

平成 24 年度
震災復興と資源循環のための社会システムの
調査研究報告書

平成25年3月

一般財団法人 エンジニアリング協会

日本が生んだ世界のスポーツ

KEIRIN



この事業は、競輪の補助を受けて実施しています。

<http://ringring-keirin.jp>

序

本報告書は、財団法人JKAより機械工業振興資金の補助を受け、一般財団法人エンジニアリング協会 研究開発企画委員会の平成24年度事業として、調査研究を行った成果を取りまとめたものであります。

当協会は、創立以来、今日的な社会的諸問題の解決、将来の望ましい社会システムの構築等に資することを目的として、公共的かつ先導的・共通基盤的な課題等について幅広く産・学・官の英知を結集して新技術・各種システムに関する調査研究を実施しております。

平成24年度は、これまでの成果の蓄積等を踏まえながら、「先導的エンジニアリング力向上の為の調査研究 ― 震災復興と資源循環のための社会システムの調査研究―」に取り組みました。調査研究の実施にあたっては、当協会の常設委員会である「研究開発企画委員会」の中の「循環型社会システム研究部会」が中心となって調査研究を行い、その結果を報告書として取りまとめたものです。

本調査研究では、持続可能な社会構築を目指した循環型社会、低炭素社会の実現に向けて、バイオマス利活用を中心とした循環型社会や、災害時にも対応できる静脈物流に焦点をあてた活動を実施しました。特に今年度は、震災復興を念頭においた被災地のバイオマス関連の復興計画や現地での調査に注力いたしました。また、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）の施行等新たな動きもあり、海外の事例等と合わせて比較検討も行いました。

最後に、本調査研究にご協力いただいた関係各位に対し心から謝意を表しますとともに、これらの成果が我が国エンジニアリング産業の競争力強化のために多少とも示唆、指針を与えることができれば望外の喜びであります。

平成25年3月

一般財団法人エンジニアリング協会
理事長 久保田 隆

まえがき

当部会では過去の調査研究成果を踏まえて、新たに今年度から、「震災復興と資源循環のための社会システムの調査研究」をテーマとして2カ年の調査研究を開始した。

東日本大震災から早いもので2年が経過したが、未だ復興は道半ばであり、震災、原発事故の影響で原発依存度の議論が噴出し、最適なエネルギーミックスの方向性を決める新たなエネルギー基本計画の策定もこれから検討されようとしている状況にある。同時に、地球温暖化防止、CO₂削減に関する新たな枠組への対応など、持続可能な社会を目指した、循環型社会、低炭素社会の実現に向けた動きは流動的で今後大きく変化してゆく可能性がある状況と言える。

一方、原発依存度が低下するなか、CO₂削減の観点から、再生可能エネルギーへの期待は更に大きく膨らみ、それを加速させるべく昨年7月より再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)が施行された。また昨年10月には石油製品等への環境税も導入され、2013年度からは新クレジット制度の導入が決まるなど、少しずつではあるが国の施策も動き始めている。

このような状況下で、本部会は震災復興をキーワードに2つのWGで調査研究を実施した。

(1) 第1WG：日本の風土に沿ったバイオマス循環社会の提案

(2) 第2WG：環境配慮循環型ロジスティックシステム構築のための方策の提案

第1WGでは3種(下水汚泥、食品廃棄物、木質)のバイオマスの利活用に焦点をあて、震災復興を視野に入れた日本の風土に沿った循環社会の構築に向けて、今年度は主としてバイオマス利活用の現状と課題の抽出、及び事業継続性等について調査研究を行った。第2WGでは震災時にも対応できる高度静脈物流システム構築の観点から、今年度は災害廃棄物の広域処理に焦点をあてて調査研究を実施した。

震災、原発事故の影響で、循環型社会構築、地球温暖化防止に向けた取り組みがやや足踏みした面もあるが、持続可能な社会の実現に向けて最重点課題であることには変わりなく、継続して取り組むことが重要である。また、スマートグリッドを活用した新たな街づくりへの関心が更に高まり、被災地でのスマートコミュニティ・モデル事業や環境未来都市構想等新たな動きも加速されている。このように今後はエネルギー、技術のベストミックスによる街づくりが益々重要視されることが予想され、その観点も視野に入れて活動を継続してゆきたい。

当部会では第1、2WGともに実際に被災地を訪問する等、生の声を聞くことを最優先に活動して貴重な情報を得ることができ、循環型社会、低炭素社会の実現には、国、地域(地方自治体)、企業、及び住民一人ひとりが、それぞれの立場で役割分担しベクトルを合わせて取り組むことの大切さを改めて再認識した。

本調査研究が、循環型社会、低炭素社会実現に向けて、その道しるべのひとつとなり、更にはエンジニアリング産業の発展の一助となることを期待する。

循環型社会システム研究部会長 板谷真積

平成 24 年度 「循環型社会システム研究部会」 委員名簿

部会長 板谷真積 三井造船(株) エンジニアリング事業本部 本部長補佐

第 1 ワーキンググループ

日本の風土に沿ったバイオマス循環社会の提案
(バイオマス利活用のあるべき姿と震災復興への貢献)

委員名	企業名	所属・役職
主 査 富内 芳昌	メタウォーター(株)	経営企画本部 経営戦略部 主任
副主査 伊藤 道生	コスモエンジニアリング(株)	設計本部 プロセス設計部 プロセス 2 グループ
副主査 大島 義徳	(株)大林組	技術本部 技術研究所 環境技術研究部
委 員 中嶋 幸子	三井造船(株)	技術本部 技術総括部 企画グループ 主任
委 員 池田 穰	(株)間組	技術・環境本部 環境部 課長
委 員 新 隆之	(株)日立プラントテクノロジー	研究開発本部 技術・事業開発統 括部 事業企画グループ 部長
委 員 西村 伸	東急建設(株)	土木総本部 土木設計部 部長
委 員 田中 拓	三菱化工機(株)	事業企画室 新エネルギー営業グ ループ 部長代理
オブザーバー-初山祥太郎	メタウォーター(株)	エンジニアリング本部 技術推進グループ

第2ワーキンググループ

環境配慮循環型ロジスティックシステム構築のための方策の提案

委員名	企業名	所属・役職
主査 加藤 利崇	(株)竹中工務店	環境エンジニアリング本部 主任
副主査 竹尾 健一	大成建設(株)	環境本部 環境開発部 新エネルギー開発室 課長
委員 浜田 耕史	(株)大林組	技術本部 技術研究所 生産技術研究部 上席研究員
委員 見角 一郎	東洋建設(株)	土木事業本部 営業第二部 課長
委員 齋藤 浩	日立造船(株)	事業企画本部 戦略企画部 担当部長
委員 南 亮太	新明和工業(株)	産機システム事業部 環境システム 本部 営業部 課長代理
委員 西口 公二	(株)奥村組	土木本部 土木統括部 技術担当次長
オブザーバー 井上 護	循環物流システム研究所	所長

事務局 牧尾 盛喜 一般財団法人エンジニアリング協会 技術部 研究主幹

平成24年度
震災復興と資源循環のための社会システムの調査研究

目 次

序

まえがき

循環型社会システム研究部会名簿

第 I 部 日本の風土に沿ったバイオマス循環社会の提案
(バイオマス利活用のあるべき姿と震災復興への貢献)

第 1 章 調査研究の経緯と目的	1
1.1 はじめに	1
1.2 調査研究の内容	2
1.2.1 本年度の調査研究の範囲	2
1.2.2 視察調査訪問先と講演会の一覧	3
第 2 章 バイオマス活用事業の事業継続性評価	4
2.1 メタン発酵	4
2.1.1 概観	4
2.1.2 現状	7
2.1.3 技術開発状況	10
2.1.4 製品特性、規格	12
2.1.5 製品の用途、利用方法	12
2.1.6 製造過程から発生する残さ、副生物とその利用	14
2.1.7 事業継続の評価	15
2.1.8 バイオガスシステムの課題	18
2.2 エタノール発酵	20
2.2.1 概観	20
2.2.2 現状	23
2.2.3 技術開発状況	24
2.2.4 製品特性、規格	25
2.2.5 製品の用途、利用方法	26
2.2.6 事業継続性評価	26
2.2.7 課題	28
2.3 木質バイオマス発電	30
2.3.1 木質バイオマスの概要	30
2.3.2 木質バイオマス発電の事例	36

2.3.3	課題と展望	55
第3章	インセンティブ導入によるバイオマス利用拡大（海外との比較から）	56
3.1	日本のバイオマス利用の促進策の流れ	56
3.2	再生可能エネルギー利用のインセンティブとバイオマス	56
3.3	ドイツのバイオマス利用の促進策の動向	59
3.3.1	固定価格買い取り制度（FIT）による再生可能エネルギーの導入促進	59
3.3.2	固定価格買い取り制度（FIT）以外のバイオマス利用の促進策	62
3.3.3	ドイツと日本のバイオマス利用促進策の比較	62
3.4	まとめ（バイオマス利用推進のために）	66
第4章	震災復興に向けたバイオマス循環社会の構築	67
4.1	被災地でのバイオマス関連の復興計画	67
4.1.1	バイオマス関連の復興計画調査結果	67
4.1.2	宮古市ブルーチャレンジプロジェクト	69
4.1.3	仙台市の藻類バイオマス活用	71
4.2	二つのプロジェクトにおいて想定される課題と来年度の予定	74
4.2.1	想定される課題	74
4.2.2	来年度の予定	74
第5章	バイオマス利用の事例調査	75
5.1	三浦バイオマスセンター	75
5.2	やまがたグリーンパワー（株）	83
5.3	（株）グリーン発電会津	88
5.4	講演会「微細藻類によるバイオ燃料油の生産とその事業性」	95
第6章	まとめ	104
	参考文献	109

第Ⅱ部 環境配慮循環型ロジスティックシステム構築のための方策の提案

第1章	調査研究の経緯と目的	115
1.1	はじめに	115
1.2	調査研究の経緯と目的	115
1.3	大規模災害におけるがれきの広域処理事例	116
1.3.1	阪神・淡路大震災における災害廃棄物の広域処理	116
1.3.2	紀伊半島大水害における災害廃棄物の広域処理	119

第 2 章 東日本大震災がれき広域処理事例	121
2.1 がれき発生量	121
2.2 広域処理の経緯と経過	122
2.3 気仙沼市からの広域処理	124
2.3.1 気仙沼市へのヒアリング	124
2.3.2 やまがたグリーンリサイクルへのヒアリング	128
2.4 石巻市からの広域処理	130
2.4.1 宮城県庁へのヒアリング	130
2.4.2 石巻ブロック JV へのヒアリング	134
2.4.3 北九州市へのヒアリング	143
2.5 女川町からの広域処理	155
2.5.1 宮城県庁へのヒアリング	155
2.5.2 東京都内処理会社へのヒアリング	156
第 3 章 講演会	166
3.1 開催概要	166
3.2 講演概要	166
第 4 章 まとめ	172
参考文献	174
あとがき	175

第 I 部 日本の風土に沿ったバイオマス循環社会の提案
(バイオマス利活用のあるべき姿と震災復興への貢献)

第 1 章 調査研究の経緯と目的

1.1 はじめに

近年、世界では地球温暖化に対応した脱化石燃料社会の構築が期待されている。日本では、脱化石燃料を掲げたエネルギー政策の機軸に原子力発電を置いていたが、2011年3月に発生した東日本大震災と原発事故により、大きく方針を変更し、2011年7月29日には、原子力発電への依存度を低減する基本理念が決定された。

その中では、再生可能エネルギーの比率を増加させることが、大きな課題である。再生可能エネルギーのひとつであるバイオマスは、ストックできるエネルギー源として、また構造物などの資源利用可能なマテリアル材として、これまでも、利用促進が試みられてきた。日本のバイオマス推進政策の流れを図 1.1-1 に示す。

2006年3月に改定された「バイオマス・ニッポン総合戦略」に基づき、関係7府省で、バイオマスを総合的に最大限利活用した持続的な「バイオマス・ニッポン」の実現を目的に、2010年度における目標設定（廃棄物系バイオマス80%以上、未利用バイオマス25%以上活用等）がなされた。これに続いて、2008年3月に改定された「京都議定書目標達成計画」、2008年3月に経済産業省と農林水産省で設定された「バイオ燃料技術革新計画」、2009年9月に施行された「バイオマス活用推進基本法」、2010年6月に改定された「エネルギー基本計画」、2010年11月に告示された「エネルギー供給構造高度化法に基づく非化石エネルギー源の利用に関する石油精製業者の判断基準」、2010年12月に閣議決定された「バイオマス活用推進基本計画」と次々に関連施策が実施されてきた。そして、2011年3月の東日本大震災と原発事故後の2011年10月には、「我が国の食と農林漁業の再生のための基本方針・行動計画」が、食と農林漁業の再生推進本部で決定されている。

そして、2012年の7月に施行された「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」にて、再生可能エネルギーのひとつとして、バイオマス発電の固定価格買取制度（FIT）が始まったことにより、これまで以上の普及が期待されている。

さらにまた、東日本大震災からの復興が大きな課題となっている現在、地震や津波などの自然災害が多い日本で活用できるバイオマス利活用方法の構築が待望されている。

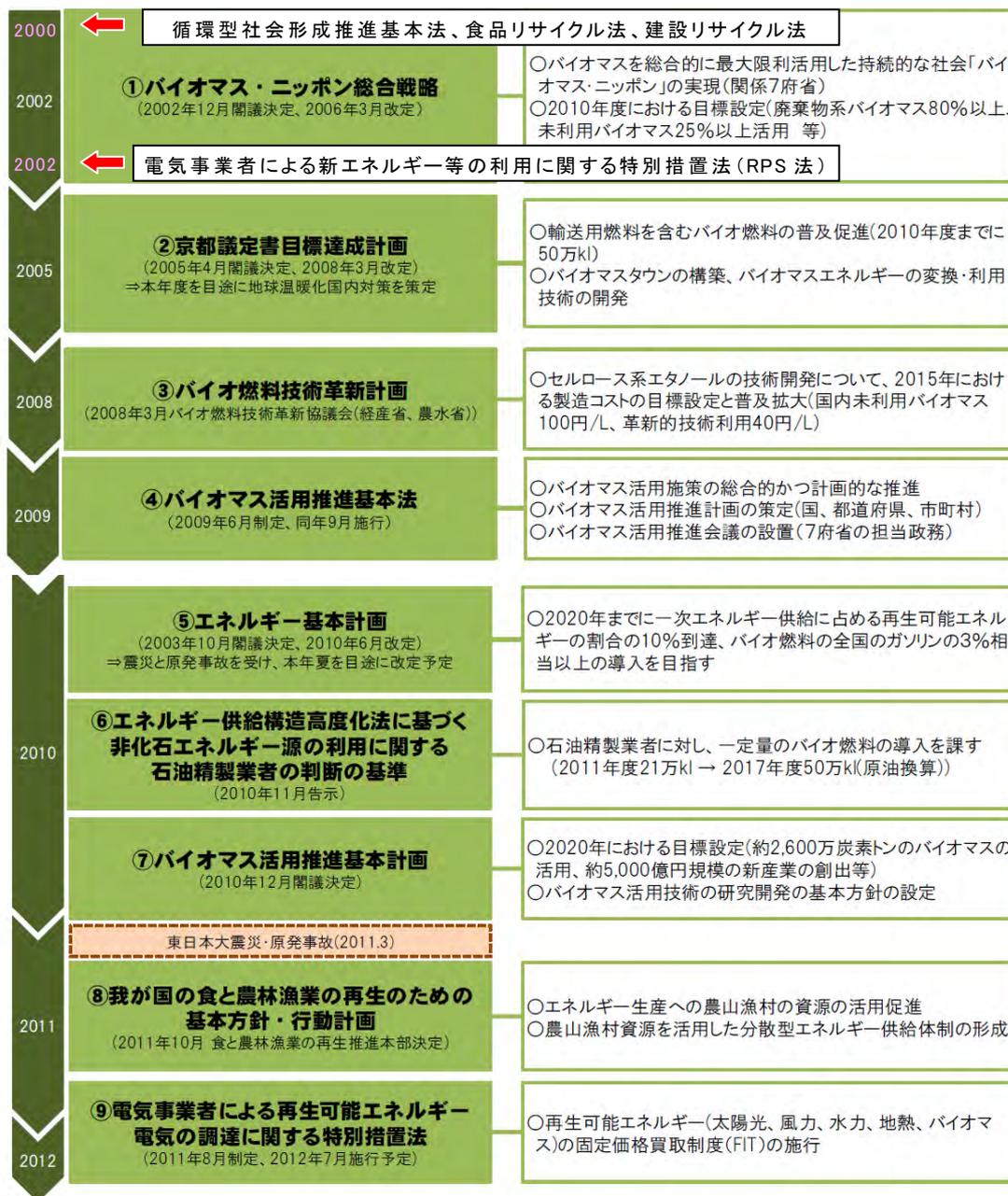


図1.1-1 バイオマス関連政策の主な経緯

出展：農林水産省HPに加筆

1.2 調査研究の内容

1.2.1 本年度の調査研究の範囲

これまで、当WGでは、有機性廃棄物の資源循環と有効利用を目的とした調査検討を継続して行ってきた。これまでの調査研究により、今後の導入ポテンシャルが高いのは、下水汚泥、食品廃棄物、木質の3つであった。

今年度は、この3つのバイオマスに焦点を当てて、バイオマス利活用事例の事業性評価を行った。バイオマス活用事例の事業継続性を調査することで、普及拡大の障壁とな

っているボトルネックを抽出し、事業継続に必要な不可欠な要素を抽出した。調査の対象技術としてメタン発酵（気体燃料）、アルコール発酵（液体燃料）、木質バイオマス(固体燃料)とし、それぞれ入口（原料調達）、出口（需要の創出と拡大）、事業継続性（インセンティブほか）の観点から取りまとめた。

次に、インセンティブのあるべき姿に関して、海外の事例と日本の事例を比較した。これまで、バイオマス利用事業における各種の建設費の補助、リサイクルを促進する法律（食品リサイクル法）の制定・実施、運用にあたってのインセンティブ（RPS法、グリーン電力制度）の付与により、バイオマスの利活用の推進がなされ、さらに、バイオマスタウン推進により、バイオマスのリサイクル導入を国策として図ってきた。しかしながら、これらの事業の普及率は、普及が進んでいるドイツや北欧諸国と比較すると低い。そこで、FITなど日本のインセンティブの妥当性についても検証した。

最後に震災復興に関して、日本の風土に沿ったバイオマス循環社会を提案することを目的に、現在、被災地で実証されはじめた事例を調査し、活用目的（マテリアル、エネルギー）別、地域別、対象バイオマス別に整理した。

1.2.2 視察調査訪問先と講演会の一覧

次に本年度、視察調査した訪問先と、講演会の内容を示す。

1) 視察訪問先

下記のバイオマス活用施設を視察した。

- (1) 神奈川県三浦市 三浦地域資源ユーズ（株）
＜浄化槽&下水道汚泥、農産廃棄物、水産物残さからのメタン化&堆肥化＞
- (2) 山形県村山市 日本バイオマス開発 やまがたグリーンパワー（株）
＜震災廃棄物からの木質チップを用いたバイオマス発電＞
- (3) 福島県会津若松市 （株）グリーン発電会津
＜間伐材からのバイオマス発電＞

2) 講演会

「微細藻類によるバイオ燃料油の生産とその事業性」

（株）筑波バイオテック研究所 代表取締役 前川 孝昭 氏

2012年12月7日に一般財団法人エンジニアリング協会の会議室にて講演会を開催した。講師の前川 孝昭氏は、40数年にわたって筑波大学でバイオマスの有効利用や水質浄化についての研究に従事された方で、メタン発酵を中心とした廃棄物系バイオマスの循環利用に関する我が国を代表する研究者である。

第2章 バイオマス活用事業の事業継続性評価

2.1 メタン発酵

2.1.1 概観

メタン発酵は嫌気性消化とも言われ、有機物が嫌気性条件で微生物の活動により分解し、最終的にメタンと二酸化炭素を生成するプロセスである。

メタン発酵では、通性嫌気性菌群により、高分子有機物から低分子有機物に分解し、この低分子有機物から有機酸とアルコール類などを生成し、さらに有機酸などから酢酸と水素を生成する。そして、嫌気性微生物の一種であるメタン菌群により、酢酸や水素などからメタンと二酸化炭素を生成する。標準的なシステムフローを図 2.1.1-1 に示す。

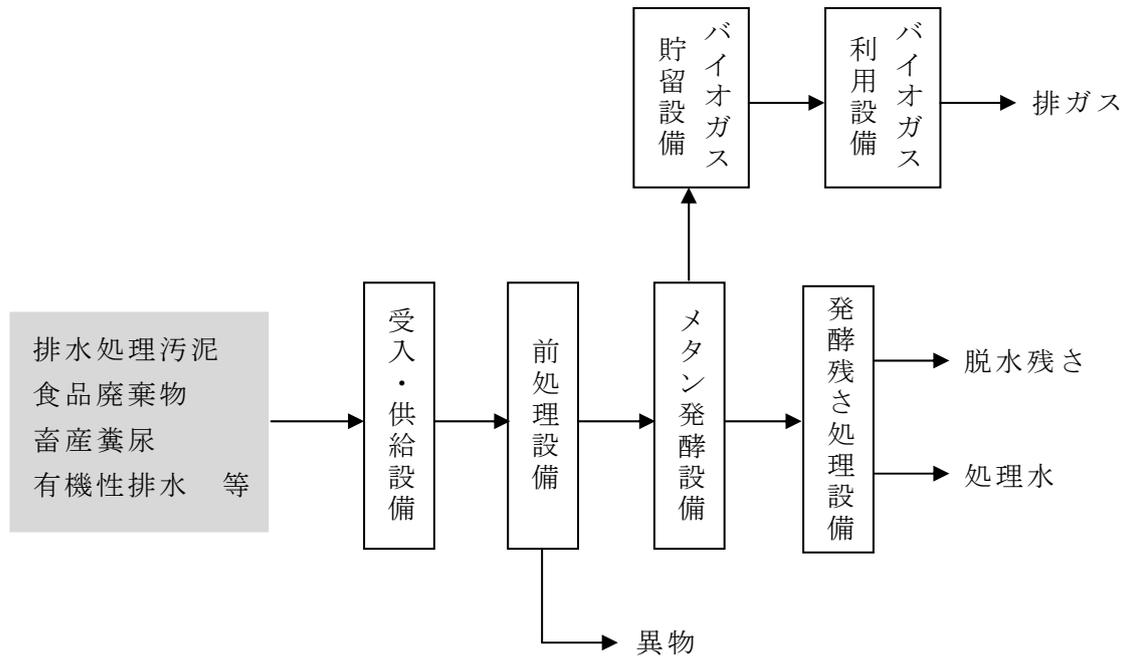


図 2.1.1-1 標準的なシステムフロー

「メタンガス化（生ごみメタン）施設整備マニュアル」及び
「平成 19 年度メタン発酵研究会活動報告」より作成

排水処理汚泥、食品廃棄物、畜産糞尿、有機性排水等のバイオマス原料は、まず、メタン発酵での生分解性を高めるため、異物の除去、破碎・粉砕、スラリー化（液状化）といった前処理を行い、メタン発酵槽に投入される。

メタン発酵槽で、中温発酵の場合で 35°C 程度、高温発酵の場合で 55°C 程度の温度で発酵させると、メタン60%、二酸化炭素40%、N、 H_2S 等で構成されるバイオガス（組成比は代表値）を生成する。

メタン発酵槽で生成したバイオガスを硫黄等の有害物質を除去し、ガスホルダに貯蔵した後、発電機やボイラなどの燃料として利用される。その他にも、温室暖房、温水プール、工場内熱利用、地域暖房、堆肥発酵の加温促進、融雪、汚泥乾燥等に使われている。近年では、バイオガスを精製して自動車の燃料や都市ガスへ供給する等、その用途はますます広がっている。

1) 分類

メタン発酵は固形物濃度、混合方式、操作温度により表 2.1.1-1 のように分類される。

表 2.1.1-1 メタン発酵の分類

固形物調整濃度	混合方式	操作温度	プロセス名	プロセス保有会社	国内メーカー
湿式 (TS：～10%)	完全混合	中温	REM システム	ENTEC 社 (オーストリア)	三菱化工機、三井造船、三機工業、日立造船
			BIMA	ENTEC 社 (オーストリア)	大林組 三井造船
			三菱-AAT システム	AAT 社 (オーストリア)	三菱化工機
			アタカ WTM システム	自社開発	アタカ大機
			バイソン	自社開発	水 ing
			シュマック	シュマック社 (ドイツ)	コーンズ・アント・カンパニー・リミテッド コーンズ・ハイガス
			カールブロー	カールブロー社 (デンマーク)	北海道オリオン
			フォルケ	フォルケセンター (デンマーク)	川崎重工業
		BEG 方式	BEG 社 (ドイツ)	大成建設	
		中温 / 高温 ※選択可	ビガタン式	ビガタン社 (デンマーク)	JFE エンジニアリング 神鋼環境ソリューション
			Linde	リンデ社 (ドイツ)	神鋼環境ソリューション 日本製鋼所
			PAMEDIS	BTN 社 (ドイツ)	神鋼環境ソリューション
		高温	膜型メタン発酵システム	自社開発	クボタ
			メタレス	自社開発	鹿島建設
			メビウスシステム	CITEC 社 (フィンランド)	アタカ大機 水 ing クボタ、栗田工業 住友重機械工業 西原環境 三菱重工業
			高速メタン発酵	自社開発	メタウォーター
BWSC	BWSC 社 (デンマーク)		三井造船		
中温→高温 (2段階)		リネッサ	ウーデ社 (ドイツ)	タクマ、新日鐵住金 日立造船、三井造船 JFE エンジニアリング IHI 環境エンジニアリング 東レエンジニアリング	
乾式 (TS：25%～)	完全混合	中温	無加水メタン発酵システム	自社開発	大成建設
		高温	Snamprogetti	Snamprogetti 社 (イタリア)	国内導入なし
	押し流れ	中温	Funnel	—	国内導入なし
		高温	コンボガス	アクスポーコンボガス社 (スイス)	IHI 環境エンジニアリング 川崎重工業、クボタ タクマ、日立造船 JFE エンジニアリング
			ドランコ	OWS 社 (ベルギー)	栗田工業

平成 21 年度エコ・ヒューマン・エンジニアリングに関する調査研究報告書等より作成

2) 特徴

(1) 湿式発酵と乾式発酵

湿式発酵と乾式発酵の特徴を表 2.1.1-2 に示す。

表 2.1.1-2 湿式発酵と乾式発酵の特徴

項目	湿式 (TS : ~10%)	乾式 (TS : 25%~)
前処理の要否	ポンプ・配管が詰まらない程度までの異物除去が必要	異物除去は比較的簡便でよい
ガス発生量	発酵槽投入有機物当たりのガス発生量には差がない	
供給と排出の機構	汎用性のある低価格なポンプ	高濃度用の機器
発酵槽の容積	大きい	小さい
発酵槽の攪拌	動力は小さいか必要ない	動力は大きい
発酵阻害	<ul style="list-style-type: none"> ・ 塩類および毒性物質は薄められるため、大きな問題ではない ・ 異物混入がないため異物による阻害はない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 塩類および毒性物質濃度が高いため、注意が必要 ・ 異物が混入するため、異物による阻害にも注意が必要
汚泥の返送	不要もしくは少なくても良い	必要
発酵残さの利用	異物除去済みのためそのまま利用可能	利用するためには異物除去が必要
排水処理	排水処理量が多い	排水処理量が少ない

乾式発酵には、発酵槽の容積を小さくでき、排水量が少ないメリットがあるが、発酵阻害の影響が大きく、運転管理が難しいといったデメリットがある。一方、湿式発酵は、汎用性のある機器が使用できる、動力が小さい、発酵阻害の影響が小さいといったメリットがあるが、発酵槽容量は大きくなりがちで、排水量が多くなるといったデメリットがある。

(2) 高温発酵と中温発酵

高温発酵と中温発酵の特徴を表 2.1.1-3 に示す。

高温発酵は有機物の分解速度が速いため槽容積を小さくすることができるが、負荷変動やアンモニア阻害に弱く、特に高濃度の窒素を含むような原料を対象とする場合には、追加設備が必要になる場合もある。

中温発酵は、負荷変動やアンモニア阻害に強く、安定運転が実現しやすいが、有機物の分解速度が遅いため、発酵槽の容量は大きくなる。

表 2.1.1-3 高温発酵と中温発酵の特徴

項目	高温	中温
発酵温度	約 55℃	約 35℃
発酵速度	速い（発酵槽の小型化）	遅い（発酵槽の大型化）
ガス発生量	発酵槽投入有機物当たりのガス発生量には差がない。 もしくは、高温発酵の方が多など諸説あり。	
温度、pH、負荷変動	影響を受けやすい	影響を受けにくく、 耐性が強い
発酵阻害 （アンモニア）	阻害を受けやすい （追加設備が必要な場合あり）	阻害を受けにくい
加温エネルギー	最近では殺菌槽（70℃以上）、油分離工程（60℃）、高温可溶化槽などの付帯設備を設けることが多く、発酵温度がシステム全体の加温エネルギーに与える影響は少ない。	

(3) 原料

メタン発酵は、下水汚泥、生ごみ、家畜排泄物といった廃棄物系バイオマス为原料としてエネルギーを生み出すことができ、食料原料と競合することがないため、優れたバイオマス燃料と考えられている。

含水率や生物分解性の観点から、メタン発酵に適する原料は排水処理汚泥、食品廃棄物、畜産糞尿、有機性排水などである。原料の代表的な性状を表 2.1.1-4 に示す。

表 2.1.1-4 メタン発酵原料の比較

原料種類 （代表例）	し尿・汚泥 （下水汚泥）	食品廃棄物 （家庭系生ごみ）	畜産糞尿 （乳牛糞尿）	有機性排水 （ビール製造排水）
有機物濃度*1	2.5 %	20 %	10 %	0.25～1 %
ガス生成	10 m ³ /ton	125 m ³ /ton	30 m ³ /ton	1 m ³ /ton

*1：し尿・汚泥、食品廃棄物、畜産糞尿は固形物濃度(TS)、有機性排水は浮遊物質(SS)の値を記載

2.1.2 現状

1)法整備・政策動向

メタン発酵は、国内バイオマスエネルギーの利用拡大に向けて導入促進が期待されている技術である。

近年では、バイオマスエネルギーに関する関連制度として「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律（エネルギー供給構造高度化法）」が2009年8月に施行され、電気事業者と石油事業者、ガス事業者等に（1）非化石エネルギー源の利用（2）化石エネルギー原料の有効な利用

の促進を義務づけている。

さらに「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」が2012年7月から施行された。この法律では、再生可能エネルギーを一定価格で買取る「再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT: Feed in Tariff)」を定めており、再生可能エネルギー普及の切り札としての期待が大きい。本制度では、メタン発酵ガス化バイオマスの調達価格は40.95円/kWh(税込)(注)と定められており、これまでの買取価格が15~20円/kWh程度であったことや、他国の制度と比較しても高い設定となっている。

また、震災・原発事故を受け、地域資源を活用した自立・分散型エネルギー供給体制の強化が重要な課題であると認識され、バイオマス活用推進会議(7府省の副大臣又は政務官で構成)の下にバイオマス事業化戦略検討チームが2012年2月に設置され、同年9月に「バイオマス事業化戦略」が決定した。「バイオマス事業化戦略」では、技術ロードマップを作成し、事業化モデルを示すとともに、重点的に活用する実用化技術及びバイオマスの種類を整理しており、技術としてはメタン発酵、バイオマスとしては、食品廃棄物、下水汚泥、家畜排泄物があげられている。

2)市場動向

日本国内におけるメタン発酵施設の整備状況について調査を行った。

環境省の「一般廃棄物実態調査(平成24年4月26日公表 ※平成22年度調査結果)」、NEDO「バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第3版)2010年1月発行」、地域資源循環技術センター「バイオマス利活用技術情報データベース(2010年6月時点)」をもとに重複する施設を除いて整理すると、これまでに稼働したメタン発酵施設(実証試験設備を含む)は、食品廃棄物(固形)58施設、有機性排水47施設、し尿・汚泥46施設、畜産糞尿74施設の合計225施設であった。このとき多種類の原料を処理する施設については、処理量の最も多いものについて分類した。

上記225施設について稼働開始数の推移を図2.1.2に示す。

し尿・汚泥を原料としたメタン発酵施設は1950年代後半から稼働している施設があり、現在に至るまで順調に施設数は増加している。

有機性排水を原料としたメタン発酵施設は1970年代から稼働しはじめ、1990年頃から平均して1~2件/年程度ずつ増加している。1990年代は環境問題や省エネルギーの意識が向上した時期にあたり、それに伴い食品工場での導入が継続的に実施されているためであると思われる。

畜産糞尿、食品系廃棄物に関しては、1990年代後半から増え始め、2003年に13件が稼働してピークを迎えたあとは減少し、2009年に新たに稼働した施設は、畜産糞尿1件、食品系廃棄物4件であった。1999年に「家畜排泄物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が制定、2000年に「食品リサイクル法」が成立して、畜産糞尿や食品系廃棄物の適正処理・再利用の必要性が認識されるようになるとともに、2001年にはごみ処理

“注：施行後3年間について、特定供給者が受けるべき「利潤に特に配慮」して定められた価格”

施設性能指針に「ごみメタン施設」が追加されてメタン発酵施設への廃棄物処理施設整備費補助金（環境省）が使用可能になったことや、2001～2005年に実施されたバイオマス等未活用エネルギー実証試験事業（NEDO）、2003年から始まり名称が変わりながら継続されたバイオマス利活用フロンティア推進事業、バイオマスの環づくり交付金、地域バイオマス利活用整備交付金（いずれも農林水産省）の後押しもあり、2000年代に多くの新規施設が稼働開始した。また、2006～2009年に稼働開始した食品廃棄物のメタン発酵施設は22件あるがそのうち9件が焼酎粕を処理するための施設であった。これには、日本のロンドン条約への批准に際し、廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令が改正されて2007年から焼酎粕の海洋投棄が禁止になったことが大きな影響を与えている。

また、上記3つの資料では網羅できない2009年以降の状況としては、2009年度には、「稚内市バイオエネルギーセンター」、「三浦バイオマスセンター」、「黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業」の公共分野の大型案件、その他に、民間飲料メーカーの建設工事、畜産分野から建設工事と改修工事の案件の発注があった。2010年には焼却施設とメタン発酵施設を併設した「防府市クリーンセンター」、「南但ごみ処理施設」の大型案件の発注があった。また、2011年は「長岡生ごみバイオガス化事業」、酒造工場増設、北海道江別市における畜産公共事業などが発注されており、これらの施設が順次稼働していくものと思われる。

近年は、ある程度の規模の案件のもので年間3～4件程度で安定して稼働もしくは発注されてきていたが、「コンバインド型処理施設（焼却施設とメタン発酵施設）」の建設や「都心型バイオガスシステム」の開発による需要拡大の他、中国や東南アジアへの市場開拓を各社が積極的に検討していることや、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT: Feed in Tariff）」の後押しもあり、今後数年間は市場が活性化することが期待される。

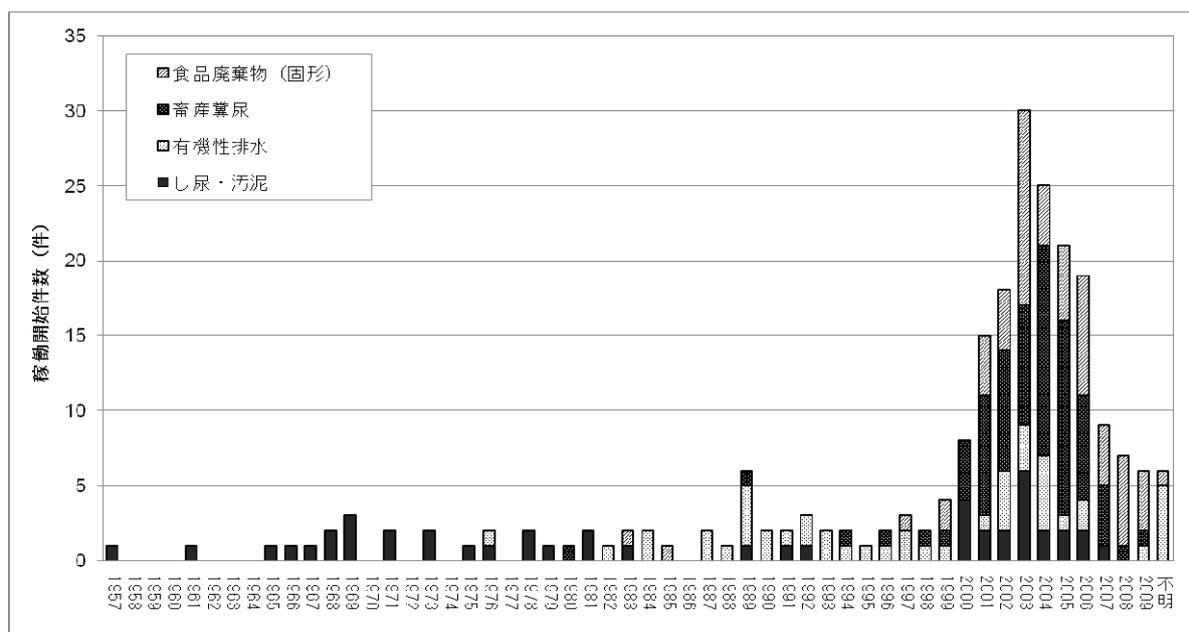


図 2.1.2 メタン発酵施設（稼働開始施設数の推移）

2.1.3 技術開発状況

1) コンバインド型処理施設

都市の排出ごみ（可燃ごみ）を、厨芥類、紙類、草木類のバイオマスとプラスチック等に機械選別し、バイオマスはメタン発酵によりメタンガスを生成して有効利用するとともに、プラスチック等の高カロリーのごみを焼却して発電、熱回収するシステムである。図 2.1.3-1 に概略のフローを示す。

コンバインド型処理施設は、水分の多い生ごみ等のバイオマスからバイオガスを取り出し、効率よくエネルギーを回収でき、かつ生ごみ等が除かれて水分が少なくなったプラスチック等を焼却することで、焼却施設での発電効率をあげることができる。

本システムを採用した施設は、2010 年発注され、現在建設中の「防府市クリーンセンター」、「南但ごみ処理施設」らが 1、2 号機となることから、都市ごみからバイオマスとそれ以外のごみを選別する技術や選別後のバイオマスをメタン発酵する技術といった新しい技術を用いながら、一般廃棄物処理事業に求められる安定性と信頼性を確保することができるかが注目される。

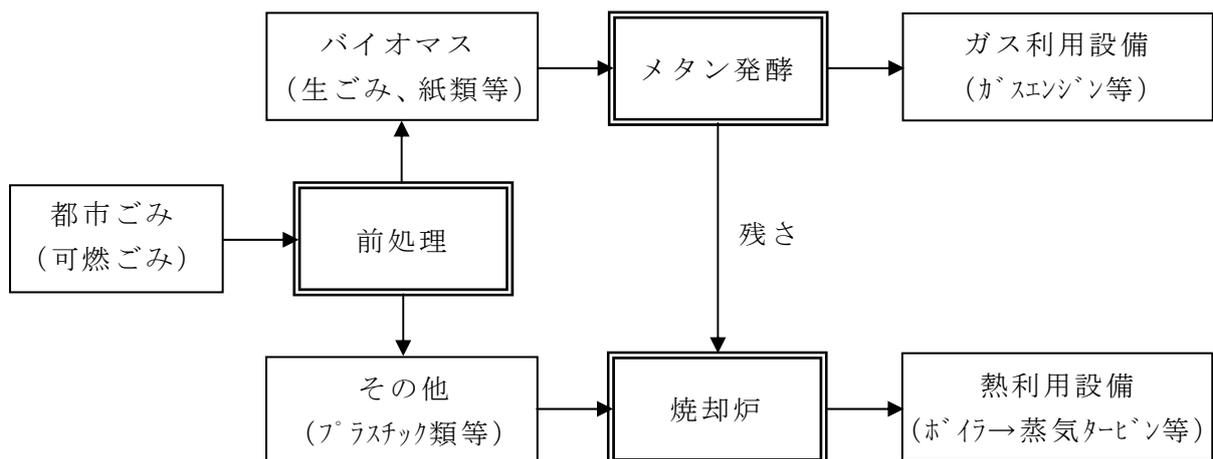


図 2.1.3-1 コンバインド型処理施設概略フロー

南但広域行政事務組合 HP より作成

2) 下水処理場を核とした地域バイオマスの資源化利用

下水処理場において処理場で発生するバイオマスを受入れて共同処理し、資源化利用する技術が注目されている。処理場で発生するバイオマスとしては、し尿、浄化槽汚泥の他、生ごみや公園・道路・河川敷の剪定草木などがある。

これらのバイオマスを、下水処理場において下水汚泥と混合・消化することにより、①低コストで効率的な資源循環システムを構築できる ②バイオマスの受入により消化ガスの発生量が増加し、利用可能なエネルギーも増大する 等の利点がある。

本方式を採用している珠洲市浄化センター内「複合バイオマスメタン発酵施設」の処理フローを図 2.1.3-2 に示す。施設は、各バイオマスの受入・前処理設備、メタン発酵設備、汚泥脱水設備、汚泥乾燥設備、加温設備、脱臭設備などで構成されている。最大の

特徴は、施設から発生する排水は既設の下水処理施設で処理することができるため、メタン発酵普及の課題と言われている排水処理設備を付加する必要がないことである。

3)都市（心）型バイオガスシステム

都市（心）型バイオガスシステムとは、百貨店やホテル、レストランなどの商業施設で発生した生ごみ（食品廃棄物）や厨房排水からバイオガスを作り出しエネルギー源として再利用するものである。マイカル明石店舗内にて平成 19～21 年度に実証試験が行われた他にも、2014 年に大阪市阿倍野区で開業予定の展望台、ホテル、オフィス、美術館、百貨店を備えた地上 300m 日本一の超高層ビル「あべのハルカス」に採用されている。あべのハルカスに設置されるバイオガスシステムの特徴は以下のとおりである。

- ①臭気対策をはじめ、防災や地震対策を図ることで、都心部での稼働が可能。
- ②デスポーザーを活用することで、生ごみ搬送の手間を省き、CO₂や人件費を削減。
- ③生ごみとともに、厨房排水や中水処理設備の汚泥もメタン発酵にて処理するため、外部処理施設での処理が不要。
- ④食品リサイクル法への対応
- ⑤生ごみは排出者ごとに計量を実施されるため、ごみの見える化が可能。
- ⑥発生したバイオガスは、都市ガスと混合し、ガスエンジン、ボイラなどのガス利用機器で熱と電気に変換して利用。

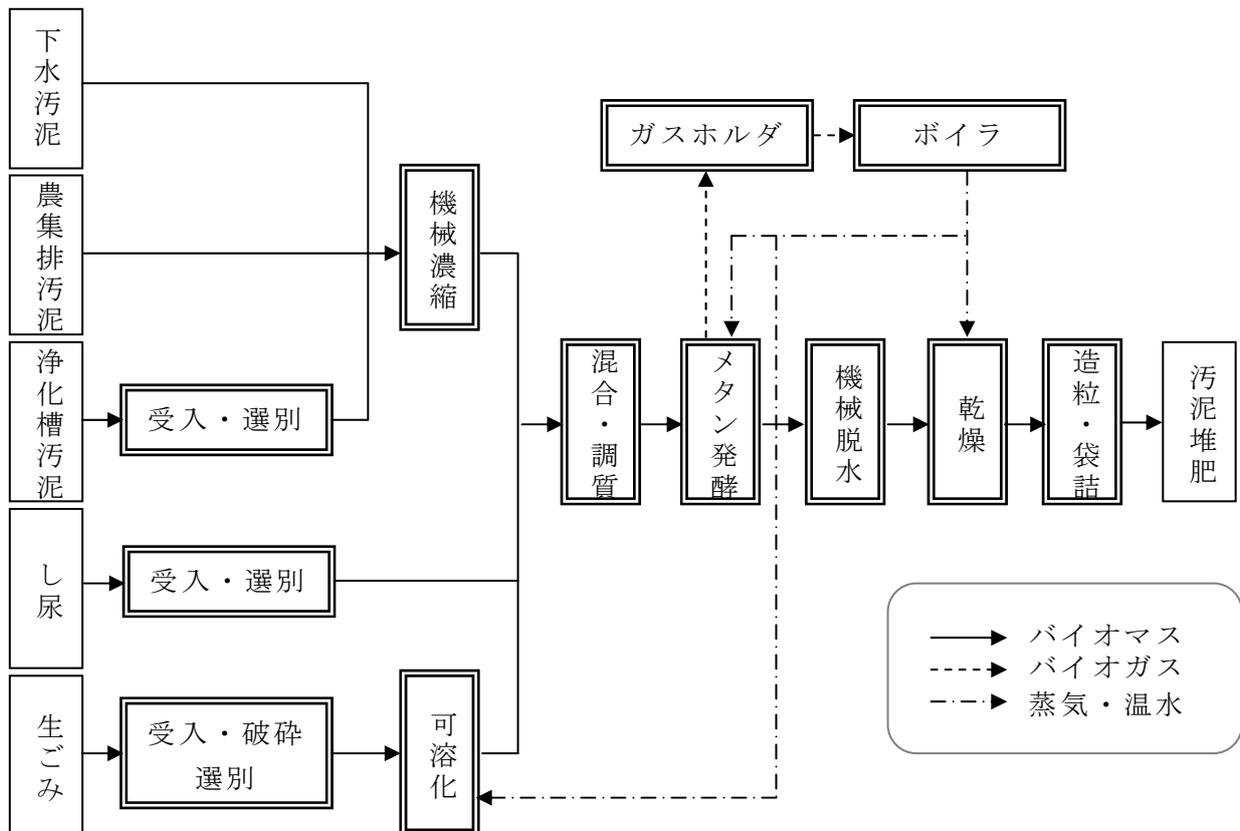


図 2.1.3-2 珠洲市浄化センター内「複合バイオマスメタン発酵施設」処理フロー

出典：農林水産省 HP、バイオマス利活用の取組事例

2.1.4 製品特性、規格

メタン発酵によって回収されるバイオガスは 50～70%のメタンと 30～50%の二酸化炭素、そしてその他の微量成分（窒素、酸素、硫化水素、シロキサン）で構成されている（表 2.1.4-1）。

バイオガスに含有される硫化水素は金属部品の腐食の原因となるほか、シロキサンは燃焼時に二酸化けい素を形成し磨耗や閉塞の原因となるため、利用方法に合わせて適切に除去する必要がある。

原料によってバイオガスの組成は異なるが、主成分は都市ガスの主原料であるメタンで構成されていることから、不純物の除去や精製等の処理を行うことによって可燃性ガスとして様々な用途に利用することが可能である。

表 2.1.4-1 バイオガスの組成例

成分	乳牛原料バイオガス	下水汚泥消化ガス
メタン(CH ₄)	50～55%	60～65%
二酸化炭素(CO ₂)	40～50%	33～35%
窒素(N ₂)	0～4%	0～3%
硫化水素(H ₂ S)	2,000～6,000ppm	200～800ppm

出典：別海町バイオマス利活用計画等策定報告書 平成 18 年 3 月、
社団法人日本下水道協会 下水道施設計画・設計指針と解説 後編 2001 年度版

2.1.5 製品の用途、利用方法

バイオガスの利用方法はボイラ等による熱利用、発電と熱回収を組み合わせたコージェネレーション、自動車燃料、都市ガス導管注入があげられる。最も普及しているのはコージェネレーションであり、ガスエンジン、マイクロガスタービン、燃料電池等が導入されている（表 2.1.5-1）。

近年では、精製したバイオガスを都市ガスの導管に注入する取り組みが進められており、大阪ガス（株）、東京ガス（株）等大手ガス会社の実証試験に参加している。

東京ガス（株）の事例では、（一社）都市ガス振興センターが公募した「バイオガス都市ガス導管注入実証事業」に（株）市川環境エンジニアリング、バイオエナジー（株）、東京ガス（株）が申請し、採択された。2010 年度から 2019 年度の 10 年間、食品残さ由来のバイオガスを精製し、都市ガスの中圧導管に約 80 万 m³N/年を供給している（図 2.1.5-1）。

エネルギー供給構造高度化法の施行を受け、都市ガスとしての利用についても今後の普及拡大が期待される場所であるが、導管注入にあたっては都市ガス同等の熱量や品質の確保が求められるほか、連続監視装置の設置等にも対応する必要がある。また、立地の面でも都市ガス導管に近接している必要がある等の制約がある（表 2.1.5-2）。

表 2.1.5-1 コージェネレーション方式の比較

	ガスエンジン	マイクロガスタービン	燃料電池(りん酸形常圧水冷式)
メーカー/型式	ヤンマーエネルギーシステム CP25BG-TF(A)	荏原製作所 TA-100	富士電機システムズ FP-100I
定格出力	25kW	95kW	105kW
発電効率	32.0%	28.0%	40%
熱回収率	52.0%(85℃)	48.0(55℃)	49%(60℃)
総合効率	84.0%	76.0%	89.0%
特長	<ul style="list-style-type: none"> ・量の変動に強い ・総合効率と費用のバランスに優れる 	<ul style="list-style-type: none"> ・メタン濃度変動に強い ・シロキサン耐性が高い(低燃焼温度、燃焼部での潤滑油不使用) ・NO_x、煤塵が少ない ・構造がシンプル 	<ul style="list-style-type: none"> ・発電効率が高い ・排出ガスがクリーン ・静音性に優れる
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・メタン濃度の変動にやや弱い ・エンジンを構成する部品点数が多く、メンテ作業が煩雑 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンプレッサー等の補機が必要 ・効率はやや低目 	<ul style="list-style-type: none"> ・メタン濃度の変動に弱い ・燃料電池セルや触媒の寿命が短く、高価

データ出典：メーカー各社 HP

表 2.1.5-2 バイオガスの購入要領
東京地区他 45MJ 地区

項目	濃度
標準熱量	45MJ/m ³
炭化水素成分	
メタン+エタン	93%以上
エタン	7%以下
C3以上炭化水素	4%以下
炭化水素以外の成分	4%以下
硫化水素	0.00mg/m ³
全硫黄	0.00mg/m ³
アンモニア	検出せず
付臭剤濃度	8.0～12.0mg/m ³
水素	5.0vol%以下
一酸化炭素	0.05vol%以下
※酸素、窒素、二酸化炭素、その他微量成分等は個別協議	

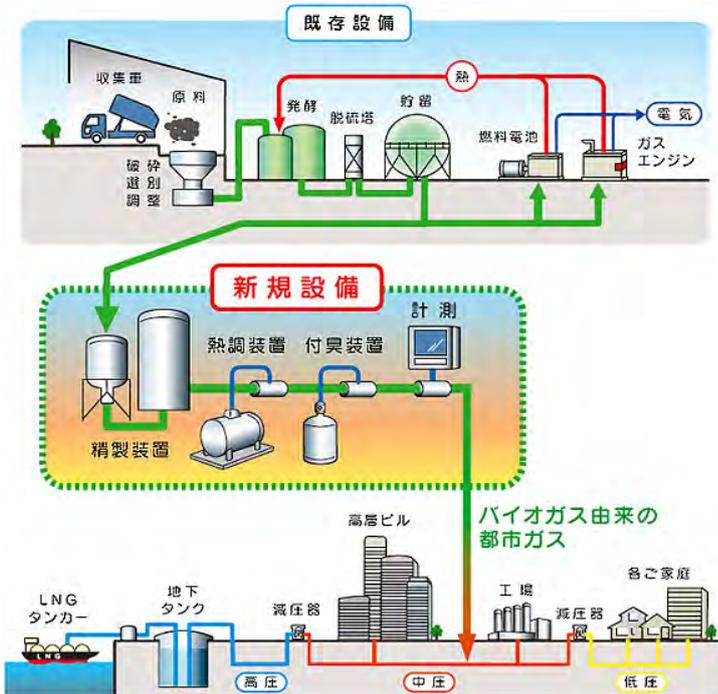


図 2.1.5-1 バイオガス都市ガス導管注入実証事業

フロー図

出典：東京ガス(株)HP

出典：東京ガス(株)

バイオガス購入要領 平成 21 年 11 月より抜粋

2.1.6 製造過程から発生する残さ、副生物とその利用

特に湿式メタン発酵プロセスを採用した場合は投入原料に加水を行いスラリー化した後に発酵処理を行うため、投入原料の 2 倍前後の発酵残さが発生する。

この発酵残さには窒素、リン酸等の肥料成分が含まれているため、そのまま液肥として利用することや、脱水後の固形分を乾燥処理して肥料として利用することが可能である。

ただし、肥料として用いる場合には周辺地域における肥料需要と供給量のバランスや季節による需要の変動を十分に考慮する必要がある(表 2.1.6-1)。

表 2.1.6-1 メタン発酵残さの脱水ろ液の性状

BOD(mg/l)	COD(mg/l)	T-N(mg/l)	T-P(mg/l)
1,800～4,000	900～2,000	1,700～2,500	40～70

出典：環境省 メタンガス化(生ごみメタン)施設整備マニュアル 平成 20 年 1 月

また、黒部市下水道バイオマス利活用施設(平成 23 年 5 月稼働開始)、長岡市生ごみバイオガス化事業(平成 25 年 7 月稼働開始予定)の事例では乾燥残さをバイオマスボイラー等で燃料として利用する計画としている。

2.1.7 事業継続の評価

これまでに建設・稼働しているメタン発酵施設について分析を行った。

農林水産省「バイオマス利活用の取組事例（2009年）」、（社）地域資源循環技術センター「バイオマス利活用技術情報データベース（2010年6月時点）」、NEDO「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第3版）2010年1月発行」、帯広市「バイオガスプラントの稼働実績調査業務 概要版 平成24年2月」および、実際のヒアリング情報から継続を左右する要因についてまとめた。

1)処理量

メタン発酵施設の計画処理量と実績処理量について表2.1.7-1に示す。

畜産糞尿や有機性排水、事業系廃棄物については、処理量を長期にわたって予想しやすく、計画処理量と実績処理量が比較的良く一致する傾向にあるが、食品廃棄物、特に、一般家庭生ごみについては、計画処理量に対する実績処理量が5～6割程度となっている。例えば、『リサイクリーン（北海道滝川市）』では、施設の稼働に合わせて、一般可燃ごみの分別と有料化が図られ、2003年の一般ごみ、生ごみの量は前年に比べて42%減少したために、実績処理量が計画処理量の6割程度となる結果になっている。ごみの排出量が減ることは好ましいことではあるが、廃棄物処理施設の計画の難しさを改めて感じさせる事例である。

一方、『珠洲市浄化センター 複合バイオマスメタン発酵施設』は下水処理場に併設されたメタン発酵施設であり、下水汚泥の他にし尿、浄化槽汚泥の他、生ごみや公園・道路・河川敷の剪定草木などを受け入れている。処理量の計画を立てやすく、季節変動も少ない下水汚泥を計画の核として、多種類の原料を受け入れることで、稼働後の原料確保のリスクに対応している。

表 2.1.7-1 計画処理量と実績処理量の比較

施設名称	原料	稼働年	計画処理量	実績処理量	実績年度	実績/計画
		年	t/年	t/年	年	-
バイオガスプラント (南地区、佐倉地区、新田地区)	畜産糞尿	2003 2005	15,330	15,330	2008	1
日田市バイオマス資源化センター	畜産糞尿	2007	29,200	19,293	2008	0.66
小林市バイオマスセンター	畜産糞尿	2006	3,750	2,228	2008	0.59
拜田グリーンバイオ事業所 (三和酒類㈱)	食品廃棄物 (焼酎粕)	2009	44,800	15,072	2009	0.34
田苑酒造㈱	食品廃棄物 (焼酎粕)	2006	5,325	4,684	2008	0.88
泡盛蒸留粕メタン発酵施設 (菊之露酒造㈱)	食品廃棄物 (蒸留粕)	2008	5,250	2,494	2008	0.48
廃棄物処理施設 「クリーンプラザくるくる」 (北海道砂川市)	食品廃棄物 (一般家庭、 事業系生ごみ)	2003	6,471	3,193	2008	0.49
リサイクリン (北海道滝川市)	食品廃棄物 (一般家庭生ごみ)	2003	(55 t/日)	-	-	0.60
生ごみバイオガス化施設 (北海道深川市)	食品廃棄物 (一般家庭生ごみ)	2003	4,800	2,788	2008	0.58
城南島工場 (バイオエナジー㈱)	食品廃棄物 (食品リサイクル法 による廃棄物)	2006	40,150	23,300	-	0.58
キリンビール㈱ 名古屋工場	有機性排水	2009	1,314,000	754,500	2009	0.57
コカ・コーラセントラルジャ パン㈱ 東海北工場	有機性排水	2004	7,056	8,907	2008	1.26
アサヒビール㈱ 西宮工場	有機性排水	2004	1,064,778	1,232,242	2008	1.16
珠洲市浄化センター	し尿・汚泥	2007	(32.9 t/日)	(31 t/日)	-	0.94

バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第3版）より作成

2)前処理トラブル

家庭から排出される生ごみは排出源が不特定多数であるため、異物の混入が懸念される。また、ごみ収集袋などの発酵不適物を取り除く必要があることから、破碎選別を前処理として整備している施設がほとんどである。また、計画時には予想していなかった事態により設備の改修を行った例として、『リサイクリン（北海道滝川市）』の「卵の殻や貝殻などが想定以上に設備に負担をかけることがわかり改修を実施」（出典：農林水産省HP, バイオマス利活用の取組事例）や『三浦バイオマスセンター』の「農作物収穫残さの蔓・葉・茎による破碎機トラブルが発生し、蔓は場外搬出・処分。葉・茎については、揉摺型の破碎機を2台追加」などの事例がある。異物の混入に対しては、事前・事後の広報活動、説明会等によりある程度、適正な排出が確保できるようである。

一方、異物および発酵不適物の混入対策に特徴的な方法を取っているのが、『おおき循環センターくるるん』である。大木町では全域において「バケツコンテナ方式」による生ごみ分別収集を実施しており、異物の混入がほとんどなく、町民の反応もよく、町内に定着しているとのことである。またこの方式で収集するとごみ袋の混入がないこと

から、前処理設備が簡略化でき、イニシャル・ランニングコストを低減できるというメリットがある。

3)排水処理

メタン発酵は、原料中の炭素をメタンと二酸化炭素に変換する技術であるがゆえに、発酵後には高濃度の窒素成分を含有した消化液が残ることになる。この消化液の排水処理にかかわるイニシャル・ランニングコストが施設の経済性を圧迫し、普及課題の一つとなっている。

例えば、『南丹市八木バイオエコロジーセンター(YBEC)』では、脱水や排水処理プロセスにおける高分子凝集剤やメタノールといった薬剤費がランニングコストの多くを占めていることから、消化液はできる限り液肥として利用することで水処理にかかるコストの軽減を図っている（出典：農林水産省HP, バイオマス利活用の取組事例）。

『珠洲市浄化センター 複合バイオマスメタン発酵施設』のように排水は隣接する既存の下水処理場の水処理施設に逆流して再処理するために水処理設備は不要など、複合処理の利点を生かした事例もある。

また、建設中の施設であるが『南但ごみ処理施設整備事業』は、メタン発酵の排水を併設された焼却処理施設のガス冷却水に使用することで、河川への放流を行わないクローズドシステムを採用している。

4)副産物利用

メタン発酵では、消化液を直接（液肥）もしくは、脱水残さ（堆肥）として農地還元するというスキームが描かれることが多いが、液肥や堆肥は、異物の混入があると受入れない場合が多いことや、余剰気味である地域も多い。

実際、『三浦バイオマスセンター』では、堆肥生産量に対して、持出し量が少ないため、余剰の堆肥が場内に蓄積していくという状況にあり、堆肥の提供・販売先の拡大に努めている。現在、農協の試作畑で試験利用しており、有効性が確認できれば利用促進の期待もある。

液肥・堆肥利用の促進に関して『おおき循環センターくるるん』では、九州大学農学部や地域の営農指導機関などと利用方法の共同研究を実施することや、液肥を利用して栽培した減農薬・減化学肥料特別栽培米を「環のめぐみ」というブランドで販売開始し、学校給食や地域へ優先販売するという方策をとっている。

また、『三浦バイオマスセンター』や『珠洲市浄化センター複合バイオマスメタン発酵施設』では、堆肥の売上を当初から事業収支内に見込まないことで、売上の有無が運営に影響を与えないように計画されている。

5)バイオガス利用

『南丹市八木バイオエコロジーセンター(YBEC)』は、発電にかかる経費は減価償却費を含め16.39 円/kWhであるのに対し、売電単価は7.68 円/kWhと価格差があるとしている（出典：農林水産省HP, バイオマス利活用の取組事例）。また、北海道内の家畜ふん尿を処理対象とするバイオガスプラントを対象に行われたヒアリングにおいて、売電単

格の上昇および、発電機のイニシャル・ランニングコストの低減が要望としてあげられており、発電経費と売電単価の不均衡に対する不満がくみ取れる。

これに対し、『別海資源循環試験施設』では、メタンガスの精製、圧縮・充填施設を整備して、化石燃料の代替燃料としてバイオガスが十分使えることを実証した。また、『泡盛蒸留かすメタン発酵施設』では、バイオガスが持つエネルギーのほぼ全量を、泡盛製造工場内で回収ビンの洗浄工程で熱として利用しており、燃料削減に役立っているなど、経費の高い発電以外のガス利用方法を模索する動きもある。

一方、売電単価については、先述のとおり「再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT: Feed in Tariff)」により、メタン発酵ガス化バイオマスの調達価格は40.95円/kWh（税込）と定められたことから、発電経費と売電単価の不均衡が解消され、これまで継続が厳しいと考えられていた事業においても経済性が改善されることが期待される。

2.1.8 バイオガスシステムの課題

メタン発酵の基礎技術はすでに完成の域に達しているものの、原料の確保からエネルギー変換、そして回収エネルギー等の利活用まで含めた事業全体として自立するためには多くの課題が存在する。これまでの視察活動ならびに各種文献調査からバイオガスシステムの課題を以下に整理した。

1)量の確保

バイオガスプラントの所定の性能を発揮するためには、計画どおりの原料を確保できることが必須要件である。これまでの調査において、特に家庭系一般廃棄物を扱う事業において計画どおりの原料が確保できていない傾向が確認されている。

また、農作物残さや水産廃棄物等に関しても収穫時期や気候等の問題から季節変動が発生するが、これらの原料を対象とする事業を計画する場合には周辺地域で発生する複数原料との混合処理を行うことによって原料不足リスクを緩和できるものと考えられる。

一箇所から大量に発生し、量的にも質的にも安定している下水汚泥および大規模事業系廃棄物等は混合処理の対象物として適していると考えられる。こうした混合処理を行う場合には、廃掃法における廃棄物の区分や交付金・補助金の制限に注意する必要がある。

2)収集コスト

地域の有機資源を有効に活用するためには、広く薄く分散する有機資源をいかに効率良く収集することができるかが重要である。一般家庭から排出される生ごみを各家庭で粉碎し、下水道のインフラを利用して回収するディスポーザー等、効率的な収集・運搬体制の整備が望まれる。

3)異物混入

ビニールやプラスチック、金属類はそもそもメタン発酵の原料とならないばかりでなく、プラント系内に混入すると機器の閉塞や破損の原因となり維持管理費の増加につな

がる。

また、こうした不適物は分別されておらず汚損も激しいことからマテリアルリサイクルが困難であり、廃棄費用の負担増加にもつながる。プラントの安定稼動と維持管理費の低減のためにはこうした異物の混入を可能な限り防ぐことが重要である。分別を徹底するためには排出者の理解と協力が不可欠となるが、排出者とのコミュニケーションを密に行う等の対応によって改善が期待できる。

4)回収エネルギー

バイオガスの利用方法としてはコージェネレーションを導入している事例が多いが、最も普及しているガスエンジンの発電効率は30%台である。燃料電池等、より効率の良い発電システムの開発や導入に対する支援策が求められる。

電力については平成24年7月の固定価格買取制度の施行により収支の改善が期待されるものの、バイオガスの販売については経済的インセンティブの働く制度が存在しない。

5)消化液、残さ等副生物

バイオガスシステムのコスト構成において、排水処理設備の占める割合は大きい。消化液に関してはこれまでも液肥等での利用も検討されており、一部地域では有効活用されているが、現実には需要と供給のバランスや需要期が限定的であることから完全に排水処理設備を不要とすることは困難である。排水処理については下水処理施設やし尿処理施設等、大規模なインフラにおいて統合処理を行うことが合理的と考えられる。

6)国内市場の成熟化

国内の下水処理場の数は限定されており、下水処理場におけるメタン発酵技術の導入は停滞している。近年では従来技術の欠点を克服し、一層のエネルギー利活用を図るための実証事業等が行われているほか、固定価格買取制度の施行により今後数年は一定の市場拡大が期待されるものの、国内市場は人口減少を背景にある程度成熟していると考えられる。一方で中国、東南アジアではバイオガス化の需要が急増しており、それを見込み、各社が海外進出を図っている。

2.2 エタノール発酵

2.2.1 概観

バイオエタノールは、サトウキビ、トウモロコシ等のバイオマス燃料を生物化学的に変換して製造される。エタノール発酵と呼ばれ、グルコースやフルクトースなどの糖質が酵母などの微生物により嫌氣的条件で分解され、エタノールとCO₂を発生する。最近では、従来のエタノール発酵の対象とならなかったセルロース系バイオマスからエタノールに変換する技術も開発が進んでいる。

エタノール発酵は既に実用化されており、ブラジルではサトウキビから作ったエタノールを自動車燃料として利用している。最近ではガソリン車にも適用され、バイオエタノールを含む混合ガソリン（エタノール分20～25%）が使用されている。ブラジル以外にも、米国、カナダ、スウェーデンなどでエタノール混合ガソリン（E10、E5）が使用されている。

我が国では、「揮発油等の品質の確保に関する法律」でガソリンにエタノールを3%（含酸素分は1.3重量%）まで混合することが認められている。しかし、一部の自治体による実証的な利用に留まっているのが現状である。

1) 糖質系バイオマス原料エタノール製造

サトウキビや糖蜜などの糖質原料は、酵母を加えるだけで発酵できるため、最も効率が良い。この発酵によって得られたものは「もろみ」と呼ばれ、エタノール濃度は8%程度であり、蒸留によってエタノール濃度を高め、95%濃度の含水エタノールが製造される。さらに、含水アルコールを脱水剤とともに蒸留することにより、濃度99%以上の無水エタノールを造ることができる。発酵以降のプロセスは、他の原料の場合でも共通である。

2) デンプン系バイオマス原料エタノール製造

単糖や少糖のバイオマス原料の場合は酵母を加えるだけで発酵が可能であるが、デンプン質原料の場合には、そのままでは発酵できないため、酵素により糖化し、その後酵母を加えて発酵させる。

デンプンは酵素（アミラーゼ）により多糖類を単糖に分解して糖化することにより、後は糖質と同様に酵母で発酵することができる。

3) セルロース系バイオマス原料エタノール製造

セルロースやヘミセルロースを分解して糖（六炭糖）に変換するためには、酸糖化法と酵素糖化法がある。

(1) 酸糖化法

濃硫酸または希硫酸により原料を分解（加水分解）し、酸を分離してから糖化する。酵素糖化に比べて、幅広い木質系バイオマス原料に対応可能なのが特徴である。濃硫酸法は、高濃度（70～30%）の硫酸を用い、低温かつ短時間での処理が可能であり、収率も90%以上と高い。しかし、強酸による反応容器の腐食を防止するための対策や、硫酸と糖との分離・回収にエネルギーとコストを要するという短所がある。希硫酸法は、高温で希硫酸により加水分解する方法である。高温によるヘミセルロースの過分

解と容器の腐食、セルロースの収率が50～60%と低いのが課題となっている。

(2) 酵素糖化法

酵素でセルロース類を分解して糖化するためには、前処理、酵素生産、酵素糖化というプロセスを経る必要がある。

前処理は、微粉碎（ボールミル、振動ミル、凍結粉碎）、蒸煮（爆砕、熱水分解、加圧熱水処理）、照射（電子線、 γ 線、マイクロウェーブ）などの物理的処理、酸（硫酸、亜硫酸、リン酸、フッ化水素）、アルカリ（水酸化ナトリウム、アンモニア）、溶媒（メタノール、超臨界ガス）などの化学的処理、リグニン分解菌などの生物処理が組み合わされて用いられている。

セルロースを分解する酵素をセルラーゼと総称しているが、セロビオヒドラーゼ（CBH）、エンドグルカナーゼ（EG）、 β -グルコシダーゼという3種類の酵素が含まれる。実際の糖化プロセスでは、前処理したバイオマス原料をセルラーゼとともに糖化反応槽に入れ、pH4.5～5.5、50℃の条件下で1～4日間かけて加水分解するのが一般的である。ただし、最近の技術開発により、反応性や効率は向上している。

将来に向けて、酵素による糖化と糖発酵を並行して進行するプロセスが検討されている。発酵微生物がグルコースをエタノールに変換することにより、生成糖によるセルラーゼの阻害を防ぎ、糖化速度が上昇するという利点がある。さらに、糖化と発酵を同じ反応槽で行うため、設備の負担も減少し、生成するエタノールの損失も少なくなる。

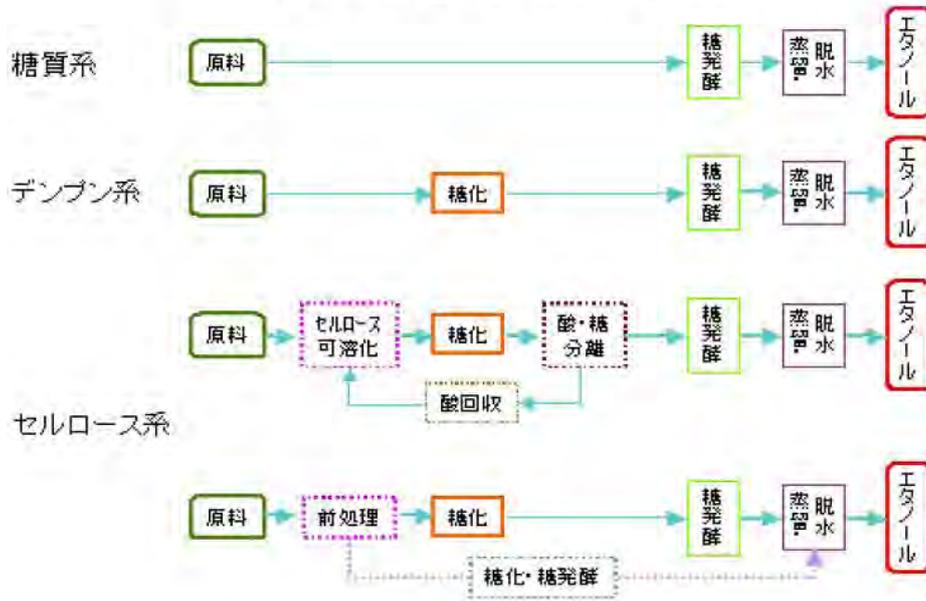
4) 遺伝子組み換えによる発酵菌の開発

従来の酵母やザイモナス菌などは、C6糖の発酵機能はあるが、C5糖は発酵できない。C5糖を発酵できる菌もあるが、アルコール耐性が弱いので使用は困難である。酵母やザイモナス菌などに、C5糖を発酵できる遺伝子を導入し、C6糖と並行して発酵する技術の開発が進められている。

Purdue大学のHo博士のグループは、C5糖の代表であるキシロースの発酵機能を付与した並行発酵酵母（Purdue Yeast）を開発している。これは、カナダのIogen社が採用している。

1980年代にフロリダ大学のイングラム博士は大腸菌をベースとした遺伝子組換え菌KO11株を開発し、C5糖のエタノール変換が可能となった。KO11株はもともとC5糖を取り込む力のある大腸菌にアルコール発酵菌であるZymomonas mobilisの遺伝子を組み込むことによって作られた。

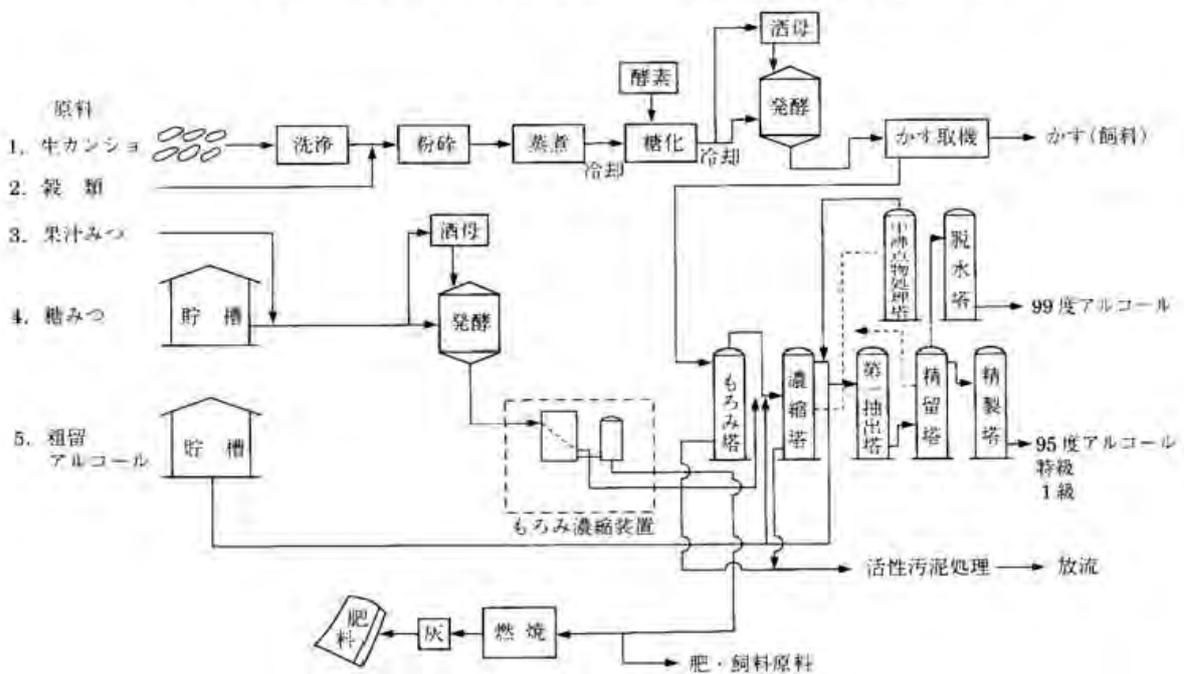
バイオエタノールの生産方法を図2.2.1-1、バイオエタノールの一般的な生産プロセスを図2.2.1-2にて示す。



(出所) 各種資料をもとに日本エネルギー経済研究所作成

図 2.2.1-1 バイオエタノールの生産方法

出典：経済社会総合研究所



(出所) 日本エネルギー学会「バイオマスハンドブック」

図 2.2.1-2 バイオエタノールの一般的な生産プロセス

出典：経済社会総合研究所

2.2.2 現状

バイオエタノールは、サトウキビ等の糖質原料、トウモロコシ等のでんぷん質原料、稲わらや木材等のセルロース系原料から製造することが可能であり、糖化、発酵等の過程を経て製造される。

バイオエタノールについては、全国で原料作物の生産、バイオエタノールの製造、E3ガソリンによる走行実証試験が行われてきた。生産量は、2005年度末時点で合計30kl/年程度にすぎない。生産したバイオエタノールは自動車の燃料(E3)として利用する実証試験を行っている。表2.2.2-1の国産バイオエタノール実証プロジェクトを参照のこと。

表 2.2.2-1 国産バイオエタノール実証プロジェクト

地域	実施主体	関連府省	実証期間	規模/ FS・実証	事業内容
北海道 苫小牧市	オエノンホールディングス	農林水産省	平成21年 5月～	1.5万kl/年 実証	米等からの燃料用エタノール製造
北海道 清水町	北海道バイオエタノール(株)	農林水産省	平成21年 4月～	1.5万kl/年 実証	小麦等からの燃料用エタノール製造とE3実証
山形県 新庄市	新庄市	農林水産省	平成15～ 17年度	-	エネルギー資源作物(ソルガム)からのエタノール製造とE3実証走行試験
新潟県 新潟市	全国農業協同組合連合会	農林水産省	平成21年 2月～	0.1万kl/年 実証	多収量米からのエタノール製造とE3実証
長野県 信濃町	東京大学、総合環境研究所、信濃町	文部科学省	平成17～ 20年度	-	稲わら・もみ殻、飼料米からエタノール製造とE3等実証
静岡県 静岡市	静岡油化工業	文部科学省	平成20年 ～	4.8kl/年	稲わら・もみ殻、飼料米からエタノール製造とE3等実証
大阪府 堺市	バイオエタノール・ジャパン・関西(株)、月島機械(株)、大阪府	環境省	平成16～ 18年度	1,400kl/年 実証	建築廃木材からのエタノール製造とE3実証走行試験
岡山県 真庭市	三井造船(株)、岡山県、真庭市	経済産業省	平成16～ 20年度	250kg/日 実証	製材廃材等からのエタノール製造とE3実証走行試験
福岡県 北九州市	新日鉄エンジニアリング	環境省、経済産業省	平成19年 4月～	12t/日 実証	食品廃棄物からのエタノール製造とE3実証
沖縄県 宮古島	株りゅうせき	環境省	平成19年 ～23年	60kl/年 実証	さとうきび糖蜜からのエタノール製造とE3実証走行試験
沖縄県 伊江島	アサヒビール(株)、(独)農業・生物系特定産業技術研究機構九州沖縄農業研究センター	環境省、農林水産省、経済産業省、内閣府	平成17～	1,125l/年 実証	高バイオマス量さとうきび糖蜜からのエタノール製造とE3実証走行試験

出典：(社)地域環境資源センター バイオエタノール通信 2010 No.5、
NEDO バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第3版) 2010

食品廃棄物や資源化植物中の糖質(でんぷん質)の発酵によるエタノール製造技術はすでに完成された技術と言える。しかし、木質系廃棄物ないし未利用資源中の繊維質(セルロース)のエタノール発酵技術は工業的には開発途上にある。

中長期的には、稲わらや木材等のセルロース系原料や資源作物全体からバイオエタノールを高効率に製造できる技術等を開発し、国産バイオ燃料の生産拡大に向けて 2030 年度には下記を目標としている。表 2.2.2-2 参照のこと。

表 2.2.2-2 2030 年における国産バイオ燃料生産可能量

原料	生産可能量(2030 年度) エタノール換算	生産可能量(2030 年度) 原油換算
1. 糖・でんぷん質 (安価な食料生産過程副 産物、規格外農産物等)	5 万 kl	3 万 kl
2. 草木系(稲わら、麦わら等)	180 万 kl~200 万 kl	110 万 kl~120 万 kl
3. 資源作物	200 万 kl~220 万 kl	120 万 kl~130 万 kl
4. 木質系	200 万 kl~220 万 kl	120 万 kl~130 万 kl
5. バイオディーゼル燃料等	10 万 kl~20 万 kl	6 万 kl~12 万 kl
合計	600 万 kl 程度	360 万 kl 程度

出典：バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議

別紙、「中長期的視点からの生産可能量」2007 年 2 月

2.2.3 技術開発状況

バイオエタノールの製造プロセスは下記 3 つに分類される。

1) 糖質原料からのエタノール製造プロセス

代表的な例は、サトウキビからの製造であり、ブラジルを中心に生産されている。発酵法に回分法、半連続法、連続法がある。発酵には *Saccharomyces cerevisiae* (出芽酵母) が使用される。

2) でんぷん質原料からのエタノール製造プロセス

トウモロコシ、米、小麦、芋類が対象となる原料であり、米国でのトウモロコシによるエタノール生産が代表的である。糖質からのエタノール製造プロセスにでんぷんからの糖化プロセスが加わる。

3) セルロース系原料からのエタノール製造プロセス

現在、実用化されつつあるプロセスである。実証レベルの開発が行われた代表的なプロセスには、①高温希硫酸処理-並行複発酵(NREL プロセス)、②高温水蒸気爆砕-化学処理(IOGEN 社)、③濃硫酸加水分解(NEDO)、④希硫酸加水分解(月島機械)などがある。

農林水産省の平成 20、21 年度「ソフトセルロース利活用技術確立事業」では 4 件の事業が採択された。兵庫県は平成 23 年 3 月で 3 年間の実証試験を終え、北海道、秋田、柏の葉の 3 地区がそれぞれの実証事業に取り組んでいる。平成 24 年度が最終年度であり、集大成に向けた取り組みが求められている。それぞれの実証実験で得られた知見を踏まえ、課題抽出とその可決策を明確にして、事業目標の達成に向けた着実な取り組み

が期待される。表 2.2.3-1 参照のこと。

表 2.2.3-1 ソフトセルロース利活用技術確立事業（平成 20、21 年度）

地区名	北海道ソフトセルロース利活用プロジェクト	兵庫県ソフトセルロース利活用プロジェクト	秋田県ソフトセルロース利活用プロジェクト	
実施地域	北海道南幌町、長沼町	兵庫県加古川市、稲美町またはその周辺市町	秋田県大潟村、潟上市	
事業実施主体	収集運搬実施 バイオ燃料製造実証	大成建設㈱、サッポロビール㈱ 大成建設㈱、サッポロビール㈱	財団法人ひょうご環境創造協会 三菱重工業㈱ 社団法人秋田県農業公社 カワサキプラントシステムズ㈱	
目標	製造コスト	90円/1	90円/1	
	収集運搬時間	2.2時間/ha	5時間/ha	
	連続稼働日数	28日間	8日間	
収集運搬実施	原材料	稲わら、麦わら	稲わら、麦わら	
	収集面積	100ha	4ha	
	実証テーマ	○低コストな原料の収集運搬システムの確立 ○低コストな原料保管方法の確立 ○稲わらの搬出効果確認	○効率的な原料収集運搬技術・システム検討 ○原料貯蔵技術・システム検討 ○収量に与える影響検討（燃料製造残さの有効利用検討含む）	
バイオ燃料製造実証	施設規模	3.7 kl/日 (1,040kl/年)	16l/日	
	設置場所	北海道恵庭市 (サッポロビール㈱北海道工場内)	兵庫県明石市、播磨町 (三菱重工業㈱神戸造船所内)	
	施設整備費	200百万円	533百万円	
	製造技術	前処理	アルカリ前処理	水熱分解
		糖化工程	同時糖化発酵	酵素糖化
		発酵工程	同時糖化発酵	非組み換え酵母によるバッチ法
		脱水工程	膜分離法	連続蒸留法
	副産物利用	肥料、畜産飼料	肥料、土壌改良資材等	
	実証テーマ	○エタノール製造システムの効率化 ○残さの有効利用 ○エネルギー収支の検証	○水熱分解、酵素糖化による糖製造 ○非組み換え酵母による高効率エタノール発酵 ○高効率エタノール蒸留	
	その他	事業計画時期	平成20年度～平成24年度	平成20年度～平成22年度
			平成20年度～平成24年度	

出典：バイオエタノール通信 2008年 No.1、2009年 No.2、2011年 No.7

(社) 地域環境資源センター

2.2.4 製品特性、規格

我が国の、輸送用燃料の利用方法としては、ガソリンとバイオエタノールを直接混合する方式と、バイオエタノールからいったん合成燃料 ETBE（エチル・ターシャリー・ブチル・エーテル）を製造し、これをガソリンに混合する方式の2通りがある。

エタノールは①金属を腐食する性質がある。②水との親和性が高く、水が混入すると性質が変化する。③ガソリンの蒸気圧を上昇させ、大気汚染の原因物質を排出する、といった性質を有しているため、適切な混和と品質管理を行う必要がある。

ETBE はエタノールのほかイソブテンという物質を必要とする。石油業界はガソリンと同様に扱える ETBE 方式を採用することを目指している。ETBE は「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」（化審法）における「第二種監視化学物質（ある物質又はその物質が自然的作用により化学変化したものが、継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれがあるもの）」と判定されていたが、2011年の法改正により第二種監視化学物質の指定解除となり一般化学物質取扱いとなった。

参考までに、米国、ブラジルと日本のバイオエタノールの規格を表 2.2.4-1 に示す。

表 2.2.4-1 主要国のバイオエタノール規格例

項目	単位	米国	ブラジル		日本
		ASTM D 4806-07	ブラジル国家石油庁 省令No.2		JASO M361
			無水燃料エタノール	含水燃料エタノール	
外観	—	無色透明で懸濁物や浮遊物のないこと	透明で浮遊物のないこと	透明で浮遊物のないこと	無色透明で懸濁物や浮遊物のないこと
色相	—	—	無色または淡黄色	無色または淡黄色	—
密度@20°C	kg/m ³	—	791.5以下	807.6~811.0	—
アルコール分	vol %	—	99.3 (wt%) 以上	92.6~93.8 (wt%)	99.5以上
エタノール含有量	vol %	92.1以上	99.3以上	92.6以上	—
メタノール	g/l	0.5 (vol %) 以下	—	—	4.0以下
水分	mass%	1.0 (vol %) 以下	—	—	0.70以下
有機不純物 (メタノールを除く)	g/L	—	—	—	10以下
炭化水素含有量	vol %	—	3.0以下	3.0以下	—
変性剤含有量	vol %	1.96~5.0	—	—	—
電気伝導度	μS/m	—	500以下	500以下	500以下
蒸発残分mg/	mg/100ml	—	—	5.0以下	5.0以下
洗浄ガム質	mg/100ml	5.0以下	—	—	—
銅	mg/kg	0.10以下	0.07以下	—	0.10以下
鉄	mg/kg	—	—	5以下	—
ナトリウム	mg/kg	—	—	2以下	—
塩化物イオン	mg/kg	40. (ppm) 以下	—	1以下	—
硫酸塩イオン	mg/kg	—	—	4以下	—
酸度 (酢酸として)	mass%	0.0070以下	30 (mg/l) 以下	30 (mg/l) 以下	0.0070以下
pHe		6.5~9.0	—	6.0~8.0 (pH)	6.0~8.0
硫黄分	mg/kg	30以下	—	—	10以下
硫酸銀	mg/kg	4以下	—	—	—

出典：「自動車用新燃料の動向と将来展望」(独) 産業技術総合研究所

2.2.5 製品の用途、利用方法

バイオエタノールの用途として、輸送用燃料の利用があげられる。本格的な技術開発や新たな専用スタンドの設置を特に必要とせず、バイオエタノールを普及させることが可能である。E3については、既販車で利用が可能であり、車両の改良や新車代替を必要とせずに一定のCO₂削減効果が得られる利点がある。E10については、各自動車メーカーの北米輸出仕様車では、大幅なコスト増加を伴うことなく耐久信頼性と安全性での技術的な対応が可能であり、ガソリン車での利用技術はおおむね確立されているといえる。

これまでは、バイオマス資源はその発生サイト近傍のみで利用されてきたのが現状であるが、エタノールという共通のエネルギー資源として利用することにより今後は自動車燃料だけでなく、ETBE、燃料電池、ボイラ等の他燃料用途への拡大の可能性がある。

2.2.6 事業継続性の評価

これまでに実証試験を行っているエタノール発酵施設の事業成果の要因について分析を行った。農林水産省「バイオマス利活用の取組事例(2009年)」、NEDO「バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第3版)2010年1月発行」より北海道オエノンホールディングス(株) 沖縄県宮古島市(株)りゅうせきで行われてきた実証事業の取組から事業成果を左右する要因とそれに対する評価をまとめた。

1) 北海道オエノンホールディングス株式会社

(1) 取組の目的/背景

北海道は、我が国における食糧生産基地としての役割を担っており、また、将来にわたってその役割を果たし続けることが求められている。しかし、今日、我が国の農業を取り巻く環境は厳しく、農家戸数が急速に減少する中、百年かけて作り上げてきた北海道の農業生産基盤の維持と農業・農村の活性化が喫緊の課題となっている。

「北海道バイオ燃料プロジェクト」では、オエノンホールディングス（株）がバイオエタノール製造の実施主体となり、北海道において栽培される米などを原料として、およそ 15,000kl/年のバイオエタノールを生産している。

(2) 取組の実績

平成21年度においては、北海道苫小牧地区の実証プラントの稼働を開始し、平成22年3月末までに5,114kl のバイオエタノールを生産した。製造効率は目標とする0.45を大きく上回り0.485となっている。一方、技術実証に関しては、実証プラントにおける効率的な生産、副産物の利用、LCA評価モデル構築を最重要課題として、テーマを絞った取組みを行っている。

(3) 事業を進める上での課題

課題の1つは、バイオエタノール製造の際のLCA評価である。液体残さと固形残さの両方を乾燥させ畜産飼料を生産しているためにその傾向が顕著である。バイオエタノール製造工程全体に必要なエネルギーを100とすると、飼料乾燥工程で40～45のエネルギーが消費されている。今後はLCA評価を上げるため、また燃料コストも考慮した飼料化を検討する必要がある。具体的には、より水分量が多く生に近い状態で飼料として給餌する方法の模索などである。

また、原料調達に関しては、バイオエタノール用米の作付面積はそれほど拡大しなかったため、原料調達は困難という状況が継続している。販売面でも、バイオエタノールはETBE化され、それを通常のガソリンに1～8%添加して「バイオガソリン」として販売されるが、石油連盟はETBE方式のみを支持し、直接混合方式を否定しているため石油連盟傘下のガソリンスタンドではE3を取り扱ってもらえないという現状もある。

2) 沖縄県宮古島市 株式会社りゅうせき

(1) 取組の目的/背景

沖縄県宮古島市(株)りゅうせきでは、基幹産業である宮古島のサトウキビ増産につながる支援事業として製糖工場の副産物の糖蜜からエタノール燃料を生産、それをE3燃料として製造供給し、宮古島で地産地消・循環型として消費、またエタノール製造工程副産物の蒸留残さ液の肥料化、残さ酵母の飼料化による農工連携の持続可能な社会循環システムを構築する目的として行われている。また、世界に誇れる国内の優れた技術を集積した技術開発の成果を、沖縄県の特徴を活かした地産地消型の地域振興事業としての普及モデル事業を目指している。

(2) 取組の実績

糖蜜はサトウキビから砂糖を絞った後の茶褐色副産物で 40%程度の糖分を含んでいるので、その糖分を利用する。バイオエタノールは、現生産設備能力で宮古島全域 E3 燃料化した場合の 750kl 供給可能となった。バイオエタノールの品質は、JASO 規格をクリアし、エタノール純度は規格 99.5%以上に対し、実績 99.8%となっている。なお、バイオエタノールを生産する過程で副産物として産出する蒸留残さ液は、野菜・熱帯果樹栽培の肥料、ゴルフ芝の施肥として利活用されており、また、残さ酵母は、畜産の給餌・堆肥促進剤として利活用されている。

(3) 事業を進める上での課題

製造単価 150 円/l から将来 100 円/l を目指しているが、バイオエタノール生産のみでは事業としては成り立たないので、以下の補完事業で収益を上げ、全体として事業化を図る必要がある。

(a)糖蜜の有価成分の抽出、商品化

(b)バイオエタノールの付加価値アップによる化粧品原料化

(c)酵母培養設備、技術を活かした食用酵母の付加価値商品化

また、監督官庁の十分な理解と課題解決に向けた現実的な調整、及び宮古島の生産農家、製糖業、一般市民の事業化への理解、協力のもと以下の課題解決を図る必要が見いだされた。

(d)既存全給油所にて E 3 実証事業が可能な環境整備

(e)原料糖蜜の安定供給の確保

(f)蒸留残さ液、醗酵残さ酵母の肥料、飼料化循環システムの確立

(g)製糖会社との融通システムの構築

(h)バイオエタノール事業を補完する有価物の事業化

2.2.7 課題

エタノール発酵の基礎技術は既に完成の域に達しているものの、原料の確保からエネルギー変換、そして回収エネルギー等の利活用まで含めた事業全体として自立するためには多くの課題が存在する。これまでの視察活動、各種文献調査から、エタノール発酵の課題を以下に整理した。

1) 原料関係

(1)原料調達の利便性、原料コストを考慮して収穫範囲を検討。

(2)関係試験研究機関において高収量の作物・植物の選抜・開発、多収穫栽培管理技術の開発の促進。

(3)処理設備の地域の周辺に存在するバイオマスの優先的な利用による原料の低コスト化、原料の安定確保、公的機関による価格補てん措置の検討など。

2) エタノール転換技術関係

(1)変換施設の設置場所は原料が円滑に搬入可能でかつ、周囲環境に問題ない場所を選定することが原則。

(2)前処理、糖化技術、発酵技術、濃縮技術は、原料の性状に最も適し、効率的かつ効果的にバイオエタノールが生成できるものを選択。

3) 副産物（発酵残さ等）の処理・利用関係

(1)でんぷん質系の発酵残さの副産物については、飼料化、酵素生産培地としての利用、メタン発酵によるバイオガスとしての利用検討。

(2)発酵残さ、リグニン等セルロース系の副産物については、まず製造施設内を基本に検討し、次に外部利用等を検討。

4) セルロース系原料からのエタノール製造技術

(1)バイオ燃料の利用や開発は食料との競合問題や森林破壊等の環境問題等の引き金を起こす恐れがあることから持続可能性の観点からの評価の重要性を指摘。

(2)食用に適さなくなったものについても、利用の検討。

5) エタノール製品の利用関係

(1)取り組み地域の実情に合致したエタノール製品の利用範囲、利用用途、利用方法、流通・販売ルートの確保について、関係者の協議会で検討。

6) 経済性の問題

(1)原料の買取価格については、バイオエタノールの相場価格、原料供給者の継続的な協力等を十分に配慮。

(2)バイオエタノールの価格目標は、ガソリン価格を勘案して、全国レベルでは、当面100円/l、中期的には40円/lとなっている。

7) LCA等評価の関係

(1)二酸化炭素削減効果（既存燃料生産体系に比べ）、エネルギー収支の評価、経済性の評価、廃棄物・排水のゼロエミッション評価が高くなるように副産物の燃料利用の促進、バイオ燃料（もみ殻、木質チップ、ペレット等）の積極的な使用。

(2)経済評価だけでなく、不作付地利用効果、森林整備効果、廃棄物処理効果、新産業育成評価、雇用増進効果等の評価

8) その他

(1)関係税制、関係制度等の整備・改善について国等において検討

(2)バイオエタノール燃料対応の自動車の普及

2.3 木質バイオマス発電

2.3.1 概観

1) 我が国森林の概要

我が国の森林面積はおよそ 2,500 万 ha で国土総面積の 2/3 に相当する。森林は大きく天然林と人工林に分けられるが、そのうちの 53%が天然林、41%が人工林である。森林面積の値は、ほとんど変化していない（図 2.3.1-1）。



図 2.3.1-1 我が国の森林面積の変遷

出典：林野庁 HP

一方、図 2.3.1-2 は森林面積ではなく、森林の体積である森林蓄積量の変遷を示す。蓄積量は年々増加しており、天然林よりも人工林の方が増加速度が大きい。トータルでは、5年間で 4 億 m³、年間 8,000 万 m³の割合で増加している。これは図 2.3.1-3 に示した国内における丸太換算需給量に匹敵しており、国産木材はポテンシャルとしてほぼ自給可能な状態にある。



図 2.3.1-2 我が国の森林蓄積量の変遷

出典：林野庁 HP

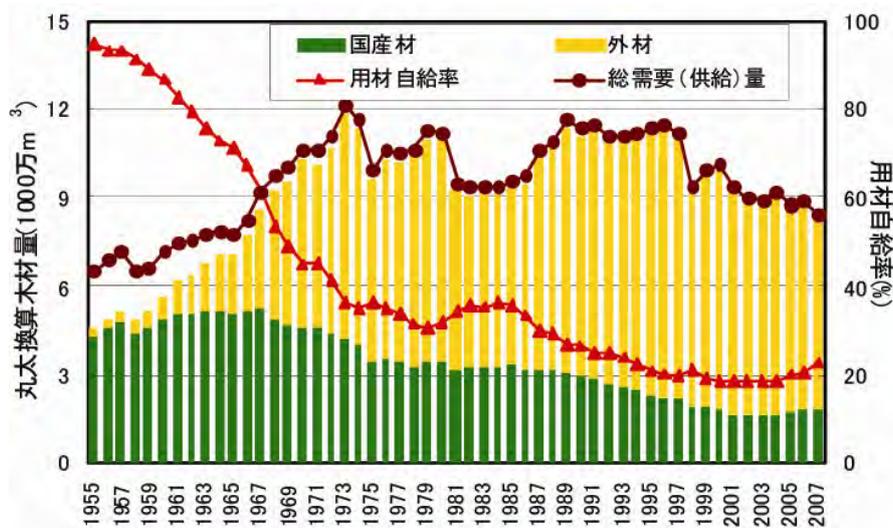
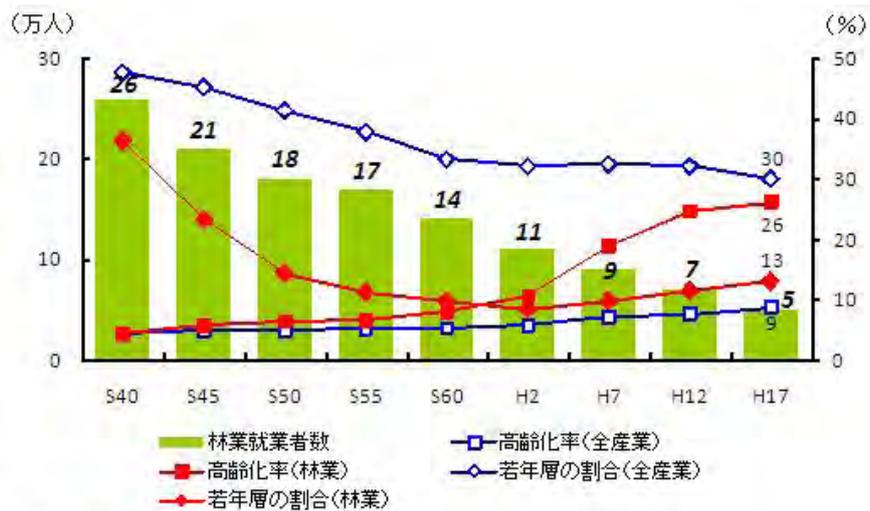


図 2.3.1-3 木材需要量・自給率の変遷

出典：林野庁 HP

2)我が国の林業の概要

図 2.3.1-3 に見るように木材の自給率は低く推移して木材需要において外材の占める割合が高くなっている。これは国産木材が外材に比較してコスト高なためである。さらに林業への若年層の新規就業者数も減少傾向にあり、全体的な就業者数も減少、高齢化が進展している（図 2.3.1-4）。また林業は、間伐奨励などの補助金により成り立っている部分がある。2008 年度には林野公共事業費 2,779 億円に対して木材生産額は、2,133 億円で、投入額が生産額を上回っている。これは農業と同様林業は産業として自立していないことを示している。



資料：総務省「国勢調査」

注：高齢化率とは、総数に占める65歳以上の割合

若年層の割合とは、総数に占める35歳未満の割合

図 2.3.1-4 林業就業者数の推移

出典：林野庁 HP

3) 我が国の林業政策

こうした現況を踏まえ、林野庁は 2009 年我が国の森林・林業を早急に再生していくための指針として「森林・林業再生プラン」を公表した。今後 10 年間を目途に、路網の整備、森林施業の集約化及び必要な人材育成を軸として、効率的かつ安定的な林業経営の基盤づくりを進めるとともに、木材の安定供給と利用に必要な体制を構築することをあげている（図 2.3.1-5）。



図 2.3.1-5 森林・林業再生プラン（イメージ図）

出典：林野庁 HP

4) 木質バイオマスのエネルギー利用

森林・林業再生プランでは、基本理念のひとつに、「木材利用・エネルギー利用拡大による森林・林業の低炭素社会への貢献」を掲げている。すなわち木質バイオマスをマテリアルからエネルギーまでカスケード（多段階）的に利用することにより、化石資源の使用削減に貢献し、低炭素社会の実現に貢献するという理念である。図 2.3.1-6 は、木質バイオマスの発生量と利用の状況を示す。木質バイオマスにおいてはマテリアルとしての利用に加え、近年エネルギーとしての利用に期待が高まっている。しかし年間約 2,000 万 m³ 発生する未利用間伐材については、収集・運搬コストがかかることからほとんど利用が進んでいない。



図 2.3.1-6 木質バイオマスの発生量と利用の状況

出典：林野庁 HP

こうした未利用木質バイオマスをエネルギー資源として利用を促進させるために、2012年に導入された再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）においては、未利用木材を用いたバイオマス発電の電力を一般木材、リサイクル木材より買取価格を高く設定している（表 2.3.1-1）。

表 2.3.1-1 再生可能エネルギーの固定買取制度 買取価格・買取期間（バイオマス）

電源		バイオマス						
買取区分		ガス化		固形燃料燃焼				
		下水汚泥	家畜糞尿	未利用木材	一般木材	一般廃棄物	下水汚泥	リサイクル木材
費用	建設費	392万円/kW		41万円/kW	41万円/kW	31万円/kW		35万円/kW
	運転維持費 (1年あたり)	184千円/kW		27千円/kW	27千円/kW	22千円/kW		27千円/kW
IRR		税前1%		税前8%	税前4%	税前4%		税前4%
買取価格 (1kWh当たり)	区分	メタン発酵ガス化バイオマス		未利用木材	一般木材 (パーム椰子殻含)	廃棄物系バイオマス (木質以外)		リサイクル木材
	税込	40.95円		33.60円	25.20円	17.85円		13.65円
	税抜き	39円		32円	24円	17円		13円
買取期間							20年	

出典：経済産業省 HP

なお木質バイオマスについて適切な識別・証明が行われなければ、調達価格が適正に適用されない事態も懸念される。また、木質バイオマスについては、間伐材等から大量に発生する一方で、既に相当部分が製材、合板、木質ボード、製紙用等に供されていることから、このような既存利用に影響を及ぼさないよう適切に配慮していく必要がある。そのためには木質バイオマスのトレーサビリティシステムが必要である。2012年6月に「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」が林野庁より出された（図 2.3.1-7）。木質バイオマスの由来が判断できない場合には、調達価格が最も低い、リサイクル木材の価格が適用されることに注意が必要である。

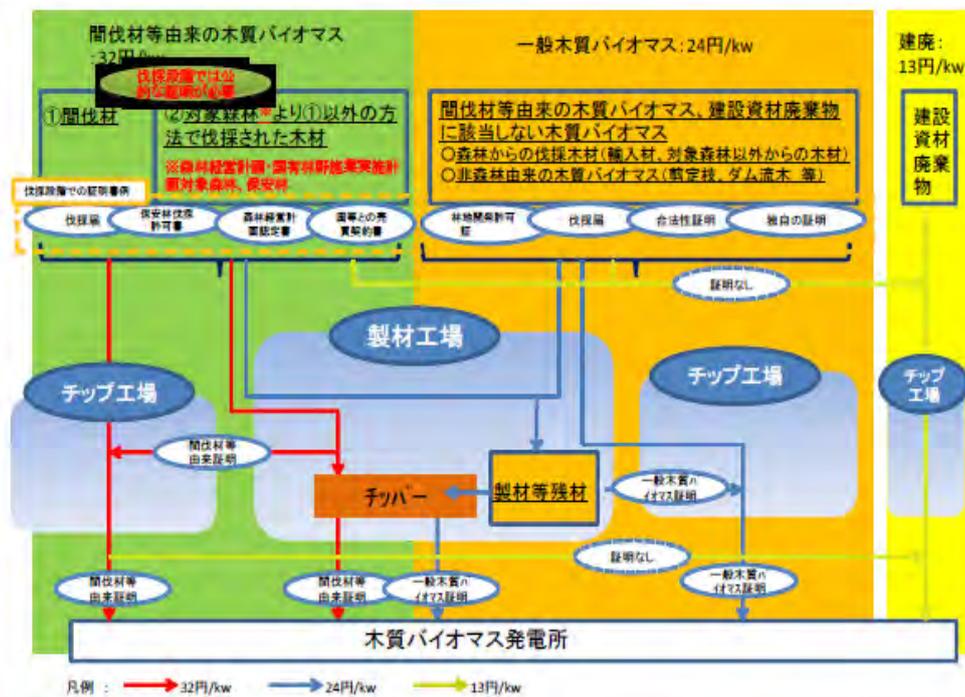


図 2.3.1-7 調達価格区分と木質バイオマスの証明と流通の主な流れ（模式図）

出典：林野庁 HP

5) 我が国の木質バイオマス発電の概要

図 2.3.1-8 に、木質バイオマス発電の導入量・設備容量を示す。電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS 法）の施行および石油価格が高騰した 2003 年頃より急速に伸びており、2010 年度末時点で設備容量の累積導入量は約 26 万 kW となっている。今後も再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）の導入により増加傾向は続くことが予想される。

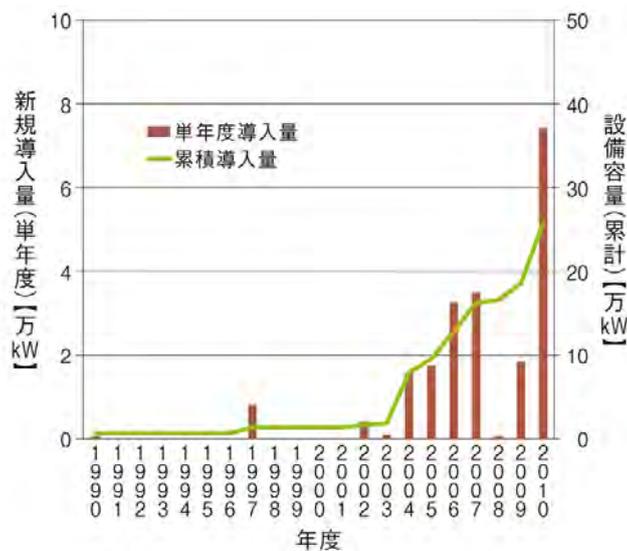


図 2.3.1-8 木質バイオマス発電の導入量・設備容量

出典：自然エネルギー白書 2012「環境エネルギー政策研究所」

経済産業大臣により認定された木質バイオマス発電認定設備は、2011年3月現在で30件ある。その一覧を表2.3.1-2に示す。このうち定格発電出力5,000kW以下の中小規模発電施設は、19件で全体の6割以上を占めている。

表2.3.1-2 木質バイオマス発電認定設備一覧

番号	都道府県	設備名称	設備所在地	運転開始日	発電出力(kW)	認定日	事業者名
1	北海道	津別単板協同組合バイオマスエネルギーセンター	北海道網走郡津別町字達美168番地	20071128	4700	20101117	津別単板協同組合
2	宮城県	セイホクバイオマス発電所	宮城県石巻市潮見町2番地の1	20051002	2300	20050930	セイホク株式会社
3	秋田県	能代バイオ発電所	秋田県能代市鍼測字亥の台2番地6	20030201	3000	20030625	能代森林資源利用協同組合
4	山形県	木質バイオマス熱電併給設備	秋田県仙北市西木町門屋字屋敷田94-1	20100401	555	20100331	仙北市
5	福島県	山形バイオマス発電施設	山形県村山市	20070201	2000	20061107	やまがたグリーンパワー株式会社
6	福島県	大信発電所	福島県白河市大信中新城字塩沢45-5	20060710	11500	20060705	株式会社白河ウッドパワー
7	茨城県	勝田木質バイオマス発電工場	茨城県ひたちなか市高野1974-1	20050401	4990	20041129	株式会社バイオパワー
8	茨城県	神之池バイオマス発電所	茨城県神栖市東深芝2番	20080301	21000	20080115	神之池バイオエネルギー株式会社
9	群馬県	吾妻木質バイオマス発電所	群馬県吾妻郡東吾妻町大字岡崎460-1	20100301	13600	20091111	株式会社吾妻バイオパワー
10	千葉県	市原火力発電所	千葉県市原市八幡海岸通1番地	20060912	49900	20060713	市原グリーン電力株式会社
11	千葉県	フジコー白井ガス化発電施設	千葉県白井市折立字前原32-8	20071001	1800	20070821	株式会社フジコー
12	東京都	東京総合合材工場木質バイオマスコージェネレーション発電所	東京都江東区新砂3-10-1	20070901	1650	20070831	前田道路株式会社
13	神奈川県	川崎バイオマス発電所	神奈川県川崎市川崎区扇町12番6号	20101120	33000	20100927	川崎バイオマス発電株式会社
14	新潟県	糸魚川バイオマス発電所	新潟県糸魚川市上刈7-1-1	20040715	50000	20040629	サミット明星パワー株式会社
15	富山県	石原谷木質バイオマス発電所	富山県高岡市東海老坂水上2-2	20070404	990	20070914	石原谷発電株式会社
16	石川県	石川バイオマス発電施設	石川県羽咋郡宝達志水町針山丑21番地	20080501	2750	20080409	いしかわグリーンパワー株式会社
17	長野県	いづなお山の発電所	長野市中曾根3646-1	20050301	1300	20041101	長野森林資源利用事業協同組合
18	岐阜県	森林資源活用センター発電所	岐阜県加茂郡白川町三川1511	20030901	600	20030717	東濃ひのき製品流通協同組合
19	岐阜県	川辺木質バイオマス発電設備	岐阜県加茂郡川辺町上川辺252-1	20070501	4300	20070228	川辺バイオマス発電株式会社
20	静岡県	静岡製材協同組合木質バイオマス発電所	静岡県静岡市葵区牧ヶ谷2310	20040810	230	20070308	静岡製材協同組合
21	大阪府	日本ノボパン木質バイオマス発電所	大阪府堺市堺区築港南町4番地	20071211	6500	20080212	日本ノボパン工業株式会社
22	大阪府	木質バイオマス発電設備	大阪府住之江区平林北1-2-158	20090401	175	20090831	越井木材工業株式会社
23	岡山県	銘建工業エコ発電所	岡山県真庭市勝山1209	19980301	1950	20030331	銘建工業株式会社
24	広島県	ウッドワン発電所	広島県廿日市市木材港南1-1	19980304	5900	20040519	株式会社ウッドワン
25	広島県	(中国木材)本社工場木質バイオマス発電所	広島県呉市広多賀谷2丁目3番28号	20050201	5300	20050207	中国木材株式会社
26	山口県	岩国発電所	山口県岩国市長野1805-7	20051005	10000	20051005	株式会社岩国ウッドパワー
27	高知県	バイオマスガス化発電設備	高知県高岡郡佐川町丙1494-1	20070402	150	20070918	仁淀川町
28	熊本県	星山工場発電所	熊本県菊池郡合志町大字福原3122-10	20050101	3120	20040916	株式会社大晶
29	大分県	日田発電所	大分県日田市大字東有田新山2813-10	20060901	12000	20060721	株式会社日田ウッドパワー
30	宮崎県	南宮崎ウッドパワー	宮崎県日南市南郷町榎原甲2091番地	20040911	1300	20050228	ウッドエナジー協同組合

(注) 設備の公開に同意されていない事業者の設備情報は含まれない。

出典：経済産業省 HP

2.3.2 木質バイオマス発電の事例

1) 事業費・発電量・木質バイオマス処理量の関係

木質バイオマス発電認定設備のうち、事業費、発電量、年間木質バイオマス処理量等の詳細が公表・判明している 12 件についてその各内容を表 2.3.2-1 に示す。燃焼形式の主流は木質直接燃焼方式で、コジェネとして発生熱を利用している場合も多い。その他ガス化・コジェネ方式も見られる。

図 2.3.2-1 にこの 12 件についての発電機の定格出力と木質バイオマスの年間処理量との関係を示す。定格出力 5,000kW の中規模クラスの発電設備で必要とされる木質バイオマス量は年間 7 万 t ほどであることが示唆される。また図 2.3.2-2 に事業費と定格出力との関係を示す。定格出力 5,000kW の中規模クラスの発電施設の事業費はおよそ 30 億円であることが分かる。

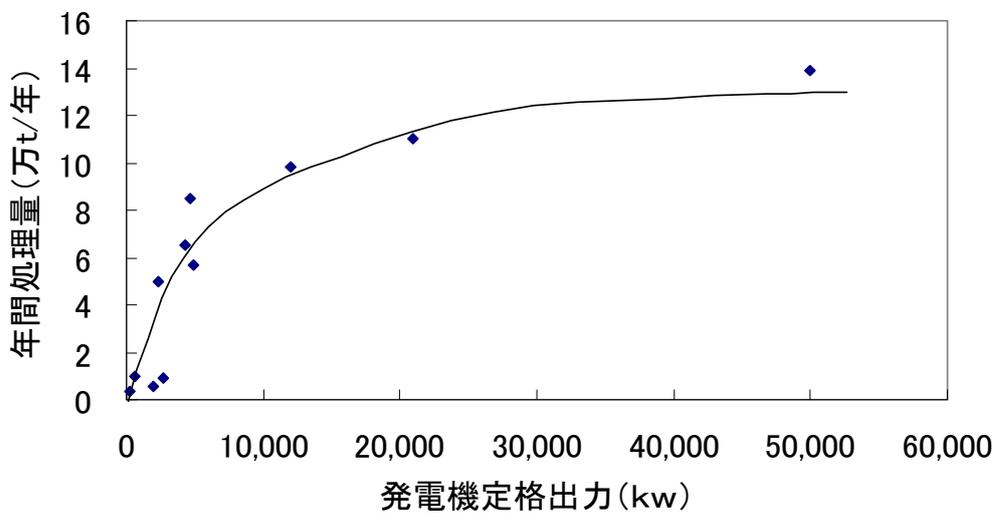


図 2.3.2-1 定格出力と木質バイオマスの年間処理量との関係

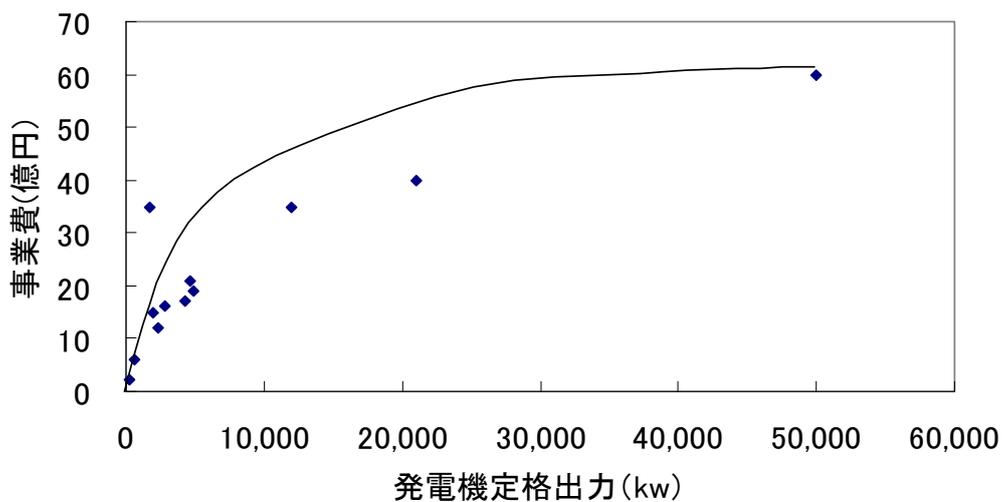


図 2.3.2-2 事業費と定格出力との関係

表 2.3.2-1 木質バイオマス発電の事例詳細内容(着色した部分は本報告書あるいは、過年度報告書にて記載している事例)

分類	都道府県	市町村	事業主体	施設名称	運転開始年月	事業費(万円)	原料	連続年間処理量(t/年)	連続年間電力量算出量(MWh/年)	連続年間蒸気発生量(t/年)	発電機定格出力(KW)	蒸気ボイラ(t/時)	発電電力利用方法	発生熱利用方法	副産物の処理・利用方法
木質直 接燃 焼・コ ジェネ	北海道	津別町	津別車協同組合	バイオマスエネ ルギーセンター (コジェネレー ション設備)	2007年9月	210,000	木くず	85,000	21,170,000	315,883	4,700	70	全量自家消費(道南協同組合の単独工場と乳玉産業の各級工場で使用)	全量自家消費(道南協同組合の単独工場と乳玉産業の各級工場で使用)	木屑が発生するが、1/2は農業用肥料として販売している。1/2は産廃業者にて委託している。
	宮城県	石巻市	セイホク機	-	2005年10月	120,000	木くず、チップ	50,543	11,477,000	104,389	2,300	12	H2Oを原は198kcalを東北電力へ売電。その他は自家消費。	蒸気を工場の単板乾燥やホットプレートの圧縮として利用	灰は昨までは埋立処分。最近はPC材や碎石の中間処理業者へ委託。
	茨城県	神栖市	神之池バイオエネ ルギー(株)	神之池バイオマ ス発電所	2008年7月	400,000	隣接する中国木 材㈱鹿島工場で 発生する樹皮、お が等	109,908	80,570,000	360,953	21,000	106	45,104MWhを外部へ販売(残りは所内電力)	114,290kWhの蒸気を外部へ販売(残りは発電および自家消費)	灰は産廃処理。硫酸、亜硫酸化合物は排出しない。
	東京都	江東区	前田道路㈱	東京総合合材 工場	2007年9月	350,000	建築廃材	50,986	3,455,000	50,986	1,650	15	ほぼ自家消費、残りはイーレックス㈱に売電。	場内に隣接している道路の舗装工場へ熱風供給	焼却灰は中間処理業者へ委託
	岐阜県	白川町	東濃ひのき製品 流通協同組合	森林資源活用 センター発電所 「森の発電所」	2004年	60,000	木くず	9,450	3,240,000	9,720	600	6	主に自家消費、残りを中部電力に売電	熱と蒸気を木材乾燥に利用	全て産廃業者へ
	岐阜県	川辺町	川辺バイオマス発 電㈱	川辺木質バイオ マス発電所	2007年6月	170,000	木質チップ	65,000	26,450,000	178,000	4,300	42	大豊製紙㈱へ売電、発電設備で自家消費、中部電力㈱へ売電(3%程度)	大豊製紙㈱に熱(蒸気)販売、発電設備で自家消費	燐酸(灰)、かれき(燃焼内の異物)共に中間処理施設へ委託
	静岡県	静岡市	静岡製材協同組 合	-	2004年9月	22,050	木の皮	3,300	200,000	10,550	230	6	主に自家消費、一部を中部電力に売電	熱は別工場の原材料の乾燥として使用、蒸気は「多目的乾燥室」という場所で利用	灰は一部農業用として利用。他は静岡県の一般廃棄物として処理。
	大分県	日田市	㈱日田ウッドパ ワー	日田発電所	2006年10月	350,000	木質チップ	98,000	23,240,000	357,657	12,000	63	火力発電設備で自家消費および、特定電気事業者へ売電	施設内消費、売電	産廃業者物、セメント会社へ処理
	茨城県	ひたち なかの市	㈱バイオパワー 勝田	勝田木質バイオ マス発電工場	2005年7月	190,000	木質バイオマス	57,000	31,000,000	4,900	25.5	25.5	自家消費+売電	最終処分場	
	新潟県	糸魚川 市	サミット明星パ ワー(株)	糸魚川バイオマ ス発電所	2005年1月	600,000	木質系バイオマ ス	139,258	217,280,000	1,451,984	50,000	196	1) 自家消費、5) 割間運会社に売電	全く利用していない	灰は産廃業者へ処理を委託
木質、 ガス化 コジェ ネ	山形県	村山市	やまがたグリーン パワー(株)(日本バ イオマス開発㈱)	やまがたグリー ンパワー発電所	2007年6月29日	150,000	木質バイオマス (自然木の使 用)	52,75	2,500,000	2,000	2,000	約500kWhを自家消費、約1700kWhを特定規模電気事業者(㈱工ネット)へ売電。	全量自家消費(ガス化利用、ヒートトレース・木酢液処理など)	・木屑: 重油代替燃料として販売 ・木酢液: プラント内で木酢液として使用。一部農 家等に提供して利用。 ・灰: 土壌改良剤として農家へ販売。割間運としてコ ルパ橋へ販売。	
	石川県	宝達志 水町	いしかわグリー ンパワー(株)(日本バ イオマス開発㈱)	いしかわグリー ンパワー発電所	2008年5月	160,000	木くず(チップ)、 間伐、木材市場 で不適當な材料	9,200	700,000	2,750	2,750	メインは売電(電力会社向け ネットへ)、残りは自家消費。	ガス化炉稼働のために発生熱 を利用	タール、灰を道路関係や土地改良としてリサ イクルを開始中。	

本循環型社会システム研究部会では過去において既にいくつかの木質バイオマス発電施設を視察している。また今年度においても2箇所の施設の視察を行った。表2.3.2-2に示すそれら視察については、報告が別途になされているため、ここではそれ以外の発電施設等について詳細な内容を記載する。

表 2.3.2-2 これまでに循環型社会システム研究部会で視察したバイオマス発電所

事業者名	ENAA循環型社会システム研究部会での視察年	備考
株式会社日田ウッドパワー	H19(2007年)	H19年度報告書
株式会社バイオパワー勝田	H20(2008年)	H20年度報告書
株式会社吾妻バイオマスパワー	H23(2011年)	H23年度報告書
やまがたグリーンパワー株式会社	H24(2012年)	本報告書
株式会社グリーン発電会津	H24(2012年)	本報告書

(1) 川崎バイオマス発電株式会社

(a) 会社概要

川崎バイオマス発電(株)は、住友共同電力(株)、住友林業(株)、フルハシ EPO(株)の3社の合弁で設立した。資本金5億円で出資比率は、住友共同電力(株)53.0%、住友林業(株)34.0%、フルハシ EPO(株)13.0%である。2011年2月に営業運転を開始した。神奈川県川崎市川崎区の JX 日鉱日石エネルギー(株)川崎事業所内に位置する。

(b) プラント施設概要

写真2.3.2-1に発電所の外観を、また、図2.3.2-3にプラント施設の概要を示す。川崎市の厳しい大気環境規制を高いレベルでクリアした環境設備(排煙脱硫装置や排煙脱硝装置など)を有する都市型バイオマス発電所である。ボイラは住友重機械工業(株)製の循環流動層ボイラ(自然循環単胴形屋外式)で、軸流式抽気復水タービンを用いている。稼働率は80%、発電効率は平均35%である。総工費は100億円で、新エネルギー等導入加速化支援対策事業からの補助金約23億円を利用した。

(c) 木質バイオマスの供給

川崎バイオマス発電(株)の設立と同時期に木質チップ供給会社のジャパンバイオエナジー(株)を同じ場所に設立した。資本金は1億円で、ジャパンバイオエナジーホールディングス(株)が51.5%、住友共同電力(株)が46.5%、住友林業(株)が1.0%、フルハシ EPO(株)が1.0%それぞれ出資した。産業廃棄物の中間処理としてチップの供給・販売を業務とする。チップの多くが住友林業(株)経由の建築発生木材に由来する。発電所の月あたりの木質バイオマス処理量は15,000tで年間18万tである。このうちジャパンバイオエナジー(株)から年間6万t、近隣の30あまりの木質チップ製造会社から年間12万tを調達している。



写真 2.3.2-1 川崎バイオマス発電所の外観

出典：住友林業（株）ニュースリリース(2011年2月1日)

	<p>◀ バグフィルター</p> <p>排気ガス中のダスト（ばいじん）を除去し、排出量を7.4mg/Nm³以下まで削減する設備です。</p>		<p>◀ 排煙脱硫装置</p> <p>燃焼時に発生するSO_x（硫黄酸化物）を無害化し、排出量を3ppm以下まで削減する設備です。</p>
<p>▶ 排煙脱硝装置</p> <p>燃焼時に発生するNO_x（窒素酸化物）を無害化し、排出量を30ppm以下まで削減する設備です。</p>		<p>◀ ボイラ</p> <p>多様な燃料への対応と環境負荷の小さい循環流動層ボイラを採用しています。</p>	
	<p>◀ タービン</p> <p>軸流式抽気復水タービンを採用し、より多くの発電ができるよう発電効率を高めています。</p>	<p>▼ チップヤード</p> <p>発電所を安定的に稼働させるため、最大6,000t（約10日分）の燃料を保管できる設備です。</p> 	

図 2.3.2-3 川崎バイオマス発電所のプラントの概要

出典：川崎バイオマス発電（株）パンフレット



図 2.3.2-4 木質バイオマスのチップ化工程

出典：ジャパンバイオエナジー（株）パンフレット

チップの受入基準として、建築発生木材の含水率 35%WB、50mm アンダー、塩分は 1,000ppm 以下としている。この基準は、他のバイオマス発電所と同様である。破碎されたチップは、チップスクリーンを通して大きさを整えられるとともに、二台の磁力選別機で混じっている釘などの鉄くずが取り除かれる。チップはコンベア上で重量が計測された後、発電所のチップヤードに直接コンベアで投入される（図 2.3.2-4）。チップヤードには、最大 6,000t（10 日分）の貯蔵が可能である。

(d) 売電

発電規模は、33MW で木質バイオマス専焼発電設備としては国内最大級である。発電した電気は、PPS（特定規模電気事業者）に売電している。

(e) 副産物

焼却灰の発生量は燃料木質バイオマスの重量の 2%程度で、年間 18 万 t×0.02=3,600t である。産業廃棄物として処理している。

(f) 特徴と課題

川崎バイオマス発電（株）における木質バイオマスの流れと変化を図 2.3.2-5 に示す。本施設は、建築発生木材を燃料として利用するため、住宅需要の多い都市部に建設された。しかし近年の住宅着工件数の減少に伴い建築発生木材の量も減少傾向にある。最近ではチップの購入を建築発生木材に限らず、食品加工会社と提携して液体調味料の製造過程で生成される脱脂大豆の残さを燃料として利用する取り組みも始まった。都市部に設置されているため、林地残材などの森林資源を燃料として利用するには、輸送の壁もあり困難である。しかし都市部の工場等からの廃棄物の燃料としてのポテンシャルは大きい。これらを代替燃料として利用することは、燃料供給先確保のために有望である。都市部の木質バイオマス発電所の生き残りの方策として今後の展開が注目される。

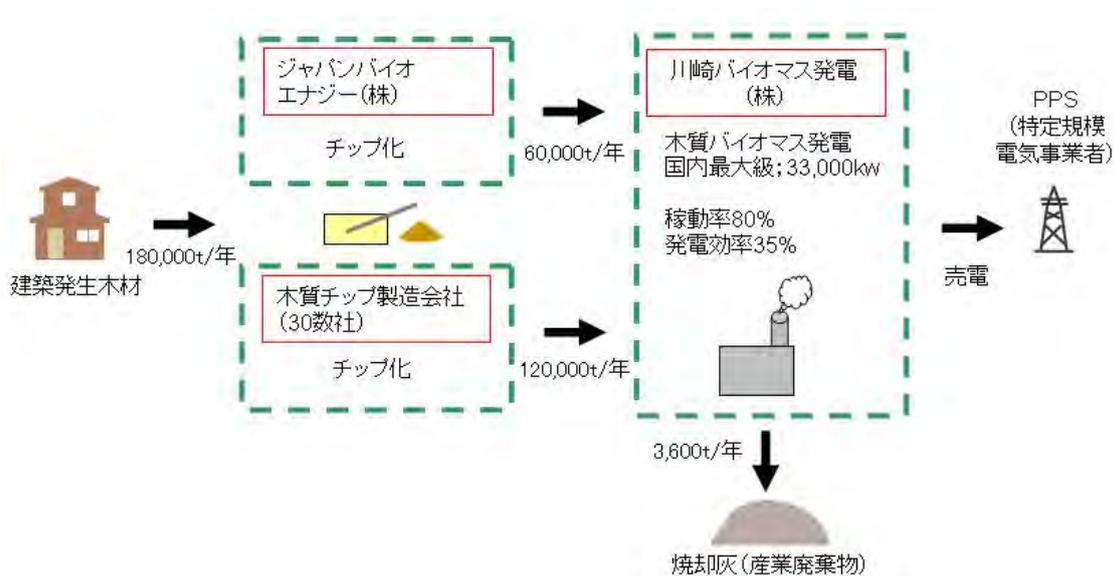


図 2.3.2-5 川崎バイオマス発電（株）における木質バイオマスの流れと変化

(2) 株式会社白河ウッドパワー

(a) 会社概要

本社は東京、大信発電所は、福島県白河市にある。運転開始は 2006 年 10 月。資本金 4 億 9,500 万円。(株) 白河ウッドパワーは、省エネ支援サービスとバイオマス発電を中心とするグリーンエネルギー事業を手掛ける (株) ファーストエスコの発電子会社であった。しかし 2011 年 3 月に新たに (株) ファーストエスコの筆頭株主となった日本テクノ (株) に売却された。しかし発電所の運転管理は、従来どおり (株) 白河ウッドパワーが担っている。

イ プラント施設概要

敷地面積 22,000 m²、発電出力は 11,500kW、発電効率 27% である。大信発電所の全景を写真 2.3.2-2 に示す。



写真 2.3.2-2 大信発電所全景

出典：(株) 白河ウッドパワーパンフレット

ロ 発電設備の詳細

i 木質チップ受け入れホッパー

燃料の木質チップは大型ダンプで搬入されるため、スムーズに受け入れるため地下にホッパーが設置されている(写真 2.3.2-3)。ホッパー出口で燃料として不適合なオーバーサイズのチップは除去される。



写真 2.3.2-3 木質チップ受入ホッパー



写真 2.3.2-4 バイオマスサイロ

出典：(株) 白河ウッドパワーパンフレット

ii バイオマスサイロ

木質チップを貯蔵するサイロ(写真 2.3.2-4)の容量は 5,200m³で 3 日分の木質チップを貯蔵できる。サイロの底部から発電出力に応じた木質チップがボイラへ供給される。

iii ボイラ

木質チップを燃焼させて高温高圧の蒸気を発生させる。ボイラ（写真 2.3.2-5）は、内部循環流動床式ボイラ。 蒸気圧力 5.9MPa, 温度 460℃, 蒸気発生量 58t/h

iv バグフィルター

ボイラ燃焼ガスのフライアッシュ（飛灰）を耐熱樹脂製の筒状ろ布（フィルター）720本で捕集し、定期的に払い落とす。払い落とした灰はコンベアで灰バンカーに貯められる。（写真 2.3.2-6）



写真 2.3.2-5 ボイラ



写真 2.3.2-6 バグフィルター

出典：(株) 白河ウッドパワーパンフレット

発電施設の全体の概要を図 2.3.2-6 に示す。

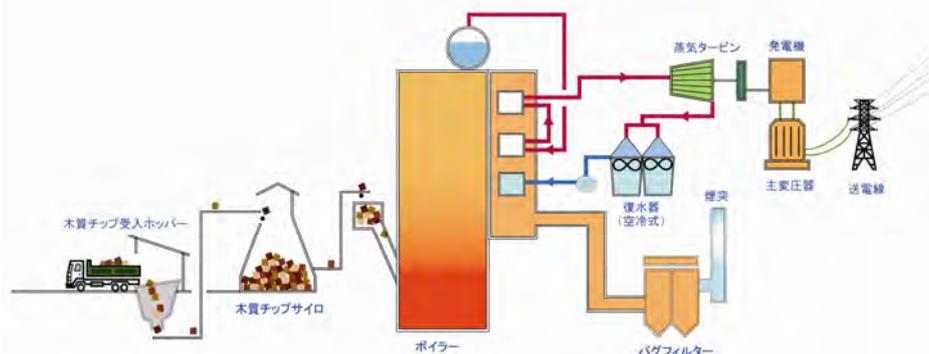


図 2.3.2-6 発電施設の概要

出典：(株) 白河ウッドパワーパンフレット

(c) 木質バイオマスの供給

年間約 10 万 t 使用。土木・建築現場で発生する抜根材、支障木、製材所や造園業、林業の場から出る端材・剪定枝などを由来とする。選抜破砕され一定の基準を満たすチップを有償で購入している。

(d) 売電

グリーン電力認証のためのグリーン電力設備の認定を取得している。2003年4月から施行されたRPS法(電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法)のもと、2006年の操業開始より所内利用分を除き全量RPS価格で売電していた。しかし2012年11月に再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)に移行することを決定している。

(e) 副産物

焼却灰を地盤改良材「バリサンド」として商品化している。(写真 2.3.2-7)



写真 2.3.2-7 バリサンド

出典：(株)白河ウッドパワーパンフレット

(f) 特徴と課題

2011年3月に(株)白河ウッドパワーの親会社は、(株)ファーストエスコから日本テクノ(株)に変わった。この原因として発電事業の赤字があげられている。

RPS継続かFIT移行かの判断において、売電価格が高額なFITにより採算性があると見越してのことだと思われる。いずれにせよ10,000kW級といった出力規模の大きな発電施設を維持していくのは、木質バイオマスの安定供給の点からも容易ではないことが示唆される。

(3) 三陸木材発電所(岩手県気仙郡住田町)

(a) 会社概要

本施設を所有する三陸木材高次加工協同組合は当地域に関係する森林組合や製材関係者を組合員(出資団体18団体:大槌・気仙沼流域)として、平成10年に設立された。日本の国産スギ・カラマツ構造用集成材の中核的企業体として、大槌・気仙川流域林業圏の豊富なスギ及びカラマツ材を原料とし構造用集成材を初めとする製品を生産している。

本施設は製材所や集成材工場、プレカット工場において発生する切削木粉や木片を原料として木屑ボイラからの蒸気を有効利用して発電した電力は木材加工場で自

家消費すると共に、発電設備の排熱を利用して、別途町が設置する園芸ハウスへ温水供給を行うコージェネレーションシステムである。図 2.3.2-7 に本システムの資源循環フローを示す。

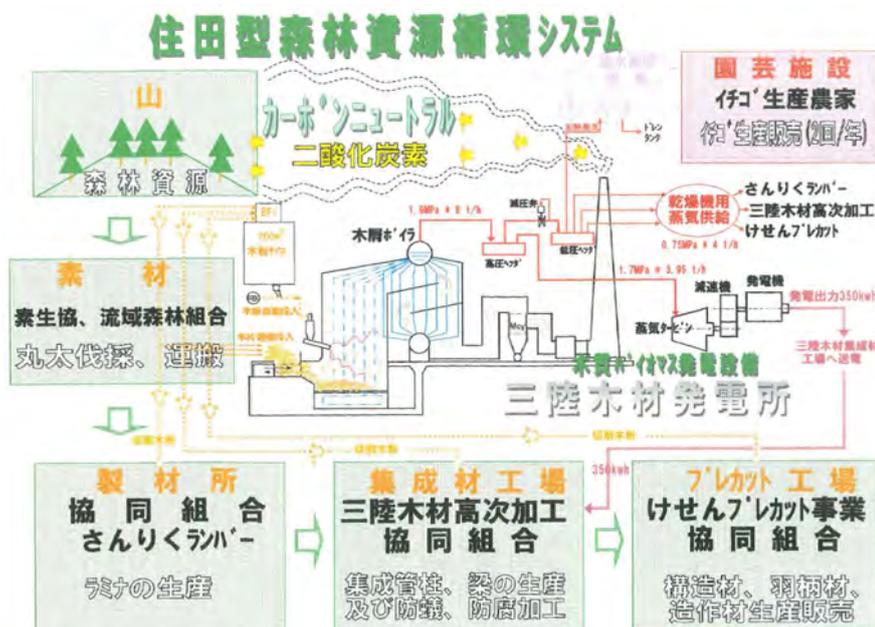


図 2.3.2-7 三陸木材発電所資源循環フロー

出典：三陸木材高次加工協同組合パンフレット

(b) プラント施設概要

発電所は、木工団地内から出される木屑を燃やすボイラから出る蒸気を活用してタービンを回す仕組みで、毎時最大 350kW を発電し、電力は木材加工場で自家消費するほか、発電施設の排熱を用いて熱交換し温水として園芸ハウスへ供給している。工事費は約 167,000 千円とあり、環境省からの補助事業にもなっている。

表 2.3.2-3、図 2.3.2-8 に施設設備概要と設備配管フロー図を示す。

表 2.3.2-3 三陸木材発電所設備概要

燃焼炉・ボイラ	
燃焼設備の種類	SK-水管式ボイラ 1.9Mpa*207℃*8t/h*259.22 m ²
誘引ファンの規格	600 m ³ /m*2.5kPa*1,500/分
押込ファンの規格	240 m ³ /m*1.8kPa*1,500/分
木屑サイロの規格	200 m ³ BM-Bfi*3.3kPa*156.2 m ²
発電設備仕様	
発電機の規格	三相誘導型 6,600V*350KW*50Hz*38Amp
蒸気タービンの規格	3段衝動復水 1.7Mpa*3.95t/h*6.792/分
減速機の規格	1段シングルヘルカル 6,792/分 / 1,500/分
真空復水器の規格	70 m ³ *3.95t/h*2,409ki*51.9℃
その他の設備	
冷却塔の規格	230 m ³ *in41℃*out32℃
温水加熱器の規格	蒸気式 0.84 m ² *in30℃*out70℃

出典：三陸木材高次加工協同組合パンフレットを基に作成

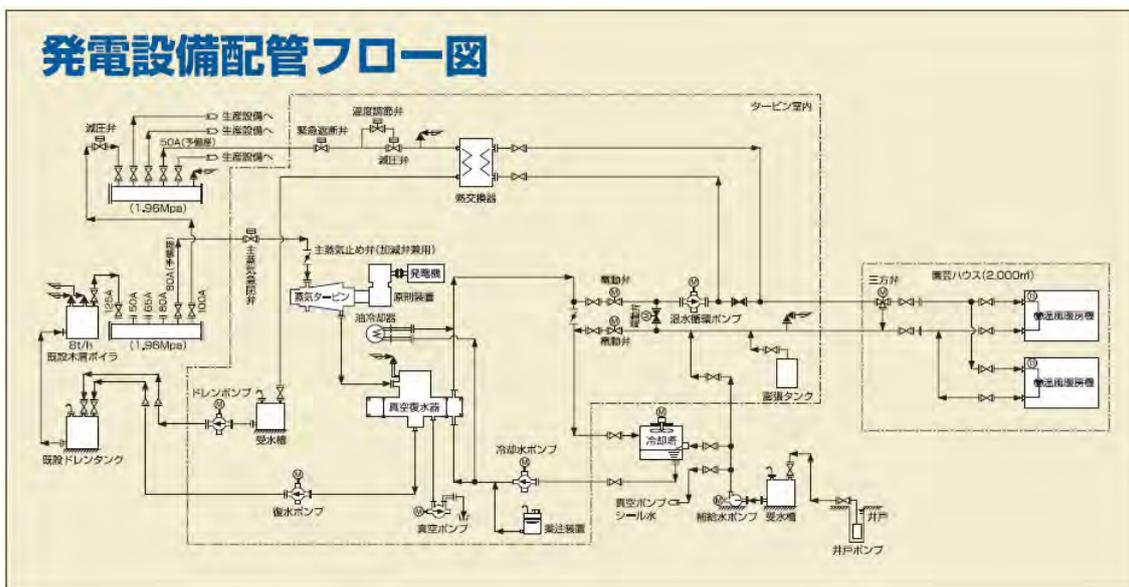


図 2.3.2-8 三陸木材発電所設備配管フロー図

出典：三陸木材高次加工協同組合パンフレット

施設の管理運営に当たっては、設備の有効利用の観点から、町長の指定する法人並びにその他の団体に委託する事ができるとしており、また、本設備は「電気事業法」によって規制されているため、発電に伴う法令上の責任は、委託された法人その他の団体が負うものとされている。

(c) 木質バイオマス概要

木質バイオマスの種類は、施設からの発生材を利用しており、燃焼消費量は年間 7,957 t (355 日稼働、日当たり 22.4t) である。内訳はバーク (樹皮) 8%、製材所残材 65%、木チップ 27%となっている。

(d) 売電

設備は東北電力と系統連系することで発電された電気は施設内で自家消費し、売電としての利用はされていない。因みに工場における使用電気量は 650kW/h である。

(e) 副産物

焼却灰は年間 55t (投入量の 0.7%程度) 発生し、財団法人いわてクリーンセンターに処理依頼している。発生する熱は木材乾燥やイチゴ栽培加温 (ハウス)・木材半製品加温に利用されている。

(f) 特徴と課題

森林地域としての特性を生かしたハード整備の一環として実施されたもので、木

工場内で発生する木屑を木材乾燥用等の燃料として活用する取組は、CO₂排出量の削減と共に燃料費等の削減にも繋がり、初期投資回収期間が3年以内と経済性も非常に高く、同じ山間地域のモデル事業に活用できるものとして高く評価されている。運用においては以前、木屑ボイラ発生蒸気の大半を木材乾燥機に廻されたために発電設備の稼働低下を招いたこともある様であるが、前述のとおり高い評価を受けており成功の事例と捉えられる。この背景としては住田町が推し進める林業主体の施策に対し地元住民が森林バイオマスに対する高い意識を保有していることが要因と思われる。以下に住田町の林業循環型システムを図 2.3.2-9 に示す。



図 2.3.2-9 住田町の林業循環型システム

出典：住田町林業振興協議会 HP

(4) 東濃ひのき製品流通協同組合森林資源活用センター発電所
(岐阜県賀茂郡白川町)

(a) 会社概要

岐阜県白川町を中心とする地域には多数の製材工場や建築業者が存在し、「東濃ひのき」の生産流通拠点を形成している。本施設を所有する東濃ひのき製品流通協同組合は、昭和63年9月、東濃檜の流通販売の窓口として地元森林組合や製材業者等により設立された。(組合員60社(団体)：白川町、東白川村の地元森林組合、製材加工業者、建築業者等 活動組合員63名、員外利用58名)

東濃檜ブランドの確立とともに、製品販売のとりまとめを業務としていたが販売だけでなく間伐材の加工等も行っている。(平成5年以降、プレカット工場等を建設)

その際に他の製材会社等も含め発生する端材・おが粉・樹皮などは、一部有効利用され、残りは廃棄物として処分されていた。しかし、環境対策としてこれらを燃料として木材資源を余すところなく100%活用することを目指し、平成16年に1企業の主導ではない共同利用による組織として国内で初めて設立された「木質バイオマス」を燃料とした発電所である。本組合の資源循環システムを図2.3.2-10と設備の循環フロー図2.3.2-11に示す。

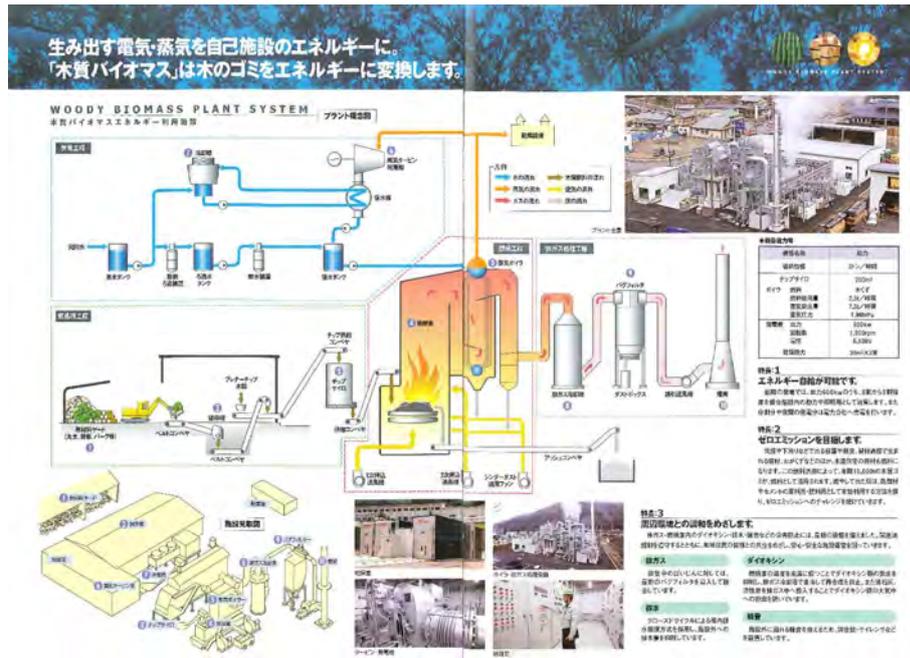


図2.3.2-12 森林資源活用センター発電所プラント概念図

出典：白川町・東濃ひのき製品流通協同組合 森の発電所パンフレット



写真2.3.2-8 森林資源活用センター発電所施設外観

出典：東濃ひのき製品流通協同組合HP



写真2.3.2-9 ボイラ・冷却塔・バグフィルター・煙突



写真2.3.2-10 タービン・発電機

出典：全国地球温暖化防止活動推進センターHP

表 2.3.2-4 森林資源活用センター発電所設備概要

破碎設備	
破碎設備の規格	3t/h
燃焼炉・ボイラ	
燃焼設備の規格	ストーカー炉 1.96Mpa**7.5t/h
蒸気使用量	2.5t/h
蒸気発生量	7.5t/h
チップサイロの規格	200 m ³
発電設備仕様	
発電機の規格	蒸気タービン 6,600V*600kW*1,800rpm
その他の設備	
乾燥設備の方式・規格	気流乾燥方式 35 m ³ *3 窯
集塵設備の方式	バグフィルタ

出典：(社) 地域環境資源センター バイオマス利用活用技術情報データベースを基に作成

毎時最大 600kW を発電し、24 時間操業で発電量は年間約 384 万 kWh (平成 17 年度) になる。そのうち、210 万 kWh を組合の工場で使用する電力として 100% 供給している。

また、余熱利用としてスチームボイラから組合直営工場の人工乾燥用熱源として年間 6,600 m³ を利用するとともに CO₂ 排出量の抑制として年間 1,500 t を確保している。

(c) 木質バイオマス概要

木質バイオマスの種類は、施設よりの発生材と受け入れた建築廃材を利用。燃焼消費量は年間 9,000 t (300 日稼働、日当たり 30t) である。内訳はバーク (樹皮) 20%、製材所残材 60%、間伐材及び低質材 (建築用に使用できない物) 10%、建築廃材 10% となっている。

受け入れに当たっては木くず処理料として、1t 当たり一般 14,000 円、組合員 5,000 円を徴収している。収支計画では平成 20 年度 (事業開始 5 年後) で収入 162,539 千円、支出 159,043 千円で 3,496 千円の黒字を予定していた。

(d) 売電

施設は新エネルギー等発電設備認定 (RPS 認定) を取得していて、余剰電力の 174 万 kWh (平成 17 年度) は中部電力へ売電している。発電計画では売電による収入を 17,400 千円と想定していた。

(e) 副産物

焼却灰は年間 300t (投入量の 5.0%程度) 発生し、埋立処分依頼をしている。

(f) 特徴と課題

木質バイオマス発電所の維持管理に経費がかかることから、燃焼原料バイオマスは有償による木くず持ち込み負担を今後も求めなければならないが、今後、山地に放置されている未利用間伐材を燃料として有効活用できるように「白川町バイオマスタウン構想」と連携して、間伐材の搬出補助金等の制度拡充が必要となっている。

組合の本業である木材加工・流通事業について組合離れが起きつつあり、木質バイオマス発電所及び循環型社会づくりの中核である組合の体力強化と各事業への組合員の一層の理解が重要となっているとともに、環境意識向上を目指した都市住民との交流など地域の活動は、組合単独では不可能であり、企業や地元自治会の理解（補助金等）がないと成り立たず、いかにして巻き込んでいくのかが課題である。

その一環として地域森林資源を活用した里山整備を中心とした環境学習で排出されたバイオマス資源を燃料として利用するほか、当施設内でバイオマスを利用した「木質ペレット」を製造し、ストーブ・ボイラ・冷暖房機の燃料とする森林バイオマスの使用拡大も目指している。

本事業は前述のとおり我が国における先進的な取組として評価を受けている。また、平成 16 年の稼働以来堅実に運営がなされていることから成功事例として上げられる。

(5) 銘建工業 エコ発電所（岡山県真庭市）

(a) 会社概要

銘建工業（株）は、岡山県真庭市勝山に位置し、大正 12 年に中島材木店として製材所を創業後、昭和 41 年に会社組織、昭和 45 年より集積材生産を始める。1970 年代から集成材の加工を始め、製造工程から出る廃材を燃料に 1984 年、蒸発量 10 t/h のボイラーを設置し、同時にタービンと発電機を組み合わせで発電を行ってきたが、その後、工場に必要な電力の供給に見合う量の木くずがあったことから、1998 年新たに「エコ発電所」を完成させた。

従業員は 224 名（平成 23 年 12 月）。取扱品目としては集成材部門、製材部門のほか、バイオマス部門を設置し、本施設を利用した電力事業（自家発電電力の販売）と製造過程で発生する木くずを原料とした木質バイオマスペレットの製造販売を行っている。本組合におけるバイオマス利用概念を図 2.3.2-13 に示す。

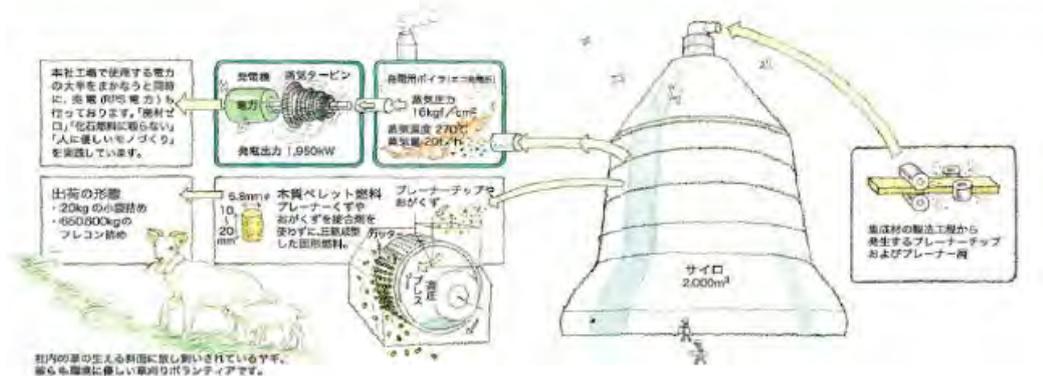


図 2.3.2-13 バイオマス利用概念図

出典：銘建工業（株）HP

(b) プラント施設概要

この発電所は、製材工程で生じる廃材をできるだけ電力に変換し、自社で消費する電力をまかなうことを目的に建設された。プレーナダスト（鋸くず）、バーク（樹皮）などの木くずを燃料として用い、木くず焚きボイラにより蒸気を生じさせ木材の乾燥などに使用するとともに、蒸気タービンによって発電を行っている。蒸気量は 20 t/h であり、その内の 70% を発電用、20% を乾燥工程等に使用している。

毎時最大 1,950kW を発電し、周辺整備も含めてこの施設投資は約 10 億円である。現在、自家発電によって年間約 4,500 万円の電力購入コストが削減されている。

銘建工業エコ発電所施設外観について、写真 2.3.2-11、写真 2.3.2-12、設備概要を表 2.3.2-5 にて示す。



写真 2.3.2-11 銘建工業エコ発電所施設外観

出典：木質バイオマスを活用した再生可能エネルギー導入の新展開 みずほ情報総研（株）



写真 2.3.2-12 銘建工業エコ発電所施設外観

出典：銘建工業（株）HP

表 2.3.2-5 銘建工業エコ発電所設備概要

貯留設備	
ブレナーダストサイロの規格	2,000 m ³
燃焼炉・ボイラ	
ボイラの規格	タクマN-600H型 1.57MPa*270°C*20.0t/h
ボイラ蒸気量	20.0t/h
ボイラ蒸気圧	1.0MPa
発電設備仕様	
発電機の規格	蒸気タービン 6,600V*1,950kW*1,800rpm
その他の設備	
集塵設備の方式	電気集じん装置 マルチサイクロン

出典：(社) 地域環境資源センター バイオマス利用活用技術情報データベースを基に作成

本施設における森林資源活用センター発電所プラント概要を図 2.3.2-14 で示す。

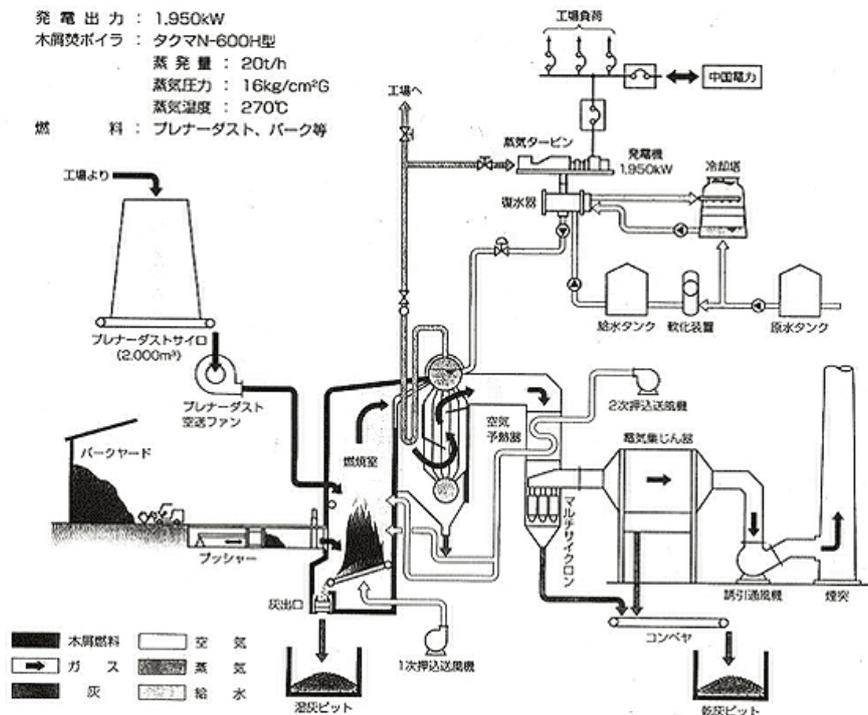


図 2.3.2-14 森林資源活用センター発電所プラント概要図

出典：栃木県 HP 地域新エネルギービジョン

(c) 木質バイオマス概要

木質バイオマスの種類は、施設よりの発生材と受け入れた建築廃材を利用しており、燃焼消費量は年間 20,000 t (300 日稼働、日当たり 66.7t) である。内訳はパーク (樹皮) 10%、製材所残材 (おが屑、かんな屑) 90%となっている。

(d) 売電

自社工場が 3 工場に分かれており、発電所のある工場以外の 2 工場に対し、中国電力に 6,000V での託送を依頼したが、22,000~60,000V 以下の電圧では困難であるとのことで断念した経緯がある。(託送システム：電力会社の送電線を使って、需要者に電力を送るシステム。大きな工場では 1998 年から開始)

2003 年 4 月からは、RPS 法に基づく申請・許可・売電を開始(バイオマス部門では当会社が日本第一号)した。中国電力に発電電力の四割強を販売している。

(e) 副産物

焼却灰は年間 200t (投入量の 1.0%程度) 発生し、処分依頼をしている。また、発生している蒸気 (発生量の 20%) については工場の暖房や木材乾燥、ホットプレスに利用している。

(f) 特徴と課題

売電価格が太陽光など他の自然エネルギーに比べて低く設定されているため、投

下資本回収が困難であったが、2012年度に施行された固定価格買取制度（FIT）により、真庭市や地域の森林組合と共に2015年春にバイオマス発電所（出力1万kW）を建設する事業へ資本金の半額を出資し事業参画する計画が進んでいる。

現在、燃焼原料バイオマスとして輸入木材の加工後廃材を使用しているが、今後、伐採搬出コストが高いため、利用されていなかった国産地域内未利用材の利用を目指している。

当該地域は、バイオマス事業という産業の輪で繋がる持続可能な資源循環型の産業と暮らしの実現を目指し、日本で初めて市内一円のバイオマス関連施設を見学できるコースを観光ルート化した環境意識の高い地域である。このため、取り巻く環境の中にあって、上手く資源循環し成功している事例であると考えられる。

2.3.3 課題と展望

本報告では、木質バイオマス発電の背景にある我が国の森林、林業そして林業政策から、木質バイオマスのエネルギー利用への流れを初めに概観した。間伐材などの未利用木材のほとんどが利用されていない現状が、固定価格買取制度での未利用木材の高い価格設定により、有効利用される方向に移行することが期待される。このことが山林での路網拡充などの林業のインフラ整備に連なり、ひいては我が国の森林資源の持続可能な開発にも連なるものと思われる。

木質バイオマス発電の事例では代表的な発電所施設について取り上げた。発電出力が大きくなるほど、必要な事業費も増大する。木質燃料の量も増大し、价格的にも調達が困難になる場合もあると思われる。また発電出力が小さいと発電量も少なく、採算性が悪くなる。総じておよそ5,000kW級の発電所施設から50kmの範囲内で、年間6万tの木質燃料を調達するのが経済的に成り立ちやすいと思われる。

このあたり、次年度においては、定量的に事業性を評価するために、内部収益率（IRR）などの評価指標を用いたシミュレーションにも踏み込む予定である。また木質バイオマスのエネルギー利用からマテリアル利用までのカスケード的な取組事例、売電以外の熱利用の取組事例にも触れたい。

第3章 インセンティブ導入によるバイオマス利用拡大

(海外との比較から)

3.1 日本のバイオマス利用の促進策の流れ

日本におけるバイオマス推進策は、2002年のバイオマス・ニッポン総合戦略で目標を定め、主にエネルギー開発と関連しながら進められてきた。これには、1997年の京都議定書採択やアメリカ合衆国の2000年当時のバイオテクノロジー開発を推進する予算組みなどの世界的気運も後押しした。

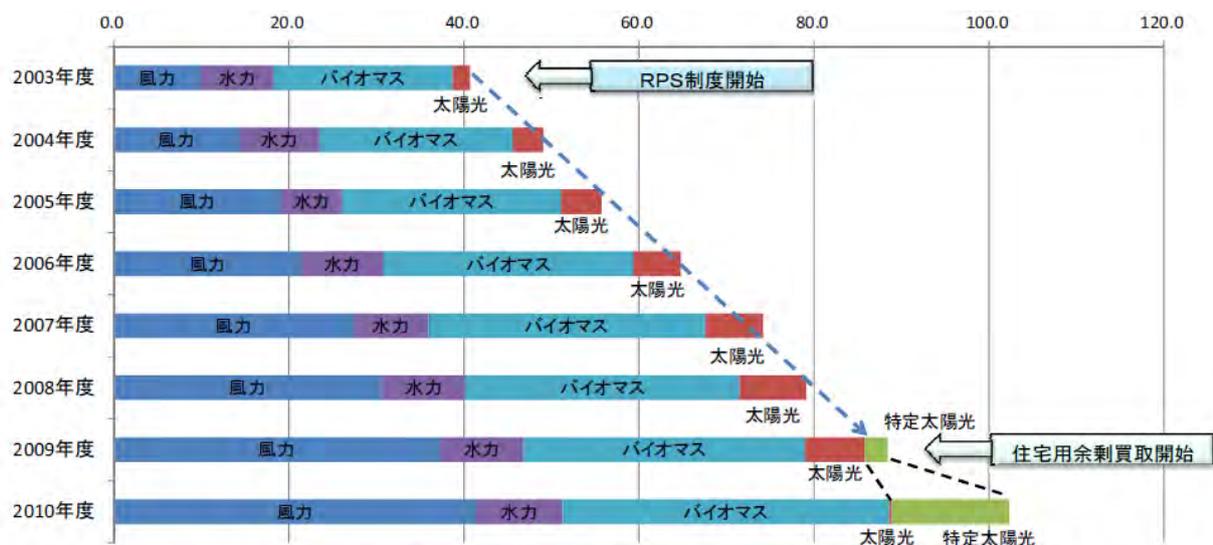
図1.1-1で示したように、農林水産省を中心としたバイオマス推進施策をあげたが、これ以外のバイオマス導入促進策として、2000年に循環型社会形成推進基本法や食品リサイクル法、建設リサイクル法といったリサイクル関連法があげられる。

また、2002年には電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法を制定し、電力会社に一定割合で再生可能エネルギーの導入を義務づける制度（RPS）を導入し、さらに、2012年には、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）が導入された。RPSとFITには、ともに再生可能エネルギーの一つとしてバイオマス発電を含んでおり、バイオマス利用を促すことが期待された。

3.2 再生可能エネルギー利用のインセンティブとバイオマス

RPS制度導入後の2003年から、再生可能エネルギー等発電量（電力会社による調達量）がどう変化したのかを、図3.2-1に示す。

2003年度から2010年度にかけてのバイオマス発電量の年平均成長率は9%であった。RPS法によるバイオマス利用促進は、一定の成果を上げていたことがわかる。



※本データはRPS法の認定を受けた設備からの電力供給量を示したものである。RPS法施行前の電力量、RPS法の認定を受けていない設備から発電された電力量、及びRPS法の認定を受けた設備から発電され、自家消費された電力量は本データには含まれない。
※平成21年11月より余剰電力買取制度の対象となる太陽光発電設備は特定太陽光として算出。

図3.2-1 再生可能エネルギー等発電量（電力会社による調達量）の経年変化（億 kWh）

出典：資源エネルギー庁 HP

一方、再生可能エネルギーの導入促進効果は、一般的に RPS よりも FIT の方が大きいことが知られている。ドイツやスペインでは、FIT により目標値を超える導入促進効果が得られた。RPS が、電力事業者にも必ずしも継続的で安定的な電力の販売を補償しないのに対し、FIT では、電力の販売計画が立てやすいため、小規模発電であっても新規事業参入が容易であることなどが、高い促進効果の要因と推測される。

ドイツでは、2000年には再生可能エネルギー法（EEG法）により、太陽エネルギーや風力、地熱などの再生可能エネルギーの買取価格を発電方式や規模などに応じて固定して20年間買取るFITを開始し、バイオマスもこれに組み込まれた。ドイツにおける再生可能エネルギー発電量の推移を図3.2-2に示す。FITを実施したドイツのバイオマス発電量の年平均成長率（2003年から2011年まで）は約23%であり、RPS制度を実施してきた日本の年平均成長率（2003年から2010年まで）の9%よりも導入促進効果が大きい。



図 3.2-2 ドイツにおける再生可能エネルギー発電量の推移

出典：経済産業省 HP、BMU（2011）

2011年の総務省まとめの政策評価では、農林水産省の施策を中心としたバイオマス利用促進の施策は、バイオマス利活用施設の設置数の増加などの環境整備に一定の役割を果たしてきたものの、政策の有効性や効果が把握できず、施設の稼働率や採算性が低調であることが指摘された。必ずしも導入目標を達成してきたとは言えない状況にあった。

こうしたバイオマス推進の政策と評価の流れを受けて、日本でも、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を制定し、2012年により再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）が施行された。

再生可能エネルギーの導入促進策として世界的にも多く導入されている FIT と RPS の特徴を比較し、それぞれの長所と短所について考察する。FIT と RPS の特徴の比較を表 3.2-1 に示す。

FIT には、上述のように強い効果が期待できる一方で、固定買取価格を高額に設定しすぎた場合には、急激な促進を招き、電力利用者に過度な負担を強いることに繋がる。強い導入促進力に付随して、導入が容易な太陽光発電への偏重を招きやすく、一度導入した場合はその負担が 20 年続くため、新たな参入用資金の調達が持続的に行えない恐れがある。導入しやすい技術や地域から導入が進んだ後、障害の大きい部分が残った時には、十分な

資金がないことが懸念される。また、一度導入した施設では、20年間の安定需要が保障されることから、技術革新への影響力も限定的であるとの指摘もある。

表 3.2-1 FIT と RPS の特徴比較

制 度	特 徴
FIT	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギーの導入促進効果は高い。 ・小規模発電など、発電事業への新規参入を促進する。 ・固定価格での買い取りに必要な費用は、電力利用者に転嫁する制度設計が多く取られている。 ・必ずしも計画的な促進とならず、急激な促進が進んだ場合、電力利用者への大きな負担が20年続くため、追加策がとりにくい。 ・強力な導入促進により、導入が短期間で行える太陽光エネルギーに集中しがちで、長期的な導入促進に繋がるとは限らない。 ・必ずしも技術革新に対してインセンティブが働かない。
RPS	<ul style="list-style-type: none"> ・FIT に比べて、導入促進効果は小さい。 ・計画的な推進が図りやすい。 ・電力会社が購入先を選ぶため、新規参入の自由度が限定される。

} 高い導入促進効果
 } 継続性に課題あり
 (効果の継続、技術発展への寄与、計画性など)

表 3.2-2 に諸外国の RPS と FIT の導入状況を示した。海外での再生エネルギー推進策を見てみると、比較的計画的な推進が図りやすい RPS で大枠の方向性を決め、その達成のため補助的に FIT を導入する例もあり、米国の幾つかの州やイギリスがこれに該当する。また、韓国のように、FIT を導入したものの、資金の継続性の不安から RPS に切り替える例も見られる。

日本で導入したばかりの FIT は、導入促進効果は強力であるが、継続的な社会の仕組みとして定着させるためには、課題も多い制度であることがうかがえる。

次項では、日本よりも 10 年早く FIT を導入し再生可能エネルギーの増大に成功しているドイツにおける現状についてまとめ、日本と比較することで、日本の FIT がバイオマス利用の促進策として有効に機能するかどうかを検証する。

表 3.2-2 各国の RPS と FIT の導入状況の比較（2011 年現在）

	FITの 導入状況	RPSの 導入状況	特 徴
米国	△	○	米国の再生可能エネルギー促進政策は、州政府レベルでRPS を中心に実施され、FITはRPS法義務量の達成支援のために導入されている例がある。
イギリス	△	○	イギリスでは2002 年からRPS を導入し、2010 年4月より小規模施設を対象としたFITを導入している。新設設備についてはRPSかFITのいずれかを選択する必要がある。
フランス	○		2000 年2 月の「電力自由化法」の制定により、FITが導入された。2006 年に太陽光、風力、バイオガス等がFITの対象となり、太陽光発電、風力発電の増加が顕著となった。RPS は導入されていない。
ドイツ	○		1991 年から導入された買取制度は、2000 年に再生可能エネルギー資源法を改定し、送電事業者に全量買取を義務づけたことで、再生可能エネルギーを用いた発電事業者は、送電設備や販売先の確保を気にせず自由に参入することが可能となった。RPS は導入していない。
スペイン	○		スペインでは、1994 年から再生可能エネルギーの発電電力に対してFITを導入している。2007 年より再生可能エネルギー発電会社は、固定価格での売却とプレミアム価格での売却を選択できるようになった。RPS は導入していない。
イタリア	○	○	イタリアのFITは、2005 年7 月の産業省令により導入され太陽光発電の電力を20 年間にわたり高い価格で買い取ることを決めた。RPS も2002 年から導入されており、FITと混在しており、明確なインセンティブが示せていない。
韓国	○⇒×	×⇒○	韓国では2002 年にFITにあたる「発電差額支援制度」が導入された。電力産業基盤基金の財源が逼迫しているため、差額支援制度を全面的に見直し、2012 年からRPS 制度へ移行する予定。

(注) ○：導入されている △：一部導入 ×：導入されていない

出典：(株) 循環社会研究所、諸外国における再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度等についての調査報告書に加筆

3.3 ドイツと日本の FIT の比較

3.3.1 ドイツにおける固定価格買取制度（FIT）による再生可能エネルギーの導入促進

ドイツでは、再生可能エネルギー導入拡大のため、1990年電力供給法により電力会社にバイオガス発電などの再生可能エネルギー電気の買い取りを義務付けた。2000年には再生可能エネルギー法（EEG法）により、太陽エネルギーや風力、地熱などの再生可能エネルギー

ギーの買取価格を発電方式や規模などに応じて固定して20年間買取るFITを開始し、バイオマスもこれに組み込まれた。その後、買取価格を段階的に見直して継続しているが、2012年に太陽光発電の買取価格を20～30%引き下げ、10MWh以上の発電施設を対象外とすることなどを含む大幅な改革を行った。

前項の図 3.2-2 に示したように、ドイツにおける再生可能エネルギー発電量は、2000年の同制度の導入以降に継続的に増加し、2010年には再生可能エネルギーが全発電量の17%を占めるまでに拡大した。FITの導入促進が有効に機能している。

一方で、再生可能エネルギーの導入が促進されたことで、電気料金に転嫁される負担金が増大し、2011年の時点で3.5ct/kWh、2013年には5ct/kWhを超え、電気料金の約20%を占めるとの試算も報告されている（ct=セントユーロ）。

しかも、図 3.3-1 に示すように2011年には、FITに転嫁されるコストのうち50%強が太陽光であるが、発電に占める割合は、十数%に過ぎないなど、太陽光発電への投資の偏重も問題視されている。2012年には、ドイツ国内の繊維業界の3社が、電気料金の値上がりによる経営負担の増加に耐えかねて EEG 法による太陽光発電などへの助成を憲法違反として訴訟を起こすなど、値上がりの影響が顕在化している。

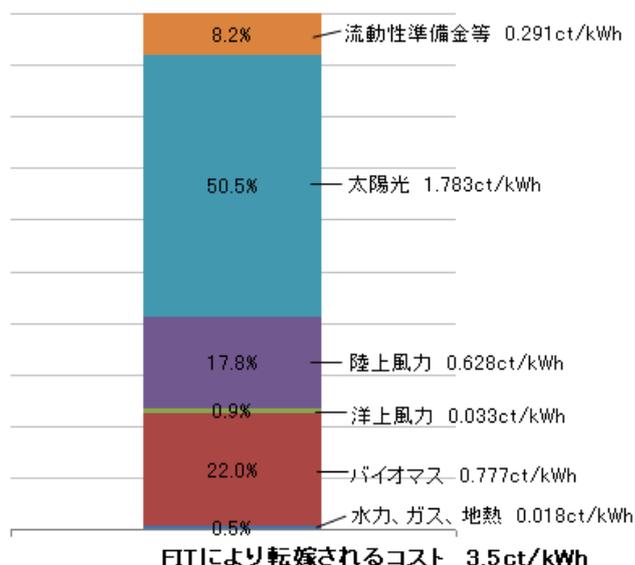


図 3.3-1 FITにより電力料金に転嫁されるコストの内訳（ドイツ、2011年）

出典：大和総研 HP(BDEW 公表資料)

2012年の買取価格制度の改正は、特に発電コストの値下がりが激しく、事業開始までの準備期間も他の再生可能エネルギーに比して短い太陽光発電へのインセンティブを縮小する内容となっている。具体的には、太陽光発電の買取価格の20～30%の引き下げと、年間10MWhを超える施設への適用除外、太陽光発電が5,200万kWに達した後は同発電の電力買い取りを中止することが盛り込まれた。

バイオマス関連の動向では、2012年改定により、表3.3-1に示す2010年のバイオマス発電の電力買取価格から、表3.3-2に示す価格へ、体系が大きく見直された。

改定前までは、基本価格に、原料や技術、あるいは熱電併給の有無によって、ボーナスを付与し、新技術の導入や原料調達時の環境配慮に一層のインセンティブが付く工夫がなされていた。改定後は、このボーナス制度を含め大きく体系を見直したが、全体として価

格は同額以上が保たれ、新たに小規模家畜ふん尿設備を優遇する枠を設けて、小規模農業への浸透に特別に配慮したものとなっている。

FIT先進国として、継続性など制度の欠点が明らかになりつつも、修正を加えながら制度を維持し、太陽光以外の再生可能エネルギーの導入促進に取り組む姿勢が示された改定であると言える。

また、ドイツのFITの前提条件として、EU指令により発電業者と送電業者の分離がなされ、送電網の拡充が行われていることが、特筆される。日本においては、送電への接続費用をFITの売電収入から捻出するよう価格に盛り込む制度設計がなされており、ドイツと比べると電力業者への負担が大きく、地域格差を生じやすい。

表3.3-1 2010年のバイオマス発電の電力買取価格(ct/kWh) (EEG2009)

発電容量	≤150kW	≤500kW	≤5MW	≤20MW
基本価格	11.55	9.09	8.17	7.71
再生可能原料ボーナス		5.94/6.93		3.96/2.48
家畜ふん尿ボーナス	3.96	0.99		-
景観保全ボーナス		1.98	-	-
CO2削減ボーナス		0.99		-
技術ボーナス		1.98/0.99		-
熱電併給(CHP)ボーナス		2.97/1.98		

(注)買取価格は、バイオマスの種類、施設等により異なる

出典：農林水産省HP：FNR「Bioenergy in Germany: Facts and Figures (January 2012)」、
FNR「Scientific Advisory Board on Agriculture Policy (April 2011)」

表3.3-2 2012年のバイオマス発電の電力買取価格(ct/kWh) (EEG2012)

発電容量		≤75kW	≤150kW	≤500kW	≤750kW	≤5MW	≤20MW
バイオガス・ 固体燃料	基本価格		14.3	12.3	11.0	11.0	6.0
	第Ⅰ投入原料部門		6.0		5.0	4.0	-
	第Ⅱ投入原料部門		8.0		8.0/6.0		-
	バイオガス精製ボーナス		精製施設容量: ≤700m ³ /h:3.0、 ≤1,000m ³ /h:2.0、 ≤1,400m ³ /h:1.0(※要天然ガスグリッド利用)				
生分解性産業廃棄物発酵原料(生ごみ原料)			16.0			14.0	
小規模家畜ふん尿設備		25.0	-	-	-	-	-

・基本的な考え方:[基本価格+投入部門料金+バイオガス精製ボーナス]

・第Ⅰ投入部門:資源作物、木質系・草本系原料

・第Ⅱ投入部門:家畜ふん尿、景観保全作物・原料

・生分解性産業廃棄物発酵原料及び小規模家畜ふん尿設備は、基本価格、第Ⅰ投入原料部門及び第Ⅱ投入原料部門との組合せはできない。

出典：農林水産省HP：FNR「Bioenergy in Germany: Facts and Figures (January 2012)」

3.3.2 ドイツにおける固定価格買取制度（FIT）以外のバイオマス利用の促進策

EU加盟国は、EU指令により、最終エネルギー消費に占める2020年の再生可能エネルギーの導入目標を、電力・熱・輸送の3部門で達成する義務を負っている。欧州では、これらの目標を達成するため、RPSやFITに加えて熱部門等でのインセンティブを導入している国が、多くみられる。

ドイツにおいては、2020年までの再生可能エネルギーの導入目標として、電力消費量の35%とするだけでなく、全エネルギー消費量として18%をあげている。電力だけでなく、熱利用エネルギーとしても再生エネルギー熱法（EEWarme）を定めて、建物の消費エネルギーの一定割合を再生可能エネルギーで賄うことを義務付けている。この法の中で、発熱プラントに対する助成金を拠出することとしており、固形バイオマスも対象となっている。また、ドイツの復興金融公庫（KfW）により、再生可能エネルギーの小規模発電施設や、固形バイオマス、小規模バイオガス発熱プラント、熱併給システムなどの施設の設置に対して、低利融資を行っている。

バイオマスの特徴である資源の分散に対して、投資に踏み込みにくい小規模事業主への参入を手助けする制度をFITに合わせて適用すること、バイオマスの利点である熱資源として移送やストックが可能という面を生かしやすい熱利用分野にも補助が付いている点が注目される。

3.3.3 ドイツと日本のバイオマス利用促進策の比較

1) FITの価格設定

ドイツにおいても、バイオマス利用の促進策はFITを主体としており、日本よりも約10年先行している。FITの導入以降、太陽光やバイオマス、風力を中心に2000年の導入時に6.8%だった再生可能エネルギーのシェアを伸ばし続け、2011年には20%以上を占めるまでに成長させた。太陽光の想定を超える導入の速さから、価格上昇が社会的な影響を及ぼすなどの困難も経験しつつ、2012年の大幅改定を経て、引き続きFITでの再生可能エネルギーの促進を促す粘り強い姿勢を見せており、日本が参考にすべき点は多い。

ドイツにおけるFITでのバイオマス発電の買取価格は概ね14~25ct/kWhである。日本の2012年現在における買取価格を表3.3-3に示す。

価格体系が異なり単純比較はできないものの、13~39円/kWhの日本の価格設定は、ドイツに比べて同等以上の価格設定となっており、日本でも導入が促進されると期待される（1ct≒1円を想定）。

ただし、野心的すぎる価格設定は、投資の過熱を招きやすいのもFITの特徴であり、導入の準備期間の小さい太陽光発電に偏りすぎる危険性がある。日本の価格設定は、太陽光においても、ドイツに比べて十分に恵まれている。再生可能エネルギーの持続的な導入促進のためには、多様性の確保が重要であるため、特に太陽光発電に対しての丁寧な価格調整を行い、エネルギー源ごとに導入目標を立て、戦略的に価格体系や価格を修正していくことが重要と考える。

表3.3-3 再生可能エネルギー電気買取価格（2012年）

電源		太陽光		風力		地熱		中小水力		
調達区分		10kW以上	10kW未満 (余剰買取)	20kW以上	20kW未満	1.5万kW以上	1.5万kW未満	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
費用	建設費	32.5万円/kW	46.6万円/kW	30万円/kW	125万円/kW	79万円/kW	123万円/kW	85万円/kW	80万円/kW	100万円/kW
	運転維持費 (1年当たり)	10千円/kW	4.7千円/kW	6.0千円/kW	-	33千円/kW	48千円/kW	9.5千円/kW	69千円/kW	75千円/kW
IRR		税前6%	税前3.2% (*1)	税前8%	税前1.8%	税前13%(*2)		税前7%	税前7%	
調達価格 1kWh当たり	税込 (*3)	42.00円	42円 (*1)	23.10円	57.75円	27.30円	42.00円	25.20円	30.45円	35.70円
	税抜	40円	42円	22円	55円	26円	40円	24円	29円	34円
調達期間		20年	10年	20年	20年	15年	15年	20年		

(*1) 住宅用太陽光発電について

10kW未満の太陽光発電については、一見、10kW以上の価格と同一のように見えるが、家庭用についてはkW当たり3.5万円（平成24年度）の補助金の効果を勘案すると、実質、48円に相当する。

なお、一般消費者には消費税の納税義務がないことから、税抜き価格と税込み価格が同じとなっている。

(*2) 地熱発電のIRRについて

地熱調査、調査井の掘削など地点開発に一件当たり46億円程度かかること、事業化に結びつく成功率が低いこと（7%程度）等に鑑み、IRRは13%と他の電源より高い設定を行っている。

(*3) 消費税の取扱いについて

消費税については、将来的な消費税の税率変更の可能性も想定し、外税方式とすることとした。ただし、一般消費者向けが太宗となる太陽光発電の余剰買取の買取区分については、従来どおりとした。

電源		バイオマス						
バイオマスの種類		ガス化（下水汚泥）	ガス化（家畜糞尿）	固形燃料燃焼（未利用木材）	固形燃料燃焼（一般木材）	固形燃料燃焼（一般廃棄物）	固形燃料燃焼（下水汚泥）	固形燃料燃焼（リサイクル木材）
費用	建設費	392万円/kW		41万円/kW	41万円/kW	31万円/kW		35万円/kW
	運転維持費 (1年当たり)	184千円/kW		27千円/kW	27千円/kW	22千円/kW		27千円/kW
IRR		税前1%		税前8%	税前4%	税前4%		税前4%
調達価格 1kWh当たり	調達区分	【メタン発酵ガス化バイオマス】		【未利用木材】	【一般木材（含パーム椰子殻）】	【廃棄物系（木質以外）バイオマス】		【リサイクル木材】
	税込	40.95円		33.60円	25.20円	17.85円		13.65円
税抜		39円		32円	24円	17円		13円
調達期間		20年						

出典：調達価格等算定委員会『平成24年度調達価格及び調達期間に関する意見』

2) FITの価格設定以外の導入促進への影響要因

価格に付随した条件として、ドイツには、再生可能エネルギー発電の推進に際して、送電網を整備するための体系化を済ませており、また、2000年のFIT導入以前からバイオマス利用の先進国であったことから、FITの買取価格に含まれる材料確保や設備投資の面で、恵まれた条件になっている可能性がある。

まず、送電に関して、ドイツでは、FITを導入した際に、送電事業者を発電事業者から切り離し、送電網の整備費用は、発電事業者の負担にならないように、体系を整備している。日本においては、既設の送電設備までの接続設備は発電事業者負担で、これもFITの価格に含む仕組みになっている。

現状の日本のFITでのバイオマス発電の買取価格は、ドイツと同様に20年間固定としており、影響を長期に残すことになる。日本では、FITに送電網の整備や原料調達リスクなどを、盛り込む思想になっている点で価格が高めになっている面があると推定される。導入後の影響が長期にわたるFITの欠点として、計画性や持続性が期待しにくいことがある。環境整備など、再生可能エネルギーに係る課題の多くを、FITに集中して盛り込むのが適当とは限らない。ドイツに比べて遅れている環境整備面は、事業計画の立地によりコストが大きく異なると考えられ、これを一律のFITの価格調整に委ねるよりは、他の基金や補助金の活用を組み合わせ、土地や活用資源に合わせた対応をとることが、持続的な再生可能エネルギーの成長に繋がる可能性がある。

次に、ドイツでは林業が持続的に行われており、林業と木材産業でGDPの3.5%（2008年）を占めるとの報告があるほか、農業においても、食料自給率がカロリーベースで93%を占めるなど、日本よりも廃棄物系バイオマスを生じやすい産業が盛んで、原料にアクセスしやすく、担い手になりやすい主体が育っていると推察される。しかも、前述のようにバイオマス利用の事業化促進のため、小型バイオ発電には手厚い料金体系にし、設備には低利融資を行うとともに、固形バイオマスから熱回収する施設にも補助を行うなど、FIT周辺に多面的な補助を継続して行っている。

日本においては、農業と林業において、零細化や高齢化が進み、バイオマス流通量もより分散している。バイオマス発電を促進する一方で、その原料周辺の農業や林業、それらの加工業も育成することが望まれる。こうしたバイオマス関連産業では、育成に時間がかかる一方で、地元固有の雇用の促進に繋がると期待される。日本において、食品リサイクル法や建設リサイクル法の導入が、バイオガス等の発電施設の導入に寄与するなど、材料調達支援の方向からの導入促進効果も見られたことから、周辺環境整備も望まれる日本においては、FITをバイオマス利用促進策の中心におく場合でも、農業や林業、食品加工など周辺産業も併せて推進し、食料自給率の向上などにも寄与するような、多面的で粘り強い支援のあり方を考え、実現していく必要がある。

3) ドイツの取り組みと日本の現状の比較

ドイツのFITを中心としたバイオマス利用推進の取り組み内容と、日本の現状とを表3.3-4にまとめた。

表3.3-4 バイオマス利用推進におけるドイツの取り組みと日本の現状

項目	ドイツと日本の比較	日本の今後の方向性（案）
バイオマス発電の買取価格（2012年）	日本の13～39円/kWhは、ドイツの価格14～25ct/kWhと同等以上。（1ct≒1円と想定） ドイツは、2012年の制度の大幅改定時もバイオマスの価格は、概ね維持し、小型施設に配慮。	バイオマスは、導入に準備を要するため、ドイツの例を見ても値段は現状程度を維持すべき。 （日本では、3年間はボーナス期間としていることを考えれば、やや控えめとも言える。）
送電網の整備	ドイツでは、電力事業者には送電網の費用負担がかからない。日本は、既設の送電設備までは発電事業者が送電線の整備費用を負担。	FITは、20年の支出を約束するもので、柔軟性が乏しい。環境整備は、別途の補助体系とすることも検討すべき。
FIT以外の促進策	ドイツでは、熱併給や小型のバイオマス施設には、ファイナンス調達の援助制度がある。また、バイオマスの熱利用は、別の法体系で支援している。日本は、直接的な促進策はRPSのみ。	FITの導入促進効果を活かすためにも、他の制度との併用を、積極的に検討すべき。
バイオマスの原料調達	ドイツでは、FIT導入以前に一次産業にテコ入れを行い、持続可能な林業、高い食料自給率(93%)と、バイオマス原料に近い産業を育てている。日本は、農村再生への取り組みがこれからとなっている。	環境整備が遅れる日本では、FITのバイオマス関連での制度運営には、長期的な視野と粘り強い取り組み姿勢が必要。

3.4 まとめ（バイオマス利用推進のために）

この章においては、FITの特徴をRPSと比較しながら考察し、ドイツとのFITを中心とした再生可能エネルギー推進とバイオマス利用の推進の現状と、日本の現状を比較した。日本のFITを中心としたバイオマス利用の促進策についての意見を以下にあげる。

- ・日本のバイオマス発電の買取価格は、ドイツの価格と同等以上であり、導入促進効果が期待される。
- ・ドイツでは送電網整備は発電事業者負担にはならないが、日本はFIT価格に含まれる。
- ・ドイツでは、バイオマスの熱利用面からも促進策を設けている。
- ・ドイツには持続的な林業や高い食料自給率などの背景があり、日本でもバイオマス発電の持続的な原料調達のための環境整備を進める必要がある。
- ・FITは事業環境の整っているところから導入が進み、価格が低下していくため、環境の整っていないところの導入が進まず、全体として目標に届かない可能性が残る。
- ・FITは、20年間の支出を伴うなど、軌道修正が困難で長期計画が立てにくい。
- ・環境整備はFIT以外の支援施策も併せて行うことも考え、計画的に行うべき。

今年度は、ドイツを参考に日本の再生可能エネルギーの促進策について考察した。来年度は、日本のバイオマス利用促進の面からのFITの価格調整や、FITと組み合わせるべき促進策など、これからのインセンティブのあり方について、農業や林業などのバイオマス利用産業への支援政策も含めて、ドイツ以外の諸外国の事例も参考にして調査を進めたい。

第4章 震災復興に向けたバイオマス循環社会の構築

4.1 被災地でのバイオマス関連の復興計画

4.1.1 バイオマス関連の復興計画調査結果

東日本大震災からの復興が大きな課題となっている現在、地震・津波などの自然災害が多発する日本で活用できるバイオマス利活用方法の構築が待望されている。現在被災地では、自治体ごとに震災復興計画が策定されており、また、復興庁の今年度（2012年度）の復興特別会計予算でも3兆7,754億円の予算が計上され、被災地の復興は加速されつつある。このような状況下で、福島第一原子力発電所事故の影響もあり、再生可能エネルギーを活用した地域復興を目指し、将来の街づくりに関する多数の復興計画が立案されている。しかし、復興のための街づくりとして実際に進んでいるプロジェクトは、住居地域の高台移転や公共インフラの復旧などが大部分を占めており、バイオマスを活用したスマートコミュニティ実現などの復興プロジェクトは、これから計画が本格化するものと思われる。被災地域の復旧だけでなく、今後の本格的な復興を考える場合、バイオマスを含む再生可能エネルギーを中心にした、被災地域固有の特性に合わせられるスマートコミュニティの実現が非常に重要となる。

そこで、震災復興に関し、日本の風土に沿ったバイオマス循環社会を提案することを目的に、現在、被災地で実証されはじめたバイオマス関連の復興計画事例を調査し、活用目的（エネルギー、マテリアル）別、地域別、対象バイオマス別に整理した。表4.1-1に調査結果を示す。エネルギー活用目的にしても、マテリアル活用目的にしても、バイオマスに関連した事例は、いずれも計画段階のものが多いことが分かる。また、市町村単位での事例が多く、県単位などの大型の事例は、ほとんどないことが分かる。特に、マテリアルの地元木材利用の事例などは、小粒な内容が多い。

一方、福島県でのバイオマス関連の復興事例は比較的少ないことが分かる。これは、福島第一原子力発電所事故の影響により復興計画の策定が遅れていることも関係すると思われるが、それよりも、放射性物質とバイオマス（特に、森林バイオマス）との相性が悪いことも影響していると考えられる。原発事故により大気中に拡散したセシウムなどの放射性物質は、木材などの枝葉や樹皮に蓄積しやすく、それらを燃料として利用する木質バイオマス発電や、ペレットボイラなどの焼却灰には、放射性物質が残存してしまうという問題がある。これは、焼却灰を有価物として売却することを想定していた場合には事業的に損失になる上、場合によっては焼却灰の仮置き場を作って長期保管したり、業者に費用を支払って引き取ってもらったりすることが、将来にわたる事業上の大きな課題となっていると考えられる。

これらの調査結果の中から、宮古市ブルーチャレンジプロジェクトのバイオマス発電と、仙台市・筑波大・東北大の藻類バイオマスの共同研究の内容に焦点を当てて紹介する。

表4.1-1 震災復興のバイオマス関連プロジェクトの一覧

利用形態	内容	バイオマス	事例	事業体もしくは運営	場所	段階	詳細	備考	
エネルギー	バイオマス発電	木質バイオマス、汚泥、農産物残さ	宮古市ブルーチャレンジプロジェクト協議会	ジャパンプルーエナジー	宮古市	計画：2014年秋稼働予定	http://www.city.miyako.iwate.jp/cb/hpc/Article-1852-9486.html	敷地総面積1ha、水素製造量40Nm ³ /h(予定)⇒燃料電池自動車燃料、非常電源燃料。発電出力3000kW(予定)⇒FITに売電。熱利用可能量(重油換算)115万l/年⇒園芸用暖房に利用。	
		木質バイオマス、廃材	やまがたグリーンパワー	やまがたグリーンパワー発電所	山形県村山市	稼働		被災地ではない。	
			やまがたグリーンリサイクル	やまがたグリーンリサイクル	山形県村山市	稼働			
		間伐材、木質チップ	気仙沼スマートシティ	株式会社気仙沼商会	気仙沼市	計画		間伐材の木質チップを燃料としたバイオマスエネルギーの立ち上げプロジェクト。気仙沼の石油会社が、森へ山に循環する資源を担う事業に取り組む。木質バイオマスガス化システムで発生させ、ガスタービンで発電し売電する。	
		釜石スマートコミュニティ	新日本製鉄釜石石炭火力発電所	釜石市	稼働?	http://president.jp/articles/-/6153?page=4	2010年11月から、「バイオマスタウン構想」を推進。市内でIPP(独立系発電事業)を営む出力14万4900キロワットの釜石石炭火力発電所において、木質系バイオマスを混焼させる。混焼率は2%(重量比)で、釜石地方森林組合の協力を得て、年間5000トンの林地残材バイオマスの活用を見込む。		
	ペレットボイラ	木質バイオマス、廃材	木質ペレットによるエネルギー復興プラン			各地		焼却灰からセシウムが検出される(盛岡市など)。	
	メタン発酵	下水汚泥、食品残渣(水産系)	水産バイオマスも活用した地産地消エネルギー供給プロジェクト	気仙沼市		気仙沼市	実証		水産処理場から発生する汚泥のみならず、近隣の水産関連施設からの水産バイオガス回収技術の活用や官民が連携した事業形態のあり方等について検討。
	液体燃料	藻類(オーランチオキトリウム)	仙台市、筑波大、東北大との共同研究	仙台市		仙台市	計画	http://www.city.sendai.jp/business/d/sourui.html	仙台市から筑波大学に対し、藻類バイオマスに関する震災復興のプロジェクトを共同で実施できないか提案、2012年度からの5年間にわたって仙台市、筑波大、東北大との共同研究を実施予定。
エタノール発酵	ソルガム	南三陸復興プロジェクト：大型イネ科食物ソルガムによる焼酎作成	南三陸復興まちづくり機構		南三陸町	計画	http://m3m-kikou.com/?p=31	(農業の6次産業化の一つ)津波の塩害地域にも育つことのできるサトウキビのような「ソルガム」を栽培して、焼酎を作り、やがてはエタノールを生成する。	
マテリアル	地元木材利用	手のひらに太陽の家プロジェクト	NPO法人日本の森バイオマスネットワーク		宮城県登米市	稼働	http://taiyounoie.org/	建材やエネルギーを地産地消し、被災者、地域、環境に優しい復興共生住宅を目指す。	
		宮城県東松島市と復興まちづくりに関する協定締結	住友林業		東松島市	協定	http://sfc.jp/information/news/2012/2012-07-13-1.html	東松島市との情報交換を通じて連携・協力しながら同市が今後推進する「木化都市」実現への取り組みをサポート。	
		南三陸復興プロジェクト：南三陸杉で自宅を建てる	南三陸復興まちづくり機構		南三陸町	計画	http://m3m-kikou.com/?p=89	南三陸杉で、自分の家を作る。500坪100本の杉林で、一軒(30坪)の木造住宅を建造。移動製材機を使用。伐採したら植林する。	
植林⇒養殖漁業	フルボ酸鉄	森は海の恋人プロジェクト	NPO法人森は海の恋人		気仙沼市	震災で中断	http://www.mori-umi.org/	1989年から3万本の広葉落葉樹を植樹。	

各自治体のホームページを参考に作成

4.1.2 宮古市ブルーチャレンジプロジェクト

宮古市ブルーチャレンジプロジェクトは、木質バイオマス施設（BLUEタワー）によって生み出される「電気・熱・燃料（水素エネルギー）」を活用する取組みで、特長は、総面積の9割を森林が占める宮古市の木材を利用することにある。ブルーチャレンジプロジェクトの全体イメージを図4.1.2-1に示す。図から分かるように、このプラントでは、発電施設で既に一般的になっている電気と熱を利用するコジェネレーションに加え、次世代燃料電池自動車の燃料となる水素を発生させることができる。「電気・熱・燃料（水素エネルギー）」の3つのエネルギー供給プラントは、商用としては世界で初の事例となる。建設予定のプラントは、使用する原料として木質バイオマスだけでなく、汚泥や農産物等の残さといった地域バイオマスも活用可能である。このプロジェクトでは、このプラントを起点として、林業の再生、農業の再生、新産業の創出を目指し、多くの民間参加企業（ジャパブルーエナジー、トヨタ自動車、本間組他）が参画して推進される予定である。

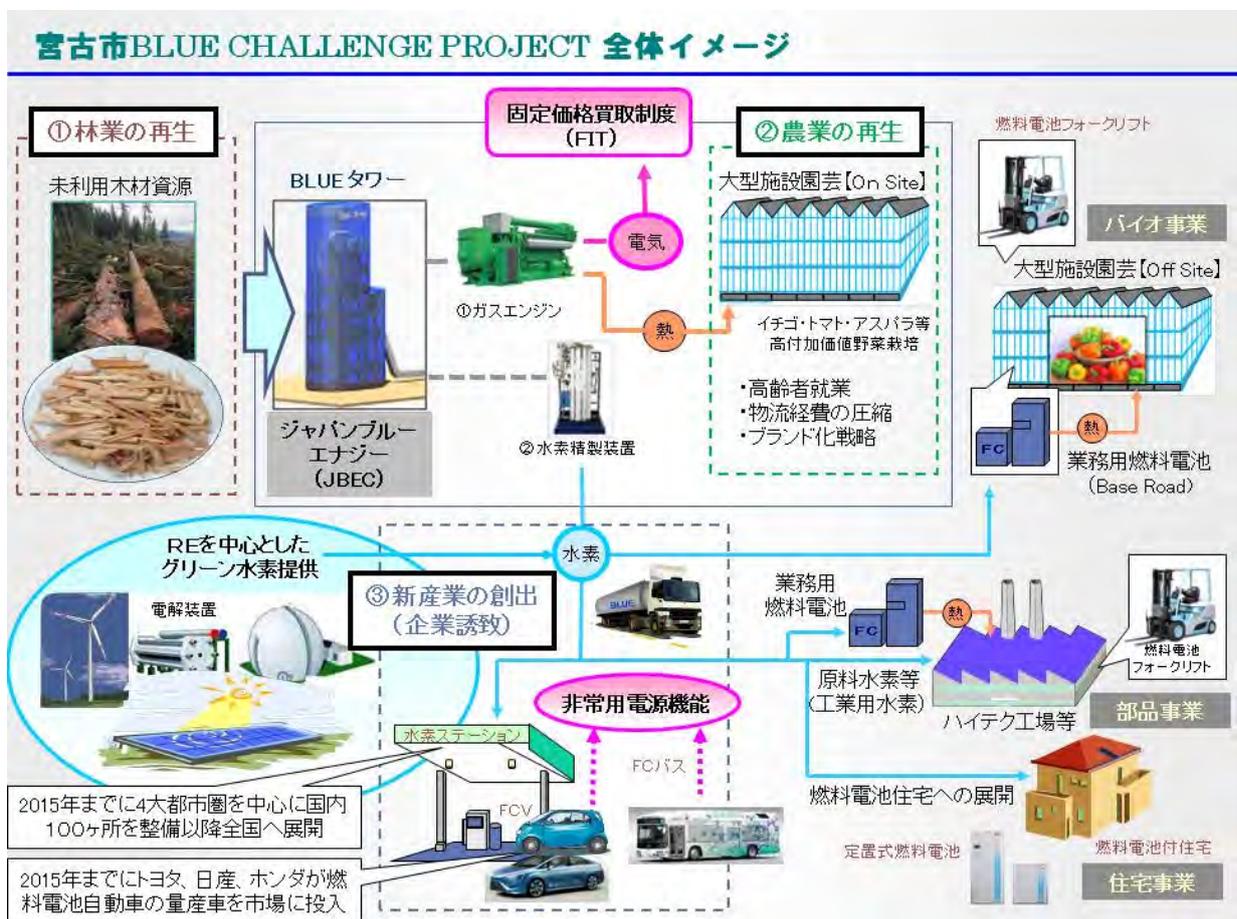


図 4.1.2-1 宮古市ブルーチャレンジプロジェクト全体イメージ

出典：宮古市ブルーチャレンジプロジェクトHP

このプラントの中核を成すのが、(株)ジャパブルーエナジー社が持つBLUEタワー技術である。このBLUEタワー技術は、全く化石燃料を使用しない再生可能エネルギーのみを利用する技術である。間伐材などの木質チップを熱媒体で加熱することによって、水素

リッチなバイオガス（改質ガス）を発生させる。バイオガスは、ガス分離を経て99.99%の高純度水素ガスとして利用することができる。また、ガスエンジンの燃料として使用することで、電気や熱を生み出すことができる。現在、島根県出雲市で実験プラントが稼働しており、その有効性は既に実証されている。

宮古市では、震災で大きな被害のあった地区に、BLUEタワーを建設する予定で、候補地は今後決定される予定である。表4.1.2-1に、宮古市で計画されている木質バイオマス施設（BLUEタワー）の概要を、図4.1.2-2に（株）ジャパンブルーエナジーが保有するBLUEタワー技術の概要を示す。

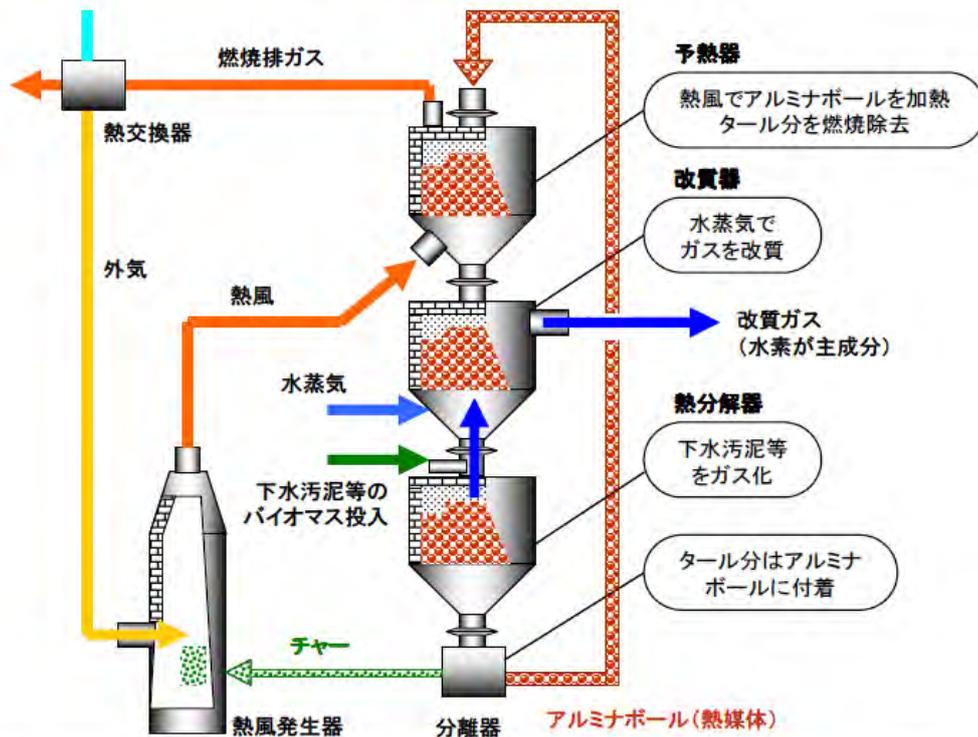
表 4.1.2-1 木質バイオマス施設（BLUE タワー）の概要

項目	概要
施設総面積	ブルータワー敷地 1ha
事業主体	民間企業による SPC（特別目的会社）設立
使用原料	木質バイオマス等
水素製造量	40Nm ³ /h（予定）
発電出力	3,000kW（予定）
熱利用可能量	重油換算で、115 万 l/年（3,500l/日）

出典：宮古市ブルーチャレンジプロジェクト協議会HP、
木質バイオマス施設：BLUEタワー

図 4.1.2-2 に示す通り、BLUE タワー技術の最大の特長は、熱媒体としてアルミナボールをタワー内に循環させて使用することにある。熱分解器において、木質チップや下水汚泥等のバイオマス原料が、高温に加熱された多量のアルミナボールに接触することでメタン等のバイオガスが発生する。さらに改質器において、バイオマスガスがより高温のアルミナボールと水蒸気に接触し、水蒸気改質反応等を経て、バイオ水素が製造される。このアルミナボールの循環によって、熱が各部に伝わるだけでなく、従来プラントの機器トラブル（閉塞等）の主要因となるタールの発生抑制・除去を可能とする技術である。

この木質バイオマス施設である BLUE タワーは、宮古市内の震災で大きな被害のあった地区に建設される予定で、2014 年秋の稼働を目指して計画が進められている。



※「BLUEタワー®」「BLUE水素®」は、株式会社ジャパンプルーエナジーの商標登録です。

図 4.1.2-2 BLUE タワー技術の概要

出典：(株) ジャパンプルーエナジーHP

4.1.3 仙台市の藻類バイオマス活用

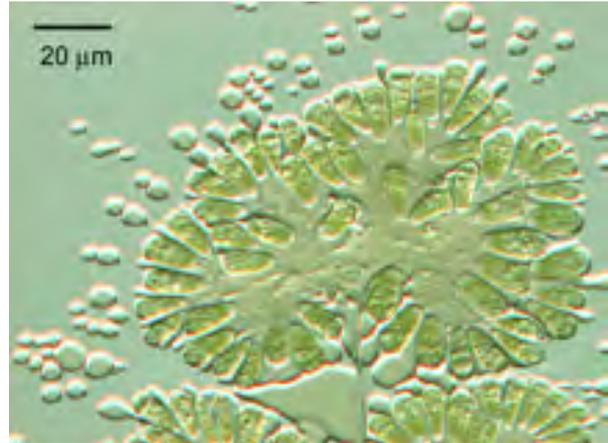
仙台市では筑波大学・東北大学と連携し、生活排水を吸収して石油成分を生産する藻類バイオマスの研究・開発を推進している。津波により被災した南蒲生浄化センターを拠点として、藻類による燃料生産と新しい循環型システムの研究開発に取り組み、仙台市のみならず、東北の被災地、そして全国へ展開可能な「仙台モデル」の構築を目指している。

写真4.1.3-1に生活排水から石油成分を生産する微細藻類である、オーランチオキトリウムとボトリオコッカスの拡大写真を示す。オーランチオキトリウムは、光合成をせずに、下水や汚泥に含まれる有機物を取り込んで増殖する。ボトリオコッカスは光合成をして増殖するが、下水処理水に含まれる窒素やリンを栄養として利用する藻類である。これら二つの藻類を用いて、エネルギーを多量に消費する下水処理から、新たにエネルギーを創り出す技術を確認する計画となっている。

この藻類による炭化水素生産のしくみを図4.1.3-1に示す。下水から取り出した余剰有機汚泥から、オーランチオキトリウムなどの従属栄養性藻類の培養により炭化水素を生産する。さらに、下水の二次処理水から取り出した窒素やリン分から、ボトリオコッカスなどの独立栄養性藻類を培養し炭化水素を生産するしくみである。独立栄養性藻類の培養には光合成が必要であるため、屋外の培養フィールドが必要となる。



オーランチオキトリウム



ボトリオコッカス

写真 4.1.3-1 生活排水から石油成分を生産する藻類

出典：仙台市HP、藻類バイオマスに係る研究開発の推進

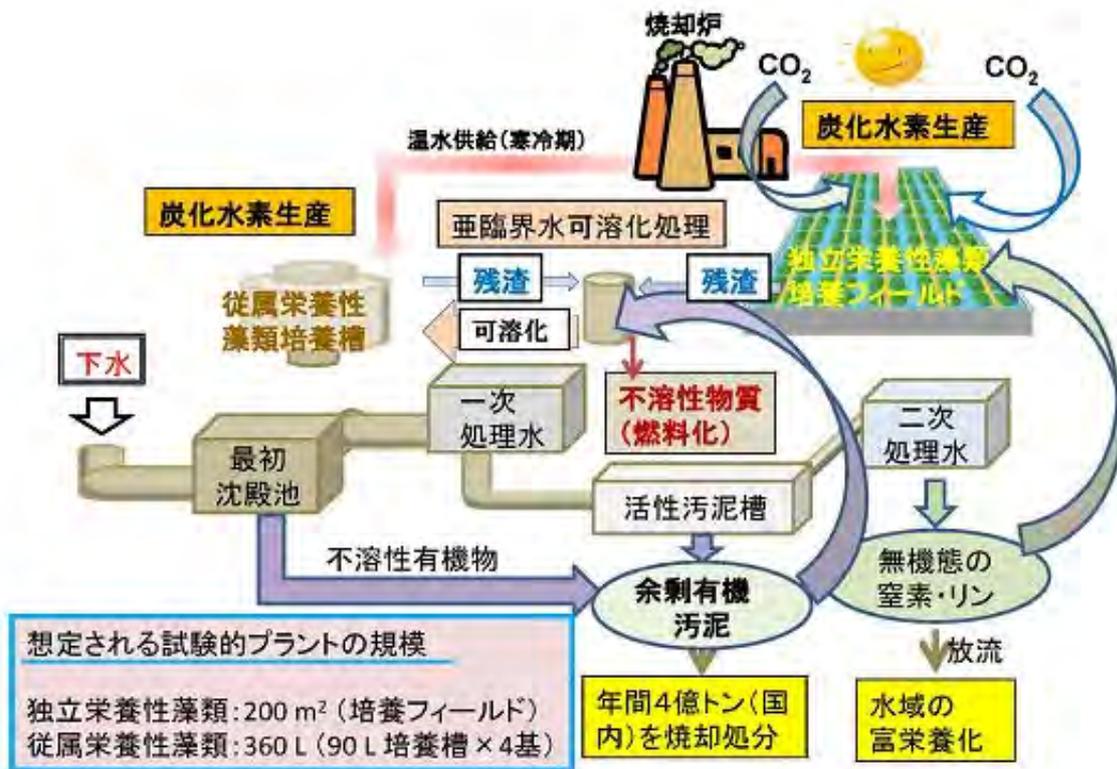


図 4.1.3-1 藻類による炭化水素生産のしくみ

出典：仙台市HP、藻類バイオマスに係る研究開発の推進

仙台市は震災復興計画において、これまでのエネルギー供給のあり方を都市としての課題にあげ、重点事業である「100万人の復興プロジェクト」に省エネ・新エネプロジェクトを掲げ、その一環として本研究開発を位置づけている。また、東北経済連合会、東北大学、宮城県および仙台市の四者で地域経済や産業の活性化に向けた活動を推進する産学官連携ラウンドテーブルにおいて、「東日本大震災からの産業復興に向けた産学官共同宣言」に藻類バイオマス構想を明記し、地域の産学官が一致協力して推進する取り組みとして位

置づけている。

このような背景の下、筑波大学、東北大学および仙台市は、この研究開発を連携して進めていくために、共同研究協定を締結している。この協定に基づき、三者がそれぞれの役割をもって研究開発に取り組む計画となっている。共同研究の体制を図4.1.3-2に示す。

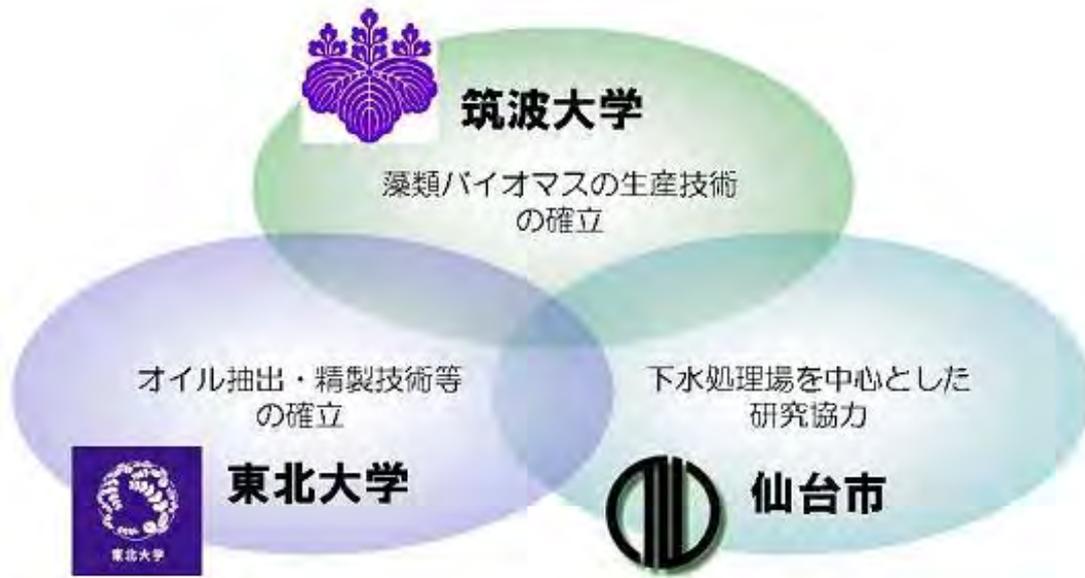


図 4.1.3-2 共同研究の体制

出典：仙台市HP、藻類バイオマスに係る研究開発の推進

また、この研究開発は、文部科学省の東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクト「東北復興のためのクリーンエネルギー研究開発推進事業」に採択されている。この事業は、東北の風土や地域性等に応じた再生可能エネルギー技術に関する研究開発を行うもので、東北大学を中核機関とし、2012年度からの5年間にわたって複数のプロジェクトを実施するものである。この仙台市の藻類バイオマス利用プロジェクトのスケジュールを図4.1.3-3に示す。実験室規模の基礎研究、室内培養施設による研究を経て、2016年度中に屋外施設による実証研究を完了する計画である。

	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
実験室規模の 基礎研究	培養、抽出、利用の最適化		高次のシステム構築に向けての基礎実験		
室内模培養施設 による研究	藻類オイル生産利用の大規模化のための基礎実験			エネルギー効率化のデータ取得	
屋外施設による 実証研究		屋外施設の設計	藻類オイル生産の最適化のためのデータ取得		

図 4.1.3-3 プロジェクトのスケジュール

出典：仙台市HP、藻類バイオマスに係る研究開発の推進

4.2 二つのプロジェクトにおいて想定される課題と来年度の予定

4.2.1 想定される課題

今回紹介した、宮古市ブルーチャレンジプロジェクトと仙台市のバイオマス活用プロジェクトに関しては、実証実験が開始されていない計画段階であるので、現時点での事業性評価は困難であるが、前章までの報告でも述べられているとおり、以下の一般的な課題が想定される。

宮古市ブルーチャレンジプロジェクトにおいては、FITによる電力の長期買い取り制度の継続性が課題であるし、さらに、燃料となる間伐材など未利用木材の安定的な調達も大きな課題となるはずである。さらに、水素燃料コミュニティの実現に向けては、今後の水素インフラの普及加速と燃料電池自動車の低コスト化・普及が大きな課題となるはずである。

仙台市のバイオマス活用プロジェクトに関しては、寒冷地における藻類の大量生産技術の確立が最も重要な課題となるはずである。特に、東北地方という寒冷地における藻類の大量培養には大きな技術的な課題があると考えられる。さらに、これらの藻類バイオマスによる炭化水素生産を、クリーンエネルギーとしてどのように街づくりに生かして行くかは今後検討すべき大きな課題であると考えられる。

4.2.2 来年度の予定

今回の報告では、日本の風土に沿ったバイオマス循環社会を提案することを目的に、現在、被災地で実証されはじめたバイオマス関連の復興計画事例を調査し、活用目的別、地域別、対象バイオマス別に整理した。さらに、これら調査結果の中から、宮古市ブルーチャレンジプロジェクトのバイオマス発電と、仙台市・筑波大・東北大の藻類バイオマスの共同研究の内容に焦点を当てて紹介した。

一方、震災復興に向けたバイオマス資源循環型社会の構築のためには、都市部での集中型と、農村部での分散型の社会構築が必要で、都市部でのバイオマスの集約型高効率利用と、農村部でのバイオマスの独立分散型利用を繋ぐスマートコミュニティの形成が鍵となるはずである。

そこで来年度は、これらのバイオマス関連の復興計画事例の中から、いくつかの事例を選んで事例調査のための現地視察を実施し、それらを踏まえて、震災復興に向けたバイオマス資源循環型社会としてのスマートコミュニティの独自モデルを提案する予定である。

第5章 バイオマス利用の事例調査

5.1 三浦バイオマスセンター

調査日：2012年8月30日（木）10:00～12:20

場 所：〒238-0105 神奈川県三浦市南下浦町毘沙門 2305 番地 6

1) 説明者

三浦地域資源ユーズ株式会社
代表取締役専務 吉田茂 氏

2) 入手資料

施設パンフレット
三浦地域資源ユーズ（株）の設立とその後の主な経過及び建設工事等の概要

3) 概要

(1) 取り組みの背景

し尿・浄化槽汚泥を処理してきた三浦市衛生センターが老朽化し、立替えが必要となったため、三浦市と三浦商工会議所の呼びかけにより、平成18年7月に「三浦地域資源ユーズ株式会社」が市内外の経済・民間団体16者（現在では28者）の出資により設立され、国の交付金を受けて、し尿・浄化槽汚泥をはじめとするバイオマス資源を処理する「三浦バイオマスセンター」を建設した。

「し尿」「浄化槽汚泥」の他に「農作物収穫残さ」「水産物残さ」「下水道汚泥」も受入れており、処理過程で生成したバイオガスを利用して、熱・電気を作り、施設を稼働するエネルギーとして利用している。また、堆肥も生産して農地に還元している。

(2) 会社概要（三浦地域資源ユーズ（株））

①会社設立：平成18年7月19日

②資本金：5,030万円

③事業費：建設費 17億4,468万円(交付金：約8億2,654万円)
15年間の運転管理委託料 26億2,616万円

④定款上の事業：「三浦市地域再生計画」と「三浦市バイオマスタウン構想」に関する業務、三浦バイオマスセンターに関する業務

(3) 施設概要

①建設：平成21年5月着工、平成22年5月完成

②処理方式：中温発酵方式（約35℃）

③設計施工：三井造船環境エンジニアリング（株）

④計画処理量：し尿・浄化槽汚泥 60～65kl/日
農作物残さ 約20t/日

水産物残さ 約 0.5t/日

公共下水道汚泥など 約 4~6t/日

⑤搬入形態：バキューム車／一般農家による軽トラなど

⑥計画発生ガス量：約 1,000Nm³/日（メタンガス濃度 約 60%）

⑦発生ガスの用途：発電（場内利用、系統連連系）、熱利用（暖房、発酵槽加温）

⑧副産物：脱水後の固形分は堆肥として利用

⑨排水処理方法：生物処理後海域放流、場内洗浄水など有効利用

4) 処理施設

施設のシステムフローを図 5.1-1 に、プラント設備の写真を写真 5.1-1~16 に示す。

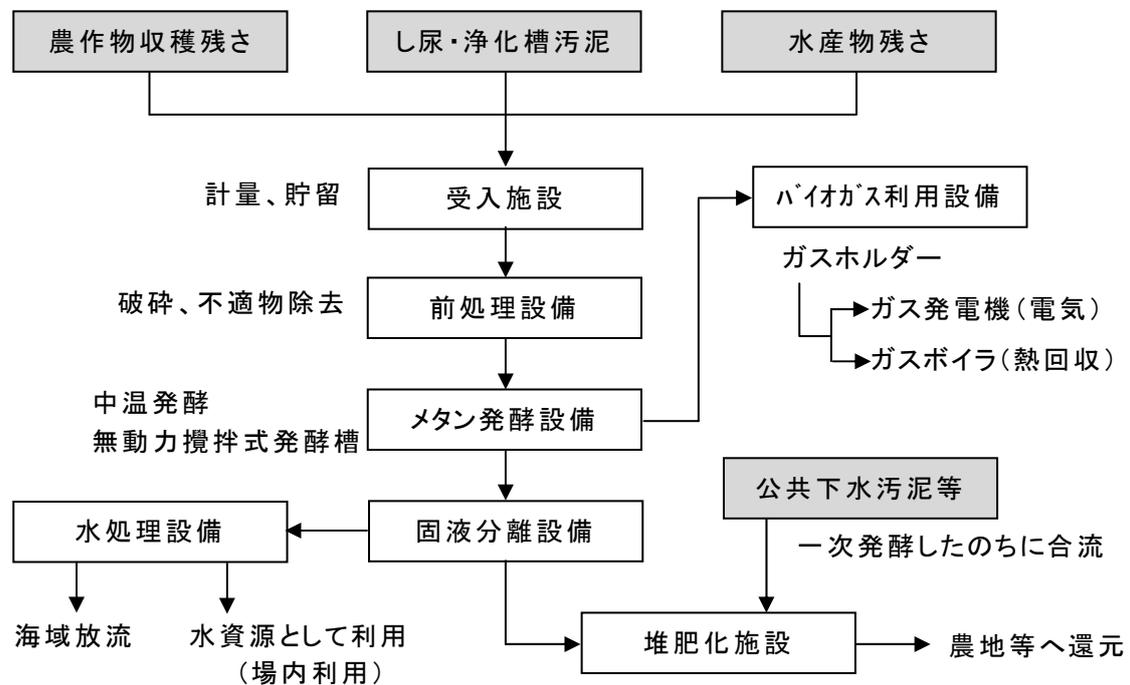


図 5.1-1 施設のシステムフロー

出典：三浦地域資源ユーズ（株）HP



写真 5.1-1 施設の外観

出典：三浦地域資源ユーズ（株）HP より

(1)受入設備

搬入者は事前に配布された IC カードで搬入重量を記録した上で、処理対象物の種類ごとに受入口に投入する。

実際の処理量は、し尿・浄化槽汚泥は計画値の 85～90%、農作物収穫残さは季節変動が大きいですが、平均して 8t/日程度、水産物残さは 0～100kg/日であり、実処理量は計画値よりも少ない。



写真 5.1-2 計量装置



写真 5.1-3 農作物収穫残さタンピングボックス



写真 5.1-4 し尿・浄化槽汚泥受入室



写真 5.1-5 水産物残さ破砕機

(2) 前処理設備

(a) し尿・浄化槽汚泥

砂、夾雑物を除去した後、前処理脱水機にて固液分離し、脱水汚泥はメタン発酵設備、脱離液は水処理設備に移送される。



写真 5.1-6 夾雑物脱水装置



写真 5.1-7 前処理脱水機

(b) 農作物収穫残さ

破砕した後、中継槽、貯留槽を経て、メタン発酵設備に移送される。

試運転時に、蔓・葉・茎による破砕機トラブルが発生した。現在、蔓は専用のコンテナに投入してもらい、場外搬出・処分している。葉・茎については、揉摺型の破砕機を2台追加することで処理可能となった。

包丁、カマ、靴などの異物の混入があり、破砕機でのトラブルが相次いだ。搬入農家への説明会を繰り返し行うことで、かなり改善し、現在では土以外の異物混入はほとんどなくなった。



写真 5.1-8 蔓受入コンテナ



写真 5.1-9 残さホッパ、破碎機

(c) 水産物残さ

破碎後、メタン発酵設備へと移送される。

(d) 下水道汚泥

受入後、資源化設備へと移送される。

(3) メタン発酵設備

し尿・浄化槽汚泥の脱水汚泥、農作物収穫残さの破碎物、水産物残さの破碎物を調整槽に受入れ、生物処理後の排水処理水にて加水を行い、メタン発酵槽に投入する。

メタン発酵槽では、メタン菌の働きで有機物を分解し、バイオガスを発生させる。メタン発酵槽は 900m³、ガスホルダーは 600m³の容量となっている。バイオガスは熱効率の面で有利なボイラ燃料に優先的に使用している。このため発電量は計画では施設内電力の約 11%を賄う予定であったが、実際には約 4%程度にとどまっている。



写真 5.1-10 メタン発酵槽



写真 5.1-11 ガスホルダー

(4) 資源化設備

下水道汚泥を散気しながら攪拌し、約 14 日間一次発酵させ、この一次発酵物とメタン発酵の脱水汚泥を混合しながら、さらに約 14 日間二次発酵する。

堆肥の生産量は 1.3t/日程度。「M バイオ・たいひくん」と呼び、肥料取締法第 7 条の大臣登録も受け、また神奈川県のリサイクル製品として登録もされている。希望者には、15kg 袋詰は 100 円/1 袋、軽トラ等への直積みは無料にて提供している。



写真 5.1-12 一次発酵装置



写真 5.1-13 「M バイオ・たいひくん」

(5) 脱臭設備

臭気は生物脱臭塔(処理棟高濃度臭気用)、汚泥スクラバー(堆肥棟高濃度臭気用)、薬液洗浄塔、活性炭吸着装置の多段処理を経て大気放出される。

下水道汚泥の臭気が強いせいか、活性炭の傷みが早い。計画では活性炭の交換頻度は 1 年に 1 度の予定であったが、実際には 6 ヶ月に 1 度交換している。



写真 5.1-14 生物脱臭塔



写真 5.1-15 薬液洗浄塔



写真 5.1-16 活性炭吸着装置

5) 事業性

三浦バイオマスセンター施設の事業運営スキームを図 5.1-2、処理対象物ごとの年間処理量実績（2010年11月～2011年10月）の内訳を図 5.1-3 に示す。

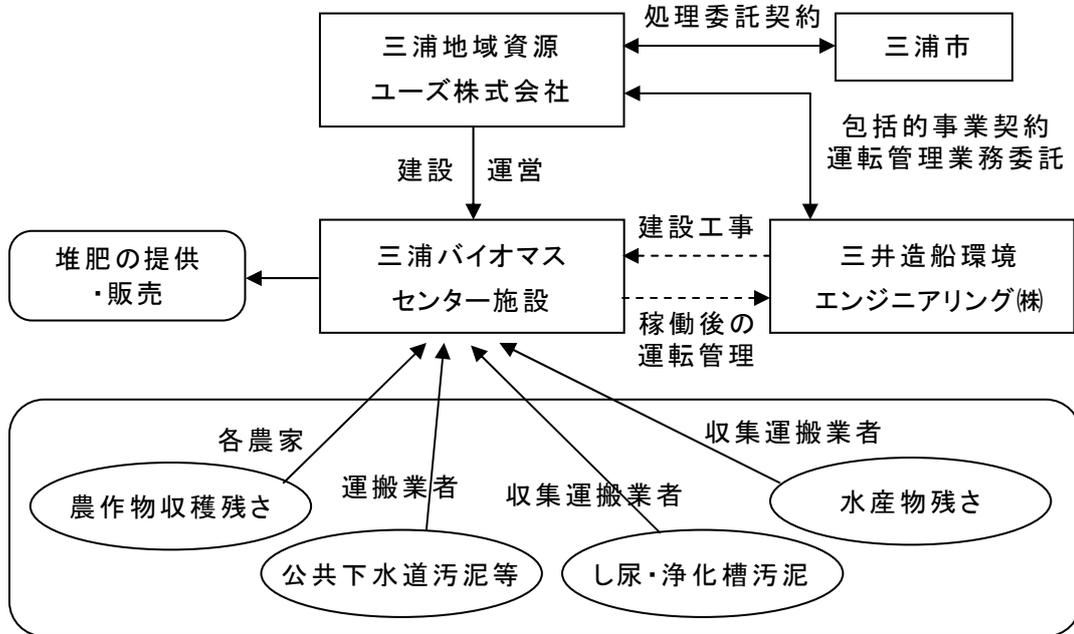


図 5.1-2 施設の事業運営スキーム

出典：三浦地域資源ユーズ（株）HP

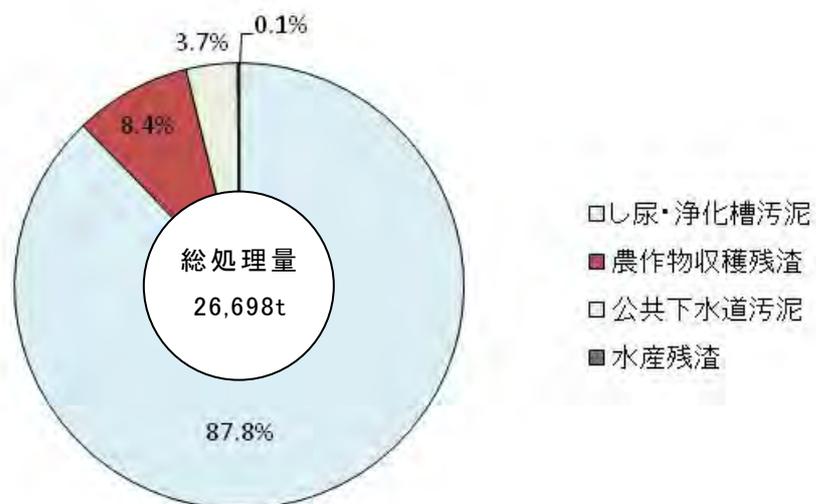


図 5.1-3 年間処理量実績（2010年11月～2011年10月）の内訳

出典：三浦地域資源ユーズ（株）HP

建設費については国の交付金と金融機関からの借入により支払い済みである。

稼働後は、三浦市から処理委託料収入を得て、それをもって、運転管理委託業者へ運転管理費を支払い、また借入金の元利返済額を確保して、残りを会社の運営費に充てることで、15年後には一定の黒字を出す収支計画で運営している。

処理量の大部分を占めるし尿・浄化槽汚泥については、処理委託料の単価を一年ごとに三浦市と協議できることになっており、人口の減少等により処理量が減っても、一定の金額が確保できるようになっている。

堆肥の売上については、当初から売上収入とほぼ同額の袋製作費を支出で見込んでいたため、売上が少なくても運営上は問題ない。しかしながら現在、堆肥生産量に対して、販売量が少ないため、徐々に余剰の堆肥が場内に積み上げられており、近々廃棄処分をする予定である。廃棄処分費は運転管理受託側の責任となっているため、三浦地域資源ユーズ（株）の運営上は問題ないが、運転管理受託業者の負担減および、資源の有効利用という観点から、解決すべき課題であると認識し、堆肥の利用促進方策の検討や提供・販売先の拡大に努めている。

施設の運転員は、所長を含め7名。所長以外の6名は地域雇用による。

6)所感

通常、市町村が処理を行う、し尿・浄化槽汚泥の処理施設を民間会社が建設、運営するという画期的な事業スキームにより成り立っている。

民間企業が県への許可申請を行うことの難しさや、金融機関からの融資の受け方、国からの交付金の活用方法など、民間企業が一般廃棄物および産業廃棄物処理施設を建設・運営するノウハウが蓄積されつつある。

決まった金額の処理委託費が市から得られることと、不安定な副生成物である堆肥は収支をバランスさせていることで安定した事業運営を可能にしている。

堆肥の生産量が販売量よりも多く、余剰堆肥が蓄積されることについては、他の施設においても起こりうる課題でもあるため、今後の解決を期待したい。

5.2 やまがたグリーンパワー株式会社

調査日：2012年8月3日（金）13:15～15:30

場 所：〒995-0208 山形県村山市大字富並字大沢 4083-1

1) 説明者

やまがたグリーンパワー（株） やまがたグリーンパワー発電所
業務係 主任 鈴木崇之 氏

2) 入手資料

施設パンフレット

3) 内容

(1)会社概要

やまがたグリーンパワー（株）は、日本バイオマス開発（株）の事業関連会社の一つで「やまがたグリーンパワー木質バイオマス発電所」を運営している。

発電に必要な木質バイオマスチップは、数 km 離れた関連会社「やまがたグリーンリサイクル（株）」のもつ「やまがたグリーンリサイクル木質バイオマスリサイクル工場」から供給される。

会社設立は、2005年7月29日、発電所は2006年5月着工、2007年1月完成、送電開始。

資本金は8,750万円 総事業費は、約15億円（建屋2億円、プラント13億円）、経済産業省資源エネルギー庁からの補助金3億5,000万円を活用。なお発電所の敷地（6,200㎡）は借地。

従業員は、10名（責任者1名、運転員8名、事務1名）3交代制。

(2) 発電所（やまがたグリーンパワー木質バイオマス発電所）概要

発電形式は、アップドラフト式ガス化炉+ガスエンジン発電機、設計施工はJFEエンジニアリング（株）。

定格出力は2,000kWで約4,000世帯の電気使用量に相当。発電効率は、30%。年間稼働日数は約320日。定期整備に30日程度を要す。

木くずチップ（切削チップ+破砕チップ+被災木チップ）を燃焼。燃焼消費量は60t/日。現在、燃料としての木質バイオマスの割合は切削チップ：破砕チップ：被災木チップ＝3：2：5。

本発電方式のメリットとしては、直接燃焼式のボイラよりエネルギー効率がよいこと。小規模に適していること。

また含水率の高いチップを用いることが可能であること。具体的に受け入れ可能な木質の含水率は28%～65%まで。乾きすぎた場合は逆に水の添加が必要である。

デメリットとしては、タールの処理が必要なことと、設備が複雑で扱いが比較的难度なこと。

アップドラフト方式の特徴は、ガス化温度が低いため、ダウンドラフト方式と比較してタールが発生しやすい。

ここでも生成ガスの温度は75℃と低いため、熱源としての利用は行っていない。

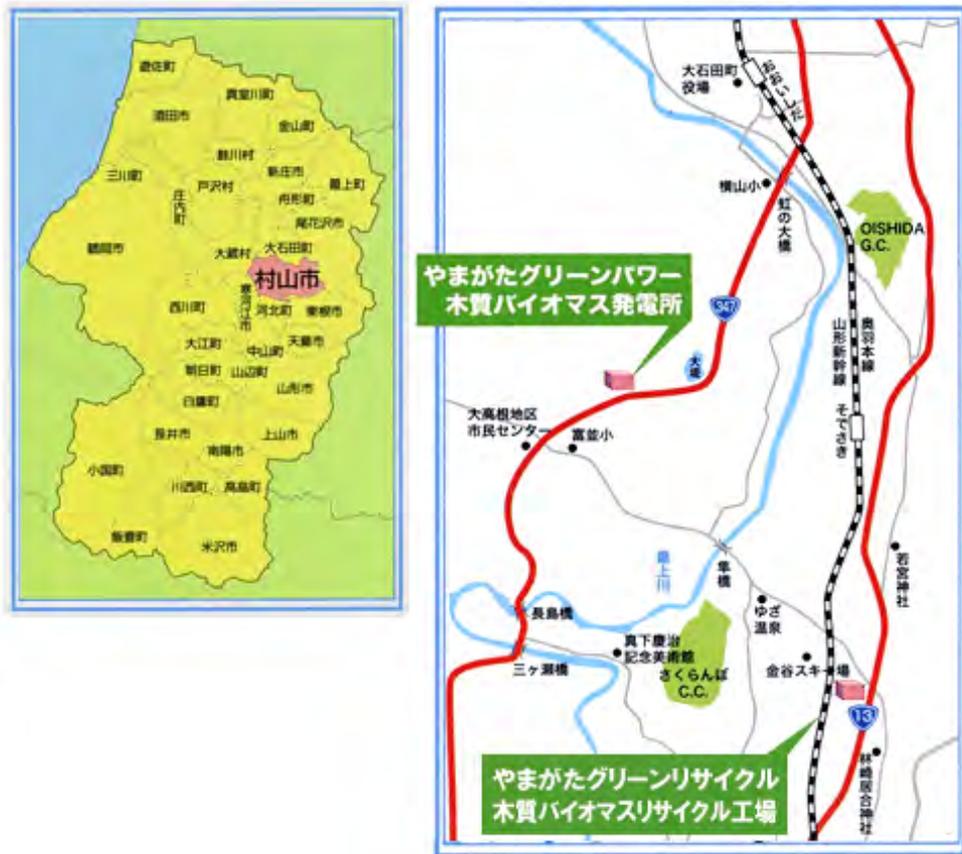


図 5.2-1 やまがたグリーンパワー（株）の位置

出典：やまがたグリーンパワー（株）HP



写真 5.2-1 木質バイオマス発電所全景

出典：やまがたグリーンパワー（株）パンフレット

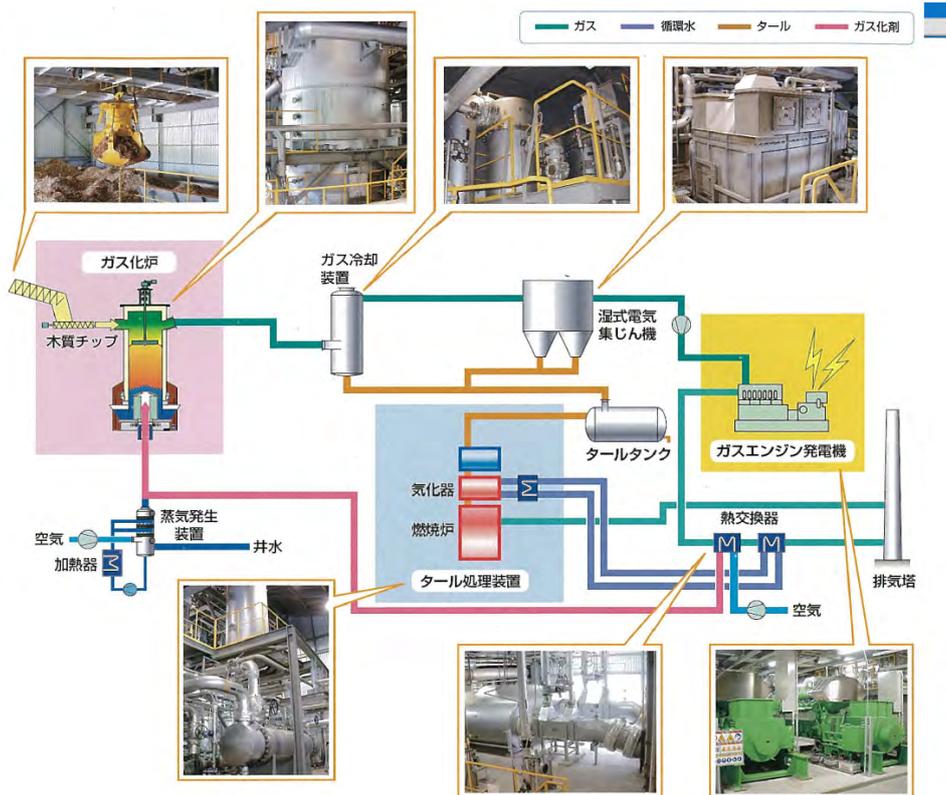


図 5.2-2 やまがたグリーンパワー木質バイオマス発電所設備フロー

出典：やまがたグリーンパワー（株）パンフレット



写真 5.2-2 木質バイオマス発電所の送電施設

(3) 売電

新エネルギー等発電設備(RPS)認定を取得し、東北電力に売電。売電価格は開示できない。また場内使用電力はグリーン電力契約済み。2011年の実績では、500万kWh発電し、400万kWh売電した。

2012年7月1日から施行された電力の固定価格買取制度(FIT)については、申請を検討中。

固定価格買取制度(FIT)については、資源エネルギー庁からの補助金を受けているので減額される。さらに新規ではない既稼動施設のため割引される。

またチップの由来によっても買取価格は異なる。これらのことも考慮に入れ、電力会社以外への売電も視野に入れて検討している。

(4) 副産物

① 焼却灰

被災木を混入しない時点では、土壌改良剤として農家へ還元利用していた。

その時点の発生量は、300kg/日、96t/年で、投入木質バイオマスの0.5%ほど

現在は、被災木を受け入れたため、受け入れ前より5~10倍発生している。これらは全量産業廃棄物として埋め立て処分している。

② タール

タール含有水(木酢液)は30~40t/日発生するが、これを比重分離し、沈殿分(1~2t/日)を40円/lでA重油代替燃料として前田道路(株)へ販売している。出荷頻度は2週に1回程度。カーボンニュートラルの燃料として評判はよい。



写真 5.2-3 タールタンク

③ その他

水は冷却水として用いるだけなので、排水は井戸水と同等な水質。最上川へ放流している。

木酢液は以前、無償で地元住民に提供していた。成分管理が難しく販売にはいたっていない。被災木を受け入れてからは、全量煮詰めた後、場内のボイラ燃料として使用している。

(5) 被災木の取扱

2011年7月7日より、気仙沼の被災木の受け入れと処理を開始。2011年の受け入れ量は約5,000t。

受け入れにあたっては、住民説明会を開催するなど地元住民や自治体と十分話し合い、理解してもらった。被災木の放射線量のデータも公開し、問題ないことを確認した。

被災木の受け入れは、気仙沼市のみ限定であり一時的な措置であることも強調した。村山市、大石田町と協定を結び、放射線量などが設定値を超えた場合行政指導で、操業中止も盛り込んだ協定を交わした。

気仙沼で、ある程度の大きさに砕いて、異物を取り除いた後、こちらでガス化炉に適した大きさまでチップ化している。

被災木を受け入れてからは、焼却灰の発生量が5倍程度に増加。放射性セシウム濃度は250Bq/kg程度で指定廃棄物となる8,000Bq/kgより十分低く、問題はない。

受け入れ被災木の放射能もチェックしている。値は小さく問題はない。

被災木の受け入れに伴う問題点は、混入する金属があること。鉄は磁石で分別できるものの、アルミの粉は残る。

被災木の塩分については、問題はない。プラントがステンレス製であり、腐食に強いこと。また発生するタールがプラントをコーティングしているようである。

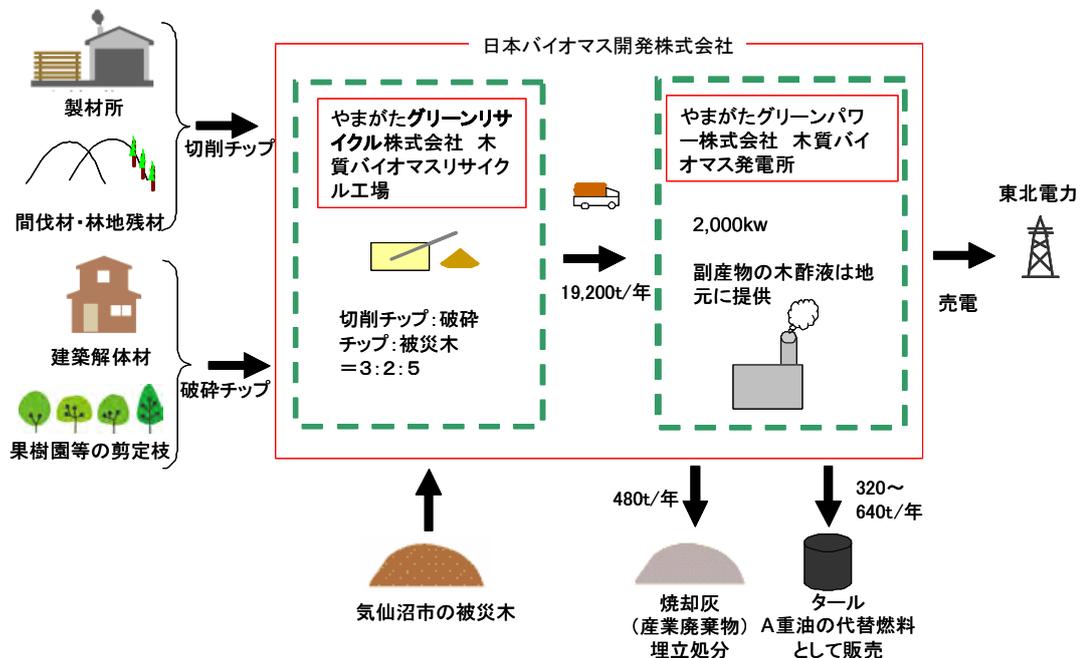


図 5.2-3 やまがたグリーンパワー（株）の木質バイオマスの流れ

4) 所感

被災木を受け入れる際のプロセスにおいて、住民への丁寧な説明が行なわれた。こうした誠実さゆえに、大きな反対もなく受け入れられたようだ。バイオマス発電は、一般の方にとり、わかりにくい部分があるように思われる。わかりやすい言葉での説明責任は大切である。

発電施設を 24 時間安定して稼働させるためには、燃料である木質バイオマスを恒常的に供給する必要がある。ここでは、製材所からの端材、間伐材・林地残材、建築解体材、果樹園等の剪定枝など様々な種類の資源を使用している。原料調達のリスク分散の観点からも望ましいし、原料に偏りのない利用の姿はサーマルリサイクルという静脈産業のありうべき姿であろう。

再生可能エネルギーへの期待が高まっている中、創設された固定価格買取制度は、一般にはその普及への追い風となっている。しかし既存施設にとっては必ずしも恩恵がもたらされるものではないらしい。電力の自由化の動きもあり、変動する社会情勢を踏まえて、事業収支が最適となる売電先については今後も検討の余地があるようだ。

5.3 (株) グリーン発電会津

調査日：2012年10月16日(火) 10:30～12:00

場 所：〒969-3464 福島県会津若松市河東町工業団地1番地1

1) 説明者

株式会社 グリーン発電会津

広報担当 佐竹 氏

2) 入手資料

グリーン発電会津 事業実施計画書要約、会社案内

ノーリン 会社案内、グリーン・サーマル 会社案内

3) 概要



写真 5.3-1 (株) グリーン発電会津の施設全景

出典：(株) グリーン発電会津 パンフレット

(1) 取り組みの背景

日本の林業が陥っている負の連鎖（安い外国輸入材が市場に出回っており売れない。売れないから伐採しない、森は荒れ、林業の担い手が育たない）から脱却するため、政府による事業促進「森林整備加速化プロジェクト」によって間伐事業が進行中。課題は間伐、主伐によって発生する未利用材の用途がないこと。この未利用材をバイオマス利用することにより、森林資源が100%利用可能になる。

地元林業会社である（株）ノーリンと、発電所ノウハウを持つグリーン・サーマル（株）が共同出資し、事業実施主体である（株）グリーン発電会津を、2010年12月に設立、2012年7月から商業運転開始。未利用C、D材(図5.3-1参照)のチップを燃料とし、高効率ボイラによる汽力発電技術により、総発電量5,700kW、送電量4,700kWを達成した。これまでのところ、トラブルなく運転中である。

(2) 会社概要〔(株)グリーン発電会津〕

- ①会社設立：2010年12月1日
- ②資本金：1億3,300万円
- ③社長：滝澤 誠〔グリーン・サーマル（株）の取締役を兼務〕
- ④事業費：建設費 約19億円（農林水産省交付金：約9億円強）
総事業費 約25億円
- ⑤事業内容：発電及び電力の供給、発電所の運営、蒸気・温水その他の熱エネルギーの供給

(3) 施設概要

- ①建設：2011年6月着工、2012年4月完成、7月商業運転開始
- ②バイオマス変換方式：高効率循環流動層式ボイラによる汽力発電技術
- ③ボイラ・発電機器メーカー：住友重機械工業（株）
- ④ボイラ形式：小型循環流動層（CFB）ボイラ
※ 住友・フォスターウィラ型循環流動層（CFB）ボイラの特徴を継承した新開発の小型発電設備
- ⑤発電規模：約5,000kW（約10,000世帯分）
- ⑥ボイラ最大連続蒸発量：25万t/h
- ⑦主蒸気圧力：5.4MPa（ゲージ）
- ⑧主蒸気温度：450℃
- ⑨発電方式：蒸気タービン駆動
- ⑩燃料使用量：年間約60,000t（木材チップ・水分40%ベース）
- ⑪稼働時間：24時間
- ⑫発電効率：約26%
- ⑬運転作業：3人の4チーム制、合計12人で24時間運転

4) 事業と施設の詳細

(1) 本事業の意義と実施主体

（株）グリーン発電会津の事業の意義は以下の図5.3.1のとおりで、森林資源の

100%利用の実現である。建材となる A 材、紙パルプ材となる B 材以外の、曲り木材である C 材、樹皮や枝葉からなる D 材は、今まで未利用であった。これらの未利用材のバイオマス燃料利用が事業の主目的となる。また、事業主体と出資関係は図 5.3-2 のとおりである。

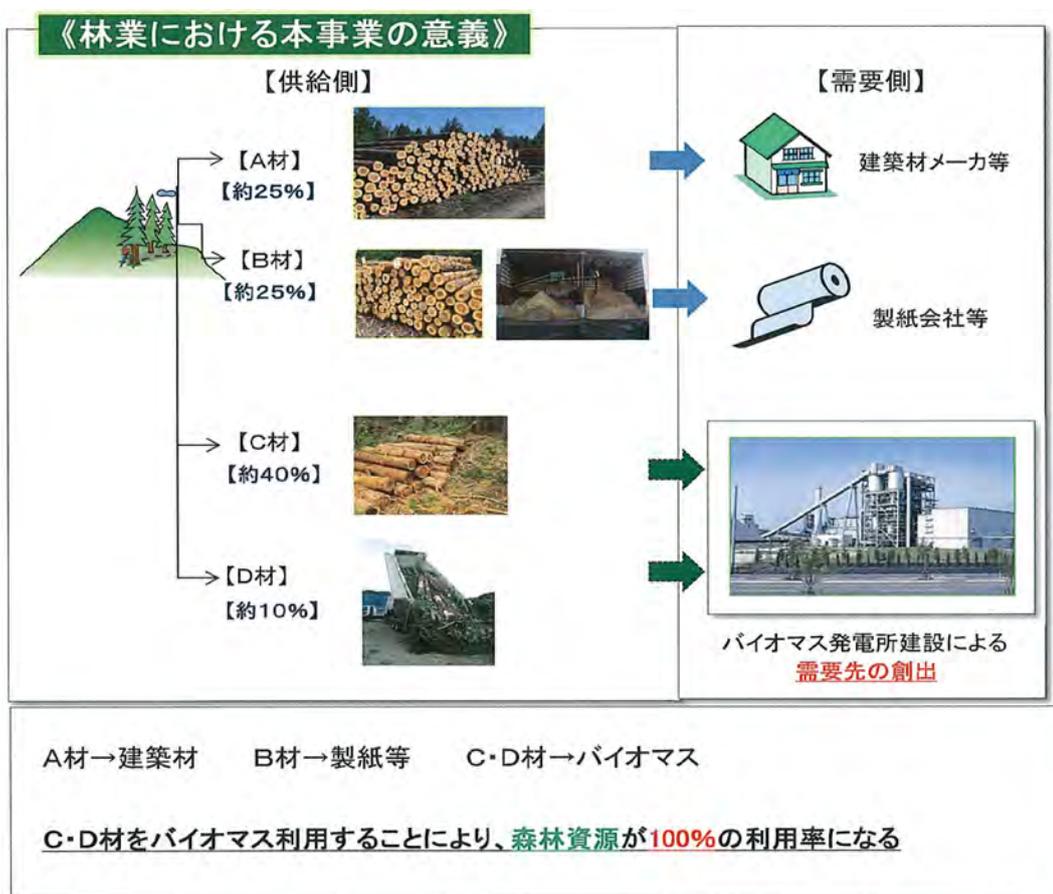


図 5.3-1 (株) グリーン発電会津の事業の意義

出典：(株) グリーン発電会津

【事業実施主体の概要】



図 5.3-2 (株) グリーン発電会津の事業実施主体

出典：(株) グリーン発電会津

(2) 発電設備

以下の図 5.3-3 のとおり、(株) ノーリンからチップ状態にしてトラック搬送され

たチップ燃料は、一旦ストックヤードに保管された後、乾燥機能付きコンベアにてボイラに供給される。チップは、循環流動層式ボイラで燃焼し、高温の蒸気を発生する。発生した蒸気は蒸気タービンに送られ、発電機を駆動する。発電機の電力は、変圧器を介して 66,000V の特高压引込み線を介して売電される。蒸気タービンから排出された蒸気は、熱交換器、冷却塔で冷却され、再度ボイラに供給される。冷却塔の冷却水は、地下水を利用し、排水処理設備、排水池（鯉が多数泳いでいる）で放流の安全基準を確認後に、放流している。これらの発電設備の運転は、コンピュータによる自動化が図られ、4チームの3交代制で監視、運転作業を実施している。すべての情報は中央制御室にて集中管理されている。

発電諸設備の概要(小規模分散型木質専焼バイオマス発電施設)

商業運転開始	平成24年7月
敷地面積	約10,000㎡
ボイラ型式	小型循環流動層(CFB)ボイラ ※住友・フォスターウィラ型循環流動層(CFB)ボイラの特徴を継承した新開発の小型発電設備
発電規模	約5,000kW(約10,000世帯分)
ボイラ最大連続蒸発量	25t/h
主蒸気圧力	5.4MPag(メガパスカルゲージ)
主蒸気温度	450℃
発電方式	蒸気タービン駆動
燃料使用量	年間約60,000t(木質チップ・水分40%ベース)
稼働時間	24時間

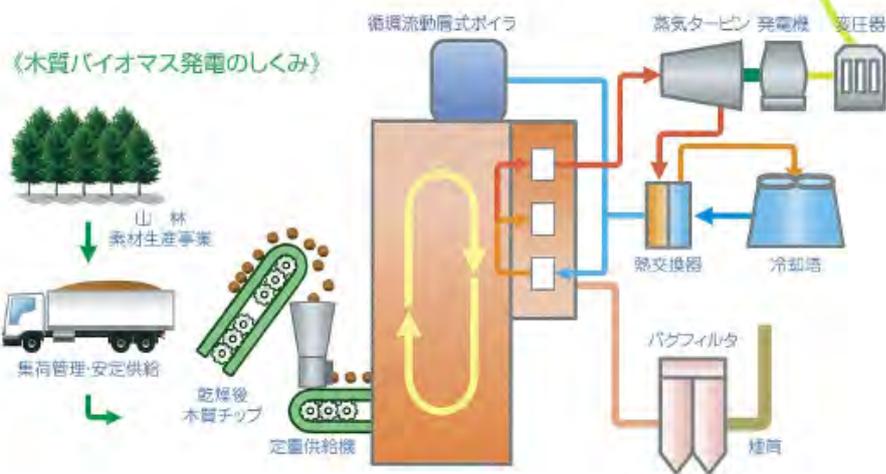


図 5.3-3 発電諸設備の概要

出典：(株) グリーン発電会津 パンフレット

以下、現地で撮影した写真を写真 5.3-2～13 に示す。



写真 5.3-2 管理棟屋上からの全景



写真 5.3-3(株)ノーリンからのトラック



写真 5.3-4 ボイラ全景



写真 5.3-5 蒸気タービンと発電機



写真 5.3-6 チップのストックヤード

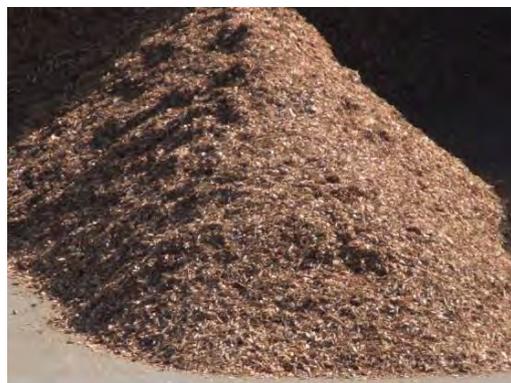


写真 5.3-7 木材チップ



写真 5.3-8 乾燥機能付きコンベア



写真 5.3-9 燃焼灰のストック場所



写真 5.3-10 66,000V 特高圧引込み線設備



写真 5.3-11 管理棟屋上にて



写真 5.3-12 中央制御室



写真 5.3-13 冷却水排水池と鯉

出典：(株) グリーン発電会津

5) 質疑応答

Q1. 震災と原発事故の影響は？

⇒燃料焼却後の灰は、建築資材と肥料向けに有価物として売却することを考えていたが、原発事故の放射性物質の影響で、灰は産業廃棄物として処理費用をかけて廃棄している。灰は投入燃料の 2~3%。D 材である樹皮も放射性物質が多く含まれることから、現在は燃料として使用していない。原発事故の影響は、この範囲となる。また、震災・津波の瓦礫は受け入れていない。

Q2.(株)ノーリンはどの程度の範囲の森林から木材を集めているか？

⇒半径 50km 圏内から集荷している。ただし、(株)ノーリンは大量の未利用材木を丸太状態で保管していて、現在は、それらをチップ化してもらって、順次供給してもらっている。当分の間、この(株)ノーリンの未利用材を燃料にして運転していく。(株)ノーリンでは、当発電所のために、60名の従業員が働いていて、雇用創出にも寄与している。

Q3.再生可能エネルギーの固定価格は？

⇒未利用材のバイオマス発電なので、1kWh 当たり 32 円である。一般材は 24 円。ここでは、7割が未利用材、3割が一般材。冷却後の排水は、管理棟横の池に貯めて、安全確認後に放流している。鯉は、水質の安全を見るために飼っているもの。

7月から稼働し、7月11日から売電も開始した。現在、計画通りに進んでいて、トラブルはない。木質バイオマスでのFIT国内適用第一号となった。今後、本モデルの水平展開を目指し、九州地区への建設も検討中である。

Q4.プラントメーカーは？

⇒住友重機械工業(株)である。たまたま新型のパッケージボイラを住重が開発していて、それを入れてもらえたので、工期は短縮された。木材集荷範囲である半径50kmで、5,000kWという規模は、ちょうど良いものであった。10,000kWだと、無理だったかもしれない。ビジネス的には、如何に効率よく材料を集めてくるかであり、(株)ノーリンは36年前から営業していて、未利用材の在庫を豊富に持っていたので、乾燥の手間も不要で、効率良く運転できている。チップ化の設備も、元々(株)ノーリンで持っていた装置。

Q5.今後の運転期間は？

⇒法定上では15年であるが、メンテナンスを実施してもっと長く運転するつもり。特高压の送電線が1km以内にあったことが、この工業団地に設置した理由の一つ。1km以上あると送電線の設備費が大きくなり、採算が厳しくなっていく。

Q6.FITが成立して、国から出してもらった補助金9億円強は、返済義務が発生するのか？

⇒補助金は農林水産省であるので、今回のFITとは関係ないため、返済義務は発生しないと思っている。

6) 所感

会津磐梯山の麓の非常に風光明媚な工業団地に立地しており、最新のボイラや蒸気タービンなどの発電設備を備え、木質バイオマスでの国内第一号のFITとして売電している。出資会社の(株)ノーリンの持つ未利用木材を燃料にして、効率の良い森林バイオマス発電を実現しているのが特長。ただし、これだけ恵まれた事業環境にあるバイオマス発電所はそれ程なく、今後の水平展開には課題も多いと思われる。震災関係では、灰を有価物として売れなくなったことと、樹皮を燃料に使えなくなったことのみとのこと。

5.4 講演会「微細藻類によるバイオ燃料油の生産とその事業性」

- 1) テーマ : 「微細藻類によるバイオ燃料油の生産とその事業性」
- 2) 講演月日 : 2012年12月7日 15:00~17:00
- 3) 場所 : 一般財団法人エンジニアリング協会
- 4) 講演者 : (株) 筑波バイオテック代表取締役、筑波大学名誉教授
前川 孝昭 氏
- 5) 講演概要 (講演資料を巻末に添付)

(1) はじめに

近年、植物よりも生育が速く、有望なバイオ燃料製造技術として、藻類が注目されている。特に航空燃料や船舶燃料には、ガスや電池での代替は不可能であり、バイオ燃料が唯一代替可能であるため、大きな期待が寄せられている。前川先生の取り組みは、藻類からのバイオ燃料製造を実証レベルで研究している国内で数グループの一つである。藻類由来のバイオ燃料製造の日本での現状を知るために、講演を依頼した。

航空機の軽量化の限界が見え始め、燃費向上からバイオ燃料による代替策に 2008年ごろから期待が集まりはじめた。微細藻類培養及び藻類の油化の実績のある前川孝昭氏は、2008年9月に米国オリジンオイル社から話を持ちかけられてバイオ燃料の技術開発の提携をした。これが、先生の藻類由来バイオ燃料生産の研究を始めるきっかけとなった。2009年の(独)科学技術振興機構(JST)のシーズ育成事業において、藻類培養技術と藻油の航空燃料化の研究を行った内容と、これから農林水産省の実証事業として行う藻油製造の実証研究の内容を主として、講演いただいた。

(2) 微細藻類からの燃料油製造のコスト低減策

藻類や植物、動物の油脂から製造されるバイオ燃料には、FAME(脂肪酸メチルエステル) = バイオディーゼルと、酸素を含まない炭化水素油がある。当事業の将来的な開発目標としては、航空燃料規格「ASTM D 7566」※1に適合する藻類由来のバイオ航空燃料を製造することを目標にしている。

この藻類由来バイオ燃料を安価に製造するための、コスト低減策として取り組んだ内容として、①燃料油製造に適した藻の探索、②適切なフォトバイオリクター(PBR)の設計、③効率のよい藻油の回収と副産物利用などがあげられる。

①燃料油製造に適した藻の探索として、緑藻類の New Strain X と名付けた種を見出した。研究当初に用いていたユーグレナの含油率は、最大で 25%程度なのに対して、New Strain X は、70~80%になる。また、精製される油成分もユーグレナが、粘性の高いオレフィン系を多く含むのに対し、New Strain X は、C16、C18 のパラフィン系が多く、航空燃料に利用しやすい。生育速度は、1 kg/m³/日を超えている(2 kg/m³/日を超えると採算が楽になるため、将来的には更に生産性向上を目指す)。なお、ユーグレナについては、環境になじんだ扱いやすい微細藻類種であり、タンパク質を含むため食品や飼料としての産業利用が見込まれる。

※1 ASTM D 7566 : 2009 年に米国材料試験協会が発表。50%混合燃料が従来の民間航空機燃料と同等で、航空機や艦船のエンジンにそのまま給油可能な「Drop-in Fuel」の規格として定めた。

②藻類培養に適切なフォトバイオリクターとして、ビニールハウス内に水槽を設け、その水槽中に長いビニールで覆った培養液を順送りにする写真 5.4-1 のような装置で培養速度などの検討を行った。ビニールで覆う密閉型にしたのは、開放型で実施した場合には、ワムシやゾウリムシが、すぐに混入して食害が起こったためである。藻類バイオ燃料を事業化する際には、初期投資を抑えないと利益を上げるまでの期間が長くなり、参入障壁となりやすい。コストダウンが課題である。



写真 5.4-1 温室内に設置したフォトバイオリクター (30m³)

③効率のよい藻油の回収と副産物利用について、油脂の回収にはマイクロバブル発生装置を用いる加圧浮上式が有効であることがわかった。約 50 μ m の泡を発生させるマイクロバブル発生装置に培養液を通すことで、藻体を浮上させる。油分の多い藻体はクリーム状の泡となって水面に浮き、回収が容易になる。浮上した藻体の容積は、5%程度である。残りの液 (95%程度) が培養装置へ再循環される。これによって、窒素やリンの添加量を節約できる。加圧浮上で得られた藻体は流体破碎され、残さは細胞壁等になるが、その用途は検討中である。

以上のように、藻類由来バイオ燃料の生産コストに大きな影響を与える要因 (図 5.4-1) について、検討してきた。すなわち、脂質含有率の高く生育の速い藻類を探し、安価なフォトバイオリクターについて検討、マイクロバブル発生装置を用いた藻の回収法を検討し、栄養塩のリサイクルに目途が立った。

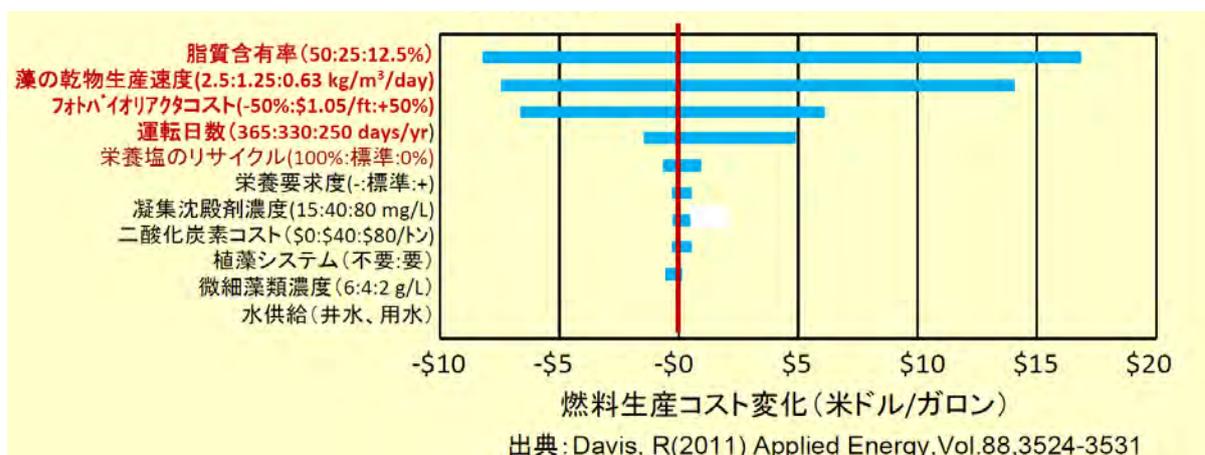


図 5.4-1 藻類バイオ燃料の生産コストに与える要因の感度分析
(オープンポンドにおける藻類培養シミュレーション結果)

(2) 藻類由来バイオ航空燃料の製造の展望

藻類培養は、耕作放棄地や休耕地で農業生産法人により生産することを想定している。材料収集のコストを考えると、燃料製造工場を建設した場合、その 50 km 圏内が生産した藻類を集める限界範囲になると考える。藻類もバイオマスであり、バイオマス利用は地方に雇用を生み、活性化させる方法でなければ、意義が薄い。ある程度は、分散型の生産になることが見込まれる。

2020 年に国内の航空燃料消費量の 10% に相当する 120 万 k l/年の需要を賄うことを将来的な目標としている。航空燃料の CO₂ 排出量を削減するという本来の目的を考えれば、燃料油の輸送は避ける必要があり、各飛行場近辺に見合った規模の生産拠点が必要となる。成田や羽田圏内で 42 万 k l/年、仙台圏で 7 万 k l/年程度の需要が見込まれる。

仙台など、寒冷地での藻類培養が課題となる。フォトバイオリアクターの改善や藻種の選定などにより事業化が可能と考えており、東北でも実証試験を行う。被災地の復興の活力になると期待されている。

藻類からのバイオ航空燃料については、大量培養や収集運搬、藻油からの炭化水素化といった各工程で、実用化に課題を残している。段階的に目標を決めて進めていくしかない。2013 年の始動を目指している茨城県阿見町の藻油製造プラントでは、まずはバイオディーゼルフューエル (BDF) を製造し、これをディーゼル発電して固定価格買取制度 (FIT) の枠組みで販売することを想定している。現状では、藻類由来バイオ燃料からの発電は、FIT の対象になっているが、買取価格がはっきりとは決まっていない。液体燃料の枠組みに入れるように関係省庁に働きかけている。

バイオ航空燃料としては、パーム油などの植物由来油脂からの製造が先行し、藻類の大量培養が実用化されてから、藻類が用いられるようになるのではないかと考えられる。

航空燃料に用いられる炭化水素油の製造では、水素の添加が必要となるが、日本では水素の単価が高く、今後の事業性の障壁のひとつになると考えられる。

6) 所感

前川先生の想定されている藻類培養では、光合成を主体とし、栄養塩もなるべく再利用する方式を想定しており、バイオマスの循環資源利用というよりは、太陽利用に近い印象である。しかしながら、休耕田や耕作放棄地の活用を想定しており、地方の活性化に貢献するものと期待される。

バイオマスの循環利用を促進するには、農業や林業が活性化し、バイオマス利用量を増やすことが必要である。藻類培養により農業公社に資金が回るようになるので、経営基盤が強化される。また、植物由来の油脂からの航空燃料の製造施設が地域ごとに設立されれば、農業残さ等の新たな活用法として選択肢が広がることになる。

バイオマスの循環利用促進の立場からも、藻類からの航空燃料製造の事業化が軌道に乗ることを期待したい。



写真 5.4.2 講演風景



微細藻類によるバイオ燃料油の生産とその事業性



前川 孝昭
 (株)筑波バイオテック研究所
 代表取締役
 (筑波大学名誉教授・
 国際農薬工学会名誉会長)

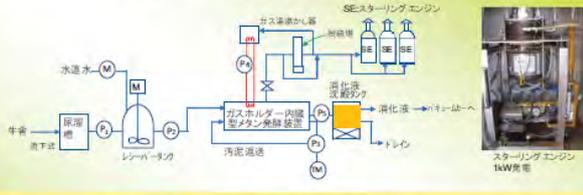
2012.12.07

講演内容

- 1) 研究開発の経過と成果
- 2) 微細藻類培養システム形成と製造コストの軽減策
- 3) 微細藻類培養とバイオ燃料製造システムの連携
- 4) 航空機燃料製造事業の課題
- 5) 農山漁村6次産業化対策助成事業における今後の歩み
- 6) 電力固定価格買取制度への微細藻類由来バイオ燃料活用への挑戦



千葉県船橋市三咲町佐久間牧場でのメタン発酵実験




コンテナを活用した低コストメタン発酵装置

(株)筑波バイオテック研究所

1988年資源エネルギー庁プロジェクト(沖縄県具志頭村)



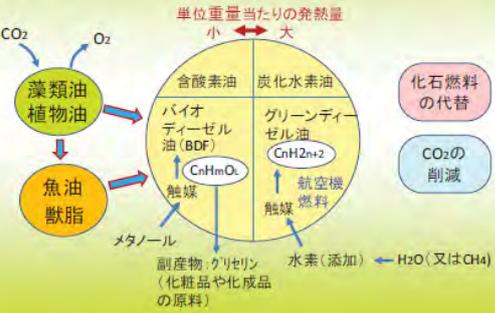
2相式流動床メタン発酵装置

バイオガス組成	有機物負荷	エネルギー出力比	
		(kcal/kW)	(kcal/kW)
CH ₄ 60%	full	15.40	5.50
CO ₂ 40%	3/4	11.60	4.10
	1/2	5.80	2.10
	1/4	1.20	0.43

冬季加温用
最大120m³/d

バイオ燃料とは

(1) 藻類、植物及び動物の油脂から製造される含酸素油(BDF)や炭化水素油
 (2) これらはディーゼル車、農業機械、漁船、ジェットエンジン用燃料や航空機のジェット燃料として使用される。



単位重量当たりの発熱量
小 ← 大

化石燃料の代替
CO₂の削減

副産物: カリセリン (化粧品や化成品の原料)
 水素(添加) ← H₂O (又はCH₄)

開発目標

○ 藻油由来航空機燃料 Bio-SPK (ASTM D 7566) 航空燃料規格に合わせる。
 ASTM D 7566相当油の開発

項目	規準	シーズ
A 炭化水素油	99.5%以上	1. 脱酸素・水素化触媒 (北九州市立大学)
B パラフィン系炭化水素油	20%~35% Cycloparaffins 15%以下	
C オレフィン系炭化水素	5%以下	2. New Strain X (千葉大学)
D 芳香族系炭化水素	0.5%以下	
E 酸度	0.10mgKOH/g 以下	3. スターリングケープによるCO ₂ キープ・フリンク (筑波大学)
F 硫黄化合物	3ppm以下	
G 比重量	775~840kg/m ³ (at 15°C)	4. 従属/独立栄養共存型培養 (筑波バイオテック研究所)
H 動粘性係数	8.0 mm ² /s 以下 (at 20°C)	
J 引火点	38°C 以上	5. オラシノ濃度分析 (筑波大学)
K 燃焼温度	205°C~300°C	
L 熱量	42.8 MJ/kg	6. 栄養塩・微量要素制御 (筑波大学)

○ バイオマス由来の航空機燃料の理想的な炭素数: C₈~C₁₅
 ⇒ New Strain Xの近傍属種で遺伝子解析により発見する。

○ 生産性の向上による製造コスト低減

(円/L)	微細藻類由来航空機燃料の年度ごとの製造原価		
	~ 2012	~ 2014	~ 2020
製造原価	85	71	64

オーランテオキトリウム(ヤブレッツボカビ科)
 海水性:葉緑素を持たないので、光合成をしない。
 ω3オイル(DHA,EPAなどの高度不飽和脂肪酸)が含まれる。
 従属栄養型:有機物を炭素源とする。

ユーグレナ(緑藻類)
 必須アミノ酸を含むタンパク質
 緑藻類(葉緑素を持ち、CO2を資化する。)
 淡水性—汽水、含油率は25%以下

New Strain X(緑藻類)
 C₁₆,C₁₈の脂肪酸よりなる油脂を持つ。
 BDFや航空機燃料に適した度化水素組成
 含油率が70~80%

ユーグレナ
 新規産業創出の可能性が高く、環境になじんだ微細藻類である。

米粉パン、食パン
 カフェオレ(ユーグレナ入り)
 クッキー
 うどん
 そば
 飼料(家畜、ペットフード)

New Strain X
 BDF(FAME)、天然グリセリン
 航空機燃料: ASTM D 7566 (BIO-SPK)
 日本では120万KL/年以上の需要
 米国は国防省の航空機や艦船に50%

ユーグレナ粉末の利用

ユーグレナ粉末入りパン
 ユーグレナ粉末入り飲料
 ユーグレナ粉末入りクッキー

BDF写真(アルカリ触媒法は通さず)
 新方式のFAME化法 7%別触媒法

ユーグレナから藻類のBDF, 航空機燃料まで

A: 微細藻類ユーグレナを培養乾燥したもの
 B: 培養乾燥物をエタノールで抽出した残渣
 C: 培養乾燥物をエタノールで抽出した油脂
 D: 加圧メタノール蒸気法でBDF化したもの(脂肪酸が18%残っている)
 E: ASTM D 6751-07b, EN 14214:2003, JIS K 2390:2008規格に適合したBDF(FAME)

ASTM D 7566は試作中

葉に蜜

当社開発のLEDを照射した胡蝶蘭

2011. 6.13
 2011. 1.20
 2010. 12.18

培養方法(屋外) 微細藻類培養用簡易型フォトバイオリアクター(PBR) (30m3)

ビニールハウス内に設置されたPBR

南側 北側

2010年 2011年

■ 北側温度(g/L)
 ■ 南側温度(g/L)

従属栄養培養:オーランテオキトリウム (アマモの消耗病の原因の疑い)

有機物 → ω3系油

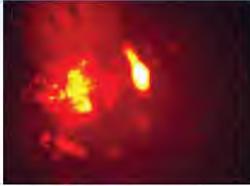
グルコースで培養されたオーランテオキトリウム
 Source: Commercial Production of DHA using Heterotrophic Microalgae, Yi-Min Chen (陳逸民) et al., National Cheng Kung University (台湾).
 www.phyc.org.tw/asia/05Commercial%20Production%20of%20DHA%20using%20heterotrophic%20microalgae%20.pdf

独立栄養/従属栄養共存型培養(培養装置特許出願中):緑藻類

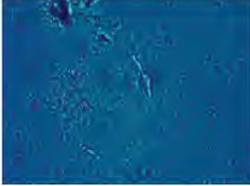
培養タンクの写真とLED光照射

有機物 → CO₂ → C₁₆,C₁₈ 油脂
 水 → CO₂ → C₁₆,C₁₈ 油脂
 光(明) → C₁₆,C₁₈ 油脂

New Strain X 画像



New Strain Xをナイルレッドで染色した蛍光画像
(赤いところは油脂が多い部分、白いところは油脂が非常に多い部分)



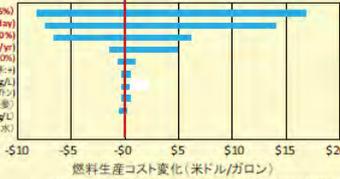
New Strain Xの通常の倒立顕微鏡画像
(左の蛍光画像と同じ部分の画像)



培養したNSXの収穫時および初期の写真

感度分析

脂質含有率 (50.25±2.5%)
 藻の乾燥生産速度 (2.5±1.25-0.63 kg/m²/day)
 フトハイオリアクターコスト (-50%/-50%/-50%)
 運転日数 (365-330-250 days/yr)
 実稼働のリサイクル (100%-稼働-0%)
 栄養素 (米炭) (稼働-0%)
 沼水 正副標準 (15-40-80 mg/L)
 二酸化炭素コスト (-50-5-40-80/ト)
 結露システム (不要-0%)
 微細藻培養液 (6.4±2 g/L)
 水供給 (井水-再生)



燃料生産コスト変化 (米ドル/ガロン)
出典: Dava, R(2011) Applied Energy, Vol188, 3524-3531

オープンポンドにおける藻類培養シミュレーション結果

生産のフローシート

(1) ユーグレナ

```

    graph LR
    A[培養] --> B[分離]
    B --> C[運搬]
    C --> D[加工]
    D --> E[乾燥]
    
```

(2) New Strain X

```

    graph LR
    A[培養] --> B[分離]
    B --> C[流体破碎抽出]
    C --> D[運搬]
    D --> E[ろ過]
    E --> F[BDF]
    F --> G[炭化水素油]
    G --> H[貯蔵]
    
```

New Strain Xとボトリオコッカスとの製造コスト比較

藻類の種類	New Strain X (閉鎖系培養槽)	ボトリオコッカス(Botryococcus) 開放系培養槽	閉鎖系培養槽
航空機燃料	90.8円/L	---	---
BDF	66.5円/L	150円/L**	800円/L**

* 炭素効が大きいため航空機燃料に適さない
 ** 出典: 日経エネルギー, World Energy Atlas, 2011.Spring, p.112

New Strain Xによる経済効果

- CO₂ 25%削減
- 雇用創出 42万人
- GDP +1~2%
- BDF 5,670万KL/Y (我国原油輸入量の20%に相当)

加圧浮上(マイクロバブル発生装置)実験



NSX培養液
50µmの泡を発生し上に浮いて来た様子



NSX培養液
脂を含んだ泡、クリーム状になっている

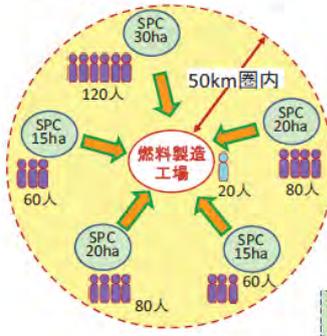
藻油から航空機燃料製造工程フロー図



CO₂, N, P, K 培養液, LED, 種藻, フトハイオリアクター, 26m² x 177cm, 浮遊培養, 加圧浮上, 流体破碎, 藻油タンク, 分離された藻油, 分取された藻油, 同見東部工業団地内工場, 炭化水素化装置 (350°C, 0.8MPa), BDF, BDF化装置 (80°C, 常圧), 水素ガス添加, メチルアルコール, 空港

© 株式会社バイオテック研究所

微細藻類培養産業による雇用の創出



○ 50km圏内での雇用数
燃料製造工場1施設: 雇用20人
藻類培養農場(合計100ha): 雇用400名
合計雇用数420名

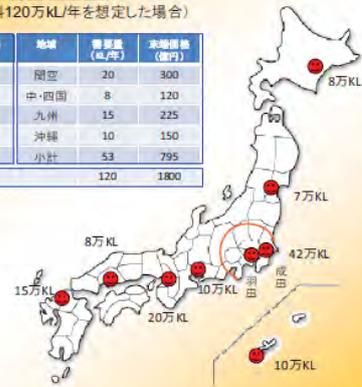
○ 全国での雇用数
全国の耕作放棄地40万haのうち10万haで微細藻類を培養した場合:
必要な燃料製造工場: 1,000工場
藻類培養農場: 10万ha
雇用: 42万人

○ BDF年間生産量: 5,780万KL
(原油輸入量の20%に相当)

SPC藻類を培養する
農業生産法人など

Bio-SPK航空機燃料製造拠点配置案
(2020年に代替燃料120万KL/年を想定した場合)

地域	需要量 (KL/年)	求取価格 (億円)	地域	需要量 (KL/年)	求取価格 (億円)
北海道	8	120	関東	20	300
東北	7	105	中・四国	8	120
東京	42	630	九州	15	225
中部	10	150	沖縄	10	150
小計	67	1005	小計	53	795
総計			120	1800	



再生可能エネルギー全量買取制度 買取価格・買取期間 委員長案 10/24/25 環境経済産業委員会 制度転換資料より

電業	買取額	買取期間	電業	買取額	買取期間
買取区分	10kW以上	10kW未満	10kW以上	20kW未満	1.5万円以上
買取期間	20年	10年	20kW以上	100kW未満	1.5万円以上
買取価格	42.00円/kWh	41.00円/kWh	100kW以上	200kW未満	1.5万円以上
	40円/kWh	42円/kWh	200kW以上	500kW未満	1.5万円以上
	39円/kWh	39円/kWh	500kW以上	1,000kW未満	1.5万円以上
	38円/kWh	38円/kWh	1,000kW以上	2,000kW未満	1.5万円以上
	37円/kWh	37円/kWh	2,000kW以上	5,000kW未満	1.5万円以上
	36円/kWh	36円/kWh	5,000kW以上	10,000kW未満	1.5万円以上
	35円/kWh	35円/kWh	10,000kW以上	50,000kW未満	1.5万円以上
	34円/kWh	34円/kWh	50,000kW以上	100,000kW未満	1.5万円以上
	33円/kWh	33円/kWh	100,000kW以上	500,000kW未満	1.5万円以上
	32円/kWh	32円/kWh	500,000kW以上	1,000,000kW未満	1.5万円以上
	31円/kWh	31円/kWh	1,000,000kW以上	5,000,000kW未満	1.5万円以上
	30円/kWh	30円/kWh	5,000,000kW以上	10,000,000kW未満	1.5万円以上
	29円/kWh	29円/kWh	10,000,000kW以上	50,000,000kW未満	1.5万円以上
	28円/kWh	28円/kWh	50,000,000kW以上	100,000,000kW未満	1.5万円以上
	27円/kWh	27円/kWh	100,000,000kW以上	500,000,000kW未満	1.5万円以上
	26円/kWh	26円/kWh	500,000,000kW以上	1,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	25円/kWh	25円/kWh	1,000,000,000kW以上	5,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	24円/kWh	24円/kWh	5,000,000,000kW以上	10,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	23円/kWh	23円/kWh	10,000,000,000kW以上	50,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	22円/kWh	22円/kWh	50,000,000,000kW以上	100,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	21円/kWh	21円/kWh	100,000,000,000kW以上	500,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	20円/kWh	20円/kWh	500,000,000,000kW以上	1,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	19円/kWh	19円/kWh	1,000,000,000,000kW以上	5,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	18円/kWh	18円/kWh	5,000,000,000,000kW以上	10,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	17円/kWh	17円/kWh	10,000,000,000,000kW以上	50,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	16円/kWh	16円/kWh	50,000,000,000,000kW以上	100,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	15円/kWh	15円/kWh	100,000,000,000,000kW以上	500,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	14円/kWh	14円/kWh	500,000,000,000,000kW以上	1,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	13円/kWh	13円/kWh	1,000,000,000,000,000kW以上	5,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	12円/kWh	12円/kWh	5,000,000,000,000,000kW以上	10,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	11円/kWh	11円/kWh	10,000,000,000,000,000kW以上	50,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	10円/kWh	10円/kWh	50,000,000,000,000,000kW以上	100,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	9円/kWh	9円/kWh	100,000,000,000,000,000kW以上	500,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	8円/kWh	8円/kWh	500,000,000,000,000,000kW以上	1,000,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	7円/kWh	7円/kWh	1,000,000,000,000,000,000kW以上	5,000,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	6円/kWh	6円/kWh	5,000,000,000,000,000,000kW以上	10,000,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	5円/kWh	5円/kWh	10,000,000,000,000,000,000kW以上	50,000,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	4円/kWh	4円/kWh	50,000,000,000,000,000,000kW以上	100,000,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	3円/kWh	3円/kWh	100,000,000,000,000,000,000kW以上	500,000,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	2円/kWh	2円/kWh	500,000,000,000,000,000,000kW以上	1,000,000,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	1円/kWh	1円/kWh	1,000,000,000,000,000,000,000kW以上	5,000,000,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上
	0円/kWh	0円/kWh	5,000,000,000,000,000,000,000kW以上	10,000,000,000,000,000,000,000kW未満	1.5万円以上

微細藻類事業のガイドライン

微細藻類	利用目的	油脂含有率	初期投資額の目安	市場性	投資ライン	エンドユーザー	投資性	PBT (年)
New Strain X (ニューストレイン X)	Bio-SPK (バイオ航空燃料)	70%	3億円/ha	中	30ha以上	航空会社	○	2~3年
Euglena (ユークレナ/ミドリムシ)	食料原料	25%	10億円/ha	小	0.2ha以上	食品会社 飼料会社 (必須アミノ酸)	△	1年以内
Scenedesmus (セネデスムス)	BDF	15%	0.7億円/ha	大	30ha以上 (水田)	電力固定価格買取制度	◎	1.5年



マイクロアルジェ産業技術研究組合
2012年2月7日 厚木水産大臣認可、2月13日 設立登記
日頃の多い茨城県つくば市モデルから
寡少日照や寒冷地における
微細藻類培養の産業化を目指す

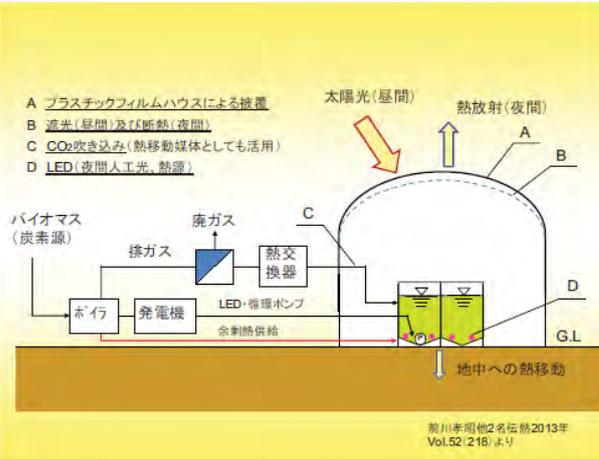
技術研究組合とは、産業技術に関する試験研究を協同して行うことを目的に、技術研究組合法(昭和36年5月6日法律第83号)に基づいて設立された非営利公益法人

**技術研究組合 50周年シンポジウム
開催結果の報告書**

50周年記念シンポジウム開催報告書

1. 開催概要
2. 開催趣旨
3. 開催内容
4. 開催結果
5. 今後の展望

実行技術研究組合一覧





参考文献

- 1) 前川孝昭(2010) 微細藻類からバイオ燃料油の製造バイオインダストリー. Vol27, 45-54.
- 2) 前川孝昭(2010) 藻油で新産業創出シナリオ. Techno Innovation. Vol79,19-27.
- 3) Katsuyo Kurosu, Yasutaka Nakaie, Takaaki Maekawa (2010) Introduction of Pilot Project for BDF production from micro-algae *Euglena gracilis*. The Pacific Rim Summit 2010 on Industrial Biotechnology. Honolulu, Hawaii, USA.
- 4) 前川孝昭(2012)藻類産業創出により導かれる地球の再生. 用水と廃水. Vol54(4): 37-53.
- 5) 前川孝昭(2012)藻類による新規産業の創出とその展望. OHM. 5月号, 22-27
- 6) 前川孝昭・中野和弘・大橋慎太郎(2013)寒冷地の微細藻類培養における伝熱問題と微細藻類由来のバイオ燃料の製造. 伝熱. Vol52(218): 38-43.



第6章 まとめ

地球温暖化と資源の枯渇という課題を解決するために、日本では、バイオマス・ニッポン総合戦略に基づいて地球温暖化防止の遂行、持続可能な循環型社会構築の手法としてバイオマスの利活用が推進されてきた。

本調査報告書では、バイオマス活用事例の事業継続性調査、海外の事例と日本の事例を比較したインセンティブのあるべき姿、自然災害が多い日本の風土に適応するバイオマス利活用方法の3つの観点から調査を実施し、結果を取りまとめた。

まず、バイオマス活用事例の事業継続性を調査することで、普及拡大の障壁となっているボトルネックを抽出し、事業継続に必要な不可欠な要素を抽出した。調査の対象技術としてメタン発酵、エタノール発酵、木質バイオマス発電の3つの技術について、それぞれ入口（原料調達）、出口（需要の創出と拡大）、事業継続性（インセンティブほか）について調査し考察した。

次に、インセンティブのあるべき姿に関して、海外の事例と日本の事例を比較した。これまで、バイオマス利用事業における各種の建設費の補助、リサイクルを促進する法律（食品リサイクル法）の制定、運用にあたってのインセンティブ（RPS法、グリーン電力制度）の付与、バイオマスタウン推進などを国策として図ってきたが、バイオマス利活用事業は、ドイツや北欧諸国と比較すると普及率が低い。そこで、本年度から導入促進に向けて施行された日本のFITの妥当性について評価し、今後のあるべき姿を考察した。

最後に自然災害が多い日本の風土と、人口減少が著しい農村部に適応するバイオマス利活用方法について東日本大震災からの復興モデルを通じて調査した。

それぞれのまとめを以下に述べる。

1) バイオマス活用事業の事業継続性評価

メタン発酵（気体燃料）、アルコール発酵（液体燃料）、木質バイオマス（固体燃料）の3つについて、最新の技術動向と、事業継続のための課題を整理した。

(1) メタン発酵

メタン発酵の基礎技術はすでに完成の域に達しているものの、原料の確保からエネルギー変換、そして回収エネルギー等の利活用まで含めた事業全体として自立するためには多くの課題が存在する。

事業性を高めるためには、①処理対象物を安定的に確保する、②処理費用を高く設定する、③収集費用を抑える、④処理プラントの初期コストを抑える、⑤運転コストを下げる、⑥処理物（バイオガスや液肥）を安定的に高く販売するなどがあげられる。

入口戦略の①と②に関しては、計画時に人口減少などを踏まえた適正容量の設計とすること、食品リサイクル法などによる法規制に沿った需要の創出が必要である。収集運搬③に関しては、物流の効率化、一般家庭の生ごみをディスポーザーで粉碎し、下水道のインフラを利用して回収するなどの公共システムの改革が望まれる。④初期のプラントコストを下げるためには、技術革新による性能の向上と不必要な設備を除

外する技術戦略、普及のための公正な補助制度の活用が、⑤運転コストに関しては民間の運転管理ノウハウを展開する PFI 事業などが有効であると考えられる。⑥の出口戦略に関しては、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)」のメタン発酵ガス化バイオマスの調達価格 40.95 円/kWh (税込) による経済性の改善が期待される。

(2) アルコール発酵

エタノール発酵の基礎技術は既に完成の域に達している。しかしながら、原料の確保からエネルギー変換、そして回収エネルギーや残さ等の利活用まで含めた事業として自立するには多くの課題が存在する。

まず、入口戦略については、製造が容易な糖質系バイオマス原料や、デンプン系バイオマス原料は、資源作物であるため、国内では、MA (ミニマムアクセス) 米や、規格外小麦、余剰てん菜、多収穫米を利用することになり、量が限られる上に食料と競合する問題が残る。バイオエタノール用米の作付面積は、それほど拡大しなかったため、原料調達は困難という状況が継続している。沖縄のさとうきびを利用する場合は、現地特産品の「黒糖」と競合する問題がある上に、農作地が限られているため、大量生産が難しい。食料と競合しないセルロース系バイオマス原料については、稲わらや麦わらを主体とした研究がすすめられているが、エネルギー密度が低いため、製造場所までの輸送費などが問題となる。エネルギー密度の高い木質バイオマスにいたっては、糖化までに必要不可欠な物理的処理や、まだまだ高価な糖化酵素の大量使用の必要性などの未解決の課題が多い。

次に出口戦略であるが、バイオエタノールの用途として、輸送用燃料の利用があげられる。本格的な技術開発や新たな専用スタンドの設置を特に必要とせず、バイオエタノールを普及させることが可能である。E3については、既販車で利用が可能であり、車両の改良や新車代替を必要とせずに一定のCO₂削減効果が得られる利点がある。E10については、各自動車メーカーの北米輸出仕様車では、大幅なコスト増加を伴うことなく耐久信頼性と安全性での技術的な対応が可能であり、ガソリン車での利用技術はおおむね確立されているといえる。しかし、石油連盟はETBE 方式のみを支持し、直接混合方式を否定しているため石油連盟傘下のガソリンスタンドではE3を取り扱ってもらえないという現状もあり、E3はまったく普及していない。一部、新潟市のJA全農や沖縄県宮古島で使用されるにとどまっている。

最後に、事業戦略については、バイオエタノール製造のライフサイクルコスト (LCC) が高いことが問題となっている。例えば、エタノール製造後の液体残さと固形残さの両方を乾燥させ畜産飼料を生産しているために、バイオエタノール製造工程全体に必要なエネルギーを100とすると、飼料乾燥工程で40~45のエネルギーが消費されている。燃料コストも考慮した飼料化を検討するためには、より水分量が多く生に近い状態で飼料として給餌する方法 (リキッドフィード) へ転換する必要がある。これによれば、廃液発生量も少ないため、廃液処理に必要な動力も不要となる。さらに、液体飼料は有価物として販売収入も見込める。

エネルギー密度の高い木質バイオマスにいたっては、糖化までに必要不可欠な物理的処理や、高価な糖化酵素が大量に必要といった未解決の課題が多い。現在稼働中のプラントは、補助金を出さないと事業継続できない場合が多い。事業的に自立できるようになるためには、エネルギーを極力用いない適切な処理が必要不可欠であることが分かった。

次年度は国内の導入事例の調査を継続するとともに、次世代液体燃料として注目を集める微細藻類に関して調査を行う予定である。

(3) 木質バイオマス発電

木質バイオマス発電の背景にある我が国の林業政策から、木質バイオマスのエネルギー利用への流れを概観したところ、間伐材などの未利用木材が、FIT の高い価格設定により、有効利用される方向に移行することが期待される。

このことが山林での路網拡充などの林業のインフラ整備に連なり、ひいては我が国の森林資源の持続可能な開発にも連なるものと思われる。

木質バイオマス発電の事例では代表的な発電所施設について取り上げた。木質バイオマス発電認定設備のうち、事業費、発電量、年間木質バイオマス処理量等の詳細が公表されている 12 件について、発電機の定格出力と木質バイオマスの年間処理量との関係を確認したところ、定格出力 5,000kW の中規模クラスの発電設備で必要とされる木質バイオマス量は年間 7 万 t ほどであることが分かった。また、事業費と定格出力との関係から、定格出力 5,000kW の中規模クラスの発電施設の事業費はおよそ 20 億円であることが判明した。

発電出力が大きいと木質燃料の量も増大し、調達が困難だと推定される。逆に、発電出力が小さいと発電量も少なく、採算性が悪くなる。

総じておよそ 5,000kW 級の発電所が施設から 50 km の範囲内で、木質燃料を調達するのが経済的に成り立ちやすい。

次年度においては、定量的に事業性を評価するために、内部収益率（IRR）などの評価指標を用いたシミュレーションにも踏み込む予定である。また木質バイオマスのエネルギー利用からマテリアル利用までのカスケード的な取組事例、売電以外の熱利用の取組事例にも触れる予定である。

これらの調査結果を踏まえて、現在稼働しているバイオマス施設（三浦バイオマスセンター、やまがたグリーンパワー(株)、(株)グリーン発電会津）の視察調査報告書を作成し、廃棄物の入手（入口戦略）と処理物の需要（出口戦略）、FIT などのインセンティブ評価（事業戦略）の観点から調査結果をとりまとめた。

プラント視察の結果、事業継続性には、廃棄物の安定入手と処理物の供給需要の確保が重要であり、FIT がインセンティブとして、有効であることが確認できた。

また、2012 年 12 月 7 日に、「微細藻類によるバイオ燃料油の生産とその事業性」というテーマで（株）筑波バイオテック研究所代表取締役、筑波大学名誉教授前川 孝昭氏を講師に招き、講演会を開催し、次世代の液体燃料のポテンシャルを評価する機

会を得た。これまでの緑藻類ユーグレナの含油率 25%に対し、新たに見出した緑藻類の New Strain X の含油率は 70-80%に達する。これらを用いた復興関連の事業や、航空燃料への事業展開の最新情報を入手した。

2) インセンティブ導入によるバイオマス利用拡大（海外との比較から）

ドイツを参考に日本の再生可能エネルギーの促進策について考察した。固定価格買取制度(FIT)を実施したドイツのバイオマス発電量の年平均成長率（2003年から2011年まで）は、約23%という値であった。このことから、RPSを実施してきた日本の年平均成長率（2003年から2010年まで）の9%よりも導入促進効果が大きいことが分かった。

それを受けて、2012年度7月から施行された日本のFITにおけるバイオマス関連の電力買取価格（税抜13~39円/kWh）は、ドイツの価格（14~25ct/kWh:ct=セントユーロ）を比較すると、同等以上であるため、ドイツと同様に、高い導入促進効果が期待される。

一方、ドイツでは小規模家畜ふん尿設備を優遇する枠を設けて、小規模農業への浸透に特別に配慮したものとなっている。また、FIT以外にも、熱利用にボーナスを付与しているなどFIT以外のインセンティブが併用されている。加えて、ドイツでの系統連系への接続費用が、日本のように事業者負担となっていないため、設備投資額が圧縮でき、事業性が高いことが判明した。

したがって、バイオマスに関しては、FIT以外の補助施策も活用し、立地や材料毎に異なる条件を均等にすることが重要である。買取価格の適正化とその他のインセンティブ（補助）のミックスなど運用を工夫する必要がある。

来年度は、日本のバイオマス利用促進の面からのFITの価格調整や、FITと組み合わせるべき促進策など、これからのインセンティブのあり方について、農業や林業などのバイオマス利用産業への補助政策も含めて、ドイツ以外の諸外国の事例も参考にして調査を継続する。

3) 震災復興に向けたバイオマス循環社会の構築

震災復興に向けたバイオマス資源循環型社会の構築のためには、都市部での集中型システムと、農村部での分散型小規模利用システムの構築が必要である。特に、農村部のシステムを有機的に活用するためのスマートコミュニティの形成が鍵となる。国内の人口減少、税収減に見合った、公共インフラの見直し、一次産業の活性化とそれに伴う循環型社会の構築が急務である。現在進行中の東日本大震災に関連する復興計画の中でバイオマス関連プロジェクトを取りまとめた。

今回の報告では、日本の風土に沿ったバイオマス循環社会を提案することを目的に、現在、被災地で実証されはじめたバイオマス関連の復興計画事例を調査し、活用目的別、地域別、対象バイオマス別に整理した。復興のための街づくりとして実際に進んでいるプロジェクトは、住居地域の高台移転や公共インフラの復旧などが大部分を占めており、バイオマスを活用したスマートコミュニティ実現などの復興プロジェクトは、これから計画が本格化するものと思われる。

これら調査結果の中から、宮古市ブルーチャレンジプロジェクトのバイオマス発電と、

仙台市・筑波大・東北大の藻類バイオマスの共同研究の内容に焦点を当てて紹介した。

震災復興に向けたバイオマス資源循環型社会の構築のためには、都市部での集中型と、農村部での分散型のシステム構築が必要で、都市部でのバイオマスの集約型高効率利用と、農村部でのバイオマスの独立分散型利用を繋ぐスマートコミュニティの形成が鍵となると推定される。

来年度は、これらのバイオマス関連の復興計画事例の中から、いくつかの事例を選んで事例調査のための現地視察を実施し、それらを踏まえて、震災復興に向けたバイオマス資源循環型社会としてのスマートコミュニティの独自モデルを提案する予定である。

謝辞

最後に「日本の風土に沿ったバイオマス循環社会の提案」に関する調査に取り組むに当たり、地方自治体および先進的事業会社の施設を訪問させていただきました。それぞれの事業背景や現状から今後の課題に至る大変貴重なご意見、アドバイスを拝聴することができました。

同様に、(株)筑波バイオテック研究所・代表取締役の前川 孝昭様氏に「微細藻類によるバイオ燃料油の生産とその事業性」と称して、微細藻類を用いた液体燃料化の最新の技術動向についてご講演いただきました。

ここに成果報告書の発行に際し、紙面をお借りして関係各位に心より厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 平成 21 年度エコ・ヒューマン・エンジニアリングに関する調査研究報告書第 1 分冊
＜循環型社会関連分野＞財団法人 エンジニアリング振興協会 2010 年 3 月
- 2) 河村清史,有機性廃棄物の資源化技術－嫌気性消化によるメタン回収－,廃棄物学会誌
Vol.11, No.5,pp.344-354, (2000)
- 3) 竹森憲章・兵主充正,メタン発酵処理普及に向けた研究,月刊廃棄物, 33(7), 10-14,
(2007)
- 4) 「メタンガス化(生ごみメタン)施設整備マニュアル」及び「平成 19 年度メタン発
酵研究会活動報告」,財団法人廃棄物研究財団 メタン発酵研究会,(2008)
- 5) 汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領,全国都市清掃会議,(2007)
- 6) 中久保亮他,牛ふん尿のメタン発酵における食品廃棄物投入の効果,廃棄物学会論文誌,
Vol. 19, No. 6, pp. 392-399, (2008)
- 7) 李玉友,メタン発酵技術の概要とその応用展望,日本環境衛生施設工業会,No.53,(2005)
- 8) 木田建次,食品系廃水・廃棄物のメタン発酵によるサーマルリサイクル,食品と技
術,422号,1-11,(2006)
- 9) 農林水産省 HP,バイオマス事業化戦略
<http://www.maff.go.jp/j/press/shokusan/bioi/120906.html>
- 10) 環境省 HP,一般廃棄物実態調査 ※平成 22 年度調査結果
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/index.html
- 11) バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第 3 版), NEDO, (2010)
- 12) 社団法人地域環境資源センター,バイオマス利活用技術情報データベース
<http://www2.jarus.or.jp/biomassdb/>
- 13) バイオマス事業化戦略 バイオマス活用推進会議,(2012)
- 14) 赤松 佑介・林 まゆ・遠藤 正史・斉藤 芳人,食品廃棄物を対象としたバイオガス化
実証事業,前田建設技術研究所報,Vol.51,(2010)
- 15) 農林水産省 HP,バイオマス利活用の取組事例(2009 年 取りまとめ)
<http://www.maff.go.jp/j/shokusan/kankyo/seisaku/utilization.html>
- 16) バイオガスプラントの稼働実績調査業務 概要版,帯広市,平成 24 年 2 月
- 17) NEDO HP,北の大地 自然エネルギーとの共存
http://www.nedo.go.jp/introducing/nedohokkaido_kitanodaichi_index.html
- 18) 南但広域合成事務組合 HP,施設整備基本計画
http://sr-co.mail-box.ne.jp/nantan/html/sisetuseibi_kihonkeikaku.html
- 19) 「平成 19 年度地球温暖化問題と廃棄物問題に対応した新エネルギー技術・リサイク
ル技術等関連エンジニアリングの動向と今後のあり方に関する調査報告書 第 1 分冊
＜環境とリサイクル分野＞(財)エンジニアリング振興協会 2008 年 3 月
- 20) 平成 20 年エコ・ヒューマン・エンジニアリングに関する調査研究報告書 第 1 分冊
＜循環型社会関連分野＞(財)エンジニアリング振興協会 2009 年 3 月
- 21) 図解 バイオエタノール最前線 株式会社工業調査会 2007 年 4 月 20 日初版 4 刷

- 22) (社) アルコール協会編, バイオエタノール製造技術, p.64, (株)工業調査会, (2007)
- 23) バイオエタノール通信、 社団法人 地域資源循環技術センター (JARUS) 2010 年 No.1~2012 年 No.7
- 24) バイオマスエネルギー導入ハンドブック(第3版)、独立行政法人 NEDO、2010 年 10 月
- 25) 平成 21 年事業評価報告書、 北海道バイオ燃料地域協議会、オエノンホールディングス(株)
- 26) 秋田県生活環境文化部、秋田県におけるバイオエタノールの取組
<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1196924992467/files/torikumi.pdf>
- 27) 日本経済新聞 2011.10.3
- 28) 農林水産省 バイオマス事業化戦略検討チーム 会合配布資料
- 29) 高濃度バイオ燃料実証事業成果報告書 平成 21 年 3 月財団法人十勝圏振興機構
http://www.tech-tokachi.jp/jigyounnainai/kenkyu/biofuel_h21.pdf
http://www.tech-tokachi.jp/jigyounnainai/kenkyu/biofuel_h21.pdf
- 30) 高濃度バイオ燃料実証事業成果報告書 平成 22 年 3 月財団法人十勝圏振興機構
- 31) 「平成 19 年度地球温暖化問題と廃棄物問題に対応した新エネルギー技術・リサイクル技術等関連エンジニアリングの動向と今後のあり方に関する調査報告書 第 1 分冊 <環境とリサイクル分野>(財)エンジニアリング振興協会 2008 年 3 月
- 32) 平成 20 年エコ・ヒューマン・エンジニアリングに関する調査研究報告書 第 1 分冊 <循環型社会関連分野>(財)エンジニアリング振興協会 2009 年 3 月
- 33) 図解 バイオエタノール最前線 株式会社工業調査会 2007 年 4 月 20 日初版 4 刷
- 34) (社) アルコール協会編, バイオエタノール製造技術, p.64, (株)工業調査会, (2007)
- 35) バイオエタノール通信、 社団法人 地域資源循環技術センター (JARUS) 2010 年 No.1~2012 年 No.7
- 36) バイオマスエネルギー導入ハンドブック(第3版)、独立行政法人 NEDO、2010 年 10 月
- 37) 平成 21 年事業評価報告書、 北海道バイオ燃料地域協議会、オエノンホールディングス(株)
- 38) 秋田県生活環境文化部、秋田県におけるバイオエタノールの取組
<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1196924992467/files/torikumi.pdf>
- 39) 日本経済新聞 2011.10.3
- 40) 農林水産省 バイオマス事業化戦略検討チーム 会合配布資料
- 41) 高濃度バイオ燃料実証事業成果報告書 平成 21 年 3 月財団法人十勝圏振興機構
http://www.tech-tokachi.jp/jigyounnainai/kenkyu/biofuel_h21.pdf
http://www.tech-tokachi.jp/jigyounnainai/kenkyu/biofuel_h21.pdf
- 42) 高濃度バイオ燃料実証事業成果報告書 平成 22 年 3 月財団法人十勝圏振興機構
- 43) 林野庁 HP わが国の森林面積の変遷, わが国の森林蓄積量の変遷
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaigai/pdf/countryreport-japan-1.pdf>
- 44) 林野庁 HP 木材需要量・自給率の変遷
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/koukyou/pdf/gaikan.pdf>
- 45) 林野庁 HP 林業就業者数
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/koyou/01.html>

- 46) 林野庁 HP 森林・林業再生プラン
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/saisei/pdf/saisei-plan-image.pdf>
- 47) 林野庁 HP 木質バイオマスの発生量と利用の状況
http://www.rinya.maff.go.jp/j/mokusan/saisei/pdf/kokusan_shiryoku4-4.pdf
- 48) 資源エネルギー庁 HP 再生可能エネルギー全量買取制度
<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/dl/120522setsumei.pdf>
- 49) 林野庁 HP 調達価格区分と木質バイオマスの証明と流通の主な流れ
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/hatudenriyougaidorainqa.pdf>
- 50) 自然エネルギー白書 2012 (環境エネルギー政策研究所)
http://www.npobin.net/hakusho/2012/trend_02.html
- 51) RPS 法ホームページ バイオマス認定設備一覧
http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/xls/201004setsubi_biomass.xls
- 52) 住友林業 (株) ニュースリリース(2011年2月1日)
- 53) 川崎バイオマス発電 (株) パンフレット
- 54) ジャパンバイオエナジー (株) パンフレット
- 55) (株) 白河ウッドパワーパンフレット
- 56) 三陸木材高次加工協同組合パンフレット
<http://www2.jarus.or.jp/biomassdb/image/0306016/sanriku-mokuzai%20100.pdf>
- 57) 住田町林業振興協議会 HP
http://www.town.sumita.iwate.jp/chousei/plan/shinrinringyou/pdf/0_hyoshi.pdf
- 58) 白川町・東農ひのき製品流通協同組合 (森の発電所パンフレット)
<http://www2.jarus.or.jp/biomassdb/image/2106016/tounouhinoki%20100.pdf>
- 59) 東農ひのき製品流通協同組合 HP
<http://www.chuokai-gifu.or.jp/thryuutu/facili/index5.html>
- 60) 全国地球温暖化防止活動推進センターHP
http://www.jccca.org/trend_region/activity_case/h19/h19_17.html
- 61) バイオマス利用活用技術情報データベース 社団法人 地域環境資源センター
<http://www2.jarus.or.jp/biomassdb/static/6/21/621060100.html#top>
- 62) 銘建工業株式会社 HP
http://www.meikenkogyo.com/workshop/contents/w_pellet.html
- 63) 木質バイオマスを活用した再生可能エネルギー導入の新展開 (みずほ情報総研)
<http://www.mizuho-ir.co.jp/publication/contribution/2012/sanrin1202.html>
- 64) 栃木県地域新エネルギービジョン
http://www.pref.tochigi.lg.jp/kankyoseisaku/home/keikaku/archive/shinenergy/52_42.html
- 65) 林野庁ホームページ (2012)
- 66) 経済産業省ホームページ (2012)
- 67) 自然エネルギー白書 2012 (環境エネルギー政策研究所)
- 68) 住友林業 (株) ニュースリリース(2011年2月1日)
- 69) 川崎バイオマス発電 (株) パンフレット

- 70) ジャパンバイオエナジー (株) パンフレット
- 71) 農林水産省ホームページ：バイオマスをめぐる現状と課題 (バイオマス事業化戦略検討チーム (第9回会合) 配布資料)
http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_kenntou/09/pdf/sanko5.pdf
- 72) 資源エネルギー庁新エネルギー対策課、再生可能エネルギーの固定価格買取制度について (2012年7月)
<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/dl/120522setsume.pdf>
- 73) (株) 循環社会研究所、諸外国における再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度等についての調査報告書 (平成23年度消費者庁委託調査) 平成23年12月
<http://www.caa.go.jp/seikatsu/koukyou/data/23data/saiseiene.pdf>
- 74) JETRO ホームページ：欧州のバイオマス政策 (2011年7月)
http://www.jetro.go.jp/jfile/report/07000682/eu_biomasseisaku.pdf
- 75) 調達価格等算定委員会、平成24年度調達価格及び調達期間に関する意見
http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/pdf/report_001_01_00.pdf
- 76) 資源エネルギー庁新エネルギー対策課、再生可能エネルギーを巡る現状と課題 (2012年12月) <http://www.renewableenergy.jp/council/news/METIPresen.pdf>
- 77) 大和総研ホームページ
<http://www.dir.co.jp/library/column/120612.html>
- 78) 宮古市ホームページ：宮古市ブルーチャレンジプロジェクト
<http://www.city.miyako.iwate.jp/cb/hpc/Article-1852-9486.html>
- 79) PRESIDENT Online ホームページ、実践ビジネススクール2012年5月14日号：釜石から始まる「スマートコミュニティ」大国への道
<http://president.jp/articles/-/6153?page=4>
- 80) 仙台市ホームページ：藻類バイオマスに係る研究開発の推進
<http://www.city.sendai.jp/business/d/sourui.html>
- 81) 南三陸復興プロジェクトホームページ：大型イネ科食物ソルガムによる焼酎作成 (農業の6次産業化の一つ) <http://m3m-kikou.com/?p=31>
- 82) 手のひらに太陽の家プロジェクトホームページ
<http://taiyounoie.org/>
- 83) 住友林業 (株) ホームページ：ニュースリリース (平成24年7月13日) 「宮城県東松島市と復興まちづくりに関する協定締結」
<http://sfc.jp/information/news/2012/2012-07-13-1.html>
- 84) 南三陸復興プロジェクトホームページ：南三陸杉で、自分の家を作ろう
<http://m3m-kikou.com/?p=89>
- 85) NPO 法人、森は海の恋人ホームページ <http://www.mori-umi.org/>
- 86) (株) ジャパンブルーエナジーホームページ <http://www.jpo-net.co.jp/>
- 87) 経済社会総合研究所 (ESRI) 総合的な経済・エネルギー・環境分析に資する技術情報の整備のための研究
<http://www.esri.go.jp/jp/prj/hou/hou031/hou31-2-5.pdf#page=1>

- 88)別海町バイオマス利活用計画等策定報告書 平成 18 年 3 月
<http://betsukai.jp/blog/0001/archives/2008/02/images/1203402281.pdf>
- 89)社団法人日本下水道協会 下水道施設計画・設計指針と解説 後編 2001 年度版
<http://www.jswa.jp/energy/pdf/jirei/14.pdf>
- 90)ヤンマーエネギーシステム(株)HP
<http://www.yanmar.co.jp/energy/products/bioMicroCogeneration/livestock/spec.html>
- 91)(株)荏原製作所 HP
<http://www.ebara.co.jp/business/products/energy/micro-gasturbine/micro-gasturbine.html>
- 92)富士電機システムズ(株)HP
http://www.fujielectric.co.jp/products/clean_energy/pdf/YC140.pdf
- 93)東京ガス HP プレスリリース 平成 23 年 1 月
<http://www.tokyo-gas.co.jp/Press/20110126-01.html>
- 94)東京瓦斯株式会社 バイオガス購入要領 H21 年 11 月
http://www.tokyo-gas.co.jp/ryo-kin/pdf/biogas_youryou.pdf
- 95)環境省大臣官房廃棄物リサイクル対策部廃棄物対策課 メタンガス化（生ごみメタン）施設整備マニュアル 平成 20 年 1 月
http://www.env.go.jp/recycle/waste/impr_facil/man_methanation/full.pdf

第Ⅱ部 環境配慮循環型ロジスティックシステム構築 のための方策の提案

第1章 調査研究の経緯と目的

1.1 はじめに

2011年3月11日に、未曾有の災害である東日本大震災が発生した。この大震災では大規模な津波が沿岸部を襲い、多量の災害廃棄物が発生した。その発生量は都市によっては都市ごみ100年分にも相当するものであった。災害廃棄物は1次仮置場に集められその処理を待つこととなったが地形上保管場所を確保するのが困難な地域が多く、生活圏に隣接した地域に確保される事例も目立ち、このような場所では悪臭、飛散の問題が起こった。また、生活圏に隣接した仮置場では災害廃棄物の存在によりその後の復興住宅の建設が進まないなどの問題も見られ、さらに自然発火による火災の問題などもあり、災害廃棄物を短期間で処理することが求められた。

一方で、災害廃棄物が多量なため、自治体で持っているごみ処理施設のみでは処理能力が足りず、短期間での処理には仮設の処理施設の整備を必要とした。しかしながら1次仮置場すら足りない状況の中、仮設の処理施設の建設場所を確保することは困難であり十分な面積を確保することができず、短期間で全量を処理するだけの満足な規模の処理施設を建設することが困難であった。このため非被災地を含めた広域処理が必要とされた。

本調査研究については、災害廃棄物の早期処理が震災復興にかかせないことから、災害に対応できる平常時の高度静脈物流について検討する。本年度は災害廃棄物の広域処理の際の静脈物流に焦点を当てその実態の把握に努めた。

1.2 調査研究の経緯と目的

循環型社会では廃棄物を単に処分するのではなく、新たな原材料として活用することが求められる。さまざまな性状や形態があり広範囲で発生する廃棄物を分別、回収し、利用するための施設へ効率的に輸送することが廃棄物利用の第一歩である。これは震災時も例外ではなく、最終処分場が逼迫していることから可能な限りリサイクルできるものはリサイクルするべきである。

リサイクルの推進には分別が不可欠であり、震災時には現地で分別して一時仮置場に搬入することが望まれるが、震災時の混乱期には困難なことが多い。この場合災害廃棄物は混合状態のまま一時仮置場に搬入されることとなり、そこでの分別作業が必要となってしまう。可能な限りリサイクルを進めるためには効率的な運搬が必要でありこれが静脈物流であるが、分別運搬体制が整備されて初めて分別搬入が可能となる。

過去、エンジニアリング協会では「CO₂削減に向けた高度静脈物流システムの構築」について調査研究を実施し、その中で意見を取りまとめているが、災害廃棄物という観点から次の点をピックアップできる。

- ① 理想的な静脈物流システムを構築するためには、短距離輸送の場合にはミルクラン方式の採用が良い。また、長距離輸送の場合にはモーダルシフトによる海運や鉄道の活用が効果的である。
- ② ミルクラン方式やモーダルシフトによる輸送形態での問題は従来と同様で、廃棄物の

排出者と輸送業者そして動脈側の生産者間とのネットワークを構築することが重要である。また、モーダルシフトでは従来の輸送と同様に、空荷対策（帰り便対策）や空いている時間帯の活用等、更に海運の場合には埠頭整備（廃棄物の保管の促進）が重要な要素となる。これら問題の解決により、CO₂削減が成された新たな静脈物流システムの道が開けると考える。

- ③ 効果的であると推奨されるモーダルシフトに於いても、排出者側と処理業者側で最低限のトラック輸送は発生する。このトラック輸送では、化石燃料の使用量削減やエコドライブの推進、更には BDF 燃料への切り替え等が今後の課題である。昨今のハイブリッドカーや電気自動車等技術革新により、将来の陸上輸送の圏域が飛躍的に拡大されれば既存のモーダルシフトの有効性も希薄になると考えられる。

これらの意見を踏まえ、本調査研究では大規模災害における広域処理事例の実態を調査し、エンジニアリング協会における過去の研究成果を踏まえ、災害廃棄物の静脈物流のあり方、災害に備えた平常時の静脈物流施設・体制のあり方を提言することを最終目的とする。

しかしながら、過去の大規模災害（震災、水害）における広域処理は様々な報告書に鉄道や船で輸送されたことが記載されているが、その輸送方法について、決められた経緯、効果等の詳細はあまり取り纏められていない。そこで本年度は次年度の提言に活かすため、また、実際に災害廃棄物処理の担当者となった方が過去の事例を実態に即して把握できるよう取り纏めることとした。災害廃棄物の広域輸送について、東日本大震災を事例として可能な限り実態に即した生の声を集め事例集的に報告書として記載することを目的とした。

1.3 大規模災害におけるがれきの広域処理事例

1.3.1 阪神・淡路大震災における災害廃棄物の広域処理

1) 震災の概要

平成 7 年 1 月 17 日 5 時 46 分、淡路島北部の北緯 34 度 36 分、東経 135 度 02 分、深さ 16km を震源とするマグニチュード 7.3 の地震が発生した。この地震により、神戸と洲本で震度 6 を観測したほか、豊岡、彦根、京都で震度 5、大阪、姫路、和歌山などで震度 4 を観測するなど、東北から九州にかけて広い範囲で有感となった。また、この地震の発生直後に行った気象庁地震機動観測班による被害状況調査の結果、神戸市の一部の地域等において震度 7 であったことがわかった。

この災害による人的被害は、死者 6,434 名、行方不明者 3 名、負傷者 43,792 名という戦後最悪の極めて深刻な被害をもたらした(消防庁調べ、平成 17 年 12 月 22 日現在。)

施設関係等被害の概要について、住家については、全壊が約 10 万 5,000 棟、半壊が約 14 万 4,000 棟にもものぼった。

交通関係については、港湾関係で埠頭の沈下等、鉄道関係で山陽新幹線の高架橋等の倒壊・落橋による不通を含む JR 西日本等合計 13 社において不通、道路関係で地震発生直後、高速自動車国道、阪神高速道路等の 27 路線 36 区間について通行止めになるなどの被害が発生した。

2) 災害廃棄物発生量

阪神・淡路大震災では住宅・建築系と道路・鉄道等の公共公益系を併せ約 2,000 万 t という膨大な量のがれきが発生している。このうち市町の災害廃棄物処理事業として実施されたのは住宅・建築系の約 1,450 万 t である。兵庫県の平成 6 年度の一般廃棄物総排出量は 248 万 t であり、十数秒の地震により約 8 年分に相当する廃棄物が発生したこととなる。

3) 広域処理の実施

災害廃棄物の円滑な処理のため、国（四省庁連絡会議）、県、関係 20 市町およびその他の関係者が協力して、処理状況を把握し、搬送ルート、仮置場及び最終処分場を確保し、これを適切に処分することを目的として災害廃棄物処理推進協議会が設置された。この協議会のもとに、(社) 全国産業廃棄物連合会、(社) 建築業協会、近隣市町等の協力を得て、解体処理、分別処理、最終処分に取り組まれた。

幸い神戸、阪神、淡路地域には未竣工又は未利用の海面埋立地があり、最大時で 46 箇所 125 万平方メートルに及び仮置場が確保された。

木くずを中心とする可燃物については、各市町のごみ焼却炉にあまり余力がないこと、県内に専門に処理している業者が少ないこと等の理由から、当初は処理ルートの確保に困難を極めたが、県内、県外の他市町への処理委託や仮設焼却炉の設置等により処理の目処がついたとのことである。焼却の内訳は仮設焼却炉 99 万 t、自己焼却炉の余力活用 19 万 t、他市町への焼却委託 10 万 t、民間業者への焼却委託 25 万 t であり、残る 56 万 t が仮置場での野焼きである。仮設焼却炉は 7 市町等で計 34 基であり、処理能力は 1,780 t/日である。焼却灰は大阪湾フェニックスで 44 万 t、民間業者 15 万 t で埋め立て処理された。可燃物の域外処理率は 14% となっており、西宮市や芦屋市の木くずを JR 貨物が輸送し、横浜市、川崎市及び埼玉県東部清掃組合で処理されたものもある。

域外処理の内訳は表 1.3.1-1、1.3.1-2 のとおりであり、東は埼玉県、千葉県から西は福岡県と広範囲にわたっている。遠方で処理された事例については、貨物列車や船舶による大量輸送によるもので、輸送コストの関係から効率の良い手段によるものが大半であったと報告されており、西播磨地域へは海上輸送されたが、詳細を記した文献等は見つけられなかった。

なお、木材、畳のリサイクルは 9 割以上が兵庫県外であり、大阪府、和歌山県の業者が中心であるが、一部は奈良県、三重県、愛知県内の業者により行なわれたとのことである。

表 1.3.1-1 木くずの他市町への焼却委託状況

市町名	処分先	平成6～7年度 処理実績(t)	平成8年度 処理見込量(t)	備考
尼崎市 計 4,516	大阪府守口市	168		
	大阪府堺市	2,197		
	大阪府大阪市	1,432		
	大阪府東大阪市	125		
	大阪府拍羽藤環境事務組合	594		
西宮市 計 50,853	神奈川県横浜市		5,193	JR貨物
	神奈川県川崎市	5,992	12,628	JR貨物
	埼玉県東部環境組合	7,266	3,871	JR貨物
	大阪市	2,821	13,082	
芦屋市 計 4,635	神奈川県横浜市	2,855		JR貨物
	和歌山県御坊市清掃センター	1,604		
	和歌山県橋本市	176		
伊丹市 計 15,032	京都府京都市	2,261		
	京都府京田辺市	519		
	京都府城南衛生事務組合	596		
	京都府乙訓環境衛生組合	298		
	滋賀県近江八幡市	1,389		
	滋賀県日野市	2,871		
	滋賀県彦根市	1,018		
	滋賀県甲賀郡行政組合	1,353		
	滋賀県草津市	1,299		
	滋賀県守山市	483		
	滋賀県大津市	740		
	滋賀県栗東町	577		
	岡山県倉敷市	1,628		
合計	75,036 t	40,262	34,774	

注 兵庫県外の民間業者で焼却したものは表1.3.1-2に示す

《参考》木くずの県内他市町への焼却処理委託

市町名	処分先	平成6～7年度	平成8年度	備考
芦屋市	姫路市	9,122		
	相生市	7,147		
	赤穂市	1,226		
	猪名川町	773		
伊丹市	三田市	1,232		
	氷上町柏原町衛生一部事務組合	974		
明石市	加古川市	1,389	811	
	加西市	320	294	
合計	23,288 t	22,183	1,105	

出典：阪神・淡路大震災における災害廃棄物処理について（兵庫県）

表 1.3.1-2 県外民間業者への委託状況

(単位 千t)

市町名	処分先	焼却		埋立		
		木くず焼却	混合物焼却	混合物埋立	篩下埋立	不燃物埋立
神戸市	岡山県笠岡市			134 うち可燃(19)	250	
	三重県上野市		可(10) 20	(10)	100	
尼崎市	大阪府松原市		5			
	福井県敦賀市			1		
西宮市	三重県上野市	33	10	可(9)	43	
	岡山県笠岡市			可(112)	519	
	千葉県船橋市		12			
	広島県福山市		8			
芦屋市	三重県上野市		6		26	
	三重県多気郡		6		21	
	福井県敦賀市				5	
伊丹市	京都府京都市	1				
	京都府舞鶴市	7				
	岡山県久米町	2				
	三重県松阪市			可燃12		
	岡山県岡山市			可燃 1		11
三重県上野市					7	
宝塚市	三重県上野市	70				
	大阪府大阪市					17
川西市	三重県多気郡			可燃 1		
	大阪府堺市					42
合計 1,370		113	57	可燃154	不燃1,046	

出典：阪神・淡路大震災における災害廃棄物処理について（兵庫県）

1.3.2 紀伊半島大水害における災害廃棄物の広域処理

1) 水害の概要

四国から中国地方を縦断した台風第12号の影響により、和歌山県では県南部を中心に県南部を中心に8月30日から9月4日にかけて、三重県では南部を中心に9月1日から5日朝にかけて激しい雨に見舞われ、気象庁観測局の和歌山県古座川町西川地点の1,114mmをはじめ、和歌山県内の観測地点18カ所のうち14カ所で72時間雨量の観測史上最高値を記録するなど記録的な雨となった。

豪雨による河川の氾濫や土砂災害等により和歌山県内では、死者56名（うち災害関連死6名）、行方不明者5名（平成24年4月6日現在）という人的被害をはじめ、広範に及ぶ市街地の浸水、河川道路等の損壊や、電気、上下水道、電話などのライフラインの断絶など甚大な被害が発生した。流木の漂着は7,300tに及び損壊家屋は全壊367戸、半壊1,870戸、一部損壊170戸に及んだ。

三重県内では死者 2 名、行方不明者 1 名という人的被害をはじめ、広範に及ぶ市街地の浸水、河川道路等の損壊や、電気、上下水道、電話などのライフラインの断絶など甚大な被害が発生した。損壊家屋は全壊 81 戸、半壊 1,077 戸、一部損壊 71 戸に及んだ。

奈良県内でも死者 14 名、行方不明者 10 名、損壊家屋は全壊 49 戸、半壊 69 戸、一部損壊 14 戸に及んだ。

2) 災害廃棄物発生量

三重県で 21,660t、和歌山県で 71,410t、の災害廃棄物が発生した。

3) 広域処理の実施

エンジニアリング協会の調査によると、和歌山県新宮市は迅速な廃棄物処理を実現するため、陸送だけでなく海上輸送を利用した広域処理を実施し注目を集めた。

海上輸送の概要は次のとおり。

対象廃棄物：新宮市・那智勝浦町内の水害廃棄物 14,000t

運搬容器：ハードトップコンテナ (32m³、16t) 積み

運搬経路：新宮港→(貨物船) 神戸港 →(トレーラー) 大栄環境(株)中間処理場

運搬実施日：第 1 回 (2011 年 10 月 1 日～10 月 31 日)

コンテナ数：400 運搬回数 4 回

第 2 回 (2011 年 11 月 19 日～12 月 22 日)

コンテナ数：700 運搬回数 10 回

所要時間：新宮港積み込み作業 (約 7 時間) (写真 1.3.2-1、写真 1.3.2-2)

：新宮港 → 神戸港 (約 12 時間)

：神戸港積卸し作業 (約 2 時間)



写真 1.3.2-1 トレーラーへの積み込み(新宮)



写真 1.3.2-2 貨物船への積み込(新宮港)

第2章 東日本大震災がれき広域処理事例

2.1 がれき発生量

災害廃棄物の発生量について、環境省は、東日本大震災発生直後に、衛星画像を用いて浸水区域を特定し、これをもとに、平成23年4月時点で、岩手県、宮城県及び福島県3県の沿岸市町村における津波により倒壊した家屋等の災害廃棄物量を約2,400万tと推計している。その内訳は、それぞれ岩手県約600万t、宮城県約1,600万t、福島県約200万tと推計。(津波堆積物は含まれていない。)

その後、災害廃棄物の仮置き場への搬入が概ね終了した市町村については、搬入済量をもとに適宜推計量を見直し、より実態に近い推計量に置き換えられてきている。平成24年12月末現在の津波堆積物を含めた推計量は、表2.1-1に示すように2,667万tである。このうち、災害廃棄物は1,628万t、津波堆積物は1,039万tである。災害廃棄物発生量は、当初の推計量に比較し約770万tも少なくなっている。これは、津波により相当数が海に流出したと見込まれている。

災害発生から約2年が経過した現在、各地域で分別、焼却、再利用、広域処理が進められているが、災害廃棄物の処理割合は715万tと約44%になっている。津波堆積物においては、163万tの約16%に過ぎない状況である。特に、津波堆積物の処理は、岩手県、福島県で本格的な処理が進んでおらず、進捗が不十分な状況にある。

岩手県では、県内の既存廃棄物処理施設を最大限活用、県内セメント工場における処理の見直しをするとともに、仮設焼却炉2基(計約200t/日)、破碎・選別施設を地域ごとに設置し、県内処理を進めている。処理が間に合わない分については、広域処理を活用する。

宮城県は、仙台市分を含め仮設焼却炉(29基)、破碎・選別施設(12か所)を設置し、埋立処分量削減のため、焼却灰の造粒固化施設を設置し本格稼働中である。処理が間に合わない分については、広域処理を活用する。

一方、政令指定都市である仙台市は、自己処理が可能で、災害廃棄物の推計量135万tを発災から3年以内の処理完了を目指し、リサイクル率50%以上を目標として、順調に処理が進んでおり、平成25年12月までに処理が完了すると見込まれている。

福島県の災害廃棄物処理については、国の直轄処理と代行処理について体制強化を図り、加速化が必要な状況にある。仮設焼却炉3基(計約570t/日)の設置が進み、平成25年2月から本格稼働の予定である。

表 2.1-1 災害廃棄物等の推計量と処理の現状

(岩手県、宮城県、福島県の沿岸 37 市町村)

	災害廃棄物 等推計量 (万 t)	災 害 廃 棄 物			津 波 堆 積 物		
		推計量 (万 t)	処理・処分		推計量 (万 t)	処理・処分	
			量 (万 t)	割合 (%)		量 (万 t)	割合 (%)
岩手県	525	366	139	38	159	3	2
宮城県	1,829	1,103	530	48	726	157	22
福島県	313	160	46	29	153	3	2
合計	2,667	1,628	715	44	1,039	163	16

出展：環境省 HP（平成 24 年 12 月末現在）

2.2 広域処理の経緯と経過

環境省は、東日本大震災において地震による大規模な津波により膨大な量の災害廃棄物が発生し、岩手県では 1 年で排出される一般廃棄物の量と比較すると約 11 年分、宮城県では約 19 年分という膨大な量の災害廃棄物が発生したものと推計。これらの災害廃棄物の早期処理が復旧復興の大前提であることから、被災地以外の施設を活用した広域処理の実施が不可欠であった。

このため、環境省は平成 23 年 4 月に災害廃棄物の受け入れ協力要請を始めた。また、災害廃棄物安全評価検討会は、「東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理の推進に係るガイドライン」を平成 23 年 8 月に策定し、地方公共団体への協力要請を行ってきた。平成 23 年 8 月時点で、広域処理希望量は、岩手県で 57 万 t、宮城県・石巻ブロックで 297 万 t などが見込まれていた。しかしながら、災害廃棄物が放射能で汚染されていることへの不安から、受け入れようとする市町村の住民の理解が得られないため、広域処理が進まない状況にあった。しかしながら、自治体として東京都が、いち早く災害廃棄物の受け入れを表明し、宮城県女川町の可燃物を平成 24 年 3 月から本格的に受け入れを開始した。その後、環境省の呼びかけの効果もあり、被災地近県の青森県、秋田県、山形県から静岡県、群馬県などが受け入れるようになった。

その後、災害廃棄物の処理対象量の精査、復興資材としての利用、焼却主灰の再生利用や仮設処理施設での県内処理の拡大により、平成 24 年 12 月末時点での広域処理の必要量は、岩手・宮城の両県で約 69 万 t となっている。それらの内訳として、岩手県は 30 万 t、宮城県は 39 万 t となっている。また、広域処理の受入れ自治体（民間事業者も含む）は、1 都 1 府 11 県 58 件において実施し、約 21 万 t が処理済みになっている。

また、宮城県は、これまで東京都、北九州市、茨城県に可燃物の処理の一部を委託していたが、県内の仮設焼却炉（29 基）が順調に稼動し始めたこと、仙台市の仮設焼却炉の協力を得ることで期限内（平成 26 年 3 月末）の処理に目処がついたことから、この広域処理を平成 24 年度内（平成 25 年 3 月末）で終了するとしている。

岩手県は、期限内の処理完了には、今後のスピードアップが不可決のため、広域処理については、既に決まっている大阪市に加え、東京都および新たに二つの市に処理を委託する

ことを決めている。

このように災害廃棄物の広域処理必要量：約 69 万 t の内訳は、可燃物：約 32 万 t、木くず：約 12 万 t、不燃混合物：約 23 万 t、漁具・漁網：約 2 万 t となっている。

可燃物・木くずについては、現在調整中の自治体を含めた広域処理を通じて、早期に広域処理の受け入れを終了する予定になっている。

- ①岩手県の可燃物：概ね平成 25 年 12 月まで
- ②岩手県の木くず：概ね平成 25 年 3 月まで
- ③宮城県の可燃物：概ね平成 25 年 3 月まで

2.3 気仙沼市からの広域処理

2.3.1 気仙沼市へのヒアリング

1) 気仙沼市の災害廃棄物処理

気仙沼市では 1.45 万 t（津波堆積物除く）の災害廃棄物が発生し、そのうちの 1.07 万 t を宮城県に処理を委託し、37 万 t を気仙沼市で処理する計画となっている。宮城県に委託する災害廃棄物処理事業は、地元調整などの要因により石巻ブロックや亘理・名取ブロックなどの他の処理区よりも遅れ、震災から 1 年以上経過した 2012 年 5 月に開始された。その間、災害廃棄物を集積する一次仮置き場には大量の廃棄物が運び込まれ、仮置場の確保が困難な状況が続いていた。そのため気仙沼市は、広域処理（山形県、青森県）の検討を行い、2011 年 7 月から独自の災害廃棄物処理を積極的に進めている（図 2.3.1-1）。この取組みは、災害廃棄物処理の早期の完遂に向けて大きな効果を上げている。

2012 年 8 月 2 日、気仙沼市市民生活部廃棄物対策課に伺い、災害廃棄物の広域処理の状況についてヒアリング調査を行った。

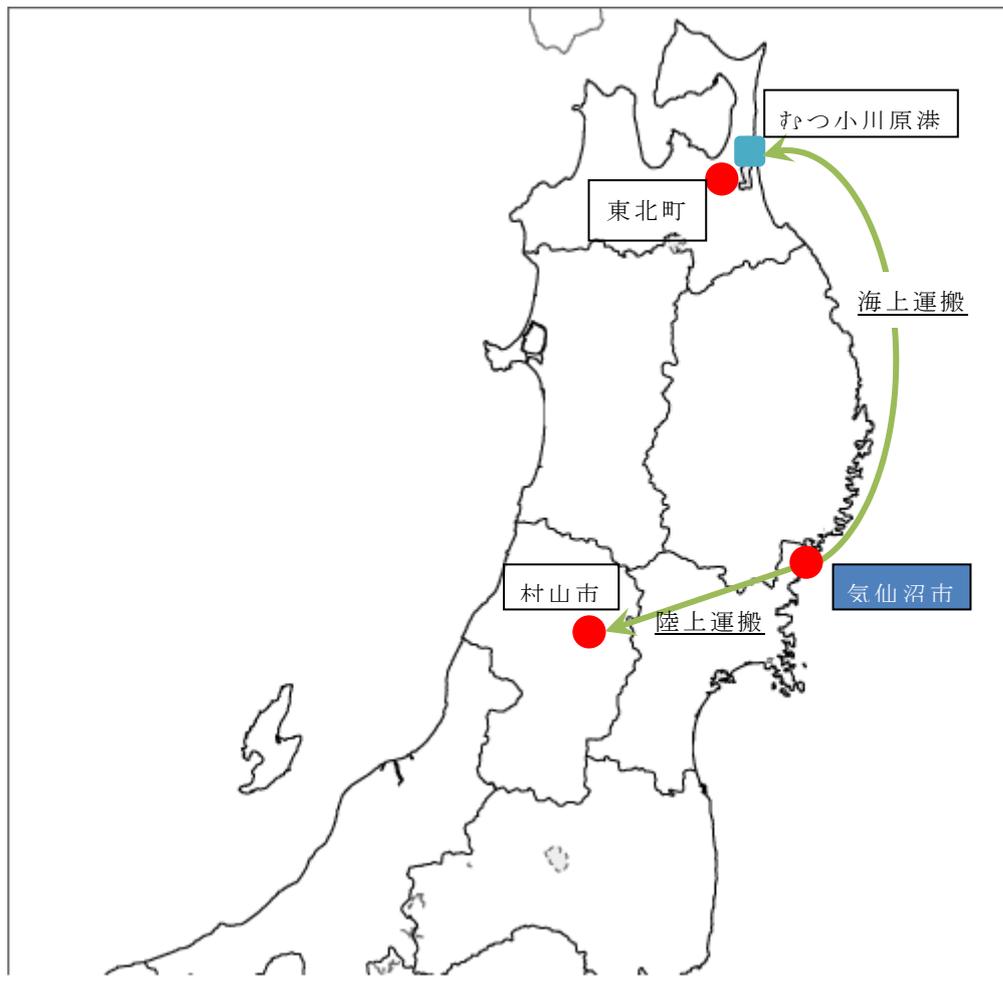


図 2.3.1-1 気仙沼市災害廃棄物の広域処理

2) ヒアリング内容

(1) 山形県への広域処理

- ・山形県村山市のやまがたグリーンリサイクル㈱に木くずの処理を委託し、関連会社である、やまがたグリーンパワー㈱においてバイオマス発電用燃料として利用されている。
- ・木くずは気仙沼市内の一次仮置き場で粗破碎処理を行い、チップ化した状態で搬出している（写真 2.3.1-1、写真 2.3.1-2）。
- ・処理委託は 2011 年 7 月より開始され、2012 年 5 月までに 7,314t が処理された。
- ・処理先までの運搬は、トラックによる陸上輸送とし手配は気仙沼市で行っている。
- ・復路便は基本的に空便となるが、稀におが粉（地盤改良材として利用）を運搬することもあった。



写真 2.3.1-1 一次仮置場の災害廃棄物



写真 2.3.1-2 木くずのチップ化

(2) 青森県への広域処理

- ・気仙沼港（写真 2.3.1-5、写真 2.3.1-6）からむつ小川原港までガット船（バラ積み）にて海上輸送し、六ヶ所村内の民有地に保管後トラックで東北町へ運搬した。
- ・2011 年 3 月～6 月まで青森県東北町の間処理業者に木くず 536t の処理を委託した。
- ・木くずは破碎せず角材を中心に搬出し、搬出量は気仙沼港に設置した仮設のトラックスケールで測定した（写真 2.3.1-3、写真 2.3.1-4）。



写真 2.3.1-3 木くずの積み込み状況（ダンプ）



写真 2.3.1-4 木くずの積み込み状況（コンテナ）

- ・一次仮置き場から港までの運搬は気仙沼市が実施し、船への積込みは業者が実施した。
- ・大量運搬によるコスト低減、陸上輸送による交通渋滞の回避を考慮した結果、海上輸送を選定した。
- ・船降ろしの際は六ヶ所村と東北町の担当者が立会い、災害廃棄物の内容や混入物の確認を行った。
- ・泥が多量に付着しているもの、木の枝、根等、処理が困難なものについては、やむを得ず持ち帰ることもあった。
- ・荷卸し時に放射能の測定を行ったが、すべて基準値を下回っていた。

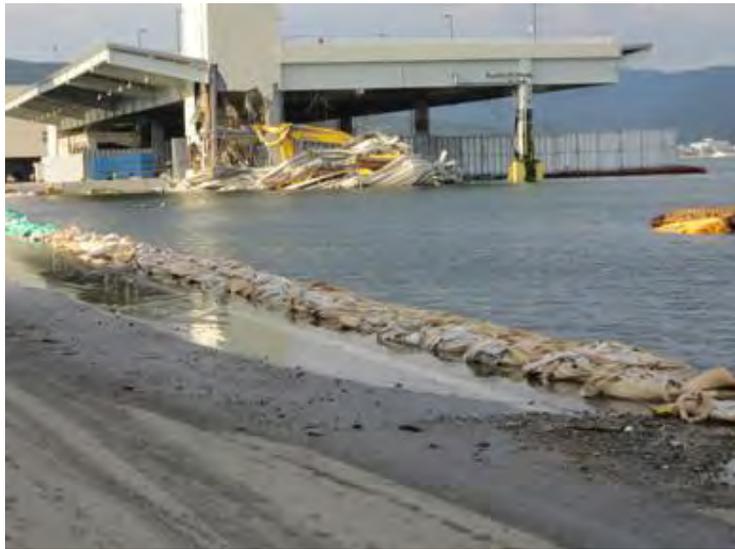


写真 2. 3. 1-5 気仙沼港の被災状況（魚市場付近）



写真 2. 3. 1-6 気仙沼港利用状況（撮影は広域処理外の利用時）

3) 広域処理の経緯

- ・一次仮置き場がひっ迫していたため、仮置き場からの搬出を急ぐ必要があった。
- ・民間より、処理先の自治体と協議済みの受入れ態勢が整った広域処理の提案があった。
- ・相手方自治体とは電話、FAXでやり取りし、最後に直接現地に出向きお願いをした。
- ・宮城県が仲介役を一部果たしていた。
- ・提案を受けてから委託を開始するまで、短いもので1ヶ月、長いもので3～4ヶ月を要した。
- ・委託開始までに時間が掛かった最大の理由は、放射能に対する問題であった。

4) 市施設（気仙沼市ごみ処理施設）での処理

- ・気仙沼市ごみ処理施設（写真 2.3.1-7）は、被災後2週間の間、停電のため炉が停止していた。
- ・その後はがれきも可能な限り受け入れ、チップ化した木くずを4,324tを処理している。（2011年4月～2012年7月 10t/日程度）
- ・焼却炉は81t/日×2炉である。
- ・チップ化した木くずは乾燥しているためカロリーが高く、炉への負担が大きいため一般ごみと混合しカロリー調整を行う必要がある。塩分の影響は特に出していない。
- ・飛灰の放射能は、最大で2,087Bq/kg、2012年8月現在では1,700Bq/kg、主灰は100Bq/kg台であった。混合したもので最大390Bq/kgであり、問題になる数値ではないと考えている。



写真 2.3.1-7 気仙沼市ごみ処理施設

出典：気仙沼市クリーンヒルセンターパンフレット

5) その他

- ・大災害の緊急時ということで処理を進めることが第一優先であった。
- ・コスト的に問題が無く受入自治体との調整ができていたものであれば、委託に対して大きな抵抗はなかった。
- ・一般廃棄物か産業廃棄物かの議論が決着しなかったため、委託契約の締結に時間を要した部分がある。

2.3.2 やまがたグリーンリサイクル㈱およびやまがたグリーンパワー㈱へのヒアリング

やまがたグリーンリサイクル㈱およびやまがたグリーンパワー㈱は、日本バイオマス開発㈱の発電事業を担う関連会社である。やまがたグリーンリサイクル㈱は、木くず処理を専門とする中間処理施設（写真 2.3.2-1）であり、やまがたグリーンパワー㈱で使用する木質バイオマス発電用燃料の製造を行うことを目的に 2008年に設立された。当施設では、木質バイオマスに含まれる異物の除去や品質管理を行い、ガス化発電に適した木チップを製造している。（施設の概要および事業内容については第 I 部において詳述）

両社は東日本大震災の直後に、気仙沼市より被災木くずの処理先として選定され、災害廃棄物の広域処理実施に大きな役割を果たしている（写真 2.3.2-2）。特に、広域処理実現の障壁となっている廃棄物の放射能への対応、近隣住民や地域行政との調整など、前例の無い諸問題を適切かつ早期に解決したことは特筆されるものである。両社の取り組みは、その後実施された県外広域処理実現の先駆けとなったものである。

2012年8月3日に両社を訪問し、広域処理の実施経緯に関してヒアリング調査を行った。

1) やまがたグリーンリサイクル㈱の取組

- ・従来、自然木に限って受入れをしていたが気仙沼市の被災木の受入れに対応するため、解体材等（木屑）の許可（一般廃棄物処理及び産業廃棄物処理）を追加取得した。
- ・木チップ製造時に発生するおが粉（写真 2.3.2-5）は、地元畜産農家に敷き藁の代替品として有価売却している。また、気仙沼市の地盤改良材としても有効利用されている。
- ・被災木の受入れにあたり何度も住民説明会を開催した。
- ・被災木の放射線量のデータを公開すること、被災木の受け入れは気仙沼市に限定であること、本件は一時的な措置であることを説明し、地域住民の理解を得ることができた。
- ・地元では被災木の受入れに反対しないことが被災地復興に繋がる、という意識が高く、受入れに対しては好意的な意見が多かった。
- ・2011年7月から気仙沼の被災木の受入れを行い、2012年6月末現在、約7,800t（2011年度：5,800t、2012年度：2,000t）の処理を行った（写真 2.3.2-2）。



写真 2.3.2-1 ストックされた伐採木



写真 2.3.2-2 気仙沼から運搬された被災木

出典：日本バイオマス開発㈱HP

- ・放射線の測定は、車両ごとに現地の排出時と施設搬入時の2回実施している。
- ・放射能（ベクレル値）は、月に1回外部機関により測定し、地域住民（代表者）、山形県、村山市、隣接する大石田町に報告している。
- ・受入れ当初、放射能についての基準が無かったため、自社基準を設定して対応した。
- ・2011年夏頃には30～40Bq/kgの数値であったが、現在は不検出である。
- ・被災木の受入れを行った場合、異物（腐敗物、アルミ系金属、プラスチックなど）の混入は避けられず、現在も問題点として解決していない（写真2.3.2-6）。
- ・チップの大きさが細かすぎるとガスが通りにくくなるため、破碎サイズは粗破碎としている。



写真 2.3.2-3 チップ化された木くず



写真 2.3.2-4 切削チップ



写真 2.3.2-5 処理時に発生したおが粉



写真 2.3.2-6 被災木に含まれている漁網

2) やまがたグリーンパワー㈱の取組

- ・気仙沼市の被災木を受け入れる以前は、建設系木くず由来の木チップ（写真2.3.2-3）は全く使用していなかった。
- ・被災木の大半が建築由来の木くずであり含水率が低いため、ガス化する過程で灰になる割合が高くなる。そのため生木との混合や加水によって全体の含水率を上げる必要があった。
- ・現在のチップの混合比は、被災木チップ：50%、切削チップ（写真2.3.2-4）：30%、普通チップ：20%である。

- ・ガス化炉（写真 2.3.2-8）および配管はタールでコーティングされているため、被災木に含まれる塩分は発電設備では問題にならないが建屋外装の一部に錆が発生した。
- ・焼却灰の放射能は、最高値が 2,000Bq/kg（2011 年夏）、現在は 250～500Bq/kg 程度。
- ・被災木の受入れ後、焼却灰の発生量が 5～10 倍に増加している。含水率が低いことや付着した土などの影響であると考えられる。
- ・焼却灰の処理は市内の最終処分場にて埋立処分としている。



写真 2.3.2-7 発電所建屋

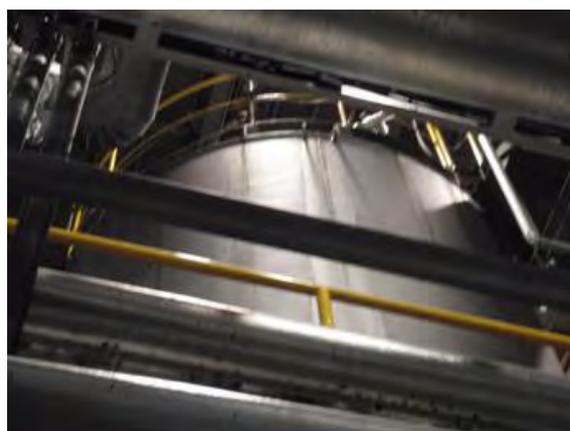


写真 2.3.2-8 ガス化炉



写真 2.3.2-9 ガスエンジン発電機



写真 2.3.2-10 重質タール分離槽

2.4 石巻市からの広域処理

2.4.1 宮城県庁へのヒアリング

2012年11月20日、石巻市の震災廃棄物の処理状況を調査するため、宮城県 環境生活部 震災廃棄物対策課 処理推進第1班を訪問してヒアリングを実施したので報告する。

1) 処理状況

被災3県(宮城県・岩手県・福島県)の震災廃棄物推計量は2,758万tといわれ、宮城県は1,873万tにのぼり約70%を占める。なお、石巻市周辺の廃棄物推計量は、宮城県内の約半分を占めており県内最大規模となっている。(表 2.4.1-1参照)

表 2.4.1-1 震災廃棄物の処理状況(2012年9月30日現在)

県	市町村	県への事務委託	災害廃棄物等推計量(千トン) (a)+(c)	災害廃棄物推計量(千トン) (a)	災害廃棄物の仮置場への搬入状況			災害廃棄物の処理・処分状況		津波堆積物推計量(千トン) (c)	津波堆積物の仮置場への搬入状況		津波堆積物の処理・処分状況	
					仮置場搬入済量(千トン)	搬入率(%)	仮置場設置数	処理・処分量計(千トン) (b)	処理・処分割合(%) (b)/(a)		仮置場搬入済量(千トン)	搬入率(%)	処理・処分量計(千トン) (d)	処理・処分割合(%) (d)/(c)
岩手県計			5,250	3,947	3,429	87%	68	931	23.6%	1,304	1,038	80%	3	0%
宮城県	仙台市	×	2,644	1,344	1,326	99%	3	506	37.6%	1,300	1,300	100%	80	6%
	亶理名取ブロック		3,967	2,145	2,093	98%	25	603	28.1%	1,822	627	34%	357	20%
	名取処理区県処理分		437	303	-	-	1	46	15.0%	134	-	-	22	17%
	名取市	○	193	193	491	99%	2	193	99.9%	0	16	12%	-	-
	岩沼処理区県処理分		832	337	-	-	1	159	47.2%	495	-	-	143	29%
	岩沼市	○	4	4	319	94%	1	4	100.0%	0	162	33%	-	-
	亶理処理区県処理分		1,195	509	-	-	1	94	18.4%	686	-	-	130	19%
	亶理町	○	27	27	531	99%	3	16	59.3%	0	339	49%	-	-
	山元処理区県処理分		1,279	772	-	-	1	92	11.9%	507	-	-	62	12%
	山元町	○	0	0	753	98%	15	0	-	0	110	22%	-	-
	宮城東部ブロック		992	823	705	86%	13	401	48.7%	169	89	52%	57	34%
	宮城東部ブロック県処理分		397	306	-	-	4	11	3.7%	91	-	-	0	0%
	塩竈市	○	136	136	255	94%	1	75	55.0%	0	2	100%	-	-
	多賀城市	○	317	268	233	80%	5	242	90.3%	48	50	99%	48	100%
	七ヶ浜町	○	142	112	217	83%	3	72	64.4%	30	37	31%	9	29%
	松島町	×	81	79	57	72%	2	47	59.9%	2	2	100%	2	100%
	利府町	×	19	19	17	91%	3	17	88.5%	0	-	-	-	-
	石巻ブロック		8,845	5,792	4,597	79%	29	1,779	30.7%	3,054	1,710	56%	366	12%
	石巻ブロック県処理分		3,639	3,234	-	-	1	492	15.2%	405	-	-	1	0%
	石巻市	○	722	722	2,727	71%	21	722	100.0%	0	375	93%	-	-
	東松島市	○	4,162	1,534	1,522	97%	3	325	21.2%	2,628	1,314	50%	365	14%
	女川町	○	323	302	347	95%	4	241	79.8%	21	21	100%	0	0%
	気仙沼ブロック		2,177	1,802	1,686	94%	35	301	16.7%	375	111	30%	0	0%
気仙沼処理区県処理分		1,114	1,087	-	-	2	0	0.0%	27	-	-	0	0%	
気仙沼市	○	568	339	1,401	98%	22	221	65.2%	229	13	5%	0	0%	
南三陸処理区県処理分		312	284	-	-	1	0	0.0%	28	-	-	0	0%	
南三陸町	○	183	92	285	76%	10	80	87.1%	91	98	82%	0	0%	
宮城県計		18,726	12,004	10,482	87%	110	3,653	30.4%	6,722	3,813	57%	862	13%	
福島県計		3,608	2,073	1,234	60%	31	353	17.0%	1,534	584	38%	20	1%	
被災3県の合計		27,584	18,024	15,145	84%	209	4,937	27.4%	9,560	5,460	57%	885	9%	

出典：宮城県庁より受領の資料から抜粋

仙台市・松島町・利府町を除く被災自治体から宮城県へ処理委託された廃棄物は、4ブロック(8区分)へ分割され、特定業務共同企業体(JV)へそれぞれ一括発注し、2014年3月末を目標に処理を実施中である。仙台市・松島町・利府町については、各々自主処理を行っている。(図 2.4.1-1~2.4.1-2、表 2.4.1-2参照)

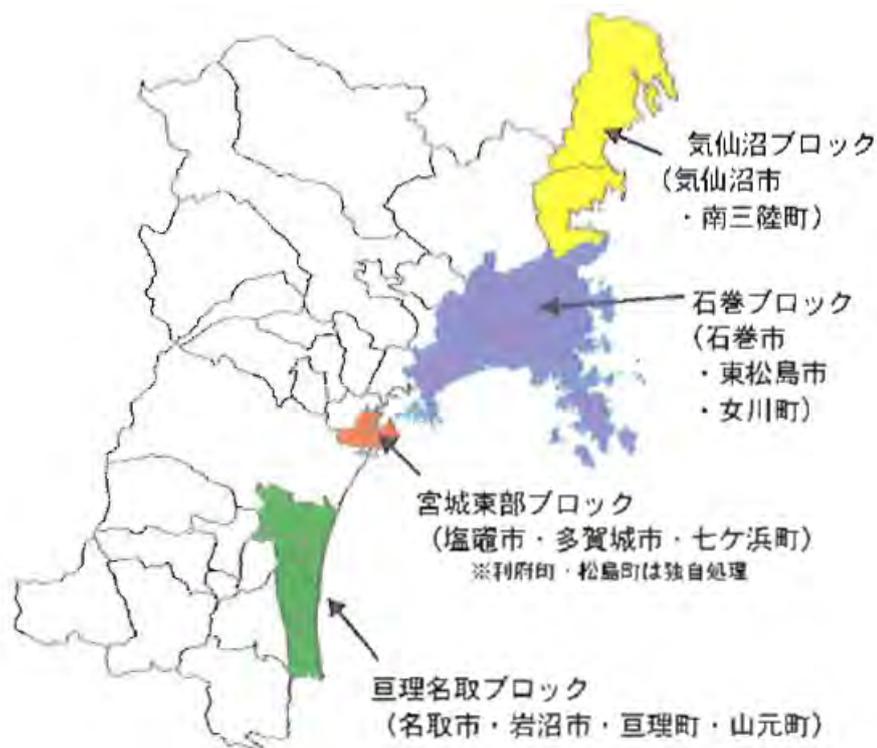


図 2.4.1-1 震災廃棄物の処理状況(2012年9月30日現在)

出典：宮城県庁より受領の資料から抜粋

表 2.4.1-2 震災廃棄物の処理状況(2012年9月30日現在) (単位:百万円)

区分	受注者	契約額	
		当初	変更後
1 石巻ブロック	鹿島JV(全9社)	192,360.0	148,261.6
2 亶理名取ブロック(名取処理区)	西松JV(全4社)	16,201.5	
3 亶理名取ブロック(岩沼処理区)	間組JV(全5社)	23,782.5	
4 亶理名取ブロック(亶理処理区)	大林JV(全7社)	54,327.0	49,283.7
5 亶理名取ブロック(山元処理区)	フジタJV(全7社)	33,075.0	
6 宮城東部ブロック	JFEエンジJV(全6社)	23,522.1	
7 気仙沼ブロック(南三陸処理区)	清水JV(全7社)	21,951.3	
8 気仙沼ブロック(気仙沼処理区)	大成JV(全10社)	48,405.0	
計 8件		413,624.4	364,482.7

処理量の変動等により契約変更の予定

出典：宮城県庁より受領の資料から抜粋



図 2.4.1-2 震災廃棄物の処理状況(2012年9月30日現在)

出典：宮城県庁より受領の資料から抜粋

2) 広域処理の経緯

対象廃棄物の選定について、検討当初の焼却灰委託処理は放射線量の影響もあり厳しいと考えていた。その後、委託先の自治体が既存焼却炉を活用した処理の申入れがあったので、処理が比較的容易な対象物を絞り込んだ結果、放射線量が低く(100Bq以下)、一般廃棄物と混焼可能な可燃物が適当だと判断した。北九州市は環境省の後押しもあり、東京都と並んで早期に委託先として決定された。

3) 広域輸送方法と費用の状況

北九州市への海上輸送時、コンテナを採用した要因は、輸送中の廃棄物飛散防止が最大の決め手となった。

輸送方法を検討する際、フェリーやトラックと比較検討してきたが、トラックを使うと2倍弱の高コストとなり、また、荷姿についてもフレコンの場合にはコンテナに比べて輸送効率が2倍弱悪くなることが判明した。その結果、現状の海上コンテナ輸送方法に落ち着いた。

なお、北九州市までの海上輸送費用単価は、54千円/tである。因みに北九州市が試験焼却を実施した際に要した80tの陸上輸送費用は14百万円(175千円/t)であった。

4) 焼却残渣と土壌の処理状況

焼却主灰はセメント固化して資源化し、飛灰は埋立て処分中である。

主灰はセメント固化して被災港湾用土木資材へ再利用予定である。また、飛灰の処理委託先は県内18万tのうち、県内外自治体が12万t、県直轄の財団法人施設が6万tを引き受ける予定である。

土壌は洗浄後に一般公共工事用として、復興資材に活用予定である。

震災がれきのうち、コンクリートがらは復興事業へ有効に活用されている。今後、想定される震災廃棄物は農地と海洋がれきが考えられ、各ブロックのごみ組成が変動する可能性もある。

5) その他の質疑応答内容

- (1) 石巻港から太刀浦港(北九州市)へ直接出荷しなかった理由は、コンテナを船へ積み出す設備(クレーン等)が無いためである。
- (2) 仙台港の所管は宮城県港湾事務所である。また、廃棄物の出荷手続きには、国と

の調整を含めると2～3カ月要した。

- (3) 北九州市への広域処理について、搬送費用は各ブロック担当のJVが所掌範囲なので任せている。
- (4) 広域処理の受入条件は、焼却能力と灰の埋立て容量に余裕があることが、最低条件と考える。
- (5) 石巻ブロック内外で処理する廃棄物のごみ質は原則同じだと思うが、広域処理として外に委託する廃棄物は一般廃棄物との混焼が前提なので極力土砂類を排除している。よって、焼却対象物(可燃物)としては、ブロック内で処理する廃棄物よりも若干ごみ質が良いかもしれない。
- (6) 石巻ブロックから仙台港までは、月曜日から土曜日まで毎日陸上輸送している。
- (7) 仙台港のコンテナターミナルは、通常の設定を使っている。なお、出荷時には放射線量を測定している。
- (8) 広域処理を委託する自治体は今のところはない。
- (9) 災害廃棄物対策課が発足した時期は、2011年8月である。

2.4.2 石巻ブロック特定共同企業体へのヒアリング

2012年11月21日、石巻市の災害廃棄物の処理状況を調査するため、石巻ブロック災害廃棄物処理業務特定共同企業体を訪問してヒアリングを実施した。以下に石巻ブロックでの処理状況について報告する。

1) 工事概要

2011年3月11日の東日本大震災により発生した津波により、東北・関東地方の太平洋沿岸部の地域は壊滅的な被害を受け、この津波により大量の「災害廃棄物」が発生した。

宮城県では、県内を大きく4つのブロックに分け、建設会社を中心とした民間企業による共同企業体に業務委託を行うことにより、災害廃棄物の処理が行われている。(図2.4.2-1)石巻ブロック(石巻市・東松島市・女川町)は県内最大の被災地であることに加え、全国でもっとも多い災害廃棄物が発生した地域であり、早期復興を実現するため、迅速かつ効果的な災害廃棄物の処理が進められている。

石巻ブロックの業務概要は以下のとおりである。

- ・業務名：災害廃棄物処理業務(石巻ブロック)
- ・場所：宮城県石巻市雲雀野町地内(図2.4.2-2)
- ・工期：2011年9月17日～2014年3月25日
- ・概要：災害廃棄物処理 3,118千t [平成24年10月9日変更減]
津波堆積物処理 293千m³ [同上]
- ・金額：148,261,565,550円(税込み) [同上](当初金額192,360,000,000円)

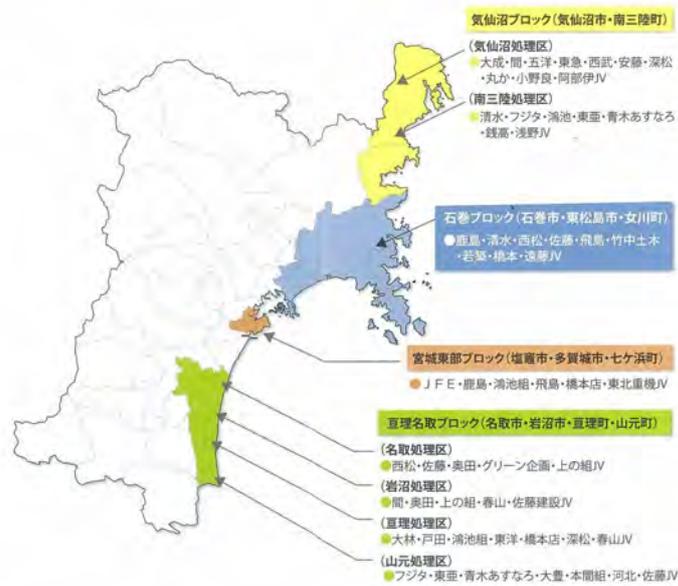


図 2.4.2-1 ブロック割による業務委託



図 2.4.2-2 現場位置図

出典：石巻ブロック災害廃棄物処理業務特定共同企業体より受領資料

2) 災害廃棄物・津波堆積物の処理状況

災害廃棄物、津波堆積物の処理は、中間処理施設を、粗選別、破碎選別、土壌洗浄および土壌改質等を行うAヤード、焼却を行うBヤード、フレコンバッグを仮置きするCヤードのエリアに区分けし進められている(図 2.4.2-3)。処理の状況は以下のとおりである。



図 2.4.2-3 中間処理施設全体図

出典：石巻ブロック災害廃棄物処理業務特定共同企業体より受領資料

(1) 処理工程

処理施設は2012年5月から中間処理施設の一部稼働を開始し、2012年9月までに全施設が完成され、現在、本格稼働中である。廃棄物は、2013年12月までに処分が完了し、施設を3ヶ月間で撤去し終了する予定となっている。図2.4.2-4に石巻ブロックの処理工程を示す。



図 2.4.2-4 工程表

出典：石巻ブロック災害廃棄物処理業務特定共同企業体より受領資料

(2) 一次仮置き場からの運搬移動

災害廃棄物は石巻市内だけでも22箇所以上あり、そこに集積された災害廃棄物は、トラックによる陸上輸送により当施設まで運搬されているが、北上・雄勝エリア、牡鹿エリア、網地島、田代島からの運搬については、船舶による海上輸送により搬入される予定である(図2.4.2-5)。

廃棄物の総量は当初計画では685万tであったが、数量の見直しにより312万tに半減した。これは海中の廃棄物の引き上げが航路の障害になるところだけに変更されたことも数量減の大きな要因となった。

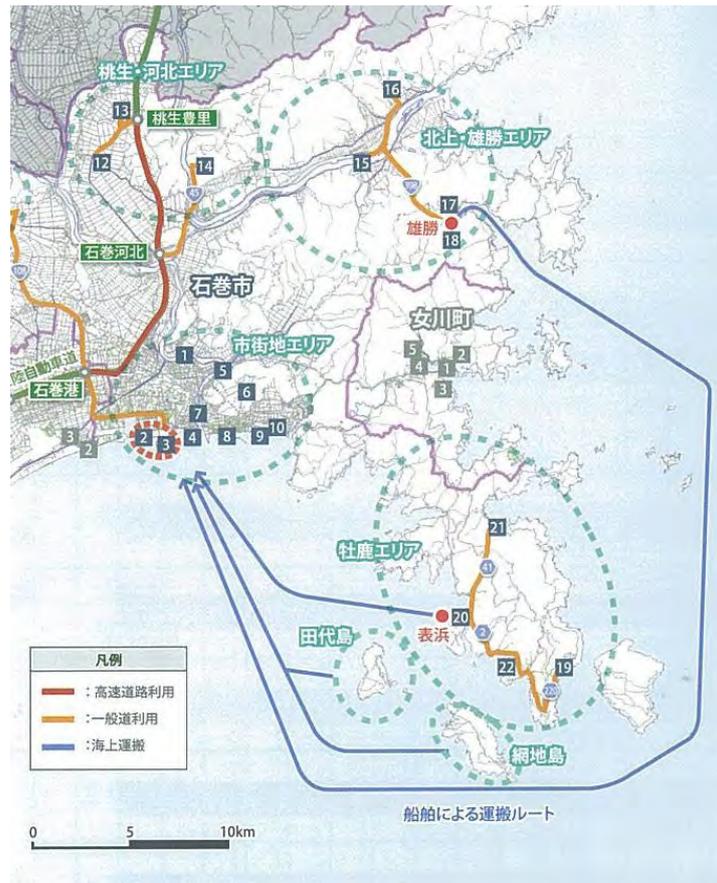


図 2.4.2-5 一次仮置き場からの運搬ルート

出典：石巻ブロック災害廃棄物処理業務特定共同企業体より受領資料

一次仮置き場から当ブロックへの廃棄物の搬入は、一日 70 台の車で 5 往復、延べ 350 台が運行している。施設の入り口にはトラックスケールが 6 基設置(写真 2.4.2-1)され、スマート G システムにより運行管理が行われている。このシステムは、IC チップを利用した携帯端末により双方向通信が可能なシステムで、交通状況、搬入車両の位置情報を一元管理でき、廃棄物を積んだ車の重量を計測する他、どの一次仮置き場から何を運搬してきたかの情報が瞬時に登録される(図 2.4.2-6)。

また、出口側の 3 基のトラックスケールには放射線ゲートモニターが設置され、放射線量の測定が行われている。コンテナを 3 基積んでいる長いトレーラーの測定用に測定器が 6 台(片側 3 台×両側)のラインも設置されている(写真 2.4.2-2)。



写真 2.4.2-1 搬入ゲート



写真 2.4.2-2 放射線ゲートモニター



図 2.4.2-6 運行システム概要

出典：石巻ブロック災害廃棄物処理業務特定共同企業体より受領資料

(3) 災害廃棄物の処理

(a) 粗選別

一次仮置き場から1日約3,000tの災害廃棄物が当ブロックへ搬入され、まず粗選別が行われる(写真2.4.2-3、写真2.4.2-4)。粗選別ヤードでは、可燃混合物(木くず)および粗大混合物(コンクリートガラ・タイヤ)、金属くず等の選別が行われ、アスベスト含有物、ガスボンベなどの有害物・危険物、また、写真・アルバム等の思い出の品が取り除かれる。選別後は破砕機により概ね30cm以下に破砕される。



写真 2.4.2-3 粗選別状況（選別前）



写真 2.4.2-4 粗選別状況（選別作業）

(b) 破碎選別

粗選別された災害廃棄物は、破碎選別ヤードにおいて、14基の振動ふるい機と8基の手選別ライン、磁力選別機、風力選別機等により、リサイクル可能なものを徹底的に選別した後、不燃物、可燃物、土砂（細粒分）等に分別されている。選別作業状況を写真 2.4.2-5～写真 2.4.2-8 に示す。



写真 2.4.2-5 資源回収施設



写真 2.4.2-6 破碎選別ライン



写真 2.4.2-7 可燃物の集積



写真 2.4.2-8 土砂の集積

(c) 焼却

災害廃棄物の焼却は、焼却対象物が多種多様になるため、燃焼方式の異なる2種類の焼却炉が設置されている。ロータリーキルン（300t/日×2基、写真2.4.2-9）は傾斜した円筒状の炉本体を回転させて焼却するため水分や土砂を含んだ泥状廃棄物の処理が可能であり、ストーカ炉（329.5t/日×3基、写真2.4.2-10）は稼動する火格子の下部から空気を供給して焼却するため、木くず・プラスチック・紙などの処理が可能である。当ブロックでは、この5基の焼却炉によって国内最大規模となる1日約1,500tの災害廃棄物が焼却されている。設備の設置はこの規模では通常1年程度を要するが、今回は3ヶ月で設置された。

燃焼後に残査として残る焼却灰は、主灰を不溶化し造粒固化設備により良質な粒状体の地盤材料に改良されており、海面埋立に使用される予定である（写真2.4.2-11）。



写真 2.4.2-9 焼却炉（ロータリーキルン） 写真 2.4.2-10 焼却炉（ストーカ炉）



写真 2.4.2-11 焼却灰

(4) 土砂・津波堆積物の処理

破碎選別ヤードにて選別された土砂（細粒分）は、洗浄して、再利用できる礫・砂と廃棄物とに分級されている（写真 2.4.2-12）。津波堆積物のうち特定有害物質や油分により汚染されているもの、塩分や有機物などが付着しているものは洗浄し、土砂と廃棄物に分級されている（写真 2.4.2-13）。また、土壌汚染のないものは振動ふるい機で土砂と廃棄物に分級されている（写真 2.4.2-14）。

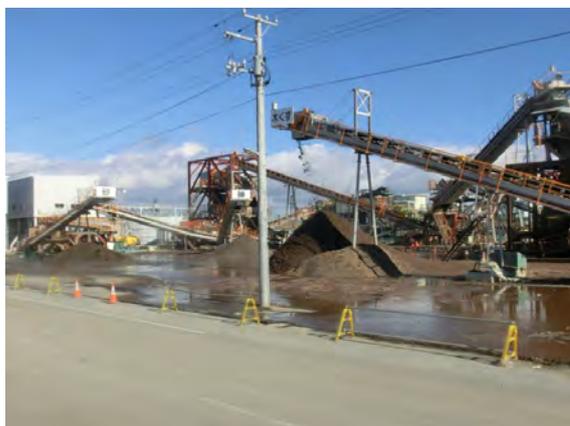


写真 2.4.2-12 土壌洗浄設備 (A)



写真 2.4.2-13 土壌洗浄設備 (B)



写真 2.4.2-14 土壌改質設備

(5) 広域処理

災害廃棄物の一部は県外の複数の自治体および民間企業で処理が行われている。当初、混合廃棄物の処理は県外で行うことを予定していたが、放射能汚染の問題から、フレコンバッグに詰めて場内に仮置きされている。フレコンバッグは火災、虫、匂いの対策として特殊なシートでカバーが掛けられ、内部の温度およびガスの計測が行われている（写真 2.4.2-15）。



写真 2.4.2-15 混合廃棄物シート養生状況

当ブロックの焼却施設は災害廃棄物の3割を焼却する計画で設置されたが、今後の処理量の変化によっては更に広域処理が必要となる。廃棄物の運搬は、廃棄物の処理および清掃に関する法律で再委託が禁止されているため、トラック業者、船会社ともJVを組んで行われている。

現在の広域処理状況について、受入先、廃棄物の種類、処理方法および輸送方法等は以下のとおりである。

(a) 東京都

受入廃棄物は畳と混合廃棄物である。畳は破砕処理されている。発火性があるので火災対策のため高さが2m以内で保管され早期に処理が進められている。廃棄物はコンテナに積み込み、トラックでコンテナターミナルへ日々運搬され、そこからJR貨物の鉄道便で東京へ輸送されている。畳は7,000tすべてが2012年11月末で終了する計画である。混合廃棄物は選別後再資源化されている。

(b) 北九州市

受入廃棄物は可燃物で焼却処理されている。廃棄物は木くずを中心とした可燃物で、一次仮置き場の廃棄物から不燃物を除いたものである。宮城県内での焼却物とほぼ同じであるが、再度選別がかけられている。廃棄物はコンテナに積み込まれ石巻港まで日々トラックで運搬されている。石巻港からは、月曜日にコンテナの積み卸しが行われ、週一回のペースで北九州市へ海上輸送されている。

(c) 八戸市

廃飼料のセメントの原料化を図ったが塩分が多いため中止され、当ブロックでの焼却処理に変更された。

(d) 米沢市

不燃残査の最終処理が行われている。廃棄物はトラックで陸上輸送されている。

(e) 笠間市

(財)茨城県環境保全事業団エコフロンティア笠間において可燃物および不燃物の処理が行われている。廃棄物はトラックで陸上輸送されている。

(f) 古川市

古川市の民間事業者において紙パルプ、畳、魚網、可燃物7,500tおよび不燃物3万tを受入れ中である。廃棄物はトラックで陸上輸送されている。

2.4.3 北九州市へのヒアリング

宮城県石巻市の災害廃棄物の広域処理の現状把握を目的として、2012年11月1日（木）と2日（金）の2日間にわたり、北九州市で実態調査を実施した。

前述のように、宮城県と北九州市の役割分担は図2.4.3-1に示すとおりであり、責任範囲の境界を日明(ヒアガリ)積出基地としており、その詳細は以下のとおりである。

宮城県：がれきの破碎選別処理から日明積出基地の荷下ろし

北九州市：上述基地以降から焼却灰の最終処分までの処理

北九州市での現地調査に先立ち、北九州市環境局 循環社会推進部担当者の方々との電子メールや電話でのやり取りを行った。この結果、北九州港管理区域内での調査は許可を得るための時間的制約などから断念したが、市の担当者の方々のご尽力によって、主要な施設を災害廃棄物の搬入のタイミングに合わせて見学することができた。

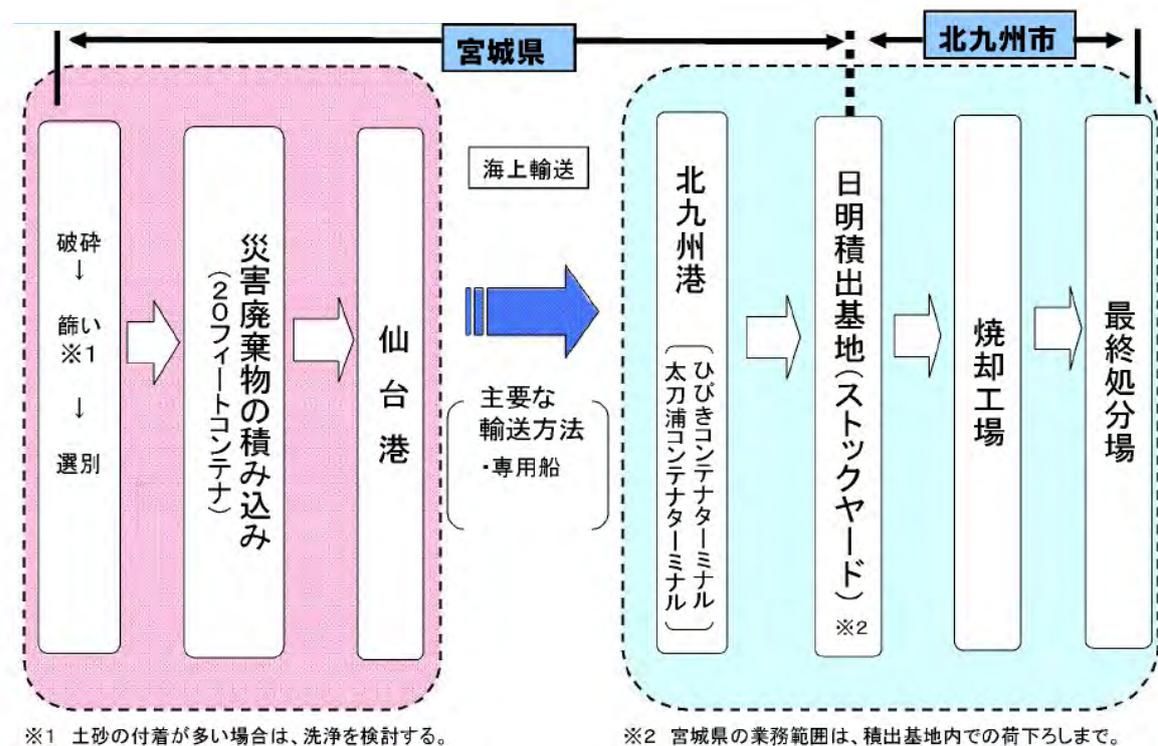


図 2.4.3-1 宮城県と北九州市の役割

出典：北九州市 HP

図2.4.3-2に災害廃棄物受入れ、搬送及び灰運搬ルートを示す。図2.4.3-1に示したように、宮城県から専用船で輸送された廃棄物は、北九州港の太刀浦コンテナターミナルと、ひびきコンテナターミナルへ運び入れられる。二つのコンテナターミナルから、北九州市内のストックヤードである日明積出基地までの輸送路が、図2.4.3-2では破線（赤色）で示されている。また、日明積出基地から焼却工場までの輸送路は一点鎖線（青色）で、焼却工場から廃棄物処分場までの輸送路は点線（黄緑色）で、それぞれ示している。

図2.4.3-2に示した関連施設の中から、以下の諸施設等を訪問した。

- ・北九州市役所 環境局 循環社会推進部
- ・太刀浦(タチウラ)コンテナターミナル

- ・日明積出基地
- ・日明工場(焼却炉)
- ・響灘(ヒビキナダ)西地区廃棄物処分場

市役所でのヒアリング調査結果から、災害廃棄物の受入れに至るまでの経緯を、さらに、見学した関連施設の処理状況などを詳述する。



図 2.4.3-2 災害廃棄物受入れ、搬送及び灰運搬ルート

出典：北九州市 HP

(1) 受入れの経緯

前述のように、市役所でのヒアリング調査結果を基に、以下に受入れに至った経緯を時系列的に示す。

- ・ 2012年3月12日
北九州市議会において、災害廃棄物の受入れに関する決議を全会一致で決定
- ・ 同年3月19日
北九州市長が具体的な受入方法や健康への影響等について専門家を交えて、検討の着手を表明
- ・ 同年3月25日

環境大臣から石巻ブロックの受入要請を受ける

- ・ 同年 5 月 1 日および 31 日

専門家を交えて災害廃棄物の受入れに関する検討会を開催

- ・ 同年 5 月 21 日

宮城県知事から広域処理の受入依頼を受ける

- ・ 同年 5 月 23～25 日

表 2.4.3-1 のように、石巻市の災害廃棄物の 80t を試験焼却(日明工場及び新門司工場の 2 か所)実施

試験結果は、表 2.4.3-2 のように、飛灰から 30 および 19 Bq/kg の放射性セシウムを検出したが、同市の管理目標(330 Bq/kg)を大幅に下回った。

- ・ 同年 6 月 6～17 日

市長自らが説明を行うタウンミーティング(6/6)の開催や、全 7 区で住民説明会(6/8～6/17)を実施

表 2.4.3-1 災害廃棄物試験焼却の概要

	日明工場	新門司工場
焼却能力	600t/日(200t×3炉)	720t/日(240t×3炉)
試験焼却炉	1号炉、3号炉	1号炉、3号炉
災害廃棄物搬入日	5月23日	5月24日
災害廃棄物放射能濃度(Bq/kg)	8 [7.22~9.75]	
災害廃棄物搬入量(t)	34.64	44.57
混合ごみ焼却量(t)	346.38	448.00
混合率(%)	10.0	9.9
試験焼却期間	5月23日12時～5月24日14時	5月24日12時～5月25日12時

出典：北九州市 HP

表 2.4.3-2 試験焼却の結果

放射能濃度(Bq/kg)			
	飛灰	本市の管理目標	
日明	30	330	
新門司	19	330	

放射線量(μSv/時)				
	試験焼却前	試験焼却中(日明23～24日、新門司24～25日)		試験焼却後
日明	0.07 (0.05～0.07)	0.07 (0.05～0.07)	0.06 (0.05～0.07)	0.07 (0.06～0.07)
新門司	0.07 (0.06～0.08)	0.07 (0.07～0.08)	0.07 (0.06～0.07)	0.07 (0.06～0.07)

※測定結果は、敷地境界4地点の平均値。

出典：北九州市 HP

同年 3 月からこれまでに、市職員により約 900 回、延べ 38,000 人以上の市民に説明

・ 同年 6 月 20 日

市長が 6 月議会で石巻市の災害廃棄物の受入れを表明

(2) 処理状況

以下に、北九州市における災害廃棄物の処理状況を示す。

1) 受入対象物

- ・ 石巻市搬出の災害廃棄物の内、木屑中心の可燃物
- ・ 形状：破砕処理した 30 センチ以下のもの
- ・ 放射性セシウムの放射能濃度：100 Bq/kg 以下
- ・ 受入量：23,000 t/年（2012 年度）
- ・ 受入期間：2013 年 3 月末まで

2) 受入れおよび処理方法の概要

図 2.4.3-1 に廃棄物の流れを示したように、以下のようになる。

仙台港→(海上輸送：図 2.4.3-3)→太刀浦コンテナターミナル→(陸上輸送)→日明積出基地(深ボディーor パッカー車へ積み替え)→焼却 3 工場(日明・新門司・皇后崎工場で 10%混焼)→響灘西地区廃棄物処分場で埋立てて処分(飛灰については防水シートで覆った後砕石敷き)



図 2.4.3-3 石巻市から北九州市への海上輸送

出典：北九州市 HP

3) 太刀浦コンテナターミナルでの受入状況

太刀浦コンテナターミナルでは、内航コンテナ船(専用船)が1回/週の頻度で入港している。荷姿に関しては、20フィートコンテナが約110本(約750t)/回で受入れている。コンテナヤードにおいて一時保管後、日明積出基地へ出荷する。

2012年9月17日から焼却処理を開始し、平成25年1月19日現在で3工場において約13,900tを受入れ済みである。

太刀浦コンテナターミナルでの廃棄物コンテナの搬入状況を2.4.3-1に示す。

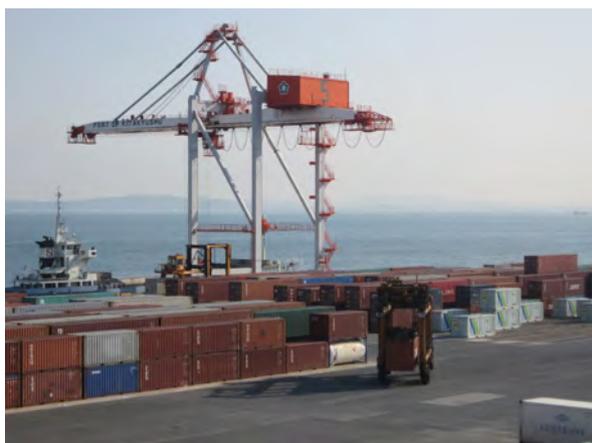


写真 2.4.3-1 太刀浦コンテナターミナルでの廃棄物コンテナ搬入状況

4) 日明積出基地での受入状況

日明積出基地の本来の用途は、海上埋立て地への船の積み出し港である。

コンテナに保管された災害廃棄物は、日明積出基地の建家内で開梱される。宮城県を出たすべての廃棄物コンテナは、図2.4.3-4に示すようなICT(情報通信技術)利用の情報ツールによって、日明積出基地に搬入するまでの情報を厳格に管理される。

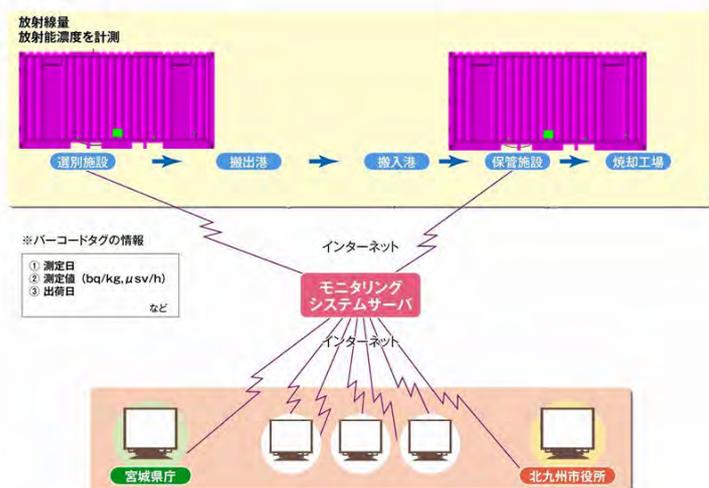


図 2.4.3-4 バーコードタグとインターネットを利用した管理ツール

出典：北九州市 HP

バーコードタグとインターネットで管理される関連情報項目は以下のとおりである。

- ・管理番号
- ・放射能濃度や放射線量
- ・上記の測定日
- ・搬出日、搬入日

日明積出基地の建家内で開梱された災害廃棄物は、深ボディーまたはパッカー車へ積み替えられ、3工場(日明・新門司・皇后崎工場)に運搬される。日明積出基地での作業状況を写真 2.4.3-2 に示す。



写真 2.4.3-2 日明積出基地での作業状況

5) 日明工場での焼却処理

日明積出基地から搬入した災害廃棄物を一般廃棄物と混合（総焼却量に対する災害廃棄物の量は 8～10%程度）して焼却処理する。焼却処理の状況を図 2.4.3-5 に示す。プラットフォーム内で長時間作業を行う誘導員などは、安全作業のためにヘルメットや防塵マスクを着用している。

可燃物へ混入する異物の数的規制は特に設けていないが、長さ約 30 センチ以下の可燃物を受入基準としている。



①(プラットフォーム
災害廃棄物投入)



②(ごみピット内
災害廃棄物混合)



③(混合ごみ
焼却炉投入)

図 2.4.3-5 焼却処理の状況

出典：北九州市 HP

3 焼却工場から排出される主灰や飛灰等については、前述の図 2.4.3-2 に示したように、事前に定められたルートにより搬送される。さらに、飛灰の運搬途中の飛散防止のために、写真 2.4.3-3 に示すような機密性の高い特殊仕様の天蓋（天蓋式コボレーン）を設置した 10t ダンプを使用している。

また、工場での放射能・アスベスト測定は表 2.4.3-3 のように厳格に行われている。



写真 2.4.3-3 天蓋式コボレーンを設置した 10t ダンプ

出典：北九州市 HP

表 2.4.3-3 放射能・アスベストの測定箇所・頻度

種類	測定項目	測定回数	国の定める基準※1
放射能濃度	飛灰(薬剤処理後)	1回/2週	1回/月以上
	主灰・汚泥・スラグ・メタル	1回/月	1回/月以上
	処理水	1回/月	—
	排ガス	1回/月	1回/月以上
放射線量	敷地境界	2回/週	1回/週以上
	灰ピット(飛灰)	1回/週	—

測定場所	測定回数
プラットホーム内	1回/月

6) 出典：北九州市 HP

7) 響灘西地区廃棄物処分場での埋立て処分の状況

災害廃棄物の焼却により放射性セシウムの多くは飛灰に濃縮されるため、主灰と飛灰は別々に分けて埋立て処分する方法をとっている。埋立て処分の場所を図 2.4.3-6 に、埋立て工法の概要を図 2.4.3-7 に、それぞれ示す。

主灰については、放射性セシウムの濃度が低く、溶出は少ないと考えられるが、図 2.4.3-6 に示す 2 区画内の陸域化した区域に埋立て処分することで、できるだけ水面に接触しないような措置をとっている。

放射性セシウムが濃縮される飛灰については、図 2.4.3-6 の 3 区間の陸域化された

区域に土堤を設け、その中に飛灰を 1.6m の高さで毎日積み上げる。また、作業終了後も、その上に防水シートをかぶせた上に覆土作業を行っている。

このように、災害廃棄物の焼却に伴って生じる主灰や飛灰の処分には細心の注意を払っており、図 2.4.3-8 のように放射能濃度や放射線量を定期的に計測している。万が一、計測結果にセシウムが検出された場合には調査を行い、写真 2.4.3-4 に示すゼオライトが充填された吸着塔を使用する。



図 2.4.3-6 埋立て処分の場所（響灘西地区）

出典：北九州市 HP

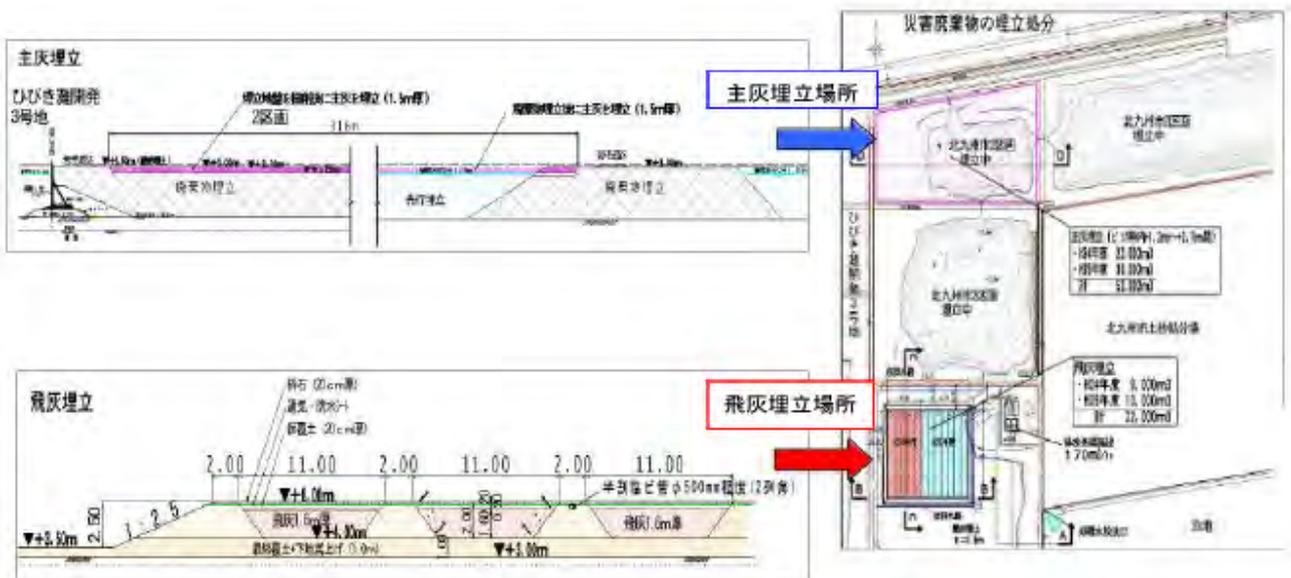


図 2.4.3-7 埋立て処分工法の概要

出典：北九州市 HP



特措法に定められた回数と同等以上の測定を実施
 (状況に応じて適宜、測定方法の見直しを行うこと
 がある)

種 類	測定項目	測定頻度	国の定める基準 (※1)
放射能 濃度	排水(処理前・ 後)・周辺海域	1回/月	1回/月 以上
放射線 量	敷地境界・ 飛灰の処分場所 周辺	2回/週	1回/週 以上

評価方法

種 類	測定項目	管 理 目 標	国の定める基準(※1)
放射能濃度	排水(処理前・ 後)・周辺海域	10Bq/L以下 (飲料水の放射性セシ ウムの新基準値)	$\frac{\text{セシウム134の濃度}}{60(\text{Bq/L})} + \frac{\text{セシウム137の濃度}}{90(\text{Bq/L})} \leq 1$ (※2)

※1 平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出
 された放射性物質による環境への対処に関する特別措置法(平成23年法律第110号)

※2 セシウム134及びセシウム137それぞれの濃度限度に対する割合を算出し、その和が1以下となる濃度。

図 2. 4. 3-8 放射能の測定箇所・頻度・管理目標等

出典：北九州市 HP



写真 2. 4. 3-4 ゼオライトが充填された吸着塔

響灘西地区廃棄物処分場の現況を写真 2.4.3-5 に示す。



写真 2.4.3-5 響灘西地区廃棄物処分場の現況

(3) 北九州市役所での質疑応答内容

以下に、本文中に記述しなかった北九州市役所での質疑応答を箇条書きで示す。

- ・ 市議会の全会一致は市民の声であると受け止め、市役所が本格的な対応を始めた。
- ・ 石巻市の廃棄物を選定した経緯は、環境大臣からの要請に基づいている。震災後当初は、市は釜石市の支援(製鉄事業の縁)を考えていたが、釜石市は休炉の再稼働があり広域処理の緊急性が下がった経緯もあった。
- ・ 試験焼却の際の輸送方法は、石巻市から北九州市まで、フレコンに詰めて、トラックで輸送した。
- ・ 試験焼却後の本格的な受入輸送手段選定の所掌は宮城県である。コンテナを採用した理由は、フレコンに比べて輸送効率が有利であり、廃棄物の漏れ・飛散・流出の防止になるためであるとのことだった。
- ・ 日明積出基地で直接荷揚げしなかった理由は、コンテナターミナルでは無いので、積み出す設備が無いことによる。また、コンテナを直接焼却工場へ搬入しても、コンテナが大きくプラットフォームへ寄り付くことが出来ないので、太刀浦コンテナターミナルで荷揚げされたコンテナを本基地で積み替えを行っている。
- ・ 災害廃棄物の広域処理に係る北九州市役所の専任職員数は、循環社会推進部 3 名と関連風評被害対策室 5 名である。

最後に、現地視察後に北九州市役所環境局循環社会推進部より、お送りいただいた災害廃棄物処理関連の資料を写真 2.4.3-6 および 2.4.3-7 に示す。

災害廃棄物受入状況の様子

◆宮城県石巻市での処理



石巻市川口町一次仮置場



雲雀野二次仮置場



展開調査の様子



コンテナへの積み込み



放射能濃度の測定



バーコード貼り付け

放射線量の測定

◆太刀浦コンテナターミナル(門司区)



コンテナ船の入港



コンテナヤード

写真 2.4.3-6 災害廃棄物受入状況の様子 その1

出典：北九州市役所より入手資料から抜粋

◆日明積出基地



コンテナ積み下ろし



パッカー車への積み替え

◆焼却工場



攪拌の様子



焼却灰サンプル採取



排ガスのサンプル採取



処理水のサンプル採取

◆響灘西地区廃棄物処分場



飛灰の埋め立ての様子



市民モニター視察の様子

写真 2.4.3-7 災害廃棄物受入状況の様子 その2

出典：北九州市役所より入手資料から抜粋

2.5 女川町からの広域処理

2.5.1 宮城県庁へのヒアリング

2012年11月20日、女川町の震災廃棄物の処理委託経緯と状況を調査するため、宮城県 環境生活部 震災廃棄物対策課 処理推進第1班を訪問して、石巻市の状況と併せてヒアリングを実施したので報告する。

1) 東京都への処理委託経緯と状況

女川町は2013年度中の処理完了計画にも関わらず、処理が大幅に遅れていた。東京都は震災直後から女川町へ職員を派遣し、都主導で廃棄物のJR貨物用特注コンテナを用いた搬送等、具体的な検討に着手してきた。このような経緯により、女川町から東京都へ処理依頼するシナリオが既に出来上がっていた。

現在、東京都までの廃棄物輸送はJR貨物で陸送され、陸上搬送費用は30千円/tとなっているが、北九州市までの海上輸送費用：54千円/tに比べれば約半分の費用で運用されている。



写真 2.5.1-1 石巻ブロックにおける搬入の状況

また、東京都における量類の処理費用は80千円/tとなり、石巻ブロック内の処理単価：40千円/tに比べて約2倍となっている。しかし、2013年度中の処理終了の目標を優先させるため、現状の処理体制が維持されている。



写真 2.5.1-2 石巻ブロックにおける量搬入の状況

2.5.2 東京都における災害廃棄物受入処理

東京都は東日本大震災における災害廃棄物処理について被災地での処理だけでは場所的、時間的な制約があるとのことで、全国の自治体に処理の支援要請があった際に積極的に岩手県、宮城県の災害廃棄物の受入を行うこととした。

1) 経緯

東京都は下記の経緯で災害廃棄物の受入を行っている。

2011年5月27日 : 『東京緊急対策2011』にて受入れの考えを示す。

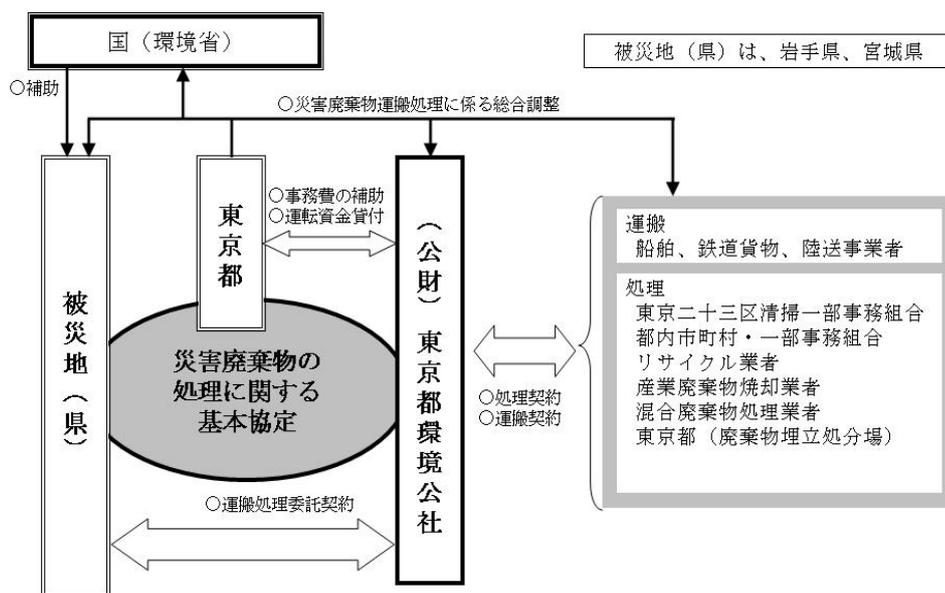
2011年6月 : 東京都議会第二回定例会 受入支援のための補正予算を全会一致で承認

2011年9月30日 : 岩手県と処理協定を締結

2011年11月24日 : 女川町、宮城県、特別区長会、東京都市長会及び東京都が基本合意を締結

上記の経緯を経て、東京都では岩手県・宮城県分の災害廃棄物処理については2013年度末までに50万tの処理を予定している。

2)事業スキーム



平成23年の公社への運転資金貸付 約70億円、3年間で約280億円の予定

図 2.5.2-1 東京都における災害廃棄物受入事業スキーム

出典※東京都環境局 HP

東京都では、図 2.5.2-1 のように、環境省の補助を受け、（公財）東京都環境公社が災害廃棄物の運搬処理に係る総合調整を行い、岩手県、宮城県内自治体の災害廃棄物の処理を行っている。

表 2.5.2-1 東京都における災害廃棄物受入状況

県	市町村	処理量（t）	受入先（東京都）	受入開始日	備考
岩手県	宮古市	約 19,000	民間施設	H23.11.2	
	大槌市	約 23,700	民間廃棄物処理施設	H24.7.17	
宮城県	女川町	約 63,700	東京二十三区 清掃一部事務組合	H23.12.7	試験 処理
			西多摩衛生組合	H24.6.11	
			日野市	H24.6.15	
			多摩ニュータウン環境組合	H24.7.11	
			柳泉園組合	H24.9.10	
			多摩川衛生組合	H24.10.2	
	町田市	H24.1.11			
石巻市	約 7,250	民間施設	H24.6.21	廃置	
	約 25,000	民間施設	H24.8.20	混合 廃棄物	

3) 東京都の受入状況

東京都においては、表 2.5.2-1 のように岩手県、宮城県の自治体の災害廃棄物処理を行っている。予定では 2013 年度末までに 50 万 t を受入れることとしている。

4) 東京都における災害廃棄物受入れ施設（民間施設）

東京都の災害廃棄物処理の主な流れは図 2.5.2-2 のとおりである。東京都における災害廃棄物の受入れ施設である 2 施設の見学会（東京都主催）に参加したので施設概要等を報告する。

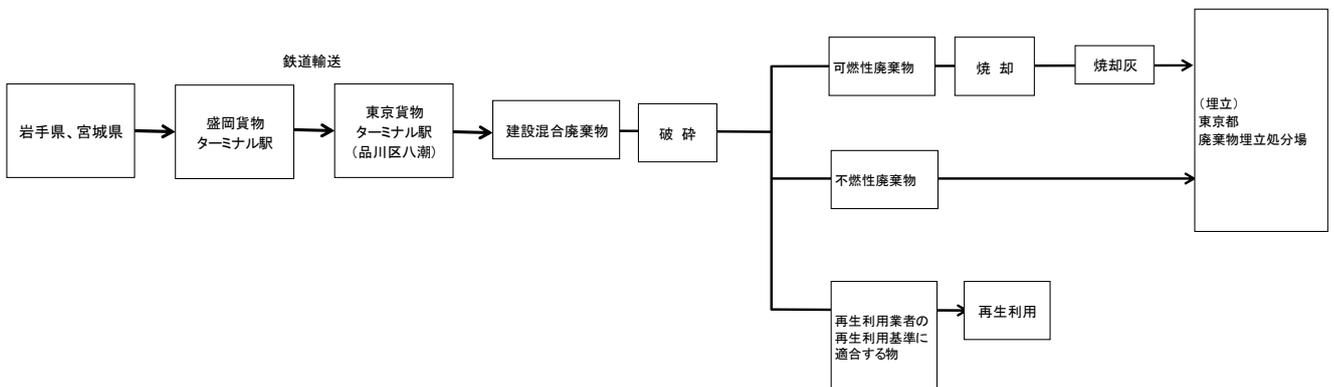


図 2.5.2-2 東京都での岩手県、宮城県の災害廃棄物処理の流れ

出典：東京都 HP

(1) 東京臨海エコ・プラント（高俊興業株式会社）

東京臨海エコ・プラントは、東京スーパーエコタウン事業の建設系混合廃棄物処理施設として 2004 年 12 月から稼働し、最先端技術を駆使した高精度選別再資源化システムを構築している。また混練機設置により粉じんやダスト等のリサイクルに適さない砂分を粒状にし、再生建設資材（埋戻し材等）として有効活用を図っている。その他廃石膏ボード専用破砕機及び廃蛍光灯専用破砕機を設置し、再資源化を行っている。

表 2.5.2-2 に受入品目、表 2.5.2-3 に処理能力等、図 2.5.2-3 に処理システムフローを示す。

表 2.5.2-2 受入品目

産業廃棄物の種類 (9 品目)	がれき類	ゴムくず
	金属くず	廃プラスチック類
	ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず	繊維くず
	木くず	紙くず
	鋳さい	

出典：高俊興業（株）HP

表 2.5.2-3 処理能力等

処理方法	産業廃棄物の種類	単独処理能力	混合処理能力
破砕	廃プラスチック類	108t/日×2基	—
破砕	木くず	240t/日	240t/日
破砕	紙くず、繊維くず	—	
破砕	がれき類	2,040t/日	1,470t/日
破砕	木くず	—	
破砕	廃プラスチック類	—	
破砕	ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず、紙くず、繊維くず、ゴムくず、金属くず、鉦さい	—	
破砕	ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず（廃石膏ボードに限る）	360t/日	
破砕	ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず（廃蛍光灯に限る）	—	18t/日
圧縮梱包	廃プラスチック類	120t/日×2基	
圧縮梱包	木くず、紙くず、繊維くず	—	180t/日
圧縮梱包	紙くず、繊維くず、廃プラスチック類	—	60t/日
最大受入量：835,200t/年（2,784t/日 6,564 m ³ /日 年間300日稼働 24時間稼働可）			

出典：高俊興業（株）HP

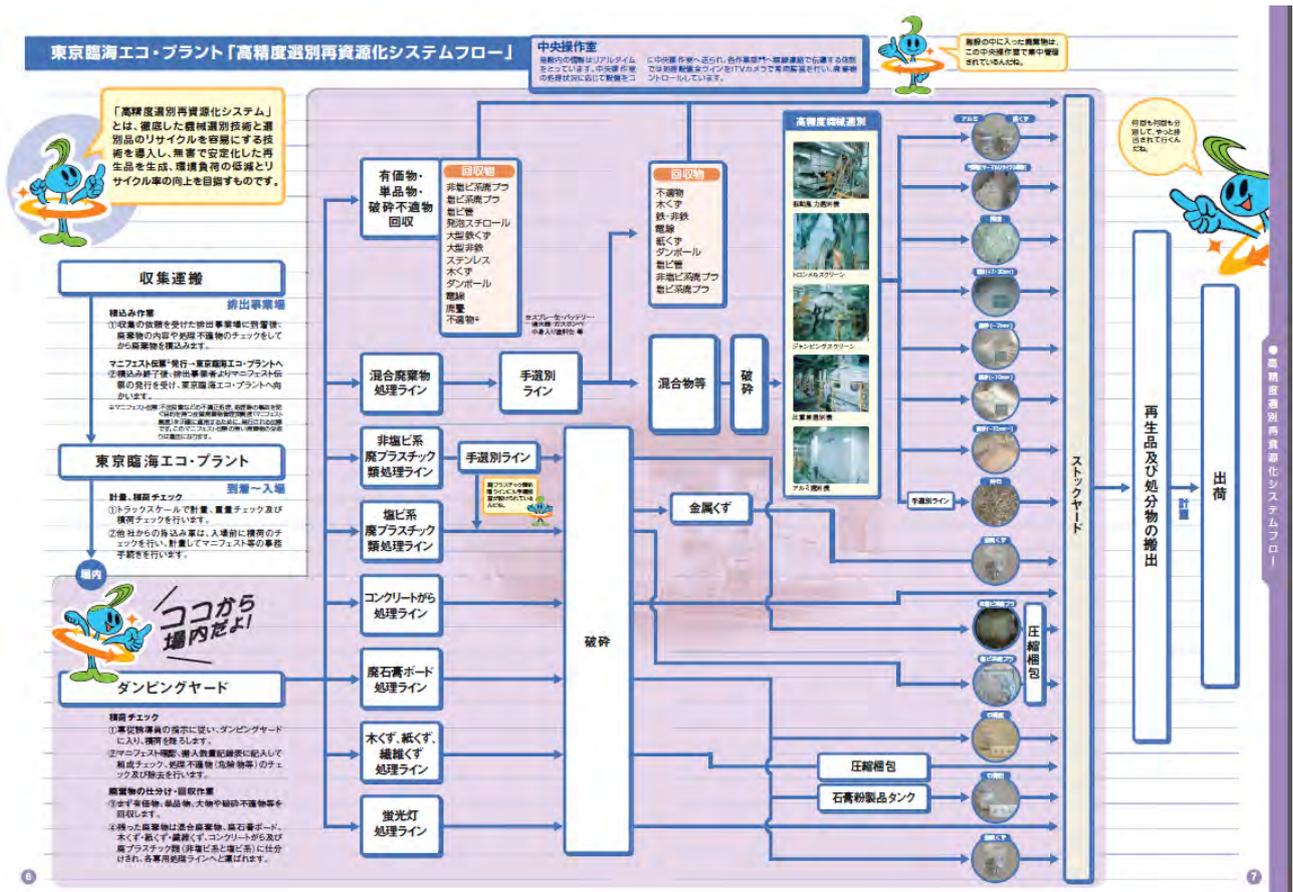


図 2.5.2-3 処理システムフロー

出典：高俊興業（株）HP

東京臨海エコ・プラント（高俊興業株式会社）概要

- ・東京都における産業廃棄物の年間排出量 2,500 万 t/年のうち、直近の集計では約 13 万 t/年を処理している。
- ・東京臨海エコ・プラントの職員構成は、プラント（選別作業員）48 名、管理者 7 名、事務 10 名である。選別作業については 24 時間フル稼働。
- ・リサイクル率は機械による選別ばかりでなく手選別作業を徹底することで、以下のように高い数値である。木くず：100%、紙くず：100%、廃プラ：81.1%、金属くず：100%、繊維くず：100%、がれき類、ガラ・陶：62.5%。
- ・手選別工程は、重量の軽い品目から選別することが重要である。また、手選別のメリットは、①目視判断のためエラーが少ないこと、②次工程に移行した際に機械故障の原因を排除できることである。
- ・リサイクルできない残渣類は、新海面埋立処分場の安定型最終処分場と管理型最終処分場にて埋立処分しており、上記リサイクル率の向上を行うことで、埋立処分場の延命化にも寄与している。
- ・プラント設備（コンベヤ含む。）には全て密閉式のカバーを取付け、粉塵対策を行っている。また粉塵対策として集塵設備を設けているが、集塵設備を常時稼働させるための電力費用が全体電力費用の 3 割を占めている。また、年間の設備維持管理費

用（メンテナンス）は年間 1.5 億円(実績値)である。

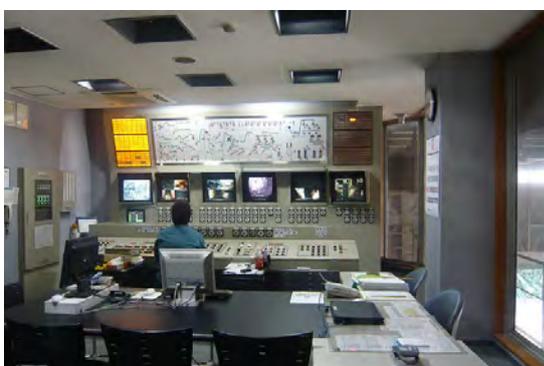
- ・ 主な機器故障、停止の原因は、想定より大きなコンクリートがら、機械に巻きついてしまうテープ類、発熱の原因となる電池類、発火の危険性のあるマッチ、花火、ライターなどである。
 - ・ 産業廃棄物の収集段階（排出先）で、収集担当者に分別精度を確認、報告させることにより搬入される産業廃棄物の状況を把握している。これらを実施することによりリサイクル率向上にも寄与している。契約とは異なる品目が混在して排出された場合には受取りを拒否している。
 - ・ 災害廃棄物の受入れも行っている。岩手県から JR 貨物にてコンテナ運搬し、東京のターミナル駅でトラックに積替えられ搬入されている。
 - ・ 災害廃棄物は主に木質系で、処理としては破砕、焼却、埋立の工程を辿る。またリサイクル可能なものは東京ボード工業㈱に販売(木くずの単価は 10 円/kg)している。
 - ・ リサイクル材として販売されるものは、全体のうち約 3%程度である。
 - ・ 災害廃棄物処理のほとんどが減容化を目的とした選別作業である。木くずは搬入される災害廃棄物のうち 30%程度である。
 - ・ 放射線量 0.25mSv 以上の災害廃棄物は受入れていない。放射線量は、各運搬車両のドライバーが簡易計測器を携帯し災害廃棄物から 1m 離れて計測を行っている。簡易計測器の精度については、自社のメイン計測器で性能を確認している。
- 次頁に、処理プラントの状況（写真 2.5.2-1）を掲載する。



選別状況（受入ヤード）



選別後の残渣



中央操作室



木質系廃棄物集積所



手選別工程



回収物（処理不適物）

写真 2.5.2-1 処理プラントの状況

(2)スーパーエコプラント（東京臨海リサイクルパワー株式会社）

スーパーエコプラント（東京臨海リサイクルパワー（株））は、東京スーパーエコタウン事業のうちのガス化溶融等発電施設として、2006年8月より廃プラスチックなどの産業廃棄物と医療廃棄物を受入れ運転を開始した。

図 2.5.2-4 にスーパーエコプラント（東京臨海リサイクルパワー(株)）事業スキーム等、図 2.5.2-5～図 2.5.2-8 に処理工程等を示す。

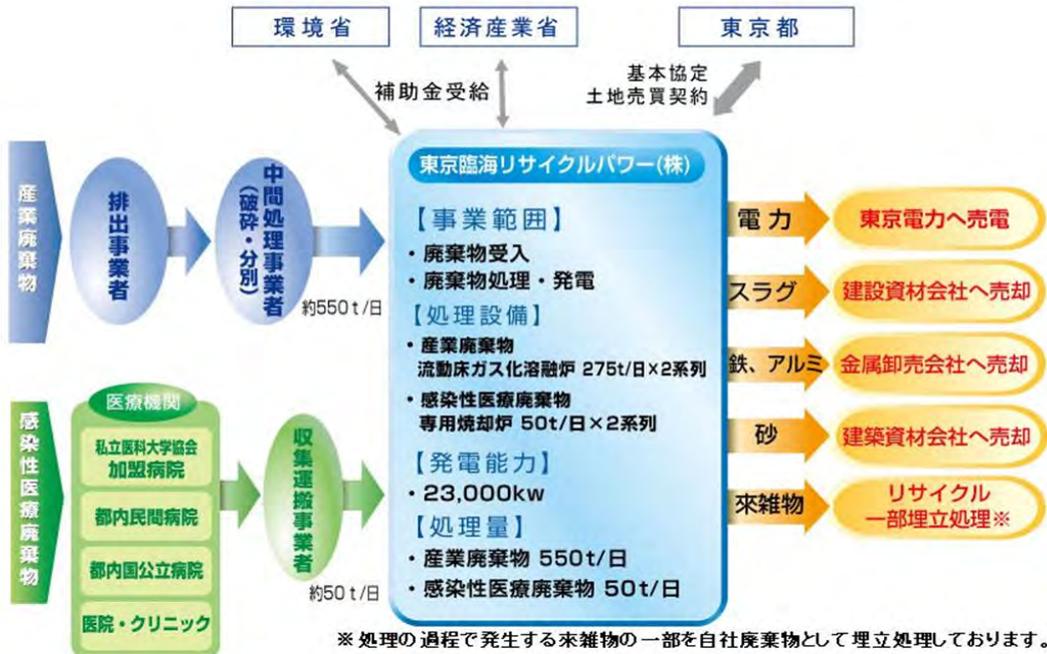


図 2.5.2-4 事業スキーム等

出典：東京臨海リサイクルパワー(株)HP

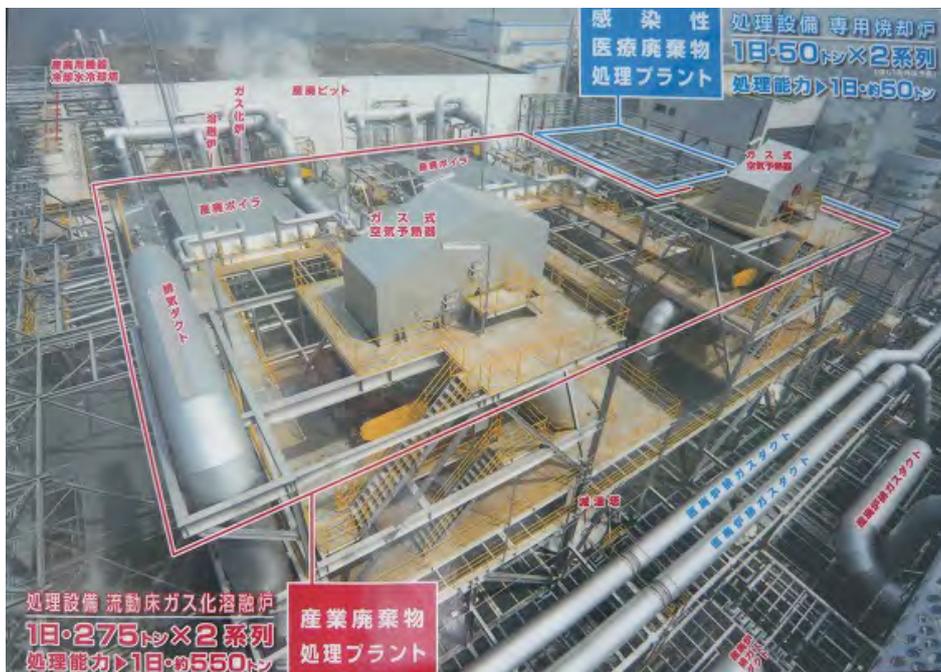


図 2.5.2-5 スーパーエコプラント全景

出典：東京臨海リサイクルパワー(株)資料

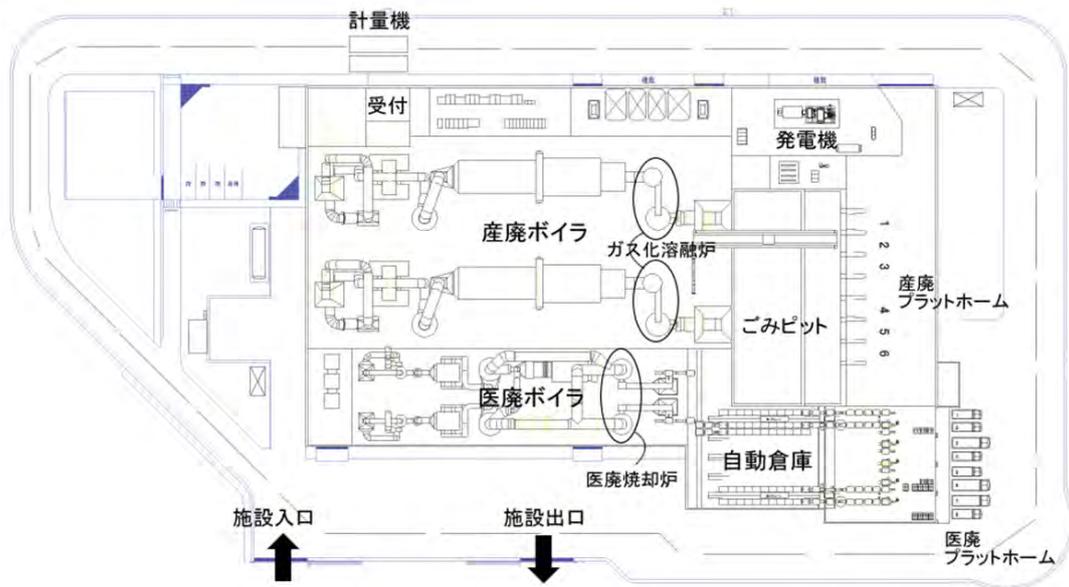


図 2.5.2-6 スーパーエコプラント全体配置図

出典：東京臨海リサイクルパワー(株)資料

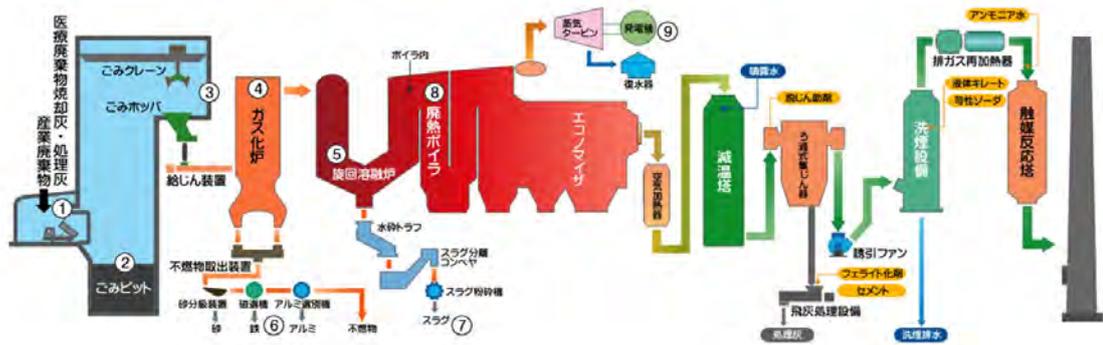


図 2.5.2-7 産業廃棄物の処理工程

出典：東京臨海リサイクルパワー(株)資料

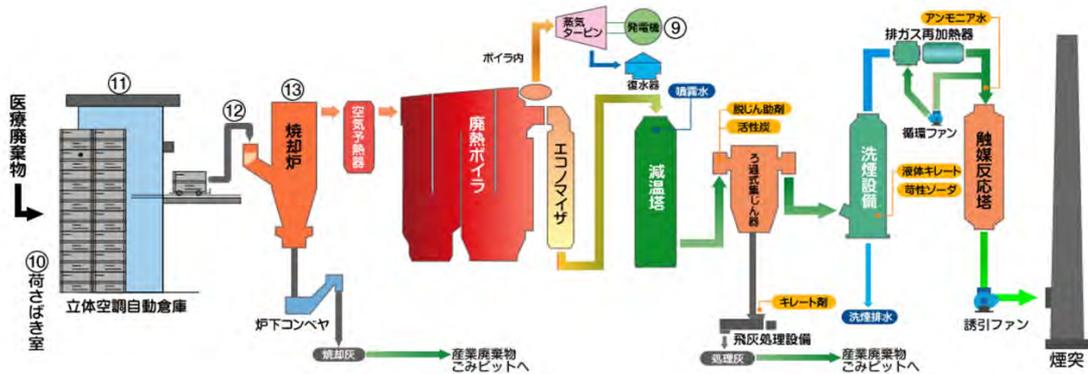


図 2.5.2-8 医療廃棄物の処理工程

出典：東京臨海リサイクルパワー(株)資料

スーパーエコプラント（東京臨海リサイクルパワー（株））施設

- ・減容化率は97.5%である。
- ・東京都内で発生する医療系廃棄物全量をリサイクルすることを目指している。
- ・医療系廃棄物処理施設の能力に限界があるため、ストック施設（保管庫）についても応分の機能を確保している。保管庫は医療系廃棄物の特質を考慮し冷蔵保存が可能な仕様になっている。保管庫から焼却施設への投入まで、一切人間が触れることがないようなシステム(ラック収納のIT化、コンベヤにて投入作業、専用の密閉容器にて管理等)を構築している。
- ・発電効率(サーマル)は、16.8%、7,295万 kWh/年(平成23年度実績)
- ・産業廃棄物処理施設のガス化炉は600℃で燃焼し、熱分解ガスと熱分解残渣等に分解する。またガス化炉にて分解された熱分解ガス、熱分解残渣等を旋回熔融炉にて1,450℃で燃焼し、熔融スラグを生成する。

(3)その他東京都における災害廃棄物の受入処理状況

以下に災害廃棄物の処理を行っている民間施設等を紹介する。

○破砕処理

- ・株式会社リサイクルピア
- ・有明興業株式会社

○最終処分

- ・東京都廃棄物埋立処分場（中央防波堤）

第3章 講演会

3.1 開催概要

テーマ：「ICT及び電子マニフェストを利用した災害廃棄物の運搬車両管理」

講演者：株式会社イーリバースドットコム代表取締役 高橋巧氏

実施日：2012年8月22日

開催場所：一般財団法人エンジニアリング協会 D・E会議室

3.2 講演概要

1) 電子マニフェストASP「e-reverse.com」について

(1) 電子マニフェストとは

- ・(株)イーリバースドットコムは国が管轄する電子マニフェスト（JWNET）を利用するための建設業向け仲介サービスの事業を2003年より行っている。
- ・1998年に運用が始まったJWNETはマニフェスト伝票（紙マニフェスト）の管理が不要であり、また紛失や誤記入などの人為的ミスが発生しない等の導入メリットがあった。
- ・しかしJWNETは建設業の業態に合わせて開発されていなかったため運用面で問題があり、2003年当時、建設業界の導入事例は皆無であった。
- ・建設業の業態に合わせた入力ツール、組織登録設定機能などを開発し、ASP（Application Service Provider：インターネット上のシステムを期間貸しでサービスする業種）としてサービスを提供している（図3.2-1）。



写真 3.2-1 講演会風景

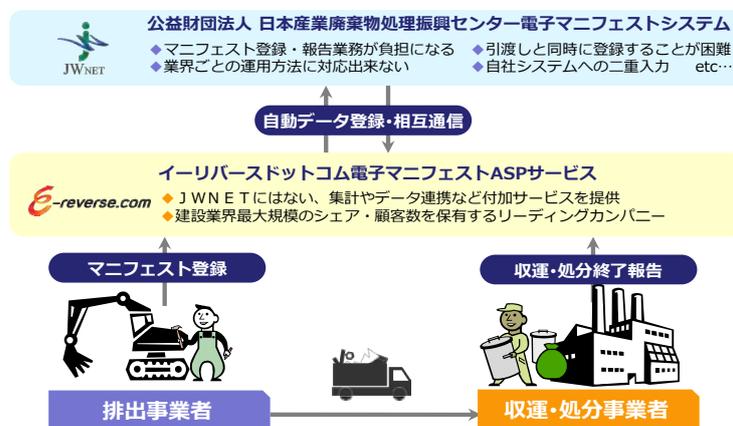


図 3.2-1 電子マニフェスト ASP サービス概要図

出典：講演会資料

(2) システム概要

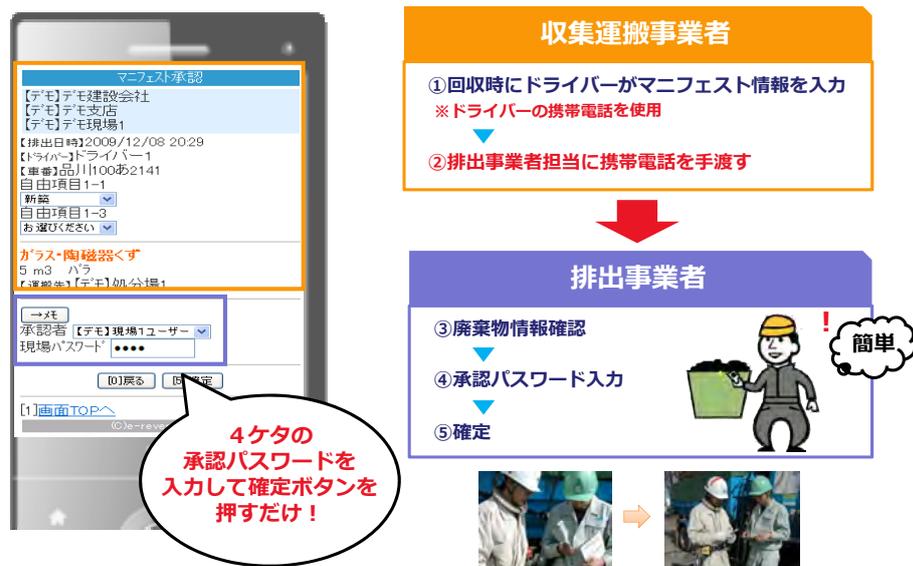


図 3.2-2 排出事業場における電子マニフェストの発行

出典：講演会資料

- ・携帯電話による入力により廃棄物の排出時に電子マニフェストの発行が可能となる。
- ・排出事業者の承認パスワードの入力によるデータ送信により、排出事業者の責任を明確にしている（図 3.2-2）。

現場から排出された廃棄物の処理進捗状況をリアルタイムで確認できます

選択	区分	マニフェスト番号	事業者番号	排出日時	通達	作業状況	承認	受入	廃棄	処理	排出廃棄物	排出量	単位	廃棄	収集運搬業者
<input type="checkbox"/>	電子	1112078619	10001266	2009/11/03 15:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻C	3 m3	バラ	4	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112078619	10001265	2009/10/30 17:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112068519	10001252	2009/10/29 18:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻B	2 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112068519	10001251	2009/10/29 17:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112049519	10001250	2009/10/29 13:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112038519	10001249	2009/10/27 10:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112028519	10001248	2009/10/25 19:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112018519	10001247	2009/10/23 12:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112098519	10001246	2009/10/21 11:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112088519	10001245	2009/10/18 14:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112078519	10001244	2009/10/18 11:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112068519	10001243	2009/09/30 14:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112058519	10001242	2009/09/30 11:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112048519	10001241	2009/09/29 14:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112038519	10001240	2009/09/01 11:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112028519	10001239	2009/08/02 14:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112018519	10001238	2009/07/03 11:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112098310	10001237	2009/06/15 14:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112088310	10001236	2009/06/05 11:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112078310	10001235	2009/04/29 14:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112068310	10001234	2009/04/15 11:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112058310	10001233	2009/03/11 14:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112048310	10001232	2009/02/10 11:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112038310	10001231	2009/03/10 09:2	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112028310	10001230	2009/03/03 11:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112018310	10001229	2009/02/01 15:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112008310	10001228	2009/01/20 11:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社
<input type="checkbox"/>	電子	1112098310	10001227	2009/01/15 12:1	●	●	●	●	●	●	燃え殻A	5 m3	バラ	1	イーリバース興業株式会社

図 3.2-3 e-reverse.com 画面による廃棄物の処理進捗状況

出典：講演会資料

- ・ASP の画面により廃棄物の進捗状況を「●」で表示し、一目で状況を確認できる（図 3.2-3）。
- ・紙マニフェスト運用時の伝票の照合作業と比較して、大幅な業務効率化が実現できる。
- ・上位組織より全ての現場の廃棄物処理状況を確認できることから、全社、全支店の管理部署において、リアルタイムな廃棄物管理が実現されている。

(3) e-reverse.com 普及状況

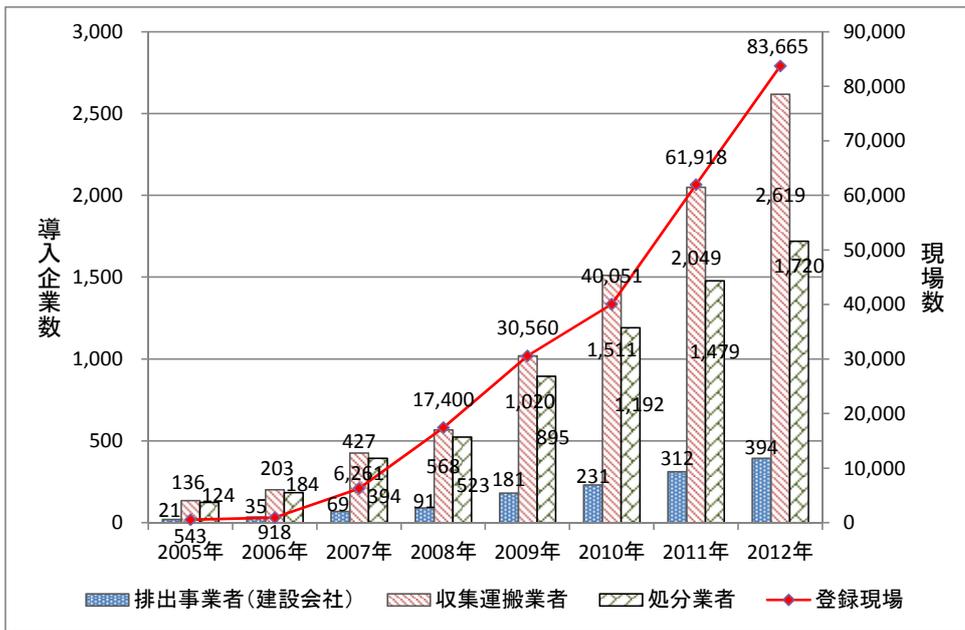


図 3.2-4 e-reverse.com 導入企業および登録現場の推移

出典：講演会資料

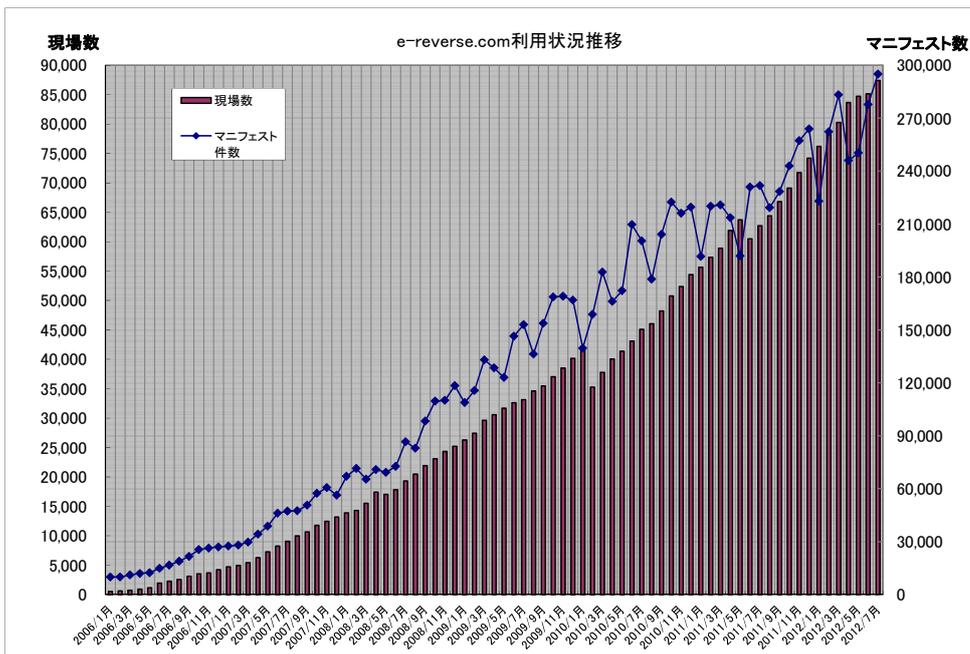


図 3.2-5 e-reverse.com による電子マニフェスト登録件数の推移

出典：講演会資料

- ・2012年4月現在、約400社の排出事業者が e-reverse.com を導入しており、約83,000カ所の排出事業場（建設現場）にて運用を行っている（図 3.2-4）。
- ・約300,000件/月、約10,000件/日の電子マニフェストが登録されている（図 3.2-5）。

2) 災害廃棄物の運搬車両運行管理システムの事例

東日本大震災によって発生した災害廃棄物処理においては、膨大な運搬車両の管理と処理進捗の管理が必要とされている。同社では電子マニフェストの運用によって得られた廃棄物管理のノウハウを生かし、運搬車両運行管理システムを開発した。

(1) 災害廃棄物の管理に求められる IT システム

- ・ 災害廃棄物の処理において求められる機能は上記のうち、①作業機械・車両運行管理、②廃棄物処理実績、③業務進捗・出来高管理の3つに集約される(図 3.2-6)。
- ・ (株)イーリバースドットコムが提供しているサービスは②廃棄物処理実績であり、他社が提供するシステムと連動してソリューションを提供している。
- ・ 現在、岩手県宮古市を始め3箇所の震災廃棄物処理事業で導入されている。
- ・ 電子マニフェスト(JWNET)のサービスを行っている(財)日本産業廃棄物処理振興センターが災害廃棄物管理用の電子マニフェストサービスを提供している(図 3.2-7)。
- ・ 災害廃棄物は産業廃棄物では無いため、電子マニフェストの導入は法的な必須条件ではないが、岩手県発注の災害廃棄物処理事業では導入が条件となっている。

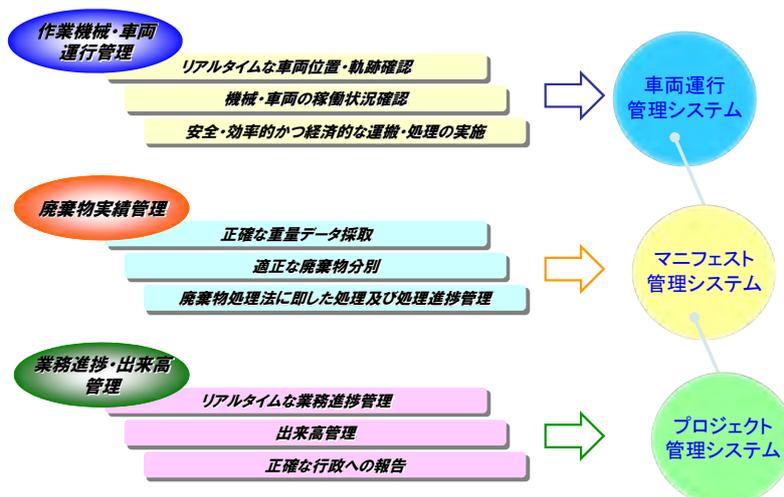


図 3.2-6 災害廃棄物処理現場で求められるソリューション

出典：講演会資料

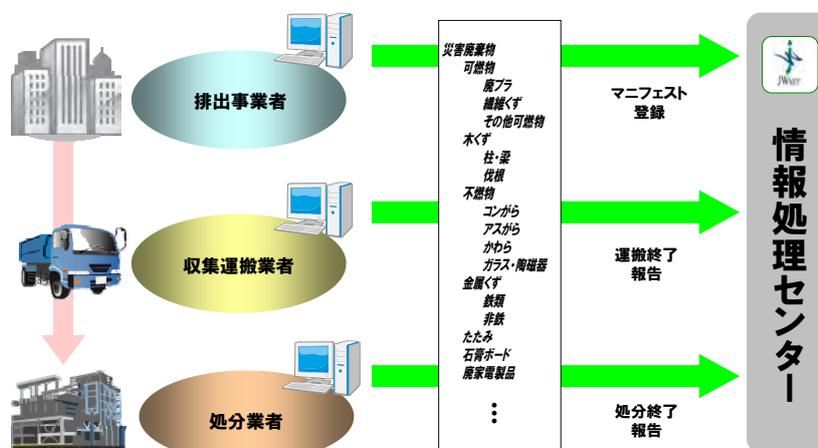


図 3.2-7 JW 災害廃棄物処理支援システム

出典：講演会資料

(2) システム概要

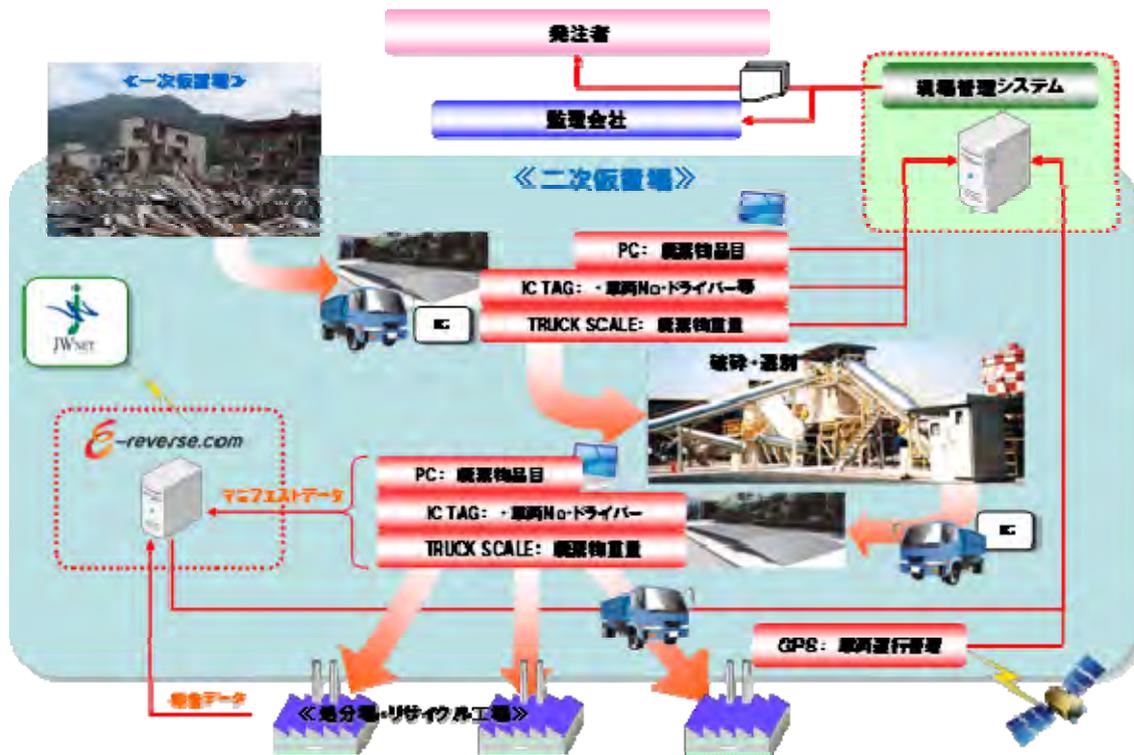
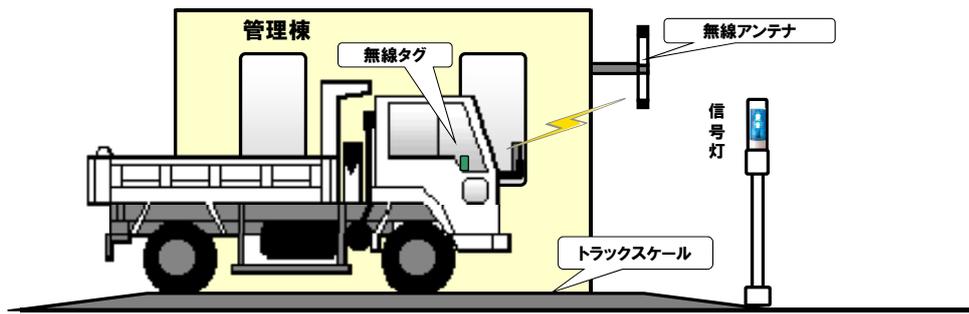


図 3.2-8 システム全体概要図

出典：講演会資料

システム概要を以下に述べる。(図 3.2-8 および図 3.2-9 参照)

- ・ 廃棄物搬入時：
 - ① 一次仮置場→二次仮置場への運搬 →ゲートにてデータを記録 (写真 3.2-3)
 - ・ 廃棄物種類、車両番号、一次仮置場情報を IC タグ (写真 3.2-4) から読み込み
 - ・ 搬入時間と廃棄物重量を記録 (風袋重量含む)
 - ② 二次仮置場での荷卸し → ゲートにてデータを記録
 - ・ 車両の風袋重量を計量し、廃棄物重量を確定する
- ・ 廃棄物搬出時：
 - ① 二次仮置場→処分場への運搬 → ゲートにてデータ記録
 - ・ 廃棄物種類、車両番号、処分場情報を IC タグから読み込み
 - ・ 搬出時間と廃棄物重量を記録
 - ② GPS による車両運行管理を実施
 - ③ 電子マニフェストによる廃棄物処理の進捗管理を実施
- ・ 予め車両番号を記録した IC タグが各車両に配布されており、廃棄物種類と一次仮置場 (二次仮置場への運搬時)、処分場 (処分場への搬出時) の IC タグは作業日当日に各運搬担当者に配布され、車両に設置した専用の容器に格納される (写真 3.2-4)。
- ・ ゲートに設置されているトラックスケールに乗ることにより、IC タグからの情報を自動的に読み取ることができる (図 3.2-10)。



無線タグ	トラックスケール	計量	表示灯
非検知	-	-	●
検知	乗車	開始	●
検知	通過	終了	●
非検知	-	-	●

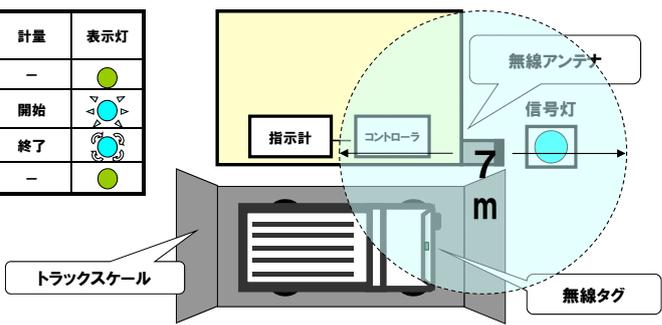


図 3.2-9 ゲートにおける車両管理イメージ

出典：講演会資料



写真 3.2-2 ゲートに到着した車両



写真 3.2-3 ICタグ読取アンテナと表示灯



写真 3.2-4 車両に搭載されたICタグ



図 3.2-10 計量画面イメージ

第4章 まとめ

エンジニアリング協会研究開発企画委員会で過去に静脈物流に関する調査が行われている。一方、2011年に東日本大震災が起き多量の災害廃棄物が発生した。域内のみの処理では限界があり、広域処理のための大規模な廃棄物の輸送が必要とされ実施されることとなった。

そこで、本年度（2012年度）は災害廃棄物の静脈物流に関して調査し、今後の同規模の災害時に迅速な対応がとられるよう参考となるような調査を心がけた。

調査では阪神・淡路大震災や和歌山の台風12号による水害等における広域処理について文献調査を行った。東日本大震災については、可能な限り現場の率直な意見をヒアリングすることとし、実際の担当者が直面した考え方、行動、困難であった点など事後の概要的な報告書では拾えないような生の声を極力掲載することとした。

調査内容を整理すると以下のようになる。

阪神・淡路大震災、紀伊半島大水害では陸上では道路の崩壊など交通障害が起きており、交通渋滞も激しいことから、廃棄物の運搬による更なる渋滞を回避できる点や、仮置場に活用できる開発中の広大な敷地が臨海部に存在し、かつ最終処分場所が海面埋め立てであった点から、大量の最終処分物の運搬には海運が活用されていたが、中間処理では鉄道によるコンテナ輸送が多く活用されていた。また、広域処理体制は行政の手により、比較的早くに確立でき、大きな混乱もなく比較的スムーズに広域処理ができていたようである。

一方、東日本大震災では廃棄物の発生場所が多くは臨海部であり、大量に輸送する必要があったことから、鉄道輸送に加え船舶による輸送も多用されている。一方、放射能問題による受入先の住民による反対運動の影響から広域処理体制の確立には困難を極め、また、被災範囲が広域であり行政の手も足りていなかったことから、行政の手による広域処理体制の確立には時間を要し、民間主導での提案による広域処理が先陣を切って実施されていた。初期段階に実施された多くの広域処理は民間業者の手によって受け入れ先の自治体の合意を取り付け、それを含め提案し、手の足りない処理を急ぐ行政がそれをうまく活用したものであった。

船舶輸送による広域輸送は石巻、北九州間という長距離であっても、そのコストは処理費を含めて考えると近隣のトラック輸送に比べてそれ程高コストでもなく効果的であったようである。

加えて東日本大震災では阪神・淡路大震災の時には見られなかった電子マニフェストの活用による効率的な物量管理も行われており、後日のデータ整理には大いに役立つようである。

臨海部に集積した廃棄物を船舶にて運搬する場合、距離が遠くとも、近県へのトラック輸送と大差のないコストで運搬できるようである。このため、臨海部に廃棄物を集積し、現地で処理できるものは処理し、処理のできないものは船舶で効率的に運搬し、施設能力のある自治体や被災地外の民間業者の手を借りて効率的に処理することが望まれる。船舶

による遠距離輸送を考慮すれば受入施設数は格段に増えることとなるためである。

しなしながら、そのような臨海部に適地を設定することができない自治体も多くあり、日常的な港湾施設と一体となった災害時用の仮置場を無駄なく整備していくことが災害時における静脈物流の効率化に繋がるものと考えられ、次年度この点について検討を深めたい。

最後に、今回のヒアリングに於いて、復興業務の忙しい中貴重な時間を割き対応して頂いた行政、企業の皆様にこの場を借りまして厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 平成 23 年紀伊半島大水害の被害と復旧の記録 和歌山県 県土整備部
http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/080100/documents/higai_hukkyu_kiroku.pdf
- 2) 紀伊半島大水害～平成 23 年台風第 12 号による災害の記録～、三重県、2012 年 3 月
<http://www.pref.mie.lg.jp/TOPICS/2012050300.htm>
- 3) 奈良県紀伊半島大水害復旧・復興計画、奈良県、2012 年 3 月
<http://www.pref.nara.jp/27438.htm>
- 4) 和歌山県復旧・復興アクションプログラム進捗状況（概要版）
http://wave.pref.wakayama.lg.jp/news/file/16758_0.pdf
- 5) 阪神・淡路大震災教訓情報資料集 内閣府 HP
http://www.bousai.go.jp/1info/kyoukun/hanshin_awaji/earthquake/index.html
- 6) 阪神・淡路大震災における災害廃棄物処理について、兵庫県生活文化部環境局環境整備課 平成 9 年 3 月
<http://web.pref.hyogo.lg.jp/wd33/documents/000044725.pdf>
- 7) 港湾技研資料 No.899 土田孝(ほか著) 運輸省港湾技術研究所 Mar. 1998
- 8) 春風ら、兵庫県における災害廃棄物について、第 17 回全国都市清掃研究発表会、特別報告、「阪神・淡路大震災と清掃事業」
http://www.jwma-tokyo.or.jp/asp/info/html/pdf/20110412_03_017-thesis.pdf
- 9) 環境省 HP
<http://www.env.go.jp/council/01chuo/y010-19/mat06.pdf>
- 10) 北九州市 HP
<http://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000122290.pdf>
- 11) 東京都環境局 HP
<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/resource/disaster-waste/index.html>
- 12) 東京都 HP
<http://www.metro.tokyo.jp/INET/OSHIRASE/2012/11/20mbt100.html>
- 13) 日本バイオマス開発(株)HP
<http://www.jbmd.co.jp/>
- 14) 高俊興業(株)HP
<http://www.takatoshi.co.jp/service/ekoplant.html>
- 15) 東京臨海リサイクルパワー(株)HP
<http://www.tgn.or.jp/tokyorp/company/scheme.html>

あとがき

今年度は2カ年研究の初年度にあたり、第1WGでは3種(下水汚泥、食品廃棄物、木質)のバイオマスの利活用事例調査により課題を抽出し、ボトルネックを絞り込むことで、事業が継続できる(成功する)要因を明らかにすることができた。また2012年7月に施行された再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)に関しては、先行しているドイツの事例と比較検討し、再生可能エネルギーの導入促進という成果の反面、多くの課題も抽出され、これら貴重な先進事例を参考にしながら、日本の現状に沿った形で育ててゆくことの必要性を改めて認識した。次年度は最終年度にあたり、日本の風土に沿った循環社会のあり方について提言してゆきたい。

第2WGでは阪神・淡路大震災や和歌山の台風12号による水害等、過去の事例調査と東日本大震災の現地調査により、震災時の広域処理のあり方について現状を調査し、課題の抽出と将来に向けて幾つか問題提起をした。静脈物流に関しては情報量が制限される難しさはあるが、次年度は災害時を想定した平常時の高度静脈物流のあり方について調査研究し提言してゆきたい。

第1、2WGともに、今年度は特に被災地を訪問して生の情報を得ることを主眼においた。非常に貴重な情報が得られ、今後の活動の大きな指針になると確信している。また、東日本大震災の災害廃棄物処理に際しては、放射性物質に関する情報が少なく、明確な方針策定の遅れが廃棄物処理を遅らせた要因のひとつになったこともわかった。放射性物質の挙動、取り扱いに関しては今後明らかにされてくる可能性もあり、今回の貴重な経験を今後の対応に生かしてゆくことが望まれる。

今後は、震災復興を念頭におき、震災時を想定した日本の将来あるべき姿を描き、それに向けた社会づくり、街づくりの必要性が益々重要になって来る。循環型社会、低炭素社会の実現に向けては、一人ひとりのモチベーションの向上や小さな行動の積み重ねが、大きな原動力にも繋がってゆく。このような気持ちを皆が共有できる社会の構築が今後のあるべき姿であり、持続可能な社会を目指して本部会としても絶え間ない努力を続けてゆく所存である。

最後になりますが、施設見学、個別ヒアリング、講演会等で貴重なご意見、ご指導等を頂いた関係者の方々、及び委員の皆様に深く感謝いたします。

循環型社会システム研究部会長 板谷真積

書名 平成 24 年度
震災復興と資源循環のための社会システム
の調査研究報告書
発行 平成 25 年 3 月
一般財団法人 エンジニアリング協会
〒105-0001
東京都港区虎ノ門三丁目 18 番 19 号
TEL 03 (5405) 7201 (代表)
印刷 ホクエツ印刷株式会社