

平成 26 年度
木質バイオマス利用支援体制構築事業
成 果 報 告 書

平成 2 7 年 3 月
木質バイオマス利用推進協議会

目 次

第 1 章 調査の総括・論点整理	3
1.1 統括責任者による論点整理	3
1.2 FIT 以前の木質バイオマス発電.....	3
1.3 FIT による木質バイオマス発電の新たな展開	8
1.4 ドイツのバイオマス FIT に見る制度変更のリスク	17
1.5 先行するドイツと後発の日本：無視できない 10 年の時間差	20
第 2 章 調査の目的と方法	27
2.1 背景と目的.....	27
2.2 調査テーマと実施方法.....	27
第 3 章 木質バイオマスのサプライチェーンシステムに関する調査	29
3.1 木質バイオマスの供給における実態調査.....	29
3.1.1 調査方法	29
3.1.2 成果まとめ.....	29
3.1.3 アンケート調査結果	30
3.1.4 現地ヒアリング調査結果.....	43
3.2 広葉樹利用における供給コストの実態調査	50
3.2.1 調査方法	50
3.2.2 成果まとめ.....	50
3.2.3 現地ヒアリング調査結果.....	50
第 4 章 木質バイオマス発電・熱電併給システムに関する調査	55
4.1 ボイラ・タービン発電プラントに関する実態調査	55
4.1.1 調査方法	55
4.1.2 成果まとめ（結果概要）	56
4.1.3 アンケート調査及びヒアリング調査結果	56
4.2 小規模発電プラント（ガス化、ORC）に関する実態調査.....	61
4.2.1 調査方法	61
4.2.2 成果まとめ（結果概要）	61
4.2.3 実態調査（アンケート及びヒアリング調査）結果.....	62
4.2.4 小規模熱電併給 調査のまとめ.....	66
第 5 章 燃料用木質チップの品質規格	67
5.1 「燃料用木質チップの品質規格」策定の経過	67
5.2 品質基準の策定	69

第6章 相談・サポート体制の確立支援事業	76
6.1 目的と方法	76
6.1.1 背景と目的	76
6.1.2 実施内容	76
6.2 ヘルプデスク（相談窓口）の設置	76
6.3 相談窓口体制	76
6.3.1 相談窓口 問い合わせ 相談者別	77
6.3.2 相談窓口 問い合わせ 地域別	78
6.3.3 相談窓口 問い合わせ 相談種類別	79
6.3.4 相談窓口 問い合わせ 相談内容・傾向	79
6.4 木質バイオマスエネルギー利活用セミナーの開催	82
6.5 木質バイオマスエネルギー利用支援構築事業 成果報告会	84
6.5.1 木質バイオマスエネルギー利用推進セミナー 開催概要	84
6.5.2 アンケート結果	85

第1章 調査の総括・論点整理

1.1 統括責任者による論点整理

2012年7月に固定価格買取制度(FIT)がスタートしてほぼ3年が経過した。木質バイオマス発電の分野でも、特筆すべき動きがいくつかあり、これを巡ってさまざまな論議が交わされている。その代表的なものを列記すると、

- これまでバイオマス発電と言えば、その燃料は工場残廃材や建築廃材などに限られていたが、FITを契機に未利用木材を使う、かなり大型の発電プラントが各地で計画されている。燃料の安定供給は本当に可能なのか。
- 2015年4月から未利用木材を使った小規模発電(電気出力2MW以下)が「別区分化」され、買取価格が引き上げられた。この別区分化に対応する技術としてどのようなものがあるのか。
- 日本がお手本にしたドイツのFIT制度が今大きく変えられようとしている。日本のバイオマスFITは今後どうなるのか。
- 国内の林業・林産業が不振を極める中で、木質バイオマスのエネルギー利用を促す政策手段としてFITへの期待は大きい。この制度を今後どのように活用していくべきか。

われわれの木質バイオマスエネルギー利用推進協議会は、こうした論点を念頭に置きながら今回の調査事業を進めてきた。それと並んで、内部の勉強会や各種ワーキンググループの会合を開いて、多くの方々の意見を聴取するとともに、海外の最新情報の収集にも努めてきた。上記の四つの問いはいずれもわれわれが継続して取り組むべき重要な課題である。これまでに得られた知見をもとに主要な論点の整理を試みた。今後さらに論議が深まることを期待している。

(木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 熊崎 実)

1.2 FIT 以前の木質バイオマス発電

既存発電プラントの四つのタイプ

木質バイオマス発電を特徴づけているのは、驚くほどの多様性である。電気出力でいうと、100kWに満たない小型のプラントから、バイオマスを混焼する数十万kWの石炭火力発電所まで広い幅がある。また、発電施設とはいえ、電気だけを生産というのはごく少ない。むしろ工業用のプロセス蒸気の取得を主目的にして、ついでに発電するケースが多数を占める。この場合でも、熱と電気の比率はさまざま。木質バイオマス発電の中身が多様になるのは当然だろう。

火力原子力発電技術協会がまとめた『国内のバイオマス発電の現状調査報告書』(2008年同協会刊)には、FIT以前の既存プラントの事例が数多く列挙されていて、全体像をとらえるには便

利である。直接燃焼・蒸気タービンによる木質バイオマス発電に限ると、次のようなタイプ分けが可能である。

- (1) 木材加工工場に設置されたプラント
- (2) バイオマス専焼で発電専用のプラント
- (3) 製紙工場やセメント工場に設置されたプラント
- (4) バイオマス混焼の石炭火力プラント

表1はこの四つのタイプの特徴が鮮明に出るように、それぞれの典型的な事例を数件ずつ書き込んでみた。(1)のタイプから、(2)、(3)、(4)へと移るにつれて電気の出力規模が急角度で大きくなっている。

出力が増すにつれて、燃焼炉は固定床→バブリング流動床→循環流動床→噴流床へと変化し、同時に1時間当たりの蒸気量で示されるボイラの容量も大きくなる。各プラントの発電効率も明記されていないが、ボイラの定格圧力と蒸気温度が高いほど効率よく発電していると見てよい。

表1 木質バイオマス発電の国内の事例

		発電出力 MW	燃焼炉 の種類	ボイラ容量 t/h	定格圧力 MPa	蒸気温度 ℃
製材工場に設置 されたプラント	事例 1	0.6	FBC	7.5	2.0	223
	2	1.3	〃	8.9	3.6	320
	3	3.0	〃	34.0	7.2	450
	4	4.7	〃	70.0	7.0	435
発電中心の プラント	事例 1	5.0	BFBC	25.5	6.4	425
	2	10.0	CFBC	45.0	5.4	453
	3	50.0	〃	196.0	10.2	513
製紙工場に設置 されたプラント	事例 1	16.0	CFBC	105.0	6.4	460
	2	25.0	〃	200.0	11.6	541
	3	40.0	〃	180.0	8.3	505
	4	41.0	〃	195.0	10.2	513
	5	45.0	〃	250.0	13.1	515
	6	77.3	〃	260.0	12.3	569
バイオマス混焼の 石炭火力プラント	事例 1	156.0	PFC	520.0	17.1	571/543
	2	175.0	〃	540.0	17.2	569
	3	250.0	〃	840.0	17.2	571/541
	4	700.0	〃	2120.0	25.0	597

注)FBC:固定床燃焼、BFBC:気泡流動床燃焼、CFBC:循環流動床燃焼、PFC:噴流床燃焼
出所)火力原子力発電技術協会『国内のバイオマス発電の現状調査報告書』平成20年

木質発電事業の先駆け：紙パルプ産業での自家発電

質の低い木質バイオマス産業用の熱や電気に変換する技術を最初に確立したのは紙パルプ産業である。規模の大きい紙パルプ工場では比較的早くから大型の自家発電装置が導入されて

いた。紙パルプの製造では加熱や乾燥に大量の蒸気が使われるし、また製造設備を動かすための電気も要る。まさに典型的なエネルギー消費産業だが、その一方で燃料となる木質系の廃棄物を大量に生み出している。パルプ製造に使えない木屑、ペーパースラッジ、黒液がそれだ。

ペーパースラッジというのは、製紙原料のうち紙にならなかった微細繊維や、タルク、カオリン、古紙混入遺物などからなる「製紙汚泥」のことで、産業廃棄物扱いである。また黒液というのは、クラフトパルプの製造で出てくる無機物と、木材から溶出したリグニンなどの有機物を含む黒色の廃液で、これまた 1960 年代から 70 年代にかけて世間を騒がせた「ヘドロ公害」の元凶である。

紙パルプ工場の自家発電装置は、こうした厄介な廃棄物を有用な熱や電気に換える、まさに魔法の装置であった。さらに近年では、石炭、重油・灯油、都市ガス・LPG のような化石燃料も投入されているし、廃タイヤや RFP (古紙として再利用できない紙と廃プラスチックを固形化したもの) も使われている。多様な燃料を受け入れていることも、このタイプの発電プラントの特徴と言っていい。

設置されているボイラと発電機の容量はかなり大きい。熱を使う関係で、抽気復水タービンによる熱電併給が一般的である。

木材加工業での熱電併給

欧州の大型の製材工場では、製材の残廃材を利用した熱電併給が行われている。工場に丸太が入ってくると、まずバーカーで皮を剥ぐが、ここで発生する大量の樹皮が発電に向けられる。以前であれば樹皮は埋め立て処分するしかなく、相当額の処理料を払っていた。それが燃料として利用されるようになるのは比較的最近のことだ。

製材所の発電プラントが生み出す電気は、一部所内で消費され、残りは外部に販売される。一方、発電の排熱のほうは、製材品の乾燥、ペレット原料の乾燥、所内の暖房に向けられ、余った分は地域熱供給施設などに売られている。製材で出てくるおが屑はそのままペレットの原料になるし、背板・端材も製紙用のチップのほか、ペレット製造に向けられることもある。いずれにせよ、工場に入ってきた丸太は、製材品、製紙用チップ、ペレット原料、熱電併給装置の燃料として余すところなく使われ、捨てられる部分の一つもない。

欧州の製材工場も、90 年代以降製材品価格の低落に苦しめられていたが、工場残廃材のエネルギー利用で収入が増え、経営基盤が著しく強化されたのである。

残念なことに、わが国の製材工場は規模が小さく、工場の残廃材で自家発電する例はなかなか出てこなかった。発電どころか、木材乾燥用の木屑ボイラが入れられず、高価な重油に頼ることもしばしばであった。その一方で、バークなどの残廃材をトン当たり 1~2 万円も払って産業廃棄物として処理していたのである。ようやく近年になって製材工場の規模拡大が進み、木屑ボイラの導入が増えている。

木材加工業のなかで比較的早くに自家発電を始めたのは合板工場や集成材工場であった。1980 年代の後半には、秋田県河辺町の秋田プライウッド、岡山県真庭市の銘建工業、愛知県蒲郡市と広島県廿日市市にあるウッドワンの二つの工場などに入っている。電気出力は比較的小さいずれも 2MW まで。

RPS法で促進された木質バイオマス発電

このようなわけで、木質バイオマスのエネルギー利用は木材産業の規模拡大・近代化と軌を一にして進展してきたとみてよい。わが国では紙パルプ産業でこれが比較的順調に進んだものの、国産木材を使った製材業ではその歩みが遅々としていた。それでも、RPS法の施行(2003年4月)を契機に状況が少し変わってくる。RPSというのは、Renewables Portfolio Standardの略で、この法律により電気事業者は新エネルギー等から発電される電気を一定量以上利用することを義務付けられ、木質バイオマスの電気も市場価格よりはいくらか高い値段で売れるようになった。RPSを前提にしてつくられた木質燃料焚きの発電設備はかなりの数にのぼる。

RPS法は、2012年のFIT法の施行に伴い廃止されることになるが、2002～11年に運転を開始した木質燃料焚きの発電設備71件のうち、30件は「RPSを前提とした設備」であり、19件は「RPSを追加した設備」であった(表2参照)。両方合わせると49件で、全設備の7割近くに達する。製材工場などに付設される発電施設がちらほら出てくるのはこの段階からだ。

一例をあげると、秋田県能代市の能代バイオマス発電所(定格出力3MW)、長野市のいいずなお山の発電所(1.3MW)、岐阜県川辺町の川辺バイオマス発電所(4.3MW)、岐阜県白川町の白川バイオマス発電所(0.6MW)などである。規模的には押しなべて小さいが、国産材を扱う製材工場ではこの辺りが精いっぱいのところであろう。

表2 木質バイオマス発電設備の設置状況
FIT以前(2011年まで)

	～2001年	2002～06年	2007～11年	計
RPSを想定しない設備	18	10	12	40
RPSを追加した設備	0	11	8	19
RPSを前提とした設備	0	16	14	30
計	18	37	34	89

出所)澤田直美「バイオマス発電事業の10年～先駆事業が直面した課題とリスク～」木質バイオマスエネルギー利用推進協議会26年度第3回勉強会(2015.01.23)資料をもとに作成。
原資料はRPSの『全認定設備一覧(2011年度末現在)』と『火力・原子力発電所設備要覧(平成23年改定版)』から1MW以上の施設を抽出・集計したもの。

建廃利用の独立型発電プラント

RPSとの関連でとくに注目すべきは、2005年から06年にかけて、林産業から切り離された独立型のバイオマス発電所がいくつか動き始めたことである。燃料は主としてリサイクルチップで、家屋の解体材や道路工事・開発事業などで発生する幹・枝・根株を破碎したものだ。建廃のような燃料

を使っている限り、木材加工工場との連携が絶たれていてもそれほど問題にはならない。

典型的な事例として筆者の念頭にあるのは、ファーストエスコ社が建造した三つの発電プラントだ。すなわち福島県白河(11.5MW)、山口県岩国(10MW)、および大分県日田(12MW)がそれである。いずれも収入は売電だけで、発電排熱の利用はない。それでも採算が取れたのは安価なリサイクルチップが使えたからである。

廃棄物の処理及び清掃に関する法律(廃掃法)の改正で2001年4月から木質系廃棄物の屋外焼却(野焼き)ができなくなった。無差別な焼・棄却に代わって「分別」や「リサイクル」が義務づけられたため、低質の木質バイオマスは廃棄物処理場に持ち込まれてチップに加工されるのだが、燃料用チップの出口は環境規制の強化で狭められている。燃料用チップが市場に溢れ、チップの価格はしばらくごく低いレベルに抑えられていた。

ところが、2004年ころから石油価格の上昇が始まる。重油ボイラから木屑ボイラへの切り替えが本格化し、燃料用チップに対する需要が急増、チップの価格は一転して高騰することになった。ファーストエスコ社の発電事業でも当初トン1,000円くらいで入っていた燃料チップが2、3年のうちに4,000円前後に跳ね上がって、収支が急速に悪化したという。さらに深刻だったのは、必要な燃料が集まらず、設備稼働率が50%くらいまで落ちた時期もあったようだ。独立型の大型プラントでは、比較的安価な燃料が安定的に入ってくる独自のルートを持つことが、必須の条件となる。

石炭火力でのバイオマス混焼

林産業に付設された発電施設は、木材乾燥などに必要な熱の取得を主目的としており、その限りで発電効率が多少低くとも、あまり問題にならない。発電専用のプラントではこの変換効率が事業の採算性を決定的に左右する。安価な廃棄物系燃料がふんだんに使えるのならともかく、山から下りてくる未利用木材のような高価な燃料を使用するとなれば、なおさらそうだ。

残念なことに蒸気ボイラ・蒸気タービンの発電方式では出力規模を相当に大きくしないと発電効率が高まらない。5MW、10MWのバイオマスプラントでは、木材の持つエネルギーの25%前後、うまくいっても30%くらいしか電気に換えられないだろう。最新鋭の石炭火力発電ではすでに40%を超えているし、天然ガス焚きの火力では60%以上に達している。それに比べて25%前後という発電効率はいかにも見劣りがする。とてもまともには競争できない。

そこで近年注目を集めているのが、石炭火力でのバイオマス混焼だ。木質燃料だけで大型化するの是非常に難しいが、大型の石炭火力での混焼ならバイオマスの発電効率を40%くらいまでに引き上げることはできる。木質燃料の混焼率が低ければ、木質ペレット、あるいは乾燥した比較的細かい木質チップを石炭と一緒に燃焼室に投入するだけでよい。既存の施設がほぼそのまま使えるから、ごく軽微な付加的投資で済む。熱利用はないものの、発電コスト自体はすこぶる安い。

石炭火力の側から見ても、バイオマス混焼でCO₂の排出量を削減できるというメリットがある。温室効果ガスの削減目標が国ごとに決められて、その履行が国際的に強く求められるようになれば、バイオマス混焼が大幅に増えるだろう。欧州においては、イギリスはじめいくつかの国ぐにで海外から木質ペレットを大量に輸入して石炭火力での混焼を積極的に進めている。

1.3 FITによる木質バイオマス発電の新たな展開

政策意図の鮮明なわが国のバイオマスFIT

わが国のFIT制度は2012年7月にスタートした。木質バイオマスによる発電についても、これが適用されるようになったが、当初、出力規模による買取り価格の差別化は一切なく、もっぱら使用する燃料によって区切られていた。すなわち「未利用木材」32円/kWh、「一般木材」24円/kWh、「リサイクル木材」13円/kWhの3区分がそれだ(いずれも税抜き)。

この3者のあいだでかなりきつい傾斜がつけられたのは、明確な政策意図があったからである。長期化する国内林業の不振で、戦後植えられた人工林に除間伐の手が入れられなくなり、森林が危険なまでに過密化する状況になった。国の補助金による間伐が進められていたが、京都議定書の締結以降それが一層強化されることになった。CO₂の削減で森林の吸収分を認めてもらうためには、人工林などを間伐して「経営」しているという実績がなければならないからである。

国内の人工林はすでに30～40年生以上になっているから、間伐すればかなり太い丸太が相当量出てくるはずだ。ところが実際には伐倒されたままで、まったく利用されていないケースがたくさんある。毎年伐り倒されたまま山に残される木材の量は約2000万m³にも達するという。これは市場に出てくる丸太の総量よりも多く、異様な事態というほかはない。

「未利用木材」とは、端的に言えば「伐り捨て間伐材」のことだ。これを山から出してこようとすると、林道網の未整備や機械化の遅れが災いしてコストが嵩む。発電に使うなら、電気が32円/kWhくらいで売れないと伐り捨て間伐材は使えないという判断があったと思う。

もう一つ付け加えると、これまでボイラ燃料の定番であった建築廃材などがあらかた使い尽くされているという事情がある。山に残された大量の未利用木材がうまく活用できれば、今後、木質エネルギーの生産を大幅に増やすことも夢ではない。また、森林伐採に伴って発生する低質バイオマスが一定の価格で売れるようになれば、製材用の丸太などと一緒に山から下りてくるようになるであろう。あるいは燃料用バイオマスが伐出コストの一部を分担できるようになれば、製材用丸太も出しやすくなるだろう。今回のバイオマスFITに大きな期待が寄せられているのは、国内林業の再建につながる、こうした可能性があるからである。

事実、2000年代前半から木質バイオマスのエネルギー利用が増加したドイツでは、低質丸太の山元価格が大幅に上昇し、森林経営の収支が目立って改善されたという。

FITが生み出すユニークな大型発電

資源エネルギー庁の公表データによると、2014年11月までに木質バイオマス発電でFITの認定を受けたのは70件で、発電出力は118万kWに達している。認定された設備を一覧して気づくのは次の点である。

- ① 発電プラントの出力規模が比較的大きく、5MW、10MW クラスが大半を占める。このクラスのプラントを年間フルに稼働させると6万トンないしは12万トンの木質チップが必要になるだろう。
- ② 燃料としては森林から下りてくる「未利用木材」を使うものが多い。これまで発電用の燃料といえば、専ら建築廃材や林産業の工場残材であったことを考えれば、大変な様変わりである。
- ③ 発電専用のプラントが多く、熱電併給の CHP プラントがあまり見られない。総じていえば、木材加工産業との連携していないケースが増え、その限りで木質原料のカスケード利用が難しくなっている。

バイオマス専焼で発電専用の大型のプラントが続々とつくられるというのは、近年では世界的に見て非常に珍しい事態である。後述するように、ドイツやオーストリアでは発電プラントの小型化と CHP 化が急速に進んでいて、5MW 以上のバイオマス発電施設の新設はほとんど見られない。

わが国の場合は、未利用木材に対する FIT の買取価格が強いインセンティブとなって、まったく新しい事態を生み出しているのである。認定を受けた発電プラントが全部稼働するとなると、相当な量の木質燃料が必要になるであろう。必要な燃料を今後5年、10年、20年にわたって国内の森林から安定的に供給できるかどうか。

山に2,000万 m³もの未利用木材がころがっているのなら、発電プラントが多少増えても問題がないように思える。ところが事はそれほど単純ではない。そもそも2,000万 m³ 云々の話は十年前から出ていた。早くいえば、間伐補助金で伐り倒されたとされる丸太材積と、実際に市場に出てくる丸太材積の差が2,000万 m³くらいになるというだけの話である。

いつ、現在の時点で、どのような種類の木材がどれほど伐り捨てられているのか、正確なことは何もわかっていない。何年か前までは、あちこちで伐り捨て間伐の現場に遭遇し驚いたものだが、最近ではあまり見かけなくなった。実際にはかなり出材されているのかもしれない。各地の状況をよく調査して、バイオマスの供給量を増やす方をしっかりと検討する必要がある。

そもそも間伐して材が出てこない理由を探っていくと、①材の出口(販売先)がない、または②コストがかかり過ぎて運び出せない、のいずれか、またはその両方に行きつく。FIT の電気の買取りで未利用木材の出口は確かに広がった。しかし、コスト高の問題まで解決してくれるとは限らない。わが国の場合は、林道網の整備と能率的な作業システムの導入が重要な課題となっているが、これを進めるのは FIT とは別の政策支援が求められるであろう。FIT ができたからと言って、未利用木材が山から自動的に下りてくるわけではない。どうしたら下ろしてこれるか、それを考えることが肝要である。

小規模木質バイオマスの別区分化

2015年の4月から未利用木材を用いた2MW未満の木質バイオマス発電に対しては「別区分

化」がなされ、買取価格が 40 円/kWh(税抜き)に引き上げられた。これまでは電気出力 5MW で未利用木材使用の発電プラントをモデルにして、32 円/kWh という調達価格が決められていたのだが、これでは規模が大きすぎて、十分な燃料が収集できない地域が各地に出てしまい、森林資源の有効利用や地域の活性化にもつながらないという判断があったようである。

小規模分散型の熱電併給を重要視する欧州諸国では、小さなプラントほど報償額を高くするのが習わしになっている。日本でもこれからそのような方向に動くとするれば、今回の別区分化は適切な措置と言えるであろう。問題は 2MW 未満の発電に適用しうる発電システムがあるかどうかである。常識的には通常の蒸気ボイラ・蒸気タービン方式が入れづらい。発電専用なら 5MW 以上、熱電併給なら 2MW 以上というのが通り相場になっている。

この点は日本のデータでも確かめられた。電力中央研究所の多喜真之氏は、木質バイオマスプラントの発電コストが、1MW～20MW までの5段階の出力規模によってどのように変わってくるかを試算しておられる(表3)。それぞれの出力階層のプラント建設費と熱効率は、2013 年までに建造されたバイオマス発電プラントの実績値から推計されている。燃料は水分 40%でトン当たり 12,000 円の未利用木材が共通して使われる。前提とされる内部収益率(IRR)は8%。燃料と IRR についての前提条件は、5MW のプラントを前提にして決められた 32 円という未利用木材の買取価格の前提を踏襲したものであり、表にあるように、5MW の発電コストは 31.7 円になっている。

表3 木質バイオマスプラントの発電コスト
～電気出力規模別の比較～

電気出力	1MW	2MW	5MW	10MW	20MW
発電コスト 円/kWh (熱収入考慮のコスト)	124.0 (46.7)	61.8 (25.0)	31.7	26.6	21.4
内訳					
資本費	14.8	9.3	6.3	5.2	4.2
運転維持費	14.7	7.5	4.5	3.6	2.4
燃料費	94.5	45.0	21.0	17.8	14.9
建設費単価 万円/kW	52.17	46.12	38.11	32.06	26.00
熱効率 %	8.0	12.0	20.7	24.4	28.2

前提 ○燃料:未利用木材 12MJ/kg(水分40%) 単価 12,000/t、○IRR:8%(資本費)
○プラントの建設費と熱効率は2013年までに建造されたプラントの実績値より推計
○熱収入:熱回収効率45%、廃熱利用率60%、ボイラ効率90%の石油ボイラの熱を代替すると仮定。A重油:39.1MJ/kg、100円/L

出所)多喜真之、山本博巳、市川和芳「国内バイオマス発電の経済性評価」第31回エネルギー・システム・経済・環境コンファレンス(エネルギー資源学会)、2015/1/27-28

バイオマス発電のコストは、一般に出力規模が小さくなるにつれて引き上げられるが、表3で注意すべきは、その上昇度合いが非常に急激であることと、その主因が燃料費にあることである。ど

のクラスでも共通して 12,000 円/トンのチップを使っているのに、なぜこのような差が生じるのか。原因はプラントの熱効率である。20MW のプラントの熱効率が 28.2% であるのに対し、2MW プラントは 12%、1MW のそれは 8% でしかない。つまり 1kWh の電気をつくるのに、20MW を基準にして 2MW では 2 倍以上、1MW では 3 倍以上の燃料が要るのである。トン 3,000 円程度の廃棄物系の燃料なら、この影響は小さいが、トン 12,000 円もの高価な燃料を使う場合には、熱効率の低さは致命的で、2MW クラスの発電コストは 61.8 円にまで引き上げられてしまう。

小規模発電の熱効率を改善する最も有力な手立ては、発電排熱をうまく活用することだ。そこで熱回収効率 45%、廃熱利用率 60% として A 重油 (100 円/L) 焚きのボイラの熱に代替した場合の熱収入を試算する。この熱収入を勘案すると、2MW クラスの 61.8 円という発電コストは 25 円程度にまで引き下げられる可能性があるらしい。多喜氏らの結論は、「2MW なら熱電併給で成り立つ可能性はあるが、1MW では熱電併給でも難しい」という。

ついでに付け加えると、表3からも明らかなように、発電コストは出力規模が大きくなるにつれて確実に引き下げられる。5MW で 31.7 円/kWh であったものが、10MW になると 26.6 円、20MW では 21.4 円まで低下している。とすれば大規模クラスの電気の買取り価格も引き下げるべき、という論議は当然成り立つ。ただ生トン当たり 12,000 円という未利用木材チップの価格も、現在のところ「仮置き」に過ぎず、直ちに手直しするのは時期尚早のように思う。各クラスで実際にどのような燃料が使われるかを見定めようとして、買取り価格体系の本格的な見直しが必要である。

小規模発電 (2MW 以下) で採択可能な技術

表3の発電コストは一定の条件の下での試算、シミュレーションである。条件を変えれば得られる結果もまったく違ってくるが、未利用木材を使う限り、2MW に近いクラスでも熱電併給でないと蒸気タービン方式は入れられない。1MW ないしそれ以下のクラスになれば、別の技術の導入を検討しなければならない。ドイツの場合は ORC (Organic Rankine Cycle) と小型のガス化発電プラントがこの分野をカバーしている。

ドイツの固形バイオマス FIT で 2012 年末までに認定された施設で、発電方式別のプラント数を見ると、蒸気タービン 160 基、ORC タービン 80 基、ガスエンジン 250 基と推定されている。最後のガスエンジンというのが小型のガス化発電のことで、2010 年あたりからこれが目立って増加したと言う。こうした情報は比較的早くから伝えられていたが、詳しいことはほとんど分かっていなかった。

それが 2014 年の制度改革 (EEG Reform) を契機に経済エネルギー省から詳細な資料が公表され、実態が少し明らかになってきた。固形バイオマスをガス化して発電するプラントは 2009 年の時点で 50 基くらいはあったらしい。その機種はさまざまで、しかも出入りが激しかった。設置してみたものの、うまく運転できず消えていくものがある一方で、新参者が絶えずその穴を埋めていた。そうした混沌状態の中から二つの機種が抜け出してくる。Spanner 社の 30kW ユニット (チップ焚き) と Burkhardt 社の 170kW ユニット (ペレット焚き) がそれだ。

経済エネルギー省の資料では、この二機種を含めてバイオマス CHP の発電コストが改めて試算されている (表4)。発電コストの算出方法を表に即して説明すると、①熱供給と発電を一体にし

て1年間のコストを求め、それを年間の発電量で割って「熱供給を含むコスト」を計算する、②年間の熱収入を発電量で除して発電 1kWh 当たりの熱収入を求める、③熱収入を含むコストから②の熱収入を差し引いた値が発電コストである。

表4によると、4MW の蒸気タービンによる CHP プラントの発電コストが 15.6 ユーロセント/kWh で四つの機種の中では最も低い。しかし 1MW の ORC や、30kW と 170kW の小規模ガス化プラントの電気コストもおおむね 20 セント以下に収まっている。ただし使用する燃料の単価には相当な差がある。蒸気タービンと ORC は絶乾トン当たり 85 ユーロの通常のチップだが、Spanner 社のガス化ユニットは水分 15%以下の乾燥チップ(絶乾トン当たり 126 ユーロ)、Burkhardt 社のガス化ユニットは良質のペレット(同 160 ユーロ)である。後二社とも出力当たりの初期投資額が比較的安く、蒸気タービンや ORC タービンとあまり変わらない。また年間に 8,000 時間稼働するというのも注目に値する。

もちろん、海外の機種を日本に輸入すると、初期投資額がかなり高くなる可能性がある。別区分化された 40 円で必要な経費がカバーできるかどうか、慎重に検討する必要がある。

**表4 固形バイオマスを用いた発電のコスト
ドイツのモデルプラントの場合(€/kWh)**

収支項目	30 kW ガス化	170kW ガス化	1000kW ORC	4000kW 蒸気
費用項目				
資本設備	10.9	5.0	10.5	8.7
燃料関連	12.3	15.0	14.6	11.0
運転関連	3.5	3.7	3.7	2.7
その他	1.0	1.0	0.8	1.6
熱供給を含む費用の合計	27.6	24.7	29.6	24.0
熱収入	7.9	5.5	10.2	8.4
熱収入を考慮した発電コスト	19.7	19.2	19.3	15.6
参考				
燃料の種類	乾チップ	ペレット	チップ	チップ
燃料単価 €/t(絶乾)	129	160	85	85
熱の販売価格 €/kWh	0.05	0.05	0.03	0.03
年間稼働時間	8000	8000	7500	7500

出所)ドイツ連邦経済エネルギー省: Vorhaben Ila Stromerzeugung aus Biomasse, Juli 2014

ORC 発電について

ORC というのはオーガニック・ランキン・サイクルの略である。通常の蒸気タービン発電も原理的にはランキン・サイクルをベースにしているが、これに「オーガニック」という形容詞が冠されるのは、水蒸気の代わりに、沸点の低いシリコンオイルのような有機媒体を蒸発させてタービンを駆動させているからである。

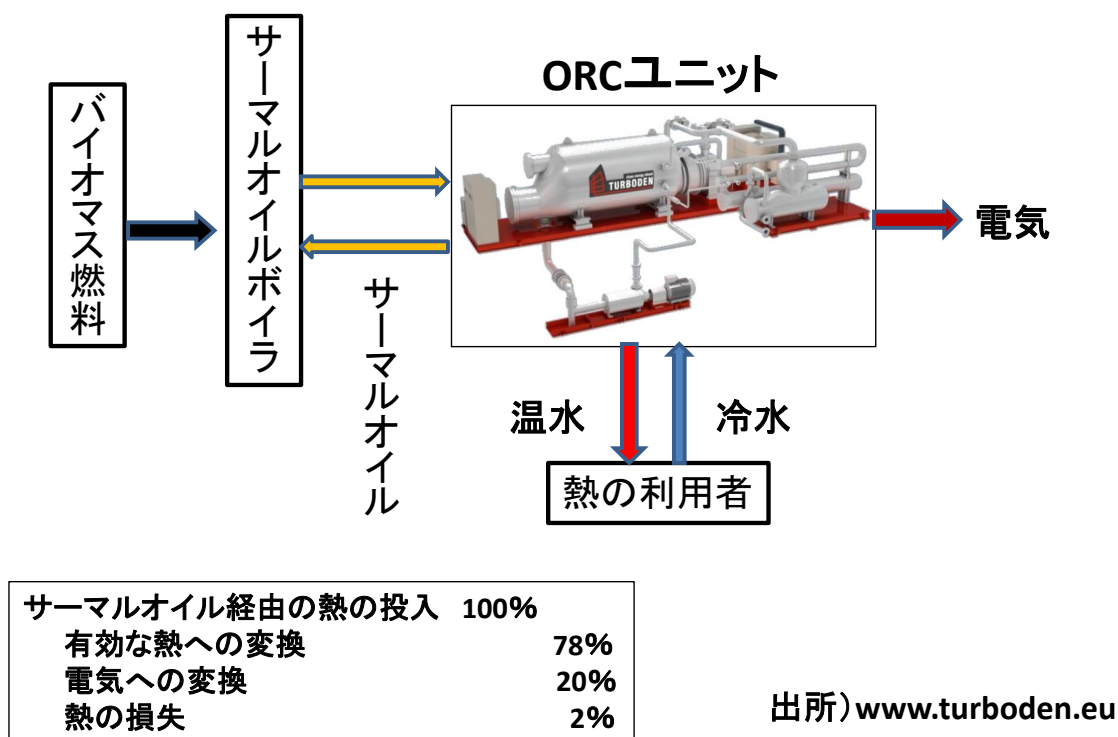
ORC の技術はもともと高い温度が得にくい地熱発電のために開発された。それをバイオマス向け

に実用化したのは、イタリアのミラノ工科大学とターボデン社である。これが欧州を中心に急速に広がっていくのはこの10年ほどのことで、そのほとんどは比較的規模の小さい CHP プラントである。電気出力で言うと数百 kW から 2000kW 程度のものが多い。蒸気タービンの入らない領域を着実にカバーしているのである。

具体的な導入例として多いのは、周辺の住宅や事務所に暖房・給湯用の熱を送る地域熱供給施設や、木材乾燥施設のある製材工場、ペレット工場などである。こうした施設では比較的熱出力大きいバイオマスボイラが入っており、無理なく ORC ユニットを組み込める。模式的に描くと図1のようになる。

通常の温水ボイラでは、バイオマスを燃やして得た熱で水を温め、熱の需要先に送っている。これに ORC ユニットを組み込んだ場合は、バイオマスの燃焼熱で(水の代わりに)サーマルオイルを 300℃程度にまで熱して、ORC ユニットに送り込むことになる。サーマルオイルで運ばれてきたエネルギーが ORC ユニットに入ると、その約 20%が電気に、78%が有効な熱に換わり、熱のロスが 2%にとどまる。いずれにせよ ORC は、基本的には熱生産が主で発電が従のシステムであり、また常時安定した熱の需要がないと効率的な発電も難しくなる。

図1 ORCによる熱電併給



次に ORC ユニット自体に目を向けよう(図2)。熱の循環を担うシリコンオイルは給水ポンプから送り出されて、発電と水の加温に関与したのち、再び給水ポンプに帰ってくる。つまり完全なクローズドサイクルになっているのだ。シリコンオイルは蒸発器のところでサーマルオイルで運ばれてきた

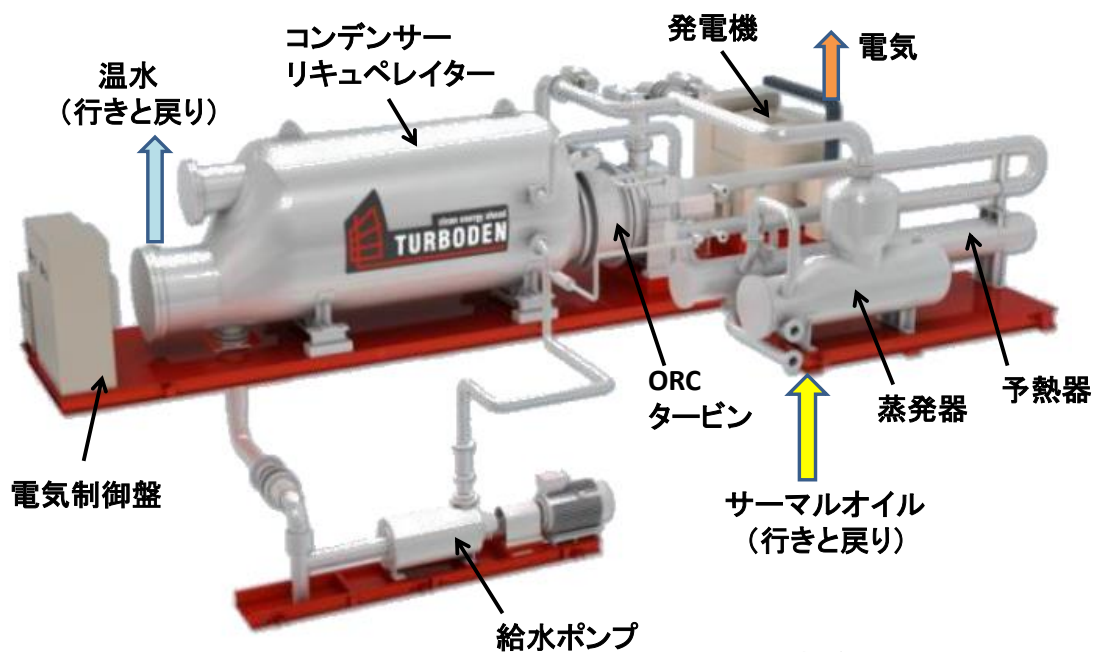
熱と出会い沸騰する。その蒸気でタービンが回り、発電機が駆動して電気ができる。発電に使われた蒸気はコンデンサーで冷やされて元のシリコンオイルに戻されるのだが、その排熱で水が温められて温水が作られる。ただしこの温水の温度は 80～120℃であるから、これよりも高い温度の熱需要には応えられない。

ORC タービンの発電効率は、せいぜい 20%程度でそれほど高くないが、蒸気タービンと比較すると、特筆すべき利点はいくつかある。まず、技術的にはサイクルの温度と圧力が比較的低い機械的なストレスが少ないこと、タービンが低速で高効率であること(85%まで)、水を使わないから腐食やタービンブレードの傷みがなく、排水処理がいらないことなどが挙げられる。また、運転上の利点としては、完全に自動化されていて安全な連続運転が可能で監視員はいらないこと、それに保守管理に手がかからず、設備の寿命が長いことも見逃せない。

ただ、わが国の現行の電気事業法では、ORC ユニット固有の位置づけがなく、通常のボイラや蒸気タービンと同等の扱いになるため、技術基準適合義務や運転の常時監視義務から逃れることができず、日本で本来のメリットを発揮させるのは容易ではない。一部の関係者の間で、この種のハードルを低める努力が続けられている。

図2 ORCユニットの構成

TURBODEN 1 MWe modular



二つのガス化 CHP ユニットの技術的特徴

11 ページで紹介したガス化 CHP ユニットの外観は図3と4の通りだが、両者のガス化炉の構造的な特徴は図5に示されている。

教科書的に言うと、Spanner 社のガス化炉はダウンドラフトの固定床である。燃料の木質チップは上から投入される。火が燃えているのは燃焼層で、炉の上のほうは温度が低い。燃料は 100°C 前後の乾燥層を通り、乾留層(300°C)で熱分解が起こる。ここで発生する高分子の炭化水素(タール類)は高温(1400°Cくらいになる)の燃焼層で燃やされ、次の還元層で可燃ガスに変換される。

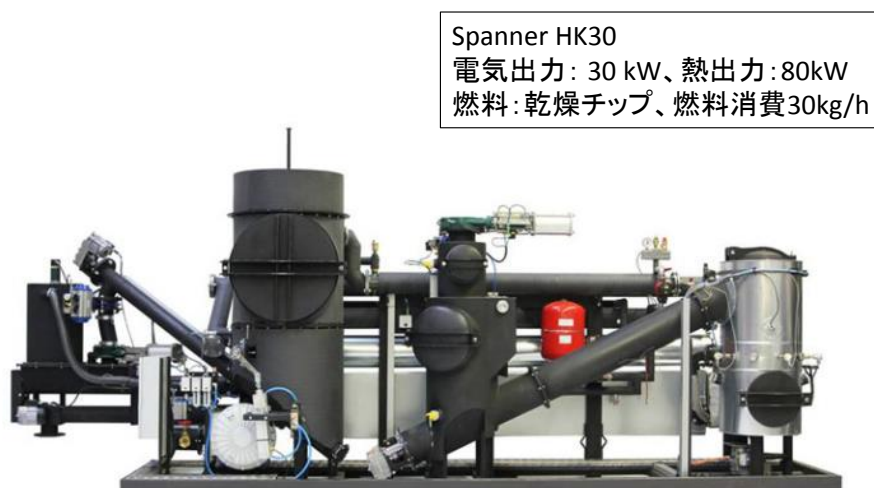
ダウンドラフト方式の利点はタール分の少ない燃料ガスが得られることだ。その代り良質の木質チップを要求する。水分率は 15%以下で形がそろっていることが望ましい。粉状のものと多いと、ガスが上から下へスムーズに流れなくなるからである。Spanner 社のユニットはこの要件を忠実に守っている。

従来の常識を破ったのは Burkhardt 社のペレット焚きのユニットである。ガス化炉のタイプとしては「アップドラフトの固定床」と「流動層方式」を統合したものだという。燃料となるペレットはガス化炉の下から押し上げられて、乾燥層、乾留層、燃焼層を通過してガス化されるのだが、ここまでは通常のアップドラフトの固定床と変わらない。ところが最上部の還元層では燃焼後の気体物質が渦巻き状に攪拌されるなかで、タール分がきれいに分解される。

ガス化炉自体は一段階のごく単純な構造だが、分散板も付けずにスムーズにガス化が進展するのは、炉に付けられたいくつものセンサーと制御システムが、燃料、ガス化剤(予熱空気)および生成ガスの混合割合と送り速度を正確にコントロールしているからである。

この制御システムがうまく機能するためには、良質のペレットを使うことが必須の条件となる。チップに替えてペレットを使うと、ユニットの構造が大幅に単純化され、その分設備投資も節約されることになった。

図3 Spanner社の木材ガス化CHPユニット



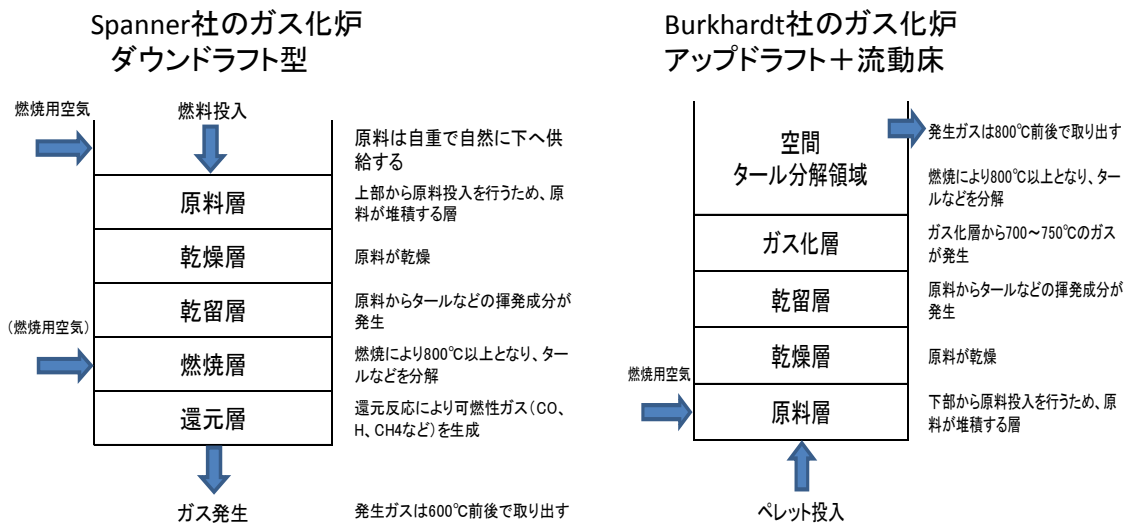
Spanner HK30
電気出力: 30 kW、熱出力: 80kW
燃料: 乾燥チップ、燃料消費30kg/h

www.holz-kraft.de

図4 Burkhardt社の木材ガス化CHPユニット



図5 ガス化炉本体の構造



出所) 竹林征雄氏資料、木質バイオマスエネルギー利用推進協議会第2回勉強会、2014

これまで、バイオマスガス化発電の開発と言えば、バイオマスガス化コンバインドサイクル (BIGCC) のような大型のシステムを連想することが多かった。その多くが実証実験の段階で頓挫してしまっただが、ごく小型の CHP でうまくいきそうな気配になってきた。そのための要件を整理すると次のようになる。

- ① 乾燥チップやペレットのような質の高い木質燃料に特化すること
- ② ガス化炉や浄化の装置は選択した燃料に特化したコンパクトな構造にすること
- ③ 各種のセンサーを要所に付けてガス化プロセスの自動制御を図ること
- ④ 量産による設備費の削減が見込めること

こうした要件を満たそうとすると、自然と 500kW 以下の小型のものになってしまうのかもしれない。世界全体を見渡すと、上記の二社にとどまらず、さまざまな機種が市場に投入され始めている。選択できる技術は今後さらに増えていくであろう。各々の特徴をしっかりと押さえて、現場に合った最適な機種を選ぶようにしたい。

1.4 ドイツのバイオマス FIT に見る制度変更のリスク

政策的に推し進められた木質バイオマス発電の小型化と CHP 化

ドイツで FIT の制度がスタートするのは 2000 年 4 月だが、それ以来、バイオマス発電に対する報償額はかなり頻繁に変更されてきた。それを一つの表にまとめたのが表5である。

当初の価格設定は 0.5MW 以下、0.5～5MW、5～20MW の3本立てであった。ボーナスはなく、出力規模による価格差も小さい。ここで注意してほしいのは、出力の大きい発電プラントでも、最初の 0.5MW までは 10.2 セント、0.5～5MW については 9.2 セントが適用されることである。5～20MW の 8.7 セントというのは 5MW 以上の分の買取価格だ。20MW 以上は FIT の対象とはならない。

このような価格設定で運用が始まったわけだが、ふたを開けてみると、応募してきたのは主として建築廃材を使う 5MW 以上のプラントばかりで、小規模プラントからの申し出はほとんどなかった。そこで 2004 年の改定を機に小規模プラントからの買取価格が大幅に引き上げられる。ただしそれは基本レートの引き上げではなく、条件に応じた「割増し(ボーナス)」の付加で増額が図られた。次の三つがそれである。

(1)原料割増し

これまであまり使われてこなかった未加工の植物資源で発電した場合。具体的には木の皮(バーク)、森林を伐採した後に残る「林地残材」、景観管理で発生する除伐木や剪定枝など。

(2)CHP 割増し

発電の排熱を利用する熱電併給の場合。

(3)技術割増し

革新的な発電技術(例:ORC、木材ガス化発電、スターリングエンジンなど)を採用した場合。

発電事業者の受取額は基本レートと割増しの合計である。2004年についてみると、0.5MW以下のクラスの場合、3種類のボーナスを単純に合計すると12セントにもなる。基本レートのほうはほぼ当初のままの10セント前後。したがって、小規模発電事業者の最大受け取り額は20セントを超え、倍増したことになる。ただし、3種類のボーナスがつくのは5MWまでの発電だけで、それ以上になると原料割増しと技術割増しがつかない。こうした小規模優遇の措置が木質バイオマス発電の小型化・CHP化をもたらしたのである。

木質バイオマス発電にはっきりとブレーキがかけられるのは2012年の改定からである。このときCHPボーナスがなくなり、小規模の基本レートはその分引き上げられるのだが、影響が大きかったのは総合効率が60%以上でないと、電気もFITの対象にしないとされた規定である。発電だけだとせいぜい25~30%の効率しかないから、熱電併給で効率を上げるしかない。これは5MW以上の発電プラントにとっては大変な難題である。

さらに5~20MWクラスの報償額に注目しよう。このクラスにつく唯一のボーナスは熱電併給の割増しであったのだが、2012年の改定でそれがなくなった。小規模クラスの場合と違って、CHP割増しが基本レートに組み込まれた形跡もない。それどころか、2004年に8.4セントであった基本レートは2012年には6セントまで引き下げられているのである。

技術的な進歩で発電コストが低下しているとはとても思えない。少なくとも燃料となるチップの価格は大幅に上昇している。このような状況の中での買取価格の引き下げは「たくさん電気をつくるのは諦めなさい」というメッセージとも受け取れる。

表5 固形バイオマス発電に対する報償額の推移(独EEG)

基本レート 電気出力	ユーロセント/kWh				
	2000年	2004年	2009年	2012年	2014年
0.15MW以下	10.2	11.5	11.7	14.3	13.66
0.15~0.5MW		9.9	9.2	12.3	11.78
0.5~5MW	9.2	8.9	8.3	11.0	10.55
5~20MW	8.7	8.4	7.8	6.0	5.85

割増し(ボーナス)

出力	割増し	2000年	2004年	2009年	2012年	2014年
0.5以下	原料	-	6.0	6.0	6.0	-
	CHP	-	2.0	3.0	-	-
	技術	-	2.0	2.0	-	-
0.5~5MW	原料	-	2.5	2.5	2.5	-
	CHP	-	2.0	3.0	-	-
	技術	-	2.0	2.0	-	-
5~20MW	CHP	-	2.0	3.0	-	-

2014 年の FIT 制度の大改革

16～17 ページで、見たように、ドイツのバイオマス FIT は、大型の発電を抑制する一方で、小規模分散型の熱電併給を優遇する姿勢を鮮明にしてきた。それが、2014 年の EEG-Reform と呼ばれる大改革で、また状況が一変する。

2000 年に導入された FIT のお蔭で再生可能な電力は全電力の 25% を賄うようになった。しかし報償額の支払いで国民負担が増加し、電力供給の不安定性・不確実性も高まっている。2014 年の改革では、コストのさらなる上昇に歯止めをかけ、再生可能エネルギーの計画的な導入と「市場化」を進めることに重点が置かれた。

そのために何をするかと言えば、「風力発電や太陽光発電のような有望な技術に集中」とし、「過去の過大な請求を切り捨て、ボーナスを取り消し、支払額を段階的に引き下げる」としたのである。再生可能な電力に対する平均報償額は 2014 年の段階で kWh 当たり 17 セントに達しているが、2015 年以降に新設される施設は 12 セントしか受け取れないという。

この改革のあおりを受けて、木質バイオマス発電で最後まで残っていた原料割増しまで廃止されることになり、比較的優遇されていた小規模プラントも大きな影響を受けることになった。安い燃料が手に入るとか、発電排熱が有利に売れるといった、恵まれた条件がないと、経済事業として成り立たなくなったと言われている。加えて、毎年 FIT で認可されるバイオマスの総出力に 10 万 kW という厳しい上限が設けられた。

今後の展望として無視できないのは、買取価格そのものを固定する FIT を廃止して、電気の市場価格に一定のプレミアムを上乗せするプレミアム固定型 (FIP) に切り替え、最終的には一般競争入札に移行するという政府の方針が示されたことだ。こうした制度変更もバイオマス発電のリスクとして捉えておかねばならない。

FIT は誘い水だ

今回の制度改革を再生可能エネルギーの振興に逆行するものだと非難する声も出ている。しかしドイツが選択した FIT の性格を考えれば、当然の成り行きであるとも言える。

欧州では 20 か国ほどが料金固定型の買取制度 (FIT) を導入しているが、固形バイオマス(そのほとんどは木質系) 発電の報償額の決め方を見ると、二つのグループに分けられる。一つは出力規模や使用する木質燃料の種類などの条件を一切考慮せずに一つの報償額を一律に適用しているグループであり、いま一つは条件によって報償額に変化を持たせているグループである。

前者の報償額はおおむね 5～10 セントで比較的低い。報償額を低めに設定して一律に適用すれば、出力規模が比較的小さくコスト高のプラントが自動的に排除される可能性がある。ドイツの FIT は、このやり方ではなく、なるべく多くの事業者を参入させようとして、後者の方法を取った。つまり出力規模によって報償額の差別化を図り、さらに使う燃料の種類や熱電併給の有無、採択する技術によって差をつけている。どれほどの差をつけるかについては、客観的なコスト分析の結果

のみならず、何を優先するかという政策判断も多少は介入するだろう。

ドイツのバイオマス FIT は、なるべく多くの発電事業者を呼び込むための「誘い水」である。誘い水であるとするれば、報償額をやや高めに設定しないと効果が薄い。生産された電気が比較的有利な固定価格で 20 年間も買い取ってもらえるとすれば、その分野の発電事業に多くの個人や企業が続々と参入するのは当然だろう。しかし高い買取価格がいつまでも維持されるわけではない。FIT の制度には、誘い水に乗って発電事業を始めたらコストの引下げに努力し、制度的な買取がなくとも成り立つようにしなさい、というメッセージが秘められている。

わが国でも 2015 年 2 月 24 日に開かれた調達価格等算定委員会で、未利用木質バイオマスを使う 2MW 以下の発電については、40 円/kWh とするという委員長案が示されたが、それに付随する報告書には、事業者および政府に対して次のような要請がなされている。

- ① 原料の安定供給にしっかりと取り組むこと
- ② 施業の集約化、高効率の作業システムの確立による燃料コストの低減はもとより、資本費及び運転維持費用についても技術開発を進めてコスト低減を図ること
- ③ 林野庁のガイドライン等により由来証明をしっかりと行うこと

この要請文から読み取れるのは、40 円という調達価格がいつまでも続くとは考えないでほしい、呼び水が有効なうちに最大限合理化に努め、なるべく早く平常な姿に戻してほしいということであろう。

1.5 先行するドイツと後発の日本：無視できない 10 年の時間差

日本はドイツにならって FIT の制度を導入した。しかし木質バイオマス発電の現状を比較すると、両国の間でさまざまな違いが目につく。これは国情の違いに由来する面もあるが、それと同時に、木質バイオマスのエネルギー利用をめぐるドイツの状況が、この 10 年で大きく変化したことも見逃すべきではない。

とりわけ驚かされるのは、木質原料のマテリアル利用とエネルギー利用の双方がともに急速に増加し、資源的な限界が指摘され始めたことだ。マテリアル利用とエネルギー利用の競合も激しさを増している。限られた資源の有効利用の関心が向けられるのは当然だろう。廃熱利用を伴わないバイオマス発電が厳しく批判されるのはそのためだ。

もう一つ指摘できるは、2000 年の FIT の導入で風力発電、太陽光発電、さらにはバイオガス発電などが順調に伸びて、固形バイオマス発電のシェアが現実には低下していることである。また化石燃料から再エネへの切り替えは発電の分野では比較的容易だが、熱ではかなり難しいことも分かってきた。近年のドイツでは木質燃料の主たる役割は、発電ではなく、再生可能な熱の供給であるという見方が一般化しつつある。

上記の二点において日本の状況はドイツのレベルには達していない。10 年の時間差を無視して、両者を単純に比較し論議するのは危険である。ただし 5 年後、10 年後には日本でも今日のドイツと同じような事態が生じる可能性は大いにある。今からそれに備えておくべきだろう。

ドイツが当面する資源的な限界

表6は「木質原料のバランスシート」と呼ばれる新しいタイプの木材需給表である。林業・林産業の残廃材がエネルギー源として広く利用されるようになったため、その状況がはっきりと表に出るよう工夫されている。

森林から伐り出された丸太類は表の左側の「発生源」にその実材積が記載され、同時に右側の「仕向け先」にも書き込まれる。製材、合板、紙パルプ製造などに仕向けられた丸太はそれぞれの製品に加工されるが、同時にさまざまなタイプの残廃材も発生する。後者のうちマテリアルないしエネルギーとして実際に利用された量が発生源と仕向け先の双方に記載される。

表6 木質原料のバランスシート
ドイツ、2010年 単位：実材積換算100万m³

発生源	100万m ³	仕向け先	100万m ³
製材用丸太	37.3	製材業	37.3
その他用丸太 (合板、パルプ、エネルギー)	36.5	木質パネル業	16.9
丸太計	73.8	紙パルプ業	10.6
森林残材	8.0	その他製造業	2.3
樹皮	4.7	マテリアル利用計	67.1
修景残材	4.5	熱電プラント(>1MW)	22.6
建築廃材等	14.0	熱電プラント(<1MW)	7.2
丸太以外の計	31.2	家庭用	33.9
製材副産物	15.0	その他エネルギー利用	0.1
その他産業残材	5.8	成型燃料製造	4.6
黒液	3.6	エネルギー利用計	68.4
産業残材計	24.4	合計	135.4
成型燃料製造	4.6		
合計	135.4		

出所) U. Mantau: Holzrohstoffbilanz
Deutschland, 2012.
<http://www.dhwr.de/Rohstoffbilanz>

通常の木材需給表のセンスで言えば、こうした処理は二重計算ということになるが、同じ1m³の丸太でも残渣をカスケード的に何回も利用すれば、総使用量は大きくなり、製材用丸太であれば、1.4～1.5倍くらいにはなるだろう。

さて仕向け先の集計値に目を向けよう。2010年の時点ではマテリアル利用とエネルギー利用がほぼ等しくなっている。こうなったのはごく最近のことだ。1989年から2012年にかけてマテリアル利用は2倍に、エネルギー利用に至っては5倍にもなり、ともに0.7億万m³の大台に乗った。木質原料のエネルギー利用が増加したため、国全体の一次エネルギー供給に占める木質エネルギーのシェアは2005年の1.8%から2011年の4.3%に上昇したと推計されている(UNECE/FAO, Joint Wood Energy Enquiry 2011による)。

それにしても木質原料の年間の総消費量が 1.4 億 m³ というのはちょっと信じがたい数字である。ドイツの森林面積は 1,110 万 ha で日本の 45%しかなく、森林資源の内容が充実していると言っても、林木の総蓄積量は約 35 億 m³、成長量は 1.2 億 m³ ほどで、ともに日本の 60%といったところだろう。木質原料のカスケード利用を徹底させ、建築廃材や景観維持のための修景残材などを最大限利用しているとしても、この資源基盤から毎年 1.4 億 m³ の木質原料を生み出すのは容易なことではない。

近年になってドイツ国内でもこれ以上増産するのは難しいという声が聞かれるようになった。またエネルギー利用を現在以上に増やそうとすればマテリアル利用に食い込むしかないという状況が生まれつつある。むろん構造用の木材を犠牲にするわけにはいかない。限られた木質資源のより効率的な利用があらゆる分野の至上命題になってきた。

再生可能な熱供給の主力：木質燃料

2015 年 4 月にドイツの経済エネルギー省を訪ね、バイオマスエネルギーを担当する Dr. B. Dreher の話を聞くことができた。内容的には公式のホームページに公開されている範囲のもので、あまり新味はなかったが、いただいた資料の中に興味をひくものが一つあった。再生可能なエネルギーの種類別構成が最近どうなっているかを示すデータで、表7のような形にまとめてみた。

表7 再生可能エネルギーの構成
ドイツ、2014年

発電 総計 1,606億kWh

エネルギーの種類	比率(%)
バイオマス	30.6%
固形バイオマス	7.4
バイオガス	18.1
廃棄物のバイオ分	3.8
下水ガス	0.9
埋立ガス	0.3
水力発電	12.8%
風力発電	34.8%
太陽光発電	21.7%
地熱発電	0.1%

熱消費 総計1,309億kWh

エネルギーの種類	比率(%)
バイオマス	86.6%
固形：家庭用	43.4
産業用	15.6
地域熱供給	5.0
バイオガス	10.7
廃棄物のバイオ分	8.9
バイオ液体燃料	1.7
下水ガス	1.4
埋立ガス	0.1
太陽熱	5.3%
地熱：ヒートポンプ	8.1%

出所)ドイツ経済エネルギー省、AGEE-Stat ワーキンググループ暫定推計

まず 2014 年において再生可能な電力の生産量は 1,600 億 kWh であったが、その内訳をみると、風力が最大で 35%、ついで太陽光の 22%、バイオガスの 18%、水力の 13%と続き、固形バイオマスは 7%でしかない。以前と比べると木質のシェアはすこぶる小さくなった。

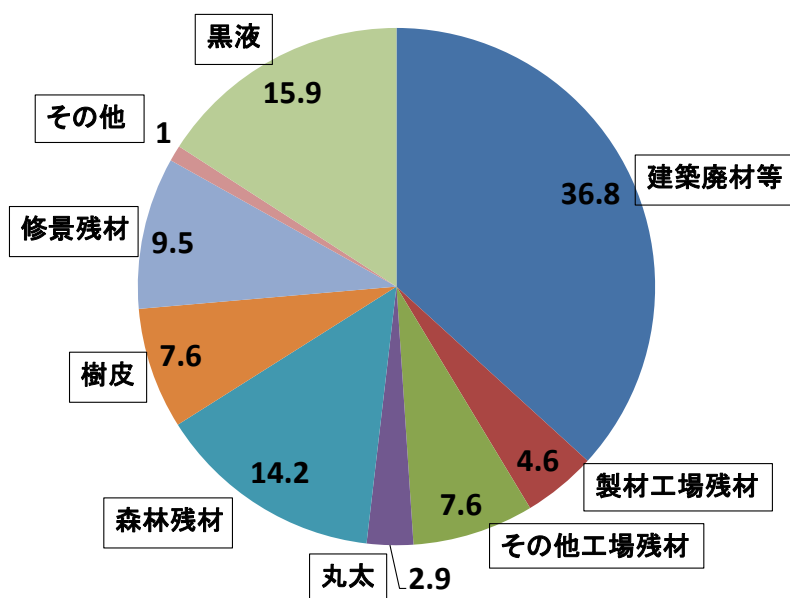
他方、再生可能な熱の消費量 1,300 億 kWh のうち、固形バイオマスが家庭用、産業用、地域熱供給用を合わせて実に 64%を占めている。ついでそれ以外のバイオマスが 23%ほどのシェアを持ち、太陽熱と地熱・ヒートポンプは残りの 13%に過ぎない。熱供給におけるバイオマスの重要さが知られよう。

すべてのバイオマスは熱電併給の形態をとることが多いから、発電と熱の両方にまたがって出てくる。

もう一つ面白いグラフを掲げておこう。1MW 以上の木質バイオマス発電がどのような燃料を使っているかを示す図6がそれである。一見して明らかなように、燃料の大部分は建築廃材、黒液、森林残材、修景残材、樹皮のような比較的質の低いバイオマスで、丸太は 3%ほどしかない。間伐材などの丸太からつくられる薪やチップは、暖房用給湯用の熱の供給に廻されているのだ。

図6 木質バイオマス発電の燃料構成

ドイツ、1MW以上、2011年 単位:%



出所) U. Mantou: Wood flows in Europe, www.cepi.org/EPW/2021

エネルギー利用とマテリアル利用は表裏一体だ

ドイツでは、エネルギーに向けられる木質バイオマスの量が実材積に換算して年当たり 0.7 億 m³ にも達していた。日本はどうか。バイオマスエネルギー関係の統計が整備されていないため、正確な数字は得られないが、断片的な情報から推測すると、ドイツの1/3以下の 0.2 億 m³ 程度ではないかと思う。資源的なポテンシャルから言えば、この3倍か4倍あってもおかしくない。

ただ、ここで注意しておきたいのは、ドイツで 0.7 億 m³ ものエネルギー利用は、それとほぼ同量のマテリアル利用によって支えられているということだ。前出の需給のバランシート(表6)からも知ら

れるように、木質原料の需給量(全体の規模)を決めるうえで、最も重要な役割を果たしているのは、山から下りてくる丸太の量(表の左上段)である。森林での丸太生産が増加すれば、それに伴ってエネルギー利用に向けられる森林残材の量が増えるだろう。また製材業などの木材加工産業や紙パルプ産業に大量の原料丸太が入荷すれば、エネルギーに向けられる工場の残廃材もそれに比例して増加するはずだ。

日本とドイツは丸太生産量において決定的な差がある。いま国際農業食料機構(FAO)のデータベースを使って、2008年から12年の平均丸太生産量を求めてみると、ドイツが5,330万m³であるのに対し、日本はわずかに1,780万m³で、ドイツの1/3しかない。山から下りてくる丸太の量がこのレベルなら、エネルギー利用もこれに比例して少なくなるのは当然のことだ。エネルギー利用に向けられる木質バイオマスの供給を増やすには何よりも製材用丸太をも含めて山から下りてくる丸太の量を増やさねばならない。

カギを握る路網整備

温暖多雨の条件に恵まれて、わが国の森林の木材生産能力は極めて高い。ところが不思議なことに、森林1ha当たりの現実の丸太生産量(08~12年の平均)は、驚くほど低い。欧州のトップはドイツとオーストリアで、ともに4.8m³/ha。これに対して日本はたったの0.7m³だ。独塊の1/7か1/6で、イタリアやスペインにも及ばず、欧州でこれより低いのはギリシャくらいのもだろう。

第二次大戦後、全森林面積の4割を成長の速い針葉樹の人工林に変えたにもかかわらず、現実の木材生産がかくも少ないのは、どうしてか。まずはっきりと目につく原因の一つは、木材生産の基本的インフラともいべき路網が十分に整備されていないことだ。森林1ha当たりの路網密度(林道のほか公道を含む)は、ドイツ118m、オーストリア89mに対して日本は19m。

欧州の主要国では、おおむね90年代までに林道網の全国的なネットワークをつくりあげているのだが、日本では計画的な路網整備がほとんどなされてこなかった。これが今深刻な結果を生んでいる。端的に言えば、2,500万haといわれる国内の森林のなかで、主伐や間伐などの収穫行為が行われているのは、林道の入った一部の森林だけに限られているように思う。何十年前に植林したものの、道も付けられず、ろくな手入れもなされずに、放置されたままの森林があまりにも多い。これが日本の木材生産のレベルを大きく引き下げている。

当面は既存の人工林での路網整備が急がれるが、木材のエネルギー価値の上昇とともに、今後は天然生林での施業が重要になるだろう。これまでは高品質の建築用木材の生産を狙っていたから、スギやヒノキの針葉樹を植え、下刈りや除間伐に大変な手間をかけて育てていた。しかしエネルギー用の木材ならこうした手間をかける必要はまったくない。樹木自体の旺盛な成長力と更新力をうまく利用するに限る。

例えば、下北半島の国有林で行われているヒバ林の択伐施業のように、自然状態で生えてくるさまざまな樹木を適切に抜き伐りして収穫することが、そのまま後継樹種の更新と育成につながるような施業が望ましい。こうした天然林施業においても路網の整備は不可欠だ。

いずれにしても、放置されてきた人工林と天然生林にしっかりと林道を入れて、マテリアル向けの

木材とエネルギー用の木質燃料がともに増えるようにしたい。こうした措置が取られないと、限られた木質資源を巡って奪い合いが激化し、共倒れの危険が増大する。

木質バイオマスによる中山間地の地域振興

木質バイオマスでエネルギーの自立を目指す中山間地にとって、小規模発電(2MW 以下)の別区分化は朗報であった。この出力規模では「熱電併給」が絶対の条件となるが、地域で利用可能なさまざまなバイオマス資源を用いて、地域が必要とする熱と電気を賄える可能性が一挙に広がったように思う。

かつて木質燃料は中山間地の重要なエネルギー源であり、薪炭の生産は地域経済の支えでもあった。安価な原油の流入でその構造が崩壊し、中山間地では雇用が失われたうえに、必要なエネルギーを外部から購入しなければならなくなった。近年では期待された用材生産も不振を極め、森林の管理放棄が広がっている。

ところが 21 世紀に入って状況が大きく変わってきた。1m³ の木材には、1 バレルの原油とほぼ同等のエネルギーが含まれている。原油価格がバレル 100ドルであれば、1m³ の木材のエネルギー価値は 1 万 2000 円にもなり、構造用の木材とあまり変わらない。低利用のまま放置されてきた雑木山などが「宝の山」に変わったのである。この地域資源をうまく利用してエネルギービジネスが開ければ、次のような効果が期待できる。

- ① 地域で自前のエネルギーをつくることにより、外部に支払っていたエネルギー代を減らし、それを内に向けることができる。
- ② エネルギービジネスを通して地域の雇用と所得を増やすことができる。
- ③ 放置されたままの山林原野から持続的にバイオマスが収穫されることで、安定した木材生産が可能になるとともに、かつての日本の農村に見られた美しい自然景観を再現することができる。

地域のバイオマス資源を利用して中山間地がエネルギー自立を目指すとしたら、どのような構図が描けるだろうか。まず考えられるのは、個別的な熱供給だ。自分の森林が近くにあれば、そこから薪を調達して、自宅の薪ストーブや薪ボイラで燃やすことができる。もちろん外部から購入した木質ペレットやチップで、それぞれに暖房や給湯をやってもよい。いずれの場合も比較的質の良い木質燃料が要求される。

こうした個別的な熱供給と並んで今後重要になってくるのは、分散型の地域熱供給プラントである。集合住宅や大型の建造物が比較的多く集まっているエリアを対象にして、この施設をつくりエリア内の住宅や事業所に冷暖房・給湯用の熱を提供するのである。ボイラの熱出力も大きくなるから、同時に発電することも可能になるであろう。

燃料は個別熱供給に向けられない低質の森林チップのほか、雑木林や竹林の整理、さらには景観維持で発生する雑多なバイオマスや畜糞などの農業残滓、乾燥した生活ごみの一部も利用できる。それには、何でも燃やせる堅牢なボイラを入れ、しっかりした除塵装置をつけなければならない。

電気出力が 2000kW 以下で熱電併給にするとすれば、通常の蒸気タービンによる発電ではなく、小規模でも発電効率が比較的高く、人手のかからない ORC (オーガニック・ランキン・サイクル) タービンなどの導入を検討することになるだろう。

オーストリアの農村部にはどこに行っても小型の地域熱供給施設がある。その運営を担うのはおおむね地域の人たちだ。何人かの森林所有者が集まってつくる組合や有限会社が担うこともある。この場合は、参加者が月ごと、あるいは週ごとに当番を決めて燃料チップの供給と施設の見回りに当たっている。

これから必要になるバイオマス集配センター

最近のオーストリアでちよくちよく目につくようになったのが、Biomassehof と呼ばれる木質燃料の集配センターである。シュタイアマルク州にはおおむね半径 20~30km ほどの圏内に一つのセンターがつくられていて、全部で8か所あるが、運営に当たるのは域内の森林所有者を含む地域の人たちである。これを監督する上部機関が州農林業会議所の森林連盟 (Waldverband) だ。センターの主軸となる活動は次の三つである。

- ① 域内で発生する燃料用の雑多な木質原料を生トン単位で買い取る
- ② 集めた木質原料をセンターの土場に保管して乾燥させ、欧州 (EN) 規格や国際 (ISO) 規格に適合した薪や木質チップに加工する
- ③ 生産された木質燃料を域内の需要者に販売する

森林伐採に伴って発生する小径丸太や林地残材の需要は近年着実に増えているが、それをきちんとした市場取引に乗せようとして、このセンターがつくられた。背景としてもう一つ見逃せないのは、木質燃料の需要者から欧州規格や国際規格に適合し、かつ由来 (出所) の明確な製品が求められるようになったことである。集配センターから出荷される薪やチップには、「森林連盟認証済み」のお墨付き (ロゴ) が与えられる。

この種の集配センターは、その活動領域を今後大きく広げていく可能性がある。まず、原料集荷の面では低質バイオマスの受動的な買取りにとどまらず、域内の森林所有者 (ないしは自治体) と天然生林の整理伐採などについて長期契約を結び、自らそれを計画的に実行することもできるだろう。また木質燃料の販売では、顧客を積極的に開拓して「エネルギー契約 (Holzenergie-Contracting)」を結ぶことができる。ボイラの設置から燃料の供給、メンテナンス、燃焼灰の処理などなどのエネルギーサービスの一切をビジネスに取り込んでしまうのだ。

わが国においても、木質燃料の取引が活発になるにつれて、地域の特性を反映したさまざまな集配センターが誕生していくように思う。シュタイアマルク州の集配センターは、地域外からのバイオマスの調達を認めず、また薪やチップを地域外に出すことも原則として認めていない。「地産地消」の原則を貫こうとしている。センターの運営主体は地域の農民であり、森林所有者である。これも一つのタイプだが、これだけに限られるわけではなく、地域の状況に応じてさまざまなヴァリエーションがあり得ると思う。

第2章 調査の目的と方法

2.1 背景と目的

昨年度、林野庁の採択を受けて、木質バイオマス利用支援体制構築事業の基礎的調査を実施した。その結果、我が国における未利用木質バイオマスのエネルギー利用の推進に際しては、平成年からスタートした再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)の施行もあり、木質バイオマスのエネルギー利用の推進が注目されるのと同時に、未利用木質バイオマスの調達・供給、変換技術についての課題も顕在化している。

現在、平均1万kWを超える木質バイオマス発電の計画・建設中が全国で40か所を超す見通しとなっており、そのほとんどはボイラータービン発電システムの採用が想定される。これら案件は、平成26年度以降に続々と運転を開始し、実際のコストが徐々に明らかになってくると同時に、コスト削減のための方法も模索されるものと考えられる。

また、発電事業の成否にとって、最も重要な課題は、木質バイオマスの長期的かつ安定価格による供給である。計画中の案件の多くが5,000kWを超える規模であるため、地域によっては過度な競争による原料不足や価格高騰を引き起こす恐れがある。

これに関連して、木質バイオマス供給力の制約や地域振興の視点から、比較的小規模(2,000kW以下程度)発電や熱電併給事業に期待をかける地域や事業者は非常に多いが、国内においては、この規模で事業として成り立つ技術や制度が十分に整っていない。森林整備や林業振興、地域活性化という政策目標に照らして考えた場合、これを打開するための調査・研究も重要と考えらる。

これらを背景に、未利用木質バイオマスを利用した発電・熱電併給の推進に向けて、現状の諸課題を抽出し、その解決に必要な調査・分析を行うことを目的として今回の調査事業を実施した。

2.2 調査テーマと実施方法

以上の目的に沿って、平成25年度に引き続き、木質バイオマスのサプライチェーンと発電・熱電併給システムに大きく分類し、その上で更に次の5つに調査テーマと実施方法を行うこととした。

<木質バイオマスのサプライチェーン>

①木質バイオマスの供給における実態調査

- ▶ 前年度の文献調査でまとめた国内木質バイオマス生産技術体系を踏まえつつ、現に各地域で計画化・稼働開始されつつある動向の把握を試みた。具体的には、都道府県行政の担当部署、及び計画事案を含む発電事業者に対しアンケート調査を実施し、未利

用木質バイオマスの調達・供給に関する状況を把握した。その上で、比較的取り組みが先行する地域を抽出しサプライヤー事業者を含めヒアリング調査を実施した。

②広葉樹利用における供給コストの実態調査

- FIT に適用する未利用木質バイオマスを対象とした発電事業は、その燃料の多くを従前の素材生産で主要樹種とされてきたスギ・ヒノキ等の人工林を対象としている。一方で、安定的な燃料調達・供給に資するべく広葉樹利用への可能性も考えられる。そこで、木質バイオマス発電所への燃料供給を行っている、もしくは計画している広葉樹生産事業者2事業者に対し、広葉樹生産作業システム等に関してヒアリング調査を実施した。

<木質バイオマス発電・熱電併給システム>

③ボイラ・タービン発電プラントに関する実態調査

- 前年度の調査で、ボイラ・タービン方式の標準的な規模別コスト構造の把握・分析を行った。今年度は計画から稼働、構想から具体的な計画段階に移行したプラントが増えたことから、アンケート調査及びヒアリング調査を行い、昨年度と同様の方法でコスト分析と現状把握を行った。

④小規模発電プラント(ガス化・ORC)に関する実態調査

- 各地の自治体や森林・林業関係者からの要請が強いガス化発電方式と ORC に焦点を絞って調査を行うこととした。今後の導入・普及を進める上で必要な技術的、制度的な課題を明らかにするとともに、FIT 制度改定を視野に入れた具体策について検討する為、国内の対象発電事業者とプラント製造・販売事業者にヒアリング調査した。

<木質バイオマス燃料の規格化>

⑤燃料用木質チップの品質規格

- 前年度に燃料用木質チップの品質規格化の検討を関係団体と行い、品質規格案が示された。今年度では、この規格案を、製紙業界やボイラーメーカー、チップ工場関係者や業界団体等、木質バイオマスに関連する事業者からの意見を集約し、国内で運用できる品質規格を定めた。また、同規格を運用するためのルール作りや、検査方法などの普及のための補完措置を検討した。

第3章 木質バイオマスのサプライチェーンシステムに関する調査

3.1 木質バイオマスの供給における実態調査

前年度調査では平成 18～24 年度に実施された実証試験等の 14 事業の調査研究成果から 174 事例を分析し、森林系木質バイオマスのチップ供給総コストは生チップトンあたり平均 10,094～13,747 円であったことが明らかとなった。前年度調査によって、実証試験での燃料供給コストは明らかになったものの、そのコストが実態とどのような関係にあるかは不明である。そこで、今年度調査では木質バイオマス発電を中心とした燃料供給の全国的な傾向、地域別の特徴、優良事例等の実態について調査を行った。

3.1.1 調査方法

全国的な傾向を把握するため、各都道府県の林務担当部署と事業計画が進行している木質バイオマス発電事業者に対し、木質バイオマス発電を中心とした燃料供給に関するアンケート調査を実施した。アンケートは、全都道府県林務担当部署と 42 件の木質バイオマス発電事業体を対象に送付した。

また、アンケート調査で得られた結果を基に、特に木質バイオマス燃料の流通が盛んな地域 9 ヶ所(北海道、山形県、福島県、福井県、三重県、島根県、高知県、熊本県、大分県)に対し、各都道府県林務担当部署、木質バイオマス発電事業者、燃料供給主体、素材生産業者に対して現地ヒアリング調査を実施した。

3.1.2 成果まとめ

本年度の調査で明らかになった燃料供給コストを図表 3-1 に示す。アンケート結果から得られた燃料供給コストは 9,403 円/t、優良事例で得られた燃料供給コストの最低値は 6,954 円/t という結果が得られた。優良事例におけるコストは山土場着価格、運賃はヒアリング値とし、チップ化コストはアンケート調査の結果から得られた数値を採用した。なお、チップ加工場所から発電所までのチップ運搬コストは積算されていない。前年度調査において最も低コストで燃料供給ができるとされた丸太のみの場合のコストが 10,426 円/t で、枝葉、端材も同時に生産する際には 13,747 円/t であった。本年度調査の結果にはチップ運賃コストが算入されていないが、前年度の実証試験の結果よりも実際に流通している燃料は低コストで生産されていることが示唆された。

図表 3-1 平成 26 年度調査における燃料供給コスト

単位:円/t

	山土場着価格	運賃	チップ化コスト	燃料供給コスト
アンケート結果				9,403
間伐優良事例①		6,000	2,794	8,794
間伐優良事例②	2,135	2,025	2,794	6,954

燃料供給体制に関しては木質バイオマス発電所の稼働実績が十分でないことから明確な傾向は得られなかったが、前年度に効率的と示唆された全木・全幹状態での山土場までの搬出や山土場でのチップ化の作業はほとんど実施されていないことが分かった。また、優良事例としては1事業地を10ha程度に集約化することで作業を効率化したり、森林バイオマスの生産を前提に素材生産を行い、追加的に森林バイオマスを搬出することで効率化を図っている取り組みが明らかになった。

3.1.3 アンケート調査結果

各都道府県に対し、木質バイオマス発電所の運用、計画状況と、それに付随する木質バイオマス燃料の生産、流通実態に関するアンケート調査を実施した。アンケート調査内容の詳細は別添する。

① 稼働・計画状況

アンケート調査にて得られた木質バイオマス発電所の稼働・計画状況について整理する。

東京都、神奈川県、千葉県、京都府、和歌山県、香川県、福岡県、長崎県、沖縄県の9都府県では対象となる木質バイオマス発電案件がないという結果が得られた。一方で、FIT 施行後に稼働を開始した案件は7つで図表 3-2 に示す。その他木質バイオマス発電所を計画段階ごとに

図表 3-3 に示す。

図表 3-2 FIT 施行後の既稼働木質バイオマス発電所

発電所名	都道府県名	発電出力(kW)
ウツェイかわい区界発電所	岩手県	5,800
グリーン発電会津	福島県	5,700
那珂川バイオマス	栃木県	2,500
いいづなお山の発電所(第2)	長野県	1,500
岐阜バイオマスパワー	岐阜県	6,250
宇品発電所第2号発電設備	広島県	49,800
グリーン発電大分	大分県	5,700

図表 3-3 FIT 施行前の既設木質バイオマス発電所

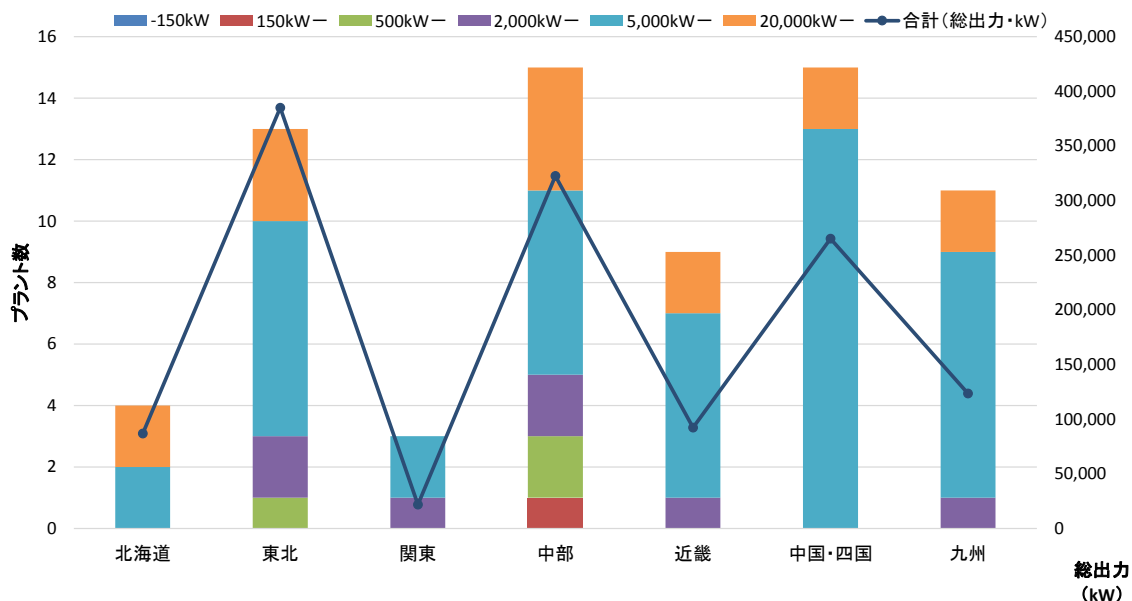
計画段階	件数	地域別
試運転中	1	東北 1
工事中	26	北海道・東北 5、関東 1、中部 4、近畿 4、中国・四国 8、九州 4
設備発注済	3	北海道・東北 2、中部 1
設備発注見込み	6	中部 2、近畿 2、中国・四国 1、九州 1
構想段階	12	北海道・東北 4、中部 4、近畿 1、中国・四国 3
進捗不明	7	中部 1、近畿 1、九州 5

② 発電出力

上記、木質バイオマス発電計画に関して地域ブロック別の発電出力分布ごとに図表 3-4、図表 3-5 にまとめる。

図表 3-4 地域ブロック別の発電プラント出力分布数

出力規模	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国 ・四国	九州	合計
-150kW	0	0	0	0	0	0	0	0
150kW-	0	0	0	1	0	0	0	1
500kW-	0	1	0	2	0	0	0	3
2,000kW-	0	2	1	2	1	0	1	7
5,000kW-	2	7	3	6	6	13	8	45
20,000kW-	2	3	0	4	2	2	2	15
合計 (プラント数)	4	13	4	15	9	15	11	71
合計 (総出力・kW)	86,900	385,002	27,550	322,660	92,330	265,250	123,530	1,303,222



図表 3-5 地域ブロック別の発電プラント出力分布

③ 公的助成金の有無と概要

各木質バイオマス発電所における公的助成の使用に関して整理する。助成金の使用状況を図表 3-6、

図表 3-7 に整理する。多くの発電所では助成金を使用しており、「施設整備への助成(ハンドリング・加工等)」、「発電施設への資金融通」、「燃料用原木への助成(調達・加工等)」の順に多い結果となった。助成金の内容としては「発電設備への助成」では 1/3 ないし 1/2 での助成の例があり、「施設整備への助成(ハンドリング・加工等)」では 1/2 補助が半数以上を占めている。「燃料用原木への助成(調達・加工等)」では 2,000~3,000 円/m³ 程度の補助が多くあり、「ソフト面への支援(運営協議会等)」では地域協議会運営支援のみの定額補助が主であった。

図表 3-6 公的助成金の利用状況

助成金利用状況	件数	地域別
助成金あり	43	北海道 2、東北 10、関東 2、中部 5、近畿 4、中国・四国 10、九州 10
助成金なし	15	東北 1、中部 5、近畿 5、中国・四国 2、九州 1
未定・協議中	5	北海道 2、中部 2、中国・四国 1
総数	73	

図表 3-7 地域ブロック別の公的助成金分布数

公的助成金の区分	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国・ 四国	九州	合計
発電施設への資金融通	0	2	0	3	2	4	6	17
発電設備への助成	0	4	0	1	0	3	0	8
施設整備への助成 (ハンドリング・加工等)	2	6	1	3	2	4	2	20
燃料用原木への助成 (調達・加工等)	2	5	1	2	0	2	2	14
ソフト面への支援 (運営協議会等)	0	0	0	0	0	0	2	2
適用区分の詳細不明	0	2	0	1	0	2	6	11
合計(件数)	4	19	2	10	4	15	18	72

④ FIT 調達区分ごとの燃料使用実績又は計画量

アンケートの結果から発電用に使用される木質バイオマス燃料量を整理する。なお、一部不確定要素については下記条件に従って整理した。結果を図表 3-8 に示す。

地域ブロック別にみるといずれの地域でも 10 万 BDT/年以上の燃料が必要であり、最大の九州では 76 万 BDT/年以上の燃料が必要となっている。FIT 調達区分ごとにとみると多くの地域で未利用材の量が多くなっており、リサイクル材の利用は少なくなっている傾向にある。

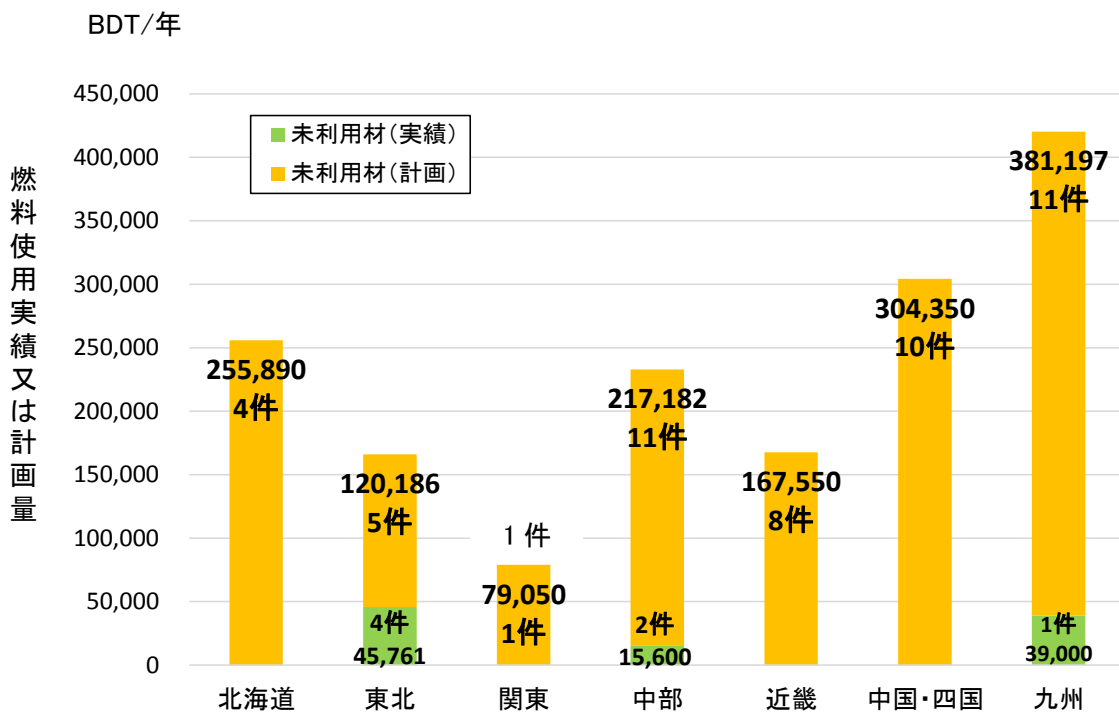
* 都道府県からの回答内容を基本としつつ、発電事業者から回答が得られた事業案件についてはその数値を優先した

* 水分条件に幅がある場合は平均値から換算した

図表 3-8 地域ブロック別・FIT 調達区分ごとの燃料使用実績又は計画量

FIT 調達区分ごとの 燃料使用実績又は 計画量(BDT/年)	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国・ 四国	九州	合計
未利用材	255,890	165,947	79,050	232,782	167,550	304,350	420,197	1,625,766
一般木材	73,450	269,472	30,400	609,468	111,130	286,840	285,948	1,666,708
リサイクル材	2,800	10,970	0	141,174	156,366	56,580	62,580	430,470
合計(t/年)	332,140	446,388	109,450	983,423	435,046	647,770	768,726	3,722,943

木質バイオマス発電で最も使用量が多い未利用材について実績量と計画量を図表 3-9 に示す。計画件数の多い九州が最も多くなっているものの、大型案件が多い北海道では件数に比して計画量が多くなっている。現状では実績量は少ないものの、発電所の運転開始に伴って増加が予想される。



図表 3-9 都道府県アンケート結果に基づく未利用材の燃料必要量

⑤ 針葉樹用途別生産量の現状と計画量

針葉樹の用途別生産量については中長期的な計画を策定しているのは23道県であった。図表 3-10 に現状と計画量を示す。計画年度に差があるため、計画量については言ってしまうことができないものの、現状で燃料用材の生産計画を立案しているのは11道県であった。

都道府 県名	現状(平成 24 年度)					計画					計画年度
	製材 用	合板 用	木材チ ップ用	燃料用	林地残材	製材 用	合板 用	木材チ ップ用	燃料 用	林地残材	
北海道	1,651	299	533	不明	1,037	6,100			1190	計画なし	H44 年度
山形	147	52	36	20	140	200	100	100	50	150	H31 年度
茨城	240	6	66	0	0	280	10	90	210	100	H32 年度
群馬	136	0	28	4	85	200	0	80	70	68	H32 年度
神奈川	7	6	6		0	10	14	6		0	H28 年度
石川	61	35	28			144	100	56			不明
福井	61	15	40	不明	不明	76	33	86	-	不明	H31 年度
山梨	30	27	56	不明	不明	88	33	101	54	43	H33 年度
岐阜	210	71	53		41	260	110	170		26	H28 年度
長野	160	137	67		推定 490	414	119	217			不明
静岡	211	0	36			270	130	100			H29 年度
愛知	107	19	4	不明	不明	120					H27 年度
三重	237	10	9	48	不明	252	13	26	111	不明	H27 年度
大阪	6		1								H28 年度
兵庫	117	45	107			256			170		H28 年度
奈良	140	5	9	0		250					H33 年度
鳥取	55	45	107			380					H32 年度
岡山	281	7	59			500					H32 年度
広島	120	50	30	未調査	未調査	241	36	23	110		H27 年度
山口	121	18	43		25					55	H29 年度
高知	258	50	117	40	1650	425	35	50	300	1540	H33 年度
長崎	69		6			100		100			H32 年度
熊本	704	66	118	不明	不明	810	90	140	60	計画なし	H28 年度
宮崎	1,165	0	96	54	54	1500	100	150	150	150	H32 年度

図表 3-10 針葉樹用途別生産量の現状と計画量

⑥ 針葉樹燃料用材の生産部位

地域ブロック別に燃料用森林バイオマス生産の実態について図表 3-11 に整理した。現状で森林バイオマスを燃料用に生産している事例は 2 件で、多くは積極的な利用がなされていないことが明らかになった。一方で、今後も森林バイオマスの生産が見込まれない地域は 7 件で、多くの地域で

は今後森林なバイオマスを燃料用に生産していく見込みである。また、地域間で比較すると従前から素材生産業が盛んだった東北や九州では今後生産が見込まれ、素材生産が盛んでなかった関東や近畿では森林バイオマスの生産が見込まれない地域がある。

図表 3-11 地域ブロック別の燃料用材生産部位

生産性	北海道・東北	関東	中部	近畿	中国・四国	九州	合計
① 現在、概ね丸太形状のみの生産で、今後も根株、梢端、枝条の生産は見込まれない。	0	2	0	3	0	0	5
② 現在、概ね丸太形状のみの生産だが、今後は根株、梢端、枝条の生産も見込まれる。	3	1	2	1	2	3	12
③ 現在、概ね丸太形状のみの生産だが、一部で根株、梢端、枝条の生産が見られ、今後も増産が見込まれる。	3	1	4	0	2	3	13
④ 現在でも、丸太形状に留まらず、根株、梢端、枝条の生産が一定量ある。	0	0	0	2	0	0	2
⑤ その他	0	0	1	0	0	1	2
合計(件数)	6	4	7	6	4	7	34

⑦ 用材生産とそれに伴うバイオマス生産システムの典型

各都道府県に対してのアンケートの結果から、現在実施されている用材生産のシステムについて図表 3-12、図表 3-13 に示す。

間伐作業において最も件数が多かったのは『チェーンソー伐倒→(ウインチ付き)グラップル集材→プロセッサ・ハーベスタ造材→フォワーダ搬出』の作業システムで、グラップルのウインチの有無を問わなければ 22 件と回答件数 67 件の 1/3 を占める結果となった。主伐においても同様の作業システムが主流であったが、集材機を使用する作業システムは間伐の 4 件に対し、8 件と比較的多かった。

図表 3-12 作業システム類型（間伐）

伐倒	集材	造材	搬出	件数
チェーンソー	プロセッサ・ハーベスタ	プロセッサ・ハーベスタ	フォワーダ	4
	グラップル	プロセッサ・ハーベスタ	フォワーダ	11
			トラック	2
			キャリアダンプ	1
			チェーンソー	フォワーダ
	ウインチ付きグラップル	プロセッサ・ハーベスタ	トラック	2
			チェーンソー	フォワーダ
		チェーンソー	トラック	3
			林内作業車	1
			チェーンソー	フォワーダ
	タワーヤーダ・スイングヤーダ	プロセッサ・ハーベスタ		1
			フォワーダ	7
			トラック	1
	集材機	チェーンソー	フォワーダ	3
				1
	ヘリコプタ	チェーンソー		1
		プロセッサ・ハーベスタ	フォワーダ	1
		チェーンソー	林内作業車	1
ハーベスタ	トラクタ	ハーベスタ	トラック	1
	グラップル	ハーベスタ	トラック	1

図表 3-13 作業システム類型（主伐）

伐倒	集材	造材	搬出	件数
チェーンソー	プロセッサ・ハーベスタ	プロセッサ・ハーベスタ	フォワーダ	1
	グラップル	プロセッサ・ハーベスタ	フォワーダ	9
			トラック	2
		チェーンソー	フォワーダ	4
			トラック	2
	ウインチ付きグラップル	プロセッサ・ハーベスタ	フォワーダ	1
	タワーヤード・スイングヤード	チェーンソー		1
		プロセッサ・ハーベスタ	フォワーダ	1
				1
		集材機	チェーンソー	フォワーダ
プロセッサ・ハーベスタ	フォワーダ		2	
	トラック		3	
			1	
	プロセッサ・ハーベスタ	フォワーダ	1	
ハーベスタ	トラクタ	ハーベスタ	トラック	1
	グラップル	ハーベスタ	トラック	1

⑧ 労働生産性と生産コスト

アンケート結果に基づく労働生産性と生産費について図表 3-14～図表 3-17 に整理する。

まず、労働生産性に関しては間伐で 4m³/人日以上 6m³/人日未満が最も多く、主伐では 6m³/人日以上 8m³/人日未満が最も多かった。主伐では 14m³/人日以上の生産性を挙げている地域もあった。関東、中国・四国、九州では回答件数が少なかったため不明確であるが、地域による傾向はあまり見られなかった。

生産費についても関東、中国・四国、九州では回答件数が少なかったものの、間伐では 6,000 円/m³ 以上 8,000 円/m³ 未満が最も多く、主伐では 4,000 円/m³ 以上 6,000 円/m³ 未満の生産費が最も多かった。間伐の生産費は 30 件の平均が 7,666 円/m³ で、主伐の生産費は 17 件で 5,063 円/m³ となった。労働生産性同様、地域間の大きな傾向は見られなかった。

図表 3-14 地域ブロック別 労働生産性（間伐）

生産性	北海道・東北	関東	中部	近畿	中国・四国	九州	合計
—2m ³ /人日	0	1	0	0	0	0	1
2m ³ /人日—	1	0	3	3	0	2	9
4m ³ /人日—	7	1	3	3	1	0	15
6m ³ /人日—	1	1	1	0	0	0	3
8m ³ /人日—	0	0	1	0	0	0	1
10m ³ /人日—	0	0	0	0	0	0	0
12m ³ /人日—	0	0	0	0	0	0	0
14m ³ /人日—	0	0	0	0	0	0	0
合計(件数)	9	3	8	6	1	2	29

図表 3-15 地域ブロック別労働生産性（主伐）

生産性	北海道・東北	関東	中部	近畿	中国・四国	九州	合計
—2m ³ /人日	0	0	0	0	0	0	0
2m ³ /人日—	0	0	0	0	0	0	0
4m ³ /人日—	0	1	0	2	0	0	3
6m ³ /人日—	2	0	5	0	1	1	9
8m ³ /人日—	2	0	0	0	0	0	2
10m ³ /人日—	1	0	0	0	0	0	1
12m ³ /人日—	0	1	0	0	0	0	1
14m ³ /人日—	1	0	1	0	0	0	2
合計(件数)	6	2	6	2	1	1	18

図表 3-16 地域ブロック別生産費（間伐）

生産性	北海道・東北	関東	中部	近畿	中国・四国	九州	合計
—2,000円/m ³	0	0	0	0	0	0	0
2,000円/m ³ —	1	0	0	0	0	0	1
4,000円/m ³ —	3	1	1	0	0	1	6
6,000円/m ³ —	3	1	2	1	1	1	9
8,000円/m ³ —	0	0	2	2	0	0	4
10,000円/m ³ —	0	1	1	1	0	0	3
12,000円/m ³ —	2	0	1	4	0	0	7
平均(円/m ³)	7,067	7,833	8,271	10,813	6,000	6,010	7,666
合計(件数)	9	3	7	8	1	2	30

図表 3-17 地域ブロック別生産費（主伐）

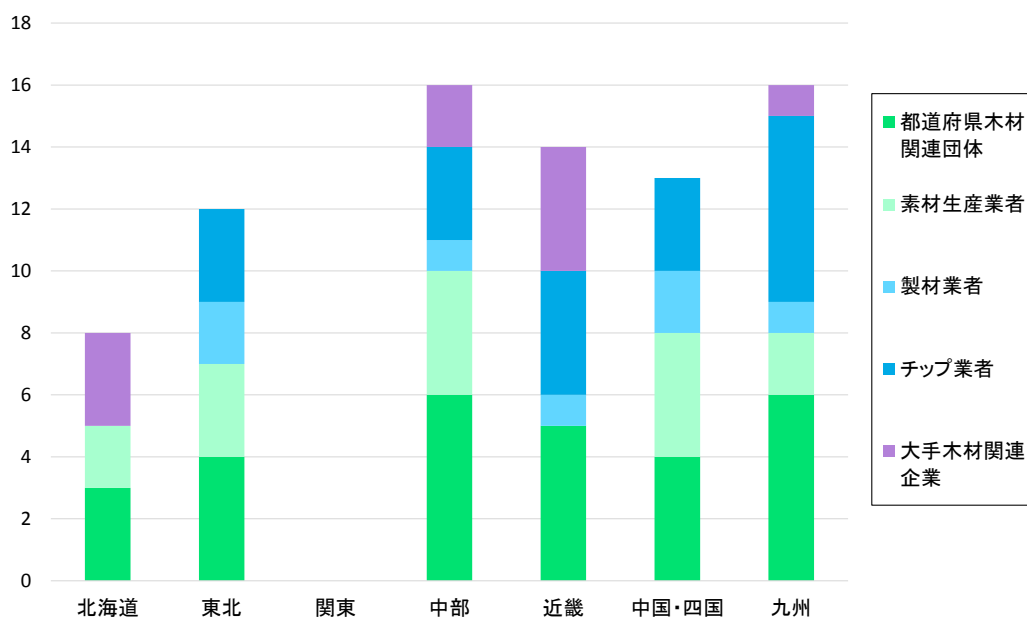
生産性	北海道・東北	関東	中部	近畿	中国・四国	九州	合計
—2,000円/m ³	1	0	0	0	0	0	1
2,000円/m ³ —	2	0	1	0	0	0	3
4,000円/m ³ —	1	1	3	1	1	1	8
6,000円/m ³ —	2	0	1	1	0	0	4
8,000円/m ³ —	0	1	0	0	0	0	1
平均(円/m ³)	4,683	7,000	4,760	5,850	4,000	4,084	5,063
合計(件数)	6	2	5	2	1	1	17

(2) 発電事業者アンケート調査

前年度調査で得られた全国の木質バイオマス発電の個別情報を基に、現在稼働中もしくは建設中、設備発注中の木質バイオマス発電所に対してアンケート調査を実施した。

① 燃料供給体制

アンケート結果で得られた燃料供給に関する回答から、主要な燃料供給体制について図表 3-18 に整理する。ここでは都道府県森林組合連合会、都道府県木材組材連合会、素材生産協同組合を総称して、都道府県木材関連団体としている。発電事業者ごとに燃料調達体制が違うので地域差よりも個別の差があると考えられるが、都道府県木材関連団体やチップ業者が燃料供給の主体となる場合が多い。



図表 3-18 地域ブロックごとの燃料供給体制

② 燃料価格

アンケート結果を基に燃料価格について図表 3-19 に示す。下記燃料価格に関してはすべて発電所着の価格であり、水分の違いを考慮して絶幹重量における金額に換算している。なお、発電所にチップ工場が併設されている場合があるため、丸太状態での燃料価格も調査している。表中の「間伐材以外」とは森林経営計画対象林、保安林、公有林野等官公造林施業計画対象林等において間伐以外の方法で生産された材を指す。

図表 3-19の燃料価格を基に、実際に流通している水分で換算した価格を図表 3-20に示す。国内の木質バイオマス発電において最も使用されている間伐材のチップでは 9,403 円/生tとなった。FIT 価格ごとにチップ状態の燃料を比較すると、FIT 価格と燃料価格は概ね対応している。また、間伐材の丸太状態とチップ状態を比較することによってチップ化コスト 2,095 円/t が推定される。

図表 3-19 燃料価格

燃料の種類	FIT価格	回答件数	MAX	MIN
間伐材(丸太)	32円/kWh	8	16,364	10,000
間伐材(チップ)		12	24,038	15,455
間伐材以外(丸太) ※		5	20,000	6,000
間伐材以外(チップ) ※		2	20,000	20,000
製材端材(背板)	24円/kWh	2	12,222	10,909
製材端材(チップ)		7	15,385	10,000
PKS		4	20,000	16,667
一般材(丸太)		3	12,000	6,667
一般材(チップ)		1	14,167	14,167
建設廃材(チップ)	13円/kWh	2	4,667	1,282

図表 3-20 実際に流通している状況(水分)を考慮した燃料価格

燃料の種類	FIT価格	性状	水分(W.B.)	平均価格(円/t)
間伐材	32円/kWh	丸太	50%	7,308
間伐材		チップ	50%	9,403
製材端材	24円/kWh	加工前	50%	5,783
製材端材		チップ	50%	5,887
PKS			20%	14,500
建築廃材	13円/kWh	チップ	20%	2,974

③ チップ化詳細

前年度調査ではチップ化のコスト低減が重要だという結論が得られたため、アンケート調査にてチップ化について調査を実施した。現状では木質バイオマス発電所の稼働事態が少なく、チップ製造に関しても工場が未稼働な事例が多く、チップ化コストは 14 事例で回答があり、チップ化の詳細に関しては 6 事例での回答のみ得られた。詳細が得られたチップ化の 6 事例を図表 3-21 に示す。詳細の得られなかった 14 事例での最大コストは 5,000 円/t、最小コストは

1,500 円/t、平均値は 2,794 円/t であった。②の結果から得られたチップ化コストは 2,095 円/生 t で、個別アンケート調査と 699 円/t の差があった。これは現状、安定運用できているチップ工場が少なく、データが不足していることに起因するものと考えられ、今後はチップ工場が稼働していく中で、生産コストがより明らかになると考えられる。

図表 3-21 アンケート結果から得られたチップ化詳細

	A 発電所	B 発電所	C 発電所	D 発電所	E 発電所	F 発電所
加工費(円/t)	3,150	2,000	5,000	4,000	1,500	2,200
設備方式	定置式	—	定置式	定置式	定置式・ 移動式	移動式
加工区分	切削	—	切削	破砕	切削	破砕
チップー出力 (kW)	300	225	160	250	250	450・360
処理能力	30～35t/h	—	150 チップ m ³ /h	30t/h	120 チップ m ³ /h	—
導入 費	建設費 (万円)	5,465	3,000	17,000	8,189	
	機械設備 費(万円)	16,244	5,000	5,800	13,983	14,000
	その他(万 円)	—		1,300	15,330	8,399
	計(万円)	21,709	5,000	10,000	41,330	30,571
人員	2～3	3	5	5	5	3
稼働時間(時 間/年)	3,330	1,600	2,000	—	—	2,000

3.1.4 現地ヒアリング調査結果

アンケート調査の結果を基に、追加調査地域として選定した9ヶ所の地域に、低コストな木質バイオマスサプライチェーンの構築に向けた優良事例に関する内容を中心にヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査の結果から低コストなサプライチェーンの構築を実施している優良事例を(1)①～(1)⑤に示す。なお、ヒアリング調査内容の詳細は別添する。

また、ヒアリング調査によって明らかになった個別地域状況を下記に示す。

◆九州地域を中心に輸出との競合が予想

中国、台湾、韓国等、東アジアを中心に輸出需要が増加しており、地域によっては1年で輸出量が倍増した地域もあった。材種も木質バイオマス燃料との競合が予想されるC、D材が多く、特に東アジアへの輸出が容易な九州では競合することが予想される。

◆既存チップ需要者との競合が予想

従前から製紙用チップ供給や農業用敷料等の低質材の利用が盛んだった地域では燃料の競合や価格上昇がみられる地域もある。

◆林業特性の違いによるバイオマス材搬出への関心の差

有名林業地のように従前から木材価格が高かった地域では、比較的価格の低いバイオマス材に関する関心が低く、素材生産事業者のバイオマス材生産意欲が低いため、バイオマス材価格が上昇傾向にある。

◆新規事業者の参入

これまで林業・木材産業に関わりがなかった事業者が木質バイオマス発電事業に参入し、木材需要量が増加したため、市場価格が底上げされている。

(1) 優良事例

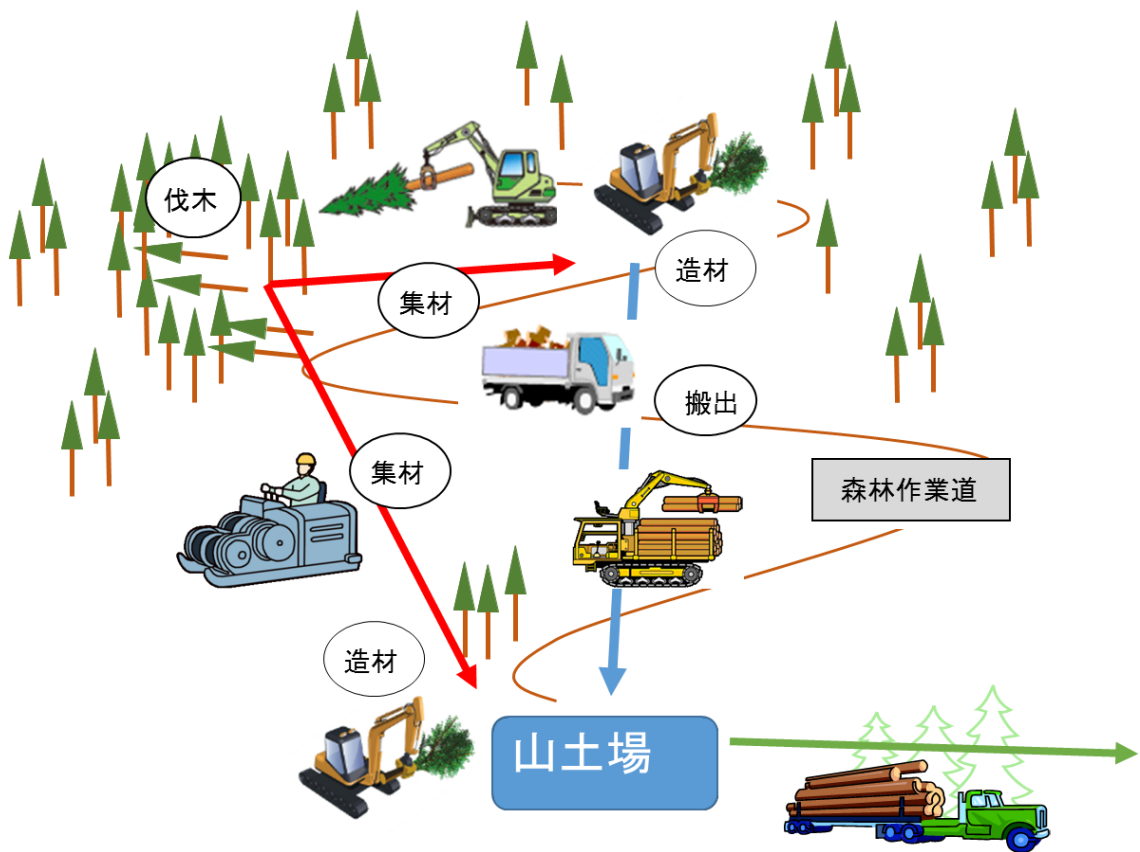
① 株式会社とされいほく（間伐）

高知県の株式会社とされいほくでは高生産性・低コスト化を実現する合理的かつ効率的な作業システムの構築を目指しており、地域の急峻な地形的要件と脆弱な地質的要件に対して低リスクで効率的に対応可能な架線系を基本的システムとし、車両系で補完する「架線系と車両系の組み合わせ複合システム」の構築を進めている。

図表 3-22 にヒアリング調査概要を、図表 3-23 に作業システムの模式図を示す。

図表 3-22 とされいほく ヒアリング調査概要

生産システム	<p><大規模架線系システム> チェーンソー伐倒 → H 型架線 or スイングヤード集材 → プロセッサ造材 → フォワーダ搬出</p> <p><車両系システム> チェーンソー伐倒 → スイングヤード集材 → プロセッサ造材 → フォワーダ搬出</p> <p><併用システム> 上記両システムを同一現場で併用</p>
生産における工夫	<p>◆集約化の追求 →1 団地 100ha 以上、1 事業地 10ha 以上を目安に集約化を実施</p> <p>◆3 作業システムの併用 現場の状況によって 3 つの作業システムを使い分け、全体としては 5,000 円/m³ の生産コストを達成 →架線系:大型架線集材(架線長 1,000m 以上)と幅員 3.5m 以上のトラック道整備 車両系:スイングヤードと幅員 3.0m の高密路網 併用:10ha 以上の大面積では架線系と車両系を同時に採用</p> <p>◆高密路網 →3～4 名が専従で路網開設を行っており、作業道開設延長は 18,547m/年。平均で 111m/ha で、車両系システムの現場では 200m/ha 以上。</p>



図表 3-23 併用システムの模式図

② 温海町森林組合（間伐）

山形県の温海町森林組合では素材生産作業システムと森林バイオマス生産システムを切り分けることで、森林バイオマスの生産コストを明確にし、効率化を図っている。また、豪雪地域である地域特性から造材方法を工夫したり、冬に海岸部を、夏に奥山を施業する等の作業上の工夫を行っている。

図表 3-24 温海町森林組合 ヒアリング結果概要

生産システム	グラップル積み込み → フォワーダ搬出
生産における工夫	<p>◆作業概念 →素材生産時に森林バイオマスを作業道脇に集積し、森林バイオマス材の生産費としては積み込みと搬出のみをコストとする。</p> <p>◆根曲がり材の有効活用 →作業対象地の大半は豪雪地域であるため根曲がり材が多く、1 番玉は 1.5～1.8m で造材し、すべてバイオマス用材とする</p>

③ 株式会社イワクラ（間伐）

北海道の株式会社イワクラは林産事業から燃料の製造まで木質バイオマス関連の様々な事業を展開している。作業システムは北海道では多く導入されているブルドーザーによる集材行っており、森林バイオマスの収穫に関しては周辺事業者からも収集を行っている。

図表 3-25 株式会社イワクラ ヒアリング調査概要

生産システム	チェーンソー伐倒・枝払い → スキッド・ブルドーザー集材 → ハーベスタ造材 → トラック運搬
生産における工夫	<ul style="list-style-type: none">◆ブルドーザー集材 →伐倒木を全幹状態でブルドーザーによって山土場まで搬出可能なため、効率的に森林バイオマスを生産することができる。◆周辺事業者と連携したバイオマス材集荷システム →以前からボード原料用に森林バイオマスの収集を実施していたため、周辺事業者とも連携し、作業道脇に森林バイオマスを集積しておいて、イワクラが収集する集荷システムを構築している。なお、森林所有者は林地残材に困っているため、森林バイオマスとして生産することに対して好意的である。

④ 金山町森林組合(皆伐)

山形県の金山町森林組合は、最上地域における熱利用システムの普及に応じて、地域内の林業事業体による共同出資会社を設立し、安定供給体制を構築してきている。

根元や梢端部を含めた生産や、トラクターベース・牽引式チップパーの山土間運用等、積極的なバイオマス利用の研究と実践を進めてきている。小規模熱利用向けに、原木の非常用保管体制も整備されている。

図表 3-26 金山町森林組合 ヒアリング調査概要

生産システム	チェーンソー伐倒 → グラップル集材 → ハーベスタ造材 → フォワーダ搬出
生産における工夫	<p>◆機械コスト低減 →材長を併せる必要のないバイオマス材を造材する際にはプロセッサよりも機械コストが安価なグラップルソーを使用して機械コストを削減</p> <p>◆低コスト造林との組み合わせ →低コスト造林と併せてバイオマス材の生産を行うことで、機械地拵えによって森林バイオマスの生産し、低コスト化を図っている。</p> <p>◆山土場チップ化 →嵩密度の低い森林バイオマスを効率的に運搬するのは困難であることから、一定程度の山土場が確保できる現場であればトラクターけん引式のチップパーで山土場でのチップ化を行う</p>

⑤ 株式会社南栄（皆伐）

熊本県の株式会社南栄は 60 年以上に渡り素材生産からチップ加工までを行っており、木質バイオマスに関して現在は日本製紙八代工場に木質バイオマス燃料用チップの供給を行っている。積極的な皆伐施業を実施しており、主伐だけで 50,000m³ 以上の素材を生産している。車両系の作業システムを主としているが、現場によっては架線集材も行う。

図表 3-27 株式会社南栄 ヒアリング調査概要

生産システム	チェーンソー伐倒 → スイングヤーダ集材 → プロセッサ造材 → フォワーダ搬出
生産における工夫	<ul style="list-style-type: none">◆造材長を 3m ないし 4m と定め、造材の効率を高めている◆効率は悪くなるものの、燃料の生産量確保を優先しており、枝葉も含め搬出率は 100%に近い◆路網の開設は必要最小限にとどめ、集材作業の効率化を優先している

3.2 広葉樹利用における供給コストの実態調査

FITの施行後に増加する木質バイオマス発電計画において、その燃料の多くは従前の素材生産産業で主要樹種とされてきたスギ・ヒノキ等の人工林を対象としている。しかし、図表 3-28 に示す通り、国内の森林資源の半数程度は広葉樹である。木質バイオマス発電への燃料供給は長期的かつ安定的である必要があり、広葉樹の利用も検討する必要があると考えられる。そこで、木質バイオマス発電所への燃料供給を行っているもしくは計画している広葉樹生産事業者 2 社に対してヒアリング調査を実施した。

図表 3-28 樹種別、区分別森林資源量

単位:ha

	人工林	天然林	計
針葉樹	9,968,018	2,368,797	12,336,815
広葉樹	301,716	10,979,288	11,281,004
計	10,269,734	13,348,085	23,617,819

出典:森林・林業統計要覧 2014

3.2.1 調査方法

供給実態調査のアンケートやヒアリング調査の際に燃料用広葉樹生産を行っている事業者に関する情報を収集し、広葉樹生産作業システム等に関して現地ヒアリング調査を実施した。

3.2.2 成果まとめ

燃料用広葉樹生産は通常の針葉樹素材生産業とは大きく異なり、生産した材は基本的にチップ化するため、材に傷が入ったり、折れたりすることを問題としない。そえのため、効率を最優先に作業を行うことができ、低コストな燃料供給体制を構築できる可能性がある。しかし、製紙原料との競合が発生することもあり、現状では燃料用広葉樹生産はあまりおこなわれておらず、生産体制が不透明であり、本調査においても 2 事業者へのヒアリングに留まった。燃料用広葉樹の可能性は示唆されたため、今後は広葉樹生産の作業システムを体系的に明らかにすることが重要と考えられる。

3.2.3 現地ヒアリング調査結果

(1) 中山リサイクル株式会社

中山リサイクル株式会社(以下、中山リサイクル)は主として大分県内の木質バイオマス燃料需要者に燃料供給を行っており、一部製紙会社へのチップ供給も実施している。また、北部九州を中心に 6 工場でチップ生産を実施しており、海運にて四国への燃料輸送も実施している事業者である。

中山リサイクルでは工場までの運賃込みで 3,500 円/m³での燃料用広葉樹生産を行っている。低コスト化を図るために機械コストの比較的安いフォークグラップル等の建設機械等を使用している。燃料化は自社で実施しているため、材長をそろえたり、木口を整える必要がなく、効率を最優先した作業で効率化を図っている。ヒアリング調査概要を図表 3-29 を示す。

図表 3-29 中山リサイクル ヒアリング調査概要

<p>施業概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・大分県別府市の 5ha の拡大造林地 ・別杵速見森林組合からの受託業務 ・所要期間は 4～6 か月で搬出作業まで完了 ・4,000t/5ha 生産
<p>生産システム</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・チェーンソー伐倒 →チェーンソー+グラップル造材 → フォークグラップル積み込み → フォワーダ搬出 →トラック運搬 ・作業状況によってはフェラーバンチャやバケット付グラップルを積極的に利用するが、コスト高になるため、基本的にはフォークグラップルを多用 ・作業班は素材生産業者ではなく、土木業者が作業を担当 ・植栽までの契約となっているので、植栽効率を考えて抜根以外の残材はすべて搬出
<p>生産における工夫</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・全量自社工場チップ化するため、材に傷が入っても問題なく、場合によっては玉切りせずに折ることもある ・仕分けがコスト高になるので仕分け手間を可能な限り減らす ・広葉樹は針葉樹に比べて水分は少ないが比重が大きく、10t 車に積載すると 12t 程度詰める

以下に作業現場の写真を示す。



図表 3-30 フォークグラップル (0.45 クラス)



図表 3-31 搬出完了後の施業地の様子



図表 3-32 簡易な造材により折られた材

(2) あぶくま地域広葉樹利用組合

平成 24 年 3 月に福島県内を主とした阿武隈地域の広葉樹木材生産者により設立された。東日本大震災以前は、緩やかな地形と特有の地質から多くの広葉樹林を有した事から、きのこ原木では全国市場の約 70%を占めた他、建築・家具等用材やパルプチップの他、薪、木炭用等の特用林産物の産地として、県内はもとより全国各地に移出してきた実績がある。

本地域の広葉樹生産は、比較的生産規模の大きい請負事業体の他、従来から農家林家を中心とした小規模な個別生産・流通体制があり、他の地域でも同様な傾向があるものと考えられる。

原発事故による影響で林業経営の自粛を余儀なくされ、また、広葉樹パルプチップの需給体制の変化もあり、安全で安定的な供給体制を築くための需給調整を行いながら、バイオマス利用を含め検討が進められている。ヒアリング調査概要を図表 3-33 を示す。

図表 3-33 あぶくま地域広葉樹利用組合 ヒアリング調査概要

<p>施業概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地域森林面積 272 千 ha(うち広葉樹林 133ha・蓄積約 14 百万 m³) ・20~25 年生林分では、1ha あたり全木で 220~250t の生産量。うち半数が枝や粗林部(萌芽更新には枝まで搬出した方が良い)。 ・40~50 年生林分では、1ha あたり全木で 350~450t となる。 ・しいたけ原木用として 5.5-15cm 径のものを 90cm 長で優先的に生産し、残りがチップ用となる。
<p>生産システム</p>	<p><小規模簡易システム(一人親方等)> チェーンソー伐倒・造材→小型運搬機・小型トラック</p> <p><中大規模機械システム> ・チェーンソー → プロセッサ造材 → フォワーダ搬出</p>
<p>生産・流通における工夫</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・しいたけ原木の流通は停滞しており、これまで小規模・個別に流通させていたが、放射線量管理のうえバイオマス利用を含め、流通を集約化していけるよう体制を整備しつつある。 ・中規模事業体では針葉樹生産を含め、グラップルソーやプロセッサ等の機械化を進めている。 <p><バイオマス利用に移行した際のコスト通減への考え方></p> <p>小規模簡易システム:小型車両系運材機械による 4m 材集材</p> <p>中大規模機械システム:高性能タワーヤーダや曲がり材の対応力の高いハーベスタの運用等</p>

第4章 木質バイオマス発電・熱電併給システムに関する調査

4.1 ボイラ・タービン発電プラントに関する実態調査

前年度の調査で、ボイラ・タービン方式の標準的な規模別コスト構造の把握・分析を行った。今年度は計画から稼働、構想から具体的な計画段階に移行したプラントが増えたため、アンケート調査及びヒアリング調査を行い、昨年度と同様の方法でコスト分析と現状把握を行った。

4.1.1 調査方法

調査方法は第2章と同様だが、全都道府県を対象としたアンケート調査の中で、都道府県から回答のあった運転開始または具体的な計画が見込まれる発電事業者(42件)に対してアンケート調査を実施した。

アンケート回答のあった事業者のうち、コストに関する具体的な回答のあった11事業についてコスト再現モデルを作成し、コスト構造や事業性を分析し、課題等を整理した。そのうち、ヒアリング調査を実施した事業体については、ヒアリング調査結果も反映している。ヒアリング調査は13社実施した。

結果の分析については昨年度調査を実施した2事業者のデータも合わせ13モデルとした。コスト分析を行った事業者の概要を図表4-1に示す。

図表 4-1 コスト分析対象プラント

	発電所名	発電端出力	計画・稼働	補助金等の利用
1	G 発電所	5,800kW	H28.12 稼働予定	—
2	H 発電所	2,300 kW	H27.11 稼働予定	資金融通
3	I 発電所	1,500 kW	稼働	補助金利用
4	J 発電所	5,800 kW	稼働	資金融通
5	K 発電所	12,700 kW	H27.6 稼働予定	資金融通・補助金利用
6	L 発電所	6,250 kW	H27.4 稼働予定	資金融通・補助金利用
7	M 発電所	10,000 kW	H27.4 稼働予定	補助金利用
8	N 発電所	5,700 kW	稼働	補助金利用
9	O 発電所	5,700 kW	稼働	補助金利用
10	P 発電所	5,750 kW	H27.4 稼働予定	補助金利用
11	Q 発電所	6,250 kW	H28.4 稼働予定	資金融通
12	R 発電所	5,700 kW	稼働	補助金利用
13	S 発電所	12,000 kW	計画	—

※R 発電所、S 発電所は H25 年度調査結果

4.1.2 成果まとめ（結果概要）

コスト再現モデルを作成し、設備コストや発電コスト、事業性について分析を行った。詳しい結果は次項に整理するが、結果概要として重要なポイントは以下の通りである。

- ✓ 出力規模によるコストや事業性の傾向はあるが、ばらつきが大きい
- ✓ 設備コストについては立地条件や建設時期により差が出ている
- ✓ 発電コストについては燃料調達コストの影響が最も大きい
- ✓ 現状で採算性が低い計画もあるが、資金調達の工夫等で事業性を確保していると考えられる
- ✓ ただし、最も重要な燃料調達について、価格（・種類・量）は現時点の計画や短期的な契約の数字であり、今後の変動により事業性は大きく左右されることに留意が必要

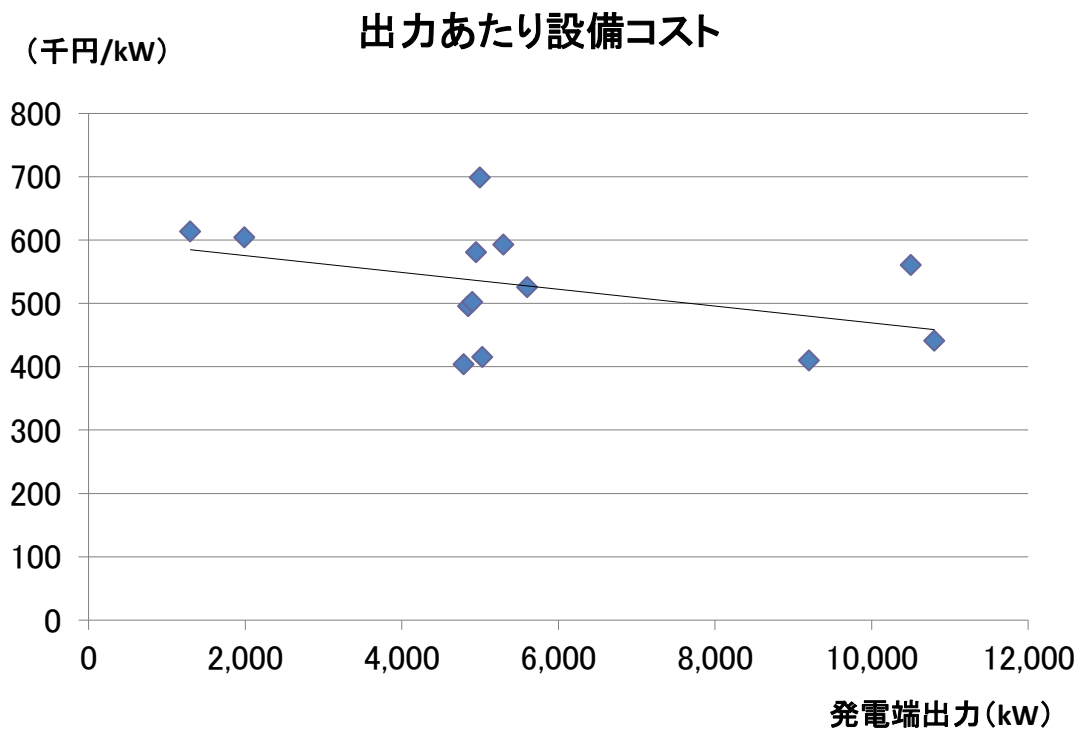
4.1.3 アンケート調査及びヒアリング調査結果

アンケート調査については、第2章『木質バイオマスのサプライチェーンシステムに関する調査』と併せて実施したため、発電事業に関する調査のうち重複する結果については割愛する。ここでは、アンケート回答のあった事業者のうち、コストに関する具体的な回答のあった11事業について、コスト及び事業性に関する分析結果を整理した。

(1) 出力あたり設備コスト

昨年度の調査モデルを加えた13ケースについて、出力あたりの設備コストは図表4-2の通りである。発電端出力あたりの設備コスト平均は530千円/kWであり、平成26年度の調達価格算定の想定値(410千円/kW)に比べて高い水準となった。5,000kW級のプラントは同規模間での差が大きいことがわかる。

ヒアリング調査によると、立地条件により鉄塔建設有無や電源線等の距離が価格に影響していることがわかった。建設費用については、地盤条件、燃料供給方式等により建築・造成費用は増減幅が大きいため、稼働時期(=プラント発注時期)に加えてそういった条件も影響していることが考えられる。



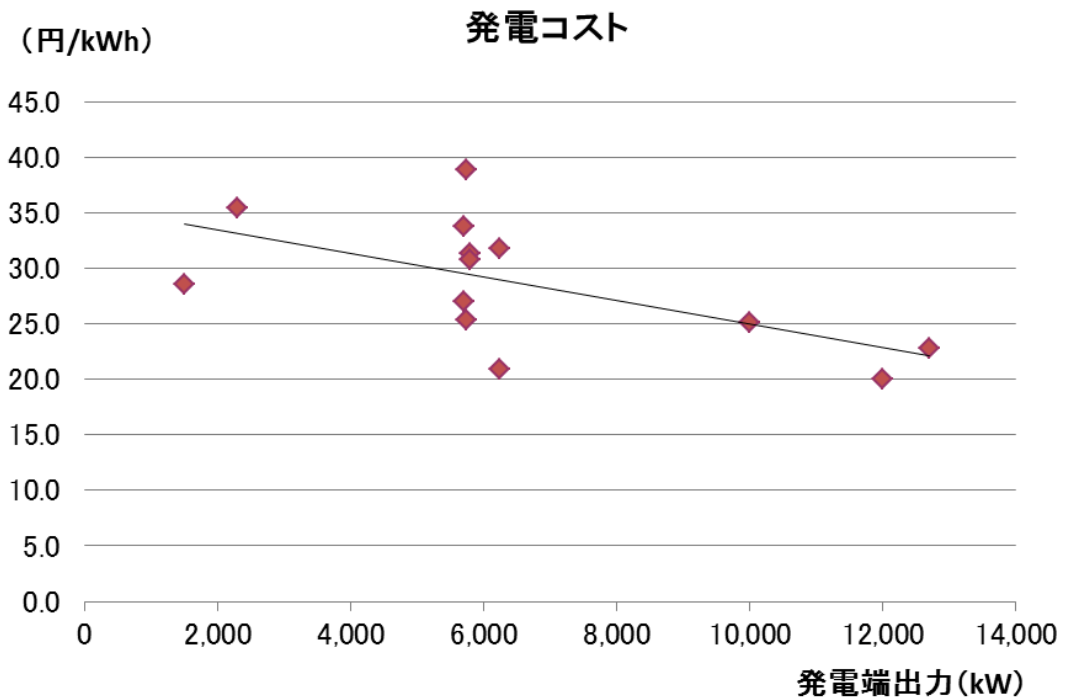
図表 4-2 出力あたり設備コスト

(2) 発電コスト

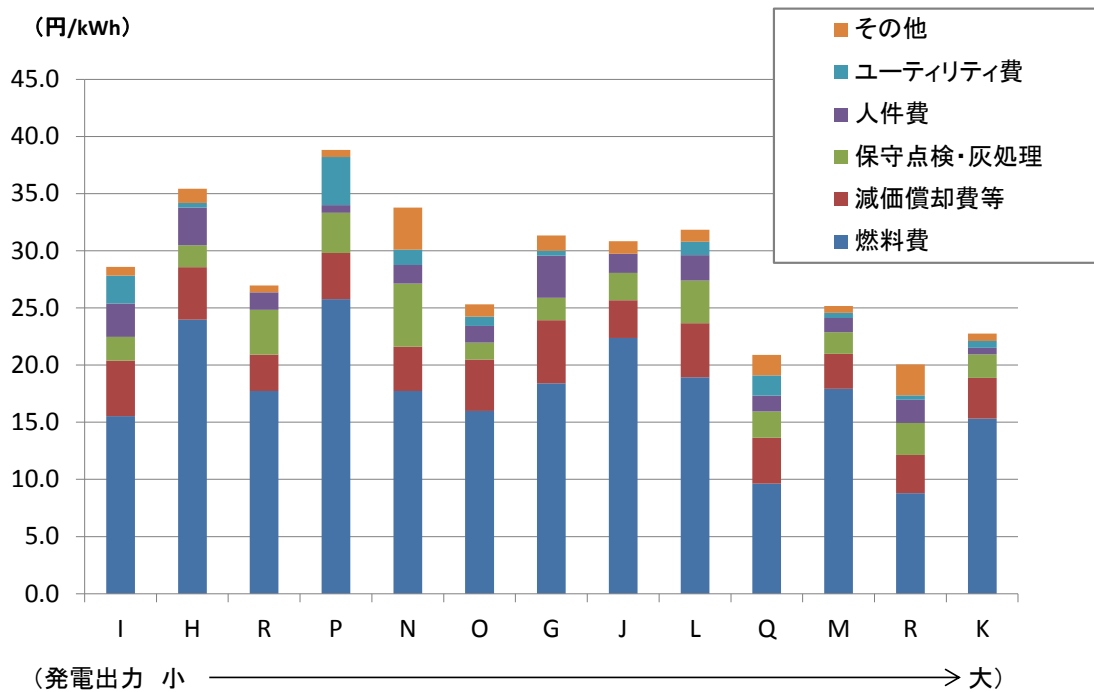
発電コスト試算結果を図表 4-3 に示す。出力規模が大きいほどコストが下がる傾向がみられる。ただし、5,000kW 規模間でのコスト差が大きく、最小値(20 円/kWh)と最大値(40 円/kWh)では 2 倍程度の差がある。発電コストに占める内訳は燃料費が最も大きく、同規模間でのコスト差に最も影響を与えている。(図表 4-4)燃料費の違いは未利用材・一般木材・リサイクル材の利用比率やチップ化コストが影響していると考えられ、例えば、燃料コストが大きいプラント D は未利用材の比率が高くチップ化コストも高めに設定しているが、燃料コストが小さいプラント J は一般木材やリサイクル材の比率が高い計画となっている。

燃料費以外はコストに与える影響は小さいが、人件費やユーティリティ費、保守点検・灰処理費の比率が異なる点も特徴として挙げられる。

また、発電コストが 32 円/kWh を上回るプラントが 3 件あり、計画段階で売電単価よりも高いコストとなっている。



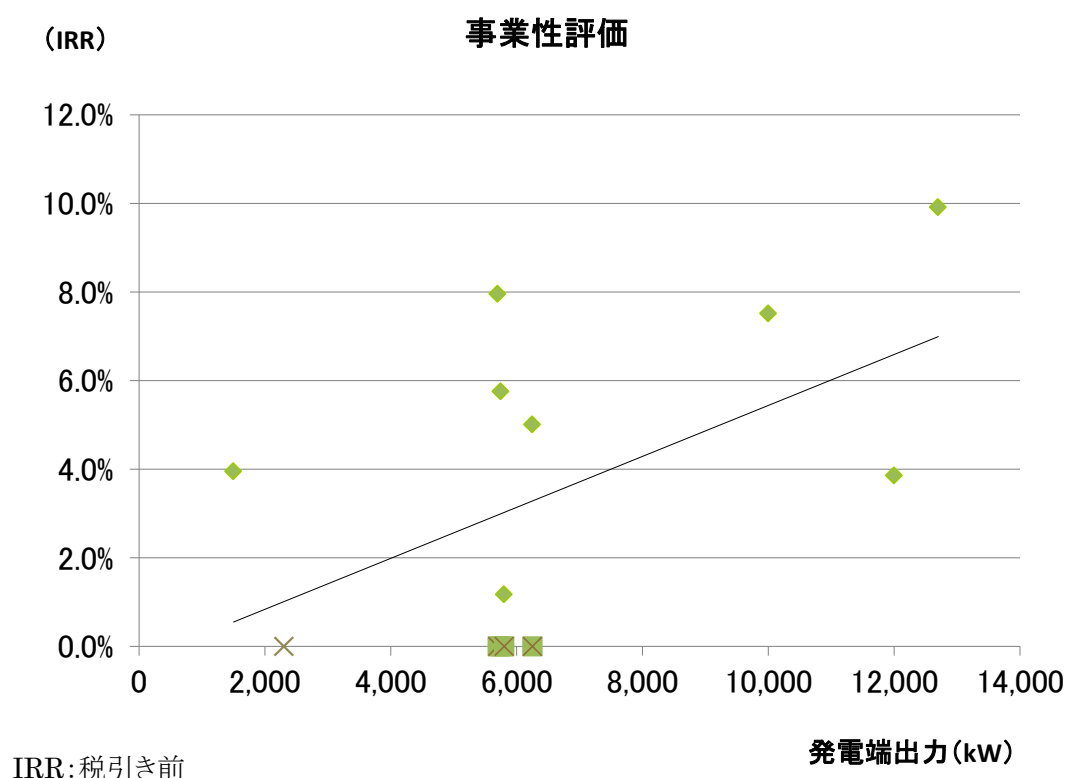
図表 4-3 発電コスト



図表 4-4 発電コスト内訳 (規模順)

(3) 事業性分析

事業性分析結果を図表 4-5 に示す。規模が大きいほど事業性が高い傾向がある。ただし、2,000kW 級 1 件、5,000kW 級 4 件は投資回収不可となった。ほとんどのケースで IRR8%を下回っており、また計画段階で投資回収不可となる費用条件となっているものもあるが、実際には補助金や資金融通等の資金調達の工夫や PPS への売電による収益向上等により事業性を確保していると考えられる。また、燃料調達コストについてチップ化コストが不透明なケースもあり、燃料調達費が計画よりも低く抑えられていることも予想される。



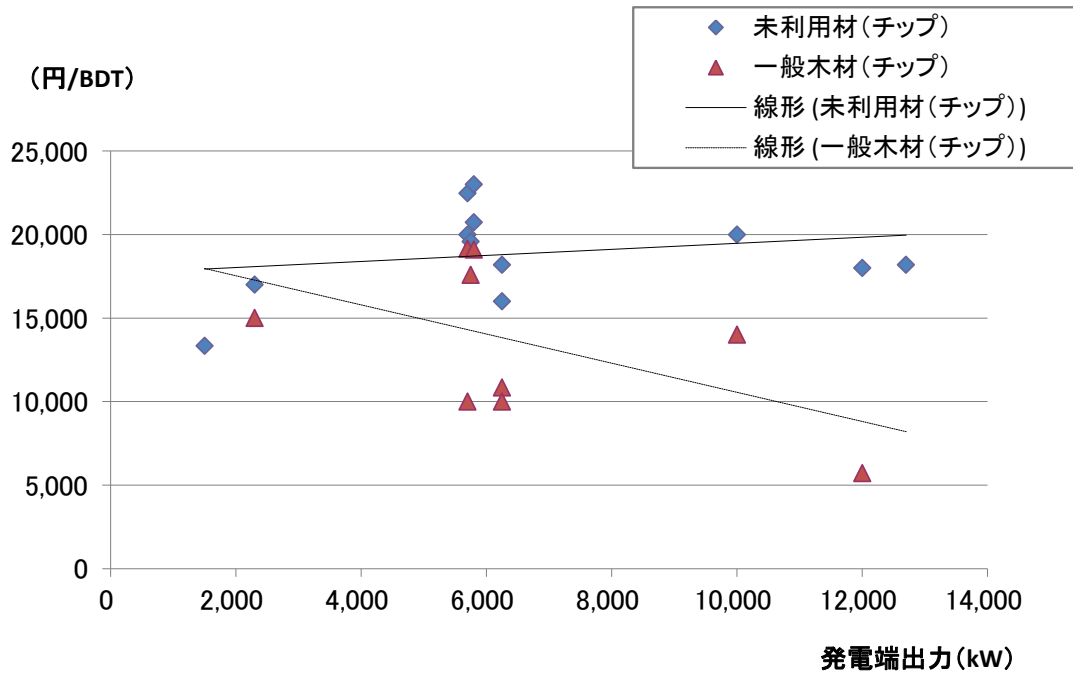
図表 4-5 事業性試算結果 (IRR)

(4) 発電規模と燃料調達コストの関係

規模別の燃料調達価格を整理した結果を図表 4-6 に示す。未利用材については 15,000 円/BDT~25,000 円/BDT の間の価格となっており、規模による差はほとんど見られない。一般木材については同規模での価格差が大きく、本調査対象の 13 ケースでは発電出力による調達価格への影響は考えにくい。未利用材と一般木材を比べると、調達コストは未利用材の方が高いことがわかる。

燃料使用量について、アンケート回答では計画として記載しているが、ヒアリング調査によると具体的な調達見込みが立っていないケースもある。その場合には調達コストの高い燃料を購入することとなり発電コスト増となる可能性がある。

燃料調達範囲は 5,000kW 級で 50~150kW 圏内との回答があった。



※原木で購入しているプラントについてはチップ化コストを加えた金額とした
 ※チップ化コストが高過ぎる(8,500 円/t)と考えられる宮崎森林発電は除いた

図表 4-6 出力規模毎の燃料調達価格 (チップ)

4.2 小規模発電プラント（ガス化、ORC）に関する実態調査

FIT の対象となる木質バイオマス熱電併給システムとしては、現時点ではボイラ・タービン発電方式、ガス化発電方式、オーガニック・ランキング・サイクル方式(以下 ORC と記載する)の 3 種類に大別される。

このうちボイラ・タービン発電方式に関しては、リサイクル材や製材端材を使った既存施設が多く、技術的課題はほぼ解決されている反面、FIT 制度を活用した新規計画はほとんど聞かれない。未利用材や一般木材の利用をベースとしてこの方式で経済性を確保するためには、大量な材の確保に加えて、膨大に発生する熱の需要先確保(一定以上の買取価格で)が不可欠となる。しかし、この課題は電気のみを対象とする現状の FIT 制度の枠組みで解決することは困難と考えられる。

一方、木質バイオマス供給力の制約や地域振興の視点から、自治体や地域の事業者等の間では、比較的小規模なガス化発電方式と ORC 導入への期待が非常に高まっている。しかしながら、これらの方式に関しては、技術的・制度的な制約から、未だ国内では本格的に普及していない。まだ実証段階の技術に手を出して失敗する事例が多いのも事実である。

したがって熱電併給システムに関しては、今年度は各地の自治体や森林・林業関係者からの要請が強いガス化発電方式と ORC に焦点を絞って調査を行い、今後の導入・普及を進める上で必要な技術的、制度的な課題を明らかにするとともに、FIT 制度の改定を視野に入れた具体策について検討した。

4.2.1 調査方法

昨年度の基礎調査をベースとして、国内でガス化発電方式のプラントを導入あるいは計画しているメーカー及び事業者をリストアップし、本調査への協力を要請した。その結果、同意が得られた 15 ヶ所(図表 4-7、図表 4-8 参照)への実態調査(アンケート、ヒアリング調査)を行い、国内における開発・導入状況、各技術の成熟度、コスト、今後解決すべき技術的・制度的課題と対応策(FIT における小規模熱電併給へのボーナス等も含めて)について整理、検討した。

ORCに関しては、国際的な実績を持つターボデン社の技術を、親会社となった三菱重工業の協力のもとで、三重県多気町で導入するための具体的な検討が進んでいるため、そちらの動向を輸入とエンジニアリングを担当している事業者へのヒアリングによって現状整理を行った。

4.2.2 成果まとめ（結果概要）

詳しくは次項で試算表等を掲載して整理しているが、結果として重要なポイントは以下の通りである。

- ✓ 国内で本格的な商業運転をしているプラントはほとんど存在せず、かつて長期間に涉って運転していたプラントも、現在はほとんど稼働していない。

- ✓ FIT制度の開始に伴って近年動き始めた国内メーカーは多いが、ほとんどが開発や実証試験の段階であり、技術的な信頼性やコスト構造を分析できるレベルには達していない。
- ✓ 一方、海外(特にドイツ)での実績が豊富で技術的な信頼性が高く、ドイツでのFIT見直し時のモデルともなった複数社のシステムが今年度から来年度にかけて導入され、本格的な稼働が始まる予定である。
- ✓ 今後はこうした海外製プラントの国内での稼働状況をフォローすることで、国内導入時の技術面とコスト面の実態把握が望まれる。
- ✓ 国内メーカーによるプラントに関しては、まずは技術的に将来性があるシステムか否かを見極めた上で、可能性のあるものについて選択と集中で技術・開発支援を行うことが適切と考えられる。

4.2.3 実態調査（アンケート及びヒアリング調査）結果

実態調査を行った 12 種類のシステム(ヒアリング先は 15 ヶ所)の概要について図表 4-7、図表 4-8 に示す。

内訳としては、国産のプラントではメーカー5社と1自治体。海外製のプラントでは輸入代理店(又はエンジニアリング担当)の6社と発電事業体3社となっている。

各社から入手した詳細情報については別添のアンケート・ヒアリング調査票を参照。

なお、この分野(小規模はガス化、ORCプラント)に関しては国内で商業ベースで運転されている実績がほとんどないため、都道府県(林務部門)は調査対象外とした。

図表 4-7 アンケート・ヒアリング調査実施先の概要 (1/2)

ヒアリング等実施先	システムの種類、 燃焼方式等	調査(試算)対象事例	発電		熱	総合	
			発電端(送電端) 出力 kW	効率 %	出力 kW	効率 %	
国産メーカー	A 社	外熱式ロータリーキルン 方式	計画値(見積ベース)	1,650(1,000)	18	1,000	31
	B 社	固定床 ダウンドラフト型	計画値(一部実績値) ※実証段階	290(273)	20	224	36
	C 社	固定床 ダウンドラフト型	計画値 ※実証段階	500(440)	27	752	69
	D 社	固定床 アップドラフト型	計画値 ※実証段階	1,200(1,000)	35	N.A.	35
	E 社	噴流床	計画値 ※実証段階	330(300)	22	700	69.
	F 社	ダウンドラフト型	実績値	115(100)	23	442	73

図表 4-8 アンケート・ヒアリング調査実施先の概要 (2/2)

ヒアリング等実施先	システムの種類、 燃焼方式等	調査(試算) 対象事例	発電		熱	総合	
			発電端(送電端) kW	効率 %	出力 kW	効率 %	
海外メーカー	G 社	ドイツ製 並行流流動床 アップドラフト型	計画値	180(172)	30	270	75
	H 社	デンマーク製 固定床 アップドラフト型	実績値	—	—	—	—
	I 社			2,012(1,770)	29	51	80
	J 社	ドイツ製 固定床 ダウンドラフト型	計画値	800※400×2 台(N.A.)	27～30	1,300 程度?	N.A.
	K 社			—	—	—	—
	L 社	ドイツ製	計画値	45 (N.A.)	N.A.	105	N.A.
	M 社	インド製 固定床 ダウンドラフト型	計画値	1,250(1,000)	18	1,821	52
	N 社	ORC	計画値	1,000(819)	16	4,095	79

(1) 各社条件によるコスト試算

実態調査を行った 12 種類のプラントから、情報提供を受けたプラントについて、ボイラー・タービンシステムと同様にコスト再現モデルを作成し、コスト構造や事業性の分析を行った。

< 試算前提条件 >

- ・ヒアリングや実績値をベースとしたが、稼働時間、燃料調達価格、人件費(500 万円/人)、灰処理費(灰分 3%、処理単価 30 千円/t)は統一条件とした(一部事例を除く)
- ・売電単価:未利用材 40 円/kWh
- ・熱販売単価:10.8 円/kWh

図表 4-13 小規模熱電併給システムコスト試算結果(1)

	プラント A	プラント B	プラント C	プラント D
発電出力@発電端 (kW)	180	約 300	約 2,000	1,000
熱出力(kW)	270	約 230	ターム販売	4,000
総合効率(%) (電気/熱)	75(30/45)	36(20/16)	80(29/51)	79(16/64)
稼働時間(h/年)想定	7,920	5,760	7,920	7,920
燃料種類 (水分%WB)	ペレット(10)	チップ(15)	チップ(42)	チップ(50)
燃料単価 (千円/t)	35	22	12	12
設備コスト@発電端 (円/kW)	872	872	994	1,860
発電コスト (熱利用考慮)	33.2	58.4	33.8	29.0

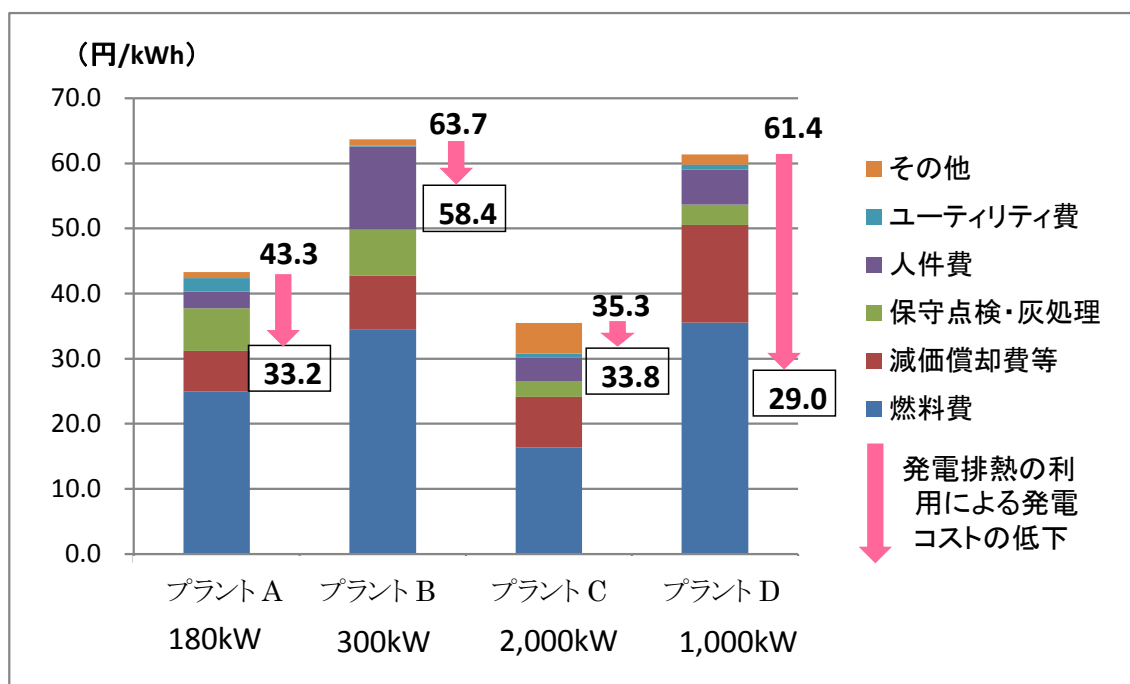
※熱利用率:60%想定

※熱販売単価:10.8 円/kWh(A 重油 100 円/L 相当にボイラ効率を考慮した)

※チップ価格は水分 40%WB の場合の金額

※前提条件をメーカー値や一定条件としているため事例とは異なる点に留意

図表 4-14 小規模熱電併給システムコスト試算結果(2)



※熱利用率:60%想定

※熱販売単価:10.8 円/kWh(A 重油 100 円/L 相当にボイラ効率を考慮)

※プラント C は、タール半日を熱利用相当とした。

4.2.4 小規模熱電併給 調査のまとめ

小規模熱電併給の調査を行い、コスト試算を行った結果、以下の考察が考えられる。

- 発電のみでは高コストで、経済性に乏しいことが分かった。
- 一方で、熱利用も一緒に行うことにより、熱利用による収入を確保することで、事業性が担保される結果となった。このため、小規模の木質バイオマス発電においては、熱電併給を想定したシステムを導入したほうが導入しやすいとみられる。
- 小規模の木質バイオマス発電の発電方式として、海外で導入されているガス化発電は、ボイラ・タービン発電と比較して、運転条件・燃料条件・熱需要条件等において、難しいことが明らかとなった。
- 小規模木質バイオマス発電において、現在の国内状況としては、実証段階の技術がほとんどだった。来年度から木質バイオマス発電においては、小規模の発電方式に優遇されることとなったが、この優遇制度によって、実用化に向けた動きが加速すると見られる。
- 一方で、実績のある海外技術の導入が進みつつあるため、今後の動向が期待される。

第5章 燃料用木質チップの品質規格

5.1 「燃料用木質チップの品質規格」策定の経過

わが国では従来から、木くず、おが粉、プレーナー屑などの工場残材が木材産業の有用な熱源となってきた。木質チップの熱利用が本格化してきたのは 21 世紀に入ってからで、意外に新しい。木質チップは製造が容易で、形状が比較的一定した小片であることから、燃焼機器への自動供給や熱量調節が比較的容易に行えるなど、固体燃料でありながら石油と同等の使いやすさがあり、今後も木質燃料の主流として多用されることは間違いない。

現在、発電や熱の生産のために利用されている燃料用チップは、森林からの未利用材、木材加工工場からの残廃材さらに建築廃材などのリサイクル材を原料としており、一口にチップと言っても原料、形質、水分等、実に多種多様である。またチップを燃やす燃焼機器(ボイラ等)にしても、家庭用の小型のものから発電用の超大型のものまであって、それぞれに機構や機能、動作様式に違いがある。

わが国ではチップ燃料の歴史が浅いことも関係して、「チップが詰まる」、「よく燃えない」、「火が消える」、「灰が多い」、「ボイラの損傷が多い」などの多くのトラブルが発生している。その多くは、生産者が消費者の品質ニーズを理解していない、逆に消費者が燃料チップの品質内容を理解していないことによるもので、燃料と燃焼機器との相性を理解していないことが原因している。このようなミスマッチを防ぐのには「生産者と消費者を結ぶ共通言語」、すなわち品質基準が不可欠となる。

燃料用木質チップの品質基準については、既に全国木材資源リサイクル協会連合会が「木質リサイクルチップの品質規格(2010年12月)」を制定し、実際運用している。また全国木材チップ工業連合会も「木材チップ規格(2012年5月)」を制定している。しかしいずれも、各連合会が分掌するチップ製品に限って燃料利用を意識した品質基準に整理したものと理解できる。現在利用されている燃料用チップは、その由来と種類が多種多様で、燃焼される燃焼機も小規模から大規模まで多種存在することを考慮すると、これら全ての燃料チップを対象にし、かつ燃料用木質チップの生産・流通・利用の適正化に資することのできる品質基準が必要となっている。

そこでこの度、木質バイオマスエネルギー利用推進協議会は全国木質資源リサイクル協会連合会の協力の下、全国木材チップ工業連合会などの意見を聴取しながら、以下の3点に留意した「燃料用木質チップの品質規格原案」を提案した。

- 燃料チップの生産、流通に関するわが国の実情を反映すること
- チップ燃焼機との相性に十分配慮すること
- 環境リスクの軽減に努めること

さらにこの原案について、燃料用木質チップの生産業者・流通業者および木質燃焼機器製造販売業者等で構成された「燃料用木質チップの品質規格検討委員会」において、運用上の適性および運用方法などについて吟味し、結果として表1の品質基準を策定した。

表1. 品質基準

品質項目	単位	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
原料 (表2参照)		幹、全木 未処理工場残材	幹、全木 未処理工場残材 灌木・枝条・末木等	幹、全木 未処理工場残材 灌木・枝条・末木等 剪定枝等 樹皮 未処理リサイクル材	幹、全木 未処理工場残材 灌木・枝条・末木等 剪定枝等 樹皮 未処理リサイクル材 化学処理工場残材 化学処理リサイクル材
チップの種類		切削チップ	切削チップまたは破砕チップ		
チップの寸法 P (表3参照)		P16、P26、P32およびP45から選択			
水分 M (表4参照)	% (湿量基準)	M25、M35 から選択	M25、M35、M45およびM55から選択		
灰分 A (表5参照)	w- % dry ⁽¹⁾	A1.0 ≤ 1.0%	A1.5 ≤ 1.5%	A3.0 ≤ 3.0%	A5.0 ≤ 5.0%
窒素 N	w- % dry ⁽¹⁾	—	—	≤ 1.0	★ただし、リサイクル材を取り扱わない工場を除く ★リサイクル材を取り扱う工場では、脚注の重金属等 ⁽²⁾ について随時測定すること
塩素 Cl	w- % dry ⁽¹⁾	—	—	≤ 0.1	
砒素 As	mg/kg dry	—	—	≤ 4.0	
クロム Cr	mg/kg dry	—	—	≤ 40	
銅 Cu	mg/kg dry	—	—	≤ 30	

注) 金属、プラスチック類、擬木(合成木材、複合木材)、土砂、石などの異物を含まないこと

(1) w- % dry: 質量パーセント(乾量基準)

(2) 硫黄 S : ≤ 0.1w- % dry、カドミウム Cd : ≤ 0.2mg/kg dry、鉛 Pb : ≤ 50mg/kg dry、水銀 Hg : ≤ 0.1mg/kg dry、
亜鉛 Zn : ≤ 200mg/kg dry

表2. 原料区分

発生起源	原料の名称	内 容
森林 立木	01 幹 ⁽¹⁾	高木の幹
	02 全木 ⁽¹⁾	高木の根部を除く樹体全体
	03 灌木 ⁽¹⁾ ・末木・枝条等	灌木、末木・枝条(葉を含む)、根張り材(ドンコロ)
	04 剪定枝等	公園樹、街路樹、果樹等の幹部および剪定枝葉
副産物 工場残材	11 未処理工場残材	背板、端材、剥き芯などの無垢材
	12 樹皮	剥皮
	13 化学処理工場残材 ⁽²⁾	合板、集成材、パーティクルボードなどの接着製品および保存処理材など
リサイクル材	21 未処理リサイクル材	化学的処理されていない建築用材・梱包材・パレットなど
	22 化学処理リサイクル材 ⁽²⁾	合板、集成材、パーティクルボードなどの接着製品および保存処理材など

(1) 伐根を除く、(2) CCA処理材を除く

表3. 寸法区分

区 分	微細部	主要部	粗大部	最大長
	チップ重量の10%未満	チップ重量の80%以上	チップ重量の10%未満	
P16	<4mm	4-16mm	16-32mm	<85mm
P26	<4mm	4-26mm	26-45mm	<100mm
P32	<8mm	8-32mm	32-63mm	<120mm
P45	<16mm	16-45mm	45-90mm	<150mm

注)寸法:ふるいの目開き寸法

表4. 水分区分(到着ベース)

区 分	水分 M	参 考
	(湿量基準含水率)	(乾量基準含水率)
M25 (乾燥チップ)	≤25%	≤33%
M35 (準乾燥チップ)	26-35%	34-54%
M45 (湿潤チップ)	36-45%	55-82%
M55 (生チップ)	46-55%	83-122%

注)M>55%のチップは対象外

表5. 灰分区分

区 分	灰分 %
A1.0	A≤1.0
A1.5	A≤1.5
A3.0	A≤3.0
A5.0	A≤5.0

5.2 品質基準の策定

(1) 策定スキーム

表1は木質バイオマスエネルギー利用推進協議会が策定した「木質燃料用チップの品質基準」である。表2～5はチップの品質を規定する原料、チップの種類と寸法、水分、灰分、環境汚染元素および重金属に関する区分で、表1の品質基準と一体をなすものである。


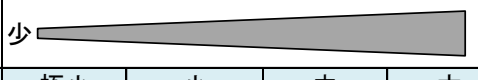
品質基準の策定においては、チップの品質は使用するボイラの仕様とマッチすることを基本とした。例えば表7に示すように、チップボイラの搬送装置や燃焼方式の様式や除塵装置の有無等は通常ボイラの出力規模によって異なるため、ボイラの仕様によってそれに対応した品質のチップが必要になる。

例えば小規模ボイラの場合、原料チップの搬送はほとんどスクリー・コンベアによるためチップの大きさはスクリーの直径とピッチの寸法に制限される。またボイラサイズをコンパクトにする必要性から、比較的乾燥した環境リスクの少ないチップを燃焼する仕様となっている。それに対して出力規模が大きくなるにしたがって、チップサイズの影響を受けないような搬送装置や、水分の高い生チップでも燃焼できる燃焼方式等が採用されるようになり、環境汚染物質等を捕集できる除塵装置なども含めて多くの機能が付帯されるようになる。したがってチップボイラを利用する上で良く指摘

される搬送、燃焼さらには環境に係わる諸トラブルを回避するためには、燃焼機の仕様に合致した品質のチップの使用が不可欠となる。

以後、このスキームを基本として各品質項目の基準策定を行った。

表 7. チップボイラの仕様と燃料チップの品質との関係

ボイラーの仕様	出力規模				
	搬送装置	スクリュー	スクリュー/ プッシャー	プッシャー/コンベア/ クレーン	
	除塵装置	なし	なし/あり	あり	
	生チップ対応	なし	なし/あり		
チップの品質	寸法	小	中	中～大	
	水分	少	少～多(生チップ)		
	灰分				
	環境リスク	極小	小	中	大

(2) 策定内容

【原料】

燃料用の木質原料は低質のものでもよく、その由来も問わない。したがって表2のように由来も形質も異なる多種多様な原料が対象となる。

① 原料の出所と品質

一般に森林から直接出てくる未利用の原料(無垢材 **Virgin wood**)は、有害な成分を含まないため安心して燃やすことができる。樹皮も枝、葉も有用な燃料となるが、伐根は土石を噛み込むことが多く燃料原料からは除外した。

例え無垢材であっても灰分が多いとその処理に余分の労力と経費を必要とし、正常な燃焼を阻害するクリンカー(灰が溶融・固化したもの)の発生などにもつながる。灰の量は樹木の部位によって異なり、木部は0.5%以下であるのに対して樹皮、枝、葉は5～10数倍も高い値を示す。したがって同じ森林由来であっても、小径材や末木・枝・葉を含む林木や灌木などから作ったチップは、樹皮を含む割合が多くなり中径丸太からのチップに比べて灰の発生量は多くなる。

また、公園樹や街路樹は永年大気汚染物質に曝されており、果樹やエネルギー造林木は肥培や薬剤散布の影響を受けている。したがってこれらに由来するチップには環境汚染を引き起こすような成分が含まれている可能性がある。

木材加工工場からの残材や副産物については、背板や端材のように単に機械的加工に留まるものは無垢材と同等の扱いができる。しかし合板、集成材、パーティクルボードなどの接着製品の燃焼は、接着剤に含まれる窒素により環境汚染物質であるNOxの発生につながる。また塗料や肥料などには硫黄や塩素等のハロゲン化合物を含むこともあり、同じく環境汚染物質であるSOxやダ

イオキシン発生の原因になることも想定できる。さらに防腐処理などの保存処理材には、有害なヒ素、カドミウム、クロム、銅などの微量重金属を含んでおり、これら化学処理材の取り扱いについては、環境リスクの軽減の観点から適切な対応が求められる。

環境リスクとの関連で最も注意しなければならないのはリサイクル材の取り扱いである。例えば化学処理がなされていない未処理グループであっても、化学処理材を完全に分別するのは不可能である。事実、リサイクルチップ工場では木質と見分けがつかないプラスチック製擬木などもあり、その分別に苦勞している。この点で未処理リサイクル材は未処理工場残材よりも環境リスクの高い燃料に位置づけることができよう。

化学処理リサイクル材の扱いは化学処理工場からの残材と同様であるが、建築解体材には過去に使用された CCA (クロム、銅、ヒ素) 処理材が含まれる。これは毒性が高いため、リサイクルチップ工場ではこれを肉眼で分別排除しているが完全排除は事実上困難であることも指摘されている。本基準でも CCA 処理材を除外することにしてはいるものの、リサイクルチップには多少なりとも含まれていると理解すべきである。

②リサイクル材の環境リスク

これまでリサイクル材の使用は環境リスクを伴うと述べてきたが、リサイクル材が環境汚染物質をどの程度含み、その利用は果たして安全であるのかを見極めておく必要がある。

神奈川県環境科学センターの調査報告によると、CCA 処理材を廃棄、焼却した後、土壤環境を経由して水や食料から人が摂取した場合を想定した健康評価試験からは、発ガン性は非常に低いとしている。<http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/center/kekka/recycle.htm>

しかしこれ以外にリサイクル材の環境リスクを総合的にまとめたわが国の資料は見あたらなかったが、フィンランドとスウェーデンの事例を見つけることができた(表8参照)。前者はフィンランド技術研究センター(VTT)の Arakangas の報告で、後者は Krook らの学会投稿論文であり、いずれも信頼性の高いものと判断できる。

Arakangas の結果からは、使用木材の方が、あるいは未利用材の方が高濃度のものや、両者に差が見られないものなどがあり、両者間の差はあまり大きくないことを示唆している。一方 Krook らの結果では、使用木材の重金属濃度は未利用材に比べて明らかに高いが、その値は Arakangas が使用木材で求めた値の範囲に入っている。

現段階ではこれら報告のみでリサイクル材利用の安全性を評価することはできないものの、前述の神奈川県環境科学センターでの CCA に関する調査結果から判断すると、リサイクル材における環境汚染物質の濃度は、未処理材の混入によりかなり薄められているように思われる。

表 8. 燃料用木材の環境汚染元素と重金属の含有量

元素	単位	フィンランド ¹⁾		スウェーデン ²⁾		日本 ³⁾			
		使用木材	未利用材	使用木材	未利用材	使用木材			未利用材
			(peEN14961-1)			角材	合板	CCA角材	
窒素 N	% w/w(dry)	0.25-1.00	<0.1-1.1						
硫黄 S	% w/w(dry)	<0.02-0.08	<0.01-0.20						
塩素 Cl	% w/w(dry)	0.02-0.12	<0.01-0.05						
ヒ素 As	mg/kg(dry)	<2-34	<0.1-6.0	53	0.03	<1	<1	210-240	<1
カドミウム Cd	mg/kg(dry)	0.12-0.50	<0.05-5.0	0.5	0.069				
クロム Cr ⁶⁺	mg/kg(dry)	5.2-60.0	0.2-40.0	60	0.063	<1-15*	<1-19*	890-1,100*	<1-21*
銅 Cu	mg/kg(dry)	5.5-80.0	0.5-200.0	59	0.75	1.0-18	2.0-7.0	150-210	1-36
水銀 Hg	mg/kg(dry)	<0.01-2.0	<0.02-2.0	0.06	0.001				
ニッケル Ni	mg/kg(dry)	3.2-10.0	<0.1-80.0	3.5	0.097				
鉛 Pb	mg/kg(dry)	5.4-76.0	<0.5-50.0	33	0.069				
亜鉛 Zn	mg/kg(dry)	79-300	5-200	440	9.6				

出典: 1) Eija Alakangas: Properties of solid biofuels and comparison of fossile fuels. VTT. D19_6_EN.Solidbiofuels_Properties.pdf

2) J.Krook et al: Sources of heavy metal contamination in Swedish wood waste used for combustion, Waste Manag.

26,158/166 (2006)

3) 全国木材資源リサイクル協会連合会: 廃木材中のCCA含有量試験結果、2013年8月26日

*: 全クロム(mg/kg)

③ 原料区分

原料の仕分けについては、燃料として安全性が高いものから順に Class1～Class4 に4区分した。その結果は表 1 の原料項目の通りである。ここで Class1 と Class 2 はいずれも無垢材である。Class 1は灰分が最も少なく良質のチップが期待できる。Class2 は灰分が少し多い原料である。Class3 は環境負荷が懸念される剪定枝等、灰分の多い樹皮、未処理リサイクル材からなっており、Class4 に最も環境負荷の高い化学的処理材を位置づけた。

【チップの形状】

木質チップには、原料を刃物で切削して得られる切削チップとハンマー等で打撃して破砕する破砕チップとがある。切削チップは角形で厚さが薄いのに対し、破砕チップは繊維方向に細長い形状を持つことから両者は容易に区別できる。

切削チップの特徴は、搬送にあたってブリッジが生じにくく、ハンドリングが容易であることから、小型～大型までのあらゆる搬送機に利用できる点にある。それに対して破砕チップは、絡みやすいため搬送トラブルの原因となりやすい。とくにスクルー・コンベアでは搬送途中で詰まりやすいため、通常スクルー・コンベアが設置されている小型ボイラには不向きと言われている。

以上の理由から、とくに小規模ボイラに対しては切削チップが不可欠であると判断して Class1 には切削チップを割り当て、それ以外のものについては搬送機の仕様に応じて切削チップか破砕チップのいずれかを選択できるようにした。

【チップの寸法】

チップの大きさは搬送性と燃焼速度に関係する。とくに搬送トラブルの多くは搬送機とチップ寸法との不適合によるもので、その回避には各燃焼機の搬送機の仕様にマッチした大きさのチップを選ぶ必要がある。とくに微細なチップは機械トラブルや瞬時燃焼による異常高温の、また大きなもの

や長さの長いチップは搬送詰まりの原因になるため、その混入を規制することが重要となる。

このような観点からチップ燃焼機には、燃焼機それぞれで効率的、安定的に燃焼できるチップ寸法が推奨されており、表3に示したP16、P26、P32 およびP45のチップの寸法区分はチップ寸法の利用実態を考慮して設定したものである。

【水分】

燃料に含まれる水は発熱量や着火性、燃焼性に大きく関係し、チップ燃料の価値を決定するときに重要なパラメータである。

① 含水率と水分

本題に入る前に含水率に関する用語について整理する必要がある。含水率の表現法には、乾量基準含水率U(全乾重量に対する水分重量の比)と、湿量基準含水率M(水を含めた全体の重量に対する水分重量の比)とがあり、木材の材料利用分野では乾量基準を、原料利用分野では湿量基準を使用することが世界規律となっている。ところが困ったことに両分野ともそれらを「含水率」と呼び慣わしていることで、全乾重量と水分重量が等しい木材の含水率は、乾量基準で100%、湿量基準で50%となり、名称だけが一人歩きするととんでもない間違いにつながりかねない。この誤解を避けるために乾量基準(dry base)、湿量基準(wet base)といちいち指示することも行われている。

一方、日本工業規格(JIS)では、木材(JIS Z2101)に対しては乾量基準を適用し、呼称を「含水率」としている。それに対して廃棄物固形燃料(JIS Z7302-3)、石炭およびコークス(JIS M8812)、紙および板紙(JIS P8127)等では湿量基準を適用し、呼称を「水分」としている。そこで本規格でも含水率の数値表示に関する不要な混乱を避けるために、JISに準じて乾量基準含水率を「含水率」、湿量基準含水率を「水分」を用いることとする。

②水分と燃料品質

木材の水分は伐倒直後が最も高く45～65%である。丸太のままあるいは加工した状態で放置すると徐々に乾燥し、最終的には20%程度で平衡する。

チップ中の水はチップ製造した時点の原料に含まれた水であり、森林由来のチップは概して高めで、リサイクルチップは比較的low、工場残材は人工乾燥を経たものも含まれるため高いものも低いものも見られる。

このような水の多少はチップ燃料の発熱量、着火性、燃焼性に直接関係し重要な品質指標となっている。そのほかに微生物による生物劣化に関連したチップの貯蔵性能にも影響することが知られているがここでは割愛する。

発熱量には高位発熱量と低位発熱量がある。前者は測定した燃料が保有している熱量であり、後者は一般的に実際に熱エネルギーとして利用できる熱量で、燃料中の水素(木材の場合一般に6%)から生成する水および本来含まれている水の蒸発に使われる蒸発潜熱(凝縮潜熱に等しい)を高位発熱量から差し引いたもので、計算によって求められる熱量である。

全乾木材の高位発熱量は、針葉樹と広葉樹、木部、樹皮、枝、葉で若干異なるものの総

じて20MJ/kg である。当然水分の増加に伴って減少し、生材に相当する50%では10MJ/kg にまで低くなる（表9参照）。チップの燃料価値は水分の多少に直接依存することが容易に理解できよう。

表9. 木材の発熱量

含水率	水分	針葉樹木部						広葉樹木部					
		高位発熱量 HHV			低位発熱量 LHV			高位発熱量 HHV			低位発熱量 LHV		
dry%	wet%	kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg	kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg	kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg	kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg
0	0	4,930	20.7	5.73	4,610	19.4	5.36	4,710	19.8	5.48	4,390	18.4	5.10
5	5	4,680	19.7	5.44	4,350	18.3	5.06	4,470	18.8	5.20	4,140	17.4	4.81
11	10	4,440	18.7	5.16	4,090	17.2	4.76	4,240	17.8	4.93	3,890	16.3	4.52
18	15	4,190	17.6	4.87	3,830	16.1	4.45	4,000	16.8	4.65	3,640	15.3	4.23
25	20	3,940	16.6	4.58	3,560	15.0	4.14	3,770	15.8	4.38	3,390	14.2	3.94
33	25	3,700	15.5	4.30	3,300	13.9	3.84	3,530	14.8	4.10	3,140	13.2	3.65
43	30	3,450	14.5	4.01	3,040	12.8	3.53	3,300	13.9	3.84	2,890	12.1	3.36
54	35	3,200	13.4	3.72	2,780	11.7	3.23	3,060	12.9	3.56	2,640	11.1	3.07
67	40	2,960	12.4	3.44	2,520	10.6	2.93	2,830	11.9	3.29	2,390	10.0	2.78
82	45	2,710	11.4	3.15	2,260	9.5	2.63	2,590	10.9	3.01	2,140	9.0	2.49
100	50	2,470	10.4	2.87	2,000	8.4	2.33	2,360	9.9	2.74	1,890	7.9	2.20
122	55	2,220	9.3	2.58	1,740	7.3	2.02	2,120	8.9	2.47	1,640	6.9	1.91
150	60	1,970	8.3	2.29	1,480	6.2	1.72	1,880	7.9	2.19	1,390	5.8	1.62
186	65	1,730	7.3	2.01	1,220	5.1	1.42	1,650	6.9	1.92	1,150	4.8	1.34

注：全乾状態での高位発熱量の信頼度95%下限値を基に、水素含有率を6%として求めた。

出典：沢辺資料

水分の影響は発熱量のみではなく着火性や燃焼性にも及ぶ。水分の高い生材チップは通常は燃えない。強制的に火をつけてもすぐに立ち消えしてしまい、燃料としての資質を有しない。中部ヨーロッパでは丸太を風通しのよい土場等に一夏～1年近く天然乾燥すると、チップは水分35%程度にまで下がるといわれている。さらに乾燥期間を延長しても水分20%を切ることは難しく、それよりも低い水分を要求するときには人工乾燥に頼らざるを得ない。因みに水分が35%程度まで下がると通常のボイラで良好な燃焼状態を示す。いずれにしても水分が高いと着火しにくく、着火しても煙が多く不完全燃焼になり、燃焼効率も低くなり、燃料としての評価を低めることになる。

一方森林由来のチップでは、乾燥に時間と手間がかかり、生あるいはそれに近い状態のチップを燃やしたいとする要望が強い。結果的には生チップでも燃やせるように工夫されたボイラもある。原理は炉内に投入された生チップの近くを燃焼ガスが通るようにしてチップを乾燥し、乾燥したチップを順次内部に移して燃焼する仕組みである。水分55%程度のチップを投入しても連続運転が可能である。このような機構を備えたボイラは出力が中規模以上のものに見られ、これを生チップボイラと呼んでいる。

③ 水分区分

リサイクルチップの多くは長期間建築物に利用された気乾木材を原料としている。熱量の高い燃料チップとして水分25%以下に規制して供給されている。したがって水分区分を策定するにあたってはリサイクルチップでの実績を評価し、さらに各種ボイラの燃料水分にかかわる特性を考慮して表4のM25、M35、M45およびM55に4区分した。

品質基準への適用に対しては、まずClass1に想定した小出力の小型ボイラは、スペース的に多

機能的な装備を実装することが難しく、通常乾燥した良質のチップを必要とすることから、これまでもトラブルの少なかったM25またはM35を割り当てた。

また中規模のボイラでは、生チップボイラも含めて、乾燥チップから生チップまで利用できる機種が揃っていること、発電用を含めた大規模ボイラの場合も水分の要求度は少なくなるものの、水分が比較的低い燃料を必要とするもの、水分の高い燃料でも対応できるものがあることから、Class2～Class4は必要に応じてM25～M55のものから選択できるように設計した。

【灰分】

各 Class の原料に含まれる灰分を既往の研究結果から想定して、灰分区分を表5のように4区分を設け、Class1 には A1.0 を、Class2 には A1.5 を、Class3 と 4 には A3.0 および A5.0 のいずれかを選択できるようにした。

【環境汚染に係る元素と重金属】

これらの規制基準は化学的汚染が懸念される Class3 と Class4 に設定した。これらの規制値は、前出の Arakangas が提示した化学処理木材の閾値を採用した。

第6章 相談・サポート体制の確立支援事業

6.1 目的と方法

6.1.1 背景と目的

日本の森林においては、林地残材等が年間約2,000万 m³発生するとともに、森林資源が年々増加する中で、木質バイオマスを活用した産業化の取組により、森林整備や山村地域の活性化を図ることが強く求められている。一方、再生可能エネルギー（電気）の固定価格買取制度（以下「FIT 制度」と略称）が施行されたこともあって、木質バイオマスのエネルギー利用の推進が注目を集めている。

そのような背景の下、木質バイオマスを活用した産業化の取組により、森林整備や山村地域の活性化を図るため、「森林・林業基本計画」に基づいた木質バイオマスの利用拡大に向けて、取組上の課題解決に向けた支援対策の構築することを目的として今回の調査事業を実施した。

6.1.2 実施内容

以上の目的に沿って、相談・サポート体制の確立支援を行うため、下記の実施項目に分けて、実施することとした。

- (1) 相談窓口の設置
- (2) 現地調査、技術的指導等の実施
- (3) 成果の普及 PR 等の実施

6.2 ヘルプデスク（相談窓口）の設置

木質バイオマスエネルギー利用推進協議会内に、新たに相談窓口を設置し、相談窓口受付用の専用電話、FAX、メールアドレスを開設した。

同協議会の会員にPRを実施するとともに、窓口のPRパンフレットを配布するのに合わせて、都道府県の林務関係者や森林組合等に、周知を行った。

6.3 相談窓口体制

木質バイオマスエネルギー利用推進協議会内のヘルプデスクにて、相談受付担当者を配置し、相談対応を行った。

相談窓口寄せられた問い合わせの内訳、内容、分析は、下記の通り

6.3.1 相談窓口 問い合わせ 相談者別

相談者別では、自治体関係者が全体の35%を占めた一方、他の業態は全体の1割にも満たない結果となった。

要因としては、協議会のPRを自治体中心に据えていた点が挙げられる。その他の事業者も林野庁や自治体から紹介されて相談するケースが多く見られた。

林業に関わる業者からの問い合わせの総数は、40件と全体の4分の1強となった。

比較的、木材や木質バイオマスエネルギーの利用側、いわゆる川下の業態からの問い合わせが多く、森林組合や林業関係者などの素材生産業者からの問い合わせは限定的だった。

表6-1:相談窓口 問い合わせ 相談者別

相談者	件数	相談者	件数
自治体	52	森林組合	8
コンサルタント	37	金融機関	7
機械メーカー	24	NPO法人	7
林業関係団体	18	大学	4
製材所	15	個人	18
マスコミ	13	その他	35
合計			238

※その他に含まれる相談者業態(順不同)

その他業者、林業従事者、建設業、海外、外郭団体、化学、発電事業者、燃料供給メーカー、温泉業、社団法人、陸運業、パルプ・紙、農業従事者、政治団体、サービス業、小売業、産廃業

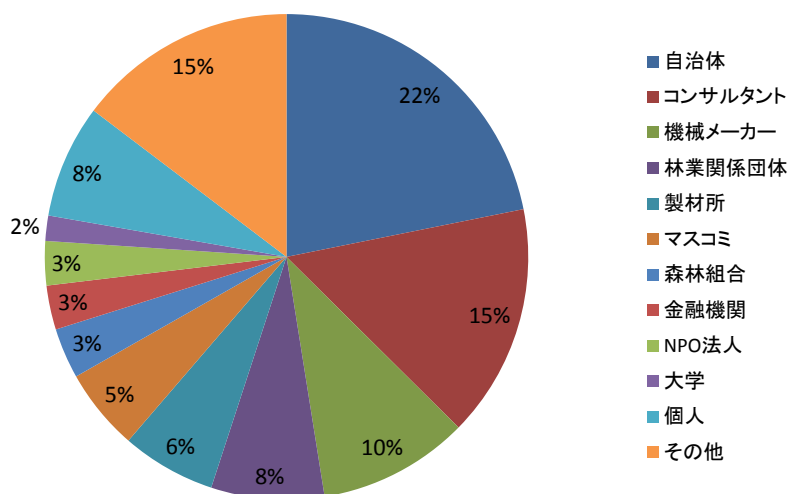


図6-1:相談窓口 問い合わせ 相談者別

6.3.2 相談窓口 問い合わせ 地域別

地域別では、関東地方からの問い合わせが 3 割強を占め、東北、近畿、九州、中部地方からの問い合わせが一定数見られた。

比較的全国各地から問い合わせを受けた一方、まったく問い合わせがなかった県が 8 県あるなど、十分な PR ができていない点も浮き彫りとなった。

企業からの問い合わせだけでなく、木質バイオマスエネルギーについて認知度が低い、個人の方からの問い合わせへも対応するなど、相談窓口としての役割を少なからず果たせた。

日本だけでなく、海外からも問い合わせを受けるなど、当初想定していなかった効果も現れた。

表 6-2: 相談窓口 問い合わせ 地域別

地域	件数	地域	件数
北海道	10	中国	21
東北	29	四国	13
関東	71	九州	31
中部	24	海外	3
近畿	30	不明	6
合計	238		

※不明＝個人からの問い合わせで地域が特定できなかった数

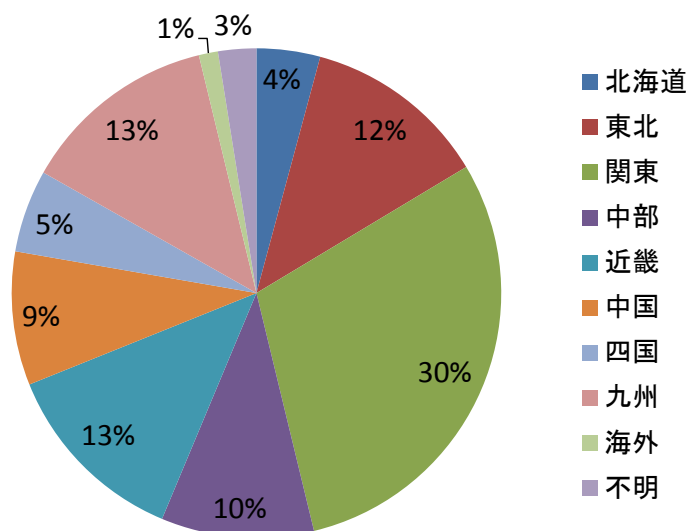


図 6-2: 相談窓口 問い合わせ 地域別

6.3.3 相談窓口 問い合わせ 相談種類別

相談種類別では、発電に関する問い合わせが最も多く、次いで、燃料、熱利用の順となった。
固定価格買取制度がスタートしたことにより、木質バイオマス発電をする上で、相談窓口が一定の問い合わせ先として認識された結果となった。

表 6-3:相談窓口 問い合わせ 相談種類別

相談種類	件数
木質バイオマス発電に関して	150
木質バイオマス熱利用に関して	103
木質バイオマス燃料に関して	111
その他	30

※問い合わせ種類は複数選択可としていたため、総数とは異なる

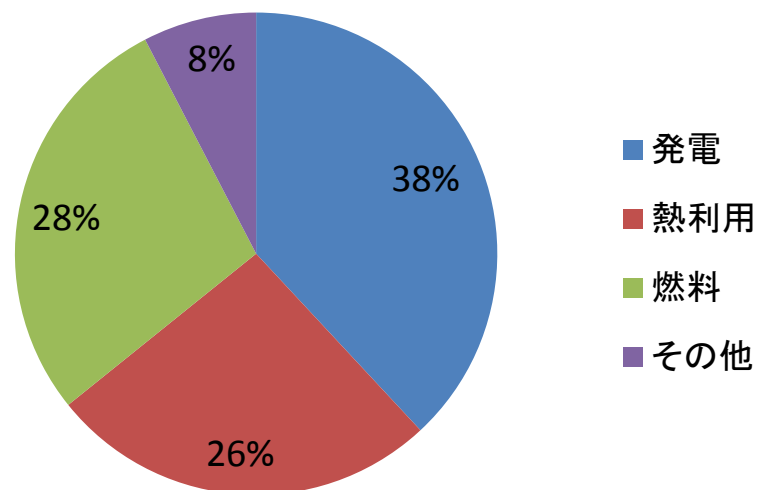


図 6-3:相談窓口 問い合わせ 相談種類別

6.3.4 相談窓口 問い合わせ 相談内容・傾向

《問い合わせ内容の傾向》

○比較的多い問い合わせの内容

<共通>

- 木質バイオマス施設の補助金情報
- 木質バイオマスのコンサルティングができる事業者の紹介

<発電関連>

- FITの全般的な問い合わせ
- 木質バイオマス発電の現状
- 小型発電(ORC、ガス化)に関する問い合わせ
- 発電事業に取り組みたい事業者からの問い合わせ(特に出資を検討する会社)

<熱利用関連>

- 熱利用を行う需要先(施設)に関する問い合わせ
- ボイラー会社の紹介、問い合わせ
- 地域内での木質バイオマス熱利用に関する問い合わせ

<燃料関連>

- FITにおける、未利用材、製材端材、建設廃材の供給量に関して
- 木質バイオマス燃料の管理、処理に関して
- 燃料調達に関する問い合わせ

<その他>

- 自治体での木質バイオマス関連の問い合わせ対応について(主に自治体)
- セミナー講師依頼

【問い合わせ内容からの考察】

《全般》

- 木質バイオマス施設を導入するにあたり、自力で実施できる事業者や自治体はほとんどなく、木質バイオマスの情報も散在して、整理されていないため、問い合わせするケースがみられた
- 特に関心度が高いのが、国や地元での支援(補助金制度等)
- 同窓口が、あくまでアドバイス業務にとどまっていることから、踏み込んだ内容の問い合わせになると、事業の対象外となるため、その後の相談・サポートが可能な事業者(コンサルティング会社)の情報を求める傾向にあった。
- 相談窓口を知らない事業者や個人が多いことに加え、木質バイオマスに対する一般的な情報が不足しているケースが多い。(特に、個人や中小企業からの問い合わせ)
- 事務所での問い合わせ内容と、現地での問い合わせ内容とを比較すると、木質バイオマスエネルギーの利活用についての相談ではあるが、「事務所⇒発電」、「現地⇒熱利用」というケースが多かった。
- 「発電事業や熱利用の方法などの全般的な問い合わせ」から、「個別事業に関する問い合わせ」が増加した。

《発電》

- 自治体、民間事業者問わず、木質バイオマス発電に関する全般的な情報を得るために問い合わせをもらうケースが多かった。
- 窓口開設当初は、比較的自治体からの問い合わせが多く、地域での木質バイオマス活用(特に供給面での不安)を問い合わせしてくるケースが見られた。
- また、自治体に対して、事業者が問い合わせされた際に、答えられない内容について、協議会に質問するケースが比較的多かった。
- 小規模木質バイオマス発電に関する問い合わせが多くなっている。小規模木質バイオマス発電の事例が少ないことや、情報が少ないこともあり、初期の相談から、ボイラーやメーカーなどの問い合わせが多くなっている。
- 事業者からの問い合わせのうち、自ら発電事業を実施したい事業者が多い一方で、供給側(山側)との接点が少ないことから、前向きに取り組めていないケースが多く、また、そのような問い合わせが増えた。
- 供給側である森林組合や地域の製材所からの問い合わせは、自治体、発電事業を計画する事業者と比較すると少なかった。

《熱利用》

- 木質バイオマス発電に対する問い合わせに比べ、地元での木質バイオマスの供給量を把握し、発電事業との比較を考え、熱利用を選んだ自治体、事業者が熱利用に関する問い合わせを行う傾向にあった。
- 地元には山林はないものの、公園や街路樹から発生する剪定枝等の熱利用を考えている自治体からの問い合わせが目立った。
- 里山地域からの問い合わせが増え、木質バイオマスエネルギーの活用について、発電事業に木質バイオマス燃料を創出していたが、地元での燃料の活用を検討して、熱利用を進めていくことを想定して、相談するケースが増えた
- 熱利用をこれから検討する地域からの問い合わせが多く、すぐに木質バイオマスが活用できる地域は少なく、まずは、可能性調査から始める必要がある地域が多かった。

《燃料》

- 山側からの問い合わせが少ないこともあり、木質燃料のみについて問い合わせするケースは少ない一方、木質バイオマス施設導入時を検討する川下からの問い合わせが多いことから、燃料の供給部分について問い合わせるケースが多かった。
- 特に、木質バイオマス発電を計画する事業者からは、山側との接点が少ないこともあり、供給する森林組合や自治体の情報を収集したい、とする問い合わせをもらうケースが目立った。
- 木質バイオマス施設を行っている事業者からの問い合わせとしては、燃料の不均一の問題や、

含水率、燃焼後に発生する灰の処理の問題などの問い合わせがあった。

- 海外からの燃料調達に関する相談も増えた。(特に大型発電を検討している事業者)

《その他》

- 地元での木質バイオマスエネルギーの活用の PR や、関連事業者の勉強会のための講師依頼のニーズが目立った。
- 特徴的な問い合わせとしては、自治体が同相談窓口を知り、地元でも相談窓口を開設することを検討するため、問い合わせするケースが複数見られた。

6.4 木質バイオマスエネルギー利活用セミナーの開催

相談窓口のPR、木質バイオマス関連施設の導入促進等を目的として、木質バイオマスエネルギー利用に積極的な地域と協力して、全国 5 か所(北海道、愛知県、大阪府、鳥取県、熊本県)で実施した。

《木質バイオマス利活用セミナーin 鳥取》

■日時 平成26年7月28日(月)

■会場 米子コンベンションセンター(鳥取県米子市)

■主催 高知県、木質バイオマスエネルギー利用推進協議会

■後援 鳥取県木質バイオマス供給推進協議会、鳥取県森林組合連合会、鳥取県新エネルギー活用研究会

■講演内容

○木質バイオマスエネルギー利用状況に関して

木質バイオマスエネルギー利用推進協議会

○講演 「魅力ある木質エネルギーに向けて一期待と課題一」

沢辺 攻 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 幹事
岩手大学 名誉教授

○講演 「鳥取県内での木質ペレット導入事例の紹介」

岡崎 博紀 赤碕清掃 代表取締役

○鳥取県木質バイオマス熱利用アドバイザー派遣制度の紹介

杉山 裕一郎 鳥取県 環境立県推進課

■参加者数 25名

《木質バイオマス利活用セミナーin 中部》

■日時 平成26年11月14日(金)

■会場 愛知県産業労働センター ウィンクあいち(愛知県名古屋市)

■主催 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会

■後援 愛知県、愛知県森林組合連合会、愛知県木材組合連合会

■講演内容

○木質バイオマスエネルギー利用状況に関して

木質バイオマスエネルギー利用推進協議会

○講演「木質バイオマスによる小規模分散型熱電併給システムについて」

熊崎 実 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 会長

筑波大学 名誉教授

○講演「地域主導の木質バイオマスコジェネレーションの展開」

久木 裕 株式会社 バイオマスアグリゲーション 代表取締役

■参加者数 65名

《木質バイオマス利活用セミナーin 北海道》

■日時 平成26年11月25日(金)

■会場 旭川市障害者福祉センター おびった (北海道旭川市)

■主催 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会

■後援 北海道、北海道木材産業協同組合連合会、北海道森林組合連合会、北海道素材
生産業協同組合連合会、北海道木質ペレット推進協議会、旭川地方木材協会、旭
川林産協同組合

■講演内容

○木質バイオマスエネルギー利用状況に関して

木質バイオマスエネルギー利用推進協議会

○講演「木質エネルギー利用を魅力あるものにー展望と課題ー」

沢辺 攻 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 幹事

岩手大学 名誉教授

○講演「地域における木質バイオマス熱利用の導入事例」

斎藤 清司 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 専門委員

株式会社 巴商会 バイオマスボイラ事業部 顧問

■参加者数 65名

《木質バイオマス利活用セミナーin 九州》

■日時 平成26年12月1日(月)

■会場 熊本県青年会館 ユースピア熊本 (熊本県熊本市)

■主催 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会

■後援 熊本県、熊本県森林組合連合会、一般社団法人 熊本県木材協会連合会

■講演内容

○講演「木質バイオマスによる小規模分散型熱電併給システムについて」

熊崎 実 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 会長
筑波大学 名誉教授

○講演「地域主導の木質バイオマスコジェネレーションの展開」

佐藤 政宗 株式会社 森のエネルギー研究所 コーディネーター

■参加者数 45名

6.5 木質バイオマスエネルギー利用支援構築事業 成果報告会

昨年度に引き続き、今年度についても、今回の利用支援構築事業の調査事業、ならびに相談窓口事業の成果報告会を開催した。開催概要は以下の通り。

6.5.1 木質バイオマスエネルギー利用推進セミナー 開催概要

(平成26年度 木質バイオマス利用支援構築事業 成果報告会)

■日時 平成27年3月12日(木)

■会場 TKP赤坂駅カンファレンスセンター (東京都港区)

■講演内容

○平成26年度 木質バイオマス利用支援体制構築事業 概要説明

加藤 鐵夫 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 副会長

○平成26年度 木質バイオマス利用支援体制構築事業 成果報告

「小規模木質バイオマス発電(2MW以下)で採択可能な技術とコストについて

熊崎 実 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 会長

筑波大学 名誉教授

「発電コストWG 報告」

池谷 智晶 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会

株式会社 森のエネルギー研究所

「供給サプライチェーンWG 報告」

佐藤 政宗 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会

株式会社 森のエネルギー研究所

「燃料用木質チップの品質規格 報告」

沢辺 攻 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 幹事

燃料用木質チップ品質規格検討委員会 主査

岩手大学 名誉教授

「相談・サポート体制の確立支援 報告」

川越 裕之 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会 アドバイザー

■参加者数 222名

6.5.2 アンケート結果

木質バイオマスエネルギー利用推進セミナーの参加者に向けて、アンケート調査を行った。参加者 222 名に対し、アンケート回収数は 144 に上り、アンケート回収率は 64.9%に上った。

設問 1: 本日のセミナーに参加しようと思った理由は何ですか？(複数回答可)

参加された理由の内訳を見ると、木質バイオマス発電事業のための情報収集が最も大きく、熱利用事業及び森林資源の利活用に関する情報集がそれに次いでいることがわかった。

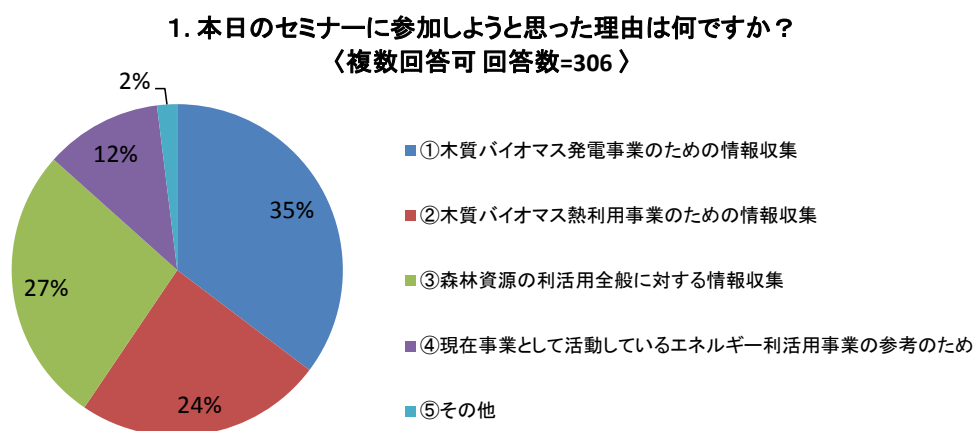


図 6-4: アンケート 設問1 結果

設問2: 本日のセミナーに参加されての感想を教えてください(○で回答をお願いします)

セミナーに参加された方の感想は、「非常に参考になった」、「参考になった」を合わせると 95%という値を示しており、有意義なセミナーとしての認識を与えられた。

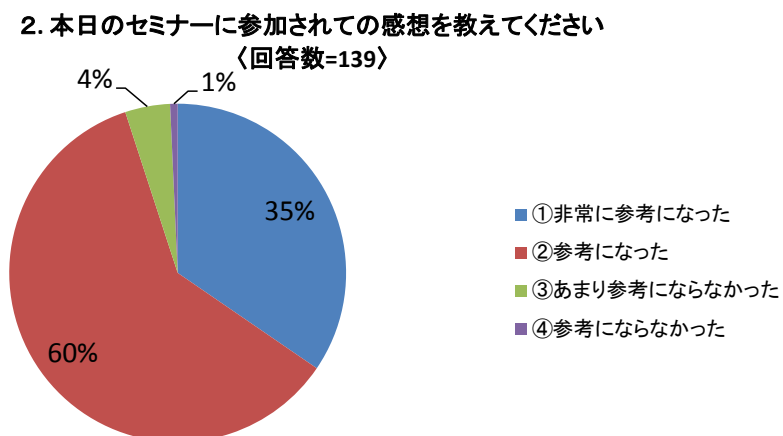


図 6-5: アンケート 設問2 結果

設問3: 本日のセミナーで、関心をもった内容をお教えてください(複数回答可)

セミナー内で関心を持っていた内容を見ると、小規模バイオマス発電に関してと発電コストWGの報告のポイントが高く、発電に関する内容が大きな関心事であったことが分かった。一方で、供給側のことや品質規格等、運用全体に関する内容への関心も高い値となった。

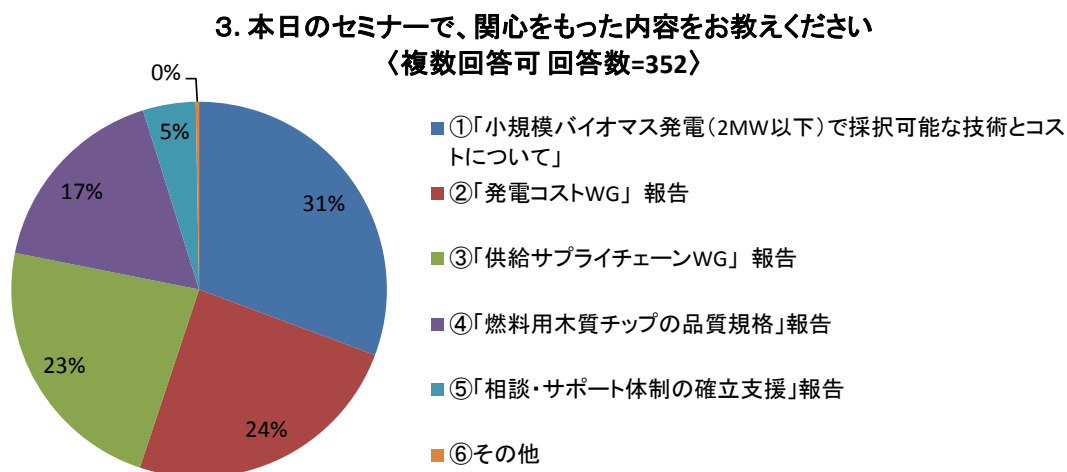


図 6-6: アンケート 設問3 結果

設問4: 今後、木質バイオマスエネルギーによる発電や熱利用に関する事業を計画されますか？

発電や熱利用に関する事業に関して、今後の検討も含めると75%が計画に向けた動きをされていることが分かった。実際の事業者の方々の参加割合が多かったとも考えられる。

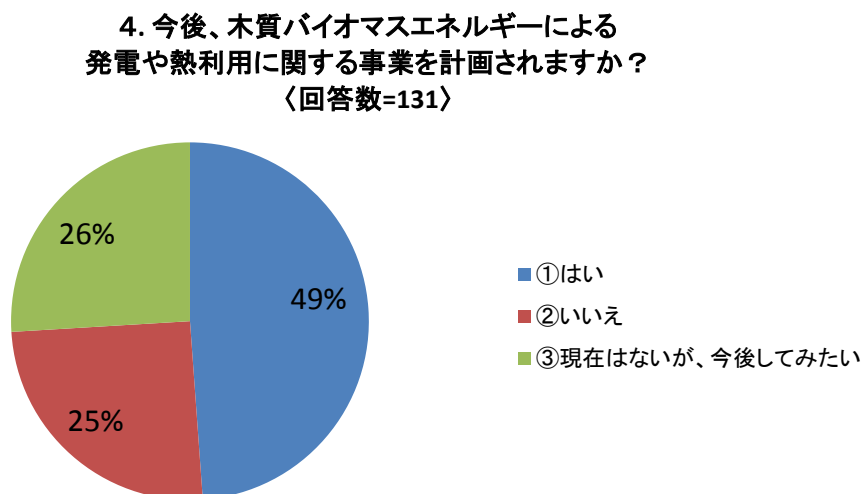


図 6-7: アンケート 設問4 結果

設問5:本セミナーに対する、ご意見、ご感想等をご記入下さい
 多くの方からご意見、ご感想が出された。その一部を紹介する。

表 6-4:アンケート 設問5 結果

記述内容
とても盛りだくさんで充実した内容だと思います。年度末にまとめてよりも、定常的な情報発信も必要かと思います。
木質チップの全国各地での需給バランスについて、マテリアル、サーマルについて知りたいです。
参加者の多さ、熱意に驚きました。地域の多種多様なやり方と、効率的な標準化するやり方とバランスを見つつも、後者を力強く推進すべきと実感しました。ありがとうございました。
エネルギー利用推進というテーマ視点に立つと、エネルギー(電気、熱、灰、タール等)の利用拡大という「出口戦略」についても触れられたらどうでしょう。エネルギーの生産拡大は、利用者の拡大の先にあります。
①より山主側(森林組合から山主)の参加も必要と考える。 ②広葉樹(里山・雑木林)の国家的長期計画的整理&活用をとりあげて欲しい。 ③有効熱利用法を網羅し、大々的に取り上げて欲しい。 ④林業教育関係も欧米と比較しつつ、紹介して欲しい。
需給バランスが今後どうなるか? 調査いただきたい。
未利用木材の需給状況、建築廃材の需給状況の比較を調査していただきたい。
最後に言われていた方がいましたが、情報発信に力を入れて欲しいので、資料をHPに挙げてもらえるとありがたいです。
大変参考になりました。発電所から出る燃焼灰の処理もしくは利用実態を教えてください。
具体的な事例の相違を挙げた上での課題を踏まえて見解及び今度の取組、計画についての方角性を加えていただきたいなと思いました(優良事例のみではなく、難航している事例も挙げて)。
参考にはなったが、もう少し深い検討が欲しかった。「今後」でなくても、検証できるところがもう少しあったのではないかな。
コストに関心が高いが、深い調査は無理な様な気がします。民間/メーカーではコストを公開することはないと考えた方が良い。欧米には「コスト・エンジニアリング」の技法が定着していると聴く。調べて欲しい。
今回のセミナーは会場がゆったりしており、分かりやすく聴講することができました。今後のセミナー内容として、木質バイオマスに関連する国の支援策(発電、熱利用)に関する具体例を説明していただけるような講座があれば有難いです。

<p>2MW以下の発電技術の動向、熱利用事例、コスト事例など、引き続き情報提供頂けると幸いです。今年5月に長野でガス化施設稼働との話しも聞き、事例の1つとして調査をお願いできればと思います。</p>
<p>森林再生による農山村の活性化と、自然環境と人の暮らしの共生という大きな枠組でのトータルシステムで捉え、地域での循環可能な経済としてのスキームでの推進に期待しています。</p>
<p>優良バイオマス発電例1例を取り上げ、山→処理→発電所→各家庭と具体的に上げていただければ。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラーとしてどういうものがあるのか、石油ボイラーなどと比較してご説明いただけるとありがたいです。 ・バイオマスの課題に着目したセミナーにも関心があります。 ・調査をして頂いた前提などがもう少し分かりやすく記載して欲しかったです。
<p>原料供給(未利用材)の供給体制について、概要ではなく、地域の実情、資源分布、地域の製材工場、原料生産体制、熱需要者等を考慮した熱電併給システムの試算(シミュレーション・模範例)のようなものを複数示していただけると、大変参考になります。</p>
<p>小規模発電での熱電併給システムにおいての、熱利用部分でのインフラ(初期投資)情報について、(熱の利用先具体案)について、どういう熱利用先が考えられるか調査されたい。</p>
<p>調査報告は、全体を対象にしてまとめてありましたが、個別の事例、取組み等を報告していただけるとありがたいです。具体的な稼働事例等。</p> <p>また、今後は木質バイオマスの熱利用が地域活性化にどう寄与しているか、具体的事例を知りたい。</p>
<p>森林保有者、林業従事者、木質利用者、世間と、“利用推進”と言うならばそれぞれの視点からのデザインを包括しなければ、部分最適のパッチワークに。もう少し深さを持つべきかと。</p>
<p>現実に木質バイオマス発電、、、とくに今後見込まれる0.5kW以下を中心に小規模ガス化発電についての事例発表をして欲しい。</p> <p>発電事業者0→100、スタート→開始までの苦労話を聞きたい。</p>

<セミナー参加者の属性>

性別は、男性が 91%と大きな割合となった一方、年代は、40 代、50 代の方が合わせて 60%と大きな割合となった。

職業の分類では、会社員の方が 61%でもっとも大きな割合を示し、次いで公務員の方が 18%の割合となった。林業との関係性を聞いたところ、林業関係者の方は 24%だった。

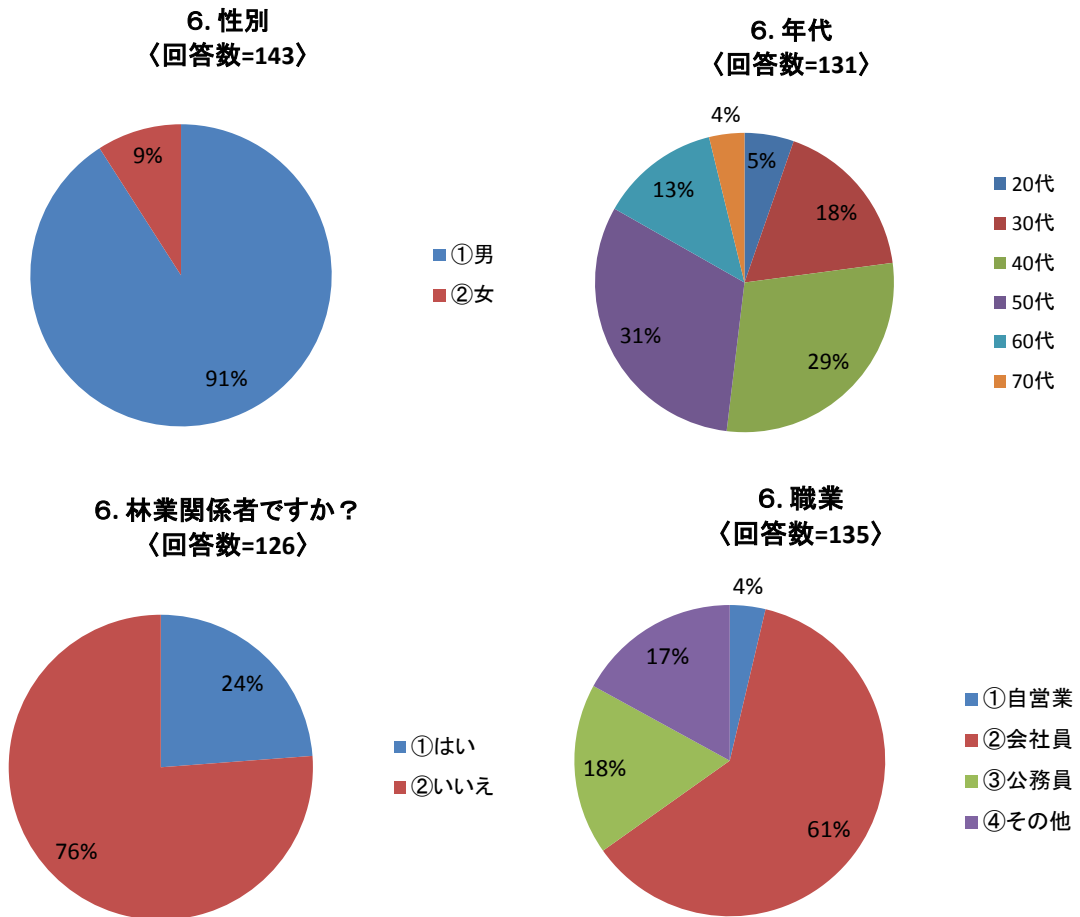


図 6-8:セミナー参加者属性

【属性別の分析】

属性の回答から、参加者を 3 つのカテゴリーに分類し、それぞれの設問 1 および設問 3 の結果を分析をおこなった。

表 6-5:属性カテゴリー分け

カテゴリー	属性	
①	公務員以外	林業との関係:あり
②	公務員以外	林業との関係:なし
③	公務員	林業との関係:あり・なし含む

設問1. 本日のセミナーに参加しようと思った理由は何ですか？

参加の動機はカテゴリーに関係なく、木質バイオマス発電事業の情報収集が35%程で一番大きな値を示した。一方で、カテゴリー①は、森林資源の利活用に関する情報収集の割合が高く、カテゴリー③は、熱利用事業に関する情報収集への期待値が高く、それぞれの属性が反映されたものとなっていました。

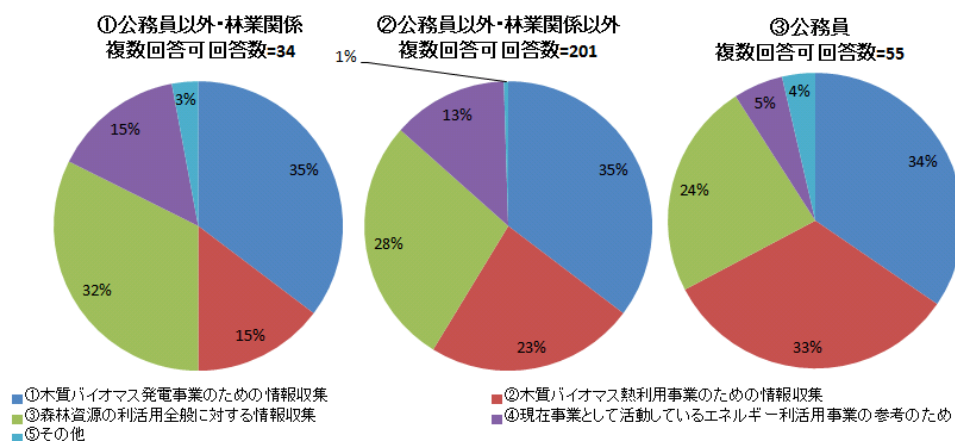


図 6-9: セミナー参加者と設問1の関係性分析

設問3. 本日のセミナーで、関心をもった内容をお教えてください。

セミナーにて関心を持たれた内容は、カテゴリーに関係なく、小規模木質バイオマス発電に関する報告は大きな割合となった。また、カテゴリー①の方は、供給サプライチェーンおよび品質規格に関する内容への関心が高く、燃料供給側の情報に概して関心があると考えられた。一方で、カテゴリー③の方は発電コストWGの報告も含めると、バイオマス発電関連の内容への関心が60%を占めており、エネルギー利用側の情報への関心が高いと考えられた。

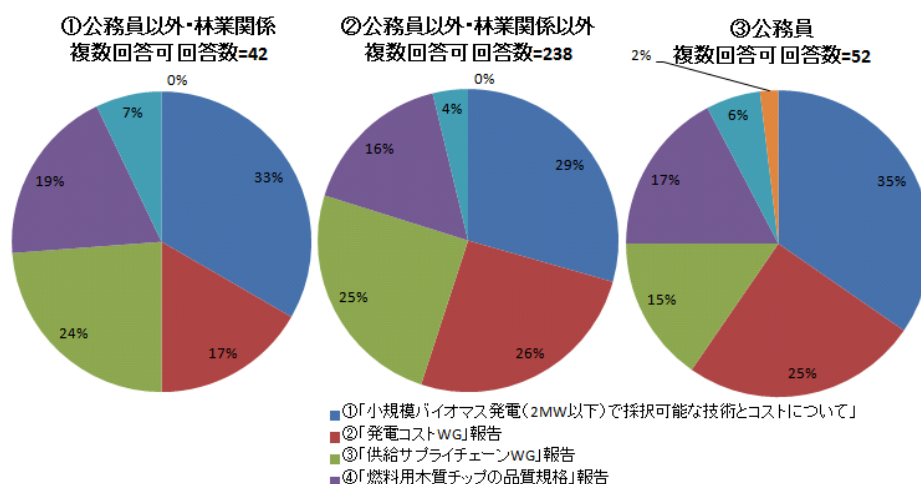


図 6-10: セミナー参加者と設問 2 の関係性分析

