

### 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ふ。

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。

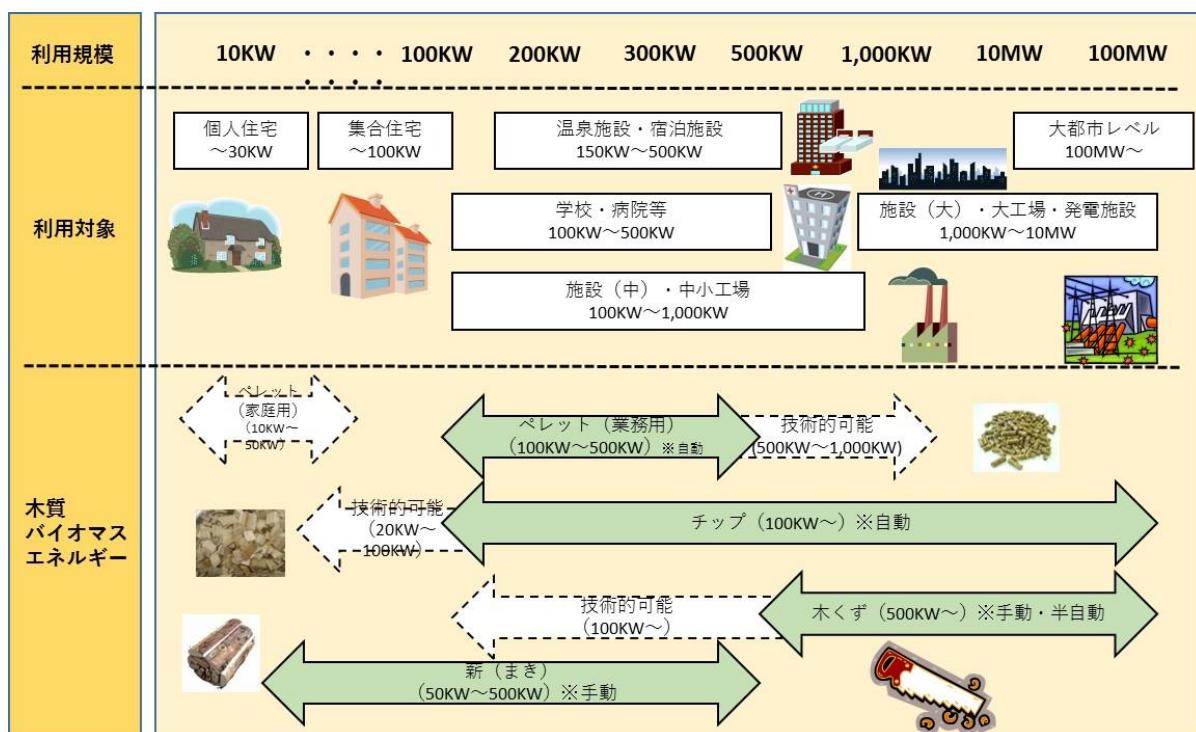


図3-1 燃料種別ごとの用途と規模

出典)「木質バイオマスに関する基礎知識とボイラ導入に関する留意点」  
熊本県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



木質バイオマス発電所

### 3.1.1. 热利用

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て30%程度、低ければ5%にも満たない。

電気のみ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。

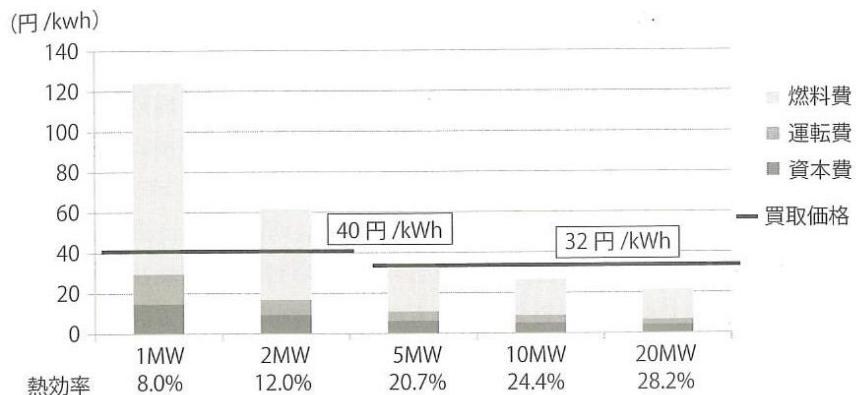


図 3-3 蒸気タービン発電での発電規模別の発電コストとコスト内訳

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

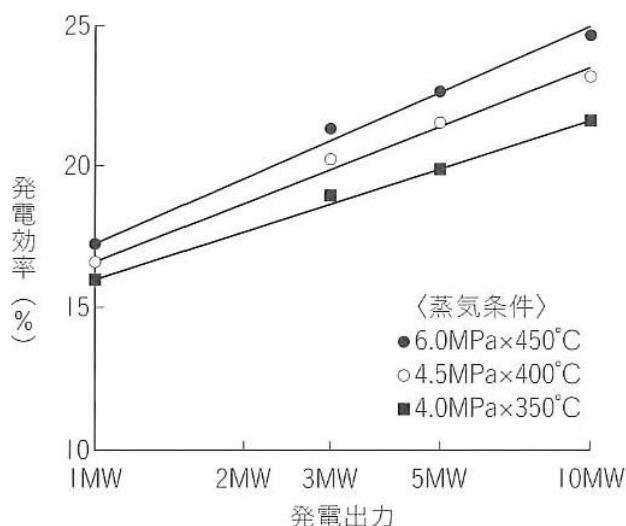


図 3-4 発電規模（放射熱損失）がボイラー効率に及ぼす影響

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、熱電をあわせた場合のエネルギー効率が高い。

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

排熱は 80~90°C の温水の状態で、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。

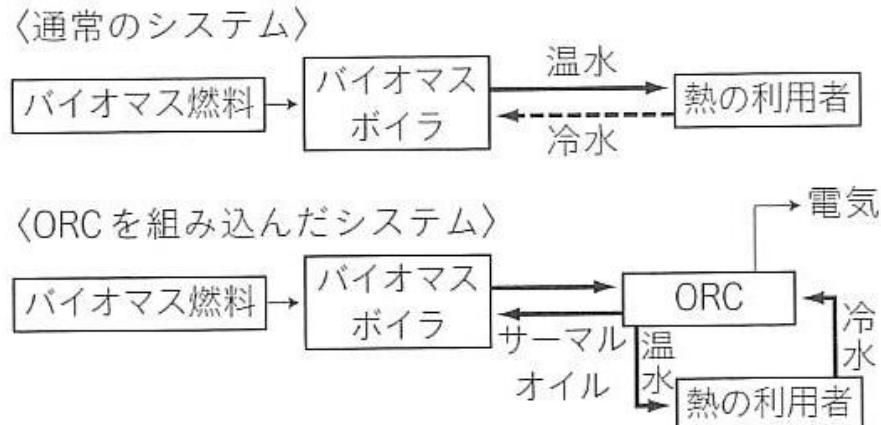


図 3-5 ORC を組み込んだ地域熱供給システム

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。

500 kW 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低成本で効率も高いことに起因する。

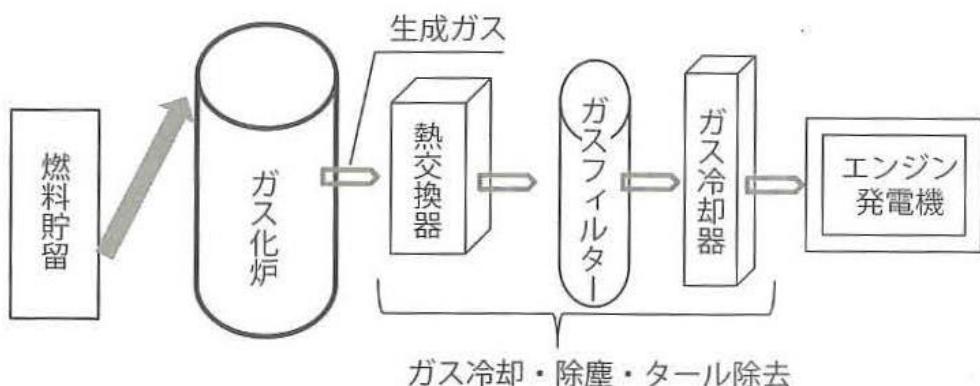


図 3-6 ガス化発電システム構成

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 力所（福島県、群馬県）	海外：10 台程度（フィンランド、オーストリア、イギリス等） 国内：2 力所（秋田県、宮崎県）	海外：ドイツ中心に約 140 台 国内：2 力所（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 10 台程度 国内：1 力所（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  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）	40 kW  100 kW	180 kW  270 kW	250 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  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	切削チップ  長さ 16~50mm が 80% 以上、3.2mm 以下 2% 未満	木質ペレット  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	切削チップ  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ットー機関選択が可。（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、チッパーの選定も必要。

## 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りサイクル・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はらつきが多く、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う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。

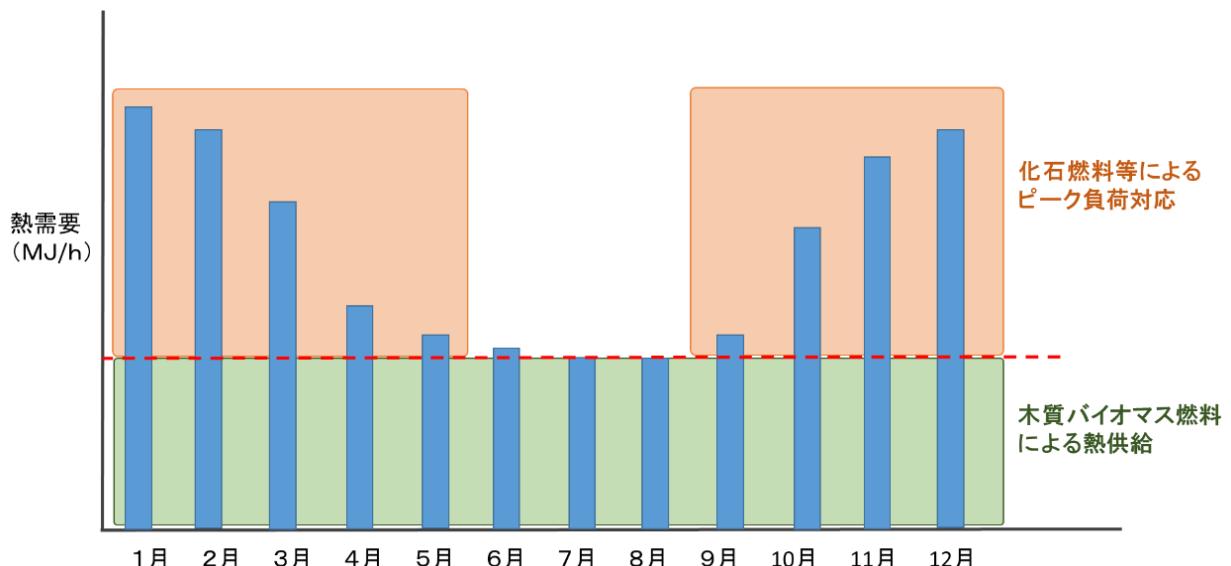


図 3-7 ベース負荷とピーク負荷のイメージ

## ✓ 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）。

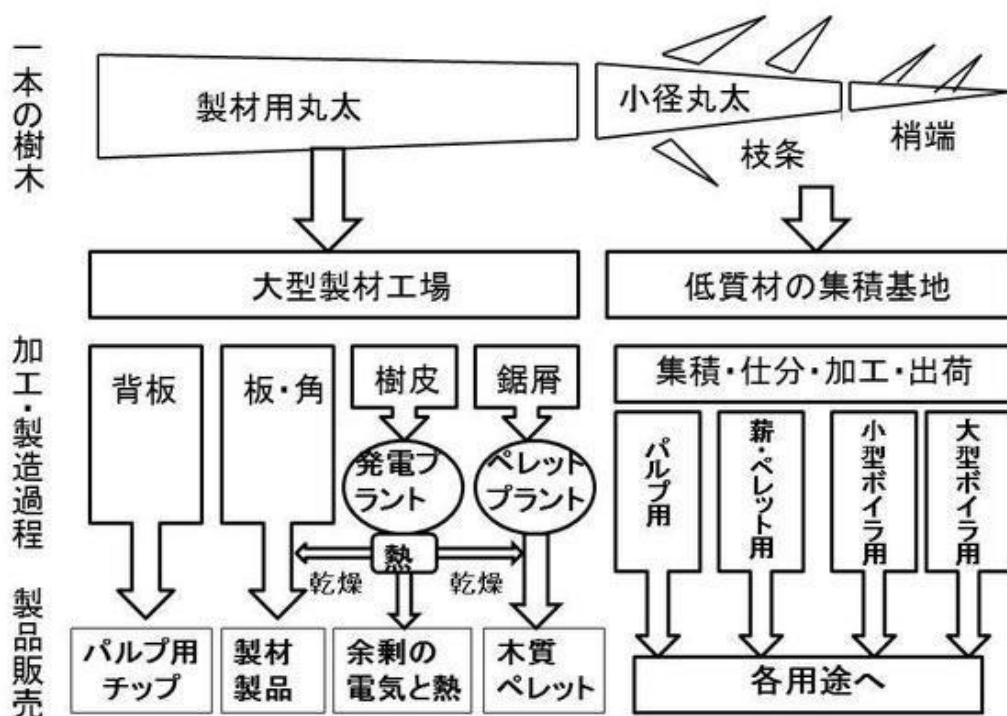


図 3-8 森林から伐り出される樹木のカスケード利用の概念

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/m <sup>3</sup> )	エネルギー密度 (GJ/m <sup>3</sup> )	石油1m <sup>3</sup> と等価な 熱量を貯蔵できる 容積 (m <sup>3</sup> )
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（m<sup>3</sup>））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も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かなくても、皆伐後の再造林を放棄していたり、生態系や水土保全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。

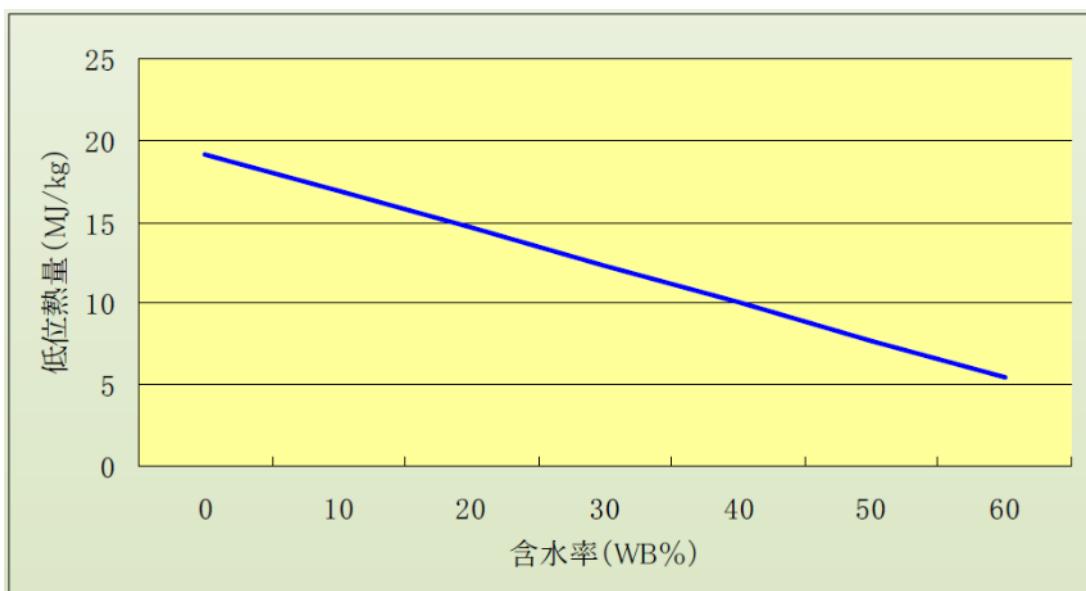
また、燃焼機器によっては仕様に定められた水分より高い燃料ではうまく燃焼できない、定格出力が得られない等の不具合の原因になることがある。燃料の水分管理は非常に重要である。

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、破碎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で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。

#### ○規範項目 (normative specifications)

- ・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%)

#### ○情報項目 (informative specifications)

- ・低位発熱量 (LHV) MJ/kgまたはkWh/m<sup>3</sup>-loose
- ・かさ密度 kg/m<sup>3</sup>-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%)

\* 化学処理のあるチップであれば規範項目になる。

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の設計・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

ボイラの出力規模*		< 250kW	250kW ~ 1MW	> 1MW
ボイラ仕様	搬送装置	スクリュー	スクリュー / ブッシャー	ブッシャーベル 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」

### ● 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。

欧洲では、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、欧洲ペレット市場参入への必須要件ともなっており、欧洲規格である ENplus 規格には、欧洲以外にもロシア、米国、カナダ等 35 か国が参加している。

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、欧洲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クキュムレータ）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

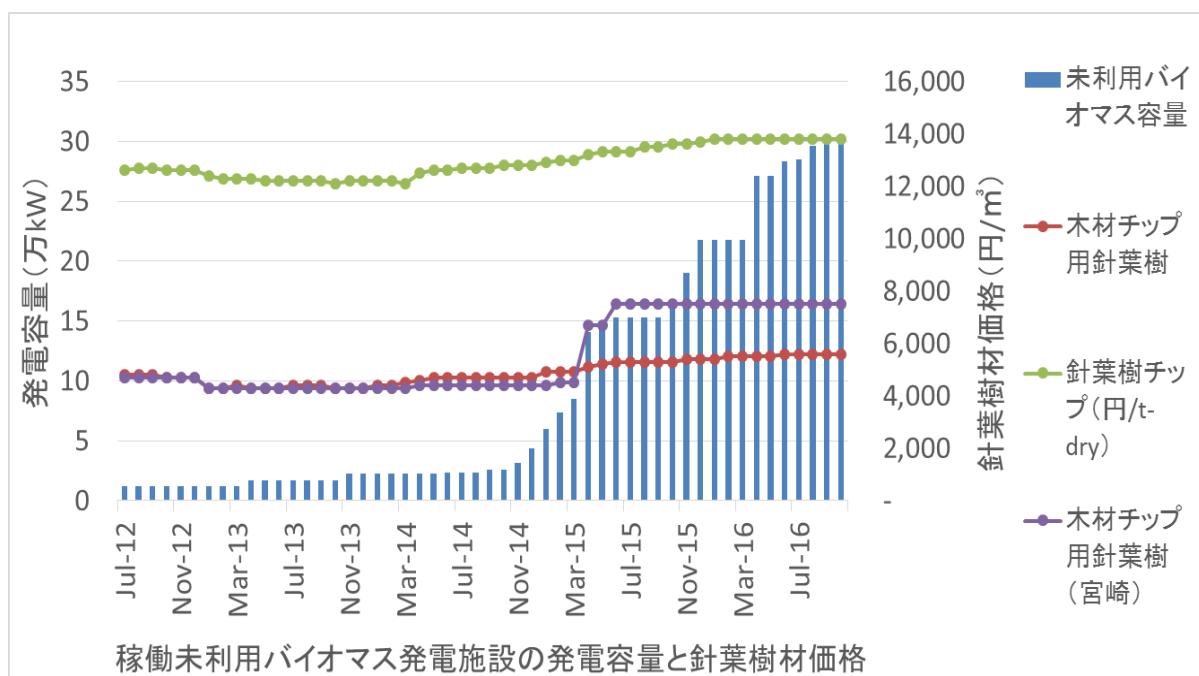


図 3-12 未利用材利用のバイオマス発電所の発電容量とチップ用材価格

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碎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。自社にチッパーがない場合は、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。そのままの状態で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。バークの破碎機があれば細かく破碎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したことや同年の「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った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. 計画策定前の入念な準備・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ことが望ましい。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していくということを前提に計画を策定していくことが必要である。

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。

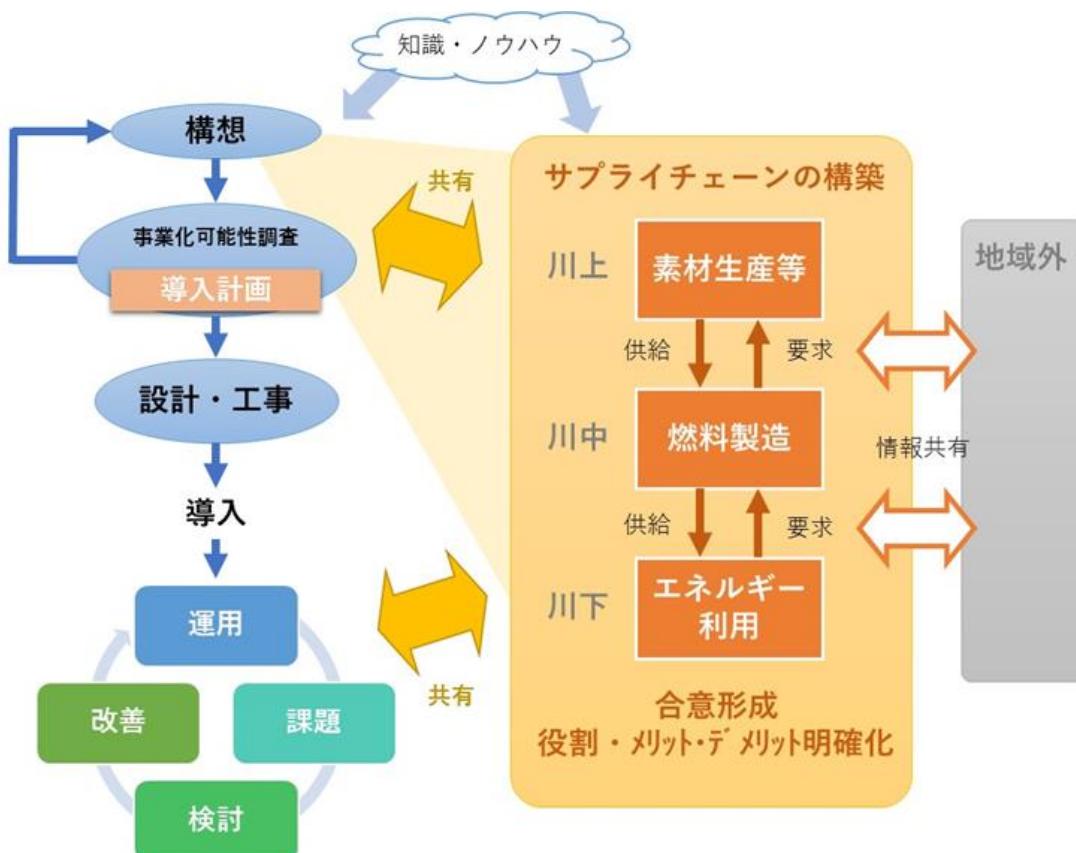


図 3-13 導入計画策定のポイントとフロー

### 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 m<sup>3</sup>（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。

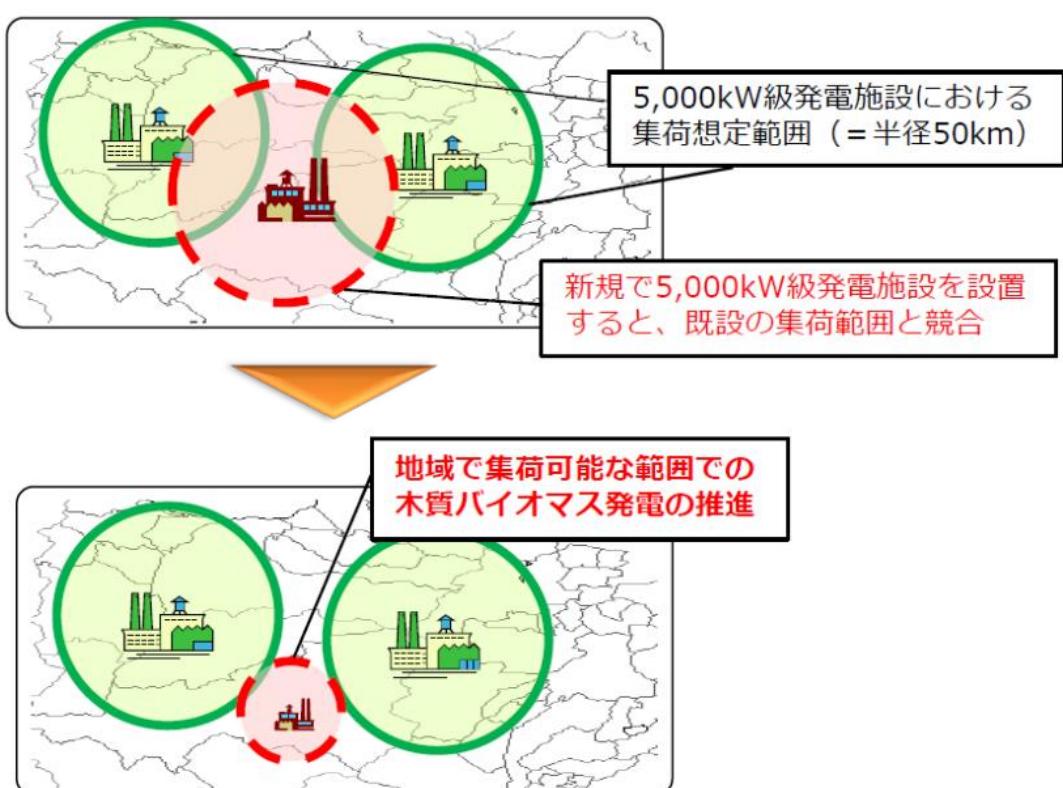


図 3-14 木質バイオマス発電の集材範囲の競合イメージ

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、低成本竹チップの製造実証に取組んだ。

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ること（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ある端材等である。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で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。

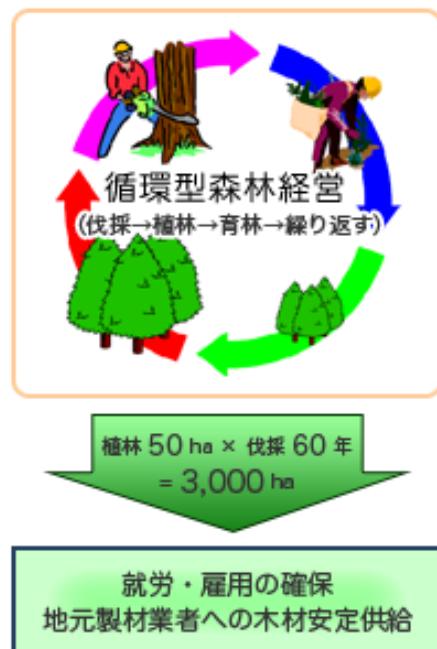


図 3-15 循環型森林経営の考え方

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。

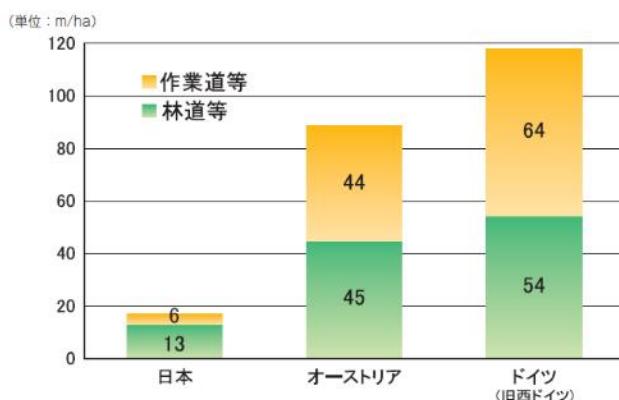


図5-1 林内路網密度の諸外国との比較

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によって、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、導入コストに見合いかを慎重に検討する必要があり、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、搬出してくれる材の形態により、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。

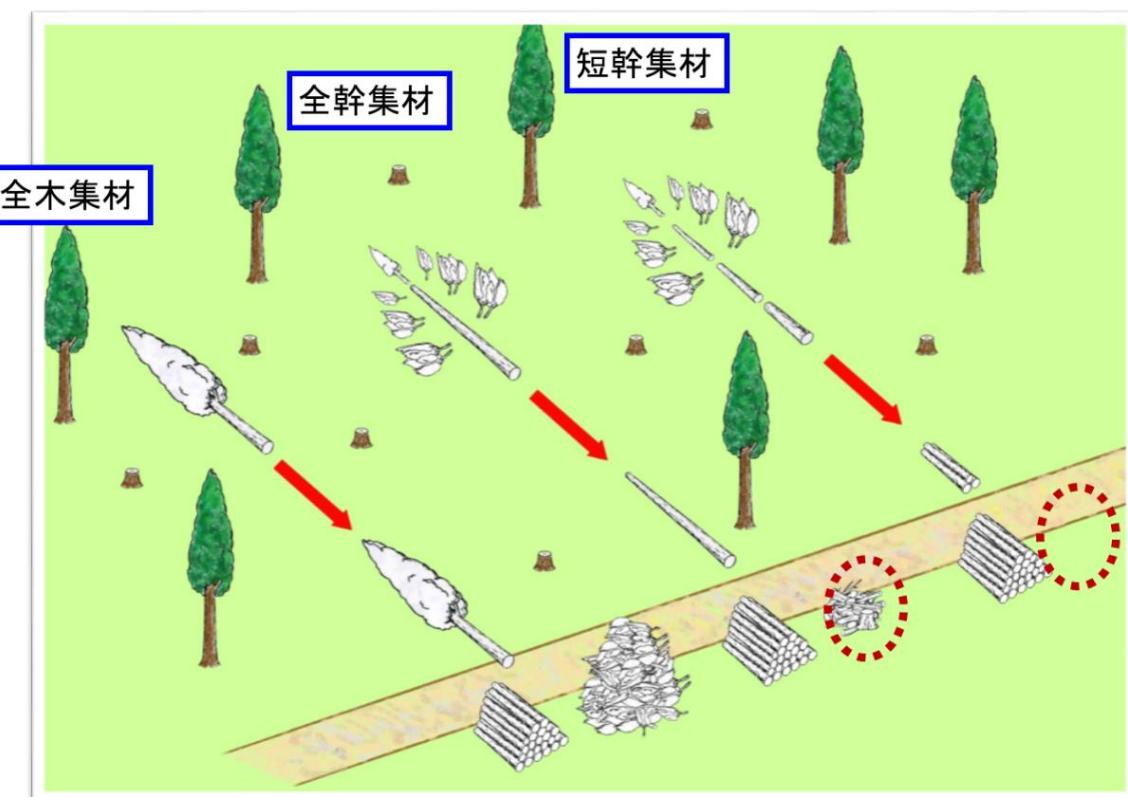


図 3-17 集材方法と林地残材

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40cm前後、水分15～20%）の薪製造と薪ボイラー用の薪（長さ80cm～100cm、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、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つた。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（ウエット・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。

##### ● 切削チップと破碎チップ

製造方法として原料を刃物で切削する方法と打撃粉碎する方法があり、前者は切削チップ、後者は破碎チップとして区別される。切削チップは薄い角形、破碎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用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、欧洲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 <sup>3</sup>	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°C)	wt-% dry	≤ 0.7
灰融解点	°C	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	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)	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ぬ施設等は、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	製造設備が簡易で取り組みやすい(自家生産も可能)
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)	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	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の場合あり) 保管及び燃焼設備スペースの確保	原料の種別 価格競争力  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が下がる場合あり
	乾燥	原木状態で乾燥 チップにしてからの乾燥は困難	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  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
	炉内の温度コントロール	比較的容易 (原料の水分状態に影響を受ける)	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、チッパーと呼ばれる機械設備を用いて製造する。チッパーには固定式（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碎する破碎チップに区別される。

切削チップと破碎チップでは製造する機械も異なり、切削チップのチッパーは機械の横から丸太を投入する形態が多く、破碎チップのチッパー（単に破碎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、破碎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、チッパーの償却費、チッ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（10t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 10t 車以上の大型車が入れない場合は、4t 車や 2t 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 4t 車や 2t 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（ウォ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場合がある。薪は 1m<sup>3</sup>程度の薪を収納するケースやラックに詰められてトラックで運ばれことが多い。

#### (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隨時供給者へ発注する場合が多い。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。およその目安としては、50km圏内とされるが、20 から 30kmくらいが一般的である。

積載量は、10t 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 10t 車以上の大型車が入れない場合は、4t 車や 2t 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 4t 車や 2t 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°C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°Cの温水で使用される仕組みである。蒸気の条件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たとしても、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など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、配管につい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、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う導入方針もある。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。

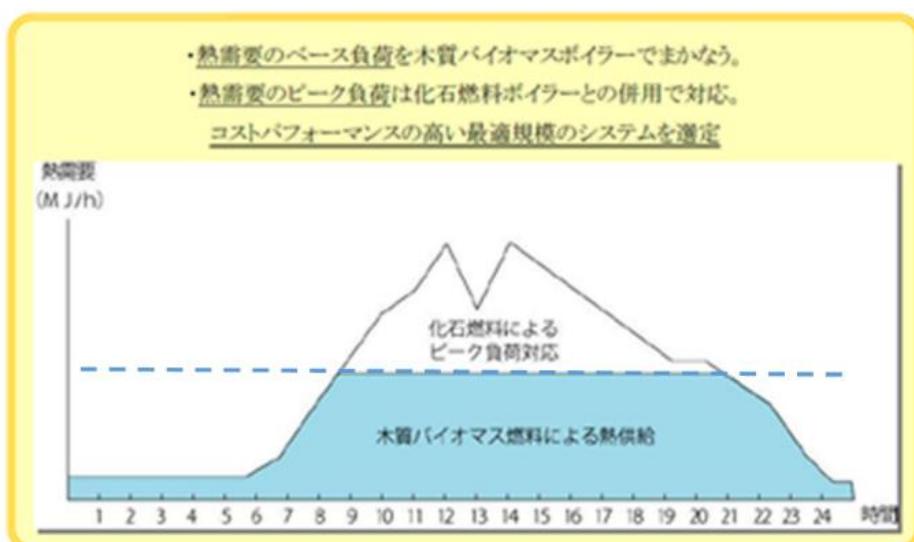


図3-18 木質バイオマスボイラー規模選定の考え方

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°C	給湯、ろ過昇温
	30~60°C	暖房（パネルヒーター、床暖房等）
	15~30°C	融雪
蒸気	温度・圧力 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)

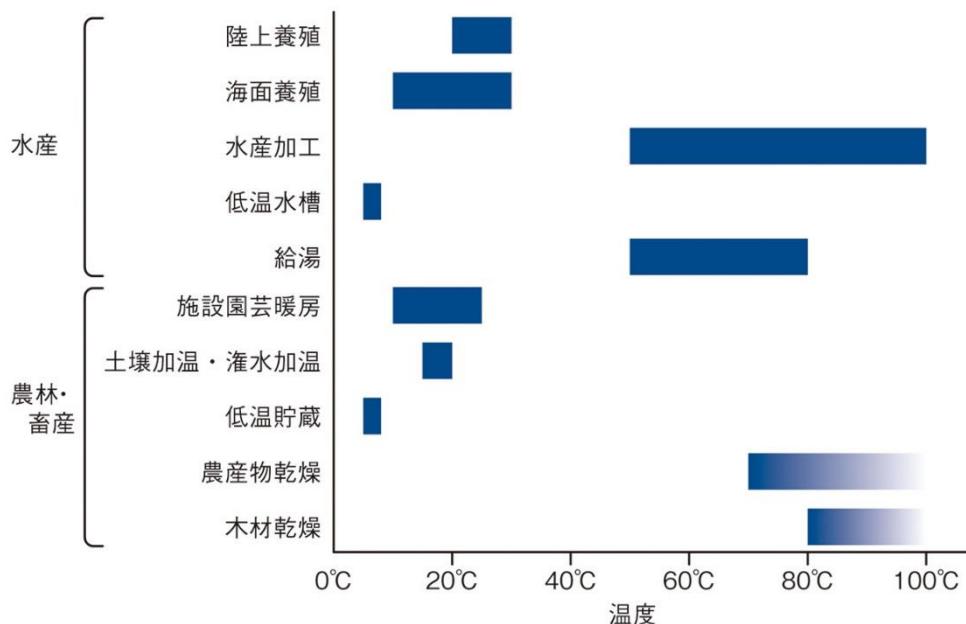


図 3-19 温度帯別による熱（温水）の利用用途

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るべきである。

##### **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）を利用して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できるのである。

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。

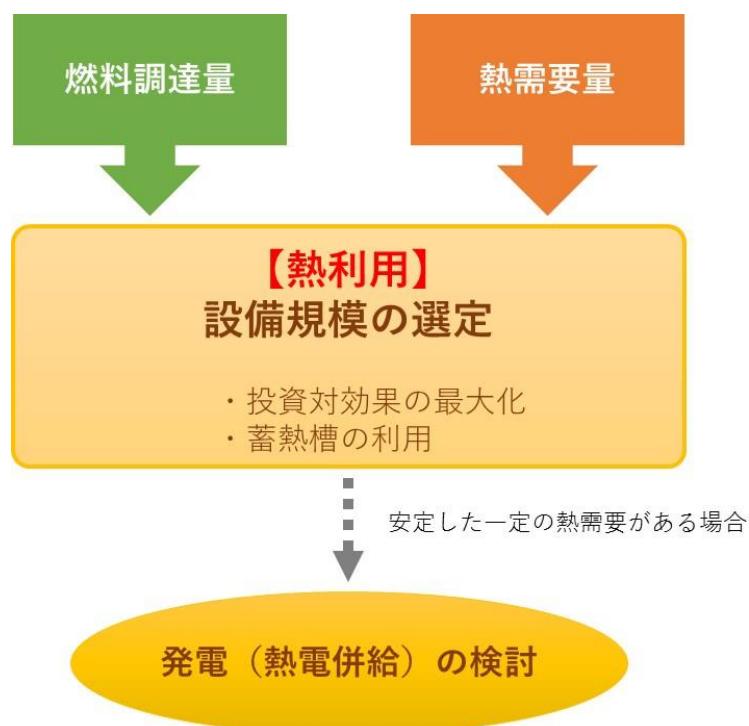


図 3-20 留意点を踏まえた設備の選定フロー

### 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つ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も多く、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つておく必要がある。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、手で搔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ー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。そのほか排気の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ようになると、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となる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。

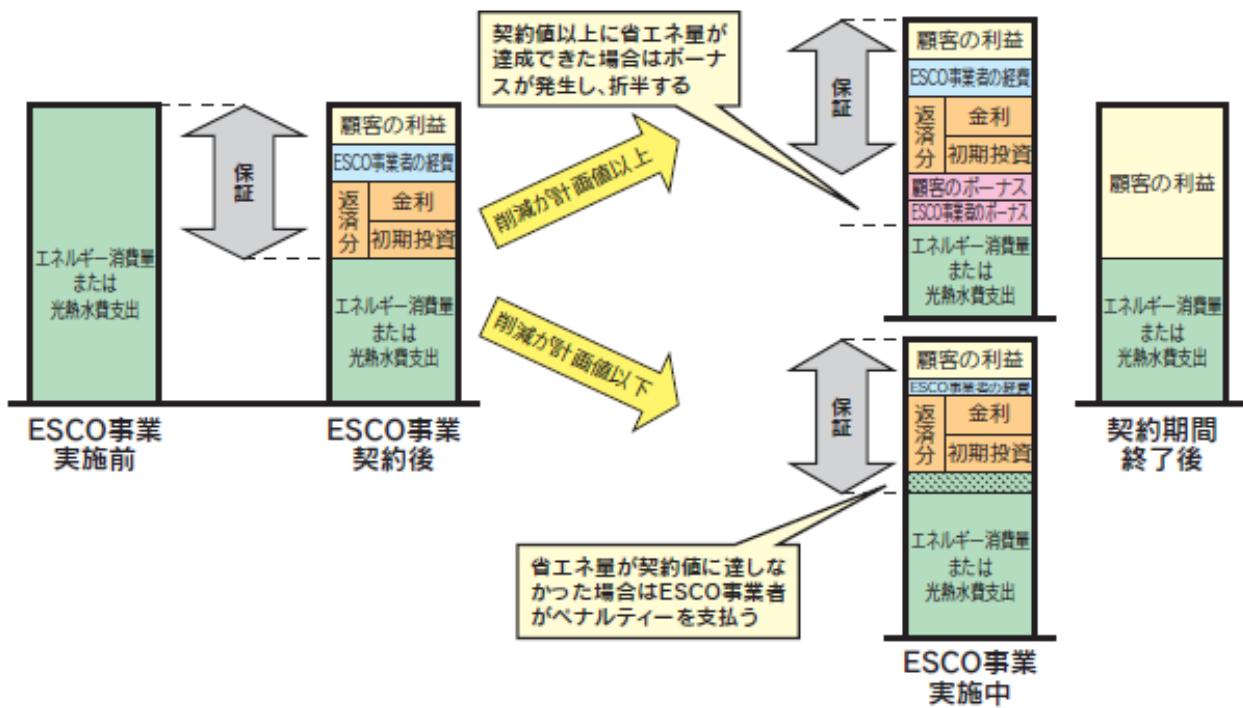


図 3-21 ESCO 事業の基本的な考え方

出典) 環境省「ESCO 事業の概要」