.4.4 畜産系メタン発酵モデルにおける 20 年間の収支バランス

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

感度分析結果

事業性の計算結果について、熱利用率・初期投資費用削減率・燃料調達費用のパラメータを変動させたときの IRR の変化について分析した結果を表 1.4.7 と表 1.4.8 に示す。

表 1.4.7 について、前述の条件で助成金を見込まない場合、20 年間の IRR は-4.5%となり事業を成り立たせるには 40%程度の初期投資費用の削減が必要となる（青塗りつぶし、赤塗りつぶし）。一方で、初期投資費用の低減なし（助成金なし）の状態で 20 年間の収支を黒字に転ずるには、ふん尿処理単価を 2,250 円/t と現状の 2 倍程度値上げする必要がある。ただし、近隣事業者の負担を最小限に抑える取り組みをしている本 FS 事業者主旨にはそぐわないため参考値となる。

表 1.4.8 では完熟堆肥・再生敷料の販売価格について分析を行っている。事業者は FS で完熟堆肥・再生敷料の販売価格の購入意向調査をアンケートで実施しており、その結果、完熟堆肥は 2,150 円/t、再生敷料は 9,000 円/t と現状の 3 倍程度の価格でも購入意向があることがわかっている。感度分析の結果、これらの副生物を設定価格の 3 倍であれば助成金なしでも事業が成立する結果が得られている（青塗りつぶし）。

表 1.4.7 ふん尿処理価格に対する事業性の変動（助成なし）

IRR（20 年）		ふん尿処理価格（円/t）						
		1,000	1,287	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750
初期投資費用削減率	67%減	0.0%	5.9%	9.6%	13.6%	17.5%	21.2%	24.0%
	40%減	-4.8%	-0.2%	2.5%	5.2%	7.7%	10.1%	11.9%
	10%減	-7.7%	-3.7%	-1.5%	0.7%	2.7%	4.6%	6.0%
	0%減	-8.4%	-4.5%	-2.4%	-0.3%	1.6%	3.3%	4.7%

※事業性評価の計算条件に相当（助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合）

表 1.4.8 完熟堆肥・再生敷料の販売価格に対する事業性の変動（助成なし）

IRR（20 年）		完熟堆肥・再生敷料の販売価格（倍率）						
		0.8	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
初期投資費用削減率	67%減	4.8%	5.9%	8.7%	11.2%	13.6%	16.0%	18.4%
	40%減	-1.1%	-0.2%	1.8%	3.5%	5.2%	6.7%	8.3%
	10%減	-4.4%	-3.7%	-2.0%	-0.6%	0.7%	2.0%	3.2%
	0%減	-5.2%	-4.5%	-2.9%	-1.6%	-0.3%	0.9%	2.0%

※事業性評価の計算条件に相当（助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合）

4.2 地域社会に対する意義

（1） 地域社会への意義

メタン発酵を含むバイオマスエネルギー事業は上流から下流までのバリューチェーンが長くステークホルダーも多岐にわたる。そのため原料の安定調達や地域関係者との様々な合意形成が必要となるなど、バイオマス事業特有の難しさが存在する。しかし、こうしたバリューチェーンやステークホルダーの課題は、裏を返せば、バイオマス事業が周辺地域に与える経済的メリットが大きいことを意味している。

これまでの実証事業や先行事例では、バイオマス利用が地域の各関係者に与える経済的効果を定量的かつ中長期的に評価したケースは限定的であったため、「NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」では、ステージゲートを通過し実際に設備を運転している実証事業を中心に周辺地域への経済波及効果の可視化を試みた。

本項ではメタン発酵事業の地域への意義と、地域経済波及効果を評価するための代表的な手法の紹介を踏まえ、実証事業者のバイオマスエネルギー事業の周辺地域への経済波及効果について説明する。

1） メタン発酵事業の地域への意義

メタン発酵は高い含水率の原料や夾雑物の混じった原料を含む多種多様なバイオマスの受入が可能であり、それらを一括で処理することができるメリットがある。そのため一部の自治体では家庭で発生するし尿や生ごみ、産業から排出される食品廃棄物を一つのメタン発酵施設で処理するなど、廃棄物処理インフラを合理化することができる。また、畜産廃棄物などの悪臭を低減する効果や出力変動が発生しにくい安定した再生可能エネルギーとしてのメリットも重要である。なお、発酵残渣には肥料成分（窒素、リン、カリウム）が豊富で良質な肥料として農作物栽培に利用できる。ただし液肥（消化液）や堆肥の供給先がないと水処理や焼却処理が必要となるため、こうした「出口」の確保が持続可能な事業のカギとなる。

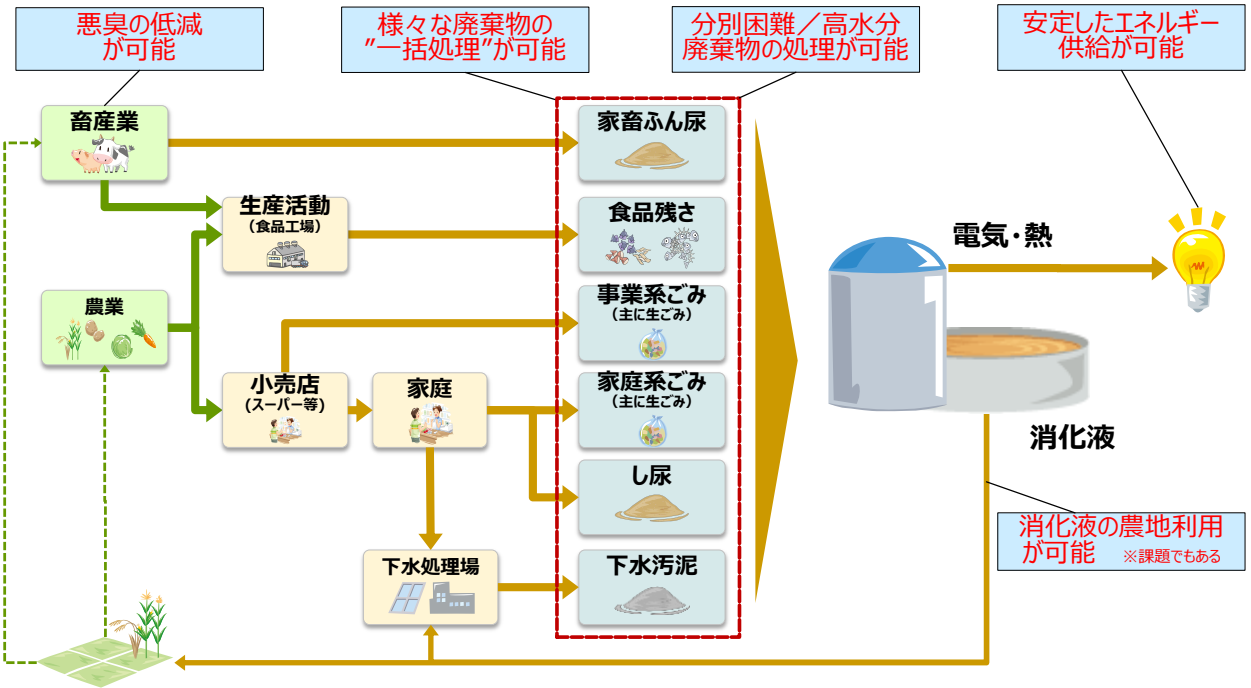


図 1.4.5 メタン発酵施設の導入メリット

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

2) 地域経済波及効果の主な評価手法

産業連関分析

産業連関表は、作成対象年次の 1 年間において、財・サービスが各産業部門間でどのように生産され、販売されたかについて、行列（マトリクス）の形で一覧表にとりまとめたものである。具体的には、特定の産業部門から原材料や燃料などを購入→加工して製品を生産→特定の産業部門に販売といった、ある産業部門の生産活動に関与する他の産業部門をマトリクスとして整理している。これをもとに行列計算を行うことで特定事業の新規導入による経済波及効果を試算する事ができる。

バイオマス事業においても、製品の購入から建設、燃料調達、保守管理等の工程で関連する事業者が多く存在するため、事業の開始に伴う経済波及効果をマクロ的に評価するには適した分析手法であるといえる。一方で、産業連関表は作成に時間を要するため、都道府県レベルの産業連関表で 2020 年 3 月時点に入手可能なものは 2011 年版が最新であり、古いものにならざるを得ない欠点がある。

LM3

LM3（Local Multiplier 3）はある地域内で事業を開始したことで循環する金銭を 3 巡目まで追跡し、計測する手法である。1 巡目では事業者の収入を、2 巡目では事業者の収入から地域内の従業員や関係事業者に支払われた金額を、3 巡目では従業員と取引事業者が地元で使用した金額を推計する。

２巡目までの推計には開始した事業の経済性評価や実績を用い、3 巡目の推計にはアンケート調査等を実施するのが一般的である。LM3 は最終的に「1 巡目から 3 巡目までの合計金額÷1 巡目の収入」で求められ、仮に 1 巡目で得られた収入がすべて地域内で循環をすれば LM3 は 3.0 と最大値になる。

このように単一の指標を用いて複数のケースや地域を明快に比較することが可能であり、既に一部の事業ではバイオマス事業の評価に活用されている。

産業連鎖分析

ドイツのエコロジー経済研究所（IOW）が再生可能エネルギー導入の結果もたらされる地域経済効果を評価する手法として開発したもので、再生可能エネルギー事業の設計から運転・維持、事業マネージメントのまでの産業連鎖（バリュー・チェーン）を明らかにしたうえで、各工程に関与する事業者から創出される①企業の利潤と②従業員の給与、③企業と従業員によって支払われる税収入の 3 点を合計した地域経済効果を算出するものである。

日本国内においても、本手法を用いた地域経済分析がラウパッハ・スミヤ ヨーク.中山 琢夫（2015）「再生可能エネルギーが日本の地域にもたらす経済効果―電源毎の産業連鎖分析を用いた試算モデルー」でなされており、本事業でも同様の方法を用いて実証事業の分析を実施している。

なお、上記文献では 3 点の地域経済効果の分析に係る産業別の利潤や可処分所得等のインプット値を整理するにあたり、財務省の政策調査機関がまとめている「法人企業統計」[29]を用いている。同統計では全国レベルの集計結果となっていることから、より地域性を考慮する観点で都道府県の公表する産業連関表を利用することもできる。

[29]法人企業統計は 37,000 前後におよぶ代表的な非金融・金融企業の臨時損益計算書および貸借参照表から推計した統計である。

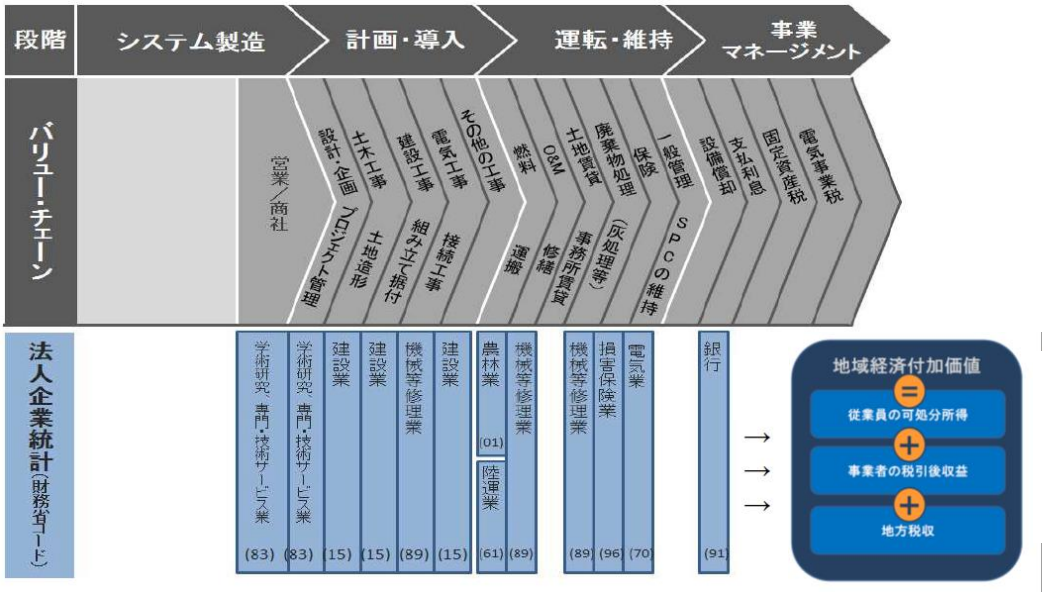


図 1.4.6 IOW の地域経済付加価値モデルの基本概念

（出所）ラウパッハ・スミヤ ヨーク（2016）「再生可能エネルギーが地域にもたらす経済効果-ドイツの経験と日本の可能性-」

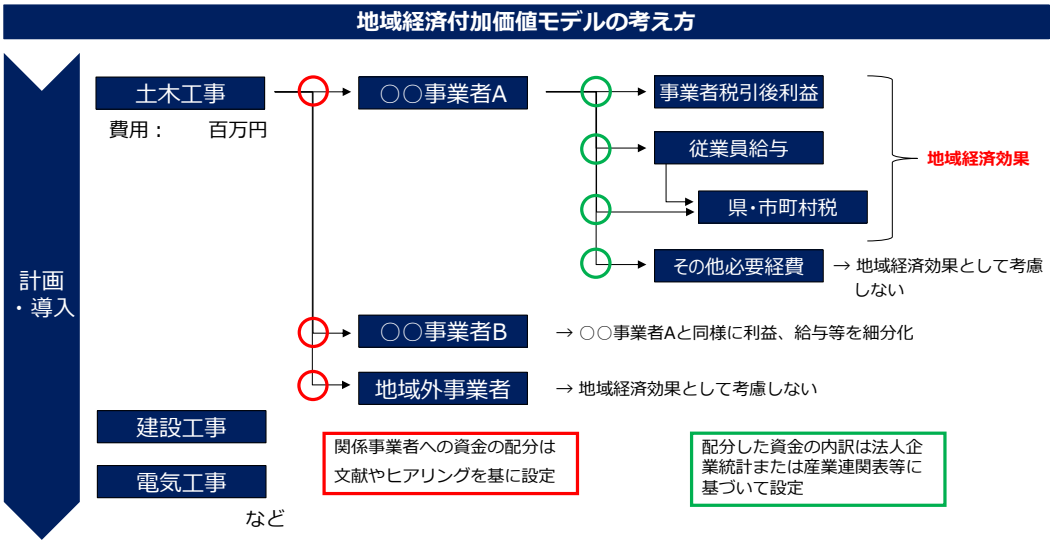


図 1.4.7 産業連鎖分析の算出イメージ

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

再生可能エネルギー事業が地域へ直接的な経済効果をもたらす主要な要素は、①建設関連の地域内事業者利益、②運転・維持関連のち域内事業者利益、③雇用効果（従業員可処分所得）、④自治体地方税、⑤地域内金融機関利息収入に分類される。さらに、本章で行う分析では事業開始にともなう実質的な金銭の流れに加えて、バイオマス事業の実施前後での経済効果を算出している。ここではバイオマス事業の開始によって電気料金・熱料金を低減する事ができればその削減費用（⑦）を評価する。また、製品としての価値がつかず、処分を有償で委託していたバイオマス資源を事業の原料とする場合はその削減費用および買取価格分の利益（⑥）を評価する。

また、製品としての価値がつかず処分を有償で委託していたバイオマス資源を事業の原料とする場合は、その削減費用および買取価格分の利益（⑥）を評価するものである。①～⑦の各項目の算出方法は下表のとおりである。

表 1.4.9 産業連鎖分析における各地域経済効果項目の計算方法

項目	計算方法
バイオマス事業者の地域最終利益（地域外配当減算後）	バイオマス事業者が本事業で得た利益のうち、地域内事業者に分配される利益を対象とし、以下の方法で算出 (バイオマス事業の利益)×(バイオマス事業への地域内事業者の出資比率)
①建設関連の地域内事業者利益	地域内の建設関連事業者が本事業において得た純利益を対象とし、各作業項目ごとに利益を算出し合計 (関連事業者への支出)×(地域内事業者への支出割合※1)×(売上高に対する地域内事業者の税引き後純利益の割合※2)
②運転･維持関連の地域内事業者利益	地域内の運転･維持関連事業者が本事業において得た純利益を対象とし、各作業項目ごとに利益を算出し合計 (関連事業者への支出)×(地域内事業者への支出割合※1)×(売上高に対する地域内事業者の税引き後純利益の割合※2)
③雇用効果（従業員可処分所得）	地域内事業者により雇用され、本事業に従事した従業員が得た可処分所得を対象とし、以下の方法で算出 バイオマス事業者については、以下の項目を加算 雇用者および役職員の可処分所得：(給与)-(所得税) バイオマス事業者以外の事業者については、各作業項目ごとに以下を算出し合計する (関連事業者への支出)×(地域内事業者への支出割合※1)×(売上高に対する可処分所得の割合※2)
④自治体地方税	都道府県および市町村への税収を算出対象とし、以下の方法で算出 ･都道府県税：所得税＋法人税＋電気事業税＋消費税 ･市町村税　：所得税＋法人税＋固定資産税＋消費税 ※所得税･法人税は、地域内事業者への支出額に占める給与･税引前利益の割合から算出
⑤地域内金融機関利息収入	地域内の金融機関が融資したことで得られる金利収入の従業員所得･税引き後純利益相当額を対象とし、以下の方法で算出 (支払利息)×(銀行業における売上高に対する可処分所得割合※2＋銀行業における企業の税引き後純利益※2)
⑥バイオマス原料提供者経済効果	バイオマス事業の開始前後での、バイオマス原料の価値の変化分を対象とし、以下の方法で算出 (原料調達量)×{(現在の原料販売価格) − (本事業における原料販売価格)}
⑦需要家のエネルギー費用削減効果	バイオマス事業の開始前後での、バイオマス原料の価値の変化分を対象とし、以下の方法で算出 (発電量)×{(現状の電気買取価格) − (事業における電気買取価格)}

※1 事業実施地域の特徴に合わせて設定する割合　※2 事業者へのヒアリングや、法人企業統計の数値を参考に設定する割合
（出所）ラウパッハ・スミヤヨーク（2016）「再生可能エネルギーが地域にもたらす経済効果 - ドイツの経験と日本の可能性-」よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

上記の算出プロセスを通じて、バイオマスエネルギー事業が開始されたことによる事業者自身の経済効果と事業に係る地域内外の関係者の経済効果および循環を同時に可視化することができる。こうした地域効果の定量化は、周辺地域にステークホルダーの多いバイオマス事業においてメリットが大きく、地域全体を巻き込んでの検討材料として活用できると考えられる。

例えば、当該事業単独の FS を行うと収益性が低いと判断される場合には、一般的には、事業者はその事業を断念することが多いと考えられる。一方で、この算出プロセスを経た結果、地域全体としては、メリットが大きいと判断される場合には、自治体その他の地域におけるコミュニティやステークホルダーが当該事業者を経済的な面その他の面で支えることにより、当該事業を推進してもらった方が地域全体としての意義が大きいと評価できる。具体的には、自治体が当該事業へ補助金などの財政支援を行った方が効果的な場合もある可能性もある。その他、地域にて当該事業に協力的でない当事者の説得材料としても評価結果を活用できる可能性もある。このような分析は、自治体の政策決定や地域におけるコンセンサス作りに有用なものであり、また、当該事業にとっても、このような過程を経たうえで取り組まれるということは、自治体や地域のステークホルダーの支持を得ているものであり、その安定性を増すものと考えられる。

（2） バイオマスエネルギー事業の事業性・地域経済性分析ツール

NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業では、上述の産業連鎖分析に基づくバイオマスエネルギーの事業性・地域経済性分析ツール（Excel）を開発し、NEDO ホームページ上で公開している。下図に示すとおり、バイオマス種（木質系、メタン発酵系）および知識経験、事業実施フェーズ（構想または FS 段階）に応じて、4 種類のツールを開発している。

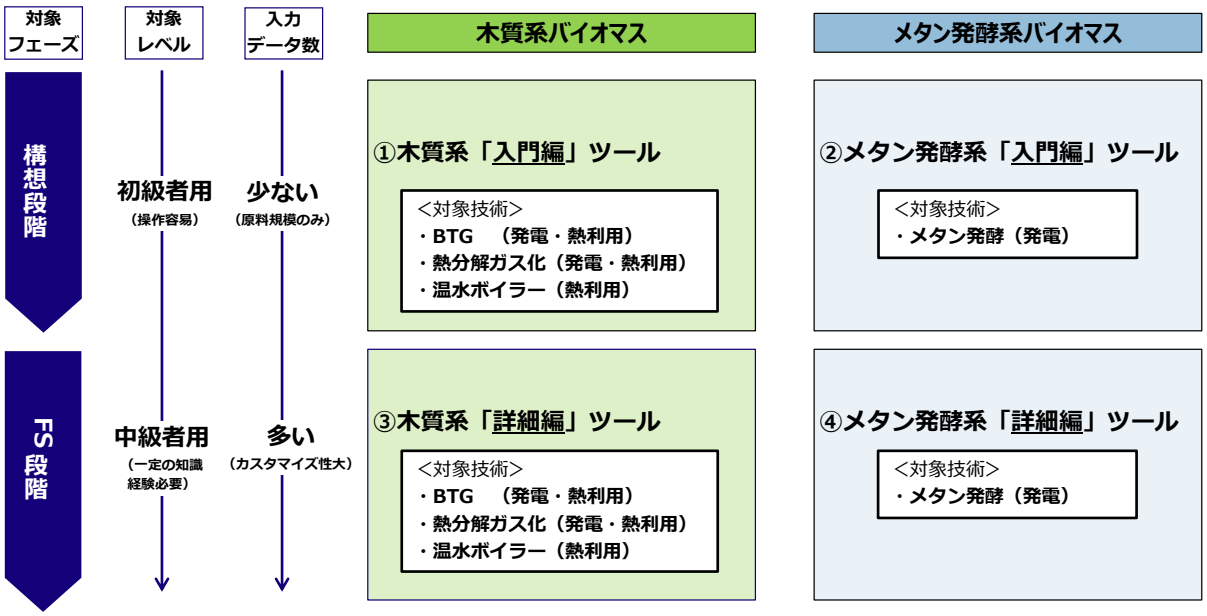


図 1.4.8 バイオマスエネルギー事業の事業性・地域経済性分析ツールの全体像

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

「入門編」ツールは主に構想段階かつバイオマスエネルギー事業の検討経験のない初級者を対象としている。ここでは、原料規模等の最小限の情報のインプットだけで、初期コスト、O&M コスト、事業性（IRR 等）の推算を行い、さらに上述の産業連鎖分析に基づき地域経済効果についても算出することができる。木質系バイオマスに関しては、BTG、熱分解ガス化、温水ボイラーの 3 種類を対象技術とし、ツール上で選択可能となっている。なお、入門編ツールにおける初期コスト、O&M コストの推算は調達価格算定委員会等のデータや各種ヒアリング情報に基づいているが、いずれのバイオマスエネルギー利用技術においても、実際にはメーカーや事例によって大きく幅があり、不確実性が高いことに留意する必要がある。ツール上のコスト情報は Excel ファイル上で柔軟に変更が可能となっており、実際のツール利用時には調査検討の進展とともにコスト等の各種項目を更新していきながら、事業性評価結果の確からしさを高めていく使い方を想定している。

「詳細編」ツールは主に FS 段階かつバイオマスエネルギー事業の検討経験を有する中級者を対象としている。事業性（IRR 等）や地域経済効果等のアウトプットは入門編と同様であるが、試算の前提となるコストや運転条件（稼働率、エネルギー変換効率等）、さらに地域経済効果に係る業種別の各種条件を柔軟にカスタマイズ可能となっている。

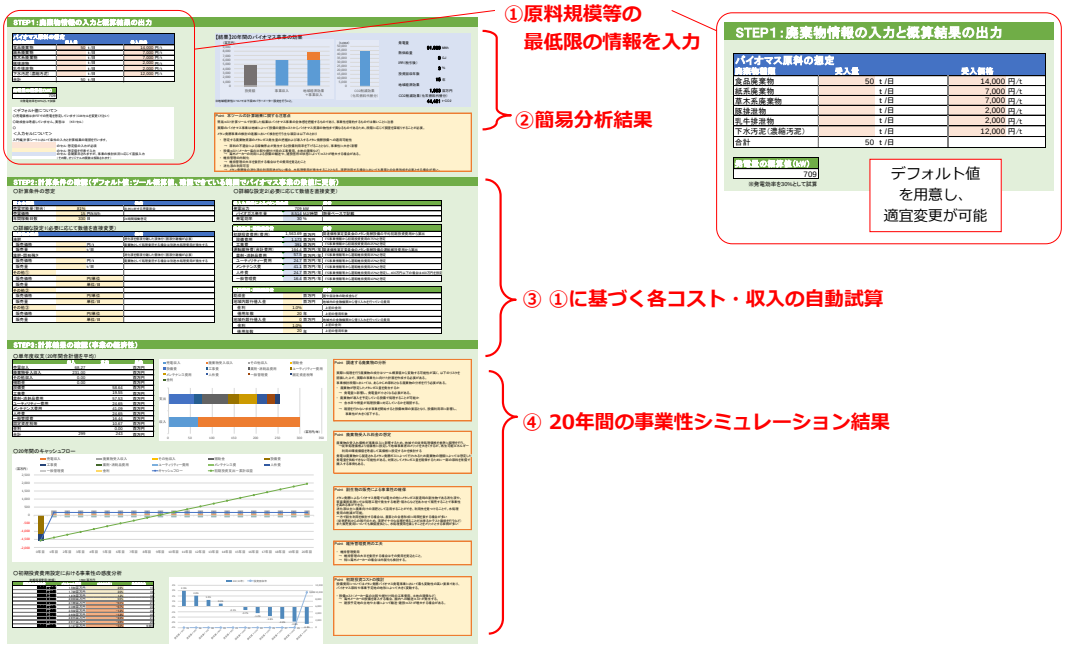


図 1.4.9 バイオマスエネルギー事業の事業性ツールのイメージ

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

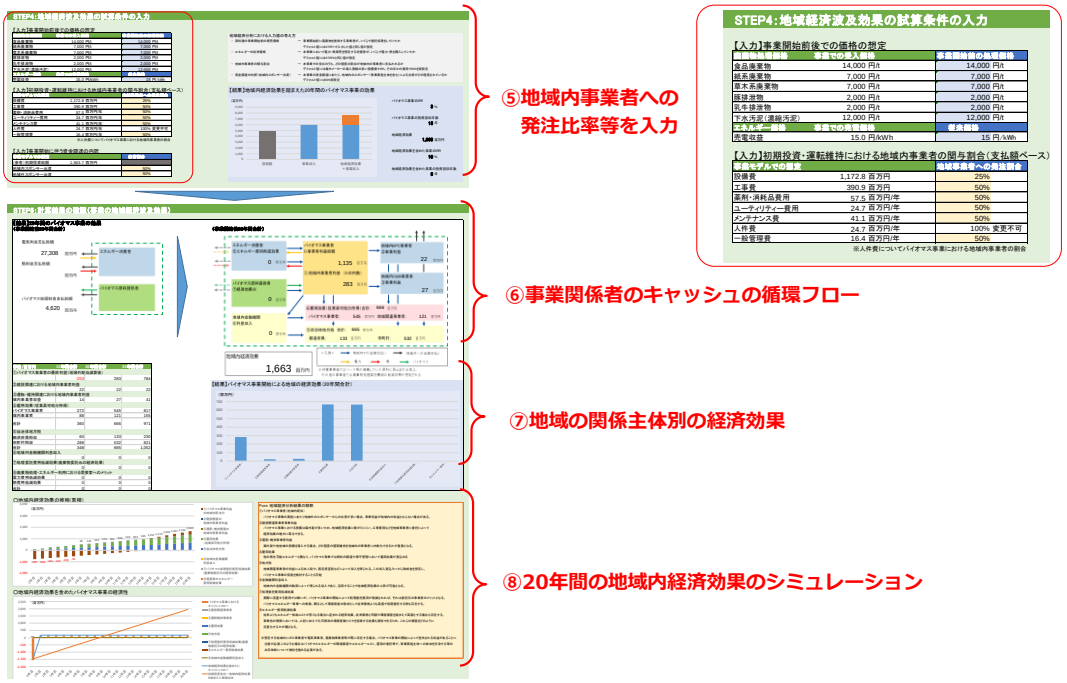


図 1.4.10 バイオマスエネルギー事業の地域経済性分析ツールのイメージ

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

（3） 実証事業における評価結果（株式会社富士クリーンの例）

前提条件

事業者の地域経済波及効果の算出にあたっての前提条件を下表に示す。本試算で用いた数値は主に各実証事業者の FS 段階での想定値としているため運転稼働後の実態と異なることに留意されたい。また、実証モデルを一般化する観点から、一部実際と異なる想定を置いた試算を行っている。

なお、地域経済波及効果の算出の対象範囲は県内を想定している[30]。

表 1.4.10 事業性評価に用いたエネルギー事業モデル

諸元	数値	備考
発電出力	680kW	FS 資料から概算
電力価格	10 円/kWh	本ガイドライン想定
年間稼働日数	310 日	24 時間稼働、FS 資料から概算
産業廃棄物調達量	20,250t/年	事業者想定値
産業廃棄物受入価格	16,400 円/t	事業者想定値
紙ゴミ調達量	2,450t/年	事業者想定値
紙ゴミ受入価格	8,300 円/t	事業者想定値

（出所）NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.11 事業性評価に用いた支出項目

費目	費用（千円）	備考
初期投資費用		
設備費用	2,300,000	事業者想定値
土木工事費用	1,500,000	事業者想定値
助成金	−1,533,333	設備費用の初期投資費用の 2/3 補助（収入として計上）
O&M コスト（年間）		
バイオマス調達費	-327,900	処理委託費（収入として計上）
ユーティリティ	24,000	事業者想定値
補助燃料費用	50,000	事業者想定値
消耗品費用	50,000	事業者想定値
労務費	35,000	事業者想定値
保守点検費用	45,000	事業者想定値
保険費用	7,250	事業者想定値

（出所）NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.12 バイオマス事業開始前のエネルギー等取引価格

諸元	値	備考
売電価格	15.3 円/kWh	産業用の電力価格
紙ごみ受入価格	0 円/t	情報がないため 0 円/t とした
産業廃棄物受入価格	16,400 円/t	事業者想定から変更はないものとした

（出所）NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

[30] バイオマス事業者から関係事業者に支払われる金額からその事業の従業員の所得・事業者の利益を算出するにあたり、法人企業統計が用いられることが多いが、本試算では実際に事業を行う地域の特性を反映するため、県別の産業連関表の数値を利用している。（他の実証事業者の試算も同様）

地域経済波及効果の試算結果

前述の条件でバイオマス事業の開始による地域への経済効果を図 1.4.11 に示す。金銭の流れとして、バイオマス事業者である富士クリーンが近隣の事業者へ電力販売を行って得た収益から、設備の建設・メンテナンス等を実施する地域関連事業者への支払いや従業員への賃金の支払いを行い、それぞれが都道府県に税収を支払うことになる。

試算の結果、一部の費用が地域外の関連事業者へ支払われるものの、バイオマス事業の開始によって地域内で循環する金額は 20 年間の平均で 123.4 百万円/年となった。株式会社富士クリーンは以前から廃棄物処理事業を行っていたが、メタン発酵施設の稼働を開始し、地域のバイオマス資源から電気と熱を生成・利用することで新たな金銭の流れが創出されている。仮に、メタン発酵設備を導入せず、従来どおり地域外の電力事業者から電力供給を受けていた場合、この分の費用は地域外に流出していたこととなる。

本試算ではバイオマス利用事業者（エネルギー供給者：メタン発酵施設）が、エネルギー需要家（供給先：株式会社富士クリーンの同一敷地内の施設）に対し、それまで地域外から購入していた電力や熱よりも低い価格で供給するモデルを想定した。その結果、需要家は年間 30.5 百万円のエネルギー調達費用の削減効果が得られる結果となった。

試算の前提条件では産業廃棄物の受入価格がメタン発酵事業開始前後で変更はないものとしたが、仮に以前より安価な受入価格を設定した場合は、バイオマスを供給する排出業者には処理委託費の削減効果が発生する。一方、紙ゴミについてはメタン発酵施設が有償で購入するため、地域内に 20.3 百万円/年の追加的な収益が得られる。

また、バイオマス利用施設で働く従業員の可処分所得は 31.8 百万円/年となる。これは事業の開始によって新たに得られた所得と考える事ができ、本試算では考慮していないが、この所得は従業員の消費活動によってさらに間接的な経済効果をもたらす。

都道府県の税収は 5.2 百万円/年となった。これは、バイオマス事業者と地域の関連事業者から得られる税収、従業員の所得税として、バイオマス事業を開始したことで新たに得られる税収である。今回の試算は都道府県を地域として試算を行っているが、関係業者が立地するそれぞれの市町村レベルにおいても総額で 29.7 百万円/年程度の税収入が見込まれる。

その他、地域関連事業者については、建設から運転開始後の設備導入・工事から保守運用の面で地域の事業者に支払われる金額から 40.3 百万円/年の利益が得られる。

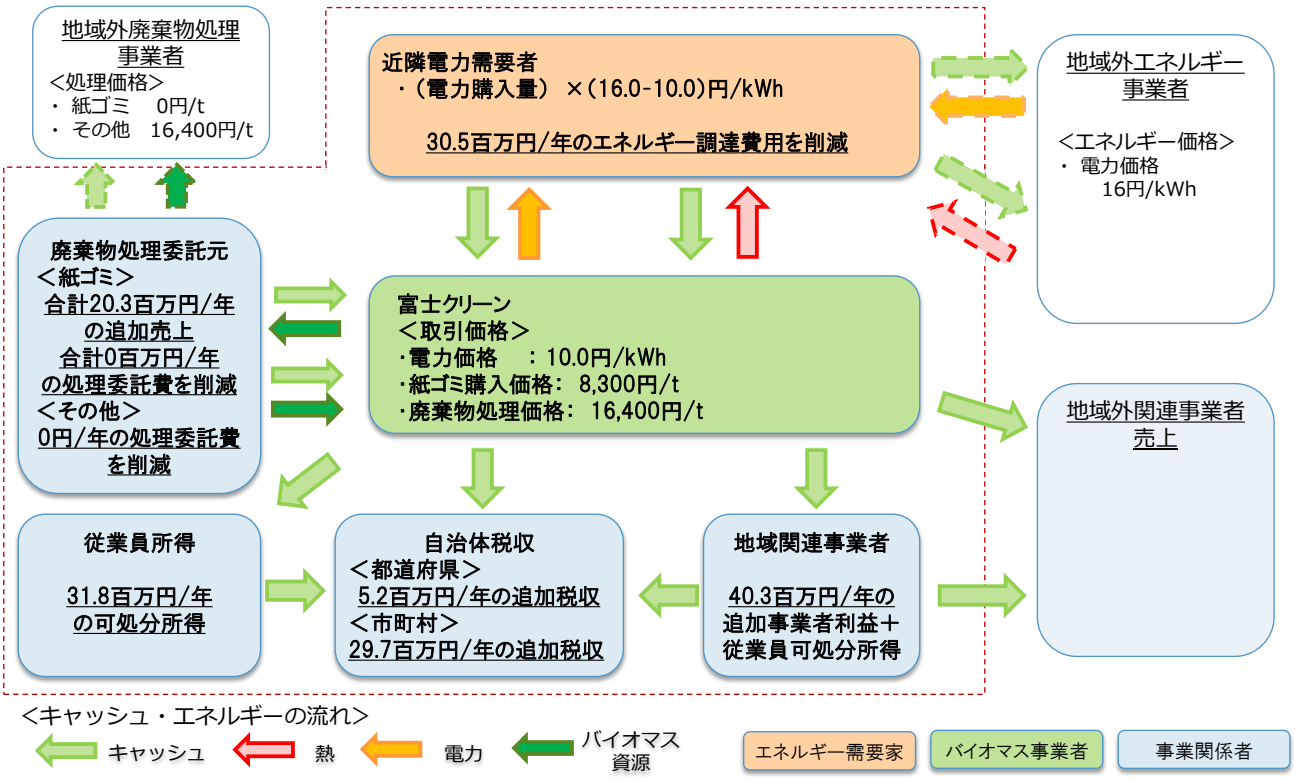


図 1.4.11 バイオマス事業の開始による地域経済効果（20 年間平均値）

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

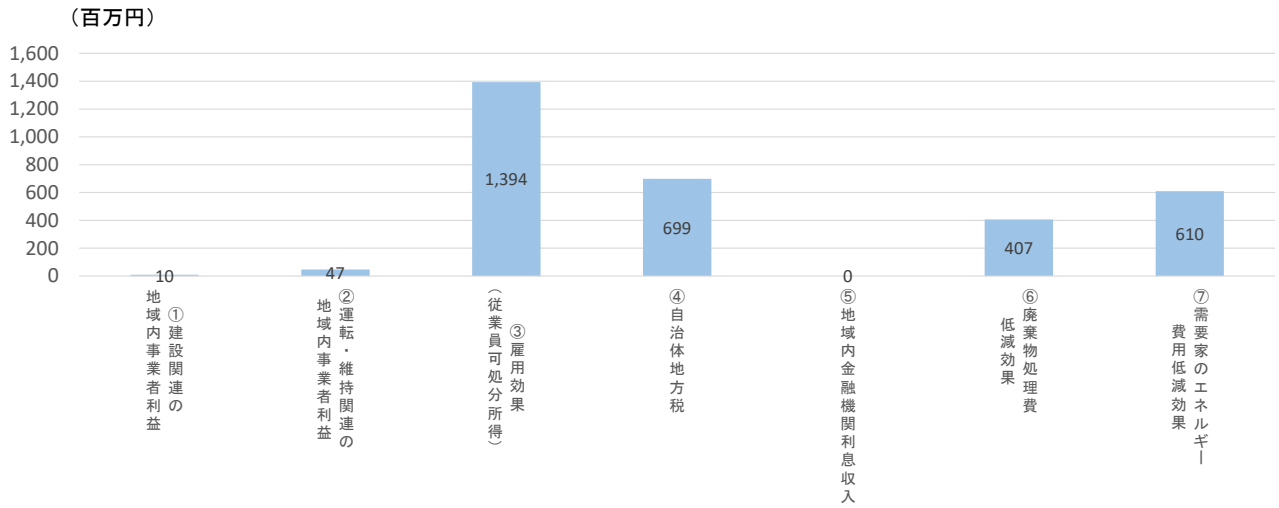


図 1.4.12 バイオマス事業の開始による地域経済効果（20 年間の総額）

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

4.3 環境に対する意義

（1） SDGs における意義

メタン発酵は生活や産業活動に伴い排出される生ごみや食品廃棄物、家畜ふん尿などの有機性廃棄物からバイオガスなどのエネルギーを生み出し、電力や熱として再生利用することができるクリーンなエネルギー変換技術である。

近年はこれらの環境効果を基に、SDGs への対応としてメタン発酵を含むバイオマスエネルギーを導入する企業や自治体も増えつつある。

持続可能な開発目標（SDGs）は、2001 年に策定されたミレニアム開発目標（MDGs）の後継として、2015 年 9 月の国連サミットで策定された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」にて記載された 2016 年から 2030 年までの国際目標である。持続可能な世界を実現するための 17 のゴール・169 のターゲットから構成されている。

上記アジェンダでは、目標第 7 番について「すべての人々が、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する」とあり、「2030 年までに、再生可能エネルギー、エネルギー効率及び先進的かつ環境負荷の低い化石燃料技術などのクリーンエネルギーの研究及び技術へのアクセスを促進するための国際協力を強化し、エネルギー関連インフラとクリーンエネルギー技術への投資を促進する。（7.a）」と謳われている。

また、目標第 13 番「気候変動に具体的な対策を」では、「すべての国々において、気候関連災害や自然災害に対する強靭性（レジリエンス）及び適応力を強化する（13.1）」、「気候変動対策を国別の政策、戦略及び計画に盛り込む（13.2）」などが示されている。

したがって、メタン発酵を含むバイオマスエネルギーなどの再生可能エネルギー導入技術支援、再生可能エネルギー発電拡大実施は SDGs の目標 7 番および 13 番に寄与することとなる。



図 1.4.13 バイオマスエネルギーが寄与する SDGs（赤枠部分）

（出所）外務省ホームページを基に作成

（2） GHG 排出削減量の考え方

バイオマスエネルギー利用の環境への意義を定量的に示すためには温室効果ガス（GHG）排出量および削減効果を適切な方法で算出する必要がある。我が国では環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン　第Ⅳ部-①　　複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」において、温室効果ガスに関する評価の考え方が示されており、以下に主要なポイントを示す。詳細は同ガイドラインを参照されたい。

1）プロセスフローとシステム境界の明確化に関する留意事項

対象プロセスのシステム境界には以下の 6 段階を含めるものとする。

1)　原料調達段階
2)　製造段階
3)　流通段階
4)　使用段階
5)　処分段階
6)　温室効果ガス排出削減活動（実施する場合に限る）

・システム境界は、対象プロセスが有する機能に応じてシステム拡張を行い、設定するものとする。ただし、（１）国内バイオマス発電事業、（２）国内バイオマス由来バイオ燃料製造事業の場合には、以下の考え方を採用することもできる。

（１）国内バイオマス発電事業

事業の主な機能を「発電」のみに特定できる場合は電力供給に関わるプロセスのみシステム境界内として設定することができる。

（２）国内バイオマス由来バイオ燃料製造事業

事業の主な機能を「燃料製造」のみに特定できる場合には、燃料供給に関わるプロセスのみ、システム境界内として設定することができる。

複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）の場合、上記（１）、（２）に掲げた場合を除き、原則として事業全体をシステム境界に含める。例えば、下図に示すように、廃材を燃やし、同じ敷地内の別の工場に熱を供給していた製材所が、バイオマス発電による電力供給に切り替えるとともに、熱源として重油ボイラを使うこととなった場合は、事業全体を算定対象とすることが望ましい（少なくとも「電力供給」と「熱供給」を同一事業者が行う場合には、電熱併給事業全体として算定を行う）。

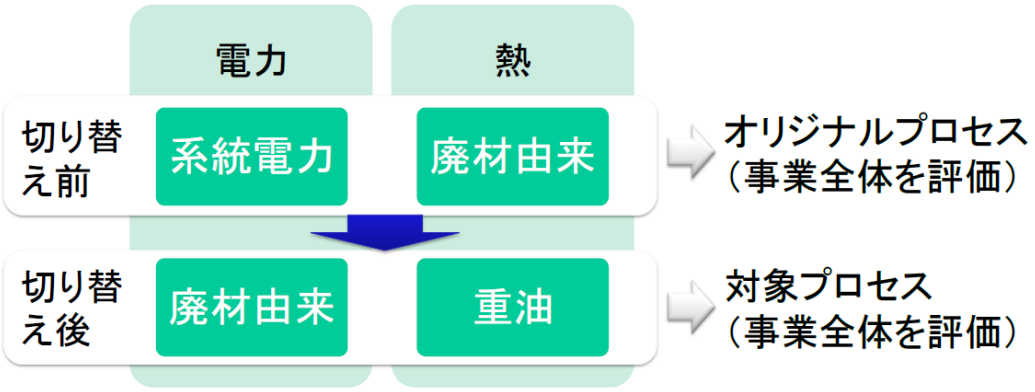


図 1.4.14　同一事業者が電熱併給事業を行う場合のシステム境界

（出所）環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン　第Ⅳ部-①複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」

＜例：牛ふん尿のメタン発酵による発電を行うとともに、その副産物を液肥として利用する事業に関するオリジナルプロセス＞

牛ふん尿からメタンガスを製造し、発電を行うとともに、副産物を液肥として利用する事業のオリジナルプロセスを下図に示す。本事業の機能は、「発電」と「それに必要な原料の処理」の２つであるため、オリジナルプロセスでは「系統電力（全電源平均）の生産プロセス」と「従来型の堆肥製造プロセス」を考慮する必要がある。

なお、メタン発酵により得られる液肥は、一般に従来型の堆肥化により製造される堆肥と比べて単位重量当たりの肥料成分量が小さいため、不足する肥料成分に相当する量の「有機質肥料の製造プロセス」を上記の２種類のプロセスの和から差し引く必要がある。

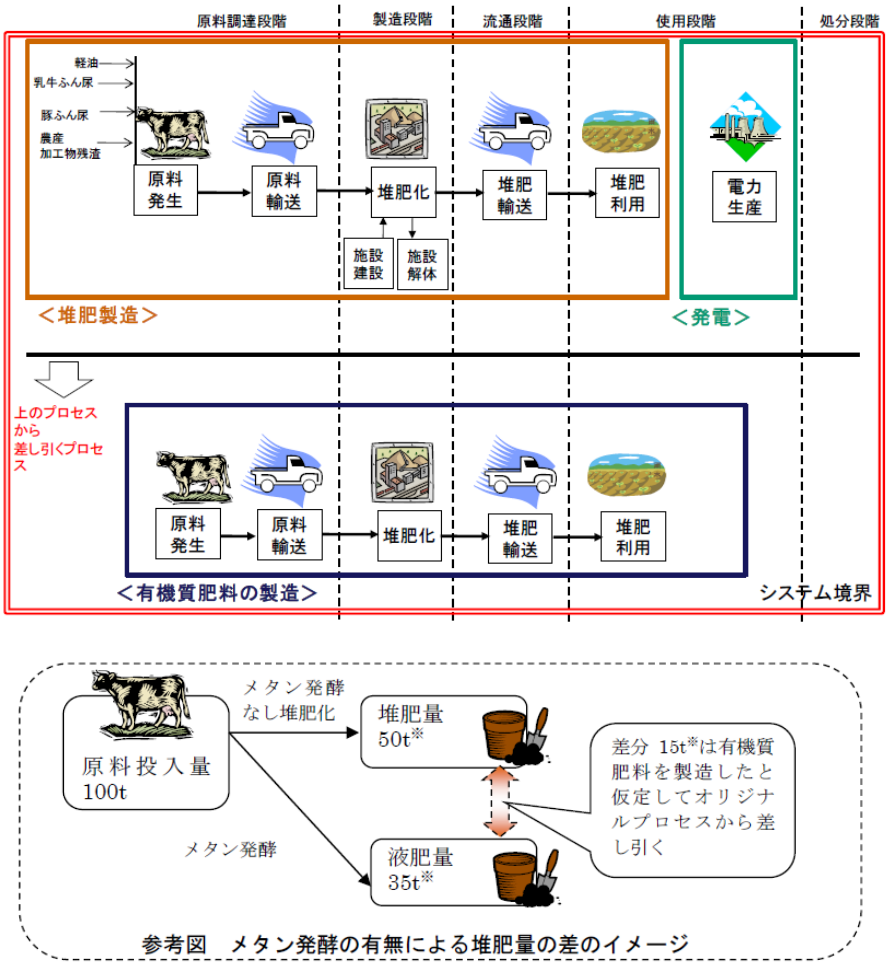


図 1.4.15 比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）

（牛ふん尿のメタン発酵による発電を行うとともに、その副産物を液肥として利用する事 業に関するオリジナルプロセス）

（出所）環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン　第Ⅳ部-①複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」

※「堆肥」と「液肥」では単位重量当たりの肥料成分量が異なるため、単純な重量比較ができない。化学肥料に比べた有機物中窒素の相対的な効果を表す比率である「肥効率」、又は「農林水産省『農業物価統計調査』における全国平均価格」等を用いて、有機質肥料の場合の相当重量に換算した上で、差分を算出する[31]。

※この場合、「肥効率」には、本来全ての肥料成分の値を用いるべきであるが、窒素以外の成分については情報が充実していないため、ここでは窒素成分の肥効率を用いることとする。

[31]例）メタン発酵を行わずに堆肥化を行った場合の堆肥製造量 64t、窒素肥効率 100%（化学肥料と同等の窒素肥効率と想定）　メタン発酵を行った場合の液肥製造量 95t、窒素肥効率 55%　有機質肥料の窒素肥効率 78%と想定した場合、差分として差し引く有機質肥料の重量＝（64×1.00－95×0.55）÷0.78＝15(t)

＜例：バイオガスを都市ガス代替品とする事業に関するオリジナルプロセス＞

バイオガスを都市ガス代替品として活用する事業のオリジナルプロセスを下図に示す。本事業の機能は都市ガス代替品の供給であるため、オリジナルプロセスは都市ガスの製造と利用である。

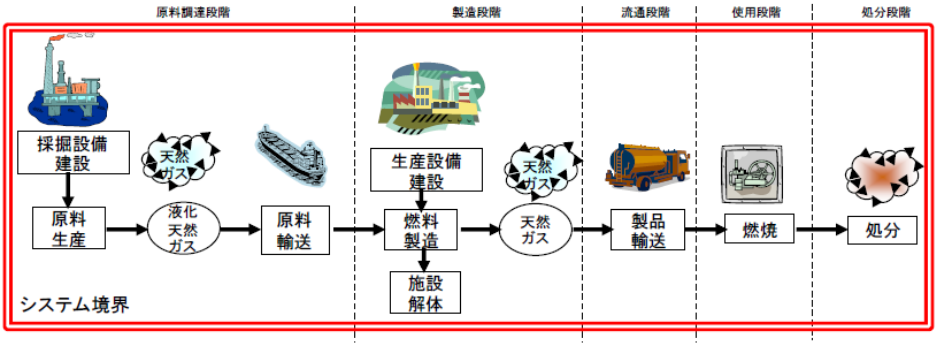


図 1.4.16 比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）
（バイオガスを都市ガス代替品とする事業に関するオリジナルプロセス）

2) 活動量データの収集・設定に関する留意事項

LCA 実施者は、プロセスフロー図に記述した各プロセスに関して、プロセスごとのエネルギーや投入物の消費量、廃棄物や環境（大気等）への排出物の排出量を明らかにする必要がある。活動量データの収集例を下表に示す。

表 1.4.13 活動量データ収集例（廃食用油由来バイオディーゼルの場合）

段階	小プロセス	入出	品名	数量	単位
原料調達	原料調達	入力	廃食用油	○○	kL/日
	原料	入力	軽油	○○	L/日
製造	前処理	入力	灯油	○○	t/日
		入力	電力	○○	kWh/日
	反応	入力	水酸化カリウム	○○	t /日
		入力	メタノール	○○	t /日
		入力	灯油	○○	t /日
		入力	電力	○○	kWh/日
	分離（メタノール回収、温水洗浄、水分除去）	出力	グリセリン	○○	t /日
		入力	上水	○○	m^3/日
		入力	灯油	○○	t /日
		入力	電力	○○	kWh/日
		出力	バイオディーゼル	○○	kL/日
流通	製品輸送	入力	軽油	○○	L/日

原料調達段階に関する留意事項

原料調達段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

（１）複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用）の場合、原料調達に関するプロセス（原料輸送を含む）を考慮する必要がある。原料調達に関して考慮すべきプロセスは、原料によって主に以下の４種類に分けられる。

１）木質系バイオマスを原料とするケース

①土地利用変化、②植林・保育、③伐採、④搬出、⑤原料加工、⑥燃料輸送

２）資源作物を原料とするケース

①土地利用変化、②栽培、③伐採、④搬出、⑤調達、⑥原料輸送

３）資源作物から発生する残さを原料とするケース

①原料加工、②原料輸送

４）既存収集システムにある下水汚泥等を原料とするケース（原料輸送は考慮しなくてもよい）

（２）廃棄物を原料とすることにより回避される温室効果ガス排出量については、その効果が明らかであり、かつ定量的に示すことができる場合には、システム拡張を行うことにより考慮するものとする。

（３）ライフサイクル全体に対する寄与度が高いプロセスについては一次データの収集を基本とする。ライフサイクル全体に対する寄与度が低いプロセスや、LCA 実施者が一次データを入手することが困難な場合については、二次データの利用も認める。

- 原料調達に関するプロセスは、原料の発生地点後のプロセスを考慮するものとする。このため、下水汚泥のように原料が既存インフラにより収集されている場合には、原料輸送プロセスにおける温室効果ガス排出量もシステム境界に含めなくてよいこととした。ただし、下水汚泥を主原料とした事業において下水汚泥以外の原料を投入する場合には、その原料の輸送工程における温室効果ガス排出量がシステム全体において大きな割合を占める可能性があることから、その原料の調達段階を考慮する必要がある。
- 廃棄物を原料とする場合に回避される温室効果ガスとしては、「生ごみの焼却処理等のプロセスで発生する温室効果ガス」や「放置されているヤシ殻から発生するメタンガス」のようなものが考えられる。
- 「ライフサイクル全体に対する寄与度が高いプロセス」とは、ライフサイクル全体に占める割合が５％以上であることを想定しているが、それ未満であっても温室効果ガス排出量に大きな影響を与えるおそれがある投入物については考慮する必要がある。

製造段階に関する留意事項

製造段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

（１）原料の貯蔵、中間処理に要した化石燃料や電力・熱等の投入を含むものとする。

（２）原則として、施設や設備の建設（建設資材製造、建設資機材輸送、設備建設）、保守・点検に係るプロセスを考慮するものとする。

（３）製造されたエネルギーの全量を施設内で利用している場合、仮想的に「生産したエネルギーを外部に供給するとともに、施設内で利用するエネルギーを外部から購入する」というシナリオを設定して、LCA を行ってよいこととする。

（４）本来的には全ての投入物の活動量に対して一次データを取得することが望ましいが、最低限、物理量（質量、発熱量等）又は経済価値（価格）が相当割合を占める活動量について一次データを取得し、温室効果ガス排出量を算出することを必須とする。

- 複数の機能を有する事業では、施設や設備の建設に係る温室効果ガス排出量が無視できない可能性があるため、これらの工程を考慮して LCA を実施することとした。
- メタン発酵により得られる液肥は、一般的に従来型の堆肥化により製造される堆肥と比べて肥効率が小さくなるため、その減少分をオリジナルプロセスから差し引く必要がある。
- 施設や設備の建設に係るプロセスとしては、対象プロセスの機能に関する施設（ガス化施設、堆肥化施設等）のみを考慮するものとし、例えば、環境学習施設等が併設されている場合、当該部分は考慮しない。環境学習施設等が併設されているが、施設全体の建設費・土木費しか入手できない等の場合には、延床面積等を基準とした配分を行ってもよいこととする。
- 施設や設備の想定使用期間は、以下①～③のいずれかの方法で設定する。
    ① 実績値（複数ある場合にはその平均値）から設定
    ② 公的統計資料等に基づく平均的な使用年数を想定
    ③ 法定耐用年数を参考にして設定
- 複数の機能を有する発電事業において、生産電力の全量を施設内で利用している場合、システム境界外に出力されるエネルギーはゼロとなるため、厳密には「1MJ のエネルギー供給」を機能単位とした LCA は実施できない。しかしながら、同様の事業であっても生産電力を外部供給する場合には評価可能となる。その整合を図るため、環境省ガイドラインでは生産電力の全量を施設内利用している場合にあっても、仮想的に外部供給しているシナリオを設定してもよいこととした。
- 上記（４）でいう「相当割合」とは、ライフサイクル全体に占める割合が５％以上であることを想定しているが、それ未満であっても温室効果ガス排出量に大きな影響を与えるおそれがある投入物（例：メタン発酵後に脱水・排水処理を行っている場合の凝集沈殿剤、排水処理剤）については考慮する必要がある。

流通段階に関する留意事項

流通段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

- 生産した電力を外部供給する場合、外部電源に接続するための付加的な施設や設備の整備については考慮する必要がある。なお、既存の施設や設備が活用可能な場合は、活用可能な範囲については考慮しなくてもよい。
- 生産した熱や電気を既存の施設・設備により輸送・販売する場合には、それら既存の施設・設備については考慮しなくてよいが、付加的な施設や設備については考慮する必要がある。

使用段階に関する留意事項

使用段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

- バイオ燃料の燃焼による二酸化炭素（CO2）排出はゼロとしてよい。ただし、二酸化炭素（CO2）以外の温室効果ガスが発生する場合は考慮しなければならない。また、副原料等が燃焼する場合の温室効果ガス排出量は考慮しなければならない。

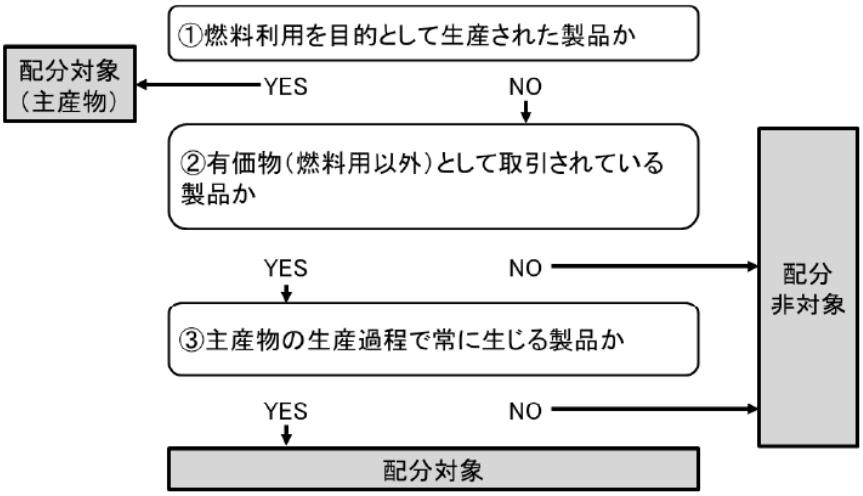
処分段階に関する留意事項

処分段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

- 処分段階については状況に応じて考慮するものとする。
- 処分段階において考慮すべき例として、例えば余剰バイオガスをフレアスタック等により処分すること等が考えられる。その場合、バイオガスの燃焼に係る二酸化炭素（CO2）排出量についてはカーボンニュートラルによりゼロとしてよいが、当該フレアスタック設備の建設等に関しては考慮する必要がある。
- また、バイオガスの製造に伴い発生する廃棄物の処理や排水処理については、製造段階で考慮するものとする。施設や設備の廃棄・処分プロセスについては、必ずしもシステム境界に含めなくてよい。

配分（アロケーション）の方法に関する留意事項

前述したとおり、「事業の主な機能を『発電』のみに特定できる国内バイオマス発電事業」、「事業の主な機能を『燃料供給』のみに特定できる国内バイオマス由来バイオ燃料製造事業」等については、エネルギー供給に関わるプロセスのみをシステム境界内として算定してよいこととしているが、国内バイオマス利活用事業については、そのシステム境界内で発生する製品が多岐に渡ることから、それら製品の中で配分を行う対象については、下図に示すフローチャートにて「配分対象」となったものについて行うこととする。なお、プロセスの細分化を図ることにより、配分を回避することを原則とし、配分はどうしても回避できないプロセスについてのみ行うものとする。



（補足）「③主産物の生産過程で常に生じる製品か」が「Yes」となる例としては、パーム油の搾油時に生じる PKS 等がある。一方「No」となる例としては、食用ココナッツ油製造時に偶発的に生じる、低品質であり食用に用いることができないココナッツ油（燃料用）等がある。

図 1.4.17 配分対象の決定フローチャート

（出所）環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン　第Ⅳ部-①複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」

3) 温室効果ガス排出原単位データの収集が困難な場合に関する留意事項

設定したプロセスに適した原単位が収集できない場合は、必要としている原単位に最も近似していると考えられる原単位で代替してもよい。

設定したプロセスによっては、原単位データの収集が困難であるため、その場合は必要としている原単位に近い原単位を設定してよいこととした。ただし、その場合は、感度分析の実施によりインベントリ分析結果に与える影響を評価しておくことが望ましい。なお、収集すべき活動量データの単位（重量、価格等）は、入手可能な原単位データの単位にも影響されるため、最終的な活動量データ、原単位データの選定にあたっては、双方のデータの精度を高めるように配慮しなければならない。

複数の機能を有する事業を対象とした LCA において使用頻度が高い LCI データの例をは環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン　第Ⅳ部-① 複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」を参照のこと。

4) 温室効果ガス排出量の評価に関する留意事項

温室効果ガス排出削減効果を表す場合は、以下のいずれかの方法で算定する。

①排出削減量＝オリジナルプロセスの排出量－対象プロセスの排出量

②排出削減率＝（オリジナルプロセスの排出量－対象プロセスの排出量）÷オリジナルプロセスの排出量　×100(%)

温室ガス排出削減効果を製品カタログやホームページ等に表示する場合は、想定した「機能単位」、「システム境界」、「オリジナルプロセス」、「想定寿命（想定使用年数）」を付記しなければならない。また、製造されたバイオガスを燃料として得られるエネル

ギーの全量を所内で利用している場合等、仮想的に「生産したエネルギーを所外に供給するとともに、所内で利用するエネルギーを外部から購入する」というシナリオを採用した場合には、その旨を付記することとする。

データの妥当性や算定結果の信頼性を評価することを目的として、LCA で採用した活動量データや原単位データをある範囲で変動させたり、配分手法等を変更したりする感度分析により、温室効果ガス排出量の算定結果にどの程度の影響を及ぼすか、それが許容範囲であるかどうかを検討する。

第２部
バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針
【メタン発酵系バイオマス編】

＜第 2 部　章目次＞

第2部　バイオマスエネルギー事業の導入要件･技術指針【メタン発酵系バイオマス編】.

事業検討の進め方 94
実施事項の全体像 95
1 章 .... バイオマス利用システム全体に係る留意点と解決策 100
システム全体に関する「よくある課題」..... 100
フェーズⅠ　構想段階 104
1.Ⅰ.1 事業コンセプトおよび事業内容の構築 105
① 事業コンセプトの構築 106
② 事業形態（個別型／集中型）の検討 109
1.Ⅰ.2 用地の想定 112
1.Ⅰ.3 事業主体の検討 114
1.Ⅰ.4 運転開始時期の想定 115
1.Ⅰ.5 事業モデルと収支の概略検討 116
① 事業の 5W1H の確認 116
② 事業収支の概略検討 119
1.Ⅰ.6 事業実施体制の構築 121
① 組織内外の事業実施体制･FS 実施体制の検討 122
② 専門家への相談 124
③ 行政への相談 125
1.Ⅰ.7 資金の検討 126
① FS 調査の予算獲得 127
② 初期投資に必要な資金の検討 128
フェーズⅡ　FS 段階 129
1.Ⅱ.1 事業化スケジュールの検討 133
1.Ⅱ.2 設置場所の検討･確定 137
1.Ⅱ.3 地域関係者との合意形成 142
1.Ⅱ.4 事業収支の検討 145
① 売上高の予測 146
②事業費（初期費用と運用費）の積算･見積りの取得 .. 147
③ 事業リスクの評価（事業収支の検討時）..... 152
④ 事業収支･キャッシュフロー分析 153
1.Ⅱ.5 資金計画の策定 157
① 資金調達方法の検討 157
② 資金調達先･金融機関との交渉 160
③ 補助制度の確認 166
1.Ⅱ.6 事業実施体制の確定 170
① 事業コンセプトの再精査･確定 171
② 事業による波及効果の評価 171
③ 組織内･地域関係者への説明･合意形成 173
1.Ⅱ.7 事業のリスク評価（全体課題整理）..... 174
① 建設段階のリスクとその対処方法の例 174
② 運営段階のリスクとその対処方法の例 177
③ その他全般に関するリスクとその対処方法の例 180
④ FS 調査終了後次のステップに進めるかの判断基準 183
フェーズⅢ　設計施工段階 193
1.Ⅲ.1 事業化体制の具体化 194
① 事業化体制の詳細検討 194
② 職員の採用 195
1.Ⅲ.2 生活環境影響調査の実施 201
1.Ⅲ.3 地元合意形成 202
1.Ⅲ.4 施設の運転管理計画の策定 203
1.Ⅲ.5 事業の将来計画の検討 205
1.Ⅲ.6 設備補助の申請 208
1.Ⅲ.7 金融機関との融資契約･資金実行 209
フェーズⅣ　運転段階 210
1.Ⅳ.1 運転計画の最適化の検討 211
1.Ⅳ.2 地元の理解醸成 212
1.Ⅳ.3 波及効果の検証と公開 212
1.Ⅳ.4 事業採算性の検証と改善 215
1.Ⅳ.5 維持保守費の中期的な予算化 216
1.Ⅳ.6 大規模修繕に対しての積立 217
2 章 .... バイオマス調達に係る課題と解決策 218
原料調達に関する「よくある課題」..... 218
フェーズⅠ　構想段階 221
2.Ⅰ.1 原料課題の整理 222
① 原料種候補のリストアップ 223
② 原料収集可能性調査 227
2.Ⅰ.2 前処理の必要性の検討 232
フェーズⅡ　FS 段階 235
2.Ⅱ.1 原料調達可能性調査 237
① 原料発生状況の調査 237
② 原料収集可能性の調査 243
③ 代替原料の可能性調査 245
2.Ⅱ.2 原料性状およびガス発生量の調査 247
① 原料性状の調査 248
② ガス発生量の調査 254
2.Ⅱ.3 バイオマスの収集運搬計画 258
フェーズⅢ　設計施工 261
2.Ⅲ.1 原料の最終確定 262
2.Ⅲ.2 荷姿と運搬車両の確定 264
フェーズⅣ　運転段階 265
2.Ⅳ.1 搬入される原料の性状の確認 266
2.Ⅳ.2 搬入される原料の量の確認 267
3 章 .... エネルギー･副生物利用に係る留意点と解決策 270
エネルギー･副生物利用に関する「よくある課題」..... 270
フェーズⅠ　構想段階 273
3.Ⅰ.1 副生物の処理･利用方法の検討 274
3.Ⅰ.2 バイオガス利用方法の検討 278
① エネルギー利用先と供給形態の検討 279
② 系統接続の検討（広域グリッド型）..... 282
フェーズⅡ　FS 段階 283
3.Ⅱ.1 消化後残渣の処理･利用方法の具体化 285
① 消化後残渣の処理･利用方法の検討 287
② 液肥利用の調査 293
③ 水処理設備の検討（放流基準調査）..... 296
3.Ⅱ.2 バイオガス利活用計画 298
① エネルギー利用先･利用量の具体化検討 298
② エネルギー需要の調査 308
③ 系統連系の調査 313
フェーズⅢ　設計施工段階 317
3.Ⅲ.1 消化液液肥利用の詳細検討 318
3.Ⅲ.2 FIT 事業申請 325
3.Ⅲ.3 接続契約･売電契約 327
3.Ⅲ.4 エネルギー供給契約 328
フェーズⅣ　運転段階 329
3.Ⅳ.1 副生物利用効果の確認 330
3.Ⅳ.2 水処理施設の性能確認 333
3.Ⅳ.3 発電装置のメンテナンス計画/実働検証 334

4 章 …. エネルギー変換設備に係る留意点と解決策 335
エネルギー変換設備に関する「よくある課題」..... 335
フェーズⅠ 構想段階..... 337
4.Ⅰ.1 メタン発酵技術の選定と信頼性の確認..... 338
4.Ⅰ.2 メーカーへの概略検討依頼 347
フェーズⅡ FS 段階..... 349
4.Ⅱ.1 基本設計..... 351
① 基本設計（全体）..... 352
② 要素技術の選定（発酵／付帯技術）..... 358
③ フローシート／配置図／仕様書の作成 362
④ 設備・工事発注方法の検討..... 366
⑤ 施設関連法規制の確認と対応 369
⑥ 設置場所の検討・確定..... 381
⑦ 地域関係者との合意形成..... 381
フェーズⅢ 設計施工段階..... 382
4.Ⅲ.1 建設業者の決定..... 384
4.Ⅲ.2 実施設計..... 385
4.Ⅲ.3 設備の調達 392
4.Ⅲ.4 工事契約の締結..... 396
4.Ⅲ.5 建設・施工工程進捗の管理..... 399
4.Ⅲ.6 O＆M 契約..... 401
4.Ⅲ.7 保険契約..... 404
4.Ⅲ.8 種汚泥の確保..... 405
4.Ⅲ.9 試運転/計画の立案..... 407
4.Ⅲ.10 試運転後の性能確認..... 408
4.Ⅲ.11 性能保証事項の確認..... 409
4.Ⅲ.12 引き渡し確認の実施..... 410
フェーズⅣ 運転段階..... 411
4.Ⅳ.1 プラントの運営管理..... 412
4.Ⅳ.2 システム・機器の性能評価と改善..... 414
4.Ⅳ.3 設備利用率の検証と改善..... 417
4.Ⅳ.4 トラブルシューティング 423
4.Ⅳ.5 メタン発酵槽の運転把握..... 425

＜第 2 部　図目次＞

図 2.0.1　バイオマスエネルギー事業の検討の進め方のイメージ.....94
図 2.1.1　メタン発酵施設の 2 面性.....106
図 2.1.2　メタン発酵施設の導入メリット.....107
図 2.1.3　食品廃棄物の種類と再生利用の方法.....108
図 2.1.4　個別型メタン発酵事業のイメージ.....109
図 2.1.5　集中型メタン発酵事業のイメージ.....110
図 2.1.6　メタン発酵事業の主要な許認可申請手順の例.....117
図 2.1.7　（再掲）産業廃棄物系メタン発酵モデルにおける 20 年間の収支バランス.....120
図 2.1.8　（再掲）畜産系メタン発酵モデルにおける 20 年間の収支バランス.....120
図 2.1.9　メタン発酵事業の構想から設備稼働までの流れの概要.....134
図 2.1.10　メタン発酵事業の標準的な設計、施工工程の例.....135
図 2.1.11　農業振興地域制度と農地転用許可制度の概要.....138
図 2.1.12　財務三表に係るフォーマットイメージ.....154
図 2.1.13　グリーンファンドの資金構成イメージ.....165
図 2.1.14　バイオマス事業の開始による地域経済効果の例（株式会社富士クリーン）（20 年間平均値）.....172
図 2.1.15　FIP 制度におけるプレミアム単価の考え方 .185
図 2.1.16　FIP 制度の詳細設計の論点.....186
図 2.1.17　価格変動リスクへの対応策の例.....186
図 2.1.18　バイオマス発電に関わる地域活用要件.....188
図 2.1.19　FIT 制度および FIP 制度、入札の対象規模.....190
図 2.1.20　FIT 認定の失効期間に関する考え方.....191
図 2.1.21　メタン発酵に係る地域の廃棄物処理システムのあり方の検討イメージ.....206
図 2.1.22　メタン発酵に係る地域の産業、エネルギー利用のあり方の検討イメージ.....207
図 2.1.23　施設全体の物質収支フロー図（産業廃棄物）.....213
図 2.1.24　廃棄物処理フローにおける物質収支の推移（産業廃棄物）.....213
図 2.2.1　阿寒農業協同組合の扱うバイオマスの割合..224
図 2.2.2　インターファーム株式会社の扱うシステム構成の概略.....226
図 2.2.3　（再掲）再生利用等実施率の推移.....227
図 2.2.4　湿重量当たりのメタンポテンシャル（左）と VS 当たりのメタンポテンシャル（右）.....231
図 2.2.5　高効率ごみ選別装置の概観.....233
図 2.2.6　高効率ごみ選別装置検証フロー図.....233
図 2.2.7　選別残渣に含まれていた食品系廃棄製品....234
図 2.2.8　家畜ふん尿発生量の年間変動.....238
図 2.2.9　株式会社富士クリーンにおける原料の年間変動の分析イメージ.....239
図 2.2.10　廃棄物処理法における廃棄物の分類.....241
図 2.2.11　株式会社富士クリーンにおける FS 時の調達候補先.....243
図 2.2.12　古紙回収量・消費量の推移（左）と A 重油価格と有価物としての紙ごみの価値（右）.....246
図 2.2.13　自治体から調達するバイオマス組成の地区による違いの例.....251
図 2.2.14　設計した乳酸発酵および高温前処理設備 ..256
図 2.2.15　発酵助剤のイメージ.....257
図 2.2.16　株式会社富士クリーンにおけるバイオマスの収集に必要な台数の分析イメージ.....259
図 2.2.17　有機物負荷量とバイオガス発生量および投入原料割合の相関.....268
図 2.2.18　バイオガス週平均発生状況と施設事象.....269
図 2.3.1　北海道鹿追町における液肥散布.....275
図 2.3.2　各分離・濃縮技術の対象分子量および分離する物質例.....276
図 2.3.3　株式会社竹中工務店が検討した事業スキームの概要.....277
図 2.3.4　発電設備規模別のシステム選定の一例.....279
図 2.3.5　鹿追町環境保全センターにおける熱需要先創出の例.....280
図 2.3.6　メタン発酵後の残渣の処理・利用方法.....288
図 2.3.7　ガレージ式乾式メタン発酵システム処理フロー.....292
図 2.3.8　バイオガスによるエネルギー需給バランスと年間推移の例.....300
図 2.3.9　株式会社富士クリーンにおける廃棄物 1t あたりのバイオガス発生量の推移の例※赤線は目標値.....301
図 2.3.10　株式会社富士クリーンにおけるバイオガス発生量(右軸)および濃度比率(左軸)の推移の例※赤線は目標値.....301
図 2.3.11　傾斜式撹拌機の採用による電動機出力の違い.....305
図 2.3.12　バイオガス供給設備のフロー図.....306
図 2.3.13　月別の電力需要の整理イメージ.....308
図 2.3.14　日ごとの平均的な電力需要の推移と発電装置導入のシミュレーションのイメージ.....309
図 2.3.15　野菜残渣受入量増加前の余剰発電量の発生.....310
図 2.3.16　野菜残渣の受入量を増やした場合の発電量と電力需要.....310
図 2.3.17　液化メタン運搬イメージ.....314
図 2.3.18　システムの物質収支（左）と想定するエネルギー収支のパターン.....314
図 2.3.19　液化炭酸製造装置の概略フロー.....316
図 2.3.20　ドライアイス製造装置の概略フロー図・主要仕様.....316
図 2.3.21　二種類の膜技術を用いた新規メタン発酵システム.....321
図 2.3.22　発酵残渣のペレット状製品（左）、発酵残渣の粒状製品（右）.....323
図 2.3.23　FIT 制度の事業計画認定取得および系統連系接続に関するフロー.....325
図 2.3.24　発酵残渣（左）とカーボン滓（右）.....331
図 2.3.25　発酵残渣焼却による燃料推移.....331
図 2.3.26　既設焼却施設の設備における発酵残渣受入の影響.....332
図 2.4.1　メタン発酵技術の選定に係る考え方.....340
図 2.4.2　乾式メタン発酵プラントの概略.....342
図 2.4.3　原料自動投入装置・原料前処理装置と、FRP 製メタン発酵槽（高温乾式）.....343
図 2.4.4　乾式メタン発酵バッチシステムの発酵槽（農協組合法人レ・オート・マレットバイオガスプラント）（左）..344
図 2.4.5　乾式メタン発酵バッチシステムの発酵槽断面図（右）.....344
図 2.4.6　構造原料の重要性.....345
図 2.4.7　物質収支(a)：脱水汚泥 A+肉牛ふん+ビートパルプ.....345

図 2.4.8 メタン発酵施設の構成要素 358
図 2.4.9 株式会社富士クリーンの乾式メタン発酵システムに係るフローシート 363
図 2.4.10 発注形態のイメージ（関係図） 367
図 2.4.11 メタン発酵系バイオマス施設に関する法規制の例 369
図 2.4.12 都市計画区域の種類 370
図 2.4.13 開発許可が必要な区域 371
図 2.4.14 廃棄物処理施設への該当有無の考え方 373
図 2.4.15 着工までに対応が必要な手続きの流れの例 374
図 2.4.16 エネルギー収支を評価するためのフロー図 .. 419
図 2.4.17 バイオガスの使用割合とエネルギー使用率 420
図 2.4.18 バイオマス回収率、使用率、稼働率、総合効率 421
図 2.4.19 JA 阿寒におけるメタン発酵施設の全体像 ... 427
図 2.4.20 JA 阿寒におけるメタン発酵事業プラントの運転状況（2020 年 2 月～2022 年 1 月） 428
図 2.4.21 JA 阿寒における計画値をふまえた各項目の運転達成率 428
図 2.4.22 JA 阿寒のメタン発酵施設における消化液の固液分離設備の概観 429
図 2.4.23 JA 阿寒のメタン発酵施設におけるガス消費量とガス発生量の推移 429
図 2.4.24 JA 阿寒のメタン発酵施設における発酵槽への投入量と発酵槽温度の推移 430
図 2.4.25 JA 阿寒のメタン発酵施設における発電の稼働状況 430
図 2.4.26 JA 阿寒のメタン発酵施設における硫化水素濃度の推移 431

＜第 2 部　表目次＞

表 2.1.1　実施体制検討時の主な課題とガイドラインの参照先 100
表 2.1.2　資金調達検討時の主な課題とガイドラインの参照先 101
表 2.1.3　用地選定時に留意すべき法律の例 101
表 2.1.4　用地選定時に留意すべき項目の例 102
表 2.1.5　採算性の分析に係る主な課題の例 102
表 2.1.6　建設段階で留意すべきリスクの例 103
表 2.1.7　運転段階で留意すべきリスクの例 103
表 2.1.8　システム全体の構想段階におけるチェック項目 104
表 2.1.9　個別型メタン発酵事業の概要 109
表 2.1.10　集中型メタン発酵事業の概要 110
表 2.1.11　食品廃棄物を利用したメタン発酵事業の分類 111
表 2.1.12　個別型／集中型メタン発酵事業の比較 111
表 2.1.13　バイオマスエネルギー事業の 5W1H 117
表 2.1.14　事業開始前に必ず確認すべき法令上の留意点の一例 118
表 2.1.15　メタン発酵事業の主な収益項目 119
表 2.1.16　メタン発酵事業の検討時における関係者と役割の例 124
表 2.1.17　（再掲）バイオマスエネルギー事業の 5W1H 127
表 2.1.18　システム全体の FS 段階におけるチェック項目 129
表 2.1.19　事業開始前に必ず確認すべき法令上の留意点の一例 134
表 2.1.20　立地検討の主要な条件 139
表 2.1.21　初期費用の主な項目と見積り取得方法 148
表 2.1.22　見積りを行う際に最低限必要な項目 148
表 2.1.23　メタン発酵設備および事業全体の O&M 費の項目例 149
表 2.1.24　大規模修繕の範囲 150
表 2.1.25　長期的に費用が増加する項目 150
表 2.1.26　定期点検・敷地管理の項目 151
表 2.1.27　メタン発酵事業の三段階 157
表 2.1.28　外部資金調達手法の比較 159
表 2.1.29　金融機関を含む地域関係者に対するバイオマス事業の意義の訴求ポイント 160
表 2.1.30　プロジェクトファイナンスに係る主な契約 163
表 2.1.31　環境・エネルギー対策資金の概要 164
表 2.1.32　ふるさと融資の概要 165
表 2.1.33　2022 年度におけるメタン発酵系バイオマス利用に係る各省庁の主な補助制度 167
表 2.1.34　再生可能エネルギーの発電設備による証書・クレジット 169
表 2.1.35　想定される追加コスト 178
表 2.1.36　FS 終了時点の事業化判断のポイント 183
表 2.1.37　システム全体の設計施工段階におけるチェック項目 193
表 2.1.38　各担当者に必要な技能と資格 195
表 2.1.39　事業主体の主要な組織形態 199
表 2.1.40　地域住民に説明が必要な項目 201
表 2.1.41　株式会社富士クリーンにおける住民説明のスケジュール 202
表 2.1.42　工程別の運転管理のポイントと内容 204
表 2.1.43　システム全体の運転段階におけるチェック項目 210
表 2.1.44　各年における減容化割合（産業廃棄物） 214
表 2.1.45　NEDO 実証事業における計画時と運転開始後の事業性のギャップの発生要因（例） 215
表 2.1.46　メタン発酵設備および事業全体の主な O&M 費 216
表 2.1.47　大規模修繕の範囲 217
表 2.2.1　原料調達検討時の主な課題とガイドラインの参照先 218
表 2.2.2　原料性状の調査時における重要項目 219
表 2.2.3　バイオマス調達の構想段階におけるチェック項目 221
表 2.2.4　メタン発酵系原料の特徴 223
表 2.2.5　発酵残渣の成分推移 225
表 2.2.6　各都市の可燃ごみの組成（湿ベース） 229
表 2.2.7　各都市の選別後の想定組成およびバイオガス発生率の試算 230
表 2.2.8　試料の性状とメタンポテンシャル 231
表 2.2.9　バイオマス調達の FS 段階におけるチェック項目 235
表 2.2.10　産業廃棄物と一般廃棄物の定義 240
表 2.2.11　（参考）廃棄物の定義 240
表 2.2.12　主なメタン発酵系バイオマスの廃棄物の分類 241
表 2.2.13　廃棄物処理における法的要件 242
表 2.2.14　自治体から調達するバイオマス組成の経年変化 250
表 2.2.15　分別収集と非分別収集（機械選別）の比較 251
表 2.2.16　畜種別の敷料とふん尿の集め方 252
表 2.2.17　ガス発生量拡大のための前処理技術の例 255
表 2.2.18　乳酸発酵処理に関する効果のまとめ 256
表 2.2.19　家畜ふん尿の輸送方法 260
表 2.2.20　バイオマス調達の設計施工段階におけるチェック項目 261
表 2.2.21　バイオマス調達の運転段階におけるチェック項目 265
表 2.3.1　消化液の液肥散布検討時に検討する項目と本ガイドラインの参照先 270
表 2.3.2　消化液の水処理検討時に検討する項目と本ガイドラインの参照先 270
表 2.3.3　技術の選定・設計時に検討する項目と本ガイドラインの参照先 271
表 2.3.4　バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の構想段階におけるチェック項目 273
表 2.3.5　バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の FS 段階におけるチェック項目 283
表 2.3.6　消化後残渣の処理・利用方法に係る事業形態別の検討項目 285
表 2.3.7　発酵後残渣の処理・利用方法別の長所と短所 289
表 2.3.8　事業採算性検討比較 292
表 2.3.9　液肥利用の検討事項 293
表 2.3.10　バイオガスの受入実績 306
表 2.3.11　バイオガスの購入要領（ガスの組成等の基準） 307
表 2.3.12　事業採算性に関するまとめ 315
表 2.3.13　高圧ガス保安法に基づく有資格者の配置 315
表 2.3.14　バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の設計施工段階におけるチェック項目 317
表 2.3.15　設計施工段階における消化液液肥利用の検討項目 318
表 2.3.16　発酵残渣の肥料成分 324

表 2.3.17 「肥料の品質の確保等に関する法律」における有機肥料の公定規格（抜粋）.....324
表 2.3.18 バイオマス発電事業の実施において遵守する事項.....326
表 2.3.19 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の運転段階におけるチェック項目.....329
表 2.4.1 技術の選定・設計時に検討する項目と本ガイドラインの参照先.....335
表 2.4.2 バイオマスのエネルギー変換設備の構想段階におけるチェック項目.....337
表 2.4.3 メタン発酵技術の概要.....339
表 2.4.4 本事業の事業性評価.....346
表 2.4.5 メーカーに概略検討および見積りを依頼する際の項目例.....348
表 2.4.6 バイオマスのエネルギー変換設備の FS 段階におけるチェック項目.....349
表 2.4.7 基本設計で検討する主な項目（参考例）.....353
表 2.4.8 施設規模を決めるための前提条件.....355
表 2.4.9 基本設計に必要な資料.....362
表 2.4.10 概略仕様書.....364
表 2.4.11 発注仕様書に記載する内容.....365
表 2.4.12 設備発注方式の種類.....368
表 2.4.13 廃棄物処理法の「産業廃棄物処理施設」に該当する要件.....372
表 2.4.14 メタン発酵事業において確認が必要となる許可と法律.....375
表 2.4.15 プラント立地に関連する手続き一覧.....376
表 2.4.16 事業実施に関連する手続き一覧.....377
表 2.4.17 環境基準等に関連する手続き一覧.....377
表 2.4.18 プラント建設および設計に関連する手続き一覧.....378
表 2.4.19 関連法規制のチェックリスト.....379
表 2.4.20 バイオマスのエネルギー変換設備の設計施工段階におけるチェック項目.....382
表 2.4.21 発注者側から提示する資料、およびは計画設計時に作成した資料.....385
表 2.4.22 メタン発酵槽の実施設計に当たっての確認項目.....388
表 2.4.23 契約書への記載内容.....393
表 2.4.24 オーナーズエンジニアリングの活用例.....397
表 2.4.25 主な設計、建設リスク.....398
表 2.4.26 運転時間・稼働日数の設定例.....401
表 2.4.27 緊急時に向けた措置例.....401
表 2.4.28 メンテナンス体制別のメリット、デメリット.....402
表 2.4.29 契約時に定める主な性能保証事項.....409
表 2.4.30 バイオマスのエネルギー変換設備の運転段階におけるチェック項目.....411
表 2.4.31 トラブルの種類と原因.....414
表 2.4.32 メタン発酵施設の負荷状況の把握のための望ましいデータ取得頻度.....418
表 2.4.33 データ測定項目と計測方法.....422
表 2.4.34 緊急時の事象例とその対応策.....423
表 2.4.35 項目とデータ計測の内容.....425
表 2.4.36 阻害要因とその対応.....426

事業検討の進め方

本書（バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針【実践編】）では、次頁以降で事業実現までの実施項目と留意事項、その他意思決定の考え方を整理している。

バイオマスエネルギー事業の発案から実現までの期間は「構想段階→FS 段階→設計施工段階→運転段階」という４つのフェーズに分かれる。それぞれのフェーズにおいて検討する要素（原料、設備、エネルギー利用先、全体）は基本的には同じであるが、段階が進むにつれ具体性を高めていく必要がある。例えば原料調達であれば構想段階では調達する資源や排出元のリストを、FS 段階では選抜し、設計施工段階では特定の排出先との契約（または協定）締結、という流れとなる。その際、各要素について、それぞれ前のフェーズで検討した内容をもとに深化していくことが求められる。

検討が進むにつれて、事業の蓋然性が上がり不確実性も減っていく一方で、検討のため投入されるコストも増加する。特に、プラント発注や土地購入契約など、大きな支出を行った後では、後戻りをすることによる負担が増大するため、こうした大きな支出の意思決定を行う節目を、プロジェクトマネジメントの分野では、「Point of No-return」と呼ばれる。

以降に示す実施事項およびフローのとおり、バイオマスエネルギー事業は構想～FS 段階だけでも様々な項目を検討する必要がある。さらに、それぞれの項目で技術的要素および地域要素を加味すべき留意事項（落とし穴）が存在する。

第 2 部の 1 章～4 章では、NEDO 地域自立システム化実証事業の成果と過去の失敗事例分析に基づき実施項目別に留意事項を整理した「チェックリスト」と解説を取りまとめており、読者が取り組むバイオマスエネルギー事業の該当箇所について参照されたい。

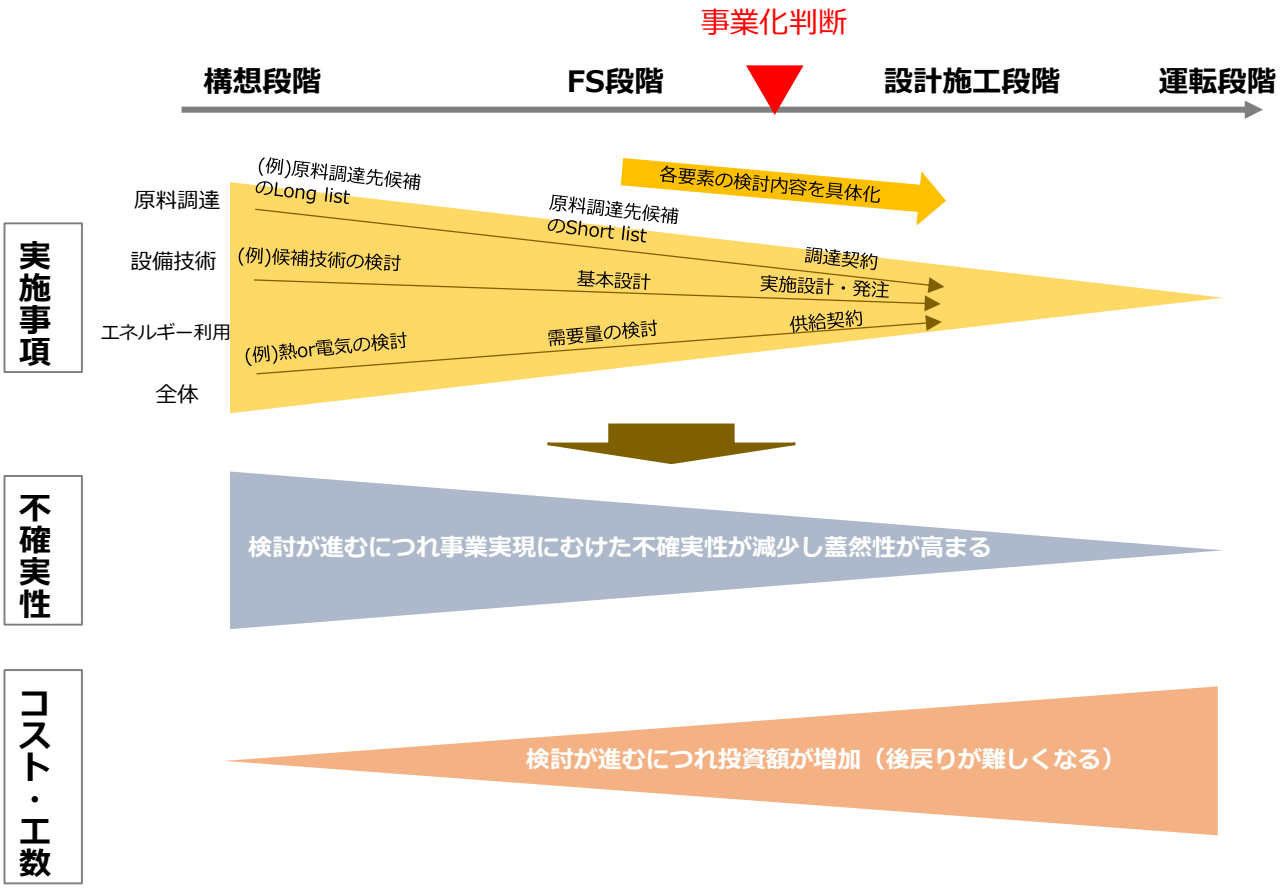


図 2.0.1　バイオマスエネルギー事業の検討の進め方のイメージ

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

実施事項の全体像

構想～運転段階までの実施事項の全体像

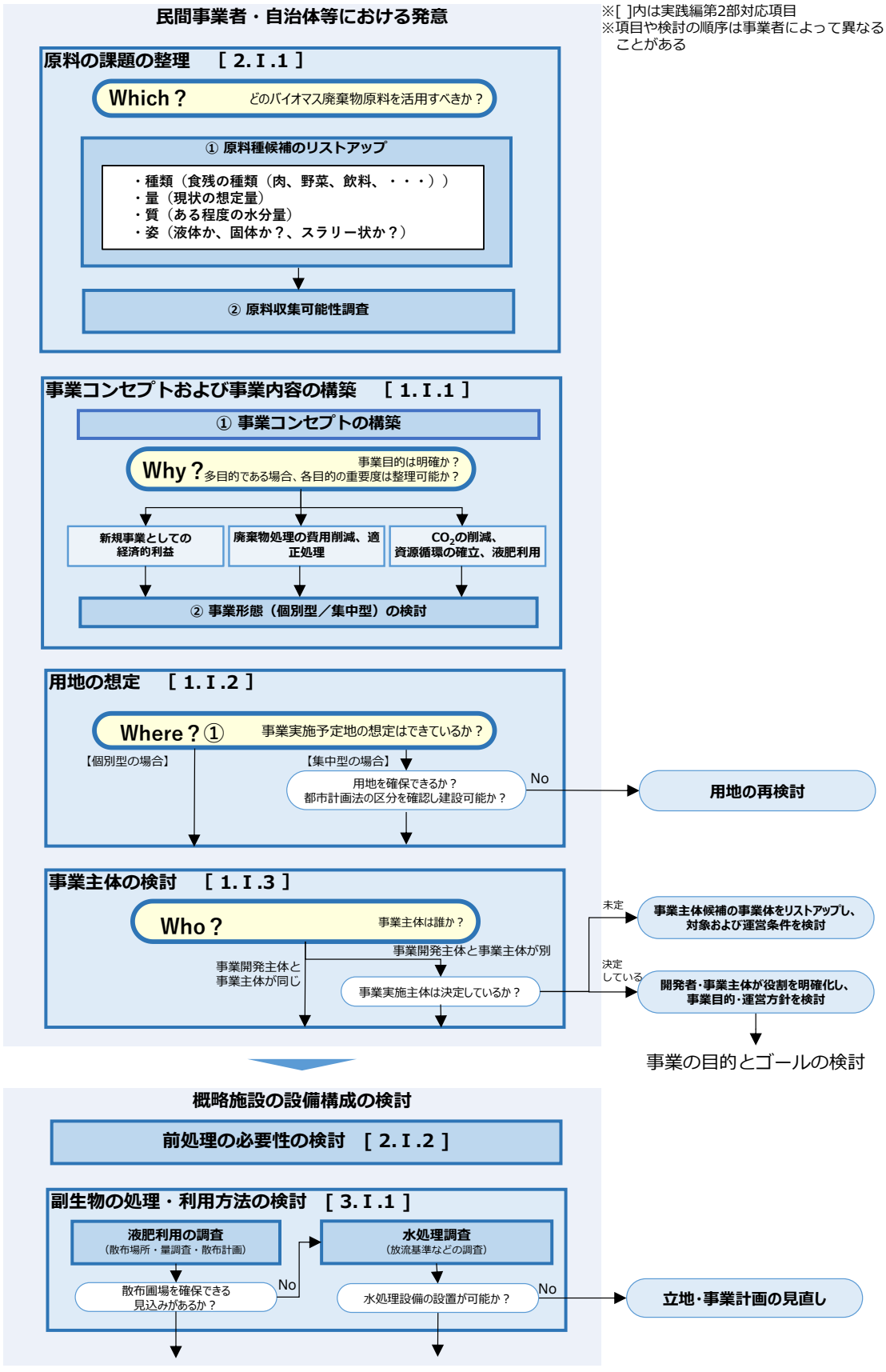
バイオマスエネルギー事業の構想から運転までの実施事項を示す。第 2 部 1 章～4 章では、それぞれの実施事項に対する留意点や詳細情報、各種データ等を解説している。



（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

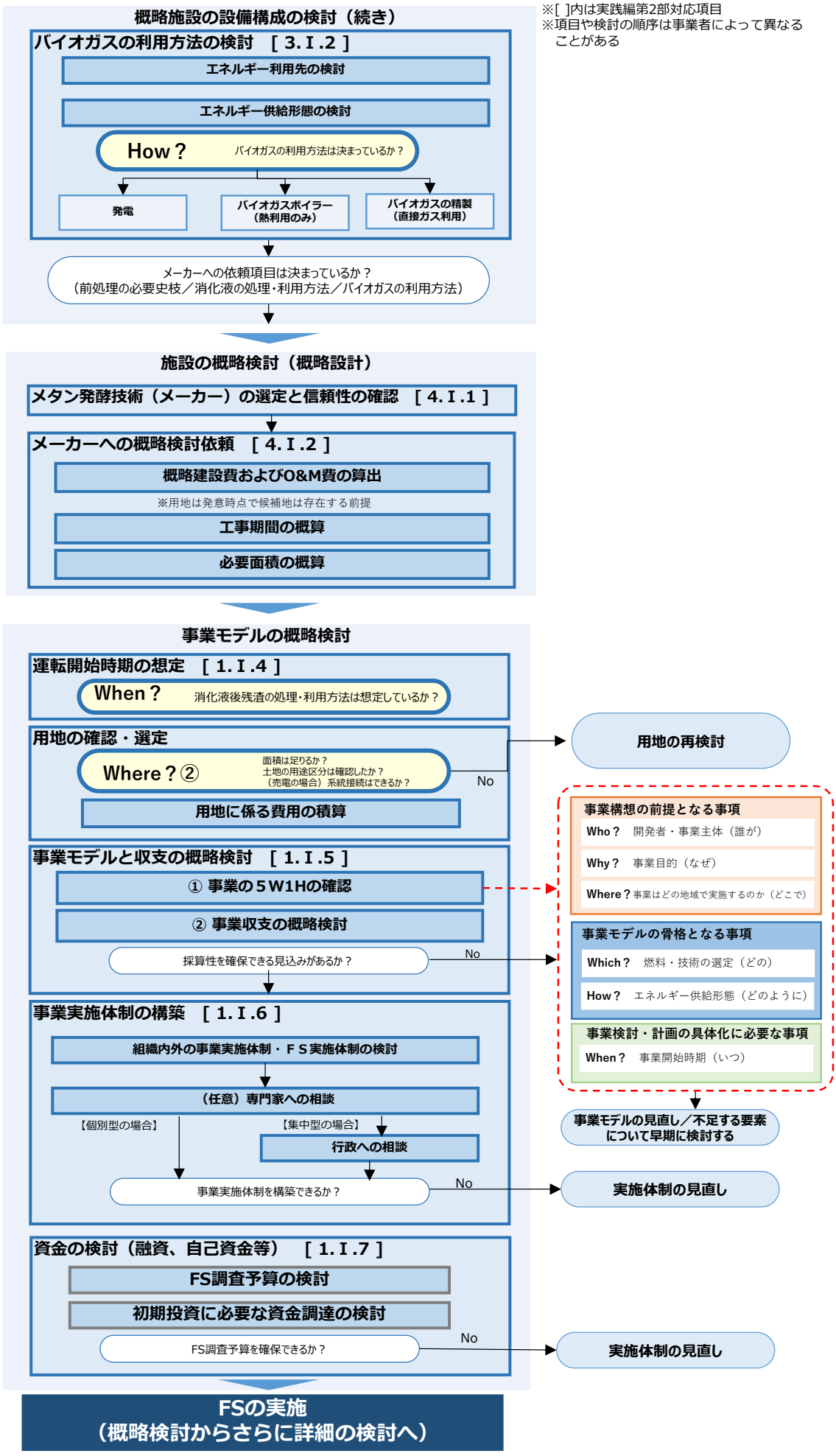
構想段階の実施事項および意思決定の流れ

メタン発酵事業の構想段階において取り組むべき事項の全体像は以下のとおりである。項目や検討の順序は事業者によって異なることがあることに留意されたい。



（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

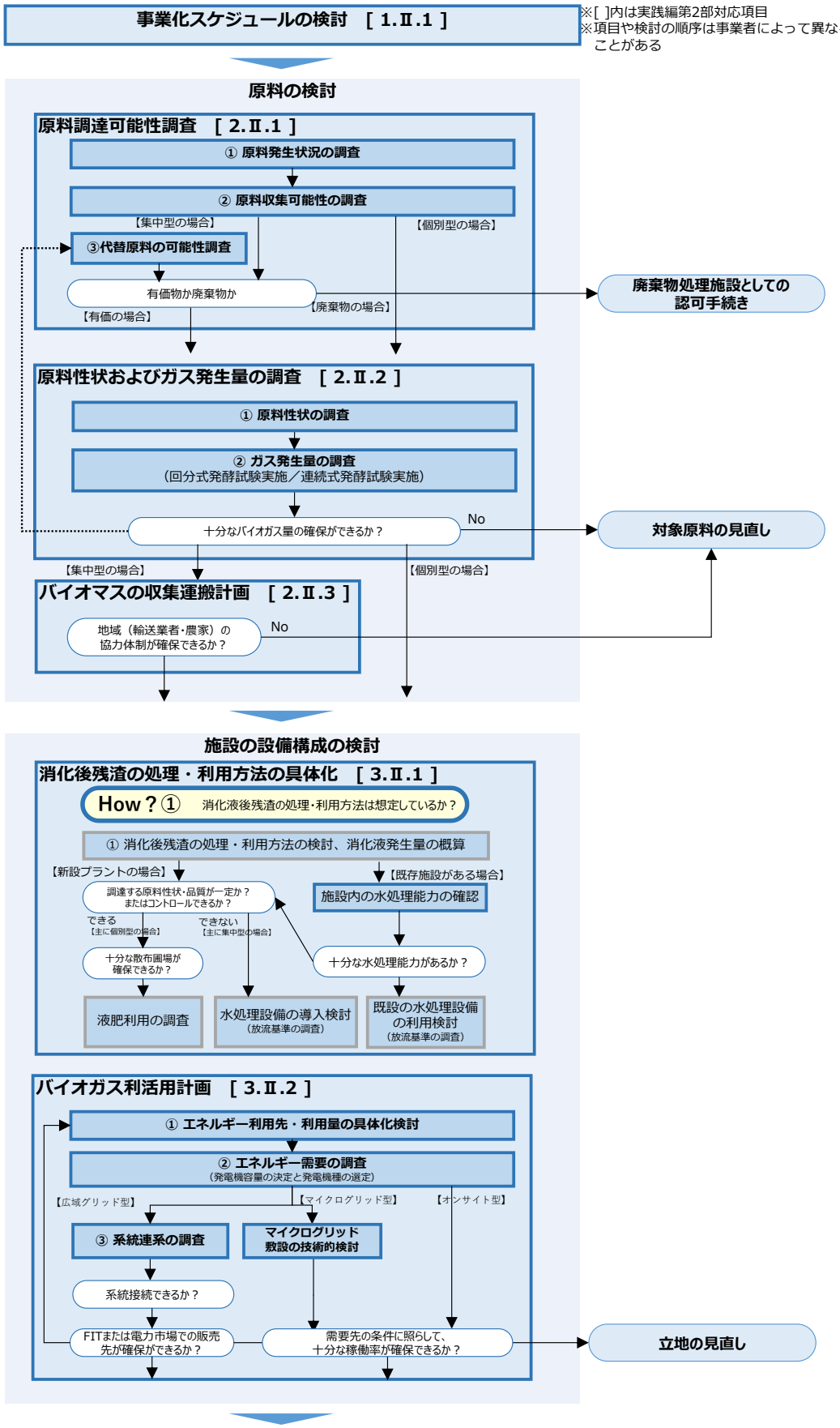
※[ ]内は実践編第2部対応項目
※項目や検討の順序は事業者によって異なることがある



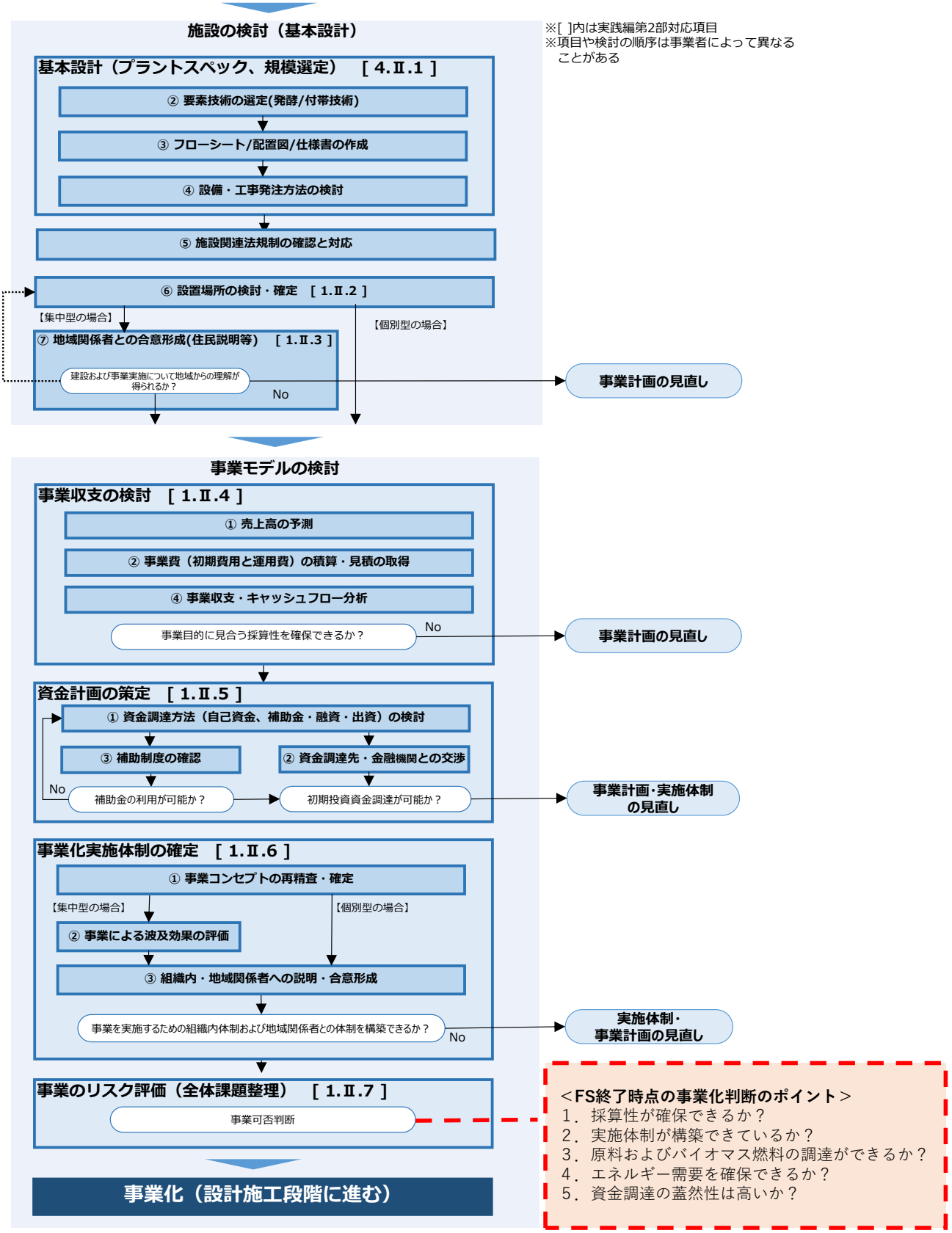
（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

FS 段階の実施事項および意思決定の流れ

メタン発酵事業の FS 段階において取り組むべき事項の全体像は以下のとおりである。項目や検討の順序は事業者によって異なることがあることに留意されたい。



（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

1章　バイオマス利用システム全体に係る留意点と解決策

システム全体に関する「よくある課題」

（1）　適切な実施体制が構築できない

メタン発酵事業は原料調達、エネルギー変換・供給、副生物の利用・処理などサプライチェーンが長く、事業組成にあたりステークホルダーの数が多くなる。こうしたステークホルダー各者の合意がないと実現は不可能となる。そのため、事業を計画する際に解決すべき最重要課題の一つが実施体制の構築である。実施体制は安定的な原料調達、エネルギー需要先の確保の鍵となるだけでなく、金融機関等からの資金調達の際にも重要となる。実施体制に係る各課題に関する留意事項や対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.1.1　実施体制検討時の主な課題とガイドラインの参照先

● 事業主体が確立していない ● 中心的な担当者とそのサポート体制が構築出来ていない ● 原料調達から加工、運搬、エネルギー転換・利用までの主体が明確となっていない	⇒	**「1.Ⅰ.3 事業主体の検討」（114 頁）**参照
● 事業コンセプトが関係者間で共有されていない	⇒	**「1.Ⅰ.1 事業コンセプトおよび事業内容の構築 ①事業コンセプトの構築」（106 頁）**参照
● 行政および専門家への相談ができていない、FS 実施や事業化に向けた体制構築ができていない	⇒	**「1.Ⅰ.6 事業実施体制の構築 ① 組織内外の事業実施体制･FS 実施体制の検討（122 頁）、② 専門家への相談（124 頁）、③ 行政への相談（125 頁）」**参照
● 地元との合意形成ができていない	⇒	**「1.Ⅰ.6 事業実施体制の構築」（121 頁）、「1.Ⅱ.6 事業実施体制の確定③ 組織内･地域関係者への説明･合意形成（173 頁）」**参照

その他、地元との合意形成に向けては、地域協議会の開催が有効である。また、地域経済への意義を定量的に示すことで合意形成をより円滑にすることができる。

⇒　地域協議会については**「1.Ⅱ.3 地域関係者との合意形成」（142 頁）、「1.Ⅱ.6 事業実施体制の確定 ② 事業による波及効果の評価」（171 頁）**を参照されたい。また、経済波及効果については**「1.Ⅱ.6 事業実施体制の確定 ③ 組織内･地域関係者への説明･合意形成」（173 頁）**を参照されたい。

（2）　資金調達ができない

メタン発酵事業は、事業内容によって数億～数十億円の投資が必要となり、特に FIT 制度下では新規事業としてのバイオマス発電に、事業者の本業の売り上げ規模を上回る資金調達を試みた事例も報告されている。一方で、地域によっては原料調達の蓋然性を長期にわたり担保することが難しく、資金を調達できないことがある。また、設備を運営する事業者と周辺の事業関係者の実績や技術があったとしても、財務状況を理由に資金調達ができないこともある。そのような場合は、資金力のある大手企業がスポンサーとして参画する他、また公的な金融機関が一部出資することでリスクを低減するなどの対応をする方策がある。

公的な金融機関による支援制度の例は**「1.Ⅱ.5 資金計画の策定 ② 資金調達先・金融機関との交渉」（160 頁）**を参照されたい。その他、資金調達に係る各課題に関する留意事項や対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.1.2 資金調達検討時の主な課題とガイドラインの参照先

● 資金調達の時期と手段が明確になっていない（自己資金、出資、融資（コーポレートファイナンス、プロジェクトファイナンスなど）、メザニン、補助金等）	⇒	**「1.Ⅱ.5 資金計画の策定 ① 資金調達方法の検討」（157 頁）**を参照
● 資金調達のための事業体の組成ができていない	⇒	**「1.Ⅲ.1 事業化体制の具体化」（194 頁）**参照
● 資金の調達先、金融機関から事業に対する理解および出資・融資の条件の合意が得られていない	⇒	**「1.Ⅱ.5 資金計画の策定 ② 資金調達先・金融機関との交渉」（160 頁）**を参照
● 想定する補助制度が見つからない	⇒	**「1.Ⅱ.5 資金計画の策定③ 補助制度の確認」（166 頁）**を参照

（3） 法規制に対応できない

メタン発酵事業は原料調達から施設・設備の建設、運用、エネルギー利用、さらに消化液等の残渣の処理・利用など、多岐にわたる法規制に対応する必要があり、実現のための大きなハードルとなる。特に敷地外から原料を調達し、処理手数料を徴収する事業では一般廃棄物、産業廃棄物それぞれで「廃棄物処理業」「廃棄物収集運搬業」「処理施設」の 3 つの許認可を取得する必要がある。これらの取得には 2～3 年の期間を要するため、事業スケジュールの観点で計画を断念するケースもある。

⇒ メタン発酵事業で対応が必要な法規制のリストおよび具体的な手続きは**「4.Ⅱ.1 基本設計 ⑤ 施設関連法規制の確認と対応」（369 頁）**を参照されたい。

（4） 立地を確保できない

新規に土地を取得してメタン発酵施設を建設する場合、原料調達の安定性、エネルギー利用・供給先および必要インフラ（送電網等）、その他住民との関係性等、様々な要素を考慮して立地選定を行う必要がある。また、取得する土地に関しては該当する法律について必ず把握する必要がある。特に以下の法律における土地の区分では、特定の用途以外の利用や開発が制限され事業実施が困難でがあることが多い。

表 2.1.3 用地選定時に留意すべき法律の例

- 建築基準法
- 都市計画法
- 農地法

こうした法規制への対応も行政を巻き込んだ適切な実施体制で円滑に進めることができる場合があり、先行事例では FS 段階から主要な地域関係者や行政を含めた協議会を設立して合意形成を図ることで滞りなく事業実現に至ったケースもある。

「1.Ⅰ.2 用地の想定」（112 頁）および**「1.Ⅱ.2 設置場所の検討・確定（137 頁）」**では、土地の選定時に考慮すべき以下のような項目について、具体的な用地条件やリスク、対処方法を記載している。

表 2.1.4 用地選定時に留意すべき項目の例

● 地形地質条件（埋立地、地下水位が高い土地、過去に鉱山や坑道、最終処分場、地盤改良があった土地等） ● 自然条件（気象条件）・災害リスク ● バイオマス原料・燃料調達距離 ● 建設地周辺の住宅地の有無 ● インフラの有無（上水・下水等のユーティリティ、高圧送電線からの距離、逆潮流および系統接続可否など） ● 処理水の放流先

（5） 採算性が確保できない

メタン発酵事業では上述のとおり大きな投資が必要になる上、事業期間にわたり原料を安定価格で調達し、さらに電気または熱についても収益性のある価格で販売する必要があるなど、採算性に影響を及ぼす変数およびリスクが多岐にわたる。事業化判断を行う際に将来にわたっての採算性とリスクをできる限り見通すことができるかが重要な判断指標の一つとなる。

実施すべき分析の種類や想定ケースの考え方や費目について検討が不十分な場合、またコンサルタントやメーカーから提示された見積りの前提条件を適性に評価できない場合、計画時の想定と異なる収益性となりかねず、事業者自らリスクケースを考慮して採算性の検討を行うことが必要となる。採算性に関する具体的な課題と対応策等の詳細は下表の項目を参照されたい。

表 2.1.5 採算性の分析に係る主な課題の例

● 適切な事業収支計画と財務指標※に基づいた分析ができていない ※予想損益計算書（P/L）、貸借対照表（B/S）、キャッシュフロー計算書（C/F）、各種財務指標（IRR、DSCR 等）など	⇒	**「1.Ⅱ.4 事業収支の検討④ 事業収支・キャッシュフロー分析」（153 頁）**参照
● 理想的な条件の事業性分析のみで事業実施可否を判断している ● 技術的な裏付けのある現実的な運転計画の条件をベースとした収支計画が組まれていない ● リスクケースを踏まえた分析ができていない（O&M 費、原料・燃料費、エネルギー販売価格等） ● 費目に抜け漏れがある（例：大規模修繕費、登記費用等）	⇒	**「1.Ⅱ.4 事業収支の検討 ② 事業費（初期費用と運用費）の積算（147 頁）、④ 事業収支・キャッシュフロー分析」（153 頁）**参照

また、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の中で、本ガイドラインと併せて NEDO ホームページで公開している**事業性分析ツール（説明は第 1 部 4 章 バイオマスエネルギー利用の意義参照**）も活用されたい。

（6） 建設・稼働ができない

上述のとおり、メタン発酵事業では様々な関係者、ステークホルダーとの協力が必要であり、その分リスクも多岐にわたる。そのため、事業化判断を行った後も建設段階において予定通り施設・設備が完成しないケースも見られる。代表的なものとしては以下が挙げられる。

表 2.1.6 建設段階で留意すべきリスクの例

- 許認可や事業用地が確保できないリスク
- そもそも完工しない、あるいは想定する性能を発揮しないリスク
- 工事業者やプラントメーカーの倒産するリスク
- プラントや燃料に起因する機器・設備等のの不具合リスク

⇒ こうした課題に対し**「1.Ⅱ.7 事業のリスク評価（FS 終了時）①建設段階のリスクとその対処方法の例」（174 頁）**では各リスクに対して対処方法を記載している。

（7） 安定的な事業運営ができない

メタン発酵設備は運転後も事業期間中、原料、並びにエネルギー供給、消化液利用に関する安定的な「量」と「価格」を維持・改善していく必要がある。また、設備のトラブルの発生防止や老朽化対策のためメンテナンス体制の構築も重要となる。

表 2.1.7 運転段階で留意すべきリスクの例

- 当初予定した調達する原料の量・価格・質が、事業期間中に変動するリスク、調達先の事情（倒産含む）により契約が維持できないリスク
- 稼働後に腐食・消耗・故障その他により初期の性能を発揮しないリスク
- メーカーの倒産や部品在庫等の問題により、メンテナンスを適正に受けられないリスク
- 熱供給の場合、供給先の経営状況（倒産含む）による、将来的な需要量および、化石燃料等の他のエネルギー価格との兼ね合いによる供給価格の変動リスク
- 自然災害等の不可抗力によるリスク
- 税制等の制度変更にかかるリスク

⇒ **「1.Ⅱ.7 事業のリスク評価（FS 終了時）②運営段階のリスクとその対処方法の例（177 頁）、③その他全般に関するリスクとその対処方法の例（180 頁）」**では各リスクについて対処方法を記載している。

フェーズⅠ　構想段階

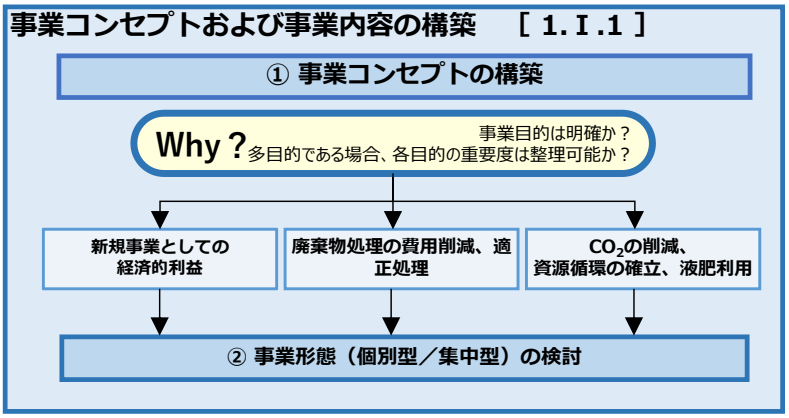
システム全体の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.1.8 システム全体の構想段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
1.Ⅰ.1	**事業コンセプトおよび事業内容の構築**		
①	**事業コンセプトの構築**	**事業の目的・ねらいが整理できているか？**	
		特定の技術・機器を前提とした計画や規模感になっていないか?交付金や補助金先行の計画となっていないか?	
		地域からの反対を受けるような計画になっていないか？社会的に問題になるような計画になっていないか？	
②	**事業形態（個別型／集中型）の検討**	事業者の特性と実施目的に適合するメタン発酵の事業形態（個別型／集中型）を選択できているか？	
1.Ⅰ.2	**用地の想定**	**地形、地質に問題はないことを確認したか？**	
		原料調達範囲や周辺環境、アクセス道路、用水、電力、通信等のインフラなどを踏まえた用地は想定できているか？	
		候補地の土地の区分を確認し、許認可（地域区分、用途区分）の必要性の有無を把握したか？	
1.Ⅰ.3	**事業主体の検討**	**ビジョンのみが先行して事業主体が想定できない計画となっていないか？**	
1.Ⅰ.4	**運転開始時期の想定**	**運転開始時期を想定できているか？**	
1.Ⅰ.5	**事業モデルと収支の概略検討**		
①	**事業の 5W1H の確認**	**原料調達、エネルギー変換、利用までのプレーヤーや拠点が想定できるか？**	
		特別な許認可(廃掃法、開発申請など)の必要な事業ではないか？またその取得も想定しているか？	
②	**事業収支の概略検討**	**設備単体だけではなくシステム全体での建設費、投資規模は想定できているか？**	
		メタン発酵事業全体の投資規模を理解できているか？	
		収益構造・採算性のターゲットが想定できているか？（処理費低減、売電・売熱、液肥販売など）	
1.Ⅰ.6	**事業実施体制の構築**		
①	**組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討**	**資金力や実行力も含めた事業主体を想定することができるか？**	
		事業の実現に向けて中心的に動ける担当者が存在し、そのサポート体制も構築できているか？	
②	**専門家への相談**	**構想の具体化について専門家や専門機関・支援機関等に相談して助言を受けているか?**	
③	**行政への相談**	**構想について地元行政に相談や情報提供ができているか？そのうえで行政の協力を得ることが可能か？**	
1.Ⅰ.7	**資金の検討**		
①	**FS 調査の予算獲得**	**国の補助メニューの活用を含め FS 予算を確保できるか？**	
		信頼できる技術力のある専門家・専門機関も交えた FS 調査の実施体制を構築できるか?	
②	**初期投資に必要な資金の検討**	（内容およびチェック事項の詳細は「1.Ⅰ.6① 組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討」および「1.Ⅱ.5① 資金調達方法の検討」、「1.Ⅱ.5② 資金調達先・金融機関との交渉」を参照）	

1.Ⅰ.1 事業コンセプトおよび事業内容の構築

民間事業者・自治体等における発意の段階では、「なぜ」バイオマスエネルギー事業を行いたいのかを明確化する。主な目的としては、「新規事業としての経済的利益を得たい」、「廃棄物処理の費用削減、適正処理をしたい」、「CO_2 の削減、資源循環の確立、液肥利用をしたい」などが挙げられる。もし複数の目的がある場合は、できる限り各目的の重要度を整理することが重要である。目的の優先度が後段の採算性を踏まえた事業実施決定に深く関わるためである。



① 事業コンセプトの構築

❑ 事業の目的・ねらいが整理できているか?

メタン発酵事業は再生可能エネルギーの生産・利用という側面がある一方で、**より重要なのは環境保全を目的とした有機物リサイクル**（廃棄物処理を含む）という一面である。施設の稼働を開始すると、地域の廃棄物処理インフラとして様々な関係者から排出された廃棄物やバイオマス資源を毎日必ず受け入れる必要がある。このような地域における重要な役割を担う立場となるため、**事業を簡単に止めることはできない**。したがって、固定価格買い取り制度が終了する **20 年後においても持続的な事業を意識した中長期的な視点で事業を検討**することが必要となる。

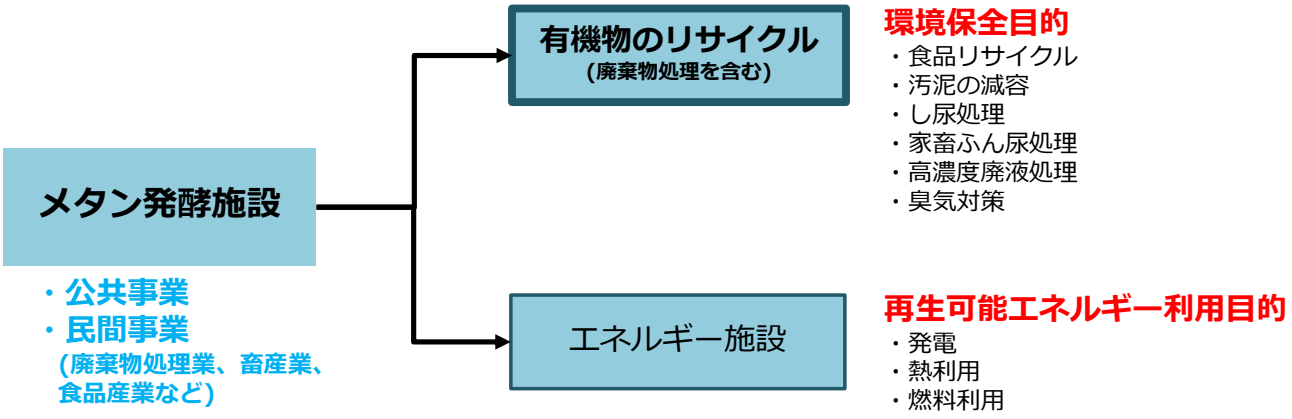


図 2.1.1 メタン発酵施設の 2 面性

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

メタン発酵は高い含水率の原料や夾雑物の混じった原料を含む**多種多様なバイオマスの受入が可能**であり、それらを一括で処理することができるメリットがある。そのため一部の自治体で見られるように、家庭で発生するし尿や生ごみ、産業から排出される食品廃棄物を一つのメタン発酵施設で処理するなど、**廃棄物処理インフラを合理化**することができる。また、家畜ふん尿などの**悪臭を低減する効果**や**出力変動が発生しにくい**安定した再生可能エネルギー生産拠点としてのメリットも重要である。なお、発酵残渣には肥料成分（窒素、リン、カリウム）が豊富で**良質な肥料として農作物栽培に利用**できる。ただし液肥（消化液）や堆肥の**供給先がないと水処理が必要**となるため、こうした**「出口」の確保が持続可能な事業のカギ**となる。

近年は FIT 制度の活用により民間企業がメタン発酵技術を導入する事例が増加し、上記の意義を活かして廃棄物処理業の幅の拡大、地域内における 6 次産業化、畜産業の増頭・増羽など、**本業との相乗効果を生み出している**事例も数多くみられる。こうした成功事例に共通するのは、事業者または地域が抱える課題をしっかりと整理し、それらの**課題解決に向けたソリューションおよび手段としてメタン発酵を導入**していることである。

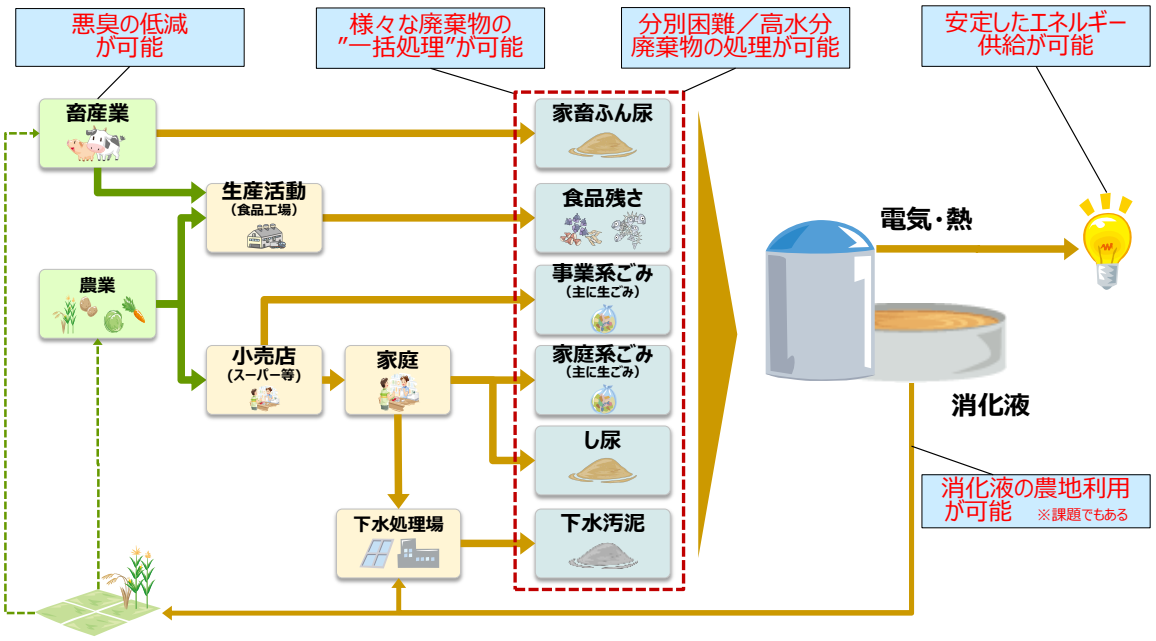


図 2.1.2　メタン発酵施設の導入メリット

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

❑ 特定の技術・機器を前提とした計画や規模感になっていないか?交付金や補助金先行の計画となっていないか?

特定の技術の利用や補助金の取得が事業実施の主目的となり、**事業実施意義の検討があいまいな状態**で進んだ結果、稼働後原料調達を含む関係者の協力が得られず頓挫した事例も存在する。そのため、事業の計画を検討するにあたり、**メタン発酵事業実施の意味、価値を事業者自ら整理**することが必要である。

一方で、メタン発酵事業は地域と密接につながりのある事業であるため、地域の住民の理解を十分に得る必要があることに留意する。そのため、**メタン発酵施設運営に伴い発生する課題を明確化し、地域への影響を最小限にする**ように努める必要がある。

❑ 地域からの反対を受けるような計画になっていないか?社会的に問題になるような計画になっていないか?

メタン発酵施設の運営により発生しうる課題

メタン発酵事業は原料を毎日収集運搬する必要があり、それまで地域内の道路ではほとんど走行しなかった**廃棄物収集車両がかなりの頻度で往来**する。そのため、交通上のみならず**景観上も問題**が生じる可能性がある。

加えて、メタン発酵では可燃性かつ**爆発性のメタンを含んだバイオガスが発生**するため、安全面での対策が要求される。

また、発酵後の副生物として消化液が発生する。消化液は水処理が行われることが多いが、上述のとおり肥料成分が豊富に含まれるため、農地に液肥として散布することもできる。その場合、消化液には臭気があるため**臭気対策、散布対策、運搬・散布用の車両に関する安全対策**も求められる。

メタン発酵施設の二次公害として、**大気汚染、水質汚濁、悪臭、騒音**などが発生する。特に水質汚濁と悪臭対策は地域への影響が大きいため、しっかりとした対策が求められる。

その他、メタン発酵施設の運転により地域内の廃棄物系バイオマスを収集すると、それまで既存の排出者と**廃棄物業者の間で順調に取引がなされている廃棄物のルートが乱れ**、トラブルに発展することがある。そのため、メタン発酵事業の計画時点から**既存のバイオマスの利用状況を把握し、地域の廃棄物処理業者との理解醸成を図る**必要がある。

肥料化、飼料化との棲み分け

食品廃棄物（食品残渣）を利用してメタン発酵を行う場合は、飼料化や肥料化などの**他の食品リサイクルの手法との棲み分けについても意識**する必要がある。農林水産省が提示している「図 2.1.3 食品廃棄物の種類と再生利用の方法」を参考にされたい。

飼料化は、原料である食品残渣の適切な分別管理や製品の精密な成分管理等が求められる。食品残渣の種類としては、食品製造業から排出される大豆粕・米ぬか、パン・菓子屑などのほか、店舗での調理残渣などが向いているとされる。

肥料化（堆肥化）は、飼料化に向く原料と重なるものも多いが、初期投資の少なさ、技術的なハードルの低さなどから新規参入が容易である一方、他の肥料との競合から需要も必ずしも多くなく、最終製品価格も決して高くないとされている。

メタン化の場合は、含水率の高い家畜ふん尿などのバイオマス資源を対象とすることができる。また、飼料化、肥料化等のリサイクル手法に比べて、比較的分別が粗くても適用できる技術である。さらに、バイオマス資源をメタン発酵させた後、固液分離して、再生敷料や液肥を生産するなど、資源化技術を組み合わせて利用することができる。

FIT 制度や補助金があるからといって**メタン発酵技術を前提とするのではなく、各食品リサイクル手法の特徴を踏まえ、食品廃棄物を利用する本来の目的と合致するシステムを検討**する必要がある。

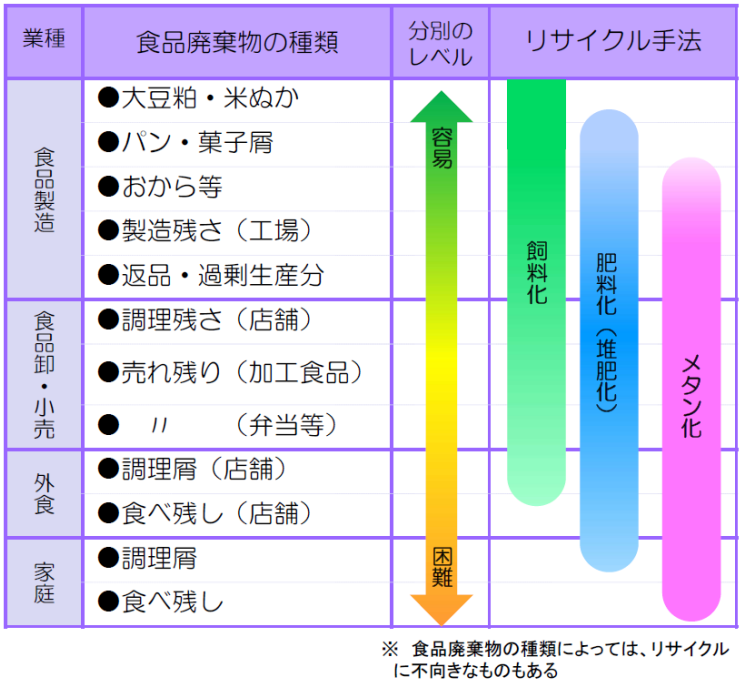


図 2.1.3 食品廃棄物の種類と再生利用の方法

（出所）農林水産省・環境省「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律の施行状況」

② 事業形態（個別型／集中型）の検討

❑ 事業者の特性と実施目的に適合するメタン発酵の事業形態（個別型／集中型）を選択できているか？

個別型と集中型

メタン発酵事業は個別型と集中型の 2 つに大別され、事業者自身や地域が抱える原料廃棄物に合わせて選択する。

（1）個別型

自社の施設で発生する廃棄物等をメタン発酵処理し、得られたバイオガスを発電および熱に利用する事業モデルである。

表 2.1.9 個別型メタン発酵事業の概要

原料・燃料調達		自社で発生するバイオマス原料を処理する。性状によっては前処理を行う。
エネルギー変換設備		国内事例のほとんどは湿式メタン発酵設備を利用して処理する。
エネルギー供給・利用		メタン発酵により得られたバイオガスを発電し系統を通じて電力会社に売電、または自家消費する他、発電設備から得られた廃熱から得られた温水を自家消費または隣接地域に販売することもある。その他、発電せずにバイオガスをボイラーに投入し熱利用（温水または蒸気）、バイオガスを精製してメタンとして販売することもある。
全体	**立地**	通常原料となる廃棄物が発生する事業主体が保有する施設敷地で実施する。
	事業主体	バイオマス原料を排出する施設保有者（企業または下水／廃棄物処理場）がメタン発酵設備を導入し運転管理する。

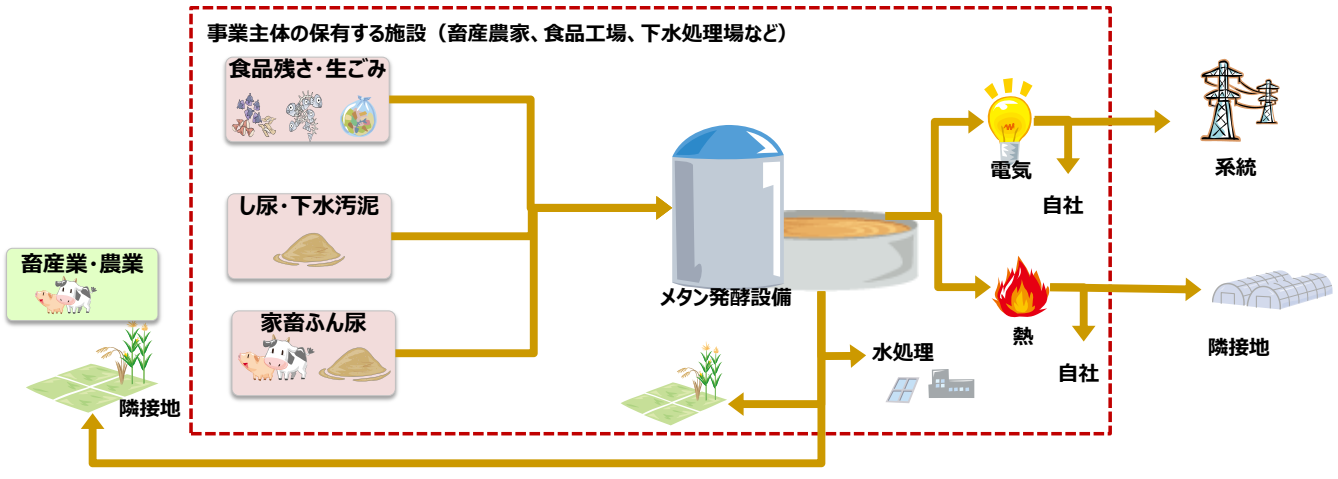


図 2.1.4 個別型メタン発酵事業のイメージ

（2）集中型

自社で発生または地域から調達可能なバイオマス燃料をボイラー等で熱利用または発電し電力を外部供給する事業モデルである。

表 2.1.10 集中型メタン発酵事業の概要

原料・燃料調達		地域の複数の場所で発生するバイオマス原料をメタン発酵施設まで輸送し処理する。性状によっては前処理を行う。
エネルギー変換設備		湿式または乾式メタン発酵設備を利用して処理する。
エネルギー供給・利用		メタン発酵により得られたバイオガスを発電し系統を通じて電力会社に売電、または自家消費する他、発電設備から得られた廃熱から得られた温水を自家消費または隣接地域に販売することもある。その他、発電せずにバイオガスをボイラーに投入し熱利用（温水または蒸気）、バイオガスを精製してメタンとして販売することもある。
全体	**立地**	自社の敷地および既存の廃棄物処理施設にメタン発酵装置を導入する、または新規に土地を取得し施設を建設する。
	事業主体	地域で排出されるバイオマス原料の処理を行っている主体（産廃業者、自治体等）の他、複数の主体が共同で新会社（特別目的会社等）を設立する場合もある。また、公共事業の場合は PFI 方式により自治体が導入しメタン発酵施設を民間企業が運営管理するケースもある。

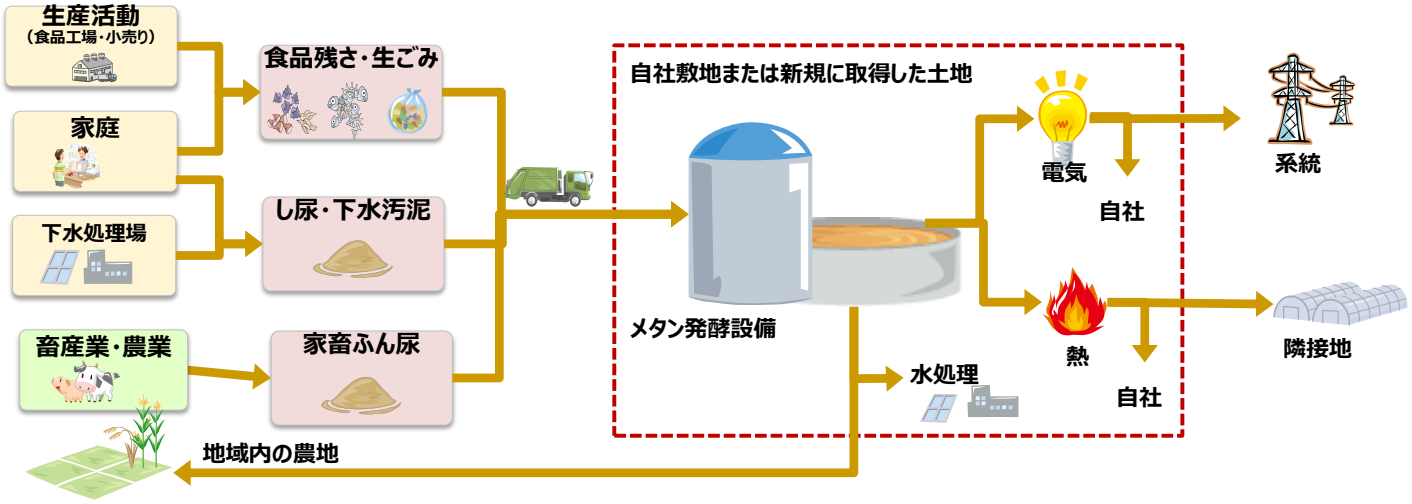


図 2.1.5 集中型メタン発酵事業のイメージ

食品廃棄物系メタン発酵における個別型と集中型

食品廃棄物を利用したメタン発酵事業は、表 2.1.11 に示す(a)～(c)の 3 種類に大別される。

(a)の食品工場内での処理事業は主に食品メーカーが事業主体となる。この場合外部からの廃棄物の受け入れがないため廃棄物処理業の許可は必要ない。一方、集中型メタン発酵事業である(b)および(c)は、産業廃棄物および事業系一般廃棄物を主体とした事業となり民間事業者が事業主体の場合は、自ら産業廃棄物処理業を実施するか、市町村から一般廃棄物の処理委託を受け事業を実施することとなる。家庭系一般廃棄物等を主体とする(c)タイプの事業は、市町村が主体となり、自ら事業を実施する場合や PFI（プライベート・ファイナンス・イニシアティブ）事業として実施することが多い。

表 2.1.11 食品廃棄物を利用したメタン発酵事業の分類

事業形態	対象廃棄物	事業主体	代表事例	利点	欠点
個別型	(a)食品残渣のみ	バイオマスを排出する民間企業（自家処理）	キリンビール霧島酒造など多数	・ 工場内でエネルギー利用が可能 ・ 原料調達リスクが低い	・ 原料規模の確保
集中型	(b)事業系一般廃棄物（食品小売/外食残渣+食品残渣）＋産業廃棄物	民間企業	バイオエナジーオオブユニティなど	・ 処理手数料を自由に設定可能	・ 原料調達の安定性にリスクがある ・ 事業期間途中での中止が困難 ・ 利用可能な補助金が市町村主体の事業と比べて限定的
	(c)家庭系一般廃棄物+(a)または(b)の事業系廃棄物	市町村 民間企業	富山グリーンフードリサイクル 神立〇〇ト 大木町 みやま市など	・ 市町村自身または市町村からの処理委託事業のため、安定的な原料調達が可能	・ 事業期間途中での中止が困難 ・ 一般廃棄物の処理手数料の設定に制約 ・ 将来の人口減による調達バイオマス量減少の可能性がある

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

畜産系メタン発酵における個別型と集中型

家畜ふん尿処理または活用事業には、農家毎にメタン発酵設備を導入する「個別型」と複数の農家のバイオマスを一箇所のメタン発酵設備に輸送し処理する「集中型」の 2 つがある。

既存事例では個別型が多いが、畜産農家が密集する地域では集中型も効率的である。集中型は輸送コストおよび効率の観点から、概ね収集半径が 10km 以内の条件下で実施されることが多い。

表 2.1.12 個別型／集中型メタン発酵事業の比較

事業形態	概要	事例	利点	欠点
個別型	個別の畜産農家が敷地内にメタン発酵設備を導入する形式	士幌町など北海道に多数	・ 廃棄物輸送が容易 ・ 敷地内に牛舎や牧草地など熱や消化液の有効活用先が存在	・ 200～300 頭以上の規模が経済性の確保の条件 ・ メンテナンスを農家自身が行うことが多い[1]
集中型	自治体、農協、産廃事業者などが複数の畜産農家から 1 箇所のメタン発酵施設に廃棄物を集める形式	鹿追町、別海町、興部町等	・ 規模を確保することが容易 ・ 農家の廃棄物処理や液肥散布の人的コストが基本的に不要[2]	・ 自治体によっては産廃処理業許可の取得が必要 ・ 廃棄物や消化液の輸送にコストがかかる

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

[1] メーカーに委託しているケースも存在する
[2] 事例によっては、農家自ら液肥散布を行うケースも存在する

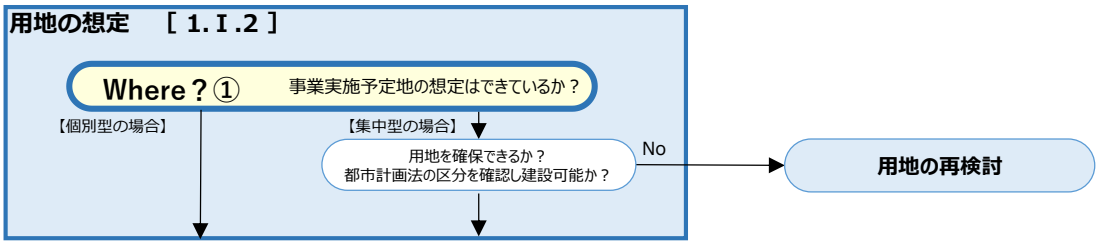
1.Ⅰ.2 用地の想定

民間事業者・自治体等における発意の段階では、事業を実施するための用地を想定する。実際に施設の概略設計を実施しないと必要な面積を出すことができないが、**自社の敷地で実施する場合**のように、既に実施場所が決まっている場合もある。

新たに施設を建設する場合は、対象とする地域で確保できそうな用地の候補を想定する。その際、想定する用地の都市計画法などの区分を必ず確認する。同法の市街化調整区域（都市計画法）、準工業地域（都市計画法）、その他農地（農業振興地域における"農用地区域"、"第 1 種農地"）では発電設備や熱利用設備の導入に制約があるためである。

なお、メーカーに依頼して施設の概略設計が完了し、事業モデルの概略検討に進んだ時点で改め用地の検討を行うことになるが、できる限り検討初期段階（民間事業者・自治体における発意の段階）で用地の適性を把握しておくことが望ましい。

概略設計を行うことで施設建設に必要な面積の概算値が明らかになり、それを基に想定している用地面積が十分かを確認することができる。また、上記の都市計画法の土地の用途区分や、売電の場合は系統接続の可否についても併せて確認し、もしこの段階で条件を満たさない場合は、用地の再検討が必要になる。



❑ 地形、地質に問題はないことを確認したか？

❑ 原料調達範囲や周辺環境、アクセス道路、用水、電力、通信等のインフラなどを踏まえた用地は想定できているか?

新規に土地を取得する場合は法規制や土地の脆弱性などにより思わぬ制限や造成費などの追加コストが発生することがある。過去の災害の有無、災害危険の可能性、地耐力、過去の土地利用、用水、アクセス道路、その他、周辺住民との関係性についても確認することが望ましい。

計画地が大規模災害（地震、津波、火山噴火、水害、土砂災害、高潮など）の被災リスクの高い場所でないかどうかは、国土交通省や該当地の自治体（都道府県・市町村）が提示しているハザードマップで確認ができる。

❑ 候補地の土地の区分を確認し、許認可（地域区分、用途区分）の必要性の有無を把握したか？

メタン発酵事業を計画するにあたり、初期段階で用地の法的条件を確認することが重要である。既存の事例では、FS 段階や設計施工段階になって、**想定していた用地が法律上メタン発酵事業が困難なことが判明し、やむなく断念**したケースが少なくない。

用地に係る法的要件のうち、特に重要なものを以下に示す。

市街化調整区域（都市計画法）

都市計画法上の区域区分のひとつである**市街化調整区域内での建築物や構造物の設置は制限**されており、通常は開発許可がなければメタン発酵施設の設置は非常に困難である。各自治体に設置される開発審議会や建築指導課との協議が必要になることもある。開発行為を伴う場合は開発審議会での審議が必要であり、開発許可を得るまでにも相当の期間を要する場合があることを念頭においておくべきである。

メタン発酵施設の建設には、**都市計画法の規制のない工業地域および工業専用地域で実施することが望ましい**。

準工業地域（都市計画法）

都市計画法上の地域地区の指定であるが、市街化区域の中でも特に**準工業地域におけるガス発生施設の設置は制限**されており、用途の変更等の検討が必要となる。

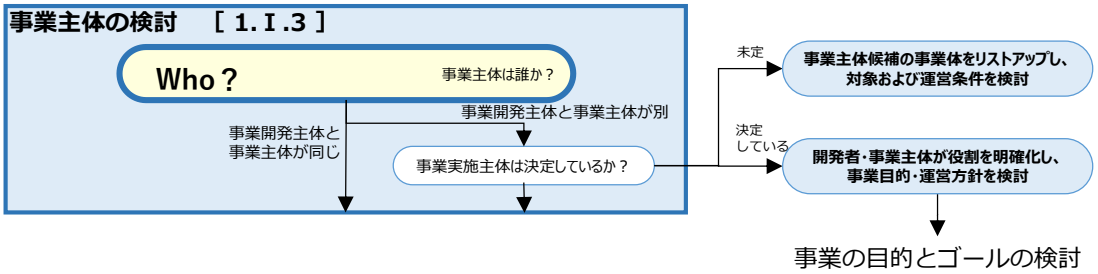
農地

農地の転用においても地元の農業委員会の審査が必要であり一定期間を要する場合がある。特に、農業振興地域における**「農用地区域」、並びに「第 1 種農地」に該当する場合は原則農地転用できない**ことに留意する必要がある。

詳細は、**「1.Ⅱ.2 設置場所の検討・確定」（137 頁）**を参照されたい。

1.Ⅰ.3 事業主体の検討

民間事業者・自治体等における発意の段階では、メタン発酵事業の検討を開始するにあたり、事業主体を明確化する必要がある。多くの民間事業は計画者と事業実施者が同じであるが、自治体が発意するケースのように、計画者と事業実施者が別の場合もある。そのような場合は事業実施者となりうる事業体をリストアップし、対象および運営条件を検討する。事業主体が決定していれば、事業主体が役割を明確化し、事業目的・運営方針を共に検討する。



❑ ビジョンのみが先行して事業主体が想定できない計画となっていないか？

特に自治体事業の場合は青写真を描いたものの、実施主体をはじめとする５W1H が想定されていなかったため、FS の事業化に進めなかったケースが数多く存在する。事業主体が明確な場合も FS 調査費、初期投資を賄うことができる「資金力」を有するかを確認する必要がある。

バイオマスエネルギー事業の内容を検討する際、ビジネスモデルの青写真を描いたものの、**「実施者」や「場所」が想定されていなかったため、FS の事業化に進めなかったケースが数多く存在**する。そのため、必ず原料調達から設備運転（事業実施者）、エネルギー・副生物利用先それぞれの**実施者や拠点を明確**にすることが重要である。

さらに、事業実施者として想定される主体が、

① 本当に実行力があるのか？（中心的な担当者とサポート体制があるか？）

② 資金力についても問題ないか？

についても十分な確認が必要である。構想初期段階では必ずしもこれらの 2 点について目途が立っている必要はないが、FS 段階に進む際には明確化している必要がある。これらの詳細は**「1.Ⅰ.6① 組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討」（122 頁）**を参照されたい。

1.Ⅰ.4 運転開始時期の想定

施設の概略検討を依頼し、概略設計が完了した次に、事業モデルの概略検討に進む。概略設計によりおおよその工期が明確になるため、運転開始時期の検討を行う。

❑ 運転開始時期を想定できているか？

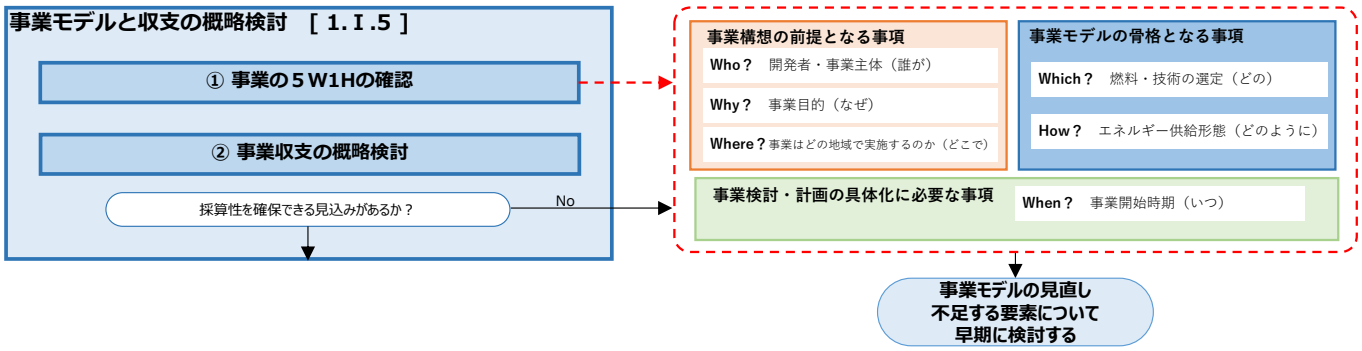
運転開始時期を決定するためには、まず施工メーカーの工期が明確になる必要がある。また、**廃棄物処理の場合**であれば「業の許可」、FIT 売電する場合は「事業認定」など様々な要素を考慮する必要がある。その他、住民との合意形成も運転開始時期のボトルネックになる場合もある。

運転開始時期について明確な希望がない場合は、必要な工程を積み上げ、スケジュールを設定する。一方、**運転開始時期がある程度定まっている場合**は、想定する設備規模・変換設備の建設工期との整合性を確認する。もし整合しないのであれば、必要な工程を積み上げ、運転開始時期を再設定する。それが不可能な場合は、原料、副生物処理・利用、エネルギー利用を再度確認し、ショートカットできる行程があれば工期短縮の可能性を検討するが、工期短縮が難しい場合は希望する開業スケジュールで実施可能な事業形態を選択し直す必要がある。

なお、一般的なバイオマスエネルギー事業の工程表は本書の FS 段階の**「1.Ⅱ.1 事業化スケジュールの検討」（133 頁）**を参照されたい。

1. Ⅰ.5 事業モデルと収支の概略検討

事業モデルの概略検討のステップでは、これまでの構想段階で検討した原料、エネルギー利用形態、スケジュール等について確認および再検討を行う。



事業モデルの概略検討

① 事業の 5W1H の確認

構想段階ではビジネスモデルの詳細まで設定する必要はないが、「５Ｗ１Ｈ」の各要素について整理できていることが必要である。すなわち、「Who？ 開発者・事業主体（誰が）」、「Why？ 事業目的（なぜ）」、「Where？事業はどの地域で実施するのか（どこで）」、「Which？ 燃料・技術の選定（どの）」、「How？ エネルギー供給形態（どのように）」、「When？ 事業開始時期（いつ）」を明確化できているかを確認し、想定できてない要素があれば、不足点について早期に検討を行う。

❑ 原料調達、エネルギー変換、利用までのプレーヤーや拠点が想定できるか?

社内または自治体内の関係者との間で事業コンセプトを固めたうえで、ビジネスモデルの概要を検討する。

その際、必ず原料調達から施設運転（事業実施者）、エネルギー・副生物利用先それぞれの**実施者や拠点を明確**にすることが重要である。一見、あたりまえの内容に見えるが、NEDO の FS をはじめ国内では、ビジネスモデルの青写真を描いたものの、**「実施者」や「場所」が想定されていなかったため、FS の事業化に進めなかったケースが数多く存在**する。

したがって、ビジネスモデルの検討においては、**「5W1H」を意識した組立**を意識する必要がある。

表 2.1.13 バイオマスエネルギー事業の 5W1H

Why?	**なぜバイオマスエネルギー事業を実施するか？**
Who?	**誰が事業を実施するのか？**
Where?	**どこで事業を実施するのか？**
When?	**いつ事業を実施するか？（いつまでに事業化判断が必要か？）**
Which?	**どの技術を用いるか？**
How?	**どのように事業を進めるか？**

❑ 特別な許認可（廃掃法、開発申請など）の必要な事業ではないか?またその取得も想定しているか?

事業者が廃棄物を**外部から収集運搬して処理する場合、一般廃棄物もしくは産業廃棄物の処理業の許可が必要となる**ため、業の許可の取得の検討を優先する必要がある。産業廃棄物処理業以外の事業者が新規に許可を取得する場合、**相応の人的コストや手続き期間が必要**となる。

主要な許認可申請の手続き期間は事業承認を行う自治体によって異なり、**一般には 1～2 年であるが、それ以上の期間を要した事例も存在**する。

許認可申請がスムーズに進まなければ着工時期の遅延にも繋がる。許認可申請に関しては、専門的、技術的な要素および図面や計算書等が必要であり、**一般にはメタン発酵や発電装置、受変電設備等の専門的な技術や知識を有する企業の助成なしには進めることはできない**。また、全体的なスケジュール管理のもとで、各申請時期の把握や関係行政の部局間との連携等も必要な場合もある。

申請業務についてはコンサルタント等へ業務委託することも有効である。

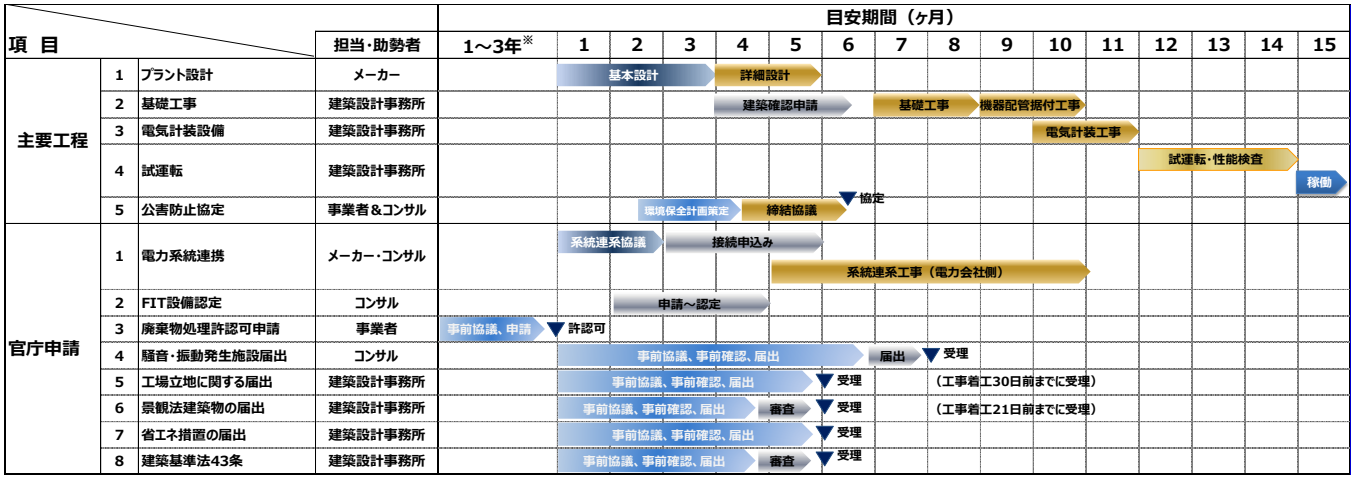


図 2.1.6 メタン発酵事業の主要な許認可申請手順の例

（出所）メーカー等へのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

事業開始前に必ず確認すべき法令

バイオガス施設の設置を検討する場合に、技術的な検討も重要であるが実際の施設の設置にあたっては**様々な法令上の規制に対応する**ことが重要であり、**原料の調達や技術的にも優れた条件であっても設置が困難な場合**が生じることがある。

表 2.1.14 事業開始前に必ず確認すべき法令上の留意点の一例

詳細は**「4.Ⅱ.1 基本設計 ⑤ 施設関連法規制の確認と対応」（369 頁）**を参照。

（1）都市計画法

1) 市街化調整区域

- 都市計画法上の区域区分のひとつである、市街化調整区域内での建築物や構造物の設置は制限されており、通常は開発許可がなければバイオガス施設の設置は非常に困難である。各自治体に設置される開発審議会や建築指導課との協議が必要になることもある。
- 開発行為を伴う場合は開発審議会での審議が必要であり、開発許可を得るまでにも相当の期間を要する場合があることを念頭においておくべきである。

2) 準工業地域

- 都市計画法上の地域地区の指定であるが、市街化区域の中でも特に準工業地域におけるガス発生施設の設置は制限されており、用途の変更等の検討が必要となる。

3) 農地

- 農地の転用においても地元の農業委員会の審査が必要であり一定期間を要する場合がある。

（2）水質汚濁防止法

- 特定事業場および特定施設における排水基準の順守

※水質（水質汚濁防止法）以外にも騒音、振動、悪臭などの公害防止に関わるものがあり、詳細は**「3.Ⅰ.2① 消化後残渣の処理・利用方法の検討」（287 頁）**を参照されたい。

（3）廃棄物処理法

- 産業廃棄物処理業の許可の取得
- 産業廃棄物処理施設における特定施設の届出・許可

（4）ガス事業法

- 準用ガス事業の届出およびガス工作物構造基準の順守
- バイオガス発生量が 1 日あたり 300m^3 以上であるものは、ガス事業法上の「準用事業者」に該当するため、ガス事業法に準じた必要な手続き及び工作物の技術基準への適合・維持等を実施する。※

※ガス工作物の技術基準への適合については、2021 年 2 月より「バイオマス発電設備」について「電気工作物」扱いとなる。詳しくは、「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令の一部を改正する省令[3]」を参照されたい。

[3] https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2021/03/20210309-02.pdf

② 事業収支の概略検討

上記の５W1H を含めたビジネスモデルを明確化した段階で、事業性の確認を行う。採算性を確保できる見通しがなければ一度立ち止まって事業モデルの見直しを行う。

❑ 設備単体だけではなくシステム全体での建設費、投資規模は想定できているか？

❑ メタン発酵事業全体の投資規模を理解できているか？

メタン発酵事業では他の再生可能エネルギー事業と異なり**主設備のメタン発酵設備以外の設備の比重が非常に大きい**。そのため、投資規模の検討の際に、メタン発酵設備のみに着目すると初期費用の見積りを誤ることになる。

実際、**前処理設備、水処理設備、液肥貯留設備、発電設備などもかなりの初期費用**となるため、**メタン発酵技術のみで判断するのでなく総合的な施設として検討**する必要がある。

❑ 収益構造・採算性のターゲットが想定できているか?（処理費低減、売電・売熱、液肥販売など）

構想段階では厳密な事業性の計算はできないが、想定するビジネスモデルの収益構造について整理しておくことが望ましい。

メタン発酵事業において期待される収益の種類には以下がある。

表 2.1.15 メタン発酵事業の主な収益項目

- **売電収入**（自家消費の場合は電気代の削減効果）
- **売熱収入**（自家消費の場合は化石燃料代の削減効果、発電装置の廃熱を利用した CHP システムまたはバイオガスをボイラーで燃焼させ熱を利用するシステム）
- **売ガス収入**（バイオガスを直接販売、または純度の高いメタンに精製して販売）
- **廃棄物処理収入**（集中型の場合）
- **液肥販売収入**
- **堆肥販売収入**
- **乾燥品販売収入**
- **再生敷料販売収入**

このうち、食品廃棄物を対象とした集中型の場合は売電収入および廃棄物処理手数料が主な収益となる場合が多い。また、**「第１部 ４章 バイオマスエネルギー利用の意義」**の経済性分析で示したとおり、**一般的には収益の大半を占めるのは廃棄物処理収入**となる。

その他、工場等においては、メタン発酵処理を行うことで**従来要していた廃棄物処理費がなくなる**という経済効果も重要である。

家畜ふん尿を対象としたメタン発酵事業の場合は、廃棄物処理手数料を受け取らないケースや受け取る場合も少額の手数料であるケースが多く、通常エネルギー販売収入が過半を占める。一方で、ビジネスモデルによっては**液肥や堆肥、再生敷料など様々な収益項目**が見込まれ、地域の畜産業や農業に対して広い価値を提供することができる。

なお、現状は畜産系のメタン発酵では FIT による売電収入をメインとしている事例が多いが、実証事業者である阿寒農業協同組合では、**FIT に頼らず売電以外にバイオガスの直接販売、温室ハウス向けの熱供給、堆肥・液肥・再生敷料の販売など多様な収益を想定**したビジネスモデルを構築している。

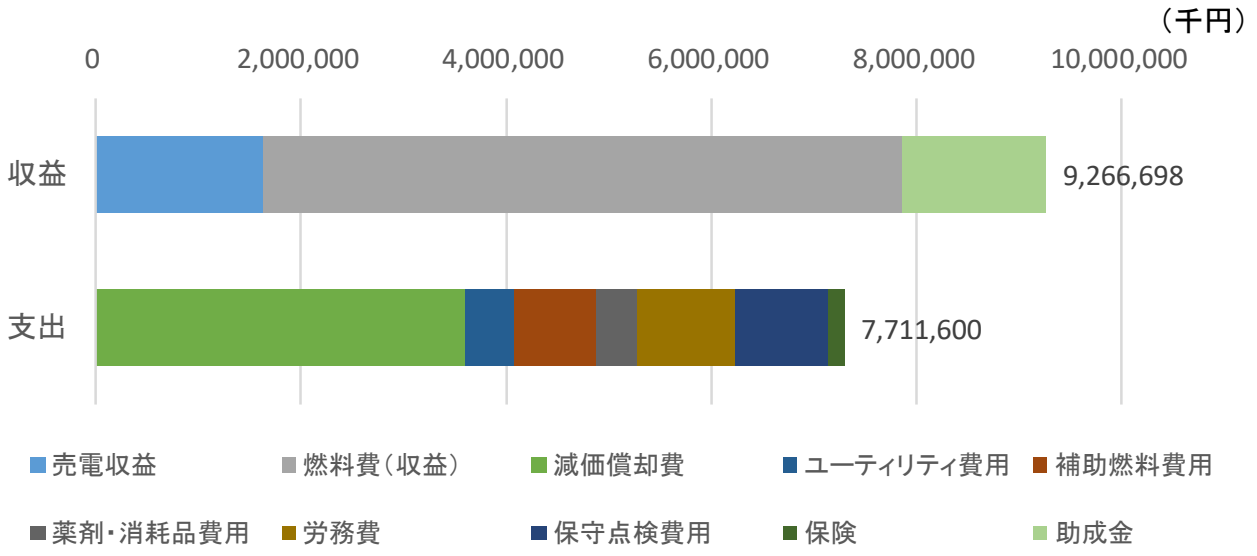


図 2.1.7　（再掲）産業廃棄物系メタン発酵モデルにおける 20 年間の収支バランス

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

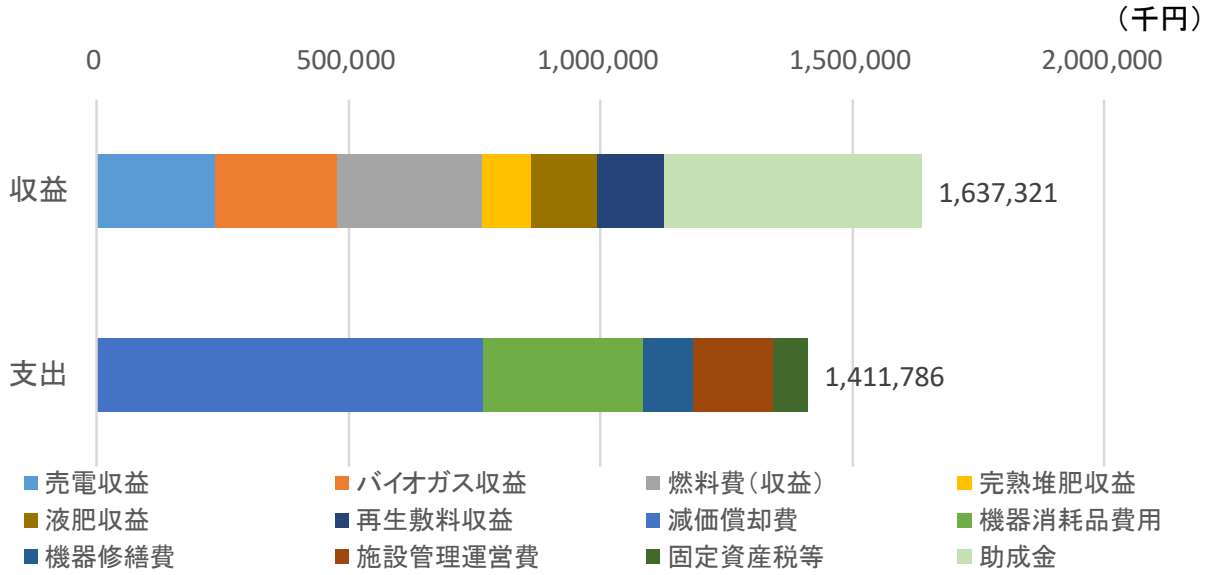


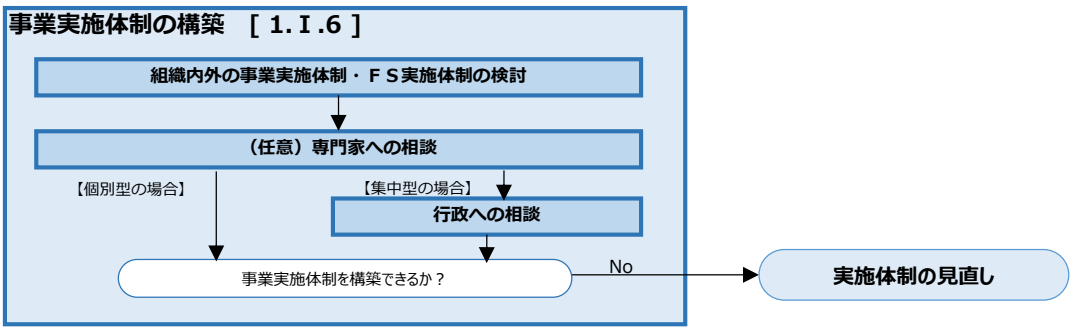
図 2.1.8　（再掲）畜産系メタン発酵モデルにおける 20 年間の収支バランス

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

1.Ⅰ.6 事業実施体制の構築

事業モデルの概略検討のステップでは、事業の実施体制の構築の検討を行う。ここでは組織内の事業の推進体制や組織外の関係者との体制について検討する。実際に事業を実施する際の体制に加え、構想段階の次の FS の際にどのような体制で実施するかについても検討する。

メタン発酵事業の FS には専門的な知見が求められるため、コンサルタントやメーカーも実施体制に入れることも有効である。地域内の複数の関係者を巻き込んだ事業であれば、ビジネスモデルの概略が定まった時点で都道府県や市町村に相談しておく方がよい。事業実施体制や補助金、許認可等に係る助言をもらえることもある。



① 組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討

実際に事業の実現に向けて検討を進めるためには組織内で中心的に推進を担う事業担当者とそのサポート体制を整備することが必要である。事業モデルによっては、原料および燃料供給者やエネルギー需要家などの組織外の関係者との連携体制を構築することも重要である。

❑ 資金力や実行力も含めた事業主体を想定することができるか?

事業主体と実行力

FS およびその後の事業推進のためには「実行力」のある実施体制を構築する必要がある。

民間企業による事業の場合、中心的な担当者とそのサポート体制を検討する。担当者はバイオマスエネルギー事業に関する知見や経験を有していることが望ましい。もし社内で適格な人材が不在の場合は、社外からプラントメーカー出身のエンジニアを新規に雇用するなどの選択肢も考えられる。ここでの留意点の詳細は後述する。

自治体による事業の場合は実際に運営する事業主体（民間企業やその他法人）が地域内に想定できるか、または地域外から呼び込めるかについて検討を行う。その際、その事業主体が人材面や資金面で本当に実行力があるかを確認する。第 3 セクターのような公共関与で新たに主体形成するケースにおいては、ランニングも含めて公的資金への依存度が高くなりすぎて将来的な破綻のリスクが生じないよう、構想段階から将来の継続性を見据えた組織のあるべき姿について十分に検討を行う。

事業主体とファイナンス

事業計画の策定に当たっては、すべてを自己資金で賄うのであれば別であるが、金融機関からの融資や第三者からの出資等により資金調達を行う場合は、それら金融機関や第三者が納得する事業計画であることが求められる。

一般的に事業者は金融機関が、ある程度固まった収支計画がないと具体的な話をしてもらえないと考えがちで、収支計画を作ったうえで、事業者が相談に行くケースが多いが、下のような理由で、**事業計画の全体像が見えてきた段階で一度、金融機関にコンタクトをとることが望ましい**。

バイオマス発電の場合には、設備投資額も大きくなりがちな中で、様々なリスクを内包しているため、収支計画以前に、不測の事態（例えば、原料調達量の確保不足や価格高騰への対応、プラントの不調への対応等）への財務的な対応力を求められることが多い。したがって、例え SPC 等の別会社にて事業を行うとしても、実質的な事業主体に自ら同額程度の設備投資を行う場合に融資が受けられる財務体力があるかが一つの目途となる。

この点、プロジェクトファイナンスとすれば、事業主体の財務体力が十分でなくとも融資が受けられるのではと考える向きもあるが、現実には、特に地域の小型バイオマスの場合には非常にハードルが高い。

その意味で、**総投資規模（融資希望額）と事業主体がある程度見えてきた段階で、一度、金融機関には頭出し程度は行い、感触は得ておくべき**である。

その際、金融機関の担当者によっては、まだ、十分に詰まっていない段階であることから、営業的に楽観的な反応を示す場合もある。しかし、一般的にはバイオマス発電の案件は、営業現場（支店）レベルの決裁で融資を行うことができるケースは少なく、営業現場では融資に前向きであっても、本部決裁段階で否決されることも多い。

ついては、例え、計画が詰まっていない段階であったとしても、金融機関の担当者に、例えば、本部へ照会してもらったうえで感触を伝えてもらうなどのアクションをとることが望ましい。

❑ 事業の実現に向けて中心的に動ける担当者が存在し、そのサポート体制も構築できているか?

メタン発酵を含むバイオマスエネルギー事業では、バイオマス事業に知見がない事業者や投資家などが設備を建設して操業しようとして、安定運転できないケースが数多く存在する。これは設備としての実績もない**開発途上品を採用している場合**や経験が不足する**人物が設計したプロトタイプ**を採用している場合など要因は様々であるが、**いずれも「実施体制」や「人」に起因**する場合がほとんどである。特に多いのが**専門的知見を有する人物の不在や、中心的な担当者が不在**で、それぞれの担当がバラバラに動いた結果、プロジェクトが予定どおり進捗しないケースである。

メタン発酵技術の知見を有する人材の確保

このような事を無くすには発電プロジェクトを推進する際に、メタン発酵技術の知見を有する人物を推進責任者として配置し、事業関係者をリードしていく必要がある。既存の事例ではオーナーが大手プラントメーカー出身のエンジニアを雇用するケースもみられる。なお、メタン発酵事業は他の再生可能エネルギー事業とは異なり、エネルギーだけでなく生物処理に関する知見が必要であることにも留意する。

この責任者はプロジェクトの全体も理解して、各工程・装置の技術にも長けていることが求められる。責任者は事業者の意向を理解して、必要なら事業者意向に反する意見も言える人であればなおよい。ただし、その前提として、事業者自身がその責任者のマネジメントを行うだけの力量がない場合、事業者内部で混乱してしまう可能性がある。

また、責任者が原料排出元、設備メーカー、土木建築業者、EPC 会社などの関係者と密にコミュニケーションをとり、定期的に意見調整しながら工程を守りプロジェクトを進めることが重要である。**事業家（オーナー）はそのために必要な建設期間を与え、必要資金を確保しておく**ことも重要である。

一般的に数百 kW に満たない小型発電事業であっても、地元調整、バイオマス燃料調整、行政との調整、各種届け出、メーカー指示対応など複数の項目を網羅してマネジメントする必要がある。

コンサルタントとしての招聘の際の留意点

なお、そういった専門家を「コンサルタント」として招聘するケースも多く見られる。ただ、コンサルタントはあくまでコンサルタントであり、**その事業に最終的な責任までを負うものではない**ため、結果的に冒頭述べたような**「中心的な担当者が不在」となりがち**である。また、ファイナンスの観点からも、**金融機関からは、そのような事業のマネジメントまで行うような専門家は、やはり、責任を負うことができる立場にいることが求められることが多い。**

以上を踏まえたフォーメーション作りが必要となってくる。なお、事業化体制およびプロジェクトマネージャーの詳細については、**「1.Ⅲ.1① 事業化体制の詳細検討」（194 頁）**を参照されたい。

② 専門家への相談

組織内における実施体制や事業主体と併せて、事業を専門的な知見からサポートする「専門家」との協力体制について検討を行う。ただし、事業内容や人材体制によっては必ずしも専門家を巻き込む必要のない場合もある。例えばすでに事業経験のある事業者であれば、事業者および既存の協力企業の体制・スキルをもって事業を進めることも可能である。

❑ 構想の具体化について専門家や専門機関・支援機関等に相談して助言を受けているか?

バイオマスエネルギーおよびメタン発酵技術の知見を持たない担当者が理念先行で取り組み、原料の安定調達体制や事業化体制構築、採算性の検証が不十分なまま進めた結果、資金調達の段階で計画全体の見直しを求められるケース、運用段階でのトラブルや事業頓挫に至ったケースも見られる。

メタン発酵事業は原料調達や技術選定、エネルギー利用など専門的な知見が要求されるため、多くの場合、**事業者単独ではなく専門的なアドバイザリーが可能なメーカーやコンサルタントが参画**することが多い。

表 2.1.16 メタン発酵事業の検討時における関係者と役割の例

関係者	役割
コンサルタント	・専門的見地を踏まえた事業全体のコンセプトメイキング ・想定する導入技術の妥当性等の助言（特にガス化や新規技術など） ・原料調達からエネルギー利用までの規模感や燃料仕様等の整合性の確認 ・事業化に向けた課題の顕在化
メーカー	・事業費の概略や仕様等の情報提供 ・既存の導入実績等の情報提供
実施主体	・事業化体制構築に向けた関係者との協議・調整 ・事業想定場所・供給先等の検討・意向確認 ・必要な申請・許認可関係の確認

特に、FS 段階以降の設計や許認可申請に関しては、専門的、技術的な要素および図面や計算書等が必要であり、**一般にはメタン発酵や発電装置、受変電設備等の専門的な技術や知識を有する企業の助勢なしには進めることはできない**。また、全体的なスケジュール管理のもとで、各申請時期の把握や関係行政の部局間との連携等も必要な場合もある。

バイオマスに係る業界団体（例：一般社団法人日本有機資源協会など）も情報提供を含むサポートを行っているため、必要に応じて協力を仰ぐことも有効である。加えて、一般社団法人グリーンファイナンス推進機構も融資を前提としたバイオマスエネルギー事業の相談を受け付けている。

その他、例えば消化液の液肥利用の効果などの検討を行う場合は、それぞれ**都道府県の農業試験場や農研機構等の研究機関の協力**を得ることで専門的助言や各種試験などが円滑にできることがある。

上記のような専門家の協力に加え、メタン発酵事業はサプライチェーンが長く、事業実施には様々な地域関係者と協力する必要があるため、**FS 調査の中で地域協議会や推進委員会を開催し、専門的助言や地域関係者への理解醸成を図る**事例も多い。

③ 行政への相談

民間事業の場合、ビジネスモデルの概略と社内の実施体制が定まった段階で、市町村や都道府県に対して計画の説明に訪問することが望ましい。ただし、事業内容が民間単独で完結し、許認可が必要なく、周辺環境への影響も心配ない場合には、必ずしも行政に説明する必要はない。

❑ 構想について地元行政に相談や情報提供ができているか？その上で行政の協力を得ることが可能か？

上述のとおり、メタン発酵事業では様々な地域関係者の協力を仰ぐ必要がある。また、サプライチェーンの上流から下流までの多様な情報を入手したうえで検討を進める必要がある。

そのため、実施地域の市町村や都道府県などの**行政の協力を得ることで、地域関係者への説明や許認可の取得などを円滑に進める**ことができる可能性がある。

具体的には行政と協力することにより以下のようなメリットが得られる。

- **各種許認可に対するアドバイス（廃棄物処理法ほか）**
- **補助金に関するアドバイス**
- **バイオマス事業に関する地域協議会を設立する場合の調整や助言**

これらの助言を得て、事業全体を円滑に進めるためにも、構想初期段階で行政を訪問し、**事業の目的や地域への意義について丁寧に説明し、理解を得る**必要がある。

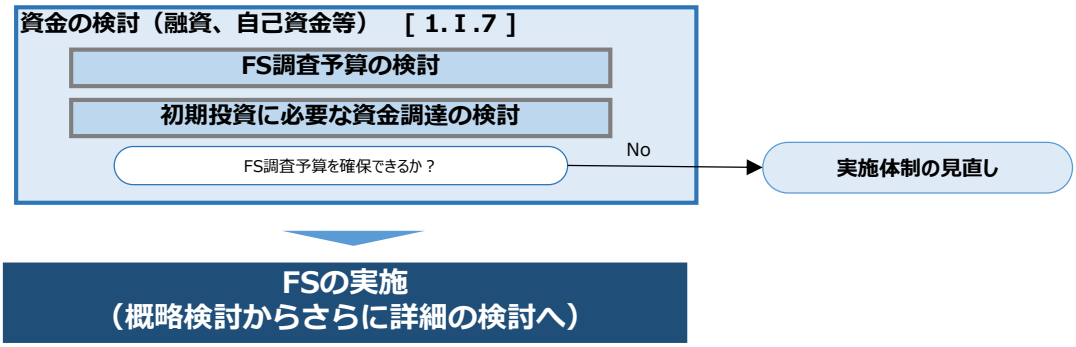
1.Ⅰ.7 資金の検討

事業実施体制が構築できる見込みが立った後、FS 調査の予算の獲得について検討する。なお、ここで想定する FS 調査とは構想段階の上述の検討内容（原料調達、設備、エネルギー・副生物利用など）をさらに具体化し、蓋然性の高い収支計算に基づく事業化判断を行うプロセスを指す。

国や自治体で FS 補助制度を設けている場合があるため、まずは利用可能なメニューの有無を確認する。補助制度が利用できない場合は自ら FS 調査予算を確保する必要があるため、組織内での説明および関係者との調整を行う。

もしこの時点で FS 調査の予算確保が難しい場合は、予算が確保できる時期を待つか、あるいはなるべくコストがかからない要素の検討を行いながら予算獲得を目指す。

なお、事業の概略ができたタイミングで金融機関に資金調達に関し早めに相談することが望ましい。



① FS 調査の予算獲得

❑ 国の補助メニューの活用を含め FS 予算を確保できるか？

構想段階において事業コンセプトや事業実施体制を含むビジネスモデルが整理できたら、FS 調査に進むための準備や調査予算の獲得に関する検討を行う。

NEDO 地域自立システム化実証事業の FS 調査の中では、**事業の構想段階における検討が不十分で FS 提案時点で事業主体や事業実施地域が定まっていないことで計画が頓挫**してしまった事例も存在する。そのため、FS 調査に進む判断を行う前に、**検討しているバイオマスエネルギー事業について以下の 5W1H を整理**することが重要である。

表 2.1.17 （再掲）バイオマスエネルギー事業の 5W1H

Why?	**なぜバイオマスエネルギー事業を実施するか？**
Who?	**誰が事業を実施するのか？**
Where?	**どこで事業を実施するのか？**
When?	**いつ事業を実施するか？（いつまでに事業化判断が必要か？）**
Which?	**どの技術を用いるか？**
How?	**どのように事業を進めるか？**

上記を踏まえたうえで、FS 調査の予算を社内で検討する。バイオマスエネルギー事業の FS 調査は国の補助事業の中でサポートされていることがあるため、**各省庁の支援制度の内容と募集時期を確認**する（特に年度の後半では募集が終了している可能性がある）。

❑ 信頼できる技術力のある専門家・専門機関も交えた FS 調査の実施体制を構築できるか?

専門家との協力体制

上述のとおり、メタン発酵事業は原料調達や技術選定、エネルギー利用など専門的な知見が要求されるため、多くの場合、**企業単独ではなく専門的なアドバイザリーが可能なコンサルタントが参画**することが多い。

その他、バイオマスに係る業界団体（例：一般社団法人日本有機資源協会など）や都道府県の農業試験場や農研機構等の研究機関に助言を仰ぐことも有効である。

FS 調査の中で地域協議会や推進委員会を開催し、専門的助言や地域関係者への理解醸成を図る事例も多い。

② 初期投資に必要な資金の検討

メタン発酵事業の実現の差には規模によっては数億～数十億円程度の投資額が必要となる。そのため、金融機関から融資を受けたうえで実施することが多い。

メタン発酵をはじめとするバイオマス事業は他の再生可能エネルギー事業と異なりキャッシュフロー以外の点でも様々な融資の要件が必要となる。したがって、**事業計画の全体像が見えてきた段階で一度、金融機関にコンタクトをとることが望ましい**。

初期投資に必要な資金の検討は、**「1.Ⅰ.6① 組織内外の事業実施体制･FS 実施体制の検討」（122 頁）**および**「1.Ⅱ.5① 資金調達方法の検討」（157 頁）**、**「1.Ⅱ.5② 資金調達先･金融機関との交渉」（160 頁）**を参照されたい。

フェーズⅡ　FS 段階

システム全体の FS 段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.1.18　システム全体の FS 段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
1.Ⅱ.1	**事業化スケジュールの検討**	**許認可対応、建設工期、試運転期間などに必要な期間を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？**	
		許認可対応に必要な期間を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？	
		機器の納期、工事期間等を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？	
		試運転期間を十分に考慮した計画になっているか？	
		＜寒冷地域の場合＞降雪時期に建設工事が滞ることを想定した事業スケジュールが組まれているか？	
		補助金を活用する場合、予算の執行スケジュールに合わせた事業化スケジュールが組まれているか？	
		FIT による系統接続の手続きに係る期間を考慮したスケジュールになっているか？（事業計画認定(国)および接続契約(電力会社)）	
		当初計画の事業期間終了後の事業継続、設備更新等の計画は検討されているか？	
1.Ⅱ.2	**設置場所の検討・確定**	**候補となる立地が都市計画上の用途地域に該当するか否かを確認したか？同法において、工業地域もしくは工業専用地域であることは確認したか？**	
		候補となる立地が農業振興地域の場合、農用地区域、第 1 種農地に該当しないことを確認したか？	
		自然条件や自治体や住民の対応、リスク有無、原材料確保、用地費等で適地であるか確認したか？	
		候補地の地盤が脆弱でないことを確認したか？	
		＜同上＞開発が必要な用地であるのか確認したか？	
		＜同上＞土地の開発が必要な場合は審査に係る手続きと期間を確認したか？	
		＜同上＞造成の費用はどの程度発生するか確認したか？	
		＜主に新規に用地を取得する場合＞地主から購入可能か確認したか？	
1.Ⅱ.3	**地域関係者との合意形成**	**地域関係者との合意形成はできているか？**	
		同業者、関連産業からの理解は得られているか?（民間事業の場合）	
		近隣の住民への事業説明と要望聴取がなされ、住民から苦情が発生する可能性はないか?（民間事業の場合）	
		＜民間事業の場合＞地元行政からの理解、協力は得られているか?議会に対する理解は得られているか?担当部局への正確な理解・共有がなされているか?	
		＜自治体事業の場合＞議会に対する理解は得らえているか?担当部局への正確な理解・共有がなされているか?	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		地域の関係者による協議会を開催し、事業の内容についての理解醸成を図っているか?	
1.Ⅱ.4	**事業収支の検討**		
①	**売上高の予測**	原料・燃料調達にかかるチェック項目に留意のうえ、その価格や量につき設定されているか？	
		副生物の販売または熱供給による収入を見込む場合、そのリスクを踏まえ売上の見込みを立てているか？	
②	**事業費（初期費用と運用費）の積算・見積りの取得**	**メーカー等の見積りを取得したうえで、将来的な追加コスト発生リスクについて考慮された建設費・O&M 費積算を行っているか？**	
		メーカー等の見積り、土木建築、配管等の概算の見積りを踏まえた事業費が積算されているか？	
		維持管理費や人件費税金等不足なく計上されているか？	
		消化液、固形残渣等の副生物の処理先や処理費が想定できているか？	
		消化液、固形残渣等の副生物を有価物として有効利用するための検討がなされているか？	
		メンテナンス費は長期的な増加分も考慮されているか？	
		発電装置については補修費の積み立ては考慮されているか？	
		地盤が脆弱の場合、土木建築費用が想定より拡大することを加味した事業費が積算されているか？	
		土地造成が必要な場合、どの程度費用が発生するか確認したか？	
③	**事業リスクの評価（事業収支の検討時）**		
④	**事業収支・キャッシュフロー分析**	**技術的な裏付けの運転計画の条件をベースとした収支計画が組まれているか？**	
		提示された事業性分析結果は理想的な条件で計算されていないか？	
		事業性は安全率も踏まえた稼働時間、設備利用率が設定されているか?	
		事業収支上、消化液が液肥として利用できなくても（水処理しても）十分採算がとれる計画になっているか？	
		損益計算だけではなく、キャッシュフローの分析がなされているか？	
		投資回収年、IRR、DSCR などの財務指標を用いた財務分析がなされているか?	
		事業全体のリスク評価を踏まえて、複数のシナリオを用いたストレス分析がなされているか？	
1.Ⅱ.5	**資金計画の策定**		
①	**資金調達方法の検討**	必要な資金につき、いつ支払う必要があるか把握できているか？また、その時期に応じて、資金調達の目途が立っているか？	
		資本力や本業の事業規模に対して過大な投資規模の事業となっていないか？	
		資金調達について、基本的な枠組み（融資・出資・補助金等の割合やその調達方法等）に無理はないか?	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
②	**資金調達先・金融機関との交渉**	資金の調達候補先との間で事業に対する理解や条件等についての協議がなされているか？	
③	**補助制度の確認**	設備の設計・導入に係る国、都道府県等の補助制度や要件は確認できているか？	
		補助金の活用など、役所等の支援を仰ぐ場合、役所内で予算協議が進められているか？	
		売電を考える場合、FIT 制度と併用して適用される補助制度はほとんどないため、補助金に依存した売電計画になっていないか？	
		補助の獲得に際して必要な都道府県、市町村等の協力は確認できているか？	
1.Ⅱ.6	**事業実施体制の確定**		
①	**事業コンセプトの再精査・確定**	**構想段階の事業コンセプト・ねらいからぶれた計画となっていないか？**	
		コンセプトと国の政策、地域の施策との方向性のズレはないか？	
		政治的な理由などで無理な条件が強いられた計画となっていないか?	
②	**事業による波及効果の評価**	**事業による地域への波及効果等の評価がされ、地域からの理解醸成に活かされているか？**	
		メタン発酵事業を行うことによる環境への負荷低減、循環型社会構築などに関する効果を評価し、行政を含む関係主体から理解が得られているか？	
		波及効果を発揮するための地域の仕組み等が同時に検討されているか?	
③	**組織内・地域関係者への説明・合意形成**	**事業主体は確立しているか?原料調達、運搬、エネルギー転換・利用までの主体は明確となっているか?**	
1.Ⅱ.7	**事業のリスク評価（全体課題整理）**		
①	**建設段階のリスクとその対処方法の例**	**そもそも完工しない、あるいは、所期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？**	
		完工が遅れる（タイムオーバーラン）リスクおよび、その場合に生じる問題につき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？	
		建設コストを中心とした建設段階にかかる費用が嵩む（コストオーバーラン）リスクにつき認識し、適切な予備費が計上されているか？	
②	**運営段階のリスクとその対処方法の例**	**当初予定した調達する原料の量・価格・質が、事業期間中維持されるための対応が取られているか？**	
		原料調達先との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？	
		稼働後に故障その他により初期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？	
		メーカーの倒産や部品在庫等の問題により、メンテナンスを適正に受けられないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？	
		熱供給を行う場合や、その他副生物を販売・処理する場合に、その需要や価格（処理コスト）の見積りは適正にできているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		熱供給先や副生物の販売先（処理委託先）との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？	
③	**その他全般に関するリスクとその対処方法の例**	**自然災害等の不可抗力による事業への影響につき、適切な対応が考えられているか？**	
		制度変更にかかるリスクがあることを認識し、それらをフォローする体制が構築されているか？	
		法令遵守等コンプライアンス面について、事業期間中に維持できる体制が構築されているか？	
		ジョイントベンチャーにて他者と共同して事業を行う場合、意見が対立した場合における取り決めが適切になされているか？	
④	**FS 調査終了後、次のステップに進めるかの判断**	**採算性、実施体制、原料調達・エネルギー供給等の事業リスクを踏まえ事業化が可能か？（設計施工段階に進むことができるか？）**	
		FS 調査の結果の熟度は事業化を前提とした水準のものとなっているか？	

1.Ⅱ.1 事業化スケジュールの検討

FS 調査を始めるにあたり、まずは事業化判断、並びに事業化までのスケジュールを検討する。一般的には検討開始から事業化判断までに少なくとも 1 年以上の期間が必要である。地域の複数の排出業者から原料を調達する集中型の場合や新規に土地取得を行う場合は廃棄物関連業者や農家、行政、住民等との調整で時間が掛かることがある。補助金の申請や FIT 制度の系統接続手続き、廃棄物処理法等の法規制・許認可対応、建設工事の期間を考慮する必要がある。特に寒冷地域では降雪時期に工事が滞るため注意が必要である。また、メタン発酵設備は稼働開始後、安定発酵に至るまでに数か月から半年以上の試運転期間が必要であることも考慮した事業スケジュールを立てる。

❑ 許認可対応、建設工期、試運転期間などに必要な期間を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？

❑ 許認可対応に必要な期間を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？

構想～調査・事業化判断までの期間

バイオマスエネルギー事業は**検討開始から事業化判断までに少なくとも 1 年以上かける**事業者が多い。また、構想や調査の段階から、**廃棄物関連業者や農家、行政、住民等との調整が必要**な場合が多く、この段階に時間を要する。

関係者が多いほど調整に時間を要する傾向にあるが、時間短縮のためにここで無理に調整を進めると着工時や運用開始後に合意事項が覆るリスクが高まる。

事業化判断～基本設計～運転開始までの期間

一般的に、**事業化判断および事業計画策定から運転開始に至るまで 2～3 年**の期間を要する。メーカーや EPC 事業者の繁忙度合いによっては、さらに時間がかかる可能性もある。**各種許認可申請や電力会社への系統連系申込み等**に一定の時間を要することはもちろん、事業を実施する**自治体や地元住民等との調整にも時間を要することに十分考慮してスケジュールを策定**する必要がある。

なお、廃棄物処理法における一般廃棄物および産業廃棄物の**処理業、施設設置許可**等の取得には一般的に 1～2 年以上の期間を必要とする。また、前節のとおり**農業振興地域における「農用地区域」、並びに「第 1 種農地」**に該当する場合は、特定の要件を満たさない限り農地転用できないため、除外要件の一つである公共的な意義の有無に関して行政と対話が必要となる。その場合も許可取得までに 1～2 年以上の期間を要する。 その他、**都市計画法に基づく用途変更**を行う場合にも時間が掛かるケースが見られる。

なお、各種法手続きに係る具体的な期間、スケジュールについては**「4.Ⅱ.1 基本設計 ⑤ 施設関連法規制の確認と対応」（369 頁）**を参照されたい。

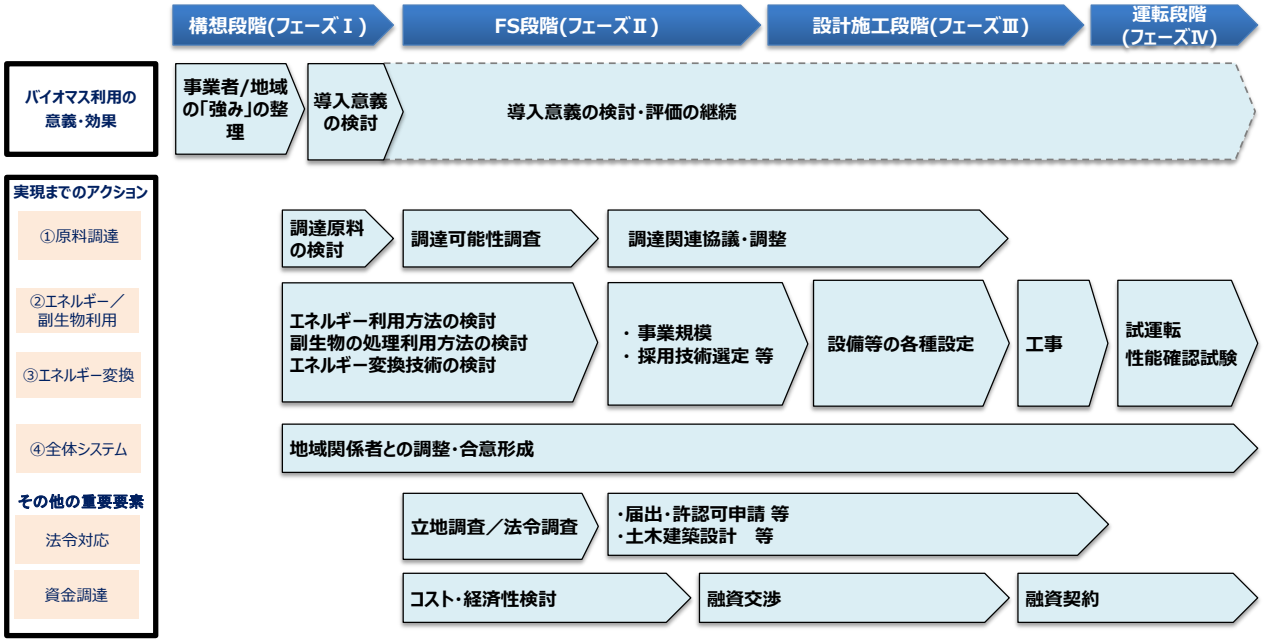


図 2.1.9 メタン発酵事業の構想から設備稼働までの流れの概要

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

許認可対応に必要な期間

メタン発酵施設は他の再生可能エネルギー施設と異なり、許認可申請、住民説明、工事期間、試運転期間共に長い期間を要することに留意する必要がある。以下に、メタン発酵実施の際の主な許認可申請を示す。

表 2.1.19 事業開始前に必ず確認すべき法令上の留意点の一例

※詳細は「**4.Ⅱ.1 基本設計 ⑤ 施設関連法規制の確認と対応**」（**369 頁**）参照。

- 都市計画法関係
  - 開発申請（約 1 年）
  - 用途変更（半年から 1 年）
- 産業廃棄物関係
  - 産業廃棄物処理業の許可申請
  - 特定施設の設置届（半年から 1 年）
  - 同上事前協議（半年から 1 年）
- 公害関係
  - 大気汚染防止法（発電設備・乾燥・焼却設備）
  - 水質汚濁防止法（水処理設備）
  - 騒音規制法・振動規制法
  - 悪臭防止法
- ガス事業法関係
  - 準用ガス事業者の届出
- 建築基準法関係（建築確認申請）

- ❑ 機器の納期、工事期間等を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？
- ❑ 試運転期間を十分に考慮した計画になっているか？
- ❑ 寒冷地域の場合は、降雪時期に建設工事が滞ることを想定した事業スケジュールが組まれているか？

メタン発酵事業では各種許認可申請や設計等のほか、**寒冷地においては降雪などの影響により 11 月～4 月の間の現地工事は困難な場合もある**ことに考慮して工期設定を行う必要がある。

また、設備の**試運転期間に 3 か月～半年程度必要**となるため、これらの期間もスケジュールに考慮する必要がある（安定稼働に至るまで 1 年以上掛かった事例も存在する）。

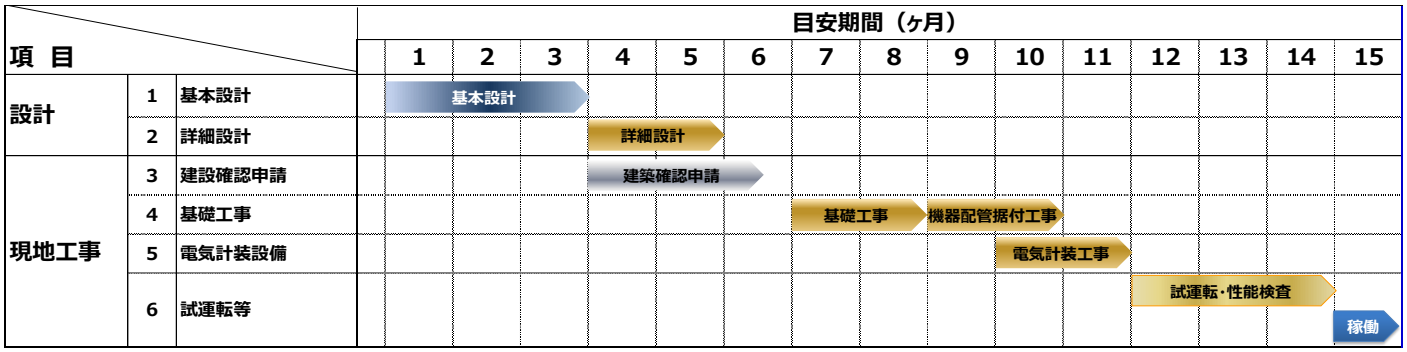


図 2.1.10 メタン発酵事業の標準的な設計、施工工程の例

（出所）メーカー等へのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

- ❑ 補助金を活用する場合、予算の執行スケジュールに合わせた事業化スケジュールが組まれているか？
- ❑ FIT による系統接続の手続きに係る期間を考慮したスケジュールになっているか？（事業計画認定（国）および接続契約（電力会社））

プラントを建設し稼働するまでの計画を組む際に、**国の補助金の執行時期または実証事業実施時期を確認しておかないと大幅にスケジュールや資金調達計画がずれる**ことがある。

国の補助制度は毎年メニューが変わるうえ、**募集期間、補助金の執行は 1 年の限られた時期に行われる**ため、確認のうえ**計画を組むことが必要**である。

❑ 当初計画の事業期間終了後の事業継続、設備更新等の計画は検討されているか？

バイオガス施設は稼働開始後 20 年後には**地域のインフラとしての地位を確立**しているので、その後の**事業継続を FS 調査段階から見据えておく必要**があることに留意する。

施設における**機器類の耐用年数は短いもので 4 年、長くても 7 年程度**である。一般的にはメンテナンスを定期的に行いながらできるだけ長く使用しているのが現状である。したがって、稼働当初からの**機器類は 20 年間で少なくとも 1 回以上更新が必要**となる。

さらに、バイオガス施設の多くは、**腐敗性、腐食性の強い有機性廃棄物**を多く取り扱う。したがって、施設は老朽化が激しく、機器類だけではなく、**配管類や電気計装設備類、鋼製類およびコンクリート製も腐食に留意**しておかなければならない。

特に FIT 制度を利用していた場合には、事業年度終了後に収入が減少する可能性もあり、特に**中長期的な予算配分を計画しておく必要**がある。

1.Ⅱ.2 設置場所の検討･確定

4 章の基本設計と併せて、構想段階で検討した用地における、具体的な設備設置場所を検討する。現在の敷地以外の場所に共同処理施設を建設する場合には候補地の性格を早期に確認しておく必要がある。

❑ 候補となる立地が都市計画上の用途地域に該当するか否かを確認したか？同法において、工業地域もしくは工業専用地域であることは確認したか？

都市計画上の用途地域の場合は建設自体が制限される可能性があるため、最初に該当区分を確認する必要がある。工業地域もしくは工業専用地域以外の用途地域では建設は難しい。また、開発行為審査が必要であれば早急に対応しなければ着工時期が延びてしまう危険性がある。

なお、特殊地盤改良工事が発生する場合は施設の建設費の費目の中である一定の割合を占めることになる。杭や地盤改良が必要であれば事業計画にも影響を及ぼす可能性があり、その確認のためには、検討時点でのボーリング調査が必要となる。

❑ 候補となる立地が農業振興地域の場合、農用地区域、第 1 種農地に該当しないことを確認したか？

農業振興地域の場合は建設自体が制限される可能性があるため、最初に該当区分を確認する必要がある。農地にメタン発酵施設を建設する場合は農地転用許可を取得する必要がある。

農地転用

農地にメタン発酵施設を建設する場合は農地転用許可を取得する必要がある。農業振興地域における**「農用地区域」、並びに「第 1 種農地」に該当する場合は原則農地転用できない**ことに注意する。ただし、農用地区域では「地域農業振興に関する（中略）公益性が高いと認められる事業の用に供する土地」の場合は除外要件となる。

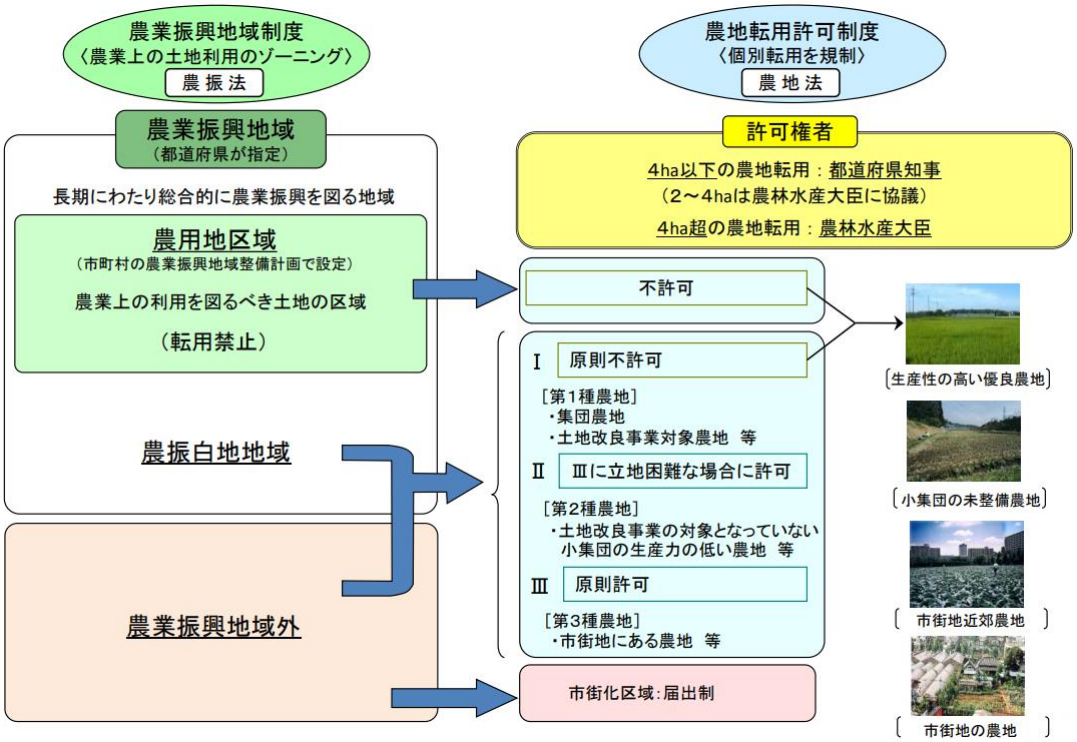


図 2.1.11　農業振興地域制度と農地転用許可制度の概要

（出所）「農業振興地域制度および農地転用許可制度の概要」（農林水産省）

❑ 自然条件や自治体や住民の対応、リスク有無、原材料確保、用地費等で適地であるか確認したか？

メタン発酵事業では、原料調達およびエネルギー、副生物利用先等の様々な観点から候補地を選定する必要がある。立地検討の際の主な条件を表 2.1.20　立地検討の主要な条件に示す。重要度の高い（表では「◎」で表示）条件をすべて満たすことができる十分な広さの土地を見つけるのは容易ではないため、業務計画にあわせて立地検討の条件の優先順位をあらかじめ考えておく。ただし、以下に示す「都市計画上の用途地域」や「農業振興地域」などの立地制約条件、並びに「地元住民の理解」については必ずクリアする必要がある。

近隣住民の理解・合意

メタン発酵施設は廃棄物処理施設であるため、**他地域から廃棄物を持ち込むことに対して住民の反対が生じる**ことが少なくない。その場合、**行政と連携し地元の関係者に検討初期段階から繰り返しコミュニケーションを取る**ことが重要である。

また、建設時だけでなく、**農村地域で液肥の利用を検討する際にも、地域（主に農家）の合意を得る必要**があり、事業意義に賛同してくれる協力者の存在が事業の成否を分ける。

このように、事業立地の検討の際には、「ハード」面だけではなく、地域関係者および協力者等の「ソフト」面についても十分な検討を行う必要がある。

表 2.1.20 立地検討の主要な条件

主な条件	概要／影響する費用項目	重要度
地元住民の理解	間接費など	◎
都市計画上の用途地域	準工業地域には設置できない（建築基準法）	◎
農業振興地域	農用地区域および第 1 種農地では原則転用不可。その他、第 2 種農地では特定の条件下のみ許可	◎
地価や土地の購入条件	用地取得費[4]	◎
バイオマスの調達先との距離	輸送費	◎
液肥貯留槽規模[5]	用地取得費、建設費用、消化液処理費	◎
液肥利用先農地との距離	消化液処理費	◎ （液肥利用する場合）
エネルギー需要先との距離（かつ輸送を妨げる幹線道路や構造物および埋設物の有無）	温水および蒸気配管敷設費用 ガス配管敷設費用	◎
（特別）高圧の逆潮流可能な送電設備との距離	送電線および鉄塔敷設費用 変圧器等の電気機器設置費用	◎ （FIT 制度活用時）
幹線道路からの距離や道路幅、交通量等	輸送費（大型トラックでの輸送が可能になるため） 建設費用（建設資材等の搬入が容易になるため）	○
地形や地質	基礎工事費	○
上水道の設置状況	用水費（ボイラー用水の確保元が工業用水か、地下水か、一般上水道か　等）	△
下水道の設置状況	消化液処理費	◎ （液肥利用しない場合）
放流先の河川の環境規制状況	消化液処理費	◎ （液肥利用しない場合）
低圧の配電網（受電用）の状況	光熱費	△
ガスインフラの状況	事務所経費	△
通信インフラの状況	事務所経費	△
環境基準値（悪臭、振動、騒音、等）	（基準値によってはコストへの影響が大きい）	◎

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

[4] 用地取得費用は、自治体の事業用地取得の助成金によって低減できる場合がある。
[5] 液肥貯留槽は施設で最も大きな面積を占めるため、貯留日数等も含め貯留規模の検討が重要である。

- ❑ 候補地の地盤が脆弱でないことを確認したか？

＜主に新規に用地を取得する場合＞

- ❑ 開発が必要な用地であるのか確認したか？
- ❑ 土地の開発が必要な場合は審査に係る手続きと期間を確認したか？
- ❑ 造成の費用はどの程度発生するか確認したか？

地形・地質の考慮

埋立地や**地下水位が高い土地**、その他特定の種別の地層では不同沈下や液状化のリスクがあるため、建築物の荷重も考えなくてはならない。そうしたケースでは**設備メーカーから負荷荷重データを入手**することが必要となる。地質の脆弱度合いによっては杭打ちや地盤改良が必要になり、初期投資額の増加につながることがある。

こうした地形・地質の確認については、中立な第三者によるレビューとして**不動産鑑定会社による地質分布や帯水層の性状および分布、活断層の状況の調査を活用**することも有効である。調査の結果、高リスクであることが想定される場合は、**潔くその土地での計画を中止することも重要**である。

また、歴史を遡ると**過去に鉱山があった場所**や**地下坑道**が掘られた可能性のある場所などは、地面崩落の危険性もはらんでいる。その場合、**ボーリング調査による地耐力評価に加え、より懸念が大きい場合は超音波による地中探査**を行うことが望ましい。

地盤改良には**表面の軟弱層を補強する方法**や、**コンクリートなどの杭を支持層まで一定間隔で打ち込んで補強する方法**がある。ただし、**ボーリング調査などはその土地を保有しなくては行うことができないため**、計画地の地権者との協議の前に**上述の不動産鑑定会社などの調査によるスクリーニングを行い、明白なリスクは回避**すべきである。

土地造成費用の考慮

FS 後に実際に設備を建設する際、**想定以上に土地造成費用が発生し事業採算性が悪化**する事例が少なくない。そのため、FS 時点から上述の地盤調査を行い、**土地造成にどの程度費用が掛かるか把握しておくことが望ましい**。

地盤が緩い場合は杭を打つなどの方法で対処することが可能な場合があるが、時には数億円の初期コストの増大につながることがある。

なお、実際に土地造成を行った時点で**遺跡などが発掘されスケジュールが遅延したり追加的なコストが発生**した事例も存在するため留意する必要がある。

＜主に新規に用地を取得する場合＞

❑ 地主から購入可能か確認したか？

新たに用地を取得する場合は、**地主から土地を購入することが可能かについて確認**する必要がある。NEDO 実証事業者昭和化学工業株式会社は、FS 終了後に設備設計の変更に伴い想定していた用地面積の拡大が必要となり、隣接地を新たに購入することになった。このように、**計画の途中で用地面積が変更になることも想定して用地を検討することが望ましい**。

なお、地権者との協議のタイミングが早すぎると、後に上述の土地制約などのリスクが明らかになった場合に住民との間に不要なトラブルを抱えることとなりかねない。そのため、**リスクを十分把握するまで地権者との土地の賃借・売買の拙速な協議は避ける**べきである。

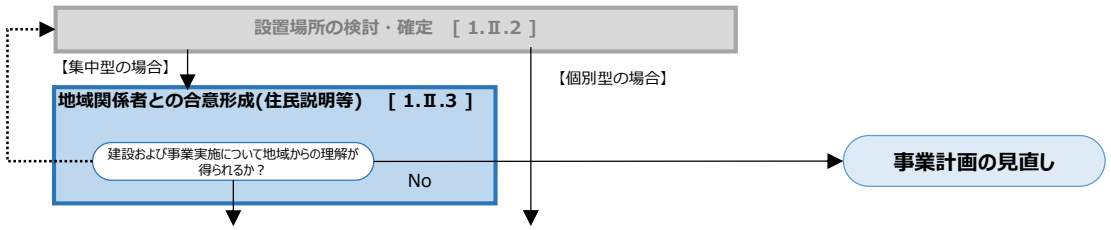
所有地を活用する際のリスク

元々所有する土地など、既に用地候補がある場合は立地検討の必要はないものの、**土地の条件によっては思わぬ支出が生じるリスク**がある。例えば、過去の事例では高圧送電線からの距離が遠いため送配電事業者に支払う**連系負担金が高額になったケース**、幹線道路から遠く、また**大型のトラックが進入できないような道路のため輸送費が高額になったケース**、地盤が脆弱で**土地造成費が高額になった**ケースなどが存在する。

1.Ⅱ.3 地域関係者との合意形成

集中型の場合、設備の基本設計および設置場所の検討と同時並行で、事業者はメタン発酵設備導入に関する地域関係者との合意形成を行う。地域内の利害関係者が複数いる場合は地域協議会を開催することも有効である。

新規にプラントを建設する場合はもちろん、既存の敷地に建設する場合でも原料輸送（トラックの往来による交通量増加）などが周辺地域に影響を及ぼすことがあるため、事前に関係者への説明を行い合意形成を図る必要がある。ここで合意が得られない場合は、再度立地や事業計画全体の見直しを行う。



❑ 地域関係者との合意形成はできているか？

特に新規にプラントを建設する場合、地元との合意形成が得られずに建設工事が大幅に遅延したり、事業の縮小を余儀なくされたりといったことも起こりうるため、計画の初期段階から、都道府県や市町村などの地元行政に適宜相談して指導を仰ぐことはもちろん、立地する地域の周辺住民に対する事業説明会を開催するなど、十分な調整を行うことが必要である。

- ❑ 同業者、関連産業からの理解は得られているか?（民間事業の場合）
- ❑ 近隣の住民への事業説明と要望聴取がなされ、住民から苦情が発生する可能性はないか?（民間事業の場合）

メタン発酵事業においては地域で 20 年間以上継続する長い事業を実施するにあたり、**原料の安定確保のため、他の同様の施設との競合を避け、原料の提供を継続して受ける必要**がある。そのためには**同業者や関連産業からの理解を得ることが重要**である。

事業を共同で行う、または集約処理を行う主体として畜産業、産業廃棄物処理業、メタン発酵による発電事業者などが考えられるが、**畜産業は同業者（同一畜種）の集まりの中で連携をとることが重要**である。産業廃棄物処理業や発電事業者などは**同業者との競合が避けられない**ために事前に十分な調査が必要である。また、排出事業者などの関連産業に対しては**安定した需要があること、安全な施設であること、地元への貢献度などを十分に説明し理解を得て需要と供給の合意形成を図る**ことが重要である。

＜民間事業の場合＞

- ❑ 地元行政からの理解、協力は得られているか?議会に対する理解は得らえているか?担当部局への正確な理解・共有がなされているか?（民間事業の場合）

メタン発酵施設の運営は、民間企業が行う場合であっても地域の重要な廃棄物処理インフラとして公共性をもつ。そのため、都道府県や市町村等の行政との事業への理解やサポートが不可欠である。特に事業予定地や許認可、住民への説明などについて構想段階または FS 初期段階から適宜指導を仰ぐ必要がある。

公害防止条例への対応

地域によっては**都道府県や市町村と事業者との間に公害防止協定の締結が義務付けられている**ことがある。その場合、地元行政の指導に沿って**環境保全に配慮した施設計画とし、公害防止協定を締結**する必要がある。事例により行政の対応は異なるが、公害防止協定の締結が完了していなければ**建築確認申請や電気事業法の工事計画届出等を受付けてもらえない**場合もある。

＜自治体事業の場合＞

- ❑ 議会に対する理解は得らえているか?担当部局への正確な理解・共有がなされているか?

自治体の事業の場合は担当者レベルで承認が得られていても議会で反対され頓挫してしまう事例が存在する。そのため、**事前に自治体担当者を通すなどして議会関係者にも事業の実施意義を丁寧に説明**し、理解を得ておくことが望ましい。

その他、バイオマス事業の協議会などを開催するにあたり、**議会関係者に参画してもらうことも有効な手段**の一つである。

❑ 地域の関係者による協議会を開催し、事業の内容についての理解醸成を図っているか?

メタン発酵施設のような廃棄物の受入・処理を行う施設は地域の重要なインフラである一方、**地元住民からは迷惑施設とみなされ、建設時に反対を受ける**ことがある。実際、国内事例では地元との合意形成が得られずに建設工事が大幅に遅延したり、事業の縮小を余儀なくされたケースも存在する。

そのため、行政の事業実施への理解とサポートを得たうえで、候補地の**周辺住民に対する事業説明会を開催**するなど、合意形成のために十分な調整を行うことが必要である。

説明会実施時には、建設工事段階では主に**粉じん・騒音・振動、工事車両の搬入に伴う交通量の増大**など周辺地域への影響は避けることができない。また、稼働後には、**廃棄物等の搬入車両の通行、公共水域への処理水の放流および悪臭**など周辺環境への影響も発生する。そのため、こうした**デメリットやリスクへの最大限の対応策を講じ、住民に対して丁寧に説明し理解を得る**必要がある。

その他、事業計画全体において、**地域の関係者への理解醸成、並びに専門家からの助言を得る手段として、協議会（または推進委員会）を開催**することも有効である。

NEDO 地域自立システム化実証事業の実証事業者は、FS 段階から運転稼働後まで、技術専門家（メーカーおよび学識関係者）、原料調達関係者、行政関係者、先進事業関係者などを含めた推進委員会を開催し、地域との連携や専門的助言を得ている。

地域協議会開催時の留意点

地域協議会の開催の際、委員として各関係組織の上位者が参加し、議論や方向性の決定を行うことが多い。しかしながら、先行事例では実務を担当する現場レベルで事業目的を含む各種情報が共有されていなかったり、スキルや体制面で対応が困難であるケースも散見される等、意思決定者と現場の「温度差」が問題となることもある。したがって、各組織内での情報共有や目的の共有を図ることはもちろんのこと、サブワーキングとして実務担当者レベルの話し合いを行う場を設けるなど、「現場」レベルでの調整を早い段階から行うことが重要である。

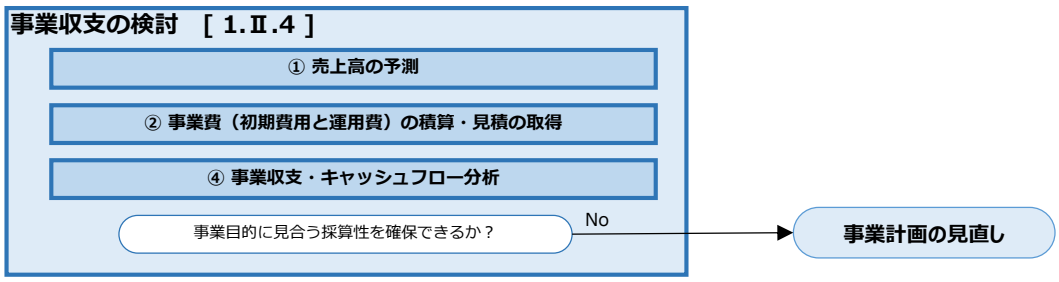
1.Ⅱ.4 事業収支の検討

基本設計までを終えた段階で、事業化判断に向けた事業収支・キャッシュフロー分析を行う。項目としては、概ね以下のとおりとなるが、案件により、検討の手順が併行したり前後することに留意する。

① **事業期間中の売上高の予測**
② **事業費（初期費用と運用費用）の積算**
③ **事業のリスク評価**
④ **事業収支・キャッシュフロー分析（各種財務指標を用いたストレス（不測の事態等）への耐性の検証）**
⑤ **資金計画の策定**

FS 段階のこれらのステップで最終的に行うべきことは、各ステークホルダー（含む、資金調達先）が納得するような収支計画を立てることである。そのためには、事業期間を通じての財務三表（貸借対照表：B/S、損益計算書：P/L、キャッシュフロー計算書：C/F）の計画を立てる必要がある。そして、いくつかの財務指標の水準をチェックし、また、一定のストレス（不測の事態）にも耐えられるものであることにする必要がある。

なお、これらの項目は、金融機関から融資を受けるなど、第三者から資金調達を行う際に、チェックされるものが殆どである。したがって、それらの予定がある場合には、それら資金調達の予定先とも、適宜、コミュニケーションを取りながら行う必要がある。特に、③④については、資金調達先によって、考え方が異なっていることが多く、その結果として、⑤の練り直しを迫られる場合も多いため、特に留意が必要である。



① 売上高の予測

事業収支・キャッシュフロー分析のためには、まずはバイオマスエネルギー事業における収益源の想定および売上高の予測を行う。下記のとおり、発電事業、熱利用事業等により売り上げを考える際のポイントが異なることに留意する。

- ❑ 原料・燃料調達にかかるチェック項目に留意の上、その価格や量につき設定されているか？
- ❑ 副生物の販売または熱供給による収入を見込む場合、そのリスクを踏まえ売上の見込みを立てているか？

バイオマスの売り上げを考えるに当たっては、FIT 制度を活用した発電だけであれば、以下の 3 点がポイントとなる。

1．原料の確保

2．運用面を含む想定どおりのプラント性能の発揮

3．2．も含めた設備稼働率

さらに熱供給を行う場合や、液肥などの副生物の販売を行う場合には、FIT 制度に基づく電力の販売とは異なり、以下もポイントとなる。

4．供給先の需要や価格等

売上高の予測においては、**想定している収益源、原料調達および設備稼働の安定性を含めた「確からしさ」**が鍵となり、本ガイドラインに記載された各チェック項目を十分検討することが望ましい。特に、その前提となる発生するエネルギー量については、燃料やプラントの性能と物質収支やエネルギー収支等から理論的に算出される値を用いることが多いが、理論通りには行かないことが多いため、既存事例の実績を考慮した想定とするよう留意が必要である[6]。なお、その点も含め最終的に収支計画を立てる際には、売上に関する様々なリスクも考慮する必要があるが、その点については次項以降に記載する。

[6] 2021 年度の調達価格算定委員会では既存の FIT 事例の実績を踏まえて、設備利用率の想定を 90%から 70%に引き下げる方向性が示された。

②事業費（初期費用と運用費）の積算・見積りの取得

このステップでは設備の建設費および O&M 費の算出を行う。基本設計を行った設備メーカーに対して各設備の見積依頼を行い見積書を取得する。設計施工メーカーに一括発注する場合は土木建築工事費を含めた設備一式の費用の見積りを依頼する。また、運転時間ごとに推奨される長期メンテナンス計画を提供してもらうと、ランニングでのメンテナンスコストの推計が可能となる。そのうえで、設備導入全体に係る概算費用を算出する。

なお、このとき事業内容に応じて必要となる設備以外の費用についても抜けもれなく整理することが重要である。例えば、新規に土地を取得する場合は土地購入費、広域送電の場合は系統連系費用、事業者自ら原料・燃料を搬出・輸送する場合は重機・車両購入費などが挙げられる。その他、SPC を設立する場合や海外メーカーとの契約の場合などは弁護士費用なども発生する他、融資を受ける場合は担保関連の登記費用などのファイナンス関連費用も必要となる。

- ❑ **メーカー等の見積りを取得したうえで、将来的な追加コスト・発生リスクについて考慮された建設費・O&M 費積算を行っているか？**

- ❑ メーカー等の見積り、土木建築、電気計装および配管等の概算の見積りを踏まえた事業費が積算されているか?

事業費全体の積算に係る留意事項

必要な事業費には、建設に至るまでの各種調査や設計等の費用（開発費用）や建設費用（以下、併せて初期費用）と設備稼働後の各種運営費用（主として O&M 費用）がある。また、融資に関する利息等もある。

初期費用は、キャッシュフロー（収入）がない段階で発生するものであり、その**資金手当ての獲得に係る検討**が必要となる。また、運営費用については、事業の収支や資金繰りに直接影響するという点を踏まえて、検討する必要がある。

FS 調査において事業化判断を行うにあたり、精度の高い事業費目の積算と事業採算性の検討が不可欠である。先行事例の中には、事業費の積算において**費目の抜け漏れがあったために計画時点と事業開始後の採算性に乖離**が生じたケースも見られる。

事業費の積算の際は、**設備機器ごとにメーカーや EPC 事業者から見積りを取得**する必要がある。ただし、これらの見積りは、初期費用として事業者が積算すべき範囲を全てカバーしているものではないことがあるため、事業者自ら費目の全体と**各メーカーの見積りの対象範囲を突き合わせ**、不足する経費については概算する必要がある。

＜漏れの多い項目＞

当初の費用に漏れが多いのは試運転期間中の経費類（人件費、電気代、薬品代など）および種汚泥の調達費である。

表 2.1.21 初期費用の主な項目と見積り取得方法

項目	見積り実施者	見積り取得方法
設備一式 （受変電設備含む）	メーカー EPC 事業者	[土木･建築工事と分離発注]→メーカーから見積り取得 [土木･建築工事と一括発注]→EPC 事業者から見積り取得 ※見積り依頼時に計画諸条件や予備貴の有無を決める ※運転開始当初 1 年分の消耗品費を含める
土木･建築工事一式	一級建築設計事務所 建設会社 EPC 事業者	[設備と分離発注]→一級建築設計事務所又は建設会社等から見積り取得 [設備と一括発注]→EPC 事業者から見積り取得
系統連系費用	電力会社	まずは事前相談の申込をし接続可能容量を把握 事業内容が概ね固まった段階で、アクセス検討の申込をし、費用概算を取得
土地購入費用	事業者	用地所有者に確認、交渉 また、登記関連費用も忘れずに
重機･車両購入費 （所内用、輸送用）	重機･車両販売店 リース会社	[自ら購入]→重機･車両販売店から見積り取得 [リース利用]→リース会社から見積り取得
開業前経費	事業者 EPC 事業者	事業者自ら、あるいは EPC 事業者が概算 -（SPC を設立する場合、）SPC 設立関連費用（含む弁護士費用） -調査地質調査費･測量費･バイオマス燃料分析費･水質分析費 -建築設計費･開発申請費用等 -許認可申請費 -溶接安全管理審査費用（第三者機関） -建設中事業者人件費 -ファイナンス関連コスト ･担保関連登記費用、建設中金利等 ･なお、調達規模が大きい場合などは、金融機関の組成関連費用が必要となる場合がある。 -その他弁護士費用 ･一般的な契約の場合は、敢えて、弁護士のレビューは必要ないかもしれないが、海外のプラントメーカーとの契約や、融資契約もプロジェクトファイナンスになる場合などは、弁護士のレビューを受けた方がよい。 -試運転中費用 -予備費

（出所）メーカー等へのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

見積り取得時の留意事項

メタン発酵事業の実施可否の意思決定を行うためには、必要な建設費や O&M 費を把握する必要がある。しかしながら、施設全体の詳細な事業費を見積もることは構想段階や FS の初期段階では難しいことが多い。そうした場合は**過去の事例から想定するほか、エンジニアリング企業に概算を問い合わせる**こともできる。可能な限り**特定の企業に限定せず、複数の企業に問い合わせを行う**ことが望ましい。見積りを行う際、最低限必要な項目としては以下が挙げられる。

表 2.1.22 見積りを行う際に最低限必要な項目

- 原料の種類、性状と一日の処理量
- 消化液の処理方法（液肥利用か水処理）
- 液肥利用の場合は貯留月数（3 か月～6 か月の間の月数）
- 水処理の場合は放流先（下水放流か河川放流）

なお、**液肥の利用が十分に見込めない場合に**は水処理施設の併設が必須となるが、これは単にコストアップ要因となるだけでなく、水処理自体に多大なエネルギーを利用する。消費電力の規模によっては、何のための再生可能エネルギーなのかを問われる場合も出てくるので留意が必要である。このような作業は一般の事業者では難しいため、専門知識を有するコンサルタントなどに相談して進めることが望ましい。

- ❑ 維持管理費や人件費税金等不足なく計上されているか？
- ❑ 消化液、固形残渣等の副生物の処理先や処理費が想定できているか?
- ❑ 消化液、固形残渣等の副生物を有価物として有効利用するための検討がなされているか?

事業費（O&M 費用）に係る留意事項

事業者は稼働開始前には 15~20 年間の事業計画を立案することが一般的であるが、資金計画上は実稼働後は 3 年程度の期間での計画が必要である。

O&M 費を継続的な費用と**数年に一度発生する費用**とさらに**長期的に念頭に置いておかなければならない費用**等に分けて考えることが重要である。継続的な費用としては、光熱費、薬品費、収集運搬費、人件費などが考えられる。また、発電機は稼働時間ごとに保守内容が決まっており、継続的費用と複数年に一度発生する費用とに分けられるのでメーカーに問合わせをして計上する必要がある。

一方、メタン発酵設備の能力を最大限に発揮させ、最も効率的に運転管理を行うには設備・機械の機能を常に良好な状態に維持しておく必要がある。そのために、日常点検、定期点検の対象を抽出し、**定期点検整備計画を策定**する。これに基づき**O&M 費を予算化**しておき、設備を健全に保つ。 メタン発酵設備および事業全体の O&M 費には以下のものが考えられる。

表 2.1.23 メタン発酵設備および事業全体の O&M 費の項目例

①バイオマス運搬・発酵残渣（消化液）運搬車両整備費
②電気料金、上下水道料金、燃料費、薬品代
③残渣処分費
④人件費、分析費、専門管理費
⑤点検補修費および消耗品費
⑥借入金返済、税金、保険、会社経理

- ❑ メンテナンス費は長期的な増加分も考慮されているか?

上記の中で**多くを占めるのが点検補修費および消耗品費**であり、特に発電設備を伴う場合には、**長期間（10 年～20 年）に渡った保守点検費用等の積算を行い**、精度の高い O&M 費として予算化しておく。発電機については、何年かに一度オーバーホールが必要となることから、**年間 O&M 費を建設費の 2～3%程度**に設定するほか、発電機オーバーホール費用が必要な年度には上乗せして**合計 5～7%**となるよう仮定しておくことが望ましい。この場合、発電機メーカーに問合わせをして予算計上をすると良い。

長期的な予算編成と体制構築

メタン発酵設備は、365 日 24 時間稼働するプラントであり、アンモニアや硫化水素などの腐食性ガスを生み出す施設であることから、使用している機械はいずれ劣化し破損するという理解が必要である。運転管理においてはその時期をあらかじめ想定しておくことが重要で、特に**バイオガス発電機は早期に劣化する傾向がある**点に留意する。発電機の保守費用も含めた **O&M 費用は単価も年々上昇する可能性があり、適切な予算編成が必要**である。

メタン発酵設備は時には 20 年以上の耐用を想定すると考えられることから、長期的なメンテナンス費用の増加を考慮する必要がある。特に、発電機については数万時間に一度のオーバーホールが必要となる場合が多く、**補修費の積み立ても考慮した事業**

計画が求められる。また、想定外のトラブルも考えられることから、発生リスクを想定し、一定の余裕を持った事業計画を策定すべきである。

特に**大規模修繕は稼働後 10 年程度経過後に生じる**ことが多いために**単年度毎に積立金を計上しておく**必要がある。メタン発酵設備の大規模修繕の範囲としては以下のものが考えられる。また、大規模修繕には**メタン発酵槽のスカムや沈殿物の清掃費**なども考えられるために留意しておく必要がある。

表 2.1.24 大規模修繕の範囲

設備	大規模修繕の範囲
①前処理設備	原料受入れ部コンクリート補修工事、原料受入れホッパー開閉部取り替え、上屋全体補修（側壁張替え、塗装など）、撹拌機入替、移送ポンプ入替
②メタン発酵設備	発酵槽外装補修（側壁張替え、塗装など）、生物脱硫用の菌床（不織布など）張替え、温水熱交換機補修、撹拌機入替、消化液排出ポンプ入替
③後処理設備	固液分離棟の外装補修（側壁張替え、塗装など）、コンクリート部補修工事、換気設備入替、固液分離機入替
④ガス浄化処理設備	生物脱硫槽補修、乾式脱硫槽入替、発電入替、ボイラー入替、配管補修工事、除湿装置入替
⑤その他	機械室の外装補修（側壁張替え、塗装など）、コンクリート部補修工事、電気・給排水・消防関係設備の補修・更新

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

このように、メタン発酵設備の大規模修繕では、プラント導入当時と同様の材料を用いて元の状態に戻すことによって、設備全体の価値を回復するだけでなく、設備の価値の低下の防止、設備の性能や機能の向上などのメリットが出現する。

その他、長期的に増加する項目としては次のようなものが挙げられる。発電機等の金額が大きいものについては十分にメーカーから見積り費用を取得しておき、長期計画に組み込む必要がある。

表 2.1.25 長期的に費用が増加する項目

分類	長期的に費用が増加する項目
継続的に増加するもの	人件費、薬品類単価
頻度が上がるもの	機器類の消耗品、定期保守点検
交換が必要となるもの（特に腐食、劣化等が激しい機器類）	受入前処理機器、汚泥処理設備機器

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

追加コストの発生リスクの考慮

機器によっては、想定外の事象による故障が発生する場合があり、保証期間内であれはメーカーによる修理や交換を受けることができるが、保証期間を過ぎた場合、保証を受けられないこともある。そのため、施工する設計施工メーカーや機器メーカーと事前に故障やトラブルを想定し、過度でない範囲で必要な費用を算出し、事業計画に反映させておく必要がある。

稼働開始後は外部環境の変化や災害などにより**計画時には想定していなかったコスト**が発生する可能性がある。こうした想定外の事態を可能な限り少なくするため、FS 段階でコスト増となる要因について十分精査する必要があるが、追加コストの発生を完全に防止することは難しい。そのために、稼働開始後の外部環境の変化などによる追加コストは必ず発生するという前提の元、**予備費用として収益の 5%以上積んでおく**ことが望ましい。

特に複数の事業者で事業を行う場合などでは、**追加コストが発生した場合、費用をだれがどのように負担するかも事前に取り決めておく**必要がある。

運転管理と保守点検管理

運転管理業務は、メタン発酵設備のエネルギー生成効率および量を最大限にする業務であり、メタン発酵やバイオガス発電機が最適かつ適切に稼働できるように管理するものである。中でも重要なのは、**バイオガス発生量**および性状確認であり、その内容としては次のことがあげられる。

- **集中監視パネルなどでバイオガス発生量と発電量を適宜確認する**
- 原材料や消化液などの設備の運転子管理項目の確認と分析による性状の確認
- **バイオガス発生量あるいは発電量の低下時、異常時の警報表示（伝達）を行う**
- **障害時に緊急対応できる地元メンテナンス業者を確保する**

一方、**保守点検管理**業務は、メタン発酵設備が有する機器が正常に運転できる状態を確保する業務であり、リスクを未然に防ぐために行い、設備の保安と維持を目的としている。具体的には、**定期点検**と**敷地管理**が主な内容である。**定期点検は、6 ケ月毎や 1 年毎など、決められたスケジュールに従い発電機などの点検を行う**ことである。**敷地管理は、メタン発酵設備のある土地や建屋の管理と設備全体の外観管理**である。具体的には、次のような定期点検、敷地管理の項目があり、それぞれの設備内容に分けて検討しておく必要がある。

表 2.1.26 定期点検･敷地管理の項目

分類	点検･管理項目
定期点検	･メタン発酵状態および発電機稼働状況の確認 ･ポンプ、撹拌機、モーター類等の機械･機器の腐食、端子･ねじの緩み ･機械･機器の異音、異臭、異常熱、振動、ボルトの緩みの確認 ･設備、機械類の架台の腐食･錆、ケーブル外皮部の破損、配電･配管の破損･腐食 ･設備、機械類の表面、フレームの破損、クリアランスの確認
敷地管理	･設備、機械類の清掃･洗浄 ･雑草、異物の除去 ･侵入防止策の保全、動物の侵入･棲みつき防止

❑ 発電装置については補修費の積み立ては考慮されているか?

発電装置は運転時間ごとの定期的な点検と消耗品交換が必要となる。そのため事前に**発電装置メーカーに対し、点検頻度と消耗品リストおよび交換頻度等のスケジュールと費用、また、その際に係る作業時間等についての資料を入手する**必要がある。

発電装置メーカーによっては、定期点検や消耗品交換等のメンテナンスサービスを年間契約できる場合もあるため、費用を検討し契約しても良い。ただし、自身で実施するよりは費用が高くなるため十分検討する必要がある。

発電装置は点検、消耗品交換など運転停止状態でなければ実施できない事項もある。この期間は売電できないため、**収益計算においては、発電装置の運転停止時間を考慮する**必要がある。

- ❑ 地盤が脆弱の場合、土木建築費用が想定より拡大することを加味した事業費が積算されているか？
- ❑ 土地造成が必要な場合、どの程度費用が発生するか確認したか？

メタン発酵施設を建設する候補地の適正やリスクの検討が不十分であると、**事業化判断後、思わぬ土木建築費や土地造成費用が発生**することがある。NEDO 地域自立システムの実証事業でも、設計施工段階で土地の脆弱性が判明し、FS 時に想定していた 2 倍近い土木建築費用が掛かったケースが存在する。

埋立地であることや、**地下水位が高い**こと、**地層の種別**によっては、不同沈下や液状化の可能性も出てくるため、建築物の荷重も考える必要がある。その場合、**メーカーから負荷加重データを入手**することが必要で、杭打ちや地盤改良が必要になる場合があり、当然事業コストのアップにつながる。また、中立な第三者によるレビューとして**不動産鑑定会社による地質分布や帯水層の性状および分布、活断層の状況の調査を活用**することも有効である。

また、歴史を遡ると**過去に鉱山があった場所**や**地下坑道**が掘られた可能性のある場所などは、地面崩落の危険性も孕んでいるため、**ボーリング調査による地耐力評価に加え、より懸念される場合は超音波による地中探査**を行う。

地盤改良には**表面の軟弱層を補強する方法**や、**コンクリートなどの柱を支持層まで一定間隔で打ち込んで補強する方法**がある。高リスクであることが想定される場合は、**潔くその土地での計画を中止することも重要**である。ただし、**ボーリング調査などはその土地を保有しなくては行うことができない**ことに注意が必要である。

計画地の地権者との協議の前に、ハザードマップの確認や不動産鑑定会社などの調査によるスクリーニングを行い、明白なリスクは回避すべきである。

その他、用地に関する留意事項は**「1.Ⅰ.2 用地の想定」（112 頁）**および**「1.Ⅱ.2 設置場所の検討・確定」（137 頁）**を参照されたい。

③ 事業リスクの評価（事業収支の検討時）

次項に示すとおり、詳細な事業収支・キャッシュフロー分析を行うためには「ストレスケース」を検討することが必要である。それに先立ち、変動可能性がある要素について、事業リスクの評価を行うことが望ましい。

本リスク評価は FS 終了時における事業実施の最終判断の際にも行うことから、詳細は**「1.Ⅱ.7 事業のリスク評価（全体課題整理）」（174 頁）**を参照されたい。

④ 事業収支・キャッシュフロー分析

設備導入に係る建設費および O&M 費の概算を整理した後、事業収支をキャッシュフローの分析を行う。このとき、想定している事業期間における毎年のキャッシュフローまで分析する。そのうえで、当初の目的に合致する事業性を確保できるか否かを確認する。

この時、キャッシュフロー分析では事業リスクを考慮し想定より原料価格や調達量、熱利用量などが変動した場合の**「ストレスケース」**を検討することが望ましい。この段階で組織として求める採算性が確保できる見通しが立たない場合は、原料やエネルギー利用方法、設備などの事業計画の各要素を再検討する。

❑ 技術的な裏付けの運転計画の条件をベースとした収支計画が組まれているか?

- ❑ 提示された事業性分析結果は理想的な条件で計算されていないか？
- ❑ 事業性は安全率も踏まえた稼働時間、設備利用率が設定されているか?
- ❑ 事業収支上、消化液が液肥として利用できなくても（水処理しても）十分採算がとれる計画になっているか？

メーカーやコンサルタントから提示される**事業性に関する前提条件も理想的な数値**であることが少なくない。具体的には**設備利用率が異常に高い値**であったり、**廃棄物処理収入の単価が一般値より異常に高い**、**排水処理コストや副生物処理コストが計上されていない**などにより、実際よりも採算性が良い結果として提示されることがある。そのため、こうした**前提条件に関する各々の数値は必ず根拠について確認する**ことが必要である。

メタン発酵事業の場合は**プラント自体の改修が必要となるケース**もある他、**稼働開始後 1～2 年は、諸々の調整を行いつつ、出力を徐々に上げていかざるを得ないケース**が多い。そうした点も収支上、考慮する必要がある。

また、メンテナンスコストが O&M 費全体に占める割合も無視できない。実際、**見掛の事業性を良くするために実際には生じる大規模メンテナンスを計上しない**メーカーがあるので注意が必要である。

❑ 損益計算だけではなく、キャッシュフローの分析がなされているか?

事業収支と資金繰りは異なる問題であり、収支が確保できても資金がショートすることはあるため、損益計算だけではなくキャッシュフロー分析を行うことが必要である。さらに、投資回収年、IRR、DSCR などの財務指標を用いた財務分析を行う必要がある。

事業収支計画と財務三表

これまでに整理した初期費用や運用費の積算や事業リスクの分析をもとに収支計画を策定する。具体的には、**事業期間（FIT 制度の適用ある発電事業であれば、建設期間＋20 年）を通じた予想損益計算書（P/L）、貸借対照表（B/S）、キャッシュフロー計算書（C/F）を作成**する。その際、諸元となる数値（前提項目）を入れ替えて、様々なシミュレーションができるような計表とするため、表計算ソフトを用いるのが一般的である。

構想段階であれば、ラフな収支計画でもよいが、**FS 段階までくると、金融機関との交渉を念頭に置いたものとする必要**があり、様々なチェックも必要となる。

そのため、最終的な損益がわかるための P/L だけでなく、**現金収支がわかるための C/F、現預金残高や融資残高、自己資本の状況等がわかるための B/S の財務三表**が必要となってくるほか、採算性やキャッシュフローの安全性などをみるためのいくつかの指標（後述）の記載も必要となる。フォーマットのイメージは以下に記すとおりであり、「財務モデル」などと呼ばれる。会計・税務的な知識が必要となるため、必要に応じて、専門家の手を借りた方がよい。

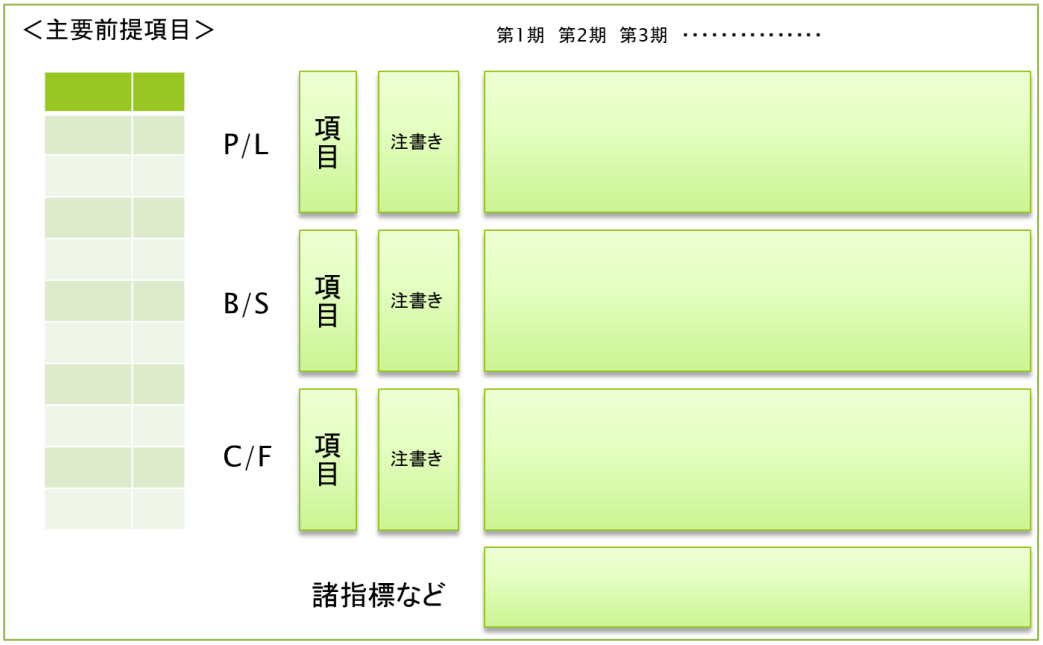


図 2.1.12 財務三表に係るフォーマットイメージ

なお、資金調達計画がないと最終的にはこれら計表は作れないが、金融機関等の資金調達先と調整しながら策定していくものであるため、事業者自身が十分理解しておく必要がある。（資金調達計画は次項にて触れる。）

❑ 投資回収年、IRR、DSCR などの財務指標を用いた財務分析がなされているか?

チェックすべき財務指標

財務モデルにおいてチェックすべき指標の主なものは以下のとおりである。

① IRR（Internal Rate of Return）：内部収益率

一般的には、投資金額に対する将来のキャッシュフローの現在価値と、投資金額の現在価値が等しくなる利率といった説明がなされる。概ね、投資に対する複利での利回りと考えておけば、大きく外れない。

以下の算式が成立する「r」が IRR となる。

- C_0：初期キャッシュフロー（初期投資金額を 10 億円とすれば−10 億円となる）
- $C_{1\sim n}$：n 年目のキャッシュフロー総額

$$C_0 + \frac{C_1}{(1+r)} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \frac{C_3}{(1+r)^3} + \cdots \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

なお、把握すべき IRR には、Project IRR（P-IRR）と Equity IRR（E-IRR）がある。
P-IRR は、プロジェクト自体の内部収益率であり、正しく総投資額に対して得られるキャッシュフローの利回りであり、**事業の採算性を図る**ために、まずはこの指標をチェックする。この値が低いと、過大投資となっていないか、あるいは期中にかかるコストが多すぎないかといった点を吟味する必要がある。ただ、高ければいいというものでもなく、必要な投資や費用が計上されていない可能性もあるため、そのチェック指標ともなりうる。なお、調達価格算定員会にて FIT 価格を決定するためにも P-IRR が一つの基準とされている。
一方、**E-IRR** は、自らが投じた自己資金（Equity）に対して得られるキャッシュフロー（配当等）の利回りであり、**事業者自らの収益性や採算性を図る**指標となる。また、第三者の投資を呼び込む際にも、E-IRR が一つのメルクマールとなる。一般的には、P-IRR が同水準であれば、出来る限り自己資金を少なくする（その分、借入を多くする。ただし、P-IRR が借入金利を上回っていることが前提である。）方が、E-IRR を引き上げることができる（これをレバレッジ効果と言う）。一方で、返済負担も大きくなり、融資を行う金融機関の審査上は、マイナスであるため、それら金融機関との間で、適切な自己資金の割合（D/E レシオ：後述）については、議論を行う必要がある。

また、投資回収の観点では、投資回収年（Payback Period）即ち、投資金額がどの程度の年数で回収できるかも一つの指標である。

なお、メーカーやコンサルタント等から、**非常に高額な利回りをうたい投資を進められる**ケースも少なくない。しかしながら一般的に、特に中小規模のバイオマス事業で高い利回り（例えば P-IRR8%以上）が得られることはほとんどないのが実情である。したがって、こうした高い利回りや事業採算性を提示された場合は、疑いの目を持ち、それらの**「根拠・前提条件」の開示を求める**ことが重要である。

② DSCR（Debt Service Coverage Ratio）：借入償還余裕率

文字どおり、**借入の返済のための資金的な余裕度**を示す指標であり、売上から各種コストを引いた返済に回すことができるキャッシュフローを分子とし、返済すべき借入の元利金の金額を分母として算出する。少なくとも、この値が 1.0 以上でないと、返済ができないということになる。

一般的には、各年毎あるいは元利金支払期間毎の DSCR と、融資期間を通じた DSCR を算出する。原則として「最低 1.0」であることは必要であるが、種々のリスクを踏まえると、ある程度の余裕を持っておいた方が良い。また、融資の返済に直結する指標であるため、金融機関が最も気にする指標であり、プロジェクトファイナンス（後述）等においては、プロジェクトのリスクに応じて、前者および後者の数値それぞれに、ある程度の値を維持することが要求されることとなる。

なお、前項に記載したとおり、以上を踏まえて、適切な自己資本の割合が決定されることとなるが、その負債が自己資本の何倍かということを示す指標を D/E レシオ（負債資本倍率）と言う。D/E レシオについても、大手の金融機関であれば、プロジェクトのリスクに応じて、ある程度の相場観を持っており、DSCR と両面で、返済の安全性についてのチェックが行われることとなる。

以上のように、最終的に必要な自己資本の金額は、融資金融機関との交渉にて決まることとなるため、想定した以上の自己資本が必要となる場合がある。その場合に、**金融機関から要請された自己資金が用意できないとプロジェクト自体が頓挫してしまう**。第三者からの資金を募るとしても、その第三者が投資するかどうかを決定するまでに時間を要したり、投資に当たって、様々な条件が付けられたり、それが、プラントの仕様を含めた、それまでに検討して固めてきたものに及ぶ場合もある。融資の最終条件が決まるのは、検討の最終盤となることも多いため、**金融機関の感触は適宜確認しておくとともに、自己資金についても、余裕を持っておく**方が望ましい。

❑ 事業全体のリスク評価を踏まえて、複数のシナリオを用いたストレス分析がなされているか？

ストレステスト

以上のように、財務モデルを使って収支計画を作成していくわけであるが、その収支計画は一つでは十分ではない。事業者として、収益その他の便益を追求していく立場からすれば、まず**「目標」とする収支計画**が必要である。加えて、多くの関係者に理解してもらうためには、ある程度、客観的に説明できるものとして、多少の保守性も必要である。また、融資を行う金融機関からすれば、預金を原資として融資を行っている以上、「貸し倒れが起きない」というのが基本的な考え方となるため、**「最悪ケース」を想定した収支計画**を念頭に置く。

したがって、前項までのステップにて**積算した数値を、事業リスクおよびその対処の程度を踏まえて、いくつかのケースの試算を行う**必要がある。各当事者がどこまでのリスクを取ることができるのか、また、その結果としてのリターンはどの程度となるのかにつき、理解しておくことが重要である。

特に、リスクが顕在化した場合のシミュレーションを行っておくことを**「ストレステスト」**と言う。ストレステストを行うについては、冒頭の感度分析に関する記述も参照されたい。

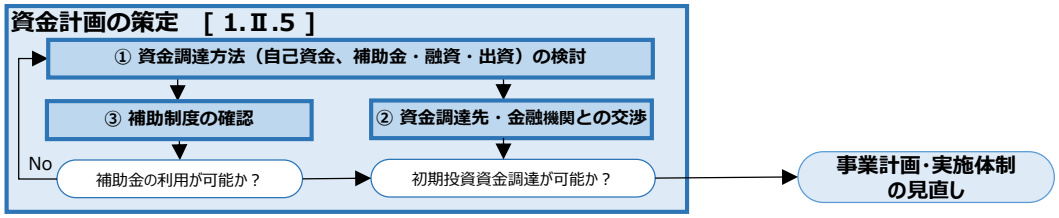
この点は、関係当事者との間で、どのような契約内容とするのか（どのリスクを誰がどこまで引き受けるのか）や、誰からどのような資金をそれぞれどの程度調達するのかに、大きく影響することとなる。したがって、この**キャッシュフロー分析およびストレス分析については、売上高の予測から次項の資金計画までのプロセスを行きつ戻りつ行う**こととなる。

1.Ⅱ.5 資金計画の策定

事業収支・キャッシュフロー分析において採算性の見通しが立ち、かつ必要な費用が明らかになった後、初期投資費用の調達方法について検討する。

メタン発酵事業は各省庁や自治体において設備補助などが行われている場合があるため、利用可能なメニューの有無を確認する。事業の意義をアピールするため、補助金執行団体に事業説明を行うことも有効である。

利用可能な補助制度がない場合は、初期費用について組織内および組織外（融資、出資など）からの資金調達可能性について検討する。組織内における説明の他、出資元の候補となる関係者、金融機関と交渉を行う必要がある。



① 資金調達方法の検討

❑ 必要な資金につき、いつ支払う必要があるか把握できているか？また、その時期に応じて、資金調達の目途が立っているか？

資金調達の時期と手段

事業の実施規模と用いる技術が定まると、およその初期投資額の把握が可能となる。FS 段階では、それに応じた資金調達方法を検討する必要がある。メタン発酵事業を資金調達の観点から段階を分けると概ね以下の三段階に分かれる。

表 2.1.27 メタン発酵事業の三段階

①各種調査、F/S などの準備段階（開発段階）
②着工から完工まで（建設段階）
③実際の運転段階（稼働段階）

③の段階においては、大規模メンテナンスや不測の事態への対応以外での資金調達は必要なく、また、大規模メンテナンスについても、稼働段階における収益にて賄うべきであるため、①および②の段階における資金調達をどのように行うかが問題となる。

したがって、**①や②の段階のいつ頃、どの程度の金額が必要となるかを見積もる**必要があり、資金調達が必要であれば、その時期から逆算して、資金調達候補先との調整を行う必要がある。また、その際には後述するとおり、各資金調達手段によって、利用できる/すべき時期が異なるため、その点も踏まえる必要がある。

❑ 資本力や本業の事業規模に対して過大な投資規模の事業となっていないか?

上で述べたそれぞれの資金をどのように調達するかについて、一般的には、①の段階においても各種調査費や設計費、系統負担金などが必要であるが、まだ不確定な要素も多いことから、金融機関の融資にて賄うのは困難が伴う。**自己資金やその段階でのリスクを許容できる共同事業者等の資金で賄うべき**である。

また、後述するように地域における意義を十分に説明できれば、地域金融機関傘下のファンド等からの出資を仰ぐことが可能かもしれない。なお、事業者の財務基盤次第では、それを背景に融資が受けられることもある。ただし、そのリスクを踏まえれば、仮に、プロジェクトが頓挫し、着工に至らなかったとしても返済できる範囲内に留めておいた方が良い。

建設段階における資金調達

実際に大きな金額が必要となってくるのは、**「②着工から完工まで（建設段階）」**の段階である。メタン発酵事業については、数億から数十億の総事業費となるため、この段階においては、多くの場合に、金融機関からの融資を考える。しかし、**「1.Ⅱ.7 事業のリスク評価（全体課題整理）」（174 頁）**にて分析するようなリスクについて、「原則として貸し倒れを起こさない」というスタンスで臨んでくる金融機関に対して、地域の中小型案件において、「問題なく対応できている」と説明しきるのはハードルが高い。

特に、バイオマスの長期間に亘る安定供給については、今後の人口減少やライフスタイルの変化、環境問題等、様々なリスク要因があり、その安定的な調達の蓋然性を説明するのは難しい場合が多い。したがって、金融機関から融資を受けるに際しては、**事業者による何らかの財務的なバックアップ（保証等）が求められることが殆ど**であるのが実情である。したがって、それらを前提とした事業規模（即ち、自らの財務体力の範囲内）に収める必要があるし、それを超えるようなケースにおいては、そのようなバックアップが可能な第三者との共同事業とせざるを得ない。

❑ 資金調達について、基本的な枠組み（融資・出資・補助金等の割合やその調達方法等）に無理はないか?

資金調達方法の選択肢

資金調達の方法としては、**「①自己資金」**を除けば、**「②第三者からの出資」、「③融資」、「④国や自治体等の補助金」**等を最適に組み合わせる必要がある。また、②③についても、国や自治体の制度があるので、必要に応じ、有効に活用すべきである。なお、②③の中間的な形態として、「メザニン」と呼ばれるカテゴリーがある。もともとは「中二階」という意味で、一般的な融資や社債に返済順位が劣後する「劣後ローン・劣後債」や、例えば株式会社の場合、普通株式より配当や清算時の残余財産の分配が優先する「優先株式」等がこれに該当する。「メザニン」をうまく組み合わせることにより、円滑な資金調達が可能となる場合もあるため、具体的に資金計画を立てる際には、金融機関等の専門家に相談されたい。

なお、①～④の一般的な特徴は、以下のとおりである。

表 2.1.28 外部資金調達手法の比較

項目	一般的な外部資金の調達手法		その他の手法
	①②出資（エクイティ）	③融資	④補助金等
主な特徴	• 返済は原則として不要だが配当を必要とする資金 • 新株等の発行によって自己資本を増加させる手法	• 金利をともなう返済を要する資金 • 借入金を増加させる手法	• 国や地方公共団体が推進する事業等に対して提供される資金
メリット	• 返済を必要としない • 事業成功に向けて資金以外の協力を得ることが可能な場合もある	• 経営の自由度を保持できる • 出資金を抑制できる	• 計画どおりに事業が推進されれば、基本的に返済は不要
デメリット	• 出資者が経営に関与するため、経営の自由度が低下する場合もある • ベンチャーキャピタル等の外部の出資者から求められるリターンは金利よりも高い	• 担保（不動産あるいは動産）が必要な場合が多い	• 事業内容に条件があり、常に利用可能ではない • 実際の支出後に補助金が支払われるため、事業実施中に、つなぎ融資等が必要
留意事項	• 返済は必要としないとしても、出資者の投資回収のため、出資の売却等のの出口（エグジット）を考える必要がある • 何をリターンとして求めるかは、出資者によって異なる	• 事業主体の信用力により融資の条件や融資の可否が異なる • 返済期間や猶予期間について金融機関と相談する必要がある • 公的な融資制度の場合、利用できる時期に制限がある場合があるので留意が必要	• 事業者の都合で簡単には処分できない。 • 制度によっては、事業終了時に設備を簿価で買い取る必要がある • 制度によっては、目的外使用、改造、処分等を行う際は国庫納付金の支払や所管大臣の承認が必要
主な調達先	• 自己資金 • 事業パートナー（他企業）からの出資 • ベンチャーキャピタル　等	• 銀行 • 日本政策金融公庫等の公的金融機関 • 信用金庫　等	• 国 • 地方公共団体　等

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

出資については、事業体の形態と目的に応じて、様々な手法が考えられる。その点については、**「1.Ⅱ.6 事業実施体制の確定」（170 頁）**を参照されたい。なお、出資と融資の割合をどうすべきかについては、上述のとおり出資の利回り（収益性）と融資の返済の安全性との関係で考えることとなる。メザニンを活用する場合は、専門的な知識を要するため、金融機関その他の専門家に相談されたい。

② 資金調達先・金融機関との交渉

❑ 資金の調達候補先との間で事業に対する理解や条件等についての協議がなされているか?

金融機関（特に地域金融機関）としての取り組みの意義

地域金融機関では、近年 SDGs への取り組みを推進する動きが広がりつつあり、「SDGs 宣言」を行う地域金融機関も増加している。その取り組みには濃淡があるが、**多くの地域金融機関が重視しているのは地域課題の解決**である。少子高齢化や人口流出による資金需要の減少に未曽有の金融緩和による低金利が追い打ちをかける中、自ら地域課題の解決に積極的に関与し、地域経済を活性化させ、資金需要を掘り起こす必要に迫られている面もある。

地域のバイオマスを用いたメタン発酵事業は第一部にて記載したように、これら地域課題の解決に資する面が大きい。2050 年に CO_2 排出量をゼロとする宣言を行う自治体も増える中、そういった気候変動問題をはじめとした環境問題への意義もさることながら、以下のポイントを押さえて事業を行えば、様々な地域への経済的な波及効果を生む。なお、地域への波及効果を金融機関に具体的に示すためには、第一部にて記載した地域経済への波及効果の分析を行った結果を用いるのもよい。

表 2.1.29 金融機関を含む地域関係者に対するバイオマス事業の意義の訴求ポイント

①	地域の廃棄物処理や環境（臭気等）対策に貢献するとともに、建設工事や運営などについても可能な限り、地域の事業者にて行うことにより、一時的な経済的付加価値を地域に落とす。また、雇用の促進や人材の育成を図り、さらにその波及効果を広げること。
②	出資にせよ融資にせよ、可能な限り地域の資金を活用し、配当や金利等の形で収益を可能な限り地域に落とすこと。
③	域外の事業者と共同で事業を行う場合は、上の 2 点を十分考慮してもらうとともに共同事業会社を立ち上げる際にはその本社所在地をその地域とし、可能な限り地域に落としてもらうようにすること。

保守的な金融機関も多いが、上記のような意義について十分に納得すれば、何とか融資が可能となるよう内部で様々な議論を行ってくれることが期待できる。したがって、**メタン発酵事業の意義と、後述するリスクの観点を合わせて、金融機関に説明する**ことが望ましい。

金融機関のリスク判断要素

金融機関が最も重視するのは、**融資が返済されるかどうか**である。メタン発酵事業においては、そのキャッシュフローで返済を行うため、融資が返済できるキャッシュフローが生成されるかどうかが基本となる。ただし、事業であるからには、目論見どおりに行くとは限らず、また、様々なリスクも存在する。したがって、まずは、前項までに記載したように事業のリスクを踏まえて、**様々なストレスにも耐えることができること（つまり、保守的に見ても問題のないこと）を説明する**のが第一である。しかし、中小型案件においては、契約において各種責任が曖昧であったり、事業者側が責任を負うことが多かったり（事業者側が責任を負うということは、返済の原資が減少することを意味する）、特に、長期間の安定的なバイオマス調達の蓋然性について、十分に金融機関の納得を得られる説明ができる場合が多くない。また、**他のバイオマス事業で頓挫した案件情報などを受けて融資に消極的**となるケースも実際に存在する。

したがって、金融機関からの借り入れに当たっては、ある程度の事業の成功の蓋然性が高いことが大前提であるが、それに加えて、**不測の事態に備えた事業者側の財務体力や借入額をカバーできる担保（SPC にて事業を行う場合には、それらを裏付けとした保証などの信用補完）が要求される**ことが殆どであることに留意されたい。

交渉のタイミング

以上を踏まえると、まず**大まかな総事業費と関係当事者（特に、プロジェクトの主体となる者）が決まった段階で、概要を金融機関に説明しておく**必要がある。

プロジェクトの主体となる者が決まらない中では、金融機関としても判断が困難であるケースが多いが、一方で、営業的な観点や、地域における意義を踏まえて、現場（担当支店等）では前向きの反応となることも多く、**最終盤となって内部の審査部門等で融資困難となる**場合もある。

したがって、まずは日頃取引のある支店の担当者等に説明するとしても、その際に上述のような取り組み意義を十分に納得してもらった上で、可能な限り早く本部に相談してもらうように依頼したほうが良い。

なお、再生可能エネルギーの案件は、金額も嵩むことから、金融機関の本部での決裁が必要なことが多いだけでなく、本部の営業支援部署も関与することが多い。そのような部署とのコンタクトができれば、それなりのノウハウを有する金融機関であれば、その時点で融資を行うに当たっての懸念点が指摘されたり、その解決策などの相談にも乗ってもらえることがある。

その後は、上述のようにプロジェクトの様々な要素が融資の可否に影響してくることから、案件の検討の進み具合に応じて適宜金融機関との相談を行いながら進めていくのが望ましい。

返済計画の策定

まずは、建設段階においては、返済のキャッシュフローを生まない一方で、金利の支払いは必要なことから、**建設期間に支払いが必要な利息分も加味して資金調達を行う**必要がある。また、**完工が遅れることを見込んで、ある程度余裕を持った借入期間（と必要利息額）を考慮**しておく。

返済は、稼働開始より可能であるが、運転開始当初は様々なトラブル対応や調整が必要なことも多いので、稼働後いきなり返済を始めるのではなく、ある程度経ってから返済を始めたり、最初の数年の返済額を少なくするなどについて、金融機関と交渉をした方が良い。メタン発酵事業については、稼働後**一定期間は出力が不安定**であったり、調整が必要なことも多いため、その点につき、十分な考慮が必要である。

なお、返済に要する期間も、FIT 適用案件だからと言って、稼働後 20 年掛けるのはできれば避けた方がよい。不測の事態にバッファがなくなるためである。数年の余裕を残し、**不測の事態が生じても FIT 期間内には返済が完了するような返済スケジュール**とした方がよい。

以上は、不測の事態を考慮した保守的な考え方であるが、一方でその分、平均的な借入期間も延びるため**金利負担がその分嵩む**こととなる。ただ、変動金利での借り入れであれば、余剰資金の期限前返済も交渉は可能であるため、融資契約上は上述のように保守的な返済スケジュールとしたうえで、**余剰資金が出た場合の期限前返済の可能性についても、金融機関と協議**しておくのもよい。

変動金利と固定金利

一般的には、民間の金融機関は変動金利、日本政策金融公庫等の公的金融機関は、固定金利での借り入れとなることが多い。固定金利の方が、採算を確定させることができる一方で、変動金利よりも絶対水準が高いことが多く、また期限前返済にかかる融通も利きにくい。

変動金利の場合は、そのデメリットは少ないが、メタン発酵事業の場合、10 年を超える長期間の借り入れとなるため、将来、金利が急騰した場合には、収益を圧迫する恐れがある。これらについても、前項における**ストレステストなどで加味して、どちらの借り入れ（あるいはその割合）がよいか検討**したほうが良い。

コーポレートファイナンスとプロジェクトファイナンス

メタン発酵事業において、借入を行う際には、その手法として、「コーポレートファイナンス」と「プロジェクトファイナンス」に大別されると言われることが多い。

コーポレートファイナンスとは、文字どおり、企業の信用力に依拠したファイナンスであり、企業の財務体力で返済を図るものである。日常の借り入れの殆どは、コーポレートファイナンスに分類される。

一方で、**プロジェクトファイナンス**とは、例えば、「特定事業に対して融資を行い、そこから生み出されるキャッシュフローを返済の原資とし、債権保全のための担保も対象事業の資産に限定する手法[7]」などと説明される。そのため、事業者の財務体力が十分ではなくとも、事業のキャッシュフローが十分であれば、プロジェクトファイナンスの手法を用いて融資が受けられる可能性はある。

プロジェクトファイナンスも様々な形態のものがあり、事業のキャシュフロー「のみ」を返済原資とし、不測の事態が生じても**事業者への責任を問わない「ノンリコース」型**、**一定の不測の事態にのみ責任を問う「リミテッドリコース」型**、不測の事態**すべてに責任を問う「フルリコース」型**がある。

地域のバイオマス事業とプロジェクトファイナンス

地域で行う中小型のバイオマス事業においては、様々なリスクへ金融機関が納得できるレベルまで対応するのは、非常にハードルが高く、現実的にはプロジェクトファイナンスの形態を取ったとしても、**フルリコース型となるのが一般的**であり、その場合は、やはり**事業者自身の財務体力が問われる**こととなる。また、それら対応を行うために、様々な手間とコストもかかるため、その規模を踏まえても、**「ノンリコース」型はあまり現実的ではない**。むしろ、フルリコース型であったとしても、プロジェクトファイナンスの形態を取ることにより、金融機関との間でリスク認識を共有化し、お互いに事業のモニタリングを適切に行うことによって、不測の事態が生じるのを未然に防いだり、起こった際の対応を円滑にすることができることに着目すべきである。

なお、プロジェクトファイナンスの形態を取った場合には、融資関連の契約も様々な条項が含まれた大部のものとなり、法律実務家（弁護士等）を交えて、個別に契約条項を詰めていく実務が一般的である。以下、主要な契約について記す。なお、プロジェクトファイナンスの場合は、その事業のための SPC（プロジェクトカンパニー）を設立するのが一般的である。

[7] 株式会社三井住友銀行 HP より https://www.smbc.co.jp/hojin/businessassist/project/

表 2.1.30 プロジェクトファイナンスに係る主な契約

① 融資契約（ローンアグリーメント）

基本となる融資契約であるが、金額・期間・金利等の融資に関する諸条件の外、借入人としての表明・保証事項、融資実行の前提条件、借入人の誓約事項（各種報告事項を含む）、資金の使途に関する事項、期限の利益喪失事由、複数の金融機関から融資を受ける場合の、金融機関間の取り決めなどが定められる。

② スポンサーサポート契約

リミテッドリコース型あるいはフルリコース型の場合に、不測の事態が生じた場合に、事業者が融資の返済が可能となるような措置を行うための契約であり、その条件や方法などが記載される。

③ 担保関連契約

事業に関する資産は、全て担保権が設定されるほか、最終手段として、金融機関が SPC の運営を第三者に変更することにより、融資の回収を図ることを目的として、SPC の株式にも担保権が設定されることが多い。

（参考）環境エネルギー・地域活性化関連の出融資メニューの例

日本政策金融公庫（環境･エネルギー対策資金）

日本政策金融公庫では、「環境･エネルギー対策資金」では、非化石エネルギーを導入する施設を取得（改造、更新含む）するために必要な設備資金に対する融資メニューを設定している。

表 2.1.31 環境･エネルギー対策資金の概要

対象者	非化石エネルギーを導入するために必要な設備を設置する方
資金の使いみち	非化石エネルギーを導入する施設を取得（改造、更新を含む）するために必要な設備資金
融資限度額	直接貸付　7 億 2 千万円 代理貸付　1 億 2 千万円
返済期間	20 年以内＜うち据置期間 2 年以内＞
利率（年）	基準利率 ただし、4 億円を限度として下記 1 の設備を取得する場合、特別利率 2 4 億円を限度として下記 2 の設備を取得する場合、特別利率 1
特別対象設備	1.非化石エネルギーの場合 発電設備（風力、地熱･水力およびバイオマスエネルギーに限る） 熱利用設備（温度差エネルギー、バイオマスエネルギーおよび雪氷に限る） 燃料製造設備（バイオマスエネルギーに限る） 2.非化石エネルギー 発電設備（太陽光（発電出力 10kW 以上の自家消費型発電設備）に限る） 熱利用設備（地中熱および太陽熱に限る）
担保･保証人	担保設定の有無、担保の種類などについては、相談のうえ決定 直接貸付において、一定の要件に該当する場合には、経営責任者の方の個人保証が必要 5 年経過ごと金利見直し制度を選択可能

（出所）日本政策金融公庫ホームページより作成

ふるさと融資

地域振興に資する民間投資を支援するために都道府県または市町村が長期の無利子資金を融資する制度で、ふるさと財団が地方公共団体の依頼を受け事業の総合的な調査・検討や貸付実行から最終償還に至るまでの事務を行っている。

ふるさと融資を行う場合、地方公共団体は資金調達のために地方債を発行し、その利子負担分の一部（75%）が地方交付税措置される。ふるさと融資の申込先は、事業地の都道府県または市町村である。

表 2.1.32 ふるさと融資の概要

貸付利率	無利子の条件
融資（償還）期間	５年以上１５年以内（５年以内の据置期間を含む）
融資対象期間	工期が複数年度にわたる事業については、そのうち連続する４年以内
償還方法	元金均等半年賦償還
担保	民間金融機関の連帯保証が必要 （保証料が別途必要。ただし、地方公共団体が民間事業者に連帯保証料の補助を行う場合、当該地方公共団体に対して地方交付税措置（補助金の 75%）が講じられる。）

（出所）地域総合整備財団（ふるさと財団）ホームページ

地域脱炭素投資促進ファンド（グリーンファンド）

環境省の制度であるが、「CO_2 削減」＋「地域活性化」に貢献するプロジェクトに出資することにより、民間資金（金融機関の融資等）の呼び水として地域の脱炭素化プロジェクトを支援している。融資ではなく出資等であるため、融資よりコストはかかることが多いが、自己資金不足の場合や金融機関の理解が得られにくい場合の活用を念頭に置く。現在は一般社団法人グリーンファイナンス推進機構が取り扱っており、詳細は同機構に照会されたい。

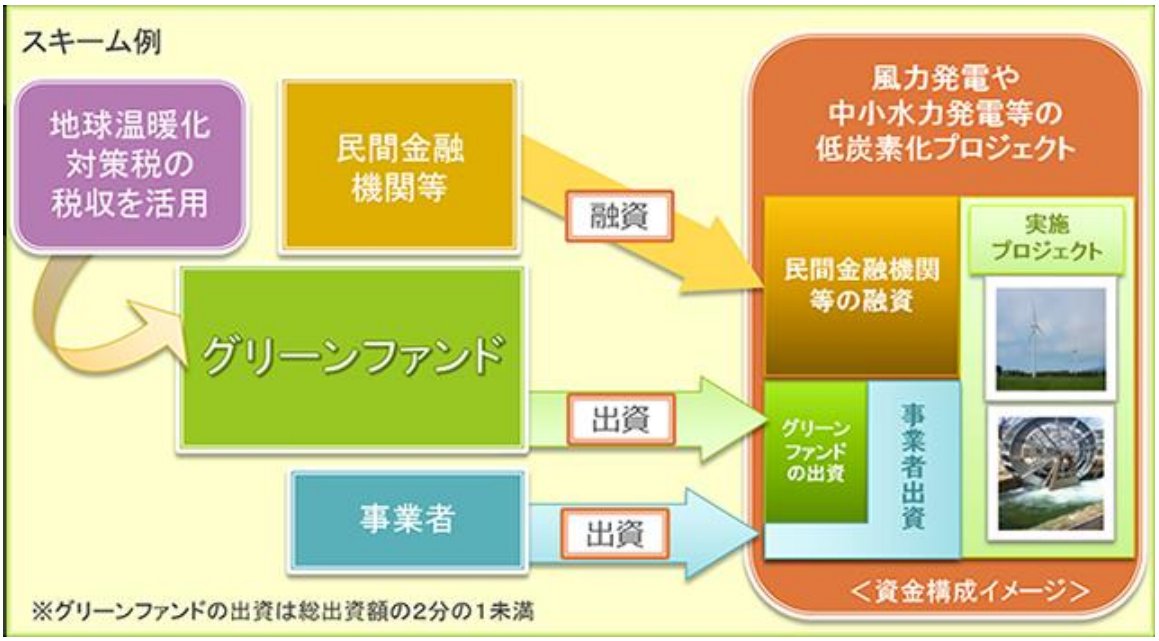


図 2.1.13 グリーンファンドの資金構成イメージ

（出所）一般社団法人グリーンファイナンス推進機構ホームページ

③ 補助制度の確認

事業収支の検討および資金計画の策定の際には補助制度の活用を検討する。ただし、FIT 制度を利用した売電事業を計画している場合は基本的に他の補助制度との併用は不可能のため、後述するプロセスで FIT の申請を行う。

補助制度によって補助率や補助対象（設備の範囲や民間企業／自治体などの主体）が異なるため、適宜キャッシュフロー分析の再計算を行うとともに、条件に適した実施体制を検討する。

- ❑ 設備の設計・導入に係る国、都道府県等の補助制度や要件は確認できているか?
- ❑ 補助金の活用など、役所等の支援を仰ぐ場合、役所内で予算協議が進められているか?
- ❑ 売電を考える場合、FIT 制度と併用して適用される補助制度はほとんどないため、補助金に依存した売電計画になっていないか？
- ❑ 補助の獲得に際して必要な都道府県、市町村等の協力は確認できているか?

補助制度の要件に係る留意事項

国および地方公共団体はバイオマスエネルギー事業に関する様々な補助制度を用意している。計画どおりに事業が推進されれば、基本的に補助金の返済は不要であるため、バイオマスエネルギー事業の資金調達の際に検討されることが多い。ただし、**実際の支出後に補助金が支払われるため、事業実施中につなぎ融資等が必要**となる。

また、**制度によっては目的外使用、改造、処分等を行う際は国庫納付金の支払や経済産業大臣の承認が必要**な場合があることに留意が必要である。なお、**委託事業の場合は事業終了時に設備を簿価で買い取る必要**があることもある。

補助制度のスケジュールに係る留意事項

メタン発酵系バイオマスエネルギー関連の補助金の例を以下に示す。国の補助制度は毎年メニューが異なるため、**現在の年度の補助メニューをもとに次年度の計画を立てても、補助メニューが変更され、想定していた資金調達ができない**場合がある。

また、**募集期間、補助金の執行は 1 年の限られた時期に行われる**ため、**国の補助金の執行時期または実証事業実施時期を確認しておかないと大幅にスケジュールや資金調達計画がずれる**ことがあるため留意する。

国のバイオマスエネルギーおよび再生可能エネルギー等の事業は**８月頃に概算要求が各省庁のホームページで公開**されるため、それらを確認することが重要である。また、必要に応じて対象の補助制度を**管轄する省庁に事業説明およびヒアリングに訪問することも有効**である。

表 2.1.33 2022 年度におけるメタン発酵系バイオマス利用に係る各省庁の主な補助制度

支援類型	施策名	担当省	家畜ふん尿	食品廃棄物	下水汚泥
計画策定	地域経済循環創造事業交付金のうち分散型エネルギーインフラプロジェクト	総務省	○	○	○
	畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業等のうち畜産環対策総合支援事業	農林水産省	○		
	地域共生型再生可能エネルギー等普及促進事業	経済産業省	○	○	○
	地域脱炭素実現に向けた再エネの最大限導入のための計画づくり支援事業	環境省	○	○	○
	脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏構築事業	環境省	○	○	○
	「脱炭素×復興まちづくり」推進事業	環境省	○	○	○
	PPA 活用等による地域の再エネ主力化・レジリエンス強化促進事業	環境省	○	○	○
	循環型社会形成推進交付金等（廃棄物処理施設分）	環境省		○	
調査設計	みどりの食料システム戦略推進交付金のうちバイオマス地産地消対策	農林水産省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略推進交付金のうち地域循環エネルギーシステム構築	農林水産省	○	○	○
	廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築促進事業	環境省		○	
	脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏構築事業	環境省	○	○	○
	地域レジリエンス・脱炭素化を同時実現する公共施設等への自立・分散型エネルギー設備等導入推進事業	環境省	○	○	○
	脱炭素社会構築に向けた再エネ等由来水素活用推進事業	環境省	○		○
	PPA 活用等による地域の再エネ主力化・レジリエンス強化促進事業	環境省	○	○	○
	循環型社会形成推進交付金等（廃棄物処理施設分）	環境省		○	
実証試験	みどりの食料システム戦略推進交付金のうち地域循環エネルギーシステム構築	農林水産省	○	○	○
	スマート農業の総合推進対策のうちペレット堆肥活用促進のための技術開発・実証	農林水産省	○		
	「知」の集積と活用の場によるイノベーションの創出のうちイノベーション創出強化研究推進事業	農林水産省	○	○	○
	脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業	環境省	○	○	
	地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業	環境省	○	○	○
	脱炭素社会構築のための資源循環高度化設備導入促進事業	環境省	○	○	
	脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業	環境省	○	○	○
施設整備	地域経済循環創造事業交付金のうちローカル 10,000 プロジェクト	総務省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略緊急対策交付金のうちバイオマス地産地消対策	農林水産省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略推進交付金のうちバイオマス地産地消対策	農林水産省	○	○	○
	畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業等のうち畜産環境対策総合支援事業	農林水産省	○		
	農山漁村振興交付金（農山漁村発イノベーション対策）のうち農山漁村発イノベーション等整備事業	農林水産省	○	○	○
	社会資本整備総合交付金のうち下水道リノベーション推進総合事業	国土交通省			○
	下水道事業補助のうち 民間活力イノベーション推進総合下水道事業	国土交通省			○
	下水道事業補助のうち 下水道脱炭素化推進事業	国土交通省			○
	地域共生型再生可能エネルギー等普及促進事業	経済産業	○	○	○
	廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築促進事業	環境省		○	
	脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏構築事業	環境省	○	○	○
	地域レジリエンス・脱炭素化を同時実現する公共施設への自立・分散型エネルギー設備等導入推進事業	環境省	○	○	○
	建築物等の脱炭素化・レジリエンス強化促進事業	環境省	○	○	○

支援類型	施策名	担当省	家畜ふん尿	食品廃棄物	下水汚泥
	脱炭素社会構築に向けた再エネ等由来水素活用推進事業	環境省	○		○
	廃棄物処理×脱炭素化によるマルチベネフィット達成促進事業	環境省	○	○	○
	「脱炭素×復興まちづくり」推進事業	環境省	○	○	○
	PPA 活用等による地域の再エネ主力化・レジリエンス強化促進事業	環境省	○	○	○
	循環型社会形成推進交付金等（廃棄物処理施設分）	環境省		○	
活動支援	地域経済循環創造事業交付金のうち人材面からの地域脱炭素支援	総務省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略推進交付金のうちバイオマス地産地消対策	農林水産省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略推進総合対策のうち地域資源活用展開支援事業	農林水産省	○	○	○
	畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業等のうち畜産環境対策総合支援事業	農林水産省	○		
	地域脱炭素実現に向けた再エネの最大限導入のための計画づくり支援事業	環境省	○	○	○
	廃棄物処理×脱炭素化によるマルチベネフィット達成促進事業	環境省		○	○
研究開発	未来社会創造事業のうち「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域	文部科学省	○	○	○
	スマート農業の総合推進対策のうちペレット堆肥活用促進のための技術開発・実証	農林水産省	○		
	「知」の集積と活用の場によるイノベーションの創出のうちイノベーション創出強化研究推進事業	農林水産省	○	○	○
	化石燃料のゼロ・エミッション化に向けた持続可能な航空燃料（SAF）・燃料アンモニア生産・利用技術開発事業	経済産業省	○	○	○
	新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業	経済産業省	○	○	○
	地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業	環境省	○	○	○

（出所）バイオマス産業都市関係府省連絡会議「関係府省庁によるバイオマスの利活用に関する支援策」

コラム：カーボンオフセット制度

企業や自治体がバイオマスを含む再生可能エネルギーを増やす手段の 1 つとして、**環境価値（CO_2 を排出しない効果など）を証書で購入する制度**がある。電気や熱の契約とは別に証書を購入することで、バイオマスエネルギーの環境価値を活用できる。

電力に関する証書制度について以下に示す。その他、再生可能エネルギー熱については、**グリーン熱証書、J-クレジット（再生可能エネルギー熱由来）など**がある。

表 2.1.34 再生可能エネルギーの発電設備による証書・クレジット

名称	グリーン電力証書	J-クレジット（再生可能エネルギー発電由来）	FIT 非化石証書（再生可能エネルギー指定）
発行者	グリーン電力証書発行事業者	国（経済産業省・環境省・農林水産省が共同で運営）	低炭素投資促進機構（国が指定した費用負担調整機関）
対象になる自然エネルギー	太陽光、風力、水力、 地熱、バイオエネルギー	太陽光、風力、水力、 地熱、バイオエネルギー	太陽光、風力、水力、 地熱、バイオエネルギー（証書では種別は不明）
対象になる発電設備	日本品質保証機構から認定を受けた発電設備	J-クレジット制度認証委員会が承認した発電プロジェクト（1 つのプロジェクトで複数の発電設備が可能）	国から固定価格買取制度の認定を受けて運転中の発電設備
購入対象者	企業、自治体など	企業、自治体など	小売電気事業者に限定
購入方法	グリーン電力証書発行事業者から購入	①J-クレジット制度事務局が実施する入札で購入 ②J-クレジット保有者か仲介事業者から購入	非化石価値取引市場で入札して購入
発行量	2 億 5600 万 kWh（2018 年度）	12 億 kWh（2018 年度の認証量）	779 億 kWh（2018 1～12 月発電分）
価格	発行する事業者によって異なる 大量に購入する場合で平均 3～4 円/kWh 程度	2019 年 4 月に実施した入札では 平均 0.88 円/kWh （全国で販売した電力の CO_2 排出係数の平均値で換算）	2018 年度に実施した入札では平均 1.3 円/kWh 最低入札価格 1.3 円/kWh 最高入札価格 4 円/kWh
償却期限	なし（購入後いつでも償却可能）	なし（購入後いつでも償却可能）	発電した年（1～12 月）と同じ年度に限る

（出所）「電力調達ガイドブック（第 3 版）」（公益財団法人自然エネルギー財団）より、みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

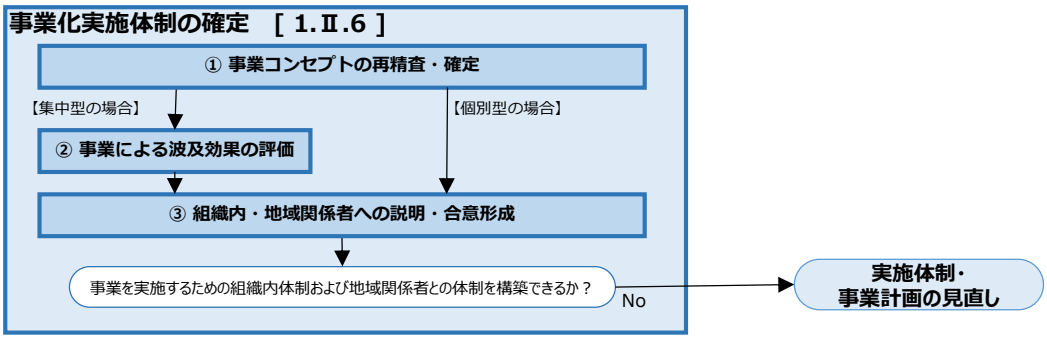
1.Ⅱ.6 事業実施体制の確定

事業モデルの検討段階では、事業収支・キャッシュフロー分析と資金計画の策定と併せて事業化体制の検討を行う。体制の検討にあたり、最初に構想段階で整理した事業実施の意義や目的から現在想定している事業内容が乖離していないか再精査を行い、そのうえで組織内および地域関係者への説明を行う。この時、事業実施の意義としてバイオマスエネルギー事業の単体事業性だけでなく、地域への波及効果の評価結果を提示することが地域関係者からの理解と協力を得るうえで有効である。

また、過去には「実施者」が不在で実現に至らなかったケースや、地域関係者の協力が得られなかったケースが数多く存在するため、この段階で必ず原料調達から設備運転（事業実施者）、エネルギー・副生物利用先それぞれの実施者や拠点を明確にしておく。もしこのステップで、上述の観点から組織内および地域関係者との体制を構築できない場合は、事業計画を改めて見直す必要がある。さらに、事業実施者として想定される主体が、中心的な担当者とサポート体制の有無を含め本当に実行力があるのか？、資金力ファイナンスを受ける体制としてについても問題ないか？についても十分な確認が必要である。

特に融資を受ける場合は、事業の実行力だけでなく、不測の事態に対応できる財務体力も必要となる。ある程度体制を固め、事業計画の検討が進んだ段階で金融機関に相談したところ、事業収支の計画以前に、その体制では融資が困難との返答を受けたという例も多い。その場合は、体制を最初から見直す必要が生じる。したがって、前述のとおり体制を固める前に、一度融資を受けることを予定する金融機関には頭出し程度の相談は行っておいた方が良い。

このステップで、事業を実施するための組織内体制および地域関係者との体制を構築できない場合は、事業計画を改めて見直す必要がある。



① 事業コンセプトの再精査・確定

事業化体制の検討に先んじて、構想段階で整理した事業実施の意義や目的から現在想定している事業内容が乖離していないか再精査を行う。そのうえで、組織内および地域関係者への説明を行う。

❑ 構想段階の事業コンセプト・ねらいからぶれた計画となっていないか?

❑ コンセプトと国の政策、地域の施策との方向性のズレはないか?
❑ 政治的な理由などで無理な条件が強いられた計画となっていないか?

FS 調査を進めるにあたり、多くの場合構想段階で描いたビジネスモデルや実施規模、協力関係者の変更修正を余儀なくされ、当初構想段階で描いた**本来の目的や事業コンセプトの方向性から乖離**してしまうことがある（地域活性化目的がいつの間にか FIT の売電収益目的になる等）。構想段階から FS 調査に進んだ後も、**事業コンセプトを継続的に精査し、関係者との共有を続け**、特に社内外の関係者との実施体制構築の際には改めて事業意義を明確化する必要がある。

事業コンセプトの考え方については**「1.Ⅰ.1 事業コンセプトおよび事業内容の構築」（105 頁）**を参照されたい。

② 事業による波及効果の評価

組織内外の関係者への説明の際には、事業実施の意義としてバイオマスエネルギー事業の単体事業性だけでなく、地域への波及効果の評価結果を提示することは、行政を含む地域関係者からの理解と協力を得るうえで有効である。

❑ 事業による地域への波及効果等の評価がされ、地域からの理解醸成に活かされているか?

❑ メタン発酵事業を行うことによる環境への負荷低減、循環型社会構築などに関する効果を評価し、行政を含む関係主体から理解が得られているか？
❑ 波及効果を発揮するための地域の仕組み等が同時に検討されているか?

メタン発酵事業を含む計画中のバイオマスエネルギー事業の地域への効果を定量的に示すことは、周辺地域の関係者からの理解醸成を促し実施体制を構築するうえで有効である。地域経済波及効果の分析方法は「産業連関分析」、「LM3」、「産業連鎖分析」などがあり、詳細は**「第 1 部 4 章 バイオマスエネルギー利用の意義」**参照されたい。

本ガイドラインで採用した「産業連鎖分析」は、バイオマスエネルギー事業が開始されたことによる事業者自身の経済効果と事業に係る地域内外の関係者の経済効果および循環を同時に可視化することができ、地域全体を巻き込むための検討材料として有効である。

例えば、当該事業単独の FS を行うと収益性が低いと判断される場合には、一般的には事業者はその事業を断念することが多いと考えられる。しかし、一方でこの算出プロセスを経た結果、**地域全体としてはメリットが大きいと判断される場合には、自治体その他の地域におけるコミュニティやステークホルダーが当該事業者を経済的な面その他の面で支える**ことにより、当該事業を推進してもらった方が地域全体としてのメリットが大きいと考えられる。具体的には、自治体が当該事業へ補助金などの財政支援

を行う判断につながる可能性もある。また、これらの結果は地域にて当該事業に協力的でない当事者の説得材料となる可能性もある。

産業連鎖分析に限らずこのような分析は、**自治体の政策決定や地域におけるコンセンサス作りに有用**なものである。また、当該事業にとっても、このような過程を経た上で取り組まれるということは、自治体や地域のステークホルダーの支持を得ているものであり、その安定性を増すものと考えられる。

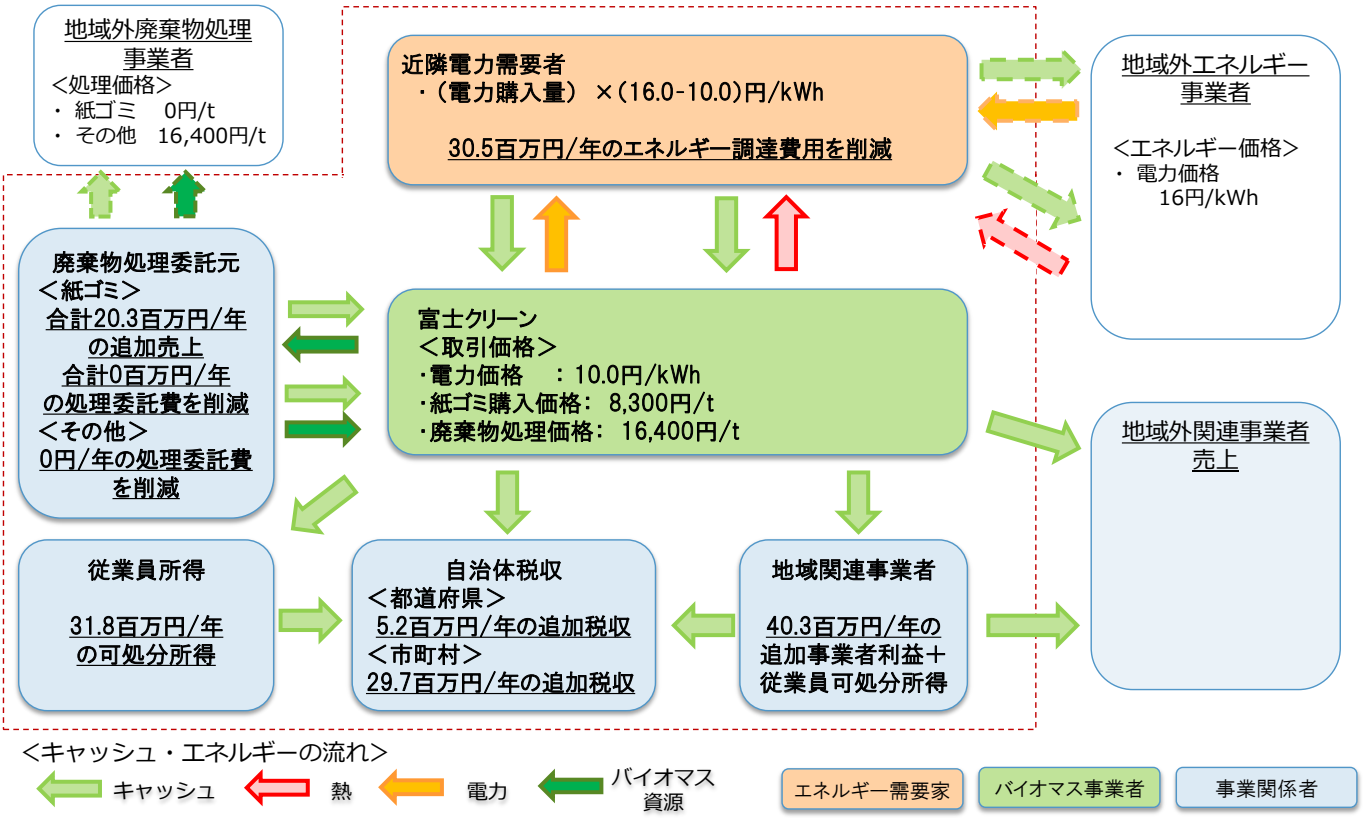


図 2.1.14　バイオマス事業の開始による地域経済効果の例（株式会社富士クリーン）（20 年間平均値）
（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成

事業収支および地域への意義の検討結果を含む FS 調査の結果を踏まえ、組織内外の関係者への説明を行い、事業化に向けた合意形成を図る。この段階で必ず原料調達から設備運転（事業実施者）、エネルギー・副生物利用先それぞれの実施者や拠点を明確にしておく必要がある。

❑ 事業主体は確立しているか?原料調達、運搬、エネルギー転換・利用までの主体は明確となっているか?

FS 時点でもビジネスモデルを描いたにも関わらず、**「実施者」が不在で実現に至らなかったケースや、地域関係者の協力が得られなかったケースが数多く存在**する。そのため、必ず原料調達から設備運転（事業実施者）、エネルギー・副生物利用先それぞれの実施者や拠点を明確にすることが重要である。

さらに、事業実施者として想定される主体が、**本当に実行力があるのか？（中心的な担当者とサポート体制があるか？）、ファイナンスを受ける体制としても問題ないか？についても十分な確認**が必要である。

本ガイドラインで繰り返し述べているように、特にファイナンスを受ける体制については、事業の実行力だけでなく、不測の事態に対応できる財務体力も必要となってくる場合が多い。ただそれだけでなく、**原料調達先やプラントメーカー・建設業者などの関係者についても金融機関等の納得が得られない場合もある。**

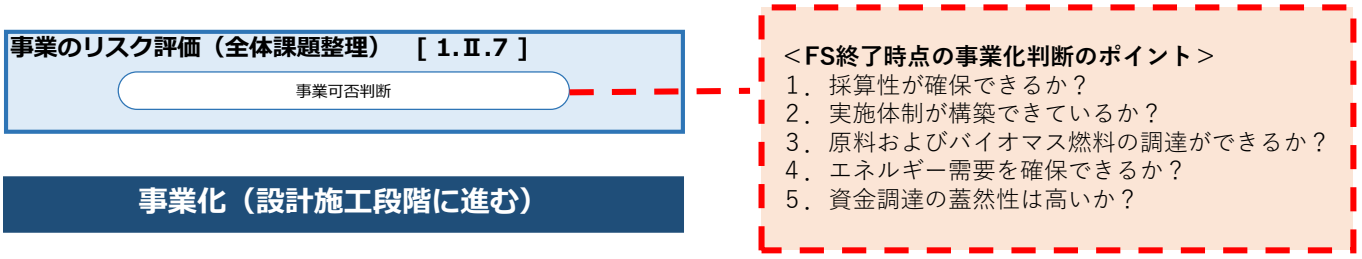
ある程度体制を固め、事業計画の検討が進んだ段階で金融機関に相談したところ、事業収支の計画以前に、その体制では融資が困難との返答を受けたという例も多く、その場合は体制を最初から見直す必要が出てきてしまうが、メタン発酵の場合は、体制変更により使用するプラントから変更せざるをえないケースもある。その場合は、全面的な事業計画の見直しが必要となってしまうため、体制を固める前に、一度融資を受けることを予定する金融機関には、頭出し程度の相談は行っておいた方が良い。

1.Ⅱ.7 事業のリスク評価（全体課題整理）

前項までの検討において事業化判断を行うための事業収支・キャッシュフロー分析結果は整理されているが、実際の事業においては様々なリスクが存在し、想定していた前提条件（燃料調達量、コスト、収益など）のとおりにならないことがある。

本項ではFSを行うに当たって必要なリスク評価について記載する。特に金融機関等の資金調達は建設段階からとなる場合が多いことを踏まえ、建設段階以降に発生しうるリスクの中で、金融機関等の資金調達先からもチェックを受けることが多い点を中心に概観する。

なお、バイオマス事業を行うに際しては、多様な当事者が存在するため、**そのリスクにかかるコントロール能力が最もある者が負担する**というのが望ましい。例えば、工事に関するリスクは工事業者、燃料に関するリスクは燃料調達先という具合である。ただし、これらは、交渉マターとなるだけでなく、コストにも影響してくるため、誰がどこまでのリスクを負担するかについては、慎重な検討が必要となる。



① 建設段階のリスクとその対処方法の例

❑ そもそも完工しない、あるいは、所期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？

1） そもそも完工しない、あるいは、所期の性能を発揮しないリスク

メタン発酵編事業では、技術的な観点でのチェックが重要なことは当然であるが、実際のプロジェクトではプラントが稼働する以前に、以下のようなリスクに直面することがある。スケジュールや情報量の制約、あるいは交渉マター（請負金額への影響も含む）となるなど、限界がある場合も多いが、可能な限り対応しておくことが望ましい。

2） 許認可や事業用地の確保

事業に必要な許認可については、国や自治体等の担当者とは十分に話を行っていたとしても、**予想外に想定するスケジュールどおりに行かなかったり、あるいは最終的な許認可が下りない**といったケースもある。その場合、先行して投資した金額（土地取得費用、系統負担金、場合によってはプラント発注費用等）が無駄になってしまうことがある。特に廃棄物処理関連の許認可が必要な場合は設備が完成しないと得られないものもあり、さらに留意が必要である。したがって可能な限り、**大きな金額の支出を要するようなものは正式な許認可が下りてからで構わないような余裕のあるスケジュールを立てる**ことが肝要である。

また、事業用地についても例えば**調査・開発に長期間を要する場合**には、地権者との間で簡単な合意書等を締結の上、建設の目途が付いたところで正式な土地利用関連の契約を締結しようとする場合があるが、その間に**地権者側に事情の変更（例えば、相続等）が生じ、正式な契約に至らない場合**がある。合意書等が法的な効力がある内容であれば、それを根拠に裁判等に訴えることも可能であるが、その場合解決までに長期を有することに加え、何より地域と紛争を抱えたままでの事業遂行は困難

になることが多い。したがって、土地を取得する場合の資金調達や金利負担、借りる場合の賃料との兼ね合いもあるが、かかる観点からは事業化の判断を行った後に、可及的速やかに正式な契約を結ぶことが望ましい。

なお、金融機関から融資を受ける際には、これらは所与の条件として厳しく見られることが多い。

3) 工事業者やプラントメーカーの倒産等

工事期間中やプラント設備の発注後に、工事業者やプラントメーカーが倒産してしまう事例もある。特に、**海外のプラントを使用する場合にはそのメーカーが小規模である場合も多く、かつその信用力を確かめる手段に乏しい。**性能やコスト、メンテナンス体制だけではなく、まずは**第三者も含めその実績などを十分にヒアリングした上で判断する**ことが肝要である。

また、日本国内の代理店や工事業者との間で、このような場合の**責任分担を予め契約に落としておく**ことも検討に値する。特に、工事業者が情報力や財務的余裕度が高い場合には、コストは嵩むが保険的に工事業者がそれらのリスクを引き受ける契約（EPC 契約）とする方が良い。

なお、金融機関から融資を受ける際にも工事業者やプラントメーカーについては、このような理由やその後のメンテナンスへの対応能力の観点から、実績のみならず財務体力も見られることが多い。

4) プラントや燃料に起因する機器・設備等の不具合

実際にプラントが完成しても、プラントが想定どおり稼働しないことは十分にありうる。こうしたリスクを未然に防ぐために本ガイドラインにおける各チェック項目（例えば、発酵試験等）は策定されているが、それでも不測の事態は起こりうる。

したがって、まずはメーカーあるいは工事業者との契約において、**十分な試運転（コストが掛けられるのであれば、専門家である第三者の立ち合いも検討）を行ったうえで、検収（最終支払）を行う**こととすべく交渉を行うとともに、後述の資金計画においても、それら不具合を修正するための時間的な余裕を持つ（融資の返済スケジュールを後倒しにする等）べきである。

また、**メーカーと工事業者とバラバラに契約を結ぶ場合**、並びに**メーカーについても代理店を介する場合**には、不具合があった際の責任の所在が不明確になり、そのために問題の解決に支障がでる場合もある。したがって、コスト等も踏まえて可能であれば、**EPC 契約とし、工事業者に設計や機材等に関する責任まで負ってもらう**形とした方が良い。ただし、その工事業者にその責任を遂行する能力がなければ、単にコスト高となるだけであるため留意する必要がある。

❑ 完工が遅れる（タイムオーバーラン）リスクおよび、その場合に生じる問題につき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？

完工が遅れる（タイムオーバーラン）リスク

様々な理由で完工自体が遅れることがあり、それが事業に様々な悪影響を及ぼすことがある。まず、完工が遅れることにより、許認可等に支障が出るようなことは避けなければならない。また、完工が遅れると原料の供給側に迷惑をかけることとなり、プラントが完成していないにもかかわらず、**原料の引き取りは開始せざるを得なくなる**こともある。さらに、キャッシュインが遅れる一方で、融資への**金利支払いや人件費等の経費はかかる**ことになる。

それらのリスクを踏まえて、**スケジュールの設定（建設段階における融資期間の設定を含む）や予備費の当初からの積み立て、工事請負契約等にての完工遅延に関するペナルティの設定**等の対応策を講じておくことが望ましい。

❑ 建設コストを中心とした建設段階にかかる費用が嵩む（コストオーバーラン）リスクにつき認識し、適切な予備費が計上されているか？

建設段階にかかる費用が嵩む（コストオーバーラン）リスク

建設段階では、土木建築費や土地造成費の想定外の発生をはじめ様々な理由で費用が嵩む場合がある。一般的には、建設請負契約において、発注者・受注者のどちらが負担すべきか記載されているが、その場合に、発注者の負担となる場合が記載されていることが多い。また、タイムオーバーランが生じた場合にもコストが嵩むこととなる。それらのリスクを踏まえて、**建設請負契約の条項を交渉したり、適切な予備費を確保する**などの対応策を講じておくことが望ましい。

なお、不可抗力の場合を除き、**試運転までの全業務を受注者が全責任を負って請け負う契約**を**「フルターンキー（あるいは単にターンキー）契約」**と言い、プロジェクトファイナンス等において金融機関から求められることが多いが、受注者としてはその分リスクを引き受けることとなるため、請負金額に影響する点に留意すべきである。

また、建設請負契約には、それらコスト負担だけでなく契約解除事由その他、工事の継続に大きな影響を与える可能性がある条項が多く規定されており、それら条項は十分に吟味すべきである。

② 運営段階のリスクとその対処方法の例

- ❑ **当初予定した調達する原料の量・価格・質が、事業期間中維持されるための対応が取られているか？**
- ❑ **原料調達先との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？**

廃棄物処理関連の許認可が必要な場合、廃棄物処理施設が完成しないと廃棄物処理法上の「廃棄物処理業」の取得ができず、バイオマスの供給元としても、その段階で供給を正式にコミットするのは難しい場合が多い。したがって、ある程度の見込みで事業遂行の決断を行う必要がある。しかし、正式なコミットが得られていないため、**結果的にバイオマス不足に陥るケース**がある。廃棄物処理法の手続きの詳細は**「4.Ⅱ.1 基本設計 ⑤ 施設関連法規制の確認と対応」（369 頁）**を参照されたい。

また一般的にはバイオマス調達先との間で、長期間の拘束力のある契約書を締結することは難しいが、その場合**原料の量や価格・質が変動するリスクを負ってしまう**。バイオマス供給先と事業期間中において調達量・価格・質を固定した供給契約を結ぶことができれば望ましいが、実際は難しいことが多い。また仮にそのような契約を締結できたとしても、調達先にて長期間それを維持できないとあまり意味がない。

したがって、**まずは想定するバイオマスが長期間に亘って存在する可能性の検討を十分に行う**べきである。例えば、家畜ふん尿については、長期間に亘って十分な量のふん尿を確保できるだけの家畜の飼育が行われる可能性や、産業廃棄物であれば同様に、その種の廃棄物が将来にわたって長期間廃棄されるかどうかである。また上述のように、設備完成後に供給のコミットをもらえなかったり、不測の事態に供給条件の変更を迫られる可能性を低減すべく、**バイオマス調達先と強固な関係を築くことが重要**である。

そのためには、バイオマスプラントがバイオマス調達先の事業継続に欠かせないようなシチュエーションを作ったり、バイオマス調達先との共同事業としたりすることも手段としては考えられる。実際、地域によっては**発電事業などの横のつながり（協議会等）を作り、地域内の原料およびバイオマス燃料価格の安定化**に努めるケースも存在する。自治体の関与が有効に機能する場合もある。また、バイオマス調達先に不測の事態が生じた場合に備えて、**複数の調達先から原料およびバイオマスを仕入れる**ことにより、リスク分散を図ることが有効な場合もある。

なお、資金調達の観点からはこれらリスクについては、慎重な金融機関が殆どであり、**不測の事態に備えて実質的な事業者による信用補完が求められる**場合が殆どである。

- ❑ **稼働後に故障その他により初期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？**

上述のような想定外の事態を可能な限り少なくするため、**FS 段階でコスト増となる要因について十分精査**する必要がある。それでもこうした事態が生じた場合に備えて、メーカーや工事業者との契約において、**保障条件や内容につき十分に検討しておく**必要がある。そして、それらにてカバーできない場合には、自らの負担にて対応を行う必要がある。

そのため、稼働開始後の外部環境の変化などによる追加コストは必ず発生するという前提の元、**予備費用として収益の 5%以上準備しておく**ことが望ましい（適正水準は個々のケースにより異なるし、融資を受ける場合には、金融機関の要求水準も異なってくる）。

SPC等本事業専用の会社を設立する場合には、その会社に積み立てておくことが望ましいが、積み立てを行わない場合は、融資を受ける金融機関から保証などを要求されるとともに、そういった**不測の事態に対応できるだけの財務体力**も要求されることとなる。

また、**複数の関係者が存在する場合**には、それら追加コストが発生した場合、**誰がどのように費用負担するかも事前に取り決めておく**必要がある（例えば、公共事業の場合は追加予算で対応するなど）。

表 2.1.35 想定される追加コスト

設備	点検･管理項目
前処理設備	･破砕選別機の取り換え、更新 ･石、木片、コンクリート片など夾雑物の混入による前処理選別機、撹拌機、ポンプの故障 ･長尺繊維（麦稈、稲わら等）の多量混入による機械への絡みつき、配管閉塞･凍結対策 ･戻し消化液（固液分離液分）の返送による硫化水素の発生対策 ･投入量流量計の増設 ･投入配管の増設 ･投入棟シャッターの増設
メタン発酵設備	･発酵槽内の堆砂、汚泥の堆積による槽内の清掃 ･撹拌機の破損、計測機器の不具合による交換 ･生物脱硫膜の落下による補修 ･配管への不純物付着による発酵槽温度低下 ･発泡による消泡剤注入設備の追加
後処理（メタン発酵残渣処理）	･消化液固液分離機の増設･型式変更 ･水処理装置の増設 ･消化液貯留槽の増設 ･消化液排出ポンプの不調 ･異物混入による固液分離機の破損 ･消化液分離液槽の腐食
ガス浄化処理	･バイオガス中硫化水素濃度上昇による乾式脱硫剤の交換頻度の上昇 ･生物脱硫槽における強酸性液による配管腐食 ･ガス配管内における滞水、ガス閉塞、配管凍結 ･除湿器の増設 ･脱臭設備の増設

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

❑ メーカーの倒産や部品在庫等の問題により、メンテナンスを適正に受けられないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？

上述のような準備をしていても、実際に、適切なメンテナンスを行ってもらえなければ、意味がないため、**メーカー等とのメンテナンス契約（O&M 契約を含む）の内容も十分に吟味しておく**必要がある。

特に**海外のメーカーの機材を用いる場合**には、本国から部品等を運搬するのにコストや時間がかかったり、技術者の出張も必要な際にコストも大きなものとなる場合がある。実際に、修理によって再稼働ができるかどうか不透明な中、出張などに多大なコストがかかるために、事業継続を断念した例もある。したがって、**メーカー等のメンテナンス体制や本邦における部品在庫の状況は予め確認しておく**ほか、メンテナンスの際のコストについても予め十分な取り決めを行っておくべきである。

なお、日本側に代理店や現地法人が存在する場合に、契約の相手方をその代理店や現地法人とする場合もあるが、その際、代理店や現地法人のメンテナンス能力が不十分であったとしても、本国側には十分な責任を問えないため、可能な限り**実際のメンテナンス能力を有する法人との契約とする**ことが望ましい。

メーカーの倒産リスクについては完全に対処することは難しいが、まずは、その信用力について可能な限り調査した上で、可能であれば、**海外の信用調査機関等も活用**してその動向をウォッチしておくべきである。また、**同様のメーカーの設備を導入している事業者同士で部品を共有**するという手段も考えられる。なお、最後の手段としては、機材にもよるが、これらバイオマスプラントに詳しい技術者を抱えた事業者も存在するので、メーカーの保障はなくなるがそれら事業者に修理を委託する方法もありうる。

❑ 熱供給を行う場合や、その他副生物を販売・処理する場合に、その需要や価格（処理コスト）の見積りは適正にできているか？

❑ 熱供給先や副生物の販売先（処理委託先）との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？

電力については FIT 制度の適用があれば、一定期間にわたり発電した電力を一般送配電事業者に固定価格にて買い取ってもらえるが、**熱供給や液肥等の副生物の販売、あるいは副生物の処理を行う場合**は、相手方との契約次第で量も価格も変動する。場合によっては、**供給・販売や処理を事業期間中に断られる**こともある。

したがって、これらのリスクはまずは**相手方との契約内容の交渉により、可能な限り排除する**ことが望ましい。具体的には一定期間の量や価格を固定し、それに反する場合にペナルティを設ける他、料金を基本料金と従量料金に分け、少なくとも基本料金にて設備投資の回収は賄えるようにする方法等が挙げられる。

契約面で対処できない場合には、別途対応を検討する必要がある。また、それ以前に相手方が倒産してしまうこともあり、取引相手によっては、それを踏まえた対応も必要となってくる。

1）供給（販売・処理）量の変動やその価格変動リスクへの対応

熱供給については、一旦、設備や仕組みを作れば、相手先が「乗り換える」のは大変になるため、そのリスクは低くなるものの、**将来的な需要量の変化や他のエネルギー価格との兼ね合いで、供給量や価格の変化を受け入れざるを得ない可能性**がある。それらを予測するのは難しいが、予算があれば、専門家に需要予測を行ってもらうなどの対処をしたうえで、ある程度保守的な見積りや、「逃げられない」仕組みを構築するなどの工夫を行うことが望ましい。

一方、液肥等の副生物の販売については、**第三者との競争にさらされるリスクがより高まる**ため、その出現の可能性を踏まえた検討が必要となる。また、副生物の処理も含め、**代替先についても予め念頭に置いておく**ことも望ましい。

また、これらリスクに対する**保険の加入も検討の余地はある**が、コストが嵩むためリスク許容度を踏まえて慎重に対応すべきである。何より、ビジネス一般の議論として、**相手先と良好な関係を築いておくのが第一**である。

2）相手先の倒産への対応

熱供給については代替先を見つけるのが困難であるため、**最初の段階で相手先の信用力をよく見極める必要**がある。また、熱供給がストップすることによる**プラントの停止を避けることを第一に考える**必要がある。具体的には、バックアップ冷却を設けておくことで対処が可能である。

液肥等の副生物の販売については、需要があれば他の販売先を探すことにより対処することになるが、特に液肥については**農家の理解が不可欠**であるため、代替先の確保に時間を要する可能性については留意すべきである。

なお、いずれにせよ、売掛金の回収は困難であり、さらに追加的なコストがかかる場合も多いため、それらを賄うことができる予備費や財務体力が必要となってくる。

③ その他全般に関するリスクとその対処方法の例

❑ 自然災害等の不可抗力による事業への影響につき、適切な対応が考えられているか？

上述したリスク以外にも、例えば自然災害やメーカーや工事業者に責任を問うことができないようなプラントの不具合など、不可抗力によって事業に影響が出る（損害が生じる）場合がある。一般的には、それら**不可抗力（Force Majure）についても、各種契約において誰がその負担を行うのかを決めておく**必要がある。ただし、不可抗力に基づくものである以上、最終的には事業者自身で、負担せざるを得ないことが多い。これらの負担については、自身の財務体力の中で飲み込める規模であれば、その覚悟を行うことも考えられるが、**保険にてカバーすることが一般的**である。その際、保険契約には一定の免責条項が記載されているため、どこまでがカバーされているのかは予め確認しておく必要がある。

どこまでのリスクをカバーすべきかよくわからない場合は、有料とはなるが、主として保険会社の関連会社や保険代理店・保険ブローカー等で各種リスクを洗い出し、保険を掛ける適切な範囲を提案してくれるサービスも存在するため、それらの活用を検討することも考えられる。

BCP 計画の策定

なお、地震や水害などの自然災害時への対応としては、適切な BCP 計画を策定することも重要である。メタン発酵設備における BCP の目的は、自然災害やシステム障害など危機的な状況に遭遇した時に損害を最小限に抑え、メタン発酵を継続して早期普及を図ることにある。

既存のプラントでは BCP 計画の内容に不備があるか、長期間が経過しているために BCP が有効に機能しなかった事例、あるいは BCP 計画そのものが定められていない事例も見受けられる。これらの例の検証では、**BCP が定められているものの従業員に周知徹底されていない**、適切な戦略が定められていなかったために**実施の場面で行動に移すことができなかった**、さらには**普及目的が現実に即しておらず実行不能であった**などの要因が挙げられる。

このようなことを避けるために BCP 計画では、**策定することが最終目的ではなく、日常の設備の変化を把握し分析した上で、改善戦略に結びつけていく継続的な改善が重要**である。

メタン発酵設備では、実際には以下の手順を用いて段階的に BCP を策定することになると想定される。

＜メタン発酵事業における BCP の策定の流れ＞

①BCP の目的の設定

メタン発酵設備運営の基本方針を振り返り、災害時に何を守るべきか目標設定する

②重要な業務とリスクの抽出

災害時に事業を継続するに当たって最も優先すべき事業を洗い出す

③リスクの優先順位の設定

リスクの発生頻度と深刻度を順位付けする

④実現可能な具体策の決定

災害時の指揮者の設定、実際に行動するための緊急対応体制を構築する

「④実現可能な具体策の決定」については、災害が発生した時にどのような流れで設備を平常状態に戻すかが重要である。以下に問題が発生してからの対応方法の例を示す。

＜BCP 上の問題が発生してからの対応方法の例＞

○被害状況の確認

従業員の安否確認、物的被害の確認、システム被害の確認

○代替手段での応急処置

災害時に不足している人員や設備などの代替機構の構築、体制整備後の代替システム

○平常操業に戻すための普及作業

施設、設備などハードの復旧、サーバやネットワーク機構などソフト面の復旧

❑ 制度変更にかかるリスクがあることを認識し、それらをフォローする体制が構築されているか？

メタン発酵事業においては、関連する法令が多岐にわたるため、その改正が事業に影響を与えることがある。また、例えば消費税率の変更などの税制の変更もコストアップ要因となりうる。これらをすべて念頭に置くのは困難であるが、余裕を持った対応を行うためにも、適宜制度の動向はフォローしておくべきである。逆に、制度変更が、事業に好影響を与える場合もあるため、ビジネスの観点からは早期対応が収益に繋がることとなりやすい。

なお、FIT 制度を活用した事業を検討する場合は**毎年開催される調達価格算定委員会の中で、買取価格やバイオマス燃料等の利用条件などが決められる**ため常に情報収集を行う必要がある。

❑ 法令遵守等コンプライアンス面について、事業期間中に維持できる体制が構築されているか？

法令遵守等は当然になされなければならないが、専門的な事項も多いため、それらを理解し実行できる人材が必要であり、有資格者が必要な場合もある。

一方で、専門家が対象となるバイオマスプラントにて働き続けることが困難となる場合も考えられ、その場合は新たな採用を検討する必要がある。しかし、今後再生可能エネルギーの普及が進むにしたがって、これら人材の不足も懸念されている中で、なかなか人材が見つからない場合も想定される。そのために複数人配置するのはコスト面の問題等があるが、常日頃からそれら専門家とのコミュニケーションは密にしておくとともに、人材市場にも目を配っておく必要がある。

また、専門的な事項が多いためコンプライアンスの観点からは、日頃の従業員教育も重要である。**問題を起こして稼働停止期間が生じると業績にダメージが生じるだけでなく、問題によっては周辺住民の排斥運動に発展**する恐れも否定できない。

❑ ジョイントベンチャーにて他者と共同して事業を行う場合、意見が対立した場合における取り決めが適切になされているか？

メタン発酵事業は、関係者が複数にまたがることが多いことから、地域内のステークホルダーが共同して事業を立ち上げたり、地域の事業者が、資金面やノウハウ面で、都市部の事業者とジョイントベンチャーを組成して取り組むこともある。

ジョイントベンチャーを組成する場合は、当初はコンセンサスが醸成されたと皆が考えていても、**事業が進むにつれて意見がすれ違い、それが事業遂行に影響を与えてしまう**こともある。したがって共同事業とする場合には、例えば**出資者間協定などの形で、それぞれの役割分担や意思決定方法等を定めておく**とともに、共同して事業を行うことが困難となった場合に、**当事者の一人が事業から離脱する場合の方法についても取り決めておく**必要がある。

なお、上記の検討段階でコンセンサスが得られていないことがわかり、将来のリスクを低減することに繋がることもある。

④ FS 調査終了後次のステップに進めるかの判断基準

❑ 採算性、実施体制、原料調達・エネルギー供給等の事業リスクを踏まえ事業化が可能か？（設計施工段階に進むことができるか？）

❑ FS 調査の結果の熟度は事業化を前提とした水準のものとなっているか？

FS の最終段階では、1 章で検討した実施体制の構築可否、採算性に加え、事業期間を通じての原料およびバイオマス燃料調達の安定性（2 章で検討）、熱需要の安定性（3 章･4 章で検討）、さらに上述の事業リスクをもとに事業化を判断する。

表 2.1.36　FS 終了時点の事業化判断のポイント

1．採算性が確保できるか？
2．実施体制が構築できているか？
3．原料バイオマスの調達ができるか？
4．エネルギー需要を確保できるか？
5．資金調達の蓋然性は高いか？

コラム： FIT 制度等の改正とバイオマスビジネスへの影響について

（1） 背景

実践編 第 1 部第 2 章 2.1.(2)で述べたとおり、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（再エネ特措法）が改正され、その大部分が 2022 年 4 月より施行される。また、名称も「再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法（再エネ促進法）」に変更となる。その中で、**FIT 制度も変わるとともに新しく、FIP（Feed in Premium）制度**も導入される。また、新たに**「認定失効制度」等**も導入される。本稿では、FIT 制度の改正と FIP 制度の導入の影響（特に、ビジネスリスクとチャンス）を中心に解説する。

（2） FIP 制度の創設

1） FIP 制度の概要

従来の FIT 制度においては、一般的な発電事業に対し、主に、以下の点で優遇を行うことにより、投資回収を容易にし、再生可能エネルギーの普及を図るものであった。

＜FIT 制度の特徴（優遇点）＞

- 一定期間（例えば、運転開始後 20 年等）の固定価格（電源種別毎の必要コストに基づき設定することにより、競争上の不利を回避）での買取を保証
- 一般送配電事業者等による買取義務（売電先を自ら探す必要がない）
- FIT インバランス特例（系統を利用する一般的な発電事業に義務化されている発電計画の提出やそれに基づきインバランスが発生した場合のインバランス料金の支払いの免除によるコスト削減やリスク回避）

一方で、FIT 制度は未だ普及していなかった再生可能エネルギーを自立させるためのインセンティブ制度であり、再生可能エネルギーを主力電源化していくに当たっては、一般的な発電事業と同等の競争条件としていく（市場統合する）必要がある。そこで、上述の点を現行 FIT 制度より一般的な発電事業に近づけ、**FIT 制度から市場統合を促す制度として創設**されたのが FIP 制度である。

2） FIT 制度との主要な相違点とそれに伴うリスクや対応法

相違点その 1 ：固定価格からプレミアムの交付へ

FIT 制度においては、電力需要家から徴収する再生可能エネルギー発電促進賦課金（再エネ賦課金）を原資に、一般送配電事業者が電力を買い取る価格を固定価格としていたが、FIP 制度においては下図のとおり**市場価格をふまえて一定のプレミアム（供給促進交付金）を認定事業者（発電者）に交付する制度**となる。

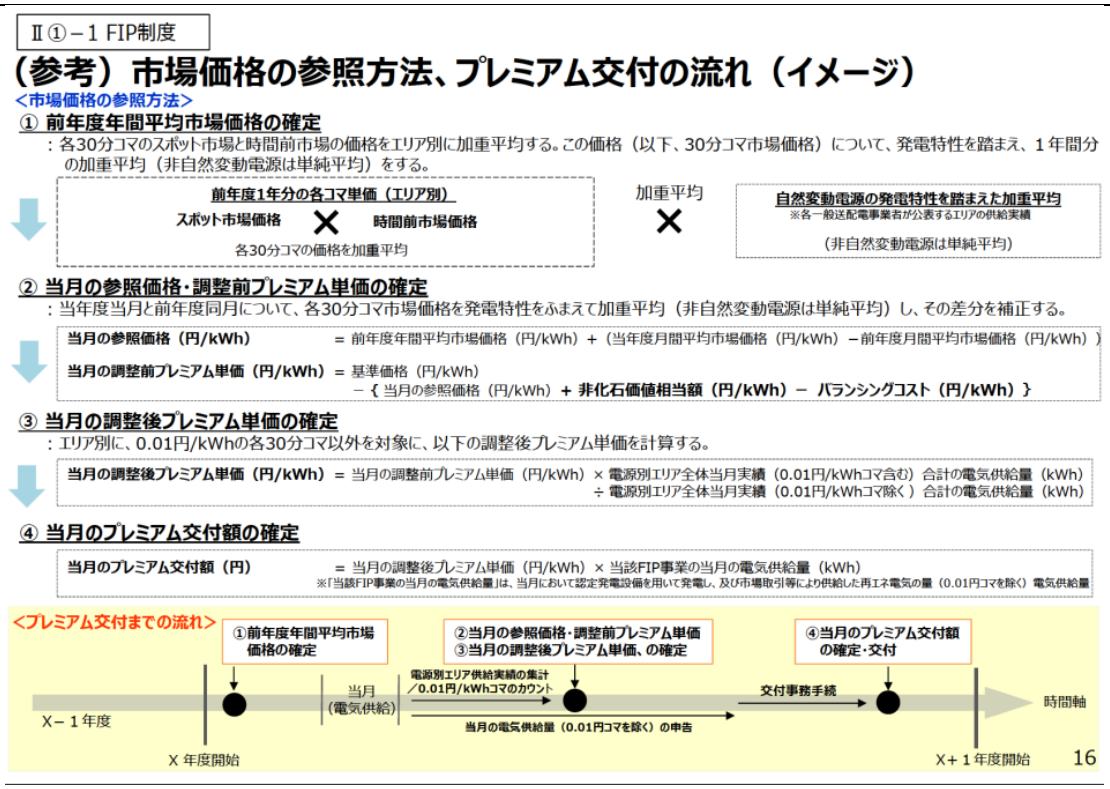


図 2.1.15　FIP 制度におけるプレミアム単価の考え方

（出所）総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（第４次）P16

市場価格と当該プレミアムの合計額のイメージは、FIT 制度と同様の考え方によることとされているため、仕上がり収入の水準（基準価格＝FIP 価格）も FIT 価格と略同水準をベースとして決められるが、次のような留意点があり FIT 制度のような固定価格（基準価格＝仕上がり価格）とはならない。

<FIP 価格に関する留意点>

i. 参照される市場価格（参照価格）は一定の計算式によって算出される。特に、1 か月平均値がベースとなることや、電力の需給状況に応じた発電へのインセンティブを考慮した要素が加味されるため、それらの影響を受ける。

ii. プレミアムの算出に当たっては基準価格から参照価格を差し引くだけでなく、以下の調整も行われる。

①非化石価値やインバランスコストの調整（後述）

②電力需給状況に応じた発電へのインセンティブを考慮した調整、同様の観点から出力抑制を考慮した調整

したがって、それら要素の状況次第では**想定した収入を得られないリスク**が生じる他、その**予見可能性が乏しい場合には、ファイナンスを受けられるかどうかにも大きく影響**する。一方で、電力の需給状況に応じた発電へのインセンティブが考慮されているため、バイオマス発電のように発電量をある程度コントロールできる電源については、運用に工夫を行うことによって、収益性を高めることができる可能性もある。

ただし、上述の ii.②記載の調整については、上図の算式では、前年度に市場価格が高騰すれば、当年度は、多くのプレミアムを受け取ることができることとなるが、そのために、仕上がり価格が基準価格を超える場合には、下図のとおり基準価格が上限となることとされる方向であることには留意されたい。

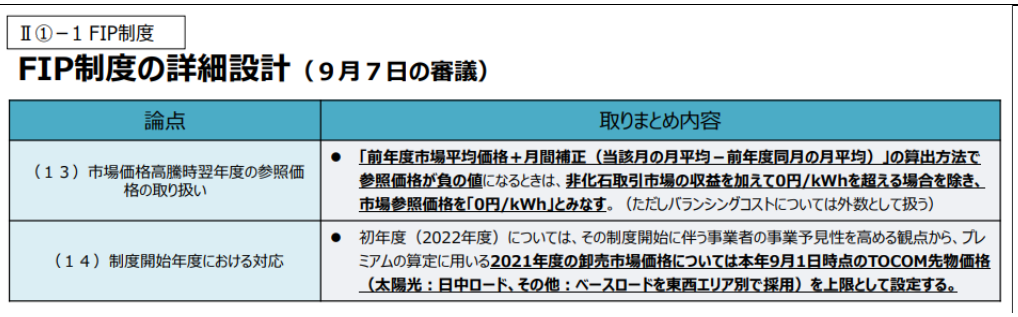


図 2.1.16　FIP 制度の詳細設計の論点

（出所）総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（第 4 次）P23

相違点その２：一般送配電事業者等による買取義務はない

FIT 制度においては、平成 28 年の改正 FIT 法以降は、一般送配電事業者等が電力を買い取るという電力取引では例外的な方法によっていたが、FIP 制度においては一般的な発電事業同様に、自ら小売電気事業者等と交渉し相対で売電するか、市場で売電することとなる。市場で売電する場合には、仕上がりは前項のような価格となるが、相対で契約を締結して売電する場合には、その価格は前項のプレミアム算出方法を踏まえ交渉により自由に決めてよい。

例えば、小売電気事業者等が仕上がりで固定価格となるような契約内容にて買い取る契約を結ぶことも、当該小売電気事業者等が許容する（前項の算出方法による価格変動リスクを取る）のであれば可能である。実際に資源エネルギー庁も発電者が前項のような価格変動リスクを負うことへの対応策として下図のとおり海外では多く見られる小売電気事業者やアグリゲーターがそれらリスクを吸収する方法も提案している。

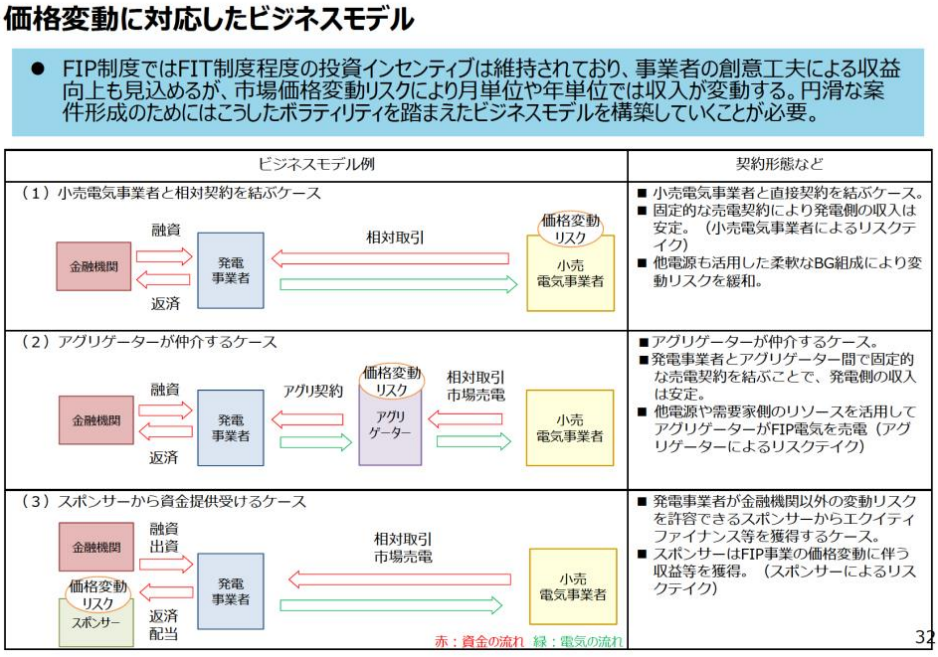


図 2.1.17　価格変動リスクへの対応策の例

（出所）総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（第 4 次）P32

小売電気事業者等は、日々電力市場に接しており、電力市場の価格変動リスクにも対処していることが一般的であり、また、アグリゲーターは、それら価格変動を含めて需給コントロールの一翼を担うことが期待されているため、それらに発電者の負う市場価格変動リスクも併せてコントロールしてもらうというのは一つの合理的な考え方と言える。一方で、**それら売電先が経営破**

綻するなど、売電を続けることが困難となった場合には、新たに売電先を探すか市場で売電を行うこととなり、当初想定した収入を得続けることが難しくなる可能性がある（いわゆる「オフテーカーリスク」）。

したがって、発電者としては、上述の様な買取条件だけではなく、売電先の信用力も見極める必要が出てくる。当初想定した収入を得続けることが難しくなると、資金調達先への返済や利益還元等も難しくなる可能性があるため、**この点はファイナンスを受ける際にも重要**となる。

なお、発電所の規模等によっては**新たな売電先が見つからないだけでなく、市場での売電も難しい場合**がある。この点、一定の要件を満たせば、接続先の一般送配電事業者等が一時的に売電を引き受ける制度（一時調達契約制度）が設けられている。ただし、利用するためには、発電所の規模などの一定の要件が必要であるほか、買取価格は、基準価格の 80%、最長利用期間 12 カ月となる方向（2022 年 1 月時点）であることなどの制約があることには留意されたい。

相違点その３：FIT インバランス特例同様の制度の適用はない

FIP 制度においては市場統合を進める観点から FIT インバランス特例同様の制度の適用はなく、一般の発電事業同様に発電計画の提出や、その計画値と実際の発電量の齟齬（発電側インバランス）が生じた場合のインバランス料金の支払い義務が生じることとなる。したがって、FIT 制度と異なり**手間が増えるとともに、インバランス料金支払いリスク（インバランスリスク）を負担する**こととなる。この点については、そのリスクへのバッファとしてプレミアムに「インバランスコスト料[8]」が付加されることとされているが、インバランスをその範囲内に収めないと、持ち出しとなる。

バイオマス発電の場合は、太陽光や風力に比べれば、一般的にはそのリスクは低いが、メタン発酵の場合は、日々の環境や燃料の状況によって、ガスの発生量等も影響を受ける可能性があるため、インバランス料金を抑えるためには、それらを踏まえたプラント自体の対応性能や事業者の運用力が必要となってくることには留意が必要である。なお、それ以前に急な原燃料枯渇や故障等による出力低下や運転不能等による場合があることは言うまでもなく、それらが生じた場合には FIT 制度の際は支払う必要がなかったコストがかかってしまうことにも留意が必要である。したがって、**これらインバランスリスクは、ファイナンスを受ける際にも、金融機関等の審査に影響する可能性**がある。

ちなみに、前項にて述べたように小売電気事業者等との相対契約において、価格は自由に決めることができることから、小売電気事業者等がこれらインバランスリスクを負担することを前提とした価格や契約内容とすることも、小売電気事業者等が許容するのであれば可能である。実際に、一般的には、小売電気事業者は供給計画を提出するとともに、需要家に対する自らの供給と実際の電力調達の齟齬という意味でのインバランス（供給側インバランス）が極力生じないように、日頃から需給管理を行っており（ただし、実質的に外部委託しているところも多い）、親和性があり卒 FIT 太陽光の買取を行っている事例では、発電側インラバンス管理も行っていることが多い。また、今後の発展が期待されるアグリゲーターも、前項で述べたこと同様にそれら需給調整の役割が期待されている。

相違点その４：その他の主要な相違点

以上が、FIP 制度の FIT 制度に比べての主なリスクと対処法であるが、**売電契約を自由にできるというのは、リスクであるとともに、うまく生かせばメリットとなる可能性**もある。その観点では以下の 2 点についても認識しておく必要がある。

非化石価値の取り扱い

FIT 制度においては、いわゆる「非化石価値」（再エネなどが持つ温室効果ガスを排出しない」という環境的な価値）の対価については再エネ賦課金に包含されているため、その帰属は、再エネ賦課金を負担している需要家全般にあるとして、FIT 制度により発電された電力（FIT 電気）については、非化石価値がない電気として取り扱われていたが、FIP 制度においては、再エネの市場統合促進の観点から、プレミアムが発電者に直接支払われるという仕組みも活用され、プレミアムから非化石価

[8] FIT 制度において FIT インバランス特例が適用される場合には、インバランスリスクは、買取義務者か、特定卸供給制度を用いている場合には、買取義務者か小売電気事業者のどちらか（選択可能）が負担しているが、小売電気事業者が負担する場合には、インバランスリスク料が交付されており、2021 年度の水準ではバイオマスは 0.02 円/kWh となっている。FIP 制度においても、同様の水準となることが想定される（2022 年 1 月時点）。なお、インバランス料金の詳細や算定方法等については一般送配電事業者の HP などを参照されたい。

値相当部分が差し引かれることにより非化石価値を有し、かつ発電者がその非化石価値を販売することができることとされている。したがって、**発電者はその非化石価値を活用して市場でその価値を売却**したり、小売電気事業者と協働して、RE100等の国際的なイニシアティブに加盟している企業のような**環境意識の高い需要家に販売する等、様々なビジネスを考えることができる。ただし、プレミアムから差し引かれる非化石価値相当部分は、市場取引価格に連動するため、発電者が実際に販売できた価格と異なることとなる可能性**には留意が必要である。

容量市場や需給調整市場への参加の可否

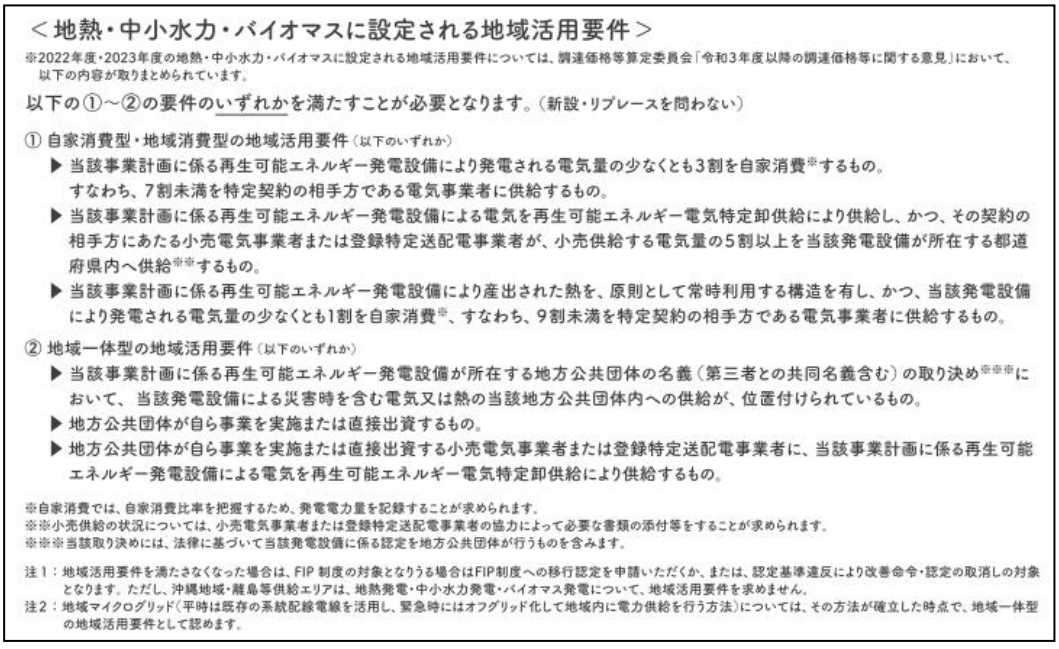
電力取引市場は、いわゆるスポット市場等の電力量（kWh）を取引する市場だけでなく、前項の非化石価値を取引する市場の外、国全体の電力の供給力（kW）を確保するための市場（容量市場）や、電力市場の取引締切（ゲートクローズ）後に発生する需給ギャップや需給変動等を一般送配電事業者等が調整するための調整力（ΔkW＋一部の kWh）を取引する市場（需給調整市場）が整備されている。（容量市場は、2020 年度より開始。需給調整市場は、2021 年度より、一部取引開始。）

これら市場の詳細の説明は割愛するが、FIT 電源は、これら市場への参加は認められていない一方で、**FIP 電源については、容量市場へは参加できないが、需給調整市場への参加は可能**とする方向となっている（2022 年 1 月時点）。需給調整市場については、上述の様に、短時間での需給ギャップや需給変動に対応するための調整力の供給が求められるため、バイオマス発電の場合は、木質ガス化やメタン発酵といったガスを活用したものが主に念頭に置かれることとなる。さらに、高度な技術と運用力も求められる。ただ、**参加できれば需給調整市場から受け取る対価により、収益を嵩上げできる可能性**がある。なお、欧州（ドイツ等）では、地域のこれら小型のガスを活用したバイオマス発電施設をアグリゲーターが束ねて、需給調整市場へ調整力を供給している部分もある。

（3） FIT 制度の変更

1） 地域活用要件の導入

FIP 制度は上述の様に FIT 制度に比べ様々なビジネス展開の可能性がある一方で、様々なリスクも存在する。したがって、FIT 制度から進んで、電力ビジネスにおいて競争を行っていく電源（競争電源）を念頭に置いている。しかし、現実には、そこまで行っていない電源もまだ多く存在する。今次の制度改正では、それら電源については、一定規模以下で、かつ、一定の地域に裨益のある電源（地域活用電源）についてのみ、引き続き FIT 制度の活用を認めることとされた。地域活用電源として、引き続き、FIT 制度の適用が認められる要件は、バイオマスについては下図のとおりとされている。



＜地熱・中小水力・バイオマスに設定される地域活用要件＞

※2022年度・2023年度の地熱・中小水力・バイオマスに設定される地域活用要件については、調達価格等算定委員会「令和3年度以降の調達価格等に関する意見」において、以下の内容が取りまとめられています。

以下の①～②の要件のいずれかを満たすことが必要となります。（新設・リプレースを問わない）

① 自家消費型・地域消費型の地域活用要件（以下のいずれか）
- ▶ 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備により発電される電気量の少なくとも3割を自家消費※するもの。すなわち、7割未満を特定契約の相手方である電気事業者に供給するもの。
- ▶ 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備による電気を再生可能エネルギー電気特定卸供給により供給し、かつ、その契約の相手方にあたる小売電気事業者または登録特定送配電事業者が、小売供給する電気量の5割以上を当該発電設備が所在する都道府県内へ供給※※するもの。
- ▶ 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備により産出された熱を、原則として常時利用する構造を有し、かつ、当該発電設備により発電される電気量の少なくとも1割を自家消費※、すなわち、9割未満を特定契約の相手方である電気事業者に供給するもの。

② 地域一体型の地域活用要件（以下のいずれか）
- ▶ 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備が所在する地方公共団体の名義（第三者との共同名義含む）の取り決め※※※において、当該発電設備による災害時を含む電気又は熱の当該地方公共団体内への供給が、位置付けられているもの。
- ▶ 地方公共団体が自ら事業を実施または直接出資するもの。
- ▶ 地方公共団体が自ら事業を実施または直接出資する小売電気事業者または登録特定送配電事業者に、当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備による電気を再生可能エネルギー電気特定卸供給により供給するもの。

※自家消費では、自家消費比率を把握するため、発電電力量を記録することが求められます。
※※小売供給の状況については、小売電気事業者または登録特定送配電事業者の協力によって必要な書類の添付等をすることが求められます。
※※※当該取り決めには、法律に基づいて当該発電設備に係る認定を地方公共団体が行うものを含みます。

注1：地域活用要件を満たさなくなった場合は、FIP 制度の対象となりうる場合はFIP制度への移行認定を申請いただくか、または、認定基準違反により改善命令・認定の取消しの対象となります。ただし、沖縄地域・離島等供給エリアは、地熱発電・中小水力発電・バイオマス発電について、地域活用要件を求めません。
注2：地域マイクログリッド（平時は既存の系統配線電線を活用し、緊急時にはオフグリッド化して地域内に電力供給を行う方法）については、その方法が確立した時点で、地域一体型の地域活用要件として認めます。

図 2.1.18 バイオマス発電に関わる地域活用要件

（出所）再生可能エネルギー固定価格買取制度ハンドブック 2021 年度版

これら要件が加わることにより、以下のリスクが新たに加わることになる。

<FIT 地域活用要件に関するリスク>

i. 検討・準備段階で、地域活用要件を満たすことができないリスク

ii. 一旦満たした地域活用要件を将来満たすことができなくなるリスク

したがって、検討段階においては、それらのリスクが顕現化する可能性について検討する必要がある。上述の要件については、本ガイドライン実践編 第 1 部第 2 章 2.1.(2)の記述も参照されたいが、それら要件を踏まえる中で以下では売電先の小売電気事業者に関するリスクについて記載する。

2) 小売電気事業者への売電に係るリスク

FIT 制度においては一般送配電事業者等に買取義務があり、また信用力もあまり気にしていない場合が殆どと思われるが、地域活用要件を満たすために、**特定の小売電気事業者を活用する場合には、それら小売電気事業者には、買取義務もなく、信用力も様々であるため、それらに起因するリスクを考慮する必要がある**ものである。

リスクその 1 ：要件を満たす小売電気事業者に売電契約を受けてもらえない可能性

FIT 制度においては、小売電気事業者を特定する場合は、再生可能エネルギー電気特定卸供給（FIT 特定卸供給）制度を用いることが一般的である。これは、発電した電力を一旦一般送配電事業者等が買電し、その電力を予め契約を行った小売電気事業者に卸供給する制度である。したがって、まず当該小売電気事業者が、発電者の発電する電力を販売できる力がないと判断すれば、売電契約に辿り着くことができない。また、この制度を活用する場合は一般送配電事業者等から小売電気事業者への売電価格は、電力市場価格ベースとなっているが、2020 年度冬の電力市場価格の高騰もあり、**市場価格変動リスクのマネジメントが課題となっている小売電気事業者も多い**。そのため、追加的に市場価格変動リスクを負うこととなる FIT 特定卸供給については、難色を示される可能性もある。

従って、地域活用要件を満たすために、**特定の小売電気事業者を想定する場合は、当該小売電気事業者と早めに相談を始め、発電所の開発・建設に多額のコストを掛ける前に、承諾を得ておく必要**がある。

リスクその 2 ：売電先の小売電気事業者が、要件を満たすことができなくなる可能性

図 2.1.18 に記載のとおり、地域活用要件を満たすことができなくなった場合は、FIP 制度に移行するか、最悪は認定取り消しとなる。上述のとおり、小売電気事業者は様々であるため、事業者によっては、**FIT 期間中に破綻や廃業してしまう等のリスク**も考慮する必要がある。

小売電気事業者との**契約内容如何によっては、一方的に買取が中止されてしまう可能性**もある。事業を行う地域に他に要件を満たすような小売電気事業者が存在し、当該小売電気事業者が売電契約を受けてくれれば事なきを得るが、そういった小売電気事業者が複数存在する地域は多くはないため契約が期待でない地域も多く、また期待できるとしても上記のとおり、受けてもらえるかはわからない。

以上は FIP 制度同様に広い意味でのオフテーカーリスクと言えるが、FIP 制度においては、小売電気事業者に特段の要件や制約はなく一時調達契約制度も用意されているため、リスクが顕在化した場合の影響は、FIP 制度より大きいと言わざるを得ない。

したがって、**小売電気事業者の事業継続可能性については、十分に検討する必要があるとともに、FIP 制度へ移行せざるを得ない可能性も検討しておいた方がよいであろう。逆に、FIP 制度へ移行する準備（覚悟）があれば、気にするほどの**

リスクではない。しかし、FIP 制度の項で述べたように、将来の収益へのリスクは高まるため、**小売電気事業者の事業継続可能性が、ファイナンスの審査でも重要となる可能性が高い**ことには留意されたい。

（4） FIP 制度と FIT 制度の適用範囲（FIT 制度が適用される規模）

2022 年度については下図のとおりとなっている。なお、2023 年度以降については第 1 部で述べたとおり、バイオマス発電は、2023 年度は一定の規模以上を FIP 制度のみ認める方向で、メタン発酵については、FIT 価格も 35 円/kWh に引き下げられることには留意されたい。

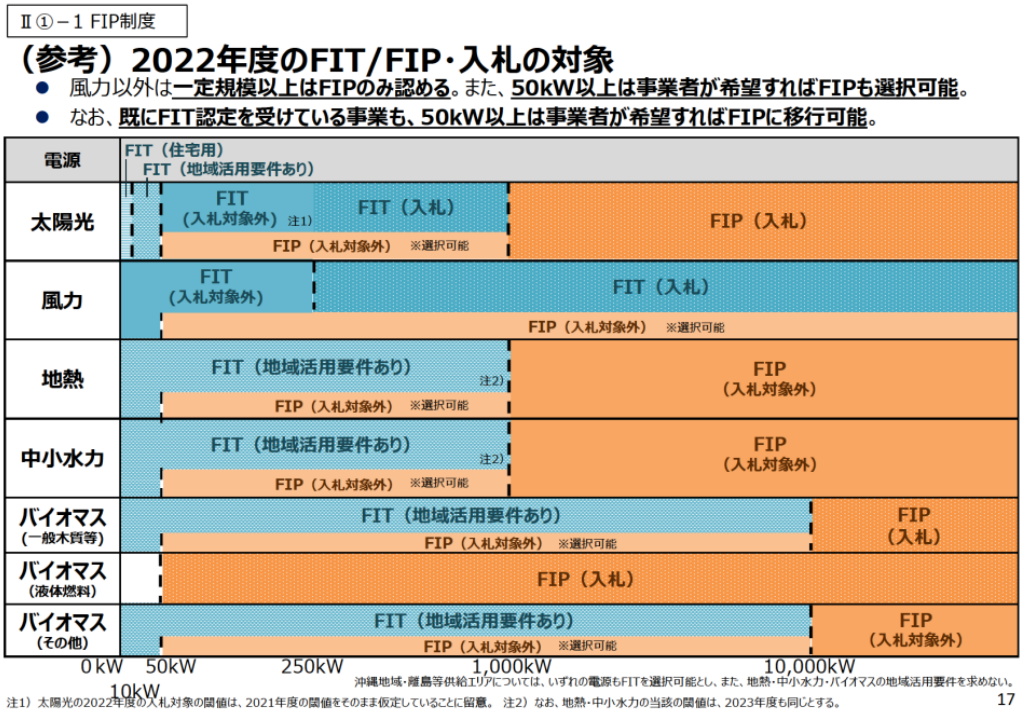


図 2.1.19　FIT 制度および FIP 制度、入札の対象規模

（出所）総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（第 4 次）P17

なお、FIT から FIP への移行も可能であるため、最初は、地域活用要件を満たしたうえで、FIT 制度の適用を受け、一定の発電実績を積んだ上で、FIP へ移行するといったことも考えられる。

（5） その他

1） 認定失効制度の導入

これまでも、FIT の認定を取得しても稼働に至らない案件（未稼働案件）については、電力システム上、様々な弊害があることから、段階的に、措置が行われてきたが、今次改正により、遂に、一定期間が経過しても未稼働の案件については、原則として、FIT の認定を失効させることとされた。具体的には下図のとおりである。

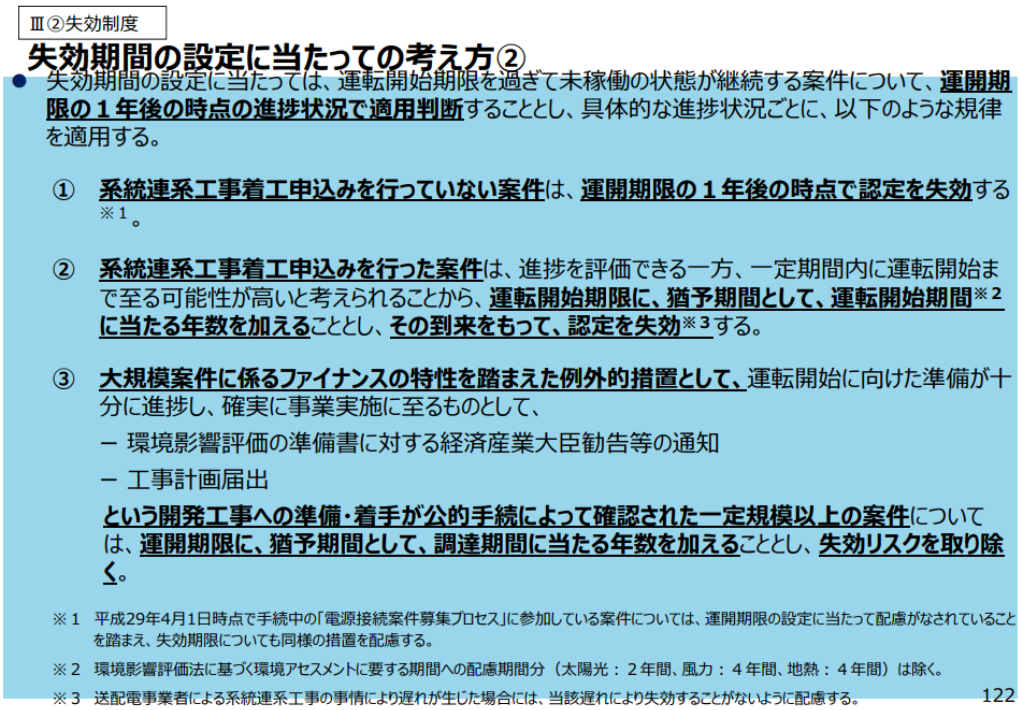


図 2.1.20　FIT 認定の失効期間に関する考え方

（出所）総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（第４次）P122

これらの規律に従って、進捗させることができない場合、FIT の認定が失効することがあるため、留意が必要である。なお、図の③に該当すればそのリスクを取り除くことができるが、バイオマス発電の場合は、その対象は、1MW 以上の規模となりであり、それより規模が小さいものはその対象ではない方向となっていることには留意されたい。

2）既存系統の有効活用（ノンファーム型接続の全国展開）と基幹系統の利用ルールの見直し（先着優先方式から再給電方式によるメリットオーダーへ）

既存系統を有効活用する観点から既に 2021 年 1月より全国の空き容量の無い基幹系統において、送電線混雑時の出力制御を条件に新規接続を許容する「ノンファーム型接続」の受付が開始されている。ローカル系統への適用についても、先行して一部で試行的に取り組んでいるが、2022 年度末頃を目途にノンファーム型接続の受付を順次開始することを目指して検討が進められている。いずれ配電系統にも適用が検討される方向である。

なお、**それら「ノンファーム接続」により接続された電源は、送電線の容量制約により、接続されているすべての電源の発電量を流せない場合、現行ルール（先着優先ルール）においては、先に出力抑制の対象となってしまう**ことには留意が必要である。

一方で、そのルールのままだと従前から接続されている石炭火力等の電源が優先されてしまうため、送電線混雑時に、CO_2 排出や太陽光や風力のような燃料費の無い再エネが、石炭火力等より優先されるように、系統利用ルールの見直しが進められており、2022 年度中に、CO_2 対策費用、起動費、系統安定化費用といったコストや、運用の容易さを踏まえ、送配電事業者の指令により電源の出力を制御する方式（再給電方式）が導入される（つまり、すべての電源が事実上、「ノンファーム接続」となる。）方向で検討がなされている。

したがって、**「ノンファーム接続」であるからと言って、必ず既存電源より先に出力抑制の対象となるということではなくなるが、それら新ルールにおける出力抑制の方法については、フォローしておく必要があるとともに、従来、「地域資源バイオマス発電設備」であり、かつ、出力制御が困難な場合とされれば、出力抑制について、基本的には考慮する必要はなかったが、そのルールの帰趨についても、フォローしておく必要**がある。

（6） まとめ

以上のように、FIP 制度を活用するにせよ、FIT 制度を活用するにせよ、特に売電の面で、これまでとは異なったリスクが生じる。また、その裏返しでもあるが、これまでの FIT 制度では、発電した電力の使い道について、特に考えなくともよかったものが、今後は、それらを検討する必要に迫られる。

まず、FIP 制度については、自ら売電先を見つける必要があり、それ以外にも様々な電力の持つ価値を、価格変動リスクをどうコントロールしながら、誰にどう売っていくかの検討が必要となる。その中で、前出のアグリゲーターの活用も一つの選択肢となろう。また、FIT 制度についても、地域活用要件を満たすために、地域での電力の活用方法を検討する必要が出てくる。

したがって、今後は、**「エネルギービジネスとしてのバイオマス」あるいは「（林業や廃棄物といった観点ではなく）エネルギーという視点で地域に裨益のあるバイオマス」**という観点、つまり、**エネルギーの需要家を想定した事業構築**が迫られることとなる。その意味では、「ビジネスとしてのバイオマスエネルギー事業」が本格化するのは正にこれからと言える。今後、バイオマス事業を検討する事業者は、この点を念頭に置く必要がある。

フェーズⅢ　設計施工段階

システム全体の設計施工段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.1.37　システム全体の設計施工段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
1.Ⅲ.1	**事業化体制の確定の具現化**		
①	**事業化体制の詳細検討**	事業化体制は確定しているか？事業主体は明確か？	
		プロジェクトマネージャーが決まっているか？(施工管理を行う体制は整っているか？)	
		事業会社を立ち上げる場合、適切な会社形態（株式会社、合同会社、SPC など）が検討されているか?	
		出資比率や代表権など、関係者の協議のもと、適切な体制となっているか?	
②	**職員の採用**	必要な技能や資格を持った職員が確保できているか?地元優先の採用ができているか?	
		雇用関係の支援制度の活用が検討されているか?	
		会社の就業規則、賃金体系、福利厚生、安全衛生などの制度が出来ているか？	
		有資格者の選任が必要か?地域での募集は可能か?	
1.Ⅲ.2	**生活環境影響調査の実施**	都市計画法に留意し、必要であれば生活環境影響調査を実施しながら進められているか？	
1.Ⅲ.3	**地元合意形成**	住民説明会を開催するなどして、住民からの理解は得られているか?	
		地元企業、関連産業からの理解、協力は得られているか?	
		地元行政からの協力は得られているか?	
1.Ⅲ.4	**施設の運転管理計画の策定**	計画段階より詳細な日・時間単位での運転管理計画が組まれているか?	
		設備の法定点検頻度、時期は把握できているか？それを加味した事業性試算が行われているか？	
		事業期間中の設備の運営、メンテナンス体制は決まっているか？（メーカーとの保守契約　or　事業者自ら保守を実施(社内で人材を育成））	
1.Ⅲ.5	**事業の将来計画の検討**	当初計画の事業期間終了後の事業継続、設備更新、撤去等の計画は検討されているか？	
		FIT 売電期間終了後の事業継続等の展望は描けているか?	
		将来の事業増強による、設備増設は検討されているか？	
		将来計画について関係者で共通理解がなされているか?	
1.Ⅲ.6	**設備補助の申請**	補助金の申請は実施済みか？	
1.Ⅲ.7	**金融機関との融資契約・資金実行**	金融機関から融資の合意が得られているか？または出資等による資金調達が可能か？	
		プロジェクトファイナンスやシンジケートローンの場合、その手続きを踏まえた融資実行までのスケジュールが組まれているか？	

1.Ⅲ.1 事業化体制の具体化

① 事業化体制の詳細検討

❑ 事業化体制は確定しているか？事業主体は明確か？

事業主体と責任の明確化

メタン発酵事業は、**事業構想段階から設備運転開始に至るまで 2 年～3 年以上の時間を要する長期的かつ大規模な事業**となることが多い。地域関係者との調整から資金調達、事業計画、設計・施工・メンテナンス、事業収支安定化に至るまで、**多くのステークホルダー、工事関係者、地元住民との関係構築が不可欠**である。メタン発酵事業の開始から事業運営まで、**包括的かつ総合的に事業を管理できるプロジェクトマネージャー**の存在は極めて重要である。長期間の継続事業を実施する際には**代表者を明確にし事業責任を明確にしておく必要**がある。

事業計画の策定時の失敗要因

メタン発酵事業の事業計画を策定するにあたっては、事業構想、事業計画の段階から地域の関係者（バイオマス排出者、周辺住民、自治体関係者など）との連携や報告を密にして協力体制を構築することが重要である。特に、燃料の調達については、留意する必要がある。例えば、**計画の説明が不十分なためプラント稼働後にバイオマス調達量が不足**したり、逆に発生した**発酵残渣（消化液）が想定以上に過剰となり農地に還元できない**といった事態も発生する可能性がある。また、**処理料金の徴収に十分な理解が得られず**にプラントへのバイオマス搬入が中断する事例、バイオマスは調達できるが消化液の引き取り条件が不計画であったために**莫大な散布コストが発生**する事例などが散見される。このような場合には、**プラントの稼働率が著しく低下して事業収支バランスが悪化**し、当初の見込みと異なってくることに留意する必要がある。

事業化体制と事業主体の明確化

このような失敗要因を排除し、地域のバイオマス利活用計画に適したメタン発酵事業を実現するためには、、まず**事業化の体制と事業主体を明確にすることが必要**である。単独の事業者で事業を行う場合、例えば畜産農家で行う場合は当然単独の農家で実施する体制を整備する必要がある。複数の参加者で事業を行う場合は、既存の協同組合等が事業主体となることも想定されるが、**必要に応じてメタン発酵事業を行うための新たな事業体制および事業主体を確立し、事業会社を設立**することになる。事業会社の設立については次項にて触れることとする。

② 職員の採用

- ❑ 必要な技能や資格を持った職員が確保できているか?地元優先の採用ができているか?
- ❑ 雇用関係の支援制度の活用が検討されているか?
- ❑ 会社の就業規則、賃金体系、福利厚生、安全衛生などの制度が出来ているか？

メタン発酵設備は 365 日、24 時間稼働するプラントであり、プラントに携わる担当者はメタン発酵技術全般に関わる知識、技能を十分に身に着けておく必要がある。また、プラントの安定的かつ安全な稼働のために、プラントの規模や機器構成によっては有資格者が義務付けられることがある。施設の安定的な運転管理には必要な資格と知識が必要である。また、**地域との良好なつながり**を保つため、雇用の創生に貢献できる**地元職員の採用**が望まれる。

バイオガス施設は特に**生物的な知識**が必要であり、また、日常の管理には**分析や計器による管理**も必要である。また、**ボイラーや発電機など施設運営上必要な資格**を事前に調査し、有資格者の採用に努めておく必要がある。また、生物学的な知識や分析の技術については採用時には不慣れであっても試運転期間中に施工を実施しているエンジニアリング企業やコンサルタントから技術供与を受けることができるので**試運転期間が始まるまでに採用して**おくことが必要である。

表 2.1.38 各担当者に必要な技能と資格

担当者	必要となる技能と資格
設備運転管理責任者	・プラント運営、経営管理、補助事業等管理
設備管理者（技術責任者）	・メタン発酵の技術全般（メタン生成機構、運転管理指標、メタン発酵設備・機器システム構成、バイオガスエネルギー利用、前処理技術、メタン発酵技術、後処理技術、ガス浄化技術） ・発酵評価
設備機械保守員	・前処理技術、メタン発酵技術、後処理技術、ガス浄化技術 ・設備・機器の初期メンテナンス ・ボイラ主任技術者、電気主任技術者、廃棄物処理責任者、危険物取扱者、酸素欠乏危険作業主任者など
分析員	・原料・消化液分析
事務員	・バイオマス受入伝票処理、経理処理

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

❑ 有資格者の選任が必要か?地域での募集は可能か?

メタン発酵施設の運営では特定の技能や知識を持つ有資格者が必要となる。法律上定められている**有資格者は人数も限られており**、少なくとも**工事完了までには採用しておく必要がある**。

メタン発酵施設の運営で必要となる資格

メタン発酵設備で特に留意すべきことはバイオガス関連施設の安全管理であり、その範囲は**ガス利用機器、熱利用機器、電気設備、槽類**など多岐に渡る。これらに**関連する資格としては、ボイラ主任技術者、電気主任技術者、廃棄物処理責任者、危険物取扱者、酸素欠乏危険作業主任者などがある**。

バイオガスは**可燃性ガスであるメタンを約 60%**含み、**腐食性ガスである硫化水素を数千 ppm 含む混合ガス**である。メタン発酵設備内での**ガス漏洩**が発生する可能性や**メタン発酵槽内部清掃時には酸欠**および**硫化水素中毒の危険性**を伴うことに十分留意する。**有資格者の採用はメタン発酵事業全体の経営に大きな影響**を及ぼすことから、**関連業界に勤務していた定年退職者や地元産業に携わっている技術者を採用することで、プラントの安定的な稼働に結びつけることも必要**である。以下に廃棄物処理施設とした場合の資格を記載する。ただし、以下に示す資格以外にも施設規模に応じて建築やエネルギーに関する資格者が必要な場合もあることに留意する。

＜メタン発酵施設において必要となる資格（廃棄物処理施設の例）＞

(1) 廃棄物処理関連

・廃棄物処理施設技術者

・産業廃棄物処理業の許可申請に関する講習会修了者（産業廃棄物処理の場合）

(2)電気関連

・第三種電気主任技術者（外部委託可能）

(3) 安全関連

・酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者（法律上必要ないが、運営上望ましい）

・クレーンの資格（クレーン設備がある場合）

・玉掛けの資格（クレーン設備がある場合）

(4) 発電装置関連

発電＋余熱利用システムに必要な資格の一例・その他

バイオガス 利用設備	必要な資格の一例・その他
ガスエンジン	・電気主任技術者選任届が必要 ・主任技術者を選任しない場合には不選任承認申請を提出（1,000kW 未満）
ガスタービン	・電気主任技術者選任届が必要 ・主任技術者を選任しない場合には不選任承認申請を提出（1,000kW 未満） ・300kW 以上の場合、ボイラー・タービン主任技術者が必要
マイクロ ガスタービン	・電気主任技術者選任届が必要 ・主任技術者を選任しない場合には不選任承認申請を提出（1,000kW 未満） ・300kW 以上の場合、ボイラー・タービン主任技術者が必要 ・前処理が必要な場合もある。機種選定にはメーカーとの協議が必要
燃料電池	・電気主任技術者選任届が必要 ・主任技術者を選任しない場合には不選任承認申請を提出（1,000kW 未満） ・改質器圧力が 98kPa 以上の改質器を有する場合、ボイラー・タービン主任技術者が必要

（出所）「バイオガス化マニュアル」 (社)日本有機資源協会 (平成 18 年 8 月)より一部抜粋

(5) ボイラー関連（小型貫流ボイラは不要）

ボイラーの取り扱い管理と作業主任者

取り扱うボイラーの伝熱面積の合計			ボイラー取扱作業主任者の資格
貫流ボイラー以外のボイラー(貫流ボイラー又は廃熱ボイラーを混用する場合を含む。)（注）1、3、4		貫流ボイラーのみ（注）2、4	
1. 500m^{2}以上		–	特級ボイラー技士
2. 25m^{2}以上 500m^{2}未満		250m^{2}以上	特級ボイラー技士 一級ボイラー技士
3. 25m^{2}未満		250m^{2}未満	特級ボイラー技士 一級ボイラー技士 二級ボイラー技士
小規模ボイラーのみを取り扱う場合	蒸気ボイラー（3m^{2}以下） 温水ボイラー（14m^{2}以下） 蒸気ボイラー（胴の内径 750mm 以下、かつ、胴の長さ 1300mm 以下）	30m^{2}以下（気水分離器を有するものでは、その内径が 400mm 以下で、かつ、その内容積が 0.4m^{3}以下のものに限る。）	特級ボイラー技士 一級ボイラー技士 二級ボイラー技士 ボイラー取扱技能講習修了者

（注）伝熱面積の合計は、次により算定する。

1．貫流ボイラーについては、その伝熱面積に 1/10 を乗じて得た値をその貫流ボイラーの伝熱面積とする。

2．貫流ボイラーのみの場合における伝熱面積は、貫流ボイラーの実際の伝熱面積により表した。

3．廃熱ボイラーについては、その伝熱面積に 1/2 を乗じて得た値をその廃熱ボイラーの伝熱面積とする。

4．小規模ボイラーについては、伝熱面積に算入しない。

5．ボイラーの圧力、温度、水位又は燃焼の状態に異常がある場合に、安全に停止させることのできる自動制御装置を備えたボイラーが複数ある場合（通達　基発第 0421004 号）は、最大の伝熱面積を有するボイラー以外のボイラーは伝熱面積の合計に算入しない。

（出所）一般社団法人日本ボイラ協会ホームページ　「ボイラーの取扱い管理と作業主任者」より

❑ プロジェクトマネージャーが決まっているか？(施工管理を行う体制は整っているか？)

プロジェクトマネージャー

これらの一連の作業を取りまとめる重要な役割を担うのが、**プロジェクトマネージャー**である。プロジェクトマネージャーは、メタン発酵事業の**原料調達、エネルギー変換技術、生成されたエネルギーの利活用の検討**のほか、各種リスクを想定しながら建設予定地の**立地環境調査、事業実施スケジュール、資金調達、関係法令対応**までを総合的に任される事業全体管理者である。**「4.Ⅱ.1 基本設計 ④ 設備・工事発注方法の検討」（366 頁）**で示すいずれの発注方法（一括発注方式、分離発注方式、コンストラクション・マネジメント方式）においても通常任命する必要がある。

さらに、プロジェクトマネージャーは、メタン発酵**事業戦略**を作成し、事業計画や**エネルギー（電気、熱、ガス）の販売方法、および副生物（消化液、再生敷料）の流通方法の策定**事業実施後もどのようにプラントを改良していくかということまでの権限および責任を持つことになる。そのため、**再生可能エネルギー販売市場（電気、熱、ガス）や一般市民のニーズ（環境意識）に敏感で、関係する業界との人脈や情報収集能力の高さも求められる**。

❑ 事業会社を立ち上げる場合、適切な会社形態（株式会社、合同会社、SPC など）が検討されているか?

先に記載したように、メタン発酵事業は、地域関係者との調整から資金調達、事業計画、設計・施工・メンテナンス、事業収支安定化に至るまで、多くのステークホルダーを有する。地域のバイオマス利活用計画に適したメタン発酵事業を実現するためには、**まず事業会社の形態と実施体制を明確にすること**が必要である。

メタン発酵事業の実施のために、新たに事業体を設立し、サプライチェーン関係者が出資することで原料調達や熱利用などの主要な地域関係者に事業を「自分事」として参画してもらうことができる。そのため、国内の先行事例では、サプライチェーン上流側および下流側の関係者を巻き込んで会社等を設立し、事業リスクを抑えて安定的に運転しているケースも見られる。事業の安定が見込まれれば、後述のとおり、融資を受けやすくなる場合も多い。

そういった特定の事業を行うためだけに作る会社を**特別目的会社（SPC：Special Purpose Company）**という（ただし、この組織形態は、必ずしも会社形態に限らない点は留意する必要がある。）。

SPC 等を設立する場合には、以下のような特徴を踏まえ、どのような形態が適切なのか検討する必要がある。その際、表中にもあるように、会社法等の法的な観点だけではなく、**税務上の取り扱いも異なる外、ファイナンスの観点からも、複合的な仕組みも含め、様々な形態が考えられるため、専門家と相談しながら検討**していくことが望ましい。

FS 事業者の検討：SPC からのリースによる JA 主体の小規模メタン発酵事業

NEDO FS 事業者である JA ゆうき青森では 2018 年よりながいも残渣を原料にしたメタン発酵設備を導入している。

JA では通常の企業がメタン発酵設備を導入する際のように、10 年以上かけて投資回収する形式は難しい。

そのため、メタン発酵設備の所有は日立キャピタル株式会社（現在の三菱 HC キャピタル株式会社）、日本アジア投資株式会社、株式会社イーパワーの 3 つの組織による特別目的会社（SPC）が、設備を JA ゆうき青森にリースする方式により JA の組織上の問題を解決した。また、JA は、同設備で発生したバイオガスを SPC に販売している。

表 2.1.39 事業主体の主要な組織形態

	事業会社の項目	概要
会社形態	株式会社	細分化された社員権（株式）を有する株主から有限責任の下に資金を調達して株主から委任を受けた経営者が事業を行い、利益を株主に配当する、「法人格」を有する会社形態である。 会社法に基づき、組織ガバナンスや企業内容の開示等に関する様々な規定があり、堅確な組織運営を行いたい場合には適している。 一方で、組織運営の融通性に欠ける外、合同会社に比し運営コストもかかる。
	合同会社（日本版 LLC：Limited Liability Company）	株式会社同様に、会社法上の会社であり、社員（株式会社の株主に相当）は有限責任であるが、会社法上組織ガバナンスにかかる規程が少なく、定款に定めるなどにより、組織運営の自由度が高い点に特徴がある。 また、運営コストも株式会社に比し、安く済むのが一般的である。ただし、予め定めていない場合には、社員間の合意に基づき組織運営がなされるため、社員間の関係が経営に直結する。 また、将来的に上場にて大規模な資金調達を予定する場合には、合同会社は上場できない。 以上から、新規設立が認められなくなった有限会社に代わって小規模事業の法人化に利用されることの多い会社形態となっている。
組合形態	有限責任事業組合（日本版 LLP：Limited Liability partnership）	民法上の組合（建設共同事業体など）は、構成員全員が無限責任を負う点で、会社とは異なるが、有限責任事業組合は、組合の一種であるにも拘らず、構成員全員が有限責任であることが特徴である。 また、その根拠法である有限責任事業組合法により、組織ガバナンスにも対応している。 ただし、組合の一種である以上、法人格を持たず、したがって、法人課税も原則として、組合員段階となり（パススルー課税）、そのために、内部留保を行うことも難しい。
その他	匿名組合（TK）	組合という名称から、民法上の組合の一種と思われがちだが、商法に定められた双務契約であり、具体的には、当事者の一方（匿名組合員）が相手方（営業者）の営業のために出資をなし、その営業より生じる利益の分配を受けることを約束する契約である。 税務上は、原則として LLP 同様に匿名組合員段階で課税されるパススルー課税である。 会社形態を選択した場合、会社であることから会社段階の利益と配当段階の二重課税となる一方で、LLP を選択すれば、それを回避できるが法人格がないといった問題から、合同会社を設立して、匿名組合契約を併用するといった手法（TK-GK スキーム）が取られることが多い。 ただし、匿名組合契約は、あくまで契約であり、営業者のガバナンスに関する権利がないだけでなく、匿名組合員間で話し合って何かを決めることも前提とされていない（つまり、原則として、資金を拠出し損益分配を受ける権利が主である）ことに留意する必要がある。
	信託方式	信託会社と信託契約を締結し、資金を信託会社に拠出することにより、信託会社を事業主体として事業を行うことも可能である。 LLP や TK 同様にパススルー課税であるが、信託会社への手数料がかかる外、信託会社によって取り扱いも異なるため、活用を検討する場合は、まずは信託会社に相談されたい。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

❑ 出資比率や代表権など、関係者の協議のもと、適切な体制となっているか？

いずれの組織形態を採用する場合であっても、**代表者、管理責任者、技術責任者、運転監視員、設備･機器保守員、運転作業員、事務員などの運転管理体制は明確にしておく。**特に、融資を受ける際、許認可申請を行う際にも **SPC 内部における責任者を明確にしておく必要**があり、事業の方向性に変化が出ないためにも重要である。

また、メタン発酵事業は**数億円から数十億円の建設規模**となることから、**複数メンバーで実施する共同型（集中型）プラントとなることが多い。**このような大規模な事業を成功に導くためには、事前の基礎調査、これら事前調査段階の調査結果に基づいた基本設計ならびに詳細設計の順に作業を進め、さらに建設、稼働（メンテナンス）の順に事業を進めていくことになる。

関係者間の利害関係調整

一方で**関係者が増えることで意思決定や利害関係の調整が複雑になる**可能性があるため、出資比率や代表権など、関係者の協議のもと、適切な体制にすることが必要である。

実際、地域主導で事業を行おうとしても、地域内にはバイオマス事業のノウハウを持っている事業者がいないことも多く、**地域外の事業者と共同で実施する場合**には、出資条件や事業の内容（例えばエネルギーの販売方法等）で利害が対立することもある。そのため、最初の段階での取り決めが特に重要となる。

また、規模が大きな事業となる場合、資金的にも域外の大手事業者の参画が必要となる場合もあるが、一般的には、出資割合と経営の主導権は比例し、また、地域への経済波及効果の観点からも、利益分配の点で地域からの出資割合にリンクする。出資比率や代表権などを決める際には、これらの点を考慮する必要がある。また、そのようにして取り決めた事項は、「株主間協定書」等の形態で出資者間の契約として残しておくことが一般的である。信頼関係あっての共同事業であるということから、これらの取り決めを軽視している場合もあるが、共同事業者間で意見が合わなくなることは、一般的にもありがちなことであり、そのような不測の事態に対応するためにも契約書として残すべきであり、最終的には、そのような契約を締結することを念頭に置いておく必要がある。

より精度の高い事業収支を検討するために、**事前に会社の就業規則、賃金体系、福利厚生、安全衛生などの制度を定めておく**ことが望ましい。

補助事業の活用

また、メタン発酵事業を実現するために**補助事業を活用する事例が多い**のが現状である。特に FIT 制度が活用できない場合には、設備整備のイニシャルコストを可能な限り低減させるために補助事業を活用し、投資回収年数を短縮することが必要である。補助事業を適切に実施するためには、**適用する補助事業に対応できる人材の配置と事務処理能力**が求められることから、**事業化の前から補助事業を受ける体制を整えておく必要がある。**

1.Ⅲ.2 生活環境影響調査の実施

❑ 都市計画法に留意し、必要であれば生活環境影響調査を実施しながら進められているか？

都市計画法は、都市の健全な発展と秩序ある整備を図ることを目的とした法律であり、地域によってはバイオガス施設の建設が制限されるため事前に十分に調査をしておく必要がある。また、施設が産業廃棄物処理施設の許可申請を行う際に、**廃棄物処理法**第 15 条三項に定められている**生活環境影響調査**を実施する必要がある。

都市計画法

一般的に**バイオガス施設に制限を受けない区域・地域**は、都市計画区域における市街化区域、**用途地域における工業地域および工業専用地域**である。そのため、その他の区域・地域に建設を計画する場合、都市計画法の用途変更を行い整備する必要がある。その際には**都市計画審議会等による審査が必要**であるため、対象の自治体と十分連携して進める必要がある。

また、都市計画に定める施設および開発事業のうち、一定規模以上のものについてはそれぞれの都市計画決定に併せて環境影響評価を実施する。事業の実施が周辺の環境に著しい影響を及ぼさないように配慮することが必要であり、周辺の環境に及ぼす影響について事前に十分な調査・検討を実施し、施設の設計を行うこと。

生活環境影響調査

生活環境影響調査は別名「ミニアセス」とも呼ばれており、一般的な環境影響評価とは異なる。対象となる産業廃棄物処理施設の種類は廃棄物処理法第 15 条第 1 項に定められているものに限られる。一般的には、バイオガス施設として**汚泥脱水施設（1 日にあたり 10m^{3}以上の処理能力）**および**汚泥の乾燥施設（1 日当たりの処理能力が 10m^{3}以上）**、**産業廃棄物の破砕施設**が該当する。影響調査内容は廃棄物処理施設生活環境影響調査指針[9]を参考に作成する。

また、産業廃棄物処理施設に該当しない場合においても、メタン発酵設備の設置にあたっては、事業実施の効果など設備の導入意義を十分に検討し、地域住民に丁寧に説明する必要がある。生活環境影響調査と同様に、地域住民に説明が必要な項目としては次のものが考えられる。

表 2.1.40 地域住民に説明が必要な項目

分類	地域住民に説明が必要な項目
環境関連項目	・メタン発酵設備の運転に伴う生活環境影響 ・家畜ふん尿、生ごみ、食品廃棄物などの運搬、搬入による生活環境影響 ・設備建設に伴う生活環境影響
周辺環境影響項目	・排ガス、臭気、排水、騒音・振動、地質環境、景観、生態系、日照など
その他	・設備の導入意義および効果 ・地域への経済効果・地域雇用促進効果 ・安全管理およびリスク管理 ・用地選定の妥当性

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

その他、環境影響評価の一つの手法として**ライフサイクルアセスメント（LCA）**を用いる場合もある。これは、メタン発酵設備が導入される場合と導入されない場合を想定し、使用されるエネルギー量、環境に排出される汚染物質、廃棄物、副生物などをそれぞれ計測し、導入された場合にどの程度環境保全に寄与するかを定量的に評価するものである。

[9] https://www.env.go.jp/recycle/misc/facility_assess/

1.Ⅲ.3 地元合意形成

- ❑ 住民説明会を開催するなどして、住民からの理解は得られているか?
- ❑ 地元企業、関連産業からの理解、協力は得られているか?
- ❑ 地元行政からの協力は得られているか?

前述のとおり、バイオマスエネルギー事業では地域との合意形成が不可欠となる。NEDO 実証事業者では FS 段階から地域関係者に事業計画の説明を行っているケースもある。株式会社富士クリーンの事業における住民説明のスケジュールを下表に示す。

同社では建設 1 年前から自治会に対して住民説明を行い、運転稼働後も施設を一般公開している。2018 年 6 月の稼働開始から 2019 年度末までに累計 3,000 人以上が見学に来場している。

表 2.1.41 株式会社富士クリーンにおける住民説明のスケジュール

時期	実施事項
建設 1 年前(FS 段階)	主要な自治会に対して説明
建設開始時点(設計施工段階)	関係自治会に対して説明･協議
竣工直前(運転段階)	関係自治会に対して説明、併せて見学会を実施
運転稼働後	施設の一般公開を実施

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

1.Ⅲ.4 施設の運転管理計画の策定

- ❑ 計画段階より詳細な日・時間単位での運転管理計画が組まれているか？
- ❑ 設備の法定点検頻度、時期は把握できているか？それを加味した事業性試算が行われているか？
- ❑ 事業期間中の設備の運営、メンテナンス体制は決まっているか？（メーカーとの保守契約 or 事業者自ら保守を実施(社内で人材を育成））

メタン発酵設備は、一般的には次の工程から構成される。事業収支が計画時点と実運転時点で乖離すると事業性を損なう一因となるため、施設の運営管理は事業収支を見据えたものである必要がある。

①前処理
②メタン発酵処理
③後処理（発酵残渣処理）
④ガス浄化処理

①前処理は、メタン発酵設備で最も重要な工程であり、適正なバイオマス量の受入れ、夾雑物の除去、投入するバイオマスの固形物濃度の調整に十分に留意する。

②メタン発酵処理は、メタン生成菌など微生物反応を活用したものであることから、微生物活性に影響を及ぼす物理化学的性質の維持に努める。

③後処理（発酵残渣処理）は、メタン発酵事業を成立させる重要な工程の一つであり、発酵残渣の全量を処理することのできる計画を策定する。

④ガス浄化処理は、エネルギー利用効率やエネルギー生成設備の寿命に大きな影響を及ぼす工程である。

施設の運転は 1 週間の中でも日により作業、運転内容が異なる。搬入頻度や施設の休止などの影響を受ける。

一日の運転管理を見ても、原料の搬入時間や前処理設備などは稼働時間が偏る傾向にある。また、発電装置などは運転時間数により細かくオイル交換やその他のメンテナンス頻度が決められている。

これらを細かく把握し、一日当たり、週当たり、月当たり、年当たりで積み上げ表を作成し、これを 20 年間分作成しておくとよい。その中にスポットで行う必要な大規模補修や大規模設備更新、中小規模のオーバーホールや消耗品の交換などを入れておく必要がある。これらの年表を基に予算計上し事業性を検討しておくとよい。

実運転では日報、週報、月報、年報などを作成し確認する必要がある。

表 2.1.42 工程別の運転管理のポイントと内容

工程	運転管理のポイント	運転管理の内容
①前処理	メタン発酵設備の中で最もトラブルの多い工程である。そのため、前処理を適正に計画および管理することがメタン発酵の長期的かつ継続的な設備稼働の鍵となる。	・ 適正なバイオマス量の受入れ、麦稈など長尺有機質繊維の適正処理、濃度調整に十分に留意する。 ・ 混入した石、コンクリート片、木片、頭絡（もくし：牛の保定、誘導用のロープ）など夾雑物を除去する。 ・ メタン発酵残渣の固液分離液を前処理槽に戻し濃度調整する場合は、バイオガスおよび硫化水素の発生に留意する。
②メタン発酵処理	メタン生成菌など微生物反応を活用した工程であることから、微生物活性に影響を及ぼす物理化学的性質の維持に努める。	・ メタン発酵の良否を判断するための指標としてpH、発酵温度、VFA 濃度（低級脂肪酸濃度）、アンモニア、ガス組成、硫化水素濃度、有機物容積負荷、滞留時間が重要である。
③後処理（発酵残渣処理）	メタン発酵事業を成立される重要な工程の一つであり、発酵残渣の全量を処理することのできる計画を策定する。メタン発酵では通常スラリー状の発酵残渣がほぼ原料と同等量排出される点に留意しなければならない。	・ 消化液に肥料成分の偏りがある場合には、不足成分を化学肥料で補うなどの方策が必要となる。 ・ 広大な草地がない本州以南の地域では農地還元が困難であるため、コスト高となる水処理の検討が必要となる。 ・ 分離固形分を再生敷料として活用する場合は、乳房炎原因菌の管理を徹底する。
④ガス浄化処理	バイオガスの浄化において重要な処理は水分と硫化水素の除去であり、ガス浄化処理はエネルギー発生効率やエネルギー生成設備の寿命に大きな影響を及ぼす工程である。	・ 水分はガス中に飽和状態で含まれていることから、冷却装置（チラー）を通過させることによって水分を除去する。 ・ 硫化水素は酸化して硫酸を生成し、燃焼設備の腐食を招くほか、ガス配管を溶解してメタン漏洩の原因となるため、事前に除去する。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

1.Ⅲ.5 事業の将来計画の検討

- ❑ 当初計画の事業期間終了後の事業継続、設備更新、撤去等の計画は検討されているか？
- ❑ FIT 売電期間終了後の事業継続等の展望は描けているか？
- ❑ 将来の事業増強による、設備増設は検討されているか？
- ❑ 将来計画について関係者で共通理解がなされているか？

FS 調査の中で、バイオマスエネルギー事業の採算性と持続可能性が見込まれ、事業化判断に至った後も運転稼働後および将来の計画について検討を続けることが望ましい。特に、**自治体主導の事業**および**複数の地域関係者が関与する集中型のメタン発酵事業の場合**は、以下のような中長期的な視点をもって事業を進めることが重要である。

FIT 終了後のキャッシュフローの検討

特に、**FIT を活用する事業の場合**は買取期間終了後（20 年後）もどのようにして事業を継続するか、等の展望を描く必要がある。太陽光等の燃料費がかからない再エネは、FIT 終了後も発電を続けることができるが、ランニングコストにおける燃料費の割合の高いバイオマスは、FIT 終了後は、キャシュフローが赤字になる可能性が高い。そのため、対策を講じないと事業を続けることが困難であることを計画段階から認識する必要がある。また、事業の実施における関係者が多岐にわたる、すなわち裾野が広いため、多くの関係者に迷惑を掛けることになりかねないことも認識する必要がある。

収益性および外部環境の変化に対応するため、FS 段階で描いた事業内容を将来的にさらに拡大・改善する点についても検討し続けることが望ましい。いずれの場合でも**将来の事業継続・拡大計画について社内および地域関係者と共有を行い、議論を続けることが重要**である。

中長期的な視点での事業意義の検討

メタン発酵事業を持続可能なものとするには**「中長期的な地域の将来像」を関係者の間で描く**ことが重要である。FIT 制度では買取期間が 20 年間と定められているが、「地域の将来像」で描く将来は、20 年を区切りとする必要はない。むしろ、来たるべき人口減少社会や高齢化社会を見据え、20 年よりも長期的な将来を見通すことが望ましい。その場合、**FIT 制度の買取期間である 20 年間は、むしろその先の将来に向けた地域の体制整備の準備期間と位置づける**ことが望ましい。

メタン発酵事業は地域の重要な廃棄物処理インフラとして、地域の様々な関係者や産業に対して影響を与えることから、中長期的な持続性が求められる。そのためには、事業者は **FIT 等の諸制度に依存せず、事業者自身の本業および地域全体の発展に向けた取り組みの 1 つ**として、メタン発酵事業を行うことが望まれる。

以下では、このような持続性の高いバイオマス事業を目指すうえで最も重要な「廃棄物処理システムのあり方」および「地域産業、エネルギー利用のあり方」の検討について述べる。

目指す地域の絵姿の検討

目指す地域の絵姿その 1：廃棄物処理システムのあり方

メタン発酵設備を導入することで地域内の廃棄物処理システムは大きく変化し、中長期的に様々な効果がもたらされる。そのため、構想時点から地域の廃棄物処理システムのあり方、目指す姿について十分な議論が必要である。

例えば既存のメタン発酵事例では目指す姿として、**循環型社会の構築、最終処分場の延命化、焼却依存からの脱却および CO_2 の削減、ごみ処理費の削減**などが挙げられる。目指す姿のうち、**重要視する項目は地域によって異なる**ため、メタン発酵事業に求める効果について行政を含む事業関係者の中で十分に検討することが求められる。メタン発酵事業は短期的ではなく、**中**

長期的な時間軸の中で経済効果等のメリットが得られるため、実現にあたり住民を含めた事業実施意義の共有化は極めて重要である。

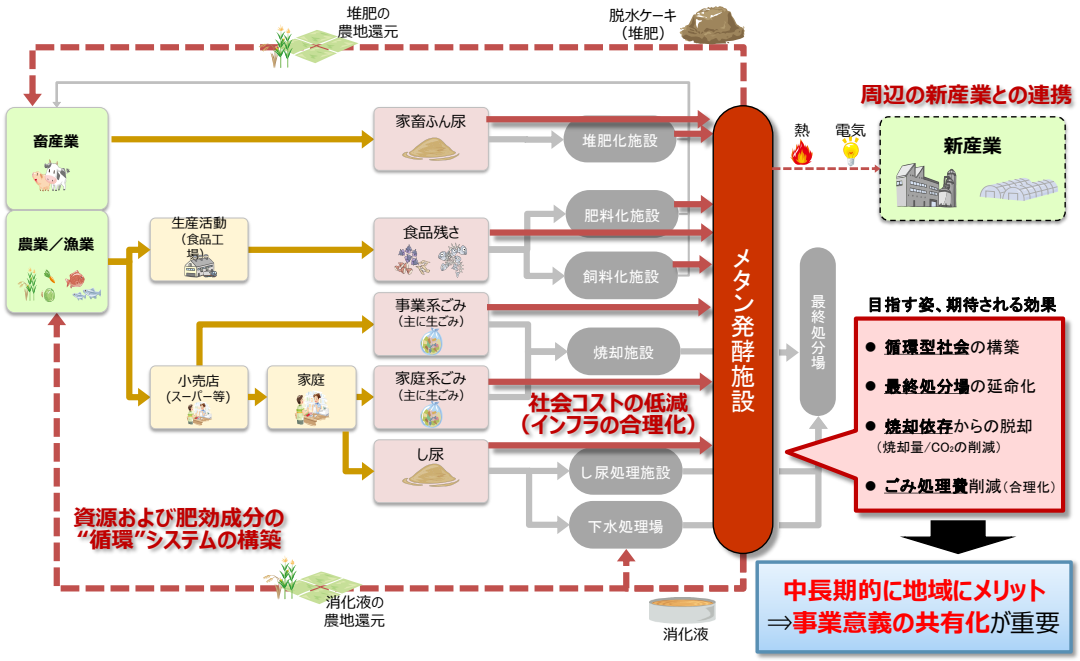


図 2.1.21　メタン発酵に係る地域の廃棄物処理システムのあり方の検討イメージ

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

目指す地域の絵姿その 2：地域産業、エネルギー利用のあり方

メタン発酵事業では、廃棄物処理システムのあり方に加え、**地域の産業やエネルギー利用の方向性についても検討**し、事業モデルを考えることが重要である。

地域産業については、地域の中でより一層の発展を目指す産業の方向性を考えることが重要である。例えば、農畜産業が主要な市町村では、メタン発酵の導入は畜産農家の**家畜ふん尿処理の負荷が減る**ほか、消化液を利用して**良質かつ安価な飼料（牧草など）を生産**できるため、畜産農業の活性化につなげている事例も北海道を中心に見られる。また、九州北部では耕種農家についても、消化液を液肥や堆肥として利用することで**肥料コストを削減**するほか、**生産物の高付加価値化（ブランド化）**を達成している事例もある。また、鹿追町のように、観光業に重点を置く地域では、家畜ふん尿の**堆肥化施設から発生する悪臭を低減し、生活環境を改善**することにもメタン発酵が貢献した事例がある。その他、食品メーカーでは、**食品リサイクル率の向上や CO_2 排出量の削減**を目指す手段としてメタン発酵を導入する事例が増えている。

エネルギー利用については、**地域のエネルギー構成、災害時用電源のあり方を考える**ことが重要である。再生可能エネルギーの比率を高めることを目指す地域にとっては、**バイオガスによる発電は太陽光や風力等の出力変動を緩和する調整電源として重要な役割を果たす**可能性があり、ドイツ等では既にこのようなシステムが実用化されている。

このように、地域の産業とエネルギー利用のあり方を見据えることで、メタン発酵施設を中心にどのような地域システムを築く必要があるかを検討することが可能となる。

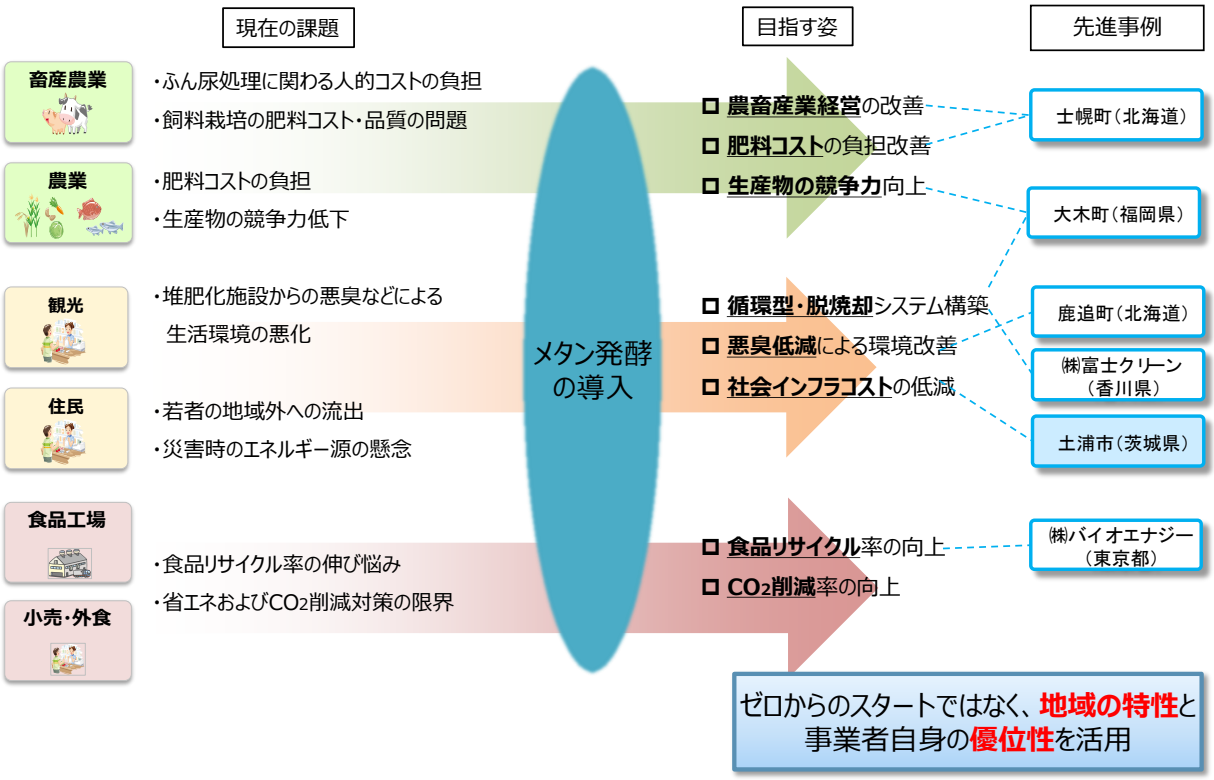


図 2.1.22　メタン発酵に係る地域の産業、エネルギー利用のあり方の検討イメージ

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

1.Ⅲ.6 設備補助の申請

❑ 補助金の申請は実施済みか？

FS 調査において一定の採算性と実現性が見込まれ事業化判断に至った後、国の補助制度を用いて資金調達を行う場合は、対象の補助金について申請手続きを行う。

補助金の申請受付は、一年のうちの限られた時期しか行われないため、対象とする補助金の活用が**事業者内の想定する事業開始スケジュールに合致するかを確認**する必要がある。また、公募の受付が開始してから提出した書類のみでは事業の詳細や意義を事務局に対して十分伝えられない可能性があることから、先進事業者には申請予定の**補助金を管轄する省庁に対して、複数回事業内容について説明訪問**をしているところが多い。

なお、各省庁のバイオマスエネルギー事業に係る補助金については、**「1.Ⅱ.5③ 補助制度の確認」（166 頁）**を参照されたい。

1.Ⅲ.7 金融機関との融資契約・資金実行

❑ 金融機関から融資の合意が得られているか？または出資等による資金調達が可能か？

一般的な留意事項

金融機関との融資契約の締結は、最終局面となることが一般的であるが、バイオマス事業を含め、再生可能エネルギーの案件については、支店ではなく、**金融機関の本部の審査部署等の決裁となる**ことが多い。したがって、**内部での決裁のスケジュールや進捗状況については適宜確認しておく**必要がある。

なお、金融機関内部で、審査を行っている間に資金計画を変更せざるを得ない場合も出てくるが、その際は可及的に速やかに、金融機関に連絡を行うべきである。審査の進捗度合いによっては再審査・再決裁が必要となり、そのために**プロジェクトの各スケジュールに影響を与える**可能性がある。

また、**出資等による資金調達も予定している場合**には、金融機関は融資実行より出資実行を先に求めることが多いため、その手続きも踏まえて、スケジュールを立てておく必要がある。

❑ プロジェクトファイナンスやシンジケートローンの場合、その手続きを踏まえた融資実行までのスケジュールが組まれているか？

プロジェクトファイナンスやシンジケートローンにおける留意事項

シンジケートローンとは、個別の資金調達ニーズに対し複数の金融機関が協調融資団（シンジケート団）を組成し、同一条件、同一契約書にて融資を実行する手法である。その取り纏め役を**アレンジャー**と言う。

バイオマス事業においては融資金額が嵩むことも多く、複数の金融機関からの借入にて賄うことも多いが、各金融機関から様々な条件を要請される場合には、金融機関毎に交渉するのも煩雑であり、シンジケートローンを活用してアレンジャーに窓口を一本化するメリットも生じる。また、一般的には**エージェント**という金融機関の代理人が置かれるため、融資の実行や返済の窓口もエージェントに一本化できる。特に、**プロジェクトファイナンスを活用する場合**には、契約書の条項も相当多岐にわたるため、金融機関毎に異なる条件で行うことは現実的でない。

なお、シンジケートローンにせよ、プロジェクトファイナンスにせよ、融資関連契約の内容が複雑となることから、まずはその**骨子についての合意（その合意も複数段階となることもある）を行い、その後、融資関連契約の調整に入る**ことが一般的である。したがって、前項にて資金調達の蓋然性を判断するに当たっては、ある程度の契約内容の骨子の合意まではなされておくべきである。ちなみに、アレンジャーやエージェントについては、一定の手数料も発生するため、その金額も合意を行い、必要となる費用に算入しておく必要がある。

また、シンジケートローンやプロジェクトファイナンスにおいては、**融資実行に当たっての前提条件（CP：Conditions Precedent）**が定められるため、融資関連契約の後、融資実行に当たっては、それら前提条件を満たす必要がある。

フェーズⅣ 運転段階

システム全体の運転段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.1.43 システム全体の運転段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
1.Ⅳ.1	**運転計画の最適化の検討**	実績ベースの需要形態等を踏まえて最適な運転計画が組まれているか?	
		人員の配置計画等の運転計画も改善されてきているか?	
1.Ⅳ.2	**地元の理解醸成**	一般公開の視察会などを開催し、地元の一層の理解に努めているか?	
1.Ⅳ.3	**波及効果の検証と公開**	事業による波及効果については検証されているか?	
		波及効果について地元行政や地元企業、地域住民等に対して周知しているか？	
1.Ⅳ.4	**事業採算性の検証と改善**	計画値と実績ベースの採算性の比較検証がされているか?また要因分析と改善がなされているか?	
1.Ⅳ.5	**維持補修費の中期的な予算化**	維持保守費の中期計画と予算化ができているか？	
1.Ⅳ.6	**大規模修繕に対しての積立**	大規模修繕に対しての積立を検討しているか？	

1.Ⅳ.1 運転計画の最適化の検討

❑ 実績ベースの需要形態等を踏まえて最適な運転計画が組まれているか?

施設全体の運転計画に関する留意事項

運転開始後は設備の運転実績データを取得しながら、より最適な運転となるよう見直しをしていく必要がある。実際、計画段階に予測した運転状況と異なることが多々あり、それらのギャップの要因を分析したうえで運転計画を変更していくことが望ましい。

その他、稼働状況を見て頻度、消耗品の交換頻度を見直すこと、並びに人員効率化、メンテナンスの内製化などのコスト改善も進めていくことが重要である。

エネルギー供給設備の運転計画に関する留意事項

エネルギー供給設備の運転計画においては、発電装置、熱供給装置等の定期点検や補修のスケジュールを明確にすることが重要である。

メタン発酵施設における売電や熱供給の収入は事業性において最も重要であるため、効率よく定期点検等のメンテナンスを実施する必要がある。特に発電装置や熱供給装置を複数設置している場合には、バイオガスを有効利用するためにそれぞれの装置のメンテナンス期間が一致しないようスケジュールを組むことで、安定した収入を得ることができる。

❑ 人員の配置計画等の運転計画も改善されてきているか？

人員の配置計画

発電装置や熱供給装置については、**規模に応じて必要な有資格者を配置する**必要がある。資格によっては外部委託することも可能であるため、事前に資格者を採用するか、委託するかを決定する必要がある。

また、発電装置や熱供給装置におけるメンテナンスには専門メーカーでなければできない事項と、作業員で実施できる事項があるため、事前に機器メーカーにメンテナンス事項の確認を行い、**自ら実施できる事項については人員を配置する**計画を立てる必要がある。

1.Ⅳ.2 地元の理解醸成

- ❑ 一般公開の視察会などを開催し、地元の一層の理解に努めているか?

実証事業者である株式会社富士クリーンでは、2018 年から稼働した乾式メタン発酵施設について、**ホームページ上で見学を受け付けており、一般の人々に広く同施設の理解を促進する取り組み**を行っている。2018 年 6 月の稼働開始以降、多数の見学者が訪れ、地域における重要な循環インフラとしての乾式メタン発酵施設として高い評価を得ている。

地元との合意形成の詳細は、**「1.Ⅲ.3 地元合意形成」（202 頁）**を参照されたい。

1.Ⅳ.3 波及効果の検証と公開

- ❑ 事業による波及効果については検証されているか?
- ❑ 波及効果について地元行政や地元企業、地域住民等に対して周知しているか?

上述のとおり、計画時点で地域関係者への波及効果を定量的に示すことは協力体制を構築するうえで、重要である。

しかし、ここでの定量評価はあくまで事業開始前の想定値であるため、**事業が運転開始してからも地域への実際の経済効果を再評価し、想定値とのギャップを明確化**していくことが望ましい。

バイオマスエネルギー事業における地域経済波及効果の試算例は**「第 1 部 4 章 バイオマスエネルギー利用の意義」**を参照されたい。

実証事業者の検討：施設全体の物質収支と廃棄物の減容化効果

株式会社富士クリーンでは、NEDO の実証運転を通じて乾式メタン発酵施設の導入による廃棄物減容効果について影響を評価した。システム全体の物質収支フロー図は下図のとおりである。

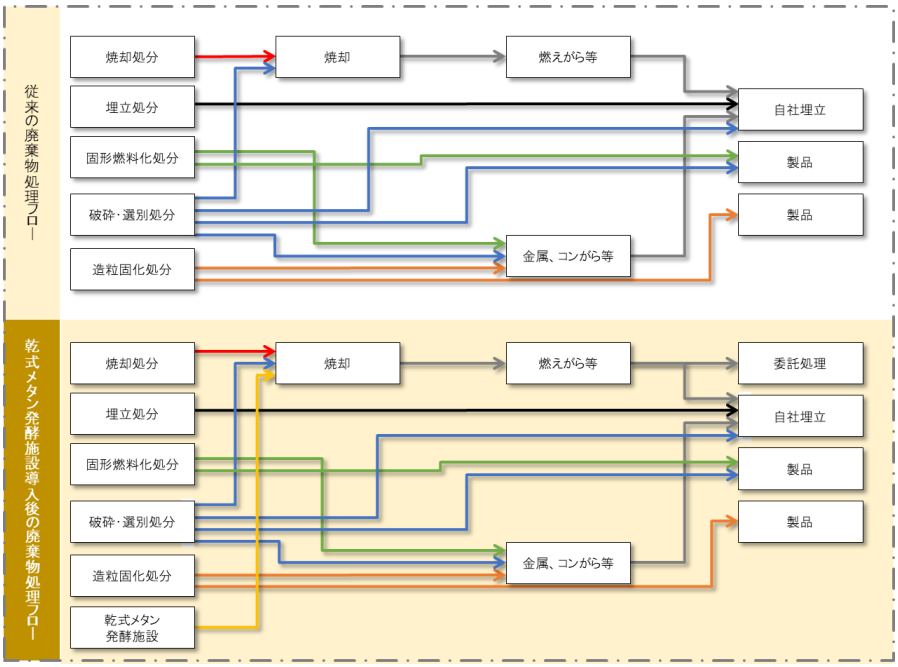


図 2.1.23　施設全体の物質収支フロー図（産業廃棄物）

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

廃棄物処理フローを基に 2015 年から 2019 年のデータを下図にまとめた。その結果、焼却処理合計は増加している一方、燃えがら等の焼却施設から排出される埋立量は減少していることが分かった。

この減少量を割合として表にまとめると、のようになる。この表には焼却処理合計に対して燃えがら等がどれだけ排出されたかを表す減容化割合を算出し、既設焼却施設から出る埋立量を搬入量に依存しない形で評価するために示した。

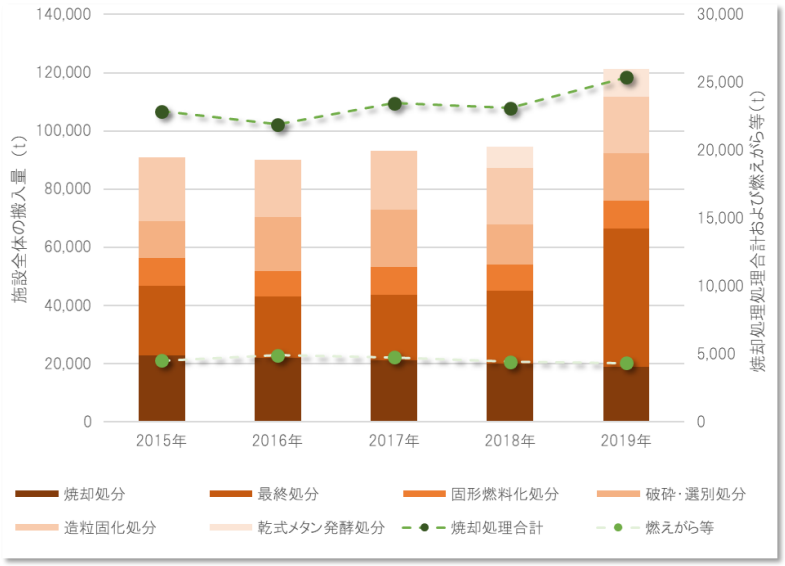


図 2.1.24　廃棄物処理フローにおける物質収支の推移（産業廃棄物）

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

このことから 2015 年～2018 年の減容化割合の平均が 20.4%に対して乾式メタン発酵施設を導入し本格的に運用し始めた 2019 年の数値である 17.1%を比較すると 3.3%向上したことが分かる。

一般的に焼却施設は運転管理上、安定操炉を行うために炉内の状況によって各種パラメーターを調整しているが、乾式メタン発酵施設から出る発酵残渣および選別残渣が 2019 年から既設焼却施設の主要投入物になったことで操炉方法の大幅な改善・工夫を行った。その結果、性状的に一様な発酵残渣の処理による安定運転化もさることながら多様な操炉方法に関するノウハウの蓄積によって減容化割合の向上を達成することができたと考える。

これらの結果から当社施設全体において乾式メタン発酵施設の導入により埋立処分量の改善に成功しており、ひいては埋立処分場の延命化に寄与することが明らかになった。

表 2.1.44 各年における減容化割合（産業廃棄物）

	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
焼却処理合計	22,856 トン	21,897 トン	23,463 トン	23,119 トン	25,368 トン
燃えがら等	4,513 トン	4,901 トン	4,766 トン	4,434 トン	4,327 トン
減容化割合	19.7%	22.4%	20.3%	19.2%	17.1%

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

1.Ⅳ.4 事業採算性の検証と改善

❑ 計画値と実績ベースの採算性の比較検証がされているか?また要因分析と改善がなされているか?

実証事業における計画時と運転開始後の採算性のギャップ

設備が運転開始した後も、**計画時に想定した事業性との相違がないかキャッシュフローなどを分析することが重要**である。NEDO 地域自立システム化実証事業では 2018 年以降 6 件の実証事業者の設備が運転開始した。いずれも事業内容やスケジュール面では概ね予定どおりであったが、一部では以下のような想定しなかったコストが発生したケースも見られた。

表 2.1.45　NEDO 実証事業における計画時と運転開始後の事業性のギャップの発生要因（例）

- 建設地の用水インフラが脆弱であり、設備冷却用の水を近くの池から引水する必要が生じた。
- 建設地の地盤が脆弱であったことが判明し、土地改良費が増加した。
- 調達する原料の水分率が想定よりも高かった。
- 海外製の設備の分割サイズが道路交通法の基準を超えていたため特別な許可申請が生じた。
- 熱需要先の工場の稼働率が低く、想定していた熱量を供給できなかった。

その他、上記のほとんどの実証事業でそうであるように、**稼働開始後半年から 1 年は様々なメンテナンスが発生するためフル稼働が難しい**。事業期間のキャッシュフローを分析する際はこうした**初年度の稼働状況も加味することが重要**となる。

プロジェクトファイナンスを活用する場合に係る留意事項

プロジェクトファイナンスの場合は、様々な誓約事項や報告事項が定められる。多くは計画と実績を比較し融資返済に支障が生じるような事象が起きないためのものである。計画と実績を比較するに際しては、それらも踏まえる必要があるとともに**ギャップの発生については、その原因や対処策の説明を求められる**ことも多い。

また、資金管理の徹底も求められる。融資を受けた金額のみならず、稼働後に計上される売上金の使途についても、計画どおりに行う必要があり、**計画外の用途に使う必要がある場合**には、金融機関の承諾が必要となることが多い。

様々な誓約や報告、並びに資金管理の徹底など事業者としては面倒ではあるが、一方でこれらを遵守することにより事業の問題点を早期に発見し改善につなげるきっかけとなる場合もあるため、有効に活用できれば望ましいと言える。例えば、事業者としては大きな問題ではないと認識していたが、プロジェクトファイナンスの契約条項に従い作業を行ったところ、将来融資が返済できなくなる可能性が発覚し、早期に対応を行うことができた例もある。

1.Ⅳ.5 維持保守費の中期的な予算化

❑ 維持保守費の中期計画と予算化ができているか？

維持・保守に係る費用（O&M 費）は、当初は 15 年～20 年間の事業計画を立案しているが、資金計画上も、実稼働後は 3 年程度の期間での計画が必要である。

O&M 費を継続的な費用と**数年に一度発生する費用**とさらに**長期的に念頭に置いておかなければならない費用**等に分けて考えることが重要である。継続的な費用としては、光熱費、薬品費、収集運搬費、人件費などが考えられる。また、発電機は稼働時間ごとに保守内容が決まっており、継続的費用と複数年に一度発生する費用とに分けられるのでメーカーに問合わせをして計上する必要がある。

一方、メタン発酵設備の能力を最大限に発揮させ、最も効率的に運転管理を行うには設備・機械の機能を常に良好な状態に維持しておく必要がある。そのために、日常点検、定期点検の対象を抽出し、**定期点検整備計画を策定**する。これに基づき**O&M 費を予算化**しておき、設備を健全に保つ。

メタン発酵設備および事業全体の O&M 費には以下のものが考えられる。

表 2.1.46 メタン発酵設備および事業全体の主な O&M 費

①バイオマス運搬・発酵残渣（消化液）運搬車両整備費
②電気料金、上下水道料金、燃料費、薬品代
③残渣処分費
④人件費、分析費、専門管理費
⑤点検補修費、消耗品費
⑥借入金返済、税金、保険、会社経理

この中で**多くを占めるのが点検補修費（消耗品含む）**であり、特に発電設備を伴う場合には、**長期間に渡った O&M 費の積算を行い（10 年～20 年）**、精度の高いプラント維持費として予算化しておく。発電機については、何年かに一度オーバーホールが必要となることから、**年間 O&M 費を建設費の 2～3%程度**に設定するほか、発電機オーバーホール費用が必要な年度には上乗せして**合計 5～7%**となるよう仮定しておくことが望ましい。この場合発電機メーカーに問合わせをして予算計上をすることが良い。

1.Ⅳ.6 大規模修繕に対しての積立

❑ 大規模修繕に対しての積立を検討しているか？

バイオガス事業は長期的な事業であり、経年劣化は避けられない。そのため大規模修繕は必ず必要となる。事前に積み立て準備をしていなければ施設の停止など重大な問題が発生する。

民間事業の場合は特に単年度の収支を重んじる傾向にあり、大規模修繕に対応できなくなる危険性がある。特に**大規模修繕は稼働後 10 年程度経過後に生じる**ことが多いために**単年度毎に積立金を計上しておく**必要がある。メタン発酵設備の大規模修繕の範囲としては以下のものが考えられる。また、大規模修繕には**メタン発酵槽のスカムや沈殿物の清掃費**なども考えられるために留意しておく必要がある。

表 2.1.47 大規模修繕の範囲

設備	大規模修繕の範囲
①前処理設備	原料受入れ部コンクリート補修工事、原料受入れホッパー開閉部取り替え、上屋全体補修（側壁張替え、塗装など）、撹拌機入替、移送ポンプ入替
②メタン発酵設備	発酵槽外装補修（側壁張替え、塗装など）、生物脱硫用の菌床（不織布など）張替え、温水熱交換機補修、撹拌機入替、消化液排出ポンプ入替、発酵内の清掃
③後処理設備	固液分離棟の外装補修（側壁張替え、塗装など）、コンクリート部補修工事、換気設備入替、固液分離機入替
④ガス浄化処理設備	生物脱硫槽補修、乾式脱硫槽入替、発電入替、ボイラー入替、配管補修工事、除湿装置入替
⑤その他	機械室の外装補修（側壁張替え、塗装など）、コンクリート部補修工事、電気・給排水・消防関係設備の補修・更新

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

このように、メタン発酵設備の大規模修繕では、プラント導入当時と同様の材料を用いて元の状態に戻すことによって、設備全体の価値を回復するだけでなく、設備の価値の低下の防止、設備の性能や機能の向上などのメリットが出現する。

原料調達に関する「よくある課題」

（1）　十分な量のバイオマスを確保できない

持続的にメタン発酵事業の運営、並びにエネルギー（または液肥）供給を行うためには、事業期間にわたる安定的なバイオマス原料の調達が必須の条件となる。しかしながら、原料の発生量や変動（季節変動や中長期的な変動）は地域や事業者の事情や周辺の処理施設の影響を受けやすく、十分量の原料確保ができずに断念する事業者はこれまで多数存在する。

また、原料の規模が確保できていても、原料の性状と設備のミスマッチによる運転トラブルが生じることがある。こうしたミスマッチはメタン発酵技術だけでなく、前処理技術でも多く報告されている。その他、原料調達に係る各課題に関する留意事項や対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.2.1　原料調達検討時の主な課題とガイドラインの参照先

● 原料の種類が特定できていない ● 地域のバイオマス原料がメタン発酵に適するかわからない	⇒ **「2.Ⅰ.1 原料課題の整理 ① 原料種候補のリストアップ」（223 頁）**を参照 ⇒ 各種メタン発酵バイオマス原料の特徴は**「第 3 部 1 章 メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴」**参照 ⇒ 食品廃棄物の再生利用状況は**「2.Ⅰ.1 原料課題の整理 ②原料収集可能性調査」（227 頁）**を参照 ⇒ 一般廃棄物を利用したメタン発酵事業は**「2.Ⅰ.1 原料課題の整理 ②原料収集可能性調査」（227 頁）**を参照
● 想定する技術（発酵技術、前処理技術等）と原料にミスマッチが生じている	⇒ 湿式メタン発酵、乾式メタン発酵に適する原料の特徴や条件は**「2.Ⅰ.1 原料課題の整理 ②原料収集可能性調査」（227 頁）**を参照 ⇒ 前処理技術の特徴や留意点は**「第 3 部 2 章メタン発酵技術に係る基礎知識」**参照
● 調達する原料に季節変動がある	⇒ 家畜ふん尿、食品廃棄物の季節変動の例および対応策は**「2.Ⅱ.1 原料調達可能性調査 ① 原料発生状況の調査」（237 頁）**を参照
● 中長期的な安定調達できる見込みが立っていない ● 原料が特定の種類および排出元に依存している	⇒ **「2.Ⅱ.1 原料調達可能性調査 ② 原料収集可能性の調査(243 頁)、③ 代替原料の可能性調査」（245 頁）**を参照

NEDO 事業者・先行事例の取組

原料調達に関する要素は地域性が強く、各課題について一義的な解決策はないが、次のような対応により解決を図った先行事例も見られる。例えば原料調達の安定的な確保に関し、民間企業の某社では特別目的会社（SPC）を設立するにあたり、地域の行政や廃棄物処理事業者、排出業者等の関係主体が一部出資するといった体制を組むことで原料確保の課題解決を図っている。また、阿寒農業協同組合では既存の堆肥化設備と新規のメタン発酵設備を併用し、固形ふん尿を堆肥化設備に、スラリー状ふん尿をメタン発酵設備に利用することで未熟堆肥の問題を解決した（→**224 頁**を参照）。JA ゆうき青森の事例では、イーパワー、小桝屋の 3 つの組織による特別目的会社（SPC）がメタン発酵設備を所有し、設備を JA にリースすることで単年度会計の赤字にならずに運転管理が可能となった（→**198 頁**を参照）。

（2） 調達する原料に係る法規制がクリアできない

第 1 章の冒頭で述べたように、メタン発酵事業では多岐にわたる法規制に対応する必要があり、中でも廃棄物の調達に関しては廃棄物処理法への対応が大きなハードルの一つとなる。同法において「廃棄物」扱いのバイオマス種を外部から収集する場合、施設のタイプ、すなわち「産業廃棄物処理施設」または「発電施設・リサイクル施設」を決めておく必要がある。

⇒ 廃棄物処理法上の「一般廃棄物」と「産業廃棄物」の定義、廃棄物処理法において必要となる許認可については、**「2.Ⅱ.1 原料調達可能性調査 ① 原料発生状況の調査」（237 頁）**を参照されたい。

原料の量が確保できても輸送・収集運搬において、収集運搬費用が想定よりも高い、または廃棄物の輸送について周辺住民からの理解が得られないといった問題が生じることがある。こうした輸送時の留意事項とその対策は**「2.Ⅱ.3 バイオマスの収集運搬計画」（258 頁）**を参照されたい。

（3） 原料の性状・質に問題がある

上述のとおり、メタン発酵事業では原料の規模を確保することが第一の課題となるが、実際に「量」を調達できたとしても原料の性状の問題で断念するケースもある。原料性状の調査時には下表の項目を確認する必要があり、このうち特に TS 濃度と窒素濃度は重要である。具体的な分析項目と分析方法（ラボテスト）は**「2.Ⅱ.2 原料性状およびガス発生量の調査 ① 原料性状の調査② ガス発生量の調査」（247 頁）**を参照されたい。

表 2.2.2 原料性状の調査時における重要項目

- TS 濃度（固形物量）
- VS 濃度（有機物濃度）
- 窒素濃度（TN（またはケルダール窒素）、アンモニア性窒素）
- CODcr、TC、、T-P および K

また、家庭系生ごみや事業系の食品廃棄物は分別不徹底に伴うビニールやプラスチック等が問題となることが多い。食品廃棄物を中心とする集中型のメタン発酵施設の場合は原料の分別度合いに応じた処理料金を設定することで発酵不適物排除に関するインセンティブを排出業者に与える方式を採用しているケースもある。分別の有無に着目するのではなく、高性能な分別処理装置・破袋装置を導入することで問題解決を図った事業者もいる。分別収集と非分別収集（機械選別）の特徴は**「2.Ⅱ.2 原料性状およびガス発生量の調査 ① 原料性状の調査」（248 頁）**を参照されたい。

畜産廃棄物の場合は食品系と比べてガス発生量が小さいため、売電収入が確保できず経済性の観点から断念するケースも少なくない。加えて、牛ふんの場合は敷料が前処理設備や発酵設備中でトラブルを引き起こすこともある他、鶏ふんの場合は窒素含有量が多いためアンモニアによる発酵阻害が生じることがある。

NEDO 事業者・先行事例の取組

食品廃棄物、家庭系生ごみに関する分別について、先行事例では以下の検討を行っている。例えば、株式会社富士クリーンでは高性能選別装置を導入することで乾式メタン発酵装置に投入する原料中の発酵不適物除去を行い安定運転を達成した（→**233 頁**を参照）。

畜産廃棄物に関するアンモニア阻害への対策の例としては、希釈水の代わりに炭素源を混合処理する等の方法がある。具体的な対応は**「2.Ⅱ.2 原料性状およびガス発生量の調査 ② ガス発生量の調査」（254 頁）**を参照されたい。なお、インターファーム株式会社では NEDO の FS 事業を通じて独自の鶏ふんメタン発酵設備を開発し、湿式メタン発酵では通常 2,000mg/kg 程度まで抑える必要があるアンモニア性窒素濃度について、10,000mg/kg 以下の状態でも安定させるシステムの開発に成功した（→**225 頁**を参照）。

（4） ガス発生量が不足している

原料のガス発生量および安定発酵については、地域の畜産業や食品関連産業と処理・利用状況に依存するためコントロールが難しいが、計画時点の想定値と設備稼働後のギャップを最小限にし、蓋然性を高めることである。ガス発生量に関しては 2 週間～1 か月の回分式発酵試験を行うことで把握することができる。一方で、食品残渣のように地域依存性が高い原料の場合は、回分式発酵試験のみの検討ではアンモニアの溶出量が実際の稼働後に想定を大幅に上回ることもある。そのため、3～5 か月の期間は掛かるが連続式発酵試験を実施することで、発酵の安定性を確認することができる。

⇒ 具体的な分析項目と回分式発酵試験、連続式発酵試験等は**「2.Ⅱ.2 原料性状およびガス発生量の調査 ② ガス発生量の調査」（254 頁）**を参照されたい。

NEDO 事業者・先行事例の取組

ガス発生量の不足の問題に対して先行事例では以下のような工夫を行っている。例えば、株式会社富士クリーンでは FS 時に不足するガス発生量を確保するために、紙ごみを一部有価で購入することで安定したバイオマス調達およびガス発生量を確保した（→**246 頁**を参照）。また、株式会社小桝屋では発酵助剤を投入することでガス発生量の増大を図った（→**257 頁**を参照）。

フェーズⅠ　構想段階

バイオマス調達の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.2.3 バイオマス調達の構想段階におけるチェック項目

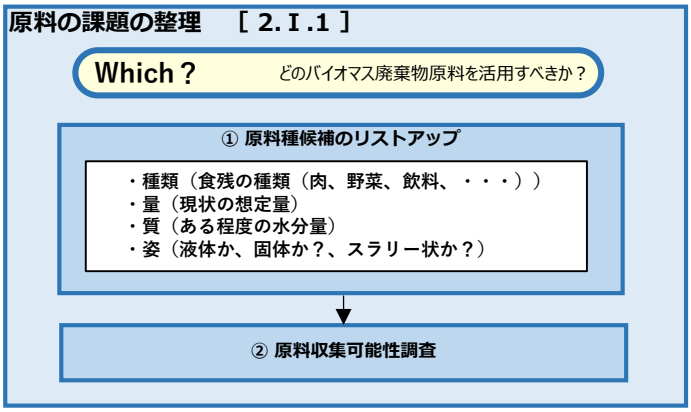
項番号	実施事項	留意事項	チェック
2.Ⅰ.1	**原料課題の整理**		
①	**原料種候補のリストアップ**	**原料の種類は特定できているか？ それらが有価物か廃棄物か確認できているか？**	
②	**原料収集の可能性調査**	対象とする原料は地域で安定的かつ継続的に調達可能か？	
		発電容量のみから原料規模を想定していないか？または収入を優先した原料規模を想定していないか？	
		原料の発生場所と排出量、性状（TS、VS など）を確認したか？	
2.Ⅰ.2	**前処理の必要性の検討**	処理対象となる原料について前処理の必要性を検討したか？	

民間事業者・自治体等における発意

2.Ⅰ.1 原料課題の整理

民間事業者・自治体等においてメタン発酵事業が発意された初期段階では、現在他の方法で処理している原料、または新たに処理しようとする原料について現状の課題を整理する。

例えば、従来の処理方法では処理にコストがかかりすぎる、処理する原料が増えてしまい処理施設を増設または新設する必要がある等、具体的に課題を列挙し整理する。



① 原料種候補のリストアップ

施設の検討を行う際に最も重要であることが原料を把握することである。一日当たりの「量」や季節ごとの「変動の割合」、原料の「性状」、また、その「姿かたち」（液体、固体、スラリー状など）を明らかにする。

「量」やその「変動割合」は施設の規模や機器の能力を決定するために用いられ、「性状」は、メタン発酵槽の容量やバイオガス発生量を決定する際に必要である。また、「姿かたち」は受入設備や前処理設備の設計に必要となる。これらを具体的にすることで、メタン発酵施設の概略検討がしやすくなる。

❑ 原料の種類は特定できているか？ それらが有価物か廃棄物か確認できているか？

集中型の場合は構想段階では地域内の調達候補となるバイオマスのリストを作成する。その際、**廃棄物扱いとなるバイオマスの場合**は外部から調達するには許認可が必要となる[10]。

メタン発酵系バイオマスの原料には様々な種類があり、以下のような特徴がある。各バイオマスの特徴と留意点は**「第 3 部 1 章 メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴」**を参照されたい。

表 2.2.4 メタン発酵系原料の特徴

種 類	特 性
生ごみ 食品残渣	・ 一般的に分解しやすくガス発生量も多いためメタン発酵原料に適する ・ 発酵不適物としてプラスチック、皮革、石、金属等、発酵阻害物質：薬品、溶剤、骨類、甲殻類の殻等が含まれる
乳牛ふん尿	・ **フリーストール牛舎の場合**：ふん･尿および少量の敷料が混合され、スラリー状ふん尿(水分 90%程度)として排出されるため、水分が高く湿式メタン発酵の原料として適する ・ **つなぎ飼い牛舎の場合**：ふん尿分離型の牛舎ではふんと敷料が混合した半固形状ふん尿(水分 85～88%)として排出
肉牛ふん尿	・ 含水率は 55%~70%程度が一般的で、敷料（おが屑や麦稈）の割合が多いふん尿が回収されやすく発酵槽の配管が詰まる恐れもあり、湿式には不適。乾式システムを用いることを検討している事例もある
豚ふん尿	・ ふん量に比較して尿量が多いため、スノコ式豚舎の場合にはスラリー状の性状となっており、そのままでもメタン発酵の原料として利用が可能。ただし窒素濃度が高いこと、豚舎の形態によって大きく性状が異なることに留意が必要
鶏ふん	・ **ブロイラーの場合**：含水率が 20%～30%と低く敷料と共に排出されるため単独でのメタン発酵は不適 ・ **採卵鶏の場合**：ガス発生量が大きいがアンモニアが多く、単独の処理には 3 倍～5 倍希釈するか他原料との混合が必要
紙ごみ	・ ガス発生量が多いため乾式メタン発酵原料に適する ・ ガス発生量の確保のために、有価で紙ごみを購入する事例もみられる
剪定枝	・ 枝に残っている葉の量にもよるが剪定枝はガス発生量が期待できずメタン発酵には向いていない

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

[10] 本書では「食品廃棄物」について、事業系生ごみ（一般廃棄物）および家庭系生ごみ（一般廃棄物）、食品残渣（産業廃棄物）を指すものとする 。

上記の他、近年注目されつつある原料として**油脂類**が挙げられる。油脂類はエネルギーポテンシャルが高く、少量で発電量の増加が認められる。ただし、投入量に制限があることを十分に理解していないと運転トラブルのもととなる。

一般的に、**ガス発生ポテンシャルの高い原料は窒素成分または脂肪成分が高いものが多い**ため、バイオガス施設の原料として採用する場合において十分に留意しておかなければならない。

実証事業者の検討：堆肥化処理とメタン発酵処理の組み合わせ

畜産業では現状堆肥化による家畜ふん尿処理が主流となっているが、メタン発酵施設を必ずしも堆肥化施設の代替として導入するのではなく、**相乗効果を生み出せないか検討**することも重要である。

実証事業者である阿寒農業協同組合では、堆肥化処理によって乳牛ふん尿を処理していたが**、水分の高いふん尿に起因する未熟堆肥の発生、それに伴う悪臭問題**に悩まされていた。FS 調査では、既存の堆肥化施設の未熟堆肥の要因が、フリーストール牛舎を持つ大規模酪農家から持ち込まれる**中水分（83%以上）ふん尿および高水分（88%以上）ふん尿**であることが明らかとなった。この結果を踏まえ同組合では**堆肥化施設の運転を維持したまま**、これらの中水分・高水分ふん尿のみをメタン発酵処理対象とすることとした。



図 2.2.1　阿寒農業協同組合の扱うバイオマスの割合

（出所）阿寒農業協同組合／エア・ウォーター北海道株式会社「平成 28 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業　家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2017 年

FS 事業者の検討：鶏ふんの安定的メタン発酵システムの開発

肥料メーカーであるインターファーム株式会社では、鉱物資源である窒素リン・カリは近年高騰しており、肥料輸入の問題も社会問題となりつつあることを受け、肥料成分を地域内で循環させるサーキュラーエコノミーシステムを検討してきた。同社ではその中核となる技術として鶏ふんを主原料としたメタン発酵モデルの構築を研究開発している。

鶏ふんバイオマス原料の特徴

鶏には尿道がなく、ふんと尿が一緒に排出される。ここが牛ふんや豚ふんと大きく異なる点であり、鶏ふんが尿酸を多く含むことによって、これまでメタン発酵原料として利用されていなかった。鶏の消化器官は、牛・豚と違い極端に短いため、未消化部分が多くなり、結果肥料とするための有効成分が多く残される。
しかしながら、メタン発酵を行う過程では鶏ふんに含まれる尿酸から発生するアンモニア性窒素が発酵阻害を引き起こすため、これまで主原料として利用されてこなかった。

鶏ふんの発酵試験結果

インターファーム株式会社では NEDO の FS 事業において、鶏ふんを対象とした 3 か月の発酵試験を行った。生鶏ふんで実験再開直前の 32 日目(01/22)時点での排出物のアンモニア性窒素濃度は 8600mg/kg となっており、以降の事業者の実験の発酵残渣は、アンモニア性窒素濃度は 10,000mg/kg 程度となっている。このレベルを維持すれば、鶏ふんのメタン発酵を継続出来ることを確認した。
実験時のメタン発酵槽内のアンモニア性窒素濃度管理は、排出物の pH 測定で推測が可能。pH が 8.4 を超えるとアンモニア性窒素濃度が 10,000mg/kg を超える。ガス発生量が急激に落ち始めた 16 日目のアンモニア性窒素濃度 10,300mg/kg の時の pH は 8.4 であった（表 2.2.5）。
事業者が使用する実験タンクは横型であるため、排出口に近いほどアンモニア性窒素濃度が高く pH も高い。排出バルブを開けて最初に出てくる残渣の pH が最も高く、後から出てくる残渣の方が pH は低い。アンモニア性窒素濃度の高い発酵残渣を定期的に排出して肥料化していけばメタン発酵槽内のアンモニア性窒素濃度は上がらない。
事業者の固形物当たりのガス発生量は生鶏ふんで 202.7L/kg、一次発酵鶏ふんは 293.9L/kg であった。東北大学では 2 年間の実験の結果最高 600L/kg を達成しているのでこの数値を目標とする。
また、生ふん原料のメタン発酵実験開始後 62 日目と 63 日目に、メタン発酵状態が安定していたので生鶏ふんではなく、再度一次発酵鶏ふんを投入したところ、ガス発生量増加の傾向が見られた。生ふんでも一次発酵鶏ふんでも問題なく発酵の持続は可能と考える。

表 2.2.5 発酵残渣の成分推移

項目	No.	一次鶏糞6日目		一次鶏糞16日目		一次鶏糞26日目		一次鶏糞26日目		一次鶏糞28日目		一次鶏糞31日目		一次鶏糞32日目	
	試料名	H30.12.27		H31.01.06朝		H31.01.16朝		H31.01.16夕方		H31.01.18夕方		H31.01.21夕方		H31.01.22朝	
	単位	現物値	乾物値	現物値	乾物値	現物値	乾物値	現物値	乾物値	現物値	乾物値	現物値	乾物値	現物値	乾物値
浮遊物質（SS）	mg/L		129000		222000										
水分	%	84.2		75.6		79.0		82.6		83.3		83.6		84.2	
固形分率（TS）	%	15.8		24.4		21.0		17.4		16.7		16.4		15.8	
有機物率（VS）	%	11.7	73.9	12.5	51.1	13.4	64.0	12.9	74.0	12.5	74.8	12.2	74.6	11.9	75.3
化学的酸素要求量（COD_{Cr}）	mg/kg	164000	1040000	240000	984000										
生物化学的酸素要求量（BOD）	mg/kg	33800	214000	65000	267000										
アンモニア性窒素 N	mg/kg	988	6270	10300	42100	12500	59600	9260	53100	9500	56800	8680	53000	8600	54300
NH3	mg/kg	1200	7630	12500	51200	15200	72400	11300	64500	11600	69000	10600	64400	10500	66000
硫黄全量 S	mg/kg	1070	6770	1590	6520										
pH		8.2		8.4											
[℃]		[19]		[20]											
炭素全量 C	%	6.84	43.4	10.99	45.09	9.21	43.92	8.42	48.28	8.08	48.27	7.73	47.16	7.91	49.92
窒素全量 N	%	0.59	3.73	1.14	4.67	1.72	8.18	1.40	8.04	1.35	8.08	1.28	7.80	1.34	8.48
C/N			12		10		5		6		6		6		6
リン酸全量 P2O5	%	0.55	3.52	1.07	4.39	1.08	5.13	0.85	4.86	0.88	5.26	0.88	5.38	0.92	5.79
カリウム全量 K2O	%	0.44	2.80	0.76	3.13	0.85	4.07	0.68	3.88	0.67	3.98	0.61	3.74	0.61	3.88

（出所）株式会社インターファーム「平成３０年度成果報告書 鶏糞メタンガス発電システムを用いたエネルギー変換利用および鶏糞残余を活用した副産物高付加価値化に係る事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）

鶏ふんのメタン発酵が継続的に出来ている理由をインターファーム株式会社より有識者にヒアリングを行った結果、以下が考えられる。

① アンモニア性窒素濃度が 10,000mg/kg 程度にて残渣を継続的に排出している。その結果アンモニア阻害が始まる前に排出しているため、メタン発酵槽内のアンモニア性窒素濃度が上昇しなかった。

② 排出開始時のアンモニア性窒素濃度および pH が高くなった最初に出る残渣を排出し、後半以降に排出されたアンモニア性窒素濃度および pH の低い余剰残渣の一部をメタン発酵菌の菌床として再利用することが有効であった。

鶏ふん向けメタン発酵システムの開発

インターファーム株式会社では NEDO の FS 事業を通じて独自のメタン発酵設備を開発し、湿式メタン発酵では通常 2,000mg/kg 程度まで抑える必要があるアンモニア性窒素濃度について、10,000mg/kg 以下の状態でも安定させるシステムの開発に成功した。また、固形物濃度 30%（水分 70%）の状態でも安定発酵することができ、湿式メタン発酵のような水分率の高い液肥ではなく、半固形状の肥料密度の高い肥料を生産することができるようになった。
システムは下図のとおり、メタンガス発生装置とガスホルダー、発電機および発電機排熱回収機、メタン発酵残渣乾燥設備＋肥料製造（造粒・配合）設備で構成される。

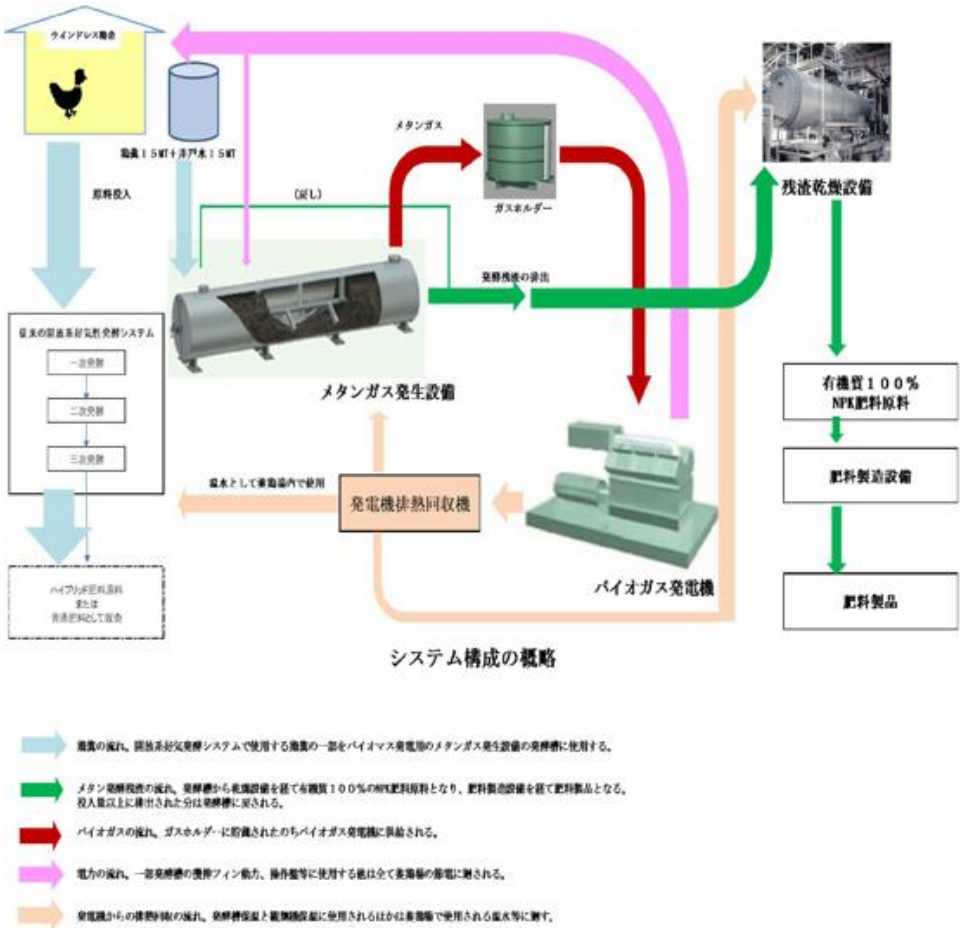


図 2.2.2 インターファーム株式会社の扱うシステム構成の概略

（出所）株式会社インターファーム「平成３０年度成果報告書 鶏糞メタンガス発電システムを用いたエネルギー変換利用および鶏糞残余を活用した副産物高付加価値化に係る事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）

発酵槽内では pH が上がると発酵が止まるため、いかに pH 調整をするかが最も重要なポイントとなる。そのため、安定発酵のために pH が 8 以上のものは原料として投入せず、また投入口と排出口の pH モニタリングしながら発酵状態を確認し、必要に応じてみかんの皮などの酸性の原料を投入することで安定化する工夫をしている。なお、当該システムでは原料は前処理を行わずに発酵槽だけで発酵状態を調整するシステムとなっている。現在は窒素を飛ばさずに残渣を乾燥させることが課題となっている。

② 原料収集可能性調査

原料収集可能性の調査にあたっては、**個別型の場合**は敷地内で発生する廃棄物を整理し、**集中型の場合**は地域で発生する廃棄物および資源をリストアップする。その際、対象とする原料ががお金を支払って調達する「有価物」なのか、逆有償となる「廃棄物」なのかを確認する。**「廃棄物」を扱う場合**は、産業廃棄物処理事業に係る許認可が必要なため、手続きに時間が掛かる可能性がある。

利用する資源を特定した次は発生量および調達可能量を調査し、目的の採算性を得るのに十分な量を確保できるかを確認する。不足するのであれば、対象となる原料種や条件を見直す必要がある。

❑ 対象とする原料は地域で安定的かつ継続的に調達可能か?

メタン発酵は長期にわたり廃棄物処理インフラとして実施することが求められるため、FIT 終了後（20 年後）も視野にいれた原料調達の安定性を検討する。また、人口減少や産業変化に伴う現用構成の変化、代替原料も検討しておくことが望ましい。

食品廃棄物の場合、下に示すようなマクロ的な利用状況についても理解したうえで対象地域での調達を検討する。ただし、**個別の地域での利用率は地域差**が大きいため、先行事例の調査では例えば再利用が最も進む食品製造業でもメタン発酵処理を希望する企業も少なからず存在する。

（参考）食品廃棄物の利用状況

食品廃棄物のリサイクル率は**食品製造業では既に 95%程度**に達している。また、サプライチェーン中～下流の食品卸売業、食品小売業、外食産業についても上昇傾向にある。特に、これまで再生利用が低迷していた外食産業では 2016 年以降リサイクル率が上昇しており、2017 年における各再生利用方法の前年比伸び率は、メタン発酵の 138.2%以上に**肥料化（204.6%）、飼料化（157.9%）で顕著**となっている。

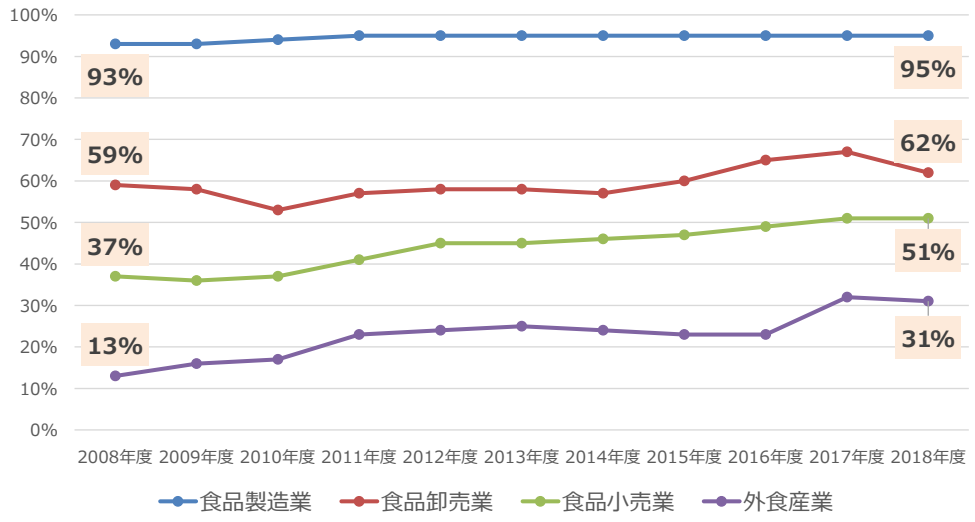


図 2.2.3 （再掲）再生利用等実施率の推移

（出所）農林水産省「食品廃棄物等の年間発生量および食品循環資源の再生利用等実施率」より作成

一方で、メタン発酵は肥料化や飼料化に不向きな**夾雑物が多少含まれる分別が難しい廃棄物の再生利用に適する**ため、食品産業（排出者）において今後も需要が増加していく可能性が高い。

ただし、既存事例では地域の食品産業の施設数から食品廃棄物の利用量とメタン発酵施設規模を推計したが、**実際に調査したところ既に再生利用されており、想定量を確保できなかった**ケースが散見されるため留意が必要である。

一般廃棄物を利用したメタン発酵事業

一般廃棄物には家庭から発生し自治体が収集する家庭ごみと事業系ごみに分けられる。一般廃棄物は市町村が統括的な処理責任を負っているため、これら廃棄物を原料として調達する場合は、**市町村からの委託事業として実施する必要**がある。

市町村から一般廃棄物の処理委託を受ける場合は、事業者が安定的かつ安全に処理ができるか等の廃棄物処理法上の基準を満たす必要がある[11]。そのため**市町村は事業者が保有する施設内容や実施体制、経営状況等まで審査し、一般廃棄物を委託するに値するか判断**するため、決定するまでに数年を要する場合がある。また一般廃棄物の処理委託については基本的に入札で決定するため、決して 20 年間の処理委託を担保するものではない。

❑ 発電容量のみから原料規模を想定していないか？または収入を優先した原料規模を想定していないか？

近年、FIT 事業を主体に考える事業者の場合、**収入の目安となる発電装置の容量を決定し、その後メタン発酵設備の規模を逆算して決めるケース**が散見されるが、メタン発酵施設の**発電規模を定めた後で必要な原料の種類と量が集められることはほとんどない**。また、副生物である**液肥や堆肥、熱の出口需要先が容易に見つけられることは少ない**。

メタン発酵施設の構想段階では発電規模ではなく、特に**原料と副生物の用途に着目**し初期段階から目安をつけておく必要がある。各原料の発生量原単位は**「第 3 部 1 章 メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴」**を参照されたい。

FS 事業者の検討：地域課題のバイオマスを対象にした小規模メタン発酵事業

NEDO FS 事業者である JA ゆうき青森では 2018 年よりながいも残渣を原料にしたメタン発酵設備の運転を開始している。
FS 時点では牛ふんとながいもの合計 30 トン／日の規模を想定していた。しかし、当該地域では牛ふんは通常固液分離して液体分は農地に撒き、固体分は堆肥として利用することが一般的であり、初期投資が必要となるメタン発酵処理は酪農家にとって比較的ハードルが高かった。
そのため、まずは、JA で毎年 2,500 万円以上のコストを投じて廃棄していたながいも残渣に限定し 5 トン未満/日で 2018 年より運転を開始し、将来的な規模拡大を目指している。

このように、最初から大規模な原料調達を行うのではなく、まずは「身の丈に合った規模」として地域内で処理の課題があり確実に調達可能なバイオマスを対象とし、段階的に事業を拡大していくことも持続可能性の観点で重要である。

[11] 詳細は「廃棄物の処理および清掃に関する法律」第二章を参照されたい。https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=345AC0000000137

コラム：乾式メタン発酵の原料に係る留意事項

推奨する原料

乾式法、湿式法に関わらず**メタン発酵に適する物質は、炭水化物、たんぱく質、脂質の易分解性有機物**であり、**食物が主成分の食品残渣類や汚泥類、家畜ふん尿**がこれに相当する。

加えて、特に乾式法に適用できる原料として**紙ごみ**がある。紙ごみは木質由来であるが、難分解性有機物であるリグニンが少なくセルロース含有率が高く、また、窒素および水分も低いため発酵に非常に適している。一方、**リグニンを多く含む木質は発酵に長い時間を要する**ため留意する必要がある。

乾式法においては殆どの有機物が適用できるが、そのプロセスにより適応範囲が設定される。そのため各種有機物を**混合して投入原料とする場合は、混合状態での水分量とメタン発酵後の水分量を乾式法の適応範囲に調整することが必要**である。

したがって、**乾式メタン発酵施設において推奨される原料としては、紙ごみ類および生ごみ類（食品残渣類）の混合原料**である。この場合先に述べたように**混合原料の含水率が 50～70%程度**と低く、メタン発酵槽内の**汚泥濃度（ＴＳ濃度）が少なくとも 10%以上、25%以下程度**となることを確認することが必要である。

対象ごみ

乾式法の主とする処理対象ごみは**都市ごみに含まれる生ごみや紙ごみ、有機性汚泥**である。加えて、**条件によっては草本類や剪定枝**等も処理可能である。また、産業廃棄物においても都市ごみと同様な**動植物性残渣や紙ごみ**等が対象となる。

ここでは一般廃棄物中の可燃ごみの組成について表 2.2.6 に示す。各都市の可燃ごみにおいては、乾式法の対象となる原料である**紙ごみ類、生ごみ、草木類は可燃ごみ全体の 63～74%**を占めている。また、各都市の数値を見ても大きな組成変化はなく、この可燃ごみを前処理することにより乾式法の対象として最適な原料であると言える。

表 2.2.6 各都市の可燃ごみの組成（湿ベース）

項　　目	東京二十三区 清掃一部事務組合	横浜市	札幌市
紙ごみ類	42.64%	26.00%	27.00%
生ごみ	22.08%	35.00%	28.00%
プラスチック類	18.91%	12.00%	17.00%
草木類	7.81%	13.00%	8.00%
その他	8.56%	14.00%	20.00%
合計	100.00%	100.00%	100.00%

（出所）東京二十三区清掃一部時組合ホームページ「ごみの中身（ごみ性状調査結果）」清掃工場に搬入されたごみ 平成 29 年度、横浜市一般廃棄物処理基本計画～ヨコハマ 3R 夢プラン～ 平成 24 年度 家庭系燃やすごみ、札幌市ホームページ「家庭ごみ組成調査」燃やせるごみ 平成 29 年度

（参考）紙ごみのガス発生量

表 2.2.7 各都市の選別後の想定組成およびバイオガス発生率の試算に示すとおり、乾式メタン発酵が対象とする**紙ごみは、食品廃棄物や家畜ふん尿と比較してガス発生量が大きい**。そのため、エネルギー利用または販売の観点で紙ごみの調達は有効である。

表 2.2.7 各都市の選別後の想定組成およびバイオガス発生率の試算

項目		東京二十三区清掃一部事務組合	横浜市	札幌市
選別後の組成	紙ごみ類	54.5%	31.5%	36.4%
	生ごみ	32.8%	53.8%	54.8%
	草木類	3.9%	6.3%	0.9%
	プラスチック類、その他	8.8%	8.4%	7.9%
	合計	100.0%	100.0%	100.0%
バイオガス発生率（試算）		263 Nm^3/t	198 Nm^3/t	214 Nm^3/t

（出所）「技術検証・確認概要書（件名 ドランコ式メタン発酵技術、申請者 栗田工業株式会社）」（公益財団法人全国都市清掃会議）2017 年、交付要件の詳細はエネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル（平成 28 年 3 月改訂版）を参照

乾式メタン発酵で避けるべき原料

乾式法の特徴であるメタン発酵槽内の汚泥濃度（TS 濃度）を高濃度に保持するためには、**水分量の多い原料や高温で運転することが多いため窒素を多く含む原料のみを単独処理することは避けるべき**である。例えば、家畜ふん尿や生ごみなどで、これらを単独処理すると希釈水も必要なためメタン発酵槽内の **TS 濃度を高濃度に保持することができず**液状となってしまい、乾式法ではなくなってしまう。

また、**水分が低い原料である紙ごみも単独処理には適さない**。その理由として原料成分に**窒素が少なくメタン発酵で必要な栄養素が欠乏**するため、メタン発酵機能が低下し活性を失いメタン発酵が機能しなくなる。

また、湿式法と比較して**希釈倍率に制限**があるので**窒素含有率の高い原料を多く処理することも避けるべき**である。

その他、避けるべき原料としては湿式法と同様に発酵阻害物や装置の運転を妨げるものがある（湿式も同様）。**発酵阻害物の例としては、殺菌剤、殺虫剤、薬品類、溶剤、鉱物油等**がある。装置の運転を妨げるものとしては、**大きな石や金属塊、レンガ、コンクリート片等**である。原料へのいずれの混入が装置に障害を与え、安定運転を妨げることになる。

❑ 原料の発生場所と排出量、性状（TS、VS など）を確認したか？

メタン発酵の原料は様々な種類があるだけでなく、**発生場所（畜産系の場合は飼育方式など）によっても性状やメタン発酵適性が大きく異なる**。特にガス発生量は固形物濃度（TS）と有機物濃度（VS）が重要なパラメータである。

メタン発酵事業における各原料の調達可否や調達量は FS 段階で詳細に検討を行うが、構想段階においても地域の原料候補を統計などのマクロ情報だけで想定するのではなく、**実際の排出元の所在地や、家畜ふん尿の場合であれば飼育形態、バイオマスの性状（スラリー状か固形状か等）について把握しておく**ことが望ましい（各原料の性状の特徴およびメタン発酵適性については、**「第 3 部　1 章　メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴」**を参照されたい）。

コラム：原料別のバイオガス発生量の目安

上述のとおり、原料調達に関しては**目指す発電規模から原料調達必要量を逆算するのではなく、調達可能な原料規模をベースに規模設定を行う**ことが望ましい。ただし、構想段階で事業性の大まかな目安を検討するにあたり、候補原料のバイオガス発生量からエネルギーの供給規模（収益規模）の概観を把握することも重要である。実際に地域で発生する原料からの**バイオガス発生量は FS 段階で発酵試験などを行い把握**する。したがって、次図はあくまで一般値の例としてのバイオガス発生量であるが、原料によって**同じ重量でもバイオガス発生量に数倍から十数倍の開きがある**ことに留意する必要がある。そのため、通常小規模ではバイオガス発生量の小さい家畜ふん尿や下水汚泥のみを利用した場合は、FIT 制度を活用しても採算性の確保が難しいことから、**近年一部の事例ではガス発生量の大きい食品廃棄物などを混合する**ケースも見受けられる。

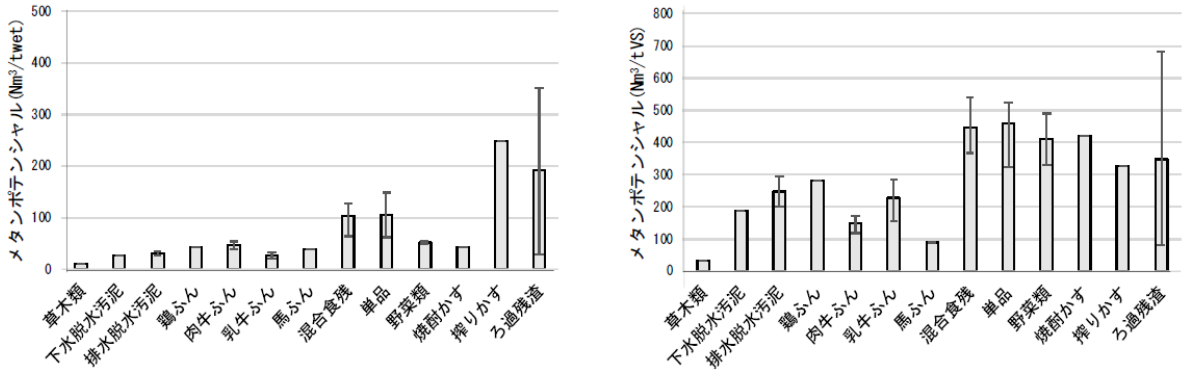


図 2.2.4　湿重量当たりのメタンポテンシャル（左）と VS 当たりのメタンポテンシャル（右）

注）　図中の棒グラフは平均値，エラーバーは下が最小値，上が最大値を示す

（出所）三崎岳郎、池本良子「メタン発酵導入のための固体バイオマスの簡易 CODCr 分析法によるメタン転換率の評価」

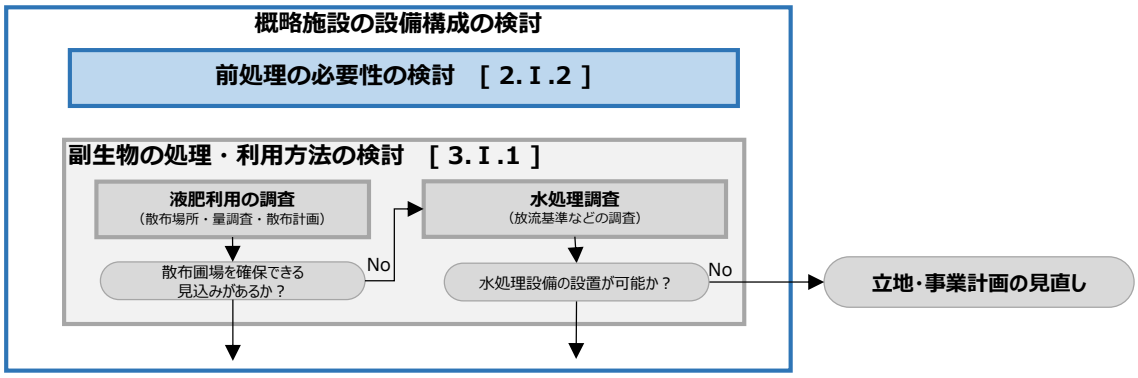
表 2.2.8　試料の性状とメタンポテンシャル

		湿重量当たり	VS当たり	COD(JIS)当たり
		$Nm^3/twet$	Nm^3/tVS	$Nm^3/tCOD_{Cr}$
草木類	草木類	9.4	33.8	58.8
汚泥	下水脱水汚泥	26.5	188.7	171.0
	排水脱水汚泥	30.7	246.9	241.0
家畜ふん尿	鶏ふん	42.6	282.3	231.5
	肉牛ふん	47.4	148.3	284.2
	乳牛ふん	25.9	228.1	263.6
	馬ふん	39.6	89.5	304.6
食品残渣	混合食残	102.5	445.4	450.8
	単品	106	461	361.2
	野菜類	51.4	410.9	367.5
その他	焼酎かす	42.3	419.7	282.0
	搾りかす	248.9	326.5	957.3
	ろ過残渣	191.9	346.5	315.9

（出所）三崎岳郎、池本良子「メタン発酵導入のための固体バイオマスの簡易 CODCr 分析法によるメタン転換率の評価」

2.Ⅰ.2 前処理の必要性の検討

「原料の課題」、「事業コンセプト」、「事業主体」、「用地」の概略検討の次のステップとして、概略施設の設備構成を検討する。本ステップでは、前項までの検討に基づき、処理対象の原料の前処理の必要性について検討する。併せて副生物の処理・利用方法およびバイオガスの利用方法についても検討する。



❑ 処理対象となる原料について前処理の必要性を検討したか？

処理対象の原料については、液状のものであれば前処理なしで施設で処理できるが、**そのまま投入しては装置が閉塞してしまう**原料も多くあるため注意が必要である。例えば、**乳用牛ふん尿の場合**、牧草の様な長い繊維状のものが含まれている場合がある。この場合は、牛舎で敷料や牧草を使用する際に事前に短くカットしておくか、施設で何らかの処理を行うか等対処する必要がある。

また、**生ごみ（厨芥類）を利用する場合**、有機物以外のプラスチック類や金属類等、メタン発酵できないものが混入していることがある。**食品廃棄物の場合**は、プラスチック製のトレーや袋に入っていたり、紙袋や紙箱に入っているものもある。

上記のメタン発酵に適さないものは、事前に取り除く必要がある。また、機械で移送できない大きなものは小さく砕いておく必要がある。これらを対象原料ごとに整理し、そのまま施設で処理できるか、前もって分別するか、施設で分別や破砕をするかなどを想定していく。

前処理設備の詳細な留意事項は**「第 3 部 2 章メタン発酵技術に係る基礎知識」**を参照されたい。

実証事業者の検討：高効率ごみ選別装置としての検証結果

株式会社富士クリーンでは乾式メタン発酵向けの高効率選別装置の実証を行った。

本選別装置の設計値の分別率は 67.2%、回収率は 86.0%であり、本実証事業では回収率の目標を 80%以上と設定した。実証運転時における分別率は 66.62%、回収率は 87.82%であり、この結果から本選別装置は設計値とほぼ同等の性能を発揮し、目標を達成していることを確認することができた。



図 2.2.5　高効率ごみ選別装置の概観

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

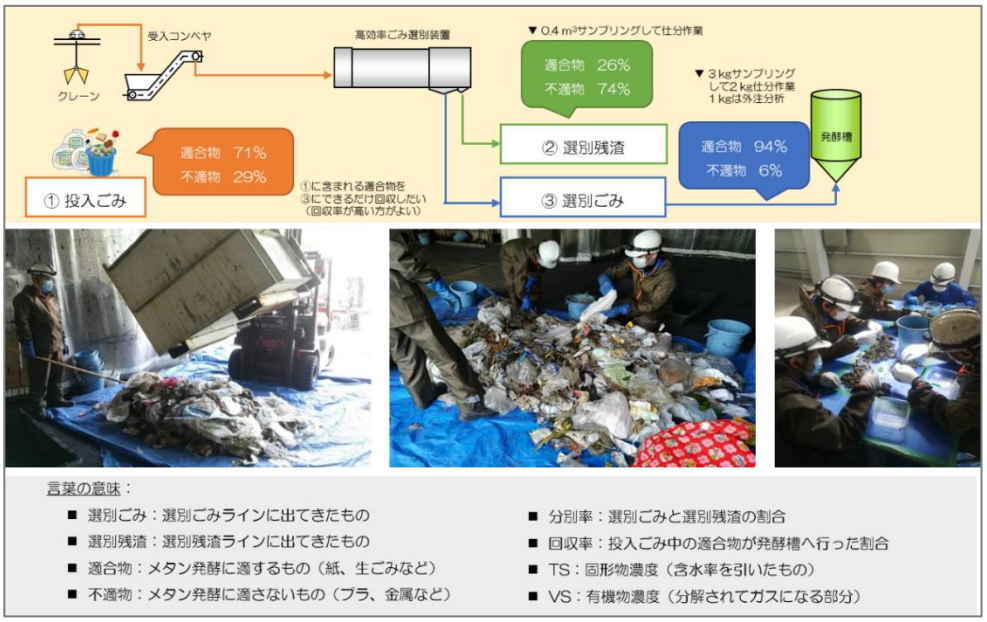


図 2.2.6　高効率ごみ選別装置検証フロー図

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

発酵槽に送られる選別ごみ中の適合物の割合が 94%であり、本選別装置によって不適合物のほとんどが取り除かれた発酵に適した原料を発酵槽に送ることができていることもわかった。しかし、投入ごみ組成を考えると投入ごみ 10t につき 400kg の不適合物が発酵槽に送られることとなる。不適物に含まれるプラスチック類は重量に対して体積が大きいため、プラスチック類によって利用可能な発酵槽の容積が減少してしまう懸念がある。そこに適合物を入れることができればその分だけバイオガス発生量を増加することができる。今後は選別ごみ中の不適合物をさらに削減する方法についても検討していきながら、原料あたりのバイオガス発生量をさらに向上させる装置改良について引き続き調査していくとしている。

また、選別残渣中に食品系廃棄製品が含まれていることがあり、その場合だけ選別残渣に含まれる適合物の割合が 5 割以上になった。食品系廃棄製品が含まれていない場合は適合物の割合が 3 割以下となっており、食品系廃棄製品が含まれるだけで結果に大きな差が出てしまっている。この現象は食品系廃棄製品の容器包装が厳重であったり、硬質プラスチック容器に入っていたりして内容物を保持したまま選別残渣として排出されていることが原因と考えられる。食品系廃棄製品は受入頻度が極端で時季的な要素が大きく、受入があった月でも 1～2 車になることが多い。よって、投入ごみは一般可燃ごみと食品残渣だけで構成されていることがほとんどである。これらの理由から、今回の調査では食品系廃棄製品が含まれていた場合の結果は外れ値として扱った。今後、前処理として食品系廃棄製品の袋に切れ込みを入れる等の工夫を施すことを検討するとしている。



図 2.2.7 選別残渣に含まれていた食品系廃棄製品

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

フェーズⅡ　FS 段階

バイオマス調達の FS 段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.2.9 バイオマス調達の FS 段階におけるチェック項目

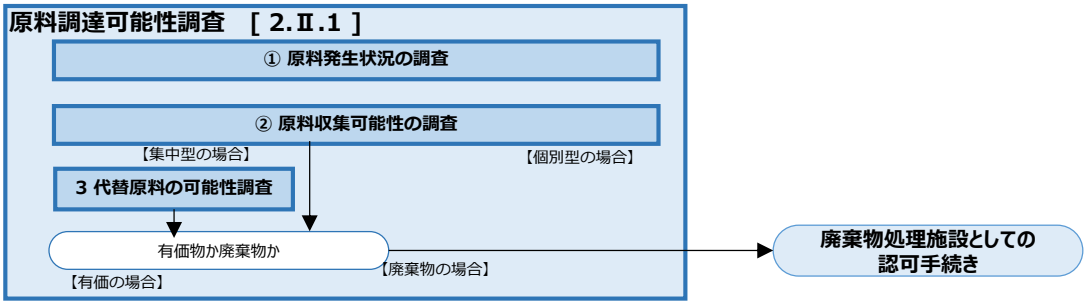
項番号	実施事項	留意事項	チェック
2.Ⅱ.1	**原料調達可能性調査**		
①	**原料発生状況の調査**	**自社または地域で発生する原料の種類と発生量変動は把握できているか？**	
		季節変動による発生量に大きな影響はないか?	
		地域で発生する原料種の法的な取扱いの確認と許認可対応できているか？	
②	**原料収集可能性の調査**	**＜集中型の場合＞地域の排出業者および運搬・収集業者の状況を踏まえ、長期的に安定収集が可能か？**	
		＜同上＞地域の廃棄物運搬・収集業者の体制で十分集荷可能な量か？	
		＜同上＞候補原料の処理状況または利用状況を確認し、確保できるバイオマスの種類と量を確認したか？	
		＜同上＞長期的に安定的に供給されることを排出元に確認しているか？特に産業廃棄物の場合、全量を提供する排出元は少ないことを理解しているか？	
		安定した価格で調達できる見込みがあるか？	
		周辺の廃棄物処理施設等との競合による原料価格の変動リスクはないか？	
		既存の廃棄物処理・利用、食品リサイクル事業などに対して利用量・価格面での影響はないか	
		FIT 終了後も安定的に原料を調達可能か？	
③	**代替原料の可能性調査**	**量的にも種類的にも余裕を持った計画となっているか？調達できなかった場合の、代替原料まで検討できているか？**	
		原料が不足する場合、紙ごみ等のバイオガス発生量が大きい資源の有償での購入は検討したか？	
		有価物として取り扱う場合、輸送費以上の取引価格となっているか？	
2.Ⅱ.2	**原料性状およびガス発生量の調査**		
①	**原料性状の調査**	**原料性状の分析結果を踏まえ、安定稼働や発酵阻害リスクを考慮した原料構成となっているか？**	
		原料の性状について、利用量[t],体積[m^3],有機物濃度[VS],固形物濃度[TS]の観点で正確に把握できているか？	
		収集可能なバイオマスをサンプリングし性状分析を行ったか？（分析項目：含水率または TS・強熱減量・CODcr・TN またはケルダール窒素・アンモニア性窒素）	
		窒素濃度が高い原料を過剰に受入すぎていないか？発酵時のアンモニア阻害のリスクを考慮した原料構成となっているか？	
		季節変動による水分等、原料性状に大きな影響はないか?	
		＜畜産系バイオマスの場合＞各家畜ふん尿調達先の含水率、性状（敷料混合状況など）を把握したか？また、敷料については、その種類（おが粉、わら、牧草等）を把握したか？	
		＜同上＞既存の堆肥化設備で扱う家畜ふん尿と競合しないか？相乗効果が期待できるか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
②	**ガス発生量の調査**	**回分式発酵試験を実施し、それぞれのバイオマスが持つ発生量のポテンシャルを確認したか？**	
		連続発酵試験により、メタン発酵設備の長期間の安定運転可能性を確認したか？（主に槽内のアンモニア性窒素の阻害の確認および定常状態における消化液の性状など）	
2.Ⅱ.3	**バイオマスの収集運搬計画**	**輸送のうえでの周辺環境への影響はないか?近隣からの理解は得られるか？**	
		＜集中型の場合＞各原料の輸送距離および輸送費を確認したか？また、誰にどのように収集を依頼するのかの検討も行ったか？	
		＜同上＞収集運搬を 1 社に依存することを想定していないか？	
		＜同上＞トラック、コンテナ、フレコンバッグ等の輸送方法や車種、帰り荷の活用など効率的な輸送システムが検討されているか?	

2.Ⅱ.1 原料調達可能性調査

FS 段階では構想段階で概略検討した原料調達可能性についてより具体的な調査を行う。まずは原料の発生状況について調査し、そのうえで利用可能性および収集可能性を検討する。

なお、**外部から収集するバイオマス資源が廃棄物である場合**、市町村、都道府県などの行政と十分協議を行い廃棄物処理の特定施設および業の許可取得手続きを行う必要がある。その際、処理費を徴収するか否かによっても廃棄物の取り扱いや許可申請事項が変わる場合がある。



① 原料発生状況の調査

個別型の場合、敷地内においてどのようなバイオマス資源が発生し、利用・処理されているかを調査する。この時、自社の年間の排出量を季節変動含め把握するとともに、現状の廃棄物処理量（利用量[t]、体積[m^3]）、および処理費を整理しておく必要がある。そのうえで、メタン発酵として利用可能な量を検討する。

集中型の場合、地域内でどのようなバイオマス資源が発生し、利用・処理されているかを調査する。そのうえで、発生している資源のうち、収集可能性のある資源とその量（利用量[t]、体積[m^3]）を調査する。既に地域内でメタン発酵処理、その他再生利用、処理を行う事業者の有無についても確認する。

❑ 自社または地域で発生する原料の種類と発生量変動は把握できているか？

❑ 季節変動による発生量に大きな影響はないか?

太陽光発電や風力発電と異なり、メタン発酵等の**バイオマスエネルギー事業は原料の量的な制約**を大きく受ける。そのため、具体的に種類と量を把握しておかなければ長期間の事業の安定性が揺らぐことになる。

メタン発酵事業の対象となるバイオマスは基本的に廃棄物であることが多いために**賦存しているだけでは収集できるとは限らない**。したがって、同様の事業を検討している**他の事業者との競合**が将来的に生じる危険性があることも認識しておく必要がある。

持続可能なメタン発酵事業を行うためには、既存の処理業者や運搬業者の利益を損なわないように、計画している施設の処理との棲み分けを明確化し、**関係業者、同業者と Win-Win な関係を構築**する必要がある。こうした関係業者、同業者における地域の廃棄物処理・利用状況を把握するためには**収集運搬業者、業界団体（各都道府県の産業廃棄物協会など）へのヒアリング**も有効である 。

実証事業者の検討：家畜ふん尿の発生量の季節変動

家畜ふん尿についても発生量は年間を通じて変動する。阿寒農業協同組合では、FS の際、原料の性状別に月ごとの調達可能量を積算し、年間変動を考慮した調達可能量を把握した。こうした変動を加味しても計画調達量を下回らないことを確認したうえで、事業化判断を行っている。

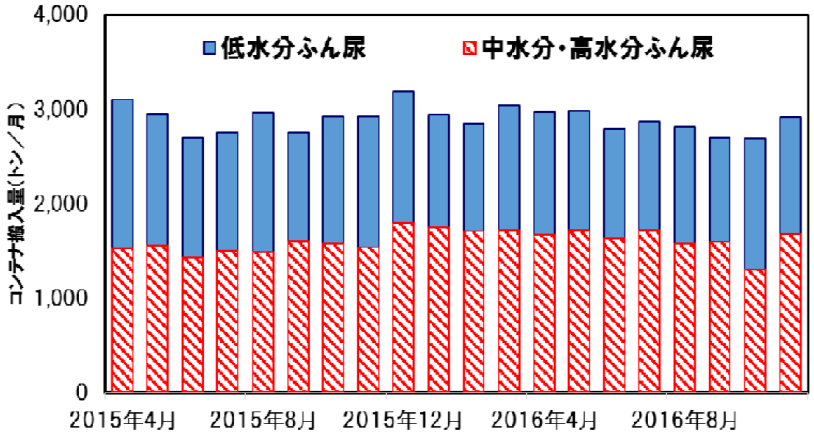


図 2.2.8　家畜ふん尿発生量の年間変動

（出所）阿寒農業協同組合／北海道エア・ウォーター株式会社「平成 28 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2017 年

実証事業者の検討：食品廃棄物の季節変動

食品廃棄物発生量は年間を通じて変動するため、株式会社富士クリーンでは、FS 調査の中で各排出先候補の月ごとの調達可能量を積算し、年間変動を考慮した調達可能量を把握した。そのうえで、変動を加味しても計画調達量を下回らないことを確認したのち事業化判断を行っている。



図 2.2.9 株式会社富士クリーンにおける原料の年間変動の分析イメージ

（出所）株式会社富士クリーン／栗田工業株式会社「平成 27 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2016 年

＜集中型の場合＞

❑ 地域で発生する原料種の法的な取扱いの確認と許認可対応できているか？

廃棄物処理法上で**「廃棄物」扱いのバイオマス種を外部から収集する場合**は、特定施設、処理業、収集運搬業の許可が必要となる。なお、有価物であっても運搬車両は収集運搬業の許可が必要となる。

そのため、メタン発酵事業を行うにあたり、**施設のタイプ、すなわち「産業廃棄物処理施設」または「発電施設・リサイクル施設」を決めておく必要がある**。どちらのタイプに属するかは、原料の受入方法により決定され、**バイオマスの処理費を徴収して引き取る場合は産業廃棄物処理施設、有価で買い取る場合は発電施設またはリサイクル施設**として扱われる。

処理費を徴収する産業廃棄物処理施設の場合は、**廃棄物処理業の許可および特定施設の設置許可などが必要**となる。これらの許可申請は煩雑で期間も要するが、処理費の収入は FIT による売電収入を上回ることが多い。

また、バイオマスを有価で買い取る場合は買取った時点でバイオマスは有価物となり施設は産業廃棄物処理施設ではなく「発電施設・リサイクル施設」とされる。メリットとしては前述の**許可申請が不要**であることから事業の開始は早められることがある。ただし、逆に処理費の収入が得られないために**事業採算性が厳しくなるために十分な事業性の検討が必要**となる。

廃棄物処理法上の「一般廃棄物」と「産業廃棄物」

廃棄物は産業廃棄物とそれ以外の一般廃棄物に大別され、**それぞれ所管が異なることに留意**する必要がある。産業廃棄物は都道府県または政令指定都市、一般廃棄物は市町村が管轄する。そのため、**扱う廃棄物の区分によりそれぞれの所管の部署との事前の調整が必要**となる。特に一般廃棄物は原則市町村が処理することと定められているために**家庭ごみなどを民間で処理しようと検討している場合には十分な事前の協議が必要**である。

廃棄物処理法の理解と対応はメタン発酵事業のスコープを決定するうえで重要である。廃棄物処理法では、廃棄物を一般廃棄物と産業廃棄物に分類し、それぞれの処理と管理について定めている。**「産業廃棄物」は事業活動に伴い生じた廃棄物のうち、法令で定められた 20 種類**を対象としている。**それ以外の廃棄物は全て「一般廃棄物」**となる。

例えば、食品廃棄物については、食品製造段階で発生する動植物性残渣は「産業廃棄物」として扱われ、輸送段階および消費段階（小売、外食および家庭）で発生する調理くず等は「一般廃棄物」として扱われる。また、家畜ふん尿や下水汚泥は産業廃棄物に分類される。

表 2.2.10 産業廃棄物と一般廃棄物の定義

産業廃棄物	事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、廃棄物処理法で規定された 20 種類。 事業活動には製造業や建設業などのほか、オフィス、商店等の商業活動や水道事業、学校等の公共的事業が含まれる。 事業活動に伴って排出される廃棄物であっても、こちらの表に該当しないものは一般廃棄物となる。
一般廃棄物	廃棄物処理法で規定された**産業廃棄物以外**のもの。 産業廃棄物として規定されていない事務所などから排出される紙ずくや段ボール、飲食店からの残飯、小売店からの野菜くずなどは「事業系一般廃棄物」、家庭での日常生活から排出される紙くず、段ボール、残飯、野菜くずなどは「家庭廃棄物」。

表 2.2.11 （参考）廃棄物の定義

廃棄物処理法

ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物又は液状のもの（放射性物質およびこれによって汚染された物を除く）。

一般的な言い方

占有者が、自ら利用し、または他人に有償で売却することができないために不要になったもの（放射性物質およびこれによって汚染された物を除く）。

その他備考

気体は廃棄物ではない。また、有価物は廃棄物ではない。ただし、環境基本法上は有価物と不要（無価）物を合わせて「廃棄物等」と呼んでいる。

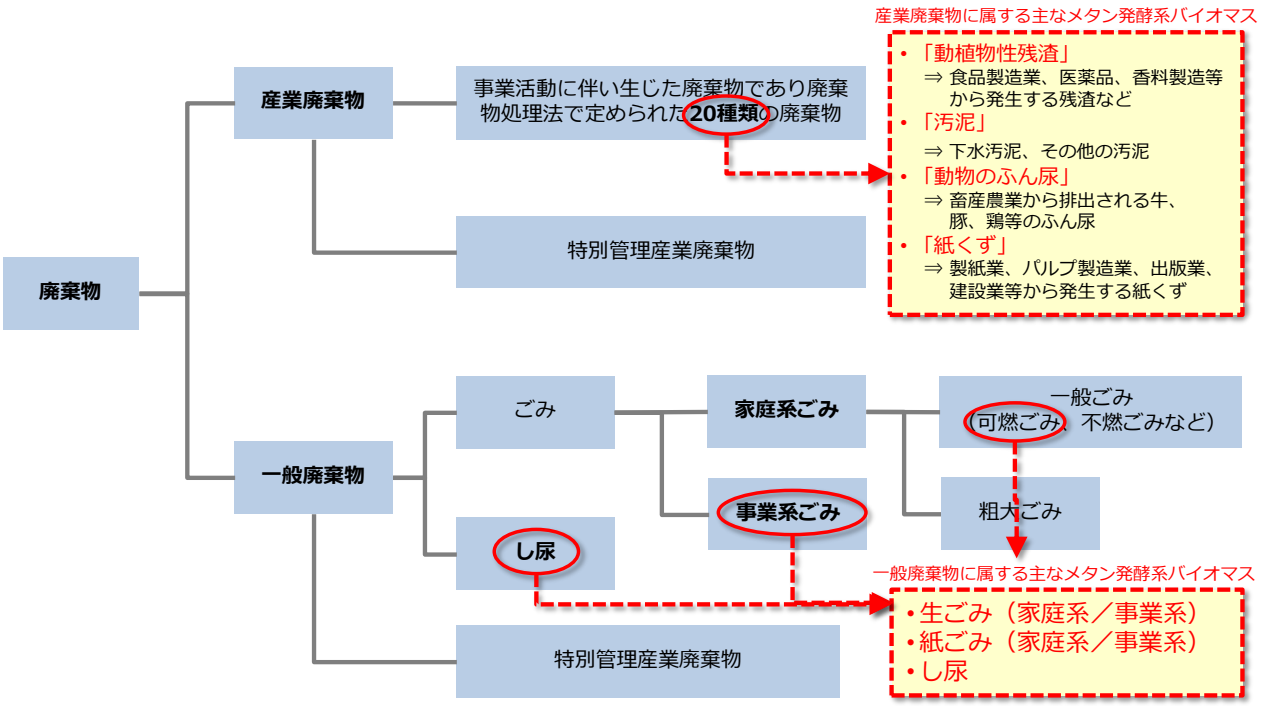


図 2.2.10　廃棄物処理法における廃棄物の分類

（出所）環境省ホームページよりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 2.2.12　主なメタン発酵系バイオマスの廃棄物の分類

名称	排出物	排出事業所	一廃	産廃
動植物性残渣	魚･獣の骨、内臓のあら、野菜くず、麺くず、パンくず等	食料品製造業、パン等製造業、製粉業、豆腐製造業		○
		卸売市場、飲食店、スーパー、小売業	○	
	賞味期限切れの製品くず	同上	○	
動物のふん尿	家畜等のふん尿	酪農業、肉牛育成業、養豚業、養鶏業		○
	ペット、動物園のふん尿	ペットショップ、動物園、動物病院	○	
動物性固形不要物	家畜の解体等により生ずる残渣	と畜場、食肉処理場		○
	食肉の骨等の残渣	精肉店、飲食店、ホテル等	○	
紙くず	包装材、段ボール、壁紙等	建設業		○
	パルプ、紙、紙加工品、板紙、書籍等	パルプ、製紙業、製本業、等		○
	雑誌、新聞紙、事務用印刷紙、包装紙、段ボール等	会社事務所、スーパー、飲食店当	○	

（出所）産業廃棄物処理振興センターホームページ等の公開資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

原料毎に廃棄物処理法上で必要となる許認可

事業者が外部の廃棄物を収集運搬または処分する場合は、一般廃棄物、産業廃棄物それぞれについて、**収集運搬業、処分業の許可および施設設置許可**が必要となる。産業廃棄物に関する都道府県の業の許可については要件を満たしていれば必ず取得することができる。一般廃棄物については市町村の裁量および一般廃棄物処理計画／一般廃棄物処理基準に依存する。

なお、**処分業の許可は事業者単位ではなく施設単位で取得**する必要があるため、既に廃棄物処理業を営んでいる事業者であっても新たにメタン発酵施設を建設する場合は取得が必要となる。ただし、**バイオマスを有価取引で調達する場合は上述の許可取得は不要**となる。

廃棄物は種類や地域（主に一般廃棄物を管轄する市町村）によって、様々な制約が存在するため、メタン発酵事業の構想にあたり調達対象とするバイオマスの**廃棄物処理法上の分類および許認可を理解したうえで、事業モデルを決定**する必要がある。

表 2.2.13 廃棄物処理における法的要件

廃棄物区分		取得が必要な業許可	管轄	備考
一般廃棄物	食品小売業 外食産業	一般廃棄物処分業許可 一般廃棄物処理施設の設置許可 一般廃棄物収集運搬業許可 （輸送まで行う場合） ※5t/日未満および有価取引の場合は不要	都道府県	許可取得は市町村の裁量、処理計画に依存 運搬は許可を受けた市町村内のみ
産業廃棄物	下水汚泥 食品製造業 畜産業	産業廃棄物処分業許可 産業廃棄物処理施設の設置許可 産業廃棄物収集運搬業許可 （輸送まで行う場合） ※5t/日未満および有価取引の場合は不要	都道府県	原則として要件を満たせば許可取得可 運搬は許可を受けた都道府県内のみ 廃棄物品目別に許可を取得
共通	自社敷地内で発生した廃棄物	業許可は必要なし	―	
	有価で購入する資源	業許可は必要なし	―	

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

産廃と一廃の許認可取得の違い

産業廃棄物に関する業の許可（都道府県が管轄）については要件を満たしていれば取得することができる。一方で、一般廃棄物については、市町村が処理責任を負っていることから、事業者が要件を満たしていても必ずしも許可が与えられるとは限らない。事業者が新規に一般廃棄物処理業の許可を取得する場合、**交渉や手続きに 1 年～2 年の期間を要する**。

② 原料収集可能性の調査

調達可能量に関する調査を進めた後、輸送費等の検討のために調達予定のバイオマスの輸送距離等の情報も収集する。そのうえで、可能な限り輸送距離が短く、かつ発生量が大きい排出者から調達する。また、発生量が小さい排出者から収集する場合の効率的な収集運搬方法も検討する。

＜集中型の場合＞

❑ 地域の排出業者および運搬・収集業者の状況を踏まえ、長期的に安定収集が可能か？

- ❑ 地域の廃棄物運搬・収集業者の体制で十分集荷可能な量か?
- ❑ 候補原料の処理状況または利用状況を確認し、確保できるバイオマスの種類と量を確認したか？
- ❑ 長期的に安定的に供給されることを排出元に確認しているか？特に産業廃棄物の場合、全量を提供する排出元は少ないことを理解しているか？

排出量と実際に調達可能な量は一致することは殆どなく、前項で検討した既存の利用状況や他の再生利用業者、その他収集運搬業者の体制面のリスクを踏まえて現実的な調達量を把握する必要がある。可能であれば **FS 時点で排出業者との間で覚書を締結できることが望ましい**。

株式会社富士クリーンの FS 調査においては、産業廃棄物に関して香川県条例により県外からの受入が困難であることから、産業廃棄物の排出源を香川県内の企業に限定して検討した。最初に対象企業の位置関係図を下図のとおり整理し、産業廃棄物の排出企業は全て 30km 圏内に存在し、比較的容易に廃棄物を収集運搬できることが明らかになった。また、同社はバイオマス発生量のヒアリングおよびバイオマスのサンプリングを実施する前に、香川県内の企業に対し協力要請（事前伺い）を行った。そのうえで、本事業の趣旨への賛同を得ることのできた企業に対して、47 社のヒアリング調査を行い、32 社からサンプリングを実施した。その結果、後述するとおり紙ごみが不足することが判明し、その後有価で購入するための検討を行った。

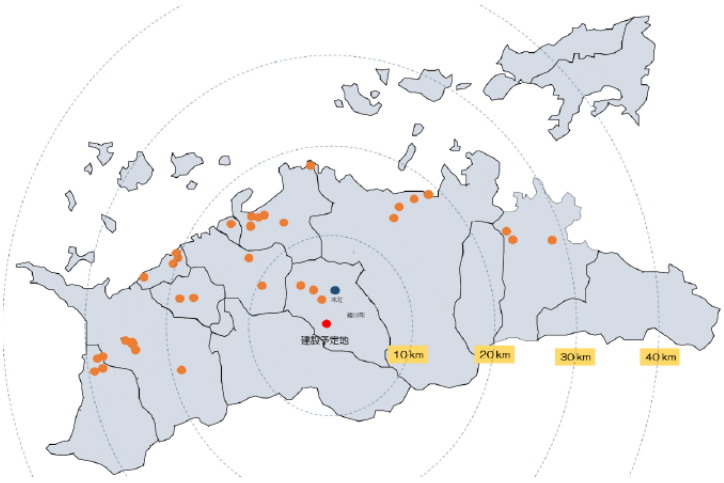


図 2.2.11 株式会社富士クリーンにおける FS 時の調達候補先

（出所）株式会社富士クリーン／栗田工業株式会社「平成 27 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2016 年

❑ 安定した価格で調達できる見込みがあるか？

- ❑ 周辺の廃棄物処理施設等との競合による原料価格の変動リスクはないか?
- ❑ 既存の廃棄物処理・利用、食品リサイクル事業などに対して利用量・価格面での影響はないか?
- ❑ FIT 終了後も安定的に原料を調達可能か?

集中型の場合、原料を事業期間にわたり安定的な価格（廃棄物の場合は処理手数料、有価物の場合は買取価格）で調達できるかはキャッシュフロー全体に大きな影響を及ぼす。多くの場合、集中型のメタン発酵施設では FIT を含むエネルギー販売収益よりも廃棄物処理手数料による収益の方が大きいため、この点は重要である。

過去の事例では、地域外の事業者がメタン発酵施設を建設し排出業者から原料を調達しようとした結果、運転稼働後に既存の廃棄物処理事業者との間で処理手数料の下げ合い、すなわち原料の奪い合いになったケースも存在する。**それまで事業を行っていなかった土地で新規にメタン発酵施設を建設する場合**は、事前に地域の処理事業者および再生利用業者の動向を確認のうえ、合意形成を図ることが望ましい。

その他、有価物／廃棄物のどちらの場合も輸送距離が長いと輸送費により採算性に影響が発生するため、上述の株式会社富士クリーンの事例のように事前に位置関係図を整理しておくことが望ましい。

③ 代替原料の可能性調査

原料収集可能性調査において想定している原料の調達が見込めない場合や、次項におけるガス発生量の調査において、十分なガス発生量が確保できないことが判明した場合は代替原料について検討を行う。

❑ 量的にも種類的にも余裕を持った計画となっているか？調達できなかった場合の、代替原料まで検討できているか？

メタン発酵事業では FIT 制度の買取期間である 20 年を過ぎた後も地域の廃棄物循環インフラとして運転継続が求められる。一方で、このような長期にわたる事業では、**地域の産業や人口等の変化により調達する原料の発生量や種類も運転開始時点とは異なる**ことが予想される。

原料調達先である排出業者の動向を正確に予測することは困難であるが、多少の変動に対応可能とするために、**予め調達量的にも種類的にも余裕を持った計画**とすることが必要である。

また、稼働開始後に想定していた**原料が調達できなくなったときのために代替原料まで検討しておくこと**が望ましい。

株式会社富士クリーンでは、地域の人口減少に伴い中長期的に調達可能な原料が減少していくことを想定し、**紙おむつなど今後加速する高齢化によって増加が見込まれる原料に着目するなど、計画段階から代替原料の検討**も進めている。

❑ 原料が不足する場合、紙ごみ等のバイオガス発生量が大きい資源の有償での購入は検討したか？

❑ 有価物として取り扱う場合、輸送費以上の取引価格となっているか?

メタン発酵系バイオマスは**必ずしも逆有償（または無償）により調達する必要はなく、バイオガス発生量が大きいものについては、有償での調達も検討**することが有効である。例えば、国内では紙ごみや植物油などを有価物として調達している事例が存在している。その場合、現状の処理・利用状況を整理のうえ、**エネルギー販売収入や輸送費との兼ね合いから有償での調達の是非を判断**する。

実証事業者の検討：古紙の有価物としての調達

株式会社富士クリーンでは FS 調査時に、近隣地域で発生する紙ごみの調達可能量が想定より少ないことが判明したためマクロ環境の調査と併せて調達範囲を広げることを検討した。まず、紙ごみに関する処理・利用環境については、下左図のとおり古紙消費量の伸びが緩やかなのに対して回収量と消費量が右肩上がりで推移していることから、日本国内には、回収され再利用されていない古紙が十分に存在していることが分かった。

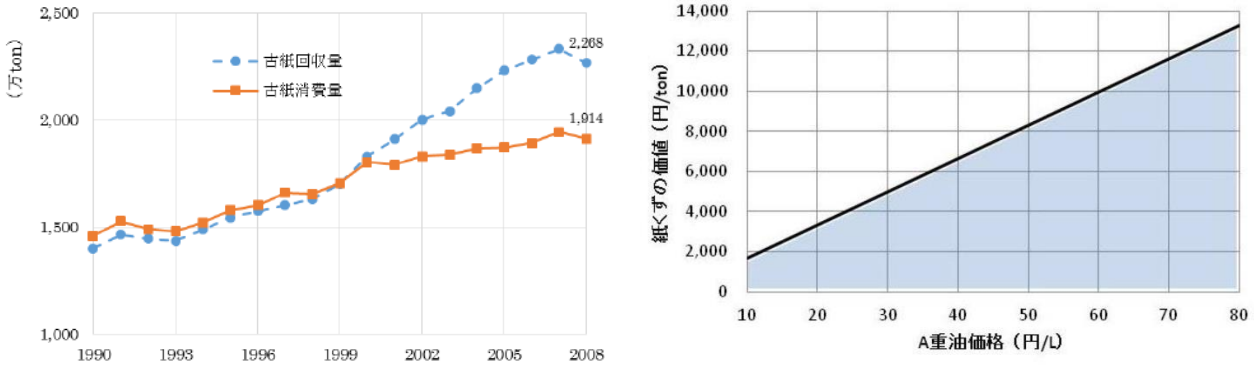


図 2.2.12　古紙回収量・消費量の推移（左）と A 重油価格と有価物としての紙ごみの価値（右）
（出所）「紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計月報」（経済産業省）

そのうえで、紙ごみを回収した場合のエネルギー価値（紙ごみ 1t から得られるバイオガス熱量）を算出し、重油価格とのコスト優位性を分析した。上右図は A 重油価格と紙ごみの価値の関係を示している。図の中で着色した領域は、有価物として買取した紙ごみをメタン発酵処理してもメリットが出る領域となっており、A 重油価格が 10～80 円/L であれば、紙ごみの価値も 1,660～13,280 円/t と変動する。このような整理を踏まえ有償での紙ごみ調達に至った。

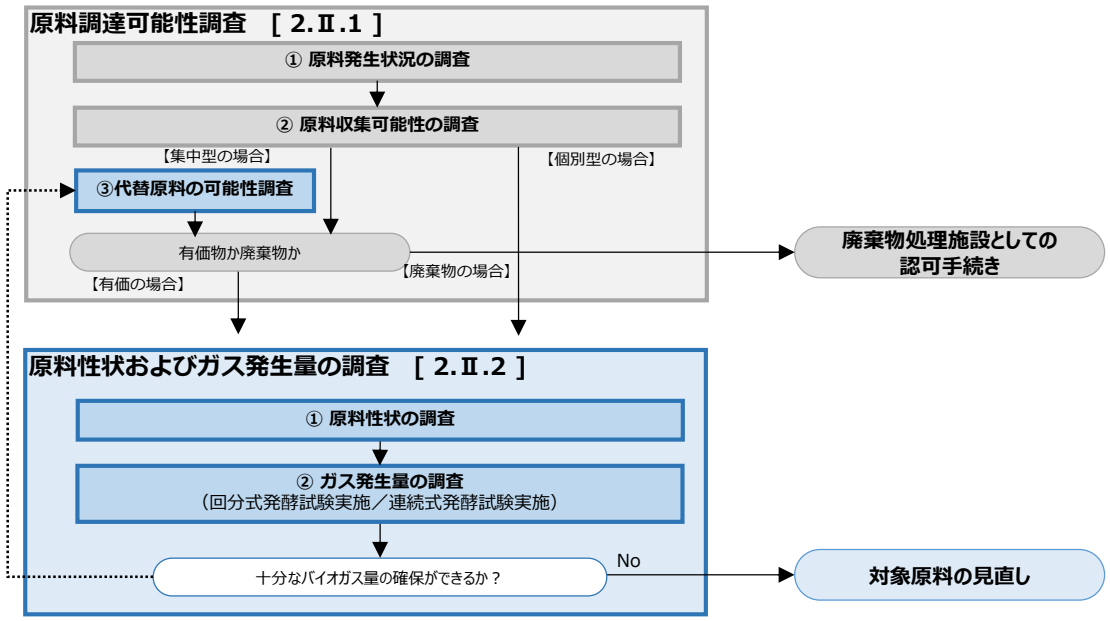
2.Ⅱ.2 原料性状およびガス発生量の調査

資源量と収集可能量を明確化した後、それらの性状を調査する。そのうえで、ガス発生量を調べるために、回分式発酵試験および連続発酵試験を実施する。**回分式発酵試験**とはサンプリングしたバイオマスの一定量を小型のメタン発酵タンクに投入し、温度を一定に保ちながら一定期間（2 週間から 1 か月間）のガス発生量を確認する試験である。原料 1t からどの程度のバイオガスが発生するかを調べることができる。

一方、**連続式発酵試験**とは、サンプリングしたバイオマスの一定量を数か月間にわたり毎日メタン発酵タンクに投入しガス発生量を確認する試験である。連続式発酵試験に要する期間は 3 か月間から 5 か月間を要するが、発酵の安定性を高い精度で確認できる。

これらの試験は専門技術のあるコンサルタントまたはメーカーに依頼するのが一般的である。ここで十分なバイオガス発生量が確保できない場合は、対象原料の見直しを行う必要がある。

なお、ガス発生量はエネルギー利用量だけでなく原料収集量と共に施設の規模を決定する際にも重要な要素である。一般的な文献でもガス発生量は記載されている場合もあるが、湿重量当たりのガス発生量で記載されている場合が多く、原料は含水率や排出状況により湿重量当たりのガス発生量は大きく異なる。そのため、具体的な計画を立案する際には対象とする原料そのものでガス発生量を確認しておくことが重要である。



畜産系バイオマスの場合は、家畜ふん尿の性状は畜種および、その飼養形態によっても大きく異なることに留意する。家畜ふん尿は従来から堆肥化施設などで処理が行われていることが多く、周囲の堆肥センターと競合しないことも確認しておくことが必要である。

① 原料性状の調査

対象となる原料について性状を調査するにあたり、収集可能なバイオマスをサンプリングする。そのうえで、pH、含水率又は TS・強熱減量（VS）、可能であれば CODcr・TN 又はケルダール窒素・アンモニア性窒素といった項目を分析する。

❑ 原料性状の分析結果を踏まえ、安定稼働や発酵阻害リスクを考慮した原料構成となっているか？

❑ 原料の性状について、利用量[t],体積[m^3],有機物濃度[VS],固形物濃度[TS]の観点で正確に把握できているか？

FS 段階では投入原料について、以下のような項目を分析する必要である。この時、炭素、硫黄、リン、カリなども併せて調査しておくと消化液の性状なども類推できる。その他、**油分が含まれている場合**にはノルマルヘキサン抽出物質の把握も必要である。

特に重要なパラメータである TS 濃度、窒素濃度については本項で後述する。

＜原料性状の調査時に必要な分析項目＞

- 利用量[t]
- 体積[m^3]
- 有機物濃度[VS]
- 固形物濃度[TS]
- pH
- CODcr・TN またはケルダール窒素・アンモニア性窒素
- 炭素、硫黄、リン、カリ

なお、「投入原料」とは通常、対象とする搬入原料を前処理設備においてメタン発酵不適物を除去した後の状態を指す。投入原料はメタン発酵に適した有機物を主体とするが、前処理により選別できなかったメタン不適物であるプラスチック類等も少量含まれる。

TS 濃度（固形物量）

メタン発酵槽に投入されると有機物が分解し、バイオガスが発生するが、バイオガス化する有機物はもともと固形物（TS）であり事前に十分な調査が必要である。また、バイオガス化することでメタン発酵槽内の TS 濃度は低下する。このことを考慮し、希釈水等の添加量を調整する必要がある。

乾式法の投入原料は、可燃ごみからの選別ごみとして生ごみ、紙ごみ等が含まれ、湿式法における投入原料と比較し固形物濃度が高い（すなわち水分が低い）。投入原料は、**乾式法の方式に応じた投入 TS 濃度になるよう希釈水等で調整**する。ただし、生ごみ等の TS 濃度が低い（水分が高い）原料が主体の場合、乾式メタン発酵としての TS 濃度の保持が困難になり、メタン発酵槽内で固液分離が発生するなど安定運転ができなくなることもある。したがって、**水分の高い生ごみのみを処理する場合においては乾式法の採用は困難**であると考えられる。

一方、湿式法は槽内の TS 濃度を一定以上（8%程度以下）は高くできないため、一般的には TS 濃度の低い原料を処理することになるが、**少量であれば TS 濃度の高い原料を混合処理することができる**。この場合は原料全体の TS 濃度を計算し、混合率を決定することになる。また、希釈を行えば処理は可能であるが、**希釈倍率が上がれば消化液量も増加するために十分に検討する必要**がある。

窒素濃度

投入原料に含まれる窒素の一部（有機態窒素）はメタン発酵によりアンモニアに転換する。**アンモニアはメタン発酵の阻害要因となる物質**で、**中温発酵の湿式メタン発酵の場合**は阻害を生じる濃度は 3,000～4,000mg/l 程度、**高温発酵の湿式メタン発酵および乾式メタン発酵の場合**はおよそアンモニア性窒素として 2,000mg/l である。

そのため、阻害濃度を超えないように**希釈水等を添加し調整することで、阻害を受けず安定的なメタン発酵反応とする**ことができる。また、阻害濃度以下にするためには希釈水の他に、**窒素分が少なく分解性有機物を多く含有する紙ごみなどを添加し希釈することやＣ／Ｎを調整しアンモニア阻害を低減**することが考えられる。

したがって、投入原料に含まれる窒素成分を分析等により把握し、また、含まれる窒素成分がメタン発酵によりどの程度アンモニアに転換するかを事前に確認しておく必要がある。

❑ 収集可能なバイオマスをサンプリングし性状分析を行ったか？（分析項目：含水率又は TS・強熱減量・CODcr・TN 又はケルダール窒素・アンモニア性窒素）

原料からの**バイオガス発生量は施設の規模および事業性の検討を行う上で重要であり、FS 段階で把握**をしておく必要がある。**「2.Ⅱ.1 ② 原料収集可能性の調査（237 頁）」**では、種々のバイオマスからの一般的なデータとしてのバイオガス発生量を示しているが、**地域によって、また水分量によっても大きく異なる**ことがある。

そのためには実際に事業を考えている地域内で発生するバイオマスの性状を確認しバイオガス発生量を事前に把握しておくことが必要である。

性状分析を行う項目

上述のとおり、性状については様々な分析すべき項目があるが、**少なくとも含水率（または TS）と強熱減量を調査**する必要がある。これらからおおよそのバイオガス発生量が推定することができる。

さらに予算があれば **CODcr、TC、TN（またはケルダール窒素）、アンモニア性窒素を分析**しておく。CODcr、TN はバイオガス発生量の推定および水処理の検討に必要となる。TN およびアンモニア性窒素は定常運転時にアンモニア阻害が生じる可能性の推定に必要となる。

また、液体肥料または水処理を行うために、**T-P および K も調査**しておくことが望ましい。

ラボテストの実施

ただし、性状分析だけではあくまで推測であり、具体的な施設検討又は建設を進める場合にはバイオガス発生量の把握のためラボテストを行うことが有効である。**ラボテストを行う機関としては、大学、エンジニアリング会社、コンサルタント**などが挙げられる。

❑ 窒素濃度が高い原料を過剰に受入すぎていないか？発酵時のアンモニア阻害のリスクを考慮した原料構成となっているか？

上述のとおり、**メタン発酵設備で安定運転を妨げる最大の要因の一つはアンモニア阻害**である。アンモニア阻害は受入れるバイオマス中に**アンモニア性窒素が多く含まれる場合に生じやすい**。また、原料中のアンモニア性窒素が低い場合でも**全窒素として多く含まれており、分解率が高い場合にはアンモニアが溶出**するために運転上阻害が生じる可能性がある（分解率が低ければアンモニア阻害の可能性は低い）。

アンモニア性窒素が多く含まれる原料としては、**家畜ふん尿系のバイオマス（特に鶏ふんや豚ふん尿）**などが挙げられる。また、窒素含有量が多いバイオマスとしては**たんぱく質系のバイオマス、特に肉類、漁業系廃棄物**が挙げられる。そのため、**これらを収集する計画の場合は充分に調査検討が必要**である。

いずれのバイオマスを調達する際にも、計画時点から性状には注意を払う必要があり、含有成分の調査や発酵試験を行う必要がある。発酵試験については次項**「2.Ⅱ.2 ② ガス発生量の調査」（254 頁）**で記載する。

❑ 季節変動による水分等、原料性状に大きな影響はないか?

調達するバイオマスの**性状はメタン発酵設備の安定稼働にとって重要な要素**となる。複数種のバイオマスの混合は事業規模の拡大や安定調達の観点から望ましいが、**発酵槽内に投入する原料組成が不安定**になり、十分なバイオガス発生量を得られない事例が散見される。こうした事態を回避するため、小口の排出事業者を多く確保することにより、**各調達先の排出量や質に多少の変化が生じても、バイオマス全体の質における影響を最小限で抑えている**事業者も見られる。

なお、自治体から調達する場合は、下のとおり**地区や年次によっても組成が変化することにも留意**する。

実証事業者の検討：自治体から調達するバイオマス

NEDO 実証事業者である株式会社富士クリーンの FS では原料の種類や年次、地域によって表 2.2.14 のような差異が見られている。

表 2.2.14 自治体から調達するバイオマス組成の経年変化

	項目	H22.1.19 (2010)	H23.2.9 (2011)	H24.2.9 (2012)	H25.2.6 (2013)	H26.5.16 (2014)
組成分析	紙･布類	51.1%	61.0%	60.2%	64.7%	38.6%
	ビニール･合成樹脂･皮革類	20.6%	12.6%	18.6%	9.9%	8.0%
	木･竹･わら類	15.2%	6.8%	1.1%	7.1%	19.1%
	厨芥類	11.4%	9.2%	8.7%	13.1%	17.5%
	不燃物	0.3%	0.7%	5.9%	0.3%	3.6%
	その他	1.5%	9.8%	5.6%	4.9%	13.2%

（出所）株式会社富士クリーン／栗田工業株式会社「平成 27 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業　地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2016 年より作成

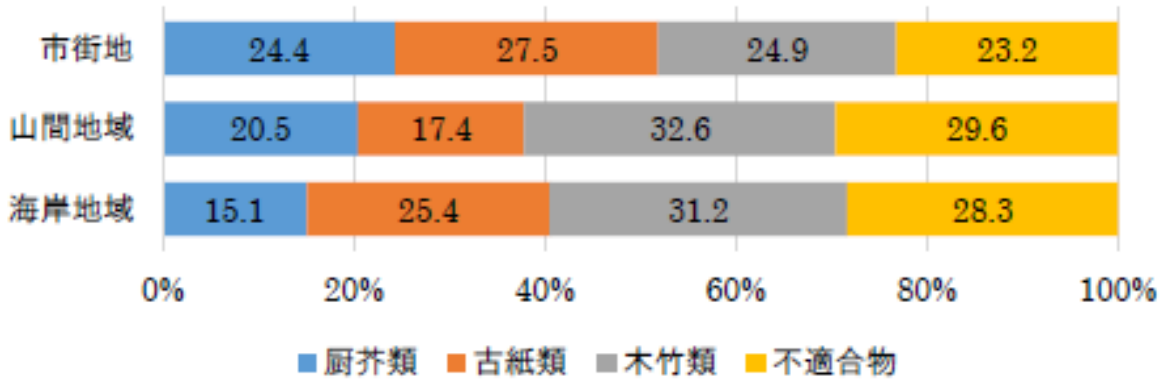


図 2.2.13 自治体から調達するバイオマス組成の地区による違いの例

（出所）株式会社富士クリーン／栗田工業株式会社「平成 27 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2016 年より作成

分別収集と非分別収集（機械選別）

安定したメタン発酵施設の運転のためには、発酵不適物とバイオマスを適切に分離する必要がある。特に食品小売りなどから発生する**事業系生ごみや家庭系生ごみの場合**は、包装容器をはじめ様々な発酵不適物が混合しているため、分別が必要である。

分別方法は、**排出者（住民、食品産業など）による分別**と、メタン発酵施設内に搬入後に**機械で選別する方法**の 2 種類がある。これまでは、福岡県大木町や茨城県土浦市に代表される行政主導のメタン発酵施設では**住民の協力による分別回収**が行われていることが比較的多かったが、近年機械選別による非分別収集の事例も増えつつある。

表 2.2.15 分別収集と非分別収集（機械選別）の比較

項目	分別収集	非分別収集
メタン発酵方式	・ 湿式、乾式どちらでも可能	・ 湿式、乾式どちらでも可能 ・ 基本的に機械選別装置を導入する必要があるが、乾式の方が異物の混入に対し許容範囲が広い
市民･事業者の協力性（家庭系生ごみの場合）	・ 分別収集への市民･事業者の協力を得る必要がある（自治体が啓発活動を実施）	・ 市民･事業者レベルで分別収集への協力を得る必要がない
収集容器の変更	・ 専用ごみ袋などを用意する必要あり ・ ステーションや事業所に専用の回収容器などを設置する必要あり	・ 収集容器またはごみ袋の変更は必要なく、従来どおりの収集方法で対応可能
収集頻度の変更	・ 収集回数が増える場合がある	・ 従来の収集回数と変わらない
副生物の再生利用	・ 消化液の液肥化や発酵残渣の堆肥化が可能になる場合がある	・ 異物が比較的多く含まれるため、液肥利用や堆肥利用は夾雑物の徹底的な除去等が必要 ・ 焼却による熱利用や固形燃料化が可能
異物混入量	・ 比較的少ない	・ 比較的多い
収集運搬費	・ 高くなる場合がある	・ 従来と変わらない
必要面積	・ 狭い[12]	・ やや広い（機械選別のための用地が必要）

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

[12] 規模や回収容器によっては、必要面積が逆に広くなるケースも存在することに留意が必要。

＜畜産系バイオマスの場合＞

❑ 各家畜ふん尿調達先の含水率、性状（敷料混合状況など）を把握したか？また、敷料については、その種類（おが屑、わら、牧草等）を把握したか？

畜産ふん尿の量と性状は、家畜の種類や、その飼養形態により大きく異なることが多いので、事前に十分に調査する必要がある。いずれの畜種についても農家の**飼養形態により発生するふん尿の性状や集め方、含まれる固形物（敷料など）が異なる**。以下に、畜種毎の主な飼育形態と敷料、ふん尿の集め方を示す。

表 2.2.16 畜種別の敷料とふん尿の集め方

畜種と飼養形態	敷料の有無　敷料の種類	ふん尿の集め方
乳牛 （つなぎ飼い、フリーストール）	麦稈、おが屑、バーク、砂等	バーンクリーナー、ローダー
肉牛 （育成牛、肥育牛、繁殖牛）	籾殻、おが屑	ローダー
鶏ふん （レイヤー：採卵鶏） **オープン鶏舎又はウィンドレス鶏舎又は高床式鶏舎**	敷料なし	コンベア、ローダー
養豚 **スノコ方式、踏み込み方式、固液分離方式（尿およびスラリー分離型、一体型）**	敷料なし	ローダー、流路、コンベア

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

なお、主な畜種別のバイオマス原料の概要は以下に示す。より具体的な内容は**「第 3 部　1 章　メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴」**を参照されたい。

乳牛ふん尿

飼養方法、敷料、ふん尿の集め方によってもその性状は変わるために事前に十分な調査が必要である。乳牛の飼養方法は「つなぎ飼い」と「フリーストール飼養」に大別される。**つなぎ飼い**は、概ね乳牛飼養頭数 100 頭以下の小規模酪農に導入されている日本古来の飼養方法である。敷料は麦稈、稲わらなど長尺有機質繊維を用いることが多く、排出されたふん尿と敷料は牛舎内で分離（尿の自然流下）され、**ふんと敷料がバーンクリーナーで回収**される。分離された尿は尿溜めに貯留される。近年では敷料が高騰しているため、敷料を極力使用せず、牛床にゴムマットを敷設してふんと尿を混合スラリー状として回収する事例も見受けられる。

フリーストール飼養では敷料としておが屑が使用される場合が多く、**ふん尿および少量の敷料が混合スラリー状態で排出**されて回収されるのが一般的である。

つなぎ飼い、フリーストール飼養のいずれにおいても、**スラリー状で排出されたふん尿であればそのままの状態でメタン発酵槽に導入できる**。しかし、**長尺有機質繊維を敷料としている**つなぎ飼い牛舎のふん尿を扱う場合には注意を要する。麦稈や稲わらをそのままの状態で処理しようとすると、撹拌機やポンプへの絡みつきの原因となるばかりではなく、配管の閉塞、発酵槽でのスカム発生の原因となる。このようなタイプの原料では、**前処理として敷料を事前に分離するための除去装置を導入するか、破砕処理してふん尿に混合させた状態でメタン発酵原料とする**ことが望ましい。

肉牛ふん

ふんの排出方法により異なり、さらに敷料によっても性状は異なる。一般に水分が少ないため、**好気性発酵を用いた堆肥化施設に供給される**ことが多く、メタン発酵の事例は極めて少ない。

鶏ふん

採卵鶏かブロイラーかにより性状は異なる。

採卵鶏ではウィンドレス鶏舎か開放型傾斜かなど鶏舎により異なる。ただし、いずれもメタン発酵の原料となるものの、比較的窒素含有量が多いため、**メタン発酵時のアンモニア障害の発生可能性を考慮**する必要がある。単独で処理を検討する場合には希釈する必要があり、施設規模が大きくなること、消化液量が増加することなどを考慮しておく必要がある。

ブロイラーは敷料が多く混合されていること、乾燥し含水率が非常に低いことなどから単独ではメタン発酵には向いていない。

豚ふん尿

飼養形態により性状は異なる。踏み込み型豚舎、すのこ型豚舎、ふん尿混合型豚舎などがある。ふんのみおよび尿のみではメタン発酵には向いていないのでスラリー混合タイプの豚舎での検討となることが多い。また、ふんおよび尿にはアンモニア性窒素が多く含まれているためにアンモニア阻害対策を十分に考慮しておく必要がある。

既存の豚舎には水処理施設が併設されているところがほとんどであり、その運転状況によっては消化液処理に利用できる可能性もあることから十分な調査が必要である。

❑ 既存の堆肥化設備で扱う家畜ふん尿と競合しないか？相乗効果が期待できるか？

堆肥化施設との競合の確認

畜産系のメタン発酵事業では、既存の堆肥化設備で扱う家畜ふん尿への影響を考慮した計画を立てる必要がある。既存の堆肥化施設については、戸別処理と共同処理に分けて考える必要がある。

戸別処理の場合の堆肥化処理についてはメタン発酵と特に競合はしない。 また、複数の農家が共同処理をしている堆肥センターの構成員が皆バイオガス施設に切替える場合も競合が発生することはない。

一方、**共同で堆肥処理をしている堆肥センターへ搬入をしている農家の一部がバイオガス事業を行う場合**は、メタン発酵施設と堆肥施設の競合が問題となることがある。この場合は堆肥センター側と十分協議をする必要がある。ただし、消化液の固液分離後の固分を再度搬入することによりバイオガス事業者側も捌け先を心配する必要がなくなる可能性がある。

相乗効果の確認

消化液を固液分離した場合、発生する固分の処理設備として利用できる可能性がある。基本的に有機物量が減少しているので設備能力的には十分賄える。ただし、古い設備は脱臭関係の対策が不足している可能性があるので留意する必要がある。

② ガス発生量の調査

事業性の評価および施設規模の検討にあたり、事前に取り扱うバイオマスの**ガス発生量ポテンシャルを把握することが重要**である。バイオガス発生量の調査は**①サンプリング→②性状分析→③発酵試験→④結果の評価**の手順で行う。

＜バイオガス発生量調査の流れ＞

①サンプリング

発生状況を確認する意味で重要である。どのような状態で発生しているかを調査し、代表する状態でサンプリングを行う必要がある。また、その際に発生量、季節変動などをヒアリング調査しておくとよい。

②分析

バイオマスの基本的な性状調査は重要であり、発酵試験とともにおこなわれることが多い。前項のとおり調査項目としてはｐH,TS、VS、窒素、アンモニア性窒素、CODcr などであるが、炭素、硫黄、リン、カリなども併せて調査しておくと消化液の性状なども類推できる。油分が含まれている場合にはノルマルヘキサン抽出物質の調査も必要である。

③発酵試験

発酵試験を実施するバイオマスを検討し、種類が複数ある場合は望ましくはそれぞれについて試験を実施すればよいが、費用と期間を要するので発生量の代表的なもの、特殊で確認が必要なものに分け調査することも考えられる。また、固形のバイオマスにおいてはサンプル量が少ないときにはサンプリングによるバラツキなどが生じることがあるので誤差のない方法（量または回数）を講じることが重要である。

④結果の評価

確認されたポテンシャルは常に一定のものではないために、季節変動などに留意しておく必要がある。特に、バイオマスの水分は季節により変動することが多いため、ポテンシャルは現物当たり、および固形物当たりで評価しておくとよい。したがって、②の分析は年間の変動を調査するために 3 か月ごとに実施することも検討した方が良い。

発酵試験

発酵試験は短期的（約 1 か月）に行うものと長期的（約 3 か月～5 か月）に行うものがある。短期試験は迅速に行うことができるが、発酵の安定性は推測として評価することになる。一方、長期試験は時間が掛かるが、発酵の安定性を高い精度で確認することができる。

回分式発酵試験と連続式発酵試験

回分式発酵試験とは、別名 BMP（BioMethanePotential）試験ともいわれ、**サンプリングしたバイオマスの一定量を小型のメタン発酵タンクに投入し、温度を一定に保ちながら一定期間のガス発生量を確認**するものである。

回分式発酵試験に要する**期間はおおよそ 2 週間から 1 カ月間**である。この結果により原料の**バイオマス 1t からどの程度のバイオガスおよびメタンが発生するかを調査**することができる。さらに、基本的な設計条件の概要を知ることもできる。

一方、**連続式発酵試験**とは、**サンプリングしたバイオマスの一定量を数か月間にわたり毎日メタン発酵タンクに投入しガス発生量を確認**するものである。連続式発酵試験に要する**期間は 3 か月間から 5 か月間**を要する。

このような**発酵試験は自ら実施することは困難であり、エンジニアリング会社またはコンサルタントに依頼**することが多い。

❑ 回分式発酵試験を実施し、それぞれのバイオマスが持つ発生量のポテンシャルを確認したか？

施設の事業性を評価する際には施設規模を明確にしておく必要がある。その際に**重要な指標は取り扱うバイオマスの持つバイオガス発生量ポテンシャル**である。

一般的なガス発生量ポテンシャルは文献値にも記載があるが、**バイオマスの性状は地域によっても異なる**ため、実際の事業を検討する際には回分式発酵試験等により**当該地域におけるバイオマスのガス発生量ポテンシャルを調査する必要**がある。

❑ 連続発酵試験により、メタン発酵設備の長期間の安定運転可能性を確認したか？（主に槽内のアンモニア性窒素の阻害の確認および定常状態における消化液の性状など）

FIT 制度による売電事業は 20 年間継続する長期の事業である。さらにバイオマス（廃棄物）を扱う事業は 20 年経過後すぐに事業を中止することは地域との関係性においても困難である。そのためには施設が長期的に安定運転を行うことは極めて重要となる。施設の安定運転において最も重要な要因の一つは**アンモニア阻害を起こさないように運転を行うこと**である。特に、**食品残渣のように地域依存性が高い原料の場合**は、回分式発酵試験のみの検討ではアンモニアの溶出量が実際の稼働後に想定を大幅に上回ることもあり、**時間をかけてでも連続式発酵試験を実施して確認**をしておくことが望ましい。

アンモニア阻害の対策の例

アンモニア阻害を生じさせない一つの手段としては、原料を希釈することが挙げられる。ただし、希釈を行えばメタン発酵槽の容量も大きくする必要が生じるため建設費も増大する。その他の方法として、**希釈水の代わりに炭素源を混合処理することも有効**である。その場合、発酵試験を行うなどにより適切な条件を具体的に検討する必要がある。

コラム：ガス発生量拡大のための前処理技術の種類と亜臨界水処理技術

メタン発酵施設で取り扱うバイオマスに対してガス発生効率を増加させる目的でいろいろな前処理設備が検討されている。

表 2.2.17　ガス発生量拡大のための前処理技術の例

物理的		熱処理		薬品処理	生物処理
微細化 **マクロミル**	細胞損傷 マイクロ波 超音波	高温処理 超高温処理	高温高圧処理 （亜臨界水） （水熱）	酸 アルカリ	可溶化菌

近年これらの技術の中で亜臨界処理技術が注目されている。亜臨界技術は、120℃～220℃の範囲内で飽和蒸気条件のもと一定時間高温高圧条件下で処理をするものである。下水汚泥を対象とした研究は長年実施されており、難分解性の CODcr の水処理における挙動が課題となっている。しかしながら、他のバイオマスへの適用は近年検討され始めたところである。

実績としては実施設としてはほとんど見られないが、技術的な検討は多くされており、メーカーも数社存在している。技術的な課題としては上記の条件下ではバイオマスの成分によってはメイラード反応が生じメタン発酵の疎外となる可能性があることと亜臨界処理物以外の蒸気などの取り扱いが精査されていないことである。

また、反応条件も対象とするバイオマスにより変わるのであるが、現時点では体系立てて検討されておらず各メーカーにおいて様々な取り組みがされているところである。本技術の適用により、一定のバイオガス発生量の増加は期待できると考えられるが、経済的、エネルギー的な取り組みおよび検討が今後の課題の一つである。

FS 事業者の検討：乳酸発酵処理によるメタンガス発生量増加の検討

株式会社ヴァイオス・国立大学法人京都大学の FS では、小型メタン発酵プラントの事業採算性を向上させるため、乳酸発酵の前段発酵と加熱による前処理を行うことでガス発生量の増加と滞留日数短縮が実現できるか検証が行われた。それによれば、乳酸発酵処理後に高温可溶化処理することで、原料を微生物にとって利用しやすい乳酸に変化させておくことで発酵が安定化し、ガス発生量が 10%増加し、発酵日数が 15 日から 12 日に短縮する効果が確認できた。それを踏まえ乳酸発酵および高温前処理設備の設計が行われた結果、投資回収年数などの事業採算性が向上した。

乳酸発酵処理プロセスおよび事業採算性評価結果の詳細は株式会社ヴァイオスらの FS 報告書を参照されたい。

表 2.2.18 乳酸発酵処理に関する効果のまとめ

	前処理方法	対象	メタンガス回収量	HRT（高温）	その他
従来方法	前処理なし	カット野菜	100%	15 日	初期：発酵不安定
新手法	乳酸処理 ⇒高温処理	カット野菜	110%	12 日	初期：発酵安定

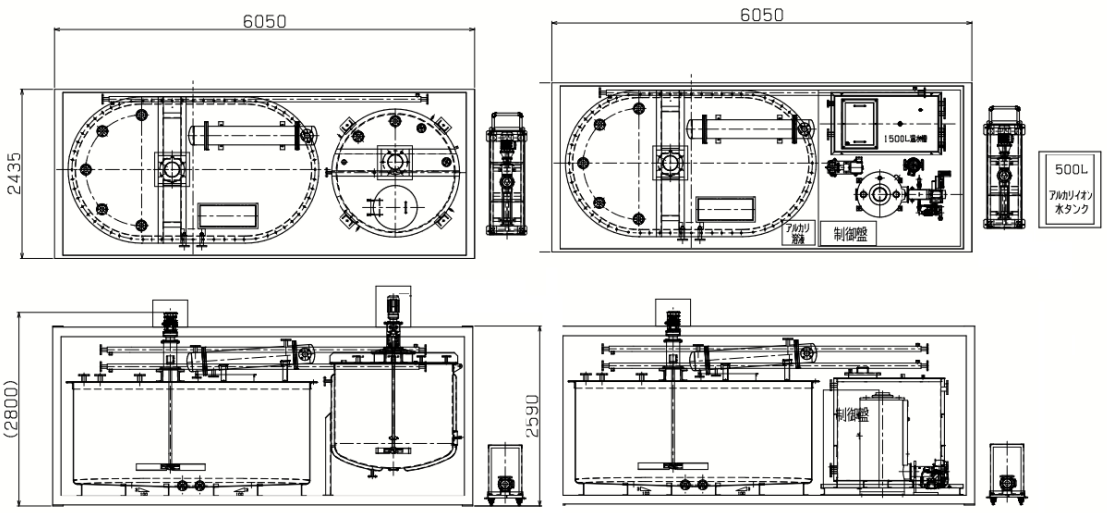


図 2.2.14 設計した乳酸発酵および高温前処理設備

（出所）株式会社ヴァイオス・国立大学法人京都大学「令和元年度～令和２年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／オンサイト型小型メタン発酵システムの普及のために高温可溶化処理と乳酸発酵の技術を活用したメタン発酵のガス収量の増加による事業性向上と陸上養殖を組み合わせた事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2021 年

FS 事業者の検討：発酵助剤を用いたガス発生量拡大の工夫

NEDO FS 事業者である JA ゆうき青森では 2018 年よりながいも残渣を原料にしたメタン発酵設備を導入し、ガス発生量を高める工夫を行っている。

共同で FS を実施した株式会社小桝屋では中部地方圏内において発酵助剤（高ガス発生量原料）を製造販売している。発酵助剤は豊橋技術科学大学の熱田客員准教授と共同で開発したもので、詳細は企業秘密のため本ガイドラインでは記載できないが、同社が製造している堆肥や飼料の原料としては適さない有機資源を活用している。畜産におけるメタン発酵プラントは収益性が低く、投資回収に時間がかかるが、同社が提供する発酵助剤を 1 トン入れると FIT 制度ありの場合 1 万 2,000 円程度の売電収入が得られるとしている。



図 2.2.15　発酵助剤のイメージ

（出所）株式会社小桝屋提供資料

発電システムの工夫

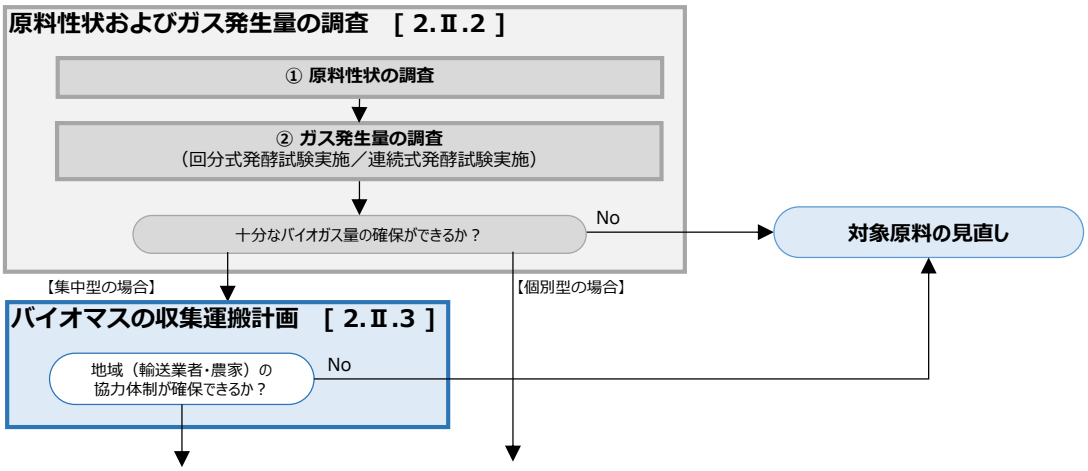
その他、発電機についても工夫が見られる。多くのメタン発酵施設では国内製や欧州製の性能が高く耐久性のある発電機を導入する傾向があるが、株式会社小桝屋では中国製の低コストの発電機を数年単位で交換することを前提に導入しており、事業期間のトータルコストの低減を図っている。

2.Ⅱ.3 バイオマスの収集運搬計画

集中型の場合は原料の調達可能性調査と性状調査に加え、排出先と輸送距離、輸送費の確認を行う必要がある。原料の収集運搬は地元の業者と協力することが価格面および供給の安定性の面からも重要であるため、地域の廃棄物運搬・収集業者の体制で十分かを確認する。

事業者自身が輸送する必要がある場合かつ想定する原料が廃棄物の場合、廃棄物輸送に係る許可申請手続きを行うため、行政（一般廃棄物の場合は市町村、産業廃棄物の場合は都道府県）に相談する必要がある。

有価物の場合は、調達量および価格等の条件が想定の範囲内であるかを確認する。もしここで想定条件での原料調達ができる見込みが立たない場合は、代替原料の可能性を調査する。また、輸送費も含めた調達価格も確認し想定した価格や条件で調達が難しい場合は原料を見直す必要がある。



❑ 輸送のうえでの周辺環境への影響はないか?近隣からの理解は得られるか?

稼働後は廃棄物などを輸送する運搬車がプラント周辺を多数往来するため、近隣住民から騒音や悪臭などに関するクレームが発生し事業停止に至った例もある。事業化判断前に行政と連携し住民合意をする必要がある。

住民説明をはじめとする関係者との合意形成については**「1.Ⅱ.3 地域関係者との合意形成」（142 頁）**を参照されたい。

＜集中型の場合＞

- ❑ 各原料の輸送距離および輸送費を確認したか？また、誰にどのように収集を依頼するのかの検討も行ったか？
- ❑ 収集運搬を 1 社に依存することを想定していないか？

メタン発酵事業に必要な原料は産業廃棄物であることが多く、収集運搬には費用が生じる。この**収集運搬費用は原料の種類および地域により大きな差**があるため一般的な運賃で事業性を検討した場合、事業収支を見誤る可能性がある。

したがって、**事業実施地域の収集運搬費用の相場を確認**しておくことは正確な採算性の検討の際に重要である。ただし、実情の収集運搬費用を調査することは難しいため、**地域の産業廃棄物の収集運搬事業者などから情報を収集**することが有効である。

原料を有価物として買取る場合においても、自治体によってはその原料の発生した時点で廃棄物として取り扱われることもあり、許可業者による収集運搬をしなくてはいけないことも少なくない。なお、事業実施地域には収集運搬を生業にしている業者が必ずいるため、**当該業者との調整も必要**になる場合がある。

輸送における契約形態

廃棄物処理においては処理業者、収集運搬業者、排出事業者の**三者が契約を結ぶ**ことが基本となる。既存事例では、排出事業者によっては収集運搬業者に処理手続きのほとんどを一任し、廃棄物がどのように処理されているか把握していないケースも少なくない。そのような場合、廃棄物の性状や発生量の変動に関する情報が得られず、設備の安定稼動に対してリスクとなる。

❑ トラック、コンテナ、フレコンバッグ等の輸送方法や車種、帰り荷の活用など効率的な輸送システムが検討されているか?

輸送に係る法的要件

調達候補先が確定した後、それぞれの位置関係を整理したうえで、**収集運搬回数、必要な車輌台数、収集運搬体制などを検討**する。

調達先の位置関係の把握

収集運搬回数の検討

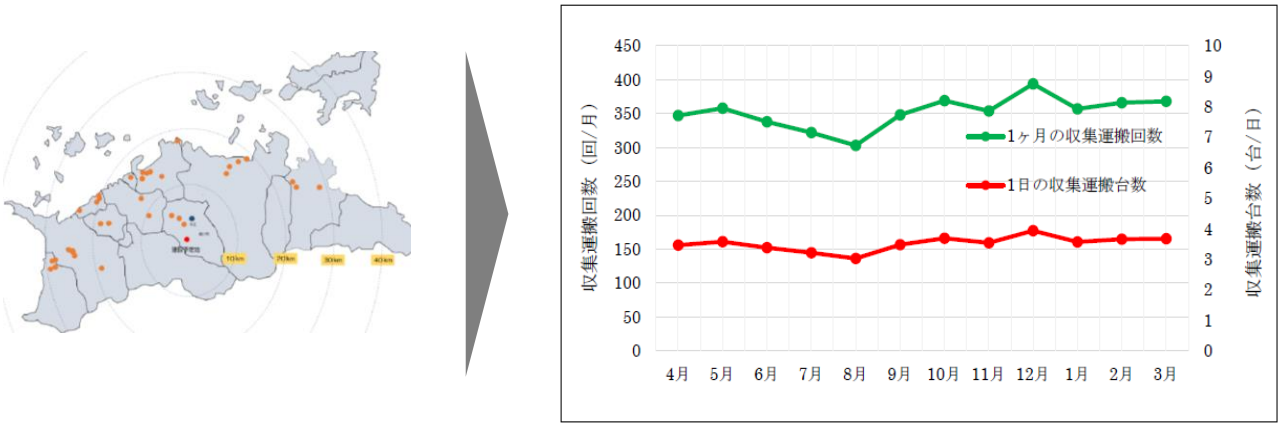


図 2.2.16　株式会社富士クリーンにおけるバイオマスの収集に必要な台数の分析イメージ

（出所）株式会社富士クリーン／栗田工業株式会社「平成 27 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2016 年

食品リサイクル法における登録再生利用事業者の場合は、一般廃棄物の運搬に関する特例措置を講じられるため、一般廃棄物収集運搬業の**許可を持たなくとも複数の市町村の食品小売業や外食産業から調達**することが可能である。

ただし、**食品工場から調達する場合**は、**産業廃棄物収集運搬業の許可を別途取得する必要**がある。また、産業廃棄物を**県境をまたいで輸送する場合**、都道府県の条例により排出者が県との間で事前協議を行うケースがあることに留意が必要である。

家畜ふん尿の輸送方法

複数の畜産農家から家畜ふん尿を収集する集中型メタン発酵事業におけるバイオマスの輸送方法は主として下表に示す 3 種類である。

なお、各畜種の原料の特徴については**「第 3 部　1 章　メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴」**を参照されたい。

表 2.2.19　家畜ふん尿の輸送方法

	具体的内容
農家持込み	・農家が自ら家畜ふん尿を持ち込み、トラックスケールなどで計量後、投入する。 ・農家が運搬業者に委託し、運搬業者が家畜ふん尿を持ち込み、トラックスケールなどで計量後、投入する。
事業者回収	・事業者が自らバキュームカーやアームロールコンテナ車[13]などを所有し、個別農家を回り家畜ふん尿を収集し、トラックスケールなどで計量後、投入する。 ・事業者が回収業者に委託し、回収業者がバキュームカーなどで回収し、トラックスケールなどで計量後、投入する。 ・集中型は病原菌の持ち込みに十分注意し、必ず車両を消毒する。
パイプ輸送	・農家が比較的近隣にある場合などは、牛舎などから家畜ふん尿をパイプでプラントに送るような方式も考えられる。

（出所）「バイオマス技術ハンドブック―導入と事業化のノウハウ」（新エネルギー財団）より作成

[13] 乳牛はコンテナ、養豚はバキュームが多い。

フェーズⅢ 設計施工

バイオマス調達の設計施工段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.2.20 バイオマス調達の設計施工段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
2.Ⅲ.1	**原料の最終確定**	供給される原料の量および性状とその評価方法について供給者と合意がとれているか？	
		原料調達に係る契約期間が明確になっているか？	
		原料性状、発酵不適物の含有率による価格のインセンティブがつけられているか？また、不適物の量に応じた価格の設定について、供給者と合意がとれているか？	
		原料性状などの取り決めが守られなかった場合のペナルティは設定されているか?	
		収集する原料の荷姿、運搬車両、収集頻度、1 回当たりの量、原料の性状などが確定しているか？	
		設備の運転計画を踏まえた原料の在庫管理計画の仕組みは構築できているか?	
2.Ⅲ.2	**荷姿と運搬車両の確定**	調達元と搬入量、性状、価格の具体的な協議の元、契約がなされているか?	
		原料調達元および収集運搬事業者との配車計画や納入調整の仕組みは構築できているか？	

2.Ⅲ.1 原料の最終確定

- ❑ 供給される原料の量および性状とその評価方法について供給者と合意がとれているか？

原料の量・性状・評価方法に関する供給者との合意

原料の量や性状は施設の能力に密接にかかわっているため供給者との合意が必要である。供給者から原料を有価で買い取る場合においても、また処理費を徴収する場合においても**事業計画上の収入や支出との大きな乖離がないように検討しなければならない**。

原料は**量と性状の両面で評価・検討**する必要がある。例えば濃度が薄くても量が多いもの、または濃度が濃くて量が少ないもの、水分が多いものか少ないもの、などの特徴を地域の原料別に整理する必要がある。そのうえで、**どの原料を選択するかは、建設する施設における重要性により変化**する。**エネルギー獲得量**が多いものを求める場合、**たんぱく質**が少ないものを求める場合、**水分**が多いものを求める場合など**施設の状況によって必要な原料のパラメータは異なる**。

いずれの場合も、**同じ供給者から毎回違う量と性状のものが搬入されると運営管理に支障をきたす**ことになるので**量的な面、価格的な面を含めた事前に合意が必要**である。

- ❑ 原料調達に係る契約期間が明確になっているか？

原料調達に係る契約期間

調達に係る契約期間は**一般的には一度取り決めた期間は変更ができない**。**安定稼働の観点からはできるだけ長いほうが望ましい**。

ただし、複数の種類の原料を受け入れる場合には、例えば**契約期間を短く設定しておくなど機動的に種類の変更ができるようにしておくことも有効**である。

計画時点から長期の契約を締結することは非常に困難であり、調達先との取り決め内容（期間や価格）を十分に検討しておく必要がある。

- ❑ 原料性状、発酵不適物の含有率による価格のインセンティブがつけられているか?また、不適物の量に応じた価格の設定について、供給者と合意がとれているか？
- ❑ 原料性状などの取り決めが守られなかった場合のペナルティは設定されているか？

原料調達に係る価格設定・ペナルティの設定

一部の事例では、**原料性状、発酵不適物の含有率による価格のインセンティブを設けている**。この仕組みより、**公正な価格設定**をすることで、施設にとって**より適合した原料の収集を可能としている**。

また、同様の観点から原料の量と性状が合意事項から異なる場合に関して、**買取価格または処理費のペナルティについて取り決めておくことが安定稼働のために望ましい**。加えて、**メタン発酵に有害な成分を含む原料の搬入がなされた場合**についても相応のペナルティを科すことがある旨を契約書に明記しておく必要がある。

❑ 収集する原料の荷姿、運搬車両、収集頻度、1 回当たりの量、原料の性状などが確定しているか？

供給元・排出元とのその他の合意事項

その他、供給元、排出元との間で以下の項目について合意し、契約書に盛り込む必要がある。

＜供給元・排出元と合意すべきその他の事項＞

- **収集する原料の荷姿**
- **運搬車両**
- **収集頻度**
- **1 回当たりの量**
- **原料の性状**
- **期間　など**

❑ 設備の運転計画を踏まえた原料の在庫管理計画の仕組みは構築できているか？

設備の運転計画を踏まえた原料の在庫管理計画の仕組み

FS 段階または設計施工段階では、**原料の受け入れ頻度、量に基づき貯留設備を設計・設置**するのが一般的である。

しかし、稼働後は**スポットによる搬入**も考えられるため、**少なくとも 1 週間は安定して原料投入ができるようなスペース、タンクを設けておく**ことが望ましい。

2.Ⅲ.2 荷姿と運搬車両の確定

- ❑ 調達元と搬入量、性状、価格の具体的な協議の元、契約がなされているか?
- ❑ 原料調達元および収集運搬事業者との配車計画や納入調整の仕組みは構築できているか?

多種多様な原料を一つの施設で受け入れるためには、**その原料の搬入形態を十分に検討し調達元と合意**に達していなければならない。

原料の性状は、液状、汚泥状、スラリー状、粉末状、パッケージなど様々である。また、**運搬、搬入**についても、ローリー車、バキューム車、ダンプ、トラック、コンテナ、アームロール車など様々な方法が考えられる。**原料の性状や、搬入車両の大きさ、コンテナの大きさにより施設の受入設備の設計**をする必要がある。

したがって、計画時には調達元と十分に打ち合わせをし、安全で容易な受入が可能となるように計画しておかなければならない。また、同時に**収集搬入の頻度およびその規模についても合意**しておかなければならない。

調達元の排出形態と施設側の受け入れ形態が異なることもあり、どちらが形態を変更するのかにより、費用などを取り決めておく必要がある。

フェーズⅣ 運転段階

バイオマス調達の運転段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.2.21 バイオマス調達の運転段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
2.Ⅳ.1	**搬入される原料の性状の確認**	受入原料の量および性状(含水率・強熱減量)、阻害要因（窒素、pH、微量金属の不足、アンモニア性窒素等）に係るデータの取得を継続しているか？	
2.Ⅳ.2	**搬入される原料の量の確認**	指定する量および性状の原料が納入されているか？契約が守られない場合の改善指導がなされているか？	
		原料調達は受入側での対応も含めて双方の協力のもと最適な方法が採用されているか?	

2.Ⅳ.1 搬入される原料の性状の確認

❑ 受入原料の量および性状（含水率・強熱減量）、阻害要因（窒素、pH、微量金属の不足、アンモニア性窒素等）に係るデータの取得を継続しているか？

データ取得が必要な項目

メタン発酵施設の運転開始後、定期的に継続して搬入される**原料の性状は一定ではない**ことが多い点に留意が必要である。したがって、**一定の頻度でその性状を確認することが必要**である。

施設の安定稼働には**過負荷を避け、安定した負荷の範囲での運転が重要**である。そのためには水量負荷とともに**水質負荷の管理が鍵**となる。特に、原料が複数ある場合には原料ごとの水質確認に加え、混合されメタン発酵槽に投入される時点での確認が必要である。水質負荷の管理において確認する原料中の項目としては以下が挙げられる。

水質負荷とは、一般に有機物容積負荷と呼ばれるものであり、原料中の有機物量（VS 量）をメタン発酵槽の容量で割ったものである。

＜確認を行う原料中のパラメータ＞

- **ｐH**
- **TS（または含水率）**
- **強熱減量**
- **全窒素（ケルダール窒素）**
- **アンモニア性窒素**

これらは**メタン発酵槽が安定した運転が可能かを検討する目安**となるものであるとともに、**不適切な原料を発見することにも有効**である。その意味で、安定稼働の観点からは、できるだけ確認の頻度が多いほど望ましい。ただし、**分析費用がかさむ**こともあるため、**運転管理員自ら分析をできるように訓練することが有効**である。そのためにも、**建設時の費用に分析機器類を積算してことも重要**である。

なお、上記の分析結果はデータとしてまとめ、原料の傾向を把握したうえで、**メタン発酵設備への適切な水質負荷を保持するために活用**する必要がある。

2.Ⅳ.2 搬入される原料の量の確認

- ❑ 指定する量および性状の原料が納入されているか?契約が守られない場合の改善指導がなされているか?
- ❑ 原料調達は受入側での対応も含めて双方の協力のもと最適な方法が採用されているか?

施設の安定運転のためには**メタン発酵槽にどの程度の負荷がかけられているのかを把握**する必要がある。その際、**投入される原料量の確認が重要**であるため、**施設に搬入された量を把握しておく**。

メタン発酵槽の**運転管理で重要な指標の一つが水量負荷（滞留日数＝メタン発酵槽容量÷投入水量（原料投入量×希釈倍率）**ともいわれる）であり、この指標の確認には搬入量および投入量の把握が必要である。

原料の量のデータ取得方法

原料の**量の把握には搬入時にトラックスケールで計量する方法が一般的**である。トラックスケールには原料の種類ごとに整理ができる**データロガー装置を備えているものを採用**しておくことが望ましい。また、受け入れホッパーにロードセル式の計量装置を備えておくことも重要である。なお、1m^3 コンテナやアームロール式のコンテナにより搬入され**計量ができない場合には、できるだけ正確な量が把握できるようにデータを積み重ねる**必要がある。

これらの**データを日報、月報として取りまとめ、滞留日数まで含めて管理**をしておく必要がある。

実証事業者の検討：混合系バイオマスのガス発生量とメタン濃度の検証結果

株式会社富士クリーンでは実証期間中の縦型乾式メタン発酵システムの運転を通じて混合系バイオマスに対してのバイオガス発生量およびメタン濃度を分析した。

施設に関する搬送装置、投入装置に係るトラブル等で停止しなければ、安定的にバイオガス量を日平均 9,490 Nm^3/日以上得られることを証明した。さらに、有機物負荷量が上昇するとバイオガス発生量が上昇すること、短時間において有機物負荷を上昇させられることが明らかになった（次図参照）。このことから湿式メタン発酵とは違う利便性の良さを証明した。

その理由を考察すると、メタン発酵槽の水素生成性酢酸生成菌は一般的な性質として、芽胞を形成するため乾燥した環境等でも耐性を有することから、乾式メタン発酵のような含水量の少ない環境での有機物分解に主要な役割を果たしていると考えられる。水素生成性酢酸生成菌は紙の主成分であるセルロース分解菌としても知られており、Clostridia 属由来の酵素セルラーゼ（セルロース分解酵素）と複数の細菌を用いた高温発酵から水素を生成していると推測している。水素濃度が高くなるとメタン生成菌の増殖阻害が発生するため硫黄存在下では水素は硫化水素の形で除去されつつ、メタン発酵槽内では、生成した水素はメタン生成の原料となるため、複数の細菌等が生成した系内の水素と二酸化炭素から、高温メタン菌によりメタンが生成されると考えられる。その結果、原料由来であるセルロースが重要なファクターとなると本実証事業の得られた結果から示唆することができる。

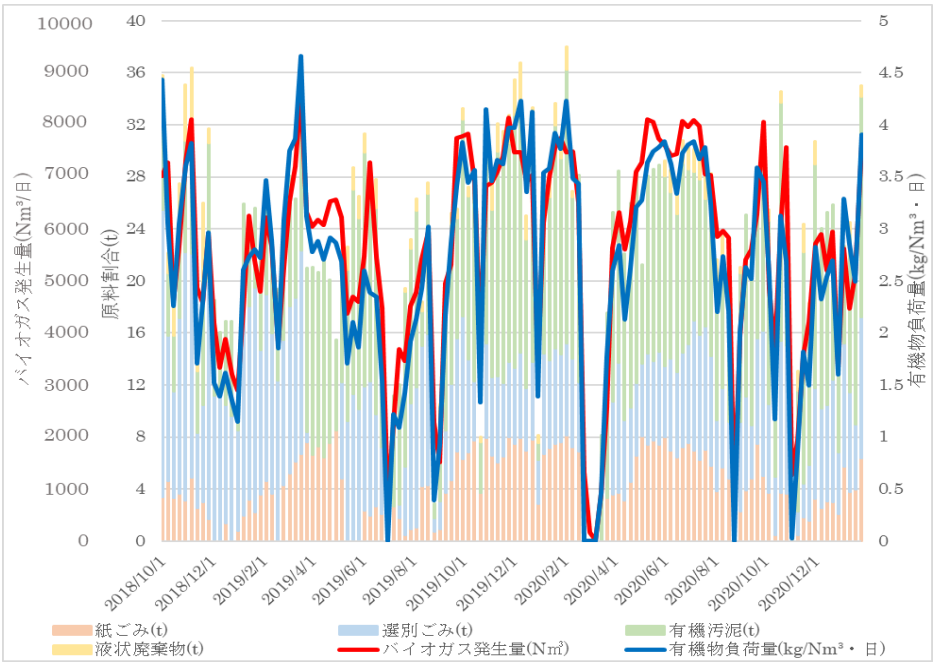


図 2.2.17　有機物負荷量とバイオガス発生量および投入原料割合の相関

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

また、これらの水素生成性酢酸生成菌や高温メタン菌は、アンモニア耐性菌である可能性があり、本実証事業においても 3,000mg/kg 以上でも阻害を受けることなくメタン発酵が継続したことを確認している。本実証事業後は、菌叢解析を行い、水素を利用するメタン生成菌と水素生成性酢酸生成菌について追及し、さらなるバイオガス発生量の向上へと繋げていきたいとしている。

日単位での変動幅を把握して受入計画を策定し、バイオガス発生量およびメタン濃度（次図参照）を検証し、バイオガス発生量の変動を明確化した。

また、これを持続かつ安定させるために原料投入の自動化を検討するとともに、投入原料組成および VS によるバイオガス量のポテンシャル分析も実施した。

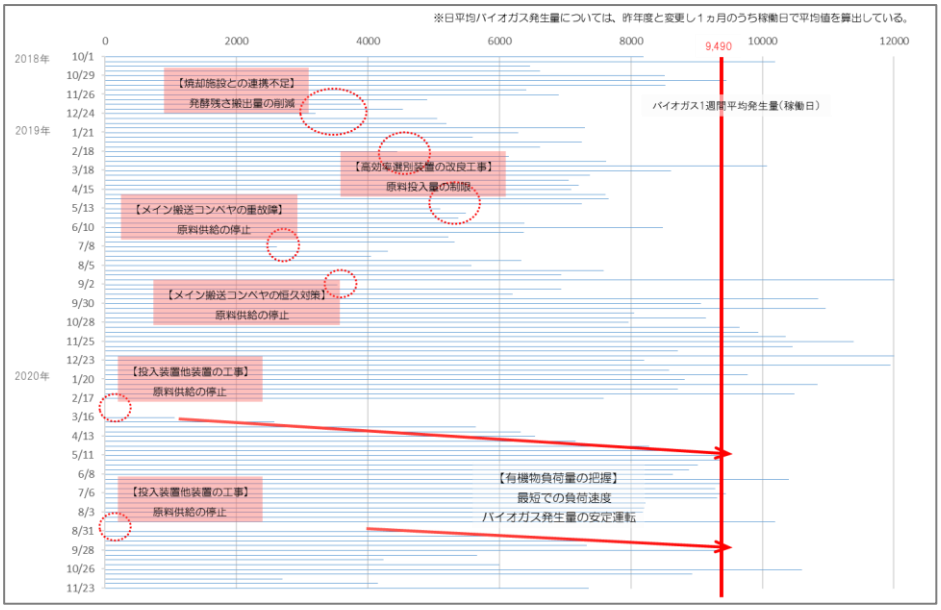


図 2.2.18　バイオガス週平均発生状況と施設事象

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

エネルギー・副生物利用に関する「よくある課題」

（1）　消化液の利用先・処理先が確保できない

メタン発酵では水分率が高い原料を大量に処理する都合上、原料投入量と同程度またはそれ以上の発酵後の消化液が発生する。これらの消化液は液肥利用により農地還元すること経済性の観点から望ましいが、需要先の確保ができずにやむを得ず水処理を選択している事業者が本州の事例では特に多数存在する。消化液の液肥利用の検討にあたっては、適切な散布面積や施肥設計の他、農家等の地域関係者とのコミュニケーションも重要となる。液肥利用が困難な場合は水処理を検討し、放流基準調査を行う。消化液および水処理に関する各課題および対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.3.1　消化液の液肥散布検討時に検討する項目と本ガイドラインの参照先

● 消化液の処理・利用方法の主なパターンと考え方 ● 液肥の含有成分 ● 液肥散布可能面積 ● 液肥発生量の推計方法 ● 再生敷料の生産可能量	⇒	**「3.Ⅱ.1 消化後残渣の処理・利用方法の具体化 ① 消化後残渣の処理・利用方法の検討」（287 頁）**参照
● 液肥散布の具体的な進め方、留意事項 ● 地域の農家とのコミュニケーションと液肥利用の合意 ● サテライトタンクの導入	⇒	**「同 ②液肥利用の調査」（293 頁）**参照

表 2.3.2　消化液の水処理検討時に検討する項目と本ガイドラインの参照先

● 排水処理・脱水設備に係る薬剤、電力コスト ● 全窒素・全リン含有量 ● 水処理設備の騒音	⇒	**「3.Ⅱ.1 消化後残渣の処理・利用方法の具体化 ③ 水処理設備の検討（放流基準調査）」（296 頁）**参照

NEDO 事業者・先行事例の取組

先行事例では、消化液を外部の農地に液肥として利用する場合は作物へのリスクを最小限に抑え、農家への理解を醸成するために数年間かけて栽培試験を行い、またプラント稼働後も水処理と並行しながら徐々に液肥利用量を拡大している。特に湿式の場合は大量の消化液が発生し、また肥料密度が低いうえ、散布車両などの特殊な機器が必要なため農家から敬遠されることが少なくない。そのため、近年は消化液を廃熱や膜技術で濃縮することで利用しやすい状態にして販売する事例も見られる。

例えば、竹中工務店は膜処理を用いて肥料成分を分離することで高品質の液肥を生産するメタン発酵システムを開発した（→**276 頁**を参照）。また、株式会社サナース（現株式会社 KS バイオマスエナジー）では液肥が発生しないガレージ式乾式メタン発酵システムを NEDO FS 事業の中で検討した（→**292 頁**を参照）。その他、小桝屋は FS において消化液の膜処理を行い肥料成分の密度を高め付加価値を向上する検討を行った（→**257 頁**を参照）。

（2） ガス発生量が確保できない

メタン発酵では適正な事業規模が存在し、その主要因の一つはガス発生量となる。特に廃棄物処理手数料を取得しない FIT 発電事業のように、エネルギー利用に重点を置く事業では、原料からのガス発生量が確保できないと採算性を確保できずに頓挫する事例も多数見られる。特に家畜ふん尿の場合はガス発生量が少ないため、設備の投資額に対して十分なガス量を確保できないことが多い。

⇒ 原料のガス発生量の調査については**「2.Ⅱ.2 原料性状およびガス発生量の調査」（247 頁）**を参照されたい。

NEDO 事業者・先行事例の取組

ガス発生量が不足する場合は比較的ガス発生量が多い農作物残渣等を混合する事例もある。また、ガス発生量が大きいバイオマスを有価で購入することも有効であり、特に乾式メタン発酵では紙ごみを購入するケースや、湿式でも発酵助剤を投入するケースも存在する。例えば、株式会社北土開発では調達期間に季節性がある製糖工場からの脱水汚泥、野菜残渣と安定して通年で調達可能な肉牛ふん、ビートパルプを組み合わせて設備の通年の稼働率を高める検討を行っている（→**310 頁**を参照）。

（3） 系統接続に制約があり売電ができない

メタン発酵事業は多くの事業者が FIT 制度を活用し売電を行っているが、近年特に北海道をはじめとする一部の地域では電力系統への接続が困難なことにより、事業実施ができないことがある。こうした地域では系統に接続するために数億円以上の費用を電力会社から要求されるケースも散見される。

⇒ **「3.Ⅲ.2 FIT 事業申請」（325 頁）**では、FIT 制度の事業計画認定および系統連系接続の流れ、並びに必要となる申請書類について記載している。また、**「3.Ⅲ.3 接続契約・売電契約」（327 頁）**および**「3.Ⅲ.4 エネルギー供給契約」（328 頁）**ではそれぞれ出力抑制可否の確認方法および供給契約時の留意事項を記載している。

なお、今後拡大が期待される FIP 制度を利用したバイオマスエネルギー事業の概要および留意点については 1 章のコラム**「FIT 制度等の改正とバイオマスビジネスへの影響について」（184 頁）**を参照されたい。

（4） エネルギー・需要が確保できない

メタン発酵事業はバイオガスを発電だけでなく熱やガス体エネルギーとして利用することも可能であり、これらは FIT 終了後の事業モデルとして注目されている。しかしながら、国内では需要先がプラント近傍に存在しないために十分量を供給できない場合が多いのが現状である。

表 2.3.3 技術の選定・設計時に検討する項目と本ガイドラインの参照先

● バイオガス利活用の考え方 ● メタン発酵槽の加温等によるバイオガスの自家消費量 ● バイオガス発生量の変動	⇒ **「3.Ⅱ.2 バイオガス利活用計画 ① エネルギー利用先・利用量の具体化検討」（298 頁）**参照
● メーカーの選定に関する留意事項 ● 海外製の技術を採用する際の留意事項（設備の規格、為替変動、納期までの期間、検収・試運転等）	⇒ **「同 ②エネルギー需要の調査」（308 頁）**参照
● エネルギー供給先との協議 ● エネルギー供給を行う場合の検討項目 ● 電力需要の調査方法	⇒ **「同 ③系統連系の調査」（313 頁）**参照 ⇒ **「3.Ⅲ.3 接続契約・売電契約」（327 頁）** **「3.Ⅲ.4 エネルギー供給契約」（328 頁）**参照

NEDO 事業者・先行事例の取組

このような課題を解決した事例として、複数のメタン発酵施設からバイオガスを汎用吸着剤により低圧状態で天然ガス液化施設まで輸送し、液化バイオメタン（LBM）を生産し、通常のLNGと混合して活用するケースもある。例えば、エア・ウォーター北海道株式会社では北海道十勝地域において複数のメタン発酵プラントからのバイオガスを収集し、液化バイオメタン（LBM）として工場に供給する事業を実施している（→**314 頁**を参照）。その他一部の事例では、バイオガスを精製した後、都市ガス導管に注入するケースもある（→**306 頁**を参照）。

その他、寒冷地におけるメタン発酵槽の加温およびエネルギー消費量の評価は JA 阿寒が FS 時に検討している（→**300 頁**を参照）。

フェーズⅠ　構想段階

バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

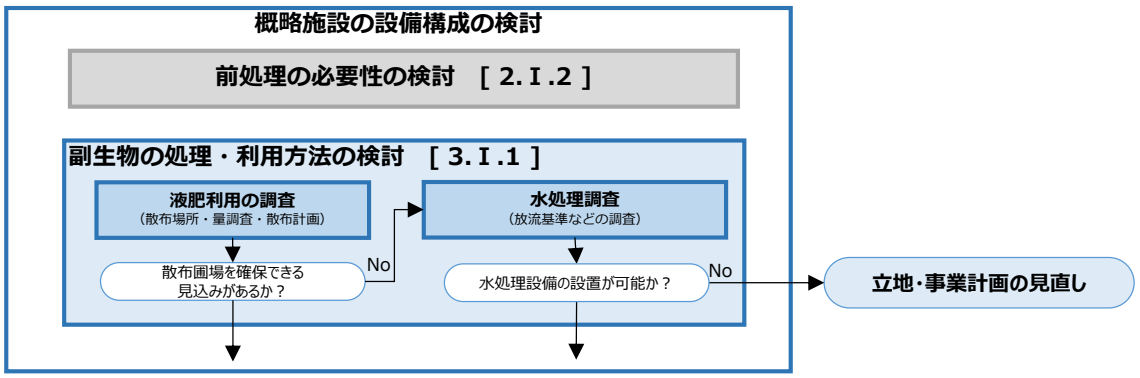
表 2.3.4 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の構想段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
3.Ⅰ.1	**副生物の処理・利用方法の検討**	**消化液の処理・利用方法を想定できているか？（水処理後に放流または液肥利用）**	
		液肥利用に備えて、メタン発酵施設の周辺の農地面積を把握しているか？	
3.Ⅰ.2	**バイオガス利用方法の検討**		
①	**エネルギー利用先と供給形態の検討**	**電気および熱の利用先は想定できているか？**	
		＜熱利用の場合＞需要先で必要な熱媒体（温水・蒸気など）規模感は想定できているか？	
②	**系統接続の検討（広域グリッド型）**	**＜広域グリッド型の場合＞電力の系統の容量がひっ迫している地域ではないか？**	
		＜同上＞系統接続に係る電力会社への問い合わせは済んでいるか？	

3.Ⅰ.1 副生物の処理･利用方法の検討

概略施設の設備構成の検討では、前処理の必要性の検討、バイオガスの利用方法の検討と併せて、副生物の処理･利用方法の検討を行う。施設からは副生物として消化液が発生するため、処理または利用法を検討する。既存の水処理施設がある場合はそれを利用することを検討する。

特に新規にプラントを建設する場合は液肥利用も視野に入れる必要がある。この時、消化液の散布先となる農地圃場を持っている事業者は液肥利用は実施しやすいと言える。一方で、そうした**農地を持っていない場合**は FS 段階で慎重に可能性を判断する必要があり、実現困難な場合は水処理設備を設置することになる。



その他、構想段階では以下のような項目を検討しておく必要がある。

- 消化液の処理･利用方法の選択肢と特徴の理解
- 消化液を液肥利用する場合の「肥料の品質の確保等に関する法律」における手続きの理解
- 液肥利用を行う場合のプラント周辺の農地面積の概略把握
- 水処理を行う場合の放流先の把握

❑ 消化液の処理・利用方法を想定できているか？（水処理後に放流または液肥利用）

メタン発酵施設から発生する副生物の中でも**消化液（液体の残渣）の処理の検討は事業性に大きな影響を及ぼす**。

発酵後の残渣（消化液）の主な利用、処理方法としては、①液肥としての農地還元と、②水処理が挙げられる。②の水処理は基本的に**液肥利用できない場合**に行い、脱水分離、固液分離後に生物学的、物理化学的処理による浄化処理を行って放流する。国内の事例では家畜ふん尿のメタン発酵施設では、液肥利用する場合が多い。主な理由としては北海道を中心とする**酪農地域では十分な面積の牧草地や農地が存在**することが挙げられる。

しかし、戸別処理が中心の**畜産系のメタン発酵事業の場合**は食品系と異なり、廃棄物受入処理による収入がない（あるいは少ない）ため、**水処理を行うと採算性が確保できない**ことも要因として重要である。

液肥利用の留意事項

メタン発酵後の残渣（消化液）にはアンモニア態窒素をはじめとする速効性の肥料成分が含まれており、農業利用が可能である。実際、**国内には高品質な液肥の確保を主目的の一つ**としてメタン発酵を導入する事例や、**地域の農家の化学肥料購入費の削減および循環型農業を目的**とするメタン発酵事例（自治体）も存在する。

しかしながら、消化液の液肥利用を検討したものの**利用先を確保できず実現に至らなかった**事例も多い。自社で**広大な農地を保有している場合**は散布先の確保は問題にはならないが、**外部に供給する場合**は**需要者から信頼性のある肥料として受け入れてもらうまでのハードルが非常に高い**のが現状である。



図 2.3.1　北海道鹿追町における液肥散布

（出所）鹿追町役場より提供

肥料としての信頼性は性状の安定性と表裏一体と言える。**特定の畜産農家から発生する家畜ふん尿を利用の場合**は、投入する原料中の成分のばらつきが比較的小さく、肥料成分濃度も高めなため、**事業開始前から消化液の性状および品質を概ね推定することができる**。

その一方で**食品廃棄物を利用したメタン発酵事業の場合**、調達先およびバイオマス種も多岐にわたり、**原料性状の変動が激しく、肥料成分濃度が低い場合もある。**そのため、消化液の性状を事業開始前から予測することが困難であり開始後も一定の肥料品質に保つことは難しい。したがって、**構想時点から液肥利用を前提としない方が望ましい**。

投入原料のばらつきが少なく**散布先の農地も確保可能と見込まれる場合**は、FS 段階以降、研究機関や行政、特定の農家等と協力しながら液肥の利用可能性を検討していくことが重要である。

❑ 液肥利用に備えて、メタン発酵施設の周辺の農地面積を把握しているか？

液肥は牧草地や農地で利用することになる。想定されるメタン発酵施設の周りの土地利用状況を地図や現地踏査で把握し、**消化液生成量を利用しきれる農地面積がポテンシャルとして存在するかどうかを見極める**必要がある。明らかに面積が小さい場合は、液肥利用という選択肢を断念することになる。

FS 事業者の検討：膜分離を用いた高品質液肥生産メタン発酵システム

株式会社竹中工務店では 2017 年に本 NEDO において膜分離を用いたメタン発酵システムの FS を行った。同社では千葉県君津市において地域の食品廃棄物を利用し農業法人において液肥利用を目的としたメタン発酵システムを検討し、2022 年に事業化を開始しようとしている。

システム概要

本メタン発酵システムでは、原料の摩砕→固液分離→水熱可溶化→固液分離→2 回の膜分離→メタン発酵という流れで処理を行う。磨砕後の固液分離で得られた液体はタンパク質回収のために枝分かれする。

原料の摩砕プロセスについては、破袋機によりプラスチックや繊維質の除去後、磨砕機により微粒化スラリー化の処理を行っている。破袋については、NEDO の FS 時点では想定していなかったプロセスであるが、プラスチックが混入すると固液分離および膜処理の歩留まりが悪くなることが判明したため導入することとした。

磨砕後の固液分離プロセスを経た後の液体成分からは水溶性タンパク質を熱変性で回収し、栄養価の高い飼料として販売する。付加価値として収益源にするだけでなく、タンパク質を分離することでメタン発酵プロセス時のアンモニア阻害を避ける意味でも有効となっている。

磨砕後の固液分離で得られた固体成分は、水熱可溶化処理を行う。水熱可溶化プロセスではかけた圧力に応じて沸点が上がり、150 度程度（圧力 3MPa）の高圧熱水を生み出すことができる。生ごみや食品廃棄物の成分は地域によって異なるものの、この状態の高圧熱水であればほとんどが同じ性状にすることができる。

水熱可溶化処理で得られた液体成分については、2 回の膜分離を行う。1 回目の膜では糖類を分離し、マゴット飼料として活用しそれらをエビ養殖に利用することで収益化を図っている。

2 回目の膜（RO 膜：逆浸透膜）は、海水の淡水化処理に使用される膜で、分子量 60 程度の物質しか透過せず、肥料成分（N、P、K）、ミネラル成分、有機酸のみがメタン発酵槽（UASB）に投入され、この膜を透過した分離液は循環水として農地に還元される。原料性状によって異なるが、通常、膜の交換頻度は 1~2 年となっている。

なお、参考として本システムで用いる逆浸透膜をはじめとする各分離・濃縮技術の対象分子量および分離する物質例は下図のとおりである。

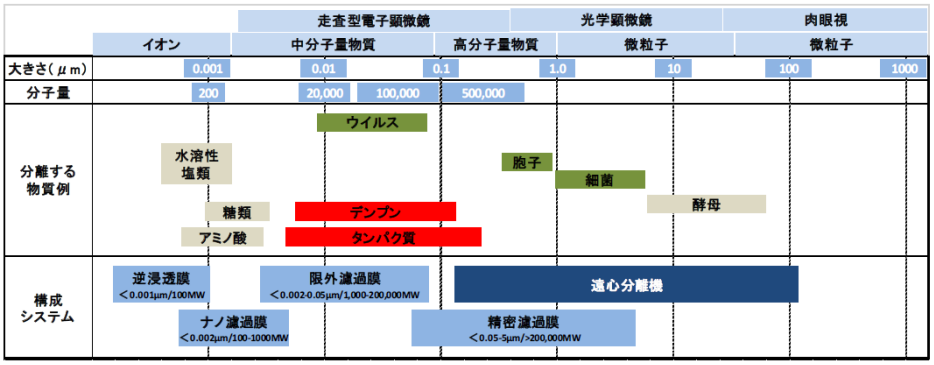


図 2.3.2 各分離・濃縮技術の対象分子量および分離する物質例

（出所）株式会社竹中工務店提供資料

一般的なメタン発酵システムでは 20～30 日程度の発酵時間を要するが、本システムでは有機酸のみを発酵処理するため 2 日程度まで短縮することができる。

発酵プロセスで発生したバイオガスは発電や熱利用に使われるが、一般的なメタン発酵システムと異なり、これらのエネルギーは副産物という位置づけで主要な収益源ではない。本システムの目的生産物は、発酵後に最終的に残った液肥であり、不純物の殆どない良質な肥料成分を有するため最も付加価値の生産物となる。

その他、バイオガスの CO_2 分離膜を利用したガス精製についても FS 時に検討しており、今後事業規模の段階的な拡大と併せて追加的な導入を計画している。

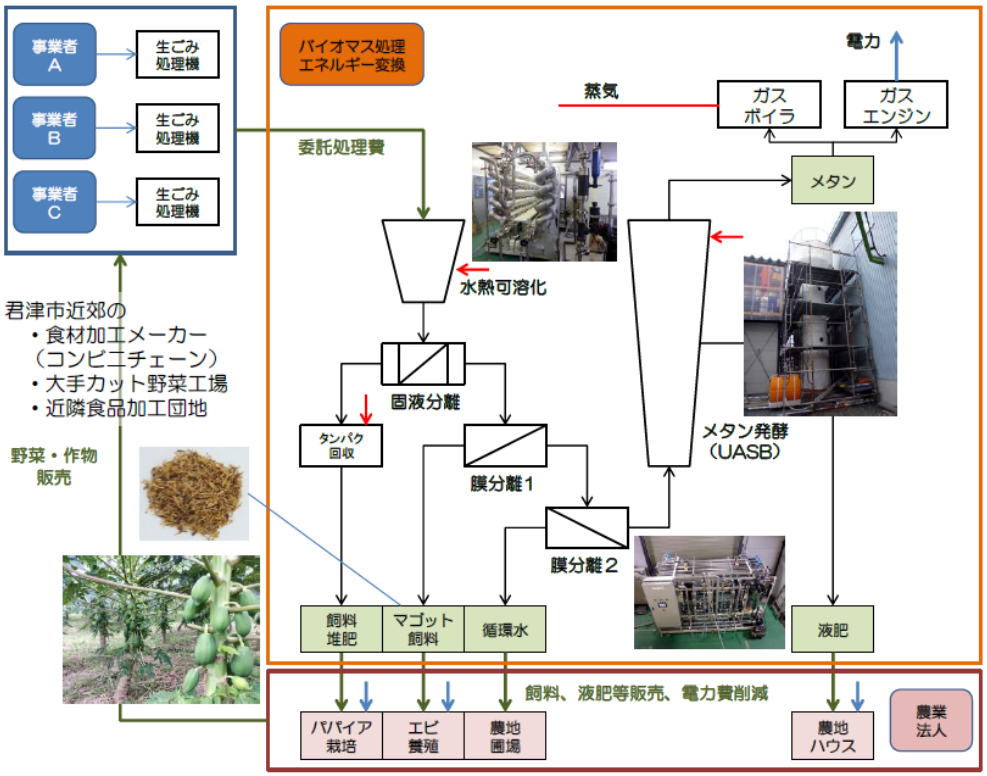


図 2.3.3　株式会社竹中工務店が検討した事業スキームの概要

（出所）株式会社竹中工務店提供資料

事業化の状況

同社は現在、5~10 トン/日の規模で小規模で開始し、徐々に設備の規模を拡大することを計画している。最終的には 90 トン/日規模の事業性廃棄物の利用を目指しており、これは消化液を農地に還元した際の肥料受入可能量の上限値となっている。

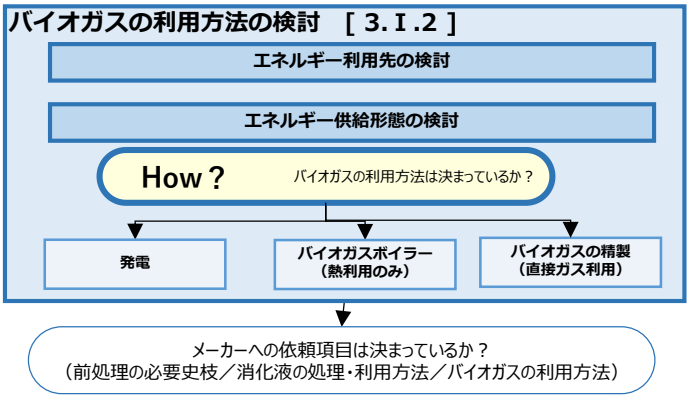
3.Ⅰ.2 バイオガス利用方法の検討

概略施設の設備構成の検討では、原料の前処理、副生物の処理・利用方法に続きバイオガスの利用方法についても検討する。

バイオガス施設からはエネルギー源となるメタンを含んだバイオガスが発生するため、このエネルギーを有効に利用する必要がある。エネルギー利用方法として、**「発電（および廃熱による熱電併給）」、「バイオガスボイラーによる熱供給・利用」、「バイオガスの精製によるバイオメタン供給・利用」**に大別される。

発電の場合は、対象地域の系統連系について、接続の可否を確認し、空き容量が不足するなど、実質的に接続が難しい場合は立地の見直しを行う必要がある。

熱利用・ガス供給の場合は、併設する需要先にバイオガスボイラーを通じて熱供給を行う想定であれば、まずは自社の保有する施設内で確度の高い熱需要を調査する。そのうえで、余剰分を含め外部供給を視野に入れる場合は近隣の供給候補先をリストアップする。FS 段階ではこれらの候補における熱利用可能性を具体的に検討する。



なお、概略施設の設備構成の検討を終えた段階で概ね設備の構成が明確になるため、どの程度の投資が必要になるかを確認することができる。

① エネルギー利用先と供給形態の検討

❑ 電気および熱の利用先は想定できているか?

FIT 制度の影響もあり、現状国内のほとんどのメタン発酵施設ではバイオガスを発電用途で利用している。メタン発酵施設における発電電力の買取価格は 39 円/kWh と高いため、売電することはメタン発酵施設の経営の安定化に大きく寄与している。

発電の形式は、**出力によって使用する機種がある程度限定**される。一般的に、数十 kW の場合はマイクロガスタービン、数百 kW ではガスエンジン、数千 kW ではガスタービンが採用されることが多いが、最近では小規模発電であってもガスエンジンが採用されていることが多くみられる。

＜発電+余熱利用におけるガス利用設備の例＞

- ガスエンジン式コジェネレーションシステム
- 燃料電池式コジェネレーションシステム
- ガスタービン式コジェネレーションシステム
- マイクロガスタービン式コジェネレーションシステム　など

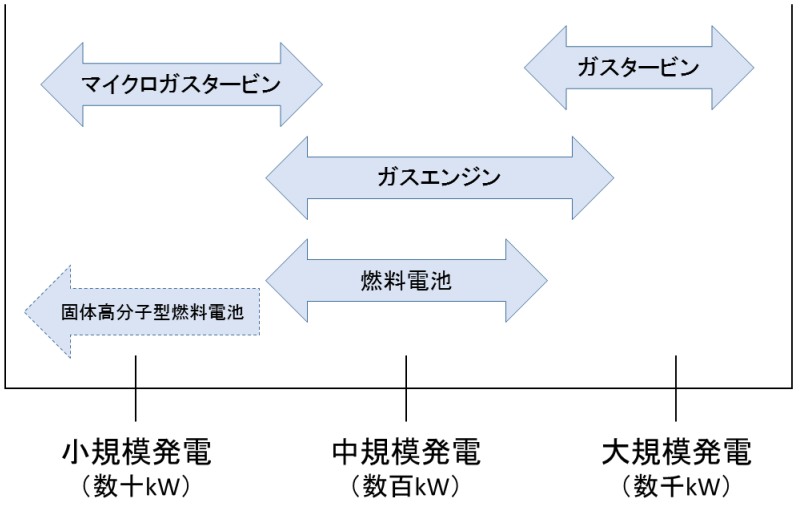


図 2.3.4　発電設備規模別のシステム選定の一例

（出所）環境省「メタンガス化施設整備マニュアル（改正案）」

ただし、小規模の施設で導入される小型の発電装置の発電効率は大型のものと比べるとかなり劣るため、**熱を利用して総合的なエネルギー効率を高める**ことが経済性を高める重要な要素となる。メタン発酵施設の熱利用は、バイオガスを直接ボイラーで燃焼させている事例も一部で見られるが、より重要なのは**発電装置の燃焼機器用の冷却水の有効活用**である。

メタン発酵施設における熱の利用先

具体的な熱の有効活用の例としては、**メタン発酵槽の温度維持（中温 37℃～高温 55℃）**が挙げられる。この場合、外気温との温度差により必要熱量が異なり、**特に寒冷地域で消費量が大きい**ことに留意が必要である。

その他、**消化液の殺菌（一般的には 70℃で 1 時間殺菌）に熱を活用**している事例や**牛舎の加温に使っている**事例も北海道を中心に見られる。

しかし、一般的に**余剰熱のすべてをメタン発酵施設内で消費できる事例は少なく**、近隣への供給を検討しても立地条件の制約で実現できないことが多い。

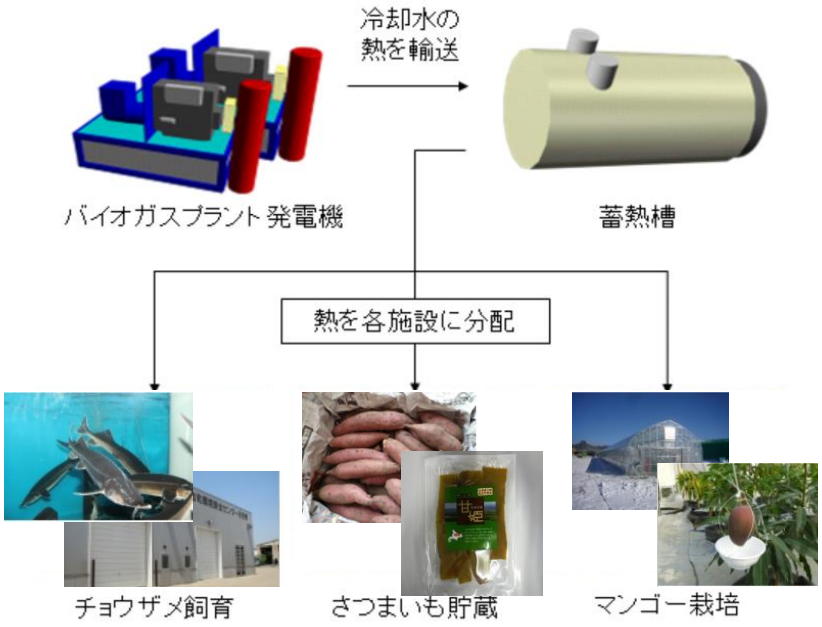


図 2.3.5 鹿追町環境保全センターにおける熱需要先創出の例
（出所）鹿追町 HP（https://www.town.shikaoi.lg.jp/work/biogasplant/yojonetsu/）

そのような中、最近いくつかの事例ではポスト FIT を見据え、温室ハウスや養殖施設などの**新規の熱需要先を敷地内に創出する**、または**農業法人などを隣接地に誘致する**等の取組を行う事例も散見される。

鹿追町環境保全センターバイオガスプラントの敷地内において、**チョウザメの養殖施設やマンゴー栽培施設を作り、バイオガス発電の廃熱を有効利用**している。その他、メタン発酵設備の導入と併せて植物工場を併設し、熱の供給先の確保を検討している事例も存在する。

このように、FIT 制度の買取期間終了後、すなわち **20 年後も持続可能な事業を行うためには熱の有効活用の検討、特に熱需要の創出の検討を行うことは重要**である。

＜熱利用の場合＞

❑ 需要先で必要な熱媒体（温水・蒸気など）の規模感は想定できているか?

メタン発酵施設の事業性の観点では、どれだけ多くの原料を搬入できるかがエネルギー販売収入および廃棄物処理収入の拡大に大きく影響する。しかし単純にバイオマスの量を増加すると消化液の量も併せて増加し、それらの処理や活用に**必要となるエネルギー自家消費率も変化する**ため、計画時の適正規模の検討が必要となる。

そのためには発電機の技術、規模別の廃熱発生量が必要となるが、これは発電機メーカーからの情報を収集する必要がある。そのうえで、熱需要先への供給可能量はそれぞれの事業者で判断することになる。

コラム：バイオガスの直接熱利用

発電以外の利用方法としては、バイオガスをボイラー等で直接燃焼させる方法と、バイオメタンとして精製して利用する方法がある。前者は、オンサイトで利用する他、**貯蔵タンクやパイプラインで需要先までの輸送しボイラーで燃焼させる方法がある。**

後者はメタン約 60%、CO_2 約 40%の状態のバイオガスをメタン 100%近くまで精製するため天然ガスと同様に扱うことができ、導管注入や天然ガス自動車（CNG 車）の燃料として利用可能である。

こうしたバイオガスの直接利用は最もエネルギー効率が高い利用方法であるが、現時点ではガスの直接利用に関する国内事例は数例程度に留まっている。特にバイオメタンの場合は**設備（バイオガス精製装置等）に大きなコスト**がかかるため、経済性の確保に留意する必要がある。さらに、導管注入については、ガス燃焼特性を担保するために、精製後のバイオメタンの**ガス組成の変動許容範囲が厳しく規定**されている。そのため、ユーティリティ会社との調整や、バイオガス精製装置以外にも**付臭や熱量調整装置、ガス分析計等の各種設備コストが生じる**ことに留意すべきである。

② 系統接続の検討（広域グリッド型）

＜広域グリッド型の場合＞

❑ 電力の系統の容量が逼迫している地域ではないか?

❑ 系統接続に係る電力会社への問い合わせは済んでいるか？

前述のとおり、FIT 制度が開始されて以降、発電事業としてメタン発酵施設の導入を検討する事業者が増加した。しかしながら、同じく FIT 制度下で急増した太陽光発電などの他の再生可能エネルギー発電施設の導入状況によっては、**地域の電力系統の容量が逼迫し、メタン発酵施設が建設できなかったケース**も北海道を中心に多数報告されている。

発電した電力は自家消費することが可能であるが、農村地域の繁忙期以外の時期など、自家消費することの出来なかった電力は電力系統へ流れ込むこととなる。従来、電力は火力発電所などの大規模な発電所から各需要家に一方通行で送電されるものだったことから、このように**需要家から電力系統へ供給される電力は逆潮流**と称される。

50kW 以上 2MW 未満では高圧線（6.6kV）への連系が一般的である。**発電事業の検討を行っている場合**、もしくは自家消費を目的としつつも**逆潮流の発生が見込まれる場合**は、**電力会社に連系希望地点付近の系統状況について任意の事前相談と接続検討の申し込みが必要**となる。

接続検討の詳細は FS 段階の**「3.Ⅱ.2 ③ 系統連系の調査」（313 頁）**で述べるが、**本格的な FS に先立ち、地域の電力会社に事前相談を行う**ことが重要である。

フェーズⅡ FS 段階

バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の FS 段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.3.5 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の FS 段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
3.Ⅱ.1	**消化後残渣の処理・利用方法の具体化**		
①	**消化後残渣の処理・利用方法の検討**	**消化液の処理方法を検討したか？（液肥の利用、水処理後公共水域または下水道への放流）**	
		＜液肥利用を検討する場合＞原料の調達量、性状等から年間の消化液の発生量、肥料成分濃度を確認したか？また、肥料登録の手続きを理解しているか？	
		＜同上＞利用計画に基づいた適切な前処理・貯留槽が計画されているか？	
		＜同上＞文献調査、先進地視察、専門家ヒアリングなどにより、液肥利用の利点や限界について理解できているか？	
		＜個別型の畜産系バイオマスの場合＞再生敷料の生産可能量および供給先の確保を検討したか？	
②	**液肥利用の調査**	**消化液液肥の十分な散布圃場の確保の目途が立っているか？その他、サテライトタンクの検討は行ったか？**	
		消化液液肥の十分な散布圃場を確保できているか？	
		消化液液肥の散布先からは理解を得られているか？	
		消化液発生量を上回る散布面積を確保できているか？	
③	**水処理設備の検討（放流基準調査）**	**放流先となる公共水域または下水道施設への放流基準の確認ができているか？**	
		排水処理を行う場合、放流先の河川や下水の放流基準を把握したか？	
		排水処理を行う場合、対象地域の公害防止条例や公害防止協定等の有無、並びに放流基準値を確認したか？	
		水質汚濁防止法における放流基準の調査を実施したか？	
3.Ⅱ.2	**バイオガス利活用計画**		
①	**エネルギー利用先・利用量の具体化検討**	**エネルギー利用・供給先と利用量は決まっているか？**	
		発電装置の場合、メーカーのカタログ値そのままでの検討がなされていないか？	
		バイオガス発生量調査を踏まえて、発生するバイオガス発熱量は、想定するエネルギー需要を賄うのに十分か？	
		熱需要の規模感は想定できているか？	

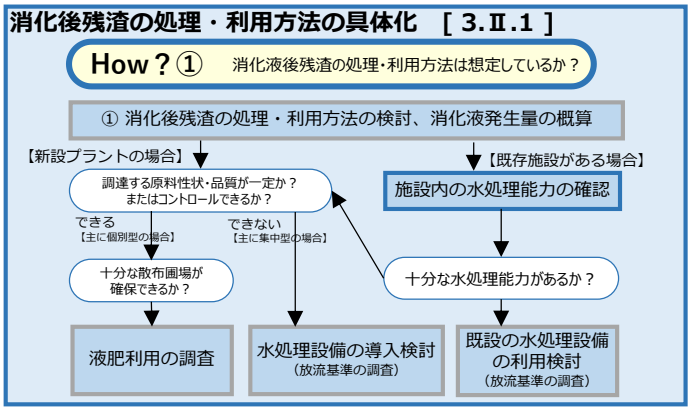
項番号	実施事項	留意事項	チェック
②	**エネルギー需要の調査**	**＜オンサイト型およびマイクログリッド型の場合＞季節別、時間帯別での電力および熱の需要特性が把握できているか？**	
		需要先の設備・システムの実際の効率を踏まえた需要予測がなされているか？	
		供給候補先の既存設備の運転状況、費用などを考慮しメリットのある電気・熱供給の仕組みとなっているか？また候補先と具体的な協議を行っているか？	
		＜主に熱供給の場合＞需要先のシステムの更新時期や老朽化の状況などは確認できているか？	
		＜同上＞需要先のシステムで現在使用している化石燃料の量・費用など把握したうえで、需要者にメリットのある熱供給の仕組みをつくれるか？	
③	**系統連系の調査**	**＜広域グリッド型の場合＞電力会社の系統アクセス調査で空き容量が確認されているか?**	
		＜同上＞系統連系に必要な給電設備の追加に関する電力会社の費用請求手続きを理解し把握しているか？	
		＜同上＞系統連系のアクセス可能な用地が選定されているか?	

3.Ⅱ.1 消化後残渣の処理・利用方法の具体化

施設の設備構成の検討のステップでは、メタン発酵における消化後残渣の処理および利用方法について具体的な検討を行う。

メタン発酵施設からは原料規模に応じた大量の消化液が発生するため、それらを水処理するか、液肥利用するかについて構想段階の検討をもとに具体化する。また、固形残渣についても堆肥化、炭化、乾燥・焼却等の処理、利用方法を検討する。

なお、**畜産系バイオマスの場合**は、固液分離後の固形残渣を再生敷料として利用・供給することが可能である。FS 時点ではこうした再生敷料の需要先に係る選抜候補（ショートリスト）を作成する。



その他、本ステップでは事業形態別に以下のような項目を検討する必要がある。

表 2.3.6 消化後残渣の処理・利用方法に係る事業形態別の検討項目

対象事業	実施事項
共通	・原料の調達量、性状等から年間の消化液の発生量の算出 ・消化後の固体残渣の処理、利用方法の検討（堆肥化、炭化、乾燥・焼却など） ・消化後の液体残渣の処理、利用方法の検討（液肥利用、排水処理設備など） ・残渣処理・利用に係る文献調査、先進事例視察、専門家へのヒアリングなど
水処理を行う場合	・対象水域の放流水質基準や下水道の排除基準（除外施設設置基準）の確認 ・上記基準に見合う水処理性能の検討 ・固液分離後の固体分の処理方法の検討（既存の堆肥化施設がある場合（処理能力に余裕がある前提）と新設する場合でコストが大きく異なる）
液肥利用を行う場合	・想定原料の成分から消化液中の肥料成分濃度の推定 ・液肥利用先の栽培作物と必要散布量の調査
畜産系バイオマスの場合	・再生敷料の生産可能量および供給先の検討

なお、FS 段階の液肥利用の詳細については以下の参考文献を参照されたい。

＜液肥利用に係る参考文献＞

- 農研機構「メタン発酵消化液の畑地における液肥利用－肥料効果と環境への影響－（2012 年 3 月）」
- 農研機構「メタン発酵消化液の輸送・散布計画の策定支援モデル（2014 年 3 月）」
- 一般社団法人 地域環境資源センター「消化液の肥料利用を伴うメタン化事業実施手引（2016 年 3 月）」
- 農研機構「バイオマスタウンの構築と運営（2012 年 3 月）」
- 農研機構「メタン発酵消化液の畑地における液肥利用 －肥料効果と環境への影響－（2012 年 3 月）」
- 農研機構「メタン発酵消化液の輸送・散布計画の策定支援モデル（2014 年 3 月）」
- JARUS「消化液の肥料利用を伴うメタン化事業実施手引（2016 年 3 月）」
- JARUS「農村資源利活用検討調査委託業務報告書 －メタン発酵利活用施設技術指針（案）－（2005 年 3 月）」
- LEIO「家畜排せつ物利活用方策検討システム構築事業報告書（2008 年 3 月）」
- LEIO「メタン発酵消化液の濃縮・改質による野菜栽培利用マニュアル（2013 年 2 月）」

＜消化液の処理・利用全般に係る参考文献＞

- 一般社団法人日本有機資源協会「バイオガス化マニュアル（2006 年 8 月）」
- 一般社団法人日本有機資源協会「バイオガスシステムの現状と課題（2003 年 11 月）」
- 一般社団法人日本有機資源協会「糞尿・消化液処理の現状と展望（2005 年 9 月）」
- 環境省「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル（改訂版）（2017 年 3 月）」
- 環境省「メタンガス化施設整備マニュアル（改訂版）（2017 年 3 月）」
- 国土交通省「下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル（2017 年 3 月）」

① 消化後残渣の処理・利用方法の検討

発酵後の消化液および固形残渣の処理、利用方法に関する検討を行うにあたり、まずは原料の調達量、性状等から年間の消化液の発生量を算出する。

既存の水処理施設がある場合は、まず処理能力の確認を行う。消化液の水処理を行うのに十分であれば既設の水処理設備を利用することを検討する。**既存の水処理設備の能力では不足する場合**は設備能力の拡充または、液肥利用できないか等を検討する。

この時、調達する原料性状と品質が一定か、またはコントロールできるかについても確認する。一般的に、排出元が単一または少数に限定される家畜ふん尿や食品工場などのバイオマスの場合は、原料および消化液の品質を管理しやすい一方、多数の排出元から調達する**集中型の場合**は品質をコントロールすることが難しい。

消化液の性状が想定され、かつ十分な液肥の散布圃場の確保が見込まれる場合は液肥利用を検討する。**液肥利用を検討する場合**は、構想段階ではプラント周辺の農地面積の概略把握を行う。加えて、「肥料の品質の確保等に関する法律」における手続きを理解しておく必要がある。

❑ 消化液の処理方法を検討したか？（液肥の利用、水処理後公共水域または下水道への放流）

メタン発酵後の残渣の処理・利用方法の主な選択肢を図 2.3.6 に示す。現在国内では下記の４パターンまたはその組み合わせが多い。

<メタン発酵後の残渣の処理・利用方法の主なパターン>

- **液肥利用（再生敷料なし）**・・・消化液（固形分多い）のみ
- **液肥利用（再生敷料あり）**・・・消化液（固形分少なめ、凝集剤を使わないので透明ではない）＋固形残渣（繊維分が中心、発酵・乾燥して再生敷料生産）
- **液肥利用（堆肥あり）**・・・消化液（固形分少なめ、凝集剤を使わないので透明ではない）＋固形残渣（繊維分が中心、既存の堆肥舎で堆肥化）
- **水処理**・・・放流水＋固形残渣（併設する施設で堆肥化、炭化）

消化液の固液分離法には①**無薬注での固液分離**と、②**高分子凝集剤などの脱水助剤を使用した固液分離**の 2 方式がある。**液肥利用する場合**の多くは無薬注の固液分離法が採用され、**水処理を採用する場合**は水処理施設の負荷を軽減するために薬品を使用した固液分離法が採用される。

液肥利用する場合は、発酵後の残渣はそのまま貯留槽に貯められ、散布車で農地に液肥として散布される。または、固液分離設備で固形分を分離した状態にしたうえで液肥散布される場合もある。

液肥利用の際の固液分離の有無は消化液の性状によって異なる。例えば、**敷料（麦稈、おが粉等）を大量に含む家畜ふん尿を用いる場合**は、消化液にも**敷料が残存するため固液分離して液分のみを散布**することが多い。

なお、このプロセスで固体として分離された再生敷料は、さらに①**固分を強制通気して発酵させ、発酵熱で殺菌する**場合と、②**固分を無処理のまま利用する場合**がある。特に①**の方法は乳房炎の減少に寄与**することが報告されている。いずれのプロセスの再生敷料でも、現在敷料用のおが粉の価格が高騰しつつあるため、北海道等ではこうした**再生敷料が牛舎で活用されている。**

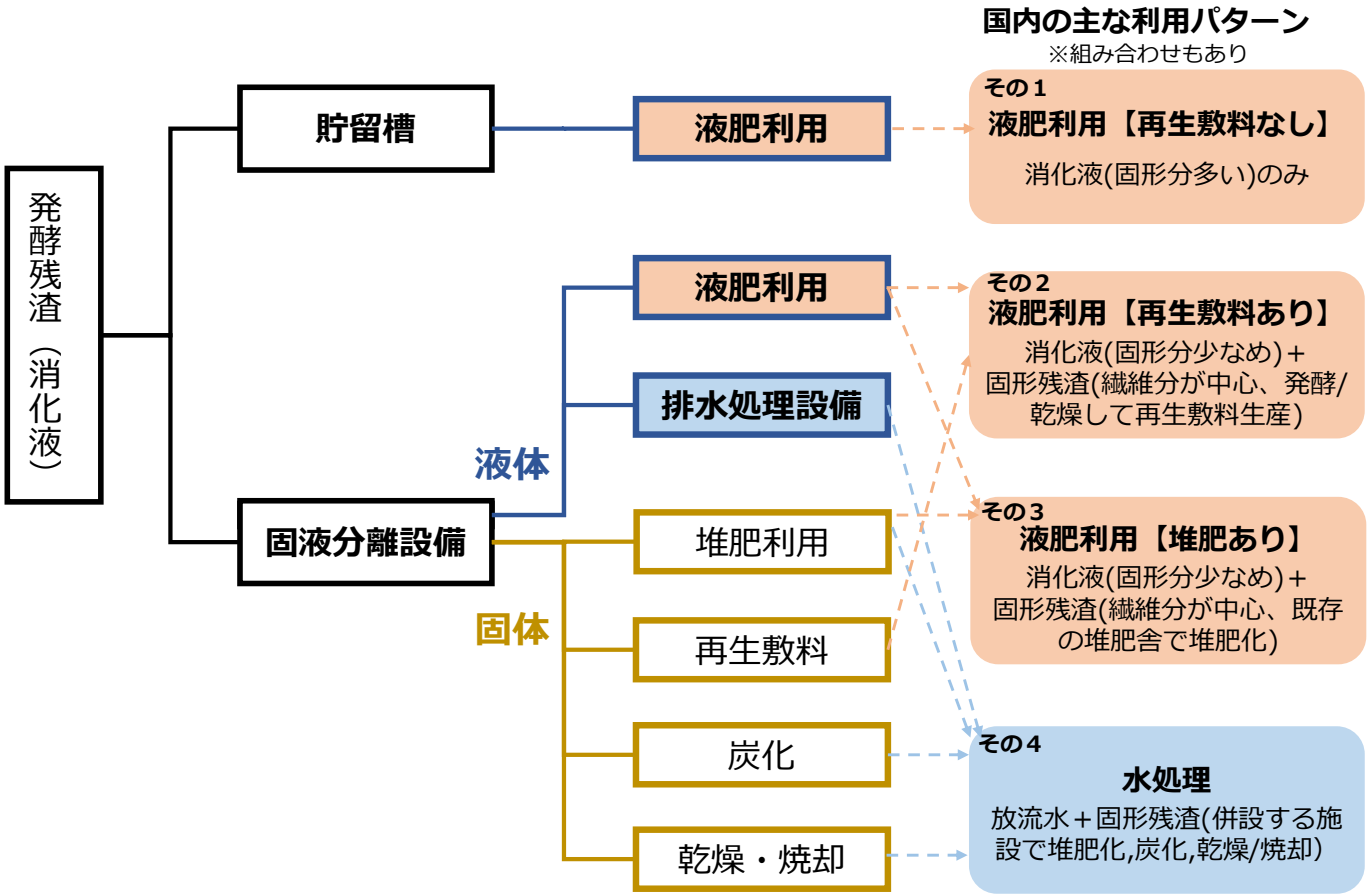


図 2.3.6　メタン発酵後の残渣の処理･利用方法

（出所）株式会社バイオガスラボ提供資料

消化液の**液肥としての利用が困難な場合**は、薬注＋固液分離された液分は排水処理される。散布可能な農地が限られる本州以南の地域、特に**食品廃棄物を利用したメタン発酵事業では排水処理が一般的**であるが、**初期投資や O&M 費が増大**するデメリットがある。

固液分離後の固体分は**堆肥利用、炭化利用、乾燥･焼却**の 3 つが主な選択肢となる。国内では**堆肥として有償または無償で地域に供給**している事例が多い。ただし、堆肥化設備は**臭気が問題になりやすい**ため対策を行う必要がある。また、**堆肥を製造しても供給先を確保できていない**事例も少なくない[14]。一方で、農業法人等による一部の先進事例では投入する原料を厳密に管理しながら、**固体残渣を良質な有機肥料として付加価値化**しているケースもある。

その他、固体残渣を**炭化処理し、燃料などとして利用**している事例も存在する。その場合、堆肥化と同様に**販売ルートの確保が鍵**となるうえ、コストも課題となる。

固形残渣の利用先がない場合は、**乾燥後焼却処理**されること多い。減量化できることが利点であるが、**処理に係るコスト**が課題となる。

[14] 固液分離の際には脱水剤を使用することがあり、その場合は堆肥中に薬剤が含まれることを考慮する必要がある。

表 2.3.7 発酵後残渣の処理･利用方法別の長所と短所

処理方式		長所	短所
液肥利用		・ 生スラリーと比較して臭気を低減させることができる ※ただし、排水処理や炭化よりは臭気低減効果は低い ・ 速効性の有機肥料として化学肥料を代替できる	・ 大容量の貯留槽が必要 ・ 消化液の輸送、散布用の機材が必要 ・ 耕種農家が消化液の使用に慣れていない（丁寧な対応が必要）
固液分離	排水処理	・ 河川敷公共水域に放流できる	・ 建築費、O&M 費共に嵩む
	堆肥利用	・ 土壌改良材として利用できる	・ 臭気対策が必要 ・ 堆肥の販売ルートの確保が必要
	炭化物利用	・ 利用方法が多様である	・ 炭化物の販売ルートの確保が必要 ・ 費用が嵩む
	乾燥･焼却	・ 灰等の容量が非常に少ない	・ 費用が非常に嵩む

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

＜液肥利用を検討する場合＞

❑ 原料の調達量、性状等から年間の消化液の発生量、肥料成分濃度を確認したか？また、肥料登録の手続きを理解しているか？

❑ 利用計画に基づいた適切な前処理・貯留槽が計画されているか？

消化液は肥効成分も含み有効な肥料となるが、**水分含有量も多いため施肥（散布）する面積も多大**となる。例えば、水田と麦では年 2 回施肥が可能だとしても一般的に **1 ha あたり水稲と麦の基肥にそれぞれ 50t で合計 100t しか散布できない**ことに留意しておくべきである。

また、施肥は主として年 2 回、多くて 4 回であり、その間の**消化液の貯留槽の容量を確保しておく必要**がある。さらに、雪の多い地域では 11 月から 4 月まで**最長 6 か月間程度の貯留槽容量を確保**しなくてはいけない。

FS 以降では**水分の添加や、移送、槽内温度調整、アンモニア濃度を考慮した物質収支をもとに、処理すべき消化液の日量と処理時間、処理方式等を設定**する必要がある。

水処理の選択

上記の検討を行い**液肥としての利用が困難な場合は水処理を行い、外部に放流**する必要がある。**水処理設備には多大な建設費と O&M 費を要する**ことになるので、検討当初から十分に念頭に置いておかなければならない。また、後述するように、**水処理のレベルはその放流先によっても大きく変わる**ことに留意する必要がある。

なお、薬注した固液分離設備から発生する固体分には高分子凝集剤が含まれており、**堆肥として利用する場合**には農作物に対して無害である旨の資料を薬剤メーカーなどから取り寄せておく必要がある。乾燥し肥料利用する際も同様であるが、炭化や焼却処理する場合は問題とならない。

放流基準の確認

例えば、**公共水域（河川等）に放流する場合は放流規制値も厳しく**、環境省が定める一律排出基準値の窒素規制（アンモニア性窒素*0.4＋NO_2-N,NO_3-N）は水量に関係なく 100mg/L と厳しいため十分に設備の検討をなされなければならない。

放流先が近隣の下水処理場の場合は、一般的には公共水域に放流する場合よりは規制値も緩和されるため、水処理施設の性能に係る要求水準も緩和される可能性がある。検討時点でメタン発酵施設から発生する**消化液（処理水）の放流先を見つけて調査**しておくことが重要である。

消化液の発生量の推計に係る留意事項

液肥利用の可能性を検討する際には年間を通じた利用方法を検討する必要がある。そのためには**年間の消化液発生量と、利用対象となる農作物、農地の面積などの検討**が必要である。

消化液発生量は原料の量をベースに検討する。投入された原料はメタン発酵プロセスにより、通常 **5%～30%程度は減量**される。この**減量範囲は原料の分解率により変化するために事前に調査が必要**である。

ただし、FS 初期時点では推計値として**原料投入量と同じ量が発生すると仮定して算出**しても問題ない。原料を希釈する場合は、**希釈により増加した消化液量を加味**することに留意する。

また、散布可能範囲における**農作物の種類によっても散布可能量が異なる**ことに留意する必要がある。散布可能量は**「施肥基準量による制限」**と**「施用した消化液が染み込むことができる量」**という 2 つの要素がある。ほとんどの場合は後者の制約が大きく、例えば水田であれば**1 ha あたり消化液 50t 程度が散布可能量**となるため、これらの原単位を踏まえて消化液の利用可能性を検討する必要がある。

実際に**液肥として近隣の農家で使用する場合**には、**「肥料の品質の確保等に関する法律」**の肥料登録の手続きが必要になることが多い。

❑ 文献調査、先進地視察、専門家ヒアリングなどにより、液肥利用の利点や限界について理解できているか?

メタン発酵消化液の液肥利用については多数のレポートや論文が出ている。しかし、それらを読み込んで利用方法を具体化することは容易でない。担当者は自ら文献調査を収集・解読する努力して予備知識を得た上で、**専門家ヒアリングを行い、その助言をもとに先進地視察を行う**のが早道である。その際、液肥利用の**全体のプロセス、利用機械、コスト構造、利点、苦労している点を把握**することが重要である。

液肥の施用方法は**牧草地、水田、畑・樹園地によって異なる**。基肥として使う場合と追肥として使う場合にも差があることに注意する。実際の先進事例を訪問し、**液肥を搬送、散布している担当者、液肥を利用している農家の見解をヒアリング**することが大切である。事例や地域毎に液肥の散布状況は異なるので、複数の地へ出向くことが望ましい。その際、計画中のメタン発酵事業において、最初に液肥を利用していただけそうな農家の方に同行いただき、取組を実感いただくことも効果的である。

＜個別型の畜産系バイオマスの場合＞

❑ 再生敷料の生産可能量および供給先の確保を検討したか？

近年、メタン発酵消化液を固液分離し、**液分（搾液）は有機質液体肥料として、固形分は再生敷料**として再利用（マテリアル利用）する技術が登場し、利用事例が増加している。**個別型の畜産農家がメタン発酵設備を計画・設計する場合**には、こうした再生敷料の生産可能量の正しい評価と供給先の確保が重要となる。

一般的に、牛舎で使用される敷料は木質系原料（おが屑、チップなど）であり、その性能が評価され利用が定着している。北海道の酪農家では、**畑作農家との堆肥-麦稈交換契約の中で敷料として麦稈を利用する事例**が多い。しかし、これらの敷料の利用は定着している一方で、**木質系原料は木質バイオマス発電向けの需要が大き**く、麦稈については麦稈収量の低迷や他産業との競合など、影響も相まって価格は著しく高騰している。

敷料費の価格高騰は酪農経営を圧迫する要因の一つとなっているが、再生敷料は近年経営を圧迫している敷料購入価格の高騰に対し、敷料費を抜本的に削減する画期的な技術といえる。

このような直接的なコスト削減効果に加え、好気性発酵過程での熱により**乳房炎病原菌などが死滅している**ことから、**牧場外からの病原性微生物の侵入を防止できる**といった効果も期待できる。また、**消化液利用と併せて敷料も繰り返し利用するという資源循環酪農を実践できる**という意義も大きい。

再生敷料の生産可能量

バイオガス施設で**生産できる再生敷料の量を把握する**とともに、バイオガス施設の原料となる**乳牛ふん尿の量およびわらの混入量、蒸発残留物の量などを把握しておく**必要がある。さらに、そのための**固液分離機の能力、発生する固分の量、乾燥に必要な保管場所の面積などの検討**が必要である。

＜再生敷料の生産可能量の算出例（乳牛 100 頭規模の場合）＞

- 成牛換算頭数：100 頭、ふん尿排出量：65kg/頭･日、消化液発生率：97%
- 消化液固液分離率：29%、分離固形分の乾燥減容率：25%
- 乳牛ふん尿バイオマス量＝65kg/頭･日×100 頭＝6.5t/日
- 消化液発生量＝6.5t/日×97%≒6.3t/日
- 再生敷料生産可能量＝6.3t/日×29%×25%≒0.45t/日

再生敷料の供給先の確保

生産した再生敷料が自家消費で賄えない場合は、その供給先を確保しておく必要がある。再生敷料の供給先としては**バイオマス原料を供給している酪農家、メタン発酵設備の周辺酪農家**などが考えられる。敷料の絶対量が不足している地域においては、農協単位での取引も考えられる。

再生敷料を供給する場合の留意点としては以下の点が挙げられる。

- メタン発酵の過程で病原菌や寄生虫はある程度死滅しているものの、消化液を固液分離した後に得られる固形分を好気発酵により乾燥化する過程において、環境性の乳房炎原因菌が繁殖する可能性が認められている。そのため、敷料として実施に使用する場合には専門家の意見を仰いだ後に使用することが望ましい。
- 消化液の固液分離固形分の性状、特に水分率や容積重は好気発酵の良否に影響を及ぼす。水分率が高い場合には、固形分の空隙を確保することが困難となり、最適な好気発酵温度が得られないため、再生敷料を製造するにあたっては、設計段階から最適な固液分離機を選定しておく必要がある。

FS 事業者の検討：電力と熱利用、副生物（バーク堆肥）に関するバランス

ガレージ式乾式メタン発酵システムの概要

FS 事業者である株式会社サナース・山興緑化有限会社の事業では、電気、熱、バーク堆肥を生産している。電気については、工場でのプラント、堆肥工場、事務所、近接のトマト栽培施設への熱電供給、相対契約による売電、熱については、燃料チップ乾燥、堆肥発酵ブロア（ともに現在、電力により稼働）、除雪作業など多様な需要が確保されているとともに、バーク堆肥についても、公共工事減少に伴う法面基盤材の減少を補うため、近年需要があるホームセンター向けバーク堆肥の出荷増を計画するなどの工夫が検討された。

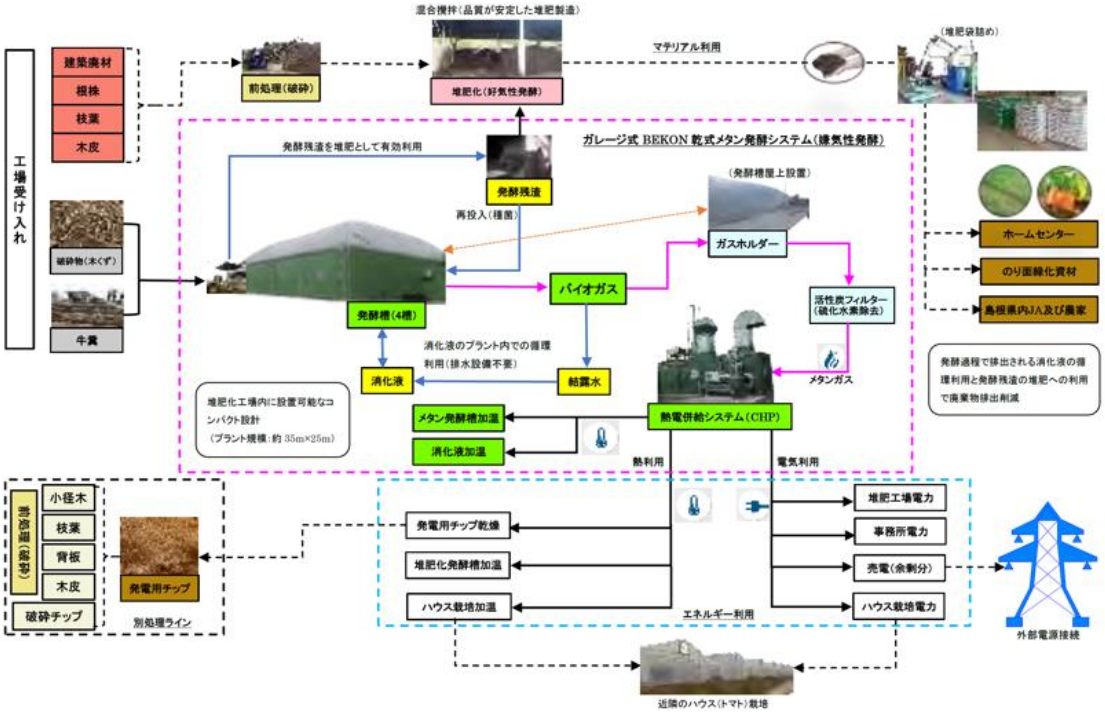


図 2.3.7 ガレージ式乾式メタン発酵システム処理フロー

（出所）株式会社サナース／山興緑化有限会社「平成 30 年度～令和元年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／混合バイオマスによるガレージ型乾式メタン発酵システムの事業性評価（FS）」（NEDO）2019 年

既存事業を活かした収益構造の把握

上述の株式会社サナースらの FS における事業性試算では、「堆肥売上計上」して事業性を評価すると、投資回収年数（初期投資÷収益）は 9.7 年で短くなり、牛ふんと木くずの両方を取り扱っている、または取扱い可能な堆肥化事業者が、経済的・効率的に本プラント設置することが可能と示している。このように、経済性を見る上では、既存事業の親和性が重要となる。なお、事業採算性検討結果の詳細は株式会社サナースらの FS 報告書を参照されたい。

表 2.3.8 事業採算性検討比較

項目	堆肥売上計上		堆肥売上なし	
	算定値	単位	算定値	単位
想定する事業概算予算	721,000	千円/5 年	721,000	千円/5 年
想定する事業概算予算	7.11	億円	7.11	億円
事業開始後収入見込み	95,609	千円/年	25,294	千円/年
事業開始後支出見込み	22,200	千円/年	22,200	千円/年
収益（収入－支出）	73,409	千円/年	3,094	千円/年
（初期投資÷収益）	9.7	年	229.8	年
売上高に対する初期投資比率	91	%	91	%

（出所）株式会社サナース／山興緑化有限会社「平成 30 年度～令和元年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／混合バイオマスによるガレージ型乾式メタン発酵システムの事業性評価（FS）」（NEDO）2019 年

② 液肥利用の調査

液肥利用を想定する場合、実現の難易度は事業主体（形態）によって異なる。**農家が主導するメタン発酵事業の場合**は、農地への液肥利用は比較的容易に実現可能で、発生する消化液に見合う面積を有しているかが課題となる。その際、多くの場合、液肥の貯留量は 3 か月から 5 か月分におよび、大きな貯留槽設置する必要があることにも留意する。

一方で、**事業主体に農家がいない場合**は、前項までに述べたとおり消化液の液肥利用は困難なケースが多いのが現状である。ただし、自治体によっては液肥散布に力を入れている地域もあるため、まずは、設置しようとする自治体への相談から始める。また、地域の農協などの協力を仰ぐことも有効である。

液肥の散布可能量の検討においては、単純に周辺の農地面積を合計するのではなく、あくまで液肥利用に賛同する農家の農地面積が必要となる。そのため、計画の早い段階から液肥利用を許容できる農家のあたりをつけておくことが重要である。

また、液肥利用の計画をより具体化する際には、消化液中の肥料成分濃度の分析（特に窒素濃度の推定が重要）を行う。液肥に限らず肥料の施肥基準は、都道府県が把握しているため、都道府県へ相談し、施肥量を確認するようにする。

その他、本ステップは以下を検討する必要がある。この前段として、原料供給場所、消化液利用の効率性、用地確保、周辺住民への環境影響等を踏まえてメタン発酵プラントの位置を決める必要がある。

表 2.3.9 液肥利用の検討事項

- 想定するメタン発酵設備からの消化液発生量の算出 ※原料と処理量から算定可能
- 生成される消化液に含まれる窒素濃度の推定（原料に依存）※原料と処理量から算定可能
- 消化液の液肥利用先の散布候補先の調査
  - 周辺地域の稲作の状況、稲作の裏作の調査（農地面積）
  - 栽培されている野菜類の種類と生産量の調査および農地面積
- 圃場面積の調査
  - メタン発酵プラントから 5,10,20,50km 圏内の農地面積の合計を行う事例もある。
  - プラント位置が決まっていない場合は、複数個所を想定しての計算を行う
- 散布候補先への説明と理解醸成

❑ 消化液液肥の十分な散布圃場の確保の目途が立っているか？その他、サテライトタンクの検討は行ったか？

- ❑ 消化液液肥の十分な散布圃場を確保できているか？
- ❑ 消化液液肥の散布先からは理解を得られているか？
- ❑ 消化液発生量を上回る散布面積を確保できているか？

消化液には、原料に含まれている窒素、リン、カリウムなどの肥料成分がそのまま残留する。この時、窒素はアンモニア態となっている。消化液を直接水域へ放流すると水質汚染を引き起こすので水処理が必要であるが、水処理にはコストがかさむので、**条件が許す限り、農地で利用する可能性を追求すべき**である。

第一の分岐点は、メタン発酵施設の近隣に生成される消化液を散布できる農地が存在するかどうかの見極めである。遠隔地への消化液の散布はコストがかさみ温暖化対策上も薦められない。消化液の生成量は原料の量と同じと考えてよい。

具体的には、文献より類似原料で生成される消化液の窒素濃度を推定し、原料の量と合わせて年間窒素生成量を求める。農地への消化液による窒素施用量を 30～70kgN/ha・年[15]とし、メタン発酵施設からの 5～20km 圏内の農地面積を土地利用図等から求めて、消化液の農地利用の可能性を判断する。

なお、消化液の一部を農地利用し、水処理量を減じるという考え方もある。また、消化液の利用が可能であることを前提に収集原料の量、メタン発酵施設の規模を決めるという考え方もある。

自社散布先農地を確保できず外部に供給する場合は、**地域の農家からの理解と、十分な面積の農地の確保が鍵となる。FS 時点では消化液がまだない状態で農家に数年先の協力を取り付けは難しいため散布先の想定を置くことが重要である。**消化液は現時点ではそれほど知名度は高くないため、農業関係者でもその性質を理解できている人は少ないのが現状である。そのため、こうした農業関係者に対しても消化液液肥の散布に係る説明を十分行うことが必要である。

散布先の農地については、事業期間中に需要家の**液肥利用量が減少することも想定し、一定の余裕をもった面積を確保**できることが望ましい。

こうした「出口」の確保の目途が立った段階で**水分の添加や、移送、槽内温度調整、アンモニア濃度を考慮した物質収支をもとに、利用する消化液液肥の散布量、散布回数等を設定**する必要がある。

[15] 専門機関へのヒアリングより。作物によって異なることに留意されたい。稲作の場合は 10kgN/ha 前後との報告もある。

コラム：液肥濃縮技術の可能性

濃縮技術の開発背景

メタン発酵設備から発生する消化液は液肥として利用されている。しかしながら、消化液の固形物濃度は一般的に 3%～5%と低く、ほとんどが液体である。また、その中に含まれている総窒素は 3,000mg/L～6,000mg/L、アンモニア性窒素濃度としてはその内約半分程度である。

通常は窒素などの肥料成分から施肥量を決定するが、散布する液量が多くなるために散布機の運転や散布後の土壌に影響があることが多い。

また、施肥の時期は限られているので貯留量も多くなり建設費がかさむ一因となっている。運搬量も多くなるために運搬費用もかさむ一因となる。

そこで、散布量の提言と肥料成分の濃縮を兼ねて消化液の濃縮技術は従来より検討されてきた。共通する原理は減圧し比較的低い温度で水分を蒸発させるというものである。

技術的課題

しかしながら、現状では普及しているとは言えない。大きな理由としては次の 2 点が考えられる。

＜液肥濃縮技術の課題＞

その１：外部エネルギーの確保

・ 減圧すると蒸発温度は下がるが、減圧ポンプ（真空ポンプ）の動力がかさむ。

その２：蒸発後の凝縮水の水質

・ 消化液中には揮発性のアンモニアや低級脂肪酸（VFA）が含まれており、蒸発後凝縮水となった場合に凝縮水中に水質汚濁物質が多く含まれることになる。凝縮水は蒸留水とは異なる性状であることに十分に留意をしておく必要がある。

先行事例の取組

先行事例では、このような問題点を解決する試みが現在検討されている。ヒアリング調査によると特徴は次のとおりである。

＜液肥濃縮技術の課題に対する解決策の例＞

・ ヒートポンプを採用することにより減圧濃縮時の熱エネルギーを発電機からの温水で賄い外部からの熱エネルギーを不要とした。

・ さらに、アンモニアや VFA の揮散を極力抑えるためにｐＨを低下させ、ｐＨの低下に伴う発泡減少を抑制することにより直接河川に放流可能な凝縮水を得られるとしている。

このシステムでは濃縮側の消化液（濃縮液肥）の固形物濃度は 10%程度となり従来の消化液の 2 倍～4 倍程度に濃縮される。このことにより、濃縮液肥中の窒素成分も消化液を直接散布する場合に比べて 2 倍～4 倍濃い濃度となっている。一般的には消化液を直接散布するとアンモニア成分が先に揮散し有効な窒素成分の一部が利用できない場合がある。この濃縮液肥であれば消化液中に含まれる窒素成分を有効に利用できる。また、散布量も従来より大幅に削減できるとしている。

③ 水処理設備の検討（放流基準調査）

液肥利用を行わずに**水処理を選択する場合**は対象水域や下水道の放流水質基準を確認し、これらの基準に見合う水処理性能の検討を行う。

❑ 放流先となる公共水域または下水道施設への放流基準の確認ができているか？

- ❑ 排水処理を行う場合、放流先の河川や下水の放流基準を把握したか？
- ❑ 排水処理を行う場合、対象地域の公害防止条例や公害防止協定等の有無、並びに放流基準値を確認したか？
- ❑ 水質汚濁防止法における放流基準の調査を実施したか？

消化液の液肥としての利用ができない場合は、薬注した固液分離後の液分（ろ液）中の有機物について、**排水基準や水質環境基準など放流先の受入基準に適合するまで処理し放流**する必要がある。

放流先は**公共水域と下水道施設に大別され、建設候補地がどちらに該当するのか確認**する必要がある。通常、**公共水域の方が厳格な放流基準が設けられており、排水処理コストが増大**する傾向にある。

排水処理設備の選定および計画に際しては、こうした処理目標水質に加えて**消化液の量および BOD などの性状を把握したうえで処理方法や装置規模を決定**する。

工業用水・井水使用時の留意事項

プロセス用水はその量と水質を事前に把握しておく必要がある。水処理施設で使用するプロセス用水は、**生物処理の場合の希釈水**、**薬注脱水設備における凝集剤の溶解水**および**放流時の希釈水**、**脱臭設備における補給水**などである。

特に脱水設備および脱臭設備におけるプロセス用水は薬品の性能に影響を及ぼす可能性があるので、**プロセス用水に井水を使用する場合**には**事前に水質分析を実施し確認しておく**ことが必要である。井水の水質項目とは**鉄、マンガン、塩素イオン、ろ過等の前処理の有無など**である。

排水処理における薬剤・電力コスト

排水処理プロセスの**薬剤や電力などのコストが事業の成立性を左右**することもあるため、可能な限り詳細に検討し、システム選定することが望ましい。さらに**放流基準によってはリンや色度なども除去しなければならない**場合もあり、排水処理設備の設置と運転のコストは大きいものとなる可能性がある。

このように地域の放流基準によって**排水処理プロセスの対応が異なるため、放流については地元住民や行政との十分な調整**を行うことが望ましい。そのうえで処理や放流のための希釈方法などとも併せて合理的な方法を見出す必要がある。

全窒素・全リンに関する留意事項

原料中の全窒素、全リンはメタン発酵で減少せず、ほぼそのまま消化液に移行する。ろ液の脱窒素処理のためには、ろ液の全窒素量の約 3 倍の BOD を必要とし、**別途有機物を供給する必要が生じる**場合もある。

脱水設備の薬剤に関する留意事項

脱水設備における**高分子凝集剤（ポリマー）などの薬剤を使用する場合**、**薬剤費用が運転費に占める割合が大きい**ため、脱水設備の方式については早期に詳細検討を行う必要がある。

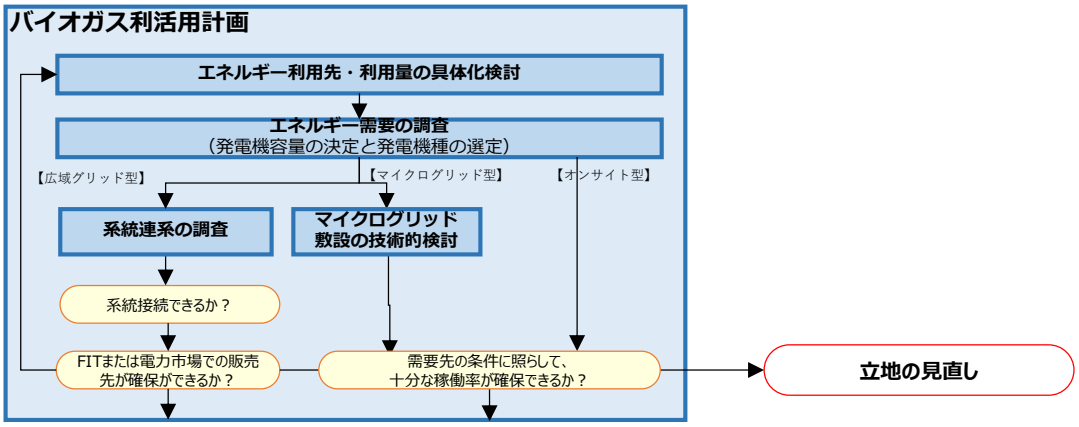
水処理設備の騒音に関する留意事項

ばっ気用の送風機は騒音源になる可能性があるので**防音措置のある室内等に設置**する。理想的には、消化液の量と有機物の濃度について変動を見込み、**変動に追従できるように、送液量、ばっ気送気量を調節**できるように設計することが望ましい。

3.Ⅱ.2 バイオガス利活用計画

施設の設備構成の検討のステップでは構想段階で検討した電気または熱の利用先と利用量を具体化し、それぞれ後述する事業タイプ別にエネルギー需要の調査を行う。

現状、国内のメタン発酵施設の多くが広域送電網に接続しているが、**オンサイトで電力供給や熱供給を行う場合**は供給先を特定し、得られるエネルギーを有効に利用する計画の立案が必要である。



① エネルギー利用先・利用量の具体化検討

発電事業の場合、併設する需要先に直接供給する**「オンサイト型」**、地域内の特定箇所に供給する**「マイクログリッド型」**、FITなどを利用し電力市場に売電する**「広域グリッド型」**の３つスキームのいずれかを選択する。

熱供給・利用の場合は、構想段階で検討した近隣の熱需要先候補について、メタン発酵施設で生成した熱を供給するか、バイオガスを輸送し需要先でガスボイラー等で熱を生成するかについて検討する。

❑ エネルギー利用・供給先と利用量は決まっているか？

❑ 発電装置の場合、メーカーのカタログ値そのままでの検討がなされていないか？

FS 段階ではバイオガスのエネルギー利用先を具体化するとともに、需要先で必要なエネルギー量を把握する必要がある。

メタン発酵施設からの電力供給のシミュレーションを行うにあたり、発電装置の出力や効率などのスペックについて**メーカーのカタログ値**をもとに計算する事業者が多いが、これは理想的な値であり**実際の設備とギャップがある可能性**に留意する。

木質バイオマスエネルギー分野で行われることが多いが、カタログで示された出力や効率の妥当性を確認するには、**メーカーより物熱収支表（ヒートマテリアル・バランス表）を入手する**ことで査定が可能である。

売電事業の営業提案に係る留意事項

FIT 制度が開始されて以降、コンサルタントやメーカーから売電事業の投資案件としてメタン発酵施設導入の営業提案を受ける事業者が増えている。こうした営業活動において提示される資料の中では**理想的な前提条件のもと、異常に高い事業性が記載されていることが少なくない。**

具体的には**設備稼働率が非現実的に高い値**であったり、投入する**原料からのバイオガス発生量が実際より高い**、**排水処理がコスト計上されていない、消化液を全量液肥として販売することを想定している**等により、実際よりも採算性が良い結果として提示されることがある。そのため、こうした**前提条件に関する各々の数値には必ず根拠について確認する**ことが必要である。

また、メンテナンスコストが O&M 費に占める割合も無視できない。実際、**見掛の事業性を良くするために実際には生じる大規模メンテナンスを計上しない**メーカーがあるので注意が必要である。

❑ バイオガス発生量調査を踏まえて、発生するバイオガス発熱量は、想定するエネルギー需要を賄うのに十分か？

FS 段階ではバイオガスのエネルギー利用先および供給先を具体化するとともに、需要先で必要なエネルギー量を把握する必要がある。その際、2 章で検討した**原料からのバイオガス発生量の持つエネルギー利用と、自家消費するエネルギー量を鑑み**、供給可能量を把握する。

特に寒冷地の場合は、生成したバイオガスの一部を発酵槽の加温に利用するため、こうした自家消費分を考慮したエネルギー供給を検討する必要がある。売電する場合、通常**発電量のうちの 10～20%が自家消費として利用**される。

FIT 事業の場合は発電量の全量を電力会社が買い取ることが義務付けられているため、需要変動を考慮する必要はないが、**特定の施設に供給する場合は電気・熱ともに需要量の季節変動・日変動に合わせた供給**が求められる。

❑ 熱需要の規模感は想定できているか？

メタン発酵槽の加温によるエネルギー消費

メタン発酵施設では、特に寒冷地域のケースを中心に生成した**バイオガスの一部を利用して発酵槽を加温する**ことが多い。そのためエネルギー利用を検討する場合はこうした**自家消費分を考慮**する必要がある。

FS 事業者の検討：寒冷地域におけるメタン発酵槽加温

阿寒農業協同組合では、FS の中で、水分率の高い家畜ふん尿の分離液分のみを利用したエネルギー需給バランスを推計した。その結果、下図のとおり、発生バイオガス発熱量が冬季のエネルギー需要量を下回った。そのため、未利用ふん尿を追加することで、通年で余剰エネルギーを創出でき、外部へのエネルギー供給を可能とした。

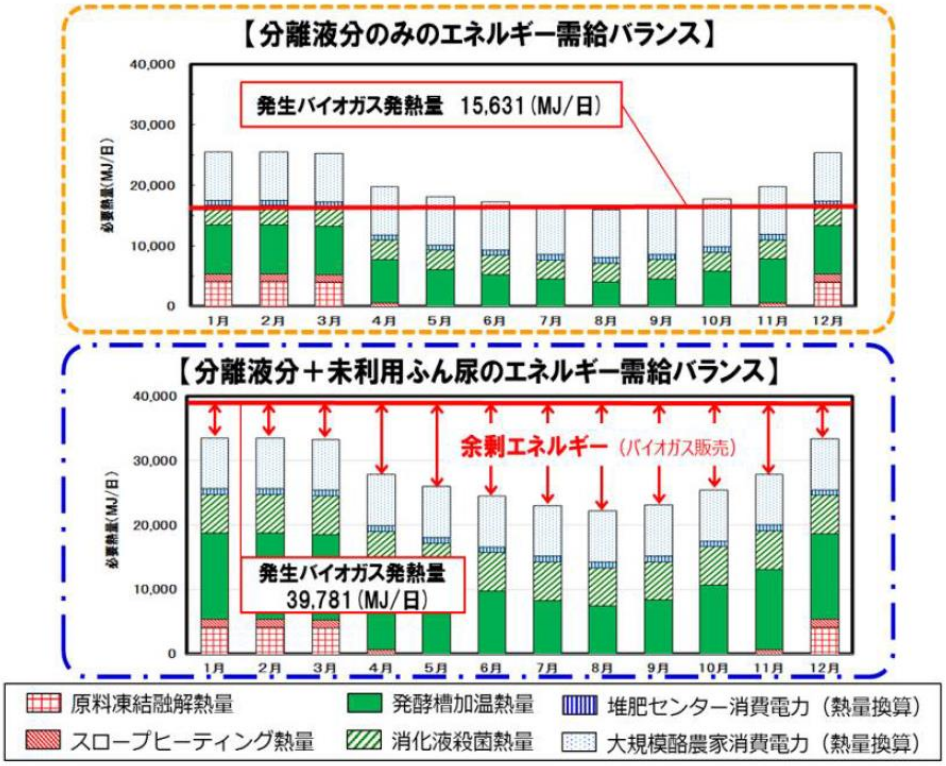


図 2.3.8 バイオガスによるエネルギー需給バランスと年間推移の例

（出所）阿寒農業協同組合／エア・ウォーター北海道株式会社「平成 28 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2017 年

バイオガス発生量の変動

メタン発酵施設における**バイオガス発生量も変動**することにも留意が必要である。原料の性状が均質で 24 時間連続的に投入可能であればバイオガス発生量は一定にすることができる。しかし、多くの場合は**性状の変動や一日のうちの一定の時間に原料を投入するバッチ処理が行われるため、日々のバイオガス発生量も変動**する。これらを踏まえた**ガスホルダーの規模の確保やエネルギーの供給形態を考慮**する必要がある。

実証事業者の検討：乾式メタン発酵システムのガス発生量変動

NEDO 実証事業者である株式会社富士クリーンの乾式メタン発酵施設における運転開始後のバイオガス発生状況は下図のとおりである。原料 1t あたりのバイオガス発生量、1 日のバイオガス発生量、バイオガス濃度比率のいずれも変動を繰り返しながら推移していることがわかる。安定したエネルギー供給・利用のためにはバイオガス発生状況を安定させることが不可欠である。株式会社富士クリーンではバイオガス発生状況に係るパラメータの目標値を定め、投入原料およびバイオガスの性状などの各種データを分析しながら安定したバイオガス発生量を達成するためのノウハウを蓄積している。

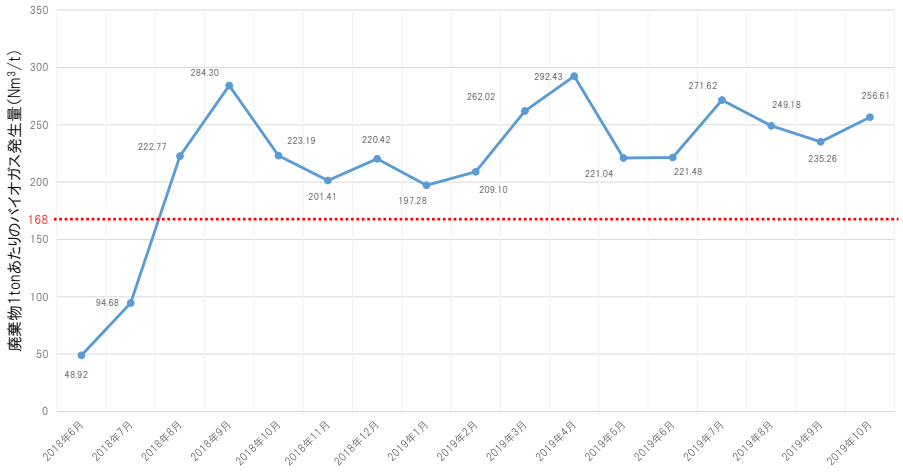


図 2.3.9　株式会社富士クリーンにおける廃棄物 1t あたりのバイオガス発生量の推移の例※赤線は目標値
（出所）株式会社富士クリーン提供資料

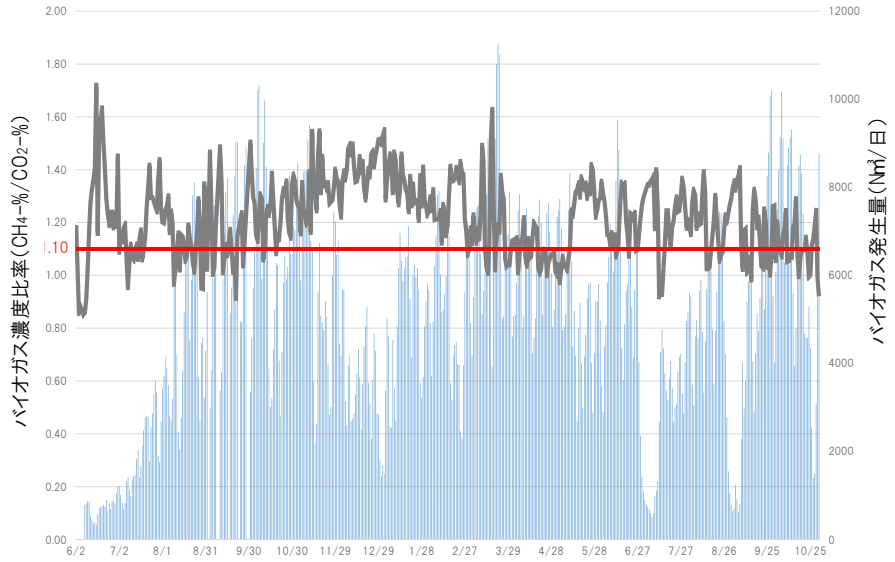


図 2.3.10　株式会社富士クリーンにおけるバイオガス発生量(右軸)および濃度比率(左軸)の推移の例※赤線は目標値
（出所）同上

設備規模の考え方と設備導入の留意点

各原料からのエネルギー化設備としては発生するバイオガスエネルギーの発電設備やガスボイラーなどの熱利用設備があり、利用する際の設備選定方法、およびバックアップ設備導入に関する留意点を記載する。まず概略エネルギー量を把握できる方法の一例として、乳牛飼養頭数 300 頭規模の場合の試算を以下に示す。

1) バイオガス発生量

バイオガスの発生量は下式により算定できる。

バイオガス発生量＝Σ{バイオマス利用可能量 × 投入率 × バイオガス発生原単位}

（m³/日）　（種別：t/日）　（m³/t）

既出の値を用いて、本例では下式のように算出した。

(300×0.065)×0.12×0.8×0.35×808≒529（m³/日）

(頭数×ふん尿量/頭・日)×TS×VS/TS×VS 分解率×単位バイオガス発生量＝バイオガス発生量（m^3/日）

よって、乳牛 300 頭規模酪農家における 1 日あたりのバイオガス発生量は 529m^3 となる。

2) 消費熱量（発酵槽・原料の加温）

施設における消費熱量は、発酵槽からの放出熱量＋原料の加温熱量により算定できる。

(発酵温度 − 外気温) × 発酵槽表面積 × 放出熱量 × 24 時間 × 1/1,000＝発酵槽表面からの放出熱量

(℃)　(℃)　(m^2)　(kJ/m^2/℃)　(MJ/日)

外気温は、便宜上 0℃とし、発酵温度は中温（37℃）とした。

発酵槽表面積は、直径 10 m、発酵期間は 30 日として算出した値に、安全率をかけ 1.1 倍とした値を用いた。以上から、本例では下式のように求めることが出来る。

(37 − 0))×423.9×1.26×24×1/1,000 ≒ 475(MJ/日) ①

(発酵温度 − 原料温度) × 投入原料 × 4.186 × 1/1,000 =原料加温熱量

(℃)　(℃)　(kcal/℃)　(kJ/kcal)　（MJ/日）

冬期間の原料温度は 0℃（未凍結）として計算を行った。加温熱量は下式で求めることができる。

(37 − 0)×19,500×4.186×1/1,000＝3,021 (MJ/日) ②

以上から、消費熱量を求める。

①+②=(475+3,021)÷24≒145.7 (MJ/ h)

よって、本例における消費熱量は 145.7MJ/h となる。

3) 発電電力量と設備規模の選定、導入の留意点

乳牛ふん尿から得られたバイオマスをメタン発酵し、そのエネルギーを電力に変換し利活用する場合、発電電力量は下式で求められる。上記で算出したバイオガス発生量に、メタン濃度、メタン発熱量、そして発電効率を乗じた値である。バイオマスにおけるメタン濃度は一般的な 60%として算出を行った。発電効率は、発電装置の種類により異なるが、本例では 35%とした。

$$\text{発電電力量} = \left\{\left(\text{バイオガス発生量} \times \text{メタン濃度} \times \text{メタン発熱量} \div 3.6\right) \times \text{発電効率}\right\}$$

（kWh）　（m³/日）　（MJ/m³）　（MJ/kW）

上記値を用いて本例の値を算出すると、以下のとおりとなる。

46.0（kW）≒｛(529×0.6×35.8÷3.6)×0.35｝÷24

よって、乳牛 300 頭規模酪農家における時間あたりの発電電力量は 46.0kW となる。この値から、発電装置は 46.0kW 以上のものを選定すればよい。

発電機導入に関する留意点としては、以下が挙げられる。

＜発電装置導入の留意点＞

- 騒音について配慮する必要がある。
- 設置場所について、法律を考慮する必要がある。また、設置届なども必要である。
- 設備設置に伴い、有資格者などを配置する必要がある。
- 発電効率、熱効率、総合効率（発電効率＋熱効率＝総合効率）を考慮する必要がある。
  （発電をメインにする場合は、発電効率の良い機械を導入するなど）

4) ガスボイラー発熱量と設備規模の選定、導入の留意点

メタンガスを燃焼させて熱利用する際の、最大利用可能熱量は下式にて表せる。上記で算出したメタンガス発生量にメタン熱量、ボイラー効率を乗じた値である。ボイラー効率は 80%程度と設定する。

メタン発酵施設では、発生した熱量の一部を発酵槽の温度維持と消化液の殺菌に利用する。発酵槽は、低温であれば 25℃、中温であれば 37℃、高温であれば 52℃程度にそれぞれ維持する必要があり、外気温と槽内の温度差によって必要な熱量も変化する。また、熱利用の場所によっても熱の輸送過程で損失を生じるため、熱利用場所までは近いことが望ましい。

下式で得られた値は、発生熱量を全量利用する場合の算出であるため、実際にガスボイラーを用いて燃焼させ熱を利用する場合には、前述事項を考慮する必要がある。

$$\text{最大利用可能熱量} = \left(\text{バイオガス発生量} \times \text{メタン濃度} \times \text{メタン発熱量} \times \text{ボイラー効率}\right)$$

（MJ/日）　（m³/日）　（MJ/m³）

上記値を用いて本例の値を算出すると、以下のとおりとなる。

379（MJ/ h）≒（529×0.6×35.8×0.8）÷ 24

市販のバイオガス燃焼ボイラーは、105kW（378MJ/h）以上のものが一般的であり、本例ではこの 105kW 規模のボイラーを選定するとよい。

バイオガス利用設備を屋内に設置する場合は、ガス検知装置・逆火防止装置を設置し、監視・十分な換気を行う。

効率よくボイラーの熱を利用するためには、温水タンクに発酵槽の加温装置や、給湯装置を接続するとよい。ガス圧が低い場合は、圧力制御弁を備えたコンプレッサーを接続する必要がある。

ガスボイラー導入に関する留意点としては、以下が挙げられる。

＜ガスボイラー導入の留意点＞

- 騒音について配慮する必要がある。
- 設備の仕様書を確認し、原料の成分や水分量を考慮する必要がある。

  （シロキサンが含まれていないか、硫化水素の濃度は適正かなど）

5) バックアップボイラーの設備規模、導入の留意点

使用しているボイラー等が故障などにより停止した際の、バックアップ機としてのボイラーを設置する場合、前述の消費熱量の値を用いる。上述の試算例における消費熱量は 379MJ/h であり、LPG や灯油での使用も可能な市販のボイラーであれば、前述と同じ一般的な最小サイズ 105kW（379MJ/h）を用いるとよい。

バックアップボイラー導入に関する留意点としては、以下が挙げられる。

＜バックアップボイラー導入の留意点＞

- 騒音について配慮する必要がある。
- 使用する燃料（LPG/灯油）による仕様の違いを考慮する必要がある。
- 水道直結型ボイラーであれば水道法施工令により設置するが以下のような注意が必要である。
  - 使用階での器具吐出圧が満足していること。
  - 使用配管材料は、国の構造材料基準に適合していること。
  - 施行は指定給水装置工事事業者が行うこと。
  - 給湯還り管は接続不可。

実証事業者の工夫：撹拌機に必要なエネルギーの省力化

阿寒農業協同組合では、施設内の省エネルギー化の工夫として、メタン発酵槽における以下のような**傾斜式撹拌機を採用**した。

従来の撹拌方法は、円筒状の発酵槽において 15kW クラスの水平撹拌機 2 台（モーターは槽外）および水中撹拌機 2 台（発酵槽内）、合計 4 台の大型撹拌機を設置するのが一般的である。これに対し、本システムの撹拌機は 15kW の傾斜式撹拌機を 1 台のみを設置する。傾斜式撹拌機は、1 台で槽内内容物を斜め 8 の字に動かすことができるため、少量の電力で効率的な撹拌が可能となり、**従来消費電力に比べ 4 分の 1 の省エネルギー化を実現**した。

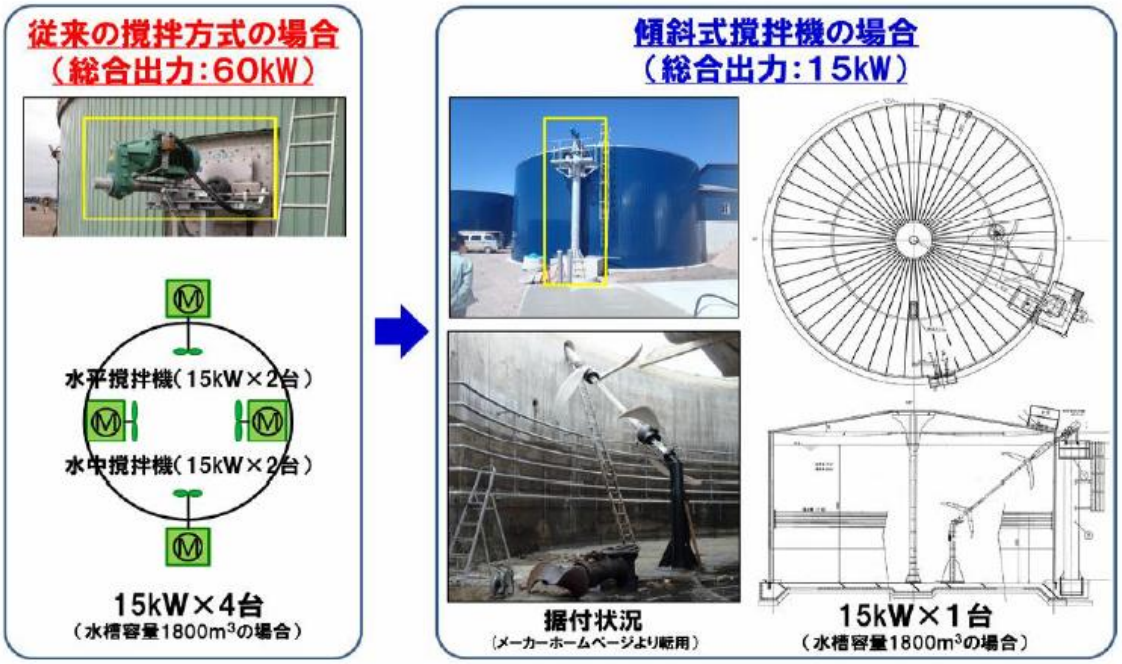


図 2.3.11　傾斜式撹拌機の採用による電動機出力の違い

（出所）阿寒農業協同組合／北海道エア・ウォーター株式会社「平成 28 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業　家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2017 年

コラム：バイオガスのガス利用（導管注入）を検討する際の留意事項

バイオガスの都市ガスへの供給例として、新潟県長岡市長岡中央浄化センターが挙げられる。この施設では、日平均 83,000m^3（平成 15 年度末実績）の流入下水があり、併用開始当初から嫌気性消化を行っている。バイオガスの発生量は約 1,770,000m^3/年であり、このうち 35%はガス加温用ボイラーの燃料として、残りの 65%の余剰ガスを自家消費すると共に、都市ガス燃料として供給している。2015 年度実績では年間 487,000m^3 の精製ガスを、北陸ガス株式会社に供給し、一般家庭約 800 世帯分（一般家庭の年間都市ガス消費量を 600m^{3}と換算）の都市ガス消費をまかなっている。北陸ガス株式会社では 1999 年度から北陸ガス蔵王工場でバイオガスを受入れており、その受入れ実績は表 2.3.10 に示すとおりである。

表 2.3.10 バイオガスの受入実績

2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度
395	377	419	445	487

（単位：千 m^3、45 MJ/m^3）

（出所）株式会社バイオガスラボ提供資料より作成

以下の図は、長岡市と北陸ガスが整備しているバイオガス供給設備のフロー図である。長岡市は精製設備・供給設備および場内の導管（250m）を設置し、北陸ガス株式会社は、それ以外の導管（500m）および精製ガスの受入れに必要な付帯設備を設置し、管理している。バイオガスの精製は、費用的に安価で豊富な処理水を利用できることから、湿式（液吸収方式）を採用し、二酸化炭素を除去している。

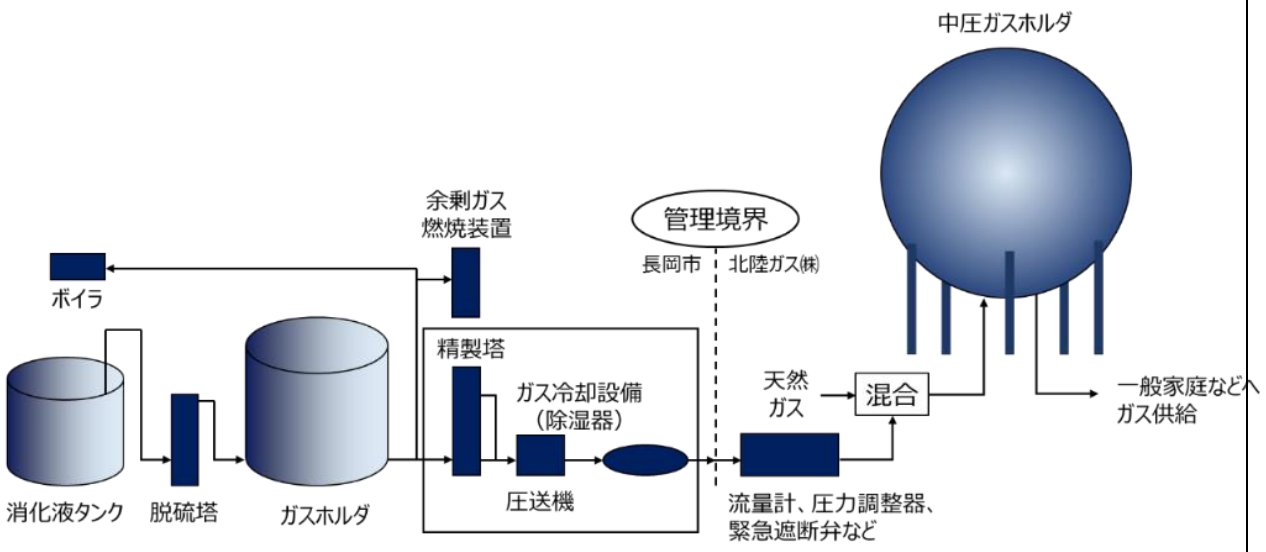


図 2.3.12 バイオガス供給設備のフロー図

（出所）株式会社バイオガスラボ提供資料

都市ガスの導管注入は、**①バイオガスからメタンを精製、②都市ガスと同等の成分、熱量に調整、③付臭、都市ガスの導管へ注入**という段階を経て行われる。こういった都市ガスへのバイオガス供給は、一部の国内のガス会社でも取り組まれており、その注入条件（バイオガスの購入要領）は下表ののとおりである。

表 2.3.11 バイオガスの購入要領（ガスの組成等の基準）

項目	A 社	B 社
標準熱量	45 MJ/m^{3}N	—
総発熱量	44.2～46.0 MJ/m^{3}N	44.2～45.42 MJ/m^{3}N
ウォッペ指数	52.7～57.8	—
燃焼速度	35～47	—
比重	1.0 未満	—
硫化水素	1.0 mg/m^{3}N	検出せず
全硫黄	5.0 mg/m^{3}N	0.00 g/m^{3}N
アンモニア	検出せず	—
付臭濃度	12～16 mg/m^{3}N	—
水素	4 vol%以下	—
一酸化炭素	0.05 vol%以下	—
酸素	0.01 vol%以下	—
窒素	1.0 vol%以下	—
二酸化炭素	0.5 vol%以下	—
受入温度	0～40℃	5～30℃
受入圧力	受入地点による	—

（空欄は同条件、取り消し線は記載なし）

（出所）株式会社バイオガスラボ提供資料より作成

その他、導管注入に関する留意点としては、以下が挙げられる。

＜導管注入の留意点＞

・ボイラー等の内部に蓄積し、燃焼トラブルを引き起こす可能性があるため、シロキサンを除去する。

・原料収集、加工コストを見越した計画をたてる。

・熱量が低いため、熱量調整器を追加する。

・安定的な原料の確保をする。

② エネルギー需要の調査

オンサイト型発電事業を目指す場合は、設置先のエネルギー需要（電気・廃熱利用）調査し、前項で検討したエネルギー供給可能量と照らし合わせて余剰量および不足量を確認する。また、需要変動についても季節別、時間帯別、並びに年別に調査することが望ましい。その他、余剰電力の逆潮流可能性についても検討する必要がある。

なお、**マイクログリッド型発電事業を目指す場合**は上記に加え、自営線の敷設に関する技術的検討を行う。その際、自営線の敷設・管理運営・供給責任などの負担について理解した上で、設置・運営に係る技術・法制度・経済性の検討を行う。

熱供給・利用の場合は、構想段階で検討した近隣の熱需要先候補について、現在のエネルギー使用状況（燃料種、燃料使用量、設備設置年等）を把握し、ボイラー設置先を検討する。その際、熱需要候補先のエネルギー消費量および需要変動などの条件に照らし合わせて十分な稼働率を確保できるかを確認する。電力同様に熱の需要も季節変動が大きいため、十分な調査が必要である。そのうえで、構想段階で作成した熱需要先の候補を選抜し、ヒアリングによる意向確認を行う。

この時点で十分な需要先の確保が難しい場合は、立地や事業計画の見直しを行う。

＜オンサイト型およびマイクログリッド型の場合＞

- ❑ **季節別、時間帯別での電力および熱の需要特性が把握できているか？**
- ❑ 需要先の設備・システムの実際の効率を踏まえた需要予測がなされているか？

特に外部にエネルギー供給を行う場合は、供給候補先の電力または熱需要量の変動を把握し最適な条件を検討する。エネルギー需要は季節変動や 1 日の時間帯によって変動するだけでなく、**同じ月でも毎年異なる他、曜日によっても変動**することに留意する。

実証事業者の検討：電力需要の調査

NEDO 実証事業者である株式会社富士クリーンでは、複数の候補施設に対して電力供給を検討したが、**施設毎に月別、週別、曜日別の需要量の変化まで詳細に把握し、シミュレーションを行ったうえで最適なエネルギー供給形態を検討**している。

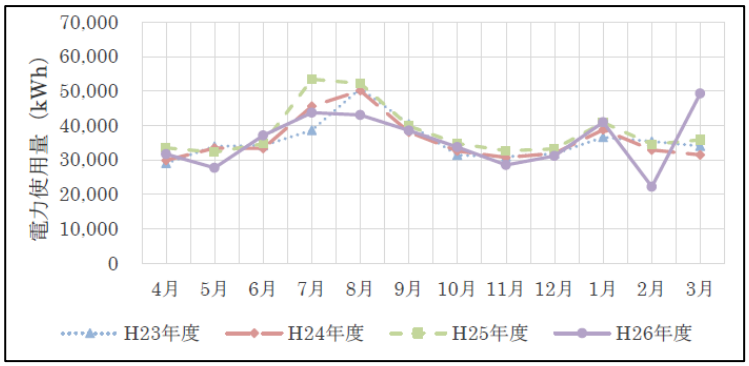


図 2.3.13 月別の電力需要の整理イメージ

（出所）株式会社富士クリーン／栗田工業株式会社「平成 27 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 地域における混合系バイオマス等による乾式法を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価（FS）」（NEDO）2016 年

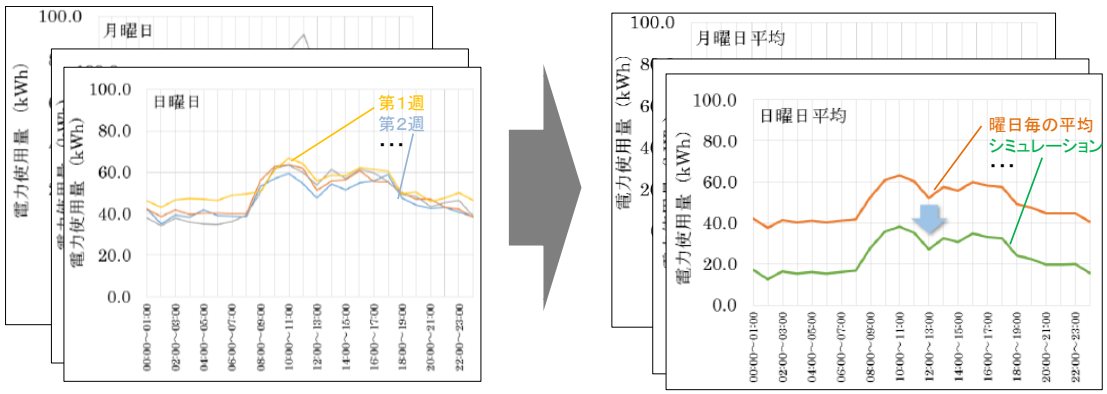


図 2.3.14　日ごとの平均的な電力需要の推移と発電装置導入のシミュレーションのイメージ

※右図では矢印の区間分だけ削減できるので緑色の実線が導入後の買電量となる

（出所）株式会社富士クリーン／栗田工業株式会社「平成 27 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業　地域における混合系バイオマス等による乾式法を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価（FS）」（NEDO）2016 年

FS 事業者の検討：原料の季節変動を考慮したエネルギー収支の検討

産業廃棄物などを原料とする集中型となる場合、原料の季節変動が大きいため、調達資源と運用方法の工夫を図る必要がある。FS 事業者である北土開発では、安定して通年で調達可能な肉牛ふん、ビートパルプのほかに、調達期間に季節性がある製糖工場からの脱水汚泥、野菜残渣を組み合わせて設備の通年の稼働率を高めるとともに、当初計画していた受入量では、夏季の発電量に余剰が発生するため、野菜残渣の受入量を増加させ、野菜残渣の乾燥用設備の電源に用いることを検討した。

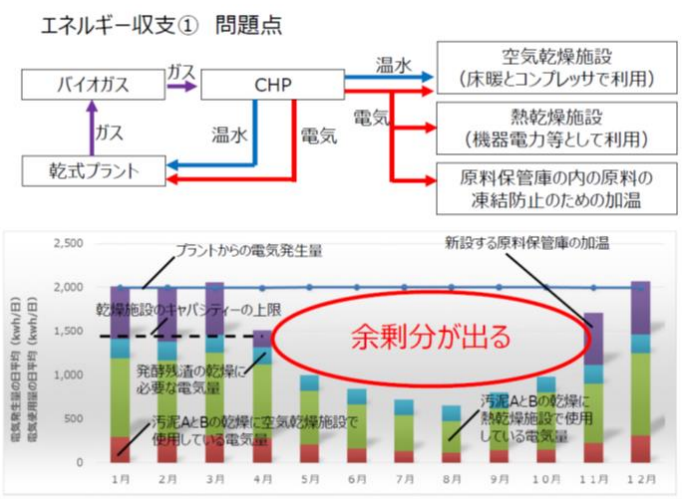
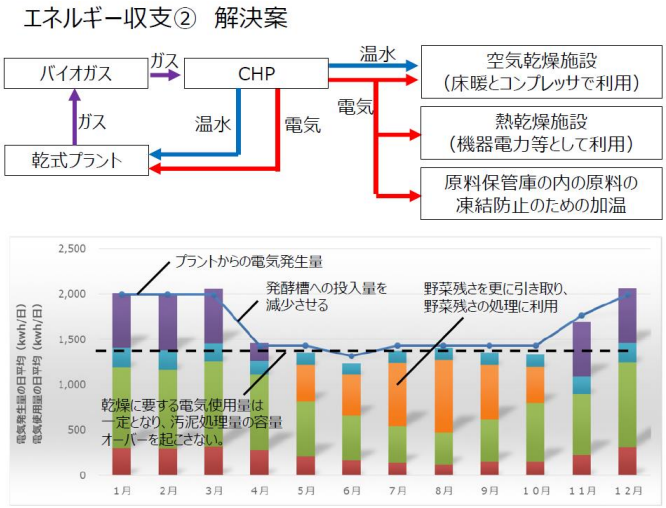


図 2.3.15 野菜残渣受入量増加前の余剰発電量の発生

（出所）株式会社北土開発「令和元年度～令和２年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業　地域自立システム化実証事業／製糖工場汚泥と肉牛ふんを主原料とした乾式メタン発酵バッチシステムの事業性評価（FS）」（NEDO）2021 年



3）エネルギー収支（解決案適用後）

バイオガス発生量を一定にした場合には、発生させたエネルギーを使い切ることができないことから、発酵槽へ投入する原料量を減らし、エネルギーを使い切る形に変更した。変更案は以下の通り。

1月～3月	・現状のままでエネルギーのほとんどを使い切る
4月～5月	・余剰エネルギーが発生するため、発酵槽への投入量を想定の 75%へ減少 ・発酵原料以外の野菜残さを更に受け入れ乾燥処理を行う。
6月	・余剰エネルギーが発生するため、発酵槽への投入量を想定の 70%へ減少 ・発酵原料以外の野菜残さを更に受け入れ乾燥処理を行う。
7月～10月	・余剰エネルギーが発生するため、発酵槽への投入量を想定の 75%へ減少 ・発酵原料以外の野菜残さを更に受け入れ乾燥処理を行う。
11月	・余剰エネルギーが発生するため、発酵槽への投入量を想定の 95%へ減少
12月	・現状のままでエネルギーのほとんどを使い切る

図 2.3.16 野菜残渣の受入量を増やした場合の発電量と電力需要

（出所）株式会社北土開発「令和元年度～令和２年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業　地域自立システム化実証事業／製糖工場汚泥と肉牛ふんを主原料とした乾式メタン発酵バッチシステムの事業性評価（FS）」（NEDO）2021 年

❑ **供給候補先の既存設備の運転状況、費用などを考慮しメリットのある電気・熱供給の仕組みとなっているか？また候補先と具体的な協議を行っているか？**

メタン発酵設備で生成されたバイオガスの用途は、電気、熱、ガス利用が考えられ、周辺エネルギー消費施設あるいは地域社会のエネルギー需要に最適な供給方法を選択する必要がある。

FS 段階では需要先があることを「想定」するのではなく、具体的な協議のもと蓋然性を判断しないと事業性を見誤ることになる。

エネルギー供給先との協議

エネルギー需要は電気需要、熱（温水）需要、ガス需要など複数の選択肢があるが、いずれの場合も、メタン発酵設備のエネルギー出力の**一部を自家消費分として、自身の設備の自立エネルギーとして利用する**ことが基本となる。その上でエネルギーの供給先（需要側）との協議が必要である。

需要側が電気および熱需要を求めている場合は、バイオガス発電機を導入すれば、電気および温水を同時に供給できることから、全体の熱利用効率が向上する。一般に、小型の発電機の発電効率は大型に比べ劣るため、排熱効率と合わせた総合的な熱利用は重要である。

需要側が熱需要のみを求めている場合は、従来型の燃焼機器であるバイオガスボイラーが適しており、温水のみの供給になるが全体の熱効率は比較的高くなる。

需要側がガス需要を求めている場合は、バイオガスの直接供給が望ましい。この場合は、全体の熱効率が最も高くなる。

＜主に熱供給の場合＞

❑ 需要先のシステムの更新時期や老朽化の状況などは確認できているか？
❑ 需要先のシステムで現在使用している化石燃料の量・費用など把握したうえで、需要者にメリットのある熱供給の仕組みをつくれるか？

外部にエネルギー供給を行う場合、前項で示した算出方法に基づき、メタン発酵設備において生成する全エネルギー量、エネルギー（バイオガス）の自家消費率から外部供給できるエネルギー量を算出する。

そのうえで、エネルギーを利用する需要先の設備状況やエネルギー利用状況を把握することが必要となる。エネルギー需要先としては、事業所、工場、農家、公共施設などが考えられ、それぞれにおける利用状況を把握しエネルギー供給を検討する。

その際、供給候補先の需要家の**既存の設備の老朽化状況、化石燃料使用量、運転費用などを把握しメタン発酵施設由来のエネルギー（熱、ガス等）を利用するメリットを提示**することが重要となる。

その他、エネルギー供給を行う際に検討すべき内容の一例を以下に示す。

＜エネルギー供給を行う場合の検討項目の例＞

１．需要先で使用しているエネルギー利用機器

- 電気機器、化石燃料ボイラー、暖房機器、給湯機器などの種類・基数を調査する。
- それぞれの機器が使用しているエネルギー種（購入電気、灯油、軽油、重油、LP ガス、天然ガスなど）、使用量、購入単価を把握する。

２．需要先へのエネルギー供給量

- メタン発酵設備から供給（代替）できるバイオガス由来電気、熱（温水）、バイオガス量を試算する。
- 供給・販売単価は、売電であれば現在使用している電力会社と同等の単価で取引できるかどうかを協議することとなる。
- 熱（温水）販売については、灯油熱量換算単価などを用いて供給単価とする。

③ 系統連系の調査

FIT 売電などの「広域グリッド型」の場合、もしくは自家消費を目的としつつも**逆潮流の発生が見込まれる場合**は、電力会社に連系希望地点付近の系統状況について任意の事前相談と接続検討の申し込みが必要となる。

接続困難の場合は立地の再検討を行う必要がある。

＜広域グリッド型の場合＞

- ❑ **電力会社の系統アクセス調査で空き容量が確認されているか?**

- ❑ 系統連系に必要な給電設備の追加に関する電力会社の費用請求手続きを理解し把握しているか？
- ❑ 系統連系のアクセス可能な用地が選定されているか?

昨今の再生可能エネルギーの導入量の増加に伴い、一部の地域では系統設備の空き容量の観点から、新規の発電設備の接続ができない事例が発生している。実際の接続可否については、送配電事業者に接続検討を申し込むことで、電圧や周波数、系統に与える影響などの技術的な観点で**必要工事費用の概算値を含めた回答を得ることができる。**なお、高圧系統への接続を検討する場合は 1 回答あたり 22 万円の費用が発生し、この回答までに 3 か月程度を要する。

接続検討の申込みを行う前段階でも、特別高圧系統の空き容量（新規の接続可能量）については各送配電事業者のホームページからも事前に確認することができ、高圧系統についても送配電事業者への事前相談を申し込むことで空き容量の情報を得ることができる[16]。

接続可能量に空きがある場合でも条件によっては、送配電事業者から連系不可の回答や、発電量を下げる設備の導入を要求されることがある。具体的には、逆潮流する電力量に時間変動が見られ、その調整が困難である場合や、地域の電力需給バランスに[17]よって系統設備の周波数維持の観点で新規の連系が受け付けられないケースが該当する。

[16] 各送配電会社の Web サイト例：https://www.occto.or.jp/access/kentou/
[17] https://www.hepco.co.jp/network/renewable_energy/fixedprice_purchase/reception.html#RECEPTION_METHOD

FS 事業者の検討：液化バイオメタン（LBM）の生産・輸送

エア・ウォーター北海道株式会社では北海道十勝地域において複数のメタン発酵プラントからのバイオガスを収集し、液化バイオメタン（LBM）として工場に供給する事業を実施している。

バイオメタンの捕集・輸送

地域内に点在する酪農家が有するメタン発酵設備から効率的にバイオガスを捕集・輸送するシステムを構築した。同社は 2021 年現在、十勝地域で既にメタン発酵設備を導入している 2 件の酪農家と契約を結び事業化を行っている。近年、北海道地域では酪農家が FIT 制度を利用したバイオガス事業を計画するも、系統容量の制約の問題から実現できないケースが相次いでおり、バイオガスの販売先の確保と付加価値化の観点でエア・ウォーター北海道の事業モデルが注目されている。

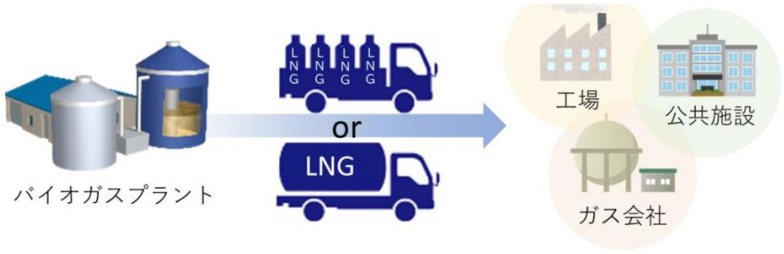
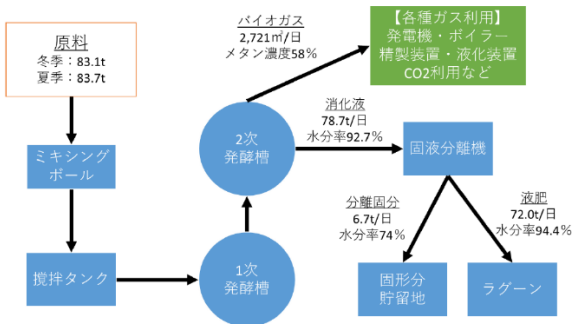


図 2.3.17 液化メタン運搬イメージ

（出所）エア・ウォーター北海道株式会社「令和元年度～令和２年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／家畜ふん尿に由来する液化バイオメタンの都市部へのエネルギー供給システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）

事業主体別の採算性の検討（FS 時点）

NEDO FS 時点では酪農家において導入したメタン発酵施設内でバイオガスを精製後そのまま液化するシステムを検討した。物質収支と試算のエネルギー収支に係る想定パターン（①～③）は以下のとおりである。本検討では事業主体について、酪農家自身がバイオガスプラントの稼働、各種生成物の販売まで一貫して行うケースと、プラント運営会社が酪農家からふん尿を収集し、バイオガスプラントの稼働、各種生成物の販売を行う 2 ケースを比較した。



	パターン①	パターン②	パターン③
プラント必要熱量	バイオガスから供給	バイオガスから供給	バイオガスから供給
プラント必要電力	バイオガスから供給	バイオガスから供給	電力会社から購入
牛舎消費電力	バイオガスから供給	電力会社から購入	電力会社から購入
余剰ガス＝液化メタン量	小	中	大

図 2.3.18 システムの物質収支（左）と想定するエネルギー収支のパターン

（出所）エア・ウォーター北海道株式会社「令和元年度～令和２年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／家畜ふん尿に由来する液化バイオメタンの都市部へのエネルギー供給システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）

上記に基づく採算性の検討結果は以下のとおりである。事業の収益性を見ると、プラント運営会社が事業主体の方が、ふん尿処理費や再生敷料販売費の収入増が見込めるため、投資回収年数が短くなるという結果が得られた。事業主体が農家の場合は、牛舎等でのエネルギー消費量、電気代削減等の効果が見られるが、有資格者の配置等の実施体制、事業の収益性という観点から、プラント運営会社が事業主体の方が望ましいという FS の結論となった。なお、詳細なコスト等の前提条件はエア・ウォーター北海道の FS 報告書を参照されたい。

表 2.3.12 事業採算性に関するまとめ

			パターン①	パターン②	パターン③
事業主体：農家	液化メタン販売量	m^3/日	0.84	1.31	1.59
	収入額	千円	59,738	93,639	113,744
	支出額	千円	70,589	79,371	94,014
	収入ー支出	千円	-10,851	14,269	19,730
	投資回収年数	年	-	44.3	31.7
事業主体：プラント運営会社	液化メタン販売量	m^3/日	0.84	1.31	1.59
	収入額	千円	104,981	129,860	149,964
	支出額	千円	84,728	93,510	108,153
	収入ー支出	千円	20,253	36,350	41,811
	投資回収年数	年	31.8	17.4	15.0

（注）いずれも設備投資に対する 2 分の 1 の補助金が得られた場合
（出所）エア・ウォーター北海道株式会社「令和元年度～令和 2 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／家畜ふん尿に由来する液化バイオメタンの都市部へのエネルギー供給システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）

バイオガスの精製・液化方式の検討

しかしながら、FS 時点ではメタン発酵施設内のオンサイトでバイオガスを精製、液化するシステムを検討したが、高圧ガス保安法等の有資格者が必要になることが課題に直面した。そのため、現在はオンサイトで精製せず、バイオガスの状態のまま活性炭に吸着させたうえで、低圧（1MPaG 未満）でエア・ウォーター北海道の産業ガス工場まで輸送し、バイオメタンに精製並びに液化する形式を採用している。同工場では有資格者やガス液化設備が既にあるため、農家の負担なく低コストの液化バイオメタンの生産を可能としている[18]。

表 2.3.13 高圧ガス保安法に基づく有資格者の配置

選任区分	必要資格	配置数
保安統括者	なし	事業所ごとに最低 1 名
保安統括者代理	なし	保安統括者ごとに 1 名
保安係員	高圧ガス製造保安責任者 （甲・乙・丙種化学） ※甲・乙種は機械でも可	製造施設区分・直ごとに 1 名 代理者も 1 名必要（資格不要）

（出所）エア・ウォーター北海道株式会社「令和元年度～令和 2 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／家畜ふん尿に由来する液化バイオメタンの都市部へのエネルギー供給システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）

メタンの分離・液化バイオメタンの製造

エア・ウォーター北海道では、収集したバイオガスを適切に抽出し、液化バイオメタンを安定的に製造する技術の確立についても目指している。同社が北海道鹿追町での「家畜ふん尿由来水素を活用した水素サプライチェーン実証事業（環境省事業）」で実績のあるバイオガスの膜分離技術および、産業ガスの製造に係る極低温のハンドリング技術を活用して、メタン純度 99%以上の液化バイオメタンの製造に取り組んでいる。

液化バイオメタンの使用・品質調査

また、液化バイオメタンが LNG の代替燃料として消費可能であることを示す品質実証についても取り組んでいる。国内では液化バイオメタンを消費した事例はないため、脱炭素化を推進している四つ葉乳業株式会社にて LNG 代替消費が可能であることを示し、サプライチェーン全体の温室効果ガス削減率が 60%以上であることを実証する。

近年、環境意識の高まりから、再生可能エネルギー由来のガスの需要が増加しつつあり、既存の都市ガスユーザー（工場）において、化石燃料利用量の削減のため液化バイオメタンを LNG に添加するモデルの普及を目指している。

[18] 液化メタンの製造は高圧ガス保安法にあたり、製造施設には保安係員等の高圧ガス取扱資格保有者を配置する必要がある。

また、札幌周辺での LNG トラックの燃料や大樹町でのロケット打ち上げの燃料としての活用も想定している。

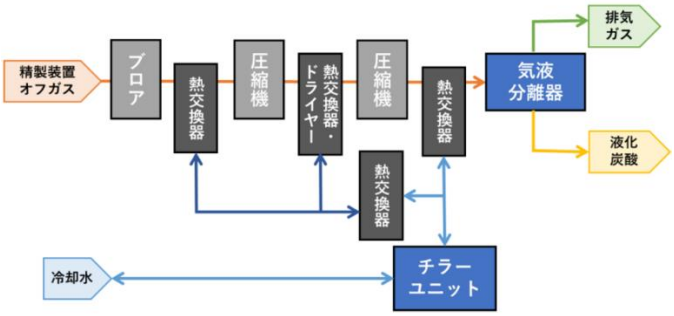
分離した CO_2 の利用方法の検討

その他、FS ではバイオガス精製時に分離した CO_2 の利用方法として液化炭酸製造とドライアイス化の 2 方式を検討し、2021 年現在は事業性の観点で液化炭酸製造方式を採用している。

ドライアイス化は、上記事業化時点では設備コストの観点で導入には至っていないが、販売単価は高く、今後液化バイオメタンの生産規模拡大と併せて実施予定となっている。

液化炭酸製造装置

液化炭酸製造装置の概略フローおよび主要仕様は下図のとおりである。水蒸気飽和の状態である精製装置オフガス（10kPaG、30°C を想定）をブロアにより昇圧し、チラーの冷却水との熱交換により冷却、水分の除去を行う。その後 1 段階目の圧縮を行い、再び冷却水との熱交換、ドライヤーによる乾燥を経て、露点を下げる。2 段階目の圧縮により高圧となったガスを冷却水との熱交換により冷却し、液化炭酸を製造する。二酸化炭素ガスから液化炭酸への変換率は 95%となっており、気液分離タンクにて液化炭酸と一部の未凝縮のガスを分離する。本装置では冷媒には水を用いている。



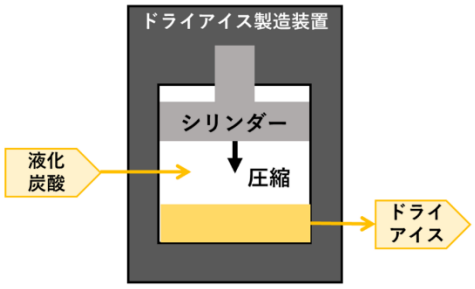
【主要仕様】
処理量：50 ㎥/h
冷却水：6t/h
液化炭酸温度：-25℃
液化炭酸圧力：2.0MPa
液化炭酸への変換率：95%

図 2.3.19　液化炭酸製造装置の概略フロー

（出所）エア・ウォーター北海道株式会社「令和元年度～令和２年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／家畜ふん尿に由来する液化バイオメタンの都市部へのエネルギー供給システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）

ドライアイス製造装置

本装置では高圧の液化炭酸をスノーハウスの中に噴射し、急速に減圧し固化するために粉末状のドライアイスが生成される。それらを油圧シリンダーにより圧縮することで、ブロック状のドライアイスを製造する。本装置の概略フロー、主要仕様は下図に示す。



【主要仕様】
製造能力：65kg/h
装置重量：220kg
消費電力：1.5kW
寸法：530×710×940mm
ドライアイス重量：1kg
ドライアイス密度：1.35~1.45kg/l
ドライアイスへの変換率：42%

図 2.3.20　ドライアイス製造装置の概略フロー図・主要仕様

（出所）エア・ウォーター北海道株式会社「令和元年度～令和２年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／家畜ふん尿に由来する液化バイオメタンの都市部へのエネルギー供給システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）

上記の液化炭酸製造装置を用いた場合の液化炭酸の製造量、および製造された液化炭酸の全量をドライアイス製造装置に供給し、ドライアイスを製造した場合の各種製造物量は以下のようになる。

・液化炭酸：原料ガス 50 ㎥/h →液化炭酸 90kg/h=2,164kg/日=789t/年
・ドライアイス：液化炭酸 90kg/h → ドライアイス 38kg/h=909kg/日＝332t/年

フェーズⅢ 設計施工段階

バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の設計施工段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.3.14 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の設計施工段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
3.Ⅲ.1	**消化液液肥利用の詳細検討**	消化液の散布場所と散布量が決まっているか？	
		関係者と消化液、固形残渣などの副生物の処理・有効利用について合意が得られているか?	
		消化液の散布場所と散布量に基づき貯留槽容量が決められているか？	
		液肥および再生敷料供給先の農家のコスト削減効果を把握できているか？	
		消化液液肥の大まかな年間利用計画を策定し、消化液液肥の輸送・散布体制について検討しているか？	
		その地域の土壌種類や栽培方法に合わせた消化液液肥の利用方法を検討しているか？（可能であれば、類似事例の実際の液肥を使って栽培試験を行った方がよい）	
		特に食品廃棄物の場合、消化液の液肥利用効果について、類似事例の実際の液肥を使って栽培試験を行っているか？	
3.Ⅲ.2	**FIT 事業申請**	＜広域グリッド型、FIT 事業の場合＞FIT の事業申請は受理され ID を取得済みか？	
3.Ⅲ.3	**接続契約・売電契約**	電力会社との接続契約と売電契約は締結済みか?	
		＜広域グリッド型、FIT 事業の場合＞優先給電ルールに基づく出力抑制対象外に該当し得るかどうかの検討を行ったか？また、該当する場合、地域型バイオマス指定の手順について理解し準備ができているか？	
3.Ⅲ.4	**エネルギー供給契約**	＜主に熱供給事業の場合＞供給先の倒産リスクや需要変動リスク等についての規定が盛り込まれているか?	
		＜広域グリッド型、FIT 事業の場合＞FIT については調達価格等算定委員会等の情報収集を行い、制度設計見直し等の動向が確認できているか?	
		再生可能エネルギー推進施策の動向についての情報収集がされているか?	

3.Ⅲ.1 消化液液肥利用の詳細検討

設計施工段階では FS 段階の検討結果を用い、消化液の液肥利用の詳細検討を行う。本ステップで実施する項目は以下のとおりである。消化液の散布場所の検討については、水田、麦、その他の野菜等に分け栽培農家や栽培面積などの調査をする。また、施肥設計では散布量および散布時期の検討も行う必要がある。

表 2.3.15 設計施工段階における消化液液肥利用の検討項目

対象事業	実施事項
液肥利用を行う場合 （自家消費、外部供給共通）	・ 消化液の散布場所の検討（水田、麦、野菜別に栽培農家や栽培面積等を調査） ・ 施肥設計（散布量および散布時期の検討も含む） ・ 想定原料の成分から消化液中の肥料成分濃度の推定 ・ 液肥利用先の栽培作物と必要散布量の調査 ・ 消化液利用候補農家への説明 ・ 消化液の搬送、散布実施者の検討、必要車両・機械・機器の整備 ・ 消化液のコストの検討（条件別） ・ 消化液の殺菌方法・工程の検討 ・ 消化液の殺菌のために必要なエネルギーの検討と設計への反映 ・ 貯留槽容量の検討 ・ 貯留槽の配置の検討（メタン発酵施設のある敷地外にも中継貯留槽を設ける場合）
液肥を外部供給する場合	・ 供給先（農家等）のコスト削減効果の評価 ・ 「肥料の品質の確保等に関する法律」における登録手続きの準備

なお、液肥を外部供給する場合は、他の場所における消化液を利用した当地での栽培試験を実施し、その効果を地域の農家に理解してもらうといった取り組みも有効である。液肥利用開始後は、定期的に関係者で会合を持ち、運用ルールの見直しや年度計画等を行うことが望ましい。

また「肥料の品質の確保等に関する法律」については、運転開始後、消化液が発生し始めた段階で肥料登録が必要となる。消化液中の成分は稼働開始後も一定ではないため、定期的に肥料成分を確認することも重要である。

その他、畜産系バイオマスの場合は、再生敷料の生産可能量および供給先の検討も行う必要がある。

なお、設計施工段階における液肥利用の詳細は以下の参考文献を参照されたい。

＜液肥利用に係る参考文献＞

- 農研機構「メタン発酵消化液の畑地における液肥利用－肥料効果と環境への影響－（2012 年 3 月）」
- 農研機構「メタン発酵消化液の輸送・散布計画の策定支援モデル（2014 年 3 月）」
- 一般社団法人 地域環境資源センター「消化液の肥料利用を伴うメタン化事業実施手引（2016 年 3 月）」
- 中村真人「窒素循環の観点から考えるメタン発酵消化液の液肥利用[19]」
- 中村真人・柚山義人・山岡 賢・折立文子「畑地におけるメタン発酵消化液の液肥利用 －肥料としての特徴と利用に伴う環境影響－、水と土、2013[20]」

[19] http://seneca21st.eco.coocan.jp/working/nakamura/56.pdf
[20] http://www.mizutotuti.jp/mizutotsuchi/pdf/mizutotsuchi169.pdf

＜液肥利用の場合＞

❑ 消化液の散布場所と散布量が決まっているか？

設計施工段階では、実際に見込まれる原料投入量から消化液発生量を算出し、**具体的な散布先の面積および散布量を把握**する。また、この時おおよその散布場所も決まっている必要がある。

そのうえで、**合理的な液肥の運搬、散布方法などを選定し、液肥の散布時期と散布量についても検討**する。なお、地域により異なるが、概ね**水田では 4 月～6 月、牧草地では 4 月～8 月が散布に適した時期**といわれている。散布量は、各品種の**窒素、リン、カリウム施肥基準を参考**に定める。

自家消費以外において、液肥利用に理解を示す農家は最初は少なく、施設が完成してもすぐに全量が散布可能となることは非常に困難である。したがって、この時点で、似たような施設において発生している消化液を運搬し、実際の栽培試験を行い地元の農家の理解を得るといった取り組みを行っている事例もある。

なお、消化液の安全性を高める観点から、**殺菌槽等を設け、消化液を加熱殺菌し、雑菌や雑草の種子を不活性化**させる必要がある。

❑ 関係者と消化液、固形残渣などの副生物の処理・有効利用について合意が得られているか?

液肥利用協議会の設置

液肥利用に成功している事例では、液肥利用という方向性が出た段階で、関係者が集まった液肥利用協議会を立ち上げているケースがある。この協議会は市役所、普及センター、JA、農家、有識者等で構成されることが多い。こうした組織を通じて役割分担を決めて、専門家の意見を踏まえつつ、その地域に合った利用計画を策定していく。

まずは、**協議会で視察、勉強会等を行い、関係者で液肥利用についての理解を深める**ことが重要である。そのうえで、散布対象圃場の条件や料金、申し込み方法、集金方法などの液肥利用のルールを検討していく。

協議会における議論の際は、**農業関係者は液肥の利用に詳しいわけではない**こと、**関係者はそれぞれ立場があるのでそれに配慮すること**に留意する必要がある。例えば、肥料事業を実施している JA は必ずしも液肥利用に前向きではないことがある他、普及センターも農家に的確な指導をする責任があるため、新しい肥料の導入に慎重になる場合がある。したがって、事業者自身がこうした関係者の事情に配慮して、主体的に調整を進める必要がある。

なお、メタン発酵施設の建設最終段階では、液肥利用に係る栽培歴およびマニュアルの作成を行う。そのうえで利用申し込み受付を開始する。

❑ 消化液の散布場所と散布量に基づき貯留槽容量が決められているか？

施設計画の段階で散布候補となる圃場と十分に調整し、確保された還元圃場の面積・散布量・散布時期に合わせて、消化液を貯蔵する施設（貯留槽）を設置する必要がある。

消化液の貯留日数は地域によって異なるが、**液肥として散布できない期間（寒冷地の場合、通例 180 日間程度）に貯留するための十分な設備容量が必要**となり、広い敷地面積を要するため、計画初期に運用方法、構造を定める必要がある。また、散布する作物の施肥の時期や量も容量を決める際の参考となる。

貯留設備は**開放型と、密閉型に大別**される。**経済性から開放型が選択されることが多い**が、その場合**降雨や降雪、蒸発の影響を受ける**ことに留意する。なお、貯留槽内は液の性状を**均質化するための撹拌設備を設ける**ことが望ましい。その場合、貯留槽内でもバイオガスが生成する。

❑ 液肥および再生敷料供給先の農家のコスト削減効果を把握できているか？

液肥利用にあたっては、**液肥の販売費で多くの利益を上げることは難しい**ため、近隣の農家とも必要に応じて協議し、現実的な販売価格を設定する必要がある。また、散布機などを保有している農家は少ないために事業者側が散布機を用意し、散布までを行う事例もある。したがって、散布の手間賃なども考慮に入れておく必要がある。

実証事業者である阿寒農業協同組合では、**原料調達先である組合員に対して無償で液肥を提供**している。同組合では、毎年一定額の組合費を受領しながら、堆肥センターとメタン発酵施設を運営しているが、提供する**堆肥、液肥、再生敷料、その他熱利用などの各要素の収益性を考慮**しながら、組合員の費用負担を最小限に抑える努力をしている。

❑ 消化液液肥の大まかな年間利用計画を策定し、消化液液肥の輸送・散布体制について検討しているか？

消化液は原料の投入量に応じて日々生成されるが、消化液の農地での利用は作物等の栽培計画に応じて時期的変動が大きい。このため、**メタン発酵施設内またはその他の場所に消化液貯留槽を設ける**必要がある。その規模は大きいものでは年間消化液生成量の半分に至ることもある。規模は、消化液の生成量の利用量の時間変化をシミュレーションして決定する。天候の状況により農地施用ができない日があることに注意する。

液肥の輸送・散布体制の検討

消化液を利用するためには、農地まで消化液を輸送（搬送）する車両、消化液を散布する車両・機器を整備する必要がある。車両や機器は、当該地域の道路事情や農地の大きさ・形状を踏まえて大きさや台数を決定する。基肥と追肥で施用方法が異なる場合があること、牧草地、水田、畑・樹園地などの地目によって異なることに注意が必要である。肥効率を高め臭気や揮散を抑制するために、施用直後にロータリーをかけたり、消化液の土中注入を行う場合もある。車両や機器の保管庫も必要である。また、**どの組織がその役割を担うか、必要な人員配置と雇用について検討**を進める。

消化液の需要ピークの平滑化

消化液の需要のピークを平滑化することは、車両や機器の大きさや台数、人員を抑えるために重要である。一方、車両や機器は故障したりメンテナンスのため使えない時期があることも考えておかなければいけない。

前述のとおり、消化液貯留槽は貯留するべき日数と消化液量から求められるが、必要な時期に必要量を散布する必要があり、散布には時間を要するため散布日程を十分に検討しておく必要がある。この際運搬車両の手配等も考慮し、複数の貯留槽を配置する場合もあり得る。その場合は 2～4 週間程度のサテライトタンクの検討も必要である。

FS 事業者の検討：消化液の膜処理による高濃度液肥生産の検討

JA ゆうき青森では NEDO の FS を経て、2018 年よりながいも残渣を原料にしたメタン発酵設備を導入している。同組織では、FS 時点で以下のような消化液の膜処理に関する工夫を検討した。

消化液利用の工夫（膜の導入検討結果）

中部地方以西の酪農家は敷地内で牧草を作らず質の高い輸入飼料を入れているので乳量が多いのに対し、青森県の酪農家は牧草を自分で栽培している。乳量を確保するためには高品質な牧草を栽培する必要があり、そのためにメタン発酵による液肥が注目されている。

消化液は肥料成分の密度が低いと低い単価でしか販売することができないため、FS 事業では消化液の膜処理についても検討した。しかし、肥料成分が 2～3 倍未満であり、投資対効果の観点で実際のプラントでは採用を見送った。

現在は消化液の水処理を行いながらも、一部は農地利用を開始しており、数年間かけて全量利用を目指している。

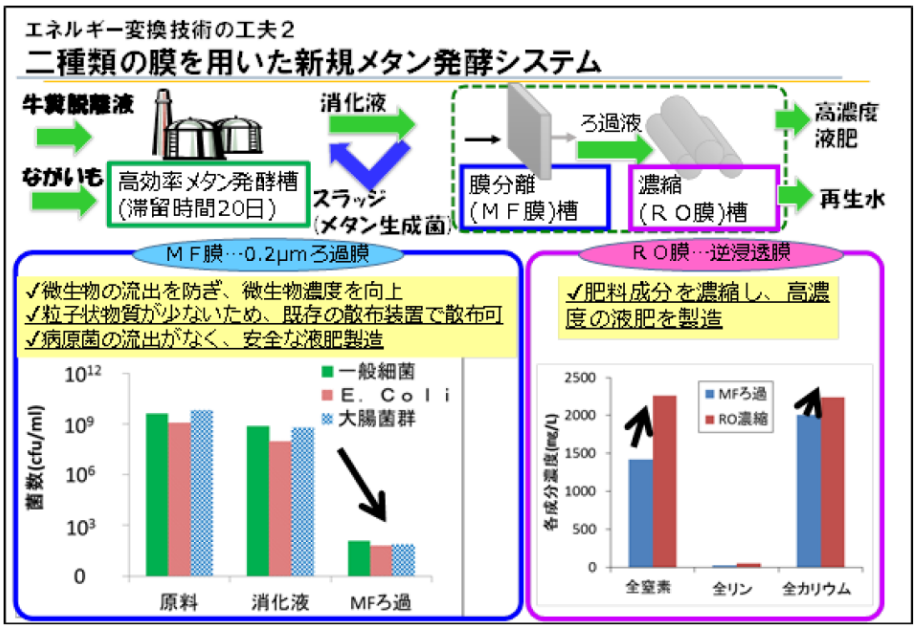


図 2.3.21　二種類の膜技術を用いた新規メタン発酵システム

（出所）株式会社小桝屋、ゆうき青森農業協同組合、東洋紡エンジニアリング株式会社「ＪＡがのぞむ地域未利用資源を活用したバイオマスエネルギー有効利用システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）

- ❑ その地域の土壌種類や栽培方法に合わせた消化液液肥の利用方法を検討しているか？（可能であれば、類似事例の実際の液肥を使って栽培試験を行った方がよい）
- ❑ 特に食品廃棄物の場合、消化液の液肥利用効果について、類似事例の実際の液肥を使って栽培試験を行っているか？

地域の土壌種類や栽培方法に合わせた液肥の利用方法の検討

国内においても農地の土壌は非常に多様であり、土壌に応じた栽培作物の選定と施肥の検討が行われるべきである。したがって、消化液の農地利用は、土壌診断に基づく施肥設計を行って実施するべきである。この際、公設農業研究センター等の指導を受けることが望ましい。消化液だけで作物栽培に必要な肥料成分を賄うことはできない場合、できるだけ多くの消化液を利用することを前提に化学肥料で不足成分を補うことを検討する。

消化液の農地施用は、作物、基肥と追肥の別を踏まえて計画する。類似事例を収集し考察するとともに、可能なら他地域から類似性状と思われる消化液を入手し、栽培試験を行うことが望ましい。後述するようにラボ試験の消化液を使ってポット試験を行うケースもある。

少なくとも、消化液利用予定農家に実施現場を視察してもらい、自らの地域で行うに際しても課題と解決策を明らかにする。消化液を利用するには試行錯誤がある。ノウハウを蓄積して、地域によりふさわしい方法を追求する姿勢を関係者で共有したい。

液肥利用による作物の栽培はその種類、施肥方法、施肥量の確認が重要である。特に**原料に食品廃棄物が混入する場合**には、**その効果を事前に明らかにするために栽培試験を実施しておく**ことが望ましい。実施困難な場合は、国内の消化液散布試験事例を参考にして、作物の生育阻害や消化液の散布計画未達を防ぐ必要がある。

栽培試験の実施

消化液の性状はバイオガス施設が処理する原料により窒素、リン、カリの含有割合が大きく異なってくる。食品残渣を主体とした、または一部混入しているメタン発酵施設においてこの点は重要となる。加えて、イネ、麦、デントコーン、牧草、野菜によっても施肥の時期、施肥の量などが異なるため、施肥方法検討に加え栽培試験を行うことが必要である。

栽培農家に対しても液肥利用の効果を理解してもらう必要がある。また、**効果の確認には一定期間が必要であり、2、3 年の栽培確認が必要な場合**も多くみられる。そのためには施設が完成し、稼働したのちの消化液を使っての効果確認では遅すぎる場合がある。類似の性状を持つと考えられる他の施設において発生している消化液を利用した栽培方法の確認ができれば施設稼働時点からの消化液の利用が可能となる。確認方法としては、**ポット試験や実際の農地での試験**が考えられるが、できれば**地域の農業試験場または大学と協力して適切な野菜と適切な施肥量を検討する**のが良い。

なお、先行事例のうち、原料が特殊なケースでは、メタン発酵施設の設計段階でもラボ試験を行っていることがある。その際の消化液および原料の肥料成分を分析するとともに、一定量を確保のうえポット栽培試験を行うことができれば、液肥利用適性の予備的な検討ができる可能性がある。

市役所、普及センター、JA、農家などの関係者は基本的に消化液に対する知見を有していないため、実際に肥料効果があることを自分の目で確認してもらうことが円滑な液肥利用のために望ましい。

消化液の利点

メタン発酵設備では、家畜ふん尿はメタン発酵の過程で**有機物が分解され、水分率が高く、小粒径・低粘性の消化液**が排出される。消化液はメタン発酵の過程で**低級脂肪酸（酢酸、酪酸など）や硫黄化合物（硫化水素、メチルメルカプタンなど）の悪臭成分のほとんどが消滅している**ことから扱いやすいものとなっている。

消化液は N、P、K、Mg、Ca など多量の肥料成分を含有しており、窒素成分は、全窒素に対するアンモニア態窒素の割合が約半分を占めるのが特徴である。すなわち、通常の**堆肥や生ふん尿（主に北海道で利用される）は肥料効果の低い有機態窒素の割合が高い**のに対し、**消化液は即効性の高い無機態窒素が多く含まれる**。また、消化液は生ふん尿に比べ、一般に pH が高く、**病原性微生物の大部分が死滅し、雑草種子が不活性化**している。

消化液の散布のタイミングおよび施肥設計上の留意点

一例として、草地における消化液の散布のタイミングおよび施肥設計上の留意点は以下に示す。

①消化液の散布のタイミング

消化液はスラリー貯留槽において貯留され、草地に散布する場合は、**早春（1 番草萌芽期）、夏（1 番草刈取後）、秋（2 番草刈取後）の 3 回**のタイミングで散布されることが多い。**散布量は一回当たり 20～40t/ha、平均 30t/ha** である。

②消化液の肥料効果に基づいた施肥設計

消化液に含まれる肥料成分は給与飼料の種類、混合する排水の多少によって変動する。**消化液中には窒素、リン酸、カリウムなどの肥料成分が多く含まれている**ことから、その肥料効果を評価して施肥設計を立てることになる。なお、**カドミウム、鉛、ヒ素、水銀などの重金属の含有量は極めて低い**ことから、重金属が圃場に過剰に集積する心配は少ない。

FS 事業者の検討：鶏ふんメタン発酵による高品質肥料の開発

肥料メーカーであるインターファーム株式会社では、NEDO FS 事業において鶏ふんメタン発酵システムにより肥料成分を地域内で循環させるサーキュラーエコノミーシステムを検討した。

高品質肥料による付加価値化

鶏ふんを原料としたメタン発酵残渣の肥料成分は、乾物として窒素 8%、りん酸 5%、カリ 4%となる。肥料成分を維持したままの乾燥方法について再度考察する必要があるが、窒素 8%、りん酸 5%、カリ 4%の有機肥料となり、市場価格：200 円/20kg 程度の発酵鶏ふんと比較して、10 倍程度の市場価格を設定出来ると想定される。本方式で得られる発酵残差は従来の方式の物と比べて高い肥料成分を有し、高価格での販売が可能と考えられる。

「肥料の品質の確保等に関する法律」の公定規格で定められた基準成分を含有していない肥料は普通肥料としバイオガスの収入ではなく付加価値の高い肥料（ペレット化）の収益に軸足を置いている FIT に依存しないシステムとなっている。バイオガスは発酵残渣の乾燥のための熱源として利用している。



図 2.3.22 発酵残渣のペレット状製品（左）、発酵残渣の粒状製品（右）

（出所）株式会社インターファーム「平成３０年度成果報告書 鶏糞メタンガス発電システムを用いたエネルギー変換利用および鶏糞残余を活用した副産物高付加価値化に係る事業性評価（FS）」（NEDO）

表 2.3.16 発酵残渣の肥料成分

単位：%

項目/日付	12/27	01/06	01/09	01/16	01/16	01/18	01/20	01/21	01/22	01/27	01/29
窒素全量	3.73	5.07	4.67	8.18	8.04	8.08	8.87	7.80	8.48	8.17	8.13
リン酸全量	3.52	4.10	4.39	5.28	5.38	5.79	5.51	5.69	5.45	5.08	4.86
カリウム全量	2.80	2.99	3.13	3.59	3.74	3.88	4.10	3.88	4.23	3.78	3.88
	01/30	01/30	01/31	02/02	02/02 2	02/03	02/04	02/04 2	02/05	02/05 2	02/06
窒素全量	7.21	8.67	7.80	8.42	9.12	8.75	8.94	8.95	9.04	9.11	9.12
リン酸全量	5.26	5.55	5.07	5.45	6.16	5.12	6.07	5.27	5.34	5.63	5.47
カリウム全量	3.98	4.19	4.10	4.04	4.00	4.04	4.19	4.32	4.30	4.24	4.31
	02/06 2	02/07	02/07 2	02/10	02/10 2	02/10 3	02/10 4	02/11	02/11 2	02/11 3	02/12
窒素全量	9.18	9.43	9.29	9.06	9.18	8.33	9.06	8.88	9.46	8.44	9.66
リン酸全量	5.53	6.00	5.42	5.16	6.01	5.41	5.40	5.03	5.07	5.34	5.23
カリウム全量	4.35	4.44	4.45	3.95	4.31	4.22	4.35	3.84	4.20	4.12	4.19
	02/12 2	02/13	02/14	02/14 2	02/14 3	02/14 4	02/15	02/15 2	02/16	02/16 2	02/17
窒素全量	8.80	8.98	8.41	8.60	7.59	8.54	8.48	8.74	8.46	8.37	8.55
リン酸全量	4.02	5.27	4.54	5.41	5.52	5.59	4.90	5.45	5.58	5.87	4.58
カリウム全量	3.39	4.47	3.57	4.23	4.48	4.39	4.13	4.24	4.22	4.46	3.66
	02/17 2	02/18	02/24	02/24 2	02/25	02/25 2					平均
窒素全量	9.10	9.01	9.00	9.01	8.60	9.60					8.70
リン酸全量	5.39	5.20									5.34
カリウム全量	4.33	4.27									4.11

（出所）株式会社インターファーム「平成３０年度成果報告書 鶏糞メタンガス発電システムを用いたエネルギー変換利用および鶏糞残余を活用した副産物高付加価値化に係る事業性評価（FS）」（NEDO）

表 2.3.17 「肥料の品質の確保等に関する法律」における有機肥料の公定規格（抜粋）

肥料の種類	含有すべき主成分の最小量(%)
魚かす粉末	窒素全量およびりん酸全量の合計量 12.0 窒素全量 4.0、りん酸全量 3.0
干魚肥料粉末	窒素全量 6.0、りん酸全量 3.0
甲殻類質肥料粉末	窒素全量 3.0、りん酸全量 1.0
蒸製魚鱗およびその粉末	窒素全量 6.0、りん酸全量 18.0
肉骨粉	窒素全量 5.0、りん酸全量 5.0
蒸製てい角粉	窒素全量 10.0
蒸製てい角骨粉	窒素全量およびりん酸全量の合計量 15.0 窒素全量 6.0、りん酸全量 7.0
蒸製毛粉（羽および鯨ひげを蒸製したものを含む。）	窒素全量 6.0
乾血およびその粉末	窒素全量 10.0
生骨粉	窒素全量およびりん酸全量の合計量 20.0 窒素全量 3.0,、りん酸全量 16.0
蒸製骨粉 （脱こう骨粉を含む。）	1 窒素全量およびりん酸全量を保証するものにあっては窒素全量およびりん酸全量の合計量 21.0 窒素全量 1.0、りん酸全量 17.0 2 りん酸全量を保証するものにあっては りん酸全量 25.0
蒸製鶏骨粉	窒素全量およびりん酸全量の合計量 17.0 窒素全量 1.0、りん酸全量 13.0
蒸製皮革粉	窒素全量 6.0
干蚕蛹粉末	窒素全量 7.0
蚕蛹油かす及びその粉末	1 窒素全量 8.0 2 窒素全量のほかりん酸全量を保証するものにあっては、1 に掲げるもののほか りん酸全量 1.0
大豆油かすおよびその粉末	窒素全量 6.0、りん酸全量 1.0、加里全量 1.0
なたね油かすおよびその粉末 （からし油かすおよびその粉末を含む。）	窒素全量 4.5、りん酸全量 2.0、加里全量 1.0
落花生油かすおよびその粉末	窒素全量 5.5、りん酸全量 1.0、加里全量 1.0
ごま油かすおよびその粉末	窒素全量 6.0、りん酸全量 1.0、加里全量 1.0
ひまし油かすおよびその粉末	窒素全量 4.0、りん酸全量 1.0、加里全量 1.0
米ぬか油かすおよびその粉末	窒素全量 2.0、りん酸全量 4.0、加里全量 1.0
カポック油かすおよびその粉末	窒素全量 4.5、りん酸全量 1.0、加里全量 1.0
窒素質グアノ	窒素全量 12.0、アンモニア性窒素 1.0、りん酸全量 8.0 可溶性りん酸 4.0、加里全量 1.0
加工家きんふん肥料 （次に掲げる肥料をいう。 1 家きんのふんに硫酸等を混合して火力乾燥したもの 2 家きんのふんを加圧蒸煮した後乾燥したもの 3 家きんのふんについて熱風乾燥および粉砕を同時に行ったもの 4 家きんのふんを発酵乾燥させたもの）	窒素全量 2.5 りん酸全量 2.5 加里全量 1.0
とうもろこし浸漬液肥料 （コーンスターチを製造する際に副産されるとうもろこしを亜硫酸液で浸漬した液を発酵、濃縮したものをいう。）	窒素全量 3.0、りん酸全量 3.0 加里全量 2.0、水溶性加里 2.0

（出所）株式会社インターファーム「平成３０年度成果報告書 鶏糞メタンガス発電システムを用いたエネルギー変換利用および鶏糞残余を活用した副産物高付加価値化に係る事業性評価（FS）」（NEDO）

3.Ⅲ.2 FIT 事業申請

＜広域グリッド型、FIT 事業の場合＞

❑ FIT の事業申請は受理され ID を取得済みか？

FIT 制度の活用を考える事業者は、国からの**事業計画認定を受けるための手続き**と電力会社への**系統連系接続契約申込**に向けた手続きを並行して進める必要がある。

FIT 制度の事業計画認定取得および系統連系接続の流れ

電力会社の送電網に接続する事業者は、立地と設備の詳細検討と並行して、送配電事業者に対して事前相談（任意）と系統設備への接続検討の申込、特定契約の申込を行う必要がある。

系統設備への接続検討の申込については、**「3.Ⅱ.2③ 系統連系の調査」（313 頁）**で述べたとおり、**送配電事業者に対して事前相談（任意）と系統設備への接続検討の申込、特定契約の申込を行う**必要がある。

なお、特別高圧線への接続を希望する場合は、接続検討の申し込みに先立って、**送配電事業者のホームページから系統連系希望地点付近の系統の空き容量を閲覧**することができる。また、高圧の系統設備の空き容量に関する情報は事前相談において得ることができる。

その他、認定済み未稼働案件への対策として、**2017 年度から経産省へ FIT 事業計画認定の申請を行う際には、接続検討申込の回答後の接続契約の締結が必要**となった。FIT 制度の調達価格は事業計画認定取得と系統連系接続契約申込が行われた時点で決定する。したがって、運転開始を予定する時期から逆算して各種手続きを進めることが望ましい。また、事業計画の認定を受けた後も **4 年以内の運転開始期限が設定**され、期限を過ぎての運転開始となった場合は超過期間分だけ FIT の買取期間が控除されることとなった。

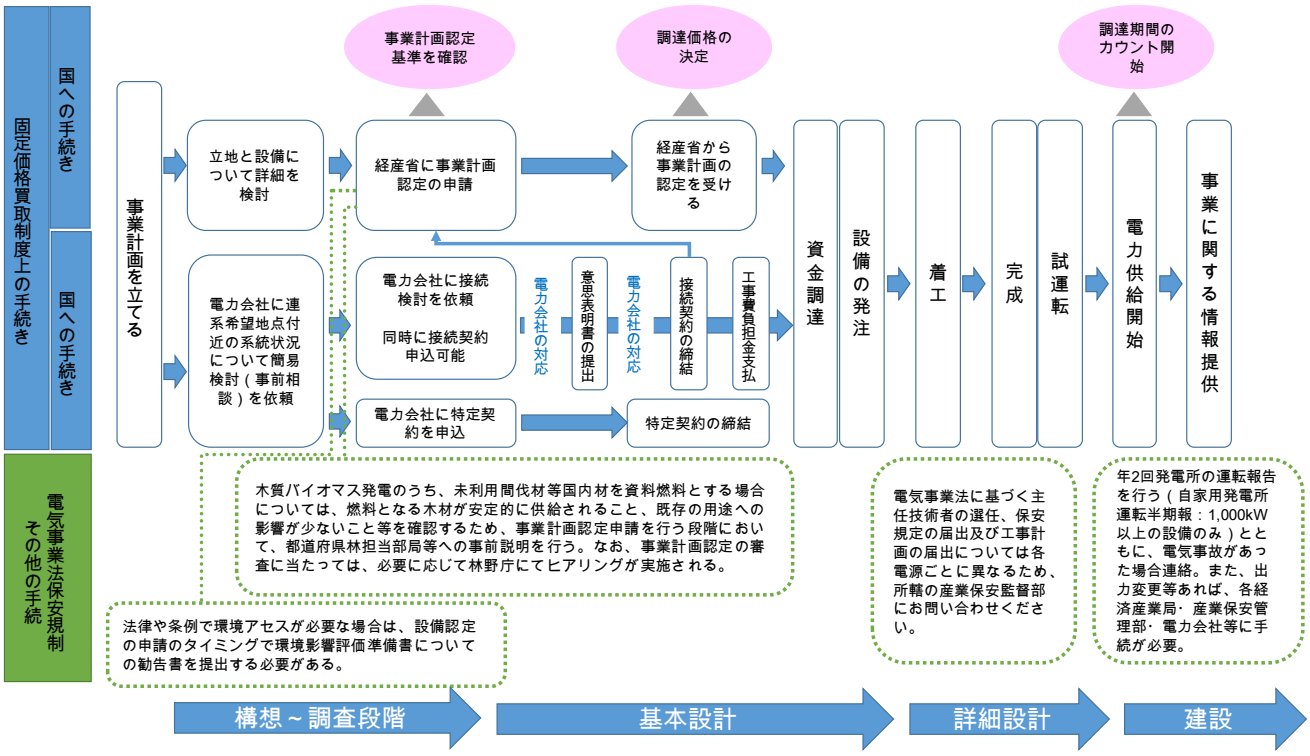


図 2.3.23　FIT 制度の事業計画認定取得および系統連系接続に関するフロー

（出所）「再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック 2020（令和 2）年度版」（資源エネルギー庁）を基にみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

必要となる申請書類

資源エネルギー庁が示している事業計画策定の遵守事項は下表のとおりである。

表 2.3.18 バイオマス発電事業の実施において遵守する事項

項目	内容
事業計画策定ガイドラインの遵守	事業計画策定ガイドラインに従って適切に事業を行うこと。
維持管理体制の確保	安定的かつ効率的に再生可能エネルギー発電事業を行うために発電設備を適切に保守点検および維持管理すること。
適切な措置	この事業に関係ない者が発電設備にみだりに近づくことがないよう、適切な措置を講ずること。
出力抑制への協力	接続契約を締結している一般送配電事業者又は特定送配電事業者から国が定める出力抑制の指針に基づいた出力抑制の要請を受けたときは、適切な方法により協力すること。
標識の掲示	発電設備又は発電設備を囲う柵塀等の外側の見えやすい場所に標識を掲示すること。
正確な情報の提供	再生可能エネルギー発電事業に関する情報について、経済産業大臣に対して正確に提供すること。
関連法令を遵守した処分	この再生可能エネルギー発電事業で用いる発電設備を処分する際は、関係法令（条例を含む。）を遵守し適切に行うこと。
関連法令を遵守した発電事業	再生可能エネルギー発電事業を実施するに当たり、関係法令（条例を含む。）の規定を遵守すること。

（出所）「事業計画策定ガイドライン（バイオマス発電）」（資源エネルギー庁）（2017 年）

3.Ⅲ.3 接続契約・売電契約

❑ 電力会社との接続契約と売電契約は締結済みか?

＜広域グリッド型、FIT 事業の場合＞

❑ 優先給電ルールに基づく出力抑制対象外に該当し得るかどうかの検討を行ったか？また、該当する場合、地域型バイオマス指定の手順について理解し準備ができているか？

出力抑制の該当可否の確認

FIT 制度を利用したメタン発酵施設における売電事業を検討する場合は、稼働開始後、電力会社から**出力抑制の要請を受ける可能性**があることに留意する必要がある。

「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」の施行規則では、**家庭ごみ、下水汚泥、食品残渣、家畜排せつ物**、未利用間伐材、地域の木材の加工時等に発生する端材、おがくず、樹皮等の残材等の地域に固有のバイオマスを「**地域に存するバイオマス**」と定義しており、優先給電ルールにおいては地域資源バイオマス発電設備として、専焼バイオマス発電設備に次いで**出力抑制が要請される電源**となっている。なお、ここでの「地域」の定義については具体的な範囲に限定はないため、市町村等をまたがった広範囲での調達も対象となる。

地域資源バイオマス発電設備への出力抑制の要請については、電力系統の運用上必要な範囲での出力制御の対象となる。ただし、燃料の貯蔵に係る制約、出力の抑制を行うに当たって生じる技術的な制約その他の制約により、**緊急時を除き、出力制御に応じることが"困難である場合"は出力制御の対象外**となっている。この「困難である場合」とは資源エネルギー庁の「なっとく再生可能エネルギー」では次のように整理されている。

- 年間を通じて高い出力を維持しながら安定的に発電が行われている、燃料貯蔵容量超過等の影響で異臭が発生する等の環境面での問題が発生する恐れがある、燃料を保管できる発電設備仕様になっていない等、出力制御に応じた結果として生じた余剰燃料を保管できない場合
- 未利用間伐材等を主に燃料とする場合を想定しており、燃料の供給市場が小さく出力制御に応じた結果として、燃料の需要減に連動して燃料価格が変動する場合や燃料配送計画やごみ収集計画を日単位で調整することが困難であることなど、燃料供給体制に影響を及ぼす可能性が高い場合
- 設備仕様上、定格出力以外の燃焼は不安定で発電を維持できない場合、出力制御により有害物質の発生を助長する場合

実際に地域資源バイオマス発電事業を開始する場合は、**一般送配電事業者との接続契約時・運転開始後に発電計画と発電設備の状況を踏まえ、出力制御に応じることが困難かどうかの検討と説明が必要**となる。

3.Ⅲ.4 エネルギー供給契約

＜主に熱供給事業の場合＞

❑ 供給先の倒産リスクや需要変動リスク等についての規定が盛り込まれているか?

供給先の熱需要変動リスク・倒産リスクへの対処方法

熱を外部に供給する場合、**熱需要変動のリスクについては契約の中身や期間で対処**するのが一般的である。メタン発酵事業では事例は少ないが、木質バイオマスエネルギー事業の事例では、熱供給事業からの脱退やユーザー側の熱利用量が合意した量より少ない場合にペナルティを設けている事例もある。また、木質バイオマス分野では化石燃料の変動への対処方法として燃料価格、熱供給価格の長期固定をする手法も用いられている。

その他、熱需要先が倒産等でなくなるリスクに対しては、**熱需要のセカンドオプション**をあらかじめ想定しておくことが望ましい。

施設メーカーの倒産、部品調達リスクへの対処方法

メタン発酵施設メーカーの倒産リスクに対して完全には対処することは難しいが、同様のメーカーの設備を導入している**事業者同士でパーツを共有する**という手段を採用している事例もある。また、施設メーカーのメンテナンスについても今後横のつながりが必要になっていく可能性がある。

❑ 再生可能エネルギー推進施策の動向についての情報収集がされているか?

＜広域グリッド型、FIT 事業の場合＞

❑ FIT については調達価格等算定委員会等の情報収集を行い、制度設計見直し等の動向が確認できているか?

バイオマスエネルギーを含む再生可能エネルギーの事業は国の政策動向の影響を強く受ける。特に FIT 制度を活用した事業を検討する場合は**毎年開催される調達価格算定委員会の中で、買取価格やバイオマス燃料等の利用条件などが決められる**ため常に情報収集を行う必要がある。

また、各省庁のバイオマスエネルギー事業に係る補助制度も毎年変更されるため、現在の年度の補助メニューをもとに次年度の計画を立てると想定していた資金調達ができない場合がある。翌年度に予定されている国のバイオマスエネルギーおよび再生可能エネルギー等の事業は 8 月頃に概算要求が各省庁のホームページで公開されるため、それらを確認することが重要である。また、必要に応じて対象の補助制度を**管轄する省庁に事業説明およびヒアリングに訪問することも有効**である。

フェーズⅣ 運転段階

バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の運転段階におけるチェック項目は下表のとおりである。本項目ではそれぞれの実施事項と留意事項を解説する。

表 2.3.19 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の運転段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
3.Ⅳ.1	**副生物利用効果の確認**	当初廃棄物扱いの副生物についても、有効利用の方法が検討されているか？	
		＜液肥利用の場合＞液肥の効果の確認がなされているか？地元の農家との連携ができているか？	
		＜同上＞消化液液肥について、栽培暦、マニュアル等を作成し、関係者にわかりやすく情報発信をしているか？	
3.Ⅳ.2	**水処理施設の性能確認**	＜水処理の場合＞放流水質の分析の実施とその経費の計上がなされているか？	
3.Ⅳ.3	**発電装置のメンテナンス計画/実働検証**	＜発電事業の場合＞発電装置のメンテナンス計画と実際の検証がなされているか？	
		最適なエネルギー供給量、価格に向けた改善がなされているか?	

3.Ⅳ.1 副生物利用効果の確認

- ❑ 当初廃棄物扱いの副生物についても、有効利用の方法が検討されているか？

＜液肥利用の場合＞

- ❑ 液肥の効果の確認がなされているか？地元の農家との連携ができているか？
- ❑ 消化液液肥について、栽培暦、マニュアル等を作成し、関係者にわかりやすく情報発信をしているか？

副生物の長期的な利用の確保は施設の安定した稼働と直結するため、その効果の定期的な確認が必要である。

消化液にはアンモニア態窒素等の肥料成分が多く含まれ、液分は有機質肥料として、固形分は再生敷料として高い有効性を示すことが知られている。発酵設備を導入する際には、消化液を適切に草地に還元・利用することが不可欠であり、**地元農家への液肥効果ならびに副生物の有効利用方法の説明を行っておく**ことが重要である。

原料の種類がほぼ一定であれば消化液の性状も一定であり液肥としての肥効成分は変化がないと考えられる。しかしながら、**近隣耕種農家に継続的に利用してもらうためにはその肥効成分や栽培結果を確認する**必要がある。

消化液の肥効性分析

年に数回、消化液の肥効性分析を行い、変化がないことを確認するとともに、農家にも結果を提示するとよい。**成分分析項目には一般的な窒素、リン酸、カリ以外にも重金属類などの有害物質も入れておく**とより安心して使用できる。**農林水産省や農業協同組合が定めている項目**について実施するとよい。

一般に消化液を草地に還元する場合、公的試験研究機関から施肥方法やその肥効が示されている。消化液の肥料成分含有量は、家畜の飼養体系やふん尿の管理方法等の条件によって大きく異なるため、事前に分析を行って成分含有量を測定し、肥効率を乗じて化学肥料に換算することになる。窒素についてはスラリーの品質（乾物当たりのアンモニア態窒素濃度）や施用時期により肥効が変動することから、補正係数を乗じることがある。

北海道においてはこのような減肥の考え方を参考にして、消化液中の肥料成分を評価し、実際に化学肥料使用量の削減を実現した事例があり、**消化液による化学肥料削減率は平均で 3 割程度**であると考えられる。また、全国的な消化液散布試験事例をみると、**草地のほか、消化液は水田、畑地においても草地と同等の肥料的効果**が認められている。

脱水汚泥の有効利用

水処理設備の前段階で固液分離機を設置し、脱水汚泥を産業廃棄物処理に委託している場合は、**堆肥化や乾燥汚泥化を検討して有効利用の可能性を検討する**と処分費が少なくなることがある。

実証事業者の検討：乾式メタン発酵における発酵残渣の燃料利用

乾式メタン発酵システムを導入した株式会社富士クリーンでは、発酵残渣の利用方法として既設焼却施設における補助燃料という形で調査を実施してきた。しかしながら、発酵残渣と必要なカーボン粉の混合割合が 54.2%となり現実的でないこと、既設焼却施設で処理工程上の弊害を生んでいる点などから発酵残渣を補助燃料として利用することが困難であることに至った。



図 2.3.24　発酵残渣（左）とカーボン滓（右）

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

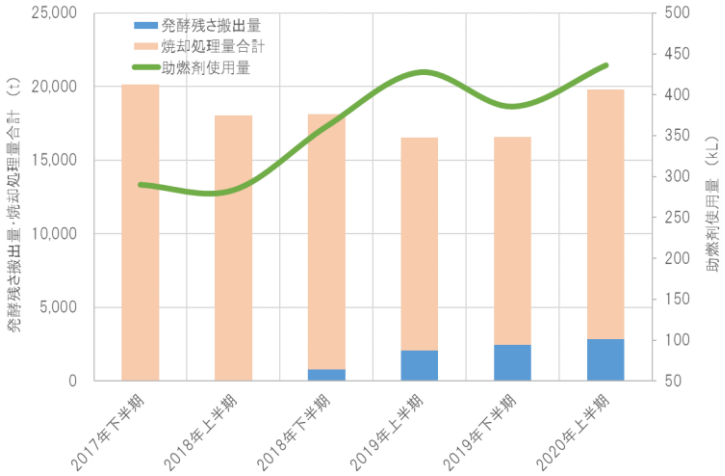


図 2.3.25　発酵残渣焼却による燃料推移

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

一方、既設焼却施設では運転方法の改善等により、発酵残渣のみでも安定して焼却処理できるノウハウを蓄積し、発酵残渣込みで焼却処理量を増加させることに成功した。さらに従来のバラツキある廃棄物から性状が一定な発酵残渣をベースに処理していくことで処理を安定化させることができた。

上記のことから発酵残渣の利用方法は検討の余地を残すこととなったが、発酵槽にバイオマス原料を投入するためには発酵残渣を処理しなければならず、現状必要な処理量を既設焼却施設で確保できているので、この処理量を維持しつつ、新しい利用方法の検討を継続するとしている。



図 2.3.26　既設焼却施設の設備における発酵残渣受入の影響

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

3.Ⅳ.2 水処理施設の性能確認

＜水処理の場合＞

❑ 放流水質の分析の実施とその経費の計上がなされているか？

水処理施設における放流水質は定期的に確認されなければならず、**そのための分析費用は常に計上する**必要がある。

放流水質は、水質汚濁防止法上の特定事業場に該当する場合は**公共水域に放流する場合は規制値を遵守**しなければならず、また**保健所に対して定期的な報告**が求められる。また、**下水道への投入に際しても除外施設基準の順守のために水質分析**は必要である。そのための報告としては**公的な環境計量証明**が必要な場合が多く、そのための外注分析費用の計上が必要である。

また、水処理施設の運転状況の確認のためには放流水質だけでなく、**水処理施設での各工程での水質確認**も必要であり、外注分析に依頼をすると費用が掛かるために、運転管理員の中で分析ができるようにしておくことが必要である。そのためには**当初予算で分析計器類を購入し、その後の試薬などの薬品類の費用、分析機器からの廃液の処理費、分析担当者の人件費などを計上しておく**必要がある。

3.Ⅳ.3 発電装置のメンテナンス計画/実働検証

＜発電事業の場合＞

❑ 発電装置のメンテナンス計画と実際の検証がなされているか？

発電機のメンテナンス計画

発電機は、所定の運転時間に対して**法定点検**を受ける必要がある。**消耗品類**についても**運転時間ごとに交換するよう**スケジュールが明確になっているケースが多い。そのため、選定した発電機メーカーから事前にメンテナンスに関するスケジュール表およびメンテナンス費用を入手しておかなければならない。また、**20 年間の事業期間中には１回もしくは２回の本体の交換が必要**なため、単年度ごとのメンテナンススケジュールだけではなく、長期スケジュールも確認する。さらに将来の機器の交換費用が不足することが無いよう**毎年の収益から数%を積み立てる**など考慮する。

供給するメーカーによっては包括的なメンテナンス契約を用意している場合があり、若干割高ではあるが定期点検、消耗品交換、機器の入れ替え等、全てをメーカーに委託することもできる。契約内容は機器メーカーによって違うため、事前に契約内容を確認のうえ、契約に係る費用を事業計画に反映することが必要である。

❑ 最適なエネルギー供給量、価格に向けた改善がなされているか？

最適なエネルギー供給量、価格に向けた改善

供給するエネルギーの品質や安定性に留意する必要がある。バイオガス発生量の変動に対してもある程度の範囲で許容し、安定したエネルギー供給を行うことが重要であり、エネルギー供給の安定化のために、**バイオガスホルダーや脱硫装置等の生成装置を含むバイオガス回収設備に若干の余裕を考慮する**ことも有効である。

施設のメンテナンスなどにより一時的にエネルギー供給ができなくなる場合でも事前に**メンテナンス計画を提出するなど需要者への配慮が重要**で、良好な関係づくりをすることで長期間にわたり契約を継続することができる。

FIT 制度を活用すると認定時の売電価格が 20 年間担保されるが、一般売電や熱供給事業の場合には、販売価格が長期間担保されることはない。そのため、需要者との販売価格についての価格交渉は必要に応じて交渉し契約する必要がある。特に**熱供給の場合は、原油価格に左右される**こともあるため、需要者との契約時に注意が必要である。

エネルギー変換設備に関する「よくある課題」

（1）　適切な事業規模で実施できない、設備コスト・O&M コストが採算性を圧迫する

食品廃棄物等の処理手数料を主要な収益源とするメタン発酵事業では、原料規模の増減が事業収益に大きな影響を及ぼすことになる。また、原料規模が大きい程プラント全体のスケールメリットにより原料あたりの設備コストは下がる傾向にある。実際、設備コストを理由に計画段階で断念するメタン発酵事例は少なくない。ただし、事業性自体は設備コスト以外に原料の処理手数料やガス利用・販売による収入、O&M コストのバランスによって決まることに留意されたい。なお、EPC メーカーへのヒアリング調査によると、2022 年 1 月現在、部材コストや施工会社の人件費などの上昇に伴い、初期コストは上昇傾向にあるとしており、この点も留意が必要である。

NEDO 事業者・先行事例の取組

設備コストをはじめとする初期投資の削減は一義的な解決策はないが、先行事例では、液肥貯留槽や原料受入設備などを既存設備を活用する、設備部材を鉄から代替素材（FRP：繊維強化プラスチック等）に変更する、発電設備を安価な中国製を採用し数年サイクルで更新する等の工夫を行っているケースが存在する。ただし、材料の見直しは設備の品質リスクに繋がる他、海外製品を利用する場合は交換部品の調達およびメンテナンス体制にリスクが存在する点に留意が必要である。

その他、株式会社北土開発とエア・ウォーター北海道株式会社は、飼育頭数 100 頭未満の小規模酪農家を対象にした乾式メタン発酵プラントを開発している（→**342 頁**を参照）。

（2）　適切な技術の選択ができない、施設・設備設計ができない

メタン発酵事業は地域毎に対象となる原料やその他の条件が異なるため、適切な技術の選択や設計ができないと安定稼働を達成できない。特に湿式メタン発酵技術、乾式メタン発酵技術については、それぞれ対応可能な原料が異なる。特定の技術やメーカーを前提とする場合は後々稼働トラブルを引き起こすことになりかねないため、事前に想定する原料に合致するか確認する必要がある。**「4.Ⅰ.1 メタン発酵技術の選定と信頼性の確認」（338 頁）**および**「第 3 部 2 章メタン発酵技術に係る基礎知識」**ではメタン発酵技術の種類と特徴を概説している。

その他の技術の選定・設計時の課題と解決策は下表の項目を参照されたい。

表 2.4.1　技術の選定・設計時に検討する項目と本ガイドラインの参照先

● 基本設計の際の検討項目全般 ● 機器の過負荷対策・耐摩耗対策・凍結対策 ● 法律上の離隔距離 ● 騒音・振動対策、防火・防爆・防塵対策　等	⇒	**「4.Ⅱ.1 基本設計 ① 基本設計（全体）」（352 頁）**参照
● メーカーの選定に関する留意事項 ● 海外製の技術を採用する際の留意事項（設備の規格、為替変動、納期までの期間、検収・試運転等）	⇒	**「同 ②要素技術の選定（発酵/付帯技術）」（358 頁）**参照
● 基本設計時に必要となる各種書類（フローシート／基本仕様書／基本設計計算書／図面類／概算費用など）	⇒	**「同 ③ フローシート/配置図/仕様書の作成」（362 頁）**参照

（3） 法規制に対応できない

既に述べたように、メタン発酵事業では原料調達からエネルギー利用、副生物処理に至るまで様々な法規制への対応が求められる。調達する原料や立地、事業体制はこれらの法規制の制約を受けるため留意が必要である。

特定の法規制については計画段階から許認可取得に向けた準備が必要となる。特に敷地外から一般廃棄物または産業廃棄物を調達する場合は廃棄物処理法への対応が求められ、それぞれの廃棄物種毎に「処理業の許可」「収集運搬業の許可」「施設の許可」の 3 つが必要となる。

悪臭や排ガス（発電機・焼却炉併設の場合）、水処理等に関する環境基準については、法律による基準値を満たすだけではなく、条例で自治体が別途定める基準値への対処も求められ、地域の公害防止条例などを参照・対処する必要がある。

⇒ **「4.Ⅱ.1 基本設計 ⑤ 施設関連法規制の確認と対応」（369 頁）**ではメタン発酵事業に関して対応が必要な法規制のリストおよび主要な法的手続きについて記載している。

（4） 発酵槽や水処理等の設備トラブルで安定稼働および原料受入ができない

持続的なメタン発酵事業の実現のために最も重要な課題は、いかにして安定稼働・安定発酵を達成するかという点である。これまでの国内のメタン発酵事例では事業開始後の発酵トラブル、その他設備トラブルにより事業停止や断念に陥ったケースも存在する。

特に多く見られる要因としては発酵槽内でのアンモニア阻害が挙げられ、主に食品廃棄物や鶏ふんなど窒素分が多い原料において発生しやすい。また、原料中の pH や不純物等によっても発酵が不安定になることがある。ガス発生量が不安定になると発電等のエネルギー利用設備の稼働率が下がり収益減につながる。一般的に、原料調達先が多岐にわたるほど投入する原料成分や性状をコントロールすることが難しくなり、安定稼働のノウハウをプラント運営者が取得するまでに時間を要する傾向にある。

⇒ **「4.Ⅳ.2 システム・機器の性能評価と改善」（414 頁）**、**「4.Ⅳ.4 トラブルシューティング」（423 頁）**ではメタン発酵設備の運転開始後の主なトラブルの原因の例と対応策を記載している。また、**「4.Ⅳ.3 設備利用率の検証と改善」（417 頁）**および**「4.Ⅳ.5 メタン発酵槽の運転把握」（425 頁）**では、それぞれ施設全体およびメタン発酵槽の運転管理時に取得するデータ項目について記載している。

その他、先行事例で多くみられるのが水処理設備のトラブルである。水処理設備がトラブルを起こすと、消化液処理ができず、原料の受入を停止しなくてはいけなくなる。その結果、ガス発生量が低下するため売電収入やガス販売の収入にも影響する。

⇒ **「第 3 部 2 章メタン発酵技術に係る基礎知識」**では水処理設備をはじめとする各設備の特徴と留意事項を整理している。

上述のようなトラブルは原料や設備それ自体、両者マッチングの不備に起因することもあるが、実際には FIT による売電収入を拡大するために無理に原料を投入し設備を運転させたことで生じているケースも報告されている。

NEDO 事業者・先行事例の取組

安定発酵のためには第一にプラントを運転する事業者が地域の原料とメタン発酵の特性を理解し運転ノウハウを取得することが重要となる。集中型のプラントでは毎日、投入する原料（食品廃棄物）の種類と性状のデータを取得し最適な投入方法および原料同士の組み合わせ、発酵期間を定期的に分析している事例も多い。また、発酵槽に原料を投入する前に亜臨界水処理や水熱処理プロセス等の前処理を行うことで発酵の安定性やガス発生量を向上させようとするケースも存在する。例えば、株式会社富士クリーンでは実証期間中、投入原料性状およびガス発生量に係る各種データを詳細に取得し分析することで安定運転のノウハウを獲得した（→**301 頁**を参照）。

フェーズⅠ　構想段階

バイオマスのエネルギー変換設備の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.4.2 バイオマスのエネルギー変換設備の構想段階におけるチェック項目

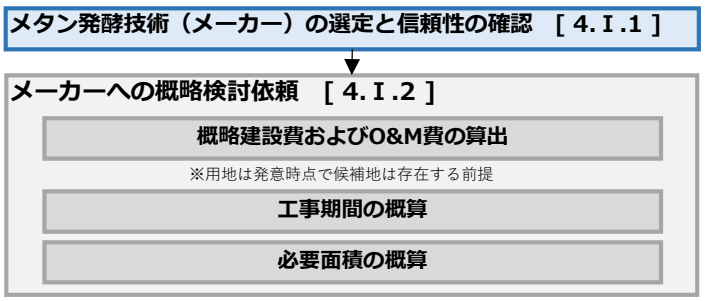
項番号	実施事項	留意事項	チェック
4.Ⅰ.1	**メタン発酵技術の選定と信頼性の確認**	**湿式メタン発酵、乾式メタン発酵の技術的特徴および対象原料を理解できているか？**	
		実証ではなく商用ベースでの導入実績のある機器・技術であるか？	
4.Ⅰ.2	**メーカーへの概略検討依頼**	**付帯設備の条件等、見積り条件を明確にしたうえで、複数のメーカー等からの見積りを比較したか？それらに基づく採算性の検討のうえ、規模選定がされているか?**	
		メーカー等からの見積りを取って採算性の比較検討のうえ、規模選定がされているか？	
		メーカー・機器の見積り比較のうえで、付帯設備の条件等、見積り条件は明確となっているか？	
		年間の設備利用率を踏まえ、採算性の検証により適正規模が選定されているか？	

4.Ⅰ.1 メタン発酵技術の選定と信頼性の確認

3 章までの「概略施設の設備構成の検討」において、原料の前処理の必要性、副生物の処理・利用方法の検討、バイオガスの利用方法の検討を行った後、「施設の概略検討（概略設計）」に進むことができる。

まずはメーカーを検討する必要があるが、メタン発酵技術を有するメーカーは多数存在する。自社で開発したメタン発酵技術を有しているメーカーや海外企業から技術を導入しているメーカー、海外メーカーの代理店、など様々である。

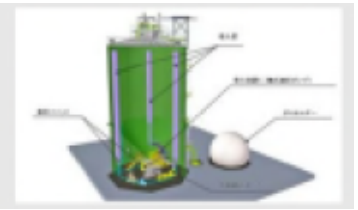
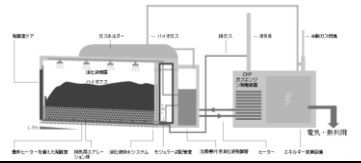
メーカーを選定する際には、そのメタン発酵技術が自社ものか、海外から導入し自社開発したものか、また、海外メーカーのものをのまま導入するものかなどを確認し、同時に国内の施工実績も調査する必要がある。



❑ 湿式メタン発酵、乾式メタン発酵の技術的特徴および対象原料・規模を理解できているか？

メタン発酵技術は大きく分けて「湿式法」と「乾式法」の 2 種類があり、いずれも同じ生物反応プロセスの技術である。両者の違いは処理目的とする原料の性状に適したシステム構成にある。

表 2.4.3 メタン発酵技術の概要

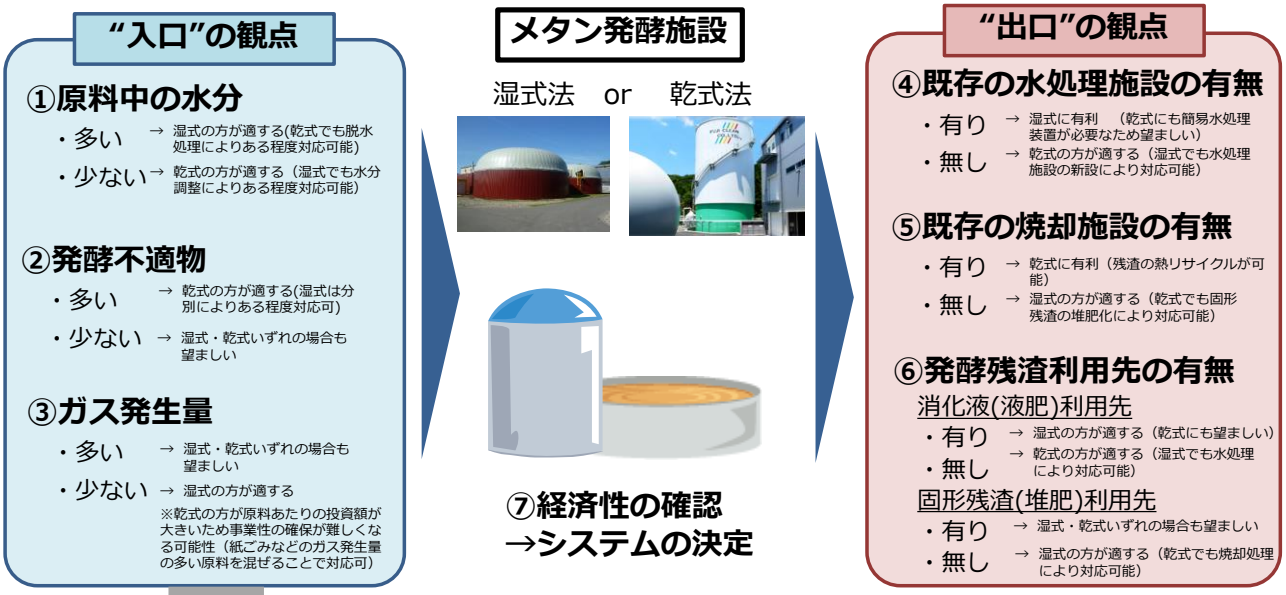
項目	湿式	乾式 （連続式）	（参考）乾式 （バッチ式）
概観			＜NASKEO＞  ＜BEKON＞ 
原料濃度	2～20%	20～50%	20～50%
汚泥濃度	2～10%	15～30%	15～30%
処理概要	メタン菌を低い汚泥濃度で浮遊させて処理	メタン菌により高い汚泥濃度で処理	メタン菌により高い汚泥濃度で処理
特徴	･運転管理が容易 ･消化液の処理が不要（液肥利用する場合）	･固形物処理可能 ･排水処理不要 ･原料単位重量当たりのガス発生量の増大	･固形物処理可能 ･排水処理不要 ･原料単位重量当たりのガス発生量の増大
主な適用先	･事業系･家庭系生ごみ ･食品加工残渣 ･家畜ふん尿 ･下水汚泥	･都市ごみ ･固形廃棄物	＜NASKEO＞ ･都市ごみ ･肉牛ふん尿 ･製糖工場の汚泥、野菜残渣 ＜BEKON＞ ･木質系破砕物 （根株･枝葉） ･家畜ふん尿 （牛ふん、鶏ふん、汚泥）
実績	国内で多数	国内で少ない	国内ではほぼない
不適物混合に対する許容	小さい	大きい	大きい
排水処理	必要（液肥処理しない場合）	不要（原料条件によって異なる）	不要（原料条件によって異なる）
発酵槽のメンテナンス	定期的に必要	ほとんど必要ない	機械的箇所がポンプ以外ほとんどないためメンテナンスはほぼ不要
メタン菌と有機物の接触方法	発酵槽内部を撹拌させる	引抜汚泥に新たな原料を混ぜて発酵槽へ入れる	メタン発酵後の残渣に新たな原料を混ぜて発酵槽に入れる 山積みの原料に構造体原料を入れ、透水性を向上し、可溶液を上からシャワリングする

（出所）メーカーへのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成、画像は鹿追町および栗田工業株式会社提供

湿式法は主に含水率が高いスラリー状の原料の処理に適したシステム構成となっており、日本では下水汚泥の減容化や、し尿・家畜ふん尿などの適正処理などを目的に広く普及してきた。また、機器および配管への閉塞を防止するため、排出者側でのある程度の分別・異物除去が原則となる。さらに、発生する消化液の利用先の確保または水処理が課題となる。

一方乾式法は固体状の原料の処理に適した構成となっており、1980 年代から欧州で最終処分場の負荷低減を目的としたエネルギー利用、堆肥生産システムとして普及し、近年日本でも導入が進みつつある。投入原料が水分過多でない限り固形物の残渣が発生するため、それらの堆肥利用やサーマルリサイクルに適している。

株式会社富士クリーンの実証事業では栗田工業株式会社による「KURITA DRANCO PROCESS®」と呼ばれる縦型の乾式メタン発酵システムが導入されている。さらに、2019～2020 年度の「NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 事業」ではバッチ式の乾式のメタン発酵設備（連続式）の導入が検討された。乾式（バッチ式）はメタン菌との接触方法が連続式と異なり、メタン菌との接触に必要なのは、液体を循環させるポンプのみとシンプルであることから、この方法を用いることでメンテナンスが容易で設備費が安くなるとしている。



原料	特徴
乳牛ふん尿	・**フリーストール牛舎の場合**：ふん・尿および少量の敷料が混合され、スラリー状ふん尿(水分90%以上)として排出されるため、水分が高く湿式メタン発酵の原料として適する ・**つなぎ飼い牛舎の場合**：ふん尿分離型の牛舎ではふんと敷料が混合した半固形状ふん尿(水分85～88%)として排出
肉牛ふん尿	・含水率は55%~70%程度が一般的で、敷料（おが屑や麦稈）の割合が多いふん尿が回収されやすく発酵槽の配管が詰まる恐れもあり、湿式には不適。乾式システムを用いることを検討している事例もある
豚ふん尿	・ふん量に比較して尿量が多いため、スノコ式豚舎の場合にはスラリー状の性状となっており、そのままでもメタン発酵の原料として利用が可能。ただし窒素濃度が高いこと、豚舎の形態によって大きく性状が異なることに留意が必要
鶏ふん	・**ブロイラーの場合**：含水率が20%～30%と低く敷料と共に排出されるため単独でのメタン発酵は不適 ・**採卵鶏の場合**：ガス発生量が大きいがアンモニアが多く、単独の処理には3倍～5倍希釈するか他原料との混合が必要
生ごみ/食品残渣	・一般的に分解しやすくガス発生量も多いためメタン発酵原料に適する ・発酵不適物としてプラスチック、皮革、石、金属等、発酵阻害物質：薬品、溶剤、骨類、甲殻類の殻等が含まれる
紙ごみ/剪定枝	・ガス発生量が多いため乾式メタン発酵原料に適する ・ガス発生量の確保のために、有価で紙ごみを購入する事例もみられる

図 2.4.1 メタン発酵技術の選定に係る考え方

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

重要なことは湿式法、乾式法といった技術そのものに注目するのではなく、メタン発酵施設の「入口」と「出口」に注目してシステムを検討することである。つまり、処理・利用したいバイオマスの特徴を踏まえ、さらに発生する残渣（液肥、堆肥）の供給先や処理先の有無などの様々な要素を総合的に検討しシステムを決める必要がある。

株式会社富士クリーンでは食品残渣やリサイクルができない難処理古紙が収集可能であったこと、既に焼却施設を保有していたこと、山間部で水処理施設の建設が困難であったことから乾式メタン発酵設備を導入し、2018 年より順調に稼働を続けている。

❑ 実証ではなく商用ベースでの導入実績のある機器・技術であるか?

実証技術や海外で実績のある技術でも**国内の商用化条件で実施したところ安定稼働ができない**事例が存在する。国内の商用運転の事例の有無を確認し視察などを行ったうえで選定する必要がある。

メーカーの実績を調べる手段としては、先行している同業者や政府機関、またはメタン発酵に関する調査報告書や出版物なども参考となる他、WEB を利用して調べることも可能である。

信頼性を確認する場合には、実際に施工したプラントを視察することが重要である。また、その際にはメーカーの意見だけではなくユーザーの意見もヒアリングすることが望ましい。

このような調査は非常に時間と労力を要するため、その分野の知見を多く有しているコンサルタントなどに依頼し、調査することもできる。いずれにしても、**構想段階では一社に絞ろうとせず、候補を数社挙げるようにする**。概略設計を依頼する場合、複数メーカーに同条件で依頼することでさらに選定しやすくなる。

FS 事業者の検討：小規模酪農家向け乾式メタン発酵プラント

NEDO「ベンチャー企業等による新エネルギー技術革新事業」では、株式会社北土開発、エア・ウォーター北海道株式会社、帯広畜産大学は国内で初めて小規模酪農家向けの乾式メタン発酵プラントを開発した。

このバイオガスプラントは、原料に半固形状の乳牛ふん尿を用いて安定的なバイオガス生産を行うことができる。また、バイオガスを発電だけでなく、メタンから水素を作り燃料電池により牛舎等の電気・熱エネルギーを自給する仕組みを構築することもできる。

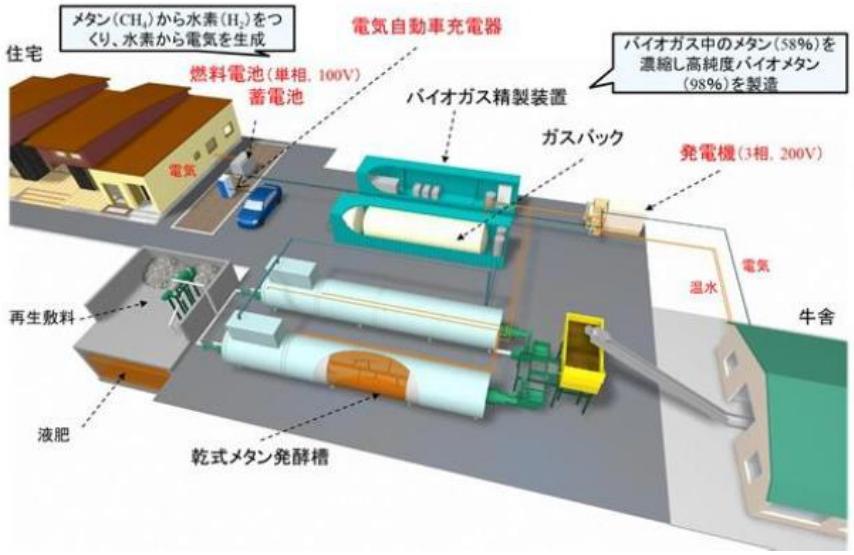


図 2.4.2　乾式メタン発酵プラントの概略

（出所）NEDO ニュースリリース

北海道では現在、酪農家向けに約 100 基のバイオガスプラントが稼働している。ただし、その多くは乳牛 100 頭以上の中・大規模酪農家を対象にしたもので、敷料として粉状のおが屑などを用いている牛舎から排出される液状ふん尿を扱う湿式メタン発酵プラントとなっている。一方、本事業で対象とする 100 頭未満の小規模酪農家は、敷料として麦稈などの長尺有機性繊維を用いることから、排出されるふん尿は半固形状であり、メタン発酵する場合には、半固形状のふん尿を希釈する高額な大型設備を置いて機械への絡みつきや配管閉塞を避ける必要がある。また、原料に半固形状のふん尿を使う共同型のメタン発酵プラントもあるが、導入コストが高いという課題があった。このため、バイオガスプラントの導入は乳牛など 100 頭以上を飼養し資金力のある中・大規模酪農家に限られており、北海道に所在する酪農家の約 75%を占める小規模酪農家が導入するには、高いハードルがあるのが現状であった。

株式会社北土開発、エア・ウォーター北海道株式会社、国立大学法人帯広畜産大学はこの課題の解決を目指し、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「ベンチャー企業等による新エネルギー技術革新支援事業」において、2018 年度から、半固形状のふん尿を加水せずに処理できる「乾式メタン発酵システム」の開発に取り組んできた。今般、国内で初めて小規模酪農家にも導入しやすい乾式のメタン発酵プラントを開発した。このプラントで発生させたバイオガスをガス発電機に、高純度メタンガスを燃料電池に供給することで、酪農家の牛舎や住宅に電気や温水を供給することができる。さらに、メタン発酵の際に発生する副産物の消化液や固形残渣を、酪農家の代替肥料や再生敷料として活用する取り組みも進める。

今回開発したバイオガスプラントを、小規模酪農家が多い中山間地域のエネルギー分散型基地として普及させ、酪農家の営農コストを低減するだけでなく、地産地消型エネルギーの推進と CO_2 排出量の削減に寄与することを目指す。

本事業で開発したプラントは、原料自動投入装置、原料前処理槽、高温乾式メタン発酵槽、固液分離装置、ガス発電機、燃料電池などで構成される。乳牛飼養頭数 100 頭未満の小規模酪農家に向けたエネルギー自給型のバイオガスプラントで、1 日あたり約 6.2 トンのふん尿を処理することが可能である。

麦稈混合乳牛ふん尿を適正に処理するための原料自動投入装置および原料前処理槽を開発

近年は、乳牛への濃厚飼料の給餌量増加や、堆肥化のための水分調整資材の高騰により、完熟堆肥の生産が困難になっている。これを受け、酪農家では家畜のふん尿処理を堆肥化処理からメタン発酵処理に切り替えようとする動きが活発となっているものの、上記の理由に加え、原料槽への麦稈混合ふん尿の投入や破砕処理を行うために多くの時間と労力が必要なため、小規模酪農家ではバイオガスプラントの導入が進んでいなかった。

そこで NEDO、株式会社北土開発、エア・ウォーター北海道株式会社、帯広畜産大学は、麦稈が混合した原料の投入から破砕、混合を一括処理できる技術開発を進めてきた。今般、一切の加水をせず、酪農家の作業負担もほとんどない原料の自動投入装置を完成し、乳牛ふん尿のバイオマスエネルギー利用についての適正処理技術を確立した。



図 2.4.3 原料自動投入装置・原料前処理装置と、FRP 製メタン発酵槽（高温乾式）
（出所）NEDO ニュースリリース

原料を無希釈でメタン処理できる高温乾式メタン発酵槽の実現

従来の湿式メタン発酵プラントが機械式撹拌機を持つコンクリート製あるいは鋼製の発酵槽を使い中温発酵（38℃程度）で運用するのに対し、本事業ではポンプ式撹拌機を持つ FRP 製の円筒横型発酵槽を採用し、高温発酵（50℃程度）で稼働させることに成功した。これにより、発酵槽の小型化や低コスト化に加え、メタン発酵効率の向上（原料重量当たりバイオガス生成量約 30%増）を実現した。原料の破砕によりバイオマスをより分解しやすい形で投入できたこと、撹拌能力の高いポンプ式撹拌機により原料とメタン生成菌を確実に接触できたこと、さらに有機物分解能力の高い高温発酵を採用した結果、バイオガスが増産できることを実証調査の中で確認することができた。

FS 事業者の検討：バッチ式乾式メタン発酵システムの導入

株式会社北土開発では、NEDO の FS 事業において、バイオガスの原料としてほとんど採用されることがない、①製糖工場からの脱水汚泥、②肉牛ふん尿のほか、③野菜加工残渣、および④ビートパルプ等を季節による原料の排出量を考慮しながら乾式メタン発酵バッチシステムで処理する検討を行った。また、同システムで発生させたバイオガスを発酵残渣の乾燥エネルギーとして用い、乾燥物を肉牛農家・酪農家へ再生敷料として販売する方法の事業性を評価した。

システム概要

乾式メタン発酵バッチシステムでは、図 2.4.4 のようなガレージ式の縦型発酵槽を複数棟（想定）設置し、その内部に原料を山積みにする。各発酵槽の前面の扉はパッキンにより密閉されており、内部を嫌気性状態にする。その状態のまま約 1 か月間滞留させメタン発酵を行う。そのため、メタン発酵時の発酵槽内の原料の水分率は、山積みに適した水分率 70~80%程度に保っておく必要がある。また、図 2.4.5 は、発酵槽の断面図を示している。透水性を改善した原料の上から消化液をシャワーリングし、消化液を原料の隅々まで浸透させる。浸透後に残った消化液は、発酵槽の床面に設置された溝を通り、消化液タンクへ回収されていく。その際、消化液内の固形分の沈殿などによる溝の閉塞を防止するために、溝には構造原料が敷き詰められ、構造原料によってある程度濾過された消化液を溝に通すことによって溝の閉塞を防いでいる。

また乾式メタン発酵バッチシステムでは有機物とメタン菌との接触機会を増やす目的で、メタン菌を含む消化液を発酵槽内部よりシャワーリングし、原料に浸透させる。この消化液のシャワーリングを行う際に、重要となる要素が原料の透水性である。乾式メタン発酵バッチシステムでは原料の水分率が低い、半固形～固形上の原料を扱うため、原料の密度が高く、透水性が低い可能性が考えられる。図 2.4.6 に示すように原料の透水性が十分でない場合、原料上部に循環液が滞留し、メタン菌との接触が十分に行われない。この問題を解決するため、原料には「構造原料」（透水性の高い原料）を混入する。構造原料は例えば麦稈などの通常繊維質の植物残渣であり、原料の密度を低下させ、原料内部に適切な空隙を持たせる。これにより、原料にシャワーリングされた循環液が、原料に十分に浸透し、良好なメタン発酵が進行する。この循環液のシャワーリングはメタン菌との接触を促すという点において、湿式メタン発酵における撹拌機の役割に等しい。



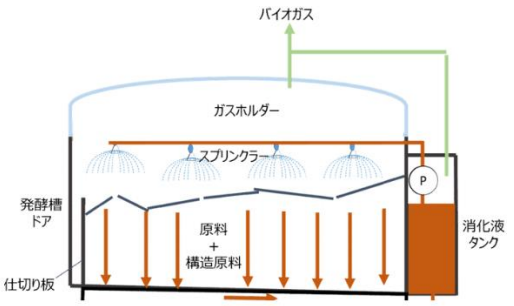


図 2.4.4　乾式メタン発酵バッチシステムの発酵槽（農協組合法人レ・オート・マレットバイオガスプラント）（左）

図 2.4.5　乾式メタン発酵バッチシステムの発酵槽断面図（右）

（出所）株式会社北土開発「2019 年度～2020 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/製糖工場汚泥と肉牛ふんを主原料とした乾式メタン発酵バッチシステムの事業性評価」(NEDO)

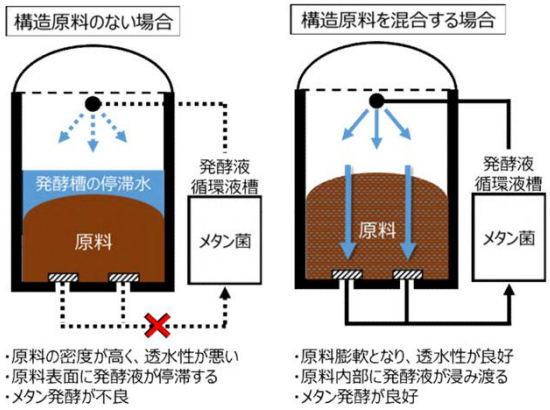


図 2.4.6 構造原料の重要性

（出所）株式会社北土開発「2019 年度～2020 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/製糖工場汚泥と肉牛ふんを主原料とした乾式メタン発酵バッチシステムの事業性評価」(NEDO)

FS では透水性のシミュレーション結果より、透水できると想定した原料と構造原料の比率を決定したが、メタン発酵試験を行った際に、表層部において徐々に透水性が悪化していく現象が現れた。これは、消化液を流す際に表層部の原料が動き、水の通り道を狭くしていくことによって発生すると思われる。そのため、表層部の構造原料の割合を増やす、消化液の散布量を消化液タンクのレベルセンサーでフィードバックする必要があることがわかった。

物質収支

本システムの物質収支の例は下図のとおりである。原料混合場所で各種原料を混合した原料は、更に発酵残渣 60%と混合され、発酵槽へ投入される。発酵終了後に発酵槽から発酵残渣を 60%次の発酵槽へ投入し、40%分については発酵槽から取り出される。取り出された発酵残渣は、一部、固液分離機を通り、液分については加水処理を加えたのち循環用の消化液として利用される。固分については、残りの発酵残渣と共に乾燥処理施設へ送られ、CHP から発生した電気と温水を用い、乾燥処理され再生敷料として利用される。ここで、固液分離機にかける発酵残渣の量は、循環消化液から発酵槽内の原料へ吸収される消化液の量から算出している。すなわち、脱水汚泥 A を例とすると原料 12.8t/日（肉牛ふん＋ビートパルプ含む）＋26.1t/日（発酵残渣 60%）＋7.6t/日（消化液からの移行分）が発酵槽で存在している原料量となり、発酵残渣は、これらの合計 46.4t/日の内、2.8t/日が分解されバイオガスとなり、残りの 43.5t/日の 40%である 17.5t/日が排出される。（残りの 60%の 26.1t/日は次の発酵槽で利用）発酵残渣の固液分離を一部に留めた理由は、発酵に必要な量のみを液分として消化液タンクへ供給するためである。

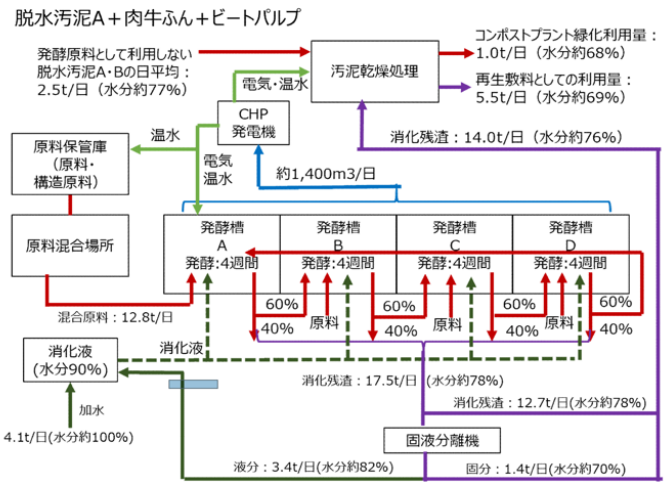


図 2.4.7 物質収支(a)：脱水汚泥 A+肉牛ふん+ビートパルプ

（出所）株式会社北土開発「2019 年度～2020 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/製糖工場汚泥と肉牛ふんを主原料とした乾式メタン発酵バッチシステムの事業性評価」(NEDO)

下表は本事業の事業性を示しており、投資回収年数は、約 11 年となっている。

表 2.4.4 本事業の事業性評価

大項目	小項目	金額	
設備費	プラント機器類	¥385,000,000	
	発酵槽設備連		**¥126,000,000**
	ガス利用関連		**¥185,000,000**
	諸経費		**¥73,700,000**
	建設工事	¥270,000,000	
	配管工事	¥19,800,000	
	電気工事	¥10,500,000	
	設備費合計	¥686,000,000	
収入	ふん尿処理費	¥1,190,000	
	野菜残渣処理費	¥24,200,000	
	脱水汚泥処理費	¥30,000,000	
	再生敷料等販売費	¥4,860,000	
	電気削減費	¥10,900,000	
	収入合計	¥71,100,000	
支出	プラントメンテナンス費	¥7,770,000	
	発電機		**¥4,000,000**
	ガスメンブレン		**¥1,450,000**
	その他		**¥2,320,000**
	原料の回収、発酵槽への充填に関わる費用	¥1,490,000	
	人件費		**¥833,000**
	燃料費（原料の出し入れ）		**¥301,000**
	燃料費（原料の回収・副産物の配送）		**¥357,000**
	施設運転費	¥1,360,000	
	人件費		**¥822,000**
	点検・分析等の費用		**¥529,000**
	プラント電気代	¥0	
	支出合計	¥10,700,000	
キャッシュフロー		¥60,400,000	
投資回収年数		**11.36**	

金額は有効数字 3 桁で表示（設備費および支出は切上げ、収入は切下げ）

計算諸元

プラント機器類	**・発酵設備関連：発酵槽付属品、ドア、固液分離機（1 台）等** **・ガス利用関連：発電機（4 台）等** **・諸経費：設計・調査・試運転等** **（既存原料保管庫、運搬車両などについては流用）**
建設工事	**プラントの建設費、新規原料保管庫、屋根などを含む**
ふん尿処理費	**平均 3.84t/日×365 日×850 円（想定回収単価）**
野菜残渣処理費	**（ 435t（ 原料野菜使用量）＋ 535t（ 新規回収量））** **×25,000 円（想定回収単価）**
脱水汚泥処理費	**現状値**
再生敷料等販売費	**（5.4t/日×120 日＋3.6t/日×60 日＋3.0t/日×180 日＋** **1.2t/日×180 日）×3,000 円/t（想定単価）** **5.4t/日：脱水汚泥 A＋肉牛ふん＋野菜残渣からの再生敷料量** **3.6t/日：脱水汚泥 B＋肉牛ふん＋野菜残渣からの再生敷料量** **3.0t/日：野菜残渣＋肉牛ふん＋野菜残渣からの再生敷料量** **1.2t/日：新規野菜残渣からの堆肥生産量** **堆肥販売価格：NEDO 報告書内 P.54 3－1－3. 堆肥販売価格参照**
電気削減費	**空気乾燥施設電気代と熱乾燥施設の電気代の合計**
プラントメンテナンス費	**ポンプ、ガスホルダー、各種弁、計装、CHP メンテ費などを含む**
原料の回収・発酵槽への充填にかかわる費用	**人件費＝370 時間×2,250 円/時間** **燃料費（ 原料の出し入れ）≒約 228 時間（ 作業時間）** **×10L/H（燃費）×132 円/L（軽油価格）** **燃料費（原料の回収・副産物の配送）：NEDO 報告書内 図 13 参照**
施設運転費	**人件費＝365 時間×2,250 円/時間** **点検分析費：施設点検、ガス分析費等**

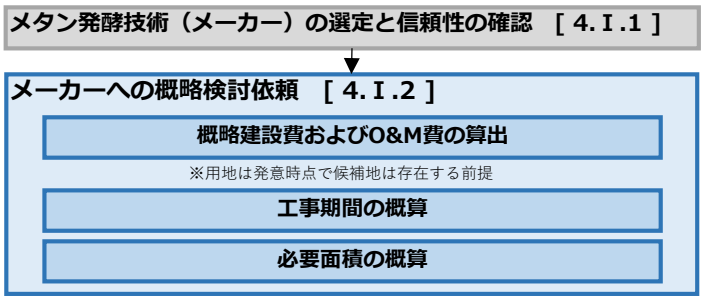
（出所）株式会社北土開発「2019 年度～2020 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/製糖工場汚泥と肉牛ふんを主原料とした乾式メタン発酵バッチシステムの事業性評価」(NEDO)

4.Ⅰ.2 メーカーへの概略検討依頼

施設の概略検討（概略設計）では、上述のメタン発酵技術（メーカー）の選定と信頼性の確認を踏まえ、メーカーへの概略検討依頼を行う。

概略設計の依頼に際しての、必要最低限の事項は次頁のとおりである。依頼する場合には、作成納期や提出方法（E メール可、書類としての提出等）を明確にしておく。

施設の概略設計が完了した段階で、メタン発酵施設の概略建設費および O&M 費を把握できるため、事業収支の検討を行うことができる。また、必要となる工事期間、敷地面積についても把握することができるため、スケジュールや用地の具体的な検討を行うことができる。



❑ 付帯設備の条件等、見積条件を明確にしたうえで、複数のメーカー等からの見積りを比較したか？それらに基づく採算性の検討のうえ、規模選定がされているか?

- ❑ メーカー等からの見積りを取って採算性の比較検討のうえ、規模選定がされているか？
- ❑ メーカー・機器の見積り比較のうえで、付帯設備の条件等、見積条件は明確となっているか？
- ❑ 年間の設備利用率を踏まえ、採算性の検証により適正規模が選定されているか？

EPC および設備の見積依頼を特定の 1 社に限定すると各設備や全体費用の相場観が見えないまま投資することになるため、前項で述べたとおり、時間は掛かるが複数社の比較が望ましい。また、事業費の積算において費目の抜け漏れがあったために計画時点と事業開始後の採算性に乖離が生じたケースも見られる。

先行事例の中には、事業費の積算において**費目の抜け漏れがあったために計画時点と事業開始後の採算性に乖離**が生じたケースも見られる。事業費の積算に関する詳細および留意事項は**「1.Ⅱ.4 事業収支の検討」（145 頁）**を参照されたい。

構想（または FS）段階では設備設計に関して具体的に決まっていない事項も多いため厳密な事業費の積算は難しいが、メーカーに対する概略設計および見積依頼を行う際、最低限必要な項目としては以下が挙げられる。

表 2.4.5 メーカーに概略検討および見積りを依頼する際の項目例

１．設置場所

・具体的な住所はまだ決まっていない場合、都道府県名および市町村名程度で問題ない。

２．工期

・おおよその着工予定日と竣工予定日を決める。

３．原料の条件

原料の名称、それぞれの原料の量（日平均量、年間処理量）、それぞれの原料の概略性状と姿かたち（もし不明であれば、メーカーに想定してもらうこともできる）

４．装置の構成

記載例：「受入設備＋前処理設備＋メタン発酵設備＋バイオガス利用設備＋消化液処理利用設備」
この時、バイオガスは発電して自家利用か、FIT 売電か、消化液は水処理か液肥利用かなども記載する。

５．施設の運転時間

稼働時間は目安を示す。バイオガス施設の稼働時間を受入条件等に合わせて明記する。

・原料の受入　　【　】日/週【5～6】時間/日
・原料の前処理供給　【　】日/週【5～24】時間/日
・発酵処理　　【　】日/週【24】時間/日
・発酵残渣の取り出し　【　】日/週【5～24】時間/日
・脱臭　　【　】日/週【24】時間/日

６．バイオガス利用計画

バイオガスの利用方法は、バイオガス発電、熱利用、バイオガス供給などがある。発電する際には、自家消費か、FIT 売電、一般売電なども記載する。

７．消化液処理利用計画

消化液は、液肥として圃場や農場へ散布する利用方法と、既設排水処理施設を利用、排水処理を新設して処理する方法がある。より精度の高い見積りのためには、液肥利用の場合は貯留日数（3 か月～6 か月の間の日数）、水処理の場合は放流先（下水放流か河川放流）とその規制値が明確であれば望ましい（これらは FS 段階で明確になることが多い）。

８．公害防止基準

・排ガス基準値（バイオガス利用設備）、排水基準値、騒音基準値、振動基準値、悪臭基準値
公害防止基準を明記する。ただし、概略検討の場合は不明の場合もあるため、不明な場合は不明と記載しメーカーのアドバイスを得ることもできる。

詳細は環境省の**「廃棄物処理施設の発注仕様書作成の手引き　（標準発注仕様書およびその解説）　エネルギー回収推進施設編　バイオガス化施設（第 2 版）」**を参考にされたい。

フェーズⅡ　FS 段階

バイオマスのエネルギー変換設備の FS 段階におけるチェック項目は以下のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.4.6 バイオマスのエネルギー変換設備の FS 段階におけるチェック項目

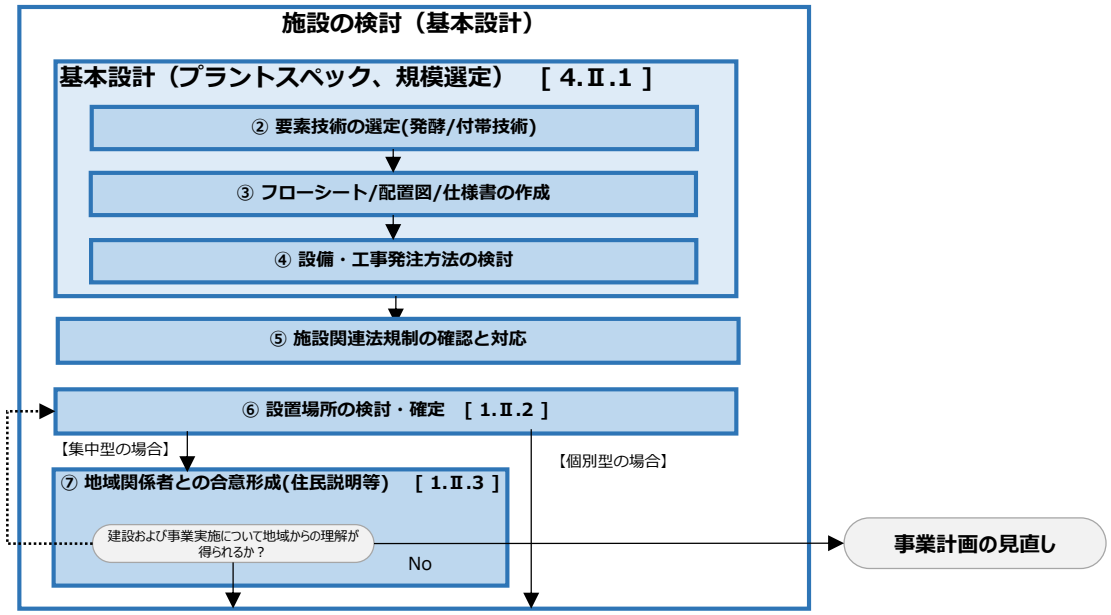
項番号	実施事項	留意事項	チェック
4.Ⅱ.1	**基本設計**		
①	**基本設計（全体）**	**特定の設備や技術を前提とせず、入口（原料）と出口（エネルギー・副生物利用）、法規制の実状を踏まえて、施設の概略設計を行ったか？**	
		冬期の凍結対策は行われているか？	
		電気事業法およびガス事業法への手続きを考慮した全体計画を立てているか？	
		法規上の離隔距離を適正に確保できているか？	
		原料の調達可能性、液肥・堆肥、エネルギーの需要規模を踏まえた適正な設備規模が選定されているか？	
		原料の搬送や投入、機器の運転による騒音・振動・臭気・粉塵など周辺への影響がないか？	
		居住地からの距離が近接していないか?住民への影響について対応できているか？	
		場内の動線が合理的に確保できるか？	
		＜畜産系および改造増設の場合＞既存の施設を活用したメタン発酵施設設計ができないか？	
②	**要素技術の選定(発酵／付帯技術)**	原料性状や消化液利用などの各種条件および商用実績を踏まえ、要素技術を検討したか？ （前処理設備、メタン発酵設備、固液分離設備、消化液処理設備、発電設備など）	
		メーカー、代理店の国内でのメンテナンス体制は整っているか？	
		機器選定に関わるコンサルタントの中立性が確保されているか？（メーカーのひも付きではないか？）	
		メーカーの装置と運転の保証の有無、その内容は検討されているか？	
		＜発電事業の場合＞発電設備について、電気事業法上の取り扱い、届出等の対応は確認できているか?	
		安定稼働の実績、メンテナンス・パーツの支給体制、法規制対応に問題がないか？	
		＜海外製の発電装置の場合＞国内でのパーツの支給体制は整っているか？	
		＜同上＞設備の法規対応はできているか？（電気事業法、労働安全衛生法等）	
		＜同上＞年間の設備利用率（発電量）を実績として確認できているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		＜海外製技術を採用する場合＞日本の労働安全衛生法に対応できる経験・知見を有している販売代理店を介しているか？	
③	**フローシート／配置図／仕様書の作成**	**基本設計に係る基礎資料を用意したか？（フローシート／基本仕様書／基本設計計算書／図面類／概算費用など）**	
		施設のフローシートが作成されているか？	
		フローシートと計算書に基づいた設計仕様書ができているか？	
		施設の基本設計計算書ができているか？	
		設計・工事の発注に係る概略仕様および発注仕様書は確定しているか？	
		設計・工事の発注の場合の概略仕様は固められているか？	
		概略仕様を基に発注仕様書を作成できているか？	
④	**設備・工事発注方法の検討**	**設計・工事の発注方法は確定しているか？**	
		単なる価格競争ではなく、メタン発酵施設の設計への正しい理解のある設計施工メーカーが受注するための発注プロセスが検討できているか？（特に公共施設等行政案件）	
⑤	**施設関連法規制の確認と対応**	**建築基準法、廃掃法、水質濁汚濁防止法、ガス事業法等の必要な法規対応を確認できているか?**	
		ガス事業法、水質汚濁防止法、電気事業法、労働衛生安全法、建築基準法、消防法、廃掃法等の必要な許認可の取得や届出は済んでいるか？	
		実施設計時における各種手続きが進められているか？（開発行為の申請、廃棄処分業の申請・許可、収集運搬業許可、FIT 事業認定申請、接続検討申込など）	
⑥	**設置場所の検討・確定**（チェックリストについては「1 章 1.Ⅱ.2 設置場所の検討・確定」を参照）		
⑦	**地域関係者との合意形成**（チェックリストについては「1 章 1.Ⅱ.3 地域関係者との合意形成」を参照）		

4.Ⅱ.1 基本設計

FS 調査で原料調達とエネルギー利用、副生物処理が概ね固まり、事業性の目途が立った後、プラントスペックや規模に関する基本設計を行う。このステップでは要素技術の選定を経て、フローシート等の各種書類の作成、さらに設備・工事発注方法の検討を行う。これらは技術的な知見が要求されるため、コンサルタントやメーカー等の専門家に依頼するのが一般的である。

また、基本設計と併せて、関連法規制の対応や構想段階で検討した用地における設備設置場所について検討する。



① 基本設計（全体）

FS 調査前段の原料調達、副生物、エネルギー利用などの検討結果を踏まえ、プラントスペックや規模に関する基本設計を行う。特に**畜産系バイオマスの場合は**、既に保有しているスラリー貯留槽を液肥の貯留槽として利用できるなど、既設の設備を利用できる場合もある。

❑ 特定の設備や技術を前提とせず、入口（原料）と出口（エネルギー・副生物利用）、法規制の実状を踏まえて、施設の概略設計を行ったか？

既存設備（受入槽、水処理、焼却設備）の有効活用や凍結対策など、地域や事業者のリソースによってメタン発酵施設で求められる設計は異なる。また、規模やエネルギー利用方法に応じて電気事業法、ガス事業法などの遵守すべき法規制が異なり、それらを設計に反映する必要がある。それらの対応事項や手続き等のスケジュールも考慮する必要がある。

機器の過負荷対策・耐摩耗対策・凍結対策

メタン発酵施設は、バイオマスをメタン発酵させてバイオガスを生成し、多くの場合ガスエンジンの燃焼により発電等を行い、エンジンの廃熱は主に温水の形で回収する。年間を通して安定した事業ができるよう、**事業計画に沿って、施設の耐用年数が 20 年以上**となるよう施設全体を計画する必要がある。

各機器には概ねの耐用年数はあるが、**異物混入など原料性状に起因する過負荷**などから想定以上の利用によって耐用年数より短期間での故障や更新の必要性が出る可能性もある。また、**過負荷に対する損傷**をおよぼす可能性があるため、**過負荷対策、耐摩耗対策**にも留意が必要である。

基本設計で検討する主な項目

基本設計時には表 2.4.7 に示すとおり、各種図面類や設備概要書、設計基本数値、運転管理条件などを整理する。

また、公害防止条件等にも十分対応した計画にすることが重要である。**発電事業を行う場合**の FIT 事業計画認定申請と電力会社への系統連系接続に関係する部分は、手続きに時間を要するため早めの検討が必要である。

表 2.4.7 基本設計で検討する主な項目（参考例）

項 目	内 容
図面類	構内配置図および動線計画図
	全体機器配置平面図、断面図
	全体システムフロー図
	制御系統図（計装フロー図）
	FIT 事業計画認定申請用図書
	系統連系申請用図書
設備概要書	設計仕様書、プロセス説明書および緊急時の措置説明書等
数値関係	設計基本数値（設計計算書、設計の前提条件、性能保証内容、条件、物質収支、熱収支、主要設備の容量計算書）
	用役収支計算書等
	負荷リスト、発電端および送電端量運転シミュレーション
運転管理条件	年間運転管理条件、維持管理条件、運転人員調書および予備品
	定期点検実施概要書および O&M 費概算書
公害対策･安全対策	大気、振動、騒音および排水等の対策
	労働安全対策
土木･建築関係	造成計画、処理棟等の土木建築計画、機械基礎計画、計画用ローディングデータ
全体	工事工程表、設備納入仕様書

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

❑ 冬期の凍結対策は行われているか？

寒冷地域におけるメタン発酵事業の場合、バイオガスは水蒸気飽和であるため**配管の結露対策および結露水の凍結等、閉塞時の対策**が必要となる。

凍結対策に関する留意事項は**「4.Ⅲ.2 実施設計」（385 頁）**を参照されたい。

❑ 電気事業法およびガス事業法への手続きを考慮した全体計画を立てているか？
❑ 法規上の離隔距離を適正に確保できているか？

メタン発酵施設の設計においては、**電気事業法**、**ガス事業法**を考慮する必要がある。これらの法律の条文の中に設備の設置や構造基準などが記載されている。

特にガス事業法については、同法で定める**「ガス工作物」**および**「準用ガス事業者」**に該当するか否かによって対応が異なるので留意する必要がある。

加えて **2021 年 2 月に官報で交付された省令改正（発電用火力設備の技術基準を定める省令の一部を改正する省令）により、「バイオマス発電機」についてはガス工作物の技術上の基準への適合性を求められるように制度が変化した**ことに留意する必要がある。

1 日のガス発生能力が標準状態で 300m^3 以上かつ圧力が 0.1MPa 未満の「バイオマス発電設備」の技術基準について、ガス工作物の技術上の基準を定める省令が準用される。この際、「ガス工作物」については「電気工作物」と読み替えられる。「ガス事業者」については、「電気工作物を設置する者」と読み取られる。また、この「バイオマス発電設備」については、規模に応じた適切な防消火設備を設けることも新たに定められた。

＜ガス事業法における「ガス工作物」および「準用ガス事業者」の定義＞

ガス工作物の定義

“13　この法律において「ガス工作物」とは、ガスの供給のために施設するガス発生設備、ガスホルダー、ガス精製設備、排送機、圧送機、整圧器、導管、受電設備その他の工作物およびこれらの附属設備であって、ガス事業のに供するものをいう”（ガス事業法第２条 13 項）

準用事業者の定義

“ガス事業以外のガスを供給する事業を行う者 ・ 自ら製造したガスを使用する事業を行う者”（ガス事業法 105 条）

下水汚泥、食品残渣、家畜排せつ物等の有機物をメタン発酵処理することにより得られるバイオガス、工場における副産ガス、その他の可燃性ガスの利用を計画している事業者は、これらのガスを導管により供給する場合や、自ら使用する場合には、ガス事業法が適用され、届出手続きが必要となるほか、ガス工作物の技術基準への適合などが義務づけられる[21]。

法律上の離隔距離

ガス事業法では「準用ガス事業者」が設置する「ガス工作物」については構造基準を設けている。この基準を順守するのは 300m^3/日のガスを利用していることであるが、バイオガスかメタンかについては明確になっていない。そのため、事業を計画している地域の産業保安監督部に確認することが必要である。

メタン発酵施設において「ガス工作物」とみなされるのはガスホルダーやメタン発酵槽、余剰ガス燃焼装置である。

離隔距離などの基準が定められている主な構造物としては「ガスホルダーと敷地境界」、「メタン発酵槽と敷地境界」が挙げられる。また、「火気取扱設備」に相当する余剰ガス燃焼装置を設置する場合、「ガス工作物」との離隔距離を確保する必要がある。

❑ 原料の調達可能性、液肥・堆肥、エネルギーの需要規模を踏まえた適正な施設規模が選定されているか?

近年、FIT 事業を主体に考える事業者の場合、**収入の目安となる発電装置の容量を決定し、その後メタン発酵施設の規模を逆算して決めるケース**が散見される。しかしながら、上記のメタン発酵施設の**発電規模を定めた後で必要な原料の種類と量が集められることはほとんどない**。また、副生物である**液肥や堆肥、電力および熱の出口需要は容易には見つけられることは少ない**。

したがって、メタン発酵施設の構想段階では発電規模ではなく、**施設の入口である原料と出口である副生物の用途に着目**し、初期段階から目安をつけておく必要がある。

施設規模を決めるための前提条件

設備規模の設定にあたっては、前もって十分に原料確保策を検討し、設備規模の決定に反映させる。

原料調達量の最大変動幅は、過去の月別搬入量の実績を用いて把握するが、過去の実績が十分にない場合は、季節変動などの変動率（余裕率）も考慮する。

[21] https://www.safety-tohoku.meti.go.jp/sangyo_hoan/h2904kaisei/h310219jyunyo.pdf

表 2.4.8 施設規模を決めるための前提条件

事前確認すべき条件	設定すべき前提条件
年間原料調達可能量とその変動	バイオマス原料の長期的調達見込みによる年間調達可能量の設定。季節変動も留意。
原料の性状とバイオガス発生量の設定	原料の種類･性状等より、メタンガスの発生量を推定。必要に応じてサンプル試験を実施。
系列数	施設の安定稼働と経済性を考慮したうえで、主として、最大発酵槽容量やメンテナンス性、不適合物の混入等によるメタン発酵の能力低下等を考慮して系列数を決定。
接続可能な連系線の送電容量の許容範囲	発電を行う場合は、接続予定の送電設備等への接続事前照会結果による許容送電容量の確認。
年間点検維持管理日数	予想される年間点検維持管理日数（土曜、日曜、祝日、点検･補修等による年間休止日）を差し引いた稼働日の設定。
経済性を確保できる施設規模	原料の性状･バイオガス発生量および年間調達可能量から年間発電出力を設定。施設規模による投資額の設定と経済性の確認。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

前提条件の設定にあたり、必要となる値の計算式例を下記に示す。

＜計算式例（発電の場合）＞

年間稼働率（%）＝ （1－年間点検維持管理日数÷365 日）×100

送電端出力（kW）＝｛発電端出力(kW)－所内電力(kW)｝×（100%－昇圧ロス%）

発電電力量（kWh/年）＝｛バイオマス投入量(t/年)×バイオガス発生係数(Nm^3/t)×メタン含有量(60%) －メタンのロス分(Nm^3/年) ｝×メタン発熱量(35.7MJ/ Nm^3)×発電効率÷3,600(kJ/kWh)

❑ 原料の搬送や投入、機器の運転による騒音・振動・臭気・粉塵など周辺への影響がないか?

❑ 居住地からの距離が近接していないか?住民への影響について対応できているか？

環境への配慮と調和、公害の防止、安全性および機能性、更に経済性を考慮し、O&M 費が低廉でかつ運転管理が容易なメタン発酵施設の設計、建設を行うことが重要である。

そのため、有害物質の拡散、水質汚染、大気汚染、悪臭発生、騒音、振動、、爆発などの周辺環境へのマイナス要因への対策や、**設備故障時等に系外に環境汚染の原因となりうる廃棄物や排ガス等を排出するリスクに留意**した計画とする。

また、計画地の所轄自治体との公害防止協定等を締結する場合には、**協定内容を順守した公害防止対策**を行う。

騒音・振動対策

機器側における**騒音が基準値を超えると予想されるものは、設備そのものに騒音・振動防止策を施す**ことはもちろん、**防音構造の建物等の中に配置**することが望ましい。それが不可能な場合は、機能上および保守点検上支障のないように減音対策を行う。

なお、**自治体が定める騒音規制**には、**敷地境界を基準**にする考え方と、**オペレーション地点を基準**にする考え方と両方あるので注意が必要である。

前処理設備における破砕装置やガス発電装置、送風機（脱臭用、昇圧用等）は騒音・振動を伴うため、設置場所、振動対策、防音壁等の設置を併せて検討する必要がある。

防火対策、防爆、防じん等の対策

消防法関連法令対応は、**所轄消防署の指導に従い必要な措置を講ずる設計**とする。火災発生の恐れがある場所についても、所轄消防署の指導のもとに対策を講ずる。

防爆対策については、ガス事業法において定められている基準に対応した設計とする。

❑ 場内の動線が合理的に確保できるか？

機器配置や動線、作業性、安全性等の考慮

設備機器の取替、補修が容易となるよう、機器配置および機材搬入動線を適切に計画する必要がある。また、保守、維持管理等の**作業性の確保および労働安全性の観点にも考慮**する。

さらに、建設工事期間中の電気や水、通信回線等の必要な**ユーティリティの所掌を発注までに取り決めておく**必要がある。

腐食等に支障のない材質の選定

メタン発酵施設では硫化水素などの腐食性ガスや有機酸などが発生するため、**十分な腐食対策（材質の選定・塗装など）を行う**必要がある。特にバイオガス配管やガスホルダーの底部など凝縮水がたまりやすい部分は腐食に注意する。

気液接触部分は耐食性、耐摩耗性材質のものとする。

コンクリート躯体についても硫化水素などに起因する腐食対策が必要である。また、常温下における重度の微生物腐食による劣化から保護する必要があり、そうした機能を有する被覆材料の塗布などの方策をとる。

電気系統やメンテナンスの容易性の考慮

電圧変動など、電気系統に支障のない仕様とするほか、**法定点検や日頃のメンテナンスの容易性にも考慮して設計**する。

その他、バイオガスの硫化水素は、電気配線や電気機器の腐食の原因にもなるため、操作盤等の電気系統を設置する際には**十分な距離を取り換気**等に留意する。

＜畜産系および改造増設の場合＞

❑ 既存の施設を活用したメタン発酵施設設計ができないか？

既存の堆肥センターや水処理設備などの既存施設を利用する場合には既存施設の性能を把握し、新規利用する場合の負荷の増量などに留意しなければならない。**メタン発酵施設における消化液処理について水処理設備を設置する場合には既存の水処理施設を利用できれば費用面でも有利**である。

畜産系バイオマスで既存施設を活用する場合、次のような項目を検討しながら実現可能性を判断する。

- 既存施設の現状の問題点を把握し問題解消ための課題解決策を策定する。
- メタン発酵設備が導入された場合に既存の堆肥化施設が持っている問題点および課題を解消できるかを確認する。
- 設備導入によるメリット・デメリットを評価し、メタン発酵設備導導入時の事業収支の変化を確認する。
- オンサイトでエネルギー（電気、熱）を利用を検討する際は、それらの需要施設が隣接しているかどうかを確認する。

既存の水処理設備の活用

例えば、養豚場におけるふん尿処理施設に設置されていることが多い水処理設備、民間の工場内が保有している排水処理施設、設置場所の近くにし尿処理場や下水処理場があればその水処理設備を利用することも可能である。その場合には、既存の水処理設備の設計条件を十分に調査し、メタン発酵施設から発生する消化液の負荷がかかっても十分にその能力が発揮されるのかを検討しておく必要がある。検討項目としては、水量負荷および水質負荷があるが、特に**水質負荷**、中でも **BOD 負荷、SS 負荷および総窒素負荷について検討**しておく必要がある。

② 要素技術の選定（発酵／付帯技術）

要素技術の選定では、受入設備、前処理設備、メタン発酵設備、水処理設備、ガス処理設備などにおける構成機器並びに付帯設備を検討する。具体的には、選別機、発酵槽、撹拌機、発電機、水処理装置、ガスホルダーなどが挙げられる。

- ❑ 原料性状や消化液利用などの各種条件および商用実績を踏まえ、要素技術を検討したか？（前処理設備、メタン発酵設備、固液分離設備、消化液処理設備、発電設備など）

要素技術の選定については、特定の技術を前提とせず原料や事業者のリソースを考慮し、十分な実績のある技術を採用するのが望ましい。各種要素技術の概要および選定時の留意事項については**「第 3 部 2 章メタン発酵技術に係る基礎知識」**を参照されたい。この中では下図に示すメタン発酵施設の構成要素（設備・機器）に関して具体的に記載している。

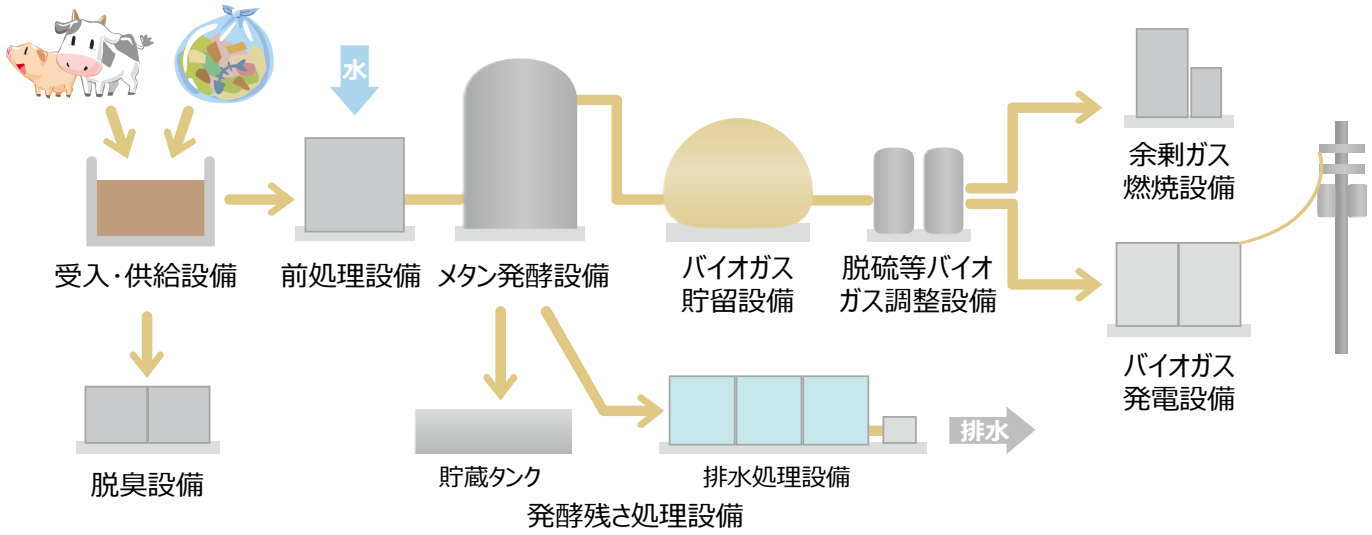


図 2.4.8 メタン発酵施設の構成要素

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

- ❑ **メーカー、代理店の国内でのメンテナンス体制は整っているか?**

- ❑ 機器選定に関わるコンサルタントの中立性が確保されているか？（メーカーのひも付きではないか？）
- ❑ メーカーの装置と運転の保証の有無、その内容は検討されているか？

メーカーの選定

既存の事例では、**初めにメーカーまたは技術ありきで計画を進めた結果、地域の原料や条件と合致せず運営が立ち行かなくなった**ケースが存在する。また、協力するコンサルタントも技術を採用した**メーカーの関係者で中立的な技術選定ができていない**ケースも散見される。

そのため、メーカー選定の際は事業者との関係性や費用面だけでなく**事業コンセプトおよび事業モデルへの適合を考える**ことが重要である。具体的には、エネルギー供給形態（発電・熱利用・熱電併給）、熱利用の目的と利用方法、外部への熱供給の有無、対象とする地域の燃料などを整理する。こうした**事業コンセプトや事業モデルに合致する施設を実現できるメーカー複数社からの提案を受ける**べきである。

また、メタン発酵施設の稼働開始後の施設でのトラブルへの対応を含めたメンテナンス体制もメーカーを選定する際の要素として重要である。特に海外の技術を用いる場合は、設備トラブルが起きた際に**技術者が現場に来るまでに時間が掛かった**ケースや、**交換部品の調達に数か月要した**ケースも存在するため留意が必要である。

メーカーの運転保証

メタン発酵施設では、**原料となるバイオマスの量と質の変動が大きい**うえ、**施設稼働時に 100%の量が収集されているかは不確定**であることからも、ガス発生量などの性能の**保証事項を決めることは通常困難**である。

また、メタン発酵施設全体の試運転は長ければ半年近くかかることもあり、その間工事費用を支払わないことは施工メーカーにとっては望ましいことではない。

国内では事例は少ないものの、保証について検討する際は、**ハード上の保証と性能上の保証と分けて考える**ことが必要である。また、**ハード上の保証もどの時点で確認をするかを決めておく**必要がある。

＜発電事業の場合＞

❑ 発電設備について、電気事業法上の取り扱い、届出等の対応は確認できているか?

発電設備については、電気事業法に係る各種手続きが必要となる。各種法規制に関する詳細は**「4.Ⅱ.1 基本設計 ⑤ 施設関連法規制の確認と対応」（369 頁）**を参照されたい。

その他、発電設備に関する技術的な留意事項は**「第 3 部 2 章メタン発酵技術に係る基礎知識」**を参照されたい。

❑ 安定稼働の実績、メンテナンス・パーツの支給体制、法規制対応に問題がないか？

＜海外製技術を採用する場合＞

- ❑ 海外製の発電装置の場合、国内でのパーツの支給体制は整っているか?
- ❑ 海外製の発電装置の場合、設備の法規対応はできているか?（電気事業法、労働安全衛生法等）
- ❑ 海外製の発電装置の場合、年間の設備利用率（発電量）を実績として確認できているか?
- ❑ 特に海外メーカーの場合、日本の労働安全衛生法に対応できる経験・知見を有している販売代理店を介しているか？

海外で実績のある技術でも国内の原料等の条件では安定できないこともあるため、同技術の国内の事例にヒアリングすることが望ましい。また、海外メーカーおよび販売代理店は日本の法規制の知見不足で設計やスケジュール、価格が当初想定と異なることがある。その他、設備トラブル時の技術者派遣や交換部品調達の迅速性も確認が必要である。

発電装置等について海外技術を導入する場合には、下記の点についてリスクがあることに留意する必要がある。なお、事業全体のリスクに関する詳細については**「1.Ⅱ.7 事業リスクの評価（全体課題整理）」（174 頁）**を参照されたい。

設備の規格

国内事例では欧州製の発電設備や発酵槽を導入することが少なくないが、**機械部品や電子部品の細部にわたるまで日本の規格とは異なる場合があること**に留意する。

例えば、配管のフランジ継手なども、**日本の規格（JIS）と欧州規格（EN）、ドイツ規格（DIN）では寸法が異なる**ため、**取り合いの図面を作成し不一致が起こらぬよう徹底する必要**がある。また、**部品の供給分担も明確にする必要**がある。

発酵槽等の構造物の場合、**日本の耐震基準に合致しない場合もある**ため、**検討時に強度計算などを実施し、耐震基準を満たす**必要がある。また、欧州では安定運転できていても**日本の原料の性状では発酵がうまくいかない場合**もあることに留意する。

価格・為替の変動

海外から設備を輸入する場合は、**為替レート変動により仕入れ価格が計画と異なる場合**がある。また、契約時期や支払時期等によって為替が異なるため、想定と異なる支払額になる可能性がある。

納期までに必要となる期間

輸入する機器や設備については、**国内製を用いる場合と比べ納品までに時間が掛かる場合が多い**。例えば、ヨーロッパから日本まで船便で輸送する場合には、**製作にかかる期間のほかに輸送が 3 か月程度必要となる**ことがある。

電源条件の不一致

大型の機器・設備を輸入する場合に、**電源（電圧・周波数・相等）が国内の電源系統に合致しないことがある**。その場合には、**電源の調整設備を導入**することで対処する必要がある。

検収条件・試運転

海外から設備を輸入した場合には、技術導入の際に据付後の**検収等の条件を契約時点で明確にすることが重要**である。また、**試運転に必要なユーティリティや治具についても日本側で準備できるか確認**する必要がある。

設備の保守

設備のトラブル対応やメンテナンスで**稼働率が下がると事業性に大きく影響**することから、**輸入を予定する機器・設備の保守体制が国内に存在していることを確認**する必要がある。

万一、保守体制が国内にない場合は機器や設備の供給メーカーと十分に協議し、国内の類似機器での代替なども対策を講じる必要がある。

③ フローシート／配置図／仕様書の作成

施設の発注を行うためには基本仕様書、基本設計計算書、配置図などの図面類、フローシートを揃えることが必要である。構想段階の概略設計時に各メーカーから提出されたものをベースに、専門家の意見を聞きながら内容を精査する。そのうえで、発注仕様書において要求事項をしっかり固め、再度、メーカーへ見積依頼するのが一般的である。

これらの書類を作成するためにはこれまでに述べた事前の調査が必要となるため、書類がそろっていれば調査も十分にできていると考えられる。

❑ 基本設計に係る基礎資料を用意したか？（フローシート／基本仕様書／基本設計計算書／図面類／概算費用など）

- ❑ 施設のフローシートが作成されているか？
- ❑ フローシートと計算書に基づいた設計仕様書ができているか？
- ❑ 施設の基本設計計算書ができているか？

メタン発酵施設の基本設計を進めるにあたり、施設の**「骨格」の設計図となる資料をメーカーから入手することが必要**である。代表的な資料を以下に示す。いずれも設計施工段階では必ず必要なものであるが、FS 段階以前から入手しておくことが円滑な設計のために望ましい。特に**「フローシート」およびそれに基づく「設計仕様書」、「基本設計計算書」などは重要**である。

近年、一部の国内事例ではこれらの**資料がメーカー側から提示されないまま設計を進められる**ケースがあるが、思わぬ設計の不備につながるため必ず事業者がメーカーより入手する必要がある。

表 2.4.9 基本設計に必要な資料

	構想段階	FS 段階	設計施工段階
検討条件書	○	○	◎
設計計算書	○	○	◎
設計仕様書		○	◎
フローシート	○	○	◎
全体配置図	○	○	◎
土木一般図		○	◎
機器配置図		○	◎
機器計器リスト	○	○	◎
O&M 費計算書	○	○	◎
計装フローシート			◎

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

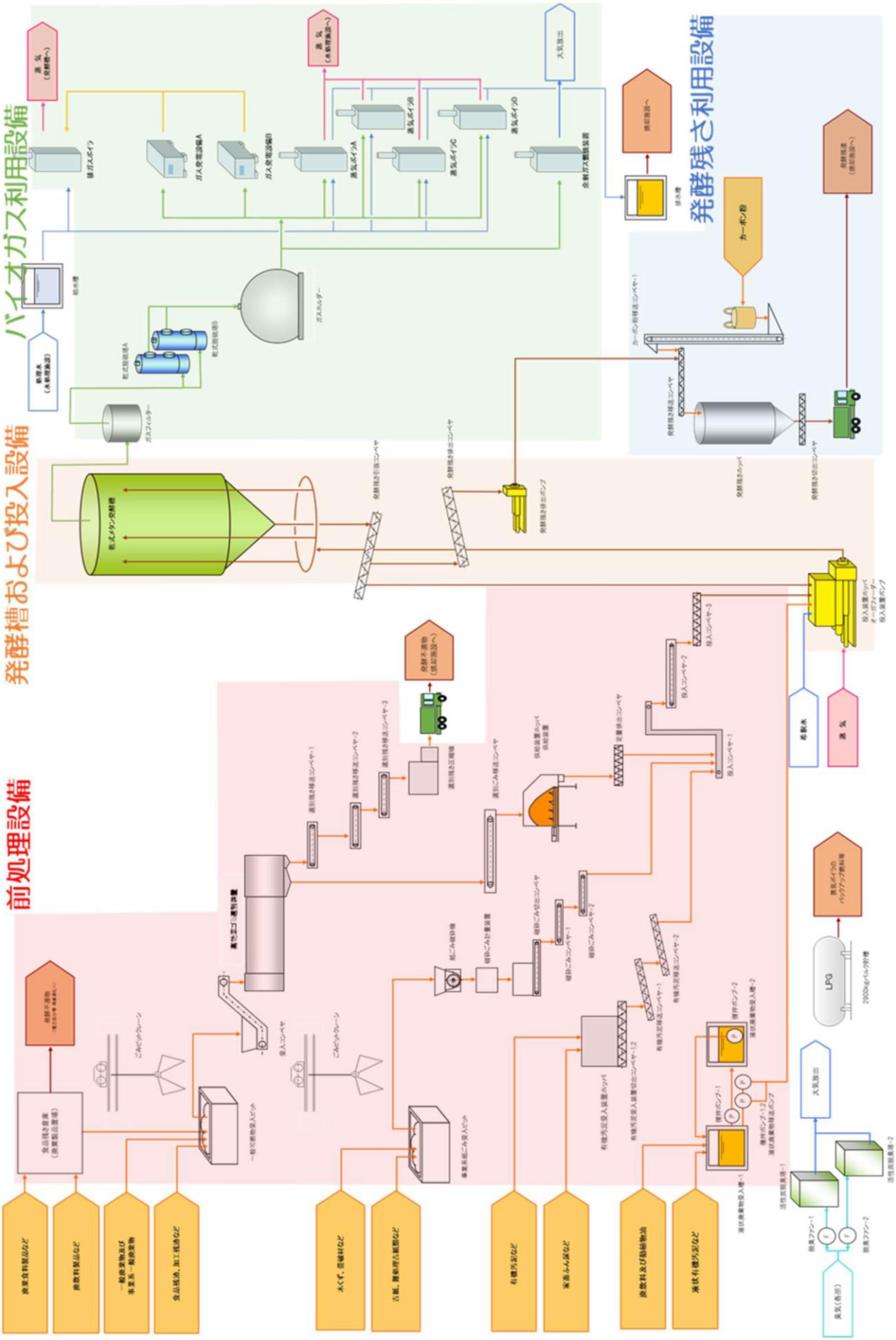


図 2.4.9　株式会社富士クリーンの乾式メタン発酵システムに係るフローシート

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

❑ 設計・工事の発注に係る概略仕様および発注仕様書は確定しているか？

設計・工事の概略仕様とそれに基づく発注仕様書はコンサルタント等に一任せず、事業者自身が各設備および設計の意図や必要性を理解をしないと地域性や既存施設と不整合なユーザビリティの悪い施設となることがある。

設計・工事に必要な書類

設計・工事の発注には、**発注仕様書**および、その基本となる**概略仕様書**が必要である。概略仕様書は事前に定められた基本構想に基づき、プラントの基本設計を実施するための基本的な情報整理を行ったものである。

また、設計・工事を実施するためには施設の仕様が決定されている必要がある。そのためには、**施設規模、プロセスフロー、敷地条件など**を明確にした**概略仕様書**が必要である。

さらに、この概略仕様書を基に事業主体の要望を基に建設のための条件設定する**発注仕様書**を作成する。この段階では、**設計条件、性能保証、一般共通仕様書、敷地条件、気象条件、見積条件などの具体的な条件を整理する**。

❑ 設計・工事の発注の場合の概略仕様は固められているか？

概略仕様書

概略仕様書は FS 調査を基に作成する。**①設計諸元、②概略図面**で構成され、以下のものが必要となる。

表 2.4.10 概略仕様書

分類	仕様書の項目や構成
①設計諸元	原料量、原料性状（TS、VS、pH、T-N、T-P、T-K、COD）、建設予定地の面積および地形、公道接続条件など
②概略図面	敷地図、施設配置図、処理フロー図、主要設備概略図（前処理装置、発酵槽、消化液貯留槽など）、物質収支、エネルギー収支

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

❑ 概略仕様を基に発注仕様書を作成できているか？

発注仕様書

組織内において概略仕様書を作成した後、さらに有識者、専門のコンサルタント会社の意見、さらに設計施工メーカー複数社から意見を求めながら計画を具体化させ、より精度の高いプラント建設費を積算する。一般的にはこれに並行して以下の作業を進める。

＜発注仕様書作成時に必要な作業＞

- 原料バイオマスの収集・運搬計画、バイオガスの利用計画、消化液の利用・散布計画、排水処理計画を策定する。
- O&M 費（人件費、修繕費、保守費など）、事業収入（売電、熱販売、ガス販売、副生物販売）を試算する。
- 事業採算性を評価し、加えて事業主体および運営主体を決定する。
- 設備を導入する上での経済効率性、環境評価、導入リスク、関連法令対応、補助金活用の有無、運転管理体制、安全管理計画などについても検討しておく。
- 最終的に事業可能性を判断し、建設が決定となった段階で発注仕様書を作成する。

なお、これらの作業を進める際には詳細な資料が必要となるために見積り仕様書を作成し設計施工メーカーに依頼をして提出された書類の内容を精査し発注仕様書に反映させることも有効である。

発注仕様書は、事業可能性調査の結果を踏まえ、事業主体の要望を基に条件設定するものである。ここでは、**設計条件、性能保証、一般共通仕様書、敷地条件、気象条件、見積条件など**の具体的な条件を整理する。

表 2.4.11 発注仕様書に記載する内容

分類	記載内容
①設計条件	処理能力（原料量、原料種類、混入可能性異物など）、処理条件（発酵温度、処理日数など）、適用法令、運転管理、安全衛生管理、施設概要（前処理、メタン発酵槽、後処理、ガス浄化処理）
②性能保証	メンテナンス体制、検査および試験、原料処理能力、 バイオガス性状、消化液の性状
③一般共通仕様書	土木工事、建築工事、電気設備工事、機械設備工事、材料および規格
④敷地条件	建設予定地、施設配置計画、公道・電線の接続、地質、地耐力、地下水、用排水路
⑤気象条件	気象データ（気温、降雨、積雪など）、凍結深度
⑥見積条件	見積範囲、O&M 費（引き渡し後 10 年間など）
⑦その他	引き渡し条件など

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

④ 設備・工事発注方法の検討

設備および工事に関する発注方法（設計施工一括発注、分離発注など）を検討する。工事請負契約とするのであれば、コスト比較の観点から複数の設計施工メーカーに依頼をして判断することが望ましいと言える。なお、分離発注を行う場合は事業者側が各設備を理解しておくとともに、全体の施設を監督する能力が必要である。

❑ 設計・工事の発注方法は確定しているか？

❑ 単なる価格競争ではなく、メタン発酵施設の設計への正しい理解のある設計施工メーカーが受注するための発注プロセスが検討できているか？（特に公共施設等行政案件）

発注方式の選択肢

発注仕様書を作成した段階で、メタン発酵施設の設計および EPC をメーカー等に発注する。その際、図 2.4.10 に示す 3 種類の発注方式のうちいずれを採用するかについて**事前に十分に協議を行う**。

①**一括発注方式（EPC 方式）**とはターンキー契約と同等であり、設計（Engineering）、調達（Procurement）、建設（Construction）を含むプロジェクトの建設工事請負契約の一種である。設備の設計から据付・試運転までを引き受けて、発注者に引き渡し、発注者が発意するだけで設備を運転できる状態に仕上げて引き渡す**「設備一括請負契約」としての契約形態**である。メタン発酵施設の建設では最も一般的な方法である。

②**分離発注方式（図面発注方式）**は設計と工事を別々に発注する方式で、全体のコストを抑えられる利点がある。

③**コンストラクション・マネジメント（CM）方式**は発注者の補助者・代行者であるコンストラクション・マネジャー（CMR）が技術的な中立性を保ちつつ発注者の立場に立って、設計の検討や工事の発注形態の検討、工程管理、コスト管理などの各種マネジメント業務の全般または一部を行う方式である。

発注方式の選択

発注者が初めて事業に挑む場合、**発注者単独で設計・施工を行うことは事実上不可能であるため、現在は一括発注方式（EPC 方式）を採用するケースが多く**見受けられる。

分離発注方式（図面発注方式）は全体のコストを抑える観点から、一部の事例で検討されることも稀にあるが、メタン発酵施設の場合、最初に技術を選定する必要がある点や**性能保証の点から完全な分離発注は困難**であるとされ、民間事業では通常は適用されない。また、発注先の選定には一定の技量を必要とすることから、発注にあたっては**十分な知見や経験をもったコンサルタントや技術者の支援が不可欠である**。

「コンストラクション・マネジメント（CM）方式」は、**事業者側が高度かつ中立的な技術的知見を持ち、メーカー側とより対等な立場で設計を進める**うえで有効な方式とされ、今後検討・普及されていく方式と考えられる。コンストラクションマネージャー（CMR）には、発注者との信頼関係と高い倫理性が要求されるが、発注者自身も CMR の選定次第でリスクやコストが増加するおそれのあることを十分に認識する必要がある。

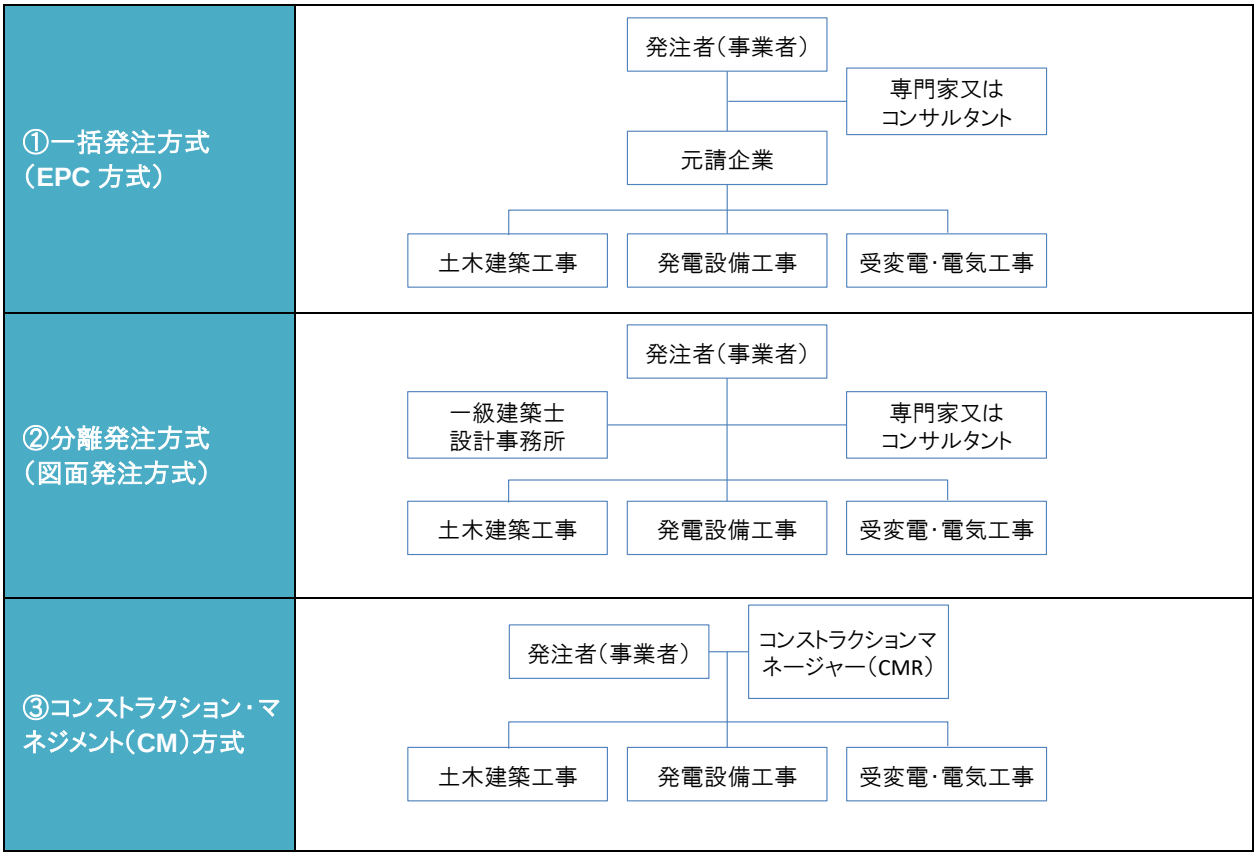


図 2.4.10　発注形態のイメージ（関係図）

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 2.4.12 設備発注方式の種類

①一括発注方式（EPC 方式）	
概要	特徴
設計と施工を併せて発注する方式。 発注者のみでは対応できない場合に、経済性や公平性も加味したうえで採用される。	・ 契約による性能確保の確実性が高まり、発注者のリスク負担の軽減が図れる。 ・ 受注者が独自に所有する技術、ノウハウを活用することが可能となる。 ・ 応札者間の技術開発および価格競争による経済性の追求が可能。 ・ 受注者（請負者）は責任設計施工で進めるが、「施工上の契約不適合責任」と併せて「設計上の契約不適合責任」を負い、提示する性能保証項目の達成を求められる。 ・ 施設の建設工事が完了し、性能確認試験をパスした後においても、性能に問題が生じた場合は、受注者の責任において確認を行い、性能条件を満たしていない場合は、受注者の責任において改善の義務が課せられる。 ・ 新技術コストの評価が難しい。 〔発注者側に求められる要件〕 ①施設の性能に関する十分な提示能力と性能評価能力 ②施設の安定稼動等に関する十分な技術評価能力 ③性能発注方式による契約が実現できる財務の確保 ④実施設計の技術審査能力
②分離発注方式（図面発注方式）	
概要	特徴
発注者が設計と積算を行い、競争入札により施工業者を選定する。 ◇一般に公共工事等の案件にて採用される方法（一定の構造指針等がある案件） ◇徐々に民間でも採用が検討されている。	・ 設計仕様は発注者側の提示により決定する。 ・ 発注者に十分な知見や経験を要する。 ・ 発注者は、計画･調査･設計･積算などの一連の手続きを行う必要がある。 ・ 発注者は、設計図面を作成し、これにより工事数量、単価を想定したうえで、予定工事価格を設定する必要がある。 〔発注者側に求められる要件〕 ①財源の確保 ②適切な品質等の履行の確保 ③適切な価格の設定 ④設計変更時における変更額の算出 ⑤設計施工監理者の設置
③コンストラクション･マネジメント（CM）方式	
概要	特徴
発注者の補助者･代行者である CMR（コンストラクション･マネジャー）が、技術的な中立性を保ちつつ発注者の側に立って、設計の検討や工事発注形態の検討、工程管理、コスト管理などの各種マネジメント業務の全部または一部を行う。	・ 一括発注方式と比べると、発注者が抱えるリスクは大きくなるものの、コスト構成などの透明化が進むといわれる。 ・ 施工については、発注者が CMR のアドバイスを踏まえ、工事種別ごとに分離発注等を行い、発注者が施工業者と別途「工事請負契約」を締結する。 ・ なお、例外的に、CMR が分離発注は適さないと判断した場合に、総合工事業者に一括発注するケースも見られる。 〔CMR の業務〕 ①設計･発注段階での発注者 ②コストの分析、工事費の算出などのコストマネジメント ③施工図の審査、施工者間の調整、工程管理など発注者の監督業務の一部を補助 〔CMR の体制〕 工事規模、内容によって異なるが、通常は複数の専門家によるチームが組まれることが多い。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

⑤ 施設関連法規制の確認と対応

施設の検討（基本設計）のステップでは施設・設備の法規制関連の手続きも実施する。一定規模以上であればほぼすべてのメタン発酵施設において電気事業法、ガス事業法上が該当する。

❑ 建築基準法、廃掃法、水質濁汚濁防止法、ガス事業法等の必要な法規対応を確認できているか?

❑ ガス事業法、水質汚濁防止法、電気事業法、労働衛生安全法、建築基準法、消防法、廃掃法等の必要な許認可の取得や届出は済んでいるか？

❑ 実施設計時における各種手続きが進められているか？（開発行為の申請、廃棄処分業の申請・許可、収集運搬業許可、FIT 事業認定申請、接続検討申込など）

メタン発酵事業では実現までに数多くの法規制への対応が必要となる。また、調達する原料や事業モデルについても法規制の制約を受けるため、設計・施工段階に至るまでに都度関連する法規制を見直す必要がある。メタン発酵事業において FS 段階から対応すべき法規制について以下に示す。

（1） メタン発酵施設建設時の主要な法規制

メタン発酵事業は事業実施にあたり、原料調達からエネルギー利用、副生物処理に至るまで様々な法規制への対応が求められる。図 2.4.11 では運転開始までに対応が必要な主要な法律を記載している。

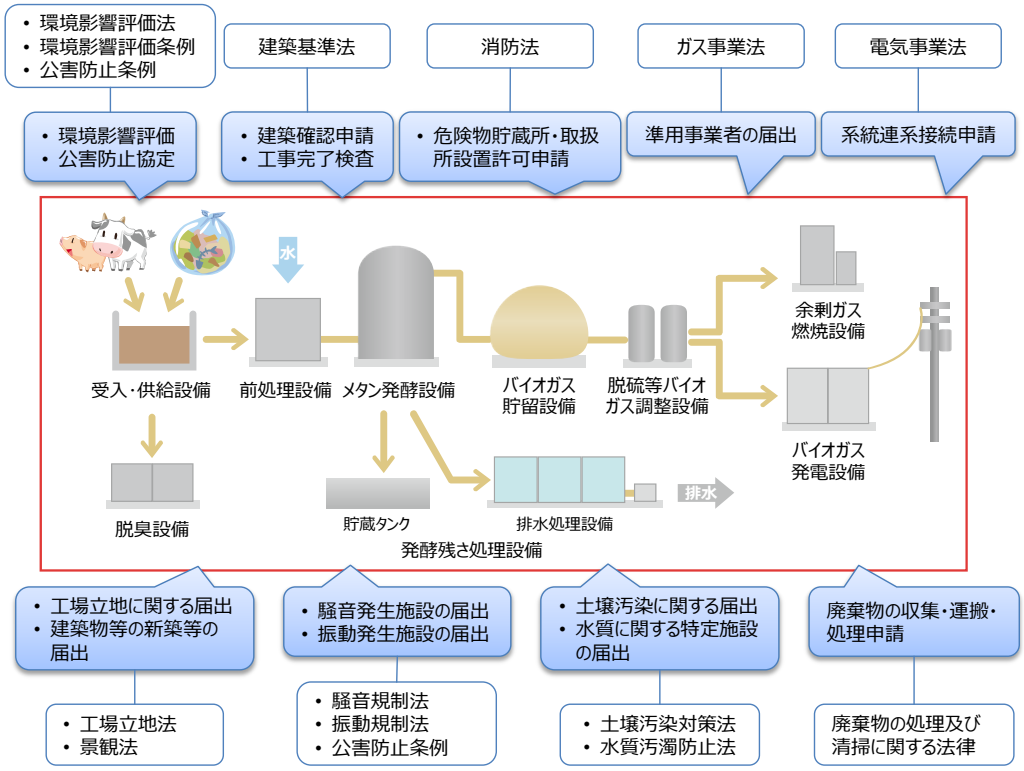


図 2.4.11 メタン発酵系バイオマス施設に関する法規制の例

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

具体的な施設の設計検討に際しては様々な法律の理解が必要となるが、施設関連法規制を考える際に、重要なのは全体配置計画時に順守しておくべき法律である。建築基準法、景観法および工場立地法が該当する。離隔距離や高さ制限および緑地面積なども念頭に置いた検討が必要になるため、メーカーやコンサルタントの協力を仰ぎながら検討を進める。

条例や近隣住民への対処

悪臭や排ガス（発電機・焼却炉併設の場合）、水処理等に関する環境基準については、法律による基準値を満たすだけではなく、条例で自治体が別途定める基準値への対処も必要であることに留意が必要である。各関係法規だけでなく地域の公害防止条例などを参照する。また、自治体の関係部局に確認する。

また、住民からの理解を得るために、やむを得ずさらに厳しい基準値を事業者自ら設定する場合もある。こうした基準値を確認せずに計画を進めると、設計時の機器選定に影響を及ぼすだけでなく、性能保証事項にも影響することに留意すべきである。

FS 段階からの法規制対応準備

メタン発酵事業で必要となる法規制への対応のうち、廃棄物処理法を始めとするいくつかの法律については調査段階から許認可取得に向けた準備が必要となる。また、新規に建設地を探す場合、候補地によっては都市計画法や農地法などによる制限を受け、煩雑な手続きが必要になる場合があるため、早い段階から立地場所の調査が必要である。

以下にてメタン発酵事業を実施するに際して、関係する主要な法律についてまとめる。

1) 都市計画法

立地が都市計画法上問題がないか

用地に関する法規制については「1.Ⅰ.2 用地の想定」（112 頁）に記載のとおりである。プラント設置予定地の都市計画区域を確認する。準工業地域・市街化調整区域の場合には、建築物への制約が発生するため、計画区域変更（半年～1 年）の手続きが発生する。

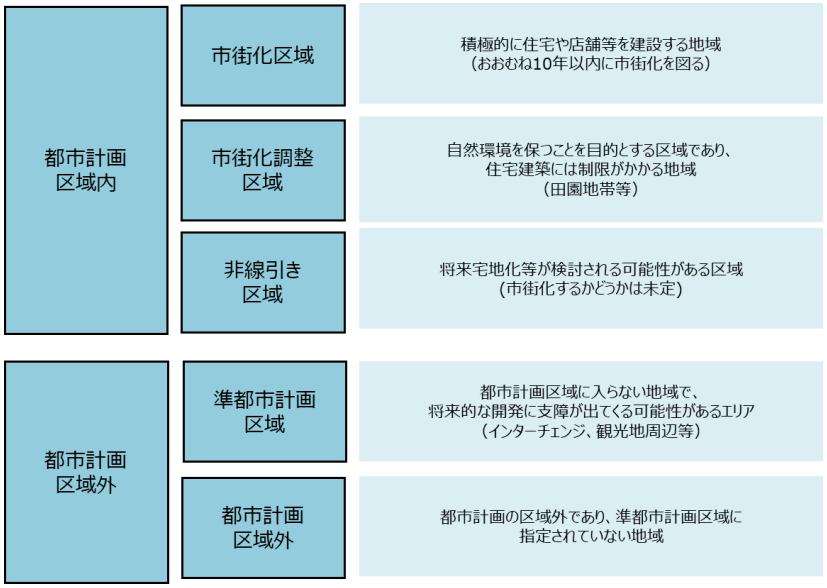


図 2.4.12 都市計画区域の種類

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

開発許可が必要か（都市計画法）

「土地の区画の形質」を実施する場合には、開発許可が必要な場合がある。該当する都市計画区域や開発規模面積により、許可の有無が変動するため、確認が必要である。

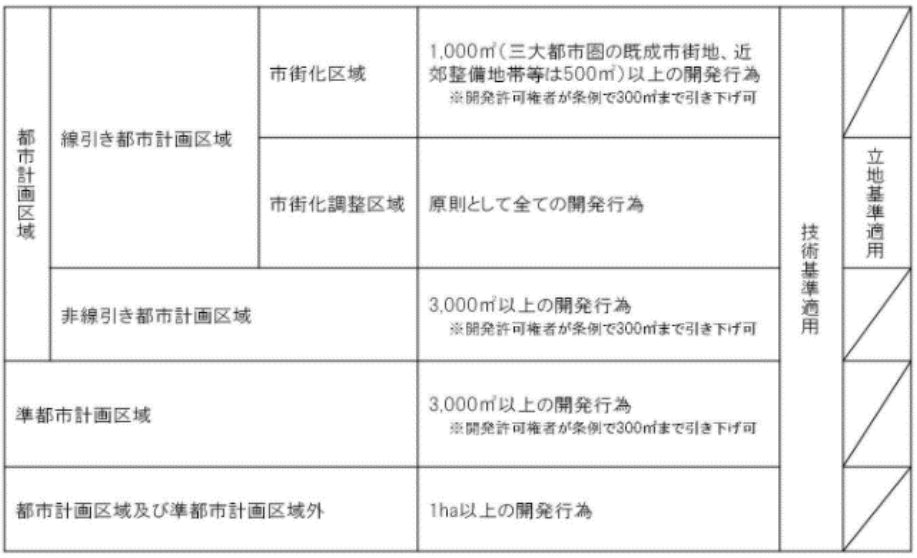


図 2.4.13　開発許可が必要な区域

（出所）国土交通省 HP,「開発許可制度の概要」

2) 農地法、農業振興地域の整備に関する法律

農地転用許可が必要か

農地転用に関する法規制については**「1.Ⅱ.2 設置場所の検討・確定」（137 頁）**に記載のとおりである。

原則として農地転用許可が認められているのは「第 3 種農地」のみである。最も農地転用許可が困難なのは、転用禁止とされている「農用地区域」へのプラント建設である。この場合は、農用地区域（通称「青地」）からの除外の手続きをまず実施し農用地白地区域としたうえで、農地転用を実施する必要があるため、2 段階の手続きとなる。

農地転用許可の手続きについては、農業委員会の開催が必要となるため、この農業委員会の開催時期によっても手続きに係る時間が変化する。

3) 廃棄物処理法

施設が廃棄物処理施設に該当するか

廃棄物処理法関係の法規制については**「2.Ⅱ.1 原料調達可能性調査 ① 原料発生状況の調査」（237 頁）**に記載のとおりである。

原料が「廃棄物」に該当する場合には、メタン発酵事業が廃棄物処理業に該当するため、許認可の取得が必要である。メタン発酵プラントに付帯する設備が次頁表に示すような「廃棄物処理施設」に該当すると判断される場合には、プラント建設前に処理施設の設置許認可の取得が必要となる。特に設置する脱水設備が処理法上の汚泥脱水施設に該当するか否かは常に大きな問題となり、各都道府県でその解釈が分かれているところである。

処理施設に該当する場合には、建築基準法 51 条但し書きとの関連も確認する。51 条但し書きにおいては、都市計画区域にて建築物を設置する場合には、都市計画審議会における審議・位置決定が必要とされている。

建築基準法　第 51 条

都市計画区域内においては、卸売市場、火葬場又はと畜場、汚物処理場、ごみ焼却場その他政令で定める処理施設の用途に供する建築物は、都市計画においてその敷地の位置が決定しているものでなければ、新築し、又は増築してはならない。ただし、特定行政庁が都道府県都市計画審議会（その敷地の位置を都市計画に定めるべき者が市町村であり、かつ、その敷地が所在する市町村に市町村都市計画審議会が置かれている場合にあつては、当該市町村都市計画審議会）の議を経てその敷地の位置が都市計画上支障がないと認めて許可した場合又は政令で定める規模の範囲内において新築し、若しくは増築する場合においては、この限りでない。

表 2.4.13 廃棄物処理法の「産業廃棄物処理施設」に該当する要件

該当号	廃棄物処理施設	条件	工業・工専地域での特例
第 1 号	汚泥の脱水施設	処理能力 10m^3/日を超える	処理能力 30m^3/日以下
第 2 号	ア)汚泥の乾燥施設	処理能力 10m^3/日を超える	処理能力 20m^3/日以下
	イ)汚泥の天日乾燥施設	処理能力 100m^3/日を超える	処理能力 120m^3/日以下
第 3 号	汚泥の焼却施設	次のいずれかに該当するもの イ)処理能力 5m^3/日を超える ロ)処理能力 200 kg/h 以上 ハ)火格子面積 2m^2 以上	処理能力 10m^3/日以下
第 4 号	廃油の油水分離施設	処理能力 10m^3/日を超える	処理能力 30m^3/日以下
第 5 号	廃油の焼却施設	次のいずれかに該当するもの イ)処理能力 1m^3/日を超える ロ)処理能力 200 kg/h 以上 ハ)火格子面積 2m^2 以上	処理能力m^{3}4/日以下
第 6 号	廃酸・廃アルカリの中和施設	処理能力 50m^3/日を超える	処理能力 60m^3/日以下
第 7 号	廃プラスチック類の破砕施設	処理能力 5t/日を超える	処理能力 6t/日以下
第 8 号	廃プラスチック類の焼却施設	次のいずれかに該当するもの イ)処理能力 100 kg/日以上 ロ)火格子面積 2m^2 以上	処理能力1t/日以下
第 8 号の 2	木くず、又はがれき類の破砕施設	処理能力 5t/日を超える	処理能力 100t/日以下
第 9 号	金属等又はダイオキシン類を含む汚泥のコンクリート固型化施設	すべての施設	処理能力 4m^3/日以下
第 10 号	水銀又はその化合物を含む汚泥のばい焼施設	すべての施設	処理能力 6m^3/日以下
第 11 号	汚泥、廃酸又は廃アルカリに含まれるシアン化合物の分解施設	すべての施設	処理能力 8m^3/日以下
第 11 号の 2	廃石綿等又は石綿含有産業廃棄物の溶融施設	すべての施設	
第 12 号	廃 PCB 等、PCB 汚染物又は PCB 処理物の焼却施設	すべての施設	処理能力 0.2t/日以下
第 12 号の 2	廃 PCB 等又は PCB 処理物の分解施設	すべての施設	処理能力 0.2t/日以下
第 13 号	PCB 汚染物又は PCB 処理物の洗浄施設又は分離施設	すべての施設	処理能力 0.2t/日以下
第 13 号の 2	上記第 3 号、第 5 号、第 8 号、第 12 号以外の焼却施設	次のいずれかに該当するもの イ)処理能力 200 kg/h 以上 ロ)火格子面積 2m^2 以上	処理能力 6t/日以下
第 14 号	イ)遮断型最終処分場	すべての施設	
	ロ)安定型最終処分場	すべての施設 (水面埋立地を除く)	
	ハ)管理型最終処分場	すべての施設	

なお、事業系一般廃棄物については上記に記載がないが、1 日の処理能力が 5 トン以上の場合、設置許可が必要である。

ただし、留意すべきなのは、表に示す廃棄物処理施設に該当しないとしても自治体との協議が必要になる点である。設置許可の代わりに、協議書の結果通知を求められるケースがあり、この「協議」では設置許可と同様の書類の提出が求められる。廃棄物処理法 15 条の考え方についてまとめた図を付す。

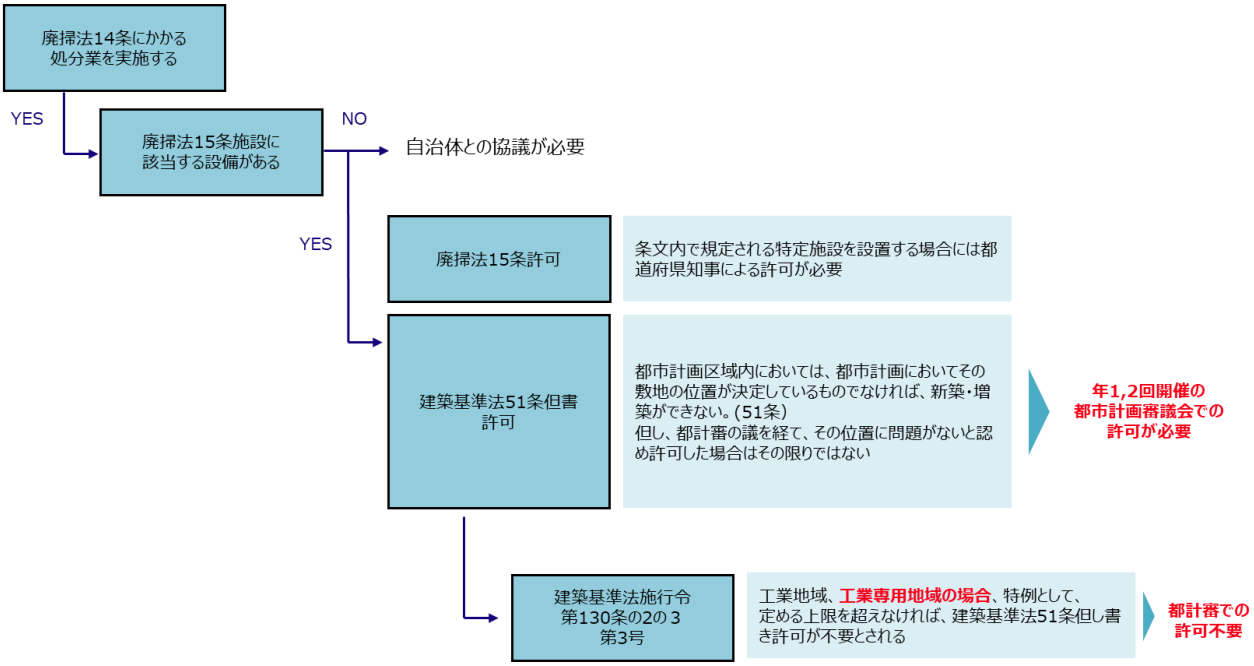


図 2.4.14　廃棄物処理施設への該当有無の考え方

4) ガス事業法

「4.Ⅱ.1 基本設計　①基本設計（全体）」（352 頁）で述べたとおり、「準用ガス事業」に該当する場合は届出が必要となり、また「ガス工作物」に該当する場合は構造基準の順守が必要となる。

この時、バイオガス発生量が 1 日あたり 300m^3 以上であるものは、ガス事業法上の「準用事業者」に該当するため、ガス事業法に準じた必要な手続きおよび工作物の技術基準への適合・維持等を実施する。

ガス工作物の技術基準への適合については、2021 年 2 月より「バイオマス発電設備」について「電気工作物」扱いとなる。詳しくは、**「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令の一部を改正する省令」**を参照されたい。

5) 水質汚濁防止法

水質汚濁防止法の特定事業場への該当の有無は、設置する水処理施設の処理性能にも影響するため、事業コストに対しても影響を与える要素である。メタン発酵施設に付帯する水処理施設は特定事業場の種類に列記されていないため、各県レベルの該当可否の判断が重要である。また、一律基準と生活環境項目などは排水量によっても取り扱いが異なるので注意が必要である。

最近は下水道の除外施設として下水道に処理水を受け入れてもらう仕組みが多く散見される。下水道における硫化水素事故を防ぐために設けられている「要素消費量」については、アンモニア性窒素も分析上影響される。このため希釈して下水道放流する場合には要注意である。特に消化液に必ず含まれるアンモニア性窒素は水質汚濁防止法上の有害物質でありその貯留方法についても対策を求められる場合があるため、あらかじめの調査が必要である。

また、個別に特別措置法が設定されている場合にはなお留意が必要である。瀬戸内海特別措置法が例として挙げられるが、これは水質汚濁防止法の上位の法律であり、事前アセスメントや現況調査等の対応が必要になる。

6) 大気汚染防止法・騒音規制法届出

発電機の排気ガスおよびボイラーについては大気汚染防止等の届出が必要となる。ボイラーは通常のバイオガス施設には必ず設置されるため、この届出は必須と考えてよい。

（2） 主要な許認可取得項目とタイムライン

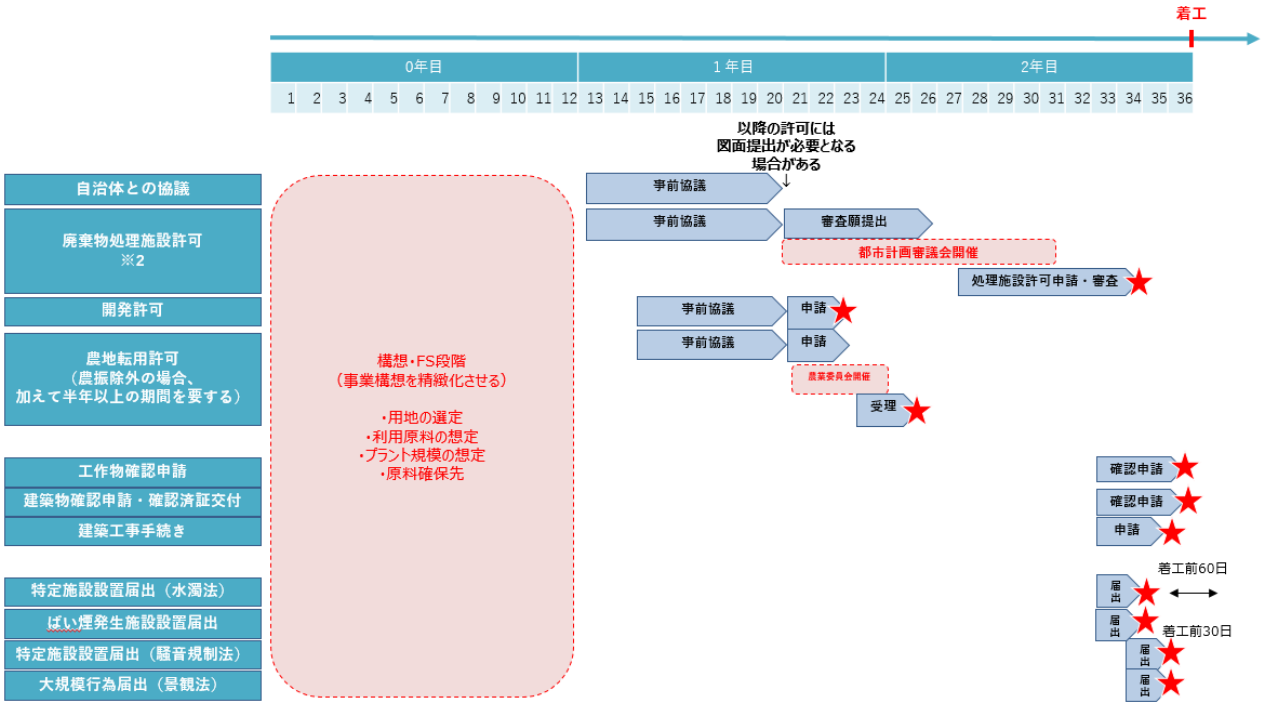
1）法的手続きのスケジュール、タイムライン

法規制対応は必要な手続きの煩雑性からかかる時間の見通しが難しい。事業開始前に確認すべき法令上の留意点については、**「1.Ⅱ.2 設置場所の検討・確定」（137 頁）**にも記載したが、これらに加えて、農地転用許可の有無、都市計画審議会による審議の有無など立地の要素によってとるべき手続きは大きく変動するため、準備にかかる時間を想定しておく必要がある。

＜事業開始前に必ず確認すべき法令上の留意点の一例＞（再掲）

- **都市計画法関係**
  - 開発申請（約 1 年）
  - 用途変更（半年から 1 年）
- **産業廃棄物関係**
  - 産業廃棄物処理業の許可申請
  - 特定施設の設置届（半年から 1 年）
  - 同上事前協議（半年から 1 年）
- **公害関係**
  - 大気汚染防止法（発電設備・乾燥・焼却設備）
  - 水質汚濁防止法（水処理設備）
  - 騒音規制法・振動規制法
  - 悪臭防止法
- **ガス事業法関係**
  - 準用ガス事業者の届出
- **建築基準法関係（建築確認申請）**

許認可の取得が求められ得る法規制類の検討のタイムラインを下図に例示する。許認可取得に際して、都道府県・自治体が独自に策定している各種条例が定める規定についても確認が必要である。また許可権者が都道府県か自治体かという点でも想定時間が変動するという前提のもとで、確認されたい。



※1：これに加え、必要な設備に応じて、申請・届出が必要になる
※2：廃棄物処理法関係では、施設設置完了後に、「処理業許可」「処理業変更許可」が必要になるため、留意

図 2.4.15 着工までに対応が必要な手続きの流れの例

（出所）メタン発酵関連事業者および実証事業者へのヒアリングを基にみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

種汚泥の搬入に係る留意事項

主にメーカー側が実施する工程ではあるが、メタン発酵プラントの運用開始前には、種汚泥の搬入期間の想定が必要である。種汚泥の確保先との交渉や必要量に応じた搬入期間を見込んだ時期設計を想定する。公共施設から公共施設への搬入と比較して、公共施設から民間施設への搬入は手続きが煩雑となる。

また、搬入が「種汚泥が廃棄物でない」点については、各都道府県との間で承認をとる作業が必要である。事前協議段階で確認する。

2) 許認可取得項目一覧

表 2.4.14 メタン発酵事業において確認が必要となる許可と法律

関連法令	許認可・手続き等	手続きが必要となる場合
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	一般廃棄物または産業廃棄物処分業の許可	廃棄物処理費を徴収(逆有償)し、収集運搬、処分を業として行う場合
	一般廃棄物または産業廃棄物収集運搬業の許可※	
	一般廃棄物または産業廃棄物処理施設の設置許可	一定規模以上の処理施設を設置する場合
水質汚濁防止法	水質に関する特定施設の届出	施設から公共用水域に排水する場合
熱供給事業法	事業認可申請(登録)	熱を供給する事業を行う場合(加熱能力の合計が 21GJ/h 以上の場合)
電気事業法	業認可申請	電力供給事業を行う場合
	主任技術者の選任届出	電気を供給する事業を行う場合(自家用で 1,000kW 未満を除く)
ガス事業法	ガス主任技術者の選任届出	ガス事業以外のガスを供給する事業又は自ら製造したガスを使用する事業を行う場合
	準用事業者の届出	製造したガスを自ら使用するまたは、供給する事業を行う場合
消防法	危険物施設にかかる設置許可	設備の燃料に消防法で定める危険物の使用や、貯蔵、製造を行う場合
	危険物保安監督者選任届出	設備の燃料に消防法で定める危険物を使用したり、貯蔵、製造する場合
	ガス主任技術者の選任届出	ガス事業以外のガスを供給する事業又は自ら製造したガスを使用する事業を行う場合
エネルギーの使用の合理化等に関する法律(省エネ法)	エネルギー管理者の選任届出	第一種エネルギー管理指定工場に指定された場合(年間エネルギー使用量が原油換算 3000kl 以上)
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止統括者および管理者の選任届出	ばい煙、汚水を排出し、常時従業員が 20 人以上の場合
労働安全衛生法	ボイラー取扱作業主任者の選任届出	(排熱ボイラー)発電用以外で、同法施行例で定義されたボイラーを使用する場合
建築基準法	建築物の建築等に関する申請及び確認	建築物を建設する場合
都市計画法	開発許可手続	政令及び自治体の指定する区域において一定以上の面積の開発行為をする場合
土地区画整理法	建築行為の許可手続	建築に伴い、盛土、切土、埋立等土地の形質の変更がある場合、または移動の容易でない物件の設置を行う場合
農地法	農地転用許認可手続	農地を農地以外のものに転用する場合

※食品循環資源の再生利用などの促進に関する法律により、食品関連事業者における食品廃棄物の収集運搬について許認可が一部不要となる。

(出所) 経済産業省「新エネルギー導入ガイド　企業のためのバイオマス導入 A to Z」および各種資料を基にみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

表 2.4.15 プラント立地に関連する手続き一覧

許認可･手続き等	関連法令	手続きが必要となる場合	検討時期
土地売買届出手続	国土利用計画法 14-16 条	土地売買等の契約を締結した場合 ･市街化区域：2,000 m^2 以上 ･市街化調整区域：全て ･都市計画区域：5,000 m^2 以上 ･上記以外の区域：10,000 m^2 以上	FS 段階
開発許可手続	都市計画法 29 条	開発行為をしようとする場合 ･ 市街化区域：1,000 m^2 以上 ･ 市街化調整区域：全て ･ 区域区分が定められていない都市計画区域及び準都市計画区域：3,000 m^2 以上 ･ 都市計画区域及び準都市計画区域外の区域：1ha 以上 ※再生可能エネルギー施設の建設にあたり、建築物の建築を伴う土地の区画形質の変更があれば開発許可が必要となるものであって、すべての再生可能エネルギー施設の建設が開発許可の対象となるわけではない。	FS 段階
土地区画整理事業の施行地区内における建築行為等の許可手続	土地区画整理法 76 条	施行地区内において、土地区画整理事業の施行の障害となるおそれがある土地の形質の変更若しくは建築物その他の工作物の新築、改築若しくは増築を行い、又は移動の容易でない物件※の設置若しくは堆積を行おうとする場合 ※その重量が 5t をこえる物件（容易に分割され、分割された各部分の重量がそれぞれ 5t 以下となるものを除く。）	FS 段階
農地転用許認可手続	農地法4条	農地を農地以外のものにする場合又は農地を農地以外のものにするために所有権等の権利を設定又は移転する場合	FS 段階
	農業振興地域の整備に関する法律 13 条	なお、農用地区域内の土地については、農用地区域から除外するために市町村の農業振興地域整備計画を変更しなければならない。	FS 段階
特定工場新設届出書、実施制限時間の短縮申請書	工場立地法 6 条	敷地面積 9,000 m^2 以上又は建築面積 3,000 m^2 以上の規模の製造業等に係る工場を新設又は変更する場合（水力、地熱および太陽光発電所は除かれている）	FS 段階

表 2.4.16 事業実施に関連する手続き一覧

許認可･手続き等	関連法令	手続きが必要となる場合	検討時期
一般廃棄物または産業廃棄物収集運搬業の許可手続き **等**	廃棄物の処理及び清掃に関する法律 14 条･15 条	＜廃棄物処理業＞ 廃棄物処理費を徴収（逆有償）し、収集運搬、処分を業として行う場合 ＜廃棄物処理施設＞ 一定規模以上の処理施設を設置する場合	FS 段階
食品関連事業者への再生利用推進 **※任意**	食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律（任意法）	食品関連事業者は、食品廃棄物の発生抑制、減量化、又は食品循環資源の再生利用に取組まなければならない。	FS 段階
畜産農業実施者が遵守すべき処理施設要件	家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律 3 条	一定規模以上の家畜排せつ物の処理が必要な畜産農業実施者は、処理施設の構造設備基準等に対応する必要がある。 ･牛 10 頭以上 ･豚 100 等以上 ･鶏 2,000 羽以上 ･馬 10 頭以上	FS 段階

表 2.4.17 環境基準等に関連する手続き一覧

許認可･手続き等	関連法令	手続きが必要となる場合	検討時期
大気汚染に関する届出	大気汚染防止法 6 条	熱供給事業、電気供給事業など、ばい煙発生施設を有する事業を行う場合 なお、電気事業法で規定される電気工作物において発生するばい煙を排出する場合には、上記手続に代わり、電気事業法に基づく届出が必要となる。	設計施工段階
特定施設の設置に関する届出	水質汚濁防止法 第 4 条の 5 第 5 条	＜特定施設の設置＞ 工場又は事業場から公共用水域に排水予定を実施するような特定施設を設置しようとする場合 ＜排水基準の遵守＞ 事業場からの 1 日の平均排水量が 50m^3 以上の場合	設計施工段階
特定建設作業実施届出書	騒音規制法 6 条	＜特定施設の設置＞ 指定地域内において工場又は事業場（特定施設が設置されていないものに限る）に特定施設を設置しようとする場合 ※たとえば、破砕機などの設置が求められる機器を設置する場合など。なお、特定施設が電気事業法で規定される電気工作物である場合には、上記手続に代わり、電気事業法に基づく届出が必要となる。	設計施工段階
特定建設作業実施届出書	振動規制法 6 条	＜特定建設作業の実施＞ 指定地域内において特定建設作業を伴う建設工事を施工しようとする場合	設計施工段階
公害防止統括者選任届出書、公害防止管理者等の届出	特定工場における公害防止組織の整備に関する法律 3-5 条	＜公害防止統括者の専任と届出＞ 特定施設を設置している場合 常時従業員が 20 人以下の場合は不選任	設計施工段階

表 2.4.18 プラント建設および設計に関連する手続き一覧

許認可･手続き等	関連法令	手続きが必要となる場合	検討時期
ガス主任技術者の選任届出 準用事業者の届出	ガス事業法	ガス事業以外のガスを供給する事業又は自ら製造したガスを使用する事業を行う場合 製造したガスを自ら使用するまたは、供給する事業を行う場合	設計施工段階
危険物（取扱所、貯蔵所、製造所）設置許可申請書、消防用設備等着工届出書、予防規定認可申請書、危険物保安監督者選任届出書	消防法	潤滑油、非常用兼用発電装置の燃料等が指定数量以上ある場合	FS 段階
高圧ガス製造許可申請、危険予防規定認可申請書、高圧ガス製造保安統括者等届出書、冷凍保安責任者届出書、特定高圧ガス取扱主任者届出書、高圧ガス貯蔵所設置許可申請書	高圧ガス保安法	（定義）常温で圧力が 1MPa 以上となる圧縮ガス等 （製造）ガスを製造する能力が 100m³/日以上の場合 （貯蔵）LPG 等の貯蔵量が 300m³ 以上の場合 （特定高圧ガス消費）LPG 等と 300m³ 以上貯蔵･消費する場合	FS 段階
道路法に基づく車両制限	道路法	一般的制限値（最高限度）：幅 2.5m、長さ 12.0m、高さ 3.8m、総重量 20.0t、軸重 10.0t、輪荷重 5.0t、最小回転半径 12.0m 等	設計施工段階
道路使用許可等手続	道路交通法	道路において工事、作業、祭礼行事を行う場合や工作物を設置する場合	設計施工段階
昼間障害標識設置物件の届出	航空法	煙突、鉄塔その他国土交通省令で定める物件で地表または水面から 60m 以上の高さのもの、航空機の航行の安全を著しく害するおそれがある場合	設計施工段階
伝搬障害防止区域における高層建築物等に係る届出	電波法	電波伝搬障害防止区域内に建築を予定している高層建築物（地表高 31m をこえる建築物）等が、重要無線通信に障害を及ぼすと判断される場合	設計施工段階
共同企業体代表者届出書、総括安全衛生管理者専任報告、安全管理者専任報告、排熱ボイラー設置届出（報告）書、衛生管理者選任報告･産業医選任届出書･作業主任者選任届出書	労働安全衛生法	（排熱ボイラー）発電用以外で、同法施行令で定義されたボイラーの場合	設計施工段階
労働者名簿、賃金台帳、時間外･休日労働に関する届出、就業規則（常時 10 人以上を使用している場合）等	労働基準法	労働者を雇い入れた場合	設計施工段階
主任技術者の選任･保安規程･工事計画の届出 等	電気事業法	電気を供給する事業を行う場合（自家用で 1,000kW 未満を除く）	FS 段階
事業認可申請、供給規定認可･届出、導管工事計画届出、保安規程届出 等	熱供給事業法	熱を供給する事業を行う場合（加熱能力の合計が 21GJ/h 以上の場合）	FS 段階
当該工場のエネルギー消費量に応じ一定人数(1～4 名)の「エネルギー管理者」を選任	エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）	第一種エネルギー管理指定工場に指定された場合（年間エネルギー使用量が原油換算 3,000kl 以上）	FS 段階
大気汚染に関する届出	大気汚染防止法	熱供給事業、電気供給事業など、ばい煙発生施設を有する事業を行う場合 なお、電気事業法で規定される電気工作物において発生するばい煙を排出する場合には、上記手続に代わり、電気事業法に基づく届出が必要となる。	設計施工段階
特定建設作業実施届出書	騒音規制法	＜特定施設の設置＞ 指定地域内において工場又は事業場（特定施設が設置されていないものに限る）に特定施設を設置しようとする場合 ※たとえば、チッパーを設置する場合など。なお、特定施設が電気事業法で規定される電気工作物である場合には、上記手続に代わり、電気事業法に基づく届出が必要となる。	設計施工段階
特定建設作業実施届出書	振動規制法	＜特定建設作業の実施＞ 指定地域内において特定建設作業を伴う建設工事を施工しようとする場合	設計施工段階
公害防止統括者選任届出書、公害防止管理者等の届出	特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	（公害防止統括者）常時従業員が 20 人以下の場合は不選任	設計施工段階

（3） 法規制の総整理

実施するメタン発酵事業にかかる法規制への対応状況は、下表のようなチェックリストの形式で状況把握を実施することが推奨される。下表には主要な法規制記載している。法律のみならず、各都道府県・自治体レベルで設定される条例等で更に細かい規定が設定されていることが多いため、関連する自治体窓口との連携が必須である。

なお、上述の各種法規制項目を総括した以下のチェックリストを活用されたい。

表 2.4.19 関連法規制のチェックリスト

No	許可・届出名称	関連法規	対応期限	根拠	提出先	要/不要
(例)	土地売買届出手続	土地計画法	土地売買締結から 2 週間以内	土地を取得する	市町村 国土利用計画法担当課	不要
1	土地売買届出手続	土地計画法	土地売買締結から 2 週間以内	土地を取得する		
2	開発許可手続	都市計画法	開発行為に該当する場合			
3	建築許可手続き	都市計画法				
4	農地転用許可	農地法	農地で実施する場合			
5	農振除外手続き	農業振興地域の整備に係る法律				
6	一般廃棄物または産業廃棄物処理施設の設置に関する許可手続き	廃棄物処理法	着工 60 日前	処理施設の設置		
7	特定工場新設届出書/特定工場（変更）届出書	工場立地法	着工 90 日前	一定規模以上の工場等（特定工場※）を新設・変更する場合		
8	実施制限時間の短縮申請書	工場立地法	着工 90 日前	一定規模以上の工場等（特定工場※）を新設・変更する場合		
9	建築確認申請(構造計算書等)	建築基準法	着工前に確認済	建築物の建設		
11	工作物確認申請	建築基準法	着工前に確認済	メタン発酵槽等の設置		
10	建築工事届出書	建築基準法	着工 30 日前	工事を実施する場合		
12	適合証明書	都市計画法	確認申請時	都市計画法の許可が不要である場合		
13	ばい煙発生施設設置届出	大気汚染防止法	着工 60 日前	ばい煙発生施設を設置する場合		
14	特定施設の設置に関する届出	水質汚濁防止法	着工 60 日前	特定施設を設置する事業場で公共水域に水（雨水含む）を排出する事業場		
15	特定施設の設置に関する届出	騒音規制法	着工 30 日前	原動機の定格出力が 7.5kW 以上の場合		
16	特定建設作業実施届出書	振動規制法	作業開始 7 日前	くい打機、くい抜機又はくい打くい抜機を使用する作業		
17	大規模行為（変更）届出	景観条例等	事前に届け出	大規模行為を実施する場合		
18	景観区域内行為通知書	景観条例等	事前に届け出	景観計画で定める一定規模以上の建築等行為を行う場合		
19	公害防止統括者選任届出書	特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	選任すべき理由が発生してから 30 日以内	従業員数が21人以上の工場		

20	公害防止主任管理者届出	特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	選任すべき理由が発生してから 60 日以内	ばい煙発生施設と汚水等発生施設をともに設置している工場で「排出ガス量４万 Nm^3/h 以上」かつ「排出水量 1 万 Nm^3/日以上」の工場に選任		
21	公害防止管理者等の届出	特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	選任すべき理由が発生してから 60 日以内	全ての特定工場に選任		
22	危険物設置許可申請書	消防法	着工前	指定数量以上の危険物を貯蔵し、又は取り扱う危険物施設を設置		
23	高圧ガス製造許可申請	高圧ガス保安法	製造開始前 （第二種製造者の場合製造開始 20 日前）	対象の設備で新たに高圧ガスの製造をするもの・製造許可事業所を借り受けるもの		
24	危害予防規定許可申請	高圧ガス保安法	遅滞なく			
25	高圧ガス保安統括者等代理者届書	高圧ガス保安法	遅滞なく			
26	冷凍保安責任者届書	高圧ガス保安法	遅滞なく			
27	特定高圧ガス取扱主任者届書	高圧ガス保安法	遅滞なく			
28	高圧ガス貯蔵所設置許可申請書	高圧ガス保安法	着工前	高圧ガスを一定数量以上貯蔵する場合		
29	ガス主任技術者選任届出	ガス事業法施行規則	遅滞なく	連続して 500m を超える導管を構外に有する事業場		
30	ガス準用事業者の届出	ガス事業法施行規則	遅滞なく	自ら製造したガスを使用する事業を開始したとき		
31	設備設置報告書	ガス事業法施行規則	設置後 20 日以内	ガス発生施設、ガスホルダー又は主要な導管の設置を行った場合		
32	電気主任技術者選任届出書	電気事業法	届出を必要とする事案が発生した時点から 1 か月以内	自家用電気工作物を設置する者		
33	保安規程届出書	電気事業法	届出を必要とする事案が発生した時点から 1 か月以内	自家用電気工作物を設置する者		
34	工事計画(変更)届出書	電気事業法	着工 30 日前	自家用電気工作物を設置する者		
35	消防用設備等計画書	消防法	建築確認提出時	消防同意が必要な建物を設置する者		
36	工事整備対象設備等着工届出	消防法	消防用設備等の工事着工 10 日前	消防用設備等の工事を行う場合		
37	消防用設備等設置届	消防法	工事完了から 4 日以内	消防用設備等を設置		
38	電気設備設置届	消防法	工事開始 3 日前	発電機を設置する場合		
39	消防用設備等（特殊消防用設備等）設置届出書	消防法施行規則	設置工事完了から 4 日以内	消防用設備等の検査を受ける防火対象物関係者		
40	普通階・無窓階算定所	消防法施行規則	建築確認申請時	消防用設備等の設置義務確認		
41	発電設備・変電設備等設設置届出書	条例	設置工事着工 7 日前	対象となる設備の設置		
42	建設物・機械等設置届	労働安全衛生法	工事開始 30 日前	対象となる設備の設置		

施設の検討（基本設計）

⑥ 設置場所の検討・確定

基本設計と併せて、構想段階で検討した用地における、具体的な設備設置場所を検討する。**現在の敷地以外の場所に共同処理施設を建設する場合**には候補地の性格を早期に確認しておく必要がある。特に、開発行為審査が必要であれば早急に対応しなければ着工時期が延びてしまう危険性がある。

特殊地盤改良工事が発生する場合は施設の建設費の費目の中である一定の割合を占めることになる。杭や地盤改良が必要であれば事業計画にも影響を及ぼす可能性があり、その確認のためには、検討時点でのボーリング調査が必要となる。

本項目については施設の検討（基本設計）実施時の項目であるが、事業全体に係る内容のため、**「1.Ⅱ.2 設置場所の検討・確定」（137 頁）**に記載している。

施設の検討（基本設計）

⑦ 地域関係者との合意形成

集中型の場合、施設の検討（基本設計）のステップにおいて、事業者はメタン発酵設備導入に関する地域関係者との合意形成を行う。地域内の利害関係者が複数いる場合は地域協議会を開催することも有効である。

新規にプラントを建設する場合はもちろん、既存の敷地に建設する場合でも原料輸送（トラックの往来による交通量増加）などが周辺地域に影響を及ぼすことがあるため、事前に関係者への説明を行い合意形成を図る必要がある。ここで合意が得られない場合は、再度立地や事業計画全体の見直しを行う必要がある。

本項目については施設の検討（基本設計）実施時の項目であるが、事業全体に係る内容のため、**「1.Ⅱ.3 地域関係者との合意形成」（142 頁）**に記載している。

フェーズⅢ 設計施工段階

バイオマスのエネルギー変換設備の設計施工段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.4.20 バイオマスのエネルギー変換設備の設計施工段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
4.Ⅲ.1	**建設業者の決定**	設計施工メーカーまたは建設業者を適切なプロセスで最終決定しているか？	
		誰が実施設計を行うのか決まっているか？	
4.Ⅲ.2	**実施設計**	実施設計に係る基礎資料を用意したか？（基本資料の作成／基本仕様書／基本設計計算書／図面類／概算費用など）	
		物質・エネルギー収支図を入手しているか？また実体と乖離した効率のものになっていないか？	
		メーカーの提示している所内消費電力は適正か？（過小な値ではないか？）	
		原料の搬入車両に適する十分な幅の道路が整えられているか？	
		受入原料や運営方針に合わせた搬入車両、搬入システム(パイプライン等)が選定されているか？	
		受け入れるバイオマス原料の種類、加温・保温の熱消費量、(寒冷地の場合)積雪荷重、風荷重、地震荷重などを考慮したメタン発酵槽の設計となっているか？	
		寒冷地の場合、設備全体（特にトラックスケールや受入槽等）に凍結対策が施された設計となっているか？	
		地震や台風などの耐強度は確保されているか？	
		地域の気象条件や敷地形状、工期などを考慮してバイオガスホルダーが設計されているか？	
		バイオガス発生量、発電規模やエネルギー利用形態を考慮して発電設備を選定しているか？	
		発電設備のライフサイクルを加味した事業計画およびキャッシュフロー試算となっているか？（高耐久性を長期に使い続ける or 安価なものを頻繁に更新）	
		消費電力等も含めてエネルギー効率の高い配管等のシステム設計がされているか？	
4.Ⅲ.3	**設備の調達**	複数のメーカー・業者から見積りをとったうえで適正な実行予算が組まれているか？	
		適切な工事発注プロセスが組まれているか?（特に公共施設等、行政の発注案件）	
		分離発注によるコストダウンが可能か?分離発注の場合、施工管理が可能か?	
		メーカーは品質保証、納期などが適切に遂行できるか？	
		契約書に「反社会的勢力の排除」が謳われているか？	
		機器の保証、EPC を請け負うメーカーの保証事項は明確になっているか？（性能保証、納期等）	
		納期遅れ等の完工リスクを考慮した契約となっているか?	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		メーカー納期遅延に対する事業開始遅れのリスクが契約で担保されているか？	
		海外品の場合、海外メーカーの倒産リスクを回避できる支払い条件になっているか？	
		臭気発生の恐れがある原料を受け入れる場合は、十分な臭気対策を施した設計となっているか？	
		発電装置から要求されるバイオガス品質に調整可能なシステムとなっているか？（硫化水素、アンモニア、水分、シロキサン等の適切な除去装置が設けられているか？）	
		原料調達や消化液利用の検討を踏まえ要素技術を検討したか？（前処理設備、メタン発酵設備、固液分離設備、消化液処理設備、発電設備など）	
4.Ⅲ.4	**工事契約の締結**	工事契約の条項について法務関係者と確認し、契約不適合責任、免責事項について相互に納得しているか？	
		分離発注の場合、契約書において契約不適合責任や免責事項が明確になっているか？	
		メーカーと独立したオーナーズエンジニアリング等の専門家に全体の設計等の監理・チェックを依頼しているか?	
4.Ⅲ.5	**建設・施工工程進捗の管理**	施工メーカーからの引き渡し条件が明確になっているか？(内容と時期)	
4.Ⅲ.6	**O&M 契約**	従業員への安全衛生管理のルールと、非常時の対応方法や体制について検討がなされているか？	
		オペレーターの役割は明確となっているか？	
		十分な運転マニュアルをメーカーが提示しているか？また、オペレーター養成について説明を受け、内容・費用が納得できるものになっているか？	
		O&M 契約の条項について法務関係者と確認し、契約不適合責任、免責事項について相互に納得しているか？	
		脱硫設備の脱硫剤の交換時期や定期的な交換作業は把握できているか？	
4.Ⅲ.7	**保険契約**	メーカーの稼働保証の有無について確認できているか？また、保険会社の保証内容と保険の費用について理解したうえで、事業収支上にも盛り込まれているか？	
4.Ⅲ.8	**種汚泥の確保**	種汚泥の確保はできているか？(量・性状・手配先・費用)	
4.Ⅲ.9	**試運転／計画の立案**	施工会社からの引き渡し条件が明確になっているか？（内容と時期）	
		システム全体の計画する性能が未達の場合、原因が究明できているか？	
		試運転計画が立案されているか？(期間・投入計画)	
		性能確認のための費用の計上・負担者が決められているか？	
4.Ⅲ.10	**試運転後の性能確認**	仕様上の性能が未達の場合、原因が究明できているか?	
		試運転終了時の性能確認方法が決められているか？	
4.Ⅲ.11	**性能保証事項の確認**	設計施工メーカーとの間で性能保証事項は明確になっているか？(内容と実施時期)	
4.Ⅲ.12	**引き渡し確認の実施**	システム全体としての出力や効率が達成されているか?	

4.Ⅲ.1 建設業者の決定

❑ 設計施工メーカーまたは建設業者を適切なプロセスで最終決定しているか？

バイオガス施設は非常に幅が広い工事となるために、設計および建設に際してはそれぞれ総責任者を明確にしておく必要がある。また、各担当部門においても設計責任者および建設責任者を明確にしておく必要がある。

設計施工メーカーまたは建設業者の最終決定

「4.Ⅱ.1 ④ 設備・工事発注方法の検討」（366 頁）で述べたとおり、メタン発酵施設の建設業者を決定するためのには以下のような方法がある。

１．一括発注：実施設計、土木建築工事、電計計装工事、機械工事の全てを発注

２．分離発注：実施設計、土木建築工事、電気計装工事、機械工事のそれぞれを別々に発注

一括発注のメリットは、**全ての工事を一社で請け負うため、発注者は請け負った建設業者との検討、協議だけで施工を進捗させられる**。その反面、全ての工事を請け負った建設業者が直接実施できる場合が少ないため、工事の種類によっては、建設業者から下請けに発注して実施する。そのため、**建設会社の経費が掛かってくるため金額が若干高くなる**。

分離発注のメリットは、工事の種類によってそれぞれ**得意な建設業者を選択し発注するため無駄な経費が掛からず、コストを低減させることができる**。ただし、発注者は、発注した複数の建設業者と検討、協議が必要なため、**業務が煩雑となる**。また、各建設業者間における取り合いが発生する場合は、どちらの範囲となるのか、**取り合い点や役割分担等をあらかじめ明確にしておかなければ、建設業者間のトラブルとなったり追加工事が発生する**場合がある。

❑ 誰が実施設計を行うのか決まっているか？

実施設計の実施者

実際に施設を建設するための設計を**実施設計**という。**一括発注の場合**には、基本設計資料を基に一社に発注するため、**実施設計は発注を請け負った設計施工メーカーが実施**する。

分離発注の場合には、**設計会社に依頼し実施設計を行う**ことになる。ただし、設計会社がメタン発酵施設について熟知していることが条件となるため、現実的には設計会社単独での実施設計は困難な場合が多く、**実際には設計施工メーカーに実施設計を建設工事とは別に依頼する**ケースが多い。その後、施設建設の発注時に、メタン発酵技術ノウハウを有するメーカーに機械、電気計装工事を依頼し、土木建築工事を別途、他の土木建築業者に発注することが多い。

4.Ⅲ.2 実施設計

- ❑ 実施設計に係る基礎資料を用意したか？（基本資料の作成／基本仕様書／基本設計計算書／図面類／概算費用など）
- ❑ 物質・エネルギー収支図を入手しているか？また実体と乖離した効率のものになっていないか？
- ❑ メーカーの提示してる所内消費電力は適正か？（過小な値ではないか？）

実施設計時に必要な基礎資料

実施設計着手時には、実施設計に必要な様々な基礎資料が発注者側から提供されていなければならない。発注者側から提示する資料、並びに FS 段階（計画設計時）に作成した資料には次のような項目がある。一般的に実施設計は、EPC を受注したメーカーが行う場合が多く、その際にはメーカーと十分協議の上、実施設計作業を進めるものとする。

表 2.4.21 発注者側から提示する資料、および計画設計時に作成した資料

分類	資料
発注者側から提示する資料	・敷地測量図・地質調査資料（これらは実施設計時に含まれる場合もある） ・FS 時の検討資料全般（環境条件含む・生活環境影響調査資料など） ・原料の搬入計画
計画設計時に作成した資料	・設計仕様書 ・設計計算書（物質収支、エネルギー収支を含む） ・図面類（フローシート、全体配置図、機器配置図、電気計装図、土木一般図、他） ・リスト類（機器リスト、計装機器リスト、モーターリスト、他） ・O&M 費、メンテナンス費、機器更新費 ・建設工事概算費用

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

物質・エネルギー収支図

実施設計時には**流量、機器、配管・弁類などが記載された詳細なフローシート**（**エンジニアリングフローシート**ともいう）、さらに、それをもとにした**計装フローシート**（計器類や制御が記載）と**マスバランスシート**および**エネルギーバランスシート**が必要である。これらの資料を基に建設のための実施設計が可能となる。

これらはメタン発酵施設の技術を有する設計施工メーカーやコンサルタント等が作成するが、施設で受け入れる原料の性状により物質・エネルギー収支の値が変わる。**原料の性状分析やバイオガス発生試験結果に基づいた数値となっているか、設計計算書に基づいて計算し確認する**必要がある。

また、**バイオガス発電装置については、バイオガス中のメタン濃度や設置する標高により発電効率が変わる**ため、エネルギー収支上の発電効率の条件等を確認し、設計仕様書や設計計算書等に反映されていることを確認する。

メーカーの提示するデータに関する留意事項

メタン発酵施設の検討において、当初計画時や実施設計時に設定する原料性状、バイオガス発生量等のデータや費用については、実際の施設運転時のものとは全てが合致しないことを理解する必要がある。

そこで、**設計時におけるバイオガス発生量の根拠を明確にしておく**必要がある。また、設計時と実際の施設運転時における原料性状によってもバイオガス発生量は変化するため、実運転においては、原料性状等を考慮し、**都度、バイオガス発生量を想定するなどし、常に条件を補正する**必要がある。

維持管理、メンテナンス等の運転管理に係る費用についても、設計時は使用する機器メーカーからの O&M 費、メンテナンス費を参考に算出するため、**実際の施設稼働時に係る費用より高めに設定される。**実際にかかる費用については、機器の使用状況や使用環境、点検・メンテナンス頻度により増減するため、その費用の算出根拠について十分設計施工メーカーと協議することが必要である。

その他、**使用電力量**に関しては、**構成機器への負荷の掛かり方や効率の考え方、運転時間等**により、計画時の電力消費量と差異が発生する場合がある。NEDO の実証事業者においても、稼働前にメーカーから提示された使用電力量に対して、運転時の使用電力量が大幅に少ない実績となり、O&M 費用に影響が生じた[22]ケースが存在するため留意が必要である。

- ❑ 原料の搬入車両に適する十分な幅の道路が整えられているか？
- ❑ 受入原料や運営方針に合わせた搬入車両、搬入システム（パイプライン等）が選定されているか？

車両の動線の確保、場内配管の設計は施設稼働に支障がないように検討する必要がある。車両には**原料の搬入車両、副生物（液肥や分離汚泥）の搬出車両**がある。

施設構内の車両動線においては、搬入前の車両と搬入後の車両の動線が極力交差することのないよう、さらに、安全に通行できるよう敷地への出入り口、受入室、トラックスケール、液肥搬出口、分離汚泥搬出口との関係を十分に検討し、車両の回転半径などの展開スペースが余裕のある道路幅、動線を確保する必要がある。

また、受入室などの入り口および建屋の高さ、原料を車両から降ろす際の荷台の高さに留意し、十分な軒高さ、シャッター高さをなども十分に検討しておく必要がある。そのためには車両の大きさ、車種を決めておく必要がある。

また、**場内配管**も通行車両の邪魔にならないように検討しておく必要がある。受入原料によってもその性状により以下のように留意する必要がある。

液状原料

液状原料の場合、搬入車両は**バキューム車やダンパー車**を用いる。受入設備としては、**地下に設置した受入槽にそのまま投入**するほか、**地上に設置したタンク類に車両から直接投入**し貯留する。この場合、移送システムはポンプが使用され、液状原料中に**固形物が含まれる場合**は、**破砕機構付きのポンプや前処理として破砕工程を設け、一般的なポンプで移送する。**原料中の固形物量を考慮したシステムを採用しないとポンプや配管が閉塞し、処理が滞るため、原料の性状を見極めることが重要である。

固形原料

固形原料の場合、搬入車両はその形態により、**パッカー車やアームロール車、幌付きトラック、ダンプ車**等を用いる。食品残渣のような水分が多く、プラスチック製袋などに入っている際、運搬の途中で食品残渣の水分が道路にこぼれない仕様のパッカー車等が用いられる。

パッカー車の場合、密閉構造となっているため、**液や臭気の漏洩を防止**できる。また、水分が少ない、もしくは、**商品ロス品等の液漏れや臭気の心配のないものについてはアームロールやトラック等による運搬**を行う。

受入設備としては、固形原料の場合、**ほとんどが前処理が必要であるため、ヤードやピットに投入され、コンベヤや場合によってはクレーンを用い、前処理される。**

搬送装置については、**前処理により分離されたものが液状である場合**は、**ポンプで移送**する。**固形物である場合**は**コンベヤ類**が多く用いられる。コンベヤは、ベルト式、スクリュー式とその搬送物の特性により選定する。

[22] 計画時点での使用電力量に基づき電力会社との契約を結んでいたため、実際の電力使用量の実績は少なくても基本料金の面で想定より運転維持管理費用が増大した。

❑ 受け入れるバイオマス原料の種類、加温・保温の熱消費量、(寒冷地の場合)積雪荷重、風荷重、地震荷重などを考慮したメタン発酵槽の設計となっているか？

メタン発酵槽の設計計算

①メタン発酵槽の容量

メタン発酵槽の容量は、投入するバイオマス原料の種類や性状、そのバイオガス発生特性によって計算される水量負荷（滞留日数）および水質負荷（有機物容積負荷等）により容量を決定する。また、**バイオマス原料に変動が見込まれる場合**は、容量にある程度の余裕を見込む必要がある。

②加温必要熱量

メタン発酵槽は中温メタン発酵、高温メタン発酵に関わらず加温する必要がある。設置する地域の気温を考慮し、投入するバイオマス原料の量やメタン発酵槽からの放熱量等を考慮し、必要熱量を計算する。平均気温で計算すると冬季に熱量が不足する場合があるため、加温に係る機器能力については、冬季の低い気温で設計することが重要である。

メタン発酵槽の構造

①発酵槽形状

メタン発酵槽の構造については、採用する技術により**必要な直径や高さが決まっていることが多い**。また、メタン発酵槽に設置する**撹拌装置の型式により構造も変わる**。一般的に上部中央から垂直方向に撹拌装置を設置する場合、メタン発酵槽の直径に対し高さの比率は１以上、また、上部側面から撹拌装置を差し込む型式の場合は、高さの比率は１以下とする場合が多い、また、メタン発酵槽上部（屋根部）中央に撹拌装置を設置する場合は、**撹拌装置の荷重を上部で受けるため撹拌装置の運転重量を加味した構造**とする。また、メタン発酵槽は、撹拌装置やその他機器、計装機器類が設置されるため、それぞれのメンテナンス方法を確認し、修繕や交換時の作業性を考慮し、階段、歩廊等を計画する必要がある。

②構造計算

メタン発酵槽の構造計算においては、前出の**撹拌装置の荷重**を考慮するとともに、**風荷重や地震荷重、寒冷地の場合は積雪荷重等を考慮する**必要がある。また、構造計算の際には、設置する地域ごとに様々な係数が決まっているため留意する必要がある。更に、地域によっては、工作物として申請が必要な場合もあるため、構造計算は必須である。

メタン発酵槽の設計に関する確認項目

その他、メタン発酵槽の設計に当たって、次の各項目の確認が必要である。

表 2.4.22 メタン発酵槽の実施設計に当たっての確認項目

分野	確認項目
容量に関する項目	・容量が適切か。 ・発生バイオガス量が適切か。
形状・構造に関する項目	・槽の形状が適切か。 ・槽の基数が適切か。 ・基礎形状は適切に設計されているか。 ・撹拌装置の選定が適切か。 ・槽内の加圧、負圧状態に対する対策が取られているか。 ・発酵槽の材質が適切に選定されているか（強度と腐食）。
運転方法に関する項目	・投入頻度が適切に設計されているか。 ・引き抜き方法が適切に設計され、投入と連動しているか。 ・槽内の加温方法は適切で熱量も計算されているか。 ・バイオガスの引き抜きは安全に行われているか。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

＜寒冷地の場合＞

❑ 寒冷地の場合、設備全体（特にトラックスケールや受入槽等）に凍結対策が施された設計となってるか？

積雪寒冷地におけるメタン発酵設備において、**凍結トラブルが最も多いのが前処理設備**である。原料投入が不可能となると設備全体の性能が発揮できなくなるため、凍結対策が確実にできる設計とする。また、自然災害にも対応できるプラント設計および管理計画を策定する必要がある。

凍結対策

半固形状～固形状の原料を受け入れる場合、前処理開始までは一時堆積が必要となり、**原料の凍結を考慮したコンクリート盤と上屋が必要**となる。施設の前処理設備に搬入された原料は、冬季夜間に表面が凍結することが考えられる。凍結した原料は前処理装置に投入される前に融解する必要があり、**太陽熱や余剰バイオガスエネルギーを用いた融解方法**が採用されている事例もある。**ホイルローダなどで切り返し混合する**ことで凍結部を融解し、原料投入が容易になる場合もある。

冬季間の原料温度が 5℃以下となる場合、原料加温熱量が増大するため施設全体の必要熱量が増大する。そのため、**原料槽にメタン発酵後の消化液を配管循環させ熱交換する**ことで原料全体を加温する方法もある。積雪寒冷地では冬季厳寒期には気温が-20℃を下回る地域もあることから、**保温材によって発酵槽などの放熱・温度低下を抑制する**ことが必要である。

バイオガス配管設備においては、バイオガスと外気の温度差により配管内で結露水がたまり、凍結して配管閉塞・破裂する可能性があるため、**バイオガスの除湿設備を整備**しておく。

❑ 地震や台風などの耐強度は確保されているか？

前処理装置、発酵槽、ガスホルダー、消化液貯留槽、各種機器類（発電機、ボイラーなど）は、構造上、地上設置となることがあるため、**実施設計時のアンカー検討**を行う。

円筒縦型の発酵槽の場合は、規模が大きくなるほど地上高さも高くなり構造的な安定性が必要となる。そのため、実施設計時には**槽内に消化液が満たされていることを前提に地震力に対する安定性の検討**が必要である。

その他、地震、台風など大規模な自然災害を想定し、**緊急時の施設運営体制を考慮**しておく。地震、異常気象、プラントの故障、作業員の病気・怪我による運転管理者の不在など、想定できる事態を全て洗い出し、自然災害や緊急時の対応を事前に計画しておく。

❑ 地域の気象条件や敷地形状、工期などを考慮してバイオガスホルダーが設計されているか？

ガスホルダーはさまざまな形式があるので設置する地域の気象条件（積雪荷重など）や敷地形状（敷地境界との離隔距離など）、飛来物防御等を考慮し選定を適切に実施する必要がある。**発酵上部一体型**と**別置き型**に分けて、実施設計に関する留意事項を示す。

発酵上部一体型

ダブルメンブレン型と**鋼板製屋根設置型**とがある。それぞれ、経年劣化維持の更新方法や台風時などの飛来物防御方法などの検討が必要である。また、発酵槽内の撹拌方式に支障がないかを確認する。

別置き型

別置き型のガスホルダーには、**①シングルメンブレン型**、**②ダブルメンブレン型**、**③水封型**がある。

①シングルメンブレン型

メタン発酵槽内の圧力とメンブレンの耐圧および発電機に必要な圧力の関連性を検討しておく必要がある。シングルメンブレン式は、一般的にはメンブレンを覆う構造物の中に設置され、工期はかかるが、メンブレンの飛来物による損傷や自立させるためのブロワーも必要ない。

②ダブルメンブレン型

経済産業省商務流通保安グループガス安全室より発行されている「**メンブレンガスホルダーに係るガイドライン**」に適合した仕様を確認する必要がある。ダブルメンブレン式は**設置に係る期間が短時間である**というメリットがある。ただし、バイオガスホルダーを自立させるために**ブロワーが必要で 24 時間運転する必要がありランニングコストがかかる**。また、飛来物によるメンブレンの損傷が発生しないか周辺環境に考慮するほか、敷地境界からの離隔距離を考慮する必要がある。

③水封型

鋼板製のタンクで構成され、**現地製缶工事となるため工期が長いが、大規模になるとコストが安くなる**。ただし、寒冷地では凍結リスクがあるため選定しない。

- ❑ バイオガス発生量、発電規模やエネルギー利用形態を考慮して発電設備を選定しているか？
- ❑ 発電設備のライフサイクルを加味した事業計画およびキャッシュフロー試算となっているか？（高耐久性を長期に使い続ける or 安価なものを頻繁に更新）

発電システムの実施設計では、バイオガスを有効に利用し、**施設で必要な電気および熱を自給する**ことを基本とする。ガスが余剰となる場合は、売電を視野に入れて機種選定を行う。また、熱供給設備として重要である一方、**コストのかかるメンテナンス体制や非常用バックアップ設備の検討**も重要である。

一般的に発電システムは、定格出力よりも低い出力での運転や、電源の入り切りの繰り返しにより、エネルギー効率が著しく低下する。そのため、**プラントへの供給電力は 1 日の中で可能な限り均一とし**、それに見合った発電システムを導入することが重要である。また、**1 日の中でも電気消費量に変動があり、発電量が大きく増減する場合**、購入電力単価が高い昼間に多く発電を行うことにより大きなメリットが産み出されることから、**ピークに合わせた発電システムの選定**も重要となる。

①バイオガス発生量

計画設計時に設定したバイオガス発生量に基づき、バイオガス利用設備の設計を行う。バイオガスは原料の投入によって増減するため、投入方法とバイオガス発生の挙動を考慮する。

②バイオガスホルダー容量

バイオガス発生量は、原料投入のタイミングで増減するため、発生するバイオガスを全て発電に用いる場合、バッファとなるバイオガスホルダーは、**バイオガス発生の挙動を確認**するとともに**バイオガス発電装置の能力、運転時間等を考慮して容量を決定する**。

③エネルギー利用方法

エネルギー利用方法として、発電が代表的であるが、施設で利用するメタン発酵槽の加温用の熱量やその他利用しようとする**熱等を考慮し、発電装置を決定する**。発電装置の廃熱は温水として回収できる他、排ガスボイラを併設することで蒸気を回収できる。そこで、用途を考慮しバイオガス発電装置の選定を行う。発電装置からの熱を有効に利用することで O&M 費を低減することができる。ただし、発電機の排熱で発酵槽を加温する場合は発電機が稼働しない間、熱が回収できないことから**バックアップボイラーを設置する**ことが望ましい。

また、発電システムはメンテナンス時には発電できないことから複数台設置する場合もある。環境面に対しては、**ガスエンジンは稼働時の騒音が大きいため、防音対策も必要**となる。

発電設備の選定

発電設備を選定する際には、**機器費用および維持管理費、メンテナンス費、部品、本体交換頻度等を考慮し**決定する。安価な発電設備は、発電効率が低い場合やメンテナンス頻度が高いなどの場合がある。高価な発電装置は、発電効率が高かったり、耐久性が高いなどの傾向がある。

発電装置は他の機器と比較し、**点検メンテナンス費用や本体価格が高く、また、FIT 売電する際には収益の柱となる**ため、施設のライフサイクルを考慮し、売電電力量とともに、例えば **20 年間にかかる本体更新も含めた費用を算出**し、事業計画およびキャッシュフローに加味し計画する。

❑ 消費電力等も含めてエネルギー効率の高い配管等のシステム設計がされているか?

配管システム

施設内には、原料・汚泥配管、ガス配管、用水配管、臭気ダクトなどがある。施設内の配管に関しては材質、口径、凍結・詰まりなどに留意した設計・施工とする。消費電力等も含めて**エネルギー効率の高い配管等のシステム**とする。

①配管の材質

移送する液体の性状や温度等により適切なものを選定する。材質には SUS304 ,SGPW、SGP,SGP(Zn)、PVC、VU などがあり適切に組み合わせる。特に **PVC、VU などの塩ビ系統は対候性および衝撃による破損などに留意しておく**必要がある。

②口径

移送量に見合った配管口径とすることで、**配管での圧力損失が低減され設置するポンプの動力を低減することができる**ため、配管の圧力損失計算を実施し最適な圧力損失と配管流速の関係から配管口径を設計する。また、配管ルートについては、最短距離で配置することが望ましいが、動線を考慮しルートを決定することも重要である。

③凍結・詰まり

地下埋設配管は詰まりなどがないように留意する。

設備配置

機器の配置は、**労働安全衛生法令および規則の定め**によるものとし、**高所作業における安全性も含めて運転や作業、保守点検に必要な歩廊、階段、手摺および防護棚等を完備する**設計とする。

また、場内動線は、基本的に**搬入車両が多い場合**に一方通行と規定するが、交互通行の部分については、**すれ違いがスムーズに行えるよう、十分な幅員を確保**し、必要に応じて標識等の設置を行う。職員や見学者用車両の駐車場も合わせて具備しておく。

さらに、安全・衛生設備の完備および作業環境を良好な状態に保ち、**換気、騒音防止、必要照度、適正な室温を確保する**とともに、定期修理時や定期点検時に安全に作業できるようにメンテナンススペースも確保する。さらに、マシンハッチ（搬入口）・ホイスト（巻上機）およびフック等の設置についても事前に建築設計側と十分協議したうえで配置する。

搬入・搬出車両等の配置計画

受入設備や用役供給設備（助燃油、薬品類等）、搬出設備等の配置計画や設備仕様を決定するにあたっては、事前に**原料の搬入車両や消化液の搬出車両など各車両の型式や大きさ等を設定する**ことが望まれる。また、稼働後の動線の不具合等の回避に繋がるため、**メンテナンスのための維持管理車両等についても事前に設定**しておくとよい。

4.Ⅲ.3 設備の調達

- ❑ 複数のメーカー・業者から見積りをとったうえで適正な実行予算が組まれているか？
- ❑ 適切な工事発注プロセスが組まれているか?（特に公共施設等、行政の発注案件）
- ❑ 分離発注によるコストダウンが可能か?分離発注の場合、施工管理が可能か?
- ❑ メーカーは品質保証、納期などが適切に遂行できるか？

国内事例では、設備を発注したメーカーの技術力不足により**品質が不十分な設備が納入されたり、そもそも設計や建設の遂行能力がなかった**ケースが存在する。特にベンチャー企業などの新興のメーカーで生じることが多い。設備の納期は事業者の建設計画に重要な要素であり、**メタン発酵施設の稼働が予定期日から遅れると、資金の返済に影響が生じる**。

納期遅延による影響を最小限にするために、**事業者自ら現場やメーカーの工場を訪問して着実に製造が進んでいるかについて定期的に確認**することが望ましい。

- ❑ 契約書に「反社会的勢力の排除」が謳われているか？

取引先や株主が反社会的勢力であった場合、**不当要求の被害を受けるリスク**、並びに**企業の社会的信用を失墜させるレピュテーションリスク**などが生じる可能性がある。こうした事態を未然に防ぐため、**法務省の指針に基づき契約書には暴力団排除条項を導入**することが重要である。

もし取引先が反社会的勢力である場合は契約解除をすることが可能となるが、取引先が反社会的勢力に該当するかどうかは、解除する側が立証することになる。そのため、**「反社会的勢力」は明確に定義し、契約解除は無催告で行うことが可能、また解除した側が損害補償義務は負わない旨を明記**しておく必要がある。

さらに、書面だけではなく、実際に関係先が反社会的勢力でないかどうかを調べる方法として、**インターネット検索や帝国データバンクといった公知の情報の検索や、調査会社あるいは興信所といった機関に依頼**して反社チェックを行う方法がある。

- ❑ 機器の保証、EPC を請け負うメーカーの保証事項は明確になっているか？（性能保証、納期等）
- ❑ 納期遅れ等の完工リスクを考慮した契約となっているか？
- ❑ メーカー納期遅延に対する事業開始遅れのリスクが契約で担保されているか？
- ❑ 海外品の場合、海外メーカーの倒産リスクを回避できる支払い条件になっているか？

設計施工メーカーにメタン発酵施設の工事を依頼する場合、建設工事請負契約を結ぶことになるが、後のトラブルになる可能性を少しでも抑えるため、契約書に盛り込むべき条件や性能保証条件をより具体的かつ明確に示す必要がある。契約書に盛り込む基本的条件については、以下のものがある。

なお、事業全体のリスクに関する詳細については**「1.Ⅱ.7 事業リスクの評価（全体課題整理）」（174 頁）**を参照されたい。

契約書に盛り込むべき条件

設計施工メーカーに一任する場合は工程や納期保証事項なども含め任せることになるが、発注者として契約書をもってその内容を明確にしておく必要がある。

表 2.4.23 契約書への記載内容

リスク項目	記載内容
施設の保証	施設の保証事項については、保証内容、保証期間について取り決める。保証内容には機器のハードを含めた能力の保証、各設備の性能保証、施設全体の性能保証などに分けそれぞれ取り決める必要がある。性能保証事項に関してはその確認方法に関しても取り決める。
施工の技術基準	建築基準法や関係法令を遵守する、日本建築学会の仕様書を基準とすることなどを取り決める。また、事前に建設実績のある事業者や建設コンサルタントへ相談するとよい。
工事工程	着工から完成に至るまでの工事の流れを記載した具体的な工程表を確認する。部分的に工程が未定である場合、設計施工メーカーが工程表を作成し、着工までに交付することを約款で明確にする。また、実施設計段階で設備仕様について発注者と設計施工メーカーとの間で何度も協議を行う。
設計図書に適合しない施工	設計施工メーカーのミスで適合しないのであれば、当然ながら補修等の対応が必要であり、これにより工期延長となれば、その負担の協議も必要となる。メーカー責任により工期が遅延した場合は相当の対価をメーカーが支払う内容の契約書を作成する。また、状況確認のために検査を要するときには設計施工メーカーの負担で検査を実施できる点も定める。
第三者の損害	設計施工メーカーのミス等によって、工事現場の周囲へ損害を与えた場合、メーカーの負担で対応することを明確にする。
完成検査の実施	完成検査により補修等の必要な箇所があれば補修し、再検査を行う必要がある。検査の基準についても契約時に明確にする。海外製品の納期が大幅に遅れる場合、製品メーカーが倒産などで製品未納という場合も想定し、支払条件を明確にする。
工事内容･請負代金･工期の変更	工事が始まってから、何らかの都合により工事内容を変更することも考えられる。発注者の要望でプランの一部を変更することや、自然災害の被害によって工期が大幅に遅れることも考えられる。このような場合の責任負担や請負代金の調整についても契約書に記述しておく必要がある。
契約解除	どのような場合に契約解除できるのかを明記する。契約解除については、発注者からの解除だけではなく、設計施工メーカーからの解除についても明確にする。
契約不適合責任と保証[23]	法規で定められた保証と設計施工メーカーが独自で定めている保証期間･基準も明確にする。
納期遅れ等の完工リスク	工程、機器類の納期を含めた工期に関しては遅延時についてその理由と対策を報告させるように取り決めておく必要がある。 工事請負契約に基づき、納期･工期遅延に対する違約金を設定しリスクを回避する。また、工期遅延による事業開始の遅れに伴う事業損失分の請求等も合わせて検討する。ただし、契約においては発注者と受注者間で十分に協議し決定するものとする。 設計施工メーカーのミス等によって工期が大幅に遅れて、契約書に明記した引渡し日までに引渡しできないということもあり得る。そういった場合の違約金について取り決めておき、問題が生じてからの違約金の交渉難航を避ける。
海外品の場合、海外メーカーの倒産リスクを回避できる支払い条件	海外メーカーの倒産リスクについては、設計施工メーカーがパフォーマンスボンド（契約履行保証）などの銀行保証を受けることで回避する。これは、輸出者が契約条件どおりに契約（債務）を履行することを銀行が海外輸入者に対して保証するものである。ただし、銀行保証を受けるためには発行手数料がかかるためその費用をあらかじめ考慮しておく必要がある。 また、設計施工メーカーは手配を予定していた海外メーカーが倒産した場合は、代替の機器での対応ができるかを早期に検討する必要がある。場合によっては、コストの増減や設計変更となる場合もあり、発注者と設計施工メーカー間で十分協議する必要がある。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

[23] 2020 年 4 月の民法改正により「瑕疵担保責任」ではなく「契約不適合責任」という文言が使われている。

性能保証条件

機器の保証および設計施工メーカーの保証事項の留意事項については、**「4.Ⅲ.11 性能保証事項の確認」（409 頁）**および**「4.Ⅲ.12 引き渡し確認の実施」（410 頁）**を参照されたい。

❑ 臭気発生の恐れがある原料を受け入れる場合は、十分な臭気対策を施した設計となっているか？

一般的なバイオガス施設については二次公害としての悪臭防止に極力務める必要がある。そのため、敷地についての悪臭防止法上の規制値について理解をしておく必要がある。また、周辺住民に対する影響も考慮する必要がある。また臭気の漏れ拡散は作業環境にも影響することがある。

臭気対策は発生源対策が基本であるため、**施設の臭気発生源ごとに密閉化、局所捕集**を考慮しなければならない。特に、**受入設備に関しては受け入れ時に開放となることがあり車両の出入り口に対する検討および受け入れタンクへの投入時の臭気拡散防止の方法を検討する**必要がある。出入り口についてはシャッターの設置、前室の検討、投入室内の負圧、換気計画を立案しておく必要がある。

捕集した臭気はその性状に合わせ**合理的な脱臭装置を設置する**必要がある。一般的には室内の低濃度臭気、その他の場所の中・高濃度臭気に分割しそれぞれ対策を講じる必要がある。

❑ 発電装置から要求されるバイオガス品質に調整可能なシステムとなっているか？（硫化水素、アンモニア、水分、シロキサン等の適切な除去装置が設けられているか？）

バイオガス中には発電機の運転に支障となる**水分や微量なシロキサン、硫化水素、アンモニアなど**が含まれている。運転管理の安全性の確保および発電機の適正な稼働のため、発電機からの要求を満足する除去装置、バイオガス精製装置を設置しておく必要がある。

以下の 3 項目について継続して要求水準を満足できているかを日常管理で確認できるようにしておく必要がある。

脱硫

乳牛ふん尿や敷料に含まれているたんぱく質中の硫黄が還元され、バイオガス中に硫化水素として混合する。その**濃度は数百～6,000ppm の範囲**にある。硫化水素は大気中に **3～5ppm 含まれていると人が不快に感じ、10ppm 以上では人体に有害**となり、金属やコンクリートを腐食させ、発電機やボイラーに多大な損傷を与える。そのため、脱硫はバイオガス利用に当たって不可欠な工程である。

脱硫の方法には、**湿式脱硫方式、乾式脱硫方式、生物脱硫方式**がある。近年では、**生物脱硫方式と乾式脱硫方式を組み合わせた複合方式が増加している**。どの処理方法を選ぶかについては、処理ガス量、O&M 費、脱硫目標値などを考慮し、適切な方法を選定する。

シロキサン

シロキサンはケイ素化合物であり、下水汚泥などを原料としたメタン発酵設備の場合にはバイオガス中にシャンプーや化粧品を由来とする微量のシロキサンが混入する。この**シロキサンが発電機やボイラー内部に混入した場合、燃焼により結晶化し、燃焼機関内部に堆積することで燃焼トラブル等を引き起こす**。そのため、**活性炭などでシロキサンを吸着するシロキサン除去装置を設置**し、バイオガス利用機器の安定的な運転を継続させる。

除湿

発酵槽から出た**バイオガスは湿度が非常に高い**ガスとなっていることから、そのままガス利用するとバイオガス本来が持つ熱量を得ることができない。加えて、**水分を多く含んだガスを利用することによって、ガス利用機器の腐食を招く危険性が高まる**。また、厳寒期には配管内で結露・凍結し、配管の閉塞や破裂事故を発生させる危険性を伴う。そのため、**バイオガスは必ず除湿してから使用する**。

除湿装置としては、**冷却器（チラー）を通し、バイオガス中の水分を結露させて回収する**方式が主流である。除湿装置の設置場所は、脱硫設備の直後が適切である。

❑ 原料調達や消化液利用の検討を踏まえ要素技術を検討したか？（前処理設備、メタン発酵設備、固液分離設備、消化液処理設備、発電設備など）

機器の調達には 1 社に固定せずに複数の調査を行うことが重要である。バイオガス施設には特殊な機器が多く設置されるとともに、**海外メーカー製の機器も多数見られ、金額も高価なものが多い**。したがって、類似施設の事例を調査するとともに 1 社に限らず**複数社の機器類を調査**し、納得して調達するように心掛ける。**納期、支払い条件、引き渡し条件、搬入運搬方法、取り扱い説明書の内容や言語**（例えばドイツ語のみの場合もある）などの項目についても事前に確認をしておくほうがよい。

内容が不明の時には**経験の多いメーカーやコンサルタントに問合わせをする**ことも望ましい。例えば、**搬入される原料の量や種類、形態、また、最終工程である消化液利用に合致した設備が選定できているか**確認する。各設備については計画時にある程度検討し選定するが、実施設計においては、具体的に受け入れる原料が確定された段階で、前処理設備、メタン発酵設備、固液分離設備を含む消化液利用処理設備等の各設備仕様について、改めて検討する。

4.Ⅲ.4 工事契約の締結

- ❑ 工事契約の条項について法務関係者と確認し、契約不適合責任、免責事項について相互に納得しているか？
- ❑ 分離発注の場合、契約書において契約不適合責任や免責事項が明確になっているか？

工事契約は着手時から工事が完了して稼働後も最も重要な文書の一つであり、その内容は詳細に取り決めておく必要がある。

メタン発酵設備の工事契約内容については、**事業者の法務関係者も含め内容を十分に確認**し、**契約不適合責任や免責事項**について発注者・受注者相互に納得した内容であることを前提として進める。契約書の内容は細部にわたるために社内の法務関係者又は弁護士などにその内容を確認してもらう必要がある。

内容に関しては発注者側と請負側の双方に不利のないような取り決めとするべきである。特にバイオガス施設は**機器の消耗が激しい個所**や、**施設の性能保証事項の取り扱いや発電能力・売電量の保証など**取り決め内容が複雑となるケースが多いために契約時に十分に取り決めておく必要がある。

契約不適合責任と検査

契約書には工事内容の詳細を明記しておくことも重要であり、その工事内容どおりに設計施工メーカーが工事を完成させたかどうかが判断できる。工事内容のとおりに工事をしていない場合は、「瑕疵がある」と判断できる。これは、発注者と受注者の双方にとって重要であり、工事内容の詳細を明記していない場合、工事を完成させたかどうかを巡ってトラブルの原因になり得る。業務内容の明記に加えて、**客観的な検査基準や検査方法を業務委託契約の内容として明記**していれば、さらにトラブルになりにくくなる。

一般的な工事委託契約では、設計施工メーカーによる納入・納品や工事が実施された後で、**発注者による検査**がある。この検査の際に、各種検査項目について、あらかじめ決められた検査方法による検査の結果、**客観的な検査基準**に適合している場合は合格とし、不合格の場合は、「瑕疵」として取扱うようにする。これにより、瑕疵に該当するかどうかが明らかになる。

工事請負業者（設計施工メーカー）に契約不適合責任が発生するかどうかは、工事成果品に瑕疵があるかどうかによる。ここで問題となるのが、「瑕疵」とは何か、という瑕疵の定義であり、一般的には物理的あるいは法律的な欠陥を指す。

- **・物質的欠陥**：請負契約の目的物である製品に傷がついていたり、壊れていたりした場合が該当する。
- **・法律的欠陥**：請負契約の目的物に何らかの法律的な問題がある場合が該当する。

免責事項

工事契約書を作成する際は、瑕疵の定義を契約内容として明記することが重要となる。なお、工事契約時には下記の免責事項についても事前に確認しておき、トラブルを防止する。

- **・他工事に起因する設備・機器の破損、打痕や塗装汚れなどに対する機器の補修、取り換え工事**
- **・火災、地震、水害、天変地異による機器の損傷**
- **・雨水など、ピット内に水が溜まった場合の工事、機器類交換など**

その他、納期遅延に伴う機会損失による発注側（メタン発酵設備を導入する事業者）の利益補填の有無についても確認が必要である。

❑ メーカーと独立したオーナーズエンジニアリング等の専門家に全体の設計等の監理・チェックを依頼しているか？

全体設計の確認・管理

設計施工メーカーに一任する場合においても、その設計内容に関しては十分な理解が必要である。プラント工事全体の設計チェックおよび工事監理を第三者に依頼し、**オーナーズエンジニアリング等の専門家（技術者）からメタン発酵設備の工事に関する適宜必要なサポートを受ける**。

バイオガス施設は内容が多岐にわたるために一般的な発注者側にはすべてに対応できる人材の確保は困難な場合が多い。そのために、**発注者側の立場に立ったコンサルタントを設計管理として依頼をしておく**ことが重要である。メタン発酵設備建設におけるオーナーズエンジニアリングの活用例を以下に示す。

表 2.4.24 オーナーズエンジニアリングの活用例

事業フェーズ	発注者	オーナーズエンジニアリングの専門家（以下専門家）
基本構想段階での活用	メタン発酵設備のコンセプトを整理し、概略の施設規模やプロジェクトスケジュールに基づいた企画書立案を行う。	これに基づき計画手順、技術調書、適用基準調書を作成する。
基本計画	プロジェクトチームを編成し、プラントの建設要求条件の決定、建設地の選定、施設機能、施設の管理・運営指針や運営手順を決定する。	設計要求基準のとりまとめを行い、敷地調査、法規調査、概算工事費積算、事業可能性調査を実施するとともに、工期や要素技術を決定する。
基本設計	基本設計条件を確定し、専門家による基本設計を承認する。	検討案の立案、代替案の立案および評価を繰り返し、基本設計条件を確定した後に官庁事前調査、基本設計図および仕様書を作成し、それに基づいた概算工事見積書を作成する。
詳細設計	詳細条件を確定し、専門家からの詳細設計を承認し、加えて官庁への申請・届出を行った後に発注手続きを進める。	さらに検討案の立案、代替案の立案および評価を繰り返し、詳細設計図を完成させ、詳細見積書を作成する。
建設・試運転	施工図、製作図承認図を基に現場立会いを行いながら建設および試運転を進める。	工事遂行体制を確立し、現場工事遂行方針に従い、品質管理、工程管理、安全管理および予算管理を行う。
施設稼働	プラントを稼働するための指導を受ける。	発注者が安全かつ安定的な操業を継続するための取扱い説明書の作成、指導、メンテナンス要領の作成を実施・または指導する。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

設計・建設時に考慮すべきリスク

設備工事のみならず、土木工事や建築工事、電気工事など様々な建設工事が必要だが、それぞれの段階においてリスクが存在することから、あらかじめ潜在リスクに対する対応策等を検討しておく必要がある。

その他の事業リスクについては**「1.Ⅱ.7 事業リスクの評価（全体課題整理）」（174 頁）**を参照されたい。

表 2.4.25 主な設計、建設リスク

潜在リスク	リスクの内容	主なリスク緩和策・対応策等
設計リスク	採用設備の技術や土木建築物の要求基準未達。	設備：見積、設計仕様書等の事前の技術評価、メーカー等の納入実績評価の実施。 土建：一級建築士事務所の設計を採用。建築工事会社の実績評価等、事前のボーリング調査。
建設工事完工リスク	工事請負企業体力・財政悪化に伴う企業継続不可、技術不足や実績不足によって施設が完工しないリスク。	請負企業の事前財務チェック・企業評価の実施、法令調査の実施、完工保証等を契約書に付保。
コストオーバーランリスク（追加工事発生リスク）	計画外追加費用の発生。 （工事役務所掌範囲見落としによる追加費用の発生）	責任設計施工契約の一括請負締結（契約条項の明確化）・分割発注時における役務所掌範囲規定の明確化と施工監理体制の構築。
工事完工遅延リスク	工期内の完工未達（技術不足・管理能力不足・工事中の事故・輸入機材延着等）。	工事請負契約または契約仕様書における工期規定・違反事項賠償事項の規定等。工程表の作成と管理。
性能未達リスク	計画どおりの性能の未達。	技術力の事前評価。納入実績評価。 工事請負契約・工事仕様書・約款等への規定・契約不適合期間の規定等。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

4.Ⅲ.5 建設・施工工程進捗の管理

❑ 施工メーカーからの引き渡し条件が明確になっているか？（内容と時期）

メタン発酵設備が計画どおりの工程で施工され、かつ事前に想定してある性能を発揮するために、建設・施工工程の進捗管理を実施する。

建設・施工工程の進捗管理

施工の進捗状況は常に最新の情報で把握しておく必要がある。施工会社に一任せず、自らも進捗状況を把握しておく必要がある。そのためには**定期的な工程会議の開催**を義務付けておき、自らも参加する。施工管理については専門的なことも多く含まれるために**専門のコンサルタントに施工管理を依頼する**ことも検討する。

施設の建設工事においては、その進捗に関して管理する必要がある。施工会社との間で定期的に定例会議を開催し、今次の進捗を確認することが望ましい。

建設・施工工程の進捗を管理するためには、エクセルなどの表計算ソフトを活用し、**工程表・日程表上にイナズマ線（工程表上に項目別に進捗度を記載する線）などを引いて可視化する**。これにより、現在どこの工程が遅れているかを明確にすることができる。進捗の遅れについては、以下の例のとおり種類に応じた原因の追究と対策が必要となる。

生産能力不足による遅れの場合、追加作業による作業量の増加や作業員の欠勤などによって生産能力が不足する。これに対しては、**他部門からの応援や外注依頼で対応する**。

稼働率や作業能率の低下による場合、不良の発生、機械の故障、指示待ち、運搬待ちなどで稼働率が低下し、作業者のモラル低下などによって遅れが発生する場合がある。根本となる原因を把握し、対策を実施する。

材料や部品の欠品による場合、材料や部品の納期遅れや発注ミスによって遅れが発生するケースがある。この場合の対策としては、**外注先や購買先に督促や緊急発注を行う**。

設計施工メーカーからの引き渡し条件

メタン発酵設備がプラントコンセプトおよび詳細設計図書どおりに完成した状態で引き受けることを可能とするために、設計施工メーカーからの引き渡し条件を契約当初に**施工仕様書および工事契約書に詳細に明記する**必要がある。一般的な引き渡しは施設の性能が発揮されて、それを確認したのちに引き渡しを受けるべきものである。

メタン発酵施設は**試運転期間も 3 か月～6 か月と長期にわたる**ことがあり、また当初想定した原料が量、種類ともに確保できないことも考えられる。**施工会社にとっても施工完了後の試運転が完了するまで工事代金の支払いがないことは経営上も避けておきたい**事項である。したがって、**お互いに中間払いや施工完了時の支払い、試運転完了時の支払いなどの条件を詳細に取り決めておく**必要がある。各段階における保証事項の取り決めも重要である。

正式引き渡しは、契約した工事範囲の全てが完了し、**引渡性能試験**により所定の性能が確認された後、**契約書に規定する竣工検査**を受け、これに合格した時点とする。

ただし、所定の性能が確認されるのは、バイオガスの安定発生後、バイオガス利用設備の安定稼働後となるため、工事完了時に全て完了するわけではなく、試運転を開始し所定の性能、例えば各機器の処理の能力、公害防止基準の遵守等、段階的に検査を受検する。工事完了から試運転完了までの期間がかかるため、契約書や覚書によって部分的な引き渡しを行う場合もある。

引渡性能試験計画書に基づく試験

発注者はあらかじめ協議のうえ、試験項目および試験条件に基づいて**試験の内容および運転計画等を明記した引渡性能試験計画書を受注者に作成・提出させ**、それに基づいた試験を実行する。試験項目ごとの試験方法等は**原則として関係法令および規格等に準拠**して行うものとする。引渡し時の性能試験における施設の運転は、**発注者の運転トレーニングのため、受注者側より運転指導を受け、できるだけ発注者が実施する**ものとし、機器の調整、試料の採取、計測・分析・記録等その他の事項は受注者が実施する。したがって、契約書上に運転指導の実施とその期間を明記しておくとよい。なお、公害防止保証事項については、法的資格を有する第三者機関に依頼することが望ましい。

性能確認の範囲には、一般に**性能要求事項の確認、製品品質、バイオガス発生量、ユーティリティ原単位、緊急時対応**まで含まれる。この試験は事例により異なるが、通常 3 日程度に渡り実施されることとなる。

4.Ⅲ.6 O&M 契約

❑ 従業員への安全衛生管理のルールと、非常時の対応方法や体制について検討がなされているか？

安定的に運転可能な日数の設定

メタン発酵槽は**生物反応であり、停止できない**ことから、通常は**年間稼働日数は 365 日**となる。ただし、前処理設備や投入設備、バイオガス利用設備の運転については、**適正な運転管理およびメンテナンス計画に従って設定**することが望ましい。

表 2.4.26 運転時間・稼働日数の設定例

運転時間・日数	1 日 24 時間連続運転、100%負荷による 180 日以上の連続運転
運転稼働日数	333 日（8,000 時間）／年以上
運用負荷	最大〇〇%～最低〇〇%

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

安全性を確保するための措置

運転管理の安全性を確保するため、**フールプルーフ（誤操作対策）、フェールセーフ（多重安全化）**等を十分に考慮し、**保守の容易さ、作業の安全、各種保安装置および必要な機器の予備機の確保等、安全の確保に留意した計画**とする。また、停電、地震、火災などの**緊急時において、プラント設備が安全に停止できるよう対策**を施した設計とする。

なお、メタン発酵設備、バイオガス貯留設備、発電設備など**建屋内に設置する場合**は、**バイオガス漏えい防止設備および漏えい検知設備**を設けることのほか、メタン発酵槽の加圧、負圧対策および各機器における**バイオガスに対する安全対策（防爆および爆発防止）も重要**である。

表 2.4.27 緊急時に向けた措置例

事象	措置例
停電時	・ ターンダウンの限界値を確認のうえ、復旧するまで発電所を電力網と切り離して自立運転を行うか、運転停止等の対応を行うような措置を取る。
全電源喪失時	・ 外部電源が確保されていない場合は、全ての送風機が停止するが、通風系のダンパ類は開度を保持して、自然通風により未燃ガス等を自然に排気できるような構造とする。 ・ 電源喪失時の対策として、UPS や非常用発電装置等のバックアップ電源を設置する。
地震時	・ 二次災害を防止するため、中央操作室および各設備には、地震感知式自動停止装置および緊急停止ボタンを設置する。また、設置場所および設置個数を明記する。 ・ ダンパ類は、自動操作および手動操作の両方が可能なものとし、電源が遮断された場合、各バルブ、ダンパ等の動作が安全サイドに働くようにする。 ・ 建築物と外部との接続する箇所は、配管の破損等を生じないよう対処する。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

- ❑ オペレーターの役割は明確となっているか?
- ❑ 十分な運転マニュアルをメーカーが提示しているか？また、オペレーター養成について説明を受け、内容・費用が納得できるものになっているか？
- ❑ O＆M 契約の条項について法務関係者と確認し、契約不適合責任、免責事項について相互に納得しているか？

O&M の内製化

内製化とは、一般的には設備のメンテナンスを社外にアウトソーシングするものを、社外の設計施工メーカーに頼るのではなく事業者内で専門組織を作って自ら実施し、プラント稼働の効率化とコスト低減を図ることである。

メタン発酵施設は処理するバイオマスの組成や運転条件が異なり、安定的な設備稼働のための一般解が存在しない。そのため、運転開始後のトラブルの全てを設計施工メーカー対応できるとは限らない。設計施工メーカーと協力しつつ事業者自身が運転ノウハウを習得する必要がある。

メタン発酵施設の運転やメンテナンスは、**運転・維持管理の管理責任者としての経験を有する技術者を性能保証期間終了後数年以上にわたって専任で配置する**ことが望ましい。そのため、契約時に実施体制と共に人員配置計画についても考慮する必要がある。また、O&M 費用は人件費が中心となるため、合理的な保守体制とすれば費用を抑制できるが、故障やトラブルに迅速に対応できなくなること等が懸念されるため、実際の業務内容と整合した保守計画とすることが必要である。

事業実施時の主な運営管理費用は、設計施工メーカーに確認することである程度想定されるが、O&M 契約を受ける企業のメンテナンス方法により、その費用は異なる。そのため、**あらかじめ保守契約額を定め、超過分は事業者が負担する**方法等もある。

O&M 契約条項に関する留意事項

O&M 契約では、施設の設計施工メーカーとの工事請負契約の条項を確認するとともに、契約不適合責任**や免責事項について、事業者と O&M 請負企業との間で合意しておく**必要がある。

メーカーとの保守契約締結

メンテナンス体制は、機器メーカーとの年間保守契約の締結、あるいは現場の運転員によるメンテナンスの実施の 2 つに大別される。それぞれにメリット、デメリットがある。このほか、設計施工メーカーとの保守契約額を超過した分は受注業者が負担する事例、運転員とは別に保守員を採用する事例などもある。

表 2.4.28 メンテナンス体制別のメリット、デメリット

メンテナンス体制	メリット	デメリット
メーカーとの保守契約締結	・専門的知見を持った人員に任せられる ・故障前にちょっとしたトラブルや不具合を発見し対応しやすい	・トラブルが起こってからメーカーから派遣される人員の到着までに時間のロスが発生 ・派遣される人員の出張費や人件費がかかることで割高になりがち
事業者自ら保守（O&M の内製化）	・かかる費用が主として部品の費用のみとなるため、割安である ・現場にいる運転員が対応するため復旧までの時間のロスがない	・技術的知見を得るための取組が必要 ・事業者自身で対応できなかった場合に、かえって復旧までに時間がかかる

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

❑ 脱硫設備の脱硫剤の交換時期や定期的な交換作業は把握できているか？

バイオガス中に含まれる硫化水素の除去は安全面および発電機の正常な稼働にも重要であり、定期的に交換する必要がある。バイオガスの脱硫方法には、発生したバイオガスを**全量乾式脱硫方式で処理する方法**と、メタン発酵槽内で**生物脱硫を行いその後に乾式脱硫方式の装置を設置する方法**の 2 種類がある。

いずれの方式においても発酵槽出口および脱硫等出口の硫化水素濃度を測定し、**硫化水素濃度が上昇してきた時点で脱硫剤の交換を実施する**。実施設計時に、脱硫剤の交換が容易な計画としておくことが必要である。

また、生物脱臭システムは立ち上がりに時間を要することや冬場の性能の低下の可能性があるため、発電機の保護のためにも運転時には硫化水素濃度に十分留意しておく。

4.Ⅲ.7 保険契約

❑ メーカーの稼働保証の有無について確認できているか？また、保険会社の保証内容と保険の費用について理解した上で、事業収支上にも盛り込まれているか？

プラント工事契約時に、**メーカーの稼働保証の有無を確認しておく**必要がある。また、**保険会社によるプラント性能保証に関わる保証内容とその費用についても事前に調査を行い**、必要であれば事業収支上のコストに盛り込んでおく。

事業者は、施設整備業務および施設運営業務の履行を確保するため、**施設建設工事請負契約**および**運営業務委託契約**のそれぞれについて、**契約に基づく債務の不履行により生ずる損害をてん補する履行保証保険契約の締結を求める**場合がある。

設計施工メーカーによっては、メタン発酵設備の連続的かつ円滑な機能および稼働を保証するため、専門の技術者を配置するとともに、生物的あるいは物理化学的トラブルが生じた場合に迅速な対応を実施するために、スペアパーツの保管と素早い配送体制の構築を行っている。

そうした専門の技術者が、安全な試運転、定期メンテナンス、電気点検、オイルモニタリングを行うことで、機器類の停止時間は最小限に抑えられ、発電システムの稼働率が高くなることもあるものの、実際にトラブルが生じたときに対応できるかどうかを明確にし、O&M 費として事業収支に盛り込むために**設計施工メーカーと具体的保証内容を明記した保険契約を締結しておく**必要がある。

プラント操業期間中の保険は事業者自身が保険を手配することとなるが、建設中に契約した保険との整合性・一貫性を考慮する必要がある。

4.Ⅲ.8 種汚泥の確保

❑ 種汚泥の確保はできているか？（量・性状・手配先・費用）

種汚泥確保の方法

試運転期間における**立ち上げ期間の短縮、並びに安定した立ち上げ状態の確保のために種汚泥を確保**しておく必要がある。メタン発酵施設の立ち上げ方法としては次の 2 方法がある。

① **乳牛ふん尿をベースの立ち上げを行う**

② **他施設の消化汚泥を種汚泥として立ち上げを行う**

①は主に乳牛ふん尿のメタン発酵施設の立ち上げ時に採用され、**種汚泥の費用が安価**で済むメリットがある。一方、デメリットは乳牛ふん尿による**立ち上げ方法のノウハウが必要**であるということ、並びに**立ち上げ期間が長くなる可能性がある**という点である。

②のメリットは**立ち上げ期間が短くて済む**ことに加え、**安定した立ち上げが可能**であるということである。デメリットは**近くに施設がない場合に運搬費用がかさむ**ということである。近年は後述する株式会社富士クリーンのように下水処理場から種汚泥を調達するケースが多くみられる。

種汚泥の調達時の留意事項

種汚泥の調達先の都道府県と、持ち込み先であるメタン発酵施設が所在する都道府県の双方において、「廃棄物扱いでない」ことを事前に承諾を得ておかないと種汚泥の調達および試運転ができないため留意が必要である。その際、下水処理場のように自治体が管轄する施設（公共施設）から民間の施設に対して汚泥等を輸送することは行政手続き上のハードルが高いことにも十分留意する必要がある。株式会社富士クリーンでは汚泥調達先を確保するまでに複数の自治体から承諾を得ることができず、最終的に鳥取県の下水処理場から汚泥を施設がある香川県まで輸送することとなった。同社は廃棄物処理法の事前協議の段階で、2 つの県庁に対し十分な説明および話し合いを行い合意に至っている。廃棄物処理法の手続きおよび事前協議のスケジュールについては**「4.Ⅱ.1 基本設計 ⑤施設関連法規制の確認と対応」（369 頁）**を参照されたい。

また、株式会社富士クリーンのような乾式メタン発酵では通常高温発酵となるが、その場合は高温発酵用の菌（種汚泥）を確保する必要があるため、中温発酵の場合と異なり調達先となる下水処理場の選択肢が限られることも注意する必要がある。

種汚泥の調達量および期間

規模が大きなバイオガス施設では当初に必要な種汚泥の量が多くなるために **1 箇所からの供給では間に合わない可能性**がある。株式会社富士クリーン（70t/d の乾式メタン発酵システム）では、設備立ち上げ時に 1,500 トン程度の種汚泥を必要とした。鳥取県の下水処理場から 1 日あたり 20 トン程度の汚泥を約 4 か月の期間にわたり調達している。

上記を踏まえ、**種汚泥の手配先の確保および費用の計上は施設建設が具体的になった時点から検討を始めておく必要**がある。

種汚泥の分析項目

事前に種汚泥のサンプルを入手し分析と活性を確認することが必要である。分析項目としては、以下が挙げられる。

＜種汚泥サンプル入手時に分析すべき項目＞

- ｐＨ
- TS
- VS
- アンモニア性窒素
- VFA
- アルカリ度　など

なお、活性に関しては**種汚泥を入手する施設の運転状況をヒアリングしておくことが重要**である。

可能であれば建設する施設の原料と**類似の原料を処理している施設からが種汚泥を入手することが望ましい**が、大量に必要となることが多いため運搬費用等と合わせて検討する必要がある。

4.Ⅲ.9 試運転/計画の立案

- ❑ 施工会社からの引き渡し条件が明確になっているか？（内容と時期）
- ❑ システム全体の計画する性能が未達の場合、原因が究明できているか？
- ❑ 試運転計画が立案されているか？（期間・投入計画）
- ❑ 性能確認のための費用の計上・負担者が決められているか？

試運転の作業内容

試運転の作業内容は**受電後の単体機器調整、空運転、水運転、実負荷運転、性能試験および性能試験結果確認**が含まれる。

メタン発酵は発酵が安定し**性能確認をするまでに、水運転→種汚泥投入→原料の段階的投入→メタン生成→発電試運転→引渡し性能試験**という段取りとなる。通常の排水処理や焼却、木質バイオマスプラントの試運転と比較すると**工事完了から試運転完了の期間が長くなる可能性**があり、実効性のある試運転内容を受注者および発注者で十分協議する必要がある。そのため、**試運転の実施にあたり発注者は事前に作成された試運転要領書を確認する**。

また、**試運転要領書は、試運転に入る前に工事請負者（施工メーカー等）より提出させ、その内容について事業者と請負者にて十分協議**し、事業者が承認したものとする。

試験期間中の燃料等の負担

試運転期間中の**燃料・電力・薬品類・油脂類および消耗品等の負担については、契約前に設備メーカーと十分調整**する必要がある。

一般には事業者側の負担となることが多いため、**事業計画立案時にこの分の費用を見込んでおく**必要がある。ただし、工事請負者の責に帰する理由による履行遅滞が発生した場合や、工期終了後に発生した費用の負担については、**当初の試運転費用とは別に、両者間の協議で決定**されることになる。

なお、事業者は請負者に対し、試運転期間中の日報および試運転完了報告書の提出を求め、その内容を確認する必要がある。

また、**試運転期間中に行われる調整および点検は、原則として事業者担当者の立ち会いのもとに行う**ものとする。また、手直し箇所が発見された場合には、**その原因等を記載した手直し要領書の提出を求め、事業者の承認後に手直しを実施**させるようにする。

特に試運転期間中は発電機の稼働が十分ではないために加温のためのバックアップボイラーの稼働が必要となる。その燃料費についても計上しておく必要がある。

4.Ⅲ.10 試運転後の性能確認

- ❑ 仕様上の性能が未達の場合、原因が究明できているか？
- ❑ 試運転終了時の性能確認方法が決められているか？

「4.Ⅲ.9 試運転/計画の立案」（407 頁）で述べた試運転を行った後、仕様書上の性能が満たされているか確認する。あらかじめ**試運転終了時の性能確認方法についても設計施工メーカー側と合意**しておく必要がある。

試運転では、無負荷運転および実負荷試運転調整により、各種試験（機器メーカー出荷前の騒音値および振動測定値の確認、気密試験、電気試験等）も行ったうえで、工事請負者から試験結果報告を受ける。

事業者側（発注者側）は、その報告事項が設計値を満足していること、かつ正常に各機器が作動し、所定の機能を満足していることを確認する必要がある。

4.Ⅲ.11 性能保証事項の確認

❑ 設計施工メーカーとの間で性能保証事項は明確になっているか？（内容と実施時期）

保証期間･保証対象

一般的に**保証期間は設備引き渡し後 1 年以上**とし、期間中に設計施工メーカーの責任に帰する欠陥が認められた場合、メーカーは速やかに修理、改造、調整または取り替えを行う必要がある。ただし、通常**消耗品は保証対象外**である。

また、受入検査や試験に合格したものであっても、使用開始後、性能や機能が発注仕様に合致せず、明らかに設計施工メーカー側の責任と判断できる不具合については、保証期間経過後であっても、保証を要求することがある。

契約時の性能保証事項

契約時に定めた定格処理能力は少なくとも満足させなくてはならない。加えて、**各種法規制に則って、運転時の騒音･振動対策や排ガス･悪臭･防塵対策等の環境対策も計画どおりに実施されている必要**がある。

騒音･振動の基準については、各設備と土木建築を合わせた総合性能が要求されるため、設計施工メーカー側は低騒音･低振動機器を採用するとともに、**機器メーカーから提示するデータに基づき、建築で必要な仕様･構造ならびに対策を実施**する。また、建築設備に附帯する設備、機器についても規制を満足する機種選定を行うものとする。

その他、以下の項目について契約時に定め、発注仕様書等に記載された設定条件の数値に適合させる。性能保証の確認は性能試験結果をもって確認することを原則とする。

表 2.4.29 契約時に定める主な性能保証事項

性能保証事項	定格処理能力を達成するなど、施設の性能について仕様書等に定めた数値と適合することを確認する。
公害防止保証事項	排ガス基準値、排水基準値、騒音･振動･悪臭等について 定格負荷運転時において、仕様書等に定めた保証値以下とする。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

4.Ⅲ.12 引き渡し確認の実施

❑ システム全体としての出力や効率が達成されているか?

引渡性能試験計画書に基づく試験

事業者は試験項目および試験条件に基づいて**試験の内容および運転計画等を明記した引渡性能試験計画書**を設計施工メーカーに対し協議のもと作成・提出させ、メーカー側がそれに基づいた試験を実行する。試験項目ごとの試験方法等は原則として関係法令および規格等に準拠して行うものとする。

引渡し時の性能試験における施設の運転は、発注者の運転トレーニングのためできるだけ事業者が実施するものとし、そのための設計施工メーカーとの間で運転指導内容、期間を取り決めておく必要がある。機器の調整、試料の採取、計測・分析・記録等その他の事項は設計施工メーカーが実施する。

なお、**公害防止保証事項については、法的資格を有する第三者機関に依頼**することが望ましい。

その他、性能確認の範囲には、一般に**性能要求事項の確認、製品品質、バイオガス発生量、ユーティリティ原単位、緊急時対応**まで含まれる。この試験は数日から数週間に渡り実施されることとなる。

フェーズⅣ 運転段階

バイオマスのエネルギー変換設備の運転段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.4.30 バイオマスのエネルギー変換設備の運転段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
4.Ⅳ.1	**プラントの運営管理**	維持管理費削減のため、オペレーションとメンテナンスは段階的にでも内製化していくことができるか?	
		メンテナンスの方法や頻度は適切になされているか?	
		運転管理のマニュアルを整備し、それに則って運転をしているか？	
		日常運転管理のチェックリストを作成し適正に運用されているか？	
4.Ⅳ.2	**システム・機器の性能評価と改善**	トラブル時の原因究明と対策は都度なされているか?	
		原因が設備・機器自体のものによる場合、メーカーへの改善要求と対応がなされているか?	
		設計施工メーカーの稼働補償は適用可能か?	
		原因がシステム設計に問題がある場合、設計施工メーカー等との協議や対策がなされているか?	
		計測機器類の設置位置や計測方法、料金形態の改善の必要性はないか?	
		原因が原料品質による場合、調達元との協議や改善要求等がなされているか?	
4.Ⅳ.3	**設備利用率の検証と改善**	データ計測の項目、方法、計測場所などは適切に管理されているか?	
4.Ⅳ.4	**トラブルシューティング**	労働災害や職員の安全性に係るトラブルが起きていないか？	
		トラブル時の対策はマニュアル化されているか？	
		災害対策のマニュアル作成や安全対策の教育がなされているか?	
		メンテナンスが必要な箇所にアクセス可能な設計になっているか？	
		故障時、トラブル時に備え自治体、周辺住民、警察、消防などの関係各所への連絡体制を整備しているか？	
		作業の安全性は確保されているか？	
4.Ⅳ.5	**メタン発酵槽の運転把握**	投入原料の性状、組み合わせとガス発生量の増減の因果関係を特定できているか？	
		メタン発酵槽の運転が適切に把握されているか？(負荷・槽内性状のデータベース化)	
		定期的に原料・消化液の分析がなされているか？	

4.Ⅳ.1 プラントの運営管理

❑ 維持管理費削減のためオペレーションとメンテナンスは段階的にでも内製化していくことができるか?

O&M 体制の確立

メタン発酵施設の運転には、維持管理・運転管理のための体制が必要であり、**責任と指揮命令系統を明確にする必要**がある。メタン発酵槽周辺設備は 365 日運転、発電設備や熱供給設備等では 24 時間運転が一般的であるため、**運転員のシフト・遠隔通報システム等も検討**する必要がある。

O&M の内製化の検討

施設内に保守員を配置していても、施設設置に関与した設備・機器メーカーとの連携は重要であり、保守サービス契約等が必要となる場合も多い。ただし、こうした**外部委託は O&M 費用を圧迫する要因となるため、段階的にでも内製化していくことが望ましい**。

また、発電設備の規模によって、**電気事業法による電気主任技術者等の資格者の選任届出が必要**なため、建設着手前に確保しておく必要がある。

❑ メンテナンスの方法や頻度は適切になされているか?

メンテナンス方法や頻度の適正化

O&M を内製化した場合は特に、メンテナンス方法を十分に検討し、適正なものとしなければならない。施設の引き渡しを受ける際に、**運転管理マニュアルもしくは取扱説明書を受領し**、これらの図書を基に施設独自のメンテナンス方法を徐々に確立していくことが必要となる。

これらの図書は基本的には**建設メーカー、設計施工メーカーが作成するべき**ものである。また、その内容としては**各単独の機器ばかりでは無く、設備および施設としての運転方法が記載されている**ことが必要であり、不足がある場合は要求することが必要である。

- ❑ 運転管理のマニュアルを整備し、それに則って運転をしているか？
- ❑ 日常運転管理のチェックリストを作成し適正に運用されているか？

運営管理マニュアルおよびチェックリストの整備

運転管理マニュアルには**設備・機器ごとにメンテナンス項目とその内容および頻度**を記載し、メンテナンス上の注意点などが記載できるようにしておく。継続したメンテナンス作業の中で随時その内容が更新されるようにしておく必要がある。

さらに、運転マニュアルの中に**チェックリスト**を作成し、常に施設の状況が把握できるようにしておく。

チェックリストは、日々のチェック項目、週単位のチェック項目、月単位のチェック項目など点検頻度により別々に作成し、点検漏れのないように心掛ける必要がある。また、チェック項目の中には、**目視によるもの、聴覚や嗅覚による日常の異常などの点検内容も書き込むようにしておく**とよい。また、数値を読み取り、最後は電子データとして整理をしておき、中長期の施設の稼働状況を取りまとめておくことは非常に重要である。

外部のリスクへの対応

メタン発酵施設は 20 年以上の中長期にわたり運転するため、**メーカー等の都合で事業期間中に機器の消耗品類等が確保できなくなる**可能性がある。または、**メンテナンスができる外部の技術者が不在になる**可能性があり、実際、国内事例でもそのような事態に陥ったケースが複数報告されている。

こうした事態を避けるため、上述のような**メンテナンス人材の育成を行うほか、部品を一定量確保しておくなどの対応を取ることが望ましい**。

4.Ⅳ.2 システム・機器の性能評価と改善

❑ トラブル時の原因究明と対策は都度なされているか?

施設を運転している中ではトラブルは避けられず、それらが生じた場合を想定し原因と対策をよく考えておくことが必要である。また、トラブルに対応した設備や機器は常に改善を検討しておく必要がある。

メタン発酵設備トラブルの原因の例

メタン発酵設備においては、主に生物学的なトラブルと機械構造的なトラブルがある。**ガス発生量の低下が起こった場合**には、これらの原因を検討し対応する必要がある。**発生量の低下が急激な場合**は原料の投入を停止し、データの解析や原料の分析を行う必要がある。

表 2.4.31 トラブルの種類と原因

トラブル		原因	備考
生物学的トラブル	ガス発生量の低下	pH の急激な低下 アンモニア性窒素の増加 VFA の蓄積(特に酢酸以外)	これらの原因は過負荷であることが多い。これ以外には、生物処理に必要な微量金属類(鉄、ニッケル、コバルト等)の欠乏が考えられる。
	ガスラインの詰まり	発泡(原因は不明なことが多い) 急激な負荷変動	試運転時の負荷増加時
機械構造的トラブル	スカムの発生	投入物に夾雑物の混入 破砕選別の不調	
	堆積物の発生	投入物内に夾雑物が混入 破砕選別の不備	

このほかに**定期的にスカムや沈殿物の状況を確認する**必要がある。また、撹拌装置については、経年劣化や消化液の内容物による摩耗等が考えられるため、**日常の軸封からの液漏れ・ガス漏れのチェックや、過負荷による電流値の上昇がないかなどの日常点検を実施**し、異常があった場合は直ちにメンテナンスを行う。不具合をそのままにして運転を続けメンテナンスが遅れた場合には、最悪な事態として機器交換しなければならないこともある。

❑ 原因が設備・機器自体のものによる場合、メーカーへの改善要求と対応がなされているか?

設備・機器の改善

原因が設備・機器自体のものによる場合、**メーカーへの改善要求**と対応を行う必要がある。

設置した設備や機器が契約どおりの能力を発揮しない場合は、設計施工メーカーを通じ機器メーカーに対して改善要求を行う。ただし、不具合の原因が、**契約以外の原料由来や運転の誤操作といった契約条件以外のもの**による場合は、**事業者の責任において改善する**必要がある。

いずれの場合でも原因を明らかにし、設計施工メーカーと十分協議し、早期に改善し安定運転を実施することが重要である。

❑ 設計施工メーカーの稼働補償は適用可能か?

メーカーの稼働保証

施設全体は設計施工メーカー、個別の機器については設計施工メーカーもしくは機器メーカーにおいて対応する。保証期間は 1 年～2 年が通例である。木質バイオマス発電設備の場合、ガス化発電装置については 7,000～8,000 時間の稼働保証をしている海外メーカーがある。メタン発酵施設の場合、ハード上（設備面）の保証は一定期間なされる場合が多いが、**稼働性能保証を実施している機器メーカーは現状ほとんど見られない**。

❑ 原因がシステム設計に問題がある場合、設計施工メーカーとの協議や対策がなされているか?
❑ 計測機器類の設置位置や計測方法、 料金形態の改善の必要性はないか?

システム設計の改善

原因がシステム設計に問題がある場合、**設計施工メーカー等との協議や対策を行う**必要がある。契約どおりの原料条件にもかかわらず、**各設備で不具合があり、適正に処理できない、またはバイオガス発生量が所定の量を満たさないなどの事象が発生した場合**は、設計業者および施工業者との協議を実施し、その原因の探索と対策を策定する必要がある。その原因の所在によっては、施工業者の責任で改善させる必要がある。

ただし、**原因の所在が明らかでない場合**は、改善に係る費用負担が明確にならないため、事業者と設計会社、施工業者間でトラブルが発生するケースがあり、時には訴訟事になる可能性もある。そのため、施設発注時の仕様書や契約内容についてあらゆる事態を想定し、状況によっては設計会社・施工業者との協議を十分行い、相互理解のうえ契約締結することが望ましい。

❑ 原因が原料品質による場合、調達元との協議や改善要求等がなされているか?

原料調達の改善

トラブルの原因が原料品質による場合、**調達元との協議や改善要求を行う**必要がある。事業者はバイオマス原料を排出事業者もしくはバイオマス収集業者を介して調達する。そのためバイオマス原料が契約と違う場合（例えば、**発酵不適物の混入率が契約内容より著しく多い、契約した種類と違うバイオマス原料が混入している、発酵阻害物が混入している**等）は、調達元に対してバイオマス原料の改善要求を行い、改善させる必要がある。また、調達に関する契約にペナルティーの項目を記載し、原料品質を保つこともある。

調達先の事情により、バイオマス原料の性状が変わる場合もあるため、その場合は事前に事業者に対し協議を申し入れるなどの条項も記載することで、原料の安定化を維持することができる。

4.Ⅳ.3 設備利用率の検証と改善

❑ データ計測の項目、方法、計測場所などは適切に管理されているか?

メタン発酵設備で取得するデータ項目

メタン発酵施設の状況を把握するためには**定期的な性状分析や記録が必要**である。メタン発酵は生物処理であるために、**変化は緩やかでありその影響は徐々に表れる**。したがって、**日々の記録の積み重ねが安定稼働のために重要**である。

データの記録のためには**データロガー、分析装置の活用**など自らの施設に合致した記録方法を選択し、それらの結果は**日報、月報、年報などに取りまとめ保管・検討しておく**必要がある。

特に、発酵阻害・トラブルの原因検討のためには**メタン発酵施設の負荷状況を確認することが重要**である。施設の負荷としては水量負荷と水質負荷の 2 種類がある。

＜メタン発酵施設の負荷状況の確認のために必要な項目＞

- **水量負荷**
  - 滞留日数で表される。希釈水やプロセス水も含めた滞留日数を計算しておく。
- **水質負荷**
  - 一般的には有機物容積負荷（kg-VS/m^3/日）として検討される。強熱減量の定期的な分析が困難な場合は固形物容積負荷（kg-TS/m^3/日）でもよい。

これらの負荷状況の把握のために必要な項目としては以下が挙げられる。

＜水量負荷および水質負荷の把握のために必要な項目＞

- **搬入原料の種類と量**
- **搬入原料の性状**
  - pH、TS、VS、ケルダール窒素、アンモニア性窒素
- **メタン発酵槽投入量とその性状**
  - 項目は原料に同じ
- **希釈水量**
  - 再利用水の場合は水質も必要。項目は原料に同じ
- **メタン発酵槽内の性状**
  - pH、TS、VS、ケルダール窒素、アンモニア性窒素、アルカリ度、VFA、温度
- **バイオガス発生量、ガス性状**
  - メタン、硫化水素
- **引き抜き量・槽内圧力・撹拌機の状況**
  - 機械式撹拌の場合は電力消費量

データ取得の頻度

メタン発酵施設の負荷状況の把握のための望ましいデータ取得頻度を下表に示す。それぞれの分析計を運転開始当初から備えておく必要がある。

また、**施設の異常、トラブルについても日報や月報に記載**しておくと後日非常に役に立つことが多い。特に、**発泡トラブル**などは原因の追究が難しいために**発泡現象が起こった事実の記録は重要**である。

表 2.4.32 メタン発酵施設の負荷状況の把握のための望ましいデータ取得頻度

項目		データ取得頻度
搬入原料		毎日 ※搬入状況によって頻度を減らしてよい
原料投入量･性状	TS	毎日 ※同じ性状が継続する場合は頻度を減らしてよい
	その他の項目	1 週間に 1 回程度 ※同上
メタン発酵槽内性状	窒素系	1～2 週間に 1 回程度
	アルカリ度	1～2 週間に 1 回程度
	VFA	1～2 週間に 1 回程度
バイオガス性状	二酸化炭素	1 週間に 1 回程度（検知管による測定）
	硫化水素	1 週間に 1 回程度（検知管による測定）

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

実証事業者の検討：施設全体のエネルギー収支

株式会社富士クリーンでは実証事業によるエネルギー収支、物質収支を明確にして既設の埋立処分量と比較し、埋立削減量を検証し評価した。

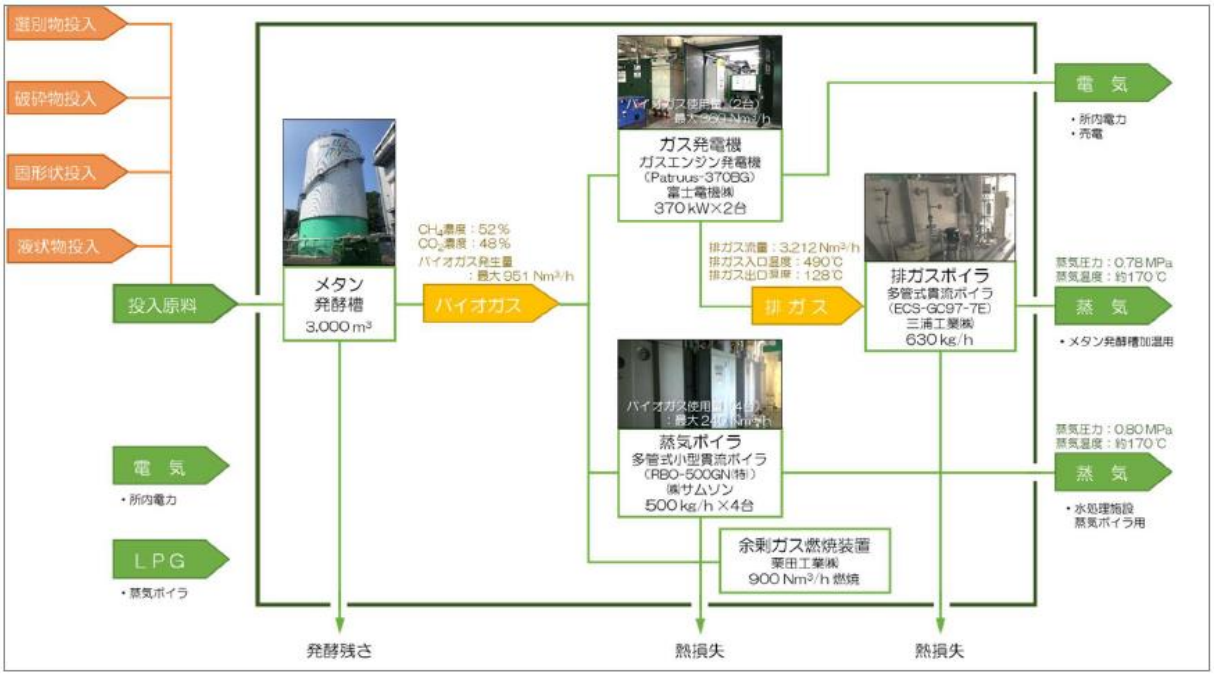


図 2.4.16　エネルギー収支を評価するためのフロー図

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

バイオガス使用量等の検証

既設の浸出水処理施設へ、ボイラ、ガス発電機を用いて、熱エネルギー等の供給を検証確認し、バイオガスの使用量と使用割合を検証した。

また、2019 年度までの結果から 93 %のバイオガス使用率（※）を確認できたが、継続的な結果が得られていないためエネルギー供給の見直しと新たな供給先を精査し、エネルギー使用を 90 %以上かつ 3 ヶ月以上継続できる最適なエネルギーシステムを模索した。

（※）バイオガス利用機器類にてのバイオガス使用量／バイオガス発生量 × 100

下図からバイオガス使用量のみで目標値の妥当性を検証し、トラブルが無い場合は概ね良好な結果を得られた。それに加えエネルギー使用率について考慮することで、バイオガス利用機器類全体で見れば、トラブル発生時にも十分効率的な運転ができていることも分かった。一方、機器毎にエネルギー使用状況を確認していくと、ガス発電機ではほぼ目標達成できていたが、蒸気ボイラと排ガスボイラでは実証期間中に目標達成できなかった。この原因は主に、エネルギー供給先に制約があるか否かにあり、ガス発電機には運転制限があまり無いのに対して蒸気ボイラと排ガスボイラは発生した蒸気の供給先とのバランスによって一部運転が制限されてしまうことがわかった。特に蒸気ボイラは供給先との連携が非常に重要であるため、バイオガス発生量が日々変動する実証期間中においては運転自体が困難であった。

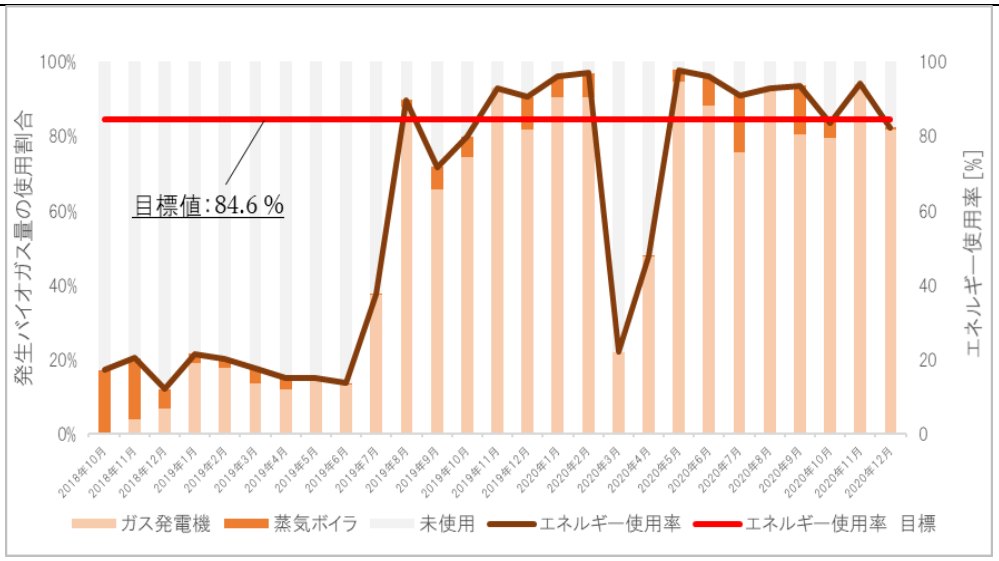


図 2.4.17 バイオガスの使用割合とエネルギー使用率

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

本実証事業では当初の予定に反して熱エネルギーの使用がうまくいかなかったことで、蒸気ボイラによるバイオガス使用量は少なかった。一方、自由に発電できるガス発電機では多くのバイオガスを使用でき、ガス発電機のみでバイオガス利用機器全体での目標値にもほぼ到達した。こういった背景には、実証期間においてバイオガス発生量は日々大きく変動し、その変動に柔軟に対応できるのがガス発電機だったことが挙げられる。ガス発電機の本格稼働により研究開発目標の達成には成功したが、エネルギー使用率を一層向上させるためにまずは、バイオガスの変動幅を明確に把握しなければならない。そして、利用設備を同時に導入するのではなく、選定後もバイオガスの変動幅の結果で再度検討を行った後に導入する選択が、利用率向上の導入条件として必須であると考えられた。本実証事業終了後も熱利用については課題となるため、引き続きより良い運用方法を検討していく取組を継続して実施する。

下図のバイオマス回収率、使用率、稼働率、総合効率の分析結果より、乾式メタン発酵施設全体でエネルギーを無駄なく使用するためには、蒸気ボイラの運転が非常に重要であるということが分かった。エネルギー収支全体で見れば、当初の予定どおり蒸気ボイラを主体としたエネルギー創出を行うことが理想であるが、現実的な運用を考えた場合はガス発電機を軸にしつつ、バイオガス発生量が確実に確保できるような時には蒸気ボイラも運転することで、バイオガスを無駄なく使いつつ創出したエネルギーも無駄にしない運転ができると考えられる。これらのことから、バイオガスを継続的かつ安定的に発生する条件と熱利用における変動幅を考慮した熱利用用途を確保することが無駄なくエネルギー利用できる条件であることが分かった。

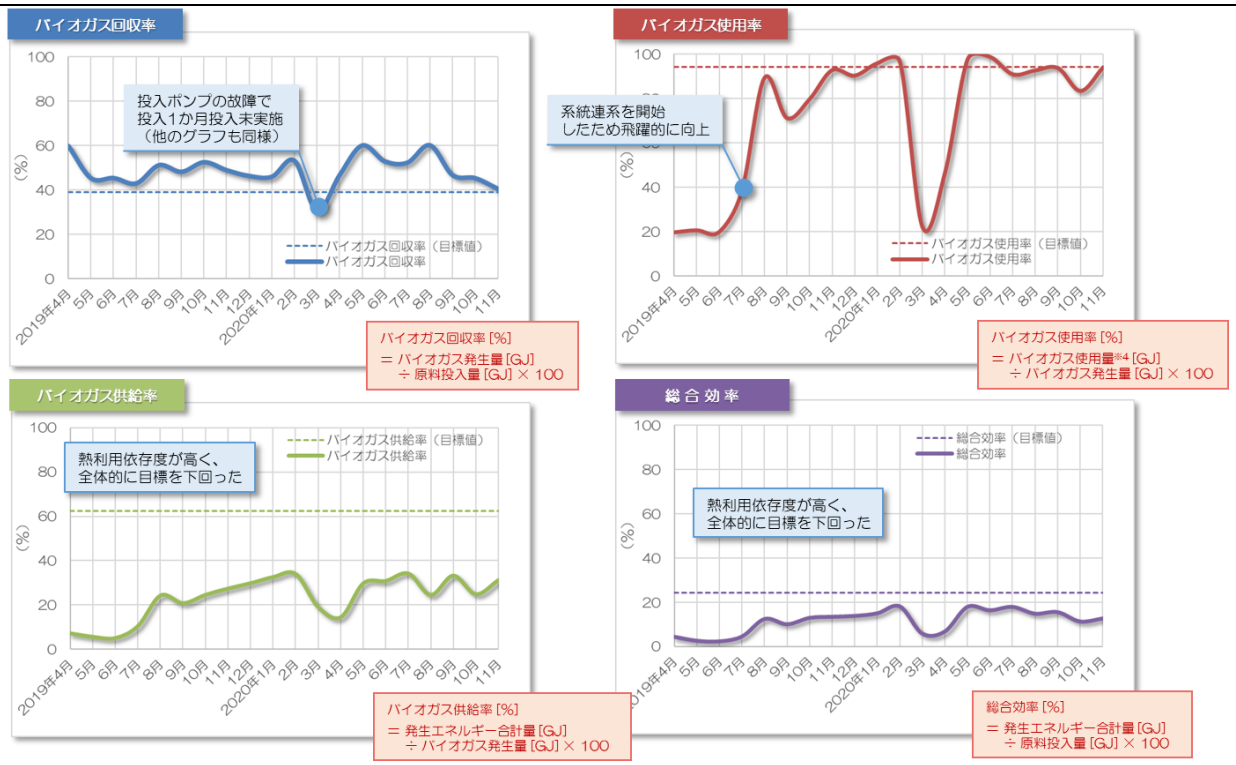


図 2.4.18 バイオマス回収率、使用率、稼働率、総合効率

（出所）株式会社富士クリーン提供資料

データ計測の項目と方法

施設の運転状況は常に把握し、適切な運転の実施状況を確認するとともに、消費電力の削減などにつなげる必要がある。データ測定項目は次のように分類してそれぞれ計測する。計測個所は、メンテナンスが容易な場所や消耗品の交換が容易な場所を選定する。3

表 2.4.33 データ測定項目と計測方法

分類	データ計測の項目	計測方法
量	受け入れ量(複数種あればすべて) 投入量 希釈水量(水処理からの循環水料含む) プロセス水量(洗浄水含む) 消化液引き抜き量 液肥搬出量 水処理にかかる水量 汚泥搬出量 バイオガス発生量 発電機消費量	トラックスケール　または受入ホッパー重量計 電磁流量計 電磁流量計 電磁流量計 電磁流量計 トラックスケール 電磁流量計 トラックスケール　または　ホッパー重量計 ガス用流量計 ガス用流量計
性状	温度・・・発酵槽、加温水、殺菌水槽 pH・・・発酵槽内、水処理必要箇所、放流水、薬液洗浄脱臭等 バイオガス・・・メタン、二酸化炭素、硫化水素(発酵槽出口および脱硫装置出口)	測温抵抗体 電極式(自動洗浄型または流通型)・・・ ただし、工業計器を設置した場合は定期的に構成をする必要があるため、施設内で手分析することもよい。 ガスクロマトグラフィーが必要である。したがって、二酸化炭素および硫化水素(発酵槽出口および脱硫装置出口)を検知管で測定し、目安をつけておくことも必要である。
電力量	各機器消費電力量(設備単位でも可) 発電量 売電量 施設内消費電力量	

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

4.Ⅳ.4 トラブルシューティング

- ❑ 労働災害や職員の安全性に係るトラブルが起きていないか?
- ❑ トラブル時の対策はマニュアル化されているか?
- ❑ 災害対策のマニュアル作成や安全対策の教育がなされているか?
- ❑ メンテナンスが必要な箇所にアクセス可能な設計になっているか？
- ❑ 故障時、トラブル時に備え自治体、周辺住民、警察、消防などの関係各所への連絡体制を整備しているか？

メタン発酵施設で起こり得る労働災害や安全性トラブル

メタン発酵施設で起こり得る労働災害や安全性トラブルの例は下表のとおりである。異常が発生した際に即時に対応できるよう**緊急時マニュアルを策定することが重要**である。また、**施工メーカー等との保守サービスあるいは協力体制を整備**し、訓練などでその体制を関係者に徹底しておく必要がある。また、故障時、災害時に備え自治体、周辺住民、警察、消防等の**関係各所への連絡体制も整備**する必要がある。

なお、発酵阻害・トラブルを未然に防ぐためにも**投入原料や発酵槽内などの定期的な性状分析や日々の記録が重要**となる。データ取得項目と方法については、**「4.Ⅳ.3 設備利用率の検証と改善」（417 頁）**を参照されたい。

表 2.4.34 緊急時の事象例とその対応策

事象	内容および対応策
発酵異常、発酵不良	・ 異物、薬品の混入、投入過多・温度低下等による発酵不良、発泡の発生などが考えられる。 ・ その際はただちに原料の投入を停止し、サンプリングと分析を行う。 ・ 定期的なサンプリングや専門機関での確認等が予防に効果的である。
原料内異物等によるパイプの閉塞	・ 異物の混入や浮遊物、沈殿物の滞留等による発酵槽流入、流出パイプの閉塞が考えられる。 ・ 万一閉塞した場合は、装置を一時停止し、運転員による逆流運転、配管の分解・清掃、機器の清掃等により詰まりを排除させる必要がある。
バイオガス安全弁・背圧弁の故障	・ バイオガスが何らかの理由で発酵槽やバイオガス貯留設備から排出されず、発酵槽やバイオガス貯留設備内のガス圧が上昇することが考えられる。 ・ 発酵槽から消化液を過剰に排出した場合には発酵槽内の圧力が負圧になり、発酵槽本体が破損することが考えられる。 ・ 発酵槽やバイオガス貯留設備の破損の防止には、安全弁や背圧弁等の機構および定期的な作動確認が必要である。
発酵槽撹拌機器・搬送ポンプ等システム機器の異常	・ 機器の過負荷などによる異常の発生が考えられる。 ・ 異常が発生したら、ただちに関連機器を安全な状態に停止し、原因を除去するか、メーカーまたは保守会社等に連絡する。 ・ 撹拌機の羽根の摩耗による撹拌力低下も考えられる。
エンジン発電装置の故障	・ エンジンの油圧、温度、出力、発電装置の電圧、電流、周波数等に異常があった場合は、警報発生後に停止することが一般的である。 ・ 原因を除去するか、メーカーまたは保守会社等に連絡する。 ・ 硫化水素、シロキサン、水分量などの確認
電気系統の異常	・ 系統保護機能により、安全側に作動する設計である必要があるが、異常が発生した場合は電気主任技術者等に連絡する。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

❑ 作業の安全性は確保されているか？

従業員への安全教育

バイオガスの主成分であるメタンは可燃性ガスであり、腐食性と毒性のある硫化水素を数百～6,000ppm 含むため漏洩に注意が必要である。そのため、**施設管理者へのバイオガスの危険性の研修や指導、バイオガス漏えい時の火気遮断システムなどの対策も必要**である。特に、夜間・休日は**無人運転で行われる場合のこれらの安全対策および連絡体制の整備は重要**である。

4.Ⅳ.5 メタン発酵槽の運転把握

- ❑ 投入原料の性状、組み合わせとバイオガス発生量の増減の因果関係を特定できているか？
- ❑ メタン発酵設備の運転が適切に把握されているか？（負荷・槽内性状のデータベース化）
- ❑ 定期的に原料・消化液の分析がなされているか？

メタン発酵施設を安定的に運営するにあたり、**投入原料の種類・性状とバイオガス発生量（発酵阻害によるバイオガスの減少トラブルも含む）の間の因果関係を特定**することが重要である。

そのためには、こうした原料とバイオガス発生量に係る情報を常に記録しデータベース化を行うことが重要である。さらに、下に示すメタン発酵設備の安定稼働に係る項目、槽内の性状、設備負荷などについてもデータベース化することが望ましい。

特に多数の排出元からの廃棄物を受け入れる場合は、こうした因果関係の特定は一朝一夕では難しく、1 年以上掛かる場合もあるため、精緻なデータ分析を行うことが望ましい。なお、メタン発酵設備の運転で取得するデータ項目は**「4.Ⅳ.3 設備利用率の検証と改善」（417 頁）**を参照されたい。

メタン発酵設備で取得するデータ項目

メタン発酵設備の状況を把握するためには定期的な性状分析や記録が必要である。メタン発酵は生物処理であるために、変化は緩やかでありその影響は徐々に表れる。したがって、日々の記録の積み重ねが重要である。

そのためには**データロガー、分析装置を活用した自らの施設に合致した記録**などが必要である。それらの結果は日報、月報、年報などに取りまとめ保管・検討しておく必要がある。

特に、阻害、トラブルの原因検討のためには施設の負荷（水量負荷および水質負荷）状況を確認することが重要である。

①水量負荷

滞留日数で表される。希釈水やプロセス水も含めた滞留日数を計算しておく。

②水質負荷

一般的には有機物容積負荷（kg-VS/m^3/日）として検討される。強熱減量の定期的な分析が困難な場合は固形物容積負荷（kg-TS/m^3/日）でもよい。

上記の確認に必要な項目としては以下が挙げられる。

表 2.4.35 項目とデータ計測の内容

項目	内容
搬入原料の性状	・ pH、TS、VS、ケルダール窒素、アンモニア性窒素
メタン発酵槽投入量とその性状	・ （項目は原料に同じ）
希釈水量	・ （再利用水の場合は水質も必要であり項目は原料に同じ）
メタン発酵槽内の性状	・ pH、TS、VS、ケルダール窒素、アンモニア性窒素、アルカリ度、VFA、温度
バイオガス発生量、ガス性状	・ メタン、硫化水素
引き抜き量・槽内圧力・撹拌機の状況	・ 機械式撹拌の場合は電力消費量

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

頻度としては、搬入原料は毎日が望ましいが、搬入状況に応じて減らしてもよい。**投入量および性状**として TS は毎日計測することが望ましいが、その他の項目は 1 週間に 1 度程度でも問題なく、同じ性状が継続する場合は頻度を変更してよい。

メタン発酵槽内性状は窒素系とアルカリ度、VFA は週 1 回あるいは 2 週間に 1 回程度とする。分析計を当初から備えておくことが望ましい。**バイオガス性状**は二酸化炭素および硫化水素として検知管による測定として週 1 回程度が望ましい。

特に、発泡トラブルなどは原因の追究が難しいために発泡現象が起こった事実の記録は重要である。

メタン発酵の阻害要因

メタン発酵が阻害されるとガス発生量が低下する。発酵の阻害要因として下記のようなことがあげられる。これらを運転中に監視し、必要な対応ができるような設備を準備しておくことが必要である。

①過負荷

酸発酵がメタン化工程よりも優先的に進み分解しやすい酢酸よりも、**プロピオン酸などの VFA が蓄積しメタン発酵工程を阻害する。**現象としてはメタン発酵槽内のｐＨが低下するため、**ｐＨを測定、監視しておく**ことが重要である。

②アンモニア性窒素の濃度増加

阻害は処理原料中に含まれる**有機性窒素およびアンモニア性窒素**によることが多く、実際の阻害は液中に存在する遊離のアンモニアにより起こる。有機性窒素はメタン発酵工程でアンモニアが溶出し濃度の増加が起こる。したがって、**原料中にたんぱく質を多く含んでいる原料を受け入れようとする際には特に注意が必要である**とともに、**家畜ふん尿のように原料中にアンモニア性窒素濃度が高いものの処理にも十分に注意が必要**である。遊離のアンモニアは分析が困難なためアンモニア性窒素で判断をすることが多く、そのためにメタン発酵槽内のアンモニア性窒素濃度は定期的に測定し増加の傾向が見られないかを監視しておくことが肝要である。

表 2.4.36 阻害要因とその対応

項目	内容
酸素	・ メタン生成菌は嫌気性が必要である。（多少の酸素の混入は発酵阻害にはならない） ・ 制御不可能な空気や酸素の混入が起きない構造とし、酸素濃度の監視が必要な場合もある。 ・ 酸素がメタン発酵槽内に入った場合には、腐食や爆発の危険がある。
pH	・ メタン発酵のバイオガス化過程の前半の酸発酵工程で、酢酸および有機酸が生じるために、pH が下がることがある。 ・ 原料が大量に投入された場合などに、メタン生成による酢酸や有機酸の消費が間に合わず、酢酸や有機酸が蓄積すると、pH が下がり、本来のメタン発酵反応が起きず、メタン生成が低下することがあるため、pH を監視し、投入負荷の制御を行う必要がある。
微量金属の不足	・ メタンを生成する酵素の活性を維持させるためには、微生物の酵素にニッケルやコバルト等の金属が必要となる。 ・ 通常、家畜ふん尿や下水汚泥などには、ニッケルやコバルトが微量に含まれているため、これを微生物が吸収して酵素の中に取り込み、バイオガスを生成する。 ・ ニッケルやコバルトがほとんど含まれない生ごみなどの場合には、酵素の活性を保つために、これらを添加する必要があるといわれている。
アンモニア	・ アンモニア性窒素濃度が中温発酵であれば 3,000～4,000mg／L 以上、高温発酵であれば 2,000mg/l 以上になると、メタン生成への阻害が起きる。 ・ 生ごみなど窒素の高い原料を高濃度でバイオガス化する場合には、水または脱窒後の処理水での希釈が必要となる。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

実証事業者の検討：JA 阿寒の家畜ふん尿由来メタン発酵施設の運転結果

システム概要

JA 阿寒では、老朽化の著しい釧路市堆肥センターに搬入されていた原料のうち、特に堆肥化が困難である中水分（水分 80～85%）および高水分（水分 88%）の半固形状ふん尿を対象として、固液分離を行い、得られた分離液分を利用しメタン発酵を実施している。分離固形物は、撹拌発酵させ完熟堆肥を生産している。地域酪農家から回収したふん尿を原料とし得られたバイオガスをガス発電機およびガスボイラーにて、電気および温水に変換し堆肥センターおよび大規模酪農家に供給されている。さらに、本システムで生成された消化液、完熟堆肥、再生敷料などを地域酪農家に販売する計画である。本事業は地域の酪農家との合意形成を経て実施しており、酪農地域自立システムの構築が期待される。

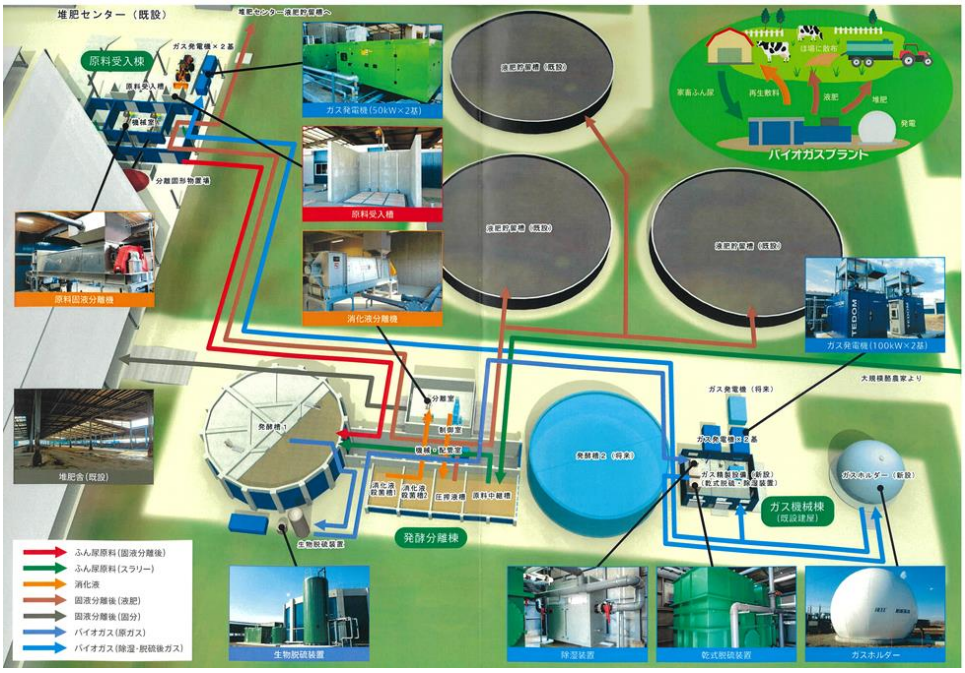


図 2.4.19 JA 阿寒におけるメタン発酵施設の全体像

（出所）JA 阿寒提供資料

2020 年より事業を開始しており、現在固形物回収のステップ以外では概ね計画値を達成している。計画値の達成状況については、図 2.4.21 に示す。中水分および高水分ふん尿が年間を通じて安定的に確保できており、原料となるふん尿の調達量は、原料受入開始後 2 か月程度で計画値に達している。原料の前処理において実績のある国産の固液分離機を導入、既設受入施設を活用した原料受入槽の設置、余剰バイオガス利用による冬季の加温などの工夫により、固液分離性能の向上、良好な堆肥生産ならびにメタン発酵の安定化を実現している。

一方、固形物の回収量に関する計画が未達となっており、現在対策を実施している。また、余剰ガスの活用先についても現在検討が行われている。その他、固液分離機、発電機、脱硫工程において運転開始後想定と異なる事態が発生したが、現在は順調に運転されている。

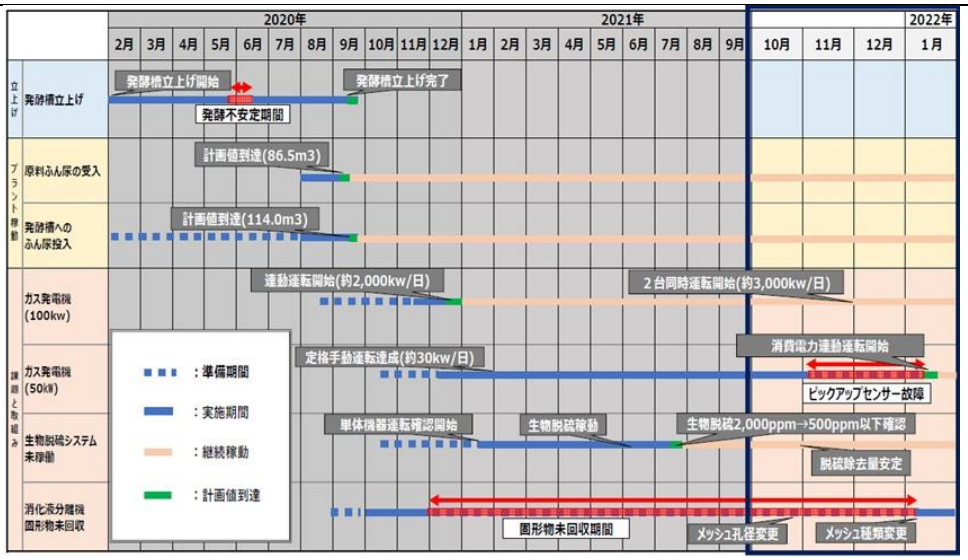
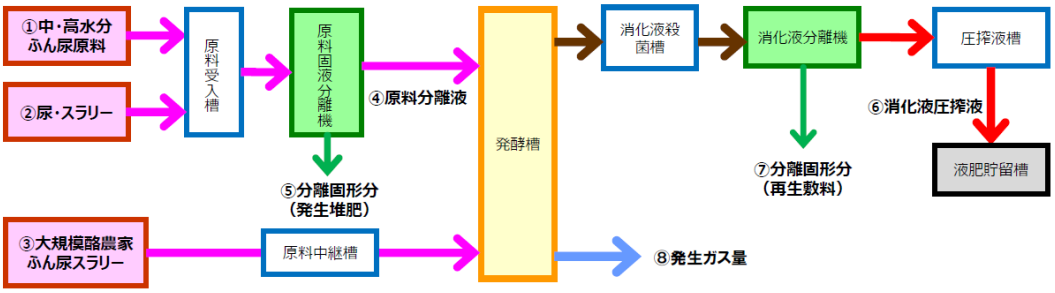


図 2.4.20　JA 阿寒におけるメタン発酵事業プラントの運転状況（2020 年 2 月～2022 年 1 月）

（出所）JA 阿寒提供資料



項　目	単位	計画値	10月	11月	12月	1月 ※1	直近4ヶ月	
			日平均量	日平均量	日平均量	日平均量	日平均量	達成率
①中・高水分ふん尿	(t/日)	60.0	45.4	41.7	37.0		41.4	69.2%
②尿スラリー	(t/日)	26.5	40.4	38.0	34.3		37.6	141.7%
③大規模酪農家ふん尿スラリー	(t/日)	42.0	43.0	43.5	43.7	41.3	42.9	102.1%
④原料分離液	(t/日)	72.0	86.9	87.0	74.0	83.5	82.8	115.0%
⑤原料分離固形分（発生堆肥）	(t/日)	14.5	10.8	9.8	10.0		10.2	70.2%
⑥消化液圧搾液	(t/日)	74.1	108.7	110.7	110.4	116.2	111.5	150.5%
⑦消化液分離固形分（再生敷料）	(t/日)	4.7	0	0	0	0.5	0.5	10.6%
⑧発生ガス量 ※2	(Nm³/日)	1,700	2,074	2,083	2,276	2,386	2,205	129.7%

※1：1月25日までの集計結果　　※2：ガス発生量調査による結果から算出

図 2.4.21　JA 阿寒における計画値をふまえた各項目の運転達成率

（出所）JA 阿寒提供資料

運転時の課題

消化液分離後の固形物製造においては、再生敷料を製造しているが、発酵槽内において想定より分解が進んでおり、消化液の固形物量（TS）が計画値よりも少なく、目標値 4.7t/日に対し現在 2.4t/日に留まっている。また、長わら等の固形物が前段原料液分離機内部スクリーンに よって除去されているため、発酵槽内の固形物はオガが主体となっている。試験機での試験結果とは異なり、入口付近から固形物が回収されないまま消化液がメッシュを通過し固形物を回収できない状況を改善するため、パンチングメタルをウェッジワイヤーに変更した。スリット幅 2mm での結果は、0.5t/日の製造であったが、再度スリット幅を 1mmに改造した結果、2.4t/日の製造に向上した。

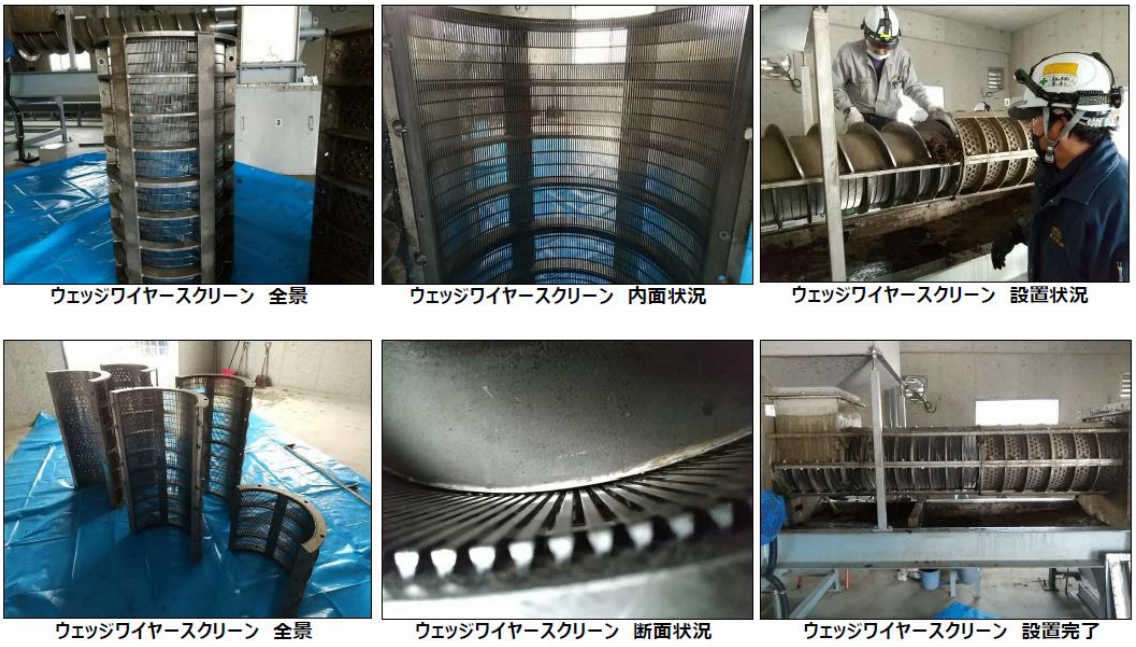


図 2.4.22　JA 阿寒のメタン発酵施設における消化液の固液分離設備の概観

（出所）JA 阿寒提供資料

ガス発生量と消費量のバランスについては、夏場の余剰ガスが課題である。現在温水を発酵槽の加温やロードヒーティング等に使用しているが、特に夏場は熱需要が下がり余剰ガスが多くなっている。供給先として想定されていたビニールハウスへの熱供給は実施できていないが、大規模酪農家への温水供給は目途が立っている。余剰ガスの活用方法については、今後も継続検討していく。

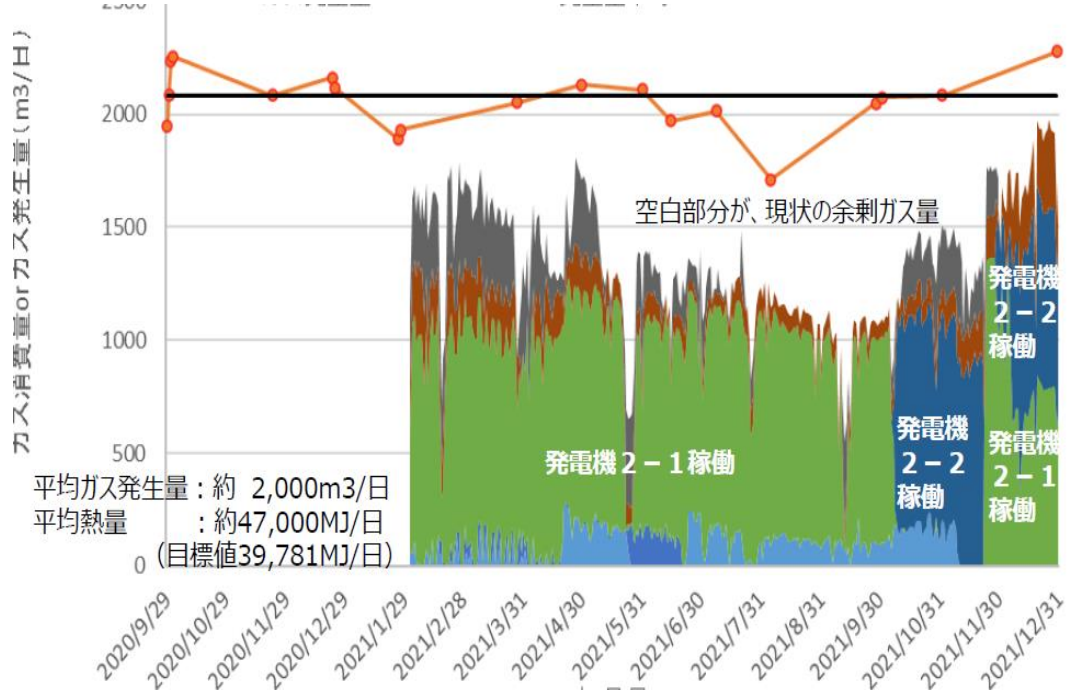
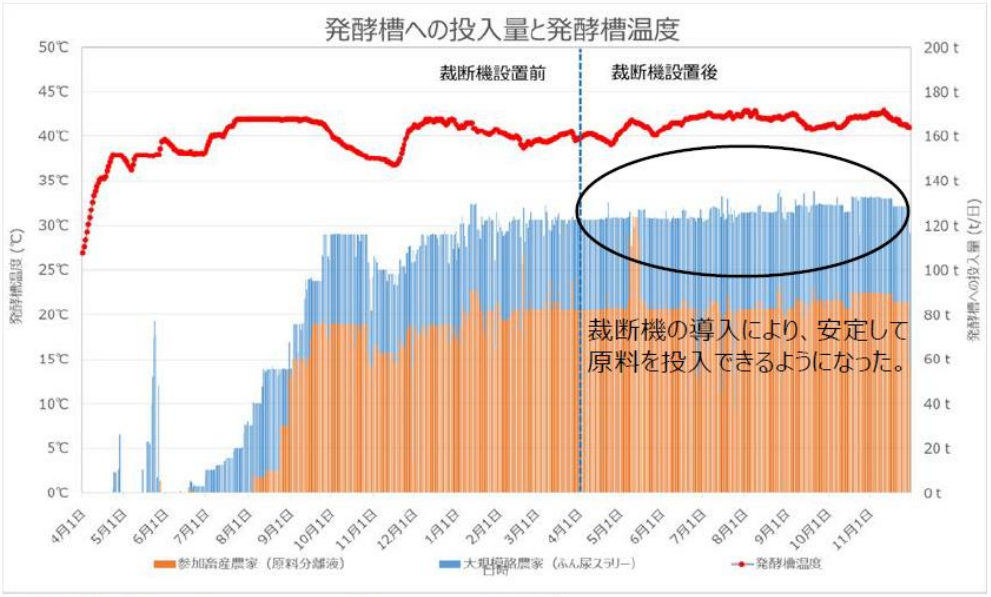


図 2.4.23　JA 阿寒のメタン発酵施設におけるガス消費量とガス発生量の推移

（出所）JA 阿寒提供資料

原料中に多くの長ワラが含まれていたため、固液分離機内部のつまりが頻発した。裁断機を導入し、原料提供農家にも混入の防止対策を求めたところ、投入可能な原料量の割合が増加し、十分な量の原料を調達できていたこともあり安定した原料投入が可能となった。現在中高水分のふん尿よりも多くの尿スラリーを受け入れており、ふん尿原料の濃度を調整している。



2021/4/1～2021/11/30		目標		達成状況
平均	127 t/日	85.8	t/日以上	達成
変動係数	3.0 %	5	%以下	達成
標準偏差	3.8 t/日	–	t/日	–

7

図 2.4.24　JA 阿寒のメタン発酵施設における発酵槽への投入量と発酵槽温度の推移

（（出所）JA 阿寒提供資料

また、100kw 発電機の 2 台同時稼働にあたり、2021 年より製造元（海外）の技術者招聘に向けて調整を行っていたが、新型コロナウイルスの影響で調整がつかず、約 1 年にわたり 1 台での稼働に留まっていた。不足分は系統電力から購入という形をとっていた。その後、メーカーと交渉し極秘とされていた発電機内のプログラムの開示に至り、プログラムの改造を行い 2021/11/29 より消費電力に応じた 2 台同時運転を開始している。現在は、目標発電量 2,200kWh/日に対し平均 3,300kWh/日を達成している。

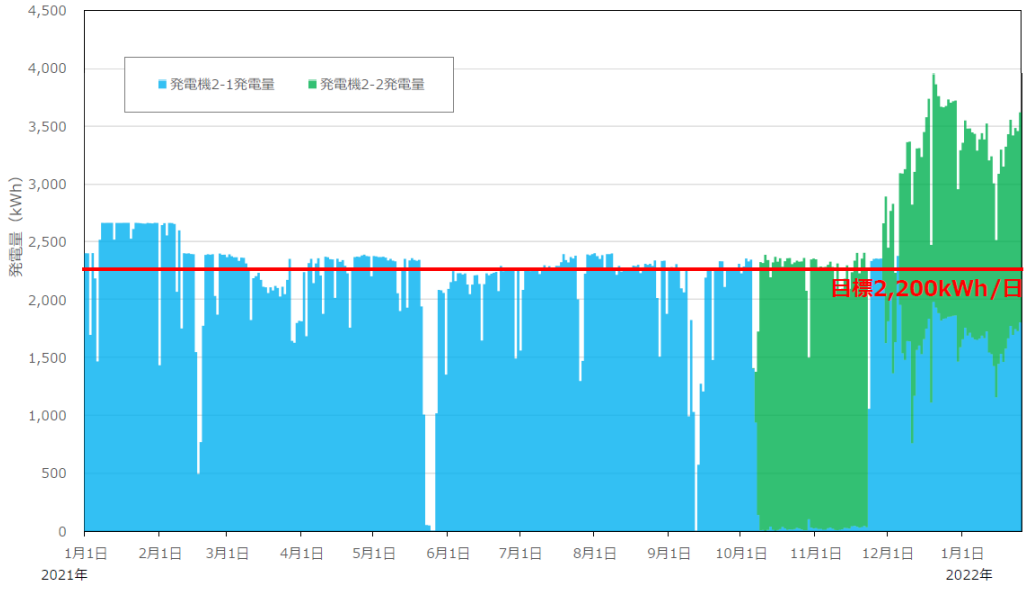


図 2.4.25　JA 阿寒のメタン発酵施設における発電の稼働状況

（出所）JA 阿寒提供資料

生物脱硫工程では、硫化水素濃度 500ppm 以下を達成した一方、リキッドタンク内の pH と塔内の空気量が安定せず、安定した硫化水素除去が実施できていないという課題があった。pH を一定に保てるよう(pH2～3)給水装置を追加、ガス流量と連動して空気を調整できるよう(塔内酸素濃度 2%程度)自動制御バルブを追加したところ、約 1 か月後から安定的な除去量を継続的に確保している。

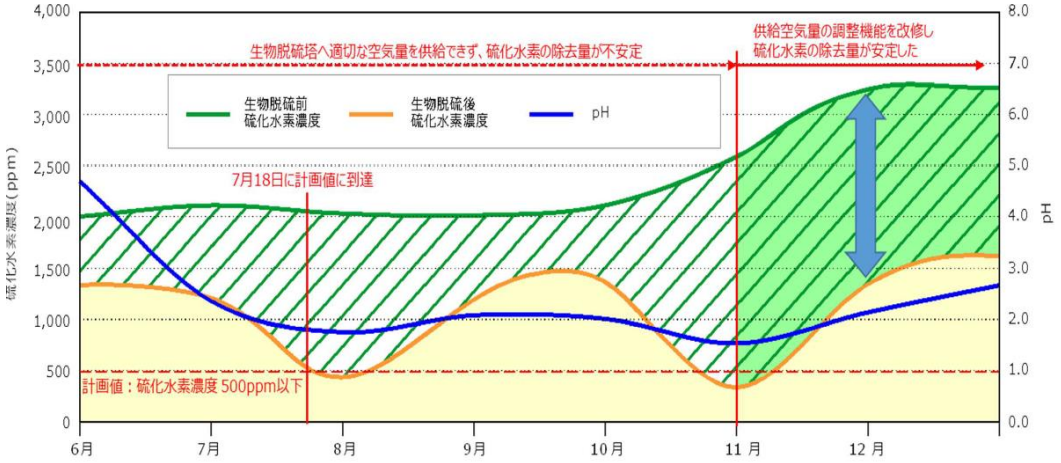


図 2.4.26　JA 阿寒のメタン発酵施設における硫化水素濃度の推移

（出所）JA 阿寒提供資料

第３部　メタン発酵技術に係る基礎知識

＜第 3 部　章目次＞

第3部　　メタン発酵技術に係る基礎知識 433

1 章....メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴 436
バイオマスエネルギーとは 436
1.1　生ごみ･食品残渣 438
1.2　乳牛ふん尿 438
1.3　肉牛ふん尿 440
1.4　豚ふん尿 440
1.5　鶏ふん 441
2 章....メタン発酵技術に係る基礎知識 443
2.1　メタン発酵技術 443
2.2　要素技術 445
a.　受入設備 445
b.　前処理設備 448
c.　メタン発酵設備 455
d.　バイオガス貯留設備（ガスホルダー） 463
e.　脱硫等バイオガス調整設備 465
f.　発電設備 468
g.　余剰ガス燃焼装置 471
h.発酵残渣処理設備 472
j.　脱臭設備 477
k.　用水設備 479

＜第 3 部　図･表目次＞

図 3.1.1　バイオマスエネルギー利用の全体像（赤枠は NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の対象範囲）.....436
図 3.1.2　フリーストール方式の乳牛ふん尿.....439
図 3.1.3　スタンチョン方式の乳牛ふん尿.....440
図 3.2.1　メタン発酵系バイオマス設備における位置.....445
図 3.2.2　原料別の受入前処理設備の構成例.....447
図 3.2.3　メタン発酵系バイオマス設備における位置.....448
図 3.2.4　ハンマーブレード式破砕機の概観（左）セパレーションサイザー（破砕選別機）、（右）ドーザー.....453
図 3.2.5　メタン発酵系バイオマス設備における位置.....455
図 3.2.6　原料毎のメタン発酵技術選択の例.....457
図 3.2.7　縦型発酵方式と横型発酵方式の模式図.....460
図 3.2.8　メタン発酵系バイオマス設備における位置.....463
図 3.2.9　ガスホルダーの型式.....464
図 3.2.10 メタン発酵系バイオマス設備における位置.....465
図 3.2.11　メタン発酵系バイオマス設備における位置.....468
図 3.2.12　メタン発酵系バイオマス設備における位置.....471
図 3.2.13　メタン発酵系バイオマス設備における位置.....472
図 3.2.14　メタン発酵系バイオマス設備における位置.....477

表 3.1.1　メタン発酵系バイオマス資源の種類と特性.....437
表 3.1.2　家畜ふん尿の発生原単位.....442
表 3.2.1　メタン発酵技術の概要.....444
表 3.2.2　畜種別の敷料とふん尿の集め方.....447
表 3.2.3　代表的な前処理機器.....450
表 3.2.4　国内外メタン発酵施設と前処理機器の事例.....451
表 3.2.5　破砕選別機仕様.....453
表 3.2.6　破砕機の比較.....454
表 3.2.7　主要な確認項目.....458
表 3.2.8　乾式メタン発酵方式の分類（実績は 2019 年 3 月時点）.....459
表 3.2.9　乾式メタン発酵技術の方式概要.....459
表 3.2.10　バイオガス貯留設備の種類と機能.....463
表 3.2.11　脱硫設備計画時の留意事項.....466
表 3.2.12　バイオガス発電設備の制限対象物質例（参考値）.....467
表 3.2.13　排水処理設備の構成と機能.....474
表 3.2.14　主要な確認項目.....474
表 3.2.15　水質汚濁防止法における排水基準（一律基準、上乗せ基準、住民協定）の一例.....475
表 3.2.16　水質汚濁防止法における排水基準（健康項目、生活環境項目、総量規制）の一例.....476
表 3.2.17　脱臭技術の種類とその概要.....478
表 3.2.18　用水設備の構成と機能.....479
表 3.2.19　主要な確認項目.....479

1章 メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴

バイオマスエネルギーとは

バイオマスとは「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」と定義される。原料としてのバイオマス資源、エネルギーの利用形態、そしてそれらを結びつけるエネルギー変換技術で構成される。バイオマスの利用方法は、製材等に用いるマテリアル利用とエネルギー利用に大別され、まずマテリアルとして利用し、最終的にはエネルギー利用するというカスケード利用を行うことで資源の有効活用が可能である。また、用途に応じて輸送燃料等の液体燃料への変換も可能である。エネルギー利用として燃焼させると CO_2 が発生するが、これは森林などの生態系が持続的に管理されていれば成長過程で大気中から吸収した CO_2 であり、再生可能エネルギーのひとつとして位置づけられている。

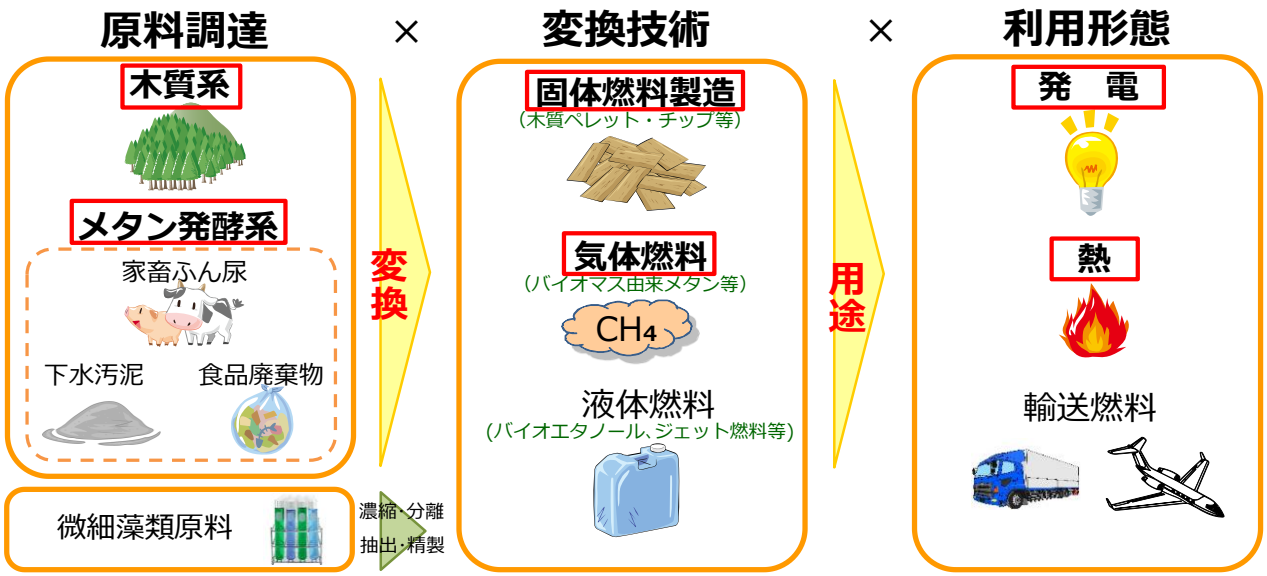


図 3.1.1 バイオマスエネルギー利用の全体像（赤枠は NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の対象範囲）
（出所）NEDO 作成

バイオマスエネルギーの原料、変換技術、利用形態は多様な選択肢が存在するが、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業では、このうち近年国内で導入拡大が進む木質系およびメタン発酵系バイオマスについて、発電・熱利用を対象に様々な事業モデルの実証を行っている。

本書「メタン発酵系バイオマス編」では、第 3 部 1 章に示すバイオマス資源を用いたメタン発酵事業について解説する。

メタン発酵系バイオマス資源には、下表のとおり様々な種類があり、それぞれ固有の特徴がある。現状国内では、乳牛ふん尿や生ごみ・食品残渣が多く使われているが、本 NEDO 事業では、紙ごみや鶏ふんなど、これまで活用が難しく地域の中で課題となってきたバイオマス資源の利用も対象に FS・実証事業を行っている。

表 3.1.1 メタン発酵系バイオマス資源の種類と特性

種 類	特 性
生ごみ 食品残渣	・ 一般的に分解しやすくガス発生量も多いためメタン発酵原料に適する ・ 発酵不適物としてプラスチック、皮革、石、金属等、発酵阻害物質：薬品、溶剤、骨類、甲殻類の殻等が含まれる ・
乳牛ふん尿	・ **フリーストール牛舎の場合**：ふん・尿および少量の敷料が混合され、スラリー状ふん尿(水分 90%程度)として排出されるため、水分が高く湿式メタン発酵の原料として適する ・ **つなぎ飼い牛舎の場合**：ふん尿分離型の牛舎ではふんと敷料が混合した半固形状ふん尿(水分 85～88%)として排出
肉牛ふん尿	・ 含水率は 55%~70%程度が一般的で、敷料（おが屑や麦稈）の割合が多いふん尿が回収されやすく発酵槽の配管が詰まる恐れもあり、湿式には不適。乾式システムを用いることを検討している事例もある
豚ふん尿	・ ふん量に比較して尿量が多いため、スノコ式豚舎の場合にはスラリー状の性状となっており、そのままでもメタン発酵の原料として利用が可能。ただし窒素濃度が高いこと、豚舎の形態によって大きく性状が異なることに留意が必要
鶏ふん	・ **ブロイラーの場合**：含水率が 20%～30%と低く敷料と共に排出されるため単独でのメタン発酵は不適 ・ **採卵鶏の場合**：ガス発生量が大きいがアンモニアが多く、単独の処理には 3 倍～5 倍希釈するか他原料との混合が必要
紙ごみ	・ ガス発生量が多いため乾式メタン発酵原料に適する ・ ガス発生量の確保のために、有価で紙ごみを購入する事例もみられる
剪定枝	・ 枝に残っている葉の量にもよるが剪定枝はガス発生量が期待できずメタン発酵には向いていない。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

1.1 生ごみ・食品残渣

生ごみは家庭系生ごみと事業系生ごみに分けられ一般廃棄物として扱われる。食品残渣は主として食品加工工場等から排出された残渣を指し、産業廃棄物と位置付けられる。いずれも、一般的に分解しやすくバイオガス発生量も多いため、**メタン発酵の原料として適している**。

ただし、受入の際はメタン発酵プロセスに影響を及ぼす**窒素含有量（たんぱく質含有量）や含水率に留意**する必要がある。

原料中のたんぱく質含有量が多いと、**メタン発酵槽内においてアンモニア濃度が上昇し発酵阻害**が生じる。生ごみ・食品残渣はメタン発酵系バイオマスの中でもたんぱく質含有量が多いため、**含有量によっては希釈するなどの対応**が必要になることがある。

また、特に湿式メタン発酵の場合は含水率が低い原料を投入すると槽内の適切な汚泥濃度を保てなくなり不具合が生じる。**含水率が 80%以下の原料を投入する場合は、希釈等の検討が必要**となることがある。

その他、生ごみは可燃ごみに比べて水分量が多くほとんどが有機物であることから、**腐敗が早く悪臭も強い**。そのため、**受入供給設備は密閉構造・負圧構造にし、悪臭成分を拡散しない等の対策**が必要となる。

1.2 乳牛ふん尿

乳牛ふん尿は、フリーストール牛舎（牛舎内放し飼い）とつなぎ飼い牛舎に大別される。その飼養形態により、その性状が大きく異なる。

（1） フリーストール牛舎

フリーストール牛舎は通常、バーンスクレーパー、ミルキングパーラー、コンプリートフィーディングシステム（TMR）とセットで導入され、高効率および高能率の飼育が可能とされている。通常、ふん尿および敷料は通路に回収され、バーンスクレーパーで自動的に排出されるが、ショベルローダーなどにより人的に回収される牛舎も多い。

本飼育方式の場合、ふん、尿および少量の敷料が混合され、スラリー状ふん尿（水分 90%程度）として排出されるため、**水分が高く湿式メタン発酵の原料として適している**。最適な含水率であることから、この原料のみを扱う場合には**前処理設備を簡略化できるメリット**もある。

フリーストール牛舎の難点としては、ふん尿と敷料が混合された状態で排出されるため、搾乳作業終了後に**ミルキングパーラーの待機場や搾乳室を水洗するための洗浄水が多量に必要となる**ことが挙げられる。これらの多量の洗浄水をふん尿に混合させてメタン発酵する場合には、**原料槽、発酵槽、消化液貯留槽などの主要設備の容量が過大となる**点に留意する。また、近年では高泌乳化が進み、排出されるふん尿の粘性が高くなる傾向があり、そのような原料を対象とする場合は**洗浄水をさらに加水して粘性を低下させてから**発酵槽に投入する場合もある。ただし、**過剰な加水はメタン発酵効率の低下を招く**ため十分に注意を払う必要がある。

その他の難点としては、フリーストール牛舎では**牛蹄に付着した砂や小石、飼料に混合する砂がふん尿中に混入**することが挙げられる。加えて、バーンスクレーパーやショベルローダーによりふん尿排出することから、**機械部品、工具などの異物混入を発見することが困難**である。そのため、**沈砂および異物除去の機能を有した原料槽の設計の工夫**が求められる。



図 3.1.2 フリーストール方式の乳牛ふん尿

（出所）株式会社小桝屋／ゆうき青森農業協同組合／東洋紡エンジニアリング株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 ＪＡがのぞむ地域未利用資源を活用したバイオマスエネルギー有効利用システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2017 年

（2） つなぎ飼い牛舎

つなぎ飼い牛舎は、飼養方式によりスタンチョンストール、タイストールなどに区分される。いずれもストールの後端に設置されるふん尿構がふん尿分離型であるかふん尿混合型（自然流下式）であるかにより原料の性状が大きく異なる。現在ではふん尿分離型が一般的である。

つなぎ飼い牛舎の場合は、麦稈、乾草、おが屑などの敷料などが比較的多く利用されるため、**ふん尿分離型の牛舎では主にふんと敷料が混合された中水分の半固形状ふん尿（水分 85～88%）**として排出される。これらをメタン発酵の原料とするためには、**加水処理、破砕処理、固液分離処理（分離液分の利用）などを実施して原料に流動性を与える必要**がある。

つなぎ飼い牛舎から排出される乳牛ふん尿をメタン発酵の原料として扱う場合、特に注意すべき原料は麦稈などの**長い繊維質敷料が多量に混合**されている半固形状ふん尿である。**繊維質敷料は配管の閉塞、機械への絡みつき**を生じさせるため、集中型バイオガスプラントの原料とする場合には**事前に細断処理（おおむね 10 ㎝未満）を行ってから使用する**ことが義務付けられている事例もある。

なお、ふん尿分離型の牛舎で**分離された尿についても原料加水のために混合**することも可能である。その場合は、尿中に含まれる**アンモニアの濃度に留意し、メタン発酵槽内のアンモニア濃度を定期的に監視**する必要がある。



図 3.1.3 スタンチョン方式の乳牛ふん尿

（出所）株式会社小桝屋／ゆうき青森農業協同組合／東洋紡エンジニアリング株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 ＪＡがのぞむ地域未利用資源を活用したバイオマスエネルギー有効利用システムの事業性評価（ＦＳ）」（NEDO）2017 年

1.3 肉牛ふん尿

肉用牛は通常おが屑を敷き詰めた牛房で群を形成して飼育される。牛舎内には隔柵が設けられており、柵を全開にすると牛房と通路間が通過可能となる。ふん尿混合物の搬出ならびに敷料の搬入作業は、隔柵を開放状態としショベルローダーなどを用いて行われるのが一般的である。近年、おが屑が高騰していることから、敷料使用量節減を目的として牛床の乾燥を促すため、直下型の換気扇が採用される事例が多い。したがって、**肉牛ふん尿は乾燥状態で排出されることが多く、尿は蒸発していることが多い**。

肉牛ふんの**含水率は 55%~70%程度**が多く、また**敷料（おが屑や麦稈）の割合が多い**ふん尿が回収されやすい。そのため**発酵槽の配管が詰まる**恐れもあり、一定量希釈しても**湿式メタン発酵システムの原料としては向いていない**。一方、最近一部で肉牛ふん尿を利用したメタン発酵施設としては**乾式メタン発酵システムを検討**している事例がある。

1.4 豚ふん尿

豚の飼養方法は、スノコ下のピットに O パイプ（排尿管）を備えたスノコ式豚舎と、おが屑を厚さ数十 cm に敷き詰めたハウス豚舎に大別される。スノコ式豚舎のピットには通常、スクレーパー型の除ふん機が用いられている。O パイプにおいて一部の尿が除去されることから、処理後のふん尿は排せつ直後のものよりも水分は低下しているのが一般的である。

ハウス豚舎は、投入された多量のおが屑により臭気が大きく低減され、床面からの蒸発とおが屑による吸水作用により尿汚水の排出が少なくなるという利点がある。ただし、おが屑床が寄生虫や病原体の温床となり易いことから、飼育終了後ショベルローダーなどを用いて敷料を全量交換する。

またハウス豚舎において、土に直接おが屑を敷く場合には、尿の地下浸透に留意する必要がある。対処法としては、豚舎床を防水加工のコンクリートにするなどの方法が考えられる。

豚は、**ふん量に比較して尿量が多い**ため、スノコ式豚舎の場合には**スラリー状の性状**となっており、**そのままでもメタン発酵の原料として利用が可能**である。豚ふんは**有機物濃度が高く、メタン発酵に適した原料**となる。

ハウス豚舎の場合は、低水分のふん尿が排出され、メタン発酵の原料に適さない**おが屑が多量に含まれている**ことから、**加水して流動化を高める必要**がある。

スノコ式豚舎ではスラリー状のふん尿が回収される割合が高く、**堆肥化過程における悪臭が問題**となることがあるため、対策が必要となる。そのため、**メタン発酵処理においても脱臭槽設置などの悪臭対策を講じる**必要がある。

豚ふんを対象にした実用的システムとしては以下の 3 つが挙げられる。

①ふん尿混合物を混ぜてそのままメタン発酵を行う混合処理方式

②ふん尿分離の場合は尿については液処理、ふんについては堆肥化する方式

③ふん尿混合物にさらに他の有機性物質（生ごみなど）を加え、発生バイオガス量を増加させてメタン発酵する方式

現在は、①②の 2 つが一般的であるが、近年は③を検討する事例も増えつつある。

1.5 鶏ふん

鶏は大きくブロイラーと採卵鶏の 2 通りに大別され、性状もこの 2 種で大きく異なる。

（1） ブロイラー

ブロイラーの飼養形態は敷料（多くはおが屑）を使用し、約 2 カ月に一度敷料と一緒に鶏ふんが排出されるオールインオールアウトと呼ばれる方法が一般的となっている。この期間内に**鶏ふんは乾燥し敷料が混合した含水率の低い**ふんが一度に排出されることになる。一般的には**含水率 20%～30%程度**の鶏ふんが排出されるため、**単独でのメタン発酵には適していない**。

（2） 採卵鶏

採卵鶏の飼養形態は大きくオープン鶏舎とウィンドレス鶏舎に大別される。どちらの鶏舎も敷料は使用しない。ウィンドレス鶏舎は清潔な乾燥状態で飼養しているために、**鶏ふんは含水率は 60%～70%程度の比較的水分の低い状態**で排出されることが多い。一方、オープン鶏舎から排出される鶏ふんの**含水率は 80%～85%と高い**。

採卵鶏の鶏ふんは有機分が多く含まれており、**バイオガス発生量が多く見込まれる**。しかしながら、窒素分も多く含まれメタン発酵過程においてアンモニアが多く溶出するため、メタン発酵槽内の**アンモニア濃度が上昇し発酵阻害を引き起こす可能性**が高い。

したがって、**鶏ふん単独でのメタン発酵処理においては 3 倍～5 倍程度希釈するか他の窒素成分の少ない原料との混合処理が必要**となる。鶏ふんの混合割合が少量であってもアンモニア成分の溶出があるので事前に十分な検討が必要である。

その他、鶏ふんにはカルシウム成分も多く含まれるのでプロセスによっては**カルシウム成分の析出による配管や機器の閉塞などのハード上のトラブルが生じる可能性がある**ので留意する必要がある。

参考：家畜ふん尿の発生量原単位

統計情報や聞き取り調査をもとに地域の家畜ふん尿発生量を推計する際は、**畜種によるふん尿発生量の違い**に注意する。家畜の**月齢や飼育方法**によっても発生量や性状（ふんと尿の比率）は異なる。

なお、**飼育方法によっても性状が異なり**、敷料の有無および種類や畜舎の洗浄水、飲用水のこぼれ水などもふん尿に混合されることがあるため留意する必要がある。

表 3.1.2 家畜ふん尿の発生原単位

		発生原単位（kg/頭/日）			発生原単位（t/頭/年）		
		ふん	尿	計	ふん	尿	計
乳用牛	搾乳牛	45.5	13.4	58.9	16.6	4.9	21.5
	乾乳牛	29.7	6.1	35.8	10.8	2.2	13.1
	育成牛	17.9	6.7	24.6	6.5	2.4	9.0
肉用牛	2 才未満	17.8	6.5	24.3	6.5	2.4	8.9
	2 才以上	20.0	6.7	26.7	7.3	2.4	9.7
	乳用種	18.0	7.2	25.2	6.6	2.6	9.2
豚	肉豚	2.1	3.8	5.9	0.8	1.4	2.2
	繁殖豚	3.3	7.0	10.3	1.2	2.6	3.8
鶏	採卵鶏(雛)	0.059		0.059	21.5		21.5
	採卵鶏(成鶏)	0.136		0.136	49.6		49.6
	ブロイラー	0.130		0.130	47.5		47.5

（出所）「バイオマスタウン構想策定マニュアル」（農林水産省）2008 年

2章 メタン発酵技術に係る基礎知識

2.1 メタン発酵技術

メタン発酵技術は、基本的に発酵槽内の汚泥濃度によって**「湿式法」と「乾式法」の 2 種類**に大別される。湿式法はメタン菌を低い汚泥濃度で浮遊させ処理を行う二相法、一相法に分かれ、中温発酵と高温発酵の 2 種類がある 。一方で、乾式法には横型、縦型の 2 種類があり、いずれも高温発酵の技術である。

歴史的背景

メタン発酵技術である乾式法と湿式法は、**生物学上において同じ生物反応機構を示す同様の技術であるが、その目的によって使い方が異なる。**

湿式法は最も歴史が古く、日本では 1930 年代に下水処理における汚泥減量のための消化技術として導入され、その後 1950 年代から、し尿処理施設にも適用され普及した。また、家畜ふん尿処理も同様に 1950 年代から適用され始め、メタン発酵後の消化液を液肥として利用するために普及した。

一方、乾式法は 1980 年代から欧州において最終処分場への負荷低減のために導入され普及した。欧州の最終処分場は日本の準好気性埋立方式とは異なり嫌気性埋立方式であるため、埋立地から発生する悪臭やメタンが社会問題となっていた背景がある。 このように**普及時から湿式法は液状原料、乾式法は固体原料を対象としてきた**経緯がある。

湿式法と乾式法の比較

このように湿式法と乾式法は生物学上同様の技術であるにもかかわらず、その導入目的の違いから異なる技術とも言える。したがって、湿式法に適した原料、乾式法に適した原料がそれぞれあり、同一の処理原料や処理システムとして湿式法と乾式法を比較することはできない。

また、そもそも乾式法と湿式法のそれぞれの定義という観点から考えてみても、学術的な定義はなく、**欧州ではメタン発酵槽内の汚泥濃度（TS 濃度）において 15%より高い方式が乾式法、低い方式が湿式法**と区別されていたことがある。しかしながら、日本国内においてはその境界がさらにあいまいになってきているのが現状であり、TS 濃度が 10%程度がその呼び名の分岐点になっている。日本におけるメタン発酵技術はその多くが海外からの技術導入であり、導入元の呼び名がそのままスライドされていることもある。従って、原料の水分が高い場合は湿式法を採用し、低い場合は乾式法を採用すると考えておくのが良い。このようなことを考慮し、乾式法と湿式法の相対比較としての技術的特徴および相違点を次表に示す。

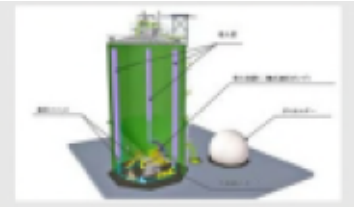
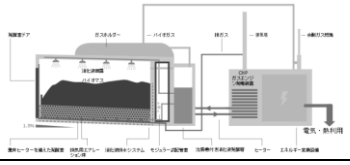
湿式法は主に含水率が高いスラリー状の原料の処理に適したシステム構成となっており、国内外ともに広く普及している。多様なバイオマスの処理ができる一方、排出者側でのある程度の分別・異物除去が必要で、それを行わないと機器および配管の閉塞などのトラブルが生じやすくなる。また、発生する消化液の利用先の確保または水処理が課題となる。

乾式法は固体状の原料の処理に適した構成となっており、導入実績は湿式法に劣るが近年日本でも導入が進みつつある。投入原料が水分過多でない限り固形物の残渣が発生するため、それらの堆肥利用やサーマルリサイクルに適している。

（参考）バッチ式の乾式法

さらに、「NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 事業」ではバッチ式の乾式のメタン発酵設備の導入が検討された。上記のような詳細な情報は少ないものの、湿式も含めた比較を表 3.2.1 に示す。乾式（バッチ式）と乾式（連続式）とで大きく異なるのは、メタン菌との接触方法である。メタン菌との接触に必要なのは、液体を循環させるポンプのみとシンプルであることから、この方法を用いることでメンテナンスが容易で設備費が安くなるとしている。

表 3.2.1 メタン発酵技術の概要

項目	湿式	乾式 （連続式）	（参考）乾式 （バッチ式）
概観			＜NASKEO＞  ＜BEKON＞ 
原料濃度	2～20%	20～50%	20～50%
汚泥濃度	2～10%	15～30%	15～30%
処理概要	メタン菌を低い汚泥濃度で浮遊させて処理	メタン菌により高い汚泥濃度で処理	メタン菌により高い汚泥濃度で処理
特徴	・運転管理が容易 ・消化液の処理が不要（液肥利用する場合）	・固形物処理可能 ・排水処理不要 ・原料単位重量当たりのガス発生量の増大	・固形物処理可能 ・排水処理不要 ・原料単位重量当たりのガス発生量の増大
主な適用先	・事業系・家庭系生ごみ ・食品加工残渣 ・家畜ふん尿 ・下水汚泥	・都市ごみ ・固形廃棄物	＜NASKEO＞ ・都市ごみ ・肉牛ふん尿 ・製糖工場の汚泥、野菜残渣 ＜BEKON＞ ・木質系破砕物 （根株・枝葉） ・家畜ふん尿 （牛ふん、鶏ふん、汚泥）
実績	国内で多数	国内で少ない	国内ではほぼない
不適物混合に対する許容	小さい	大きい	大きい
排水処理	必要（液肥処理しない場合）	不要（原料条件によって異なる）	不要（原料条件によって異なる）
発酵槽のメンテナンス	定期的に必要	ほとんど必要ない	機械的箇所がポンプ以外ほとんどないためメンテナンスはほぼ不要
メタン菌と有機物の接触方法	発酵槽内部を撹拌させる	引抜汚泥に新たな原料を混ぜて発酵槽へ入れる	メタン発酵後の残渣に新たな原料を混ぜて発酵槽に入れる 山積みの原料に構造体原料を入れ、透水性を向上し、可溶液を上からシャワリングする

（出所）メーカーへのヒアリングをもとに作成、画像は鹿追町および栗田工業株式会社提供

2.2 要素技術

a. 受入設備

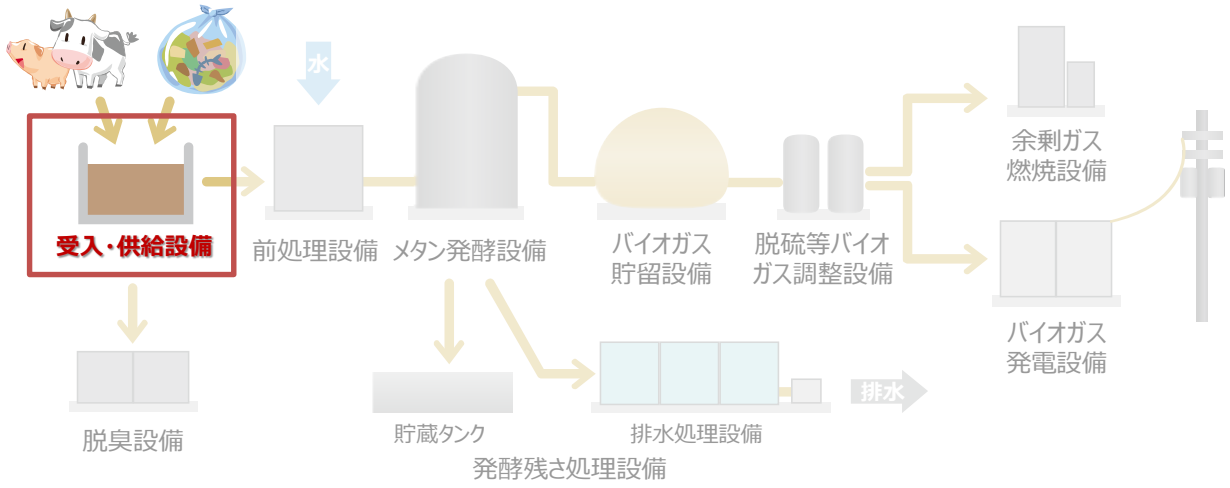


図 3.2.1 メタン発酵系バイオマス設備における位置

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

原料の種類に応じた受入設備の選定

収集運搬車両で搬入されるバイオマス原料は、**一時貯留できる槽（受入槽）に投入**される。

受入槽は使用する**収集運搬車両の寸法、仕様**および **1 日の搬入台数や必要貯留日数に適応**するものを採用する。また、投入蓋を設置する場合は、**油圧式、空圧式、電動式等の動力開閉式とする**ことが望ましい。

また、原料の性状に応じて受入槽には**撹拌機などを設置**する。家畜ふん尿では敷料など、生ごみでは発酵不適な夾雑物の混入状況に応じて**受入れの段階で破砕装置や固液分離装置、選別装置が必要**となる場合もある。

臭気対策

生ごみ等の食品廃棄物、家畜ふん尿など、**腐敗性の強い原料を受け入れる場合**は、臭気対策に留意する必要がある。

原料の臭気が周辺に漏れる可能性があるため、**屋内設備とするか、受入槽を蓋付き**とし、脱臭のための**吸気配管や槽内臭気の捕集、腐食性ガス対策**を具備しておく必要がある。

受入施設を屋内設置とする場合には**建屋構造物の腐食対策等に留意**する必要がある。また**低コスト化を図り木造建屋にする例**も多くみられる。

搬入車両の選定

メタン発酵施設への原料の持ち込みは、**農家のトラックでの持ち込み**や、**事業者が所有するバキュームカー、ダンプ車やパッカー車の収集運搬**、地下の**パイプラインによる場内への搬送**など様々なケースがあり、**事業の運営方針に合わせた選択を行う**必要がある。

トラックスケール（計量器）の構造や寸法は想定される最大車両から定めることが望ましい。通常は入場口近傍にトラックスケールを設置するが、**計量時間 20～30 秒／台**かかるため、**計画の搬入台数を想定して受入れ施設の規模・配置を検討する**。

計量器には**データ処理装置を設け、搬入・搬出される物の種類別の集計や、日報・月報の作成**を行う等、日常の運用の合理化を図ることが望ましい。

家畜ふん尿の場合、トラックやバキュームカー等外部から車両で持ち込む場合は、**感染症対策のために車両の消毒槽を設ける**必要がある。

凍結対策

寒冷地域の場合は受入設備全体について凍結対策を計画する。トラックスケールや受入槽がピットタイプの場合は、冬季に**ピット内に浸水すると凍結する可能性**があるため、**基礎上面を地面から 50～100mm ほどかさあげし、雨水が同ピット部に入りにくくするとともに、基礎部ピットの排水対策を講ずるなどの対策が必要**である。加えて、**前処理設備への供給プロセスでも凍結対策を講ずる**必要がある。

また、**積雪が多い場合は、コージェネ発電設備からの熱を活用**するなどして、必要に応じて屋根や搬入道路の**ロードヒーティング設備を設置**することが望ましい。

固形原料と液状原料

受入設備は**固形原料と液状原料で構成する機器に違い**がある。**液状の場合**は湿式法を適用する際に必要な**ポンプ類と配管類を組み合わせた機器構成**となる。一方、固形原料は液状原料とは違いポンプ類での移動が困難であるため、**構成する機器との間にコンベヤ類等を使用**する。

このように、**搬入される原料の形態と前処理の有無により受入前処理設備の構成を選択**する。

受入設備の機器構成

原料自体の形状や搬入する車両の種類により受入設備を選定する。

食品廃棄物や都市ごみの場合は、搬入車両は**パッカー車やアームロール車によるコンテナを用いるのが一般的**で、**車両から直接ピットやホッパ類に投入**する方法がとられる。

また、**液状原料の場合は、バキューム車やローリー車、吸引車により搬入し直接貯留槽へ投入**する方法とする。

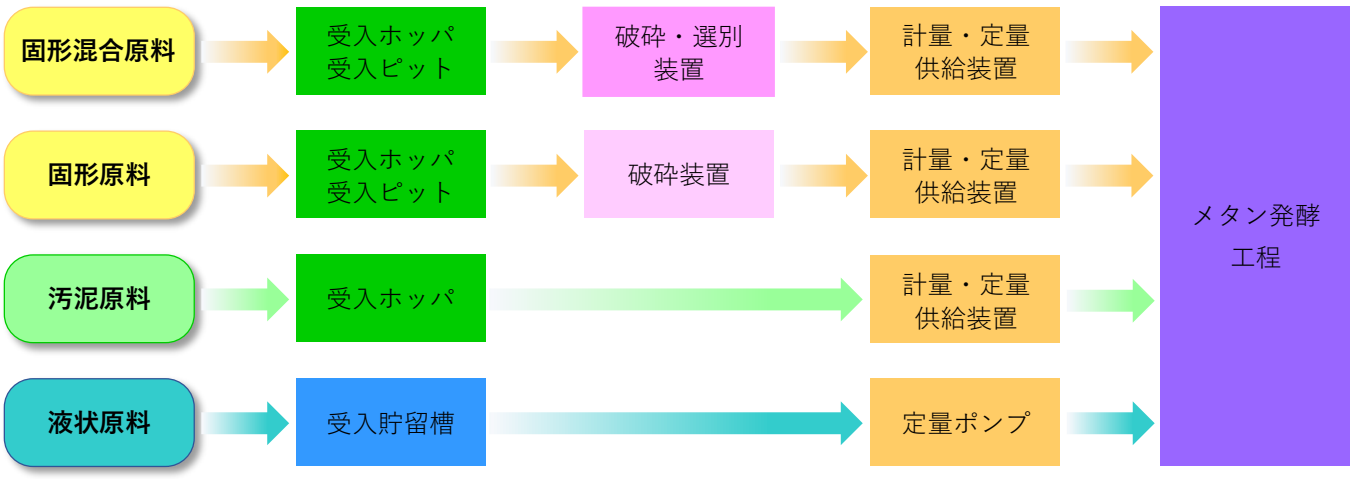


図 3.2.2 原料別の受入前処理設備の構成例

（出所）株式会社バイオガスラボ提供資料

臭気対策

事業系および家庭系生ごみや可燃ごみ、家畜ふん尿、汚泥類等の受入と前処理では**十分な臭気対策を講じる必要**がある。受入前処理設備が設置される**建屋内の臭気を外部に漏れることないよう建屋内の臭気を処理し、受入槽やピットなどは天蓋やシャッターを設け、臭気の発生源からの臭気拡散を防止**する必要がある。

また、コンベヤ類等の搬送装置や前処理装置には、**脱臭のための吸気配管を設置し、臭気を捕集し処理**する必要がある。**臭気には腐食性ガスを含む場合もある**ためピット、ホッパおよび建屋についても臭気による**腐食対策も必要に応じて講じる**。

いずれの畜種についても農家の**飼養形態により発生するふん尿の性状や集め方、含まれる固形物（敷料など）が異なる**ため、固液分離装置の検討時に考慮する必要がある。以下に、畜種毎の主な飼育形態と敷料、ふん尿の集め方を示す。

表 3.2.2 畜種別の敷料とふん尿の集め方

畜種	敷料の有無　敷料の種類	ふん尿の集め方
乳牛 **（つなぎ飼い、フリーストール）**	麦稈、おが屑、バーク、砂等	バーンクリーナー、ローダー
肉牛 **（育成牛、肥育牛、繁殖牛）**	籾殻、おが屑	ローダー
鶏ふん **（レイヤー：採卵鶏）**	敷料なし	オープン鶏舎の場合：ローダー ウィンドレス鶏舎の場合：コンベア＋
養豚	敷料なし	ふん：ローダー スラリー：流路

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

b. 前処理設備

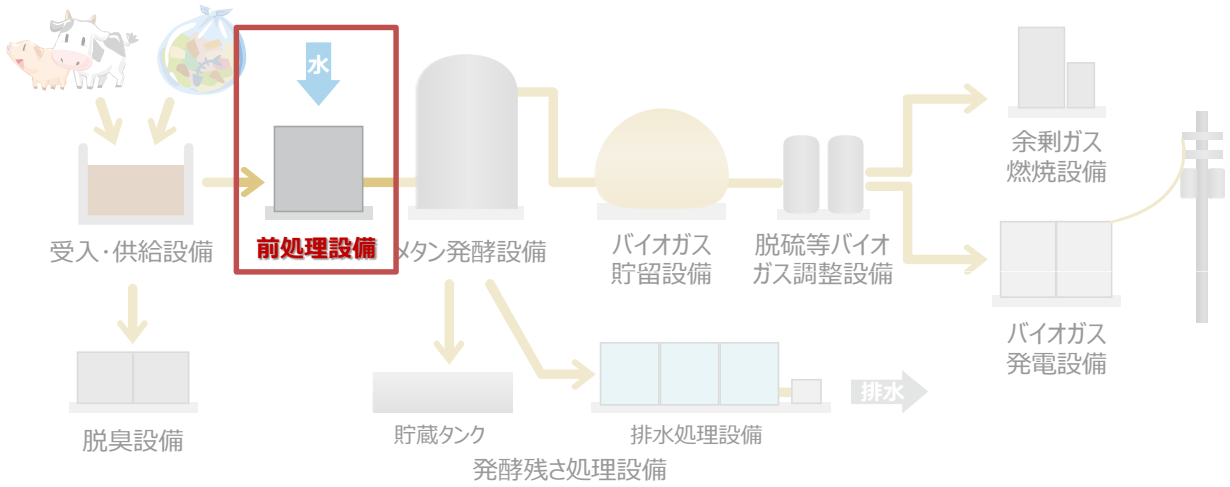


図 3.2.3 メタン発酵系バイオマス設備における位置

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

前処理設備の目的

前処理設備は**異物の除去による原料の均質化**やメタン発酵に適した**水分調整**などを目的とし、メタン発酵槽に**原料を定量投入するための機能**を有する。

湿式法では一般的に発酵槽への投入固形物（TS）濃度は 10%以下に調整する。さらに、発酵液の流動性や槽内撹拌を維持する観点から**理想的には TS 濃度は 6%以下に制御することが望ましい**。そのため、原料の調質の段階で消化液や水分の添加などの調整が重要となる。その際、**混合槽内は酸性状態**になることもあるため**材質は耐腐食性を有する必要**がある。

なお、**乾式法では TS 濃度は 25～60%のものを処理対象**とする。

原料に応じた選別機の選定

事業系生ごみおよび家庭系生ごみなど、一般に**包装されて搬入される固形有機性廃棄物については、包装の破袋、包装材の分離、夾雑物の分離等の工程が必要**となるため、**破袋機、破砕分別機、混合槽で構成される事例が多い**。

家畜ふん尿では、ふん尿以外に**敷料が含まれることで原料の移送・輸送過程で閉塞を起こす原因**となることがある。また、**敷料は発酵槽においてスカム発生の原因**ともなる。前処理ではこの**敷料の除去を主な目的として、分離除去する装置を設置する**場合もある。

固形原料の前処理機器構成

固形原料はプラスチックや紙などによる**包装の有無で選別装置の有無を判断**する。その際、副生物として発生する**プラスチック類等の選別残渣の処理方法を考慮する必要**がある。一般的に**選別残渣は搬出し、焼却処理**することが多い。

さらに、メタン発酵処理を効率的に行うために、ほとんどの**固形原料はある程度小さくすることが必要**である。そのためにメタン発酵処理に対して最適な大きさにするための**破砕刃を備えた破砕装置を設置**する。機器によっては破砕工程と選別工程が一体化した破砕選別装置もあり、処理原料やメタン発酵技術の特性によって使い分ける。

また、**前処理工程後の機器の閉塞や故障**等を防止するため、破砕選別後の固形原料中に混入する**金属類を除去するための磁選機を必要に応じて設置**する。

汚泥・液状原料の前処理機器構成

汚泥や液状の原料は専用のホッパや貯留槽に投入する。そのうえで、**汚泥であればコンベヤ類、液状であればポンプ類により移送**を行うのが一般的である。

前処理装置への投入と原料の移送

メタン発酵では、**空気の混入を防止するため、発酵槽への原料の投入は密閉配管で投入**する必要がある。ポンプで移送する場合、包装状態にあるものについては**破袋して包装を分離除去後、必要に応じ破砕し粒径を細かくする**ことで移送を容易にする。このプロセスにより**微生物の分解速度を上げる効果**が期待される。

破袋機・破砕機の選定

投入を検討するバイオマスに必要とされる破袋・破砕・選別の各処理が可能である代表的な前処理機器は以下のとおりである。

破袋機や破砕機は**耐久性に優れた構造および材質を選定**することが必要であるとともに、**前段の受入プロセスや、後段の処理プロセスに適合した形式・規模を選定**することが重要である。

破砕装置と選別装置は、**処理対象物に応じて適切に選定し、組み合わせる**ことが重要であり、必要に応じて**検討の段階でサンプル試験なども実行**する。

その他、**生ごみには包装材以外に金属やその他発酵不適物が混入**する場合があるため、**磁選機などで分離**することが必要となる。なお、選別装置には種々の形式があるため、取り扱う原料に応じて適切な選別方式を選択する必要がある。

受入前処理における運転管理項目

いずれの原料でもメタン発酵工程へ移送する際には、メタン発酵槽への投入量を把握するために、**各原料の計量データおよび定期的な投入原料の性状分析データを管理**することが重要である。

これにより、**投入原料の投入量や水分、およそのバイオガス発生量、発酵残渣の水分量等を把握することができ**、日々の運転管理において重要な判断基準となる。

表 3.2.3 代表的な前処理機器

No.	前処理機器	概要
①	高速回転破砕機	衝撃、せん断作用によって生ごみを破砕するもので、破袋や異物の多い生ごみの破砕に用いられる。
②	多軸式低速回転破砕機	せん断作用により破砕するもので、咬み込みが発生した場合でも自動的に停止し、正転、逆転を繰り返し、破砕を継続することができるものが多い。
③	回転式選別機	通称トロンメルと呼ばれ、円筒スクリーンの回転力によりほぐし効果を与えながら選別する。スクリーンの大きさは排出部側になるほど大きくなっており、粒径の大きさによって選別される。
④	回転ブレード式破砕選別機	回転ブレードとスクリーンにより構成され、破砕刃とブレードの回転力により微粉砕される。ビニール等の軽量物は風力により選別される。
⑤	選択破砕選別機	円筒スクリーンと掻板が異なる速度で回転し、そのせん断と圧縮によって破砕選別される。ビニール等のせん断を受けにくいものはそのまま出口より排出される。
⑥	圧縮選別機	高圧(約 20MPa)で処理対象物を圧縮し、ペースト状にして排出する。ビニール等のペースト化されないものは異物として分離される。
⑦	湿式粉砕選別機	通称パルパーと呼ばれ、水を加えて高速撹拌し、有機性廃棄物を粉砕、スラリー化させることで選別する。
⑧	湿式混合調整機	水を加えて混合撹拌するとともに加温し、可溶化を促進させるものである。選別装置で除去されずに混入した異物は槽底のナイフゲート弁を用いて外部に取り出される。
⑨	定量切り出し混合機	固形状原料を連続投入するために設置され、中間貯槽とミキサーにより構成される。 中間貯槽は移動床を有し、ミキサーへの定量切り出しを行う。原料はミキサー内でリボンスクリューにより混合、均質化され、排出される。
⑩	ハンマーブレード式破砕選別機	破砕選別機の主要部はハンマーブレード、スクリーンによって構成され、投入されたごみは回転するハンマーブレードにより破砕され、スクリーン径以下のものが選別ごみとして回収される。スクリーン径以上のもの、比重の軽いプラスチックや紙の一部は、選別残さとして除去される。ハンマーブレードは固定刃ではなく、スイングハンマー方式であるため、強固で破砕が困難なものに対し回避でき、異物に強い構造である。
⑪	蒸気加圧式前処理機	高温高圧の蒸気による生ごみの可溶化技術である。蒸気による高温高圧処理により発生ガス量の増大と病原菌の死滅による発酵残渣のたい肥利用が可能となる。また臭気の抑制効果もある。但し、高温高圧の蒸気を用いる為、エネルギー収支について検討が併せて必要である。

（出所）株式会社いわむろバイオソリューション／株式会社大原鉄工所「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業　エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価（FS）」（NEDO）2016 年より作成

国内外のメタン発酵施設と前処理機器の導入事例

上記の代表的な前処理機器を踏まえ、国内外のメタン発酵施設における前処理機器の適用状況を調査した結果は以下のとおりである。

表 3.2.4 国内外メタン発酵施設と前処理機器の事例

施設名	都道府県	バイオマス	発酵槽	処理方式		
				前処理機器		
				対象物受入量	機器名称	前表との照合
中空知衛生施設組合リサイクリーン	北海道	家庭系･事業系生ごみ	中温発酵	55t/日	パルパー マルチソータ	⑦ ③の類似
クリーンプラザくるくる	北海道	家庭系･事業系生ごみ	高温発酵	22t/日	分別機	③ ⑩ の類似
葛巻町バイオガスシステム施設	岩手県	乳牛ふん尿、家庭系･事業系生ごみ、加工食	中温発酵	0.2t/日	分離破砕機	⑩
日立セメント神立資源リサイクルセンター	茨城県	食品廃棄物、製造残渣	中温発酵	135.9t/日	破砕機選別機	-
長岡市生ごみバイオ ガス発電センター	新潟県	家庭系･事業系生ごみ 下水汚泥、浄化槽汚泥、し尿、	中温発酵	65t/日	破砕機 分別機	③ ⑩ の類似
珠洲市浄化センター	石川県	集落排水汚泥、事業系生ごみ	中温発酵	1.4t/日	スイングハンマー式破砕分別機	⑩
おおき循環センター「くるるん」	福岡県	浄化槽汚泥、し尿、家庭系生ごみ	中温発酵	3.8t/日	破砕分別装置	⑩
山鹿市バイオマスセンター	熊本県	集落排水汚泥、乳牛ふん尿、豚ふん尿、生ごみ	中温発酵	3.0t/日	破砕分別摩砕	⑩
Växjö 下水処理場	スウェーデン	生ごみ	中温発酵	175t/日	蒸気加圧式前処理機	⑪

（出所）株式会社いわむろバイオソリューション／株式会社大原鉄工所「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業　エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価（FS）」（NEDO）2016 年より作成

異物混入の影響

選別装置の選別率は 100%ではないために、残存する異物の量と種類を把握し、メタン発酵槽への影響を最小限度に抑えておく必要がある。

選別装置の導入にあたっては、選別後の選別原料の移送装置やメタン発酵装置への阻害となる要因を排除することに留意する。特に湿式法の場合、十分な選別を行わなかった場合、**ポンプなどの移送装置において閉塞**を生じさせたり、メタン発酵槽等における**スカムや沈殿物の発生、撹拌機への絡み付き、摩耗等の障害**が発生する可能性がある。

選別装置の選定

選別率は選定する機種や原料により異なり、選別後の異物混入率に影響する。選別後の異物については、量も重要であるがその大きさや比重にも注意する必要がある。

選別装置はその構造により選別できる物質や大きさが決定される。そのため、選定においては、選別する原料があらかじめ明確になっている場合は、**メーカーの試験機による選別試験の実施を推奨**する。選別試験の結果により、その選別装置の選別率や選別後原料への異物の形態を把握することができ、その後工程の移送装置やメタン発酵槽への影響を推定することができる。

ポンプ等の移送装置やメタン発酵槽及びその付属品である撹拌装置においては、事前に異物に対する許容の範囲を確認し、その許容範囲内で選別装置を選定する。また、許容範囲内でも機器によってはメンテナンスの頻度や交換頻度が変動するため、選別装置の選定と同時に経済性も十分に考慮する必要がある。

磁選機等の組み合わせ

選別装置から移送される原料の中には**細かく砕かれたプラスチック類や卵の殻や小金属片など**が含まれている可能性がある。これらはメタン発酵槽において**分解されずに沈殿し長期的には清掃の必要が生じる**。できるだけメタン発酵槽にこれらの残存異物類が移送されないように**磁選機や異物除去装置を設置する**などの工夫をする必要がある。

また、原料中に含まれる異物の大きさや比重差に基づいてスクリーンや篩等による物理的機構によって選別するものであるため、生物に悪影響を及ぼす薬品等の毒性のあるものまでは選別できない。

FS 事業者の検討：ハンマーブレード式破砕選別機

FS 事業者である株式会社大原鉄工所では、ハンマーブレード式破砕選別機を検討した。ハンマーブレード式破砕選別機（型式 SS75A）では **8.8t/h の処理量を確認**することができた。

保有機器での試験結果も良好であったことから、ハンマーブレード式破砕機を前処理機として採用することとした。国産のハンマーブレード式破砕選別機は**処理能力：2t/h～10 t / h、導入コスト：186 万/ t ～432 万円/ t 程度**である。



図 3.2.4 ハンマーブレード式破砕機の概観（左）セパレーションサイザー（破砕選別機）、（右）ドーザー

（出所）株式会社いわむろバイオソリューション／株式会社大原鉄工所「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業　エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価（FS）」（NEDO）2016 年

表 3.2.5 破砕選別機仕様

機器分類		ハンマーブレード式破砕選別機
方式	破袋･破砕	横型回転スイングハンマー方式
	選別	遠心跳上方式
メーカー		株式会社大原鉄工所
型式		SS75A
動力		75 kW

（（出所）株式会社いわむろバイオソリューション／株式会社大原鉄工所「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業　エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価（FS）」（NEDO）2016 年

FS 事業者の検討：低速・高速回転式破砕機

FS 事業者であるサナース・山興緑化では、バッチ式乾式メタン発酵システムの原料の組合せとして、木質系破砕物と家畜ふん尿等の検討を組み合わせるとともに、原料加工に当たって破砕機とふるい機の比較検討を行い、低速回転式破砕機での破砕後、高速回転式破砕機で再度破砕する方式が、生産能力・チップ形状の安定・品質の良さ・破損の少なさ（維持修理費の削減）において優れ、最も原料加工に適しているとしている。

表 3.2.6 破砕機の比較

メーカー名・機種	機械の特徴	生産能力(㎥/時間)	燃費(ℓ/時間)	チップ形状	長所	短所
ﾋﾟｰﾀｰｿﾝ社 HC2410	ドラムへ固定されたハンマービットによる高速回転式破砕機	30～50	40～50	ﾋﾟﾝﾁｯﾌﾟ	長年の使用実績あり	異物混入時のビット損耗大
ﾄﾞｯﾌﾟｼｭﾀｯﾄ社 DW3060K	低速回転式一軸破砕機	50～70	25～30	ﾌﾞﾛｯｸ	大径木でも	ﾁｯﾌﾟ形状が不均一
ﾄﾞｯﾌﾟｼｭﾀｯﾄ社 DH910SA	移動式ﾁｯﾊﾟｰ機	70～90	25～30	切削ﾁｯﾌﾟ	処理能力が高い	切削の為、原料製造に難
ﾄﾞｯﾌﾟｼｭﾀｯﾄ社 AK635K	ﾌﾘｰﾊﾝﾏｰ式ﾄﾞﾗﾑ高速破砕機	30～50	40～50	ﾋﾟﾝﾁｯﾌﾟ	故障が少ない	ﾁｯﾌﾟ形状が不均一

（出所）株式会社サナース／山興緑化有限会社「平成 30 年度～令和元年度成果報告書　バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／混合バイオマスによるガレージ型乾式メタン発酵システムの事業性評価（FS）」（NEDO）2019 年

発酵不適物の種類と分別の徹底

排出場所によりその中に含まれる発酵不適物が異なる。食品工場や加工工場の場合は、工場における生産工程の中から発生するものと、不良品等の製品が該当する。**生産工程から発生するものは発酵不適物の混入は比較的少ない**が、**不良品等の製品の場合、包装されている**ことが多く、その包装類を除去する必要がある。

食堂やレストラン、ホテル等の飲食店などからの食品残渣は厨房から発生する。そのため、**食品残渣以外に箸やフォーク、スプーンなどの食器類やラップ類、プラスチック製トレー等**様々な異物の混入がある。こうした飲食系からの食品残渣を原料として取り扱う場合は、**排出側の飲食店に対し、分別の趣旨を伝え、分別の徹底を図る**ことで施設への異物負荷量を低減させることができる。

処理と利用

選別装置により選別された発酵不適物は袋やラップ等のプラスチック類、金属類、紙類と多岐にわたる。排出源や排出先における分別により不適物の種類が変わるが、**複数のものが混合されている場合は、一括して処分することが多い**。その際、外部へ産廃として処理委託することが多く、**処分先を確保する**必要がある。また、**この時に発生する処分費用については、施設運営に係る費用として計上する**。

また、金属類が多く含まれる場合には、別途、金属類を選別する磁選機等を設置し、プラスチック類や紙類と金属類を分離することもある。これにより金属類は再利用することができるが、磁選機等の設置など設備の導入が必要なため、**それに係る設備費、維持管理費等を考慮する**必要がある。

さらに、選別機から排出される発酵不適物には有機物や汚れが付着しているため、そのまま処分すれば処理費がかさみ、再利用をすることも困難である。従って、これらの洗浄装置を備え、**排水はメタン発酵設備又は水処理設備に移送し、洗浄後のプラスチックは廃プラスチックとして処分するか燃料として再利用する**ことができる。

c. メタン発酵設備

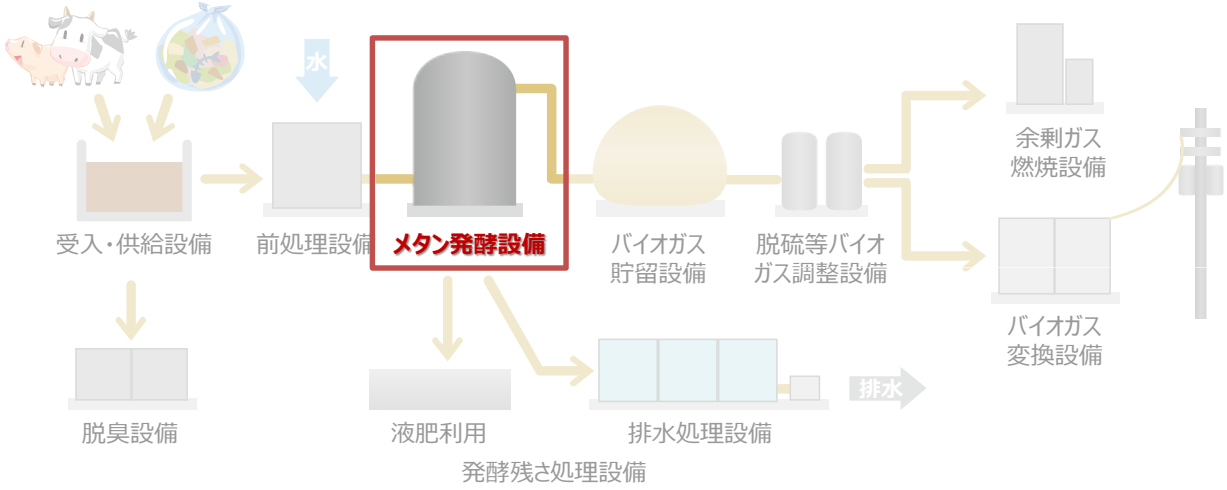


図 3.2.5 メタン発酵系バイオマス設備における位置

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

嫌気性微生物反応によりバイオマスからメタンを回収する設備であり、メタン発酵槽がその主要な役割を果たす。一般にメタン発酵槽は、嫌気性を確保するため、鉄筋コンクリート造または鋼板製などの水密かつ気密構造であり、原料の投入および消化液の引き抜き装置、発酵槽内を撹拌する装置、発酵槽の加温装置などで構成される。

攪拌装置

槽内液の均質化や温度分布の均一化によってメタン発酵を促進させるとともに、スカムの発生を防止するために撹拌を行うが、撹拌方式には、**ガス撹拌方式**、**機械撹拌方式**、**ポンプ撹拌方式**および生成ガスの圧力を利用して撹拌を行う**無動力撹拌方式**などがある。

加温装置

メタン発酵には、後述するとおり、**35℃前後の中温発酵と 55℃前後の高温発酵**とがあり、メタン発酵槽内をこの温度に保つために**加温装置や発酵槽の保温が必要**となる。加温方法としては、**蒸気吹込みによる直接加温**、**温水循環による槽内加温**、**熱交換器による槽外加温**や**ヒーティングパイプ埋込みによる間接加温**などがある。

付帯装置

そのほか、メタン発酵槽には**点検用マンホール、液位計、温度計、安全装置**などが付帯されることが一般的である。さらに発酵槽上部空間にガスホルダーが設けられる事例もある。

脱硫装置

メタン反応過程で発生する恐れのある**硫化水素の処理として脱硫処理も併せて検討する必要**がある。バイオガスを酸化鉄を充填した脱硫塔を通過させ硫化鉄として除去する乾式脱硫法が一般的である。そのほか、発酵槽内部上部空間に**微量の空気を送り込み脱硫する（生物脱硫）方式**や**脱硫効果のある薬品を原料投入と同時に添加する方法**もある。

このように槽内構造、撹拌方法、発酵温度等において様々な選択肢があることから、**運転の安定性、経済性、信頼性等を考慮し、処理対象物に適した方式を選定**する。ただし、メタン発酵技術を持つ**メーカーにより一連の方式が決定されるため、設備ごとに選定するわけではない**ことに留意する。また、メタン発酵槽において定期的な分析により状況を把握できるように**サンプリングノズルおよび計器類等を設置検討**する必要がある。

発酵温度

各発酵技術は槽内温度によって**中温発酵法（37℃前後）**と**高温発酵法（55℃前後）**の 2 つの発酵法が存在し、それぞれメリット、デメリットがある。

高温発酵法は中温発酵法の 1.5～2 倍程度**有機物分解速度（バイオガス生成速度）が速く、発酵槽の容積を小さくする**ことが可能である。一方で、高温発酵法では中温発酵法に比べ低い**アンモニア濃度によって発酵が阻害されやすいため希釈が必要となる場合があることに留意する。**また、高温になるほど原料の**昇温に必要なエネルギーを多く消費**することにも留意する必要がある。

一般に**中温発酵法は、高温発酵法に比べて負荷変動やアンモニア阻害に強い。**しかし、微生物による有機物の分解速度が遅いため同一性状の原料で比較した場合、**発酵に要する時間は高温発酵法より長くなる。**

原料の特性

メタン発酵に係る技術を選択するにあたっては、**事業主体が地域で収集可能な原料をもとに、適する技術を選択**することが基本となる。

湿式法については水分の多い廃棄物に適しており、**食品廃棄物、家畜ふん尿、下水汚泥等、幅広いメタン発酵系バイオマスを処理することが可能**であるため、現状、多くのメタン発酵事業では湿式法が導入されている。

一方、乾式法については、都市ごみをはじめ、紙ごみや固形物が混合した比較的水分が低いバイオマス等に適している。

実証事業者である富士クリーンでは**焼却設備を保有していること、並びに自社の既存の水処理設備に制約があること、地域で紙ごみが調達可能なことを理由に乾式法を導入する**に至った。さらに、富士クリーンでは**発酵残渣をカーボン粉と混合しながら敷地内の焼却施設で燃料として利用**している。

ただし、原料条件によっては**乾式法でも排水処理が必要となる場合がある**ため、技術選定の際は注意が必要である。

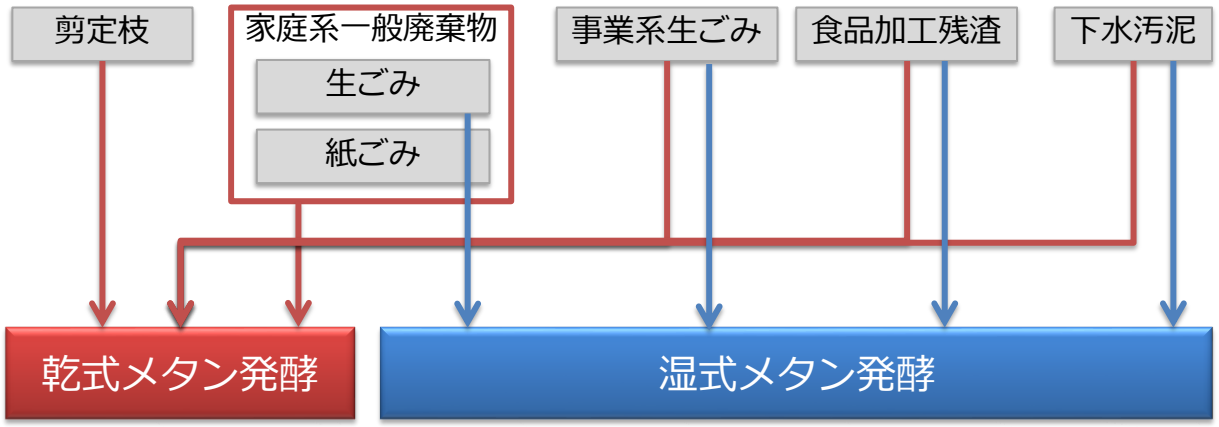


図 3.2.6 原料毎のメタン発酵技術選択の例

（出所）メーカーへのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

補助金の条件

一部の省庁の補助金においては、**交付条件に原料 t あたりのバイオガス回収率や 1 日のバイオガス発生量**を設定しているケースもある。そのため**選定する技術に対し、処理量あたりのバイオガス発生量等、交付条件に合致するか確認**する必要がある。

メタン発酵槽の設計時の留意事項とメーカーへの協議事項

事業者は、取り扱うバイオマス原料を十分に理解し、原料の種類や、加温・保温の消費熱量、殺菌の必要性、サンプル試験や実績例を参考に、事業に適した設計になっているか施工メーカーに確認する。

表 3.2.7 主要な確認項目

項目	単位	内容
発酵槽の型式	―	・ 原料の特性に応じた発酵方式(乾式・湿式，単相式・二相式等)、発酵温度(高温式・中温式)、発酵槽形状(横型・縦型)を選定する。
撹拌方式	―	・ 攪拌機の型式、作動時間、動力などを設定する。
発酵槽の容積	m^3	・ 原料の滞留時間により、原料種類を考慮した容積を設定する。発酵槽の容積を考慮して全体配置計画を決定する場合もある。
槽内液温度	℃	・ 槽内液温度の設定値を決定する。それぞれのメリットを踏まえたうえで選定する。 ・ 一般に槽内液は中温発酵の場合は約 37℃、高温発酵の場合は約 55℃に設定される。
滞留時間	日	・ 家畜ふん尿や下水汚泥等の分解には固形物の加水分解に時間がかかるため、高い分解率を確保するための滞留時間を現状長くする必要がある。 ・ メタン発酵に十分な滞留時間を確保できるように決定する。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

槽内の加温方法

メタン発酵槽内の温度を保つため、**大気と接する部分は、ロックウールや発泡ウレタン材等保温材を用いた保温が必要**となる。加温熱量と発酵槽からの放熱量をできるだけ少なくするように留意する。温度変動に対しての緩衝性が高いという観点では、高温発酵法に比べて中温発酵法で活動するメタン生成菌の方が許容温度帯は広いとされる。

メタン発酵設備には、温度や発酵液の均質化、スカム形成の防止、ガス抜きを目的とした撹拌機を設置する。撹拌機の型式によっては位置や向き等が変動できるものもある。なお、撹拌機の定期メンテナンスに必要なスペース、治具等を設ける。また、熱効率の高い槽内加温設備を設ける。

監視設備、調整設備

メタン生成菌に必要な環境条件として温度の他、**最適な pH** がある。一般的には **pH6.8～7.6 程度**であるが、生ごみ等を原料とする場合、**アンモニア性窒素濃度が比較的高いため、～8.0 程度で運転**している例もある。ただし、アンモニア性窒素濃度が高すぎると、それに起因する**メタン発酵の阻害（有機酸の蓄積とメタン生成濃度の低下）**が起こるため、**濃度監視手段と pH や温度等の調整による改善手段（設計、運転）を検討**しておく必要がある。

その他、**発酵槽内清掃頻度や方法等を計画時に検討**し、その間の運転も含めた設備対応を行うことが必要である。

乾式法の分類と実績

メタン発酵技術の多くは主体となるメタン発酵槽の技術的な考え方などにより分類されることが多い。乾式法では次表のように分類される。

表 3.2.8 乾式メタン発酵方式の分類（実績は 2019 年 3 月時点）

分類	縦型	横型	ガレージ型（バッチ式）	
プロセス名	KURITA DRANCO PROCESS®	KOMPOGAS® システム	乾式バッチプロセス	BEKON プロセス
企業	栗田工業	タクマ 川崎重工業 日立造船	NASCEO 環境	サナース
国内実績	1 基	4 基	0 基	0 基

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

なお、他に独ルッケルト社の方式を採用した乾式メタン発酵施設があるが、これは施設の運転管理上無加水であることを乾式法と呼んでおり、実際の運転管理は湿式法に類似した条件で運転されている。

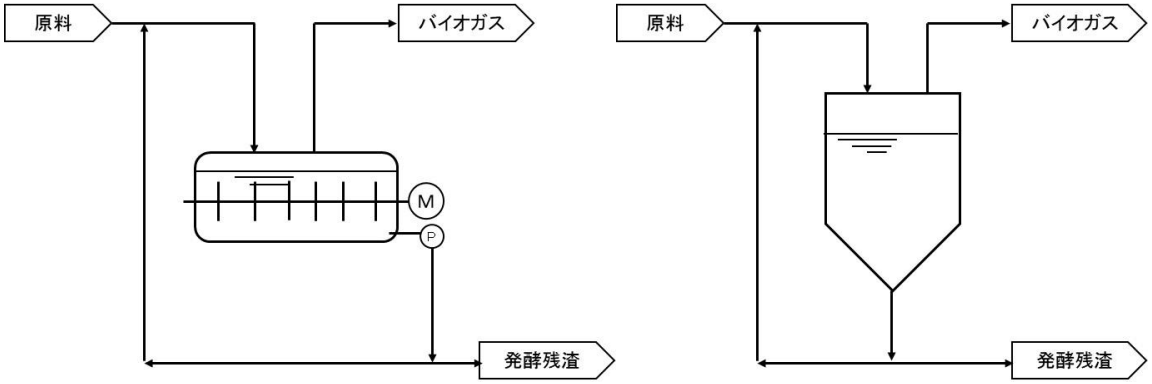
乾式メタン発酵技術の処理方式（縦型と横型）

乾式法は主として縦型と横型の二つの方式がある。この二つの処理方式について下表に示す。大きな相違点は、発酵残渣の流動性にあり、メタン発酵槽の構造的な特徴による。

表 3.2.9 乾式メタン発酵技術の方式概要

発酵槽の構造方式	横　型　方　式	縦　型　方　式
原料の水分量の幅	広い ・湿式方式の受入 TS 濃度以上の TS 濃度で受入が可能 ・原料の水分量が低すぎる場合は希釈水量を増やして対応	横型に比べ狭い ・原料水分が多過ぎるとメタン発酵槽内で固液分離が発生する可能性がある（ただし対応は可能）
希　釈　水　量	縦型より多い	横型より少ない
発　酵　温　度	高温	高温
発酵残渣の排出	・発酵残渣は水平方向へ流動し排出	・発酵残渣は垂直方向に上部から下部へ自然流下し排出
撹拌装置	横型発酵槽内部に設置	発酵槽内部には撹拌装置はない。 外部で原料と混合
発酵残渣の流動性	高い	低い
発酵槽内の汚泥濃度	10-15%	15-25%
固液分離の必要性	必要 ・発酵残渣の流動性が高いため、必ず固液分離が必要	不要 ・ただし発酵残渣の水分量が高い場合や発酵残渣量を少なくしようとする場合は必要
水処理の必要性	必要	不要 ・上の理由により固液分離する場合には水処理は必要 ・ただし、横型と比較し分離液の水量は少ない
国　内　実　績	多い（特に公共事業）	少ない

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



横型発酵方式　　縦型発酵方式

図 3.2.7 縦型発酵方式と横型発酵方式の模式図

（出所）株式会社バイオガスラボ提供資料

処理方式による発酵残渣の特性と処理方法

横型方式は、比較的水分が多い原料を処理することが可能で、発酵残渣の TS 濃度も低濃度で運転を行う。そのため、**発酵残渣は液に近い汚泥状**であるため、固液分離を行い分離液を処理し、**下水等に放流**する。ただし、湿式法よりも水分が低いため**分離液量も少なく排水処理設備規模は小さくなる**。

これに対し、**縦型方式は横型方式に比べ、原料の水分が低い原料に適用**できるため、発酵残渣の TS 濃度は高い、そのため、固液分離の必要がないため**排水処理を必要としない**。ただし、縦型方式は横型方式に比較し**原料条件の適用範囲が狭く、原料の調達および原料の水分量の調整に工夫が必要**である。

横型／縦型の乾式メタン発酵設備選定時の観点

メタン発酵槽への**投入原料の水分量の違いにより方式を選定**する。メタン発酵槽への投入原料の水分が比較的高い場合は横型方式、投入原料の水分が比較的低い場合は縦型方式を選定する。

原料の性状の違いは**水分の多い生ごみ系（食品残渣系）**が多いか、**水分の低い紙類の混入率**が多いかにより生じる。

横型方式でも縦型方式でも、同じ原料であれば処理は可能であり、横型方式の場合は発酵残渣の固液分離液を循環し希釈して運転する。

さらに**選定にあたっては、発酵残渣の処理方法も考慮**に入れる必要がある。発酵残渣を固液分離し**水処理設備の設置も前提とする場合は横型方式**を採用する。発酵残渣を固液分離しても放流できない、または**水処理設備を設置したくない等の場合は縦型方式を選定**する。

目的の明確化

乾式法は、水分の低い原料を少ない希釈水でメタン発酵する技術であり、その結果、発酵残渣も含水率が低く、条件によっては固液分離の必要がなく水処理を不要にすることもできる。**乾式法を採用する場合には、この技術の特徴を把握し、導入目的を明確にする必要**がある。

バイオガス発生量の多い原料で効率よくエネルギー回収するか、バイオガス発生量が少ない原料で大規模施設によりエネルギー効率を高める場合には採用を検討する価値がある。

一方、**メタン発酵施設の導入目的が廃棄物の処理である場合には、原料の性状（特に水分率）を考慮し検討を行う必要**がある。

原料の性状

上述の通り、**原料の水分が多い場合には乾式法方式の採用は困難**である。原料の水分量における判断は、**原料の分解性能なども踏まえて発酵槽内の汚泥濃度が乾式法のレベルか湿式法のレベルかにより検討を行う**ことが望ましい。

原料の水分

乾式法は**水分の少ない原料を処理対象**としている。また、**希釈水は必要最低限に留めメタン発酵槽槽内 TS 濃度を高濃度に保持**し処理することを特徴とする。そのため、メタン発酵槽への投入原料の水分変動がメタン発酵槽内の TS 濃度に影響を与える。

投入原料の水分が高過ぎる場合は、メタン発酵槽内の TS 濃度を高濃度に保持することが困難となり、メタン発酵槽内で固液分離を発生させ**機械構造的に障害を発生**させることや、メタン発酵反応が十分に発揮できず発酵が不十分となり**バイオガス発生量が低下**する場合もある。

また、**投入原料の水分が低すぎる場合**は、メタン発酵槽へ**移送する機器類での閉塞**やメタン発酵槽内からの**発酵残渣の排出が困難になる、または閉塞**する可能性もある。

原料の水分によるメタン発酵の障害を防止するためには、**受け入れる原料やメタン発酵槽への投入原料の水分をある程度の頻度で管理し、希釈水の注入により水分を調整できる機能を設置する必要**がある。

アンモニア阻害の検討

乾式法は有機物の**分解速度を高めるため高温（55℃）発酵とすることが多い**。そのため、中温発酵法（37℃前後）と比較し、**アンモニアによる発酵槽内の発酵阻害が生じるアンモニア濃度が低い。湿式法を含めた高温法の発酵阻害濃度はアンモニア性窒素として 2,000mg/kg 程度**であり、中温発酵法の湿式法の阻害濃度である 4,000mg/kg に対して低い。

そのため、窒素含有量が高い原料又は分解性能が高い原料を受け入れる場合には、メタン発酵後のアンモニア性窒素濃度に留意する必要がある。発酵槽内のアンモニア性窒素濃度が 2,000mg/kg を超えると予想される場合には、**原料投入時に希釈のための希釈水を投入する必要**がある。また、**窒素含有率が低く分解しやすい原料を投入し、窒素濃度の希釈及び C／N の改善を検討**するなど、アンモニア性窒素濃度を低下させるための措置が必要である。

メタン発酵槽容量

乾式法の場合、**水分が低く原料の有機物含有量が多いため、原料投入量に対し 30～60 日分程度の容量となるケースが多い**。湿式法の 14～30 日分程度に比較し多くの容量を必要とする。

メタン発酵槽の容量は一般的に有機物負荷や分解性有機物負荷により決定する。そのため、同じ量でも原料中の有機物量、分解性有機物量が多くなれば、その分メタン発酵槽容量も大きくなる。

なお、乾式法と湿式法のメタン発酵槽容量を比較し、乾式法のメタン発酵槽は一見過大に見えるが、処理量当たりの有機物が大きく違うことに起因するものである。一日当たりのバイオガス発生量をメタン発酵槽容量で除してメタン発酵槽当たりのバイオガス発生率を比較すると、乾式法の方がメタン発酵槽当たりのバイオガス発生量が同等か、もしくは多いことがわかる。

エネルギー収支の検討

水分の低い原料であれば技術的に乾式法を採用することができるが、乾式法は湿式法と比較し**処理量 t 当たりの設備動力量が大きい**のが一般的である。そのため、**バイオガス発生量の少ない原料を採用すると十分なバイオガス量が得られない**。

その結果、施設の消費エネルギー量を下回り、施設の運営が困難になる場合があるため、**エネルギー収支を事前に検討することが必要**である。

設備動力

乾式法は湿式法と比較し、**処理量 t 当たりの設備動力が大きい。**この理由については対象原料の種類に因るところが大きい。

湿式法の原料は事業系および家庭系生ごみや家畜ふん尿、下水汚泥等の含水率が高く、必要な前処理を行えば液状となり、**各工程へはポンプ、それに付随する配管で移送可能**である。

一方、**乾式法**は、水分の低い事業系および家庭系の生ごみと紙ごみの混合物や草本類、脱水汚泥、食品残渣等であり、必要な前処理を行っても固形状であることが多く、湿式法のような**ポンプ類では移送するのが困難**である。そのため、**多くがベルトコンベヤやスクリューコンベヤ等の移送機器を組み合わせ、目的とする工程まで移送する必要**がある。また、発酵残渣も含水率が低く、現量と同様に移送にはコンベヤ類の使用が一般であり、そのため設備動力が大きくなる。

d. バイオガス貯留設備（ガスホルダー）

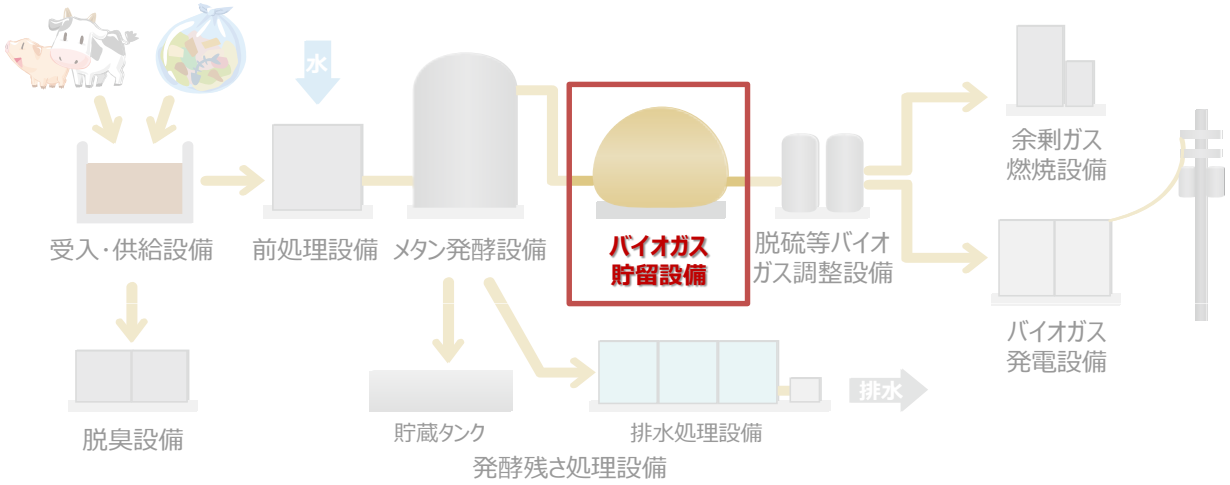


図 3.2.8 メタン発酵系バイオマス設備における位置

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

バイオガス貯留設備検討時の留意事項

仕様の決定には地域特性や敷地形状、工期等を考慮

バイオガス貯留設備（ガスホルダー等）は、**バイオガスの利用設備の用途に応じ、また気象条件等の地域特性や安全面にも考慮して、施工メーカーと協議のうえの仕様を定める**。設計の際は**可撓性が維持できるような構造への配慮や、硫化水素などによる腐食対策**が必要となる。

ガスホルダーの種類

ガスホルダーは次表に示すとおり、**メンブレン（樹脂製シート）**を用いるものや**鋼鉄製のタンク型**のもの等がある。**メンブレン製は、太陽熱や風雪などの天候による損傷に弱い**という欠点があり、**素材保護のための加圧負圧防護装置の設置などが必要**となる。

表 3.2.10 バイオガス貯留設備の種類と機能

種類	機能
水封式	水槽もしくはメタン発酵槽上部に鋼板製のフローティングタンクを設け、液または水でバイオガスを水封して貯留する。
二重膜（ダブルメンブレン）式	二重にしたメンブレンの間に空気を供給し、内側に貯留されるバイオガスの圧力を調整するとともに、内側のメンブレンを保護する。発酵槽の上部に設置する場合もある。
鋼鉄被覆型メンブレン方式	鋼製タンクの内部に樹脂製のバルーンが収納されている構造で、バルーン内部にバイオガス、タンクとバルーンの間に空気を供給する。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

なお、先行事例ではメンブレン式を採用した際、ガスホルダー近辺では独特な臭いがすることが報告されている。バイオガスがメンブレンを透過したのか、その他の部分からリークしたのかは明らかではないが、近隣に住宅等がある場合は留意する必要がある。

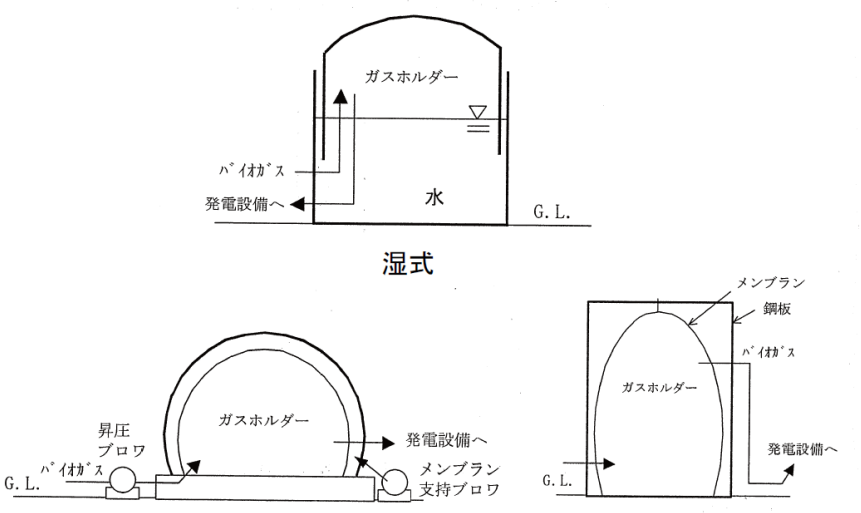


図 3.2.9 ガスホルダーの型式

（出所）メタン発酵利活用施設技術指針(案)（2005）

容量の設定

ガスホルダーの**容量は 1 日当たりまたは週当たりのバイオガス発生量の変動予測とバイオガス利用設備の運転状況を勘案**して設計する。

内圧の適切な設定が重要

ガスホルダーの内圧は一般に低圧（内圧 1～3kPa）を使用する。ただし、**ガスエンジンやボイラーを利用する場合**は、ゲージ圧で **3kPa 程度のガス圧が必要**なため、**ガスホルダーの内圧にはバイオガス利用設備の仕様を考慮**する必要がある。

ガスホルダーの**内圧がバイオガス利用設備の要求する圧力よりも低い場合**は、バイオガスに対応した**昇圧ブロワにより昇圧する必要**がある。

密閉性の確保

バイオガス貯蔵部分および配管接続部の密閉性（シール性）に留意し、**圧力検知器により密閉性を確認する**。シール材として**ゴム材を使用する場合は使用環境によって材料の寿命もあるため、交換時期等を設定**することが望ましい。

また、定期点検等も考慮し、**気密試験用開口や設備を設置**することも必要である。

耐久性の確保

ダブルメンブレン方式のガイドラインでは外側のメンブレンの耐候性の確認のため、ガスホルダー近くにガスホルダーと同程度の張力でモニターとなるメンブレンの試験片を設置し、対応性のモニタリングをすることと定められている。

e. 脱硫等バイオガス調整設備

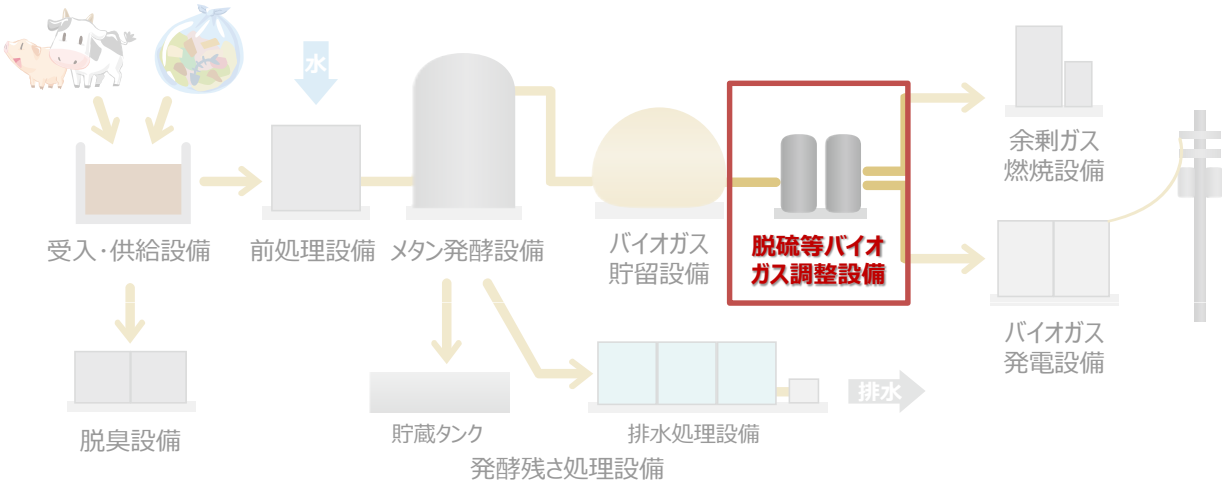


図 3.2.10 メタン発酵系バイオマス設備における位置

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

脱硫設備の選定に係る留意事項

バイオガスの脱硫設備は乾式脱硫方式、湿式脱硫方式、生物脱硫方式の 3 つの方式があり、それぞれの特徴を以下に示す。

乾式脱硫

乾式脱硫は、**酸化鉄系の脱硫剤により硫化水素を除去する方法**である。酸化鉄を粘土などに添加しペレット状に加工した成形脱硫剤が用いられる。例えば、円筒形の容器に成形脱硫剤を充填し、バイオガスを通気するといった方法が取られる。なお、**除去率は９５%以上**である。

留意点としては、**酸化鉄が硫化鉄に変化**してそれ以上硫化水素を除去できなくなると、**急激に硫化水素濃度が上昇**する。そのため、**脱硫剤は定期的な交換を実施する必要がある**。また、**検知管等で硫化水素濃度を日常的に点検**することが望ましい。

バイオガスの安定的な利用を実現するためには、**脱硫塔を 2 基直列に設置し、上流の脱硫塔が破過した時点で下流の脱硫塔を使用し、その間に上流の脱硫塔の再生を行う**等の運用が望ましい。

湿式脱硫

湿式脱硫は**アルカリ水による洗浄塔により除去する方法**である。吸収剤には消石灰、水酸化マグネシウム、アンモニア、水酸化ナトリウム等が使用され、使用吸収剤の種類により種々の反応が起きる。

留意点としては、**水酸化ナトリウム溶液等の濃度調整や水処理が必要**となることが挙げられる。

生物脱硫

生物脱硫は**硫黄酸化細菌が酸素を利用して硫化水素を酸化する反応を利用する方法**である。さらに、生物脱硫は**発酵槽内の気相部に少量の空気を注入する方式**と、発酵槽とは別に**反応塔を設置して担体を充填して除去する方式**の 2 つに分かれる。

留意点としては、除去後の**硫化水素濃度が数百 ppm 程度（脱硫効果にして 85～95%）と不十分なレベルに留まることもある**。そのため、**後段に更に乾式脱硫を設置する事例**も存在する。

生物脱硫における**空気の量はバイオガス発生量の 3～5%を目安とすることが望ましい**。なお、**バイオガス中の酸素濃度をモニタリングして酸素が検出されない最大量に調整**する。

なお、発酵槽内で行う場合、発酵槽内の気相に空気を少量加えても嫌気性のメタン生成菌への影響はなく**バイオガス化効率は低下しない**と考えられている。硫黄酸化細菌の生育場所は、通常の発酵槽では主に気相と液相の境界部付近の壁面となる。硫黄酸化細菌は窒素などの栄養分が供給される必要があるが、原料スラリーが供給されれば問題ないとされる。

表 3.2.11 脱硫設備計画時の留意事項

方式	概要	留意事項内容
乾式脱硫	鉄粉、粘度等でペレット状にした成形脱硫剤を塔内に充填し、消化ガスと接触させる。	・ 脱硫剤のコストに留意する必要がある。 ・ 脱硫剤の交換･処分の方法について予め定めておく必要がある。 ・ 使用済の脱硫剤は発熱･発火することがあるので取扱いに注意が必要である。
湿式脱硫	硫化水素ガスと水溶液とを気液混合させることにより、硫化水素ガスを吸収する。	・ 最適な吸収剤を選択する必要がある。 ・ 排水処理設備が必要となる。
生物脱硫	空気を注入した消化ガスと微生物（硫黄酸化細菌）を接触させ、微生物の働きにより硫化水素を酸化･除去するもの。	・ 薬品･消耗品を使用しないため、比較的維持管理費が安く、高濃度にも適用可能である点が有利であるが、硫黄酸化細菌の保持のための環境（空気ほか）を維持する必要がある。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

その他のバイオガス調整設備の選定に係る留意事項

バイオガスの除湿設備

バイオガスの調整設備は脱硫設備の他、**バイオガス冷却や凝縮分離のための冷却水設備等による除湿システムについても設置**する必要がある。その際、**生成ガスの使用量の時間変動に対して十分対応できる容量を確保**することに留意する。

シロキサン除去設備

原料によっては生成するバイオガス中にシロキサンが含まれる可能性がある。シロキサンは**リンスや化粧品などの他、紙類の接着剤に添加されているシリコンに起因するといわれ、特に都市ごみなどを取り扱うメタン発酵施設では注意**が必要である。

シロキサンはガス燃焼によって酸化し粉体状のシリカ（二酸化ケイ素）となり、**点火プラグへの付着による着火障害や、流路閉塞、高温部における摩耗**を引き起こすため、**吸着材などを使用してシロキサンを除去する必要**がある。

利用設備側から要求されるガス品質への調整

バイオガスを燃料として活用する場合、**利用設備側から要求されるガス品質を満足させるためにバイオガスの調整を行う**必要がある。**いずれの設備でも硫化水素、アンモニア、水分、シロキサンの除去が必要**であるが、許容範囲はバイオガスの利用技術によって異なる。

また、原料によってもこれらの除去すべき物質量が異なることにも留意する必要がある。例えば、**バイオガス中には通常数百～4,000ppm 程度の硫化水素を含有**しているが、**食品廃棄物が多い場合にはさらに高くなる**可能性がある。

表 3.2.12 バイオガス発電設備の制限対象物質例（参考値）

ガス変換設備	硫化水素濃度 ppm	アンモニア濃度 Ppm	水分 vol%	メタン濃度 vol%-dry
ガスエンジン	10 以下	50 以下	～0	―
燃料電池	5 以下	1 以下	3%以下（不飽和）	55%以上
ガスタービン	制限値あり	制限値あり	制限値あり	―
マイクロガスタービン	500 以下	特になし	～0	―
温水ボイラー	500 以下	500 以下	15 以下	―

注）実設計での許容値については、選定機器メーカーへのヒアリングによること

f. 発電設備

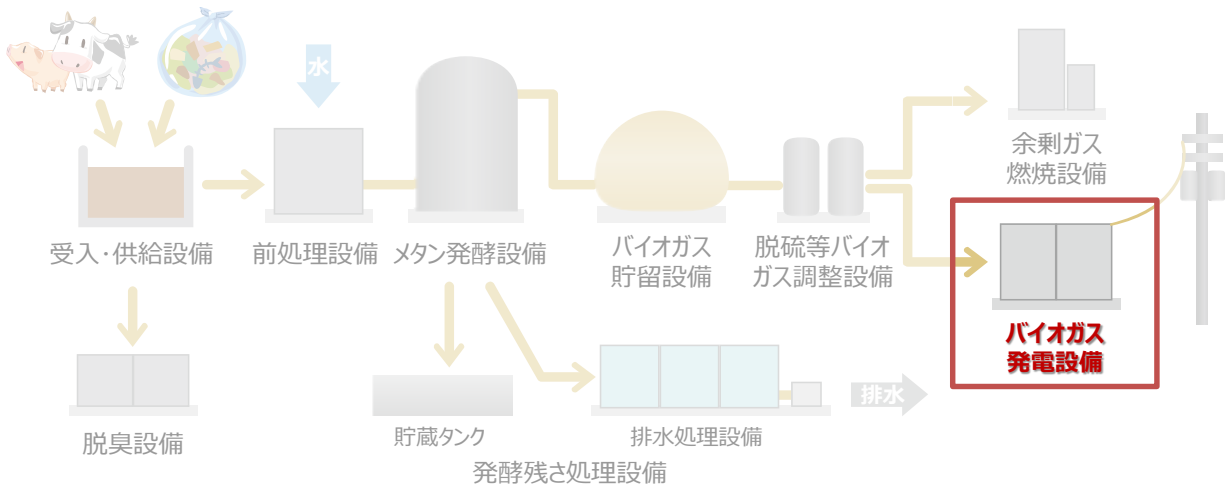


図 3.2.11 メタン発酵系バイオマス設備における位置

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

発電設備の種類と特徴

主な発電設備としてはガスエンジン、ガスタービン、マイクロガスタービン及び燃料電池などが挙げられる。選定時の留意事項を以下に示す。

ガスエンジン

ガスエンジンは**オットー式（点火プラグ式）**と**デュアルフューエル式（ディーゼル式）**の 2 つに大別類される。

点火プラグ方式は**低騒音や低 NO x 化が比較的容易であるなどのメリット**がある。その一方、圧縮圧力が小さい分、エンジン**容量は大きくなり割高となるデメリット**がある。

デュアルフューエル式は**安定燃焼が可能であり発電効率も比較的高いメリット**があるが、軽油を用いるため**運転管理コストが化石燃料の価格変動の影響を受ける**可能性がある。

ガスエンジンのエネルギー効率は、**発電効率が 25～45%程度**で、**排熱回収を含めた総合効率は 50～75%**である。そのため、発電と同時**にコージェネレーションとして温水または蒸気による排熱回収ができるものとすることが望ましい**。

設備の選定の際は、**バイオガス専用として実績あるガス発電装置を採用**し、さらにメタン濃度およびバイオガス量の**変動に追従できる自動出力調整**や**各部のデータ管理などが可能**な設備であることが望ましい。

その他、発電装置本体の点検時やバイオガスの余剰分を燃焼させる**余剰ガス燃焼装置（フレアー）を設置する**必要がある。

国内のバイオガス施設の発電機はほとんどこのガスエンジンタイプが採用されている。

ガスタービン

ガスタービンは、経済性の観点から**発電容量は 1000kW 以上大型が選択される**ことが一般的である。**発電効率は 20～30%、余熱利用を含めた総合効率は 70～80%**である。ただし、排ガス温度が高いため、**余熱利用は蒸気が中心**となる。

ガスタービンの利点としては、低振動であり高周波のため運転音も遮断しやすく、**騒音対策が容易である**。また、水噴射方式や希薄予混合燃焼方式により、**NOｘ対策が可能**である。

マイクロガスタービン

マイクロガスタービンは、高速回転体の軸受を非接触の空気軸受とすることで軸受の保守をなくし、かつ寿命を延ばした小型タービン発電装置である。**発電容量 2.2～300kW の小型発電用**として用いられる。**発電効率は 15～30%、余熱利用を含めた総合効率は 60～80%**である。

利点としては、**低振動型である**ことに加え、原動機の機器冷却水設備や潤滑設備などが不要のため**維持管理費を比較的低く抑えられる**。その他、タービンそのものは**硫化水素やアンモニアに対しても耐性がある**。

燃料電池

燃料電池には複数の技術タイプがあるが、バイオガス利用技術として現在実用化されているのは、**リン酸型**と**溶融炭酸塩型**の 2 種類である。

リン酸型は発電出力が一般的に **50～200kW** となる。留意点としては、バイオガス中の**メタンを水素に改質したうえで燃料電池に供給する必要**があることが挙げられる。

一方で、**溶融炭酸塩型**は**バイオガスを直接燃料電池で利用できる**。また、動作温度が 600～700℃のため、**発電と同時に熱利用も可能**である。なお、溶融炭酸塩型の発電出力は **10～300kW** が一般的である。

ただし、いずれの方式も**硫化水素に対する耐性はなく**、**通常 1ppm 以下で供給する必要**があることに留意する。

ボイラー

ボイラーは**バイオガスを直接燃焼し 90℃程度の温水や蒸気を得る**装置である。一般的に**熱効率が 80～90%と高い**。

近年 FIT 制度の影響で発電利用が主流となっているが、国内の一部の事例では**ボイラーの熱を利用して温水タンクに 70～90℃の温水を貯留したうえで、原料や発酵槽の加温や、液肥滅菌用の加温として利用**している。

なお、一般にガスホルダーからのガス供給圧力は低圧であり、**圧力制御機能を備えた昇圧ファンの接続が必要**となる。

発電設備の選定に係る留意事項

機種および発電出力の設定

発電設備を選定する際は、**発電効率、熱回収率等に優れ、バイオガス（性状・量）の変動に対応できる機種**を選定する。また、発電出力（kW）については、**FS 段階でバイオガス発生量を推定し、かつバイオガス量の変動も考慮**したうえで設定する。熱回収量（MJ）は、**発酵槽の加温に必要な熱量を確保**できることが望ましい。発電容量の設定に伴い発電設備の機種が特定されるが、施設内で**利用する熱量および熱の供給方法等を考慮**した機種選定を行う。

なお、**FIT 設備申請の際には詳細な仕様・カタログ情報が必要**となることから設備計画の初期段階で選定する必要がある。

安全性の考慮

バイオガス中の**メタン濃度は 55～65%程度**、メタンの**空気中での爆発限界は 5～15%**[1]、**発火点は 537℃**である。発電設備をはじめとするバイオガス利用設備を**屋内に設置する場合は、ガス検知装置（メタンの漏洩検知装置）を設置して監視**するとともに、**十分な換気ができるように設計**する必要がある。

その他、**排ガスは大気汚染防止法等に適合させる必要**があることに留意する。

付帯設備とメンテナンス性

発電設備は発電装置本体のほかに、**オイルタンク、オイルポンプ、冷水熱交換器、排ガスマフラ、排ガス冷却器、ガス圧力調整装置等の付属設備**があり、これらについても個々の設置条件を十分吟味する必要がある。

また、ユーザビリティを考慮し、**交換部品の搬出入、保守時の吊具、作業スペースなどに留意し点検しやすい構造**とする。

その他、**緊急時も含めた保守体制の構築も重要**となる。発電設備の**稼働率が事業性に大きく影響**するため、可能な限り自社内で保守およびトラブル対応を内製化できることが望ましい。

発電設備の更新頻度および導入コンセプトの検討

発電設備選定時には、**設備の更新頻度（ライフサイクル）および運転に係るコンセプトを検討したうえで機種を選定**することが重要である。例えば、発電設備については**高い初期投資を行っても高性能かつ耐久性の高いものを長期に使い続けるケース**と、**安価な発電装置を購入し 20 年間で 2 回または 3 回更新するケース（必要に応じて常にバックアップ用を 1 台保有）**がある。近年後者を選択し**中国製や韓国製の安価な発電装置を導入し何度も更新する事例も増えつつある。**

[1] https://oilgas-info.jogmec.go.jp/termlist/1000398/1000458.html

g. 余剰ガス燃焼装置

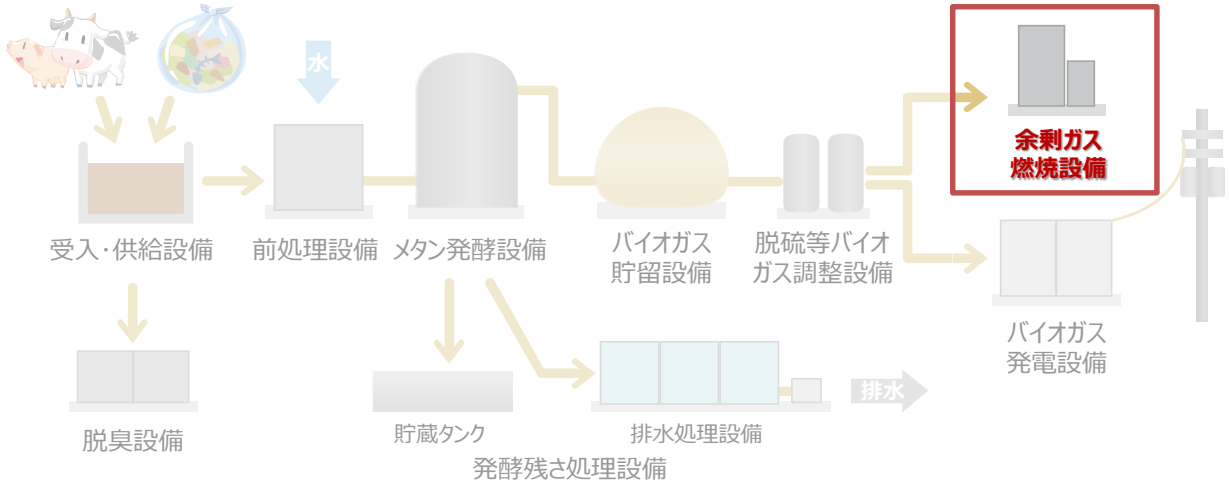


図 3.2.12 メタン発酵系バイオマス設備における位置

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

余剰ガス燃焼装置検討時の留意事項

余剰ガス燃焼装置の必要性

バイオガスの主要成分である**メタンは二酸化炭素の約 25 倍の温室効果**があることから、**利用しないバイオガスは安全性および地球温暖化防止の観点から燃焼させる**必要がある。

余剰ガス燃焼装置は**バイオガス発生量、バイオガス利用量等の変動を考慮して能力を設定し、周囲の状況を確認したうえで安全な場所に設置**する。

余剰ガス燃焼装置の選定

余剰ガス燃焼装置には**炉内燃焼型**と**炉外燃焼型**があり、さらにバーナに供給するガス圧力および炉に送る空気圧力の**加圧の有無による区分**も存在する。

バーナの選定の際には、**最低 55%のメタン濃度のバイオガスも燃焼できる機種を選ぶ**必要がある。また、バイオガス貯留設備内のガス圧またはガス容量が設定値以上になったときに作動するよう、**インターロック等により適正な燃焼を確保**できるようにシステムを構成する。

その他、安全対策として**逆火防止装置や焼却炉部分の火傷防止プレート、火炎検知器等を設ける必要**がある。また、**感震器装置等を設置し地震発生時に自動消火できるシステムとする**ことが望ましい。

h.発酵残渣処理設備

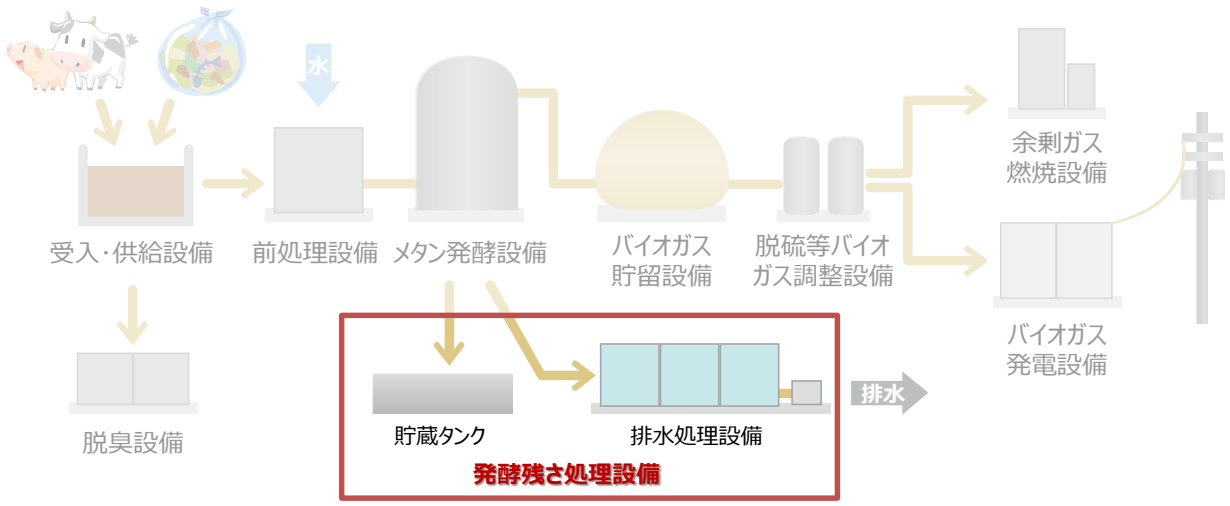


図 3.2.13 メタン発酵系バイオマス設備における位置

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

発酵残渣検討時の留意事項

メタン発酵施設において重要な検討事項の一つが消化液（発酵残渣）の処理・利用方法であり、事業性の確保を左右する。

消化液（発酵残渣）の処理は大きく 2 つの方法がある。1 つは**液肥として農業利用する方法**、他の 1 つは**水処理し、公共水域や下水道に放流する方法**である。

液肥としての利用

地域における農作物の栽培状況、天候から考慮して貯留日数を決定する必要がある。一般的には **3 か月分から長い場合には 6 か月分の貯留が必要**となり、容量は非常に大きなものとなり、建設費もかさむ。ただし、貯留容量が不足した場合には投入を停止せざるを得ないため、事前に十分に検討する必要がある。また、液肥貯留槽は開放型が多いために**雨水の流入による容量の不足や臭気の拡散についても検討**が必要である。費用は掛かるが屋根を設置する方法もある。安易に散布可能量を決めることはせずに、**地域の農業研究所や大学の専門家と協力し必要な農地面積を確保する**必要がある。

水処理としての処理

水質汚濁防止法で規定されている特定事業場において公共水域に放流する場合には水質汚濁防止法の規制が適用されるが、一日の排水量が 50m3 未満と小さな事業場であっても**アンモニア類としての規制（一律排水基準）がある**ために**窒素除去機能を備えた水処理施設を検討する**必要がある。**流入する窒素濃度は一般的な下水施設の 50 から 100 倍程度**あるために、簡易的な水処理施設では対応できない場合が多い。

下水道投入の場合は水質汚濁防止法の規制値よりは高い項目が多いために、国内でも下水投入を行っている施設は多い。その場合でも地域の下水道除外施設の規制値を十分に調査し水処理施設の検討を行うとともに、**除外施設の規制候補も国は窒素類が含まれている場合も多く**、窒素除去の機能を備えた水処理施設の検討が必要となる。また、下水道料金がかかるために維持管理経費に含んでおくことが必要である。

水処理時には消化液の固液分離が必要であり、固体の分離汚泥と水処理を行う分離液が発生するため、**分離汚泥の処分・利用も考慮する**必要がある。**分離汚泥は乾燥すれば肥料としても利用できる**。

発酵残渣固液分離装置検討時の留意事項

固液分離のメリット・デメリット

メタン発酵設備から発生する**発酵残渣の処理は固液分離を行うケースと行わないケース**があり、それぞれのメリットとデメリットを理解したうえで設備を導入する必要がある。

また、固液分離設備には無薬注で行う方式と薬注する方式の二方式がある。

無薬注での固液分離方式は消化液中の夾雑物などを除去する目的であり、分離された液体を液肥として利用する場合に多く採用される。このときに発生する固分は発酵乾燥後たい肥として利用するが、乳牛ふん処理の場合は再生敷料として利用されていることがある。

薬注固液分離方式は、後段で排水処理を行う場合に設置する。発酵残渣を薬注後**固液分離する**メリットは、**固液分離後の液分の水質性状を低下させ、後段の水処理設備への水質負荷を低下できることである。また、固液分離後の固分の含水率を低下させ、その後のたい肥化、乾燥及び焼却処理への負荷を下げることができる**ことである。ただし、デメリットとしては**脱水用の高分子凝集剤の費用が嵩む**ことが挙げられる。

周辺環境や立地条件の考慮

発酵残渣処理を考える上では**施設の周辺環境や立地条件を考慮**する必要がある。例えば、**下水に放流できる環境**であれば、その放流水質にもよるが河川放流に**比較し簡易な水処理で可能**な場合もある。反対に**河川や海等の公共水域**に放流しなければならない場合は、**BOD、SS の他、COD や窒素まで処理する必要**があり、高度な水処理設備が必要となる。

排水処理設備検討時の留意事項

排水処理設備の構成

排水処理設備は、固液分離設備（前述）、**排水貯留槽、生物処理設備、薬注装置、消毒設備、放流タンク**等から構成され、メタン発酵設備等から排出された**排水を放流基準値まで適正に処理**するために必要な設備である。

排水量は消化液の利用方法（液肥、放流など）や処理規模により異なる。そのため、FS 基本計画の時点で排水量を把握したうえで、**将来のことも想定し、余裕度を待たせた設計**とする必要がある。

表 3.2.13 排水処理設備の構成と機能

構成	機能
固液分離設備	消化液を水処理する場合は、生物処理設備への負荷を低減するために脱水処理設備を設け、そのろ液を生物処理することが多い。
分離液貯留槽	固液分離後の液分を貯留して後段の中和装置の処理流量を調整するために設置する。
生物処理設備	活性汚泥法などを利用した好気性の生物処理設備。窒素規制がある場合は生物学的脱窒素処理方式を検討する。
薬注装置	消化液の性状、排水処理方針に応じて薬剤類の注入装置を設置する。 高度処理設備が必要な場合は凝集処理用の薬注設備も備える。
消毒設備	処理水を公共水域に放流する場合は大腸菌群数を 3,000 個/ml 以下にするための消毒設備を設置する。
放流タンク	処理水を貯留するために設置する。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

設備仕様の決定

設備仕様にあたっては、事業者は事業に適した設計になっているか施工メーカーに確認し、十分に協議を行ったうえで設計する必要がある。メーカーとの協議の際の主な確認項目は以下のとおりである。

表 3.2.14 主要な確認項目

項目	単位	備考
排水処理能力	m^3/h	物質収支検討結果から原水排水量および水質を把握して処理フローおよび処理能力を設定する。
排水汚濁負荷	kgBOD/d kgT-N/d	消化液中に含まれる BOD や窒素などの汚濁負荷を算定し、その負荷に応じた生物処理設備の設計が必要である。特に、排水基準に窒素規制が含まれている場合には生物処理設備は大きくなり、電力費やメタノールなどの薬品費が嵩むことに留意しておく必要がある。 その汚濁負荷を低減するために、生物処理設備の前段に脱水処理設備を設置することがある。ただし、この場合は脱水用の高分子凝集剤の使用料が嵩むことにも留意が必要である。
排水貯留槽	m^3	消化液の処理方針や処理規模によって異なることから、設備の稼働に支障が生じないよう、余裕を持たせた容量を確保する。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

その他、**ポンプを含む機器類は自動制御運転**とし、**各機器類は故障時のバックアップ用として予備機を設ける**ことが望ましい。

水質汚濁防止法に係る留意事項

水質汚濁防止法

メタン発酵施設は消化液を全量液肥利用する一部の施設を除き、排水処理設備が導入される。そのため、**FS 段階から排水基準について理解しておく**必要がある。

根拠法となる**水質汚濁防止法**は、**健康項目**（28 項目）と**生活環境項目**（15 項目）がある他、**道府県の条例基準**や**市町村レベルの条例基準**、さらに**住民協定**がある場合も存在する。なお、家畜ふん尿処理については緩和措置があることにも留意する。

また、閉鎖水域（湖沼・海域など）については、**排水総量の規制が存在**する。これらの水域に該当する**瀬戸内海、伊勢湾、東京湾、並びにこれらに流入する河川**に対して排水を放流する場合には留意する必要がある。

水質汚濁防止法上の特定事業場への該当有無

排水処理設備を併設する場合には、**水質汚濁防止法上の特定事業場に該当するか否かについて、自治体（県または市町村担当部署）にヒアリング**する必要がある。

公害防止条例・協定への対処

地域によっては**公害防止条例**や**公害防止協定**等が制定されていることがあり、その場合は**排水処理は条例および協定で定められた放流基準値を満たすことができる処理方式を選定**する必要がある。

表 3.2.15 水質汚濁防止法における排水基準（一律基準、上乗せ基準、住民協定）の一例

項目	一律基準	上乗せ基準	住民協定（例）
健康項目（抜粋）			
カドミウム及びその化合物	0.1	0.01	—
鉛及びその化合物	0.1	0.01	—
六価クロム及びその化合物	0.5	0.05	—
アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	100	100	—
塩化ビニルモノマー(*)横出し基準	—	0.00002	
生活環境小目（抜粋） ※()内は日平均値、外は日最大値			
水素イオン濃度（pH）	5.8-8.6	5.8-8.6	5.8-8.6
生物化学的酸素要求量（BOD）	160(120)	20	5-10
化学的酸素要求量（COD）	160(120)	20	10
浮遊物質量（SS）	200(150)	40	5-10
窒素含有量	120(60)	16 or 20	5-10
リン含有量	16(8)	1 or 2	1

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 3.2.16 水質汚濁防止法における排水基準（健康項目、生活環境項目、総量規制）の一例

	健康項目	生活環境項目		総量規制
対象施設	全ての特定施設	特定施設		特定施設
		50m³/日以上		50m³/日以上
			指定湖沼　及び 指定海域(88)	規制水域
規制項目	硝酸性窒素等	生活環境項目 （窒素･リン除く）	左の項目に加え 窒素、リン	CODMn･窒素･ リン
一律基準 **※()は日平均値**	100mg/L	一律基準通り BOD は河川放流 COD は海域放流	N：120(60)mg/L P：16(8)mg/L	各水域による

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

j. 脱臭設備

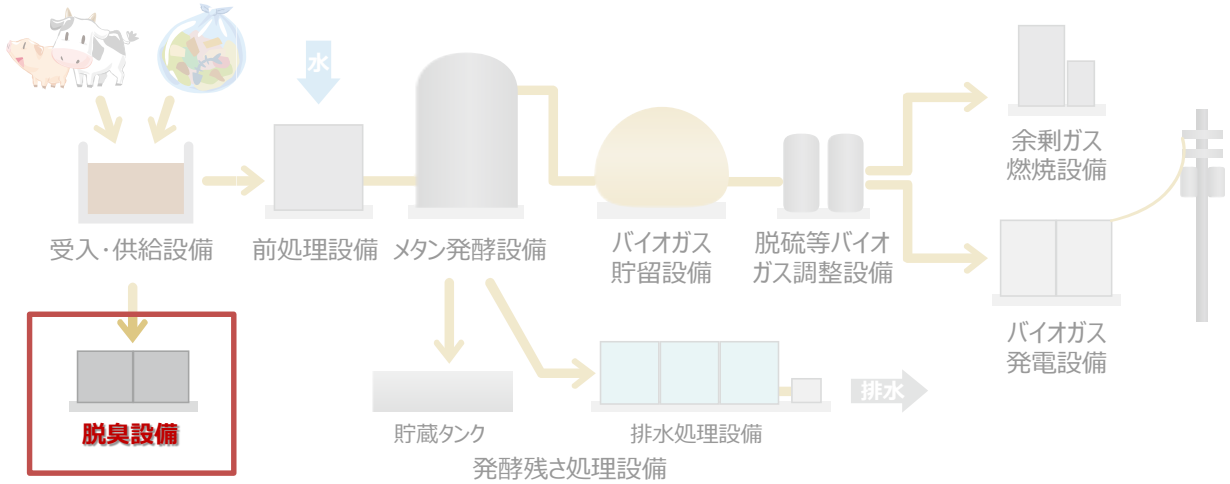


図 3.2.14 メタン発酵系バイオマス設備における位置

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

脱臭設備検討時の留意事項

メタン発酵施設は多くの設備が密閉構造であるためもともと臭気対策として導入される事例もあり、メタン発酵施設自体で臭気が問題になることは少ない。しかしながら、**受入・供給設備や前処理設備、発酵残渣処理設備で臭気が発生**することがあるため、脱臭設備などの導入が必要となる。

臭気は拡散すると取り扱いが困難となることから、臭気の発生エリアは**極力密閉構造で内部の臭気を捕集**できるようにし、**緊急時の対応マニュアル等で臭気拡散防止の方策を検討**しておくことが望ましい。

脱臭技術には種々の方式があり、主な種類と特徴を次表に示す。それぞれの特徴を踏まえ、**あらかじめ臭気成分・濃度・処理ガス量を把握して設備選定**することが重要となる。

この中で一般的に採用されているのは薬液洗浄法＋活性炭吸着法、生物脱臭（充填式）＋活性炭吸着法である。

表 3.2.17 脱臭技術の種類とその概要

処理法		原理･方式	留意事項
燃焼法	直接燃焼法	・臭気を一定の酸素量（12％以上）内で、臭気成分の発火点以上の温度（約 650～800℃）にして燃焼することで、臭気成分を酸化分解して脱臭。	・保守および管理が比較的に容易。 ・熱が発生するので排熱回収等エネルギー回収方法について検討が望ましい。 ・熱源として電気ヒータ方式、バーナ方式などがある。
	触媒燃焼法	・臭気を一定の酸素量と共存状態にし触媒によって低温で酸化分解して脱臭。	・低温（150～350℃）で処理するため直接燃焼法より運転費が安い。 ・熱源として電気ヒータ、バーナ方式などがある。 ・燃料や電力を消費し、熱を発生するので排熱回収等エネルギー回収方法について検討が望ましい。 ・対象とするガスに触媒毒が含まれていないことを確認する。
化学的方法	薬液洗浄法	・化学反応によって臭気成分を分解。 ・悪臭物質の種類によって酸、アルカリ、酸化剤水溶液等が使用される。	・低濃度から中濃度までの広範な臭気に対して、対応可能。 ・薬用濃度調整や計器点検等日常管理が必要となる。 ・薬品に対する安全対策、装置の腐食対策が必要となる場合がある。
物理的方法	水洗法	・悪臭成分を水に溶け込ませる。	・溶解度の小さいガスには効果が小さい。 ・一過式の場合は、大量の水を使用し排水処理を必要とする場合がある。 ・適用範囲は比較的広い。
	活性炭吸着法	・活性炭の微細孔やこれに添着した薬剤により臭気ガスを吸着させる。	・主に低濃度ガスを対象とする。 ・イニシャル、ランニングコストともに高価となる可能性がある。 ・吸着能力が限界に達すると交換する必要があるので、活性炭の取替えが容易にできる構造、配置とする必要がある。
生物脱臭法	土壌脱臭法	・臭気を土壌に通風して土壌中の微生物によって分解脱臭。	・高濃度の臭気には不適である。 ・処理し得る悪臭物質に制限がある点に留意する必要がある。 ・降雨時に通気抵抗が大きくなり、リークが生じる。
	充填塔式	・微生物が付いた担体を充填した塔または槽に通風し、微生物によって分解脱臭。	・通気面積が比較的大きく、圧損が低い。 ・大量処理に適している。 ・薬剤等を使用しないため、維持管理費はファンの動力のみ。 ・微生物の馴致期間および微生物の活性を保つための水分管理が必要。 ・微生物により脱臭を行うため、気温の低下により性能が低下する場合もある。 ・処理し得る臭気物質に制限がある場合、廃液の処理が必要な場合がある点に留意が必要。
	活性汚泥処理法	・悪臭を水に溶解させ、その水溶液を微生物より分解脱臭。	・曝気槽があれば特別な装置は不要。 ・運転費が非常に安価。 ・曝気槽がない場合には別に設置が必要。 ・曝気槽のもつ臭気が残る。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

k. 用水設備

用水設備の構成

用水設備はメタン発酵施設が円滑に稼働するために必要な用水を給水する設備であり、**用途別にはプラント用水および生活用水に区分**される。設備は**受水槽・ポンプ類（揚水、送水）・水槽類・配管**および**弁類・井水設備（必要に応じて設置）**等から構成される。

表 3.2.18 用水設備の構成と機能

構成	機能
受水槽	・プラント用および生活用があり、それぞれ独立して設置する。
ポンプ類	・受水槽から各機器に送水するためのポンプ類が必要である。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

設備仕様の決定

設備仕様の決定にあたっては、事業者は施工メーカーと十分協議のうえ事業に適した設計になっているか確認する。メーカーとの協議の際の主な確認項目については以下のとおりである。

表 3.2.19 主要な確認項目

項目	単位	備考
受水槽	m^3	・ プラント用受水槽の容量は、断水等の緊急時に対しても問題が生じないような容量を確保する必要がある。 ・ 施設の規模により異なるため、系統別に水量計算を行い、最大水量・水槽・ポンプ等の容量を設定する。
ポンプ類	m^3/min	・ ポンプの能力および吐出圧力は余裕率を見込んで設定する。

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

給水の調査

上水道・工業用水・井水については、**建設用地で供給可能な給水を調査**したうえで用水を計画する。特に井水の場合は**周辺地域の既設井戸の揚水量・水質、並びに、多量の水量を揚水可能か（周辺地域への影響がないか）を確認**して、建設用地に井戸が設置可能か検討する。

給水の対象

プラント用水で給水対象となるのは主に**原料水分調整および薬剤の希釈水、洗浄水**である。工業用水または井水が利用できる場合は、用途に応じて使い分ける必要がある。

原水水質の事前検査

工業用水または井水を使用する場合は、**配管内のスケール付着**や、**スライム発生**、**再循環水による塩類濃縮**等の問題が生じることがあるため、**事前に水質を検査**する必要がある。また、井水は**除鉄・除マンガン・ろ過等の前処理が必要**になることがある。

機器冷却水は循環して再利用するため、**濃縮によりスケールおよびスライム等が発生する恐れ**がある。そのため、計画時点で**原水水質を確認し、軟水処理等の必要性を検討**する必要がある。

凍結対策・メンテナンス性

給水タンクやポンプ類については、**寒冷地の場合は凍結防止対策**を講じる。また、これらの設備は**点検・清掃が容易な構造とする**ことが必要である。さらに、必要に応じて**自動制御装置や故障時のバックアップ設備を用意**することも有効である。