

平成 28 年度木質バイオマス利用支援体制構築事業

木質バイオマス熱電併給事業の推進のための調査  
成果報告書

平成 29 年 3 月

一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会

# 目 次

1. はじめに.....	3
1. 1. 調査の目的.....	3
1. 2. 調査の流れ.....	4
1. 2. 1. 国内木質バイオマス発電事業の現状確認.....	4
1. 2. 2. 熱電併給事業の実態調査.....	5
1) 質問票による事前調査.....	5
2) 現地訪問・ヒアリングによる個別調査.....	5
2. 木質バイオマス熱電併給の技術.....	6
2. 1. 発電・熱電併給の技術について.....	6
2. 1. 1. 蒸気タービンシステム.....	6
2. 1. 2. ガス化システム.....	6
2. 1. 3. ORC システム.....	7
2. 2. 熱電併給の個別機器の紹介.....	8
3. 国内における木質バイオマス熱電併給の導入実態.....	9
3. 1. 発電・熱電併給の導入状況.....	9
3. 2. 導入事例の調査報告.....	12
4. 木質バイオマス熱電併給の推進と課題.....	18
4. 1. 国内で今後推進が必要な熱電併給のパターン.....	18
4. 2. 木質バイオマス熱電併給事業化のポイント.....	19
4. 2. 1. 熱利用システムの検討.....	19
1) 既存の熱需要をベースに考えた事業構築.....	19
2) 需要サイドのエネルギー利用システムとのマッチング.....	19
3) 熱供給インフラの整備.....	20
4) 相対での売熱契約.....	21
4. 2. 2. 発電技術の選択.....	22
1) 熱利用形態・燃料種・規模に応じた適切な技術選択の必要性... ..	22
2) ガス化発電に関する実績ある機器の選定.....	24
3) 国内でのフォローアップ体制.....	25

4. 2. 3.	燃料調達スキームの構築.....	26
1)	ガス化発電向けの高規格燃料の調達と品質管理.....	26
2)	雑多な燃料も含め地域で安定的に安価に調達可能な燃料の活用..	27
4. 2. 4.	施設の実運用.....	27
1)	熱負荷に応じた出力調整運転.....	27
2)	ユーザーサイドでの燃料の品質管理.....	30
3)	発電施設の監視体制.....	30
4)	メンテナンス等の内製化.....	31
4. 2. 5.	事業採算性の確保.....	31
1)	イニシャルコストの抑制.....	31
2)	燃料調達コスト.....	32
3)	独自の収支シナリオの構築.....	34
4. 2. 6.	地域づくりと一体となった事業形成.....	35
4. 3.	木質バイオマス熱電併給導入モデル.....	37
4. 3. 1.	製材所における木質バイオマス熱電併給導入モデル.....	37
1)	モデル化の前提条件.....	39
2)	費用の考察.....	40
4. 3. 2.	宿泊・温浴施設向けに熱電併給を行う	
	木質バイオマス発電所の導入モデル.....	41
1)	モデル化の前提条件.....	43
2)	費用の考察.....	43
4. 4.	木質バイオマス熱電併給の普及に向けた課題・対応策.....	45
4. 4. 1.	データ・情報の整備・発信.....	45
4. 4. 2.	熱電併給促進のための施策支援・規制緩和.....	45
4. 4. 3.	熱電併給促進の意義を見つめなおす.....	46
5.	まとめ.....	47

# 1. はじめに

## 1. 1. 調査の目的

FIT 制度の施行により木質バイオマス発電の事業化が活発化し、全国で導入が進みつつある。しかしながら多くの事業が発生する熱の利用の無い、発電単体の事業となっている。二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出削減、木質資源の有効活用の観点からは、発生する熱も有効活用し、エネルギー効率の高い熱電併給事業の促進が望まれるところである。一方、全国には FIT 制度施行以前から運用を行っている熱電併給もみられる。

そこで本調査では、既存の熱電併給事業の実態調査を行い、その成功要因や課題について分析し、熱電併給事業の成立要件について整理することを目的とした。

## 1. 2. 調査の流れ

本調査における業務の流れ（インプット）および本成果報告書で述べられる内容（アウトプット）の全体像を図-1に示します。概略として、国内の木質バイオマス発電所に関しデータベースとともに熱電併給の導入状況を分析し、次に事業者への書面による調査・現地視察でのヒアリングを実施した。更に、別調査事業で得られた欧州における熱電併給の情報も加え、調査を進めた。

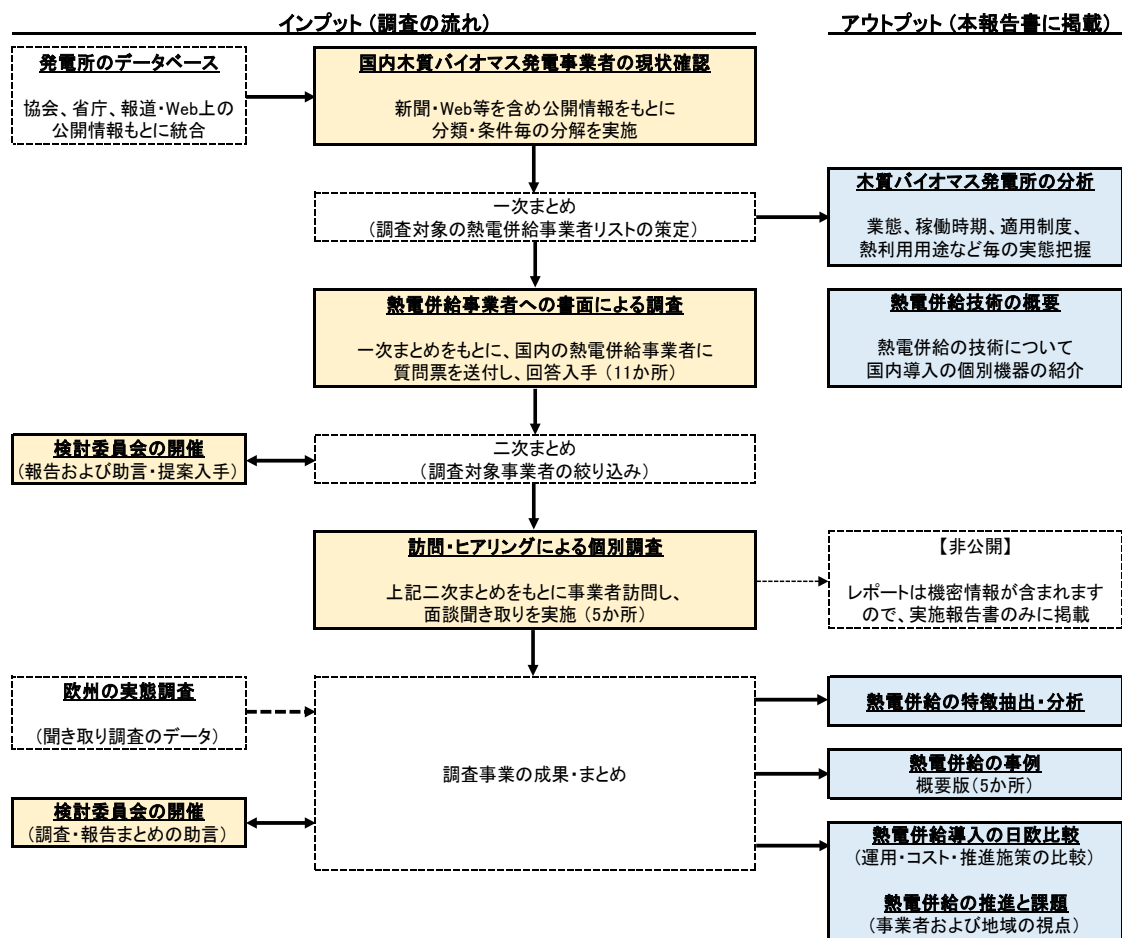


図-1 調査の流れと報告書への記載事項

### 1. 2. 1. 国内木質バイオマス発電事業の現状確認

発電所の現状把握し、発電方式、稼働開始時期、売電における適用制度、熱利用形態などの指標をもとに分解し、国内木質バイオマス発電事業の導入実態を確認した。その分析内容の一次まとめとして、熱電併給の活用パターンや調査対象の事業者案を作成した。

## 1. 2. 2. 熱電併給事業の実態調査

### 1) 質問票による事前調査

国内木質バイオマス発電所の現状確認をもとに選択した事業者に対して、表一1の12事業者に対して質問票を送付し、発電関連、熱利用関連、稼働状況、使用燃料、設備導入、助成の有無、熱電併給導入の背景などの情報を入手した。

表一1 質問票による調査対象

発電所	地域	事業体	設備導入	発電方式	発電出力(kW)	適用制度	熱電併給
A	中部	製材加工等	2003年	蒸気タービン	600	RPS→FIT	有り
B	中国	建材加工	1994年	蒸気タービン	1,650	自家利用	有り
C	中部	製材加工等	2004年	蒸気タービン	230	RPS	有り
D	関東甲信	製材加工等	2014年	蒸気タービン	2,500	FIT	別給
E	近畿	建材加工	2007年	蒸気タービン	6,500	RPS→FIT	有り
F	中部	製紙	2007年	蒸気タービン	4,300	RPS→FIT	有り
G	関東甲信	廃棄物処理	2007年	蒸気タービン	1,650	RPS	有り
H	東北	行政	2010年	ガス化炉	300	RPS→FIT	有り
I	関東甲信	発電	2016年	ガス化炉	1,900	FIT	有り
J	関東甲信	製材加工等	2013年	蒸気タービン	265	FIT	有り
K	北陸	その他	2015年	蒸気タービン	285	自家利用	有り
L	東北	発電	2014年	ガス化炉	800	FIT	有り

### 2) 現地訪問・ヒアリングによる個別調査

国内の木質バイオマス発電の導入状況と質問票から得られた回答をもとに、検討委員会にて詳細な調査対象を5件に絞り、現地訪問・ヒアリングによる個別調査を実施した。個別調査の候補の中で、非公開や稼働状態になっていないため、訪問が困難なケースもあり代替調査先を含め、表一2の事業者を選定した。

表一2 個別調査の訪問先

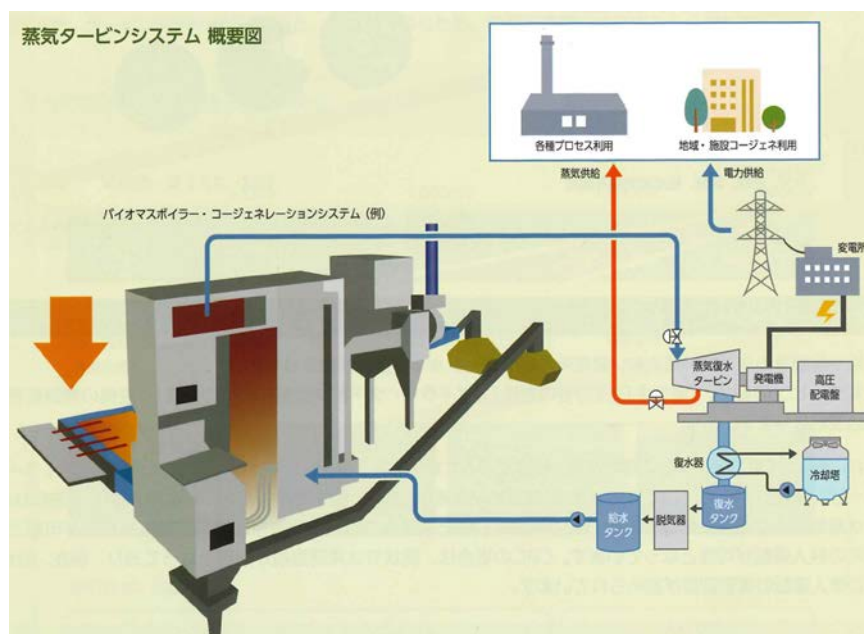
発電所	発電方式	熱電対応	主な燃料材	熱媒体	熱出力	熱利用先	熱の用途
D	蒸気タービン	別給 (別ボイラ)	未利用材 一般木質	---	---	自家利用	材料乾燥
E	蒸気タービン	併給	建築廃材	熱媒油 蒸気		自家利用	圧力加工 材料乾燥
J	蒸気タービン	併給	一般木質	蒸気		自家利用	材料乾燥
L	ガス化炉	併給	未利用材	温水	760 kW	隣接ホテル へ売熱	給湯・暖房
M	ガス化炉	併給	未利用材	温水	270 kW	隣接工場 へ売熱	ハウス栽培

## 2. 木質バイオマス熱電併給の技術

### 2. 1. 発電・熱電併給の技術について

#### 2. 1. 1. 蒸気タービンシステム

蒸気タービンシステム（図－2）は、高温高圧の水蒸気でタービンを回して発電する方式であり、バイオマス発電にも当初から採用されており、豊富な運転実績、技術的な信頼性に優れている。蒸気タービンの形式には、高い発電効率の復水式、高圧蒸気をタービンの途中から取り出す抽気式、タービン出口から大量の低圧蒸気を取り出す背圧式などがあり、熱の利用用途に沿った選択がされ、製材や建材加工、製紙工程などの産業用途に幅広い熱源として利用されており、豊富な実績のある発電技術である。

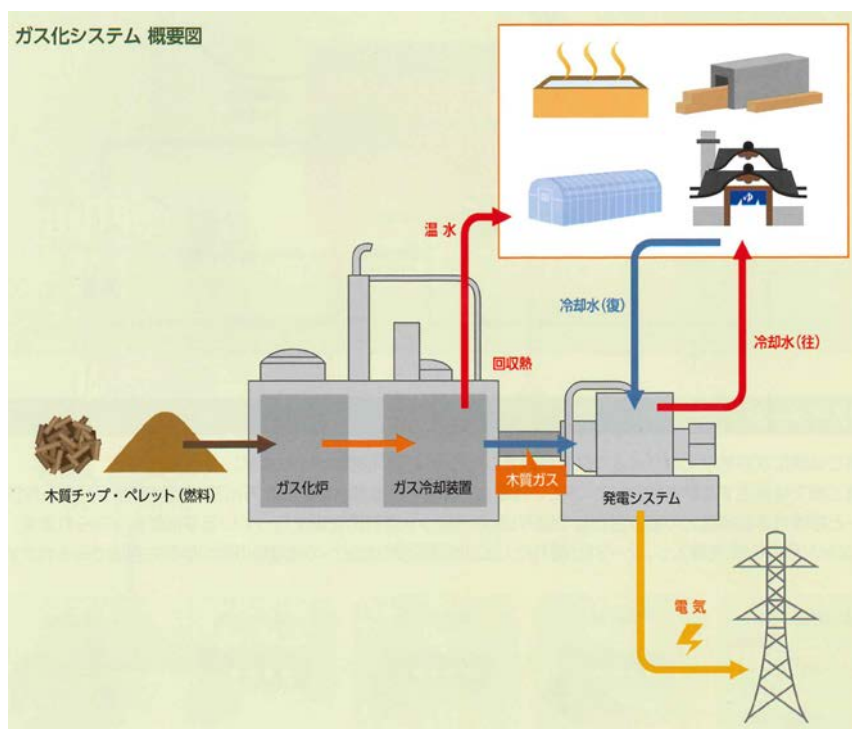


図－2 蒸気タービンシステム概要図

#### 2. 1. 2. ガス化システム

ガス化システム（図－3）は、木質バイオマスのチップやペレットを燃料に使用し、熱分解・還元反応によりガス化し、そのガスを燃料としてエンジンで発電を行うシステムです。この方式の小型機器は、農家や民家の自家利用、狭い地域内の利用などを含め、欧米において1000基以上の豊富な実績を有している。ガス化発電は小規模でも発電効率が20-30%と高いことに加え、発電出力に対して2～2.5倍の熱を回収・活用出来るので、総合効率は70～80%になる。

熱媒体としては 80～90℃程度の温水として供給され、給湯や冷暖房の地域熱供給、温浴施設やプールなどの加温、農業利用での温室の冷暖房、食品加工や殺菌、木材加工などに利用され、小規模ながら地産地消のエネルギーシステムに適している。



図一 3 ガス化システム概要図

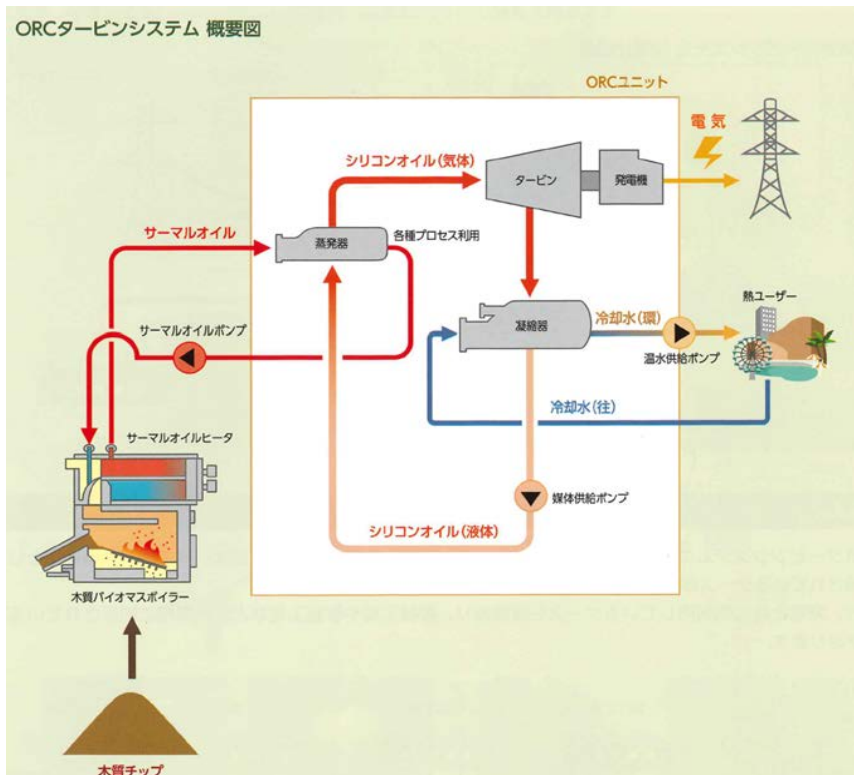
## 2. 1. 3. ORC システム

ORC システム (図一 3) は、蒸気タービンと同じくランキンサイクルによる発電方式の一種で、タービンを回す熱媒として代替フロンやシリコンオイルなどの有機媒体を利用して発電を行う技術である。具体的にはバイオマスボイラで加熱されたサーマルオイルがバイナリー機器の中で有機媒体と熱変換され、その蒸気でタービンを回転させて発電を行う形態である。タービンの冷却水は 80～90℃の温水として供給され、暖房・給湯用や産業用の熱源として利用可能となっている。

小規模でも高い発電効率で、クローズドループ内発電でメンテナンスの負担が少ない、更に欧州では無人運転が実施されるなどオペレーションの負担が少ないことが特徴である。またボイラの設計次第では、ガス化炉のような高品質な燃料では無く、高い含水率の雑多な燃料 (低品質な燃料) も利用可能なので、燃料集積においてメリット大きい。

また大規模な熱を排出している事業 (製材所や工場など) に、このシステムを取り込むことにより、売電収入や発生する低熱利用することで事業を取り組むこともできる。





図ー4 ORC システム概要図

## 2. 2. 熱電併給の個別機器の紹介

国内導入数は少ないが機器の代表例として、ガス化炉と ORC の一部を表ー3 に示す。

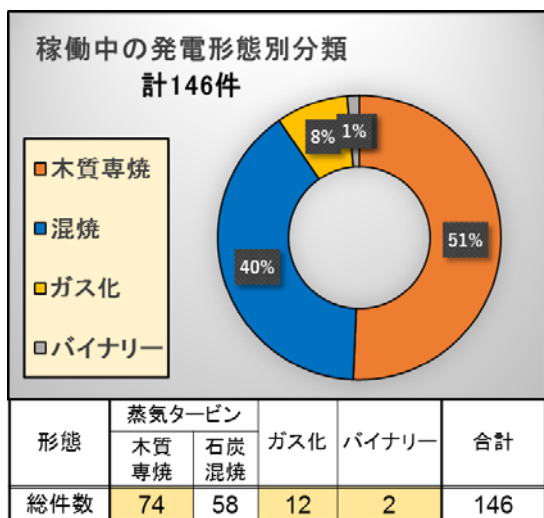
表ー3 ガス化と ORC 機器の概要 (例として)

装置ベンダー	Burkhardt GmbH	Spanner Re2	Turboden S.r.l.	ZEエナジー	
発電	設備型式(名称) Equipment Code (Name)	Gasifier V3.90 + CHP ECO 165HG	HKA45 並列構成で発電:2000kWまで可能	TURBODEN 7CHP (with Split)	MBIO-500
	発電方式 Generation type	ガス化	ガス化	ORC	ガス化 (ZE方式down-draft/特許取得済)
	定格出力[発電端](kW)	165	45	729	500
	内部消費(kW)	8	4	40	定格ベースで20%未満 (機器構成による)
	発電効率[発電端](%)	30%以上	25	18.6	25
熱利用	熱出力(kW)	260	100 並列構成で熱出力:4000kWまで可能	3146	発電規模の1.5倍程度
	熱媒体	温水	温水	温水 (冷却水)	温水(冷却用循環水) 熱風(エンジン排気)
	熱供給温度(送り:Outgoing)	85-90	85°C max	80	温水: 40°C程度 熱風: 450°C程度
	熱供給温度(戻り:Incoming)	65-70	60°C max	60	(熱利用側条件による)
	主な熱利用先	地域熱供給、温浴施設、原料の乾燥	給湯、暖房、業務用	地域熱供給、乾燥等	チップ乾燥、農業ハウス利用
燃料	燃料種	木質ペレット(*1)	切削チップ	バイオマスタブ (所定の熱量を熱媒油にて回収できれば 特に燃料種の制限はありません)	木質チップ
	規格	(*1) ENplus class A1	切削チップ(使用時): 3~4cm (Size:G30-G40クラス) 含水量: 13% max 標準構成の乾燥機利用時は生チップも可	---	切削チップ: 50mm角±10mm程度、厚み6mm± 30%以内。水分: W.B.50%以下希望 パークについては全木分は可。 ガス化装置投入時には 水分をW.B.10%程度に乾燥を要す。
	Full出力時投入量(Kg/h)	110	45 (含水率:最大13%)	1709 (本行効率0.88として)	MBIO-500の場合440kg/h (樹種、環境により変動)
導入実績	国内の導入数	1	2	1件: 地熱向け(5MW・発電専用)	2
	日本国内の導入場所	上野村	ウトノル隠岐(島根)、エコ村(福島)	大分県(九電みらいエナジー)	長野県安曇野市(安曇野バイオマスエネルギーセンター) 長野県飯田市(かぶらちゃん村森の発電所)

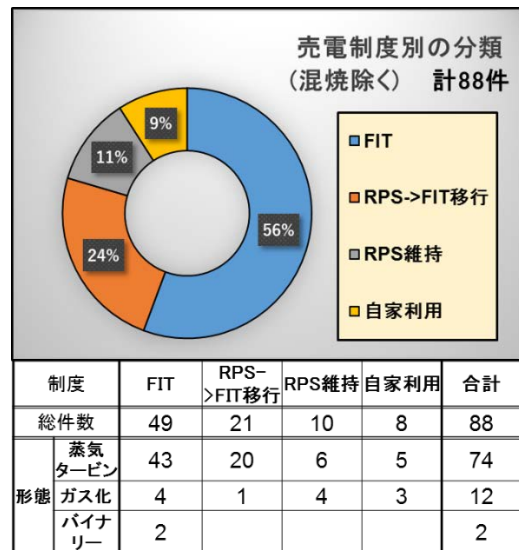
### 3. 国内における木質バイオマス熱電併給の導入実態

#### 3. 1. 発電・熱電併給の導入状況

協会所有のデータベース（注1）をもとに、国内木質バイオマス発電の導入実態を認識し、本調査の熱電併給事業の調査対象を絞り込む作業を進めた。

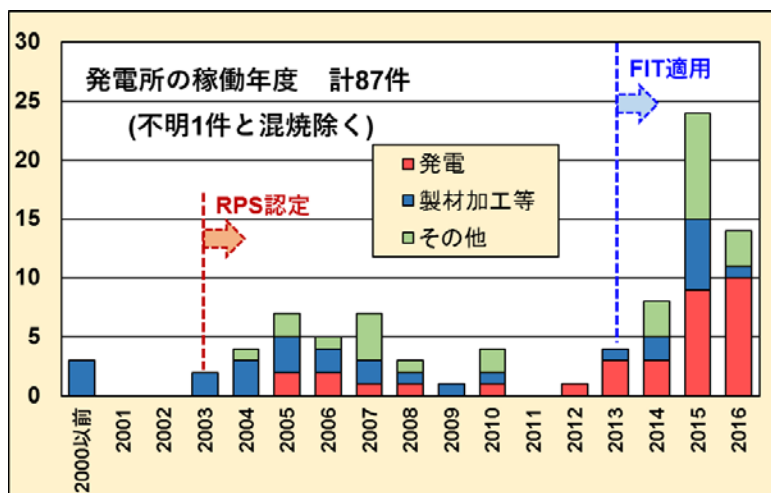


図一5 発電所の形態別件数



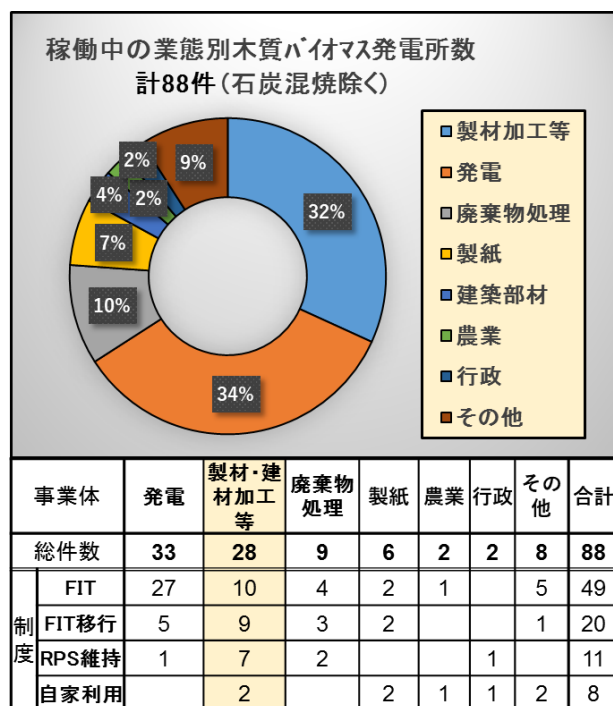
図一6 発電所の売電制度別件数

図一5、図一6が示す通り、発電形態は、蒸気タービンが多数を占めているが、新規技術であるガス化やバイナリーも14件（約16%）が稼働しており、FIT制度開始前からも導入されている。発電所の稼働は、図一7で示す通りRPS認定以降、年平均4-5件程度



図一7 事業体別の稼働年度の推移

に推移していたが、大規模混焼の発電所を除外しても FIT 制度の適用により急激な伸びを見せている。図一 8 にも示すように、事業者で見ると FIT 制度を活用した発電事業者の割合が増加しており、制度導入による効果は大きい。



図一 8 事業者別の売電採用制度

次に発電事業者毎の熱利用に関する状況を、表一 4～表一 6 にまとめた。発電事業者による熱利用は自社で使用する燃料の乾燥等が主目的であり、それ以外の事業体に注目して確認を行いました。製材加工（建材加工含む）等の事業における材料乾燥や加工プロセス

表一 4 熱電併給における熱利用（1 / 3）

(複数活用の為、重複有り)

熱電併給の状況	熱利用の内容	自社内活用			隣接施設へ提供			熱利用の内容不明	無し/中止 or 不明	合計
		木材・材料 乾燥	加工・プロ セス利用	暖房・給湯	加工・プロセ ス用	暖房・給湯	農業			
事業者 (発電以外)	製材加工 等	15	6	2	2		1	2	7	35
	製材加工 等以外	2	1	4	1	2	5	2	12	29
	合計	17	7	6	3	2	6	4	19	64
操業時期	RPS時代 (FIT前)	13	6	5	2	1	3	3	8	41
	FIT	4	1	1	1	1	3	1	8	20

用途などへの利用が多いことと、そのような事業者は FIT 制度が始まる前から、自社で比較的容易に手に入る木質バイオマスを活用したエネルギー利用がされていたことも件数の多さから伺われる。 自社内活用以外で熱利用をする場合も、隣接した関連事業者への

提供が殆んどで、欧州で見られるような熱配管を用いた地域熱供給の形態は、木質バイオマスの熱電併給では、まだ一般的で無い。なお、稼働当初は熱利用していたが、その後に中止した事業者は、本来事業を終息したケースで、熱利用の不備では無かった。

熱利用の媒体に関しては、蒸気が材料乾燥や加工プロセス等に、温水が暖房・給湯に主体に使われている状況です。

表一五 熱電併給における熱利用（2 / 3）

(複数活用の為、重複有り)

熱電併給の状況		熱利用の媒体				熱利用の内容不明	合計
熱媒体の内容		蒸気	温水	熱風・温風	熱煤油		
事業体 (発電以外)	製材加工等	18	3	2	1	2	26
	製材加工等 以外	6	8	2		2	18
	合計	24	11	4	1	4	44
操業時期	RPS時代 (FIT前)	18	7	3	1	3	32
	FIT	6	4	1		1	12

表一六 熱電併給における熱利用（3 / 3）

(複数活用の為、重複有り)

	木材・ 材料乾燥	加工プロセス 利用	暖房 給湯	農業	合計
蒸気	16	9	2	2	29
温水	2	2	7	4	15
温熱風	2	2	1	1	6

以上の導入分析より、国内における熱電併給の活用パターンとして

- ① 木材加工工場等、産業拠点における乾燥・加工プロセスへの熱利用
- ② ガス化発電等、小規模発電の排熱による暖房・給湯利用
- ③ 5MW 級蒸気タービン発電の冷却水・ブロー水などの低温排熱利用（表一七）

表一七 低温排熱利用の例

名称	発電所規模 (kwh)	発電機器	媒体	用途	実施の有無 (計画系)	備考
津軽バイオマスエナジー 平川発電所	6,250	蒸気タービン	温風	排熱を利用して高糖度トマトを栽培 (25トン/年規模)	2017年4月	発電所に隣接して農業団地を 2020年度までに整備予定
多気バイオパワー	6,700	蒸気タービン	ボイラの ブロー水	(栽培利用)	(検証開始)	廃熱・排気(CO2)利用につい て、栽培試験が始まっている
グリーン発電大分 天瀬発電所	5,700	蒸気タービン	冷却水 (35℃)	ハウスのイチゴ栽培 (培地とハウス内に供給)	2016年9月頃から 実施中	35℃はイチゴ栽培にベスト 1円/日で購入

の3種類と考える。但し、③の低温排熱利用は、まだ検証段階で且つ利用する熱量規模も小さいため、熱利用の主体にはならないと考える。

(注1)

協会所有のデータベース（未公開）は、下記の情報をもとに統合して作成した。

引用先および統合資料

- ・ 新聞記事（日刊木材新聞）
- ・ WEB 上での各種公表情報（発電事業者、メーカー、地方紙記事など）
- ・ 経済産業省の公表情報（固定化下記買取制度情報 HP、RPS 法 HP）
- ・ 各種報告資料（国産材名鑑、農林中金レポートなど）

### 3. 2. 導入事例の調査報告

本章では、前章の国内熱電併給の導入状況や質問票の回答をもとに、活用パターン①と②を中心に、現地訪問・ヒアリングにて個別調査した事業の事例を報告します。ヒアリング時には、個々の事業における機密情報も含まれており、全容を記載出来ませんが、取組の経緯と目的、事業の概要、熱電併給への取り組み、林産業や地域との関わりなど、4つの視点でまとめている。

実施事業者: 気仙沼地域エネルギー開発株式会社

## 1 震災復興と自伐林業家の育成を伴う熱電併給の推進

所在地: 宮城県気仙沼市      キーワード: 震災復興/自伐林業/小規模/ガス化  
導入機器: ガス化炉 (A.H.T. Services GmbH製/ドイツ)  
発電出力: 800kW      稼働開始: 平成26年6月  
熱利用: 近隣ホテルへの温水供給      制度: FIT認定

- 復興計画を実現すべく、企業・金融機関・自治体と連携し、地域に根差した事業
- 地域の森林資源を活用、自伐林業家の育成も進め、雇用創出・地元の経済への効果
- 欧州機器ベンダのガス化炉発電技術を導入、地場材をもとに技術検証・立上げ

### a; 取組の経緯と目的

- ・東日本大震災後、気仙沼市では復興計画に「自然環境の復元・保全と環境未来都市の実現」を掲げ、地域に広がる森林資源を活用して、森林再生・漁場環境の再生、雇用創出、経済振興などの地域に多様な効果をもたらす木質バイオマス発電の事業化を計画。
- ・域内からの燃料集荷の安定性を踏まえ、熱利用する隣接ホテルの供給量も勘案し発電規模を設定。市内の森林資源から持続的な未利用材(間伐材)の搬出可能性量を計算し、森林組合や林業事業者らと長期間に安定的な燃料確保が出来る体制を構築。

### b; 事業の概要

- ・自伐林業家の研修・養成し、域内から未利用材の買取体制を構築。
- ・ガス化炉発電機器・技術を導入し、特定規模電気事業者(PPS)への売電とともに、熱利用のため隣接するホテルに温水を供給し、暖房・給湯に活用。熱電併給により高い変換エネルギー効率が得られている。
- ・導入された機種は国内一号機のため、立上げ当初は安定稼働に苦労したが、現在は期待通りの稼働実績を達成出来ている(14000時間達成 2017年2月1日時点)。

### c; 熱電併給の取り組み

- ・災害復興を念頭に、“地域の産業活性化”や“林業家育成による森林資源循環”を掲げ、集積可能なエネルギー資源を最大限に有効活用する視点でプロジェクトを企画・運営している。
- ・隣接宿泊施設に熱利用先を確保し、地域の共同体として供給。需要者側にバックアップとしてボイラを保有しているので、熱供給の保証まではしていない。

### d; 林業・木材産業、地域との関わりと効果

- ・地域の自伐林家を養成するため、間伐材の伐採、集材・搬出、作業道作りの研修会を継続的(平成28年度までに36回)に実施。自伐林家の搬入登録者を増やし、発電事業を通して林業再生・山の再生を推進。
- ・自伐林家を対象に、地域通貨(リネリア)を利用した燃料材の優遇買取価格を設定。その地域通貨は、市内の復興商店街やスーパーで使用し、地元の経済循環に寄与。
- ・気仙沼市が県と交渉し、経営計画を立てていない個人所有の山地の間伐に対して、「バイオマス証明」を市が発行出来る体制を作り、売電時に未利用材単価を適用できる。



引用元: 気仙沼地域エネルギー開発株式会社の資料



引用元: 季刊地域 2015年春号の資料



実施事業者： 日本ノボパン工業株式会社

## 2 資源循環型社会形成の理念に基づいた 自社内完結型の熱電併給の経営

所在地： 大阪府堺市	キーワード： 建築廃材／産廃焼却／環境基準
導入機器： 蒸気タービン（タクマ製／日本）、発電機（シンコー製／日本）	
発電出力： 6500kW	稼働開始： 平成19年12月
熱利用： 自社事業活用（乾燥、プレス加工）	制度： RPS → FIT転換

- 事業所内の全エネルギー（電力・熱）を賄う自給自足を実現
- 多様な木質材料を受け入れ、原材料と燃料材に選別・活用
- 産業廃棄物焼却炉の環境基準の認可取得

### a; 取組の経緯と目的

- ・資源の最大限の有効活用の企業理念をもとに、環境負荷の低減・資源循環型社会形成に寄与
- ・パーティクルボードに再生する事業の国内シェアで業界トップ。木屑焼却が回避され、二酸化炭素の固定化（年間18万トン@堺工場）を実現。
- ・都市部沿岸地区に位置しており、大型産業廃棄物焼却炉の厳しい環境基準の認可取得。ごみ焼却場の焼却炉と同レベルの認定を受けている。

### b; 事業の概要

- ・関西地区の建築廃材を主体にした多様な木質材料を受け入れ、それらをボード製造の原材料と、原料に適さない燃料材に自社内で分類。後者を焼却処理・熱回収し、事業所内の全エネルギーを賄っている。
- ・木質ボイラ導入以前はガスのコジェネレーション。発電した電気は、ボード製造の停止期間のみ売電するも、殆んどは事業所内で使用し、全ての熱は製造工程の乾燥やプレス加工に活用した効率的な熱電併給。

### c; 熱電併給の取り組み

- ・環境に厳しい立地ながら、自己完結のエネルギー利用を主眼に置き、産業廃棄焼却炉を保有・認可取得し、電力・熱の両方のエネルギーを自前で確保。
- ・「製材/建材加工等」の事業体では、大規模な熱利用先（材料乾燥・プロセス加工）が確保できる環境で、熱電併給の代表的な例である。

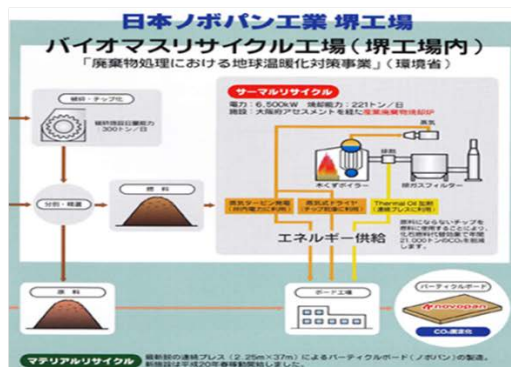
### d; 林業・木材産業、地域との関わりと効果

- ・長期的な燃料不足の懸念を視野に、ボード原材料として魅力有る未利用材も検討されたが、解体材と含水率の差が大きいことや価格の面などで未採用。
- ・人口過密地に位置しており、環境基準の認定取得し、ダイオキシンは排出していない。NOX/SOX/CO2の排出量も厳しい制限をクリアしており、自治体や地域住民にも情報が開かれている。
- ・建築廃材をチップ形状で受け入れており、産廃業者との競争を避けるため、自らは産廃受け入れていない。



プラント外観の全容

引用元：日本ノボパン工業株式会社の資料



引用元：日本ノボパン工業株式会社の資料

実施事業者： 二宮木材株式会社

### 3 近隣集積のバーク材を有効活用した熱電併給の実践

所在地： 栃木県那須塩原市      キーワード：      パーク購入／一般木質材／小型タービン  
導入機器： ボイラ（タカハシキカン/日本）、蒸気発電機（KOBELCO製/日本）  
発電出力： 265kW      稼働開始：      平成25年5月  
熱利用：      自社事業の木材乾燥      制度：      FIT認定（平成24年12月）

- 自社内の木材乾燥に蒸気を優先使用し、蒸気エネルギーの余剰分のみ発電・売電している
- 燃料コストの負担は比較的小さい（殆んど、自社発生の木屑と集積したバーク材で対応）
- バーク材の処理などには補助金で対応

#### a; 取組の経緯と目的

- ・元々、木質焚ボイラを所有し、木材乾燥の目的で中温・高温乾燥機が稼働していたが、木材需要において乾燥しないと売れない時代となり、乾燥機の増設を検討。
- ・増設する乾燥機数を考慮すると、既存と同じ様な木質焚ボイラの追加で充分だが、余剰エネルギーを発電活用する選択肢として燃料確保の懸念を含め検討した上で熱電併給を採用。

#### b; 事業の概要

- ・木材乾燥の市場要求から既存システムの拡張を検討。熱利用を主体としながらも、売電収入が得られる熱電併給を採用。中圧と低圧発電機の2台構成にて、熱利用後の余剰蒸気を有効活用。
- ・自社内発生プレーナ屑や木片と近隣から購入バーク材が約半々の燃料構成で、燃料費負担が小さい。
- ・当初は電気も自家消費を考えていたが、FITに転換。

#### c; 熱電併給の取り組み

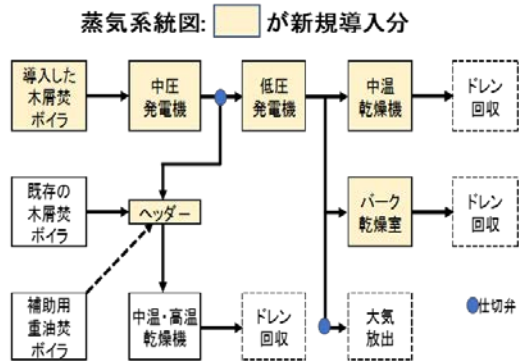
- ・自事業所内の木材乾燥に多量の熱を使う事業環境。木材乾燥の工程は、安定・適切な熱供給が重要なため、熱優先の系統を組んでおり、余剰熱で発電する仕組み。
- ・上記より余剰蒸気の変動に対応する小型発電機を導入・効率的な運営をしている。

#### d; 林業・木材産業、地域との関わりと効果

- ・木材事業者として、乾燥材の製品化から出る「プレーナ屑・木片・おが材」を燃料材の有効活用している。
- ・生材から出る木屑は、製紙用や近隣の大規模バイオマス発電所に販売・活用している。



引用元：二宮木材株式会社訪問時に撮影



引用元：二宮木材株式会社の資料から作成



4

実施事業者： 株式会社那珂川バイオマス

## 地域の税収増・雇用創出を実現させた 地域経済貢献の製材事業モデル

所在地： 栃木県那須郡那珂川町      キーワード： 熱電別給／未利用材／雇用拡大  
 導入機器： 蒸気タービン（シンコー製／日本）、発電機（西芝電機製／日本）  
 発電出力： 2500kW      稼働開始： 平成26年10月  
 熱利用： （発電のみ）      制度： FIT認定（平成26年3月）

- 燃料は未利用材が主体で、土場で半年程度乾燥させた後にチップ化
- 熱電併給の導入も検討するも、コスト・規制面・熱の安定需要先の視点で“熱電別給”を採用
- 町の遊休施設・土地を有効活用し、自治体の税収入増に寄与

### a; 取組の経緯と目的

- ・FIT制度が始まる1年前から木質バイオマス発電の導入を検討開始。
- ・熱電併給(Binary発電)も視野に入れ欧州の事例調査も行ったが、①輸入機器の価格が高い、②輸入に際する規制、③安定した熱供給先の確保 などから導入障壁が大きく、見送りを判断。

### b; 事業の概要

- ・燃料は未利用材を主体として、近隣組合や伐採業者から調達。近隣地域から長期間・安定的に集められる規模として、2500kWの発電規模を設定。
- ・発電機器の導入は、国内の木質バイオマス発電の実績を考慮して選択。定期点検は自社内で対応。
- ・初年度から概ね順調に運用出来ており、全量PPSに売電。燃料用乾燥エネルギーは、別ボイラを活用。

### c; 熱電併給の取り組み

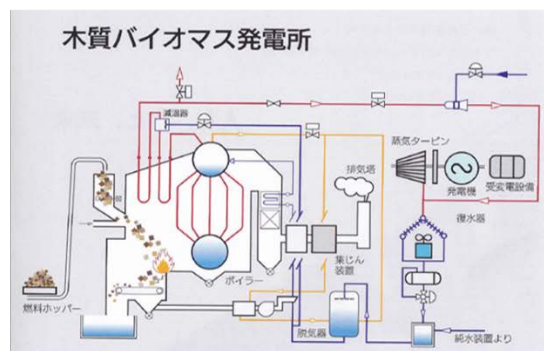
- ・熱電併給の導入を検討するも、輸入機器の価格・輸入機器の国内規制などに加え、定常的、想定した熱供給量に見合う利用先確保の見通し立たず、熱電別給を選択（一部の熱利用は個別のボイラで対応）
- ・熱活用として、個別にハウス栽培・陸上漁業などの検証をしており、他発電所での実現性を検討。

### d; 林業・木材産業、地域との関わりと効果

- ・製材事業としての需要を増やす必要性より、バイオマス発電事業を始めたことで、材の活用用途が拡がり新たな売上に寄与させる効果に期待。
- ・当初は製材工場としての廃材の大部分を捨てていたが、小規模発電を併設したことにより、山から出てきた全ての材を活用出来ており、地域の林産業への収入増にも寄与。燃料材の集積域は40-50km圏内。
- ・当プラント事業化により38人規模の雇用創出、自治体所有の土地借用や施設に係る固定資産税の増収などの地域貢献効果大きい。



引用元：株式会社那珂川バイオマス訪問時に撮影



引用元：株式会社那珂川バイオマスの資料

実施事業者: 群馬県上野村

## 5 間伐材・広葉樹を利用したペレット製造、発電 および 熱利用までを連携させた自治体主導の事業モデル

所在地: 群馬県上野村      キーワード: 未利用材/ペレット製造/雇用拡大  
導入機器: ガス化炉発電設備 (ブルクハルト/ドイツ)  
発電出力: 180kW      稼働開始: 平成27年4月  
熱利用: 隣接のきのこ工場      売電制度: 敷地内工場に直接売電

- 地域の豊富な資源である木材を活用して、村営でペレット製造の工場所有
- 自治体が推進役となり、エネルギーの自給率向上や循環の施策を進めている
- 様々な公共施設においても、木質バイオマス利用が進んでおり、住民全体の理解が得られている

### a; 取組の経緯と目的

- ・林業が主たる産業であり、木材によりエネルギーが循環すれば、村内の経済も循環すると考えた。
- ・ペレット工場を導入し、温浴施設のボイラーや公共施設、家庭用のストーブで燃料としてペレット活用。外部に支払うエネルギーコスト削減を実現、更に燃焼活用だけでなく電気(発電)に注目した

### b; 事業の概要

- ・燃料は森林整備による間伐材や地域の広葉樹を活用し、①製材加工、②木工品製作など付加価値が取れる順に使用し、残材をペレットでエネルギーに使うカスケード利用をしている。
- ・熱電併給機器の導入し、隣接したきのこセンターに電力・熱を供給(売電・売熱)している。
- ・CHP機器は同村の身の丈に合った小規模タイプ、自前ペレット活用の視点で選択。

### c; 熱電併給の取り組み

- ・熱電併給システムを導入することにより、既設の“きのこセンター”の電力と熱(熱変換にて冷房利用)に活用し、生産コストを低減出来たことで、維持(従業員=約60名)が出来た。
- ・ペレット工場の稼働率が改善し、収入増に寄与。(従来は既設ボイラやストーブのみで半分程度の稼働率)

### d; 林業・木材産業、地域との関わりと効果

- ・村内の林野率=95%と高く、木材の素材生産から加工事業、そしてエネルギーの村内消費までを一貫として行う「循環型経済社会」を目指している。それにより、森林資源の整備を継続出来ている。
- ・“きのこ”の生産だけでなく、温浴施設や福祉施設の給湯・温水加温・暖房、民家の暖房なども、村内で生産するペレット材を活用した自給自足のエネルギー循環が成り立っている。
- ・森を大切にする意識が有り、村外からの移住者含め森林従事者が定住・育成される環境がある。



引用元: 上野村バイオマスのWeb紹介記事 (Solar City Japan)



引用元: 上野村バイオマスのWeb紹介記事 (Solar City Japan)

## 4. 木質バイオマス熱電併給の推進と課題

### 4. 1. 国内で今後推進が必要な熱電併給のパターン

国内における木質バイオマス熱電併給の導入パターンとしては、熱利用の視点からみると前述のとおり以下の3パターンに大別される。

- ①木材加工工場等、産業拠点における乾燥・加工プロセスへの熱利用
- ②ガス化発電等、小規模発電の排熱による暖房・給湯利用
- ③5MW 級蒸気タービン発電の冷却水・ブロー水等の低温排熱利用

③のパターンについては、FIT による発電事業単独での収益性の確保を前提としたもので、余った熱をいかに有効活用するかといったスタイルとなる。熱利用側での地域産業振興など取組推進の意義も高い。しかしながらタービン通過後の復水器冷却水やボイラのブロー水といった極めて低温のエネルギー密度の低い熱利用であり、発電と合わせたエネルギー総合効率の面からの優位性は低い。

今後国内で推進が必要なのは、①や②のパターンのように、熱利用も重視した総合エネルギー効率の高い、本格的な熱電併給事業である。地域資源であるバイオマスの持つエネルギーを有効に活用し、エネルギー利用側も含め、地域効果の高い熱電併給事業を普及、定着させる意義は高い。そうした背景から FIT においても小規模枠が設立され、大きな推進力となっている。しかしながら現状では、特に②のパターンの事業は国内での実績が乏しく、優良な事例も少なく、課題も多い。

そのためここでは、取組の進む欧州での普及実態や導入事例なども参考に、ガス化発電や ORC といった小規模発電技術を活用した熱電併給の事業化のポイント、普及のための推進策等について整理していく。

## 4. 2. 木質バイオマス熱電併給事業化のポイント

### 4. 2. 1. 熱利用システムの検討

#### 1) 既存の熱需要をベースに考えた事業構築

FIT 以降の木質バイオマス熱電併給の計画段階で課題とされるのが、熱利用先の確保である。大規模発電の場合、系統連系、用水、周辺環境、燃料調達などが用地選定の条件となってくるが、熱電併給の場合は原則、熱利用先を想定して用地を選定する。発電所の計画を組んでから熱利用先の確保ではなく、既存の熱需要をベースに考えて事業を組み立てていくのである。

欧州ではバイオマスや天然ガスなどを用いた地域熱供給が各地で普及しており、その熱源の一つとして木質バイオマス熱電併給設備を導入する例が多くみられる。国内においても、FIT 以前より木材加工工場等の熱多消費産業における熱電併給設備の導入事例は多くみられる。木材加工工場は燃料調達の面からも優位性が高く、木質バイオマス熱電併給の最適な導入先と言える。

また熱多消費産業の立地、工業団地や大規模商業施設の計画時に、同時にエネルギーシステムの一環として組み込んでいくようなことも有効である。

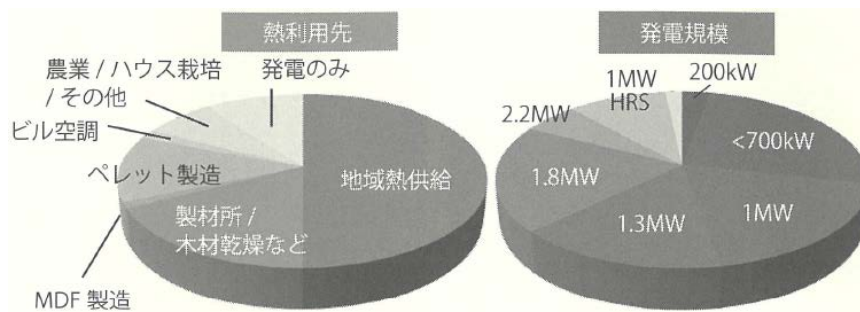


図-9 ORC (Turboden 社製) 導入施設の熱利用先と発電規模の内訳

出典：日刊工業新聞社「熱電併給システムではじめる木質バイオマスエネルギー発電」

#### 2) 需要サイドのエネルギー利用システムとのマッチング

発電の排熱利用を考える際に、需要サイドで求められるエネルギーの質とのマッチングも課題となる。日本国内の産業界では熱媒体として蒸気を用いている例が多い。素早い加熱、緻密な温度コントロール、動力用など多様な用途といった面から温水と比較すると使い勝手が良いことが要因としてあげられる。一方、ORC やガス化発電の場合は、供給さ



れる熱は 80～90℃の温水となる。そうした中低温の熱利用施設を供給先として検討していく必要がある。

欧州では、こうした中低温の熱利用システムが普及していることが、熱電併給の普及を後押ししている一因とも考えられる。温水を媒体とした地域熱供給が各地で張り巡らされていたり、製材工場などでは温水を熱源とした木材やペレット原料の乾燥機が導入されていたりする。バイオマスを熱源とした中低温の熱利用を通じて、製品の品質向上、プロセスの安全性の向上、コストメリットを得られている事例も多々見られる。国内でも熱利用側のシステムと一体となった設備のリプレースを図り、既存産業のイノベーションにつなげることも考えられる。



図-10 熱源が温水の木材乾燥機



図-11 ペレット原料乾燥の  
ベルトドライヤー

### 3) 熱供給インフラの整備

熱電併給プラントから他施設への熱供給を行う上で課題となるのが、熱供給インフラの整備である。国内では都市部での地域冷暖房の導入事例は見られるが、配管延長としては世界的にみてまだ少ない。バイオマスを熱源とした規模の地域熱供給となると事例は僅かで、条件によっては配管敷設コストも非常に割高となる。欧州では配管と埋設工事費合わせて 200～500 ユーロ/m (3～7 万円/m) 程度とされ、日本の数分の 1 となっている。

熱供給インフラの計画段階では、熱損失にも留意が必要である。熱損失は供給温度、配管の直径、配管距離、稼働時間、断熱材の種類等により決まる。一般的な熱交換器、温度での熱損失は 20W/m 程度とされている。需要側での熱利用が少ないと熱損失の割合も大きくなる。熱供給量が 1.5MWh/m・年以下になると熱損失は極端に大きくなる。

以下に熱供給量と熱損失の関係について示す。熱損失が熱供給量の 10%以下にすることが目安とされる。

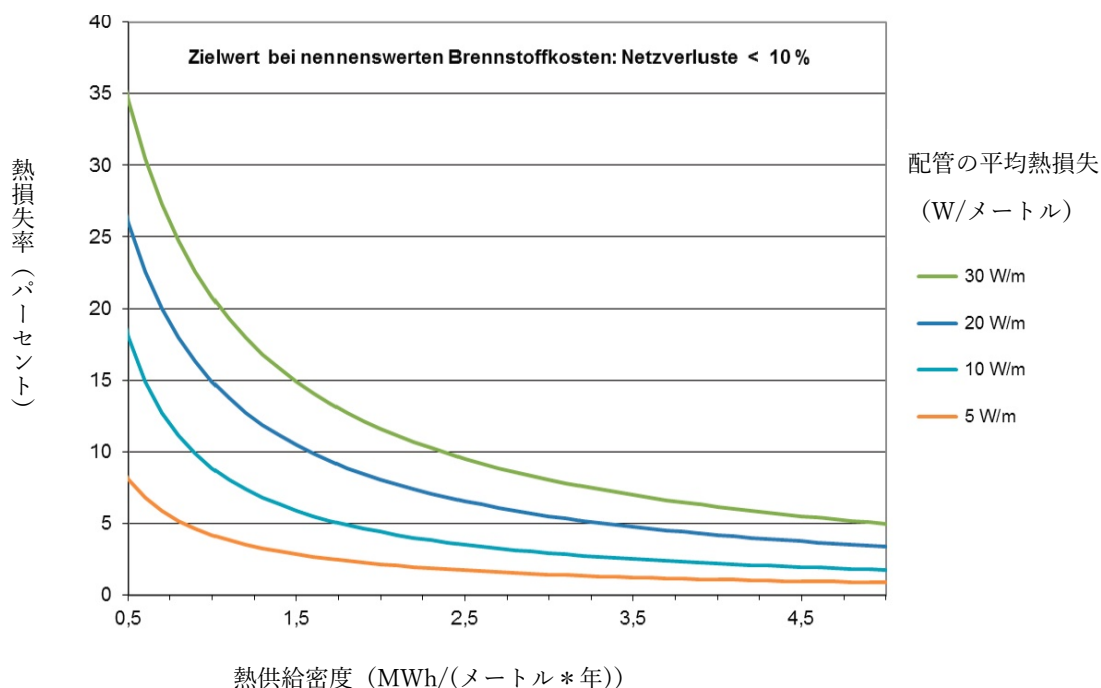


図-12 熱供給量と熱損失の関係

出典：C.A.R.M.E.N. 「Klein\_Holzvergasungsanlagen Handlungsempfehlungen für Investoren」を基に作成

#### 4) 相対での売熱契約

契約期間、買取価格等が制度として補償されている FIT 売電と異なり、売熱は熱供給側と利用側の間での相対契約となる。熱供給事業法が適用される大規模な例を除き、基本的には、契約期間、料金メニュー、供給責任等が双方の取り決めによるものとなり、価格変動リスクや双方の倒産リスクも踏まえて、契約条件を固めていく必要がある。

売熱単価は国内外の例を見ても、決して相場と言える価格があるわけではないが、総じて言えるのは、原則、従来の化石燃料等よりも安価な設定とされており、年単位などで価格の見直しを行う例が多い。通常、売熱先に熱量計を設置している。契約期間は長期契約を結ぶ例が多い。



図－ 1 3 熱利用先に設置する熱量計

## 4. 2. 2. 発電技術の選択

### 1) 熱利用形態・燃料種・規模に応じた適切な技術選択の必要性

事業化を進める上では機器ありきではなく、地域の条件に合わせた適切な技術の選定が重要となる。特に熱利用形態、燃料種、規模によって選択すべき技術も異なってくることから、技術ごとの特性と地域の条件を加味した適切な選定が求められる。

小規模熱電併給で有望な「小型蒸気タービン」「ORC」「ガス化発電」の特性について以下に示す。2,000kW に近い規模では蒸気タービン、数百 kW 以下の規模ではガス化発電、その間の中規模帯が ORC といった棲み分けとなる。発電に伴い発生する熱の規模や性質も以下のように異なる。(各技術の詳細は「2. 木質バイオマス熱電併給の技術」を参照)



図-14 出力規模による技術選択と排熱特性

求められる燃料の規格要件も異なる。蒸気タービンや ORC はボイラの設計次第で高含水率や形状が不均一な雑多な燃料にも対応できるが、ガス化発電の場合、含水率、形状、灰分、組成など、高い品質の燃料が求められる。



図-15 小規模熱電併給技術の燃料特性

以上のような技術別の特性を踏まえ、最適な技術選択を行っていくことが必要である。



## 2) ガス化発電に関する実績ある機器の選定

ガス化発電については、ガス化の方式に様々なタイプがあり、国内外で無数のメーカーが開発、商品化に取り組んできている。しかしながら小型のガス化発電の場合、コストを踏まえたタールの除去対策が課題となり、商用レベルの技術は僅かである。

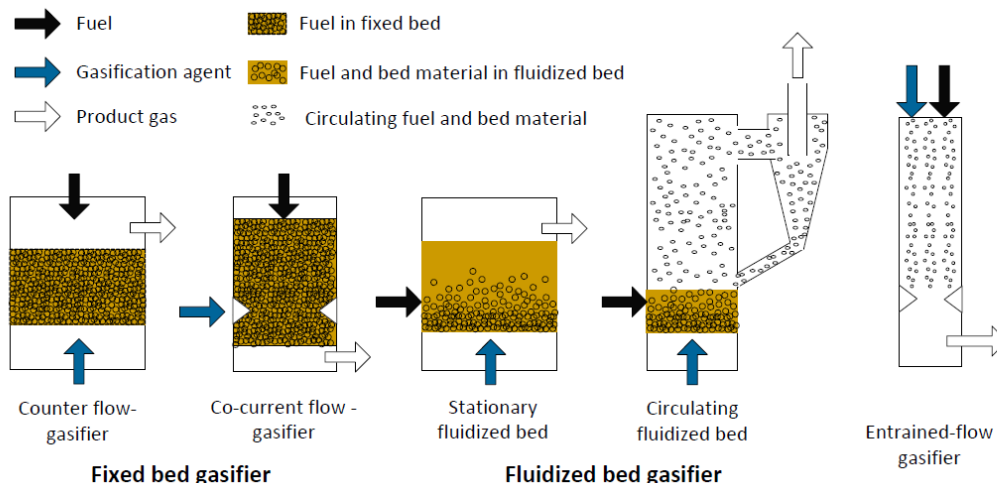


図-16 木質バイオマスのガス化方式

出典：「Status report on thermal biomass gasification in countries participating in IEA Bioenergy Task 33 2016」

国内でも大手、中小企業 20 社ほどが開発に取り組んできたものの、大半が稼働を停止し、開発を断念してしまった経緯がある。取組が先行し普及が進んでいるドイツやオーストリアにおいても、商用レベルに達したメーカーは 2、3 社とされている。一方で、昨今の国内の状況を見ると、実証レベルの機器も含め、多様な技術熟度の機器が市場投入されている状況であり、技術熟度の見極めが重要となってくる。

ドイツバイエルン州の C.A.R.M.E.N. (バイエルン州政府・農業省の支援を受ける再生可能エネルギー導入の支援機関) の文献では、ガス化発電設備の技術熟度からの機器選定のポイントとして以下の通り整理されている。導入数、連続運転実績、年間稼働時間実績などから機器の実績をよく確認することが求められ、特に国内で利用する燃料との相性についても十分に立証された機器を選定することが重要である。

＜ガス化発電の技術熟度からの機器選定のポイント＞

研究開発段階から実用化に向けて検証を重ね、実用に資する確実な情報を蓄積した設備に投資をすべきである。

- 原寸サイズのパイロットプラントで少なくとも1年の安定稼働を立証した設備
- 実用と同条件の実証プラントで理想的には数年をかけて実証した設備

参考：C.A.R.M.E.N. 「Klein\_Holzvergasungsanlagen Handlungsempfehlungen für Investoren」

ガス化発電の場合、燃料に求められる規格要件は基本的に高い。機器により求められる要件に違いがあることも注意すべきである。たとえばチップのサイズが、通常流通していないような大きなサイズのものを求められる技術もある。特殊なチップパーもセットで導入する必要があり、汎用性の低いチップパーへの投資リスクも踏まえた導入判断が必要となる。

また熱電併給設備に乾燥設備を隣接し、発電時の排熱でチップ乾燥を行うシステムの提案もあるが、国内では熱電併給設備と乾燥設備が一体となったシステム運用の実績も不十分であることから、チップの乾燥システムも含めた慎重な機器選定が必要である。



図－17 ガス化発電向けの特種なサイズのチップ（600～1800 mm）

### 3) 国内でのフォローアップ体制

国内で十分な実績を重ねているとは言い難い小規模熱電併給の機器を選定するうえで、メーカー、ベンダーによるフォローアップ体制の確認も重要となる。海外品の場合には、現地メーカーと国内ベンダーの関係性も顧客サービスのスピードや質に影響する。メーカー、ベンダーのエンジニアリング能力も評価の上で機器選定を行うべきである。

特にガス化発電の場合、燃料との相性の問題などからトラブルが発生することは重々想定できる。トラブル時のメーカー、ベンダーの現地対応や部品の支給体制等が十分に整っていないと、復旧までに過度に時間を要することも想像でき、事前によく確認する必要がある。欧州ではメーカーによる稼働保証を行っている例もみられる。ドイツの Burkhardt 社では、メンテナンス契約のオプションで年間 7,500h の稼働保証を行っている。

## 4. 2. 3. 燃料調達スキームの構築

### 1) ガス化発電向けの高規格燃料の調達と品質管理

ガス化発電は含水率、サイズ等、非常に厳しい燃料の品質が求められる。ガス化炉内での安定的なガス化、タールの発生抑制を図る上では、炉内の温度分布を一定の条件で均一に保ち、生成ガスが均一に炉内を流れる状態とすることが必要である。そのため燃料の均質性が求められ、その品質管理が非常に重要となる。

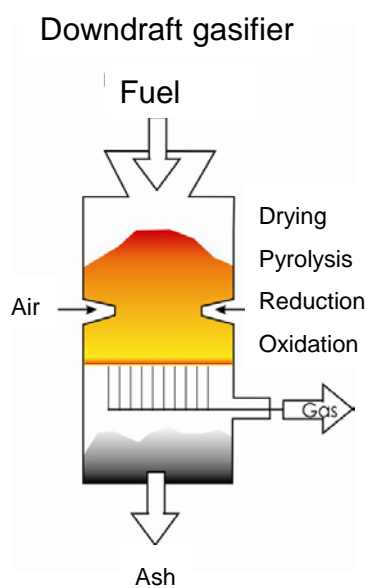


図-18 炉内での熱分解・ガス化のイメージ

欧州では燃料の品質規格に基づく高品質な燃料の流通網が構築されているが、国内ではまだ規格品の流通網が充実していない。特に含水率 15%W.B.以下の乾燥チップの流通は従来、国内にはないため、その調達方法、品質管理の方策については十分に考えていくべきである。

## 2) 雑多な燃料も含め地域で安定的に安価に調達可能な燃料の活用

ORC や蒸気タービンを活用する場合、技術的にはボイラや搬送系の仕様次第では、サイズが大きく高含水率の燃料の活用も可能となる。また経済性の面からも、売熱単価は燃料種による価格差がないことも踏まえると、トータルでの収益性を確保するうえで、雑多で安価な燃料の活用は有効な術となり得る。

欧州の ORC を活用した熱電併給プラントなどでは、実際に伐採したての剪定枝や枝葉、バーク等、決して燃料としての品質が良いとは言えない多様な燃料が活用されている。



図-19 欧州の ORC の熱電併給プラントで活用されている雑多な燃料

## 4. 2. 4. 施設のオペレーション

### 1) 熱負荷に応じた出力調整運転

国内で稼働を始めている FIT の大規模発電の場合、年間の稼働時間が収益に直結し、基本的には年間を通じて 24 時間フル負荷運転での操業となっている。それに対して熱電併給の場合は、売電だけでなく売熱による収入もあり、熱需要の変動を考えると、出力を調整して燃料費等のコストを抑えた運転を行う方が有利なケースも考えられる。

欧州の導入事例をみると、多くの施設で熱負荷に応じた出力調整運転を行っている。たとえばドイツの地域熱供給プラントでは、バイオマスを熱源とした ORC が導入されているが、夏季の 3 か月は稼働を停止し、他の熱源による熱供給が行われている。またもう少しコンパクトな地域熱供給プラントでは、2 基のガス化発電設備が導入されており、基本は 1 基の運転で、熱需要が多い季節、時間帯は 2 基による運転が行われている。

以下にドイツでの聞き取りを基にした、ORC 発電出力 985kW でのフル出力運転と出力調整運転の収支比較を示す。フル出力運転の場合、当然売り上げが大きくなるが支出もそ

れに応じて膨らみ、年間の収支としては11,930万円となる。それに対して熱に応じた出力調整運転は、売上は売電量が落ちる分少なくなるものの、支出が圧縮されるため、年間の収支は12,368万円とフル出力運転よりも若干優位となる。あくまでも燃料代等仮の設定ではあるが、出力調整運転の方が燃料の持つエネルギーを熱電合わせて無駄なく売上に変えることができ、支出の約半分を占める燃料代の割合を圧縮できるため、収支としては有利となるケースがあり、また燃料集荷の量的なハードルも下げることができ、コンパクトなエリアでの地産地消も実現する。

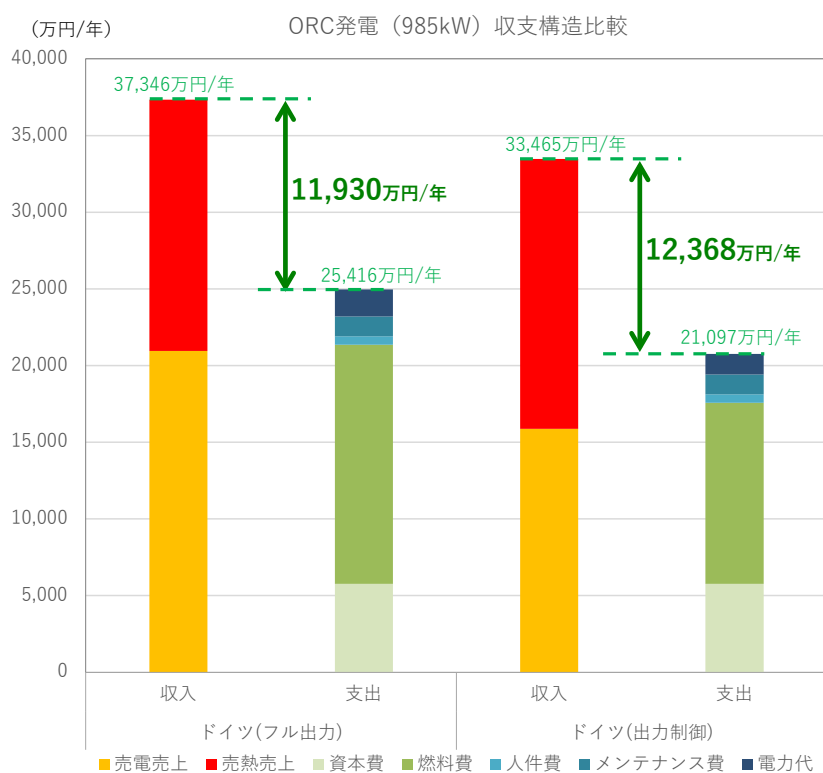


図-20 フル負荷運転と出力制御運転の収支比較  
(ドイツ、985kWのORCを例に試算)

表-8 フル負荷運転と出力制御運転の収支比較（ドイツ、985kW の ORC を例に試算）

			ドイツ (フル出力)	ドイツ (出力制御)	備考
<b>【基本条件】</b>					
設備条件	発電出力	kW	985	985	
	内部消費	kW	223	223	
	熱出力	kW	4,081	4,081	
	資本費	万円	86,450	86,450	設備、建築工事費
	年間稼働時間	h/年	7,920	6,000	
	人員		1	1	
燃料条件	燃料消費量	t/年	20,000	15,152	チップ
	燃料単価	円/t	7,800	7,800	含水率 50%
	灰分	%	1.5	1.5	
	灰の有効利用量	%	50	50	
	灰処分費	円/t	30,000	30,000	
売電・ 売熱条件	売電単価	円/kWh	≦150kW : 30.55 円 ≦500kW : 28.47 円 ≦5000kW : 24.57 円	≦150kW : 30.55 円 ≦500kW : 28.47 円 ≦5000kW : 24.57 円	ドイツは 2004 年 FIT 改正時の単価
	熱利用率	%	60	85	
	売熱単価	円/kWh	8.5	8.5	
<b>【収入】</b>					
売上	売電売上	万円/年	20,959	15,878	
	売熱売上	万円/年	16,387	17,587	
	計	万円/年	<b>37,346</b>	<b>33,465</b>	
<b>【支出】</b>					
費用	資本費	万円/年	5,763	5,763	減価償却のみ
	燃料費	万円/年	15,600	11,818	
	人件費	万円/年	540	540	ドイツはメーカー側対応でメンテ費に含む
	メンテナンス費	万円/年	1,297	1,297	
	灰処分費	万円/年	450	341	
	電力代	万円/年	1,766	1,338	従量料金のみ
	計	万円/年	<b>25,416</b>	<b>21,097</b>	一部運転費用、税金、利息含まず
<b>【収支】</b>					
	年間収支	万円/年	<b>11,930</b>	<b>12,368</b>	



## 2) ユーザーサイドでの燃料の品質管理

ガス化発電の安定稼働を行う上で、燃料の品質管理は非常に重要となる。ペレットの場合は供給サイドで生産時に対応することで安定した品質が担保される。しかし、チップの場合、供給サイドで高品質な燃料を供給したとしても、その後のユーザー側の管理次第では品質が悪化し、設備のトラブルにつながるようなことも想定される。特に含水率に関しては、日本での平衡含水率を下回る 15%W.B.以下の規格を求めるものも多い。放っておけば水分を吸って戻ってしまう水準で、設備の安定稼働のためにはある程度ユーザーサイドで対応していくことも考える必要がある。

欧州での例をみると、チップを利用したガス化発電設備の場合、ガスエンジンの排熱やガスの冷却水などを利用した乾燥機を導入し、ガス化炉投入直前でチップを乾燥している例もみられる。



図-21 ガス化発電施設における排熱を利用したチップ乾燥機の例  
(Spanner、Urbas)

## 3) 発電施設の監視体制

国内の木質バイオマス発電所には夜間も含め 3~4 名のオペレーターによる現場の監視体制を取っている例が多い。一方、欧州の木質バイオマス熱電併給プラントをみると、オペレーターも 1 名程度で、夜間は無人体制となっている例が多い。ORC のプラントの例でも認可申請を行えば休日、夜間の無人運転が可能となっている。その際には TUV で定められたセンサの設置やトラブル時のアラーム対応を行うことが条件となるが、ハードルは高くない。

一方日本では、電気事業法の関係で ORC の無人運転は現状では認められない。今後の規制緩和に期待がかかる。

#### 4) メンテナンス等の内製化

メーカー任せのフルメンテナンスはコスト負担もさることながら、即時対応に限界もあり、設備稼働率にも影響するため、日常のメンテナンスをはじめ可能な限り内製化することは有効である。特にチップを燃料とした小型のガス化発電設備の場合、ペレットと比べて燃料の均質性の点からは劣るため、その時々燃料の品質次第で細かなトラブルが発生する。

欧州のチップを燃料とした小型ガス化発電設備の導入例をみると、施設のオーナーが多少のトラブルに関しては自ら原因究明し、自己解決している。

### 4. 2. 5. 事業採算性の確保

#### 1) イニシャルコストの抑制

国内でバイオマスエネルギーシステムの導入を図る際にネックとなるのが高額なイニシャルコストの負担である。熱電併給に関しても同様であり、設備、工事費合わせた投資額は、欧州と比較すると2倍以上に膨らむこともある。ORCやガス化などは海外品に頼ることが多く、輸入に係る費用や国内規格対応で、当然現地価格よりは割高になってくる。

表-9 熱電併給施設のイニシャルコスト（発電出力あたり単価）

	ドイツ	日本
ORC	86 万円/kW	131 万円/kW
ガス化発電	38 万円/kW	90 万円/kW

※ORCは1,000kW級、ガス化発電は170kW級を想定、1ユーロ=130円

出典：ドイツ；ドイツバイオマス研究センター（DBFZ）「Stromerzeugung aus Biomasse」  
日本；(社)日本木質バイオマスエネルギー協会「小規模木質バイオマス発電をお考えの方へ ガイドブック」を基にそれぞれ作成

それと合わせて欧州との大きな違いとして、欧州では、既存の施設に追加的に熱電併給設備を導入する例が多く、用地や建屋、重機など現有設備を有効に活用し、最低限の投資で導入が進められているケースが多い。熱供給のインフラも整っていれば既存の配管に接続するだけなので、新たな投資としては設備費、及び付帯設備、受変電設備等の負担で済む。



それに対して日本では、FITにより新規事業者による事業化案件が多く、用地獲得、土地造成、インフラ整備、建屋建設など、全て新たに投資が必要となるためどうしてもイニシャルコストの総額として高くつくケースが多い。



図-2.2 地域熱供給プラントに追加された熱電併給設備  
(左：プラント建屋、右：ORC)

## 2) 燃料調達コスト

木質バイオマス発電のコストの多くを占めるのが燃料費である。昨年度の調査からも、小規模のガス化発電や ORC、蒸気タービンの 50~60%が燃料代とされており、採算性確保には燃料低減がカギとなる。

国内外の小規模熱電併給の事例をみると、運転を続けている施設では、極めて良い価格条件で燃料を調達している。

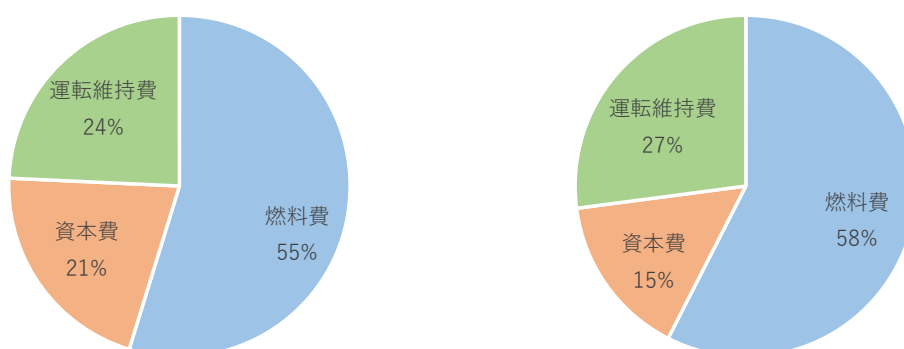


図-2.3 小規模木質バイオマス熱電併給事業のコスト構造  
(左：ORC、右：ガス化発電)

出典：(社)日本木質バイオマスエネルギー協会 H27 年度調査結果を基に作成

ドイツ国内でのペレットを活用したガス化発電では聞き取りで170ユーロ/tで、ドイツバイオマス研究センターのペレット燃料を活用したガス化発電のコストモデルでも160ユーロ/t（絶乾）が用いられている。一方、同じくC.A.R.M.E.N.の公表している統計によると、ペレットの平均単価は50ユーロ/MWh（≒230ユーロ/t≒30円/kg）となっている。高規格なペレットであるが、熱電併給の事業者は、市場価格よりも好条件で取引を行っているものとみられる。

なお、日本国内のペレット工場の多くが欧州と比較すると零細で、燃料調達にもコストをかけているため、流通価格としては40円/kg程度となっている。20～30円/kgといった価格帯で品質の安定したペレットを調達するためには、生産拠点の大規模化、製材端材等安価な燃料調達、流通網の整備等、国産ペレット市場の抜本的改革が課題となる。

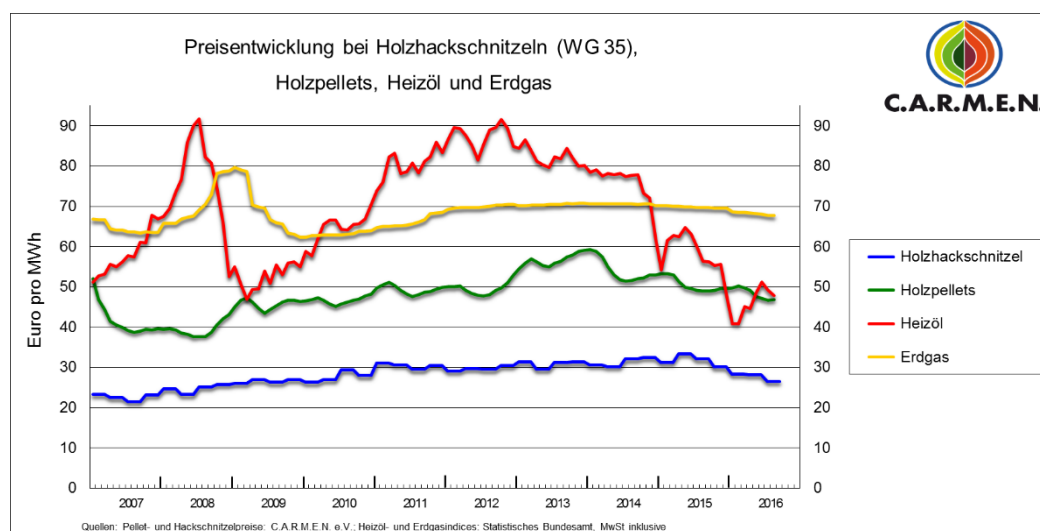


図-24 ドイツにおける化石燃料とバイオマス燃料の価格推移

出典：C.A.R.M.E.N.資料

チップについては、市場の流通価格は平均18ユーロ/m<sup>3</sup>（≒82ユーロ/t≒11円/kg）とされている。事業者の聞き取りベースからも15～20ユーロ/m<sup>3</sup>が市場からの調達価格からとされている。しかし、小規模な事業者や地域の林業家が集まって出資したスタイルの熱電併給プラントでは、自社の請け負う伐採工事や所有の山林から自前で調達するなどして、市場価格よりかなり割安に原価同等で調達する例もみられる。

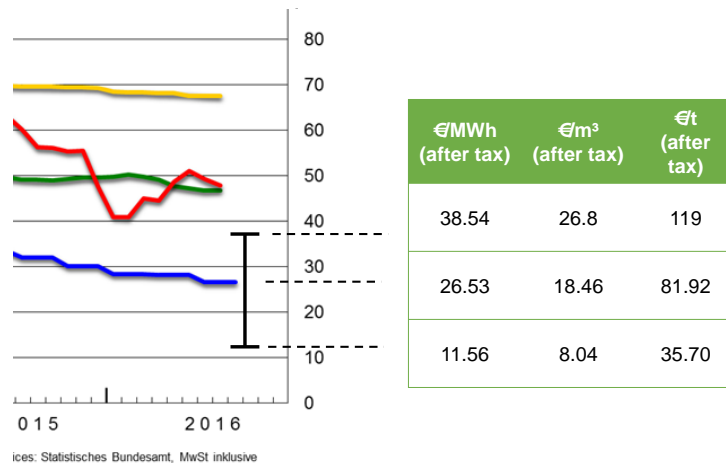


図-25 チップの市場取引価格（上限・平均・下限）

出典：C.A.R.M.E.N.資料を基に作成

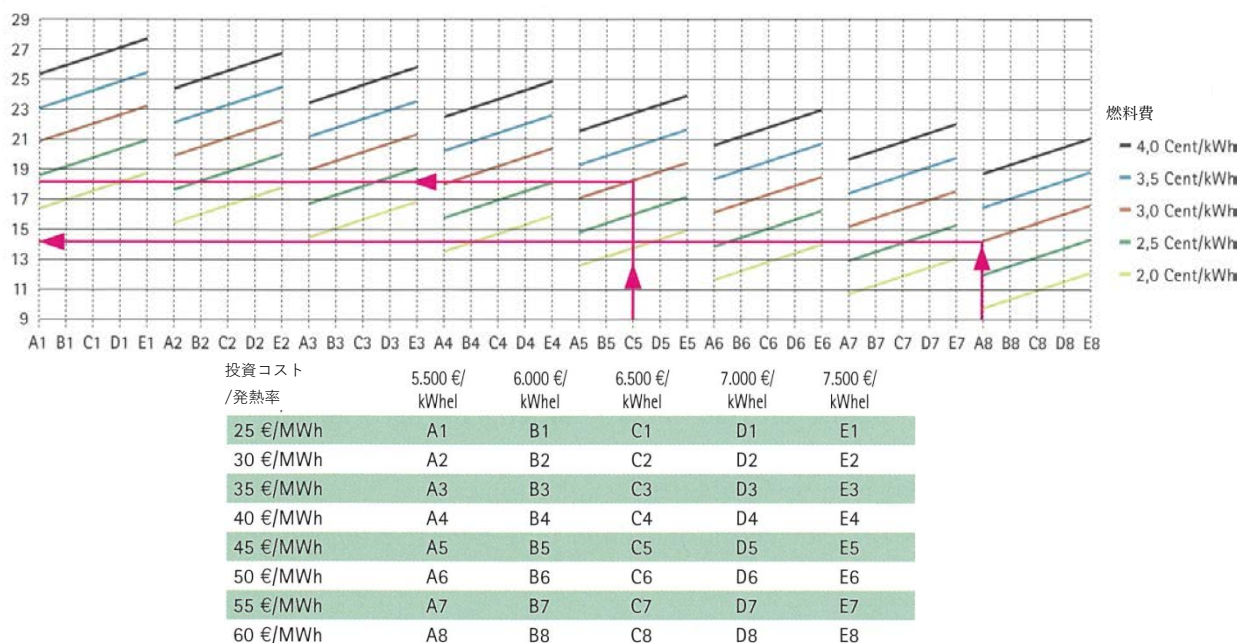
### 3) 独自の収支シナリオの構築

熱電併給の場合、単なる発電事業とは異なり、売熱収入も収入の一つの柱になる。また、FITの売電単価は燃料種により異なるが、売熱単価は燃料種による差がないこともあり、燃料調達の条件については売電単価とのバランスのみならず、売熱量、売熱単価も含めたトータルでの判断が求められる。変動要因が多いため、コストモデルの一般化も難しく、それぞれの条件を積み上げて独自の収支シナリオを構築していく必要がある。

欧州の専門機関のヒアリングからも、熱電併給は事業者がそれぞれの地域の条件を積み上げて収支シナリオを描いていくことが重要とされている。オーストリアバイオマス協会では、そうした事業者の判断をサポートするツールとして、熱電併給事業の採算分岐点の分析シートを公開している。イニシャルコスト、売熱単価、燃料単価のそれぞれの条件を基に、発電コストが割り出されるシートとなっている。

効率評価と 12 年の場合の投資回収

予備電力 Cent/kWh



出典：オーストリアバイオマス協会「Wärme und Strom aus Holz」

図－26 熱電併給の採算分岐点分析シート

#### 4. 2. 6. 地域づくりと一体となった事業形成

大型の木質バイオマス発電所は FIT による収益性が魅力となり、幅広く出資を募り、スケールメリットを生かした事業形成をしている例が多くみられる。それに対して小規模木質バイオマス熱電併給事業の場合、より地域に密着して取り組んでいく必要がある。

燃料の面からは大規模程コストをかけられないため、より近郊のエリアから良い条件で調達する必要がある。そのためには地域の森林・林業の仕組みにいかに関わり込むかが重要となる。熱利用は近隣でエネルギーを利用するため、地場産業との密な連携が必須である。収益性の面からはどうしても大規模発電と比較して劣る代わりに、いかに地域の経済循環にプラスになるような仕組みを形成するかも重要となる。

熱電併給事業を端緒に地域のエネルギーシステムや資源循環の仕組みを変えることで、地域の産業振興や環境保全を促進し、持続可能な地域づくり、地方創生に寄与していくことが期待される。その実現のためにも事業者が行政とも良好な関係性を構築し、地域づくりの取組として一体となって取り組んでいくことが求められる。またそのためのビジョンの共有が非常に重要になってくる。

【地域一体で取り組む熱電併給の国内事例：気仙沼地域エネルギー開発(株)（宮城県）】

気仙沼地域エネルギー開発(株)（宮城県）では、800kW のガス化発電設備を導入し、地域の間伐材等を原料とした熱電併給を行い、隣接する 2 か所のホテルに温水供給を行っている。取組の背景としては、東日本大震災後の復興を進める中で、地域の森林資源を活用した地産地消のエネルギーを導入し、まちの復旧復興と持続発展可能な社会づくりを目指すために、市役所、民間企業、森林関係者の協力の下、事業をスタートさせることになった。

地域にとって大切な漁場の環境を保全するためにも森林の適正な整備に取り組む意義は高く、森と海の融合をキーワードに、地域に好循環を生み出し、多様な主体が恩恵を得られる仕組みを構築した。技術的な課題はあるものの、燃料の集荷やプラントの運営など、地域の関係者、行政が協力しあうことで事業を運営し、地域の復興の一助となっている。



図-27 気仙沼地域エネルギー開発の取組を通じて目指す地域の姿

出典：気仙沼地域エネルギー(株)パンフレット



## 4. 3. 木質バイオマス熱電併給導入モデル

国内で木質バイオマス熱電併給を行う場合について、現地視察や関係者へのヒアリングなどを通して、下記に考察した。

### 4. 3. 1. 製材所における木質バイオマス熱電併給導入モデル

地域の製材所に発電設備を導入したケースを想定した。熱利用先としては、自社の乾燥材製造のための熱源として、木材乾燥設備に利用し、発電分については、FIT 制度に基づき、送電することを想定した形でモデルを作成した。

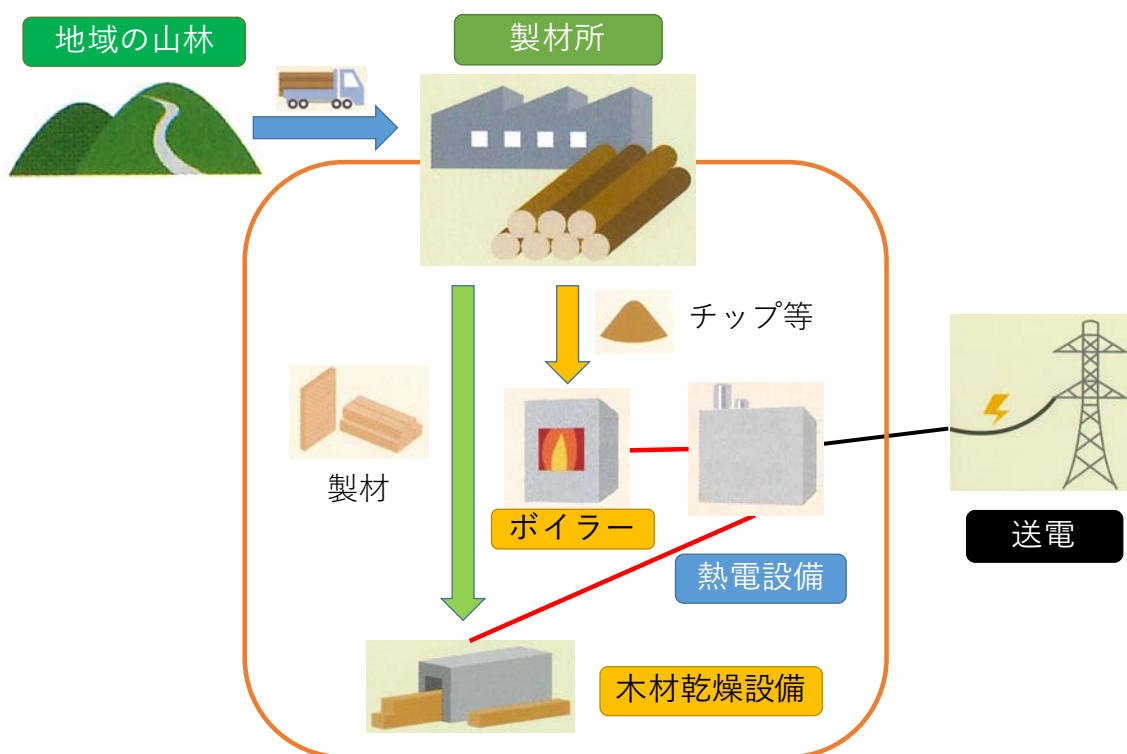


図-28 製材所における熱電併給システムの導入モデル

製材所にて、発電設備を導入し、乾燥材の熱源利用として想定した収支モデルは表-9の通り。

表－9 製材所における熱電併給システムの収支モデル

	項目	単位	金額	備考
<b>【基本条件】</b>				
設備条件	発電出力	kW	265	
	送電出力	kW	210	
	熱出力	kW	470	
	資本費	万円	10,000	
	年間稼働時間	h/年	7,200	300日、24時間稼働
	人員	人	8	1日3交代
燃料条件	燃料消費量	t/年	11,600	含水率40%を想定
	燃料単価	円/t	2,000	搬出・輸送経費は製材搬出費に含め、チップ製造費のみを計上
売電・売熱条件	売電単価	円/kWh	24	
	売熱単価	円/kWh	6	
<b>【収入】</b>				
売上	売電売上	万円/年	3,630	
	売熱売上	万円/年	2,030	
	計		5,660	
<b>【支出】</b>				
費用	資本費	万円/年	550	
	燃料費	万円/年	2,320	
	人件費	万円/年	1,600	製材業務に付随して管理することから、発電設備に関わる人件費と製材所に関わる人件費を1：1で按分
	メンテナンス費	万円/年	215	
	灰処分費	万円/年	450	産廃処理費を20,000円と想定（運賃込み）
	その他	万円/年	325	税金・保険代・排水処理費など
	計	万円/年	5,410	
<b>【収支】</b>				
	年間収支	万円/年	250	

## 1) モデル化の前提条件

### 【基本条件】

#### ○設備条件

導入する乾燥機に必要となる熱量を想定した木質バイオマスボイラーに、バイナリー式発電機を導入するケースで想定した。そのため、熱利用先で最低限必要となる熱量を算出し、その規模に合わせた発電設備を想定した。

稼働時間については、製材所の稼働日（平日・土曜稼働）に、24時間稼働する前提で想定した。

人員については、燃料供給には製材から出るバークや製材端材を利用したり、木材乾燥設備に熱供給を行うなど、製材所の業務と密接にリンクしていることから、発電設備に関わる担当者は製材製造にも関わると想定し、一日3交代で24時間稼働が可能な体制として見込んだ。

#### ○燃料条件

燃料としては、製材所から発生するバークやプレーナー屑、製材端材などを燃料と想定している。そのため、含水率が燃料の種類ごとでバラバラとなっている。バークもなるべく乾燥させるようにして、平均的な含水率として40%を想定して、利用量を算出した。

燃料費単価は、製材所における発電設備となるため、基本的には製材用に搬出した木材から出るチップやプレーナー屑、木片などが木質バイオマス燃料となることを想定しており、その際の搬出コストについては、製材価格に反映させる一方で、発電設備に投入する際の燃料の製造費のみを燃料単価として加えた。

#### ○売電・売熱条件

売電単価は、製材所から出る木質燃料は、FIT制度の買取価格の中では、「一般木質バイオマス」のカテゴリーとなるため、全量を「24円/kWh」と設定した。

一方、売熱単価は、本来乾燥機を稼働させた場合に係る化石燃料費の熱量単価を、平成28年の平均単価をベースに、kWh単位に変換して「6円/kWh」と設定した。

### 【支出】

#### ○人件費

人件費は、上記の設備条件の人員でも記載している通り、発電設備での勤務と製材所での勤務が、同じ割合で関係するとして、人件費を発電設備：製材所で1：1として按分した。

#### ○灰処理費

灰処理費は、発電所から発生する灰を全て産業廃棄物処理することを想定して、その際に係る産廃処理費用については、今回の調査によるヒアリングや現地調査等から、20,000円/tと設定した。

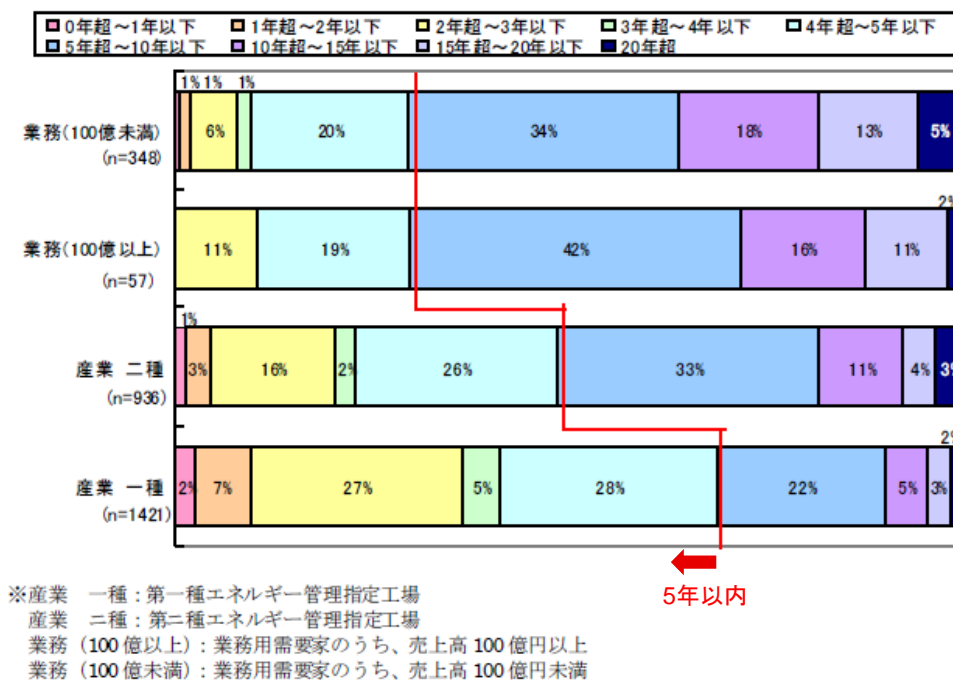


## 2) 費用の考察

収支モデルによると、年間収支は250万円にとどまっているが、発電設備の投資回収年数は13年弱となった。

平成23年に経済産業省が公表した「天然ガスの燃料転換・高度利用に関するワーキンググループ報告書」によると、産業部門におけるエネルギー利用設備に関する大規模な投資を行う際の、投資の可否を判断するための設備投資回収年数の目安として、7割が15年以下と回答していることから、上記の条件であれば、発電機が稼働している間に資金回収はできるため、製材所でも熱電併給設備を導入することを検討することが可能と言える。

問：ボイラーや加熱設備、自家発電設備など、エネルギー利用設備に関する大規模な投資を行う際の、投資の可否を判断するための設備投資費回収年数の目安を教えてください。



(出所) 天然ガスの燃料転換・高度利用に向けて～天然ガスの燃料転換・高度利用に関するワーキンググループ報告書

図一 29 望まれる投資回収年数（既存調査）

一方で、検討すべき課題も多い。例えば、熱利用する設備で利用する乾燥設備の熱量に見合った設備に合わせた発電設備を導入することが求められる。また、燃料費についても、本来であれば、搬出経費や輸送費も発電利用分として計上する必要があるが、収支上では赤字に転落する可能性が高く、製材業でその分を補う必要がある。人件費において

も、製材所との兼業となっているが、安全性の部分では十分といえないことから、従業員教育や発電メーカーとの保守点検体制の確立が求められる。

#### 4. 3. 2. 宿泊・温浴施設向けに熱電併給を行う木質バイオマス発電所の導入モデル

地域に 1,000kW 程度の発電設備を導入し、その熱源を温浴施設やホテルなどに供給するケースを想定した。熱利用先としては、温浴施設やホテルの他、搬送されてきたチップの乾燥の熱源としても利用し、発電分については、FIT 制度に基づき、送電することを想定した形でモデルを作成した。

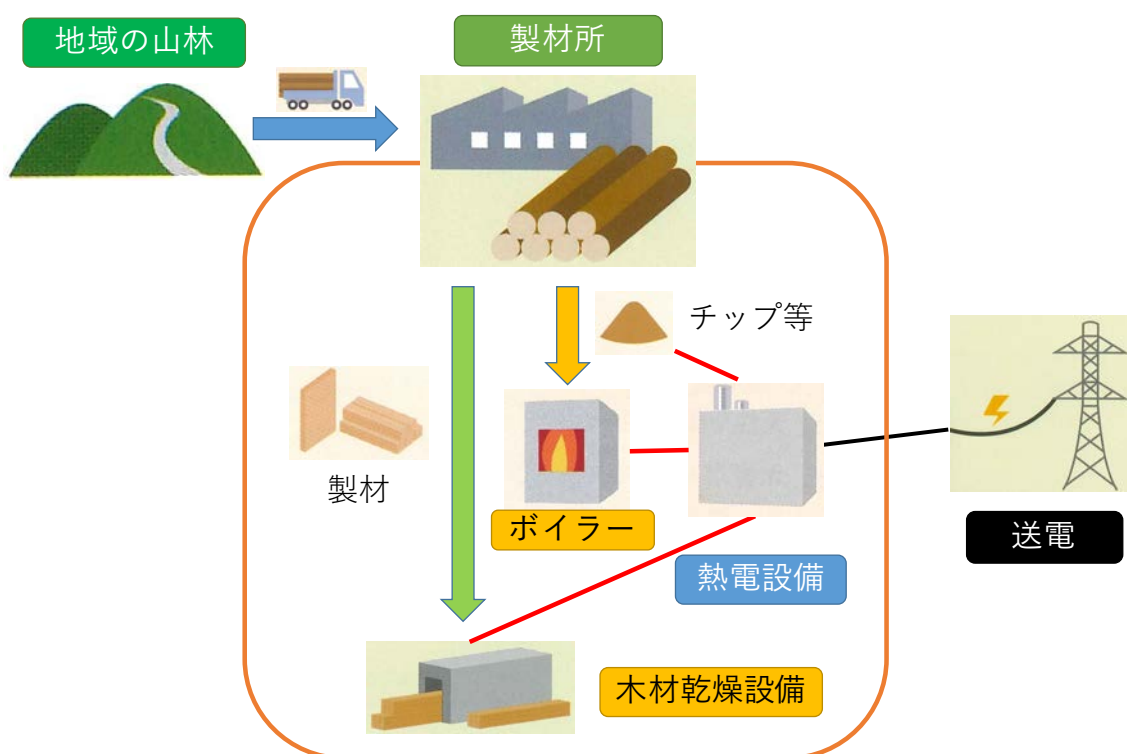


図-30 宿泊・温浴施設に熱電併給を行う木質バイオマス発電所システムの導入モデル

宿泊・温浴施設に熱電併給を行う木質バイオマス発電所のシステムを想定した収支モデルは表-10の通り。

表－１０ 宿泊・温浴施設に熱電併給を行う木質バイオマス発電所の収支モデル

	項目	単位	金額	備考
<b>【基本条件】</b>				
設備条件	発電出力	kW	1,000	
	送電出力	kW	900	
	熱出力	kW	1,100	
	資本費	万円	210,000	
	年間稼働時間	h/年	7,200	300日、24時間稼働
	人員	人	8	1日3交代
燃料条件	燃料消費量	t/年	10,000	生チップ
	燃料単価	円/t	9,000	チップ購入単価
売電・売熱条件	売電単価	円/kWh	40	
	売熱単価	円/kWh	6	
<b>【収入】</b>				
売上	売電売上	万円/年	25,920	
	売熱売上	万円/年	4,752	
	計		30,672	
<b>【支出】</b>				
費用	資本費	万円/年	11,500	
	燃料費	万円/年	9,000	
	人件費	万円/年	2,800	
	メンテナンス費	万円/年	700	
	灰処分費	万円/年	400	産廃処理費を20,000円と想定（運賃込み）
	その他	万円/年	2,500	税金・保険代・排水処理費など
	計	万円/年	26,900	
<b>【収支】</b>				
	年間収支	万円/年	3,772	

## 1) モデル化の前提条件

### 【基本条件】

#### ○設備条件

発電出力、熱出力は、導入する発電設備の熱利用先として、「ホテル」「温浴施設」「チップ乾燥」の3つを想定し、ホテルや温浴施設向けには、安定的に熱供給を行う一方で、熱需要の調整する設備として、チップ乾燥機を設置することとしており、その容量に見合った熱電併給設備を導入したと仮定した。

稼働時間については、ホテルや温浴施設の稼働日（週6日稼働）に、24時間稼働する前提で想定した。

人員については、1日3交代で24時間稼働が可能な体制として見込んだ。

#### ○燃料条件

燃料は、地域の山林から出てくる間伐材や枝葉、タンコロを想定し、平均的な含水率として50%を想定して、消費量、単価を算出した。

#### ○売電・売熱条件

売電単価は、地域の山林から出てくる間伐材のため、FIT制度の買取価格の中では、「未利用木質バイオマス」の категорияとなるため、全量を「40円/kWh」と設定した。

一方、売熱単価は、本来乾燥機を稼働させた場合に係る化石燃料費の熱量単価を、平成28年の平均単価をベースに、kWh単位に変換して「6円/kWh」と設定した。

### 【支出】

#### ○灰処理費

灰処理費は、発電所から発生する灰を全て産業廃棄物処理することを想定して、その際に係る産廃処理費用については、今回の調査によるヒアリングや現地調査等から、20,000円/tと設定した。

## 2) 費用の考察

収支モデルによると、年間収支は3,772万円で、発電設備の投資回収年数は14年弱（13.8年）となった。

発電設備から出る熱を有効利用したケースとして、特徴的なモデルと言えるが、実際には前提となる条件をそろえないと、採算が合わない可能性がある。

熱利用先となる施設と発電所の設置場所の距離が離れてしまうと、熱供給する導管が延長されることで、費用がかさむことに加え、工事の許認可などの手続きが煩雑になる可能性があり、熟考が求められる。

さらに、ホテルや温浴施設などは、定期的に熱を供給する必要がある一方で、熱利用の時間や季節変動の可能性が高く、重要先施設の熱供給量の最適化とともに、売電量との調整が難しいため、安易な計画では、計画倒れに終わってしまう可能性が高い。

また、燃料供給についても、地域の間伐材を利用するためには、地域の森林組合や素材生産事業者、地域住民、自治体との連携は不可欠と言える。

一方で、地域の中で自給自足を行い、地域内循環が見込める木質バイオマス発電所となるため、災害時の電源や熱供給先として機能するポテンシャルを秘めている。川上から川下までを木質バイオマスで担う地域内システムモデルとして、成功事例が増えてくると、導入件数も増加するとみられる。

## 4. 4. 木質バイオマス熱電併給の普及に向けた課題・対応策

### 4. 4. 1. データ・情報の整備・発信

木質バイオマス熱電併給は、FIT による大規模発電と異なり、技術選択や燃料規格、熱利用の面から異なる課題がある。特にガス化発電は新たな技術の参入も多く、技術選択の判断を見誤り、その後のオペレーションで大変苦勞している事例もみられる。まだまだ新たな領域で国内での十分な実績もなく、情報不足な面もあることから、国や行政、専門機関等による適切な情報提供が必要と考えられる。たとえば本調査の成果など、木質バイオマス熱電併給の技術情報や事業化のポイント等の情報を一元的に取りまとめたパンフレット等の作成も有効である。

また、稼働後の発電所の稼働実績、コスト情報、燃料種別利用量、燃料調達単価等を統計情報などとして今後、整備、公表していくことが求められる。FIT の買取条件の検討等、適切な政策誘導を促すためにも、こうしたデータ整備は重要となってくる。

欧州では国や州の機関、研究機関や業界組織等が事業者向けのコスト情報の提供や統計データの整備・公表を行っている。国内でも木質バイオマスの市場の加熱や社会的要請の高まりにより、そうした情報整備がなされつつあるが、欧州の例に倣い、より正確かつ詳細なデータ整備と公表を一層進めていくべきである。

### 4. 4. 2. 熱電併給促進のための施策支援・規制緩和

FIT では 2,000kW 未満の間伐材等由来に 40 円/kWh の新たな枠が創設された小規模発電にはチャンスが広がっている。しかしながら、前項で既述の通り、熱電併給事業の場合、燃料、設備、熱利用、売熱スキームなど、あらゆる面から発電のみの事業とは条件が異なる。そのため従来の FIT による支援だけでは普及を十分に後押しできない面もある。大規模発電との違いを踏まえ、独自の支援策を投じていくことで熱電併給の普及を推進していくことが求められる。たとえば FIT による熱電併給の優遇、新たな熱利用・熱電併給施策による推進といったことも考えられる。

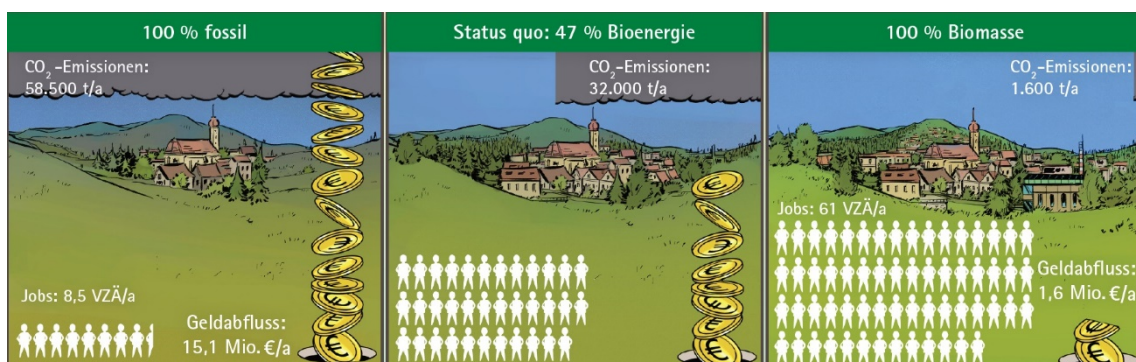
また、ORC でみられるように、電気事業法等の規制が障害となり、本来の優位性を発揮できていない面もみられることから、安全性等の検証を行ったうえで規制緩和を進めていくことも必要である。

### 4. 4. 3. 熱電併給促進の意義を見つめなおす

木質バイオマス熱電併給はエネルギー効率、CO<sub>2</sub> 排出削減効果、資源の有効活用といった環境面からの効果の高い取組である。また地域の森林・林業やエネルギー利用側の産業など地域産業と密接な関わりがあり、地域経済振興の効果も大きい。本来外部依存のエネルギーの地産地消を進めることで、地域のエネルギーセキュリティの向上も期待される。単なる利潤目的の再エネビジネスではなく、持続可能な地域づくりを進めていく上での歯車として熱電併給は高いポテンシャルを秘めている。

こういった視点を地域で共有し、関係者により事業構築をしていくことが重要である。またこれを支援する自治体、国としても、こうした効果に鑑み、適切な支援策を投じていくべきである。

ドイツでは2014年のEEG改正により支援の幅が当初より大幅に圧縮され、以降、木質バイオマスの熱電併給施設の建設が伸びていない。普及の余地はまだあるものの、政策判断として再エネに一定の抑制がかけられてしまい、現行の支援の幅では採算性が見込めなくなってしまうためである。2017年からは入札制度に移行し、状況は益々厳しくなる。一方で、普及を進めていきたいバイオマス産業界や地域の間では、地域産業振興や雇用、税収の効果などを踏まえ、継続支援の議論が沸き上がっている。欧州全体での電力市場の今後のビジョンづくりやその中でのバイオマスの役割に関する議論を深めていくことが必要とされている。



図－3 1 バイオマスエネルギーによる地域効果

出典：オーストリアバイオマス協会パンフレット



## 5. まとめ

木質バイオマス熱電併給の事業化のポイントを総括する。熱電併給の場合、熱収入が採算性の鍵ともなるため、計画段階だけでなく、オペレーションも含めて熱利用を主体として事業を構築していくことが大切である。技術に関して、特にガス化発電は実証段階の技術も含め、様々な機器が市場に投入されているため、技術熟度や導入サイトの条件に合わせて適切な機器選定が求められる。燃料については、熱電併給の場合、燃料種による取引価格の影響のない熱収入もあるため、全体の収支を考えて地域で安定的かつ安価に入手できる燃料を調達することも有効である。ガス化発電の場合は燃料の品質管理の対策も重要である。

また成功事例をみると、いずれも標準のケースよりもコストを抑制したり、エネルギー利用サイドに新たなメリット・価値を生み出すなど、事業を成立させるための独自の工夫が見られる。小規模な熱電併給は、燃料の調達から熱エネルギーの利用まで、地域密着で取り組んでいくことが必須であり、効果的に導入していくことで地域に多様なチャンスをもたらすツールとなる。地域振興への効果に鑑み、官民が連携し、まちづくりと一体となって取り組んでいくことが非常に大切である。

### 《木質バイオマス熱電併給事業化のポイント》

- ❖ 熱をメインに考える（計画段階・オペレーション）
- ❖ 適切な技術選択
- ❖ 地域で調達可能な安価な燃料の活用と品質管理
- ❖ 事業者独自の創意工夫による独自の収支シナリオの構築
- ❖ まちづくりと一体となった事業形成

一方で、FITの小規模枠創設により小規模熱電併給の案件化の動きは活発化しているものの、成功事例と言える案件はあまりみられず、技術、採算性の面などから苦戦を強いられているのが現状である。背景には情報不足が挙げられる。技術情報や統計情報、コストデータなど実績ベースの情報も含めて、広く情報・データの整備、発信が求められる。

また熱電併給事業の特性を踏まえた、独自の推進施策の立案や市場ニーズを踏まえた規制緩和も講じていく必要がある。

## 木質バイオマス熱電併給事業の推進のための調査

平成 29 年 3 月 発行

発行： (一社)日本木質バイオマスエネルギー協会

<http://www.jwba.or.jp>

〒110-0016

東京都台東区台東 3 丁目 12 番 5 号 クラシックビル 604 号室

電話:03-5817-8491 FAX:03-5817-8492

Email:mail@jwba.or.jp

本書は、平成 28 年度林野庁補助事業「木質バイオマス利用支援体制構築事業(燃料の安定供給の強化等)」により作成しました。