

バイオマス分野に係る脱炭素社会を 見据えたエネルギー活用に向けた調 査／バイオマス利活用俯瞰的調査

森山 亮

(一財)エネルギー総合工学研究所

2019/10/17

問い合わせ先
(一財)エネルギー総合工学研究所
E-mail: rmoriyama@iae.or.jp
TEL: 03-3508-8894(代)

事業概要

1. 期間

開始: 2018年9月
終了: 2019年3月

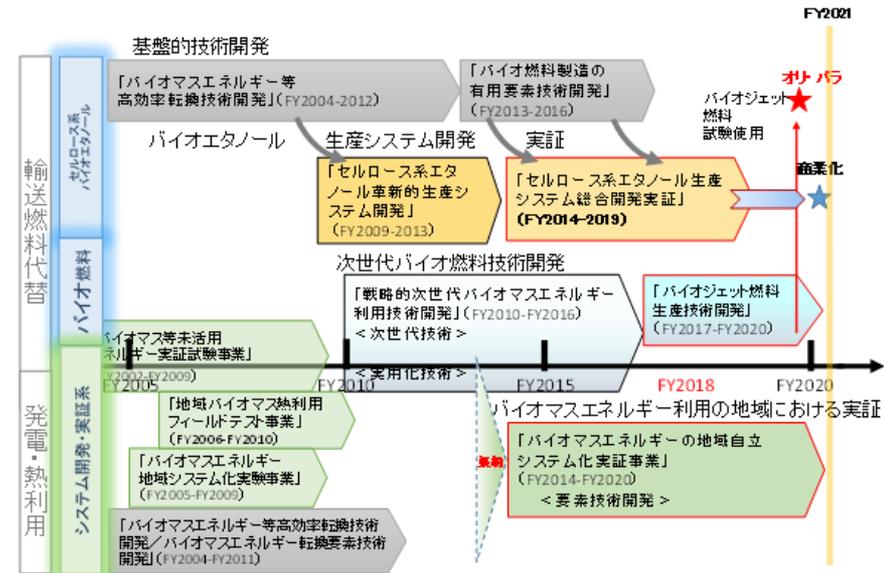
2. 最終目標

本調査では安定的かつ定常的に供給が可能なバイオマス进行想定し、国内でエネルギー使用およびCO₂排出量が多い部門である発電および熱利用等にバイオ燃料も加え、核となる要素技術、製造技術、経済性、社会システムなどの情報収集・全体俯瞰を行い、**2020年度以降のバイオマス利活用の戦略策定**に活用することを目標として実施した。

3. 成果・進捗概要

2020年度以降の戦略として、エネルギー基本計画でも謳われている「再生可能エネルギーの主力電源化への布石と低コスト化」に向けた**FIT制度に頼らないバイオマスエネルギー利活用**の事業化、および**地域に分散しているバイオマスの活用対策**が重要であること、2030~2050年に向けてはこれらの戦略を後押しするような支援や規制緩和が必要であることを考察した。

それら戦略に資する技術開発案件としては小型のバイオマス**熱利用および発電機器の低コスト化や高効率化**、原料コストを低減するような**林業・農業機械の自動化**、燃料変換やエネルギー利用プロセスを効率的に運用するための前処理など**周辺技術の高度化**が有効であり、実証案件としては単体のバイオマスエネルギー利用事業のみならず、バイオマスからの**高付加価値品製造や地域経済の循環**を踏まえた地域システムの実証が必要であることを提言した。



NEDOバイオマス技術開発・実証の経緯

調査研究の方針

第2章 バイオマスを取り巻く状況

第3章 バイオマス原料調査

第4章 バイオマスの燃料変換技術および要素技術調査

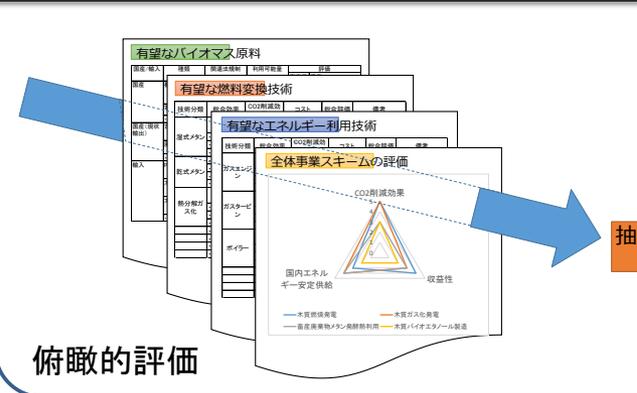
第5章 バイオマスエネルギーの利用形態調査

第6章 バイオマス利活用に関わる副産物を含む
経済性・市場性調査を踏まえた有望事業スキームの抽出

国内市場・グローバル市場の視点
事業主体の整理(民間・自治体)

①CO₂削減効果
②収益性
③国内エネルギー安定供給 } の視点

技術レベル
ラボレベル・事業ベースの視点



フィードバック

第7章 将来戦略
に向けた課題の
整理・提言

- バイオマスを取り巻く政策動向、原料、技術、利用形態を俯瞰的に調査した上で有望事業スキームを抽出
- 抽出された有望事業スキームをCO₂排出削減効果、収益性、エネルギー安定供給の3軸で評価
- 2020年以降の将来戦略に向けて有望事業スキームの課題を整理

成果報告書目次

I. 成果概要

II. 本編

第1章 全体計画と実施状況

- 1.1 調査の背景
- 1.2 調査の目的
- 1.3 調査方針
- 1.4 調査内容
- 1.5 全体作業工程
- 1.6 実施体制

第2章 バイオマスを取り巻く状況

- 2.1 エネルギー政策と廃棄物政策の潮流
- 2.2 バイオマス利活用施策の状況
- 2.3 欧州のバイオマス利活用状況
- 2.4 バイオマス利活用の課題
- 2.5 本調査における各種定義

第3章 バイオマス原料調査

- 3.1 国産バイオマス
- 3.2 輸入バイオマス
- 3.3 有望バイオマスの検討

第4章 バイオマスの燃料変換技術および要素技術調査

- 4.1 技術の状況
- 4.2 今後の可能性
- 4.3 有望変換技術の検討

第5章 バイオマスエネルギーの利用形態調査

- 5.1 国内のエネルギー利用状況
- 5.2 技術の状況
- 5.3 今後の可能性
- 5.4 有望利用技術の検討

第6章 バイオマス利活用に関わる副産物を含む経済性・市場性調査を踏まえた有望事業スキームの抽出

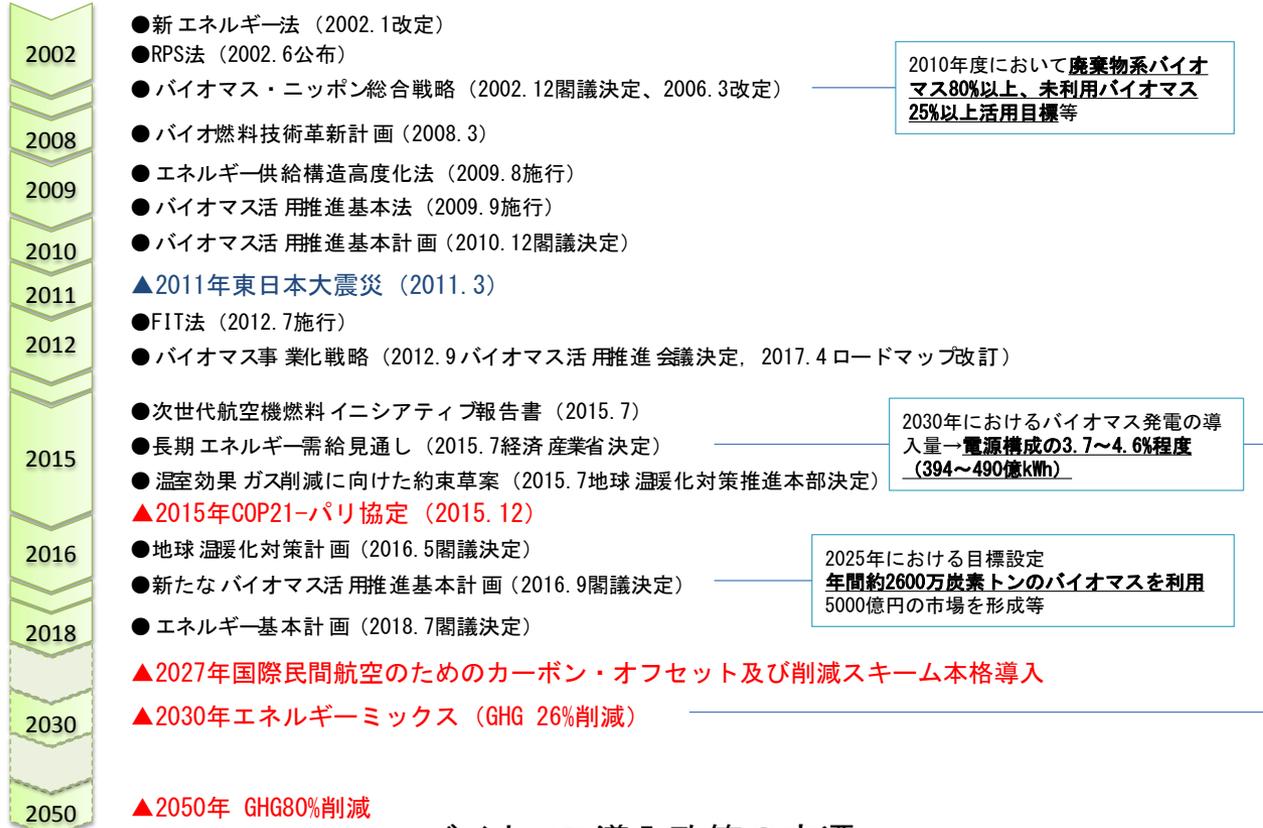
- 6.1 副産物の有効活用
- 6.2 欧州のバイオマス利活用事業参考
- 6.3 全体事業スキームの分析

第7章 将来戦略に向けた課題の整理・提言

- 7.1 技術開発・実証案件発掘
- 7.2 2020年度以降の戦略整理
- 7.3 2030～2050年の考察

参考資料

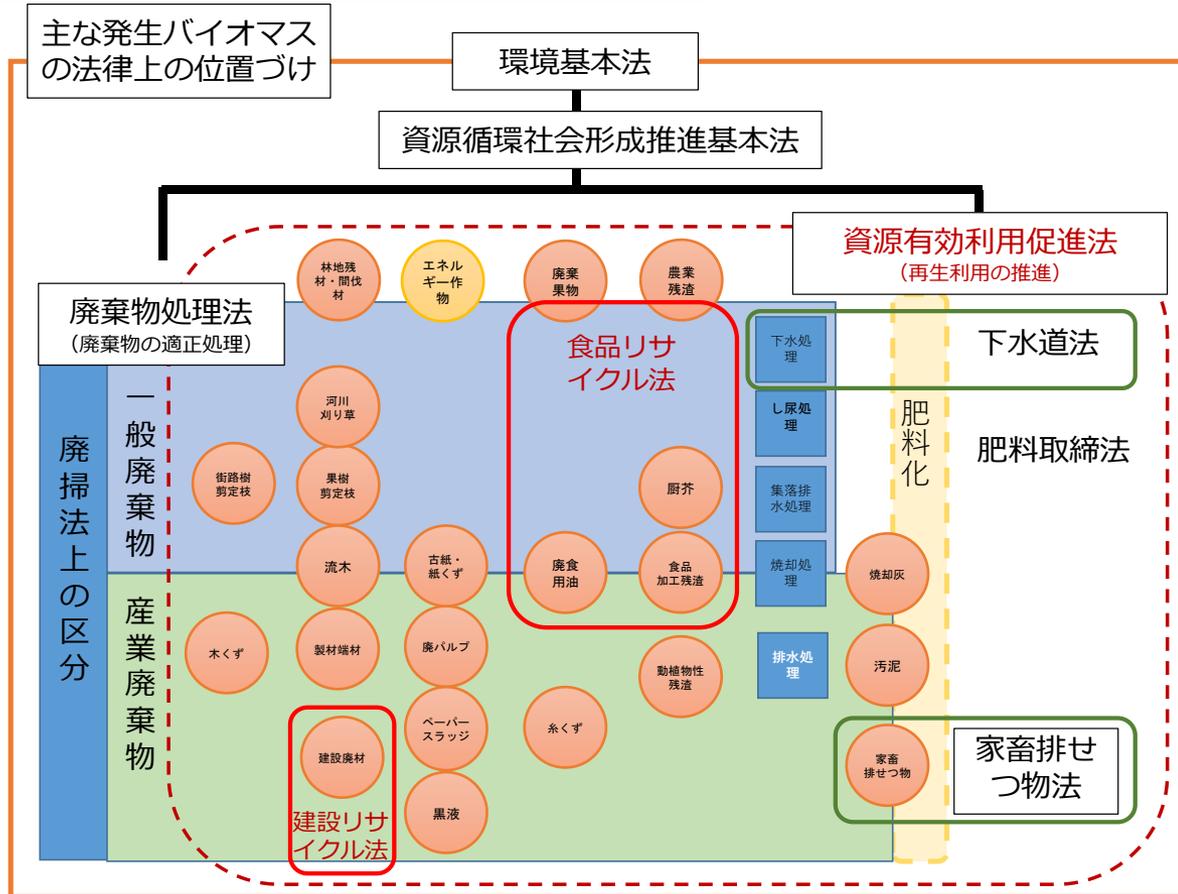
第2章 バイオマスを取り巻く状況



バイオマス導入政策の変遷

- バイオマスは人々にとって主要なエネルギー源であったが、産業革命以降、高度な工業社会を築くためにエネルギー密度が高い化石燃料が導入された
- 近年ではグローバルな地球環境問題を解決するために、バイオマスを含む低炭素なエネルギーが再び着目され、様々な導入施策がとられている

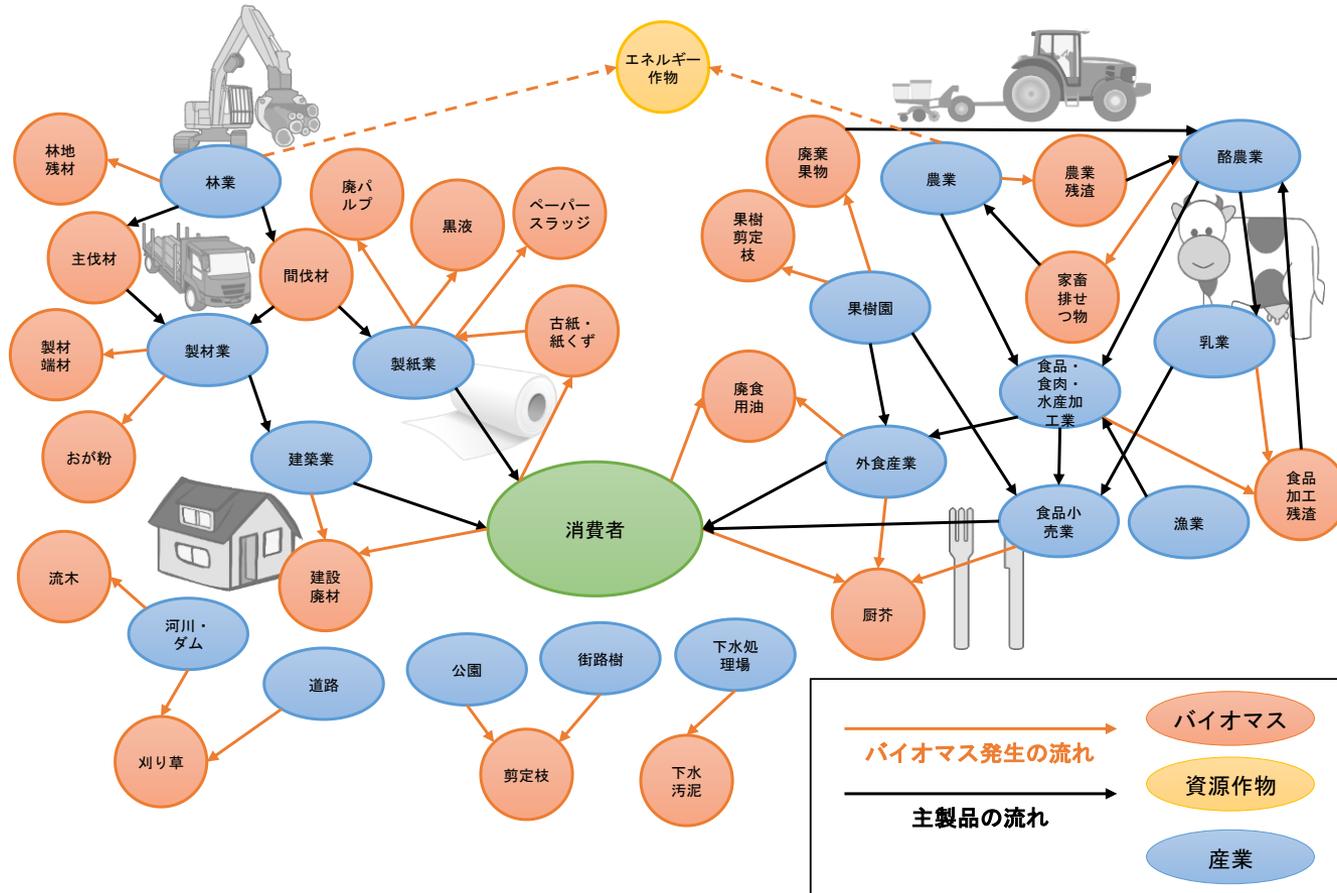
第2章 バイオマスを取り巻く状況



バイオマス原料と関連法規制

- 国内に賦存するバイオマスのおよそ大半は産業や生活によって排出される廃棄物であり、従来から環境行政によって管理されてきたものが多い
- バイオマスの利活用事業を行うためには、これらの法規制を鑑みながら、安価で安定的にバイオマス原料を調達することが必要

第3章 バイオマス原料調査



バイオマスの発生と産業の関係

- バイオマスの発生は農林水産業や消費活動と密接な関係がある
- 建築資材などの主製品を利用し、副産物である廃棄物系バイオマスを有効利用することは公衆衛生の観点、腐敗によるメタンガス発生を抑制する観点、有効なエネルギーを得る観点などから重要である

第3章 バイオマス原料調査

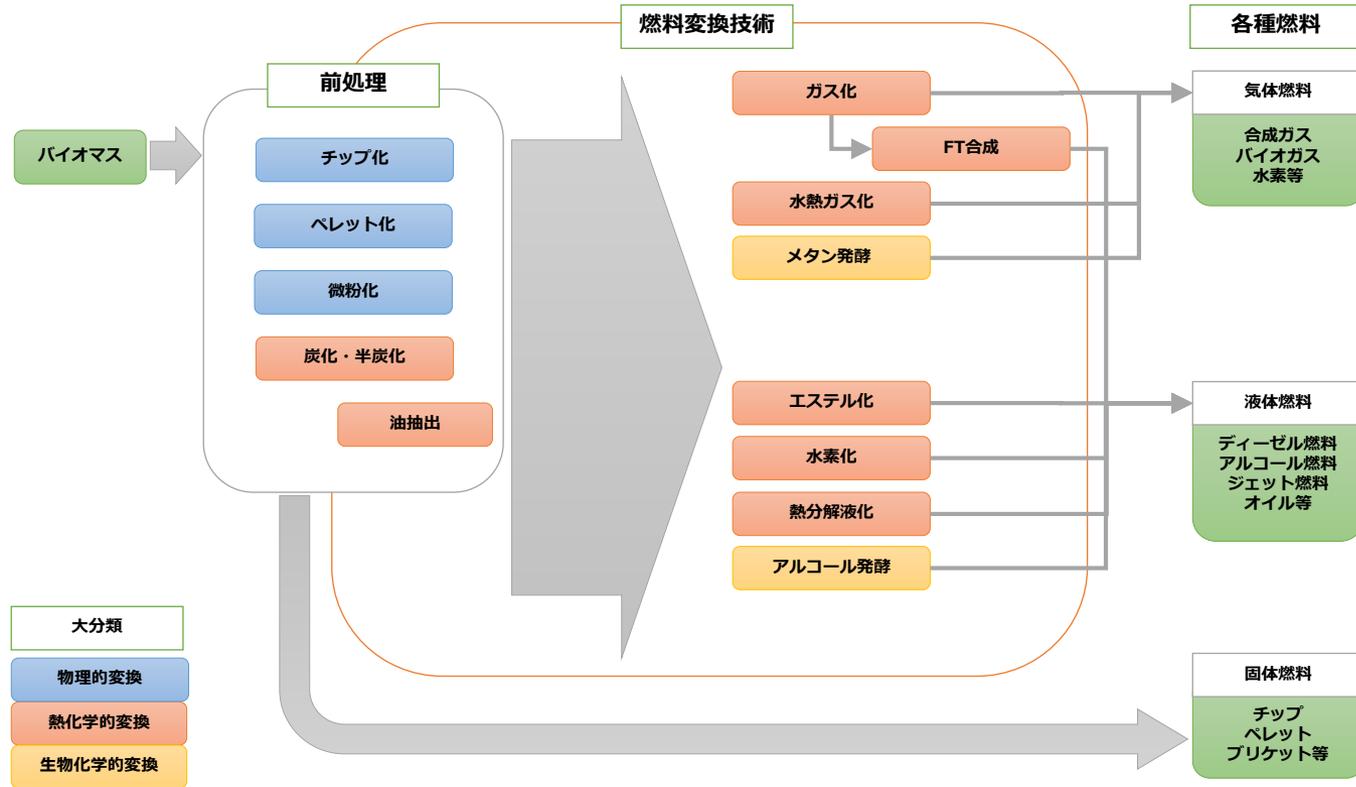
有望バイオマスの検討結果(抜粋)

	量			性状			調達コスト	CO2排出量	安定供給	総合評価	備考(主に利用する上でのデメリット)	
	賦存量	利用可能量	分布状況	含水率※1	品質変動	輸送性						
家畜排せつ物	乳用牛糞尿	○	△	△	高	○	×	○	○	○	△	堆肥化利用されている量が多い。含水率が高いので、輸送に向かない
	肉用牛糞尿	○	△	△	高	○	×	○	○	○	△	堆肥化利用されている量が多い。含水率が高いので、輸送に向かない
	豚糞尿	○	△	△	高	○	×	○	○	○	△	堆肥化利用されている量が多い。含水率が高いので、輸送に向かない
	採卵鶏糞尿	○	△	△	低～高	○	△	○	○	○	○	堆肥化利用されている量が多い
	ブロイラー糞尿	○	△	△	低～高	○	△	○	○	○	○	堆肥化利用されている量が多い
下水汚泥	下水汚泥(濃縮汚泥)	○	○	○	高	○	○	○	○	△～○	◎	人口に応じて排出される。将来の人口減少への対応が必要
	下水汚泥(未濃縮汚泥)	○	○	△	高	○	○	○	○	△～○	◎	小規模に分散している
その他	RDF	△	△	△	低	○	○	△	○	×	△	新規プラント建設が無い
	RPF	△	△	△	低	○	○	△	△	△	△	プラスチックの余剰分から賦存量増加の可能性あり。バイオマス比率の考慮必要
	廃食油	△	△	○	低	○	△	△	○	○	△	分散している。回収システムの構築が難しい
	廃菌床	△	△～○	△	低～高	○	△	○	○	○	△	キノコ工場など特定の地域で発生
木質チップ	○	○	○	低	○	△～○	△	△～○	○	○	他の燃料と比較して、将来の価格見通しが不明	
木質ペレット	○	○	○	低	○	○	○	△～○	○	◎	他の燃料と比較して、将来の価格見通しが不明	
パーム油	○	○	△	低	○	○	○	×	△	×	△	生産地が東南アジアに限られる。持続可能性に関して問題あり
PKS	○	○	△	低	○	○	○	×	△	×	△	パーム油の生産に応じて、排出される
バイオエタノール	○	△	△	低	○	○	△	△	△	△	△	輸出余力があるのは米国とブラジル。将来の持続可能性担保に向けて第二世代が必須

有望バイオマスの評価: "○" バイオマスとして利用する上でのメリットがある、"△" 利用に条件などがある、"×" 利用が困難、"ー" 利用可能量が少ないため考慮しない
 ※1 高: 含水率が高く、メタン発酵などに向いている、低: 含水率が低く、燃焼などに向いている

- 国産バイオマスおよび輸入バイオマスについて、量、性状、コスト、CO₂排出量、安定供給といった多面的な評価を行い、利用する上での留意点を取りまとめた

第4章 バイオマスの燃料変換技術および要素技術調査



バイオマスの燃料変換技術

- バイオマスの燃料変換技術をその変換方法で大別すると、物理的変換、熱化学的変換、および生物化学的変換に分けられる
- 各種バイオマスの性状を鑑みると、原料としてのバイオマスは一般的に含水率の差はあるものの、固体の状態である。これを後段のエネルギー利用技術で利用しやすいように、固体、液体、気体の燃料に変換する

第4章 バイオマスの燃料変換技術および要素技術調査

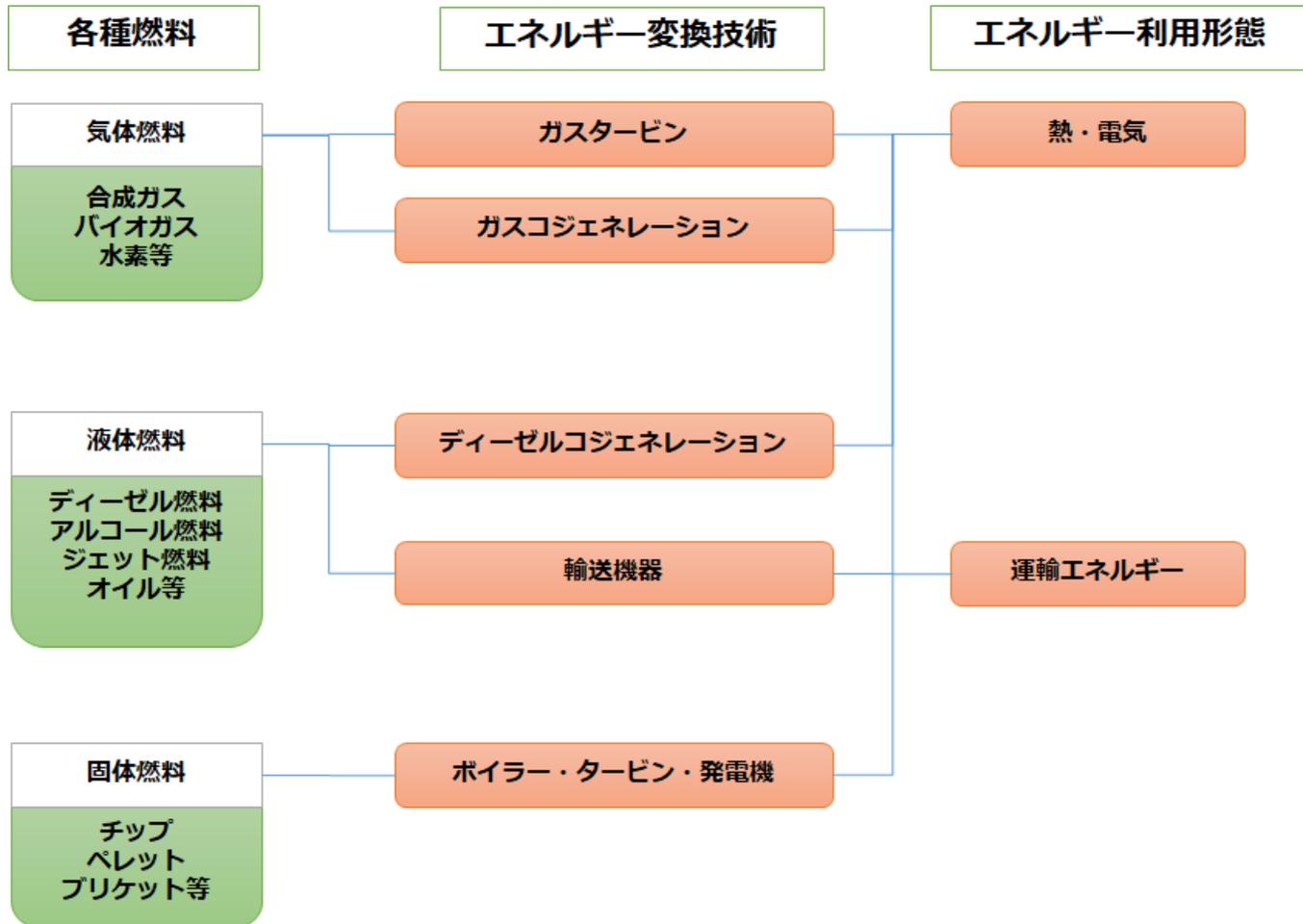
- NEDOの2008年度基礎調査にて実施された技術の進捗についての評価を基に10年間の燃料変換技術の進捗を整理した
- 技術の導入普及状況を考えると、実用化に達した技術であっても**原料の持続安定性や原料コスト、設置条件などから規模要件で制約**され、設備単価が小さくなる大型化での導入に留まり**普及は限定的**となっている
- したがって、実用化技術の事業化およびさらなる技術の導入普及を促進するためには、**設備コストの削減、原料のコストダウンのほか、上流・下流側での周辺技術のコストダウンや副生物の効率的な利用と**制約となる法規制の緩和などが必要になる

バイオマスの燃料変換技術進捗の整理

変換技術 バイオマス	熱化学的転換											生物化学的転換				物理的変換										
	燃焼		固体燃料化		ガス化			BTL				メタン		水素		固体燃料化										
	直接燃焼	混焼（火力等）	炭化	半炭化	水熱炭化	熱分解ガス化	ガス化・改質	水熱ガス化	ガス化+FT合成	エステル（交換）化	水素化分解	急速熱分解	水熱液化	乾式メタン発酵	湿式メタン発酵	UASBメタン発酵	水素発酵（+メタン）	ABE発酵（+メタン）	糖澱粉系エタノール発酵	セルロース系エタノール発酵	チップ化	ペレット化	ブリック化	RDF・RPF	バイオソリッド化	
家畜排せつ物	乳用牛糞尿	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△
	肉用牛糞尿	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△
	豚糞尿	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△
草本系植物	スキ	☆	-	-	-	○	○	-	○	-	-	□	-	-	-	-	△	△	-	○	-	-	-	-	-	-
	エリアンサス	☆	-	-	-	○	○	-	○	-	-	□	-	-	-	-	△	△	-	○	-	-	-	-	-	-
	ジャイアントミスカンサス	☆	-	-	-	○	○	-	○	-	-	□	-	-	-	-	△	△	-	○	-	-	-	-	-	-
その他	果樹剪定枝	☆	☆	☆	-	☆	○	-	☆	-	-	○	-	☆	-	-	△	△	-	○	○	☆	☆	-	-	
	公園剪定枝	☆	☆	☆	-	☆	○	-	☆	-	-	○	-	☆	-	-	△	△	-	○	○	☆	☆	-	-	
	廃食油	☆	☆	-	-	-	-	-	-	☆	□	-	□	□	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○
	廃菌床	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☆	-	-	-	-	☆	-	-	-	-	-	-

転換技術のレベル: "☆"開発が終了し、実用化レベル、"○"実証試験中、またはほぼ技術開発が終了したレベル、"□"技術開発中のレベル、"△"基礎研究開発（机上検討）レベル、"-"**一般的に不適**と思われる

第5章 バイオマスエネルギーの利用形態調査

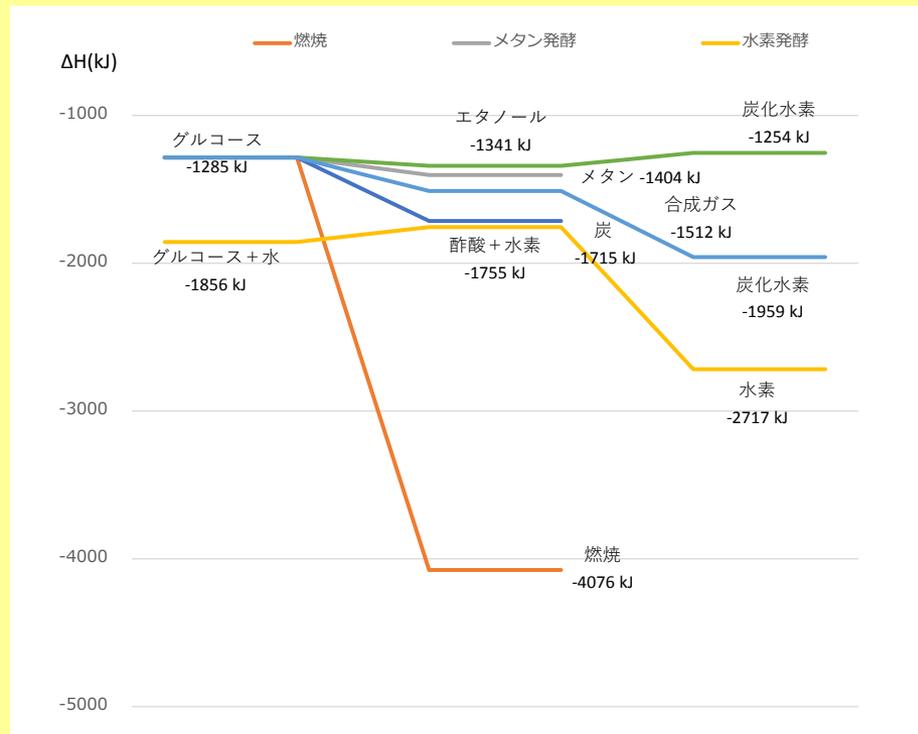


バイオマスの利用技術・形態

- 固体、液体、気体燃料はそれぞれに適正なエネルギー変換技術によって熱、電気、運輸エネルギーに変換される

第5章 バイオマスエネルギーの利用形態調査

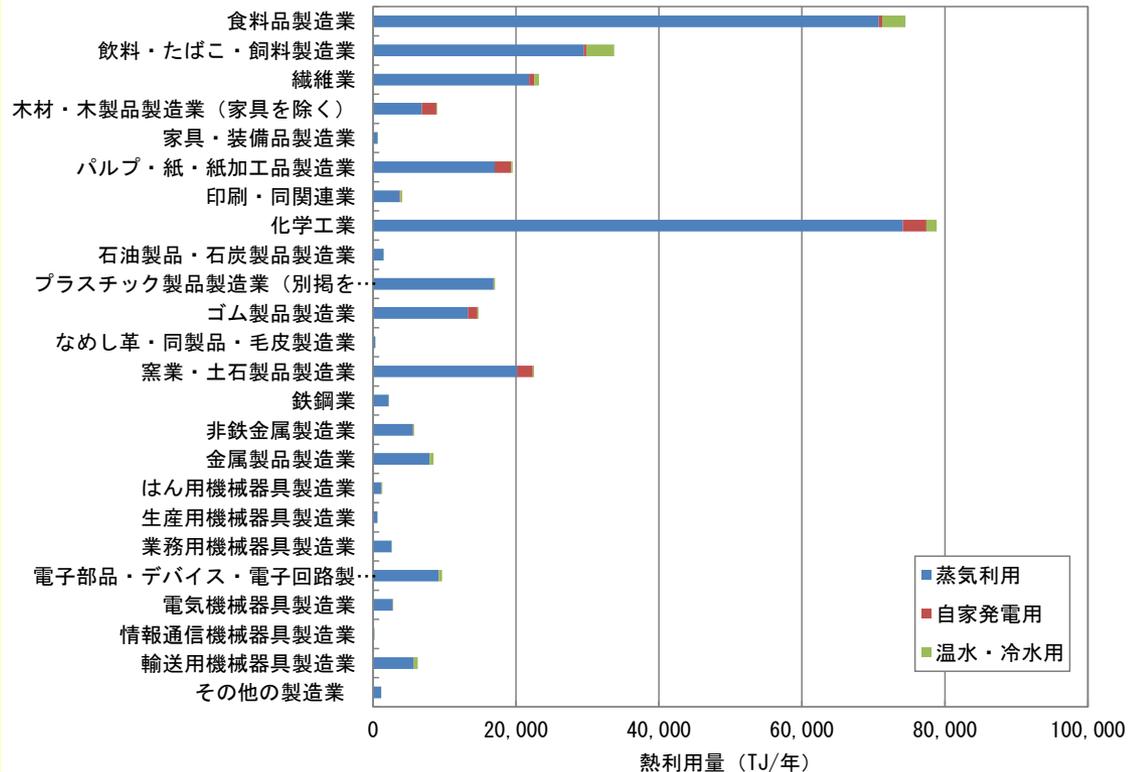
- 量論式から計算される理論的な効率や変換技術の事例から想定される変換効率を整理・比較した
- バイオマスの構成成分であるグルコースを仮想の出発原料として、バイオマスエネルギー変換によるエンタルピー変化を整理した
- グルコースの保有するエンタルピーはエタノール発酵、メタン発酵、ガス化、炭化、水素発酵の順で保存される
- これらの燃料変換で得られたエネルギーを効率よく利用する技術を組み合わせることによってバイオマスが保有するエネルギーを有効利用できる。



量論式に基づくエンタルピー変化による燃料変換効率比較

第5章 バイオマスエネルギーの利用形態調査

- 熱の利用について、その業種を細かく見ると、化学工業、食料品製造業、飲料・たばこ・飼料製造業が上位を占めるため、バイオマスエネルギーの大量導入には、これらの業種における代替が期待される
- 一方、化学工業は石油を中心としたエネルギーや素材のサプライチェーンが成立しているため、バイオマスエネルギーへの大規模な代替を期待することは難しい
- 食料品産業や飲料・たばこ・飼料製造業では原料や製品としてバイオマスを用いているため、これらの業種におけるバイオマスエネルギーの導入が期待される



2016年度産業別蒸気・熱受払量

出典: 資源エネルギー庁, 資源エネルギー庁に関する統計より作成

第6章 バイオマス利活用に関わる副産物を含む経済性・市場性調査を踏まえた有望事業スキームの抽出

抽出された有望事業スキーム

番号	分類	原料	転換技術	利用形態	規模
(1)	有望事業 スキーム	木質系	直接燃焼	電気	大規模
(2)		木質系	ガス化	熱・電気	小規模
(3)		廃棄物系	メタン発酵	電気	大規模
(4)		廃棄物系	メタン発酵	熱・電気	小規模
(5)	社会的に必要	木質系・廃棄物系	液体燃料化	輸送用燃料	大規模

各指標を5段階で評価

1. コスト評価; 単一事業の利益率
2. CO₂削減効果; H30年の発電におけるCO₂排出原単位
3. 安定供給; 2030年エネルギーミックスのバイオマス発電容量に対する原料ポテンシャル

第6章 バイオマス利活用に関わる副産物を含む経済性・市場性調査を踏まえた有望事業スキームの抽出

3軸評価の指標と評価基準

評価	コスト評価(利益率)	CO ₂ 削減効果	国内エネルギー安定供給
5点	20%以上	100%以上	50%以上
4点	10～20%	60～100%	30～50%
3点	5～10%	40～60%	20～30%
2点	0～5%	0～40%	10～20%
1点	0%以下(赤字)	0%以下(削減効果無)	10%以下

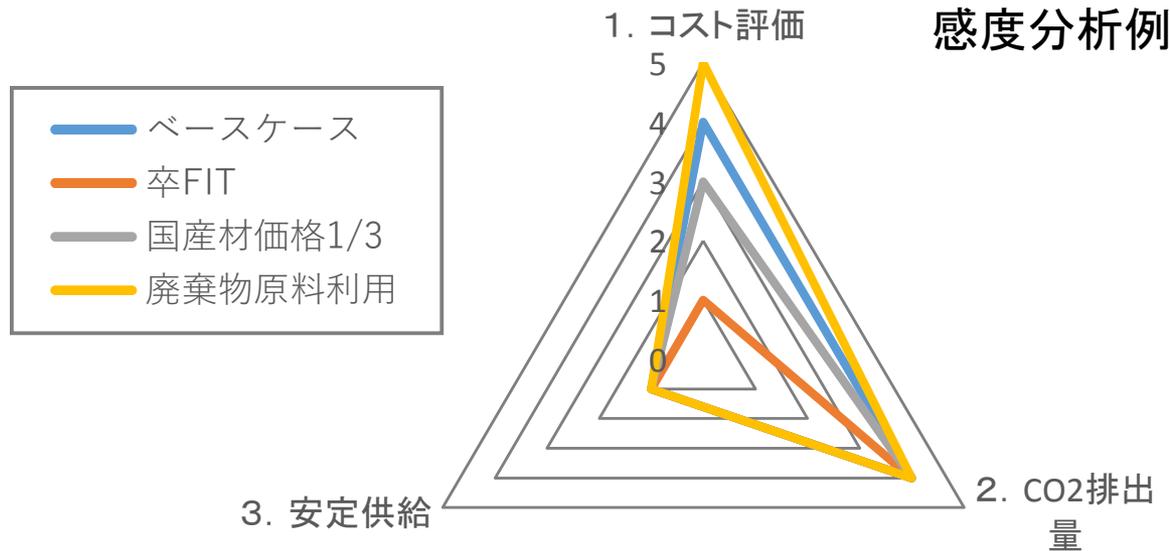
$$\text{利益率(\%)} = \frac{\text{電力買取価格(円/kWh)} - \text{発電コスト(円/kWh)}}{\text{発電コスト(円/kWh)}} \times 100$$

$$\text{CO}_2\text{排出削減効果(\%)} = \frac{0.512^{*\!1}(\text{kg-CO}_2/\text{kWh}) - \text{概算CO}_2\text{排出量}(\text{kg-CO}_2/\text{kWh})}{0.512(\text{kg-CO}_2/\text{kWh})} \times 100$$

$$\text{安定供給指標(\%)} = \frac{\text{想定最大導入量(万kW)}}{728^{*\!2}(\text{万kW})} \times 100$$

第6章 バイオマス利活用に関わる副産物を含む経済性・市場性調査を踏まえた有望事業スキームの抽出

(1)-1 国内未利用材—直接燃焼—大規模発電



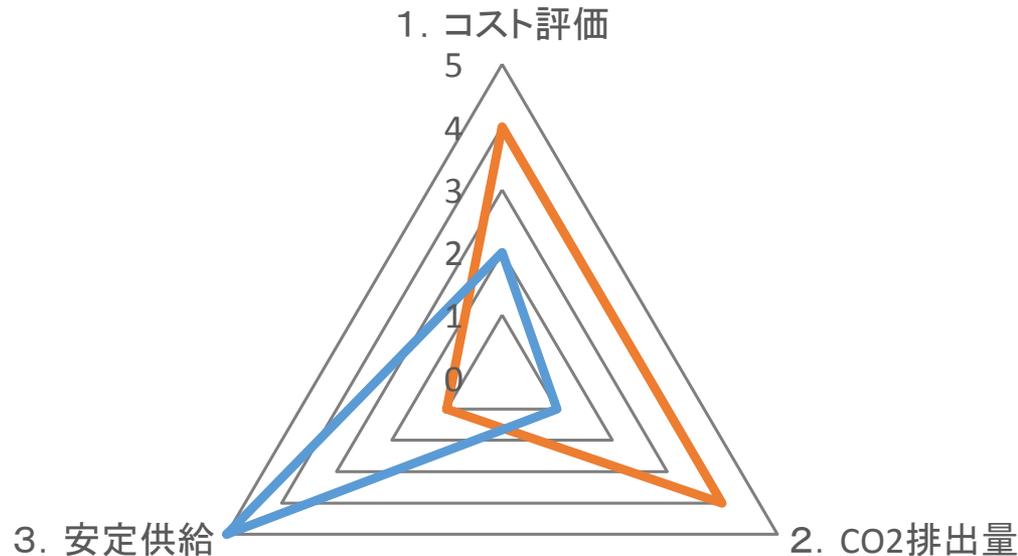
- 現在FIT制度に認定されている国産材の直接燃焼発電は経済性も成立し、CO₂の排出削減率も高いが、エネルギーミックスへの寄与（安定供給）は国産材の供給ポテンシャルから考えると、限定的
- FIT制度が終了した場合、発電コストに占める原料費が高いため、経済的に成立しなくなる
- FIT制度終了後、原料を廃棄物に切り替えて、逆有償で処理するようなスキームを適用すれば、経済成立性が向上する

第6章 バイオマス利活用に関わる副産物を含む経済性・市場性調査を踏まえた有望事業スキームの抽出

(1)-1 国内未利用材—直接燃焼—大規模発電

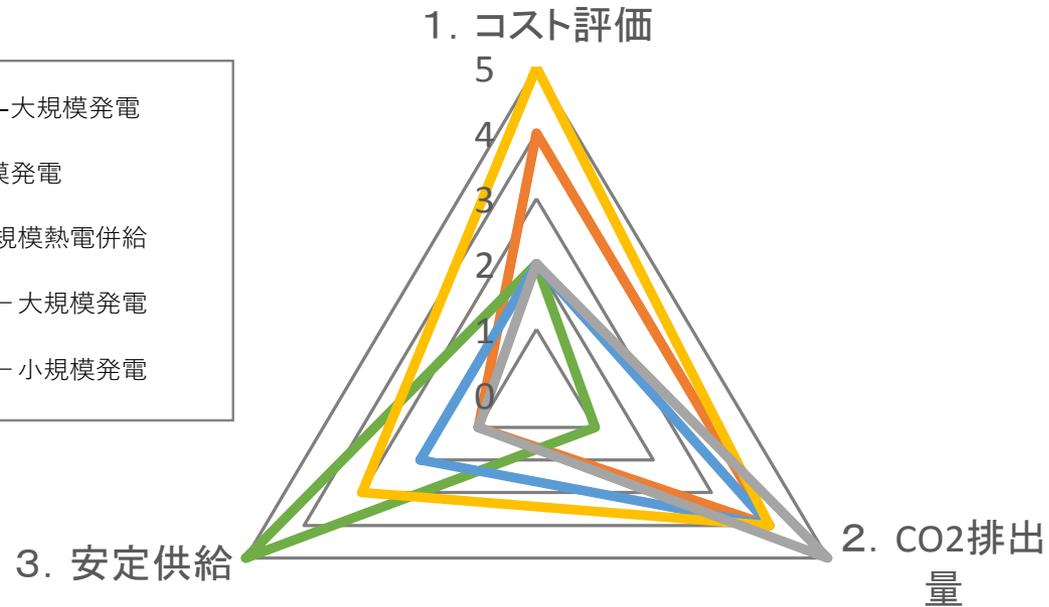
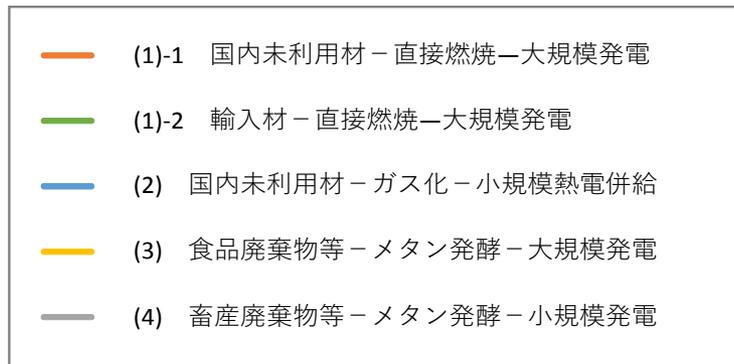
(1)-2 輸入材—直接燃焼—大規模発電

比較



- 同じバイオマスの直接燃焼発電でも、原料を国産材にするか、輸入材にするかによって評価が大きく異なる
- 前述の国産材に対し、輸入材は安定供給が高いものの、FITの売電単価が安いいため、コスト評価が低くなり、原料の輸送に関わるCO₂の排出があるため、CO₂排出量の評価が低くなる

第6章 バイオマス利活用に関わる副産物を含む経済性・市場性調査を踏まえた有望事業スキームの抽出



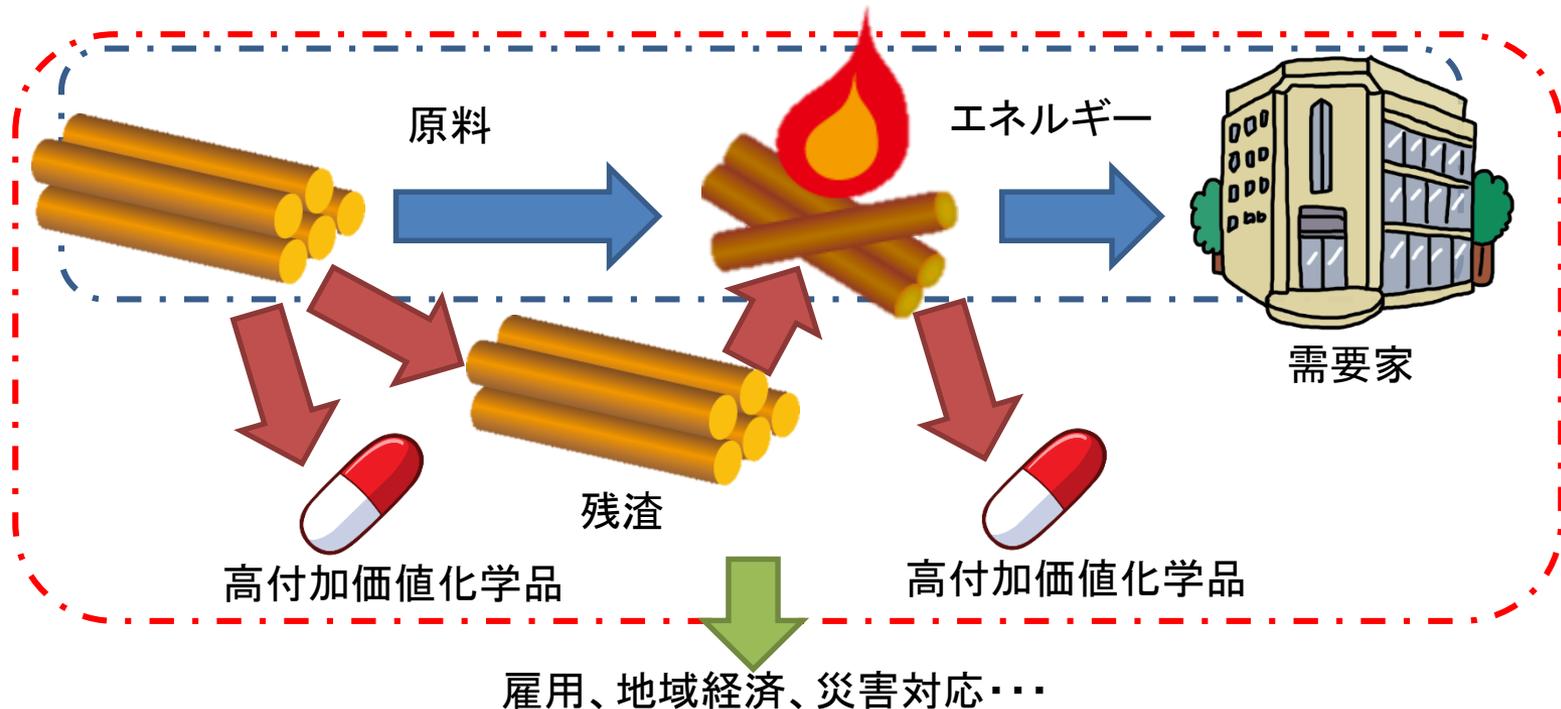
- その他の有望事業スキームを比べると、
 - ✓ 食品廃棄物のメタン発酵は廃棄物処理費との比較を考慮してコスト評価が高い
 - ✓ 畜産廃棄物のメタン発酵は堆肥化時に発生する温室効果ガスのメタン発生をキャンセルする観点からCO₂排出削減の評価が高い

第7章 将来戦略に向けた課題の整理

- メタン発酵技術の小型化と複合原料利用
- 木質バイオマスの国産小規模ガス化と国産木質バイオマスのガス化適合性評価
- 木質バイオマスの熱利用に資する国産小型ボイラー
- 木質バイオマスの燃焼・ガス化に資する原料乾燥技術など前処理の低コスト化
- 林業や農業技術の自動化による原料コスト低減
- バイオマスからの有価物の回収と残渣の有効なエネルギー利用

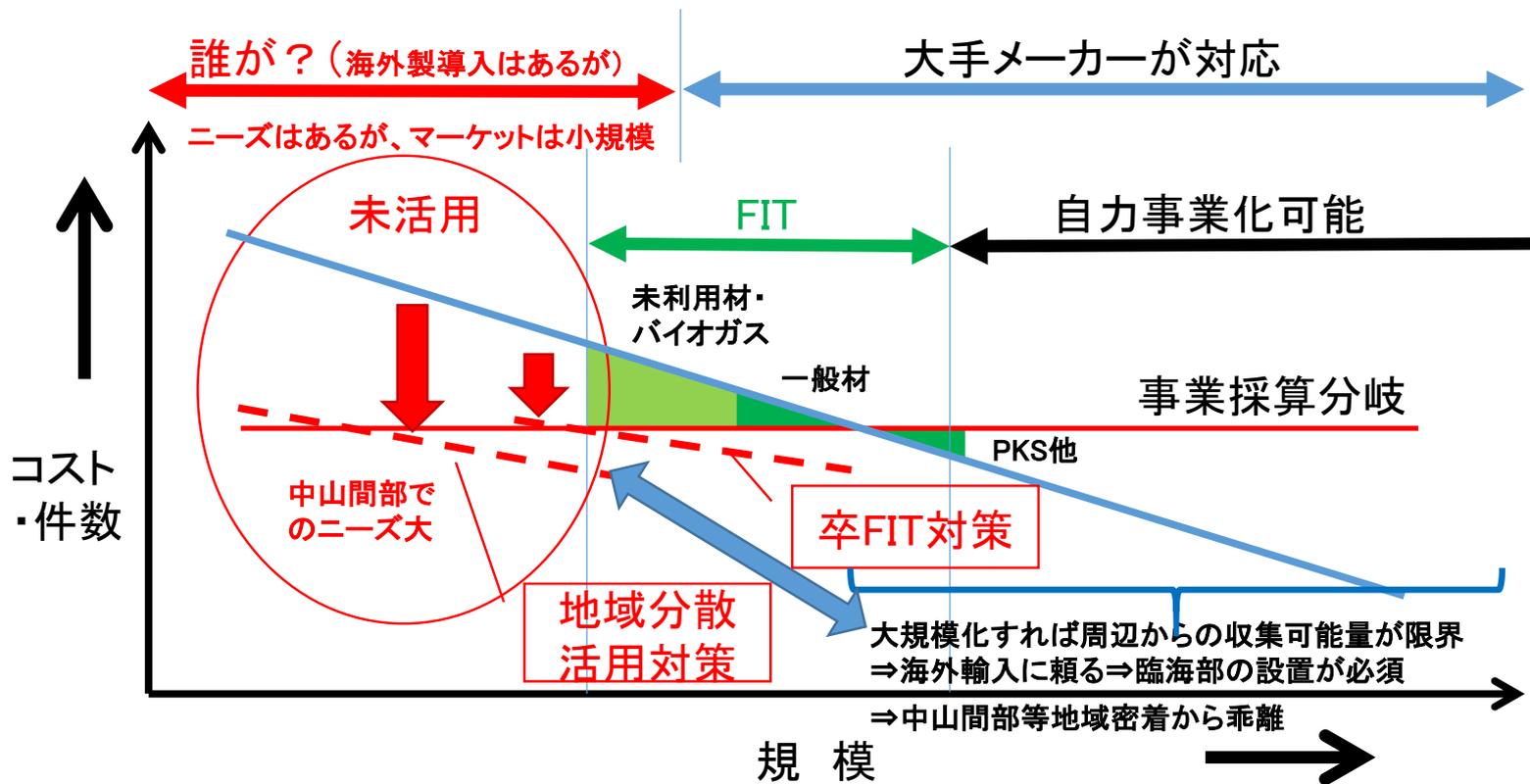
第7章 将来戦略に向けた課題の整理

- バイオマスからの有価物の回収と残渣の有効なエネルギー利用イメージ



- バイオマス原料を単なる燃料として考えず、バイオマス特有の高付加価値成分を抽出して、事業を成立させる
- 大部分は残渣として排出されるが、それを燃料としてエネルギー利用する
- さらにバイオマス利活用事業のみで考えず、地域経済への影響や地域のエネルギー供給の視点でも考えていく

第7章 将来戦略に向けた課題の整理



- 地域で発生するバイオマスのエネルギー有効利用の観点から小型の普及モデルの開発が望まれるが、現在での技術では、事業成立するために一定規模以上が必要(地域自立での検証)

⇒ **小型機器**に応じた原料側の工夫

⇒ 持続安定性(季節変動や性状変動)を確保するための**原料複合化**

⇒ 設備利用率の向上のための**エネルギー利用先の創出**の工夫

⇒ 総合的な**コストダウンの検証**が必要

おわりに

調査研究成果のまとめ

地域に賦存する原料を利用して、小規模でも地域経済に貢献できるバイオマス利活用事業を目指すためには、以下のような工夫が必要である。

- 高付加価値の副産物を製造するようなモジュールを追加
- 地域経済を含め、総合的に事業を評価できるような工夫
- 小型機器に応じた原料側の工夫(ガス化に向く安価な原料製造等)
- 持続安定性(季節変動や性状変動)を確保するための原料複合化
- 設備利用率の向上のためのエネルギー利用先の創出の工夫