

木質バイオマスエネルギーを活用したモデル地域づくり推進事業

活動評価報告書

木質バイオマスエネルギー活用のための指針

平成 29 年 3 月

林 野 庁

目次

1. はじめに	1
1.1. 背景と目的	1
1.2. 方針	2
1.3. 木質バイオマス活用の意義	3
1.3.1. 再生可能エネルギーの活用	3
1.3.2. 未利用材の活用	5
2. 木質バイオマスの活用事例	6
2.1. モデル地域づくり実証事業の概要	6
2.1.1. 実証地域の類型化	8
2.1.2. 報告書の構成	9
2.2. モデル地域づくり実証事業の分析・評価	10
2.2.1. 釜石地域	10
2.2.2. 遠野地域	12
2.2.3. いわき・南相馬地域	14
2.2.4. 南会津地域	16
2.2.5. 那珂川地域	18
2.2.6. 山武・長生地域	20
2.2.7. あわら・坂井・南越前地域	22
2.2.8. 山口県地域	24
2.2.9. 四万十地域	26
2.3. 他地域の事例	28
2.3.1. 北海道下川町	29
2.3.2. 岩手県紫波町	31
2.3.3. 山形県最上町	32
2.3.4. 石川県小松市（コマツ栗津工場）	33
2.3.5. 岡山県真庭市	34
3. 木質バイオマスエネルギー活用のポイント	39
3.1. 木質バイオマスエネルギーの用途	39
3.1.1. 熱利用	41
3.1.2. 発電利用	42
3.2. 木質バイオマスの特徴	47
3.2.1. 木質バイオマス活用における基本事項	48
3.2.2. 木質バイオマスの性状	52
3.3. 導入計画策定のポイント	59

3.3.1.	計画策定前の入念な準備・調査.....	59
3.3.2.	サプライチェーン全体の整合性・一貫性.....	59
3.3.3.	地域全体での合意形成.....	60
3.3.4.	周辺の木質バイオマス発電事業の動向.....	61
3.4.	燃料用材の供給.....	62
3.4.1.	燃料用材資源量の把握.....	63
3.4.2.	燃料用材の供給とコスト.....	65
3.5.	燃料製造と運搬.....	67
3.5.1.	燃料の水管理.....	68
3.5.2.	設備の選定.....	69
3.5.3.	燃料製造方法とコスト.....	73
3.5.4.	燃料運搬方法とコスト.....	75
3.6.	エネルギーの活用.....	76
3.6.1.	需要の把握.....	77
3.6.2.	設備の選定.....	79
3.6.3.	設備の導入.....	81
3.6.4.	設備の導入コスト.....	82
3.6.5.	設備の運用.....	83
3.6.6.	設備の運用コスト.....	84
4.	木質バイオマスエネルギー導入の評価.....	86
4.1.	経済性の評価.....	86
4.1.1.	評価基準の設定.....	87
4.1.2.	収益の捉え方.....	87
4.1.3.	投資対効果の評価方法.....	88
4.1.4.	リスクの検討.....	89
4.1.5.	熱供給事業の例.....	90
4.2.	環境性の評価.....	92
4.2.1.	CO ₂ 排出削減効果（LCA含む）.....	92
4.2.2.	森林整備効果.....	93
5.	他地域での展開に向けたポイント.....	94
5.1.	木質バイオマスを地域づくりに活かすために.....	96
5.2.	木質バイオマスエネルギー活用のための基本要件.....	98
5.3.	展開を進めるためのチェックポイント.....	100
5.4.	行政に求められる役割.....	101
6.	参考資料.....	102

1. はじめに

1.1. 背景と目的

平成 25 年度から平成 28 年度の 4 カ年にわたり、原木の加工、燃料の運搬、木質バイオマスのエネルギー利用等を行うための施設を一体的に導入し、モデル地域づくりの推進を図る「木質バイオマスエネルギーを活用したモデル地域づくり推進事業（以降、「モデル地域づくり実証事業」という）」を全国 9 箇所で行ってきた（表 1-1）。

本報告書は、これらのモデル地域づくり実証事業の成果分析を行い、今後の発展性を評価するとともに、施設の導入・運用を通じて得られたメリットや生じた課題、その克服方法等を整理し、木質バイオマスエネルギー活用のための指針として作成したものであり、今後木質バイオマスエネルギーを活用した地域づくりの推進を図ることを目的としている。

表 1-1 モデル地域づくり実証事業一覧

実施年度	県名	地域名	事業主体
H25～H27	岩手県	釜石	株式会社オーテック
H26～H28	岩手県	遠野	遠野市
H25～H27	福島県	いわき・南相馬	株式会社ネオナイト
H25～H27	福島県	南会津	福島ミドリ安全株式会社
H25～H27	栃木県	那珂川	株式会社那珂川バイオマス
H25～H27	千葉県	山武・長生	国立大学法人千葉大学
H26～H28	福井県	あわら・坂井・南越前	あわら三国木質バイオマスエネルギー事業協議会
H25～H27	山口県	山口県	山口県
H26～H28	高知県	四万十	四万十町森林組合

1.2. 方針

■ 方針：小規模分散型の熱利用（熱電併給を含む）を重視

本報告書の作成方針は、モデル地域づくり実証事業を行った9地域（以降、「実証地域」という）の大半が小規模分散型の熱利用（熱電併給を含む）であったことから、小規模分散型の熱利用を重視することとした。実証地域のエネルギー活用形態は表 1-2 のとおりである。

表 1-2 実証地域のエネルギー活用形態

地域名	エネルギー活用形態
釜石	熱電併給
遠野	熱利用
いわき・南相馬	熱電併給
南会津	熱電併給
那珂川	熱利用
山武・長生	熱利用
あわら・坂井・南越前	熱利用
山口県	電力利用
四万十	熱利用

（１）小規模分散型エネルギー利用

我が国における従来の電力システムのような大規模集中型ではなく、様々な地域で小規模にエネルギーを生産し、活用する利用形態である。

地域活性化の観点からも、地域内でエネルギー生産及びエネルギー消費を行う過程で雇用創出等、地域づくりにつながるメリットがある。

（２）熱利用または熱電併給

木質燃料を使う発電では燃料の有するエネルギーの 25～30%しか電気に換えられず、70～75%のエネルギーが無駄に捨てられることになる。

木質バイオマスの活用において、発電はエネルギー変換効率が低位となり、効率が悪いことから、地域のニーズにあった熱利用を行うことがエネルギー変換効率上も合理的である。

1.3. 木質バイオマス活用の意義

■ なぜ木質バイオマスを活用するのか

木材に由来する生物資源である木質バイオマスは、化石資源の代替エネルギーとして、また温暖化対策にも寄与するエネルギー源として注目されている。

木質バイオマスは、石油に代替することが可能で、**再生可能なエネルギー源としての活用**に期待が高まっている。しかし、その木質バイオマスの約半分が未利用であり、とくに林地残材の利用率が低いという実態がある。こうした**未利用材や林地残材を活用**できれば、林業や地域経済の活性化に貢献することができる。

1.3.1. 再生可能エネルギーの活用

(1) 持続可能性

現在、我々がエネルギー源として利用している石油、石炭、天然ガス等の化石燃料は、太古の生物の死骸から数万年という月日の中で作り出されたものであり、現在の利用ペースでいけばいずれ枯渇することが指摘されている。

木質バイオマスは再生可能エネルギーの一種として、樹木等の生長から収穫、更新といったサイクルの中、数十年単位で再生する資源として持続可能であると考えられる。

ただし、これは樹木等の森林資源が全体として損なわれることなく、適切に維持管理されていることが前提である。

(2) 分散型エネルギー

これまで効率性を求めてエネルギー供給は大規模集中化が推し進められてきたが、ひとたびどこかが機能しなくなると全体がマヒしてしまうというシステムとしての脆さが 2011 年の東日本大震災において各所で露呈された。これに対するのが小規模分散型システムであり、国土に広く資源が分散する木質バイオマスも、地域単位で自立して資源の供給・利用が可能なエネルギー源として果たす役割は大きい。

木質バイオマス資源は、古くから薪炭用に利用してきたものであり、昔ながらの自然との共存関係を取り戻しつつも、現代の先端技術を取り入れて効率の良い利用を進めることが求められる。

(3) カーボンニュートラル

化石燃料は地球の数万年の月日の中で生物中の炭素が凝縮されたものであり、ひとたび燃焼により大気中に CO₂ として排出されれば、これを再度化石燃料として固定することは不可能である。その点、木質バイオマスは、燃焼により CO₂ が発生することは同じであるが、再度樹木等が再生し生長する過程において同等量の CO₂ を吸収・固定することから、そのサイクルをとおして CO₂ 排出は差引きゼロである、と考えられる。これをカーボンニュートラルという(図 1-1)。



図 1-1 カーボンニュートラルの概念

(4) エネルギーの自給

現在、我が国のエネルギー自給率はわずか 6%であり、ほとんどの燃料資源を海外からの輸入に頼っている。これは国として危機管理上大きな問題であることは言うまでもなく、これら燃料資源に対し支払っている経済的対価は国外へ流出するばかりである。

木質バイオマスは、国土の 2/3 が森林を占める我が国において豊富に存在する資源であり、これを積極的に活用することはエネルギーの自給自足を促し、従来流出していた経済的対価を国内にとどめ再循環させることができる。

出典) 経済産業省 HP 日本のエネルギーのいま：抱える課題

1.3.2. 未利用材の活用

(1) 資源の有効利用

従来、我が国における林業は、主に建築材として形質的に品質の良い材を得ることを重視して用材生産を行ってきた。そのため、用材に適さない部分は、伐採時に林地に残置されてきた。

木質バイオマスをエネルギーとして利用することで、これまで利用されず林地に捨てられていた資源を有効利用することができる。

ただし、木質バイオマスは、エネルギーとしての価格競争力の面から建築用材等と比べ、低い取引価格にならざるを得ない。したがって、未利用だった木質資源の搬出を高い生産性により、低コストで生産することが必要である。

資源の有効利用と低コスト搬出に取り組むことは、林業における収益性と生産性の向上に寄与することになる。

(2) 中山間地域の産業及びコミュニティの活性化

木質バイオマスを地域で利用する場合、とくに森林からそれらを生産する場合は生産・加工・流通の段階をたどるため、これらに関係する産業において雇用の創出や所得向上という形で地域に恩恵がもたらされる。

近年、多くの地域で取り組まれている「木の駅プロジェクト^{*}」は搬出された間伐材を木質バイオマスとして利用することも多く、木質バイオマスとしての付加価値が山仕事に還元されているとすることができる。これらの取組みは単に木材の収集及び利用にとどまらず、活動をとおして地域の人々の横のつながり構築や地域通貨による地域商店の利用等、コミュニティの活性化という側面も持ち合わせている。

※木の駅プロジェクト

木の駅プロジェクトは自伐林家や森林所有者、森林ボランティア等が自身のできる形で木材を搬出しその材に地域通貨で対価を支払うことで、森林所有者等の山側、さらには地域が収益を得ることのできるシステムである。

出典) 木の駅プロジェクトポータルサイト

2. 木質バイオマスの活用事例

2.1. モデル地域づくり実証事業の概要

モデル地域づくり実証事業は、平成 25 年度から平成 28 年度にかけて全国 9 地域で行われた。それぞれの実証地域の概要は表 2-1 のとおりである。なお、表中の含水率は湿量基準含水率を示す。

表 2-1 実証地域ごとの事業概要

地域	概要
釜石	高含水率のバーク（樹皮）やタンコロ（根元部）を利用した熱電併給システムの実証
遠野	副産物（工場残材+林地残材）利用の徹底による木質バイオマスのサプライチェーンの構築・実証
いわき・南相馬	木質バイオマスの発電利用と余熱を利用したバークの除染堆肥化の実証
南会津	地域の宿泊温泉施設等にチップボイラーの導入による地域熱供給システムの実証
那珂川	高温蒸気から温水まで、熱エネルギーの多段階利用の実証
山武・長生	地域住民が自ら行える丸太燃料の供給方法の検討、体制整備、暖房・給湯器の実証
あわら・坂井・南越前	木質バイオマスエネルギー利用の見える化、観光地としてブランド形成のためのマーケティングの実証
山口県	木質バイオマス発電に向けて竹林を低コストで収集運搬・燃料化するシステムの実証
四万十	四万十町地域において、木材・木質バイオマスの安定的な搬出・運搬・利用による資源循環システムの構築のため実証

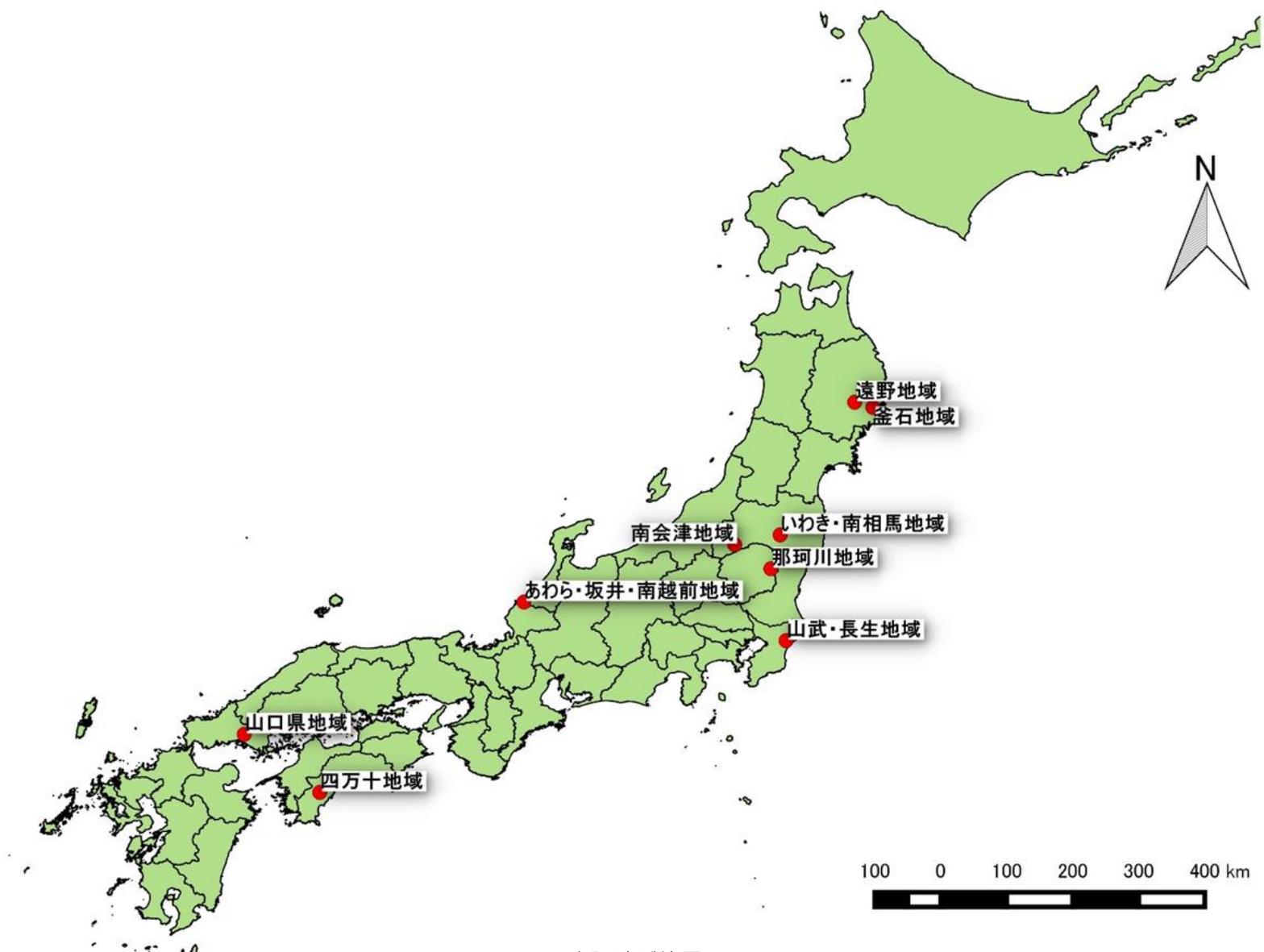


図 2-1 実証地域位置図

2.1.1. 実証地域の類型化

実証地域は、地域づくり実証事業を行うにあたって、それぞれ重点をおいたポイントが異なる。今後、新たに木質バイオマスエネルギーを活用した地域づくりを検討している市町村や事業者がどのタイプを目指すのか事例の指標となるよう類型化を行った（表 2-2）。

（１）技術開発系

釜石及びいわき・南相馬地域は、それぞれ独自の木質バイオマスボイラーやガス化発電システムの技術開発に重点をおいた事業を行ったことから「技術開発系」とした。

（２）燃料流通系

山口県及び四万十地域は、木質バイオマス燃料の流通システムを構築することに重点をおいた事業を行ったことから「燃料流通系」とした。

（３）熱供給系

南会津及び那珂川地域は、木質バイオマスからエネルギーを生産し、熱供給に重点をおいた事業を行ったことから「熱供給系」とした。

（４）エネルギーサービス系

遠野、山武・長生及びあわら・坂井・南越前地域は、熱供給だけでなくボイラーの導入やメンテナンス等も含めて熱エネルギーを販売するビジネスモデルの構築に重点をおいた事業を行ったことから「エネルギーサービス系」とした。

表 2-2 実証地域の類型区分

類型区分	地域名称
技術開発	釜石、いわき・南相馬
燃料流通	山口、四万十
熱供給	南会津、那珂川
エネルギーサービス	遠野、山武・長生、あわら・坂井・南越前

2.1.2. 報告書の構成

本報告書は、図 2-2 に示すとおり、木質バイオマスの活用事例、木質バイオマスの活用のポイント、導入の評価及び他地域での展開に向けたポイントの順に整理した。



図 2-2 本報告書の構成

2.2. モデル地域づくり実証事業の分析・評価

2.2.1. 釜石地域

概要 高含水率のバーク（樹皮）やタンコロ（根元部）を利用した熱電併給システムの実証	
実施地域 岩手県釜石市	実施主体 株式会社オーテック
事業目的 商品価値の低い高含水率のバーク（樹皮）やタンコロ（根元部）をエネルギーとして有効活用する技術を確立するとともに、木質バイオマス焼却灰の有害物質が溶出しない資源化技術を確立する。	
スキーム 燃料用材は、津波被害に伴う高台移転工事で発生した高含水率のバーク（樹皮）やタンコロ（根元部）等の木質資源で、森林組合が供給を行う。燃料は、加工せずに木質バイオマスボイラーへそのまま投入することでエネルギー（熱・電気）として生産するシステムを構築した。しいたけ栽培施設への温水供給と発電機への蒸気供給を行う木質バイオマスボイラーを本事業で開発した。発電は蒸気発電機（コベルコ社製）で行った。 また、再利用可能な焼却灰を原料としたエコレンガを製造した。	
成果 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 放射能汚染対策として、焼却灰の人的作業を極力減らす仕組みができた。 ✓ 高台移転時に発生するタンコロ（根元部）や製材工場のバーク（樹皮）といった燃料として不向きな木質資源を受入れ、燃料として利用することで、廃棄物扱いであった木質資源の有効活用に結びつけた。 	
課題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 本事業で開発したボイラーはエネルギー変換効率実績値 60%と一般的なボイラーと比べると変換効率が低い。 ✓ ボイラー能力に比べ、需要規模が小さく、ボイラーの連続運転が難しい。 ✓ 形状が不均一なタンコロは、運搬の手間のほかにボイラー投入時の操作性が悪く不均一に投入され、燃焼ムラが生じる。 ✓ エコレンガは、灰に未燃分が含まれていたこと、原料となる粘土の影響等により、品質（圧縮強度）に課題が残った。 	
課題への対応 エネルギー変換効率の向上については、燃焼に必要な空気量を確保できるようボイラー炉内の改良を図ったり、比較的乾燥している木質資源を混焼したりという工夫を行った。 エコレンガの圧縮強度向上に向けて、原料となる粘土の選定、焼成条件の設定等を行っている。	

関係事業者

【川上】釜石地方森林組合、【川下】(株)アグリ釜石、(株)オーテック、さつき企画設計(株)

【川上】燃料用材の供給

川上の主体は釜石地方森林組合で、集材効率を向上させるための工夫として、トラックのボディを改造しグラブルを取り付け、タンコロ収集の効率化を図った。破碎処理等一切せず、収集した状態の木質資源を活用している。燃料の種類ごと(バーク、タンコロ、林地残材)に分類し管理した。

【川下】エネルギーの活用

エネルギーの活用先は、しいたけ栽培施設である。ボイラー(1,950kW×2基)は、放射能対策を考慮し、さつき企画設計(株)が設計したバッチ式(1回ごとに燃料をボイラーに入れる形式)で丸太・バークをそのまま燃焼できる。熱は温水と蒸気として供給する。発電は、蒸気を使って蒸気発電機(165kW)(コベルコ社製スチームスター)で発電した。ボイラー効率(約60%(蒸気41~49%、熱12~15%))である。

経済性の分析・評価

エネルギーの利用効率によって採算性が変動する。全燃料中、バークの混焼率50%時において、変換したエネルギーの75%を利用することができれば、初期投資額4.2億円の設備を導入しても黒字となるが、エネルギー利用効率50%の場合、初期投資額3.5億円以下で黒字、エネルギー利用効率25%では、初期投資額2億円でも事業収支は黒字にならないと試算された。

環境性の分析・評価

事業期間中、しいたけ栽培施設2棟にエネルギー供給を行った。当初目標とした8棟にエネルギーを供給した場合のCO₂削減量は、シミュレーションの結果689t-CO₂/年と試算された。

事業のポイント

今後は、他の放射能汚染対策が深刻な地域への展開を視野に入れている。それを具体化するためにも、設備のコスト低減やエネルギー変換効率の向上、低質材の収集効率の向上、燃焼室内における燃料の燃焼状況を考慮した燃料投入、エネルギー需要と供給のミスマッチ解消、さらには燃焼灰の有効な再利用が求められる。低質材の燃料供給(運搬・加工)やエネルギー需要と供給のバランスを考慮したシステムを検討し、更なる改善が図られることを期待する。



燃料用バーク(樹皮)



木質バイオマスボイラー



エコレンガ

2.2.2. 遠野地域

概要 副産物（工場残材+林地残材）利用の徹底による木質バイオマスのサプライチェーンの構築・実証	
実施地域 岩手県遠野市	実施主体 遠野市
事業目的 木質バイオマスのサプライチェーンを構築し、木質バイオマス利用量の拡大と、それによる木工団地の収益性改善及び事業量の拡大を図り、成熟した森林資源の地元利用を推進する。	
スキーム 燃料用材の供給は、森林組合や製材事業者が行う。チップ原料は未利用残材のほか、背板（製材後に余る材）が用いられ、蒸気ボイラーでは、バークとチップが燃料に用いられた。チップ製造は、遠野バイオエナジー（株）が行う。エネルギーの供給は、遠野市内にある温浴施設に設置したチップボイラー（KWB社製）及び木工団地内に設置した蒸気ボイラー（コールバッハ社製）により行う。	
成果 <ul style="list-style-type: none"> ✓ バークや背板を燃料として利用する仕組みが構築された。「ごみを宝に」というバイオマスの本来の在り方を提示し、雪害木や支障木の受け入れ先の創出にもつながった。 ✓ 地域に3名の雇用を創出した（遠野バイオエナジー（株））。 	
課題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 移動式チップパーの森林内での効率的な活用方法 ✓ 設備導入コストの低減及び効率的な利用のための熱需要施設や業者との合意形成 	
課題の対応策 <p>移動式チップパーの活用については、低質材の搬出・林内におけるチップ化が可能となる作業道、土場等の路網整備が必要であり、大型重機が安全に作業できる規格が求められる。</p> <p>また、利用面では関係者に木質チップボイラーの特徴等を理解していただき、運用にあたる。</p>	
関係事業者 【川上】遠野地方森林組合、【川中】遠野バイオエナジー（株）、【川下】水光園、木工団地	
【川上】燃料用材の供給 川上の主体は遠野地方森林組合である。実証ではアカマツ等の低質材の搬出を目的とした。	
【川中】燃料製造・運搬 川中の主体である遠野バイオエナジー（株）は、製材工場の端材等を原料とし、チップを製造している。チップの製造規模は、50m ³ /hである。チップの水分はW.B.30%、形状は切削チップである。木工団地に熱供給を行うボイラーは蒸気ボイラーで、燃料にはバークのほか、熱量を確保するために低質材の木質チップも使用した。バークの比率を可能な限り高めることが課題。燃料運搬には2t車を使用している。	

【川下】エネルギーの活用

エネルギーの活用先である水光園は、給湯、加温、暖房用途として、木質チップボイラー（120 kW×2基）（KWB 社製）を導入している。また木工団地では、木材乾燥のため蒸気ボイラー（1,500 kW）（コールバツハ社製）を導入している。ボイラーのメンテナンスは遠野バイオエナジー（株）が行い、チップボイラーの施設管理は水光園が、蒸気ボイラーの施設管理は遠野バイオエナジー（株）が行う。木質チップボイラーの効率率は92%であった。

経済性の分析・評価

チップ生産：試算の結果、木くず燃料生産の採算性を維持するためには、山土場価格 2,250 円/m³で、原木を移動せず現地で燃料生産を行い、現場から直接サイロに投入する作業システムが必要である。実際に本システムでまわせるかは、引き続き複数の現場で検証する必要がある。

チップ利用：遠野のチップ価格は、3,800 円/m³で、これを燃料とした水光園では、1年間で191万円の燃料代が削減された。ただし、チップ供給側からすると、高性能林業機械を導入した場合、水光園だけでは回収が難しいため、チップ需要の開拓が必要である。

環境性の分析・評価

水光園におけるCO₂削減量は、220 t-CO₂/年であった。

事業のポイント

本事業は、木質バイオマス利用の盛んな欧州における技術（チップパーやボイラー）を、日本国内において採用した事例である。本事例を通じて、日本国内において欧州の技術を採用するにはどのような課題があるのかが整理された。移動式チップパーを効率的に活用できていない理由として、道路規格や土場等のインフラの整備が課題であり、木質バイオマスボイラー設備の効率的な利用の実現や設備導入コストの低減にあたっては、設備導入側と熱需要施設や業者との合意形成が重要であることがわかった。



移動式チップパー



チップボイラー（水光園）

2.2.3. いわき・南相馬地域

概要 木質バイオマスの発電利用と余熱を利用したバークの除染堆肥化の実証	
実施地域 福島県須賀川市ほか	実施主体 株式会社ネオナイト
事業目的 福島県の未利用木質資源をエネルギーとして活用するため、木質バイオマスガス化発電、余熱を利用したバーク除染及び堆肥化を実証する。	
スキーム 燃料用材の供給は、いわき市の林業事業体が素材生産を行い、燃料用チップの製造は南相馬市の製材所で行う。原木時及びチップ加工後に放射能濃度を測定し、選抜した材をガス化発電の燃料として活用する。ガス化発電のシステムは、既存の設備やガス化炉等を本事業で改良した。ガス化炉はアップドラフト方式を採用した。発電の余熱はチップの乾燥に、電力は除染やバーク洗浄のための温水の熱源等に用いて熱電併給を行った。	
成果 ✓ 放射性セシウムは気体（ガス）化せず固形物に吸着するという挙動が分かり、放射能濃度は除染目標値を達成した。	
課題 ✓ 国内では小規模な木質バイオマスガス化熱電併給システムが確立されていない。 ✓ ガスエンジンの出力不足により、定格出力に対して一定割合以上の出力を維持した上でのガス化炉の連続運転が達成できず、発電効率が低く留まるといった課題がみられた。 ✓ 副産物（タール・木酢液）の処分費が高コストになる。	
課題対応策 運転を行いながら新たな技術開発や設定や施設の改良を行った。ガスエンジンの改造（新規設計、海外技術の採用）及び設備の増強や追加により対応した。	
関係事業者 【川上】（有）中崎林業、【川中】千葉製材所、【川下】（株）ネオナイト	
【川上】燃料用材の供給 川上の主体は福島県内の林業事業体である。樹種はスギで、皆伐はほとんど行われておらず間伐が主である。	
【川中】燃料製造・運搬 安全な木材が供給されるよう放射性物質の測定システム（汚染木材放射性物質測定装置）を導入した。林地残材表面の放射能濃度の測定・選抜後、地域の製材業者によりチップ製造を行う。その後チップの放射能濃度を測定・選別し燃料として利用した。放射性物質が原木の心材部分に殆ど浸透していない前提で、その心材から製造したチップを原料とした。チップはガス化発電の排熱を用いて水分57%から17%まで低減させて使用した。	

【川下】エネルギーの活用

エネルギーの活用先は、140kW ガスエンジンとアップドラフト炉によるガス化発電である。本事業では、140kW のガスエンジンを用いて出力115kW で10時間の稼働、15kW と75kW ガスエンジンを用いて、出力10.6kW で200時間の長期連続運転を行った。発電効率は12.6%であった。熱利用は排熱を外気と混合してチップ乾燥に利用した。電力利用は、電気ヒーターを加熱し、パーク洗浄用の温水を製造した。

経済性の分析・評価

アップドラフト型炉での実証結果から得られた発電効率は、材料費に対して期待していたエネルギー売り上げが見込めない（ただし事業外で検討したガス化方式の変更で発電効率が向上することが確認され、今後の技術改良により採算性は向上すると推測された）。

また、本事業では発電副産物（木炭、バイオオイル等）の利用が困難であり、経済性を担保するためにはこれら副産物の有効活用策も検討していく必要がある。

環境性の分析・評価

プラントの最大出力125kW で4,000時間発電機を稼働させた場合、285.5t-CO₂/年の排出削減が可能になるという結果が見込まれた。

事業のポイント

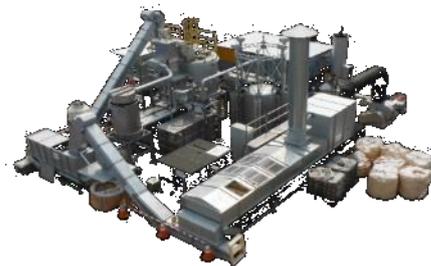
本事業の知見により、副産物の発生を抑制する事や設備をコンパクトにした商業利用に向け、事業外においてダウンドラフト炉の実証を行っている。本事業で得られた成果を応用することで、メンテナンス頻度やランニングコストを大幅に低減でき、60kW 量産型のシステム開発につなげることができ、移動や組み立てが容易に行えるような小型・パッケージ型タイプが完成した。

除染については、放射性物質の挙動把握及び放射性セシウムの除染目標値を達成することができた。伐採からチップ加工等の作業における被ばく測定、木材やチップの放射性物質濃度測定等を通じて、放射性物質で汚染された木材であっても安全に取り扱うことができることが実証された。



実証現場全景

(木材測定・除染及び木質バイオマスガス化熱電併給実証)



アップドラフト型実証炉



60kW ダウンドラフト炉
小型・パッケージ型タイプ

木質バイオマスガス化熱電併給施設

2.2.4. 南会津地域

概要 地域の宿泊温泉施設等にチップボイラーの導入による地域熱供給システムの実証	
実施地域 福島県南会津町	実施主体 福島ミドリ安全株式会社
事業目的 南会津地方の森林活用を図るため、木質バイオマスエネルギー活用施設を選定し、エネルギー需要に見合った燃料用材の収集、運搬、加工、流通までのプロセスを演繹的手法で実証する。	
スキーム 燃料用材及びチップの供給は森林組合が行う。エネルギーの活用は、チップボイラー（コールバツハ社製）から地域の5箇所の宿泊温泉施設等へ配管をとおして行う。 また、災害時の運用を見込み、小型バイナリー発電設備（IHI社製）も設置している。さらに、チップボイラー導入施設では、環境ショーケース型機械室を設置するとともに、チップボイラーのミニチュア模型やパネルを展示した学習体験室を併設し、環境教育に役立てている。	
成果 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 温浴施設の熱供給にとどまらず、豪雪地域に有効な融雪対策及び停電災害時用として小型のバイナリー発電設備を導入し、木質バイオマスの活用事例として広くPRできた。 ✓ エネルギー面では1,200万円の燃料費の削減及び880tのCO2削減量を達成した。 ✓ チップの製造や運搬作業が発生したことで、冬場に雇用が生まれ、3名の通年雇用を創出することができた。 	
課題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 燃料の水分低減対策とボイラー燃焼ガスの排煙、臭気対策が課題である。 	
課題対応策 <p>水分を低減するため、原木の樹皮剥ぎ取りを手むきで実施して対応した。ただし、効率性の観点から樹皮の剥ぎ取りは恒久的な対策を検討する必要がある。</p> <p>排煙対策については二次燃焼装置を増設して対応した。</p>	
関係事業者 【川上】南会津森林組合、【川中】南会津森林組合、（株）荒海チップ、【川下】会津高原リゾート（株）、南会津町	
【川上】燃料用材の供給 川上の主体は南会津森林組合である。樹種はスギ、森林施業は間伐が主体である。川上における課題は、路網整備及び高性能林業機械の導入が進んでいないことである。	
【川中】燃料製造・運搬 川中の主体は森林組合とチップ会社である。町内に複数のストックヤードを設け、樹皮がついた状態で2～3年乾燥させた燃料用材から切削チップを製造している。水分低減のため樹皮の剥ぎ取りを手むきで対応している。チップの製造規模は10m ³ /hである。	

【川下】エネルギーの活用

エネルギーの活用先は、アストリアホテル、白樺の湯、会津高原ホテル、アストリアロッジ、レストハウスの 5 施設を配管でつないだ地域熱供給である。チップボイラー（600kW×1、400kW×1）2基を導入し、配管を通じて各施設へ温水を供給している。

また、災害時の運用を見込み、20kWの小型バイナリー発電設備（IHI社製）を設置した。

ボイラー室内には各系統別に熱量計（カロリーメーター）を設置し、施設毎に使用量を計測している。ボイラー効率は80～85%であった。

経済性の分析・評価

本事業における単位熱量あたりのランニング費用は2.24円/MJと従来の化石燃料費用3.15円/MJと比較して一定の効果があつた。また、事業期間中（9月から3月までの7ヶ月）における費用効果は450万円であった。

環境性の分析・評価

本事業におけるCO₂削減量は、880t-CO₂/7か月（9月から3月）であった。

事業のポイント

本事業は、環境と観光を合体させ、サプライチェーンを利用から考える演繹的手法というアプローチで実施された。機械室を外から見えるようにショーケース化した「環境ショーケース型機械室」は、地域外から来訪するスキー客やホテル利用客に環境教育の場を提供することにつながっている。併せて、チップボイラーのミニチュア模型やパネルを展示した学習体験施設も併設し、小学生等を対象とした環境学習を実施しており、環境教育の場としても活用されている。



環境ショーケース型機械室



チップボイラー

2.2.5. 那珂川地域

概要 高温蒸気から温水まで、熱エネルギーの多段階利用の実証	
実施地域 栃木県那珂川町	実施主体 株式会社那珂川バイオマス
事業目的 森林資源のカスケード利用（マテリアル段階）と、熱エネルギーのカスケード利用（エネルギー段階）の「Wカスケード利用」による理想的な地域完結型の資源活用モデルを構築する。	
スキーム 熱エネルギーの活用は、窯業・土石製品製造工場に隣接したチップボイラー（ポリテクニク社製）施設から窯業・土石製品製造工場への蒸気供給及びチップボイラー施設周辺の施設園芸用ハウスへの温水供給である。 燃料は主に、地域の大規模製材工場である県北木材協同組合那珂川工場から発生する製材端材をチップ化したものを利用する。	
成果 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 木質バイオマスボイラーの導入により、マテリアル段階では製材端材の新たな需要先として資源の有効活用がなされるようになった。 ✓ エネルギー面では燃料費の削減及びCO₂の排出抑制を達成した。 	
課題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 高含水率（50%-wet）対応のボイラーを導入したが、製材端材由来のチップが当初の予定よりも水分が多く、試運転等で白煙が発生した。 	
課題対応策 県北木材協同組合那珂川工場で生産されるチップは、生材を挽く製材工程にチップ化工程が組み込まれているため水分が多めであることが多く、トーセン本社周辺の工場から水分の少ない燃料を調達し、ブレンドすることで、燃料の性状を安定させた。	
関係事業者 【川上】那須町森林組合、那須南森林組合、鈴木材木店、【川中】県北木材協同組合那珂川工場、（株）トーセン、【川下】住友金属鉱山シボレックス（株）栃木工場、施設園芸用ハウス	
【川上】燃料用材の供給 川上の主体是那須町森林組合等である。那須町森林組合では路網整備に力を入れ、山土場売りを行うことで、高効率・低コスト化を図っている。また、未利用材の活用及び下刈り時の事故防止の観点から丁寧な地拵えを実施している。	
【川中】燃料製造・運搬 本地域は、林業の盛んな八溝地域に位置する。燃料となるチップ製造は、主に県北木材協同組合だが、生材を挽く製材工程から発生したチップは水分が高めであることが多いため、水分の低いチップをブレンドし、全体として水分を低減化できるように調整している。	

【川下】エネルギーの活用

エネルギーの活用先は、窯業・土石製品製造業及び施設園芸用ハウスへの熱供給で、導入した蒸気ボイラーは4,000kW×1基である。燃料が製材端材由来チップのため、高含水率対応のチップボイラーを選定している。ボイラー効率は70%である。燃料の調達、ボイラー施設の運用、熱供給を那珂川バイオマスが実施した。販売熱量の単価を設定し、供給熱量に応じて料金が支払われる仕組みである。

経済性の分析・評価

化石燃料価格をベースとして割引率を設定し、化石燃料価格の変動に応じて割引率も変動する仕組みで運用している。今後も化石燃料の価格変動が予測されるため、コスト低減化と燃料性状の安定による熱供給量の最大化、需要の拡大が課題である。

環境性の分析・評価

CO₂削減量は、約6,018t-CO₂/年であった。内訳は蒸気利用が約6,000t-CO₂（10月～2月の5ヶ月の実績値から推計）、温水利用が約18t-CO₂（削減量実績値）であった。

LCA評価は、チップボイラーによる熱エネルギー製造過程において、原材料製造、原材料輸送、製品製造、製品輸送、製品使用の環境影響評価・分析を行った結果、温室効果ガス排出量が多かったのは製品・原料とも輸送工程であった。

事業のポイント

導入したボイラーは高含水率に対応しており、製材端材を燃料として使用する本事例のほか、チップ乾燥設備を有していない事例や現地破碎方式のチップ製造を行う事例等に対しても有効である。国内では木質バイオマスによる熱供給事業の事例が少なく、熱供給に関する事業組成や熱の供給者・需要者間での契約方法も他事例の参考になると考えられる。また、熱需要先が1カ所しかない場合、ボイラーのメンテナンス等で止まることもあり、事業として不安定になる。本事例のように複数の施設に対し、熱を供給することで安定した事業性を確保できる。



チップボイラー



施設園芸用ハウス（マンゴー）

2.2.6. 山武・長生地域

概要 地域住民が自ら行える丸太燃料の供給方法の検討、体制整備、暖房・給湯器の実証	
実施地域 千葉県山武市ほか	実施主体 国立大学法人千葉大学
事業目的 都市近郊小規模森林の再生と地域活性化を目指した木質バイオマス流通システムを構築する。	
スキーム 加工処理に手間がかからず、燃料製造コストを低減できるとして丸太燃料が採用されている。丸太燃料の供給と製造は、小型の林業機械等を用いて NPO や一般社団法人が行う。エネルギーの活用は、施設園芸用ハウスや温浴施設等 20 箇所（22 台）に導入された丸太加温器（NMG 社製）により行う。	
成果 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 丸太燃料が使用可能な加温器の導入により地域に新たな木質バイオマス需要を創出し、地元 NPO や一般社団法人等地域の里山整備に熱心な団体が、低コストな丸太燃料の生産・供給を行うことにより、木質バイオマス流通システムが構築された。 ✓ 丸太加温器の改良を行うとともに一定の熱供給実績を得ることができた。これにより地域に丸太燃料の生産・供給を行う新たな事業体（一般社団法人）が2団体誕生した。 	
課題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 目標価格 15 円/kg での丸太燃料供給は、一定の条件のもとで達成されたが、伐倒から配達まで恒常的に目標価格を維持するのは厳しい。 ✓ 丸太加温器は水分が多い燃料ではトラブルが多くなるため、乾燥のためのストックヤードが必要である。燃料コストを低く抑えるためにも低コストでストックヤードを確保することが課題である。 	
課題対応策 森林整備事業等で採算性を確保することにより丸太燃料の低コスト化を図っている。ストックヤードについては、敷地に余裕のある加温器ユーザーには、サイト内に燃料用のストックヤードを確保している。また、地域の木の駅との連携により乾燥した燃料用材を確保している。	
関係事業者 【川上】山武チーム、長生チーム、支援チーム、【川下】温浴施設、施設園芸用ハウス等	
【川上】燃料用材の供給 川上の主体は地元NPOや一般社団法人である。都市近郊林という地域特性から対象林分の多くは1団地あたりの所有規模が小さく路網整備も不十分であった。そのため、林内で使用できる小型機械の導入・改良によって作業システムを構築した。 本地域は従来から山武杉で有名な地域であるが、現状、山武杉の多くは溝腐病の被害を受け、用材生産が難しい状況である。そうした用材活用が難しい木材を対象に燃料生産を行った。	

【川下】エネルギーの活用

エネルギーの活用先は、周辺地域の施設園芸ハウスや温浴施設等 20 箇所に 22 台を導入して活用している（出力 24～100kW）。安価な燃料として丸太燃料を採用し、薪ボイラーを改良した丸太加温器を開発して使用している。

経済性の分析・評価

地域のNPO団体等が丸太燃料の供給を行うことにより低価格で燃料供給に結びつけることができた。燃料の供給価格は、需要先と協議のうえ設定している。実証により丸太燃料が 15 円/kgで供給できることがわかったが、継続して安定した丸太燃料の供給を行うのは厳しいということもわかった。その主な理由は、丸太乾燥を行うストックヤードが借地であり、借地料が加わるためである。

環境性の分析・評価

CO₂削減量は、丸太加温器 22 台で合計 253.2 t-CO₂であった（実績値）。

LCA 評価により温室効果ガス排出量は、一般的な大型機械化林業システムに比べて発生量が少なく、集材・積み込みに関しては 45 分の 1、伐倒・集材に関しては 800 分の 1 以下であった。

事業のポイント

本事業は、薪に比べ加工コストが安価な丸太燃料と、安価な海外製薪ボイラーを改良した丸太加温器を使用した木質バイオマス利用システムの検討を行ったものである。熱需要施設に対しての丸太加温器の設置から、燃料供給まで一貫して行うことで効率的な木質バイオマス利用システムの構築を目指した。

低コストで燃料供給を達成したものの、安定供給に課題があり、事業の多角化やさらなる作業システムの改善が必要である。丸太加温器に関しても燃料とのマッチングや設備面・運用面での改良の余地がある。



使用している丸太燃料



丸太加温器

2.2.7. あわら・坂井・南越前地域

概要	
木質バイオマスエネルギー利用の見える化、観光地としてブランド形成のためのマーケティングの実証	
実施地域	実施主体
福井県あわら市、坂井市	あわら三国木質バイオマスエネルギー事業協議会
事業目的	
「地域民間事業者による小規模分散型の熱供給事業」を実証し、地域ぐるみで実用化する。併せて、県内・全国・海外や他事業者へ横展開できるようモデル化（標準化・マニュアル化）する。	
スキーム	
燃料用材の供給及びチップの製造は森林組合が行う。チップ製造は、既存のバイオマスセンターで行われ、木材のカスケード利用が実現している。エネルギーの活用は、3つの宿泊温泉施設に設置されたチップボイラー（KWB社製または巴商会社製）により温水供給を行う。事業者は、エネルギー供給サービス（Energy Service Company：ESCO）事業（以降、「ESCO事業」という）としてボイラーを運用し、需要施設側は熱を購入する。	
成果	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地域の各プレイヤーが協力関係を築き、小規模(1,000kW以下)の熱利用でESCO事業を実現した。 ✓ 地域内でボイラーの設置、運転管理を担うことで、木質バイオマス熱利用の全体を把握し、ESCO事業のフランチャイズ化の目途をつけた。 	
課題	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 水平展開を行っていくためには、A重油50円/L以下への価格下落等のリスクにどう対処していくかの方策が必要となる。 	
課題対応策	
木質バイオマス利用の普及啓発を図るため新聞やイベント等で積極的にアピールを行った。化石燃料価格の下落に対し、補助金等の公的支援があると民間事業者が参入しやすくなる。	
関係事業者	
【川上】坂井森林組合、【川中】坂井森林組合（WOODバイオマスセンター）、【川下】グラントディア芳泉、三国観光ホテル、ホテル美松	
【川上】燃料用材の供給	
川上の主体は坂井森林組合である。樹種はスギが主体でヒノキも混じる。森林施業は皆伐がほとんどなく間伐が主である。	
【川中】燃料製造・運搬	
2013年から木質燃料製造施設であるWOODバイオマスセンターの操業を開始している。原木は樹皮を剥いて1年以上乾燥したのちチップ化する。製造規模は約700t/年。およそ4,000m ³ の原木をストックしている。	

【川下】エネルギーの活用

3箇所の温泉旅館にそれぞれ 200kW、240kW（120kW×2基）、600kW（300kW×2基）のチップボイラーが導入された。ボイラー効率は平均して 90%程度である。建屋の形状や発注方式、ボイラーメーカー比較等で各種コスト抑制の検討を行った。事業者（マルツ電波）が主としてボイラーのメンテナンス等を行い、旅館側は熱を買う仕組みである。燃料も森林組合がサイロに据え付けたカメラでチェックして随時配送する。旅館はボイラーの運用やメンテナンス等に関与せず、使用した熱量分だけを事業者に支払う。

経済性の分析・評価

A 重油価格と連動し 10%ほど安い熱供給事業として IRR=8%程度を想定していたが、A 重油 50 円/L 以下になると採算が維持できないため、下限価格の設定が必要と考えられる。

環境性の分析・評価

CO₂ 削減量は、272 t-CO₂ であった（2015～2016 年の実績値）。内訳はグランディア芳泉で 231 t-CO₂、三国観光ホテルで 41 t-CO₂ であった。

LCA 分析より、A 重油から木質チップに代替することで温室効果ガス排出量が 36%削減されることがわかった。木質チップ利用における温室効果ガス排出量は、バイオマスセンターでのチップ製造が全体の 7割を占めていた。

事業のポイント

本事業は安定した木材のカスケード利用体制から、品質の良い乾燥チップを製造したこと、またエネルギー活用においても設備の導入等をはじめ各種コストダウン対策を行ったことで、ESCO 事業のフランチャイズ化・横展開への目途をつけた。また、事業実現のため当初より地域内の関係者でネットワークを構築するとともに、木質バイオマス活用に向けた普及啓発等も積極的に行い、さまざまな場面で関係者の意思決定をうまく進めることができた。



チップサイロとボイラー建屋（ホテル美松）



チップボイラー（三国観光ホテル）

2.2.8. 山口県地域

概要 木質バイオマス発電に向けて竹林を低コストで収集運搬・燃料化するシステムの実証	
実施地域 山口県周南市、岩国市ほか	実施主体 山口県
事業目的 竹林の効率的な伐採、搬出、運搬技術と木質バイオマス発電サイドの要求する燃料仕様・規格をクリアする低コスト竹チップ化システムや効率的な竹チップ運搬システムを開発し、竹材の大ロット供給体制を構築することにより、地域のエネルギー作物としての竹の活用を確立する。	
スキーム 山口県主導のもと、森林組合等により、竹の伐採・搬出・チップ化・運搬を行い、竹チップ生産に関するコスト要因を把握した。 また、岩国市にある既存の木質バイオマス発電所（10,000 kW）にて、竹チップを他の木質バイオマス燃料と混焼し、燃焼試験を実施した。	
成果 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 本事業期間中では3年間で約2,500 tの竹チップを発電所へ供給し、竹チップ価格10,000円/wet-tの実現に向けた竹チップ生産の課題と対策を整理した。 ✓ 木質バイオマス発電所で年間1.7%（短期間の集中試験では最大8.4%）の混焼試験を行い、当初懸念されていたクリンカ等ボイラーへの影響がないことが明らかとなった。 	
課題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 竹林の正確な分布と賦存量の把握、竹チップ専用機械の開発、竹チップの持続的な供給体制、木質バイオマス発電所での竹チップ長期燃焼試験等が課題である。 	
課題対応策 竹林情報の精度向上、竹チップ生産コストの削減、竹チップの量の確保と安定供給体制の構築に向けた検討を行った。	
関係事業者 【川上】周南森林組合、カルスト森林組合、飯森木材（株）、【川中】周南森林組合、カルスト森林組合、飯森木材（株）、【川下】（株）ミツウロコ岩国発電所	
燃料用材の供給【川上】 川上の主体は、周南森林組合、カルスト森林組合、飯森木材株式会社が実施した。	
燃料製造・運搬【川中】 燃料製造は、①竹林オンサイト・チップ化システム（竹林内でチップ化し発電所に供給）、②拠点集積・チップ化システム（集積拠点でチップ化し発電所に供給）、③「県民税事業地」地域集荷システム（棚積みされた竹を集積拠点でチップ化し発電所に供給）、④「朝市方式」地域集荷システム（所有者が拠点に竹を持ち込み集積拠点でチップし発電所に供給）の4タイプで実証試験を行った。	

エネルギーの活用【川下】

エネルギーの活用先は、10,000 kW の木質バイオマス発電所である。本発電所では、年間10万tの燃料を使用している。燃料の投入は、竹チップを他の燃料と混合したうえで、既存の搬送設備を介し投入している。竹チップ混焼割合 5~8%程度であれば、問題なくエネルギーとして活用できる。

経済性の分析・評価

本事業における竹チップ製造コストは、オンサイト・チップ化で 12,000 円/t、拠点集積・チップ化で 14,000 円/t まで削減したが、最適条件であれば目標値である 10,000 円/t が可能であることが分かった。

環境性の分析・評価

CO2 削減量は、1,885 t-CO2 であった（実績値）。

LCA 評価により竹チップ製造過程において、原材料調達、製品製造、製品輸送の環境影響評価・分析を行った結果、竹チップ 1GJ あたりの社会コスト（外部費用と温室効果ガス排出量）は 12 円という結果であり、製品輸送（チップ運搬）が約 30%を占めていた。

また、エネルギーの質を明らかにするため、エネルギー収支分析を行った結果は、EROI(エネルギー収支比=生産エネルギー/投資エネルギー)がオンサイト・チップ化で 21 ポイント、拠点集積・チップ化で 14 ポイントとなり、オンサイト・チップ化の方が 7 ポイント高い結果になった。

事業のポイント

本事業の成果である竹チップ生産に関する試験データは、全国的に竹林整備や竹資源の有効利用についての関心が高いことから、他地域で竹チップ生産を行う場合において有効である。

竹チップの製造工程について「オンサイト」と「拠点集積」で試験を行い、生産コスト削減に有効な竹林条件と作業条件が明らかになった。

また、竹チップの成分分析に加え、既存の木質バイオマス発電所で竹チップの混焼試験を行い、5~8%程度の混焼であれば、品質に問題がないことを証明した。



チップパーによるチップ化



木質バイオマス発電所

2.2.9. 四万十地域

概要	
四万十町地域において、木材・木質バイオマスの安定的な搬出・運搬・利用による資源循環システムの構築のため実証	
実施地域	実施主体
高知県四万十町	四万十町森林組合
事業目的	
町内において新たに整備した木質バイオマス燃料製造施設を中心とした地域資源循環システムを構築するため、四万十町の森林路網密度と素材搬出能力の高さを活かした低コスト運搬システムによる原木調達を図る。また、乾燥おが粉製造を行い町内の次世代施設園芸団地等への安定供給をはじめ、乾燥チップの製造や将来的にはペレット製造の可能性も含めた木質バイオマスエネルギー活用モデルの構築を図る。	
スキーム	
地域の林業事業者及び自伐林家の搬出材を用いて、新設した町内の燃料製造施設において、乾燥おが粉及びチップを製造する。エネルギーの活用は、町内に新しく建設された次世代施設園芸団地及び既存の民間事業所（養鰻場）に設置したおが粉ボイラーにより温水供給を行う。	
成果	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 次世代施設園芸事業の運用により、90 人程度の雇用が創出されるとともに、地元企業の収入が向上し、地域産業の拡大が図られた。 ✓ 新たな木質燃料製造施設整備により、町の施策として自伐林業者育成事業の導入による林家の育成や未利用材の搬入・利活用の拠点となり森林所有者等の森林整備に対する意識の醸成等波及効果につながった。 	
課題	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 県内の木質バイオマス発電所が稼働した影響により、町内でも低質材の取引価格が上昇し、おが粉燃料を自社で製造するとコスト高になってしまう。 	
課題対応策	
<p>おが粉燃料の供給単価を抑えるため、原材料費が比較的安価となるよう、原木からおが粉を製造せず、町外の製材工場等から生おが粉を調達し、乾燥のみ町内で実施している。</p> <p>原材料調達コストの低減を図るため、高知県の事業を活用して原材料の低コスト化を図ることとしている。</p>	
関係事業者	
【川上】四万十町森林組合、【川中】四万十町森林組合、四万十町、【川下】四万十とまと（株）、（株）ベストグロウ、（有）四万十みはら菜園、四万十うなぎ（株）、（株）暁産業	
【川上】燃料用材の供給	
川上の主体は四万十町森林組合である。原料となる生おが粉は、原料材の高騰による採算性の面から自前で生産するのではなく、近隣の製材所、CLT 工場から購入している。	

【川中】燃料製造・運搬

川中の主体も森林組合である。町内の燃料製造施設において、乾燥機を用いて乾燥おが粉を製造している。地域事業者・自伐林家から原木を受入れ、乾燥機の燃料として活用している。乾燥機はチップ及びおが粉の両方を乾燥することが可能である。おが粉の規格は、水分 10%以下、粒度 2.5mm以下としている。

燃料製造施設における乾燥おが粉の製造量は、年間 1,100 t（次世代施設園芸団地 755 t、養鰻場 345 t）を計画しており、その他チップ製造も行う予定である。

【川下】エネルギーの活用

次世代施設園芸団地は、敷地面積 4.3ha に 3 棟の高軒高ハウスがあり、おが粉ボイラー 1,512 kW が 3 基設置されている。養鰻場は、おが粉ボイラー 789 kW が 1 基が設置されている。おが粉ボイラーの効率は 80%である。次世代施設園芸団地は、地元企業 3 社が高収量トマトの栽培を行っており、冬季の夜間加温（12° 設定）におが粉ボイラーを使用している。昼間は併設する LPG ボイラーで加温するとともに CO₂ 施肥も行っている。養鰻場はおよそ 40 万匹の鰻を養殖しており、ボイラーは通年使用している。

経済性の分析・評価

現在、乾燥おが粉の供給価格を 36 円/kg で予定している。町内に 4 基設置されたおが粉ボイラーに安定した価格で燃料供給を持続させることが課題である。

環境性の分析・評価

CO₂ 削減量は、2,363 t-CO₂/年であった（次世代施設は平成 28 年から稼働のため計画時の試算値）。

LCA 評価手法により、CO₂ 排出量を試算した結果は、本事業実施における排出量 399 t-CO₂/年で、LPG と A 重油を用いた場合の排出量は 2,762 t-CO₂/年であった。

事業のポイント

本事業により四万十町地域に初めて木質バイオマス燃料製造施設が整備されたことで、町内に整備された次世代施設園芸団地及び養鰻場で使用するおが粉ボイラーに対し、地域材を活用した供給モデルが構築された。おが粉ボイラーは燃焼状況に合わせておが粉燃料の供給量を自動調整することが可能であるが、当初計画策定した平成 25 年度と比較して地域における低質材の価格高騰により、生おが粉価格も高騰しており、原料調達価格対策が課題となっている。

地域雇用の面では、燃料製造施設で 2 名、次世代施設園芸団地で 90 名の雇用が創出された。



木質燃料用乾燥機



おが粉ボイラー（次世代施設園芸団地）

2.3. 他地域の事例

モデル地域づくり実証事業の事例を補完するため、その他の地域の事例として木質バイオマスエネルギーの活用における先進地域で調査を行った。

調査を行った地域は表 2-3、図 2-3 のとおりである。

表 2-3 他地域の調査地域一覧

他地域の調査地域	事業主体
北海道 下川町	下川町
岩手県 紫波町	紫波町
山形県 最上町	最上町
石川県 小松市	コマツ栗津工場
岡山県 真庭市	真庭市

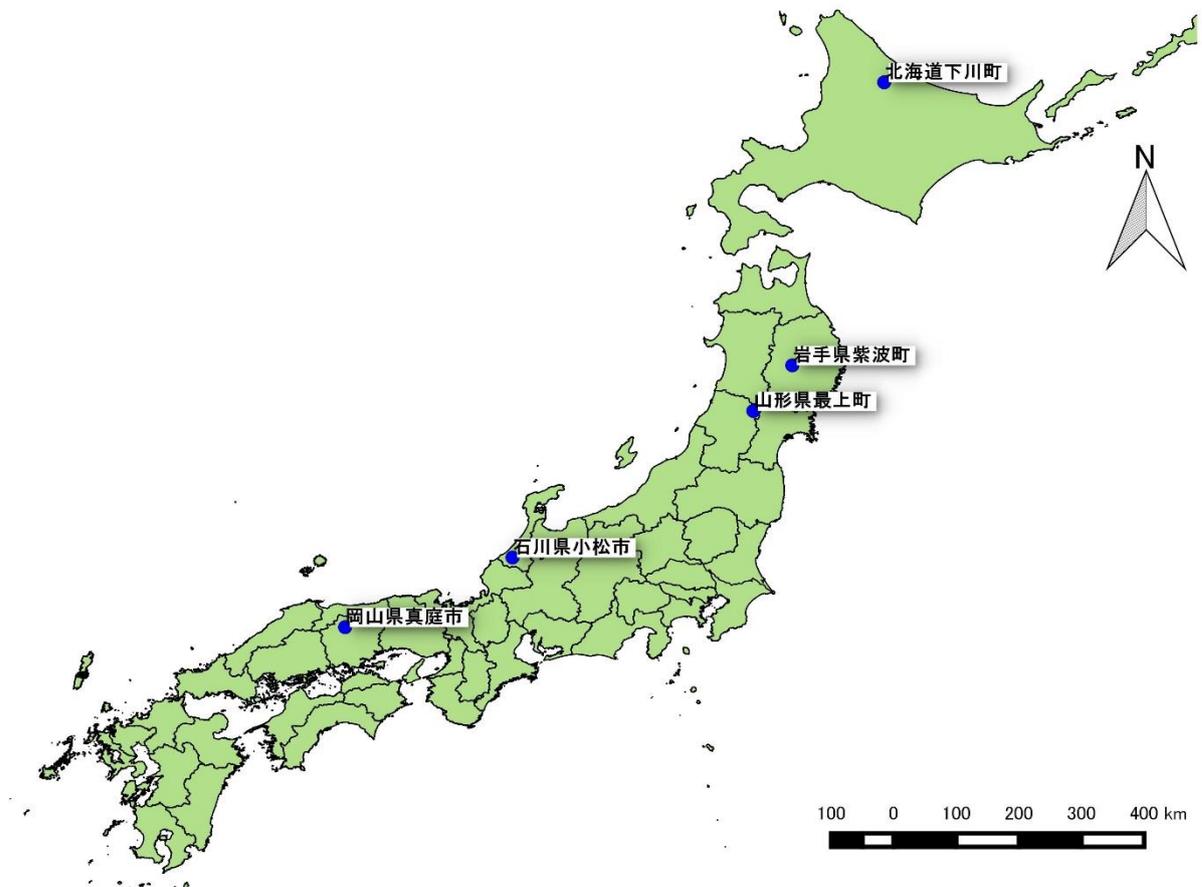


図 2-3 他地域の調査位置

2.3.1. 北海道下川町

■ 地域熱供給事業

項目	内容
事業主体	下川町
経緯	平成 10 年に森林・林産業を核とした下川産業クラスター研究会を発足。地域全体で取り組む地域活性化の為に体制を構築し、ランドデザインを策定し地域のビジョンを明確にしていた。
背景	高齢化が進む小規模自治体における、地域資源を活用した地域再生への取り組みを行っている。
事業目的	林地残材等を活用した地域熱供給事業
木質バイオマス燃料	切削チップ、ペレット
エネルギー利用用途	庁舎、公的施設、コンテナ苗栽培施設、特用林産物栽培研究施設、集住化住宅への給湯、暖房利用及び電気自動車の充電。
スキーム	燃料用材の供給は、森林組合や林業事業者が行う。チップ製造は町内にある木質原料製造施設で行う。熱エネルギーの供給は、町内の温浴施設、町役場及び周辺の複数施設及び一の橋地区に導入されたチップボイラー及びペレットボイラーにより行う。
成果	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 木質バイオマスの活用により地域に雇用を創出した（木質原料製造施設や特用林産物栽培研究施設等）。 ✓ 人口減少は続いているものの、移住者が増加し転入が転出を上回った。 ✓ 高齢者対応の複合施設を建設し、地域活性化のモデルを構築した。
関係事業者と取組内容	<p>＜川上：燃料用材の供給＞</p> <p>川上の主体は、下川町森林組合及び素材生産事業者である。主な樹種はトドマツ、カラマツであり、林地残材等の搬出を実施した。</p> <p>＜川中：燃料製造・運搬＞</p> <p>川中の主体は下川町であり、木質原料製造施設でチップ生産を行っている。燃料保管スペースに原木ベースで 10,000 t をストックしている。年間使用量はおよそ 3,000 t である。</p> <p>＜川下：地域熱供給事業＞</p> <p>下川町が主体となり、町内温浴施設 180 kW（シュミット社製）、下川町役場 1,200 kW（シュミット社製）、一の橋地区 550 kW×2 基（シュミット社製）、その他 14.9 kW～700 kW（シュミット社製、Biotech 社製、富臣工業社製、サンポット社製）まで様々な規模のチップボイラー及びペレットボイラーを導入している。</p>

先進的な取り組み	<p>効率的かつ低コストな収集・運搬方法を確立するために林内路網の高密度化及び先進的林業機械の導入、航空レーザー測量データを用いた森林資源量の把握、伐採計画及び作業道開設計画の立案・実施を行っている。</p> <p>また、人材育成を行うため、森林教育へも積極的に取り組んでおり、森林・林業大学校の開校を検討している。</p>
他地域への応用ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ➤ グランドデザインの策定 ➤ 地域全体による実施体制の構築 ➤ 木材のカスケード利用 ➤ 寒冷地帯における配管等のノウハウ ➤ 地方活性化のモデル事業（集住化と地域熱供給事業）



ハーベスタによる素材生産



チップパーによるチップの生産



ボイラー建屋（一の橋地区）



チップボイラー（一の橋地区）

2.3.2. 岩手県紫波町

■ まちづくりと併せた地域熱供給事業

項目	内容
事業主体	紫波町、紫波グリーンエネルギー株式会社
経緯	平成 19 年より紫波町が民間事業者をバックアップする形で街づくりに取り組んでおり、地域づくりのビジョンを共有し、木質バイオマス事業を実施するための基盤を整えた。
背景	地域資源を活用し、環境に配慮したまちづくりの取り組みを行っている。
目的	駅前開発に伴う地域未利用材を活用した熱供給事業
エネルギー利用用途	温浴施設、庁舎、商業施設、住宅、保育施設における給湯及び冷暖房
木質バイオマス燃料	切削チップ（水分30%を基準に価格設定）
スキーム	燃料用材は農林公社、森林組合及びボランティアグループが供給を行う。チップの製造及び供給は農林公社が行う。熱エネルギーの供給は、温浴施設、町役場、商業施設（オガールエリア）及び住宅に、町内に設置された木質バイオマスボイラーにより行う。
成果	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 松枯れ被害木の利用先を創出した。 ✓ 役場の熱購入費により初期投資費用を回収した。 ✓ 視察による交流人口が増加した。
関係事業者と取組内容	<p>＜川上：燃料用材供給＞</p> <p>岩手中央森林組合、ボランティアグループ、地元製材会社及び地元農家が松枯れ被害木を中心とした木質バイオマスを搬出し、供給している。</p> <p>＜川中：燃料製造・運搬＞</p> <p>紫波町農林公社が主体となり、移動式チップパーを町役場から貸与され、委託事業としてチップ製造を実施している。オガールエリアで年間 1,050 t、温浴施設では年間 250 t のチップ使用量である。</p> <p>＜川下：地域熱供給事業＞</p> <p>紫波グリーンエネルギー（株）が主体となり木質チップボイラー500kW（オヤマダエンジニアリング社製）を導入している。オガールベース（商業施設）や町役場、住宅へと熱販売を行い、販売価格は熱供給先に応じて設定している。</p>
先進的取組	民間事業者が運営する地域熱供給事業であり、町もインフラ整備やチップの長期安定供給などを積極的に支援している。
他地域への応用ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 住宅で地域熱供給由来の熱を使用するか否かは自由選択である。 ➤ 公共施設、民間施設の種別に応じた課金方法。

2.3.3. 山形県最上町

■ まちづくりと併せた地域熱供給事業

項目	内容
事業主体	最上町
経緯	最上町が主体となり森林所有者、森林組合、もがみ Wood Station、研究機関、町民及び産業界で構成される実施体制を整えた（住民や民間事業体を巻き込んだ一貫したエネルギー利活用事業）。
背景	昭和 50 年前後に造林が一斉に行われたが、材価格の低迷等で森林整備が困難となり、使用できない C・D 材率が約 90%を占めていた。この C・D 材を燃料とした地域熱供給事業への取り組みを行っている。
目的	間伐材のエネルギー利用による地域熱供給事業
エネルギー利用用途	住宅、民間施設への給湯、冷房、暖房及び融雪
木質バイオマス燃料	切削チップ、ペレット、薪
スキーム	燃料用材及び燃料製造は民間事業者が行う。熱エネルギー供給は段階的に 3 つのエリア（第一エリア；町の医療施設、園芸ハウス、給食センター、民間老人ホーム、第二エリア；町の子育て施設、第三エリア；町のモデル住宅、集合住宅）にチップボイラー、薪ボイラー及びペレットボイラーを導入し、熱供給を行っている。
成果	<ul style="list-style-type: none"> ✓ チップとして利用された分の間伐面積 217ha(2008～2012 年) ✓ 年間 500 人のツアー参加者来訪 ✓ 5 名の雇用創出（森林整備 2 名、チップ製造 3 名） ✓ 第一エリア（ウェルネスプラザ）の CO₂ 削減量は 887.6 t-CO₂（従来に比較して 50.2%削減）
関係事業者と取組内容	<p>＜川上・川中：燃料用材の供給、燃料製造・運搬＞</p> <p>川上及び川中の実施主体は、（株）もがみ木質エネルギーである。</p> <p>＜川下：地域熱供給事業＞</p> <p>チップボイラーは（シュミット社製、ETA 社製）である。第一エリアに 550kW、700kW、900kW の 3 基。第二エリアに 189kW、第三エリアにチップボイラー90kW、ペレットボイラー90kW 及び薪ボイラー60kW を導入している。</p>
先進的取組	材の安定調達のため国有林との共用林野契約締結
他地域への応用ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 山主に資金負担がない森林整備方法（木質バイオマス導入による化石燃料削減分を受益者負担金に充てる） ➢ 段階的に地域熱供給事業を拡大した。 ➢ チップ調達費は町からチップ供給事業者へ委託費として年間払い。

2.3.4. 石川県小松市（コマツ粟津工場）

■ 民間事業者による工場での熱電併給事業

項目	内容
事業主体	コマツ
経緯	平成 26 年に石川県、石川県森林組合連合会、コマツの三者で「林業に関する包括連携協定」を締結した。
背景	第一次産業の衰退により森林・里山の荒廃、人口の漸減等の問題が顕在化しており、こうした課題解決のための取り組みを行っている。
目的	コマツ粟津工場内の省エネルギー化
エネルギー利用用途	食堂の給湯、シャワーの温水利用及び工場内の冷暖房利用
木質バイオマス燃料	切削チップ
スキーム	燃料用材及び燃料の製造・供給は森林組合が行う。発電及び熱供給はコマツ自社内に導入されたボイラー及び発電機により行う。
成果	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 木質バイオマス利用及び地元材を活用した食堂等の建設 ✓ 工場の省エネ化の実現 ✓ 若者の雇用増加
関係事業者と取組内容	<p><川上、川中：燃料用材供給及び燃料製造・運搬></p> <p>川上・川中の主体は、かが森林組合で、チップ製造は那谷町にある那谷工場で行う。年間 7,000 t のチップ生産を目標としている。現状は年間 3,000 t である。</p> <p><川下：工場内での熱電併給事業></p> <p>コマツ粟津工場内に温水ボイラーと蒸気ボイラーを導入している。ボイラーシステムの設計はコマツが実施した。温水ボイラーは、110kW（コマツ社製）で食堂等に給湯している。蒸気ボイラーは、3,200kW（800kW×4 基）（コマツ社製）で圧縮空気、発電及び冷暖房に利用している。</p>
先進的取組	<p>ボイラーシステムの設計を需要先であるコマツが行った。</p> <p>チップの価格設定は、コマツが原料調達コスト等の原価計算を行い、石川県が第三者として検証を行った。</p>
他地域への応用ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 川下側であるコマツと川上側の森林組合と協議し、地域の資源量を考慮した規模のボイラーシステムの導入を実施した。 ➢ 第三者によるバックアップ体制の構築（森林組合から燃料用材が供給できなくなった場合、石川県が協力して県有林から供給する仕組みとした）。

2.3.5. 岡山県真庭市

■ 地域全体で取り組む木質バイオマス事業

項目	内容
事業主体	真庭市他（木質資源安定供給協議会、真庭森林組合、木材市場、真庭バイオマス発電、地域製材業者、地域素材生産業者等）
経緯	平成5年に地域の若手が地域産業政策の専門家やシンクタンク等の研究者を招いた自主研究会である「21世紀の真庭塾」を立ち上げ、木質バイオマスの有効利用を検討し、地域づくりのビジョンを明確化し、共有している。その後、目的や状況に応じて地域内で協議会や検討組織が発足され、段階的に事業が展開されている。
背景	地域コミュニティの活性化や地元産業の振興
目的	「木を使い切る」ことを念頭に置き、林地残材等の未利用材及び製材工場からの端材、産業廃棄物の利用を目的とした。
エネルギー利用用途	地域全体への電力供給、家庭用ストーブ、工場等による熱利用
木質バイオマス燃料	ペレット、破砕チップ、薪（ストーブ用）
スキーム	燃料用材は、素材生産業者、森林組合、製材業者及び個人等により、真庭バイオマス集積基地に供給される。燃料製造・運搬は木材事業協同組合が実施している。熱供給の一例として、真庭市役所に導入された温水・温風ボイラーでの冷暖房（その他導入設備複数あり）利用がある。電力利用の主な例として、発電所に設置された蒸気ボイラーによる大規模発電である。
成果	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 木質バイオマスエネルギー施設導入事例は、発電用蒸気ボイラー2基、熱利用蒸気ボイラー10基、温水ボイラー15基、ペレットストーブ・薪ストーブが約190基と多数の導入実績。 ✓ 発電所での木質バイオマス利用量は、年間約11万tで、約6割は未利用材である。 ✓ 所有者へのメリットとして、未利用材でトンあたり500円の利益が還元される仕組みを構築した。 ✓ 平成18年から木質バイオマスの取組みをツアーとして学ぶ産業観光「バイオマスツアー真庭」を開催し、平成28年10月で延べ参加者数2万人を超えた。平成27年度は約3,000名が参加した。 ✓ 発電所で15名、燃料収集・供給で約30名の雇用を創出した。
関係事業者と取組内容	<p><川上：燃料用材の供給></p> <p>実施主体は素材業者、森林組合、個人で行っており、木質資源安定協議会が一元管理している。情報カードによる材のトレーサビリティを導入</p>

	<p>し、木質資源の安定供給に努めている。また、GIS や IT 情報を活用し、森林整備情報を管理している。</p> <p>＜川中：燃料製造・運搬＞</p> <p>実施主体は木材事業協同組合で、燃料用材の集積及び燃料の製造を行っている。</p> <p>＜川下：主な電力利用例＞</p> <p>実施主体は真庭バイオマス発電（株）で、10,000 kW の蒸気ボイラー（タクマ社製）を導入している。木質バイオマス使用量は年間 11 万 t。</p> <p>＜川下：主な熱利用例＞</p> <p>実施主体は真庭市役所である。市役所では 450 kW のペレットボイラーと 550 kW のチップボイラー（両方ともシュミット社製）を導入し、冷暖房のための熱供給を行っている。燃料は破碎チップとペレットで 2：1（重量ベース）の配分で投入しており、年間使用量はそれぞれ 300 t と 100 t になる。</p>
<p>先進的な取組み</p>	<p>集積基地の設置（土場の整備と未利用資源買取りの仕組み構築）。情報の一元化、事務手続きの集約化及び簡素化を行うため、情報カード（QR コードによる管理）を導入し、材の出所や流通量を把握している。</p>
<p>他地域への応用ポイント</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 民間主導による事業可能性の検討、立案、展開 ➤ 地域の企業、団体、行政の関係者が一体となった取組み（燃料規格、燃料価格等の設定、材の集積窓口整備等） ➤ 副産物の有効活用（製材端材、バーク等） ➤ 地域の製材端材の有効利用検討から始まった資源供給の強化、エネルギーの地域内資源・経済循環。



バイオマス集積場



自伐林家から燃料材の持込み



チップボイラー



木質バイオマス発電所

表 2-4 実証地域における成果と課題等

地域	事業主体	目的	成果	課題	課題への対応
釜石	(株) オーテック	商品価値の低い高含水率のバーク(樹皮)やタンコロ(根元部)をエネルギーとして有効活用する技術を確認するとともに、木質バイオマス焼却灰の有害物質が溶出しにくい資源化技術を確認する。	放射能汚染対策として、燃焼灰の人的作業を極力減らす仕組みができた。高台移動時に発生するタンコロ(根元部)や製材工場のバーク(樹皮)といった燃料として不向きな木質資源を受入れ、燃料として利用することで、廃棄物扱いであった木質資源の有効活用につながった。	本事業で開発したボイラーはエネルギー変換効率実績値60%と一般的なボイラーと比べると変換効率が低い。一方、ボイラー能力に比べ、需要規模が小さく、ボイラーの連続運転が難しい。形状が不均一なタンコロは、運搬の手間のほか、ボイラーに投入時の操作性が悪く不均一に投入され、燃焼ムラが生じる。エコレンガは、灰に未燃分が含まれていたこと、原料となる粘土の影響などにより、品質(圧縮強度)に課題が残った。	エネルギー変換効率の向上については、燃焼に必要な空気量を確保できるようにボイラー炉内の改良を図ったり、比較的乾燥している木質資源を混焼したりという工夫を行った。エコレンガの圧縮強度向上に向けて、原料となる粘土の選定、焼成条件の設定等を行っている。
遠野	遠野市	木質バイオマスのサプライチェーンを構築し、木質バイオマス利用量の拡大と、それによる木工団地の収益性改善及び事業量の拡大を図り、成熟した森林資源の地元利用を推進する。	バークや背板を燃料として利用する仕組みが構築された。「ごみを宝に」というバイオマスの本来の在り方を提示し、雪害木や支障木の受け入れ先の創出にもつながった。地域に3名の雇用を創出した(遠野バイオエナジー(株))。	移動式チップパーの森林内での効率的な活用方法、設備導入コストの低減及び効率的な利用のための熱需要施設や業者との合意形成	移動式チップパーの活用については、低質材の搬出・林内におけるチップ化が可能となる作業道、土場等の路網整備が必要であり、大型重機が安全に作業できる規格が求められる。また、利用面では関係者に木質チップボイラーの特徴などを理解していただき、運用にあたる。
いわき・南相馬	(株) ネオナイト	福島県の未利用木質資源をエネルギーとして活用するため、木質バイオマスガス化発電、余熱を利用したバーク除染及び堆肥化を実証する。	放射性セシウムは気体(ガス)化せず固形物に吸着するという挙動が分かり、放射能濃度は除染目標値を達成した。	国内では小規模な木質バイオマスガス化熱電併給システムが確立されていない。ガスエンジンの出力不足により、定格出力に対して一定割合以上の出力を維持した上でのガス化炉の連続運転が達成できず、発電効率が低く留まるといった課題がみられた。副産物(タール・木酢液)の処分費が高コストになる。	運転を行いながら新たな技術開発や設定や施設の改良を行った。ガスエンジンの改造(新規設計、海外技術の採用)及び設備の増強や追加により対応した。
南会津	福島ミドリ安全(株)	南会津地方の森林活用を図るため、木質バイオマスエネルギー活用施設を選定し、エネルギー需要に見合った燃料用材の収集、運搬、加工、流通までのプロセスを演繹的手法で実証する。	温浴施設の熱供給にとどまらず、豪雪地域に有効な融雪対策および停電災害時用として小型のバイナリー発電設備を導入し、木質バイオマスの活用事例として広くPRできた。エネルギー面では1,200万円の燃料費の削減及び880tのCO2削減量を達成した。チップの製造や運搬作業が発生したことで、冬場に雇用が生まれ、3名の通年雇用を創出することができた。	燃料の水分低減対策とボイラー燃焼ガスの排煙、臭気対策が課題である。	水分を低減するため、原木の樹皮剥ぎ取りを手むきで実施して対応した。ただし、効率性の観点から樹皮の剥ぎ取りは恒久的な対策を検討する必要がある。排煙対策としては二次燃焼装置を増設して対応した。
那珂川	(株) 那珂川バイオマス	森林資源のカスケード利用(マテリアル段階)と、熱エネルギーのカスケード利用(エネルギー段階)の「Wカスケード利用」による理想的な地域完結型の資源活用モデルを構築する。	木質バイオマスボイラーの導入により、マテリアル段階では製材端材の新たな需要先として資源の有効活用がなされるようになった。エネルギー面では燃料費の削減及びCO2の排出抑制を達成した。	高含水率(50%-wet)対応のボイラーを導入したが、製材端材由来のチップが当初の予定よりも水分が多く、試運転等で白煙が発生した。	県北木材協同組合那珂川工場で生産されるチップは、生材を挽く製材工程にチップ化工程が組み込まれているため水分が多く含まれていることが多く、トーン本社周辺の工場から水分の少ない燃料を調達し、ブレンドすることで、燃料の性状を安定させた。
山武・長生	千葉大学	都市近郊小規模森林の再生と地域活性化を目指した木質バイオマス流通システムを構築する。	丸太燃料が使用可能な加温器の導入により地域に新たな木質バイオマス需要を創出し、地元NPOや一般社団法人等地域の里山整備に熱心な団体が、低コストな丸太燃料の生産・供給を行うことにより、木質バイオマス流通システムが構築された。丸太加温器の改良を行うとともに一定の熱供給実績を得ることができた。これにより地域に丸太燃料の生産・供給を行う新たな事業者(一般社団法人)が2団体誕生した。	目標価格15円/kgでの丸太燃料供給は、一定の条件のもとで達成されたが、伐倒から配達まで恒常的に目標価格を維持するのは厳しい。丸太加温器は水分が多い燃料ではトラブルが多くなるため、乾燥のためのストックヤードが必要である。燃料コストを低く抑えるためにストックヤードを確保することが課題である。	森林整備事業等で採算性を確保することにより丸太燃料の低コスト化を図っている。ストックヤードについては、敷地に余裕のある加温器ユーザーには、サイト内に燃料用のストックヤードを確保している。また、地域の木の駅との連携により乾燥した燃料用材を確保している。
あわら・坂井・南越前	あわら三国木質バイオマスエネルギー事業協議会	「地域民間事業者による小規模分散型の熱供給事業」を実証し、地域ぐるみで実用化する。併せて、県内・全国・海外や他事業者へ横展開できるモデル化(標準化・マニュアル化)する	地域の各プレイヤーが協力関係を築き、小規模(1000kW以下)の熱利用でESCO事業を実現した。また地域内でボイラーの設置、運転管理を担うことで、木質バイオマス熱利用の全体を把握し、ESCO事業のフランチャイズ化のめどをたてた。	水平展開を行っていくためには、A重油50円/L以下への価格下落などのリスクをどう対処していくかの対策が必要となる。	木質バイオマス利用の普及啓発を図るため新聞やイベント等で積極的にアピールを行った。化石燃料価格の下落に対し、補助金等の公的支援があると民間事業者が参入しやすくなる。
山口県	山口県	竹林の効率的な伐採、搬出、運搬技術と木質バイオマス発電サイトの要求する燃料仕様・規格をクリアする低コスト竹チップ化システムや効率的な竹チップ運搬システムを開発し、竹材の大ロット供給体制を構築することにより、地域のエネルギー作物としての竹の活用を確立する。	本事業期間中では3年間で約2,500tの竹チップを発電所へ供給し、竹チップ価格10,000円/wet-tの実現に向けた竹チップ生産の課題と対策を整理した。木質バイオマス専焼発電所で年間1.7% (短期間の集中試験では最大8.4%)の混焼試験を行い、当初懸念されていたクリンカ等ボイラーへの影響がないことが明らかとなった。	竹林の正確な分布と貯存量の把握、竹チップ専用の機械開発、竹チップの持続的な供給体制、木質バイオマス専焼発電所での長期燃焼試験等が課題である。	竹林情報の精度向上、竹チップ生産コストの削減、竹チップの量の確保と安定供給体制構築に向けた検討を行った。
四万十	四万十町森林組合	町内において新たに整備した木質バイオマス燃料製造施設を中心とした地域資源循環システムを構築するため、四万十町の森林路網密度と素材搬出能力の高さを活かした低コスト運搬システムによる原木調達を図る。また、乾燥おが粉製造を行い町内の次世代施設園芸団地等への安定供給をはじめ、乾燥チップの製造や将来的にはペレット製造の可能性も含めた木質バイオマスエネルギー活用モデルの構築を図る。	次世代施設園芸事業の運用により、90人程度の雇用が創出されるとともに、地元企業の収入が向上し、地域産業の拡大が図られた。新たな木質燃料製造施設整備により、町の施策として自伐林業者育成事業の導入による林家の育成や未利用材の搬入・利活用の拠点となり森林所有者等の森林整備に対する意識の醸成等波及効果につながった	県内の木質バイオマス発電所が稼働した影響により、町内でも低質材の取引価格が上昇し、おが粉燃料を自社で製造するとコスト高となってしまう。	おが粉燃料の供給単価を抑えるため、原材料費が比較的安価となるよう、原木からおが粉を製造せず、町外の製材工場から生おが粉を調達し、乾燥のみ町内で実施している。原材料調達コストの低減を図るため、高知県の事業を活用して原材料の低コスト化を図ることとしている。

表 2-5 実証地域における燃料種別とエネルギー用途等

地域	燃料種別	水分	形状	価格	その他	換算エネルギー単価 (円/MJ)	使用量	エネルギー用途	需要先	木質バイオマス設備出力規模
釜石	タンコロ、パーク、丸太（水分調整用）	パーク最大W.B.60% 丸太W.B.21% 製材端材W.B.17%	—	パーク1,000円/t 間伐材丸太、製材端材 2,300円/t	パーク、タンコロ、丸太 （林地残材）と多岐にわた り、形状や品質（水分量や 灰分量、木部の割合）が不 安定	1.8	16,320t/年 ※1t/h×2基×340日/年 ×24時間/日	熱電併給	しいたけ栽培施設 木材乾燥施設 発電	蒸気ボイラー：3,900kW （1,950kW×2） 発電機：165kW
遠野	温浴施設：切削チップ 木材乾燥：パーク、 チップ	温浴施設：切削チップW.B.30% 水分20 ～40%（チップヤードにて、切削部分、 パーク等を混ぜて均一化） 木工団地：パークW.B.50-60%（パーク利 用率100%の場合）	長いパークが混入すると燃料 の送りに支障。破砕が必要	3,800円/m ³	—	0.4	温浴施設：1,300m ³ /年	熱利用	温浴施設 木工団地	（温浴施設） 温水ボイラー：240kW（120kW×2） （木工団地） 蒸気ボイラー：1,500kW×1
いわき・南相馬	切削チップ	W.B.15%（排熱利用により乾燥）	チップ寸法10mm 角	—	パークを除去したチップ。 福島県産の放射能検査した もの	—	219.2kg/時 （W.B.13.95%） （15kw 連続運転時）	熱電併給	発電 チップ乾燥 パーク洗浄機	発電機：140kW
南会津	切削チップ	カタログ上、水分20～60%W.B. （ただし実証時には水分50%以上で排煙問 題発生。50%W.B未滿を確保）	カタログ上30～100mm	4,500円/m ³	—	2.2	4,384m ³ （実証期間3か月 間）	熱電併給	温浴施設 道路融雪	温水ボイラー：600kW×1、400kW×1 発電機：20kW×1
那珂川	切削チップ	W.B.50%以下	チップの形状に関しては細 かい規格は設けていない	7,000円/t（水分50%W.B. 基準）	—	—	11,000t/年 30t弱/日	熱利用	工場プロセス蒸気 施設園芸ハウス	蒸気ボイラー4,000kW×1
山武・長生	小径丸太	W.B.35%	直径：13～23cm 長さ：50cm 1本あたりの重さが異なる	15円/kg	—	1.0	園芸ハウス（花卉）： 177kg/日 温浴施設（浴槽加温）： 18t/年	熱利用	施設園芸ハウス 温浴施設	温水ボイラー：24～100kW×26
あわら・坂井・南越前	切削チップ	W.B.33%以下（チップ規格M25.26）	—	—	形状は目視検査実施。チッ プ粒径の安定のため、切削 型チップパーヒスクリン を組み合わせたシステムを採 用	1.9	1,900t/年	熱利用	温浴施設	温水ボイラー：200kW×1 温水ボイラー：240kW（120kW×2） 温水ボイラー：600kW（300kW×2）
山口県	竹チップ	W.B.44%（H27年受け入れタケ分析時） 発電所全体での燃料の水分：平均 W.B.38.9%（月1回各サンプルで計測）	50m以下	①竹林オンサイト・チップ 化システム：12,000円/t ②拠点集積・チップ化シス テム：14,000円/t	—	—	1,208t/年（2カ年平均） ※実証で用いた竹チップ分 ※発電所全体では使用燃料 は年間10万t	発電利用	木質バイオマス発電所	発電所：10,000kW
四万十	おが粉	W.B.10%以下	2.5mm以下	36円/kg	おが粉熱量： 4,100kcal/kg	2.1	使用量：1,100t/年	熱利用	次世代施設園芸団地 養鱈場	（次世代施設園芸団地） 温水ボイラー：1,512kW×3 （養鱈場） 温水ボイラー：789kW×1

表 2-6 実証地域における総合的な評価

地域	事業設備の稼働状況	CO2削減量	エネルギー需要の確保	燃料用材の供給体制整備	関係者の合意形成	地域づくりとの連携	他地域への展開ポイント	行政の役割
益石	稼働していない（設備改良後の再稼働を検討中）	【理論値】当初目標の8棟にエネルギーを供給した場合のCO2削減量をシミュレーションすると689 t-CO2/年	新規しいたけ栽培施設	既存廃棄物の利用 燃料供給等は地域協議会を通じて共有化を図った	地域協議会で、徹底した情報開示（地域協議会に地権者代表、市役所の代表者等が出席）。	不明（技術開発要素が強い）	多様な木質燃料の活用 放射能汚染対策	不明（技術開発要素が強い）
遠野	稼働中（木材乾燥施設、温浴施設とも）	220t-CO2/年（水光園）	既存温浴施設 既存木工団地	一部本事業で新規実証 既存廃棄物の利用	熱需要者との木質チップボイラーの導入・運用に関する合意形成に課題があり、木質バイオマスを活用するにあたり、知識の共有が求められることがわかった。	市内公共施設への木質バイオマスボイラー導入調査（平成28年度実施） チップ需要拡大のため、花巻市の発電所にもチップを売ることを検討 地域に雇用を創出（遠野バイオエナジーに3名）	欧州製チップパー及びボイラーの国内導入に関する知見	事業者が遠野市
いわき・南相馬	稼働していない（実証で使用した施設は撤去、福島県内の別の地域で稼働予定）	【理論値】プラントの最大出力125kWで4,000時間年間発電機を稼働させた場合、285.5t-CO2	なし（自家消費）	-	-	不明（技術開発要素が強い）	ガス化発電のノウハウ 放射能汚染対策	特になし
南会津	稼働中（アストリアホテルほか）	880t-CO2（7か月の削減量実測値）	既存温浴施設 新規道路融雪	既存燃料製造施設を活用	-	環境ショーケース型機械室を福島県民交流型再生可能エネルギー導入促進事業補助金にて建設した。	木質バイオマスの利用と環境教育を結びつけた仕組みづくり	協同事業者として南会津町が参画している。
那珂川	稼働中（工場への蒸気供給、農業用利用）	CO2削減量：約6,018t-CO2/年（5ヶ月の実績値から推計） （蒸気利用：約6,000t-CO2、温水利用：約18t-CO2）	既存窯業・土石製品製造工場 新規施設園芸	平成23年、トーセンが那珂川町に工場を新設する際から計画があり、地域事業者と協議していた	関係者には協議会の開催で意見の集約を行い、地域住民等には説明会等を実施。	熱供給施設が稼働した折、施設見学会を行い、生産した野菜の配布を行った 今後、地域で栽培例が少ない作物（マンゴーやコーヒー等）の栽培で、集客を増やし、地域への貢献計画を検討している。	製材端材由来の燃料の活用 複数施設への熱供給事業	事業実施にあたり県庁の理解有り。
山武・長生	26台導入うち、4台は実験及びデモ機のため実質22台、稼働中18台、稼働停止4台（台風被害によるビニールハウス損壊、事業縮小、労力負担増等）	CO2排出削減量は実験機を除く22台の丸太加温器で、合計253.2 t-CO2/年。間伐作業による森林吸収量として、268.2t-CO2/3か年を削減した（実績値）。	地域内既存園芸施設、温浴施設	本事業で新規実証	地域住民を主体とした事業体制構築（年配者が若者をフォローする形で関係性を構築）。プロジェクト側の意向が現場に伝わらない場合や、その逆もあった。コミュニケーションの相互理解のために、事業開始2年目から地域会議を始め双方の考え方を共有した。	事業内で設立した地域団体によるイベントの企画、森林資源に関する製品の販売。地域NPO団体による伐採した後の森林を有効利用した観光事業。	丸太燃料のサプライチェーンの構築	特になし。大学とNPO等の連携でサプライチェーンを構築
あわら・坂井・南越前	稼働中（3箇所すべて稼働中）	2施設でのボイラー稼働実績 ・グランドシア芳泉：231t-CO2 ・三国観光ホテル：41t-CO2	既存温浴施設	既存燃料製造施設を活用	顔の見える関係性構築、最終的には出資による利害関係者化、イベントおよび新聞記事による地域市民への浸透を通じた推進風土醸成。協議会総会（年3回）、地域づくりマーケティング作業班ほか6つの作業班会議（月1回）、事業継承検討委員会（月1回）	温泉旅館施設へのESCO提案（研究中） （普及啓発への取組みとして）シンポジウム、もりもりフェスタ、地域環境団体からの活動公募によるイベント委託、新聞記事、自治体環境フェアへの出展等	熱供給事業のビジネスモデル	行政は協議会メンバーに入っているが、民間主導型である。
山口県	稼働中（竹の未利用認定が得られたので伐採を再開）	1,885t-CO2（3か年の実績値）	既存バイオマス発電所	本事業で新規実証	行政主導により関係者間の合意形成がなされている。	-	竹チップを低コストで生産するための竹林条件と作業条件	県が事業者となり、行政主導で竹をエネルギー用途として活用する実証を行った。 低コストで竹チップを生産するための様々なデータが蓄積された
四万十	稼働中（次世代施設園芸、養鱈場）	【理論値】2,363t-CO2/年（次世代施設はH28冬より稼働のため、計画時の試算値）	新規次世代施設園芸団地 新規養鱈場	計画変更により既存流通を利用	地域協議会を設立し、関係者を含めて一体的に事業に取り組む体制を構築した。事務局案をもとに実証試験を行い、事業に取り組んだ。	地域に新たな産業創出、雇用創出（約90名）	おが粉ボイラーの知見	共同事業者として四万十町が参画している。 県の事業によりおが粉ボイラーが選定された。

3. 木質バイオマスエネルギー活用のポイント

3.1. 木質バイオマスエネルギーの用途

木質バイオマスは、エネルギー変換することで熱や電力を得ることができる。これらの熱と電力を同時に利用する場合を熱電併給という。

燃料種別により、活用可能な用途とそのエネルギー利用の規模が異なる。主な燃料種別ごとの利用用途対象と規模（エネルギー出力）を図 3-1、木質バイオマスエネルギーの主な利用用途は表 3-1 のとおりである。

なお、エネルギー設備の技術開発は日々進んでいることから、利用規模や利用可能な用途は今後変わっていく可能性がある。

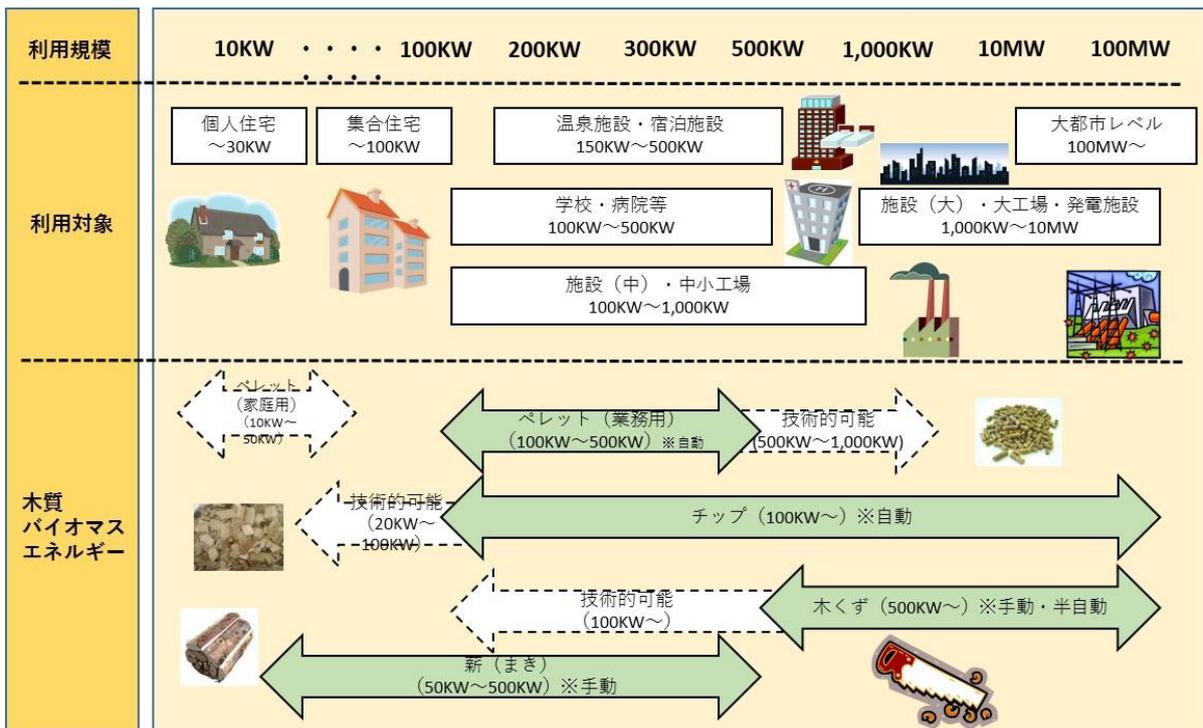


図 3-1 燃料種別ごとの用途と規模

出典) 「木質バイオマスに関する基礎知識とボイラー導入に関する留意点」
熊本県南広域本部八代地域振興局を一部改変

表 3-1 木質バイオマスエネルギーの主な利用用途

利用形態	利用用途
熱利用	温浴施設
	施設園芸
	きのこ栽培
	養鰻場
	木材加工施設
	工場用蒸気
発電利用	木質バイオマス発電所
	石炭火力発電所（混焼）



チップボイラー



木質バイオマス発電所

3.1.1. 熱利用

木質バイオマス燃料（チップ、ペレット等）を燃焼させることにより、その燃焼熱を直接的に利用する利用形態。

エネルギー利用効率（燃料が持つ総エネルギー量に対して、利用することのできるエネルギー量）は、およそ80~90%と高く、最も有効に利用できる活用手段である。

- 輻射熱・対流熱利用

主にストーブ利用。輻射熱のみを得るタイプと、温風を発生させることにより空気の対流熱を得るタイプがある。

- 温水利用

燃焼熱を水に熱交換し、得られた温水を給湯、暖房等に利用する。

- 蒸気利用

燃焼熱で水を沸騰させ、得られた蒸気の形で熱利用する。主に工場等のプロセス蒸気として用いられる。



しいたけ栽培（下川町）



施設園芸（マンゴー）（那珂川地域）



施設園芸（シクラメン）（山武・長生地域）



養鰻場（四万十地域）

3.1.2. 発電利用

燃焼熱のエネルギー変換によりタービンやエンジン等による発電を行う方法。発電の技術やその規模にもよるが、エネルギー利用効率は高く30%程度、低ければ5%にも満たない。

電気のみでの利用ではエネルギー利用効率が低く、経済的にも採算がとりにくいため、同時に発生する熱（排熱等）を利用することが重要である。

熱も十分利用することができれば、電気と熱を合わせた総合エネルギー効率は、80%程度まで高めることが可能である。

ただし、発電の排熱の場合、熱の品質が制限される場合があるので注意が必要である。

(1) 主な発電方式

実用段階にある主な発電方式として、蒸気タービンによる発電、ORC（オーガニックランキンサイクルシステム）による発電、ガス化発電システムがある。

これら発電方式による発電出力規模と利用用途、得られるエネルギー（熱の性状、温度）を図3-2に示す。



図 3-2 発電方式別の出力等導入規模、利用用途、得られるエネルギー

出典) (株) バイオマスアグリゲーション

① 蒸気タービン

燃料をボイラーで燃やして高温高圧の水蒸気を作り、その蒸気で蒸気タービンと発電機を駆動させる発電方式である。世界の火力発電所で採用されており、技術的に確立している。

規模によって発電コストの落差が激しく、規模とコストは反比例する。発電コストを構成する主なコスト要素は、木質バイオマス燃料費、運転費、資本費であり、中でも燃料費が占める割合が高い。発電規模が小さくなるほど、燃料費の割合が高くなり、発電コストへの影響が大きくなる。

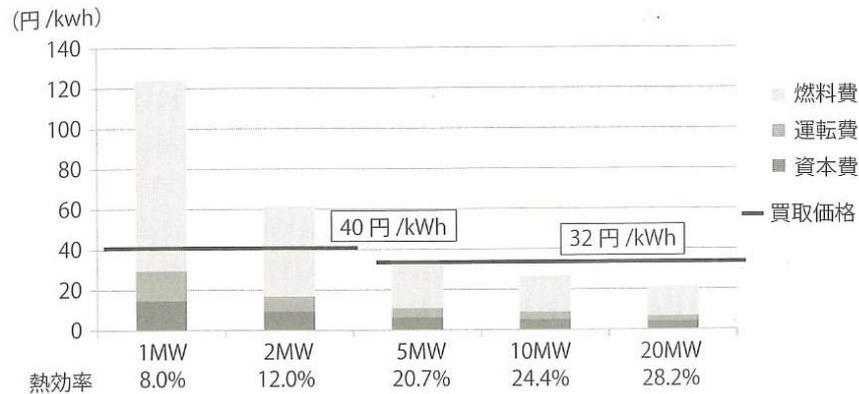


図 3-3 蒸気タービン発電での発電規模別の発電コストとコスト内訳

出典) 熊崎 実「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」

蒸気タービン方式は、小規模になると発電効率が大幅に低下する。そのため電力利用のみを考える場合は一般的に大規模（2MW 以上）でないと採算が合わないとされている。

本方式を小規模事業で採用する場合には、排熱利用による熱電併給を行い、利用率を向上させることが重要である。ただし排熱の量は相当になることから、適当な熱の出口確保が必要となる

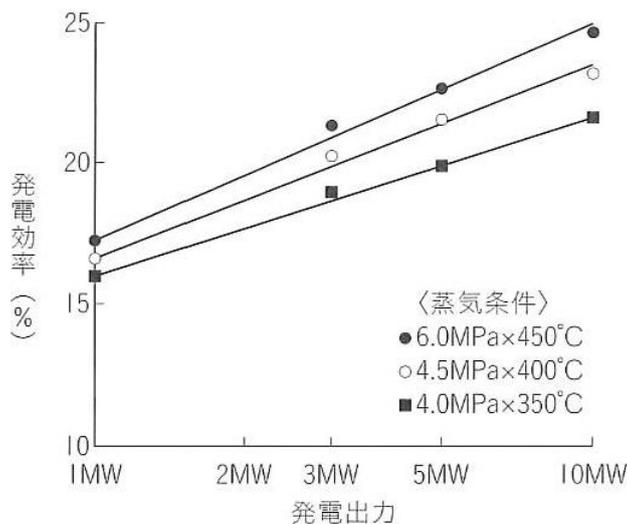


図 3-4 発電規模（放射熱損失）がボイラー効率に及ぼす影響

出典) 西山明雄「木質バイオマスで電気をつくる②」季刊「木質エネルギー」（2004 年夏号）

② ORC（オーガニックランキンサイクルシステム）

蒸気タービンと同様にボイラーと蒸気タービンで構成される方式だが、作業媒体として水の代わりに有機媒体による蒸気で発電を行う。

作業媒体の種類や発電の方式によって、いくつかのタイプが見られるが、小規模出力でも発電効率が高く、また発生する熱を回収するシステムが整備されていることから、熱電をあわせただ場合のエネルギー効率が低い。

また、蒸気タービンほど圧力、温度が高くないため安全であり、機械への負荷も少ない。

排熱は 80～90℃の温水の状態、発電出力の4倍程度の規模で発生する。この熱需要量は規模的には数千世帯分の地域熱供給、あるいは大型工場の熱源に用いられる規模感であることから、熱需要の確保が重要なポイントとなる。

本方式は、欧州で地域熱供給事業等に採用されており、豊富な実績を有している。我が国で導入する場合は、電気事業法への適合対応が必要である。具体的にはハード面では同法の技術基準に対応するための設備設計、及び製作によるイニシャルコストの増大、ソフト面（運用）においては、有資格者の専任と設備の常時監視が必要となり、人件費負担が大きい。

本方式の導入に際しては、熱需要先の確保と法規制への対応を含めた活用モデルの検討が必要である。

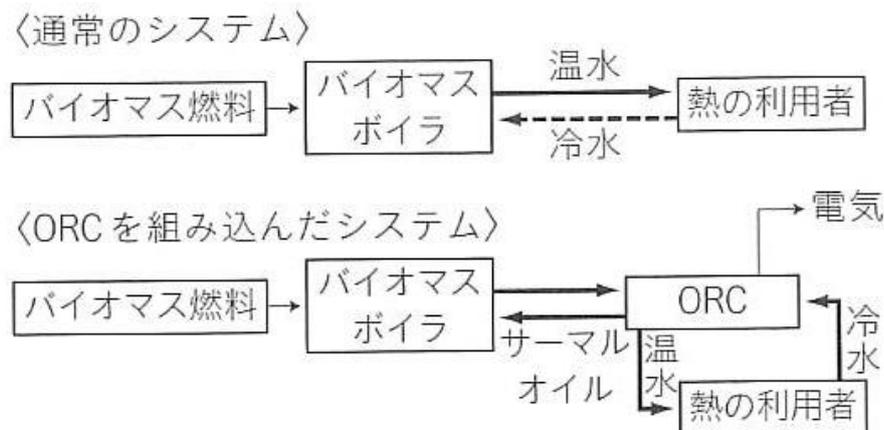


図 3-5 ORC を組み込んだ地域熱供給システム

出典) 熊崎実、沢辺攻編著「木質資源とことん活用読本、バイオマス発電の技術動向と事業性評価」

③ ガス化発電システム

木質ペレットまたは水分 15%以下のチップをガス化炉で可燃性のガスを発生させ、これをガスエンジンやガスタービンの燃料にして発電を行うシステムである。

他の発電方式と比較して、とくに小規模においても比較的高い発電効率を得られ、排熱の温度が高いため、熱回収を容易に行える特徴を持つ。

本方式は、熱需要を確保しにくい大規模システムとは異なり、小規模であれば熱需要の確保が比較的容易であることから、投入エネルギーに対する総合効率を上げやすい。

これまで様々なタイプが提案されてきており、我が国でも技術開発が進められているが、商用機としての長時間の連続稼働運転実績を持つに至っていない。

そのため、我が国で実際に稼働している小規模ガス化発電システムの事例は、いずれも海外において開発され、実績のあるガス化炉が採用されている。

技術的な大きな課題は、可燃性ガスに含まれるタールの発生抑制とタールの除去となっている。タールは常温においてたいへん粘性の高い液状物質で、これが粉塵と混じって配管中に溜まって配管を閉塞させたり、弁に固着して開閉を妨げる等、正常な運転の障害となる。

タールの発生抑制のためには、ガス化炉内の酸化部を高温に維持しながら、ガス化炉内の様相を安定化させる必要があり、これはチップ燃料の質によって大きく左右される。燃料の質とは、燃料の水分を低く保つこと及びチップの形状を均質にすることである。

ガス化炉の性能を維持するための高品質なチップを安定的に提供するためには、これを可能とするシステムを組む必要がある。例えば水分を下げるためには、一定期間での丸太状態での天然乾燥や樹皮の取り除き、舗装されたストックヤードの整備が必要になり、チップ状態での乾燥には、排熱による強制乾燥等設備の整備が必要になる。このように高品質の燃料を安定的に提供できるシステムを準備する点に留意する必要がある。

500kWクラスの小型木質バイオマス発電の場合、ガス化炉はダウンドラフト（並行流）固定床炉、発電機関はエンジン発電機とする組み合わせが最もポピュラーな方式である。これはダウンドラフト（並行流）が、原理的にタール発生濃度を低くできること、及びエンジン発電機が比較的 low コストで効率も高いことに起因する。

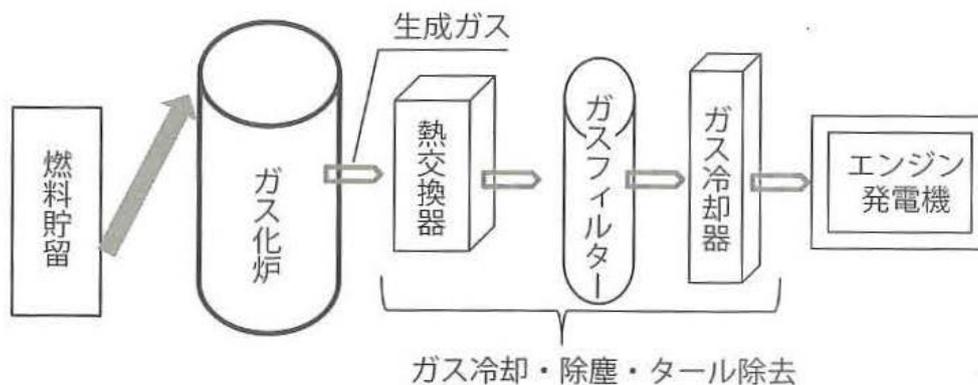


図 3-6 ガス化発電システム構成

出典) 熊崎 実「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」

【コラム】

小型ガス化発電の主な採用技術、導入実績

日本国内で取扱いがあり、かつ稼働実績がある固定床ガス化—エンジン発電方式のものについて概要を紹介する。同じようなタイプの発電方式であっても、水分や形状等求められる燃料の条件が異なることに留意が必要である（※はカタログ値より試算した数値）。

表 3-2 固定床ガス化・エンジン発電方式（国内で取扱いがあり稼働実績があるもの）

プラントメーカー	Spanner（ドイツ）	Volter（フィンランド）	Burkhardt（ドイツ）	URBUS（オーストリア）	
国内取扱者	Spanner 株式会社 （エコライフラボ）	Volter Japan 株式会社	三洋貿易株式会社	株式会社コーレンス	
実績	海外：約 500 台 国内：2 カ所（福島県、群馬県）	海外：10 台程度（フィンランド、オーストラリア、イギリス等） 国内：2 カ所（秋田県、宮崎県）	海外：ドイツ中心に約 140 台 国内：2 カ所（群馬県上野村、宮崎県串間市（建設中））	海外：オーストリアを中心に 10 台程度 国内：1 カ所（徳島県（建設中））	
ガス化炉形式	ダウンドラフト（並行流） 固定床炉	ダウンドラフト（並行流） 固定床炉	アップドラフト（並行流） 固定床炉（還元領域が流動層）	ダウンドラフト（並行流）固定床炉	
出力	発電出力	30 または 45 kW	40 kW	180 kW	250 kW
	熱出力（チップ乾燥用熱量含む）	73 kW（発電 30 kW 時） 108 kW（発電 45 kW 時）	100 kW	270 kW	550 kW
効率	発電効率	約 22%*	22%	29.9%	30.9%（最大）
	熱出力効率	約 52%*	55%	44.9%	61.9%（最大）
	総合効率	約 74%*	77%	74.8%	92.8%（最大）
燃料の制約条件	種類と形状	切削チップ	切削チップ	木質ペレット	切削チップ
	主な燃料サイズ要件	欧州規格 EN PlusG30 相当：長さ 30~40mm、4mm 以下 30% 未満	長さ 16~50mm が 80%以上、3.2mm 以下 2%未満	欧州規格 EN Plus クラス A1 相当：直径：6~8mm、長さ 3.15~40mm、その他灰分 0.7%以下等	欧州規格 EN PlusG100 相当：長さ最大 150mm、20mm 以下 5% 未満
	ガス化炉投入時水分条件	13%以下	18%以下（推奨 15%以下）	EN Plus クラス A1：10%以下	8~15%
備考	コンテナ利用の乾燥機も併せて提案されている。	利用チップによる試験運転が可能。	エンジンは、ディーゼル機関とオートー機関選択が可。（ディーゼル機関の場合、ディーゼル燃料 3~5L/h が必要）。	国内で流通していないチップなので、チップの選定も必要。	

3.2. 木質バイオマスの特徴

✓ 地域での成果等関連事例

低質材の活用～釜石地域、遠野地域～

木質バイオマスの利用における特徴としてカスケード利用の原則があり、より上位の利用用途で最大限利用した残りの部分やリサイクル・再資源化によって利用されるべきとされている。

釜石地域は、カスケード利用の原則に基づき、被災地の復興支援として、高台移転工事の際に発生するバークや伐根等の低質材を燃料とした実証に取り組んだ。本事業では複数の燃料を用いるため、燃料は種類ごと（バーク、タンコロ、林地残材）に分類し、これら燃料の加工処理工程を省くため、タンコロ等をそのまま投入できるボイラーを設計する等の工夫がなされた。

しかし、これら低質材は材の形状や水分等の品質にばらつきが多く、1回あたりに運搬できる材の数が限られ、燃焼条件が安定しない等の課題が見られた。そのため、水分調整用に丸太を混焼している。

遠野地域も、木工団地から発生する端材やバークの活用を進めているが、水分調整のため低質材とチップを混焼させ、適切な形状や水分への調整を図る必要があった。廃棄物扱いされていた端材やバーク等の利用は、木質バイオマス活用という点で期待されるが、小規模な熱源設備では受け入れにくく、結果として大型のボイラーが必要となる場合もある。

これらのことから、使いにくい低質材を木質バイオマスとして活用する意義と、その性状の持つ問題点をよく把握し導入を行う必要がある。

3.2.1. 木質バイオマス活用における基本事項

木質バイオマス活用の基本事項として、ハイブリッド利用、カスケード利用、地産地消の原則がある。それぞれの基本的な考え方を以下に示す。

✓ ハイブリッド利用の原則

通常、エネルギーの需要量は、利用する人間の活動によって時間的に変動するため、年変動や日変動がある。木質バイオマスエネルギー活用において第一に検討すべき熱利用は、電気と異なり特定の施設内での需要の変動に対して、その施設におけるエネルギー機器の運用で対応しなくてはならない（地域熱供給のような広域的熱供給を行う場合を除く）。化石燃料を使うボイラーは、細かな出力制御や ON-OFF 制御が可能であるため、見込まれる最大の瞬間的熱負荷（ピーク負荷）にボイラーの出力を（単体または複数台で）合わせて導入されている。

しかし、木質バイオマス燃料はその性質上、細かな制御が難しい。

また、設備が高額であるため、頻度の高くないピーク負荷に設備の出力を合わせると設備の稼働率を下げることになり収支の悪化につながる。したがって、木質バイオマス利用機器はできるだけ定格出力で長時間稼働できるよう、ピーク負荷に対しては低めに出力規模を設定するのが基本であり、対応できないピーク負荷は、化石燃料ボイラー等を併用することで対応する（図 3-7）。このような木質バイオマスと化石燃料の併用をハイブリッド利用と呼んでいる。

なお、ピーク負荷対応は、ボイラー2 台体制での使用や大きめの蓄熱槽を導入することでも対応可能である。

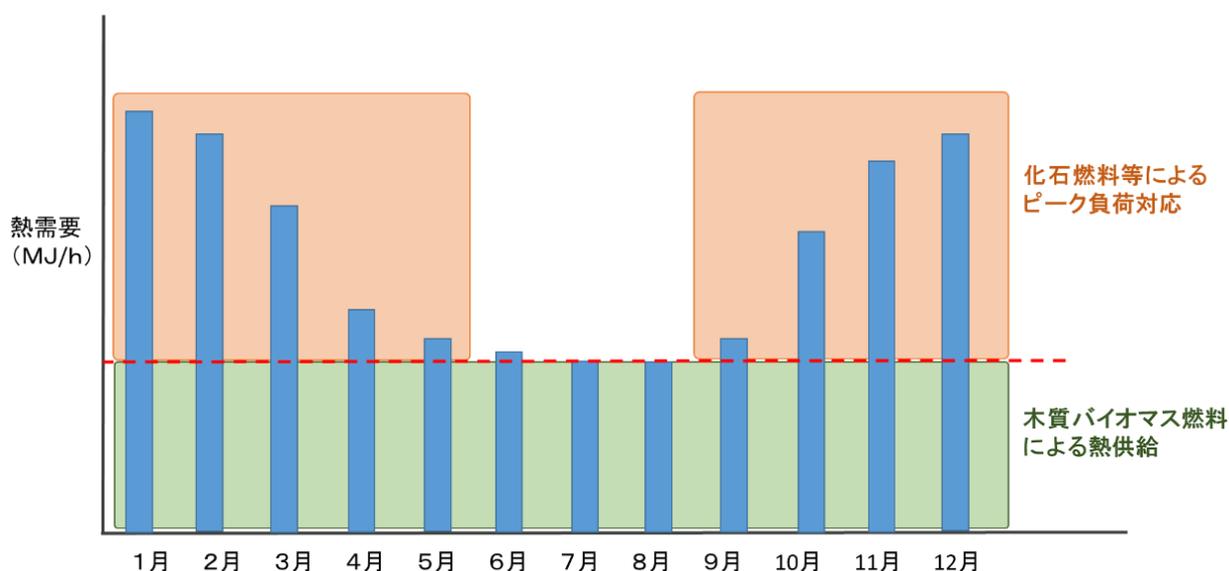


図 3-7 ベース負荷とピーク負荷のイメージ

✓ カスケード利用の原則

木質バイオマスは、付加価値の順番においては下位に位置づけられるため、より上位の利用用途で最大限利用した残りの部分、またはそれらのリサイクル・再資源化によって利用されるべきである。木材はその部位や形質により非常に多様な利用用途がある。その価値を最大化するためには、価値の高い用途から順番に利用することが基本である（図 3-8）。

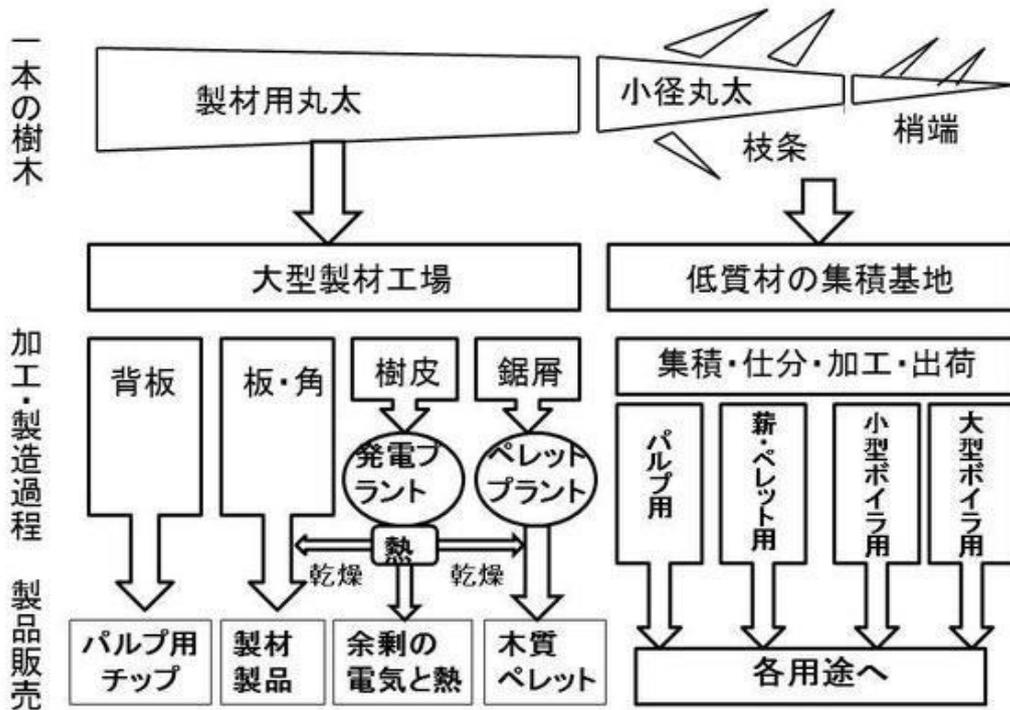


図 3-8 森林から伐り出される樹木のカスケード利用の概念

出典) 一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会 HP

✓ 地産地消の原則

木質バイオマスは、基本的にはエネルギー密度が低く、その取引価格に対して体積がかさばる。そのため、運賃負担力*が低く、長距離輸送には向かない。地域に広く分散している資源であるという利点を生かす意味でも、輸送距離は極力短くして地域で地産地消を図ることが望ましい。

※運賃負担力

その商品に対して幾らまで物流費を負担できるか、その価格範囲の大きさを指す。商品の生産コスト(商品価値)との比較における運賃の上乗せ可能コストともいえる。

表 3-3 燃料のエネルギー密度

燃料	高発熱量 (GJ/トン)	かさ密度 (トン/㎡)	エネルギー密度 (GJ/㎡)	石油1㎡と等価な 熱量を貯蔵できる 容積 (㎡)
プレーナー屑 (M = 10%)	19	0.10	1.9	19.5
製材鋸屑 (M = 50%)	10	0.23	2.3	16.1
針葉樹チップ(生) (M = 50%)	10	0.25	2.5	14.9
針葉樹チップ (M = 30%)	15	0.18	2.7	13.8
建築廃材チップ (M = 25%)	16	0.20	3.2	11.6
薪 (M = 15%)	18	0.35	6.3	5.9
木質ペレット (M = 8%)	19	0.65	12.4	3.0
石炭	27	1.00	27.0	1.4
石油	47	0.79	37.1	1.0

出典) 熊崎実 沢辺攻 編著 木質資源とことん活用読本 (2013年) より作成

✓ その他の基本的事項

(1) 材積と重量

木質バイオマスの単位は、材積単位（立方メートル（m³）と重量単位（トン（t）やキログラム（kg））が混在する場合がある。通常、川上で生産された燃料用材は、材積単位で取り扱われ、川中でチップ等に加工作されると、重量単位で取り扱われることが多い。そのため地域により、変換係数により換算して対応している。

また、燃料であるチップ等の品質規格は、エネルギー量やボイラーの適合規格に影響してくるため、水分が重要視される。燃料に含まれる水分により、重量が変わってくることに注意しなくてはならない。

木質バイオマスの活用を考えた場合、水分の割合を考慮したうえで、燃料用材の段階からチップ等の段階まで一貫して重量単位で取り扱うのが合理的である。ただし、重量を計測する設備（秤）が必要になる等状況に応じた対応が必要である。いずれにしても関係者間で取扱いの合意形成を図り、誤解のない取引体制を整備しておくことが重要である。

(2) トレーサビリティの担保

木質バイオマス燃料の品質や安全性、またはその原料となる木材の伐採の合法性を確保するうえで、トレーサビリティを確かなものにすることは重要である。もし木質バイオマスの原料となる木材が違法伐採によるものであれば、それを利用する側もその社会的責任を免れることはできない。現在、厳密な意味でトレーサビリティを担保するには「森林認証[※]」を得て流通の各段階でこれを証明するしかないが、森林認証が全面的に普及していない現状においては、少なくとも利用する木質バイオマスがどこで製造されたものなのか、原料の出所はどこなのか、どこで誰が伐採したものが使われているのかは必要な時に把握できるようにしておきたい。

※森林認証

森林認証・ラベリングは、独立した第三者機関が一定の基準等を基に、適切な森林経営や持続可能な森林経営が行われている森林または経営組織等を認証し、それらの森林から生産された木材・木材製品へラベルを貼り付けることにより、消費者の選択的な購買を通じて、持続可能な森林経営を支援する取り組み。

出典) 林野庁 HP

(3) 持続可能性の担保

トレーサビリティとも関連するが、原料が違法とまではいなくても、皆伐後の再生林を放棄していたり、生態系や水土保持に悪影響のある方法によるもの等であれば、それは持続可能な木材利用とは言い難い。木質バイオマスが再生可能エネルギーとして位置づけられるには、森林の持続的な伐採と更新のサイクルがあることが大前提である。したがって利用する木質バイオマス燃料が持続可能な方法によって得られたものかどうか、利用者は常にこれを担保する責任がある。

3.2.2. 木質バイオマスの性状

(1) 化石燃料との違い

① 品質の確保

木質バイオマス燃料の品質において重要なのは、水分と形状である。水分は燃料の発熱量に大きく影響する。水分が高いと燃料の燃焼熱がその水を蒸発させることに使われてしまうため、実際に得られる熱量（低位発熱量）が低くなってしまう。

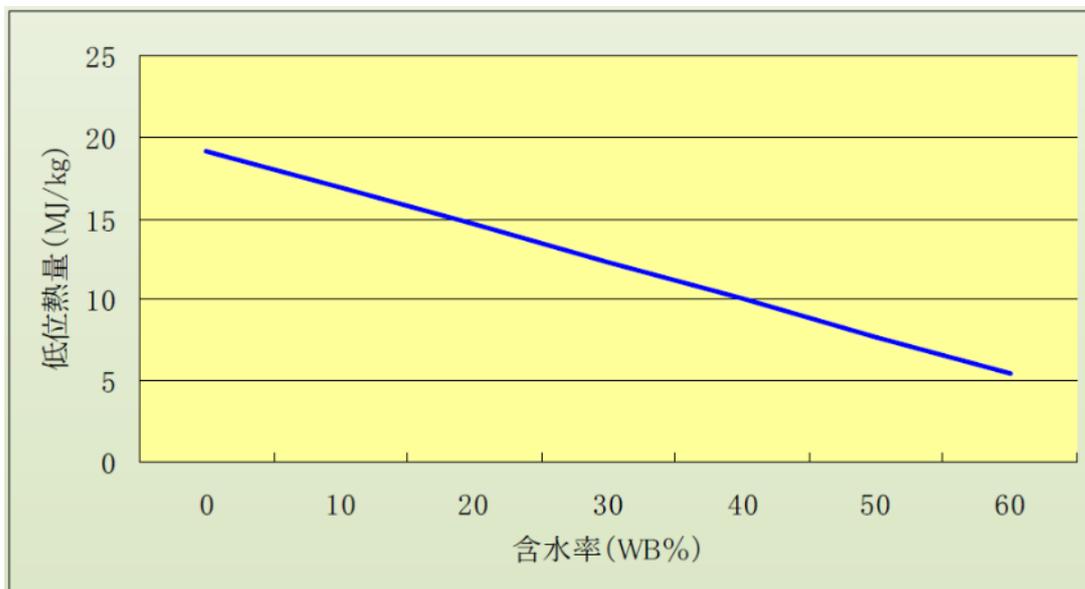
また、燃焼機器によっては仕様に定められた水分より高い燃料ではうまく燃焼できない、定格出力が得られない等の不具合の原因になることがあり、燃料の水分管理は非常に重要である。

形状は、とくにチップを利用する際には重要で、これも燃焼機器または燃焼部への搬送機器の仕様に適合していないと、燃焼不具合や搬送過程における詰まり等のトラブルの原因となる。

また、破砕チップはそれ自体がブリッジングという詰まり状態を引き起こしやすいため、搬送機器にはトラブルを防ぐ工夫が必要である。

ペレットは、ある程度形状が揃っているのほとんど問題にはならないが、一定以上の長尺・短尺の混入や機械的耐久性が弱く粉が多くなると、燃焼に不具合をきたす恐れがある。

薪の形状も問題になることは少ないが、ボイラーやストーブによって投入できる長さが異なるため注意が必要である。



※表内「含水率」は本書での水分を指す。

図 3-9 水分と低位発熱量の関係

出典) 東京都環境局「木質バイオマスエネルギー活用キホンのキ」

木質バイオマスの利用が進んでいる欧州等では、品質を均一にするための規格整備が進んでいる。チップとペレットの品質規格について述べる。

● 木質チップの品質規格

欧州では燃料用チップの規格が整備されており（EN 規格）、チップの原料の出所や形状等の内容によってクラス分けがなされている。規格で規定されているチップの主な仕様（パラメーター）を以下に示す。

<p>○規範項目 (normative specifications)</p> <ul style="list-style-type: none">・出所 (A1、A2、B1、B2)・寸法 (P16/P31.5/p45/p63/p100、単位mm)・水分 (M20/M25/M30/M40/M55/M65、単位%)・灰分 (A0.7/A1.5/A3.0/A.6.0/A10.0、単位%) <p>○情報項目 (informative specifications)</p> <ul style="list-style-type: none">・低位発熱量(LHV) MJ/kgまたはkWh/m³-loose・かさ密度 kg/m³-loose・塩素濃度 (Cl0.03/Cl0.07/Cl0.10/Cl0.10+、単位%)・窒素* (N0.5/N1.0/N3.0/N3.0+、単位%) <p>* 化学処理のあるチップであれば規範項目になる。</p>
--

図 3-10 木質チップの EN 規格 CEN/TC335

出典) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会

我が国では一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会と全国木材資源リサイクル協会連合会により 2011 年に「燃料用木質チップの品質規格」がとりまとめられている。

従来、燃料の品質と燃焼機器の機能とがマッチしないために生じていた課題を解決し、より木質チップの普及につなげることを目的にチップの原料、形状、大きさ、水分等の基準が設けられている。品質基準に定める「Class1」～「Class4」に、燃料チップの生産や販売に関する指針が示されており、燃焼機側でも燃料チップの選択や燃焼機的设计・販売に関する適正な指針が得られる内容とされている。

モデル地域づくり実証事業のあわら・坂井・南越前地域でもこの「燃料用木質チップの品質規格」に基づき品質（水分、原料、寸法等）の確認がなされており、品質を達成するための乾燥期間の予測式等の作成が試みられている。

表 3-4 ボイラーの出力規模に対応した仕様と要求されるチップ品質

ボイラーの出力規模*		< 250kW	250kW ~ 1MW	> 1MW
ボイラー仕様	搬送装置	スクリュー	スクリュー/ プッシャー	プッシャーベル トコンベアー
	除塵装置	なし	なし/あり	あり
	生チップ対応	なし	なし/あり	
要求される チップ品質	種類	切削	切削/破碎	
	寸法	小	小~中	小~大
	水分率*	< 30%	30 ~ 40% / 30 ~ 55%	
	灰分	少	少~多	
	環境リスク	極小	少	少~多

*：概数

※表内水分率は本書での水分を指す。

出典) 熊崎実「熱電供給システムではじめる木質バイオマスエネルギー発電」

● 木質ペレットの品質規格

ペレットは、世界的に国境を越えた取引が盛んであり、品質の規格認証が進んでいる。

欧州では、品質規格で評価された一定水準以上の品質を持つことが、欧州ペレット市場参入への必須要件ともなっており、欧州規格である ENplus 規格には、欧州以外にもロシア、米国、カナダ等 35 国が参加している。

我が国では、既に 2~3 の自主規格あるいは規格案が提案されているが、規定項目や基準等に相違が見られるケースも多い。

現状、我が国におけるチップやペレット等の木質バイオマス燃料は、欧州に比べて品質のばらつきが大きいことがあげられる。

しかし、チップやペレットは商品であることから、今後、流通が増加していくなかで、需要先等エンドユーザー側（使用するボイラーの適合規格等）によって、求められる品質も自ずと定まってくると考えられる。

一方で、品質にばらつきがある燃料を使用したことで、利用側で問題が生じ、普及に影響を与えている状況も見られている。木質バイオマスエネルギー普及のためには、燃料製造側と燃料利用側のそれぞれが燃料品質の現況や課題、留意点等を把握しておくことが重要である。

② 運搬、保管、搬送

木質バイオマスはエネルギー量あたりの体積が非常に大きく、かさばることが難点である。この点もエネルギー密度の高い化石燃料と比べると不利な点である。そのため、一般的に木質バイオマス燃料は運賃負担力が低く、長距離輸送には向かないため、できるだけ地産地消するのが原則となる。

また、運賃をできるだけ減らすためには、サプライチェーン全体を通じて運搬や積み替えの回数を減らすようなシステムの構築が重要である。

燃料の保管においても、かさばるため広めのストックヤードもしくはサイロが必要である。

ただし、利用側では敷地の制限があることが多いため、実際にはこまめに燃料製造工場からの配送を行うことになる。

また、雨や湿気に触れると燃料の水分が高くなることもあるので、それらがあたらないよう保管には注意する必要がある。

最終的に燃料を燃焼機器まで自動的に運ぶ搬送過程（チップ、ペレットの場合）は、トラブルの起きやすい箇所である。形状の問題により詰まったり空転したりすることがある。

③ 燃焼性能

燃料の燃焼において、化石燃料と比べると木質バイオマスは応答性が悪い。とくに液体である灯油や重油、気体であるLPGやLNGは、バーナーによって高度にON/OFF制御や燃焼量の調節ができるのに対し、木質バイオマスは固体であるため、どうしても着火や消火には時間がかかり、熱需要に対する応答が遅れる。そのため、ある程度の応答の遅れを吸収するためにバッファータンク（温水利用の場合は貯湯タンク、蒸気利用の場合はアキュムレータ）を設置して対応する場合が多い。

④ 価格

化石燃料の価格は国際市場を通じて常に変動する（図3-11）。ここ10年の間だけをとっても値動きが乱高下しており、これにより経済活動は様々な影響を受ける。価格が低いときは良いが、高くなったときにはエネルギー資源という意味で、直接的に家庭や事業者が使用する燃料代や電気代等が上がり負担を強いられることになる。相場変動の予測は難しいが、長期的に見れば必ず上昇・高騰の局面がやってくるので、それは家計や経営にとってリスク要因であると捉えられる。

一方、木質バイオマスの価格は化石燃料の相場変動と比べると比較的安定しており、単位エネルギー量あたりでは相対的に化石燃料よりも低価格を維持している（図3-12）。

価格変動が少ない理由としては、これまで極端な需給の変化がなかったことや、ローカルな流通構造であるため需給共に競争が起きにくく、価格変動圧力が働きにくいこと等が挙げられる。このような価格の低位安定性は、化石燃料と比べて木質バイオマス燃料の優位な点である。

ただし、昨今は国内でも大型木質バイオマス発電所の相次ぐ稼働により、とくにチップの需要が高まり、チップやその原料となる燃料材の価格は徐々に上がってきている。



図 3-11 国際原油価格 (WTI) の推移 (1984 ~ 2016 年)

出典) 資源エネルギー庁 エネルギー白書 2016

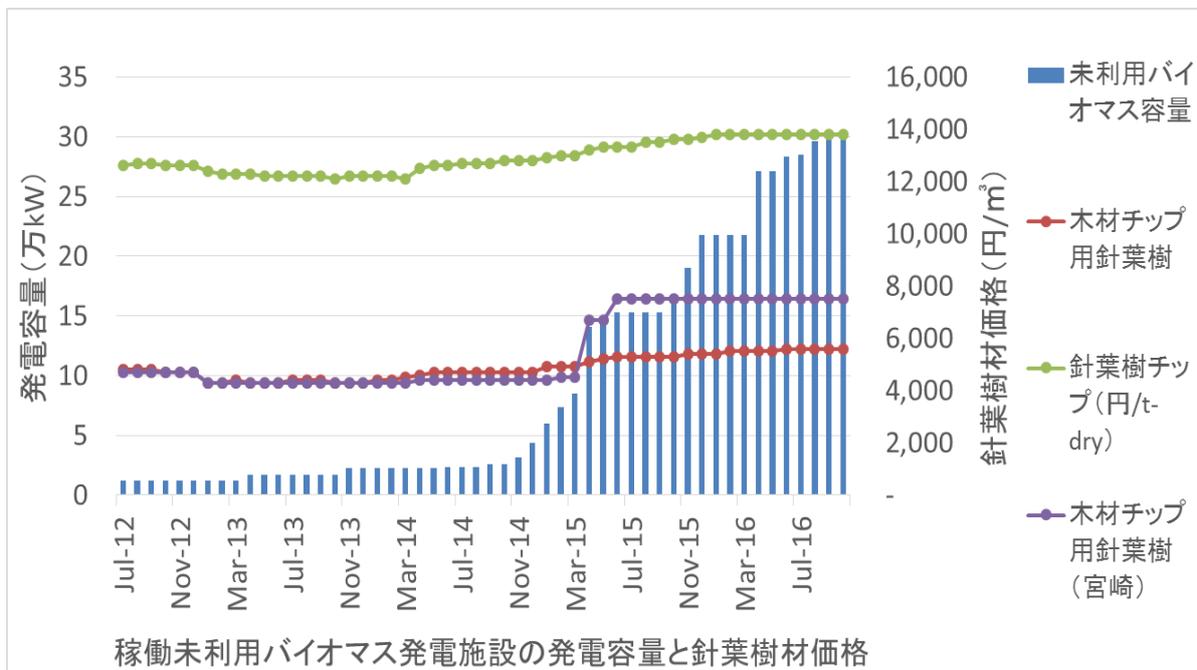


図 3-12 未利用材利用のバイオマス発電所の発電容量とチップ用材価格

出典) 森林総合研究所 久保山氏 作成資料

(2) 木質バイオマス燃料の原料

木質バイオマス燃料の原料は、未利用材、木材加工副産物、廃棄物由来及びその他である。

① 未利用材

● 低質材

カスケード利用の原則から他に高位の利用用途がない丸太。曲がりや腐り等の欠点のある材、小径材、タンコロ等。

● 枝葉・梢端

非常にかさばるため、枝払い等の発生した場所でチップ化するのが基本。利用側で受け入れ可能な設備が限定されるため注意が必要である。

② 木材加工副産物

既存の引取り先があるが、価格が非常に低かったり、引取り先の減少に困っていたりする場合も多いため、木質バイオマスとして有効利用する余地はある。発生する段階によって、水分の含有量や接着剤の混入の有無が異なるので注意が必要である。

● 背板、角材端材

丸太から角材を挽くときに発生する背板、角材をカットするときに発生する端材。ある程度の規模の製材工場であれば、製造ラインにこれらをチップにする破砕機が組み込まれており、工場内でチップ化されている場合が多い。自社にチップャーがない場合は、そのままチップ業者に引き取られる。

● おが粉、プレーナー屑

木材をカットする鋸やカンナ掛けするプレーナーから発生する。そのままの状態に畜産の敷料として引き取られていることが多い。

● バーク

樹木の皮。樹皮。丸太を扱うなかで自然に剥がれ落ちるため貯木場でも発生するし、加工前にバーカーで皮を剥くこともある。バークの破砕機があれば細かく破砕して畜産敷料として利用されることもあるが、多くは有効な利用先がなく産業廃棄物として処分される。

保管の段階で水分を多く含んでしまったり、砂利等が混じることが多かったりすることも利用しにくい理由である。

しかし、バークそのものの発熱量は木部と変わらないというデータもあり、処分に困っている事業者も多いことから、有効利用が大いに期待される。

③ 廃棄物由来（建設廃棄物）

建設に伴い発生する副産物のうち、廃棄物に該当するものを「建設廃棄物」という。このうち木質バイオマスに該当するものは建設発生木材と呼ばれ、建物の解体材や足場材等を指す。

平成 12 年5月に制定された建設リサイクル法により、木材を用いた建築物等に係る解体工事や新築工事が一定規模である場合、分別解体等及び再資源化等を行うことが義務付けられたことや同年の「廃棄物処理法」の一部改正に伴い、排ガス中のダイオキシン規制が強化されたことで、自前で焼却処理を行っていた木質系廃棄物の処理を専門業者へ委託せざるを得なくなったことにより、チップ等への再資源化が進むこととなった。平成 24 年度の国土交通省調査では、建設発生木材の再資源化・縮減率は 94.4パーセントと再資源化が進んでいる。

再資源化された後のチップ等は廃棄物扱いではなくなるため、ボイラーで利用することが可能である。

ただし、異物や塗料等の化学物質が混入している可能性が高く、燃焼させると灰が多くなり炉を傷めたりする等不具合が多く発生するため、比較的小型のボイラーでの利用は困難である。

④ その他

果樹や街路樹等からの剪定枝、海外から輸入されるヤシ殻（PKS）等の木質バイオマス燃料がある。とくにPKSは大規模バイオマス発電事業での木質バイオマス燃料の需要急増に伴い、輸入量が増加している。PKSは東南アジア諸国等から盛んに輸入されているが、（とくに途上国の場合）供給国の政情等の変化を受け供給契約内容に影響が及ぶ可能性がある。

果樹剪定枝は、現在野焼き処分にされていることが多く、地域で未利用な材として活用の意義はあるが、一般的には小規模かつ分散して発生している場合が多く、集荷にコストがかかる。



バーク（樹皮）



タンコロ（根元部）

3.3. 導入計画策定のポイント

木質バイオマスエネルギー導入計画の策定においては、事業の採算性だけでなく、地域ぐるみで計画を策定していくことがポイントである。

3.3.1. 計画策定前に入念な準備・調査

木質バイオマスエネルギーの導入は、既に国内外で様々な取り組みが行われており、その中で培われた多くの知識やノウハウがある。

計画地域における事業の概観を描くにあたり、まず事業主体や関係者が木質バイオマスについて理解を深め、先行事例の成功例や失敗例からセオリーを学び、そのうえで自分たちがどのように事業を展開していくのが良いか考えることが必要である。事業の概観を設定後、導入計画策定前の次のステップは、その地域で木質バイオマスエネルギーを導入することが実際に可能なのか、どのような形で導入するのが最良なのかを検討する「事業化可能性調査 (Feasibility Study: FS)」である。

FS の段階で、サプライチェーンの各要素に関する様々な項目について検討することになるが、ここでの入念な検討が事業の成否を分けると言っても過言ではない。

また、FS を実施していく中で様々な制限要因や障壁が明らかになり、当初思い描いていたプランが実現困難であるという結論に達することも往々にしてある。そのような場合、1つのプランに拘らずに複数の代替プランを検討し、柔軟に変更していくことも必要である。

3.3.2. サプライチェーン全体の整合性・一貫性

木質バイオマスのサプライチェーンは大きく分けて木質バイオマスの原料となる木材を供給する「川上」、原料を木質バイオマス燃料に製造・加工する「川中」、燃料を用いてエネルギーとして利用する「川下」に分類される。これら各段階が整合性と一貫性を持ったサプライチェーンとして構築されることが、事業の最適化において重要である。

どこかの段階でボトルネックや過剰スペックとなると、事業が滞ったり採算性の低下につながったりする。とくに「川上」の木材の供給品質や「川中」の燃料の水分、「川下」の熱需要の大きさや発生度合は事業全体に影響が大きく、これらが問題となっている事例も多いため、サプライチェーンの前後との関連に注意する必要がある。

3.3.3. 地域全体での合意形成

木質バイオマスエネルギーの導入は、サプライチェーンに多くの関係者が関わることになり、またそれを永続的に運用することになる。これら地域の関係者が納得して事業を進めるための合意形成が非常に重要なポイントになる。

事業の構想段階から関係者と事業のイメージやメリット、課題についても共有し、共に導入計画策定にあたるのが望ましい。その際、関係者それぞれが各自の知識やノウハウを活用しながら主体性を持って考え、役割やメリット・デメリットを明確にすることが重要で、そのための関係者間の協議や共有の場を地域に創ることが必須である。

ただし、経済性のみを重視すると、化石燃料が安価になった場合、需要先にとってのメリットがなくなり、需要先は木質バイオマスエネルギーの活用をやめてしまうという事態も考えられ、地域づくりに失敗するということにつながりかねない。地域全体での合意形成は、エネルギーを介した地域づくりを地域の関係者全員で行っていくということを前提に計画を策定していく必要がある。

また、地域内の関係者に限らず、サプライチェーンに影響を及ぼす可能性のある外部の関係者（例えば、地域外の木材や燃料の供給者や需要者）とも事前に情報共有すると良い。

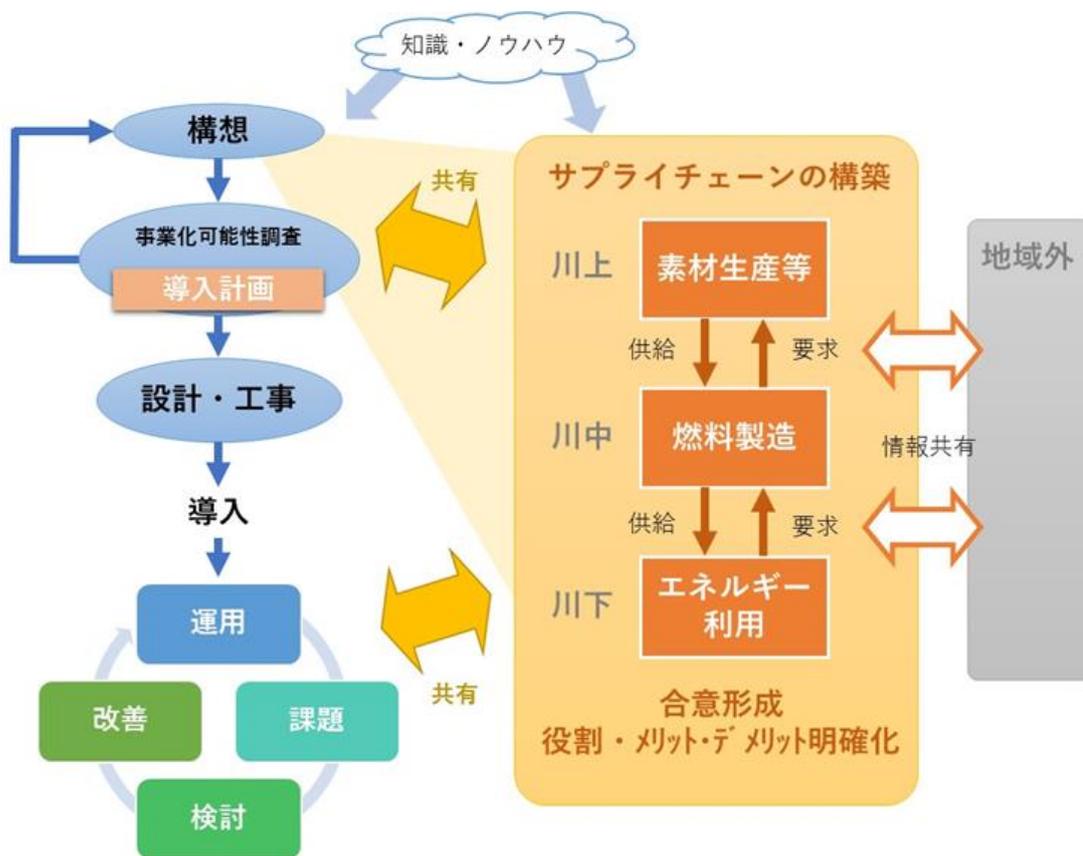


図 3-13 導入計画策定のポイントとフロー

3.3.4. 周辺の木質バイオマス発電事業の動向

木質バイオマスエネルギーの導入にあたっては、安定的かつ持続的に燃料用材の供給を確保するため、計画段階において、近隣における大規模バイオマス発電所の建設可能性まで含めて検討を行うことも必要である。

木質バイオマス発電所における集材範囲の競合の例として、農林水産省「小規模な木質バイオマス発電の推進について（平成 27 年 1 月 28 日）」では、5,000 kW 級の木質バイオマス発電設備では、年間 10 万 m³（6 万トン）程度の木質バイオマスが必要であり、その際の集荷想定範囲は半径 50km 程度とされている（図 3-14）。

本事例は発電所の場合であるが、熱利用の場合についても同様に、周辺に大規模なバイオマス発電所ができることで、競合が起こり燃料用材となる木質バイオマスの流れが変わってしまう可能性がでてくる。そのため、安定的かつ持続して木質バイオマスエネルギーを活用していくためには、集材範囲の競合という点も十分考慮する必要がある。

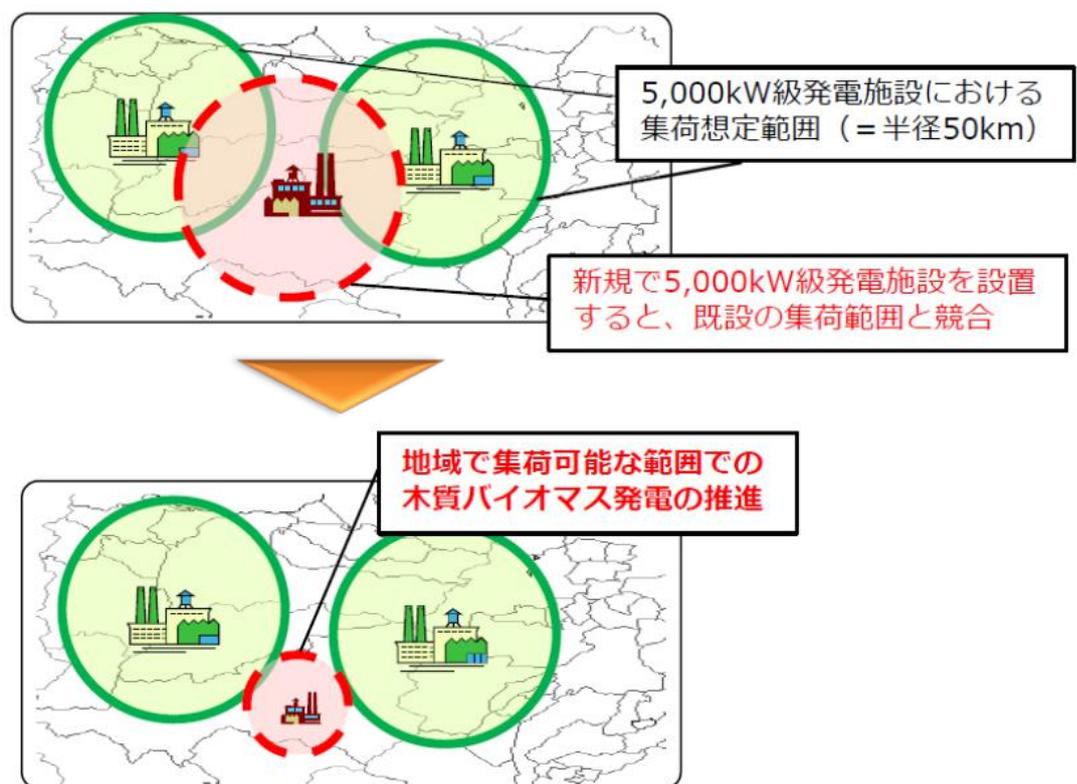


図 3-14 木質バイオマス発電の集材範囲の競合イメージ

出典) 農林水産省「小規模な木質バイオマス発電の推進について（平成 27 年 1 月 28 日）」

3.4. 燃料用材の供給

✓ 地域での成果等関連事例

竹の利用による森林整備～山口地域～

全国で放置竹林の増加と山林への侵入が進行し、森林の適正管理や防災上の観点からも対策が課題となっている。山口県ではこの竹を燃料材の需要増加が見込まれる木質バイオマス発電所の燃料として有効活用することを目的に、低コスト竹チップの製造実証に取り組んだ。

実証の結果、竹の生産効率には林業機械やチップ製造設備等での課題に加え、竹林の道路からの距離や位置、立地する山林の傾斜、資源量の集積度合い、他の森林との混在度等竹林の条件が影響することが把握されている。そのため竹資源を精度よく把握することが必要との結論が得られているが、全国的に増加している竹の状況を見ると、一朝一夕にはこのような情報を整備することは難しいと想定される。その他にも人里に近い竹林は農地として登録されている場合があること、竹の未利用材としての認証が取得できないこと（実証時。その後未利用材としての認証が認められた）等、竹（竹林）を森林政策の中でどのように取り扱うかという根本的な問題にも関わってくる。

このように竹の有効活用には様々な課題があるが、放置竹林によって悪影響を受けるのはその地域である。地域や施策での整備方針の明確化と共に、整備を進めるための具体的な行動が求められる時期にある。

3.4.1. 燃料用材資源量の把握

木質バイオマスの燃料用材は、カスケード利用の原則に従い、他に高位の利用用途がない未利用材や製材所からでる端材等である。燃料用材の供給は、燃料として要求される質と量という観点だけでなく、それらが安定的かつ持続的に確保できるかという観点も必要である。

(1) 統計・各種資料による把握

大枠をつかむため、公開されている行政の統計情報や各種資料から数字を把握する。

国の行っている統計調査のほかに、各都道府県が独自に調査・公表している森林・林業関係の統計資料がある。

また、民有林では地域（流域）別に「地域森林計画」、国有林では「地域別の森林計画」が策定・公表されており、5年間の森林整備に関する方針が記載されている。

さらに、地域における木材利用について、大きな木材流通拠点や製材工場の有無、既に稼働中または今後計画されている木質バイオマス利用施設の有無等をインターネット等で事前に調査しておく。

(2) 現地ヒアリングによる把握

実際に計画地の関係者のところへ赴き、ヒアリングを行う。ヒアリング内容は、山林整備や素材生産の状況、木材流通の状況、木質バイオマスを含めた木材利用の状況等である。とくに重要なのは、現地で素材生産や木材流通を行っている事業者の話であり、実際どの程度の量を木質バイオマスとして供給可能なのか、最初は現実的な数値の把握が難しいことが多い。事業者と信頼関係を構築し、正しい情報を把握することが大切である。

(3) 現場調査・測定による把握

具体的に木質バイオマスの供給を考えるなかで、伐採対象地について現場を詳細に調べることと資源量把握を補完することができる。

通常、森林の蓄積量は森林簿にもとづき把握されるが、森林簿の数字はあくまで一般的な成長量から導き出された推定値であるので、実在の材積と異なる場合も多い。

そこで、サンプル的に現地調査及び測定し、測定値から材積を推測し直すことでより資源量把握の精度を高めることができる。現地調査及び測定は、樹木の径や高さを毎木計測する方法だけでなく、最近では林内のレーザー測量や、より広範囲では航空レーザー測量等も技術が進歩してきている（p93 コラム参照）。

留意事項

● 実利用可能資源量

木質バイオマス資源量の把握で留意すべきことは、地域における森林資源量がそのまま木質バイオマスとして利用可能な量にならないという点である。

木質バイオマスは、カスケード利用の原則に従って用材にならない梢端や枝葉等の部分を用いるため、伐採した材積の一部分でしかない。資源量のうちの低質材の割合に留意する必要がある。

また、地理的要因として、林道や作業道から距離が離れており、伐採しても搬出コストが掛かり増しとなり、採算が合わない場合がある。このような場合は資源量はあっても、現実として確保できず、利用が困難である。

木質バイオマス資源量を把握する際、このような2つの点を念頭におき、地域の実利用可能な資源量がどのくらいあるのかを見積もらなければならない。

● 循環型森林経営

木質バイオマスの活用という観点だけに限らず、用材利用も含めた持続的な森林経営の考え方として、循環型森林経営の考え方がある。

北海道の下川町のように循環型森林経営を実施している地域では、毎年50haを60年伐期で循環的に利用する仕組みが構築されている。このような経営形態により、安定的かつ持続的な燃料用材の供給を確保する仕組みにつながっている。

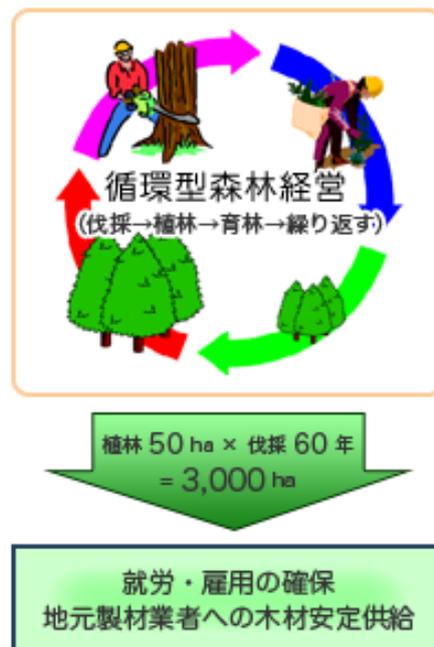


図 3-15 循環型森林経営の考え方

出典) 下川町「循環型森林経営の考え方」

3.4.2. 燃料用材の供給とコスト

林内から木質バイオマスを燃料用材として搬出するにあたっては、燃料用材だけを搬出するのではなく、森林資源のカスケード利用の原則に従い、素材生産（用材生産）と併せて搬出するのが合理的である。素材生産における低コスト化を考えた場合、路網の整備と生産性の向上がポイントになる。中でも燃料用材の搬出という点に着目した場合は、効率的な収集を行う集材方法にも注意が必要である。

（1）燃料用材供給におけるコスト低減

① 路網整備

林内路網を適切に整備し、路網密度を高くすることで、伐採・搬出等の作業の効率化がなされ、搬出コストの低減につなげることができる。

しかし、現状では、我が国における林内路網密度の整備状況は、19.4m/ha（平成25年度末の現況）で、オーストリアやドイツと比較すると低い状況となっている（図3-16）。

現在、各地で積極的に路網整備が推進されているが、燃料用材の供給という面でも路網整備は必要不可欠である。

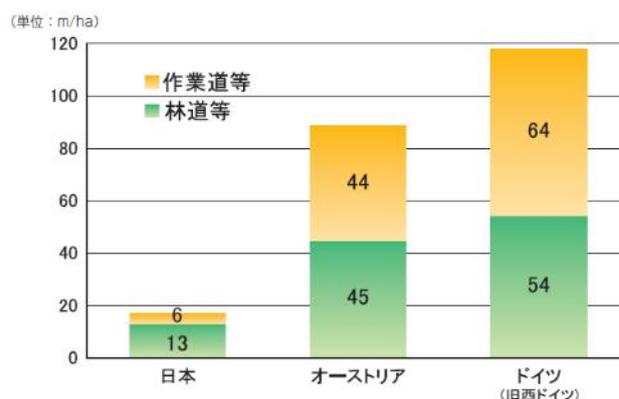


図5-1 林内路網密度の諸外国との比較

資料：BFW「Osterreichische Waldinventur」、BMELV「Bundeswaldinventur(BWI)、林野庁業務資料
注：オーストラリアは、Osterreichische Waldinventur 1992/96による生産林の数値
ドイツ(旧西ドイツ)はBundeswaldinventur 1986/1989による数値
日本は都道府県報告による平成24(2012)年度末現在の開設 実績の累計

図3-16 林内路網密度の諸外国との比較

出典) 林野庁「森林総合監理士(フォレスター)基本テキスト」

② 生産性の向上

林内路網の整備に加え、素材生産と併せた燃料用材の伐採搬出を効率的に行うには、作業システムの効率化を検討する必要がある。作業システム効率化の一環として、地域の森林条件を考慮した機械化の推進があげられる。従来、人力で行っていた作業を機械で行うことで、飛躍的に生産性が向上される場合がある。

ただし、機械の導入にあたっては、効率化の一方で機械の稼働率をあげ、導入コストに見合うかを慎重に検討する必要がある、過剰投資にならないよう注意が必要である。

(2) 集材方法

木質バイオマスではとくに集材方法の違いによって、収集コストが変わる。集材方法は、搬出してくる材の形態により、全木集材、全幹集材、短幹集材がある。

- 全木集材

伐倒した木をそのまま（枝付きのまま）集材し、道端（山元土場）で造材する。道端に枝条や梢端部等の木質バイオマスが集積されるため、最も効率的に木質バイオマスが収集できる。

- 全幹集材

伐倒した木の枝を払い、幹の部分だけを長い状態で集材し、道端（山元土場）や土場で造材する。全木集材と比較すると道端に集められる木質バイオマスが少なくなる。

- 短幹集材

伐倒した木をその場で枝を払い、丸太に伐ってから集材する。林内に枝条や梢端部等が点在することになり、木質バイオマスの収集という点では効率的でない。

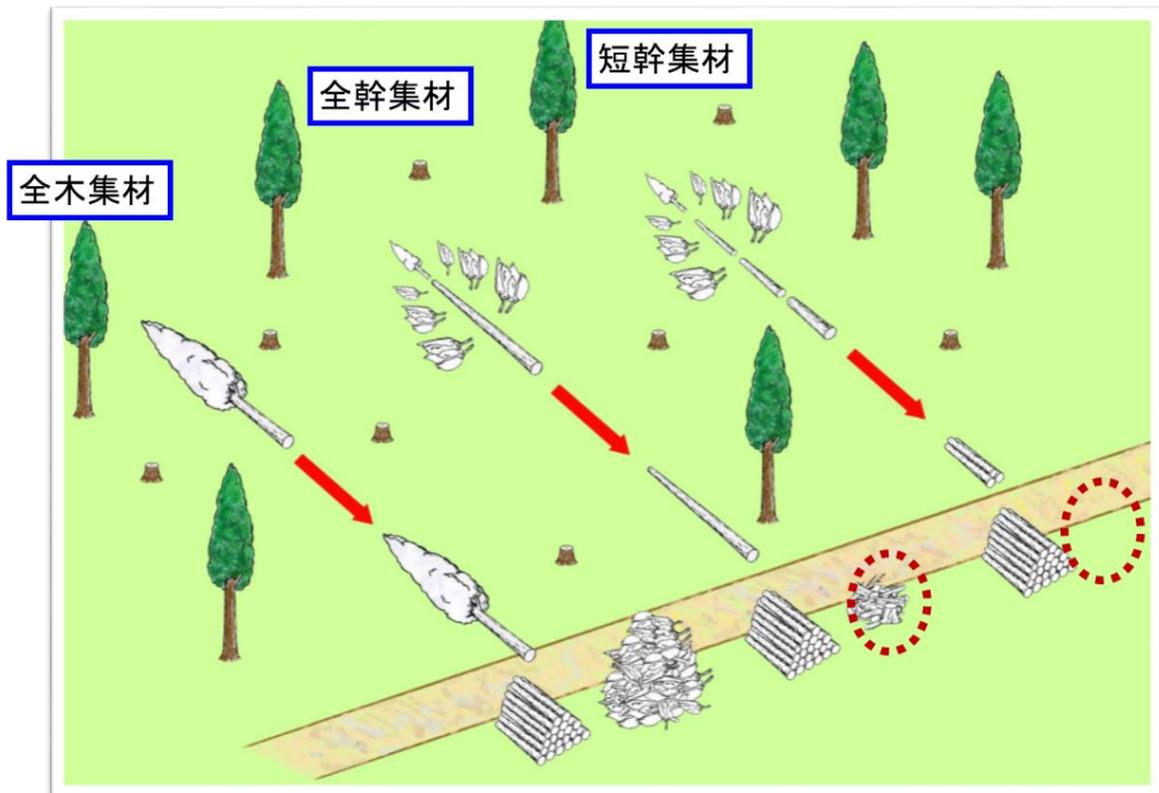


図 3-17 集材方法と林地残材

出典) 森林総合研究所 陣川氏による作成資料を一部加筆して東京農業大学 今富氏が作成

3.5. 燃料製造と運搬

✓ 地域での成果等関連事例

丸太燃料の導入～山武・長生地域～

薪は加工の方法と工程が簡易であることから、他の燃料と比較し燃料の加工コストを抑えることができる。それでも薪ストーブ用の乾燥薪（長さ 40 cm 前後、水分 15～20%）の薪製造と薪ボイラー用の薪（長さ 80 cm～100 cm、水分 20%～30%）では薪の製造コストは kg あたり数円異なると言われている（薪割りや乾燥が必要なストーブ用が高くなる）。

山武・長生地域でも安価な材の供給を目的に、薪よりさらに加工の手間を減らした丸太を採用し、コストの低減を図った。

一方、燃料の加工処理を省略するということは、燃料用材の規格が揃いにくいことを意味する。材の直径や長さがばらつくと運搬効率やハンドリングの効率が低下する場合があります、熱源設備での燃焼も不安定になる。

木質バイオマスエネルギーを利用する工程のうち、ある一部分のコストメリットを優先すると、他の工程に影響が出る可能性があるため、事業全体のコスト、各燃料の持つメリット・デメリットを確認し、燃料を選定すると良い。

木質バイオマスの水分低減～南会津地域、あわら・坂井・南越前地域～

木質バイオマスの発熱量と水分は反比例する傾向にあり、木質バイオマスの水分をいかに低減させるかが燃料の質を高める上で重要である。とくに海外製ボイラーを用いる場合、海外で多く利用されているマツ系の樹種と異なり、日本の木材（とくにスギ）はもともとの水分が多い傾向がある。そのため海外製のボイラーに日本の材によるチップを用いた時、水分の高さにより理想的な稼働ができない等問題が見られることがある。実証地域でも木質バイオマスの水分低減への対応が行われた。

南会津地域の例では、当初樹皮付きのチップを用いていたが、チップ供給契約で設定されていた水分 50%以上のチップが入荷される状況となり、ボイラーでの燃焼状態が悪くなった。そのため実証途中から手作業で丸太の樹皮を剥がしてチップ化を行っている。

あわら・坂井・南越前地域でもボイラーが要求する乾燥チップを製造するため、樹皮を取り除いた後、原木の状態でも 1 年以上かけて天然乾燥を行い、その後チップ化されている。乾燥ムラがでないように原木の積み方にも工夫を凝らしている。

3.5.1. 燃料の水分管理

(1) 燃料用材の乾燥

燃料製造では、燃料用材に含まれる水分をいかに低減させるかということがポイントになる。

チップにした後に乾燥させるのにはコストがかかることから、実証地域では、燃料用材を原木の状態でも1年以上天然乾燥させることにより、水分の低減を図るケースが多かった。

また、丸太の樹皮を剥ぐか、樹皮をつけたままで乾燥させるかによっても乾燥の度合いが異なる。チップや薪、丸太やタンコロを燃料として利用する場合、乾燥工程が重要であり、水分を多く含んだままだと燃焼効率が悪くなるとともに、水蒸気や不完全燃焼による煙の発生、ボイラーの故障にもつながるので、水分管理を徹底し、ボイラー側が要求しているレベルまで乾燥させるということが重要である。

(2) 含水率 (WET ベースと DRY ベース)

木材の含水率の表現は「乾量基準含水率 (ドライ・ベース D.B.)」、「湿量基準含水率 (ウェット・ベース W.B.)」がある。

基準により含水率の算出方法が異なるため、同じ木材でも採用した基準により含水率表記が変わる。木材産業分野では乾量基準が、原料利用分野では湿量基準が用いられてきた経緯がある。そのため両分野が関係する木質バイオマスエネルギー利用では2つの基準による含水率表記が混在し、結果として燃料の含水率管理に問題が生じるケースが見られている。

燃料用材の含水率を管理する際は、関係者間で含水率の基準を統一することが必要である。近年ではこれら混同を防ぐため、木質バイオマスエネルギー利用の分野では以下の運用がなされている。

- 原則として含水率は湿潤基準含水率を使用する。
- 湿量基準含水率の呼称は「水分」または「湿量基準含水率」を使用し、単に「含水率」とは呼ばない。
- 乾量基準含水率の呼称は「含水率」または「乾量基準含水率」と呼ぶ。

3.5.2. 設備の選定

木質バイオマス燃料として代表的なものを世界的に普及している順に示すと、チップ、ペレット、薪（丸太を含む）である。それぞれの特徴について述べる。

（１）チップ

木材を小片化したもので、燃料用以外でも紙・パルプや農業土木用の副資材等幅広い用途で利用されている。原料材種別も多く、原木、製材工場及び解体材等から製造される。

● 切削チップと破砕チップ

製造方法として原料を刃物で切削する方法と打撃粉砕する方法があり、前者は切削チップ、後者は破砕チップとして区別される。切削チップは薄い角形、破砕チップは細長い形状で見た目と性状に違いがあり、利用上の留意点も異なる。このようにチップは原料、形質、水分等、多種多様なことから、木質バイオマス燃料として用いる場合は燃焼設備が求める品質にあうチップの選択が重要である。

（２）ペレット

木粉を圧縮成形した円筒形の乾燥燃料で、木質バイオマス燃料の中では最もエネルギー密度（容積あたりの発熱量）が高く、形状も安定している。小規模なストーブから大規模な混焼発電燃料まで幅広い用途を持ち、化石燃料と代替しやすいことから世界で生産量が増加している。製造工程が他の燃料と比較して複雑であることから、製造コストは割高である。

そのため製材工場由来の端材を原料として使う場合は、原木を原料とする場合より製造工程を省略でき、製造コストを抑えることができる。

木質ペレットは、大きく分けて木部ペレット（ホワイトペレット）、全木（混合）ペレット及び樹皮ペレット（バークペレット）の３種類に区分される。原料として用いられる木材の部位によって区別がなされている。

表 3-5 ペレットの原料別区分

種類	木部ペレット (ホワイトペレット)	樹皮ペレット (バークペレット)	全木(混合)ペレット
			
原料の種類	樹皮を含まない木質部を主体とした原料を用いて製造したペレット	樹皮を主体とした原料を用いて製造したペレット	全木ペレットと混合ペレットの総称 【全木ペレット】 樹皮付丸太を原料として製造したペレット 【混合ペレット】 樹皮と木部を任意の割合で混合した原料を用いて製造したペレット

出典) 一般社団法人 日本木質ペレット協会 HP

製造条件によって異なるが、一般的には以下のような傾向があると言われている。

発熱量： ホワイト > 全木 > バーク

灰の量： バーク > 全木 > ホワイト

価格： ホワイト > 全木 > バーク

海外では製材工場から大量に出るのこ屑で造るホワイトペレットが主流である。そのため海外製のボイラーやストーブではホワイトペレットのみ使用可能なものも見られる。とくに規模の小さいボイラーでは受け入れる燃料の質が効率に大きく影響する。

ペレットは他の木質バイオマス燃料と比較して性状が安定しているのが特徴だが、それでも燃焼機器によって使用できる木質ペレットの種類が限られる場合があり、使用時には設備側が求めるペレットの質をよく確認する必要がある。その一例として小規模熱利用に向く技術として注目されているガス化発電システムでもペレットを燃料とするものがある。

国内でも稼働実績がある Burkhardt(ブルクハルト)社製ガス化装置では、欧州の木質バイオマス燃料規格である ENplus class A1 規格のペレットを用いることが必要とされており、ペレットの品質がガス化発電システムの発電効率及び制御の安定度に影響するとされている。

小規模なシステムといっても、ペレットの消費量は同設備で時間あたり 110kg 程度必要と言われており、求められる品質を満たすペレットを安定調達することがガス化発電システムを有効活用するための鍵となる。



チップパーによるチップ製造

表 3-6 Burkhardt(ブルクハルト)社製ガス化装置で求められるペレット燃料の品質

	単位	EN Plus 規格 仕様
区分		A1
直径	mm	6±1 or 8±1
長さ	mm	3.15~40
かさ密度(BD)	kg/m ³	600 ≤
低位発熱量	MJ/kg	16.5-19
水分率	wt-%	≤ 10
微粉率	wt-%	≤ 1
機械的耐久性	wt-%	97.5 ≤
灰分(550℃)	wt-% dry	≤ 0.7
灰融解点	℃	1,200 ≤
塩素	wt-%	≤ 0.02
硫黄	wt-%	≤ 0.03
窒素	wt-%	≤ 0.3
銅	mg/kg	≤ 10
クロム	mg/kg	≤ 10
ヒ素	mg/kg	≤ 1
カドミウム	mg/kg	≤ 0.5
水銀	mg/kg	≤ 0.1
鉛	mg/kg	≤ 10
ニッケル	mg/kg	≤ 10
亜鉛	mg/kg	≤ 100

(3) 薪

原木を斧や薪割り機で適当な長さに割ったもので、木質バイオマス燃料の中では製造方法が簡易であり、製造しやすい点が特徴である。

樹種や形状、水分量によって燃え方が変わる。とくに水分量が多いと不完全燃焼の原因となる。そのため利用に際して乾燥が必要で、乾燥用の保管場所や乾燥に要する期間に留意する必要がある。近年、我が国で導入が進んでいる海外製の薪ボイラーでは、高効率稼働を達成するためにより安定した燃料の質（とくに水分量の低減）が求められる場合がある。かさが張り長距離輸送には向かないが、身近な材や簡易な設備で製造できることから、より地産地消に適した燃料である。

表 3-7 各燃料の主な特徴

		チップ	ペレット	薪（丸太）
原料		様々	おが粉、原木、樹皮	原木のみ
優位点		<p>価格が割安 多様な原料利用可能 （解体材等低質な材でも可能）</p>	<p>化石燃料に近い取り扱いが可能（例：需要先の要求熱需要が常に一定の温度を保たなければならない施設等は、安定した熱エネルギーを供給できるペレットが適している） エネルギー密度が高く比較的省スペースで利用可能</p>	<p>製造設備が簡易で取り組みやすい（自家生産も可能）</p>
エネルギー利用規模		小規模～大規模	小規模～大規模	小規模
留意点	調達	既存チップ製造工場の有無（流通状況）	既存ペレット製造工場の有無（流通状況）	ストーブ用、ボイラー用により適する形状、水分及び樹種等異なる
	利用	<p>燃焼設備との相性（燃焼性、燃料供給方法等） 水分管理（原木状態での管理が必要な場合あり） 保管及び燃焼設備スペースの確保</p>	<p>原料の種別 価格競争力</p>	<p>燃焼設備投入は人力 保管スペース、乾燥期間、形状調整、乾燥の手間の省略により燃料製造コストは下がるが、運搬等のハンドリングや利用時の効率を下がる場合あり</p>
	乾燥	<p>原木状態で乾燥 チップにしてからの乾燥は困難</p>	<p>未乾燥原料を用いる場合は乾燥工程が必須。 乾燥原料を用いる場合は乾燥工程の省略可</p>	<p>小径丸太は、樹皮の有無、径や長さ及び樹種により乾燥に時間がかかる場合あり</p>
	炉内の温度コントロール	<p>比較的容易 （原料の水分状態に影響を受ける）</p>	容易	困難

3.5.3. 燃料製造方法とコスト

チップ・ペレット・薪の製造方法、燃料製造で重要なポイントとなる乾燥、製造コストの一般的な低減方法について述べる。

(1) 製造方法とコスト

✓ チップ

チップは、チップパーと呼ばれる機械設備を用いて製造する。チップパーには固定式（定置式の装置）と移動式（車両型の機械）がある。この移動式チップパーを用いて山元でチップ化することも考えられるが、チップ化すると容積がおよそ2.5倍になり、運搬コストが掛かり増しになる、加えてチップパーが安全に林内に入れる林道や土場の整備が進んでいないため、現在の日本のインフラ整備状況では山元でチップ化するのは合理的でない。

また、チップパーの構造の違いにより、刃物で切削する切削チップと衝撃により破砕する破砕チップに区別される。

切削チップと破砕チップでは製造する機械も異なり、切削チップのチップパーは機械の横から丸太を投入する形態が多く、破砕チップのチップパー（単に破砕機と呼ばれることもある）は上から投入する形態もある。

切削チップは扱いやすく用途が広いが、破砕チップは形質的に長尺の混入や搬送過程での詰まりが発生しやすいため、一般的に小規模なボイラー等での利用は不向きである。

他にもチップパーの種類やスクリーン（ふるいがけ）の精度によっては規格外（とくに長尺物）が多く生成されてしまう場合があり、これら規格外のチップがボイラーの燃料搬送経路で詰まってしまうトラブルを引き起こすことが多いので注意を要する。

チップの製造コストは、原材料費を除くと、チップパーの償却費、チップパーを動かす人件費及び動力費、切削の場合は刃の交換等メンテナンス費が主なものである。

国内で木質バイオマス用に新しくチップパーが導入される際、生産能力に対して実際の生産量が少ない場合が多く、製造コストのうち固定費の負担が大きくなる傾向がある。

● 乾燥について

一般的にチップの状態での乾燥は難しいと言われており、原木の保管が可能であれば、乾燥は原木の状態で行う場合が多い。リングバーカーを用いて原木の皮を剥いで、半年から一年程度天然乾燥させることにより、水分30%前後まで乾燥させることができる。その後、チップパーによりチップ化を行う。

用途としてさらに水分の少ない乾燥したチップが求められる場合は、ロータリーキルンや通風を行う装置等が用いられるが、乾燥にエネルギーを消費し、コストがかかる。

✓ ペレット

ペレットは、おが粉以外の丸太や端材、角材等が原料の場合は、まず粉碎機により木粉状態にする。その後乾燥機を通して水分を10%台まで下げたのち、成型機（ペレタイザー）に送られ、ペレット状に成型される。成型機はリングダイ方式とフラットダイ方式があり、通常前者の方が製造能力は大きい。水分は安定しているのでとくに製造後に乾燥させることはない。

ペレットの長さが揃わず、長尺が多くなったり耐久性が弱く粉が多くなったりすると、燃焼機器でつまり等のトラブルのもとになるので製造側での調整が必要である。

わが国では原料に木材のみを用い、木材に含まれるリグニン等成分と、成型機での加熱・圧縮の作用を活用し製造してきた歴史があるが、ペレットの流通市場が大きい欧州ではペレットの成形を助けるため添加物（澱粉等）を混合し成型されることが一般的である。

ペレットはチップに比べて複雑な加工工程となり乾燥熱源や機械の駆動電力等エネルギーを多く消費するため、加工コストだけを見ると高くなる。

ただし、大規模製材工場等で発生するプレーナー屑やおが粉等を原料とする場合、森林から燃料材等を収集して加工するのに比べて安価にできる。

✓ 薪

薪は、家庭用ストーブ向け等消費量が少ない場合に斧による手割りで製造されてきた経緯がある。薪を大量に生産する場合には、必要な長さに玉切りした丸太を薪割り機等で製造する。

薪割りのノウハウが少ない場合でも、薪割り機を用いることで、（斧での手割りと比較し）安全に生産効率を上げることが可能となる。

長さは薪ストーブ用なら30～40cm程度、ボイラー用なら80cmが一般的である。丸太の径により半割または4つ割り・8つ割り等に割られる。割られた薪は通常屋外で積まれた状態で天然乾燥される。乾燥期間は、環境にもよるが3ヶ月から半年程度である。

また、丸太をそのまま燃料とする場合は、燃焼効率が悪くなるため、乾燥を十分に行う必要がある。乾燥に時間を要するため、大量に生産する場合は広大なストックヤードを確保する必要がある。

薪はチップ、ペレットと比較して、製造に必要な最低限の機械（薪割り機）は比較的安価で加工が簡単なことから、3つの燃料形態の中で加工コストが一番安い。

ただし、製造効率が低い場合はコスト高になり、製造工程の工夫や熟練度も要求される。丸太のまま燃料として使用する場合の製造コストは、薪よりもさらに安価に抑えることができる。薪の製造コストは、原材料費を除くとほとんどが人件費である。

（２） 燃料製造コストの低減方法

チップを例にすると、チップ製造能力の高いチップパーを導入することが考えられる。

ただし、定格生産量に対して実際の生産量が少なければ、単位生産量あたりの機械の償却費が大きくなり、結局コスト低減にならないこともあるため、定格生産量に見合った量の販売先を確保することが必要である。これはペレットについても同じことが言える。

薪の場合は人手による部分が大きく、製造工程を見直して効率化し、生産効率を上げることがコスト低減の近道である。

3.5.4. 燃料運搬方法とコスト

(1) 運搬方法

燃料を運搬する主体は、燃料製造者、熱供給事業者、運送業者等地域により様々である。いずれの場合も燃料を運搬するのは、チップの場合は積載量の大きいトラック（10 t 車以上）で運搬するのが効率的である。

ただし、チップサイロに大型車が入れない場合や途中の道路規格の制限により 10 t 車以上の大型車が入れない場合は、4 t 車や 2 t 車で運搬するケースもある。併せて、需要先の要求する燃料が少ない場合も 4 t 車や 2 t 車で運搬するケースがある。

コスト面では、運搬距離が短いほどコストが安くなり、かつ 1 回に運搬する燃料を多くすることで、運搬のコストダウンを図ることができる。

ただし需要先の燃料使用量とのバランスによるため、コスト面だけみて運搬距離や 1 回あたりの運搬量を設定することはできない。

トラックからチップサイロへは、ダンプ式（跳ね上げ式）か床移動式（ウオーキングフロアまたはスライドデッキ）により荷降ろしされる。チップサイロでの荷降ろしの際、床移動式のほうが粉塵の舞う量が少なくてすむ。ペレットの場合はフレコンバッグに詰めてトラックに載せられる場合と、粉粒体運搬車を使用するケースがある。薪は 1 m³程度の薪を収納するケースやトラックに詰められてトラックで運ばれることが多い。

(2) 燃料供給

燃料の供給頻度は、エネルギー利用設備の運用者がサイロ等のストック状況を見て随時供給者へ発注するケースが多い。実証事業では、サイロの状況を WEB カメラで確認し、サイロ内の燃料が少なくなったら、供給を行うという仕組みを採用している地域もあり、設備運用者にとっては利便性の高い仕組みである。

(3) 運搬コスト低減の工夫

燃料運搬コストは、運搬距離と 1 回に運べる積載量で変わってくる。燃料製造場所と需要施設の距離が近いほうが、運搬コストを抑えられ、逆に運搬距離が長くなると、運搬コストがかかってしまう。おおよその目安としては、50 km 圏内とされるが、20 から 30 km くらいが一般的である。

積載量は、10 t 以上の大型車を利用することでコストダウンを図ることができる。ただし、チップサイロに大型車が入れない場合や途中の道路規格の制限により 10 t 車以上の大型車が入れない場合は、4 t 車や 2 t 車で運搬するケースもある。併せて、需要先の要求する燃料が少ない場合も 4 t 車や 2 t 車で運搬するケースがあり、需要先の燃料使用量とのバランスも考慮しなくてはならない。

また、小規模ボイラーが地域に分散して設置されている場合は、運送会社もしくはチップ供給者との一括契約を結ぶことにより、運搬コストを下げる工夫をしている地域もある。

3.6. エネルギーの活用

✓ 地域での成果等関連事例

熱のカスケード利用～那珂川地域～

那珂川町地域では、熱の品質を変え多段階で熱供給を行っている。チップボイラーで製造した時間あたり 4.5 t、1.6Mpa の蒸気を工場内で蒸気利用した後、90℃で排水される温水により低温の温水を製造、熱交換器を介して周辺施設へ熱供給している。農業用ハウス施設では 30～35℃の温水で使用される仕組みである。蒸気の内容は熱需要先の需要条件に基づいており、蒸気の熱需要量と周辺施設で熱利用された場合に想定される需要量を合計し、ボイラー出力が設定されている。このように通常捨てている熱（排熱）まで利用できればエネルギーを効率的に使うことが可能だが、熱供給範囲が広がるほど、配管からの熱ロスも大きくなるため、熱需要先が近距離に集合していることがポイントとなる。また、仮に熱需要先が近距離圏内にあっても、求められる熱の品質や需要量が多い時期等により、熱供給の条件に施設ごとの熱需要がマッチしない可能性がある。複数の熱需要に対して一体的に熱供給を行う際には、熱需要の質と特徴の把握がより重要となる。

付帯設備のコスト～遠野地域～

木質バイオマスボイラー導入検討の際、機器（ボイラー）本体の価格が重視されることが多いが、ボイラーは単体でエネルギー供給できるものではなく、既存設備との接続やその他付帯設備の設置・稼働にもコストがかかることを留意しておく必要がある。日本では木質バイオマスに関する設計や施工工事のノウハウ蓄積が少なく、設計等業務を担当する事業者も木質バイオマスを専門としていない場合がある。そのため設計・工事内容が導入事例ごとに異なり、総事業費を想定しにくい。また、配管に関していえば地域熱供給が盛んな欧州より配管設置にかかる費用は高くなるという状況も報告されている。遠野地域でもボイラー本体は低コストで導入されたが、配管工事が想定より高くなるという状況が見られた。事業費全体のコスト低減を念頭に、導入を検討していく必要がある。

海外製ボイラーの設備メンテナンス～南会津地域～

南会津地域は海外製のチップボイラーを導入している。このボイラーの保守、定期点検時には海外技術者の派遣が必要となり、別途多額の費用が発生することが明らかとなった。

専門技術者によるメンテナンスはボイラーの安定稼働に有効であると思われるが、海外からの人員派遣のコストは安くなく、ランニングコストとして見込んでおく必要がある。

一方、海外製品を扱う国内の代理店がボイラーのメンテナンス等を行う事例も見られており、実績も積まれてきている。国内のメーカーでも同様の配慮が必要だが、ボイラーの選定にあたっては、導入後のアフターサービスの内容についても検討しておく必要がある。

3.6.1. 需要の把握

熱の需要量の把握に関する考え方と求められる熱の質について述べる。

(1) 熱の需要量

熱需要量については、その総量と時間あたり負荷を把握する必要がある。総量は、木質バイオマス燃料の必要量に換算し、燃料供給との整合を図る。時間あたり負荷は、MJ/h、kcal/h、またはkWで表されるような単位時間あたりの熱出力のことで、季節や曜日、時間帯によって大きく変動することが多い。季節変動で一般的なのは、気温が下がる冬期の熱需要量の増大（夏期の倍程度になることもある）、曜日や時間帯による変動で一般的なのは、施設の利用増によるものである。このとき負荷をベースとピークに分けて考える必要がある。

木質バイオマス利用設備は燃料が木質のため、化石燃料ボイラーより負荷への追従性が良くない。そのため、木質バイオマス利用設備は一定の負荷（ベース負荷）を保ち、一時的に高い出力が要求される部分（ピーク負荷）は、化石燃料ボイラーで対応するという導入方針がある。この導入方針の場合、ベース負荷が木質バイオマス利用設備の定格出力を定める際に重要で、一時的に高い出力が要求される部分については化石燃料ボイラーで対応することになる。

ただし、ピーク需要は木質バイオマスで対応しないため、熱需要量の総量に対して木質バイオマスの代替率は100%にはならない。

他方、木質バイオマスによる代替率をできる限り高めるといった導入方針もある。この方針の場合、例えばベース負荷に定格出力をあわせた木質バイオマス利用設備を複数台導入し、ベース負荷は設備1台で対応し、ピーク負荷時は設備2台で対応する等の運用を行う。

また、蓄熱タンクを導入することで対応設備を切りかえることも可能である。いずれにせよこれらの変動をできるだけ正確に把握することにより、木質バイオマス導入効果のシミュレーション及び導入する機器の最適出力算定の精度を増すことができるので重要である。

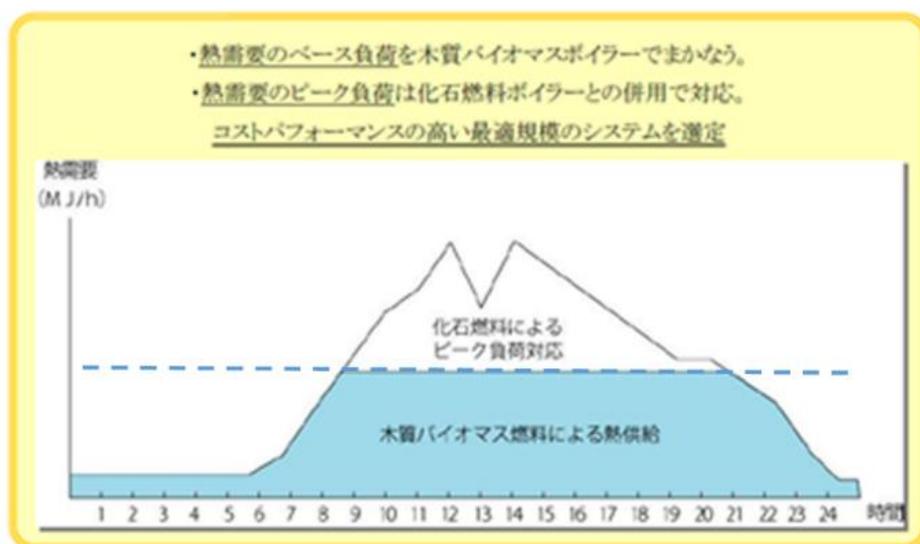


図 3-18 木質バイオマスボイラー規模選定の考え方

出典) 森のエネルギー研究所「木質バイオマスボイラー導入指針」

(2) 熱の品質（水温、蒸気温度・圧力）

熱利用においてはその量的な把握だけでなく、熱の品質という点にも留意しなければならない。それは温水利用であれば利用されている水温、蒸気利用であれば蒸気の温度や圧力を意味する。既存の熱需要がある場合はその条件に合わせるのが基本である。木質バイオマス利用設備導入に伴ってこれらを変更する場合は、それによる影響をよく検討する必要がある。

表 3-8 熱の品質による利用用途の違い

	温度の目安	用途
温水	60～80℃	給湯、ろ過昇温
	30～60℃	暖房（パネルヒーター、床暖房等）
	15～30℃	融雪

	温度・圧力	用途
蒸気	利用機器により異なる	工場や大規模施設での加熱用途（プロセス蒸気）

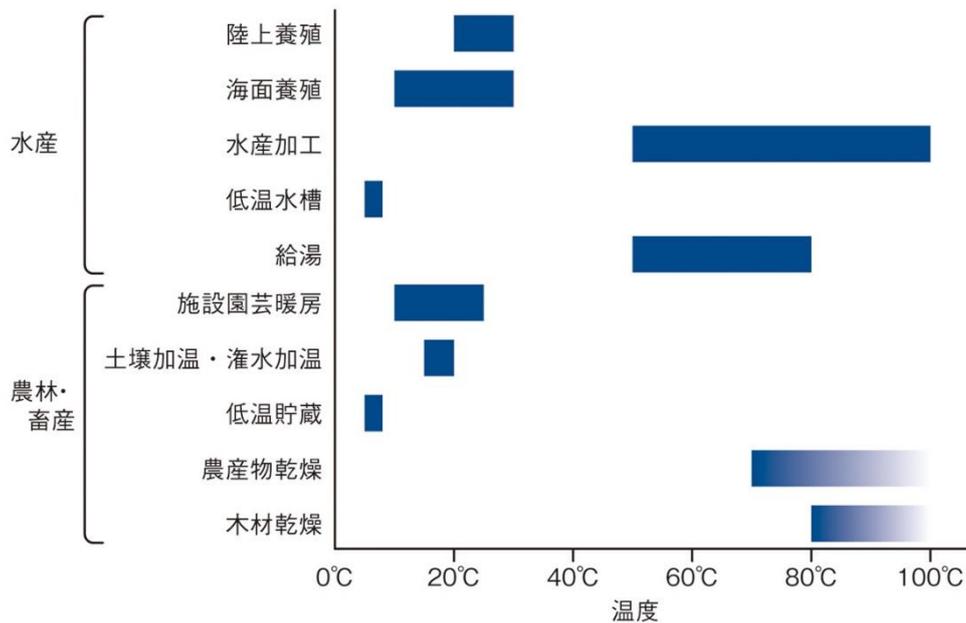


図 3-19 温度帯別による熱（温水）の利用用途

出典) 秋澤淳氏 資料「バイオマス技術ハンドブック」

3.6.2. 設備の選定

設備の選定にあたっては、設備投資に係る費用は最小限に抑え、可能な限り導入した設備でエネルギーを多く生産し使用できる計画とする。これらを念頭に設備を選定する際に留意すべき点を示す。

(1) 設備を選定する際の留意点

① 燃料調達可能量の見極め

エネルギー活用設備における燃料使用量は、その対象地域における燃料の調達可能量の範囲内でなければならない。万一、燃料が不足すると収支計画に大きな影響が出る。

エネルギー活用設備の経済性は、一般的に利用規模を大きくした方が収益性は向上するが、燃料使用量が多くなるほど、燃料調達のリスクが高まる。燃料調達可能量は慎重かつ保守的に見積もったうえで、その範囲内で余裕をもってフル稼働させることのできる利用方法と利用規模を選定すべきである。

② 熱利用の優先検討

木質バイオマス発電により生産した「電気」は、一定の送電ロスはあるものの電力系統に送ることで、広域の需要者まで届けることができるが、ボイラー等から発生した「熱」は遠くに運ぶことができない（輸送中の放熱が大きい）。そのため、熱利用先が熱の発生場所と同じ場所もしくはその近くになくしてはならない。

熱を最大限利用（販売）し採算を確保するためには、発生させた熱をなるべく余らせることなく利用できる「熱需要先」を確保する必要がある。熱の発生量が熱の需要量を超えるような規模の設備は採算性が低くなることが懸念される。

したがって、設備の選定の際には、第一に熱の需要先とそれに見合った熱の出力規模を検討すべきである。

なお、既存の熱需要があり、そこに木質バイオマスエネルギー設備を導入する場合は、なるべく設備が定格どおりの出力で長い時間稼働できるように、稼働率が高くなるよう導入規模を設計するのが基本である。

また、計画地において有効な熱需要がない場合、熱需要先を新しく創るということを検討する必要があるが、熱需要の創出は多くの場合「熱を使う新しい別事業」の立上げを意味するため、その別事業の事業化可能性も検討しなくてはならず、ハードルが高くなる。安定した一定規模以上の熱需要がある場合は、発電（熱電併給）も検討することができるが、今後導入が増えると思われる小規模な発電（熱電併給）では熱を利用して採算を確保することが必須となるので、熱利用ができるかどうかを必ず先に検討した方が良い。

(2) 設備規模の選定

設備規模（出力）の選定の際はハイブリッド利用の原則に従い、ピーク負荷に対して低めの出力とする。100%のエネルギー代替を目指してピーク負荷にあわせた出力規模にすると投資対効果が悪くなるため、投資対効果が最も高くなる出力をシミュレーションによって導き出す。

また、蓄熱槽（貯湯槽、バッファータンク等とも呼ぶ）を利用することにより木質バイオマスエネルギーの代替量を高めることができる。

設備の出力に対して負荷が上回る場合は、蓄熱槽からの熱出力を上乗せすることができ、逆に出力に対して負荷が下回る場合は、蓄熱槽に熱を貯めることが可能である。

蓄熱槽の容量についても、その投資対効果が最も高くなる容量を検討することが求められる。

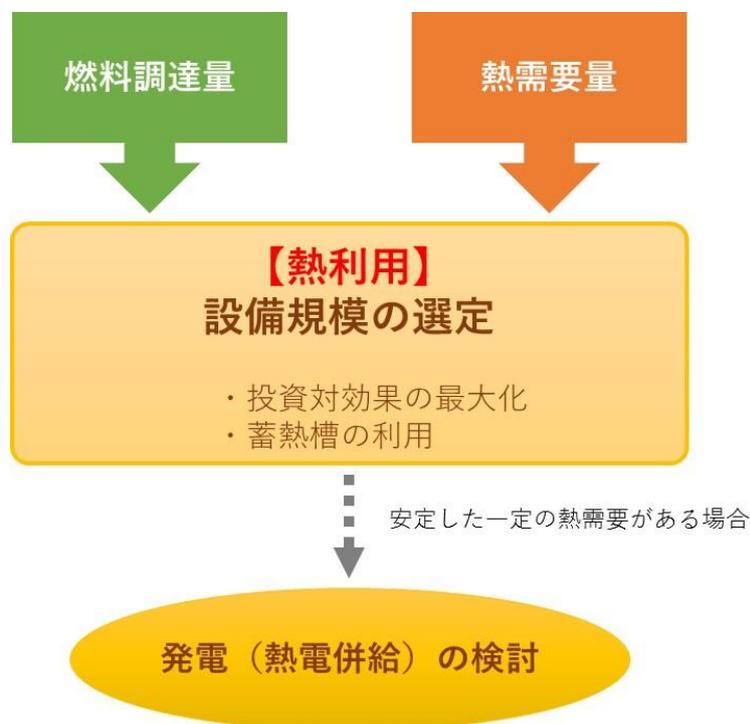


図 3-20 留意点を踏まえた設備の選定フロー

3.6.3. 設備の導入

設備の導入時に抑えておくべき要素として、スケジュール、手順及び導入場所がある。

(1) スケジュール

一般的なスケジュールは、検討初年度に FS を実施、2 年目に設計を行い 3 年目に工事着工という流れになる。FS や設計が難しくない場合は短縮できるが、十分な事前調査や設計検討を行わなかったことが原因ではないかと思われる事業の行き詰まりや稼働後の不具合等が散見されるので、余裕を持ったスケジュールを組むことが重要である。

(2) 手順 (FS～設計～工事)

通常の木質バイオマスエネルギー設備の導入手順は以下のようになる。

① 事業化可能性調査 (FS)

最初にどのような形で木質バイオマスエネルギー設備を導入するのが一番適しているのか調査を行う。木質バイオマス燃料の調達可能性を明らかにした後に、それに基づいた最適な設備の検討を行う。設備は概念設計程度の設計を行い、概算の事業費を算定し、経済性を評価する。

② 設計

FS 後に基本設計及び実施設計を行う。木質バイオマスエネルギー利用設備の設計は、エネルギーを有効利用するために留意すべき点多く、ノウハウの蓄積が重要である。それぞれの段階で事業費を算定し、事業の実施可否を判断する。

③ 工事

設計が完了したら、業者選定等のプロセスを経て着工する。比較的シンプルな木質バイオマスボイラーの設置であれば、着工から 6 ヶ月程度で竣工できる。設備が海外からの輸入である場合等は納期が長期間となる場合もあるので注意が必要である。

(3) 設備の設置場所

木質バイオマスエネルギー利用設備の設置には一定のスペースが必要であり、チップやペレットのサイロや薪の置場、それらの搬入のための車両等の動線確保に留意しなければならない。そのため一般的には敷地の限られた都市部での設置は難しく、郊外の方が適している。

設備の設置位置は、エネルギーの利用先との接続距離ができるだけ短くなるような位置を選定する。利用先との距離が長くなることは、熱を送る場合の放熱ロスやポンプ動力の増大を意味する。加えて、周囲への影響に対する配慮として、排気ガスの行方に留意して設置場所を決めることが重要な場合もある。設備が正常に稼働しているときは完全燃焼により排気ガスはほとんど気にならないが、とくにボイラーのような直接燃焼方式で排気ガスの集塵対策が簡素な場合は、投入する燃料の水分が高いとき等にばい煙を含んだ煙が発生することがある。煙が人のいるところへ流れたりするとクレームとなり設備を停止させざるを得ないケースが見られる。

3.6.4. 設備の導入コスト

(1) どこでコストがかかるのか(導入コスト低減の方策)

一般的に木質バイオマスエネルギーの設備導入工事は非常に高額になり、これが木質バイオマスエネルギー導入促進の大きな妨げになっている。今回のモデル事業やこれまでの国内での導入事例から、コストがかかる部分とそれを低減する方策について考察する。

① 機器本体

ボイラーや熱電併給の機器は先行する欧州製のものである場合がほとんどであり、それらを輸入してくるため機器自体が高額となり、欧州での価格の2～3倍になるとも言われる。これを低減するためには、導入台数を増やすことで輸入に係る諸コストを抑えることが考えられる。

または国産で比較的安価に導入できる機器(当然ながら技術的に海外製に見劣りしないもの)の開発を期待したい。いずれにしても導入台数を増やすことがコスト低減の近道である。

② 配管工事

国内の導入事例では、既存のエネルギー利用施設に対し木質バイオマスエネルギー利用設備を接続するかたちであるため、接続するための配管工事にコストがかかることが多い。とくに両者が距離的に離れており配管の埋設工事等も必要になってくる場合は、工事費用が高額になりやすい。これに係るコストを低減するには、接続距離を短くするという基本事項に留意することも大事だが、そもそも木質バイオマスエネルギー利用設備を既存の施設に対して後付けするのではなく、施設の建設時に当初から組み入れておくことも重要であると思われる。

③ 建屋

ボイラー等の設備を格納するための建屋を建設することが多いが、これが総工費のかなりの割合を占める。もちろん建屋には頑丈さや耐久性が求められるので安易にコストダウンを求めるわけにもいかないが、それでも許容できる範囲で建屋コストの低減策を考える必要がある。一部で試みられているものとして、コンテナやガレージを利用するケースもある。

3.6.5. 設備の運用

導入した設備を効果的に運用していくためのポイントを以下に述べる。

(1) 運用主体

国内ではエネルギーの利用者が運用主体になることが多い。木質バイオマスエネルギー設備の導入効果を最大限に高めるためには、木質バイオマスエネルギーに関する適切な知見を持っておく必要がある。そのため、設備を提供するメーカーからの情報収集だけでなく、既存文献や関連セミナー、講習会等に参加し、木質バイオマス利用に関する基本的な知識を学習すると共に、類似事例や先進事例を視察等で調査し、運用に際しての具体的な留意点や仕組み等を細かく把握することが適切な運用につながる。このようなエネルギー利用者側の負担を軽減する方策として、エネルギー供給サービス事業者の活用がある。契約内容によるが、設備の運用までエネルギー供給サービス事業者が行う契約にすれば、需要先はエネルギー供給を受けるのみで、設備の運用負担を回避できる。

(2) 燃料調達

木質バイオマスは、太陽光、風力及び水力等他の再生可能エネルギーと異なり、運用する限り燃料を調達し続けなければならない。燃料調達が安定しない場合、調達先との交渉等が運用者の負担となる。負担軽減のためには燃料供給業者との安定供給契約を結ぶことが肝要である。

一方、単一供給業者のみの取引は、何らかの理由で供給が減ったり途絶えたりするリスクや、価格や品質の競争原理が働かないリスク等があり、リスクヘッジの意味で複数の調達ルートを持っておいたほうが良い。

(3) 設備メンテナンス

木質バイオマスエネルギー利用設備は、定期的なメンテナンスが不可欠である。燃料の燃焼部分では灰が発生するため、数日から1週間に1回程度の灰出しが必要となる。機器によって自動で灰受け箱に収納されるものと、手で掻き出さなければならないものがある。ボイラーは、煙管や水管に付着した煤(すす)を落とす作業も数週間から1ヶ月に一度程度必要である。これも自動的にエア噴射で落とすものと、手で掃除をする必要があるものがある。そのほか排気集塵装置も飛灰が貯まるので、定期的に取り出しを要する。

また、ガス化発電設備においては、木ガスの精製過程のメンテナンスが非常に重要となってくる。燃料の水分が高い等の理由により木ガスに不純物が混ざると、ガス精製過程のメンテナンスが頻繁に必要となり、結果として発電設備の稼働時間が短くなり経済性が悪化する要因となる。

この点はガス化発電設備の普及における大きな課題となっているので注意が必要である。

3.6.6. 設備の運用コスト

設備の運用コストとして主のものは、燃料費、人件費、メンテナンス費である。各内容についての留意点を示す。

(1) 燃料費

燃料費は運用コストにおいて一番大きな割合を占めるため、この費用のコントロールが設備運用において最重要である。木質バイオマス燃料の価格は、比較的安定しているが、近年は大型木質バイオマス発電所の影響もあり価格は上昇傾向である。

事業を計画する際は、一定の上昇率を見込む、調達元との安定した関係を構築する、複数の調達ルートを持つ等の対策をした方が良い。

(2) 人件費

① 機器の保守、メンテナンス（自ら行う場合）

日常的な保守やメンテナンス（日常点検や灰出し等）で人が必要となる。設備によっては稼働記録機能等を有し遠隔監視が可能なため、日常的な人件費が不要というものもある。

② 設備の監視（一部の発電設備の場合）

ボイラータービン式の発電設備等電気事業法によって常時監視が必要なものがあり、その場合は、電気主任技術者、ボイラー・タービン主任技術者等を配置しなければならない。

③ 薪や木くず等燃料の手動投入

薪や製材端材等をそのまま燃やすボイラーの場合は、燃料は手動投入であり、そこに人が必要である。小型薪ボイラーであれば、3時間に1回程度の投入であり導入先施設の既存従業員で対応できるケースも多いが、木くず焚きボイラー等常時投入が必要で専任を配置しているケースもある。

夜間の人員配置については、需要側の需要状況によるが、蓄熱槽やバックアップの化石燃料ボイラーから熱を供給することで配置不要とすることもできる。

④ 管理人件費

事業全体の管理のために必要な人件費である。

(3) メンテナンス費

自ら行うメンテナンス以外に、メーカーや業者に委託する場合はメンテナンス費用がかかる。設備や業者により費用は様々なので、比較検討及び交渉する必要がある。

また、単年のメンテナンスだけでなく、導入の数年後に必要な大規模メンテナンス等もあるのでよく確認をしたい。

さらにトラブル・異常対応時の業者対応は費用がかかる場合もあるので、一定の費用を見込んでおきたい。とくに海外製の設備の場合、メンテナンスが難しく特定の業者しか実施できない場合や、交換部品の調達に時間がかかる場合等があるので注意が必要である。

(4) ESCO 事業によるエネルギー供給

従来の木材産業業界等で見られてきたように設備を導入する主体が自らエネルギーを使用する場合と、自らエネルギーを使用しない場合がある。国内においては前者の場合が多い。後者の場合は、エネルギー供給サービス (Energy Service Company : ESCO) 事業と呼ばれる。木質バイオマスエネルギーでの ESCO 事業は木質バイオマスエネルギーが広く普及している欧州では一般的な形態である。

ESCO 事業の場合、ESCO 事業者側はエネルギーを使用する主体と契約を締結することとなるが、事業が成立し、かつエネルギーを使用する主体と ESCO 事業者双方にとってメリットを生む事業とするため、事業収支に影響する各コストの設定や利益の分配方法、エネルギーが削減できなかった場合のリスク担保方法等、細かな内容について協議し確定していく必要がある。このような細かい条件を設定するためには導入効果の検証方法、発生しうるリスクの把握と対応手段、木質バイオマスエネルギーの特徴の把握等専門的な知見が必要であり、また(契約方法によっては)設備投資を担うための財政力も必要となる。

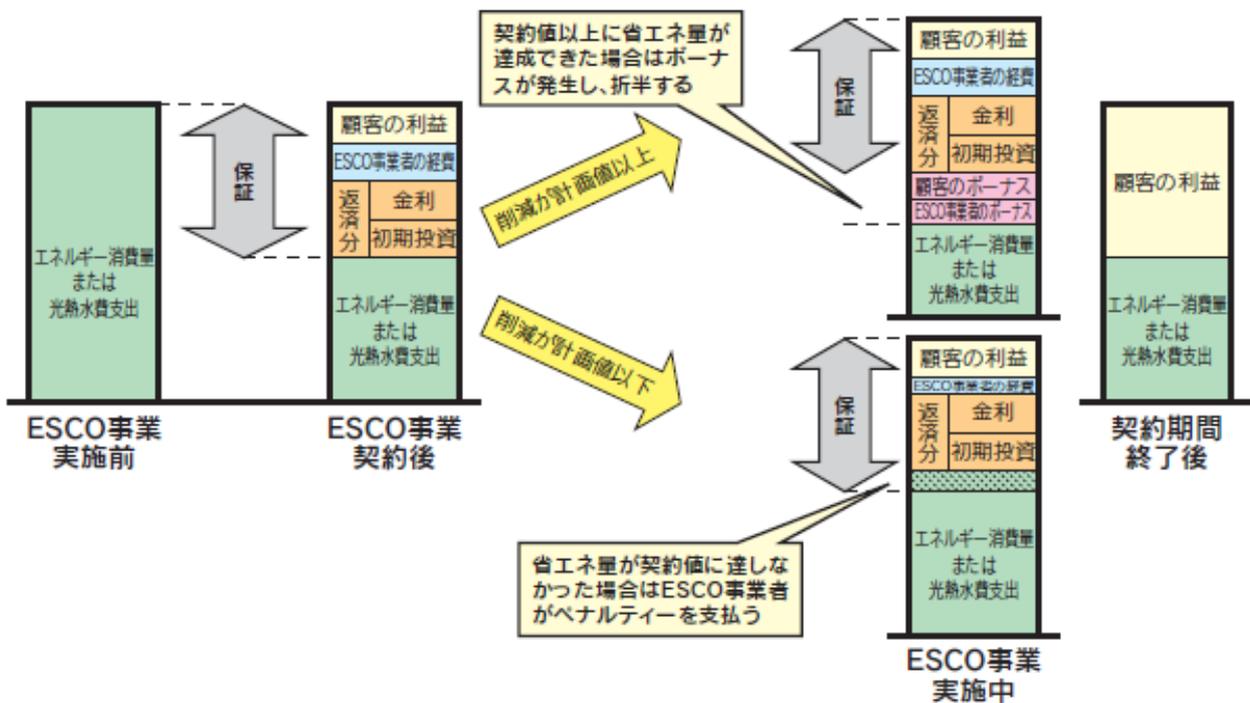


図 3-21 ESCO 事業の基本的な考え方

出典) 環境省「ESCO 事業の概要」

4. 木質バイオマスエネルギー導入の 評価

4.1. 経済性の評価

✓ 地域での成果等関連事例

木質バイオマス発電による燃料用材の高騰～四万十地域～

2012年7月に再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）が施行され、全国各地で木質バイオマス発電事業の計画が相次いでいる。とくに電力の買取り単価が高い未利用材は、需要量が現在の素材生産量を上回る地域が見られている。

素材生産量や木材の調達量を急に増加させることは困難であることから、木質バイオマス発電事業間で燃料用材の奪い合いが起こる恐れもあり、結果として従来チップを利用して来た製紙業との競合や木質バイオマス燃料用材の単価上昇等の状況も報告されている。

四万十地域も木質バイオマス発電事業の影響を受けた。平成25年度の計画当初は、おが粉燃料が比較的低価格であったこともあり、おが粉製造及びおが粉ボイラーの利用が決定した。

しかし、平成27年に事業地域の高知県内で木質バイオマス発電所が2基稼働した影響により、おが粉の原料となる原木価格が上昇し、おが粉製造コスト・おが粉調達コストも上昇した。コストによる収支が見合わないことから、当初計画されていた事業者自身によるおが粉製造は中止され、県内の製材所等から調達するおが粉を事業者が乾燥し、ボイラーへ供給する形に事業変更している。

固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイトによれば、（メタン発酵含む）バイオマス発電の認定及び稼働は大幅に増加し、2016年10月末時点で認定容量は400万kW、認定件数は合計459件、稼働容量は113万kW、電力の買取りが開始された件数は191件と報告されている。2016-17年には、大型の木質バイオマス発電所が多く稼働し始めるとされており、今後もこれら発電事業が木材の安定供給に影響を及ぼす可能性は否定できない。

このような状況を踏まえると、今後の大規模木質バイオマス発電事業への参入は木材の安定調達の面でリスクが高いといえる。そのため、これからの木質バイオマスエネルギーの活用については、小規模事業でも採算があう条件を整え、計画を進めることが重要である。

出典) 固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト

木質バイオマスエネルギーの導入を経済的な視点から評価する際に重要となる要素、評価基準と評価方法について以下に示す。

また、経済性評価の際にあわせて検討すべきリスク要因についても述べる。

4.1.1. 評価基準の設定

経済性の評価基準とは、どのくらいの経済性があれば事業を実施できるのかを検討する際の判断基準である。基準を上回れば事業は実施または継続され、下回れば事業は実施されないかまたは撤退等の判断をすることになる。評価基準をどう設定するかは、どのような目的で木質バイオマスエネルギーを導入するかによって異なる。投資収益を上げることが第一の目的であれば、当然高い経済性が求められる。

一方、CO₂の削減や地域活性化、林産業の振興等が目的であれば、そこまで高い経済性は必要ない。事業収益だけでなく周辺産業への波及や地域外への経済的流出の防止（地域内還元）等の経済効果を基準にしても良い。

いずれにしても事業を行う目的をよく考え、それに見合った評価基準を持つことが大事である。

4.1.2. 収益の捉え方

投資に対する効果は設備を運用することによる「収益」であるが、この収益はエネルギーの利用の仕方によって以下2つの考え方がある。

（1） エネルギーを自家消費する場合

これまで利用していたエネルギーコストと設備導入後のエネルギーコストを比較し、コストが低減された分を収益と考えることができる。エネルギー活用設備の導入主体がエネルギーの使用主体と同じ場合はこの考え方になる。

（2） エネルギーを販売する場合

エネルギーの販売収入からエネルギーの生産コストを引いた分が収益である。エネルギー活用設備の導入主体とエネルギーの使用主体が異なる場合は、エネルギーを販売することになるため、こちらの考え方になる。

4.1.3. 投資対効果の評価方法

経済性の評価基準としてよく用いられる、投資対効果の評価方法について記載する。

(1) 投資回収期間

「回収期間法」と呼ばれる評価方法である。ごく簡単に説明すれば、「初期投資費用÷事業収益（年間）＝投資回収期間（年数）」となる。事業を行うための初期投資費用を事業収益で回収するという考え方である。投資回収期間を過ぎれば初期投資費用を含めた累積で黒字になるため、設備が使用できる期間内に回収可能か、ということが評価基準の一つである。

ただし、それは最低限の経済性であり、通常の民間投資事業の場合は事業環境の変動リスク等も考慮してできるだけ早く（数年程度で）回収できるかどうかを判断基準とすることが多い。

なお、割引率を設定して将来の事業収益を現在価値に直した金額で計算する方法もある。

(2) IRR

IRRとは「内部収益率（Internal Rate of Return）」のことであり、「投資プロジェクトの正味現在価値(NPV)がゼロとなる割引率のこと」と定義される。つまり「初期投資額」と「将来にわたる事業収益の現在価値の累計」が等しくなるような割引率のことである。やや正確性を欠くが概念的には「利回り」に近く、収益率を評価する際に用いられる。事業のリスク等も加味して事業者が期待する収益率を超えるかどうか判断の基準となる。

(3) 減価償却による損益計算

初期投資費用である設備投資額を減価償却し、減価償却費を含めた単年度収支で評価する方法である。減価償却という会計のルールに則った収益額を把握することができる。減価償却費を計算するための減価償却期間は、税法に定められた法定耐用年数を用いることが多い。

ただし、法定耐用年数は実際に設備が使用可能な年数とは異なる場合もあり、実態を正しく反映しているかは考慮する必要がある。

また、事業年度ごとに減価償却費が変化する「定率法」を用いる場合や、減価償却期間と実際の設備の使用期間が異なる場合には、単年度収支ではなく事業計画の全期間にわたって収支の推移を見なければならぬ。

4.1.4. リスクの検討

経済性の評価にあたっては、事業の様々なリスクを織り込まなくてはならない。数値化するのが難しいものもあるが、変動要因を数値に反映させ、それを上下させた場合の経済性の感度分析を行うことが肝要である。

(1) 燃料調達リスク(量、品質)

設備の運用において燃料調達が最重要であることは先にも述べた。逆に言えばリスクが顕在化したときに最も影響が大きいのも燃料調達に関する部分である。燃料調達のリスクとしては価格の上昇、量の不足、品質の不足の3つが挙げられる。とくに木質バイオマス燃料の調達競争が激しい地域では価格の上昇と量の不足に注意が必要である。使用する設備の燃料品質の許容範囲が狭い場合は品質の不足にも注意しなくてはならない。燃料供給業者との事前の協議をしっかりと行ってリスクを低減したい。

(2) 設備稼働リスク

エネルギー利用設備の想定稼働時間を確保できない場合も、経済性に大きく影響する。多くの場合稼働できなくなる理由は、燃料の品質低下による稼働トラブルであるので、燃料の品質に細心の注意を払うのが第一である。ただし、木質バイオマス燃料であれば多少の品質のばらつきは付き物であるので、設備自体の燃料品質への許容範囲や稼働安定性も重要である。リスクを抑えるには、設備の稼働実績をよく考慮して導入可否を決めたい。

(3) 化石燃料の価格変動リスク

木質バイオマスを利用するメリットは、化石燃料を使用した場合のコストと比較されることが多い。化石燃料の価格が低くなると木質バイオマスを利用するメリット(コストの差額メリット)がなくなるか、木質バイオマスが利用されず、化石燃料の利用に戻ってしまうという例がある。

また、ESCO事業としてエネルギーを販売している場合は化石燃料価格に合わせた値引きを求められることもあり得る。化石燃料の価格変動はコントロールできないので、変動があっても事業が左右されにくい対策を取らなくてはならない。例えば、化石燃料が安い時の短期的なコストの優劣だけでなく、長期的な木質バイオマスのコスト優位性を説いて長期安定契約にする、または逆に化石燃料との相対的な価格設定にして、化石燃料が高くなったときには高い収益を取れるようにする(事業者のリスクは高まる)等が考えられる。

4.1.5. 熱供給事業の例

✓ 地域での成果等関連事例

化石燃料価格低減の場合のリスク担保～あわら・坂井・南越前地域～

2014（平成26）年6月頃をピークに下落している原油価格の動向が、木質バイオマスエネルギーの普及に向かい風となっている。モデル地域事業でもそのあおりを受けており、例えば平成25～27年度に実施された事業では、事業開始当初と事業終了時の化石燃料単価がリッターあたり数十円異なっており、事業収支が悪化する要因となっている。

あわら・坂井・南越前地域では重油使用時とのコストメリットを生むため、重油を熱量換算した単価に対して割引率を設定し、熱供給を行っている。そのため重油価格が下落すれば連動して熱供給単価を下げなくてはならない。熱供給単価を下げるために木質バイオマス燃料用材を安く調達すれば山側への還元がなくなり、地域の林業ならびに熱供給を行う事業者双方にとって事業実施のメリットが生まれにくいこととなる。

化石燃料の価格変動はコントロールできないため、変動があっても事業が左右されにくい対策を取らなくてはならない。そのための1つの方策として同地域から提案されているのが、化石下落の場合の公共によるリスク担保である。例えば、化石燃料価格下落の際に限って、熱の買取制度や最低価格を保障するための補助金等があると、民間事業者が参入しやすくなるとされている。

民間の取組みを公共がどこまで支援するか検討は難しいが、木質バイオマスエネルギーの活用意義を単なる経済性の効果だけでなく、森林資源の適正管理、地域経済への還元といった公的な効果でも評価するのであれば、社会状況によるリスクに対して公共の支援を行う方策も考えられる。

これまで小規模分散型の熱利用は、個別の施設にボイラーが導入され、その施設でエネルギー利用が完結する事例が多かったが、近年小規模な熱需要がある複数の施設をとりまとめて熱供給を行う熱供給事業が各地で開始されはじめている。熱供給事業では原則として供給を行う主体と供給を受ける主体は異なり、双方に利益が生まれるよう事業全体で経済性を評価する必要がある。

（１） 事業収支に影響を与える要素

● 燃料の品質（ボイラーの要求に応える形状と水分）

とくに小規模なボイラーを効率的に運用するためには高品質燃料が必要不可欠であり、高品質な燃料の確保＝安定した熱供給に直結する。

● 総合的な事業費

ボイラーの初期投資のみならず、初期投資とランニングコストを含めたトータルコストを考慮する。

● 事業上の契約内容

諸条件を整理し、事業関係者にメリットが生じる形で熱供給や事業に関する契約を締結する必要がある。複数の主体で事業を実施する場合、リスクの所在を明確化し、そのリスクを誰がとるかということを協議しておくことが重要である。事業への出資者が複数に渡る場合は、出資割合と各主体のメリット、デメリットを確定する。

（２） 経済性の評価方法

● 初期投資の分析評価

コスト要因を細かく分け、複数導入パターンでの検討や再見積もり等を行い評価する。
発注方法や施工方法の工夫で低減できる場合がある。

● ランニングコストの分析評価

複数の要素があるが、主には導入効果を高めるための評価を行う。例えば需要施設での燃料費削減効果、熱源設備の稼働率の把握を行い、ボイラー稼働方法の見直しを行う等。

● 熱料金の設定

化石燃料の変動と木質バイオマス燃料の変動を考慮した熱料金設定と実績に基づく見直し。また、化石燃料の変動に左右されない自律型の事業とする場合、熱料金に上限、下限を設け熱料金がある幅の中で固定化するという考え方もある。

● 事業性の検討

重油価格と熱料金、ボイラーの稼働率を用いた熱事業収支のシミュレーション等。損益分岐点、料金設定方式、出資金、固定経費削減の効果などを検証する。

4.2. 環境性の評価

木質バイオマスエネルギーの導入が環境に与える総合的な影響・効果の評価内容として、CO₂削減効果と森林整備効果について概要を述べる。

4.2.1. CO₂排出削減効果（LCA含む）

木質バイオマスエネルギーは、カーボンニュートラルとされている。そのため木質バイオマスエネルギー導入により化石燃料使用量を削減できれば、削減された化石燃料を使った場合に排出されたはずのCO₂量を削減したとみなすことができる。CO₂排出削減効果の算定方法は、削減された化石燃料使用量（活動量）に化石燃料ごとに設定されている排出係数を乗算して求めることが一般的である。

地球温暖化対策の一環として、CO₂を始めとする温室効果ガスの削減量をクレジット（証券）化し取引する制度が世界で整備されている。排出削減効果の算定方法はこれら温室効果ガス排出取引制度で細かく規定されており、参考とすることができる。

また、環境影響への評価方法として、製品やサービスに伴う一連の物質の収支を算出し、評価するLCA（ライフ・サイクル・アセスメント）がある。

LCAを行うことで、木質バイオマス燃料用材の調達から燃料製造、流通、使用、廃棄、リサイクルに至るライフサイクル全体を対象に投入される資源、エネルギー、排出物を定量的に把握することができる。例えば仮に木質バイオマスボイラー導入により化石燃料が削減されたとしても、燃料用材を運搬するための車両用化石燃料消費量が増加していれば、総合的なCO₂排出削減効果は得られない可能性がある。

LCAを行うことにより、木質バイオマスエネルギーの導入による総合的なCO₂排出削減効果をみることが可能となる。

参考：国立環境研究所 環境展望台 環境技術解説 ライフサイクルアセスメント（LCA）

4.2.2. 森林整備効果

森林整備により生産される木材は、カスケード利用の原則に則って利用価値の高い順に利用し、最後に燃料用材として利用されることになるが、戦後造林した森林の間伐遅れ等が問題となっている地域では高い割合で低質材が発生する。この低質材の有効活用先があれば、間伐等の森林整備が促進される一つの要因になり得るため、木質バイオマスエネルギーとしての活用が期待できる。そのため、木質バイオマスの活用は、森林の間伐による成長促進や林内環境整備、及び皆伐再造林による齢級構成の平準化にも寄与するものである。

地域で必要な森林整備面積を試算し、施業面積から発生する低質材の割合を調べることで、供給可能な実利用資源量を把握できれば、適切な森林管理のために年間どの程度の木質バイオマス燃料を活用すべきかを推計することができる。

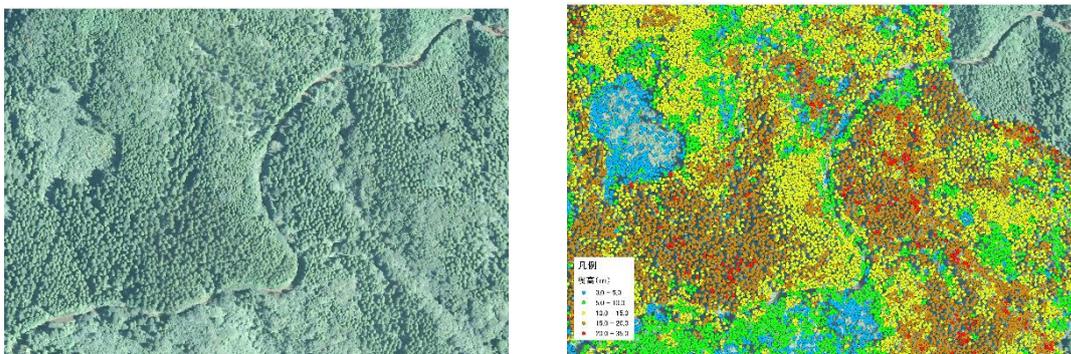
【コラム】

航空レーザーによる資源量の把握

森林資源量を把握する方法として、航空写真とレーザー測量を組み合わせた航空測量技術を用いることで、森林資源情報（樹種、樹高、立木本数、蓄積量等）及び地形情報（林道位置、傾斜等）を、迅速かつ効率的に高精度で取得することが可能である。それらのデータを分析・活用することにより、森林の資源量を的確に把握し、適正な森林管理に繋げることができる。

北海道の下川町では、これに加えネットワークシステムを導入することで、対象区域内の民有林、公有林の森林資源情報や地形情報を共有し、実効性の高い伐採計画や林道開設計画の立案・実施を行っている。

こうした精度の高い森林資源情報及び地形情報を活用することにより、現地調査や現地確認に要する時間短縮及び労力等の軽減が期待できる。



航空写真（左図）とレーザー測量により樹高データを付加したイメージ図（右図）

5. 他地域での展開に向けたポイント

✓ 地域での成果等関連事例

地域での合意形成～真庭市の例～

真庭市では、「一本の木をすべて使い切る」という発想に基づき、地域内の様々な主体が参画の上、木材と木質バイオマスの利活用を進めてきている。

木質バイオマスだけで森林施業が進むことは不可能と捉えられており、適切な木材利用を基盤とした木質バイオマス利用が進められている。そのため木材全体の流通サービスの連携が重要とされており、例えば、材を供給する川上側でも木材市場、森林組合、素材生産業者が一同に介する機会をもって合意形成を図り、役割分担を行っている。

真庭市を含む真庭地域は、従来、製材業が盛んな場所であったが、この連携体制が構築される背景には素材生産業、住民、製材業、行政等関係主体による20年以上の検討の歴史がある。検討を通じて木質バイオマスについても様々な合意形成が図られてきており、「材搬出に関する価格の設定」「燃料（チップ、ペレット）の価格設定」「燃料（チップ、ペレット、バーク）性状の規格化」「材の供給体制、窓口の整備」「運搬・流通の圏域の把握」「副産物の受け入れ先としての木質バイオマス発電事業開始」等の成果につながっている。

また、木質バイオマスの利活用を提案したのは民間事業者であり、民間主導の立案や検討にも特色がある。

地域では住民や企業等の民間事業者が主体数として多数を占めていること、森林資源は地域の資源であることを踏まえると、民間を含めた検討体制を作り上げていくことが、効果的な木質バイオマス事業のポイントになると考えられる。

地域関係主体の連携～あわら・坂井・南越前地域～

あわら・坂井・南越前地域では、「地域民間事業体」による事業実施が進められ、川上～川下まで複数の主体が関与している。連携体制として、事業システムのポイント毎に関係者で作業班を設置して実証を行い、1回/月程度でミーティング・作業報告会を開催し相互調整を図っている。

モデル地域づくり実証事業は、川上・川中・川下の分野で主体を募り、協議会形式により実施されている。中でも本地域では委員会や会議等をとおして、顔の見える関係性を構築し、最終的には各主体の出資により熱供給事業を行う株式会社が設立された。

また、事業に直接関係しない地域住民等へも、イベントの開催やマスコミを活用した普及啓発により、意識の浸透が図られている。

本事業では当初から木質バイオマスエネルギー事業による起業が目的で、そのために必要な連携がとられている。事業内容や役割が異なる複数主体が連携体制を構築していくのは容易ではなく、協議会を設置することが連携体制構築につながるものでもない。本地域のように事業の目的を踏まえて必要な協議体制を検討していくことが重要である。

木質バイオマスエネルギー活用において、地域行政の果たした役割が事業の推進に影響した事例が複数見られた。行政が民間事業者主体間の連携を調整したコマツ栗津工場の事例と、地域開発事業とあわせて導入を行うことで、木質バイオマスエネルギーの導入を単なる設備の導入に留まらない仕組みづくりや新規事業の立ち上げへ拡大させている紫波町の事例を紹介する。

行政の調整機能～コマツ栗津工場例～

石川県にあるコマツの栗津工場では未利用材を燃料とする重油ボイラー、温水ボイラーを導入し、工場内に熱電併給を行っている。未利用材を活用したかった石川県、石川県森林組合連合会がコマツに働きかけ、コマツ側では省エネルギー化と CSR 活動という観点から 2014 年より 3 者での取組みを開始した。

チップ価格の設定はコマツが原価計算を行い、各コストの積み上げから算出した。この計算結果をチップ供給主体であるかが森林組合へ提案し、チップの供給量とチップ価格の設定について石川県が調整・検証を行った。また、材供給のリスクヘッジとして森林組合からの材が不足する場合には、県有林から材を供給する取り決めも行っている。本事例では中立的な立場である石川県が調整役となり、事業実施に寄与している。木質バイオマスエネルギー事業に直接行政が参画しなくても、民間事業者間の利害一致を図る等の調整役を務めたことで、木質バイオマスエネルギーの利用と森林資源の適正管理につながった事例である。補助金等の資金的な支援だけではなく、主体間の連携構築に必要な仕組みづくりやコーディネーターとしての役割等様々な行政支援のあり方が考えられる。

都市計画・まちづくりと併せた導入～紫波町の地域熱供給事業～

紫波町には、平成 10 年に（社）岩手県住宅供給公社より取得してから 12 年間、更地状態になっていた紫波中央駅前の町有地 10.7ha があった。この土地を公民連携で有効活用し、かつ町民からの要望のあった図書館の新設や耐震補強のされていない庁舎の立て替えといった諸課題を解決するため、平成 21 年より紫波中央駅前都市整備事業（オガールプロジェクト）を開始し、「オガールエリア」を整備した。

「オガールエリア」の一部にある公共施設や住宅は同エリア内にあるチップボイラーにより熱供給を行っている。

熱供給事業を行うのは民間事業者（紫波グリーンエネルギー株式会社）で全国的にも珍しい事例として注目されている。

熱供給のための配管の長さは述べ 3,000m あり、エコステーションと居住区であるオガールタウン、ホテル・商業施設であるオガールベース、紫波町役場庁舎と接続している。

燃料となるチップ用材は、岩手中央森林組合から供給されているが、組合が扱う良質材は町内で新築する一般住宅（紫波型エコハウス）等の建設資材として活用されており、木材のカスケード利用がなされている。

本事例のように既存設備の更新のタイミングや土地の余剰、熱需要先の創出のニーズ等の条件を整えることが出来れば、地域づくりの一環として面的に木質バイオマスエネルギーを導入することも可能である。

5.1. 木質バイオマスを地域づくりに活かすために

木質バイオマスを地域づくりに活かすためには、いかに地域住民の合意形成を図り、地域の活性化につなげられるかがポイントになる。そのためには、地域の实情にあった木質バイオマス需要と供給のバランスをしっかりと見積もり、地域内におけるエネルギーの循環を念頭においた地域づくりを行う必要がある。併せて、木質バイオマスを活用して自立した地域づくりを行うためには、地域におけるビジョンを策定し、関係者間でビジョンの共有を図っていくことが重要である。

(1) 地域内におけるエネルギー循環

木質バイオマスを活用した地域づくりを行うにあたっては、地域というスケール（集落単位から流域単位）を定義したうえで、地産地消の原則に従い、地域内におけるエネルギーの循環を意識した循環型地域社会の構築を目指していくことが求められる（図5-1）。



図5-1 地域（集落～町村単位）づくりとエネルギー

出典）森と里の研究所 田内氏 作成資料

(2) 地域におけるビジョンの共有

木質バイオマスを活用した地域づくりにおいては、地域におけるビジョンを構築し、関係者間でそれを共有し、実現していくことが求められる。

地域におけるビジョンの構築、共有及び実現のためには、プロデューサーやコーディネーターの存在が必須である(図 5-2)。プロデューサーやコーディネーターは、地域のキーマンがこの役割を担うのが一番良いが、地域にキーマンがない場合は外部の専門家に依頼することになる。その場合、とくに地域における関係者の合意形成に注意を払い、関係者間の信頼関係構築に努める必要がある。

また、地域ビジョンの構築を下支えするため、科学的な方法に基づくデータを収集・分析し、関係する情報やデータを整備していくことも必要である。

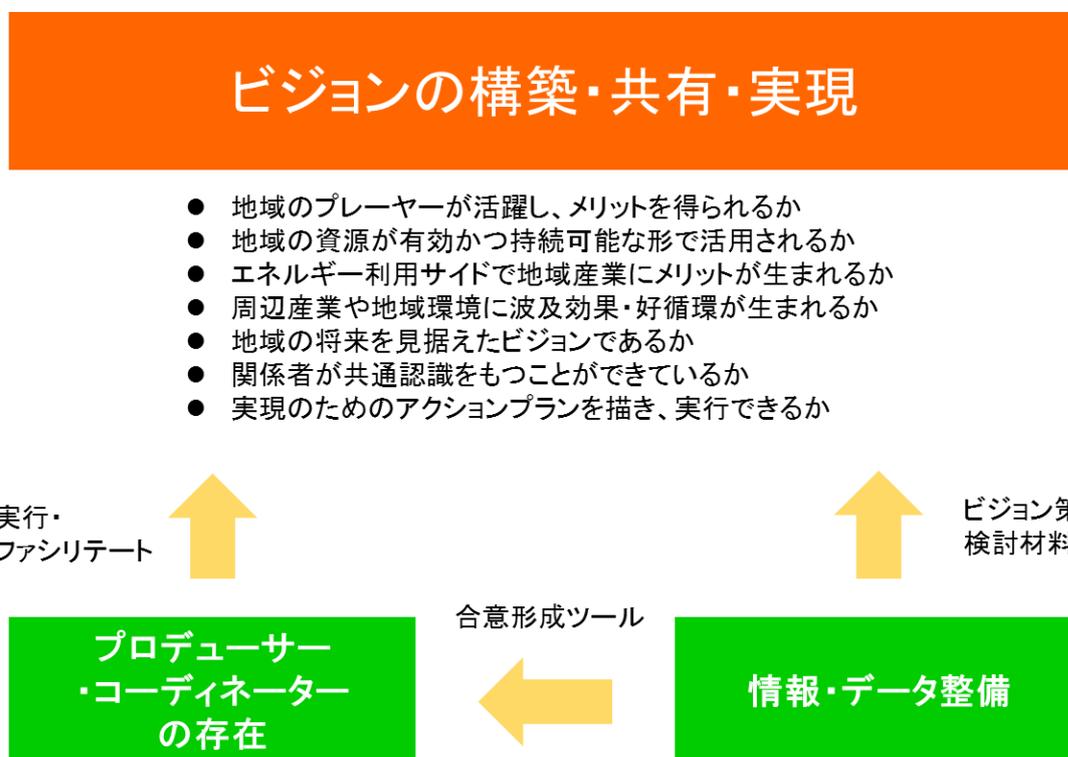


図 5-2 ビジョンの構築・共有・実現のための考え方

出典) (株) バイオマスアグリゲーション 久木氏 作成資料

5.2. 木質バイオマスエネルギー活用のための基本要件

(1) 全般

① 木質バイオマス燃料と熱需要の確保

地域ごとに特性は異なるものの、燃料の供給、熱需要がともに存在することが必須である。燃料供給可能量と熱需要の規模感のマッチングのみならず、燃料と燃焼機器とのマッチングについても十分に検討する必要がある。

② 木質バイオマスエネルギーを地域に導入する効果とリスクの確認

木質バイオマスボイラーを導入する効果とリスクを確認しておくことが重要である。例えば経済効果の創出を目的とした場合でも、「経済効果」の意味がコスト低減と地域経済への還元では効果とリスクは異なる。とくに効果については可能な限り数値化を行う。事業の効果を数値化することで、地域住民や他地域に対して効果的にアピールできる。

③ 木質バイオマス利用機器の情報管理

木質バイオマス利用設備によって受け入れ可能な燃料の仕様やエネルギー効率、対応可能な出力規模、設備の規模等が異なる。例えば同じチップボイラーでも高含水率チップに対応可能なもの、燃料の品質が要求されるが高効率なもの、国内製、海外製等メーカーと機種により様々な機器が流通している。利用側にとっては選択の幅が広がる一方、適切な利用機器を選ぶために設備やメーカー、導入事例の情報を調査し、比較検討することが大切である。

(2) 燃料用材供給

従来、我が国における林業の作業システムは、素材生産のためのシステムであり、木質バイオマスエネルギーの燃料用材を生産・収集するシステムではない。今後、未利用材を木質バイオマスエネルギーとして活用を行うためには、低コストで収集するための路網整備や集材方法等、木質バイオマスを活用しやすい林業インフラを整備することが必要である。

社会状況の変化により森林資源の需要が変わってきている中で、森林経営という視点を持ち、目的に応じた林業システムの整備、人材育成、公的な補助等の整備が必要である。

(3) 燃料製造と運搬

モデル地域づくり実証事業を行った全地域で共通の課題であったともいえるが、質が担保された燃料の安定供給は、木質バイオマスエネルギー活用の根幹となるポイントである。とくに湿潤な気候の我が国では乾燥した地域と比較し、木質バイオマス燃料の乾燥がネックであり、手間とコストがかかる。

また、一般的に木質バイオマス燃料の運搬は車両により行われているため、運搬距離と運搬効率も燃料のコストに与える影響が大きい。各施設の立地状況やこれらを接続する道路の状況、設備の仕様により地域ごとに適切な運用体制や方法でコストが変わってくる。

他地域で活用されている設備やシステムであっても、導入の前に地域の流通状況、関連する地域特性をよく把握し検討を行うことが重要である。

（４） エネルギー利用段階

① 技術・ノウハウの共有

モデル地域づくり実証事業を通じて改めて把握されたこととして、木質バイオマスエネルギーの近代的な利用ノウハウが共有されてきていないことがある。木質バイオマスエネルギーの近代的な利用では実証段階の技術もありそもそもの知見量が少ないが、これまで各種事業により蓄積されてきたはずの知見についても共有が進んでおらず、結果として同じ課題が発生している状況が見られた。知見の非共有や認識不足は木質バイオマスエネルギー普及のための大きな阻害要因であるといえる。近代的な木質バイオマスエネルギーの利用技術、事例をより積極的に共有し、関係者全体の知識を底上げしていくべきである。その結果、不適切な設備導入の防止や事業期間の短縮につながることを期待でき、現在高額であるといわれる木質バイオマスエネルギーの低コスト化への一助になると考えられる。

② 熱負荷パターンの把握

既存の熱需要の総量だけではなく、季節別、時間帯別等熱負荷がどのように変動しているかの主なパターンを把握し、パターンに対応できる設備を選択する必要がある。木質バイオマスエネルギーの導入に伴い既存の熱利用方法を見直し、熱負荷パターンを変更することも方策として考えられる。

5.3. 展開を進めるためのチェックポイント

事例で見られた主な課題を参考に、木質バイオマスエネルギー活用において、確認しておくべき法規の概要を述べる。

① 電気事業法に則った運用体制の整備

欧州では無人運転が行われている設備でも、我が国ではボイラーの仕様により有資格者（電気主任技術者等）が必要となり、人件費が削減できない場合がある。

② 農地法による農地転用許可制度

木質バイオマスエネルギーの効率的な利用では、エネルギーを供給する設備とエネルギー需要先が近接していることが重要だが、施設を新設する際に土地利用上の規制が発生し、プラントと熱需要施設を最適に配置することができない場合がある。とくに農地転用（農地以外のものにする）の場合または農地を転用するための権利移転等を行う場合は、原則として都道府県知事または指定市町村の長の許可が必要となるため、対象用地の種別や規制について事前確認が必要である。

③ 道路法による道路の占用許可

熱供給事業を行う場合にはボイラーから各施設までエネルギーを送る導管を敷設する必要がある。しかし道路の占用には「道路管理者」の許可を受ける必要があり、また許可を受けるための基準を満たす必要がある。許可要件を満たしている場合でも、道路管理・道路交通上認められない場合もあり、とくに公共の道路である公道は敷設の許可が下りにくい場合や敷設方法に規制がある例が見られている。結果導管の敷設費が高額になることもあるので、留意が必要である。

（１） リスクの回避

事業採算性の確保は重要であるが、一方で、木質バイオマスエネルギーの活用を通じた森林資源の適正管理や CO2 排出削減といった公益的な意義も重要である。とくに民間事業者が木質バイオマスエネルギー事業を展開する場合に、事業側では管理できない社会的なリスクをどのように担保し、事業を継続させていくか検討が必要である。近年の状況ではリスクとして、化石燃料の価格下落と木質バイオマス発電所の稼働による原木価格の変動が挙げられている。通常の事業に対する支援だけでなく、最悪な状況でのリスクを担保する公的支援が整備されれば、民間事業者による木質バイオマスエネルギー事業の参入が加速される。

また、木質バイオマスは、ある特定の地域内だけで流通していない場合があり、他地域の流通状況の影響を受けやすい。必要に応じて地域外の情報把握を行うこともリスク回避方策である。

5.4. 行政に求められる役割

木質バイオマスエネルギーを活用して地域づくりにつなげるためには、地域行政の役割も重要である。行政に求められる主な役割を整理した。

● 周辺状況の把握と整理（とくに木質バイオマス発電事業）

再生可能エネルギー固定買取価格制度を利用する木質バイオマス発電のうち、未利用間伐材等を使用燃料とする場合は、燃料の安定調達可能性に関する確認を、都道府県林務担当部局が行うとしている（設備認定申請の段階）。

一方、木質バイオマス燃料は都道府県を超えた圏域で流通している場合もあり、その際にはサプライチェーンを都道府県単位ではなく、さらに広域で捉える必要がある。そのため発電所が立地する県の情報のみならず、他県のサプライチェーンについても十分に理解することが望ましい。このような広域の情報把握や状況整理を行うためには、都道府県間の情報共有と国による全体の調整が必要と考えられる。

● 補助等支援

実証段階にある技術やノウハウを事業化のレベルまで引き上げるためには、段階に応じた補助支援が有効である。例えばハード整備への補助支援が行われ設備の導入が達成したが、その後の運用がうまく行かず設備が停止している例が見られている。このような事態を防止するためには、ハード整備の補助後にそのハードを運用するためのソフトに関する補助支援を行うことが考えられる。

また、実証段階で発見された課題が実証期間中に解決せず、期間終了後は補助が打ち切られた結果、資金面の問題より課題がそのまま放置される場合がある。必要に応じて課題解決までのフォローアップを行うことができれば、利用技術やノウハウの蓄積につながる。

● その他の役割

その他の行政の役割として、事例をふまえ、以下のようなことが考えられる。

- ・ 民間事業者同士の調整役
- ・ 地域開発と併せたエネルギー導入
- ・ 民間事業のアドバイザー
- ・ 民間事業への助成
- ・ 熱需要の創出
- ・ パートナーシップ連携の推進

とくにパートナーシップ連携の推進については、グリーンコンシューマー（環境に配慮した消費者）や都市部の自治体等とパートナーシップ連携を図ることにより、地域外も含めたネットワークが構築され、より強固な仕組みになる。

地域行政に求められる役割は、それぞれの地域が策定するビジョンにより異なるが、目標とするビジョンを実現するため、必要な支援を講じていくことが望まれる。

6. 参考資料

参考文献及び問い合わせ先

■ ボイラー導入用テキスト

木質バイオマスボイラー導入指針

株式会社森のエネルギー研究所 平成 24 年 3 月

http://www.mori-energy.jp/hrd_lca.html

木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト

株式会社森林環境リアライズ 富士通総研 環境エネルギー普及株式会社 平成 25 年 3 月

http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_4.html

木質バイオマスボイラ導入マニュアル（山形県最上地域 木質チップボイラ導入編）

山形県最上総合支庁 平成 25 年 10 月

<http://www.pref.yamagata.jp/ou/sogoshicho/mogami/314046/mogami-baiomass/manual.pdf>

■ 木質バイオマス利用に関する基礎～全般ノウハウ～

木質資源とことん活用読本

熊崎実 沢辺攻 平成 25 年 3 月 29 日 農文協

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

熊崎実 平成 27 年 9 月 29 日 日刊工業新聞社

木質バイオマス発電・熱利用をお考えの方へ 導入ガイドブック

一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会 平成 27 年度

<https://www.jwba.or.jp/woodbiomass-guidebook/>

■ バイオマス利用に関する動向・情報

木質バイオマス熱利用でエネルギーの地産地消(林業改良普及双書 NO.182)

相川高信／伊藤幸男ほか 平成 28 年 2 月 11 日 全国林業改良普及協会

バイオマス白書 2016

ウェブサイト版 NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク平成 28 年 5 月

<http://www.npobin.net/hakusho/2016/>

※同サイト内に各種関連資料、書籍、団体・サイト等へのリンク掲載あり

■ **木質バイオマスエネルギーを活用したモデル地域づくり推進事業
に関する問い合わせ**

林野庁 林政部木材利用課 担当者：木質バイオマス推進班

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/index.html>

環境省 地球環境局 地球温暖化対策課

<http://www.env.go.jp/earth/index.html>

■ **再生可能エネルギー 固定価格買取制度に関する問い合わせ**

資源エネルギー庁 お問い合わせ窓口

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/contact.html

平成 28 年度木質バイオマスエネルギーを活用したモデル地域づくり推進事業
活動評価報告書

平成 29 年 3 月

(発行)

林野庁

(作成)

一般社団法人 日本森林技術協会

〒102-0085 東京都千代田区六番町 7 番地

TEL : 03-3261-5281 (代表) / FAX03-3261-5393

URL:<http://www.jafta.or.jp/>

株式会社 森のエネルギー研究所

〒205-0001 東京都羽村市小作台 1-4-21KTD キョーワビル小作台 3F

TEL : 042-578-5130 (代表) / FAX042-578-5131

URL : <http://www.mori-energy.jp/>