（27-90）ENAA 2015－プA

平成 27 年度
エンジニアリングアプローチを用いた
地域産業の活性化の調査研究報告書

平成28年3月

一般財団法人　エンジニアリング協会

この報告書は、競輪の補助により作成しました。

http://ringring-keirin.jp

序

本報告書は、公益財団法人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 27 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 27 年度は、これまでの成果の蓄積等を踏まえながら、共通基盤的課題の調査研究として「エンジニアリングアプローチを用いた地域産業の活性化の調査研究」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、その成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、平成 27 年度は、平成 26 年度に引き続きバイオマス技術の活用と普及についての調査および都市部との連携による 6 次産業化システムについて焦点を当てた現地調査に注力し実施いたしました。

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の地域産業の活性化に貢献し、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 28 年 3 月

一般財団法人エンジニアリング協会
理事長　　佐 藤　雅 之

まえがき

循環型社会システム研究部会では、持続可能な循環型社会および低炭素社会の実現に向けて、資源循環のための社会システムのあり方や静脈物流のあり方を調査研究している。ここ数年は特に東日本大震災からの復興支援を念頭に置き、地方活性化への貢献が期待できる各種バイオマスの活用技術、および災害廃棄物の広域処理等について提言して来た。

平成 26 年度からは、当部会と並行して活動を続けて来ているエネルギー・環境研究部会と共同で、エンジニアリングアプローチによる地域産業活性化に関する調査研究に２年計画で取組んでいる。昨年度は地域への貢献の期待が大きい有力なバイオマス技術を絞り込んで、そのさらなる活用と普及策を検討すると共に、農林水産業を中心とした「地域」と工業を有する「都市」との連携推進による地域活性化策について、２WG 体制で調査、検討した。また、これらの検討においてはエンジニアリング産業や建設・土木産業の幅広い視点と、実績のある様々な技術・見識に基づいて総合的且つ現実的なコンセプトを構築する「エンジニアリングアプローチ」を重視して調査研究活動を進めた。

平成 27 年度はこの２年計画の２年目として引き続き２WG 体制で活動し、各々昨年度成果を踏まえて以下のテーマをさらに深堀りする形で調査、研究することとした。

第１WG：バイオマス技術の活用と普及

第２WG：都市部との連携による６次産業化システム

第１WG では、バイオマス技術に関して特に木質バイオマス利用技術の活用を、発電や熱電併給等のエネルギー利用と林業活性化を含めたマテリアル利用とのバランスの重要性に注目して調査すると共に、今後集中的な更新時期を迎える下水処理施設や廃棄物処理施設など公共静脈施設の広域化や高機能化が、高齢化や人口減少等の問題を抱える地域の産業活性化や雇用・所得の増大に貢献する可能性について検討することを目指した。また、FIT の課題を補完する発電以外のエネルギー利用の促進策についての検討、およびバイオマス由来水素の製造・利用やバイオリファイナリーの新技術調査も進めることとした。

第２WG では、地域と都市部の連携による産業活性化について、水辺の活用による地域活性化に関する国内外の事例や地域住民・行政・民間企業の連携等の調査による課題抽出と対策案の検討、および次世代施設園芸の展開による地域活性化策や、施設園芸を始めとした農業分野全体への IT の利活用による新たなサービスの創出に関する検討、提案を目指した。また、地域活性化に関する「生物資源を主眼とした指標化」についても検討することとした。

両 WG とも、現地調査による実態把握と生の声を聞くことを優先し、且つ既存情報に関しては極力定量的な分析評価を実施し、具体性、実現性、持続性（経済性）を意識した検討と、それに基づく問題点や課題の抽出、対策案の提示等を行うことを心がけた。

本調査研究が、循環型社会、低炭素社会実現に向けての方向性、方策検討に少しでも役立ち、さらにはエンジニアリング・建設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　神田伸靖

平成 27 年度　「循環型社会システム研究部会」委員名簿

部会長　　神田 伸靖　三井造船㈱　　技術開発本部　アドバイザー
副部会長　小口 深志　前田建設工業㈱　技術研究所　技師長

第１ワーキンググループ
バイオマス技術の活用と普及

委員名	企業名	所属・役職
主　査　大島　義徳	㈱大林組	技術本部　技術研究所 環境技術研究部　　副課長
副主査　池田　穣	㈱安藤・間	技術本部　技術研究所　先端・環境研究部　主任研究員
副主査　伊藤　忠彦	西松建設㈱	技術研究所　主席研究員
委　員　西村　伸	東急建設㈱	土木本部　土木技術設計部 次長
委　員　西口　公二	㈱奥村組	土木本部　土木統括部 技術担当次長
委　員　市場　教嗣	新明和工業㈱	環境システム本部　営業部 部長代理
委　員　石橋　洋一	新日鉄住金 エンジニアリング㈱	事業創出センター バイオマス事業推進部 シニアマネージャー
委　員　斉藤　政宏	三井造船㈱	技術開発本部 千葉技術開発センター プロセスグループ グループ長
委　員　片平　智仁	大成建設㈱	環境本部　環境開発部 イノベーション推進室　主任
委　員　亀岡　真人	オリックス㈱	環境エネルギー本部　技術部　マネジャー
委　員　道上　隆	コスモエンジニアリング㈱	設計本部　プロセス設計部　担当グループ長
ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞ 加藤　利崇	㈱竹中工務店	環境エンジニアリング本部 エネルギーソリューショングループ 主任
ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞ 帆秋　利洋	大成建設㈱	環境本部　環境開発部 イノベーション推進室　室長
ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞ 井上　護	循環物流システム研究所	所長
ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞ 野入　菜摘	メタウォーター㈱	プラントエンジニアリング事業本部　新事業技術部

第２ワーキンググループ
都市部との連携による６次産業化システム

委員名	企業名	所属・役職
主査　田中ゆう子	東亜建設工業㈱	海の相談室　室長
委　員　小西　俊久	出光エンジニアリング㈱	エンジニアリング部 プロセス設計グループ　技術主任
委　員　高橋　宏之	飛島建設㈱	土木事業本部エンジニアリング部 環境・エネルギーグループ　部長
委　員　阿部　葉子	富士通㈱	政策渉外室
ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞ 佐藤　英輔	富士通㈱	政策渉外室 シニアマネージャー

事務局　牧尾　盛喜　　（一財）エンジニアリング協会　技術部　研究主幹
丸山　晋一　　（一財）エンジニアリング協会　技術部　研究主幹

平成27年度

エンジニアリングアプローチを用いた地域産業の活性化の調査研究

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　バイオマス技術の活用と普及
第１章　調査研究の経緯と目的 ……1
1.1　バイオマス技術の導入状況 ……1
1.2　調査研究の内容 ……3
1.2.1　調査研究の進め方 ……3
1.2.2　視察調査訪問先と講演会の一覧 ……4

第２章　木質バイオマス利用による地域活性化 ……5
2.1　熱インフラ整備とバイオマスの地域活性化への貢献 ……6
2.1.1　現状 ……6
2.1.2　国の方針 ……7
2.1.3　取り組み例 ……9
2.1.4　熱インフラをバイオマス利用と地域活性化につなげるための課題 ……18
2.2　利用装置の国産化による木質バイオマス利用の促進 ……20
2.2.1　バイオマス発電 ……21
2.2.2　木質バイオマスボイラ ……28
2.3　木質バイオマス発電による森林資源活用 ……37
2.3.1　はじめに ……37
2.3.2　木質バイオマス発電の現状 ……37
2.3.3　未利用材の調達単価試算から見た事業採算性 ……38
2.3.4　木質バイオマス発電における課題と対策 ……42
2.3.5　おわりに ……43
2.4　まとめ ……44

第３章　静脈施設の高機能化と更新 ……46
3.1　静脈施設の広域化の利点と課題（収集・運搬技術等からの考察） ……47
3.1.1　一般廃棄物分野における広域化 ……47
3.1.2　産業廃棄物分野における広域化 ……53
3.1.3　林業分野における収集・運搬システムの効率化の事例紹介 ……54
3.1.4　まとめ ……60

3.2　下水汚泥の利用技術の進展 ……63
3.2.1　概論 ……63
3.2.2　下水汚泥からのバイオガス利用技術 ……64
3.2.3　下水汚泥からの水素製造 ……66
3.2.4　下水汚泥由来のバイオガス中の CO_2 分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業 ……68
3.2.5　下水汚泥の固形燃料化技術 ……69
3.2.6　まとめ ……72
3.3　生ごみ処理のエネルギー利用促進 ……73
3.3.1　食品廃棄物の有効利用等に関する政策等 ……73
3.3.2　事例調査 ……82
3.3.3　考察 ……90
3.4　まとめ ……92

第４章　注目される新しいバイオマス利用技術 ……94
4.1　バイオマス由来の水素技術 ……94
4.1.1　はじめに ……94
4.1.2　バイオマスからの水素製造方法 ……95
4.1.3　水素エネルギーに関する施策の現状 ……96
4.1.4　水素製造の実証事例 ……98
4.1.5　まとめ …… 101
4.2　バイオリファイナリー …… 103
4.2.1　バイオリファイナリーの開発動向 …… 103
4.2.2　バイオリファイナリー技術開発の取り組み事例 …… 106
4.2.3　バイオリファイナリーの課題 ……112
4.2.4　バイオリファイナリーと地域活性の可能性 ……113

第５章　FIT の現状と発電以外のエネルギー利用の促進 ……114
5.1　種類ごと、規模ごとの FIT 導入動向 ……114
5.2　海外のバイオマス推進策と国内への展開 …… 125
5.2.1　海外のバイオマス推進策と再生エネルギーの普及状況 …… 125
5.2.2　海外での再生可能エネルギーの導入目標と政策 …… 126
5.2.3　海外での再生可能エネルギー導入の課題 …… 134
5.2.4　我が国の再生可能熱の支援制度 …… 135
5.3　我が国のバイオマス普及のための制度のあり方 …… 136

第６章　事例調査 …… 137
6.1　視察：㈱グリーン発電大分 天瀬発電所 …… 137
6.2　視察：日田市バイオマス資源化センター …… 145
6.3　視察：福岡市中部水処理センター（水素ステーション） …… 151

6.4　視察：三重中央開発㈱トランスヒートコンテナシステム …… 156
6.5　視察：富山グリーンフードリサイクル㈱ …… 161
6.6　視察：長岡市生ごみバイオガス発電センター …… 167
6.7　視察：開成瀬波エネルギープラント …… 175
6.8　講演会：バイオ水素技術の過去・未来・現在 …… 179
6.9　講演会：バイオマスリファイナリー開発最新動向と産総研の取り組み …… 183
6.10 講演会：デンマークの再生可能エネルギー利用に関する政策 …… 191

第７章　まとめ …… 195

第Ⅱ部　都市部との連携による 6 次産業化システム

第１章　調査研究の経緯と目的 …… 199
1.1　調査研究の背景 …… 199
1.2　調査研究の内容 …… 200
1.2.1　新たな農業のあり方 …… 201
1.2.2　地域資源を生かす …… 201

第２章　次世代施設園芸の展開による地域活性化について …… 203
2.1　施設園芸について …… 203
2.1.1　我が国施設園芸の発展と課題 …… 203
2.1.2　オランダ施設園芸について …… 204
2.2　次世代施設園芸事業について …… 205
2.2.1　我が国施設園芸に関する政策動向 …… 205
2.2.2　次世代施設園芸導入加速化事業 …… 206
2.3　事例調査：次世代施設芸導入加速化支援事業富山拠点 …… 207
2.4　今後の次世代施設園芸事業 …… 213
2.4.1　次世代施設園芸の地域展開の促進 …… 213
2.4.2　地域活性化に向けた次世代施設園芸の可能性 …… 214

第３章　農業と ICT の連携について …… 216
3.1　農業分野の ICT 利活用状況について …… 216
3.1.1　政府の ICT 政策の動向 …… 216
3.1.2　世界最先端 IT 国家創造宣言と農業情報創成・流通促進戦略 …… 217
3.1.3　農業情報創成・流通促進戦略に係る標準化ロードマップ …… 219
3.1.4　農林水産分野における ICT 利活用推進調査結果 …… 224
3.2　農業分野の ICT 利活用に関する事例 …… 228
3.2.1　日立クラウドサービスを活用したグランバの取り組み …… 228
3.2.2　富士通「食・農クラウド Akisai」を利用した旭酒造の取り組み …… 231
3.3　農業分野の ICT 化の今後のめざすべき姿 …… 233

第４章　水辺の活用による地域の活性化 …… 237
4.1　水辺を取り巻く状況 …… 237
4.1.1　「親水」による地域交流の活性化 …… 237
4.1.2　新たに求められる「治水」と技術開発 …… 239
4.2　水辺活用の事例 …… 241
4.2.1　海外における事例 …… 241
4.2.2　我が国の水辺活用事例 …… 243
4.3　水辺活用による地域活性化の課題と展望 …… 245
4.3.1　水辺活用の主体と人材 …… 245
4.3.2　水辺による地域活性を持続可能な活動へ …… 245
4.3.3　水辺活用による地域活性化の展望 …… 245

第５章　生物資源を主眼とした地域活性化に関する指標化 …… 247
5.1　生物資源の保有機能および BCN に関わる項目の重み付け …… 247
5.1.1　経済評価額に基づく生物資源の保有する諸機能の重み付け …… 247
5.1.2　AHP 分析結果に基づく重み付けの再評価 …… 249
5.2　地域活性化に関わる指標の再評価 …… 249
5.3　指標項目の尺度設定と個別地域の評点化 …… 252
5.3.1　指標項目の尺度設定 …… 252
5.3.2　個別の地域単位による評点化の結果 …… 253
5.4　本指標化（評点化）の意義と課題 …… 257

第６章　まとめ …… 259

あとがき

第Ⅰ部　バイオマス技術の活用と普及

第１章 調査研究の経緯と目的

我が国において、少子高齢化や人口減少が欧米に先行して進行している。人口減少に歯止めをかけ、我が国が持続可能な社会であり続けるには、出生率の向上と、出生率の低い東京への一極集中の傾向を改善することが重要であり、そのためにも地域産業を活性化する策が求められている。

我々は、持続可能な社会の実現のために、循環型社会の形成に産業技術の面から貢献する方策について調査研究を行ってきた。バイオマスは、地域に賦存量が多く、農業などの地域産業との関連も深いことから、地域活性化に貢献できる技術として、特に注目される。そこでバイオマス技術に注目し、バイオマス技術の更なる普及を促すための方策や、バイオマス技術により地域活性化に貢献する可能性について調査研究を行った。以下に、昨年度から行った調査研究の２年目の成果について報告する。

1.1 バイオマス技術の導入状況

我が国におけるバイオマス利用技術の導入は、2000 年施行の循環型社会形成基本法や2002 年のバイオマスニッポン総合戦略、食品リサイクル法などにより、廃棄物からのエネルギー利用を促す補助制度と規制により、メタン発酵などの技術導入が促された。また、2002 年に『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)』が、2012 年に『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（固定価格買取制度：FIT)』が、それぞれ施行され、再生可能エネルギーのひとつとして、バイオマス発電が位置づけられたことから、主に発電利用の面からも、導入が促されてきた。

固定価格買取制度（以下、FIT）により、バイオマス発電は、導入容量で 34 万 kW 増加しており、FIT 導入前の 230 万 kW と合わせると、254 万 kW の発電容量分が導入されている（**表 1.1-1**)。認定容量は 268kW に達し、順調に導入されれば、政府の示したエネルギーミクスの 602～728kW の 72～87%に達する。

今後のバイオマス技術の導入による地域活性化には、現在設備認定され、導入待ちのものも含めて、持続可能な形で運用されることと、バイオマスによって得られた売電収入を元に、バイオマスの排出源となる産業の収益性の向上に貢献することによる、他産業への好影響を産み出すことが重要である。**図 1.1-1** に示すように、導入容量と認定容量とで、各種発電量の占める割合を比較すると、今後導入される予定の発電施設は、一般木質や農業残渣が多い。林業や農業とバランスの取れた原料調達を行い、本来の目的である持続可能な社会システムとして機能する必要がある。

FIT は、RPS などに比べて、事業者の自由な参入を促すため、強い導入促進効果があると言われている一方で、太陽光など導入しやすいものに偏重しやすい欠点がある。バイオマスでも、効率のよい大型施設から導入が進み、原料確保に苦労したり、地域に密着した中小規模の導入が滞ったりするデメリットが至適されている。中小規模への導入が継続されるような施策が望まれる。

表 1.1-1 再生可能エネルギー固定価格買取制度の実績（平成 27 年 9 月末時点）

	(1)導入容量（万kW）		(2)買取電力量（万kWh）	(3)買取金額（億円）	(4)認定容量（万kW）	買取電力量／導入容量（kWh/kW）	導入容量／認定容量
	新規認定分(※1)	移行認定分（※2）	制度開始からの累計	制度開始からの累計	新規認定分(※1)		
太陽光（住宅）	352	470	1,662,320	7,233	418	2,022	84%
太陽光（非住宅）	1,929	26	3,056,151	12,594	7,558	1,563	26%
風力	37	253	1,456,268	3,164	233	5,022	16%
中小水力	12	21	290,967	755	71	8,817	17%
地熱	1	0	3,451	15	7	3,451	14%
バイオマス（※3）	34	113	939,670	1,895	268	6,392	13%
合計	2,365	883	7,408,826	25,656	8,555	2,281	28%

※1 「新規認定分」＝本制度開始後に新たに認定を受けた設備

※2 「移行認定分」＝再エネ特措法に規定されている、既に発電を開始していた設備、もしくは、特例太陽光発電設備として買取対象となっていた設備のうち、FIT 制度開始後に本制度へ移行した設備

※3 バイオマス発電設備では、実態を反映させるため、認定時のバイオマス比率を乗じて得た推計値を集計

出典：固定価格買取制度情報公表用ウェブサイトの内容に加筆
http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html

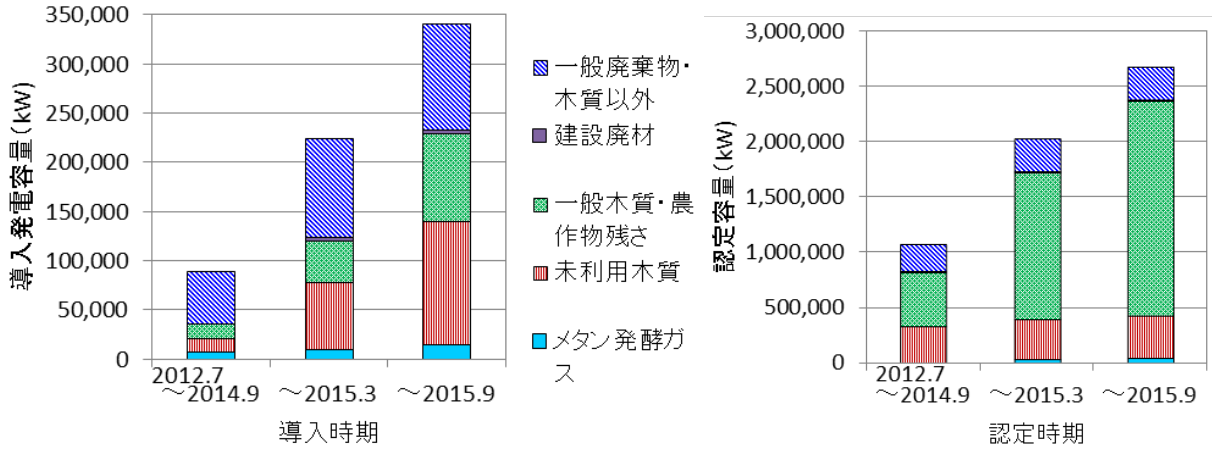


図 1.1-1 バイオマス発電設備の FIT 認定容量と導入容量

出典：固定価格買取制度情報公表用ウェブサイトの公表値を元に作成

1.2　調査研究の内容

1.2.1　調査研究の進め方

バイオマス利用技術として、昨年度に引き続き、木質バイオマス利用と静脈施設を核としたバイオマス利用に着目した。

まず、木質発電は、前述のように発電容量でも大幅に伸びており、期待が大きい。木質発電では、発電効率の良い 5,000kW 以上の大型施設の導入から進んでおり、今後の普及には中小規模のエネルギー施設が重要になる。木質バイオマスを発電利用する場合、発電では大型でも利用効率が 20%に留まるといわれているのに対し、熱利用では、小型でも 8 割を超える。エネルギーの有効利用のためにも、中小規模の利用施設の導入を促すためにも、バイオマスの熱利用に着目した促進策が重要となる。これまで、欧米が熱利用と燃料利用、発電利用のそれぞれで再生可能エネルギーの導入目標を決めているのに対し、我が国では発電のみ目標を定めるなど、施策に偏りがあった（**表 1.2-1**）。再生可能エネルギーの熱利用に着目した地域活性化施策として、総務省主体で進められている、分散型エネルギーインフラプロジェクトに注目し調査対象とした。

表 1.2-1　再生可能エネルギー導入目標の比較

	EU	ドイツ	英国	日本※
最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合	24.5-25.5% （14.1%）	19.6% （12.4%）	15% （4.2%）	―
電力供給に占める再生可能エネルギー電力の割合	39.2-39.8% （23.5%）	35% （23.6%）	31% （10.8%）	18% （10.0%）
熱供給に占める再生可能エネルギー熱の割合	28-29% （15.6%）	15.5% （11.1%）	12% （2.3%）	―
輸送燃料に占める再生可能エネルギー燃料の割合	8.7-9% （5.1%）	13.2% （6.9%）	10.3% （3.7%）	―
出典	[EREC, 2010] Eurostat統計値	[ドイツ政府,2010] [ドイツ連邦環境省, 2010] Eurostat統計値	[英国政府,2010] Eurostat統計値	[国家戦略室,2012]

出典：2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書

地域活性化の面からは、静脈施設でのバイオマス利用の促進に期待が持たれる。多くの静脈施設において更新時期を迎えており、この更新に合わせて、静脈施設を地域活性化の拠点のひとつとして活用する考え方が取り入れられつつある。昨年度に引き続き、こうした静脈施設を拠点とした取り組みの可能性について、利用効率の改善の余地がある下水汚泥と生ごみに注目して調査した。

バイオマスの普及が進みつつある中で、更に利用効率を向上し、利用範囲を拡大するには、新たな技術の実用化にも期待される。昨年度、藻類利用技術と微生物燃料電池の現状

と将来の可能性について調査したのに続き、本年度は、バイオマスリファイナリーとバイオマス由来水素について調査した。

1.2.2 視察調査訪問先と講演会の一覧

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) (株)グリーン発電大分 天瀬発電所 ＜木質発電＞
(2) 三重中央開発(株)（ﾄﾗﾝｽﾋｰﾄｺﾝﾃﾅｼｽﾃﾑ）＜熱のコンテナ輸送・実証＞
(3) 日田市バイオマス資源化センター ＜バイオガス発電（畜産糞尿原料）＞
(4) 福岡市中部水処理センター（水素ｽﾃｰｼｮﾝ）＜メタン発酵＋水素製造＞
(5) 富山グリーンフードリサイクル(株) ＜生ごみメタン発酵・発電＞
(6) 長岡市生ごみバイオガス発電センター ＜生ごみメタン発酵・燃料化＞
(7) 瀬波バイオマスエネルギープラント ＜生ごみメタン発酵・発電・堆肥化＞

2) 講演会

バイオマスの新利用技術について、専門家を招いて講演会を 2 件実施し、各技術の現状と展望についてご意見をいただいた。

(1) 『バイオ由来水素技術の過去・現在・未来』
講師：国際石油開発帝石（株）経営企画本部事業企画ユニット事業企画 G
IEA 水素実施協定 Task34 専門家委員
若山樹氏

(2) 『バイオマスリファイナリー開発最新動向と産総研の取り組み』
講師：産業技術総合研究所 機能科学研究部門 副部門長
榊啓二氏

また、海外の事例に学ぶため、早くから風力発電や熱エネルギー利用などで環境技術の導入に取り組んでいるデンマークの事例について、同国大使館の方にご講演いただいた。

(3) 『デンマークの再生可能エネルギー利用に関する政策』
講師：デンマーク王国大使館 上席商務官（エネルギー・環境担当）
田中いずみ氏

第 2 章　木質バイオマス利用による地域活性化

わが国は国土の約 70%を森林が占めている。森林は生物多様性の保全、土砂災害の防止、水源のかん養、保健休養の場の提供など極めて多くの多面的機能を有している。こうした森林を将来にわたり有効活用するためには、森林・林業・木材産業が持続可能な産業として自立する必要がある。しかしこれら産業には課題が多い。

わが国では第二次大戦後，荒廃した国土において薪炭や建築材料として木材の需要が増大することが予想され，天然林を人工林に転換する「拡大造林」が進められた。しかし高度成長期には、コンクリート・鋼の需要が増大するとともに、コストの低廉な外材が輸入され国産材の需要は低迷した。これらの要因で林業はしだいに衰退し、生産性の向上は図れないままにある。そのため戦後植林された木が伐採適齢期になったにもかかわらず、放置されており国産資源としての木材の有効利用が十分なされない状況にある。

こうした状況を踏まえ 2010 年には国産資源としての木材の利用を推進するため「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行された。また 2012 年には FIT（再生可能エネルギー固定価格買い取り）制度がはじまり、木質バイオマスを燃料として利用する動きが加速化した。このように木材のマテリアルとエネルギーの両輪による木材利用促進策が図られるようになった。

ここでは木質バイオマス由来のエネルギーとして電気と熱利用に焦点を絞り、地域活性化の取り組み事例、技術の現状、課題と対策などについて述べる。具体的には、2.1 において総務省、資源エネルギー庁、林野庁、環境省が協働して進めている分散型の熱エネルギーの取組みを紹介し、そこでの課題を述べる。2.2 では小規模なバイオマス発電に用いられる国産のバイオマスボイラやガスエンジン、ガスタービンおよび蒸気タービンなどについてメーカーや仕様の現状を述べる。2.3 では木質バイオマス発電事業の採算性を木質燃料の調達単価から論じ、木質バイオマス発電における課題と対策を検討する。

2.1　熱インフラ整備とバイオマスの地域活性化への貢献

2.1.1　現状

2012年より始まった再生可能エネルギーの固定価格買取制度により、新たな電源確保の手段として風力発電や太陽光発電とともに、木質バイオマスを利用した発電設備が脚光を浴び、各種、導入の検討や計画がなされてきた。しかし、燃料として未利用材に着目しているものの、これを持続可能なものにしていくためには製材用等用材の需要確保、素材生産作業のシステム化と木材流通の低コスト化とともに、長期的な森づくりビジョンの共有により、関係事業者が連携し堅固な体制で取組む必要がある。森林資源の適正管理を考えれば、未利用材を主に燃料とした発電は、自ずと設置できる地域は限られる。

一方、エネルギー利用の観点からすると燃焼効率が木質発電は10～30%であり、ボイラ等の熱利用での70～90%の値からすると著しく非効率である。既に発電を行っている事業者で堅実に運営がなされているところの多くは熱利用と併せて発電を行っており、発電主体とする運営よりも、製材作りを優先した持続可能な方式となっていると感じられる。

持続可能な形での森林バイオマス利用や、中小規模でのバイオマス利用には、熱利用も含めた総合的なエネルギー利用システムが求められる。現在、総務省を軸とする『自治体主導の地域エネルギーシステム整備研究会』（以下、整備研究会）においては熱を分散型エネルギーとして導入する可能性を探っている。これは、森林バイオマスなど地域資源を地域再生に活かす好例になり得ると期待されるため、進捗と課題などを調査した。

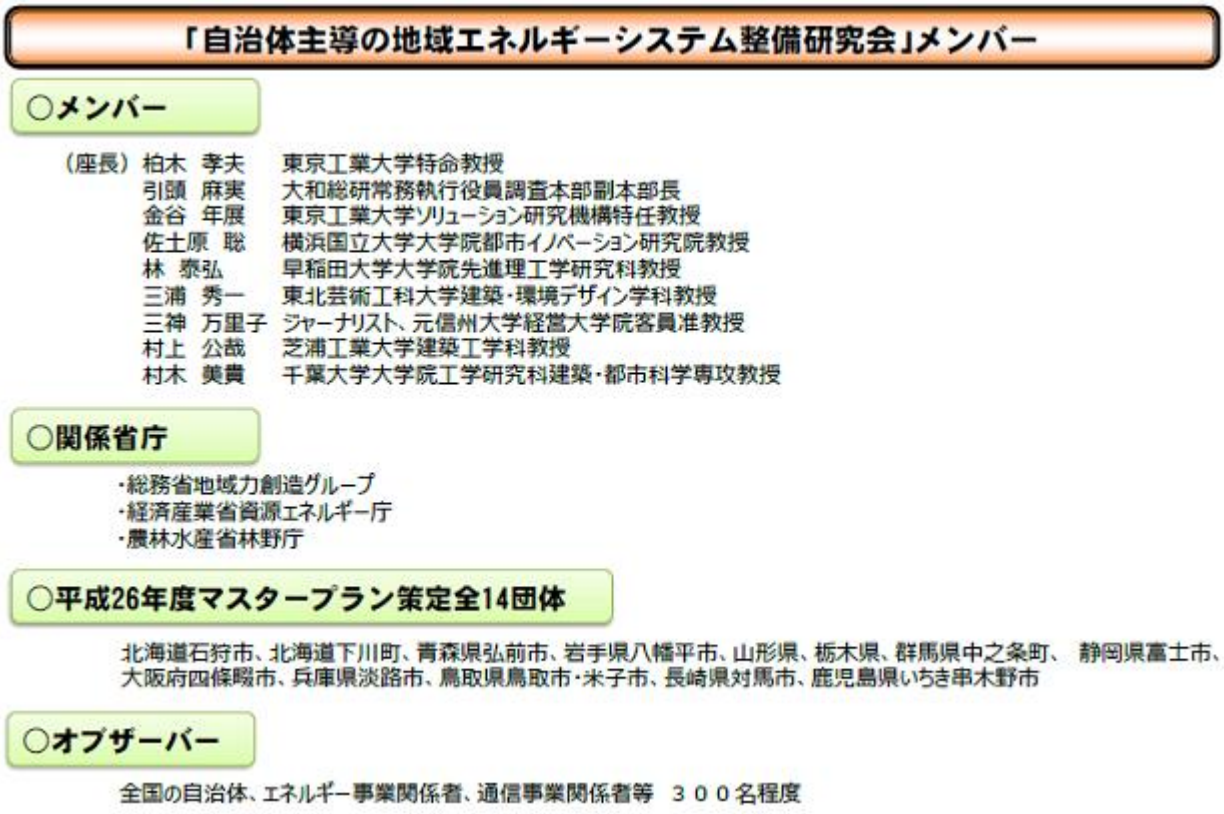


図 2.1.1-1　自治体主導の地域エネルギーシステム整備研究会メンバー

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

2.1.2　国の方針

前述『整備研究会』は総務省を中心に、金融庁、資源エネルギー庁、林野庁、環境省が協同して分散型エネルギーインフラによる地域経済活性化とサービス・イノベーションを目指している。

1)地域に根ざす

日本国内では約18兆円の電気代が発生しているが、この１割でも地域のエネルギー産業にまわれば、年間1.8兆円規模の活性化効果を甘受できる可能性がある。また、電気分野のみならず熱分野の検討を行うことで、エネルギー設備を含む地域エネルギー産業を次々と立上げることに繋がり、地域経済の好循環を拡大させる。さらにエネルギーの地産地消を実施することで、莫大な資金循環が創出される。

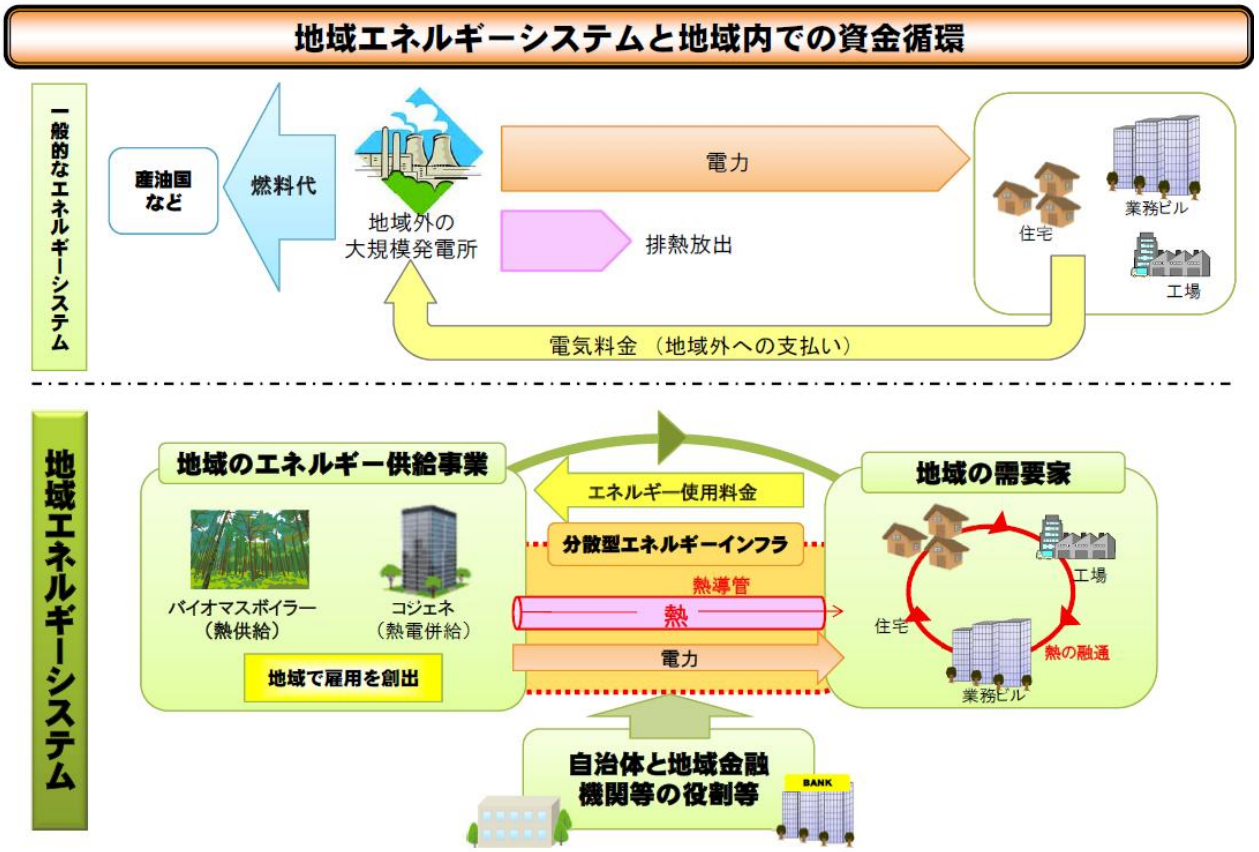


図 2.1.2-1　地域エネルギーシステムと地域内での資金循環

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

2)地産地消

エネルギー資源として森林バイオマスを活用することは、荒廃した我が国の森林を整備する事につながり、ひいてはCO_2削減への重要な位置付けとなっている。

地域では電気需用より熱需要が主となっている（**図2.1.2-2**）。熱供給はバイオマスや廃棄物等の地域燃料をベースに、ガス等を最適に組み合わせ、熱需要をベースに設計することで、電力ベースの設計よりもエネルギー効率がよいシステムとなる。さらに条件が合えば熱電併給を検討する事で電力システム改革による売電の可能性も考えられる。

また、海外からのエネルギー資源供給に頼る我が国としては、全体的なエネルギー需

給構造や国際的な環境制約を検討する上で、国産燃料である森林バイオマスは、非常に重要な位置づけとなっている。森林資源の活用促進は、雇用・所得の増大、為替変動に強い地域経済への構造改革として地域経済循環の拡大効果を担保する公的役割も担う形となっている。

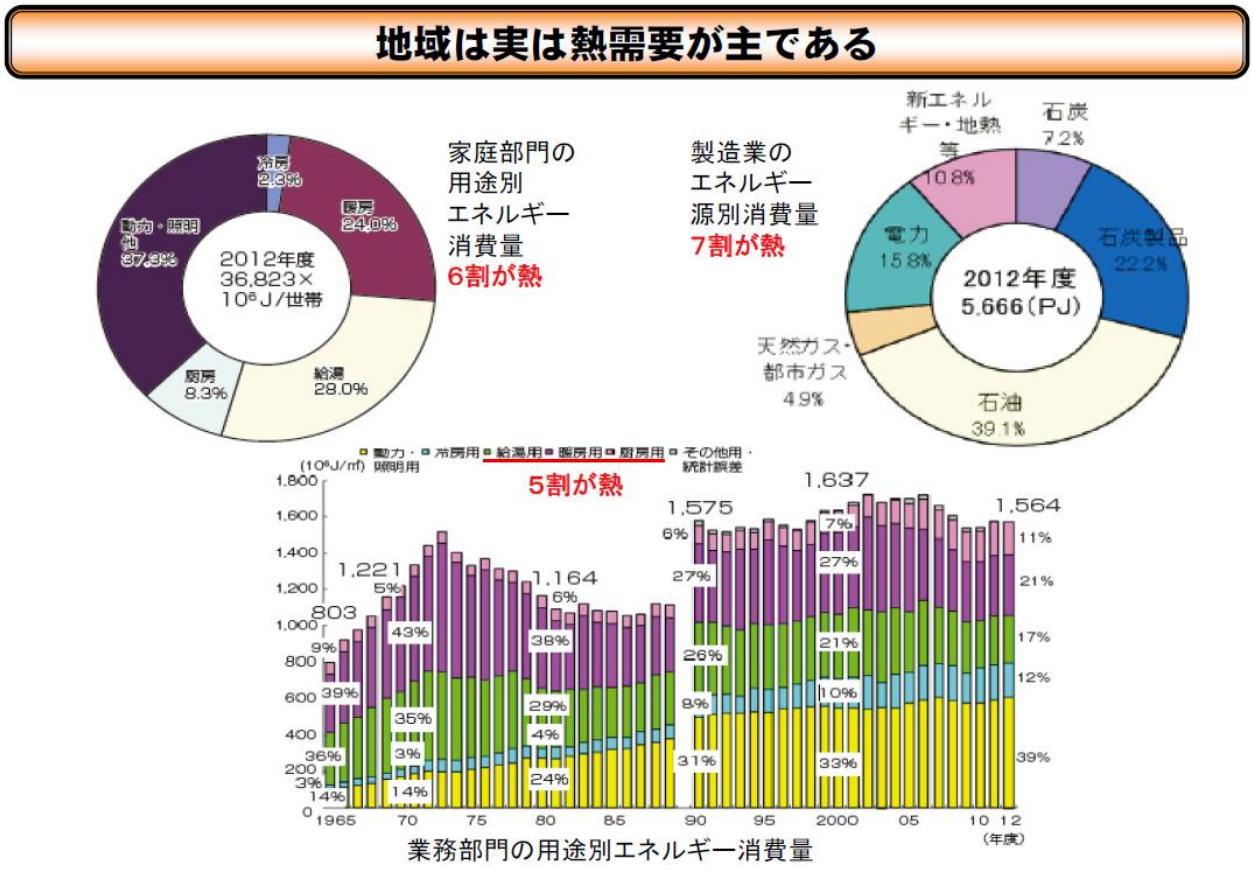


図 2.1.2-2　地域は実は熱需要が主である

出典：『平成 25 年度エネルギー白書』

3)レジリエンス（災害に強い国土）

公共施設等を中心に自家発電等の自立型のエネルギー設備を導入することで、平常時における地域のエネルギーコストを減少させ、災害時における自立した地域へのエネルギー供給可能な整備を考えている。

自立型のエネルギー設備例としては、太陽光発電やごみの排熱利用、分散型電源の導入など、需要地に近い地域にあるエネルギーの活用が想定されるが、地域の特性を活かした地域づくりを進めるためには、建築の設計者や都市計画者、自治体など、建築や地域づくりに関わる人たちが、エネルギー利用やそのためのインフラ計画に関わることが必要となっている。都市づくりの方向性も、人口減少高齢社会を迎えて、コンパクト化に向けた視点が強まっており、地域的なエネルギーシステムを構築する好機となっている。

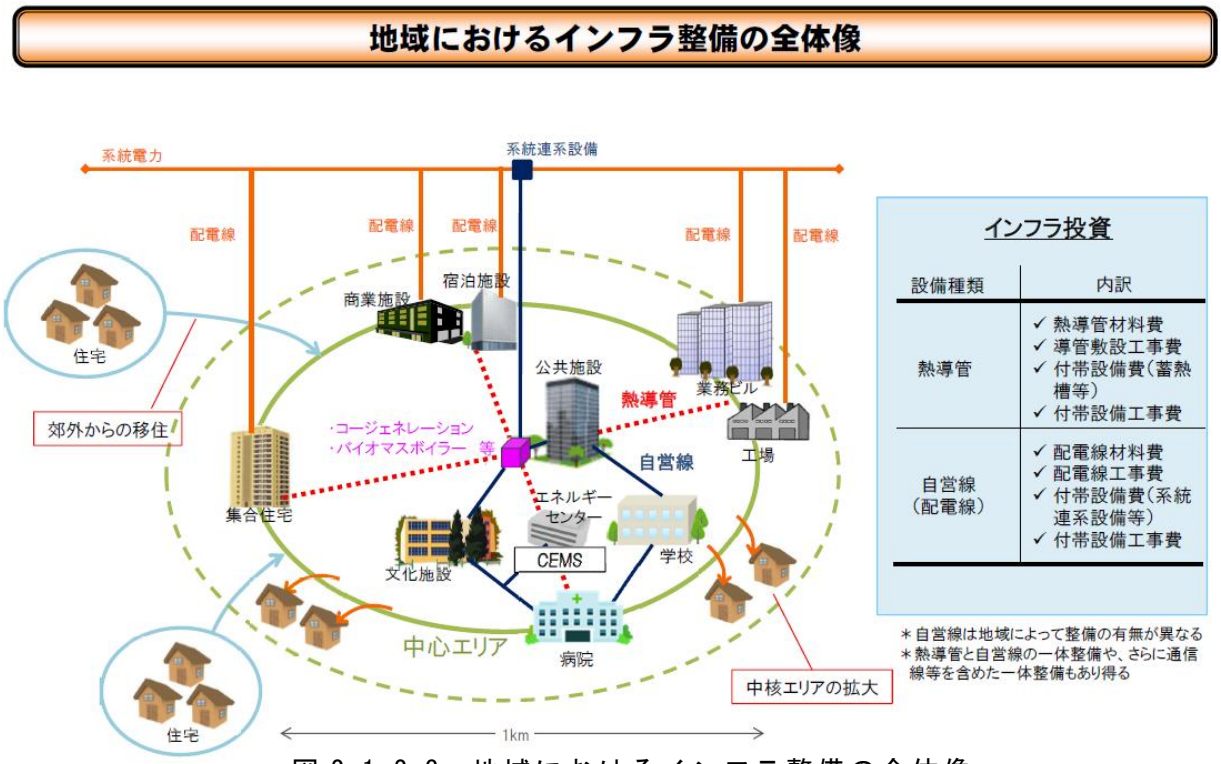


図 2.1.2-3　地域におけるインフラ整備の全体像

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

2.1.3　取り組み例

1）タイプ別分類

現在、平成26年度、27年度マスタープランを策定している実施地域は28地域(**図2.1.3-1**)存在しているが、地域の特性、目的により４つのタイプに分類(**図2.1.3-2**)される。この中から森林バイオマスエネルギーに関与した取り組み事例を紹介する。

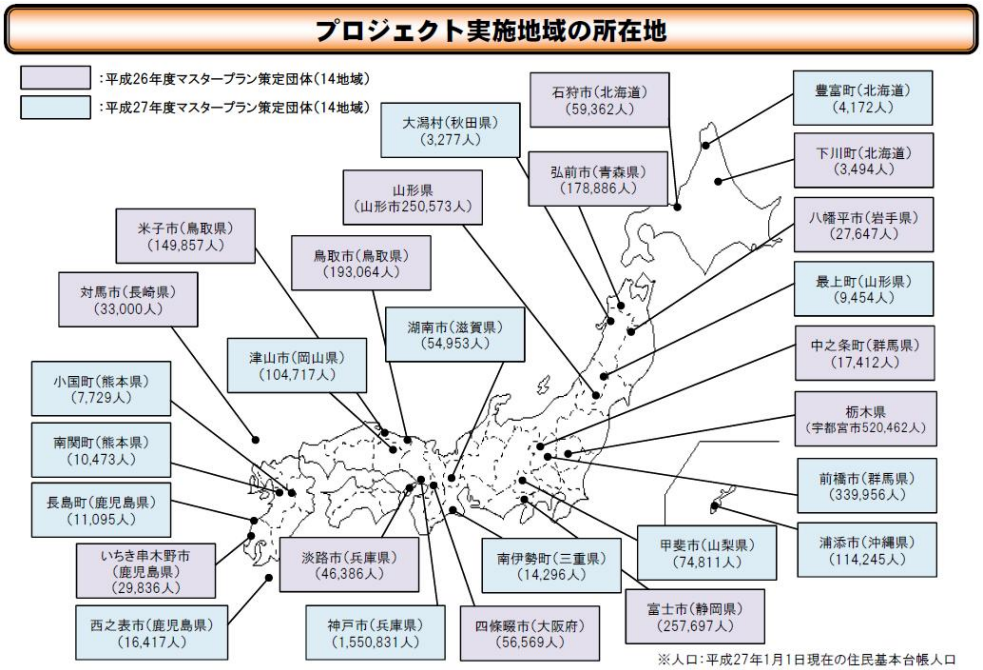


図 2.1.3-1　プロジェクト実施地域の所在地

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

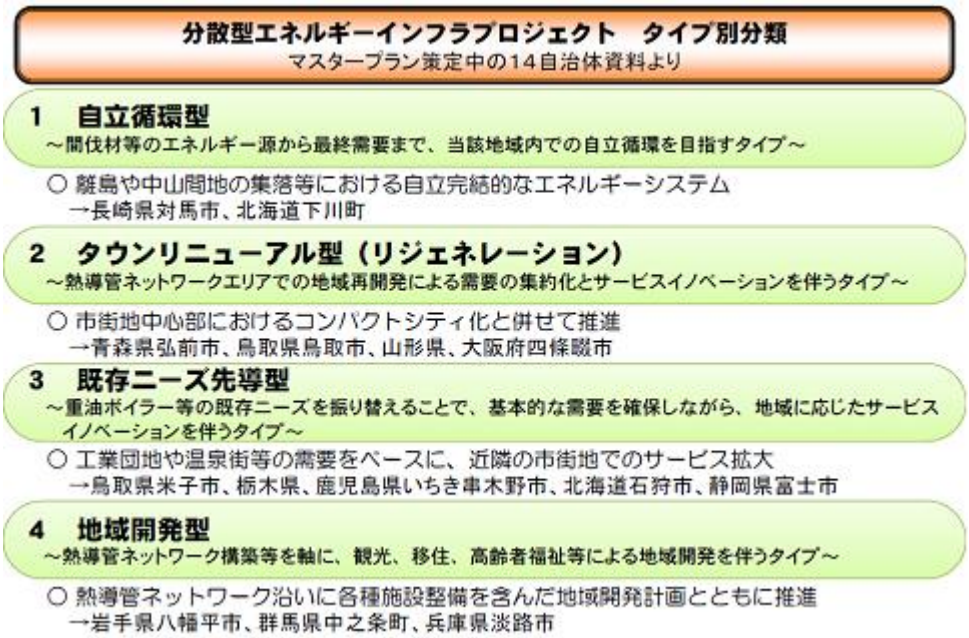


図 2.1.3-2　タイプ別分類

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

2) エネルギー自立に向けた離島プロジェクト（長崎県対馬市）【自立循環型】

(1)背景

対馬は昭和35年より人口が半減し、残っている方の1/4は高齢者であり、今後20年でさらに40%まで上昇すると予想されている。産業基盤は漁業であるが生産量は昭和60年から３割減少し、更に燃料費の高騰が経営を圧迫している。地元住民の雇用を下支えしていた公共事業もピーク時に比べ８割も減少している。

しかしながら国境と接する国家的に重要な役割を担っており、産業誘致や定住促進などを支援するためにも、電力の安定供給及び料金水準の維持と豊富な森林資源を活用した再生可能エネルギーの利用促進が必要とされる。

特に電力は本土との系統接続がなく、いわゆる独立電源の島である。現在、島外から運んできた重油を燃料にディーゼル発電機による発電で電力供給していることで、為替リスクを含んだ高コスト構造となっている。これ故、地域で生み出せる安価なエネルギー源として、海洋再生可能エネルギーや水素などの技術開発による導入コスト縮減が求められる。

(2)プロジェクト計画

再生可能エネルギーを活用したインフラ施設の導入を通じて、化石燃料に頼らない安心・快適で豊かな次世代型エネルギー自立をめざす島を構築し、雇用・新産業の創出を目指して以下の施策を掲げている。

① 地産エネルギー熱源利用

木質バイオマスボイラによる熱供給、林業の活性化、漂着・漂流ゴミの活用

② 省エネの推進

LED化促進、スマートコミュニティ（デマンドレスポンス＝CATV網活用）の推進

③ 再生可能エネルギー買取制度の活用

バイオマス発電、風力発電、太陽光発電（重油火力発電の代替）

図 2.1.3-3　対馬プロジェクトイメージ図

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

表 2.1.3-1　計画熱需要量一覧

地区	施設名	熱需要量（千MJ/年）
厳原	厳原病院	4,874
	特別養護いづはら	1,589
	市役所	361
	介護老人保健施設つしま彩光園	1,379
	新設博物館	308
	厳原港国内ターミナル	1,811
	宿泊施設	5,291
	住宅	16,027
厳原地区　合計		31,640
美津島A	湯多里ランドつしま	5,302
	対馬の杜（ケアハウス）	253
	しらたけ（デイサービス施設）	6
	ピアハウス（高齢者11室、生活福祉センター）	101
	対馬新病院	5,723
美津島地区A　合計		11,385
美津島B	対馬老人ホーム	618
	特別養護老人ホーム浅茅の丘	1,379
	市営住宅	649
	宿泊施設	999
	住宅	18,538
	真珠の湯＆対馬グランドホテル海望の湯	1,466
美津島地区B　合計		23,649
上対馬	上対馬温泉渚の湯	2,238
	「渚の湯」近隣ホテル予定熱需要	4,398
	対馬みうだペンション	280
上対馬地区　合計		6,916
総　合　計		73,590

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

表 2.1.3-2　計画熱供給事業費一覧

	厳原		美津島A		美津島B		上対馬		合計	
	配管距離(m)	投資額(千円)	配管距離(m)	投資額(千円)	配管距離(m)	投資額(千円)	配管距離(m)	投資額(千円)	配管距離(m)	投資額(千円)
蒸　気　管	1,255	102,077	202	16,430	0	0	0	0	1,457	118,507
温　水　管	1,951	110,973	634	36,062	4,361	248,054	232	13,196	7,178	408,285
温水供給ポンプ		254,119		66,264		345,668		18,389		684,440
掘削等工事費		121,411		39,454		271,386		14,437		446,688
合　　計	3,206	588,580	836	158,210	4,361	865,108	232	46,022	8,635	1,657,920

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

特に自立型地域熱供給エネルギー事業に関しては収支計画イメージを立案し事業可能性の検証（以下、FSと表記）を実施している。

表 2.1.3-3　収支計画イメージ

（単位：百万円）

地域エネルギーインフラ事業体のインフラ必要投資額	インフラ事業体のキャッシュフローでの対応分（※返済原資となるキャッシュフローを割引率3%、基幹20年の条件で現在価値化）					必要投資額対応不足分（期待融資額反映後）⑦:①−⑥	インフラ事業体への要対応分（必要投資額対応不足分±α（融資額変動分））⑧:⑦±α
	原計画のキャッシュフローの現在価値②	地域エネルギー供給事業体の収入増・コスト減対策により、インフラ事業体が受け取るインフラ利用料収入改善分（増加分）の現在価値			期待融資額⑥:②～⑤計		
		補助制度等の活用による地域エネルギー供給事業体の設備投資コスト削減分③	地域エネルギー供給事業体のコスト低減による分④	地域エネルギー供給事業体の収入増対策による分⑤			
1,658	44	・木質バイオマスボイラー設備補助金の活用 393	・木材搬出の効率化 143	・熱供給監視による見守り事業 32	611	1,047	1,047±α

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

本FSにおいて事業費不足分(1,047±α百万円)については自治体における補助金や公設民営（無償貸与を含む）を想定している。これは外部効果として木材チップの島内有効活用による、木質チップ島外輸送事業費の削減（27百万円/年：この内、離島活性化交付金補助率2/3[国1/3、市1/3]が負担減となる）となるとともに、木質チップ需要増加による林業雇用創出効果として20人の雇用が見込めるからである。

(3)課題

事業運営の面ではまとまったエネルギー需要の確保（近隣に一定の人口規模や観光資源などが存在していることが望ましい）が必要で、特に対馬の様な離島では、事業エリアが限定的であるため、地域ぐるみで総力をあげて取り組む必要がある。また、小規模な市街地が複数あることで集約化が進むか、さらに熱と電気を効果的に供給できるかが成否に関わるファクターとなっている。

地域エネルギー供給の観点からは間伐材を活用し､複数の小規模な市街地において、自立型地域供給エネルギー事業を実施する必要がある（LPガス・重油からの転換）。

現在、製材端材発生量及び流通コスト精査や設備仕様、配置図、資金計画の精査を実施するとともに検討を行っている。

3)日本初内陸型森林バイオマス地域熱電併給システムモデル構築事業

（北海道下川町）【自立循環型】

(1)背景

平成12年に「森林（もり）と大地と人が輝くまち・しもかわ」を将来像としてまちづくりを推進してきて以来、平成17年３月に北海道で初めて木質バイオマスボイラを導入し、各公共施設に木質バイオマスボイラの導入を促進していた。平成21年にJ-VER制度による森林吸収型プロジェクト登録第一号として森林整備へ還元する資金化も推進してきており、『森林総合産業の創造』『森林バイオマス活用を中心としたエネルギー完全自給』『超高齢化対応』の３つの柱を掲げ『人が輝く森林未来都市しもかわ』の実現に向けた取組みを展開している。

(2)プロジェクト計画

未利用間伐材や製材工場から排出される端材・残材をチップ化し、木質バイオマスボイラと木質バイオマス発電の予熱を利用した自立型地域熱供給エネルギー事業を計画している。町内の中心に熱導管を面的に配置し、公営住宅等を中心部に集約化することで効率化を目指している。

半世紀にわたり築き上げた森林バイオマスなどの資源をさらに造成して、バイオマス資源を最大限かつ最効率で利用する一環システムを構築しながら、バイオマス産業を軸とした環境に優しく災害に強いエネルギー完全自給型の地域づくりを進め、雇用の創出と活性化に繋げ、域内の生産性を高め、地域に富が還元され循環する町を目指している。

また、このノウハウを基に、近隣市町村へのエネルギー供給や技術提供等の連携を図ることで、政策・事業パッケージとして各国のまちづくり・地域再生として移出展開も考えている。

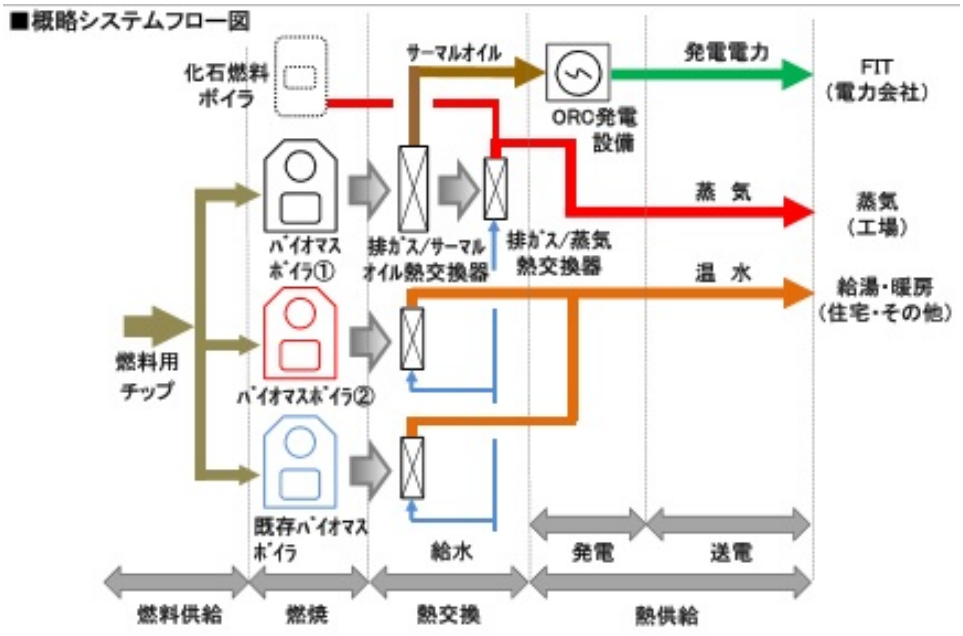


図 2.1.3-4　下川町プロジェクトシステムフロー図

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

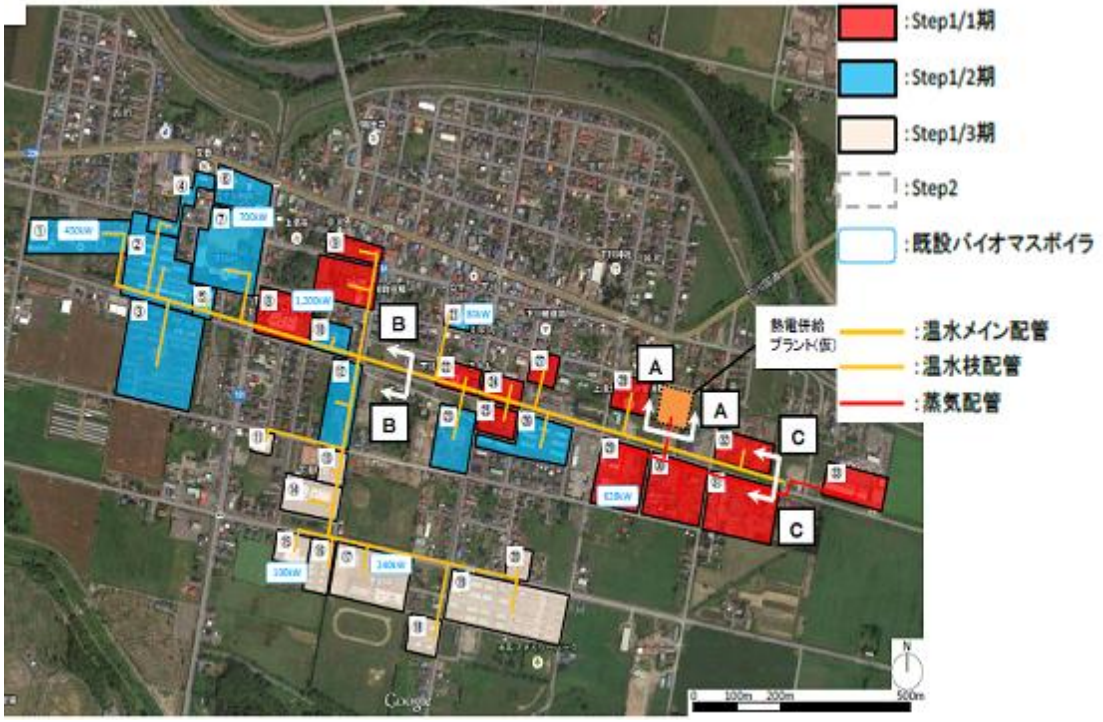


図 2.1.3-5　下川町プロジェクト計画図

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

表 2.1.3-4　計画熱需要量一覧並びに事業費一覧

需要区分	公有/民間の区分	施設種別	施設番号	施設名	熱需要量	
温水需要	公有施設	市町村有施設（公共施設）	1	特別養護老人ホームあけぼの園	7,783	千MJ/年
			2	町立下川病院	2,021	千MJ/年
			3	下川小学校	1,158	千MJ/年
			4	下川町総合福祉センターハピネス 下川町役場 下川消防署	4,149	千MJ/年
			5	下川町公民館 町民会館	2,189	千MJ/年
			6	下川町B&G海洋センター	122	千MJ/年
			7	下川町民スポーツセンター 農村環境改善センター	824	千MJ/年
			8	幼児センターこどものもり	643	千MJ/年
			9	下川町地域間交流施設 森のなかヨックル	236	千MJ/年
			10	下川中学校	1,025	千MJ/年
			11	アイキャンハウス	299	千MJ/年
			12	下川バスターミナル合同センター	671	千MJ/年
			13	下川町林業組合センター	60	千MJ/年
			14	下川町木質原料製造施設	7	千MJ/年
		市町村有施設（公営住宅）	15	元町あけぼの団地	1,326	千MJ/年
			16	向陽団地	2,286	千MJ/年
			17	教職員住宅	364	千MJ/年
			18	日景団地	1,609	千MJ/年
			19	西町町営住宅	233	千MJ/年
			20	西町町営住宅（低家賃住宅）	562	千MJ/年
			21	幸町町営住宅	279	千MJ/年
			22	共生型住まいの場　ぬくもり	506	千MJ/年
			23	末広団地	2,876	千MJ/年
			24	共栄町町営住宅	248	千MJ/年
			25	定住促進団地（建設中）	277	千MJ/年
			26	集住化住宅（計画中）	1,047	千MJ/年
		国有施設	27	上川北部森林管理署	406	千MJ/年
			28	サンルダム事務所・宿舎	459	千MJ/年
		公有施設合計			34,063	千MJ/年

需要区分	公有/民間の区分	施設種別	施設番号	施設名	熱需要量	
温水需要	民間施設	一般住宅事業所	29	一般住宅（供給エリア内58世帯）	3,339	千MJ/年
			30	運輸会社事務所	156	千MJ/年
			31	自動車整備工場	439	千MJ/年
			32	日用品製造工場	68	千MJ/年
		民間施設合計			4,003	千MJ/年
		温水需要合計			38,066	千MJ/年
蒸気需要	民間施設	生産工場	33	木材工場A（木材乾燥施設）	10,010	千MJ/年
			34	木材工場B（木材乾燥施設）	9,157	千MJ/年
			35	木材工場C（木材乾燥施設）	5,254	千MJ/年
			36	木材工場D（木材熱処理施設）	411	千MJ/年
			37	農作物集荷、乾燥施設	143	千MJ/年
		蒸気需要合計			24,975	千MJ/年
熱需要合計					63,041	千MJ/年

種別	項目	数量（m）	投資額（千円）
導管	蒸気供給管・還水管	1,500	240,000
	温水供給管（1期）	4,000	320,000
	温水供給管（2期）	7,000	252,000
	温水供給管（3期）	6,000	228,000
	合計		1,040,000
接続工事費	蒸気配管接続		7,500
	温水配管接続（1期）		10,500
	温水配管接続（2期）		106,500
	温水配管接続（3期）		80,000
	合計		204,500
土木工事費	蒸気供給管・還水管	750	60,000
	温水配管接続（1期）	2,000	85,000
	温水配管接続（2期）	3,500	125,000
	温水配管接続（3期）	3,000	105,000
	合計		375,000
インフラ投資額合計			1,619,500

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

表 2.1.3-5　収支計画

	項目		金額（千円/年）	備考
供給事業体	収入	①	401,236	
	費用	②	379,238	以下の補助金を想定 ・国：再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策費補助金：185,800千円 ・道：北海道産業振興条例に基づく企業立地の促進を図るための助成制度：9,290千円 ・下川町：88,255千円
	営業利益（①-②）	③	21,998	
	支払金利	④	5,250	
	経常利益（③-④）（税引前当期純利益）	⑤	16,748	
インフラ事業体	収入	⑥	104,700	＝インフラ利用料
	費用	⑦	125,366	維持管理・メンテ費：8,105千円/年、人件費：3,000千円/年、雑費（保険料）：4,863千円/年、固定資産税：14,133千円/年
	うち減価償却費	⑧	95,265	建設費：1,619,500千円　（減価償却費　1,619,500千円÷17年） <導管> ・蒸気供給用導管（プレハブ二重管） ・温水供給用配管（保温付ポリエチレン管）　メイン管250A、枝管150～100A、接続部50A <その他> ・需要家接続工事（蒸気、温水）、撤去等工事費
	営業利益（⑥-⑦）	⑨	-20,666	
	支払金利	⑩	1,392	
	経常利益（⑨－⑩）（税引前当期純利益）	⑪	-22,058	
	返済原資キャッシュフロー（⑧＋⑪）	⑫	73,207	
	返済原資CF（現在価値※）		1,089,135	

※返済原資となるCF（キャッシュフロー）を割引率3%、期間20年の条件で現在価値化

金融機関融資計画額	⑬	1,089,135
エネルギーインフラ投資額	⑭	1,619,500
要対応分（⑭－⑬）		530,365

⇒公益性

①エネルギー供給/エネルギーインフラ事業の運営による直接雇用効果：513百万円
・エネルギー供給事業およびエネルギーインフラ事業の運営による直接雇用者給与：12人（年間3,450万円）
②エネルギー供給/エネルギーインフラ事業の運営による地域経済への波及効果：4,120百万円
・熱電併給設備およびインフラの建設による域内生産誘発額：871百万円
・エネルギー供給事業およびエネルギーインフラ事業の運営による域内生産誘発額：
（単年度）218百万円、（20年間累計の現在価値（割引率3%））3,249百万円
・上記の合計：建設および20年間の運営による域内生産誘発額の現在価値（割引率3%）4,120百万円
（内、林業部門：419百万円、製材・木製品部門：167百万円）
・上記経済波及効果による域内の雇用増加効果：22人（単年、雇用者所得増が全て新規雇用に使われると仮定）
③税収の増加（固定資産税）：234百万円
・エネルギー供給事業およびエネルギーインフラ事業からの固定資産税20年間分の現在価値（割引率3%）

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

事業の収支計画としては**表2.1.3-5**の通りであるが、さらに細かく資金調達に関する金融機関へのヒアリングも実施している。ヒアリングの結果については**図2.1.3-6**に記載する。金融機関において事業性を判断する際のポイントとしては、木材の安定的な確保、原料価格、収入の安定化であるが、本事業は出資者の構成以外は条件を満足している。

■指摘事項等

○木材の安定的な確保について
・町内で利用可能な森林バイオマス資源量は、約17,000t/年と試算されており、原料の収集は地元事業者が中心となることから**確実性があり、安定供給可能な数量と判断**する。

○原料価格について
・本州の場合では原料価格が高騰している状況であり、ストレステストを踏まえ事業収支を試算する際には、価格に約1,500円/tを加算している。しかし、**道内の動向を踏まえると設定価格は妥当と判断**する。

○収入の安定化について
・電力販売収入は、**固定価格買取制度で20年間の買取が担保**される。
・熱（蒸気・温水）収入は、**中心となる需要家が公共施設であることから安定収入が見込める。**

○キャッシュ・フローについて
・**借入金の確実な返済を担保するため**に、毎年度の現金保有額は、借入返済額の半年～１年分の金額での設定が必要であり、返済期間を余裕をもって**法定耐用年数まで延長すべき。**
対応：エネルギー供給事業返済期間を９年→15年、エネルギーインフラ事業返済期間を５年→17年に修正

○事業継続性の担保
・地域へのエネルギー供給事業として事業継続性が求められる。特に熱供給については、町民に直接影響があることから、**自治体の関与が必要**である。
対応：町の補助金として、国及び北海道の補助残の1/2を支出することに修正

○出資者の構成
・現段階では出資者は特定されていないが、**資金の出処によって事業への影響が考えられる**ため今後検討が必要。
例：自治体が出資→安定的な資金、短期的なリターンを求める出資→不安定要因となりうる、等。

図 2.1.3-6　資金調達に関する金融機関のヒアリング結果

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

(3)課題

未利用系バイオマスは5.6%の利用率に留まっており、この解決には賦存量の85%を占める林地残材の活用が課題である。これを利用拡大するには、森林施業の段階から林地残材を効率的かつ低コストに収集運搬できる経済性のある一環システムの構築が必要である。

4) 地域エネルギーサービスを核とした快適な雪国型コンパクトシティ創造事業

（青森県弘前市）【タウンリニューアル型】

(1)背景

弘前市は豊かな自然環境に恵まれ、りんごをはじめとする産業資源やりんご剪定枝などの豊富なバイオ資源を有している。しかしながら、冬季の厳しい寒さと積雪は市民生活と地域経済に大きな影響を与え、特に積雪は、市民の外出をはじめとする生活の大きな妨げとなり、利便性の阻害だけでなく住民の外出による地域の賑わいへの大きな障害となっている。また、市内の除雪対象延長距離は約1,000kmに及び毎年７億円規模の多額の経費を費やしている。特に平成23年度の除雪費用は約19億円まで費やされ、市の歳出額の2.5%を占めるまでとなっている。

また、冬期に災害が起こりエネルギー供給が停止した場合、即座に生命の危険にさらされる恐れがあり、エネルギーの安定供給の観点から再生可能エネルギーや従来型エネルギーの各々の長所を活かしながら多様化を図ることが求められている。

かつまた、地域資源を最大限に活用して産業の振興を図り、雇用を確保して市民所得の向上を実現するために、活力のある中小企業の育成をはじめ中心市街地の活性化や企業立地の促進、産官学の連携による新産業の創出が課題となっている。

(2)プロジェクト計画

弘前駅周辺の市立病院や周辺大型施設等へ熱や電気を供給する地域エネルギー事業を展開するとともに、コンパクトシティエリアに大規模融雪インフラを整備して通学路等の道路融雪や融雪サービス付き熱販売に活用することで、公共除雪や各生活エリアの住民除雪を不要とする。

また、近隣過疎自治体からバイオマス燃料（木質チップ）を調達し、広域的な地域経済循環の創造を図る。

図 2.1.3-7　プロジェクトエリア

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

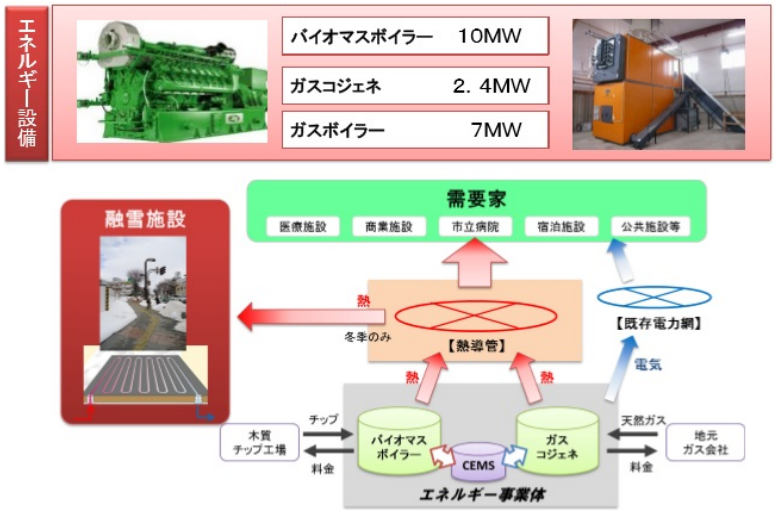


図 2.1.3-8　地域エネルギーサービス全体像

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

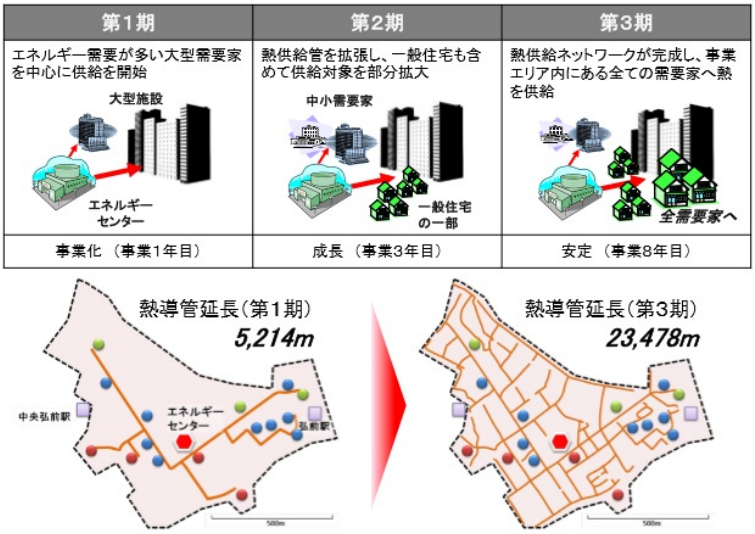


図 2.1.3-9　プロジェクト事業展開

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

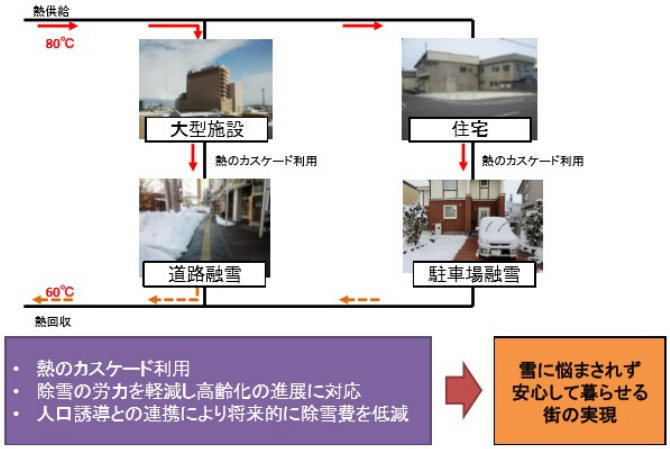


図 2.1.3-10　融雪への二次利用

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

事業の収支計画としては**表2.1.3-6**の通りであるが、収支改善としてインフラ投資額（935百万円）及び現計画のキャッシュフロー現在価値（▲736百万円）の要確保額約16.8億円に関しては、供給事業体に係るバイオマスボイラ等の導入補助活用によるインフラ利用料の増（9.1億円）ならびに林業効率化と併せ木質チップの広域調達等で賄われ、併せて融雪インフラ整備費への補助金（8.8億円）により公共負担をできるだけ軽減できると考えている。

図 2.1.3-11　間伐材利用可能量

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

表 2.1.3-6　収支計画イメージ

（単位：百万円）

地域エネルギーインフラ事業体のインフラ必要投資額	インフラ事業体のキャッシュフローでの対応分（※返済原資となるキャッシュフローを割引率3%、基幹20年の条件で現在価値化）					必要投資額対応不足分（期待融資額反映後）	インフラ事業体への要対応分（必要投資額対応不足分±α（融資額変動分））
	原計画のキャッシュフローの現在価値 ②	地域エネルギー供給事業体の収入増・コスト減対策により、インフラ事業体が受け取るインフラ利用料収入改善分（増加分）の現在価値			期待融資額 ⑥:②～⑤計	⑦:①－⑥	⑧:⑦±α
		補助制度等の活用による地域エネルギー供給事業体の設備投資コスト削減分 ③	地域エネルギー供給事業体のコスト低減による分 ④	地域エネルギー供給事業体の収入増対策による分 ⑤			
935	▲ 736	・木質バイオマスボイラー設備補助金の活用	・木材搬出の効率化、熱供給用に安価なリサイクル材（河川支障木等）及び一般木材（製材端材）を活用 ・既存設備（バイオマスボイラ）の活用、協調運転による熱供給設備のイニシャルコスト減及び熱損失の低減 ・一般の地域冷暖房等で熱供給に利用する鋼管を、同等の信頼性を持つポリエチレン管に変更	・熱供給監視による見守り事業	975	－	併せて、融雪設備（1,744百万円）を整備（国土交通省1/2の補助金を活用） ±α
		907	759	45			

出典：総務省自治体主導の地域ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ整備研究会

(3)課題

まず、多くの人が行き交う市街地で設備を整備する事から、設計・着工から施工完成までに長期間を要する可能性があり、事業展開が遅延するリスクを抱えている。また、原料となる木材の安定供給体制の構築と事業展開における融雪と熱販売サービス事業のバンドリング方策が課題となっている。

2.1.4　熱インフラをバイオマス利用と地域活性化につなげるための課題

前項の取り組み事例の課題を、**表2.1.4-1**にまとめた。ここで示した３地域は、エネルギーシステム全体が見やすく、再編を考えやすい離島、もしくは熱利用をしやすい寒冷地が分散型エネルギーを導入しやすい条件を持っている。まずは、これらの地域が持続性のある地域エネルギーシステムを構築し、他地域のモデルになることに期待したい。

地域エネルギーシステムを支える分散型エネルギーインフラの整備は、地域生活の安定、地域新産業の創出、都市環境の向上等、多大な公共的な外部効果を有するものの、費用負

担時と資金回収時期とに長期のギャップが存在し、多様な関係者との意見調整が必要なことから、自治体の積極的な関与が必要とされる。また、単独の自治体だけでなく、隣接する複数の自治体が構成する様な面的な広がりを持った計画が今後望まれる。実際に熊本県南関町では隣接する荒巻市、大牟田市等８市町と燃料供給、加工及び利用を広域的に行う熱電供給システムを計画している。

これら事業を軌道へ乗せるのに最も大事なのは、料金が既存のエネルギーと同等もしくは安価に設定することである。このためには、エネルギーシステムの効率化や設備コストの低減についてノウハウづくりが求められるとともに、各省庁の関連補助金を多様化し活用しやすくする必要がある。現在、資源エネルギー庁、林野庁、環境省、総務省で４省庁タスクフォースを立ち上げ横串でワンストップな地域の取組み支援を検討しているが、実際の補助金申請等の手続き対応は都道府県をはじめとする自治体であり、自治体自体も部署横断的な組織対応が可能な体制になることが求められる。

森林バイオマスの利用に伴う製材の利用促進の観点は、必ずしも総務省のプロジェクトに盛り込まれていない。下川町のように進んだ地域を例にみても木製品の利用も含めて安定した木質バイオマスの生産と利用にも時間がかかり、対馬市や弘前市の例を見ても分散型エネルギーの利用インフラを効率的に導入するにも時間がかかる。長い取り組みを成功させるには、住民と自治体がひとつになれるような目標や街の将来像を描きながら進めて行き、国も理念を持ち、その理念に沿っているか確認しつつも、長い目で見た支援を行っていくことが重要と考える。

表2.1.4-1　森林バイオマスを利用するPJ事例の課題

PJ対象地	特徴	主な課題
対馬市	エネルギー自立・離島	・まとまったエネルギー需要の確保：熱供給インフラ（大規模市街、観光地） ・熱と電気の効果的な供給（同上） ・小規模市街での自立型エネルギー供給の仕組み作り
下川町	内陸、森林バイオマス・熱電併給、寒冷地	・自治体の関与強化によるエネルギーインフラの持続性の担保 ・林地残材の活用などによる、未利用バイオマスの利用率（8.5%）の向上
弘前市	地域エネルギー、快適な雪国、コンパクトシティ創造	・人口の多い中心街の着工から供用開始までの準備期間の資金 ・木材の安定供給の確保／広域からの収集 ・融雪･熱販売事業の運用

参考文献

1) 総務省：自治体主導の地域エネルギーシステム整備研究会
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/jichitai_energy/index.html
2) 資源エネルギー庁：「平成26年度エネルギーに関する年次報告」
http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2014html/

2.2　利用装置の国産化による木質バイオマス利用の促進

バイオマスには、電力利用と熱利用がある。エネルギー効率から考えると、電力利用だけではエネルギー効率はせいぜい 20%台であり、熱利用であれば 80%以上の効率を上げることができる。バイオマスのガス化技術には、微生物発酵によるメタン発酵法とガス化による方法が実用化されており、いずれもガスエンジンによる発電が一般的であるが、ガスエンジンは生産量が少なく高価である。そのことから、比較的小規模な利用から始めることができる熱利用は、導入しやすい木質バイオマス利用と言える。

現在、日本国内にチップボイラは百数十台、また、ペレットボイラは 500 台以上が導入されている。しかし、日本は欧州に比べバイオマス利用に関する取り組みが遅かったことから技術的に遅れを取っており、また、施設の建設において**表 2.2-1** に示すように設備費が欧州と比較して相当に割高となっている。そのことが普及を妨げる大きな要因と言われている。

表 2.2-1　日本におけるバイオマスボイラの標準的な設備費(300kW の例)

費用項目	価　格	（参考）ドイツ（270kW）
ボイラー本体価格	3,000～4,000万円	585万円（4万5,000ユーロ）
工事費	2,000～4,000万円	42.2万円（ 3,250ユーロ）
サイロ・建屋	2,000～4,000万円	351万円（2万7,000ユーロ）
合　計	7,000万～1億2,000万円	978.2万円（7万5,250ユーロ）
kW単価	23～40.0万円/kW	3.6万円/kW（278ユーロ）

（注） 1 ユーロ＝130 円で計算。ドイツの場合、ボイラー本体価格にチップ搬送装置等が含まれている。

出典：木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト

2015 年 4 月より FIT のバイオマス発電では、未利用木質バイオマス発電については初期投資後に発生する燃料費の割合が他の再生可能エネルギー電源に比べて非常に大きいことから、2,000kW 未満で 40 円/kWh という区分が新設された(2,000kW 以上は 32 円/kWh)。小規模のバイオマス発電は、欧州では小型の CHP の導入が増加しているが日本ではまだまだ少ない。機械の開発でも欧州が先行しており、日本ではコベルコや IHI が独自に小型のバイオマス発電機を開発している。日本での導入実績では、海外で実績を積んだメーカーに混じり、国産メーカーも実績を上げつつある（**表 2.2-2**)。

木質バイオマスの利用においては、現場の状況に合った燃焼機器の導入が必要であり、バイオマス流通システム、林地残材収集システム等の整備も重要である。木質の含水比やバークの有無といった材料の品質によって、運転の安定性が変動する場合があり、地元の調達可能な材料に見合った性能の機械を導入し、その後もメーカーがともに運転手法などを助言できることが望ましい。そのことから、地域に密着してメンテナンスの行きとどく国産技術の開発と導入が望まれる。以下に、バイオマス発電と木質バイオマスボイラに関する導入可能な機械について、その特性、メーカーおよび機種のラインナップをとりまとめた。

表 2.2-2　日本で導入された小型木質バイオマス発電機の事例

社名	発電能力	備　考
コベルコ	160kW・130kW	スクリュー式小型蒸気発電機 SteamStar。 ボイラーの減圧するエネルギーを利用。 導入例：二宮木材(栃木県)、兼平製麺所(岩手県)等
ＩＨＩ	20kW	バイナリー。福島ミドリ安全(福島県)等
ブルクハルト	180kW	木質ガス化コジェネ。 A1 ペレット使用。三洋貿易が輸入代理店。 群馬県上野村
ZEエナジー	360kW	木質ガス化コジェネ。かぶちゃん電力(長野県)
スパナー	45kW	木質ガス化コジェネ。 含水率 13%未満のチップ使用。 福島県郡山市の民間施設

出典：「バイオマス白書 2015」バイオマス産業ネットワーク

2.2.1　バイオマス発電

1)　バイオマス発電の種類

バイオマス発電は、発電の方式により直接燃焼発電、ガス化発電、メタン発酵発電に分類される。直接燃焼発電は、バイオマスを直接燃焼することにより熱に変換し、ボイラでスチームを発生させて発電する。ガス化発電は、バイオマスを熱化学的にガス化させることによりガスエンジンあるいはガスタービンにより発電する。メタン発酵発電は、バイオマスを発酵させ、発生したバイオガスをガスエンジンあるいはガスタービンにより発電する。それぞれの方式においてエネルギー変換を行う機械の概要を**表 2.2.1-1** に示す。

表 2.2.1-1　発電用機械の概要

種　類	蒸気タービン	ガスエンジン	ガスタービン
概　要	水を加熱して蒸気とし、蒸気を吹き付けることでタービンを回し、発電する	シリンダー内でガスを爆発（膨張）させることでピストンを動かし、発電する	ガスを燃焼させて得た高温高圧のガスを吹き付けることでタービンを回し、発電する
動　力	外燃機関	内燃機関	内燃機関
長　所	燃料の融通が利く	小型である 発電効率が高い	小型である 始動が早い 熱を多く回収できる
短　所	発電効率が低い 大型である	機械的な摩耗が発生しやすい	発電効率が低い
適　用	大規模発電（火力発電所、原子力発電所、焼却施設等）	数100kWクラスの中規模な発電（一般的なバイオガスプラント等）	数 1,000kW クラスの大規模発電（非常用電源等） マイクロガスタービンは数10kWクラスの小規模発電（一般的なバイオガスプラント等）

出典：(株)レナリアウエブサイト発電の仕組みから抜粋、加筆

2)　発電機の基本原理

(1)　蒸気タービン

蒸気タービンは、バイオマスを直接燃焼しボイラでスチームを発生させ、その圧力で蒸気タービンを駆動して発電する。伝熱効率が良く安定した運転が可能で、規模の大きい大規模施設での利用に適する。蒸気タービンは、焼却施設等にバイオガスプラントを併設する場合に、バイオガスだけでなく焼却炉の熱と合わせて発電することができ、このシステムは「コンバインドシステム」と言う。蒸気タービンによる発電の基本原理を**図 2.2.1-1** に示す。

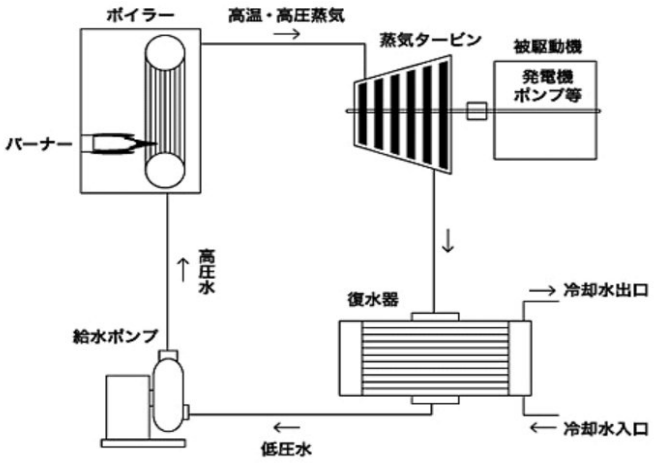


図 2.2.1-1　蒸気タービンによる発電の基本原理

出典：新日本造機(株)ウエブサイト

(2)　ガスエンジン

ガスエンジンは、自動車用のガソリンエンジンと原理は同じで、コンパクトで小規模でも発電効率が高い。概ね 100～1,000kW 程度の容量があり、消化ガス用の発電システムとしては最初に実用化された発電方式で、最も一般的な方式となっている。発電と同時に排熱を回収して蒸気を製造したり、エンジン冷却水を利用して温水を得るのが一般的である。発電効率が高く、発電出力に対し熱出力の割合が小さいため、電力需要の多い施設に適している。発電効率 25～35%、発熱効率は 40～55%に達し、総合効率は約 80%である。ガスエンジンの基本原理を**図 2.2.1-2** に示す。

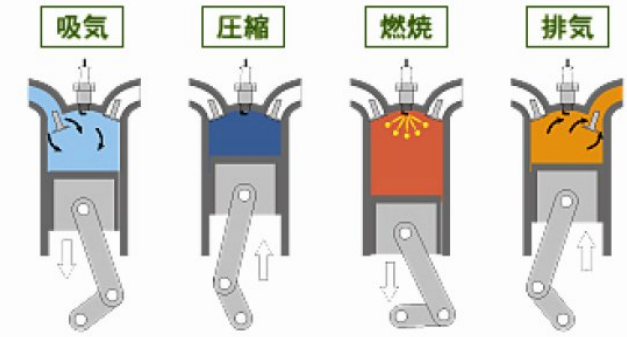


図 2.2.1-2　ガスエンジンの基本原理

出典：三豊市ウエブサイト

消化ガスを燃料とするガスエンジンでは、エンジン部品や NOx 除去触媒の寿命が短く、設備維持費用が高くなるという課題があったが、消化ガス中の微量不純物成分（シロキサン）を除去することが可能となり、従来は経済性の観点から導入が難しかった中小規模の施設への導入が期待される。

(3)　ガスタービン

ガスタービンは、ガス燃料を燃やして発生したガスをタービン（羽根車）にぶつけて回転力を得る機構を内部に有した発電機である。発電用は、ほとんどコンバインドサイクルとしての適用であるため、ガスタービン単独性能より後流の蒸気タービンの

性能を組み合わせた総合性能が求められる。

ガスタービンは、主に大規模発電用として用いられ、排ガスから排熱回収して温水を得る。特にガスタービン発電機と、その排熱を利用した蒸気タービン発電機を複合した発電をコンバインドサイクル発電と言い、総合効率はガスエンジンとほぼ同等である。ガスタービンの基本原理を**図 2.2.1-3** に示す。

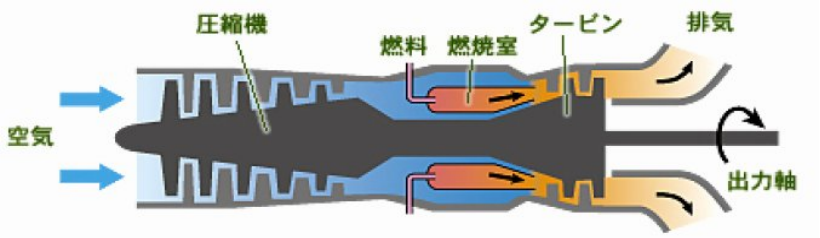


図 2.2.1-3　ガスタービンの基本原理

出典：三豊市ウエブサイト

マイクロガスタービンは、基本的には大型のガスタービンと同じ原理に基づいているが、小型であることから発電効率が 10 数%であるため、タービンからの廃熱を利用する再生サイクルを採用することで 30%程度の発電効率を達成している。また、マイクロガスタービンは、電気に対し温水等の熱が多く出ることから、廃熱回収することで 80～90%の高い総合熱効率が得られ、コジェネレーションシステム化により熱を大量に使用する施設への利用に適している。マイクロガスタービンと大型ガスタービンの比較を**表 2.2.1-2** に示す。

表 2.2.1-2　マイクロガスタービンと大型ガスタービンの比較

項　　目	マイクロガスタービン	大型ガスタービン
構造・型式	圧縮機　：遠心型 タービン：遠心型	圧縮機　：軸流型が主 タービン：軸流型が主
圧縮比	3～5	11～23
燃焼温度　(℃)	700～900	1100～1500
回転数　(rpm)	60000～120000 (発電機一体型が主)	3000～10000
軸　受	空気軸受／油潤滑軸受	油潤滑軸受
出　力　(kW)	20～200	≧10000
サイクル	再生サイクル	コンバインドサイクル
熱回収形態	温　水	蒸　気

(出典：大地昭生，火力原子力発電，No.523，Vol.51)[3]

出典：新エネルギーの展望マイクロガスタービン（一財）エネルギー総合工学研究所

ガスタービンもガスエンジンと同様、燃焼をともなう発電方式であり、消化ガス中の微量不純物成分（シロキサン）を除去することでエンジン部品の損傷を低減することができる。

3)　発電用機械製品の例

メタンを主成分とするバイオガスを燃料とする発電機は、国内外のメーカーで製造されている。ここに、主なメーカーと機械の型式等の概要について、ガスエンジンを**表 2.2.1-3**、マイクロガスタービンを**表 2.2.1-4**、小型バイオマス発電機を**表 2.2.1-5** に示す。

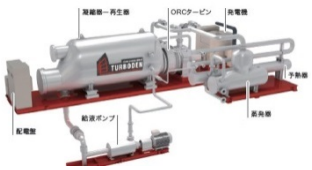
表 2.2.1-3　メタンを主成分とするバイオガスを燃料とするバイオガスエンジン

メーカー名	製品型式	能力 (kW)	備考	URL、図・写真
(株)大原鉄工所	BG30A BG60A	25(50Hz)/30(60Hz) 50(50Hz)/60(60Hz)	(独法)土木研究所と共同製品化	http://www.oharacorp.co.jp/
ＪＦＥエンジニアリング(株)	APG1000 VGF200L VGF300L VGF500L VGF600L VHP1000L VHP1400L	900(50Hz)/1,000(60Hz) 210(50Hz)/250(60Hz) 280(50Hz)/330(60Hz) 420(50Hz)/500(60Hz) 560(50Hz)/660(60Hz) 820(50Hz)/930(60Hz) 1,100(50Hz)/1,250(60Hz)		http://www.jfe-eng.co.jp/products/aqua_solutions/pdf/CA4124.pdf
(株)日立パワーソリューションズ	JMS312GS-N.L JMS316GS-N.L JMS320GS-N.L JMS420GS-N.L JMS620GS-N.L J920	550(50Hz) 735(50Hz)/585(60Hz) 920(50Hz)/735(60Hz) 1,253(50Hz)/1,000(60Hz) 2,740(50Hz)/2,710(60Hz) 9,500(50Hz)/8,550(60Hz)	GE 社製 JENBACHER ガスエンジンを採用。	http://www.hitachi-power-solutions.com/products/product02/p02_57.html
ヤンマー(株)	CP25BG-TF (A) BP275G BP325G	25 275(50Hz) 325(60Hz)	複数台 8 台設置 2200kW (50Hz) 2600kW (60Hz) まで並列運転が可能。	https://www.yanmar.com/jp/energy/renewable_energy/#anc01-01

表 2.2.1-4　メタンを主成分とするバイオガスを燃料とするマイクロガスタービン

メーカー名	製品型式	能力 (kW)	URL、図・写真
キャプストンタービン社 （アメリカ）	C30/C65/ C200/C600/ C800/C1000	30～1,000	http://www.capstoneturbine.com/products
ＪＦＥエンジニアリング(株)	１軸式円生サイクル型	30	http://www.jfe-eng.co.jp/products/aqua_solutions/pdf/CA4080.pdf

表 2.2.1-5　小型バイオマス発電機

メーカー名 ［国内取扱会社］	概要	製品型式	能力 (kW)	URL、図・写真
ＩＨＩ	小型バイナリー発電装置 （ＯＲＣ発電システム）	HR20W	20	http://www.ihi.co.jp/compressor/binary/index.htm[1]
コベルコ	スクリュ式小型蒸気発電機	MSEG132L-Ⅱ MSEG160L-Ⅱ	132 160	http://www.steamstar.jp/mseg/index.html
スパナー社 （ドイツ）	木質チップガス化装置＋熱電併給装置 （ＣＨＰ）		発電：45 熱出力：105	http://syoene-kiki.com/biomass/425/ 木質ガス化装置 熱電供給装置
ターボデン社 （イタリア） 三菱重工グループ	ＯＲＣ発電システムによるバイオマスコジェネレーション用ＣＨＰユニット （ＣＨＰ）	CHP Split T200/500/600/800/1100/1500/2000	発電：205～2,079 熱出力：1,108　～9,700	https://www.mhi.co.jp/products/pdf/organic_rankine_cycle.pdf 
ブルクハルト社 （ドイツ） ［三洋貿易(株)］	木質ペレットガス化装置＋熱電併給装置 （ＣＨＰ）	熱電併給ユニット ECO180HG	発電：180 熱供給：200	http://www.sanyo-pellet.com/gasifier.html ガス化ユニット 熱電供給装置
ボルター社 （フィンランド） ［電現ソリューション(株)］	木質チップガス化装置＋熱電併給装置 （ＣＨＰ）	Volter40	発電：40 熱出力：100	http://volter.jp/

2.2.2 木質バイオマスボイラ

1) 木質バイオマスボイラの燃料

木質バイオマスボイラは、対応できる燃料の種類、自動制御の度合い、出力規模等多くの仕様の違いがある。木質燃料は、薪、チップ、ペレットなど種類も多く、さらに同一の種類でも形状や水分が様々で品質にばらつきがあるのが大きな特徴である。そのことから木質燃料の種類、品質によって使う燃焼機器も異なる。主な木質燃料の種類とその特性を**表 2.2.2-1** に示す。

表 2.2.2-1 主な木質燃料の特性

種類	特徴	長所	短所
薪	・木質燃料の中では容易に加工でき、自家生産も可能 ・ストーブやボイラの燃料として利用されている ・燃料として質を左右するものは水分、樹種、サイズ ・ボイラへの投入は人力となる	・最も容易に製造が可能。	・燃焼効率を上げにくい。 ・煙が多い。 ・火力の調整が困難
チップ	・切削チップ、スクリュー切削チップ、破砕チップがある ・ ペレットより安価なため、小規模な温水ボイラから大規模な発電施設の燃料として利用されている ・ ボイラシステムの違いで、適合するチップの形状・水分が変わる ・ボイラへの自動投入、自動運転が可能	・比較的容易に製造が可能。	・利用機器が複雑になるため、小さな利用機器には不可。
ペレット	・ホワイト・ペレットなどがある ・ストーブやボイラの燃料として利用されている ・燃料密度が高いため、保管施設が小規模 ・大きさが均一で、木質燃料の中で最も扱いやすい ・生産工程が複雑なため、薪、チップと比べて高価 ・ボイラへの自動投入、自動運転が可能	・取扱が容易 →制御が容易 →火力の調整が容易。 ・小型機器でも燃焼効率がよい。 ・煙が少ない ・エネルギー密度が比較的高い。 ・バーナーで使用可能 →利用用途が多様化し、応用が広い。	・製造工程がやや複雑 →製造コストが比較的高い。

出典：「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト」および
「公共施設等へのペレット・ボイラー導入推進マニュアル 山口県」を基に作成

2) 木質バイオマスボイラの種類

バイオマスボイラは、燃料の種類により形状、水分、灰分などの品質が大きく異なり、また、ボイラの熱交換器が、必要とするエネルギーの種類により、温水（低温、中温、高温）や蒸気など熱媒体が異なるため、様々な炉が開発されている。バイオマスボイラは、取組の早い欧州が、性能（効率、環境、安全)、デザイン、種類、メーカー数、生産量といった点で世界をリードしている。各種ボイラについて、概要を以下に述べるとともに、**表 2.2.2-2** に一覧表として示す。

(1) 薪ボイラ（<100kW）

古典的なスタイルの上方通風式は、バッチ式（人が手で投入する）で供給され、最も燃焼に必要な空気は自然に供給される仕組みを採用。１次空気は燃料の下部の火格子に、２次空気はガスの燃焼部分に供給される。灰は火格子の下に溜まる。

改良型は、より少ない薪で高効率、低エミッションの燃焼を可能としている。燃料をホッパーに詰め込み、低部でガス化して別室で燃焼する。燃料は薪のほかにブリケットやチップを用いることも可能。

最新型は、１次燃焼室でガス化させたガスをセラミックあるいは耐熱性の鉄で覆われた２次燃焼室で燃やすことで非常に高い燃焼温度を達成。「ガス化薪ボイラ」と呼ばれる。

(2) 小型ペレットボイラ（10～100kW）

ペレットはスクリューやエアーによる自動搬送が可能である。欧州では、コンパクト、高効率、エミッションの低い製品が販売されており、住宅部門の温水暖房市場において大量に流通している。

(3) 農業用ペレットボイラ（50～200kW）

海外では温水式の暖房が多く、日本では温風式が多く利用されている。

(4) 中型ペレットボイラ（100～1,000kW）

日本では、役場や学校などの暖房、温浴施設の加温などに使用されている。

(5) 小型チップボイラ（30～200kW）

日本では低水分の燃料用ホワイトチップの供給ネットワークが整備されていないため、ほとんど普及していない。

(6) 中型チップボイラ（200～1,000kW）

チップの水分や灰分により以下の３タイプがある。

①低水分、低灰分の高品質チップに対応

・燃料の品質に敏感。

②高水分チップに対応

・低品質なチップが使えるため、運転経費の低減、燃料調達に寄与

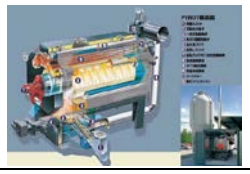
③マルチ対応（高水分、高灰分、低水分チップ）

・チップ、バーク、製材系の副産物など多様な燃料の利用

(7) 大型ボイラ

発電所などの大型ボイラは受注生産され、燃料の種類や必要とするエネルギーに応じて専用に設計される。

表 2.2.2-2　バイオマスボイラ概要

燃料	出力（kW）	タイプ	特徴・国内状況	写真・図
薪	<100	薪ボイラ（従来型）	・低負荷時は未燃によるエミッションの発生が多い ・安価	
	同上	薪ボイラ（改良型）	・燃料にチップ等の使用可 ・燃焼が安定 ・低エミッション ・高価	
	同上	薪ボイラ（ガス化薪ボイラ）	・非常に高い燃焼温度 ・マイコン制御 ・より低いエミッション ・より高価 ・日本では試作段階	
ペレット	10～100	小型ペレットボイラ	・ヨーロッパでは住宅部門の温水暖房装置として大量に流通 ・日本製はない	
	50～200	農業用ペレットボイラ	・日本の農業分野で温風式が多く利用	
	100～1000	中型ペレットボイラ	・役場、学校、温浴施設で利用	
チップ	30～200	小型チップボイラ	・日本ではほとんど普及していない	
	200～1000	中型チップボイラ（低水分、低灰分の高品質チップに対応）	・比較的安価 ・燃料の品質に敏感	
	同上	中型チップボイラ（高水分対応型：高水分のチップに対応）	・高品質対応に比べ高価 ・低品質チップの使用可 ・運転経費が安い ・燃料調達の安定 ・日本では試作段階	
	同上	中型チップボイラ（マルチ型：高水分、低水分、高灰分に対応）	・ペレット、チップ、バーク、製材系副産物、非木質等、多様な燃料に対応 ・日本製はない	

資料「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト」を基に作成

3)　木質バイオマスボイラ製品の例

バイオマスボイラは、国内外の多くのメーカーで製造されている。ここに、国内で利用可能な小型および中型のバイオマスボイラに関し、主なメーカーおよび機械の型式等の概要について、国内製品を**表 2.2.2-3** に、海外製品を**表 2.2.2-4** に示す。

表 2.2.2-3　バイオマスボイラ（国内メーカー）概要

燃料	メーカー名	製品型式	能力(kW)	能力(Kcal/h)	利用例	URL、図・写真
薪	エーテーオー(株)	S-220NSB N-200NSB/220NSB/350NSB/500NSB/500NSBII/1000NSB/1950NSB		51,000 ～257,125	家庭用給湯器 業務用給湯器	http://www.ato-nagoya.com/index.html
薪	(株)タケザワ	CBW300～500 型 AK-200型		300,000 ～500,000 200,000	温水暖房機	http://www.takezawa-web.co.jp/
ペレット	旭設備(有)	FBP-6/10/15/20/30/45/60/80/100		60,000 ～800,000	温水ボイラ	http://asbeco.web.fc2.com/index.html
ペレット	金子農機(株)	SKP-100L/150L/200L/250L/300L/350L/400L/500L	116 ～581	100,000 ～500,000	温水ボイラ	http://www.kanekokk.co.jp/kanekokk/
ペレット	(株)タカハシキカン	KT-S-30/40 型 KT-SRF-50/75/100/150 型 KT-OR-10～OR-200		蒸発量(kg/h) 300～1,500 100,000 ～2,000,000	蒸気ボイラ 温水ボイラ	http://www.ktboiler.co.jp/

表 2.2.2-3　バイオマスボイラ（国内メーカー）一覧表　つづき

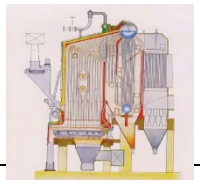
燃料	メーカー名	製品型式	能力（kW）	能力（Kcal/h）	利用例	URL、図・写真
ペレット	二光エンジニアリング(株)	RE-N 型 20N/25N/35N/50N RE-B 型 10B/15B/20B	232 ～ 580 116 ～ 232	200,000 ～ 500,000 100,000 ～ 200,000	温水ボイラ	http://www.niko-eng.co.jp/
ペレット	(株)日本サーモエナー	BSL-100/200/300/400/500	116 ～ 581	100,000 ～ 500,000	温水器	http://www.n-thermo.co.jp/
ペレット	ネポン(株)	PHK4000GCW	116	100,000	施設園芸用温風暖房	http://www.nepon.co.jp/
ペレット	(株)山本製作所	PWH-11600	116	100,000	園芸ハウス用温風暖房機	http://www.yamamoto-ss.co.jp/
チップ	オヤマダエンジニアリング(株)	EcoMosWB-100/WB-200/WB-500	100 ～ 500	86,000 ～ 430,000	無圧式温水発生機	http://www.oyamada-eng.co.jp/
チップ	(株)よしみね	HAS 型 1000/2000/3000/4000/5000 H 型 100/150/170/200/250/300/350/450/600/750/900		蒸発量（kg/h） HAS 型 1,200～6,000 H 型 3,500 ～ 300,000	水管式ボイラ	http://www.yoshimine.co.jp/index.html 

表 2.2.2-4　バイオマスボイラ（海外メーカー）一覧表

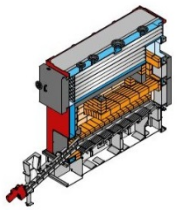
燃料	メーカー名 ［国内取扱会社］	製品型式	能力 (kW)	URL、図・写真
薪	フローリン （オーストリア） ［みちのく資源開発(株)］	S1 Turbo S4 Turbo	15～20 15～60	http://www.michinoku-development.com/index.html
薪	ＨＥＲＺ （オーストリア）	firestar De Luxe 18/20/30/40 firestar Lambda 20/30/40	18～40	http://www.herz-energie.at/index.php/japanisch.html
薪・ペレット	ＨＥＲＺ （オーストリア）	pelletfire 20/30/40	20～40	http://www.herz-energie.at/index.php/japanisch.html
ペレット	ビンダー社 （オーストリア） ［宇部テクノエンジ(株)］	RRK 2500-3000/ 1800-2300/ 1200-1650/ 1000/ 640-850/400-600/ 200-350/130-250/ 80-175	175 ～ 3,000	http://www.aemaenergia.es/pdf/BINDER_Folder_es.pdf 
ペレット	ダレスサンドロジャパン(株) （イタリア）	Caldaie mod CS 30～100/ Caldaie mod CS 130/180/ 230/300/400/500/650/ 800/950/1300/2000	30 ～ 2,000	http://www.dalessandro.jp/products/product.html
ペレット	フローリン （オーストリア） ［みちのく資源開発(株)］	P4 Pellet シリーズ 8/15/20/25/32/38/45/60/ 80/100/105 kW	8～105	http://www.michinoku-development.com/index.html

表 2.2.2-4　バイオマスボイラ（海外メーカー）一覧表　つづき

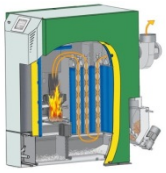
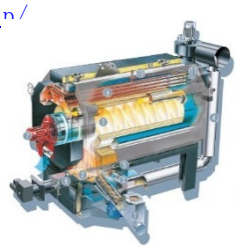
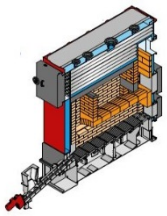
燃料	メーカー名 ［国内取扱会社］	製品型式	能力 (kW)	URL、図・写真
ペレット	ＨＥＲＺ （オーストリア）	pelletstar 10/20/30/45/60	10～60	http://www.herz-energie.at/index.php/japanisch.html 
ペレット	ＫＯＢ （オーストリア） ［株式会社ヒラカワ］	PYROT-100/150/220/300/ 400/540	100～540	http://www.hirakawag.co.jp/ 
ペレット	シュミット （スイス） ［株式会社トモエテクノ］	UTSP-180.22/240.22/300.22 / 360.22/450.22/550.22/ 700.22/900.22/1200.22	180　～ 1,200	http://www.tomoe-techno.co.jp/
チップ・ペレット	ダレスサンドロジャパン(株) （イタリア）	Caldaie mod CS 30～100/ Caldaie mod CS 130/180/ 230/300/400/500/650/ 800/950/1300/2000	30～2,000	http://www.dalessandro.jp/products/product.html
チップ・ペレット	フローリン （オーストリア） ［みちのく資源開発(株)］	T4 シリーズ 24/30/40/50/60/75/ 90/110	24～110	http://www.michinoku-development.com/index.html

表 2.2.2-4　バイオマスボイラ（海外メーカー）一覧表　つづき

燃料	メーカー名 ［国内取扱会社］	製品型式	能力 (kW)	URL、図・写真
チップ・ペレット	ＨＥＲＺ （オーストリア）	firematic 20/35/45/60 firematic80/100/101/130/ 149/151/180/199/201/ 249/251/299/301 firematic 349/401/499/501 Biomatic 300/350/400/500 Biofire 500/600/800/1000/1500	20　～ 1,500	http://www.herz-energie.at/index.php/japanisch.html
チップ	ビンダー社 （オーストリア） ［宇部テクノエンジ(株)］	RRK 8-10M/ 6-7M/ 4-5M RRK 2500-3000/ 1800-2300/1200-1650/ 1000/640-850/400-600/ 200-350	350　～ 10,000	http://www.aemaenergia.es/pdf/BINDER_Folder_es.pdf 
チップ	シュミット （スイス） ［(株)トモエテクノ］	UTSR シリーズ （含水率 120%まで） UTSR-100.32/150.32/180.32/ 240.32/300.32/360.32/ 450.32/550.32/700.32/ 900.32/1200.32 UTSK シリーズ （含水率 50%まで） 180.22/240.22/300.22/ 360.22/450.22/550.22/ 700.22/900.22/1200.22	100　～ 1,200	http://www.tomoe-techno.co.jp/

参考文献

1) 木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト　林野庁
http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass1.pdf

2) メタンガス化（生ゴミメタン）施設整備マニュアル　平成 20 年 1 月　環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課
https://www.env.go.jp/recycle/waste/impr_facil/man_methanation/full.pdf

3) 公共施設等へのペレット・ボイラー導入推進マニュアル　平成 18 年 3 月　山口県
http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cmsdata/7/8/1/781aec99c6a23bfbc0ccd6e86d70b4fd.pdf

4) 新エネルギーの展望マイクロガスタービン（一財）エネルギー総合研究所
http://www.iae.or.jp/wp/wp-content/uploads/2014/09/2000-2.pdf

5) 下水汚泥エネルギー利用調査報告書　（公社）日本下水道協会
http://www.jswa.jp/energy/index02.html

6) バイオマス白書ウエブサイト版　NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク
http://www.npobin.net/hakusho/2015/

7) (株)レナリア HP
http://reneria.co.jp

2.3　木質バイオマス発電による森林資源活用

2.3.1　はじめに

木質バイオマス発電は、他の再生エネルギーと比較して季節、天候、昼夜を問わず一定量の電力を安定的に供給できるベース電源である。また木質燃料の収集・運搬なども含めて事業としての裾野が広く、雇用確保の面で地域振興策にも繋がる。ここでは木質バイオマス発電の事業性を中心に地域の森林資源活用のための課題と対策を述べる。

なおここでの木質バイオマス発電とは国産資源である未利用材、製材等残材および建設廃材を用いる発電出力 5,000kW 前後未満の発電事業である（**表 2.3.1-1**）。

表 2.3.1-1　木質バイオマス発電のビジネスモデルの種類

	バイオマス専焼			石炭バイオマス混焼	
規模	2000kW未満	5000kW前後	数万～5万kW	11.25万kW以下	100万kW級
バイオマス燃料比率	100%	100%	100%	20～30%	数%
主な燃料種類	国産・未利用材	国産・未利用材	輸入材	輸入材	輸入材
FIT買取価格	未利用材の40円/kWh	未利用材の32円/kWh	一般木材の24円/kWh	バイオマス燃料分のみ一般木材の24円	環境価値を自社に残すため、FITは使わない
特徴	地域の未利用材を使う地産地消型。規模が非常に小さいため採算に合うケースは決して多くない	地域の未利用材を使う地産池消型。バイオマス専焼はこの規模のものが多い	新電力がベース電源確保のために開発に着手したケースが多い。規模が大きいため輸入材を使う	新電力がベース電源確保のために開発するケースが大半。環境アセスが不要の11.25万kW以下	大手電力会社が既存の大規模な石炭火力発電所でCO_2削減のために実施

出典：日経エネルギーNEXT

2.3.2　木質バイオマス発電の現状

わが国の木質バイオマス発電は FIT の発足を契機に発電施設の計画が増大している（**図 2.3.2-1**）。発電規模としては 5,000kW 以上が主流であり、この規模の発電方式としては

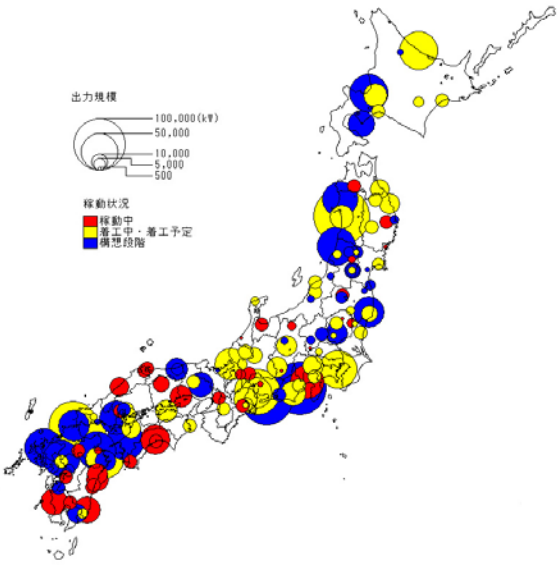


図 2.3.2-1　全国木質バイオマス発電所一覧（2015 年 12 月現在）

出典：（株）森のエネルギー研究所 HP

ボイラ・蒸気タービンシステムが用いられる。発電規模がこれより小さい場合には、ガス化発電システムなどが適しているが、わが国ではまだ実用例が少ない。ボイラ・蒸気タービンシステムによる木質バイオマス発電では、熱も利用できる。熱利用には以下の 3 つの方法がある（**図 2.3.2-2**）。 ①廃熱利用：蒸気タービンから冷却水として排出される温水を用いる方法。②SHP（熱電別給）：ボイラから発生する蒸気の一部を、蒸気タービンに回さずに直接熱として用いる方法。③CHP（熱電併給）：ボイラから発生する熱をすべて蒸気タービンに回し発電するとともにタービンから一部蒸気を抽出する方法。

また木質バイオマス発電の燃料としては、間伐材などの未利用材、製材残材などの一般木材、および建設廃材が用いられる。FIT ではこれまでほとんど利用されていない未利用材（**図 2.3.2-3**）の利用を促進させることを意図して、未利用材を用いた場合の売電価格を高く設定している。2015 年度からは 2,000kW 未満の発電規模で未利用材を用いた場合の調達単価をこれまで以上に高く設定した新たな枠組みが設けられた（**表 2.3.2-1**）。

表 2.3.2-1　H.27 年度の FIT（再生可能エネルギー固定価格買取制度）の価格表（調達価格 1kWh あたり，木材燃焼関連）

	未利用木材燃焼発電		一般木材等燃焼発電	リサイクル木材燃焼発電
	2,000kW未満	2,000kW以上		
調達単価（税抜）	40円	32円	24円	13円
調達期間	20年間			

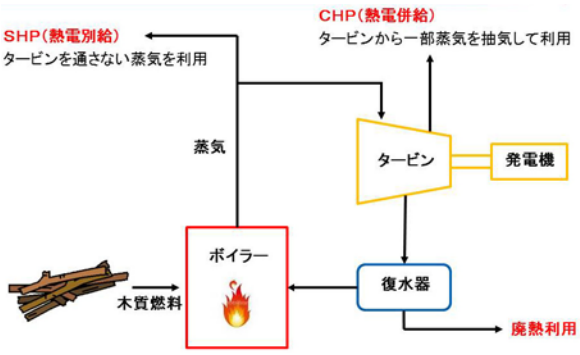


図 2.3.2-2　ボイラ・蒸気タービンシステムの熱利用の 3 方式

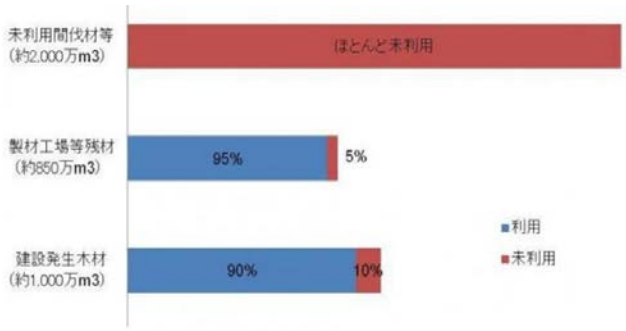


図 2.3.2-3　木質バイオマスの年間発生量と利用率

出典：林野庁 HP

2.3.3　未利用材の調達単価試算からみた事業採算性

1）発電のみと CHP（熱電併給）との比較

発電のみを行う場合、現状では発電規模 5,000kW 以上が採算性のあう事業規模とされている。しかしボイラ・蒸気タービンシステムの発電効率はこの規模では 25%程度である。一方、 CHP では電気と熱を合わせた総合エネルギー効率が 85%と他の熱利用方式と比較

しても高い。ここでは木質燃料として未利用材の他に製材所からの製材残材も使用すると仮定し、大規模製材所（原木取扱量 10 万 m³/年）を併設した木質バイオマス発電施設を想定し発電のみの場合と CHP の場合での事業を比較した（表 2.3.3-1）。

表 2.3.3-1　発電のみと CHP との比較

項目		発電のみ	CHP（熱電併給）
木質燃料	未利用材（m^3/年）	38,800	
	製材等残材（m^3/年）	35,000	50,000
ボイラーの総熱量（GJ）		446,508	541,075
総合エネルギー効率（%）		25	85
売電指標	発電効率（%）	25	15
	発電能力（kW）	3900	2800
	自家消費電力（kW）	500	700
	売電単価（円/kWh）	28.1	27.4
	売電電力（kW）	3,400	2,100
売熱指標	熱効率（%）	－	70
	製材所への乾燥用供給熱量（GJ）	－	85,536
	売熱熱量（GJ）		293,215
	利用可能な総熱量（GJ）	－	378,751
併設製材所の概要	原木取扱量（m^3/年）	100,000	
	歩留り（%）	50	
	乾燥用製材等残材（m^3/年）	15,000	－
	製材製品量（m^3/年）	50,000	
事業性	IRR　8%での原料調達費（円/?）	5,000	6,700

前提条件として木質燃料として山から直接運ばれる未利用材（C、D 材）の量（38,800m³/年）は発電のみの場合と CHP の場合で同じとする。発電のみの場合、15,000m³/年の製材等残材を製材所が独自に用材（A、B 材）の乾燥に用いるとした。CHP の場合は製材所の木材乾燥に必要な熱は熱電併給施設から直接供給されるとした。これにより発電のみの場合、発電施設へ回る製材等残材は 35,000m³/年となり、CHP の場合の 50,000m³/年より少なくなる。従って発電のみの場合のボイラ総熱量(約 45 万 GJ)は、CHP のそれ（約 54 万 GJ）より小さくなる。ここで発電のみの場合の発電効率を 25%とすると 75%のエネルギーが損失する。一方、CHP の場合発電効率は 15%に落ちるものの、総合エネルギー効率は 85%となり熱利用により 70（85-15）%のエネルギーが有効利用できる。

次に売電電力は発電のみの場合 3,400kW（売電単価 28.1 円/kWh）、CHP の場合 2,100kW（売電単価 27.4 円/kWh）となった。ここで CHP の場合の売熱単価は A 重油単価の 2/3（ここでは 1.62 円/MJ）と仮定した。また大規模製材所と熱電併給施設との間で乾燥用の熱がバーター取引されるものとした。その他イニシャルコスト、資金、支出等をそれぞれの場合で仮定し、事業採算性を評価するための IRR（内部収益率）を８％と固定して未利用材の調達価格をもとめた。その結果、発電のみの場合 5,000 円/m³、CHP の場

合 6,700 円/m³となり CHP の方が未利用材の買取価格を高く設定でき、未利用材を調達しやすいことが示された。

このように大規模製材所と熱電併給施設を組み合わせることにより総合エネルギー効率が増し事業性も高まる。しかしながら CHP の場合、製材所の乾燥施設に総熱量の 20%以上が使われたとしてもそれ以外の 80%の熱量を売熱しなければならない。事業の成立にはさらなる熱利用先の確保がかかせない（**図 2.3.3-1**）。

2）発電規模による比較

FIT では未利用材の活用を促進するため、未利用材を用いた木質バイオマス発電において発電規模 2,000kW 以上で 32 円/kWh、さらに 2015 年度より 2,000kW 未満で 40 円/kWh と製材残材等一般木材や建設廃材等リサイクル木材より高い調達価格を設定している（**表 2.3.2-1**）。

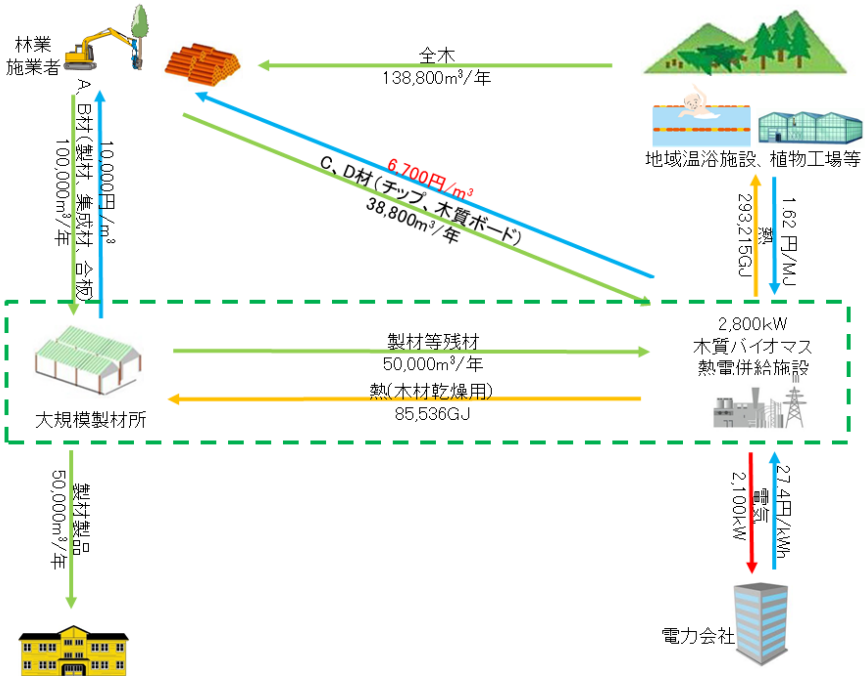


図 2.3.3-1　大規模製材所と熱電併給施設の事業モデル

ここでは未利用材、製材残材及び建設廃材の割合を 7：0：3 とし、発電規模 1,500kW と 5,700kW のそれぞれの事業において IRR を 4%または 8%とした場合の未利用材の調達単価をもとめた。想定した事業における諸元を**表 2.3.3-2** に示す。売電単価はボイラの総発熱量に対する投入する木質燃料（未利用材、製材残材および建設廃材）の各発熱量の加重平均で決まる。ここでは各材の単位発熱量、水分、比重を**表 2.3.3-3** のように仮定した。この表における製材残材、建設廃材の調達単価は、木質燃料として製材残材、建設廃材をそれぞれ 100%用いかつ IRR８％となる単価である。

表 2.3.3-2　想定事業の諸元

方式	直接燃焼	
規模(kW)	5,700	1,500
自家消費(kW)	700	230
発電効率(%)	25	15
必要投入熱量(Mcal)	155,267,412	68,099,742
稼動日数(日)	330	
事業期間(年)	20	
総事業費(億円)	33	11
雇用人員(人)	13	7
補助金	0	
IRR(%)	4 or 8	

表 2.3.3-3　木質燃料となる木材の諸元

	発熱量 (kcal/kg)	水分 (%WB)	比重	調達単価 (円/m³)
未利用材	2,000	50	0.70	―
製材等残材	3,000	30	0.50	2,415
建設廃材	3,600	20	0.44	−1,540

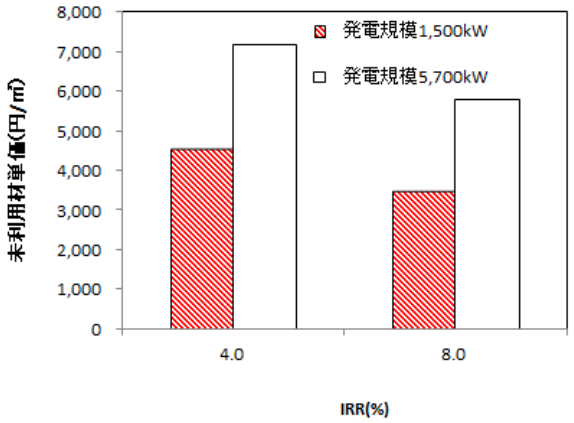


図 2.3.3-2　未利用材の調達単価と IRR（内部収益率）

図 2.3.3-2 は発電規模 1,500kW、5,700kW のそれぞれの発電事業において IRR４％と８％の場合の未利用材の調達単価を示す。IRR４％の未利用材単価は、８％のそれより 1.2～1.3 倍高くなる。また発電規模 1,500kW の事業の売電単価は 34.8 円/kWh と 5,700kW の 28.3 円/kWh より高くなる。しかし発電規模 1,500kW の未利用材調達単価は、5,700kW のそれの６割ほどとなった。この単価では、未利用材を森林組合等から買い取ることは困難である。すなわち 2,000kW 未満では売電単価は高くとも事業としては 5,700kW のそれより劣ると考えられる。発電規模 2,000kW 未満の事業において事業性を高めるには、発電のみでなく売熱を行うこと、さらにガス化発電等により発電効率を上げる対策をとらなければならない。

3）木質燃料の混合割合による比較

ここでは従来、採算の合う規模とされている発電規模 5,700kW の木質バイオマス発電に必要な木質燃料である未利用材、製材残材および建設廃材の 3 種の割合を変化させた場合の事業性を評価した。事業の指標としての IRR を 8%で固定して製材残材、建設廃材の調達単価を**表 2.3.3-3** に示すようにそれぞれ 2,415 円/m³、－1,540 円/m³（逆有償）とした。未利用材についてはその割合を 7～10 割に可変させそれぞれの場合の製材等残材と建設廃材の割合を 0～3 割の範囲で変化させた 10 ケースについて売電単価、未利用材調達単価をそれぞれもとめた。

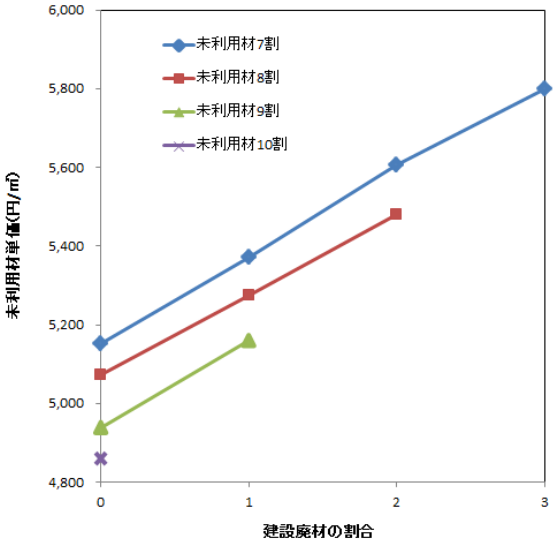


図 2.3.3-3　未利用材の調達単価と建設廃材の割合

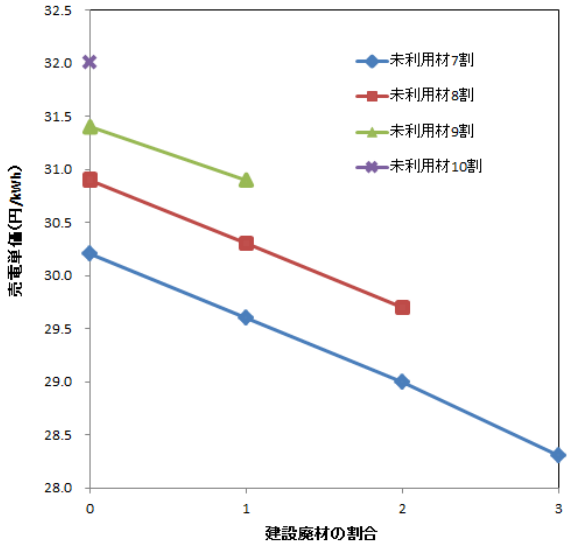


図 2.3.3-4　売電単価と建設廃材の割合

その結果、未利用材、製材等残材及び建設廃材の各割合での未利用材調達単価を**図 2.3.3-3** に、それら各材の割合に応じた売電単価を**図 2.3.3-4** にそれぞれ示す。これらの図より、建設廃材の割合が高まれば売電単価は低下するものの未利材調達単価は上昇することが示された。これは建設廃材が逆有償で取引される影響と考えられる。この範囲での未利用材の最高調達単価は、未利用材：製材残材：建設廃材＝7：0：3 の場合の 5,800 円/m³で，この時の売電単価は 28.3 円/kWh であった。しかしながらこの調達単価では未利用材の山からの搬出・運材コストにはあわないため、現状は A、B 材（製材、集成材、合板）と抱き合わせで取り扱わざるをえないと考えられる。一方、C 材（チップや木質ボード）とは価格的に競合することから市場メカニズムによる需給調整が期待できる。

2.3.4　木質バイオマス発電における課題と対策

木質バイオマス発電事業において未利用材を調達するために未利用材のみを集材することは、コスト的にあわない。その集材方法としては主に A、B 材となる丸太を集材する短幹，全幹集材ではなく，端材や枝葉も集材する全木集材が適している（**図 2.3.4-1**）。このことから木質燃料としての未利用材の需要が増えるに伴い、製材原料である A、B 材の供給が増えることとなり、その分木材需要の拡大が必要となる。このように木質バイオマスのエネルギー利用は、マテリアル利用と密接に結びつており、これにより森林・林業・木材関連産業の振興に繋げることが期待される（**図 2.3.4-2**）。加えて木質バイオマスのエネルギー利用には化石燃料代替による温暖化緩和という付加価値もある。こうしたことから木質バイオマスのエネルギー利用とマテリアル利用は、調和させながら進めていくべきである

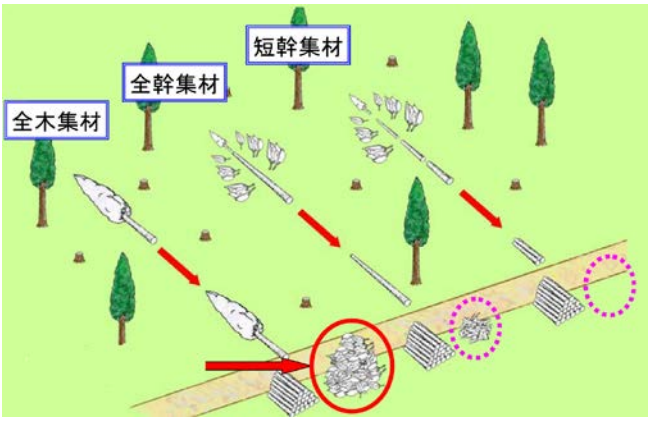


図 2.3.4-1　全木集材、全幹集材および短幹集材

出典：森林総合研究所 HP

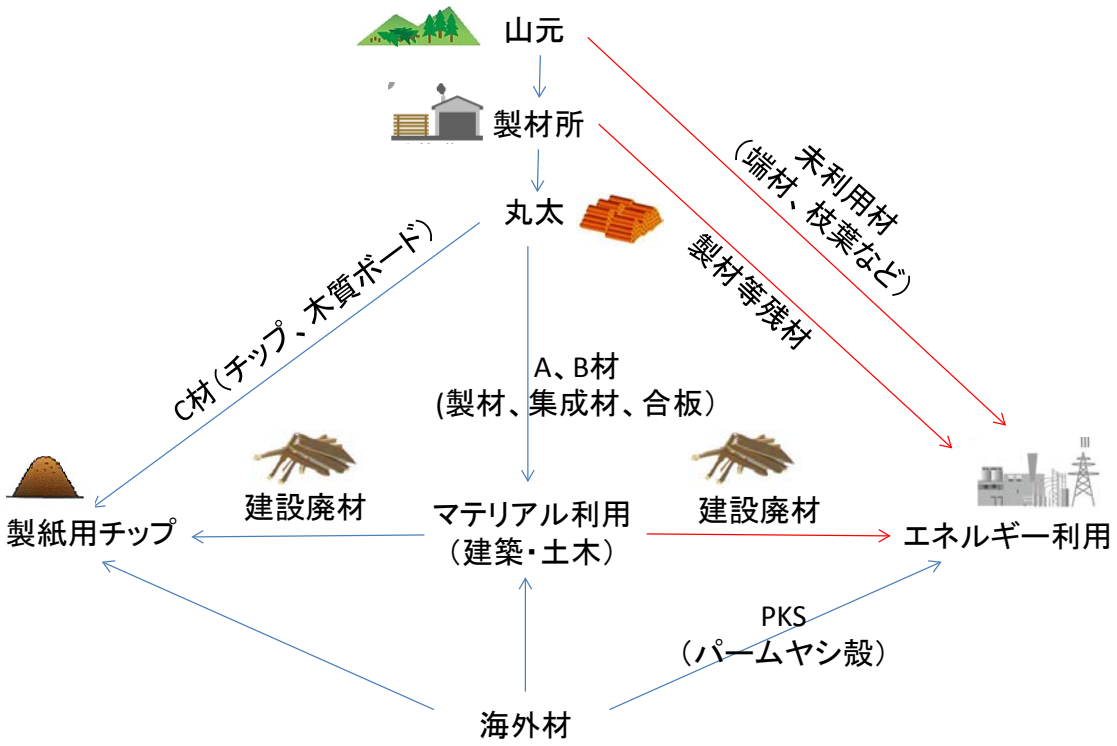


図 2.3.4-2　木材利用の概念図

2.3.5　おわりに

木質バイオマス発電の事業化には様々な課題がある。地域の木質燃料の供給可能量を踏まえ適正な発電規模を熱利用も含めた形で検討する必要がある。また木質バイオマスのエネルギー利用により製材利用が促進されるといった車の両輪としてのエネルギー利用とマテリアル利用のバランスを保つことも必要である。そのためには，川上である山において林業施業の合理化により材を生産する体制が整えられねばならない。

具体的には分散・小規模化している森林の所有形態を集約化（図 2.3.5-1）すること、路網の整備，高性能林業機械の導入、人材の育成などの課題がある。また川下においては、国産材の利用を増大させなければならない。さらに川上から川下までの連携による効率的

な木材のサプライチェーンを構築することも大切である。課題は多いものの、地域の森林資源を生かし、雇用も確保でき川上から川下まで多くの産業が係わる裾野の広い事業として木質バイオマス発電施設を地域の活性化のために適材適所に設置していくことが期待される。

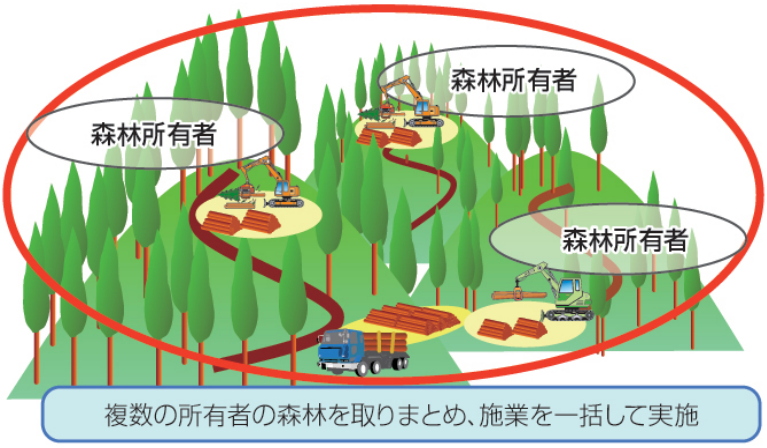


図 2.3.5-1　林業施業の集約化

出典：林野庁 HP

2.4　まとめ

木質バイオマスの利用拡大を省エネや CO_2 排出削減に繋げるには、利用効率の低い発電だけでなく、エネルギー効率の高い熱利用にも積極的に活用していく必要がある。発電と異なり、熱は消費も場所にくくりつけになるため、熱の生産と消費を持続的に行えるシステムを構築できれば、地域での雇用や経済循環に貢献する。2.1 章において、経産省主導の分散型エネルギープロジェクトは、熱利用インフラを盛り込んだプロジェクトが多いため、これにより地域熱利用が、促進されることが期待される。当該プロジェクトのうち、森林バイオマス利用に関わる 3 件を中心に、その概要と課題を述べた。熱利用インフラは、上述のような多大な外部効果を有するものの、計画から資金回収にいたるまでに長期間を要する難しさがある。今後、自治体が長期的な視野を持ち、企業を上手く参画させて、熱利用の成功モデルとなるような成果を上げることを期待したい。また、資材調達や製品利用など、近隣自治体との共同により経済効果や CO_2 排出削減機会の拡大が期待できる。FIT 等で、木質の大型発電所の建設予定が相次ぐ中で、より持続的で、地元に貢献度の高いシステムになっていくような調整が必要になると予想される。

2015 年 4 月より FIT の未利用木質バイオマス発電について、小規模（2,000kW 未満）について高価格の買取区分（40 円/kWh）が新設された。しかし、発電に用いるガスエンジンの生産量は少なく、高価である。エネルギー効率を見ても、比較的小規模な利用から始めることができる熱利用こそが、導入しやすい木質バイオマス利用と言える。2.2 章では、日本での CHP を含む発電機やボイラの利用機器の現状を調べた。現在、日本国内にチップボイラは百数十台、また、ペレットボイラは 500 台以上が導入されている。しかし、

日本は欧州に比べバイオマス利用に関する取り組みが遅かったことから技術的に遅れを取っており、設備費が欧州と比較して相当に割高となっている。バイオマス利用で先行するドイツでは、大型発電所が一時不調になったあとに、小規模のバイオマス発電の普及に注力し、小型の CHP の導入が増加した経緯がある。日本の地域の現状にあった運転条件と規模を実現する機器が充実していき､運用のエンジニアリング能力が根付いていくことが、今後のバイオマスの普及と安定運用の鍵と言える。地域に根ざした技術として、発電や熱利用の機器分野も国内産業を育てる施策を行う必要がある。

2.3 章では、木質バイオマスを使って、発電のみを行う場合と、熱併給を導入する場合において、原料調達に許される単価を試算した。大規模製材所（原木取扱量 10 万 m^3/年）に併設したエネルギー施設を想定し、電力を上回る熱を有効に活用できれば、発電単独の 5,000 円/m^3より、熱電併給の場合に 6,700 円/m^3と 3 割程度高く原料調達に回せることを示した。熱を上手く活用できれば、木質バイオマス利用施設の導入適地が増加する。

ただし、木質バイオマス発電事業において未利用材を調達するために未利用材のみを集材することは、コスト的にあわない。その集材方法としては、山から丸太のみを集材する短幹集材や全幹集材ではなく、端材や枝葉も集材する全木集材が適している。未利用材の需要増に経済合理性を持って対応するには、製材原料の供給を増やし、木材需要を拡大させることが必要となる。

現在は、FIT の貢献もあり、木質バイオマスの利用は増大しているが、エネルギー効率のよい熱の利用や地域に根付いた小型施設の導入が増えることで、省エネ効果や地域活性化効果が高まる。熱の利用インフラや国内事情に対応できる利用機器の充実、未利用材を合理的に増加させるための木材需要の拡大など、一朝一夕にはいかない課題に対応するために、FIT の小型対応だけでなく、段階に応じた多様で丁寧な補助政策が必要である。

第３章　静脈施設の高機能化と更新

バイオマス活用推進基本計画や再生可能エネルギーの固定価格買取制度等の循環型社会を形成するための取り組みにより、バイオマスの利活用は増加傾向にある。また、バイオマスタウン構想やバイオマス産業都市構想等により、バイオマス利活用を特色とした地域づくりや新たな雇用の創出も推進されている。その中でも廃棄物系バイオマスは下水処理場やごみ処理施設などの静脈施設との関わりが深く、静脈施設を中心とした取組みが実施されている。地方において既存の静脈施設へのバイオマス利活用施設の導入や施設の更新に合わせたバイオマス利活用施設の導入を検討する場合、少子高齢化社会や人口減少問題等を背景とした施設運用に関する経済性の確立が課題となっている。

経済性の課題の一つとして収集・運搬のコストの問題が挙げられる。それは多くのバイオマスは広範囲に点在しており、水分含水量が多い、かさばる等の扱いにくい特性があるため、採算をとるのが難しいことが理由として挙げられる。その解決策として、静脈施設の広域化を図ることで収集･運搬のコスト低減やバイオマスの安定確保を行うことがある。一方、静脈施設の更新やバイオマス施設の導入等において高機能化を図り付加価値を持たせることで経済性を確立しようとする取組みもある。このように効率的な収集・運搬システムの確立、幅広い用途への活用等、バイオマスを効果的に活用する取組みを総合的に実施することが重要である。

そこで、本章では運搬収集技術の視点から見た静脈施設の広域化の利点と課題および静脈施設に関するバイオマスとして下水汚泥の利用技術の進展、生ごみ処理のエネルギー利用促進について調査した。

3.1　静脈施設の広域化の利点と課題（収集・運搬技術等からの考察）

3.1.1　一般廃棄物分野における広域化

1)　ごみ中継施設による収集輸送効率の向上

1999年に「ダイオキシン類対策特別措置法」が制定されて以降、焼却施設の集約・ごみ処理の広域化が推進され、ごみの輸送距離が増加する傾向にある。そして、ごみの長距離輸送の効率化の観点から、ごみ中継施設が整備されている。1999年以前にもごみ中継施設は整備されていたが、それは高度成長期による大量生産、大量消費、大量廃棄に伴うごみの一括大量輸送の観点での効率化を図ったものであり、主に東京都や横浜市といった大都市圏を中心に大型のごみ中継施設が整備されてきた。

また、2000年６月には「循環型社会形成推進基本法」が制定され、循環型社会の定義の明確化や３Rの理念が確立した。その流れの中で、各自治体でのごみの分別収集やリサイクルの機運が高まり、ごみの収集輸送形態も多様化していった。

図3.1.1-1は1999年以後のごみ処理広域化に基づく非効率な収集輸送の事例としてあげている。

そして、**図3.1.1-2**はごみ中継施設導入後による収集輸送の効率化イメージを表している。

また、ごみ中継施設を導入した場合とそうでない場合での経費比較とCO_2排出量を比較したものが**図3.1.1-3**である。ともに一般的事例として算出しており、地域事情によって異なってくるものの、概ね20km程度の輸送距離において、経費・CO_2共にメリットが出る結果となっている。

さらに、近年では地球温暖化問題・エネルギー問題の観点から、高効率ごみ発電施設の普及が図られるようになり、発電効率を高めるための施設の大型化・集約化と、ごみ処理のさらなる広域化が必要となってきている。環境省では2009年度からごみ中継施設を「サテライトセンター」と位置付け、焼却施設の跡地を利用して建設する場合に循環型社会形成推進交付金の交付対象としている。

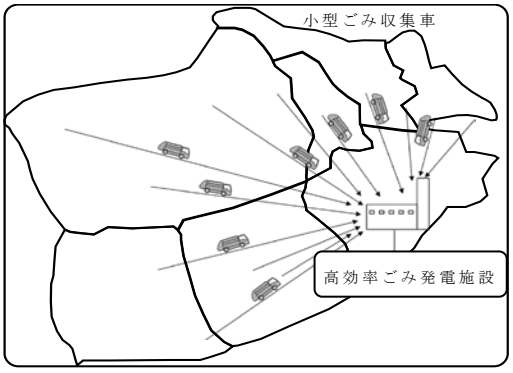


図 3.1.1-1 中継施設を導入しない場合

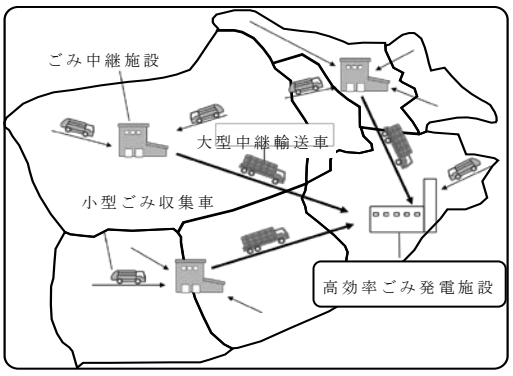


図 3.1.1-2 中継施設を導入した場合

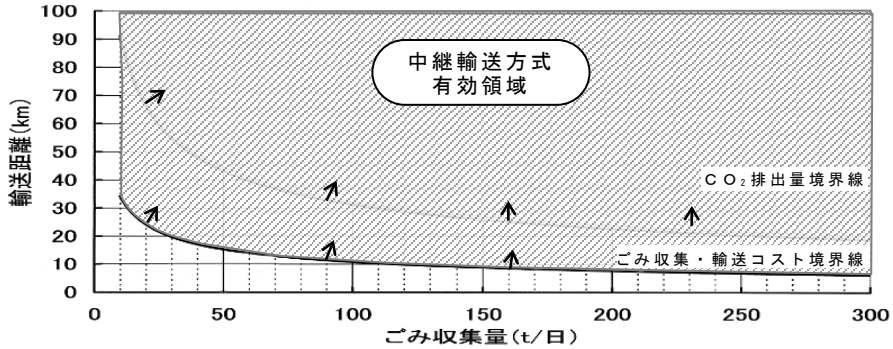


図 3.1.1-3 直接輸送と中継施設の経費と CO_2 排出量における有効性境界

出典：新明和工業（株）、ごみ中継施設の有効性の考察

2)　ごみ中継方式の変遷

分別・リサイクルが進むとごみの収集輸送形態が多様化する。そのような中、一般廃棄物分野においては、焼却ごみの中継輸送を主体に以下の方式が主流となっている。

図3.1.1-4のコンパクタ・コンテナ方式は国内で最も実績の多い方式となっている。小型ごみ収集車から排出されたごみは、コンパクタ（圧縮機）により大型コンテナに積み替えられ、アームロール車にて搭載・搬出される。また、**図3.1.1-5**の貯留排出機方式は、小型ごみ収集車から排出されたごみが、ドラムタイプの貯留機に貯留され、大型パッカー車に積み替えられ搬出される。最近では輸送するごみ量が減少傾向にあるため、本方式が増えつつある。また、その他の方式として、鉄道や船舶を活用した中継輸送方式もある。

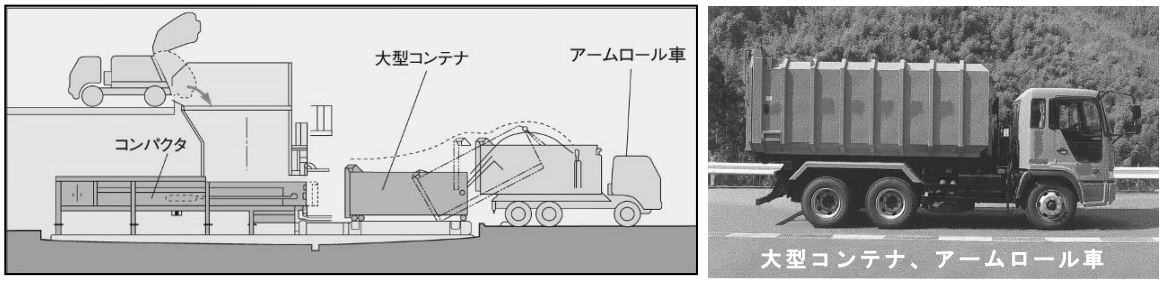


図 3.1.1-4 コンパクタ・コンテナ方式

出典：新明和工業（株）、ごみ中継施設の有効性の考察

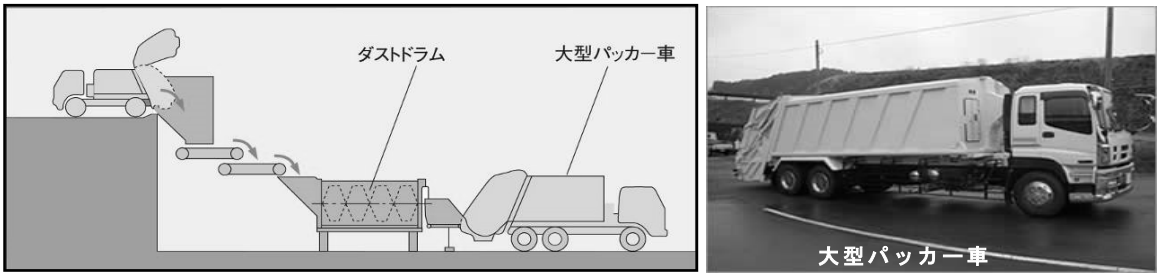


図 3.1.1-5 貯留排出機方式

出典：新明和工業（株）、ごみ中継施設の有効性の考察

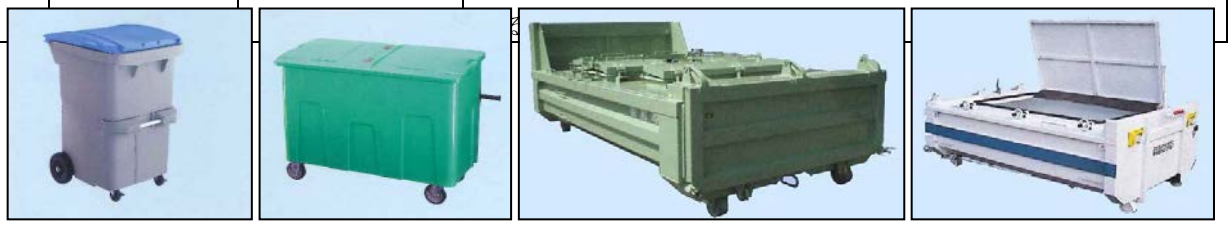
3)　有機性廃棄物の収集輸送について

有機性廃棄物の収集輸送の効率化において、上述の中継方式を活用している事例もあるが、**表3.1.1-1**のような形態が多い。各地域の特性や分別形態に合わせて選択している状況である。

表3.1.1-1 堆肥化施設等への有機性廃棄物（生ごみ等）の回収システムの主な事例

	回収容器	運搬車両	内容と特長
1	紙袋 （新聞紙）	パッカー車	家庭内の台所の生ごみを新聞紙に包み紙袋に入れ、水分を吸収させてパッカー車にて施設へ搬入するもので、汚水の漏れは少ないが、紙袋を取り除く必要が生じる。
2	生分解性	パッカー車	家庭内の台所の生ごみを生分解性のビニール袋に入れ、パッ

	ビニール袋		カー車にて施設へ搬入するもので、袋が破れた厨芥の汚水漏れはあるが、袋を取り除く必要はない。
3	ポリ容器	バン型トラック（平ボデー車）	家庭や事業所の生ごみを、40～70Lのポリ容器に直接一次貯留し、そのままトラックに搭載して施設まで運搬する。空容器の洗浄と返却が必要である。
4	廃棄物専用コンテナ（ポリ容器）	パッカー車	発生量の多い事業所の生ごみを、120～600Lの専用コンテナに一次貯留し、パッカー車に付帯している自動反転装置にて積み替え、施設に搬入する（**図3.1.1-6**）。
5	廃棄物専用回収容器	生ごみ回収専用車	発生場所に生ごみ専用回収容器（120～1,800L）を配置し、生ごみ専用回収車に付帯している自動反転装置にて積み替え、施設に搬入する。この専用車には、車両内で撹拌・加熱・乾燥等の機能の付いた車両もある。
6	大型コンテナ	アームロール車	多量に発生する畜ふんの回収、生成堆肥の配送や散布として大型コンテナ（4～20m³程度）を使用し、アームロール車にて運搬する。大量輸送には適すが、含水率の多いものを運搬する場合は、コンテナを水密構造にするなどの工夫が必要で



0.2m³反転用カート　0.7m³反転用コンテナ　下水道・脱水ケーキ運搬コンテナ　家畜ふん尿密閉型コンテナ

図 3.1.1-6 容器とコンテナの一例

出典：新明和工業（株）、ごみ貯留排出機・脱着ボデートラック総合カタログ

4)　収集車の省エネルギー化について

収集輸送の効率化の検討とあわせ、収集車両自身の効率化の検討も進んでいる。メーカーによる低公害車の開発促進や、CO_2削減施策として、ディーゼル車の一層の排ガス規制の強化、バイオマス燃料活用の推進、低公害車導入時の助成措置といった取り組みがあげられる。**図3.1.1-7**は低公害車（ハイブリット方式の電動式ごみパッカー車）である。

また、2015年３月に環境大臣より「L2-Tech・JAPANイニシアティブ」と題し、CO_2の排出削減につながる先導的低炭素技術（Leading×Low-carbon Technology）に関する情報を整備し、その開発・導入・普及を国内外で強力に推進していこうとしている。その中で、運輸部門における低炭素型パッカー車、ごみ焼却余熱輸送システム（車両）、廃棄物分野ではごみ焼却発電施設などを候補として、指標の検討や導入促進に向けた助成準備などを進めているところである。

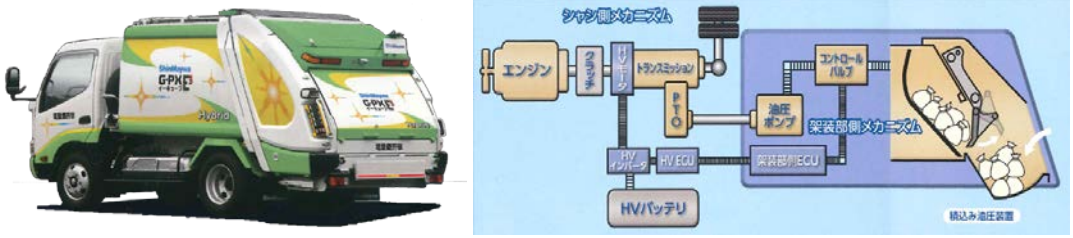


図3.1.1-7 ハイブリットトラック方式の電動式ごみ収集車

出典：新明和工業（株）、電動ごみ収集車カタログ

5)　収集輸送の効率化を検討している自治体の事例紹介

一般廃棄物分野においては、市町村や地方自治法に基づき構成される一部事務組合が、ごみの排出・収集・施設整備などについて責任義務が生じる。そのため、収集計画や施設整備などに関し、計画段階においての基本構想の策定や循環型社会形成推進交付金の交付要件として、地域計画を策定する必要があることなど、さまざまなことに配慮した効率的な計画策定が求められている。

その中で、ごみ処理の広域化に伴い、収集輸送の効率化の検討を行うことがますます重要視されており、その検討事例を紹介する。

(1)　岩手県県央ブロックごみ・し尿処理広域化基本構想について

岩手県の盛岡市、八幡平市、滝沢市、雫石町、葛巻町、岩手町、紫波町、矢巾町の３市５町は、2011年１月に「県央ブロックごみ・し尿広域化協議会」を設立し、広域化に関する検討を進めている。そして、2015年１月に基本構想（一部修正後）をまとめ、広域化に向けた計画を策定した。ごみ焼却施設については、既存６施設について、基幹改良整備などを行いながら、2030年度までの稼働を継続（延命化）させ、その後、2031年度以降にごみ焼却施設を１施設に集約する計画としている（**図3.1.1-8**）。

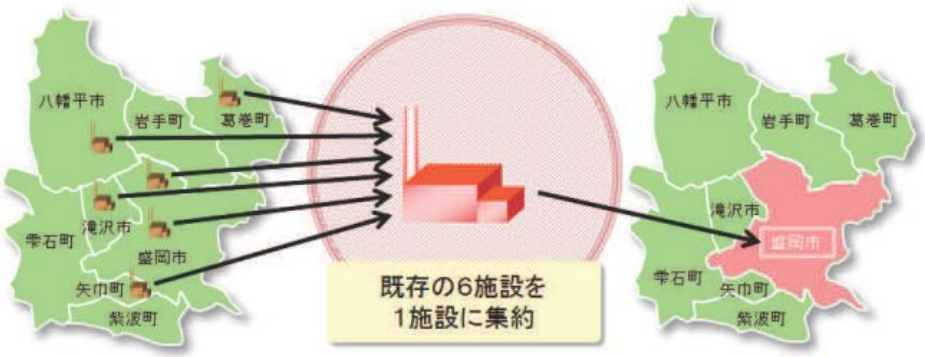


図 3.1.1-8　広域化による施設集約のイメージ

出典：岩手県県央ブロックごみ・し尿処理広域化推進協議会、「県央ブロックごみ・し尿処理広域化基本構想（一部修正後）」

基本構想（一部修正後）によると、広域化による１施設への集約の妥当性を検証するため、**表3.1.1-2**の４つのケースに基づき検証を進めている。その中には、ごみの収集輸送の効率化について、中継施設を整備するかどうかの検討を行っている。詳細の計算方法などは割愛するが、**表3.1.1-3**と**図3.1.1-9**がLCCの比較結果であり、この場合ではケース４が一番良い結果となっている。

また、**表3.1.1-4**と**図3.1.1-10**がCO_2排出量によるLCAの比較結果であり、これもケース４が一番良い結果となっている。

しかしながら、現段階において、各エリアの地域事情や中継施設がないことで、住民が直接的に集約施設へごみを持ち込むには、その距離が今まで以上に遠くなるなど、定量評価が比較的難しいとされる住民サービスの不均一化の解消などの面が考慮しきれていない。

今後、さらに住民とも協議を進めながら、多面的な評価を行うことで、ごみ処理の広域化に向けた施設整備を進めていく予定となっている。

表 3.1.1-2　LCC・LCA 検討のケース

ケース No.	ごみ焼却施設	ごみ中継施設	交付金
ケース１	６施設建替・集約なし	－	対象外
ケース２	３施設建替・集約あり	建設しない	対象外
ケース３	集約１本化	３施設建設	対　象
ケース４	集約１本化	建設しない	対　象

出典：岩手県県央ブロックごみ・し尿処理広域化推進協議会、
「県央ブロックごみ・し尿処理広域化基本構想（一部修正後）」

表 3.1.1-3　LCC 算出結果の比較（ケース１～４）

（単位：百万円）

		2014年度～2043年度			
		ケース１（６施設建替）	ケース２（３施設建替）	ケース３（集約1・中継あり）	ケース４（集約1・中継なし）
ごみ焼却施設	施設整備費	48,100	39,200	17,000	17,000
	運営・維持管理費	93,142	78,123	69,491	69,491
	解体工事費	－	－	347	－
ごみ中継施設	施設整備費	－	－	1,240	－
	運営・維持管理費	－	－	4,173	－
収集・運搬	収集運搬費（中継まで）	－	－	2,725	－
	収集運搬費（中継から）	－	－	930	－
	収集運搬費（直接収集運搬）	37,714	40,143	36,295	42,574
30年間　計		178,956	157,466	132,201	129,065
「ケース１」との差額		－	△ 21,490	△ 46,755	△ 49,891

出典：岩手県県央ブロックごみ・し尿処理広域化推進協議会、
「県央ブロックごみ・し尿処理広域化基本構想（一部修正後）」

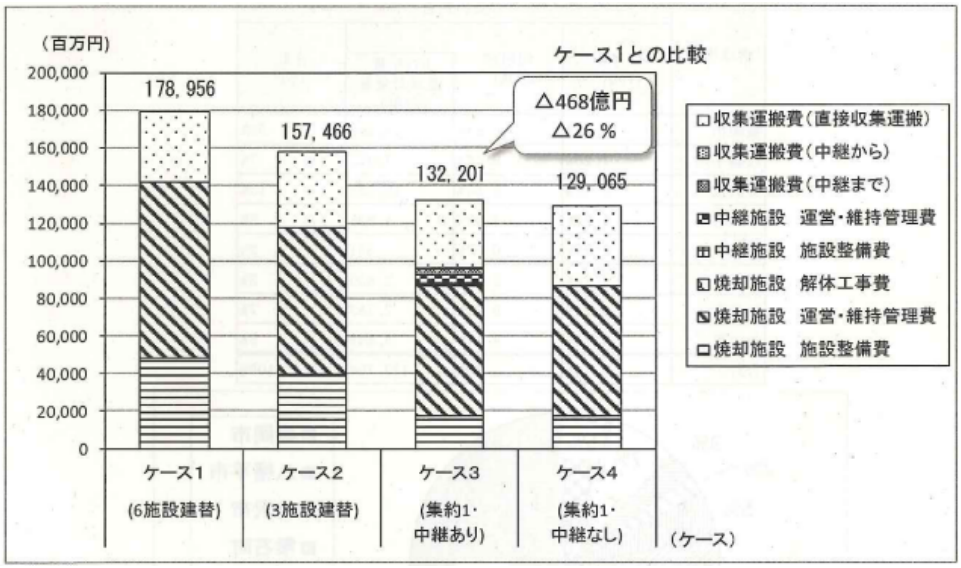


図 3.1.1-9　ＬＣＣ算出結果の比較（ケース 1～４）

出典：岩手県県央ブロックごみ・し尿処理広域化推進協議会、
「県央ブロックごみ・し尿処理広域化基本構想（一部修正後）」

表 3.1.1-4　ＬＣＡ算出結果の比較（ケース 1～４）

（単位：百万円）

		2014年度～2043年度			
		ケース１（６施設建替）	ケース２（３施設建替）	ケース３（集約１・中継あり）	ケース４（集約１・中継なし）
ごみ焼却施設	電気使用量	143,580	112,275	76,470	76,470
	電気売電量	-69,450	-69,450	-66,315	-66,315
	燃料使用量	564,120	558,645	282,780	282,780
ごみ中継施設	焼却処理量	2,735,990	2,736,374	2,736,356	2,736,356
	電気使用量	－	－	11,518	－
収集運搬	燃料使用量（中継施設まで）	－	－	4,107	－
	燃料使用量（中継施設から）	－	－	2,795	－
	燃料使用量（直接収集運搬）	18,790	23,409	18,511	28,965
	燃料使用量（2014年度-2043年度）	21,505	21,505	21,505	21,505
30年間　計		3,414,535	3,382,758	3,087,727	3,079,761
「ケース１」との差額		－	△ 31,777	△ 326,808	△ 334,774

出典：岩手県県央ブロックごみ・し尿処理広域化推進協議会、
「県央ブロックごみ・し尿処理広域化基本構想（一部修正後）」

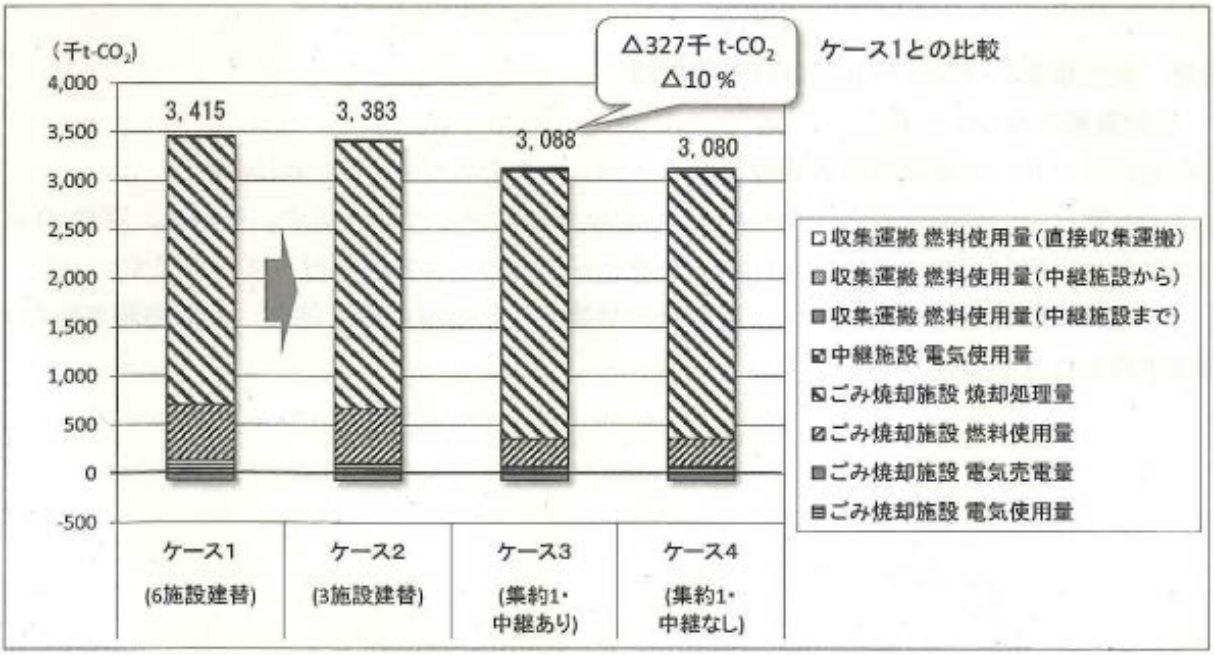


図 3.1.1-10　ＬＣＡ算出結果の比較（ケース 1～４）

出典：岩手県県央ブロックごみ・し尿処理広域化推進協議会、
「県央ブロックごみ・し尿処理広域化基本構想（一部修正後）」

3.1.2 産業廃棄物分野における広域化

一般財団法人エンジニアリング協会では、これまでに静脈物流における広域化を含めた高度化やCO_2削減に向けた調査研究を進めており、その研究によって得られた課題と解決策をまとめると概ね以下のようになる。

1) 主な課題について

(1) 静脈物流と動脈物流が、資源循環における物流の輪で裏表になっていない。このため、非効率、運搬費が高い等の問題が生じていると考えられる。

動脈物流では動脈物流の帰り便を別の動脈物流として利用している場合が多くあり、空便での走行が少なく、効率的な運搬が取り入れられている。一方で、動脈物流の帰り便を静脈物流で利用する、静脈物流の帰り便を静脈物流で利用するという取り組みはほとんどなされていない。静脈物流では同一の廃棄物が基本で、異種の廃棄物の混載が基本的に不可能であり、発生単位が小さく動脈物流のような大量輸送が発生しにくい。また、廃棄物ごとに専用車を用いる事例もあり、動脈物流のような効率的な輸送を困難としている。

(2) 廃棄物処理法の壁があり、効率のみを追求した自由な物流ができない。

廃棄物の輸送には廃棄物処理業の許可を必要とし、使用できる車両、積載できる廃棄物の種類が固定されてしまう。また、この許可は廃棄物の積み下ろしを行う場所を管轄する都道府県の許可がそれぞれ必要となり、政令市は都道府県とは別に許可を取得する必要があるため、許可を受けている車両でなければ運搬できない。全都道府県、政令市での許可取得は手間、費用も相当かかるものであり現実的ではない。したがって、日常行き来する都道府県および政令市としての運行となるため、動脈物流のように全国を対象とした需要に応じた自由な往来が静脈物流においては現状不可能である。

(3) 廃棄物処理法の特例措置である産業廃棄物広域認定制度を利用した広域再生利用についても、システム面（管理的要素）と適正処理＆リサイクル面（技術的要素）から課題がある。

認定後の会社変更や会社事情（代表者交代等）による手続きが大変、排出者による異物の混入、他社製品の混合、リサイクルする会社にとってのメリットがないという管理的要素、製品への混入率が限られてしまう、付着物の処理が困難という技術的課題がある。

処理に適した分別と収集体制の確立、排出者による理解（コスト、分別）の取得、運搬方法の効率化、省 CO_2 化が課題として潜在すると考える。

(4) 輸送については、廃棄物の特性からトラック輸送が大部分を占めており、CO_2 削減等を考慮した環境型の輸送が未発達である。

静脈物流では輸送ロットが小さい、発生が不規則、処理専門業者が遠隔地であるなどの理由から中長距離トラック輸送が多く存在している。CO_2 削減の観点からはトラック輸送による環境負荷を軽減するために、モーダルシフトが望まれるが、そのための積替保管施設の貨物駅、港湾への設置が法的に難しい状況がある。リサイクルポートも処理設備の整備にとどまっており、廃棄物処理法の特例措置など、積替保管施設とモーダルシフトをトータル的に考えた施策が求められる。

2) 解決策について

(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、さらに海運の場合には、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、CO_2削減が可能な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おいても、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。マニフェストの運用が煩雑になり、管理業務増加の一因となる問題が生じるため、IT を活用した効率的管理手法の確立が期待される。最低限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、さらには BDF 燃料への切り替え等も必要である。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。

(4) 温暖化対策は、個人や企業単独では効果ある対策を実施することが非常に難しい。CO_2削減に向けた静脈物流システムの基本は、共同、そして協調が重要であり、急を要しない廃棄物の輸送を「安価に」、「安全に」、そして「確実に」を念頭に考えると、おのずと解決策は得られるものであると考える。

このように、現在の物流関連施設の用途・機能は動脈物流を対象に考えており、静脈物流はその適応性がない施設の規格に合わせるような輸送が行われている。今後の静脈物流の施設等は、基本的には動脈物流施設の流用や転用も考えられるが、静脈物流では動脈物流と異なる流れや考え方があり、静脈物流としての効果を向上させるためには、今後、廃清法や道路運送法、海上運送法及び貨物自動車運送事業法等の改正も視野に入れた、静脈物流独特の政策や改革が求められることが必要であると考える。

3.1.3 林業分野における収集輸送システムの効率化の事例紹介

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、2004年７月に制定された新エネルギー技術開発プログラムの一環として、「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」を実施した。これは、収集輸送からエネルギー転換、エネルギー利用にいたるまでのシステム上の物流データ、経済的データおよび運転と技術データの収集・蓄積・分析を行い、今後のバイオマスの地産地消・地域循環型社会の実現に資することを目的としている。この実験事業は、７件のプロジェクトを対象とし、2005年度から2010年度の５年間実施している。このうちの６事業は、各自治体が事業を継承し、継続的な効率化に向けた取り組みを実施する計画となっている。このうち、林業関係の事例を考察する。

1) 山口県の実験事業の紹介

山口県では上記の実験事業の事業者として、山口県全域を対象とした「総合的複合型バイオマスエネルギー地産地消社会システムの構築」実証・実験事業を行った。本事業で

は、ガス化コージェネレーション、木質ペレット・ボイラによる温・冷熱利用、既設火力発電所での石炭混焼の３種の複合型エネルギー利用システムの整備と、森林バイオマスの低コスト収集輸送システムを開発導入し､実証･実験を通じ実用化と経済性の確保を図り、エネルギーの地産地消社会システムとしての確立と普及を目的としている。

今回は、森林バイオマスにおける低コスト収集輸送システムの開発導入内容を抜粋し紹介する。**図3.1.3-1**は事業全体のイメージ図、**図3.1.3-2**は山口県内NEDO事業配置図である。そして、川上から川下まで一貫した総合的複合型の森林バイオマス活用システムを構築するため、地域システムとして確立させるべき、主に以下の３つの課題をあげている。

①森林バイオマスは、収集や運搬コストが化石燃料等に比較して割高であり、コストの削減が必要であるとともに、森林の整備につながるシステムの構築が必要。
②森林バイオマスの需要の安定化が不可欠であり、このためには、ガス化、木質ペレット、石灰火力発電での混焼など各種の森林バイオマスエネルギーシステムの利用形態をベストミックスさせ、これと連携する供給体制の構築が必要。
③森林バイオマスエネルギーシステムは森林の伐採、収集・運搬、エネルギーへの転換と利用、エネルギーの最終利用にわたり、地域全体としてのシステムを形成する必要があり、様々な分野や機関が参画するシステムの構築が必要。

図 3.1.3-1 事業全体のイメージ図

出典：山口県、バイオマスエネルギー地域システム化実験事業、山口県全域を対象とした「総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システムの構築」実証・実験事業、平成22年3月

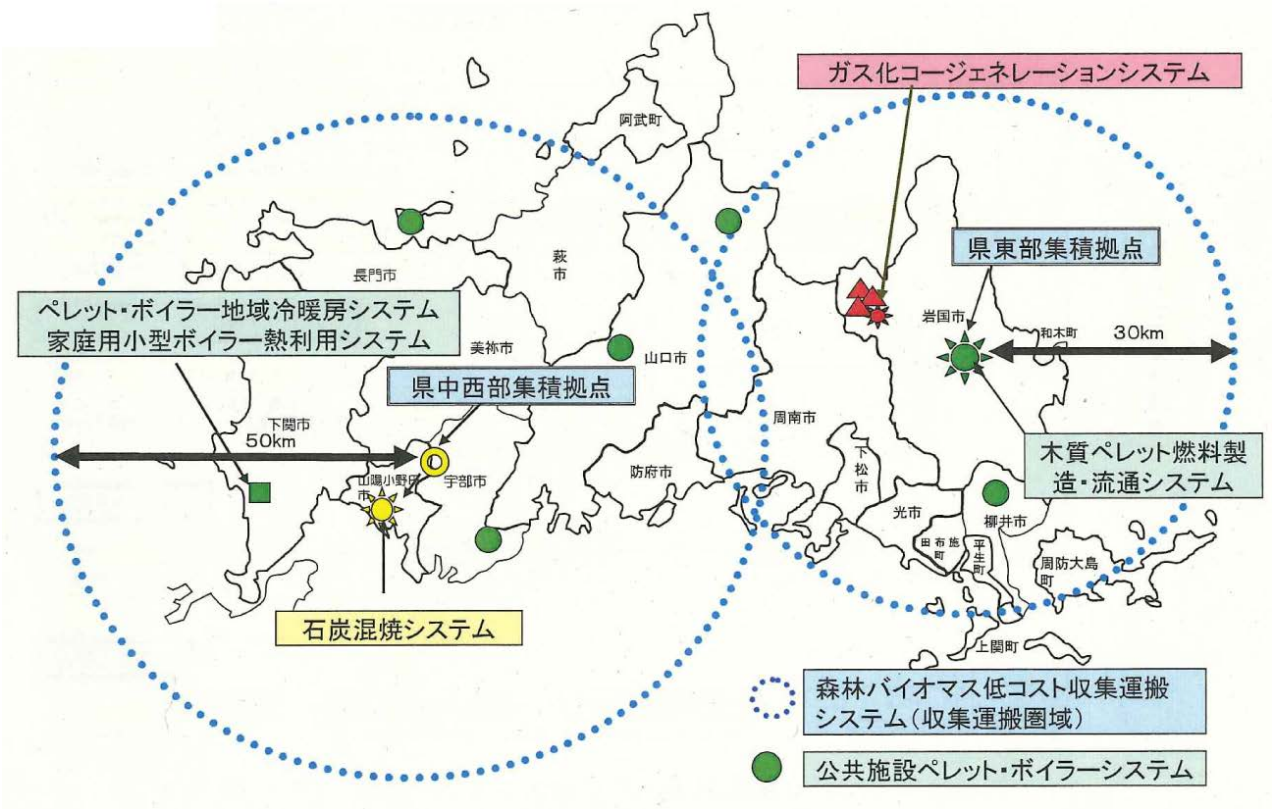


図 3.1.3-2　山口県内 NEDO 事業配置図

出典：山口県、バイオマスエネルギー地域システム化実験事業、山口県全域を対象とした「総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システムの構築」実証・実験事業、平成22年3月

上記３つの課題から、低コスト収集運搬システムとしては、小規模森林経営、急傾斜、狭隘な路網等、我が国の森林・林業の特性に適合し、間伐、竹材等の圧縮、チップ化、コンテナ運搬等効率的な収集・運搬機材を開発し、年間15,000tの森林バイオマスの供給を目標に、低コスト化を実証している。また、本システムにおいては、需要先や林業生産活動との適切な連携、森林所有者（林家）への収益還元を成果目標としている。

図3.1.3-3は、収集運搬システムの全体像である。「人工林システム（山土場集中型）」、「人工林システム（路網上分散型）」、「ガス化システム」、「竹林システム」の４つに分け、それぞれで収集運搬方法を工夫していることに特徴がある。

また、収集運搬システムの生産性を最大限発揮させるため、機材の年間を通じた稼働率の最大限化が不可欠となる。小規模分散している間伐、主伐現場を網羅し、最も効率的な機材の配置、稼働を確保するため、森林バイオマス発生予測システム、森林バイオマスコストシュミレーション、森林バイオマス供給GISシステムを活用した総合的な収集運搬計画の立案システム（支援ソフト）を開発・実施している（**図3.1.3-4**）。

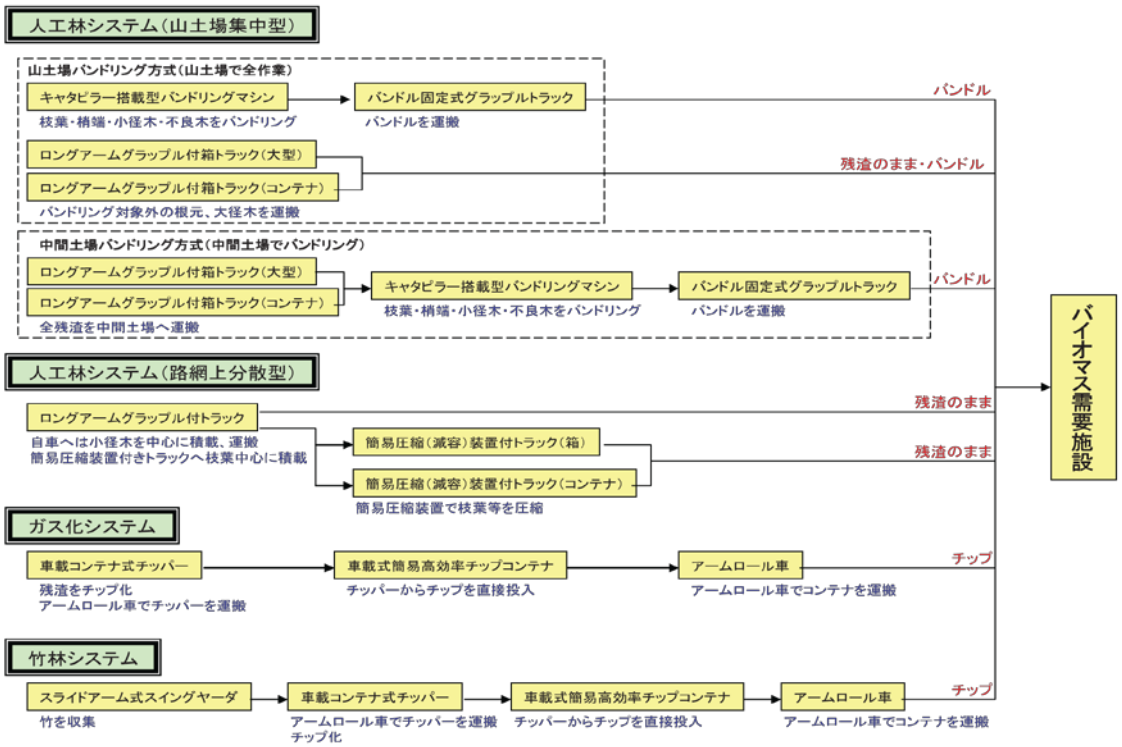


図3.1.3-3 森林バイオマス低コスト収集運搬システムの全体像

出典：山口県、バイオマスエネルギー地域システム化実験事業、山口県全域を対象とした「総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システムの構築」 実証・実験事業、平成22年3月

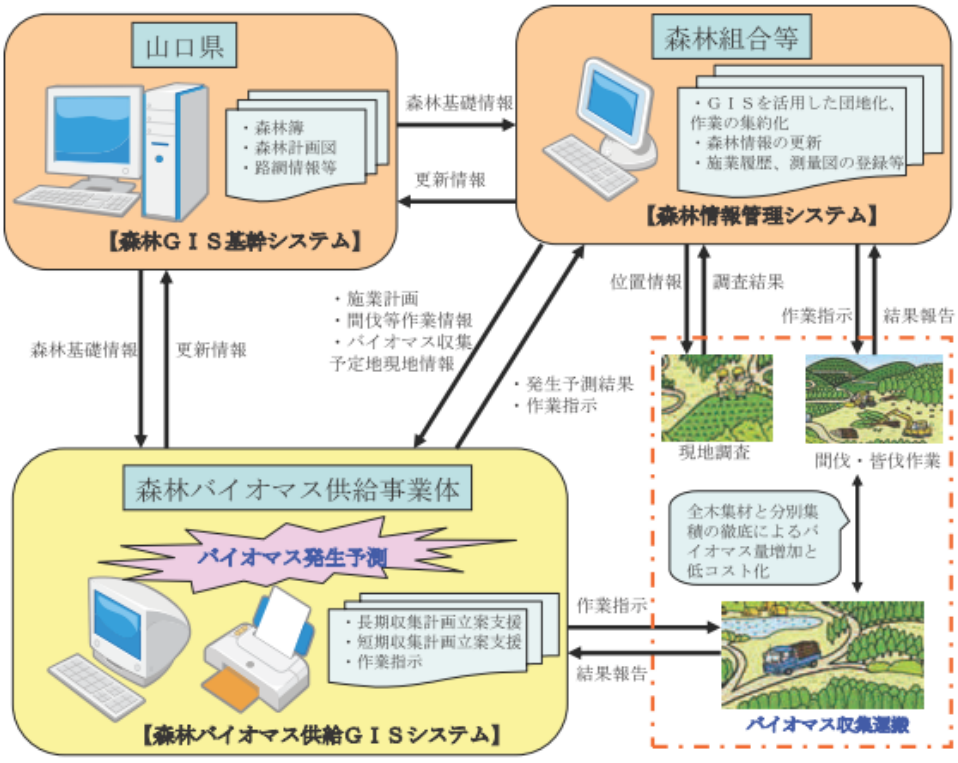


図3.1.3-4 収集運搬計画立案支援システム概念図

出典：山口県、バイオマスエネルギー地域システム化実験事業、山口県全域を対象とした「総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システムの構築」 実証・実験事業、平成22年3月

2)　林業機材について

林業分野において、素材生産の伐倒から搬出までの作業工程では、伐出コストを低減する作業システムの構築が必要である。近年、高性能林業機械の普及に伴い、生産性が向上する中、システム構築に関しては、路網密度、作業道幅員、傾斜度、集材距離、樹種などの地域特性を十分に把握し、それぞれに最適なシステムを確立する必要がある。**図3.1.3-5**は、作業工程と使用される機械を整理した表であり、**図3.1.3-6**は主な林業機械の一例を示す。

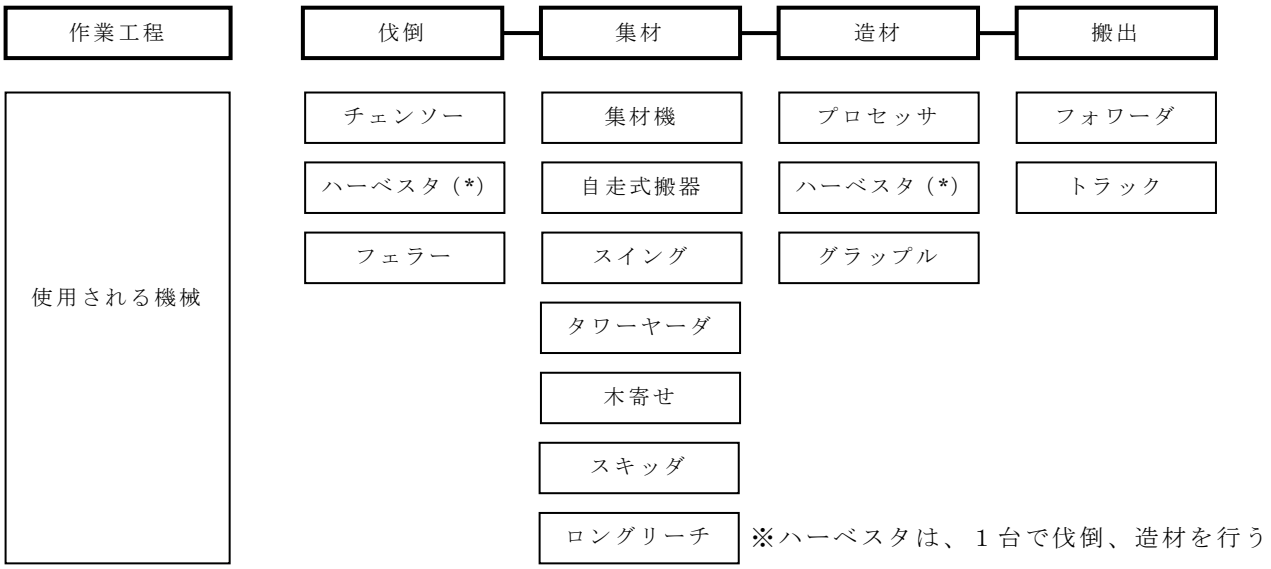


図 3.1.3-5　作業工程と使用される機械

出典：新明和工業（株）HP、イワフジ工業（株）製品紹介

ハーベスタ
（伐倒造材機械）

ロングリーチグラップル
（木材荷役機械）

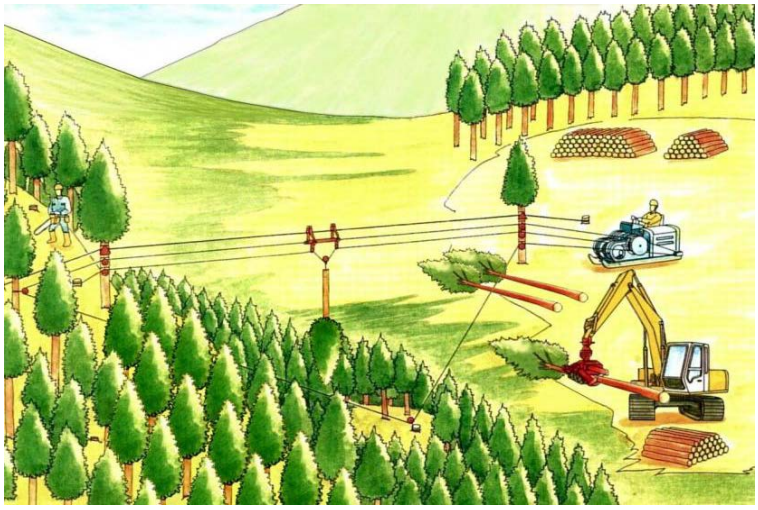
プロセッサ
（造材機械）

脱着フォワーダ
（積載式集材車両）

図 3.1.3-6 主な林業機械

出典：新明和工業（株）HP、イワフジ工業（株）製品紹介

また、作業工程において、現場の状況がそれぞれ異なることから、その現場に合わせた機材の選定等が必要となる。傾斜がきつく道をつけられない場合や、道の間隔がどのような状態であるかなどにより、効率的な作業システムは異なってくる。**図3.1.3-7**では集材機を用いた作業のシステム例、**図3-1.3-8**ではプロセッサで木寄せする作業システム例を示す。



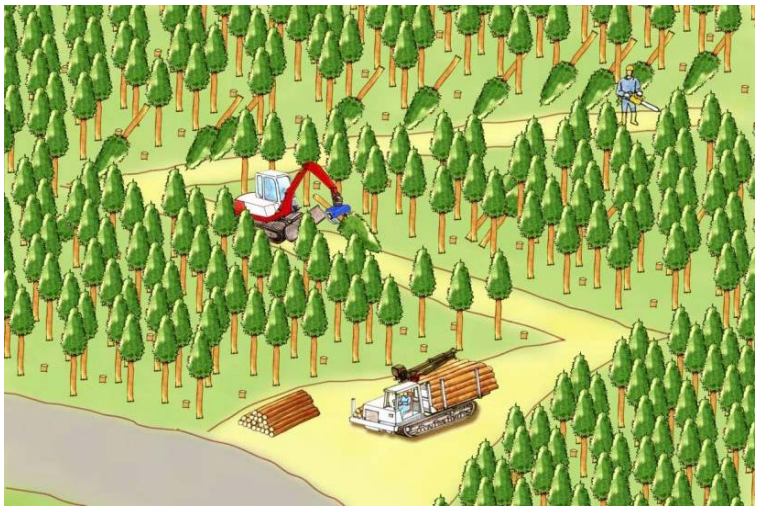
［特徴］
傾斜がきつく道をつけられない場合に適した作業方法。
集材機は長い集材距離に適している。
［路網密度］
～２５m/ｈａ
（道の間隔　４００m以上）

※路網密度とは林道・作業道・作業路を合計したもの

作業工程	伐　倒	集材（車両系）	集材（架線系）	造　材	積　込	搬　出	椪　積
機種	ﾁｪﾝｿｰ	－	集材機 (Y252)	ﾌﾟﾛｾｯｻ (GP35A・GPi40C)	－	－	－
作業人員	1	－	1	1	－	－	－

図3.1.3-7　集材機を用いた作業システム

出典：新明和工業（株）HP、イワフジ工業（株）製品紹介



［特徴］
プロセッサで直接材を引き寄せ造材する効率的な作業方法。
プロセッサが手を伸ばせば届く範囲に伐倒木があるため、即座に造材作業に取りかかれる。
［路網密度］
２５０m/ｈａ～
（道の間隔　４０m以下）

作業工程	伐　倒	集材（車両系）	集材（架線系）	造　材	積　込	搬　出	椪　積
機種	ﾁｪﾝｿｰ	－	－	ﾌﾟﾛｾｯｻ (CT500B)	－	ﾌｫﾜｰﾀﾞ (U4CG)	－
作業人員	1	－	－	1	－	1	－

図3.1.3-8　プロセッサで木寄せする作業システム

出典：新明和工業（株）HP、イワフジ工業（株）製品紹介

さらに、最近ではバイオマス活用施設への輸送に関し、効率的に輸送する車両も活用されている。**図3.1.3-9**は、主に発電施設などの施設で燃料として利用されるチップの運搬車両である。従来の大型車両では、建物高さなどの制約でチップを搬出する際のダンプ高さが建物に支障するなどの問題により使用できなケースもあったが、本車両はダンプ排出せず、そのままの状態で荷床が動くことでチップを搬出することができる特徴がある。

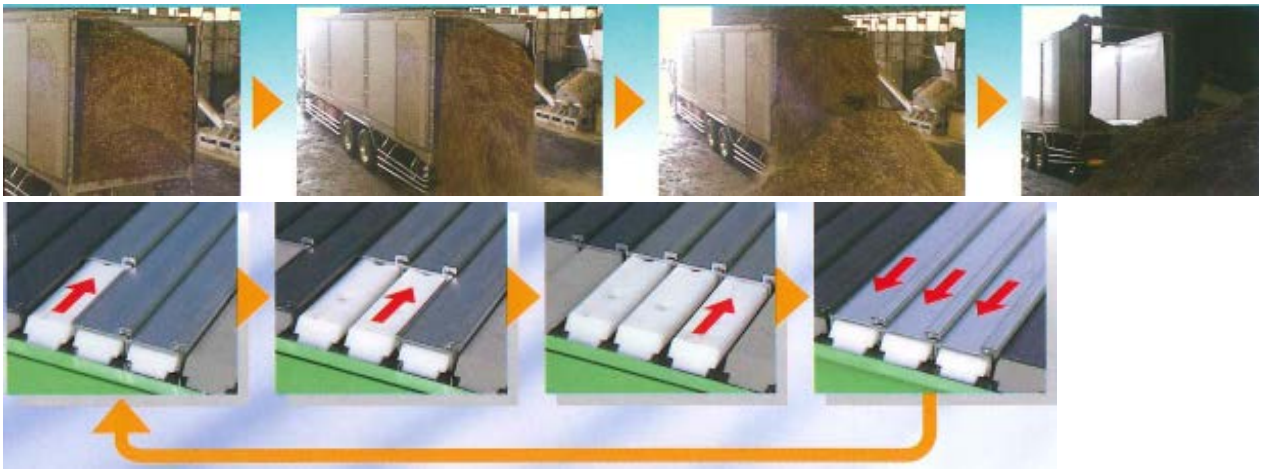


図 3.1.3-9　積荷搬送装置の構造概要

出典：新明和工業（株）、スライドデッキカタログ

3.1.4　まとめ

静脈施設の広域連携において、一般廃棄物と産業廃棄物とではその処理や有効活用等に関し、目的や意義、そして対象とする廃棄物もそれぞれ異なることから、同じ土俵での議論は難しいかもしれない。しかし、これまで述べてきたように、広域連携において輸送効率をいかにして高めることができるかが、経費削減や住民サービスの向上、そして事業成功に向けたポイントの一つである点で共通している。

一般廃棄物分野においては、収集輸送の効率化にはごみ中継施設の設置が一つの有効な手段である（**表3.1.4-1**）。事例として紹介した「岩手県県央ブロックの広域化基本構想（一部修正後）」による検討結果においては、ごみ焼却施設を１箇所に集約することについて、ごみ中継施設を設置しない方が経費面、CO_2削減量ともに有効な結果となっている。

しかしながら、今後も詳細な検討を進める中で、広域圏内のそれぞれの地域特性を考慮した収集輸送の効率化や、住民が集約後の施設に直接ごみを搬入する際の利便性の維持・向上策、そして、ごみ中継施設の基本条件等をさらに整理する必要があることが課題としてあげられている。

このことから、中継施設の設置やその必要数を検討する際に注意すべきことは、経費比較などの定量評価だけに留まらず、地域特性を考慮し、住民サービスの向上も視野に入れた定性的かつ多面的な評価も必要であるものと思われる。

表3.1.4-1 ごみ中継施設設置のメリット・デメリット

項　　目	メリット	デメリット
①コスト面	収集運搬の効率化が図れることから、以下の効果が期待される。 ・収集運搬費用低減効果 （収集車両・運搬車両の大きさ、対象ごみ量、1台あたりの人員配置等の条件により異なる）	新たな施設整備が必要なことから、以下の負担が予想される。 ・建設費負担 ・運営維持費負担
②環境負荷面	小型の収集車両から大型の中継車両へ積み替えることにより、使用台数（交通量）が減少することから、以下の効果が期待される。 ・排ガス量の削減効果 ・自動車騒音低減効果 ・悪臭飛散防止効果	新たな施設整備が必要なことから、以下の負荷が発生する可能性がある。 ・施設稼働による環境負荷 （騒音・振動・悪臭飛散等） ・施設稼働による電力使用
③住民サービス面	住民サービスの点から、以下の効果が期待される。 ・直接搬入による利便性の確保	住民サービスの点から、以下の負荷が発生する可能性がある。 ・住民サービスの不均一化
④その他	その他、以下の効果が期待される。 ・緊急時の一次貯留効果 ・運搬負荷の軽減（貯留機能により、日変動を緩和し、より自由な収集運搬計画を立案可能） ・既設ごみ焼却跡地利用または建屋を利用可能である	その他、以下のデメリットが考えられる。 ・小規模施設または比較的収集運搬距離が短い場合においては、中継施設建設費および維持管理費が割高となり、コスト低減効果が期待できない場合がある。

出典：岩手県県央ブロックごみ・し尿処理広域化推進協議会、「県央ブロックごみ・し尿処理広域化基本構想（一部修正後）」

また、産業廃棄物分野においては、処理・再利用するごみの種類に関わらず、継続的かつ変動幅を見込み、どこからどれくらい集めることができるかがポイントであり、それに基づく施設計画や事業計画を策定する過程において、輸送効率の検討をあわせて行うことが必要である。静脈物流は法的な制約がまだまだ多い分野ではあるが、動脈物流を合わせた輸送を効率的に組み合わせるなど、まだまだ改善の余地はあると考えられる。

さらに、林業分野においては、特に川上での作業方法と輸送効率化を検討することが重要である。小規模森林経営、急傾斜、狭隘な路網等、我が国の森林・林業の特性に適合し、かつ、林業機材の生産性・稼働率を最大限向上させるべく、活用施設の場所や輸送量の変動を見込み、ITの活用などを含めて考える必要がある。

一方、静脈施設の広域化において、そのエリアでの小規模施設のあり方についても考慮する必要がある。単独の小規模施設においては、その特性を十分に発揮することができれば、総じて非効率な施設とは言わず、継続的な事業展開が十分に可能な施設となる。

また、これとあわせ、静脈施設の防災拠点や静脈施設の処理システムの強靭化の視点も加えると、一定の広域圏ごとに余裕ある施設整備による代替性や多重性を確保する必要がある。しかしながら、その広域圏の施設ごとに強靭性を保ち、余裕ある施設整備を維持するのは、財政的にも大変非効率となるため、広域圏の設定並びにその施設配置の最適化に向け、地域性（コミュニティ）や地理的な制約、そして輸送効率の向上などを十分に勘案したうえで、広域圏ごとで異なる特性を保ちながら形成されていくべきと考える。

参考文献

1）一般社団法人日本環境衛生施設工業会：50年史（P.70、P.71）：2012年５月
2）公益社団法人全国都市清掃会議：第31回 全国都市清掃研究・事例発表会講演論文：高効率ごみ発電施設導入におけるごみ中継施設の有効性の考察：新明和工業（株）：2009年11月
3）新明和工業（株）：新明和ごみ貯留排出機カタログ（P.７）
4）新明和工業（株）：脱着ボデートラック総合カタログ（P.９）
5）新明和工業（株）：電動塵芥車イーキューブ（ハイブリッドタイプ）カタログ
6）環境省HP：平成26年度版 L2-Techリストの作成について（詳細）：2015.３.31：http://www.env.go.jp/press/101351.html：2016年1月14日検索
7）岩手県県央ブロックごみ・し尿処理広域化推進協議会：県央ブロックごみ・し尿処理広域化基本構想（一部修正後）：2015年１月
8）一般財団法人エンジニアリング協会：平成23年度 低炭素社会・安全安心社会実現のためのエンジニアリング産業技術戦略に関する調査研究報告書：Ⅱ部 CO_2削減に向けた高度静脈物流システムの構築：2012年３月
9）山口県：バイオマスエネルギー地域システム化実験事業：山口県全域を対象とした「総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システムの構築」実証・実験事業：平成22年３月
10）新明和工業（株）HP：イワフジ工業（株）製品紹介：http://www.iwafuji.co.jp/：2016年2月12日検索
11）新明和工業（株）：スライドデッキ（積荷搬送装置付運搬車）カタログ

3.2　下水汚泥の利用技術の進展

3.2.1　概論

健全な水循環および資源循環を目指すことを目的として平成 17 年 9 月に策定された『下水道ビジョン 2100』（国土交通省）は、その後の社会情勢の大きな変化を背景として、平成 26 年 7 月に『新下水道ビジョン』として取りまとめられ、下水道が果たすべき使命を実現するために長期ビジョンと中期目標が示された。

下水処理場は、交通や排水などのインフラと土地、廃熱や汚泥などの資源が集まる場所であることから、未利用資源・エネルギーの有効利用の促進および低炭素化の推進を図ることで、他事業との連携により社会の中核としての役割を担うことのできる施設であるといえる。年間の下水処理量は約 147 億 m^3であり、下水汚泥の発生量は、約 223 万 t である。下水汚泥は、年間約 40 億 kWh の発電量（約 110 万世帯の年間電力消費量）に相当するエネルギーポテンシャルがある。

下水汚泥は、安定的に発生しかう集約型のバイオマスで、下水汚泥中の固形物の約 8 割は有機物としてエネルギー利用が可能である。しかしながら、その下水汚泥のエネルギー化率は未だ低い水準にある（平成 23 年度末で約 13%）。平成 22 年 12 月には「バイオマス活用推進基本計画」が閣議決定され、下水汚泥についても、バイオガス化や固形燃料化等によるエネルギーとしての利用を促進することにより、2020 年に下水汚泥リサイクル率約 85%の利用が目標として掲げられた。有効利用を阻害する要因としては、利用施設等の初期投資が大きいことがあり、特に地方においては、規模が小さくスケールメリットが働かない処理場が多くあること、また、導入検討や維持管理を行う人材の不足等が挙げられる。下水汚泥をはじめとした再生エネルギー利用の核として下水処理場を活用する構想が期待される一方で、地域での活用にはまだ課題があると言える。

地域のバイオマスを下水処理場に集約する取り組みとして、汚水処理施設共同整備事業（MICS）が実施されている。また、し尿・浄化槽汚泥や生ごみ等のバイオマスを下水処理場にて共同処理し、資源化利用する取り組みも実施されている。そして、電力固定価格買い取り制度の影響もあり、地方中小規模都市を中心に下水汚泥とその他バイオマスの混合メタン発酵の実施事例が増えつつある。その例として**図 3.2.1-1** に珠洲市・バイオマスエネルギー推進プランを示す。しかし、各々の都市において条件が同じでないことから、メタン発酵技術を取り入れる選択が選び難い都市も存在する。その都市に合わせたバイオマスの利用技術を選択することが重要である。

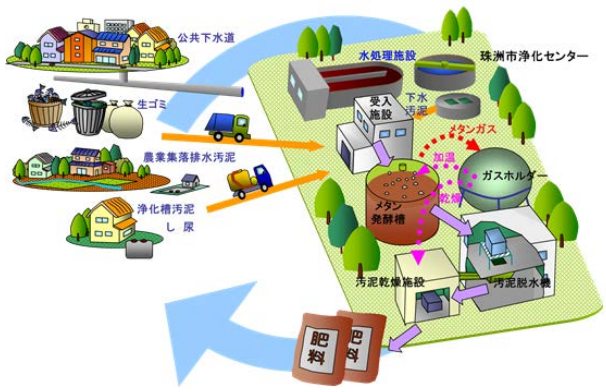


図 3.2.1-1　珠洲市・バイオマスエネルギー推進プラン

出典：国土交通省 HP

国土交通省では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業における低炭素・循環型社会の構築やライフサイクルコスト縮減、併せて本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト：Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project）を実施しており、下水道関連の更なる新技術も注目されている。

ここでは、下水汚泥の有効利用技術の進展について調査を行った。

3.2.2　下水汚泥からのバイオガス利用技術

下水汚泥からのエネルギー回収技術のうち、現在、最も多く利用されている技術が嫌気性消化である。嫌気性消化は、嫌気的状態に保たれた汚泥消化槽内で有機物を嫌気性微生物の働きで低分子化、液化及びガス化する処理法である。**表 3.2.2-1** にバイオガス利用技術の導入自治体及び処理場一覧を示す。

表 3.2.2-1　バイオガス利用技術の導入自治体及び処理場一覧

技術区分	自治体	処理場	稼動開始年度
バイオガス発電	東京都	森ケ崎水再生センター	H16
	沖縄県	那覇浄化センター	S59
	横浜市	北部汚泥資源化センター	S62
		南部汚泥資源化センター	H1
	他多数（平成 24 年度稼動中　計 45 箇所）		
燃料電池	熊本県	熊本北部浄化センター	H18
	山形市	山形市浄化センター	H25
	大阪市	中浜下水処理場(B-DASH)	H23 実証開始
	松本市	両島浄化センター	H27 予定
	栃木県	鬼怒川上流浄化センター	H27 予定
		県央浄化センター	H27 予定
		巴波川浄化センター	H27 予定
自動車燃料	神戸市	東灘処理場	H20
	上田市	上田下水浄化センター	H25
都市ガス・都市ガス原料利用	長岡市	長岡中央浄化センター	H11
	金沢市	臨海水質管理センター	H17
	神戸市	東灘処理場	H20

出典：下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン

下水道事業は公共性の高い事業であり、今までは「公」が主体となって整備が進められてきたが、近年では民間の高度な技術力・ノウハウを活用した DBO 方式や PFI 方式等の採用事例が増加している。このような方式の導入で、事業の効率化（省コスト化）が図り易くなる。**表 3.2.2-2** に下水汚泥エネルギー化施設整備の契約方式の例を示す。

表 3.2.2-2　下水汚泥エネルギー化施設整備の契約方式の例

自治体	施設	事業内容	事業方式	実施方針公表（事業期間）	概　要
東京都	東部スラッジプラント	下水汚泥固形燃料化事業	DBO	2005.6.1	
宮城県	県南浄化センター	下水汚泥固形燃料化事業	DBO	2007.5.21	
広島市	広島市西部資源再生センター	下水汚泥固形燃料化事業	DBO	2008.10.20（2009.3～2032.3 23年間）	下水汚泥固形燃料化施設の設計、建設、維持管理及び運営。
愛知県	衣浦東部流域下水道浄化センター	下水汚泥固形燃料化事業	DBO	2009.3.27	
東京都	東部スラッジプラント	下水汚泥固形燃料化事業	DBO	2010.2.1	
大阪市	平野下水処理場	下水汚泥固形燃料化事業	PFI（BTO）	2010.4.28（2011.4～2032.3 21年間）	燃料化設備の設計、施工、維持管理及び運営、最終生成物の有効利用、燃料化設備を設置する建築物の維持管理。
熊本市	南部浄化センター	下水汚泥固形燃料化事業	DBO	2010.9.29	
横浜市	南部汚泥資源化センター	下水汚泥固形燃料化事業	PFI（BTO）	2011.2.24（2012.7～2036.3 24年間）	下水汚泥燃料化施設の設計、建設、維持管理及び運営。
東京都	森ヶ崎水再生センター	バイオガス発電	PFI（BTO）	2001.9.5（2004.4～2024.3 20年間）	常用発電設備を建設・運営し、センターに電力及び温水を供給。
大阪市	津守下水処理場	バイオガス発電	PFI（BTO）	2005.3.2（2006.4～2027.3 21年間）	常用発電設備を建設・運営し、電力及び熱を津守下水処理場へ供給。
横浜市	北部汚泥資源化センター	バイオガス発電	PFI（BTO）	2007.9.4（2008.8～2030.3 22年間）	バイオガス発電設備の更新に関する計画・設計・建設、運営、維持管理。
黒部市	黒部浄化センター	バイオガス発電 下水汚泥固形燃料化	PFI（BTO）	2008.1.31（2009.4～2027.3 18年間）	バイオマス利活用施設整備（発電設備、汚泥乾燥施設整備）
東京都	清瀬水再生センター	汚泥ガス化炉	DBO	2007.8.8（2008.6～2030.3 22年間）	汚泥ガス化炉の設計及び建設、維持管理及び運営。
大村市	大村浄水管理センター	バイオガス発電	民間収益施設併設事業	2014.3.14（2014.10～2034.9 20年間）	固定価格買取制度（FIT制度）
宮崎市	宮崎処理場	バイオガス発電	民間収益施設併設事業	2013.12.24（2014.4～2034.9 20年間）	固定価格買取制度（FIT制度）

出典：下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン

また、再生可能エネルギーの固定価格買取制度を利用する PFI 方式の事業計画が増加している。固定価格買取制度を利用し PFI 方式にて事業を計画している事例の一部を**表 3.2.2-3** に示す。

表 3.2.2-3　固定価格買取制度を利用し PFI 方式にて事業を計画している事例の一部

自治体	処理場	年間発電量（kWh/年）	発電事業予定期間
大阪市	大野下水処理場　他3処理場	25,800,000	平成29年4月～平成49年3月
福岡市	中部水処理センター	7,100,000	平成28年4月～平成48年3月
下関市	山陰終末処理場	2,700,000	平成30年4月～平成50年3月
岩手県	北上浄化センター	2,500,000	平成29年4月～平成49年3月
藤枝市	藤枝市浄化センター	1,400,000	平成30年4月～平成50年3月

出典：大阪市 HP、月島機械株式会社 HP、株式会社神鋼環境ソリューション HP、岩手県 HP

ここでは、大阪市下水処理場について概略を記載する。事業のイメージ図を**図 3.2.2-1** に記載する。大阪市下水処理場では下水汚泥を減量化する目的でメタン発酵処理を行っている。発生したバイオガスは消化槽の加温やガス発電に用いている。

大阪市では、平成 19 年より津守下水処理場において消化ガス発電 PFI 事業を行っており、消化槽を備える大野・海老江・放出・住之江の 4 処理場では、一部未利用の消化ガスがあった。そこで、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）を活用した消化ガス発電事業を実施する。平成 27 年 5 月 1 日に事業者と契約し、平成 29 年 4 月の発電開始を計画している。発生バイオガスの発電利用料は約 1,380 万 Nm^3/年の計画である。

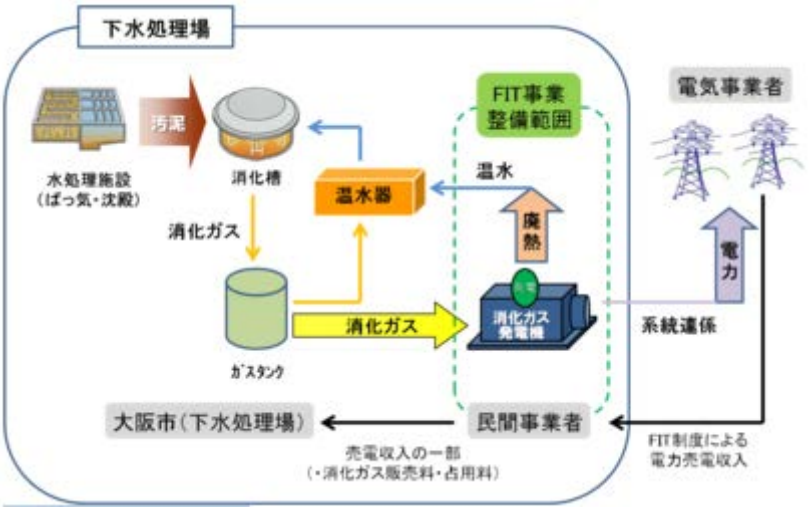


図 3.2.2-1　大阪市下水処理場　事業イメージ図

出典：大阪市 HP

3.2.3　下水汚泥からの水素製造

経済産業省は平成 26 年 6 月に「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を策定している。水素は、①製造原料の代替性が高く、副生水素、原油随伴ガス、褐炭といった未利用エネルギーや､再生可能エネル ギーを含む多様な一次エネルギー源から様々な方法で製造が可能であること、②今後、こうしたエネルギーを地政学的 リスクの低い地域等から安価に調達できる可能性がある（国内では、将来的に再生可能エネルギーから製造された水素 を利活用することでエネルギーの自給率向上につながる可能性もある）ことから、こうした利点を活かして利用を拡大す ることで、エネルギーセキュリティの向上につなげる。水素は利用段階で CO_2 を排出しないことから、水素の製造時に CCS（CO_2 回収・貯留技術）を組み合わせ、または 再生可能エネルギー由来水素を活用することで、環境負荷低減、更には CO_2 フリーにつなげる。日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界一位で、二位以下と比べて 5 倍以上と、諸外国を引き離しているなど、日本 が強い競争力を持つ分野である。また、水素製造等については、再生可能エネルギー等の地域資源を活用可能である。このように水素社会に向けて様々な方法で水素製造について注目されている。本研究部会では、下水汚泥由来のバイオガスからの水素製造の実証実験施設を視察し、以下にその概要を記す。

下水汚泥からの水素製造技術として平成 26 年に B-DASH プロジェクトとして「水素リ

ーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～」が選定された。実施者は三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）共同研究体であり、実証フィールドは福岡市中部水処理センターである。事業概要としては水素社会に向けて、膜分離設備を組み合わせた水素製造技術により、消化ガスから効率的に高品質の水素を精製するものであり、水素の安定的な供給およびエネルギー創出効果等を実証するものである。**図 3.2.3-1** に事業イメージを示す。

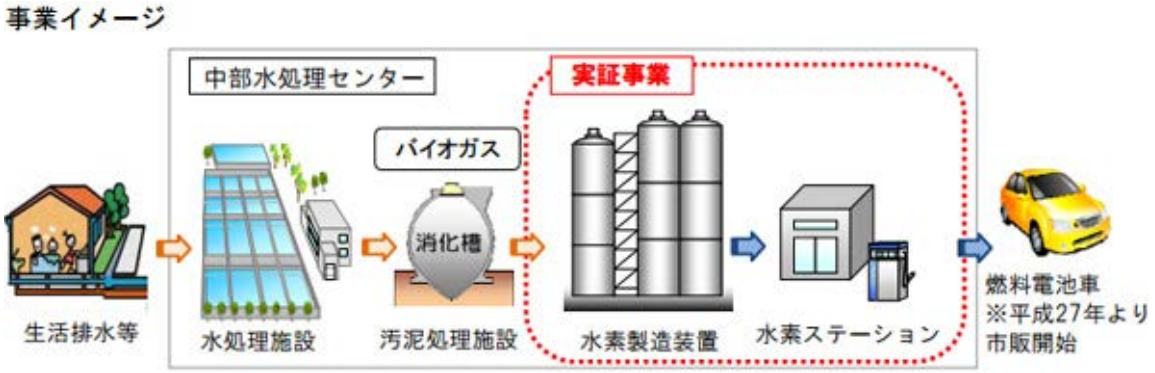


図 3.2.3-1　福岡市中部水処理センターでの事業イメージ

出典：福岡市 HP

都市部の下水処理場では、下水汚泥を処理する消化槽から水素に転換可能なバイオガス（下水汚泥消化ガス）が発生する。本事業は福岡市中部水処理センター（福岡県福岡市）において、このバイオガスを原料に水素を製造し、下水処理場に併設した水素ステーションで燃料電池自動車に供給することで、地産地消の水素ステーションの技術実証を行う。また、バイオガス前処理工程にて副生する CO_2 の液化回収設備を採用し、CO_2 を農業用のハウスで活用することも検討する。水素を製造できる下水汚泥消化ガスの発生能力がある下水処理場は、日本全国に約 300 カ所程度ある。本事業により燃料電池自動車普及に必要な消化ガス原料の水素ステーションの普及拡大が期待される。また、消化ガスのような再生可能エネルギーの利用により、化石エネルギーの削減に貢献できる。

日本全国の未利用下水バイオガスからの水素製造ポテンシャルは約 1.3 億 Nm^3/年と試算されており、再生可能エネルギーとして大きな期待をされている。都市型バイオマス集積所である下水処理場で発生する下水バイオガスを原料とした水素製造設備は、製造した水素をオンサイト型水素ステーションに供給したり、出荷設備を設けることによりオフサイト型水素ステーションへ運搬・供給が可能である。また、将来的には水素製造過程で排出された CO_2 を回収しハウス栽培で利用できる可能性を秘めている。このようにエネルギー需要地に近い都市部の下水処理場に水素ステーションを構築することにより、地産地消のエネルギー供給システムとして、市民生活へ多角的な貢献が期待されている。**図 3.2.3-2** に下水道バイオ水素を利用した今後の展望のイメージを示す。

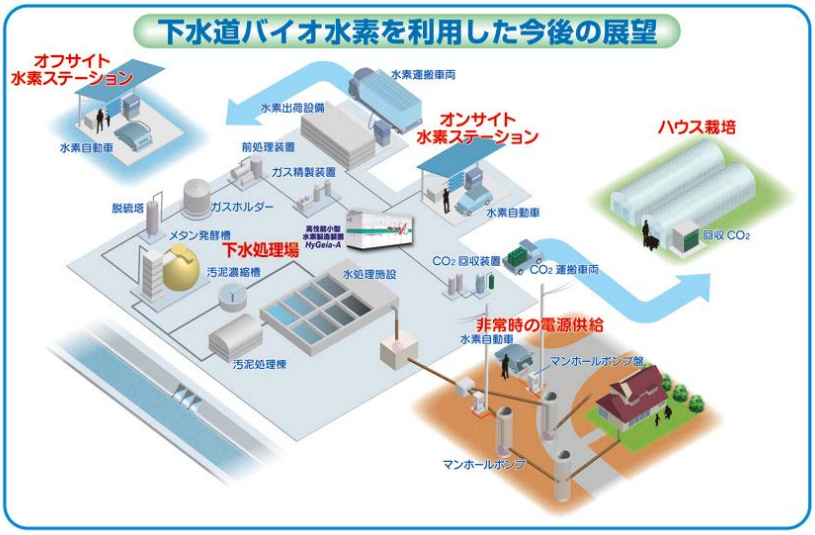


図 3.2.3-2　下水道バイオ水素を利用した今後の展望イメージ

出典：三菱化工機株式会社 HP

3.2.4　下水汚泥由来のバイオガス中の CO_2 分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業

B-DASH プロジェクトにおいて平成 27 年度に「バイオガス中の CO_2 分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業」が採択された。実施者は（株）東芝、日本下水道事業団、佐賀市、（株）日水コン、（株）ユーグレナ、日環特殊（株）共同企業体である。実証フィールドは佐賀市下水道浄化センターである。本実証事業は、下水汚泥から発生する消化ガス中の CO_2 を高濃度で分離・回収し、微細藻類培養に有効活用するとともに、脱水汚泥分離液中に含まれる窒素・リンを、微細藻類（ユーグレナ）を培養する際の栄養源として活用することについて検証を行う。**図 3.2.4-1** に実証事業の概要図を示す。

図 3.2.4-1　実証事業の概要図

出典：国土交通省 HP http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000268.html

本技術は主に次の技術により構成されいる。

①下水バイオガスからの CH_4 と CO_2 を効率的に分離・回収する技術。PSA（Pressure Swing Adsorption 加圧と減圧を交互に繰り返すことで CH_4 と CO_2 を連続的に分離・回収する技術）による CO_2 分離・回収装置。

②回収した CO_2 と脱水分離液（窒素、リン）を用いて微細藻類（ユーグレナ）を効率的に培養する技術。

本技術での革新性は下水汚泥のバイオガスからメタンガスだけでなく、CO_2 も高濃度で分離・回収することと、これまで利用されていなかった下水汚泥のバイオガス中の CO_2 や脱水分離液中の窒素、リンといった「未利用資源」に着目し、ユーグレナの培養に活用した点である。そして、本技術のメリットとしては、分離・回収した CO_2 を有効活用することで、下水バイオガス中の CO_2 を新たな資源として位置付けることが可能であること、培養したユーグレナから飼料・肥料等新たな高付加価値資源の生産が可能であること、脱水分離液中の栄養塩（窒素・リン）を除去することで、放流水による環境への負荷を低減することが可能である点である。

3.2.5　下水汚泥の固形燃料化技術

平成 24 年度には下水汚泥の固形燃料化技術として 2 件の提案技術が選定されている。

まず、一つ目は「温室効果ガスを抑制した水熱処理と担体式高温消化による固形燃料化技術」である。実施者は長崎市、長崎総合科学大学、三菱長崎機工（株）共同研究体であり、実証フィールドは長崎市東部下水処理場である。実証の概要はプレ脱水（濃縮汚泥と

地域バイオマスの混合調質)、水熱反応（有機物の加水分解)、高速消化（高温消化)、脱水・乾燥（燃料化）等を組み合わせたシステム技術の実証である。**図 3.2.5-1** に実証事業の概要図を示す。

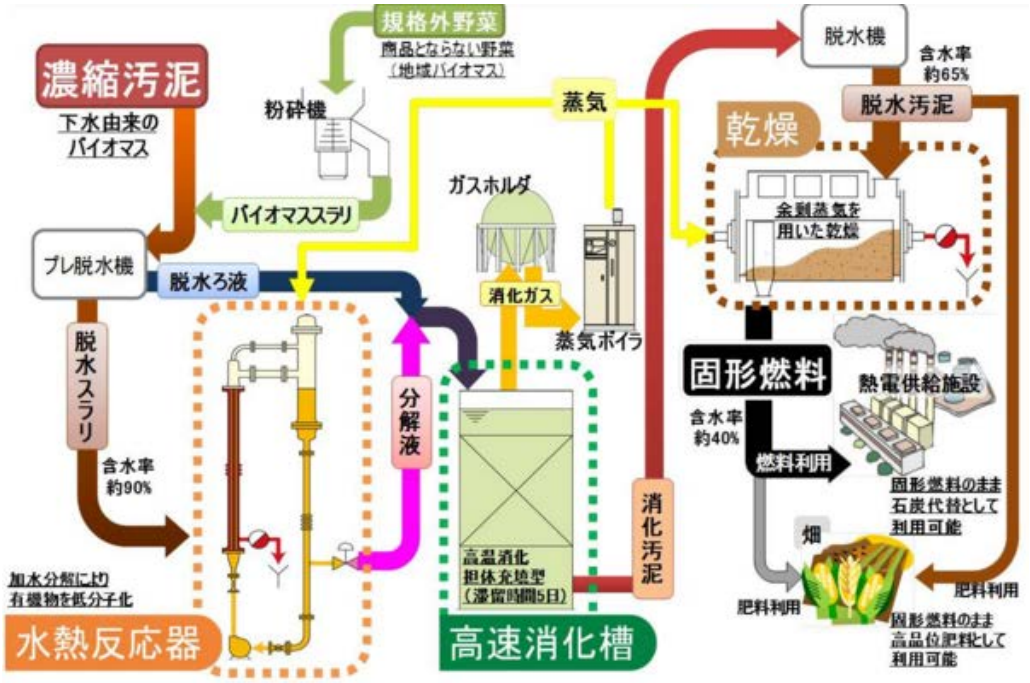


図 3.2.5-1　実証事業の概要図

出典：国土交通省 国土技術政策総合研究所 HP
http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/h24guideline/mitsubishi_gaiyou.pdf

本技術の導入により期待できる効果の具体例として以下のようなものが挙げられる。

1）固形燃料の大規模利用事業所における利用（実証試験モデル）

濃縮汚泥から固形燃料を製造して、大量消費形の固形燃料利用先（石炭火力発電所、バイオマス発電施設等）へ供給する。有価物へと転換させることで汚泥処分費の縮減が見込まれる。熱源を消化ガスにより賄うこと、脱水汚泥の含水率低減から、汚泥固形燃料化に係る燃料使用量の削減、温室効果ガス排出量、コスト縮減が期待される。**図 3.2.5-2** に具体例の概要を示す。

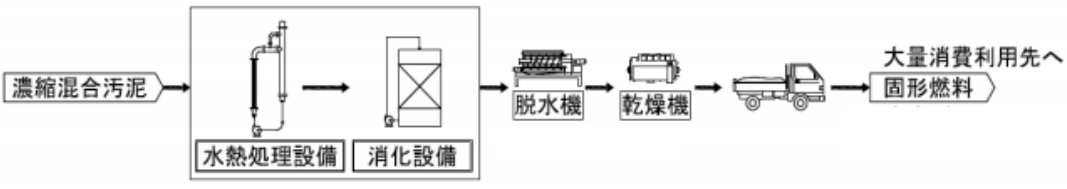


図 3.2.5-2　固形燃料の大規模利用事業所における利用の概要図

出典：国土交通省 国土技術政策総合研究所 HP
http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/h24guideline/mitsubishi_gaiyou.pdf

2）固形燃料の緑農地等地域における利用（農業ハウス熱源、肥料としての活用）

固形燃料そのものを肥料としての利用、農業ハウスの温水ボイラの熱源など多様な用途に活用し、地域における継続的な利用を図る。有価物へと転換させることで汚泥処分費の縮減と共に、熱源を消化ガスにより賄うこと、脱水汚泥の含水率低減から、汚泥固形燃料化に係る燃料使用量の削減、温室効果ガス排出量、コスト縮減が期待される。**図 3.2.5-3** に具体例の概要を示す。

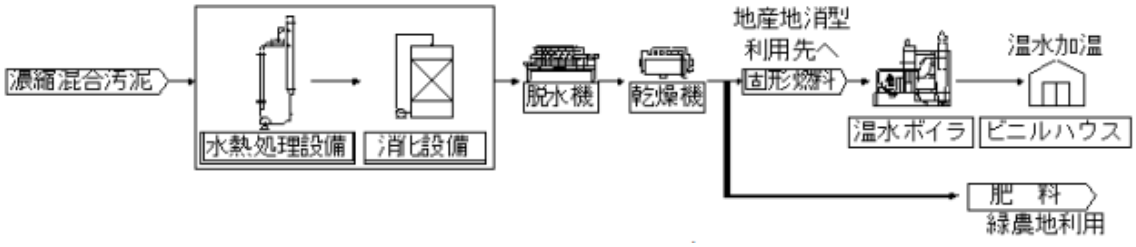


図 3.2.5-3　固形燃料の緑農地等地域における利用の概要図

出典：国土交通省 国土技術政策総合研究所 HP

http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/h24guideline/mitsubishi_gaiyou.pdf

そして、二つ目は「廃熱利用型低コスト下水汚泥固形燃料化技術」である。実施者は JFE エンジニアリング(株)であり、実証フィールドは松山市西部浄化センターである。本技術の概要は 250～350℃以下の低温廃熱を利用して下水汚泥を乾燥し、汚泥固形燃料を製造し、これを活用することにより、コスト縮減効果や省エネルギー効果等に関する実証研究を実施するものである。**図 3.2.5-4** に下水汚泥固形燃料化の概要図を示す。

図 3.2.5-4　下水汚泥固形燃料化の概要図

出典：国土交通省 国土技術政策総合研究所 HP

http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/h24guideline/jfe_gaiyou.pdf

乾燥方式による汚泥の燃料化は、炭化方式等に比べ、汚泥中の有機物が高率で残存するため、エネルギー利用効率が高く、製造される燃料の発熱量が大きいうえに、灰分が相対的に低いが、通常、乾燥空気の加温には大きなエネルギーを消費するという特徴がある。これに対し、本技術は、従来の汚泥乾燥方式に比べ低温（250℃以上）の温風で乾燥が可能であり、既存の汚泥焼却施設等で通常利用されていなかった低温廃熱(白煙防止空気等)を乾燥熱源として有効利用することで、低コスト化・省エネルギー化を図るとともに、温室効果ガス排出量の削減を可能としている。また、燃料製造時には汚泥を棒状に成型し、表面を固化させることで、粉塵発生や臭気が抑制される。

3.2.6 まとめ

下水汚泥利用の分野に関しては、下水道事業を地方公共団体が実施するという特性から、他のバイオマスと比較して公的部門の役割が大きいと言える。様々な有効利用方策があり得るが、行政自身の積極的な姿勢が推進のための重要な要素と考えられる。地方公共団体には都道府県と市区町村があり、下水処理事業は市町村レベルが実施主体であることが多いものの、広域的に効率的な取り組みを行うためには、都道府県が主導して管内の調整を行う必要がある。下水処理場の多機能化を果たし、エネルギーセンターや安心安全を実現する拠点とするためには、都道府県レベルや国の後押しによって可能性が広がることもあるのではないか。現在発展しつつある技術の普及に際して、最適なサイズで行えるよう、規制緩和や広域連携の促進などの制度面の工夫にも期待したい。

市町村は規模が大小様々であり、その規模により実施可能なことが限定されるが、下水汚泥を利用し売電を実施する際には FIT の活用が有効となり実施事例が増えつつある。今回は、発電以外の排水利用（藻類）や燃料化（水素）、副産物有効利用（固形燃料）の新しい技術を紹介した。こうした発電以外の技術を取り入れる際には収益性等の面を考慮し、新たな技術とその地域特性が上手くかみ合うようにすることが重要である。また、自治体だけでなくそこで生活する人々の協力も必要不可欠なものであり、住民意識の向上も必要である。

参考文献

1) 平成 26 年度　エンジニアリングアプローチを用いた地域産業の活性化の調査研究報告書
2) 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン
3) 大阪市 HP：http://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000283106.html
4) 月島機械株式会社 HP：http://www.tsk-g.co.jp/up_pdf/201503301340.pdf
5) 月島機械株式会社 HP：http://www.tsk-g.co.jp/up_pdf/201504060925.pdf
6) 株式会社神鋼環境ソリューション HP：http://www.kobelco-eco.co.jp/topics/pdf/2015/20151015.pdf
7) 岩手県 HP：http://www.pref.iwate.jp/toshigesui/gesui/jimusho/040266.html
8) 国土交通省　国土技術政策総合研究所　下水道研究部 HP：http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/bdash.html
9) 三菱化工機株式会社 HP：http://www.kakoki.co.jp/theme/hydrogen-station/index.html
10) （独）国立環境研究所：地域活性化をめざしたバイオマス利用技術戦略の立案手法の構築

3.3　生ごみ処理のエネルギー利用促進

廃棄する食品類の有効利用の推進等が法律の目的とされたのは、循環型社会の形成を推進する基本的な枠組みとなる法律として、2000 年 6 月に公布された循環型社会形成推進基本法と同時に整備・公布された食品循環資源の再生利用等に関する法律（2001 年 5 月施行、以下、食品リサイクル法）が最初であり、この法律において廃棄する食品は「食品廃棄物等」と定義された。食品リサイクル法のもとで、食品廃棄物の有効利用等のための基本方針が定められてはいたが、食品廃棄物を含めたバイオマスの利活用が注目される契機となったのは 2006 年に策定されたバイオマス・ニッポン総合戦略であろう。

バイオマスのうち、食品廃棄物は廃棄物系バイオマスに分類され、廃棄物系バイオマスの利活用は、循環型社会の形成及び地球温暖化対策の観点から重要であり、その活用を推進するものとして、平成 21 年 6 月に「バイオマス活用推進基本法」が成立し、平成 22 年 12 月には同法に基づきバイオマスの活用の促進に関する施策についての基本的な方針や国が達成すべき目標等を示した「バイオマス活用推進基本計画」が閣議決定された。

東日本大震災と原発事故を受け、地域資源を活用した再生可能エネルギーの大幅な強化が重要な課題となり、バイオマス関係 7 府省の政務で構成するバイオマス活用推進会議により 2012 年 9 月にバイオマス事業化戦略が決定された。この戦略は、技術の選択と集中によって地域バイオマスを活用した事業化を推進し、地域の雇用創出・活性化と地域循環型の再生可能エネルギーの強化を目指し、約 25 種類のバイオマス変換技術の到達レベル、課題等を評価した「技術ロードマップ」に基づき、４つの技術（メタン発酵・堆肥化、直接燃焼、固形燃料化、液体燃料化）と、４つのバイオマス（木質、食品廃棄物、下水汚泥、家畜排泄物）をターゲットに事業として成り立つ案件を積み上げるとともに、セルロース系や微細藻類等の次世代技術の開発を加速化していこうとするものである。

４つのバイオマスのうち、食品廃棄物と木質の林地残材の利用率は他のバイオマスに比して低く、利用率を向上していくことが求められている。現在（農林水産省等平成 27 年度公表の平成 24 年度推計）、年間食用仕向量約 8,500 万 t のうち約 1,700 万 t が食品廃棄物となっており、その約 7 割も埋立・焼却処分されている。食品廃棄物は、湿潤系バイオマスではエネルギーポテンシャルが高い貴重なバイオマスであり、再生可能エネルギー強化の観点からその有効利用は促進されなければならない。また、食品廃棄物は地域が有する貴重な資源とも言えることから、地域の規模、特性等に応じた活用方法により地域活性化につなげていくことが望ましい。

本節では、バイオマスのうち食品廃棄物に焦点をあて、その有効利用に関わる政策等を整理し、意義、支援制度等を改めて確認した上で、本年度視察先を含めた、事業条件（規模、主旨、主体等）を異にする事例を数件取り上げ、政策等との関わり、事業効果、成功要因と考えられる事柄等について整理した。加えて、食品廃棄物等のバイオマス有効利用事業の促進（事業化の検討）に資するため、当該事業に関わる主な課題について触れる。

なお、本節で取扱う事業は、湿潤系バイオマスの有効利用技術として実用化段階にあり、国が重要な技術とするメタン発酵によるものとする。

3.3.1　食品廃棄物の有効利用等に関する政策等

ここでは、メタン発酵による食品廃棄物の有効利用を促進するための方策を考える上で認識等すべき、関連施策、支援制度等についてその概要を示す。

廃棄物系バイオマスの有効利用等を目的として、明確に食品廃棄物を取り上げているものは、バイオマス活用推進基本法と食品リサイクル法の２法である。この２つの法律の他、廃棄物系バイオマスの利活用に関連する法律としては、循環型社会形成推進基本法、廃棄物の処理及び清掃に関する法律、家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律、肥料取締法、揮発油等の品質の確保等に関する法律などがある。

1) バイオマス活用推進基本法

本法の目的は、バイオマスの活用の推進に関して基本理念を定め、国、地方公共団体、事業者及び国民の責務を明らかにするとともに、バイオマスの活用の推進に関する施策の基本となる事項を定めることである。

本法では、国は、バイオマス活用推進基本計画を策定し、バイオマスの活用に必要とされる基本的施策を盛込み、その実現に向けてバイオマス活用推進会議やバイオマス活用推進専門家会議を設置すること等が定められている。

(1) バイオマス事業化戦略

国としての政策目標や指針は「バイオマス活用推進基本計画」に提示されており、2020 年までに達成すべき目標は、①バイオマス種類ごとの利用率目標（食品廃棄物は、現状の利用率約 27%から 2020 年目標約 40%に）、②約 5,000 億円規模のバイオマス関連産業の創出、③600 市町村での市町村バイオマス活用推進計画を策定の３つである。バイオマス事業化戦略は、「バイオマス活用推進基本計画」の目標を達成していくための戦略・実行計画である。

バイオマス事業化戦略は、４つの技術と４つのバイオマスをターゲットにして事業として成り立つ案件を積み上げていくという方針のもとに、経済性のある一貫システムの構築を目指して、入口から出口までの要所ごとに７つの戦略を取りまとめている（**図 3.3.1-1**）。

個別重点戦略は、先の４つの重点バイオマス（木質バイオマス、食品廃棄物、下水汚泥、家畜排せつ物）及びバイオ燃料について示されているが、食品廃棄物、下水汚泥及び家畜排せつ物は、湿潤系・廃棄物系という共通点から、ターゲットとなる技術は、メタン発酵と固形燃料化とされており、特にメタン発酵は、その固有の利点から地域の実情に応じて有効に活用することが重要であるとしている。

図 3.3.1-1　バイオマス事業化戦略の概要

出典：バイオマス事業化戦略

(2)廃棄物系バイオマスロードマップ

廃棄物系バイオマス活用ロードマップ（以下、ロードマップ）は、バイオマス活用推進基本計画においてバイオマスの種類ごとに 2020 年度における利用率の数値目標等が定められたことを受け、環境省がその達成のために必要な技術や施策及びこれらの導入時期の見込みを示したものである。

ロードマップの対象バイオマスは、紙及び食品廃棄物であるが、特に食品廃棄物のうちの家庭系食品廃棄物と食品リサイクル法対象外の事業系食品廃棄物に力点が置かれている。ロードマップは、食品廃棄物等の利用率の現状と「バイオマス活用推進基本計画」で示す 2020 年に達成目標とする利用率目標との差、目標達成のための課題（「自治体で処理されている食品廃棄物（家庭系食品廃棄物及び事業系食品廃棄物）」の利用率向上等）を踏まえ、食品廃棄物等の活用の方向性を整理した上で取りまとめられている。食品廃棄物等の活用の方向性としては、食品廃棄物を資源化する際の主な課題であるいかに効率的に食品廃棄物等を収集するかを念頭に、活用手段はバイオマス事業化戦略の個別重点戦略において湿潤系バイオマスに適用していくべきとされるバイオガス化と固形燃料化によるものとすることを条件として、食品廃棄物等の発生量、発生･収集形態、その他のバイオマスの賦存等の異なる都市規模別に主要利用モデル（５つのモデル）との関係を示している（図 3.3.2-1）。

ロードマップは、５つの主要利用モデルについて、その導入拡大方策（既存焼却施設等の更新･廃止に合わせた処理方式の転換、広域処理化等）、各モデルの定量的な導入の目安（バイオマス利用率目標達成に向けた施設整備の目安）等を示したものである。

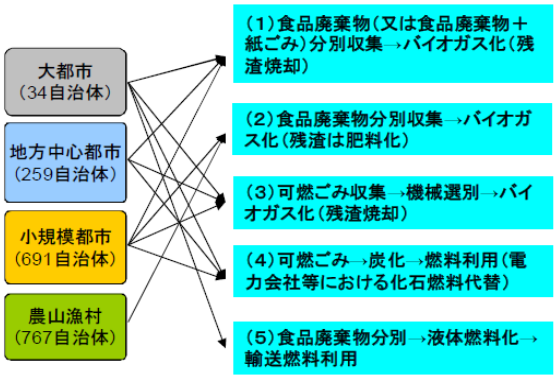


図 3.3.1-2　都市規模と食品廃棄等の主要利用モデルとの関係

出典：廃棄物系バイオマス活用ロードマップ

2) 食品リサイクル法

(1) 目的及び概要

本法（食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律（平成 12 年法律第 116 号、以下、食品リサイクル法））は、食品循環資源の再生利用並びに食品廃棄物等の発生抑制及び減量について、国の基本方針及び食品関連事業者の判断の基準となるべき事項を定め、当該事項を遵守させるための措置を講ずるとともに、再生利用事業者の登録制度その他食品循環資源の再生利用等を促進するための措置を講ずることにより、食品に関わる資源の有効な利用の確保及び食品に関わる廃棄物の排出の抑制を図るとともに食品の製造等の事業の健全な発展を促進し、もって生活環境の保全及び国民経済の健全な発展に寄与することを目的として制定された。

本法では、事業者及び消費者は、食品廃棄物等の発生抑制等に努め、食品関連事業者は主務大臣が定める再生利用等の基準に従い再生利用等に取り組むものとされ、主

務大臣は、この基準に基づき食品関連事業者に対し、指導、助言、勧告及び命令を行うことができることを規定しており、さらに、食品関連事業者の再生利用等への取組を促進する措置として、主務大臣の登録を受けた再生利用事業者等について、廃棄物処理法、肥料取締法等の特例が講じられることを規定している。

(2) 食品廃棄物等の発生抑制・再生利用等を取り巻く状況と課題

我が国一人当たりの食品廃棄物発生量は、比較的少ないといわれているが、食糧受給率（カロリーベース）39%、飼料自給率 27%（ともに平成 26 年度現在、農林水産省発表、**図 3.3.1-3**）とその食料の多くを海外に頼りながら、依然として年間約 1,700 万 t の食品廃棄物が発生し、このうち、食品ロスが約 500～800 万 t あると推計されている（**図 3.3.1-4**）。また、平成 19 年度の発生源単位を基準とした食品関連事業者による食品廃棄物等の発生抑制率は、平成 25 年度で約 11%に留まっていることから、更なる食品廃棄物等の発生抑制の促進が必要となっている。

食品リサイクル法に基づき再生利用等が求められている食品廃棄物等についてみた場合、食品廃棄物等の発生量が年間 100t 未満の事業者を含めた食品関連事業者の再生利用等実施率は、平成 20 年度の 79%から平成 25 年度の 85%へと着実に向上し、一定の成果が認められるものの、分別の困難性等から食品流通の川下に行くほど再生利用等実施率が低下している（食品製造業約 95%、食品卸売業約 58%、食品小売事業約 45%、外食産業約 24%）。

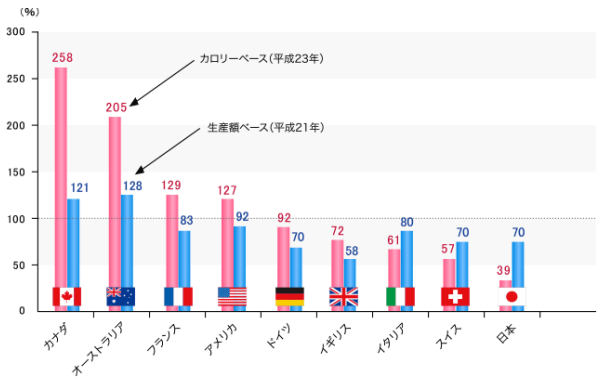


図 3.3.1-3 先進各国における食料自給率

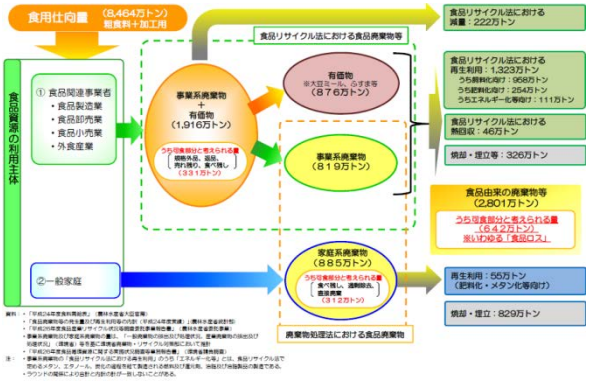


図 3.3.1-4 食品廃棄物等の利用状況等（平成 24 年度推計）概念図

出典：農林水産省ホームページ

表 3.3.1-1　食品関連事業者の新たな再生利用等実施率目標

	食品製造業	食品卸売業	食品小売業	外食産業
新たな目標値（平成 31 年まで）	95%	70%	55%	50%
現在の目標値（新基本方針策定まで）	85%	70%	45%	40%
（参考）平成 25 年度実績	95%	58%	45%	25%

また、食品廃棄物等のうち、廃棄物として排出される約 819 万 t 中、再生利用されている割合は 48%で、依然として約 326 万 t が焼却・埋立処分されている。一方、家庭系の食品廃棄物については、発生量の約 885 万 t に対し、再生利用されているのは 55 万 t（約６％）で、残りの約 829 万 t が焼却・埋立処分されている。埋立処分場の新設・拡張が難しい中で処分場の確保に苦慮している市町村等も存在しており、食品廃棄物の再生利用、最終処分量の削減が求められている。

(3) 新たな基本方針

2015 年 7 月に公布された新たな基本方針では、「食品に係わる資源の有効な利用の確保及び食品に係わる廃棄物の排出の抑制を図るため、食品の製造、流通、消費、廃棄等の各段階において、食品廃棄物等の発生抑制、食品循環資源の再生利用または熱回収、廃棄処分をする食品廃棄物等の減量を推進し、環境への負荷の少ない循環を基調とする循環型社会を構築していく」との基本理念のもと、食品循環資源の再生利用等の促進を図るための具体的な施策の方向性が示されている。

今回、新たな基本方針に示される具体的な施策の方向性として、次が追加された。

(2)食品関連事業者の再生利用等実施率の新たな目標値の設定

食品関連事業者による再生利用等実施率について、平成 31 年度までに、食品製造業にあっては、全体で 95%、食品卸売業にあっては全体で 70%、食品小売業にあっては全体で 55%、外食産業にあっては全体で 50%に、それぞれ向上させることが目標とされた。

(2)食品関連事業者の発生抑制の目標値の設定・拡大

平成 26 年 4 月より食品関連事業者 26 業種を対象に発生抑制の目標値が本格施行されているが、新たな定期報告のデータ等を踏まえ、５業種について発生抑制の目標値が追加された。

(2)食品循環資源の再生利用の優先順位の明確化

従来から飼料化を最優先すべきことが規定されているが、次に優先すべき手法は肥料化であることが明確化された。

なお、食品循環資源についてメタン発酵によるメタンガスの利用と、メタン発酵の際に発生する消化液の肥料利用を同時に行なう場合に関して、肥料利用が行われる部分について食品循環資源の肥料化利用として認識できる旨についても明確化された。

(2)再生利用事業計画（食品リサイクルループ）認定制度等の推進

国にあっては、食品関連事業者、再生利用事業者及び農林漁業者等はマッチングを強化することによって、地方公共団体にあっては、リサイクルループに対する更なる理解の促進等を通じて主体間の連携を促すことによって、地域における多様なリサイクルループの形成を促進することとしている。

(2)国と地方公共団体との連携を通じた食品循環資源の再生利用等の取組の促進

これまで再生利用等が進んでいない食品流通の川下を中心とする食品循環資源の再生利用等を促進する観点からも、地域における農林漁業者等を含む再生利用事業者の把握及び育成並びに地方公共団体を含めた関係主体の連携による計画的な食品循環資源の再生利用等を促進すべきこととしている。

3) 有効利用を促す制度等

(1) 政策的支援

(2)電力システム改革

廃棄物発電を含めた廃棄物由来のエネルギー回収施策を推進するものとして、電力システム改革および固定価格買取制度が挙げられる。

電力システム改革は、電力システムに関する改革方針（平成 25 年 4 月閣議決定）に基づき、広域系統運用の拡大、小売の全面自由化および送配電部門の中立性の確保（発送伝分離）を柱として進められている。特に、電気事業法改正により、2016 年には小売が全面自由化され、それに伴い計画値同時同量の導入等が実施される予定とされており、廃棄物発電についても的確に対応していくことが求められる。

固定価格買取制度については、一部の電力会社による電力接続契約に対する回答保留が行われるなど制度の見直しが迫られたことを背景に、2015 年 1 月、新たな出力制限ルールや固定価格買取制度の運用見直しを盛り込んだ、再生可能エネルギー特別措置法施行規則の一部を改正する省令と関連告示が公布施行された。その中で、一般廃棄物発電およびメタン発酵ガス発電は、地域に賦存する資源を有効活用する「地域資源バイオマス発電」と位置づけられ、新たな出力制御ルール（出力制御の優先順位が定められ、地域資源バイオマス発電は出力制御の優先順位が低いとされた）に移行したうえで、再生可能エネルギーの最大限導入の観点から今後の受け入れ方針が明確化された。

地域を活性化するための施策として、地方創生が進められる中、これらの大きな制度改革は、再生可能エネルギーを地域の活性化に資する形に再構築する絶好の機会であるとも考えられる。

(2)廃棄物処理施設整備計画

東日本大震災以降、電力不足への対応や、原発に大きく依存してきたエネルギー戦略の見直しが迫られる中で、廃棄物処理施についても災害時の緊急電源や防災拠点としての機能、廃棄物系バイオマスの再生可能エネルギーとしての有効利用の観点から、地域のエネルギーセンターとして果たす役割は大きくなることが期待されている。このような背景から、現行の「廃棄物処理計画」（廃棄物処理法に基づく計画、2013 年 5 月閣議決定、発表、計画期間 2013 年～2017 年）は次のような基本理念を示している。

（１） ３R の推進

（２） 強靭な一般廃棄物処理システムの確保

（３）地域の自主性および創意工夫を生かした一般廃棄物処理施設の整備

整備計画ではさらに廃棄物処理施設整備の方向性として次等を示している。

ⅰ）市町村の一般廃棄物処理システムを通じた３Ｒの推進

ⅱ）地域住民等の理解と協力の確保

ⅲ）地球温暖化防止および省エネルギー・創エネルギーへの取組に配慮した廃棄物処理施設の整備

ⅳ）災害対策の強化

ⅴ）廃棄物処理施設の整備にかかわる工事の入札と契約の適正化②。

(2)エネルギー特別会計

エネルギー対策特別会計は、石油石炭税等を財源とした、省エネ・新エネの推進等のエネルギー対策を実施する特別会計であり、税制による地球温暖化対策を強化するとともに、エネルギー起源 CO_2 排出抑制のための諸施策を実施していくものである。具体的には、石油石炭税に CO_2 排出量に応じた税率を「地球温暖化対策のための課税の特例」により上乗せ、これらの税収を財源とし、わが国の温室効果ガスの９割を占めるエネルギー起源 CO_2 排出抑制対策に充当させることとしている。

環境省は、廃棄物分野における地球温暖化対策の強化を図るため、エネルギー対策特別会計を活用した温室効果ガス排出削減対策の検討・実証・成果の普及について、今後一層推進していく考えのようである。一方、廃棄物処理施設の中長期の更新需要に対して、循環型社会形成推進交付金の予算が大幅に不足しているという厳しい予算状況を踏まえ、エネルギー対策特別会計の活用を含めた更新需要の平準化等の対策についても検討しているようである。

エネルギー対策特別会計事業には、①廃棄物処理施設への先進的設備導入推進事業、②CO_2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業、③廃棄物発電の高度化支援事業がある。

(2) 財政的支援

(2)循環型社会形成推進交付金

2014 年度、新たな整備計画等が示す方向性を推進するため、高効率エネルギー回収および災害廃棄物処理体制の強化の両方に資する包括的な取組を行う施設に対して交付対象の重点化を図る事業として、「エネルギー回収型廃棄物処理施設」が新たに創設され、メタンガス化発電についても、交付率２分の１の交付対象として支援されることとなった。メタンガス化施設の交付要件は、①メタンガス化施設からの熱利用率 350kWh/ごみ t 以上、②施設の長寿命化のための施設保全計画を策定することとなっている。なお、この支援措置は、2018 年（平成 30 年）までの時限措置である。

(2)その他助成制度

バイオガス化の導入に活用な国等の補助金、交付金制度等の財政的支援制度を**表**

3.3.1-2 に示す。

表 3.3.1-2　バイオガス化の導入に活用可能な国等補助金及び交付金（平成 26 年度末現在）

性格	名称	主管省庁	補助対象者	概要	補助率等
設備導入支援	地域バイオマス産業化推進事業（農山漁村６次産業化対策事業）	農林水産省	地方公共団体、民間団体等	バイオマス産業都市構想に位置づけられた施設に対し交付。 新規施設：実用化されている技術を利用して事業採算性が確保できると認められるもの及びこれら施設の付帯施設の新設を対象 成果拡大施設：エネルギー変換効率の向上や製造コストの低減等の成果拡大のために必要なバイオマス利活用施設であって、事業化プロジェクトの事業採算性が確保できるものと認められるものの増設・改造を対象	施設整備に対して、1/2 の補助金交付
	次世代下水道支援事業制度	国土交通省	都道府県、市町村	下水汚泥とその他のバイオマスの混合・調整施設、消化施設、消化ガス利用施設及びその付帯施設に対して交付	設備費の 1/2～2/3 の補助金交付
実用化・事業化支援	先導的「低炭素・循環・自然共生」地域創出事業	環境省	都道府県、市町村、地方公共団体、民間事業者	再エネ導入のポテンシャル等の調査・整備、低炭素地域づくりのための事業化計画の策定、実現可能性（FS）調査の支援及び事業化計画の策定等に当たっての専門家派遣や人材育成等の支援、事業の実施に必要な再エネ・省エネ設備の導入支援	地方公共団体地域実行計画の計上事業等に係わる設備導入支援:地方公共団体（1/2～2/3）
	再生可能エネルギー等導入推進基金事業（グリーンニューディール基金）	環境省	都道府県、市町村、地方公共団体	再生可能エネルギーを活用した自立・分散型エネルギーの導入等による「災害に強く環境負荷の小さい地域づくり」に資する再生可能エネルギー等の導入を支援	公共施設への再生可能エネルギー等機器の導入に対して定額補助
	新エネルギー等導入加速化支援対策費補助金	経済産業省・資源エネルギー庁	都道府県、市町村、地方公共団体、民間事業者	地方公共団体と民間事業者が連携し、地域一体となって取組む新エネルギー等の設備導入事業（社会システム枠）に対して事業費の一部を補助。バイオマス発電、バイオマス熱利用、バイオマス燃料製造を対象に補助	補助率 1/2 以内

	地域循環型バイオガスシステム構築モデル事業	環境省	都道府県、市町村、地方公共団体、その他の法人	硝酸性窒素等による地下水汚染への対処を目的とし、原則としてその主な発生源である家畜排せつ物を原料とするバイオガス化事業。バイオガス製造設備等の地域循環型バイオガスシステムの構築に必要な設備をリース方式により導入、運用する	予算限度額の範囲内で1～2件、予算総額3億円
		農林水産省	複数の共同実施者により構成された地域協議会の代表機関	水産系廃棄物、食品廃棄物と水産系廃棄物の組合せ、食品廃棄物と家畜排せつ物の組合せによるバイオガス化事業を対象	予算限度額の範囲内で1～2件、予算総額21億円
維持費支援	再生可能エネルギーの固定化価格買取制度	資源エネルギー庁	民間団体、地方公共団体	再生可能エネルギー導入促進のため、電力会社に電力の買取を義務付け、その事業化が可能な価格を設定した制度。調達期間は20年。	メタン発酵によるガス化発電の調達価格は39円/kWh（税抜き）

出典：平成26年度廃棄物系バイオマス利活用導入促進事業委託業務報告書　平成27年3月

3.3.2 事例調査

1）調査対象

生ごみ処理のエネルギー利用を促進していくためには、現在運営がなされている事業から成功要因を学び、これに倣うことが有用と考えられる。

ここでは、本調査研究において視察調査を行った次の事業所を対象に、その概要を整理、分析し、成功要因等について考察する。

表 3.3.2-1 事例調査の対象事業所

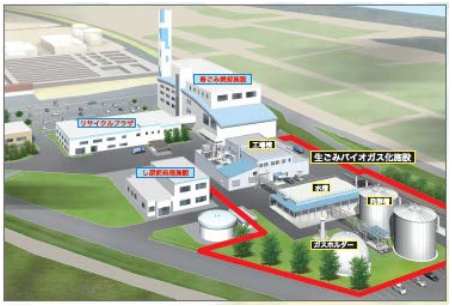
	事業所名	所在	事業モデル	事業規模等	主な収入源
事例１	富山グリーンフードリサイクル	富山県富山市	食品廃棄物等分別収集→バイオガス化及び肥料化	メタン化 40t/日 堆肥化 3 ～ 21t/日 MGT30kW×3	一廃・産廃処理受託、バイオガス（一部）販売、堆肥販売
事例２	長岡市生ごみバイオガス発電センター	新潟県長岡市	食品廃棄物分別収集→バイオガス化（残渣は燃料化）	メタン化 65t/日 GE560kW× 1	売電、燃料販売
事例３	日田市バイオマス資源化センター	大分県日田市	食品廃棄物分別収集＋家畜排せつ物等受入→バイオガス化（残渣は肥料化）	メタン化 80t/日 GE170kW× 2	事業系・産廃受入手数料、売電
事例４	瀬波バイオマスエネルギープラント	新潟県村上市	食品廃棄物分別収集→バイオガス化（残渣は肥料化）	メタン化 4.9t/日 GE30kW× 1	一廃・産廃処理受託、堆肥利用（農業貢献）、売電、農産物販売（加工品含）
事例５	南但クリーンセンター	兵庫県朝来市	可燃ごみ収集（広域=2 市）→機械選別→バイオガス化（残渣焼却）	メタン化 36t/日 GE191kW× 2	売電

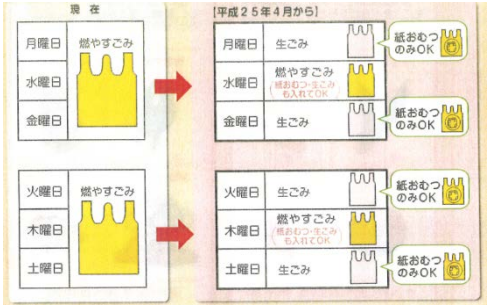
2）事例調査の整理

以下、事例調査対象の各事業について、本調査研究の視察報告等を参考に事業環境、事業条件、事業の特徴、効果等を整理したものを示す。

<table>
<tr><th colspan="3">事例１　富山グリーンフードリサイクル</th></tr>
<tr><td rowspan="2">事業環境</td><td>所在地</td><td>富山県富山市松浦町 8-20
（富山市エコタウン産業団地内）</td></tr>
<tr><td>事業類型</td><td>都市（富山市人口約 42 万人）－農村広域連携型</td></tr>
<tr><td rowspan="3">事業条件</td><td>事業主体</td><td>富山グリーンフードリサイクル株式会社（民間事業者）</td></tr>
<tr><td>モデル</td><td>生ごみ（富山市内一部地域）、食品廃棄物等のメタン発酵による発電及びガス供給並びに堆肥化
（食品廃棄物等分別収集→バイオガス化及び肥料化）</td></tr>
<tr><td>規模等</td><td>処理方式：①前処理＋メタン発酵（湿式高温）＋（MGT＋ガス精製）
②前処理＋堆肥化（好気発酵・養生）＋選別・袋詰め
処理対象：家庭系生ごみ、事業系生ごみ、動植物性残渣、剪定枝等
処理能力：メタン発酵 40t/日、堆肥化３～20t/日</td></tr>
<tr><td></td><td>収入源</td><td>一廃・産廃処理受託、バイオガス（一部）販売、堆肥販売</td></tr>
<tr><td>事業の特徴・効果</td><td colspan="2">
特徴：
・本事業は、富山市が計画したエコタウン事業の一事業（富山市食品廃棄物リサイクル事業）であり、一般廃棄物を受入処理する民間事業である。
・メタン発酵と堆肥化のコンバインド（発酵残渣は堆肥原料の一部に利用）。
・収入源は、主として廃棄物処理の受託だが、リサイクル製品（バイオガス、堆肥）の販売によるものもある。
・バイオガスは約４割を MGT 発電、約６割を本事業の立地する産業団地内の工場に導管供給にて販売（約 3,000m³/日）し、堆肥は富山県内の JA、ホームセンター等に販売している。
・受入物中のメタン発酵等不適物の廃プラスチックは、選別・洗浄し、RPF 燃料として利用することで、処理コスト削減を図っている。
効果：
・民間施設で一般廃棄物を受入処理することで、富山市の一般廃棄物事務の軽減に貢献している。
・本事業は、立地する富山市エコタウン産業団地内において、エネルギー利用を含め、団地内のゼロエミの一翼を担っている。
・バイオガス販売先においては、バイオガス使用前に比べ CO_2 排出量が年間約 1,900t 削減された。
・堆肥は小中学校やイベントに提供され市民生活に多角的に貢献している。

</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="3">事例２　長岡市生ごみバイオガス発電センター</th></tr>
<tr><td rowspan="2">事業環境</td><td>所在地</td><td>新潟県長岡市長岡市寿３丁目６番１号
（長岡市環境衛生センター内）</td></tr>
<tr><td>事業類型</td><td>中都市型（長岡市人口約 28 万人）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">事業条件</td><td>事業主体</td><td>株式会社長岡バイオキューブ（民間事業者、特別目的会社）</td></tr>
<tr><td>モデル</td><td>生ごみ（長岡市内全域）のメタン発酵による発電と発酵残渣の燃料化
食品廃棄物分別収集→バイオガス化（残渣は燃料化）</td></tr>
<tr><td>規模等</td><td>処理方式：前処理＋メタン発酵（湿式中温）＋GE＋発酵残渣乾燥
処理対象：家庭系ごみ 40t/日、事業系ごみ 25t/日
処理能力：前処理 65t/日、メタン発酵 55t/日</td></tr>
<tr><td></td><td>収入源</td><td>売電、燃料販売</td></tr>
<tr><td>事業の特徴・効果</td><td colspan="2">特徴：
・PFI（BTO)方式を採用し、民間事業者の経営・技術能力による、財政資金の効率的、効果的活用が行われている。
・本事業は、事業の効率化、経済性向上等のため施設間連携（前処理除去物は既設焼却施設で処理、消化脱離液は既設下水処理施設で処理、両施設とも近接）を前提として計画されている。
・事業計画段階から市民への事業理解に努め（分別協力のための説明会（620 回)、広報（３年))、事業実施段階においては、市民からの要望を受入れ（生ごみ指定袋のサイズ追加、紙おむつ（発酵不適物）の受入、収集日の変更）ている。
・事業系ごみ排出者における分別動機としての価格設定を導入（焼却ごみ 1.2 万/t、生ごみ 0.8 万/t）している。
効果：
・生ごみ発電により、年間約 410 万 kWh の電気が生み出され、本事業用電力を賄うほか、隣接する焼却施設で必要な電力の一部を賄うことにより、市の経費が削減（約 4,800 万円/年）された。
・焼却ごみ量の減少により CO_2 削減（約 2,000t/年）が図られている。
・焼却ごみ量が約１/３削減できたことにより、ごみ処理経費が削減（35 億円/15 年）され、また、次期焼却施設能力の縮小等が可能となった。
・焼却ごみ量削減による焼却灰の減少及び発酵残渣の燃料化（セメント工場向け）により最終処分場の延命化が図られている。
 

 
</td></tr>
</table>

事例３　日田市バイオマス資源化センター		
事業環境	所在地	大分県日田市三和 1906
	事業類型	中都市－農村広域連携型（日田市人口約７万人）
事業条件	事業主体	日田市（自治体）
	モデル	家畜排せつ物、生ごみ（日田市内全域）等のメタン発酵による発電と発酵残渣の肥料化 食品廃棄物分別収集＋家畜排せつ物等受入→バイオガス化（残渣は肥料化）
	規模等	処理方式：前処理＋メタン発酵（湿式中温）＋GE＋発酵残渣肥料化 処理対象：豚糞尿 50t/日、家庭系生ごみ 24t/日、農集排汚泥 6t/日 処理能力：メタン発酵 80t/日
	収入源	事業系・産廃受入手数料、売電

事業の特徴・効果

特徴：

・日田市は、平成９年の焼却施設排ガス問題を契機に環境都市を目指し、平成 10 年には西日本自治体初の ISO14001 取得など環境意識は高い。

・本事業は、平成 11 年の家畜排せつ物法施行に伴う家畜排せつ物問題及びごみ焼却経費低減の要請を背景に平成 15 年頃に計画され、平成 18 年に操業開始したもの。

・本事業は、上記背景の通り、産業廃棄物（家畜排せつ物）の適正処理と一般廃棄物の再資源化によるごみ処理経費削減を主眼としたものであり、発電は付随的なものとの位置付け。

・メタン発酵に伴い発生する発酵残渣は堆肥、消化脱離液（一部）は液肥（市内 13 箇所で無料配布）として有効利用している。

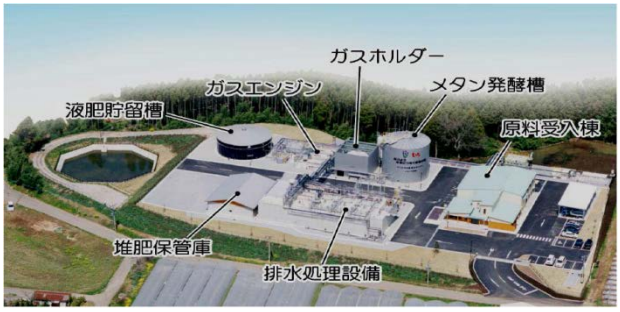
・市民啓発及び地域連携のため、市民環境会議の設置、研修・講演会の開催、小学校の見学の受入れ等を積極的に実施している。

効果：

・焼却ごみ量が削減され、その結果、ごみ焼却費が削減され、また、焼却施設更新費用を縮小することができた。

・本事業により、家畜排せつ物問題の解決と同時に、地域内廃棄物が農村に必要な資源である肥料（堆肥、液肥）として還元されている。

・本事業計画上予定していなかった FIT が開始され、発電量全量を売電することにより、事業性が大きく向上した。



事例４　瀬波バイオマスエネルギープラント		
事業環境	所在地	新潟県村上市瀬波温泉 1-1175
	事業類型	農村型
事業条件	事業主体	株式会社開成（民間事業者）
	モデル	食品廃棄物、農業廃棄物等（村上市内一部地域）のメタン発酵による発電並びに発電廃熱及び発酵残渣肥料を活用した農産物生産 食品廃棄物分別収集→バイオガス化（残渣は肥料化）
	規模等	処理方式：前処理＋メタン発酵（乾式中温）＋GE＋発酵残渣肥料化 処理対象：食品廃棄物、農業廃棄物、畜産廃棄物等 処理能力：メタン発酵 4.9t/日
	収入源	一廃・産廃処理受託、堆肥販売、売電、農産物販売（加工品含）

事業の特徴・効果

特徴：

・本事業施設は、FIT メタン発酵の第１号認定施設である。

・本事業は、食品リサイクルループ（液肥）第１号認定事業である。

・発電廃熱を温室ハウス熱源として活用することにより、寒冷地で南国果樹の栽培に成功している。

・本事業では、肥料品質を確保するため、受入廃棄物を厳選するとともに手選別による前処理を行っている。

・本事業者は、特定肥飼等製造業者を担い、食品関連事業者（食品廃棄物の分別排出）、特定肥飼料等利用者（製造肥飼料を活用しての農産物生産）等と協業することで食品リサイクルループを完結させている。

・本事業は、売電だけではなく、廃棄物処理、農産物生産（加工品製造含む）・販売及び肥料製造・販売のトータルで成立しているとのこと。

効果：

・廃棄物をメタン発酵・発電することにより、農産物生産の低コスト化と廃熱を利用した高付加価値農産物の生産に成功している。

・また、発酵残渣を肥料として有効活用することにより、地域資源を循環させ、これにより、安定した農作物の生産体制、雇用の創出、地域活性化に貢献している。

・民間施設で一般廃棄物を受入処理することで、自治体の一般廃棄物事務の軽減に貢献している。

事例５　南但クリーンセンター		
事業環境	所在地	兵庫県朝来市和田山町高田 817-1
	事業類型	小都市型（養父市人口約 2.7 万人、朝来市同約 3.3 万人）
事業条件	事業主体	南但広域行政事務組合（自治体（養父市、朝来市広域連合）
	モデル	生ごみ（組合管内全域）のメタン発酵による発電と発酵残渣の焼却（熱回収） 可燃ごみ収集→機械選別→バイオガス化（残渣焼却）
	規模等	処理方式：①前処理（機械選別）＋メタン発酵（乾式高温）＋GE ②焼却＋温水発生（熱回収） 処理対象：家庭系ごみ 40t/日 処理能力：前処理 40t/日、メタン発酵 36t/日
	収入源	売電

事業の特徴・効果

特徴：

・本事業は、メタン発酵と焼却（熱回収）のコンバインド。
・２市連携により、原料を確保。
・本事業開始に伴うごみ収集区分の変更は行わず、発酵不適物は前処理（機械選別）により除去。
・メタン発酵槽加温用熱源は、焼却時発生熱を回収、利用した温水によっている。
・乾式方式の採用により、湿式ではメタン発酵されない家庭系ごみ中の紙ごみ等がガス化される。
・本事業システムは、高効率原燃料設備としての認定を受けたことで、施設整備費に対して 1/2 の補助を受けている。

効果：

・廃棄物系バイオマスの有効活用が図られたことに加え、FIT を活用することで維持管理費の削減が図られている。
・高効率原燃料回収施設の導入により、小規模施設ながら高効率発電（約 18%）が可能となった。
・焼却ごみ量の減少により、焼却処理に比較して、エネルギー効率の向上、CO_2 排出抑制が図られた。

次に、先に示した事例調査の整理を踏まえて、事業の成功に寄与しているものと考えられた事柄を抽出するとともに、その性格により何れの要因（社会的要因（外部環境・内部環境）、制度的要因、経済的要因、技術的要因、その他要因の５つとした）に該当するものかを当てはめた（**表 3.3.3-2**）。

表 3.3.3-2　事業の成功に寄与しているものと考えられた事柄

	事例１　富山グリーンフードリサイクル
抽出した事柄	①廃棄物処理施設の必要性、重要性等は広く認識されつつあるも、いまだ NIMBY が廃棄物施設立地上の課題となっているなか、本事業は、富山県が施策として「エコタウン産業団地」を設けることで、民間事業者による廃棄物処理事業への参入、施設立地を比較的容易にしている。**社会（外部）・制度** ②「エコタウン産業団地」の方針としてゼロエミッションの追求を規定し、また、エコタウン事業の承認を受けることで廃棄物処理施設の有意性が訴求され、その負のイメージが軽減されているものと思われる。**社会（外部）** ③本事業は、民間事業者が知恵と工夫を凝らして競い合った結果採択された事業である。**経済** ④バイオガスが販売可能な事業所が隣接していることから、発電設備計画は余剰ガスの発生を前提とすることができ、発電設備の稼働率を高くしつつ、余剰ガスは販売するという合理的なバイオガス利用が可能となっていると考えられる。**社会（外部）、経済** ⑤民間事業である本事業で一般廃棄物の受入を可能とした（富山市が一般廃棄物処理業を許可した）ことで、行政においては一般廃棄物処理経費が低減、民間においては高い施設稼働率と収入源が確保され、両者に利益のある事業となっている。**制度、経済** ⑥本事業の周辺は農家等製造した堆肥を必要とする者が多く存在しており、在庫の問題はなく、また、その販売により収入を得ている。**社会（外部）、経済** ⑦消化液は下水道放流可能なことから、その処理コストが低減できる。**経済**
	事例２　長岡市生ごみバイオガス発電センター
抽出した事柄	①計画段階から行政により市民への啓発に努めつつ、ごみの分別、収集等について市民との対話、要望の受入れなどによる市民・行政の双務関係を通じた両者の信頼に基づく協業体制が構築されている。**社会（内部）** ②事業形態として PFI 方式（BTO）を採用することにより、設備投資面では財政資金の効率的、効果的活用が行われ、事業運営面では行政事務負荷の軽減（本件新規事業であるがゆえの技術的知見の蓄積、専門職員の配置など）が図られているものと考えられる。**制度、経済** ③部署間及び施設間連携が図られていることにより、前処理分別異物は隣接する焼却施設（環境部）で処理、消化液は下水道施設（土木部）で処理できることにより事業運営コストの低減等が図られている。**社会（内部）、経済** ④発酵残渣は廃棄物処理によらず、乾燥、燃料化することにより、バイオマス燃料として販売することに成功している。**技術、経済**

	事例３　日田市バイオマス資源化センター
抽出した事柄	①西日本で初の環境 ISO を取得するなど行政の環境意識が高い。**社会（内部）** ②家畜排せつ物の適正処理の課題を地域資源活用の機会として捉え、地域に利益をもたらす地域循環圏の観点から事業検討が開始されたと考えられる。**社会（外部）・制度** ③その検討においては、家畜排せつ物の課題と同時期に課題とされていた焼却管理費の削減、焼却施設更新費の低減をも図るため、検討対象に生ごみも含め、当時実績は少ないが焼却量削減とエネルギー創出が可能なメタン化を候補に選定した。**社会（内部）、技術** ④事業開始前にはごみの分別等本事業の説明会を百数十回も開催し、現在においても市民環境会議の設置、講演会の開催、見学の受入など通じて本事業の意義等が市民に理解等されている。**社会（内部）** ⑤本事業の周辺は農家等製造した肥料（堆肥、液肥）を必要とする者が多く存在している。行政は市内複数個所に液肥配布所を設けるなど工夫することで、その円滑な排出がなされている。**社会（外部・内部）** ⑥消化液は下水道基準まで浄化すれば下水道放流が可能であり、公共用水域への放流に比べて浄化コストは安価である。**経済**
	事例４　瀬波バイオマスエネルギープラント
抽出した事柄	①本事業は、FS 段階から「循環型社会の実現」、「新たな産業の創出と活性化」等共通の目標をもつ地域の産学官が一体（村上市瀬波温泉熱利活用地域新エネルギービジョン FS 策定業務策定委員）となって検討されたものである。**社会（外部・内部）** ②協業ともいえる食品リサイクルループの考え方を導入することで、当事者となる食品廃棄物の排出者（本件の場合、旅館、スーパー等）、そのリサイクル事業者（本事業者）、リサイクル物の利活用者（本事業者、農家等）等の各々はループを完結させるための役割、責任を認識している。**社会（外部・内部）** ③FIT を活用（１号認定）することにより事業性を向上させる、食品リサイクルループを適用（１号認定）することにより実効性を高める（お墨付き）、事業を迅速に開始させる（収集運搬許可不要）など、国の支援制度、推進制度を効果的に活用している。**制度** ④一方、事業着手に時間を要することとなる廃棄物処理施設許可を不要するため、本事業施設能力は 4.9t/日としている。**制度** ⑤本事業の環境性を訴求（食品廃棄物由来のエネルギー、資源を活用した農産物の生産等）することで商品価値の向上に成功していると考えられる。また、GE 廃熱を利用した温室ハウスで南国果樹を栽培することで宣伝効果を高める、売れる高付加価値商品を生み出している。**社会（外部）・経済** ⑥本事業は、廃棄物処理、売電、肥料販売、農業、農産品の加工販売のトータルで成立している。**経済**

	事例５　南但クリーンセンター
抽出した事柄	①堆肥需要がなく、発酵残渣を有効活用する必要がないという地域事情を踏まえ、機械選別＋（紙類が発酵可能な）乾式を採用することで、ごみの分別区分を変更することなく事業化することができている。**社会（外部）、技術** ②また、紙類を発酵対象に含めることが可能な乾式であることにより、湿式を採用した場合に比べてバイオガス発生量の増加と発酵残渣焼却量の低減が図られている。**技術** ③小規模な焼却施設においてはエネルギー効率が低いという課題が挙げられるが、本事業で採用される乾式＋焼却のコンバインド方式は、同規模の焼却単独施設に比して、エネルギー効率の向上と経費低減が可能と言われている。**技術** ④循環型社会形成推進交付金制度において、高効率原燃料回収施設として施設整備費の 1/2 の補助を受けている。**制度** ⑤本施設での発電量は施設全体の消費電力量の約半分であり、全体として電力余剰はないが、メタン発酵槽より後段を FIT 認定設備にし別系統受電とすることで余剰電力を発生させ売電している。**制度**

3.3.3　考察

視察先に選んだ各事業は、評判のよいものであるが、その成功に寄与していると考えられた事柄と特長としては、次が挙げられた。

(1) 経済的要因として、事業者の工夫・努力によりコスト低減等を図っているもの（事例１③、事例２④、事例４⑤）のほか、他施設または関係者との連携、協力により施設の合理化、事業運営の効率化等を図り経済性向上に繋げているもの（事例１④⑤⑥⑦、事例２③、事例３⑥、事例４⑥）が見られ、その多くは連携する各々がその利益を享受するものとなっている。官民連携など、多くの主体の連携が重要である。

(2) 制度要因として、助成関係（事例４③、事例５④⑤）や、規制関係（事例１⑤、事例３②、事例４④）、施策関係（事例１①、事例２③、事例４③）などが後押ししている。FIT も有効であるが、多様な制度を上手く活用できるよう、国や県などに働きかけることが重要と言える。

(3) 技術的要因のみに該当するものは少ない（事例５②③）。生ごみの資源利用は、メタン発酵や堆肥化、燃料化など成熟した技術があり、活用する背景づくりがより重要であると言える。

(4) 社会的要因として、事業の認知度向上、共通認識の醸成に関するものが多い（事例１①②、事例２①、事例３④、事例４①②⑤）。施設の印象改善には、各施設とも努力しており、これが持続可能性に寄与すると考えられる。

生ごみの活用促進について、上手く運用されていると評判の事例においてもメタン発

酵を中心として、堆肥化や燃料化と組合せ、また FIT 以外の社会制度も上手く活用しているなど、多様な工夫が見られた。

村上市の例は、農業と組合せることで、メタン発酵によるエネルギー収入だけで黒字になる必要がないことが根本にある。農業への企業参入が期待されるこれからの時代にあっては、農業と結び付けてエネルギー施設を作り、そこを拠点として、地域の生ごみを受け入れる形に期待が持てる。

富山市では、生ごみの受け入れ料を、エネルギー施設に還元する仕組みを自治体が整え、分別の教育もすることで、民間が運営する基盤ができている。一定の自治体が制度を作り民間に廃棄物処理を委託すれば、民間の企業努力でゴミ資源の収集量を増やす可能性が広がる。

メタン発酵は歴史も長く、完成された技術と言えるものの、長岡市の燃料を有料で売ることで副産物を削減する工夫や、南丹広域行政事務組合のように乾式メタンを導入し焼却施設と併設することで副産物処理も含めたトータル負荷を減らすような技術の工夫も見られている。メタン発酵の周辺も加味すれば、まだ技術的な工夫の余地はあることを示している。

参考文献

1）食品リサイクル推進における自治体の役割　石川雅紀（月刊廃棄物,9 月,2015）

2）今後の食品リサイクル制度のあり方について（意見具申）平成 26 年 10 月 17 日　中央環境審議会

3）「食品循環資源の再生利用等の促進に関する基本方針の策定等について」（答申）平成 27 年 4 月 7 日　中央環境審議会

4）バイオマス事業化戦略と食品廃棄物をめぐる課題　野津山喜晴（廃棄物資源循環学会誌 Vol.24,No1,2013）

5）バイオマス事業化戦略

6）廃棄物系バイオマス活用ロードマップ　環境省

7）平成 26 年度廃棄物系バイオマス利活用導入促進事業委託業務報告書　平成 27 年 3 月　株式会社東洋設計、株式会社日水コン

8）廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル（詳細版）（案）平成 27 年 3 月　環境省

9）日本の廃棄物処理 平成 25 年度版　平成 27 年 2 月　環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部　廃棄物対策課

3.4 まとめ

固定価格買取制度の導入や静脈施設の更新に合わせた高機能化の動きなどがあり、下水汚泥や生ごみなどの、資源ごみの利用促進が図られている。一方で、人口減少や地域経済の縮小により、資源ゴミは減少傾向にあり、こうした縮小傾向の中でも、エネルギー資源化施設が成り立つための新たな工夫が求められている。本章では、静脈施設の資源ごみの収集運搬における事業採算性向上の工夫を検討し、まだ利用効率に改善の余地がある下水処理施設内の資源利用と、生ごみ利用について、優れた取り組みを調査した。

人口減少の中で資源ごみの利用を考える場合、広域化によって資源を確保し、施設の運用効率を上げることが考えられる。広域化を図るため、またごみの利用効率を向上させるための分別が進むにつれて、廃棄物の収集中継ポイントの技術が必要とされるようになってきた。3.1章では、中継施設やそれを結ぶ収集運搬に用いられる先進的なシステムについてまとめた。

また、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。モーダルシフトでは、空荷対策（帰り便対策）や空いている時間帯の活用等、さらに海運の場合には、埠頭整備（廃棄物の保管の促進）などが達成されることで、更に効率化の可能性がある。しかし、静脈物流は法的な制約がまだまだ多い。今後、さらに廃棄物の有効活用を進めて行くためには、廃棄物処理法等の改正も視野に入れた、静脈物流政策の改革が求められる。

また、ごみの場合、廃棄物管理の徹底の観点から、中継施設や運搬車両の運用の規制が厳しく、自由度が小さいことから、必ずしも中継点を置くことが、経費面やCO_2削減量に有効ではないという検討事例を紹介した。しかし、中継点を置くことで、中継点までの過程においては、地域特性を考慮した住民サービスの向上などを導入しやすくなると考えられる。住民協力の得やすさや技術の進展も見据えながら、多様な観点から、中継点の利用を考えていく必要がある。

下水処理場でのエネルギー利用と資源利用に関して、FIT の活用が有効となり、下水汚泥の利用施設が増えつつある。今回は、発電以外の排水利用（藻類）や燃料化（水素）、副産物有効利用（固形燃料）の新しい技術を紹介した。下水処理場から発生する排水や汚泥は、季節を通じて安定しており、時間をかけて地域にあった活用先を探していくことに比較的適した施設と言える。下水処理施設における再資源化技術が充実し、発電以外の選択肢が増えることで、地域にあった規模での適切なシステム設計がなされていくものと考える。

生ごみのエネルギー資源利用を行っている事例のうち、評判のいいものを視察し、その優れた要素の収出を試みた。富山市や長岡市の例では、自治体が的確な生ごみ回収の課金制度を作ったうえで、民間に廃棄物処理を委託すれば、民間の技術を生かしてエネルギー資源利用が可能であることを示している。資源化を進める上では、課金などにより、生ごみの搬出側への利用促進のインセンティブを働かすことが有効であることを示している。

南丹広域行政事務組合の焼却施設に隣接した広域連携の施設の例や、農業法人が堆肥作りを行うのに合わせて小規模メタン発酵を行う村上市の例のように、メタン発酵を基本にした優れた事例にも多様性があることが改めて示せた。こうした技術の多様化を生かすためにも、課金制度など、制度面からの自治体の後押し、施設導入時の補助制度など、国や自治体が適切な促進策を施す必要がある。

静脈施設は、更新時期を迎える中で、人口減少で資源ごみが減少し、社会整備費に回す資金も限界があるなど、エネルギー資源化施設の導入へのマイナス要素はある。一方で、収集運搬や下水処理施設からでる資源の有効活用、生ごみの有効活用など、それぞれに技術の進展があることをとりまとめた。優れた事例も出てきている。これらの技術を生かすために、収集運搬に関して、適切な規制緩和を行ったり、生ごみに関して、資源化以外の課金を上げたりといった制度面での後押しが、今後も重要になる。

第４章　注目される新しいバイオマス利用技術

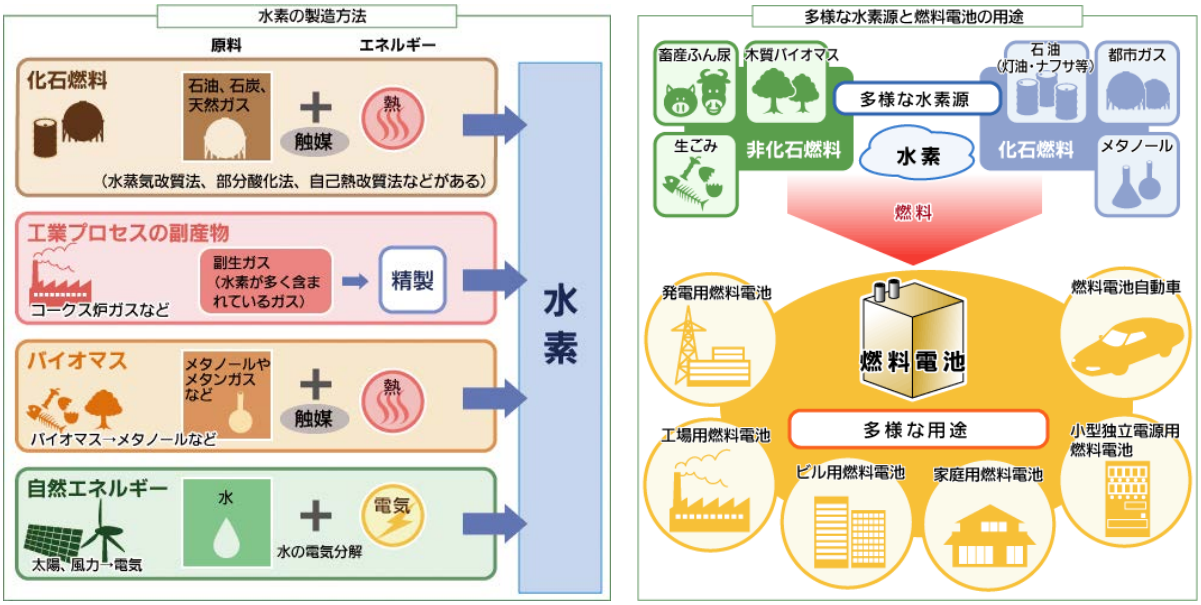
現在、我が国では、地球温暖化問題の深刻化や東日本大震災による原子力エネルギー問題の顕在化等を背景として、化石燃料から非化石燃料への大胆な転換、化石燃料のグリーン化および再生可能エネルギーの推進等のエネルギーシステムの多様化を図ることが急務となっている。バイオマスは全国に広く分散する国産資源であり、地域の地産地消エネルギー源として大いに期待されている。近年では、電力の固定価格買取制度による木質バイオマス発電、メタン発酵によるバイオガス発電などの導入が各地で急速に進んでおり、地域活性化の一翼を担っている。

ここでは、バイオマスの新たな利用技術という視点から、バイオマス由来の水素技術およびバイオリファイナリーの２点に着目し、我が国における研究開発の経緯、技術水準の現状、施策の現状と課題、国内外の実証事例等を整理した。また、両技術は先進的な研究開発が進められている分野であることから、本研究部会で各々をテーマとした講演会を企画・実施した。講演会の内容については、本報告書に概要を集録しているので参照されたい。

4.1　バイオマス由来の水素技術

4.1.1　はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、我が国のエネルギー事情は大きく変化し、2014 年 4 月には、新たなエネルギー施策の方向性を示すものとして「エネルギー基本計画（第四次）」が閣議決定された。その中で、将来的に水素社会の実現に向けた取り組みを加速することが述べられており、水素技術が再び大きく注目されることとなった。



水素の製造方法　　多様な水素源と燃料電池の用途

図 4.1.1-1　水素の製造方法ならびに多様な水素源と用途

出典：NEDO ホームページ

水素は、**図 4.1.1-1** に示す多様な一次エネルギー源から様々な方法で製造可能であり、将来の二次エネルギーの中心的役割を担うものとされている。水素は燃やしても有害ガスや CO_2 が出ないクリーンエネルギーとして期待されており、現在、家庭用燃料電池システム（以下、エネファーム）や燃料電池自動車（以下、FCV）が市場に投入されている。ここでは、非化石燃料であるバイオマスからの水素技術に着目し、実用化が期待できるバイオマス由来の水素製造技術および水素エネルギーに関する施策の現状を整理し、その代表的と思われる実証事例を調査した。

4.1.2 バイオマスからの水素製造方法

バイオマスから水素を製造する方法として、バイオマスをガス化（以下、バイオガス）し、それを改質する方法が多く用いられている。バイオガスの組成は、ガス化手法によって様々であるが、主に水素 H_2、メタン CH_4、一酸化炭素 CO、二酸化炭素 CO_2 等のいくつかを主成分とする。このうち、CH_4 は改質反応によって H_2 と CO に（式（１））、CO は水性ガスシフト反応によって H_2 と CO_2 に（式（２））変換することができる。このため、バイオマスから水素を得るためには、如何に効率的にガス化を行うかということが重要である。現状のガス化技術としては、一般的なメタン発酵や高温ガス化炉を用いる技術が実用化されている。

$$CH_4 + H_2O \rightarrow 3H_2 + CO \quad \cdots\cdots \quad (1)$$
$$CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2 \quad \cdots\cdots \quad (2)$$

また、生物的な反応を利用してバイオマスから直接水素を得る方法も研究開発が進められており、光合成細菌や水素発酵細菌を用いる技術が有望と考えられている（6.8 講演会「バイオ水素技術の過去・未来・現在」を参照）。**表 4.1.2-1** にバイオマスからの水素製造方法の例を示す。ここでは、生物的な反応を利用して精製された水素をバイオ水素と定義し、それ以外のメタン発酵や高温ガス化から得た水素をバイオマス水素として区別した。

表 4.1.2-1 バイオマスからの水素製造方法の例

バイオマス種	ガス化（変換技術１）		変換技術２	精製	備考
湿潤 ・有機性廃水 ・下水汚泥等	光合成	微細藻類	（直接）	H_2S 除去 （湿式/乾式等） $CO_2/CO/CH_4$ 除去 （ｼﾌﾄ反応，PSA 等）	ﾊﾞｲｵ水素
		光合成細菌	（直接）		
	水素発酵	水素発酵細菌	（直接）		
	メタン発酵	メタン発酵細菌	水蒸気改質		ﾊﾞｲｵﾏｽ水素
乾燥 ・木質草本等	高温ガス化	ガス化炉 (H_2/CO)	なし		
		ガス化炉(CH_4)	水蒸気改質		

出典：若山氏講演資料より作成

バイオ水素は、リアクターによる実証実験が 1980～1990 年代には行われており、基本

的には実用段階の技術と考えることもできる。エネファームや FCV が市場投入された現在、水素燃料の用途は確保されつつあるので、環境配慮型のエネルギー源として今後ふたたび注目される技術と思われる。また、光合成水素の製造については、近年の藻類由来の燃料製造プロジェクトにおける大量培養技術の進展が大いに参考になるものと思われる。

バイオマス水素は、従来のメタン発酵技術や高温ガス化技術がベースになるものであり、経済性を考えなければ、すぐにでも導入できるレベルにあると思われる。しかしながら、現状では水素製造よりもバイオマス発電として FIT で売電した方が事業収益性に勝るといわれている。

4.1.3　水素エネルギーに関する施策の現状

経済産業省では、エネルギー基本計画の閣議決定を踏まえ、2014 年 6 月に「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を策定し、今後の取り組みの道筋を示した。また、国土交通省では代表的なバイオマスである下水汚泥から水素を製造し、世界初となる水素ステーションによる FCV への水素供給実証事業を進めている（6.3 福岡市水処理センター（水素ステーション）を参照）。

図 4.1.3-1 に水素・燃料電池戦略ロードマップを示す。本ロードマップでは、水素の利用について、技術的課題の克服や経済性の確保に要する期間の長短に着目し、３つのフェーズに分けて取組みを進めていくことが示されている。

例えば、フェーズ１では水素利用の飛躍的拡大を目的に、燃料電池の社会への本格的実装を進めるとしている。当面は 2020 年の東京オリンピック・パラリンピックでの水素の可能性を世界に発信することを目指すことになる。フェーズ２では、2020 年代半ばに海外での未利用エネルギーを用いた水素供給として、水素価格 30 円/Nm^{3}が記載されている。フェーズ３では、2040 年頃の CO_2フリー水素の本格的製造等が目標とされている。

バイオマスからの水素は当然 CO_2フリー水素とみなすことができる。したがって、上記コスト目標を念頭にバイオ水素またはバイオマス水素のコストダウンを図ることができれば、他の水素製造技術と比較して十分なコスト競争力が得られると思われる。

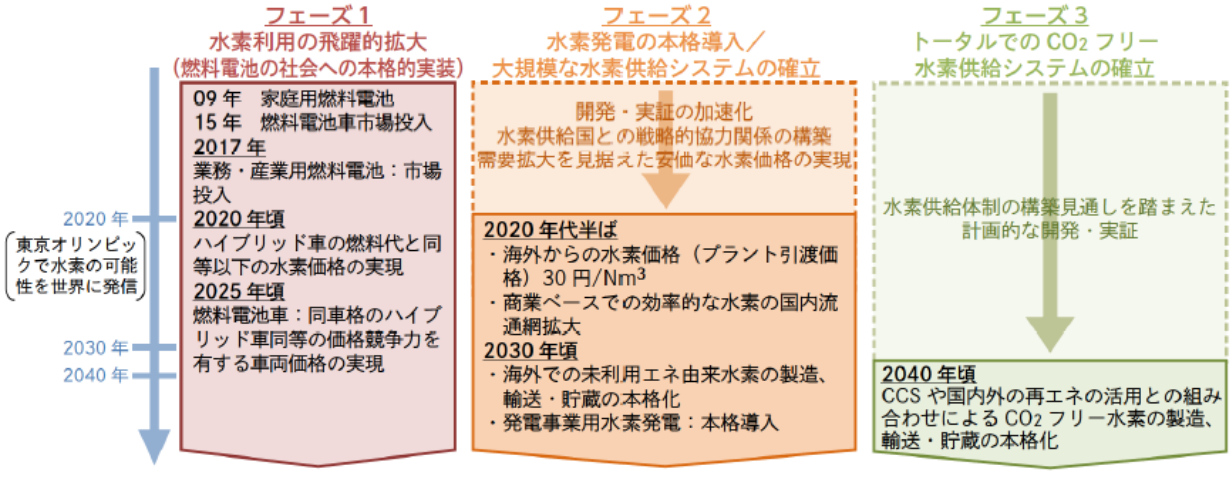


図 4.1.3-1　水素・燃料電池戦略ロードマップ

出典：経済産業省ホームページ

図 4.1.3-2　水素社会の普及に向けた地方自治体の取り組み例

出典：NEDO・水素エネルギー白書

図 4.1.3-2 に地方自治体の取り組み事例を示す。FCV の市販開始を踏まえ、四大都市圏だけでなく、それらの拠点を接続する地域で水素ステーション設置計画や FCV 導入促進計画が策定されていることがわかる。

東京都では、2020 年の東京オリンピック・パラリンピックにおける水素エネルギーの利活用に向けた環境整備のために、2014 年 4 月に「水素社会の実現に向けた東京戦略会議」を設置した。これによると、2020 年までに都内で FCV を 6,000 台、燃料電池バスを 100 台以上導入し、あわせて 35 ヶ所の水素ステーションを整備するとしている。図 4.1.3-3 にオリンピック競技場と選手村等を含めた水素エネルギーの供給ネットワーク構想（水素タウン構想）を示す。世界に類を見ないクリーンな水素タウンをアピールすることで、福島第一原子力発電所事故の負のイメージを一掃したい狙いがあると思われる。

図 4.1.3-3　東京オリンピックにおける水素タウン構想

出典：内閣府ホームページ

4.1.4　水素製造の実証事例

1) 木質バイオマスからの水素製造

(1) 福岡ブルータワー

木質バイオマスからの水素製造として、世界初の商用プラントが 2011 年 10 月に福岡県大牟田市に建設された（**写真 4.1.4-1 福岡ブルータワー**）。事業者は㈱新出光の子会社㈱イデックスエコエナジーである。

本プラントは原料の木質チップを熱分解器でガス化し、約 650℃の過熱蒸気でガス成分を改質、得られた水素ガスを PSA にて精製するシステムである。エンジニアリング協会では、先進的なバイオマスの利活用事例として、本プラントを 2013 年 11 月に現地調査している。同報告書によると、水素社会の到来を見越した先駆的なプロジェクトへの期待と、安定稼働へ向けたオペレーティング上の課題（最適運転条件の抽出、技術者の育成等）が述べられている。

しかし、㈱新出光は 2015 年 10 月に同事業から撤退することを発表した。撤退理由は経営資源の全体最適化の観点からとされているが、本プラントの特徴である熱媒体アルミナボールを用いたタール除去が実現できず、安定的な水素ガス製造が困難であったという報告もされている。

写真 4.1.4-1　福岡ブルータワー

出典：ENAA 平成 25 年度調査研究報告書

(2) 鳥栖水素ステーション

水素製造方法は、木質チップを約 850℃でガス化し、水蒸気改質して水素ガス等を得るものであり、上記(1)と原理的には同じである。**図 4.1.4-1** に水素製造フローを示す。本水素ステーションは、実証試験用の設備として 2011 年に開所され、現在も運用中で

あるが一般車の利用はできない。水素ステーションは 40 フィートコンテナ内に収められ、可搬式となっている。

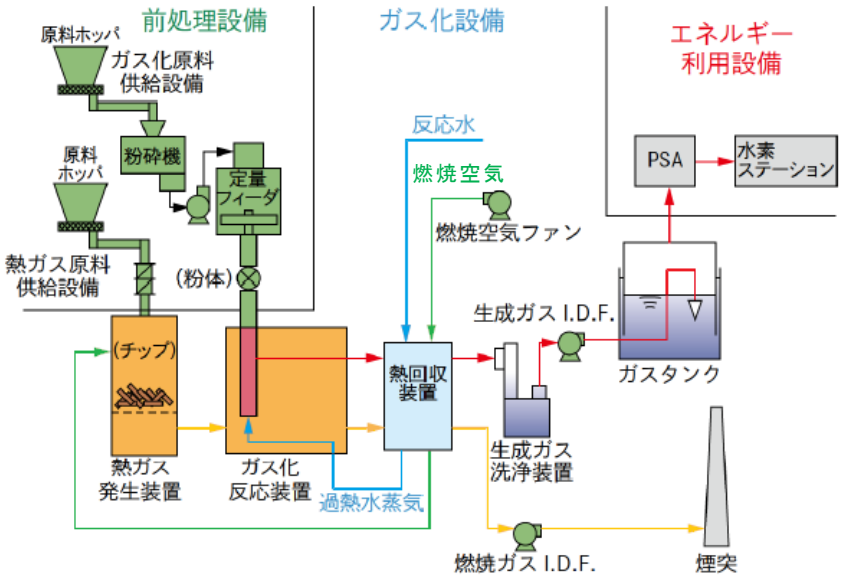


図 4.1.4-1　木質チップによる水素製造（鳥栖水素ステーション）

出典：NODO・水素エネルギー白書

2）下水汚泥からの水素製造

下水汚泥からの水素製造として、世界初の水素ステーション実証事業が福岡市の中部水処理センターで行われている。本事業は国土交通省の下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）で実施されているものであり、既存の下水汚泥消化槽で発生した消化ガス（CH_4，CO 等）からオンサイト水素製造装置で水素ガスを製造し、水素ステーションとして FCV に水素ガスを供給するものである。

図 4.1.4-2 に本施設で用いられているオンサイト水素製造装置の水素製造フローを示す。変換技術として水蒸気改質が用いられている。実際の水素ステーションでは、水素製造装置の後段に圧縮機・畜圧器・ディスペンサー等の充填設備が接続される。

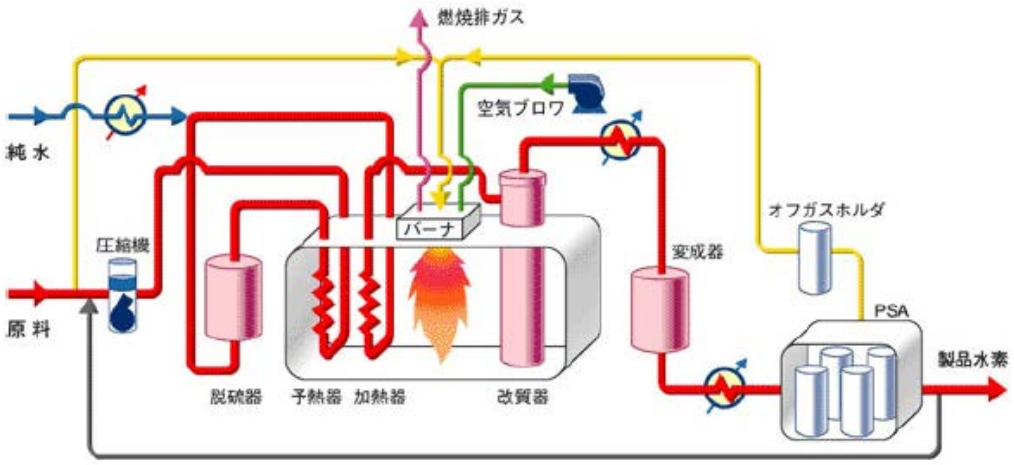


図 4.1.4-2　オンサイト水素製造装置の水素製造フロー

出典：三菱化工機㈱ホームページ

3) 微生物による水素製造（バイオ水素）

光合成細菌や嫌気性細菌の中には、バイオマスを分解して水素を発生する能力がある微生物種が存在する。現状では、**表 4.1.4-1** に示す 3 種類の微生物・光合成細菌が知られており、目的に応じて単独あるいは組み合わせて使用することが可能である。

表 4.1.4-1　水素発生が可能な微生物種

ｴﾈﾙｷﾞｰ源	ｴﾈﾙｷﾞｰ獲得系	微生物種	水素発生反応式
光	独立栄養（光合成）	光合成微生物（藻類，珪藻等）	$H_2O + (Light) \rightarrow H_2 + 1/2O_2$
	従属栄養（光合成/発酵）	光合成細菌（光合成細菌，藍藻=藍色細菌等）	$CH_3COOH + 2H_2O + (Light) \rightarrow 4H_2 + 2CO_2$
有機物		嫌気性微生物	$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow 4H_2 + 2CO_2 + 2CH_3COOH$

出典：若山氏講演資料

バイオ水素生産方式には、大別して光合成による水や有機物の分解と、光合成によらない有機物の分解がある。光合成による水素生産は、無尽蔵な太陽光エネルギーをエネルギー源に利用することが可能である。このため、水やバイオマスからの水素製造システムの高効率化を目指した、様々な形状のフォトバイオリアクター（以下，PBR）での研究開発が進められている。PBR は藻類系バイオマスを大量に培養するシステムであり、近年では藻類由来の燃料油開発で再び注目を集めているところである。

光合成によらない嫌気性微生物による水素発生は、エネルギー源をバイオマス中の有機物から得るため、光エネルギーの供給は不要である。したがって、製造する水素量は設置面積ではなく設置される発酵槽体積で決まるため、PBR に比べてコンパクトなシステム構築が可能である。また、発酵槽は設置場所を問わず、夜間でも運転可能などの利点を有する。しかし、有機物の完全分解ができず、エネルギー資源の有効利用という点で課題がある。

本課題に対して、様々な微生物を混合もしくは多段階に利用するシステムが提案されている。**図 4.1.4-3** にバイオ水素の多段製造システムを示す。微生物相互の長所を生かしつつ、短所を補完したシステムとすることで、原料となるバイオマスの幅を拡充できると考えられている。

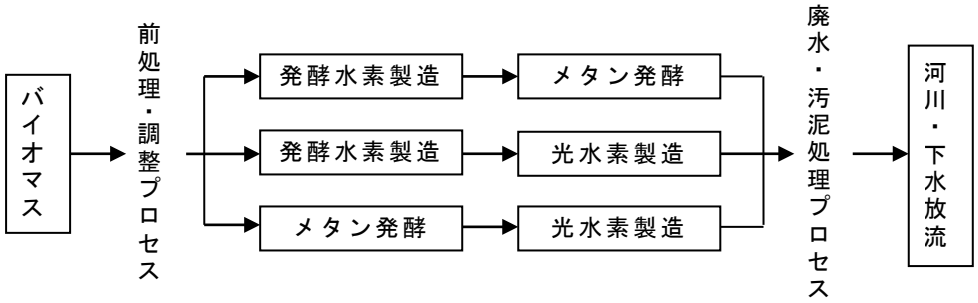


図 4.1.4-3　バイオ水素の多段製造システム

出典：若山樹・微生物による水素生産,生物工学会誌,Vol.87,No.8

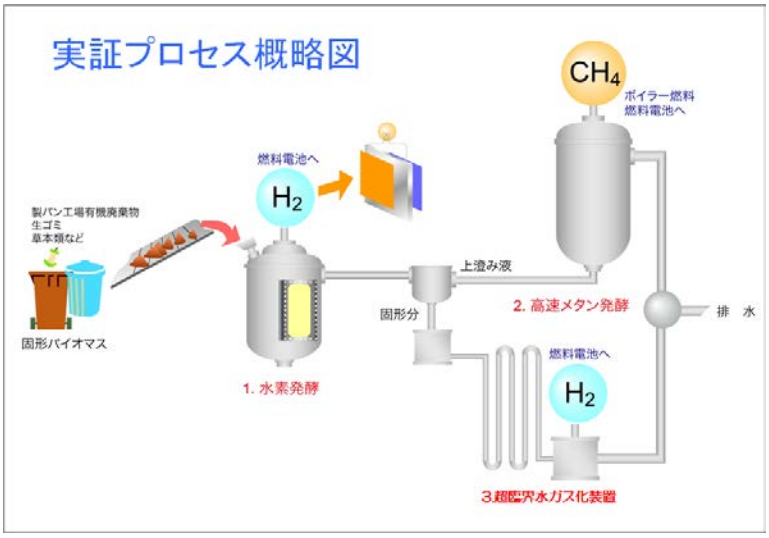


図 4.1.4-4　環境省・地球温暖化対策技術開発事業／食品廃棄物のバイオ水素化・バイオガス化に関する技術開発（2007-2009 広島大学他）

出典：科学技術振興機構・産官学連携ジャーナル

図 4.1.4-4 に 2007 年～2009 年に実施された、水素とメタンの二段発酵システムの実証実験事例を示す。本システムはバイオマスに製パン工場廃棄物や周辺の食品廃棄物等を原料としたものであり、メタン発酵槽の前段に 5m^{3}の水素発酵槽が設けられた。本実証実験では、原料 200kg あたり日量 40m^{3}の水素生産と水素製造単価 40 円/m^{3}が目標とされた。

本実証実験で得られた知見を以下に示す。

① 前段の水素ガスは、改質器を用いることなく燃料電池への直接利用が可能
② 後段のメタンガスを組み合わせることで、電力・熱の併産が可能
③ 水素・メタン二段発酵はメタン発酵単独と比較して 10%以上の効率向上
④ 水素発酵はメタン発酵よりも格段に高速であり、可溶化も促進する

4.1.5　まとめ

近年の水素社会の実現に向けた取り組みの中で、バイオマスからの水素製造が注目を集めるのは、廃棄物の循環利用の観点からと環境フレンドリーな CO_2 フリー水素を製造できる点にあると思われる。現状の水素製造は、各々の手段でガス化したバイオガスに熱と水を加えて水蒸気改質する手法が主流であり、将来に向けたコストダウンが課題といえる。同時に、バイオマス由来水素の普及促進については、CO_2 削減や化石燃料の削減といった環境効果やエネルギー自給率を上げられる効果等を適切に考慮し、電力の FIT に準ずる補助施策を展開する必要もあると考えられる。

ガス版 FIT の原資としては、石油石炭税に上乗せする形で課せられている環境税（地球温暖化対策のための税：289 円/t-CO_2）を充当するのも一考であろう。ただし、補助施策が無くなった時点で事業終了とならないように、一定の利益が確保できた上で、企業努力で製造原価を下げる仕組みが働かないと真の普及には至らないと思われる。バイオマス由

来水素は国内産エネルギーとなり得るが、その場合、原料が取り合いにならないよう持続可能性にも配慮が必要である。

一方、微生物種を用いたバイオ水素の多段製造システム等によると、メタン発酵が上手く行っている施設では、新たな展開として水素発酵等を組み合わせられる可能性が考えられる。あるいは、藻類からの燃料油生産の可能性があるならば、藻類からの光水素生産の可能性も考えられるだろう。

なお、燃料電池用の水素と燃焼用の水素では精製純度が大幅に異なる。バイオガスからの水蒸気改質による水素製造では、当然、燃料電池用の方がコスト高となる。我が国の水素社会は、燃料電池の普及が第一と考えられているため、バイオマス以外の水素製造技術とのコスト競争力の見極めが大切と思われる。

参考文献

1) NEDO：水素エネルギー白書，2015.3
2) 経済産業省：水素・燃料電池戦略ロードマップ，2014.6
3) 東京都環境局：水素社会の実現に向けた東京戦略会議（平成 26 年度）とりまとめ，2015.2
4) エンジニアリング協会：平成 25 年度・震災復興と循環資源のための社会システムの調査研究報告書，平成 26 年 3 月
5) NEDO：再生可能エネルギー技術白書（第 2 版），2013.12
6) 松村幸彦：バイオマスからの水素製造技術の現状と展望，水素エネルギーシステム，Vol.29，No.1，2004
7) 三宅淳，若山樹：微生物を用いた水素生産－水素エネルギー社会の到来に備えて－，光合成研究，Vol.17，No.1，2007
8) 若山樹：微生物による水素生産，生物工学会誌，Vol.87，No.8，2009
9) 若山樹:藻類系バイオマスを活用したエネルギー生産事業への展望, BIO INDUSTRY, Vol.29，No.12，2012
10) 西尾尚道, 中島田豊:廃棄物からの水素・メタン二段発酵プロセスの事業化に向けて，Journal of Environmental Biotechnology，Vol.9，No.2，2009
11) 柏木孝雄：次世代のエネルギーを考える！，生活と環境，Vol.61，No.1，2016.1

4.2　バイオリファイナリー

バイオリファイナリーとは、現在石油原料から製造されている燃料や化学品（オイルリファイナリー)をバイオマス原料から製造する技術のことであり、石油由来の LPG、軽油、ガソリン、様々な化学品等を再生可能資源であるバイオマスから製造することで化石資源利用を削減し、温暖化防止に寄与するものである。現在利用されている主なバイオマスリファイナリー技術としては、国内では食品廃棄物、下水汚泥、畜産廃棄物等を利用したメタン発酵、また海外では米国・ブラジル等でトウモロコシやサトウキビを原料としたバイオエタノール等が多く普及している。これら普及しているバイオマスリファイナリー技術はいずれも熱や電気、輸送用燃料等、エネルギー利用するものである。一方、バイオマス原料から化学品等を製造する技術については、政策的な後押しが少ないとともに、技術的なハードルの高さから、現時点では普及が進んでいないが、一部の要素技術が確立されつつ段階にある。

本項では、バイオリファイナリー技術の中でも今後普及が期待される化学品の製造技術に着目し、その開発背景、技術開発動向及びその課題について紹介する。

なお、バイオリファイナリー技術調査を実施するにあたり、国内でバイオリファイナリー研究に従事されている国立研究開発法人産業技術総合研究所　機能科学研究部門　副部門長である榊啓二氏に本研究部会で講演して頂いた。本項の調査内容は、榊氏の講演会から多くを引用しており、その講演会「バイオマスリファイナリー開発最新動向と産総研の取り組み」の内容については、後項 6.9 に掲載している。

4.2.1　バイオリファイナリーの開発動向

1)　開発背景

バイオリファイナリーは、1999 年にアメリカ・クリントン政権で出された大統領令「バイオ製品・バイオエネルギーの開発の促進」と 2002 年にブッシュ政権下に出された「米国におけるバイオエネルギーとバイオ製品ビジョン」により打ち出された概念である。再生可能資源であるバイオマスからバイオエタノール、バイオディーゼル等の輸送用液体燃料や各種の有用化学製品を製造しようとするもので、地球温暖化防止の解決法の一つとして期待されている。**図 4.2.1-1** にバイオリファイナリーのプロセス概要を示す。バイオリファイナリーは、主にバイオマスを熱分解ガス化して合成するプロセスやバイオマスの脂質・糖質を微生物が転換する発酵プロセスにより対象製品を製造する技術である。

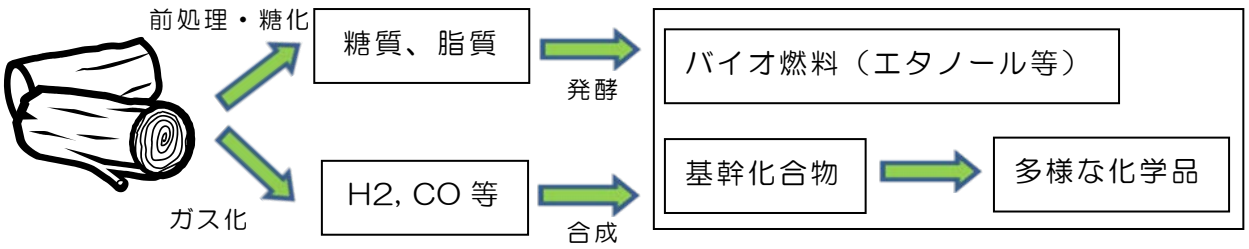


図 4.2.1-1　バイオリファイナリープロセスフロー

出典：産業総合研究所　ENAA 講演会資料

輸送用燃料向けのガソリン代替となるバイオエタノールや軽油代替のバイオディーゼルに関しては、米国を中心としたバイオマスを含む強力な新エネルギー政策より、米国、ブラジル、欧州、タイ等のいくつかの国において普及が促進し、経済的に成立する産業として確立している。一方、バイオマス原料からの化学品製造は、バイオ燃料と比較して対象製品が多岐に渡り、技術的にも困難があるだけでなく、各国の政策においてもバイオエタノールのような強制を伴う導入政策が無いため、普及が進んでいないのが現状である。しかしながら、化学品を対象とした技術開発は着実に実行されており、温暖化防止対策の手段として期待は大きく、今後普及が期待されている。特にバイオベースプラスチックについては、海外企業を中心に既に一部で商業生産が開始している。**表 4.2.1-1** に現在商業生産されている主なバイオベースプラスチックを示す。

表 4.2.1-1　商業生産されている主なバイオベースプラスチック

ポリマー	モノマー（原料）	企業名（商品名）	生産能力（t/年）
ポリ乳酸　（PLA）	乳酸（トウモロコシ）	Nature Works (Ingeo)	140,000
		浙江海正生物材料 (REVODE)	5,000
		帝人 (BIOFRONT)	1,000
ポリエチレン　（PE）	エチレン（サトウキビ）	Braskem (Green polyethylene)	200,000
ポリアミド 11（PA11）	アミノウンデカン酸（ヒマシ油）	Arkema (Rilsan)	20,000
ポリトリエチレンテレフタレート（PTT）	1,3-プロパンジオール（トウモロコシ）	DuPont (Sorona)	60,000（1,3-PDO 生産量）
ポリエチレンテレフタレート　（PET）	エチレングリコール（サトウキビ）	Polyplex (Bio PET Resin)	200,000
		Indorama (RAMAPET)	160,000
		豊田通商 (GLOBIO)	約 200,000
ポリカーボネート（PC）	イソソルビド（でんぷん）	三菱化学 (DURABIO)	5,000
		帝人化成 (PLANEXT)	数百
ポリヒドロキシアルカン酸　（PHA）	（トウモロコシ、油脂）	Telles (Mirel)	50,000
		カネカ (AONILEX)	1,000

出典：恵谷浩ら、「バイオベースマテリアルの開発と市場」、シーエムシー・リサーチ　(2015) より抜粋

2)　バイオリファイナリー開発戦略

現在までに、米国を中心にバイリファイナリーの開発戦略が検討されてきている。

米国においては、2004 年に発表された米国エネルギー省 (DOE) レポート「Top Value Added Chemicals from Biomass」が有名である。本報告書において、バイオリファイナリー産業として経済的にも成り立つ可能性がある製品群が有識者により選定されている。国立研究所の報告書や産業界の資料、学術論文に基づいて選定された 300 以上の

化学品を母集団として、スクリーニングによって 12 種の化学品（**図 4.2.1-2**）が選定されており、現在その中ではコハク酸の開発が進んでおり注目を浴びている。米国におけるバイオリファイナリー開発は。DOE が中心となり、ベンチャー企業や関連産業における主要既存プレーヤーが一体となって展開している。

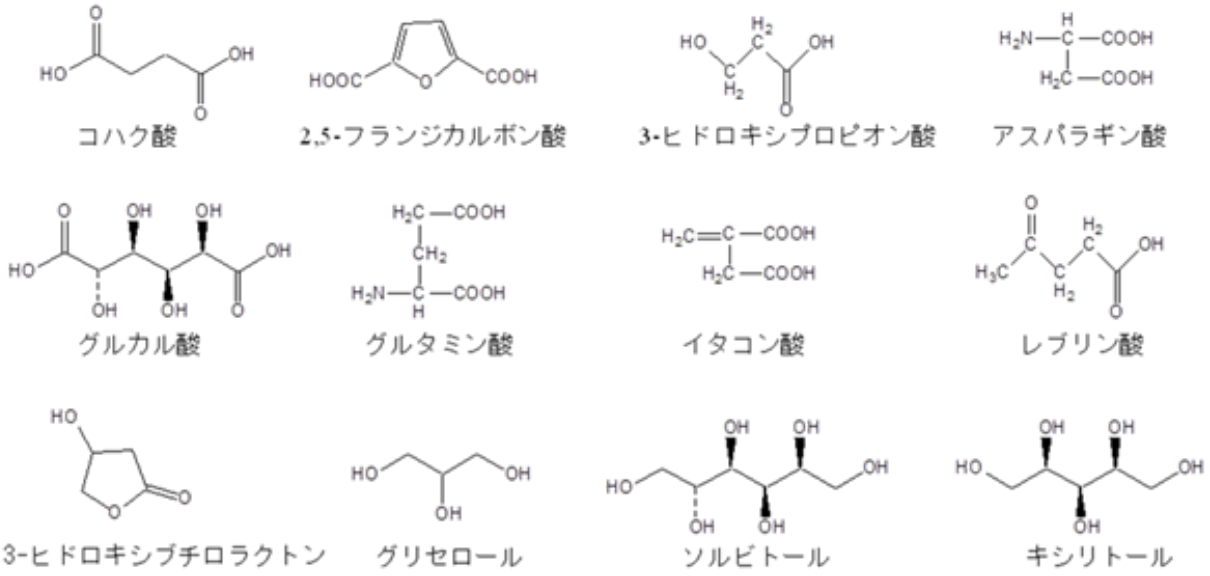


図 4.2.1-2　バイオリファイナリーのための潜在的基幹ブロック（12 化合物）

出典：米国 DOE 報告書「Top Value Added Chemicals from Biomass」2004 年

日本においては、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が中心となり、セルロース系バイオマスを原料としたバイオリファイナリー技術開発が推進されている。また 2007 年に経産省と農林水産省が連携し、石油業界や自動車業界など国内大手十六社、大学及び独立行政法人（当時）が「バイオ燃料技術革新協議会」を設置し、バイオ燃料とともにバイオリファイナリーの具体的な目標、技術開発、ロードマップ等を内容とする「バイオ燃料革新計画」の策定を行っている。その中で、リグノセルロースを出発原料とし、セルロース、ヘミセルロースからの糖類や副産物であるリグニンを利用したバイオリファイナリーによる生産目的物、中間体の整理がなされている（**図 4.2.1-3**）。

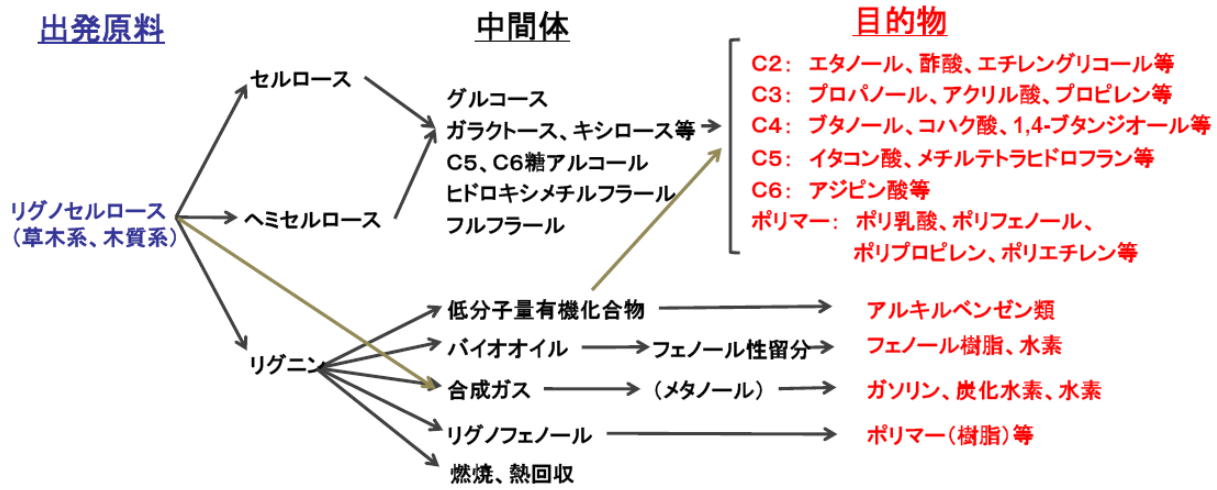


図 4.2.1-3　統合バイオリファイナリーの概念図

出典：バイオ燃料技術革新協議会「バイオ燃料技術革新計画概要」2007 年

バイオリファイナリー技術で重要になるのが、生産目的物の選定である。化石資源由来の製品とバイオマス由来製品を比較した場合、通常はバイオマス由来製品の方が原料コスト・転換コストが高く、経済性を確保することが難しい。バイオマス原料特有の特徴が活用できる目的物やバイオ技術と化学技術との複合で特徴が出せる目的物の選定が必要と考えられる。

またバイオリファイナリーの経済性を確保する方法として、バイオエタノールを石油代わりに利用することが考えられる。バイオエタノールは、石油由来燃料に対して価格競争力を持つ唯一のバイオマス由来製品であり、石油の基幹物質であるエチレン、プロピレンをバイオエタノールから製造することで、経済性を持ったバイオリファイナリー製品の製造が考えられる。またこの場合、下流プロセスは既存のオイルリファイナリー技術が利用可能となり普及につながり易いと考えられる。

4.2.2　バイオリファイナリー技術開発の取り組み事例

注目されているバイオリファイナリー製品として、①バイオサーファクタント、②セルロースナノファイバー、③コハク酸、④プロピレン、⑤レブリン酸について、技術開発・事業化動向を紹介する。

1）バイオサーファクタント

バイオサーファクタントとは、微生物が生産する天然由来の界面活性剤である。糖系、アミノ酸系、高分子系など各種の構造のものがあり、特徴として、1）高い生分解性を示し環境に優しい、2）　幅広い界面活性作用（乳化・分散・保湿）を持ち、化学合成品に比べて低濃度で効果を発揮する、3）抗菌性や抗腫瘍活性などの生理活性を示す、ことが挙げられる。環境適合性と機能性を兼ね備えた新しいバイオ素材として、食品、化粧品、ライフサイエンス、環境、エネルギー分野での応用が研究されている。

産業技術研究所は、長年バイオサーファクタントの研究に取り組み、独自にスクリーニングした酵母菌を用いて、大豆油などの植物油からバイオサーファクタントを効率的

に生産できる発酵プロセスを開発している。本技術は東洋紡に採用され、スキンケア化粧品等に採用されている。

図 4.2.2-1　産総研の非可食バイオマスからのバイオサーファクタント生産プロセス

出典：産業総合研究所　ENAA 講演会資料

2) セルロースナノファイバー

セルロースナノファイバーとは、木材，草，竹，稲ワラ等植物の主要成分であるセルロースをナノサイズまで細かほぐしたものである。ナノセルロースは鋼鉄の５倍の強度でありながら５分の１の軽さしかなく，軽量・高強度・高弾性・低熱膨張・安全安心な天然物・再生型資源といった優れた特徴があり、補強用繊維、エンジニアリングプラスチック代替としての用途が考えられる。現在、東京大学、京都大学、産総研、製紙会社等が開発、商品化に取り組んでいる。本研究開発は日本が先行しており、産業技術総合研究所は、今後の研究開発の加速、技術標準化、製品化で世界の主導権を握るため、「ナノセルロースフォーラム」を設立し、国内の研究機関、事業会社が加入している。

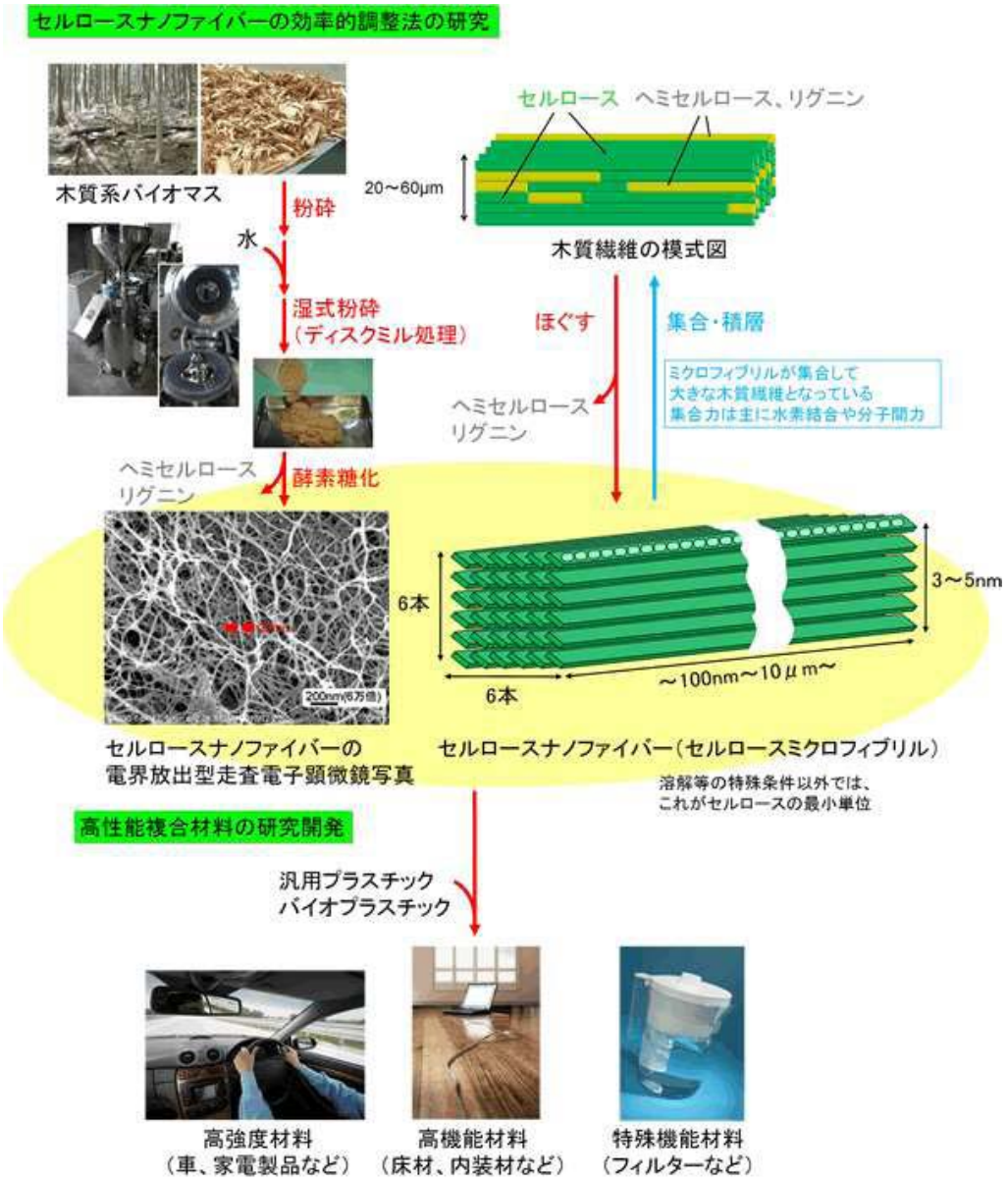


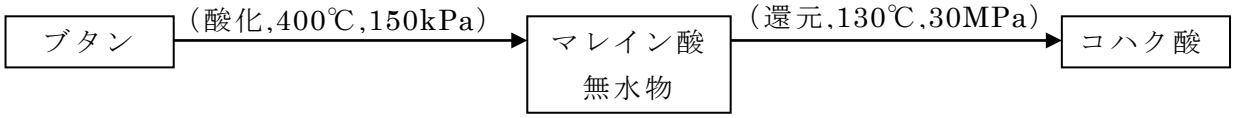
図 4.2.2-2　セルロースナノファイバー製造・利用概略図

出典：産業技術総合研究所　バイオマスリファイナリー研究センターHP

3）コハク酸

コハク酸は炭素数４の化合物であり、工業的には無水マレイン酸を加水し、電解還元か接触還元で水素添加する。無水マレイン酸は、ベンゼンあるいはブタンから、触媒を用いた空気酸化によって合成される。コハク酸は、生物の基本的代謝産物で TCA サイクルのメンバーであり、多くの微生物から生産されることが知られており、バイオリファイナリー目的物として適した物質である。コハク酸製造プロセスを**図 4.2.2-3** に示す。

石油化学法



バイオ法

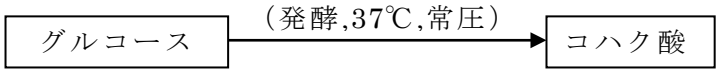


図 4.2.2-3　コハク酸製造プロセス

出典：株式会社旭サーチセンター　ARC レポート「バイオマス化学」

コハク酸の用途としては、医薬品の賦形剤、調味料、メッキ等の工業用として利用されている。コハク酸の価格としては、食品用で 700-750 円/kg、工業用で 420-450 円/kg である。

前述の通り、コハク酸はバイオリファイナリーに適した物資であり、今までに多くの研究開発がなされている。バイオコハク酸として一部企業において商業化が開始している。**表 4.2.2-1** にバイオコハク酸の開発状況を示す。

表 4.2.2-1　コハク酸の開発状況

機関名	生産規模	場所	備考
BASF 社、Purac 社	2.5 万 t/年	ｽﾍﾟｲﾝ ﾊﾞﾙｾﾛﾅ	2013 商業生産開始
仏 Roqutte 社、 蘭 DSM 社	1 万 t/年	ｲﾀﾘｱ	2012.4 に合弁事業 Reverdia 発足。世界初の商業化
米 Myriant Technologies	1.36 万 t/年	米ﾙｲｼﾞｱﾅ	デモ機 タイ PTT が出資
BioAmber 社	1.7 万 t/年	ｶﾅﾀﾞ	
三菱化学	－	－	特許あり
味の素	－	－	特許あり
地球環境産業技術研究機構	－	－	ｺﾘﾈ型細菌による生産技術

出典：産業総合研究所　ENAA 講演会資料から作成

4) プロピレン

プロピレンはオイルリファイナリーにおける基幹物質であり、バイオマスからプロピレンを製造することで、既存のオイルリファイナリー下流プロセスを利用でき、普及につながる可能性があると考えられる。**図 4.2.2-4** にプロピレンの製品群を示す。

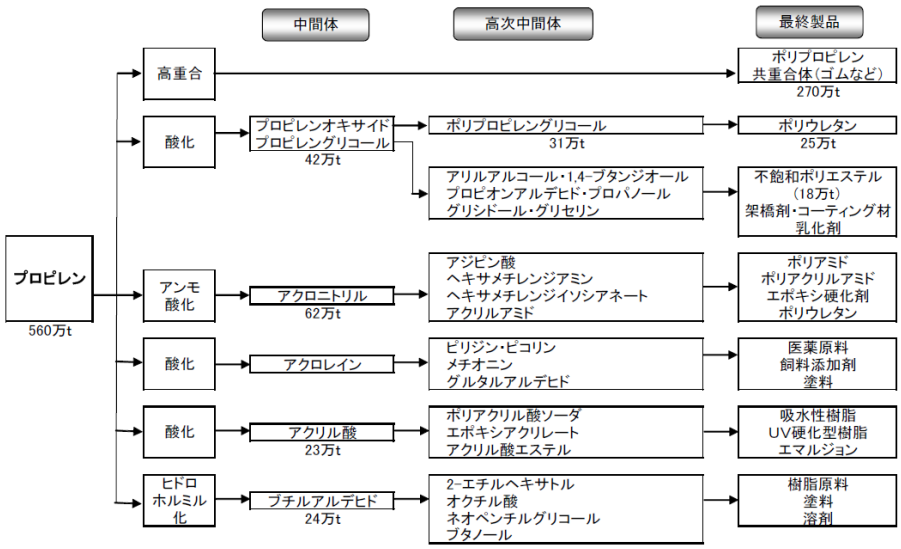


図 4.2.2-4　プロピレンの製品群

出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオリファイナリーの研究・技術動向調査」2005 年

NEDO「バイオマスエネルギー先導技術研究開発」加速的先導技術研究開発において、触媒技術研究組合（化学研究評価機構、出光、トヨタ、住友化学で設立）、産業総合技術研究所、東京工業大学、広島大が共同で、バイオプロピレンプロセスの開発が実施された。本プロジェクトに先立ち、バイオマス由来のエタノール、ブタノール、プロパノールからエチレン、プロピレンを製造する BMC（バイオマスコンビナート）構想が提案されており、本プロジェクトは BMC を基にバイオ技術と化学技術を複合することにより環境性と経済性な両立を目指すものである。図 4.2.2-5 に BMC 構想の開発プロセスを示す。

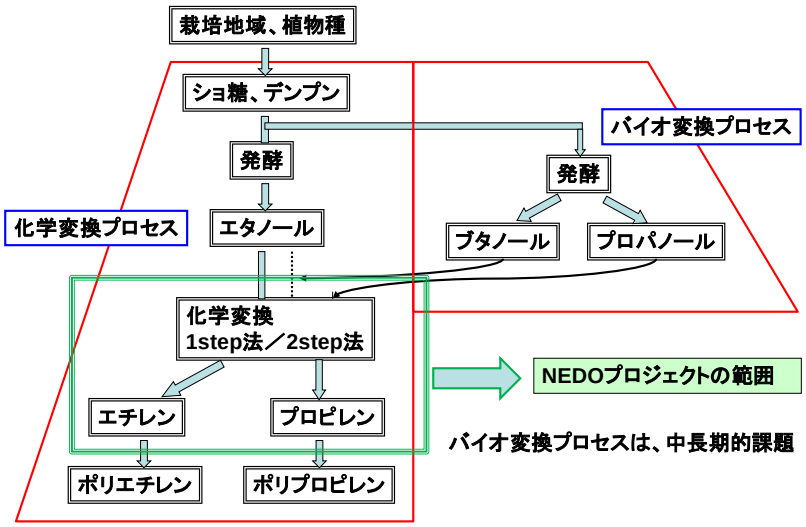


図 4.2.2-5　バイオマスコンビナート（BMC）構想開発の開発プロセス

出典：産業総合研究所　ENAA 講演会資料

バイオエタノールからオレフィン（エチレン、プロピレン）を製造するプロセス（**図 4.2.2-6**）、転換触媒、スケールアップの開発を行い、コスト試算において目標値の 40 円/kg に目処をつけている。スケールアップ開発においてはエタノール（原料）供給量で 100kg/日のベンチプラントを建設し実証運転を行っている（**図 4.2.2-7**）。

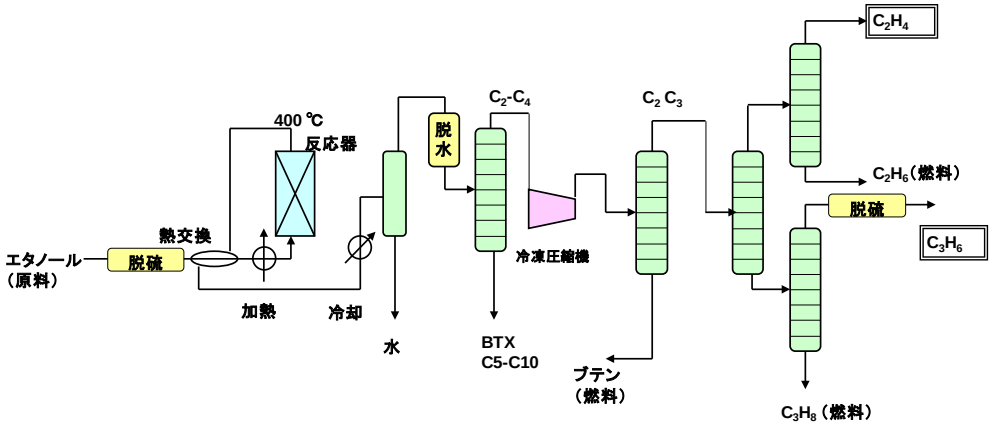


図 4.2.2-6　エタノールからオレフィン（エチレン、プロピレン）製造プロセス

出典：産業総合研究所　ENAA 講演会資料

図 4.2.2-7　プロピレン製造ベンチプラント（産総研つくばセンター）

出典：産業総合研究所　ENAA 講演会資料

5）レブリン酸

レブリン酸は炭素数５の化合物であり、発酵による製造はほとんど報告がなくバイオ技術による転換には不向きであると考えられている。一方、酸を用いた化学技術では、バイオリファイナリーで生産される大抵の糖から生産が出来るため、多くの化合物の出発物質として多くの大手化学会社が注目している。具体的な用途としては、燃料添加剤、各種機能性樹脂材料、光合成促進剤、生分解性除草剤など多種多様な化学品が合成可能である。

しかしながら、従来のレブリン酸の合成反応は、いずれも多量の酸が必要とされてきたが、産業技術総合研究所は、二種類の異なる酸を組み合わせることで、少量の酸によ

りセルロース系バイオマスから一段で収率よくレブリン酸を合成する反応を開発している。　コスト試算の結果、0.3 ドル/kg 程度でのレブリン酸製造に目処をつけている。

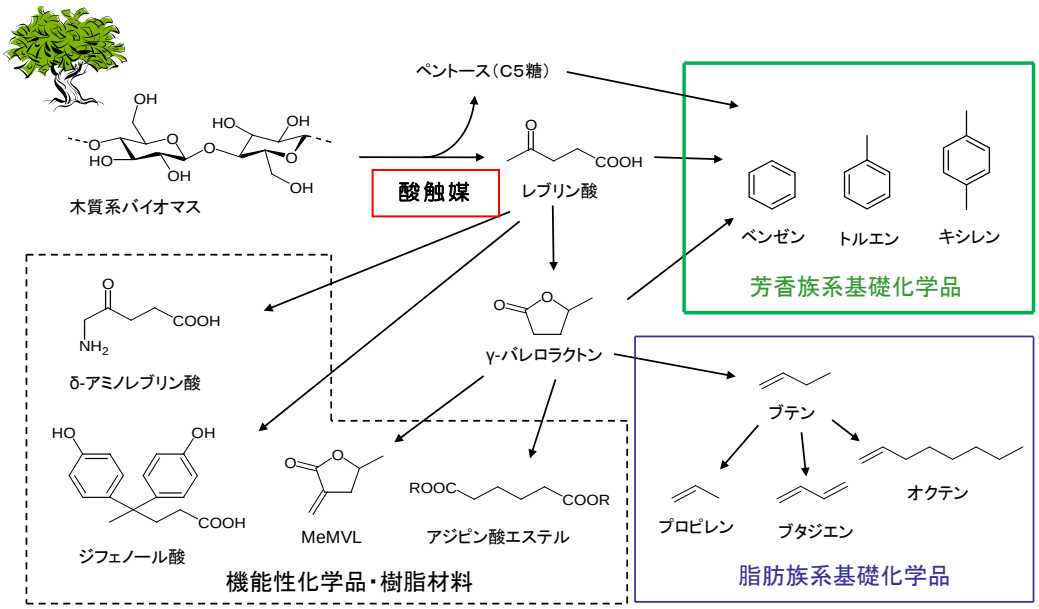


図 4.2.2-8　レブリン酸の製造・利用

出典：産業総合研究所　ENAA 講演会資料から作成

4.2.3　バイオリファイナリーの課題

バイオリファイナリー（化学品生産）は、海外で一部製品において商業化が始まっているが、まだ技術開発、実証試験段階であるものが多い。その主な理由としては、以下が考えられる。

- 米国、ブラジルのバイオ燃料のような強制的な導入政策がない
- 上記政策が無い事に関連して、バイオリファイナリー製品が石油由来製品との経済性のみで比較される
- 技術的ハードルが高い
- 化学品の目的物が多岐に渡るため、開発ターゲットを定めることが難しい
- バイオ燃料と比較して需要量が少なく、技術開発投資回収のバランスから大きな開発費を投入できない。
- バイオマス全般に言えることであるが、バイオマス原料コストが高い
- バイオプロセスは反応時間が長く、生産コスト（転換コスト）が高い

等

現在バイオエタノール等のバイオ燃料が普及している国を見ると、バイオマス普及の条件として、国の政策、援助は必須であると考えられる。バイオリファイナリー技術の普及に関しても、何かしらのインセンティブがあれば普及が加速する可能性はある。

また日本における課題として、米国と比較した場合、日本ではベンチャー企業への投資が集まらず、大手企業が技術開発を進めるため、事業化活動よりリスク管理の方に重点が置かれ、ダイナミックな動きがしにくい状況があると考えられる。また、国家プロジェクトにおける技術開発の場合、原料をセルロース系バイオマスに設定しており、セルロース

系バイオマスを糖等に分解する部分で技術的ハードルが高くなっている。セルロース系バイオマスの利用は、バイオエタノールにおいても、世界的にまだ事業が進んでいない分野である。糖から対象化学品への転換技術にターゲットを絞って技術開発を進め、対象バイオマスについては、事業化の検討する地域の特性に合わせて選定していくことが必要であると考えられる。

4.2.4. バイオリファイナリーと地域活性の可能性

日本国内において、バイオリファイナリーの事業化を考えた場合、他のバイオマス事業と同じであるが、利用できるバイオマスの確保が重要となる。現在、利用可能な国内バイオマスとしては、バイオマス発電用の木質バイオマス、メタン発酵に利用される生ゴミ等の食品廃棄物や下水汚泥等が考えられる。これらバイオマスからバイオリファイナリー原料となる糖を製造するのは技術的に困難であり、米国エネルギー省報告書等にある糖を原料とする化学品生産技術の適用は難しいと考えられる。

一方、今回紹介した開発事例でセルロースナノファイバーは、木質バイオマスを原料として活用することが可能である。地方における木質バイオマスによるバイオマス発電事業において、原料の一部をセルロースナノファイバーに活用に、セルロースナノファイバー製造に必要なエネルギー源（電気、蒸気）はバイオマス発電所から供給する等の複合事業の可能性は考えられる。セルロースナノファイバーの事業性が確保できる原料価格、量、設備費等、課題は多くあると考えられるが、国産バイオマスの活用、技術力向上、地方活性等の多くの利点があり、技術開発の進展に期待したい。

参考文献

1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所：エンジニアリング協会講演会資料　バイオリファイナリー開発最新動向と産総研の取り組み　2016 年 1 月 18 日
2) 国立研究開発法人産業技術総合研究所：http://www.aist.go.jp/
3) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：バイオリファイナリーの研究・技術開発動向調査報告書　2005 年 7 月
4) 一般財団法人エネルギー総合工学研究所：バイオリファイナリー調査業務委託　委託報告書　2014 年 3 月
5) 株式会社旭リサーチセンター：バイオマス化学　「石油化学」から「天然資源化学」へ”続編　2014 年 9 月

第５章　FITの現状と発電以外のエネルギー利用の促進

5.1 種類ごと、規模ごとのFIT導入動向

平成24年７月１日から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よる再生可能エネルギー固定価格買取制度がスタートしてから４年目を迎えた。

再生可能エネルギーの導入はエネルギー基本計画の観点及び地球温暖化対策の観点に基づく、低コスト化・高効率化が重要なポイントであるが、これに加えて、地域に新しい産業を起こし、地域の活性化を促進する観点、また、緊急時の災害対策拠点施設としての強靭性の観点も同様に重要なポイントとして捉えることも必要になる。

このような観点を踏まえ、本節では、バイオマス発電の種類ごと、規模ごとの認定、導入状況並びにその推移を調査した。

1)　再生可能エネルギー発電設備の認定、導入状況

平成27年９月末の時点で再生可能エネルギー発電設備は1,767,520件の設備、85,554,450kWの容量が対象設備に認定され、1,143,009件の設備、23,650,806kWの容量が導入されている。

バイオマス発電は、認定容量ベースで約3.1%を、また、導入容量ベースで約1.4%を占め、風力発電と同程度の規模になる。

発電設備の１件あたり導入容量と認定容量とを比較すると、風力発電以外は導入容量が小さくなっている。風力発電は認定された容量が比較的大きな設備から導入が開始され、それ以外の区分の発電設備は、認定された容量が比較的小さな設備から導入が開始されていることがうかがえる。

表5.1-1　発電設備区分別認定容量、導入容量（平成27年９月末）

発電設備区分	認定			導入			導入/認定	
	件数	容量	平均容量	件数	容量	平均容量	件数	容量
バイオマス	312 [件]	2,678,214 [kW]	8,584 [kW/件]	122 [件]	341,141 [kW]	2,796 [kW/件]	39.1 %	12.7 %
太陽光	1,766,258 [件]	79,759,019 [kW]	45 [kW/件]	1,142,660 [件]	22,811,544 [kW]	20 [kW/件]	64.7 %	28.6 %
風力	475 [件]	2,331,571 [kW]	4,909 [kW/件]	65 [件]	365,254 [kW]	5,619 [kW/件]	13.7 %	15.7 %
水力	425 [件]	712,812 [kW]	1,677 [kW/件]	147 [件]	123,859 [kW]	843 [kW/件]	34.6 %	17.4 %
地熱	50 [件]	72,835 [kW]	1,457 [kW/件]	15 [件]	9,008 [kW]	601 [kW/件]	30.0 %	12.4 %
合計	1,767,520 [件]	85,554,450 [kW]	48 [kW/件]	1,143,009 [件]	23,650,806 [kW]	21 [kW/件]	64.7 %	27.6 %

出典：都道府県別認定量、導入量　http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html
（固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト）　の公表値を基に作成

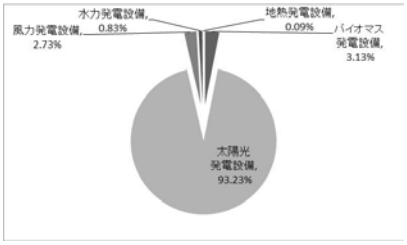


図5.1-1
発電設備区分別認定状況

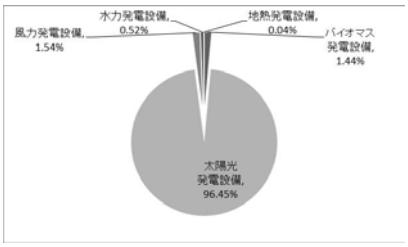


図5.1-2
発電設備区分別導入状況

2) バイオマス発電設備の類別ごとの認定、導入状況

(1) バイオマス発電設備及びバイオマスの区分

バイオマス発電設備及びバイオマスが次のように区分されている。この区分から「一般廃棄物、木質以外発電設備」はバイオマス発電設備に区分されてはいるが、他の種別のバイオマス発電設備とは異なった考慮が必要になると考えられる。

表5.1-2 バイオマス発電設備の区分

15号	バイオマスを発酵させることによって得られるメタンを電気に変換する設備
16号 17号	未利用の木質バイオマス（輸入されたものを除く）を電気に変換する設備 (16号は出力2,000kW未満のもの)
18号	木質バイオマス又は農産物の収穫に伴って生じるバイオマスを電気に変換する設備
19号	建設資材廃棄物（証明のない木質バイオマス含む）を電気に変換する設備
20号	一般廃棄物発電設備又は上記以外のバイオマス発電設備

出典：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施行規則
最終改定：平成27年３月31日経済産業省令第23号　を基に作成

表5.1-3 バイオマスの区分

(1)	木質バイオマス ・未利用木材 ・一般木材 ・リサイクル木材（建設資材廃棄物）
(2)	廃棄物系バイオマス
(3)	メタン発酵バイオガス

出典：平成27年度調達価格及び調達期間に関する意見
平成27年２月24日経済産業省調達価格等算定委員会　を基に作成

(2) 類別ごとの認定、導入状況

バイオマス発電設備のうち、認定を受けた容量は「一般木質、農作物残渣」発電設備が７割以上を占めているが、導入された容量は「未利用木質」発電設備、「一般木質、農作物残渣」発電設備、「一般廃棄物、木質以外」発電設備が同程度の割合を占めている。

バイオマス発電設備は１件あたり導入容量と認定容量との比較から、全ての種別において、規模の小さな設備から導入が開始されていることがうかがえる。規模が大きくなるに伴い、原料バイオマスを安定して調達しにくくなることが理由として考えうる。

「一般木質、農作物残渣」発電は調達する木質の由来の証明が必要である点は、「未利用木質」発電と同じであり、国有林や森林経営計画の対象森林以外からも木質を調達できるため、比較的容易に原料バイオマスを調達できると考えられるが、「未利用木質」発電は容量が１万kW未満の設備が大半を占めているのに対して、「一般木質、農作物残渣」発電設備は容量が２万kW以上の設備が大半を占めており、原料木質バイオマスの安定した調達の難しさに影響していると考えられる。

表5.1-4　バイオマス発電設備の認定容量、導入容量（平成27年９月末）

設備の種別	認定			導入			導入/認定	
	件数	容量	平均容量	件数	容量	平均容量	件数	容量
メタン発酵ガス	119 ［件］	39,967 ［kW］	336 ［kW/件］	56 ［件］	15,027 ［kW］	268 ［kW/件］	47.1 ％	37.6 ％
未利用木質	55 ［件］	380,848 ［kW］	6,925 ［kW/件］	20 ［件］	125,141 ［kW］	6,257 ［kW/件］	36.4 ％	32.9 ％
一般木質、農作物残渣	66 ［件］	1,944,788 ［kW］	29,466 ［kW/件］	10 ［件］	88,699 ［kW］	8,870 ［kW/件］	15.2 ％	4.6 ％
建設廃材	3 ［件］	11,060 ［kW］	3,687 ［kW/件］	1 ［件］	3,550 ［kW］	3,550 ［kW/件］	33.3 ％	32.1 ％
一般廃棄物、木質以外	69 ［件］	301,551 ［kW］	4,370 ［kW/件］	35 ［件］	108,724 ［kW］	3,106 ［kW/件］	50.7 ％	36.1 ％
合計	312 ［件］	2,678,214 ［kW］	8,584 ［kW/件］	122 ［件］	341,141 ［kW］	2,796 ［kW/件］	39.1 ％	12.7 ％

出典：都道府県別認定量、導入量　http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html
（固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト）　の公表値を基に作成

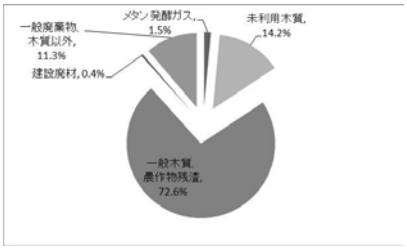


図5.1-3
バイオマス発電設備認定容量

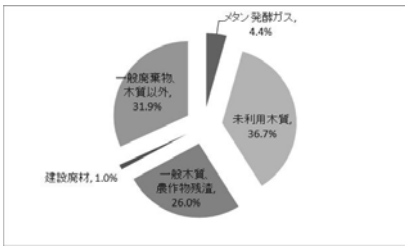


図5.1-4
バイオマス発電設備導入容量

3)　バイオマス発電設備の規模別の認定、導入状況

(1)　バイオマス発電設備の規模別の認定状況

設備の種別ごとの特徴は下記のとおりまとめられる。

(a)　メタン発酵ガス

・認定容量が500kW未満の設備が８割以上を占める。

・バイオマス比率を考慮しない認定容量とバイオマス比率を考慮した認定容量とに差がある設備は119件中の２件であり、純バイオマスで構成されているといえる。

(b)　未利用木質

・採算性があるとされている容量が5,000kW以上１万kW未満の設備に集中し、55件中の29件と過半数を占めている。

・バイオマス比率を考慮しない認定容量が２万kW未満の設備は55件中49件ある。この49件はバイオマス比率を考慮しない認定容量とバイオマス比率を考慮した認定容量とが同じであり、純バイオマスで構成されている。

・一方、バイオマス比率を考慮しない認定容量が２万kW以上の設備は55件中６件ある。この６件の認定容量の合計は528,500kWで55件の合計806,092kWの約66％を占めるが、バイオマス比率を考慮した認定容量の合計103,256kWは55件の合計380,484kWの27％になる。

(c)　一般木質、農作物残渣

・バイオマス比率を考慮しない認定容量が２百万kW（バイオマス比率を考慮した認定容量49,120kW）の設備を除くと、認定件数は合計65件、バイオマス比率を考慮しない認定容量の合計が2,723,853kW、バイオマス比率を考慮した認定容量の合計は1,895,668kWになる。

・バイオマス比率を考慮しない認定容量が２万kW未満の設備はこの65件中23件

ある。この23件のうちバイオマス比率を考慮しない認定容量とバイオマス比率を考慮した認定容量とに差がある設備は１件であり、純バイオマスで構成されている。

・バイオマス比率を考慮した認定容量が２万kW以上の設備は65件中40件ある。この40件の認定容量の合計1,646,978kWは65件の合計1,895,668kWの87％に相当する。

・バイオマス比率を考慮しない認定容量が５万kW以上の設備は65件中の21件ある。この21件のうち、３分の２の14件はバイオマス比率を考慮した認定容量が２万kW以上５万kW未満の設備になり、残りの７件がバイオマス比率を考慮した認定容量が５万kW以上の設備になる。

(d) 一般廃棄物、木質以外

・バイオマス比率を考慮しない認定容量がそれぞれ50万kW、35万kW（バイオマス比率を考慮した認定容量がそれぞれ2,000kW、245kW）の２件の設備を除くと、認定件数は合計67件、バイオマス比率を考慮しない認定容量の合計は515,227kW、バイオマス比率を考慮した認定容量の合計は299,306kWになる。

・バイオマス比率を考慮しないと、認定容量が1,000kW以上１万kW未満の設備が67件中の49件と７割以上を占めるが、バイオマス比率を考慮すると、認定容量が500kW以上5,000kW未満の設備が67件中48件と７割以上を占める、バイオマス比率の考慮により分布が異なる。

・バイオマス比率を考慮しない認定容量が5,000kW以上の設備は67件中の26件、38％であるが、バイオマス比率を考慮した認定容量5,000kW以上の設備は69件中の12件、17％である。

「メタン発酵ガス」発電設備、「未利用木質」発電設備は原料バイオマスの量が限定されるため、比較的小規模な施設が多い傾向にあると考えられる。

「一般木質、農産物残渣」発電設備は、買取価格が大規模の設備を前提としていることから、比較的大規模な施設が多い傾向にあると考えられる。しかし、規模が大きくなりすぎると、バイオマス比率を考慮しない認定容量とバイオマス比率を考慮した認定容量の差が大きくなることから、原料バイオマス量による限界があると考えられる。一方、比較的規模が小さい設備がバイオマス比率を考慮しない認定容量とバイオマス比率を考慮した認定容量の差のない、純バイオマス発電設備であることから、原料バイオマス調達面からの適した規模となっていることが考えられる。

「一般廃棄物、木質以外」発電設備も買取価格が大規模の設備を前提とされているが、認定容量の分布は「未利用木質」発電設備よりも小さい傾向にある。一般廃棄物を燃焼させて発電する設備が大半であると考えられることから、収集システムそのものやそのコストなどが制約になっていることがうかがえる。

表5.1-5　バイオマス発電設備の規模別の認定件数（平成27年９月末）

		メタン発酵ガス		未利用木質		一般木質 農作物残渣		建設廃材		一般廃棄物 木質以外		バイオマス全体	
バイオマス比率の考慮		なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり
以上	未満	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]
0kW	100kW	27	27	1	1	－	－	－	－	2	2	30	30
100kW	200kW	35	35	1	1	－	－	－	－	1	1	37	37
200kW	500kW	34	34	2	2	2	2	－	－	2	6	40	44
500kW	1,000kW	13	13	2	2	－	－	－	－	2	10	17	25
1,000kW	2,000kW	9	9	4	5	1	1	－	1	13	16	27	32
2,000kW	5,000kW	1	1	5	6	－	－	1	1	23	22	30	30
5千kW	1万kW	－	－	29	29	10	11	1	1	13	7	53	48
1万kW	2万kW	－	－	5	5	10	11	－	－	7	3	22	19
2万kW	5万kW	－	－	3	4	21	34	－	－	2	2	26	40
5万kW		－	－	3	－	22	7	1	－	4		30	7
合計		119	119	55	55	66	66	3	3	69	69	312	312
		[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
		40,016	39,967	806,092	380,848	4,724,853	1,944,788	97,300	11,060	1,365,227	301,551	7,033,488	2,678,214
認定容量20万kW超の設備を除く合計		同じ		同じ		65	65	同じ		67	67	309	309
						[kW]	[kW]			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
						2,724,853	1,895,668			515,227	299,306	4,183,488	2,626,849

出典：市町村別認定量、導入量　http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html
（固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト）　の公表値を基に作成

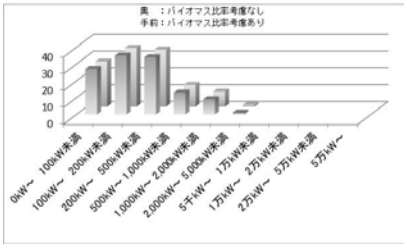


図5.1-5
メタン発酵ガス
発電設備の規模別認定件数

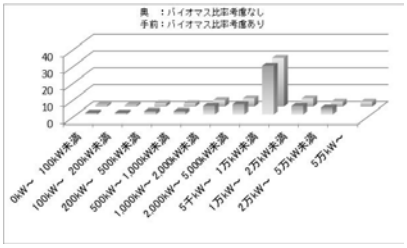


図5.1-6
未利用木質
発電設備の規模別認定件数

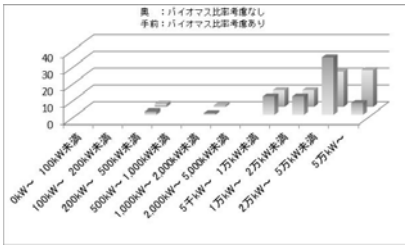


図5.1-7
一般木質、農作物残渣
発電設備の規模別認定件数

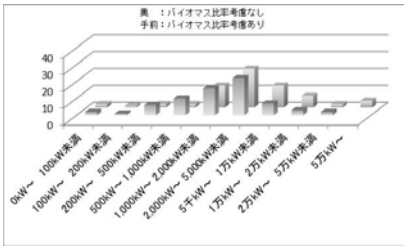


図5.1-8
一般廃棄物、木質以外
発電設備の規模別認定件数

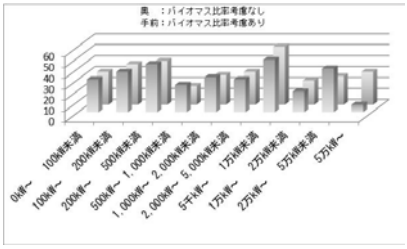


図5.1-9
バイオマス
発電設備の規模別認定件数

(2) バイオマス発電設備の規模別の導入状況

設備の種別ごとの特徴は下記のとおりまとめられる。

(a) メタン発酵ガス

・導入容量の分布は認定容量と同様の分布を示している。

・認定容量が500kW未満の設備96件のうち、半数の48件が導入を開始した。一方、認定容量が500kW以上の設備23件のうち、導入を開始した設備は約３分の１に相当する８件である。規模が大きいほど、導入された割合が小さい。

(b) 未利用木質

・導入容量の分布は認定容量と同様の分布を示している。

・認定容量が5,000kW以上１万kW未満の設備29件のうち12件が導入を開始している。導入を開始した「未利用木質」発電設備20件のうちの60%の件数を占め、12件の導入容量の合計71,730kWは20件の導入容量の合計125,141kWの57%を

占める。

・バイオマス比率を考慮した認定容量が１万kW以上の設備９件のうち、導入された設備は３分の１に相当する３件であり、メタン発酵ガスの場合と同様に、規模が大きいほど、導入された割合が小さい。

(c) 一般木質、農作物残渣

・バイオマス比率を考慮した認定容量が２万kW未満の設備は65件中25件あり、そのうちの８件が導入を開始している。この８件の導入容量の合計57,435kWは、導入を開始した「一般木質、農作物残渣」発電設備10件の導入容量の合計88,699kWの65％を占める。

・バイオマス比率を考慮した認定容量が２万kW以上の設備は65件中40件あるが、そのうち、導入された設備は２件であり、メタン発酵ガス、未利用木質の場合と同様に、規模が大きいほど、導入された割合が小さい。

(d) 一般廃棄物、木質以外

・導入容量の分布は認定容量と同様の分布を示している。

・バイオマス比率を考慮した認定容量が500kW以上5,000kW未満の設備は67件中46件あり、そのうち24件が導入を開始している。導入を開始した「一般廃棄物、木質以外」発電設備33件のうちの73％の件数を占め、24件の導入容量の合計53,555kWは33件の導入容量の合計106,480kWの50％を占める。

・バイオマス比率を考慮した認定容量が5,000kW以上の設備は67件中12件あり、そのうち5件が導入を開始している。導入を開始した「一般廃棄物、木質以外」発電設備33件のうちの15％の件数を占め、5件の導入容量の合計51,954kWは33件の導入容量の合計106,480kWの49％を占める。バイオマス比率を考慮した認定容量が500kW以上5,000kW未満の設備よりも導入件数の占める割合は小さいが、導入容量では同程度の割合を占める。

「メタン発酵ガス」発電設備は容量が500kW未満の設備は導入が順調に進んでいることから、適している規模であると考えられる。

「未利用木質」発電設備は、容量が5,000kW以上１万kW未満の設備の導入が順調に進んでいる。容量が2,000kW未満の設備の導入の進捗は、これに及んではいないが、平成27年４月から適用された2,000kW未満の「未利用木質」バイオマス発電設備の調達価格区分により、この規模の導入の進捗が促進されることが期待される。

「一般木質、農産物残渣」発電設備は、バイオマス比率を考慮した認定容量が２万kW未満の設備の導入が順調に進んでいる。バイオマス比率を考慮した認定容量２万kW以上の設備の導入の状況から原料木質バイオマスの安定した調達の難しさがうかがえる。

「一般廃棄物、木質以外」発電設備は容量が500kW以上5,000kW未満の設備が認定された件数が多いこともあり、導入された件数が多い。導入の進捗は、バイオマス比率を考慮した導入容量が500kW未満、500kW以上5,000kW未満、5,000kW以上とで、それぞれ同程度である点が、他の種別と異なる。木質以外の廃棄物系バイオマスが主体となるため、導入の状況が異なったものと考えられる。

表5.1-6　バイオマス発電設備の規模別の導入件数（平成27年９月末）

		メタン発酵ガス		未利用木質		一般木質 農作物残渣		建設廃材		一般廃棄物 木質以外		バイオマス全体	
バイオマス比率の考慮		なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり
以上	未満	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]	[件]
0kW	100kW	14	14	1	1	－	－	－	－	2	2	17	17
100kW	200kW	13	13	－	－	－	－	－	－	－	－	13	13
200kW	500kW	21	21	－	－	2	2	－	－	－	2	23	25
500kW	1,000kW	5	6	1	1	－	－	－	－	－	6	6	13
1,000kW	2,000kW	3	2	1	2	－	－	－	－	8	7	12	11
2,000kW	5,000kW	－	－	1	1	－	－	1	1	11	13	13	15
5千kW	1万kW	－	－	12	12	3	5	－	－	7	3	22	20
1万kW	2万kW	－	－	2	2	2	2	－	－	3	1	7	5
2万kW	5万kW	－	－	1	1	2	1	－	－	1	1	4	3
5万kW		－	－	1	－	1	－	－	－	3	－	5	－
合計		56	56	20	20	10	10	1	1	35	35	122	122
		[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
		15,076	15,027	458,505	125,141	250,899	88,699	3,550	3,550	1,088,757	108,725	1,816,787	341,142
バイオマス比率を考慮しない認定容量 20万kW超の設備を除く		同じ		同じ		同じ		同じ		33	33	120	120
										[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
										238,757	106,480	966,787	338,897

出典：市町村別認定量、導入量　　http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html
（固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト）　の公表値を基に作成

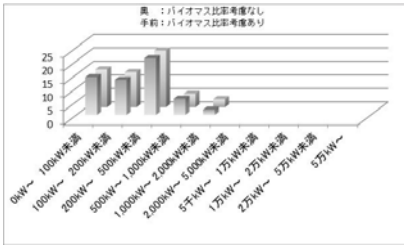


図5.1-10
メタン発酵ガス
発電設備の規模別導入件数

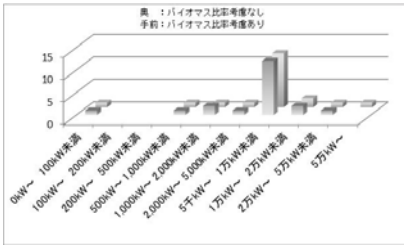


図5.1-11
未利用木質
発電設備の規模別導入件数

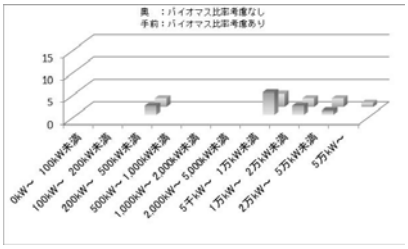


図5.1-12
一般木質、農作物残渣
発電設備の規模別導入件数

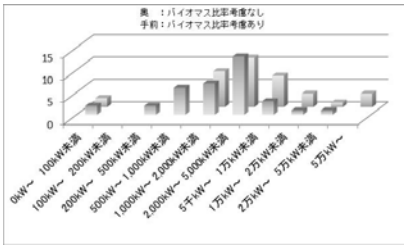


図5.1-13
一般廃棄物、木質以外
発電設備の規模別導入件数

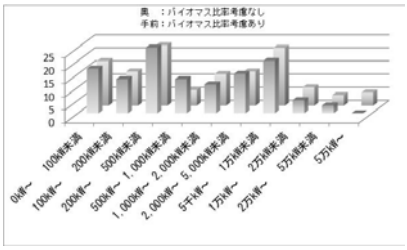


図5.1-14
バイオマス
発電設備の規模別導入件数

4)　バイオマス発電設備の認定、導入の推移

設備の種別ごとの特徴は下記のとおりまとめられる。

(a)　メタン発酵ガス

・認定件数、導入件数、認定容量、導入容量の増加の傾向がおおむね一定である。

(b)　未利用木質

・平成26年11月～平成27年６月の８ヶ月の間に導入容量増加の傾向が大きくなった。

(c)　一般木質、農作物残渣

・平成26年12月～平成27年７月の８ヶ月の間に導入容量増加の傾向が大きくなった。

(d)　一般廃棄物、木質以外

・導入件数、導入容量の増加の傾向がおおむね一定である。

「メタン発酵ガス」発電設備は家畜糞尿が主たる原料バイオマスと考えられ、利用可能な量の比較的高い確度での見通しが可能になり、導入が着実に増加したと考えられる。

「未利用木質」発電設備は上記の期間中に容量5,000kW以上１万kW未満の設備が10件、１万kW以上２万kW未満の設備が１件、２万kW以上５万kW未満の設備が１件導入を開始したことによる増加である。

「一般木質、農産物残渣」発電設備は上記の期間中に容量5,000kW以上１万kW未満の設備が３件、１万kW以上２万kW未満の設備が３件導入を開始したことによる増加である。

「一般廃棄物、木質以外」発電設備は木質以外の廃棄物系バイオマスの導入が安定していることによると考えられる。

表5.1-7　バイオマス発電設備の認定、導入の推移

	メタン発酵ガス				未利用木質				一般木質 農作物残渣				建設廃材				一般廃棄物 木質以外				バイオマス合計			
	認定		導入		認定		導入		認定		導入		認定		導入		認定		導入		認定		導入	
	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]
H24/07	0	0	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－
H24/08	0	0	－	－	1	5,700	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－	1	5,700	－	－
H24/09	1	25	－	－	1	5,700	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－	2	5,725	－	－
H24/10	1	25	－	－	1	5,700	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－	0	0	－	－	2	5,725	－	－
H24/11	8	725	3	375	1	5,700	1	5,700	1	7,110	0	0	0	0	0	0	4	8,742	4	8,742	14	22,277	8	14,817
H24/12	8	725	1	25	1	5,700	1	5,700	2	12,910	0	0	0	0	0	0	7	23,501	2	5,232	18	42,836	4	10,957
H25/01	8	725	1	25	1	5,700	1	5,700	2	12,910	0	0	0	0	0	0	10	31,084	3	6,972	21	50,419	5	12,697
H25/02	11	1,125	3	375	2	22,230	1	5,700	3	21,760	0	0	0	0	0	0	11	40,770	6	14,239	27	85,885	10	20,314
H25/03	17	2,372	3	375	5	37,280	1	5,700	3	14,915	0	0	0	0	0	0	18	64,378	6	14,239	43	118,945	10	20,314
H25/04	20	2,552	4	425	7	57,280	1	5,700	5	69,715	0	0	0	0	0	0	18	64,378	10	33,952	50	193,925	15	40,077
H25/05	25	3,442	8	725	11	74,380	1	5,700	10	243,265	1	265	0	0	0	0	22	82,765	11	34,448	68	403,852	21	41,138
H25/06	27	4,192	8	725	11	74,380	1	5,700	11	262,965	2	29,765	1	3,550	0	0	23	84,338	11	34,448	73	429,425	22	49,988
H25/07	32	4,932	9	775	12	80,080	1	5,700	11	262,965	2	29,765	1	3,550	0	0	23	84,338	12	36,021	79	435,865	24	51,611
H25/08	35	5,213	12	1,313	12	80,080	1	5,700	11	262,965	2	29,765	1	3,550	0	0	23	84,338	13	37,011	82	436,146	28	53,139
H25/09	37	7,274	13	1,713	12	80,080	1	5,700	12	275,065	2	29,765	2	8,100	0	0	24	87,681	13	37,011	87	458,200	29	53,539
H25/10	37	7,274	13	1,713	12	80,080	1	5,700	12	275,065	2	29,765	3	8,417	0	0	25	90,531	14	40,728	89	461,367	30	57,256
H25/11	39	7,559	15	1,818	12	80,080	2	11,400	12	275,065	2	29,765	3	8,417	0	0	25	90,531	14	40,728	91	461,652	33	63,061
H25/12	39	7,559	15	1,818	12	80,080	3	12,900	13	280,765	2	29,765	3	8,417	0	0	25	90,531	14	40,728	92	467,352	34	64,561
H26/01	41	7,734	17	1,868	13	90,080	3	12,900	14	296,105	2	29,765	3	8,417	1	317	27	111,341	14	40,728	98	513,677	37	64,928
H26/02	52	11,239	20	2,168	14	110,400	3	12,900	14	296,105	2	29,765	3	8,417	1	317	27	111,341	14	40,728	110	537,502	40	65,228
H26/03	61	14,257	26	3,188	33	244,971	3	12,900	23	468,949	2	29,765	4	14,167	1	317	35	137,398	15	41,176	156	879,742	47	66,696
H26/04	61	14,257	27	3,378	33	245,071	3	12,900	25	534,699	3	14,915	4	11,377	1	317	36	138,653	19	51,144	159	944,057	53	82,654
H26/05	67	15,301	28	3,478	34	265,291	4	13,700	25	534,699	4	15,075	4	11,377	1	317	40	228,428	19	51,144	170	1,055,096	56	83,714
H26/06	68	15,431	28	3,478	35	270,991	4	13,700	24	485,699	4	15,075	4	11,377	1	317	41	236,028	20	51,154	172	1,019,526	57	83,724
H26/07	69	15,856	32	6,274	38	301,971	4	13,700	23	461,999	4	15,075	4	11,377	1	317	44	243,453	20	51,154	178	1,034,656	61	86,520
H26/08	73	16,976	34	6,489	39	309,031	4	13,700	23	461,999	4	15,075	4	11,377	1	317	45	245,453	21	53,154	184	1,044,836	64	88,735
H26/09	73	16,976	35	7,229	41	315,901	4	13,700	24	485,519	4	15,075	4	11,377	1	317	45	245,453	21	53,154	187	1,075,226	65	89,475
H26/10	73	16,976	36	7,254	43	324,997	5	16,200	24	486,219	4	15,075	4	11,377	1	317	50	256,925	23	67,084	194	1,096,494	69	105,930
H26/11	75	18,181	38	7,829	43	324,997	8	28,295	27	593,560	4	15,075	4	11,377	1	317	51	256,770	24	67,784	200	1,204,885	75	119,300
H26/12	76	18,481	38	7,829	43	324,997	9	30,011	28	643,460	5	30,075	4	11,377	1	317	52	257,795	24	67,784	203	1,256,110	77	136,016
H27/01	82	22,482	40	8,244	44	327,597	10	36,511	36	866,240	5	30,075	4	11,377	2	3,867	55	264,593	26	72,866	221	1,492,289	83	151,563
H27/02	93	30,016	41	8,559	45	334,467	11	42,261	37	884,740	6	35,775	4	11,377	2	3,867	57	268,700	27	93,666	236	1,529,300	87	184,128
H27/03	110	33,031	43	9,179	50	363,165	13	68,831	48	1,322,130	7	41,575	4	11,377	2	3,867	68	297,462	30	100,478	280	2,027,165	95	223,930
H27/04	111	35,179	50	11,294	51	369,415	15	84,581	50	1,370,681	8	68,276	4	11,377	2	3,867	68	297,462	31	101,463	284	2,084,114	106	269,481
H27/05	111	35,179	51	11,494	52	370,615	17	106,861	57	1,613,961	8	68,436	3	11,060	1	3,550	68	297,462	32	102,588	291	2,328,277	109	292,929
H27/06	115	36,413	52	11,769	54	375,449	20	125,141	59	1,741,434	9	75,999	3	11,060	1	3,550	69	301,551	33	104,618	300	2,465,907	115	321,077
H27/07	119	39,853	54	13,857	55	385,449	20	125,141	61	1,781,193	10	88,586	3	11,060	1	3,550	69	301,551	35	108,724	307	2,519,106	120	339,858
H27/08	120	39,878	54	13,857	55	385,449	20	125,141	63	1,813,878	10	88,699	3	11,060	1	3,550	69	301,551	35	108,724	310	2,551,816	120	339,971
H27/09	119	39,967	56	15,027	55	380,848	20	125,141	66	1,944,788	10	88,699	3	11,060	1	3,550	69	301,551	35	108,724	312	2,678,214	122	341,141

注記：平成26年３月末までの認定容量及び導入容量は平成27年９月末の各設備のバイオマス比率を考慮した認定容量及び導入容量から算出した。（一部に推定を含む。）

出典：市町村別認定量、導入量　http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html（固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト）　の公表値を基に作成

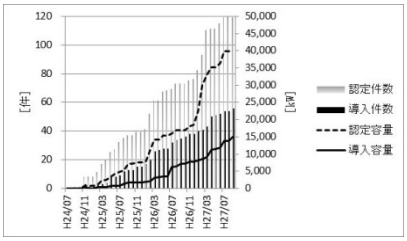


図5.1-15
メタン発酵ガス
発電設備の認定及び導入の推移

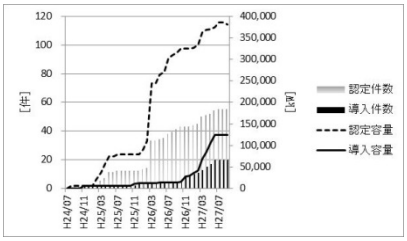


図5.1-16
未利用木質
発電設備の認定及び導入の推移

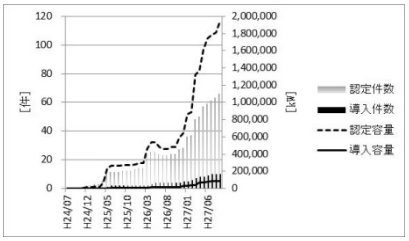


図5.1-17
一般木質、農作物残渣
発電設備の認定及び導入の推移

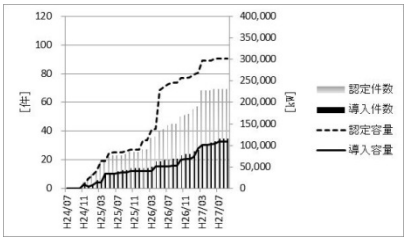


図5.1-18
一般廃棄物、木質以外
発電設備の認定及び導入の推移

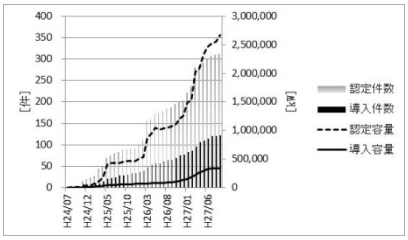


図5.1-19
バイオマス
発電設備の認定及び導入の推移

5) バイオマス発電設備の地域別の認定、導入状況

地域の特徴が現れたものとして、次のものがあげられる。

- 「メタン発酵ガス」発電設備については、北海道地区が認定容量、導入容量でほかの地区よりも明らかである。
- 「未利用木質」発電設備については、九州、沖縄地区が認定容量、導入容量でほかの地区よりも明らかである。
- 「一般木質、農作物残渣」発電設備については、その導入件数が東北地区：１件、関東地区：２件、中部地区：１件、中国地区：３件、四国地区：１件、九州、沖縄地区：２件である。
- 「一般廃棄物、木質以外」発電設備については、35件中、関東地区に12件が、近畿地区に８件がそれぞれ導入されている。

「メタン発酵ガス」発電設備は家畜糞尿が主たる原料バイオマスと考えられ、比較的調達計画の見通しが立てやすいと考えられる。

「未利用木質」発電設備は未利用木質が木質の由来の証明が必要である点に加え、国有林や森林経営計画の対象森林の調達が必要であるなど、調達に要する手続きが厳しいことなどから、厳格な調達管理が必要になり、結果として安定した原料バイオマスの調達計画が確立したことによると考えられる。

「一般木質、農産物残渣」発電設備は、比較的均等に分布しているが、導入件数の合計が10件であり、地域差が現れる件数には至っていないと考えられる。

「一般廃棄物、木質以外」発電設備は人口密集地に近いことが、原料バイオマスを調達しやすくしていると考えられる。なお、中部地区は導入件数が５件であるが、容量20,800kW（全導入容量108,551kWの19%に相当）の施設が導入を開始しているので、件数に対して大きな導入容量を占めている。

表5.1-8　バイオマス発電設備の地域別の認定容量、導入容量（平成27年９月末）

	メタン発酵ガス				未利用木質				一般木質、農作物残渣				建設廃材				一般廃棄物、木質以外				バイオマス合計			
	認定		導入		認定		導入		認定		導入		認定		導入		認定		導入		認定		導入	
	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]	[件]	[kW]
北海道	49	9,530	24	5,789	8	80,270	0	0	1	24,950	0	0	1	1,760	0	0	3	1,966	1	1,009	62	118,476	25	6,798
東北	8	4,292	2	235	9	31,775	3	6,545	11	285,309	1	5,800	0	0	0	0	7	105,116	1	4,284	35	426,492	7	16,864
関東	15	5,345	8	1,835	3	8,730	1	2,500	16	467,966	2	24,079	0	0	0	0	21	67,962	12	31,189	55	550,003	23	59,603
中部	17	4,007	8	1,560	14	75,758	3	13,500	10	286,550	1	7,450	0	0	0	0	8	34,499	5	27,924	49	400,814	17	50,434
近畿	11	5,777	5	1,137	4	34,430	2	22,330	6	278,320	0	0	2	9,300	1	3,550	14	46,063	8	23,088	37	373,890	16	50,105
中国	3	1,184	2	1,135	3	26,100	2	16,250	8	138,513	3	24,200	0	0	0	0	5	12,317	3	9,362	19	178,114	10	50,947
四国	3	1,185	2	685	3	18,970	2	12,750	4	131,510	1	8,850	0	0	0	0	2	5,198	2	5,198	12	156,863	7	27,483
九州、沖縄	13	8,647	5	2,651	11	104,815	7	51,266	10	331,670	2	18,320	0	0	0	0	9	28,430	3	6,671	43	473,562	17	78,908
合計	119	39,967	56	15,027	55	380,848	20	125,141	66	1,944,788	10	88,699	3	11,060	1	3,550	69	301,551	35	108,724	312	2,678,214	122	341,141

出典：市町村別認定量、導入量　　http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html
（固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト）　の公表値を基に作成

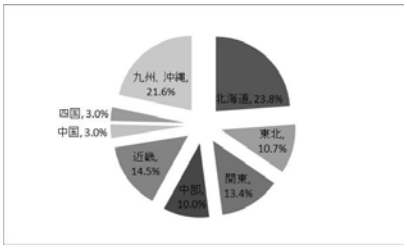


図5.1-20
メタン発酵ガス
発電設備の地域別の認定容量

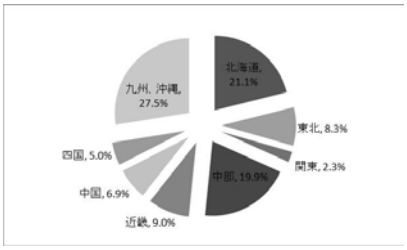


図5.1-21
未利用木質
発電設備の地域別の認定容量

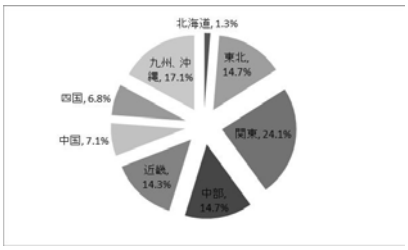


図5.1-22
一般木質、農作物残渣
発電設備の地域別の認定容量

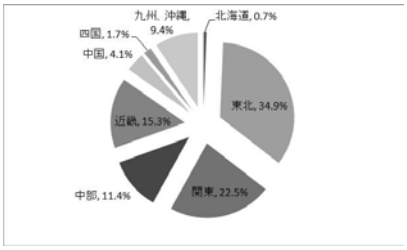


図5.1-23
一般廃棄物、木質以外
発電設備の地域別の認定容量

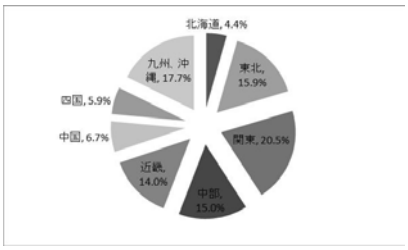


図5.1-24
バイオマス
発電設備の地域別の認定容量

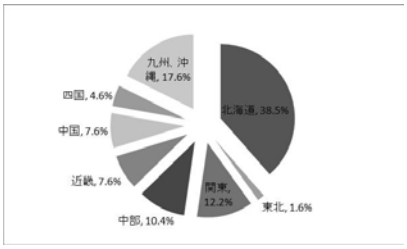


図5.1-25
メタン発酵ガス
発電設備の地域別の導入容量

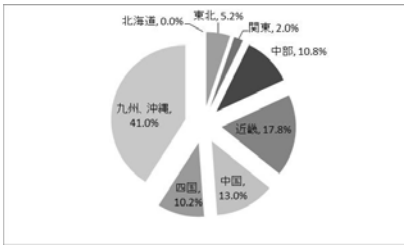


図5.1-26
未利用木質
発電設備の地域別の導入容量

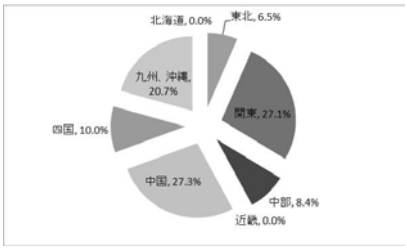


図5.1-27
一般木質、農作物残渣
発電設備の地域別の導入容量

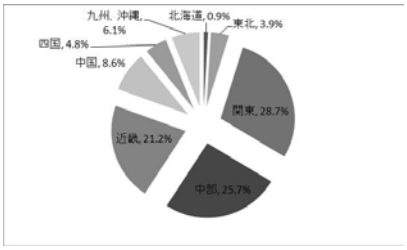


図5.1-28
一般廃棄物、木質以外
発電設備の地域別の導入容量

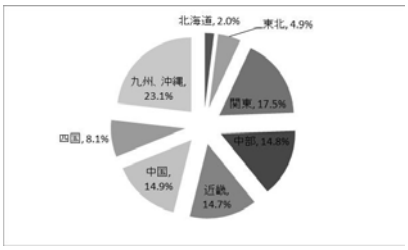


図5.1-29
バイオマス
発電設備の地域別の導入容量

6) バイオマスのさらなる利活用に向けて

「メタン発酵ガス」発電設備では認定容量が500kW未満の設備で認定容量の合計16,559kWの47%に相当する7,803kWが、「未利用木質」発電設備では認定容量5,000kW以上１万kW未満の設備で認定容量の合計184,220kWの39%に相当する71,730kWが、「一般木質、農作物残渣」発電設備では認定容量２万kW未満の設備で認定容量の合計

248,690kWの23%に相当する57,425kWが、「一般廃棄物、木質以外」発電設備では認定容量500kW以上5,000kW未満の設備で認定容量の合計104,937kWの53%に相当する55,555kWが（いずれもバイオマス比率を考慮した容量）それぞれ導入を開始し、適していると考えられる規模におけるバイオマスの利用は着実に伸びていると考えられる。

効率面でのアドバンテージから大規模な設備が計画されることは、エネルギー基本計画の観点や、地球温暖化対策の観点からは自然なことと考えられる。しかし、大規模な設備の導入の進捗は、原料バイオマス調達などの観点から適していると考えられる規模の設備の導入の進捗と比べて差が見られている。単に認定された容量と導入された容量とを比較するだけではなく、導入しやすい規模から進めていく観点も重要と考えられる。

調達価格等算定委員会においては、農林水産省から小規模未利用木質バイオマス発電の推進による未利用バイオマスへの新たな需要の創出、資源の有効利用の促進に伴う地域での雇用の増大等、林業施策と相まった地域活性化への寄与が報告され、また、平成27年４月から適用された2,000kW未満の「未利用木質」発電設備への新たな調達価格区分設定された。地域活性化の観点からも、小規模での安定経営や理にかなった運用を促進する積極的な施策が望まれる。

ガス化発電や、熱電併給がエネルギー利用上効率的である旨も調達価格等算定委員から指摘されている。5.2節で取り上げられている、海外での再生可能エネルギーの導入目標と政策に見られるような総合的な熱利用の高効率化への施策も望まれる。

「一般廃棄物、木質以外」発電設備、木質以外の廃棄物系バイオマスに対しては、平成26年度の調査研究報告書の「地域の静脈施設をコアとしたバイオマス技術」で取り上げられている焼却施設とメタン発酵の組合せ、更には広域連携による採算規模の確保等を視野に入れた総合的な施策や、3章で取り上げられている高機能化を促進する施策も望まれる。

参考文献

1) 平成26年度　エンジニアリングアプローチを用いた地域産業の活性化の調査研究報告書

2) 固定価格買取制度情報公開用ウェブサイトの公表値
http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html

3) 木材・木材製品の合法性、持続可能性の証明のためのガイドライン
平成18年２月　林野庁

4) 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
平成24年６月　林野庁

5) 森林法施行規則で定める施業の実施基準の概要
http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/sinrin_keikaku/pdf/syorei_kijyun.pdf

6) 木質バイオマス発電・証明ガイドライン Q&A
最終更新　平成27年７月10日　林野庁

7) 調達価格及び調達期間に関する意見　　調達価格等算定委員会

8) 再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック　資源エネルギー庁

5.2 海外のバイオマス推進策と国内への展開

地球温暖化への対応は世界的な課題であり、温室効果ガスの排出削減に向けた取り組みは、世界規模で積極的に展開されているところである。我が国においては、2050 年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指しており、その達成に不可欠なものが、再生可能エネルギーの普及と省エネルギーの推進である。我が国で排出される温室効果ガスの大部分は、エネルギーの利用に伴い発生する二酸化炭素であるが、今後温室効果ガスを削減していくためには、段階的に再生可能エネルギーの導入を進めていかねばならない。

再生可能エネルギーの普及については、平成 24 年 7 月の固定価格買取制度開始後、平成 26 年 11 月の時点で制度開始前と比較して約 7 割増加しているものの、我が国の発電電力量に対する割合は約２%と非常に低いものである。固定価格買取制度の対象となる再生可能エネルギーは、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスの計５種類であるが、なかでもシステム費用が比較的安価で、導入後も運転維持費が安価な太陽光の普及が進んでいる。それに対し、バイオマスを利用する再生可能エネルギーは、着実に普及は進んでいるものの、システム費用および運転維持費が高価であることや原料の確保、収集の仕組みの構築に時間を要すること等から、太陽光と比較すると普及は進んでいない。

我が国においては、再生可能エネルギーの推進策として固定価格買取制度が中心となってきた背景があり、基本的に電力をベースとして再生可能エネルギーを捉える傾向がある。また、我が国の再生可能エネルギーの導入目標では、電力以外の統計値は十分整理されていない現状である。一方、EU では再生可能エネルギーの導入目標を、電力、熱、輸送（バイオエタノール等）の分野それぞれで掲げている。これらの３分野のすべてで活用できるのがバイオマスだけであり、EU ではバイオマスを利用する再生可能エネルギーの推進策が充実している。本項では、海外での再生可能エネルギー推進策について、特にバイオマスに焦点を当ててまとめる。

5.2.1 海外のバイオマス推進策と再生可能エネルギーの普及状況

発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合の国際比較を**図 5.2.1-1** に示す。我が国の発電電力量のうち、再生可能エネルギー（水力除く）の占める割合は 2.2%であり、固定価格買取制度導入前の 1.4%から大幅に上昇したが、EU 等の再生エネルギー先進国と比較すると普及は遅れている状況である。特に、我が国と比較して EU 各国の再生可能エネルギーの割合が高くなっている理由としては、地理的な条件や歴史的な背景があることも確かであるが、2009 年に発効した EU の再生可能エネルギー利用促進指令(2009/28/EC)やそれ以前にも再生可能エネルギーに関する手厚い補助制度等の推進策があったためと考えられる。次項以降に、海外での再生エネルギーの導入目標と政策についてまとめていく。

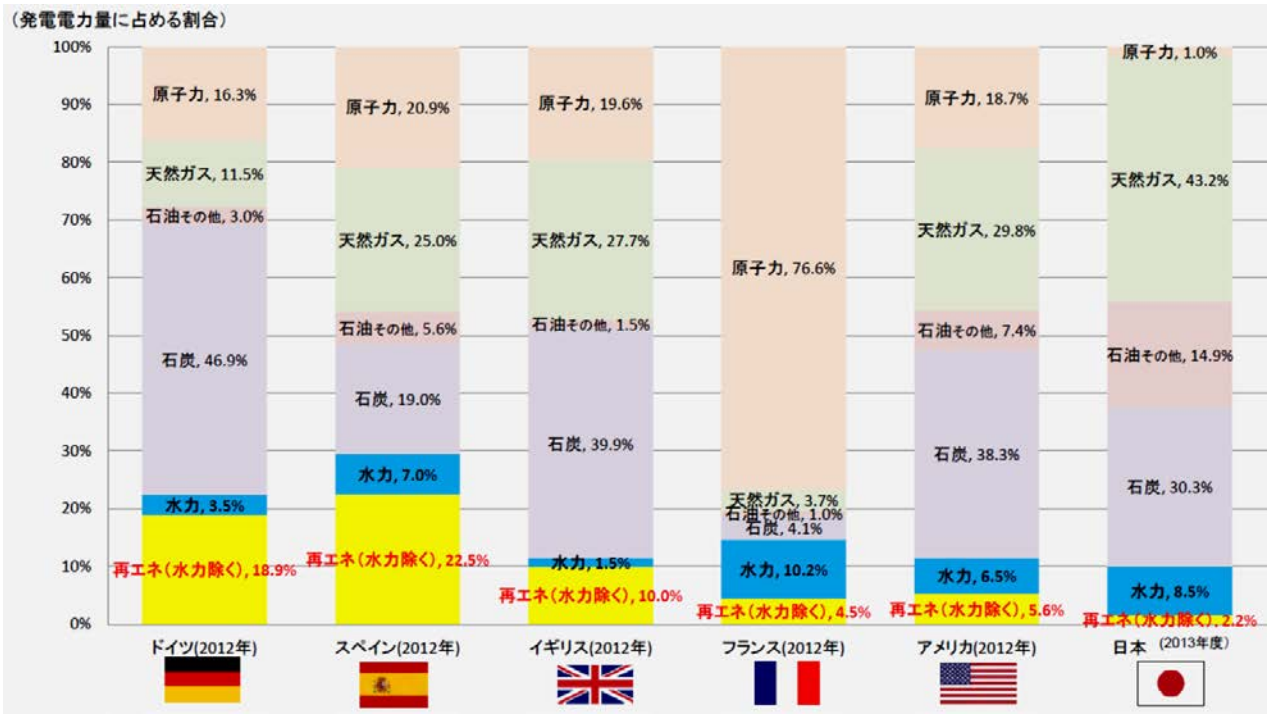


図5.2.1-1　発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合の国際比較

出典：再生エネルギーを巡る現状と課題（平成26年６月資源エネルギー庁）

5.2.2　海外での再生可能エネルギーの導入目標と政策

ここでは、バイオマス先進国と言われているドイツをはじめとして、EU 諸国の再生可能エネルギーの推進策に関し、バイオマスの活用を中心に紹介する。先に触れたとおり、EU では再生可能エネルギーの導入目標を、電力、熱、輸送の分野それぞれで掲げており、バイオマスについては熱分野での普及が期待されているため、熱分野が中心となる。

1) ドイツの再生可能エネルギー政策

(1) 再生可能エネルギー導入目標

ドイツでは2009年に発効したEUの再生可能エネルギー利用促進指令(2009/28/EC)において、2020年の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの比率を18%にする目標が設定されている。ドイツにおける再生可能エネルギー導入実績および目標の設定状況を**表5.2.2-1**に示す。また、熱分野での再生可能エネルギーの導入目標は、2009年１月に施行された再生可能エネルギー熱法の第１条「法律の目的・目標」では、経済性を考慮しながら、熱分野における最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに14%まで引き上げることが目標として規定されている。なお、具体的な熱の用途は、暖房、冷房、プロセス熱、温水等である。熱分野の再生可能エネルギーの導入予測を**表5.2.2-2**に示す。

表5.2.2-1　ドイツにおける再生可能エネルギー導入実績および目標

	2012 年 実績	2020 年目標 （法定）	 （行動計画）
電力	22.9%	35.0%超	38.6%
熱	10.4%	14.0%	15.5%
輸送燃料	5.5%	ー	13.2%
最終エネ	12.6%	18.0%	18.0%

出典：環境省　平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料3

表5.2.2-2　ドイツにおける熱分野の再生可能エネルギーの導入予測

（単位：ktoe）

エネルギー源	2005 年実績	2015 年予測	2020 年予測
地熱	0.8	n/a	n/a
太陽熱	29	34	34
バイオマス	560	958	3,914
ヒートポンプ	n/a	548	2,254
合計	**590**	**1,537**	**6,199**

出典：環境省　平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料3

(2) 再生可能エネルギー政策

ドイツは、EUの再生可能エネルギー利用促進指令(2009/28/EC)に基づき、国家再生可能エネルギー行動計画を策定し、2010年８月に欧州委員会に提出した。この行動計画は、指令によって最低限含むべき項目が規定されており、加盟各国は2020 年までの電力分野、熱分野、輸送燃料分野における導入の指標曲線を推定しなければならないことになっている。また、再生可能エネルギー法に基づく固定価格買取制度で、電力分野の再生可能エネルギー比率を2020年までに35%超に拡大することを目指している。

(3) 再生可能熱分野における促進施策体系

ドイツでは、バイオマスCHP等のエネルギー供給に関わる大規模設備は、再生可能エネルギー法やCHP法に基づく固定価格買取制度において、発電電力に対する支援の中でプレミアムを付与することで間接的に熱生産の支援を行っている。また、バイオガスを燃料としたエネルギー供給を行う環境整備として、エネルギー事業法を改正し、バイオメタンを既存ガス網に注入する際の優先アクセスに関する義務が設けられている。それ以外にも、初期投資費用の軽減を目的市場促進プログラムがある。新築建物における再生可能熱利用については、2009年に施行された再生可能エネルギー熱法に基づき、建物所有者に対して一定比率の再生可能エネルギー導入を義務付けることにより促進を図っている。ドイツの再生可能熱分野における主な促進施策の支援対象を**表5.2.2-3**に示す。なお、各推進施策には、対象者、対象エネルギーや支援額が詳細に規定されており、その内容については、環境省HPで紹介されている。

(a) 再生可能エネルギー熱法

2008年８月に公布された本法は、熱供給における再生可能エネルギーの利用を拡大することで、温室効果ガスを削減し、気候を保護する目的で、2007年ドイツが発表した包括的な気候保護・エネルギー政策の一施策として制定された。本法の施行により、ドイツは、熱供給に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに14%とすることを目指している。本法は2009年１月１日に施行され、その後2011年５月に改正された。

表5.2.2-3　ドイツの再生可能熱分野における主な促進施策の支援対象

エネルギー源 / 主な促進施策	太陽熱	地熱	ヒートポンプ	バイオマス	バイオガス	バイオマスCHP
再生可能エネルギー熱法	○	○	○	○	○	○
市場促進プログラム（BAFA）	○	○	○	○	○	△
市場促進プログラム（KfW）	○	○	○	○	○	△ 併用不可
再生可能エネルギー法						△
CHP 法						△
バイオガス優先接続義務					○	

出典）各種資料より東京海上日動リスクコンサルティング作成

出典：環境省　平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料3

(b)市場促進プログラム（BAFAによる補助金）

再生可能エネルギー熱法では、2009年から2012年の間に、毎年５億ユーロ（600億円）を上限として、再生可能熱等の生産分野に財政的支援を行うことを規定している。本プログラムに基づき、主に小規模設備を対象として連邦経済・技術省の外局である連邦経済・輸出管理庁（BAFA）が設置費補助を提供している。なお、既存建物への設置および革新的技術への支援に重点を置いており、2010年７月に新築建物を対象とした支援は、一部エネルギー源を除いて打ち切りとなった。

(c) 市場促進プログラム（KfWによる再生可能エネルギープログラム）

ドイツの市場促進プログラムでは、主に大規模な再生可能熱設備を対象として、ドイツ復興金融公庫（KfW）が支援プログラム（再生可能エネルギープログラム・プレミアム）を提供している。

2) イギリスの再生可能エネルギー政策

(1) 再生可能エネルギー導入目標

イギリスは、EUの再生可能エネルギー利用促進指令(2009/28/EC)で、2020年までに最

終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの導入比率を、15%まで引き上げる目標が設定されている。この目標達成のために、2008年６月に、イギリス政府は再生可能エネルギー導入戦略に関するコンサルテーションペーパーを公表した。2009年７月15日に、イギリス政府はこの15%目標を達成するための各主体の役割を示した再生可能エネルギー戦略を公表した。この戦略の中で実施した分析に基づけば、15%目標は達成可能としている。イギリスにおける再生可能エネルギー導入実績および目標の設定状況を**表5.2.2-4**に、熱分野の再生可能エネルギーの導入予測を**表5.2.2-5**に示す。

表5.2.2-4　イギリスにおける再生可能エネルギー導入実績および目標

	2012 年 実績	2020 年目標 （法定）	 （行動計画）
電力	10.8%	ー	31.0%
熱	2.3%	ー	12.0%
輸送燃料	3.2%	ー	10.3%
最終エネ	4.1%	（15.0%）	15.0%

出典：環境省　平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料3

表5.2.2-5　イギリスにおける熱分野の再生可能エネルギーの導入予測

（単位：ktoe）

エネルギー源	2005 年実績	2015 年予測	2020 年予測
地熱	12	234	686
太陽熱	238	741	1,245
バイオマス	7,260	10,388	11,355
ヒートポンプ	196	800	1,144
合計	**7,706**	**12,163**	**14,431**

出典：環境省　平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料3

(2) 再生可能エネルギー政策

イギリスの再生可能エネルギー戦略で採用された主要シナリオでは、再生可能エネルギー発電の比率を2008年実績の5.7%から2020年までに約30%、もしくはそれ以上に引き上げることを提案している。主要シナリオにおけるエネルギー源別の予測では、このうちの大部分を風力発電（陸上、洋上）が占めるとしている。また、バイオマス発電も、再生可能エネルギー発電の22%を占めると予測している。なお、固定価格買取制度の対象となる小規模再生可能エネルギー発電分は、約30%のうちの２%相当を担う予測となっている。このように電力分野において大きく導入量を伸ばしても、2020年の最終エネルギー消費に占める15%目標を達成するためには、熱分野における導入促進が不可欠であり、熱需要の12%を再生可能エネルギーで賄うことを目指したシナリオとなっている。個別エネルギー源別の導入量推定も行っているが、イギリスでは、2020年までにヒートポンプを2010年比で約12 倍（186→2,254ktoe）、バイオマスも約12倍（323→3,914ktoe）

にすることを掲げている。他方、地熱、太陽熱については、導入量増加を想定していない点が特徴的である。

(3) 再生可能熱分野における促進施策体系

イギリスでは、2012年以降、再生可能熱インセンティブ（RHI: Renewable Heat Incentive）と呼ばれる従量制のインセンティブ制度で、再生可能熱の導入促進を図っている。ただし、2013年時点で、再生可能熱インセンティブ制度が家庭部門を対象としていないため、暫定的に家庭部門を対象とした再生可能熱プレミアムペイメント（RHPP：Renewable Heat Premium Payments）と呼ばれる設置費を補助する制度が導入されているが、2014年度以降はRHIに統合される予定である。なお、各推進施策には、ドイツと同様に対象者、対象エネルギーや支援額等が詳細に規定されており、その内容については環境省HPで紹介されている。

表5.2.2-6　イギリスの再生可能熱分野における主な促進施策の支援対象

エネルギー源 / 主な促進施策	太陽熱	地熱	ヒートポンプ	バイオマス	バイオガス	バイオマス CHP
再生可能熱インセンティブ（RHI）	○ 併用可		○	○	○	○
再生可能熱プレミアムペイメント（RHPP）	○		○	○	○	○ 併用不可
エネルギー企業義務（ECO）			○	○		
Renewables Obligation（RO）						○

出典：環境省　平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料3

(a) 再生可能熱インセンティブ（非家庭部門）

イギリスでは2008年11月公布の2008年エネルギー法第100条により、RHIを導入する権限がエネルギー担当の国務大臣に付与された。2010年に実施されたコンサルテーションを受けて、2011年３月10日にこのRHI制度の詳細が公表された。当初、RHIは、全ての再生可能熱を対象として、2011年から施行することを目指して議論が進められてきた。しかし、最終的には、非家庭部門における大規模熱生産事業者と、家庭部門における熱利用者を分けて、段階的に支援制度を導入することになった。

(b) 再生可能熱インセンティブ（家庭部門）

2013年９月現在、詳細な制度設計の作業が進められている家庭部門を対象としたRHIは、主にガス網に接続していない住宅を対象とした、資金補助制度である。本制度では、暖房システム所有者に対して、産出された再生可能熱（kWh）の固定価格買取を行う。対象となる設備は、MCS（Microgeneration Certification Scheme）による認定を受け、技術ごとの関連基準に合致している必要がある。

(c) 再生可能熱プレミアムペイメント

RHIは、2013年８月時点で、家庭部門を支援対象としていない。イギリスでは、普及が急がれる再生可能エネルギー熱利用を促進するため、家庭部門向けの再生可能熱インセンティブが施行されるまでの暫定措置として、RHPP制度が導入された。当初は2013年３月末までを予定していたが、RHIの家庭部門への拡大が遅れたために、2014年３月末まで延長されている。本制度の実施期間中に再生可能熱設備を設置する場合、一定の条件を満たせばバウチャーが発行される。申請者が有効期間内に設備を設置し、必要書類とともに運営機関であるEnergy Saving Trustにバウチャーを提出すると助成金を受け取ることができることになっている。このRHPPには、個人家屋所有者への支援に加えて、非営利家主（Social Landlord）向けの競争入札の制度もある。

(d) エネルギー企業義務

エネルギー供給事業者は、それぞれの事業法（1989年電力法、1986年ガス法）に基づき、「顧客に対して効率的なエネルギー使用を提供すること」が義務付けられている。1994 年からエネルギー供給事業者を対象とした顧客の省エネルギーに関する義務が導入されており、直近では2008～2012年にかけて、炭素排出削減目標（CERT：Carbon Emission Reduction Target）というCO_2削減量を目標単位とした制度が施行されていた。2013年１月から、家庭部門の省エネ設備投資促進の強化策として、助成制度であるグリーン・ディール（Green Deal）とともに、エネルギー企業義務が施行されている。

3) フランスの再生エネルギー政策

(1) 再生可能エネルギー導入目標

フランスでは2005年のエネルギー政策基本法で、2005年実績から再生可能熱生産量を2010年までに50%増加させる導入目標を設定して、再生可能熱等エネルギーの導入促進を図ってきた。その後、2009年に発効したEUの再生可能エネルギー利用促進指令(2009/28/ EC)において、2020年の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの比率を23%にする目標が設定されている。この目標は、2009年８月に官報に公布され、法制化されている。フランスにおける再生可能エネルギー導入実績および目標の設定状況を**表5.2.2-7**に示す。また、熱分野の再生可能エネルギーの導入予測を**表5.2.2-8**に示す。

表 5.2.2-7　フランスにおける再生可能エネルギー導入実績および目標

	2011 年 実績	2020 年目標 （法定）	 （行動計画）
電力	16.3%	―	27.0%
熱	16.5%	―	33.0%
輸送燃料	6.7%	―	10.5%
最終エネ	13.1%	23.0%	23.0%

出典：環境省　平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料３

表5.2.2-8　フランスにおける熱分野の再生可能エネルギーの導入予測

（単位：ktoe）

エネルギー源	2005 年実績	2015 年予測	2020 年予測
地熱	130	310	500
太陽熱	380	465	927
バイオマス	9,153	12,760	16,455
ヒートポンプ	76	1,505	1,850
合計	**9,397**	**15,040**	**19,732**

出典：環境省　平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料3

(2) 再生可能エネルギー政策

フランスにおける2012 年の再生可能熱エネルギー導入状況は、バイオマス起源の再生可能熱エネルギーが90%近くで、その中でも木材燃焼が過半を占めているが、2020年の目標達成に向けては、各エネルギー源とも進捗率が低い状態となっている。こうした中、再生可能熱分野において、2010年の17%から2020 年に33%までほぼ倍増することを目指している。

(3) 再生可能熱分野における促進施策体系

2005年１月から個人家庭における再生可能エネルギー機器、ヒートポンプの導入に対して、投資額の一定比率を還付する制度を開始した。この制度のもとで、個人家庭における再生可能熱エネルギーの導入が促進された。また、大規模設備については、環境・エネルギー管理庁が管理する熱基金と呼ばれる制度により設置費補助が行われている。概要を**表5.2.2-9**に示す。

表5.2.2-9　フランスの再生可能熱分野における主な促進施策の支援対象

エネルギー源 / 主な促進施策	太陽熱	地熱	ﾋｰﾄﾎﾟﾝﾌﾟ	ﾊﾞｲｵﾏｽ	ﾊﾞｲｵｶﾞｽ	ﾊﾞｲｵﾏｽ CHP
再生可能エネルギー投資額還付制度	○	○	○	○	○	○
熱基金	○	○	○	○	○	○

出典：環境省　平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料3

(a) エネルギー投資額還付制度

2005年１月から、各個人家庭における再生可能エネルギー機器やヒートポンプ、省エネ機器等への投資に対して、投資額の最大40%を税額控除の形で払い戻すエネルギー投資額還付制度を開始した。この制度は、再生可能電力・熱の両方を対象にしており、家庭におけるバイオマス、太陽光、太陽熱温水器を主なターゲットとしている。その後、2006年１月より、再生可能エネルギー機器およびヒートポンプに関す

る税額控除率が、40%から50%に引き上げられた。2013年時点で2015年まで税額控除の制度は継続されることが公表されている。

(b) 熱基金

熱基金は、再生可能エネルギーおよび廃熱回収による熱生産を支援する目的で、2008年12月に設立された。環境・エネルギー管理庁が、管理・執行を行う。熱基金は、2009年から2020年までに5,500ktoeの再生可能熱生産を拡大する目標について、その1/4の熱生産拡大に資することが掲げられている。具体的には、集合集宅や第三セクター、農業・産業部門における、再生可能熱（バイオマス、地熱、ヒートポンプ、太陽熱）を対象として、2009～13年間の予算12 億ユーロ（1,440億円）に基づく、設置費補助制度（熱基金）が設けられている。熱基金は、大規模バイオマスとそれ以外のプロジェクトの2つのプログラムに分かれている。大規模バイオマス（年1ktoe以上）を対象とした、産業・農業・公共サービス業向けバイオマス熱（BCIAT）プログラムでは、環境・エネルギー管理庁が年に１回公募入札を実施し、そこで選定されたバイオマス設備に対し、フィード・イン・プレミアムを供与する。プレミアムの額は、対象となる設備の規模により異なる。

4) その他海外の再生可能エネルギー政策

(1) デンマーク

デンマークでは、オイルショックを契機に「エネルギー計画 1976 年」をたて、北海油田の開発や再生可能エネルギーによる発電に国民を巻き込んだ自給政策に力を入れてきた。このような政策のもと、1980 年のエネルギー自給率は５%に過ぎなかったが、1997 年には、エネルギー自給率は 100%に達した。一次エネルギーに占める再生可能エネルギーは、30%を越え、その内訳は、2010 年の時点でバイオマス 68.3%、風力 20.5%、ヒートポンプ 5.1%、バイオガス 3.1%、バイオディーゼル 2.1%、太陽光 0.5%、地熱 0.3%となっている。

熱の利用に関しては、1979 年に初代熱供給法ができ、CHP/DH(Combined Heat and Power/District Heating)市場が経済的に自立できる奨励策が導入され、さらに地域暖房の使用が義務付けられた。デンマークの熱供給の多くは発電所の熱電供給による地域暖房、天然ガスをベースにした地域暖房、その他廃棄物、麦わら、木材が熱源になっている。1980 年以降、熱供給を併設しない発電所は建設されなくなった。

デンマークの買取制度は、発電者が発電を続けることができる補償制度を基本としている。1979 年の熱供給法の後、1984 年に世界最初の固定価格買取制度といわれる風力電力の 70%を固定価格で 10 年間買取る制度を設けた。その後、1999 年の電力自由化「新電力供給法」が成立して、固定価格買取制度が廃止され、RPS 法に移行した。デンマークの FIT 制度等の変遷を**表 5.2.2-10** に示した。

表 5.2.2-10　デンマークの FIT 制度等の変遷

変遷			備考
1979年	:	熱供給法、風力発電に補償金制度	地域暖房義務化
1984年	:	風力発電にFIT制度を導入	一般電力料金の70%で10年間買取
	:	バイオガスCHPにFIT制度	
1990年	:	風力補償制度	炭素税導入、電力小売価格の85%買取義務化
1992年	:	天然ガスCHPにFIT制度	
1999年	:	固定価格買取制度廃止、グリーン証書割当制度	電力市場自由化(RPS制度)
2003年	:	風力発電の買取義務がなくなる	20年間一定の生産補助金(上乗せ)
2008年	:	洋上風力発電に固定価格買取制度を導入	

出典　環境技術 vol44（2015年4月）

(2) スペイン

スペインは我が国と同様輸入エネルギー依存度が高いことから、1980 年代にエネルギー保全法が制定され、再生可能エネルギーの導入や省エネルギーに取り組んできた。今世紀になると、EU のエネルギー政策、気候変動政策とも連携して再生可能エネルギー利用比率目標と国家再生可能エネルギー行動計画を作成した。さらに、EU の再生可能エネルギー利用促進指令を持続可能な経済法によって国内法化し、その実施のための再生可能エネルギー計画を定めた。再生可能エネルギーは、2014 年の時点で発電電力量の 40.9%（水力 15.6%含む）を占め、その内訳は、風力 18.8%、太陽光 3.0%、太陽熱 1.8%、バイオマス 1.7%であった。

スペインの FIT 制度は、ドイツの 4 年後の 1994 年に導入され、これにより風力発電の導入が着実に進められてきた一方、電力会社に多額の赤字が発生しているとされている。この打開策のための各種措置がとられてきたが、電力産業の構造的な収入不足の改善のために、2013 年 7 月に国王令が定められ、従来の FIT 制度が廃止され、2013 年 12 月に電力法(Act24/2013)が施行された。再生可能エネルギー源による発電については、2014 年の国王令等によって、これまでの既存の施設を含めて、これまでの枠組みを廃止し、合理的な資金回収を可能とする「新投資支援制度」に移行することになった。

この制度では、再生可能エネルギーの新設施設については、基本的に支援はなく、電力卸売市場における市場価格での売電により収入を得ることになる。ただし、政府が再生可能エネルギー導入目標達成のために必要と認めた場合は、新規施設の入札を行い、設備容量当たりの支援を支払う場合がある。既存施設については、合理的な投資収益率を確保するため、あらかじめ政府で決めた方法で計算された資金を発電施設により決まるプロジェクト期間にわたり、投資額に応じて受け取ることができる。

5.2.3　海外での再生可能エネルギー導入の課題

再生可能エネルギー先進国である上記で紹介してきた国々では、これまで記載してきたように、再生可能エネルギー普及のため様々な施策を国特有の事情や時代の変化に対応しながら進めてきている。こうした国々でも、再生可能エネルギーの導入に当たっての課題は存在するが、大別すると２つになると考えられる。ひとつは火力発電等の既存の発電に比較して不安定な発電である再生可能エネルギーを既存の電力網に系統させる、またその

時の全発電量に対する再生エネルギーの比率といった技術的な課題。もう一方は、固定価格買取制度に伴う電力会社への負担金等の負担といった経済的な課題である。海外の再生可能エネルギー先進国では、こうした課題を克服しながら制度の見直しを繰り返してきており、我が国においても同じ課題に直面する可能性が出てくる。このため、海外の支援策やその変遷や抱える課題からは学ぶ部分が多いため、今後も情報を定期的に集めていく必要がある。固定価格買取制度を中心として再生可能エネルギーの普及を進めてきたドイツも 2015 年から政策の枠組みを変えていくことになっている。固定価格買取制度からプレミアム制へ、さらに 2017 年からは入札制に移行するようである。こうした海外の状況も参考にしていくべきである。

5.2.4 我が国の再生可能熱の支援制度

我が国における再生可能熱に関連する支援制度は、資源エネルギー庁のHPでも紹介されている再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策費補助金がある。この制度は、再生可能エネルギー熱利用の設備を導入する者に対し、事業費の一部に対する設備導入費用の一部補助するものである。補助金額は地方公共団体等に対しては補助対象経費の1/2以内、民間事業者等に対しては補助対象経費の1/3以内となっている。補助対象となる再生可能エネルギー熱利用設備の種類は、太陽熱利用や温度差エネルギー利用、バイオマス熱利用、バイオマス燃料製造、雪氷熱利用、地中熱利用と多岐にわたっている。また、補助対象となる費目には、設計費と設備費、工事費、諸経費であり、個々に詳細な要件が定められている。なお、年間の１件当たりの年間の補助金額の上限額は、原則として10億円となっている。

一方、地方自治体においても熱利用に関する支援制度が存在しており、バイオマスを対象とした補助制度も比較的充実しているものの、大半は住宅を対象としたペレットストーブといった小規模なものである。

参考文献

1) 再生エネルギーを巡る現状と課題（平成 26 年 6 月資源エネルギー庁）
2) 環境省　平成 25 年度 2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書　参考資料 3
3) 環境技術学会　環境技術 vol.44(2015 年 4 月)
4) 経済産業省　エネルギー基本計画（平成２６年４月）
5) JETRO 欧州のバイオマス政策（2011）
6) 平成 26 年度　エンジニアリングアプローチを用いた地域産業の活性化に関する調査研究報告書（一般社団法人　エンジニアリング協会）

5.3　我が国のバイオマス普及のための制度のあり方

2014 年４月に策定されたエネルギー基本計画（第四次計画）の中で、再生可能エネルギーについては、固定価格買取制度(FIT)の適正な運用を基礎としつつ、環境アセスメントの期間短縮化等の規制緩和等を今後とも推進するとともに、高い発電コスト、出力の不安定性、立地制約といった課題に対応すべく、低コスト化・高効率化のための技術開発、大型蓄電池の開発・実証や送配電網の整備などの取組を積極的に進めていくこととしている。こうした背景もあり、我が国の再生可能エネルギーの普及のためには、現段階においては、FIT が不可欠な存在となっている。一方、これまで触れた再生可能エネルギーの先進国である EU 諸国では、再生可能エネルギーの導入目標を、電力、熱、輸送の分野それぞれで掲げており、こうした制度についても積極的に見習っていく必要があると考える。

バイオマスは、熱、電力を供給できる再生可能エネルギー源であることに加え、マテリアルとして活用できるため、他の再生可能エネルギー源と比較して数々のメリットを有する半面、安定的な原料確保、収集の困難さ等から施設の大規模化等が難しい。木質バイオマス発電の場合、第２章で触れられているとおり、採算性のあう事業規模は 5MW 規模以上であり、その時の発電効率はせいぜい 25%と大規模な発電施設と比較すると低い。このため、熱との併給が可能となれば、エネルギー効率は 80%を越えるため、こうしたシステムについても検討を進め、支援策を拡充していくべきである。また、木質バイオマス発電やバイオガス発電は、他の再生可能エネルギーと比較して、発電量が安定している点でも優れたシステムであり、同時に廃棄物処理も行えるメリットがある。特にバイオガス発電では、日田市バイオマス資源化センターが生ごみや糞尿を原料としているように、多岐にわたるバイオマス資源を原料とすることができるというメリットがある。さらに、将来的な技術とはなるが、今後水素の活用が進んでいく場合には、福岡市の下水処理場でのプロジェクトに見られるような形態でバイオマスが活用されていく可能性がある。

上記のようなメリットがある半面、バイオマスは下水処理場などを除き一般的に広く薄く存在するため、地方における小規模分散型の施設にならざるを得ない場合が多く、発電のみでバイオマスを活用していくのは、送配電線の整備含めて難しい面がある。こうした状況を打開していくためには、トランスヒートコンテナシステムのような排熱を活用システムであり、地域で発生するバイオマス資源を有効に地産地消していくには、やはり熱を主体的に取り扱っていくシステムの普及、そのための支援制度の拡充が必要である。

第６章　事例調査

6.1　視察「(株) グリーン発電大分 天瀬発電所」

調査日：　平成27年９月３日 13:30～15:30

場所：　　〒877-0111 大分県日田市天瀬町五馬市245-４

1)　説明者

（株）グリーン発電大分 天瀬発電所 燃料流通担当 管理部長

日本フォレスト（株）天瀬工場 バイオマス流通事業部 管理部長

水田 和幸 氏

2)　受領資料:

・(株) グリーン発電大分　会社案内

・モリショウ グループ 総合案内

・日本フォレスト（株）木材破砕機カタログ

3)　事業概要

（株）グリーン発電大分は、再生可能エネルギーの固定価格買取り制度を活用し、日田木質資源有効利用協議会の登録事業者から、林地残材等の未利用材を（主に50km圏内から）収集し、自然乾燥後、破砕チップ化した木質チップを燃料とする木質バイオマス（専焼）発電事業を運営している。

概要は以下のとおり。

事業主体	（株）グリーン発電大分
発電規模	約5,700kW（送電規模：約5,000kW）
発電機容量	6,334kVA
発電効率	26%
売電先	（株）エネット 同社は、(株) NTTファシリティーズ、東京ガス（株）および大阪ガス（株）により設立された新電力会社（特定規模電気事業者）
使用燃料	山林未利用材由来の木質バイオマス（木質チップ）専焼 供給者：日本フォレスト（株）
燃料使用量	年間約６万t（水分35%）
ボイラ最大蒸気量	時間あたり25t
主蒸気温度	450℃
設備	外部循環流動層ボイラ 蒸気タービン、発電機、燃料加工設備、乾燥設備、燃料搬送設備
総事業費	約21億円（そのうち、大分県からの補助金が約８億円）

4)　事業の経緯

事業の経緯は以下のとおり。

平成16年４月	「日本フォレスト（株)」設立
平成19年11月	「日田木質資源有効利用協議会」設立

会員は森林組合、民間素材業者、原木市場、運送事業者等、５～６社であった。

平成19年～20年	日本フォレスト（株）が林地残材の発電燃料化実証事業を実施
平成22年12月	「(株）グリーン発電大分」設立
平成25年６月	集材開始
平成25年８月	新規に職員を合同採用（全て地元雇用）
平成25年11月	商業運転開始
平成27年４月	日田木質資源有効利用協議会の会員数が４社増員し、26社→30社になった。

5)　取組みの背景

木材需給傾向や森林所有者の高齢化などの要因により、山の手入れになかなか手がまわらず、C材（大曲がり材、短尺材など)、D材（林地残材（小径材、根元部、梢端部など)）が山林に放置され、山林に荒廃の傾向が見られるようになった。また、山林の手入れを行おうとする森林所有者にとって、これらC材、D材などの搬出に要するコストが制約となっていた。

荒廃した山林をきれいにする、衰退した山林を活性化するために、商品として流通させることが難しいこれらのC材､D材をバイオマスとして活用することで価値をつけることが検討された。

このグリーン発電大分、日田木質資源有効利用協議会による取組みで特に着目するべき点は、FIT（固定価格買取制度）が制度化される（平成24年７月）前であるばかりでなく、東日本大震災（平成23年３月）で電力問題に世の耳目が集まる前から実証が開始されたことにある。

6)　装置構成と処理のフロー

図6.1-1に天瀬発電所のフロー図を示す。

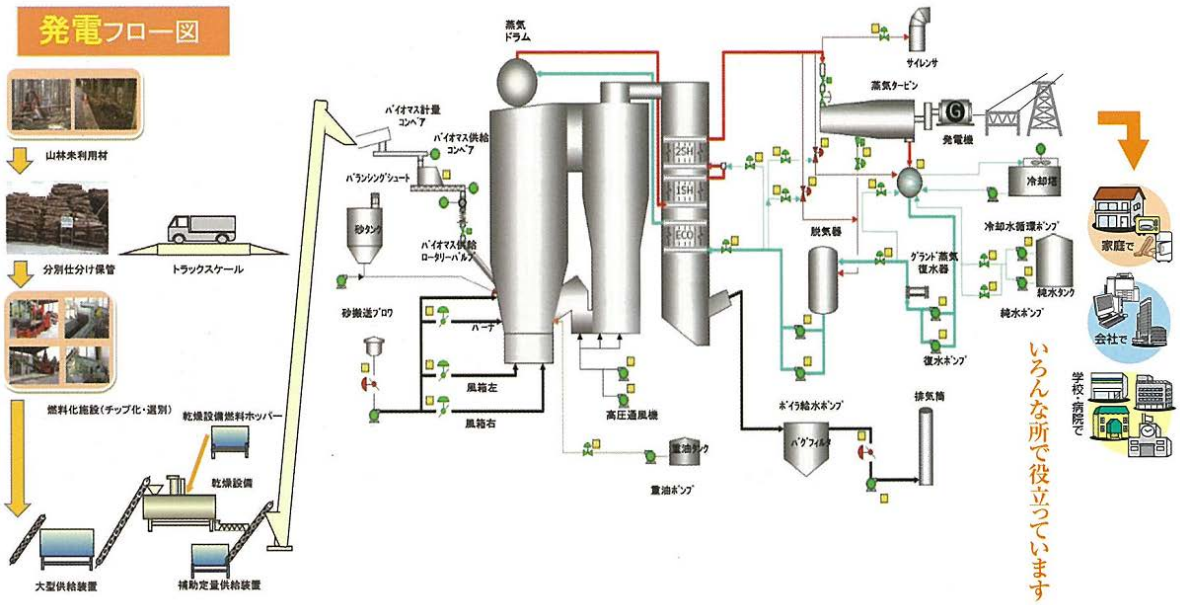


図6.1-1　天瀬発電所フロー図

出典：モリショウグループ　総合案内

搬入された木材は木材ごとに付番され、先入れ、先出しの管理が行われる。
「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」（平成24年６月）に則った管理の重要なキーポイントとなる。
搬入された木材はまず、１～２ヶ月自然乾燥される。
なお、木材は下記に分類される。
・含水が低い木材（ロータリードライヤでの乾燥が不要）
・含水がやや高い木材
・含水が高い木材
次に、搬入される含水率が60～70重量％（湿量基準）の木材を自然乾燥とロータリードライヤとの組合せにより、35～40重量％（湿量基準）の含水率にした後に、循環流動層ボイラに供給する。
ロータリードライヤ（電動機駆動）は含水比を35％にするために必要な600～700℃の温度で操業される。乾燥用の燃料は、発電用の木質バイオマスとは別途調達されたもので、発生した灰は適切に産廃処理されている。
木質チップに流動性を与える目的で循環流動層ボイラにはケイ砂が供給される
復水は約３分の１が循環利用され、残りは希釈池、調整池、pH調整工程を経て、約25℃で放流される。調整池ではその温度を利用して鯉が飼われている。

7) 運転管理状況

(1) 稼動状況

年間350日の稼動目標に対して、2014年の稼動実績は348日であった。
木質チップの１日あたりの投入量は700～800t
１日あたりの発生蒸気量は約600t

(2) 運転維持管理

運転に携わる職員はすべて平成25年８月に合同採用した新規雇用職員でその構成は下記のとおり。
・従業員数：17名
・運転職員：４直３交替（直あたり２名）および日勤者
・管理職員：７名
毎年11月中旬に約２週間の定期点検を実施している。
すべての新規採用職員が、循環流動層ボイラのメーカー（住友重機械工業）で約３ヶ月の研修を受け操業開始に臨んだ。当初はメーカーの指導を受けながらの運転であったが、現在では、職員だけで運転できるようになった。
このほかに、運転、保守などに必要な資格を積極的に取得している。
運転管理のポイントは下記のとおり。
・ボイラの温度を安定させる目的で、十分乾燥したチップを投入することが重要であり、温度が安定しないと最悪の場合には発電装置の停止に至ることがある。
・このような場合には、装置の停止を回避する目的で、A重油を焚いて発電を継続している。
・バイオマスでの発電分は、売電先への報告が義務付けられており、A重油での発電は、売電価格を低下させるので、重要な管理項目となっている。

(3) ガイドラインに沿った管理

「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」（平成24年６月）に則った管理を達成するために下記が行われている。

・日田木質資源有効利用協議会の登録事業者から、事前に搬入予定の木材の「木質バイオマス証明」を交付してもらう。
・グリーン発電大分で、コンピューターに入力、付番し、搬入の許可書を発行する。
・法令で規定されている、認定書等の写しについても同時に管理している。
・この管理のために専任の職員が配置されている。
・搬入時には許可書と照合し、管理している。
・未利用木材、一般木材の両方を買い取り、リサイクル木材の買取りはしていない。また、根曲がり材などのほかに、鹿等の被害材などの林地残材も買い取っている。
・搬入される、A材 / B材 / C材 / D材の比率は概ね25% / 25% / 40% / 10%。
・日田木質資源有効利用協議会の会員とは年間供給計画について協定を結んでいる。
・翌月前期、翌月後期の搬入予定量を当月末までに把握し、会員から搬入不足の見込みの連絡があった場合は、他の会員に不足に相当する分の追加搬入を依頼し、受入れ量の平準化を図っている。
・会員以外からの買取りはしていない。
・１日あたりの搬入量は、400～500t
・当初50km圏内からの集材を計画していたが、現在では、100km圏に広がり、大分県内からだけでなく、福岡県、熊本県、宮崎県からも搬入されている。

8) 地域への貢献、還元、地域との連携

地域への貢献について、まず、地元雇用があげられる。平成25年８月に合同採用した新規雇用職員はすべて地元雇用、30～36歳の年齢構成で、ほとんどが中途採用であり、ユーターン者、アイターン者もいる。

次に、木質バイオマス専焼なので、全てが地元に還元されていることが挙げられる。輸入品である重油や石炭の混焼をすると、その分の費用が地元に還元されず海外に流出してしまうが、木質バイオマス専焼による運営をすることで、これを防いでいる。

このように、未利用材にバイオマスとして活用することで価値がついたことにより、本業である木材の経営に対してもいい影響が波及したばかりでなく、素材業者のほか森林組合や運送業者にも、効果が波及し、素材市場そのものが活性化してきた。

これらのことにより、山林で働く若者が出てくるようになり、素材業者の跡継ぎが出てきたことが重要な貢献のポイントとしてあげられる。このほかに、高齢者にとってはパーソナルコンピュータの使用に対するハードルが高くなる傾向にあるが、若い後継者は容易にパーソナルコンピュータを使いこなすことができるので、素材業者自身が、バイオマスの管理を自前のパーソナルコンピュータで行えるようになり、ガイドラインに沿ったより効率的な管理につながる。

9) 今後の課題と展望

(1) 流動層ボイラから発生する灰

流動層ボイラから発生する灰にはフライアッシュ、ボトムアッシュがある。

木質バイオマス専焼なので、発生するフライアッシュに不純物が含まれない特長を

活かした特殊肥料化が検討されている。発生量が少ないため一般に流通する商品化には至っておらず、現状では近隣の梅林農家に販売されている。この他に、循環流動層での木質バイオマスの流動性の確保のために、ケイ砂が使用され、ボトムアッシュ（焼砂）が発生する。

発生するフライアッシュ、ボトムアッシュは有価にて、セメント業者に買い取られているが、これらをそれぞれ単独で、若しくは混合して、水質浄化剤（凝集剤）としての販売することが検討されており、販売に必要な化学分析（無害であることの証明）や販売ルートについて大分県との協議が進められている。

また、製造工場、管理棟の建設も予定されており、製造に供する機械はすでに九州に荷揚げされている。

単なる収益への貢献の観点でばかりでなく、全てを自社で有効利用しているといった特長のアピールにつながる。

(2) 地域への貢献について

今後、地域への貢献を数値化することによる、さらなる推進が検討されている。

(3) 本体の廃熱の有効利用が課題について

大分県からの50%の補助を受け、イチゴ栽培農家への、土地および熱の貸出し（一日あたり１円）が計画されている。

・平成26年度の定期点検の際に必要な配管先行工事が施工済みで、平成27年12月に工事完成予定。

・現状（1,000m²）から広げることが計画されている。

(4) 森林整備計画の管理

樹齢が40～50年になると、木の炭酸同化の能力が低下する傾向にあるため、計画的な森林整備が必要であり、大分県内ではGIS（Geographic Information System：地理情報システム）による森林整備計画の進捗の管理が実施されている。

これに加え、森林整備計画の促進の観点から、植林をした世代で資金が回収できる仕組み作りが課題としてあげられる。これに対して、計画の一部を早成樹（20年で成木になる）の植林（バイオマス専用の植林）とすることによる達成が大分林業試験場との間で検討されている。

(5) 竹を燃料とした木質バイオマス発電

この他に大分県内の荒廃した竹林への対応も課題としてあげられる。竹はナトリウム、カルシウムを木材と比べて多く含むので、流動用のケイ砂と反応して、ボイラの閉塞の原因となるため、現状の設備では受け入れることができない。これに対して、竹を燃料とする実証試験を大分県と共同で行うことも計画されている。５反の竹山に植生している約5,000本の孟宗竹を対象にし、運搬に必要な大きさにカットするのに要する手間などを含めた調査が計画されている。

10) 質疑

(1) 場所の選定理由について

九州のほぼ中央に位置し、集材の便がよいこと、また、近隣に発電所がないことから選定された。送電線は約１km離れた場所に敷設されている九州電力の送電線に接続されている。また、送電線の敷設に必要な鉄塔は（株）グリーン発電大分の費用で４

塔建設された。この際に、(株) グリーン発電大分独自で地盤調査などを行い、建設コストの低減が達成された。なお、鉄塔の所有者は九州電力。

(2) 木質チップ化と発電とを別会社とした理由について

日本フォレスト（バイオマス燃料供給会社）がチップ化を分担し、グリーン発電大分が発電を分担している。経営の効率が最大の理由。多くの他発電事業者は、資本提携などのない他社から木質バイオマスを購入している。

(3) （株）日田ウッドパワー日田発電所（発電出力：12,000kW）との競合について

他社から木質チップを購入しているとのことであり、原料の競合は生じていない。

なお、隣接する（株）グリーン発電大分関連会社の日本フォレスト（株）（バイオマス燃料製造事業者）から日田発電所へ１日あたり30t程度の木質チップがトラックで搬入されている。木質バイオマスはトラックスケールでの計量が義務付けられ、コンベアー等での搬入は許されていない。

(4) 遠方から搬入する素材業者等の採算（運賃や証明書の発行コスト）について

遠方から搬入されるC材、D材は森林から直接搬入されるもので、コストは高くはないと思われる。

佐伯広域森林組合（所在地：大分県佐伯市宇目大字南田原）から１月あたり200～300tの規模で受け入れている。

遠方から搬入されるC材、D材は森林から直接搬入されるもので、コストは高くはないと思われる。

(5) 装置の改善点について

（株）グリーン発電大分の装置ではないが、平成27年２月に稼動を開始した（株）グリーンバイオマスファクトリーの都農発電所に納入された、住友重機械工業製の外部循環流動層ボイラ（天瀬発電所と同程度の規模）には天瀬発電所における実績に基づく改良が加えられて、また、天瀬発電所のロータリードライヤには1度の勾配を設けてあるが、都農発電所では勾配なしの方式に改良されているなど、ノウハウが有効に活用されている。

11) 所感

説明いただいた方から、何度となく「先代の考え」という言葉が聞かれた。「山に放置されている残材や間伐材をなんとかしたい。」という、創業者の思いが継承されていることが感じられた。

日田木質資源有効利用協議会の会員とは創業者が「膝を突き合わせて」話し合いを重ね、信頼関係を築いてきたとのことであり、この事業は単なる発電事業ではなく、山林の活性化、地域貢献に根ざした、木質バイオマス発電事業の規範とするべき事業といえる。

12) 補足説明

買取り価格ごとの区分、満たすべき条件などの理解のために、**表6.1-2**に木質バイオマスの種類ごとの買取り価格をまとめた。

表6.1-1　木質バイオマスの種類ごとの買取り価格

区分	未利用木材 （輸入材を除く）	一般木材	リサイクル 木材
該当する バイオマス	・間伐材 （除伐材を含む。） ・次のいずれかの森林から伐採、生産される木材 （主伐材の他、林内に放置される端材や枝葉など未利用の部分を含む。） ・森林経営計画の対象森林(注1) ・保安林 ・国有林野施業実施計画の対象森林 ・公有林野等官行造林施業計画の対象森林	・製材等残材 （伐採段階（原木）および加工・流通段階で証明がなされたもの。） ・その他由来の証明が可能な木材(注2) ・「未利用木材」の対象森林以外の森林からの伐採木材や輸入材（「木材・木材背品の合法性、持続可能性のためのガイドライン」（平成18年２月）に基づく証明が必要。） ・伐採届等を必要としない木材等 （屋敷林など法令による伐採に係る手続きが不要の立木、果樹等の剪定枝、ダム流木等。）	・建設資材廃棄物 （証明のない木質バイオマスについては建設資材廃棄物とみなす。）
	「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」（平成24年６月）に基づく証明が必要。		左記の証明がないもの。
FIT売電価格 （税別）	32円/kWh（2,000kW超） 40円/kWh（2,000kW以下）	24円/kWh	13円/kWh

(注1) 森林経営計画の対象森林は、植栽によらなければ適確な更新が困難な森林である場合は、標準的な植栽本数を２年以内に植栽しなければならない。
森林経営計画の対象森林から出材された木質バイオマスの「木質バイオマス証明」の交付の際には、伐採および伐採後の造林届出書、森林経営計画の認定に係る情報の記載、認定書の写し（認定書等の写し）の添付が規定されている。

(注2) 「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Q&A」（最終更新：平成27年７月10日）に、「グリーン購入法の特定調達品目の「合板型枠」については、分別管理の上で本ガイドラインに基づいた証明を行うとともに、使用していたものが廃棄物として排出したのではなく、有価で取引したことが伝票等で確認できれば、一般木質バイオマスの区分の価格が適用となる」旨の（問３-11に対する）回答が追加され、今まで廃棄物であったもののうち、他の一般木材と同程度の有価で引き取れ、有効に活用できるようになるものもでてきた。

出典：再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック2015(平成27)年度版　資源エネルギー庁
木材・木材製品の合法性、持続可能性の証明のためのガイドライン　平成18年２月　林野庁
発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン　平成24年６月　林野庁
森林法施行規則で定める施業の実施基準の概要
http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/sinrin_keikaku/pdf/syorei_kijyun.pdf
木質バイオマス発電・証明ガイドライン Q&A　最終更新　平成27年７月10日　林野庁
上記を基に作成

写真6.1-1　天瀬発電所全景

写真6.1-2　貯木場

写真6.1-3　チップ貯蔵所

写真6.1-4　ロータリードライヤ

写真6.1-5　フライアッシュ、ボトムアッシュ

写真6.1-6　視察状況

6.2　視察「日田市バイオマス資源化センター」

調査日：平成 27 年 9 月 4 日（金）　10：00～11：30
場　所：〒877-1232 大分県日田市大字三和 1906 番地

1)　説明者
日田市　市民環境部　生活環境課　バイオマス資源化センター　川本幸彦氏

2)　受領資料
・パンフレット「日田市バイオマス資源化センター」
・資料「施設概要等の説明資料」

3)　日田市バイオマス資源化センターの概要

日田市は、北部九州のほぼ中央に位置しており、阿蘇・九重山系に源を発する筑後川が日田地域、福岡、佐賀県を通り有明湾に流れている。古くからこれら流域と強いつながりを築いている。日田市は人口約 70,000 人、市域面積 666km²の「天領ひた」と言われる静かなまちである。基幹産業は、恵まれた自然風土を背景に農畜産業や市域面積 8 割を占める林野を活かした製材業、そして醸造業などである。

日田市バイオマス資源化センターは、生ごみや豚糞尿の廃棄物（処理能力 1 日最大 80t）をメタン発酵処理し、メタン発酵を行う施設である。施設全景を**図 6.2-1** に示す。平成 25 年 10 月からは、施設で発電した電力の全量売電を開始した。また、メタン発酵後の消化液の一部は、加熱殺菌処理し、液肥利用するとともに、固形分は堆肥化している。汚水は、施設内で一時処理後、下水処理場で最終処理し、河川放流している。処理の流れを**図 6.2-2** に示す。

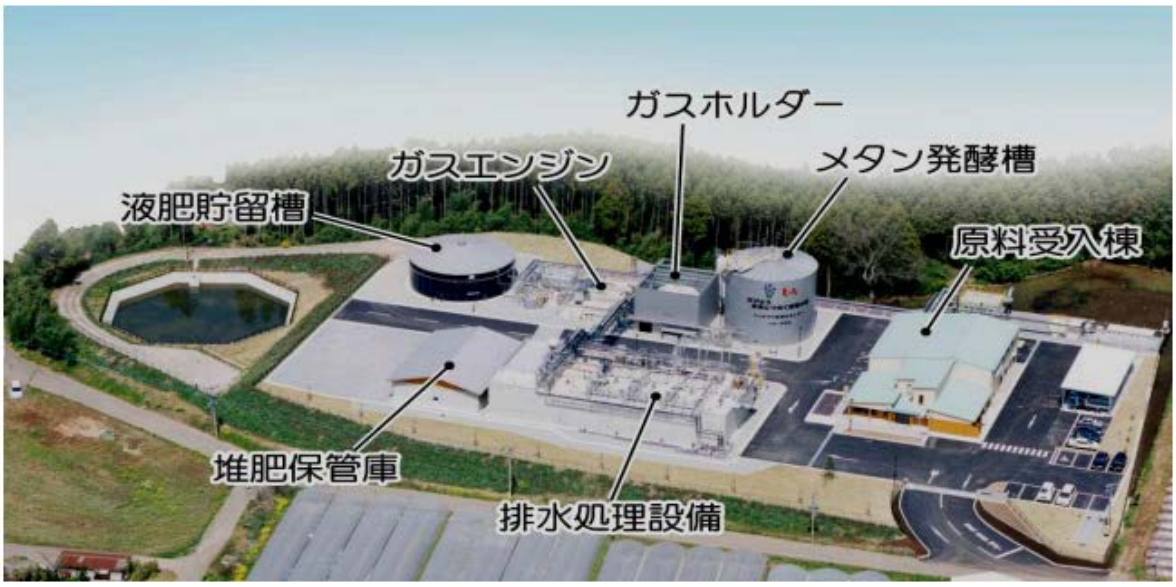


図 6.2-1　日田市バイオマス資源化センター全景
出典：日田市公式ウェブサイト

図 6.2-2　日田市バイオマス資源化センター全景

出典：日田市公式ウェブサイト

処理方式等を下記に記す。

・処理方式：　中温湿式メタン発酵
・処理物：　家庭、事業系生ごみ、豚糞尿、焼酎粕、食品加工残渣
・処理能力：　80t/日
・発電能力：　340kW（170kW×2 基）
・敷地面積：　15,452m²
・総事業費：　約 950,000 千円
・財源：　国 50%、県約 5%、その他合併特例債等
・職員等数：　市職員 5 名、運転管理委託先作業員 6 名

4)　日田市バイオマス資源化センター整備の背景

平成 11 年 11 月に「家畜排せつ物法」が施行され、家畜糞尿の適切管理を義務化し、5 年間の猶予期間を経て平成 16 年に家畜排せつ物法が本格施行されることとなった。それまでは家畜の排せつ物の一部は堆肥として有効活用されていたが、適切に処理されていないものも多かった。本格施行に備えて、酪農家は大型の堆肥化センターを建設して糞尿処理を始めた。しかし、豚糞尿は他の家畜糞尿と比べて尿の割合が多く処理が難しく適正な処理を検討していた。

また、平成 9 年に焼却炉の排ガス中のダイオキシン類濃度が、基準 80ng を超えた 240ng が検出された。本来 800℃以上で焼却しなければならないところが、400 から 500℃くらいの火力で燃やしていたのが原因であり、10 億円で施設改良を実施した。環境基準の超過

や環境意識の高まりから、環境都市として脱焼却を目指し、その一歩として水分を多量に含む「生ごみ」を別処理できないかと検討もしていた。

上述のように、畜産環境問題と焼却場年間維持管理費の削減や焼却場更新建設費の低減等といったごみ処理コストの低減の問題を解決する必要があった。そこで、豚糞尿と生ごみを合わせて処理をする計画ができ、「堆肥化」と「メタン発酵」の二案が検討され、京都市八木町や欧州（ドイツ等）の調査を実施し、「メタン発酵処理」が採用された。

施設整備の経過を以下に示す。

・平成 9 年 10 月　清掃センター　排ガス中のダイオキシン類濃度基準値 80ng に対し,240ng 検出　施設改良費:10 億円
・平成 10 年 12 月　西日本の自治体で初の ISO14001（国際環境規格）取得
・平成 11 年 11 月　家畜排せつ物法施行。家畜糞尿の適切管理を義務化。5 年間猶予
・平成 12 年 10 月　生ごみ分別収集試行（本町、石井町 2 丁目）～13 年 3 月
・平成 13 年 5 月　京都府八木町　先進地調査
・平成 13 年 12 月　市民環境会議発足
・平成 14 年 3 月　市内 9 箇所の堆肥センター建設完了
・平成 15 年 7 月　欧州（ドイツ等）先進地調査
・平成 15 年 10 月　処理方法を「メタン発酵処理」と決定
・平成 16 年 6 月　生ごみ分別及び事業自治会説明　124 回 5138 人（平成 16～17 年）
・平成 16 年 10 月　ごみの有料袋制スタート　生ごみ分別は平成 18 年 4 月から
・平成 18 年 4 月　バイオマス資源化センター　操業開始　同時に売電開始
・平成 25 年 2 月　FIT（固定価格買取制度）余剰　売電開始
・平成 25 年 10 月　FIT（固定価格買取制度）全量　売電開始

5)　施設内容

日田市バイオマス資源化センターは原料受入設備、メタン発酵設備、ガス貯留設備、エネルギー利用設備、液肥貯留設備、堆肥化設備、排水処理設備、脱臭設備からなる。メタン発酵施設の計画規模は豚糞尿 50t/日、生ごみ 24t/日、農集排汚泥 6t/日の合計 80t/日である。平成25年度の年間受入量は豚糞尿 7,782t、家庭系生ごみ 3,035t、事業系生ごみ 2,767t、農集排汚泥 1,543t、その他産廃食品加工残渣（主に焼酎粕）5,517t の合計 20,644t である。これらバイオマスを原料としてメタン発酵を行い、発生させたバイオガスで発電を行う。メタン発酵は中温湿式方式を採用している。メタン発酵槽から発生する消化液は一部を液肥として利用し、その他は排水処理を経て下水道に放流する。また、排水処理設備から発生する固形残渣は堆肥化して有効利用する。処理フローを**図 6.2-3** に示す。豚糞尿は専用のバキューム車もしくはタンク車にて、生ごみはパッカー車にて、農集排汚泥は運搬委託業者のバキューム車にて搬送され、計量器にて重量測定が行われる。豚糞尿および農集排汚泥は専用のスクリーンを通過して大型の固形物を分離後、それぞれ糞尿受入槽、農集排汚泥受入槽に投入され、ポンプにて定量的に後段の調整槽に移送される。生ごみは受入ホッパに袋詰めの状態で投入された後、破袋機、破砕機を経てビニール袋や発酵不適物を異物除去後、調整槽に投入される。調整槽で混合され、スラリー化した原料はカッターポン

プでさらに細分化され、定量的にメタン発酵槽に移送される。メタン発酵槽は有効容積1,900m³であり、計画滞留時間は 24 日間である。熱交換器への汚泥循環により 35℃に維持されており、有機物をメタン発酵してバイオガスを発生させる。バイオガスはメタン約60%、二酸化炭素約 40%であり、その他硫化水素や水素を含んでいる。高濃度の硫化水素は発電機に悪影響を与えるため、微生物脱硫装置で粗取り後、乾式脱硫塔にてしあげの脱硫を行い、20ppm 以下にまで処理後、ガスホルダーに貯留される。メタン発酵槽で発生した消化液の一部は加熱殺菌槽で殺菌後、液肥貯留槽にて貯留される。残りの消化液はスクリーンにて夾雑物を除去した後、排水処理設備を経て下水道放流水質まで処理後、下水道放流される。

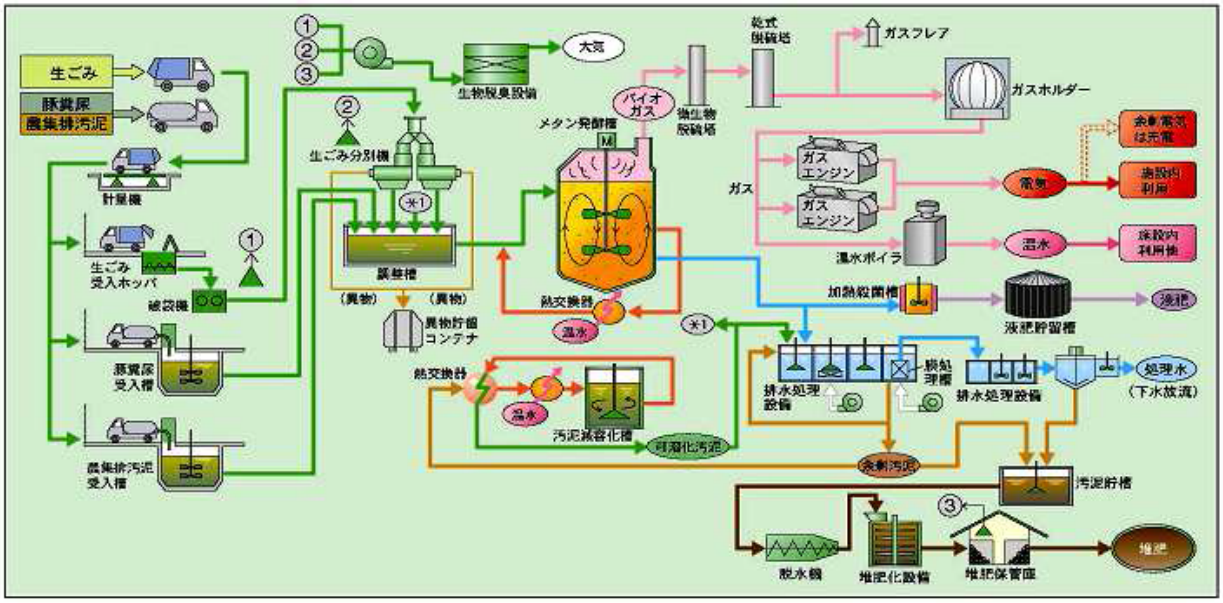


図 6.2-3　処理フロー

出典：日田市公式ウェブサイト

6)　バイオマスの収集と搬入について

搬入について、家庭系生ごみは市が委託している収集運搬業者が運搬し、豚糞尿は養豚農家が組織する団体が収集運搬業者に委託して運搬し、それ以外は排出者が運搬をしている。搬入手数料は 100kg 当り、事業系生ごみ 410 円、豚糞尿 60 円、産廃 920 円となっている。家庭系生ごみの収集はごみステーション 2,540 箇所（平成 25 年 3 月時点）に「燃やせるごみ」と「生ごみ」で置場を分けて各家庭から出してもらい、週 2 回の回収を行っており、バイオマス資源化センター周辺部は 2 槽式パッカー車にて収集している。ごみ袋は可燃ごみが有料で生ごみは無料となっている。ごみステーションの清掃は各自治体が行っている。導入当初はメタン発酵不適物の混入もあったが、指導を続けた結果、現在では異物混入はほとんどなくなっている。これは、市民環境会議を通じ啓発活動や研修、講演会の開催や市内の小学校の見学を受け入れたりするなど地域との連携による効果があったと考えられる。

7)　メタン発酵による生成物について

計画では、発電量 200 万 kWh/年、液肥生産量 2,500t/年、堆肥生産量 300t/年である。平成 25 年度 10 月から FIT により全量売電を開始しており、飛躍的に売電量がアップしており、センターの収支改善となっている。そのため、市の負担金の割合が減少している。また、液肥は市内 13 か所に液肥配布箇所を設け無料配布しており、堆肥は 1 袋 12kg　50 円と安価で販売しており、市民に好評である。堆肥の製造を**写真 6.2-1** に、場内の液肥配布箇所を**写真 6.2-2** に示す。

写真 6.2-1　堆肥製造

写真 6.2-2　場内の液肥配布箇所

8)　所感

本施設は、家畜が盛んな地域で起こりうる家畜環境問題とごみ処理コストの削減といったごみ焼却問題、また焼却処理に伴う地球温暖化および化石資源枯渇問題の解決を目的として整備されている。そして、地域との関係として、メタン発酵後の消化液を堆肥や液肥として地域住民が利用することや施設見学会等を開催している。この様なことから、本施設と地域社会、地域住民との関係が非常に強いものであると感じた。従来、ごみ処理場や下水処理場などの静脈施設は地域住民から敬遠されがちであるが、上記の様な堆肥や液肥の利用や市民への啓発活動などの取組みを行うことが、地域社会にうまく適合する施設に必要なものであると感じた。また、施設運営の改善のために FIT を取り入れることにより市負担金が削減されており、地方の静脈施設の在り方として非常に参考となる施設であると思われる。

写真 6.2-3　視察状況

写真 6.2-4　視察状況

参考文献

1）日田市公式ウェブサイト：https://www.city.hita.oita.jp/kankyo/page_00009a.html
2）2007 年廃棄物学会研究発表会　バイオマス利活用施設「日田市バイオマス資源化センター」の運転状況
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jswmepac/18/0/18_0_163/_pdf
3）経済産業省九州経済産業局：豚糞尿処理と生ごみ処理の連携　脱焼却のごみ処理を目指して：http://www.kyushu.meti.go.jp/report/0903_cool/05.pdf

6.3　視察「福岡市中部水処理センター(水素ステーション)」

調査日：平成 27 年 9 月 4 日（金）15:30～17:00

場　所：〒810-0076　福岡県福岡市中央区荒津 2-2-1

1)　説明者

三菱化工機株式会社　水素ステーション部ハイジェイアグループ

グループリーダー　谷口　浩之　氏

2)　入手資料

・国土交通省下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）　パンフレット

・下水バイオガス利用による水素ステーションの取組みについて　説明資料

・中部水処理センター（平成 27 年度版）　パンフレット

3)　水素ステーションの施設概要

福岡市中部水処理センターは、昭和 41 年に開設された処理能力 300,000m³/日の下水処理場であり、汚泥減容化のための消化槽（メタン発酵槽）が設置されている。今回視察した水素ステーションは、下水処理の過程で得られた消化ガス（バイオガス）を原料として水素を製造し、その水素を燃料電池自動車等に供給する施設である。**図 6.3-1** に本施設の外観を示す。

本施設は国土交通省の下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）で平成 26 年度に設置されたものである。平成 27 年度は施設の実証運転を行い、その実証結果については、今後の水素社会構築の実現に向けて、大いに寄与するものと期待されている。**表 6.3-1** に本施設の主な内容を示す。

図 6.3-1　水素ステーション

出典：下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）パンフレット

表 6.3-1　主な実証施設の内容

水素製造量	3,300Nm³/日（燃料電池自動車 65 台相当）
水素品質	ISO 規格適合（純度 99.999%以上）
水素供給圧力	70MPa
消化ガス処理量	2,400Nm³/日
CO_2回収設備	700kg/日（回収 CO_2濃度 99%以上）

4)　実証事業概要

・事業名：水素リーダー都市プロジェクト
　　～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～

・実施者：三菱化工機(株)，福岡市，九州大学，豊田通商(株)

・概　要：消化ガス前処理技術・水素製造技術・水素供給技術を組み合わせ、消化ガスから水素を効率的に製造するシステムを構築し、膜分離法を組み合わせた水素製造技術の性能評価および供給する水素の品質評価等を実施する。また、耐久性・事業性等の評価を行い、本技術に関するガイドライン化を行う。実証事業フローを**図 6.3-2** に示す。

・事業費：約 13 億円

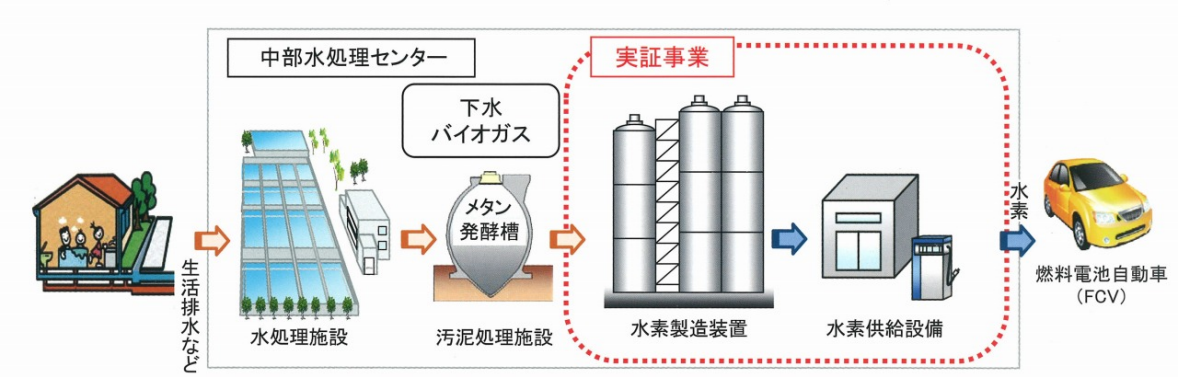


図 6.3-2　実証事業フロー

出典：下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）パンフレット

写真 6.3-1　水素ステーション

写真 6.3-2　視察状況

5)　水素製造フローとシステム全体構成

本施設の水素製造フローを**図 6.3-3** に、システム全体構成を**図 6.3-4** に示す。水素は概ね以下のフローで製造される。

① 膜分離装置により CO_2 を除去し、高濃度メタンガスを回収

② 水蒸気とメタンの反応（水蒸気改質反応）により水素を製造

$$CH_4 + 2H_2O \rightarrow 4H_2 + CO_2$$

③ 吸着材で CO_2 等の不純物を吸着し、高純度水素を精製

膜分離装置はポリイミド中空糸分離膜を用いたものであり、物質によって膜を透過する速度の違いを利用して、得たいガス（CH_4）と除去したいガス（CO_2）を分離する。水素製造装置は原料が 13A 都市ガス及び LPG（プロパン）に対応したオンサイト製造装置であり、水素発生能力は 300Nm³/h である。

得られた高純度水素は、100MPa 級水素圧縮機にて蓄ガス設備に保管され、82MPa の高圧充填に対応したディスペンサーにて燃料電池自動車に供給される。**写真 6.3-3～6.3-8** に各々の実証設備を示す。

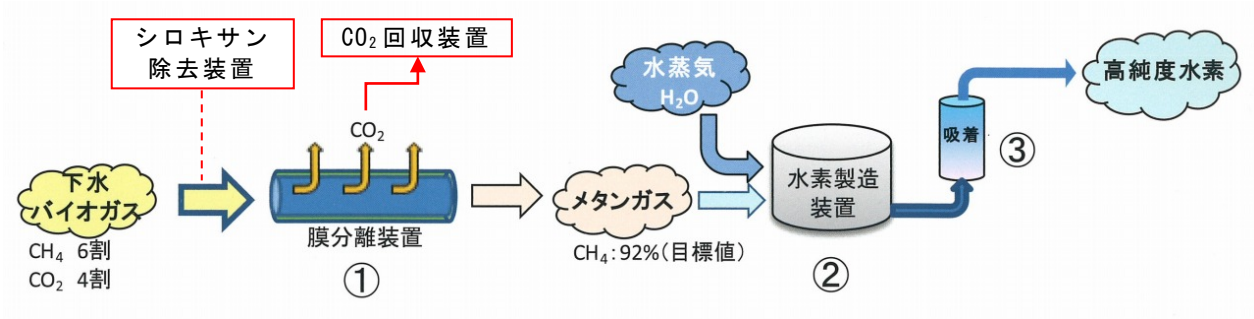


図 6.3-3　水素製造フロー

出典：下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）パンフレットに加筆

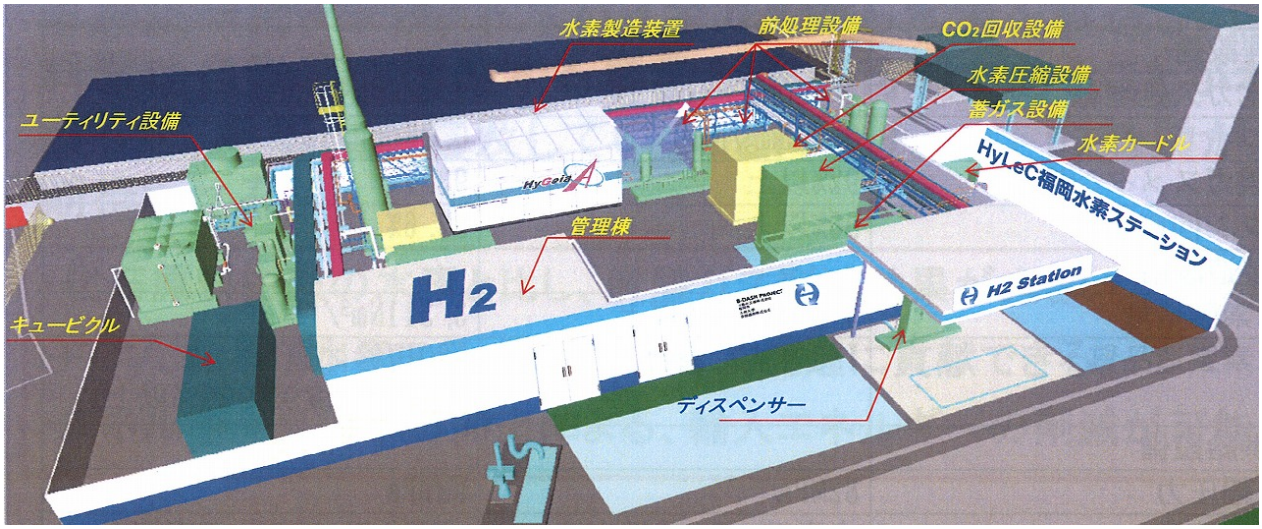


図 6.3-4　システム全体構成

出典：視察説明資料

写真 6.3-3　ディスペンサー

写真 6.3-4　前処理装置

写真 6.3-5　水素製造装置

写真 6.3-6　水素圧縮設備

写真 6.3-7　蓄ガス設備

写真 6.3-8　回収 CO_2 液化タンク

6)　所感

下水汚泥を原料とした実規模の水素ステーションは世界初であり、本実証事業は都市部でのバイオマス活用事例として大いに参考になると思われる。特に、エネルギー需要地に近い都市部の下水処理場に水素ステーションを構築することにより、市民生活への多角的な貢献および地域活性化が期待できる。

下水汚泥は下水処理場に集約され、都市部で安定的に発生するバイオマスであることから、今後の水素社会の実現に向けて、全国的にも有効な再生可能エネルギー源として

注目されている。国土交通省は、平成 27 年 10 月に「水素社会における下水道資源利活用検討委員会」を設置し、本実証事業を踏まえた技術面・制度面・経済性等の課題や、その解決策の検討を始めている。

視察時の質疑応答によると、現状、実証運転は非常に順調とのことであった。所感として、各々の装置は極めて高いレベルの完成度にあり、このまま恒久施設として稼働できるように思われた。例えば、本施設の心臓部である水素製造装置は、メーカー開発済み技術を適用したものであり、装置は多用途（熱処理,化学プロセス,硝子加工等）向けに豊富な納入実績があるものであった。また、本実証事業では分離回収した CO_2 ガスをレタス工場へ無償提供する取組が行われていた。従来、レタス工場では CO_2 ガスを購入していたので、本取組は地域貢献の一つになっている。今後有償化ができれば、分離回収した CO_2 ガスの有効利用先として期待できると思われる。

本実証事業では、水素ガスの供給は自治体が所有する燃料電池自動車のみに行われていた。水素ステーションとしての運営は、実証試験との絡みもあり、週 2 日程度燃料電池自動車への供給を実施しているとのことであった。また、水素ガスの販売価格は 1,100 円/kg（100 円/m^3）程度である。この価格であると、水素ガス販売よりも FIT による売電（バイオマス発電）の方が利益を得やすいとのことであった。実際、栃木県では下水汚泥由来の水素ガスから燃料電池で発電し、FIT による売電事業がスタートしている。下水汚泥由来の水素をどのように利活用するのか、今後、安易に FIT 売電だけに頼らない多様なアイデアにも期待したい。

7)　おわりに

下水処理場を核とした水素ステーションの整備は、水素供給インフラの拡充手段として、全国の既存施設の有効利用および地域活性化の観点からも効果的であると考えられる。今後、燃料電池自動車の普及促進とともに、水素ステーション設置を行い易くするための規制緩和も必要と思われる。

写真 6.3-9　場内の消化ガスタンク

写真 6.3-10　消化ガス供給配管

６．４　視察「三重中央開発（株）トランスヒートコンテナシステム 」

調査日：平成27年10月８日　14:00～16:00

場　所：〒518-1152 三重県伊賀市予野字鉢屋4713番地

1)　説明者

三重中央開発（株）三重事業所 施設保全課 担当次長 中内 博昭 様

2)　受領資料

①大栄環境グループ グループ案内

②大栄環境グループの環境づくり2015

3)　会社概要

三重中央開発（株）（以下、同社）は、大栄環境グループの一員として中部圏・関西圏を中心に廃棄物関連事業を展開している。50万m²の広大な敷地を保有する三重リサイクルセンターには最先端の設備を備えた国内最大規模の複合型リサイクル施設をはじめ、さまざまな施設が稼働している（**図6.4-1**、**図6.4-2**）。エネルギープラザ（廃棄物複合リサイクル施設）では636t／日（２炉）の処理能力を誇る焼却施設や、焙焼施設、乾燥施設、炭化施設等を備え、排熱利用による4,000kwの発電システムや、地域へのエネルギー供給が可能なトランスヒートコンテナシステムなどを有している。

会社設立：1980年８月８日

資 本 金：9,000万円

主要業種：一般廃棄物・産業廃棄物の収集運搬業および処理（中間処理）、固形燃料、化学肥料および有機肥料の製造・販売、廃棄物処理に関するコンサルタント業務、金属くず、および、古物の売買など

エネルギープラザ　　焼却炉　　焙焼施設

図 6.4-1　エネルギープラザの主な設備概要

出典:大栄環境グループ グループ案内

排水濃縮結晶化設備　　管理型最終処分場　　不燃物リサイクル施設

図 6.4-2　その他の敷地内施設

出典：大栄環境グループ グループ案内

4)　トランスヒートコンテナシステムにおける取り組みの経緯

本システムは、エネルギープラザで発生する余剰蒸気を大型車に搭載できるトランスヒートコンテナに蓄熱し、着脱車両にて約10km先の温泉宿泊施設である「ヒルホテルサンピア伊賀」まで運び、給湯用熱源として利用している（**図6.4-3**、**図6.4-4**）。

本取り組みは、実証事業として環境省の2011年度環境省地球温暖化技術開発等事業実証事業「簡易移送型潜熱蓄熱装置の開発」として採択され、同社、三機工業（株）、極東開発工業（株）の３社で共同実施されたものである。

事業内容は、①低角度搭載装置の開発（15度以下の傾き）、②簡易移送型潜熱装置の開発、③マーケット調査、④実証試験による経済性の検証となっており、目的は焼却の排熱余剰エネルギーを地域に還元することになっている。

当初、同社の地元の小学校が廃校予定であり、そこに福祉施設が建設される予定であったため、地域貢献の意味も含め、本システムによる熱利用等の採用を検討したようである。しかし、福祉施設の建設が遅れたため、「ヒルホテルサンピア伊賀」に熱供給する流れとなった。

また、「ヒルホテルサンピア伊賀」への運搬は、当初はトレーラ方式で検討していたが、周辺の道路事情などを勘案した結果、より効率的かつハンドリング性の高い着脱車両になった経緯がある。

図 6.4-3　エネルギープラザの熱供給先設備

図 6.4-4　ヒルホテルサンピア伊賀の熱利用先設備

5)　装置構成とシステムフロー

本システムは、潜熱蓄熱材（PCM：Phase Change Material）をコンテナに充填し、PCM

の融解熱として高密度に熱エネルギーを蓄え、車両により広範囲に熱を供給する技術である。

2000年にドイツで実用化されたことに伴い、三機工業（株）が2003年にドイツから基本技術を導入し、2004年から2006年にかけ国内向けに導入開発したものである。未利用エネルギーの活用として、200℃以下の低温の排熱はそのまま熱エネルギーの形態で放出されているものを、潜熱蓄熱技術を活用することで、給湯、暖房、空調等の100℃以下の熱エネルギーをまかなうことが可能となる。

また、従来の熱輸送はパイプラインでつなぐオンライン方式が主体であったが、本システムでは、車両による熱運搬が可能となるオフライン方式のため、インフラ整備などのイニシャルコストを削減でき、複数の施設にエネルギーを供給することができる。

同社で活用している潜熱蓄熱材（PCM）は、**表6.4-1**にあるエリスリトールを使用している。これは甘味材の一つであり、熱を加えると液体になり、冷めると固まる性質で、蓄熱性が非常に高い。また、熱利用方法は、**図6.4-5**と**図6.4-6**の方式を用い、給湯用熱源として利用している。

さらに、**表6.4-2**にあるGVW22t車級のコンテナに熱を貯めることにより、**表6.4-3**の簡易型エリスリトールに記載されている省エネルギー性とCO_2削減効果が期待できる。

分かりやすくする表現すると、蓄熱量としては50℃のお湯を14t分供給できる熱量となる。

表 6.4-1　潜熱蓄熱材（PCM）の種類と特徴

PCM種類	タイプ	融点（℃）	熱源施設	熱利用施設	
			推奨熱源温度（℃）	供給可能温度（℃）	利用用途
酢酸ナトリウム三水和物	低温タイプ	58	90程度（最低70）	50程度以下	給湯、暖房
エリスリトール	高温タイプ	118	150程度（最低130）	110程度以下	給湯、暖房冷房

出典：三機工業（株）HP、熱の宅配便トランスヒートコンテナ（概要）

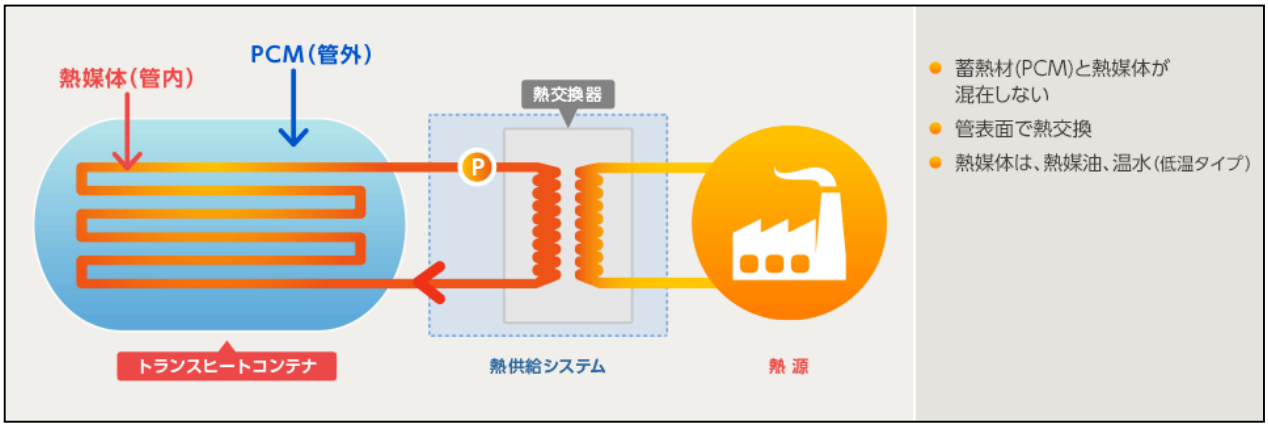


図 6.4-5　蓄熱・放熱のしくみ（簡易型・間接接触熱交換方式）

出典：三機工業（株）HP、熱の宅配便トランスヒートコンテナ（概要）

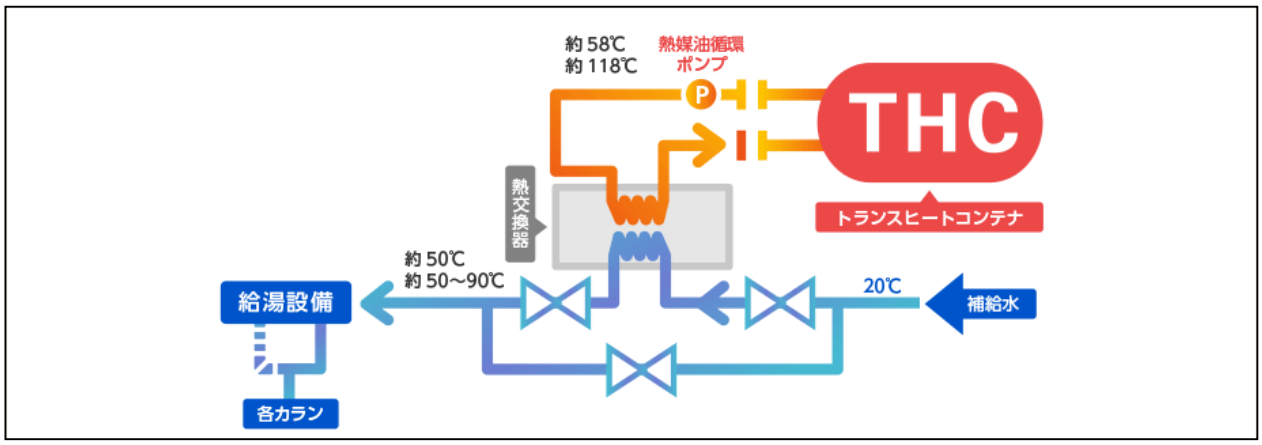


図 6.4-6　システムフロー図（給湯利用の概略フロー）

出典：三機工業（株）HP、熱の宅配便トランスヒートコンテナ（概要）

表 6.4-2　コンテナ仕様（トレーラ式・着脱式）

仕様	ISO20フィート枠付きコンテナ	GVW22t車級（着脱式）
コンテナ容量	11.0～26.0m³	15.2m³（蓄熱ユニット4個搭載）
総重量	国内標準 約25～34t、最大44t	22t以下
コンテナ外寸	高2.5m×幅2.5m×長6.0m	高2.1m×幅2.4m×長6.3m
その他	車両が寄りつくスペースが必要	1台当たりの設置スペース 高4.5m×幅2.5m×長6.3m

出典：三機工業（株）HP、熱の宅配便トランスヒートコンテナ（概要）

表 6.4-3　トランスヒートコンテナの省エネルギー性と CO_2 削減効果について

タイプ	潜熱蓄熱材（PCM）	コンテナ総重量	コンテナ利用可能熱量		世帯数換算（注1）	A重油換算		都市ガス換算	
	種類	t/台	MWh/台	GJ/台	世帯相当/台	重油量 L/台	CO_2発生量 kg-CO_2/台	ガス量 m³N/台	CO_2発生量 kg-CO_2/台
従来型	エリスリトール	24.0	1.4	5.0	39	130	350	120	250
	酢酸ナトリウム三水和物	24.0	1.1	4.0	30	100	270	96	200
簡易型	エリスリトール	10.0	0.50	1.8	14	46	120	44	90
	酢酸ナトリウム三水和物	10.0	0.36	1.3	10	33	90	32	70

（注１）一般家庭1世帯当たりのエネルギー使用相当量

出典：三機工業（株）HP、熱の宅配便トランスヒートコンテナ（概要）

6) 運転状況・今後の動向

日々の運営状況については、朝７時から８時の間にサンピア側で使用しているコンテナを取りに行き、その後、日中に三重リサイクルセンターで蓄熱する。そして、15時から16時の間にサンピア側にコンテナを移送し、５時間程度利用する。日曜日以外は稼働している状況である。

また、経済性に関しては、エンドユーザーとして実証試験の協力の関係もあり、現状ではサンピア側に１年間無償で供給しており、サンピア側では約400万円／年の経費削減につながっている。

なお、同社としては2016年から有償支給を目指し、取り組む予定である。

7) 所感

視察前に本システムに関する公知資料等により、システムの仕組みなどを理解するべく予習を行ってきたが、その時には熱を輸送するという、自身の具体的なイメージが乏しかったような気がする。実際にシステムを視察したことで、システムの仕組みや運営方法など、とてもよく理解することができた。本システムは簡単に言ってしまうと（語弊があると大変申し訳ないが)、コンテナ内にある低温の油を高温の油に交換することで、その差熱を利用するものであり、システム的にはシンプルかつ非常によく考えられたシステムであった。

また、採算面に関しては、利用先の拡大と輸送効率の向上がポイントになると考えられるが、同社によると、一定の採算を確保するには、運用方法や地域事情等を勘案すると、最低でも４回／日の熱輸送が必要ではないかとのことであった。熱を貯める時間とそれを活用する時間等を考慮し、輸送時間は１時間程度、輸送距離にすると熱源施設より約20km圏内が事業可能エリアということになる。

なお、同社施設の潜熱キャパとしては、コンテナ10台分は可能とのことで、輸送距離が20km圏内でどれだけの利用先を確保・拡大していくかが今後の課題であると考える。

最後になりましたが、当日の視察では同社関係者の皆様方には、とてもご丁寧な対応をして頂きました。心より御礼申し上げます。

参考文献

1) 大栄環境グループ：グループ案内
2) 大栄環境グループ：大栄環境グループの環境づくり2015
3) 三機工業（株）HP：熱の宅配便 トランスヒートコンテナ（概要）：
https://www.sanki.co.jp/product/thc/mechanism/：2016年１月14日検索

6.5　視察「富山グリーンフードリサイクル(株)」

調査日：2015 年 10 月 15 日（木）　10:30～12:00
場　所：富山市松浦町 8-20（富山市エコタウン内）

1)　説明者
富山グリーンフードリサイクル(株)　代表取締役社長　栃本賢治　氏

2)　受領資料
・パンフレット「GREEN FOOD RECYCLE」

3)　概要
(1)　富山グリーンフードリサイクル(株)

富山市では、環境行政の基本的な考え方として、５つの基本目標を掲げ、そのひとつに「環境にやさしい循環型のまち」という目標を設定し、省資源・省エネルギー、リサイクル等の取り組みを推進している。その一環として、富山市内に『エコタウン産業団地』を設け、資源循環施設の拠点として、団地内に循環系の施設を集約するとともに、エネルギー利用も含め、団地内のゼロ・エミッション化を追求する取り組みが行われている。エコタウン事業の承認地域は、現在、全国で 26 地域あり、富山市は平成 14 年に全国で 16 番目、北陸では初めて承認された地域である。

富山グリーンフードリサイクル(株)（以下「富山 GFR」）は、富山市エコタウン産業団地内の７つのリサイクル施設の１つとして、生ごみおよび剪定枝のリサイクルを行うことで、エネルギー利用も含め、団地内のゼロ・エミッション化の一翼を担っている。

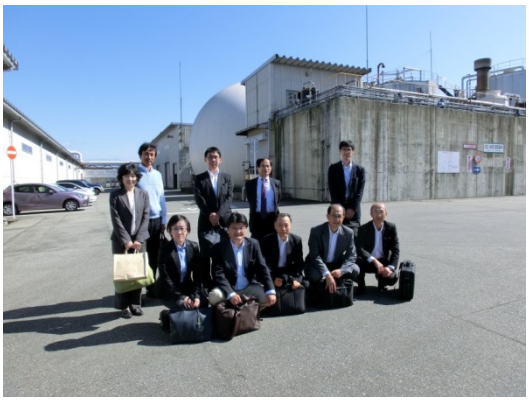


写真 6.5-1　視察メンバー

写真 6.5-2　意見交換状況

(2)　事業概要

主な事業の内容は、食品系一般廃棄物の処理受託、食品系産業廃棄物の中間処理受託、剪定枝・刈草等廃棄物の処理受託、堆肥（土壌改良材）製造並びに販売、ガス供給事業である。

処理廃棄物の品目と由来は**表 6.5-1** のとおりであり、一般廃棄物および産業廃棄物処理施設の事業区分と範囲を**写真 6.5-3** に示す。

表 6.5-1　処理廃棄物の品目と由来

品目	廃棄物の由来
事業系生ゴミ	小売・外食事業者などから発生
有機系廃棄物	食品製造業者などから発生
剪定枝葉、刈草・刈芝	富山造園業協同組合などから発生

写真 6.5-3　施設の事業の区分と範囲

一般廃棄物、産業廃棄物の有機系廃棄物は、メタン発酵させ、そのエネルギーと発酵消化液を利用して剪定枝等を堆肥化し、できた堆肥は JA やホームセンター等に販売している。また、バイオガスは発電機の燃料として利用し、余剰のガスは隣接工場に輸送し販売している。

(3)　主な施設・設備規模

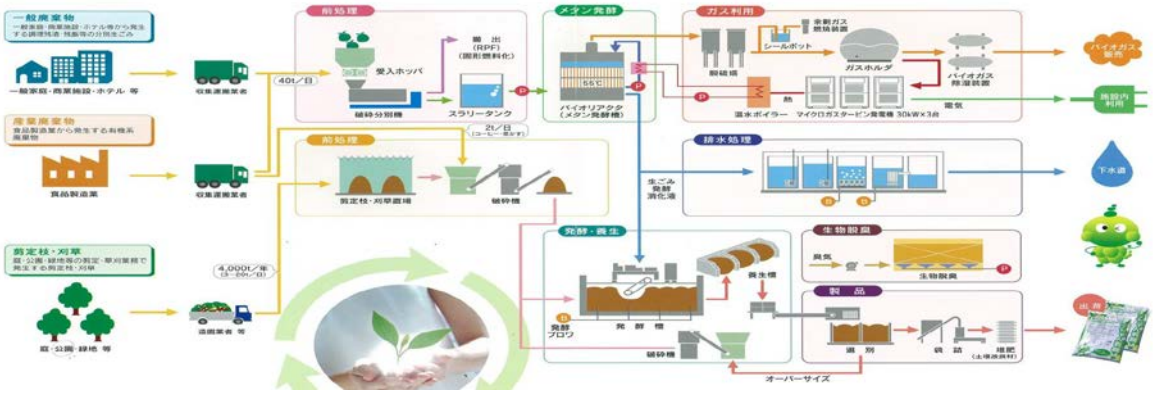
主な施設、設備規模は**表 6.5-2～3** のとおりであり、システム構成の概要を**図 6.5-1** に示す。

表 6.5-2　メタン発酵処理施設

処理能力	40t/日（事業系ゴミ、食品残渣、有機汚泥等）
バイオリアクタ （発酵槽）	有効容量：400m³×2 基 固定式高温メタン発酵（55℃）、発酵時間 10 日間
メタンガス発生量	5,000m³/日
ガス利用システム	マイクロガスタービン 30kW×3 台　コジェネ型
ガスホルダ	1,000m³

表 6.5-3　堆肥化処理施設

処理能力	3～21t/日（剪定枝・刈草等） 2t/日（コーヒー・茶かす）
発酵処理設備	スクープ式攪拌機（1 台）、発酵槽（1 レーン）
養生槽	ショベルローダー切返



出典：受領資料パンフレット

図 6.5-1　システム構成概要

写真 6.5-4　富山ＧＦＲ外観

写真 6.5-5　ガスホルダ（1,000m³）

写真 6.5-6　廃棄物受入ホッパ

写真 6.5-7　マイクロガスタービン

写真 6.5-8　手前：堆肥（40L 袋詰）
後方：マルチング材袋詰

写真 6.5-9　バイオリアクタ

(4)　主な質疑内容

① 取り組みの背景について

・市長が富山市エコタウン構想を立ち上げ、複数のプレゼンのなかから本事業が採択された。

・施設の設立は平成 14 年で、稼働は平成 15 年である。それまで生ゴミは市が焼却処理を行っていた。

・生ゴミの機械化処理の始まりは平成 14 年頃からで、歴史は 13 年ほどでありそれほど古くない。当施設は取り組みが早い方なので実績があるが、苦労もそれだけあったといえる。

・富山 GFR は、鹿島建設(株)を筆頭株主にして地元の食品製造メーカ等の出資により設立されたが、現在の筆頭株主は (株)アイザックである。

・施設は、家庭系の生ゴミを扱っていることが特徴の 1 つであり、全国的に見ても少ない。

・廃棄物としては、学校給食および家庭系の生ゴミは富山市全域ではなく、市内の 13 地域から入ってくる。事業系ではスーパー、コンビニ弁当、白菜キャベツのカット品が、また、食品製造業から産業廃棄物が入る。剪定枝・刈草は、剪定業者や公園整備で発生したものが入る。

② 施設について

・施設は、食品廃棄物の発酵処理施設と剪定枝刈草等の堆肥化処理施設の組合せにより構成され、食品廃棄物はバイオガス化技術によってメタン発酵処理し、発生したバイオガスを回収・利用している。また、バイオガス回収後の発酵廃液は堆肥化処理施設に供給し、発酵促進剤として剪定枝などの堆肥化に有効利用している。

・バイオガスは、廃棄物処理が 40t/日で 5,000m³発生するという計算をしており、1,500m³はマイクロガスタービンで発電し自家消費している。また、余剰の 3,000m³は隣接工場へ販売している。500m³は変動値である。

・現在、バイオマス発酵に受け入れている廃棄物量は年間 8,000～8,500t であり、内訳は、家庭系と事業系一般廃棄物とで 4,000t 程度である。また、産業廃棄物と一般

廃棄物の比率は半々程度である。
・施設で使用する電力は、4割がマイクロガスタービンでの発電で6割が購入電力である。売電はしていない。
・発電に伴う排熱はバイオリアクタの保温に使用している
・処理システムは至ってシンプルで、一般的なものであるが、メタン発酵が55℃の高温であることが当施設の特徴であり、利点として分解性が早いことが挙げられる。
・バイオマスは、風力発電や太陽光発電のように自然条件に左右されることがなく、24時間安定的に生産できるところがメリットと言える。

④ 経済性・事業性について
・建設費は15億程度で、半分が農水省からの補助金である。運営費用に補助金は入っていない。
・富山市には焼却施設が3箇所あり当施設よりも安く設定されているため、事業系の廃棄物を当施設へ持ってくる業者は限られる。セブンイレブンやローソン等のコンビニ、イオン等は大変環境に力を入れていることから、多少高くても当施設に持って来てくれる。
・事業系廃棄物の焼却処理費用として地方自治体が手数料として取っている費用は、全国的に見て大きなばらつきがあり、6円から45円/kg（6,000～45,000円／t）までである。現在、様々な条件により、行政の手数料は値上げの方向で動いている。この手数料価格が、この手の事業における成否の大きな要因となっている。
・生ゴミの処理費用の単価が良ければビジネスとしては良いと考えられる。
・堆肥は1袋（40L）を400円で販売している。評判は良く、富山県のJA、梨園・田んぼ、学校の花壇等で利用されている。
・ガスは、隣接する工場に販売しており、工場では蒸気を作るボイラの燃料として利用している。都市ガスへの注入は規格が厳しくしていない。
・現在のガス化の稼働率は8割程度である。今後の利用拡大では、余力があるので集荷拡大して稼働率を上げていくことを考えている。

⑤ 処理・処分について
・生ゴミは、盆・正月等は多少の変動はあるが、平準化されているので季節的な大きな変動はない。
・前処理で出てくる異物は焼却処理をしている。固形燃料にするためには、洗浄のコストや洗浄後の水処理に問題があって難しい。
・消化液は排水処理して下水へ放流している。一部は、堆肥にかけて肥料の品質向上を図っている。
・廃棄物に紙やジーパン等が混ざっていることがある。紙は分解しないので投入前に手作業で分ける。大きな魚の骨、貝殻は困る。頻繁にはないが取り除くためには破砕分別機を半日止めることになる。

⑥ 地域特性について
・田舎の場合、スーパーとスーパーの距離が離れている。また、富山は食品製造業が少なく、コンビニが拡散しているので輸送効率が悪く、運搬業者は回収コストがかなりかかると考えられる。

・地元雇用・地元調達を行っていることや、地元行事や地域の美化活動に参加し、堆肥を景品として提供するなど地域貢献に努めており、また、事業について地域の理解を得られていると感じている。

⑦ その他

・行政機関への要望としては、生ゴミの処理費用の増額を望む。

・事業として環境貢献の手応えはある。

6.6　視察　「長岡市生ごみバイオガス発電センター」

調査日：平成 27 年 10 月 16 日　9：00～11：00

場　所：〒940-0015 新潟県長岡市寿３丁目６番１号　長岡市環境衛生センター内

1）説明者

㈱長岡バイオキューブ現場統括責任者 長部氏、小林氏

2）受領資料

・パンフレット「生ごみバイオガス発電センター」
・説明書類「生ごみバイオガス発電センター」
・説明書類「生ごみバイオガス化事業実施の経過」
・参考書類　「長岡市ごみ情報誌」Vol.27,P2-3 「生ごみ分別収集にご協力を！」
・参考資料　2014 年度操業データ（受入量、バイオガス発生量、発電量等）

写真 6.6-1　長岡市生ごみバイオガス発電センター全景

3）事業の概要

（1）背景

長岡市（約 28 万人、約 10 万世帯）は、環境先進地として知られており、廃食用油の BDF 化、学校給食残渣の飼料化、下水道汚泥消化ガスの民間ガス会社への売却等の取組みを展開している。

ごみに関しては、昭和 59 年の生ごみ処理機補助制度開始に始まり、平成 12 年度からビン・缶・ペットの分別収集、平成 16 年度から家庭ごみの有料化、平成 23 年度からは小型家電、古着、食器類、リユースビンの４品目を拠点回収モデル事業などを行い、早くから全市民参加型によるごみの分別収集、３Ｒ構築に努められていた。

本事業は、それら取組みで構築された「全市民参加型」の土台を基盤として、さらに低炭素社会の構築、再エネ利用促進を図ることを目的として計画、実施されたものである。

(2) 経過

本事業開始までの経過は以下の通りである。

平成 16～17 年度の生ごみリサイクルの検討段階から、事業の狙いや効果等について住民に対する情報開示を進め、事業開始に先立っては、頻繁に住民説明会を開催し、生ごみバイオガス化事業が「市民・事業者・行政の３者による協働事業になる」ことを繰り返し説明し、住民への参加・協力を訴えてきたそうである。

平成 16～17 年度　生ごみリサイクルの検討（有機性廃棄物エネルギー化施設）
平成 18 年２月　長岡市地域新エネルギービジョン
（生ごみバイオガス化プラント導入を重点プロジェクト化）
平成 18 年 12 月　長岡市一般廃棄物処理基本計画策定
（ごみを有効な新エネルギーとして活用することを規定）
平成 19 年３月　長岡市総合計画　前期基本計画
（生ごみの減量と有効利用促進のため、その資源・エネルギー化を規定）
平成 21 年度　生ごみバイオガス化事業基本設計、事業実施方針公表
平成 22 年度　事業方式（PFI）選定、募集要項公表、事業者決定、本契約締結
平成 23 年度　施設設計、建設工事開始
平成 25 年４月　生ごみ分別収集・試運転開始
平成 25 年７月　本格運転開始

(3) 事業概要

事業の概要を下表に示す。

表 6.6-1　事業の概要

事業方式	PFI（BTO）方式
事業者名称	㈱長岡バイオキューブ（特別目的会社）
施設名称	長岡市生ごみバイオガス発電センター
事業場所	新潟県長岡市寿３丁目６－１　長岡市環境衛生センター内
施設規模	65t/日（発酵対象 55t/日） 家庭系ごみ 40t/日、事業系ごみ 25t/日
処理方式	前処理＋メタン発酵（湿式中温）＋バイオガス発電（GE560kW）
建設・運営期間	設計・建設　平成 23 年４月～平成 25 年６月（２年３ヶ月） 運転・維持管理　平成 25 年７月～平成 40 年６月（15 年間）

本事業は、PFI（BTO）方式であり、事業者は、特別目的会社を設立して設計・建設

から運転・維持管理を一括して行うものである。

本事業で設立された特別目的会社である「㈱長岡バイオキューブ」の名称は、特別目的会社の構成員５者と長岡市民を合わせた６者（キューブ）で事業にあたるという意味が込められているそうである。事業スキームを下図に示す。

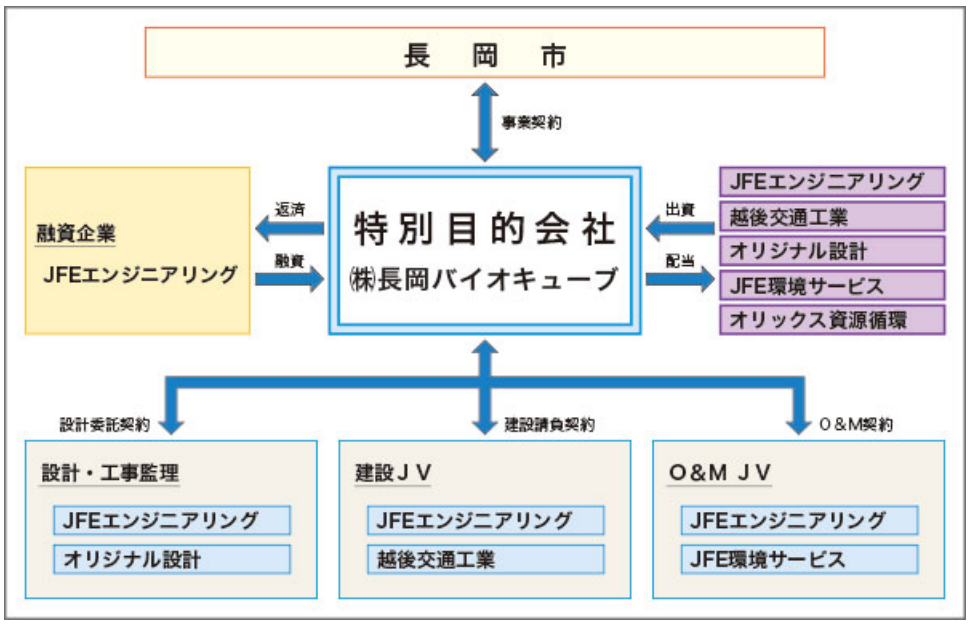


図 6.6-1　本事業スキーム

出典：パンフレット「生ごみバイオガス発電センター」

(4) 施設概要

本事業施設の処理工程を下図に示す。

本事業施設は、①受入・前処理設備（受入ホッパ、破砕装置、不適物除去装置）、②メタン発酵設備（混合、調整槽、発酵槽、ガスホルダ）、③バイオガス利用設備（ガスエンジン発電機）、④発酵残渣燃料化設備（脱水機、乾燥機）で構成されている。

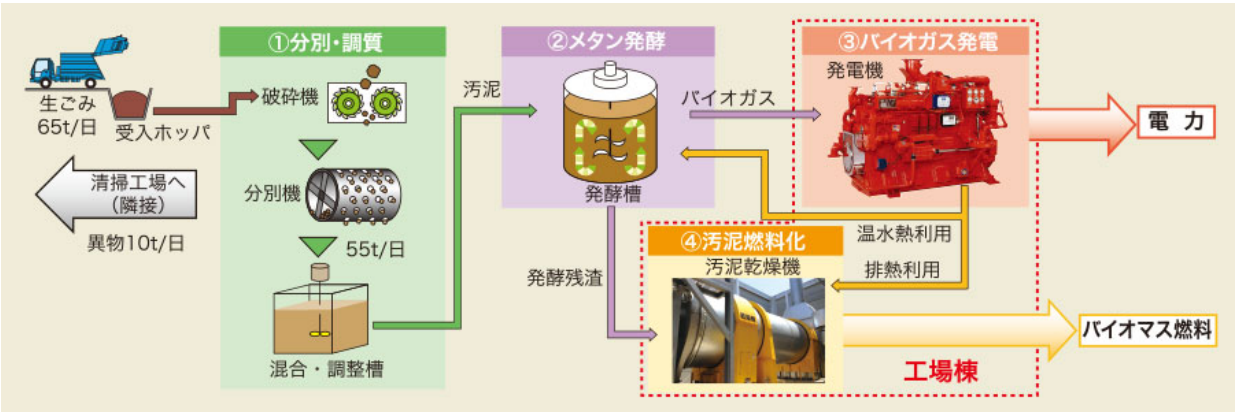


図 6.6-2　本事業施設の処理工程

出典：パンフレット「生ごみバイオガス発電センター」

以下、生ごみの処理の流れに沿って構成設備の概要等を記す。

①受入・前処理設備

本事業での受入ごみ量は、長岡市全域から収集された生ごみを主体とした家庭系ごみ 40t/日（分別収集された生ごみ、野菜、調理くず等）、事業系ごみ 25t/日（飲食店、卸売、小売業等からの食品廃棄物）の計 65t/日である。

受入れたごみは、回転ブレード式の不適物除去装置でビニールや紙類などの発酵不適物を除去した後、水分調整を行い、スラリー化し、混合・調整槽に送られる。本工程で除去される発酵不適物は約 10t/日で、これを除く生ごみ 55t/日（約２万 t/年）が発酵処理の対象となる。除去された発酵不適物は、場内に隣接するごみ焼却施設で焼却処理される。

写真 6.6-2　工場棟（受入棟）

写真 6.6-3　混合・調整槽

②メタン発酵設備

スラリー化された生ごみは、発酵槽内で約 20 日間中温（35～40℃）に保たれ、バイオガスを発生させる（計画バイオガス発生量約 8,900m^3/日）。発酵槽容量は約 1800m^3×２槽である。発酵槽攪拌装置は、省エネ型の縦型二段インペラ式攪拌ミキサーを採用している。

写真 6.6-4　メタン発酵槽

写真 6.6-5　ガスホルダー

③バイオガス利用設備

発生したバイオガスは、メタン濃度約 60%であり、不純物である硫化水素を生物脱硫装置で除去後、一旦ガスホルダー（ダブルメンブレン式）に蓄え、バイオガス利用設備（ガスエンジン 560kW）及び発酵残渣燃料化設備（乾燥機）の燃料として使用される。ガスエンジンは、環境性に優れた希薄燃焼方式による低 NOx 対応型で、発電効率は約 33%と高く、計画発電量は年間約 410 万 kWh（1 日あたり最大約 123,000kWh、1,000 世帯分の電力）である。

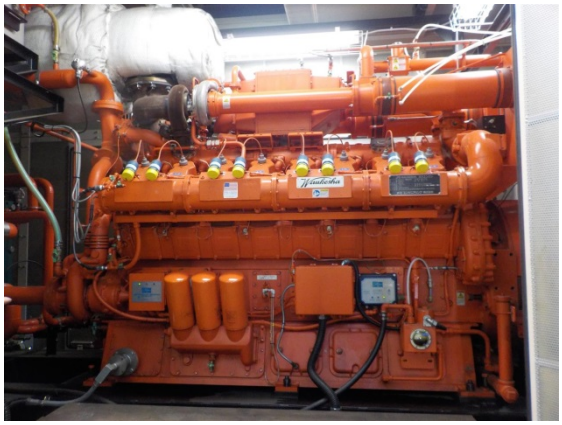


写真 6.6-6　ガスエンジン

写真 6.6-7　発電量表示板

④発酵残渣燃料化設備

メタン発酵後の残渣は定期的に引き抜かれ、遠心脱水した後（含水率約 80%）、ロータリーキルン型乾燥機にかけられ燃料化（含水率約 30%）される。乾燥機は熱源の一部にガスエンジン排熱を利用するコージェネレーションシステムとなっている。

脱水ろ液は放流基準以下まで下水処理水で希釈し、隣接する下水処理場へ送水される。燃料は県内のセメント会社等にて利用されている。

写真 6.6-8　遠心脱水機

写真 6.6-9　燃料された発酵残渣

4）事業の特徴

（1）他施設との連携

本事業施設は、長岡市環境衛生センター内にあり、ごみ焼却施設、下水処理場が隣接している。本事業は、この地の利を最大限活かしたシステムを構築するものとして長岡市の他部局との協議を経て実現したものである。

隣接施設の役割等は次の通りである。

①ごみ焼却施設（寿クリーンセンター）

ごみ焼却施設でバイオガス化施設で分別除去した発酵不適物を焼却処理するとともに、バイオガス化施設からの余剰電力を有効活用する（これにより、バイオガスを余剰ガスとして燃焼処分する必要がなくなり、また、ごみ焼却施設においては電力会社より安く使用電力を賄うことができる（約 4,800 万円/年の経費削減）。平成 26 年 7 月からは FIT を活用し、余剰電力は地元電力会社に売電。）

②下水処理場（長岡中央浄化センター）

バイオガス化施設で発生する排水を処理するとともに、希釈用水として下水処理水を供給する。

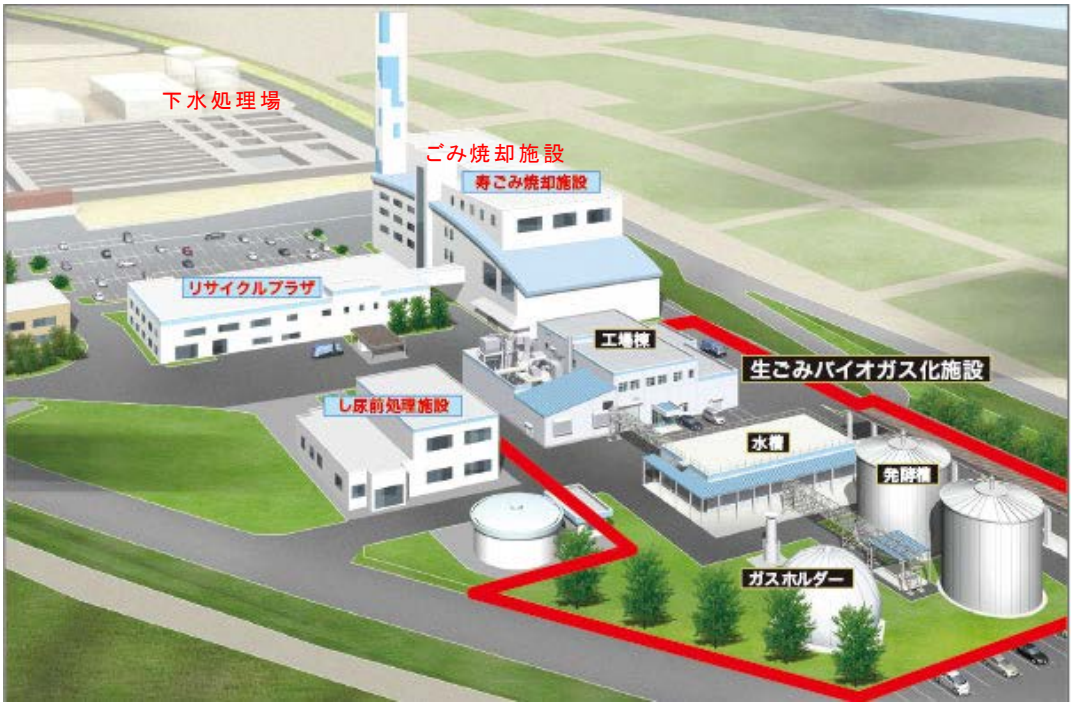


図 6.6-3　本事業施設と他施設との位置関係

出典：パンフレット「生ごみバイオガス発電センター」（一部付記）

以上のように３つの施設は連携することで無駄なくエネルギーや資源を交換等して、各施設運営の合理化、経費軽減などの効果を生み出している。

（2）市民との協調（生ごみ収集体制）

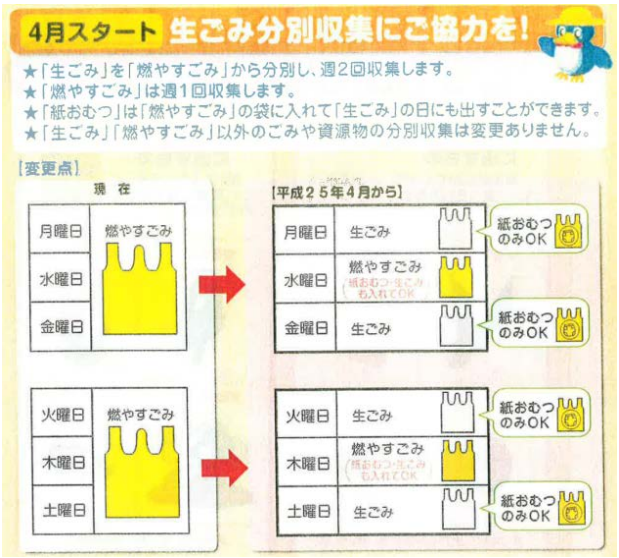
長岡市は今回の生ごみバイオガス化事業の実施にあたり、ごみ収集コストを増やさないため、週３回の収集日を変更することなく、生ごみは週２回、燃やすごみは週１回の回収を基本とする収集体制を計画した。しかし、市民から従来「燃やすごみ」として出していた紙おむつ（発酵不適物）が週１回の回収では保管場所に困る、臭いの問題があるなどの意見が多数寄せられたことから、計画を見直し、生ごみ回収日にも紙おむつを出せるよう、紙おむつに限って週３回の収集体制に計画変更したとのことである。

そのほか、生ごみ分別収集に協力する市民に対するインセンティブとして、家庭系については、指定袋の料金を燃やすごみの 1.3 円/L に対して、分別した生ごみは 1.0 円/L と価格差を設ける料金体系を採用し、事業系については、従来の燃やすごみ料金 1.2 万円/t から分別した生ごみを 0.8 万円/t とする価格差を設けたとのことである。また、ごみ排出における利便性向上のため、指定袋の種類を追加した（当初 10L 用、５L 用に加え、２L 用を追加）そうである。

（3）官民連携

本事業は、民間の資金、経営能力及び技術的能力の活用により財政資金の効率的、効果的活用を図るため、PFI 方式（BTO）が採用されている。

分別基準の案内



収集日変更の案内

図 6.6-4　住民へのごみの排出基準等の案内

出典：「長岡市ごみ情報誌」Vol.27,P2-3 「生ごみ分別収集にご協力を！」

5）事業効果

本事業により実現された、あるいは期待される効果は次の通りである。

①焼却ごみ量の削減

燃やすごみは、生ごみ分別収集を開始した 2013 年４月～９月の６ヶ月間で、前年同月の約 19,700t から 11,230t に減少。

②最終処分場の延命

市の保有する最終処分場の残余容量が減少しているなか、本事業により燃やすごみの量が減少したことで、最終処分場への搬入量が削減され、延命化が図られている。

③焼却能力の縮小

長岡市内の３つのごみ焼却施設のうち、栃尾クリーンセンターを 2013 年 10 月末に閉鎖。現在、ごみ焼却施設は寿クリーンセンター（平成 10 年３月竣工）、鳥越クリーンセンター（昭和 61 年３月）の２工場体制となっている。今後、鳥越クリーンセンターの施設更新計画が実施される予定だが、焼却ごみ量が削減されたことによりごみ焼却施設の能力は大幅に縮小される予定で、施設運営経費の削減が見込まれる。

④CO_2削減

分別により燃やすごみが減少し、年間約 2,000t の CO_2が削減される（一般家庭の約 420 世帯分）。

⑤環境教育の推進

ごみからエネルギーを生み出す最先端施設として、子供たちの見学を受入れ、環境教育の啓発普及が推進されている。

6.7　視察「開成瀬波エネルギープラント」

調査日：平成 27 年 10 月 16 日
視察地：新潟県村上市瀬波温泉 1-1175-113

1)　説明者
株式会社開成　新エネルギー事業本部 取締役営業部長　須貝 卓也 氏

2)　入手資料
バイオガス発電を利用した循環型農業（社会）システム

3)　概要
(1)　取り組みの背景

本事業主体の（株）開成は、関連会社のカイセイ農研（株）（農業生産法人）と一体となり、米穀や農産加工品の販売等を行っている地元企業である（1998 年創業）。

地域資源の有効活用をめざして、平成 21 年に「瀬波温泉熱利活用温室ハウス及びバイオマス発電事業化計画」を策定、温室ハウス 2 棟を建設して南国果樹栽培を開始、平成 24 年からは瀬波バイオマスエネルギープラントの運転を開始した。**図 6.7-1** にその全体システムフロー図を示す。

平成 24 年 4 月に経産省より再生可能エネルギー発電設備として認可（メタン発酵ガス国内 1 号認定）され、平成 26 年 9 月に農水省より再生利用事業計画（食品リサイクル・ループ）の認定（液肥ループ 1 号認定）を受けている。

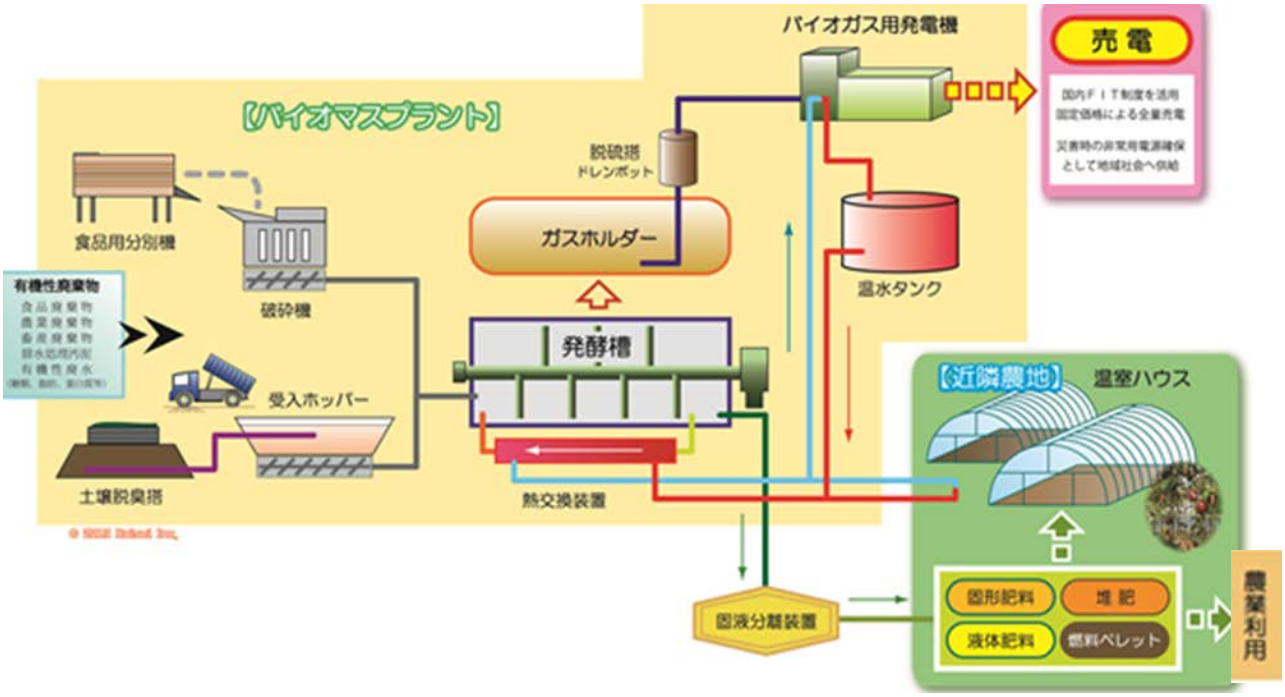


図 6.7-1　瀬波バイオマスエネルギープラントシステムフロー図

出典：見学時提供資料

(2)　発電施設概要

・処　理　量：4.9t/日
・処理方法：乾式メタン発酵
・処理対象：有機物全般（木質資源は除く）
・発　電　量：約 600kWh/日　（25kW×24 時間）
・収　益　源：廃棄物処理収益、売電収益、肥料販売収益

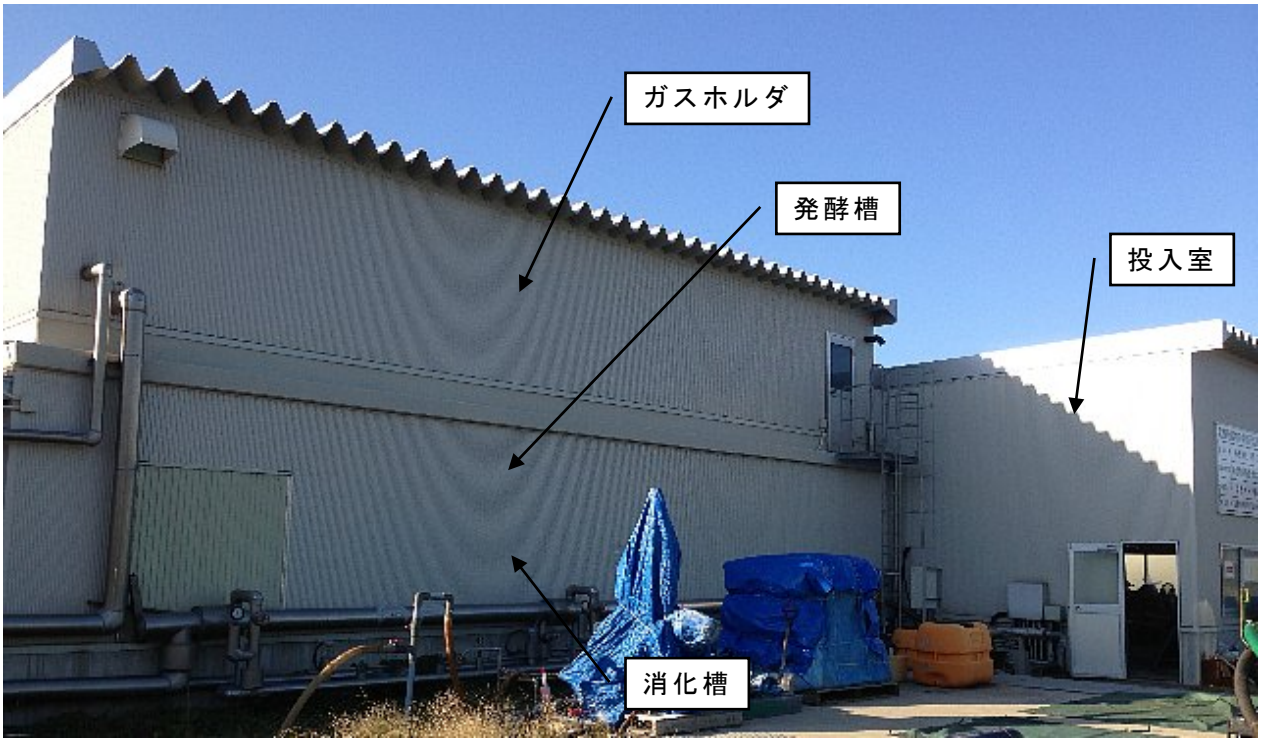


写真 6.7-1 発電施設外観

4)　本施設の特徴と所感

(1)　廃棄物の搬入について

食品リサイクル法（食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律、平成 13 年 5 月施行、平成 19 年 6 月最終改正）の関係で、食品廃棄物のリサイクルに取り組む必要があった瀬波温泉の宿泊施設からの受け入れを当初から行っていたが、食品リサイクルの取り組みを強化する中で、近隣のスーパーマーケットや福祉施設、飲食店、ファーストフード店など受け入れが広がり、安定的に廃棄物が入ってきている。

また、農水省より再生利用事業計画（食品リサイクル・ループ）の認定されたことで、再生利用事業計画の範囲内においては、収集運搬に係る許可を不要とする等の廃棄物処理法の特例を受けられたため、収集運搬業の許可を持たない者でも廃棄物を持ち込める仕組みになったことが、廃棄物の安定的搬入に寄与している。

(2)　事業の採算性について

発電量が最大約 600kWh/日とのこと。仮に 600kWh/日として売電収入は、およそ 600kWh/日×39 円/kWh（税抜き）×260 日/年≒608 万円/年 となる。

プラント設備費は約２億円で、補助金は活用しておらず、発電事業単体での採算性だけでは、厳しそうである。ただし、農業用の堆肥の製造を主たる目的として作っており、FIT ありきの計画ではなかった。売電事業だけでなく、廃棄物処理、農業、肥料販売、ジェラード等の加工品販売のトータルで成立している、とのこと。発電機の排熱をビニルハウスの熱源に利用し、熱電併給システムとして有効利用できている。

下水処理場に隣接しており、当初は下水汚泥も原料に受け入れていたものの、堆肥の品質を優先して、受け入れを中止したとのこと。

写真 6.7-2　非常に簡易な投入口

写真 6.7-3　液肥運搬車

(3)　発電施設に隣接する温室ハウスについて

寒さの厳しい地域にも関わらず、温室ハウスでは南国果樹を栽培している。ここで作ったパッションフルーツは、銀座千疋屋にも卸しているそうで、あえて付加価値の高いものを作り収益を上げようとしている。

バイオマス発電で出る熱をもとに、温室ハウス内の地中のパイプに温水を循環させているが、空調は何もしていない（地面は温めるが空気は暖めない）。寒さに耐性がついた株のみが生き残るとのことであった。

写真 6.7-3　温室内果樹栽培状況

写真 6.7-4　温室内温水配管

写真 6.7-5　ジェラード等の販売所
（地元の人達がひっきりなしに訪れる）

写真 6.7-6　パッションフルーツ
（甘酸っぱくて美味しい）

消化液は、液肥として水田に施肥しているが、冬は不要となる。当初は、冬は貯蔵していたが、もみ殻と合わせて堆肥化することで、通常は難しいもみ殻の堆肥化も促進されることを確認し、その堆肥をビニルハウスで有効活用できるようになった。

写真 6.7-7　もみ殻に消化液を混ぜて
堆肥化したもの

写真 6.7-8　もみ殻堆肥を乾燥させて
マルチングに利用している様子

写真 6-7-9　集合写真

6.8　講演会「バイオ水素（BioHydrogen）技術の過去・未来・現在」

1）講演日時：2015 年 9 月 11 日（金）　15:30～17:30

2）場所　　：一般財団法人エンジニアリング協会

3）講演者　：国際石油開発帝石（株）経営企画本部事業企画ユニット事業企画 G
IEA 水素実施協定（HIA）Task34（バイオ水素）専門家委員
若山　樹氏

4）講演概要

(1)　背景（講師の自己紹介）

これまで、微細藻類の培養技術や水素などエネルギー関連で、20 代のころから応用研究を行ってきた。20 代の頃は、（株）クボタと RITE において、光合成細菌の培養を行い、そのころの主な目標産物は水素であった。その後、産総研や大学、（株）KRI などを経て、現在の国際石油開発帝石(株)に勤務している。40 代以降は、エネルギー全般のコンサルティングや事業化検討を主に行っている。

(2)　バイオ水素とは

バイオ水素とは、生物的な反応を利用して生産された水素というのが現時点の定義であり、木質のガス化による水素生産はバイオ水素とは言わない。一方、石油などから生物反応で水素を取り出せばバイオ水素にあたる。しかし、現実的には有機廃液やバイオマスを利用した生物的なプロセスをバイオ水素という。（**図** 6.8-1、**表** 6-8.1）

バイオ水素も、再生可能エネルギーとしての位置付けられるべき技術であるため、EPR（エネルギー収支比率）が 1 以上や $LCCO_2$（ライフサイクル CO_2）が他の燃料に比較して低い必要がある。つまり、生産に用いられるエネルギー以上のエネルギーを生産される水素によって回収が可能であり、燃料製造から利用のトータルで二酸化炭素の削減に繋がることを優先して考え、その後にコストダウンを考えるべきである。

	実用化段階	安定性	環境性（CO_2排出）	経済性
副生水素	種類によるが既に導入されているもの多い。	本来の目的となる製品の生産量に左右される。	CO2は排出されるが追加的な環境負荷は無い。	副次的に生産されるものを活用するため経済的。
化石燃料改質	既に導入されており実用化段階	安定的かつ大規模に生産が可能。	CCS等を用いない限り、CO2が排出される。	技術的に確立しており、比較的安価に製造が可能。
水電解（火力）	既に導入されており実用化段階	安定的かつ大規模に生産が可能。	CCS等を用いない限り、発電時にCO2が排出される。	改質に比べると高コストだが比較的安価。
水電解（再エネ）	技術的には確立。再エネ発電の低コスト化が課題。	再エネの種類によっては出力変動が存在。	CO2は排出されない。	再エネ電力を活用するため一般的にコストは高い。
バイオマス	技術的には確立しているが低コスト化が課題。	供給地が分散している。	CO2排出量はゼロとみなすことができる。	現段階ではコストは高い。
熱分解	研究開発段階（一部実証研究も実施）	安定的な供給が可能。	利用する熱を何から取るかによって異なる。	N. A.
光触媒	基礎研究段階（現在の変換効率は0.5%程度）	気象条件に左右される。	CO2は排出されない。	N. A.

※　上表は、現段階での技術レベルや有識者へのヒアリング等をもとに作成したおおよその比較イメージ

図 6.8-1.　水素の製造段階・水素の製造方法

出典：経産省 HP　水素・燃料電池戦略会議　第 1 回　配布資料 4

表 6.8-1. バイオ水素（生物的生産）とバイオマス水素（バイオマス由来）

<table>
<tr><th>バイオマス種</th><th></th><th colspan="2">変換技術1</th><th>変換技術2</th><th>精製</th><th>生産物</th></tr>
<tr><td rowspan="4">湿潤
（有機性廃水、
下水汚泥等）</td><td rowspan="5">前処理・調質</td><td rowspan="2">光合成水素</td><td>微細藻類</td><td>←直接</td><td rowspan="3">H2S除去
（湿式/乾式
等）</td><td rowspan="3">バイオ水素</td></tr>
<tr><td>光合成細菌</td><td>←直接</td></tr>
<tr><td>発酵水素</td><td>水素発酵細菌</td><td>←直接</td></tr>
<tr><td>メタン発酵</td><td>メタン発酵細菌</td><td>水蒸気改質
(SMR)</td><td rowspan="3">CO2/CO/
CH4除去
（シフト，
H2-PSA-
MS/AC等）</td><td rowspan="3">バイオマス水素</td></tr>
<tr><td rowspan="2">乾燥
（木質草本系）</td><td rowspan="2">ガス化</td><td>各種ガス化炉
(H2/CO)</td><td>None</td></tr>
<tr><td>各種ガス化炉
(CH4)</td><td>水蒸気改質
(SMR)</td></tr>
</table>

出典：若山氏講演資料

(3)　バイオ水素の普及・実用化の見通し

バイオ水素を生産する手法としては、嫌気的水素発酵を用いるものや、光合成水素生成を用いるものなどが代表的で、リアクタによる実証実験が 1980～1990 年代には行われており、基本的には実用化段階の技術と言える。ただし、都市ガスでもメタンを主成分としたエネルギーインフラとして根付くまでに 20～40 年を要したと事を考えれば、水素エネルギーも、すぐに実用化推進したとしても安定したエネルギーインフラとして定着するまでに、早くて数十年を必要とし、2040 年頃までかかるのではないかと考えている。

過去の 1980 年代や 1990 年代にバイオ水素の研究が社会実装出来なかった理由としては、製造した水素の有効な利用先・用途がなかったことが大きい。今、燃料電池車(FCV)やエネファームなど、燃料電池が普及しており、これに伴って今後は水素利用のインフラが整う場合、用途は確保される。用途があるように見えても燃料は安価なので、FIT に匹敵するような政策的普及策・インセンティブがないと、普及が難しい。

EPR や $LCCO_2$ に配慮した、環境配慮型であることを前提に、バイオ水素にも FIT なみの強い促進策がとられることが、期待される。

(4)　バイオ水素の基本技術の概要

嫌気的な水素発酵は、メタン発酵と類似する技術であり、光合成水素生成は、藻類燃料用の培養技術と近似する技術と言える。したがって、水素発酵装置はメタン発酵槽の流用が、光合成水素精製装置は藻類大量培養装置の応用が、期待できる。近年の藻類由来燃料の製造技術の進展を見ると、光合成水素の実用化も近づいているものと期待される。

バイオ水素技術の実用化に際して、実証規模の FS データに乏しいのが現状である。今は藻油燃料に実証試験の予算が重点配布されており、研究者も減少している。

バイオ水素も、他のバイオ燃料同様の欠点を持っており、①物理化学的生産に比べれば反応が遅い、②多段階工程にならざるを得ない、③原料入手が不安定になりがち

である。一方、長所として CO_2 フリーで温暖化対策に寄与し、廃液処理や農業との共存なども可能という特長もある。原料が不足しがちな部分は、食品系排液処理の負荷低減と排ガス利用や、有機物処理でメタン発酵との組み合わせ、発酵排液中の窒素やリンを利用など、事業全体での合理性を追求することが有効であるなど、事業貢献の糸口になると考えることもできる。メリットやデメリットを勘案して、何を求めて事業化したいのか、目的を明確化しておくことが重要である（**表 6.8-2**、**図 6.8-2** 参照）。

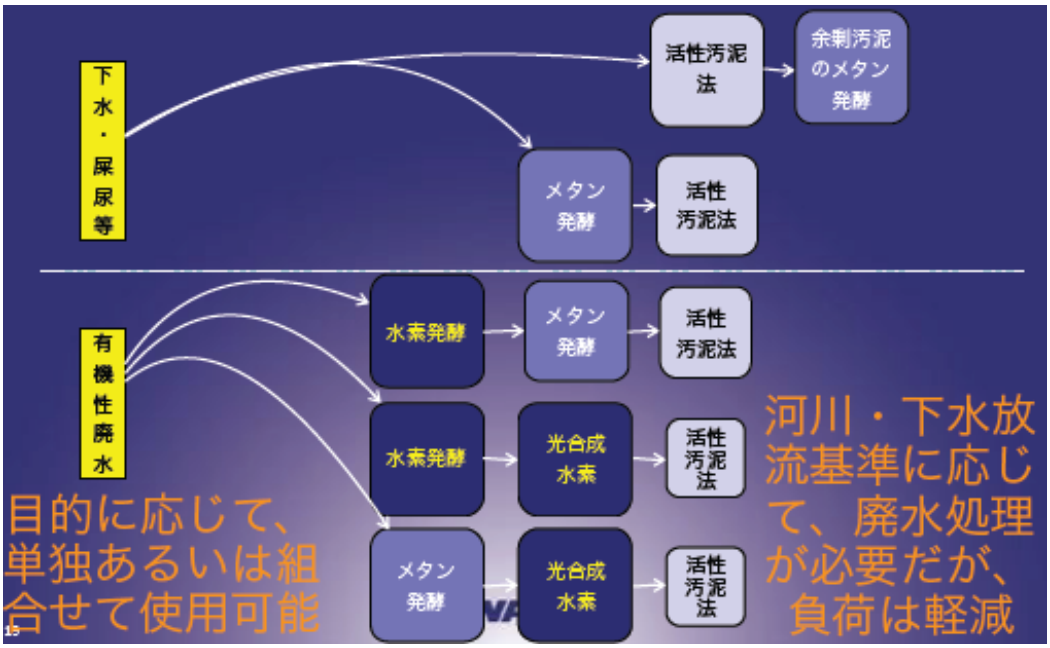


図 6.8-2. バイオ水素と既存技術との組合せ

出典：若山氏講演料

表 6.8-2. バイオ水素と他の燃料の特徴の比較例

代替先燃料	代替燃料（生物学的生産）	効率性	利便性	供給安定性	安全性	経済性	環境性	社会性	技術成熟度	供給余力
ガソリン	Et-OH	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○
	Bt-OH	◎	◎	○	○	△	○	◎	△	○
ディーゼル油	BDF (Algae, Palm)	◎	◎	○	○	△	○	◎	○	△
	BTL (FT)	○	◎	○	○	×	△	◎	△	○
ケロシン (JET Fuel)	Bio-SPK（油脂）	◎	◎	△	○	△	○	◎	○	△
	Bio-SPK（熱分解）	◎	◎	△	○	×	△	◎	△	○
電気（熱）	バイオマス専焼	○	○	○	○	△	○	◎	○	◎
	バイオマス混焼	○	○	○	○	○	○	◎	○	◎
	バイオガス発電	△	○	○	○	△	○	◎	○	○
天然ガス	バイオガス	△	○	○	○	△	○	◎	◎	◎
	バイオ水素	△	○	○	○	△	◎	◎	△	○

出典：若山氏講演料

(5) バイオ水素の取り組み状況

バイオ水素は、世界各国で取り組まれているが、大きな流れにはなっていない。米国はコーンからのバイオエタノール、EU は菜種油からの BDF、ブラジルはサトウキビからのバイオエタノールで、アジアではキャッサバからのバイオエタノール等が、それぞれバイオ燃料の主流になっている。

バイオ水素の実証事業としては、ブラジルでの製糖産業に取り入れるペトロブラス主導の事業が立ち上がっている。製糖用に絞ったモラセスからバイオエタノール発酵を行い、その上流残渣からもう一段の利用を考え、水素・メタンの 2 段階発酵を付加するという考え方をとっている。他のバイオ技術との組合せを考えて効率を上げるといったこともコスト採算性を取るには重要になる。

また、講師らは、高いエネルギーコストや資源が限定的な独立した電力グリッドを有する離島での活用はニーズがあるのではないかと考え、具体的な候補地も決めて事業化検討を行ったことがある。その案件は、離島故に初期投資が高くなりすぎて断念したものの、離島での利用などは、今後も候補になるものと考えられる。

5) 雑感

バイオ水素は、メタン発酵や藻類燃料と類似性が高い技術であるため、これらの技術の進展と、水素インフラの充実に伴って、ニーズが出てくる可能性があると感じた。ただし、燃料である以上は、買い取り価格が安価にならざるを得ず、そのままではコスト面で実用が難しいとの感想ももっともだと感じる。

システム全体として CO_2 削減や化石燃料の消費削減に貢献できるものであれば、再生可能エネルギーの一種として、FIT に準ずるような大胆な補助政策を持って、導入を促進することが望まれる。

水素の利用側の純度の要求が大きければ、コスト面でのハードルが更に上がり、環境フレンドリーな良さや、農業との共生なども考えた地方での利用も制約されるであろう。利用側の努力により、品質要求を過度にしない努力にも期待したい。

バイオ水素は、大量生産や精製、利用といった各段階にまだ課題はあるものの、講師らも具体的な候補地を決めて検討した例がある。我が国でも、利用も踏まえた実証事業による検証が必要な段階にある技術であることを、実感させられた。

写真 6.8-1　講演風景

6.9 講演会「バイオマスリファイナリー開発最新動向と産総研の取り組み」

1) 講演年月日：2016 年 1 月 18 日

2) 講演場所：一般財団法人エンジニアリング協会

3) 講演者：産業技術総合研究所　機能化学研究部門　副研究部門長　榊　啓二氏

4) 講演概要

(1) バイオマスリファイナリーについて

バイオマスリファイナリーとは、今まで石油を原料として製造してきた燃料（LPG、ガソリン、軽油）や化学品を、バイオマスを原料として製造する技術である。バイオマスリファイナリーの内、燃料については事業化が進んでいるが、技術開発では今後化学品生産に向っていく。バイオリファイナリーと呼ぶことが多かったが、最近は原料がバイオマスだということを強調するため、バイオマスリファイナリーと呼ぶことが増えた。

バイオマスリファイナリーにおける化学品生産では、オイルリファイナリーと同様な体系で、原料を石油からバイオマスに転換することもできる。例えば、オイルリファイナリーにおけるエチレン、プロピレンを、バイオマスから製造する技術開発も行われている。しかし、化石資源とバイオマス資源は賦存量が異なり、将来も化石資源を全てバイオマスに置き換えるのは難しく、バイオマスが適合する基幹化合物を選定することが望まれるが、バイオマスリファイナリーからの化学品生産に関しては、体系化されていないのが現状である。

バイオマスリファイナリーの原料として、糖質系・油脂系があるが、現在は糖質系原料が中心となっており、糖質系原料はさらにでんぷん系、セルロース系に分かれる。原料によって、技術が異なるため統一的かつ効率的な手法が存在しない状況である。また、バイオマスリファイナリーの課題としては、資源量、技術面、経済性があげられ、化石資源由来の化学品との競合から経済性が一番の課題となっている。

(2) 統合バイオリファイナリー

平成 20 年のバイオ燃料技術革新計画において、リグノセルロースを原料として、成分のセルロース、ヘミセルロース、リグニンを全て無駄なく製品化するフローが検討された。その中で油糧作物についても検討され、BDF 製造から多量に発生するグリセリンの処理について産総研で研究を実施している。

(3) 原料転換の背景

原料転換に関する構想は、世界的にまずは米国が先頭に立ち、製品化を見据えて計画を立案している。バイオ燃料、バイオ電力（主に木質）、バイオ製品（主にスターチ）毎に将来にわたる増産構想が立てられている。米国の構想は、「Vision for Bioenergy and Biobased Products in the United States (2006)」に記載があり、 原文も短いので興味がある方はチェックしてほしい。EU においても「Industrial or White Biotechnology (EuropaBio)」の構想が提案されている。

(4) 米国のバイオマスリファイナリー戦略

2004 年の米国エネルギー省（DOE）報告書「Top Value Added Chemicals from Biomass」がバイオマスリファイナリーの分野ではよく参照される。本報告書の中にバイオマスリファイナリーのための潜在的基幹ブロック Top30、Top12 が挙げられて

いる。これは、有識者が糖をプラットフォームとして、基幹化合物を選定したものである。Top12 の中では、現在コハク酸等が注目を浴びている。

(5)　日本でのバイリファイナリーの取り組み

日本の取り組みは主に NEDO 等の公的機関が推進しており、セルロース系バイオマスの糖化技術が中心的課題となっている。NEDO の報告書「バイオインダストリー協会　バイオリファイナリーの研究・技術動向調査（2005）」があるので必要に応じて参照してほしい。

(6)　ターゲット物質の選択

将来の商業化をイメージして、何を製造する技術を開発するのが良いか検討する必要がある。化石資源由来の製品と比較した場合、経済性は難しくなる。バイオ技術と化学技術のベストミックスが必要である。また市場性の検討が重要である。高機能製品だと単価は高いが需要量が少ない。汎用品だと需要量は多いが単価が安い。

またもう一つの考え方として、バイオアルコールを石油代わりに利用するものがある。バイオアルコールは技術的に確立しており、特にエタノールは唯一石油由来燃料と価格競争力がある物質である。石油の基幹物質であるエチレン、プロピレンをバイオアルコールから製造することで、その下流プロセスは既存技術が利用可能となり普及につながり易いと考えられる。しかし、石油由来との価格競争になり経済的が難しい。

(7)　バイオマスエネルギー生産からバイオ化学品生産へ

バイオマスエタノールはコーンやサトウキビを用いる第一世代から非可食バイオマスの第二世代へ開発は移行している。第二世代バイオマス利用の開発は進んでいるが難易度が高く商業化はまだ時間がかかる。バイオマス化学品も第二世代バイオマス原料が前提となってきており、セルロースの糖化が一番の問題である。

(8)　バイオ燃料動向

石油は以前はメジャーが支配していたが、その後 OPEC、シェールガス、中国景気減速で乱高下を続けている。バイオエタノールの生産量は、10 年前は米国とブラジルが半々であったが、現在は米国が圧倒的で、おおよそ米国 5,000 万キロリットル／年、ブラジル 2,000 万 kL/年である。

米国にはバイオ燃料プログラムがあり、現時点では第一世代のコーンエタノールが多く、セルロース系エタノールは極わずかである。セルロース系エタノールは今後もあまり増えていかない可能性がある。

日本では、運輸系燃料の消費量は８千万 kL あるが、バイオマス・ニッポン総合戦略ではバイオ系輸送燃料は 50 万 kL が目標であり、１%以下である。品確法上は、通常のガソリン車に３%までエタノール混合可であるが、実現していないのが現状である。

(9)　バイオリファイナリーのまとめ

バイオリファイナリー開発において、日本は世界、特に米国の後追いであり、遅れている。日本においては、バイオマス資源が少ない、価格が高いとの問題がある。またエネルギー価格が石油価格に振り回されるため、開発・導入作戦が立てにくい現状がある。そのため、付加価値の高い物質を対象として、何を作るべきかを検討する必

要がある。今後、バイオマスリファイナリーの体系作り、製造コストの低減が重要となる。

(10)　世界のバイオマスリファイナリー動向

バイオ化学品のベンチャー企業が何社かある。化学品生産をベースにした会社と、微生物技術を保有する会社がある。ジナリスはテレフタル酸からバイオプロセスで高付加価値品を生産する日本企業、Green Earth Institute は地球環境産業技術研究機構（RITE）系のベンチャー企業である。コハク酸、イソブタノールはかなり進展しているとの認識である。

バイオプラスチックは、一部で商業生産が開始されている。最も有名なのがポリ乳酸を扱っている Nature Works である。他にポリエチレンの Braskem、高価であり有望視されているポリアミドの Arkema、プロパンジオールの DuPont 等がある。

(11)　C3 化合物について

産総研の調査において、バイオリファイナリーで製造される化合物を炭素数毎に整理した。バイオリファイナリーで製造される C3 化合物を**図 6.9-1** に示す。

C3 化合物において注目されるのはアクリル酸である。毎年需要が増加している。吸水材に利用可であり、日本触媒、住友精化が取り組んでいる。オムツ等の高分子吸水材に利用できるため、バイオマス由来は企業ニーズが高い。製造パスとしては、3-ヒドロキシプロピオン酸経由でアクリル酸が製造される。また中間体であるアクロレインは BDF で多量発生するグリセロールからの製造が可能である。米国でも注目されている物質である。

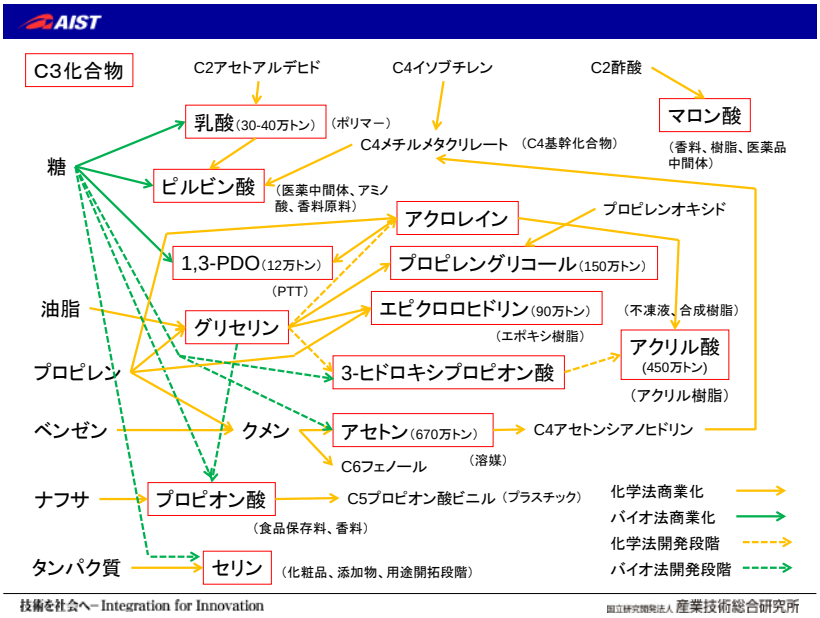


図 6.9-1　バイオリファイナリーで製造される C3 化合物

出典：榊氏講演資料

(12)　C4 化合物

バイオリファイナリーで製造される C4 化合物を**図 6.9-2** に示す。C4 化合物で最も注目されるのはコハク酸である。その他メタクリル酸も注目されている。メタクリル

酸は、糖から中間体を経由して製造でき、ポリマー原料になる。

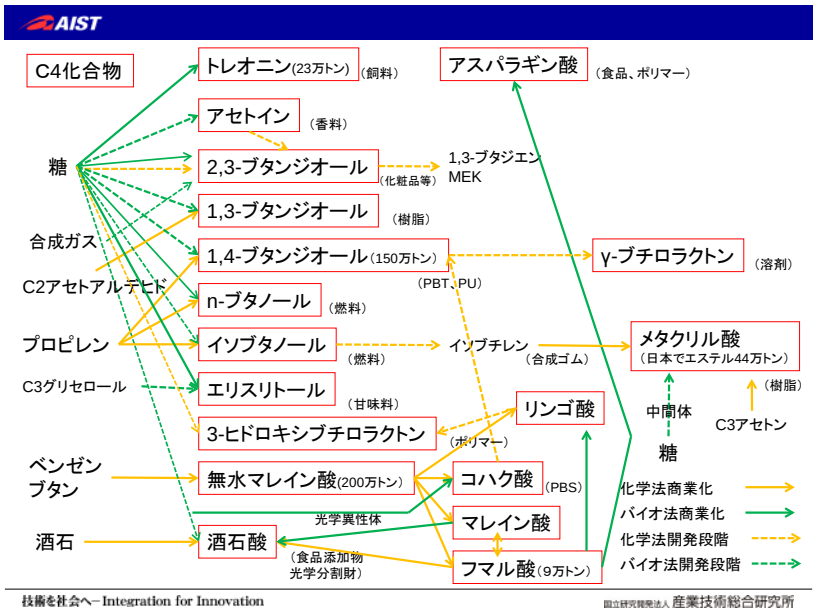


図 6.9-2　バイオリファイナリーで製造される C4 化合物

出典：榊氏講演資料

(13)　C5 化合物

バイオリファイナリーで製造される C5 化合物を図 6.9-3 に示す。C5 化合物としてはイタコン酸とレブリン酸等がある。レブリン酸は産総研触媒センターで開発を実施している。イタコン酸はポリマー原料に利用できるが、最近劇物指定されて、取り扱いに管理が必要である。

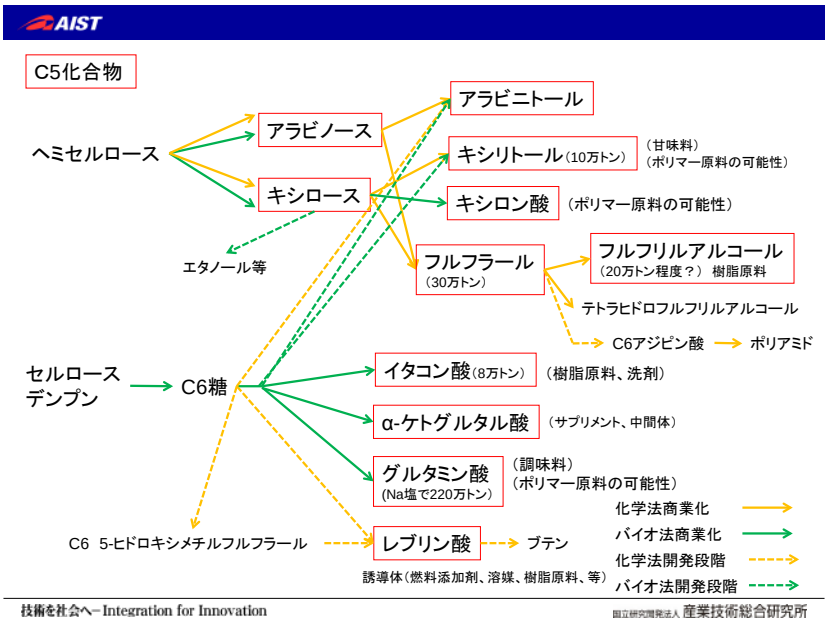


図 6.9-3　バイオリファイナリーで製造される C5 化合物

出典：榊氏講演資料

(14)　C6 化合物

バイオリファイナリーで製造される C6 化合物を**図 6.9-4** に示す。C6 化合物であるヒドロキシメチルフルフラールの研究を産総研東北センターが実施している。その他として、フランジカルボン酸、アジピン酸、イソソルビドがある。

イソソルビドは、産総研がセルロースから直接製造する技術を開発している。フランジカルボン酸はポリマー原料となり、PET 原料のテレフタル酸に近い性状で、縮合系モノマーとして期待されている。アジピン酸はポリアミドの原料になる。

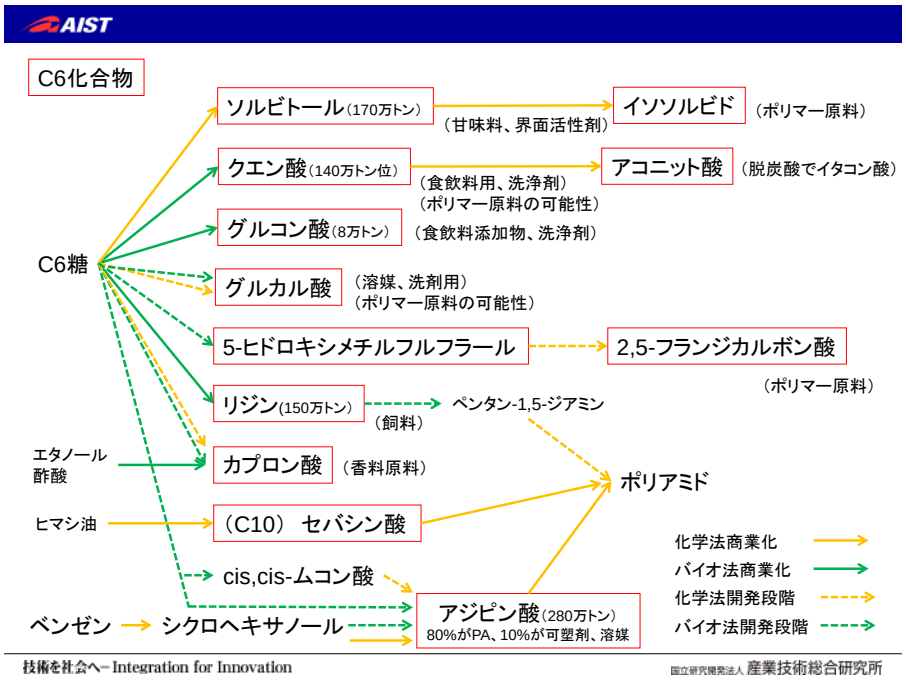


図 6.9-4　バイオリファイナリーで製造される C6 化合物

出典：榊氏講演資料

(15)　国家プロジェクトでの取り組み

産総研は国家プロジェクトの中で、セルロース系エタノールプロジェクト、エタノールからのプロピレン製造プロジェクトに関与してきた。エタノール開発では、目標としてバイオマスニッポンケースでエタノール 100 円/L、ブラジル等海外をターゲットにエタノールコストが 40 円/L を挙げていた。

(16)　バイオプロプレンプロセスプロジェクト

出光、トヨタ等が母体となった触媒技術研究組合、および東工大の岩本先生らと、エタノールからプロピレンを製造する研究開発に取り組んだ。

それに先立ち、バイオマス由来のエタノール、ブタノール、プロパノールからエチレン、プロピレンを製造する BMC（バイオマスコンビナート）構想の開発プロセスを提案した。

産総研と触媒技術研究組合はエタノールからオレフィンを製造するプロセスの設計を担当した。プロピレン重合触媒が硫黄に弱いため高効率脱硫等のプロセス検討を行った。触媒開発も担当し、ゼオライト触媒、金属酸化物触媒の開発を行い、金属酸化

物触媒がゼオライト触媒より良い結果を示している。また、ラフではあるがバイオエチレン・プロプレンのコスト予測を行い、石油由来のプロピレンと同等の製造コストが可能である。

プロプレン製造のスケールアップ開発も実施した。10kg/日の触媒反応装置から100kg/日のベンチスケールへスケールアップし実験を行い、エタノール 93kg から精製プロピレンを得る設計で運転した。本反応においてアセトンが反応で出てくる。また、プロピレン転換コストを試算し、国内立地の際は目標値の 40 円/kg 以下となり、また海外（タイ）立地の場合はさらに 5 円/kg 安くなる（30 万 t 規模）結果を得た。

(17) NEDO 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発

本技術開発において、産総研は木質バイオマスからの成分分離、及び住友ベークライトからの再委託でリグニンの利用を担当している。本技術開発は、木質バイオマスからポリマー原料を製造することを目的としている。

(18) 産総研のバイオマスリファインナリー研究開発

産総研中国研究センターはバイオマス転換技術の研究開発を実施してきており、最近はバイオマス燃料からバイオマス化学品に研究をシフトしてきている。組織再編により、つくばの化学部門と中国のバイオマス部門が一緒になり、バイオマス製品製造、製品評価等、多岐に渡る研究を実施している。産総研の主なバイオリファイナリー技術は、セルロースをほぐす技術やバイオマス物質の分離技術等がある。バイオマス製品は濃度が薄いため、ダウンストリーム技術が重要だと考えている。

(19) 一貫利活用プロセス

木質バイオマスからピルビン酸、レブリン酸を製造する技術を開発している。レブリン酸からは、BTX を経由して様々は機能化学品が製造できる。また木質バイオマスのリグニンからフェノール樹脂等の製造も検討している。本開発は所内連携で 3 年間実施した。

(20) レブリン酸生産プロセス開発

木質バイオマス原料からレブリン酸を製造し、芳香族形基礎化学品（BTX）を製造するプロセスの構築が目的である。課題として、メタノール中での反応を実施した。合成触媒として、ルイス酸、スルホン酸系触媒を利用した。レブリン酸製造の課題は、多量の酸を使用することであったが、産総研では酸を削減できる方法を見出した。開発に基づきレブリン酸のコスト試算も実施した結果、0.3 ドル/kg 程度（建設コスト除く）になることが分かった。

イタリアで、米国の Biofine プロセスが導入された 50t-バイオマス/日のプラントが建設されたが、原料種によってはうまく稼働が出来なかったようである。

(21) バイオ芳香族について

バイオ芳香族は、３種類の方法で製造することが可能である。一つ目は、バイオマス産物から化学的に合成する方法である。Gevo 社はイソブタノールからキシレンを合成する方法を報告している。二つ目は、バイオ的に製造する方法である。芳香環を有するアミノ酸の発酵を行い、遺伝子工学を利用して製造を増強する。三つ目は、天然の芳香族を利用する方法である。たとえばウルシオール、リグニン等の利用が考えられる。リグニンの利用に関して、複雑に縮合しているのを分解することは難しく、リ

グニンから熱分解でフェノールを得るのは 1%程度しかできない。リグニンをガス化して合成する方が、まだ収率は良いと思われる。

(22) 木質バイオマスプロセス

産総研が保有するメカノケミカル処理技術により、木質バイオマスからリグニンを取得することが可能である。緩い処理でリグニンの組成を変化させずに取得する技術である。得られたリグニンは接着剤等の原料に使用可能である。産総研の実験設備として、元々エタノール製造向けに、前処理設備のカッターミル、水熱処理、ディスクミルがある。エネルギー的には、ボールミルよりディスクミルの方が良いことが分かっている。

(23) バイオサーファクタント

微生物プロセスを利用した界面活性剤を開発し、商品化している。バイオ生産では均一な分子の界面活性剤ができ、機能性を高めることで商品としての経済性を確保した。東洋紡が製品化している。開発、製品化には 20 年の期間を要している。本開発、企業との連携において、特許戦略が非常に重要であった。

(24) バイオディーゼル燃料（BDF）製造からのグリセリン利用

BDF の副産物であるグリセリンからグリセリン酸を製造する方法を確立した。グリセリン酸はバイオプラスチックや界面活性剤等の汎用的な用途がある。産総研では、微生物育種、分離精製技術を開発している。

(25) ブタノール濃縮技術

ブタノールは濃度が上昇すると微生物が阻害を受けるため、発酵濃度が薄く、分離製造に多大なエネルギーを必要とする。この課題を解決するため、産総研では分離精製用ゼオライト膜の開発を行った。ブタノール濃度 1 %を 80%へ濃縮する技術であり、省エネルギー化も可能である。

(26) セルロースナノファイバー

セルロース系バイオマスのファイバー取り出して利用する技術である。東大の磯貝先生や京大の矢野先生が第一人者として牽引している。補強材、エンジニアリングプラスチック代替等として利用が可能である。

(27) 質疑応答

（質問 1）国によるバイリファイナリー戦略の違いがあれば教えてほしい。

（回答）米国は製品が売れるかどうかでまずは判断する。買ってもらえる企業等があれな、ベンチャー企業が出てきてものづくりをすぐ始める。日本の場合、リスクを先に考える傾向が強い。例えは、３－ヒドロキシプロピオン酸、コハク酸等は、米国で資金をだすところがあり、すぐに事業化に進展している。

（質問 2）DOE 報告書の Top12 で想定している原料は何か？

（回答）米国バイオリファイナリーのほとんどは C6 糖をベース原料として検討されている。バイオマスリファイナリーのベンチャー企業の原料もほとんどが食用と競合する糖・スターチであり、米国だとコーン、ブラジルだったらサトウキビが利用されている。

（質問 3）米国では、食料自給と連動して、国としてコーン等のバイオリファイナリーを支援して農家保護をする考え方を採っている面があると思う。日本の農業を興す必要がある状況から、日本でも農業の生産調整を含めた糖の利用を前提にできないだろうか？

（回答）日本では食品とバッティングするバイオマスの利用は難しい。産総研の研究では、原料として、稲わら、木質原料等に取り組んでいる。木質でも広葉樹と針葉樹で性質は異なる。

（質問 4）研究ターゲットとなる原料は何がよいか？

（回答）製紙産業では、パルプ原料としてユーカリの利用が多く、入手がしやすい。また、産総研では日本の杉を原料とする研究もしている。日本には杉が多く、杉の処理は難易度が高いため、杉が処理できれば、他のバイオマスの処理も可能となると、考えている。

（質問 5）バイオリファイナリーにより地方創成の可能性はあるか？

（回答）以前、岡山県真庭でバイオマスを利用した社会システムの検討をしていた。バイオマスが存在する場所において、それがどんな種類でどのくらいの量が存在しているか調査する必要がある。地域ごとの状況に応じて、電気・熱・液化等を選定していく事になると思う。

写真 6.9-1　講演風景

6.10　講演会「デンマークの再生可能エネルギー利用に関する政策 ～熱利用、スマートグリッドなどを中心に～」

1）講演日時：2016 年 2 月 3 日（水）　15:30～17:30

2）場所　　：一般財団法人エンジニアリング協会

3）講演者　：デンマーク王国大使館　上席商務官（エネルギー・環境担当）
田中 いずみ 氏

4)企画理由

デンマークは、1980 年代初期から、国民的な議論を経て、石油エネルギーからの代替方針を固めた。風力発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入を、2050 年までに化学燃料から独立し、原子力発電にも依存しないという目標を明確に定めて、計画的に進めている。デンマークでは、電力だけでなく、熱の利用インフラなども進んでいる。

国の規模や自然環境など、日本とデンマークとは異なる面もあるものの、再生可能エネルギーの導入が進むデンマークの例を学ぶことで、日本でも参考にするべきところがあると考え、同国の再生可能エネルギー導入や熱利用インフラなどの導入の経緯に詳しい講師を招いて、ご講演いただいた。

5) 感想

デンマークでの全体の再生可能エネルギーの導入やエネルギー政策の進め方を聞いて、ぶれない目標を決めて着実に進めている印象を強く受けた。また、バイオマスは、発電よりも熱に期待しており、バイオマスに限らず火力発電には熱利用を法で義務づけるなど、電力と熱を合わせて議論して、合理的に進めていると感じた。

政策の進め方としても、事業計画を納得性のあるものにする技術の適用面でも、環境先進国のデンマークに学べる点は多いと感じた。分かりやすくデンマークのエネルギー政策の変遷や熱インフラの導入の経時的な概要をご講演いただいた田中様に感謝したします。

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

デンマークの再生可能エネルギー利用に関する政策 ～熱利用、スマートグリッドなどを中心に～

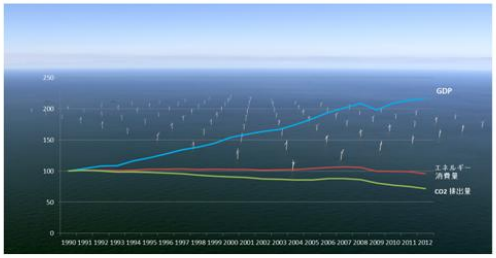
デンマーク王国大使館
田中　いずみ

データで見るデンマーク

	デンマーク	日本	年
統治体制	立憲君主制	立憲君主制	
面積 (km²)	43,094km² (九州地方とほぼ同じ面積)	377,962km²	2013
人口	559万人	12,729.8万人	2013
首都 (概略人口)	コペンハーゲン (55万人)	東京 (1200万人)	2013
GDP (PPP)	$211.9 billion	$4,698.8 billion	2013
1人当たりGDP (米ドル)	$56,210	$39,731	2012

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

経済成長とエネルギー消費／CO2排出量のデカプリング



Danish Energy Agency http://www.ens.dk/en/info/facts-figures/energy-statistics-indicators-energy-efficiency/annual-energy-statistics

OECD http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=SNA_TABLE1#

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

新たなエネルギー構造への転換

- 1970年代の　オイルショック
- 99%中東の石油等の輸入に依存
- 化石燃料による大気汚染
- 強くなる国民の環境意識

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

エネルギー政策（抜粋）

1973年	オイルショック
1976年	EP76(Danish Energy Planning 1976)政府はエネルギー供給構造の脆弱さと石油依存脱却の必要性からエネルギーの構造転換に迫られていた
1981年	EP81 エネルギー燃料の効率を高めること、エネルギー源の分散化（但し、エネルギー需要は右肩上がりであり原子力の利用を想定した内容だった）
1983年	AE83 エネルギー消費を削減していく代替エネルギーシナリオ
1985年	デンマーク議会「原子力発電に依存しない公共エネルギー計画」を議決
1990年	EP90（エネルギー2000）デンマーク政府による持続可能な発展のための具体的実施計画を採択（脱大量生産、脱大量消費、右肩上がりの成長の見直し）
1996年	EP96（エネルギー21）2030年までに二酸化炭素排出量を半減させる
2007年	A visionary Danish energy policy 2025: 2025年までに再生可能エネルギーの割合を30%に高める
2011年	Energy Strategy 2050: 2050年に化石燃料を使わない社会を目指す

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

ENERGY AGREEMENT　エネルギー合意 (2012年3月)

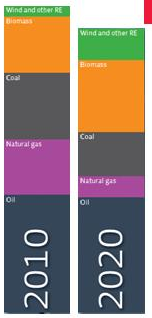
２０５０年までに化石燃料から独立

与野党、国会議員９割以上(179人中170人)からの支持を得る

http://www.kebmin.dk/node/839

２０２０年の目標値

- 最終エネルギー消費量 約３５％を再生可能エネルギー
- 電力の５０％を風力発電
- 温暖化ガス排出量を４０％*削減（１９９０年比）

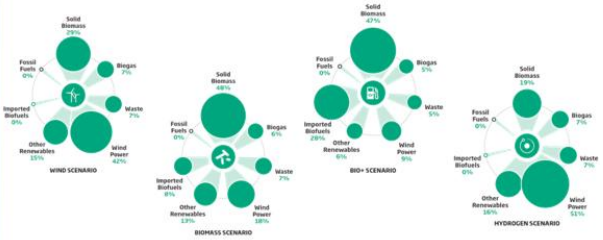


http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/dokumenter/publikationer/downloads/accelerating_green_energy_towards_2020.pdf

*http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/dokumenter/publikationer/downloads/danishclimatepolicyplan_uk.pdf

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

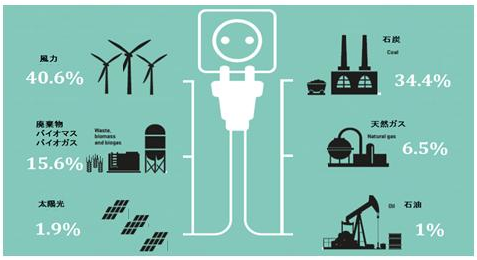
2050年に100%再生可能エネルギーに向けて



４つのシナリオ

10　出展：State of Green

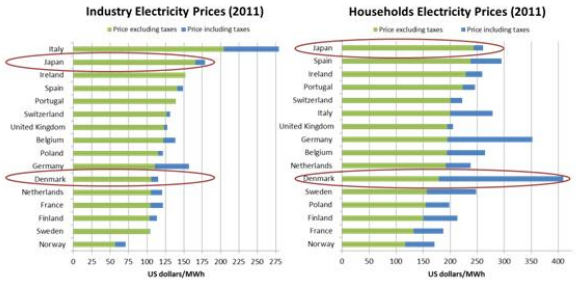
電力生産（2014）



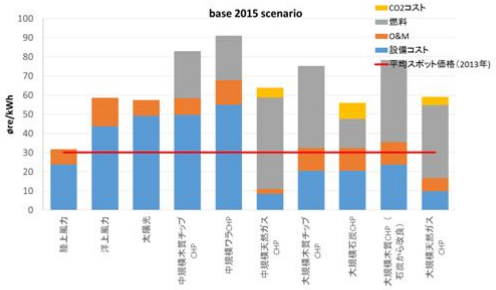
再生可能エネルギー（風力、太陽光、バイオマス・バイオガス）＝56%

http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/info/tal-kort/statistik-noegletal/aarlig-energistatistik/energistatistik_2014.pdf

電気代の比較(産業用・家庭用)

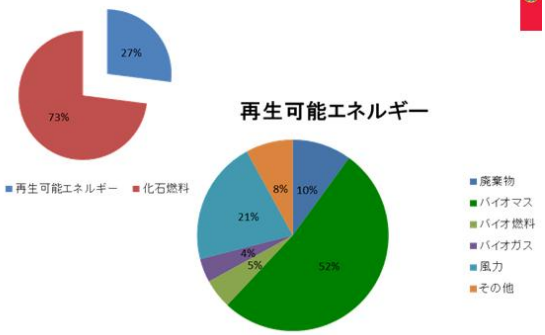


発電コスト（2015）



13 http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/info/tal-kort/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/energistyrelsens_model_for_beregning_af_elproduktionsomkostninger_2015_sv_justeret.xlsx

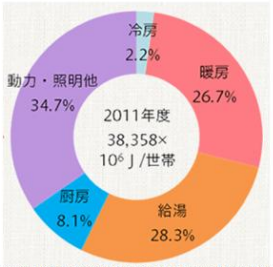
エネルギー・ミックス2014



地域熱供給を使った熱利用

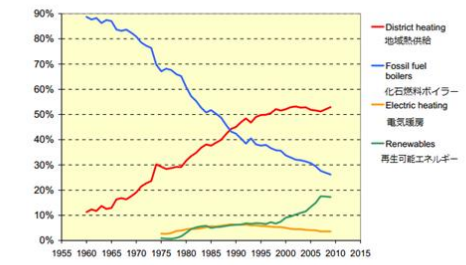
- デンマーク全土の熱需要全体の約50%
  家庭用需要の63%を地域熱供給でカバー
  （コペンハーゲンにおいては98%）
- 地域熱供給の80%CHP
  20%が熱供給のみ

家庭の用途別エネルギー消費(日本)



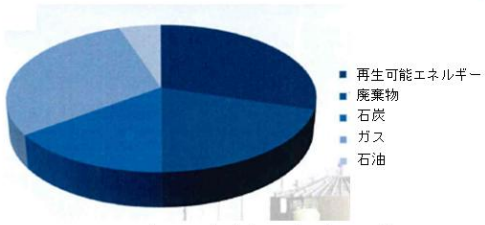
16 http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/actual/

熱利用の現状 （住宅・民生部門）



www.solar-district-heating.eu/Portals/0/SDH-WP2-D2-3-Market-Aug2012.pdf

熱供給のエネルギー構成

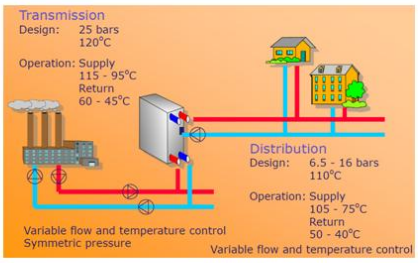


2013年には廃棄物+バイオマスが50%
2035年には廃棄物+バイオマス100%へ

State of Green

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

地域熱供給- 概略図



熱供給用にpH等を処理したお湯を循環させ
熱交換を用いて暖房と給湯需要を満たしている

http://dbdh.dk/characteristics/

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

スマートグリッド

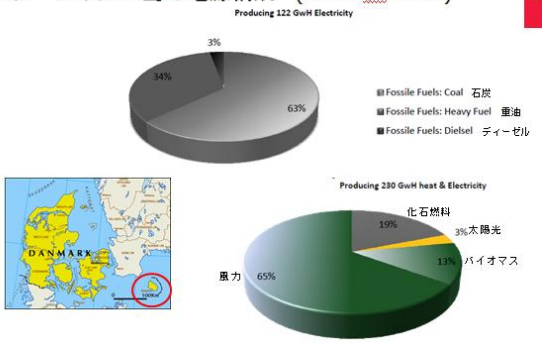
高い割合の再生可能エネルギーの導入

＋

地域のエネルギーシステム全般（電力・熱等）で
需給バランスを確保

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

ボーンホルム島の電源構成 (1979、2013)



UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

シミュレーション・モデルの活用

地域のエネルギーシステムにより
入力条件の変更が可能

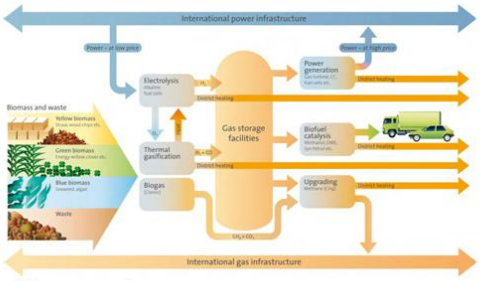
需要側データ

一例：
発電・発熱所・CHP
貯蔵施設（電池、熱貯蔵）
エネルギー網（電力、熱）
消費状況
気象条件
電力市場の価格

供給側データ

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

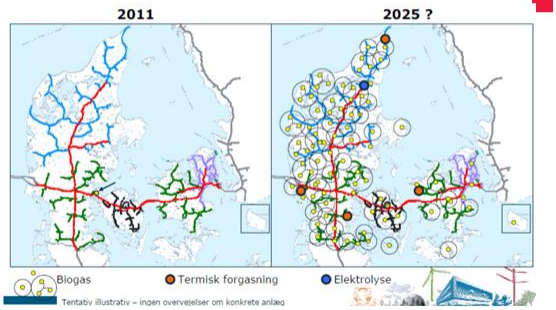
エネルギー源を統括的に捉えた エネルギーシステム



出展:Energinet.dk

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

天然ガス・バイオガスの活用の将来像？



25

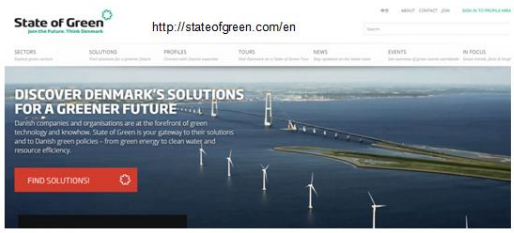
UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

政策と環境・エネルギー産業

政府が長期的なビジョンを示し、
それを支える政策を継続的に展開することによって
産業界も長期的な視野を持って戦略を立て
事業や研究開発に投資することができる

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF DENMARK

STATE OF GREEN



- 官民のコンソーシアム
- デンマークの環境・エネルギーソリューションを紹介する ポータルサイトの運営
- デンマークへの視察の受入れを無料でアレンジ

第７章 まとめ

地域再生にバイオマス技術が貢献する可能性について、技術面からの検討と、制度面からの検討を行った。

技術面では、急速に延びている木質バイオマス利用と、更新時期を迎えた静脈施設でのバイオマス利用、今後実用化する可能性のある先端技術として、バイオマス由来水素とバイオリファイナリーについて調査した。

木質バイオマス利用ではFIT導入により、数万kW規模の大型施設の計画が相次いで認定されている。ただし、本当の意味で省資源に貢献するには、エネルギー効率のよい熱利用を進めるべきであり、持続性のある地域活性化策とするには、小規模施設の導入が不可欠である。

熱利用に関しては、総務省主導の分散型エネルギープロジェクトが進められており、モデル地域になるものと期待される。このうち、森林バイオマスを用いる事例の進捗から考察すると、熱利用インフラの導入には計画から実施までに時間がかかること、さらに、未利用資源を熱利用インフラに利用するには、更に時間が必要である。

小規模施設の導入には、適性規模の発電システムが必要であり、採算性を考えると熱併給システムCHPが必要であることを、木材生産工場に併設するエネルギー施設を想定した試算により、定量的に評価した。一方で、日本で利用可能な発電機器を調査して、整理したところ、価格が欧州よりも高額であり、種類も少ないことが分かった。小型施設の導入に関しては、FITに2,000kW未満の高額区分が新設されたものの、利用可能な機器の充実などの面からも支援策が望まれる。

木質バイオマス発電事業において未利用材を調達するために未利用材のみを集材することは、コスト的にあわない。未利用材の需要増に対応するには、木材需要を拡大させ、原料の製材とともに、全木で未利用材も山から卸すことが必要となる。

木質バイオマスの利用促進には、木材利用の拡大と熱利用インフラの推進、小型施設導入のための機器の充実など、FITだけでは解決できない課題があるものの、適切な社会システムが構築されれば、地域活性化や省化石燃料への効果は大きい。多様な支援策を組み合わせて、日本に根付かせていくことが大切と考える。

静脈施設でのバイオマス利用では、人口減少により原料が減少していく中で、資源ごみの利用効率の向上など、これまで以上の工夫が求められる。

収集運搬など静脈物流について、進展しつつある技術・機器について現状をまとめた。また、静脈物流の発展については、短距離輸送にはミルクランが、長距離輸送にはモーダルシフトによる海運や鉄道の活用が、期待される。これらを効果的に実現していくには、廃清法等の改正も視野に入れた、静脈物流政策の改革が求められる。

下水処理施設では、発電以外の排水利用（藻類）や燃料化（水素）、副産物有効利用（固形燃料）の新しい技術に注目した。FITの推す発電以外の技術が実用化されていくことで、発電に伴う副産物を更に活用できたり、発電には向かない小規模施設で

の廃棄物利用の可能性が広がったりする期待が広がる。

生ごみの有効利用に関しては、自治体が仕組みを作り民間との協働を上手く図っている事例や、村上市の様に小規模であっても農業主体で発電施設を有効活用している事例を視察し、優れた点を抽出した。メタン発酵の周辺技術の多様性だけでなく、行政側の後押しにも多様な可能性があることが示された。

新しい技術のひとつとして、バイオマス由来水素を取り上げた。特に講師に、藻類を利用した水素製造を中心に取り組まれてきた国際石油開発帝石(株)の若山氏を講師に招いて、微生物由来水素の課題と可能性などについて講演をいただいた。水素も燃料であり価格が安価であるため、採算性を得にくいが、微生物発酵や藻類からの水素製造は、技術的には実用に近いところまで来ている。エネルギー生産性（EPR）が十分にあり、LCCO$_2$の面からも評価できるプロジェクトであれば、FIT同様の政策的後押しをすることで、実用化を早めることも現実的な選択肢と言える。バイオマス由来水素には、下水処理場からメタン発酵経由で精製するプロジェクトがあり、福岡市中部水処理センターを視察させていただいた。メタン発酵での発電事業が上手くいっている様子であり、現在、試験しているように、余剰メタンガスを抱えているような下水処理場では水素化する余地があると考えられる。今後水素インフラが進めば、実用化に近い技術であることを実感できた。

バイオリファイナリーも、新たな技術として注目し、産総研の榊氏に、当該分野の中でも注目される技術と現状について、講演をいただいた。米国などでは、糖由来の化学品原料として有望技術が幾つか見いだされつつある。しかし、我が国は、食料を輸入に頼る国柄でもあり、糖を原料とするには、非食用であるセルロース系原料から糖化を経る必要があり、コスト競争力がある技術にならない。そんな中で、バイオサーファクタントやセルロースナノファイバーなど、糖化を経ない材料利用の分野で有望な技術が出はじめている、とのこと。セルロースナノファイバーは、木質副産物などを活用することも可能であるため、地域での木質バイオマス利用において、原料の一部に高付加価値を付けるといった事業性向上に貢献する可能性がある。今後の技術の進展に期待したい。

制度面からは我が国の主要なバイオマス促進策であるFITの現状について考察し、取り組みの進んでいる海外の施策もとりまとめた。

我が国のFITについては、バイオマスに対する認定数は増えており、導入も進んでいることから、バイオマス利用促進効果があったことが示された。一方で、特に一般木質分野での大型施設の認定が進んでいる。ドイツでは大型木質発電施設が、持続的な原料調達ができずに倒産する事態がおこったことから、小型施設を手厚くするよう制度改定した経緯がある。日本でも、2,000kW未満の小型施設への優遇区分が新設されたものの、２章で見たように、木材需要の拡大や熱利用促進など、FITが得意としない面での促進策が求められており、これらの支援を行う際に、FITとの折り合いをどうつけるかが問題となる。

海外のバイオマス促進施策においては、発電以外に、熱利用と燃料利用のそれぞれについて目標を定めており、それに沿ってそれぞれの面からの促進策が施されている。特に、熱利用促進施策について、ドイツやイギリス、フランス、デンマークを例にとって比較した。日本の熱利用の促進施策にも、再生可能エネルギー熱利用の設備を補助する制度や自治体ごとの補助制度などがある。ただし、熱の導入に対して、目標値がなく、体系的な取り組み体制もない。海外の例示した国々では、目標値に対する実績を見て、制度を変更している。日本でも、発電と熱の両方で目標値を掲げることで、それぞれの導入バランスや導入速度を見て、制度を適切なものに変更していくような姿勢が重要ではないか。海外に学ぶべき点は多いと感じられた。

本調査で、バイオマス利用の促進により地域の活性化を目指す取り組みを想定し、優れた先行事例の工夫点をまとめ、また、利用可能な関連機器の情報をとりまとめることで、今後の検討のための有益な技術資料を提供できたと思う。

また、我が国での制度上の課題について考察したことで、自治体や国との協調を図る上での留意すべき点としても参照できる資料になったと考える。

一方、地域活性化は、地域の特性を深く考えて調整されなければ、達成することが難しい課題である。今後、具体的なプロジェクト提案に繋げていくためには、個別事例に対する分析や検討をより深める必要がある。

第Ⅱ部　都市部との連携による６次産業化システム

第１章　調査研究の経緯と目的

1.1　調査研究の背景

東京都杉並区は全国に先駆けて、2010 年度から静岡県や同県南伊豆町と連携して、高齢者の地方移住を進めている。同区の計画では南伊豆町有地に 100 床の特別養護老人ホーム（特養）が整備される。我が国の高齢化は世界的にもかつてないスピードで進行している。とくに東京圏では、**図 1.1-1** に示す通り 2015 年から 2025 年の 10 年間で 75 歳以上の高齢者が 175 万人増加すると見込まれている。これに伴い、医療・介護人材を中心に地方から東京圏への人口流出が一層増加し、東京一極集中がさらに加速するとみられる。地方の人口減少は地域経済の縮小化を助長し、地域経済の縮小はさらなる人口減少を呼ぶ。このような悪循環の連鎖に陥らないためには、地方における経済の好循環を実現させることが重要である。杉並区の取り組みは、南伊豆町だけでは実現できなかった施設の整備を、自治体が連携することで可能とし、相互にメリットを生む。都市住民の農山漁村への定住願望の推移を**図 1.1-2** に示すが、2005 年に比べ 2014 年ではいずれの年代も増える傾向がみられる。また、**図 1.1-3** の東京在住者の移住意向に関しては、男女の意識に違いがあるものの、比較的若い世代にも移住を望む層が少なからず存在する。

杉並区の例のように都市部との連携は、地方への新たな人の流れを生み出し、その好循環によって、人々が安心して子供を産み育てられる社会環境をつくり出す契機となる。都市との関係に着目した取り組みの 1 つに農林漁業の 6 次産業化がある。農林水産省は、雇用と所得の安定化を図り、若者や子供が安心して暮らせる社会を構築するためには、農林漁業生産と加工・販売の一体化や、地域資源を活用した新しい産業の創出を促進する 6 次産業化が必要であると指摘している。

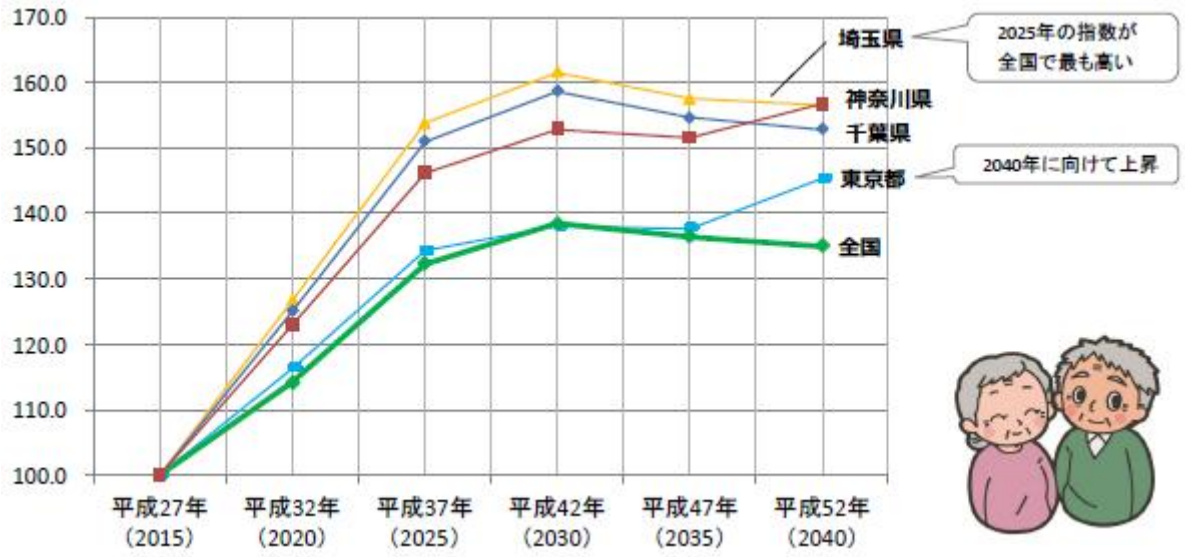


図1.1-1　75歳以上人口の将来推計（平成27年の人口を100としたときの指数）

出典：日本版CCRC構想有識者会議（第３回）河合雅司委員提出資料

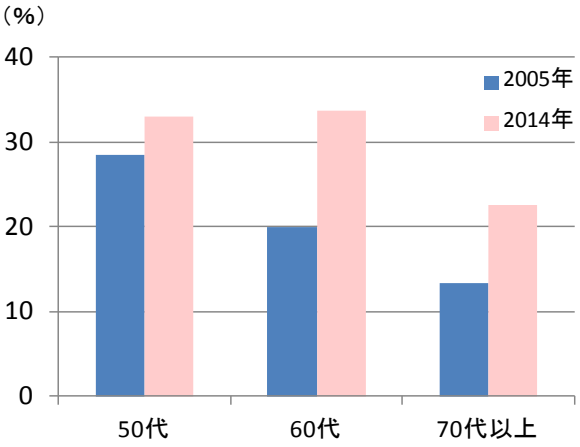


図1.1-2　都市住民の農山漁村への定住願望の推移（定住願望が「ある」・「どちらかというとある」の合計の割合）

出典：「生涯活躍のまち」構想より作図

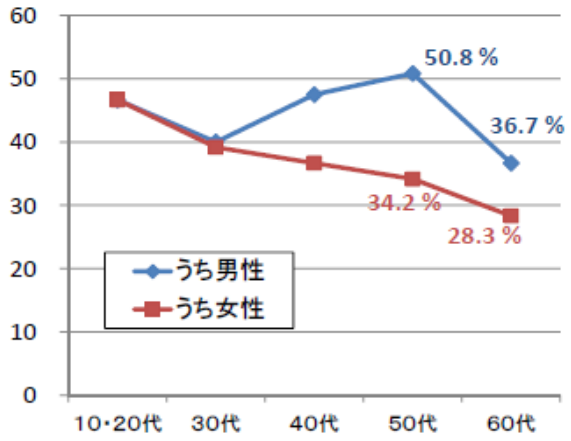


図1.1-3　年代別東京在住者の移住意向割合（「移住する予定・検討したい」の合計の割合）

出典：「生涯活躍のまち」構想

1.2　調査研究の内容

Ⅱ部では、都市部との連携によるメリットや、雇用創出や地域活性につながる6次産業化の考え方を踏まえ、新たな農業のあり方や地域資源を生かしたサービスの展開などについて調査研究を行った。とくに新たな農業のあり方を検討するに当たり、その事例として次世代施設園芸導入加速化支援事業富山拠点である（株）富山環境整備を視察した。

少子高齢化や過疎化の最前線である地方に資金や人材をいかに呼び込み、新たな市場開拓や生産性向上のイノベーションにより、新しい地域活性化を図るかその方策について検討を重ねた。

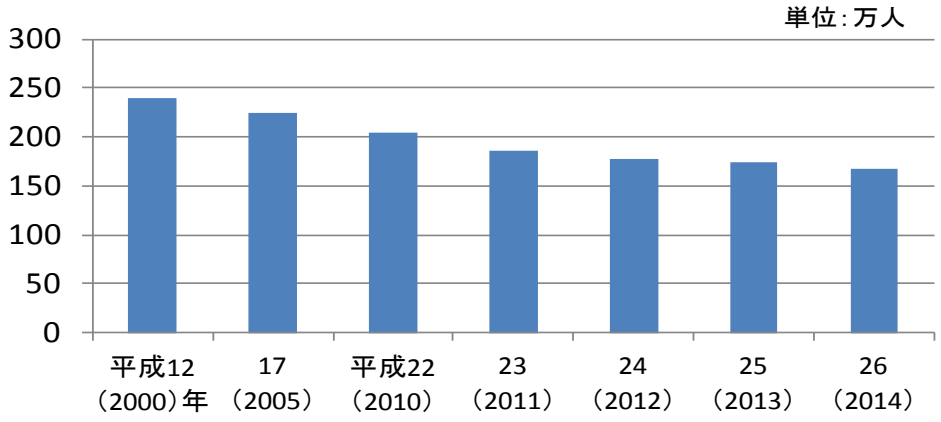
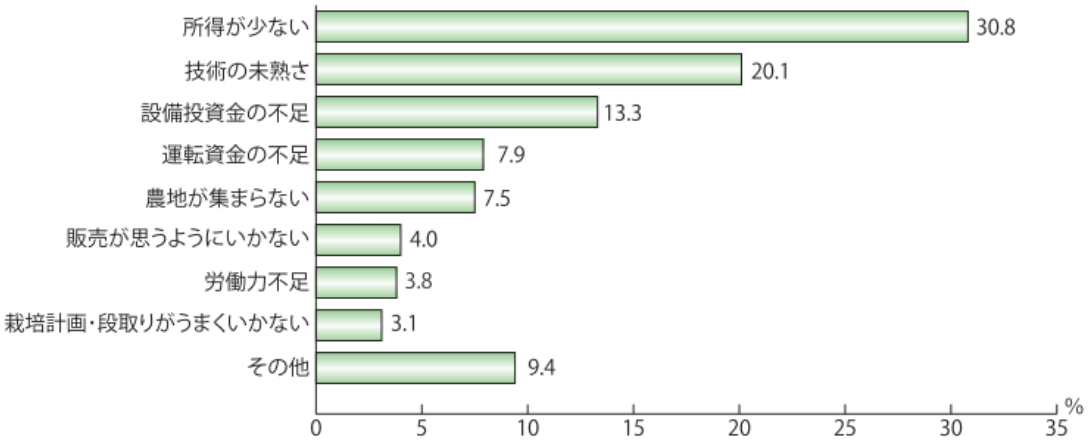


図1.2.1-1　基幹的農業従事者数の推移

出典：農林水産省HPより作図

1.2.1　新たな農業のあり方

地域産業の活性化や地域サービスの維持・向上、地域の創意工夫を生かしたイノベーションや新産業の創出などにおいて、今やICTの活用は欠かせない。医療や教育の充実、柔軟な就労環境の整備、農業の活性化など幅広い分野においてICTへの期待が高まっている。たとえば、**図1.2.1-1**に示す農業就業人口のうち基幹的農業従事者（自営農業として主に従事した世帯員）数は、年々減少し、平成23年についに200万人を下回った。また、65歳以上の割合は6割を占めており、平均年齢も年々高くなる傾向があり、平成26年に66.8歳となった。また、農業における新規参入者が参入後1～2年目に経営面で直面する問題についてのアンケート結果を**図1.2.1-2**に示す。「所得の少なさ」が30.8%を占め、「技術の未熟さ」、「設備投資の不足」が続く。これらを解決するための方策の1つとして、ICTを活用した新規参入者の技術サポートや販路拡大の環境整備などが考えられる。



資料：全国農業会議所「新規就農者（新規参入者）の就農実態に関する調査結果」（平成22（2010）年11月実施）
注：1）就農後おおむね10年以内の農業外からの新規就農者を対象としたアンケート調査（有効回答数1,517）
2）参入後1～2年目の新規参入者が経営面で困っていることとして1位にあげた項目

図1.2.1-2　農業への新規参入者が抱える問題

出典：農林水産省ＨＰ

1.2.2　地域資源を生かす

日本政府観光局によると2015年の訪日外客数は前年比47.1%増の1,973万7千人となり、45年ぶりに訪日外客数と出国日本人数が逆転した。日本への再訪意向では「必ず来たい」が58.0%、「来たい」が35.3%で、今回日本を訪れてしたことと、次回したいことを複数回答してもらった結果が**図1.2.2-1**である。次回したいには、四季の体感や自然体験ツアー・農村体験、日本の歴史・伝統文化体験など、地域の資源である自然環境や文化などへの関心も高く、これら特徴ある資源を生かすことで、地域経済を良好にできる可能性がある。

「まち・ひと・しごと創生総合戦略（平成27年12月24日閣議決定）」では、地域産業の活性化による新たな雇用創出「しごとの創生」、地域内外の有用な人材を積極的に確保・育成し、地方への移住・定着を促進する「ひとの創生」、地域がそれぞれの特性をいかし自立できるよう、「まちの創生」においてイノベーションを起こすことが重要と捉える。今後、地域の個性に合った経済社会システムを確保するカギはいったい何か。以下に報告する。

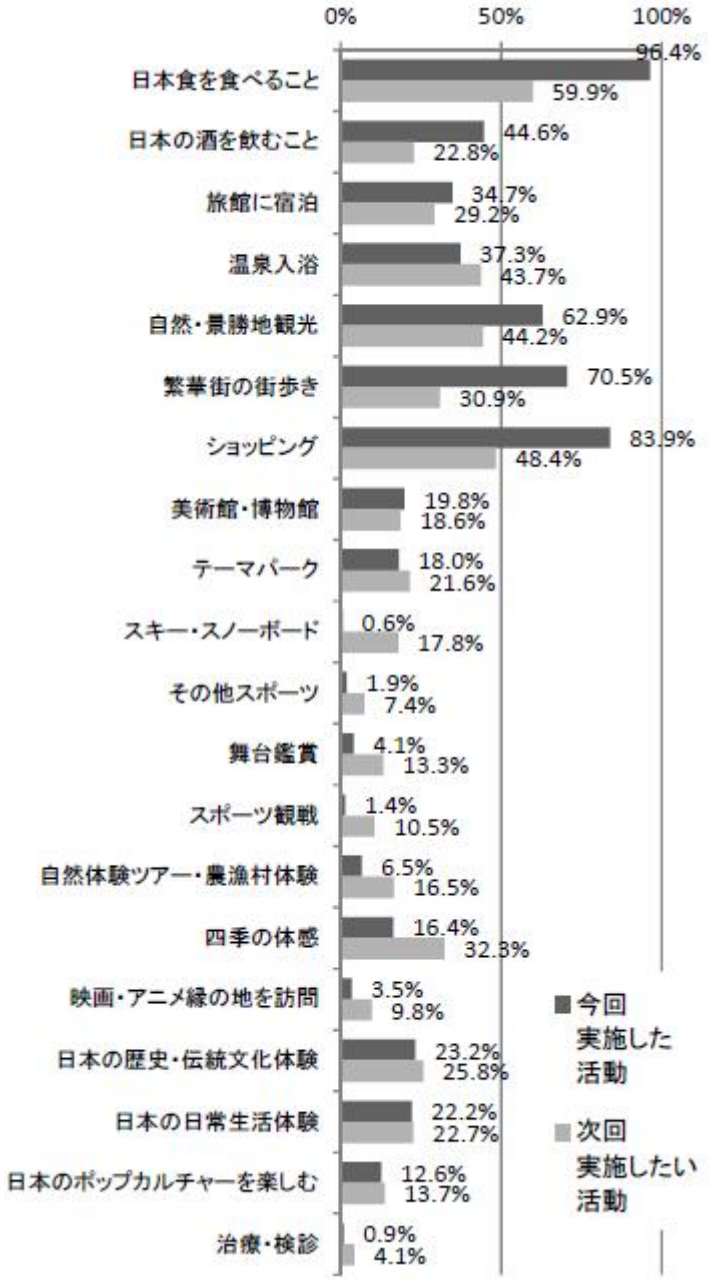


図1.2.2-1　訪日外国人を対象としたアンケート結果

出典：国土交通省観光庁訪日外国人の消費動向

参考・引用文献

1) まち・ひと・しごと創生本部　「生涯活躍のまち」構想最終報告
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sousei/meeting/ccrc/saisyu-houkoku.html

2) 国土交通省観光局HP
http://www.mlit.go.jp/kankocho/siryou/toukei/syouhityousa.html

3) 農林水産省HP
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h23_h/trend/part1/chap3/c3_3_02.html

4) まち・ひと・しごと創生総合戦略（平成27年12月24日閣議決定）

第２章　次世代施設園芸の展開による地域活性化について

多くの地域において農業は地域経済に根差した基幹産業であると同時に都市部等の食を支える基盤となっているが、就農者の高齢化や担い手不足、市場の大型化、消費ニーズの多様化など、様々な情勢変化に晒されている。特に野菜、果樹、花卉をはじめとする園芸作物は我が国の農業産出額の約４割を占めるとともに、自らの工夫で高付加価値化し易いことなどから新規就農者の約８割が中心作物として選択する等、需給両面において重要な作目となっている。

本章では農産物の計画的な周年安定供給が可能となる次世代施設園芸について、先駆的な大型施設園芸を展開するオランダ農業も参考にしながら、我が国の施設園芸施策や最新事例等をふまえた施設園芸による地域活性化の可能性について考察する。

2.1　施設園芸について

2.1.1　我が国施設園芸の発展と課題

野菜、果樹、花卉などの園芸作物は長期貯蔵が困難であるため、露地栽培より天候や季節の影響が少なく周年的な安定供給が可能となる施設園芸が発展してきた。

我が国で施設園芸の言葉が使われ始めたのは農業用ビニールの実用化による露地のベタ掛け栽培（不織布を作物の上に直接掛けて防寒・防霜・保温・害虫防除を行う方法）が開始された昭和 30 年代と言われている。その後、ベタ掛け資材をトンネル状にしたトンネル栽培やビニールハウス、加温設備を備えた簡易ハウスやガラス（鉄骨）ハウス等の種類を増やしながら普及し、その設置面積は簡易ハウス、ガラスハウス併せて 49,049ha となっている。また、野菜生産量に占める施設栽培の割合はトマトが全体の 74%、ピーマン 64%、きゅうり 62%、いちご 86%となっており、年間を通して多様な野菜の需要がある現在の日本の食卓にとって欠かせない形態となっていると言えるであろう。

さらに、近年では施設内の温湿度・日照・二酸化炭素等を ICT で制御し、作物を高度かつ集約的に栽培する施設や植物工場等の先進施設が導入されるようにもなってきている。

トンネル

簡易ハウス

ガラスハウス

写真 2.1.1-1　施設園芸の形態

出典：Google HP画像検索「施設園芸、トンネル、簡易ハウス、ガラスハウス、」で検索

このような施設園芸の普及定着による周年栽培は、季節変動が大きな生産現場での有利販売や労働力・出荷期間の平準化等、農業者の経営安定の一助となったが、反面、加温のための化石燃料や肥料・農薬等の生産資材の高騰が経営に大きな影響を与えるようにもな

っている。加えて、農業者の高齢化や担い手不足、安価な外国産農産物の輸入増加等の影響もあり、施設園芸農家数や設置面積は減少傾向にある。

これら生産コストの削減に向けては、収量の増加や省力化等が求められるところであるが、収量については例えば施設園芸の先進国であるオランダのトマトは 10a あたり 50t 以上の収量で年々増加しているのに対し、日本は平均 11t 程度に留まっている。また、省力化に繋がる機械化や施設の大規模化についても、これまでの家族労働を中心とした手作業による園芸生産の影響や我が国の土地所有の形態もあり、あまり進展していない。

2.1.2 オランダにおける施設園芸への取り組み

施設園芸の生産性向上について、農産物輸出額が米国に次ぐ第 2 位のオランダでは個々の農家だけでなく国を挙げて戦略的に研究開発に取り組み、施設の大規模集積や生産の機械化・自動化、天然ガスを利用したエネルギー供給等によってコストダウンを図り、気象条件（温度、日照）や社会条件（人件費、環境問題）を克服してきた。以下にその主要な対策の特性を示す。

1) 施設

設備償却費等の削減によるコストダウンには規模の拡大による効果が大きいため、オランダでは 1990 年代中頃から政府主導の農地集約が推進され、栽培面積が広く高軒高（6.0m以上）の大規模施設が整備されるようになった。また、システム化された大規模生産によって人による管理スペースが省略できる等、内床面積の多くを栽培に利用することが可能となった。

2) 生産

高品質な生産を実現する栽培技術の向上や品種改良に加え、高度化された栽培方法を体系化することで大規模施設においても均一な生産レベルの確保を可能としている。また、センサーでハウス内外の環境を測定し、施設内環境を ICT で自動制御することで植物に最適な環境条件を効率的に作り出している。更に、栽培従事者の労務管理も ICT でリアルタイムに計測・データベース化され、海外からの出稼ぎ労働者等の管理や作業の効率化・平準化を支援している。

その他、ロボット導入による作業の自動化や機械化も図られており、トマト栽培では 1ha あたり 3 人で農業管理が可能になるなど、日本の人件費と比較して約 3 分の 1 のコストでの生産が実現している。

3) エネルギー

天然ガスを燃料にしたガスエンジンで補光に使用する電力と暖房用に必要な熱を供給する CHP（Combined Heat & Power）が導入されるようになった。CHP は天然ガス燃焼時に生じる炭酸ガスを光合成促進のためにハウス内に施肥できるほか、売電も可能なため急速に普及している。また、近年ではヒートポンプと地下の帯水層を利用した半閉鎖型ハウスの利用も見られるようになってきている。

大規模化された園芸施設

トマト生産施設

収穫台車ロボット（自動式）

CHP ユニットの排熱貯蔵温湯タンク

写真 2.1.2-1　オランダ大規模園芸模施設

出典：農林水産省パンフレット「次世代施設園芸の全国展開」、北海道農業担い手育成センターHP、
独立行政法人農畜産業振興機構 HP

2.2　次世代施設園芸事業について

2.2.1　我が国施設園芸に関する政策動向

政府は農林水産業の成長産業化に向けた攻めの農業への転換を目指しており、農林水産省では農政改革のグランドデザインである「農林・地域の活力創造プラン」を 2014 年 6 月に、農政の重要指針である「食料・農業・農村基本計画」を 2015 年 3 月に改訂した。

これらにおいて施設園芸は、大規模に集約された施設園芸クラスター（大規模な施設園芸団地）の形成を目指し、地域エネルギーと先端技術を活用して生産・調製・出荷までを一気通貫して行う次世代施設園芸拠点を整備する等の方向性が示された。次世代施設園芸拠点のイメージを**図 2.2.1-1** に示す。

また、農林水産省ではオランダの先進的事例を日本型にアレンジした次世代施設園芸拠点を推進し、コスト削減と地域雇用の創出を行いながら所得倍増を実現させる方向性を示している。日本型へのアレンジのポイントは主として以下のとおりとなっている。

1）施設：台風等、日本独自の気象被害への対応を考慮した施設の集約化と高度化
2）生産：収量を求めながらも食味・品質にもこだわる
3）エネルギー：木質バイオマス等の地域資源の活用

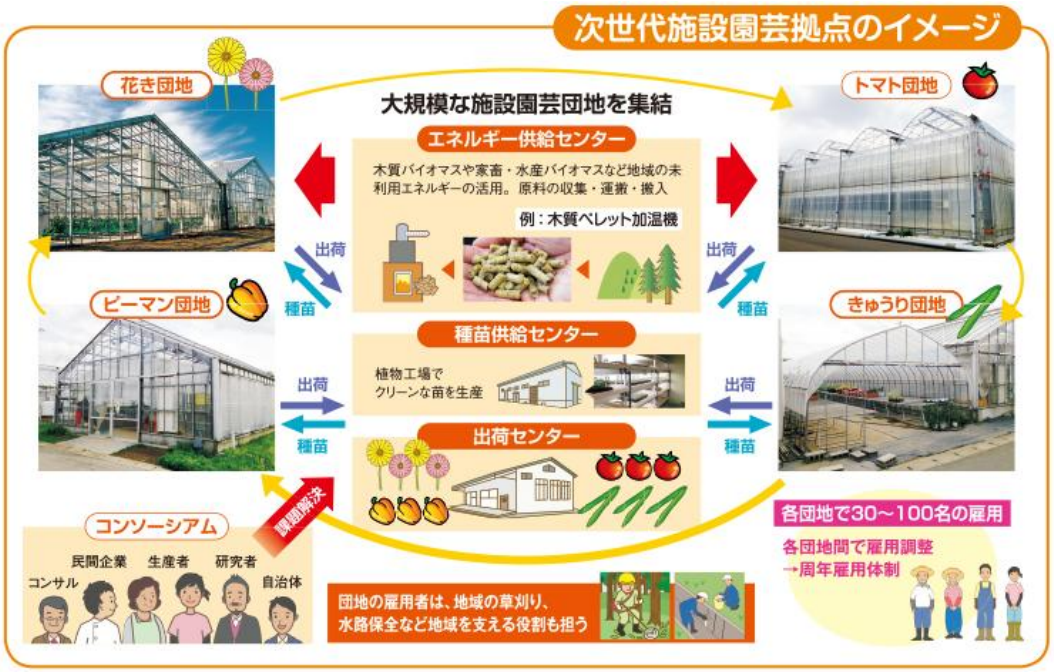


図 2.2.1-1 次世代施設園芸拠点のイメージ

出典：農林水産省 HP

2.2.2 次世代施設園芸導入加速化支援事業

農林水産省では地産地消エネルギーの活用や多業種連携による事業実施、ICT 等の先端技術を駆使した高度な環境制御による低コストで周年安定生産を実現するため、新しい取組みを追求する次世代施設園芸の実施拠点を順次整備した。これらの拠点では従来の施設園芸ではみられなかった栽培規模（3ha～）でイチゴ、トマト、パプリカ、キュウリ、トルコキキョウ等が種苗から栽培・集荷され出荷されている。

事業の特色を以下に示すとともに事業実施イメージを**図 2.2.2-1**、事業実施 10 拠点（北海道、宮城、埼玉、静岡、富山、愛知、兵庫、高知、大分、宮崎）を**図 2.2.2-2** に示す。

1) 施設の集約化と高度化

地域資源エネルギー供給施設、種苗供給センター、高度な環境制御の温室、出荷施設の各施設を 1 カ所に集約整備する。温室は大規模化のメリットが享受できる 3ha 以上とし、ICT を駆使した高度な環境制御装置等を導入する。

2) コンソーシアムによる事業実施

オランダ施設園芸クラスターに習い、民間企業、生産者、自治体等を必須構成員とするコンソーシアムが事業実施主体となる。特に生産者と実需者が共同して経営収支の安定化を目指す。また、研究機関や普及機関も参画することで高度環境制御技術の円滑な導入や普及機関による経営・栽培技術指導の推進等の技術的バックアップを促進する。

3) 地域資源エネルギーの活用

木質バイオマス等、地域資源を活用したエネルギーを施設園芸に利用する。地域資源の確保は都道府県がその安定供給の責任を担い、事業実施地区において化石燃料使用量を 5 年間で 3 割削減することを政策目標とする。

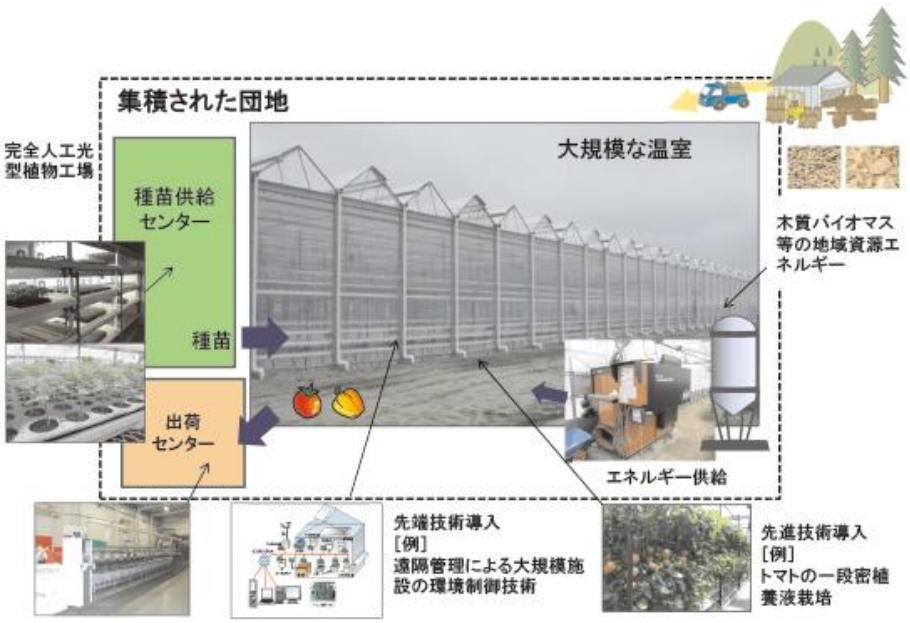


図 2.2.2-1 次世代施設園芸導入加速化支援事業拠点のイメージ

出典：独立行政法人農畜産業振興機構 HP

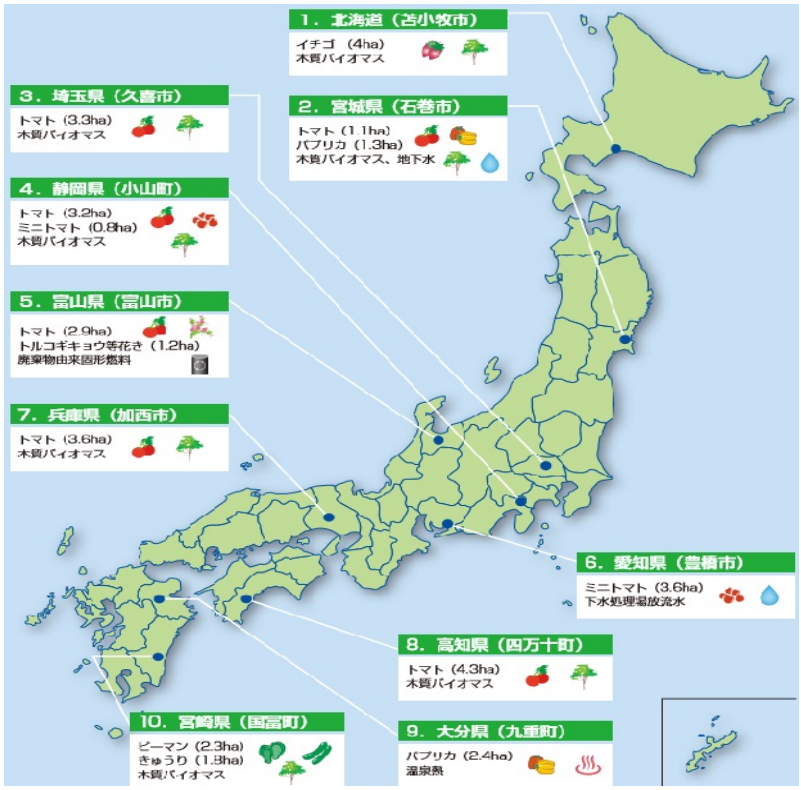


図 2.2.2-2 次世代施設園芸導入加速化支援事業実施拠点

出典：農林水産省 HP

2.3 事例調査：次世代施設園芸導入加速化支援事業富山拠点

農林水産省「次世代施設園芸導入加速化支援事業」富山県拠点では、廃棄物処理施設から発生する電力や廃熱の供給による園芸温室でフルーツトマトや花卉（トルコギキョウ、ラナンキュラス）の生産を ICT による高度な環境制御を活用しながら実施している。また、

ハウス内の環境、栽培、生育のデータをセンサー等で収集し、高品質で効率的かつ安定的な栽培に資する最適条件を分析、抽出する等の ICT 技術実証にも取り組んでいる。

我々は第Ⅱ部のテーマである「都市との連携による 6 次産業化システム」に関する検討を実施するうえで、上記拠点の取組みが新しい 6 次産業化事業に繋がり、地域活性に繋がる可能性があると捉え、現地の視察調査を実施した。以下にその概要を報告する。

調査日：2015 年 10 月 15 日（木）14:30～16:15

場　所：富山県富山市婦中町吉谷 3-3

1)　説明者

(株)富山環境整備　総務部次長　谷口秀誉 氏

2)　受領資料

パンフレット

「TOYAMA KANKYO SEIBI CO.,LTD.」

「TOYAMA KANKYO SEIBI CSV REPORT 2015」

「次世代施設園芸導入加速化支援事業 富山拠点」

3)　概要

(1) (株)富山環境整備事業概要

次世代施設園芸導入加速化支援事業富山拠点の事業主体である(株)富山環境整備は、産業廃棄物処理事業、リサイクル事業、収集運搬事業、アグリ事業、飲料水事業を主たる事業としている。同社では家庭等から排出された容器包装プラスチックをリサイクルしてパレットに再商品化する「リバースシステム」等、搬入された廃棄物の破砕・選別から焼却等の中間処理、最終処分までを同一敷地内で一貫して実施している。視察した本社および吉谷事業所の敷地面積は約 650,000m²。施設の全景を**図 2.3-1** に示す。

図 2.3-1 (株)富山環境整備 本社・吉谷事業所全景

出典：配布資料「TOYAMA KANKYO SEIBI CO.,LTD.」

(2) 取組みの背景

前述のとおり同社は最終処分場も同一敷地内に有しており、処分完了後の跡地利用方法は近隣住民と話し合いながら決定している。検討当初は地域住民が利用可能な公園建設の案もあったが、高齢者を含めた近隣住民の雇用創出等を見据え、より利用価値の高い農業が選択されることとなり、2000 年頃よりイチゴやトマト等の園芸作物の試験栽培が同敷地内で開始された。

これらの基盤を背景に本格的な施設園芸の実践を計画する中で、農林水産省の次世代施設園芸導入加速化事業を活用した先進的な施設園芸への取り組みが検討され、同事業の富山県拠点として 2013 年度より整備が進められた。

(3) 次世代施設園芸導入加速化支援事業富山拠点事業概要

本事業は**図 2.3-1** に示されたエリア A の西部および南西部に展開されている。事業施設全景を**図 2.3-2** に示すとともに、視察日現在の事業概要を以下に示す。

図 2.3-2　次世代施設園芸導入加速化支援事業富山拠点施設全景

出典：NTT データデジタルコグニティブサイエンスセンターHP

(a) 事業主体：富山スマートアグリ次世代施設園芸拠点整備協議会

(b) 協議会構成員：富山県、富山県農林振興センター、富山市、(株)富山環境整備、あおば農業協同組合、農事組合法人和郷園、(株)スマートフォレスト、(株) NTT データ経営研究所、(株)ATGREEN

(c) 主要園芸設備：屋根型単棟ハウス　　28 棟(4ha)
種苗供給施設　　2 棟
出荷調整施設（集荷場）　1 棟

(d) 栽培品目、面積、収量：フルーツトマト、2.8584ha、505t(17.67t/10a)
花卉（トルコキキョウ他）、1.2ha、143 万本

(e) エネルギー供給：

敷地内にある既存の産業廃棄物焼却処理施設から発生する排熱を利用して発電し、電力を栽培温室の空調等に利用している。また、専用コンテナで同施設の排熱を運搬してオフラインで供給するダブル供給を実施している。循環イメージを**図 2.3-3** に示す。

図 2.3-3 エネルギー循環イメージ

出典：共に配布資料「次世代施設園芸導入加速化支援事業 富山拠点」

(f) ICT 技術実証：

実証施設ハウス(1 棟)において「経験と勘」に基づく農業から「経験と勘」が「科学」に裏付された農業を実現するため、ハウス内の環境、栽培、生育のデータ等を収集し、糖度 7 以上の高品質なフルーツトマトを効率的かつ安定的に栽培するための最適条件を分析、抽出する取り組みを実施している。具体的には以下の 3 点の実現を目途とし、管理システムの導入実証、栽培最適化条件の分析・抽出、ウェアラブル機器を利用した作業の最適化・効率化支援を実施した。実証イメージを**図 2.3-4** に示す。

・高度な環境制御による高付加価値作物の安定生産
・ウェアラブル機器利用による効率的な作業管理及び作業の最適化
・篤農家が有する栽培ノウハウの見える化による新規就農者の早期育成

図 2.3-4 ICT 活用イメージ

出典：株式会社 NTT データ経営研究所プレスリリース「ICT 等を活用した高度環境制御・栽培管理システムを提供」

4) 主な質疑応答

(1) 施設について

・ハウスは屋根型単棟のフィルムハウス。実証施設ハウスは奥行き 100m、横幅 24m で敷地内最大クラス。

・全棟が自動的に遮光カーテンの開閉や温度管理を実施する。花弁は LED で補光するため日照不測の影響はほとんど無い。

・栽培好適な水を使用するため他事業所から地下水を 1 日約 40t 運搬。

(2) ICT による管理について

・ICT を活用した環境データの多点計測はフルーツトマトを栽培している実証施設ハウス（1 棟）のみ。約 500 個のセンサーの設置高を変えるなどして、温湿度、水分量、二酸化炭素、外気温等を測定。1 日 1 回サーバー送信しデータとして蓄積する。

・ハウス内はロボットによるデータ計測も実施。1 日 2 回ハウス内を移動しながら温度、照度、作物画像の栽培環境情報を取得する。ロボットに設置しているカメラは上下左右 4 枚の作物画像を撮影し、作物状況を監視する。計測した栽培環境情報はタブレットや PC でリアルタイム計測値が閲覧可能。

・データは事務所内サーバーに蓄積。現在データの集計中。まずは 1 年分収集しないと成果が分からないが、5 年前より開始しているトマトの試験栽培の経験とデータを突き合わせる等、ここでのデータから得られるノウハウを他棟の栽培に活かしたい。

・ゆくゆくは近隣の農業者とノウハウ等を共有して地域農業の発展に役立てたい。

・トマト収穫判断アプリケーションを搭載したセンサー付ウェアラブル機器（眼鏡）

でトマトを見ることで、大きさや糖度を判別して収穫時期の簡単に判断する実証実験を実施。現在は調整中。

(3) 経済性・事業性について

・建設費は約 27 億円。農林水産省補助金は建屋のみ対象（2/3 補助）なので約 17 億円。路工事や整地、運営費用は補助金対象外。
・補助金が無ければ大型施設園芸に早急にトライすることは無かっただろう。農業は社業なので今後も継続発展させてゆきたい。
・現時点での採算は厳しい面もあるが全棟フル稼働すれば利益が出せると想定している。（2014 年 9 月より順次栽植しており漸く全棟栽培が開始されるところ）
・フルーツトマトの主な出荷先は関東と関西。富山県内では殆どの店舗で販売頂いているが消費量が限られるため県内の量は少ない。一部は輸出している。
・流通は JA ではなく独自ルートを開拓。生産量の兼ね合いもあり、取引先は 2～3 箇所に絞って実施。花弁は販売先確保を進めているが現在は大半を花弁市場へ出荷。
・経費が掛かるのはやはり光熱費。また、日によって 1m程度降雪するため排雪処理の経費も必要。
・アグリ事業人員は 60 名、正社員 15～20 名、残りはパートで週 3、4 日勤務等が多い。勤務体系は社員も含めてシフト制。

(4) 作物および栽培について

・フルーツトマトはアイメック農法で栽培。苗と溶液との間に敷かれるフィルムにナノサイズの穴しか空いていないため根が必死に溶液を吸おうとするが簡単に吸うことが出来ない。そのストレスがトマトの栄養価や旨みを高めることに繋がる。
・栽培指導は協議会構成員である農事組合法人和郷園（千葉県）にお願いしている。地域の営農指導は受けていない。
・実証ハウスのトマトはフルティカというミディサイズのトマト品種。アイメック農法でフルーツトマトサイズに栽培して旨みを凝縮させている。収量は落ちるが、甘いので通常のトマトの 2 倍程度に価値が上がる。
・脇芽掻きや誘引作業、収穫は全て手作業。
・1 つの苗の収穫は約 23 段。後半は小粒化や生育遅延がある。苗は 1 年で植替える。
・収穫後は選果場の光センサーで自動選別される。基準は糖度 7 度以上。
・受粉はマルハナバチを活用。ハチの回収はせず、不足したら追加する。
・病気は発生するが最大の原因は人間が運んでくる。よって、見学が可能なのは実証ハウスのみ。また、生産者は農場から虫等を運びやすいので入場は不可。
・花弁栽培は国内生産量、収益性等の観点で選定。また、近隣に篤農家がいたため、地域住民との連携によって新たに取り組むことが可能となった。
・トルコキキョウとラナンキュラスを主軸に周年栽培。花弁は連作障害があるため種類を変更して栽培している。
・同一棟でも温度差等があり棟の中央部と周辺部では品質の格差が出てしまう。今後は育成・環境・製品データを 1 粒毎に突き合わせて個体データを集計し、育成管理できればと考えている。

以下、現地の状況を**写真 2.3-1** に示す。

①拠点外観

②ハウス内データ計測ロボット

③実証ハウス入口

④実証ハウス内

写真 2.3-1　次世代施設園芸導入加速化支援事業富山拠点視察状況

2.4　次世代施設園芸の波及による地域活性化への展望

2.4.1 次世代施設園芸の地域展開の促進

農水省では次世代施設園芸拠点整備を進めつつ、各拠点で得られた高度な栽培技術や安定的な販路の確保、地域資源の利用ノウハウ等を各地域へ展開し、地域農業の強化や地域活性化を支援する「次世代施設園芸地域展開促進事業」を計画している。2016 年度の事業概要を図 2.4.1-1 に示す。

図 2.4.1-1　次世代施設園芸の地域展開の促進

出典：農林水産省「平成 28 年度予算概算決定」

2.4.2 地域活性化に向けた次世代施設園芸の可能性

次世代施設園芸導入加速化支援事業等で得られた成果の展開は、生産者や農業関係者だけでなく、自治体やエネルギー事業者、外食産業・食品加工業者等の実需者等への刺激となることが期待されているが、施設園芸の新しい形が地域の有する多くの資源を連携させ、これまでに無い価値やメリットを地域実情に即した形で創出することが可能となるのは農業が地域に根差しているからであると思われる。例えば、今回視察訪問させて頂いた次世代施設園芸事業富山県拠点では、近隣の篤農家の協力や地域住民との連携があったおかげで花弁栽培が実現したとのことであったが、農業という共通項によって産業廃棄物処理事業、農業者、近隣住民等の新しい枠組みが形成されたと考えられるのではないか。また、このような地域現場での連携や知見・知恵が特徴ある価値を生み出し、新しい強みとして地域全体の活性化に繋がる活動には規模の大小は関係なく、今までにない枠組みを作るため、地域の多様な関係者が既存の枠組みを超越・変容させるチャレンジが求められていると思われる。さらに、施設園芸が競争力を高め成長産業として地域を牽引するためには、省・創エネシステムや環境制御システム等のコスト削減に貢献するエンジニアリングはもとより、化学・土木工学・機械工学・気象学・情報工学等の集約としてのエンジニアリング産業の果たす役割が一層求められるものと推察する。

参考･引用文献

1) 農林水産省次世代施設園芸の全国展開～攻めの農業の旗艦～
2) 農林水産省：農林水産業・地域の活力創造プラン
3) 農林水産省：食料・農業・農村基本計画
4) 農林水産省：施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル【改定版】
5) 農林水産省：農林水産研究開発レポート No.14「進化する施設栽培－大規模施設から植物工場まで」
   https://www.s.affrc.go.jp/docs/report/report14/no14_p1.htm
6) 一般社団法人日本施設園芸協会：次世代日本の施設園芸さらなる飛躍に向けて
7) 一般社団法人日本施設園芸協会:次世代施設園芸導入加速化支援事業(全国推進事業)
8) 岐阜大学応用生物科学部園芸学研究室(福井博一教授)HP:施設園芸学(Horticulturall Production in Greenhouse) 講義内容
   http://www1.gifu-u.ac.jp/~fukui/04-2-1.htm
9) 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング HP：産業構造転換のトリガーとなるか植物工場
   http://www.murc.jp/thinktank/rc/column/search_now/sn090518_02
10) 大阪府立大学農学部（地田英男教授）：最近の施設栽培の動向
11) 独立行政法人農畜産業振興機構 HP：野菜情報 2015 年 7 月号
   http://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/senmon/1507/chosa02.html
12) 独立行政法人農畜産業振興機構 HP：原油高騰下における施設栽培の現状
   http://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/senmon/0810/chosa1.html
13) 独立行政法人農畜産業振興機構 HP：オランダにおける農業と野菜生産の現状
   http://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/kaigai/0712/kaigai1.html

14) 独立行政法人農畜産業振興機構 HP：施設園芸の今後の課題
http://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/wadai/1111/wadai1.html
15) TMS 研究会 HP：2009 年第 3 回 TMS 研究会講演会資料「施設園芸先進国オランダの現状と技術開発」
http://www.tms-soc.jp/journal/TMS%20Res%202009_1.html
16) 農林中金総合研究所：農林金融 2013.7「オランダの農業と農産物貿易」
17) 北海道農業担い手育成センターHP ：海外派遣事業「オランダのトマト温室栽培農家に滞在して」07.06.23
http://www.adhokkaido.or.jp/ninaite/dispatch/post-3.html
18) 農林水産省：次世代施設園芸導入加速化支援事業（平成 27 年度、28 年度予算の概要）
19) 株式会社富山環境整備パンフレット：「TOYAMA KANKYO SEIBI CO.,LTD.」、「TOYAMA KANKYO SEIBI CSV REPORT 2015」、「次世代施設園芸導入加速化支援事業 富山拠点」
20) 株式会社富山環境整備 HP： http://www.tks-co.jp/
21) 事業構想大学 HP：スマートシティから産まれる新サービス富山発、次世代型スマートアグリ　株式会社 富山環境整備
http://www.projectdesign.jp/201508/born-from-smartcity/002338.php
22) 株式会社 NTT データ経営研究所：プレスリリース「ICT 等を活用した高度環境制御・栽培管理システムを提供
23) NTT データデジタルコグニティブサイエンスセンターHP：「ロボット×ICT」で目指す日本版スマート農業
http://www.keieiken.co.jp/dcs/solution/index.html
24) 一般財団法人エンジニアリング協会：平成 26 年度縁にニアリングアプローチを用いた地域産業の活性化に関する調査研究報告書
25) 参議院事務局企画調整室：立法と調査 No.359「スマート農業の推進」
26) 時事通信社：Agrio 第 0095 号「拡大する高付加価値農業への ICT 活用」
27) 日本経済再生本部産業競争力実行実現展開会合：第 20 回 実行実現点検会合 農林水産省資料「農政改革の着実な実行と新たな成長戦略」
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/jjkaigou/dai20/siryou2-2.pdf

第３章　農業と ICT の連携について

第一次産業と都市部の産業との社会的連携の１つの形として、農業と ICT の連携を取り上げる。日本の農業は、生産者の高齢化、就農人口の減少、耕作放棄地の増加、安価な外国産作物の輸入量増加など、多くの課題を抱えている。これらを克服して、日本の農業を成長産業としていくために、政府や農業関係者の間では様々な戦略的取り組みが行われていて、そのうちの１つに、農業を ICT によって支援し、農業を高度化、産業化、高付加価値化していこうという動きがある。

本章では、農業分野の ICT の利活用状況について、これまでの主として政府の取り組みを概観した上で、最新の事例とそれらを踏まえた今後のめざすべき姿について述べる。

3.1　農業分野の ICT 利活用状況について

本節では、政府の ICT 政策の動向から農業に関係する部分について触れた後、「農業情報創成・流通促進戦略に係る標準化ロードマップ」と「農林水産分野における IT 利活用推進調査結果」からの引用で、農業 ICT システムの現状と課題、農業経営体における ICT 導入状況と効果（5 つの事例）について述べる。

3.1.1　政府の ICT 政策の動向

政府の ICT 政策の主な動向を**表 3.1.1-1** に示す。

表 3.1.1-1　政府の ICT 政策の主な動向

時期	取り組み
平成 13 年 1 月	・「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法」(平成 12 年法律第 144 号)を施行 ・「高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部」（IT 総合戦略本部）を設置
平成 25 年 6 月	・新たな IT 戦略「世界最先端 IT 国家創造宣言」を閣議決定し、IT 総合戦略本部が工程表を策定 ・「世界最先端 IT 国家創造宣言」の進捗管理を行うため、IT 総合戦略本部の下に、内閣情報通信政策監（政府 CIO）を会長とする新戦略推進専門調査会を設置し、その下に 9 つの分科会（電子行政、新産業、農業、医療・健康、防災・減災、道路交通、人材育成、規制制度改革、マイナンバー等）を設置 ・政府 CIO が中心となり、各府省の役割分担と達成すべき目標を明確化した「工程表」の推進に関して具体的な議論を実施
平成 26 年 6 月	・「世界最先端 IT 国家創造宣言」及び「工程表」を改定 ・IT 総合戦略本部が「農業情報創成・流通促進戦略」を策定
平成 27 年 6 月	・「世界最先端 IT 国家創造宣言」及び「工程表」を再改定

出典：平成 27 年版情報通信白書等より筆者が作成

3.1.2 世界最先端 IT 国家創造宣言と農業情報創成・流通促進戦略

表 3.1.1-1 で示した通り、平成 25 年 6 月、政府は、成長戦略の柱として情報通信技術（ICT）を経済成長のエンジンと位置付け、閉塞感を打破して再生する我が国を牽引することを企図し、政府の ICT 戦略として、世界最高水準の IT 利活用社会を実現するとする「世界最先端 IT 国家創造宣言」を策定した。その上で、同月に新たに任命された内閣情報通信政策監（政府 CIO）を中心に、府省庁の縦割りを打破して「横串」を通すことにより、政府が一丸となって創造宣言の推進に取り組んできた。平成 27 年 6 月には、その後の情勢変化を踏まえつつ、引き続き今後 5 年程度の期間（2020 年まで）に、世界最高水準の ICT 利活用社会の実現と、その成果を国際展開することを目標に、「世界最先端 IT 国家創造宣言」を改定した。

「世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 27 年 6 月改定版）」の概要を**表 3.1.2-1** に示す。

表 3.1.2-1 世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 27 年 6 月改定版）の概要

4 つの柱	取り組み
1) IT 利活用の深化により未来に向けて成長する社会	(1) 新たな IT 利活用環境の整備 (2) ビッグデータ利活用による新事業・サービスの促進 (3) 公共データの民間開放（オープンデータ）の推進
2) IT を利活用したまち・ひと・しごとの活性化による活力ある社会	(1) 地方創生 IT 利活用促進プランの推進 (2) 起業家精神の創発とオープンイノベーションの推進等 (3) 雇用形態の多様化とワーク・ライフ・バランス（「仕事と生活の調和」）の実現
3) IT を利活用した安全・安心・豊かさが実感できる社会	(1) 適切な地域医療・介護等の提供、健康増進等を通じた健康長寿社会の実現 (2) IT を利活用した日本の農業・周辺産業の高度化・知識産業化と国際展開（Made by Japan 農業の実現） (3) 世界で最も安全で環境にやさしく経済的な道路交通社会の実現 (4) 世界一安全で災害に強い社会の実現 (5) 家庭や地域における効率的・安定的なエネルギーマネジメントの実現 (6) 次世代放送・通信サービスの実現による映像産業分野の新事業創出、国際競争力の強化 (7) 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会等の機会を捉えた最先端の IT 利活用による「おもてなし」の発信
4) IT を利活用した公共サービスがワンストップで受けられる社会	(1) 安全・安心を前提としたマイナンバー制度の活用 (2) 利便性の高い電子行政サービスの提供 (3) 国・地方を通じた行政情報システムの改革 (4) 政府における IT ガバナンスの強化

出典：世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 27 年 6 月 30 日改定）より筆者が作成

このうち、農業に関係するのは、3)(2) IT を利活用した日本の農業・周辺産業の高度化・知識産業化と国際展開（Made by Japan 農業の実現）の部分（**表 3.1.2-1** のアンダーライン部分）である。当該部分の実施内容・スケジュールを**図 3.1.2-1** に示す。

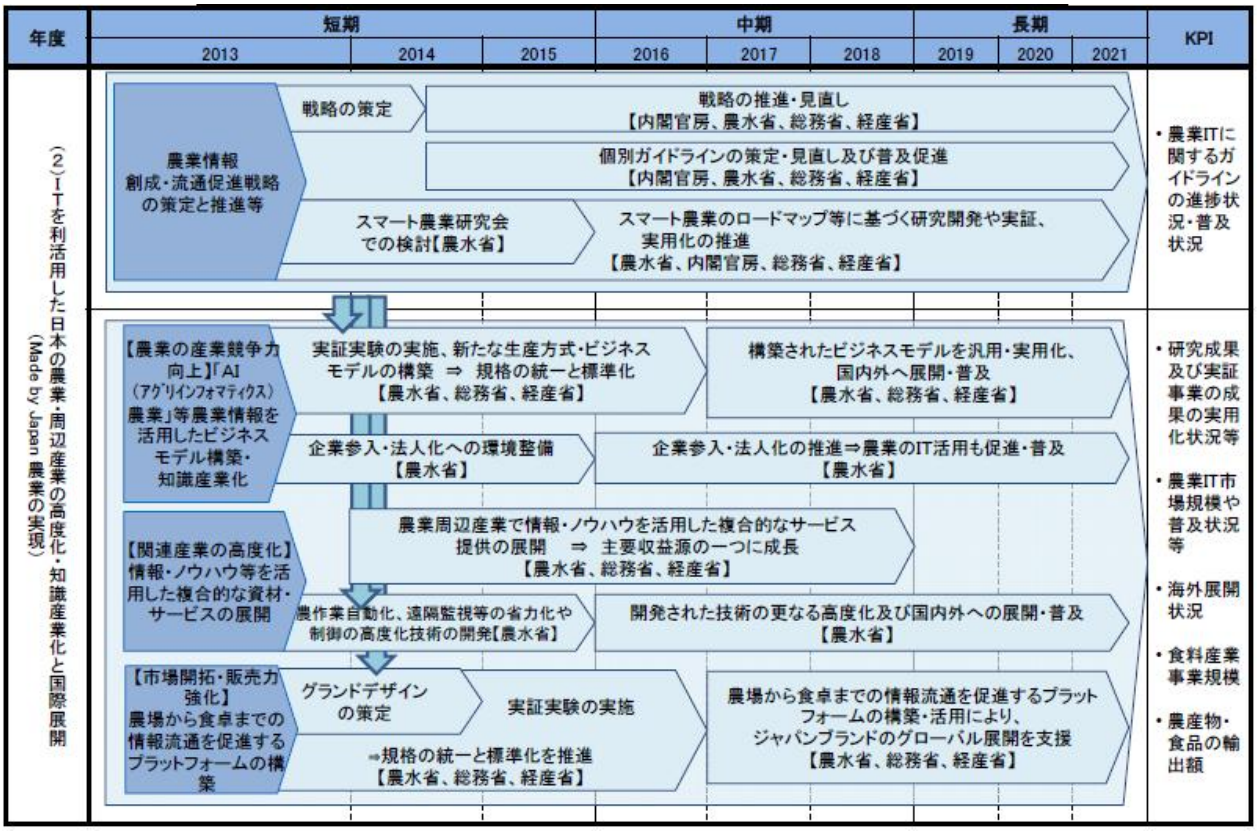


図 3.1.2-1　IT を利活用した日本の農業・周辺産業の高度化・知識産業化と国際展開（Made by Japan 農業の実現）の実施内容・スケジュール

出典：世界最先端 IT 国家創造宣言工程表（平成 27 年 6 月 30 日改定）より

また、IT 総合戦略本部は、平成 26 年 6 月に「農業情報創成・流通促進戦略」を策定した。これは、我が国農業の産業競争力強化を達成するため、農業情報を利活用しようとする農業者の権利に留意しつつ、農業分野全体における広範な情報創成・流通を促進させるための、農業情報の相互運用性等の確保に資する標準化や情報の取扱いに関する政府横断的な戦略と取り組みを推進するためにである。ここでは、

① 本戦略に基づくガイドラインの策定
② 農地情報の整備と活用
③ 本戦略推進のための体制整備

の 3 項目について、検討の必要性が言及されている。

3.1.3 農業情報創成・流通促進戦略に係る標準化ロードマップ

「農業情報創成・流通促進戦略に係る標準化ロードマップ」は、「世界最先端 IT 国家創造宣言」の進捗管理を行うため、IT 総合戦略本部の下に設置された新戦略推進専門調査会の下の農業分科会で策定されたものである。ここでは、前款で述べた「農業情報創成・流通促進戦略」で検討の必要性が示された 3 項目のうち、主に①の個別ガイドライン策定に関する現在の検討状況を明示するとともに、今後の中長期の目標を掲げている。

1) 農業 ICT システムの現状と課題

農業 IT ベンダーに対してアンケートを実施し、農業 ICT システムの現状と課題を次のように整理している。

① 作業等の記録に注力したシステムが多い一方、データ活用のための機能を保有するシステムは限定的

- 用途としては、作業管理、生育管理、農薬・肥料管理については多くのシステムが対応。収量予測、リスク管理・異常警告、コスト管理、出荷・販売管理、人材育成（ノウハウ共有・移転）については対応が限定的。
- 機能としては、記録データの集計・出力については多くのシステムが対応。外部（他の生産者や他社製品）との連携、利用者に気付きを与えるような分析結果や将来予測等に係る機能を備えているシステムは少数。

② データベースの作成に統一的な手法がなく、各社独自に対応

- 農作物、農作業は、特定のデータベースがない中で自主的にデータベースを作成。
- 初期整備コストは、システムにより大きくばらつきがあるものの、最大 1,440 時間投入。
- 独立行政法人農林水産消費安全技術センター（FAMIC）を利用しているシステムが約 4 割だが、初期整備コストは最大 2,400 時間かかっている。
- 肥料は、データベースを作成していないシステムが多数。
- ユーザーからは、農薬チェック機能への要望や □□の簡易化る要望がきている。

2) 標準化に取り組むべき項目とその検討状況

現在提供されている既存の農業 ICT システムを、次の 5 つに分類している。

① 生産管理システム

安定的な経営のために年間の生産計画を立て、着実な実行のために作業進捗や生産状況を管理するシステム（生産記録システム、環境モニタリングシステムを含む場合がある）

② 生産記録システム

生産履歴の保存、活用等を目的に、作業や資材使用量の記録をモバイル入力端末等で行うシステム

③ 農業機械連携システム

最適な土壌・生物環境を維持し、生産量・品質を向上・安定化させるため、環境・

生育データを取得し、最適な作業・資材使用を行うシステム（生産管理システム、生産記録システムを含む場合がある）

④ 複合環境制御システム

最適な環境を維持し、生産量・品質を向上・安定化させるため、環境をモニタリングし、適切な環境へ機器を制御するシステム（環境モニタリングシステムを含む場合がある）

⑤ 環境モニタリングシステム

環境の変化を捉え、適切な対策や計画変更が行えるように、圃場やハウス内に設置し、環境の状況をセンシング・モニタリングするシステム

これらのシステムで取り扱うデータ項目については、次の 4 つに分類している。

① 内部マスタ

生産者情報、農地の位置情報や作付履歴情報など、生産過程で基本的に変化せず、生産者自身がもともと保有するデータ

② 内部トランザクション

環境情報、生育状況や収穫結果の情報など、農業生産の過程で継時的に発生するデータ

③ 外部マスタ

農薬情報、肥料情報など、生産過程で基本的に変化せず、国、研究機関、公的機関等で登録されたもの等を外部から入手するデータ

④ 外部トランザクション

気象情報、市況情報など、農業生産の過程とは無関係に継時的に発生するデータ

次に、既存の農業 ICT システムの現状把握と課題整理の結果を踏まえ、農業分科会において優先的に標準化に取り組むべきと考えられる 6 項目を抽出し、その検討状況と中長期の方向性を**表 3.1.3-1** のように整理している。この中にある、①農業 IT システムで用いる農作業の名称に関する個別ガイドライン（試行版）（**表 3.1.3-1** のアンダーライン部分）での農作業の名称一覧を**表 3.1.3-2** に示す。

表 3.1.3-1　標準化に取り組むべき項目とその検討状況・中長期の方向性

項目	平成 27 年度検討事項	中長期の方向性
① 農作業の名称	・農業 IT システムで用いる農作業の名称に関する個別ガイドライン（試行版）＜H27-GL1＞に沿って、有識者の意見等を踏まえて改善を図る。	・農業 IT システムで用いる農作業の名称に関する個別ガイドライン（本格運用版）を策定し、今後の技術革新等の動向を踏まえ、適宜更新を行う。 ・システム間・ユーザー間で異なる体制を比較するためのツールとしてのシソーラスの開発・準備、共通語彙基盤を活用した名称・定義等の整理等の取組を推進する。 ・取組を推進するための体制について検討する。

項目	平成 27 年度検討事項	中長期の方向性
② 農作物の名称	・生産段階と流通段階の名称の紐付けのために必要な情報（流通段階の名称等）の調査を行う。 ・システム間・ユーザー間で異なる体制を比較するためのツールとしてのシソーラスの開発・準備、共通語彙基盤を活用した名称・定義等の整理方法等について検討を行う。 ・上記を踏まえ、個別ガイドライン（試行版）を策定する。	・個別ガイドライン（試行版）を策定し、有識者の意見等を踏まえて改善を図ることにより本格運用版として完成させ、技術革新等の動向を踏まえ、適宜更新を行う。 ・取組を推進するための体制について検討する。
③ 登録農薬に係る情報	・農業 IT ベンダーが効率的に利活用できるよう、既存データのデータ形式のあり方について検討を行う。	・農作物の名称と農薬の適用作物表とのマッチング手法について検討する。 ・共通語彙基盤を活用した名称・定義等の整理方法等について検討し、取組を推進する。 ・取組を推進するための体制について検討する。
④ 登録肥料等に係る情報	・農業 IT ベンダーが効率的に利活用できるよう、既存データのデータ形式のあり方について検討を行う。	・共通語彙基盤を活用した名称・定義等の整理方法等について検討し、取組を推進する。 ・取組を推進するための体制について検討する。
⑤ 農業生産の過程で発生するデータ交換のインタフェース	・農業 IT システムの技術・運用動向を踏まえつつ、データ交換のインタフェースを標準化する必要性について検討を行う。	・農業 IT システムの技術・運用動向に応じ、データ交換のインタフェースを標準化する。
⑥ 環境情報（生産環境に係る温度等の情報）のデータ項目及び関連項目	・農業 IT システムで用いる環境情報のデータ項目に関する個別ガイドライン（試行版）＜H27-GL2＞に沿って実装を進め、運用上の課題を抽出する。 ・国内外の農業 IT システムの仕様との差分を明確にするための調査を行い、個別ガイドライン（試行版）＜H27-GL2＞の改定について検討を行う。	・農業 IT システムで用いる環境情報のデータ項目に関する個別ガイドライン（本格運用版）を策定し、今後の技術革新等の動向を踏まえ、適宜更新を行う。

出典：農業情報創成・流通促進戦略に係る標準化ロードマップより

表 3.1.3-2　農作業の名称一覧

大項目	中項目	小項目(例示) 【ユーザーによって拡張(組換え)可能】
1 種子等予措	1 選種	種もみの選種
	2 消毒	種子消毒
	3 催芽	浸種
	4 その他	球根予措、種子コーティング
2 育苗	1 床土・苗床作り	
	2 は種	苗箱播種　等
	3 施肥	
	4 かん水	
	5 換気	
	6 間引き	
	7 防除	苗床消毒
	8 移植	ずらし、間引き移植
	9 接ぎ木	
	10 その他	苗代管理、除草、こもかけ等
3 耕起整地	1 耕起・砕土	荒起し、秋田起し、代かき、ハロー等
	2 整地	
	3 畝立て	
	4 温室、ビニールハウスの本ぽ床土作り・床土入れ換え	
	5 その他	畦塗り
4 基肥施肥	1 運搬	
	2 配合	
	3 施肥	
	4 養液栽培における定植時に行う養液作りや施肥	
	5 その他	緑肥すき込み、秋落ちを防ぐための客土、施肥溝掘り等
5 は種・定植（本圃）	1 は種・覆土	直まき、種まき
	2 苗取り・運搬	
	3 定植・移植	田植、植穴(溝)作り等
	4 補植	
	5 その他	浮苗なおし、株分け等
6 追肥施肥	1 運搬	
	2 配合	
	3 施肥	穂肥散布等
	4 養液栽培における定植後の養液の濃度管理や補充など	
	5 その他	施肥溝堀り等
7 除草	1 中耕	
	2 除草剤散布	
	3 土入れ・土寄せ	
	4 草刈り・下刈り	
	5 マルチング	ビニールマルチ、敷わら、敷草等
	6 その他	

大項目	中項目	小項目(例示) 【ユーザーによって拡張(組換え)可能】
8 病害虫防除 (雑草以外)	1 化学的防除(農薬散布)	
	2 化学的防除(土壌消毒)	
	3 物理的防除	寒冷紗張り等
	4 生態的防除	粗皮はぎ、バンド誘殺、誘蛾灯管理等
	5 被害茎等の除去及び焼却	
	6 その他	
9 管理	1 圃場(けい畔を含む)及び農道の整備・修復	畦畔除草、土壌改良材散布、圃場周り除草、防風林枝払い 等
	2 施設の整備・修繕	ハウス修繕、機械整備、果樹棚の補修、マット交換・掃除、保温施設の組立て、取り壊し、暖房器具の組立て、設置、取り壊し
	3 かん排水	かん水、落水、水管理、落水溝掘り等
	4 整枝	せん定、支柱立て、誘引、摘芯、摘果等
	5 生育調節(整枝以外)	麦踏み、間引き、ホルモン剤処理、受粉、袋かけ等
	6 防風・防霜	こもかけ、防風ネット設置 等
	7 保温・換気	
	8 見回り	生育調査、作柄見回り 等
	9 収穫後の株(根)等の除去	
	10 その他	鳥獣害対策、融雪剤散布 等
10 収穫	1 収穫	稲刈り、刈取り、摘取り、掘取り等
	2 結束	ラッピング 等
	3 運搬	もみ運搬 等
	4 稲架け	稲架の組立て、取り壊し
	5 脱穀	
	6 その他	稲わら処理、除袋、果実着色、貯蔵前予措等
11 調製	1 乾燥・調製	乾燥、選別 等
	2 もみすり	もみ殻処理、もみ及び玄米の運搬 等
	3 収穫物の水洗い	
	4 外葉除去・切断	
	5 切り枝・整形	
	6 その他	抜き取り、下葉落とし、脇芽つみ、水上げ、泥染め等
12 出荷	1 選別、包装、荷造り作業	計量、選別、袋詰め、箱詰め 等
	2 出荷前の貯蔵作業	予措、貯蔵 等
	3 搬出、出荷作業	
	4 その他	
13 生産管理 労働	1 集会出席(打合せ等)	ミーティング 等
	2 技術習得	職員指導、講習会受講 等
	3 簿記記帳	作業記録等の記帳、パソコンデータ入力 等
	4 その他	
14 間接労働	1 自給肥料の生産	
	2 建物、自動車及び農機具の修繕	作業機械の準備、修繕 等
	3 購入資材等の調達	農薬購入、肥料購入、燃油購入 等
	4 水利賦役	
	5 その他	

出典：農業 IT システムで用いる農作業の名称に関する個別ガイドライン（試行版）より

3.1.4　農林水産分野における ICT 利活用推進調査結果

前款の「農業情報創成・流通促進戦略に係る標準化ロードマップ」は、平成 26 年度の「農林水産分野における IT 利活用推進調査結果」を踏まえて作られているが、その調査では事例として 5 つの農業経営体における ICT 導入状況と効果が掲載されている。

その調査対象となった農業経営体を**図 3.1.4-1**、ICT 導入状況のまとめを**表 3.1.4-1**、ICT 導入効果のまとめを**表 3.1.4-2** に示す。また、この調査結果から、これら農業経営体において ICT 導入が進み、効果を上げてきた背景・要因等について整理したものを**表 3.1.4-3** に示す。

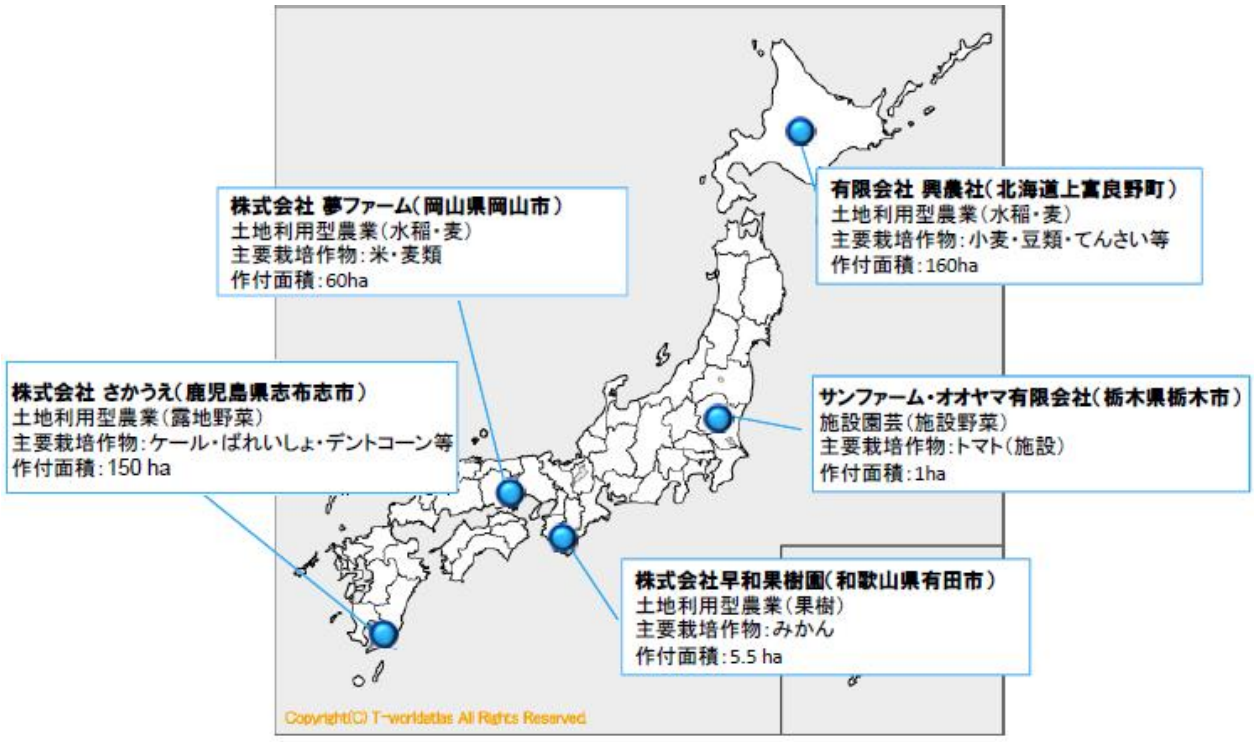


図 3.1.4-1　調査対象の農業経営体

出典：平成 26 年度農林水産分野における IT 利活用推進調査結果の概要より

表 3.1.4-1　ICT 導入状況まとめ

	興農社 （北海道、小麦・豆類等）	夢ファーム （岡山、米・麦類）	さかうえ （鹿児島、ケール・馬鈴薯）	早和果樹園 （和歌山、みかん）	ｻﾝﾌｧｰﾑ・オオヤマ （栃木、トマト）
概要	・設立 2002 年 ・作付面積 160ha ・常時従業者数 7 人 ・年間売上高 1.1 億円	・設立 2008 年 ・作付面積 60ha ・常時従業者数 2 人 ・年間売上高 0.55 億円	・設立 1995 年 ・作付面積 150ha ・常時従業者数 46 人 ・年間売上高 5.7 億円	・設立 2000 年 ・作付面積 5.5ha ・常時従業者数 46 人 ・年間売上高 5 億円	・設立 2004 年 ・作付面積 1ha ・常時従業者数 14 人 ・年間売上高 1 億円
経営理念	企業として発展的利益を出すこと	地域の農業を守って、地主に代わって米作りをする	農業を通じて世の中に幸せを届ける	お客さんに美味しいと思ってもらえるみかんを提供し続ける	消費者に求められる味、安全安心なトマトを生産する
IT による解決課題	・少ない負担で情報共有する仕組みづくり ・過去の生産方法に関する振り返り	・地主から預かっている農地が生み出す価値を最大化すること	・お客様との約束を 100%守るため非常に多くの情報を総合的にマネジメントすること	・美味しいみかんを作る技術の継承	・1 棟 1ha の施設園芸を経営として成り立たせること ・データに基づく環境複合制御を実現すること
導入しているIT	興農社作業管理システム（2011 年～）	作業計画・管理支援システム PMS（2008 年～）	農業工程支援システム（2007 年～）	農業ナレッジマネジメントシステム（2011 年～）	マキシマイザー（2009 年～）
	自社開発	農研機構開発	自社開発	富士通　食・農クラウド Akisai	オランダ Priva 社製品
	役員・社員・パート等が PC やスマートフォンで利用	代表取締役が PC で利用	全社員が PC で利用	生産部門全員が PC やスマートフォンで利用	会長・社長が PC で利用
利用内容	・年間の営農計画、作付計画、施肥計画、防除計画の策定 ・個人別作業予定の設定 ・日々の作業記録 ・収量、販売単価の記録	・土地管理 ・作付計画（転作条件に留意）の策定 ・日々の作業記録 ・収量、品質等の記録	・期初に作付計画の策定 ・作物生育段階に合わせ 113 の作業工程で管理 ・日々の作業記録 ・収量、品質等の記録	※これまでの計画策定では IT 未使用。現在は計画策定機能が付加されている。 ・日々の作業記録 ・収量、品質等の記録	・環境制御の設定
初期投資	システム開発 100 万円程度	PMS はフリーソフト	－	実証実験として参加	600 万円
年間運用費	レンタルサーバー：3 万円 小規模更新：20 万円	セキュリティソフト等：15～20 万円	機器更新費を含めて 500～1000 万円	同上（富士通の商用ベースでは 48 万円）	パソコン使用のみ

出典：平成 26 年度農林水産分野における IT 利活用推進調査結果の概要より

表 3.1.4-2　ICT 導入効果まとめ

	興農社 （北海道、小麦・豆類等）	夢ファーム （岡山、米・麦類）	さかうえ （鹿児島、ケール・馬鈴薯）	早和果樹園 （和歌山、みかん）	ｻﾝﾌｧｰﾑ・オオヤマ （栃木、トマト）
経営管理	・経営面の不安が減少	・気持ちに余裕が生まれ、経営全体から対処すべき課題を俯瞰	・チーム力が生きる組織経営の実現		・解決策の費用対効果をデータに基づいて判断し、実現の可否を決定
生産管理	・生産技術の向上			・生産スタッフの意識改革 ・データに基づいて人間の意識や行動を変える	・データに基づいて課題を明確にし、今または次年度講じる解決策を立案
人材育成			・入社 5 年目の人間が農場長を担当 ・入社 3 年目の人間が 1ha(施設栽培､果樹類)で新規作物の生産を担当 ・リーダークラスの育成費を意識しなくなった	・一人前のみかん農家になるのに要する時間を 10 年から 3 年に短縮	・2～3 年で県下トップレベルのトマト栽培農家に成長
取引先の信頼向上	・取引先からの信頼向上		・契約栽培の納期・品質・数量の 100%遵守		
リスク対応力強化			・過去データ分析によるリスク対応力強化		・除湿コントロールにより、収量に単収 1～2 トンとも言われる影響を与える灰色かび秒の発生を防止
業務効率化	・アルバイト等の作業スタッフへ的確な作業指示 ・作業日誌記録に要する年間 500 時間の削減	・地図による情報共有容易化 ・作付計画策定時間を 24 時間から 1 時間半へ短縮 ・作業記録に要する年間 60 時間の削減	・意思決定者のほ場巡回時間 20 時間大幅に短縮 ・集計作業時間の大幅短縮		・1 棟 1ha の施設園芸により、人件費 8%を有効な時間に割り当て
コスト削減	・農薬・肥料の適正在庫把握および使用量予測に基づく調達で年間 100 万円程度の削減				・1 棟 1ha の施設園芸により、燃料費の節約
品質向上				・高糖度みかんの割合が 25%から 45%に増加	

出典：平成 26 年度農林水産分野における IT 利活用推進調査結果の概要より

表 3.1.4-3　ICT 導入が進み効果を上げてきた背景・要因等

背景・要因等	興農社	夢ファーム	さかうえ	早和果樹園	オオヤマ
① 農業環境を巡る環境変化とその対応					
・家族的経営から企業的経営への変革	○		○	○	
・親からの経営移譲に対する急激なキャッチアップ		○			
・経験と勘からデータに基づく環境制御への深化					○
・後継人材の育成の必要性			○	○	○
② IT 導入により解くべき課題(ターゲット)が明確であったこと					
・少ない負担で情報共有する仕組みづくり、過去の生産方法に関する振り返り	○				
・地主から預かっている農地が生み出す価値を最大化すること		○			
・お客様との約束を 100%守るため、非常に多くの情報を総合的にマネジメントすること			○		
・おいしいみかんを作る技術の継承				○	
・1 棟 1ha の施設園芸を経営として成り立たせること、データに基づく環境複合制御を実現すること					○
③ 明確な経営戦略のもと、組織・人材・業務・情報が総合的にデザインされてきたこと					
・IT 導入の前提となる明確な経営戦略の存在	○	○	○	○	○
・農業を企業経営として考える際のルールとして JGAP(Japan Good Agricaltural Practice、食の安全や環境保全に取り組む農場に与えられる認証)を参考	○				
・組織の中で人が入れ替わり組織として持続的に成長していくという風土の定着			○		
・生産部門のスタッフに対し、園地担当のスタッフ個別の目標設定と達成評価を実施				○	
④ IT 導入効果を生み出す、作業・環境・生態情報に関するデータ記録・活用					
・作業内容・時間・人数/農薬・肥料等の資材や農業機械等の使□の記録、気象情報や土壌環境、作物の生育状況に関する日々のデータ	○	○	○	○	○

出典：平成 26 年度農林水産分野における IT 利活用推進調査結果の概要より筆者が作成

3.2　農業分野の ICT 利活用に関する事例

本節では、農業分野の ICT 利活用に関する 2 つの事例を取り上げる。**3.1.4 款**では、「平成 26 年度農林水産分野における ICT 利活用推進調査結果」から 5 つの事例について述べた。本節では同様のフレームワーク、すなわち、経営管理･生産管理･人材育成･取引先の信頼向上･リスク対応力強化･業務効率化･コスト削減・品質向上などの観点から、2 つの事例の ICT 導入効果とその背景･要因を分析する。

3.2.1　日立クラウドサービスを活用したグランパの取り組み（ドーム型植物工場によるレタスの栽培）

1)　ドーム型植物工場の概要

植物工場には、外気や太陽光を完全に遮断した施設内で人工光のみを使い栽培を行う「人工光型」と、ガラスや温室など日光を通す施設内で温度などを制御して栽培を行う「太陽光型」の 2 つのタイプがある。

本款で紹介するドーム型植物工場は、株式会社グランパ（本社：横浜市中区、代表取締役社長：阿部隆昭、以下グランパ）と飛島建設株式会社（本社：川崎市高津区、代表取締役社長：伊藤寛治、以下飛島建設）が共同で開発した「太陽光型」の植物工場で、生産性向上、安定供給、エネルギーコスト削減、作業の省力化、迅速な設置等を実現した円形エアドーム型の栽培施設である。主にリーフレタス類を栽培している。その外観を**写真 3.2.1-1** に、内部を**写真 3.2.1-2** に示す。

写真 3.2.1-1 ドーム型植物工場の外観写真　写真 3.2.1-2 ドーム型植物工場の内部写真

出典：ともに飛島建設 HP より

ドーム型植物工場の大きな特長は以下の 3 点である。

① 独自の円形水槽と自動スペーシングシステム（栽培する野菜を円形水槽の内周から外周へ自動的に送り出し・移動させる機構）を採用して、スペースを有効活用しつつ野菜の植え替え作業が不要にする。

② 断熱性能に優れた特殊な二重散乱光フィルムを空気圧でドーム型形状に維持して、野菜生育に適した集光環境を実現する。

③ コンピューター制御によりドーム内環境（水温・気温・PH・肥料濃度等）を常時自動で最適化する。

図 3.2.1-1 に①の自動スペーシングシステムを含むドーム型植物工場の主な機能を示す。

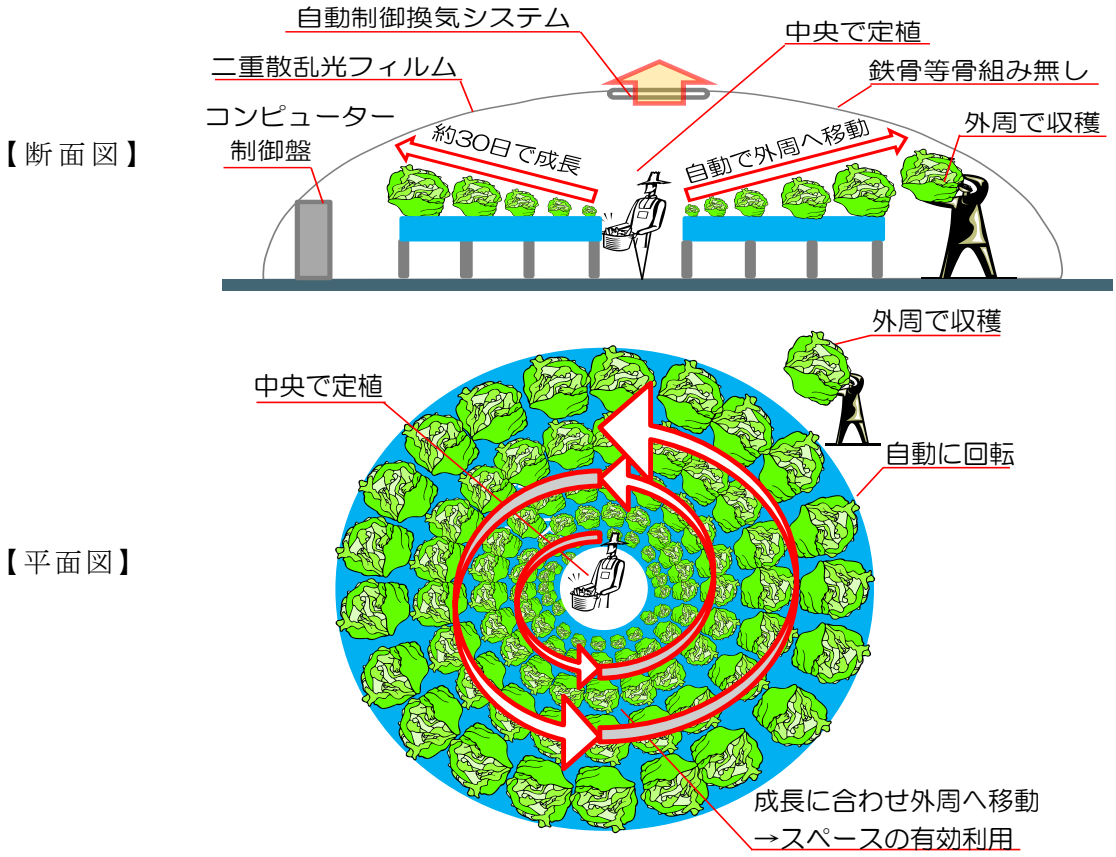


図 3.2.1-1　ドーム型植物工場の主な機能

出典：飛島建設 HP より

2)　システムの概要

グランパのドーム型植物工場では、ドーム 1 棟ごとに複合制御装置で、栽培に関するデータ処理を全て一括で行っている。AUTO（自動）モードと MANUAL（手動）モードの切替えができ、野菜の生育状況に合わせた最適な環境設定が可能である。図 3.2.1-2 に、そのコントロールパネルの画面例を示す。

図 3.2.1-2　ドーム型植物工場のコントロールパネル画面例

出典：グランパ HP より

しかし、「ドームファーム北杜（山梨県北杜市白州町）」のようにドームが 40 棟もある大規模農場だと、一層の効率化が求められる。そこで、（株）日立製作所が開発したクラウドサービスを導入することで、複数のドームを統合的に管理することが可能となった。**図 3.2.1-3** にはドーム型植物工場のシステムの概要図を示す。

日立のクラウドサービスの特長は以下の通りである。

① データの可視化･遠隔監視･遠隔制御

農場の各ドーム内の生育環境や栽培設備の稼働状況をリアルタイムに見える化、遠隔制御する仕組みを提供する。これにより、施設の円滑な稼働管理を支援することに加え、生育環境の最適化を支援する。データの種類は以下の通り。

・環境情報：外気温、日射量、風向･風速、室温、湿度、養液温度･pH･EC 等
（EC: Electrical Conductivity、電気伝導率、肥料分の含有傾向を数値化したもの）

・制御機器：ファン、ミスト、エアコン、ヒーター、肥液ポンプ等

② データの蓄積･分析

見える化した生育環境や栽培設備の情報は、全てビッグデータとして蓄積し、生育側面、環境側面の各種パラメータ情報の相関関係の分析･評価に利用する。これにより、栽培管理の最適化を支援する。

③ 販売･生産計画の進捗管理と共有

生産予定数･実績数を管理する仕組みを提供し、的確な販売計画立案を支援する。農場で働く人達の情報連携を支援する。

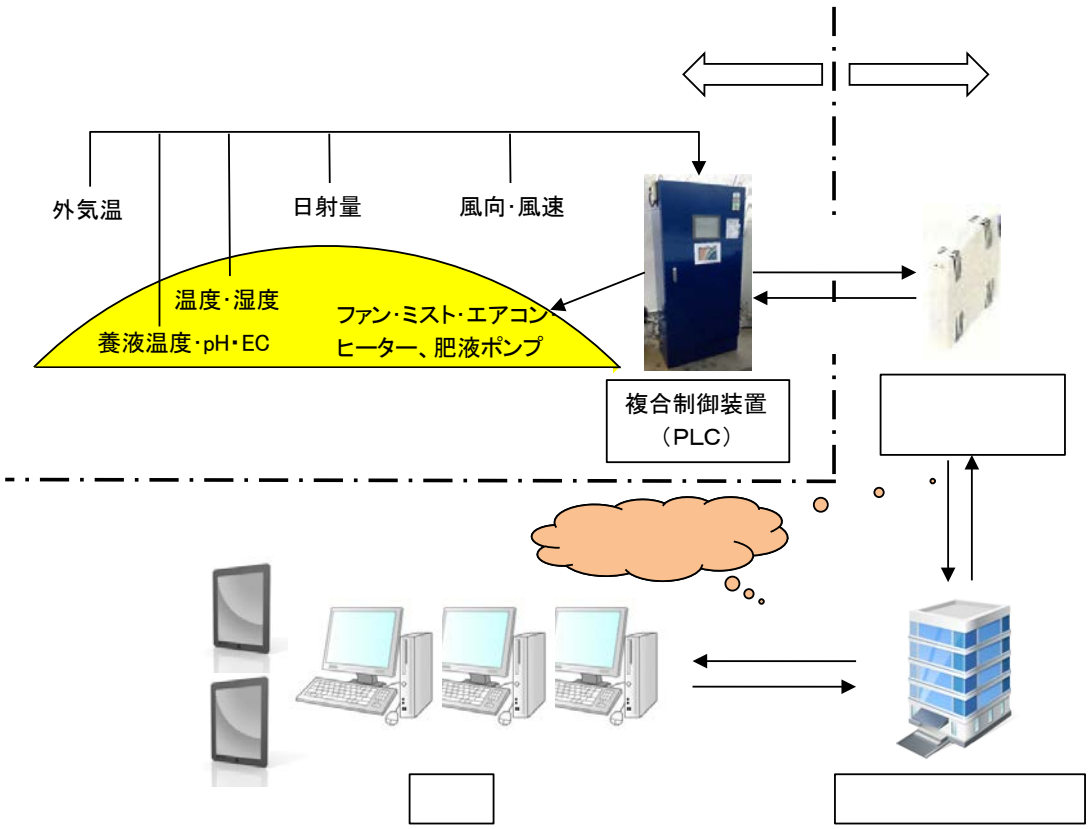


図 3.2.1-3　ドーム型植物工場のシステムの概要図

出典：日立パンフレットを元に筆者が作製

3) ICT 導入効果とその背景･要因

日立クラウドサービスを活用したドーム型植物工場の ICT 導入効果を**表 3.2.1-1** に示す。

表 3.2.1-1 ドーム型植物工場の ICT 導入効果（期待する効果を含む）

観点	グランパのドーム型植物工場（特にドームファーム北杜の場合）
経営管理	･気候の影響を少なからず受ける太陽光型植物工場の生産を安定化させる（つまり経営面の不安が減少する）ために不可欠なツールである
生産管理	･データに基づいた確実な栽培管理が可能になる。
人材育成	･各種データが作業スタッフも含めた栽培技術向上に役立つ。
取引先の信頼向上	･販売計画の精度向上により取引先の期待に応えられる。
リスク対応力強化	･台風等の異常気象時や停電時などに、遠隔監視が役立つ。異常が発生した場合は現場にすぐに駆けつけられる。
業務効率化	･複数のドームの効率的な管理が可能になる。 ･作業スタッフへ的確な作業指示が可能になる。
コスト削減	･電気代などの経費のムダを排除できる。
品質向上	･データに基づいた適切の栽培管理により、所定の品質（1 株当りの重量）のリーフレタスを出荷できる（歩留まりが向上する）。

3.2.2 富士通「食・農クラウド Akisai」を活用した旭酒造の取り組み(酒米山田錦の栽培)

1) 背景

旭酒造株式会社（所在地：山口県岩国市、代表取締役社長：桜井博志、以下、旭酒造）は、日本酒「獺祭（だっさい)」の銘柄で有名な酒蔵である。「獺祭」は、酒米の中でも評価の高い「山田錦」から造られているが、「山田錦」は、コメの中でも背が高く稲が倒れやすい品種で栽培が難しく、生産者が限られている。従って、近年の純米酒や吟醸酒などの高級酒の出荷量の伸びに従い、「山田錦」が不足する状況が続いており、旭酒造にとっても「山田錦」の安定的確保が課題になっている。

そこで、旭酒造は富士通（本社：東京都港区、代表取締役社長：田中達也、以下、富士通）と組み、「山田錦」の栽培における作業実績と生産コストの見える化を目的に、2014 年 4 月より、山口県内の「山田錦」を生産する農家に富士通の食･農クラウド「Akisai」（アキサイ、日本語通称：秋彩)」（以下、「Akisai」）の農業生産管理 SaaS およびマルチセンシングネットワークを導入し、栽培作業実績情報の収集・蓄積を行ってきた。今後、旭酒造は蓄積された栽培情報を基に、農業関係者の協力を得て、「山田錦」栽培事例集を作り、契約生産者による「山田錦」の安定生産・品質向上に向けた取り組みをめざしていこうとしている。

2)　農家の取り組みとシステムの概要

現在の農家の取り組みは次の通りである。

① 作業実績情報の収集

日々の作業実績（いつ、どの圃場で、どのような作業を行ったか）や、使用した農薬・肥料・資材のほか、草丈・茎数などの稲の生育状況、収穫時の収穫量・品質などをパソコン、スマートフォン、タブレットなどのデバイスで記録する。

② 環境情報の収集

圃場にセンサー（**写真 3.2.2-1** 参照）を設置し、気温・湿度・土壌温度・土壌水分・EC（Electric Conductivity、電気伝導度）を 1 時間ごとに自動で収集し記録する。また、定点カメラにより、毎日正午に生育の様子を撮影する。

写真 3.2.2-1 圃場に設置したセンサー

出典：旭酒造 HP より

③ 収穫後

蓄積情報を分析し、以下のように活用する。

- 栽培成績（収穫量、品質）の良かった作業実績を参考に、栽培暦（栽培の手引き）を作成。
- 従来、把握が難しかった生産過程全体にかかるコストを作業実績から算出。
- 農薬・肥料の使用実績情報から、生産履歴（トレーサビリティ）情報を作成し、安全性の担保とする。

「Akisai」の農業生産管理 SaaS は、生産・作業・収穫・出荷の計画と実績を集計・分析し、農業の経営・生産・品質の見える化と PDCA のマネジメントで、生産性の向上をめざすシステムである。**図 3.2.2-1** にシステムのイメージ図を示す。

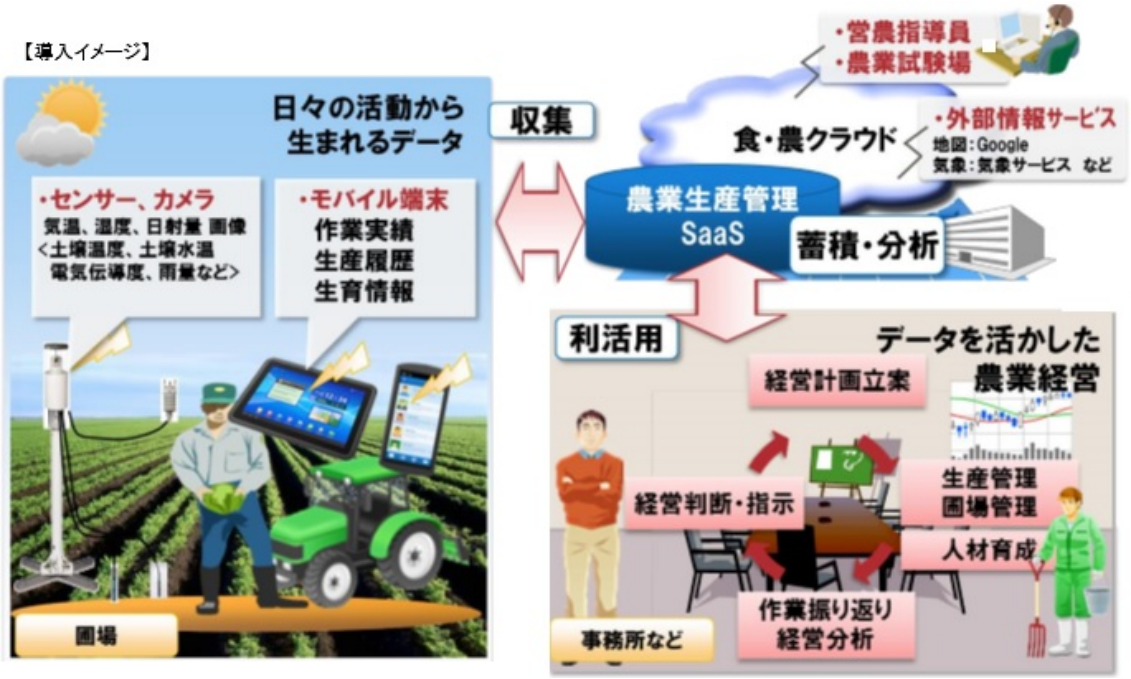


図 3.2.2-1 「Akisai」の農業生産管理 SaaS システムのイメージ図

出典：富士通パンフレットより

3) ICT 導入効果とその背景･要因

富士通「Akisai」の農業生産管理 SaaS を活用した山田錦栽培における IT 導入効果を**表 3.2.2-1** に示す。

表 3.2.2-1 山田錦栽培における ICT 導入効果（期待する効果を含む）

観点	山田錦生産農家
経営管理	･収量・品質の安定した山田錦の生産が可能となり、安定した収入が得られる。
生産管理	･データに基づいた確実な栽培管理が可能になる。
人材育成	･経験の少ない生産者でも栽培に取組みやすくなる。
取引先の信頼向上	･栽培履歴の見える化により酒造会社との信頼が高まる。
リスク対応力強化	･データに基づいた栽培管理により、極端な収量減などの失敗リスクを低減すことが出来る。
業務効率化	･収量品質に影響を及ぼす観察ポイントや作業に注力できることで効率的な栽培が可能となる。
コスト削減	･人件費・資材費を見える化することで無駄を省き、利益を意識した生産が可能になる。
品質向上	･適期での収穫により品質の安定した山田錦の生産が可能になる。

3.3 農業分野の ICT の今後のめざすべき姿

農林水産省の最新の調査によれば、平成 27 年度の農業就業人口（自給的農家は除く販売農家）は 209 万人で、5 年前と比べて 51 万 6 千人（19.8%）減少しており、平均年齢は 66.3 歳、65 歳以上が占める割合は 63.5%となっている（**図 3.3-1** 参照）。農業経営体も 137 万 5 千経営体と、5 年前に比べて 18.1%減少している（**図 3.3-2** 参照）。

一方で、農業経営体のうち法人経営数は 2 万 7 千経営体で、5 年前に比べて 33.6%増加している（**図 3.3-3** 参照）。農業経営体の経営耕地面積の集積割合も、5ha 以上の農業経営体が 57.8%を占め、5 年前に比べて 6.4 ポイント上昇している（**図 3.3-4** 参照）。

つまり、近年は農業就業者･農業経営体の減少が続く中で、法人化や経営規模の拡大は進展しているのである。今後は一層、農家の法人化は進み、効率性を追求していくことになる。その結果、企業のような原価や購買の管理は必須となり、システム化のニーズはますます高まるはずである。農業の高度化、産業化、高付加価値化に向けて、ICT の利活用をはじめとするエンジニアリング力は必要不可欠なものになっていくと思われる。

3.2 節で取り上げた 2 つの事例は、3.1.4 款で記載した平成 26 年度「農林水産分野における ICT 利活用推進調査結果」の 5 つの事例と比べて、クラウド等を活用した総合的な ICT システムに進化してきていると思われる。今後は、生産から流通･販売まで、農業経営管理全般を包含した ICT システムが求められるだろう。一方で、これまで農業における ICT システムでは数多くのミスが起こってきたと指摘する声もある。これが繰り返されると、「IT は使えない」「農業はやはり経験と勘」という結論に導かれてしまう。効率性は認められるものの、使い勝手や作業負荷が大きく、「管理のための管理」に陥ってしまえば本末

転倒になる。万能な農業 ICT システムは存在しない。各農業者毎の異なる農業経営課題を知り、それを解決するためには、どのようなシステムが役に立つかを考えていくことが大切と思われる。

また、ICT システムのコストに関しては、IT ベンダーからすればシステムが多く導入されればコストダウンができる、農家からすればコストが下がれば導入しやすくなる、というジレンマを解消することが必要になる。この点、政府の新戦略推進専門調査会農業分科会が進めているシステムのデータ名称などの標準化はシステムのコストダウンにも寄与するはずで、大切な取り組みだと思われる。ICT システムを導入したからといってすぐに農家に利益が出るわけではないが､適切なシステムであれば必ずメリットはあるはずなので、まずは低コストで導入して徐々に範囲を広げていくようにすべきであろう。

今後、いかに農家のノウハウを引き出し活かすかを観点に、農業の ICT システムが本当に農家の手助けになるものに進化して、導入が進み、日本のエンジニアリング力が農業の活性化に貢献することを期待したい。

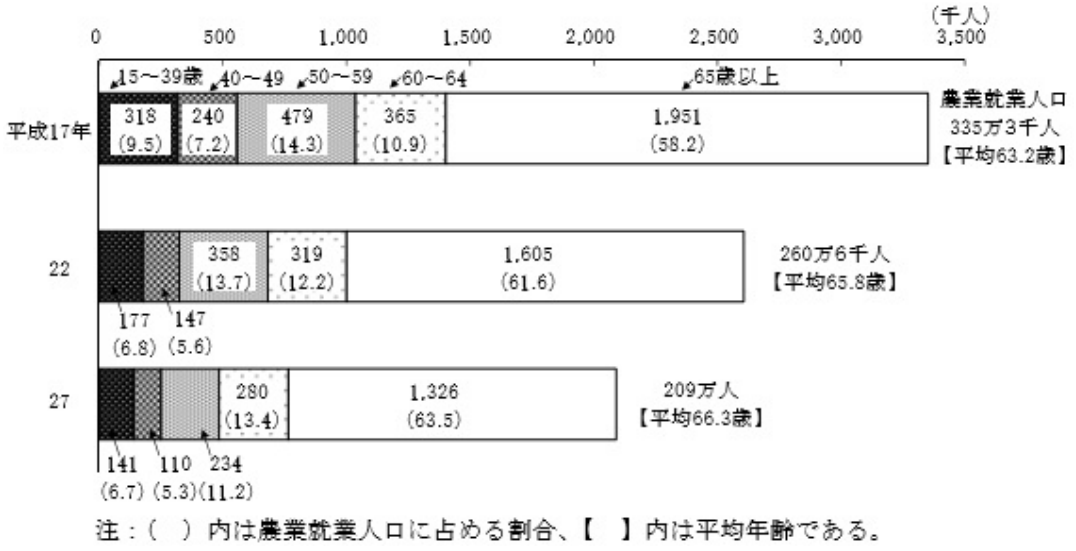


図 3.3-1　年齢別農業就業人口構成

出典：2015 年農林業センサス結果の概要より

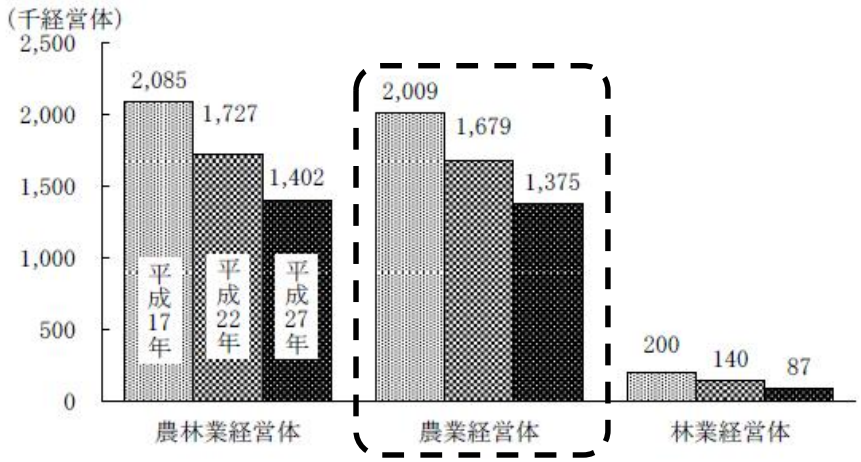
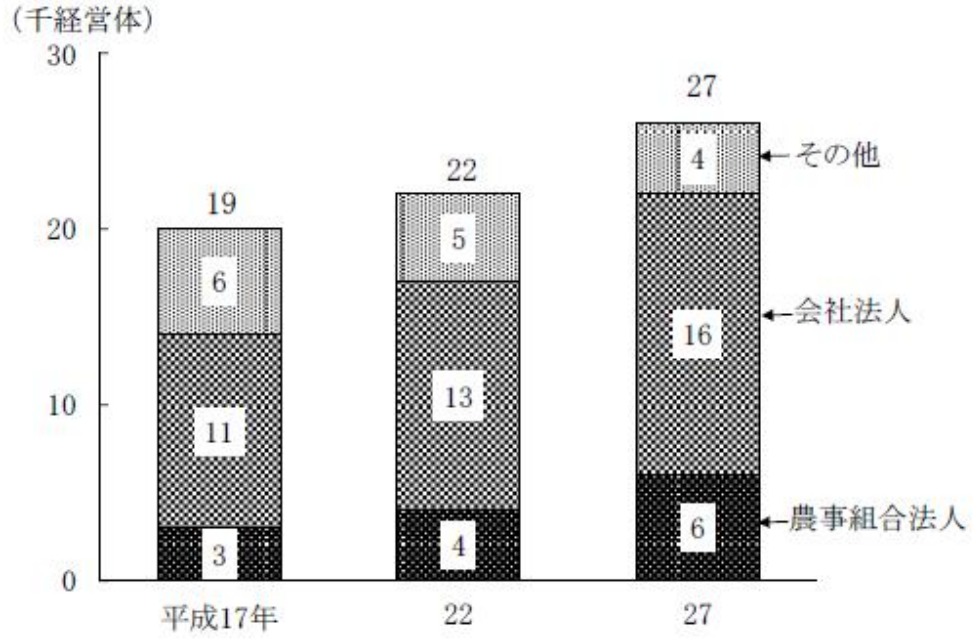


図 3.3-2　農林業経営体数

出典：2015 年農林業センサス結果の概要より



注：　四捨五入のため、計と内訳の積み上げが一致しない場合がある（以下、同じ。）。

図 3.3-3　法人化している農業経営体数

出典：2015 年農林業センサス結果の概要より

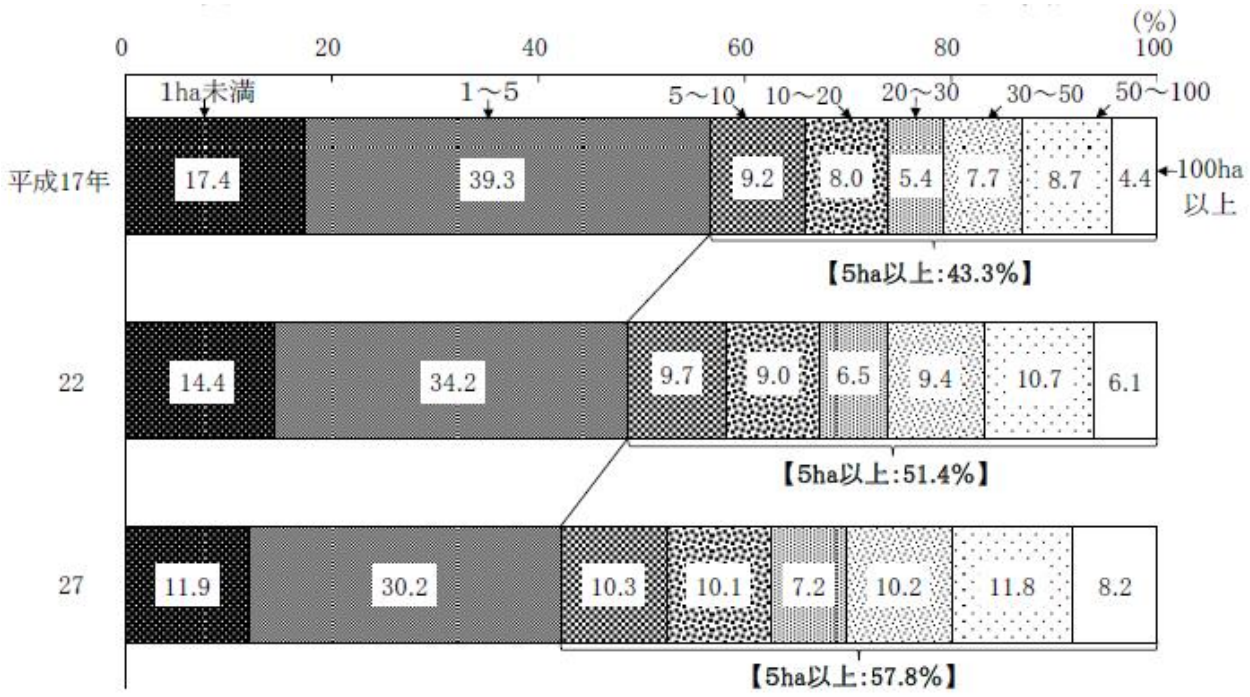


図 3.3-4　経営耕地面積規模別の経営耕地面積集積割合

出典：2015 年農林業センサス結果の概要より

参考･引用文献

1) 総務省：平成 27 年版情報通信白書（PDF 版）
2) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部：世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 27 年 6 月 30 日改定）
3) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部：世界最先端 IT 国家創造宣言工程表（平成 27 年 6 月 30 日改定）
4) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部：農業情報創成・流通促進戦略（平成 26 年 6 月 3 日）
5) 新戦略推進専門調査会農業分科会：農業情報創成・流通促進戦略に係る標準化ロードマップ（平成 27 年 3 月 31 日）
6) 新戦略推進専門調査会農業分科会：農業 IT システムで用いる農作業の名称に関する個別ガイドライン（試行版）（平成 27 年 3 月 31 日）
7) 平成 26 年度農林水産分野における IT 利活用推進調査検討委員会：平成 26 年度農林水産分野における IT 利活用推進調査結果の概要（平成 27 年 3 月）
8) 飛島建設株式会社：ホームページ（高効率植物工場）
http://www.tobishima.co.jp/solution/plant/plant_02.html
9) 株式会社グランパ：ホームページ
http://www.granpa.co.jp/dome.html
10) 旭酒造株式会社：旭酒造と富士通 食･農クラウド「Akisai」を活用した酒造好適米の栽培技術の見える化を開始（平成 26 年 8 月）
https://www.asahishuzo.ne.jp/info/information/item_2055.html
11) 富士通株式会社：栽培実績･環境データの見える化により山田錦の安定調達を目指す［旭酒造株式会社様］
http://www.fujitsu.com/jp/vision/2015/customerstories/asahi-shuzo/
12) 富士通株式会社：食･農クラウド Akisai 農業生産管理 SaaS 生産マネジメントカタログ資料
http://jp.fujitsu.com/solutions/cloud/agri/production_control/product.html
13) 農林水産省：2015 年農林業センサス結果の概要（概数値）（平成 27 年 2 月 1 日現在）（平成 27 年 11 月 27 日公表）

第４章　水辺の活用による地域の活性化

「舟遊び」は古くは万葉集に登場し、平安時代には貴人が船上で漢詩や和歌を詠んだり、楽器を奏でるなど雅な時間を過ごしたという。江戸時代に入ると豪商や大名が船で盛んに遊覧するようになり、船も贅をつくしたものになった。当時屋形船は武家のみが使用できたが、庶民も屋根船なる小舟で遊覧するようになり、水辺で遊ぶ文化がしだいに庶民にも広まっていった。明治以降は戦争により屋形船は衰退し、高度経済成長期には水質汚濁によりさらに水辺から人々は遠ざかったが、水質の改善もあって 1980 年代から再び屋形船は息を吹き返した。

図 4-1 吾妻橋下の舟遊び（鳥居清長, 江戸時代 錦絵）

出典：文化遺産オンライン HP

日本人と水辺を楽しむ文化の歴史は古い。地域の資源として本章では「水辺」を取り上げ、水辺を生かした地域活性化について以下に述べる。

4.1　水辺を取り巻く状況

水辺の特徴として、自然の恵みを享受し、暮らしを豊かにする「親水」と水害の脅威から暮らしを守る「治水」の歴史がある。本節では「親水」の事例として、地域の伝統を守り人々の交流を活性化する水辺の利用と、さらなる「治水」が求められる昨今の気象変動を取り上げる。

4.1.1「親水」による地域交流の活性化

広島県北部にあり、島根県との県境に位置する三次市は、江の川、馬洗川、西城川の三川が合流し、古くから山陰・山陽の交易の地として知られている。三次市は、「三次市三川合流部周辺河川環境整備計画（平成 22 年 3 月）」に基づき、三川それぞれの個性を活かしたかわまちづくりに取り組んでいる。例えば、「高水敷のグラウンドでのレクリエーション」や「花火大会」、「馬洗川まつり」など日常的な利用や地域のイベントに加え、440 有余年続く「鵜飼」など観光資源、さまざまな人々の交流の場、憩いの場として水辺が積極的に活用されている。かわまちづくり推進のため、国土交通省の「かわまちづくり支援制度」に登録し、これまでに街灯の整備や護岸整備がすでに完了している。

本整備計画では、子どもたちが安全に利用できる水辺空間の創出を重要プロジェクトの 1 つと位置付け、「三次市八次子どもの水辺（水辺の楽校構想）」として国土交通省の協力の下、馬洗川の水質調査や外来植物種調査などの環境学習や、郷土学習、子どもたちよる河川敷の清掃等の取り組みが進められている。児童を対象とした自然体験活動に関するアンケートの結果、**表 4.1.1-1** のように川の活動や遊びでは、アウトドア利用を求める声が多く、また、改善点については、生き物や人が利用しやすく、安全な水辺空間を求める声が多い。これらの意見は、**表 4.1.1-2** や**図 4.1.1-1** の八次地区の水辺の楽校整備内容に

表4.1.1-1　自然体験活動プログラムに関するアンケート結果

質問1	馬洗川でどのような活動・遊びをしたいか	質問2	馬洗川をどんなふうにしたら良いと思うか
多かった回答	①魚とりや魚釣りをしたい	多かった回答	①川をきれいにして、魚がたくさんすめるようにする
	②カヌーやボートにのったり川くだりなどをしたい		②トイレや水飲み場をつくる
	③キャンプやバーバキューをしたい		③川のほとりを安全にして、だれでも歩きやすいようにする

出典：三次市八次子どもの水辺より作成

表4.1.1-2　整備主体と整備内容

整備主体	整　備　内　容
国土交通省	①護岸、②浅瀬、③ワンド、④水量標（水位計）、⑤管理用通路や階段、 ⑥注意看板
三次市	①東屋、②トイレ

出典：三次市八次子どもの水辺より作成

図4.1.1-1　八次地区の水辺の楽校整備内容

出典：三次市八次子どもの水辺

反映されている。三次市八次では、官民連携して水辺の伝統行事や環境保全、安全な利用が推進されており、子どもからお年寄りまで幅広い世代が水辺を介して交流できる場となっている。

今後、全国を1km²毎の地点でみた場合、現在の居住地域の6割以上で人口が半分以下に減少し、2割の地域では無居住化することが予想されている。地域の歴史や豊かな環境を

将来に伝え続けるためには、三次市八次のように関係者間の連携を深め（**図4.1.1-2**）、子供たちに地域の特性を伝え、次の時代を支える人材育成の仕組み作りが大切である。そして、次に述べる水辺のリスク管理も含めて地域として取り組むことが、水辺を介して多様な連携を維持する上で重要である。

図4.1.1-2　安全利用に関する関係者間の連携

出典：三次市八次子どもの水辺

4.1.2　新たに求められる「治水」と技術開発

2015年の世界の年平均気温偏差（1981～2010年の30年平均値を基準値とし、平均気温から基準値を差し引いた値）は、+0.40℃で統計を開始した1891年以降では最も高い値となる見込みである。世界の年平均気温は、長期的には100年あたり0.71℃の割合で上昇している。一方、我が国の年平均気温偏差は+0.63℃で、統計を開始した1898年以降では4番目に高い値となる見込みである。近年、世界と日本で高温傾向にある原因としては、CO_2などの温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化の影響が指摘されている。また、世界と日本

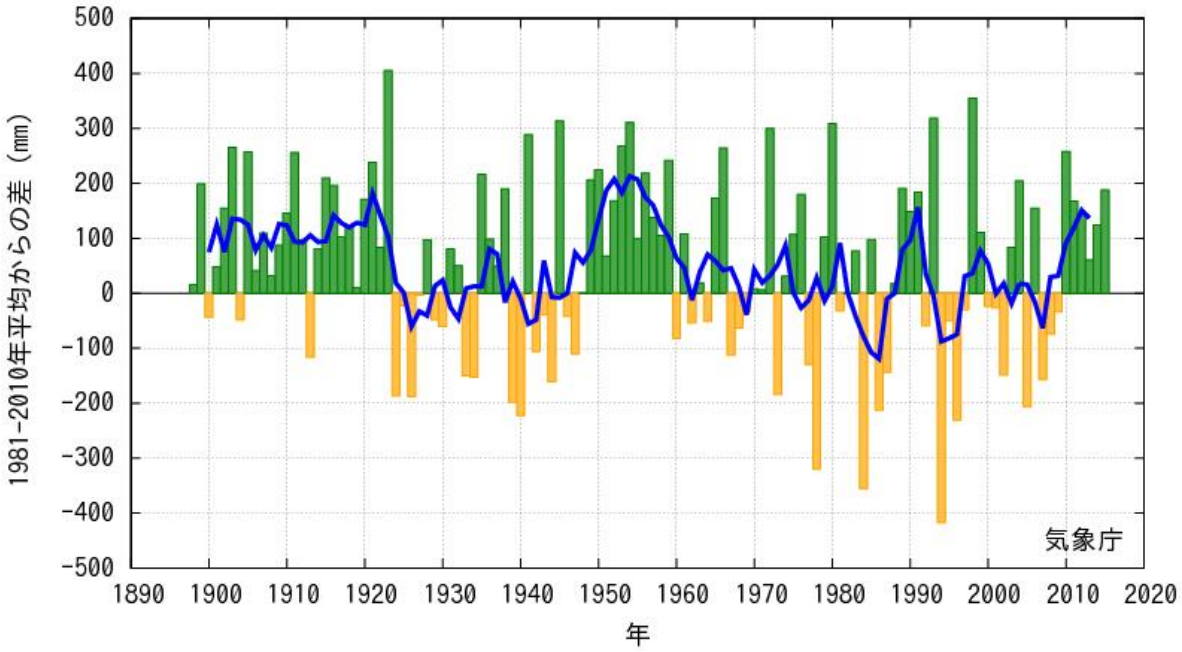


図4.1.2-1　日本の年降水量偏差の経年変化（1898～2015年）

出典：気象庁　各種データ資料

の平均気温は、数年～数十年程度の時間規模で繰り返される自然変動の影響も受けて変動しており、2015年の世界の年平均気温が高くなったのは、2014年夏から続いていたエルニーニョ現象が2015年春以降さらに発達したことが要因の一つとされる。

我が国の気候変動は、気温に加え、台風の数や豪雨などからも実感される。**図4.1.2-1**（棒グラフは各年の年降水量の平年差（平年値からの差）、実線は5年移動平均を示す。平年値は1981～2010年の30年平均値）に示すように2015年の年平均降水量（国内51地点で観測された降水量から計算）は、1981～2010年平均基準の対する偏差は+187.8mmで、1898年の統計開始以降、年ごとの変動が大きくなる傾向にある。

2015年9月、堤防が約200mにわたり決壊するなど、鬼怒川の氾濫で常総市の約1/3に相当する約40km²が浸水し、多くの家屋が流出した。「平成27年9月関東・東北豪雨」と命名された同大雨は、台風18号から変わった低気圧と台風17号の影響により、南北に連なるライン状の降水帯が次々と発生し、関東と東北で記録的な大雨となった。9月7日から11日までに観測された雨量は、栃木県日光市今市647.5ミリ、宮城県丸森町筆甫536.0ミリなど、9月に降る平年の雨量の2倍を超える大雨となった。

国土交通省は水災害分野における気候変動適応策として**図4.1.2-2**を示している。すでに、極端な雨の降り方が顕在化しており、時間雨量50ミリ以上の発生件数が約30年間で約1.4倍になっている。21世紀末には、大雨による日降水量が全国平均で10.3～25.5%増加すること、全国の一級水系において、施設計画の規模を上回る洪水の発生頻度が約1.8～4.4倍に増加することがそれぞれ予想されている。このような気候変動による外力の増大や頻発化に対して、海外ではすでに気候変動適応策を実施しており、我が国においても「外力が増大した場合に、できるだけ手戻りなく施設の追加対策を講じられる工夫」、「施設の能力を上回る外力に対しても減災効果を発揮できる工夫」が早急に推進すべきとされている。

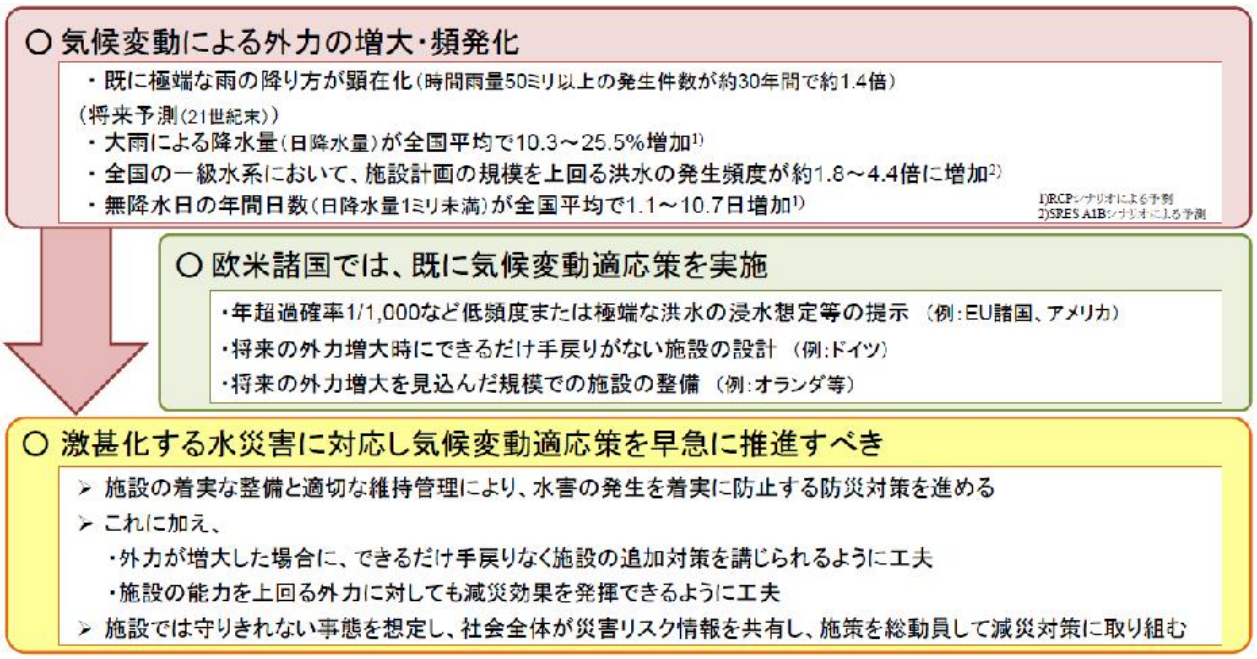


図4.1.2-2　水災害分野における気候変動適応策

出典：国土交通省 HP

表4.1.2-1　整備主体と整備内容

水害に対する適応策	比較的発生頻度の高い外力に対する防災対策		・できるだけ手戻りのない施設の設計 ・施設計画、設計等のための気候変動予測技術の向上 ・海面水位の上昇の影響検討 ・土砂や流木の影響検討 ・河川と下水道の施設の一体的な運用
	施設の能力を上回る外力に対する減災対策	施設の運用、構造、整備手順等の工夫	・様々な外力に対する災害リスクに基づく河川整備計画の点検・見直し ・決壊に至る時間を引き延ばす堤防の構造 ・既存施設の機能を最大限活用する運用 ・大規模な構造物の点検 ・氾濫拡大の抑制と氾濫水の排除
		まちづくり・地域づくりとの連携	・災害リスク情報のきめ細かい提示・共有等 ・災害リスクを考慮した土地利用、住まい方 ・まちづくり・地域づくりと連携した浸水軽減対策 ・まちづくり・地域づくりと連携した氾濫拡大の抑制
		避難、応急活動、事業継続等のための備え	・的確な避難のための取組 ・円滑な応急活動、事業継続等のための取組

出典：国土交通省 HP を基に作成

いずれも、今後の技術開発が急務であり、地域の特性を踏まえた対応策を選定する必要がある。たとえば、施設の能力を上回る外力に対しては、これまでの取り組みにさらに①施設の運用、構造、整備手順等の工夫、②避難、応急活動、事業継続等のための備えに加え、③まちづくり・地域づくりとの連携も今後の強化すべき対応策とされる。

よって、対応策③は、先に述べた三次市のかわまちづくりともつながるものであり、水辺を生かすためには対象となる水辺の親水と治水の両面の特徴を捉えることが重要である。そして、地域固有の歴史や魅力を有する水辺を未来に伝えていくためには、水害からまちを守る技術の開発と､水辺を豊かな人々との交流の場として持続的に活用するバランスが、水辺による地域活性化のカギと考える。

4.2　水辺活用の事例

4.2.1　海外における事例

1)　運河を泳げる「川のプール（Flussbad)」へ

今から100年以上前、ドイツのシュプレー川は、人々が泳げるほどの水質であった。しかし、東西の分断や水質汚濁により近年は人が泳ぐこともなく、毎年の維持管理にベルリン市は年間数億円を投じている。そこで以前のように川に活気を取り戻すプロジェクトが、市民によって立ち上げられた。同プロジェクトは、魚や野生動物が生息する①自然ゾーン、植物と砂ろ過により川の水質浄化をする②ろ過ゾーン、③水泳ゾーンの3つのゾーンを新たに創出するものである。②のろ過ゾーンで浄化された水はパイプで③

のオリンピック用サイズのプール17個分のプールへ送られ、清浄な水質を保つためにプールは毎日水洗いされる計画だ。ろ過ゾーンでは、毎秒132ガロン（約29,000m³）の汚染水が浄化されるという。1年中川で遊んでもらうために、更衣室やシャワー、ロッカーの設置も予定されている。プロジェクトは立ち上げから13年目の2011年、Holcim Awards for Sustainable Constructionの金賞受賞をきっかけに大きく動き出した。ドイツ連邦政府は、同計画を2014～2018年の国家プロジェクトと位置付け、ろ過装置の開発費としてドイツ連邦政府から260万ユーロ、ベルリン市から140万ユーロが提供された。現在年間30ユーロを会費とする会員約200人から成る団体・Flussbadへ成長している。プロジェクト全体の実現には、より多くの人から理解を得る必要があり、時間がかかると予想されているが、会員が実際に川を泳いでＰＲするなど、多様な年齢層への発信が積極的に行われている（**写真4.2.1-1**）。

写真4.2.1-1　シュプレー川で水泳を楽しむ市民

出典：ミズベリング HP

2)　各種海外事例

さらに世界の大都市では、都市を代表する河川と周辺のまち並みが一体となった美しく歴史のある空間を形成してきた。**表4.2.1-1**は、現在に至るまでさまざまな取り組みを継続し、水辺の魅力拡大に努めてきた海外事例である。たとえば、アメリカのサンアントニアでは一時ゴーストタウン化した時期もあったが、川の科学的データを提供する機関が行政と市民の仲介役となり、効率よく川の再生を進めている。その背景には、PID（Public Improvement District)とよばれる資金集めの手法があり、エリアに再投資して街を豊かにする仕組みがうまく機能している点に注目する必要がある。PIDは自治体によってつくられる特別地区に改善の目的に応じて資金が提供される仕組みである。改善の対象となるのは、水や廃水および排水、健康や公衆衛生、道路、駐車、図書館、公園、公安とセキュリティ・サービスなど幅広く、これらへの資金援助は税制上のメリットがあり、納税者にとっても有利となる。

表4.2.1-1　海外の水辺利用の事例

場　所	取り組みの概要	進める上でのポイント
アメリカ サンアントニオ	・街の中心部を貫通するリバーウォークによって、年間1000万人以上の観光客を引きつける長期滞在型観光都市となっている。 ・一時はゴーストタウン化した時期があり、1960年代から、市民参加により川の再生が始まった。 ・「ボイス・オブ・サイエンス」の視点を重視。意思決定に必要な科学的なデータを生成する機関リバー・オーソーリテが、行政と市民の仲介役となり、予算や出資比率と内訳、経済効果のデータを公開。	・市民のイニシアティブがなければ、長期的なプロジェクトは不可能。 ・エリアマネジメントでは、PID（public Improvment Dsitrict)とよばれる手法を使い、ダウンタウン地区のビジネスオーナーから資金を集め、エリアに再投資して街を豊かにする仕組みなどを行っている。
バンコク	・川辺のほとんどがゲートとフェンスで覆われており、公共空間としてアクセスできる空間はたったの14.7%しかないということであった。 ・水辺のパブリックスペースが非常に少なカッタガ、道路・鉄道の再整備があり、川を戦略軸としたバンコクの再生マスタープランが立ち上がった。 ・アクセシビリティの可能性をオープンにするために、まず1.2kmの遊歩道を川辺につくった。	・寺院や政府など公共系の建物が土地の85%を占めているので、開発が進めやすいという利点があった。
パ　リ	・21世紀になって、交通や文化、レジャーなどいろんな活動をミックスしたセーヌ川の水辺都市空間を作ろうということになった。 ・1996年からまず日曜だけ高速道路を開放するという社会実験を通して、2002年からは一夏、高速道路をビーチに変えるまでに至った。	・実際に社会実験してみる、そしてその効果を人びとに知ってもらい、共感を得て、継続的に都市変革を進めていくという

出典：ミズベリング HP を基に作成

4.2.2　我が国の水辺活用事例

1)　河川における事例

近年、我が国においても豪雨等による災害を契機に防災・減災対策や老朽化対策の重要性が再認識されている。これらを水辺とまちのあり方を変えるまたとないチャンスと捉え、水辺とまちの未来のかたちをデザインし、「つくる」だけでなく「育てる」ことを視野に入れた持続可能な未来の創造に貢献しようというのが、国土交通省の「水辺とまちの未来創造プロジェクト」である。同プロジェクトでは、①まちにある川や水辺空間の賢い利用、②民間企業等の民間活力の積極的な参画、③市民や企業を巻き込んだソーシャルデザインがキーワードとなっている。

また、かつての賑わいを失ってしまった日本の水辺の新たな活用の可能性を創造していくプロジェクト・ミズベリング「水辺＋RING（輪）」・「水辺＋R（リノベーション）＋ING」は、市民や企業、行政が連携して水辺とまちの美しい一体化を実現しようという活動である。**図4.2.2-1**に示すように、すでに各地へその取り組みが広がっている。

2)　海域における事例

かつて白砂青松と評された我が国の沿岸域を代表する自然風景は、昭和45年前後の高度経済成長期ころから変わり続け、人と海の関わり方も変えてしまった。近年、森から海までの生態系のつながりの分断が、沿岸域の生物生産力や生物多様性の低下となって現れたことから、森から海までの健全な物質循環の再生が重要課題とされている。

「里海」は、人が手を加えることで海を健康にし、豊かにするメカニズムとして知られる。「里海」は、これまで壊れた自然を回復させるには、できるだけ人を遠ざけるべ

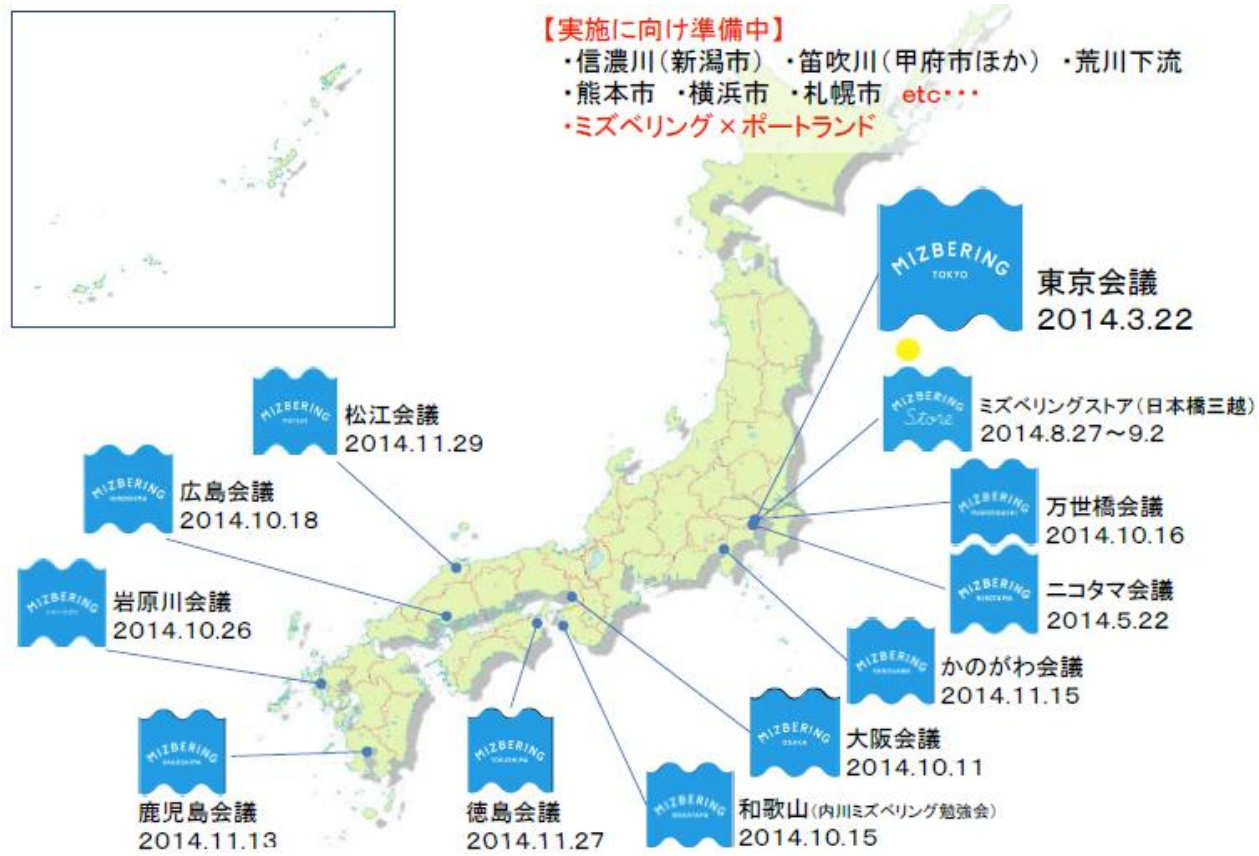


図4.2.2-1　各地に広がるミズベリングの輪

出典：国土交通省HP

しとされてきた世界の常識に衝撃を与えた。日本発信の「SATOUMI」は現在世界で使われる言葉となった。環境省は里海づくりにおいて5つの要素に着目している。「生態系」、「物質循環」、「ふれ合い」を保全と再生を支える3つの要素とし、実践を支える2つの要素として「活動の場」、「活動の主体」を挙げている。

岡山県の備前市日生町では、漁獲不振の原因を海草のアマモの消失と捉え、今から30年前にその再生に着手した。アマモは浅い海域に生育する顕花植物で、パッチ状に分布してアマモ場をつくり、沿岸域のさまざまな魚介類の隠れ場所や餌場、産卵場として機能するものである。このため、アマモ場の回復は沿岸域の生態系再生に重要な役割を果たすことが知られている。日生町では地元の日生漁業協同組合が中心に、毎年アマモの種子を採取して播種し、カキ殻を用いた海底の底質改善も行い、他の瀬戸内海の環境保全団体とも協働しながら活動を続けている。同組合の活動はついに30年を迎え、アマモ場は最盛期の1/3、約200haまで再生された。このアマモ場再生の活動は、地元の活性化に留まらず、全国の海域再生に取り組む市民団体や研究者など多様な主体に大きな影響を与えている。「活動の主体」が情熱をもっと長きにわたりアマモ場創出に取り組んできたことに加え、さまざまな人々を良い意味で巻き込んだ結果がこのような成果を生んだと考える。

4.3　水辺活用による地域活性化の課題と展望

4.3.1　水辺活用の主体と人材

全国各地で実施されている水辺活用からさまざまな課題が見えてくる。我が国では、公共の場である河川空間の利用は限られている。しかし、特定区域のみであるが、社会実験として2004年3月より河川敷地占用許可準則を緩和し、これまで民間事業者が主体的に取り組むことができなかった水際の利用が許可された。これは河川敷地をイベントやオープンカフェなどで利用しいという要望に応えて実施されたものである。にぎわいのある水辺空間を創出するためには、時代の要請にさらに柔軟に対応していくことが必要である。海外では、アーティストやクリエイター、さまざまな企業が活躍の場として、水辺を利用することが期待されている。また、行政の管轄が異なることから、水辺と背後のまちづくりが別々に議論され、活動主体として望ましい連携が形成できないことも課題としてよく挙げられる。官民の連携においては、明確なビジョンに基づく役割分担が重要であり、これは都市部との連携においてもあてはまる。さらに、海外の事例にもみられたが、水辺を利用する市民と行政の仲介役であるコーディネーターの存在も重要である。

4.3.2　水辺による地域活性を持続可能な活動へ

水辺を利用した地域活性を持続可能な活動へ展開していくためには、とくに資金調達について工夫が必要である。たとえば、ドイツやアメリカの事例にあった特別課税による資金調達・PID（Public Improvement District)やインターネットを通じて不特定多数の人から資金の出資や協力を募るクラウドファウンディング、民間非営利団体が、活動のための資金を個人、法人、政府などから集めるファンドレイジングなど、新たな仕組みづくりが重要である。

さらに、水辺の活性を持続させるためには、豊かな水辺、安心な水辺を提供するための技術が必要である。先に紹介したドイツのシュプレー川では、できる限りエネルギーを消費せずに人々の水遊びの場を提供する技術支援が、プロジェクトの成功を握っていた。多様な人々が継続して利用できる品質を確保するためには、新たな技術開発も視野に入れる必要がある。

4.3.3　水辺活用による地域活性化の展望

表4.3.3-1に示す訪日外国人を対象にしたアンケート結果から、「自然体験ツアー・農村体験」「日本の歴史・伝統文化体験」「日本の日常生活体験」等、日本固有の自然環境や歴史・文化に係る体験に高い満足度と関心を示していることがわかる。

写真4.3.3-1に示す「富岩運河」は、昭和初期に造成され、富山市東岩瀬港と富山市街地の間に位置し、臨海工業地帯の発展に欠かせない水運を担っていた。当時の一大土木事業で、200t級の船舶の遡航を可能にした。富岩運河は、2.5mの水位差があったが、当時の最新技術を駆使して採用水量調節用の堰を有した閘門が建設された。一方、**写真4.3.3-2**に示すように富山駅前には普段から市民が親しめる水辺があり、水辺が日常生活において身近な存在となっている。このように歴史を今に伝える水辺や日本人が日常的に親しんでいる水辺は、訪日外国人にとっても魅力的な体験の場になると考えられる。

表4.3.3-1　訪日外国人の滞在中に満足したこと

訪日外国人が滞在中に満足したことで85%以上の回答があったもの	
・日本食を食べること	・温泉入浴
・自然・景勝地観光	・ショッピング
・テーマパーク	・その他スポーツ
・舞台鑑賞	・自然体験ツアー・農漁村体験
・日本の歴史・伝統文化体験	・日本の日常生活体験

出典：国土交通省観光庁訪日外国人の消費動向

さまざまな時代の要請により水辺は様変わりしたが、現在もなお水辺は多様な人々の交流の場であり、潜在的な可能性を秘めている。水辺を地域活性に十分生かしていくためには、活動の主体が活動に応じた望ましい連携を確保し、人材を育成することと、資金調達等により持続可能な活動へ展開していくことが大切である。資金調達の仕組みによっては、地域の活性化は国内の都市部との連携にとどまらず、海外の都市との連携も十分あり得ると思われる。日本人が長年守ってきた水辺の歴史や親しみの文化、治水や水運の技術は、訪日外国人の目を通して、私たち日本人にその重要性を再認識させてくれるのではないだろうか。

写真4.3.3-1　歴史ある水辺の活用

写真4.3.3-2　富山駅前の水辺

参考・引用文献

1)　文化遺産オンライン　http://bunka.nii.ac.jp/heritages/detail/47695
2)　屋形船東京都協同組合　http://www.yakatabune-kumiai.jp/history/history.html
3)　国土交通省HP
http://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/gakkou/img/mizubekousou.pdf
4)　文部科学省 気象庁 環境省『日本の気候変動とその影響』（2012年度版）2013年3月
5)　MIZUBERING http://mizbering.jp/
6)　国土交通省観光局HP
http://www.mlit.go.jp/kankocho/siryou/toukei/syouhityousa.html

第５章　生物資源を主眼とした地域活性化に関する指標化

農山漁村地域は農林水産業を生産の基盤として人の生活と経済活動が成立する地域である。一方で、例えば農業は食料を供給する役割だけでなく、農地を含めた里山としての、国土の保全、水源のかん養、自然環境の保全、良好な景観の形成、文化の伝承等さまざまな役割を有しており、これらの役割による効果は地域住民をはじめ国民全体が享受し得るものである[1)]。

このような考えに基づき、2012 年度においては、**図 5.1** に示すように、「生物資源」を森林、農地などを含めた生物の総体かつ農山漁村地域の持つ機能の主体として捉え、生物資源をとりまく保有機能について調査を行った[2)]。さらに、2014 年度においては、生物資源が保有する各種機能は、農山漁村地域において最大限に有効に活用されていることが、地域活性化のための重要な条件であると考え、生物資源が有する各種機能をベースとした農山漁村地域活性化の指標案を提案した[3)]。

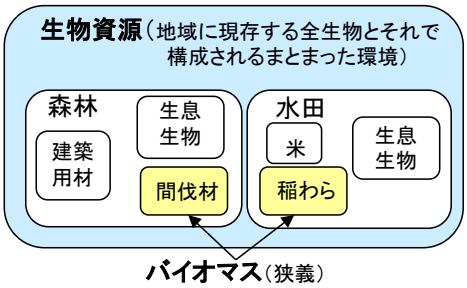


図 5.1 生物資源の模式図

また、2014 年度には「都市」と「里山・里海」および関連する活動主体を介して形成される BCN システムについて、AHP 分析手法を用いてその評価や意思決定に関わる項目を階層化し、数量的な重み付けを試みた。ここで、BCN（Bio Community Network：バイオコミュニティネットワーク）システムとは、6 次産業化の基盤となる生物資源（バイオ）の価値をより高度に認識したうえで、人・もの・経済・情報の流れの範囲（コミュニティ）をその地域内で完結させるのではなく、その周辺地域や都市との連携を図る（ネットワーク化）ことによって人・もの・経済・情報の流れを成立させるべきである、という考え方である。また、AHP 手法とは、ある総合目的に対して多様な評価項目に基づいて意思決定する際に、その評価や意思決定に関わる項目を階層化し、知識経験や勘などをもとに数量的に重み付けを行うことによって、具体案（代替案）を提示するための手法である。

その結果、生物資源を介した都市と地域における関係性を表すいくつかの代表的な指標に対して重み付けがなされた[3)]。

以上の結果を踏まえて、2015 年度は、生物資源を主眼とした農山漁村の地域活性に関わる指標の内容を再精査し、新たな指標項目の抽出と重み付けを伴った評点化を試みた。さらに、この評点化の手法を用いて、複数の実在地域（地方自治体の市町村レベル）への評価の適用を試み、各地域の特性や地域間の差異を認識するとともに、本評価法の意義と課題を提示した。

5.1　生物資源の保有機能および BCN に関わる項目の重み付け

5.1.1　経済評価額に基づく生物資源の保有する諸機能の重み付け

前掲の**図 5.1** に示したような、新たな視点でとらえられる生物資源については、それから人がどのような恩恵を被ることができるかが重要となるため、2012 年度には生物資源をとりまく保有機能について調査を行い、**表 5.1.1-1** に取りまとめて展開し、それぞれの機能に対し、諸機関で試算された経済評価額を併記した[2)]。2015 年度には表に示された経済

評価額をもとに、諸機能の重み付けを実施した。すなわち、**表 5.1.1-1** において、各保有機能の経済評価額の計を総額で除した値と各次の機能項目数から求められる単純平均との差を 1 から加減し、その数値を重み付け値とした。たとえば、土壌浸食防止機能であれば、**表 5.1.1-1** 中の数値をもとに、重み付け値は、(284,310／1,350,748)－(1／39)＋1≒1.2 となる。このようにして得られた重み付け値を**表 5.1.1-2** に示した。

表 5.1.1-1　生物資源の保有する機能と経済評価額試算例 [2)]

生物系資源としての保有機能			森林の経済評価額（億円）[1)]	農業･食料関連産業の経済計算（億円）[2)]	農業･農村の経済評価額（億円）[3)]	漁業･漁村の経済評価額（億円）[4)]	計
1次（3項目）	2次（14項目）	3次（39項目）					
調整･保全機能（生物系の存在そのものもしくは存在する場としての機能）	大気系調整	気候緩和			105		105
		CO_2吸収･固定	12,391				12,391
		大気系浄化			99		99
	土壌系調整	土砂崩壊防止	84,421		1,428		85,849
		土壌浸食防止	282,565		1,745		284,310
		土壌流出防止					
		土壌系浄化					
	水系調整	洪水緩和	64,686		28,789		93,475
		水源涵養	87,407		12,887		100,294
		流況安定					
		水系浄化	146,361			68,582	214,943
		波浪制御					
	生態系保全	生物生産･生息					
		生物多様性維持					
	疫病制御	生物系全体の疫病制御					
供給機能（生物系が存在する場から人が生物系を採取し、人の糧とする機能）	食糧	一次産物（生物系の直接摂取）		117,000（農･漁業）			117,000
		二次産物（一次産物の加工品）		381,000（関連製造業）			381,000
	水（生物系浄化水）	水（生物系浄化水）					
	健康維持･生活品	一次産物（生物系の直接摂取）					
		二次産物（一次産物の加工品）					
	エネルギー	燃料	2,261				2,261
		熱					
		電気					
	その他バイオマス	生活系残渣					
		農･畜産系残渣			64（食物残渣等の廃棄物処理費用の軽減）		64
		森林系残渣					
		水産系残渣					
感性的･文化的機能（人が生物系の存在そのものもしくは存在する場として感じ、文化的な行動を起こす源となる機能）	五感刺激	景観	22,546（保健･レクリエーション）		22,565（保健休養･安らぎ機能（文化的機能））	13,846（保養･交流･教育機能）	58,957
		保養･療養					
	学習･教育	原体験					
		体験学習					
		自然教育					
		伝統継承					
		生物系調査･研究					
	芸術･レクリエーション	視覚系芸術					
		音響系芸術					
		スポーツ					
		芸能					
	宗教･祭礼	宗教･祭礼					
		（総額）	702,638	498,000	67,682	82,428	1,350,748

出典：
1) 日本学術会議答申「地球環境･人間生活にかかわる農業および森林の多面的機能の評価について」
2) 大臣官房情報評価課情報分析評価室：平成20年度農業･食料関連の経済計算（速報）
3) 農林水産省農業総合研究所：農業･農村の有する多面的機能の経済的評価, 1998. 6
4) 日本学術会議答申「地球環境･人間生活にかかわる水産業及び漁村の多面的な機能の内容及び評価について」

5.1.2　AHP 分析結果に基づく重み付けの再評価

2014 年度には BCN に関わる AHP 分析を実施し、都市、農村およびコミュニティネットワークに関わる諸項目のうち、特に農山漁村の活性化に強く関わる項目に対しては、**表 5.1.2-1** の左列数値のように重み付けられた[3)]。なお、同表には、前述の経済評価に基づく生物資源の保有機能の項目の重み付けと同様の方法で算出された再評価値を右列に併記し、以降は右列の数値をもとに検討を進めることとした。

表 5.1.1-2 経済評価額に基づく生物資源の保有機能の重み付け

生物資源による調整保全機能			1.3
	大気系調整		0.9
		気候緩和	1.0
		CO2吸収･固定	1.0
		大気系浄化	1.0
	土壌系調整		1.2
		土砂崩壊防止	1.0
		土壌浸食防止	1.2
	水系調整		1.2
		洪水緩和	1.0
		水源涵養	1.1
		水系浄化	1.1
	生態系保全		－
生物資源による供給機能			1.0
	食糧		1.3
		一次産物	1.1
		二次産物	1.3
	健康維持･生活品		1.0
	エネルギー		0.9
	その他バイオマス		0.9
		農･畜産系残渣	1.0
生物資源による感性的･文化的機能			0.7
	五感刺激		－
	学習･教育		－

5.2　地域活性化に関わる指標の再評価

生物資源が有する各種機能は、農村地域において最大限に有効に活用されていることが、地域活性化のための重要な条件であると考え、2014 年度には、**表 5.2-1** に示すような、生物資源が有する各種機能をベースとした農村地域活性化の指標を提案した[3)]。

一方で、2015 年度は前節に述べたような生物資源の保有機能や BCN の観点から得られた評価項目を勘案し、**表 5.2-2** に示すような、地域における指標項目（表中の縦軸）を新たに抽出した。さらに、これらの指標項目と生物資源や BCN に関わる評価項目（表中の横軸）との関わりの有無について、二元表形式によって調べた。

その結果、**表 5.2-2** 中に付された○印で示されるように、表中縦軸にある全項目が表中横軸の項目のいずれかと関連していることが確認され、縦軸の評価項目が、生物資源の保有機能や BCN の観点における地域の活性化を代表する指標として妥当であると判断された。

したがって、以降は、対象とする地域における生物資源を主体とした活性度を示す代表項目として、**表 5.2-2** の縦軸にある項目を取り上げることとした。また、それぞれの項目に対して、数値的な尺度を設定することとした。なお、**表 5.2-2** の縦軸にある項目(以下「指標項目」という)について、その属性を表す、より上位となる下記の 4 つのカテゴリーに分類した。

表 5.1.2-1　AHP 分析に基づく BCN に関わる評価項目の重みの再評価

評価軸項目	評価項目	AHP分析による重み(%)	重み付け再評価値
都市での生物資源の活用需要	食糧･水資源	40.4	1.3
	森林木材	10.6	0.8
	エネルギー資源	14.8	0.9
農山漁村での生物資源の活用需要	大気系調整	5.2	1.0
	水系調整	8.3	1.0
	生態系保全	9.8	1.0
	食糧供給	18.0	1.1
	健康維持･生活品	7.8	1.0
	エネルギー資源	8.1	1.0
	農畜産系残渣	4.9	1.0
	感性(五感刺激)	4.5	1.0
	学習･教育	3.7	0.9
コミュニティネットワーク形成関連	交通の便	18.8	1.0
	人的･資金的援助	32.2	1.1
	イベント規模･頻度	23.7	1.0
	地場情報発信	11.8	0.9
	NPO等活動	13.4	0.9

①基本ポテンシャル

地域単位が有する生物資源量、人口構成、経済・財政面におけるポテンシャルを表す。

②観光ポテンシャル

地域単位が有する生物資源に関わる観光資源の質・量と、その利用状況に関するポテンシャルを表す。

③生物資源等関連アクション

地域単位における生物資源の利活用に関わるアクション（行動）の活性度を表す。

④都市間等交流ポテンシャル・アクション

地域単位における他の都市や機関・団体・個人等との交流に関わる物理的（距離・移動時間）ポテンシャルと、実際の交流活動の活性度を表す。

表 5.2-1　生物資源を主眼とした際に「活性化された農村」であるための項目群 [3)]

関連する自然や生物資源の保有機能	地域内での自然や生物資源の恩恵を認めて活用しているか？	自然や生物資源の恩恵を地域外に認めさせ、地域外からの人的・物的・経済的効果を産みだしているか？
調整・保全機能	緑被率の維持	地域外参入者による開発に関わる調整のための制度・システム
	炭素固定源としての森林の管理制度・システム	森林の管理制度・システム運用のための助成
	水系の多自然化事業	多自然化事業に関わる助成
	生物多様性や貴重生物種保全等の地元活動	生物多様性や貴重生物種保全等に関するトラスト・基金等制度
供給機能	農林畜水産物とその他採取物（生産額）	農林畜水産物とその他採取物の地域外への流通（販売額）
	二次加工製品（生産額）	二次加工製品の地域外への流通（販売額）
	6次産業化に関わる具体的な計画とその遂行	6次産業化に関わる地域外からの人的・物的・資金的誘致制度・システム
	水源の確保とその保全	水の販売
		水源税
	地産エネルギーとその自給	地域外へのエネルギー提供・収入
	FIT収入	
	バイオマス残渣の活用	バイオマス残渣処理費に関わる助成
	バイオマスタウン等の計画とその遂行	バイオマスタウン等に関わる助成
感性・文化的機能	自然景勝地等の観光資源	観光関連収入
		景勝地等の観光地保全のための措置（みどり税・観光税等を含む）
	自然教育・体験学習等の制度・システム	都市部などの自治組織等との交流制度・システム
		地域外からの人的誘致・体験制度・システム
	自然や生物資源に関わる地元NPO・企業等の活動	地域外NPOや企業等からの人的・物的・資金的援助等
	自然や生物資源に関わる文化的活動の企画やイベント開催	文化的活動に関する地域外からの人的・物的・資金的援助等
	自然や生物資源に関する地元での研究の題材	自然や生物資源の研究に関する地域外からの研究者や研究費等の確保

表5.2.-2 生物資源に関わる指標項目と各種機能等との関係二元表

		コミュニティネットワーク関連					生物資源による調整保全機能													生物資源による供給機能								生物資源による感性的･文化的機能		
		交通	人的資金的援助	イベント	情報発信	NPO等活動		大気系調整				土壌系調整			水系調整				生態系保全		食糧			健康維持･生活品	エネルギー	その他バイオマス			五感刺激	学習･教育
									気候緩和	CO2吸収･固定	大気系浄化		土砂崩壊防止	土壌浸食防止		洪水緩和	水源涵養	水系浄化			一次産物	二次産物				農･畜産系残渣			
重み付け掛率	環境経済評価額より						1.3	0.9	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.2	1.2	1.0	1.1	1.1		1.0	1.3	1.1	1.3	1.0	0.9	0.9	1.0	0.7		
	AHP分析結果より	1.0	1.1	1.0	0.9	0.9		1.0							1.0				1.0		1.3			1.0	1.0		1.0		1.0	0.9

指標項目		重み付け掛率																													
基本ポテンシャル	山林原野耕地面積率	1.3						○												○								○		
	老年人口率	1.0																		○										
	全就業者数当り課税対象所得	1.3		○																○	○	○	○		○					
	第1次産業就業者数当り農業産出額	1.3																			○	○								
	財政力指数	1.1		○																○										
観光ポテンシャル	自然系観光地影響度	1.0																	○	○								○	○	
	年間観光客数	1.0	○		○	○																						○	○	
	年間観光関連収入･消費額	1.0			○	○														○								○	○	
	宿泊業･飲食サービス業の事業所数	1.0	○		○	○														○								○	○	
	自然系名産品数	1.3				○														○	○	○	○	○						
	道の駅箇所数	1.3	○		○	○														○	○	○	○	○				○	○	
生物資源等関連地域アクション	自然環境保全･再生等施策･実施	1.2											○	○	○	○	○	○	○	○								○	○	○
	6次産業化アクション	1.3		○		○	○													○	○	○	○	○	○	○	○			
	地産型再生可能エネ(電力)導入容量	1.0																							○	○	○			
	地産型再生可能エネ(熱)利用量	1.0																							○	○	○			
	バイオマスタウン構想	1.0																							○	○	○			
	バイオマス利活用状況	1.0																							○	○	○			
	地域活性関連定期開催イベント	1.0			○	○	○																					○		
	自然保全活動等団体数	1.0			○	○	○																							○
都市間等交流ポテンシャル･アクション	大都市圏からのアクセス時間	1.0	○																											
	都道府県庁所在地からの距離	1.0	○																											
	自治体間交流	1.1		○																										
	寄付金(ふるさと納税含む)額	1.1		○																○										
	グリーンツーリズム等実施	1.1		○	○	○	○												○									○	○	○
	生物資源系研究サイト	1.1		○		○													○									○		○

：採用箇所を意味する（重み付け掛率が異なる複数の項目が該当する場合は、重み付け掛率が最も高い項目の重み付け掛率を採用した）

5.3　指標項目の尺度設定と個別地域の評点化

5.3.1　指標項目の尺度設定

生物資源に関わる指標項目の尺度については、数字で表せる項目は数字のレンジで、また､数字で表せない項目はインターネット等による情報調査に基づいた言葉の表現により、いずれも5段階評価とした。そして、地域単位として個別の市町村自治体を選定し、これらの評価項目に対する自治体の現況を5段階で評価した。以上に基づいて各指標項目に評価尺度を付した一例として、ある自治体に関する一覧表を**表**5.3.1-1に示す。

表中にあるように、各指標項目に対して5段階評価を行い、その「評価値」に重み付け掛率を掛けたものを「活性指数」とした。表には各カテゴリーでの活性指数の小計を表示し、その総計を「活性指数総点」とし、さらに活性指数総点を百点満点で示した。なお、表に掲げた指標項目のうち､観光客･観光収入および再生可能エネルギーに関する統計値が公表されていない自治体が多かったので、これらの項目（薄字の部分）については活性指数総点としては取り込まなかった。また、寄付金については自治体の財政規模に比較して非常に少額であり、評価尺度として勘案するには時期尚早と判断し、活性指数総点としては取り込まなかった。その結果、表中の「評価値」の欄におけるハッチングの部分の数値が「活性指数総点」として取り込まれている。

表 5.3.1-1　各指標項目の評価尺度と実際の評点化の例（中部地方 H 村）

指標項目		数値	単位	評価尺度					評価値	重み付け掛率	活性指数	
				1	2	3	4	5				total
基本ポテンシャル	山林原野耕地面積率[1]	72.1	%	<50	50～60	60～70	70～80	80≦	4	1.3	5.2	16.9
	老年人口率[2]	26.9	%	>35	35～30	30～25	25～20	20≧	3	1	3	
	全就業者数当り課税対象所得[2]	1,968	千円/人	<1,500	1,500～2,000	2,000～2,500	2,500～3,000	3,000≦	2	1.3	2.6	
	第1次産業就業者数当り農業産出額[2]	2,874	千円/人	<1,500	1,500～2,000	2,000～2,500	2,500～3,000	3,000≦	3	1.3	3.9	
	財政力指数[2]	0.36		<0.3	0.3～0.4	0.4～0.5	0.5～0.6	0.6≦	2	1.1	2.2	
観光ポテンシャル	自然系観光地影響度[1]			観光地なし	マイナーな観光地あり	温泉地等あり	県立自然公園あり	国立/国定公園指定	5	1	5	15.5
	年間観光客数[1]	203	千人	<200	200～800	800～1,400	1,400～2,000	2,000≦	2	1	2	
	年間観光関連収入･消費額[1]	1,132	百万円	<200	200～800	800～1,400	1,400～2,000	2,000≦	3	1	3	
	宿泊業･飲食サービス業の事業所数[2]	93		<10	10～40	40～70	70～100	≦100	4	1	4	
	自然系名産品数[1]	10	品	≦5	5～9	10～14	15～19	20≦	3	1.3	3.9	
	道の駅･産直箇所数[1]	2	箇所	0	1～2	3～4	5～6	7≦	2	1.3	2.6	
生物資源等関連アクション	自然環境保全･再生等施策･実施[1]			消極	やや消極	意識している	やや積極	非常に積極	4	1.2	4.8	15.4
	6次産業化アクション[1]			消極	やや消極	意識している	やや積極	非常に積極	2	1.3	2.6	
	地産型再生可能エネ(電力)導入容量[1]	535	kW	<1,000	1,000～4,000	4,000～7,000	7,000～10,000	10,000≦	1	1	1	
	地産型再生可能エネ(熱)利用量[1]		Mcal	<100	100～400	400～700	700～1,000	1,000≦		1	0	
	バイオマスタウン構想[1]			なし		構想のみあり		実施中	1	1	1	
	バイオマス利活用状況[1]			消極	やや消極	意識している	やや積極	非常に積極	3	1	3	
	地域活性関連定期開催イベント[1]	4	件	≦3	4～7	8～10	11～14	15≦	2	1	2	
	自然保全活動等団体数[1]	2	団体	0	1～3	4～6	7～9	10≦	2	1	2	
都市間等交流ポテンシャル･アクション	大都市圏からのアクセス時間[1]	2.5	時間	>5	5～3	3～2	2～1	1≧	3	1	3	17.2
	都道府県庁所在地からの距離[1]	130	km	>100	100～70	70～50	50～30	30≧	1	1	1	
	自治体間交流[1]			なし		あり		積極的に交流	3	1.1	3.3	
	寄付金(ふるさと納税含む)額[1]	4	百万円/年	<10	10～40	40～70	70～100	100≦	1	1.1	1.1	
	グリーンツーリズム等実施[1]			なし		実施		複数個所で積極実施	5	1.1	5.5	
	生物資源系研究サイト[1]			なし		あり		拠点あり積極関与	4	1.1	4.4	

（参考とした箇所）

1)各自治体HP他

2)Softinat製造所：patmap都市情報，http://patmap.jp/CITY/

活性指数総点	65
活性指数総点(100点満点)	58

5.3.2 個別の地域単位による評点化の結果

以上に述べた評価方法に基づき、個別の地域について評点化を行った。個別の地域として、第2次産業に比較して第1次産業が盛んな全国14市町村を選択した。なお、その中には第3次産業としての観光産業が盛んな自治体も含まれている。また、特定の大規模エネルギー産業や大規模製造業等が自治体区域内の経済活動に占める割合の大きなものは除外した。

対象に挙げた自治体とその基本指標を**表5.3.2-1**に、これらの自治体のカテゴリーごとの活性指数とその総点を**表5.3.2-2**に示す。**表5.3.2-1**に示すように、対象に挙げた自治体における面積、人口、所得、財政状況はさまざまであるが、町・村制自治体に比較して市制自治体においてこれらの規模が大きいのは、行政区分上当然のことといえる。

表5.3.2-1 評価の対象に挙げた自治体と基本指標

自治体略称	特 徴	面積 [km^2]	人口 [人]	人口密度 [人/km^2]	課税対象所得 [百万円]	財政力指数
北陸M市	農林水産業	1,174	66,427	57	61,993	0.39
九州H市	農林業バイオマス利活用	666	70,940	107	64,169	0.39
北海道O町	農業、人工増加率大	466	45,085	97	51,623	0.45
北海道S町	林業、バイオマス利活用	644	3,775	6	3,412	0.13
東北S町	農林業、6次産業化	239	33,288	139	32,433	0.4
関東T町	近郊農業、農産リサイクル	71	30,436	429	42,009	0.76
関東H村	林業、都市間交流	105	2,558	24	2,534	0.18
関東H町	観光地	93	13,853	149	19,055	1.51
中部H村	観光地、高原農業	43	7,573	175	8,781	0.36
北陸E町	沿岸漁業	153	23,160	151	26,511	0.33
中国D町	観光地、農林水産業	190	17,491	92	14,705	0.26
四国S町	農林水産、自然資源豊富	642	18,733	29	13,981	0.21
九州S町	干潟干拓農業	99	25,607	257	25,670	0.32
九州K町	島しょ、6次産業化	64	8,519	134	5,915	0.18

表5.3.2-2 各自治体における活性指数

自治体略称	特 徴	基本ポテンシャル活性指数	観光ポテンシャル活性指数	生物資源等関連アクション活性指数	都市間等交流ポテンシャル・アクション活性指数	活性指数総点	活性指数総点 [百点満点]
北陸M市	農林水産業	20	21	21	14	76	67
九州H市	農林業バイオマス利活用	21	21	30	20	92	82
北海道O町	農業、人工増加率大	23	16	14	13	66	59
北海道S町	林業、バイオマス利活用	18	9	20	11	58	51
東北S町	農林業、6次産業化	22	15	19	13	69	61
関東T町	近郊農業、農産リサイクル	26	13	19	16	74	65
関東H村	林業、都市間交流	13	11	22	21	67	59
関東H町	観光地	20	15	17	15	67	60
中部H村	観光地、高原農業	17	16	15	17	65	58
北陸E町	沿岸漁業	18	17	13	15	63	56
中国D町	観光地、農林水産業	16	15	23	17	71	63
四国S町	農林水産、自然資源豊富	14	17	21	15	67	60
九州S町	干潟干拓農業	20	10	19	17	66	58
九州K町	島しょ、6次産業化	12	12	18	15	57	51

そこで、自治体の基本指標と活性指数総点（百点満点）との関係を**図5.3.2-1**に示した。活性指数総点は人口および課税対象所得との間に正の相関関係があり、自治体の経済的規模が活性指数総点に与える影響が比較的大きいことが示された。すなわち、活性指数総点

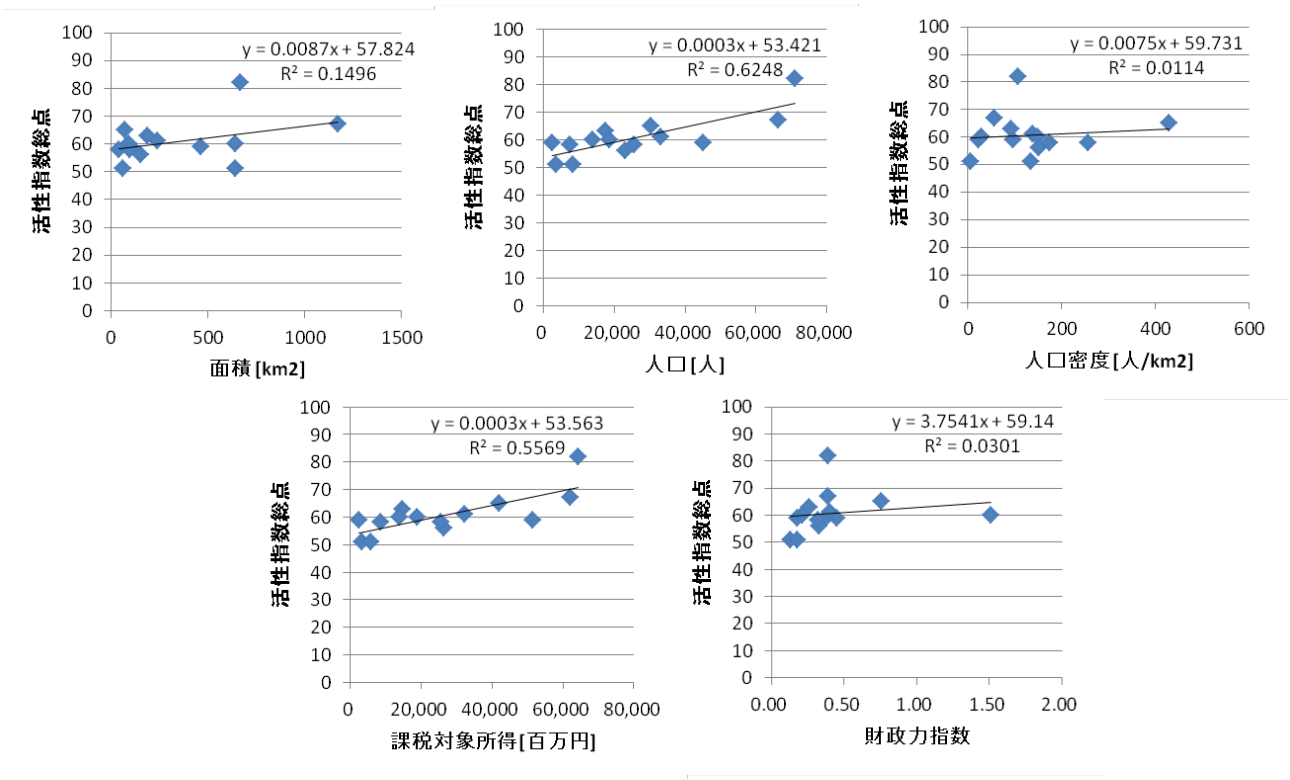


図5.3.2-1　自治体の基本指標と活性指数総点との関係（市町村を対象）

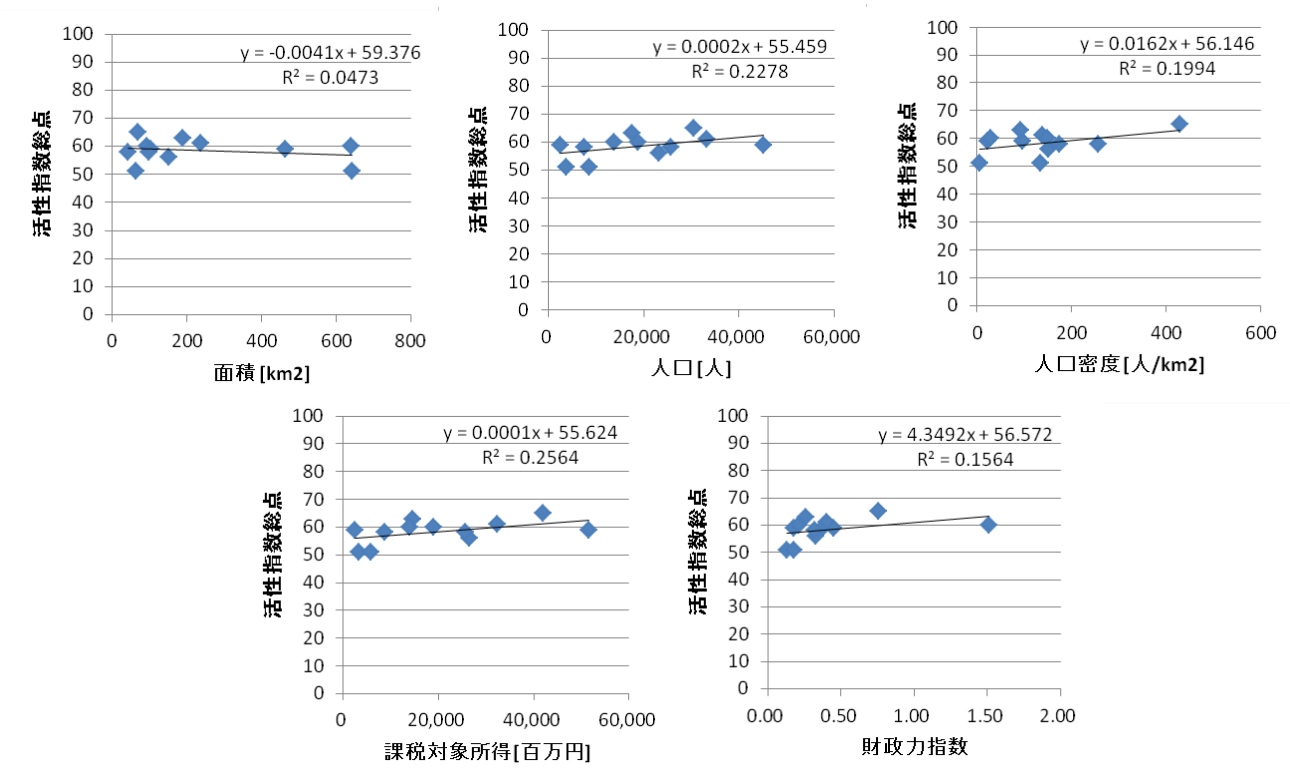


図5.3.2-2　自治体の基本指標と活性指数総点との関係（町村を対象）

は自治体の市制や町･村制による経済的規模の違いで決定される要因が強いことが裏づけられた。したがって、本評価法は例えば市と町村との間で活性指数総点により単純評価するだけでは、あまり大きな意味をなさないと考えられた。

なお、**表5.3.2-1**中の北陸M市と九州H市を除外し、町村のみの対象範囲で基本指標と活性指数総点との関係を示すと、**図5.3.2-2**のようになり、町村の範囲では経済規模による活性指数総点への影響はさほど大きくはなかった。

つぎに、市町村の各自治体について、各カテゴリー内の活性指数の和に対する得点率（得点値を満点値で除した値）をレーダーチャートに表し、特徴別に分類したものを**図5.3.2-3**に示す。以下にカテゴリーの特徴ごとに概要を述べる。

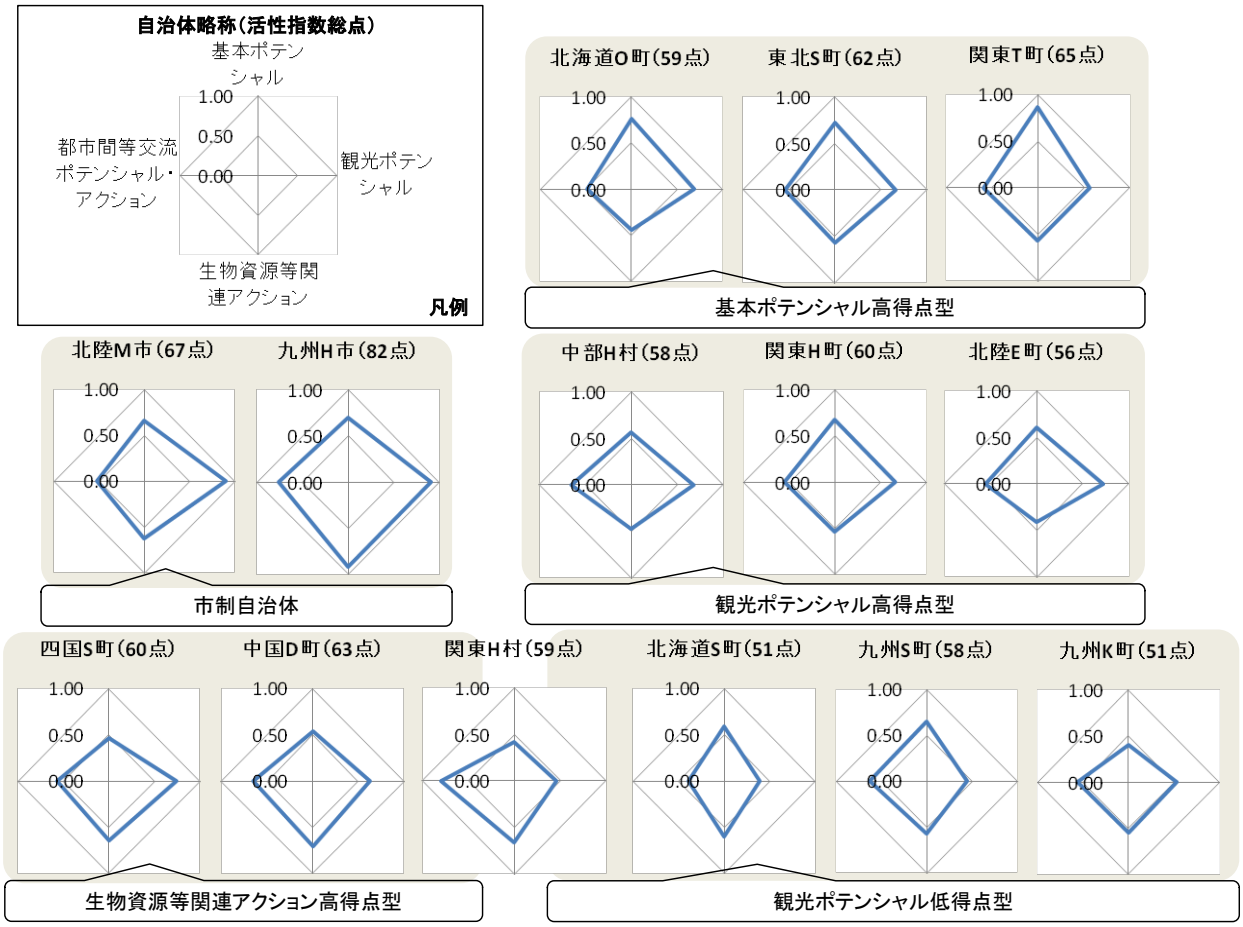


図5.3.2-3　各自治体におけるカテゴリーごとの活性指数の得点率の傾向

1)　市制自治体

市制自治体として、北陸M市と九州H市を調査の対象に挙げたが、前掲の**表5.3.2-1**に示すように、人口、課税対象所得および財政力指数ともに同等であり、経済的規模は類似した自治体といえる。なお、財政力指数とは基準財政収入額を基準財政需要額で除して得た数値の過去3年間の平均値であり、この数値が大きいほど自治体の財政力が高いとされ、1を超えると普通地方交付税の交付を受けない。また、両市とも基本ポテンシャル、観光ポテンシャルの大きさが類似している。特に観光ポテンシャルが高いが、こ

れは両市ともに温泉地を擁し、また、自治体としての観光地インフラや名産品・産地直売を含めた販売･PR等のシステムが町村に比べ充実しているためであると考えられる。

一方で、北陸M市に比較して、九州H市の方が生物資源等関連アクションおよび都市間等交流ポテンシャル・アクションが高得点となり、これが活性指数総点の差となって表れた。九州H市では市を挙げて地域バイオマス利活用に力を入れており、また、都市圏に近いという利点を活かした交流がおこなわれていることが、このような差として現れたものと考えられる。北陸M市ではバイオマスの利活用は一部で先進的に行われているが、これをより広域的に拡充することにより生物資源利活用に関する得点を高め、M市のさらなる発展につながっていく可能性を残しているともいえる。

2) 町･村制自治体

(1) 基本ポテンシャル高得点型

本カテゴリーには北海道O町、東北S町および関東T町が属した。いずれの町も第1次産業就業者数当り農業産出額が高く、農業を主力とした自治体である。また、老年人口率も比較的低く、若い就業者による第一次産業の発展が期待できそうな自治体である。このような観点で、自治体としての基本ポテンシャルは高くなっているが、いずれの町も基本ポテンシャルが高得点であるわりには、他の観光、生物資源利活用、都市間交流のカテゴリーの得点がさほど高くない傾向が示された。代表的な観光地がなく、都市等との交流をとるための仕組みがまだ充実していないことが主因と考えられるが、農を通じた体験等の交流、農業系バイオマスの活用、地元生産物の産地直売、6次産業化の起業など、農業を主軸とした町ぐるみの展開が、さらに自治体としてのポテンシャルを高める可能性を持っているといえる。

(2) 観光ポテンシャル高得点型

本カテゴリーには中部H村、関東H町、北陸E町が属した。いずれの町村も国立公園あるいは国定公園を擁した代表的な観光地である。一方で、中部H村は高原野菜を主体とした農業、北陸E町は沿岸地勢を活かした漁業が盛んであり、また関東H町は第3次産業としての観光に特化した町であり、三者三様である。これらの町村は風光明媚な自然資源である観光要素をさらに外部にアピールし、町村内外からの観光客との交流のパイプを太くするとともに、自然資源から得られる当地特有の産物の付加価値を高めることにより、生物資源利活用や都市間交流等のカテゴリーに関わるポイントを高める可能性を残しているといえる。

(3) 観光ポテンシャル低得点型

本カテゴリーには北海道S町、九州S町、九州K町および関東H村が属した。北海道S町は道内中北部に位置し、今回対象とした自治体の中では最も人口密度の低い町である。また、九州S町は干拓地と干潟の占める割合が大きい町であり、九州K町は島しょ地、関東H村は典型的な山村である。いずれの自治体もこのような地域特性が外部からの人の流入の障壁となり、観光ポテンシャルが低い結果となっている。一方で、北海道S町は循環型の森林経営、徹底したバイオマスの利活用、カーボンオフセットな

ど、町ぐるみによる構想を打ち出している。九州S町は干拓農業を活かした6次産業化やバイオマス利活用をめざし、島しょである九州K町は海洋深層水事業をベースとした6次産業化を推進している。また、関東H村は主産業である林業を活かした木質バイオマスの利活用が盛んであり、後述のカテゴリーである「生物資源等関連アクション高得点型」に属する結果となっている。さらに、関東H村は林業を介して東京都区部の自治体と積極的に体験学習等の交流を図り、「都市間等交流ポテンシャル・アクション」のポイントを高めている。

以上のように、観光面における物理・経済的障壁が大きいこれらの町村においても、その地域が持つ特徴的な生物資源をもとに町や村を挙げての産業や交流機会の育成を図れば、地域反映の突破口となる可能性を有しているといえる。

(4) 生物資源等関連アクション高得点型

本カテゴリーには四国S町、中国D町および関東H村が属された。いずれの町村も自治体としての基本ポテンシャルは大きくはないが、四国S町は清流河川、中国D町は霊峰を擁し、自らが貴重な生物資源となっている。そのため、これら2つの町は観光ポテンシャルとしても比較的高く、相応して都市間交流ポテンシャルも比較的高い。なお、関東H村は(3)において概要を紹介しているとおり、典型的な山村ではあるが、都市部との人的交流を深めていることで特徴的な村である。これら3つの町村で共通的なのは、上記に述べた貴重な生物資源を糧とする農林水産業で産生されるバイオマスが、バイオマスタウン構想等により有効に活用されるシステムが形成されつつあることである。また、6次産業化に結びつく事業形成に向けた取り組みも積極的である。これらの施策をより一層強化することにより、自治体としての基本ポテンシャルそのものを高めていくことも不可能ではないと考えられる。

5.4 本指標化（評点化）の意義と課題

生物資源を主眼とした農山漁村の地域活性に関わる指標の内容を再精査し、改めて抽出した指標に基づいて重み付けを伴った評点化のプログラムを作成し、さらに14か所の実在地域（市町村）への評価の適用を試みた。その結果、1)基本ポテンシャル、2)観光ポテンシャル、3)生物資源の利活用等に関わるアクション、4)都市間等の交流に関わるポテンシャル・アクションの４つのカテゴリーに分類することにより、各自治体の特性や自治体間の差異を認識することが可能となった。それぞれの自治体においては取り上げた指標項目に対して実際に真剣に取り組まれていることは言うまでもなく、インターネット上の情報のみで評点化されるような評価法に対しては心もとないとも印象付けられる。したがって、本指標化法については総合的な評点のみで自治体の取り組みを評価するという使い方ではなく、各々の自治体がどの分野（カテゴリー）について先進的であり、どの分野に対して力を注げば効果的かを客観的に見るための参考ツールとして活用することに意義があるものと考えられる。また、本指標化法はあくまで「生物資源を主眼」としたものであり、この評点が自治体における行政運用のすべてをもの語っているものではない。

今回評点化のために取り上げた指標項目はわずか20項目であり、その中でも客観的な数値で表されない指標もあった。また、自治体によっては公表されていない数値もあり、全

国共通でインターネット上に公表されている指標項目は当初想定していたよりも少なかった。

今後の地方創生や6次産業化といった根幹的な施策に向けては、地域の生物資源の活用を介した交流やネットワーク化が欠かせない。そのためにも、地域における生物資源を主眼とした取り組み行動の活性化とその情報発信を自治体が主体となって行われていくことが強く望まれる。

参考・引用文献

1) 農林水産省 HP：農村地域の活性化
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h18_h/trend/1/t1_t_04.html

2) 一般財団法人エンジニアリング協会：平成 24 年度大震災後のエネルギーベストミックスと新バイオマス社会に関する調査研究報告書＜エネルギー･環境関連分野＞, (2013.3)

3) 一般財団法人エンジニアリング協会：平成 26 年度エンジニアリングアプローチを用いた地域産業の活性化に関する調査研究報告書, (2015.3)

第６章　まとめ

「1 次産業（農林漁業）×2 次産業（製造・加工）×3 次産業（卸・小売・観光）＝6 次産業」という式で表される 6 次産業化は、1 次産業の振興や地域活性化を図る方策として推進されている。具体的には、農産漁村の雇用と所得を確保し、若者や子供も集落に定住できる社会の構築や、農林水産物だけでなく、バイオマス、自然エネルギー、歴史、風景・伝統文化など、さまざまな農山漁村の地域資源を活用した新たな産業の創出による地域の活性化が期待されている。

Ⅱ部では 6 次産業化のキーワードとして「次世代施設園芸」「農業と ICT」「水辺」「生物資源」を取り上げ、持続的な展開において大きな強みとなる「都市部との連携」の視点を持ちつつ調査研究を行った。

第 2 章では地域経済や都市部の食を支えているにもかかわらず、就農者の高齢化や担い手不足などにより､今後の成長が危ぶまれる農業の新たな切り札として｢次世代施設園芸」の調査を行った。｢次世代施設園芸導入加速化支援事業」は、ICT を活用した高度な栽培技術、地域資源の利用のノウハウ、安定した販路の確保等により、所得の向上、雇用の創出を図り、地方創生を目指すものである。次世代施設園芸拠点の一つである(株)富山環境整備を訪問した。一つのハウスの規模が幅 45m×奥行き 100m に及び、ハウス内ではフルーツトマトにとって快適な環境（温度や湿度等）が、約 500 個のセンサーにより常に監視され､｢経験と勘に基づく農業」から「科学に裏付けされた農業」への進化を目の当たりにした。高度な環境制御による高付加価値作物の安定生産やウェラブル機器利用による効率的な作業管理・効率化など「攻めの農業」への転換において、エンジニアリング産業の果たす役割は大きい。

第 3 章では今後農業の法人化が進み、さらなる効率化が求められる結果、企業のような原価や購買の管理が必須となり、システム化のニーズはますます高まると予想する。ICT を導入し、先進的な取り組みを進める全国の農業経営体は、いずれも組織や人材、業務、情報が総合的にデザインされた明確な経営戦略の必要性を指摘している。また、日立クラウドサービスを利用したドーム型の植物工場を取り上げ、コンピューター制御によるレタスの生育環境の最適化や、独自の円形水槽と自動スペーシングシステムによる作業の省力化などが紹介された。農業の高度化、産業化、高付加価値化において、ICT をはじめとするエンジニアリング力が必要不可欠であることを示した。一方、農業経営体毎に異なる課題を抱えている場合が多いことから、ICT の導入が直ちに利益につながらないことも予想される。農家が有するノウハウをいかに有効な情報へ転換できるのか、農業経営体と日本のエンジニアリング力の進化が期待される。

第 4 章ではかつて身近な存在であった水辺を地域の資源として地域活性に生かす方策を検討した。古くから舟遊びなどで親しみのあった水辺は、戦後の高度経済成長期を機に、水質の悪化を伴い、人々から遠い存在となった。しかし、近年、水質の改善とまちとの一

体化や、気候変動に伴う豪雨等による水害は、ある意味で新たな水辺との付き合い方を考える契機となった。国内外の事例から、水辺の活用による地域活性化には、活動主体が既成の枠にとらわれず、望ましい連携を築くこと、市民と行政のコーディネーターとなる人材の育成、持続可能な活動に必要な資金調達の工夫と技術的支援などが課題であることを示した。また、訪日外国人の多くは、我が国の「自然体験ツアー・農漁村体験」、「日本の歴史・伝統文化」、「日本の日常生活体験」に興味を示しいる。水辺はまさに訪日外国人が関心を示すこれらの要素をたくさん有しており、水辺を生かしたおもてなしが地域を活性化の一つのカギとなることを示した。

第5章では生物資源を主眼とした農山漁村の地域活性に関わる指標の内容を精査して評点化を試み、この手法を用いて市町村レベルへの評価に適用し、各地域の特性等を認識するとともに本評価法の意義について提示した。生物資源を主眼とした農山漁村の地域活性に関わる指標に基づいて重み付けを伴った評点化のプログラムを作成し、さらに 14 か所の実在地域（市町村）への評価の適用を試みた。その結果、1)基本ポテンシャル、2)観光ポテンシャル、3)生物資源の利活用等に関わるアクション、4)都市間等の交流に関わるポテンシャル･アクションの４つのカテゴリーに分類することにより､各自治体の特性や自治体間の差異を認識することが可能となった。本評価法については、各々の自治体がどのカテゴリーについて先進的であり、どの分野に対して力を注げば効果的かを客観的に見るための参考ツールとして活用することに意義があるものと捉え、地域における生物資源を主眼とした取り組みの活性化とその情報発信を自治体が主体となって行っていくことの必要性が示された。

以上、2015年度は昨年度に引き続き、6次産業化の今後の展開について検討を重ね、先進事例から見えてくる新たな農業の目指すべき姿や地域資源を活かした地域の活性化における方策について提言をまとめた。改めて、6 次産業化におけるエンジニアリングに課せられた使命の大きさを実感した。本報告が今後各地で展開される地方創生において、少しでもヒントになれば幸いである。最後に、株式会社富山環境整備様には快く調査にご協力いただき､最先端の施設を見学するチャンスと貴重な情報･アドバイスをいただきました。本報告書を作成するにあたり、ご協力いただきました関係各位に心より厚く御礼申し上げます。

あとがき

今年度は、２カ年計画の「エンジニアリングアプローチを用いた地域産業の活性化に関する調査研究」の２年目にあたり、持続可能な循環型社会、低炭素社会の実現に向け、第1WG ではバイオマス技術の活用と普及について調査を行い、第 2WG では地域と都市部との連携による６次産業化システムについて調査活動を実施した。両 WG とも、現地調査によって実態を直接把握し、生の声を聞き、資料調査だけでは得られない一次情報に基づくオリジナルな分析、検討を加えることを重視した。

第 1WG では、木質バイオマスの利用拡大および静脈施設の広域化・高機能化による地域産業の活性化のための課題と対策を整理、提示できた。第一に、木質バイオマスについてはエネルギー利用とマテリアル利用のバランスが鍵となること、およびそのために必要な林業の活性化策を提示した。また、地方社会での熱電併給の有効性、特に熱利用インフラ整備の有効性と現実性を事業採算性の試算を含めて提示した。次に、廃棄物処理施設や下水処理場については、ゴミ中継方式の導入等による広域化や多様な有機性廃棄物の共同処理によるメタン発酵・燃料化技術の適用実現（高機能化）など、人口減少問題への対応策や雇用と所得の増大に繋がる地域産業の活性化策を提示できた。また、バイオマス資源からの水素製造・利活用やバイオリファイナリーの最新動向と課題についても提示した。

第 2WG では、第一次産業を基幹産業としてきた「地域」と、新技術を生み出し、地域の発展を促す役割としての「都市」との連携の必要性を以下のように提示できた。第一には、農業の高度化、産業化、高付加価値化に向けて、ICT の利活用をはじめとするエンジニアリング力は必要不可欠なものになって来て、今後は、生産から流通･販売まで、農業経営管理全般を包含した ICT システムが求められることが明らかにされた。次に、地域や都市を結びつける水辺は、気候変動等による「防波堤」としてその安全性が重要視されるとともに、まちづくり・地域づくりのための活用の可能性が非常に高い場であることが明らかにされた。また、「地域」を代表する自治体を対象に、生物資源に関わる指標に基づく活性化の評価がなされ、都市部との連携を踏まえた生物資源の活用方法の道標が示された。

これら両 WG の活動成果は、今後事例分析、検討を質・量共に深め一般化した上で、対策が必要な個別事例のケーススタディを行うことや、適用法規および関係省庁・部局の政策との適合性などシステム面での検討も深めることで、今後、具体的なプロジェクト提案に繋がるものと期待している。また、提示した課題や対策案が個々のテーマとして発展することも期待している。

本調査研究の成果が、エンジニアリング、建設・土木他各種産業としての社会への貢献に僅かでも寄与できれば幸いである。

最後になりましたが、施設見学、個別ヒアリング、講演会等で貴重なご意見、ご指導を賜りました関係者の方々、および当部会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　神田伸靖

書　名　平成 27 年度
エンジニアリングアプローチを用いた地域産業の
活性化の調査研究報告書
発　行　平成 28 年 3 月 15 日
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　株式会社高山