

第2部

バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針 【木質バイオマス編】

＜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

【木質バイオマス編】

事業検討の進め方	115
実施事項の全体像	116
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	125
システム全体に関する「よくある課題」	125
フェーズⅠ 構想段階	129
1.Ⅰ.1 組織・自治体における発意	130
1.Ⅰ.2 事業主体の検討	134
1.Ⅰ.3 事業コンセプトの構築	140
1.Ⅰ.4 用地の想定	142
1.Ⅰ.5 事業実施時期の想定	146
1.Ⅰ.6 事業モデルの概略検討	147
1.Ⅰ.7 事業収支の概略検討	150
1.Ⅰ.8 事業実施体制の構築	151
① 組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討	151
② 専門家への相談	152
③ 行政への相談	153
1.Ⅰ.9 FS 調査予算の獲得	154
フェーズⅡ FS 段階	155
1.Ⅱ.1 事業化スケジュールの検討	159
1.Ⅱ.2 地域関係者との合意形成	162
1.Ⅱ.3 事業収支の検討	164
① 売上高の予測	165
② 事業費(初期費用と運用費)の積算	166
③ 事業リスクの評価(事業収支の検討時)	170
④ 事業収支・キャッシュフロー分析	171
1.Ⅱ.4 資金計画の策定	177
① 資金調達方法の検討	178
② 資金調達先・金融機関との交渉	181
③ 補助制度の確認	187
1.Ⅱ.5 事業実施体制の確定	191
① 事業コンセプトの再精査・確定	192
② 事業による波及効果の評価	192
③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成	194
1.Ⅱ.6 事業のリスク評価(FS 終了時)	196
① 建設段階のリスクとその対処方法の例	196
② 運営段階のリスクとその対処方法の例	199
③ その他全般に関するリスクとその対処方法の例	202
④ FS 調査後、次のステップに進めるかの判断基準	204
フェーズⅢ 設計施工段階	214
1.Ⅲ.1 事業体の組成	215
1.Ⅲ.2 事業の将来計画の検討	219
1.Ⅲ.3 施設の運転管理計画の策定	220
1.Ⅲ.4 金融機関との融資契約・資金実行	221
フェーズⅣ 運転段階	222
1.Ⅳ.1 事業採算性の検証と改善	223
1.Ⅳ.2 波及効果の検証と公開	224
2章 バイオマス調達に係る留意点と解決策	225
原料・燃料調達に関する「よくある課題」	225
フェーズⅠ 構想段階	229
2.Ⅰ.1 原料・燃料の調達可能性の検討	230
① 原料・燃料種の特定制と資源量の調査	231
② 燃料製造拠点の確認	236
③ 原料・燃料規模の地域調達可能性の検討	238
フェーズⅡ FS 段階	249
2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査	251
① 原料・燃料の調達可能性および性状の調査	252
(a) 集荷可能性の調査	252
(b) 原料性状の調査	258

(c) 廃掃法の取り扱いの確認	266
② 原料・燃料の調達コストの検討	267
③ 燃料規格対応の確認	269
④ 燃料の製造・加工システムの検討	276
⑤ 原料・燃料の輸送システムの検討	285
フェーズⅢ 設計施工段階	286
2.Ⅲ.1 燃料の調達契約	287
2.Ⅲ.2 燃料の調達・在庫管理計画の策定	290
フェーズⅣ 運転段階	297
2.Ⅳ.1 受入燃料の規格確認	298
2.Ⅳ.2 燃料調達条件の検証・見直し	304
3章 エネルギー供給・副生物利用に係る留意点と解決策	305
エネルギー供給・副生物利用に係る「よくある課題」	305
フェーズⅠ 構想段階	308
3.Ⅰ.1 エネルギー利用形態の検討	309
① エネルギー利用先および供給形態の検討	310
② 設備規模と投資規模の確認	315
フェーズⅡ FS 段階	317
3.Ⅱ.1 エネルギー利活用計画	319
① エネルギー需要の調査	320
② 既存エネルギー設備の運用実態調査(オンサイト型/マイクログリッド型)	328
③ 導入先のインフラ、周辺環境調査(共通)	330
④ 導入先の意向確認(オンサイト型/マイクログリッド型)	332
⑤ エネルギー需給管理システムの検討(オンサイト型/マイクログリッド型)	334
⑥ 系統連系の調査(広域グリッド型、オンサイト型)	339
3.Ⅱ.2 副生物の処理方法の検討	340
フェーズⅢ 設計・施工段階	342
3.Ⅲ.1 エネルギー供給契約	343
3.Ⅲ.2 FIT 事業申請(広域グリッド型)	344
3.Ⅲ.3 接続契約・売電契約(広域グリッド型)	347
3.Ⅲ.4 副生物の処理・有効利用に係る条件協議	348
フェーズⅣ 運転段階	349
3.Ⅳ.1 エネルギー供給条件の検証・見直し	350
3.Ⅳ.2 副生物の有効活用に向けた検討・調整	351
4章 エネルギー変換設備に係る留意点と解決策	356
エネルギー変換設備に係る「よくある課題」	356
フェーズⅠ 構想段階	358
4.Ⅰ.1 エネルギー変換技術の検討	359
① 機器・技術の信頼性の確認	360
② 設備・技術の検討	367
フェーズⅡ FS 段階	369
4.Ⅱ.1 基本設計(プラントスペック、規模選定)	372
① システムの基本計画策定	372
② 設備機器・メーカー選定	383
③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討	391
④ 設備・工事発注スキームの検討	394
⑤ 設備導入に係る法規制の確認と対応	400
⑥ 立地調査	400
フェーズⅢ 設計施工段階	402
4.Ⅲ.1 設備の調達	403
4.Ⅲ.2 工事・EPC 契約	405
4.Ⅲ.3 O&M 契約	407
4.Ⅲ.4 保険契約	409
フェーズⅣ 運転段階	410
4.Ⅳ.1 システム・機器の性能評価と改善	412
4.Ⅳ.2 設備利用率の検証と改善	422
4.Ⅳ.3 安全対策	423
4.Ⅳ.4 O&M 内製化の検討	428
4.Ⅳ.5 トラブルシューティング	435

＜第 2 部 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.....	115	図 2.2.38 同社の地域に密着した事業展開	291
図 2.1.1 対馬市における木質バイオマスエネルギー面的導入の中期シナリオ	135	図 2.2.39 同社のバークの収集体制について.....	291
図 2.1.2 対馬市における木質バイオマス熱利用面的導入による地域効果	136	図 2.2.40 ポリッパ型バケット付天井走行式フロアクレーン	293
図 2.1.3 バイオマスエネルギー事業の 3 つの意義	140	図 2.2.41 昭和化学工業株式会社の設備設置図	294
図 2.1.4 物熱収支図の例(簡易版).....	172	図 2.2.42 バイオマス熱風炉本体と燃焼の模式図	294
図 2.1.5 財務三表に係るフォーマットイメージ	174	図 2.2.43 バイオマス熱風炉内部の様子.....	294
図 2.1.6 グリーンファンドの資金構成イメージ	186	図 2.2.44 竹、バーク燃料の燃焼試験の概要	296
図 2.1.7 (再掲)バイオマス事業の開始による地域経済効果の試算例(20年間平均値)	193	図 2.2.45 クリンカブレーカ設置状況	300
図 2.1.8 (再掲)バイオマス事業の開始による地域経済効果の試算例(20年間合計).....	193	図 2.2.46 エリアンサス 50% 燃焼試験状況	300
図 2.1.9 FIP 制度におけるプレミアム単価の考え方	206	図 2.2.47 エリアンサス 100% 燃焼試験状況	301
図 2.1.10 FIP 制度の詳細設計の論点	207	図 2.2.48 昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉の自動制御システム	302
図 2.1.11 価格変動リスクへの対応策の例	207	図 2.3.1 マイクログリッドの概念	311
図 2.1.12 バイオマス発電に関わる地域活用要件.....	209	図 2.3.2 マイクログリッド検討の各ステップの調査フローの例	312
図 2.1.13 FIT 制度および FIP 制度、入札の対象規模	211	図 2.3.3 1000kW ORC 熱電併給装置のヒートバランス.....	313
図 2.1.14 FIT 認定の失効期間に関する考え方	212	図 2.3.4 小型蒸気スクルー発電機を活用した自家発電設備の導入イメージ.....	316
図 2.2.1 水分率と含水率の違い	232	図 2.3.5 小型蒸気スクルー発電機の蒸気量と発電出力.....	316
図 2.2.2 熱量単位の価格が等しくなるチップやペレットと化石燃料価格.....	235	図 2.3.6 月別の電力需要の整理イメージ	321
図 2.2.3 燃料・エネルギー規模と技術の目安(図中数字は概算値).....	239	図 2.3.7 日ごとの平均的な電力需要の推移と発電機導入のシミュレーションのイメージ	321
図 2.2.4 路網系作業システムの概念図	240	図 2.3.8 宿泊室ペリメーター部(窓際)の窓内表面温度(左)と室温(中央)の比較(1月31日).....	323
図 2.2.5 コウヨウザンの苗木(2019年5月(約24cm))	243	図 2.3.9 アネックス棟全宿泊室の冷暖房用電量使用量(右).....	323
図 2.2.6 コウヨウザンの栽培風景(左:2021年6月(約180cm)、右:2022年2月(約277cm)).....	243	図 2.3.10 現状・チップボイラー導入・チップボイラー+建物断熱の三者における加熱用一次エネルギーのバイオマス比率	323
図 2.2.7 現在の木材生産にかかるコストのイメージ	244	図 2.3.11 バンブー株式会社が導入した ORC における温水の供給先検討	326
図 2.2.8 齢級別木材生産費(早生樹(コウヨウザン))の推定例.....	244	図 2.3.12 蒸気ボイラー由来の廃熱を活用した廃菌床の乾燥イメージ... ..	327
図 2.2.9 チップ化事業の種類と規模	246	図 2.3.13 木質バイオマスボイラーの蓄熱槽導入による負荷変動への対応イメージ	335
図 2.2.10 林地残材発生量の原単位.....	246	図 2.3.14 1日の時間別温熱需要とボイラープラント負荷の検討例.....	336
図 2.2.11 林地残材混載搬出(左)、林地残材個別搬出(右)	247	図 2.3.15 FS 事業実施事業者のモデル負荷パターンにおける蒸気需要量とアキュムレーター残量の試算例	337
図 2.2.12 林地残材の搬出コスト.....	248	図 2.3.16 バックアップとしての重油ボイラーを併用したピーク需要への対応イメージ	338
図 2.2.13 チッピング作業状況.....	248	図 2.3.17 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	344
図 2.2.14 田島山業株式会社における季節変動による林地残材搬出量の試算例	253	図 2.3.18 バイオマス燃料と灰の物質収支.....	351
図 2.2.15 東急リゾート&ステイ株式会社における「もりぐらし」のコンセプト.....	254	図 2.3.19 主灰 飛灰(サイクロン、バグフィルター)	352
図 2.2.16 東急リゾートタウン蓼科の全体像と森林経営計画のイメージ ..	255	図 2.3.20 バイオマス灰の再利用スキームのイメージ図.....	354
図 2.2.17 東急リゾートタウン蓼科におけるバイオマスの利用イメージ	255	図 2.3.21 飛灰の回収に関する各種設備	355
図 2.2.18 P116S 木質チップ規格(左) P31S 木質チップ規格(右).....	258	図 2.4.1 燃料貯留容量のスペック(左表)とバイオマス蒸気ボイラーの配置計画案(右図)	362
図 2.2.19 水分と低位発熱量の関係	260	図 2.4.2 昭和化学工業株式会社(岡山工場)の製造フロー図	363
図 2.2.20 バークチップ(写真左:左上、中下)と枝葉チップ/PKS(写真左:手前)を受け入れた燃料槽内の様子(奥がバークチップ)(写真右) ..	261	図 2.4.3 (再掲)燃料・エネルギー規模と技術の目安(図中の数字は概算値)	368
図 2.2.21 ビニールハウスの外観(左)、ビニールハウス内の製材(右) ..	262	図 2.4.4 日本とドイツの発電規模別の技術選択状況	368
図 2.2.22 送風機と太陽電池パネル(左)、乾燥時の様子(右)	262	図 2.4.5 クリンカの概観	373
図 2.2.23 ビニールハウスを用いた乾燥方法のイメージ	262	図 2.4.6 灰付着層の形成イメージ.....	373
図 2.2.24 含水率検体(林地残材).....	265	図 2.4.7 草本系バイオマスの灰分割合と灰分中の K の割合	374
図 2.2.25 林地残材の含水率推移.....	265	図 2.4.8 竹粉灰、バーク粉末灰の成分含有比率(重量%)	374
図 2.2.26 温水を利用した原料プレ乾燥装置	270	図 2.4.9 バンブーエナジー株式会社実証事業におけるバーク2割竹8割燃焼時の炉床灰.....	375
図 2.2.27 切削チップの例(左)と欧州木質ペレットの例(右)	271	図 2.4.10 バンブーエナジー株式会社のプラントモデル図.....	376
図 2.2.28 ペレット製造コストの内訳の一例.....	272	図 2.4.11 バンブーエナジー株式会社のプラントレイアウト図(左)、ウォーキングフロア(右)	376
図 2.2.29 ガス化発電装置内の篩い分け装置(Holzenergie 社).....	274	図 2.4.12 バンブーエナジー株式会社の燃料投入機内部(左)、カッティングの刃(右).....	377
図 2.2.30 破碎設備(CRAMBO)の特徴とスペック.....	277	図 2.4.13 (上)重油ボイラー併用ケース、(下)バイオマスボイラー複数台制御ケースの概念図	379
図 2.2.31 破碎設備(CRAMBO)の概観(破碎ローターおよびスクリーン)	278	図 2.4.14 CPC 社 Biomax 100 ガス化ユニット(小型 CHP3 連の例)... ..	386
図 2.2.32 JFE 環境サービスにおける受入原料	278		
図 2.2.33 廃菌床を原料とする燃料化施設の設備フローイメージ(ケース②、ケース③).....	280		
図 2.2.34 ケース②のフロー図と熱物質収支.....	280		
図 2.2.35 ケース③のフロー図と熱物質収支.....	281		
図 2.2.36 バンブーエナジー株式会社の原料調達体制.....	290		
図 2.2.37 同社の竹の収集体制について	291		

図 2.4.15	発注形態の選択肢と関係図.....	395
図 2.4.16	冷却水の確保	401
図 2.4.17	バイオマス蒸気ボイラー導入「前」のシステム	415
図 2.4.18	バイオマス蒸気ボイラー導入「後」のシステム	415
図 2.4.19	クリンカの付着状況.....	416
図 2.4.20	JFE 環境サービスにおけるバイオマス蒸気ボイラー導入前後のシステムの比較.....	418
図 2.4.21	JFE 環境サービスの燃焼設備全景(左)、ボイラ(エコマイザー側)(右).....	418
図 2.4.22	JFE 環境サービスの実証運転における燃料投入量あたりのエネルギー原単位(左)および蒸気回収熱効率	420
図 2.4.23	非常時の発電設備の温水・電力供給系統の例	424
図 2.4.24	プラントの運転およびメンテナンス年間スケジュール例.....	430
図 2.4.25	バイオマス熱電併給設備の巡回点検表.....	431
図 2.4.26	バイオマス熱電併給設備の月例点検表(左)、年間保全カレンダー(右).....	431
図 2.4.27	熱電併給設備メンテナンス手順書の例.....	432
図 2.4.28	付属設備のメンテナンス手順書の例	432
図 2.4.29	バイオマス燃焼炉メンテナンス状況	433
図 2.4.30	ボイラーのメンテナンス状況	433
図 2.4.31	ORC 熱電併給設備のメンテナンス状況.....	433
図 2.4.32	燃料搬送設備のメンテナンス状況	433
図 2.4.33	冷却水系統設備のメンテナンス状況.....	434
図 2.4.34	非常用発電機メンテナンス状況	434
図 2.4.35	コンプレッサーメンテナンス状況	434
図 2.4.36	灰処理設備メンテナンス状況	434
図 2.4.37	バークによる搬送コンベアトラブル	436
図 2.4.38	圧密バークが発生する要因	436
図 2.4.39	圧密バーク(燃料)による難燃	437
図 2.4.40	バーク破砕機の性能試験	437
図 2.4.41	燃料過大時のウォーキングフロア	437
図 2.4.42	燃料過大時のウォーキングフロアでの長尺バークトラブルイメージ	438
図 2.4.43	燃料過少時のウォーキングフロア	438
図 2.4.44	燃料過少時のウォーキングフロアでの長尺バークトラブルイメージ	438
図 2.4.45	高含水率原料の燃焼状態(左)、安定した燃焼状態(右).....	439
図 2.4.46	燃焼悪化のスパイラル	439
図 2.4.47	原料均一化作業の状況.....	440
図 2.4.48	混合による燃料の均一化.....	440

＜第 2 部 表目次＞

表 2.1.1 実施体制構築に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	125	表 2.2.23 乾燥装置の比較	264
表 2.1.2 資金調達に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	126	表 2.2.24 破碎機器の比較	277
表 2.1.3 用地選定時に留意すべき法律の例	126	表 2.2.25 燃料化施設の概算コスト	281
表 2.1.4 用地選定時に留意すべき項目の例	127	表 2.2.26 移動式チップパー機の概要	282
表 2.1.5 採算性の分析に係る主な課題の例	127	表 2.2.27 試算結果	283
表 2.1.6 建設段階・運転段階で留意すべきリスクの例	128	表 2.2.28 交換部品・消耗品費(左)、定期点検工賃(右)	284
表 2.1.7 運転段階で留意すべきリスクの例	128	表 2.2.29 バイオマス調達の設計施工段階におけるチェック項目	286
表 2.1.8 バイオマス利用システム全体の構想段階におけるチェック項目	129	表 2.2.30 バイオマス調達の運転段階におけるチェック項目	297
表 2.1.9 需要家別のバイオマスエネルギーの導入モデルのイメージ	132	表 2.2.31 ペレット分析結果	299
表 2.1.10 立地検討の主要な条件	144	表 2.2.32 統合監視制御ソフトの集計結果	303
表 2.1.11 バイオマスエネルギー事業の 5W1H	148	表 2.3.1 熱需要変動への対応、ボイラーの導入規模に係る主な課題	305
表 2.1.12 廃棄物処理法の対象となり得る木質バイオマス原料	149	表 2.3.2 熱需要先の確保および導入先との合意形成に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	306
表 2.1.13 構想段階の事業性検討時に整理すべき事項	150	表 2.3.3 売電先の確保および系統接続に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	307
表 2.1.14 バイオマスエネルギー事業の関係者の役割の例	152	表 2.3.4 灰処理に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	307
表 2.1.15 簡易 FS および詳細 FS の実施事項の例	154	表 2.3.5 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	308
表 2.1.16 バイオマス利用システム全体の FS 段階におけるチェック項目	155	表 2.3.6 マイクログリッドの概要および対象範囲の整理例	311
表 2.1.17 バイオマス発電機の工事全体工程(例)	160	表 2.3.7 マイクログリッドに係る事業検討ステップの例	312
表 2.1.18 送電端 5MWクラスの主要な許認可申請手順(例)	160	表 2.3.8 バイオマスの地域熱供給の例	314
表 2.1.19 合意形成が必要な地域関係者の例	162	表 2.3.9 小型蒸気スクリーン発電機を導入効果の試算	316
表 2.1.20 初期費用の主な項目と見積り取得方法	167	表 2.3.10 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	317
表 2.1.21 調達および供給形態に応じた見積り対象設備	168	表 2.3.11 外断熱工事概算コスト	322
表 2.1.22 運用費の費目とその概算方法	169	表 2.3.12 断熱内窓設置工事概算コスト	322
表 2.1.23 外部資金調達手法の比較	179	表 2.3.13 熱供給形態別の把握すべき熱の性状	324
表 2.1.24 環境・エネルギー対策資金の概要	184	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	342
表 2.1.25 環境・エネルギー対策資金の主な貸付利率	185	表 2.3.15 バイオマス発電事業の実施において遵守する事項	345
表 2.1.26 ふるさと融資の概要	185	表 2.3.16 系統連系接続検討申請に必要な資料例	345
表 2.1.27 木質資源のエネルギー利用に係る各省庁の主な設備補助(2022年度)	188	表 2.3.17 FIT 事業計画認定申請情報	346
表 2.1.28 再生可能エネルギーの発電設備による証書・クレジット	190	表 2.3.18 出力制御に依ることが困難である場合	347
表 2.1.29 FS 終了時点の事業化判断のポイント	204	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	349
表 2.1.30 バイオマス利用システム全体の設計施工段階におけるチェック項目	214	表 2.3.20 バイオマス灰の粒度分布	352
表 2.1.31 事業主体の主要な組織形態	217	表 2.3.21 バイオマス灰の化学分析結果	352
表 2.1.32 バイオマス利用システム全体の運転段階におけるチェック項目	222	表 2.3.22 バイオマス灰に係る関係法令とその規制物質および濃度	353
表 2.1.33 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)	223	表 2.3.23 バイオマス熱風炉主灰	353
表 2.2.1 原料・燃料調達に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	225	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	356
表 2.2.2 原料・燃料供給側との認識の齟齬の例	226	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	358
表 2.2.3 燃料品質全体に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	227	表 2.4.3 バイオマスボイラーに関するヒアリング結果の概要	360
表 2.2.4 燃料の形状・サイズに係る主な課題と本ガイドラインの参照先	227	表 2.4.4 バイオマスボイラーが導入された施設の事業概要とボイラー仕様	360
表 2.2.5 燃料製造・加工設備の採算性に係る課題の例	228	表 2.4.5 蒸気供給バイオマスボイラー(1.5t/hのメーカーヒアリング結果)	361
表 2.2.6 バイオマス調達の構想段階におけるチェック項目	229	表 2.4.6 蒸気供給バイオマスボイラーの概算コスト	362
表 2.2.7 原料中の水分の把握方法	233	表 2.4.7 各燃焼炉の比較	364
表 2.2.8 国内のバイオマス資源の水分率の例	233	表 2.4.8 エネルギー変換設備毎の利用可能なバイオマス原料の例	367
表 2.2.9 木材資源の取引価格	235	表 2.4.9 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	369
表 2.2.10 バイオマス燃料化済の各木材資源に適する変換設備	237	表 2.4.10 バイオマス燃料・成分に対して必要な排ガス処理装置の例	377
表 2.2.11 広葉樹伐採システムに関する日報集計結果	241	表 2.4.11 日本とオーストリアの木質バイオマス設計の比較	381
表 2.2.12 広葉樹伐採システムに関する事業費内訳	242	表 2.4.12 熱供給対象施設の熱需要の想定	381
表 2.2.13 生産コスト比較例	244	表 2.4.13 熱供給対象施設の熱需要の想定	382
表 2.2.14 自社林からの林地残材調達量(15年間平均)	247	表 2.4.14 機器・メーカー選定時のポイント	383
表 2.2.15 バイオマス調達の FS 段階におけるチェック項目	249	表 2.4.15 ガス化プロセスおよび発電機の安定稼働のための要件	385
表 2.2.16 保安林の種類(17種)	256	表 2.4.16 タールによるトラブルの例	387
表 2.2.17 保安林の指定施業要件の主な基準	256	表 2.4.17 ガス化方式とタールの発生量	387
表 2.2.18 国立公園および国定公園区域内の制限	257	表 2.4.18 設備発注方式の種類	396
表 2.2.19 バーク原料の物性	259	表 2.4.19 実施設計発注段階で提示すべき仕様項目(ボイラーの場合)	398
表 2.2.20 枝葉チップおよび PKS の物性	260		
表 2.2.21 開発目標と達成状況	261		
表 2.2.22 バイオマス原料乾燥に用いられる乾燥装置タイプ	263		

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	402
表 2.4.21	契約時の性能保証事項.....	404
表 2.4.22	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	410
表 2.4.23	JFE 環境サービスにおける燃焼設備の概略仕様	418
表 2.4.24	JFE 環境サービス株式会社の実証設備の操業一覧	419
表 2.4.25	JFE 環境サービス株式会社の操業状況と熱収支計算例	419
表 2.4.26	非常事態に向けた措置例.....	423
表 2.4.27	異常、非常時の事象例とその対応策	425
表 2.4.28	メンテナンス体制別のメリット、デメリット	428
表 2.4.29	バイオマス発電所を含む火力発電所の規制概要、必要資格.....	429
表 2.4.30	ボイラー・タービン等の定期点検時期	430
表 2.4.31	燃料品質に起因するトラブルの例.....	435
表 2.4.32	燃料以外に起因するトラブルの例.....	435

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 段階では選別し、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。

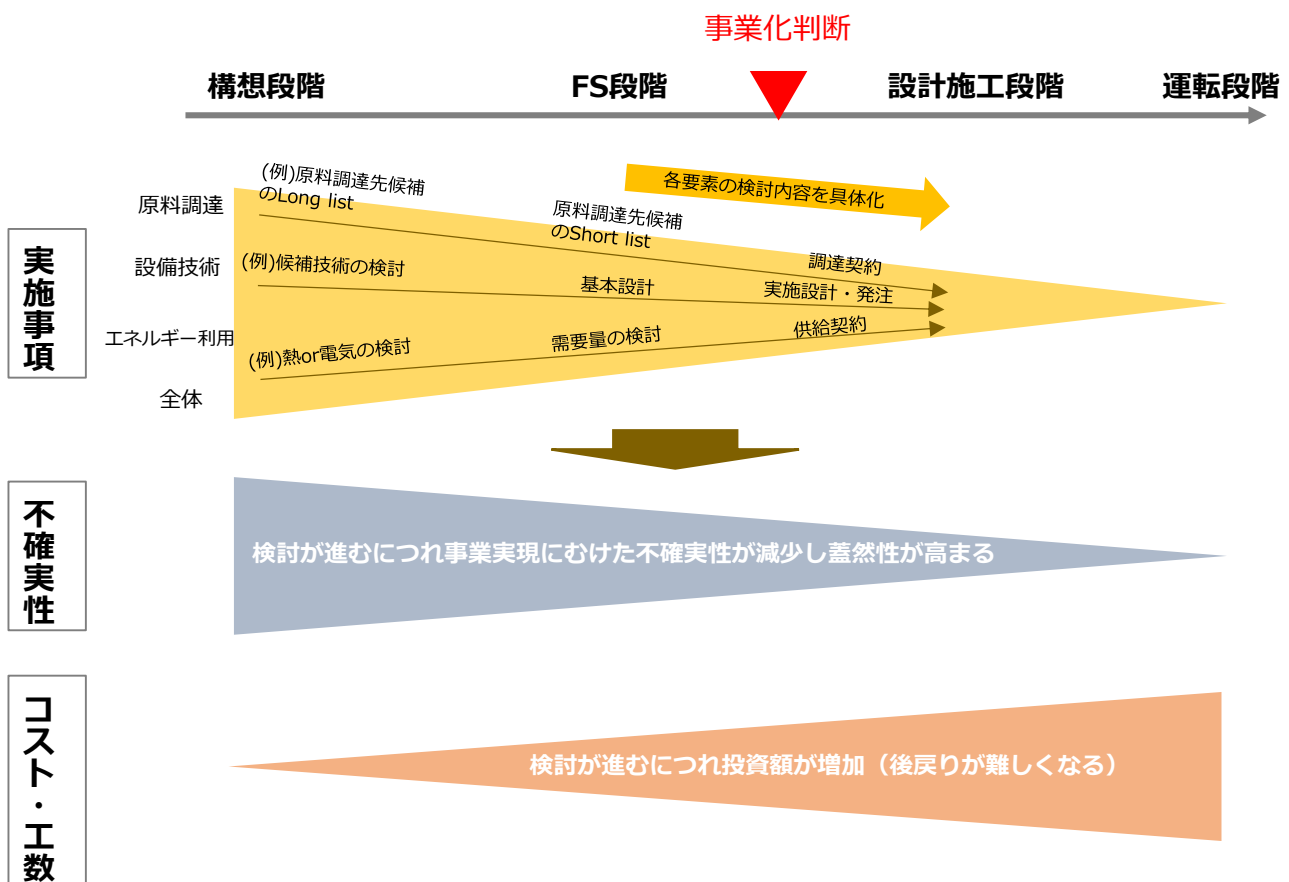


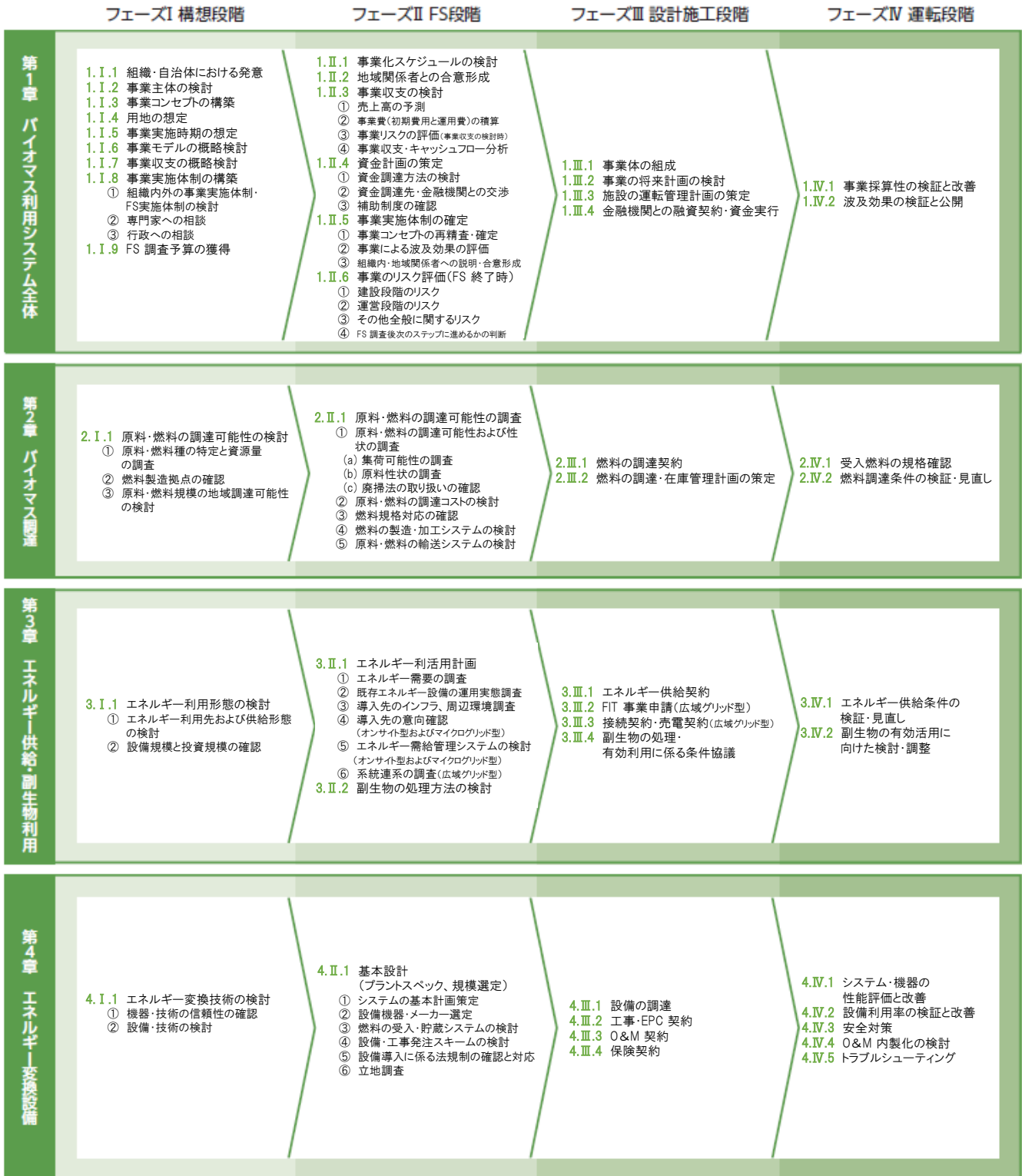
図 2.0.1 バイオマスエネルギー事業の検討の進め方のイメージ

(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

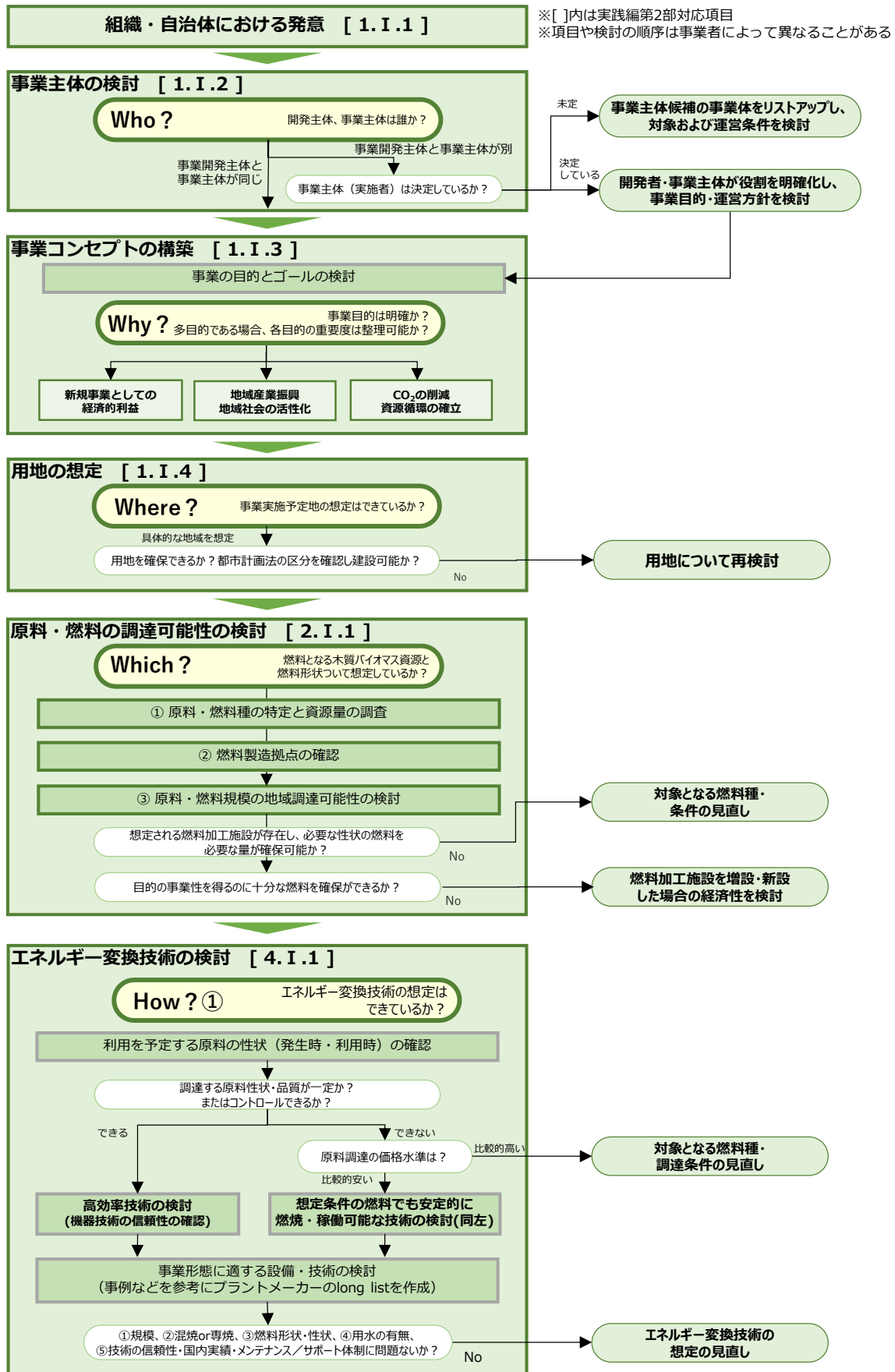
構想～運転段階までの実施事項の全体像

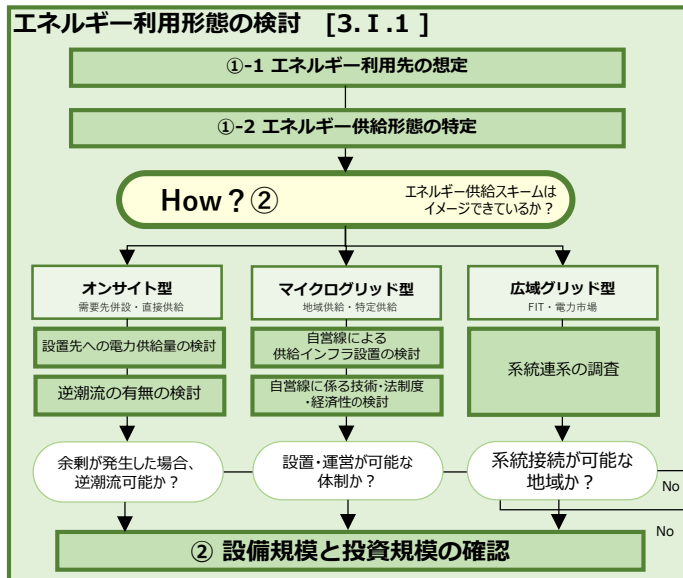
バイオマスエネルギー事業の構想から運転までの実施事項を示す。第2部1章～4章では、それぞれの実施事項に対する留意点や詳細情報、各種データ等を解説している。



構想段階の実施事項および意思決定の流れ【発電事業】

木質系バイオマスを利用した発電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。

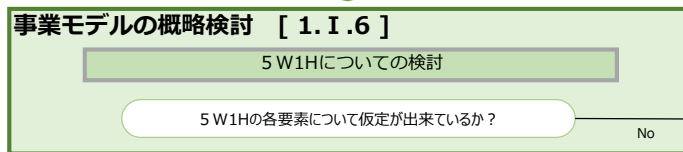
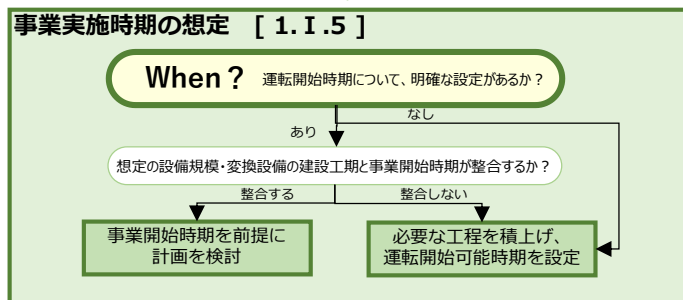




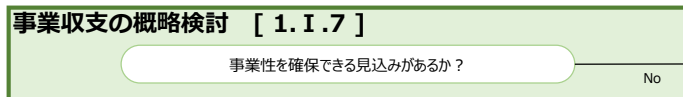
※ []内は実践編第2部対応項目
※項目や検討の順序は事業者によって異なることがある

立地の見直し

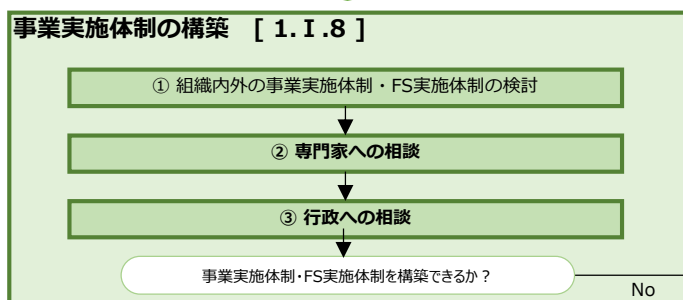
供給スキームの再検討



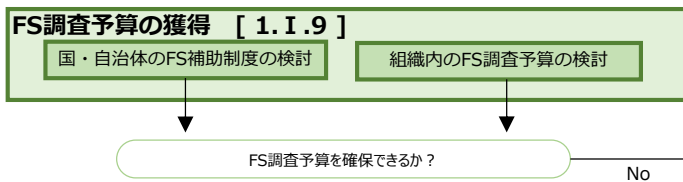
不足する要素について早期に検討する



事業モデルの見直し



実施体制の見直し

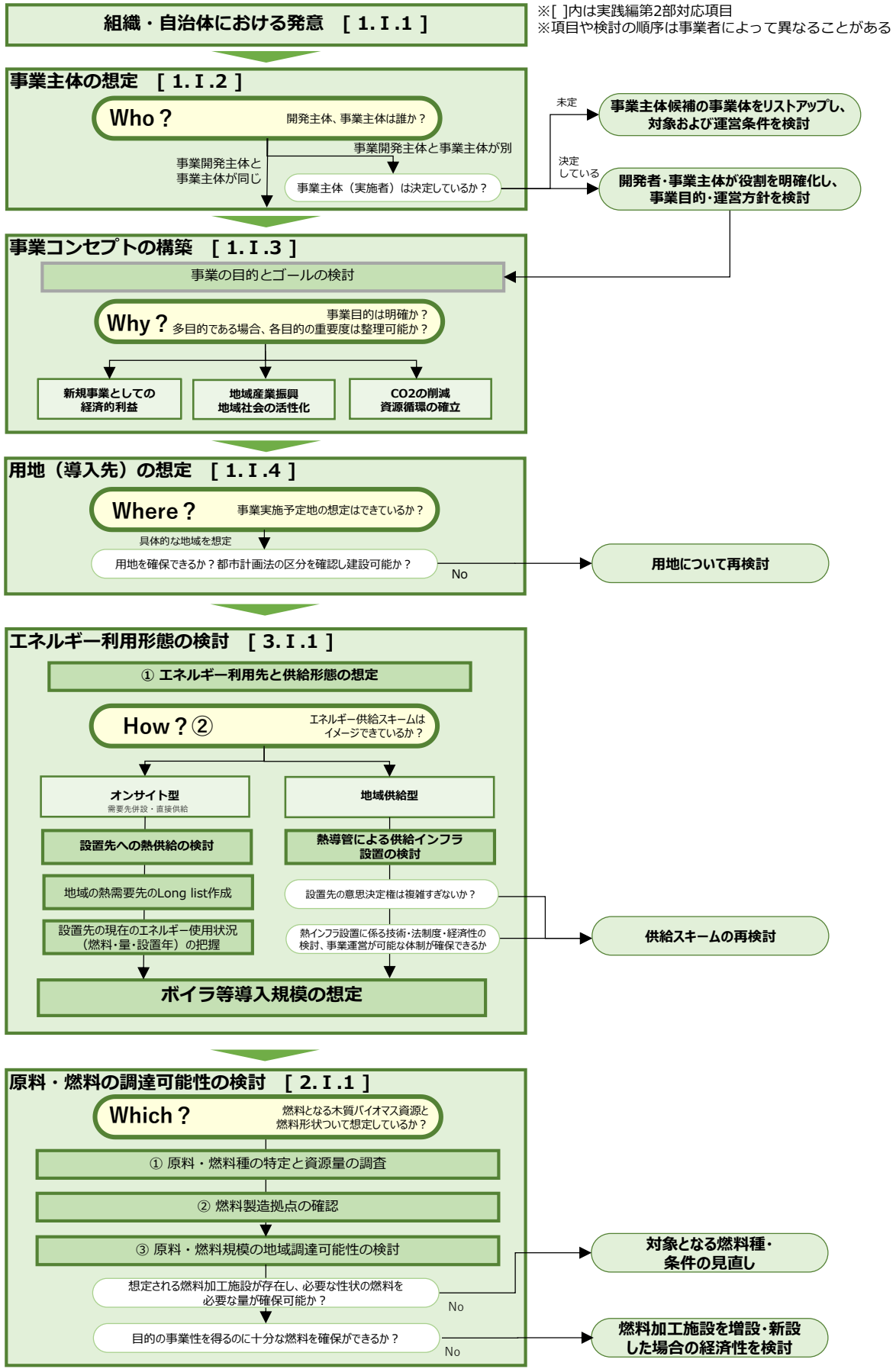


実施体制の見直し

FSの実施

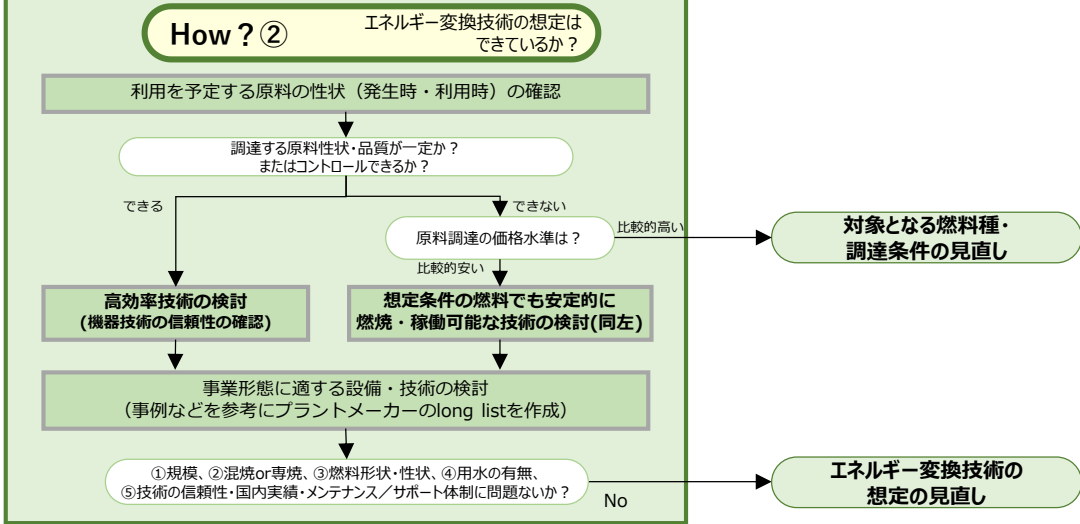
構想段階の実施事項および意思決定の流れ【熱利用事業】

木質系バイオマスを利用した熱利用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。

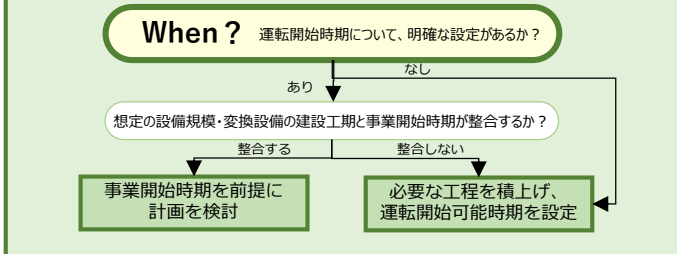


エネルギー変換技術の検討 [4. I. 1]

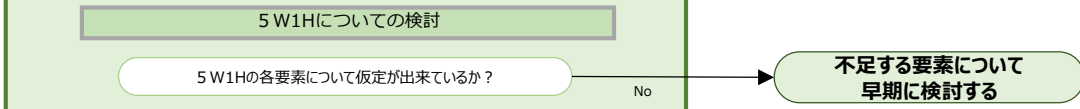
※[]内は実践編第2部対応項目
 ※項目や検討の順序は事業者によって異なることがある



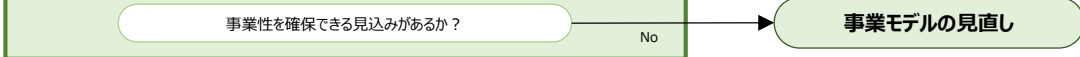
事業実施時期の想定 [1. I. 5]



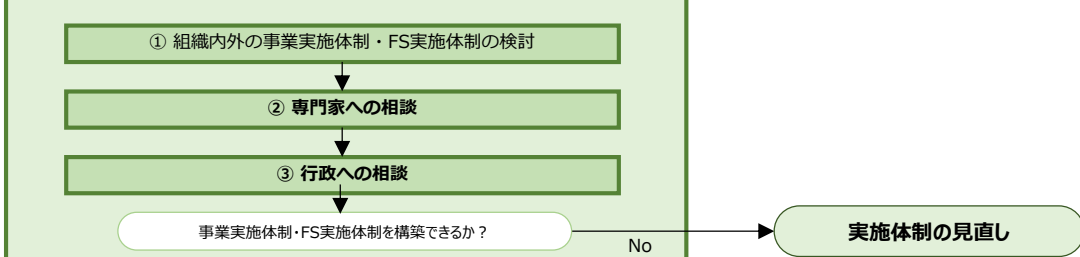
事業モデルの概略検討 [1. I. 6]



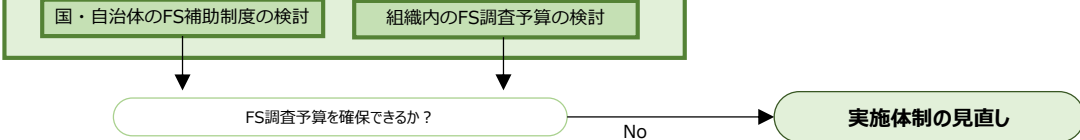
事業収支の概略検討 [1. I. 7]



事業実施体制の構築 [1. I. 8]



FS調査予算の獲得 [1. I. 9]

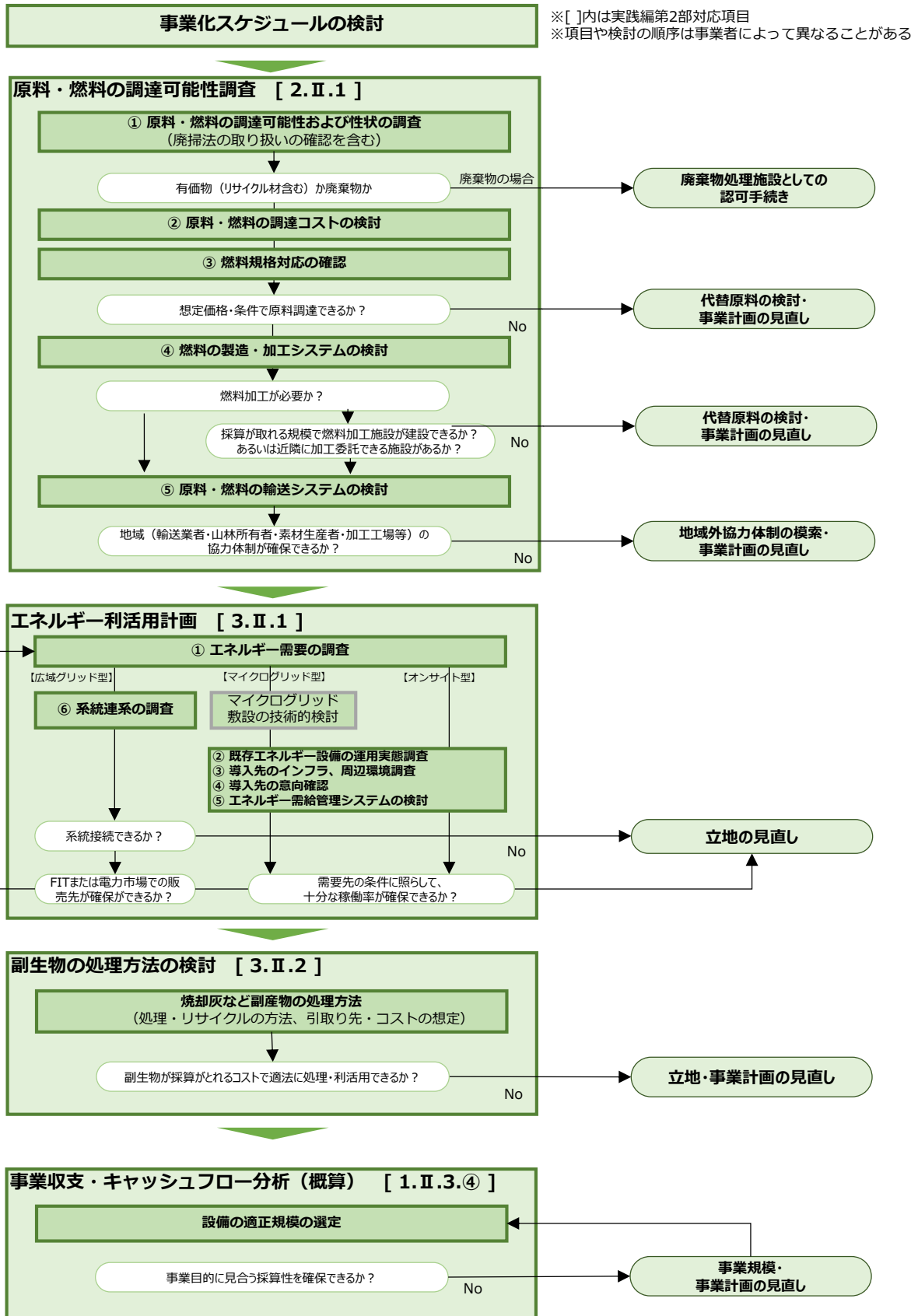


FSの実施

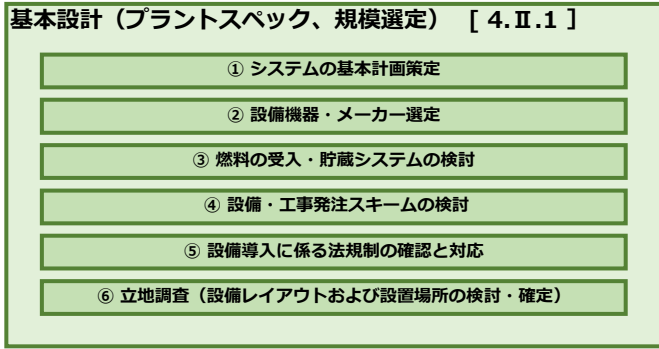
(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料

FS 段階の実施事項および意思決定の流れ【発電事業】

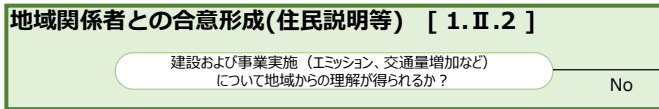
木質系バイオマスを利用した発電事業の構想段階において取り組むべき事項の全体像は以下のとおりである。項目や検討の順序は事業者によって異なることがあることに留意されたい。



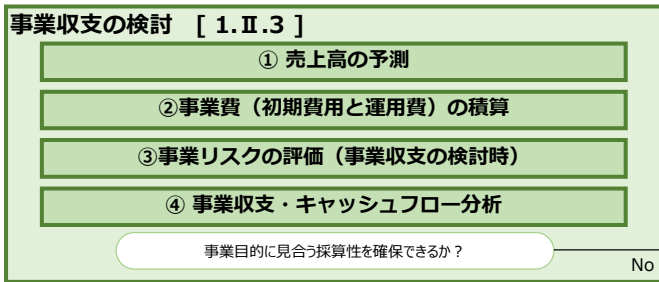
(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料



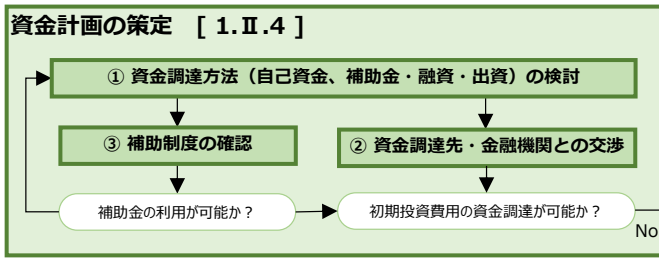
※[]内は実践編第2部対応項目
 ※項目や検討の順序は事業者によって異なることがある



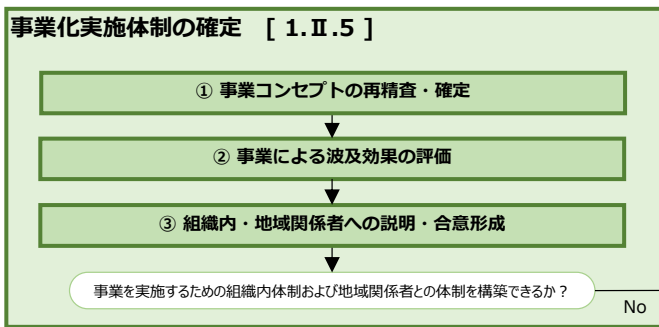
立地・事業計画の見直し



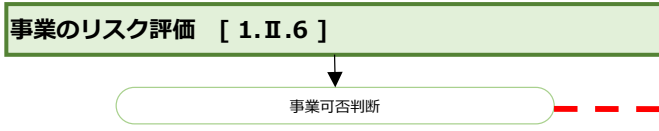
事業計画の見直し



事業計画の見直し



実施体制・事業計画の見直し



事業化（設計施工段階に進む）

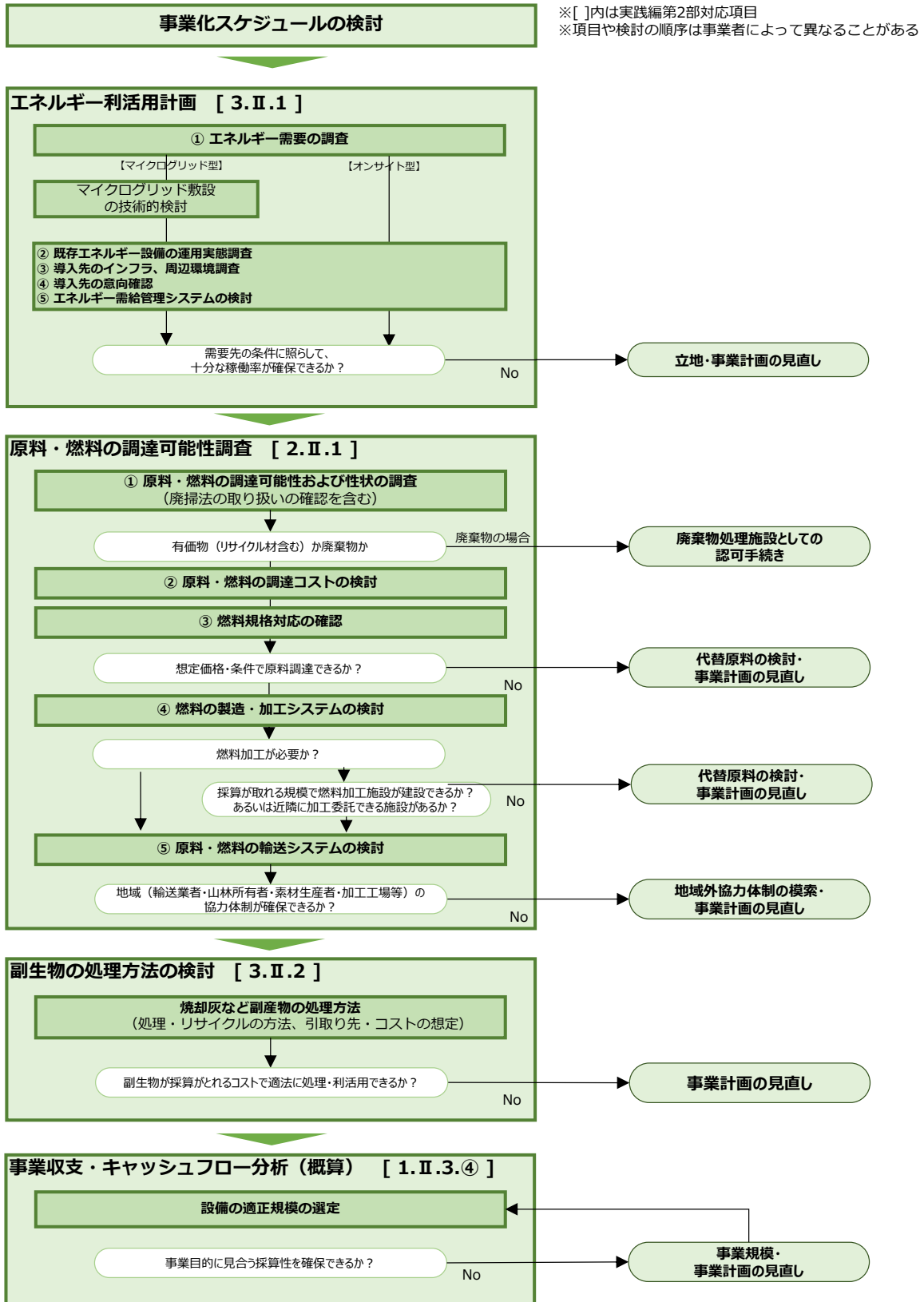
< FS終了時点の事業化判断のポイント >

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. 原料およびバイオマス燃料の調達ができるか？
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？

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料

FS 段階の実施事項および意思決定の流れ【熱利用事業】

木質系バイオマスを利用した熱利用事業の 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) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料

基本設計（プラントスペック、規模選定） [4. II. 1]

- ① システムの基本計画策定
- ② 設備機器・メーカー選定
- ③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討
- ④ 設備・工事発注スキームの検討
- ⑤ 設備導入に係る法規制の確認と対応
- ⑥ 立地調査（設備レイアウトおよび設置場所の検討・確定）

※[]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

地域関係者との合意形成(住民説明等) [1. II. 2]

建設および事業実施（エミッション、交通量増加など）
について地域からの理解が得られるか？

No

立地・事業計画の
見直し

事業収支の検討 [1. II. 3]

- ① 売上高の予測
- ② 事業費（初期費用と運用費）の積算
- 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

事業目的に見合う採算性を確保できるか？

No

事業計画の見直し

資金計画の策定 [1. II. 4]

① 資金調達方法（自己資金、補助金・融資・出資）の検討

③ 補助制度の確認

② 資金調達先・金融機関との交渉

補助金の利用が可能か？

初期投資費用の資金調達が可能か？

No

事業計画の見直し

事業化実施体制の確定 [1. II. 5]

① 事業コンセプトの再精査・確定

② 事業による波及効果の評価

③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成

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るか？

No

実施体制・事業計画の見直し

事業のリスク評価 [1. II. 6]

事業可否判断

事業化（設計施工段階に進む）

<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. 原料およびバイオマス燃料の調達ができるか？
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？

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料

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」

その1：適切な実施体制が構築できない

バイオマス事業は原料調達、燃料加工・供給、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。

また、「1.1.1 組織・自治体における発意」(130頁)で示すように、今後自治体の地域計画としてバイオマスエネルギーの導入が期待されており、官民の連携についても実施体制の重要な要素となる。具体的な事例と検討時の留意点は「1.1.2 事業主体の検討」(134頁)および第1章のコラム「自治体の地域計画としてのバイオマスエネルギー」(135頁)を参照されたい。

表 2.1.1 実施体制構築に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 事業主体が確立していない	⇒	<u>「1.1.2 事業主体の検討」(134頁)</u> 参照
● 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・利用までの主体は明確となっていない		
● 事業コンセプトが関係者間で共有されていない	⇒	<u>「1.1.3 事業コンセプトの構築」(140頁)</u> 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	⇒	<u>「1.1.8 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(151頁)、② 専門家への相談(152頁)、③ 行政への相談(153頁)</u> 参照
● 地元との合意形成ができていない	⇒	<u>「1.1.8 事業実施体制の構築」(151頁)、</u> <u>「1.1.5 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」(194頁)</u> 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「1.1.2 地域関係者との合意形成」(162頁)および「1.1.5 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」(194頁)を参照されたい。また、経済波及効果については「同②事業による波及効果の評価」(192頁)を参照されたい。

その2：資金調達ができない

バイオマスエネルギー事業は、事業内容によって数千万円～数億円、発電所建設の場合は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、バイオマス発電は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、プラント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.4 資金計画の策定 ② 資金調達先・金融機関との交渉**」(181頁)を参照されたい。その他、資金調達の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 資金調達に係る主な課題と本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.4 資金計画の策定 ① 資金調達方法の検討 」(178頁)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 事業体の組成 」(215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.4 資金計画の策定 ② 資金調達先・金融機関との交渉 」(181頁)参照
● 想定する補助制度が見つからない	⇒ 「 1.Ⅱ.4 資金計画の策定 ② 資金調達先・金融機関との交渉 」(181頁)、「 ③ 補助制度の確認 」(187頁)参照

なお、「**1.Ⅱ.4 資金計画の策定**」(142頁)にはFS 事業費や設備費の支援制度の他、カーボンオフセット制度も本項目に記載している。

その3：許認可や事業用地が確保できない

バイオマスエネルギー利用施設を新規に建設する場合、原料・燃料調達の安定性、エネルギー利用・供給先および必要インフラ、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.4 用地の想定**」(142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。また、近年発電に関して系統接続ができない（または追加コストがかかる）事例も報告されており、こうした建設候補地の系統接続の基礎事項についても同項目に記載している。

表 2.1.4 用地選定時に留意すべき項目の例

<ul style="list-style-type: none"> ● 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・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（高圧送電線からの距離、逆潮流および系統接続可否など）
--

その4：採算性が確保できない

バイオマスエネルギー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・燃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

<ul style="list-style-type: none"> ● 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.3 事業収支の検討④ 事業収支・キャッシュフロー分析 」（171頁） 参照
<ul style="list-style-type: none"> ● 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.3 事業収支の検討② 事業費（初期費用と運用費）の積算 」（166頁）、 ④ 事業収支・キャッシュフロー分析 」（171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。

その5：建設完了および安定運転ができない

上述のとおり、バイオマスエネルギー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・運転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プラントの不具合リスク

⇒ こうした課題に対し、「**1. II. 6 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（196 頁）**」ではこうしたリスクに対して対処方法を記載している。

また、バイオマスエネルギー設備は運転後も事業期間にわたり、原料・燃料、並びにエネルギー供給に関する安定的な「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や老朽化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燃料の量・価格・質が、事業期間中に変化するリスク、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）により、将来的な需要量に変化するリスク
- 化石燃料等の他のエネルギー価格との兼ね合いで供給価格が変化するリスク
- その他、自然災害等の不可抗力や税制等の制度変さらにかかるリスク

⇒ こうした課題に対し、「**1. II. 6 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（199 頁）、③その他全般に関するリスクとその対処方法の例（202 頁）**」では主要な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

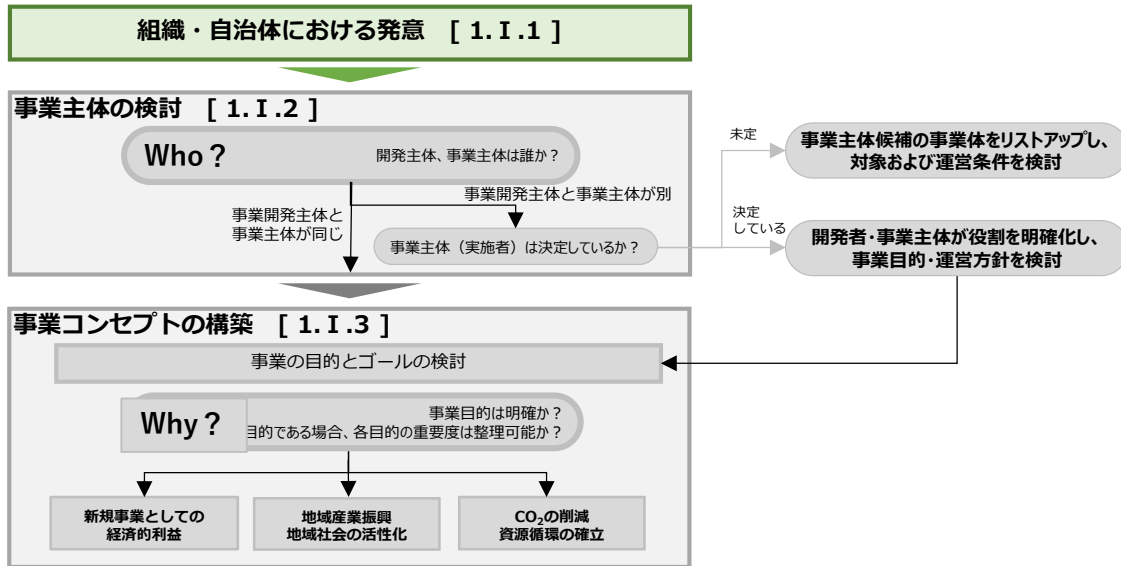
バイオマス利用全体の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.1.8 バイオマス利用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	組織・自治体における発意		
1. I . 2	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？ 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？	
1. I . 3	事業コンセプトの構築	事業の目的が整理できているか？また、それらを関係者と共有できているか？	
		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ようとする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？	
1. I . 4	用地の想定	地形、地質に問題はないことを確認したか？	
		開発が必要な用地であるのかを確認したか？	
		バイオマス燃料調達範囲、周辺環境、インフラを考慮した用地を想定できているか？	
		地主から購入可能かを確認したか？	
1. I . 5	事業実施時期の想定	事業実施時期は想定できているか？	
1. I . 6	事業モデルの概略検討	原料調達・加工、設備運転、エネルギー・副生物利用・処理までの実施者や拠点が想定できるか？	
		特別な許認可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？	
1. I . 7	事業収支の概略検討	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、エネルギー費低減など）	
1. I . 8	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	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	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？その上で行政の協力が得られそうか？	
1. I . 9	FS 調査の調査予算の獲得	国の補助メニューの活用を含め FS 予算を確保できるか？	

1. I. 1 組織・自治体における発意

事業検討の最初は地域の実情や社会的な潮流を踏まえ、バイオマスエネルギーを導入する意義や必要性を整理することから始める。第 1 部で述べたように、近年、日本を含む各国の政府および民間企業でカーボンニュートラルを目指す動きが活発化し、再生可能エネルギーやその他の脱炭素化技術の需要が急速に高まりつつある。中でもバイオマスエネルギーは脱炭素の重要な手段の一つとして注目されており、需要拡大に影響する主な潮流および要因について本項にて示す。



地方自治体における役割および需要

2012 年に開始された FIT 制度により、これまでは民間事業者主導で各再生可能エネルギーが拡大し、多くの場合、地方自治体はそれを支える立場として機能してきた。しかしながら、今後は地方自治体でも脱炭素対応に向けて、より積極的な再生可能エネルギーの導入が求められている可能性がある。

2021 年 3 月に「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¹。この中で地方公共団体実行計画に、脱炭素化施策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「地域脱炭素化促進事業」を促進するための計画・認定制度が創設されることになった。本施策により、市町村がこれらの目標達成のために民間企業と協力しながら再生可能エネルギーの導入を促進する動きが期待される。

また、同年 6 月には地域脱炭素ロードマップ²が公表された。この中でバイオマスは農山村地域の活性化や資源循環、再生可能エネルギー発電・熱利用の観点で重要なエネルギー源として位置づけられている。本ロードマップをもとに、環境省では 2030 年度までに民生部門（家庭部門および業務その他部門）の電力消費に伴う CO₂ 排出の実質ゼロ実現を目指す「脱炭素先行地域」を 100 箇所選定する方針を示している³。

地方自治体にとって、バイオマス利用は他の再生可能エネルギーにはない以下のような意義があり、今後の導入促進が期待されている。

¹ <http://www.env.go.jp/press/109218.html>

² https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/pdf/20210609_chiiki_roadmap.pdf

³ <https://www.env.go.jp/press/110359.html>にて「脱炭素先行地域づくりガイドブック」が公表されている。

＜地方自治体におけるバイオマスの導入意義の例＞

- ① バイオマス資源は全国のどの地域にも存在する
- ② 電気と熱の両方を生み出すことができる
- ③ 地域経済効果が大い
- ④ レジリエンスの観点で安定電源になり得る（国の重点項目に位置付けられている）
ブラックアウトを考えた場合、レジリエンス対応は蓄電池を具備した熱電併給装置は有望な選択肢となり得る

民間企業における需要

日本政府の脱炭素化目標と併せて、民間企業、特に産業セクターに属する大企業の間で 2050 年カーボンニュートラルを目指す動きが活発化している。これらの企業では CO₂ 発生量を削減するために、バイオマス発電を含む各種再生電力の調達や発電設備の導入に積極的に取り組んでいる。企業が調達する電力に関しては太陽光発電、風力発電、その他電力小売りの低炭素電力メニュー等の複数の選択肢が存在する。一方で、工場や事業所で利用する熱については、電力ほど多様な選択肢がなく、バイオマスは現時点で地域を問わず「再生熱」を供給可能な唯一に近い手段として注目されている。

さらに 2021 年 12 月時点では、省エネ法の改正案が経済産業省より提示され、非化石エネルギーの導入を促進する制度変更への方針が示された。このような企業の目標と法制度の影響により、これまで以上に石油ボイラーや天然ガスボイラーからバイオマスボイラーに切り替える需要が拡大するものと推察される。

民生部門においても CO₂ 削減や地域の農林業の活性化、資源循環の観点からバイオマス燃料の利用が注目されつつある。特に昨今は、世界的に重油価格や天然ガス価格の変動が激しく、施設運営の経済性に大きく影響している。バイオマス燃料は比較的価格が安定化しており、中長期の運営費の見通しが立ちやすい利点が存在する。さらに、化石燃料価格や電力価格が高騰した状況では特に、建物の熱をバイオマスで賄うことで、暖房に係る電力負荷を低減させることができるため、エネルギーコストを低減させるための手段としても注目されつつある。

発電の場合の「入口」の考え方

これまでは FIT 制度による売電事業がバイオマスエネルギー事業の中心であったが、第 1 部で述べたとおり、今後は系統売電の場合は FIP 制度を活用した事業、すなわち電力市場を意識した発電事業への転換が求められている。

また、上述のとおり、企業の脱炭素化に向けた対応として、主に製材、製紙等の木材関連産業では自社の事業所または工場向けのオンサイトでの自家消費電力の需要も拡大しつつある。

このように、バイオマス電力の目的が売電収益なのか、自家消費なのかによって発電規模や求められる事業性も異なる。売電事業の場合は、2023 年度には FIT から FIP に移行するための見直しが行われる見込みであり、制度変更リスクおよび事業実施スケジュール上のリスクも課題となる。また、第 1 部記載のノンファーム型接続をはじめとする電力システムの制度とともに、系統接続の可否も課題となる。最後に、第 2 部 2 章で詳述するように通常の売電事業の発電規模（2MW 以上）では毎年数万トン以上のバイオマス燃料を確保する必要があり、大規模であるほど燃料の安定調達の課題も依然として存在する。

熱電併給の場合の「入口」の考え方

上述のような事業環境の変化により、今後はこれまでのような発電のみの大規模なバイオマス利用事業ではなく、地域に根差した熱電併給型の小規模事業が拡大していくことが見込まれる。これまで FIT 制度下では、ガス化発電設備等による小規模熱電併給が行われてきたが、売電収益を最大化する観点から電力に重きが置かれ熱利用はサブ的な扱いであった。今後、電力市場や需要家の電力価格に適合した売電に移行する中で、熱供給を前提に需要を確保し、その上で発電量を決定する形の熱

電供給事業が普及することが望まれる。実際、一部の地域では既に病院等の民生部門の熱需要を賄うためにガス化発電設備が導入され、FIT ではなく自家発電としてバイオマス電力が活用され始めている。

熱利用事業の場合の「入口」の考え方

事業所やバイオマス熱利用についても昨今の脱炭素化の流れを受けて、企業の事業所や工場、公共施設において化石燃料ボイラーからバイオマスボイラーへの転換が進んでいく可能性がある。また、上述の温暖化対策推進法の改正を受けて、自治体主導で熱分野の脱炭素化に向けて民間企業のバイオマス利用の取組を推進する可能性もある。

熱利用は電力と異なりオンサイトでのバイオマスボイラーの設置、利用が基本となるが、その際地域内外からどのように燃料を調達できるかが事業の鍵となる。地域内にチップやペレットのサプライヤーが存在することが望ましいが、現状近隣にこのような燃料生産施設が存在しないケースも多い。そのような場合は新たに地域内にチップ（またはペレット）生産施設を導入する、あるいは広域連携を図ることも考えられる。新設する場合は、燃料生産の効率性および経済性の観点から一定の生産規模であることが求められるため、単一の需要家だけをターゲットとするのではなく、地域内の複数の需要家に向けて「面的」に供給するモデルを構築することが望ましい。「面的」なバイオマス利用モデルの構築のためには、自治体をはじめ地域の資源や熱需要を俯瞰的に見ることのできる主体により、需要と供給のマッチングを行うとともに、面的な需要拡大に向けて「バイオマス利用の意義」を適切に訴え合意形成を図ることが重要である。

表 2.1.9 需要家別のバイオマスエネルギーの導入モデルのイメージ

事業主体	導入目的	原料・燃料の種類	年間燃料利用規模 (チップの場合)	温水ボイラー	蒸気ボイラー	ガス化 (熱電併給)	ORC (熱電併給)	BTG (熱電併給)	BTG (発電のみ)
事務所・病院 公共施設	エネルギーコストの低減・安定化	チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)	～5百トン／年	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	—	—	—
宿泊施設 温浴施設	エネルギーコストの低減・安定化	チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)	～5百トン／年	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	—	—	—
工場 (小規模)	省エネ法への対応	チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)	数百トン～5千トン／年	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	—	—	—
工場(中～大規模)	省エネ法への対応 企業の脱炭素目標への対応、 工場残渣の有効活用	チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)パーク、	3千トン～数万トン／年	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費
国産材中小規模発電所		チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)パーク	1万～10万トン／年	—	—	○ (FIT/FIP)	○ (FIT/FIP)	○ (FIT/FIP)	○ (FIT/FIP)
輸入材大型発電所		ペレット、パーム残渣など	数十万トン／年以上	—	—	—	—	○ (FIT/FIP)	○ (FIT/FIP)

(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

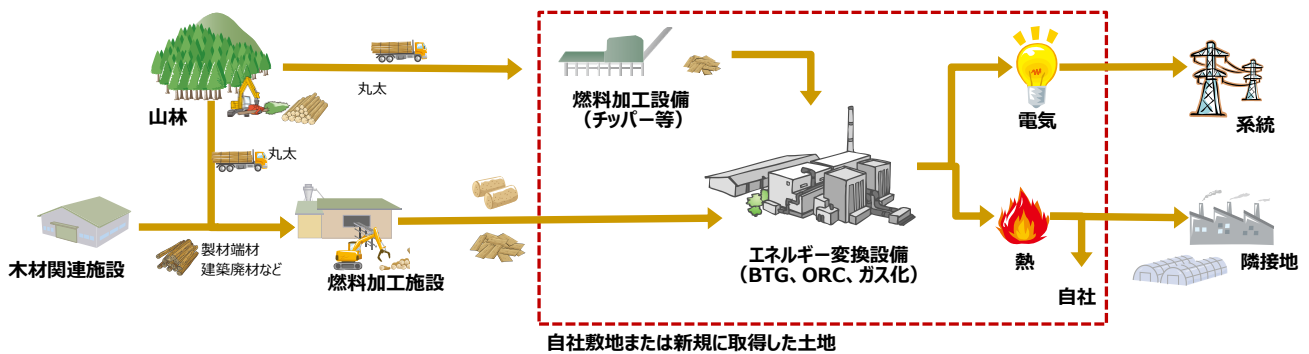
木質バイオマスの事業モデルの例

木質バイオマスエネルギー事業は発電と熱利用、燃料供給の3つのモデルに大別される。事業者自身や地域の特性に合わせて無理のない持続可能なモデルを選択することが重要となる。

(1) 発電・熱電供給

地域から調達したバイオマス燃料を発電し、電力および熱を外部供給、または自家消費する事業モデルである。

原料・燃料調達	地域内外の燃料供給業者からチップやペレットを調達する。または、業者を経由せずに森林未利用材や廃材などの原料を調達し、自ら燃料加工を行う。	
エネルギー変換設備	主にボイラー・タービン発電設備(以下、BTG)、有機ランキンサイクル(Organic Rankine Cycle:ORC)、ガス化の3種類があり、発電および熱利用規模、原料・燃料によって適性が異なる。	
エネルギー供給・利用	発電した電力は系統を通じて電力会社に売電、または自家消費する。発電設備から得られた廃熱由来の温水を自家消費または隣接地域に販売することもある。	
全体	立地	自社の敷地で実施、または規模が大きい場合は新規に土地を取得し発電所を建設する。
	事業主体	企業1社が発電施設を運営する場合もあれば、地域の原料・燃料関係者やエネルギー需要先、自治体などの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。

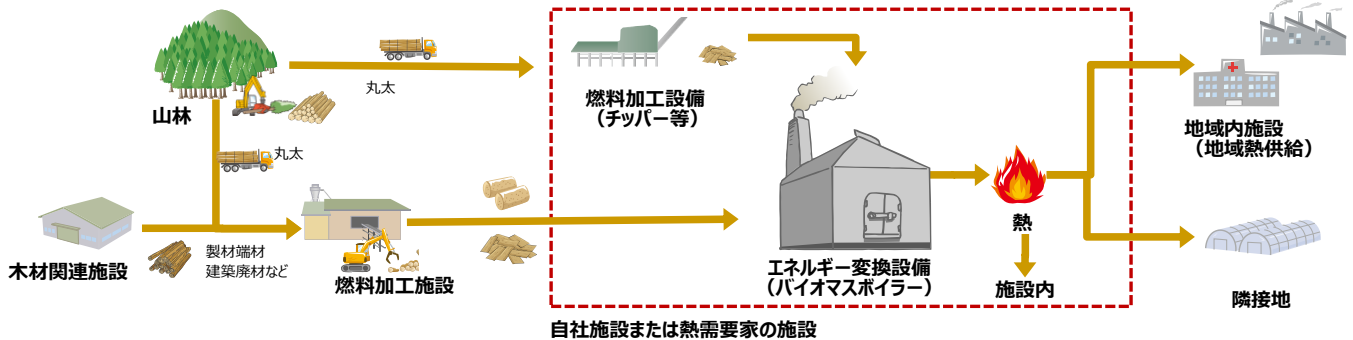


(2) 熱利用

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外部供給する事業モデルである。

原料・燃料調達	地域内のバイオマス燃料供給業者からチップやペレットを調達する。または、自社で発生する原料からチップやペレットを生産する。	
エネルギー変換設備	バイオマスボイラーを通じて熱を生産する。燃料中の水分や性状により利用できる設備が異なる。	
エネルギー供給・利用	バイオマスボイラーから温水、蒸気、熱風を生み出し自家消費または隣接地への外部供給を行う。既存の重油ボイラー等の化石燃料に代替して導入することも多い。	
全体	立地	事業主体が保有する施設または、地域内のバイオマス熱需要のある施設でボイラーを導入する。
	事業主体	自社が燃料調達からバイオマスボイラーの運営まですべて実施するパターンもあれば、専門スキルを有する主体が発意し、熱需要のある施設(公共施設や温浴施設、工場等)にバイオマスボイラーを導入するパターンもある。後者については ESCO 事業(※)としてエネルギーサービス会社が地域内の複数の需要家へのバイオマスボイラーの導入、熱供給を行う場合もある。

※ESCO とは Energy Service Company の略であり、顧客の光熱水費等の経費削減を行い、削減実績から対価を得るビジネス形態のこと

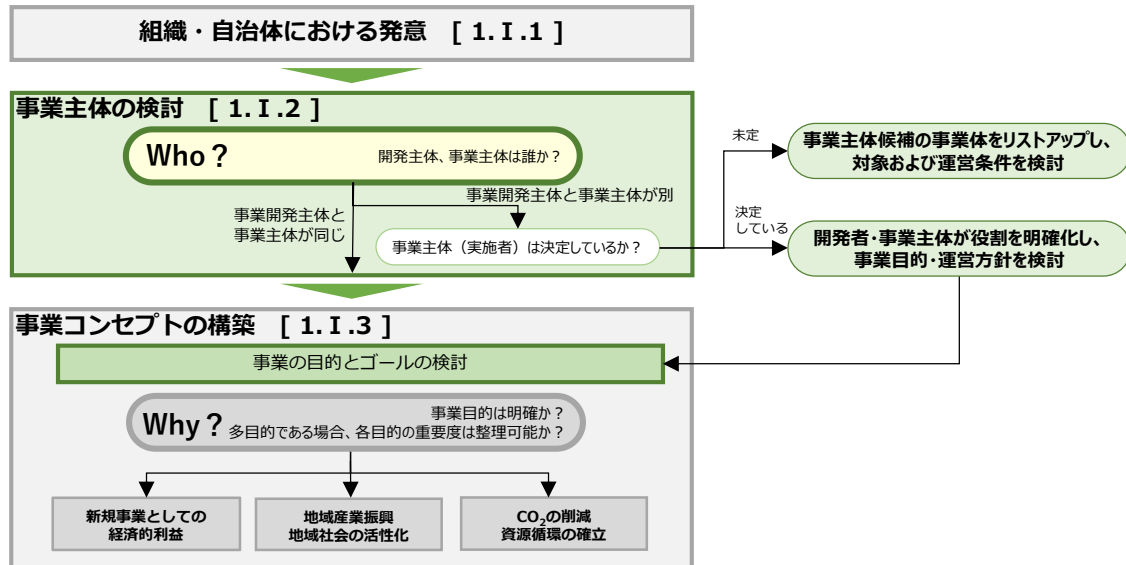


(3) 燃料供給

地域から原料を調達しチップまたはペレットの生産を行い、バイオマス利用施設に供給する。

1.1.2 事業主体の検討

バイオマスエネルギー事業の検討を開始するにあたり、まずは計画主体・事業主体を明確化する。多くの民間事業のように事業計画主体と事業主体が同じであれば「[1.1.3 事業コンセプトの構築](#)」(140 頁)のステップに進むことができる。一方、自治体の発意するケースのように、計画主体と実際に事業を行う主体が異なる場合もある。その場合は自治体側で事業主体となりうる事業体をリストアップしたうえで、目指す施設・設備の運営条件を検討する。事業主体が決定していれば、計画主体・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？

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。特に自治体事業の場合に多くみられる。

事業主体の検討のステップでは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**が**明確**になっているかを必ず確認する。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？（中心的な担当者や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。実施体制構築の詳細は「[1.1.8① 組織内外の事業実施体制・FS実施体制の検討](#)」(151 頁)を参照されたい。

コラム：自治体の地域計画としてのバイオマスエネルギー

地域でバイオマスエネルギーの導入を進める上で、個別の設備導入に留まらず、地域における面的導入といったマクロの視点をもって進めていくことも重要である。バイオマスエネルギーならではの多様な主体の連携の必要性や取組の公益性、波及性も踏まえると、自治体が地域計画としてビジョンやロードマップを描き、また地域のファシリテーター役を担いながら進めていくようなアプローチも求められる。

長崎県対馬市では、地元自治体の対馬市役所が主導し、地域計画を描き、その実行に向けた取組を進めている。地域における取組を推進するにあたり、森林・林業関係団体、行政、専門家を構成員とした「対馬市木質バイオマス利用推進協議会」を設置し、FS調査も交えながら地域における方向性について協議を重ねた。協議会での協議の結果をもとに対馬市では「対馬市木質バイオマスエネルギー導入計画」を策定し、ビジョンやシナリオ、具体的なアクションプラン、ロードマップを取りまとめた。

導入コンセプトの一つとして、「官民連携でのESCO型エネルギーサービスによる木質バイオマス熱利用の自立的普及」を掲げており、地域エネルギー会社がESCOに倣ったスキームでバイオマスボイラを活用した熱供給サービスを市内で展開し、木質バイオマス熱利用をビジネスベースで普及・展開させていくための中期シナリオを取りまとめた。シナリオの第一フェーズでは市営の温浴施設・プールにおけるパイロット事業を掲げ、その検証を踏まえた第二フェーズでは市内の公共施設への水平展開、第三フェーズでは民間施設を対象に広げ、さらに熱電併給の可能性も含めた展開の絵を描いている。また取組が広がった際の地域全体への効果についても定量化し、庁内、地域からの理解醸成に努めた。さらに協議会では計画策定と並行して、関係者の合意形成や幅広く市民からの理解を広げるための市民向けのシンポジウムも開催し、地域一帯で取り組む機運醸成と具体化に向けた実行体制づくりに取り組んだ。

策定した計画に基づき、パイロットプロジェクトとして市営施設の湯多里ランドつしまにおいて地元林産業を中心にエネルギー会社の「株式会社エネルギーエージェンシーつしま」によるESCO型サービスの事業化が進められており、その後の計画の実現に向けた取組も官民一体で進められている。

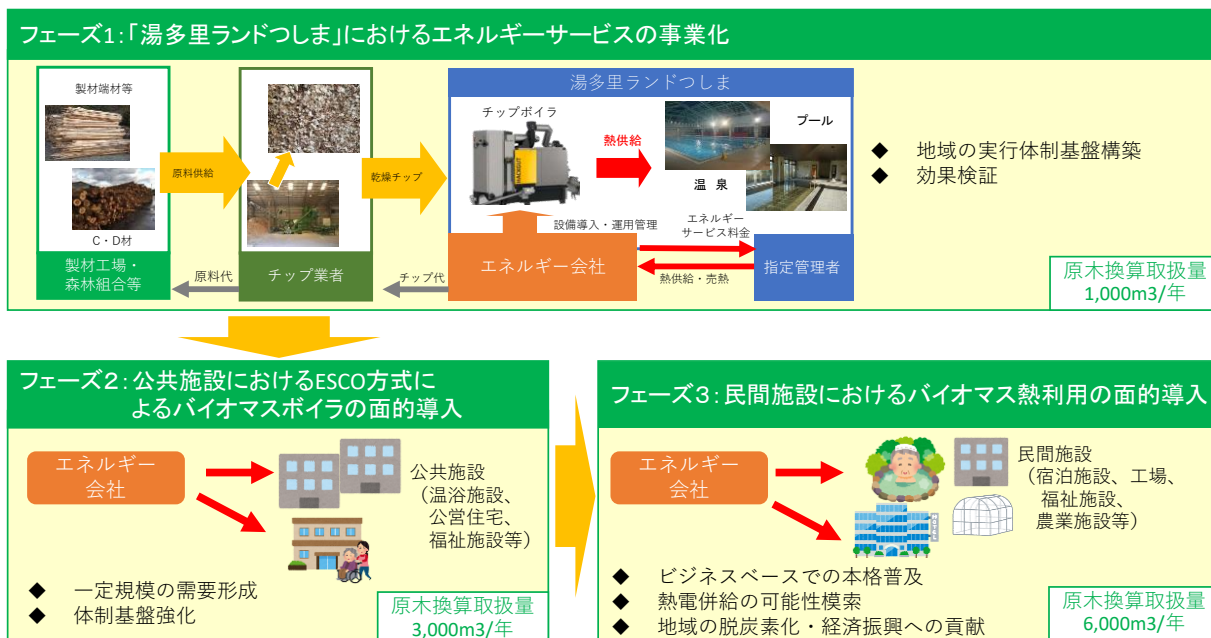


図 2.1.1 対馬市における木質バイオマスエネルギー面的導入の中期シナリオ

(出典) 対馬市資料をもとに株式会社バイオマスアグリゲーション作成

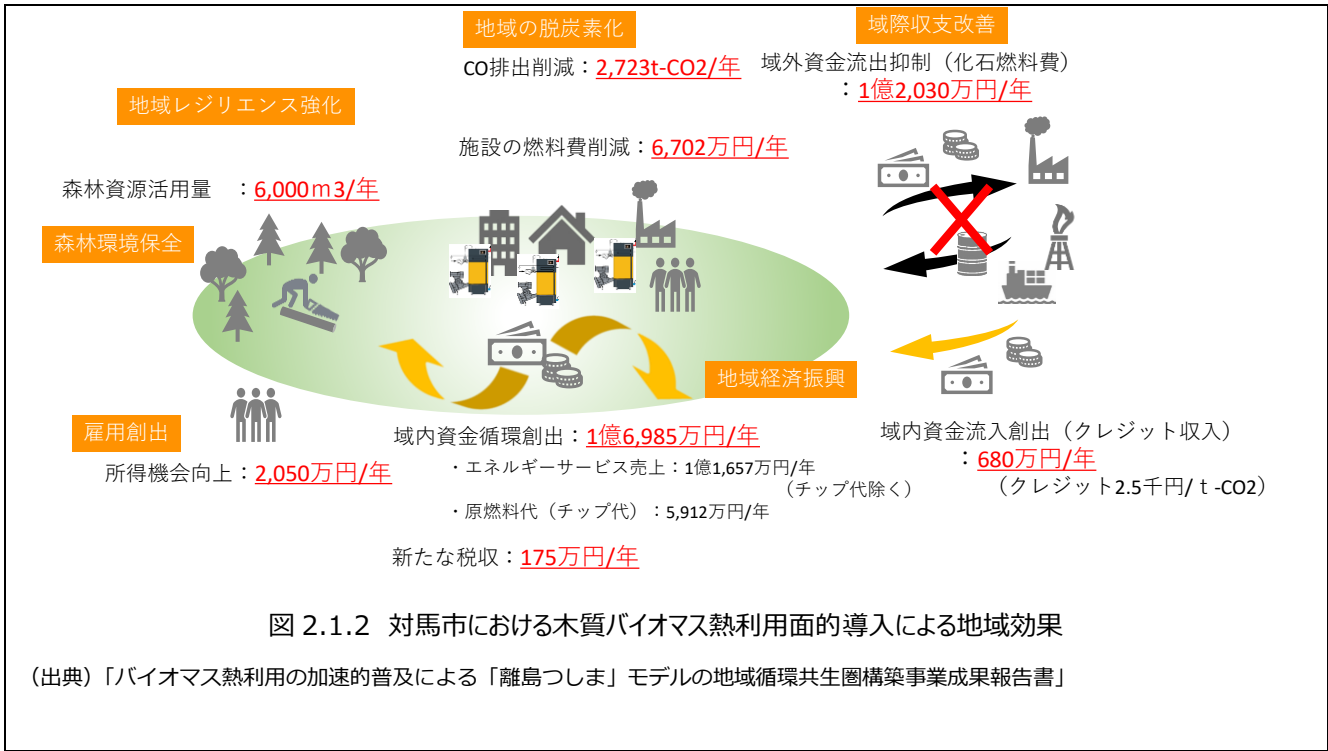


図 2.1.2 対馬市における木質バイオマス熱利用面的導入による地域効果

（出典）「バイオマス熱利用の加速的普及による「離島つしま」モデルの地域循環共生圏構築事業成果報告書」

□ 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**は中心
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
4。

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、運転管理費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。

バイオマスエネルギー設備を導入する主体と事業を計画する主体が異なる場合（ESCO 事業など）は、燃料の調達先、設
備の運営・メンテナンス体制などを含めた事業の運営体制を想定する必要がある。エネルギーの販売先として想定される地域の
需要家に対する ESCO 事業への理解を作っていくことも望まれる。

なお、**誰がバイオマスエネルギー事業の実施主体となるのか、どこから原料および燃料を調達するのか、どこにエネルギーを供
給するのか**、といった具体的な事業実施体制の検討は FS 段階で実施するが、構想段階でもある程度の想定をしておくことが望
ましい。

4 バイオマス発電設備およびボイラーの運転に係る資格は「4.IV.4 O&M 内製化の検討」（293 頁）を参照。

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場合は除き、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際に、それらの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、金融機関は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る傾向がある。そのため、収支計画を作った段階で相談に行くケースが多いが、以下のような理由で、**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。**

特に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、例えば特別目的会社（SPC）⁵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。

なお、プロジェクトファイナンス⁶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と考える事業者も存在するが、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十分に検討が進んでいない段階であることを理由に、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。

上述のような資金調達および事業体の組成、金融機関との交渉に関する詳細は「**1. II. 4 資金計画の策定 ① 資金調達方法の検討（178 頁）**」、「**② 資金調達先・金融機関との交渉（181 頁）**」、「**1. III. 1 事業体の組成（215 頁）**」を参照されたい。

□ 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出来ているか？

特に**小型バイオマス発電事業の場合**に多く見られる事例として、バイオマス事業になじみのない投資家が設備を建設して操業した結果、安定運転できずに事業が頓挫することがある。これは発電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、**バイオマスガス化発電に素人に近い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。

より具体的には**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が原因**であり、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ケースが多い。

バイオマスエネルギー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、**バイオマスエネルギー分野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。

⁵ SPC などの事業体の詳細については「1. III. 1 事業体の組成（92 頁）」を参照。

⁶ プロジェクトファイナンスなどの資金調達に係る詳細は「1. II. 4 資金計画の策定（63 頁）」を参照。

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、必要なら事業者の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は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、責任者が木材供給業者、木材加工メーカー、発電設備メーカー、土木建築業者、EPC メーカーなどの**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。

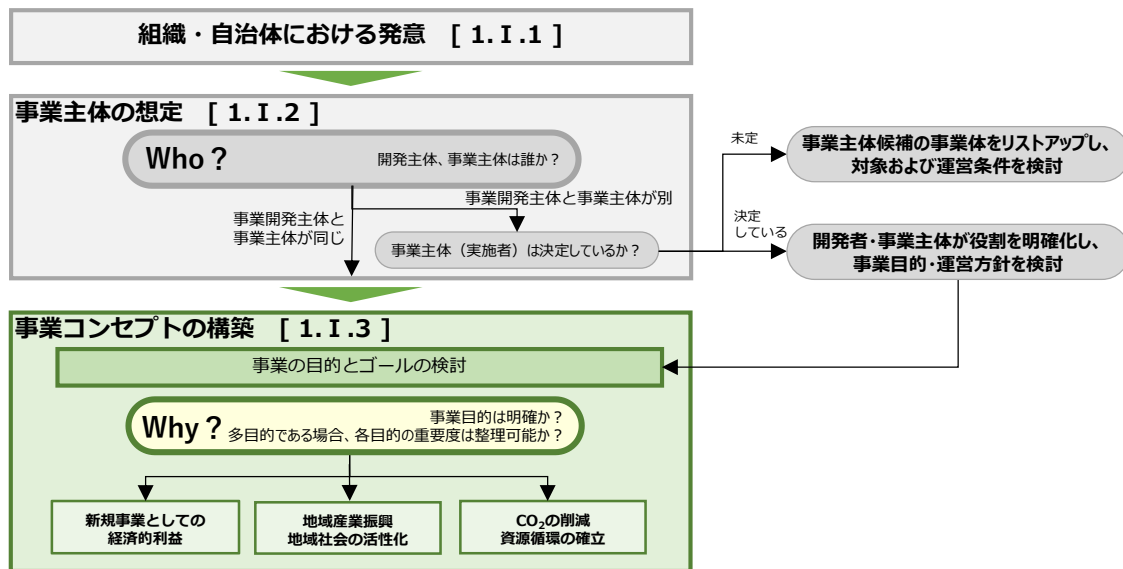
一般的に**数百 kW に満たない小型発電事業であっても、地元調整、バイオマス燃料調整、行政との調整、各種届出、メーカー指示対応など複数の項目を網羅してマネジメントする必要**がある。

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社外の専門家であり、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。

1.1.3 事業コンセプトの構築

「事業主体の想定」の次のステップとして、「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。一般的には、「新規事業としての経済的利益を得たい」、「地域産業振興および地域社会を活性化させたい」、「CO₂の削減および資源循環の確立を図りたい」などが挙げられる。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必要である。



□ 事業の目的が整理できているか？また、それらを関係者と共有できているか？

事業目的が整理できていないと事業計画の具体化の際に適切な選択がなされずに、バイオマスを利用しても事業者や地域が期待するメリットが得られない、または課題解決が果たせないことに繋がる。また、関係者に対して事業目的を共有できていないと、例えば原料調達等の際に必要な協力が得られない等、事業の存続に影響することもある。

加えて、関係者間でバイオマスを利用する目的（利用したい資源、解決したい地域課題、許容可能な収益水準など）に乖離があると、事業化決定後や運転段階に関係者間でトラブルが生じることもある。

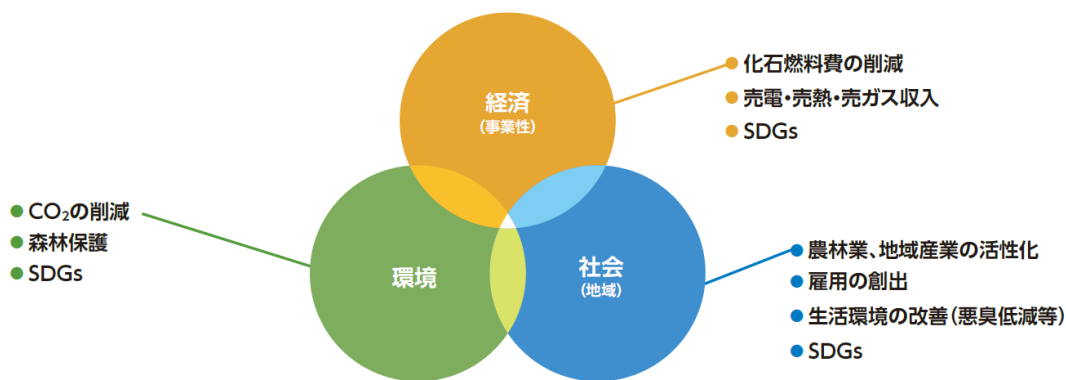


図 2.1.3 バイオマスエネルギー事業の3つの意義

(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、稼働後に原料・燃料調達を含む関係者の協力が得られず頓挫した事例が少なからず存在する。

バイオマスを利用すること自体は「目的」ではなく、事業者や地域の課題を解決する「手段」であることを理解し、実施意義を事業者自ら整理することが必要である。

木質バイオマスエネルギーの技術・機器の詳細は「[4.I.1 エネルギー変換技術の検討](#)」(359 頁) および「[4.II.1 基本設計](#)」(372 頁) を参照されたい。

□ 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？

バイオマスエネルギー設備の稼働後、原料の輸送車両の往来や景観上の問題、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である。その他、製紙用チップや既存の木材関連業者とも原料調達の棲み分けを明確にし協力関係を築かないと事業計画に反対を受け、トラブルに発展することもある。

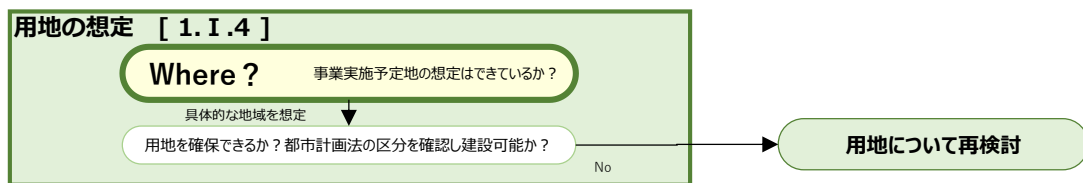
適切な事業実施体制の考え方等については「[1.I.8 事業実施体制の構築](#)」(151 頁) を参照されたい。

1.1.4 用地の想定

事業コンセプトを明確化した次のステップとして、事業を実施するための用地を検討する。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**は、原料・燃料およびエネルギー利用の検討に進む。

一方で、**新たに発電所や熱利用施設を建設する場合**は、対象とする地域で確保可能な用地を検討する。構想段階初期で必ずしも明確に定める必要はないが、検討の際は候補となる用地の都市計画法等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。

なお、**熱利用事業の場合**は、熱需要の有無が事業実現可否を決めるため、早期に用地を検討することが望ましい。



地形、地質に問題はないことを確認したか？

開発が必要な用地であるのかを確認したか？

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もある。

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**が掘られてあっ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。その場合、**ボーリング調査による地耐力評価に加え、より懸念される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もある。

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。

自然条件および災害リスクの考慮

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（県・市町村）が提示しているハザードマップで確認が可能である。そのため、計画の早い段階で確認をしておくことが望ましい。

□ バイオマス燃料調達範囲、周辺環境、インフラを考慮した用地を想定できているか？

用地選定の際には、施設へのアクセス道路が狭くて離合が困難である場合や、近隣に住居や学校、病院がある場合は、搬入の頻度や時間帯を考慮する必要がある。

バイオマス燃料調達距離および周辺インフラの確認

燃料調達は原木の運搬コストを考えると半径 50km 以内というのが一般的な目安となっている。FIT 売電による事業を考えると、20 年間継続的かつ安定的に収材するためには、無理のある収材計画は事業の安定性を脅かす原因となる。道路状況によっては、この距離はさらに短く設定する必要がある。

例えば 2MW のバイオマス発電プラントでは、日量 60～100 トン程度の木材を必要とするため、定期的な搬入スケジュールであれば、10 トン車が 6～10 台出入りすることになる。施設へのアクセス道路が狭くて離合が困難である場合や、近隣に住居や学校、病院がある場合や、搬入の頻度や時間帯を考慮する必要がある。

また、設備で必要な水や電気の確保ができるか、水使用後の水処理や排水は問題なく行えるかについても確認を行う。

その他、最近のバイオマス発電やバイオマスボイラーはインターネットによる遠隔モニタリング対応となっているため、インターネット通信のインフラ敷設の可否やコストも考慮しておくとい。

地域住民への影響の考慮

候補地が住宅地と近い場合は騒音・振動・粉塵・臭気などが原因となるトラブルも生じかねないので、早い段階から行政に相談し行政からの助言も仰ぎながら、地域住民に対する住民説明会などを通じて合意を得ておくことである。自然災害のリスクがなく、安定的に燃料調達が可能で、行政や住民からの合意が得られる見込みが立った後、計画地の絞り込みや地権者との協議を始めても遅くない。

インフラの考慮

特に、元々所有する土地がある場合や既に用地候補がある場合は周辺のインフラについても考慮する必要がある。発電事業の場合、特に最近では高圧送電線からの距離が遠く送配電事業者に支払う連系負担金が高額になるケースが多いため留意が必要である。その他、幹線道路から遠く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増大したケースも見られる。

逆潮流および系統接続可否の確認

系統接続においては、2MW 以上の発電規模では特別高圧線（22kV 以上）、50kW 以上 2MW 未満では高圧線（6.6kV）に連系することが定められている⁷。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

⁷基本的に電気の運搬は電圧が高いほどロスが少なくなるため、高圧な系統ほど長距離輸送に適しており、国内の上位 2 系統は基幹系統と呼ばれる。6.6kV は高圧の「配電系統」とされているが、「送電」は地域間の輸送、「配電」は地域内での輸送と考えることができる。電力を消費する機器や、発電する機器に応じて消費電力・発電出力が設定されており、その規模にあった電圧の系統に連系するのが一般的となる。詳細は電力広域的運営推進機関（OCCTO）のホームページ（<https://www.occto.or.jp/grid/public/shikumi.html>）を参照されたい。

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。

発電事業の検討を行っている場合、または**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、**一般送配電事業者への事前相談・接続検討申込みが必要**となる。事業を実施する地域周辺の系統状況・電力需給状況によっては、**送配電事業者より接続不可の回答や逆潮流の禁止、追加の設備導入を要求される場合があり**、バイオマス発電所は僻地に導入されるケースが多く、売上がダウンした事例が見られる。

高圧系統への連系が行えない場合、一般高圧から特別高圧に逆潮することで連系可能となることもある⁸が**変圧器の変更が必要**となり、追加的な改造費用が必要となる。

立地制約の考慮

過去には**候補用地が法的に制約を受けたことで計画が頓挫した事例が多数ある**。特に、用地が**都市計画法の「都市計画地域」**に該当したり、**農地法における「第1種農地」**に該当するなどが多い。これらに該当する場合は土地の利用条件に様々な制限が発生し、エネルギー施設として土地を利用するには煩雑な手続きが必要となるため、早い段階で確認が必要である。

また、計画地が**文化財保護法における埋蔵物文化財包蔵地である場合は、届出と事前協議が必要**となるため、行政や教育委員会、埋蔵文化財センターなどへ相談しておくことが望ましい。

その他、NEDO バイオマス地域自立システム化実証事業の事例では、事業化が決定直後に市との協議を実施した際に、事業予定地が**「廃棄物最終処分場跡地指定」**されていたことが判明し、環境省が公表している**「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」**⁹に基づいて工事等を実施することを求められた。その結果、市との協議に膨大な時間を要するとともに、スケジュールに大幅な遅延が生じた。また、同事例では当初、地下の燃料貯蔵施設（サイロ）を導入しようとしていたが、**地下を掘ることに制約が掛かり、地下のサイロの導入には分析・モニタリング等のコストが発生**するため断念した。最終的には、地上にムービングフロア式のサイロを導入する決定をしたが、計画時よりもコスト増要因の一つとなった。

表 2.1.10 立地検討の主要な条件

主な条件	影響する費用項目	重要度
地価や土地の購入条件	用地取得費	◎
バイオマスの調達先との距離	輸送費	◎
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 輸送費(固体燃料(チップやペレット)状態での供給も実施する場合)	◎
(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	○
バイオマスの貯蔵・乾燥場所の確保し やすさ	貯蔵・乾燥場所と変換設備間の搬送費	○
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	下水処理費	△
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	△

※用地取得費は、自治体の事業用地取得の助成金の活用によって低減できる場合がある。

⁸基本的に送電線は特別高圧>高圧>低圧の順で容量が大きく、再生可能エネルギーポテンシャルが高い地域によっては特別高圧は空いているが、一般高圧で空き容量なしという状況が生じることがある。

⁹ http://www.env.go.jp/recycle/misc/guide_wds/

特に新たに土地を取得してバイオマスエネルギー施設を建設する場合は、上述の自然条件や住民への影響をはじめとする様々なリスクを考慮して適地を選択する必要がある。バイオマス利用設備の導入、施設の建設には一定の広さが必要なことは言うまでもないが、用地選定に際しては上述の要素を考慮する。

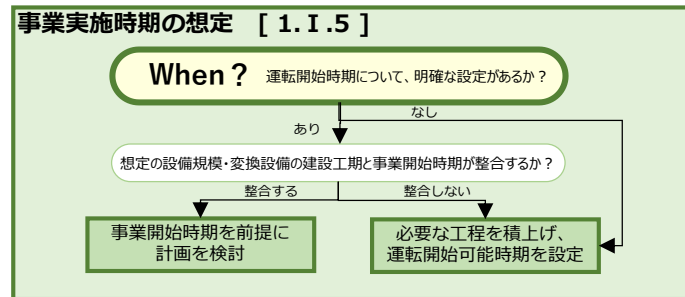
□ 地主から購入可能かを確認したか？

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**。

1. I .5 事業実施時期の想定

原料・燃料調達、設備技術、エネルギー利用形態が明確になり、設備の投資規模の確認ができた段階で、事業実施時期を検討する。



□ 事業実施時期は想定できているか？

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。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。

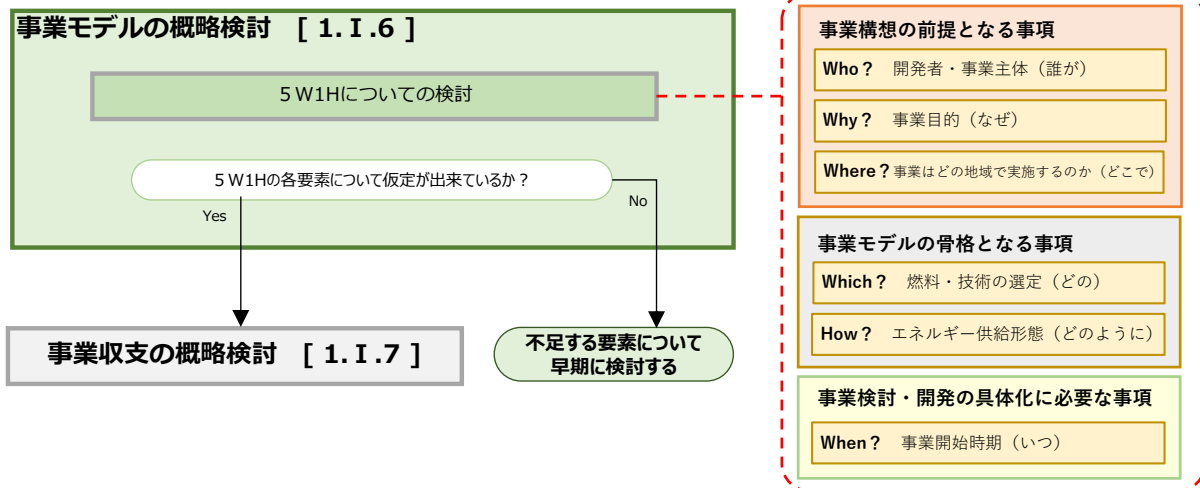
なお、一般的なバイオマスエネルギー事業の工程表は本書の FS 段階の「**1. II .1 事業化スケジュールの検討**」(159 頁)を参照されたい。

1. I. 6 事業モデルの概略検討

2 章～4 章で示した原料・燃料、エネルギー利用形態、エネルギー変換技術、並びに本章で示したスケジュールの検討ができた段階で事業モデルの概略検討を行う。構想段階では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必要がある。

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、想定できていない要素があれば、不足点について早期に検討を行う。

これらを明確化した段階で、事業性の確認を行う。事業性を確保できる見通しがなければ一度立ち止まり事業モデルの見直しを行う。



□ 原料調達・加工、設備運転、エネルギー・副生物利用・処理までの実施者や拠点が想定できるか？

構想段階におけるビジネスモデルの検討においては、以下のような「5W1H」を意識した組立ができているかを FS に進む前に確認する必要がある。

通常、構想段階ではビジネスモデルの詳細な要素を明確にすることは困難で、FS での採算性の検証などにより特定していく部分も多々あるが、上記 5W1H で想定される選択肢については構想段階で関係者で協議する必要がある。

表 2.1.11 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? どのバイオマス燃料・技術を用いるか？

How? どのように事業を進めるか？

なお、ビジネスモデルの検討にあたり**自社と地域がどのようなリソースを有しているかの整理**も重要である。例えば製材所など処理に困っている**パークの有効活用を目的とする場合**、それらを効果的に燃焼可能なストーカー炉等の大型のボイラーの導入が必要であり、その規模や需要形態に応じた需要先の選定を優先して行う。その際、後述する事業収支の概略検討にてパークの発生量とボイラーの採算規模が見合わない場合には、他の原料との混焼も視野に、他の調達先からの引取も含めた燃料のサプライチェーン構築の可能性についても検討する。

自治体事業（特に行政主導の案件）の場合は、過去には実施者が想定できないまま計画が進み実施者が不明確なまま施設だけ建設され、後に頓挫した事例も実際に見られる。このように 5W1H が不確定な状態は事業成立にかかわる致命的な問題となるため、**構想段階から想定される関係者との意見交換・意向確認を重ねる**ことが重要である。候補者の想定もできない場合には無理に進めずに構想内容の見直しを行う必要がある。

□ 特別な許認可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?

建築廃材などの廃棄物扱いのバイオマスを収集・加工する場合は、廃棄物処理法において事業者の業の許認可と施設の許認可のそれぞれを取得することが定められている。

この時、扱う原料の種類によって産業廃棄物、一般廃棄物の区分および所管官庁が異なり、それぞれ別の許認可を取得する必要がある。収集運搬や加工段階でも産業廃棄物、一般廃棄物のそれぞれ異なる許認可の取得が必要になる。

なお、災害廃棄物に関しては通常一般廃棄物として扱われる。しかしながら、**由来証明がある場合や許認可を持つチップ工場等の中間処理施設で加工された後のチップやペレット等の燃料**は、有価で取引される限り廃棄物ではなく有価物となるため、運搬に係る許認可の取得の必要はない。

構想段階でこうした許認可の取得が想定されていない場合は、まずは**所管部局に相談する**必要がある。

表 2.1.12 廃棄物処理法の対象となり得る木質バイオマス原料

廃棄物区分	対象となる木質バイオマス	所管	許認可対象	備考
一般廃棄物	剪定枝・河川流木・ダム流木・災害廃棄物 など	市町村	収集運搬	原料を中間処理施設に持ち込む際などに業者は収集運搬業の許認可の取得と車両登録が必要
			中間処理 積みかえ保管	廃棄物由来の原料をチップ、ペレットなどに加工する場合、事業者は中間処理(積みかえ保管も必要なケースも)の許認可と施設の許可が必要
産業廃棄物	建築廃材・製材廃材・開発支障木	都道府県	収集運搬	一般廃棄物と同様に産業廃棄物処理業の許認可、車両登録が必要
			中間処理 積みかえ保管	一般廃棄物と同様に産業廃棄物業の許認可、施設の許可が必要

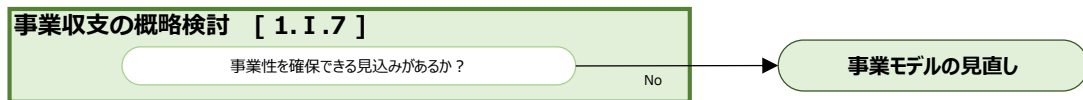
きのこ使用済菌床の取扱い

なお、きのこ栽培で発生する**きのこ使用済菌床を活用する場合**も産業廃棄物に該当するか否かを早期に都道府県に確認する必要がある。実証事業者の社会福祉法人ウイズユーでは、きのこ使用済菌床を産業廃棄物ではなく燃料として扱うことができているが、鳥取県庁より「**ボイラーにおいて自燃すること**」を条件とするという指導を受けている。きのこ使用済菌床発生時の水分率は約70%前後であり、FS時に検討したハウスにおける自然乾燥を通じて約60%まで下がるが、県からの指導により自燃する含水率である55%以下にしたうえで燃焼させる必要があるため、現在の運転時にはボイラー廃熱を利用した追加乾燥を行っている。

1.1.7 事業収支の概略検討

事業モデルの概略を検討した後、「何かほどの程度の収益が得られるか」「何に対してコストが発生するか」について整理を行い、事業性を試算する。その結果が当初想定した収益の規模と大きく乖離していないかを確認する。

事業収支の試算は FS 段階で具体的な実施条件の整理と併せて本格的に検討し、その後も実際に稼働するまで繰り返していく。そのため、必ずしも構想段階で厳密に計算する必要はないが、事業性に影響を及ぼす要素（費目、収益源等）とその蓋然性について確認することが重要である。



□ 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、エネルギー費低減など）

木質バイオマスエネルギー事業で得られる経済的な意義は事業内容によって異なる。エネルギー販売事業としての売電・売熱収入の他、バークや廃材のようにそれまでコストをかけて処分していた原料の処理費用の削減、熱の自家消費であれば既存の重油ボイラーの運転費用の削減などが挙げられる。

いずれの場合も、構想段階では最低限以下の項目を整理し事業収支の概略検討を行う。なお、一般的な木質バイオマスエネルギー事業の収支の試算結果は「[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。

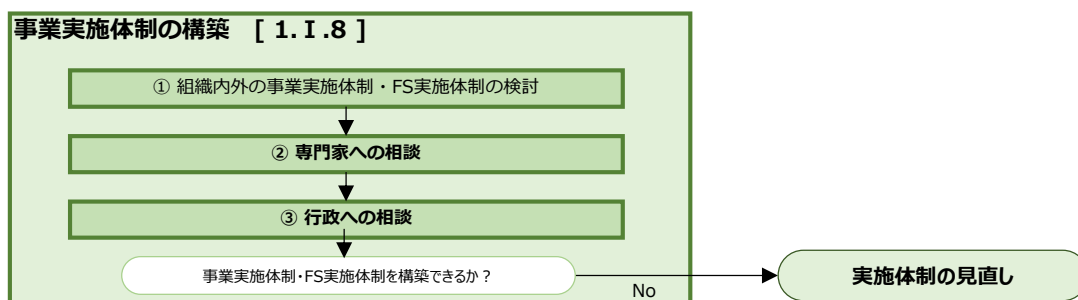
表 2.1.13 構想段階の事業性検討時に整理すべき事項

- どの程度バイオマス燃料が調達できるか？
- 取引価格の水準はどの程度か？
- どの技術を採用するか？
- 事業費の規模感はどの程度か？
- 売電や売熱の年間の規模感や取引価格の水準はどの程度か？

1. I .8 事業実施体制の構築

事業モデルおよび事業収支の概略検討の後、事業性を確保できる見込みがあれば、実施体制および FS 実施体制の検討に進むことができる。FS 段階以降のバイオマスエネルギー事業の検討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が多い。

また、地域内の複数の関係者を巻き込んだ事業であれば、事業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、事業実施体制や補助金、許認可等に係る助言をもらうことも有効である。



① 組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討

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必要がある。事業内容によっては、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求められる。

❑ 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？

FS 調査を実施するうえでは、原料集荷から燃料加工、エネルギー変換・利用にわたる幅広い知識と事業化スキル・実績を有し、かつ全体のコーディネート力のある専門家に協力してもらうのが望ましい。特に原料・燃料調達に関しては林業や廃棄物の法規制について十分知見のある専門家のサポートを得る必要がある。

発電事業（または熱電併給事業）の場合は、発電機器の技術動向や電力システムの技術・制度に対する知見のある専門家が必要である。また、**熱利用事業（または熱電併給事業）の場合**は、詳細な熱量計算の知見を有する専門家（コンサルタントなど）の協力が必要である。

その他、**自治体主導の事業の場合**は、特に専門性を有することに関して全般的なサポートが必要である。それに加えて地域の関係者をファシリテートしていく能力、煩雑な行政プロセスを熟知して庁内の合意形成のサポート力を有する専門家の協力を得ることが望ましい。詳細は次項「**1. I .8 事業実施体制の構築②専門家への相談**」（152 頁）を参照されたい。

地域協議会・推進委員会

バイオマス利用事業のためには様々な地域関係者と協力する必要があるため、上記のような専門家のサポート以外に、**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。

詳細は「**1. II .2 地域関係者との合意形成**」（162 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の整理に続き、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による設備増設**や製材業等における乾燥用の**バイオマスボイラーの更新等の場合**には、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の知見を持たない**担当者が理念先行で取り組み**、燃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、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。

バイオマスエネルギー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ーが可能なコンサルタントが参画**することが多い。

また、**バイオマスに係る業界団体**（例：一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会など）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。

その他、例えば**山林側のバイオマス燃料生産などに重点を置いた事業の場合**は、それぞれ**都道府県の林業試験場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。都道府県の研究機関や支所単位などで航空レーザーを使った資源量調査を行っている例などもあり、持続可能な資源確保に関してデータ提供や助言を受けることができる場合もある。発電でも熱利用でも問題になるチップの水分に関して樹種別の統計的なデータや乾燥に関するデータを保有している場合もある。また都道府県の林業担当にヒアリングをすればエリア内でのバイオマス材の流通動向について詳しい情報が得られることもある。

表 2.1.14 バイオマスエネルギー事業の関係者の役割の例

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

専門家選定時の留意点

ただし、こうした専門家、特にメーカーやベンダー（輸入代理店等）の営業にしたがって国内での商用運転レベルにない機器を導入し、稼働が安定しない、燃料の規格調整に苦勞する、故障時のパーツ交換に数か月かかるといった**技術的な問題で頓挫するような事例**も発生しているため、**メーカーやベンダーの技術力も含めた信頼性を評価して付き合っていく**ことも必要である。

コンサルタントについても特定のメーカー紐づきの客観性に欠ける助言や、バイオマスエネルギーに関する深い知見や事業化の実績のないコンサルも散見されるため、パートナーとするコンサルタントの選定も慎重に行うべきである。

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。特にバイオマス発電のように大量の原料を必要とする事業においては原料の量的な確保や既存の流通への影響の問題もあることから、対外的に構想について話ができるようになった段階で早期に都道府県の林業担当に相談に行き、構想について共有するとともに流通動向等の情報を得ることが望ましい。

□ 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が得られそうか?

バイオマスエネルギー事業では様々な地域関係者の協力を仰ぎ、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。その際、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。

- ① 各種許認可に対するアドバイス（廃掃法ほか）¹⁰
- ② 補助金に関するアドバイス
- ③ 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。

ただし、**事業内容が民間単独で完結する場合や、許認可が必要なく、周辺環境への影響も心配なく、原燃料の面で既存の流通への影響も皆無といった場合**には本ステップは必須ではない。

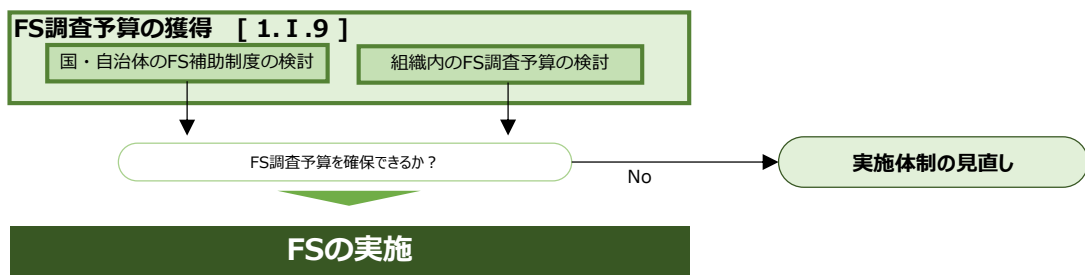
¹⁰ バイオマス原料の廃棄物処理法上の扱いについては「2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査 ①原料・燃料の調達可能性および性状の調査(c) 廃掃法の取り扱いの確認」を参照。

1. I .9 FS 調査予算の獲得

上述の検討において事業実施体制を含む一定の実現可能性が見込める事業者は、FS 調査の予算の獲得について検討する。国や自治体で FS 補助制度を設けていることがあるので、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。その際、調査の必要性や事業を実施することによる収益の見込み、波及効果や CSR も含めた取り組みの意義について社内理解を求めていく必要がある。

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化を目指す。



□ 国の補助メニューの活用を含め FS 予算を確保できるか？

FS 調査には「簡易的な（部分的な）FS 調査」と「詳細な FS 調査」があり、それぞれ、100 万円～1,000 万円を超えるような程度の予算が必要となる。詳細な FS 調査の予算が確保できなくても簡易 FS で事業実現性を検討したうえで詳細な FS 調査に進むことが望ましい。それぞれ、実施する内容は以下のとおりである。

表 2.1.15 簡易 FS および詳細 FS の実施事項の例

簡易 FS の実施事項	詳細 FS の実施事項
<ul style="list-style-type: none"> ● 事業のコンセプトメイキング・事業概略設計 ● 燃料調達に係る調査 ● 設備導入のケーススタディ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 資源の賦存量・利用可能量・調達可能性調査 ● 燃料加工システムの検討 ● 設備導入候補地・および周辺環境調査 ● 設備導入のケーススタディ ● 事業スキーム・契約スキームの検討 ● 事業費積算・事業収支計画・資金計画の策定 ● 許認可・法規対応の整理 ● 事業化スケジュールの策定

各省庁が公表しているバイオマス関連の補助制度の例は「[1. II .4 資金計画の策定](#) ③補助制度の確認」(187 頁)を参照されたい。

フェーズII FS 段階

バイオマス利用全体の FS 段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.1.16 バイオマス利用システム全体の 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？	
		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？	
1. II. 2	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？	
		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. 3	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上、その価格や量につき設定されているか？	
		熱供給や副生物の販売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）積算	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一定の余裕のある建設費・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？	
		メーカー・機器の見積り比較の上で、付帯設備の条件等、見積り条件は明確となっているか？	
		その他、細かい費用（特に資金調達に関する費用）に漏れはないか？	
		メンテナンス費は長期的な増加分も考慮されているか？	
		設備の更新に係る積立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	技術的な裏付けのある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？	
		メーカーのカタログ値そのままの検討がなされていないか？	
		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？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		メンテナンスに伴う稼働停止や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？	
		損益計算だけでなく、キャッシュフローの分析がなされているか？	
		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. 4	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、資金調達の目的が立っているか？	
		資本金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？	
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？	
		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？	
③	補助制度の確認	設備の設計・導入に係る国、県等の補助制度や要件は確認できているか？	
		売電を考慮する場合、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. 5	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？	
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？原料調達から加工、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？	
		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？	
		地元行政からの理解、協力は得られているか？	
		同業者、関連産業からの理解は得られているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		有資格者の選任が必要か?地域での募集は可能か?	
		<自治体主導の事業の場合> 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?	
1. II. 6	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	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高む (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燃料の量・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?	
		燃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、その他副産物を販売・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?	
		熱供給先や副産物の販売先 (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?	
		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?	
		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?	
		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?	
		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?	
		法人税、所得税等の税制の動向が確認できているか?	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
④	FS 調査終了後、次のステップに進めるかの判断	事業性、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 調査の開始にあたっては、まずは事業化判断および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。林業や燃料供給業者、サプライチェーン関係者の他、行政、住民等との調整次第ではさらに時間が掛かることがある。また、補助金の申請や、FIT 制度の系統接続手続き、各種法規制・許認可対応、建設工事の期間も考慮する（一般的な工程は後述）。

既存の設備からバイオマスボイラー等を入れ替える場合は、少なくとも工事期間において導入先設備全体の運営に支障がないか、それにより大きな損失が起きることがないかなどを確認し、実施スケジュールを検討する。

FS 調査が進むにつれ、様々な検討要素が明らかになり、当初想定していた運転開始のスケジュールがずれることが少なくないため、当初計画した事業化スケジュールは随時更新していくことになる。

□ 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？

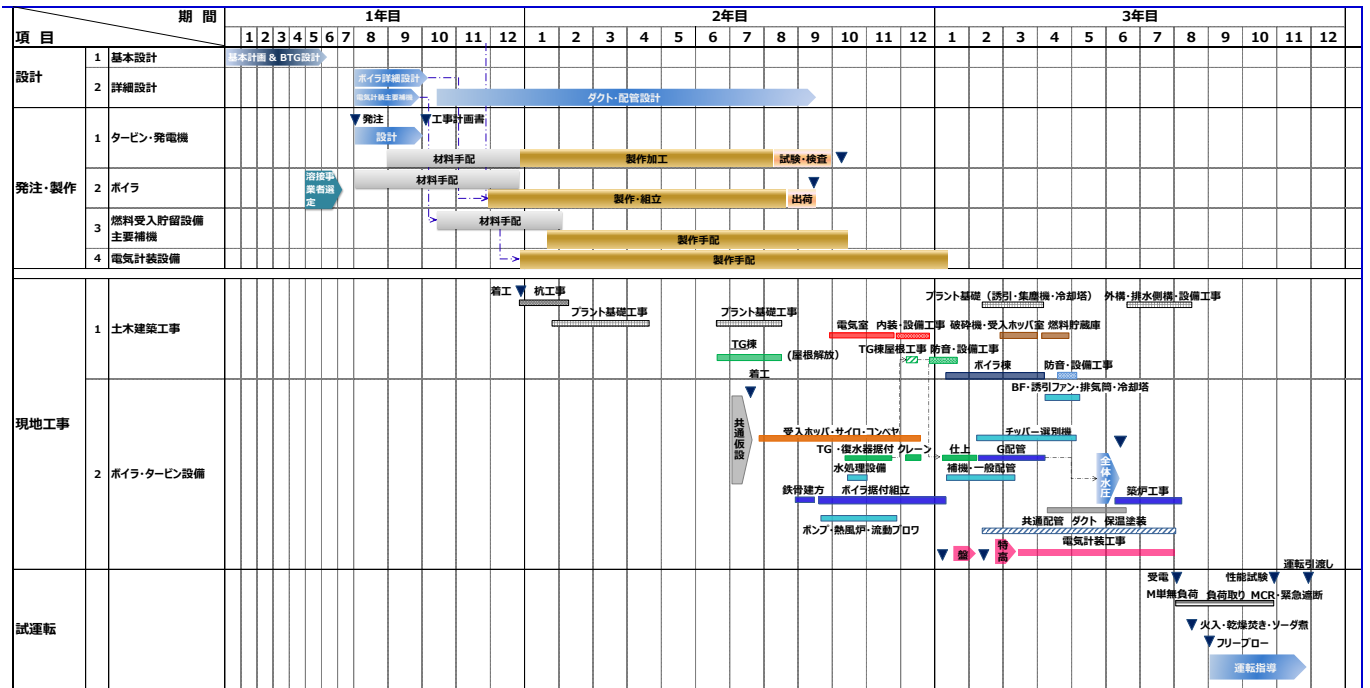
上述のとおり、通常は構想初期の検討を開始してから FS 段階の事業化判断までに少なくとも 1 年以上の期間を要する。特に社内だけでなく外部に熱供給を行う事業や、地域の複数の業者からバイオマス燃料を調達する事業など、**地域関係者が多く存在する事業の場合**に、**時間短縮のためにここで無理に調整を進めると運用開始後に合意事項が覆るリスク**が高まる。

また、FS 終了後も設備機器メーカーや EPC 事業者とのやり取りを開始してから、**基本設計、契約後の詳細設計、建設、試運転までには最低でも 2 年間**かかるとされる。なお、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。BTG 発電事業の場合の一般的な工程、許認可に係る期間の例は次頁の工程表を参照されたい。

その他、「**1.Ⅰ.4 用地の想定**」(142 頁) で述べたとおり、新規にプラントを建設する場合は用地に関する制約条件がスケジュールに大きく影響する可能性があることに留意が必要である。

(参考) タービン発電機の工事工程の例

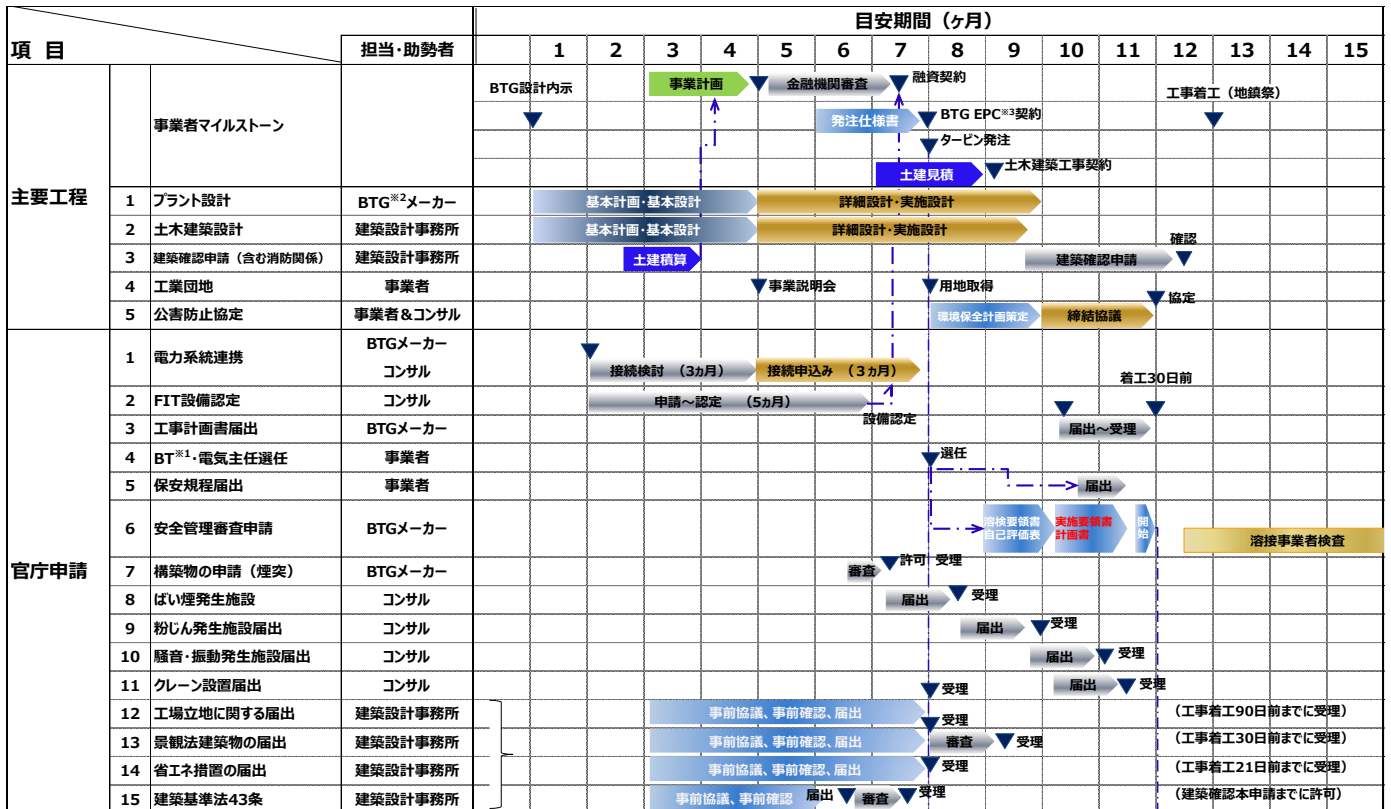
表 2.1.17 バイオマス発電機の工事全体工程 (例)



(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

(参考) タービン発電機の許認可申請工程の例

表 2.1.18 送電端 5MWクラスの主要な許認可申請手順 (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

上記の図は、あくまで参考事例であり、実際には立地する地域により申請事項や手順に違いが出る。

※1 BT: ボイラー、タービン、※2 BTG: ボイラー、タービン、発電機、※3 EPC: 設計 (engineering)、調達 (procurement)、建設 (construction) の一連の工程を請け負うこと

□ 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？

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異なるうえ、**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、確認のうえ逆算して計画を組むことが必要**である。

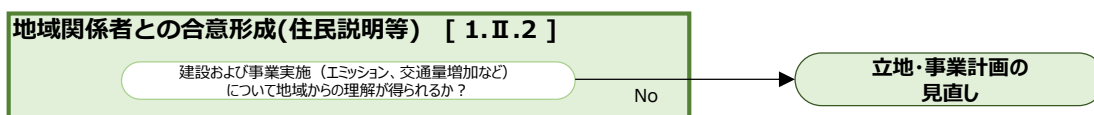
各省庁が公表しているバイオマス関連の補助制度の例は「**1. II. 4 資金計画の策定 ③補助制度の確認**」(187 頁)を参照されたい。

1.Ⅱ.2 地域関係者との合意形成

FS 調査が進み、原料・燃料の調達（2 章）やエネルギー利用（3 章）の検討を終え、4 章で述べる設備の基本設計および設置場所の検討が進んだ段階で、事業実施に関する地域関係者との合意形成を行う（事業内容や地域によってタイミングは異なる）。**地域内の利害関係者が複数存在する場合は**地域協議会を設置することもある。

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）や設備の排煙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ことになる。

プラントを新規に建設する場合は、構想段階の時点で地元行政に説明を行っているケースが多いが、地域によっては公害防止協定の締結が義務付けられている地域があるため、FS 段階では行政に対して具体的な指示を仰ぐ必要がある。また、地域住民に対し説明会を開催する。その際、バイオマスエネルギー事業実施の目的と意義を丁寧に伝え理解を得るだけでなく、建設時の騒音、振動、悪臭などに対するリスクと対応方針についても説明する。



- 地域関係者との合意形成はできているか？
- 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？

事業内容によって合意形成が必要となる地域関係者は異なるが、一般的に以下が該当する。いずれの事業モデルでも都道府県や市町村への説明、合意形成は必要となる。特に発電事業の場合は通常数万 m³/年の大量のバイオマスを利用するため、地域の林業やその他産業への影響が生じる可能性があることから、都道府県・市町村の支援が得られない場合は実施が難しい。

表 2.1.19 合意形成が必要な地域関係者の例

事業モデル	合意形成が必要な地域関係者
発電事業	<ul style="list-style-type: none"> ● 行政（都道府県・市町村） ● 既存の周辺の発電所 ● 燃料供給業者、製紙業者などの関連産業 ● 森林所有者、林業事業者、その他バイオマス排出業者 ● 施設周辺の住民
外部熱供給	<ul style="list-style-type: none"> ● 行政（都道府県・市町村） ● 熱供給先の事業者 ● 供給先周辺の事業者、施設等
オンサイト型(敷地内)熱利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 行政（都道府県・市町村） ● 施設周辺の住民

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ることも起こりうるため、早期から県や市などの地元行政に適宜相談して指導を仰ぎ、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。

地域協議会の開催

バイオマスエネルギー事業実施における、**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**することが有効である。

NEDO 地域自立システム化実証事業の実証事業者はいずれも 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。

なお、地域協議会の開催の際、先行事例では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、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、スキルや体制面での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。

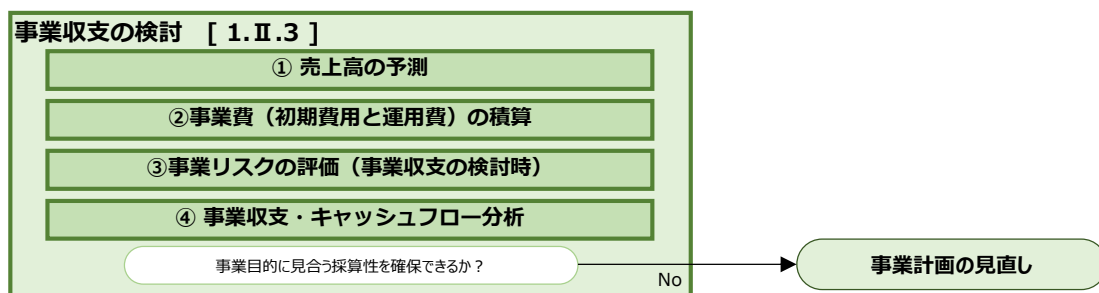
1.Ⅱ.3 事業収支の検討

FS 調査が進み、原料・燃料の調達（2 章）やエネルギー利用（3 章）、設備設計（4 章）の検討が進んだ段階で事業収支の検討を行う。本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、その納得を得るために、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。

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したりすることに留意されたい。

- 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（1.Ⅱ.4（177 頁）参照）

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ほとんどである。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、事業リスクの評価と事業収支・キャッシュフロー分析については、資金調達先によって考え方が異なっていることが多く、その結果として資金計画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。下に示すとおり、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？
- 熱供給や副生物の販売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であれば以下の 3 点がポイントとなる。

1. 燃料の確保
2. 運用面を含む想定通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、**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、燃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、（特に**木質ガス化方式の場合**）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。なお、これらを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。

② 事業費（初期費用と運用費）の積算

本ステップでは基本設計を踏まえて設備の建設費および O&M 費などの事業費の算出を行う。基本設計を行った設備メーカーに対して各設備の見積り依頼を行い見積書を取得する。EPC 事業者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**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一定の余裕のある建設費・O&M 費積算を行っているか？

事業費（全般）の積算に係る留意事項

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。

必要な事業費に係る主な項目は以下が挙げられる。

- 建設に至るまでの各種調査や設計等の費用（開発費用）
- 建設費用
- 設備稼働後の各種運営費用（主として O&M 費用）
- その他費用（融資に関する利息等）

開発費用および建設費用（以下、併せて初期費用）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。

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。

- ❑ 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？
- ❑ メーカー・機器の見積り比較の上で、付帯設備の条件等、見積り条件は明確となっているか？
- ❑ その他、細かい費用（特に資金調達に関する費用）に漏れはないか？

事業費（初期費用）の積算に係る留意事項

初期費用の主な項目と見積り取得方法は以下のとおりである。

表 2.1.20 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費の有無を決める ※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また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

見積りを取らなくてはならない設備

計画段階において見積りを取る必要がある設備を次表に示す。事業で新たに導入が必要な設備は、基本的に市販の製品ではなく注文生産の製品であるため、価格情報は公表されていない。特に、**設置費等は各事業の個別の状況に応じて決まるため**、一般解が存在しない。さらに、同じ条件や事業内容であっても、設計や部材調達の内容がメーカーや EPC 事業者ごとに異なるため、見積り結果は各社で異なる点に留意されたい。

代表的な木質バイオマスエネルギー事業における設備費用の例は「**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。

表 2.1.21 調達および供給形態に応じた見積り対象設備

	設備名	調達形態			供給形態		
		丸太等	チップ	ペレット	温水	蒸気	電力
調達	乾燥・貯蔵設備	○	○	○			
	チップパー		○				
	ペレット製造設備			○			
	輸送用設備	△	△	△			
変換	温水ボイラー ¹¹				○		
	蒸気ボイラー					○	○
	タービン						○
	発電機						○
供給	温水配管				○		
	蒸気配管					○	
	送配電設備						○
	副生物貯蔵・利用設備				○	○	○
その他	所内用重機	○	○	○	○	○	○

(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

- メンテナンス費は長期的な増加分も考慮されているか?
- 設備の更新に係る積立は考慮されているか?

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。

O&M 費の項目

O&M 費の項目は概ね、**木材資源調達費、ユーティリティ費、メンテナンス費、重機燃料費、人件費、灰処理費、一般管理費**に分類される。如何に実態に即したものとするためには見積り取得や詳細検討が必要となる。詳細に積算を行う場合は特に専門的な知見が不可欠である。

なお、**特に大規模設備の場合、メンテナンスで発生する種々の廃棄物**があり、これらは所内に保管し続けることができないため、処分費として予め計上しておく必要がある。例えば、**熱分解ガス化発電設備の場合、タールの水処理に想定以上のコストが発生している**事例がある。

¹¹ 搬送装置、制御盤、タンク、フィルターなどのボイラー付帯設備も含まれる。蒸気ボイラーも同様である。

表 2.1.22 運用費の費目とその概算方法

項目	概算方法	積算方法	見積り実施者
木材資源調達費	単価×年間調達量 ※輸送費を事業者が持つ場合は輸送費も含めて概算	調達量や密度の変動、輸送距離の変動等を考慮して積算	事業者がコンストラクション・マネジャーやコンサルタント等の専門的知見を持った人材と協力して実施(一部メーカー見積りを取得)
ユーティリティ費	建設費の10%程度	メーカー見積りから積算	同上
メンテナンス費	設備費の3~5%程度	初期費用見積り時に取得した消耗品費や部品の交換頻度をふまえて積算 ※メンテナンスで発生する廃棄物処分費も考慮する	同上
重機燃料費(所内重機)	燃料単価×時間当たり消費量×年間稼働時間	重機別の消費量を精査したうえで積算	同上
人件費	人件費単価×人数(班数×班員数+管理部門人数) ※有資格者の有無等に注意	職務内容や勤務態勢に応じた人件費単価を設定し積算	同上
灰処理費	灰処理単価×変換設備への年間投入量×灰分率	灰の引取先別単価や灰分率の変動幅を考慮して積算 フレコンバッグの単価と消費量を想定し、積算	同上
一般管理費(諸経費)	人件費の8~25%程度	事務所経費等の必要諸経費を積算	同上
その他(保険料、分析費、事業税など)	—	—	—

(出所)「バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第4版)」(NEDO)2015年をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

キャッシュフロー分析におけるO&M費の考え方

事業者の組織内部で事業期間の必要経費や事業性を検討する際は、プラントのO&Mコストは一定の値として計上してもよいが、**数年に一回の大規模修理を含めたO&Mコスト全体を毎年の必要経費として割り振り平準化**する必要がある。

一方、**金融機関から融資を受ける際に提出する収支計画の場合**は、平準化するのではなく、**実際に必要な年次毎に計上**し、毎年のキャッシュフローとして展開することが求められることもある。また、平準化するとしても、実際に大規模なオーバーホール¹²等による支出がある年次までにその分を貯めておく形での平準化の必要があることには留意されたい。

既存事例に基づく一般的なケースでは、**BTGでは2円/kWh、熱分解ガス化の場合は7~10円/kWh(エンジンだけで5円/kWh)、ORCの場合は3円/kWh程度**となっている¹³。

オーバーホールおよび法定点検のタイミング

例えば**熱分解ガス化設備の場合**は3年目と6年目に、**BTG**は2年目と6年目にオーバーホールが行われるため、それらを含めた経費が平準化されている必要がある。なお、**ORC設備の場合**は2年に1回法定点検が行われる。熱分解ガス化設備のオーバーホールの場合はエンジン自体を取り換えるようなもののため、**エンジンの初期投資に近い費用が発生**する。

¹² 設備を分解、洗浄して、外見からは分かりにくい損傷や異常を確認しメンテナンスを行いエンジン性能を新品と変わらない状態に修復すること

¹³ 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FS・実証関係者および有識者へのヒアリングによる目安の金額であり、実際には設備機種や導入条件によってばらつきが見られる。

- ❑ 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？

施設を建設する候補地の**地盤が脆弱な恐れがある場合**、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。

土木建築費用および土地造成費用等、用地に関する留意事項は「**1. I. 4 用地の想定**」(142 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。

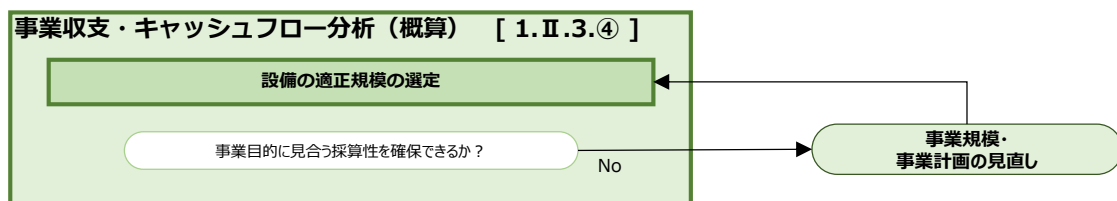
本リスク評価は FS 終了時における事業実施の最終判断の際にも行うことから、詳細は「**1. II. 6 事業のリスク評価（FS 終了時）**」(196 頁)を参照されたい。

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を確認する。

FS 調査を進める中で、**内部要因（原料調達条件、事業費、エネルギー販売条件等）** および **外部要因（補助制度、FIT 条件、為替、燃料市場価格等）** により諸条件は変動するため、事業性への影響が見込まれる場合には、逐次前提条件を見直し、事業収支の検証を行う。

この時、キャッシュフロー分析ではベースとなる採算モデルを作成した後、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。



なお、**地域熱供給や ESCO 事業など設備の所有・運営者と熱の需要者が異なる場合**は、収入の柱となる熱価格の設定を行う際に、利益の分担の在り方に応じ、**供給者・需要者双方にとって納得できる価格設定**を行うことが重要となる。

灰などの副生物の販売を行う場合は、実際の市場における評価に応じた価格設定を行う。事例が少ない場合には過度な期待を織り込まず、保守的な見通し（廃棄物処理を前提とする）に基づき採算性を確認し、副生物が販売できた場合を楽観ケースの利益（追加的利益）として想定するに留めておくことが計画上のリスクの軽減につながる。

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。

□ 技術的な裏付けのある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？

□ 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？

エネルギー変換設備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**がある場合がある。

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。

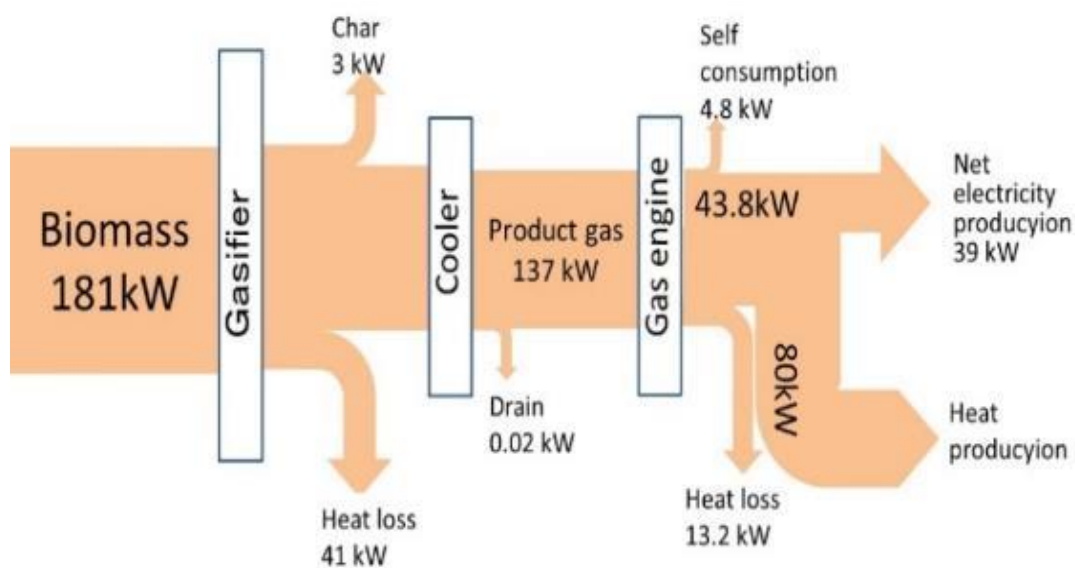


図 2.1.4 物熱収支図の例（簡易版）

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

□ 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？

- メンテナンスに伴う稼働停止や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？

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は必ず確認する必要がある。例えば設備利用率が異常に高い値であったり、投入するチップやペレットの熱量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（排水処理や副生物が発生しないシステムとして示されることがある）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。

その他、プラント自体の改修が必要となるケースもあることに加え、特に木質ガス化の場合には、当初 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 費に占める割合も無視できない。前述のとおり、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。メンテナンスコストの妥当性を確認するためには、1kWh あたりのコストまたは資本費に占める割合に変換して異様に安価な値になっていないか確認することが重要である。上述のとおり、通常 BTG では 2 円/kWh、熱分解ガス化の場合は 7～10 円/kWh（エンジンだけで 5 円/kWh）、ORC の場合は 3 円/kWh 程度であり、これらと比較して異様に安価である場合は前提条件を突き詰めて確認することが必要となる。

□ 損益計算だけでなく、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もあるため、損益計算だけでなくキャッシュフロー分析を行う必要がある。さらに、後述する投資回収年、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の場合、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。構想段階であれば簡易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通りであり、「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。

<主要前提項目>		第1期	第2期	第3期
P/L	項目	注書き			
	項目	注書き			
	項目	注書き			
	項目	注書き			
諸指標など					

図 2.1.5 財務三表に係るフォーマットイメージ

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

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記載する)

□ 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

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

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。但し、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

文字通り、**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、前項に記載した通り、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.4 資金計画の策定

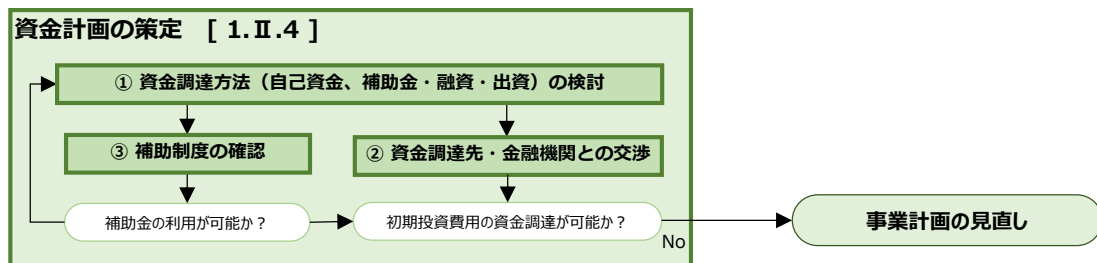
事業収支・キャッシュフロー分析において採算性が見通しが立ち、かつ必要な費用が明らかになった段階で、初期投資費用の調達方法について検討する。

民間企業の場合は、補助金、融資、自己資金等のいずれの予算を用いて事業を行うかを検討する。融資や出資を受ける場合は、金融機関や出資主体から資金調達可能な条件のすり合わせを行う。

自治体主導の事業の場合は年度会計となり予算協議が例年秋頃から詰められていくため、事業化の見込みがみえてきた場合には FS の途中段階でも、並行して予算協議を進めていくことも考えていく必要がある。

いずれの事業主体の場合も、バイオマスエネルギー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。バイオマス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。

- 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。

実際に大きな金額が必要となってくるのは、②の段階である。特にバイオマス発電事業の場合は、数億～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. 6 事業リスクの評価（FS 終了時）（196 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、燃料供給側と協定書しかなく、それ以外の措置がない状況では、長期間に亘る燃料の安定的な調達の蓋然性を説明するのは難しい。また、木質ガス化の場合は、まだ、国内における成功実績が少ない点もネックとなりやすい。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ほとんどであるのが実

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。

NEDO 地域自立システム化実証事業の一部の中小企業の FS 事業者は、計画したバイオマス事業の投資規模が会社の規模に対して大きかったため、**より経営規模が大きい安定した企業を事業に巻き込むことで事業リスクや資金調達リスクに対処したケースがある**。また、同実証の多くの事業者は、基本的にはバイオマス事業を本業をより活性化させるためのサブ的な位置づけで実施しており、投資リスクを最小限に抑えている。例えば、昭和化学工業株式会社は既存のエネルギー供給システムで使用している LNG の約 20%をバイオマスで代替している。

□ 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 2.1.23 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 金利をとまなう返済を要する資金 借入金を増加させる手法 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 経営の自由度を保持できる 出資金を抑制できる 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 担保（不動産あるいは動産）が必要な場合が多い 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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いや所管大臣の承認が必要
主な調達先	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 銀行 日本政策金融公庫等の公的金融機関 信用金庫 等 	<ul style="list-style-type: none"> 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.Ⅲ.1 事業体の組成**」**(215 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？

□ 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？

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曾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。

地域の材を用いたバイオマス事業は、「第 1 部 4 章 バイオマスエネルギー利用の意義」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 CO₂ 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、下記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 1 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。

<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 地域の材を用い地域の林業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、**バイオマスエネルギー事業実施の意義と、後述するリスクの観点に合わせて、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。バイオマス事業においては、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基本となる。但し、事業であるからには目論見通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、特に**国内材を用いた中小型案件の場合**は、契約において各種責任が曖昧、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、長期間の安定的な燃料調達の蓋然性

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**ことがほとん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）では前向きな反応であっても、**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うえで、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高むことから、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

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した方が良い。**特に木質ガス化方式の場合**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、特に**発電事業の場合**は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、**金利負担がその分高む**こととなる。ただ、変動金利での借りに入れば、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に入ることが多い。**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、バイオマス事業の場合、10年を超える長期間の借入れとなるため、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

バイオマス事業において、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、文字通り、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。日常の借入れのほとんどは、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¹⁴」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、事業のキャッシュフロー「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。

¹⁴株式会社三井住友銀行 HP より

<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）、資金の用途に関する事項、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 2.1.24 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)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下記条件を除き「基準利率」を適用 ・ 4 億円を限度として下記の「対象区分 1」の設備を取得する場合は「特別利率②」を適用可能 ・ 4 億円を限度として下記の「対象区分 2」の設備を取得する場合は「特別利率①」を適用可能 ・ なお、信用リスク・融資期間などに応じて所定の利率が適用される
特別利率の適用に係る対象設備	<p>対象区分1</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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） <p>対象区分2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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¹⁵よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

¹⁵ https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku_t.html

表 2.1.25 環境・エネルギー対策資金の主な貸付利率

貸付期間	主な貸付利率		
	基準利率	特別利率①	特別利率②
5年以内	1.11%	0.71%	0.46%
5年超～6年以内	1.11%	0.71%	0.46%
6年超～7年以内	1.11%	0.71%	0.46%
7年超～8年以内	1.11%	0.71%	0.46%
8年超～9年以内	1.11%	0.71%	0.46%
9年超～10年以内	1.13%	0.73%	0.48%
10年超～11年以内	1.14%	0.74%	0.49%
11年超～12年以内	1.16%	0.76%	0.51%
12年超～13年以内	1.18%	0.78%	0.53%
13年超～14年以内	1.30%	0.90%	0.65%
14年超～15年以内	1.30%	0.90%	0.65%
15年超～16年以内	1.30%	0.90%	0.65%
16年超～17年以内	1.30%	0.90%	0.65%
17年超～18年以内	1.30%	0.90%	0.65%
18年超～19年以内	1.40%	1.00%	0.75%
19年超～20年以内	1.40%	1.00%	0.75%

(出所) 日本政策金融公庫ホームページ¹⁶よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

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 2.1.26 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。但し、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

¹⁶ https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku_t.html

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、「CO₂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。

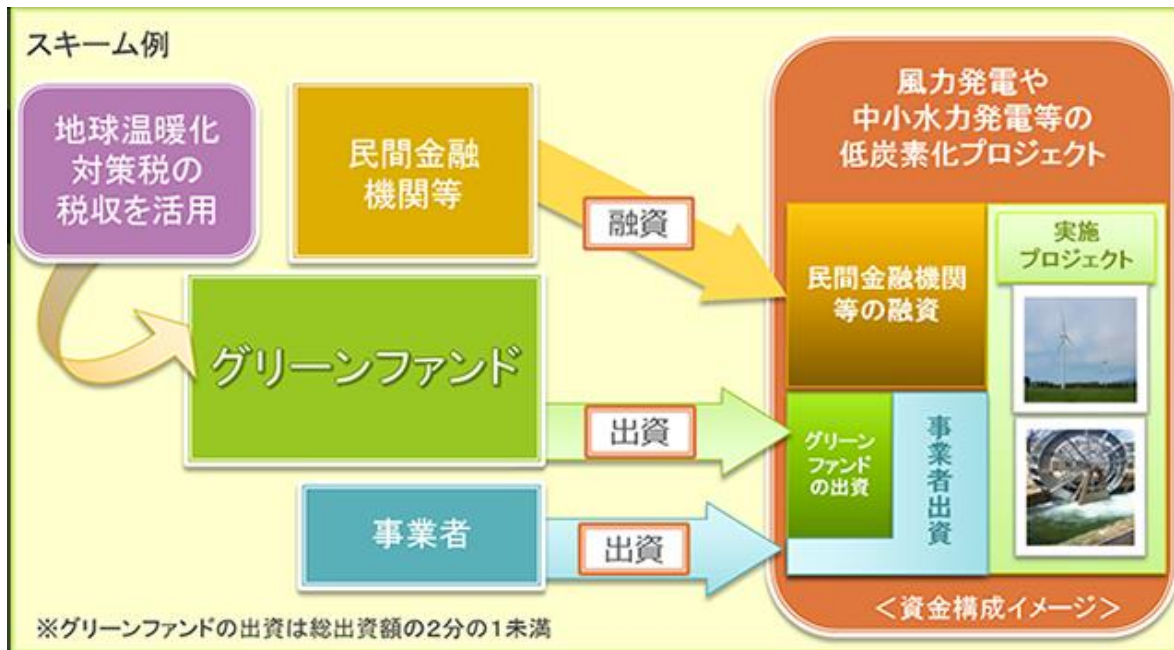


図 2.1.6 グリーンファンドの資金構成イメージ

(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、県等の補助制度や要件は確認できているか？

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？

補助制度の利用に係る留意事項

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い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？

木質バイオマスエネルギー関連の補助金の例を以下に示す。通常 FS 実施時期と設備導入の実行時期では年度が異なるケースが大半となるが、補助制度は年度ごとに制度設計が変わっていくことから、**事前に補助金を交付する担当所管課等から情報収集するとともに、申請意志を伝えておく**ことが望ましい。

なお、国の補助制度は毎年メニューが異なるだけでなく、**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。

表 2.1.27 木質資源のエネルギー利用に係る各省庁の主な設備補助（2022年度）

支援類型	施策名	担当省	木質バイオマス	農作物非食用部	資源作物
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	○	○	○
	木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」推進事業	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	○	○	○
	工場・事業場における先導的な脱炭素化取組推進事業	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	○		
	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	○	○	○
調査設計	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	○	○	○
	木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」推進事業	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	○	○	○
	エネルギー起源 CO ₂ 排出削減技術評価・検証事業のうち木材の再利用によるCE×CNの同時達成方策評価検証事業	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	○		
	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	○	○	○
実証試験	みどりの食料システム戦略緊急対策事業のうち水田農業グリーン化転換推進事業	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	○	○	○
	カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発事業	経済産業省			○
	木質バイオマス燃料等の安定的・効率的な供給・利用システム構築支援事業	経済産業省	○		
	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	○	○	○
	地域資源循環を通じた脱炭素化に向けた革新的触媒技術の開発・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	エネルギー起源 CO ₂ 排出削減技術評価・検証事業のうち木材の再利用によるCE×CNの同時達成方策評価検証事業	環境省	○		
	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	○	○	○
	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	○	○	○
	林業・木材産業成長産業化促進対策のうち木質バイオマス利用促進施設整備	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	○	○	○
	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	○	○	○
	建築物等の脱炭素化・レジリエンス強化促進事業	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	○		
	工場・事業場における先導的な脱炭素化取組推進事業	環境省	○	○	

支援類型	施策名	担当省	木質バイオマス	農作物非食用部	資源作物
	革新的な省 CO ₂ 実現のための部材(GaN)や素材(CNF)の社会実装・普及展開加速化事業	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	○	○	○
	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	○	○	○
研究開発	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	○		
	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	○	○	○
	「知」の集積と活用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	○	○	○
	みどりの食料システム戦略技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進	農林水産省	○		
	木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」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	○	○	○
	カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発事業	経済産業省			○
	木質バイオマス燃料等の安定的・効率的な供給・利用システム構築支援事業	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」より作成

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（CO₂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 2.1.28 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-クレジット保有者が仲介 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 年 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)より作成

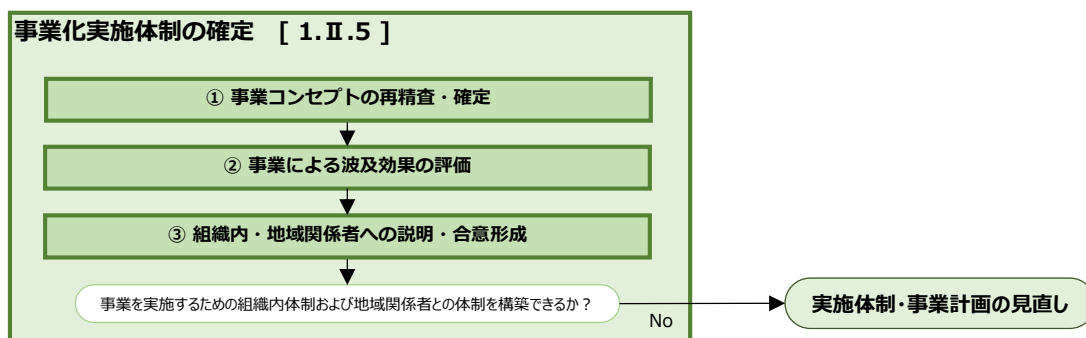
1.Ⅱ.5 事業実施体制の確定

資金調達を検討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。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くことが望ましい。

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。



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ため、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。

例えば、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事例も少なくない。当初は地域内の林業の活性化のために開始した発電事業が、FS 段階でいつの間にか FIT の売電収益を目的とした事業に移り変わり、原料を地域外からも大量に調達しているケースも見られる。

事業コンセプトの考え方については「[1. I. 3 事業コンセプトの構築](#)」(140 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？

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、周辺地域にステークホルダーの多いバイオマス事業において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](#)」を参照されたい。

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。

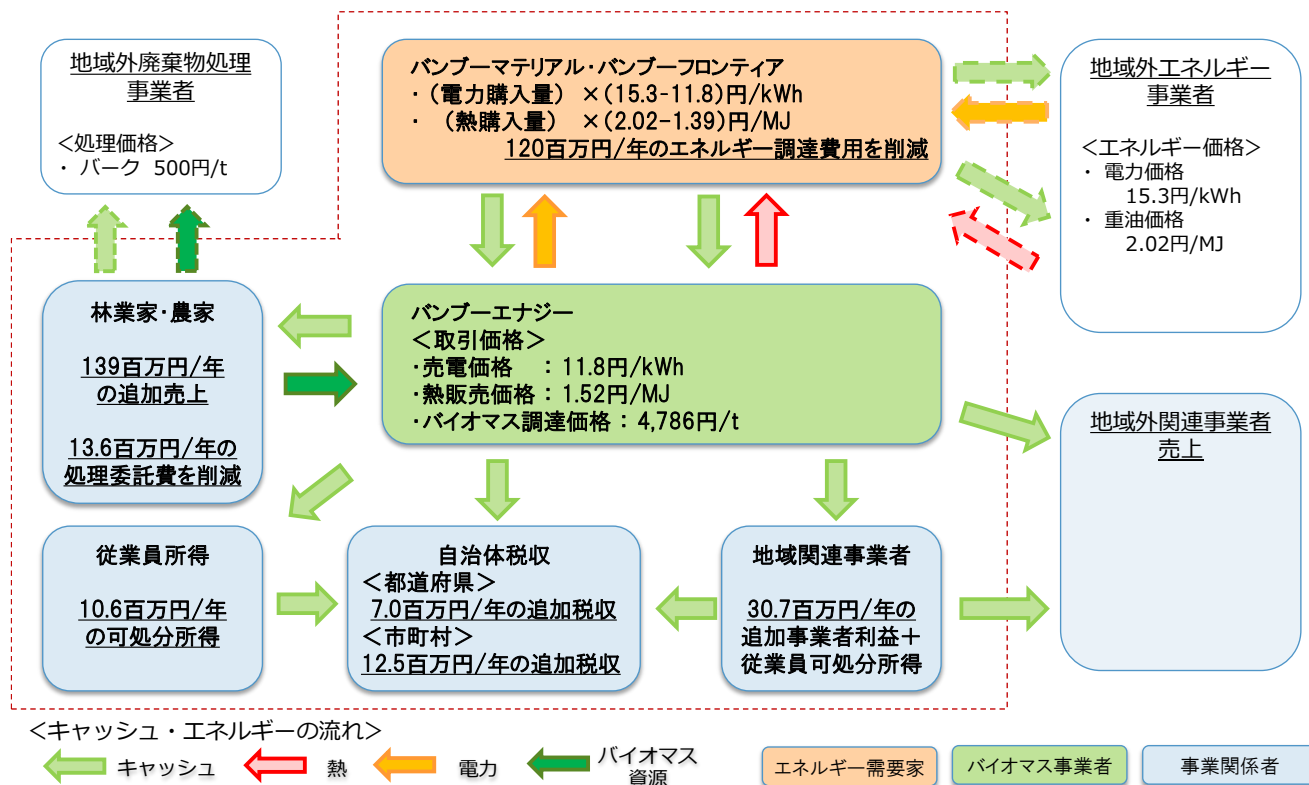


図 2.1.7 (再掲) バイオマス事業の開始による地域経済効果の試算例 (20 年間平均値)

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

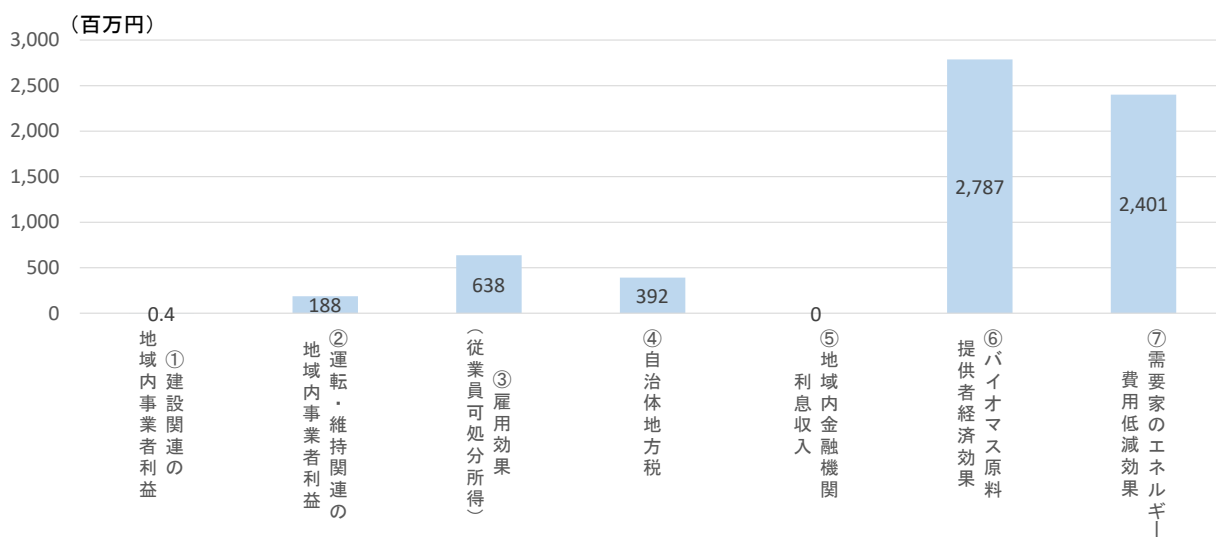


図 2.1.8 (再掲) バイオマス事業の開始による地域経済効果の試算例 (20 年間合計)

(出所) 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？原料調達から加工、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。また、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、**燃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よい。

その他、事業主体および実施体制の考え方については、「**1. I. 8 事業実施体制の構築**」（151 頁）を参照されたい。

- ❑ 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？
- ❑ 地元行政からの理解、協力は得られているか？
- ❑ 同業者、関連産業からの理解は得られているか？

計画初期からの地元行政や地域住民との調整

発電所等の設置にあたっては、**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りといったことも起こりうる。そのため、計画の初期段階から、県や市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。

建設工事時の騒音、振動、悪臭の配慮

建設工事段階では主に**粉じんや騒音、振動、工事車両の搬入に伴う交通量の増大**が、住民問題に発展することがある。また、運用段階ではこれらに加え**丸太や廃棄物等の搬入車量の通行、悪臭**などが問題となる可能性があるため、行政、周辺住民への配慮は重要となる。

協定締結をはじめとする地元行政からの指導

公害防止条例によって公害防止協定の締結が義務付けられている地域では、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こととなる。地域によっては、この**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け付けてもらえない場合もある**ため、注意が必要である。

□ 有資格者の選任が必要か？地域での募集は可能か？

バイオマスエネルギー事業では導入する設備や規模に応じて必要な有資格者が異なる。想定するビジネスモデルで必要となる有資格者を整理し、必要に応じて雇用計画を進める必要がある。

採用する技術別に必要となる資格は「**4.IV.4 O&M 内製化の検討**」(428頁)を参照されたい。

<自治体主導の事業の場合>

□ 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。**

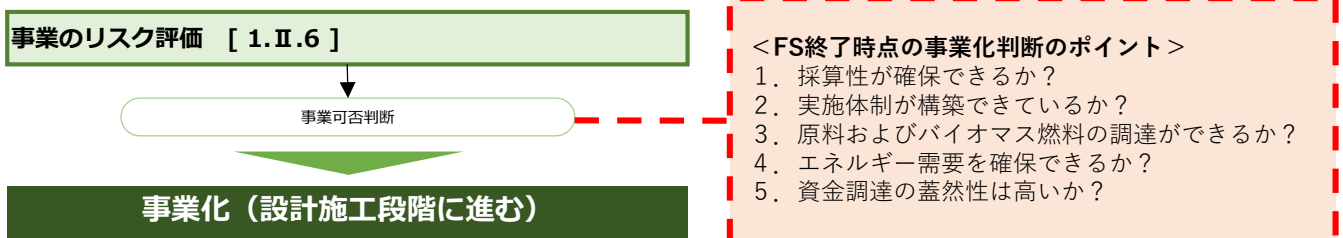
その他、バイオマス事業の協議会などを開催するにあたり、**議会関係者に参画してもらうことも有効な手段**の一つである。

1.Ⅱ.6 事業のリスク評価（FS 終了時）

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。但し、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、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？**

そもそも完工しない、あるいは、初期の性能を発揮しないリスク

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。

1) 許認可や事業用地の確保

事業に必要な許認可（土地取得・開発、廃棄物処理事業等）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通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。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、建設の目的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ところがあるが、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。

2) 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、**海外の技術を使用する場合**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うえで、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、コストは高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。

3) プラントや燃料に起因するプラントの不具合

実際にプラントが完成しても、プラントが想定通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（最終支払い）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。但し、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、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。

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高む（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高む（コストオーバーラン）リスク

様々な理由で、建設段階において費用が高む場合がある。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高むこととなる。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燃料の量・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？
- 燃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？

国内では、一般的には**燃料調達先との間で拘束力のない協定書を締結することが多いが、その場合、燃料の量や価格・質に関して変動するリスクを負ってしまう**。燃料供給先と事業期間中において燃料の量・価格・質を固定した燃料供給契約を結ぶことができることが望ましく、金融機関からの要請もあり海外材を用いた大型バイオマス案件ではそういったケースも多いが、国内においては難しいケースがほとんどである。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、まずは十分な燃料の賦存量を確認するとともに競合プラントが出現した先に鞍替えされたり、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、**燃料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燃料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、燃料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、燃料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燃料を仕入れる**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、**バイオマス燃料調達の安定性は事業費全体の6～7割をバイオマス燃料費が占める実態からも、金融機関が最も重視するポイント**となる。そのため、**協定書ではなく海外材を用いた大型案件同様の契約書の締結を金融機関から要求される**場合もある。また、予定している集材範囲からの**調達が困難となったときの対応策（バイオマス燃料のバックアップ）**も問われる場合がある。

- 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？

まずは、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いて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り、融資を受ける場合には金融機関の要求水準も異なる）。

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）。

なお、**木質ガス化方式の場合**は国内における導入実績、成功事例が必ずしも多いわけではないため、それら**導入実績や燃料との適合性のチェック**等も判断の一要素となる。

□ **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の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こともあるが、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。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などが挙げられる。

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、それ以前にその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

熱供給事業のリスクへの対処方法

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」のは難しくなるため、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、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、コストが高い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。

化石燃料価格の変動への対処方法

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。

その他、**熱 ESCO 事業などで基本料金との二段構成**にし、最初は基礎料金を多めにとり投資回収を早めに促すこともリスクを下げる方法の一つである。

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り、**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。

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ため、上で記載したような需要予測が大事になる。

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 Majeure）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。

□ 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？

バイオマス事業は、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ずれ違い、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。

□ 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？

- 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？
- 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？
- 法人税、所得税等の税制の動向が確認できているか？

バイオマス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。

特に FIT 制度および FIP 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。次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。

④ FS 調査後、次のステップに進めるかの判断基準

❑ 事業性、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、本章で検討した実施体制の構築可否、採算性に加え、2 章～4 章で検討した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、エネルギー需要および設備技術の安定性、さらに前項の事業リスクをもとに事業化を判断する。

表 2.1.29 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. 原料およびバイオマス燃料の調達ができるか？
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（システム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。

II ①-1 FIP制度

(参考) 市場価格の参照方法、プレミアム交付の流れ (イメージ)

<市場価格の参照方法>

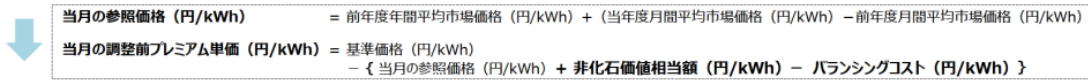
① 前年度年間平均市場価格の確定

: 各30分コマのスポット市場と時間前市場の価格をエリア別に加重平均する。この価格 (以下、30分コマ市場価格) について、発電特性を踏まえ、1年間分の加重平均 (非自然変動電源は単純平均) をする。



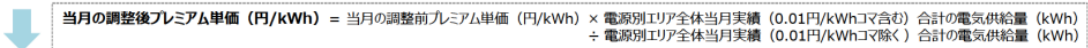
② 当月の参照価格・調整前プレミアム単価の確定

: 当年度当月と前年度同月について、各30分コマ市場価格を発電特性をふまえて加重平均 (非自然変動電源は単純平均) し、その差分を補正する。



③ 当月の調整後プレミアム単価の確定

: エリア別に、0.01円/kWhの各30分コマ以外を対象に、以下の調整後プレミアム単価を計算する。



④ 当月のプレミアム交付額の確定

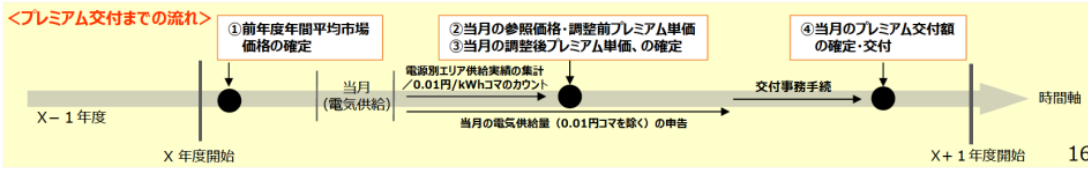


図 2.1.9 FIP 制度におけるプレミアム単価の考え方

(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の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。

FIP制度の詳細設計（9月7日の審議）

論点	取りまとめ内容
(13) 市場価格高騰時翌年度の参照価格の取り扱い	● 「前年度市場平均価格+月間補正（当該月の月平均-前年度同月の月平均）」の算出方法で参照価格が負の値になるときは、非化石取引市場の収益を加えて0円/kWhを超える場合を除き、市場参照価格を「0円/kWh」とみなす。（ただしランニングコストについては外数として扱う）
(14) 制度開始年度における対応	● 初年度（2022年度）については、その制度開始に伴う事業者の事業予見性を高める観点から、プレミアムの算定に用いる2021年度の卸売市場価格については本年9月1日時点のTOCOM先物価格（太陽光：日中ロード、その他：ベースロードを東西エリア別で採用）を上限として設定する。

図 2.1.10 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。

価格変動に対応したビジネスモデル

- FIP制度ではFIT制度程度の投資インセンティブは維持されており、事業者の創意工夫による収益向上も見込めるが、市場価格変動リスクにより月単位や年単位では収入が変動する。円滑な案件形成のためにはこうしたボラティリティを踏まえたビジネスモデルを構築していくことが必要。

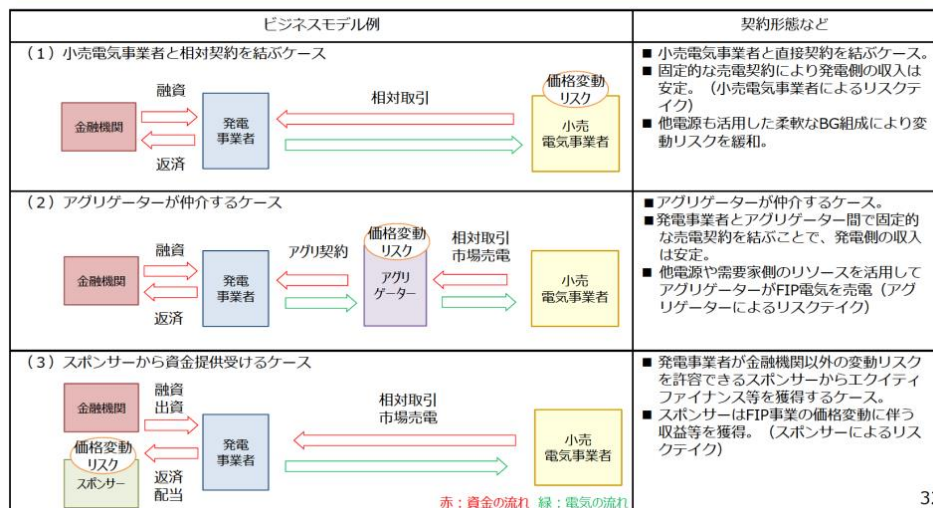


図 2.1.11 価格変動リスクへの対応策の例

(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¹⁷」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と見られるが、例えばガス化発電の場合は、日々の環境や燃料の状況によって運転の安定性が変化し得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のも、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 FIT 太陽光の買取を行っている事例では、発電側インバラ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」（再生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生エネ賦課金に含まれているため、その帰属は、再生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、再生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

¹⁷ 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金が交付されており、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。

つて、**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、収益を高上げできる可能性**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。今次の制度改革では、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力量の少なくとも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、小売供給する電力量の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力量の少なくとも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行う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 制度の対象とならなくなる場合は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 2.1.12 バイオマス発電に関わる地域活用要件

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へ買取義務があり、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 2.1.12 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、FIT 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 FIT 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、FIT 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、FIT 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、FIT 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、FIT 制度へ移行する準備（覚悟）があれば、気にするほどのリス**

くではない。しかし、FIT 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) FIT 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 FIT 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。

II ①-1 FIT制度

(参考) 2022年度のFIT/FIP・入札の対象

- 風力以外は**一定規模以上はFIPのみ認める**。また、**50kW以上は事業者が希望すればFIPも選択可能**。
- なお、**既にFIT認定を受けている事業も、50kW以上は事業者が希望すればFIPに移行可能**。

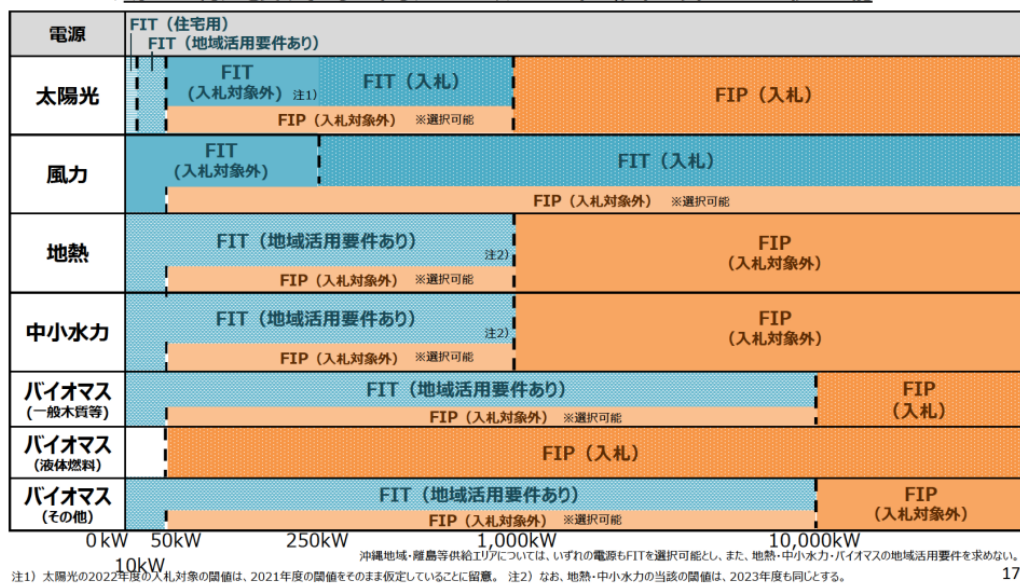


図 2.1.13 FIT 制度および FIP 制度、入札の対象規模

(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、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。

失効期間の設定に当たっての考え方②

● 失効期間の設定に当たっては、運転開始期限を過ぎて未稼働の状態が継続する案件について、**運転期限の1年後の時点の進捗状況で適用判断**することとし、具体的な進捗状況ごとに、以下のような規律を適用する。

- ① **系統連系工事中工申込みを行っていない案件**は、**運転期限の1年後の時点で認定を失効**する※1。
- ② **系統連系工事中工申込みを行った案件**は、進捗を評価できる一方、一定期間内に運転開始まで至る可能性が高いと考えられることから、**運転開始期限に、猶予期間として、運転開始期間※2に当たる年数を加える**こととし、**その到来をもって、認定を失効**※3する。
- ③ **大規模案件に係るファイナンスの特性を踏まえた例外的措置として**、運転開始に向けた準備が十分に進捗し、確実に事業実施に至るものとして、
 - － 環境影響評価の準備書に対する経済産業大臣勧告等の通知
 - － 工事計画届出**という開発工事への準備・着手が公的手続によって確認された一定規模以上の案件**については、**運転期限に、猶予期間として、調達期間に当たる年数を加える**こととし、**失効リスクを取り除く**。

※1 平成29年4月1日時点で手続中の「電源接続案件募集プロセス」に参加している案件については、運転期限の設定に当たって配慮がなされていることを踏まえ、失効期限についても同様の措置を配慮する。

※2 環境影響評価法に基づく環境アセスメントに要する期間への配慮期間分（太陽光：2年間、風力：4年間、地熱：4年間）は除く。

※3 送配電事業者による系統連系工事の事情により遅れが生じた場合には、当該遅れにより失効することがないように配慮する。

122

図 2.1.14 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、CO₂ 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、CO₂ 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る。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」が本格化するのに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

バイオマス利用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。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.1.30 バイオマス利用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	事業体の組成	事業体の組成を含めた実施体制は確定しているか？事業主体は明確か？	
		事業会社を立ち上げる場合、目的に沿った組織形態（株式会社、合同会社、LLP 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？	
1.Ⅲ.2	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.3	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・人材育成を実施）	
1.Ⅲ.4	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 事業体の組成

□ 事業体の組成を含めた実施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

木質バイオマス事業は、**事業構想段階から設備運転開始に至るまで 2～3 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。バイオマス事業の開始から事業運営まで、**包括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留意点

バイオマス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（燃料供給者、周辺住民、自治体関係者など）と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。

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、例えば製材業者で行う場合は当然単独の製材業者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、既存の森林組合等が事業主体となることも想定されるが、**必要に応じてバイオマス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。

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**プロジェクトマネージャー**を任命するケースもある。プロジェクトマネージャーは、バイオマス事業の**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。

さらに、プロジェクトマネージャーは、**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**事業実施後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、目的に沿った組織形態（株式会社、合同会社、LLP など）が検討されているか？

先に記載したように、バイオマスエネルギー事業は、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。地域のバイオマス活用計画に適した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。

事業を担う組織の種類と設立に係る留意点

バイオマスエネルギー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（但し、そういった組織形態は、必ずしも会社形態に限らない点は留意する必要がある。）が、SPC 等を設立する場合には、以下のような特徴を踏まえ、どういった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。

表 2.1.31 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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。但し、予め決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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・但し、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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・但し、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、匿名組員間で話し合っ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	<ul style="list-style-type: none"> ・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

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、バイオマス事業は事業によっては、**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並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。

□ 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？

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ケースもあるが、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。信頼関係あつ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。

1.Ⅲ.2 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？

FIT 終了後のキャッシュフローの検討

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、**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生可能エネルギーは、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、キャッ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。

事業の拡大に関する検討

また、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。例えば、九州のある事例では熱電併給における低温排熱が余剰となるため、**敷地内にペレット製造施設を建設し余剰熱の付加価値化と収益拡大**を目指している。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。

特に**地域密着型の木質バイオマス事業の場合**は、林業の再生計画に応じて、生産量増大→容量増大の可能性がある。また、当初は発電のみで事業を開始し、順次熱供給関連を整備していく場合もある。

1.III.3 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・人材育成を実施）

電力会社への売電事業（FIT 事業）のみの場合と異なり、**熱供給事業の場合は FS 調査で実施した結果をもとに社内または外部の需要変動に適した詳細な運転計画を立てる必要がある。**

特に熱電併給事業の場合は熱供給については以下の 2 つ供給形態があり、事業コンセプトや需要に応じて検討する。

- **発電優先の運転に伴う熱供給（発電を優先して設備を運転して、発生した排熱を利用して熱供給する）**
- **熱負荷に応じた出力調整運転（供給先の熱負荷に合わせて設備の出力を調整して運転を行う）**

その他、運転管理計画の策定においては、設備の法定点検頻度やそのタイミングを考慮しておく必要がある。これらの時期は設備運転を停止しなくてはならないため、事業性に影響することに留意すべきである。

また、設計施工段階では、事業期間中の設備の運転やメンテナンスをどのように行うかについても検討する。比較的大規模な施設ではメーカーとの保守契約を行うケースもあるが、**スキルを有する人材を育成し事業者自ら O&M を行うケースもある。**O&M の内製化および人材育成については、「**4.IV.4 O&M 内製化の検討**」（428 頁）を参照されたい。

1.Ⅲ.4 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？

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えない場合**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高むことも多く、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

バイオマス利用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。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.1.32 バイオマス利用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	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.2	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.1 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 2.1.33 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。
- バイオマス燃料（バーク）の調達価格が運転開始段階で FS 時よりも高騰した。
- 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。
- 当初地下にサイロを作る予定であったが、建設地が最終処分場の跡地であったことが判明し、地上のサイロに変更したため追加コストが発生した。
- 調達するバイオマス燃料の水分率が想定よりも高く追加乾燥コストが生じた。
- 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**。したがって、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においては、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用途についても、計画通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。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.2 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？

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。

2章 バイオマス調達に係る留意点と解決策

原料・燃料調達に関する「よくある課題」

その1：十分な量のバイオマス燃料を調達できない、運転後の調達量が想定と異なる

バイオマスエネルギー事業では地域事情によって調達可能な原料や燃料規模や条件が大きく異なり、必要な量のバイオマス資源を調達できずに断念するケースが多い。特に国産材の発電事業の場合は年間数万トン以上の大量のチップやペレットが必要となるうえ、近隣の発電所との競合関係も存在するため、事業期間（FIT の場合は 20 年）にわたり安定的に調達できる見通しが立たないことがある。その他の主な原料・燃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・燃料調達に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 原料・燃料調達量の季節変動を考慮しなかった	⇒	「2.Ⅰ.1 原料・燃料の調達可能性の検討 ① 原料・燃料種の特定と資源量の調査」(231頁) を参照
● 地域の原料の賦存量（ポテンシャル）と実際の調達可能量を同一視してしまった（地域の森林成長量や林道整備状況、林業活動、輸送体制などの実状を考慮しなかった）	⇒	「2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査 ① 原料・燃料の調達可能性および性状の調査(a) 集荷可能性の調査」(252頁) を参照
● 原料の中長期的な持続可能性を考慮せず事業計画を策定した		
● 施設稼働後、周辺のバイオマス発電所の稼働により原料・燃料需要が逼迫した		

NEDO 事業者・先行事例の取組（原料の安定調達）

原料の季節変動への対策について、先行事例では以下のような工夫を行っている。例えば、田島山業株式会社では月ごとに大きく変動する林地残材搬出量について、一定量の余剰分を貯留するストックヤードを山林内に設置・活用する方法を検討した（→[253頁](#)を参照）。

また、持続的な原料調達について、先行事例では以下のような工夫を行っている。東急リゾート&ステイ株式会社では森林組合らとともに地域の森林経営計画を策定し、持続的に調達可能なバイオマス資源量を適切に評価した（→[254頁](#)を参照）。

原料・燃料の安定調達を達成している先行事例では、エネルギー利用事業者が林業等の「上流側」関係者を事業に（時には出資も含めて）巻き込み、サプライチェーン全体が一丸となって推進しており、「**2.Ⅲ.2 燃料の調達・在庫管理計画の策定**」([290頁](#))を参照されたい。また、バンブーエナジー株式会社では、地元住民、業者との密な関係を構築し、地域課題である竹の安定調達体制を確立している（→[290頁](#)を参照）。

NEDO 事業者・先行事例の取組（原料のポテンシャル拡大）

近年は従来の針葉樹の森林未利用材や製材端材だけではなく、竹やパークのようにこれまで燃料として利用されることが少なかった地域課題のバイオマス資源を調達する事例が増えつつある。その他、先行事例では以下のような工夫により安定調達を試みている。例えば、坂井森林組合では広葉樹を燃料として有効活用する検討を行った（→[240頁](#)を参照）。また、一般財団法人石炭フロンティア機構（JCOAL）、遠野興産株式会社では社有林にコウヨウザン等の早生樹を植林し燃料生産事業を実施した（→[242頁](#)を参照）。さらに、高砂熱学工業株式会社では耕作放棄地にエリアンサスなどの資源作物を栽培する検討を行った（→[242頁](#)を参照）。

その2：原料・燃料供給側との認識の齟齬の発生

バイオマスエネルギー事業では、地域の農林業等の一次産業関係者と発電事業者など、多くの場合、それまで接点のなかった様々な業種や産業の関係者同士で取引を行うことになる。そのため、運転開始後に原料および関係者間での取引量や単位等の認識の齟齬により想定した調達量が確保できないことがある。例えば、以下のような齟齬が生じたケースが報告されている。

表 2.2.2 原料・燃料供給側との認識の齟齬の例

- 調達量や納期が守られずに設備の安定運転に支障が生じた
- 原料および燃料の密度の認識が関係者間で統一できていない（重量と体積の換算、材積の計算方法（例：林業業界が用いる末口二乗法等）
- 熱利用の場合、燃料の熱量が想定と異なる（市況で重量単位で取引されるチップ・ペレットと容積単位で取引される化石燃料の価値の比較ができていない）
- チップ供給業者との契約でチップサイズに関する縛りを設けなかったため、業者が取引量の多い顧客に合わせてサイズを決めてしまい、想定と異なる規格の燃料が供給されることになった

このような課題に対して、「2.1.1 原料・燃料の調達可能性の検討 ①原料・燃料種の特定と資源量の調査」（231 頁）では原料・燃料取引に係る留意点を記載している。また、「第3部 1 章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識」では各原料・燃料の一般的な性状について概説している。

先行事例の取組

その他、先行事例では納期等の仕様が守られなかった場合のペナルティを設定しているケースもある。「2.Ⅲ.1 燃料の調達契約」（287 頁）では、こうした取引先との契約条件について記載している。

その3：採算が取れるバイオマス燃料価格で調達できない

バイオマス燃料は地域の農林業の動向や周辺地域の発電所、熱利用施設等の動向によって需要と供給が日々変化する。特に、昨今の FIT バイオマス発電所の増加などの影響により、一部の地域では森林未利用材や製材端材由来のチップやペレットの価格が上昇し、事業採算性の確保が困難となるケースがある。一般的な原料価格およびその推移は「第3部 1 章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識」を参照されたい。

先行事例の取組

バイオマス原料を安定かつ安価に調達するために先行事例では以下のように「地域で課題となっているバイオマス資源」を対象に調達している。例えば、バンブーエナジー株式会社では、地域住民や事業者がコストをかけて処分していた竹を燃料として活用している（→290 頁を参照）。

また、昭和化学工業株式会社では、製材業や林業で排出され、従来未利用であったバークを燃料として活用している（→259 頁を参照）。

JFE 環境サービス株式会社では、建築廃材の中でも従来発電として利用が困難であった低質建廃を対象に燃料化を行っている（→277 頁を参照）。

田島山業株式会社では、従来林業活動において山林に放置してきた末木枝条を対象にチップ化を行い燃料化を検討した（→246 頁を参照）。

社会福祉法人ウイズユーおよび智頭石油株式会社では、自社および地域で活用できていないきのこ使用済菌床の燃料化を行った（→327 頁を参照）。

その4：燃料加工費・輸送費が高い（自ら燃料生産を行う場合）

森林未利用材を用いて燃料生産を行う場合、木材の伐採、搬出、燃料加工、輸送までのコストが事業採算性を圧迫するケースが少なくない。また、チップ工場やペレット工場を新規に建設する場合は一定の規模でないと燃料単価が高額になってしまう。その他、燃料供給者との間で輸送費に関する合意形成の不備等の契約上の問題により、思わぬコスト増となったケースもある。

⇒ こうした原料・燃料関係者との契約上の留意点は「[2.Ⅲ.1 燃料の調達契約](#)」（287頁）を参照されたい。

NEDO 事業者・先行事例の取組

燃料加工、輸送コストを最小限に抑えるために先行事例では以下のような工夫を行っている。例えば、坂井森林組合では、チップ工場を建設するのではなく、伐採した木材を「中間土場」にて「移動式チップパー」で燃料加工することで、燃料加工費および輸送費を抑えたシステムを導入した（「[第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照）。また、同組合ではFS事業において、移動式チップパーのコスト比較を行った（「[第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照）。

その5：適切な品質の燃料が調達できない

バイオマスエネルギー変換設備はそれぞれ使用可能な燃料規格が定められており、要求水準に満たない燃料を用いると運転トラブルが生じる。燃料品質については、後述する含有水分の他、形状のサイズの安定化が重要となる。特にガス化設備の場合はこうした燃料品質が安定燃焼に大きく影響するため留意が必要である。主な原料・燃料品質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 2.2.3 燃料品質全体に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 製造、加工した燃料がボイラーや発電設備の燃料規格・要求品質を満たさない	⇒ 「 2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査① 原料・燃料の調達可能性および性状の調査 (b) 原料性状の調査 」（258頁）を参照
● 海外製のガス化設備の要求する燃料品質を満たしたにもかかわらず、日本の樹種では安定稼働しない	
● 海外のガス化設備を導入した先行事例では、導入予定の国内地域の樹種で製造したサンプル燃料を現地に送付して運転試験を行っている。	⇒ 「 2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査③ 燃料規格対応の確認 」（269頁）を参照

また、主な燃料の形状・サイズ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 2.2.4 燃料の形状・サイズに係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● バークや破碎チップの場合、長尺のものが含まれることがあり、原料・燃料供給設備（マテリアルハンドリング設備）でのブリッジ等のトラブルや、炉内での不均一な燃焼によるトラブルが生じる	⇒ 「 2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査③ 燃料規格対応の確認 」（269頁）を参照
● ガス化の場合は、チップやペレットの形状にばらつきがあると不均一な燃焼が生じ、設備トラブルが生じる	

NEDO 事業者・先行事例の取組

バイオマス燃料の形状やサイズに関する先行事例では以下のような工夫を行っている。例えば、JFE 環境サービス株式会社では、地域の低質材のエネルギー利用にあたり、大物・長尺、廃竹材など様々な形状の燃料適用可能な高性能破碎設備を導入し、実証試験を行っている（→[277頁](#)を参照）。

その他、ガス化の場合は燃料投入前に篩を導入し、燃料の均一化を図っているケースが見られる（→[273 頁](#)を参照）。

その6：バイオマス燃料の水分率の管理ができない

上述のとおり、バイオマスエネルギー変換設備はそれぞれ使用可能な燃料の条件が決まっており、中でも水分の管理は最も重要な要素と言える。特に中小型のバイオマスボイラーの場合は燃料の水分率を 30～40%程度の範囲内に抑えなければ安定的な燃焼ができないため、特に森林未利用材（生木）やきのこ使用済菌床などの水分率の高いバイオマス燃料として使う場合は十分な乾燥を行う必要がある。

NEDO 事業者・先行事例の取組

バイオマス燃料中の水分を適切に管理するため、先行事例では以下のような工夫を行っている。特にガス化の場合は安定稼働のために厳密な水分管理が必要となり、適切な貯留設備、乾燥設備の選択が必要となる。先行事例では投入直前に発電機の廃熱による乾燥設備を導入しているケースもあり、詳細は「[2. II. 1 原料・燃料の調達可能性の調査](#) [③燃料規格対応の確認](#)（[269 頁](#)）を参照されたい。

また、社会福祉法人ウイズユーでは水分率 70%程度のきのこ使用済菌床をハウスを用いた自然乾燥設備とボイラー廃熱を利用した乾燥により 55%まで抑え、さらに建築廃材（水分率 20%程度）ときのこ使用済菌床を 9:1 の比率で混合することでボイラーに投入する時点での燃料全体の水分率を 30%程度まで抑制している（→[262、327 頁](#)を参照）。同事業の関係者である智頭石油株式会社ではビニールハウスを利用したきのこ使用済菌床の自然乾燥システムを開発し、社会福祉法人ウイズユーの実証事業で導入した（→[262 頁](#)を参照）。

その他、バンブーエナジー株式会社では原料乾燥のため、ウォーキングフロア上でボイラー廃熱を活用した乾燥システムを導入した（→[270 頁](#)を参照）。

その7：燃料製造・加工設備の採算性が悪化する

自らチップやペレット等の燃料製造を行う事業では、生産する燃料の品質や量によって採算性が確保できなくなるケースも観られる。利用する原料や生産する燃料品質を向上はエネルギー変換設備運転の安定稼働に寄与する一方で、生産コストも増加するため、こうしたバランスが必要となる。チップ・ペレット製造技術の概要は「[第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照されたい。

また、燃料製造・加工設備の採算性に係る主な課題は以下のとおりであり、「[2. II. 1 原料・燃料の調達可能性の調査](#) [③燃料規格対応の確認](#)（[269 頁](#)）」および「[2. II. 1 原料・燃料の調達可能性の調査](#) [④燃料の製造・加工システムの検討](#)（[276 頁](#)）」を参照されたい。

表 2.2.5 燃料製造・加工設備の採算性に係る課題の例

- 燃料品質や原料種を重視しすぎて生産設備に過剰投資となり採算性が悪化した
- 燃料規格が上位であるほど、製造に要する機械は増え、消費電力も増え製造原価が上がった
- 一方で、燃料の低価格化に重きを置きすぎると設備が許容可能な燃料品質の範囲を逸脱しやすい

NEDO 事業者・先行事例の取組

燃料製造・加工設備の採算性を確保するにあたり、先行事例では以下の検討を行っている。例えば、坂井森林組合では、新規のチップ化工場の建設、中間渡場における移動式チップパーによる燃料生産によるチップ生産コストの比較を行った（「[第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照）。また、長野森林組合では FS 事業においてペレットの造粒方式によるコスト比較を行った（「[第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照）。

フェーズⅠ 構想段階

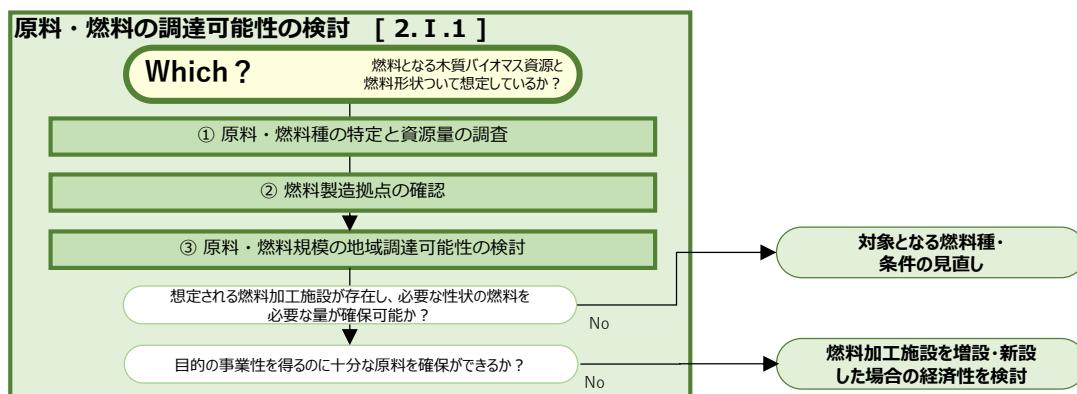
バイオマス調達の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.2.6 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・燃料の調達可能性の検討		
①	原料・燃料種の特定と資源量の調査	原料および燃料の種類は特定できているか？それらが地域で調達可能なことを確認したか？	
		原料および燃料価格の動向と他の材との競合状況を確認したか？	
		地域で調達候補となる原料または燃料の性状を確認したか？	
		原料および燃料中の水分を把握したか？また、水分指標について正確に理解しているか？	
		原料および燃料の密度を把握したか？また、体積と重量の換算方法について理解しているか？	
		<熱利用の場合> 想定するバイオマス燃料と化石燃料の価値を比較したか？	
		<森林未利用材を利用する場合> 燃料用木材と他の用途の木材の価格を比較したか？	
②	燃料製造拠点の確認	チップやペレットなど燃料の生産拠点を確認し、調達方法、新たな拠点整備の有無を検討したか？	
③	原料・燃料の地域調達可能性調査	地域内で調達可能な原料・燃料の規模と導入したい設備の規模またはエネルギー供給規模が乖離していないか？	

2. I .1 原料・燃料の調達可能性の検討

構想段階における原料収集可能性の検討では、まず最初に地域（または自社内）で発生する資源をリストアップすることから始める。その際、対象資源がお金を支払って調達する「有価物」なのか、性状として有価性がなく逆有償となる「廃棄物」なのかを確認する。廃棄物を逆有償で調達するために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に、それらの発生量および調達可能量を調査する。そのうえで、目的の事業性を得るのに十分な量を確保できるかを確認する。価格や輸送コスト等の調査も併せて実施し、想定価格で調達できる量に不足がある場合、対象となる燃料種や条件を見直す必要がある。

また、調達量と併せて燃料の形状（チップ、ペレット、薪など）についても検討する。燃料形状は設備・技術の選択や毎年の運営コストに大きく関わることに留意する。燃料の形状により性状や製造コスト、ハンドリングの負担などが違うので、調達規模や想定する設備技術等に応じ、どのような燃料を使用するか想定する。

特に発電事業の場合は通常数万トン／年の大量の燃料が必要となるため、既存の燃料の加工施設または地域内の燃料供給業者等を通じて必要な量を確保することが難しいことが多い。その場合は事業者自ら原料を収集し、燃料加工施設を増設または新設するケースについて検討する。

① 原料・燃料種の特特定と資源量の調査

原料種の特特定および資源量調査の考え方は事業の目的や内容によって異なる。例えば、**自社または地域で未利用な資源を有効活用することが動機である場合**は、対象資源の発生状況と利用状況、それを踏まえた調達可能量について検討する。

一方、**発電事業や既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合**は、エネルギー供給量に見合う原料・燃料の確保が必須であるため、地域内でどのようなバイオマス資源を入手可能かについてリストアップし、それぞれの発生状況、利用状況、調達可能量を幅広く調査する。また、既に地域内に燃料供給施設および業者が存在する場合は供給可能量について調査を行う。

特にガス化発電の場合は、樹種も含めた燃料規格との相性が非常に重要となることから、求められる燃料規格に合致する燃料が地域で調達可能かを確認する。あるいは自社、および協力企業で規格に合う燃料の製造が可能か検討する。

燃料製造を目的とする事業の場合は、原料となる森林資源の賦存量、調達可能量に加え、需要側の市場ニーズを踏まえた原料種と規模感について調査する。

- ❑ 原料および燃料の種類は特定できているか？それらが地域で調達可能なことを確認したか？
- ❑ 原料および燃料価格の動向と他の材との競合状況を確認したか？

調達可能な原料および燃料の種類や規模によって利用可能な技術や実施できる事業内容は大きく異なる。統計上では資源の**ポテンシャルがあるように見えても実際に調達可能な量が限られる**ことが多い。特に最近ではバイオマス発電が各地で稼働を開始し、証明付きの未利用木材の調達は地域的には厳しくなりつつある地域も見られる。製紙産業も含めた**既存の流通への影響にも配慮する**必要もある。また将来にわたって安定的に調達することが可能なのかも確認が必要である。例えば**開発に伴う支障木の活用を想定している場合**、短期的には確実な量の確保ができて大型の**開発工事の終了とともに支障木発生量が急減**するようなケースもある。

原料および燃料の価格は林業や製材業等の上流側の産業、並びに周辺地域の発電所などの需要によって異なり、同一規格の燃料でも**地域によって価格水準は様々**である。そのため実施エリア周辺の価格水準や流通状況について詳しく確認していく必要がある。未利用木材など**原料がひっ迫するエリアでは発電所間での奪い合いも想定**され、価格の引き上げ等の変動リスクも踏まえて事業を組み立てていくことも必要である。

なお、原料・燃料の種類と特徴、並びに一般的なバイオマス燃料価格については「**第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

- 地域で調達候補となる原料または燃料の性状を確認したか？
- 原料および燃料中の水分を把握したか？また、水分指標について正確に理解しているか？

原料および燃料の性状には**水分率、密度、灰分、不純物量、形状**など様々な指標がある。これらがエネルギー変換設備（ボイラーやガス化設備など）に適合せずに運転トラブルが発生する事例が多数存在する。

性状の中でも水分率は特に重要であり、**水分の管理ができていないために設備トラブルが発生**した事例が多数存在する。ボイラーやガス化設備などの選定の際には、どの程度の水分率の燃料が入手できるかを考慮する必要がある。

木材の種類が同じであれば、**重量あたりの発熱量は水分が低下するにつれ増加**する傾向にある。そのため、水分の低いバイオマス燃料の方が、変換設備に投入した後、蒸発に奪われる熱量が減るためエネルギー効率が高くなる。したがって、できる限り**水分が低い木材の調達、あるいは事業者自ら木材を乾燥することが望ましい**。

以下では原料・燃料中の水分について記載するが、詳細および各種原料および燃料の性状については「**第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

原料・燃料中の水分指標

木材に占める水分重量の割合を示す指標には、「**湿量基準で示す『水分率』**」と「**乾量基準で示す『含水率』**」の2種がある。湿量基準の水分率は、**水を含む木材全量を100%**とした場合の水の比率を示しており、エネルギー事業で一般的に用いられる。一方、乾量基準の含水率は、**水を除く木材重量を100%**とした場合の水の比率を示しており、林業や木材産業で一般的に用いられる。ただし、水分率のことを含水率と表現している場合もあり、注意が必要である。

※本書では「水分率」（＝下図左側）を用いる

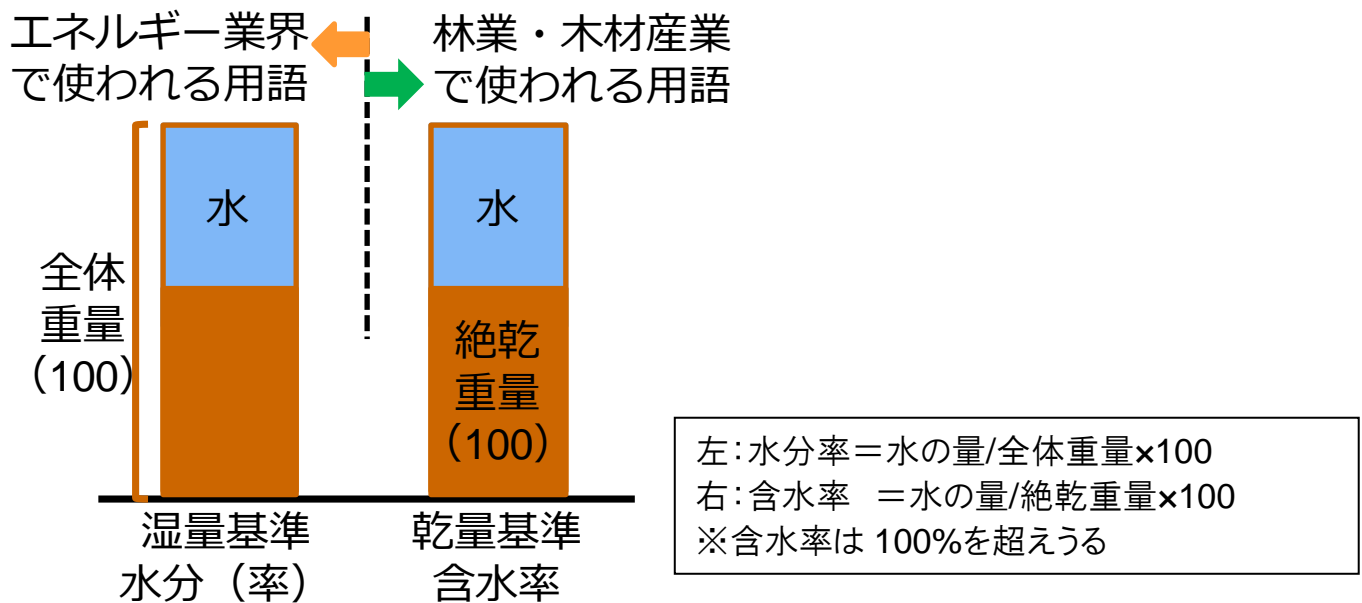


図 2.2.1 水分率と含水率の違い

水分量（割合）の把握方法

水分率の主な計測方法は①**事前に作成した重量と水分の換算表を用いる方法**、②**計測器を用いる方法**、③**室内試験によって測定する方法**の3つがある。このうち③の室内試験による方法が最も精度が高い。ただし、測定に1～2日程度を要する。

表 2.2.7 原料中の水分の把握方法

①事前に作成した重量と水分の換算表を用いる方法
②計測器を用いる方法
③室内試験によって測定する方法

原料およびバイオマス燃料別の水分率の例

バイオマス燃料の性状の中でも水分は設備の安定稼働において非常に重要である。**稼働トラブルが発生した国内の事例の多くがバイオマス燃料中の水分管理に起因している**。乾燥した燃料を使うことはトラブル解消だけでなく、単位容量あたりの有効熱量を向上させ、ボイラーでの燃焼効率向上にも寄与するなどメリットも大きい。また、木材中の**水分は発熱量を算出するうえでも重要**である。

水分が低いほどバイオマス燃料としては望ましいが、日本では**水分が豊富なスギが中心**であり、さらに**湿潤気候**であるため乾燥したバイオマス燃料を手に入れることは難しい。そのため、ボイラーが要求する水分率まで**原料木材またはチップを乾燥**させるか、バイオマス燃料供給元との**契約で水分率の範囲を指定**する必要がある。その他、**水分率の異なる木材資源を混合して、適切な水分率となるよう調整**する方法も有効である。以下に主な原料およびバイオマス燃料の水分率の例を示す。**水分は樹種や木材資源の発生場所によって異なり、さらに季節や天候、収集条件によっても変動**することに留意する必要がある。詳細は「**第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

表 2.2.8 国内のバイオマス資源の水分率の例

バイオマスの種類		水分率の目安(湿潤ベース)
丸太	伐採時	40～60%
	屋外で数か月自然乾燥した丸太	30～40%
薪	生木の薪	40～60%
	屋根下で1年乾燥させた割薪	30～35%
チップ	生チップ	40～60%
	屋根下で数か月間保管したチップ	30～40%
	製材所の残端材	25～60%
	建築廃材	10～40%
廃菌床	採取直後の廃菌床	55～80%
	天日干し後の廃菌床	30～50%
竹	採取直後の竹	50～60%
	屋内で数か月自然乾燥した竹	30～40%
パーク	採取直後のパーク	40～60%

注) 水分率は樹種や地域の気候により変動するため、本表の数値は「目安」とされたい。

(出所) NEDO FS 事業各種資料等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

□ 原料および燃料中の密度を把握したか？また、体積と重量の換算方法について理解しているか？

バイオマスエネルギー事業では、原料および燃料の密度の認識が関係者間で統一できていないことで、取引の際にトラブルが生じることが少なくない。取引単位は業種によって異なり、一般的に林業では「体積（ m^3 ）」を用いるのに対し、チップやペレット等のバイオマス燃料製造側では「重量（t）」を用いる。

調達契約締結に向けた交渉の際に、事業者と林業従事者、チップやペレットの取扱者との間で想定する密度の認識が異なった場合、取引価格にもずれが生じる。例えば、調達先が密度を $0.5t/m^3$ と想定し、事業者が $1.0t/m^3$ と想定する場合、体積単位の価格に換算したときの価格差は 2 倍になる。そのため、調達先との交渉の際には換算に用いる「密度（ t/m^3 ）」について合意形成をはかることが重要である。また、貯蔵設備や搬送設備の容量を検討する際にも密度の情報が必要となる。

なお、密度は木材の種別、樹種、温度・湿度条件や水分によっても変化することに留意する必要がある。換算を正確に行うためには、納入の都度、木材資源の密度を測定する必要がある。各種原料・燃料の密度等の詳細は「第 3 部 1 章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識」を参照されたい。

林業業界における容積計算方法

林業業界では末口二乗法と呼ばれる容積計算方法が一般的に用いられ、通常の容積計算との違いがあることも発電事業者や熱利用事業者との意思疎通の妨げになることがある。

木材の品質や性能は日本農林規格（JAS 規格）で規定されており、丸太の材積の計算に用いられる「末口 2 乗法」では、長さ 6 m 以下の丸太については、丸太の細い方の小口（末口）の直径を 2 乗したものに長さを掛け合わせることで計算する¹⁸。そのため、実際よりも材積が過小推計される傾向にある。

<熱利用の場合>

□ 想定するバイオマス燃料と化石燃料の価値を比較したか？

チップやペレットは重量単位で取引される一方、化石燃料は容積単位で取引されることが一般的である。燃料としての価値および価格を把握するためには、両者は熱量単位を基準に価値を比較することが重要である。なお、通常用材は容積単位の価格（ $円/m^3$ ）で、製紙用チップは絶乾重量単位の価格（ $円/dry-t$ ）で取引される。

バイオマス燃料材は現在は重量単位の価格（ $円/wet-t$ ）で取引されることが多いが、「発熱量」に価値があるため、発電、熱利用を問わず本来であれば発熱量単位の価格で取引するのが最も合理的である。国内では、バイオマス燃料を重量単位で取引し、水分の多い丸太やチップが調達先から搬入されたことで収益が悪化するケースが少なくない。そのため、岡山県真庭市をはじめ一部の地域では水分率や熱量をベースとした取引が整備されつつある。

バイオマスと化石燃料の価値の比較（熱利用の場合の参考）

下図は熱量単位の価格が等しくなるチップやペレットと化石燃料価格を示している。例えば、未乾燥木質チップが 20 円/kg のときに熱量等価となるのは、ペレット約 40 円/kg、石炭約 60 円/kg、灯油 85 円/L、A 重油 90 円/L、である。このグラフを用いると、事業実現時の化石燃料市況下において、チップやペレットの価格がいくらで熱量等価となるのかを確認することができる。

¹⁸ 例えば、末口の直径が 18cm で長さが 3m の丸太材積は、 $0.18m \times 0.18m \times 3m = 0.0972m^3$ となる。スギ丸太の取引価格が $1m^3$ 当たり 1 万円の場合、末口径 18cm、長さ 3m のスギ丸太 1 本の価格は 972 円となる。末口二乗法の詳細は <https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/9812/mokuzainokikakutojas.pdf> または <https://www.npobin.net/research/data/143thKuboyama.pdf> を参照されたい。

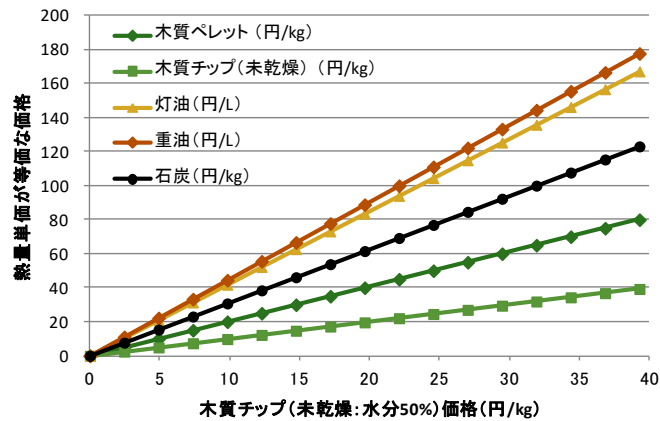


図 2.2.2 熱量単位の価格が等しくなるチップやペレットと化石燃料価格

(出所) 日本木質ペレット協会ウェブサイト情報等より作成

(注) 木質チップ(未乾燥)の単位あたり低位発熱量を 8.2MJ/kg(水分率 50%)、ペレットの単位あたり低位発熱量を 16.7MJ/kg(水分率 10%)、灯油の単位あたり低位発熱量を 34.9MJ/L、重油の単位あたり低位発熱量を 37.1MJ/L、石炭の単位あたり低位発熱量を 25.7MJ/kg と想定して分析

<森林未利用材を利用する場合>

□ 燃料用木材と他の用途の木材の価値を比較したか？

バイオマス燃料向けの木材資源の取引価格はマテリアル利用の取引価格に比べ安いとされてきたが、FIT 制度開始以降は逆転する事例も出てきている。一時的に安価に入手できるとしても、**製材として利用可能な原料をエネルギー利用することは持続可能性のリスクが大きいことに留意する必要がある。**

各種原料・燃料の価格等の詳細は「**第 3 部 1 章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

表 2.2.9 木材資源の取引価格

品目	区分	2021 年の市況目安
原木(製材用)	すぎ丸太 (径 14.0~22.0cm、長 3.65~4.0m)	13,300~18,100 円/m ³
原木(合単板用)	すぎ丸太 (径 18.0 cm 上)	10,900~13,900 円/m ³
原木(チップ用)	針葉樹丸太	6,500~6,700 円/m ³
	広葉樹丸太	9,500 円/m ³
製材品	正角(すぎ) (105×105×3000(mm))	62,200~71,400 円/m ³
	正角(すぎ乾燥材) (105×105×3000(mm))	65,800~135,500 円/m ³
合板	針葉樹合板 (12×900×1800 (mm))	1,230~1,730 円/枚
集成材	ホワイトウッド集成管柱 (105×105×2980~3000(mm))	1,900~5,100 円/本
		60,000~131,400 円/m ³
木材チップ	針葉樹(パルプ向け)	14,600~14,800 円/t
	広葉樹(パルプ向け)	19,300~19,400 円/t

(出所) 林野庁「木材価格統計調査」2021 年 12 月統計表より作成

② 燃料製造拠点の確認

利用する原料・燃料種をある程度特定した後、実際に地域周辺で具体的にどこで原料および燃料調達が可能かを確認する。近隣にチップ、ペレット等の燃料供給業者が存在せず、丸太や廃材等の原料のみが入手可能であれば、新規の燃料化設備（チップパー、ペレタイザー等）または加工施設の導入を念頭に、具体的な拠点について検討する。実際に燃料化設備を導入する、または燃料加工施設を新規建設するかは FS 段階での調査および経済性の検討を踏まえて判断する。

自社内または地域内の未利用な資源を有効活用したい目的で事業に取り組む場合は、対象資源をどこで燃料化することが可能か（周辺のチップ業者等に供給可能か、または自社内に新規に燃料化設備を導入する必要があるか）について検討する。

発電事業や既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合は、地域内の燃料サプライヤー（チップ業者またはペレット業者）の供給可能性が想定するエネルギー供給規模に十分かについて検討を行う。

既存のチップ業者、ペレット業者からの調達を想定する場合は、燃料の品質の問題から対応できない可能性もあるため、ボイラー等機器との相性を踏まえた燃料規格の確認が必要である。場合によっては新規に燃料生産拠点を建設することも考えていく必要がある。

なお、周辺の燃料サプライヤーの有無については、行政の林業担当、環境担当、また森林組合などに問い合わせれば情報を入手できる。

□ チップやペレットなど燃料の生産拠点を確認し、調達方法、新たな拠点整備の有無を検討したか？

バイオマスエネルギー事業の燃料調達は**外部の業者からチップやペレット等の燃焼を購入するパターンと、事業者自ら原木を調達してバイオマス燃料生産まで行うパターン**に大別される。

いずれの事業内容でも、基本的にはバイオマスボイラーを導入する主体が燃料生産（チップパーに投資し丸太を購入して自らチップ生産）を行う必要はなく、**地域のバイオマス燃料生産業者から購入すればよい。**

後述するように、原料および燃料の流通システムにおいて、原料搬出、バイオマス燃料生産、プラントへの輸送のうち、**事業者自身がどこまで関与するかは、事業規模や利用技術、立地などを踏まえて検討**する必要がある。

自らバイオマス燃料の製造を行う場合

発電や熱利用を行う事業者自ら原料を集め燃料生産まで実施するモデルは、製材工場のような**自ら余剰資源が発生する事業者**で一般的となっている。

一方で、近年導入が進みつつある熱分解ガス化設備の場合は、流通しているものよりも**高品質なペレットやチップが必要であるため、発電プラント内に専用のバイオマス燃料製造施設を設けている事例も増加**しつつある。ガス化以外のバイオマス発電所でも、チップの流通コストを圧縮するために、発電所に隣接して新たにチップ製造施設を建設するような例もみられる。

その他、行政の立場で地域外への金銭の流出を避け、**地域内の経済循環効果を高めたい場合は燃料チップ生産（工場など）に投資して地域でバイオマス燃料供給～需要を賄う**選択肢も有効である。

需要に対応したバイオマス燃料生産

バイオマス燃料生産まで行う場合は**一か所の燃料需要先のみをターゲットにするのではなく、地域で面的に行う**ことが重要である。国内にはこうした面的にバイオマス燃料供給を行っている事例が既に存在するが、**需要先のバイオマスエネルギー変換設**

備（ボイラー等）が要求する品質に対応する必要がある。特に想定よりも原木の水分が多かったことで、生産・供給したバイオマス燃料が需要者が求める水分率をオーバーし設備トラブルが生じたケースが散見される。

固体バイオマス燃料化の種類と用途

エネルギー変換技術によって要求するバイオマス燃料の形態が異なることに留意が必要がある。FIT 開始後に急増した BTG の場合では、5～20MW 程度の中規模ではチップが使われる一方、20MW を超える大規模プラントではペレット（主に輸入材）が中心となっている。

熱分解ガス化設備の場合は Burkhardt 社製にみられるようなペレットを利用するタイプと、Volter 社のようなチップを利用するタイプに分かれる。どちらの形態を利用する場合も高い品質と徹底した水分率管理が要求される。

産業用や民生用のバイオマスボイラーの場合はペレットを利用するタイプとチップを利用するタイプがある。チップボイラーには一定程度乾燥させたチップ（水分率 40%以下等）を用いる乾燥チップボイラーと、それよりも水分率が高い（50～60%程度）チップに対応可能な湿潤チップボイラーがある。利用するチップについて、既存事例では破砕チップよりも切削チップの利用事例の方が搬送設備内や炉内のトラブルが少なく安定運転を達成しているケースが多い。

表 2.2.10 バイオマス燃料化済の各木材資源に適する変換設備

形態	種類	変換設備
薪		薪専用ストーブ（家庭用熱利用） 暖炉（家庭用熱利用） 薪ボイラー（家庭用・業務用熱利用）
チップ	破砕チップ	チップ用ボイラー（産業用または民生用熱利用）
	切削チップ	BTG（中規模バイオマス発電所 5MW～20MW） 熱分解ガス化設備
ペレット	パークペレット	ペレットストーブ（家庭用熱利用） ペレットボイラー（産業用熱利用）
	全木ペレット	BTG（大規模バイオマス発電所 20MW 以上、石炭火力発電所混焼設備）
	ホワイトペレット	熱分解ガス化設備

（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 原料・燃料規模の地域調達可能性の検討

事業コンセプトに基づき、利用する原料・燃料種をある程度特定した後、それらが十分量調達可能かについて検討する。

自社内または地域内の未利用な資源を有効活用したい目的で事業に取り組む場合は、年間の調達可能量を見積り、そこからエネルギー供給可能量について試算する。その際、エネルギー変換効率や稼働時間を想定する必要があるため、採用する技術についてもある程度検討しておく必要がある。

発電事業や既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合は、地域内で事業期間を通じて毎年調達可能と見込まれる燃料規模が、想定するエネルギー供給規模に対して十分かについて確認する。不足する場合は、調達範囲を拡大するか、エネルギー供給を行う規模の縮小を検討する必要がある（例えば、発電規模の縮小または重油ボイラーの部分的な代替など）。

特にバイオマス発電のように大規模に量の確保が必要な場合は、製紙等既存産業や周辺のバイオマス発電等の既存の流通への影響や計画中の他の案件とのバッティングも踏まえて、長期的な安定調達の可能性について検討を行う。また**森林資源の活用を想定している場合**、持続的な森林経営を前提に調達可能性を検討する必要がある。

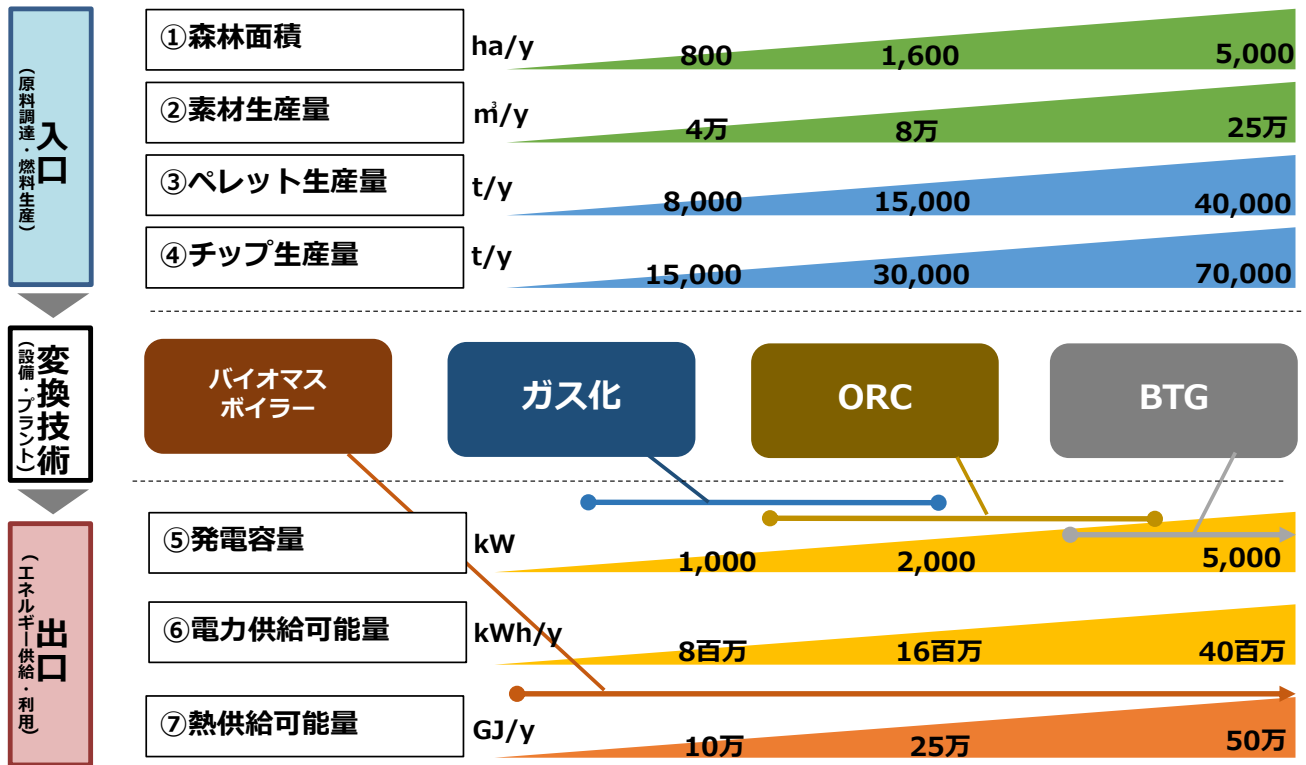
その他、**燃料製造を目的とする事業の場合**は、原料となる資源の賦存量、調達可能量に加え、周辺地域を踏まえどの程度チップまたはペレット需要が存在するか、または需要を創出できるかについて検討を行う。

□ 地域内で調達可能な原料・燃料の規模と導入したい設備の規模またはエネルギー供給規模が乖離していないか？

「**1. I. 1 組織・自治体における発意**」（130 頁）で示したとおり、事業者が当初から想定する発電規模が決まっている、すなわち「**エネルギー利用の側**」からの**発意の場合**、求める規模と調達可能な原料・燃料の規模が乖離し計画途中で頓挫に至ることがある。

下図は原料・燃料の調達規模と導入する設備規模、エネルギー供給規模の関係の目安を整理している。例えば、森林未利用材を利用した FIT 発電で最も一般的な規模である約 5,000kW の BTG 設備による発電事業を計画する場合は約 7 万トン/年のチップまたは約 4 万トン/年のペレットが必要となる。そのチップを生産するためには、約 25 万 m³/年の丸太を調達する必要がある。皆伐、間伐を含む地域の林業の状況によってこれらの丸太の生産・調達方法は異なるが、多くの発電所は約 50km 圏内、時にはそれ以上の距離から材を調達している。計画時には、こうした**想定するエネルギー供給規模の原料・燃料を中長期的（例えば 20 年以上）にわたり安定的に調達できるかを十分考慮**する必要がある。

調達可能な原料・燃料の規模が必要なエネルギー供給規模に満たない場合は、調達範囲を広げるか、エネルギー供給を行う規模の縮小を検討する。ただし**調達範囲を広げる場合**、には調達コストの再検証と周辺の流通への影響などに配慮する必要がある。



注) ①：②の丸太生産量を間伐で生産する場合に必要な森林面積。1haあたりの間伐による丸太生産量約50m³/haを想定。
 ②：④のチップ生産量に対する必要丸太量目安。丸太の体積(m³)→重量(t)換算係数は0.50m³、丸太(t)→チップ(t)歩留まり約9割を想定。
 ③：⑤の発電容量に対する必要ペレット利用量目安。熱量16MJ/kgを想定。
 ④：⑤の発電容量に対する必要チップ利用量目安。生チップ含水率50%、熱量8.2MJ/kgを想定。
 ⑥：⑤の設備容量に対する電力供給量の目安。1,000kWはガス化の発電効率として24%、2,000kW、5,000kWはBTGの発電効率としてそれぞれ18%、23%を想定。年間7,920時間フルロード運転稼働を想定。
 ⑦：④のチップ生産量に対するバイオマスボイラー（熱効率80%）利用時の熱供給可能量の目安。

図 2.2.3 燃料・エネルギー規模と技術の目安（図中数字は概算値）

（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

FS 事業者の検討：広葉樹の有効活用とチップ生産コストに係る課題

坂井森林組合では FS において広葉樹の伐採によるチップ生産コストを検討した。

調査地および作業システムの概要

福井県あわら市内の 1.53ha のモデル事業地を調査地とした。調査地はコナラ、アオハダ等の広葉樹林が約 1.37ha、調査地中央部の谷地形の一部箇所ですぎ人工林が約 0.16ha を占め、広葉樹は製材用として利用可能なものは少なく、チップ用のものが多く占めている。

現場で想定する路網系作業システムの概念図は下図のとおりである。伐倒は基本的にはチェーンソーを使用した。作業道に近い小径木はハーベスタによって伐倒した。集材は、作業道付近ではグラブによる機械集材、グラブの届かない範囲の材はウインチ付きグラブによるワイヤ集材とした。造材は、通直なものや小径木などはハーベスタで造材し、大径木や曲がり材、枝が太いものはチェーンソーによる造材を行った。運材には、フォワーダ 1 台を用い、短幹および枝葉を中間土場まで運んだ。

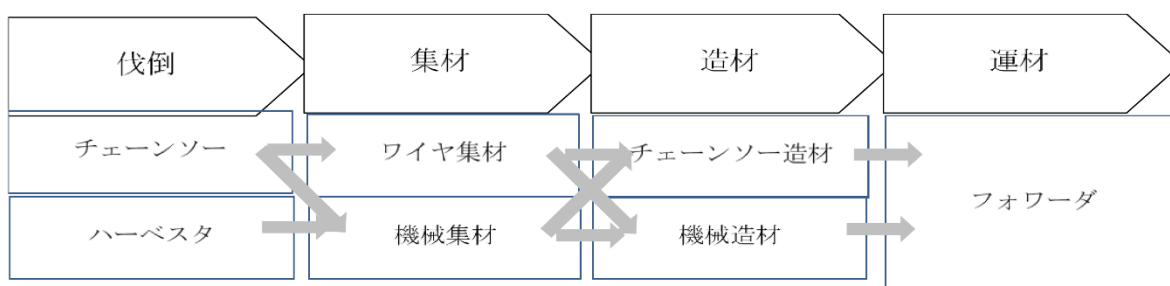


図 2.2.4 路網系作業システムの概念図

(出所) 坂井森林組合提供資料

検討結果と考察

当該現場では広葉樹の素材生産コストが 15,136 円/m³ となり、木材の販売収入と補助金を併せても収支が合わなかった。

作業計画では伐倒 64 時間、搬出 160 時間、枝処理 32 時間を想定していたが、作業実績は伐倒 52 時間、搬出 371 時間、枝処理 114 時間となった。伐倒は作業計画の範囲内であったが、搬出は当初計画の 2 倍以上、枝処理は 3 倍以上の時間を要している。

十分な路網延長があったにもかかわらず、搬出作業に計画以上の時間を要した原因は、広葉樹の重心の偏りによる伐倒方向の制限によるものと考えられる。広葉樹は人工林と比べて幹が曲がっていることが多いため、木の重心が偏っており、必ずしも作業道の方に倒せるとは限らない。重心の偏りからみた倒しやすい方向ではなく、作業道の方に無理やり倒そうとすると、予期せぬ方向に倒れるなどして、作業者に危険が及ぶ可能性もある。倒しやすさ、安全性、集材容易性を考慮し、作業道の反対側に倒さざるを得ないケースがあったと推測する。

また、広葉樹の枝は多く、伐倒しても簡単には折れないため、伐倒木の枝が地面や立木に引っ掛かり、集材の作業性を低下させていたと推測できる。

調査地は面積が 1.53ha、ヘクタールあたりの材積が 150.9m³/ha であったが、経済性の観点からは面積がより大きく、単位面積当たりの材積がより多い現場を選定することが望ましい。それにより、生産コストに占める固定費（作業道作設費等）の割合を下げることを期待できるからである。

表 2.2.11 広葉樹伐採システムに関する日報集計結果

搬出量											合計	単価	金額									
杭	本											10,000										
用材	44.31	m	本		Total	m		m			44.31	8,500	376,635									
チップ[kg]	124,380										186.57	2,816	525,323									
											230.88		901,958									
作業員氏名	朝礼・講習	打合せ	現場確認	作業路	道伐	伐採	機械集材	ワイヤ集材	機械造材	手造材	F W 運材	現場	土場	準備作業	撤収作業	重機運搬	測量	枝処理	合計	単価	金額	
A																					2,250	
B						10.0	15.0	97.5							3.0			4.0	129.5	2,250	291,375	
C														1.0					1.0	2,250	2,250	
D						23.0	20.0	15.0	3.0						4.0			72.5	137.5	2,250	309,375	
E						3.0								1.0					4.0	2,250	9,000	
F						8.0	13.0		21.0	26.0				4.0	4.0			37.5	113.5	2,250	255,375	
G									4.0	17.5									21.5	2,250	48,375	
H						8.0	14.0		18.0	57.0				4.0	4.0				105.0	2,250	236,250	
小計						52.0	33.0	44.0	97.5	46.0	100.5			10.0	15.0			114.0	512.0			1,152,000
重機・トラック等	稼働時間 [hr]		燃料 [ℓ]		単価		日		金額		130	金額										
314E①						42,000																
PC128us②						24,000																
U6BG②						27,000																
PC138us②	109.5		540.00		24,000	13.70	328,800	70,200	399,000													
314E②	97.5		821.00		42,000	12.20	512,400	106,730	619,130													
U6CG	68.0		421.00		27,000	8.50	229,500	54,730	284,230													
PC128us①	100.0		756.00		24,000	12.50	300,000	98,280	398,280													
312C					24,000																	
U6BG①					15,000																	
PC120					10,000																	
PC138us					10,000																	
8tトラック					20,000																	
4tUNIC					15,000																	
4t箱ダンブ(リース)					15,000																	
運搬車					40,000																	
4t箱ダンブ					15,000																	
小計	375		2538.00				1,370,700	329,940	1,700,640													
運搬台数	山土場	土場	市場	センター	鉄板・その他		単価	金額														
U6CG					鉄板 5×20(リース)		枚	60														
8tトラック					ロードマット(リース)	273	枚	60	16,380													
4t箱(96-16)					ロードマット(小)	110	枚	50	5,500													
4tユニック					ロードマット(大)	228	枚	50	11,400													
運搬車					鉄板 5×10		枚															
4t箱(20-16)					鉄板 5×20		枚															
4t箱(リース)					小計				33,280													
搬出金額	1,152,000	-	人件費	1,152,000	-	機械費	1,700,640	-	その他	33,280	=	-1,733,920										

(出所) 坂井森林組合提供資料

表 2.2.12 広葉樹伐採システムに関する事業費内訳

■支出

			数量	単位	単価	金額	工程単価 (円/m3)	工程生産性 (m3/人・日)		
直接工事費	搬出	労務費	刈払	56	時間	2,250	126,000	546	33.0	
			作業道作設	96	時間	2,250	216,000	936	19.2	
			準備	10	時間	2,250	22,500	97	184.7	
			伐倒	52	時間	2,250	117,000	507	35.5	
			機械集材	33	時間	2,250	74,250	322	56.0	
			ワイヤ集材	44	時間	2,250	99,000	429	42.0	
			機械造材	98	時間	2,250	219,375	950	18.9	
			チェーンソー造材	46	時間	2,250	103,500	448	40.2	
			枝処理	114	時間	2,250	256,500	1,111	16.2	
			小運搬	101	時間	2,250	226,125	979	18.4	
	撤収	15	時間	2,250	33,750	146	123.1			
	小計			664	時間		1,494,000	6,471	2.8	
			機械損料	グラップル②	13.7	日	24,000	328,800		
				ハーベスタ	12.2	日	42,000	512,400		
				フォワーダ	8.5	日	27,000	229,500		
				グラップル①	12.5	日	24,000	300,000		
				バックホウ①	6.0	日	22,000	132,000		
				バックホウ②	6.0	日	15,000	90,000		
	小計			58.9	日		1,592,700	6,898		
			燃料(軽油)	グラップル②	540.0	リットル	130	70,200		
				ハーベスタ	821.0	リットル	130	106,730		
				フォワーダ	421.0	リットル	130	54,730		
				グラップル①	756.0	リットル	130	98,280		
				バックホウ①	369.2	リットル	130	48,000		
				バックホウ②	230.8	リットル	130	30,000		
	小計			3,138.0	リットル		407,940	1,767		
	計						3,494,640	15,136		
	直接工事費計						3,494,640	15,136		
	間接費		重機運搬(労務費)		16	時間	2,250	36,000		
			重機運搬(機械費)		1.0	日	40,000	40,000		
			重機運搬(燃料費)		41.6	リットル	130	5,408		
			諸経費(共通仮設費)		5	%		174,732		
			諸経費(現場管理費)		18	%		629,035		
間接工事費計						849,175	3,678			
		一般管理費		17	%		738,449	3,198		
小計						5,082,264	22,013			
端数処理								(264)		
税別計						5,082,000	22,013			
		消費税		8	%		406,560	1,761		
合計(税込)						5,488,560	23,774			
その他		運搬		230.88	m3	2,378	549,059			
		植栽		1.53	ha	140,000	214,200			
		苗木		3,825	本	115	439,875			
小計(税込)							1,203,134			
合計(税込)						6,691,694	28,983			

■収入

						備考				
売上	用材		44.31	m3	8,500	376,635	44.31 m3			
	チップ		186.57	m3	2,816	525,323	186.57 m3			
	小計		230.88	m3	3,907	901,958	230.88 m3			
補助金	国・県		230.88	m3	6,369	1,470,500				
	市		230.88	m3	682	157,402				
	小計		230.88	m3	7,051	1,627,902				
合計						230.88	m3	10,957	2,529,860	

■差

					備考	
収入		230.88	m3	10,957	2,529,860	
支出		230.88	m3	28,983	6,691,694	
差				-18,026	-4,161,835	

(出所) 坂井森林組合提供資料

FS 事業者の検討：早生樹（コウヨウザン）の生産

一般財団法人石炭フロンティア機構(JCOAL)および遠野興産株式会社は NEDO の FS 事業において福島県いわき市の遠野興産株式会社の社有林において早生樹を栽培～燃料生産する検討を行った。

栽培試験結果

遠野興産株式会社では福島県いわき市内の社有林においてコウヨウザンの栽培を行っており、生育状況をモニタリングしている。2019年5月の苗木の時点では約24cmであったが、その後2020年5月には81cm、2021年6月には約180cm、2022年2月には約277cmまで成長している。



図 2.2.5 コウヨウザンの苗木（2019年5月（約24cm））



図 2.2.6 コウヨウザンの栽培風景（左：2021年6月（約180cm）、右：2022年2月（約277cm））
（出所）遠野興産提供資料

早生樹生産の経済性の検討結果

現状のスギの生産コスト

現在の木材生産にかかるコストについて、50年生のスギを想定した場合の生産費等については下左図のとおりである。育林コストの全国平均経費は121万円/haであり、下右図に年齢別内訳を示す。多くのコスト（85%）が1～5年生に集中している。これらの期間が主に植栽・下刈り等に係るものと考えられ、後述するとおり早生樹を導入することでこれらの経費を削減できれば生産費の大幅な低減が見込める。

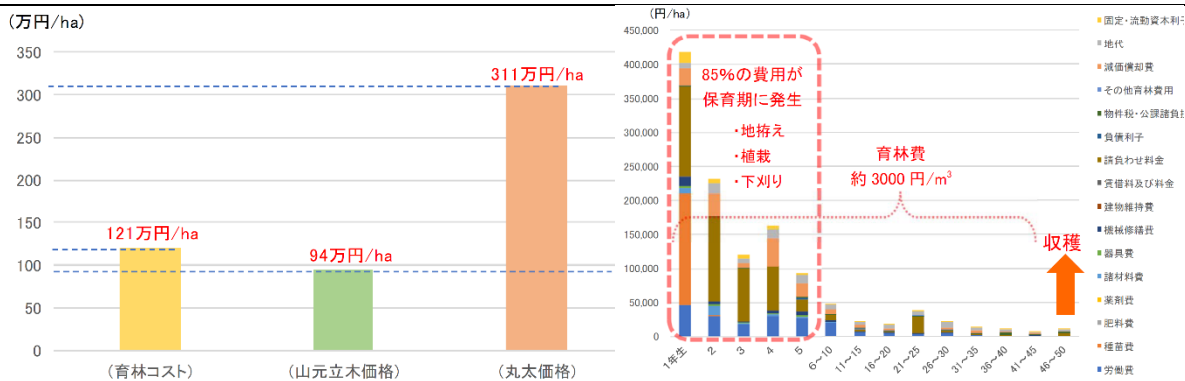


図 2.2.7 現在の木材生産にかかるコストのイメージ

(出所) 林野庁「林業白書（平成 30 年度）」

早生樹（コウヨウザン）の生産コスト

早生樹（コウヨウザン）を想定した場合の齢級別経費内訳例を図に示す。早生樹（コウヨウザン）は、成長が早いことによる下刈期間短縮や萌芽更新による植栽費用低減が見込まれ、育林費の縮減が期待できる。例えば、次図のように、3代更新可能と見た場合、1収穫期当たり平均の育林費は約 1,000 円/m³（スギの場合約 3,000 円/m³、図 2.2.7）と従来樹種（スギ等）の約 1/3 程度になると考える。また、短周期で高収量が収穫できることで生産量増大も見込める。

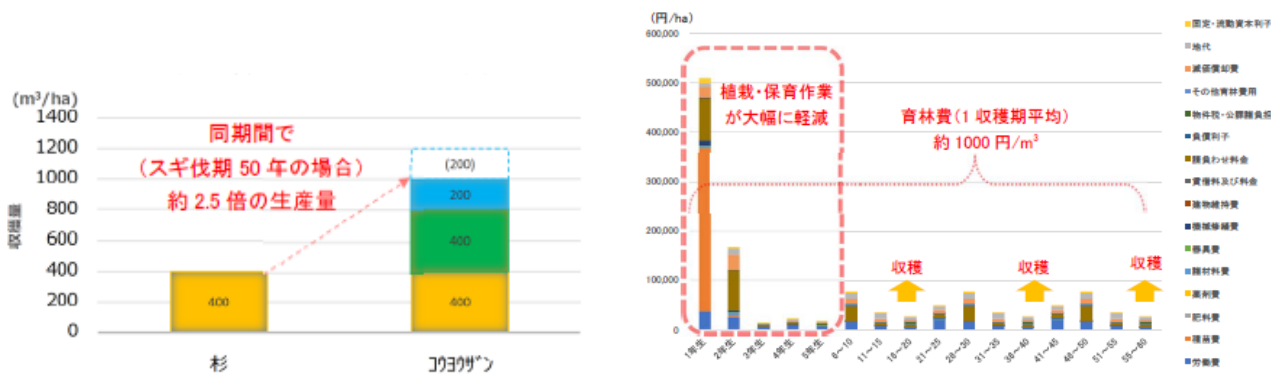


図 2.2.8 齢級別木材生産費（早生樹（コウヨウザン））の推定例

(出所) 一般財団法人石炭エネルギーセンター 遠野興産株式会社「2018 年度～2019 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/早生樹を軸とした農林エネルギー 地域循環サステナブル事業の事業性評価 (FS)」(NEDO)2019 年

早生樹の生育特性等を踏まえて従来樹種との生産コストの比較例を示す。生産コストは次表のように予想され、伐期までの生産経費が削減されると同時に収穫量が増大することで、生産コスト（円/m³）の低減が見込める。造林コストは、コウヨウザンの自然萌芽特性により地拵えの作業が不要となることにより低減する。育林コストは、コウヨウザンの成長速度が速いため、下刈りが必要な期間が短縮されることにより低減する。収穫コストは、コウヨウザンは 20 年毎に収穫できるため増大するが、単位面積当たりの収穫量は多くなる。総合的には、コウヨウザンの生産コストは従来の杉の場合の約 2/3（8,495÷12,876）となることが期待される。

表 2.2.13 生産コスト比較例

	生産特性		生産経費特性				計 (千円/ha)	生産コスト (円/m ³)
	収穫年 (年)	収穫量 (m ³ /ha)	造林 (千円/ha)	育林 (千円/ha)	収穫 (千円/ha)			
コウヨウザン	20	320	371	418	1,930	2,718	8,495	
スギ	50	315	1,112	1,044	1,900	4,056	12,876	

注) 早生樹としてコウヨウザン、従来樹種としてスギを想定。

- 従来樹種(スギ)の生産費は以下による。

造林費：福島県の標準単価※「1,112 千円/ha」、育林費：前出の「1,210 千円/ha」から種苗費(166 千円)を除いた、収穫費：前出(図 2.2.7 図 2.2.7)の「丸太価格」(311 千円)と育林費(121 千円)の差額と想定。

収穫年：標準伐期(福島県)、収穫量：前出(図 2.2.7 図 2.2.7)で想定されていた「315m³」を用いた。

• 早生樹(コウヨウザン)の生産費は以下によった。

造林費：3 代更新可能とみて、従来樹種(スギ)の 1/3 とした。育林費：上で想定した従来樹種(スギ)に対し、成長速度の違い(伐期までスギ 50 年、コウヨウザン 20 年)から 2/5 相当とみた。収穫費：収穫材積当たり単価をスギと同等とみてコウヨウザンの収穫材積を乗じた。

収穫量：コウヨウザンの収穫年の ha 当たり蓄積を 400m³/ha とし、歩留まり 80%とみた

(出所) 一般財団法人石炭エネルギーセンター 遠野興産株式会社「2018 年度～2019 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/早生樹を軸とした農林エネルギー 地域循環サステナブル事業の事業性評価 (FS)」(NEDO)2019 年

早生樹ペレットの生産コスト検討結果

遠野興産株式会社では上記検討を踏まえ、早生樹を導入した際のペレットコスト低減効果について検討を行った。早生樹を利用しないケースでは、ペレットコストが 36.1 円/kg であったのに対し、ペレット原料の全量を早生樹とした場合は 11%減の 32.2 円/kg までコスト低減が見込める結果となった。試算に係る詳細条件は FS 報告書（一般財団法人石炭エネルギーセンター、遠野興産株式会社「早生樹を軸とした農林エネルギー地域循環サステナブル事業の事業性評価」）を参照されたい。

実証事業者の検討：林地残材のオンサイトチップング

田島山業株式会社では、林地残材のチップ化を、一般的な大型チップーによる大量生産でなく、チップー車にて林業の伐採搬出現場で行うことで、搬送効率を高め、需要先まで直送するシステムを検討した。

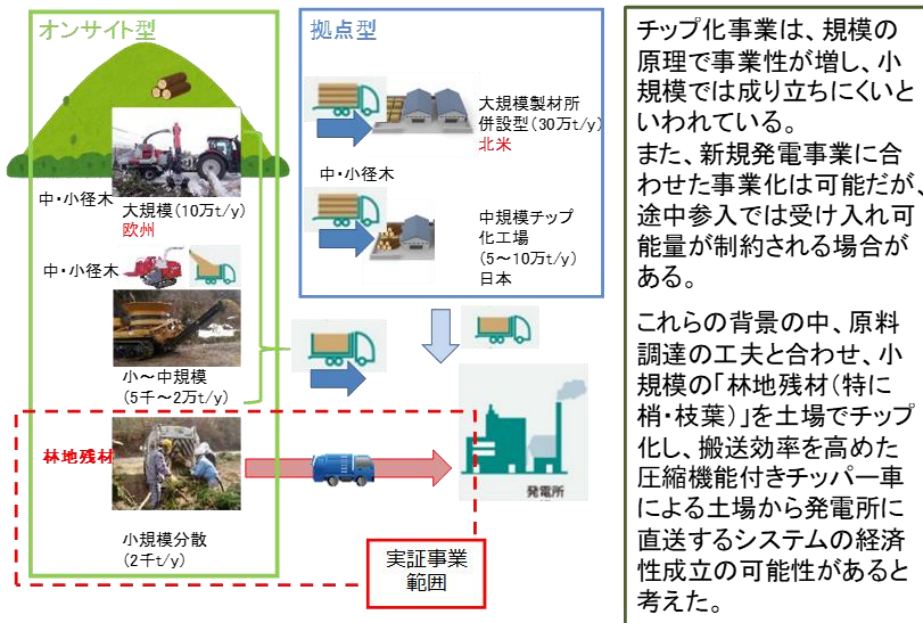


図 2.2.9 チップ化事業の種類と規模

(出所) 田島山業株式会社提供資料

林地残材調達可能量の検証

11 か所の区画伐採の結果、間伐作業、および主伐作業における林地残材の発生量を特定した。伐採する1本当たりの林地残材発生量を下図に示す。

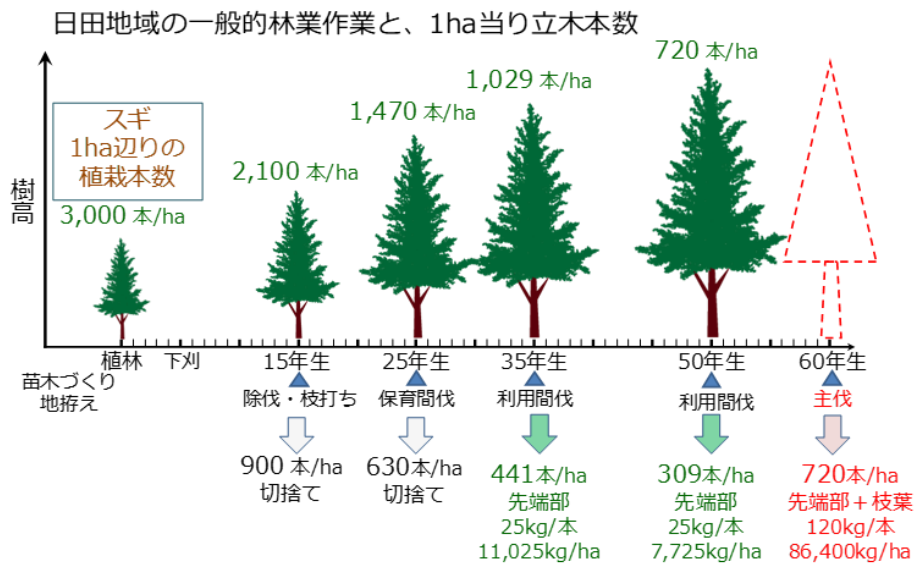


図 2.2.10 林地残材発生量の原単位

(出所) 田島山業株式会社提供資料

上原単位をもとに、田島山業株式会社の年間の伐採量から林地残材の発生量を試算した結果、赤枠の部分に示す通り、田島山業株式会社において向こう 15 年間の平均として、1,447t/年の林地残材が発生することが分かった。

表 2.2.14 自社林からの林地残材調達量(15 年間平均)

		備考	15年平均	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	15年目
				2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2033年
伐採面積(間伐)	ha	森林経営計画:20ha/年	20	20	20	20	20	20	20
伐採面積(主伐)	ha	意欲と能力のある林業経営体	14.2	10	10.6	11.2	11.8	12.4	18.4
間伐林地残材	t/y	混載搬出方式	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5
主伐林地残材	t/y	個別搬出方式	1226.88	864	915.84	967.68	1019.52	1071.36	1589.76
田島山業林地残材計	t/y		1447.38	1084.5	1136.34	1188.18	1240.02	1291.86	1810.26
間伐丸太生産量	m3/y		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
主伐丸太生産量	m3/y		5680	4000	4240	4480	4720	4960	7360
田島山業丸太生産量計	m3/y		7680	6000	6240	6480	6720	6960	9360

田島山業における伐採計画は林野庁/大分県の方針に則り、伐採面積を決めている。向こう15年間の伐採計画、および区画伐採の結果から、自社林における林地残材の発生量は15年平均で1,447t/年と分かった。

(出所) 田島山業株式会社提供資料

林地残材搬出方法の検討

立木の伐採時に発生した林地残材をフォワーダに積載し、混載搬出方法・個別搬出方法によってそれぞれ搬出を行った。左図が混載搬出方法で、丸太の上に林地残材を積載して同時に運ぶことでコスト低減を行った。右側が個別搬出方法で、枝葉や根本材（以下、タンコロ）のみを積載して搬出を行った。

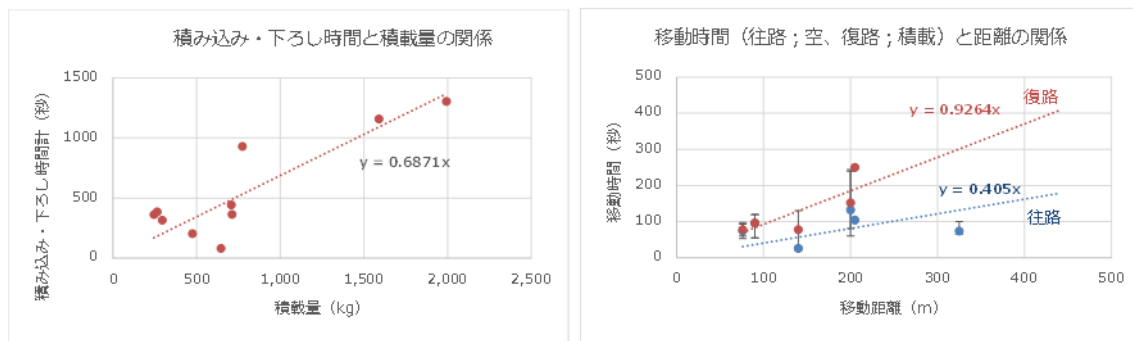


図 2.2.11 林地残材混載搬出（左）、林地残材個別搬出（右）

(出所) 田島山業株式会社提供資料

林地残材搬出方法

伐採区画から得られた林地残材の搬出時間に基づき、積載量と搬出距離に応じた計算式を求めることができた(次図参照)。例として、平均積載量 700 kg、平均移動距離 100m の条件下では、個別搬出約 1,100 円/t、混載搬出 810 円/t となることが分かった。



搬出時間 = 積み込み・下ろし時間 + 移動時間
 $= 0.6871 \times \text{積載量} + (0.9264 + 0.4050) \times \text{移動距離}$

搬出コスト = 搬出時間 × (単位時間当たりの人件費 + 機械費)
 ※混載搬出の時は移動に関わるコストを含めない

FSから実証の期間に実施した11か所の区画伐採において得られた林地残材の搬出時間の計算式に基づいて、搬出コストを試算した。
 平均積載量700kg、平均移動距離100mの条件では
 個別搬出約1,100円/t、混載搬出810円/tとなる

図 2.2.12 林地残材の搬出コスト

(出所) 田島山業株式会社提供資料

チップパー車の活用による効果

フォワーダによって土場まで搬出した林地残材を、チップングロータリープレス車（以下、4 t チップパー車）によってチップング作業を行った。1人作業にてチップングを行い、チップング現場と需要先間を1日2往復行うことで、チップ製造コストを5,626円/tまで抑えられることが分かった。



1人作業、人力にて投入

図 2.2.13 チップング作業状況

(出所) 田島山業株式会社提供資料

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。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.2.15 バイオマス調達の FS 段階におけるチェック項目

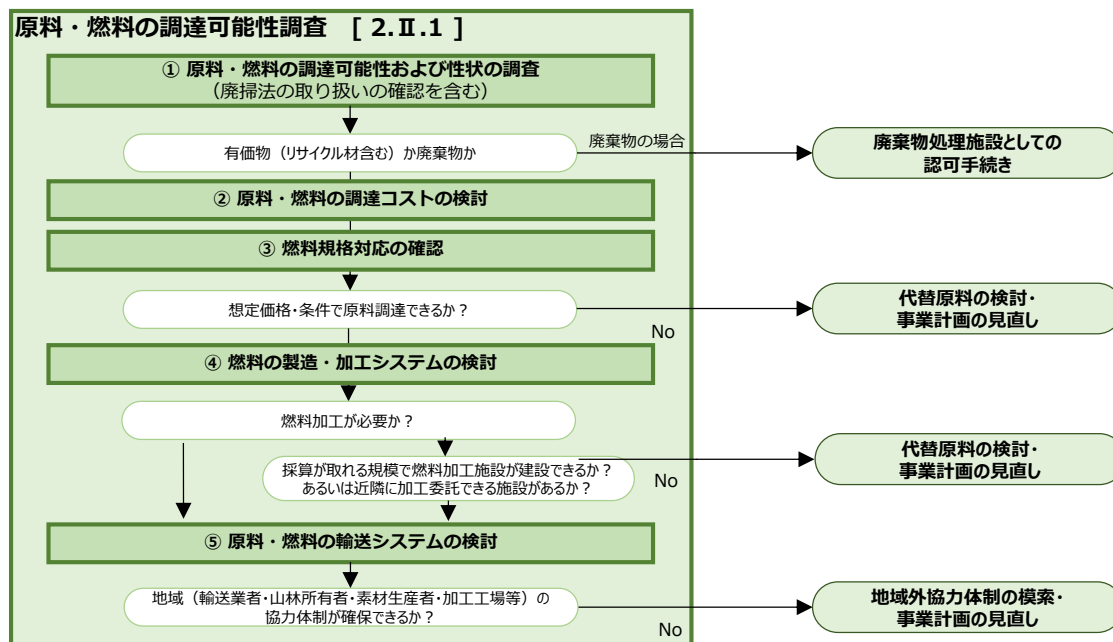
項番号	実施事項	留意事項	チェック
2.Ⅱ.1	原料・燃料の調達可能性の調査		
①	原料・燃料の調達可能性および性状の調査		
(a)	集荷可能性の調査	季節変動による調達量に大きな影響はないか？	
		＜森林未利用材を利用する場合＞ 地域の森林成長量や林道整備状況、林業活動などの実状を踏まえ、持続可能なバイオマス調達が見込まれるか？	
		＜同上＞ 原料となる木材の必要量が成長量を超えていないか？	
		＜同上＞ 木材のカスケード利用を前提としたバイオマス材の調達量となっているか？	
		＜同上＞ 地域林業での再造林・更新は担保されているか？	
		地域の林業事業者、輸送業者の体制的に十分集荷可能な量か？	
		＜同上＞ 制限林や林道からの距離を踏まえても長期・安定的に集荷可能な量か？	
(b)	原料性状の調査	導入予定のエネルギー変換技術で要求される燃料規格を理解しているか？	
		季節変動による水分等、燃料規格に大きな影響はないか？	
(c)	廃掃法の取り扱いの確認	原料の廃掃法上の取扱いは整理されているか？ 事業・設備・車両の許認可対応は大丈夫か？	
		輸送・加工・利用の上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？	
②	原料・燃料の調達コストの確認	周辺地域の木材需要を踏まえ、中長期にわたり安定的な価格で原燃料を取引可能か？	
		中長期にわたり安定的な価格で原燃料を取引可能か？	
		周辺の発電所等との競合による燃料価格の高騰リスクはないか？	
		バイオマス燃料供給事業者との契約の中で取引量および燃料品質を規定したか？	
③	燃料規格対応の確認	ボイラー・発電設備等の燃料規格に対応した燃料を生産できる設備・体制を取ることができるか？	
		使用する燃料材の成分分析結果を機械メーカーと相互に把握しているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		<p>＜熱分解ガス化設備の場合＞ ガス化発電設備は日本の樹種等への規格対応は実機レベルで長期の検証がなされているか？</p>	
		<p>＜同上＞ ガス化発電向けのチップの水分等の規格のばらつきはどこまで許容できるか確認済みか？</p>	
		<p>燃料の規格対応に要する加工コストも含めて燃料コストは引きあうか？</p>	
		<p>＜熱分解ガス化発電の場合＞ 投入時に要求される燃料の水分率管理のための貯留、乾燥設備を採用しているか？</p>	
		<p>＜同上＞ ガス化発電向けの乾燥チップ（水分 15%以下など）は貯留方法も含めて燃料投入時まで水分を維持できるか？</p>	
		<p>＜同上＞ ガス化発電装置が求める水分率が平衡水分率（約 15～20%）以下の場合、燃料投入直前の乾燥装置は具備されているか？</p>	
		<p>＜熱分解ガス化設備の場合＞ 篩によって選別される不適商品の割合を把握し、それらの処理・活用工程まで考えられているか？</p>	
		<p>＜同上＞ 規格外の燃料サイズの場合、装置前で篩い分けする装置が設置されているか？</p>	
		<p>＜同上＞ 篩い分け装置ではじかれた燃料の利用方法は考慮しているか？</p>	
		<p>＜ペレットを混焼する場合＞ 炉内温度の上昇や通風設備の負荷余力を踏まえた適切な混焼率を設定しているか？</p>	
④	燃料の製造・加工システムの検討	<p>＜チップ・ペレット等の燃料を生産する場合＞ ボイラーや発電設備の燃料規格に適應した燃料製造、加工が可能なシステムか？</p>	
		<p>＜同上＞ 燃料品質や原料種を重視しすぎて生産設備に過剰投資をしていないか？ 燃料生産設備の採算性を確認したか？</p>	
		<p>＜同上＞ 地産地消を前提としたためにチップパーやペレット工場等の過剰投資となっていないか？</p>	
		<p>＜同上＞ チップパーを無理に保有せず、レンタルやチャーターする方法も検討されているか？</p>	
		<p>＜熱分解ガス化向けの燃料を生産する場合＞ ガス化発電向けの高規格チップを作るためだけのチップパー・乾燥機等の過剰投資となっていないか？</p>	
⑤	原料・燃料の輸送システムの検討	<p>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？</p>	
		<p>1 日のトラック搬入回数が把握されているか？ 通学路等に影響がないか検討されているか？</p>	

2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査

FS 段階では構想段階で概略検討した原料・燃料が実際にどの程度調達可能かについて詳細評価を行う。事業内容によっても異なるが、FS 調査は専門のコンサルタントが主導し、構想段階で事業主体（自治体、民間企業）が行った検討結果に関する妥当性の確認や事業性の検討も含めた詳細な評価を行うケースが多い。

構想段階の検討を終えて FS 段階に進んだ時点で、具体的な設備の立地、燃料加工施設、中間土場などの空間的条件がある程度固まっているため、サプライチェーンを想定した収集可能性とコスト評価が可能となる。



① 原料・燃料の調達可能性および性状の調査

(a) 集荷可能性の調査

まずは、構想段階で検討した地域内のバイオマス資源量と利用・処理状況を確認し、不確実な点について追加調査を行う。そのうえで、実際にどの程度が集荷可能かについて検討する。

燃料生産を行わず、外部から燃料（チップ／ペレット）を調達する場合は、既存の燃料サプライヤーから計画中の事業に対し供給可能な量をヒアリングする。

自ら燃料生産を行う場合または燃料供給事業の場合は、地域内から森林未利用材や製材端材、建築廃材、廃菌床などの資源量全体のうち、既存のサプライチェーンに影響を与えずに調達可能な量を調査する。燃料生産事業の経済性を確保するためには、比較的大規模な原料・燃料規模が必要となるため、地域で調達可能なバイオマス種を幅広く調査する。特に、**森林未利用材からチップやペレットを生産する場合は**、林業事業者や輸送業者の体制的に集荷可能な量を調査し、持続可能性について十分確認する必要がある。

自社内または地域内の未利用な資源を有効活用する目的で事業に取り組む場合は、年間に発生する量と季節変動量を調査する。

既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合は、地域内の燃料サプライヤー（チップ業者またはペレット業者）より調達可能な燃料規模を確認する。構想段階で想定するエネルギー供給規模を十分満たせる場合は、必ずしも本ステップで追加的な調査を行う必要はない。

□ 季節変動による調達量に大きな影響はないか？

燃料用を含む木材は一般的に季節変動が存在し、**地域によって流通状況や季節変動は異なる**。そのため、特定の月や年間総量だけでなく、**毎月の調達可能量をもとに事業規模および原料、燃料ポートフォリオを検討する**必要がある。

FS 段階では調達先候補を特定した後、原料およびバイオマス燃料の発生量・生産量、並びに調達可能量等を月別に把握する。季節変動が大きい場合は、変動を吸収できるだけの**貯蔵設備を設けるほか、複数の木材資源または調達先候補を組み合わせて平準化**する必要がある。

実証事業者の検討：林地残材の季節変動

NEDO 実証事業者田島山業株式会社では枝葉等を利用した現地チップ化を行うため、これらの林地残材の搬出量の季節変動の調査を行った。下図に示すとおり、**月別林地残材搬出量はばらつきが大きく、平均 95.4t/m³に対して±81%の変動幅**があることが確認された。

この結果を踏まえて、田島山業株式会社では対応策として、搬出された林地残材の内、**一定量の余剰分を貯留するストックヤードを山林内に設置・活用する方法を検討**した。具体的には、林地残材のチップー車への供給量を最大 95.4t/月とし、林地残材搬出量が勝る月は余剰分を 50t のストックヤードに保有することによって、林地残材のチップー車への供給量変動幅を±27%まで低減することが可能となった。

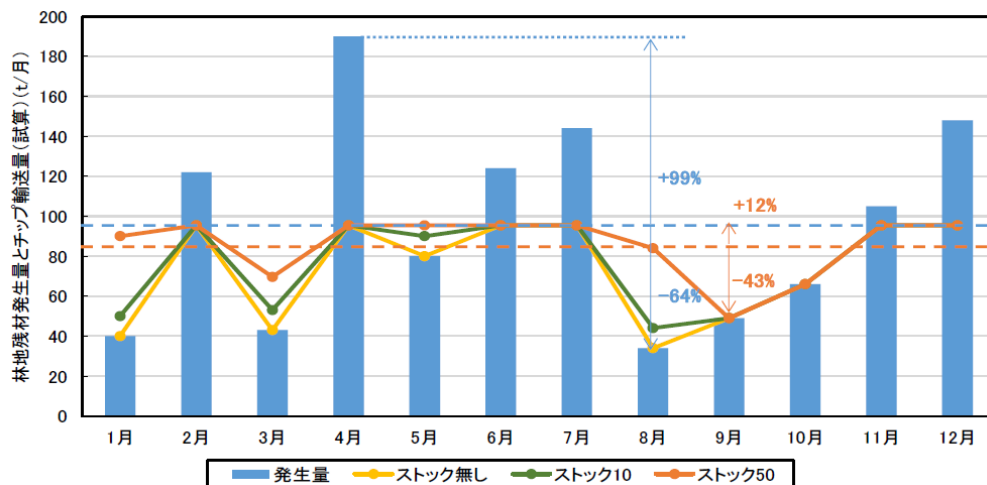


図 2.2.14 田島山業株式会社における季節変動による林地残材搬出量の試算例

(出所) 田島山業株式会社「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 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)」(NEDO) 2017 年

<森林未利用材を利用する場合>

❑ 地域の森林成長量や林道整備状況、林業活動などの実状を踏まえ、持続可能なバイオマス調達が見込まれるか？

- ❑ 原料となる木材の必要量が成長量を超えていないか？
- ❑ 木材のカスケード利用を前提としたバイオマス材の調達量となっているか？
- ❑ 地域林業での再造林・更新は担保されているか？

持続的な森林バイオマス利用のためには、**成長量の範囲内かつ木材のカスケード利用を前提とした利用**を行う必要がある。また、林道の距離を踏まえても**長期的に調達が困難にならないか、伐採後の再造林・更新が担保されているか確認**する必要がある。

一部の地域では主伐を行った後、植林しては採算が合わないという理由で、植林を行わず放置されているケースもある。こうした状況下ではバイオマスエネルギー利用の**カーボンニュートラル性も担保できない**うえ、**持続可能な調達が困難**となる。実際には上流側の林業事業者ではバイオマス燃料材だけの搬出を目的とした生産活動では**経済性が確保できない**ことが多いのが現状である。**対象地域でマテリアル利用向けの材の生産活動が行われていない場合**は、持続的な原料およびバイオマス燃料の調達が困難な可能性となることに留意する必要がある。

コラム：持続的なバイオマス利用と森林経営計画

東急リゾート&ステイ株式会社が運営する東急リゾートタウン蓼科では 2012 年 7 月の集中豪雨によって、複数個所の大規模な土砂災害に見舞われた。タウン内の森林は戦後植林されたカラマツの人工林で、開発後の約 40 年、間伐等の保全措置がなされないままであり、森の持つ本来の力が弱体化していたことが原因の一つとして考えられた。そのため、同社では将来にわたりタウンを持続的に運営していくには森林を健全化する必要があると検討を重ね、森林資源を核とした「まもる」「つかう」「つなぐ」の、持続可能な地域循環のサイクルを立案し 2017 年にその取り組みを「もりぐらし」と名付けた。



図 2.2.15 東急リゾート&ステイ株式会社における「もりぐらし」のコンセプト

(出所) 東急リゾート&ステイ株式会社提供資料

同社では林業経営体としての認定を受け、森林状態の現況を調査・把握し、地元の森林組合と連携しながら中長期の保全施業計画（森林経営計画）を立てることで、タウン内樹木の総成長量 850 m³の範囲で間伐を実施出来る事となった（間伐率は 35%程度）。このように、これまで手入れが行き届かず森林が持つ多面的な機能を発揮できていなかった敷地内のカラマツの人工林の健全化を目指している。

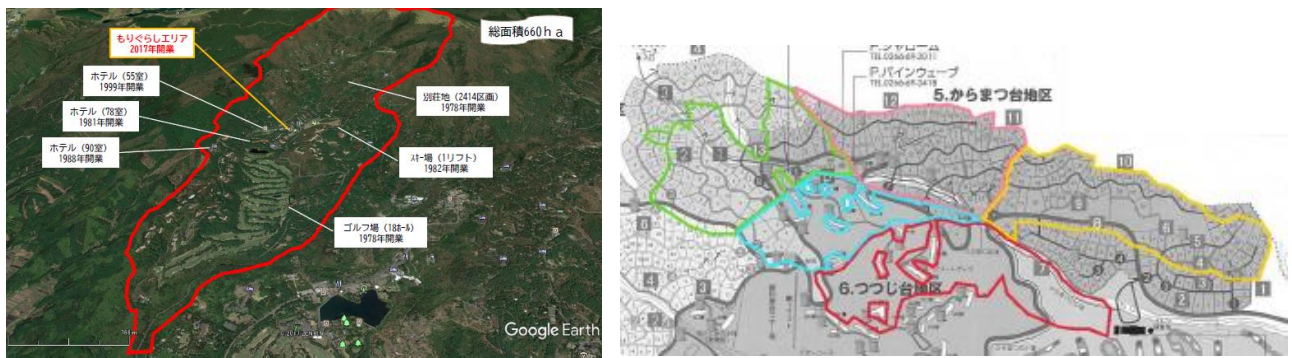


図 2.2.16 東急リゾートタウン蓼科の全体像と森林経営計画のイメージ

(出所) 同上

上記の間伐で発生した幹材は別荘地等で建材として利用する他、端材についてはチップ化して木質バイオマスボイラーで温水利用している。この取組により、既存ボイラーの灯油代およそ 400 万円/年の大部分を節約でき、投資金額は 9 年で回収できる見込みである。

加えて、間伐材の樹皮の蒸留水からアロマを商品開発し、ホテルの売店や Web で販売するなど、木材を余すところなく有効活用している他、リゾートタウン内の「MORIGURSHI (もりぐらし) 」エリアの中に、グランピング施設やアウトドアパーク、宿泊可能な住宅展示場を展開するなど、顧客に対して森林共生型のサービスを提供している。

このように、同社は「森を守り、森と共に暮らす」という明確なコンセプトのもと、「まもる」、「つかう」、「つなぐ」というそれぞれのフェーズに対応した持続的な事業を展開している。このように、**バイオマスエネルギー利用自体を目的とするのではなく、組織および地域全体の持続的な発展の手段の一つとして位置づけている**ことは特に重要である。



図 2.2.17 東急リゾートタウン蓼科におけるバイオマスの利用イメージ

(出所) 同上

東急リゾート&ステイは NEDO の FS 事業終了後、「もりぐらし協議会」を立ち上げ、地元茅野市の商工課や観光関係部局、森林所有者の財産区などと連携している。また、森林関係では諏訪森林組合や長野地域振興局林務課などと関わりながら間伐作業などを進めている。2022 年春には茅野市および諏訪広域脱炭素イノベーション協会と地域包括連携協定を締結する予定となっている。同社によると、今後は「もりぐらし」を東急リゾート&ステイの SDGs ブランドとして再構成し全国の事業所に拡大し、他地域でも同様のパートナーシップを組んでいくことを目指している。

□ 地域の林業事業者、輸送業者の体制的に十分集荷可能な量か？

□ 制限林や林道からの距離を踏まえても長期・安定的に集荷可能な量か？

地域関係者の体制面を考慮した安定調達

実際、資源は豊富なのに関わらず林道などの整備状況、林業者の不在や供給体制が組めないなどの理由で材が出せない地域は多々ある。バイオマス燃料用の木材を調達する際には、森林のポテンシャルだけで判断せず**素材生産活動の状況や、森林の内訳、例えば制限林（保安林）、地形、林道の整備状況、齢級構成などを確認**しておく必要がある。

表 2.2.16 保安林の種類（17種）

• 水源かん養保安林	• 潮害防備保安林	• 防火保安林
• 土砂流出防備保安林	• 干害防備保安林	• 魚つき保安林
• 土砂崩壊防備保安林	• 防雪保安林	• 航行目標保安林
• 飛砂防備保安林	• 防霧保安林	• なだれ防止保安林
• 防風保安林	• なだれ防止保安林	• 落石防止保安林
• 水害防備保安林	• 落石防止保安林	

表 2.2.17 保安林の指定施業要件の主な基準

条件	詳細
皆伐の場合	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 一定の区域ごとに1年間に伐採できる面積が決まっている ➤ 1カ所あたりの伐採面積の上限は各保安林ごとに決まっている ➤ 防風・防雪保安林では、20m幅以上の帯状の林帯を残さなければならない ➤ 標準伐期齢に満たない立木は伐採できない ➤ 原則として、水源かん養保安林および土砂流出防備保安林について定めるものとする。なお、当該限度は、水源かん養保安林にあつては20ヘクタール以下、土砂流出防備保安林にあつては10ヘクタール以下の範囲内において伐採跡地からの土砂の流出の危険性、急激な疎開による周辺の森林への影響等に配慮して定めるものとする ➤ 防風・防雪保安林では、20m幅以上の帯状の林帯を残さなければならない
択伐の場合	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 伐採したあとの植栽が義務づけられている場合、択伐率の上限は40% ➤ (ただし、伐採したあとに標準伐期齢の時点での蓄積の7割以上の森林蓄積が維持されること) ➤ 伐採したあとの植栽が義務づけられていない場合、択伐率の上限は30% ➤ 前回の伐採後の成長量以上の伐採はできない ➤ 標準伐期齢に満たない立木は伐採できない ※ 伐採方法が定められていない保安林で、上記を超えて伐採する場合は皆伐の扱いとなる
間伐の場合	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 間伐率の上限は35% ➤ ただし、原則はおおむね5年後において樹冠疎密度が80%以上に回復することが確実であると ➤ 認められる範囲内の材積を超えることはできない ➤ 樹冠疎密度が80%に達していない森林については間伐できない
伐採跡地への植栽	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 満1年生以上の苗を、おおむね、成長量に応じて保安林ごとに農林水産省令で定められている ➤ 1haあたりの本数以上均等に植栽しなければならない ➤ 択伐のあとの植栽は上記の本数に択伐率を乗じた本数 ➤ 植栽木は、保安林としての働きの維持・強化が図れ、かつ経済的に木材として利用することが可能な樹種が指定されている ➤ 伐採したあとは、2年以内に植栽しなければならない

(出所) 森林法、農水省通知「森林法に基づく保安林及び保安施設地区関係事務に係る処理基準について」をもとにみずほリサーチ&テクノロ

表 2.2.18 国立公園および国定公園区域内の制限

特別地域	制限	詳細
第一種	・禁伐 ただし、風致維持に支障のない場合に限り単木択伐法を行うことができる	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 伐期令は、標準伐期令に見合う年令に 10 年以上を加えて決定する ➤ 択伐率は、現在蓄積の 10%以内
第二種	<ul style="list-style-type: none"> ・択伐法 ただし、風致の維持に支障のない限り、皆伐法によることができる ・皆伐法による場合 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 伐期令は標準伐期令に見合う年令以上とする ➤ 択伐率は用材林においては、現在蓄積の 30%以内とし、薪炭林においては、60%以内 ➤ 一伐区の面積は 2 ヘクタール以内 ➤ 伐区は更新後 5 年以上経過しなければ連続して設定することはできない
第三種	・制限なし	

(出所) 環境庁通達「自然公園区域内における森林の施業について」をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

長期的に安定な集荷可能性の確認

バイオマスの調達規模を山林資源のポテンシャルのみから判断したため、想定よりはるかに少ない量しか集まらなかった事例が散見される。実際には、山林資源が豊富にあるが素材生産がほとんど行われていない地域や、逆に素材生産は盛んであるが既に低質材の利用がなされており、新たにバイオマス燃料材として調達が困難な地域など様々である。

原料および燃料の賦存量と調達可能量は一致しないことがほとんどであり、実際に伐採を行う林業事業者や輸送業者の体制が調達可能性のボトルネックになることが少なくない。また、製紙用チップや製材用も含めた**燃料用以外の木材サプライチェーンに影響を与えない範囲**で調達しないと持続可能な事業とならない。

原料の調達可能量を判断する際は**ポテンシャルだけでなく、対象地域の林業関係者の状況やバイオマスの利用状況を確認し、原料調達体制が構築可能かを検討**する。安定的な原料調達体制を構築している例として、宮崎県や大分県では**バイオマス発電所自らバイオマス燃料調達会社を設立**し、かつ地元の林業関係者など素材生産者に出資してもらうことで安定量、価格の調達を行っている事業者もいる。また、バンブーエナジー株式会社でも、バイオマス燃料（および建材用原料の）**竹の調達を目的としたグループ会社であるバンブーフロンティア株式会社を設立**し安定調達に取り組んでいる。

(b) 原料性状の調査

原料および燃料の調達可能性を明確化した次のステップとして、それらの性状を調査する。具体的には水分量、熱量（絶乾 HHV、LHV）、灰分、重金属量などを分析する。なるべく実際に使用するものに近い燃料サンプルを時期・生産ロットなど複数回に分けて取得し、分析会社に依頼して行う。全木チップ以外にバークや竹など**性状の異なるものを燃料として使用する場合は**、サンプル・分析データをプラントメーカーと共有し、使用条件を確認する。

前述のとおり、水分については設備の安定稼働のために重要であるため、構想段階で想定したエネルギー変換技術が要求する水分率を超えているようなら、乾燥によって水分率を下げる方法を検討する。特に**ガス化など、水分条件が比較的厳しく設定される変換技術を用いる場合は**、天然乾燥だけでは条件を確保することが難しいため、併せて燃料条件に適合した乾燥設備の検討を行う。乾燥工程を燃料加工・生産者が行うのか、エネルギー変換施設側が持つのかによって、コストの認識が変わるので、設備だけではなくスキーム上の取扱い、経済性についても併せて検討する。

原料性状は燃料品質規格と密接に関係するため、チェック項目については「**2. II. 1 ③燃料規格対応の確認**」（269 頁）を参照されたい。

□ 導入予定のエネルギー変換技術で要求される燃料規格を理解しているか？

□ 季節変動による水分等、燃料規格に大きな影響はないか？

木質バイオマスボイラーの燃料品質規格

木質バイオマスボイラーは、小規模熱利用向けのシステムおよび BTG、ORC などの発電を伴うシステムのいずれの場合も、メーカーの**設備毎に使用可能な燃料規格が定められている**。指定の規格が守られていない場合は、灰量の増加、定格出力の低下、搬送系のトラブル、故障に繋がるため留意が必要である。

規格を満たすバイオマス燃料が地域で入手できない場合は、**メーカーまたは想定する設備を導入している事業者に依頼し、事前に定量燃焼試験する**必要がある。燃料の品質規格の詳細は「**第 3 部 1 章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

欧州で一般的に、木質バイオマスボイラーで使われるチップ規格は ISO 17225-4、P16S-P31S（G30-G50）である。

<形状>

P16S 木質チップ (ISO 17225-4 準拠)

G30 木質チップ (ÖNORM M 7133 準拠) にほぼ一致



P31S 木質チップ (ISO 17225-4 準拠)

G50 木質チップ (ÖNORM M 7133 準拠) にほぼ一致



図 2.2.18 P16S 木質チップ規格 (左) P31S 木質チップ規格 (右)

(出所) ETA Heiztechnik GmbH Product Catalogue

<水分>

- ・ 薪：湿量基準含水率（W.B.）20%以下
- ・ 乾燥チップ：湿量基準含水率（W.B.）35～40%以下（メーカーに確認）
- ・ 生チップ：湿量基準含水率（W.B.）40～60%（メーカーに確認）

熱分解ガス化設備の燃料品質規格

熱分解ガス化設備の場合もメーカーの設備毎に使用可能な燃料規格が定められており、バイオマスボイラー以上に燃料品質が稼働に及ぼす影響が大きい。指定の規格が守られていない場合は設備トラブルによる稼働率低下に繋がる。

実証事業者の検討：バーク等の低質燃料の品質・物性の利用

昭和化学工業では珪藻土乾燥用の熱風炉の燃料として、以下のとおりバーク等の複数の低質バイオマスを検討した。

バーク

燃料品質

各社のバーク原料の水分、低位発熱量、燃焼時機器に悪影響を及ぼしそうな物質や灰分を分析した。また、燃料としての元素分析や灰分の化学分析も行った。特に市場や集積基地で落ちたバークは水分を含みやすく、長期保管によって発酵が進んでいる可能性があった。その場合、燃焼不良や原料自体が燃焼前乾燥のため熱量を消費してしまうため、単位発熱量が極端に低下することがあり、注意が必要であった。また、未破碎バークについても使用を検討したが、次のような不具合があった。

- 未破碎バークは嵩高くなり、輸送効率が低下する。
- 2m を超える長さのものもあり、投入機器のトラブルが頻発した。
- 絡まった状態で炉に投入されるため、燃焼が均一ではなく、出力が低下した。

したがって、安定利用のため、加工費は必要になるが、破碎機によって破碎したバークチップを使用した。次表にバーク原料の物性、次図に水分と低位発熱量の関係を示す。

表 2.2.19 バーク原料の物性

サンプル	水分 (wet%)	低位発熱量 (MJ/kg-wet)	灰分 (wet%)	可燃性硫黄 (dry%)	可燃性塩素 (dry%)	ナトリウム (mg/kg-dry)	カリウム (mg/kg-dry)
未破碎バーク①	23.8	13.8	1.5	0.04	0.03	66	510
未破碎バーク②	26.3	12.9	1.9	-	-	-	-
バークチップ③	36.9	10.6	1.9	-	-	-	-
バークチップ④	42.2	11.0	2.2	0.01未満	0.01	200未満	1380
バークチップ⑤	45.4	8.8	3.7	-	-	-	-
未破碎バーク⑥	48.0	8.2	2.0	-	-	-	-
バークチップ⑦	51.2	7.6	0.8	0.02未満	0.02	210未満	2050
未破碎バーク⑧	51.6	7.5	1.6	0.01未満	0.01	210未満	1030
バークチップ⑨	59.5	7.6	3.6	0.01未満	0.01未満	250未満	990
バークチップ⑩	66.0	4.0	1.3	0.03未満	0.03	300未満	1180

(出所) 昭和化学株式会社提供資料

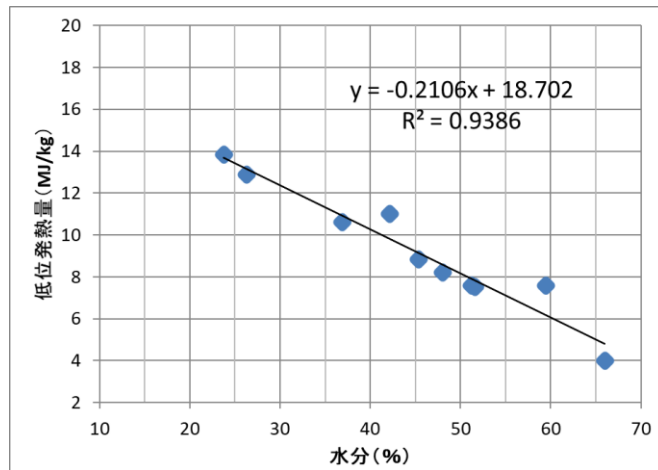


図 2.2.19 水分と低位発熱量の関係

(出所) 昭和化学株式会社提供資料

パークチップ同様枝葉チップも、水分、低位発熱量、燃焼時機器に悪影響を及ぼしそうな物質や灰分を分析した。また、燃料としての元素分析や灰分の化学分析も行った。枝葉チップは土砂混入やカリウム含有量が多い場合もあり、ストーカー上で燃焼する際に融点が下がり、主灰粒子が大きくなる状況が観察された。また、塩素や硫黄についてもパークチップよりも多く含有していた。

調達安定性

調達量 24 t /日は可能であった。しかし、水分が計画時よりも少なかったため、年間使用量は 3,000 t 前後の調達量となった。2020 年 8 月以降については新型コロナウイルス感染症の影響によるものである。

2019 年 8 月～2020 年 7 月使用量 3,106 t (達成率 83%)

2020 年 8 月～2021 年 7 月使用量 2,770 t (達成率 74%)

バイオマス発電所の定期修理期間に合わせて、供給業者も定期修理を行う場合があり、短期的には不安定になることがある。対策としては、複数購入や、バックアップ装置（当社は LNG 設備）等を持つ必要があると考える。今回新型コロナウイルス感染症の影響で一時期パークチップが入手しにくいという事態が発生した。パークを排出する木材産業は非常に景気の影響を受けやすく、景気が悪くなる → 家を買わない → 木材工場が止まる → 木材価格が下落 → 木を切らない、という悪循環に陥った。しかし、バイオマス発電所は景気の影響を受けることなく運転できるため、通常通りバイオマス原料が必要である。そのため、安価な原料が必要な需要家には入手しにくい状況となった。一方、産廃チップを使用する産業用ボイラーは景気が悪くなれば、需要も落ちるため、切迫するようなことはなく、問題なく入手することができた。

枝葉チップおよび PKS

PKS は長期露天保管のものであったが、木質バイオマス原料に比べて水分が少なく、不純物も少なかった。下表に木質バイオマス原料、PKS の物性を示す。

表 2.2.20 枝葉チップおよび PKS の物性

サンプル	水分 (%)	低位発熱量 (MJ/kg-wet)	灰分 (wet%)	可燃性硫黄 (dry%)	可燃性塩素 (dry%)	ナトリウム (mg/kg-dry)	カリウム (mg/kg-dry)
枝葉チップ①	40.3	7.7	12.2	0.05	0.06	280	4000
枝葉チップ②	45.8	8.3	2.7	0.03	0.04	270	2400
PKS	25.2	13.6	2.6	0.03	0.01未満	24	140

(出所) 昭和化学株式会社提供資料



図 2.2.20 バークチップ（写真左：左上、中下）と枝葉チップ／PKS（写真左：手前）
を受け入れた燃料槽内の様子（奥がバークチップ）（写真右）

（出所）昭和化学株式会社提供資料

表 2.2.21 開発目標と達成状況

開発目標	達成状況		
調達可能量の検討	枝葉チップの調達可能量は 10t/日程度であった。 PKS は 24t/日以上可能であるが、主原料としては昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉へは使用できなかった。 2019 年 8 月～2020 年 7 月使用割合 15% 2020 年 8 月～2021 年 7 月使用割合 18%		
各バイオマス燃料の熱量単価の比較検証	バークチップ	枝葉チップ	PKS
	0.83 円/MJ	0.32 円/MJ	1.2 円/MJ
	0.74 円/MJ	0.33 円/MJ	実績無し
上段：2019 年 8 月～2020 年 7 月実績からの計算値 下段：2020 年 8 月～2021 年 7 月実績からの計算値 計算式：平均購入価格(円/kg)÷平均発熱量(MJ/kg、水分と低位発熱量の関係より算出)			

（出所）昭和化学株式会社提供資料

PKS の調達安定性

PKS に関しては新型コロナウイルス感染症の影響でバークチップが入手できない時に使用したが、熱量単価も高く、昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉で燃焼するには水分が低すぎ、油分も含まれているため、燃焼温度が高温になりすぎ、機器トラブルも発生したことから、昭和化学工業株式会社では単独使用はできないと判断した。

セルロース系工場派生品

「廃掃法」に準拠するように、行政に確認したが、下記の事項がクリアできず採用には至らなかった。現在、廃棄物として取り扱われている場合については、「通常の取り扱い」として廃棄物となる。これを昭和化学工業株式会社が有価物として買い取ったとしても、法律に抵触する。解決するためには、一般的に有価物として取引できるものと証明することが必要となる。

（備考）廃掃法

安価なバイオマス原料を求める場合、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）」に抵触する可能性があるため、利用を検討する際には都道府県等の担当課へ確認する必要がある。パークの利用についても、2007 年 7 月に環境省・林野庁連名で「木くずの燃料利用に係る取り扱いについて」の通知が出され、一定要件を満たすバイオマスボイラーは産業廃棄物の焼却炉に該当しないとされ、カスケード利用が促進された。また、2012 年 7 月再生可能エネルギー電力買取制度（FIT）が始まり、パークも一般的に有価物として広く流通するものとなった。それ以上に安価に入手できるものとなると、一旦廃棄物として排出され、中間処理施設によって処理することで、有価物となったものの利用が考えられる。木質系では建築資材廃棄物が考えられるが、防腐剤や防蟻剤等が混入する可能性があり昭和化学工業株式会社では使用できないと判断した。

実証事業者の検討：きのこ使用済菌床の乾燥設備の検討①

社会福祉法人ウィズユーでは水分率 70%程度の廃菌床をハウスを用いた自然乾燥設備とボイラー廃熱を利用して乾燥させている。

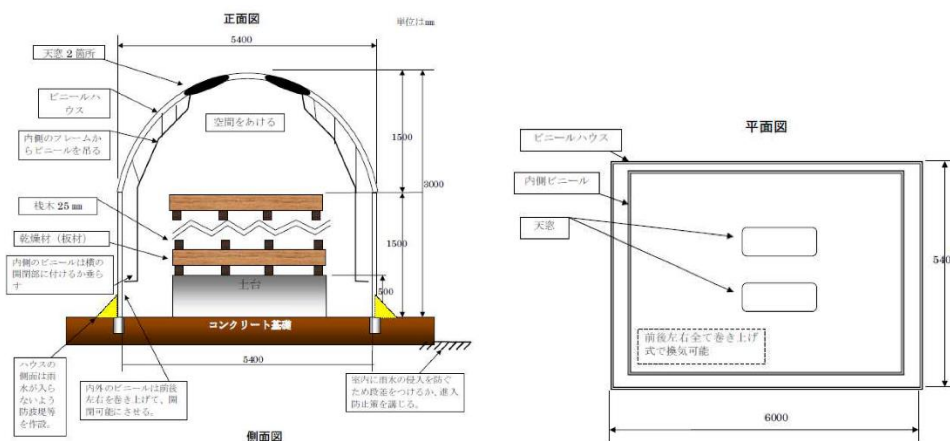
ビニールハウスを用いた廃菌床の乾燥は企業組合山仕事創造舎および長野県林業総合センターが 2010 年に製材向けの乾燥システムを実証した際の成果を活用したものである。同研究ではスギ、ヒノキ、カラマツなど板材をビニールハウスに入れ、7月～9月の夏季の2か月間で、水分率を50%から10%程度まで低下させることに成功している。



図 2.2.21 ビニールハウスの外観（左）、ビニールハウス内の製材（右）



図 2.2.22 送風機と太陽電池パネル（左）、乾燥時の様子（右）



ビニールハウスの断面図（左）、ビニールハウスの平面図（右）

図 2.2.23 ビニールハウスを用いた乾燥方法のイメージ

（出所）智頭石油株式会社「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事業性評価（FS）」

本システムの乾燥においては、以下をポイントとしている。

- ビニールハウスの採用、床をコンクリート打設した
- 木材をビニールハウスへ入れた直後はハウス横のテントを下から 1/3 程度を開け、天窗も全開にして、雨に濡れることを避けながら、風を通すことで自由水を飛ばす（この時、風通しを良くしないと、ハウス内が 30-45℃くらいになり、カビが発生する）
- ある程度水分が落ちたら、次は結合水を飛ばすため、テントを閉めて、換気扇を作動し横からハウス内面に沿って空気の流れを作り、乾燥を行う

実証事業者である社会福祉法人ウイズユーでも本方式を用いて廃菌床を乾燥させており、2 週間の乾燥で水分率を 70% から 60%程度まで低下させることに成功している。ただし、実証事業における運転開始後に明らかになった課題として、本ビニールハウス乾燥システムだけでは冬場の乾燥は十分進まないことが判明し、ボイラー廃熱を使った追加乾燥を導入することとなった。現在は同システムにより、さらに 55%まで含水率を低下させている。ボイラー廃熱を利用した乾燥は 3 章のコラム「**実証事業者の検討結果：ボイラー廃熱を利用した廃菌床の乾燥**」を参照されたい。

その後、建築廃材廃菌床を 9:1 の比率で混合することでボイラーに投入する時点での燃料全体の水分率を 30%程度まで抑制している。その際、混合時の留意事項として、明らかに水分の高い菌床（腐敗しているものなど）は取り除いてから混合することがポイントとなっている。

FS 事業者の検討：きのこ使用済菌床の乾燥設備の検討②

中部電力ミライズ株式会社および株式会社シーエナジーでは、FS 事業において、きのこ使用済菌床を原料とした燃料化に向けた乾燥装置の検討を行った。下表に各種バイオマス原料の乾燥で使用されている乾燥装置の比較を示す。

表 2.2.22 バイオマス原料乾燥に用いられる乾燥装置タイプ

	圧縮脱水機	コンテナ式 定置乾燥機	レシプロ式 乾燥機	ベルト式 乾燥機	ロータリー ドライヤー	気流乾燥機
機構	2000ton油圧プレスによる強制圧縮	温風乾燥 (50~80℃)	温風乾燥 (50~80℃)	温風乾燥 (80~90℃)	熱風乾燥 (300~500℃)	熱風乾燥 (200~250℃)
能力	7t/h(水分率 60%W.B.)	8m3/12~24時間	小型(50kg/h程度)	長さにより自由に 調整(1t/h以上)	自由に対応	50~500kg/h(湿物 ペース)
脱水率	40%W.B.程度まで (理論上20%まで 可能)	20%W.B.以下	10~30%W.B.	~10%W.B.	20%W.B.以下	20%W.B.以下
排水処理	必要	不要	不要	不要	不要	不要
消火設備	不要	不要	不要	不要	必要	必要
特徴	バッチ処理	バッチ処理	連続処理	連続処理	連続処理	連続処理
	1バッチ2分程度で 完了(早い)	機構が単純で安価	コンテナ式の炉床 が動くタイプ	ベルト速度で水分 率を調整可能	乾燥効率が高い	乾燥効率が高い
	水分率調整可能	建屋不要	乾燥ムラが生じや すい	温水熱源が必要	熱風発生装置が必要	熱風発生装置が必要
	熱源不要	温水熱源が必要	温水熱源が必要	スペースが必要	排気の集じん処理 が必要	排気の集じん処理 が必要
	実績が少ない	乾燥効率が低い		高価		高価
	消耗品が多い(シ リンダーや圧縮型 枠)	大型は不可				バイオマスによる 温風の温度制御が 難しい
	各所に原料が詰ま りやすい					
重量物のため工事 コストが高い						

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「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/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」(NEDO)2021 年

同社らの FS 事業において発生する使用済菌床の想定量は 8,417 t-wet/年であり、燃料化施設の想定稼働時間 24 時間 270 日で検討すると、約 1,300 kg-wet/h の乾燥処理能力が必要となる。その程度の規模の場合、「ベルト乾燥機」「ロータリードライヤー」「気流乾燥機」の 3 種類が該当するとした。

表 2.2.23 乾燥装置の比較

	ベルト式乾燥機	ロータリードライヤー	気流乾燥機
			
熱源	温水熱源による温風	蒸気、燃烧排ガス等各種可能	蒸気、燃烧排ガス等各種可能
設置スペース	大きい（設置不可）	設置可能	小さい（設置可能）
消火設備	不要	必要	必要
イニシャルコスト	温水バイオマスボイラも含めると1.8億円程度	1億円程度	9千万円程度
バイオマス燃料実績	有	豊富	無

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「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/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」(NEDO)2021 年

ベルト式乾燥機については、温水による温風熱源を用いるためバイオマス温水ボイラが必要となる。1000kW 級温水バイオマスボイラは約 1 億円と高額であり、またベルトドライヤーも海外製となり 8 千万円程度と高額で設置面積も大きくなるため、当該事業には不向きと判断した。

ロータリードライヤー（キルン式ドライヤーとも呼ばれる）については、蒸気、燃烧排ガスなど各種熱源が利用出来ることから、バイオマスの乾燥装置として最も広く利用されている。乾燥効率は高いが、高温（300℃～500℃）の熱風を使用するため、火災事故が懸念され、消火設備など安全対策に留意する必要がある。

気流乾燥機については、オカラ乾燥機として食品工場で普及している。ロータリードライヤーと同様に各種熱源が利用でき、乾燥効率もロータリードライヤーと同等である。設置面積も小さいが、実績としては化石燃料バーナー熱源のみであり、バイオマス燃烧排ガスを熱源としたものはない。温度制御レスポンスのよいことが必要なため、バイオマスでの温度制御の点で、バイオマス焚きとの組み合わせについてメーカーが難色を示している。また 50kg/h～100kg/h 程度の小型の機種が主流である。中温（200℃～250℃）の熱風を使用するが、火災の懸念はロータリードライヤーと同様である。

なお、ロータリードライヤー、気流乾燥機ともに、乾燥には使用済菌床の破碎が必要であるが、試験では十分に乾燥可能な結果となった。今回はバイオマス燃料を燃烧熱源とするため、ドラムの長さや制御調整に汎用性があるロータリードライヤーにより計画を進めている。なお、乾燥時に発生する臭気については留意する必要がある。

実証事業者の検討：林地残材の自然乾燥

田島山業株式会社では山土場での自然乾燥と、舗装路面での含水率測定を行った。山土場の自然環境下では含水率低減に限界があり、バイオマスボイラーへの燃料要求仕様への適応を行うため、2019 年度に舗装路面での自然乾燥を行った。

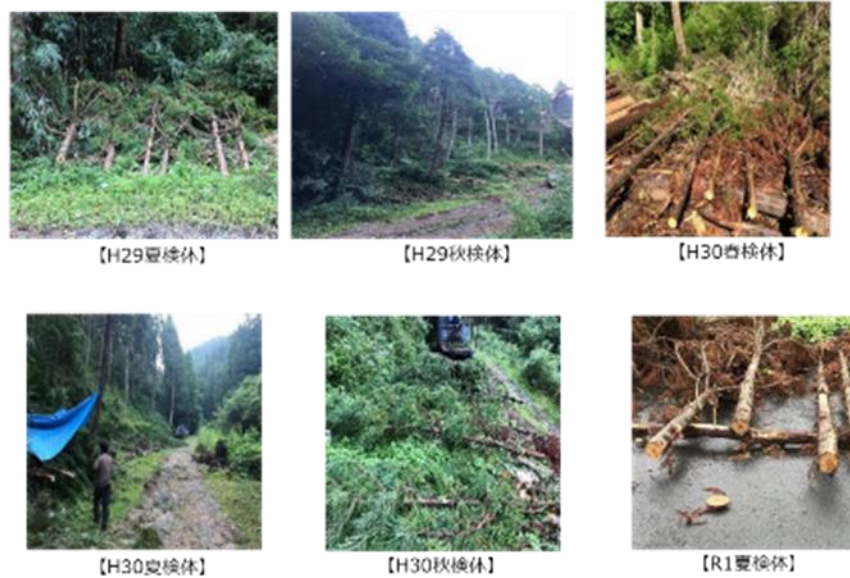
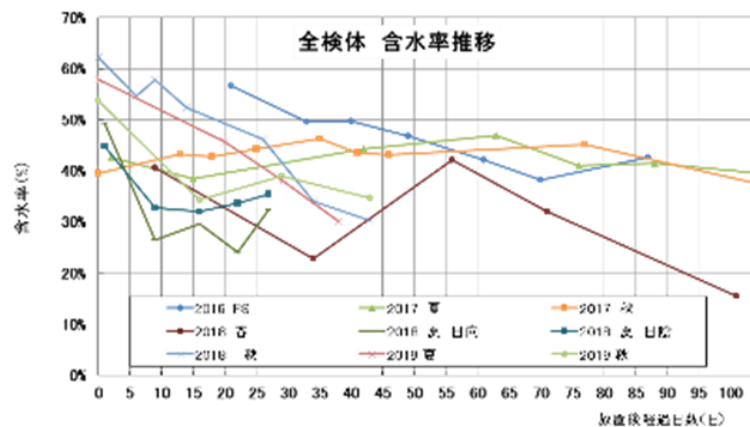


図 2.2.24 含水率検体（林地残材）

(出所) 田島山業株式会社提供資料

2016 年 FS 事業から実証事業にかけての含水率計測結果を下図に示す。含水率 35%-wet (70 日) という目標値に対して、山土場の自然環境下では約 40%-wet で推移していたが、舗装路面での自然乾燥で 35%[W.B.]以下で低減出来ることが分かった。



山土場の自然環境下で約40%[W.B.]まで低減することを確認できた。また、舗装路面では含水率35%以下が達成できた。商用化に向けては、日田地域はバイオマス発電所が含水率問わず一定価格で購入するため、乾燥期間は現状不要と考えている。

図 2.2.25 林地残材の含水率推移

(出所) 田島山業株式会社提供資料

(c) 廃掃法の取り扱いの確認

廃棄物系のバイオマス資源の利用を調達する場合は、廃棄物処理法（以下、廃掃法）の中で「廃棄物」か「有価物」かの確認が必要である。基本的には有価の取引をしている場合は「有価物」、処分費が発生する場合には「廃棄物」となるが、取引価格が運賃分をみなしていない場合には有価の取引をしても「廃棄物」に該当する。

原料が廃棄物であった場合でも、許認可を持つチップ工場などで加工されて有価で取引された燃料は有価物として扱うことができ、取引以降は廃掃法の規制の対象外となる。ただし燃料としての通常の取り扱いがない（一般的に市場性がない）ものは、有価の取引であっても廃棄物と判断されるケースもある。

- ❑ 原料の廃掃法上の扱いは整理されているか？ 事業・設備・車両の許認可対応は大丈夫か？
- ❑ 輸送・加工・利用の上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？

建築廃材のような廃棄物系のバイオマス燃料を調達する場合、**廃掃法における許認可が必要となり、取得までに1～2年掛かる**こともある。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となる。今後の対応事項が大きく異なる。特に**廃棄物由来のバイオマス資源をボイラーでエネルギー利用する場合**、ボイラーが廃掃法上の焼却炉として扱われ廃掃法上の設置許可を求められるケースもあり、事業化までの手続き・期間・事業費に大きく影響することもある。判断が難しい場合には行政の担当部局への確認が必要である。FS時点の対応としては、**想定している燃料が「廃棄物」「有価物」、いずれの判断となるのかははっきりとさせておく**ことが重要である。

産業廃棄物に該当する場合は都道府県、一般廃棄物由来に該当する場合は市町村への確認となる。廃棄物に該当するバイオマス資源は地域によって異なるが、以下の資源が該当することが多い。ただし、一部の地域では間伐材チップでも都道府県より廃棄物と判断されたケースもあるため、下の項目に限らず事前に行政に確認することが望ましい。

<廃棄物に該当する可能性がある木質バイオマス>

- 建築廃材
- 河川流木・ダム流木
- 製材端材・パーク
- 開発系支障木
- 剪定枝
- きのご使用済菌床（廃菌床）

なお、「**1.1.6 事業モデルの概略検討**」（147頁）でも述べたが、きのご栽培で発生する**きのご使用済菌床を活用する場合**も産業廃棄物に該当するか否かを早期に都道府県に確認する必要がある。実証事業者の社会福祉法人ウイズユーでは、きのご使用済菌床を産業廃棄物ではなく燃料として扱うことができているが、鳥取県庁より「**ボイラーにおいて自燃すること**」を条件とするという指導を受けている。きのご使用済菌床発生時の水分率は約70%前後であり、FS時に検討したハウスにおける自然乾燥を通じて約60%まで下がるが、県からの指導により自燃する含水率である55%以下にしたうえで燃焼させる必要があるため、現在の運転時にはボイラー廃熱を利用した追加乾燥を行っている。

その他、特に廃棄物系のバイオマスの場合は原料や燃料の加工、輸送による騒音、悪臭などが住民問題となることがあるため、住民説明会などを開催し合意形成を行う必要があることに留意されたい。

② 原料・燃料の調達コストの検討

前項において、バイオマス原料または燃料の調達可能量および性状等を把握した後、調達コストについて調査を行う。

燃料生産を行わず、外部から燃料（チップ／ペレット）を調達する場合は、既存の燃料サプライヤー（可能な限り複数社）から供給可能な価格についてヒアリングする。併せて、近隣で同様の燃料を利用しているユーザーがいる場合は燃料調達価格についてヒアリングすることが望ましい。事業者側で原料を購入し、加工するのか、またすでにある生産供給業者から購入するかについては、コストや収集が可能なルートについて検討しながら、燃料生産の是非を判断する。

自ら燃料生産を行う場合は、地域内の森林未利用材や製材端材、建築廃材、きのこ使用済菌床などの原料の排出元から供給可能な価格についてヒアリングを行う。

廃掃法上の「廃棄物」に該当するバイオマス調達する場合は、前述のとおり中間処理業の許認可の取得と施設の設置許可、都市計画審議会での審査等が必要となるため、まずは廃棄物の担当所管課（産業廃棄物は都道府県、一般廃棄物は市町村）への相談を行い、特に一般廃棄物の場合には、市町村の定める処分費等の条件についてヒアリングを行う。

森林未利用材からチップやペレットを生産する場合は、原料集荷コストに加え、チップ／ペレットの加工コスト、燃料利用先までの輸送コストを調査する。その際、木材を中間土場または燃料加工施設まで運搬し加工するコストについても想定して、原料価格と燃料受け入れ価格の想定を行い関係者と協議する。そのうえで収集可能な量を確認する。

想定していた価格・コストが得られなかった際には、プラント側の設計や運用の見直し、例えば規模拡大によるスケールメリットを効果させる等の対応により全体の収支の改善が図れないか再検討する。また原料・燃料の調達先との交渉も検討する。ただし集荷コストのかかる**森林未利用材の場合**、厳しい買取条件を突きつけることで地域林業の経営を圧迫し、長期的な集荷に影響を与える可能性もあるので配慮する必要がある。

周辺地域の木材需要を踏まえ、中長期にわたり安定的な価格で原燃料を取引可能か？

中長期にわたり安定的な価格で原燃料を取引可能か？

周辺の発電所等との競合による燃料価格の高騰リスクはないか？

チップやペレット向けの原料木材供給業者は零細企業が多く**拘束力のある契約締結が困難**な場合が多い。これらのバイオマス燃料製造事業者が中長期的に安定的な価格でバイオマス燃料を販売するためには、その上流である木材の取引価格が安定していることが必要であるが、バイオマス発電施設が集中するエリアや、近隣に大型輸出港を有するエリア¹⁹では他の木材需要家の事情に応じて調達価格や量が不安定になるケースがある。実際このようなエリアでは、20年間の**安定調達の見通しを立てるのは難しい**。

その一方で木材の調達価格に関わらず **FIT による売電単価は一定**であり、また、事業費に占める**バイオマス燃料費の割合は6～7割程度**ともいわれることから、バイオマス燃料用の木材価格の安定は事業そのものの安定性に大きく影響を与える。こうした懸念への対応策としてバイオマスエネルギー事業の**実施体制に原料・燃料供給側も参画させることで安定化を図る**事例も見られる。

¹⁹ 2013年から2018年にかけてみると、中国、韓国、フィリピン、台湾、米国などへの海外木材輸出額は3倍になっており、木材輸出が盛んな地域ではバイオマス燃料価格が影響を受けやすい。

バイオマス燃料品質別の調達価格の例

木質チップは燃料である以上、**熱量ベースで取引されることが望ましい**が、質量に応じて単価が設定されている事例が多いのが現状である。真庭市森林組合に代表される一部の地域では、**水分率を考慮したバイオマス燃料価格の設定**を行っている事例がある。

なお、パークなどの廃棄されているバイオマス原料についても、不純物の量などの品質や水分によってグレードがあるため、調達する場合はそれらを意識した価格設定が望ましい。

□ バイオマス燃料供給事業者との契約の中で取引量および燃料品質を規定したか？

既存事例で直面した課題の例

国内では**運転開始後に想定していたバイオマス燃料が供給業者から入手できなくなった**ケースが少なくない。ある発電所の事例では、バイオマス燃料供給業者が土場で丸太を数か月自然乾燥し、その丸太を加工して比較的水分の低いチップを供給する契約を締結していたが、しばらくすると生の丸太のチップしか供給されなくなった。理由はそのバイオマス燃料供給業者の**受注量が増え、土場乾燥のためのスペースと十分な乾燥期間の確保ができなかった**ためであった。

その他、バイオマス燃料供給業者が数か所の発電所にチップを供給するにあたり、**取引量の多い客に合わせてチップサイズを決めてしまい**、少量しか取引していない発電所は要求サイズと違うものしか入手できなくなった事例も存在する。そのような点でも**チップ供給業者との契約に縛りを記しておく必要がある**。

上流側関係者との協力関係の構築

原料の供給者である林業事業者との関係性は非常に重要であり、**林業事業者が事業主体の一員として参画**している事例も多い。この場合、収益の一部を林業に還元することや、重機や人員といったリソースを共有できるメリットもある。

また、地域密着型の運営としてバイオマス施設が地域の子どもたちへのエネルギー教育の場を提供するほか、商工会とのタイアップによる観光支援を行い、収益の一部を地域へ還元している事例もある。このように、**バイオマス燃料供給者だけでなく地域住民や行政と協調していくことでバイオマス燃料調達の安定化**を目指すことも有効である。

③ 燃料規格対応の確認

前項で述べた原料・燃料の調達コストおよび価格の検討と併せて、採用するエネルギー変換技術に対応する燃料規格についても確認を行う。本ステップで必要な対応は事業内容によって異なり、例えば、**自社または地域で未利用な資源を有効活用することが動機である場合**は、基本的にそれらの原料を基準に利用できるエネルギー変換設備を検討すればよい。

発電事業や既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合は、発電技術やバイオマスボイラーが要求する燃料性状を基準に品質規格への対応を検討する。特に**熱分解ガス化による熱電併給を検討している場合**は、要求する原料および燃料の基準が厳しいため、それらの条件を確認する。併せてガス化設備が要求する品質の燃料を地域内で調達可能か、自ら生産するかについて検討を行う。

また、**バイオマスボイラー（主に小型ボイラー）の場合**には比較的乾燥したチップが必要となる。製紙系のチップ工場では、通常、未乾燥の生チップでの取引を行っているため、乾燥工程を組み込んだり原木を長期ストックするスペースの確保が困難だったり、乾燥チップの製造に対応できないケースもある。山土場での原木乾燥や別途チップ乾燥のシステムを導入するような可能性についても検討していく必要がある。

燃料製造を目的とする事業の場合は、前項までに検討した燃料製造拠点および現実的な原料調達可能量に基づく生産量に加えて、燃料性状の確認が必要となる。特にチップまたはペレットの供給先がガス化発電の場合、厳しい燃料規格が問われるため、既存のペレット工場で規格対応が難しいケースもある。

ボイラー・発電設備等の燃料規格に対応した燃料を生産できる設備・体制を取ることができるか？

使用する燃料材の成分分析結果を機械メーカーと相互に把握しているか？

バイオマス燃料を購入する場合と自ら全量を製造する場合のいずれでも、エネルギー変換設備が要求する規格を満足する燃料を安定的に調達・生産可能な体制が構築できているか確認する必要がある。

バイオマス燃料を購入する場合、実際の燃料の性状品質を調査し、**可能なら燃焼試験も行って**採用の可否を決めることが望ましい。また、長期間の取引になるため**契約書に必要事項を明確に記述しておく**ことが大切である。この時、使用する燃料材の成分分析結果を機械メーカーと相互に把握しておくことも重要である。詳細は「**株式会社森林環境リアイズ 木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト**」を参照されたい。

バイオマス燃料を製造する場合、発電設備の機種によって利用可能な燃料が大きく異なり、ホワイトペレットからバーク・剪定枝まで幅が広い。どのような品質のバイオマス燃料であるかを把握して、できるだけ安価に作れる木材加工機械の選定が必要である。一般にこれらの機械は高価であり、できる限り**故障が少なく運転・メンテナンス費用が安い設備を選定**する。また、**オーバーホールなどメンテナンス対応の良さ**も判断材料になる。**複数社から見積りなどを入手して最適な機種、メーカーを選択することが重要**である。

自社や系列会社でバイオマス燃料を製造する場合、要求品質に見合った加工燃料が製造できる木材加工機器メーカーから説明をうけ、**自社の要求事項を数値で示し、最終製品の品質を確保できるようにすることが必要**である。国内メーカーよりも、海外メーカー、特に欧州メーカーがこの分野に強く、実績も多い。この時、メーカーとは木材の樹種の違い、季節変動、水分などについては問題がないか十分確認しておく必要がある。その他、燃料のサイズ、水分、異物、篩除外品の率、機械的強度（ペレットの場合）、メンテナンス性、クリンカ生成成分の有無なども確認しておく必要がある。

実証事業者の検討：ウォーキングフロアにおける原料乾燥

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社では ORC の熱電供給設備から発生する温水の一部を燃料乾燥用熱源として有効活用している。

本プラントの燃焼炉で安定燃焼できる含水率は 50%以下である。燃料が高含水率であると水分を蒸発させるために熱量が炉内で消費されることから燃焼炉内温度・熱媒油温度が低下し、最大出力運転が困難となる。そのため ORC 熱電供給設備から生成した温水を利用した温風を原料供給サイロで利用し燃料乾燥を行うことで燃料の含水率を平均で 10%程度減少させることができる。このため自社で燃料のプレ乾燥装置をウォーキングフロア内に追加設置した。

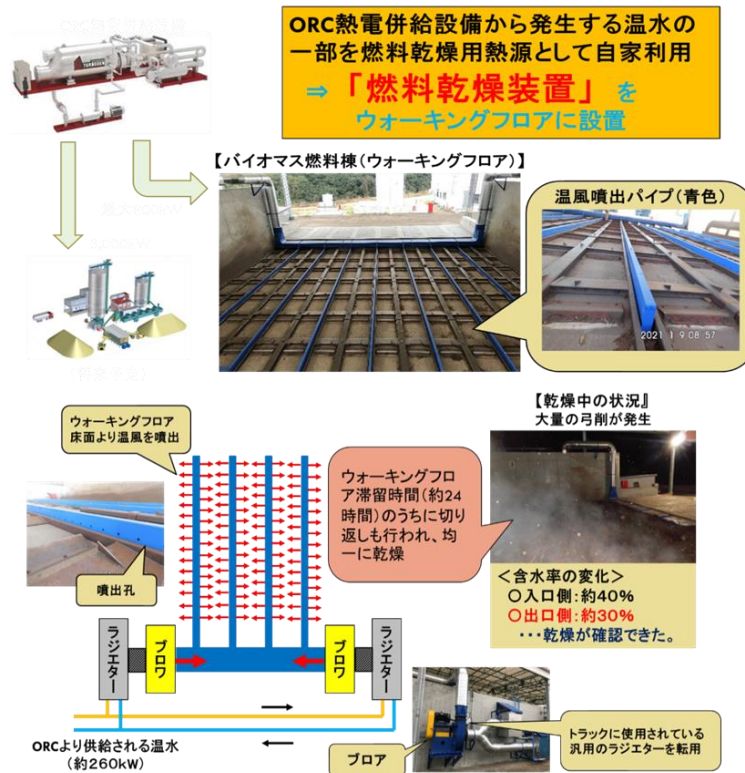


図 2.2.26 温水を利用した原料プレ乾燥装置

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

ウォーキングフロアの押し出しの間には 80 mmの隙間があり、そこに温風を吐出するパイプを設置している。ORC から供給された温水はラジエーターを通じ、ラジエーターから吸い込んだ空気をブロワーが床下に吸い込むという形で排出している。パイプの側面に約 5 mm程度の穴を多数あけており、ここから横方向に温風が噴き出る仕組みになっている。特長としては、このラジエーターはトラックに使用されている汎用品であり、万一壊れてもすぐに取り換えが可能である。また市販品であり特注の熱交換器ではないことから、費用も削減できた。

温風が出ている際はサイロ全体から白い湯気が出る。ウォーキングフロアでは燃料は投入後 24 時間で出口側まで移動する。燃料が出口側に運ばれる際にある程度切り返しも行われていることから、均一に乾くことも一つの特徴である。乾燥効果については、ある冬場は特にバーク等が乾燥していたこともあり、入口の燃料の含水率が 40%と比較的低かったが、出口では 30%となっていた。この結果からの計算上では 60%程度の含水率の燃料であれば 55%以下まで下がることになる。以上から梅雨時の濡れた燃料でも乾燥できる事が期待される。また、このシステムに関しては 200kW~300kW の熱があれば、BTG などでも採用は可能である。サイロ乾燥を導入すると、燃焼に必要なバイオマスの含水率が 5%下がるだけで、1 割近くのバイオマスの消費量が減ることとなり、発電所では大きいメリットである。本システムはバークに限らず他のバイオマスでも活用が可能としている。

<熱分解ガス化発電の場合>

- ❑ ガス化発電設備の日本の樹種等への規格対応は実機レベルで長期の検証がなされているか？
- ❑ ガス化発電向けのチップの水分等の規格のばらつきはどこまで許容できるか確認済みか？

欧州規格のチップやペレットで安定稼働を確認できたガス化設備でも、日本の国内地域の樹種では欧州規格の品質を満たしたにも関わらず安定稼働ができないケースが少なからず存在する。

熱分解ガス化設備の燃料品質規格

ガス化設備はメーカーの技術によりチップまたはペレットを利用する設備に分かれ、さらに燃料形態の中でも要求する形状や許容水分率、硬さなども異なる。安定稼働のためにはバイオマス燃料の成分・形状・水分・強度などの**各品質要素について加工・保管・輸送・設備内の搬送・投入までを適切に管理する必要がある**。特に水分管理は重要で、製造時は仕様の水分率を満たしていても、輸送中や貯蔵中に空気中の水分を吸収し、**投入時点で仕様の範囲外の水分率まで上昇することによるトラブルが多い**。

一般的に、BTG や ORC など比べて高品質な燃料条件が求められるため、外部から調達せずに発電事業者自らバイオマス燃料を生産するケースも見られる。その場合、ガス化炉の型式・構造に合致したバイオマス燃料性状の条件や**効率的な粉碎・乾燥・造粒等の装置や搬送設備なども確認**しておく必要がある。

また、欧州で実績のあるガス化プロセスにあっても、日本では**樹種の違いによりチップやペレットの十分な品質が得られず、稼働トラブルが生じるケースが少なくない**。したがって、欧州製の設備の導入を検討する場合は**日本の樹種における稼働実績の有無を確認し、さらにサンプル燃料を現地に送付して運転試験**を行うことが望ましい。



図 2.2.27 切削チップの例（左）と欧州木質ペレットの例（右）

(出所) 環境ビジネスコンサルタンツ株式会社提供資料

熱分解ガス化設備向けのバイオマス燃料を製造する場合は、水分率が低く、均質かつ一定の強度をもつバイオマス燃料に加工する必要があるが、これらは**気候などの影響で変化しやすい**。特に湿分が変動しやすいので**バイオマス燃料の貯留設備についても十分な留意が必要**となる。また、特にペレットは**輸送中または搬送設備内の衝撃で微粉化が起こる可能性があること**に留意が必要である。

□ 燃料の規格対応に要する加工コストも含めて燃料コストは引きあうか？

燃料規格のグレードが上がれば、長さ、水分、灰分²⁰、機械的耐久性、微粉率、といった性状に対する要求値が高くなる。例えば機械的耐久性を高めるためには、ペレットを構成するおが粉の粒径や水分率の均質性を高くする必要がある。また、スターチなど添加剤を少量混ぜることも耐久性を高め、微粉化を防ぐ効果がある。また、微粉率を下げるためには製造工程で出される微粉を篩できちんと除去することや、成型後にしっかり冷却することも有効である。

しかしながら、**燃料規格が上位であればあるほど、製造に要する機械は増え、消費電力も増える**。これらがすべて、ペレットの**製造原価に加算**されていくため、加工コストは増える。投入するバイオマス燃料のもつ**発熱量と発電効率を考慮し kWh あたりの発電コストを算出**し、これが FIT による売電価格を上回るようでは事業性のない計画ということが明らかになる。

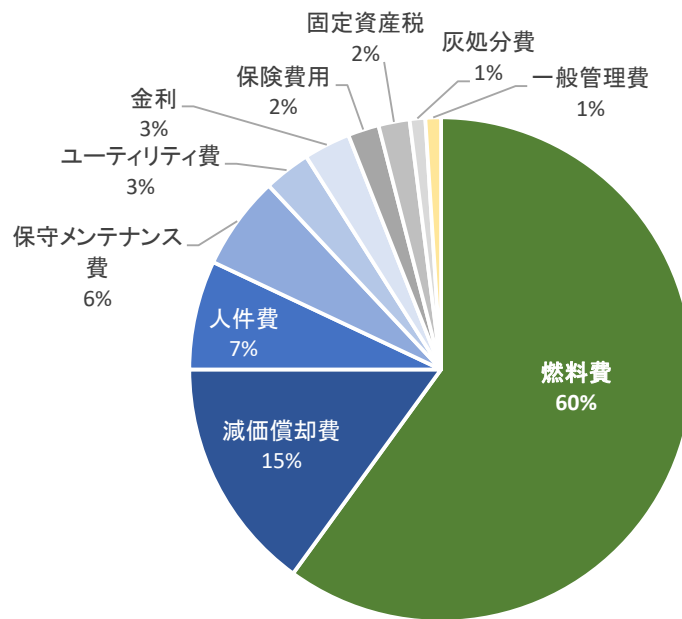


図 2.2.28 ペレット製造コストの内訳の一例

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

一方で、**高品質のバイオマス燃料であるほど発電設備の安定稼働が図れる**ことで売電量が増えるメリットはあるため、**燃料のグレードを上げることによる経費と見込まれる収益を十分に比較検討する**必要がある。高品質のバイオマス燃料の製造単価を下げるためには**発電の規模を拡大**することも考えられる。品質の良くないバイオマス燃料を使えば燃料費は安くなるが、稼働率低下や故障、発電出力低下を受ける可能性が高まる。

本ガイドラインの中で繰り返し述べているとおり、バイオマス発電は一般的に**運転単価の 6～7 割をバイオマス燃料費用**が占めている。したがって燃料製造費用の影響は大きく、厳格に計画しないと当初予定していた収益の確保が難しくなる。

²⁰ 砂礫や土などに由来する灰分であれば、篩をかけることである程度低減することが可能である。

<熱分解ガス化発電の場合>

❑ 投入時に要求される燃料の水分率管理のための貯留、乾燥設備を採用しているか？

- ❑ ガス化発電向けの乾燥チップ（水分 15%以下など）は貯留方法も含めて、燃料投入時まで水分を維持できるか？
- ❑ ガス化発電装置が求める水分率が平衡水分率（約 15～20%）以下の場合、燃料投入直前の乾燥装置は具備されているか？

前述のとおり、ガス化設備の安定稼働のためには特に水分管理は重要である。製造時は仕様の水分率を満たしていても、輸送中や貯蔵中に空気中の水分を吸収し、投入時点で仕様の範囲外の水分率まで上昇することによるトラブルが多い。チップやペレットは過乾燥の直後から**平衡水分率に向かって水分が戻り始めるため、できる限り燃料を大気中で時間を置かずに熱分解ガス化設備に投入する**ことが望ましい。

既存事例において直面した課題

熊本県のあるガス化発電設備（仕様水分率 10%）はチップの乾燥を約 2km 離れた場所で行い、発電設備に運んでホッパーに投入、その後ガス化設備で使用されている。このため、10%以下に**乾燥されたチップは輸送中の時間経過とともにガス化設備投入時には平衡水分率まで戻り**、仕様を満たしていないため、タールトラブルが起こった。

このようなトラブルを回避するため、**最近ではガス化設備投入直前で発電排熱を利用して乾燥を行う事例が増えている**。

<熱分解ガス化発電の場合>

❑ 篩によって選別される不適合品の割合を把握し、それらの処理・活用工程まで考えられているか？

- ❑ 規格外の燃料サイズの場合、装置前で篩い分けする装置が設置されているか？
- ❑ 篩い分け装置ではじかれた燃料の利用方法は考慮しているか？

ガス化設備の**安定稼働のためには燃料の形状も重要**であり、規格外の燃料を除去するための篩い分け装置の導入が必要となる。ただし、同装置ではじかれたバイオマス燃料は**発電に利用出来ない発電用燃料を購入していることと同義**であり、これが有価で利用できないと採算性が悪化する。

規格外のバイオマス燃料には、オーバーサイズとアンダーサイズの 2 種類がある。オーバーサイズの規格外バイオマス燃料については、破砕機にこれらを戻し再度破砕する機能を備えたものもあるが、**この機能が無い場合は破砕機後の篩でオーバーサイズの戻りラインを設ける**ことで対応が可能である。

アンダーサイズの規格外バイオマス燃料については、破砕工程において篩って回収することができる。ただし、投入量に対して**アンダーサイズとして排出されるものが多ければ歩留まりが悪く**ということになるため、**破砕機などの加工機メーカーにあらかじめ歩留まり率を確認しておく**ことが望ましい。アンダーサイズとして排出されるものの利活用の方法についても検討し、また利活用できないのであれば**処理の方法と費用も把握しておく**べきである。

次図はガス化発電装置内に設けられている篩い分け装置の実例である。

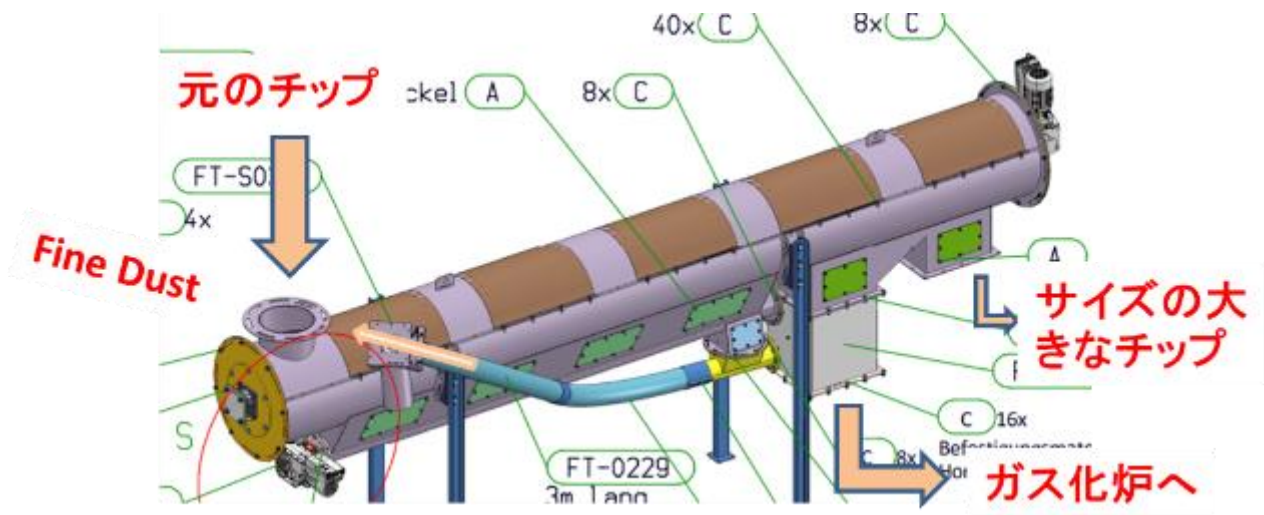


図 2.2.29 ガス化発電装置内の篩い分け装置 (Holzenergie 社)

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

なお、篩い分け装置ではじかれたバイオマス燃料の利用方法については、例えば岐阜県のある事例では、ガス化チップからはじかれたオーバーサイズ、アンダーサイズのチップを隣接したバイオマスボイラーで燃やして温水を回収している。また、欧州では規格不適合のバイオマス燃料はペレット用おが粉として外販されている。

<ペレット燃料を混焼する場合>

- ❑ ペレットを混焼する場合、炉内温度の上昇や通風設備の負荷余力を踏まえた適切な混焼率を設定しているか？

木質ペレットは、大きさが均一で小型顆粒状で軽く取り扱いが容易であることや水分率が低く発熱量も安定しているため、木質チップや石炭等と混焼されることもある。その際、以下のような点に留意する必要がある。

運転トラブルの回避

もともと木質チップベースで設計されたボイラーでペレットを混焼させる場合、ペレットの方が高発熱量であるため、炉内温度の上昇や、ガス量やガス性状の変化により通風設備の負荷余力を超過することで運転トラブルが発生する可能性がある。そのため、事前にボイラーメーカーと協議をしたうえで、混合比率を決めることが望ましい。メーカーとの協議により混合燃焼比率が決定した後、安定的に混合して炉内投入熱量を一定にする必要がある。

行政手続き

ガス量増大やガスの性状が変化した場合、ばい煙発生施設の届出等の変更が必要となるので所轄行政との調整も必要となる。

バイオマス燃料の貯留方法

木質ペレットは通常の木質チップと違い乾燥度や熱量が高いため、その特性を活かすためには雨等に触れさせないように、屋根付きの貯留庫やサイロ等で貯留するなどの配慮が必要となる。

付帯設備の変更

ペレットを利用する場合、チップとは別の**投入コンベヤの追加や、専用の定量投入装置を導入**する必要がある。また、事前に**燃料ヤードにて決められた混合比率で混ぜ合わせる**等の工夫が必要となる。ただし、木質チップとペレットでは大きさが異なるため、**事前に混合してもコンベヤ等にて均一混合状態で搬送されないことがある**ため留意する。

④ 燃料の製造・加工システムの検討

前述の燃料規格の検討および地域の原料発生状況や燃料供給業者の有無を踏まえ、バイオマス燃料の製造・加工システムを検討する。前述のとおり、地域内に十分な量と品質の燃料を供給する業者が存在する場合は必ずしも本ステップの検討は必要ないが、採用予定のエネルギー変換設備の燃料要求品質（規格）の条件によってはチップ・ペレット等の燃料製造・加工が必要となる。

なお、チップ・ペレット等の具体的な燃料製造設備の詳細は「[第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照されたい。

<チップ・ペレット等の燃料を生産する場合>

□ ボイラーや発電設備の燃料規格に適応した燃料製造、加工が可能なシステムか？

ボイラーや発電設備（BTG、ガス化等）等のエネルギー変換設備はそれぞれ利用可能な燃料性状（水分率、形状、成分など）があり、通常品質規格で担保される。未利用資源や低質資源の利用や乾燥プロセスの簡易化などの燃料の低価格化に重きを置きすぎると設備が許容可能な燃料品質の範囲を逸脱してトラブルが生じることがある。

燃料製造設備の選定にあたっては、原木の種類、形状、水分等の変動に対して、品質基準を満足したチップを製造できることはもちろん、**負荷変動に対しても必要なチップ製造能力が達成できることが重要になる。**

破砕機のチップ製造能力は性能保証事項にもなるため、計画条件を満たす能力の有無を含めた信頼性を**メーカーの技術資料および稼働実績調査などにより確認**する。そのうえで、原料の**水分率変動等の許容範囲等を事前に設備メーカー等と協議**して決定する。

事業に則した運転時間の確保

ボイラーや発電機の規模やエネルギー利用効率に基づき、1日に必要なチップ量が算出される。**破砕機の時間当たりのチップ製造能力を考慮し、事業に即した運転時間を確保**する。なお、騒音や振動規制地域では早朝や夜間の操業が難しく、運転時間に制約が出る可能性があることにも留意する。加えて、破砕機などの**木材加工機は作業に危険を伴うため、深夜の作業などが極力発生しないよう運転時間を計画**することも重要である。

投入サイズ、コンベヤの詰り対策

メーカーや破砕機種類によって**木材の投入サイズの規定**があるため、調達する木材のサイズが規定を超えないようにする。または、重機で小割する方法もある。その他、投入・排出コンベヤは、詰りがなく円滑に投入および排出できる構造とする。

燃料化設備の定格値と実際の生産量のギャップ

チップパーやペレタイザーは**製造量の定格値より実際の値が小さい**場合があるため留意する必要がある。先行事例へのヒアリングによると、チップパーの場合は定格の生産量に対して**実際の生産量が40～60%まで少なくなる**ケースもあることが報告されている。また、ペレットについては、ペレタイザーの定格値に対して、**実際の生産量は80%程度が限界**との報告もある。さらに、熱分解ガス向けの場合、硬度の高いペレットを生産する際にさらに定格値と実際の生産量のギャップが生じることがある。

実証事業者の検討：低質材向け破碎設備の導入と一般／産業廃棄物の取扱い

JFE 環境サービス株式会社²¹では、破碎能力向上（長尺の原料や竹等への対応）と燃料チップ品質向上を目的として、それまで所有していた高速ハンマーミル（スイング式）に代えて、低速2軸破碎方式のチップ製造機器（CRAMBO）を導入した。以下に各項目の比較表を示す。

表 2.2.24 破碎機器の比較

	導入検討設備	(参考) 既設破碎設備
処理材	建築廃材、廃木材、伐採木、倒木、伐根、剪定枝葉、他	
破碎方式	低速2軸破碎	高速ハンマーミル（スイング式）
処理能力	～60t/h（約20千t/年）	5～15t/h（約10千t/年）
金属対応	△ 金属金具可	× 金属金具に弱い
大物・長尺 対応	○ 投入口幅：約3m	× 投入口幅：約0.6m
均一性	○サイズバラつきが小さい スクリーン、受け刃有り	△サイズにバラつき スクリーン、受け刃有り
詰まり対応	○トラブル対応可	△噛込み、巻付きトラブル発生
竹材対応	○	×
分級	○	×
総合評価	○	-

(出所) 株式会社日本リサイクルマネジメント「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 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 (FS)」(NEDO) 2016 年

低速2軸破碎方式の特徴は次のとおりである。まず、互いに逆回転する2軸を導入することで、根株や建廃等の粗大物を含む多様な原料を受入可能であり、処理能力が素材形状・サイズに左右されない。加えて、破碎不能物の混入時には逆転して停止するシステムのため、駆動機構への損傷の可能性が低くダウンタイムを最小に抑えることができる。



図 2.2.30 破碎設備 (CRAMBO) の特徴とスペック

(出所) 株式会社日本リサイクルマネジメント「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 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 (FS)」(NEDO) 2016 年

²¹ FS 時点の旧社名 (株式会社日本リサイクルマネジメント) より変更。



図 2.2.31 破碎設備（CRAMBO）の概観（破碎ローターおよびスクリーン）

（出所）JFE 環境サービス提供資料

今後の課題としては、破碎機の運転時間、スクリーン開孔寸法、分級機送り速度の調整により、最適な運転条件を検討することとしている。特にスクリーンの調整については、サイズを小さくすると破碎機の中で原料が留まる時間が長くなることで、消耗期間が短くなりコストに影響するため、重要なポイントとなる。

受入原料と一般廃棄物／産業廃棄物の留意点

本施設では下図のとおり、一般廃棄物と産業廃棄物の 2 種類のバイオマスを受け入れているが、バイオマス蒸気ボイラーにおける燃料利用は産業廃棄物のみとなっている。

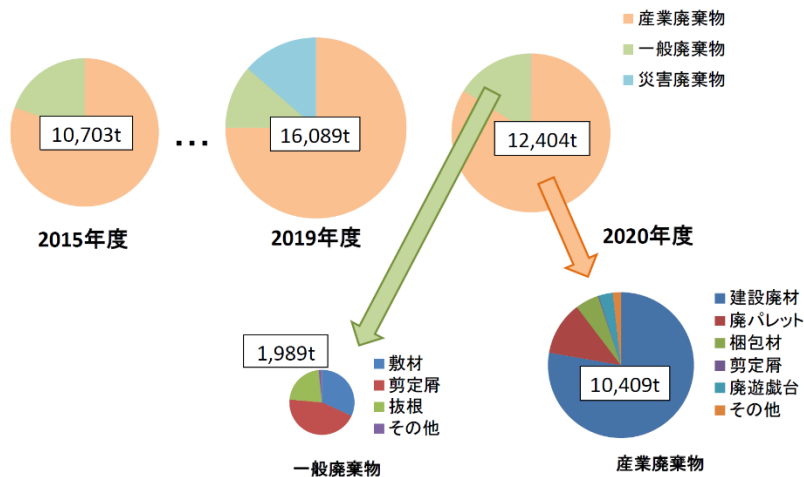


図 2.2.32 JFE 環境サービスにおける受入原料

（出所）同上

倉敷市との協議により、剪定枝をはじめとする一般廃棄物系のバイオマスについては、破碎後も燃料扱いではなく、同じ一般廃棄物扱いとなるため、バイオマス蒸気ボイラー導入前から運転していた炭化炉にてマテリアルリサイクルによる処理を行っている。この時、破碎機では一般廃棄物と産業廃棄物を投入する時間をずらして処理している。

なお、廃棄物処理法上は廃棄物処理を行う施設の許認可が必要であり、上記について炭化炉は一般廃棄物処理施設として登録しており、バイオマス蒸気ボイラーは産業廃棄物処理施設として登録されている。

□ 燃料品質や原料種を重視しすぎて生産設備に過剰投資をしていないか？燃料生産設備の採算性を確認したか？

地域材の地産地消や高品質規格を重視しすぎて**事業規模に対して過大な燃料生産設備の投資**となり、採算性が悪化するケースがあるため、全体の採算性を考慮し燃料製造施設の建設可否を考える必要がある。

バイオマスエネルギー事業では必ずしも事業者自らバイオマス燃料製造・加工を行う必要はなく、周辺で要求品質のチップが購入できれば、チップ製造は不要である。ただし、国内の地域では近隣にチップ製造業者が存在しない場合が多く、自社または系列会社にて丸太のチップ化から乾燥までの設備を導入している事例も見られる。

実際、1MW 以下程度の中小規模発電所で、**高価なバイオマス燃料製造・加工設備を設けて自家用にチップやペレットを生産・消費しても建設費が取り戻せない**場合が多い。そのため、一部の先進事例では、**生産したバイオマス燃料を自家利用だけでなく近隣の発電所やボイラー設備にチップを販売**することで投資効果を高めている。地域のバイオマス需要に依存するが、燃料生産の採算性を高めるにはこのように自社利用だけでなく**面的な供給も検討することが重要**である。

FS 事業者の検討：きのこ使用済菌床の燃料化施設建設に係る検討

中部電力ミライズ株式会社および株式会社シーエナジーでは、NEDO の FS 事業において、廃菌床を原料とした燃料化施設の建設を複数のケースで検討した。本ガイドラインでは紙面の都合上、以下の 2 種類のケースの設備フロー、物熱収支、経済性の検討結果について示す。

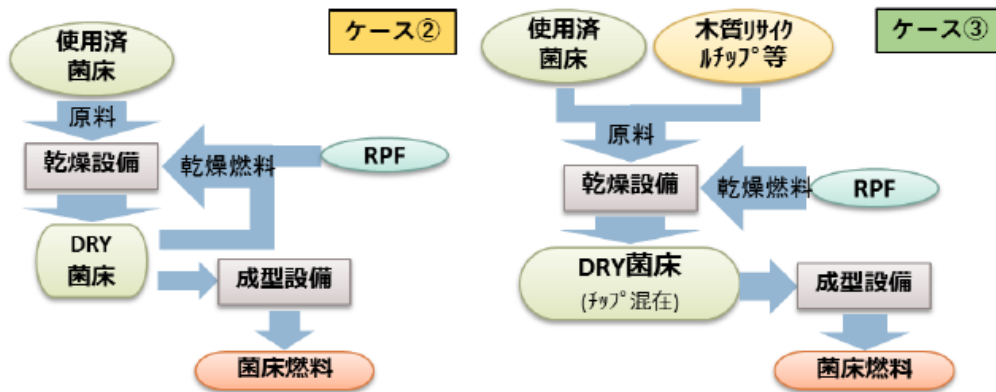


図 2.2.33 廃菌床を原料とする燃料化施設の設備フローイメージ（ケース②、ケース③）

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「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/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」(NEDO)2021 年

ケース②

蒸気需要家での蒸気製造量 1.5t/h 分の菌床燃料製造（販売）量を確保する想定。本ケースは使用済菌床のみでは乾燥燃料が不足するため、低コストで安定的に調達可能な RPF で補うこととした。

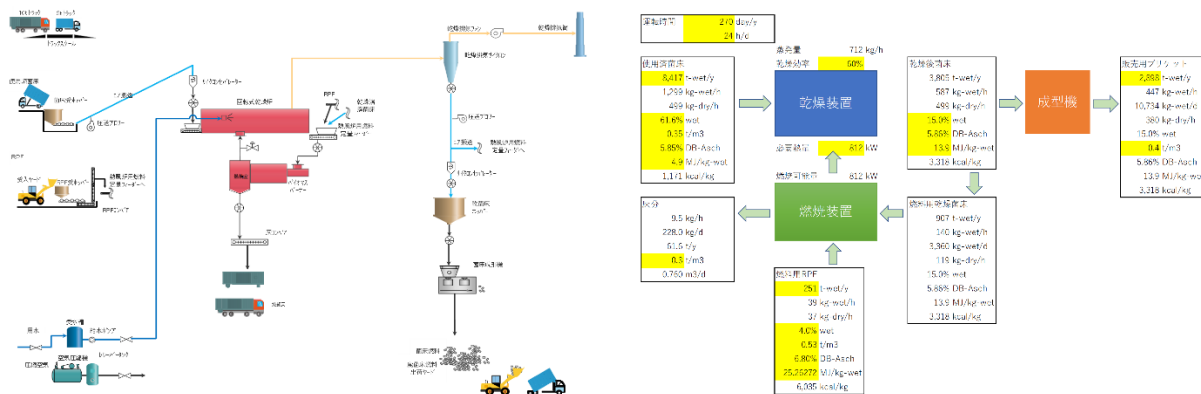


図 2.2.34 ケース②のフロー図と熱物質収支

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「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/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」(NEDO)2021 年

ケース③

蒸気需要家での蒸気製造量 3.0t/h 分の菌床燃料製造（販売）量を確保する想定。本ケースは使用済菌床を全て菌床燃料の原料としても目標製造量に到達できないため、乾燥したバイオマス燃料である木質リサイクルチップを混合させる。また、乾燥燃料に使える使用済菌床がないため、低コストで安定的に調達可能な RPF で全量賄う計画とした。

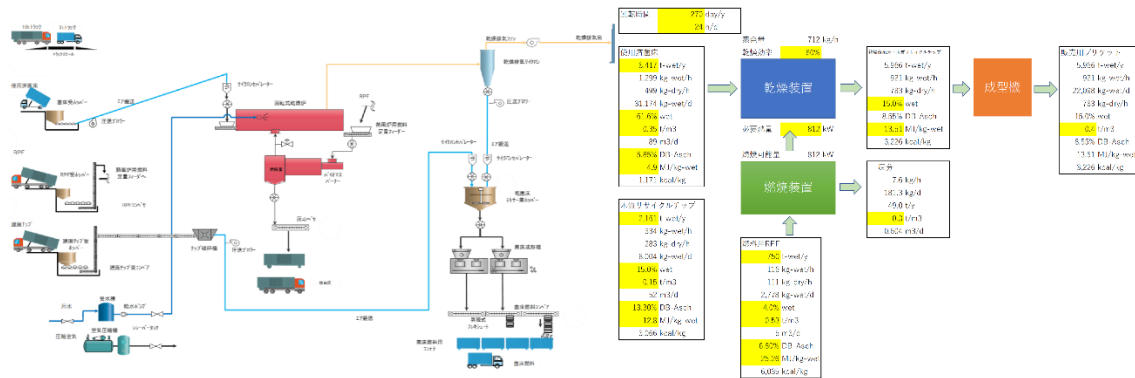


図 2.2.35 ケース③のフロー図と熱物質収支

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「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/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」(NEDO)2021 年

経済性の検討結果

上述のケース②およびケース③の燃料化施設の概算コストの検討結果を以下に示す。設備投資としては、ケース②で 3 億 4 千万円程度、ケース③で 5 億円弱となり、製造能力が 2 倍(1.5t-steam /h 相当分⇒3.0t-steam/h 相当分)となっても、コストは 1.5 倍以下であるため、ケース③はスケールメリットを期待できる結果となった。

表 2.2.25 燃料化施設の概算コスト

	ケース②	ケース③
投資コスト		
設備費	195 百万円	300 百万円
その他（設計費、土建費、経費等）	147 百万円	185 百万円
合計	343 百万円	485 百万円
メンテナンスコスト		
乾燥機（破砕機含む）	2.5 百万円/年	2.5 百万円/年
バイオマスパーナ	1.9 百万円/年	1.9 百万円/年
成型機	3.4 百万円/年	6.7 百万円/年
その他（補機、建屋等）	1.9 百万円/年	2.3 百万円/年
合計	9.7 百万円/年	13.5 百万円/年

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「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/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」(NEDO)2021 年

- ❑ 地産地消を前提としたためにチップパーやペレット工場等の過大投資となっていないか？
- ❑ チップパーを無理に保有せず、レンタルやチャーターする方法も検討されているか？
- ❑ <熱分解ガス化向けの燃料を生産する場合> ガス化発電向けの高規格チップを作るためだけのチップパー・乾燥機等の過剰投資となっていないか？

一般的に、チップ工場やペレット工場は加工設備からサイロ建屋などトータルで整備する場合 2～3 億円程度の投資が必要となる。NEDO 実証事業関係者によると、原木 5,000m³以下（チップ・ペレットで 1000t 以下）の利用量の場合は、これらのチップ化、ペレット化施設への投資は過大となる傾向があるとしている。地産地消で比較的小規模な需要向けには**現有設備などの活用やレンタルで投資を抑える工夫**が必要となる。

建設業で利用する汎用機の破砕機は建機レンタル業者からレンタル可能である。高性能チップパーなどメーカーからレンタルも可能だが、高額なレンタル費用のケースもあるため注意する。一時的な利用であればチップパーを保有する地元のチップ業者や林産業者と相対で契約して安価にレンタルすることも有効である。

FS 事業者の検討：移動式チップパーのコスト比較

坂井森林組合では以下の 3 社の移動式チップパーのコスト比較を行った（詳細は同組合の FS 報告書を参照）。同組合は FS 終了後、2022 年現在実施中の事業においては、チップ化システムとして最も経済性の高い C 社の機種を採用している。

表 2.2.26 移動式チップパー機の概要

	A 社	B 社	C 社	備考
車両タイプ	クローラ式		ホイール式	
動力源	エンジン内蔵		トラクターPTO	
総重量	約 18t	約 23t	約 12t	A 社・B 社：カタログ値 C 社：購入者ヒアリング値
排出形式	ブローア			カタログ値
切削刃数	20 枚	5 枚	8 枚	カタログ値
刃の研磨サイクル	スギ：20-30h 広葉樹：10-15h	12.5h	30h	A 社・B 社：代理店ヒアリング値 C 社：購入者ヒアリング値
最大投入径	軟質木：56cm 硬質木：42cm	軟質木：60cm 硬質木：48cm	60cm	A 社・B 社：カタログ値 C 社：購入者ヒアリング値
生産能力（チップ嵩）	最大 150m ³ /h	最大 155m ³ /h	最大 100m ³ /h	A 社：カタログ値 B 社：代理店ヒアリング値より推計※ C 社：購入者ヒアリング値
購入価格（税抜）	7,400 万円	7,800 万円	チップパー：3,130 万円 トラクター：2,570 万円	代理店ヒアリング値

※代理店ヒアリング値は生産能力「最大 35t/h」（G50 クラス）であった。比重 0.38（カタログによると軟質木の生産能力とされていたため、スギの一般的な比重として）、含水率 35%-WB と仮定して換算。

（出所）坂井森林組合「2018 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)」2019 年

年間生産量を 1,500t、3,000t、5,000t、10,000t、20,000t、30,000t の 6 パターンで試算を行った結果を次表に示す。

表 2.2.27 試算結果

生産量 (t/年)	区分	費目	A社		B社		C社	
			年間コスト (千円/年)	1tあたりコスト (千円/t)	年間コスト (千円/年)	1tあたりコスト (千円/t)	年間コスト (千円/年)	1tあたりコスト (千円/t)
1,500	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	6.66	10,530	7.02	7,695	5.13
		チッパー運搬経費	225	0.15	225	0.15	0	0.00
		グラブ付重機使用経費	53	0.04	49	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	10,268	6.85	10,804	7.20	7,695	5.13
	燃料費	チッパー機	140	0.09	170	0.11	198	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	53	0.04
		グラブ	26	0.02	24	0.02	0	0.00
		燃料費計	166	0.11	194	0.13	198	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	29	0.02
		チッパー稼働	75	0.05	69	0.05	108	0.07
人件費計		75	0.05	69	0.05	136	0.09	
	合計	10,509	7.01	11,067	7.38	8,029	5.35	
3,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	3.33	10,530	3.51	7,695	2.57
		チッパー運搬経費	450	0.15	450	0.15	0	0.00
		グラブ機械損料	105	0.04	97	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	10,545	3.52	11,077	3.69	7,695	2.57
	燃料費	チッパー	279	0.09	340	0.11	395	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	106	0.04
		グラブ	53	0.02	49	0.02	0	0.00
		燃料費計	332	0.11	389	0.13	395	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	57	0.02
		チッパー稼働	151	0.05	139	0.05	215	0.07
人件費計		151	0.05	139	0.05	273	0.09	
	合計	11,028	3.68	11,605	3.87	8,363	2.79	
5,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	2.00	10,530	2.11	7,695	1.54
		チッパー運搬経費	750	0.15	750	0.15	0	0.00
		グラブ機械損料	176	0.04	162	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	10,916	2.18	11,442	2.29	7,695	1.54
	燃料費	チッパー	466	0.09	567	0.11	659	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	211	0.04
		グラブ	88	0.02	81	0.02	0	0.00
		燃料費計	554	0.11	648	0.13	659	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	115	0.02
		チッパー稼働	251	0.05	231	0.05	359	0.07
人件費計		251	0.05	231	0.05	474	0.09	
	合計	11,720	2.34	12,321	2.46	8,828	1.77	
10,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	1.00	10,530	1.05	7,695	0.77
		チッパー運搬経費	1,500	0.15	1,500	0.15	352	0.04
		グラブ機械損料	352	0.04	324	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	11,842	1.18	12,354	1.24	8,047	0.80
	燃料費	チッパー	932	0.09	1,134	0.11	1,318	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	352	0.04
		グラブ	176	0.02	162	0.02	0	0.00
		燃料費計	1,107	0.11	1,296	0.13	1,318	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	191	0.02
		チッパー稼働	502	0.05	463	0.05	717	0.07
人件費計		502	0.05	463	0.05	909	0.09	
	合計	13,451	1.35	14,113	1.41	10,274	1.03	
20,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	0.50	10,530	0.53	7,695	0.38
		チッパー運搬経費	3,000	0.15	3,000	0.15	0	0.00
		グラブ機械損料	703	0.04	648	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	13,693	0.68	14,178	0.71	7,695	0.38
	燃料費	チッパー	1,863	0.09	2,268	0.11	2,636	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	704	0.04
		グラブ	352	0.02	324	0.02	0	0.00
		燃料費計	2,215	0.11	2,592	0.13	2,636	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	383	0.02
		チッパー稼働	1,004	0.05	926	0.05	1,435	0.07
人件費計		1,004	0.05	926	0.05	1,818	0.09	
	合計	16,912	0.85	17,695	0.88	12,149	0.61	
30,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	0.33	10,530	0.35	7,695	0.26
		チッパー運搬経費	4,500	0.15	4,500	0.15	0	0.00
		グラブ機械損料	1,055	0.04	972	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	15,545	0.52	16,002	0.53	7,695	0.26
	燃料費	チッパー	2,795	0.09	3,402	0.11	3,955	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	1,055	0.04
		グラブ	527	0.02	486	0.02	0	0.00
		燃料費計	3,322	0.11	3,888	0.13	3,955	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	574	0.02
		チッパー稼働	1,506	0.05	1,388	0.05	2,152	0.07
人件費計		1,506	0.05	1,388	0.05	2,726	0.09	
	合計	20,373	0.68	21,278	0.71	14,376	0.48	

(出所) 坂井森林組合「2018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)」2019年

維持管理費について、坂井森林組合が調査した A 社および B 社の維持管理費は下表のとおりである（C 社は非公開）。交換部品費・消耗品費は稼働時間によって、年ごとに経費は異なるが、ここでは比較のため、稼働時間を各部品・消耗品の交換サイクルで除した値に、各部品・消耗品価格を乗じて算出している。また、メーカーによる定期点検も部品・消耗品費と同様、稼働時間を定期点検サイクルで除した値に、1 回あたりの定期点検工賃を乗じて算出している。

表 2.2.28 交換部品・消耗品費（左）、定期点検工賃（右）

		交換部品・消耗品費 (千円/年)					定期点検工賃(円/年)	
		A 社	B 社				A 社	B 社
		交換部品・ 消耗品等	交換部品・ 消耗品等					
生産量 (t/年)	1,500	71	88	生産量 (t/年)	1,500	6,026	4,165	
	3,000	141	176		3,000	12,052	8,331	
	5,000	235	294		5,000	20,086	13,885	
	10,000	470	588		10,000	40,173	27,769	
	20,000	940	1,176		20,000	80,346	55,538	
	30,000	1,410	1,764		30,000	120,518	83,308	

(出所) 坂井森林組合「2018 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)」2019 年

⑤ 原料・燃料の輸送システムの検討

前項までの検討において、原料および燃料の調達量および拠点を明確化したうえで、利用施設までの輸送方法について検討する。**事業者自ら原料を調達し燃料製造まで行う場合**は、トラック等の輸送ルートや輸送費に加え、原料の調達方法（森林未利用材の場合は伐採、搬出、仕分け等）についても検討する必要がある。これらの詳細は「**第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

□ 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？

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ため、可能な限り近距離からの原料・燃料調達が望ましい。輸送費を低減する方法として、トラック容量と貯蔵設備の拡大による往復回数の削減、帰り荷の活用、その他森林未利用材の場合は中間土場などの物流を踏まえた加工サイトの工夫が考えられる。

□ 1日のトラック搬入回数が把握されているか？通学路等に影響がないか検討されているか？

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。

住民等との合意形成の考え方については「**1.Ⅱ.2 地域関係者との合意形成**」（162頁）および「**1.Ⅱ.5 事業実施体制の確定**」（191頁）を参照されたい。

フェーズⅢ 設計施工段階

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。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.2.29 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	燃料の調達契約	調達先と規格、量、納期、価格の具体的な協議のもと、契約がなされているか？	
		供給される燃料の水分率測定について、その方法と測定場所、タイミングについて、供給者と合意がとれているか？	
		燃料規格については正確な共通理解が得られているか？	
		規格や納期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？	
		長期契約で安定的な調達および価格が約束されているか？	
		水分による価格のインセンティブがつけられているか？また、水分に応じた買い取り価格の設定について、供給者と合意がとれているか？	
		<FIT 事業で森林未利用材を利用する場合> 林野庁のガイドラインに基づいた燃料区分の定義や保管等取扱い、手続きを踏まえた適切な運用がなされているか？	
2.Ⅲ.2	燃料の調達・在庫管理計画の策定	設備の運転計画を踏まえた燃料の在庫管理計画、燃料調達先との納入調整の仕組みは構築できているか？	
		燃料調達先との配車計画や納入調整の仕組みは構築できているか？	
		<燃料生産を行う場合> 丸太の乾燥のための十分なスペースの土場を確保しているか？	
		<特にバークを利用する場合> サイロや搬送系でのブリッジ対策がなされているか？	
		<竹を燃料利用する場合> クリンカ対策や塩素によるボイラーの腐食対策や排ガスのダイオキシン対策が取られているか？	

2.Ⅲ.1 燃料の調達契約

□ 調達先と規格、量、納期、価格の具体的な協議のもと、契約がなされているか？

バイオマスエネルギー設備の安定稼働ができない要因のほとんどはバイオマス燃料に起因する。また、バイオマス事業では総事業費の6～7割をバイオマス燃料費が占めるなど、燃料の価格は経済性を確保するうえで極めて重要である。

したがって、バイオマス燃料を外部から調達する場合は、**設備に適した安定的な品質かつ適性な価格で購入できるよう留意して契約を結ぶ**必要がある。特に、以下の点は必ず調達先との間で合意しておく必要がある。

<バイオマス燃料供給元との契約時に考慮すべき項目>

- ① 品質・規格
- ② 調達量
- ③ かさ密度
- ④ 納期・契約期間
- ⑤ 取引価格・輸送費

①～⑤の各項目の留意事項については以下に記載する。

□ 供給される燃料の水分率測定について、その方法と測定場所、タイミングについて、供給者と合意がとれているか？

□ 燃料規格については正確な共通理解が得られているか？

品質・規格の考慮

エネルギー変換技術毎に利用可能なバイオマス燃料品質が決まっているため、バイオマス燃料調達先との間で**品質・規格について合意**する必要がある。特に**水分率やチップサイズの合意は重要**である。

また、**水分の測定方法についてバイオマス燃料調達先との間で必ず合意しておく**必要がある。例えば、小規模バイオマスボイラーを導入している事例では**サンプリングによる絶乾試験が一般的**となっている。ただし、**サンプルを行う部分が偏るとバイオマス燃料全体の水分率を代表しない**場合がある。

また、オーストリアでは**丸太の状態**で複数個所に**チェーンソーで傷をつけておがくずを回収した後、絶乾試験**により平均の水分率を把握している事例もある。

調達量の考慮

チップまたはペレットの調達量についても契約上で明記しておく必要がある。国内の事例では、ある小規模発電所は地域のチップ業者とバイオマス燃料調達の協定を結んでいたが、近隣に大規模なバイオマス発電所が建設され、より高い購入価格を提示したため、チップがその大規模発電所に流れて調達困難になったケースもある。

かさ密度の考慮

調達契約締結に向けた交渉の際に、林業従事者、バイオマス燃料生産者、エネルギー利用事業者との間で**想定するかさ密度が異なり、取引価格の認識のずれが生じた事例**が少なくない。

例えば、密度の想定をバイオマス燃料供給業者が $0.5\text{t}/\text{m}^3$ 、エネルギー利用事業者が $1.0\text{t}/\text{m}^3$ とした場合、重量単位の価格（例：チップ 10,000 円/t）を**体積単位の価格に換算したときの価格差は 2 倍**にもなる。

調達先との交渉の際には、**換算に用いるかさ密度についてあらかじめ合意形成**を図ることが重要である。取引の際には、**密度は一定であると仮定して固定の値で換算**することが多い。

その際、**かさ密度は木材資源の種別、樹種、さらに温度・湿度条件や水分率の条件によっても異なる**ことに留意する必要がある。そのため、換算を正確に行うためには、**納入の都度、木材資源のかさ密度を測定**することが望ましい。

したがって、計画時点で**運転開始後のかさ密度測定頻度や方法を定め、値が変動した場合の取引価格の考え方について調達先と合意形成**を図ることが重要である。

- 規格や納期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？
- 長期契約で安定的な調達および価格が約束されているか？

納期・契約期間の考慮

国内事例ではバイオマス燃料調達先との間で拘束力を持たない協定のみ結んでいるケースが多い。こうした事例では**調達量や納期が守られずに設備の安定運転に支障が生じたケース**が少なくない。また、協定書上で期間についても明確化されていないケースも多い。

そのため、安定運転のためには**調達先との間で「契約」を締結**することが望ましい。その際、国内では事例が限定的であるものの、**納期等の仕様が守られなかった場合のペナルティを設定**することが理想である。なお、製紙業界ではチップ生産者との間でペナルティを含めた契約を結んでいることが多く、参考になる可能性がある。

長期にわたるバイオマス燃料供給契約についても国内では輸入材を使った大規模発電に限られ、国産材ではほとんど見られないのが現状であるが、こうした**長期契約は安定運転だけでなく、金融機関からの資金調達においても重要**であることから、検討することが望ましい。

- ❑ 水分による価格のインセンティブがつけられているか？また、水分に応じた買い取り価格の設定について、供給者と合意がとれているか？

取引価格・輸送費の考慮

バイオマスチップやペレットは燃料である以上、**水分率を加味した熱量をベースに取引されることが望ましい**。国内では重量単価で取引されることが一般的であるが、水分率が想定より高い状態で購入した場合、運転に必要な熱量が得られない可能性がある。

また、契約の際には輸送費に関する合意も重要である。事業者自身が負担する**輸送費は調達形態（丸太、チップ、ペレット）により異なることに留意する**。

例えば、自ら燃料製造を行い原料丸太を調達する事業者は、調達先の**素材生産事業者等との間で、輸送費をどちらが持つかを契約であらかじめ定める**。原料およびバイオマス燃料のサプライチェーンは、山土場→中間土場→ストックヤード（燃料生産施設内）→固体燃料化設備→発電施設のように、様々な地点を経由するため、**どの区間の輸送費を誰が負担するのかを合意する必要がある**。

<FIT 事業で森林未利用材を利用する場合>

- ❑ 林野庁のガイドラインに基づいた燃料区分の定義や保管等取扱い、手続きを踏まえた適切な運用がなされているか？

FIT 制度で山林から発生する木材（未利用材区分）を利用する場合は、**林野庁のガイドラインに基づいたバイオマス燃料区分の定義や保管等取扱い、手続きを踏まえた適切な運用を行う必要がある**。

詳細は、**林野庁「発電利用に供する木質バイオマス証明のためのガイドライン」**を参照されたい。

2.Ⅲ.2 燃料の調達・在庫管理計画の策定

- ❑ 設備の運転計画を踏まえた燃料の在庫管理計画、燃料調達先との納入調整の仕組みは構築できているか？
- ❑ 燃料調達先との配車計画や納入調整の仕組みは構築できているか？

発電設備やボイラーでの燃料の消費量やサイロ容量を踏まえ、燃料調達先からの納入管理、在庫管理計画を立てていく必要がある。特に需要の季節変動性や調達先、受け入れ施設側の休祝日間のストック、複数業者から納入する際の納入調整、配車計画等に留意する。

実証事業者の検討：地域課題の解決と竹の安定調達体制の構築

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社では、燃料の竹およびバーク、グループ会社であるバンブーマテリアルにおける建材用の竹の安定調達のために以下のような地域密着型の収集体制を構築している。



図 2.2.36 バンブーエナジー株式会社の原料調達体制

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

竹の調達については、地元南関町を中心とした県北地域を中心に、竹加工工場で利用する竹の買取を行う前線基地を11か所整備した。買取を行った竹の幹材は建材を製造する原料となるが、枯竹や枝葉等は建材には使用できないことから、建材に不向きとなる竹を燃焼用の原料として活用を行っている。また、産業廃棄物の中間処理事業者より発生する廃材等のうち、竹のみを選別・集約してもらい、調達している。

収集可能量		2020年	2021年	2022年
BM用		4,000 t	9,000 t	11,500 t
BE用		6,000 t	6,000 t	6,000 t
合計		10,000 t	15,000 t	17,500 t

生産計画による必要量		2020年	2021年	2022年
BM	NB用チップ	3,500 t	7,500 t	10,000 t
	BW用丸竹	300 t	600 t	1,000 t
	小計	3,800 t	8,100 t	11,000 t
BE	燃料用チップ	6,000 t	6,000 t	6,000 t
	小計	6,000 t	6,000 t	6,000 t
合計		9,800 t	14,100 t	17,000 t

自治体名	収集可能量		
	2020年	2021年	2022年
南関町	1,500 t	2,000 t	3,000 t
山鹿市	鹿央	800 t	1,000 t
	山鹿	1,000 t	1,000 t
	菊鹿	800 t	1,000 t
菊池市	400 t	1,000 t	1,000 t
和水町	400 t	1,000 t	1,000 t
荒尾市	300 t	1,000 t	1,000 t
玉名市・玉東町	300 t	1,000 t	1,000 t
御船町	1,000 t	1,500 t	1,500 t
みやま市	1,000 t	1,500 t	1,500 t
日田市	2,500 t	3,000 t	3,000 t
合計	10,000 t	15,000 t	17,500 t

※その他県外(四国・山口・三重・鹿児島等)の産廃業者から問い合わせ有(3,000~5,000t)

図 2.2.37 同社の竹の収集体制について

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

前線基地においては地域住民からの竹の買取を行っている。買取金額に南関町から補助金での支援も受けており、冬場のピーク時には1か所当たり月間1,500t程度の持ち込みとなる前線基地もある。本竹の買取前線基地を設置したことで、地域住民の生きがいがつくりや、竹林整備、雇用創出などにつながっている。

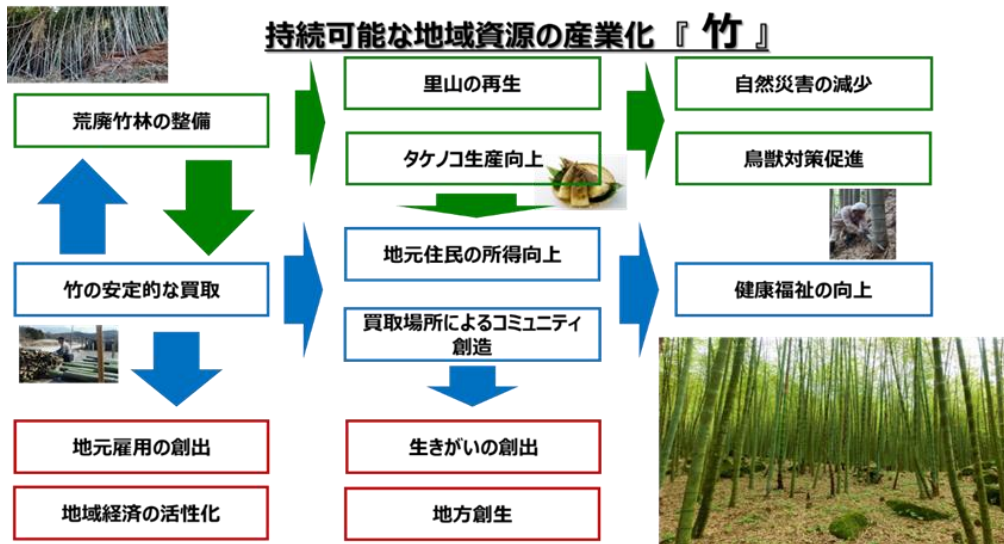


図 2.2.38 同社の地域に密着した事業展開

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

バークの収集については、製材所や森林組合にて常時発生しているバークの収集体制を確立した。熊本県は林業が盛んであり製材所や森林組合から大量のバークが発生している。そのバークは今まで利用されておらず土場に山積みになっているのが現状であった。その未利用となっているバークを定期的に収集するシステムを構築した。

収集可能量		2020年	2021年	2022年
BE用		14,000 t	16,000 t	16,000 t
合計		14,000 t	16,000 t	16,000 t

生産計画による必要量		2020年	2021年	2022年
BE	燃料用バーク	14,000 t	14,000 t	14,000 t
合計		14,000 t	14,000 t	14,000 t

自治体名	収集可能量		
	2020	2021	2022
熊本市	3,000 t	3,000 t	3,000 t
八代市	2,000 t	2,000 t	2,000 t
人吉市	3,000 t	3,000 t	3,000 t
	2,500 t	3,000 t	3,000 t
小国町	1,500 t	2,000 t	2,000 t
日田市	2,000 t	3,000 t	3,000 t
合計	14,000 t	16,000 t	16,000 t

図 2.2.39 同社のバークの収集体制について

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

<燃料生産を行う場合>

□ 丸太の乾燥のための十分なスペースの土場を確保しているか？

燃料規格対応で丸太の乾燥が必要な場合、伐採時期による丸太の水分、気候条件・乾燥場所の条件を踏まえた乾燥期間などに留意し、十分な乾燥スペースを確保することが必要である。土場で活用する機器により丸太の積める高さも変わることから丸太の積み方によるストック量も踏まえて検討する。

詳細は福岡県森林林業技術センター「チップ生産の手引き」²²を参照されたい。

<特にバークを利用する場合>

□ サイロや搬送系でのブリッジ対策がなされているか？

バークを利用する場合は、燃料貯蔵設備からエネルギー変換設備への投入までの搬送系においてブリッジと呼ばれるトラブルが発生することが多い。特に、搬送系の中で輸送路の幅が広い場所から狭くなる部分を少しでも作ると高い確率でブリッジが生じる。

このような事態を避けるため、バークを利用する場合の搬送系を末広がり構造にすることが望ましい。末広がり構造が難しい場合でも、輸送幅が一定のストレート構造にする必要がある。

なお、先進事業者の中には、上記の構造に加えさらにブリッジリスクを抑えるために低摩擦シート（テフロンシート）を敷く、さらにブリッジブレーカーと呼ばれる振動によりブリッジを回避する装置を導入するなどの対策を取っている事例もある。なお、バークほど高確率ではないが、チップでもブリッジが生じることがあるため対策が必要である。

²² <http://farc.pref.fukuoka.jp/ffrec/fukyuu/chip.pdf>

実証事業者の検討：燃料投入および燃焼設備の運転制御

実証事業者である昭和化学工業株式会社ではパーク等を利用した熱風炉設備の運転を行っており、燃料投入および燃焼制御に関する次のような工夫を行っている。

燃料投入設備（クレーン）

本システムでは、バイオマス燃料槽に受け入れた原料は、計量器を内蔵したポリップ型バケット付天井走行式フロアクレーン（以下、フロアクレーンと記す）により、油圧押込機付ホッパーへ投入される。フロアクレーンはバイオマス燃料槽を横、奥行きを番地で区切り、燃料の積み上げ高さも認識して、ホッパーのレベル計と連動して自動投入する。こうした燃料投入用のクレーンにより、搬送系におけるトラブルを最小限に抑えることに成功している。

ただし、課題としては、初期投資額が大きくなることその他、床面のパークが高さ 20cm 程度残ってしまうため、バイオマス燃料受入時に重機で床面を掻く必要があることが挙げられるが、本システムでは作業員は監視のみで自動でバイオマス燃料を投入し、かつ積み替えも行うことができるなどメリットが高いシステムとなっている。



図 2.2.40 ポリップ型バケット付天井走行式フロアクレーン

（出所）昭和化学工業株式会社提供資料

燃焼設備

ホッパーに投入された原料は、バイオマス熱風炉からの投入指令により、油圧押込機で投入され、階段式ストーカー上段から下段へ移動する間に、乾燥、燃焼、灰化する。バイオマス熱風炉は 1 次燃焼室、2 次燃焼室に分かれており、2 次燃焼室の方がより高温で燃焼するように、2 次空気ファン、排ガス循環ファンが設置されている。燃焼ガスは、熱交換器で熱交換し、熱風炉燃焼用空気を温める空気予熱器、飛灰を捕集するマルチサイクロン、バグフィルターを経て、誘引送風機を用いて、排気塔から排出される。この時、燃焼し灰化した主灰は、階段式ストーカー最下部およびストーカーの隙間より地下の灰ホッパーに落ち、自動排出コンベアより地上の主灰コンテナに搬送される。

制御システム

制御に関しては、各所に温度計、流量計、原料の投入状況を検知する光電センサーが設置され、運転状況がパソコンでリアルタイムに監視できるシステムとなっている。運転開始するときは、熱交換後の供給熱量をパソコンから設定し、現場操作盤で運転に切り替えると、すべての機器が連動して目的の熱量になるように調整し自動運転する。供給熱量を上げたいときは燃料を多く投入するが、バイオマス熱風炉の燃料過多光線センサーが反応した場合は、完全燃焼できないと判断し原料供給を止める。

また、各種機器の運転停止、および異常値等が発生した場合は制御パソコンおよびパトランプで異常の発生を知らせる仕組みとなっており、専属オペレーターは置かず、珪藻土製造監視と同時に監視する人員配置としている。

今回導入した設備の設置図を図 2.2.41 に示し、図 2.2.42 にバイオマス熱風炉本体と燃焼の模式図、図 2.2.43 にバイオマス熱風炉内部の様子を示す。

なお、昭和化学工業株式会社の熱風炉の自動制御システムについては 2 章のコラム「実証事業者の検討：バーク燃料の品質と安定燃焼システムの確立」を参照されたい。また、同社の灰の活用に関する検討結果は 3 章のコラム「実証事業者の検討：灰の有効活用」を参照されたい。



図 2.2.41 昭和化学工業株式会社の設備設置図

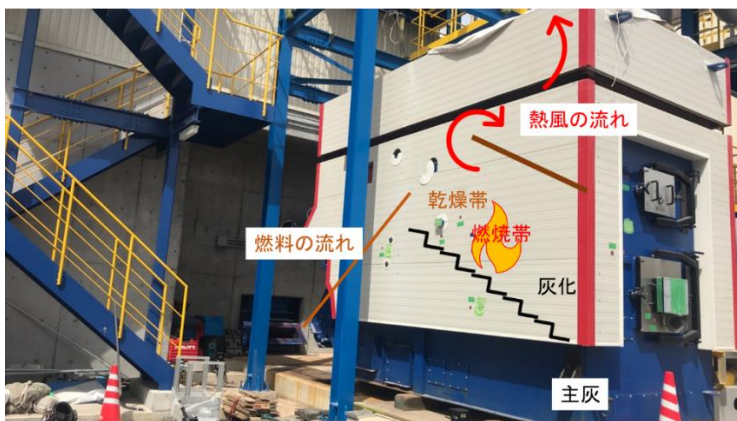


図 2.2.42 バイオマス熱風炉本体と燃焼の模式図
(機器仕様：コールバツハ製 (オーストリア) 階段式ストーカー炉
炉出力：1800～2550kw)



図 2.2.43 バイオマス熱風炉内部の様子

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

<竹を燃料利用する場合>

- クリンカ対策や塩素によるボイラーの腐食対策、排ガスのダイオキシン対策が取られているか？

クリンカ対策

竹を燃焼する場合は、**炉内にクリンカが生成**され運転トラブルを生じることに留意が必要である。

クリンカを発生させない手段の一つは燃焼温度を下げることが挙げられる。徳島地域エネルギーでは、温水バイオマスボイラーの燃焼システム内におけるクリンカ防止策として、**排ガス再循環を行い燃焼空気の温度を下げる**ことで、燃焼温度を下げている。ただし、この方法の場合、完全燃焼ができない場合がある。

塩素によるボイラー腐食対策

竹を燃焼させる場合、**熱交換器温度が 400 度以上になると必ず塩素腐食が発生**し燃焼トラブルおよび O&M コストが増加する。こうした塩素腐食に対処するには、**ORC などの熱交換の温度が低い (300 度) 技術を選択する**しか方法はない。

排ガスのダイオキシン対策

また、竹を利用する場合は、**排ガスにダイオキシンが含まれる可能性**があるため政府の指針に基づいた対策を取る必要がある。具体的には、**炉内の燃焼温度を 800 度以上、滞留時間を 2 秒以上とり、その後排ガスを急冷**する必要がある。また、万一ダイオキシンが発生した場合に備えて、**活性炭吸着で取り除くためのバグフィルターを設置**しておくことが望ましい。

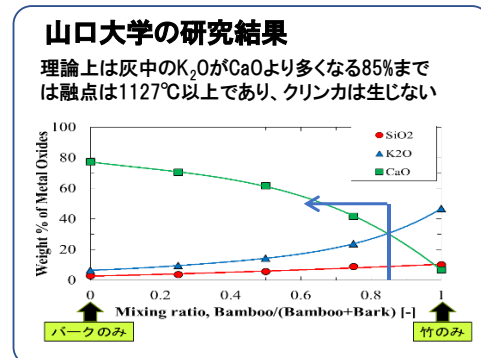
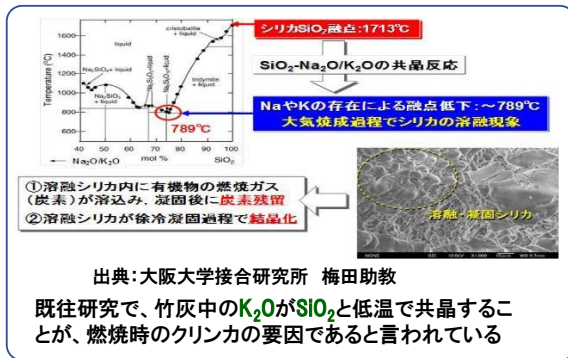
実証事業者の検討：竹利用における平均カリウム濃度低下にクリンカ抑制

竹をバイオマス燃料として活用する上でクリンカや塩素による問題が挙げられるが、バンブーエナジー株式会社では、燃料用の竹にバークを混合して炉に投入することで、燃焼物全体の平均カリウム濃度を下げ安定運転を達成している（バンブーエナジー株式会社特許）。

竹は燃焼時に灰が低温溶融しクリンカを形成することで燃焼を困難にしたり、竹に含有される塩素成分がボイラーの劣化を促進するなど、竹はバイオマス燃料としては不適格であることが一般に知られている。これまでの研究では、竹は Na や K の存在により 800℃以下まで融点が低下し、そのうえで竹灰中の K₂O が SiO₂と低温で共晶することが、燃焼時のクリンカの要因であることが報告されている。

バンブーエナジーでは FS 事業において山口大学と共同で竹とバークを複数の混焼率で燃焼試験を行った。その結果、バーク中の酸化カルシウムとシリカ、カリウムは 3 元共晶化合物を形成することで、灰の軟化点の低下を防止し、竹混焼率が 85%までは、その融点は理論上 1,127℃以上であることが明らかになっている。

FS 段階で、南関町にある旋回燃焼式のバイオマスボイラで実証したところ、この燃焼灰の融点は竹の混合率が 80%でも 1,190℃であり、この研究を裏付ける結果となった。



・ 南関町での燃焼試験結果(竹混焼率30,50,80%)

竹混焼率	wt%	サイクロン回収飛灰			側壁付着物
		30	50	80	80
軟化点	℃	1165	1220	1215	1160
融点	℃	1260	1250	1250	1190
溶流点	℃	1275	1255	1295	1215

試験設備の概要

- ・旋回燃焼炉
- ・処理量：0.5t/h
- ・熱出力：1,023kW

付着物の融点
基礎研究と同様の結果

図 2.2.44 竹、バーク燃料の燃焼試験の概要

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

バンブーエナジーでは竹 30%、バーク 50%の比率で運転しているが、この比率でもまったく灰の低軟化点化は起こっていない。一方で杉チップのカルシウム分はバークほど高いわけではないため、竹と杉だけを混焼した場合は注意が必要である。竹はバークとの混焼が望ましい。

なお、燃焼試験実施時は炉内で約 300℃の熱媒油を得て ORC 発電機に送り発電している。これは竹に含まれる塩素分による熱交換器の腐食促進温度を回避すると共に低軟化点灰によるファウリングを起こしにくくする目的がある。

一般的な蒸気タービン発電は今回の ORC システムとは異なり、過熱器の内部温度が 440～460℃と高いことから塩素腐食の温度領域に入るが、飛灰の軟化点が高いため灰が過熱器に付着成長したことによるファウリング閉そくや、過熱器の腐食の可能性は低いと考えられる。

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。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.2.30 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	受入燃料の規格確認	指定する規格の燃料が納入されているか?規格外の場合の改善指導がなされてるか?	
		規格対応は受入側での対応も含めて供給元の協力のもと最適な方法が採用されているか?	
		<未利用材を利用する場合> その他の材との分別管理がヤード内でも書類上でもなされているか?	
		<未利用材とその他の材を利用する場合> 売電出力と使用した燃料の割合をきちんと管理・把握できるような帳票システムが構築されているか?	
2.IV.2	燃料調達条件の検証・見直し	設備との相性を踏まえた規格の見直しと調達先への対応を依頼できるか?	

2.IV.1 受入燃料の規格確認

□ 指定する規格の燃料が納入されているか?規格外の場合の改善指導がなされてるか?

利用するバイオマス燃料の品質は、安定稼働に極めて重要な要素であることから、基本的には**稼働開始前にしっかりと調達先との規格の調整、エネルギー変換設備が要求する規格の適合を確認**することが必要である。

しかし、実際は稼働開始後、**規格を満たしたバイオマス燃料を調達したとしても想定していたように設備が動かない**ことがある。特にガス化の場合はこうした事例が多く、代表的な要因として**地域固有の樹種の影響**が挙げられる。

したがって、**規格への適合は 100%安定稼働を保证するものではない**ことに留意する必要がある。その際に、稼働後の運転状況を踏まえ、**調達先との間で柔軟に規格の調整を行えるような関係を築いておく**ことが重要である。

□ 規格対応は受入側での対応も含めて供給元の協力のもと最適な方法が採用されているか?

燃料規格対応は、燃料需要家側が前処理まで全で行うケース（ごみ処理が代表的）もある一方で、変換技術によっては供給側・需要側一体で対応していくことが求められる場合もある。後者について、特にガス化や小型ボイラーの場合は燃料供給側に選別・乾燥等の対応を協力してもらうことが必要となる。

燃料供給元で対応した方がトラブル回避も含めて全体コストとしても圧縮できる可能性があるので、結果的に供給元、受入側双方のコストメリットにもつながる。

FS 事業者の検討：エリアンサス・ペレットの燃焼試験結果

FS 事業者である高砂熱学工業株式会社および一般社団法人日本有機資源協会では、資源作物であるエリアンサスの燃料化の検討を行った。同社は「エリアンサス・ペレット 50%+伐採木 50%」、「エリアンサス・ペレット 100%」の2種類について、成分分析と燃焼試験を行い、燃料としての有効性を検討した。それぞれのペレット分析結果は以下のとおりである。

表 2.2.31 ペレット分析結果

分析項目名	単位	エリアンサスペレット 50%+伐採木50%	エリアンサスペレット 100%	木質ペレット (品質規格A)
直径	mm	6.2	6.5	6mm
長さ	15mm<L<=40mm	100	100	99%以上
	L>45mm	無	無	
かさ密度	kg/m ³	750	690	650~750kg/m ³
含水率	%	6.3	9.4	10.0%以下
微粉	%	0.4	0.8	1.0%以下
機械的耐久性	%	98.2	92.9	97.5%以上
高位発熱量	MJ/kg wt	18.9	17.1	18.0MJ/kg以上
低位発熱量	MJ/kg wt	17.4	15.9	16.5MJ/kg以上
灰分	% dry	1.8	5.9	0.5%以下
融点	℃	1,050	1,070	
強熱減量	% dry	98.2	94.1	
元素組成 C	% dry	50.7	47.2	
元素組成 H	% dry	6.4	6.0	
元素組成 N	% dry	0.36	1.07	0.5%以下
元素組成 O	% dry	40.6	39.4	
全硫黄	% dry	0.04	0.13	0.03%以下
全塩素	% dry	0.13	0.29	0.02%以下
固定炭素	% dry	18.3	47.2	
重金属				
ヒ素As	mg/kg dry	0.05未満	0.05未満	1.0mg/kg dry以下
カドミウムCd	mg/kg dry	0.5未満	0.5未満	0.5mg/kg dry以下
クロムT-Cr	mg/kg dry	10未満	10未満	10mg/kg dry以下
銅Cu	mg/kg dry	10未満	10未満	10mg/kg dry以下
水銀T-Hg	mg/kg dry	0.01未満	0.01未満	0.1mg/kg dry以下
ニッケルNi	mg/kg dry	10未満	10未満	10mg/kg dry以下
鉛Pb	mg/kg dry	10未満	10未満	10mg/kg dry以下
亜鉛Zn	mg/kg dry	13	10未満	100mg/kg dry以下

(出所) 高砂熱学工業株式会社、一般社団法人日本有機資源協会「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)」(2019年)

今回の燃焼試験結果より得られた知見を以下にまとめる。

- ① エリアンサス燃料は着火性が悪く、着火時は灯油等の化石燃料が必要となる
- ② エリアンサス燃料においても木質燃料と同等の熱出力が確認された
- ③ 当該ボイラにおけるエリアンサス燃料の供給量は定格比率 80%程度が上限となる
- ④ エリアンサス燃料はその組成よりクリンカが発生するため、クリンカブレーカ等の破碎機構の設置が必要
また飛灰が炉上部並びに水管部にも付着する状況が確認されたことから耐熱コーティング等により付着しにくい対策も必要である(メンテナンス性向上並びに劣化防止につながる)



図 2.2.45 クリンカプレート設置状況

(出所) 同上



図 2.2.46 エリانس 50% 燃焼試験状況

(出所) 同上

また、エリانس 100%のペレットを使用した場合、エリانس 50% + 伐採木 50%の混合ペレットと比較し、影響の大きい相違点を以下にまとめる。

その1 燃料にケイ素 Si 成分が多く、クリンカになりやすい

エリانس 50%混合ペレットもクリンカ発生はあったが、クリンカプレートを設置すれば問題ないレベルであるが、エリانس 100%ペレットはクリンカプレートの材質並びに構造を考えないと長時間運転は出来ない。また、熔融が進行しやすいことから粘着性が高まり、未燃物との結合や各所での付着が顕著となり、さまざまな不具合を起こす要因となる。そのため、以下のような対応策が考えられるとした。

- クリンカプレートの仕様検討(材質、構造等)
- 耐熱コーティングによる付着防止
- 触媒添加による燃料改善
- 燃焼灰自動排出機構(破碎機構、逆火、再燃焼防止)

燃焼炉下部灰堆積状況
燃焼皿から零れ落ちた未燃分を含む
燃焼灰が炉下部に大量に溜まった
状態となっている



クリンカブレーカ損傷状況
燃焼炉内の温度により回転棒が軟化し
さらにクリンカ生成物の粘着性により
回転棒が曲がった状態となっている。



図 2.2.47 エリアンサス 100% 燃焼試験状況

(出所) 高砂熱学工業株式会社、一般社団法人日本有機資源協会「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)」(2019年)

その2 燃焼灰は肥料としての有効性が低い

バイオマス燃料を使用する場合、必ずその燃焼灰の処理が課題となる。燃焼灰が肥料として利用可能であれば、その処理費用が削減されるが、その価値が低いため、その他の有効利用の検討が必要となる。そのため、以下のような対応策が考えられるとした。

→セメント会社等その他での利活用

その3 灰分が高い

灰分が高いことはその排出方法並びにその貯蔵方法等、様々な検討が必要となる。これは前項同様処分費用に影響することから、その利用先の検討も必要となる。そのため、以下のような対応策が考えられるとした。

→燃焼灰自動排出機構(排出頻度、貯蔵方式)

以上のことから、現時点ではエリアンサス 100%ペレットではなく、エリアンサス 50% + 伐採木 50%の混合ペレットでの計画が望ましいとした。

なお、クリンカのメカニズムおよび対策については 4 章のコラム「バイオマス燃焼時のクリンカとその対策」を参照されたい。

実証事業者の検討：バーク燃料の品質と安定燃焼システムの確立

実証事業者である昭和化学工業株式会社ではバークを利用した熱風炉設備の運転開始後、燃料品質および性状に関する以下のような課題に直面し、それぞれの対応策を検討した。

バークの破碎

まず、当初未破碎バークを利用したが長尺物が絡まるため、投入時のトラブルや燃料不良が起きた。そのため、破碎機で破碎したものを使用した。バークのみを破碎すると繊維質なため綿のような状態になることから、調達先との間ではチップの大きさや割合等の取り決めは行なわなかった。同社は元々、バイオマス発電所や産業用ボイラーへの納入実績がある業者であったため、回転式破碎機でスクリーン 50～60 mm にすることで昭和化学工業が導入したシステムで問題なく使用できた。なお、基準使用量は季節、水分によって大きく差があり、水分が 50% を超える場合には約 24 t / 日であるが、40% を下回る場合では約 18 t / 日であった。

自動制御システムの導入

昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉は、温度センサーと原料の量を検知する光電センサー、燃焼ガス等の流量計で出力を自動制御している。冬場や水分が多い原料で出力を上げる場合は、原料投入を多くするが、燃焼しきれない場合は原料過多光電センサーが作動するため、出力が大きく波を打ち安定しないことがあった。一方、夏場や水分が少ない原料で設定出力が低い場合には、熱交換後の燃焼ガスが設定温度よりも高くなるため、エラーが起きやすく運転が不安定になることがあった。いずれの場合も、出力設定を原料の状況により調整することが必要で、最適な調整が出力の変動を小さく抑え、安定的な運転が可能であった。基準使用量は季節、水分、出力によって差があり、定格出力 2,000kw では、水分が 50% を超える場合には 1,000 kg/h であるが、40% を下回る場合では 750 kg/h であった。

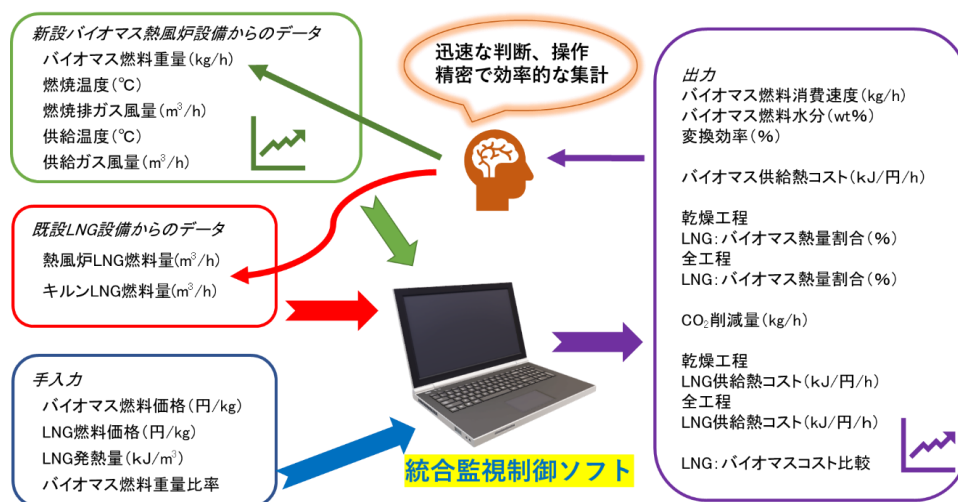


図 2.2.48 昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉の自動制御システム

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

バイオマス熱風炉設備からの入力信号値、手入力値をもとにして演算処理を 1 秒周期で行い、1 時間、1 日平均を自動記録した。

本自動制御システムについては、LNG、バイオマスの熱を瞬時にコストとして見える化する目的で導入している。導入する際の工夫としては、設備機器メーカー各社から今回のプロジェクトへの理解を得て、システムを構築したことであ

る。関係者が増えるとコストも増えるが、珪藻土生産システムに影響があつては本末転倒な為、工場全体のシステムへの影響までこれらの専門家が勘案した。

導入後、運転を進めていくうちに装置も経年変化し、またオペレータも経験を積み慣れてくる。本来であれば、バージョンアップしていくことが理想であるが、コストを最小限に抑える観点から自社である程度手動で変更できるようにしておくことも必要と考えている。

表 2.2.32 統合監視制御ソフトの集計結果

	バイオマス燃料投入重量(t)	バイオマス燃料水分(%)	変換効率(%)	バイオマス燃料時間コスト(円/h)	乾燥工程バイオマス熱量割合(%)	全行程バイオマス熱量割合(%)	CO2削減積算量熱供給のみ(t)	LNG/バイオマスコスト比較
2019年8月～2020年7月	2,706	40	77	4,570	32	20	1,072	2.0
2020年8月～2021年7月	2,431	41	75	3,928	32	20	956	1.9

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

なお、昭和化学工業株式会社のシステム全体については 2 章のコラム「**実証事業者の検討：燃料投入および燃焼設備の運転制御**」を参照されたい。

<FIT 事業で森林未利用材を利用する場合>

- ❑ 未利用材とその他の材との分別管理がヤード内でも書類上でもなされているか？
- ❑ 未利用材とその他の材の売電出力と使用した燃料の割合をきちんと管理・把握できるような帳票システムが構築されているか？

未利用材は林野庁ガイドライン記載の方法に基づき管理する。そのため、事業者は調達先に対し、稼働開始前に本ガイドラインのルールに基づいて管理を行っているか確認する必要がある。特に未利用材や一般材など**複数の FIT 区分のバイオマス燃料を用いるためには発電量における燃料消費率を帳票として整理**し報告する必要がある。

未利用材とその他の材（一般材）の管理

材の管理は、受入後の貯木場や、燃料加工時のヤード、燃料サイロ、燃料投入口が、**未利用材とその他の材（一般材）についてそれぞれ設けられている必要**がある。しかしながら、原木も木質チップやペレットも、その性質上いつ誰によって（どの林業事業体によって）搬入されたものなのかを、実際の在庫と紐づけることは容易ではない。

また、原木の受入れ時の水分率と貯木期間を経た後の水分率が異なることがあるため、加工時における歩留まりを考慮しても、入口から出口までを**重量のみのパラメータで各燃料を管理することは困難**である。

そのため、自社で Excel 等を用いて在庫管理を行う際、受入時にトラックスケールで計量した重量、水分率、貯木場のロケーション番号、発電用チップに係る間伐材等由来の木質バイオマス証明の管理番号、林業事業体名、受入日、併せて発電量（日時、月次、他ログデータ）といった**様々な基礎データをしっかりと記録・管理しておくことが重要**である。

また、別途、商品有高帳を作成することも有効である。その他、**市販の在庫管理ソフトの活用やソフトウェア会社に自社用にカスタマイズしたシステムの作成を依頼**することで効率化を図る方法も考えられる。

2.IV.2 燃料調達条件の検証・見直し

□ 設備との相性を踏まえた規格の見直しと調達先への対応を依頼できるか？

基本的には**稼働開始前にしっかりと調達先との規格の調整、エネルギー変換設備が要求する規格の適合を確認**することが必要である。

しかし、実際は稼働開始後、**規格を満たした燃料を調達したとしても想定していたように設備が動かない**ことがある。特にガス化の場合はこうした事例が多く、代表的な要因として**地域固有の樹種の影響**が挙げられる。

したがって、**規格への適合は 100%安定稼働を保証するものではない**ことに留意する必要がある。その際に、稼働後の運転状況を踏まえ、**調達先との間で柔軟に規格の調整を行えるような関係を築いておく**ことが重要である。

なお、FIT 制度利用時における燃料調達条件の詳細は**林野庁「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」**を参照されたい。

3章 エネルギー供給・副生物利用に係る留意点と解決策

エネルギー供給・副生物利用に係る「よくある課題」

その1：熱需要の変動に対応できない。需要に対して過大な設備が導入されている

バイオマス熱供給の場合、需要の変動がある施設において、ピークに併せてバイオマスボイラーの出力規模を設定すると過大な設備を導入することになり、事業採算性を確保できないことが多い。温水ボイラーの場合は、後述するように蓄熱槽の導入の他、ボイラーの運用面での工夫により、導入するボイラーの規模を抑えることが可能である。

表 2.3.1 熱需要変動への対応、ボイラーの導入規模に係る主な課題

- <オンサイト型の場合> 季節別、時間帯別、複数年の傾向の熱・電気需要特性と必要な供給条件が把握できていない
- 熱需要規模に対して過大な設備が導入されている

こうした、エネルギー需要への対応に関する留意事項は「[3. II. 1 エネルギー利活用計画](#) ⑤エネルギー需給管理システムの検討」(334頁)を参照されたい。

NEDO 事業者・先事例の取組

先事例では以下の工夫により導入するボイラーの規模を必要最小限とすることで初期投資額を抑えている。

- ⇒ 既存の化石燃料ボイラーによるバックアップシステムの導入 (→[338頁](#)を参照)
- ⇒ ボイラー設備を時間差で立ち上げる等の運用面におけるピークカット (→[336頁](#)を参照)
- ⇒ 温水ボイラーの場合、蓄熱槽の導入による熱供給のバッファの確保 (→[336頁](#)を参照)
- ⇒ 蒸気ボイラーの場合、アキュムレータの導入による蒸気の需要変動への対応 (→[337頁](#)を参照)
- ⇒ 小型蒸気スクルー発電機の導入による余剰蒸気の活用 (→[316頁](#)を参照)
- ⇒ 宿泊施設の外壁を断熱工事を行うことによる施設全体の暖房需要(電気、重油、バイオマス燃料)削減の検討(東急リゾート&ステイ株式会社 FS 事業) (→[322頁](#)を参照)

その2：熱需要を確保できない、導入先からの理解が得られない

バイオマスエネルギー事業は資源の有効活用や地域への効果をはじめ多様な意義がある一方で、一般的に高い採算性が期待される事業とは言えない。特に小型のガス化発電や熱利用ボイラーでは、投資回収年数が十数年を超えることもある。その意味で、事業採算性およびエネルギー利用効率を最大化する観点で余すことなく熱を使い切ることが望ましいと言える。しかしながら、国内で十分熱を有効活用できている事例は限られる。また、そもそも、熱の性質が不明で検討が先に進まないことが多い。

こうした熱需要先の確保に係る各課題と対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.3.2 熱需要先の確保および導入先との合意形成に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

<ul style="list-style-type: none"> ● 熱電併給を実施したいが、熱需要先を確保できない ● 化石燃料ボイラーと比較してバイオマスボイラーは負荷変動への追従性等のユーザビリティ、その他メンテナンスに関する負担、コスト構造が異なるため、導入候補先からの理解が得られない ● 既存の化石燃料システムで現在使用している化石燃料の量・費用を把握できておらず、需要者にメリットのある仕組みを提示できていない 	⇒	<p>「3.Ⅱ.1 エネルギー利活用計画 ② 既存エネルギー設備の運用実態調査」 (328 頁) 参照</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● バイオマスボイラーを導入したが、導入先からの理解が得られない。 ● <公共事業の場合> 実際にバイオマスボイラー等の設備を運転する現場担当者（指定管理者）に事業の意図が十分伝わっておらず、円滑な運営ができない 	⇒	<p>指定管理者による運転時の留意事項については「3.Ⅱ.1 エネルギー利活用計画 ④ 導入先の意向確認」(332 頁)を参照</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 運転後に熱販売量が減少する。採算性を確保可能な熱販売価格を設定できない 	⇒	<p>適切な熱販売価格の設定時の留意点は「3.Ⅲ.1 エネルギー供給契約」(343 頁)を参照</p>

NEDO 事業者・先行事例の取組

特にバイオマス発電所では 100 度未満の排熱の有効活用を見つけることができていないケースが見られる。こうした低温排熱の有効活用に関し、先行事例（BTG 式バイオマス発電所）ではボイラーの冷却水（40 度）程度を隣接するイチゴ農家に供給しているケースがある。また、ORC システムでは、バンブーエナジー株式会社の実証事業において、80 度程度の温水廃熱を原料貯蔵ヤードのロードヒーティングに活用している（→[270 頁](#)を参照）。

また、バイオマスの蒸気熱利用について、社会福祉法人ウイズユーの実証事業では、バイオマス蒸気ボイラーの廃熱をきのこ使用済菌床の乾燥に活用している（→[327 頁](#)を参照）。

その 3 : 売電先が確保できない、系統接続ができない

バイオマス発電事業では現状 FIT 制度を利用して売電を行うことが多いが、こうした発電事業では、一般送配電事業者への事前相談・接続検討申込みが必要となる（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も同様）。事業を実施する地域周辺の系統状況・電力需給状況によっては、送配電事業者より接続不可の回答や逆潮流の禁止、追加の設備導入を要求される場合があり、バイオマス発電所は僻地に導入されるケースが多く、売上がダウンした事例が見られる。

高圧系統への連系が行えない場合、一般高圧から特別高圧に逆潮することで連系可能となることもあるが変圧器の変更が必要となり、追加的な改造費用が必要となる。さらに、発電事業を開始した後も、電力会社からの出力抑制により想定した収益が得られないこともある。

こうした売電先の確保、系統接続に係る各課題と対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.3.3 売電先の確保および系統接続に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 発電事業に必要な立地の条件がわからない（または電力系統の基礎情報が把握できていない）	⇒ 発電事業に必要な立地条件や基礎情報は「 1. I. 4 用地の想定 」（142頁）を参照
● 高圧系統に接続できず売電できない	⇒ 高圧系統への接続や逆潮流発生の確認方法は「 3. II. 1 エネルギー利活用計画 ③ 導入先のインフラ、周辺環境調査 」（330頁）、 ⑥ 系統連系の調査 」（339頁）を参照
● 運転後の出力抑制により売電収入が想定より減少した	⇒ 出力抑制該当可否の確認方法については「 3. III. 3 接続契約・売電契約 」（347頁）を参照

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**」（205頁）を参照されたい。

その4：灰処理コストが高む、灰を有効活用できない

バイオマスの発電や熱利用では、ボイラー等の燃焼プロセスによって灰が発生し、その処理費用は O&M 費用全体に大きく影響する。不純物の少ないホワイトチップやペレットと異なり、パーク等の低質なバイオマスを利用する場合は燃焼後の灰の発生量が多く処理費用が高む傾向にある。また、特に重金属（クロム等）が灰中に含まれると産廃処理単価が高額になる場合がある。

こうした灰の処理および活用に係る各課題と対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.3.4 灰処理に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 焼却灰等副生物の発生量を想定できていない	⇒ 一般的な焼却灰の発生量、灰処理単価
● 処理先や価格が想定できていない	は「 3. II. 2 副生物の処理方法の検討 」（340頁）を参照

また、計画時は灰を肥料などとして有効活用することで収益化を図ろうとするものの、都道府県より有価物としての許可が下りずに「廃棄物」扱いとなり、産廃処理となることが多い。焼却灰の肥料としての有効活用に係る留意点は「**3. II. 2 副生物の処理方法の検討**」（340頁）に記載している。

また、実証事業者の昭和化学工業では燃焼灰の処理および有効利用の検討を詳細に行っており、3 章のコラム「**実証事業者の検討：灰の有効活用**」（351頁）を参照されたい。

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。以下では各実施事項および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

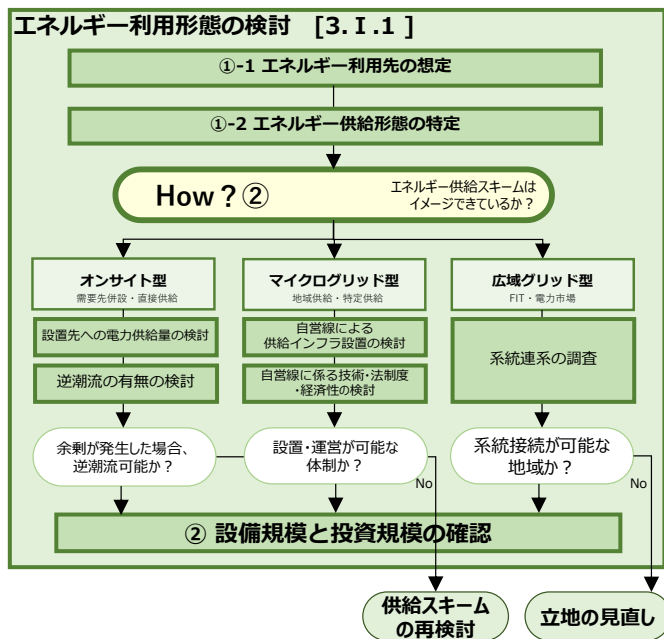
項番号	実施事項	留意事項	チェック
3. I .1	エネルギー利用形態の検討		
①	エネルギー利用先および供給形態の検討	<広域グリッド型発電の場合> 地域の電力システムの容量がひっ迫している地域ではないか？	
		<熱利用の場合> 熱の供給先は想定できているか？	
		需要先で必要な熱媒体（温水・蒸気など）や熱需要の規模感は想定できているか？	
②	設備規模と投資規模の確認	設備単体だけではなくシステム全体での建設費、投資規模は想定できているか？	
		<熱電併給の場合> 熱供給と発電のどちらが主体となるかを設定したか？	

3. I .1 エネルギー利用形態の検討

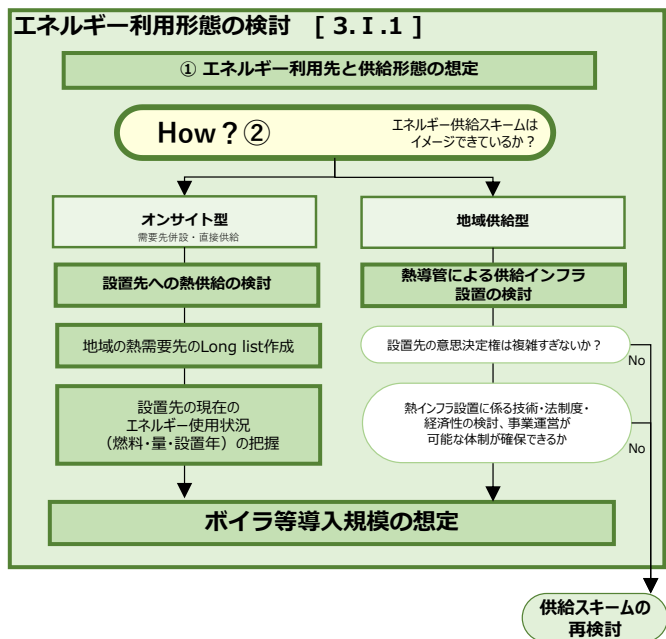
原料および燃料の調達可能性の検討と併せて、エネルギー利用形態の検討を行う。**発電事業の場合**、併設する需要先に直接供給する「オンサイト型」、地域内の特定箇所に供給する「マイクログリッド型」、FIT などを利用し電力市場に売電する「広域グリッド型」の 3 パターンに分かれる。**熱利用事業の場合**、併設する需要先に直接供給する「オンサイト型」、地域内の特定箇所に供給する「地域供給型」に分かれる。

いずれの場合も、構想段階ではエネルギー利用形態を必ずしも一つに特定する必要はなく、FS 段階で具体的な実現可能性を検討する。

発電の場合



熱利用の場合



① エネルギー利用先および供給形態の検討

<発電事業の場合>

オンサイト型を目指す場合は、設置先のエネルギー需要（電気・廃熱利用）に対する供給量、並びに余剰電力の逆潮流可能性を検討する。

- 電力供給量の把握

電力負荷は常に変動するが、バイオマス発電装置は容易に負荷追従運転はできないため、設置先が消費できずに生じた余剰電力は系統に流す必要がある。このため設置先の最低負荷を把握し、余剰電力の最大発生量を把握したうえで、電力会社と連携協議を行う必要がある。

- 逆潮流の有無の把握

構想段階では想定する発電量の最大値（発電効率の最大値）から想定される所内消費電量の差が系統連系への想定送電量を超えていないことを確認する。

なお、FS 段階では、具体的に計画している発電量の最大値（発電効率が最大値）から計画している所内消費電量の差が系統連系への計画送電量を超えていないことを確認する。**マイクログリッド型を目指す場合**は、自営線による供給インフラ設置の検討を行う。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うえで、設置・運営に係る技術・法制度・経済性の検討が可能な体制であることを確認する必要がある。**広域グリッド型を目指す場合**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。

<熱利用事業の場合>

オンサイト型の場合は、構想段階で地域の熱需要先に係るロングリストを作成する。本ステップで作成した熱需要先のロングリストは FS 段階で調査を進めながらショートリストを作成していく。また、候補設置先の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、季節時間帯別の熱利用特性等）を把握したうえで、ボイラー設置先を検討する。そのうえで、構想段階では、想定する季節毎の熱利用日数と季節毎の平均熱消費量から熱需要規模の概算値を把握する。

マイクログリッド（地域供給）型の場合は、熱導管による供給インフラ設置について検討する。その際、新規に開発する街区に新たに管路を敷設する場合に比べ、既存の街区に管路を追加的に設置する場合は、関係先や調整すべき要素が複雑となる可能性があるため、この時点で確認する。そのうえで、熱インフラ設置に係る技術、法制度、経済性について検討を行う。また、実際に供給先との間の契約・請求関係・サポート・事業運営が可能な体制が確保できるかについても検討が必要となる。この時点で実施体制の確保が難しい場合は、熱供給方法および供給先の再検討を行う。

<広域グリッド型発電の場合>

□ 地域の電力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、発電所の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である。

特に北海道や九州などでは太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入により系統が逼迫しているため、新規計画を断念したバイオマス発電事例も存在する。**FIT 制度では認定を受けるにあたり、電力会社との接続契約を結ぶことが条件**であることから、それが可能な地域を建設候補地として選ぶ必要がある。

なお、現状は FIT 制度の影響により国内のほとんどの事例が広域グリッド型の電力供給であり、その結果上述のような系統の逼迫が問題となっているが、今後市町村等の地域単位でのカーボンニュートラルを目指し、マイクログリッド等の分散型システムを検討している例も増えつつある。

コラム：マイクログリッドとは

ある一定の需要地内で複数の自然変動電源や制御可能電源を組み合わせることで制御し、電力・熱の安定供給を可能とする小規模な供給網は「マイクログリッド」と呼ばれる。マイクログリッドでは複数の需給設備を一つの集合体としてみなして、電力系統に連系される。

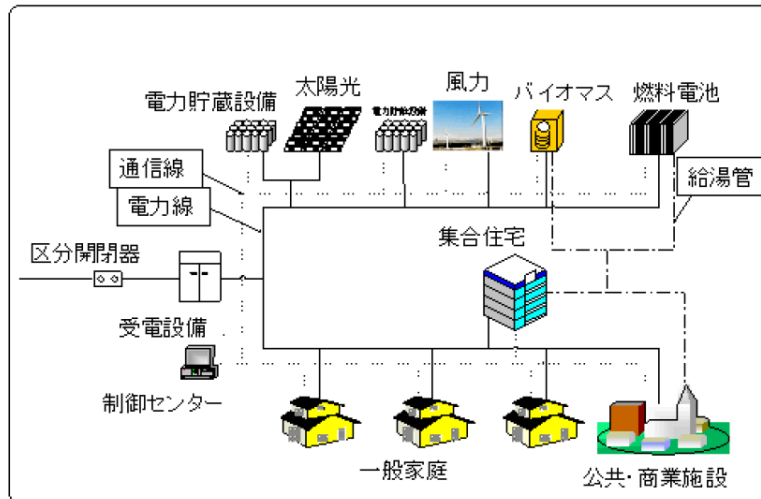


図 2.3.1 マイクログリッドの概念

(出所) NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」

一方、「マイクログリッド」という言葉は、システム規模や形態などまだ厳密には定義されておらず、下表に示すように、マイクログリッド型のエネルギー供給システムとして捉えられている範囲は広い。

表 2.3.6 マイクログリッドの概要および対象範囲の整理例

導入主体／ 導入先	電力会社		産業施設、商業施設		未電化地域
	都市ネットワーク	地方のフィーダー	複数施設	単一施設	
用途	都市部	計画的な自立運転	工場団地、 大学、ショッ ピングセンタ ー	商用ビル、 マンション	非電化村、孤立地域
規模 主な動機	数 MW～		100kW～数 MW		数 kW～数十 kW
	供給停止対応、RES の導入		電力品質、信頼性、エネルギー効率の向上		遠隔地の電化と燃料消費の削減
利益	温室効果ガス削減 エネルギー源の多様化 混雑管理 設備更新の延期 アンシラリーサービス		プレミアム電力品質 サービスの差別化 (信頼性のレベル) CHP 導入 需要マネジメント		供給可能性 RES の導入 温室効果ガス削減 需要マネジメント
運転モード	連系／自立運転 完全自立運転		連系／自立運転 完全自立運転		完全自立運転
連系運転と 自立運転の 切替	偶発的	事故(隣接フィーダ上、もしくは変電所)	商用系統での事故、 電力品質の問題		—
	計画的	メンテナンス	エネルギー価格(ピーク時)商 用系統のメンテナンス		—

(出所) NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」

マイクログリッド検討の手順

NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」では、マイクログリッド型の新エネルギー等集中導入技術を計画するうえで普遍的と思われる事項を中心に基本的な整理を行っている。マイクログリッドの検討手順については、同ガイドブックおよび2021年4月に公開された「経済産業省資源エネルギー庁」[「地域マイクログリッド構築のてびき」](#)を参照されたい。

表 2.3.7 マイクログリッドに係る事業検討ステップの例

ステップ	ステップ1 基本構想	ステップ2 基本設計	ステップ3 詳細検討	ステップ4 機能仕様作成
主な検討主体	事業実施主体（自治体等）の企画担当者等	事業実施主体、コンサルタント等	事業実施主体、メーカー等の技術者等	事業実施主体、メーカー等の技術者等
主な検討内容	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 事業目的の明確化 ◆ 季節単位での需給バランス・経済性のオーダーの確認 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 具体的な需給設備構成の検討 ◆ 30分～1時間単位での需給バランス・経済性の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 運用制御や系統構成の検討 ◆ 事業化の可否判断 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ システム構築に必要な項目の検討
検討期間の目安	～半年	～半年	半年～1年	半年～1年
補助事業の例	「地域新エネルギービジョン策定等事業」における計画策定	「地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業」における事業化可能性調査	「風力発電フィールドテスト事業（高所風況精査）」（風力発電を導入する場合）	—

（出所）NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」

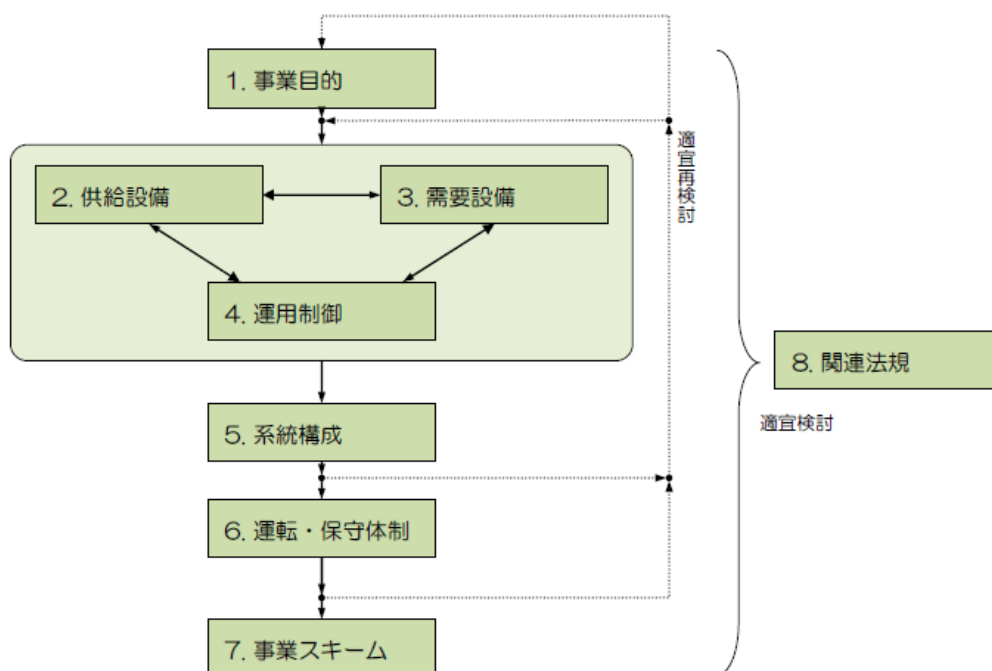


図 2.3.2 マイクログリッド検討の各ステップの調査フローの例

（出所）NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」

<熱利用の場合>

- ❑ 熱の供給先は想定できているか？
- ❑ 需要先で必要な熱媒体（温水・蒸気など）や熱需要の規模感は想定できているか？

構想段階では、熱の需要先を想定するとともに必要となる熱媒体および規模感についても検討を行う。主な熱媒体としては**温水**と**蒸気**があり、それぞれ生成するプロセスや技術が異なる。

温水

温水は民生用や産業用の暖房などで使われ、生成方法としては**温水バイオマスボイラー**と**熱電併給**がある。温水自体を目的とする場合はバイオマスボイラーが導入されることが一般的であるが、近年 FIT 制度によりバイオマス発電所が増加したことにより、エネルギー効率を高める目的で発電時の廃熱の活用が進みつつある。

熱電併給による温水は BTG、ORC、熱分解ガス化のいずれの技術でも生成可能である。**BTG（2MW 以上）は通常発電を主目的とし、ボイラー冷却後の低温温水が発生するものの有効活用している事例は少ない。**先進事例としては、グリーン発電大分において、これらの**低温温水を隣接する毎農家向けに供給**している²³。

一方で、**ORC（1～2MW）は発電よりも熱供給をメインとした技術**である。次図のヒートバランスのとおり、生バイオマスでも 80%以上という高い熱効率を示すが、電気の 4 倍にあたる全体の 8 割は熱エネルギーであり大量の温水が発生する。

熱分解ガス化発電（2MW 未満）の発電効率は 30%前後と高いが、設備費や燃料費が比較的高いため**経済性確保の観点から多くの事例で発電廃熱から発生する温水を有効活用**している。具体的には**隣接するペレット生産施設における乾燥熱源として温水を活用**している事例や、**温泉施設向けに温水供給を行っている事例**も存在する。

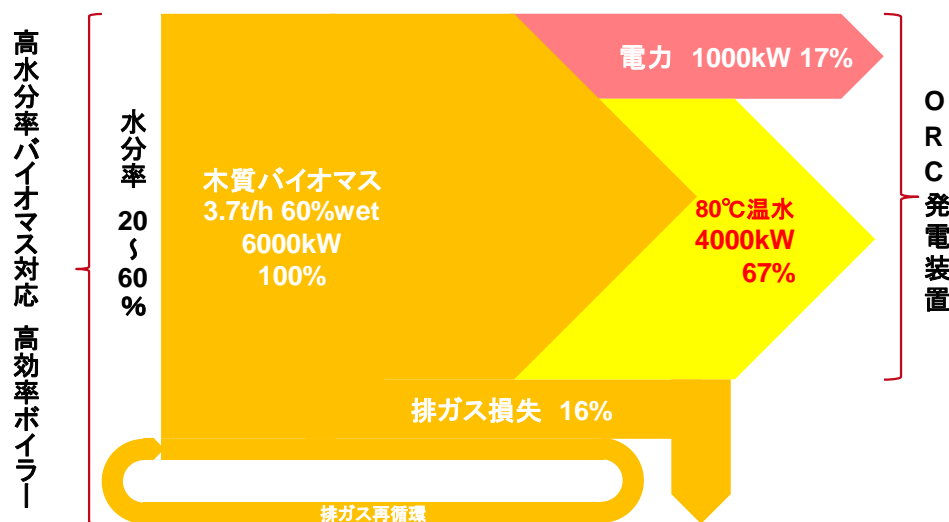


図 2.3.3 1000kW ORC 熱電併給装置のヒートバランス

(出所) 第一実業株式会社提供

²³ その他、ボイラーのブロー水（機器や配管の水に含まれる不純物が過度に濃縮しないように排水する水）を活用している事例も一部で存在する。

蒸気

蒸気は主に産業プロセスで活用され、生成プロセスとしては蒸気ボイラーが挙げられる。蒸気ボイラーで生成した蒸気を基に発電する BTG システムでは、蒸気の利用方法により「抽気式」「背圧式」などに分かれる。

現在、BTG システムを導入している FIT バイオマス発電所では「抽気式」が主流となっている。現状、これらの発電所では熱利用はほとんど行われていない。一方では蒸気を大量に活用する製材所などでは背圧式を導入しているケースもある。

BTG システムの蒸気利用方法等の詳細は「[第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識](#)」を参照されたい。

また、蒸気ボイラーの選定については、4 章のコラム「[FS 事業者の検討結果：バイオマス蒸気ボイラーの導入検討①②](#)」を参照されたい。

熱風

現状、国内では木質バイオマスによる熱利用のほとんどは温水または蒸気を熱媒体としているが、一部では熱風を生み出し産業利用しているケースもある。

NEDO 実証事業者である昭和化学工業株式会社では、珪藻土工場における**乾燥工程でバイオマス由来の熱風を活用**している。ここでは地域で調達したバークをストーカー炉（バイオマス熱風炉）で燃焼させ、熱交換機を通じてクリーンな空気を熱風として珪藻土乾燥に利用している。同社のシステム全体については 2 章のコラム「[実証事業者の検討：燃料投入および燃焼設備の運転制御](#)」を参照されたい。また、熱風炉の選定に関する考え方は 4 章のコラム「[実証事業者の検討：熱風炉燃焼方式の選定](#)」を参照されたい。

コラム：地域熱供給とは

地域熱供給は、冷水や温水などを一か所でまとめて生産し、地域内の複数の需要家に対して供給するシステムを指す。個別の需要家において分散的に熱生産を行わずに一か所でまとめて生産することで、エネルギーの効率化などのメリットが得られる。また、個別施設にバイオマスボイラーを導入する際は、機器やサイロなどを設置するスペースの確保が問題となることが多いが、地域熱供給は省スペースでも導入が可能というメリットも存在する。

我が国におけるバイオマス熱供給事業の先進事例は以下のとおりである。いずれも木質バイオマスを燃料とするものであり、供給対象は公共施設や福祉施設が中心である。事業詳細は農林水産省「[バイオマスエネルギービレッジ構築可能性調査事業](#)」を参照されたい。

表 2.3.8 バイオマスの地域熱供給の例

所在地	導入時期	熱用途	ボイラー出力	対象施設
北海道下川町	2010 年	暖房	1,200kW チップ使用	公民館、役場、消防署、福祉施設
山形県小国町	2008 年	暖房・消雪	450kW チップ使用	役場、駐車場、歩道、温室、福祉施設
山口県下関市	2007 年	冷暖房・給湯	220kW ペレット使用	住宅地 (集合住宅 8 戸、戸建て 13 戸)
山形県最上町	2007 年	冷暖房・給湯	2,150kW チップ使用	老人集合住宅、保健施設、健康センター、病院、温室
滋賀県高島市	2004 年	暖房・給湯	523kW チップ使用	プール、健康施設、福祉施設

(出所) 農林水産省「平成 25 年度 バイオマスエネルギービレッジ構築可能性調査事業」

② 設備規模と投資規模の確認

オンサイト型熱利用およびマイクログリッド型熱利用の場合は、以下の手順でボイラー等の導入規模を確認する。

- 1) 熱需要規模の最大値に対して導入バイオマスボイラーの規模を適正に設定して、必要なバックアップ量を決定する。
- 2) バックアップ熱量に対して、蓄熱槽だけで補える能力の有無を確認する。
- 3) 蓄熱槽だけでバックアップ熱量を補えない場合には、バックアップボイラーの併設を検討する。
- 4) 熱利用先が複数ある場合には、需要ピークの時間をずらせないかを熱利用先と検討し、不可ならば 1) 項の対応を検討する。

すでに重油等のボイラーが設置されている箇所にバイオマスボイラーを導入する場合は、以下の手順となる。

- 1) 既存施設の月別の燃料使用量から、対象施設の月ごとの熱需要を把握する。
- 2) 時間ごとの熱需要変動を推定する。高い精度で検証するためには、熱量計を用いて測定を行うか、空気調和・衛生工学会やヒートポンプ・蓄熱センターのデータ等を用いる。
- 3) 熱集中（ピーク負荷）に対応するための、ボイラーの設備利用率、蓄熱タンクの送り・戻り温度など加味し、蓄熱タンクとボイラー規模の組合せを検討する。この際、ボイラーの規模を最大需要に合わせてはならず、蓄熱タンクとの併用で最も経済的な設計を行うべきである。また、使用用途によっては、バイオマス燃料が入手できずに熱供給が絶たれることも予想し、既存の重油ボイラー等をバックアップボイラーとして使用するのが良い場合もある。

規模決定のプロセスの詳細は、[日本木質バイオマスエネルギー協会「地域ではじめる木質バイオマス熱利用」](#)、[農都会議「実務で使うバイオマス熱利用の理論と実践」](#)等参照されたい。

□ 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？

発電機やボイラーなどのエネルギー変換設備以外に土木建築や建屋、配管などの周辺設備の費用も想定する必要がある。また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・車両購入費なども必要である。

なお、メーカーより規模の大きいボイラーの提案を受けるケースもあるが、事業者は技術の判断能力とメーカーとの交渉能力をもって、もっとも経済的な組み合わせを選択できることが望ましい。

<熱電併給の場合>

□ 熱電併給の場合は熱供給と発電のどちらが主体となるかを設定したか？

熱電併給の場合は、熱供給と発電のどちらが主体にするかを設定しておく必要がある。**熱供給が主体の場合**、熱需要で制御すれば発電量が低下して供給電力不足になることもあり、商用電力で補うことになる。

逆に**発電が主体の場合**、熱需要が増加すれば供給不足になり、別途にバックアップ機器等の設置が必要になる。そのようなケースでは、熱需要が計画値より小さい事態を想定して、設備内に冷却塔等の冷却機能を設置する必要がある。

FS 事業者の検討：小型蒸気スクルー発電機の導入効果

FS 事業者である株式会社サーフビレッジではバイオマスボイラーと小型上記スクルー発電機の併用を検討した。FS 時に検討したボイラーからの供給される圧力は 2.0MPa であるのに対し、需要先で受け入れる圧力は 0.6MPa である。この減圧過程に小型の蒸気スクルー発電機を設置することによって、発生させた電気を自家消費し、電力費用を削減できる可能性があったため、この発電機の有効性について検証した。その結果、蒸気量が少ない場合は、比例的に発電出力は減少し、蒸気量 5%程度まで発電可能であることが明らかになった。また、自家発電設備の導入効果を評価した結果、1日あたり 28,351 円の電力費削減効果があることが試算された。

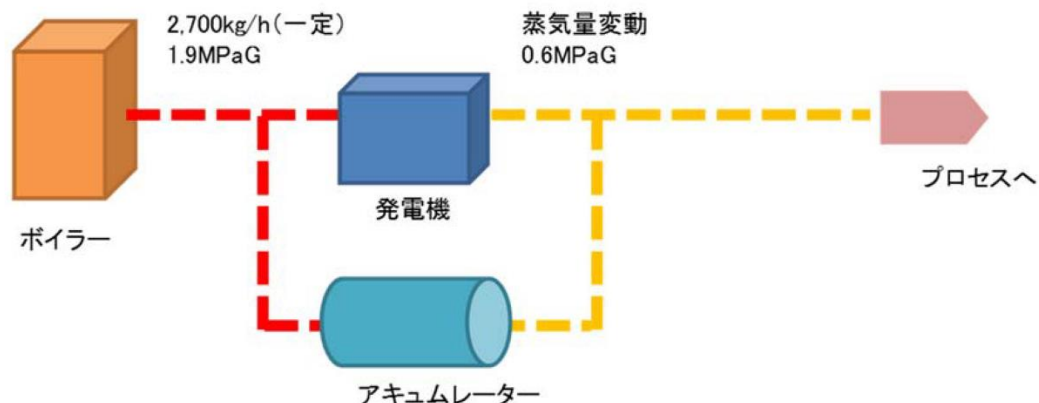


図 2.3.4 小型蒸気スクルー発電機を活用した自家発電設備の導入イメージ

(出所) 株式会社サーフビレッジ「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/飲料製造工場およ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)」(NEDO) 2016 年

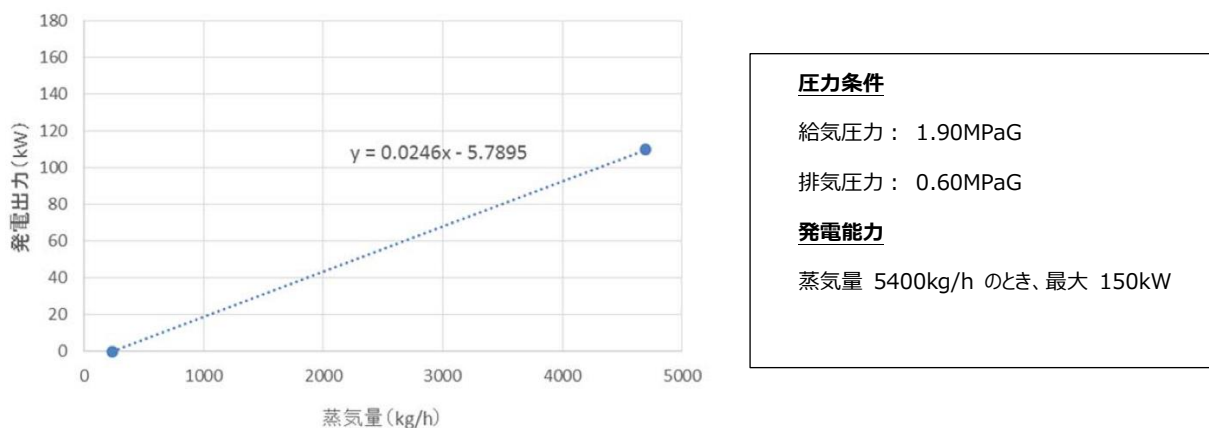


図 2.3.5 小型蒸気スクルー発電機の蒸気量と発電出力

(出所) 株式会社サーフビレッジ「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/飲料製造工場およ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)」(NEDO) 2016 年

表 2.3.9 小型蒸気スクルー発電機を導入効果の試算

項目	値	単位
年間稼働日数	330	日
年間電力費削減	9,356	千円/年
設備費(概算)	30,000	千円/年
投資回収	3.2	年
平均発電量	1,668	kWh/日
電力単価	17	円/kWh
電力費削減	28,351	円/日

(出所) 株式会社サーフビレッジ「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/飲料製造工場およ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)」(NEDO) 2016 年

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。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.3.10 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	エネルギー利活用計画		
①	エネルギー需要の調査	＜オンサイト型の場合＞ 季節別、時間帯別、複数年の傾向の熱・電気需要特性と必要な供給条件が把握できているか？	
		＜同上＞ 複数年の傾向を見て、イレギュラーな要素を除いて平均的な需要特性を把握できているか？	
		＜同上＞ 必要な温度帯や圧力などの詳細な条件が判っているか？	
		＜主に発電事業の場合＞ 低温排熱を含め熱を有効活用できるか？熱需要の創出についても検討したか？	
②	既存エネルギー設備の運用実態調査	＜オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合＞ 既存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？	
	（オンサイト型／マイクログリッド型）	既存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？	
		既存の設備・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？	
③	導入先のインフラ、周辺環境調査（共通）	＜広域グリッド型の場合＞ 系統連系が可能か確認済みか？またそれに必要なインフラ費用を確認済みか？	
		＜同上＞ 系統連系のアクセス可能な良い用地が選定されているか？	
		＜同上＞ 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を理解し把握しているか？	
		周辺環境に悪影響のない事業モデルとなっているか？	
		居住地からの距離が近接していないか？	
		燃料の搬送や投入、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？	
		法規上の離隔距離を適正に確保できているか？	
④	導入先の意向確認	＜オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合＞ 導入先のバイオマス利用目的と合致したビジネスモデルとなっているか？	
	（オンサイト型／マイクログリッド型）	＜熱利用ボイラーの場合＞ 導入施設側のリスクと対応も検討がされているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		<p><特に公共事業による熱利用ボイラー導入の場合> 導入先の担当者に対して事業目的や役割、管理方法は明確に伝わっているか？</p> <p><同上> 特に公共施設の指定管理者等において、導入に対する不安が解消され、理解を示しているか？</p>	
⑤	<p>エネルギー需給管理システムの検討</p> <p>(オンサイト型/マイクログリッド型)</p>	<p><オンサイト型/マイクログリッド型熱利用の場合> 需要規模に対して過大な需給管理システムが導入されていないか？</p> <p>需要先設備の省エネ・断熱や運用方法の見直しでピークカットができないか？</p> <p><オンサイト型/マイクログリッド型熱利用の場合> バックアップや貯蔵システムの組み合わせによる特に熱の需給管理のシステムが構築されているか？</p>	
⑥	<p>系統連系の調査</p> <p>(広域グリッド型)</p>	<p><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？</p> <p><同上> 系統連系に必要な供給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ているか？</p>	
3. II. 2	<p>副生物の処理方法の検討</p>	<p>焼却灰等副生物の処理先や価格が想定できているか？</p> <p>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？</p> <p>事業収支上、燃焼灰が有価で販売できなくても十分採算がとれる計画になっているか？ (灰の販売に過剰に依存していないか？)</p>	

3.Ⅱ.1 エネルギー利活用計画

エネルギーの利活用計画では、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する。それぞれ事業タイプ別にエネルギー需要の調査を行う。

<発電事業の場合>

FIT 売電などの「広域グリッド型」の場合は系統連系の調査を行う。接続困難の場合あるいは系統連系工事に要する期間や接続コストが想定を超え、事業スケジュールや採算性に影響する場合は立地の再検討を行う必要がある。

「オンサイト型」の場合は供給予定施設内または隣接の供給予定先の電力需要量を調査し、十分な稼働率を確保できるか否かを確認する。また、供給予定施設の電力購入契約条件によっては自家発補給契約等が必要となる可能性がある。供給先施設のエネルギー管理部門と十分な協議を行う必要がある。

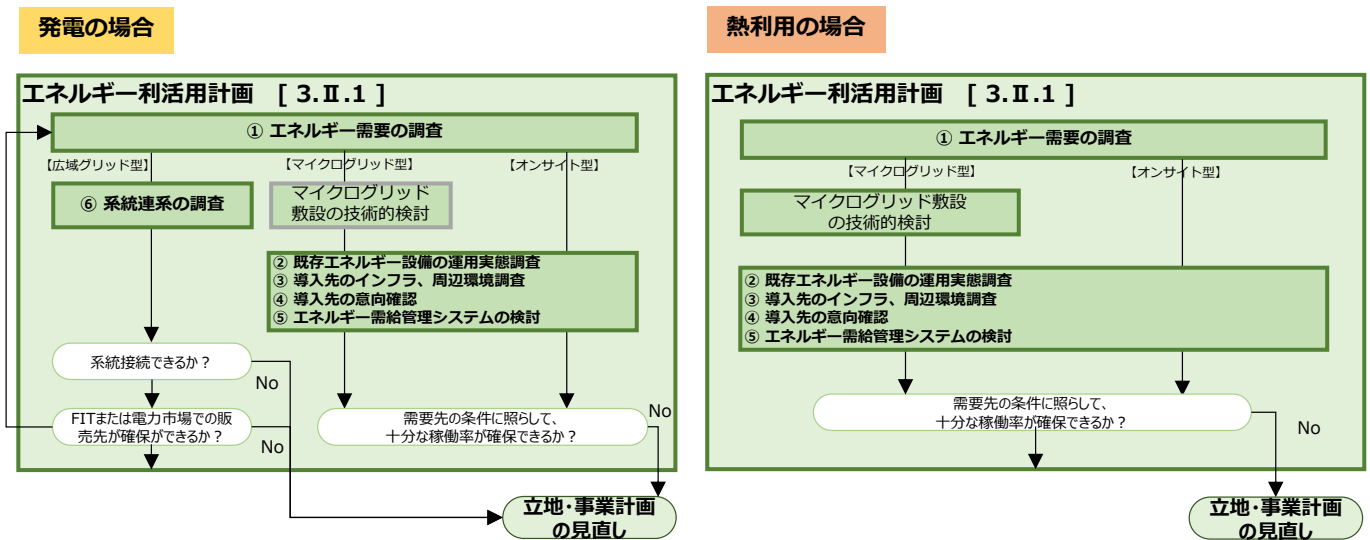
「マイクログリッド型」の場合は、自営線の敷設・管理運営には多大なコストが生じることを理解して計画を遂行する必要がある。そのうえで送電網の敷設に関する技術的・経済的検討を事業主体が中心となり実施する。ただし検討にあたっては、電力品質を考慮したシステム設計、一般の電力系統との連携条件、建設・維持管理に関する技術など高度な専門性が必要とされるため、専門技術を持ったコンサルティング会社等のサポートを受けながら実施するとよい。

このステップでエネルギー需要が十分確保できない、または事業収支・キャッシュフローの概算を行い採算性が見通しが立たない場合は、エネルギー利用先と利用方法について再検討を行う。

<熱利用事業の場合>

「オンサイト型」の場合は、熱供給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。そのうえで、構想段階で作成した熱需要先のロングリストからショートリストを作成する。このステップで整理した供給候補先（ショートリスト）において、十分な稼働率の確保が難しい場合は、立地や事業計画の見直しを行う。

「マイクログリッド（地域供給型）」の場合は、想定する供給先に対して熱導管の敷設可能性を検討する。その際、技術的・経済的および法制度上の問題で熱インフラ設置が困難な場合がある（例えば道路占有許可が得られない、土地所有者の同意が得られないなど）、これらを道路の場合は管轄する行政の担当部署に確認する。大規模な地域熱供給を検討する場合は、熱インフラの設計を行う能力のあるコンサルティング会社のサポートを受けながら検討するとよい。また、供給規模とバイオマス燃料の利用可能量、エネルギー変換技術・施設規模が整合するか、全体のエンジニアリングも重要となる。



① エネルギー需要の調査

現在、国内で主流となっている FIT を利用した広域グリッド型発電の場合は、電力は全て電気事業者側が一定期間買い取るため、需要の調査は不要であるが、**熱利用・熱供給事業の場合**は需給量の調整が必要となる（オンサイト型の発電も同様）。構想段階では、想定する季節毎の熱利用日数と季節毎の平均熱消費量から熱需要規模の概算値を把握したのに対し、FS 段階では具体的な季節毎の熱利用日数と季節毎の平均熱消費量の実績値から熱需要規模の具体値を把握する。

<オンサイト型の場合>

- 季節別、時間帯別、複数年の傾向の熱・電気需要特性と必要な供給条件が把握できているか？
- 複数年の傾向を見て、イレギュラーな要素を除いて平均的な需要特性を把握できているか？

エネルギー需要は 1 日の時間帯、曜日、月単位によっても変動するため、エネルギー供給を行う場合は、複数年の傾向からイレギュラーな要素を除いて平均的な需要を把握し最適な条件を検討する。熱利用の場合は供給候補先の熱の性状スペック（温度帯、圧力等）を把握する。熱需要が少ない場合は低温排熱も含めた熱の需要創出も検討することが望ましい。

なお、日中の需要変化について、燃料計にカメラを据え付けて時間毎のデータを取り、他の季節の総量に応じたシミュレーションを行っている事例もある。

FS 事業における電力需要変動の例

株式会社富士グリーンでは、複数の候補施設に対して電力供給を検討した。同社では下図のイメージに示すとおり、**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た。**

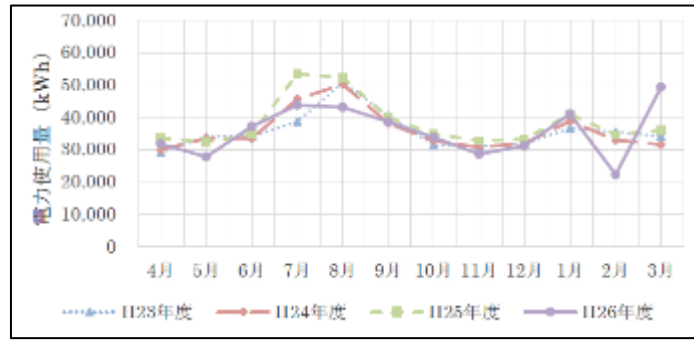


図 2.3.6 月別の電力需要の整理イメージ

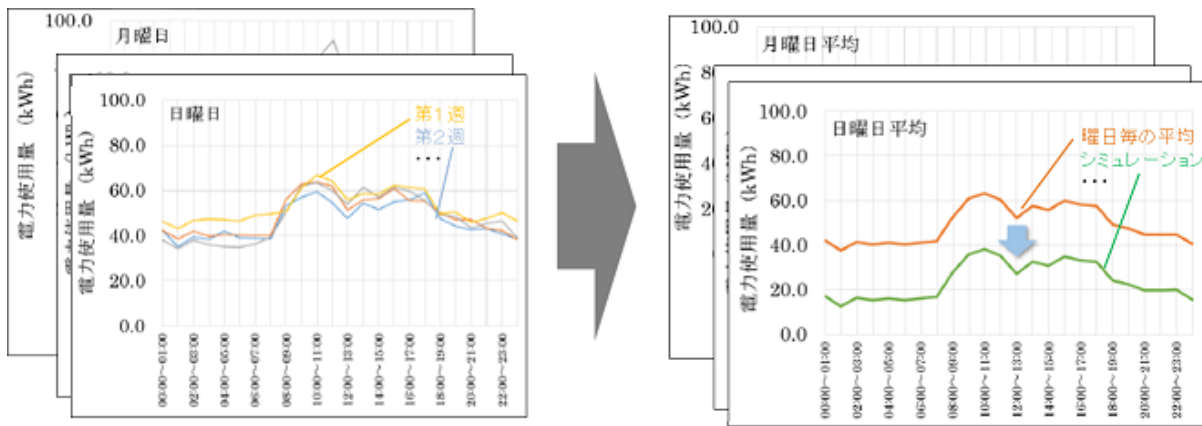


図 2.3.7 日ごとの平均的な電力需要の推移と発電機導入のシミュレーションのイメージ

(備考) 右図では矢印の区間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「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)」より作成

FS 事業者の検討：断熱強化施設における節約型木質熱利用

東急リゾート&ステイ株式会社は NEDO FS 事業において宿泊施設におけるバイオマスボイラーの導入と併せて断熱についても検討した。一般的に日本では、竣工後に断熱改修を行なう事例は増えて来てはいるものの、その事例はまだ少ないのが実情である。仮に断熱改修を行なう場合であっても、内断熱改修では、内装を剥がして、躯体そのものへの吹付けを要する。内断熱改修は居住者へ与える負担が大きく、また事務所建築等においても運営上、大きな支障を伴う。そのため、内断熱改修は現実的ではなく、外断熱²⁴が選択されることが多い²⁵。

表 2.3.11 外断熱工事概算コスト

■外断熱工事費概算					
業務概要	業務内容	材工	数量	単価	金額
□調査業務	現場調査	-	-	一括	250,000
	断熱方法検討	-	-	一括	250,000
□施工準備	共通仮設	-	-	一括	1,000,000
	直接仮設:足場設置/養生等	材工共	2,480 m ²	1,500 円/m ²	3,720,000
□施工	外断熱工事	材工共	2,480 m ²	23,000 円/m ²	57,040,000
	同上 開口部三方枠納め等	材工共	840 m	3,600 円/m	3,024,000
	同上 端部補強等	材工共	1,320 m	2,700 円/m	3,564,000
	同上 水切り設置	材工共	180	5,000	900,000
	同上 外壁設置設備付替え等	材工共	-	一括	1,000,000
				計 [円]	70,748,000
□経費	上記工事費計の5%				3,537,400
	*1 設計見積価格			小計 [円]	74,285,400
				消費税8% [円]	5,942,832
				合計 [円]	80,228,230

表 2.3.12 断熱内窓設置工事概算コスト

■断熱内窓設置工事費概算					
業務概要	業務内容	材工	数量	単価	金額
□施工	断熱窓設置工事 1階廊下含む	材工共	-	-	10,760,000
	断熱窓設置工事 2階廊下含む	材工共	-	-	9,320,000
	断熱窓設置工事 3階廊下含む	材工共	-	-	9,560,000
				計 [円]	29,640,000
□経費	上記工事費計の5%				1,482,000
	*2 設計見積価格			小計 [円]	31,122,000
				消費税8% [円]	2,489,760
				合計 [円]	33,611,760

(出所) 学校法人東海大学 株式会社東急リゾートサービス「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 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)」2017 年

図 2.3.8 左図に客室の窓表面温度を、中央図に宿泊室の窓際における空気温（ペリメーター部、建物内の外周部）を示す。これは現状における外壁・窓の断熱性能の場合と、外壁を外断熱改修し、断熱内窓を設置した場合とで窓や室空気温を比較したものであり、宿泊室内の部屋ごとに設定温度 20℃のエアコン暖房を行った状態の数値シミュレーション結果である。現状の外断熱性能の場合で、窓の表面温度に着目すると、それは 8～10.5℃できわめて低温であるが、外壁断熱と窓断熱を施すことで 15 度程度を維持できる結果が得られた。

²⁴ 外断熱構法には、さまざまな施工方法があり、使用される建材も多様なものが開発されているが、大まかに分類すると、「湿式工法」と「乾式工法」の二種類に分けられる。一つは、EPS/発泡スチロールに代表される断熱材を躯体にそのまま張り付ける「湿式構法」であり、もう一つは、躯体の外側に外壁仕上げを支持する金物を設置し、通気層を設けた上で、外装材を施工する方式で、「乾式構法」と呼ばれる。

²⁵ 外断熱の長所は次のとおり：断熱材を均等に施すため、熱橋が生じにくく、極めて高い断熱性能が実現できる。躯体の熱容量が大きい場合、蓄熱効果が発揮されることで、室内温度の変化が小さくなる。冷暖房時において室内温度が均一化されるため、冷暖房に必要な化石燃料の消費が抑えられる。気密性と防湿性が高く、結露の発生を抑えることが可能となる。躯体を保護する構法のため、建物が長寿命となる。必要な断熱性能に応じて、断熱材の厚さを容易に変えることができる。外断熱改修の場合、外部に足場をかけるため、改修時における居住者への負担が少ない。

外断熱の留意点は次のとおり：新築の場合、内断熱構法よりも、工事費が若干高くなる。断熱材を躯体の外側に施すため、基礎部分や外壁上部の納まりの検討が必要。

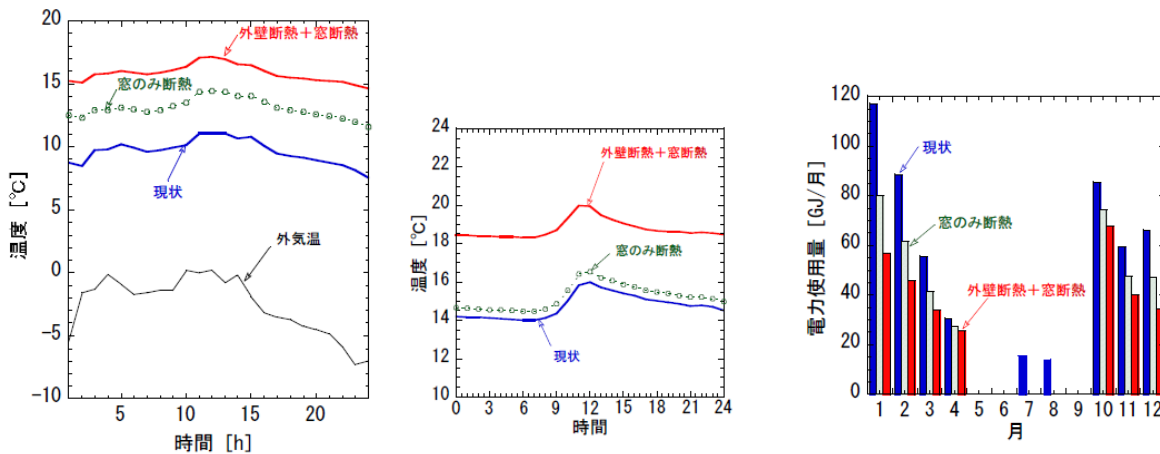


図 2.3.8 宿泊室ペリメーター部（窓際）の窓内表面温度（左）と室空気温（中央）の比較（1月31日）

図 2.3.9 アネックス棟全宿泊室の冷暖房用電量使用量（右）

(出所) 学校法人東海大学 株式会社東急リゾートサービス「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 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)」2017 年

図 2.3.9 は全宿泊室の暖房用電力使用量である。これは日ごとの利用宿泊室数に乗じて推定した全宿泊室の暖房用エネルギー使用量を求めたものに、外気温に応じたエアコンの能力特性に関する計算を行って、宿泊室 1 ユニットあたりの日ごとの暖房熱負荷を推定した結果である。10 月が 11 月より暖房用電力使用量が大きいのは宿泊室延べ利用数が多いためである。外壁・窓の断熱改修による月別暖房用電力使用量の削減率は、10 月で最小の 16.5%、1 月で最大の 51.4% になった。

熱源系設備のバイオマス化に関する燃料使用量の推定結果と、本節の冷暖房用電力使用量の推定値から、一次エネルギーの使用量とバイオマスエネルギーや化石燃料の割合を算出した。次図に現状・チップボイラー導入・チップボイラー+建物断熱の三者における加熱用一次エネルギーのバイオマス比率を示す。ここでは使用電力の発電は LNG 火力発電で、送電ロスも含んだ発電効率を 35%と仮定している。現状では加熱用エネルギーのすべてを非再生資源である化石燃料に依存しているが、チップボイラーを導入すれば、木質バイオマスという再生エネルギーの依存率が一気に 51.2% になる。さらに建物断熱を行うと、加熱用一次エネルギーが 8064GJ/年から 7459GJ/年に 8%削減されるとともに再生エネルギー依存率は 55.5%に向上する。化石燃料バックアップボイラー使用から完全に脱却すれば、再生エネルギー依存率をさらに高めることができる。

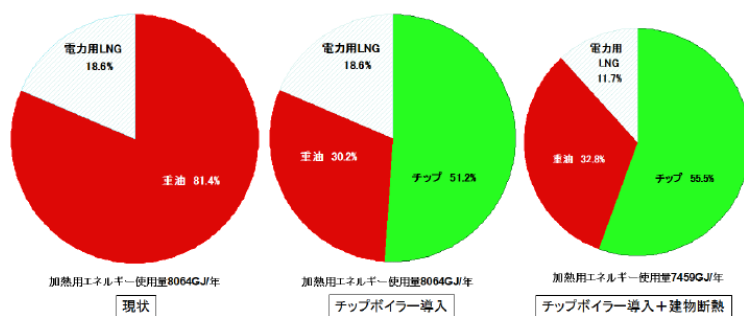


図 2.3.10 現状・チップボイラー導入・チップボイラー+建物断熱の三者における加熱用一次エネルギーのバイオマス比率

(出所) 学校法人東海大学 株式会社東急リゾートサービス「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 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)」2017 年

断熱は上述のとおり、蓼科東急リゾート内の熱利用システムにおいて効果があることが検証された。ただし、既存の施設に断熱工事を施すには費用対効果が低いため、事業化の際は採用せず、今後新しく建てる施設の際に断熱の導入を検討している。

□ 必要な温度帯や圧力などの詳細な条件が判っているか？

熱供給候補先を特定した段階で、需要先が必要とする熱の性状スペックを把握する。具体的には下表の項目を調査することが望ましい。**温水の場合は、主に入口と出口の温度・圧力、年/月/日の必要熱量と流量、および需要変動を確認する。**一方、蒸気の場合は、上述の項目に加えて、**蒸気中の不純物量、乾き度、空気等の混入量、コンプレッサーの必要蒸気量、需要側の二次側設備（乾燥設備やプレス機など）における熱媒体についても把握**する必要がある。

表 2.3.13 熱供給形態別の把握すべき熱の性状

供給形態	主要供給先	把握すべき性状
温水 (・冷水)	温室 温浴施設 病院・老健施設 一般家庭	<ul style="list-style-type: none"> ・ 入口温度・出口温度(°C) ・ 入口圧力・出口圧力(MPa) ・ 必要熱量(MJ/年、MJ/月) ・ 熱流量(MJ/h)[※] ・ 熱需要変動
蒸気	製造業(食品、木材関連、 製紙、など) クリーニング業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 入口温度・出口温度(°C) ・ 入口圧力・出口圧力(MPa) ・ 必要熱量(MJ/年、MJ/月) ・ 熱流量(MJ/h)[※] ・ 熱需要変動 ・ 不純物量 ・ 乾き度 ・ 不凝縮ガス(空気等)の混入量 ・ コンプレッサーの必要蒸気量 ・ 需要側の二次側設備(乾燥設備やプレス機など)における熱媒体 <p>※熱流量は時間当たりの熱需要量よりもある程度余裕を持たせることが望ましい。</p>

(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

ただし、業務施設などでは上記の項目の全てを計測することが困難である場合が少なくない。その場合は、**燃料消費実績や熱利用設備の規模・利用形態から需要特性を分析**することが重要である。

<主に発電事業の場合>

□ 低温排熱を含め熱を有効活用できるか？熱需要の創出についても検討したか？

中小規模のバイオマス発電事業では発電効率が20%～30%未満と低いため、可能な限り**廃熱を有効活用し総合的なエネルギー効率を高めることが経済性の確保において重要**である。

熱エネルギーは**高温であるほど供給用途が広がり**需要先を見つけやすい。一方、蒸気冷却水のような**100度未満の低温排熱は多くの既存事例の中でも有効活用できていないのが現状**である。したがって、低温排熱を有効活用するためには、事業者内において新たに熱需要を創出するなどの工夫が必要となる。株式会社グリーン発電大分では、BTGシステムからの低温排熱（温水）を**配管を通じて隣接する毎農家に供給**している。その他、国内の先進事例に基づく以下のような利用先が挙げられる。

<低温排熱の利用先の例>

- 農業ハウス（発電所の敷地内に新たに導入するケースも存在する）
- 温水プールや温浴施設（消費熱量は限定的であることが多い）
- 養殖施設（エビ、スッポンの事例も存在する）（設備投資と費用対効果の見極め必要）
- トマト栽培等の農園（設備投資と費用対効果の見極め必要）
- 積雪地域の道路の融雪・凍結防止（使用時期が冬期に限定される）

実証事業者の検討：ORC における低温排熱の有効活用

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社において導入した ORC は、熱供給が主体の設備であるが、温水の使い道がないことが日本での普及の妨げになっている。発電と比較して、約 4 倍の熱量が温水として得られるが、この使用先がないと ORC は事業性が難しくなり普及できない。

2 章のコラム「実証事業者の検討：ウォーキングフロアにおける原料乾燥」で示したように、バンブーエナジー株式会社では ORC からの廃熱をウォーキングフロアにおける燃料乾燥に利用しているが、温浴施設や養殖エビ、温室など様々な温水利用の検討も行った。しかし、これらの温水利用については季節変動による影響が大きく、年間を通じた利用が見込めない。工業的な利用を検討した結果、大規模ペレット工場への供給が第一候補となった。

なお、欧州での ORC の熱利用は地域熱供給かペレット製造に利用されているケースが多い。ペレット製造では原料おが粉の乾燥用として、約 3,000kW の熱量で年間 3～4 万トンのペレット製造が可能であるが、日本で実施する際はペレットの販売先の確保が課題となる。



図 2.3.11 バンブー株式会社が導入した ORC における温水の供給先検討

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

実証事業者の検討：ボイラー廃熱を利用したきのこ使用済菌床の乾燥

社会福祉法人ウイズユーではクリーニング工場においてバイオマス燃料（建築廃材・きのこ使用済菌床）を用いた蒸気ボイラーを導入しているが、ボイラー廃熱をきのこ使用済菌床の乾燥に活用している。

本方法は FS 当初は想定していなかったが、鳥取市（廃棄物対策課）よりきのこ使用済菌床を「燃料」として扱う条件は自燃することが条件であり、それができない場合は廃棄物扱いになるとの指導があったため、ボイラー内熱により自燃する水分率（55%程度）まで下げるシステムを導入した。

なお、ボイラー廃熱による乾燥の前に、ハウスを利用した乾燥により水分を 70%から 60%程度に下げている。本乾燥方法は 2 章のコラム「実証事業者の検討：きのこ使用済菌床の乾燥設備の検討①」を参照されたい。

蒸気ボイラーの廃熱を利用した廃菌床の乾燥のシステムの概観は以下のとおりである。安定的な運転のポイントとしては、廃熱により乾燥が進んでいるかどうか定期的に差し込み式水分計などで確認し、不十分な際はボイラーに投入せずに乾燥時間を延長することとしている。



図 2.3.12 蒸気ボイラー由来の廃熱を活用した廃菌床の乾燥イメージ

(出所) 社会福祉法人ウイズユー、株式会社智頭石油提供資料

② 既存エネルギー設備の運用実態調査 (オンサイト型／マイクログリッド型)

既存の化石燃料設備をバイオマスボイラー等に代替する場合は、エネルギー需要先の調査と併せて、既存エネルギー設備の運用実態について調査する。なお、事例によっても異なるが、**オンサイト型の熱利用ボイラー導入の場合**は、本ステップ以降のエネルギー活用計画の検討時は通常、以下の項目も併せて検討を行う。

1. バイオマスの種類に適した方式・機種を選定（メーカーに実績や長所と短所を聴取しながら、必要熱量の規模と需要変動対応、バイオマス燃料の性状に適するボイラー形式・メーカーを選定する）
→[4.Ⅰ.1 エネルギー変換技術の検討]（359頁）[4.Ⅱ.1 基本設計]（372頁）
2. システム制御方法の選定（全自動、半自動、遠隔監視およびオンサイト監視等の選定を事業者と協議して選定する）→[3.Ⅱ.1 エネルギー活用計画 ⑤エネルギー需給管理システムの検討]（334頁）
3. 想定する排ガス性状と法規制の整合性の確認、必要な除害装置の選定
→ [4.Ⅱ.1 基本設計 ① システムの基本計画策定]（372頁）
4. 使用するバイオマス燃料の主灰や飛灰の性状と発生量の確認、適正な貯留・排出装置の選定
→ [3.Ⅱ.2 副生物の処理方法の検討]（340頁）
5. 必要熱量に見合った燃料バイオマスの受入供給装置の設計
→ [4.Ⅱ.1 基本設計 ③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討]（391頁）

<オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合>

□ 既存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？

現在の熱供給設備に代わりバイオマスボイラーを新規に導入する際は、**既存システムの更新時期や老朽化状況を確認**する必要がある。

なお、化石燃料ボイラーの耐用年数は10年から15年程度であり、導入してから年月が経っていない場合や減価償却が終わっていない状況では、ボイラーの追加購入を除き**通常バイオマスボイラーに切り替える需要は生まれにくい**ことに留意する。

その他のバイオマスエネルギー導入需要の確認

ただし、近年 **SDGs や ESG を意識した取り組み**として、特に グローバルに展開する大手企業の間で**温室効果ガス削減を目的にバイオマスボイラーを導入**するケースが増加しつつある。熱供給候補先に対して既存システムの状況以外に、こうしたバイオマスエネルギーそのものの需要および目的をヒアリングすることが重要である。

こうした温室効果ガス削減を目的とするバイオマスエネルギー需要の詳細は「**3.Ⅱ.1 ④導入先の意向確認**」（332頁）を参照されたい。

□ 既存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？

□ 既存の設備・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？

熱需要調査

熱需要調査はまず最初に年間の月別重油消費量を把握し、**年間の熱需要カーブを作成**する。次に**1日の需要パターンを分析**し、必要熱量の最大値と最小値を把握する。そのうえで、ボイラー規模、並びに蓄熱タンクの規模などの**設備構成を決定**する。

なお、年間の熱需要量カーブの作成にあたり、**既存のボイラーの熱効率や配管における熱ロス等が正確にわかる場合は少ない**。そのため、実際には需要先の現在の**熱消費量の情報だけで最適なバイオマスボイラーの規模やスペックを判断することは難しい**。

既存の設備やシステムの実際の効率は、1～2週間かけて熱需要先における**インプット熱量（バイオマス代替前であれば重油の総熱量等）およびアウトプット熱量を調査**することで把握することができる。

需要変動への対応

化石燃料ボイラーは追従性が高いのに対し、**バイオマスボイラーは追従性が悪い**という欠点がある。そのためバイオマスボイラー導入時に**単純に最大出力が出る設計をすると過大な設備となるだけでなく、低出力時の対応ができないことがある**。

こうした事態を避け柔軟な運転を行うために、**蓄熱タンクの設置や小型ボイラーを複数台導入して制御する**などの対応策が有効である。

山梨県の某ゴルフ場では、250kW 相当のバイオマスボイラーを導入したが、同規模のボイラー1台を導入するのではなく、50kW の小型ボイラーを5台導入した。初期投資の観点では250kW のボイラー1台を導入した方が安価であるが、5台に分割することでボイラー負荷を分散し、かつ柔軟な運転を行うことができていた。さらに、50kW のボイラーは**労働安全衛生法上のボイラーに該当しないため（※導入当時）、無人運転が可能となり運営費を削減**することができていた。また、この規模では無圧開放の対応が不要であるメリットも存在する。

なお、**熱電併給事業の場合**は、熱供給と発電のバランス設定に注意し、メリットの大きい方を比重を置いた事業計画を行う必要がある。詳細は「**3.1.1 ②設備規模と投資規模の確認**」(315頁)を参照されたい。

③ 導入先のインフラ、周辺環境調査（共通）

新規にプラントを建設する場合は、エネルギー需要調査と併せて建設場所における電気、水道などのインフラに関して調査する。

また、**外部への熱供給事業、特に「マイクログリッド（地域供給型）」の場合**のように、ボイラーのすぐそばに熱需要先がないのであれば、熱導管による熱需要先への熱供給インフラの設置を検討する。熱導管は**地上式、架空式、埋設式**などの複数の種類がある。地上式は一番価格が安いものの、ルートが大きい。架空式は公道をまたぐ場合は道路交通法に留意する必要がある。また埋設式はコストが高い傾向がある。また一般公道に埋設することは原則としてできない。以上を総合的に勘案して、配管ルートを決定する必要がある。

<広域グリッド型の場合>

- 系統連系が可能か確認済みか？またそれに必要なインフラ費用を確認済みか？
- 系統連系のアクセス可能な良い用地が選定されているか？
- 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を理解し把握しているか？

発電事業を計画する際には地域の電力系統の容量を確認する必要がある。特に北海道や九州などでは太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入により系統が逼迫しているため、新規計画を断念したバイオマス発電事例も存在する。

FIT 制度では認定を受けるにあたり、電力会社との接続契約を結ぶことが条件であることから、それが可能な地域を建設候補地として選ぶ必要がある。

系統連系に係る費用

通常、発電プラントから電力系統につなぐための送電線の費用も必要となり、**場所と発電規模によっては数億円に達することもある**。また、特別高圧線に接続する場合は変圧器も必要となるが、これは事業者負担となるため初期費用に大きくのしかかってくることに留意する。

周辺環境に悪影響のない事業モデルとなっているか？

- 居住地からの距離が近接していないか？
- 燃料の搬送や投入、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？

バイオマスエネルギー設備を居住地からの距離が近接した場所で導入する場合は**燃料の搬送トラックや機器の運転による騒音・振動、その他臭気・粉塵の対策**を行う必要がある。

過去の事例では対策が不十分で稼働開始後に住民とのトラブルに発展したケースや、計画時点で住民反対により頓挫したケースもある。場所によっては、こうした課題の一義的な解決が難しい場合があるが、**住民が被るリスクに対して真摯かつ「目に見える形で」対応**することで理解を促していく必要がある。

□ 法規上の離隔距離を適正に確保できているか？

ボイラーをはじめとする燃焼設備を用いる場合は消防法および自治体の火災予防条例において、設備配置における離隔距離が定められている。バイオマスボイラー、BTG の他、ORC および熱分解ガス化設備もこれらの法律・条例に該当するため、計画時に確認が必要である。その他、条件によっては電気事業法「**発電用火力設備に関する技術基準を定める省令**」に記載されている離隔距離を考慮する必要もある。

エネルギー変換技術毎の法規制の詳細は「**第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。

④ 導入先の意向確認

(オンサイト型／マイクログリッド型)

外部に対してバイオマス熱を供給する場合、または ESCO 事業のように**事業主体と設備運転主体が異なる場合**は、エネルギー需要調査と併せて、エネルギー供給先候補および設備導入候補（顧客）の意向確認を行う。

<オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合>

□ 導入先のバイオマス利用目的と合致したビジネスモデルとなっているか？

国際的な気候変動イニシアティブ

近年 **SDGs や ESG を意識した取り組みとして、温室効果ガス削減を目的にバイオマスボイラーを導入**するケースが増加しつつある。熱供給候補先に対して**既存システムの状況以外に、こうしたバイオマスエネルギーそのものの需要および目的をヒアリング**することが重要である。特にグローバルに展開する大手企業の間でこのような取り組みが盛んになりつつある。

2014 年のパリ協定以降、グローバル企業を中心に RE100、SBT といった気候変動対策に係る**国際的なイニシアティブに参画する動き**が見られる。こうした企業はイニシアティブを通じて**主に投資家向けに温室効果ガス排出状況と削減に関する取り組み、将来ビジョン等を開示**している。

企業の温室効果ガス排出の考え方

温室効果ガスの排出状況は Scope1～3 の 3 種類の考え方がある。**Scope1** は企業の事業所または工場の中で使用した燃料から直接的に排出される CO₂ 排出量を指す。次に **Scope2** は、電気など事業所、工場が外部から購入したエネルギーから排出される CO₂ を指す。最後に **Scope3** は、企業が購入する材料や生産物の販売先などサプライチェーン全体から排出される CO₂ を意味する。

昨今の太陽光発電や風力発電の進展により再生可能エネルギー電力を購入することで Scope2 の CO₂ を削減する企業は増加した一方、**未だに Scope1 の自社で使用する燃料、熱需要の CO₂ 削減ができていない企業が多いのが実態**である。

バイオマスの役割

バイオマスは再生可能エネルギー熱として利用できるため、こうした**工場内の化石燃料から排出される CO₂ 削減 (Scope1) の手段として急速に注目**されつつある。

外部へのバイオマスエネルギー供給を計画するにあたり、上記のような需要を確認することが重要である。

なお、2021 年度の地球温暖化対策推進法や省エネ法の改正に伴い地方自治体、民間企業の間ではバイオマス需要が拡大する見込みであり、詳細は、「**1. I. 1 組織・自治体における発意**」(130 頁) および「**第 1 部 2 章バイオマスエネルギーの事業環境**」を参照されたい。

<熱利用ボイラーの場合>

□ 導入施設側のリスクと対応も検討がされているか？

バイオマスボイラーの導入は経済性や地域への貢献などの意義がある一方、**ユーザビリティの面**で一般的にはそれまで使っていた化石燃料ボイラーに劣るため、そうしたデメリットも関係者間で共有する必要がある。

運転管理負荷の考慮

既存のバイオマスボイラー導入のデメリットとして、既存事例から最も多く挙げられるのは**運転時の設備トラブル**である。ほとんどの場合、設備トラブルは原料の品質・水分率に起因する。例えば**乾燥チップボイラーの場合は燃料の水分率が40%を下回ることが求められる**。こうしたボイラーの要求する燃料条件を、管理者側または燃料サプライヤー側が管理できていないと運転トラブルが生じることになる。逆にボイラーに**マッチした品質の燃料をしっかりと管理、利用している事例では運転トラブルは通常少ない**。

<特に公共事業による熱利用ボイラー導入の場合>

□ 導入先の担当者に対して事業目的や役割、管理方法は明確に伝わっているか？

□ 特に公共施設の指定管理者等において、導入に対する不安が解消され、理解を示しているか？

バイオマスエネルギー事業では、市町村や経営者の意向でバイオマスボイラー等を導入したが、**実際に設備を運営する現場担当者との温度差が生じ円滑な運営ができない事例がある**。

指定管理者による運転時の留意事項

特に公共施設では施設の所有権は自治体が有していても、実際のボイラー等の管理は施設全体の運営を委託されている「**指定管理者**」が施設運営の一環として行っている場合が多い。その場合、公共施設全体の管理者がボイラーの管理をしないといけないため、指定管理者自身が設備の運転管理や燃料管理等の正しい知識を持つ必要がある。

しかし実際には、導入計画を主導した市町村から**指定管理者に導入背景や目的、バイオマスボイラーの管理方法などが十分伝わっておらず**、設備トラブルや運転管理への支障が生じている事例も散見される。

バイオマスボイラーは導入後、**従来の化石燃料ボイラーから燃料費、メンテナンス費等のコスト構造が変わる**。施設の指定管理の委託契約には光熱費等も勘案した委託費が設定されているため、バイオマスボイラーの導入に合わせて委託契約の内容及び契約額自体も見直していく必要がある。

薪ボイラー導入の留意事項

薪は燃料生産側の仕組みづくりが比較的容易であることに加え、薪ボイラーは初期投資がチップよりも少ないため、公共事業として好まれる傾向がある。しかし、**実際は現場の担当者の手作業が多いため、施設の条件を踏まえて検討する必要がある**。薪はチップと異なり燃料の自動投入ができないことが多く、施設側の負担が大きく一日に何回も薪の投入が必要となる。

このように、実際に発生する**負担やリスクについても事前に共有し、運営方法や担当者の役割分担について検討することが必要**である。

⑤ エネルギー需給管理システムの検討 (オンサイト型／マイクログリッド型)

オンサイト型および地域供給型（マイクログリッド型）の場合、エネルギー需要調査が完了したのち、熱（または電気）の需給管理を行うためのシステムの検討を行う。併せて、バイオマスボイラー等が停止した際にも供給可能なようにバックアップシステムについても検討する。

<オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合>

□ 需要規模に対して過大な需給管理システムが導入されていないか？

エネルギー供給先の候補が絞られている場合には、その施設におけるエネルギー需要の内容を把握する。把握の方法は、供給先施設が新設か既存施設の更新かによって異なる。

新設の場合は**設計者から熱負荷計算データを取得することが必要**となる。既存施設の更新の場合、石油やガス、電気の利用実績のデータを用いるか、あるいは熱量を実測することによって、**熱の用途別内訳や熱ロス等を推測する**ことが必要となる。

<熱供給の場合>

熱供給先候補の需要量の季節変動を把握し、供給先が概ね定まった段階で、曜日別や時間別などのより詳細な需要量の変動を把握する

<電力供給の場合>

系統連系の場合、需要量変動の把握は不要であるが、自家消費や特定の需要先に供給する場合は、月別や曜日別、時間別の需要量の変動を把握する

木質バイオマスボイラーの熱需要への対応

木質バイオマスボイラーは立ち上げや停止に時間がかかり、**急速な出力調整が難しい**。そのため、毎朝起動し毎晩停止したり、ピーク需要をカバーするような運転方式には適さず、**出力変動が小さく稼働時間が長いベース需要（またはミドル需要）に対応するような運転方式に適している**。

ただし、温水バイオマスボイラーの場合は、後述するように**貯湯槽を設けて蓄熱することで需要に対して柔軟に対応することができる**。こうした蓄熱による負荷変動の吸収により、バイオマスボイラーは定格以上の出力を出すことができ、**設備規模を小さくし設備利用率を向上させる**ことができる。

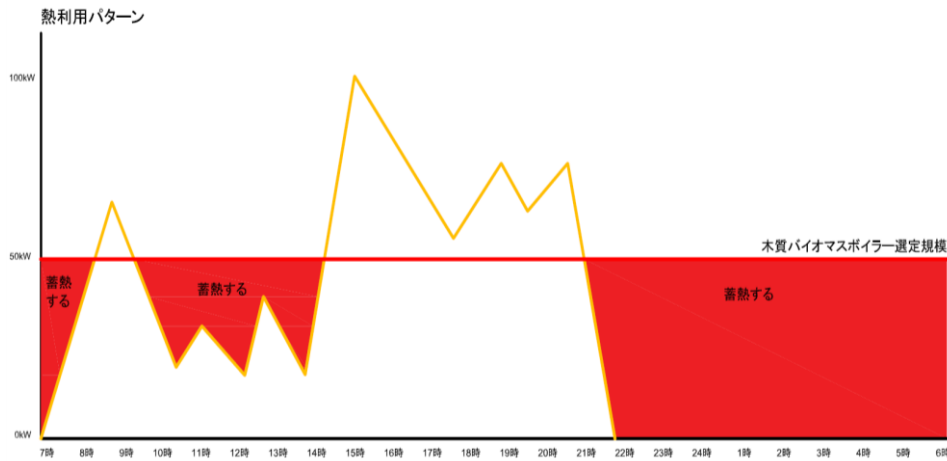


図 2.3.13 木質バイオマスボイラーの蓄熱槽導入による負荷変動への対応イメージ

(出所) 一般社団法人徳島地域エネルギー提供

□ 需要先設備の省エネ・断熱や運用方法の見直しでピークカットができないか？

上述のとおり、バイオマスボイラーは柔軟な出力調整に適していないため、需要変動に合わせた対策が必要になる。代表的な方法は蓄熱槽を導入することであるが、**運用面の工夫により施設の需要変動自体を滑らかにする**検討も重要である。

運用面におけるピークカット

エネルギー需要のピークは熱供給先の設備の立ち上げ時に生じやすいことから、これらの**設備を時間差で立ち上げることで、このピークをずらすことができる**場合がある。なお、電力も同様で、自社工場内の**電力需要設備の起動スイッチを、多数同時に押していた状態から、1台ずつ順に起動していく**ことで起動時の電力を抑えピークカットに成功した事例も存在する。

蓄熱槽と運用のセットによるピークカット

まずはエネルギー需要変動自体を緩和できるか検討を行ったうえで、蓄熱槽の導入などのハード面の検討を行う。その際、**運用方法も併せて工夫する**とより効果的である。

例えば、バイオマスボイラーを導入した国内のある温泉施設では、大きな蓄熱槽の容量を確保し**十分な蓄熱を行った状態で、夜中からゆっくりとボイラーの立ち上げを行うことで、早朝の熱需要のピークに最小限のボイラー規模で対応**している。また、初期投資額はボイラーの出力規模に比例して大きくなる。一方、蓄熱槽は比較的安価（例えば欧州では 5m³ の蓄熱槽の価格は 60 万円程度）であるため、投資対効果が大きい。

FS 事業者の検討：蓄熱槽導入による温水ボイラー容量の検討

NEDO の FS 事業者である一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会では、地域熱供給における温水ボイラーの導入を検討した。温水ボイラー容量は一般的には最大熱需要に対して計画するが、本検討では蓄熱タンクを有効活用することで温水ボイラーの能力を抑える計画とした。能力検討における基本的な考え方は、下記のとおりである。

- 昼間のピーク負荷に対して、温水ボイラーと蓄熱タンクからの放熱分を考慮する。
- 夜間の熱負荷が少ない時に、蓄熱タンクへ蓄熱出来る容量とする。
- 温水ボイラーは可能な限り 24 時間定格運転出来る容量を計画する。

同 FS で調査検討したオーストリアにおける設計においても、適切なボイラーの選択のためには、熱需要の適切な把握に加え、蓄熱タンクの有効利用と断熱性の高い配管の使用による熱ロスの軽減に配慮されている。こちらの詳細は 4 章のコラム「**FS 事業者の検討：地域熱供給設計における日本とオーストリアの比較**」を参照されたい。

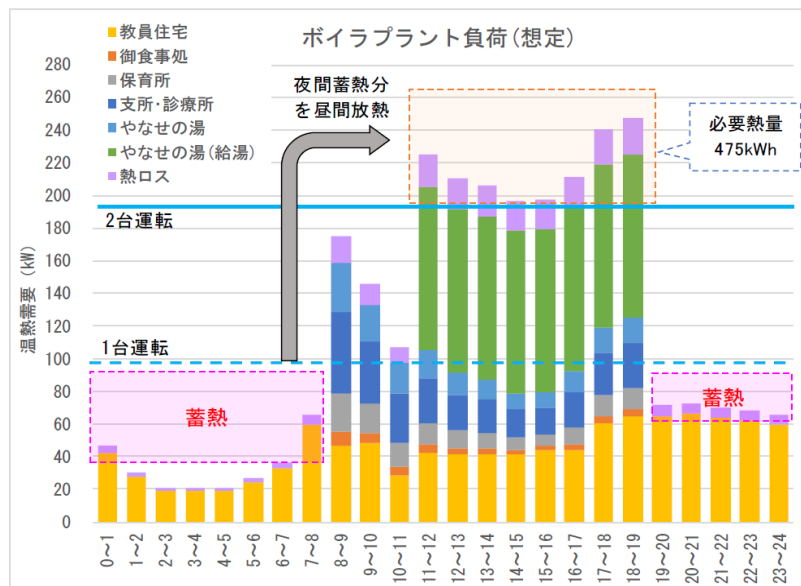


図 2.3.14 1 日の時間別温熱需要とボイラープラント負荷の検討例

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「2018 年度～2019 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/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)」2020 年

FS 事業者の検討：蒸気供給に関する需要変動対策

NEDO の FS 事業者である株式会社サービバレッジは、チップボイラーの熱を飲料製造工場および農業施設に対して供給するシステムを検討したが、農業施設の蒸気負荷変動による設備利用率の低下が課題となっていた。そのため、スチームアキュムレーターを導入することで設備利用率の向上を図った。

株式会社サービバレッジはバイオマスボイラーとアキュムレーターの組合せで実際に熱負荷変動に対応させた場合に、必要となるアキュムレーターの容量を分析し、バックアップとしての重油ボイラーの稼働をどの程度削減可能かを検証した。結果、アキュムレーターの必要蒸気容量は 3t で、導入によりバイオマス燃料の使用量を 1 割削減することができることがわかった。詳細は株式会社サービバレッジの FS 調査報告書を参照されたい。

ただし、アキュムレーターは高圧蒸気の実績がある施設において導入が適することに留意が必要である。

7月12日



7月13日

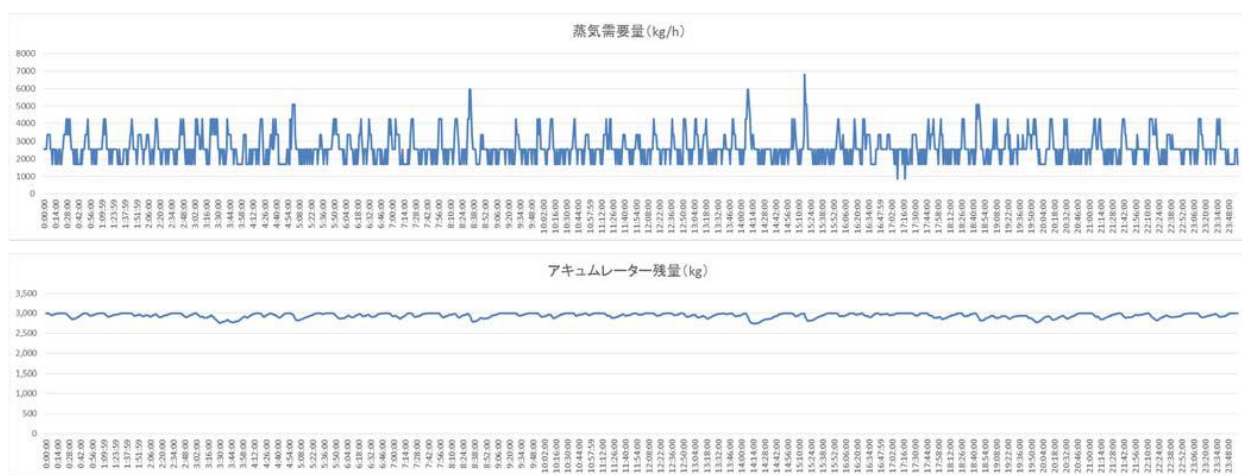


図 2.3.15 FS 事業実施事業者のモデル負荷パターンにおける蒸気需要量とアキュムレーター残量の試算例

(出所) 株式会社サービバレッジ「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 飲料製造工場およ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)」(NEDO) 2016 年

□ バックアップや貯蔵システムの組み合わせによる特に熱の需給管理のシステムが構築されているか?

バックアップのシステム検討

バイオマスボイラーを導入、運転する際には、原料調達や設備トラブルによって熱供給が滞るリスクをゼロとすることは難しい。そのため、従来の化石燃料ボイラーをバイオマスボイラーに置き換える場合は、**既存の化石燃料ボイラーをバックアップボイラーとして残す**ことが望ましい。

また、ボイラー周辺の付帯設備や熱交換システムについても、既存設備を総入れ替えするのではなく、**現在の熱交換システムを残したうえで、バイオマスボイラーの熱源を追加する**方が費用対効果の点で効果的である。

バックアップ設備（化石燃料ボイラー）とバイオマスボイラーと併用することで、ピーク需要に対して柔軟に対処することも可能となる。

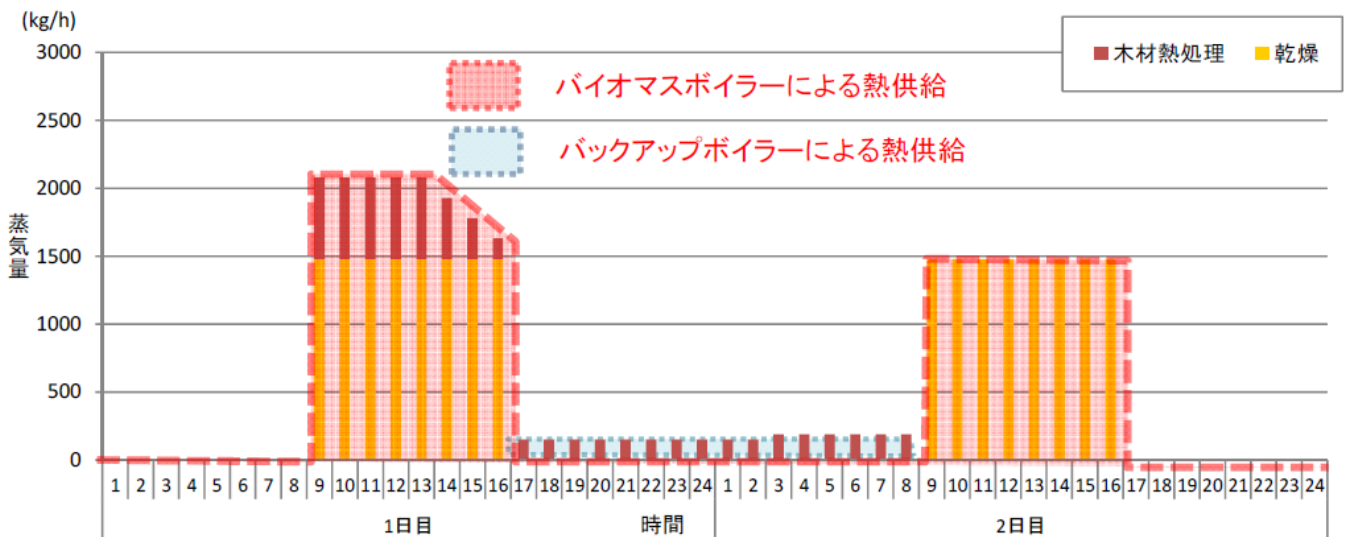


図 2.3.16 バックアップとしての重油ボイラーを併用したピーク需要への対応イメージ

(出所) 長野森林組合「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 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)」(NEDO) 2016 年

⑥ 系統連系の調査（広域グリッド型、オンサイト型）

発電事業の検討を行っている場合、また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。

- ❑ 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？
- ❑ 系統連系に必要な供給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ているか？

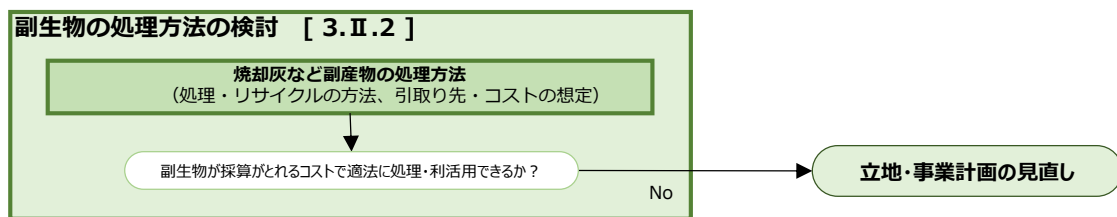
接続検討では電圧や周波数、系統に与える影響などの技術的な観点での接続可否・必要工事費用の概算値が送配電事業者によって算定され、事業者へ回答される。高圧系統への接続を検討する場合は 1 回答あたり 22 万円の費用が発生し、この回答までに 3 か月程度を要する。

特定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る。一方で接続可能量に空きがある場合でも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よって系統設備の周波数維持の観点で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。

3.Ⅱ.2 副生物の処理方法の検討

木質バイオマスの副生物の多くは産業廃棄物として処理されることが一般的であるが、再生利用するケースも増加しつつある。FS調査では焼却灰をはじめとする副生物のこうした処理・利用方法について引き取り先およびコストと併せて検討する。

焼却灰を肥料等で利用することを目指す場合、類似した事業内容の先事例から灰の性状等に係る情報収集を行い、それらをもとに想定する引き取り先に打診し、受入可能な場合は概算の販売価格または処理コストを確認する。実際の灰の性状は燃料収集地域の土質条件により異なる可能性があるため、FSの次のフェーズの試運転期間中に得られた灰をもとに引き取り先と具体的な契約条件を確認する。



□ 焼却灰等副生物の処理先や価格が想定できているか？

焼却灰の処理形態として最も一般的なのは、**産業廃棄物として処理費用を支払い、処理業者に引き渡す方法**である。

その他、焼却灰をセメントへの混合や建築用ブロックの原料、肥料の中間処理剤などに利用している例がある。このような有効利用するケースでも、大半は一定の処理費を支払ったうえでの引き取りとなっている（処理費用は産廃処理の場合に比べて安価）。ただし、外部業者による有効利用の場合は灰の発生量によっては、全量引き取りができないケースも見られる。

灰処理単価

焼却灰の処理単価は地域によって、また処理および利用先によって様々である。既事例をみると、**一般的な地域で 1～3 万円/t**、高いところでは 7 万円/t 近い金額となっている。したがって事業性にもたらす影響は大きい。有価物として買い取ってもらう例もあるが、大半は、通常より安い処理費での引き取りとなっている。

原料別の焼却灰の発生量と性状

焼却灰の発生量は、**山林資源由来のチップおよびペレットの場合、概ね 0.5～5%程度が一般的**である。一方、**樹皮（バーク）の場合**は灰分含有率が **5～10%**と高い。ただし、土砂などが多く含まれる木材資源をボイラーに投入した場合、土砂と灰が混合した副生物となるため、副生物総発生量は増加する傾向にある。

焼却灰の性状は木材資源の種類に応じて異なる。**建築発生木材の場合**は、**重金属類および塗料や薬剤由来の有害物質が含まれる**傾向にあり肥料利用や製品利用をする際に制限を受ける場合が多い。こうした**有害物質が含まれる場合**は、有効活用できないだけでなく、**産廃処理費用も高額になる**ことに注意が必要である。

その他、**海水に浸った木材など塩分（Cl）が多い燃料の場合**には、灰の引き取り先が限定されるうえ、処理費用も高くなる傾向があるので、注意されたい。

□ 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？

肥料としての利用可能性

燃焼灰は肥料成分が含まれるものの、これまで産業廃棄物とみなされる場合が多かったが、2013年6月に環境省から各都道府県・政令市に対して、燃焼灰の取扱いに関する以下の通知が出されたことで焼却灰の肥料利用に取り組む事例も増えつつある。

ペレットまたはチップを専焼ボイラーで燃焼させて生じた燃焼灰のうち、有効活用が確実でかつ不要物とは判断されない燃焼灰は、産業廃棄物に該当しない
ただし、塗料や薬剤を含むおそれのある廃木材由来のチップやペレットを混焼した場合は、これに当てはまらない

肥料としての利用価値を決める指標となる成分は窒素（N）、リン（P）、カリ（K）であり、これらの含有量の分析が必要となる。なお、焼却灰には NPK の他、有機炭素分やカルシウム、マグネシウムなど様々な成分について肥料としての効果があることが報告されている。

肥料の品質の確保等に関する法律

また、肥料については「肥料の品質の確保等に関する法律²⁶」において、規格、登録、検査等が定められており、肥料を生産、販売（無償譲渡を含む）する際は、その種類に応じて農林水産大臣または都道府県知事への登録や届出が必要とされている。木質燃焼灰の肥料としての利用の手続きも同法に基づいて実施するため、詳細は農林水産省のホームページを参照されたい。

□ 事業収支上、燃焼灰が有価で販売できなくても十分採算がとれる計画になっているか？（灰の販売に過剰に依存していないか？）

上述のとおり、バイオマスの燃焼灰は肥料としての活用の検討が進みつつあるが、現時点では都道府県から産業廃棄物として扱われ肥料利用の許可が下りない事例が多い。そのため、事業収支の計算の際は、保守的な観点から焼却灰を全量販売する想定はせず、産廃処理を前提とした状態で採算性が確保できるようなシステムを検討する必要がある。

事業収支の検討に関する詳細な留意点は「[1. II. 3 事業収支の検討](#)」（164頁）を参照されたい。

²⁶ 2020年12月に法改正が行われ、名称も「肥料取締法」から「肥料の品質の確保等に関する法律」に変更となった。

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。以下では各実施事項および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	エネルギー供給契約	適切な契約期間、料金形態、供給条件等が設定されているか？	
		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？	
		バックアップ等の責任の所在は明確となっているか？	
3.Ⅲ.2	FIT 事業申請（広域グリッド型）	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 （広域グリッド型）	<広域グリッド型の場合> 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ないか？	
		<同上> 電力会社との接続契約と売電契約は締結済みか？	
3.Ⅲ.4	副生物の処理・有効利用に係る条件協議	関係者と副生物の処理・有効利用について合意が得られているか？	

3.Ⅲ.1 エネルギー供給契約

□ 適切な契約期間、料金形態、供給条件等が設定されているか？

熱販売価格の設定方法

熱販売価格については、従来の化石燃料のシステムと比較して優位性のある価格帯で販売していくことが必要である。熱料金は①化石燃料価格と比較して優位な価格帯とするパターンと、②設備投資等による固定費、燃料費も含めた維持管理費も合わせた費用全体で優位な価格帯とするパターンが考えられる。

特に新設の施設や化石燃料ボイラー等を廃止しバイオマスボイラーに更新する場合には、②のパターンのように化石燃料ボイラー等を導入した際のトータルの費用と比較して、優位性のある価格帯を設定していくことが有効である。

また料金形態については**固定費分を回収する基本料金と変動費分を回収する従量料金の二部料金制**を採用する例が多く見られる。設備投資のリスクを極力ヘッジしていくためにも、**適切な基本料金額を設定することが重要**である。

□ 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？

電力供給と異なり、外部に熱供給を行う場合は事業期間中、需要家が安定的に存続しているかが事業の成否を分ける要素の一つとなる。実際、熱供給事業を開始して数年後に**供給先の企業が倒産して熱の出口を失った事例**も過去には存在する。こうした供給先の倒産リスクや需要量の変動リスクを完全になくすことは難しい。

しかし、供給側の事業者の事業リスクを軽減する一つの手法として、需要家から回収する**基本料金などを事業期間前半は高めに設定し、投資回収年数を早めることも有効**である。その場合も需要家にとって**期間全体から見ればメリットが発生するような料金設定**をするよう留意する。

□ バックアップ等の責任の所在は明確となっているか？

外部に対して熱供給を行う場合は、**供給責任の所在を明確にした契約を締結**することが重要である。

熱供給契約には様々な種類があり、供給者のバイオマスエネルギー設備にトラブルが生じた場合に、**必ずしも需要家にバックアップ供給を行わない契約もあり得る**。ある国内事例では、隣接する製材工場に対し供給責任を負わない熱供給を行っている。この製材工場は、既存の化石燃料ボイラーをベースに工場内の需要を賄っており、**隣接する熱供給業者から追加的に安価かつ低炭素なバイオマス熱を購入**する形態となっている。

一方で、熱供給先に対して供給責任を負い、バイオマスボイラーがトラブル等で運転ができない際も供給者が保有する化石燃料バックアップボイラーでエネルギー供給を保証する契約形態もある。

3.Ⅲ.2 FIT 事業申請（広域グリッド型）

□ FIT の事業申請は受理され ID を取得済みか？

FIT 制度申請のフロー

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。特別高圧線への接続を希望する場合は、接続検討の申込に先立って、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、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。

なお、認定済み未稼働案件への対策として、平成 29 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。

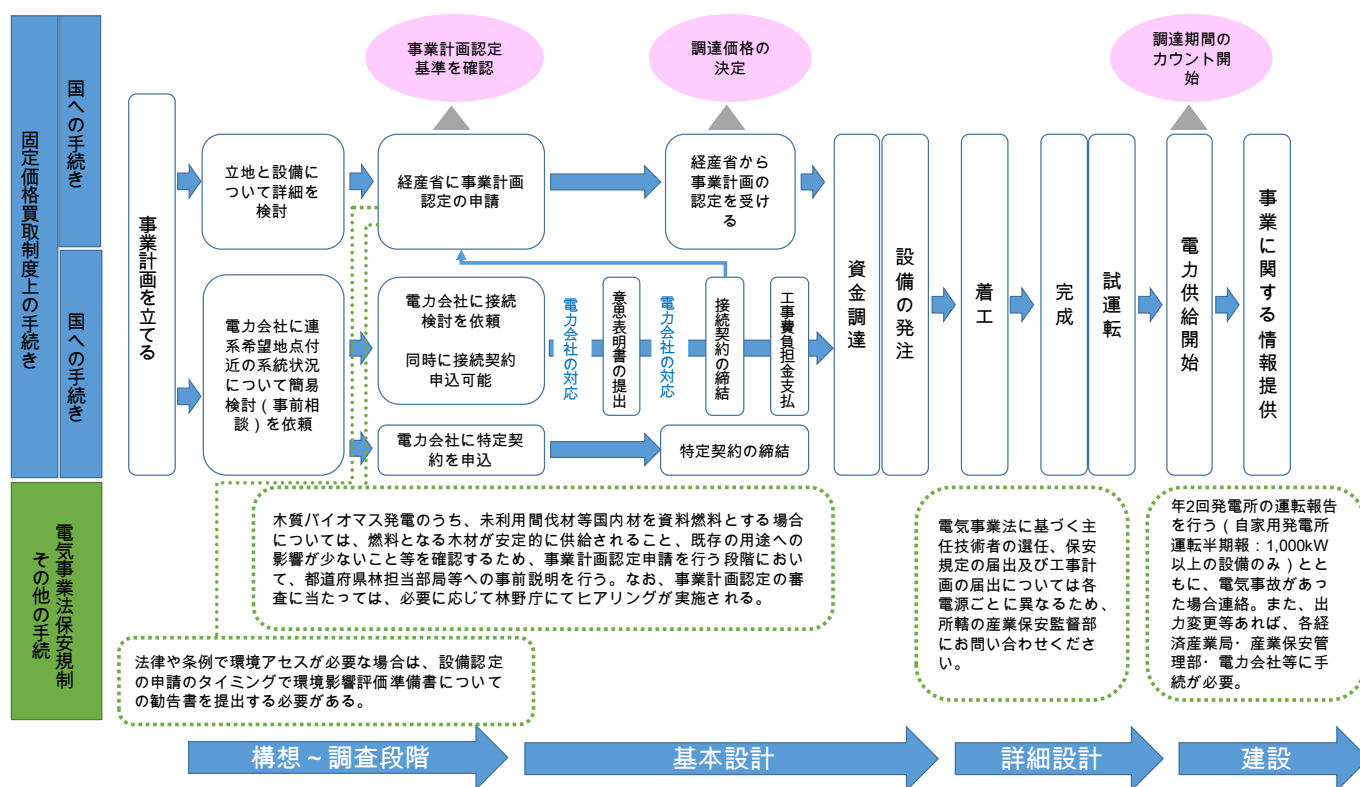


図 2.3.17 FIT 制度の事業計画認定取得および系統連系接続に関するフロー

(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 2017（平成 29）年度版」（資源エネルギー庁）より作成

必要となる申請書類

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と電力会社との系統連系接続契約申込に向けた手続を並行して進める必要がある。国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 2.3.15 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したが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に、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また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	発電設備また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) よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

次頁に記載の資料等を参考に情報を揃えて FIT 設備の認定申請、系統連系接続検討申請を行う。

表 2.3.16 系統連系接続検討申請に必要な資料例

系統連系接続検討申請資料例	
様式 1	接続検討申込書
様式 2	発電設備等の概要
様式 3	主要設備仕様(回転機)
	主要設備仕様(直流発電設備等)
	系統連系保護装置(保護継電器諸元等)
	発電設備仕様(二次励磁巻線形誘導機)
	発電設備仕様(逆変換装置)
様式 4	負荷設備および受電設備
様式 5 の 1	主発電機系ブロック(励磁系)
様式 5 の 2	発電機制御系ブロック図(ガバナ系)
様式 5 の 3	設備運用方法(発電機運転パターン, 受電地点における受電電力パターン)
様式 5 の 4	単線結線図
様式 5 の 5	設備配置関連(主要設備レイアウト図)
様式 5 の 6	設備配置関係(敷地平面図)
様式 5 の 7	発電場所周辺地図
様式 5 の 8	工事工程表

(出所)北海道電力 HP 再生可能エネルギーの固定価格買取制度における受付について「接続検討申込書」連系電圧:高圧(標準電圧 6,000V)), 2015 年より作成

表 2.3.17 FIT 事業計画認定申請情報

必要情報		内容	
第1表 再生可能エネルギー発電事業計画	事業者情報	発電事業者名、代表者(役職、氏名)、役員(役職、氏名)、住所	
	設備情報	発電設備の区分、発電出力	
		設備名称、設備の所在地、事業区域の面積	
		配線方法	
		電気事業者への電気供給量の計測方法	
	事業内容	系統接続に係る事項	
		更新に係る事項	
		事業実施工程	
		保守点検責任者	
		保守点検および維持管理計画	
		事業に要する費用	
		再生可能エネルギー発電事業の実施において遵守する事項への同意(口内に印をつける)	
		添付書類	1. 戸籍謄本(法人にあつては、法人登記簿謄本)
			2. 印鑑証明書
	3. 設備の所在地に係る登記簿謄本		
	4. 土地の取得を証する書類等(他人の所有地である場合のみ)		
	5. 建造物所有者の同意書(屋根置き太陽光発電のみ)		
	6. 発電設備の内容を証する書類		
	7. 構造図(位置図、敷地図、設備配置図、システムフロー図)		
	8. 配線図(単線結線図)		
	9. 接続の同意を証する書類の写し		
	10. 接続検討申込書類の写し		
	11. 運転開始年月日等の証明書類		
12. 事業実施体制図			
13. 関係法令手続状況報告書			
14. 再生可能エネルギー発電事業における燃料(原料)調達および使用計画書(バイオマス発電のみ)			
15. 再生可能エネルギー発電事業における地熱資源等モニタリング計画書(地熱発電のみ)			
16. 補助金確定通知書			
17. その他 1: 使用燃料の発熱量等計量分析実施予定書、ごみ組成分析実施予定書			
18. その他 2: 燃料使用量記録表			
19. その他 3: バイオマス比率計算方法説明書			
20. その他 4: バイオマス燃料使用計画書、年間ごみ処理予定量を示す書類			
21. その他 5: 誓約書			
22. その他 6: 一般廃棄物処理施設若しくは産業廃棄物処理施設の設置許可、一般廃棄物処分業若しくは産業廃棄物処分業の許可を受けていることを証する書類			
23. その他 7: 一般廃棄物処理施設の業務運営委託契約書			
第2表 申請事業計画使用燃料一覧	燃料区分、燃料名		
第3表 地方税法規定法人チェック	地方税法第七十二条の四に規定する法人である場合のチェック欄		

(出所) 経済産業省「再生可能エネルギー発電事業計画認定申請書」(2017年3月) よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

3.Ⅲ.3 接続契約・売電契約（広域グリッド型）

<広域グリッド型の場合>

- ❑ 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ますか？
- ❑ 電力会社との接続契約と売電契約は締結済みか？

出力抑制の該当可否の確認

「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等を「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。ここでいう「地域」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、電力システムの運用上必要な範囲での出力制御の対象となるが、**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」サイトのよくある質問において次のように整理されている。

表 2.3.18 出力制御に応じることが困難である場合

1. 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
2. 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
3. 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 副生物の処理・有効利用に係る条件協議

□ 関係者と副生物の処理・有効利用について合意が得られているか？

設計施工段階では焼却灰などの副生物について具体的な処理先または販売先との調整を行う必要がある。それに先立ち、まずは地域に副生物の処理先があるか確認を行う。

灰を有効利用するためには行政の許可を得なくてはならないため、**需要先の検討と併せて肥料成分の有効性を含め行政側に丁寧に説明し理解を促す必要**がある。

なお、廃棄物系バイオマス、特に合板、ボード由来のチップを利用する場合は**クロム等の重金属が灰に含有されている**ことがあり、肥料利用はできないため、**産廃処理を前提に処理業者との調整を進める**ことが望ましい。

その他、NEDO の実証事業では運転稼働後、利用している**パーク由来の灰に重金属分が含まれている**²⁷ことが判明し、灰の有効活用が困難になっただけでなく、**産廃処理費も高額になったケース**が存在するため留意が必要である。

²⁷ 地域によって性状が異なるため、必ずしもパーク一般に重金属が含まれているわけではない。

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。以下では各実施事項および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	エネルギー供給条件の検証・見直し	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.2	副生物の有効活用に向けた検討・調整	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？	
		焼却灰の有効活用については、継続的に都道府県の担当課と協議を行っているか？	

3.IV.1 エネルギー供給条件の検証・見直し

□ 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？

第 1 部で述べたとおり、バイオマスエネルギー事業はサプライチェーンが長い分、**上流から下流までの様々な主体に経済効果が波及**することが地域における最も重要な意義の一つである。

サプライチェーンにおける富の偏りのリスク

一方で、バイオマスエネルギー事業は国内では歴史がまだ浅いため、原料や燃料に関して**化石燃料のような開かれた市場が存在せず、相対取引が大半を占めている**。そのため、**本来バイオマス事業の利益はサプライチェーン全体で偏らずに分配されることが理想**であるが、**富の分配に偏りが生じている事例も少なくない**。

例えば、某森林組合では技術力を活かして高品質な乾燥チップを生産しているが、供給先であるホテルから当初の協定で定められた安価な価格で販売している。見かけ上は、ホテル側が高品質燃料を用いることによるボイラーの安定稼働と経済メリットを達成した好事例であるが、燃料生産者側および素材生産者側では**品質確保とコスト削減を強いられ、僅かな利益しか得られない状態**となっている。

適正な取引条件の必要性

サプライチェーンで富の偏りが生じると、バイオマスエネルギーの全体システムの持続可能が損なわれるリスクとなる。こうした観点で、**運転稼働後も関係者の利益のバランスを柔軟に是正できる取引条件を構築**することが望ましい。

先進事例として、真庭市では**バイオマスチップの品質（乾燥度合）に応じて、価格をグレード化する方式を採用**している。このシステムでは、燃料生産者側が乾燥など**チップの品質を高めるインセンティブ**を得られているとともに、需要家のボイラーの要求する燃料性状に応じて、必要以上に高品質なチップを購入しない「**設備と燃料の適正なマッチング**」にも寄与している。

3.IV.2 副生物の有効活用に向けた検討・調整

- ❑ 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？
- ❑ 焼却灰の有効活用については、継続的に都道府県の担当課と協議を行っているか？

現時点では灰の肥料利用をしている事例は限定的であるため、最初は焼却灰を産廃処理することを前提に事業を進めるほうがよい。

しかしながら、灰処理コストは事業期間にわたり O&M 費として採算性に大きく影響を及ぼすことから、**稼働開始後も継続的に有効活用方法について検討を進める**ことが望ましい。実際、NEDO の過去の実証事業では都道府県に対して継続的に説明することで土壌改良剤として利用する許可が得られた事例がある。

なお、2020 年 6 月には農林水産省からバイオマス燃焼灰の有効活用に関する指針が発表される見込みであり、今後活用が進められる可能性がある。こうした**制度や政策方針は毎年進展があるため、継続的に確認していく必要**がある。

継続的な成分分析の必要性

国内のある事例では稼働後、灰を肥料として利用していたが、バイオマスボイラー内の部品を交換して以降、灰にクロムが含まれるようになり肥料として利用できなくなったケースが報告されている。詳細な原因は明らかにされていないが、鉄からステンレスに部材が変更されたことが要因と考えられている。このように、予期せぬ理由により運転稼働後も灰中の含有成分が変化することもあるため、定期的に成分分析を行うことが望ましい。

実証事業者の検討：灰の有効活用

実証事業者である昭和化学工業株式会社では、パーク等を利用した熱風炉設備の運転において発生する灰の有効活用可能性を検討した。バイオマス燃料と灰の物質収支を下図に示す。それぞれ、2019 年 8 月～2021 年 7 月までの 2 年間の平均より算出した。

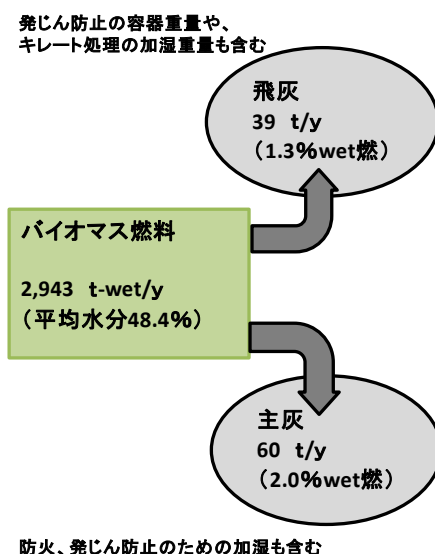


図 2.3.18 バイオマス燃料と灰の物質収支

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

排出された主灰、および飛灰については、純粋に灰分だけではなく、産業廃棄物として排出する際に充填した容器重量や、加湿した水分等も含まれた値である。実際に排出する時には、防火や発じん防止のために加湿を求められたり、重金属安定化のためにキレート処理の必要があったり、容器重量も処理重量に含まれたり、燃料分析時に求めた灰分からの計算値よりも多くなるため、排出状況を想定した試算が必要である。

主灰の物性確認と再利用

物性の確認結果

実証事業の中では、バイオマス熱風炉の炉床から排出される主灰と燃焼ガスと共に誘引プロアで吸引され、サイクロンとバグフィルターで捕集される飛灰を採取し、分析を行った。外観と粒度分布、化学分析の結果を以下に示す。



図 2.3.19 主灰 飛灰（サイクロン、バグフィルター）

（出所）同上

表 2.3.20 バイオマス灰の粒度分布

サンプル名	単位	主灰	サンプル名	単位	飛灰	
					（サイクロン）	（バグフィルター）
乾式 粒度 分布	+16.0 mm	0.0	+100 μm	vol%	12.6	2.8
	16.0 ~ 5.0 "	6.7	100~80 "		5.5	0.7
	5.0 ~ 1.2 "	25.3	80~60 "		8.7	2.4
	1.2 ~ 0.6 "	33.2	60~40 "		13.6	5.9
	0.6 ~ 0.3 "	21.4	40~20 "		22.0	11.5
	0.3 ~ 0.15 "	7.8	20~10 "		17.9	15.4
-0.15 "	5.6	10~5 "	10.9		22.2	
			5~2 "		5.4	24.9
			-2 "		3.4	14.2
			50% 粒子径		μm	29.9

（出所）同上

表 2.3.21 バイオマス灰の化学分析結果

サンプル名	サンプル粒度 及び捕集場所	主灰				飛灰	
		16~1.2mm	1.2~0.6mm	0.6~0.15mm	-0.15mm	サイクロン	バグ フィルター
化学 組成	SiO ₂	63.10	51.58	42.43	22.58	23.58	12.62
	Al ₂ O ₃	14.00	11.84	10.47	6.68	8.79	3.43
	Fe ₂ O ₃	5.05	5.03	5.82	4.86	5.54	2.46
	TiO ₂	0.67	0.58	0.65	0.49	0.51	0.17
	CaO	7.49	19.38	27.03	53.02	39.92	29.67
	MgO	1.45	1.64	2.07	2.57	2.66	1.92
	Na ₂ O	2.77	1.82	2.23	1.05	1.19	2.96
	K ₂ O	4.60	6.40	6.97	5.08	6.72	15.83
	P ₂ O ₅	0.40	1.04	1.49	1.99	2.30	2.28
	MnO	0.14	0.31	0.39	0.56	0.53	0.46
	SO ₃	0.03	0.03	0.09	0.41	6.25	18.08
	Cl	-	-	-	0.04	1.29	8.26
	Cr ₂ O ₃	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
	ZnO	0.01	0.01	0.01	0.02	0.12	1.32
	PbO	-	-	-	0.02	0.02	0.09

（出所）同上

再利用の検討

バイオマス資源のバイオマス灰は環境省より有効利用について通知が発行されており、廃棄物に該当するか否かについては各都道府県・政令市が判断することになる。各都道府県・政令市の担当課が対応が必要な基準について整理し、第三者からの疑義に対して客観的事由を用いるなど明確に説明ができる場合は、産業廃棄物に該当しない可能性がある。下表に関連法令とその規制物質および濃度を示し、表に昭和化学工業株式会社バイオマス熱風炉より排出された主灰の分析結果を示す。

表 2.3.22 バイオマス灰に係る関係法令とその規制物質および濃度

基準名	分類	土壌の汚染に係る環境基準	土壌含有量指定基準	土壌含溶出量指定基準	土壌含溶出量第2基準	埋立処分判定基準
		(環境基本法)	(土壌汚染対策法)			(廃棄物の処理及び清掃に関する法律)
		溶出量 (mg/L)	含有量 (mg/kgDS)	溶出量 (mg/L)	溶出量 (mg/L)	溶出量 (mg/L)
重金属名		環告第46号	環告第19号	環告第18号	環告第18号	環告第13号
カドミウム	第二種 (重金属等)	0.01	150	0.01	0.3	0.3
およびその化合物						
六価クロム		0.05	250	0.05	1.5	1.5
シアン化合物		不検出	50	不検出	1.0	1.0
水銀		0.0005	15	0.0005	0.005	0.005
およびその化合物 (アルキル水銀)		不検出		不検出	不検出	不検出
セレン		0.01	150	0.01	0.3	0.3
およびその化合物						
鉛		0.01	150	0.01	0.3	0.3
およびその化合物						
ヒ素		0.01	150	0.01	0.3	0.3
およびその化合物						
フッ素		0.8	4000	0.8	24	-
およびその化合物						
ホウ素	1.0	4000	1.0	30	-	
およびその化合物						

(出所) 同上

表 2.3.23 バイオマス熱風炉主灰

サンプル採取時期	分類	2019年7月		2019年8月		2019年12月		2020年10月	
		溶出量 (mg/L)	含有量 (mg/kgDS)	溶出量 (mg/L)	溶出量 (mg/L)	含有量 (mg/kgDS)	溶出量 (mg/L)	溶出量 (mg/L)	含有量 (mg/kgDS)
重金属名		環告第46号	環告第19号	環告第13号	環告第13号	環告第19号	環告第13号	環告第13号	
カドミウム	第二種 (重金属等)	0.001未満	1未満	0.009未満	-	-	-	0.009未満	
およびその化合物									
六価クロム		0.032	5未満	0.1未満	0.02未満	2未満	0.1未満		
シアン化合物		不検出	2未満						
水銀		0.0005未満	0.2未満	0.0005未満	-	-	0.0005未満		
およびその化合物									
セレン		0.001未満	1未満	0.03未満	0.002未満	0.2未満	0.03未満		
およびその化合物									
鉛		0.001	1	0.03未満	0.008	4.4	0.03未満		
およびその化合物									
ヒ素		0.001未満	2	0.03未満	-	-	0.03未満		
およびその化合物									
フッ素		0.1未満	26	-	-	-	-		
およびその化合物									
ホウ素	0.13	48	-	-	-	-			
およびその化合物									

(出所) 同上

今回、協力企業とバイオマス灰を自社の公共残土受入地の土木資材として再利用できないか、行政に確認を取りながら検討した。主灰は土壤環境基準を超過したことはなく、自ら利用としてそのまま土木資材として利用して良いか確認した。そこで問題になったことは、次頁に示す「③通常の取扱形態」で、通常バイオマス灰は産業廃棄物として取り扱われている。それを第三者の疑義に対して、土木資材の自ら利用は明確に説明できるとは言えないとの見解であった。

①～⑤の1つでも明確に説明できなければ、産業廃棄物として排出する必要があり、特に今までになかった用途や使用方法については有償無償に関係なく、「③通常の取扱形態」がネックになってしまうことが多い。明確に説明できる事例として下記を示された。

<通常の取扱いとして、有効利用と判断される事例>

- 他にも同じような事例があり、広く流通していること。
自ら利用や、提供1社→購入1社では市場があり、広く流通とは言えない。
- ・都道府県が認定する、リサイクル商品登録制度で、安全性と価値を評価されていること。

例：再生アスファルト、再生砕石、鉄鋼スラグ路盤材、パークたい肥 等

<灰の再利用に係る整理事項>

①バイオマス灰の性状

樹木は寿命が長く、地中に存在しているカルシウム、カリウム、マグネシウム、リンといった植物栄養素と共に、鉛、クロム、セレンなどの重金属もため込んでいる場合がある。土壌環境基準を上回れば、燃焼灰は「廃掃法」において主灰は「燃え殻」、飛灰は「ばいじん」として扱われ、含有物によって適正な処理を行う必要がある。

②排出の状況

燃料の種類、ボイラー型式、バイオマス灰の発生量、保管状況。有効利用先の情報や有効利用量、条件等を整理し、有効利用の目的に合致した計画的な自ら利用や販売であることを明らかにする。

③通常の取扱形態

製品としての販売実績や利用状況を整理。自ら利用の場合、販売実績は不要であるが、有効利用されている事例が他にもあるなど、社会通念から逸脱した利用方法でないことの確認が必要。

④取引価値の有無

類似する製品と比較し、価値の有無を明らかにする。

⑤占有者の意思

①～④を総合的に判断し、使用者が適切に利用する、又は製品として販売する意思を確認し、整理する。

バイオマス灰に関しては、まずは産業廃棄物として処理費を見込み、事業開始する必要があると考えられる。そこで、昭和化学工業株式会社からはバイオマス灰を産業廃棄物として排出し中間処理業者において土木資材に加工して昭和化学工業株式会社が土木資材として買戻し利用するスキームとし、現在共同研究を実施している。

バイオマス灰については、バイオマス発電所等からも多く排出され、今まで廃棄物処理されてこなかったものであることから、このようなスキームで「廃掃法」を遵守しながら、再利用する努力を進めなければ、管理型最終処分場を切迫してしまふことが考えられる。次図にバイオマス灰の再利用スキームのイメージ図を示す。

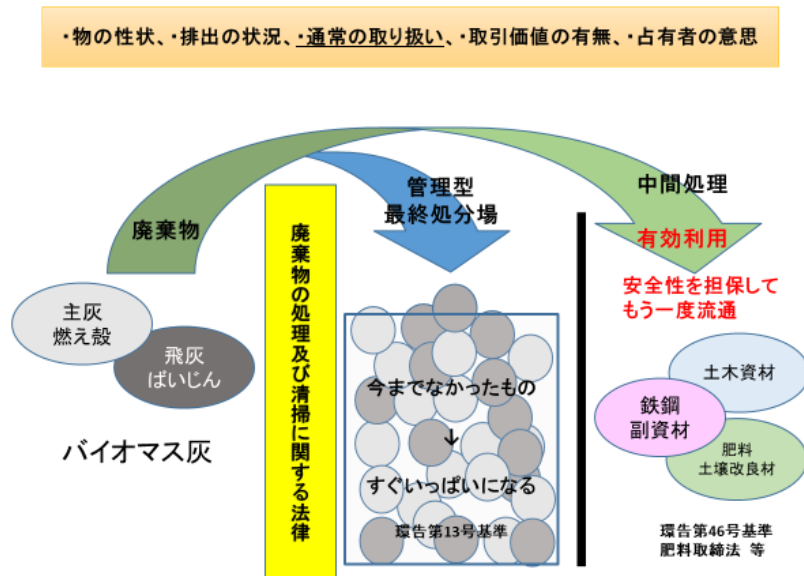


図 2.3.20 バイオマス灰の再利用スキームのイメージ図

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

その他、再利用用途として、情報収集した事例を下記に示す。

●土木資材

・特許第 6257702 号「汚染物質の迅速な連続不溶化・洗浄方法」

土壌環境基準 46 号適合、県グリーン商品登録 S 社

・特許第 4846876 号「焼却灰を原料とした資材の製造方法」

土壌環境基準 46 号適合、県グリーン商品登録 D 社

●鉄鋼副資材

・特許第 6616956 号「スラグフォーミング抑制材及びその製造方法」 S 社

●肥料、土壌改良剤

・高知県、北海道の利用の手引きに利用方法の記載あり。炭酸カルシウム、苦土石灰の代替資材として利用を紹介している。

飛灰の安定処理

燃焼ガスの集塵装置である、サイクロン、バグフィルターから飛灰が排出される。飛灰は粒子も細かく嵩高いため、非常に飛散しやすい粉末である。また、未燃分も含まれており、防火対策も必要であった。当初は、1m³程度の専用鉄箱で回収するように納入されたが、産業廃棄物として搬出する際には、フレコン等に移し替えを行う必要があり、粉塵対策が必要となった。そこで、回収容器を汎用の 200L ドラム缶に変更し、そのままの状態産業廃棄物として搬出するように変更した。重金属溶出量は主灰に比べ多い傾向にあり、加湿混錬できる飛灰安定化処理装置を導入した。

これにより、飛灰を安定的に取り扱うためのキレート剤を添加することが可能となり、重金属等が混入する場合においても、飛灰を取り扱いやすくなると共に、環境に対する負荷も低減すると考えられる。



図 2.3.21 飛灰の回収に関する各種設備

中) 左 : 1m³ 鉄箱 (下が開く構造)、中央 : 汎用 200L ドラム缶、右 : 飛灰安定化処理装置 (2 軸混錬機)
(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

4章 エネルギー変換設備に係る留意点と解決策

エネルギー変換設備に係る「よくある課題」

その1：適切な技術の選定、設計ができない

バイオマス燃料は地域ごとに性状や品質が一定でなく、またメーカー毎に想定する燃料の条件（含水率、性状）、運転条件がある。これに適合しないと運転トラブルが生じることになる。バイオマス燃料と設備のミスマッチについては、ボイラー等のエネルギー変換設備だけでなく、燃料の貯蔵設備（サイロや建屋）、搬送設備などでも起こることがあり、計画時には想定していなかったコストが掛かったケースもある。

⇒ 「4. I. 1 エネルギー変換技術の検討 ① 機器・技術の信頼性の確認」（360 頁）、「同 ② 設備・技術の検討」（367 頁）および「第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識」では各種設備・技術の特徴と選定時の留意点を概説している。

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

● 技術・機器選定時に考慮すべき燃料中の成分 （水分、塩素、シリカ、アルカリ金属、灰分など）	⇒ 「 <u>4. II. 1 基本設計（プラントスペック、規模選定）① システムの基本計画策定</u> 」（372 頁）を参照
● 建屋やサイロのレイアウト	⇒ メーカー選定時の留意点について記載している。特にガス化設備の選定時の留意点は
● 排ガス処理装置の選定	「 <u>同 ② 設備機器・メーカー選定</u> 」（383 頁）を参照
● 供給熱量の制御	
● 熱需要ピークへの対応とボイラー規模の選定	
● 熱供給先への販売価格	
● サイロ規模の設定時の留意点 （燃料の搬入、施設の運転パターン等の考慮）	⇒ 「 <u>同 ③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討</u> 」（391 頁）を参照
● 近隣住民への対策	
● 適切な燃料供給装置、貯留装置、搬入車両	
● 発注形態、契約時の留意事項	⇒ 「 <u>同 ④ 設備・工事発注スキームの検討</u> 」（394 頁）を参照

NEDO 事業者・先行事例の取組

バイオマスボイラーメーカーの選定について、**智頭石油株式会社では 8 社のバイオマス蒸気ボイラーメーカーを比較検討し、現地視察を行い稼働状況を確認した。**また、ボイラー単体のコストのみを検討するのではなく、土木建設費、付帯設備費を含めたトータルコストを一覧表で検討した（→360 頁を参照）。また、中部電力ミライズ株式会社および株式会社シーエナジーでも、FS 事業の中で蒸気ボイラー複数社の具体的な比較検討を行っている（→361 頁参照）。その他、熱風炉燃焼方式の比較検討は昭和化学工業のコラム（→363 頁）を参照されたい。

その2：設備運転に想定以上のメンテナンスコストおよび人的コストが掛かる

バイオマスボイラーは導入形態や運転システムや体制の検討が不十分な場合、一般的に重油ボイラーよりも立ち上げに時間がかかり、また熱需要の変化に対して柔軟な運転ができないことがあるうえ、想定以上のメンテナンス費用が発生することがある。

立ち上げ時間の課題に対しては、タイマー機能や需要に応じたきめ細やかな自動制御機能を有する欧州製のボイラーを導入することで重油ボイラー導入時と変わらないユーザビリティを維持している先事例もある（国産の産業用ボイラーでも付帯の制御盤で同様のプログラムを組み込むことで対応可能）。

また、メンテナンス費の課題については、運転管理、メンテナンスの内製化、並びにオペレーターのスキルアップによりコスト低減が可能となる。そのためには、オペレーターの育成により、トラブルを未然に防ぐための適切な運転体制の確立が必要となる。こうした運転管理の内製化については、「[4.IV.4 O&M 内製化の検討](#)」（428頁）を参照されたい。

その3：ボイラーの燃焼中にクリンカが発生する／原料・燃料の搬送時にトラブルが生じる

クリンカは900度以上で灰が溶融することで発生する。温水ボイラーと異なり、バイオマス蒸気ボイラーやBTG発電の場合は炉内温度が高いためクリンカが発生しやすい。また、ホワイトチップなどの高品質な燃料では問題となることは少ないが、バークや竹、きのこ使用済菌床などのバイオマスを燃焼する場合に発生しやすい。小規模な蒸気ボイラーを導入している事例では毎日炉の中に入りクリンカを除去していることもある。クリンカのメカニズムおよび対策については4章のコラム「[バイオマス燃焼時のクリンカとその対策](#)」（373頁）を参照されたい。

NEDO 事業者・先事例の取組

クリンカへの対策について、先事例では以下のような工夫をしている。[バンブーエナジー株式会社](#)では従来クリンカが発生しやすい竹とバークを一定の比率で混合することでクリンカの発生を抑制できることを発見し、現在まで安定運転を達成している（→[296頁](#)を参照）。

また、バイオマスエネルギー施設では原料および燃料の搬送時にトラブル（マテハントラブル）が多い。多くの場合、原料や燃料の形状や性状に起因するため、バイオマス燃料の製造・加工時や燃料供給全体の管理が重要となる。「[2.III.2 燃料の調達・在庫管理計画の策定](#)」（290頁）では、マテリアルハンドリングに係る設計時の留意事項について記載している。

その他、「[4.IV.1 システム・機器の性能評価と改善](#)」（412頁）では、運転開始後に解析すべきデータ項目について記載している。また、「[4.IV.5 トラブルシューティング](#)」（435頁）では、トラブルの原因究明と対策に関する留意事項について記載している。

その4：設備導入時の法規制への対応ができない

発電機やボイラー等のバイオマスエネルギー設備の導入時、プラント建設時には様々な許認可が必要となり、計画段階から対応事項を把握できていないと事業実施スケジュールに影響が発生するだけでなく、最悪の場合事業中止になることもある。

「[第3部 2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識](#)」では発電機、ボイラー等のエネルギー変換設備の導入時に必要な法規制について記載している。

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。

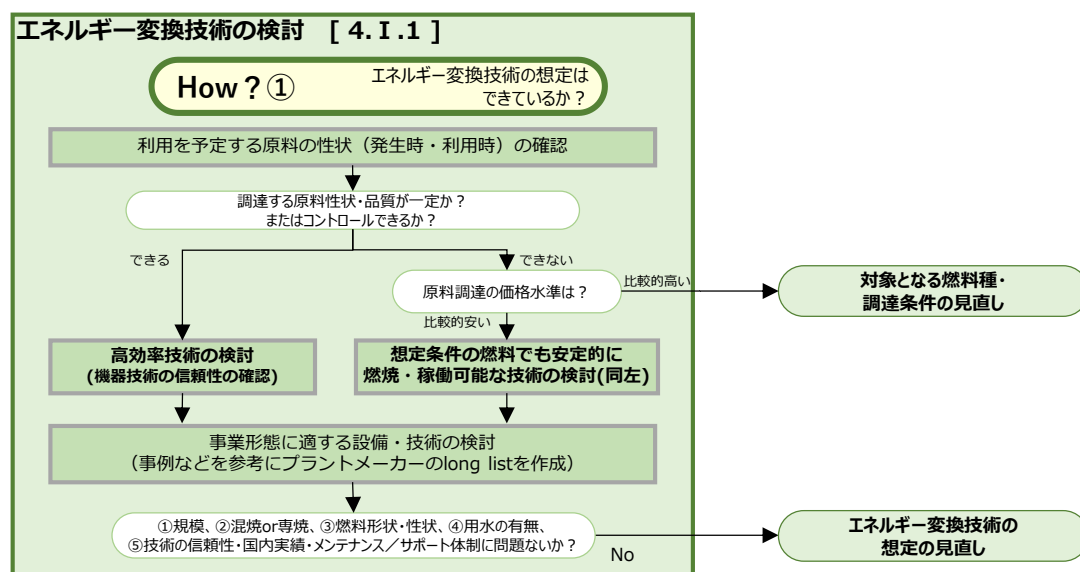
表 2.4.2 バイオマスのエネルギー変換設備の構想段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
4. I .1	エネルギー変換技術の検討		
①	機器・技術の信頼性の確認	導入予定の機器・技術について、実証ではなく商用ベースでの導入実績があることを確認したか？	
		<海外製品を利用する場合> 日本への輸入のルートは想定できるか？	
		<熱分解ガス化設備の場合> 海外製品の場合、使用予定燃料のサンプル品を提示して海外メーカーの了解を得られているか？	
②	設備・技術の検討	特定の技術を前提とせず、利用可能な原料・燃料および燃料とエネルギー利用の観点から候補技術が選択されているか？	

4. I .1 エネルギー変換技術の検討

エネルギー変換技術の選択は、原料および燃料の性状の考慮が不可欠となることから、検討にあたってまずは 2 章で検討した調達予定の原料・燃料の性状（水分率、形状、バークの有無、成分など）を確認する。特に水分率は重要であり、原料の発生時点の水分だけでなく、燃料加工後のエネルギーとして利用する際の水分も把握できることが望ましい。

そのうえで、性状および品質が調達場所や時期によってどの程度変動するか、それらを対策可能かを検討する。例えば、原料中の水分については乾燥プロセスや貯蔵工程である程度コントロールすることができる。



性状や品質をコントロールでき、**安定的な燃料品質が確保できる場合**は熱分解ガス化などの高効率技術を検討することができる。一方で、**性状や品質の管理が難しい場合**は、発生状況により品質に幅がある燃料でも安定的に燃焼、稼働可能な技術を検討する。この時点で原料・燃料のコスト・価格水準が懸念される場合は、対象となる燃料種・調達条件を見直す必要がある。

これらの確認を踏まえ、想定される事業内容に適する設備を検討するが、具体的な設備・技術の選定時には、「原料／発電・熱利用規模」、「混焼／専焼」、「燃料の形状・性状」、「技術の信頼性（国内実績、メンテナンス・サポート体制）」などを考慮する。

発電事業の場合は、構想段階では既存事例などを参考にプラントメーカーの候補リスト（ロングリスト）を作成することを目標とする。それらをもとに、FS 段階でより具体的となった事業計画に対し、適合するプラントメーカー・技術の選抜リスト（ショートリスト）を作成する。

熱利用事業の場合は、構想段階ではボイラータイプを想定し、FS 段階ではボイラーシステムの仕様検討（基本計画）を作成する。

① 機器・技術の信頼性の確認

□ 導入予定の機器・技術について、実証ではなく商用ベースでの導入実績があることを確認したか？

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。バイオマスエネルギー変換設備の導入状況および技術の詳細は「第3部 2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識」を参照されたい。

FS事業者の検討：バイオマス蒸気ボイラーの導入検討①

智頭石油株式会社ではFSの際にきのこ使用済菌床および建築廃材を利用可能なバイオマスボイラーメーカーについて、8社を下表のように比較検討し、視察とヒアリングにより運転状況を確認した。ボイラーの選定にあたっては、ボイラー単体の初期コストだけでなく、土木建築の費用も合わせた総事業費全体を抑えられるメーカーを選定した。チップを受け入れるサイロ等を除き、ボイラー本体で地下が必要になるか否か、敷地面積だけでなくボイラー建屋の高さは抑えられるか等も勘案した。

表 2.4.3 バイオマスボイラーに関するヒアリング結果の概要

メーカー・代理店	提示されたボイラー仕様	コメント	原料種類・水分	視察/燃焼テスト	視察した施設	イニシャルコスト(ボイラー敷設)/敷地(※2)	その他
E社	1t/h×2基 0.98MPa	原料に菌床の実績あり	菌床/チップ 40%以下	○/×	1t/h(情報のみ)	提示された数値 190万円/12.5m×20m	視察は長崎県の温水ボイラー
F社	2.9t/h×1基 0.7-0.8MPa	受入設備、配管など見積対象外。	-	×/×	-	提示された数値 87万円/12m×13m	蒸気圧が不足。
G社	-	DSS(※1)には不向きと回答。	-	×/○	-	-	メンテナンス費の保証ができない。
H社	-	DSSには不向きと回答	-	×/○	-	-	24時間/日運転へ変更するべき。
I社	-	問合せせず	建廃チップ等 35-50%	○/○	4.8t/h×1基	視察した施設 不明/敷地広い敷地が必要	視察は秋田県のクリーニング工場
J社	-	問合せせず	建廃チップ、流木 20%以下	○/○	6t/h×1基	視察した施設 500万円(事業費)/敷地コンパクト	視察は北海道の食品工場
K社	3t/h×1基 0.98MPa	-	製材端材、建廃チップ等 35-50%	○/○	8.0t/h 貫流+煙管式	提示された数値 250万円/12.5m×21.5m 視察した施設 450万円 20m×18mコンパクト	視察は秋田県のクリーニング工場
ヤスジマ	3t/h×1基 0.98MPa	-	35%以下	○/○	2t/h×1基	提示された数値 135万円/7m×15mコンパクト	視察は北海道の製材所

(※1) DSS: デイリースタート・ストップの略。毎朝立上げて、毎夜下げる運転方法。24時間運転ではない運転方法。
(※2) 敷地の寸法は概算値で幅×長さを示す。

(出所) 智頭石油株式会社「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/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)」

表 2.4.4 バイオマスボイラーが導入された施設の事業概要とボイラー仕様

	視察先	場所	原料	チップ性状	形態	仕様	ボイラー建屋	イニシャルコスト
E社	温浴施設	長崎県(西海市)	製材端材 チップ	破碎チップ 40%(夏季)- 50%(冬季)	温水	50万 kcal/h×1基	-	総事業費1.0億円 土建5,000万円、 設備5,000万円
I社	クリーニング工場	秋田県(湯沢市)	建廃チップ、 枝材、端材 など	破碎チップ 35%~50%	蒸気	4.8t/h×1基	8m×15m×8m 地下あり(-2m)	-
J社	食品工場	北海道(帯広市)	建廃チップ、 流木チップ	破碎チップ 20%以 下、50mm×50mm	蒸気	6.0t/h×1基	19.2m×11m× 18m 地下なし	総事業費5.0億円
K社	クリーニング工場	秋田県(秋田市)	製材端材 チップ、建 廃チップ	破碎チップ 35%~50%	蒸気	8.0t/h (1t/h 貫流×4基+ 2t/h伊崎煙 管×2基)	5~6m×18m× 9m 地下なし	総事業費4.5億円
ヤスジマ	製材所	北海道(厚沢部町)	製材端材 チップ、建 廃チップ	破碎チップ 50%程度	蒸気	2.0t/h×1基	- (チップは手 動供給)	設備8,000万円
同上	見積書	-	建廃チップ、 菌床	破碎チップ35% 以下(菌床も含 む)	蒸気	3.0t/h×1基	7m×15m×8m 地下なし	総事業費2.35億円 設備1億3,500万円

注) ボイラー建屋及びイニシャルコストにおいて、「-」はヒアリング出来なかった。またボイラー建屋の寸法は概算値で幅×長さ×高さを示す。

(出所) 同上

FS 事業者の検討：バイオマス蒸気ボイラーの導入検討②

中部電力ミライズ株式会社および株式会社シーエナジーでは、NEDO の FS 事業において、飲料工場向けに、きのこ使用済菌床を主原料とするバイオマス蒸気ボイラーの導入を検討した。以下では蒸気ボイラーの選定に係る検討結果を示す。

本 FS では蒸気供給バイオマスボイラーについて、前項より 1.5t/h を容量としてメーカー比較を実施した。その際には、導入需要家の設置箇所状況や運用計画等を考慮して、以下の条件を満足する必要があるとした。

- ・ 条件 1：設置スペースへ設置可能
- ・ 条件 2：有資格者（ボイラー技士）が不要
- ・ 条件 3：低コスト

蒸気ボイラーメーカーの比較結果

蒸気供給バイオマスボイラーについて前項より 1.5t/h を容量として各メーカーにヒアリングを実施した。その結果を以下に記す。

表 2.4.5 蒸気供給バイオマスボイラー(1.5t/h のメーカーヒアリング結果)

メーカー	A 社	B 社	C 社	D 社	E 社
技士	不要	必要	不要	必要	必要
粉体対応	×	○	×	○	○
ブリケット対応	○	○	○	○	×
許容水分率	～30%W.B.	～25%W.B.	～53%W.B.	～30%W.B.	～45%W.B.
サイズ	10cm 以下	4cm 以下	20cm 以下	5cm 以下	1.5cm 以下
菌床経験	×	○	×	×	×
菌床対応	固形化すれば○	○	固形化すれば○	?	×
スペース	20m × 6m ⇒設置可	26m × 8m ⇒設置不可	13m × 8m ⇒設置可	15m × 12m ⇒設置可	?
効率	80%	70%	80～85%	75%	70%
概算機器費用	130 百万円/台	145 百万円/台	120 百万円/台	140 百万円/台	?

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「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/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」(NEDO)2021 年

上述の 3 つの条件への適合性について、条件 1 については、A, C, D, E 社 (B 社設置不可) が該当、条件 2 については、A, C 社 (D, E 社ボイラー技士必要) が該当、コストについては、A 社より C 社に優位性があるため、FS 時点では C 社を選択する結果となった。ただし、粉体での対応ができないため、燃料化の際に使用済菌床を成形 (固形化) することとなった。

蒸気供給バイオマスボイラーの導入検討

需要家で準備した設置スペースに対して、1.5t/h の蒸気供給バイオマスボイラー (C 社) を設置する場合、下図のような配置案となる。

一点鎖線内が配置スペースで、バイオマスボイラー一式および貯留サイロ、投入ホッパー、燃料投入スペース (ダンブアップスペース) を配置する。なお、設置スペース西面のみしか工場敷地内道路と接していないことも考慮している。蒸気供給バイオマスボイラーおよび貯留サイロ、投入ホッパー装置類は屋内設置が必要なため、建屋が必要となる。

また、本件においては、工場内に蒸気供給バイオマスボイラー専任のスタッフが常駐しないため、ダンブアップ可能な燃料投入設備とする必要がある。そのためには燃料サイロを掘削する必要があるが、掘削コストが高額なため、投入ホッパーのみを掘削し貯留サイロは地上置きとすることでコストダウンを図った。

なお、投入ホッパーおよび貯留サイロの容量に関しては、土日の燃料搬入不可であることから、燃料消費量の 3 日以上を確保する可能な限り大きい容量とした。

投入ホッパー	20m ³ (蒸気供給バイオマスボイラー 1 台時、2 台時共通)
貯留サイロ	130m ³ /台
燃料貯留容量	蒸気供給バイオマスボイラー 1 台時 150m ³ 蒸気供給バイオマスボイラー 2 台時 280m ³
菌床燃料条件	かさ比重 0.4t/m ³ 、燃料使用量 0.35t/h・台
燃料貯留日数	蒸気供給バイオマスボイラー 1 台時 $150\text{m}^3 \times 0.4\text{t/m}^3 \div 0.35\text{t/h} \div 24\text{h/day} = 7.1 \text{ 日 } (>3 \text{ 日})$ 蒸気供給バイオマスボイラー 2 台時 $280\text{m}^3 \times 0.4\text{t/m}^3 \div (0.35\text{t/h} \times 2 \text{ 台}) \div 24\text{h/day} = 6.6 \text{ 日 } (>3 \text{ 日})$

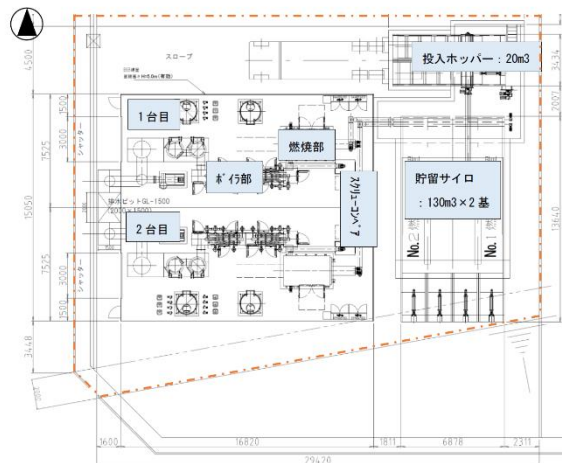


図 2.4.1 燃料貯留容量のスペック (左表) とバイオマス蒸気ボイラーの配置計画案 (右図)

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「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/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」(NEDO)2021 年

コストの検討結果

蒸気供給バイオマスボイラーのメーカー比較を実施し、設置条件をもとに検討し、蒸気需要家への設置に適するバイオマスボイラーを選定した。

需要家の蒸気需要が段階的に増え、バイオマスボイラーで賄うベース蒸気負荷が 1.5t/h から 3.0t/h へと増加する予定であるため、段階的に蒸気供給バイオマスボイラーを設置できるよう、1.5t/h 機器を最終的に 2 台設置できるよう計画した。

そのため、容量が 2 倍になるにしたいが、イニシャルコストも 2 億 4 千万円から 4 億 7 千万円と約 2 倍で、蒸気量当たりのイニシャルコストは同等となる。3t/h となってもスケールメリットは期待できない結果となった。

表 2.4.6 蒸気供給バイオマスボイラーの概算コスト

	1.5t/h蒸気バイオマスボイラ1台		1.5t/h蒸気バイオマスボイラ2台	
投資コスト				
設計費	5,000	千円	5,000	千円
燃焼部 (付属品含む)	71,397	千円	142,794	千円
ボイラ部 (付属品含む)	70,789	千円	141,578	千円
試運転調整費	1,186	千円	2,372	千円
工事費	71,628	千円	143,256	千円
小 計	220,000	千円	435,000	千円
土木・建築費	16,859	千円	31,672	千円
合 計	236,859	千円	466,672	千円
メンテナンスコスト	2,423	千円/年	4,846	千円/年

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「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/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」(NEDO) 2021 年

実証事業者の検討：熱風炉燃焼方式の選定

昭和化学工業株式会社岡山工場の製造工程は、水分を70%から数%まで低減させ挟雑物を分離する乾燥工程、水分を0%まで低減させ有機物を焼成する焼成工程、粒度別に分級し製品として包装する後処理工程で構成されている。原料投入から全工程を経て製品になるまで閉鎖空間で空気輸送を行う方式を採用しており、工程内のヒートバランス、風量バランスが製造量および製品品質に影響を及ぼす。

NEDOの実証事業では、既存設備のLNG熱風炉に並列でバイオマス熱風炉を設置し、製品への木質バイオマス由来の灰混入を防止するため空気への熱交換を行い、その熱風を工程へ吹き込む構造とした。それらの1つ1つの項目が工場全体の製造に影響することから、最適な稼働条件、バランスを研究することが必要であった。

バイオマス熱風炉は国内外のメーカーを検討した結果、バイオマス原料の水分増加に対して一番対応可能な、オーストリア製の階段式ストーカー炉を選択した。熱交換器は高温の燃焼ガスを外気に熱交換するプレート式の国内製品を採用した。下図に製造フロー図を示す。

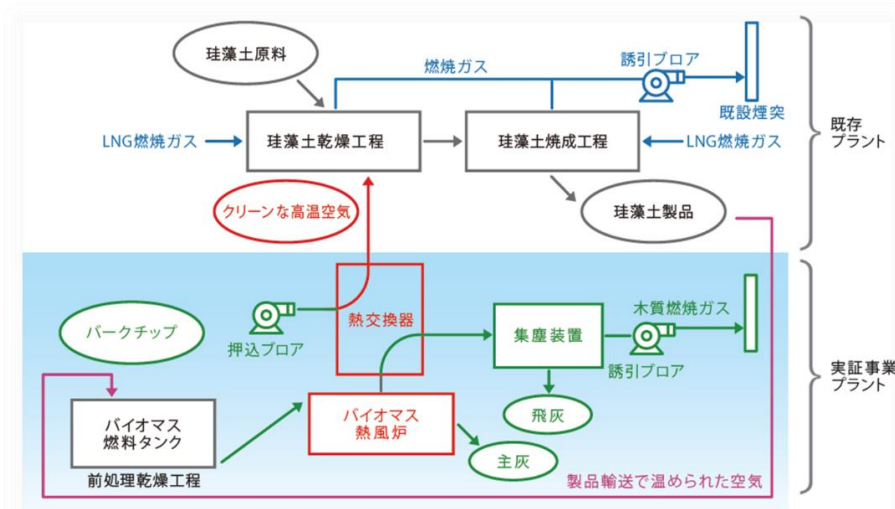


図 2.4.2 昭和化学工業株式会社（岡山工場）の製造フロー図

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

既存のLNGによる熱エネルギー供給の一部をバイオマス燃料に転換する計画に際して、乾燥工程が問題なく稼働し、システムにも問題が生じないバイオマス燃料への転換量とする必要があった。乾燥工程の所要熱量に対して、どの程度バイオマス熱風炉から熱供給するか、計画供給熱量を検討し、乾燥工程熱量の30%をバイオマス熱風炉に置き換える計画とした。

実証事業実施中の昭和化学工業株式会社岡山工場の珪藻土製造ラインは、バイオマス熱風炉設置後も製造されたものは全て製品となる。このため、不測の事態によりバイオマス熱風炉からの熱供給が停止した場合でも、LNG熱風炉だけで製品製造が継続できる設計とすることを前提条件とした。また、珪藻土製造ラインでは、各工程の余熱を含んだ空気を循環させ熱効率向上を図っているため、バイオマス熱風炉設置後もこれらのシステムは維持することとした。

パーク等を利用することで、発電所燃料と競合しにくい木質バイオマスの原料調達を行う計画から、低エネルギーのバイオマス燃料に実績のある燃焼炉を調査した。燃焼方式としてはストーカー炉、流動層炉、回転炉について比較検討した。既設の工場設備に追加設置されることから、装置の大きさは配置スペースの柔軟な対応を考慮する必要があり、重要なファクターであった。検討結果を次表に示す。

表 2.4.7 各燃焼炉の比較

検討項目	ストーカー炉	流動層炉	回転炉
装置大きさ	◎	×	○
バークチップ対応	◎	◎	×
燃え残り	○	○	△
近隣導入実績	◎	△	○
コスト	○	△	○
熱交換実績	◎	◎	×
総合評価	◎	△	×

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

総合評価は、ストーカー炉が最も高く、燃焼ガス熱交換による熱風炉への対応の評価も高いことから、燃焼炉はストーカー炉と決定した。

<海外製品を利用する場合>

□ 海外製品を利用する場合、日本への輸入のルートは想定できるか？

海外製品を導入する場合、メーカーの日本法人、輸入代理店からの調達、また現地メーカーから直接調達するケース等が想定される。

代理店からの調達、また輸入手続きを代理人等に委託するような場合には、相手国の商慣習や関連の法規制等への理解を有している業者を選定する必要がある。また導入段階だけではなく、メンテナンスやパーツの調達等のアフターサービスの対応力やそのためのエンジニアリング能力、ネットワークを有するかも確認する必要がある。FIT 施行後、特に欧州をはじめ海外からガス化発電設備等の国内への導入が相次いでみられるが、輸入業者のエンジニアリング面のスキルの欠如、アフターサービスの対応力不足等により運用後にトラブルが発生しているケースや建設段階で事業頓挫となっているようなケースも発生している。

バイオマス関連機器は、再生可能エネルギー先進地域である欧州から輸入されているものも多い。国内外の展示会等で日本の代理店の有無を問い合わせる、あるいはインターネット等でメーカーに直接問合せする、といった方法で輸入窓口を確認することができる。あるいは、エンジニアリング会社が技術提携し直接輸入するケースもある。

日本国内に代理店があることが最善であるが、代理店がない場合は輸入商社を介するか、メーカーと直接やりとりをすることとなる。直接やりとりをする場合、運賃、保険料、また契約完了の地点などを明確に定義したインコタームズ（貿易取引条件とその解釈の国際規則）について、きちんと双方で合意をしておかなければ、予期せぬトラブルや追加の費用負担が発生することになる。その意味で、直接のやりとりの際は海運貨物取扱業者等を仲介することが望ましい。

<熱分解ガス化設備の場合>

□ 海外製品の場合、使用予定燃料のサンプル品を提示して海外メーカーの了解を得られているか？

日本国内に生育し、その賦存量および蓄材量の多さからバイオマスエネルギーの燃料として利活用されている**スギは日本固有種**である。また、同じくバイオマス燃料としてよく用いられるカラマツも日本の固有種として分類される。欧州でバイオマス燃料として利用されることの多い樹種であるトウヒ（英名：spruce）などに比べると日本国内のバイオマス資源は性状が異なることも多く、したがって加工性や燃焼性が異なってくることも想定される。

海外で開発されたバイオマス機械は**海外の木材の材質に最適化**されているため、国内に導入した際に想定外のトラブルを引き起こすことがある。また、バイオマス燃料材そのものの性状に加えて、**出材や貯木の環境の影響を受ける**場合がある。例えば、ダスト分や灰分（バイオマス燃料材が含有するカリウム等のアルカリ金属類、または土、砂礫由来のもの）が設備トラブルを引き起こすといったものである。具体的な事例としては**スギペレットのクリンカ発生**によって連続運転ができなくなった例や、チップのメーカー推奨水分率（15%以下）が**実際には7%以下**でないと仕様性能が発揮出来ない事例などがある。

実際に用いる予定のバイオマス燃料材については、計画の早い段階で CHP またはバイオマス機械メーカーに成分分析と実サンプルを提示し、**加工性や燃焼性の確認と、希望する製品で問題なく稼働できることを確認**し、相互に了解を得ておくことが重要である。可能ならば、**実際に事業で使用する予定の木材で実際に試験**しておくことが望ましい。

② 設備・技術の検討

- 特定の技術を前提とせず、利用可能な原料・燃料および燃料とエネルギー利用の観点から候補技術が選択されているか？

前述のとおり、木質バイオマスに係るエネルギー変換技術は複数の選択肢があり、それぞれ利用可能な原料・燃料の性状および利用量が異なる。したがって、特定の技術を前提として計画を進めると、**実際にその技術が要求する性状の原料・燃料を調達できず、安定運転を実現できない可能性がある**。主なエネルギー変換設備の特徴と利用可能な燃料を以下に示す。重要なことは**技術そのものに注目するのではなく、調達可能な原燃料（“入口”）の種類と性状、並びにエネルギー需要（“出口”）に注目してシステムを検討**することである。各技術の詳細は「**第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。

BTG（ボイラー・タービン発電設備）

木質チップやペレットを直接燃焼し、ボイラーで生み出した蒸気のみでタービンを回転させて電力を発生させる技術で、日本のバイオマス発電所のほとんどがこの技術を採用している。燃料の許容度は大きい一方、2MW 以下の小規模では発電効率が 20%を下回る水準まで落ちるため、5MW 以上が一般的である。

ORC（オーガニックランキンサイクル）

沸点が水より低い高分子有機媒体を蒸発してタービンを回転させる技術で、熱利用が盛んな欧州で 300 を超える実績がある。燃料の許容度が大きく竹やバークも対応できる一方、熱発生量が大きい相応の熱需要先の確保が必須になる。

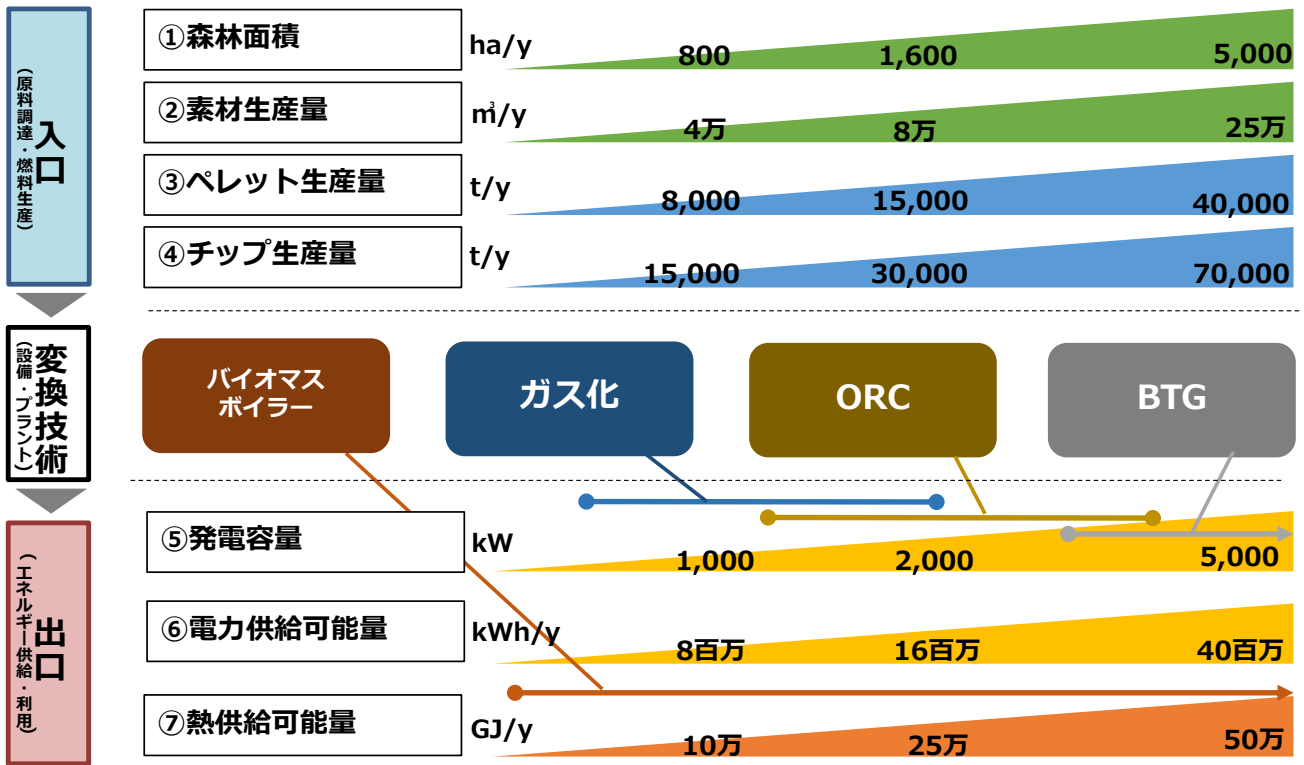
熱分解ガス化

木質チップまたはペレットを熱分解・還元反応によりガス化し、そのガスを燃料として発電を行う技術である。小規模でも比較的高い発電効率が得られるが、燃料種や水分に非常にデリケートなため、チップ/ペレットの形状や水分率等の品質の安定確保が最大の課題となる。

表 2.4.8 エネルギー変換設備毎の利用可能なバイオマス原料の例

	発電のみ(中/大規模)	熱電併給		熱利用・供給	
	BTG(ボイラー・タービン発電設備)	ORC	熱分解ガス化	バイオマスボイラー	木くず炊きボイラー
山林未利用材	○	○	△ 水分率 20%未満	△ 水分率 40%未満	○
製材工場残材	○	○	△ 水分率 20%未満	○	○
建築廃材	○	○	×	○	○
バーク	△	○	×	△	○
竹	△	○	×	×	○

(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



注) ①: ②の丸太生産量を間伐で生産する場合に必要な森林面積。1haあたりの間伐による丸太生産量約50m³/haを想定。
 ②: ④のチップ生産量に対する必要丸太量目安。丸太の体積(m³)→重量(t)換算係数は0.5t/m³、丸太(t)→チップ(t)歩留まり約9割を想定。
 ③: ⑤の発電容量に対する必要ペレット利用量目安。熱量16MJ/kgを想定。
 ④: ⑤の発電容量に対する必要チップ利用量目安。生チップ含水率50%、熱量8.2MJ/kgを想定。
 ⑥: ⑤の設備容量に対する電力供給量の目安。1,000kWはガス化の発電効率として24%、2,000kW、5,000kWはBTGの発電効率としてそれぞれ18%、23%を想定。年間7,920時間フルロード運転稼働を想定。
 ⑦: ④のチップ生産量に対するバイオマスボイラー(熱効率80%)利用時の熱供給可能量の目安。

図 2.4.3 (再掲) 燃料・エネルギー規模と技術の目安 (図中の数字は概算値)

(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

コラム：日本とドイツの発電技術選択状況

ドイツでは FIT に熱電供給 (CHP) が義務づけられており、日本のような発電単独のバイオマス発電はほとんど存在しない。発電出力が 2,000kW 未満となると発電効率の観点から蒸気タービンではなく、ガス化発電や ORC ユニットが適切である。

国内においても熱利用までを見据えた地域資源のガス化発電設備が徐々に検討されている状態にあるが、ドイツでは 600kW~2,000kW 未満では熱効率の高い ORC が選択され、より小規模の発電出力ではガス化発電が選択されている傾向にある。

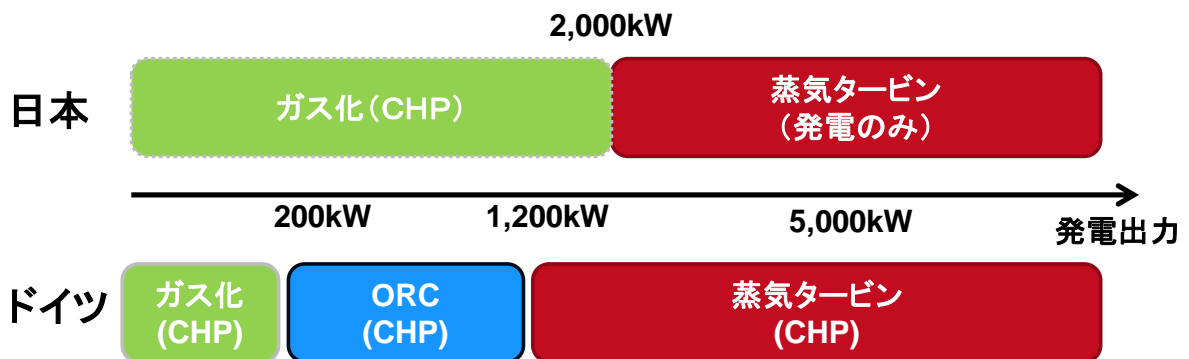


図 2.4.4 日本とドイツの発電規模別の技術選択状況

(出所) 株式会社バイオマスアグリゲーション提供資料

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 2.4.9 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（プラントスペック、規模選定）		
①	システムの基本計画策定	想定するエネルギー供給が可能な技術を比較検討したか？	
		燃料の成分、塩素やシリカ分、アルカリ金属、灰分、水分を踏まえた適切な技術・機器選定がされているか？	
		建屋やサイロは土木建築費やハンドリング等も踏まえた適切な仕様、レイアウトとなっているか？	
		発生する燃焼ガスの性状に応じて、排ガスの処理装置等の検討がなされているか？	
		<熱の自家消費、外部供給の場合> 熱需要にあわせて供給熱量を制御できるシステムになっているか？	
		<熱利用ボイラーまたは熱分解ガス化の場合> 熱需要のピークに合わせて無理に過大な規模が選定されていないか？	
		<熱利用ボイラーの場合> 複数設備の設置による導入パターンも検討したか？	
		既存の設備システムの設計・敷設状況・制御方法などは正確に把握できているか？	
		既存の設備との効果的な併用方法を踏まえて、適切な接続・制御の設計がされているか？	
		<熱の外部供給の場合> 熱供給先への販売熱単価は妥当か？異常に高い設定になっていないか？	
②	設備機器・メーカー選定	特定の設備やメーカーを前提とせず、事業内容、特に地域で調達可能な燃料に合致した選択をしているか？	
		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？）	
		国内での商用実績およびメンテナンス性も確認したうえで設備選定を行っているか？	
		国内での商用ベースでの導入実績・長期安定稼働実績のある機器か？	
		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？	
		運転管理の際のメンテナンスのしやすさも考慮した設備選定を行っているか？	
		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？	

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？	
		＜熱分解ガス化の場合＞ タールの発生に対して適切に対処できているか？	
		＜海外製品を利用する場合＞ 事業内容や地域特性、法律への対応を考慮して採用しているか？	
		＜同上＞ 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、道路運送車両法等）	
		＜同上＞ 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？	
		＜海外製の熱分解ガス化設備の場合＞ 年間設備利用率（発電量）の実績、国内樹種との相性を確認したか？	
		＜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？	
		＜同上＞ 国内樹種との相性は実験などを通じて確認済みか？	
③	燃料の受入・貯蔵システムの検討	燃料の搬入、施設での運転パターンを踏まえた適切なサイロの規模が設定されているか？	
		搬入時の粉塵発生に対する設備対応や近隣対策は考えられているか？	
		適切な燃料受入・貯蔵の装置設計されているか？（燃料供給輸送装置、燃料貯留装置、燃料投入装置）	
		搬送系および貯蔵システムにおける燃料中の水分率の増加や微粉化に適切に対処できているか？	
		＜熱分解ガス化の場合＞ ガス化発電の高品質燃料の貯蔵に際しては、貯蔵段階で周辺空気の湿分の影響を受けて、水分が高まるような設計となっていないか？	
		＜同上＞ ガス化発電の高品質燃料は貯蔵段階で設備の排熱を生かした予備乾燥もできないか？	
		＜特にペレットの場合＞ 貯蔵システム前後の搬送系で微粉化してしまうような機器構成・構造の搬送方法になっていないか？	
④	設備・工事発注スキームの検討	設計・工事の発注の場合の大まかな仕様と発注方式は明確になっているか？	
		設備の設計・発注・建設は EPC 契約とするか、分離発注とするか、について明確になっているか？	

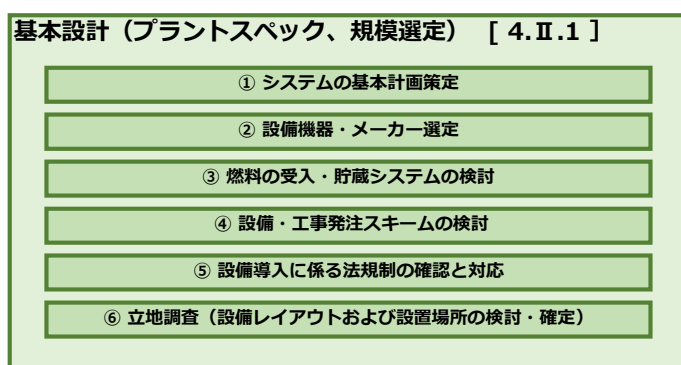
項番号	実施事項	留意事項	チェック
		<p><分離発注の場合> 契約書において契約不適合責任や免責事項が明確になっているか？</p> <p>工事時の搬入経路、アクセスは検討したか？ 機器の分割サイズは適正か？</p> <p>設計・工事の発注の場合の大まかな仕様は固められているか？</p> <p><主に自治体主導の事業の場合> 単なる価格競争ではなく、バイオマス利用設備の設計への正しい理解のある企業主体が受注するための発注プロセスが検討できているか？</p>	
⑤	設備導入に係る法規制の確認と対応	採用するエネルギー変換設備に必要な法規制に対応できているか？	
⑥	立地調査	<p><新規のプラントを建設する場合> 自然条件、自治体や住民の対応、リスク有無、原材料確保および用地費等で適地であるか？</p> <p><発電事業の場合> 発電機、冷却設備の規模に応じた用水の確保が可能な用地であるか？</p>	

4.Ⅱ.1 基本設計（プラントスペック、規模選定）

FS 調査が進み、2 章および 3 章で検討した原料・燃料調達およびエネルギー利用等のシステムが概ね明確化し、一定の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。

まず、要素技術の選定として、ボイラーや発電設備などのエネルギー変換技術、並びに付帯設備を検討する。そのうえで、フローシート（プラントの各種設備、プロセス全体を図示したフロー図）や設備の配置図、メーカーへの発注仕様書を、事業者あるいは事業者の依頼したコンサルタント等が作成する。そのうえで、設備および工事に関する発注方法（EPC 一括発注、分離発注など）を検討する。

なお、分離発注は EPC 一括発注に比べ、調達コストが軽減できる傾向があるが、その分、全体を調整するエンジニアリング能力が必要となる。またいずれの場合にも、想定される仕様が事業目的に即して十分な機能を持つものとなっているか、必要に応じ専門家の助言を得つつ、事業者自らが確認しておくことが必要である。



① システムの基本計画策定

□ 想定するエネルギー供給が可能な技術を比較検討したか？

採用するエネルギー変換技術の中でも、複数のエネルギーの供給方法および運転方法の選択肢があるため、FS 段階の基本設計ではこれらを比較検討する必要がある。

例えば、**熱利用ボイラーの場合**、「固定床で断続運転」か、その他の技術、運転タイプか、について様々な選択肢があり、こうした具体的な選択肢を整理する。熱負荷が日中に限られる場合には断続運転タイプのボイラーが望ましいが、夜間も含めて昼夜一定の負荷がある場合には階段式ストーカーの連続運転タイプのボイラーの導入も可能なため、比較して検討することが望ましい。

その他、熱利用ボイラーの導入の際には、活用する燃料の性状（燃料種、原料、水分、サイズ等）や熱需要の規模、需要形態（季節変動、時間変動等）、有資格者の選任の有無、設置場所のスペースや採算性から総合的に判断して、技術選定を行う。エネルギー供給方法や運転方法を含む、各技術の詳細は「**第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。

□ 燃料の成分、塩素やシリカ分、アルカリ金属、灰分、水分を踏まえた適切な技術・機器選定がされているか？

バイオマス燃料中の含有成分や水分は、設備機器の運転不具合を引き起こす要因となることに留意する必要がある。例えば、**アルカリ金属類が多い場合**は炉内で**クリンカが発生**し、**塩素や硫黄が多い場合**は**腐食が生じる**。また、**灰分が多い場合**は**灰だし装置の仕様に影響**することがある。その他、きのこ使用済菌床など一般的なバイオマスに比べて**熱量が低い原料を混合して利用する場合**は、**当初想定していた必要燃料量が変わる**場合もある。

このような事態を避けるため、**使用予定バイオマスの成分分析は必ず実施し、熱量、CHN の組成、塩素やアルカリ金属類含有量の大小、さらに可能ならば灰の融点（軟化点、溶融点、流動点）を把握しておくことが重要である。**

コラム：バイオマス燃焼時のクリンカとその対策

燃焼プロセスにおいて、原料の灰の融点が低い場合に、灰の一部が溶融あるいは粘着性を持つことで付着性が増し、他の灰と塊を作る。これがクリンカと呼ばれている。竹を燃焼するとクリンカを生成して、継続燃焼を阻害する要因となることはよく知られている。



図 2.4.5 クリンカの概観

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

また炉内でクリンカとして成長しない場合でも、粘着性を持つ燃焼灰が飛灰として排ガスと共に飛散し燃焼炉の後段にあるボイラーの熱交換器など付着する。前者は燃焼空気を供給する火格子を閉そくさせ、空気が遮断されることで燃焼継続が不可能となる。後者は熱交換器上で成長して灰付着層を形成し伝熱を阻害するファウリングを引き起こす。

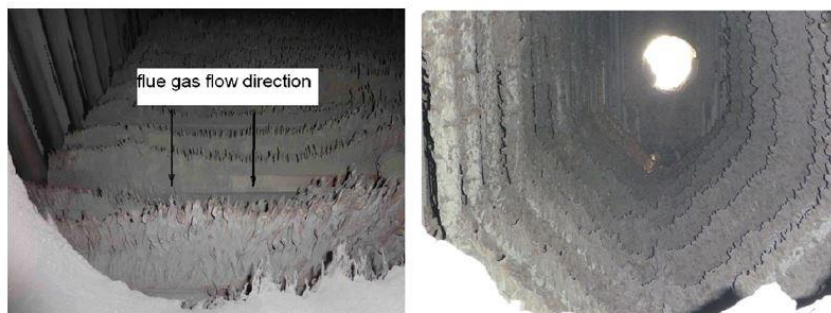


図 2.4.6 灰付着層の形成イメージ

(出所) Q.H. Li, Y.G. Zhang, A.H. Meng, L. Li, G.X. Li "Study on ash fusion temperature using original and simulated biomass ashes", Fuel Processing Technology 107 (2013) 107-112

クリンカの生成しやすさに影響を与えるのは低融点の Na や K 分と言われており、バイオマスは石炭に比べて灰中のこれらの含有量が一桁多い。特に草本系バイオマスは木質系バイオマスに比べて灰分量そのものが 10 倍以上多い上に K 分の含有量も 10 倍～20 倍と高い。すなわち草本系バイオマスの K 分の総量は木質系のそれと 2 桁も違うことになる。中でも竹の K 分の量は草本系の中でも際立って多い。竹の燃焼が難しいと言われる理由である。

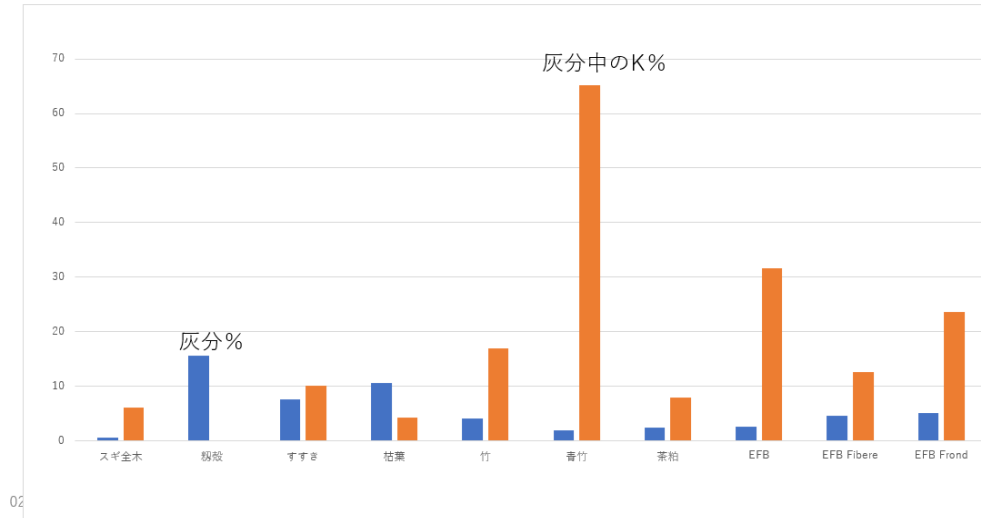


図 2.4.7 草本系バイオマスの灰分割合と灰分中の K の割合

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

さてクリンカの生成を防止するには、この K 分の含有量を下げることができない。株式会社日立製作所らはバイオマスを洗浄することで水溶性である K 分を洗い流し竹バイオマス中に含まれる K 分を下げることに成功している²⁸。実証事業者であるバンブーエナジー株式会社では他の K 分の少ない他のバイオマスと混ぜることで K 分の総量を下げた。この際、何を混ぜるかがポイントであるが、K 分が少なく、灰中に融点の高い CaO を多く含むバークに着目した。バークは廃棄されているものが多く安価に手に入れることが可能なことも理由の一つである。

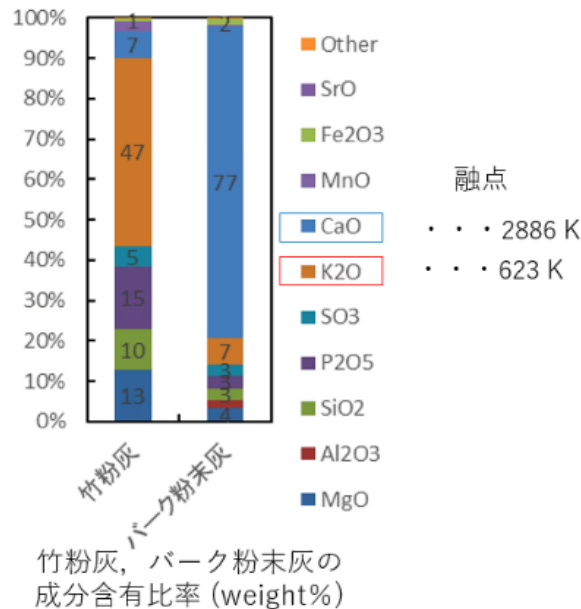


図 2.4.8 竹粉灰、バーク粉末灰の成分含有比率 (重量%)

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料、大久保翔平「竹—バーク混焼過程におけるクリンカーの生成に関する研究」山口大学工学部機械工学科平成 27 年度卒業論文 (2016)

²⁸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 竹改質による燃料化の事業性評価(FS)

またファウリング防止のために融点の高い添加剤を加えるという手法が、石炭火力発電で用いられている。この場合は添加剤としてアルミナ系の化合物が多く使われている。宮崎県串間市の木質ペレットガス化発電所ではスギペレットに水酸化アルミナを添加することで、炉内クリンカ生成の問題を解決している²⁹。

一方、クリンカが生成しても成長させなければ良いという考え方もある。動かない固定の火格子上で燃焼させるとどうしても残留した灰同士がくっつき、灰が火格子下に落ちずにクリンカが成長する。

しかしストーカーなどの稼働火格子上で燃やせば、クリンカの成長をある程度防ぐことができる。写真はバンブーエナジー株式会社で、竹の割合をバークの4倍で増やしたときの炉床灰であるが、クリンカは親指大〜こぶし大のサイズである。現地ではクリンカの卵と呼んでいるがこの程度の大きさであればクリンカが燃焼を阻害することはない。



図 2.4.9 バンブーエナジー株式会社実証事業におけるバーク 2 割竹 8 割燃焼時の炉床灰

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

□ 建屋やサイロは土木建築費やハンドリング等も踏まえた適切な仕様、レイアウトとなっているか？

施設内でのバイオマス燃料の動線、経路が長いとマテリアルハンドリングトラブルの可能性が高まる。国内のバイオマスエネルギー施設で発生するトラブルの約 7 割はマテリアルハンドリング絡みと言われている。

マテリアルハンドリングトラブルの要因は、バイオマス燃料のサイズのばらつきが影響することが多い。そのため、例えば国内で普及しつつあるオーストラリア ETA 社のボイラーのように、一定のサイズ以上の燃焼を受入直前に自ら裁断する装置を備えた設備も存在する。

なお、上記のようなバイオマス燃料の所内移動の効率性、従業員のハンドリング、建設費用などを踏まえた最適な設計は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。

サイロ設計に関する留意事項は「**4. II. 1 基本設計（プラントスペック、規模選定）** ③ **燃料の受入・貯蔵システムの検討**」（391 頁）を参照されたい。

²⁹ 林野庁地域内エコシステム成果報告書 <https://www.jwba.or.jp/woodbiomass-ecosystem-kaihatsu/2019/>

実証事業者の検討：燃料ハンドリングトラブルを防ぐウォーキングフロア設計

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社の ORC 熱電併給設備は、①燃料を投入する為の燃料棟、②燃料を燃焼する為の燃焼炉、③燃焼時に発生した廃熱を回収するサーマルオイルヒーター、④熱媒油の熱エネルギーを用いてシリコンオイルで発電する ORC 熱電併給設備から構成される。このうち、①のバイオマス燃料棟については、燃料の竹とパークはウォーキングフロアとよばれるサイロに貯留し移動式の床を使うことで、バイオマス燃料を安定的に切り出すことを可能にしている。

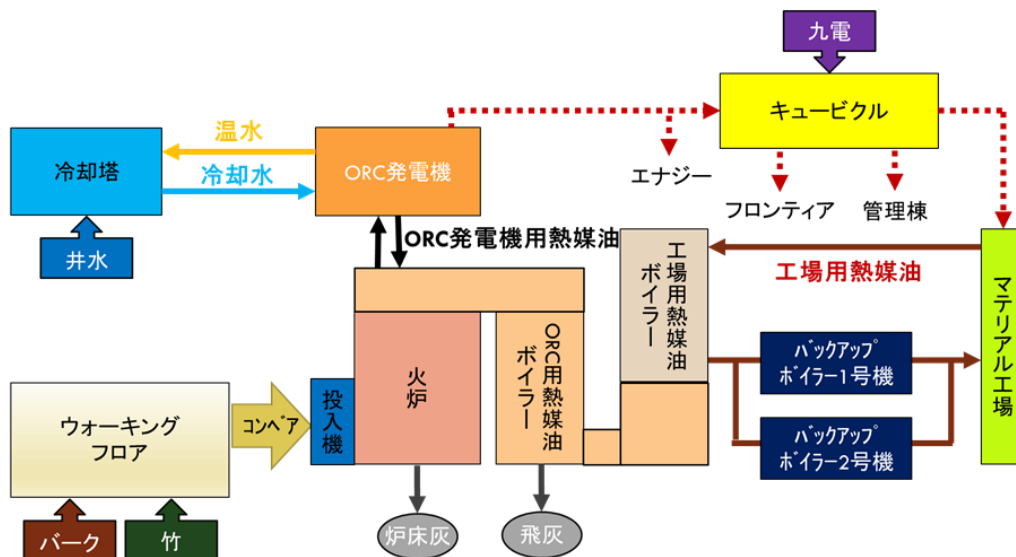


図 2.4.10 バンブーエナジー株式会社のプラントモデル図

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

バイオマス燃焼炉入口の燃料投入機でバイオマス燃焼炉の要求に応じて投入量を自動制御する。燃料投入機内部には特殊な燃料カッティング機能を備え、原料の詰まり、閉そく、ブリッジを防止する構造となっている。

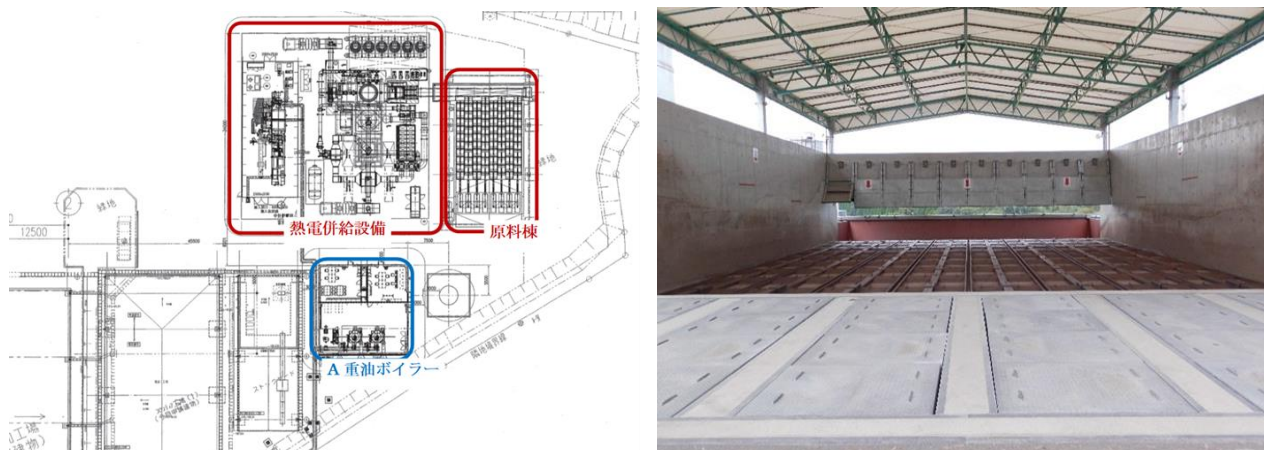


図 2.4.11 バンブーエナジー株式会社のプラントレイアウト図 (左)、ウォーキングフロア (右)

(出所) 同上



図 2.4.12 バンブーエナジー株式会社の燃料投入機内部（左）、カッティングの刃（右）

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

□ 発生する燃焼ガスの性状に応じて、排ガスの処理装置等の検討がなされているか？

バイオマス燃料の種類（廃棄物系かそれ以外か）によって発生する排ガス性状が異なるため、それぞれに適した排ガス処理装置を導入する必要がある。バイオマス燃料・成分に対して必要な排ガス処理装置の例は以下のとおりであり、事業内容によって適切な装置を選択する。

表 2.4.10 バイオマス燃料・成分に対して必要な排ガス処理装置の例

燃料種／含有成分	排ガス処理装置の例
廃棄物系燃料の場合	バグフィルターやマルチサイクロン、電気集塵機(コスト高い)など
窒素を多く含む燃料(牛ふん、鶏ふんなどの動物性バイオマス)	脱硝装置
塩素を含む燃料(鶏ふん、竹)	ダイオキシン対策としてのバグフィルター
ヒ素、銅など防蟻剤を含む古い建築廃材	バグフィルター
石膏ボードを含む燃料	脱硫装置
塩化ビニル系の壁紙	ダイオキシン対策としてのバグフィルター

(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

<熱の自家消費、外部供給の場合>

□ 熱需要に合わせて供給熱量を制御できるシステムになっているか？

熱電併給の場合、FIT 制度を利用する事業者では電気の需要に合わせて発電機器の能力を決めることが多いため、基本的には供給熱量は一定となる。そのため、熱需要に合わせて供給熱量を制御することが難しく、施設内あるいは隣接地で熱利用をし、**余剰分を放熱している**ケースが多い。

設備の熱出力は一定である一方で、熱需要は必ず変動するため**余剰熱を処理できないと設備は停止**する。このような事態を避けるため、一般的には**クーリングタワーなど熱を捨てることのできる装置を具備**することで対処する。クーリングタワーを導入する場合、**熱需要がゼロの場合も想定し、すべての発生熱を捨てることのできる規模**にする必要がある。

なお、**BTG の抽気タービンで蒸気を熱供給する場合**は、定格発電時の抽気蒸気を最大熱供給量として、熱供給先の熱需要変動に対して余剰蒸気の処理ができる制御システムを付けることで供給熱量を制御できるが、コストが増大する課題がある。

一方、**バイオマスボイラーによる熱利用の場合**は、**蓄熱タンクとの組み合わせ**である程度供給熱量の制御が可能である。導入先の熱需要のパターンによっては、1 日の中で集中した熱需要が発生していることがあるが（例：温浴施設による早朝の湯張り等）、**最大の熱需要に合わせてバイオマスボイラーの能力を決めると設備投資額も過大**になってしまう。そのため、通常は熱需要のピーク時には蓄熱タンクとの併用で対応するように設計される場合が多い。蓄熱タンクとバイオマスボイラーの能力選定については、メーカーやコンサルタントと導入先の熱需要パターンにあったシステム設計をして決めることが望ましい。

<熱利用ボイラーまたは熱分解ガス化の場合>

□ 熱需要のピークに合わせて無理に過大な規模が選定されていないか？

□ 複数設備の設置による導入パターンも検討したか？

上述のとおり、熱需要に対して過大な規模のボイラーに投資してしまい事業性の悪化を招いたケースが多数存在するが、このような場合、同時に**低負荷運転によるボイラー劣化も引き起こしている**ケースが多い。上述のとおり、熱需要のピークに合わせてボイラー規模を選定するのではなく、ボイラー台数の工夫や蓄熱槽の組み合わせ、並びに断熱材や運転方式によりピークカットしたうえで適性な規模を選定することが重要である。

ボイラーの複数台設置による制御

バイオマスボイラーは化石燃料ボイラーと比較して熱需要の変動に対する柔軟な運転が難しくピーク需要に合わせたボイラー規模を選定すると余剰な熱を生み出してしまうことがある。

熱需要に対し柔軟な運転をするために、**小型のボイラーを複数台設置**し需要に合わせて各ボイラーのオン／オフを切り替える方法も有効である。または、蓄熱槽を設けることでバッファを確保する方法も有効である。さらにピーク時に**化石燃料ボイラーを併用**して熱供給する方法も有効である。ボイラーの複数台設置の詳細およびその他の制御方法の詳細は「**3. II. 1 ② 既存エネルギー設備の運用実態調査**」（328 頁）を参照されたい。

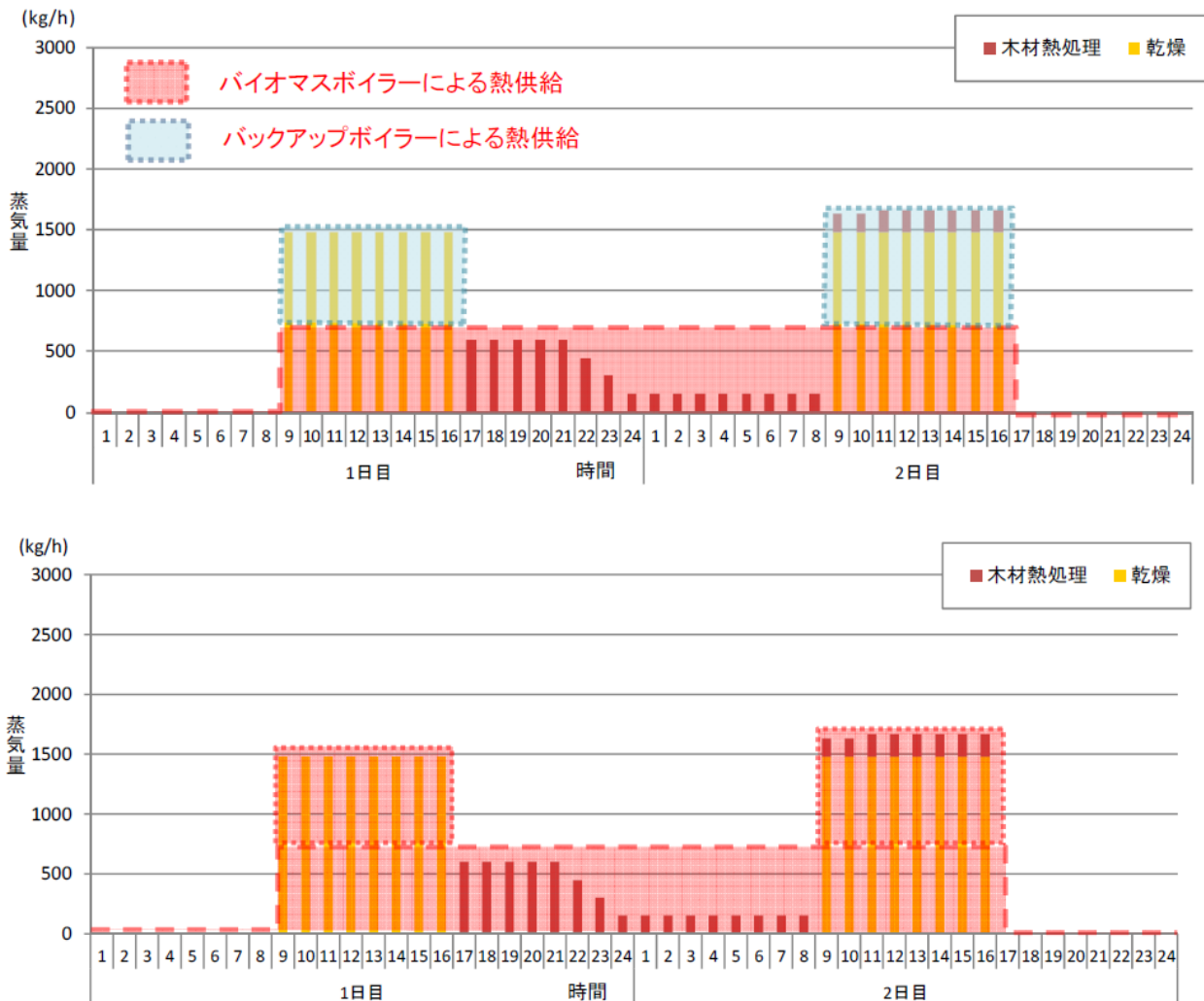


図 2.4.13 (上) 重油ボイラー併用ケース、(下) バイオマスボイラー複数台制御ケースの概念図

(出所) 長野森林組合「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 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)」(NEDO) 2016 年

- 既存の設備システムの設計・敷設状況・制御方法などは正確に把握できているか?
- 既存の設備との効果的な併用方法を踏まえて、適切な接続・制御の設計がされているか?

既存の施設へのバイオマスボイラーの導入を行う場合には、ボイラー等の熱源設備の仕様や運用状況だけではなく、既存の設計図書および現場確認により、**配管、タンク、ポンプ、バルブ等付帯設備も含めた既存のシステム構成、仕様や設計、運転・制御方法等についても正確に把握**したうえで設計を行う必要がある。

既存事例で直面した課題

また、これまで利用してきた**化石燃料ボイラー等の既存の設備を併用する場合**（熱需要ピーク時やバイオマスボイラーの点検時、トラブル時等のバックアップ）として併用するには、バイオマスボイラーを**効果的に運用するための制御システム等について適切な設計が必要**となる。

例えば、ある事例では既存の灯油ボイラーとの併用を想定して新たにチップボイラーを導入したが、チップボイラー導入後の灯油削減量が計画値とは程遠く、効果が得られなかった。要因として、チップボイラーおよび循環ポンプの起動の制御が灯油ボイラーと同じタイマーで同時スタートの設定となっており、またチップボイラーの負荷追従性をカバーするバッファがなかったことが明らかになった。

同事例では対策としてボイラー、循環ポンプの発停の制御をチップボイラー優先に組み替え、また蓄熱タンクを新たに導入したことで、灯油ボイラーの稼働時間が低減され、灯油消費量の大幅な削減が達成された。

<熱の外部供給の場合>

□ 熱供給先への販売熱単価は妥当か？ 異常に高い設定になっていないか？

外部に熱供給を行う際の販売熱単価の検討においては、バイオマスの持つ熱量からボイラー効率を考慮し、実際に化石燃料と同じ熱量を得るのに要したバイオマス由来熱の価格を算出する必要がある。そのうえで、購入者にメリットがもたらされる価格を設定する。

熱供給先候補がバイオマス由来の熱を購入する動機を与えるための最も一般的なアプローチとしては、**化石燃料による熱単価を下回るバイオマス熱単価で販売する**方法が挙げられる。化石燃料の価格変動にもよるが、一般的には**灯油や重油によって生み出される熱の単価は 9～10 円/kWh** 程度である。これに対し、バイオマスの持つ熱量からボイラー効率を考慮し、実際に化石燃料と同じ熱量を得るのに要したバイオマスの価格が **9 円/kWh を下回らなければ購入者にメリットがもたらされない**ことになる。国内の既存の熱供給事例を鑑みると、目安としては、5～6 円/kWh 程度であれば、熱供給先への熱販売単価は妥当であるといえる。

ただし、必ずしも化石燃料単価とバイオマス燃料単価との競争ではなく、**再生可能エネルギーや地域資源の有効活用としての価値を考慮し**、固定費や維持管理費も含めた**事業期間のトータルのコストを比較**したうえで、熱供給先への効果を検討することが重要である。

FS 事業者の検討：地域熱供給設計における日本とオーストリアの比較

FS 事業者である一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会は「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）」の中で高知県馬路村における地域熱供給のFSを行っている。ここではオーストリアの技術者による熱供給の概略設計と国内2社（A社、B社）による概略設計のコスト等の比較を整理しており、本検討で得られた①～⑥の示唆を以下に示す。

①オーストリアでは、地域熱供給のイニシャルおよびランニングコストの低減のため、過大とならないようなボイラー規模の選定、ボイラーに負担を掛けない熱供給のあり方が整理されている。

表 2.4.11 日本とオーストリアの木質バイオマス設計の比較

木質バイオマスボイラー	オーストリア技術者提案	A社	B社	配管	オーストリア技術者提案	A社	B社
ボイラー1台当たりの出力	150kW	90kW	120kW	総延長	310m	930m	410m
台数	2台	2台	2台	配管の形状	DUO管	シングル管	DUO管
総出力	300kW	180kW	240kW	配管径	40A, 32A, 25A	50A, 30A, 25A	75A, 40A, 32A, 25A
蓄熱タンクの容量	4,500L	12,000L	6,000L	総コスト	600万円	1,500万円	※
コスト	1,500万円	3,000万円	3,700万円	1m当たりのコスト	1.9万円/m	1.6万円/m	※
1kW当たりのコスト	5万円/kW	16.7万円/kW	15.25万円/kW	※コスト試算ができないため、未記入			

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「2018年度～2019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/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)」2020年

国内のA社、B社ともに、最大使用日の時刻別熱需要を想定して、ボイラー規模を選定している。ただし、選定過程においては、大きな違いが見られる。A社は、オーストリア技術者からの熱需要量を踏まえ、年間で必要となる熱需要を算出しているが、教員住宅における熱需要を一定程度反映させていることが読み取れる。また、蓄熱タンクの有用性を指摘しており、蓄熱タンクを大きくすることによって、選定するボイラー規模出力を小さく抑えることを提案している。ここで重要となるのが、ボイラー出力と蓄熱タンクの価格との比較になる。ただ、その際には、ボイラー施設の建屋・敷地の規模や運用時の熱利用状況を想定しておく必要がある。

オーストリア技術者の配管の長さについては、片道分のみで設計されているため、往復分も同じ金額で施工されるかどうかは、違いが出てくる可能性が指摘されている。ただ、B社の配管設計でも盛り込まれている行きと戻りの配管を一つの配管でまとめている「DUO管」を用いることができれば、可能となるとしている。

表 2.4.12 熱供給対象施設の熱需要の想定

名称	暖房		給湯		合計	
	最大	年間	最大	年間	最大	年間
①やなせの湯	30kW	54MWh	100kW	248MWh	130kW	302MWh
②お食事処	8kW	14.4MWh			8kW	14.4MWh
③保育所	24kW	43.2MWh			24kW	43.2MWh
④教員住宅	66kW	118.8MWh			66kW	118.8MWh
⑤支所・診療所	50kW	90MWh			50kW	90MWh
合計	178kW	304.8MWh	100kW	248MWh	278kW	552.8MWh

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「2018年度～2019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/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)」2020年

②オーストリアでは、適切なボイラーの選択のためには、熱需要の適切な把握に加え、蓄熱タンクの有効利用と断熱性の高い配管の使用による熱ロスの軽減に配慮されている。

③オーストリアでは、ボイラーに負担をかけないために、温水の循環について往きの温度と戻りの温度との差を大きくすることが推奨されている。

我が国では、ユーザー側が求める高温水を常に送り込む形として、行きも戻りもほぼ高温水が循環するようにされてきた。しかし、輸送可能な熱エネルギーは、流量に温度差と比熱を掛け合わせ、それから熱損失を差し引いて求められることからすると、温度差を如何にとるかが課題となる。温度差が取れないときは流量を大きくすることになるが、そのためには配管を大きくしたり、ボイラーやポンプを使ってより早く水を流すことになる。このことが、我が国でのボイラーの大きめの選択、電動ポンプの設の大きめの選択、電動ポンプの設置数の増加やその稼働にかかる電気使用量の増大置数の増加やその稼働にかかる電気使用量の増大につながっている。

④ オーストリアでは、このような温度差を確保するために、熱交換器に加え、三方弁や混合温度調節器（ミキシングユニット）を有効に活用して温度の制御が行われている。

⑤ オーストリアでは、以上のような考え方にに基づき、配管についても、それぞれの流量等に見合った配管径が選択されており、主流から傍流に至るにつれ、径が細くなるのが一般的となっている。

我が国の場合は、大きめの配管径で、施工のし易さ等から統一的に選択されていることが多い。なお、これまでは、暖房と給湯（さらには冷房）について、それぞれ別配管が行われている事例も多かったが、今回の調査では、暖房、給湯あわせて配管されていることが多くなってきており、合理化されてきている。

これまで我が国に導入された木質バイオマス ボイラーは、従来の化石燃料 ボイラーに準拠し連続運転 ボイラーが大半となっているが、熱需要のあり方等によっては、断続運転の方が効率的であり、それにより燃料材の消費量の節減になることから、実態に即して断続運転 ボイラーの選択も考慮する必要があるとしている。

⑥ ボイラー規模の適正な選択、熱ロスの軽減等によって ボイラー稼働等の適正化による燃料材の使用減少、ポンプ動力の減少および ボイラーの遠隔監視等により、ランニングコストが低くなっている。

地域熱供給事業の成立要件整理

日本木質バイオマスエネルギー協会によると、地域熱供給事業は、「熱」という商品売ることで、経済的に成立させることが大前提となるが、「事業」として成立させるには、下表のような要件が求められるとしている。

表 2.4.13 熱供給対象施設の熱需要の想定

要件	説明
最大および年間の熱需要密度	・熱重要密度が高いと効率の良い設備投資、熱輸送が可能となる
対象施設における整備費用	・負荷の発生位置は、熱発生所の近くから順に発生することが望ましい ・段階的に負荷が増加する場合には、建設投資額と熱販売量が平衡的に増加することが望ましい
計画的な建設・供用開始	・当初より計画通りに整備が行われることで、適切な設備投資計画や熱販売計画が可能となる
適切な事業主体	・地域特性や事業特性に適合した事業主体によって事業展開することが重要
地方公共団体・住民・地元企業等の理解・協力	・事業者、需要家等、多数の関係者の調整・指導、各種認可等には、自治体の支援が不可欠
熱需要家の要求に対応可能な体制	・需要家の納得する料金設定、サービス提供が求められる
適切な資金調達	・多額の先行投資を必要とするため、金利負担が課題とならないような資金調達が必要
適正なプラント計画、配管計画、熱販売計画の立案	・事業主体が実行可能な精度の高い計画を立案、実施することが求められる

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「2018年度～2019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/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)」2020年

② 設備機器・メーカー選定

□ 特定の設備やメーカーを前提とせずに事業内容、特に地域で調達可能な燃料に合致した選択をしているか？

□ 機器選定に関わるコンサル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？）

機器選定に係るコンサルタントがメーカーの関係者の場合、中立的かつ適切な機器選定ができないケースがある。計画当初から特定の設備やメーカーに定めて事業を進めた結果、最終的に導入した技術とバイオマス燃料がマッチせずに運転管理に問題が生じた事例が散見される。

メーカー選定時は以下のような**様々な要素を複合的に検討**する必要がある。特に**対象とする設備が要求する燃料規格や性状と、地域で調達可能な燃料が合致するか**という点は必ず検討する。

表 2.4.14 機器・メーカー選定時のポイント

1. 調達可能なバイオマス燃料との相性
2. 運転実績
3. 機器選定の中立性
4. メーカー・代理店のメンテナンス体制

□ 国内での商用実績およびメンテナンス性も確認したうえで設備選定を行っているか？

□ 国内での商用ベースでの導入実績・長期安定稼働実績のある機器か？

海外で実績がある技術や実証を終えたばかりの技術でも国内の商用運転条件では安定稼働できないことがある。同時に、導入予定の技術が国内で**運転実績が十分かについても確認**する必要がある。

技術別の特徴および国内実績は「**第3部 2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。

- 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？
- 運転管理の際のメンテナンスのしやすさも考慮した設備選定を行っているか？

メンテナンス体制の確認

メーカーを選定する際は、**メンテナンス体制の確認も重要**となる。特に海外製の製品の場合、**部品の調達に数か月を要したり、トラブルが発生してもすぐに技術者が駆け付けられないケースがある。**

メンテナンスの容易性の考慮

また、事業者が運転管理する際の**メンテナンスしやすさも確認する必要がある**。例えば、**バイオマスボイラーの場合**は、欧州製の方が伝熱管掃除の自動化や事業者自身のメンテナンスが容易となるように設計されている場合が多い。国内メーカーの一部は、メンテナンスの際にユーザー自ら配管の奥深くを掃除する必要があるなど、クリーニングのしにくさだけでなく、一度ボイラーの稼働を停止して掃除しないといけないことがある。その場合、停止から再稼働の過程で化石燃料を使う必要があれば、経済的にもマイナスとなる。

熱分解ガス化設備の場合は、ボイラーより設備が複雑なため、予防メンテナンスも含めてメーカーの指導を十分に仰ぐ必要がある。また複雑ゆえに日本の代理店の能力が低く、本国への問合せ内容がチグハグであるなど時間を要するケースもある。タール等による障害が起こった場合は長期に渡り運転不能な状況になる可能性がある。

必要なスペースの確保

上記に加えて、メーカー側からは設計時に**メンテナンス上必要なスペースの確保**を要求されることがある。すなわち、部品交換や保守などの作業のための十分なスペースが確保されていること、扉の開閉の際に障害物がないこと、天井に干渉しないこと等を考慮して、建屋に収まるような設計をしなくてはならない。

なお、**バイオマスボイラーの場合**はに関しては、**法令上 50kW 以上のものは無圧開放**しなくてはならず（詳細は「**第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**参照）、開放タンクの取り付け高さに制約があるため、高さ方向のスペースには注意が必要である。

熱分解ガス化設備の場合、生成ガスの漏洩または**火災等を防ぐために法定の離隔距離**を必ず保つことが求められることにも留意が必要である。（発電用火力設備に関する技術基準を定める省令、発電用火力設備の技術基準の解釈等）。

- 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？

エネルギー変換設備によってはメーカーが設備運転時の稼働保証をしているケースもある。**熱分解ガス化設備の場合**は、欧州では例えば 7,000 時間以上の稼働を保証しているメーカーもある。現在、国内では稼働保証をしている事例は少ないが、メーカーに対して有無を確認しておく方がよい。稼働保証が存在する場合は、**保証が適用される要件を十分確認**することが重要である。例えば海外のガス化設備を日本で導入する場合、燃料の要件や指定するメンテナンス方法を順守していないと対象外となることがある。

□ 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？

バイオマスエネルギー事業では、メーカー側の納期が遅れることがあり、1年間以上遅延した事例も存在する。こうした納期遅延は、**事業期間（FITの場合20年）におけるキャッシュフローに大きな影響**を及ぼすだけでなく、大幅に遅れた場合、**投資家が資金を引き上げる**こともある。

実際、海外メーカーの中には、複数のプロジェクトを抱えている場合、自国の顧客を優先し遠隔地である**日本の事業者を後回し**にする事例も存在する。

こうした事態を避けるため、**メーカーとの契約時に納期保証を明記し経済的リスクを担保**する必要がある。具体的には、**納期が1日遅れた場合、メーカーまたは保険会社が購入金額の1%を支払うなどのペナルティー設定**を行うことが経済性およびスケジュールの観点から重要と言える。

<熱分解ガス化の場合>

□ タールの発生に対して適切に対処できているか？

ガス化設備の安定稼働のための要件

発電機を安定稼働させるためのガス化プロセスに対する要件としては下記がある。これらはガス化事業者側あるいはEPC事業者にて吟味し、準備する必要がある。

表 2.4.15 ガス化プロセスおよび発電機の安定稼働のための要件

- ガス組成・発熱量を安定させること。即ち原料の品質・ガス化条件のばらつきを小さくする運用を行う。
- ガス組成やガス化条件の変動に追従できる制御システム、冷却システムを保有すること。
- 必要に応じ付加的なタール除去対策（ガス改質炉・スクラバー・ガスクリーニングフィルターの設置等）が施されていること。
- 発電機の保守・点検体制が整備されていること。

プロセスの性質上、高温環境のプロセスであり、構造材料に対しては強度寿命などに配慮が必要である。ガス化炉の形式によっては多くの液状生成物（タールなど）が設備機能を阻害する場合もあり、施設の定期的な開放点検・清掃・部品交換などが必要となり、稼働率を低減させる可能性がある。

特にタールに対しては設計施工段階で十分な対策を施し、発生の場合の問題点についても十分留意しておくことが望ましい。バイオマスによっては、比較的低温で軟化・溶融する物質を含み、クリンカが生成し、ガス化炉の運転が困難になる場合もあり、頻繁な清掃が必要となるケースもある。適用しようとしているプロセスの運転実績から、現実の稼働率を把握し、計画外停止の要因も極力排除する等の対策が望ましい。

連続運転のための設備管理

① 炉内温度の管理

プロセスを成立させる重要な因子は必要な化学反応を成立させる所定の温度であり、温度をいかに管理・維持するかがプロセス成立の鍵となる。

②炉内の物質および気体の形態の管理

さらに、ガス化炉内でバイオマスの均質な移動と反応層の分布、反応気体（空気・蒸気）の流れも重要である。

③タールの管理

ガス化炉内でのタール発生を前提とした改質プロセス設置など、ガス処理設備を保有していない場合には、後段のプロセスの配管閉塞や発電装置の連続運転のためにタールの量を管理できることが重要である。そのためには処理温度が一定以上（800～1,000℃）の温度を維持し、還元反応等期待される反応が安定的に実現できることが必要となる。また、そうした高温は一般に金属材料の高温腐食の可能性があり、炉体の材質や表面処理などに留意する必要もある。

ガス化炉のメンテナンス

高熱部の構造体には耐熱合金（SUS310S, HK40, Incoloy800 など）を使用することや表面処理を実施することが望ましいが、炉体のコスト低減のために炉本体を定期的に変換することを前提とする方法も一つの方法である。欧州の Burkhardt 社のガス化炉は定期的な全交換を前提としている。小型ガス化炉においては現実的な対応とも考えられる。

金属材料面では高温腐食の問題のほか、繰り返し熱応力による疲労破壊についても考慮が必要な場合がある。運転中、あるいは頻繁な立上げ・立下げにより繰り返し応力を受ける可能性がある部分については配管等接続部にフレキシブル管の適用等のほか熱応力に対する構造解析に基づく設計対応が必要な場合もある。

発電機間の同期（連結運転の場合）

小型の CHP（熱電併給ユニット）を連結して所定の電力を得ようとする場合があるが、その場合には複数の発電機の同期（電圧・電流・位相など）のための同期装置や各炉の安定運転が重要となる。



図 2.4.14 CPC 社 Biomax 100 ガス化ユニット（小型 CHP3 連の例）

（出所）「Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification – DRAFT」

タールへの対処

タールの定義としては「100℃以上で凝縮する有機物」、「ガス化プロセスで生成され、一般に芳香族有機物」「沸点がベンゼンより高い有機物」などがある。ガスの活用方法、ガス移送配管、材料投入方式、ガス接触面、ガス冷却などの条件により、低温部にて生成ガス中のタール蓄積が発生する。

タールはガス化温度よりも低温では、液体・固体として凝縮する。このため、配管閉塞やエンジンおよびタービンへのファウリング（凝縮付着）など下記のようなトラブルを引き起こす。

表 2.4.16 タールによるトラブルの例

<ul style="list-style-type: none"> 過給機（ターボチャージャー）の軸受に付着し羽根が回らなくなる。 過給器付きの場合、後段のインタークーラを詰まらせガスを気筒に供給できなくなる。 タールは強酸性であり、インタークーラに付着した場合、腐食を起こし、最悪のケースでは腐食片がガスエンジンの給排気バルブやシリンダー内面を損傷させることがある。 停止時にガス給気バルブに固着し気筒の気密性が低下する。 エンジンオイルにタールが混入し、オイルを劣化させる。

タールが発生しにくいガス化炉

一般にダウンドラフト方式のガス化炉は比較的タールが少ないとされる。アップドラフト方式ガス化炉はタールが多いとされ、噴流式や流動式はその中間程度とされている。

ガス化（還元反応）時の雰囲気温度が高温であるほど、また滞留時間が長いほどタールは少なくなる傾向にある。

表 2.4.17 ガス化方式とタールの発生量

	固定床式			流動床式	
	アップドラフト (対向流)	ダウンドラフト (並行流)	バブル式	循環式	噴流式
タール含有量平 均值(g/Nm ³)	50	1	12	8	10
タール量範囲 (g/Nm ³)	1-160	0.01-6	1-150	1-150	2-30

(出所)「Biomass Gassifier "Tars": Their Nature, Formation, and Conversion Nov.1998」

コラム：ガス化設備の導入の考え方（技術導入検討時に考慮するパラメータ）

ガス化技術導入に際しては、初期段階において以下の3点（発電効率、稼働率、コスト）に係る情報を収集し、至近の実績等から評価を加え、これら基本パラメータをまず把握する必要がある。

① 発電効率

プロセス全体の発電効率は下記の式で表現できる。一般的には15～30%とされている。冷ガス効率はガス化炉によって異なり、ガスエンジン単体の発電効率と相まってシステムの発電効率が定まる。

<ガス化システムの発電効率>

$$\text{冷ガス効率 (50~85\%)} \times \text{ガスエンジンの発電効率 (20~35\%)} = 10\sim30\%$$

$$\text{※冷ガス効率} = (\text{分解ガスの熱量}) / (\text{ガス化設備への投入熱量}) \quad \text{： 高位発熱量基準}$$

② 設備利用率³⁰

プロセスの性質上、高温環境のプロセスであり、構造材料に対しては強度寿命などに配慮が必要である。また、ガス化炉の形式によっては多くの液状生成物（タールなど）が設備機能を阻害する場合もあり、施設の定期的な開放点検・清掃・部品交換などが必要となり、稼働率を低減させる可能性がある。

特にタールに対しては設計施工段階で十分な対策を施し、発生の場合の問題点についても十分留意しておくことが望ましい。適用しようとしているプロセスの運転実績から、現実の設備利用率を把握し、計画外停止の要因も極力排除する等の対策が望ましい。

③ コスト

ガスエンジンのメンテナンスコストは輸入エンジンの場合、点検頻度、点検範囲、専門業者などが国産の場合と異なる場合が多く、一般に割高なものとなる。事業計画にあっては留意が必要である。

³⁰ 前述のとおり、発電設備の利用効率を示す指標には、「設備利用率」と「稼働率」の2つが主に使われる。「設備利用率」が定格出力でフル操業した場合の発電量を100%として実際に発電した量の割合を示すのに対し、「稼働率」は出力の多寡にかかわらず、発電していた時間の割合を示す。

<海外製の設備の場合>

□ 海外製品を利用する場合、事業内容や地域特性、法律を考慮して採用しているか？

□ 海外製品の場合、国内でのパーツの支給体制は整っているか？

海外製品の場合、部品交換が必要な際に数か月程度かかるケースもある他、トラブルが発生してもすぐに技術者が駆け付けられないケースがあるため留意が必要である。

一部の先行事例では、**予備部品を定期的に発注してストックを常備**している。この時、購入費の**為替による変動**に注意する必要がある。

□ 海外製品の場合、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、道路運送車両法等）

海外の設備を導入する場合、**海外メーカーが日本の電気事業法を十分把握しておらず**、後になって法規制対応に追われるケースが少なくない。基本的に海外メーカーが日本の電気事業法を熟知していることは少ないため、特に国内実績が少ない設備の場合は事業者側から**メーカーに対して事前にプラント構造や法規制対応について十分説明**する必要がある。もしくは日本国内の販売代理店が電気事業法を熟知しているかを確認する必要がある。

電気事業法への対応

NEDO 実証事業者バンブーエナジー株式会社の場合は、イタリアのターボデン社製の ORC 発電機を導入するにあたり、一旦検査に合格した直後に、日本国内の電気事業法対応として内部のチェックが必要になり、再度設備を切断して検査を行ったため納入スケジュールに遅延が生じた。

なお、海外のメーカーと取引する場合は、**電気事業法と並び、労働安全衛生法**についても対応能力の確認が必要である。その他、ORC の場合は大規模な装置を分割して輸送する必要があり、道路交通法についても考慮する必要がある。これについては後述する。

<海外製品の場合>

□ 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？

国内では海外のメーカーにバイオマスエネルギー設備を発注し、FOB 時にほとんどの金額を支払ったが、**工事途中でメーカーが倒産したことで 10 億円を超える損失が発生**した事例が存在する。こうした事態を未然に防ぐため、**海外メーカーの設備を導入する場合は**、まず第一に与信調査を行うことが不可欠である。

そのうえで、支払い条件について検討する。メーカーによって支払い条件は異なるが、**事業者としては倒産リスクを回避するためにはできる限り支払いを後ろにすることが望ましい**といえる。ある事例では、倒産リスクへの対応策として、設備発注時の支払いを最小限とし、FOB 時に 50%（通常は 80%が一般的）、試運転完了時に残りの金額を支払っている。

なお、海外メーカーと取引する場合は、支払いトラブルをめぐり訴訟になった場合に負けることの方が圧倒的に多いのが現状であり、資産の差し押さえも同様に難しい。少しでも裁判における中立性を高めるため、契約書面にはできれば日本国内、最低でもシンガポールなどの第三国の裁判所を明記することが望ましい。

こうしたトラブル時の海外メーカーとの直接的なやりとりを避けるため、予め**商社を介して設備を購入することもリスクを抑える方法として重要**である。ただし、仲介口銭による初期投資額の増加について考慮する必要がある。

<海外製の熱分解ガス化設備の場合>

年間設備利用率（発電量）の実績、国内樹種との相性を確認したか？

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？

国内樹種との相性は実験などを通じて確認済みか？

バイオマスエネルギー事業では、海外では多数の導入実績がある技術でも**国内で安定稼働が実現できないケース**がこれまで多数発生している。特に近年計画が急増している熱分解ガス化発電でこうしたトラブルが多い。

ガス化設備で安定稼働ができない場合、**国内地域の原料と当該技術の相性が要因**であることが多い。例えば、ガス化メーカー側が要求した品質規格（EN：欧州規格など）に準拠したペレットを利用しても、国内地域の樹種特有の成分が原因で安定稼働を実現できなかった事例が存在する。こうした事態を避けるため、**事前に想定する樹種の原料を海外メーカーに送り運**
転試験を行うことが望ましい。

③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討

□ 燃料の搬入、施設での運転パターンを踏まえた適切なサイロの規模が設定されているか？

施設の立地条件や面積、燃料供給業者の体制などを考慮してレイアウト、規模、その他運搬方法・頻度を設定する必要がある。建屋やサイロの設計は第一に**バイオマス燃料運搬車両がスムーズに入れるかを考慮**し、そのうえでサイロの規模を設定する。その他、地域によっては積雪を考慮したサイロを作る必要があるなど、**気候条件にも留意が必要**となる。

サイロのコストに係る留意事項

欧州では地下ピットにトラックでダンピングするケースが多いが、日本では**土木建築にかかる費用が割高**である。**長期に貯留する必要がある場合**は地下ピット設置費用が相当額かかることになるため、きちんとコスト計画に入れておく必要がある。また、このような長期貯留の場合は、**受入・貯留時に水侵入がない構造とすることや、サイロの除湿、結露防止等の対策**も必要となりコスト増要因となる。このコストを削減するために、**土地の段差や斜面を利用する方法**もある。また、ホイールローダーで人的に搬入を行うことも一つの選択肢となる。

これらは規模や技術によらず、いずれの事業内容でも考慮すべき事項である。なお、**規模が大きい場合**はバイオマス燃料の ①**輸送車が大型化する** ②**輸送車の輸送頻度が多くなる** のどちらか或いは両方になり、設備対応や近隣対策が小規模な施設より厳しくなる。

その他、**ガス化の場合**は、貯留中に燃料中の含水率が平衡含水率まで戻ることが問題となるため、搬入頻度・車両サイズ・搬入量なども考慮し、**チップ乾燥後はできるだけすぐに燃料として使用**する必要がある。

貯蔵規模の検討

サイロの規模はバイオマス燃料の搬入計画（バイオマス燃料供給業者が運搬する頻度）、週末など休みの対応、不急時の燃料ストックなどを総合的に勘案して決定する。大きい方が望ましいが、面積やコストアップの兼ね合いがあり、事業者とよく相談する必要がある。

多くの場合、バイオマス燃料製造側では、**最低でも数日～1週間程度貯留できるサイロの規模を設定**することが望ましい。これは、燃料を養生させることで燃料中の水分の均衡を図る目的も含まれ、機器の安定運転に貢献する。ただし、実際にはバイオマス燃料利用施設側の敷地面積やヤード・サイロの仕様、搬出に用いるトラックのサイズによって必要な規模は異なる。

また、バイオマス燃料利用施設側でも、例えば風水害などで燃料搬送が一時的に途絶える場合も考慮して、**数日分の燃料を貯留できるサイロの規模を設定**することが望ましい。いずれも、単位時間あたりの燃料製造能力×1日の工場稼働時間×必要日数（数日～1週間）、あるいは、単位時間あたりの燃料使用量×24時間×必要日数（数日～1週間）をもとにサイロの容積を決定する。

□ 搬入時の粉塵発生に対する設備対応や近隣対策は考えられているか？

搬入時の粉塵対策

施設にバイオマス燃料を搬入する際に粉塵が飛散することにより近隣住民へ迷惑をかけることがある。住民の洗濯物に粉塵が付着し、苦情やトラブルに発展するといった事例が少なくない。

こうした事態を避けるため、**時間帯を考慮したバイオマス燃料の搬入計画を立てる**必要がある。また、**強風時の積み込み、積み下ろしの際は散水を行う**ことも重要な粉塵対策となる。

施設場内での粉塵の飛散は**建屋内の集塵サイクロンで排風できる設計**を行う必要がある。バグフィルターの場合は**フィルタの交換の計画も立て、そのコストについても事前に積算**しておくことが望ましい。また、**場内の清掃には小型のロードスイーパー**も有効である。

なお、水の開放タンクなどを通じて外部から**循環水系に粉塵が入るとフィルターの詰まりが頻繁**に生じる。それを避けるために、バンブーエナジー株式会社では**粉塵発生箇所と開放タンク箇所の距離を置く**などレイアウトを工夫した設計となっている。

事業者によっては地域と共生できる施設を目指し、**場内だけでなく場外の定期的な清掃を行うことで施設のイメージを良好に保つ努力**をし、近隣住民との良好な関係を築いているケースもある。

バイオマスボイラーを利用する場合は、不完全燃焼により煙が発生し近隣の住居まで拡散してしまうことがある。このようなケースは廉価なバイオマスボイラーで生じることが多いが、そうでない場合でも**設備の立ち上げや立ち下げの際にも煙が生じやすい**。こうした事態を避けるため、**煙突の高さを確保することで煙の地上付近での拡散を抑える**対策をしている事業者もいる。

- 適切な燃料受入・貯蔵の装置設計されているか？（燃料供給輸送装置、燃料貯留装置、燃料投入装置）
- 搬送系および貯蔵システムにおける燃料中の水分率の増加や微粉化に適切に対処できているか？

<熱分解ガス化の場合>

- ガス化発電の高品質燃料の貯蔵に際しては、貯蔵段階で周辺空気の湿分の影響を受けて、水分が高まるような設計となっていないか？
- ガス化発電の高品質燃料は貯蔵段階で設備の排熱を生かした予備乾燥もできないか？

設備に即した搬入車両、搬出車両の選択

バイオマス燃料受入装置、用役供給装置（助燃油、薬品類等）、搬出装置等の設備配置計画や設備仕様を決定するにあたっては、**事前に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、開業後の動線の不具合等の回避に繋がるため、**維持管理車両等も事前に設定**しておくことが良い。

ガス化設備の貯留設備の留意事項

熱分解ガス化の場合、ボイラーに比べ、低い含水率の燃料チップ（あるいはペレット）が要求されるが、燃料生産時は設備の要求する乾燥水準となっても、輸送時や貯留時に平衡水分率まで戻ったことでトラブルが発生した事例が多数存在する（特にペレットが多い）。日本国内では、地域や季節にもよるが、屋外の平衡含水率は一番高い時期で 20%にもなる。燃料中の水分が機器の要求よりも高くなる、あるいは燃料中の水分が不均一になると運転トラブルが発生しやすくなるため、ガス化の場合は、**貯留した後できるだけ早く使う**ことが望ましい。**貯蔵段階で設備の排熱を生かした予備乾燥**することも有効である。

その他、最近では**設備の廃熱を有効活用し、ガス化設備投入直前で乾燥を行う**ことで確実に要求水準の水分率を満たすように工夫している事例もある。

<ペレットの場合>

- 特にペレットの場合、貯蔵システム前後の搬送系で微粉化してしまうような機器構成・構造の搬送方法になっていないか？

ペレットを利用するタイプの熱分解ガス化設備の場合、ペレットの微粉が炉内でトラブルを引き起こすことがある。多くの場合、微粉が発生するのはサイロからガス化炉投入口までの燃料の搬送時である。特に、**搬送の効率性のみを追求してスクリーを設計したために粉化が生じたケースが多い**。ペレット燃料はデリケートであることに留意し、**搬送系の最適な径、搬送速度について、メーカーのみならず、類似事例を経験している業者の協力を仰ぐ**ことが望ましい。

なお、欧州のペレット規格（EN Plus）では微粉化率が定められており、**メーカーに対して微粉化率の条件を明確化して発注**することが望ましい。

その他、事業者によってはペレットの硬度を高めるため、**ペレット生産後 3 日程度保管したうえで（エイジングと呼ばれる）投入**するなどの対策を取っている。

④ 設備・工事発注スキームの検討

□ 設計・工事の発注の場合の大まかな仕様と発注方式は明確になっているか？

□ 設備の設計・発注・建設は EPC 契約とするか、分離発注とするか、について明確になっているか？

システムの基本計画を策定し、燃料の受入・貯蔵設備の設計が固まった段階で、各種設備・工事発注スキームの検討を行う。発注スキームは下に示すとおり、複数の選択肢があるが、それぞれ事業者に要求される技術的知見やコストが異なることに留意する。

発注形態

発注形態は、一括発注方式（EPC 方式）、分離発注方式（図面発注方式）、コンストラクション・マネジメント（CM）方式の 3 種類がある。

一括発注方式（EPC 方式）は元請企業に一括して発注する方式である。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ある。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・マネージャー（CMR）が技術的な中立性を保ちつつ発注者の立場で、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。

発注者が初めて事業に挑む場合、発注者単独で設計を行うことは通常不可能であるため、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。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、発電設備一式の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必要な場合もある。

なお、事業者側の発注能力を高めるうえで有効な方式とされる CM 方式は今後検討、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。

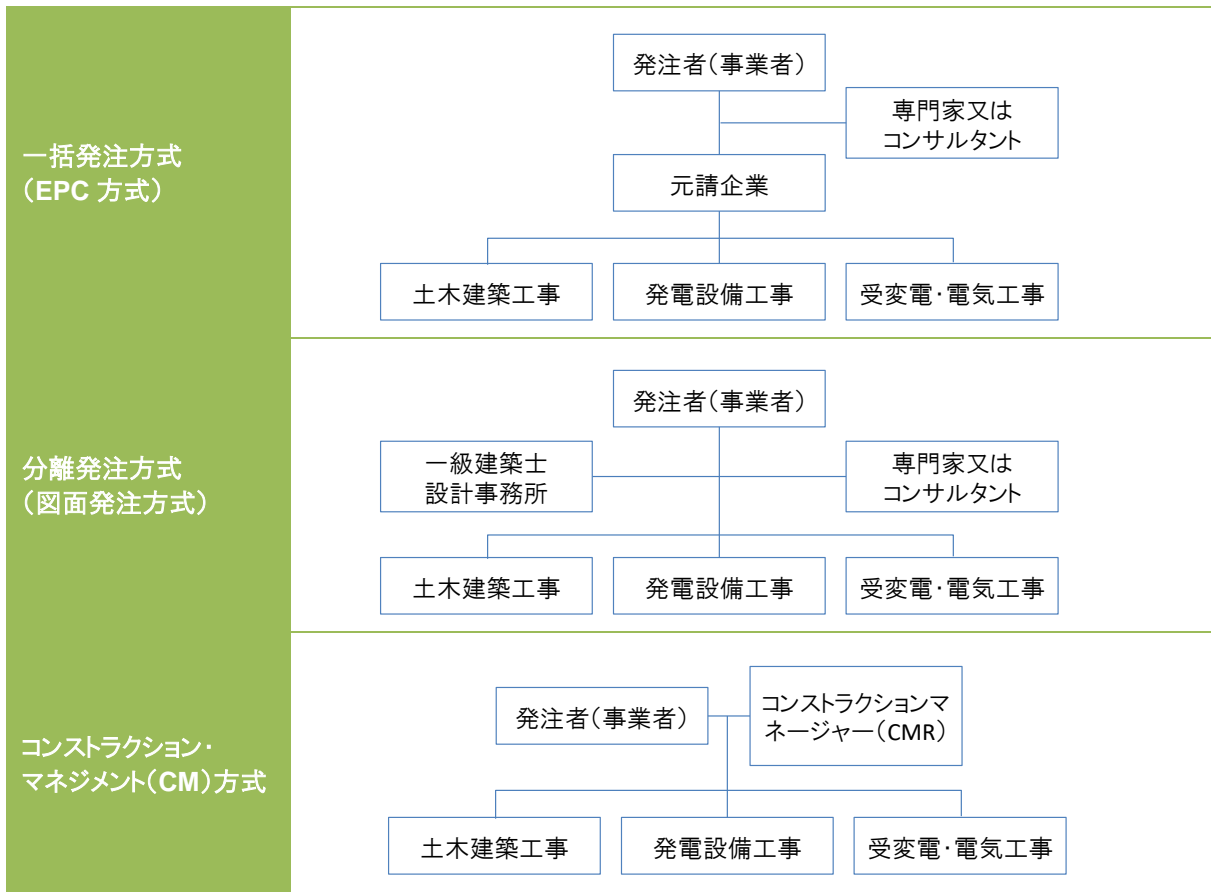


図 2.4.15 発注形態の選択肢と関係図

(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 2.4.18 設備発注方式の種類

一括発注方式(EPC方式)	
概要	特徴
<p>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。</p>	<p><メリット></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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競争による経済性の追求が可能。 <p><デメリット></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 工事受注者(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、性能に疑義が生じた場合は、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。 <p>[発注者側に求められる要件]</p> <ol style="list-style-type: none"> 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施設の安定稼働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
分離発注方式(図面発注方式)	
概要	特徴
<p>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。 ◇一般的に公共工事等の大型案件にて採用される方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 <p>[発注者側に求められる要件]</p> <ol style="list-style-type: none"> ①財源措置の枠の確保 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
コンストラクション・マネジメント(CM)方式	
概要	特徴
<p>発注者の補助者、代行者であるCMR(コンストラクション・マネージャー)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。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 <p>[CMRの業務]</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 <p>[CMRの体制]</p> <p>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。</p>

(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

<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？

分離発注は設備の初期コストを抑えるための有効な手段の一つであるが、**実際には国内では事例が少ない**のが現状である。**小規模の設備の場合**は、発注対象のシステムがそれほど複雑ではないため、ある程度の技術的知見があれば事業実施者（オーナー）が設備毎にそれぞれ適切な業者に発注できる可能性はある。

一方で、**大規模設備の場合**は、**よほど実施者が技術や施設設計に精通していない限り分離発注は推奨するものではない**。実際、分離発注では、設計時や稼働時に不備があった場合に、どの設備メーカーに責任の所在があるのか、またそれが保証の範囲内なのか、について不明確になりメーカーとの交渉に時間が掛かることがある。そのため、**分離発注を選択する場合は、設備トラブル時の責任を明確化し、またメーカー毎の保証範囲でプラント全体の保証範囲が担保できているか確認**する必要がある。

□ 工事時の搬入経路、アクセスは検討したか？ 機器の分割サイズは適正か？

道路運送車両法への適応（主に ORC 設備の場合）

バンブーエナジー株式会社では、オーストリア・コルバツハ社製の燃焼炉設備の導入にあたり、メーカー側の定めるサイズに分割して輸入し国内輸送を試みた。しかし、これらの**分割サイズは日本の道路交通法における上限を超えている**ことが判明したため、特別な手続きにより夜間の道路利用を占有し、建設現場に輸送することができた。このような手続きによる道路占有による輸送は、長距離には適用できないため、建設現場が港湾に近い場所に位置していなければ、納入自体ができなかった可能性もあった。

このような事態を未然に防ぐため、**海外から輸入する設備の場合は日本の道路交通法内のサイズ制限を確認**することが重要である。仮にこれらの制限を超えざるを得ない場合も、搬入は可能だが、**追加コストを想定**しておく必要がある。

その他、納入時に機器等が建設現場に搬入する際の**敷地の回転半径、並びに国内の輸送途中の橋梁などの重量制限**についても確認しておく必要がある。

□ 設計・工事の発注の場合の大まかな仕様は固められているか？

発注時の仕様書

プラント、システムの実施設計、および工事発注を行う際には、発注仕様書と参考図書を提示していく必要がある。実施設計、その後の設備工事を円滑に進めていくためにも、発注段階で具体性のある仕様や図面を提示していくことに留意する。

実施設計の発注では、システム構成と主要機器の仕様、燃料条件、運転条件や既存設備・配管等との接続を示すシステム概念図、基本レイアウト図、熱供給システム全体の制御方法などを整理していく。

工事発注では実施設計に基づき、具体的な設備構成、機器・付帯設備・配管等機器リスト・仕様、工事区分、設備フローシート、配置計画図等詳細図面、工程表、燃料の搬入方法等を整理していく。**分離発注を行う場合**には、設備のベンダー、設備工事業者、土木建築業者等の業者間の所掌範囲、取り合い場所（境界）についても明示していく必要がある。

表 2.4.19 実施設計発注段階で提示すべき仕様項目（ボイラーの場合）

項目	具体的内容
設備の稼働条件	年間稼働計画(稼働パターン、燃料受入日数、年間施設運用日数) 熱利用の用途、年間需要量、需要パターン、温度等要件
燃料条件	原料種、燃料種、水分、発熱量、灰分組成、サイズ、製造条件、品質規格
設備仕様	システム構成・主要機器リスト ボイラー規模、タイプ、効率等仕様 タンク・熱交換器等付帯設備仕様 システムフロー、配管材質・径、ポンプ容量 メンテナンス要件
制御仕様	制御機器仕様、既存設備との連携制御仕様、遠隔監視・制御仕様
動力・給排水	動力電源、給排水設備要件
設置環境	設置場所、車両の動線・搬入環境、周辺環境、気象条件、 その他、工事用電源、工事用用水、資材置き場、現場事務所(生活用水・排水、手洗い等含む)の要否等
建屋・サイロ条件	レイアウト、規模、構造 サイロ容量、燃料投入条件、防火対応等要件
関連法令	大気汚染防止法、消防法、建築基準法、その他関連法令・条例等の必要事項、その他諸官庁手続き助成範囲
施設の設計指針	公害防止、災害防止、設備の運転時間、安全性、経済性、設備耐用年数、騒音、振動シミュレーション結果 納期・工期
責任範囲・ 他所掌範囲	バイオマス燃料の品質、性能保証未達時の対応範囲と補償内容 性能確認の方法、費用負担、契約不適合条項 試運転方法、検収条件、完成図書様式、支払方法

バイオマスボイラーを導入する場合は、案件により基本設計の精度にばらつきがみられ、実施設計や工事発注段階で提示される仕様の具体的に欠けるようなケースもみられるが、発注者・工事業者間のミスマッチや設計ミス・施工ミスを避けるためにもできるかぎり**基本設計段階で重要な仕様については固めておく**ことが望まれる。またバイオマスボイラーもまだ一般的ではなく、設計業者にバイオマスボイラーに対する基本的な知識がないケースも散見されるが、そうした場合には専門性を有するエンジニアリング会社やボイラーメーカー等の協力を得るなどして、正しい情報をもとに実施設計を行うことが求められる。地元優先の設計の発注を行い、バイオマスボイラーに関する知見もなく、またボイラーメーカー等とのコミュニケーションがうまくいかないまま進んでしまい、過大設計、それに伴う予算超過、工程の遅れにつながっているような事例も見られる。事業の規模や求められる技術水準に応じて、業者選定の基準を考慮していくことも必要である。

さらに、**海外メーカー品を採用する場合**、納期・工期に注意が必要である。不測の事態が起きると、2～3ヶ月遅れるということも想定される。**公共工事の場合**は、年度をまたぐことができない制約があることも多いため、余裕を持った計画を立てておくべきである。船便から航空便への変更などで、当初予定していなかったコストがかかることもある。

また、燃料性状については、事業者とメーカーはしっかり合意を得ておかなければ、運転開始後のトラブルの大きな原因になりうる。

<主に自治体主導の事業の場合>

□ 単なる価格競争ではなく、バイオマス利用設備の設計への正しい理解のある企業主体が受注するための発注プロセスが検討できているか？

特に自治体が主導する公共事業の場合、バイオマスエネルギー施設の設備設計に応募可能な事業者の資格や条件が決められていることがある。この時、大手企業しか対応できないような厳しすぎる要件が含まれると、かえってバイオマスエネルギー設備の知見を有する企業が関与できず、結果としてボイラーをはじめとする各種設備の設計ミスが発生する事例が散見される。

上記のような応募要件の制約により、バイオマス経験の少ない業者が担当せざるを得ない場合であっても、別途**バイオマス事業・設計に精通したコンサルタント等の専門家を参画させる**ことが望ましい。

なお、公共事業以外でもバイオマスエネルギー施設・設備に参画可能な要件が限定されることもある。某ゴルフ場におけるバイオマスボイラー導入事例では、ボイラーと土木建築（貯蔵設備含む）に分けて入札が行われ、土木建築の部分は地元企業のみで参画要件が与えられた。その際、ボイラーメーカー側は付帯設備を含むボイラーシステムを最適かつ安価に提案し受注に至ったが、土木建築の参入資格の制約のために特定の企業が言い値で落札し、過大な貯蔵設備が作られたために当初想定していた（ボイラーメーカー側が提案していた）採算性と乖離してしまったケースがある。

⑤ 設備導入に係る法規制の確認と対応

□ 採用するエネルギー変換設備に必要な法規制に対応できているか？

エネルギー変換設備の種類と規模によって必要な法規制対応が異なる。例として、発電事業の場合は電気事業法、熱利用ボイラーの場合は労働安全衛生法、外部に熱供給（21GJ/h）を行う場合は熱供給事業法が必要となる。その他建築基準法、消防法および大気汚染防止法等なども届出などが必要となる。

各エネルギー変換設備に係る法規制については、「第3部2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識」を参照されたい。

⑥ 立地調査

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。発電の場合、系統連系、地耐力、用水、周辺道路条件などが重要となる。熱利用の場合、特にオンサイト型では既存設備内に設置・運営（サイロへの供給車両の転回、メンテナンスなど）に必要な空間が十分に確保できるかどうか、確認する。

<新規のプラントを建設する場合>

□ 自然条件、自治体や住民の対応、リスク有無、原材料確保および用地費等で適地であるか？

自然条件によるリスクはハザードマップや外部不動産鑑定会社への調査委託などで基礎的な事項を把握できる。土地の地盤が脆弱な場合は造成費用や開発費用が発生する。また、計画地が文化財保護法における埋蔵物文化財包蔵地である場合は、届出と事前協議が必要となる。詳細な立地に係る留意事項は「1.1.4 用地の想定」（142頁）を参照されたい。

<発電事業の場合>

□ 発電機、冷却設備の規模に応じた用水の確保が可能な用地であるか？

発電設備では蒸気を冷却するための水を大量に消費する。そのため、用地を選定する際、**十分な用水を取得可能かについて確認が必要**である。なお、蒸気の冷却方法には水冷式の他に、**空気により冷却を行う空冷式**もあるが、水冷式より大きなスペースを必要とするうえ、電気を大量に消費するためコスト増となる。

バンブーエナジー株式会社が事業を実施している熊本県南関町の土地は、上下水道や工業用水といったインフラが整備されておらず、また井戸水はあるものの竹加工工場にて使用する量しか確保できなかった。本熱電供給設備の定格運転実施時には最大で 9,000 m³/月の冷却水が必要となることから、近隣の事業者の協力により、ため池より水の供給を受けている。



図 2.4.16 冷却水の確保

(出所)バンブーエナジー株式会社提供資料

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	設備の調達	メーカーは品質保証、納期などが適切に遂行できるか？	
		メーカーの性能保証は非現実的な厳しい要件となっていないか？	
		見積引合仕様書に「反社会的勢力の排除」が謳われているか？	
4.Ⅲ.2	工事・EPC 契約	契約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？	
		完工不可時のリスクを考慮した契約となっているか？	
		<分離発注の場合> 分離発注によるコストダウンが可能か？また、施工管理と装置保証が可能か？	
4.Ⅲ.3	O&M 契約	十分な運転マニュアルや取扱説明書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？	
		オペレーターの役割は明確となっているか？	
		遠隔監視システムの有無・内容について納得できるものになっているか？	
4.Ⅲ.4	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？	

4.Ⅲ.1 設備の調達

□ メーカーは品質保証、納期などが適切に遂行できるか？

特に発電事業の場合、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。設備の納入実績が少ない場合などは特に注意を要する。設備の納期は事業者の建設計画に重要な要素であり、**発電所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**。

欧州のメーカーでは、発電機などの出力の保証を行っていることがあるが、**国内では出力保証はなく、機器自体の保証に留まる**のが一般的である。ただし、**規格に合格する燃料を使用する場合はメーカー側に対して出力値が適正な値であるかの確認要求**を行うことができる。

また、**事業モデルを問わず**、納期遅延による影響を最小限にするために、**事業者自らメーカー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。

□ メーカーの性能保証は非現実的な厳しい要件となっていないか？

一括発注方式（EPC方式）、コンストラクション・マネジメント（CM）方式の場合、設備等の性能保証に関して、発注者と受注者間で合意しておくことが重要になる。過去の事例ではメーカー側の提示した性能保証条件が非常に厳しく、実質的に保証を受けることが不可能であったケースも存在するため留意が必要である。

保証期間、保証対象の明確化

保証期間は設備引き渡し後 1 年以上とし、期間中に製作者の責任に帰する欠陥が認められた場合、製作者は速やかに修理、改造、調整または取り替えを行う。ただし、消耗品、磨耗品は保証対象外である。また、保証期間経過後であっても、明らかに製作者側の責任と判断できる事故については保証を要求することがある。さらに、受入検査、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と合致せず、その原因が製作者の責任に帰する場合には、製作者の責任において改造を行うこととなる。

契約時の性能保証事項

発電事業の場合、契約時に定めた定格発電出力、最大発電出力は少なくとも満足させなくてはならない。

事業モデルを問わず、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通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、プラント設備と土木建築を合わせた総合性能が要求されるため、プラント側は低騒音、低振動機器を採用するとともに、プラント設備から提示するデータに基づき、建築に必要な仕様、構造並びに対策を実施する。また、建築設備に付帯する設備、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。

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 2.4.21 契約時の性能保証事項

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。
緊急作動試験	非常停電(受電、自家発電などの一切の停電を含む)、機器故障など設備の運転時に想定される重大事故について、緊急作動試験を行い、設備の機能の安全を確認する。

引渡性能試験計画書に基づく試験の実施

全ての事業モデルについて、発注者はあらかじめ協議の上、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設備の運転は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。**

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測定・分析等を依頼することが望ましい。

□ 見積引合仕様書に「反社会的勢力の排除」が謳われているか？

事業モデルを問わず、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を負わない旨を明記**しておく必要がある。

なお、こうした反社会的勢力の排除に係る文言は、機械の見積引合仕様書に限らず、**素材生産業者との協定書、土地の地権者との売買あるいは賃借契約といった、関係先と交わす書面すべてにおいて意識**して盛り込むべきである。

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。

4.Ⅲ.2 工事・EPC 契約

- 契約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？

設計施工段階では、実施設計および調達する設備を決定した後、建設や設置に先立ちメーカーとの間で工事契約・EPC 契約を締結する。その際、想定するリスクに関する文言の未記載や曖昧な記載があると、後に大きな経済損失が発生することがある。契約締結時に特に留意する事項として以下が挙げられる。

契約不適合責任、免責事項

バイオマスエネルギー事業は地域特有の諸条件に合わせたオーダーメイド性が高く、また十分な実績を有するメーカーも限定であることから、建設時点の不備による運転トラブルが過去に多数存在する。

そのため、契約書案の作成時は、施設・設備の建設に不備（瑕疵）があったり不測の事態が生じたときに、責任の所在をどのように判断するか、メーカー側が責任を免れる条件（免責事項）をどの程度記載するかについて必ず現場担当者と法務関係者で検討する必要がある。

- 完工不可時のリスクを考慮した契約となっているか？

過去の事例には、建設期間中のメーカー側の倒産（海外企業）や技術力の不足により、完工することができなかったケースが存在する。

そのため、こうした完工できなかった場合の費用の分担も明確にしておく必要がある。加えて、発注先の倒産リスクについても考慮した契約にできることが望ましい。

<分離発注の場合>

□ 分離発注によるコストダウンが可能か？ 施工管理と設備保証が可能か？

分離発注は設備のイニシャルコストを抑えるための有効な手段の一つであるが、**実際には国内では事例が少ない**のが現状である。

小規模の設備の場合は、事業実施者（オーナー）が機器・装置毎にそれぞれ適切な業者に発注できる可能性はある。一方で、**大規模設備の場合**は、**事業実施者が技術や施設設計に十分精通していない限り分離発注はできない**。

分離発注では、設計時や稼働時に不備があった場合に、どの設備メーカーに責任の所在があるのか、またそれが保証の範囲内なのか、について不明確になり設備メーカーとの交渉に時間が掛かることがある。そのため、分離発注の際は、**設備トラブル時の責任を明確化し、またメーカー毎の保証範囲で設備全体の保証範囲が担保できているか確認**する必要がある。

バイオマス発電事業が稼働するまでには、以下のような数多くの項目をクリアしなくてははいけない。

<バイオマス発電事業が稼働するまでに対応すべき事項>

- | | | |
|---------------|-------------------|-------------|
| ・ 発電所の建設用地の決定 | ・ 付帯設備 | ・ 各種届出・認可取得 |
| ・ 発電規模 | ・ 配置図・フローシート確認・検討 | ・ 建設 |
| ・ 燃料調達方法 | ・ 建設方法検討 | ・ 試運転 |
| ・ 木材加工の要否 | ・ 見積り比較 | ・ 性能確認 |
| ・ 発電機種 | ・ 予算決定 | ・ 検収・設備引き渡し |
| ・ 設備仕様決定 | ・ 発注 | |

多くの場合、「基本事業計画策定」はコンサルタントに、「見積り比較から機種・メカ選定、実施設計」は設備メーカーに、「設備の建設」は EPC 業者に依頼することが一般的である。発注対象となる企業の数や業種は事例によって異なるが、**発注先が多くなるほど管理指導をする負担が大きくなる**ことに留意が必要である。

発電設備を発注する際、事業者にとっては特定の企業 1 社に設備建設に関する一切を発注できた方が圧倒的に**管理が容易であるが、その分の管理費用が高くなり建設費用が上昇する**。一方で、これらの仕事を**分離して得意分野のみを各社に発注すれば管理は難しくなるが、費用総額を抑えることができる**。

このように、それぞれメリットとデメリットがあるが、事業者において過去の経験を生かせる体制があれば分離発注で事業は進められる。しかし、事業の進捗をスムーズにするためにも、過去にバイオマスエネルギー事業の**経験のない事業者は、発電事業の経験のある EPC 業者などに一括して発注する**方が望ましい。

4.Ⅲ.3 O&M 契約

- 十分な運転マニュアルや取扱説明書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？

全ての事業モデルについて、バイオマス発電の設備の能力を 100%発揮するためには、適正な運転操作とメンテナンスが重要である。そのため、メーカーから設備の引き渡しを受ける際に、**事業者のオペレーターに運転操作の指導教育を受講**させる必要がある。国内メーカーでは多くの場合、**座学による研修や発電所の現場における指導**を行う体制がある。

また、設備の引き渡しの際に、まずは説明の**基本となる操作説明書などの資料が整っているかを確認**する必要がある。マニュアルの精度や使いやすさはメーカーによって大きく異なるが、欧州メーカーの方が詳細かつ未経験者にもわかりやすい形で整備されていることが多い。最近ではインターネットを使ってユーザーIDを入力すれば、必要な資料をダウンロードできるケースも増えている。

バイオマスボイラーおよび小型ガス化の場合、オペレータが操作するパラメータが少なく、また自動運転されているものがほとんどである。遠隔からスマートフォン等を用いて操作できるものも多い。しかしながら、ガス化や BTG と同様に、設備引き渡しの際には、メーカーに操作マニュアル式の提示とオペレータへの操作方法レクチャーを要望するのが良い。

オペレーターの教育システム

事業者側は、**全オペレーターが機会均等にすべての教育を受けて理解し、実践操作**をすることが重要である。一部の事例では、オペレーターに対して**定期的に理解度確認のための試験**を行っているケースもある。その他、メーカーの指導員は訓練のために、時には**予告なく故意に機械故障を起こして運転員を訓練**する場合もある。

特に BTG 発電事業の場合、この指導教育が不十分であれば、発電会社の運転員は設備の適正運転ができず、トラブル発生や稼働率低下に見舞われることがあるため、オペレーターの教育は極めて重要な事項と言える。

なお、商用の運転稼働フェーズでは、**オペレーターは次のシフトチームへの運転引き継ぎの際に、異常発生現象やトラブルや運転変化傾向などについて明確に伝える**ことも安定稼働のために重要である。

- オペレーターの役割は明確となっているか？

上述のとおり、**特に BTG 発電事業の場合**、事業を安定的に運営するためにオペレーターの果たす役割は非常に大きい。オペレーターが行う日常の業務内容は設備によっても大きく異なるが、**操作室における業務と現場巡回、また日報や伝票の作成、メンテナンス計画、バイオマス燃料の調達**など多岐にわたる。**責任者はこれらの業務を運転員と事務員に配分**し、各々のオペレーターが毎月のルーティン業務を受け持つ。

オペレーターに求められる条件

オペレーターに求められる条件として、発電設備の運転技能が求められることから**工学の知識を有している**ことが望ましい。また、これらのオペレーターを取りまとめる**職務責任者には、バイオマスエネルギー事業に係る経験と知識、並びにリーダーシップ**が要求される。

□ 遠隔監視システムの有無・内容について納得できるものになっているか？

設備の運転監視は近年、インターネット回線を通じて可能になっており、国内でも導入する事例が増えている。特に欧米のメーカーではこれらのシステムの導入が先行しており、TeamViewer を使用しているケース（Lipro 社、Kohlbach 社等）や、独自ソフトを開発しているケースもある。（ETA 社や Volter 社など）

ただし、**大型の設備の場合**は**資格者の常駐が必要**であり、オペレーターが常に設備内にいるため、**インターネットによる運転のモニタリングは差し迫って必要ではない**。発電所から本社に運転状況を連絡する場合などには有効である。

一方、電気事業法で緩和対象の**小型バイオマス発電所の場合**は連続運転が基本であるが、バイオマス燃料さえ供給しておれば運転員は不在でも問題なく、オペレーターが近隣に居て何かあれば駆け付けられれば良い。こうした小規模の発電所では **PC が携帯電話で閲覧可能なインターネットによるリモート監視システムの導入は有効**である。

4.Ⅲ.4 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？

運転稼働保証

欧州では保険会社がバイオマスエネルギー設備の稼働保証（年間7,500時間など）をしている事例が数多く存在する。一方、**国内ではこうした稼働保証を行うメーカーや保険会社がほとんどない**のが現状である。しかし、実際には設備トラブルにより、計画していた稼働時間を達成できない事例が少なくないため、**経済性確保の観点から欧州と同様の稼働保証を日本にも適用できるよう交渉していくことは重要**である。

欧州メーカーにおける運転稼働保証

欧州メーカーでは近年、小型のバイオマスガス化発電設備などの分野では発電運転保証をしている例が増えつつある。あるメーカーは、7,500時間発電運転を5年間保証しており、指示通りに運転したが発電が不足したり、機械不備で発電できなければ、その不足分を補償金として支払いが受けられる。これは、欧州メーカーが実績を積み上げ、安定運転ができている証左であり、こうした実績が保険会社からも信頼が得られた成熟した市場の証明ともいえる。なお、欧州では**保険費用は設備契約費に含まれており、設備費の約3%程度**となっている。

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 2.4.22 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	システム・機器の性能評価と改善	設備の運転稼働データやエネルギー供給状況のデータ計測、分析、解析は行っているか？解析結果は運転方法や設備の改善に活かされているか？	
		データ計測の項目、方法および計測場所などは適切に管理されているか？	
		仕様書に記載の設備・機器の出力、効率（発電効率・熱効率）は達成されているか？	
		システム全体としての出力や効率が達成されているか？	
		仕様書に記載の性能が未達の場合、原因は究明できているか？	
		不具合原因が設備・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？	
		不具合原因が燃料規格への不適合による場合、調達先との協議や改善要求と改善対応はなされているか？	
		不具合原因がシステム設計に問題がある場合、設計業者・施工業者との協議や対策はなされているか？	
		不具合原因がメーカー側責任の場合、メーカーの稼働補償は適用可能か？	
		<外部熱供給を行う場合> 熱量計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？	
4.IV.2	設備利用率の検証と改善	稼働時間ではなく設備利用率、発電量による検証がなされているか？	
		仕様上の性能が未達の場合、原因が究明できているか？	
4.IV.3	安全対策	非常時の安全対策は整備されているか？	
		緊急時の連絡体制は構築されているか？	
		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？作業の安全性は確保されているか？	
		地震や台風などの耐強度は確保されているか？	
		冬期の凍結対策は行われているか？	
		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？	
		消防への届け出とチェックは行われているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		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？	
4.IV.4	O&M内製化の検討	維持管理費削減のため、オペレーションとメンテナンス（O & M）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？	
4.IV.5	トラブルシューティング	トラブル時の原因究明と対策は都度なされているか？	
		トラブル時の対策はマニュアル化されているか？	

4.IV.1 システム・機器の性能評価と改善

- ❑ 設備の運転稼働データやエネルギー供給状況のデータ計測、分析および解析は行っているか？解析結果は運転方法や設備の改善に活かされているか？
- ❑ データ計測の項目、方法および計測場所などは適切に管理されているか？

運転データの計測項目

発電設備の運転に係る複雑な制御システムは現在では基本的に自動化されている。しかしながら、オペレーターが設備の運転状況の把握を怠ると設備のトラブルを招くだけでなく、事故にもつながりかねない。

これらを防ぐために、発電設備の**運転に係る重要な因子（データ）を日々計測・確認し、さらに解析することは重要**である。その意味で、オペレーターは警報発生を受けて対処するスキルのみならず、計測データのある項目に変化が生じたら、**操作により人為的に変化しているのか、機器の故障か、燃料燃焼などに異常が生じているのかを見極める**ことができるスキルが求められる。具体的に確認、解析すべきデータ項目としては以下のとおりである。

<運転時に解析すべきデータ項目>

- 燃料の性状
- 燃料供給量
- 発電量 **（発電事業の場合）**
- 熱出力 **（熱電供給および熱利用事業の場合）**
- 各部の温度・圧力・流量等
- 発生ガスの性状・量
- 排出ガスの性状・量

データ計測に関する教育体制の構築

設備の運転データから異常を判断するには、発電設備の全体と技術に係る知見と経験が求められる。これらに精通した技術者を複数名配置している発電設備は少ないが、一人居ればその技術者から**オリエンテーションを受けて、運転員全員が理解できるような教育体制の構築**が望ましい。または、定期的に**発電設備メーカーの技術者から直接指導を受ける**ことも有効な手段である。

計測方法

ボイラー等では熱量を計測する際、**測定方法による値の変化が生じる**ことがある。例えば、一次燃焼室と二次燃焼室どちらに計測器を置くかによっても熱量の測定値は異なるため、**関係者でデータ計測の前提条件の認識を統一**する必要がある。

特に熱を外部に販売する場合は、このような**計測方法について需要先と事前に合意しておく必要**がある。

- ❑ 仕様書に記載の設備・機器の出力、効率（発電効率・熱効率）は達成されているか？
- ❑ システム全体としての出力や効率が達成されているか？
- ❑ 仕様書に記載の性能が未達の場合、原因は究明できているか？
- ❑ 不具合原因が設備・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？

設備や機器自体の欠陥による不具合が発生した場合には、契約時の性能保証事項や免責事項を確認の上、EPC 業者、またはメーカーに改善要求を行い、必要な修理、パーツ・機器交換等の対応を求める。ただし原因が明らかに設備、機器自体によるものであったり、安全対策・環境対策上重大な問題であった場合には、保証期間経過後であっても協議の上、メーカー等の責任において改善を求める。

- ❑ 不具合原因が燃料規格への不適合による場合、調達先との協議や改善要求と改善対応はなされているか？

炉内での失火、効率低下、煙の発生や搬送系での燃料詰まり等の不具合が発生し、納入された燃料が**契約上の規格不適合だった場合**、調達先の燃料業者に改善を要求する。頻度が稀であったり、事業運営上大きな問題となっていない場合には、改善要求の範囲によるが、**設備・機器の修理を伴うようなトラブルとなった場合**、施設側での管理運営体制も検証したうえで、調達先と補償も含めた協議を行うケースもある。改善要求後は納品書でロット単位の規格チェック、必要に応じて事業者側でサンプリング調査・分析を行い、改善対応がなされているか確認する。

- ❑ 不具合原因がシステム設計に問題がある場合、設計業者・施工業者との協議や対策はなされているか？

システム設計上のミスが原因と想定される場合には、まずは EPC 業者や設計業者に不具合要因と責任の所在の特定を求める。EPC 契約を行っている場合には、EPC 業者が施工に加えて設計の契約不適合責任も負う。要求に際しては改善・補修要領書の提出を命じるなど、具体的な対応策を求める。性能保証、契約不適合期間中であれば無償で改善・補修等の要求が可能で、EPC 業者等はこれに応じて対応が必要となる。改善後、実稼働データをもとに性能評価、改善効果の検証を行い、場合によっては双方の協議の元、事業者は EPC 業者等に痲痺検査を行わせることも可能である。

- ❑ 不具合原因がメーカー側責任の場合、メーカーの稼働保証は適用可能か？

欧州ではメーカーがエネルギー設備の稼働保証（年間の稼働時間等）を行うケースがよく見られ、契約によっては、不足分の売電料金相当額を補償金として受けるようなケースもある。国内においても稀ではあるがメーカーや代理店が稼働保証を行うケースもあることから、故障、トラブル時にはその適用が可能か保証要件を確認の上、メーカーと協議する。ただし稼働保証の適用を受けるうえでは、厳しい燃料要件やメーカーの要求するメンテナンス契約等、一定の適用要件が課せられている可能性があることから、契約時に十分に確認をする。

設備の運転データを計測し、仕様上の性能に満たない場合はその原因を究明する必要がある。バイオマスエネルギー事業では運転を開始した**当初から仕様上の性能を完全にクリアしていることはほとんどない**ため、未達自体を過度に受け止めず原因究明に努めることが重要である。

性能が満たない場合は「**燃料の問題**」、「**制御技術の問題**」、「**設計ミス**」のいずれかが要因であることが多い。機器数やデータ数は少ないが、ガス化および熱利用事業でも基本的には同じである。

燃料の問題

投入する燃料自体が規格に未達、または規格自体がボイラーの要求水準に合致していないことが要因で設備がうまく稼働しないことが少なくない。

まずは調達している**バイオマス燃料がボイラー・燃焼炉、ガス化等のエネルギー変換設備が要求する燃料規格を満たしているかを確認**することが重要である。**特にペレットを利用する場合は、貯蔵中や輸送中に水分率が上がる**ことでトラブルが生じるケースがあるので留意する。なお、欧州製のガス化の場合、機器の求める燃料規格を満たしていても欧州との**樹種の違いなど、規格の項目対象外の性状の差によりトラブルが発生する**ケースも報告されている。

こうした設備運転の試行錯誤の中で、原料の品質を変更しなくてはいけないことがあるため、**稼働後も多少の変更が可能なように上流側（燃料供給側）と協力体制を構築できるかが重要**となる。

バイオマス燃料に起因するトラブルの具体的な内容は「**4.IV.5 トラブルシューティング**」（435頁）を参照されたい。

設計ミス

バイオマス燃料の品質や制御技術に問題がなくても、エネルギー変換設備自体の**設計ミスが原因で性能が未達**のケースが存在する。事業者側で稼働開始までに設計ミスを発見することは難しいが、生じた場合の経済損失を最小限に抑えるため、受注者やメーカー側に発注する際の**契約時において瑕疵が生じた際の責任を明確化しておく**ことが重要となる。

メーカーとの契約時の留意点は「**4.III.2 工事・EPC 契約**」（405頁）を参照されたい。

実証事業者の検討：蒸気ボイラーシステムの導入と運転状況

社会福祉法人ウィズユーではクリーニング工場においてバイオマス燃料（建築廃材・きのこ使用済菌床）を用いた蒸気ボイラーを2021年より運転している。工場内におけるバイオマス蒸気ボイラー導入前後の設備配置図は以下のとおりである。

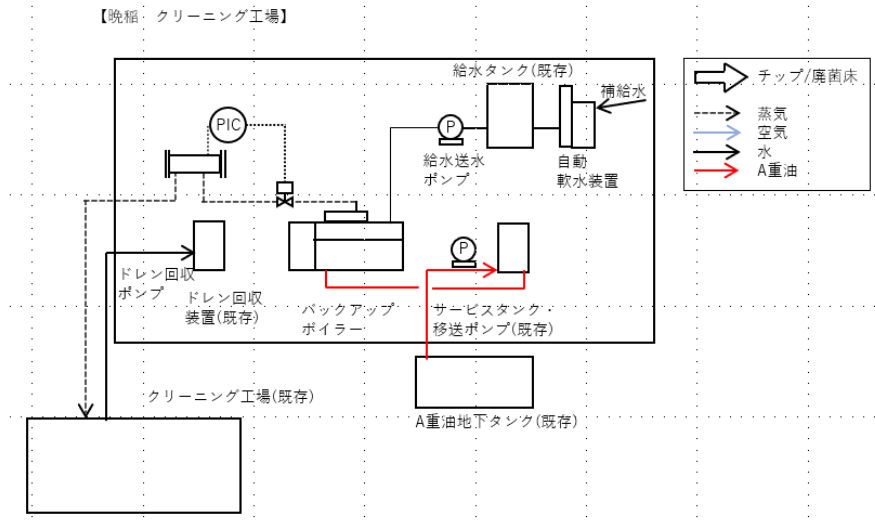


図 2.4.17 バイオマス蒸気ボイラー導入「前」のシステム

(出所) 社会福祉法人ウィズユー提供資料

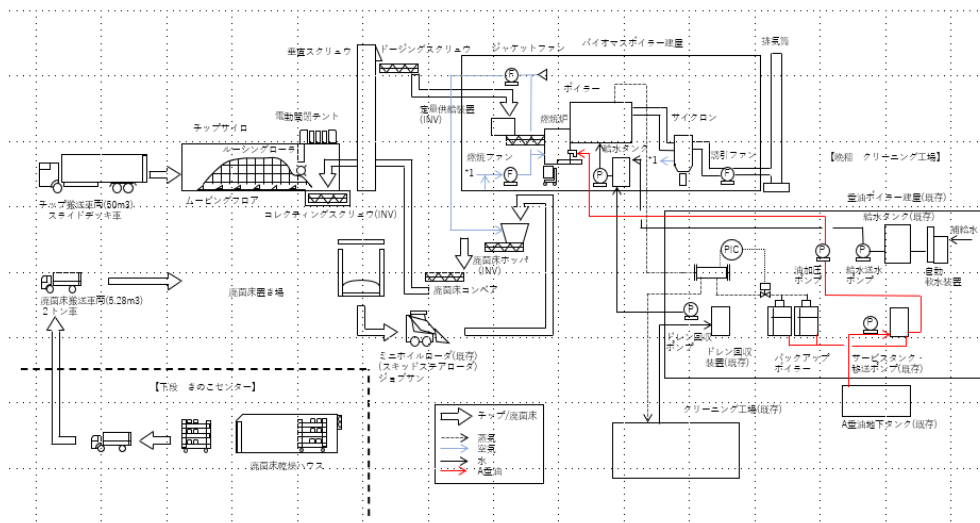


図 2.4.18 バイオマス蒸気ボイラー導入「後」のシステム

(出所) 社会福祉法人ウィズユー提供資料

バイオマス蒸気ボイラー運転後の課題と対応策

社会福祉法人ウィズユーにおける上述の蒸気ボイラーの運転開始後、直面した課題と解決策は以下のとおりである。

チップに含まれる異物の混入

建廃チップ中にサイズが大きな端材、廃プラ・金属など異物が混入してチップ供給装置内での詰まりを誘発する事がある。そのため、チップ製造元でのスクリーンサイズや磁選機の仕様確認が必要となる。

燃焼灰の処分

バイオマス燃焼灰中の重金属量が基準値を超えると処分費が高額となるため予め確認が必要となる。

クリンカの発生（ラボ試験とスケールアップ（実証）との違い）

FS 時のラボ試験では確認が出来なかったクリンカが実証では多く発生し、その対策に時間がかかった。ボイラー導入前の課題を予め予測し、その課題確認がラボ試験で確認できるように準備しておくことが重要である。

クリンカの発生は炉内に残った燃焼灰が 900℃以上の高温にさらされる事が原因と考えられるが、本実証で採用した燃焼炉は固定床式であるため、燃焼灰が炉内に残りやすいという課題が存在する。社会福祉法人ウイズユーらは、クリンカの発生をゼロにすることは困難であると判断し、クリンカの除去作業を容易にするため、炉内に灰が溜まりやすい場所に鉄製の板を貼って、クリンカを剥がしやすくする対策を試みている。



図 2.4.19 クリンカの付着状況

(出所) 社会福祉法人ウイズユー、株式会社智頭石油提供資料

<外部熱供給を行う場合>

- ❑ 熱量計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？
- ❑ 同業種や関連分野の情報を収集して、新技術の導入による運用効果の増大などの検討をしているか？

熱供給事業の場合、適切な料金形態、熱量の計測方法を採用することで、供給側、利用側双方が適正な利益を享受し、リスクが偏らないよう留意する。

熱の料金形態に係る留意事項

料金形態については、使用量に応じた従量料金に加え、固定費分を回収するための基本料金を徴収する二部料金制を採用することが望ましい。従量料金の場合、熱の消費量が計画を下回った場合、熱供給側の事業性が悪化し、投資回収も遅れ、場合によっては熱供給単価も含めた契約条件の見直しを迫られることも考えられる。供給事業者側の投資回収を早めるためには初期接続料を徴収することも考える。また料金形態だけでなく、設備のトラブル時の供給責任、需要側の利益保証、双方の倒産リスクなど、リスク関係の整理も契約の中で定めていくことが重要である。ある事例では熱料金の単価を石油の市場価格と連動した契約としたために、石油価格が下落した際にエネルギー会社側、燃料供給事業者側が採算を割り込むレベルでの運営を強いられる事態も発生している。熱供給事業は供給側、利用側、運命共同体的な要素もあり、メリットやリスクが過度に片方に偏ると共倒れの可能性もあるため、利益を適正に分配し、双方無理のない持続可能な仕組みを契約上構築することが重要である。

熱の計測方法に関する留意事項

適正な利益関係を構築していくうえで、熱の使用量の計測方法、熱量計の設置位置についても適切なルールを定めていくことが必要である。一般的には積算熱量計（あるいは流量計と温度センサーの組み合わせ）を用いて使用量を計測していく方法を取るが、配管・継ぎ手・断熱材の材質・敷設状況、配管延長によっては熱損失も発生し、また熱交換器の前後でも当然、熱損失が生じるため、システム系統内でも設置場所により計測値は異なる。一次側の熱出力量ベースで売熱量を想定して計画したにもかかわらず、施工段階で熱量計を熱交換器後段の二次側に設置した場合には売熱量が想定より下回ることになるため、測定値補正のルール付けや熱料金単価等の条件を見直していく必要がある。気を付けなければならないのはボイラー導入に合わせて配管系統等設備全体の改修を行うケースで、その場合にはシステム全体で熱損失が改善される。そうしたケースではあらかじめ損失改善効果も見込んで熱供給事業の収支計画、それに伴う料金形態の設定が必要となる。

実証事業者の検討：コンビナートにおけるバイオマス蒸気供給システム

JFE 環境サービス株式会社では廃木材を対象とする既存の炭化処理システムを導入しているが、NEDO の実証事業において以下のとおり、新たにバイオマス蒸気ボイラーを導入した。

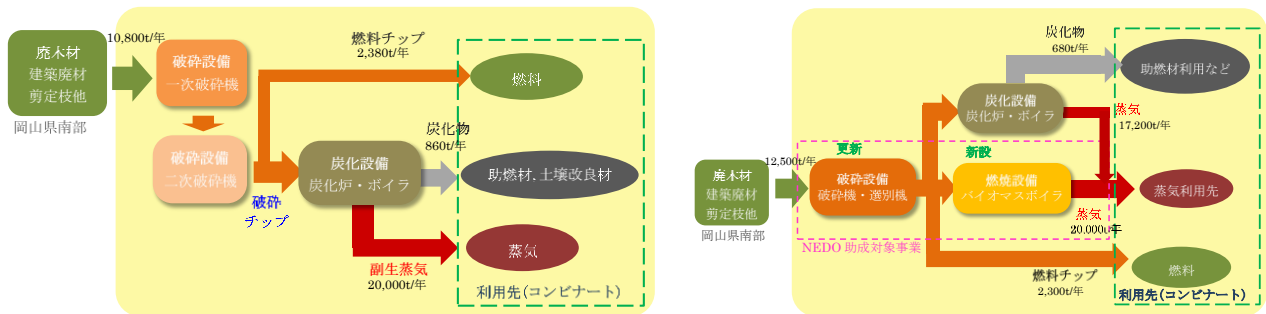


図 2.4.20 JFE 環境サービスにおけるバイオマス蒸気ボイラー導入前後のシステムの比較

(出所) JFE 環境サービス提供資料

燃焼設備

バイオマス燃焼設備の概略仕様を下表に示す。本システムでは廃棄物系の燃料においては異物の混入が想定されるため、詰まり難い構造のストーカ式炉を一次燃焼室とし、未燃ガスを二次空気で完全燃焼させる煙道式の二次燃焼室方式を採用した。燃焼能力は想定する蒸気発生量から 0.8t/h 程度とした。

ボイラーはガス中の灰分を考慮してスートブロー付きの煙管式とし、熱効率の向上を図るため、フィンチューブ式エコマイザーを設置した。蒸気圧については、現時点では供給先の蒸気圧は 1.0MPaG であるが、将来蒸気供給を想定している酸素工場(蒸気圧 1.4MPaG)への蒸気供給が可能となるように約 20%の余裕を見て 1.7MPaG(常用)とした。また、将来的に燃焼量の増大に対応可能とするために設計上の定格値は 5t/h とした。

表 2.4.23 JFE 環境サービスにおける燃焼設備の概略仕様

形式		ストーカ式 1 次燃焼室＋煙道式 2 次燃焼室
炉 燃 焼	対象バイオマス	建設廃材チップ、廃パレットチップ他
	燃焼能力	0.8t/h(常用)
ボ イ ラ	形式	横煙管式廃熱ボイラー(蒸気式スートブロー付き) フィンチューブ式エコマイザー付き
	蒸気圧力※	常用 1.7 MPaG(最高使用圧力 1.96MPaG)
	蒸気温度	207℃(常用時飽和温度)
	蒸気量	5t/h(定格:設計)

(出所) 同上



図 2.4.21 JFE 環境サービスの燃焼設備全景 (左)、ボイラー (エコマイザー側) (右)

(出所) 同上

操業実績と設備の運転状況

下表に操業運転一覧を示す。単位時間の燃料投入量に対する蒸気発生量をエネルギー原単位とすると、全操業期間平均で 4t-steam/t-fuel であった。

表 2.4.24 JFE 環境サービス株式会社の実証設備の操業一覧

実証期間	稼動回数	稼動日数	燃料投入量		蒸気発生量(ボイラ給水*)		
					量	流量	エネルギー原単位
					t	t/h	t/t
	回	d	t	t/d	t	t/h	t/t
性能試験	1	2.6	32	14.7	126	2.42	3.96
2018年下期	5	31.0	338	11.5	1,579	2.23	4.67
2019年上期	10	35.1	342	10.8	1,502	1.98	4.39
2019年下期	7	27.5	221	9.2	715	1.24	3.23
2020年上期	4	14.7	91	7.7	252	0.89	2.78
2020年下期	6	18.5	119	8.5	386	1.15	3.23
合計	33	129.4	1,144	10.1	4,561	1.68	3.99

* ボイラ給水量を蒸気発生量と見做す。

(出所) 同上

実証運転 1 年目及び 2 年目上期(2018/8~2019/9)においては炉内温度を 1200~1300℃前後で操業を実施した。蒸気発生量は 2t/h 程度で、当初計画値を超える十分なエネルギー原単位を確保できたが、燃焼室内の耐火物の損耗が見られた。このため、炉内温度の設定を 1200℃、1150℃、1100℃と下げて状況の変化を見た。燃焼量が 7~8 割となり、蒸気発生量は 1t/h 程度まで低下したが、エネルギー原単位は 3t-steam/t-fuel 程度を維持できた。

表 2.4.25 JFE 環境サービス株式会社の実証設備の操業状況と熱収支計算例

日時		2018/9/5	2021/1/22			
項目	単位	計測値	計測値			
燃料	-	廃パレット	木質建廃			
燃料低位発熱量	MJ/kg-wet	13.87	14.36			
燃料投入量	t/h	0.665	0.497			
1次燃焼室出口温度	℃	1,150	1,198			
煙突入口排ガスO ₂ 濃度	%	11.2	13.8			
蒸気発生流量	t/h	2.66	1.77			
蒸気圧力	MPa(G)	0.83	0.88			
エネルギー原単位	t-蒸気/t-燃料	4.00	3.57			
	項目	単位	計算値	比率(%)	計算値	比率(%)
入熱	燃料燃焼熱	MJ/h	9,226	95.2	7,141	95.5
	燃料顕熱	MJ/h	22	0.2	24	0.3
	燃焼空気顕熱(含侵入空気)	MJ/h	135	1.4	241	3.2
	給水顕熱	MJ/h	306	3.2	68	0.9
	合計	MJ/h	9,689	100.0	7,475	100.0
出熱	発生蒸気エンタルピー	MJ/h	7,385	76.4	4,909	65.7
	コクサ出口排ガス顕熱	MJ/h	909	9.4	1,152	15.4
	放熱損失他	MJ/h	1,395	14.4	1,414	18.9
	合計	MJ/h	9,689	100.0	7,475	100.0
	蒸気回収熱効率	%	76.7		67.8	

(出所) 同上

★一定条件下安定運転した作業中の連続する4時間の時間平均

日時		2018/09/25	2019/03/06	2019/09/12	2019/10/24	2020/02/18	2020/07/15	2020/10/01	2021/01/22	平均									
		13:00~17:00	12:30~16:30	12:30~16:30	9:50~13:50	8:00~12:00	13:00~17:00	11:00~15:00	23:30~27:30										
プロセスデータ	燃料	—	廃パレット	廃パレット	木質建廃	廃パレット	木質建廃	木質建廃	木質建廃	—									
	燃料低位発熱量	MJ/kg	13.87	14.95	14.86	15.70	15.24	13.82	13.86	14.58									
	燃料投入量	t/h	0.665	0.498	0.512	0.489	0.396	0.350	0.276	0.497	0.460								
	1次燃焼室中央温度	℃	1281	1,217	1,296	1,255	1,246	1,144	1,154	1,163	1,216								
	1次燃焼室出口温度	℃	1,150	1,073	1,132	1,125	1,022	1,008	1,012	1,198	1,090								
	煙突入口排ガスO ₂ 濃度	%	11.2	15.1	13.4	13.0	14.0	13.9	13.7	13.8	13.5								
	煙突入口排ガス空気比	—	2.14	3.56	2.76	2.64	3.02	2.93	2.88	2.92	2.86								
	蒸気発生流量	t/h	2.66	1.98	2.17	1.97	1.22	1.05	0.73	1.77	1.70								
	蒸気圧力	MPa(G)	0.83	0.68	0.69	0.69	0.78	0.76	1.42	0.88	0.84								
	エネルギー原単位	t/t	4.00	3.97	4.24	4.04	3.08	3.20	2.63	3.57	3.59								
熱収支		MJ/h	%	MJ/h	%	MJ/h	%	MJ/h	%	MJ/h	%								
入熱	燃料燃焼熱	9,226	95.2	7,444	94.1	7,606	93.5	7,680	94.9	6,032	95.9	4,836	94.6	3,820	95.6	7,141	95.5	6,723	94.8
	燃料顕熱	22	0.2	25	0.3	25	0.3	24	0.3	19	0.3	17	0.3	14	0.3	24	0.3	21	0.3
	燃焼空気顕熱(含侵入空気)	135	1.4	329	4.1	251	3.1	239	2.9	196	3.1	147	2.9	93	2.3	241	3.2	204	2.9
	給水顕熱	306	3.2	117	1.5	255	3.1	151	1.9	44	0.7	115	2.2	73	1.8	68	0.9	141	2.0
合計		9,689	100.0	7,913	100.0	8,137	100.0	8,094	100.0	6,291	100.0	5,115	100.0	4,000	100.0	7,475	100.0	7,089	100.0
出熱	発生蒸気エンタルピ	7,385	76.2	5,157	65.2	6,005	73.8	5,522	68.2	3,811	60.6	3,117	60.9	2,023	50.6	4,909	65.7	4,741	66.8
	エコノマイザ出口排ガス顕熱	909	9.4	1,572	19.9	1,064	13.1	1,125	13.9	1,099	17.5	614	12.0	551	13.8	1,152	15.4	1,011	14.3
	放熱損失他	1,395	14.4	1,184	15.0	1,068	13.1	1,446	17.9	1,380	21.9	1,384	27.1	1,426	35.6	1,414	18.9	1,337	18.9
	合計	9,689	100.0	7,913	100.0	8,137	100.0	8,094	100.0	6,291	100.0	5,115	100.0	4,000	100.0	7,475	100.0	7,155	100.0
蒸気回収熱効率※		%	76.7	67.7	75.6	69.9	62.5	62.1	51.0	67.8	66.7								

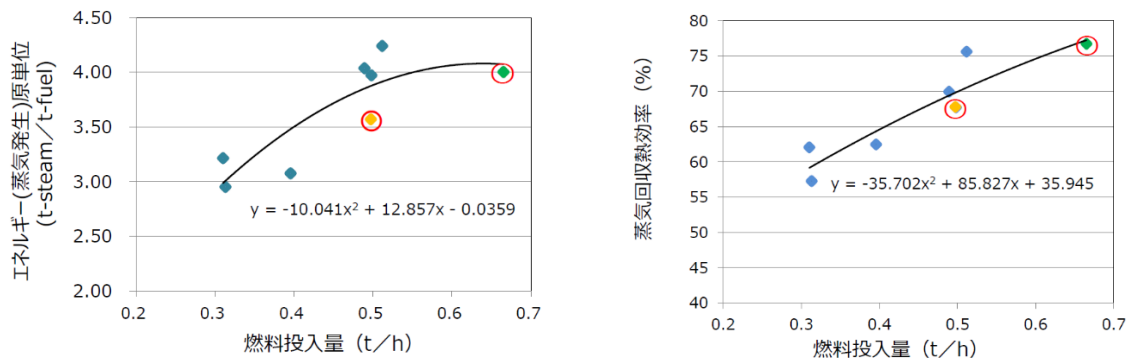
(出所) 同上

2019年12月に耐火物の補修を行ったことで、炉内温度を1200℃で安定操業が可能となった。その後、炉内温度の均一化で耐火物の過熱を防止するために、炉内のガス流れを変化させる散気管の設置(2020年12月)を実施し、炉内状況の最適化を目指している。

エネルギー原単位の評価

燃料投入量に対するエネルギー原単位を下左図に示す。投入量を0.31t/hから0.67t/hまで変化したときのエネルギー原単位は3t-steam/t-fuelから4t-steam/t-fuelへ上昇しているが、上昇割合には鈍化がみられる。

また、ボイラの熱効率として蒸気回収熱効率((発生蒸気エンタルピ - 給水顕熱) / 燃料燃焼熱)を試算した結果は下右図のとおりである。燃料の燃焼熱量の内、蒸気発生に有効に消費される熱量の割合は、図に示すように燃焼量に対して線形的な熱効率の向上が見られ、ボイラーの規模に余裕があることがわかる。



※グラフ中の赤○は上表「操業状況と熱収支計算例」における枠線のポイントを示している

図 2.4.22 JFE 環境サービスの実証運転における燃料投入量あたりのエネルギー原単位 (左) および蒸気回収熱効率

(出所) 同上

なお、JFE 環境サービスによると、蒸気ボイラーの運転上の課題は燃焼炉とボイラーの規模の間にややミスマッチが存在する点としている。当初計画ではできる限り蒸気供給量を大きくするため 5t-steam/h のボイラーを選択したが、①取得可能な水の量に制限があることが判明したこと、②倉敷市との協議の中で燃焼量を減らす要請があったこと、によりスケジュールの観点で燃焼炉のサイズのみを下げる選択をした経緯がある。そのため、燃焼炉に対する適性なボイラー規模（3t-steam/h 程度）の場合はより高い蒸気回収効率を得られたと推察される。

4.IV.2 設備利用率の検証と改善

- 稼働時間ではなく設備利用率と発電量による検証がなされているか？
- 仕様上の性能が未達の場合、原因は究明できているか？

設備利用率の検証と改善に係る留意事項

フルロード運転についても日本では運転管理に関する用語や定義の共通認識が十分でないことにも留意する必要がある。具体的には、「稼働時間」は計画値の 100%でも「エネルギー生産量（発電量）」は計画に対して大幅に未達という状況が多々ある（施設・設備は動かしていても発電はしていない）。

例えばガス化発電設備のカタログなどで「年間稼働時間 7,500 時間達成」「送電端出力 100kW×7,500h/年×40 円/kWh = 売電収入 7.2 億円/年」などの記載があっても、実際にはフルロードで 7,500 時間発電をするとは限らないため、実績ベースでの「年間の発電量」をチェックして、**カタログ等で謳われる数値の是非を確認する必要がある**。

また「稼働率」の言葉の定義にも同様に注意が必要である。「稼働率 90%」といっても、実際の発電量が「100kW×24h×365 日×90%」と一致するとは必ずしも限らない。機器は稼働していても出力が 100kW の定格で発電し続けているとは限らない。正確には「設備利用率」をチェックすべきである。FIT の調達価格等算定委員会においても「稼働率」ではなく「設備利用率」による評価・審議が行われている。

発電設備の正確な性能・実績を評価するうえでは、「稼働率」ではなく、**実績ベースの「設備利用率」および「年間の発電量」のデータをメーカー等から入手し、確認する必要がある**。

$$\text{設備利用率 (\%)} = \text{年間発電量} \div (\text{発電設備の容量 (定格出力)} \times 24\text{h} \times 365 \text{日})$$

稼働率 ≠ 設備利用率

4.IV.3 安全対策

- ❑ 非常時の安全対策は整備されているか？
- ❑ 緊急時の連絡体制は構築されているか？

非常時の安全対策に関する留意事項

運転管理の安全性を確保するため、**設計上でフルプルーフ（誤操作対策）、フェールセーフ（多重安全化）等を十分に考慮**することが重要である。具体的には、**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**に留意したシステムとする。

非常事態の想定

停電時、地震時および火災時などの異常事態において、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。

緊急時の連絡体制の構築

上述の災害を含む非常事態や故障時に備え、**自治体、周辺住民、警察および消防等の関係各所への連絡体制も整備**する必要がある。

表 2.4.26 非常事態に向けた措置例

事象	措置例
停電時	<ul style="list-style-type: none">・ ターンダウンの限界値を確認の上、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。・ 自立運転に移行後、タービン発電機を所内消費動力に見合う負荷制御とし、余剰の蒸気はタービンバイパスを経由して、復水器へ流す。ただし、復水器の能力設定に留意を要する。・ 運転操作としては、ボイラー負荷を落として待機し、電力網が復旧したところで再併入した後、タービン発電機の出力を上げて、所定の出力に戻す。
全電源喪失時	<ul style="list-style-type: none">・ バイオマス燃料投入は緊急ゲート等で遮断され、供給系へ逆火の防止が出来るものとし、燃烧炉が停止し、燃烧が消火するものとする。・ 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構造とする。・ UPS や非常用発電機等のバックアップ電源を設置する。
地震時	<ul style="list-style-type: none">・ 二次災害を防止するため、中央操作室、燃烧炉ボイラー、タービン発電機等の各部には、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。・ バルブおよびダンパ類は、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、各バルブおよび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

□ メンテナンスが必要な箇所はアクセス可能な設計になっているか？作業の安全性は確保されているか？

設備故障時の想定

異常が発生した際に即時に対応できるよう**異常時マニュアルを策定**するとともに、**設備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に関係者（事業者、受注者）に徹底しておくことが望ましい。

表 2.4.27 異常、非常時の事象例とその対応策

事象	内容および対応策
燃料の詰まりやブリッジの発生等	<p><BTG、ORCおよびバイオマスボイラーの場合></p> <ul style="list-style-type: none"> 異物の混入、規格外（長いもの等）のバイオマス燃料の混入により、受入ホッパー、サイロおよびコンベヤで詰まりやブリッジが発生することが考えられる。 <p><各方式共通></p> <ul style="list-style-type: none"> 万一詰まりやブリッジが発生した場合は、装置を一時停止の上、運転員による発生場所の特定、清掃や逆流運転等による詰まりの排除が必要となる。 簡易的な対処が不可能な場合は、設備メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。
炉内異常燃焼等	<p><BTG、ORCおよびバイオマスボイラーの場合></p> <ul style="list-style-type: none"> システムの故障や制御不能の事態による炉内の失火、または炉内温度の異常上昇によるクリンクの大量発生等が考えられる。 この場合は、設備を緊急かつ安全に停止してその原因究明を行い、設備メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。 <p><熱分解ガス化の場合></p> <ul style="list-style-type: none"> 設備を緊急かつ安全に停止してその原因究明を行い、設備メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。
負荷設備、ポンプ等システム機器の異常	<p><BTGの場合></p> <ul style="list-style-type: none"> タービン発電機等の負荷設備やポンプ等が故障した場合は、予備機があれば、バックアップして運転を継続できるが、予備機がない場合は、設備を安全停止後に故障機器の取替復旧を行う。 <p><各方式共通></p> <ul style="list-style-type: none"> 故障の原因等については、設備メーカーの専門技術者も交えて、今後の対策方法等を策定する。
電気システムの異常	<p><BTGおよびORCの場合></p> <ul style="list-style-type: none"> 所内系統における事故（タービントリップ等も含む）においては、電気主任技術者等に即時に通報するとともに、設備を安全停止させ、メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。 <p><ガス化およびバイオマスボイラーの場合></p> <ul style="list-style-type: none"> 設備を安全停止させ、メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。

メンテナンスを考慮した設計に関する留意事項

発電設備やボイラー設備は年に数回の頻度で**保守メンテナンス**が必要である。そのため、設備全体の**機器のメンテナンス性を考慮した設備設計**が重要である。

具体的には、**部品や機体の抜き出しが必要なものは抜き出せるように配置**するなどの設計の配慮が求められる。また、接合部のばらし、吊り上げ、横引きなどの手順で**指定場所や屋外への機器搬出ができるような作業スペースの確保**、オペレーター**のメンテナンス用スペースの確保**などが重要である。その他、**配管や配線がメンテナンスの障害にならないように配置**することも大切である。こうしたメンテナンス時のユーザビリティを考慮した設計のためには、**各機器の保守メンテナンスについて詳しい経験者にヒアリング**を行ったうえで進めることが望ましい。

□ 地震や台風などに対する耐強度は確保されているか？

日本は地震国であり自然災害が多く、台風も襲来回数が多いため、設備の安定稼働のためには災害への対応を考慮した設計が求められる。

国内では**建築基準法で設備の耐震強度や風圧力に対する強度の規定がされている**ため、これを遵守した強度設計が求められる。また、**震度計などを装備して地震時は設備の安全な自動停止**を行うシステムも導入する必要がある。

その他、地震への耐久性を考慮した設備設計や建設を行うためには **EPC 業者などと、対応すべき「地震係数 G」について合意を取り、仕様書に明記**することも有効な手段である。

□ 冬期の凍結対策は行われているか？

北海道、東北などの寒冷地域では、冬期に外気が零下になることが度々あり凍結防止対策が必要となる。寒冷気候で屋外に生や高水分のチップや丸太等を保存しておいた際に**凍結して相互に氷が付着して固着したり、雪に埋もれてバイオマス燃料が取り扱いにくくなる**。

こうした事態を避けるには**燃料を屋内保管**することが必要になる。ただし、屋根だけの建物では横風で雪や雨が吹込むので外壁設置も留意が必要である。屋内保管でも屋内の温度がゼロ度を下回る場合があるので、**発電室や乾燥室の温かい空気をチップなどの保管場に送り込むことで加温**することは有効である。

その他、配管やバルブの中の水が凍結して破損するのを防止する対策も重要である。これらが発生するのは多くの場合、冬期の長期設備停止の期間であることが多い。そのため、**凍結の恐れのある箇所は常時水を流しているか、凍結防止ヒーターを設置する**などの対策が必要となる。先進事例では、凍結対策として**サーモスタット装置を導入**している事例もある。この装置では、外気温が2度を下回った場合、自動でスイッチを入れる仕組みとなっており、配管やバルブの凍結を防いでいる。

□ 労働災害や職員の安全性に係るトラブルは起きていないか？

バイオマス発電所、熱利用設備においては燃料に起因する火災事故や設備不良や運転管理ミスによる物損事故、人身事故など様々な災害リスクが内在する。

燃料系では、チップヤードで燃料を過度に高く積み上げたことで発酵し、温度上昇により自然発火することがある。周辺の燃料や設備に延焼し、大規模な火災事故にもなりかねないため、燃料保管の高さ、ヤードの間隔や燃料の切り替えなどの適切な保管方法を定めて遵守していくことが必要である。

設備不良を原因とするものについては、日ごろからのメンテナンス不足に起因するトラブルもあれば、機器自体の技術的な課題によるものもみられる。ガス化発電設備でエンジンの逆火によりタンクの爆発が発生し、近隣の民家や住民に被害が及んだ事例もある。特に実績が十分でない技術・機器を導入する際には入念な安全対策を行い、オペレーター、および近隣住民の安全を守っていくことが必要である。

オペレーション上のミスや労務管理上の不備により、人身事故につながる例もある。プラント内での日常作業においても、回転体への巻き込まれ、高所からの転落、感電等といった災害リスクは存在するため、安全対策マニュアルの策定、安全教育の徹底、オペレーター各々が自ら安全対策を徹底することが必要である。24 時間運転を行っているバイオマス発電所などでは、夜間も最低 2 人のオペレーターを配置するなど、人員の配置の面からも労働災害リスクの抑制に努める。

労働災害が発生した際には、労働基準監督署に事故報告を行い、現場検証等、求められる対応に適切に応じていく。

□ 消防への届け出と検査は行われているか？

チップやペレットをはじめとするバイオマス燃料は指定可燃物に該当するため、貯留量が 10m³ 以上の場合には、所轄消防署に少量危険物等の貯蔵および取扱いの届出が必要となる。チップ工場等のヤードはもちろん、発電所や熱利用施設場内のサイロについても同様となる。

バイオマスボイラーを設置する場合には、市町村の火災予防条例に従い、所轄消防署に火を使用する設備の設置の届出が必要となる。設備の設置位置や建屋、設備の構造は、市町村の火災予防条例の基準に従う必要がある。

□ 災害対策のマニュアル作成や安全対策の教育は実施されているか？

バイオマス発電や熱利用設備のプラント内での作業には危険の伴うものも多く、人命にかかわるような事故が発生することもある。安全対策として 5S（整理・整頓・清掃・清潔・しつけ）を日頃から心がけること、KYT（危険予知訓練）やヒヤリハット記録の作成など、オペレーター、管理者に対する安全教育を徹底する。安全対策マニュアルを作成し、事故防止、災害時の対応力の強化を図ることも有効である。ヒヤリハット記録や他事業所等での災害報告なども受け、マニュアルは常にアップデートしていく。特に新たに開設する発電所等では、未経験の現場で災害発生リスクも高まることから、徹底した災害対策の教育訓練を心掛ける。設備の適切なメンテナンスや定期的な見回り、チェックにより設備不良、それに伴う事故・災害を未然に防ぐための対策も大切である。

4.IV.4 O&M 内製化の検討

□ 維持管理費削減のため、オペレーションとメンテナンス (O&M) は段階的にでも内製化していくことができるか?

O&M の内製化に関する留意事項

エネルギー変換設備のメンテナンス体制は、事業者自らメンテナンスを実施するパターンと設備メーカーとの間で年間保守契約を締結するパターンとの 2 つに大別される。前者はさらに事業者の運転員がメンテナンスするパターンと、運転員とは別に保守員を新規雇用するパターンがある。

メンテナンスを設備メーカーに委託する方が技術的な信頼性が高く、設備の不具合を未然に発見しやすい等の利点がある一方で、**毎年の維持管理費が大きくなる**こと、トラブルが起ってから**人員の到着までに時間のロスが発生**するなどのデメリットがある。

そのため、段階的な移行も含め**事業者内でメンテナンスを内製化できることが望ましい**。

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
メーカーと保守契約締結	<ul style="list-style-type: none"> 専門的知見を持った人員に任せられる。 故障前に未然に設備の不具合を発見し対応しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> トラブルが起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する。 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やすい。
事業者自ら保守	<ul style="list-style-type: none"> 支出は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。 	<ul style="list-style-type: none"> 技術的知見を得るための取り組みが必要である。 事業者自身で対応できなかった場合、かえって復旧までに時間を要する。

(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

メーカーによっては、事業者向けに**O&Mスキル習得に向けたトレーニングの仕組み**を有していることがある。例えば、ETA 社等欧州の一定のメーカーでは O&M の対応事項を、日々の通常運転に関する「**ユーザーメンテナンス**」と、トラブル時等より専門性が高く本来メーカーが実施する「**メーカーメンテナンス**」の 2 つのレベルに分けて研修を設けている。通常事業者 (ユーザー) は前者のみを実施し、後者はメーカーを呼ぶ必要があるが、特定のトレーニング・研修を受講すれば事業者もメーカーメンテナンスを実施できるようになっている。その他、先行事例では**メーカーの協力を得てマニュアル等を作成し、自社内での運転員を育成**するケースも見られる。

事業内容に応じた運転体制

事業者が保有する設備の規模や種類、稼働時間に応じて、運転要員数や 1 日のシフト数、班体制が異なる。

発電設備 (BTG、熱分解ガス化) は **24 時間稼働が前提**なので **1 日 3 シフト**とする事業者が多い。ただし、サイロやバイオマス燃料ヤードの状況に応じて夜間の運転要員数が異なる。

熱利用設備 (バイオマスボイラー) は、工場向け、民生向け等により異なるが、**24 時間体制を組む事例は少ない**。遠隔通報システム等を活用する事例もある。

熱電供給設備（ORC）は、日本では事例が限定的であるが、パンプ・エナジー株式会社では隣接する建材工場向けに **24 時間運転**している。なお、欧州では ORC は無人運転が可能であるが、日本では電気事業法の都合上 **必ず運転員が常駐している必要がある**。

□ **メンテナンスの方法や頻度は適切になされているか？**

設備別の必要資格と点検頻度

導入する変換設備の種類によっては、ボイラー・タービン主任技術者や電気主任技術者等の **資格保有者の確保が必要**となる。取得にあたり**実務経験が必要な資格**もあり、例えば第 1 種、第 2 種ボイラー・タービン主任技術者は、**学歴に応じて必要な実務経験年数が異なる**。

なお、原則、従業員として有資格者を確保する必要があるが、**一定の条件を満たせば、兼任や外部委託等の例外制度の利用も可能**である。先行事例の中には、運用開始当初は別事例で経験のある資格保有者に依頼し、その後**一部の運転員が資格試験を受験して実務経験を積むなどして人材育成**を行っている事例もある。

変換設備は主要設備別に点検頻度が概ね想定されており、**点検や交換がある年にはメンテナンス費用が多く発生することに留意**する必要がある。

表 2.4.29 バイオマス発電所を含む火力発電所の規制概要、必要資格

発電方式	出力等条件	保安規程	主任技術者選任		工事計画届出
			電気	ボイラー・タービン	
汽力	—	要	要	要	要
	発電出力 300kW 未満等 (注2)	要	要	不要	不要
ガスタービン	10,000kW 以上	要	要	要(発電所)	要
	1,000~kW 以上 ~10,000kW 未満	要	要	要(統括事業場)	要
	1,000kW 未満	要	要	要(統括事業場)	不要
	告示のもの(注1)		要	不要	不要
内燃力 (ガスエンジン含む)	10,000kW 以上	要	要	不要	要
	10kW 以上 ~ 10,000kW 未満	要	要	不要	不要
	10kW 未満	不要	不要	不要	不要
汽力、ガスタービン、 内燃力以外	—	要	要	要	要
2 種類以上の原動力 の組合せ	—	要	要	要	要

(注1) ①電気出力が 300kW 未満のもの。②最高使用圧力が 1,000kPa 未満のもの。③最高使用温度が 1,400℃未満のもの。④発電機と一体のものとしての筐体に収められているものその他の一体のものとして設置されるもの。⑤ガスタービンの損壊その他の事故が発生した場合においても、当該事故に伴って生じた破片が当該設備の外部に飛散しない構造を有するもの

(注2) ①電気出力が 300kW 未満のもの。②最高使用圧力が 2MPa 未満のもの。③最高使用温度が 250℃未満のもの。④蒸気タービン本体が発電機と一体のものとして一の筐体に収められているもの、または施設その他の通行制限のための措置が講じられた部屋に収められているもの。⑤蒸気タービン本体の損壊その他の事故が発生した場合においても、当該事故に伴って生じた破片が当該蒸気タービン本体の車室、またはこれが収められている筐体の外部に飛散しない構造を有するもの。⑥同一の火力発電所の構内に設置された労働安全衛生法の適用を受けるボイラーから蒸気の供給を受け、当該蒸気タービン本体の汽力を直接その原動力とするもの、または同一の火力発電所構内以外から蒸気の供給を受け、当該蒸気の汽力を直接その原動力とするもの等

(出所) 経済産業省「平成 30 年度中国地区ボイラー・タービン主任技術者会議」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 2.4.30 ボイラー・タービン等の定期点検時期

組織区分	分類	定期検査時期		受審時期
		ボイラー	蒸気タービン	
システム	S	6年		評定で承認した検査期間満了後 3か月を超えない時期
	A	4年	4年	
	B	2年		評定から3年3か月を超えない時期 検査を実施する時期
個別				

(注) システム S : ボイラー等・蒸気タービンの定期検査時期を最大 6 年に延伸し、受審時期も定期検査時期に合わせて延伸。システム A : ボイラー等の定期検査時期を 4 年に延伸し、受審時期も定期検査時期に合わせて延伸。システム B : 定期検査時期および受審時期は不変 (旧制度のシステム審査)

(出所) 経済産業省「平成 30 年度中国地区ボイラー・タービン主任技術者会議」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：メンテナンスの内製化

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社のプラントにおける大規模メンテナンスについては夏季（お盆）と冬季（正月）の 2 回実施している。夏季については主に燃焼炉やボイラー関係、冬季については労働安全衛生法に基づくボイラーの法定点検および ORC 発電機のメンテナンスを実施している。また、春季には夏季の大規模メンテナンス時に修理や大規模整備の必要性を判断するための自主点検を実施している。

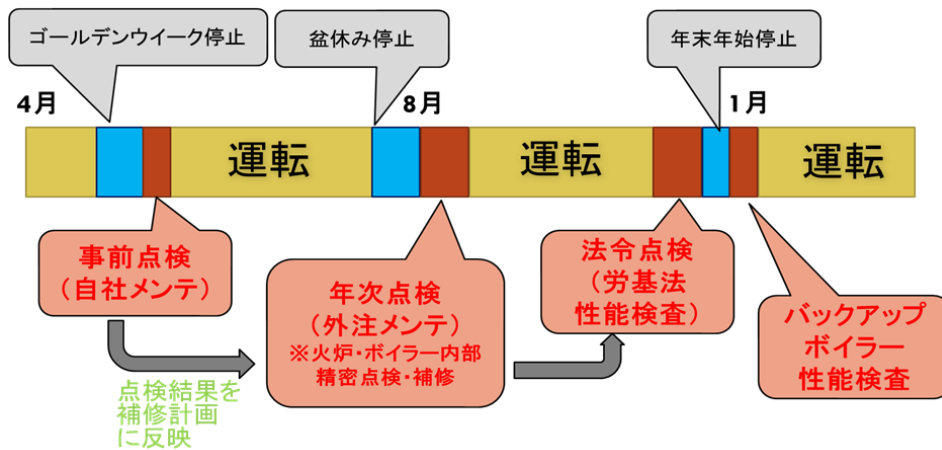


図 2.4.24 プラントの運転およびメンテナンス年間スケジュール例

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

a) 日常メンテナンス方法の確立

巡回点検

バイオマス燃焼炉も ORC 熱電併給設備も主要部位には、温度センサーや圧力・流スイッチおよび振動センサーなどが配置されており、中央制御室にてモニタリングまたは警報が発報するような仕組みとなっている。一方でこれらのモニターから警報が出たときには、既に設備としては異常状態に移行していることから、日頃の日常管理の中で不具合の事前兆候をつかんでおくことは、プラントの状態把握のために重要なことである。警報の前の異常を把握することで大きな運転障害を取り除くことが可能となる。このため、設備設置メーカーの中外炉工業より提出された完成図書に記載されている各機器製造メーカーの取扱説明書の中の「保守・保全」に関するところから、日常点検項目を精査した。また運転員の教育・訓練のために関西電力株式会社のグループ会社より指導者を招聘し、運転課員の早期育成と社内ルール・基準作りに指導を受けていた。前述の精査した日常点検項目と指導者からのアドバイスにより巡回点検表（バイオマスプラント、ORC 熱電併給設備、熱媒油/蒸気、水処理設備）4 種類を作成し、1 回/日の見回り点検を実施している。にじみ程度の漏れや微細な振動・異音などいわゆる五感を使った保全活動であり、運転課員の感性に頼るところが多いもののセンサー類では検知できない微小なことも発見できることがある。

The figure contains four detailed inspection checklists for biomass power supply equipment. The top-left table is titled 'バイオマスプラント 巡回点検表' (Biomass Plant巡回点検表). The top-right table is 'ORC発電機設備 巡回点検表' (ORC発電機設備巡回点検表). The bottom-left table is '熱交換機/蒸気 巡回点検表' (熱交換機/蒸気巡回点検表). The bottom-right table is '水処理設備 巡回点検表' (水処理設備巡回点検表). Each table lists various components and their inspection status.

図 2.4.25 バイオマス熱電併給設備の巡回点検表

(出所) バンブーエネルギー株式会社提供資料

月例点検

月に1回から6ヶ月に1回の頻度別に約30の設備単位に分けて実施している。巡回点検は、外観からの目視点検が主な点検方法であるが、月例点検は電流を測定するクランプメーターなどを用いた計測の実施や現地取付の圧力計などの数値の記録を実施する。その他にもカバーが外せるところは、内部を確認し、油圧ユニットであれば、作動油の量や変色の具合、センサー類であれば、取付や動作状態の確認を行う。フィルターやストレーナなどの清掃、緩み箇所を増し締めなど軽微な整備作業までを行う。この月例点検にて発見された不具合については、その場での補修が可能なものは速やかに自社で実施し、部品の購入や外注業者へ依頼が必要な内容であれば、発注手続きおよび作業計画を立案する流れとなっている。月例点検の実施のタイミングは、あらかじめ「年間保全カレンダー」にて計画を立て、これに沿って実施している。

The figure shows two tables. The left table is '燃焼炉設備点検表' (燃焼炉設備点検表), which lists various burner equipment and their inspection status. The right table is '年間保全カレンダー' (年間保全カレンダー), which is a calendar showing maintenance activities for each month of the year. The calendar has columns for months and days, with specific maintenance tasks marked in blue.

図 2.4.26 バイオマス熱電併給設備の月例点検表（左）、年間保全カレンダー（右）

(出所) バンブーエネルギー株式会社提供資料

月例点検は、対象設備が多岐にわたる。運転中に設備を点検することから、作業員の安全確保と誤って設備を停止させることがないように注意しなければならない。このため、点検表とは別に次図のような「作業手順書」を設備ごとに作成した。これにより安全確保および誤操作防止を図るとともに点検実施者のスキルの統一、点検内容の抜け漏れ防止が可能となった。また写真付きの内容となっていることから点在する機器、計器類を探すことに迷うことなく、効率的な点検が実施できる。新入社員の教育資料としても活用できる内容となっている。

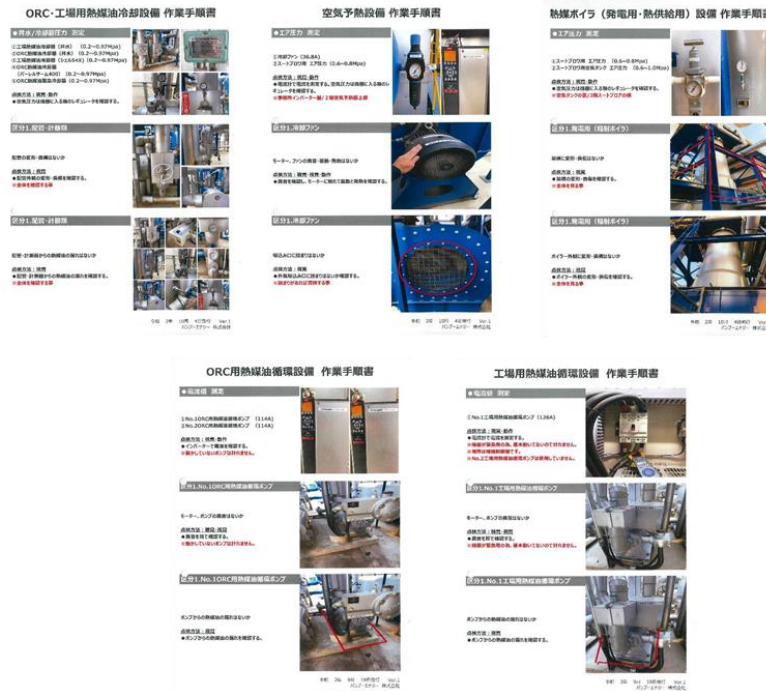


図 2.4.27 熱電供給設備メンテナンス手順書の例

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.28 付属設備のメンテナンス手順書の例

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

b) 法定点検時メンテナンスの自社内製化

電気事業法および労働安全衛生法に基づく法定点検は、バイオマスプラントを停止させた状態で実施する。法定点検は、法令で定められた点検内容であり、その内容は装置の分解点検であったり、機器の健全性を確認するための内容であったりすることから、メーカーや点検の専門業者への外注がほとんどである。バイオマスプラントの停止期間を短くするためにも複数の点検業者に同時並行に点検作業を実施しなければならない。これらのことが要因となり、点検コストの上昇につながっている。一方、熱エネルギーが関係する設備では、冷却により常温に下がらないと点検の実施ができない箇所もあり、この冷却期間中に自社で実施可能なパッケージ部品の取替えや調整、点検業者が実施していた清掃作業を自社作業として内製化することでコストダウンが可能となる。高度な専門技術や専用の治工具類を使用しなければならない範囲は、点検業者へ依頼し、自社作業が可能な内容な範囲は自ら実施することで経費節減と同時にメンテナンス技術向上も期待できる。

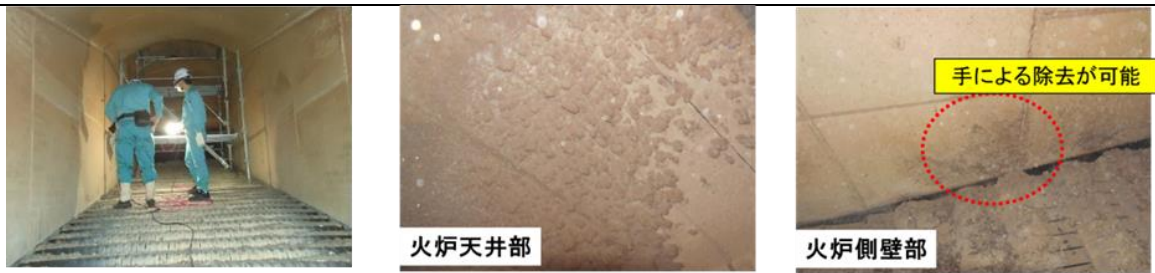


図 2.4.29 バイオマス燃焼炉メンテナンス状況

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

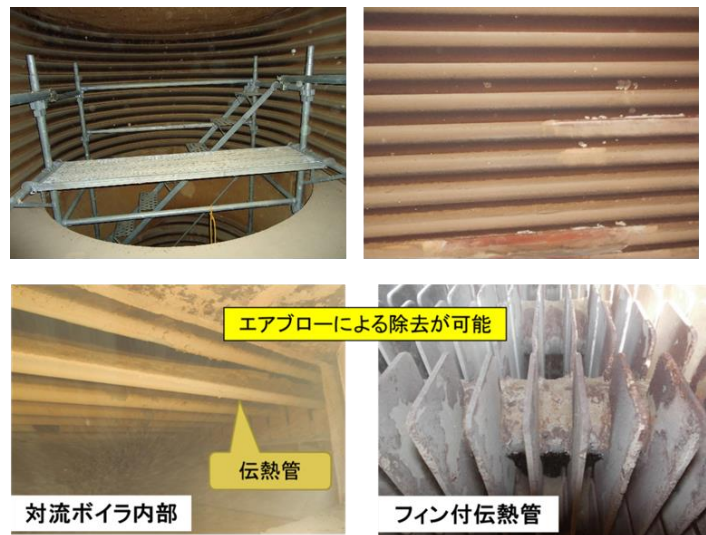


図 2.4.30 ボイラーのメンテナンス状況

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

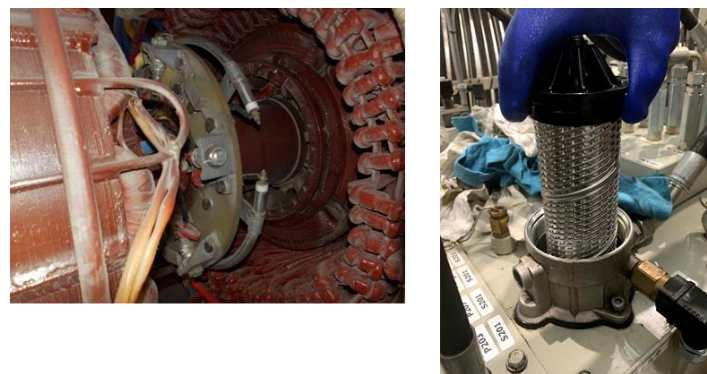


図 2.4.31 ORC 熱電併給設備のメンテナンス状況

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.32 燃料搬送設備のメンテナンス状況

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.33 冷却水系統設備のメンテナンス状況

(出所) パンプーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.34 非常用発電機メンテナンス状況

(出所) パンプーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.35 コンプレッサーメンテナンス状況

(出所) パンプーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.36 灰処理設備メンテナンス状況

(出所) パンプーエナジー株式会社提供資料

4.IV.5 トラブルシューティング

- トラブル時の原因究明と対策は都度なされているか？
- トラブル時の対策はマニュアル化されているか？

トラブルの原因究明と対策に関する留意事項

運転稼働後はほとんどの場合に何かしらの仕様未達やトラブルが発生するため、各種データを分析しながら改善していく必要がある。エネルギー変換設備で発生するトラブルは**物品の仕様違いで起こるパターン**と、**設備の使い方で発生するパターン**に大別される。バイオマス発電所で起こりやすい**トラブルの多くは前者の物品の仕様違い**に関係するもので、中でも**バイオマス燃料の品質に起因するトラブルが多い**。バイオマス燃料品質に起因するトラブルの例としては以下が挙げられる。

表 2.4.31 燃料品質に起因するトラブルの例

- **水分率が高すぎる燃料**を投入したため燃焼炉やガス化炉の温度が上がらず、所定の熱量が発生せずに発電出力が定格値に届かない。
- 燃料中の**微粉が多く含まれる**、または**サイズのばらつきが大きい**場合、燃料が所定位置で燃えず飛散してしまうなどの現象もある。
- 燃料中の成分に**塩素が多く含まれている**場合、排ガスによる機器腐食と大気汚染につながる。
- 燃料中の成分に**カリウムなどが多い**竹などを用いる場合、燃焼灰やダストが低温で溶融してクリンカが発生する。
- 燃料の**発熱量やかさ密度が低い**場合、同じ体積の燃料を供給しても発電出力は定格値に届かない。

その他、バイオマス燃料以外に起因するトラブルとして以下が挙げられる。

表 2.4.32 燃料以外に起因するトラブルの例

- 発生ガス中の**ダストの付着**、もしくは**タール**によるガス浄化処理機器の機能不全化やエンジン不調
- 搬送装置における**異物の噛み込み**、ホッパーなどでの**燃料の閉塞**

発生ガス中のダストやタールによるトラブルを避けるためには**各機器がタール等の許容できる値以下になるようガス処理をしなければならない**。その他、定期的に停止して**クリーニングしたり、消耗品の交換頻度を見直す**ことも有効である。

メーカーより設備運転のためのマニュアルが提示されることが一般的であるが、これらの**マニュアルに日々のトラブルに対する解決策を追加・蓄積していき関係者で共有**することが重要である。

実証事業者の検討：バンブーエネルギーにおける運転中のトラブルと対策

実証事業者であるバンブーエネルギー株式会社では、ORC システムの運転開始後、以下に示す課題に直面し、それぞれについて対策を行った。

長尺バークによるトラブルへの対応

バンブーエネルギーの事業において、燃料の大部分を占める「バーク」はその形状が、「帯状・紐状」となっている。運搬等において自然に剥がれ落ちたものは、特に長くなる傾向にある。季節によっても変動し、夏季になると長尺化する。今回、当社のプラントにおけるメーカーからの燃料形状における仕様は「150mm～300mm」となっているが、調達先の製材所や森林組合では、これらのサイズを超えるものは多く発生している。

これらのバークを加工することなく、そのまま燃料搬送装置に投入したところ、長尺バーク同士が絡み合い、大きな塊となって搬出され、コンベア詰まりのトラブルを発生させてしまった。



図 2.4.37 バークによる搬送コンベアトラブル

(出所) バンブーエネルギー株式会社提供資料

コンベア詰まりは燃料の搬送を阻害し、燃焼炉内に燃料が供給されない事象につながるため、炉内温度低下に発展することもある。バークの調達先である製材所や森林組合では、長期にバークが野積みそのまま保管（放置）されており、経過時間と共に堆肥化と自重による「圧密」が発生している。また、当社への搬送においては、ダンプ等への車両により多くの量を積載するために荷台に押し込まれて運び込まれる。この人為的「圧密」と合わせて「圧密」されたバーク（塊）は、燃焼炉内において燃焼空気が通り抜けないことから安定した燃焼ができない。これは、「ORC 用・工場用熱媒油」の温度変化の要因となり、「発電機出力」や「工場用熱媒油」温度の変動に直結することとなる。

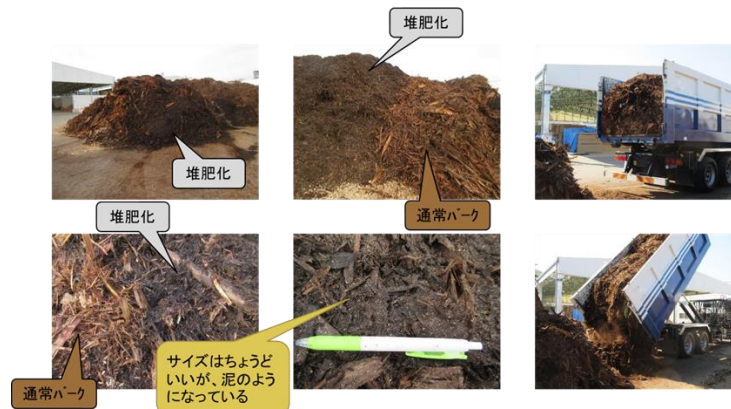


図 2.4.38 圧密バークが発生する要因

(出所) バンブーエネルギー株式会社提供資料

長尺バークの破碎処理のため、3 種類の破碎機テストを行ったところ、どの機種も破碎後のバークサイズは、仕様を満たすものの処理量の面から「2 軸式」のタイプの破碎能力が必要であることが分かった。

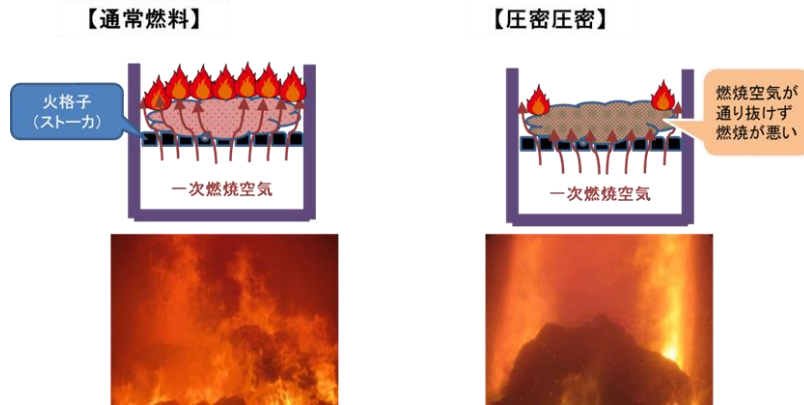


図 2.4.39 圧密バーク（燃料）による難燃

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

また破砕機を通すことで「圧密バーク」をほぐす働きもあるため、すべてのバークを破砕処理することで、バークの形状の均一化を図ることができる。破砕機には、金属（磁性体のみ）を取り除く機構も備わっており、金属異物の除去ができることでバイオマス熱電併給設備側でのトラブル低減や燃焼灰への異物混入を防ぐことも期待できる。

サイズの均一化ができたバークは、竹（チップ）燃料との混合作業性も向上し、当初混合作業を省略していた燃料投入方法のときと比較し、燃料の均質化が図れ、燃料のバラツキによる燃焼の不安定さが解消されている。



図 2.4.40 バーク破砕機の性能試験

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

また、ウォーキングフロアへの燃料についても過大に投入したり、投入量が少なくなってしまう場合にも課題が発生する。燃料投入量が過多となってしまった場合、長尺バークが絡まり巨大な塊となってコンベアに詰まってしまう。



図 2.4.41 燃料過大時のウォーキングフロア

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

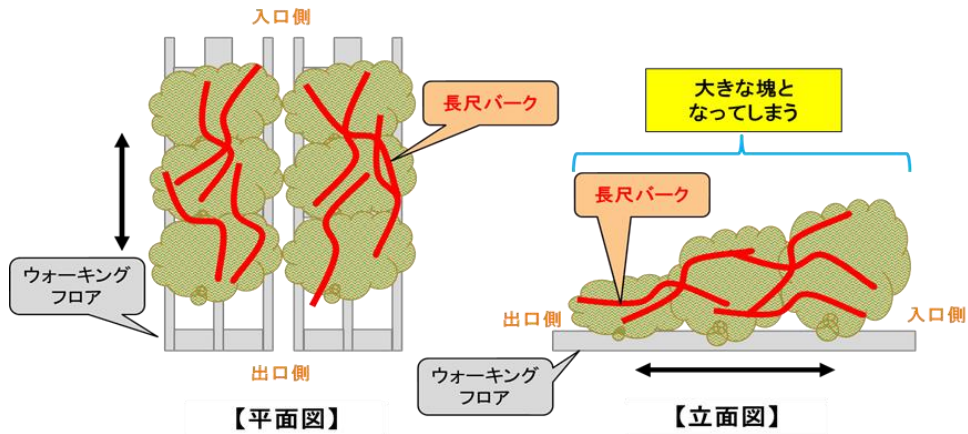


図 2.4.42 燃料過大時のウォーキングフロアでの長尺バークトラブルイメージ

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

また、燃料投入量が少ないと反力が無く燃料を送れないといった問題が発生する。適正な量を一定間隔で投入する必要があることから、燃料投入も安定運転には必要である。



図 2.4.43 燃料過少時のウォーキングフロア

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

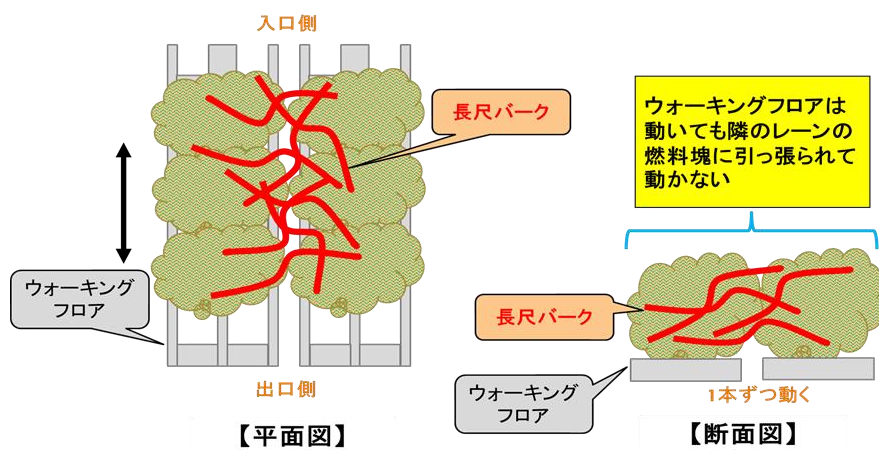


図 2.4.44 燃料過少時のウォーキングフロアでの長尺バークトラブルイメージ

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

高含水燃料による安定燃焼困難への対応

梅雨時期等、燃焼用原料の含水率が 55%を超えると炉内での燃焼が困難となり、燃料を乾燥する為に熱量を消費してしまい、結果ボイラーに熱を供給出来ない状態となってしまいます。また、高含水率原料は燃焼が困難となり、炉内での失火の原因ともなってしまいます。

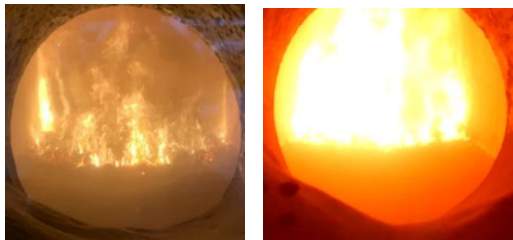


図 2.4.45 高含水率原料の燃焼状態（左）、安定した燃焼状態（右）

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

バーク等の含水率が高いものを入れると ORC 熱媒油が低下し、プラント制御は空気量を増やして火力をアップしようとする。実際には高含水率燃料は燃えないため排ガス残存酸素濃度が増加することとなる。プラント制御側は燃料がなくなって酸素が過大になっていると認識になり、燃料を送り込む。燃えない燃料の乾燥に熱を消費される悪いスパイラルに陥ってしまうということになる。適正な含水率の燃料を投入することでこの悪循環を回避することが安定した燃焼につながる。

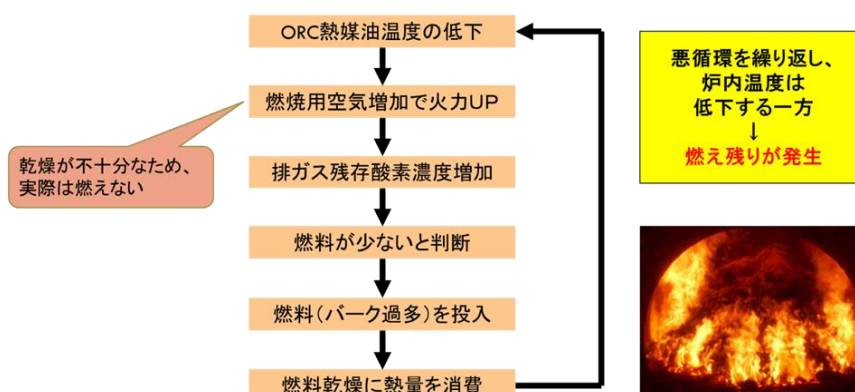


図 2.4.46 燃焼悪化のスパイラル

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

燃料投入方法の確立

上述のとおり、バンブーエナジー株式会社では竹とバークを決定した混合比率でウォーキングフロアに投入を行っても炉内に投入される際に竹やバークが塊となり、搬送系統においてトラブルが発生した。また、偏った燃料が一気に投入されると炉内の燃焼が安定しないといった課題があった。具体的には竹の塊が投入されると一気に炉内温度が上昇したり、バークの塊が投入されると燃えづらく炉内温度の低下といった不安定燃焼が起こることにより、発電機トリップの原因にもなる。そのことから、原料の均一化を図る為にウォーキングフロアへの投入前にストックヤードにて事前混合を実施する事で燃焼の安定化を行う必要があることがわかった。



図 2.4.47 原料均一化作業の状況



図 2.4.48 混合による燃料の均一化

(出所) パンブーエナジー株式会社提供資料