

令和元年度「地域内エコシステム」サポート事業

木質バイオマス熱等面的供給実態調査 報告書

令和2（2020）年3月

一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会

目次

要約.....	1
1. 本事業の目的と概要.....	2
1.1. 事業の目的.....	2
1.2. 事業の概要.....	2
2. 現地ヒアリング調査.....	4
2.1. 調査対象.....	4
2.2. 調査結果.....	6
2.2.1. 北海道 A社.....	6
2.2.2. 岩手県 B社.....	7
2.2.3. 秋田県 C社.....	8
2.2.4. 秋田県 D社.....	9
2.2.5. 秋田県 E社.....	10
2.2.6. 山形県 F社.....	11
2.2.7. 山形県 G社.....	12
2.2.8. 静岡県 H社.....	13
2.2.9. 岐阜県 I社.....	14
2.2.10. 兵庫県 J社.....	15
2.2.11. 鹿児島県 K社.....	16
2.2.12. 宮崎県 L社.....	17
2.3. 考察.....	18
2.3.1. 調査対象の分類と特徴的取組み.....	18
2.3.2. 各形態で得られた課題や特徴.....	18
2.3.3. 需要先獲得のための動きとコーディネーターの必要性.....	21
2.4. 面的普及に向けた課題と参考とすべき点.....	23
2.4.1. 目指す方向性.....	25
3. 結果まとめ.....	27
3.1. 面的利用モデルの試算.....	27
3.1.1. チップ製造・輸送のコストについて.....	28
3.1.2. 輸送コストの試算.....	31
3.1.3. チップ製造・輸送コストについて.....	34
3.1.4. 「面的利用」のあり方.....	36
3.2. 木質バイオマスボイラー利用における課題の考察.....	37
3.2.1. 燃料品質ごとのボイラー特性.....	37

3.2.2.	チップ水分に応じた価格の設定	39
3.3.	木質バイオマス熱利用の環境効果	41
3.3.1.	木質バイオマス燃料のライフサイクルの検討	41
3.3.2.	GHG 排出量計算の流れ	41
3.3.3.	使用したパラメーター	43
3.3.4.	ライフサイクル GHG 排出量計算結果.....	44
3.3.5.	化石燃料を使用したケースとの比較.....	45
3.3.6.	ライフサイクル GHG 排出量計算方法の検討事項	47
3.4.	木質バイオマスの経済波及効果.....	48
3.4.1.	地域経済波及効果の計算方法.....	48
3.4.2.	地域経済効果の計算結果	49
3.5.	技術課題の整理.....	51
3.6.	地方公共団体における木質バイオマス利用意向	53
3.6.1.	概要	53
3.6.2.	調査結果.....	53
4.	今後の面的熱利用拡大に向けて	57
	参考資料	58

要約

本事業は、木質バイオマスエネルギー利用を地域で拡大していくことを目的として実施した。

これまでの木質バイオマスエネルギー利用のほとんどは、それぞれのサイトでの単独利用に対して導入が進められてきたが、燃料供給や運営・メンテナンス等を考えると地域で複数の利用先をまとめて導入していくこと、すなわち面的に導入し利用していくことが効率的、効果的である。

本事業では木質バイオマスエネルギーを地域で面的に導入し利用する姿を「面的利用モデル」と定義し、「面的利用モデル」の中で木質バイオマス燃料の面的供給が実現している地域へのヒアリング調査を行ってその実態を明らかにするとともに、燃料製造面から見た採算性を見合う生産規模のあり方の検討や、地域経済波及効果の試算等の木質バイオマスエネルギーが地域にもたらすメリットの数値化を行った。

本事業を通じて明らかとなった、面的な導入のための重要なポイントは、複数の利用先の確保の仕方である。すなわち、地域のエネルギー利用の実態を調査し、新たにエネルギー利用が発生するところはどこか、あるいは既存の施設で木質バイオマスエネルギーに転換した方が望ましいところはどこかを検討し、複数の利用先の掘り起こしを行うことが必要である。そして、導入の仕方も、面的導入の全体像を考慮することなく最初の1台を導入するのではなく、地域で面的に導入するための全体計画を策定したうえで導入を始める形が望ましい。

そして、導入に当たっては、導入しようとする事業者等のもとより、自治体の担当者や燃料材の供給業者、森林所有者や森林組合、さらにエネルギー利用のエンジニアリングできる事業者等が連携、協力して取り組むことが推奨されることが分かった。木質バイオマスでの熱利用はユーザー一人だけで解決できる課題は多くない。面的導入・利用を成功させるためには、地域での連携が不可欠である。

そのほか、木質バイオマスエネルギー利用に関わる多様なプレイヤー、すなわち、川上、川中、川下の事業者が、地域での木質バイオマスエネルギー利用に上手に参画するためのコツも明らかとなった。

なお、調査の結果を踏まえて作成したガイドブック「地域で広げる木質バイオマスエネルギー」では、上記事項を織り込み、地域の方々が取り組みを行う場合に参考になる事項を紹介している。

1. 本事業の目的と概要

1.1. 事業の目的

平成 29 年 7 月に、農林水産大臣と経済産業大臣が、森林資源をマテリアルやエネルギーとして地域内で持続的に活用するための担い手確保から発電・熱利用に至るまでの『「地域内エコシステム」の構築に向けて』を公表して以降、地域内エコシステムとしての木質バイオマスのエネルギー利用が進められている。

これまで、地域内での木質バイオマス熱利用に関しては、木材関連産業（製材所等）や自治体関連施設（庁舎、温浴施設等）等に導入が進められてきた。これらはどちらかと言えば点的な導入が中心であるが、このような、地域内の 1 施設だけでの利用では、木質バイオマスを利用する効果は限定的となる。

一方で、木質バイオマス熱利用を地域で広く、すなわち「面的」に利用している地域が現れ始めている。面的利用が実現している地域では幅広い需要先の開拓を行っていくための積極的な取り組みが行われており、面的に利用することであらゆるプレイヤーが木質バイオマス熱利用のメリットを享受している。

そこで本事業は、先行事例の調査を通じて木質バイオマス熱の面的利用のポイントを整理するとともに、ガイドブックの形にとりまとめ、木質バイオマス熱の面的利用促進につなげることを目的として実施する。

1.2. 事業の概要

本事業では、一定の地域内における多様な燃料品質ニーズに応え、複数の木質バイオマスエネルギー利用が広がっている姿を、「木質バイオマス熱等の面的利用モデル（以下「面的利用モデル」）（図 1）」と定義し、調査を実施した。ここでの「地域」は市町村単位よりも広域な地域を指す。



図 1 面的利用モデル

本事業では、現地ヒアリング調査を軸として、資料調査、事例の収集、面的利用モデルの試算等を行い、ガイドブックの取りまとめを行った（図 2）。

資料調査では、既存の公表資料を用いて、面的な熱利用をしている地域の概要把握を行った。その結果は現地ヒアリング調査の候補地選定に活かした。

現地ヒアリング調査では、複数の熱利用先のある地域を対象に、複数の熱利用先がどのように確保されてきたか、それらに対する燃料材の供給がどのように工夫されているか、コストはどのような状況となっているか、等について現地を訪問しヒアリング調査を実施した。

結果まとめでは、面的利用モデルの試算として、燃料製造にまつわる採算性の検討や、地域に木質バイオマス熱利用を面的に導入した場合の環境効果・経済波及効果の試算等を実施した。

以上の調査の結果を踏まえ、熱・燃料の面的利用の推進に資するガイドブックを作成した。

なお、本事業の実施に当たっては、有識者で構成する検討委員会を開催し、事業進行の各段階で専門的観点からの助言を受けた。

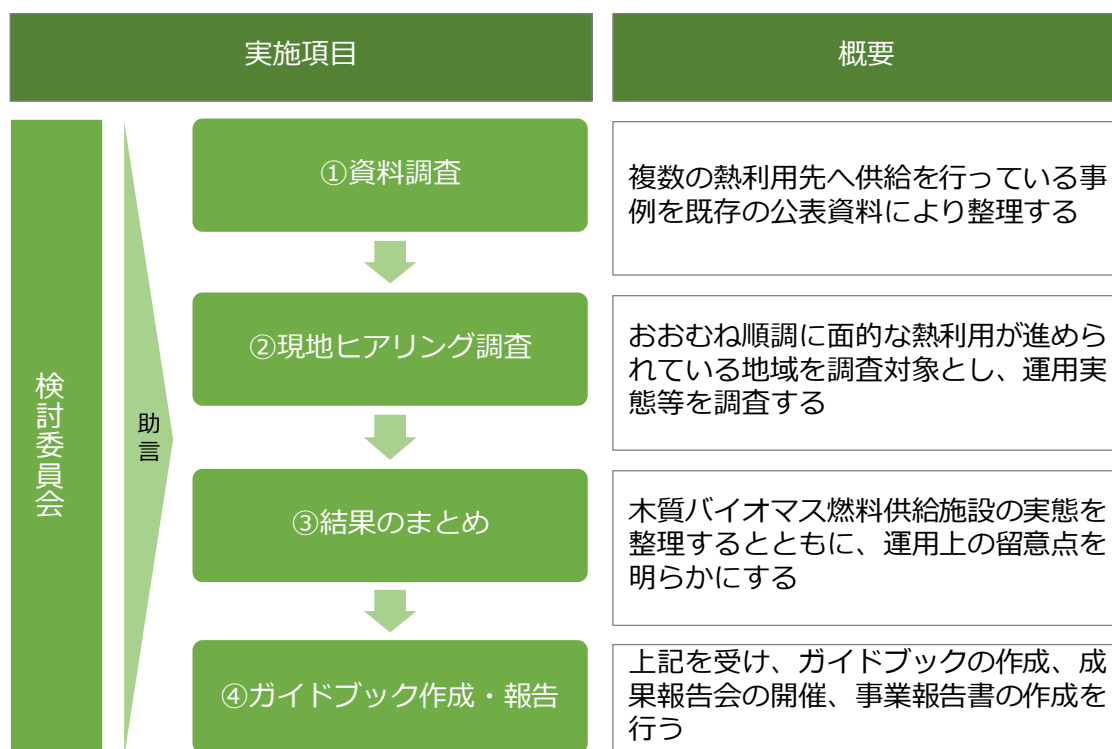


図 2 事業の概要

2. 現地ヒアリング調査

2.1. 調査対象

本調査においては、下記の条件をもとに候補先を抽出し、検討委員会での有識者からの意見も踏まえ、調査対象とした地域・事業者を決定した。

なお、選定にあたっては、表 1 に示す選定条件を考慮した。

表 1 調査対象の選定条件

A.複数の熱利用先がある（面的供給を行っている）燃料製造事業者 （事業開始から一定の結果がまとめられているもの）
B.枝条、タンコロ等の林地残材を意欲的に収集している事業者(2 箇所)
C.燃料製造として新しい取り組みをしている事業者(2 箇所)

上記選定条件をもとに選定した結果、調査対象となる事業者を表 2 のとおりとした。

表 2 調査対象の一覧

地域	事業者名	原料	利用形態	選定理由
1.北海道	A 社	間伐材	熱利用	A
2.岩手県	B 社	破碎バーク 製材端材	熱利用	A,C
3.秋田県	①C 社 ②D 社 ③E 社	間伐材・枝条	発電	B
4.山形県	F 社	製材端材	熱利用	A
5.山形県	G 社	間伐材	熱利用	A
6.静岡県	H 社	間伐材	熱利用	A
7.岐阜県	I 社	間伐材・枝条	発電	B
8.兵庫県	J 社	間伐材	熱利用	A
9.鹿児島県	K 社	間伐材 建築廃材等	熱利用 発電	A
10.宮崎県	L 社	(チップを購入して乾燥)	CHP	C

本調査においての諸元をまとめる。

- ・チップのかさ容積と重量について、スギが主体の場合は丸太の絶乾重量 $0.35\text{t}/\text{m}^3$ とした。
カラマツ主体の場合は丸太の絶乾重量 $0.45\text{t}/\text{m}^3$ とした。
- ・ 1 m^3 の丸太をチップにした場合、かさ容積は 2.8 m^3 になるとした。
- ・ そのほか地域ごとに指定がある場合は、その指定に従って試算を行った。

2.2. 調査結果

2.2.1. 北海道 A 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 3 に示すとおりである。

表 3 北海道 A 社・調査記録

所在地	北海道
生産量（水分）	9,000～9,750t（すべてカラマツとした場合）
設備	ドラム式（切削） ※自走式 ふるい機、電気乾燥機
原料調達	森林組合より 60%程度調達（一部、製紙会社からも調達）
供給先施設	①温浴施設（加温、給湯）：420t/年（水分 30%以下） ②施設暖房（暖房）：44t/年（水分 30%以下） ③医療施設（加温、給湯）：270t/年（水分 30%以下）
特筆すること	・自治体、森林組合、JA など 19 団体での協議会で検討し事業を開始。 ・丸太乾燥に加えて、人工乾燥も実施（乾燥時間：夏 2～3 日、冬 4～5 日）。 ・チップ水分は、発電用は 40%以下（受入側で計測）、熱利用は 30%以下にしてから供給。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 4 にまとめる。

表 4 北海道 A 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・原料調達が安定しない。 ・寒冷地のため、水分が高いと凍結などの手当てが必要になる。 ・人工乾燥においては国内で流通する乾燥機が少なく、比較的高コストになる。 ・チップターの選定において、規格外の発生の有無・割合を確認する必要がある。 ・チップ水分が高いと燃焼効率が悪くなり、灰が炭の状態が多く発生する。 ・薪、ペレットのボイラーの導入ボイラー運用や設置工事の研修をしたい。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・輸入代理店、建設会社、森林組合、製紙会社などが事業参画し、集材の協力を得る、自ら輸入しボイラー利用している。 ・元玉 2m をパルプやチップ用に採寸する。 ・ボイラーや乾燥機を試験的な導入しつつ技術的ノウハウを高めている。 ・参画した企業同士でチップ製造と利用を行っており、当事者として運用改善できる。

2.2.2. 岩手県 B 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 5 に示すとおりである。

表 5 岩手県 B 社・調査記録

所在地	岩手県
生産量（水分）	バーク受入量：約 700t/年 廃菌床：不詳 乾燥チップ：200t 程度（今年度見込み）
設備	・バーク破砕機 ・温風機 1,200kW、蒸気ボイラー500kW（バーク・廃菌床を燃料とする）
原料調達	・バーク：近隣チップ工場、製材工場 ・廃菌床：熱供給先であるきのこ工場から買取 ・乾燥チップ：製材工場からの製材端材チップ
供給先施設：	①温水プール：20t/年（水分 20%） ②温浴施設：200t/年程度（水分 20%・見込み）
特筆すること	・菌床殺菌用に蒸気を、しいたけ栽培ハウス用に温水（主に冬季）を供給している。 ・自治体とも連携し、域内の施設へボイラー導入を推進している。 ・バーク燃焼は、初期はトラブルがあったが、運用・改善で対応している。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 6 にまとめる。

表 6 岩手県 B 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・チップ乾燥について乾燥機が国内で流通が少ない（商用レベルのものが少なく、試行錯誤が発生する）。 ・特定のチップに対応したボイラーメーカーがわからない。 ・トラブルや効率悪化にならないための、細かな対応がある。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・チップ乾燥により運送コストを減らし、コスト削減に努めている。 ・チップ供給者が自ら熱需要先の開拓を行っている。

2.2.3. 秋田県 C 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 7 に示すとおりである。

表 7 秋田県 C 社の調査記録

所在地	秋田県
生産量（水分）	10,000t 以上（50%）
設備	トラクター牽引式チップパー 11t 積載トラック 2 台
原料調達	同事業者の生産事業より
供給先施設：	木質バイオマス発電所への供給
特筆すること	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在 4 個所のストックヤードがある。ストックヤードで 1 年乾燥させると水分 46% くらいになる。 ・ 発電所では一律、重量単価で決定されており乾燥が進むと赤字になる。乾燥により単価が上がれば乾燥させるモチベーションになる。 ・ 山土場でのチップ製造・運搬を考えたが、チップパーの能力に見合うだけの丸太量を置けるだけの広さを確保できる山土場はないため、ストックヤードの巡回とした。 ・ チップパーには径 30cm～40cm まで投入（カタログ値は 60 cm）。太いものは製造効率が悪いためリッパーで適当に割って投入。 ・ C、D 材は当初 2 m に切断していたができるものは 4 m に変更し生産効率を上げた。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 8 にまとめる。

表 8 秋田県 C 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ チップパーが 60cm 対応でも、40cm までしか対応できない。（太いものはリッパーで割っておく） ・ 重量単価でのチップ販売の場合、乾燥が進むと赤字になる。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生産効率向上を意図して、造材を 4m にする、ハーベスタで梢端部まで搬出している。原木を乾燥させるストックヤードを確保し、水分を一定程度下げてチップ化している。 ・ スtockヤードを複数個所用意し、チップパーが移動してチップ化して、丸太の保管場所を確保している。 ・ 地元でメンテナンスができるチップパーを選択した。

2.2.4. 秋田県 D 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 9 に示すとおりである。

表 9 秋田県 D 社の調査記録

所在地	秋田県
生産量（水分）	12,000t（50%）
設備	トラクター牽引式チップパー 積載 10t のアームロールトラック（ほか積載用コンテナ 8 台）
原料調達	同事業者の生産事業より
供給先施設：	木質バイオマス発電所への供給
特筆すること	<ul style="list-style-type: none">・ チップパーの選定理由は壊れにくく燃費が良いとの評判から。公道が走行可能なトラクター牽引型にした。・ 燃料となる C 材、残材は 8 か所ある各所の土場に運搬。・ チップ製造・運送手段がコストダウンのポイントであり、熱利用の小規模施設への供給対応はあまり望まない。供給の依頼もない。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 10 にまとめる。

表 10 秋田県 D 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none">・ 移動式チップパーを活用しているが、山土場への走行は困難である。・ 60cm 対応のチップパーだが、実際は 30cm までで、それ以上になると破碎効率が下がる。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none">・ 海に近い土場と山側の土場では原木の乾燥期間を分けてチップ加工する。・ チップ製造や輸送の効率化がコストダウンに効くため、小規模利用への供給に対する魅力が感じられていない。・ アームロールトラックを活用し、チップ積み込み作業の削減をしている。

2.2.5. 秋田県 E 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 11 に示すとおりである。

表 11 秋田県 E 社調査記録

所在地	秋田県
生産量（水分）	50,000t~60,000t（45%）
設備	クローラ式チップパー（基本的には1か所で使用） トラック積載式チップパー（土場間を移動させる） 積載 50m ³ トラック
原料調達	70~80%が間伐材、20~30%が背板・支障木（一部バークも使用）
供給先施設：	木質バイオマス発電所への供給
特筆すること	<ul style="list-style-type: none"> ・ チップパーに投入する径は 40 cm くらいまで。カタログでは 80 cm までだが、製造効率が悪いので、太いものは事前に重機で割る。 ・ 水分に応じて 1%刻みで発電所とのチップの売買価格を決めている。 ・ 価格は 3 か月毎に見直し。 ・ チップ水分は 30 分に 1 回サンプリングして測定。供給側と発電所側で双方測定し平均値を採用。 ・ チップ工場の土場に加えて近隣に原木貯留土場が 3 箇所ある。チップ工場に 4000t、近隣の土場は 3 万 t、2 万 t、4000t をそれぞれストック可能。 ・ 丸太状態で 6 ヶ月以上置いて乾燥させている。必ず枕木を敷き、風が通るように間をあけている。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 12 にまとめる。

表 12 秋田県 E 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原木の集荷が安定しない。 ・ チップパーは 80cm まで対応できるが、40cm くらいまでで、それ以上だと製造効率が下がる。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 丸太の乾燥は、枕木を敷き、風通しを良くしている。 ・ チップパーに応じて移動か固定かを使い分けている。 ・ 水分 1%刻みでチップ価格を決定している。低位発熱量に比例させた値段設定にしている。 ・ 価格の決定を定期的に協議し、水分や取引価格が明確になっている。

2.2.6. 山形県 F 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 13 に示すとおりである。

表 13 山形県 F 社の調査記録

所在地	山形県
生産量（水分）	端材チップ 50,000t（水分 30%） ほかペレットも 400t 程度製造
設備	ディスク式（切削）
原料調達	製材事業より調達。 製材前に剥皮し天然乾燥を実施し、水分を 30%程度にしてから製材する。 発生した製材端材は、バークなどと混ぜて自社のチップボイラーでも燃焼させ木材乾燥機で使用する。
供給先施設：	①温浴施設（加温、給湯）：500t ②教育施設（給湯、暖房）：162t
特筆すること	<ul style="list-style-type: none"> ・熱利用は近隣で消費することが地域の企業にとっては重要との考え。大手企業が参入しづらく、安定した事業として捉えることができることが理由である。 ・自治体では地域防災拠点として所有する温浴施設にボイラーを導入。 ・含水率 100%以上（DB）から 60%以下（DB）まで 10%ごとにチップ購入価格を締結し、3年ごとに更新。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 14 にまとめる。

表 14 山形県 F 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 初期は、トラブルが発生した（今はほとんど問題ない）。 ・ チップの値段が安価でも、電気代が発生するため、夏季はボイラーを停止したほうがメリットが出てしまう。新規に人員を雇用しており、人件費が発生する。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製材所の副産物である端材やバークを有効活用し、捨てるものを価値あるものにする取り組みを継続的に行っている。また、製材段階で原木を乾燥させた状態になっており、チップも熱利用として品質が安定したものとなっている。 ・ 原木を入荷した段階で剥皮し、また風通しの良い場所で 12ヶ月程度乾燥を行っている。 ・ 3年ごとにチップ購入価格について契約を交わすこととしている。また、水分に応じた価格設定を行っている。 ・ 熱利用は、手間がかかることから、大手企業などは参入しづらく、近隣事業者が取り組みやすいメリットを活かしている。

2.2.7. 山形県 G 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 15 に示すとおりである。ただし、調査窓口は自治体と委託する観光協会であるため、G 社への直接の聞き取りではない。

表 15 山形県 G 社の調査記録

所在地	山形県
生産量（水分）	発電用 8,000t（水分 50%） 燃料用 2,000t（水分 35%）
設備	ディスク式（切削）
原料調達	素材生産業者より
供給先施設：	①医療施設（給湯、冷暖房）：2,000t/年（水分 35%） ②住宅・集合住宅（給湯、暖房）：80t/年（水分 35%）
特筆すること	・当初は破碎機だったものを町内の発電所稼働に合わせて切削チップに切り替え。 ・チップ工場では、準乾燥チップ相当を製造するため、丸太を半割りにしたり、広い土場を用意したりするなどしている。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 16 にまとめる。

表 16 山形県 G 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 準乾燥チップを必要とするボイラーでは、安定燃焼するには所要の水分まで下げるための追加対策が必要であり、追加コストの検討が必要になる。 ・ チップの納品は晴天時を選んで配送を行う。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ チップ製造事業に素材生産者も参画しており安定供給ができています。 ・ ボイラー向けのチップは 6～12 ヶ月の天然乾燥を行い、太い丸太のものはリッパでわって乾燥を行う。 ・ チップ購入額は年間で固定としており、チップ乾燥をさせるとチップ製造でも利益が出ることを工夫している。 ・ 4t 車から効率を上げるために、容量の大きなトラックに切り替えた。

2.2.8. 静岡県 H 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 17 に示すとおりである。

表 17 静岡県 H 社の調査記録

所在地	静岡県
生産量（水分）	600t（水分 30%）
設備	ドラム式（切削）
原料調達	関連 NPO 団体の林業事業より調達
供給先施設：	①工場（冷暖房）：180t/年（水分 30%） ②公園（冷暖房）：20t/年（水分 30%） ③温浴施設（給湯、昇温）：400t/年（水分 30%）
特筆すること	<ul style="list-style-type: none"> ・間伐事業を検討するにあたりチップ製造にも参入。 ・丸太で 4~5 か月程度乾燥。 ・周辺地域へボイラーや CHP 導入を積極的に営業している。 ・チップを地域間でシェアしたい。 ・当初想定よりチップ消費量が少ない施設がある。 ・チップの水分ムラがあることが、今後の課題である。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 18 にまとめる。

表 18 静岡県 H 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラーが必要とするチップ水分に対し、チップの水分ムラがあること。 ・サイロの手直しなど木質バイオマス利用のノウハウ不足があった。 ・想定よりも化石燃料の代替ができていない。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・林業事業と並行して、チップ製造事業へ参画し、生産と加工を同時に立ち上げている。 ・チップサイズについて引き取り条件を決めている。 ・チップ事業者が主体的に販路開拓に努めており、何種類かのボイラーについて試験している。 ・民間が成功事例を作ることで周囲への普及も信頼されるかが重要。

2.2.9. 岐阜県 I 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 19 に示すとおりである。

表 19 岐阜県 I 社の調査記録

所在地	岐阜県
生産量（水分）	12,000～15,000t/年の切削チップ（水分 50%以下）
設備	切削式（ディスク式）
供給先施設：	約 80,000t/年
設備（用途）	木質バイオマス発電所への供給
特筆すること	<ul style="list-style-type: none"> ・木質バイオマス利用の協議会を立ち上げて、同社が燃料供給事業者として、原木供給者やチップ供給者と発電事業者の仲介の役割を担っている。 ・「未利用材搬出シート」という書類を介して、素材生産業者の枝条発生状況を集約し、県内のチップ製造事業者が引き取る仕組みを実施している。 ・岐阜県から枝条の収集・運搬に対して一定の補助制度がある。 ・もともと木質バイオマスボイラー利用の経験があり、チップの品質管理やボイラー運転の効率化が出来ている。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 20 にまとめる。

表 20 岐阜県 I 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	特になし
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 県や森林組合、素材生産者などと連携し、枝葉やタンコロの発生現場を把握し、原料調達を行っている。 ・ 50%を超える水分のチップは価格を変動させている。 ・ 経験豊富な作業員により 1 名でのチップ製造が実現できている。 ・ 長年のボイラー利用の経験があり、最低限のチップ品質のイメージを持っている。

2.2.10. 兵庫県 J 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 21 に示すとおりである。

表 21 兵庫県 J 社の調査記録

所在地	兵庫県
生産量（水分）	2,700t（水分 45%）ほかに薪を 100t 製造
設備	ディスク式（切削）一部、チップを温室ハウスで乾燥
原料調達	森林組合より調達
供給先施設：	①給食センター（給湯）：25t/年 ②農業ハウス（暖房）：550t/年 ③温水プール（給湯、加温）：300t/年
特筆すること	<ul style="list-style-type: none"> ・2～3 か月の丸太乾燥を実施しているが乾燥が不十分となることがある。 ・水分が適合しないため、特定のボイラー向けにはチップを天日乾燥する。 ・町内 5 か所導入のうち停止している箇所も発生している。 ・サイロが小さいため、搬送頻度が高い。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 22 にまとめる。

表 22 兵庫県 J 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・チップ水分について事前検討が不十分だったため、天然乾燥の土場が十分に確保できずチップ水分が高いことがある。ビニールハウスでチップ乾燥を行うことで対応を図っている。 ・チップパーが大きな原木を破碎できず、処理できる原木が限られている。 ・ボイラーのトラブルや故障が相次ぎ、停止している施設が多い。 ・サイロが小さい施設では、2t 車でもすぐ満杯になるため、手間が発生している。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・チップ製造は町からの指定管理業として委託を受けている。

2.2.11. 鹿児島県 K 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 23 に示すとおりである。

表 23 鹿児島県 K 社の調査記録

所在地	鹿児島県
生産量（水分）	発電用 10,000t（水分 40%） 製紙用 5,000t 燃料 500t（水分 30~50%。平均すると 40%程度） その他、バークを敷料、広葉樹を薪などが 5,000t
設備	ディスク式（切削）
原料調達	近隣の素材生産業者等
供給先施設：	①医療施設（加温、滅菌、給湯）：80t/年（水分 30~50%） ②温浴施設（給湯、加温）400t/年（水分 30~50%）
特筆すること	<ul style="list-style-type: none"> ・丸太を 12 か月は乾燥させる。①②の施設とも剥皮した丸太のチップを求められる。 ・2 か所とも設計上の問題で想定より 1 サイズ落とした輸送車両を使用。 ・都市ガスが安価になったため使用量が減る、別の施設では、管理者が変わってコストメリットのあるバイオマスを使用したい意向があるなど、使用量が増減する。 ・サイロが輸送車両に比べて小さく、輸送頻度が高い。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 24 にまとめる。

表 24 鹿児島県 K 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・九州においては、間伐材、建築廃材など全体では原料供給が過剰になっている状況であるが、チップ製造事業として受け入れを継続せざるを得ない。 ・熱利用の場合は、天候やユーザーの受け入れ態勢により輸送の調整が必要で手間がかかることがデメリットである。 ・設計段階では今より大きいサイズのトラックを想定したが、現場で採用できず小さいトラックを使用しており、コスト高になっている。 ・ボイラー導入の設計段階で不備があることが多く、設計段階から川中の立場が関わる必要がある。 ・需要施設側がチップ品質条件を高く設定しており、チップ製造に手間がかかる。 ・熱利用チップに対して化石燃料の方が安価になることがあり制度的支援が必要。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・製紙用チップ製造が主業だが、発電や製紙業の市場変化にかんがみて、熱利用チップでの販路拡大を目的としている。 ・リスク分散、人員や施設の効率稼働のためにも熱利用にメリットがある。 ・30%~50%のチップのみ受け取りという基準を設けている。 ・導入する施設側でも協力を得るため、当事業者が ESCO 事業として熱供給する検討を行っている。

2.2.12. 宮崎県 L 社

1) 調査記録

ヒアリング結果は表 25 に示すとおりである。

表 25 宮崎県 L 社の調査記録

所在地	宮崎県
生産量（水分）	約 430t/年（水分 10%以下）
設備	チップ乾燥機（イギリス製） （熱源は CHP の余剰熱を利用）
原料調達	他社よりチップを購入（水分 30～35%） 当事業者では、外部調達したチップの乾燥のみを実施している。
供給先施設：	自社木質バイオマス CHP 約 430t/年（水分 10%以下）
特筆すること	<ul style="list-style-type: none"> ・当事業者は木質バイオマス CHP（ガス化方式）を導入したが、チップ乾燥のため 2019 年に本乾燥機を導入した。 ・チップ乾燥機は 60℃の温風で 6～7 時間あれば乾燥でき、バッチ式で 1 回あたり 1t（水分 35%時）のチップを投入可能。 ・排熱はチップ乾燥機に使用しているが、熱が余っている。 ・CHP の稼働・停止の繰り返しにより、ガス経路内の水分が結露するなどトラブルへの対応が必要。代替部品の納期が長くなる場合がある。

2) 得られた事実、知見

以上より、当該事業者等へのヒアリングで得られたことを表 26 にまとめる。

表 26 宮崎県 L 社へのヒアリングから得られた知見

課題となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ CHP はまだ国内に部品在庫がなく、発注から届くまでに時間がかかる場合がある。 ・ 温水を十分に利用しないと、エンジンの冷却が進まず発電量が減るため、熱利用と一体となった利用が必要。
面的供給の参考となる点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自社のキャンプ場での利用など、自社でノウハウを積んで導入を進めている。

2.3. 考察

2.3.1. 調査対象の分類と特徴的取組み

今回調査を行った対象地を事業規模や原料の違いなどから表 27 のとおり分類し、それぞれの事業形態ごとに共通する事項や特徴的な取組をまとめる。

表 27 調査対象の分類について

分類	基準	対象事業者
①小型工場	年間製造量 10,000t 以下	H 社、J 社
②大型工場	年間製造量 10,000t 以上	G 社、K 社
③人工乾燥タイプ	人工乾燥があるもの	A 社、B 社、L 社
④製材所	製材所由来のもの	F 社
⑤その他（林地残材）	枝葉・タンコロの活用したもの	I 社
⑥その他（移動式チップパー）	移動式チップパーを活用しているもの	C 社、D 社、E 社

2.3.2. 各形態で得られた課題や特徴

1) ①小型工場（対象調査先：H 社、J 社）

これらは、木質バイオマス利用（主に熱利用）を想定してチップ製造事業を開始しており、森林整備事業、森林組合の関与を前提としている点が共通している。チップの原料となる燃料材の調達量が確保できる一方で、小規模な熱利用の需要先を複数創出していくため、それぞれ工夫や特徴がみられる。

H 社においては、積極的に自治体や周辺地域のチップボイラー所有者へチップ販売やボイラー導入を推奨し、また自社の指定管理している施設にもボイラーを試験的に導入するなどの試みを行っている。また、J 社では施設の整備を自治体が行っており、自治体が積極的にチップボイラー導入を進めている。

また、それぞれのメーカーのボイラーに対し、適正な水分までチップの水分が下がっておらず、チップの品質管理に課題があること、またトラブルが続いている施設もあった。

チップの品質管理が不十分な理由としては、チップ製造時に事前検討がなされなかったことや、丸太の乾燥のための用地が確保できないこと等の理由が見られた。

2) ②大型工場（G社、K社）

これらは主に木質バイオマス発電所、製紙工場向けのチップ製造を行っており、熱利用向けのチップ販売は売り上げの一部となっている。熱利用向けチップを製造する動機としては、もともと地域の産業として町と共同した木質バイオマス熱利用を開始したこと、地域資源の需要創出として取り組みを開始したことがあげられる。また事業者の多角化戦略の一環としてのメリットがあることも挙げられる。

ディスク式切削チップパーを使用して大量生産が前提となるため、チップの製造コストは低く抑えられていると考えられる。

一方で、ここでもチップの水分についてはボイラーの要求品質と一致しないことがあり、チップを乾燥させる追加コストが加わることでチップ販売価格が見合わないことや納品時に品質不十分として検収されないこともある等の事例を確認できた。こういった課題に対し、チップの品質と価格を数年ごとに見直すことやチップボイラー導入前にチップ製造事業者との協議の必要性があることの指摘があった。

3) ③人工乾燥タイプ（A社、B社、L社）

このタイプでは熱利用（一部ガス化 CHP）向けに乾燥したチップを供給するため、人工的にチップを加温し乾燥を行う事例である。

乾燥方式としては温風を通風することによる乾燥のみが確認でき、熱源には電熱器、バーク燃焼時の余熱、CHPの余熱などがあった。

人工乾燥を行うことでチップ水分が十分に抑えられ、熱利用でのトラブルは多くないと思われるが、一部ボイラーではチップが乾燥しすぎることによってトラブルが発生することもあった。一部の乾燥方式では乾燥後のチップの水分を制御できず、過乾燥な状態で供給せざるを得ないものがあることが原因と考えられる。ガス化 CHP に必要な乾燥チップ（水分 10～20%）についてはまだ試験的な段階であるが、トラブルは少ないとのことであった。

一方で通常のチップ製造設備に乾燥機の追加投資が発生しており、販売価格は高額になっていた。従って、人工乾燥を経たチップ製造は必ずしも推奨されるものとは言えず、原料となるチップ、乾燥のための熱源が安価に確保できることが検討の必要要素になると考えられる。

4) ④製材所 (F社)

製材所での端材を活用したチップ製造を行う F 社では、製材端材、バークを木屑焚ボイラーで木材乾燥の熱源として利用している。そのため、これら端材の水分管理を積極的に行っており、水分 30%前後のチップを社外にも販売することができている。

予め丸太を剥皮した段階で丸太を極積みし、一年近く天然乾燥を行うことで原料となる丸太の水分を低減させている点が特徴的である。この点は、製紙用だけでない小規模の熱利用でのチップ利用が可能となるメリットがある。

チップボイラー側での不具合などもないとのことであった（施設側では電気代削減のため夏季はチップボイラーを稼働させていないとのこと）。

ボイラー向けのチップ供給をする意義として、チップの配送など細かい手間があるが大企業が参入しづらい事業であること、製材以外の端材、おが粉なども価値のあるものとして活用していくこと等があることを聞き取ることができた。

5) ⑤その他：林地残材活用 (I社)

施業地で発生する林地残材（タンコロ、梢端、枝葉）の活用事例として進んだ取り組みをしているのが I 社である。ここでは、木質バイオマス発電所に対し、県内の 18 か所のチップ工場から破砕チップを購入・発電所へ供給している。同社は、原木やチップの供給者と発電事業者の仲介役を担い、県や森林管理局とも連携して、林地残材の情報集約と加工・販売の仕組みを運営している。

具体的には、県内の施業地で発生した林地残材の情報を同社が提供を受け、その情報をもとに「未利用材搬出シート」を作成し近隣の収集運搬業者へ通知を行う。通知を受けた収集運搬業者は施業地に赴き、林地残材の収集を行い、近隣や製造余力のあるチップ工場へ運搬してチップ化する。そのチップを同社が購入・発電所へ販売する仕組みである。また、こういった林地残材の収集・運搬に対し県からも 1t あたり 1,000 円の補助金を拠出しており、岐阜県の関係者が連携した仕組みとなっている。

需要先がボイラー・蒸気タービンによる発電所であるため、チップ水分の管理は特別なことは行っていないが、水分 50%を超える場合は買取価格を下げる取り決めを行っている。また同社は長年の木質バイオマス利用ノウハウを有しており、経験のある作業員が多く、各地から持ち込まれるチップの性状を見極めながら安定燃焼させることができ、結果的に人員数を少なく抑えた運用ができているとのことであった。

6) ⑥その他：移動式チップパー (C社、D社、E社)

チップ製造において公道を走行できる移動式チップパーを利用した事例として、本調査対

象を選定した。

調査した 3 社は木質バイオマス発電所へのチップ供給を行っているが、トラクター牽引型やトラック積載型の移動式チップパーを利用している。これは、複数個所に丸太のストックヤードを配置し、移動式チップパーがストックヤード間を移動してチップ化をするためである。これは、1 か所あたりの土場面積が限られることやチップ製造量に合わせた結果というのが主な理由である。

チップの単価は重量当たり一律の場合と水分に応じて変動させるものの両方があった。前者ではチップの水分を低くすると収入が減ることになるため乾燥させる手間はかけないとのことであり、後者では水分 40%~50%の間で低位発熱量に応じた価格を取り決めており 3 ヶ月ごとに価格の見直しを実施するとのことであった。また、その際は供給側と発電所側の双方で水分測定を行い、その平均値を採用するなど取引手続きが慎重に行われていた。

施業地の中まで移動式チップパーを走行させるのは困難なため、一部地域を除き、現在は中間土場など市街地にあるストックヤード間の走行に限定している。林内で林地残材がチップ化できると地拵え作業が不要と出来るため林業側としても喜ばれるとのことであった。各地ともチップパーは年間 200 日以上稼働しているが、特に大径木、タンコロなどは定格能力の生産ができないため取り扱いに苦労している（現在は、リッパーで割る等の加工を行うとのこと）。

2.3.3. 需要先獲得のための動きとコーディネーターの必要性

1) 需要先獲得のための工夫

ヒアリングでは、形態によらず、需要を確保する他ための動きがみられた。川中で行われている需要先獲得の工夫は以下のとおりである。

- ・ 自ら木質バイオマスボイラーを輸入し、需要者側でのボイラー設置コストを下げるように動いている。
- ・ 営業コストはかけないで、燃料の品質を向上させることでロコミによる需要を広げている。品質が良いので顧客は必ずリピーターになる。
- ・ 自社でボイラーを導入し、ショールームの意味合いを持たせて運用している。
- ・ 近隣の自治体における庁舎建替えプロジェクトの企画段階からボイラー導入の働きかけを行っている。
- ・ 地域の温浴施設、スポーツ施設等へ働きかけを行っている。

2) コーディネーターや協議会の活用

ヒアリングでは、サプライチェーン内でコミュニケーション不足に由来する様々な課題がみられた。これらを解消し、スムーズな面的利用を実現するためには各主体間の連携を促すコーディネーターの存在が不可欠であると考えられる。

- ・ 自治体やボイラー・チップ販売者、森組、建設会社などが協議会に参画し、ノウハウの集約、効率化を進めている。
- ・ 従来は素材生産・チップ製造・需要側の繋がりが不十分だが、現状は自治体やチップ製造者が個々で情報収集し事業コーディネートをしている。
- ・ 今後の需要開拓には、各社を横串にするコーディネーターが不可欠である。
- ・ 需要側の契約破棄・倒産リスクから普及が少ない状況ではあるが、コーディネーターの一形態として、川中と川下を結ぶかたちで ESCO 事業スキームもある

2.4. 面的普及に向けた課題と参考とすべき点

以上の調査を踏まえ、木質バイオマスの面的普及に向けた課題や参考とすべき点についてヒアリング事項に基づき整理する。

表 28 川上分野での課題と参考とする点

川上分野	
課題となること	参考とすべき点
<p>◆原料供給が不安定</p> <p>原木の集荷が安定しない。</p> <p>原料調達は不足よりも過剰になっているが、チップ製造事業として受け入れを継続せざるを得ない。</p>	<p>◆集材量を向上する取り組み</p> <p>元玉 2m をパルプやチップ用に採寸する。</p> <p>林地残材搬出に対する補助金制度を設けている。</p> <p>◆情報共有</p> <p>建設会社、森林組合、製紙会社などがチップ製造に参画し、集材の協力を得ている。</p> <p>枝葉やタンコロの発生現場を共有する。</p>

表 29 川中分野での課題と参考とする点

川中分野	
課題となること	参考とすべき点
<p>◆チップ製造ノウハウ不足</p> <p>寒冷地のため、水分が高いと凍結するなど、手当てが必要になる。チップパーが 60cm 対応でも、40cm までしか対応できない。おが粉の発生の有無を確認する必要がある。(太いものはリッパーで割っておく)</p> <p>チップ水分が高く燃焼効率が高くない。また灰が炭の状態が多く発生する。</p> <p>人工乾燥においては国内で流通する乾燥機が少なく、比較的高コスト、かつ試行錯誤が求められる。移動式チップパーを活用しているが、山土場への走行は困難である。</p> <p>◆チップ販売時の検討不足</p> <p>チップ製造事業を始める際に、販売価格の妥当額がきめられない。</p>	<p>◆チップ製造ノウハウ</p> <p>ボイラーや乾燥機を試験的な導入しつつ技術的ノウハウを高めている。</p> <p>剥皮する、栈木を設けるなどなるべく良い環境の土場で乾燥させ、チップ加工する。</p> <p>経験豊富な作業員により 1 名でのチップ製造が実現できている。</p> <p>◆輸送・加工の最適化</p> <p>森林組合や製紙会社の重機や車両を共有して効率化している。</p> <p>ストックヤードを複数個所用意し、チップパーが移動してチップ化し、丸太の保管場所を確保している。</p> <p>大きい容量のトラック、アームロールトラックを活用し効率化を図る。</p>

<p>チップ水分について事前検討がなされず準備しきれていない。</p>	<p>◆効果的な契約形態 チップ購入額は年間で固定としており、チップ乾燥をさせるとチップ製造でも利益が出るよう工夫している。</p>
-------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

表 30 川下分野での課題と参考とする点

川下分野	
課題となること	参考とすべき点
<p>◆木質バイオマス利用のノウハウ不足 特定のチップに対応したボイラーメーカーがわからない。(チップ水分が低すぎてボイラーがトラブルになる) 化石燃料の使用量が十分に減らない。 サイロの手直しなどが発生する。 サイロに小さいトラックしか進入できない。 ボイラーの導入初期は、トラブルが発生しやすい。 蒸気ボイラーなど、現状のバイオマスボイラーで対応できる機種が限られてしまう。 補助金の要件のため、年間のチップ利用量が少なく、トラブルや効率悪化が発生している。</p> <p>◆小規模利用での手間や追加コスト 晴天時のみに納品に限られるなど小規模利用は手間がかかる。 チップの値段が安価でも、運転コスト(電気代)が発生するため、夏季はボイラーを停止したほうがメリットが出てしまう。 新規に人員を雇用しており、人件費が発生する</p> <p>◆チップ品質への理解不足 ボイラーごとに必要なチップ品質が異なっても、価格の差がつけられていない。重量単価での買取のため乾燥が進むと赤字になる。 需要施設側がチップ品質の条件を高く設定しており、チップ製造に手間がかかっている。</p>	<p>◆ノウハウの構築・共有 ボイラーやチップパーの輸入代理店、建設会社、森林組合、製紙会社などが参画し、自ら輸入、利用し、流通マージンを削減している。 ボイラーメーカーを統一することでメンテナンス体制を構築している。 チップ供給者が自ら熱需要先の開拓を行っている。</p> <p>◆ボイラーの効率的運営 代理店が地元にあるボイラーを選定している。 長年のボイラー利用の経験があり、最低限のチップ品質のイメージを持っている。</p> <p>◆チップ品質への評価 チップ水分が乾燥するほど買取価格を上げる仕組みとしている 価格の決定を定期的に協議し、水分やサイズ、取引価格が明確になっている。</p>

表 31 全体の課題と参考とする点

全体	
課題となること	参考とすべき点
<p>◆木質バイオマス利用のノウハウの共有不足 薪、ペレットのボイラーの導入ボイラー運用や設置工事の研修をしたい。 乾燥チップの性能・メリットが認知されていない。</p> <p>◆化石燃料と比較した経済性 熱利用チップに対して、化石燃料の方が安価になることがあり、制度的な支援の必要がある。</p> <p>◆導入に向けたステークホルダーの連携不足 自治体が公共施設に導入する場合、運営者の意向でボイラーが停止してしまう。担当者が変わると選定根拠が不明となる。 ボイラー運営の課題が十分に認識されず、チップ製造側のほうの準備ができていない。 ボイラー導入の設計段階で不備があることが多く、設計段階から川中の立場が関わる必要がある。</p>	<p>◆事業リスクの分散 導入する施設側でも協力を得るため、当事業者がESCO事業として熱供給する検討を行っている。</p> <p>◆導入に向けたステークホルダーと連携した検討 県や自治体、ボイラーやチップパーの輸入代理店、建設会社、森林組合、製紙会社などが参画し、ボイラーや乾燥機を試験的な導入しつつ技術的ノウハウを高めている。 行政計画に木質バイオマスを位置づけ、ボイラーの導入を進めている。 民間が成功事例を作ることで周囲への普及も信頼されるかが重要。</p> <p>◆木質バイオマス小規模利用の位置づけを明確化 バークや廃菌床など価値の低いものを熱利用し、さらに乾燥チップを製造して付加価値を高めている。 製材所の副産物である端材やバークを有効活用し、捨てるものを価値あるものにする取り組みを継続的に行っている。 発電や製紙業の市場変化と小規模で手間がかかるが競合が参入しづらく、地元企業のチップ販路として有望。 リスク分散、人員や施設の効率的稼働のためにも熱利用にメリットがある。</p>

2.4.1. 目指す方向性

川上では、既存の素材生産における施業システムに対し燃料利用も想定した搬出・造材、また県や複数の生産者が連携した生産体制が望ましい。

川中では、チップ水分、輸送コストに応じた木質チップの経済価値を共有していくこと、またチップ品質に応じた効率的な製造方法が必要と考えられる。

川下では、チップ品質や維持管理体制に応じたボイラー等の設備選定の必要性があること、また木質バイオマスボイラー等を需要者側が負担して導入する際に投資リスクが発生することを分散できる体制づくりが必要である。

そのうえで、地域において面的に需要先を確保し、木質バイオマス利用を地域内で普及していくためには、バイオマス利用を地域課題に対して位置づけていくこと（地域経済への効果を数値化していくこと）、また地域のステークホルダーとの連携が必要となる。

以上を踏まえると、チップ製造の効率化、小規模なボイラー・CHP利用を普及するために必要な「面的利用モデル」のあり方として、「①FIT 発電所との共存共栄」「②近距離内の小規模・複数展開」のパターンが考えられると結論づけられた。

3. 結果まとめ

本章では、資料調査や各種試算を実施した結果をまとめている。

3.1. 面的利用モデルの試算

面的利用モデル構築に向け、得られた知見、チップメーカーヒアリングを通じてチップ製造コストの試算、チップ輸送費の試算を行い、面的供給モデルとなりうる事業ケースを考察する。

既存のチップ製造事業は、主に製紙用途や大規模な木質バイオマス発電所（2,000kW 以上）への用途が多く、これに対し本調査で検討する小規模利用は相対的に何が優位となるかを把握することが重要である。この際、「チップ製造事業者」としての優位な点について整理をすると表 32 のように表現することができる。

表 32 木質バイオマス発電所と小規模熱利用の優位性比較

評価項目	発電所用	小規模熱利用
チップ水分	○比較的幅が広い (不問～水分 50%以下)	△比較的幅が狭い 水分 45%以下(湿潤チップ) 水分 35%以下(準乾燥チップ) 水分 15%以下(CHP 用チップ)
チップの形状均一性	○比較的不要	△比較的必要
運搬頻度	○安定	△季節で変動あり
運搬効率	○大型も許容	△大型では進入困難の可能性あり
チップ原料	△比較的限定がある (FIT 制度での制限)	○比較的限定がない
原料調達の安定性	△比較的风险あり (生産量が大量)	○比較的风险少ない (生産量が少量)
運搬距離	△比較的長距離 (導入可能性が地域内で限定)	○比較的短距離 (導入可能性施設は広く存在)
設備投資	△比較的高額	○比較的低額
全体	販売量が多く効率化しやすい 輸送費の負担が大きい	販売量が少なくコストが大 輸送費の負担は少ない

この表においては、小規模利用の場合は「原料の制限があまりない、調達の安定性が確保しやすい、比較的短距離の運搬」という点で優位的であると言え、小規模ゆえに参入しやすい、安定して事業ができる用途であると考えられる。また、比較的短距離であること、原料

の制限が少ないことから、木質バイオマス発電所への販売に比べて原料購入費や輸送費を抑制できると考えられる。

従って、小規模利用の面的普及に向けては、チップ製造コストとともに輸送費についても検討を行い、木質バイオマス発電所と比較したコスト優位性を発揮する範囲を検討し、面的利用モデルの成立要素を把握する。

試算においては、チップ製造は熱利用を想定するため、チップ形状は切削チップ（ディスク式、ドラム式）とする。また、大量のチップを遠隔地から調達する木質バイオマス発電所用途との差異を検証するため、近距離圏内から融通でき、輸送費は安価に設定できるものとして小規模な熱利用のモデルを検討した。

3.1.1. チップ製造・輸送のコストについて

1) チッパーの選定

チッパーの選定においては、現地ヒアリング調査で把握した表 33 のメーカーを対象として試算を行った。既存のチップ製造事業では大量生産が前提であり、富士鋼業(株)に代表される固定式ディスクチッパーが主流である。一方で、小規模利用にも適用できるチッパーとして小型チッパーである MUS-MAX 社を選定し、この 2 社のチッパーで試算を行うものとした。

表 33 試算対象としたチッパー

単位	MUS-MAX社	富士興業株式会社
機種	WoodTerminater 7LZ	キングチッパー-KCN600F
機体写真		
チップ生産能力	60.0m ³ /h	120.0m ³ /h
最大処理径	500mm	600mm
機械価格（税抜）	43,000千円 ※トラクタ込み	100,000千円
製品チップ	切削チップ（ドラム式）	切削チップ（ディスク式）

2) チップ製造コストの試算

チップ製造コストの試算においては、表 34 の費用を計上して算出するものとした。また、その際の費用算出方法も併記した。そのうえで年間のチップ製造量に対する製造コストの感度分析を行い、生産量とコストの関係を把握する。また、チップパーによって時間当たりの生産量は異なるため、年間 330 日以下が生産の上限として試算を行った。

表 34 チップ製造コスト算出の前提

項目		根拠・算出方法
初期費用	設備費	チップパー本体ほかグラップル(重機)を含む 各社見積もり
	建屋建設費	チップパー・チップ保管用 1 m ² あたり 10 万円と仮定
	補助金適用	設備費・建設費の 50%と仮定
製造条件	原木種類	スギ丸太を想定 (水分 50%で比重 0.7t/m ³ と仮定)
	チップ容量	丸太 1 m ³ をチップ化すると、2.8 m ³ と仮定
	利用率	定格製造量に対し、実生産量の割合
	軽油単価	120 円/L と仮定
	電力単価	15 円/kWh (基本料金 1,630 円/kW・月) と仮定
支出内容	減価償却費	取得金額に耐用年数で除した金額
	固定資産税	資産価額の 1.4%とし、耐用年数期間での平均値を算出
	直接人件費	作業員数×人件費(時給)×1 日作業時間(h)×稼働日数(日)
	燃料費	設備稼働の軽油代、電力代
	維持管理費	維持管理費、定期点検費含む。メーカーヒアリング値
	一般管理費	人件費の 10%と仮定
	原料調達費	原木価格 6,000 円/t と仮定

これらを踏まえて試算した結果を表 35 (MUSMAX 社)、表 36 (富士鋼業社) にまとめ、2 社の製造コストの比較を図 3 に示す。小型チップパーである MUSMAX 社の場合、大型チップパーである富士鋼業社よりチップ生産量が 15,000t 以下であればコストは低いこととなった。また小型チップパーの場合は年間生産量が限定されるため、20,000t を製造すると稼働日数が 330 日を超えてしまうため、これ以上の生産を行うことが困難となる。

表 35 MUSMAX チッパーによる製造コスト試算

●MUSMAX								
チップ供給量(t)	500	1,000	2,000	4,000	8,000	15,000	20,000	30,000
稼働日数(日/年)	8	17	33	67	134	251	334	501
チップ製造原価(円/kg)	16.2	11.8	9.6	8.5	7.9	7.7	7.6	7.5

表 36 富士興業チッパーによる製造コスト試算

●富士興業 KCN600								
チップ供給量(t)	500	1,000	2,000	4,000	8,000	15,000	20,000	30,000
稼働日数(日/年)	4	8	16	31	62	117	156	234
チップ製造原価(円/kg)	28.7	17.8	12.3	9.6	8.2	7.6	7.4	7.2

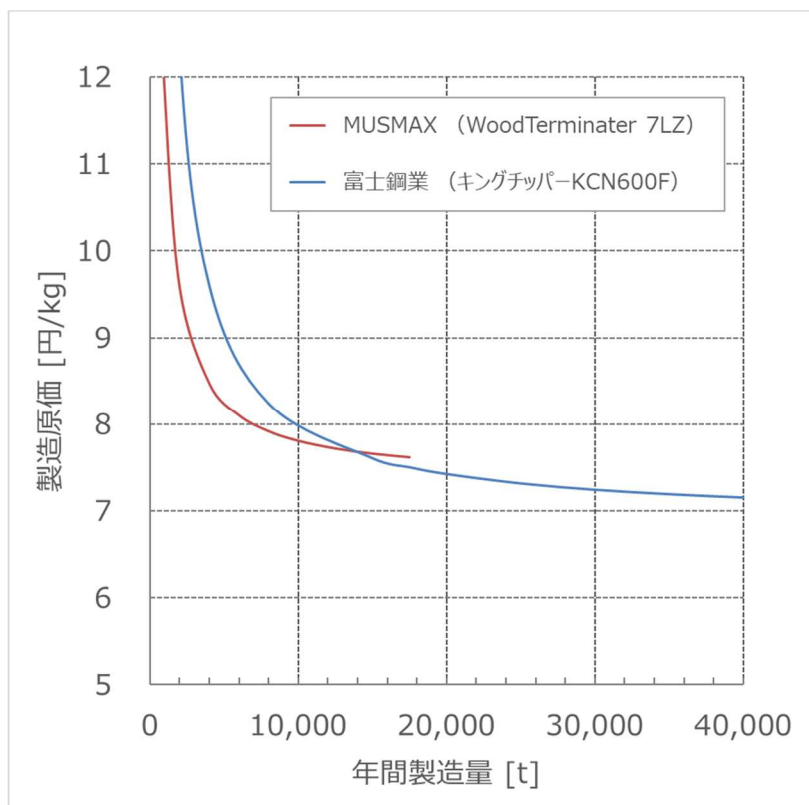


図 3 チップ製造量と製造コストの関係

3.1.2. 輸送コストの試算

輸送コストに関しては、ヒアリング調査でも、輸送の効率化に対しては各社強い課題意識が感じられた。そこで輸送距離と輸送車両規模とのコスト試算から効率的な輸送の在り方を試算する。

輸送コストは運搬する車両の荷台サイズによって変化するため、2t ファームダンプからフルトレーラーまでの車両仕様、運搬能力を加味して試算を行った¹(表 37)。本試算では、熱利用では 10t ダンプまでを想定し、フルトレーラーでは木質バイオマス発電所への運搬を想定したものとする。

また試算においては、積み込み時間、走行時間、荷下ろし時間の合計をサイクルタイムとしてチップ運搬に必要な 1 サイクルの時間とした。走行速度は 35km としている(表 38)。

表 37 輸送車両の想定仕様

◆緒元		4tファームダンプ	4t脱着ダンプ	2tファームダンプ	10t深アオリダンプ	12t脱着ダンプ	フルトレーラー
最大積載量	kg	2400	2900	2000	7250	9100	17100
荷台容積	m ³	16.4	8.1	4.1	24.7	27.1	60
チップ積載量	m ³	7.2	8.1	4.1	22	27.1	56
積込時間	min	17.6	19.8	10.0	53.8	66.3	137.1
準備時間	min	15	15	15	45	45	55

表 38 チップ輸送コスト算出の前提

項目		根拠・算出方法
条件	走行速度	35km
	サイクルタイム	積み込み時間、走行時間、荷下ろし時間の合計
	軽油単価	120 円/L と仮定
	運転手賃金	一律 13,000 円/日と仮定

そのうえで、輸送距離(片道)ごとの輸送功程を算出した。その結果が表 39 となる。また、1 時間あたりの発生費用は表 40 としている。

それらを踏まえた輸送距離ごとの輸送コストは表 41、図 4 となった。

¹ 岩手県林業技術センターHP

山土場からのチップ運搬コスト

<http://www2.pref.iwate.jp/~hp1017/kenkyu/naibu/sokuho/sokuho151-200/172.pdf>

山土場からのチップの運搬功程

<http://www2.pref.iwate.jp/~hp1017/kenkyu/naibu/sokuho/sokuho151-200/171.pdf>

表 39 輸送距離（片道）ごとの走行時間と1日当たりの運搬功程

片道距離	項目		4tアームダンプ	4t脱着ダンプ	2tアームダンプ	10t深アオリダンプ	12t脱着ダンプ	フルトレー
5km	走行時間	min	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
	CycleTime	min	49.8	52.0	42.2	116.0	128.5	209.2
	運搬功程	srn/day	69.4	74.8	46.7	91.0	101.3	128.5
10km	走行時間	min	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3
	CycleTime	min	66.9	69.1	59.3	133.1	145.6	226.3
	運搬功程	srn/day	51.7	56.3	33.2	79.3	89.3	118.8
15km	走行時間	min	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4
	CycleTime	min	84.0	86.3	76.5	150.3	162.8	243.5
	運搬功程	srn/day	41.1	45.1	25.7	70.3	79.9	110.4
20km	走行時間	min	68.6	68.6	68.6	68.6	68.6	68.6
	CycleTime	min	101.2	103.4	93.6	167.4	179.9	260.6
	運搬功程	srn/day	34.2	37.6	21.0	63.1	72.3	103.1
25km	走行時間	min	85.7	85.7	85.7	85.7	85.7	85.7
	CycleTime	min	118.3	120.5	110.7	184.6	197.0	277.8
	運搬功程	srn/day	29.2	32.3	17.8	57.2	66.0	96.8
30km	走行時間	min	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9
	CycleTime	min	135.5	137.7	127.9	201.7	214.2	294.9
	運搬功程	srn/day	25.5	28.2	15.4	52.4	60.7	91.1
40km	走行時間	min	137.1	137.1	137.1	137.1	137.1	137.1
	CycleTime	min	169.8	172.0	162.2	236.0	248.5	329.2
	運搬功程	srn/day	20.4	22.6	12.1	44.7	52.4	81.7
50km	走行時間	min	171.4	171.4	171.4	171.4	171.4	171.4
	CycleTime	min	204.0	206.3	196.5	270.3	282.8	363.5
	運搬功程	srn/day	16.9	18.9	10.0	39.1	46.0	74.0
100km	走行時間	min	342.9	342.9	342.9	342.9	342.9	342.9
	CycleTime	min	375.5	377.7	367.9	441.7	454.2	534.9
	運搬功程	srn/day	9.2	10.3	5.3	23.9	28.6	50.3

表 40 その他諸元と1時間あたりの運搬費用

◆時間費用算出		4tアームダンプ	4t脱着ダンプ	2tアームダンプ	10t深アオリダンプ	12t脱着ダンプ	フルトレー
縮元	機械価格（円）	10,500,000	7,300,000	5,000,000	15,000,000	19,000,000	40,000,000
	耐用年数（年）	5	5	5	5	5	5
	年間作業日数（日）	240	240	240	240	240	240
	1日当り実働時間（時間）	8	8	8	8	8	8
	年間使用時間（時間）	1,920	1,920	1,920	1,920	1,920	1,920
	耐用時間（時間）	9,600	9,600	9,600	9,600	9,600	9,600
	整備・修理費率	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	燃料消費量（リットル/時）	6	6	6	16	16	17.5
	燃料単価（円/リットル）	120	120	120	120	120	120
	車検・保険料（円/年）	220,000	420,000	220,000	700,000	760,000	1,000,000
固定費	運転手賃金（円/日）	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
	車検・保険料（円/時）	115	219	115	365	396	521
変動費	減価償却費（円/時）	1,094	760	521	1,563	1,979	4,167
	整備・修理費（円/時）	438	304	208	625	792	1,667
	燃料費（円/時）	720	720	720	1,920	1,920	2,100
	賃金（円/時）	1,625	1,625	1,625	1,625	1,625	1,625
時間費用合計（円/時）		3,991	3,628	3,189	6,097	6,712	10,079

表 41 算出された輸送コスト

◆運搬コスト算出			4tアームダンプ	4t脱着ダンプ	2tアームダンプ	10t深アオリダンプ	12t脱着ダンプ	フルトレー
5	km@片道	円/t	1,839	1,552	2,187	2,143	2,121	2,510
10	km@片道	円/t	2,472	2,064	3,076	2,460	2,404	2,716
15	km@片道	円/t	3,106	2,576	3,965	2,776	2,687	2,922
20	km@片道	円/t	3,739	3,088	4,853	3,093	2,970	3,127
25	km@片道	円/t	4,373	3,600	5,742	3,410	3,253	3,333
30	km@片道	円/t	5,006	4,112	6,631	3,727	3,536	3,539
40	km@片道	円/t	6,273	5,135	8,409	4,360	4,102	3,950
50	km@片道	円/t	7,540	6,159	10,187	4,994	4,668	4,361
100	km@片道	円/t	13,875	11,279	19,075	8,161	7,499	6,418

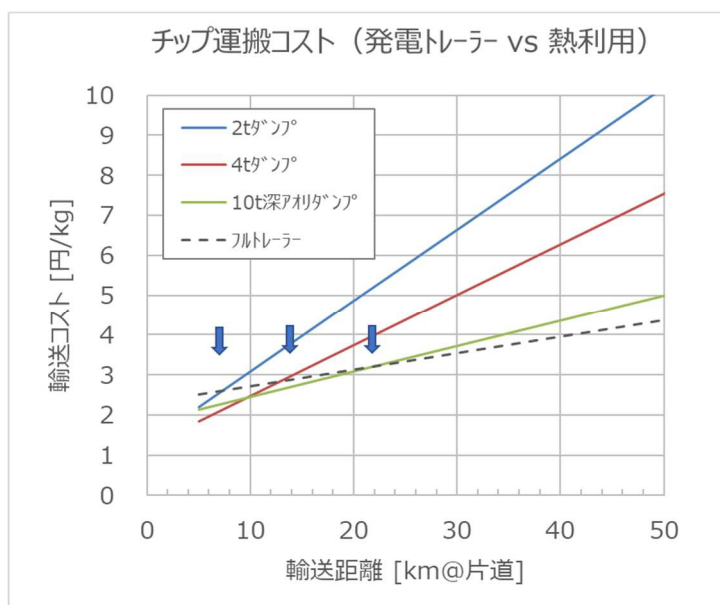


図 4 輸送コストと輸送距離の関係

以上より、発電所向け輸送をフルトレーラー、熱利用向け輸送を 2t～10t ダンプとし、輸送距離と輸送費を比較すると、

フルトレーラー と 2t ダンプ[°] : 7km 以下は 2t ダンプが優位

フルトレーラー と 4t ダンプ[°] : 13km 以下は 4t ダンプが優位

フルトレーラー と 10t ダンプ[°] : 22km 以下は 10t ダンプが優位

という結果となった。

フルトレーラーのような大型運搬車両の場合、長距離の場合は輸送コストが低くなるが、輸送距離が短い場合では小型運搬車両の方が効率的で安価に輸送できることがわかる。従って、木質バイオマス熱利用においては大型運搬車両が適さないことが多いものの、輸送距離が近いことで輸送コストを抑えることが重要になると考えられる。

なお、逆に小型運搬車両を長距離走らせることがかなりの非効率となる点にも留意が必要である。

3.1.3. チップ製造・輸送コストについて

以上の試算を踏まえ、木質バイオマス発電所へのチップ供給・販売と比較した熱利用へのチップ供給・販売の優位性について検討を行うため、比較的遠隔地にある木質バイオマス発電所（ケース①）と比較的近隣にある木質バイオマスボイラー（ケース②）とそれぞれ輸送した場合の製造・輸送原価について試算を行う。

比較元として、木質バイオマス発電所向けチップ工場へトレーラーで 50km 輸送した場合のコスト合計額を 11.6 円/kg と設定した（表 42）。これは、富士鋼業製チップパーで年間 30,000t を製造するチップ工場を想定したものとなる。

表 42 木質バイオマス発電所への販売コスト（比較元）

項目	コスト	備考
製造コスト	7.2	富士鋼業製チップパーで年間 30,000t 製造
輸送コスト	4.4	フルトレーラーで 50km 輸送
コスト合計	11.6	

（単位は円/kg）

【ケース① 発電所向けチップ工場が 10t 車で配送】

比較元に対し、この発電所向けチップ工場が一部を木質バイオマスボイラー向けにチップを生産・販売することを想定する（図 5）。この場合、輸送車両がフルトレーラーは適さないため、10t ダンプ車で運んだとする。

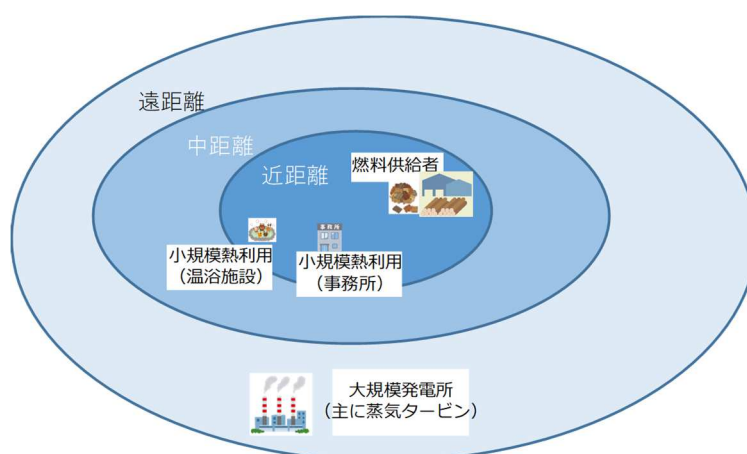


図 5 ケース①のイメージ

この時、木質バイオマス発電所と同等のコストとなるのは、10t 車で 40km まで運んだ場合と同等の 11.6 円/kg となる（表 43）。

表 43 木質バイオマス発電所への販売コスト（ケース①）

項目	コスト	備考
製造コスト	7.2	富士鋼業製チップパーで年間 30,000t 製造
輸送コスト	4.4	10t 車で 40km 輸送
コスト合計	11.6	

（単位は円/kg）

【ケース② ボイラー専用チップ工場が 10t 車で配送】

今度は木質バイオマスボイラー専用チップ工場を想定し、発電所向けチップと同等のコスト合計額となる輸送距離を把握する。この場合も輸送車両は 10t ダンプ車で運んだとする。

ただし、木質バイオマスボイラー専用チップ工場の場合は、需要がボイラーのみとなるため、想定する需要施設の数、そこで消費するチップ購入量を仮で設定する必要がある。ここでは、製造量施設が 1 か所ではチップの製造コストが高額になってしまうため、年間チップ購入量が 500t の施設が 5 か所あるものとし、ボイラー専用チップ工場が年間で合計 2,500t を製造する場合を想定する（図 6）。

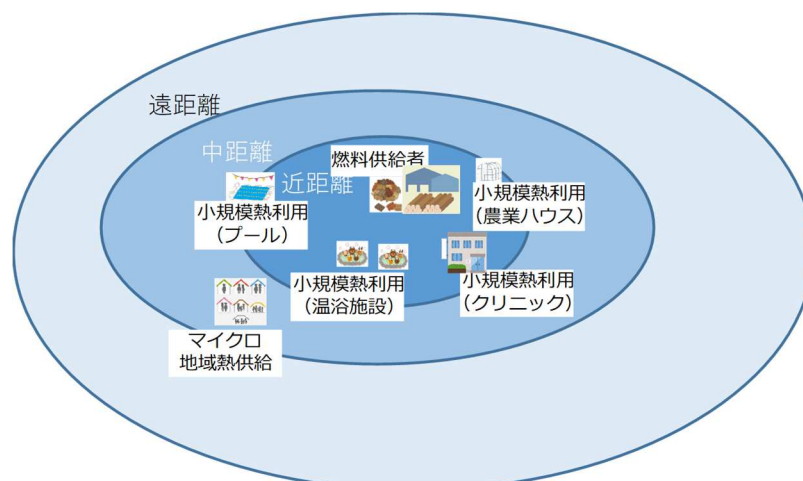


図 6 ケース②のイメージ

この時、木質バイオマス発電所と同等のコストとなるのは、10t 車で 10km まで運んだ場合と同等の 11.6 円/kg となる（表 44）。

表 44 木質バイオマス発電所への販売コスト（ケース②）

項目	コスト	備考
製造コスト	9.1	MUSMAX 製チップパーで年間 2,500t 製造
輸送コスト	2.5	10t 車で 10km 輸送
コスト合計	11.6	

（単位は円/kg）

3.1.4. 「面的利用」のあり方

以上のように、本調査の「面的利用」のあり方として、熱利用などの小規模利用の「原料の制限があまりない、調達の安定性が確保しやすい、比較的短距離の運搬」という優位性があることから、

- ・ケース① 既存の木質バイオマス発電所へのチップ製造と並行してより近隣(40km 以内)の需要施設に対しボイラー向けチップ製造を行うこと
- ・ケース② ボイラー向け専用チップ工場の周辺 10~20km 圏内に 5 か所以上の需要施設があること

などのケースで、既存の木質バイオマス発電所への供給と比較してもチップ製造側へのメリットがある事業環境であると考えられる。

ただし、ケース②については、10km 圏内に需要施設が 5 か所あることが困難な場合は、例えば公道が走行可能な移動式チップパーで複数の「面的」拠点を移動することなども考えられる。

ケース②で想定した年間 2,500t のチップ製造ではチップパーの稼働率は 40 日程度に留まることから、複数の「面的」拠点を移動し、チップパーの稼働率を上げ製造効率化をしていくことも可能と考えられる。

また、サプライチェーン全体で最適な燃料供給を実現するためには、川下サイトで燃料輸送コストの試算上、最適な規模の車両が進入できる工夫（サイロの大きさ、搬入経路）をすることも、「面的利用」にあたっては考慮することが推奨される。

3.2. 木質バイオマスボイラー利用における課題の考察

ヒアリングで得られたことを踏まえて、ボイラー利用において指摘された課題について下記の点について考察を行う。

3.2.1. 燃料品質ごとのボイラー特性

当協会が2019年に収集した各木質バイオマスボイラーメーカー一覧の資料をもとに、各チップボイラーで求められるチップ水分の種類をまとめる。チップ水分については、メーカーカタログ値に幅がある場合は上限値を採用した。

チップ水分については、当協会がまとめた「燃料用木質チップ燃料の品質規格」より、「湿潤チップ」「準乾燥チップ」に該当するメーカーごとにまとめるものとした（表45）。

表 45 チップ水分ごとの区分と状態（呼称）

水分区分	水分(wb)M	含水率(db)U	状態
M25	≦25%	≦33%	乾燥チップ
M35	25～35%	33～54%	準乾燥チップ
M45	35～45%	54～82%	湿潤チップ
M55	45～55%	82～122%	生チップ
不燃域 水分55%以上のチップは燃料として不適			

「燃料用木質チップ燃料の品質規格」より転載

以上を踏まえて、国内の取り扱いのある木質バイオマスボイラーのチップ水分とボイラー効率の散布図を図7に示す。水分の高いチップでも燃焼可能な連続運転型のボイラーでは効率が80%から90%までに分布しているのに対し、水分が低いチップを燃焼可能な断続運転型のボイラーは効率がおおむね90%を超えており、これらボイラーの特性、能力の違いに応じたチップ水分の管理が必要と考えられる。上述の「湿潤チップ」は連続運転型のボイラーで利用し、「準乾燥チップ」は断続運転型のボイラーで使用するという、おおまかな目安として考えることができる。

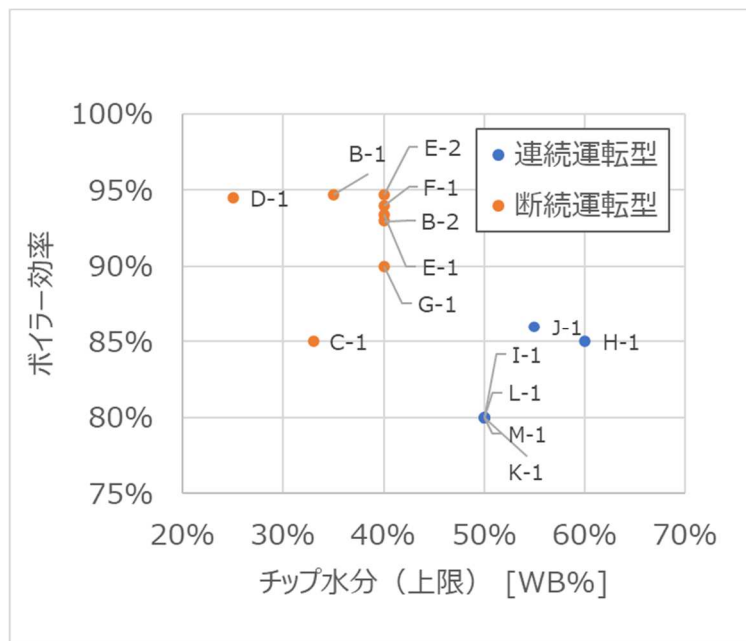


図 7 木質バイオマスボイラー機種ごとのチップ水分とボイラー効率

また、実態調査で得られたヒアリング内容から、ボイラー機種で整合するチップ水分についてグラフにまとめる。図 8 では、ボイラー機種ごとのチップ水分の上限値に対し、トラブルの有無を表示した。「△」「○」がある位置がヒアリングで聞き取ったチップ水分であり、「△」「○」でトラブルの有無を示している。

メーカーの水分上限値レベルのチップを投入した場合には「○」（問題無し）と「△」（トラブル過去あり）の両方が混在しており、上限値レベルの水分のチップを投入することで必ずボイラー運転が不安定になるものと考えられる。また、ヒアリングでのチップ水分のため、チップの管理が不安定なときに水分が上限値を超えてしまうケースも想定できる。

また、ボイラーメーカーの仕様ではチップの下限值は提示されないことがあるが、今回のヒアリングではチップの水分が低すぎることによるトラブルも確認できており、極端に乾いたチップの取り扱いには注意する点であると言える。

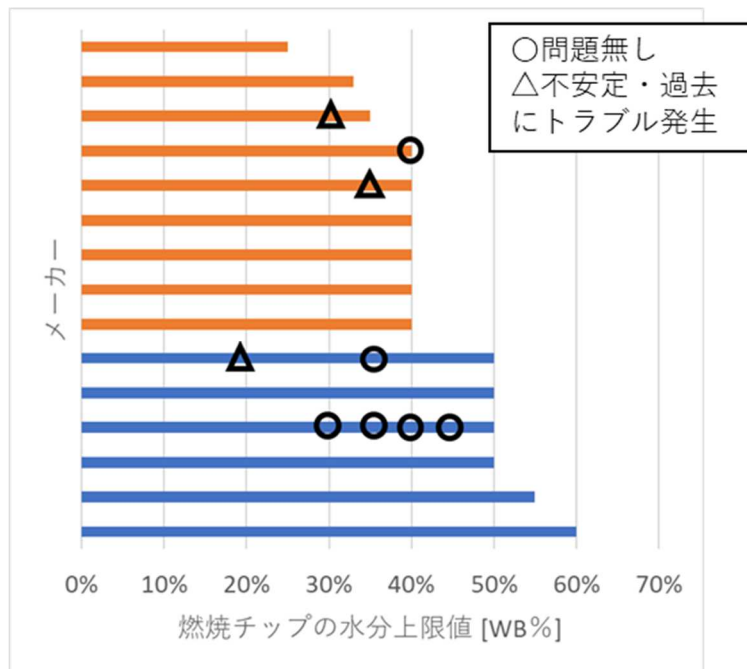


図 8 各種ボイラーメーカーの水分上限値とトラブルの有無

3.2.2. チップ水分に応じた価格の設定

主に発電用のチップ工場では、一定水分以下は同一価格での取引がメインであるため、引き取り価格が落ちないように、あえて乾燥させすぎないインセンティブが働いている。

こうした事象は乾燥チップが必要な熱利用向けチップの品質向上の足かせとなっている。

本項では、チップ水分に応じて取引されるチップ価格について、ヒアリングと試算よりまとめ、チップ乾燥のメリット、デメリットについてまとめる。ここでは、標準的な燃料材の価格として 6000 円/t と設定して試算を行った。

また、バークはヒアリングでの値を採用し、樹皮も含めた「全木チップ」とバークを取り除いている「幹部チップ」に分けて検討した。それらの結果をまとめたのが、図 9 となる。

この図では、バークチップと水分 15% の幹部チップ（主にガス化 CHP 用途）を除いて、チップ水分 50% から 30% になるにつれて、販売単価はゆるやかに上昇していくが、熱量当たりの単価としてはゆるやかに低減していく傾向が確認できる。また、全木チップと幹部チップでは、バークを取り除く手間がある分だけ単価が高くなっているとわかる。バークについては、運賃相当での取引が多く、販売単価、熱量当たり単価も低く、適正な燃焼が可能であればよい燃料となるといえる。また、主にガス化 CHP 用途の水分 15% のチップでは、販売単価も熱量当たり単価も非常に高額になることがわかる。

チップの乾燥することで輸送コスト自体は上昇するが、熱量当たりの単価としては同等か下がる傾向にあり、化石燃料との価格競争力はあることがわかる。

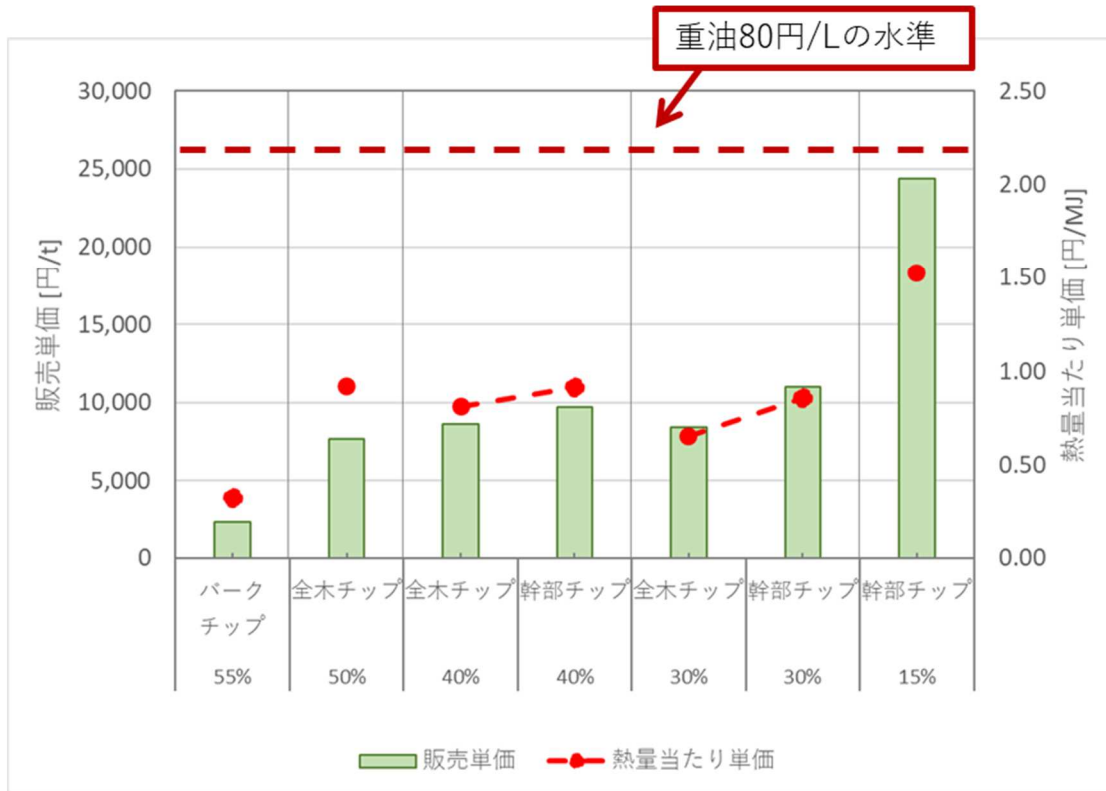


図 9 チップの種類と価格の差

3.3. 木質バイオマス熱利用の環境効果

本事業では地域内における木質バイオマス熱利用の環境効果について GHG 排出削減量の試算を行った。

試算に当たっては、地域内に木質バイオマスボイラーを 5 基導入することで、年間 2,500t の木質バイオマス燃料需要が発生することを基本モデルと想定した。燃料の供給は間伐材や林地残材を原料とし、地域内のチップ工場で加工を行い、各需要先へ供給することと想定した。燃料は地域内で流通することから、輸送距離は伐採地からチップ工場までを 20km、チップ工場から各ボイラーまでを 10km と仮定した。

3.3.1. 木質バイオマス燃料のライフサイクルの検討

間伐材や林地残材によるライフサイクル GHG 排出量を計算するにあたり、栽培から燃焼までの想定される工程とその中の GHG 排出源を表 46 に示す。本事業では間伐材や林地残材は林業経営において副産物として発生するものであることから伐採後の収集・搬出段階以降の GHG 排出量の計算を行った。

表 46 木質バイオマス燃料のライフサイクル

番号	工程	GHG 排出源
①	植林・栽培	下刈り、除伐、枝打ち
②	伐採(間伐または主伐)	林業機械の燃料使用量
③	収集、搬出	重機、車輛の燃料使用量
④	輸送①(山土場→チップ工場) (20km)	輸送車輛の燃料使用量
⑤	チップ加工	重機燃料費、チップパー燃料費
⑥	輸送②(チップ工場→ボイラー) (10km)	輸送車輛の燃料費
⑦	燃焼	燃焼に伴う GHG 排出

3.3.2. GHG 排出量計算の流れ

1) 収集、搬出工程からの排出： CO_{2log}

間伐材や林地残材の林内での収集および搬出における GHG 排出量は以下の式で計算した。

$$CO_2(CH_4, N_2O)_{log} = EF_{diesel-CO_2}(EF_{diesel-CH_4}, EF_{diesel-N_2O}) \times F_{diesel(1)} / LHV_{chip50} \times 1000$$

$EF_{diesel-CO_2}(EF_{diesel-CH_4}, EF_{diesel-N_2O})$: 軽油 1l 当たりの $CO_2(CH_4, N_2O)$ 排出量
 [kg- $CO_2(CH_4, N_2O)$]/l
 $F_{diesel(1)}$: バイオマス燃料 1t を搬出するにあたり必要となる燃料(軽油)の使用量 [l/t]
 LHV_{chip} : 木質チップの低位発熱量 [MJ/t]

2) 山土場からチップ工場までの陸上輸送からの排出： $CO_{2land(1)}$

搬出された間伐材や林地残材を加工工場まで輸送する際の GHG 排出量は以下の式で計算した。

$$CO_{2land(1)} = EF_{diesel-CO_2} \times D_{land(1)} \times F_{diesel(2)} / LHV_{chip50} / C_{log} \times 1000$$

$EF_{diesel-CO_2}$: 軽油 1l の CO_2 排出量 [kg- CO_2 /l]
 $D_{land(1)}$: 山土場からチップ工場までの輸送距離 [km]
 $F_{diesel(2)}$: 輸送車両の燃料使用量 [l/km]
 C_{log} : トラックの丸太積載量 [t]

3) チップ加工工程からの排出： $CO_{2chipper}(CH_{4chipper}, N_2O_{chipper})$

間伐材や林地残材をチップ加工する際の GHG 排出量は以下の式で計算した。

$$CO_{2chipper}(CH_{4chipper}, N_2O_{chipper}) = EF_{diesel-CO_2}(EF_{diesel-CH_4}, EF_{diesel-N_2O}) \times F_{diesel(3)} / LHV_{chip50} \times 1000$$

$F_{diesel(3)}$: 木質チップ 1t を加工するにあたり必要となる燃料(軽油)の使用量 [l/t]

4) チップ工場からボイラーまでの陸上輸送からの排出： $CO_{2land(2)}$

間伐材や林地残材のチップを各ボイラーまで輸送する際の GHG 排出量は以下の式で計算した。

$$CO_{2land(2)} = EF_{diesel-CO_2} \times D_{land(2)} \times F_{diesel(2)} / LHV_{chip50} / C_{chip} \times 1000$$

$D_{land(2)}$: チップ工場からボイラーまでの輸送距離 [km]
 C_{chip} : トラックのチップ積載量 [t]

5) ボイラーでの燃焼による排出： $CH_{4chip}(N_2O_{chip})$

木質チップをボイラーで燃焼する際の GHG 排出量は以下の式で計算した。

$$CH_{4chip}(N_2O_{chip}) = EF_{Chip-CH_4}(EF_{Chip-N_2O}) \times G_{ef}$$

$EF_{Chip-CH_4}(EF_{Chip-N_2O})$ ：燃焼による $CH_4(N_2O)$ の排出 [kg- $CH_4(N_2O)$ /MJ]
 G_{ef} ：木質チップの燃焼効率

3.3.3. 使用したパラメーター

1) 各工程共通の項目

表 47 GHG 算出に使用したパラメーター(各工程共通)

項目	内容	数値	単位	出典
LHV_{chip50}	水分 50% の発熱量	8,400	MJ/ t	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会 燃料用木質チップの品質規格
LHV_{diesel}	軽油の発熱量	37.7	MJ/ l	地球温暖化対策の推進に関する法律施行令
$EF_{diesel-C}$	軽油の炭素排出係数	18.8	t -C/TJ	日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2018
$EF_{CO_2/C}$	炭素量の換算係数	3.67	-	CO ₂ 分子量/C 分子量
EF_{CH_4}	軽油 1t の CH ₄ 排出量	49.00	g-CH ₄ /t	日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2018
EF_{N_2O}	軽油 1t の N ₂ O 排出量	138.00	g-N ₂ O/t	日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2018
SG_{diesel}	軽油の比重	0.82	g/cm ³	石油連盟 HP
$EF_{diesel-CO_2}$	軽油 1l の CO ₂ 排出量	2.60	kg-CO ₂ /l	上記係数より換算($EF_C/1000 \times LHV_{diesel} \times EF_{CO_2/C}$)
$EF_{diesel-CH_4}$	軽油 1l の CH ₄ 排出量	0.00004	kg-CH ₄ /l	上記係数より換算($EF_{CH_4} \times SG_{diesel} / 1000/1000$)
$EF_{diesel-N_2O}$	軽油 1l の N ₂ O 排出量	0.00011	kg-N ₂ O/l	上記係数より換算($EF_{N_2O} \times SG_{diesel} / 1000/1000$)

2) 収集、搬出工程からの GHG 排出

表 48 収集、搬出工程からの GHG 排出量算出に使用したパラメーター

項目	内容	数値	単位	出典
$F_{diesel(1)}$	バイオマス燃料 1t を搬出するにあたり必要となる燃料(軽油)の使用量	1.5	l/t	想定値

3) 輸送工程からの GHG 排出(山元からチップ工場までの陸上輸送)

表 49 山元からチップ工場への陸上輸送による GHG 排出量算出に使用したパラメーター

項目	内容	数値	単位	出典
$D_{land(1)}$	山元からチップ工場までの輸送距離	20	km	想定値
C_{log}	トラックの丸太積載量	6	t	想定値
$F_{diesel(2)}$	輸送車両の燃料使用量	0.264	l/km	国土交通省 自動車燃料使用量調査 (軽油、特殊車両)

4) チップ加工工程からの GHG 排出

表 50 チップ加工による GHG 排出量算出に使用したパラメーター

項目	内容	数値	単位	出典
$F_{diesel(3)}$	バイオマス燃料 1t を加工するにあたり必要となる燃料(軽油)の使用量	4	l/t	想定値

5) 輸送工程からの GHG 排出(チップ工場からボイラーまでの陸上輸送)

表 51 チップ工場からボイラーへの陸上輸送による GHG 排出量算出に使用したパラメーター

項目	内容	数値	単位	出典
$D_{land(2)}$	チップ工場からボイラーまでの輸送距離	10	km	想定値
C_{chip}	トラックのチップ積載量	10	t	想定値

6) ボイラーでの燃焼による GHG 排出

表 52 ボイラーでの燃焼による GHG 排出量算出に使用したパラメーター

項目	内容	数値	単位	出典
$EF_{Chip-CH_4}$	燃焼による CH ₄ の排出	0.00003	kg-CH ₄ /MJ	IPCC2006 Chapter2 Table2.2
EF_{Chip-N_2O}	燃焼による N ₂ O の排出	0.000004	kg-N ₂ O/MJ	IPCC2006 Chapter2 Table2.2
G_{ef}	木質チップの燃焼効率	0.95	-	想定値

3.3.4. ライフサイクル GHG 排出量計算結果

各工程でのライフサイクル GHG 排出量を計算した結果、表 53 のとおりとなった。

表 53 ライフサイクル GHG 排出量計算結果

番号	工程	CO ₂ g-CO ₂ /MJ	CH ₄ g-CH ₄ /MJ	N ₂ O g-N ₂ O/MJ
①	植林・栽培	0.00	0.00	0.00
②	伐採(間伐または主伐)	0.00	0.00	0.00
③	収集・搬出	0.46	0.000007	0.000020
④	輸送①(山土場→加工場)(20km)	0.27	0.00	0.00
⑤	チップ加工	1.24	0.000019	0.000054
⑥	輸送②(加工場→ボイラー)(10km)	0.08	0.00	0.00
⑦	燃焼	0.00	0.029	0.004
	合計	2.06	0.029	0.004

表 53 で算出した各ライフサイクル GHG 排出量に表 54 の地球温暖化対策推進法施行令第 4 条に定められている地球温暖化係数を乗じて、温室効果ガス総排出量を計算した。

表 54 地球温暖化対策推進法施行令第 4 条に定める地球温暖化係数

温室効果ガスである物質	地球温暖化係数
二酸化炭素	1
メタン	25
一酸化二窒素	298

木質バイオマス熱利用によるライフサイクル GHG 排出量を計算した結果、3.92g-CO₂eq/MJ となった (表 55)。

表 55 ライフサイクル GHG 排出量換算結果

工程	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
CO ₂ 換算後値[g-CO ₂ eq/MJ]	2.06	0.71	1.15
CO ₂ 換算後合計値[g-CO ₂ eq/MJ]	3.92		

3.3.5. 化石燃料を使用したケースとの比較

3.3.4 で算出した木質バイオマス熱利用によるライフサイクル GHG 排出量を用いて重油ボイラーを木質チップボイラーに転換した場合の GHG 削減量を計算した。計算にあたり、木質バイオマスボイラーによる燃料の使用料は 3.1.3 で想定した事業モデルに従い、年間 2,500t とした。また、重油ボイラーによる燃料の使用量は木質バイオマスの使用量から逆算

した値を使用した。

1) 重油ボイラーによる GHG 排出量

重油ボイラーの使用による GHG 排出量は以下の式で計算した。

$$\begin{aligned} \text{CO}_{2oil} &= \text{EF}_{oil-CO_2} \times F_{oil} / 1000 \times \text{LHV}_{oil} / 1000 \\ &= 2.71 \times 515,622 / 1000 \\ &= 1,397 \text{ [tCO}_2\text{]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{1} \end{aligned}$$

CO_{2oil} : 重油による二酸化炭素排出量 [tCO₂]
 EF_{oil-CO_2} : 重油による二酸化炭素排出係数 [g-CO₂/MJ]
 F_{oil} : 重油の使用料 [l]
 LHV_{oil} : 重油の発熱量 [MJ/l]

※重油の燃料使用量は以下の式で計算した。

$$\begin{aligned} \text{重油の使用量} &= \text{LHV}_{chip40} \times F_{chip} \times \text{EF}_{biomass} / \text{LHV}_{oil} / \text{EF}_{oil} \\ &= 10,000 \times 2,083 \times 0.9 / 37.1 / 0.98 \\ &= 515,622 \text{ [l]} \end{aligned}$$

$\text{EF}_{biomass}$: 木質バイオマスボイラーの効率
 EF_{oil} : 重油ボイラーの効率

2) 木質バイオマスボイラーによる GHG 排出量

木質バイオマスボイラーの使用による GHG 排出量は以下の式で計算した。

$$\begin{aligned} \text{CO}_{2eqchip} &= \text{EF}_{Chip-CO_{2eq}} \times F_{chip} / 1000 \times \text{LHV}_{chip40} / 1000 \\ &= 3.92 \times 2,083 / 1,000 \times 10,000 / 1,000 \\ &= 82 \text{ [tCO}_{2eq}\text{]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

$\text{CO}_{2eqchip}$: 木質バイオマスによるライフサイクル GHG 排出量[tCO_{2eq}]
 $\text{EF}_{Chip-CO_{2eq}}$: CO₂換算後 GHG 排出係数 [g-CO_{2eq}/MJ]
 F_{chip} : 木質チップ使用量(水分 40%) [t]
 LHV_{chip40} : 木質チップの低位発熱量(水分 40%) [MJ/t]

3) GHG 削減効果

地域内で重油ボイラーを木質チップボイラーに転換し年間 2,500t の木質バイオマスを利用した基本モデルでの GHG 削減量は以下の式で計算し、1,315tCO₂eq となった (図 10)。

$$\begin{aligned} \text{GHG 削減量} &= \text{①} - \text{②} \\ &= 1,397 - 82 \\ &= 1,315 \text{ [tCO}_2\text{eq]} \end{aligned}$$

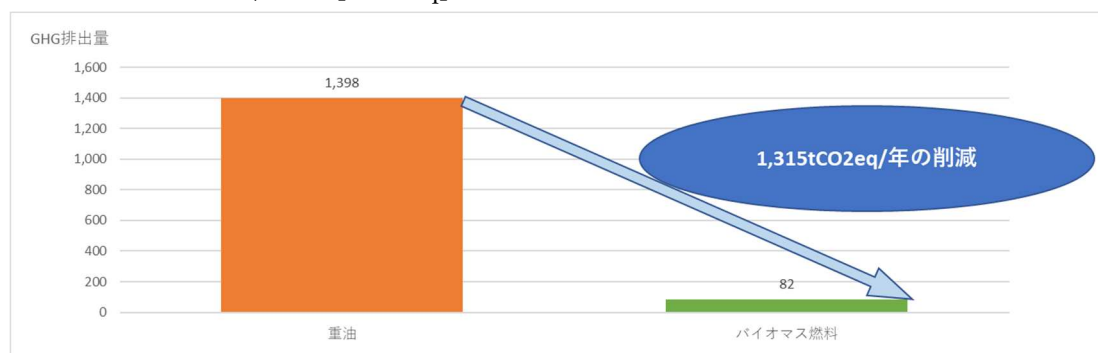


図 10 化石燃料による GHG 排出量との比較

3.3.6. ライフサイクル GHG 排出量計算方法の検討事項

本事業では燃料とする間伐材や林地残材は副産物として発生するものであるとして伐採後の収集・搬出段階を起点としてのライフサイクル GHG 排出量の計算を行った。一方で、この間伐材や林地残材は燃料として安定的な需要ができることから主産物の一部と考えることもできる。その場合には植林の段階からのライフサイクル GHG 排出量を計算する必要があるため、本事業で算出したライフサイクル GHG 排出量よりも多くなる。ライフサイクル GHG 排出量の計算において、バウンダリをどこに置くかは計算結果を左右することから算定者や事例毎の異なった判断とならないように算定のルールを統一して行くことが望ましい。

また、ライフサイクル GHG 排出量の計算に用いた各パラメーターは各種文献を参考にして決定しているが、パラメーターの値によって計算結果も変わるため、パラメーターについてもバウンダリ同様に算定者や事例毎に異なった値を採用することがないように基準値を決めて統一して行くことが望ましい。

3.4. 木質バイオマスの経済波及効果

本事業で想定した年間 2,500t の木質バイオマス燃料の需要先として、木質バイオマスボイラーを 5 基導入し、20 年運用することを基本モデルと想定し、地域内への経済波及効果を試算した。

3.4.1. 地域経済波及効果の計算方法

本事業では産業連関分析の手法を用いて地域経済の波及効果の計算を行った。計算にあたり、総務省が公開している平成 27 年(2015 年)産業連関表データを用いた統合大分類(37 部門)による経済波及効果の簡易計算ツールを使用した。なお、計算に当たり、ツールの各項目、係数を統集中分類(107 部門)に各項目、係数に置き換えて使用した。

1) 初期費用

1 基当たりの導入費用 87.5 百万円（付帯設備・工事費含む）のボイラーを 5 基設置すると想定し、437 百万円（87.5 百万円×5 基）を日本におけるバイオマスボイラーの標準的な設備費の項目および比率²で按分し、初期費用の内訳とした（表 56）。

表 56 ボイラー導入時の初期費用

	費目	金額(百万円)	按分比率
①	ボイラー	161	36.84%
②	基礎工事	138	31.58%
③	その他設備工事	138	31.58%
	合計	437	100.00%

初期費用のうち、地域内へ発注されると想定する比率を乗じて地域内への投資額を算出し（表 57）、当該データを用いて簡易計算ツールにて地域経済効果を算出した。

表 57 ボイラー導入時の初期費用(地域内比率考慮後)

	費目	金額(百万円)	地域内比率	地域内比率考慮後 投資額(百万円)	産業部門分類
①	ボイラー	161	0%	0	はん用機械
②	基礎工事	138	100%	138	その他の土木工事
③	その他設備工事	138	100%	138	その他の土木工事
	合計	437		276	

² 『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著 第 2 章 I 節 図表 2.1

2) 運用費

事業運営に係る費用の内訳は表 58 の金額をした。

表 58 ボイラー導入時の運用費用

	費目	金額(百万円)
①	間伐材	29.0
②	灰処理費	0.1
③	電力購入費	0.5
④	保守点検費	0.5
	合計	30.1

表 56 の金額のうち、地域内へ発注されると想定する比率を乗じて地域内への投資額を算出した(表 59)。表 59 の金額と項目を用いて簡易計算ツールにて地域経済効果を算出した。

表 59 ボイラー導入後の運用費用(地域内比率考慮後)

費目	地域内比率	地域内比率考慮後 投資額(百万円)	産業部門分類
間伐材	100%	29.0	林業
灰処理費	0%	0.0	廃棄物処理
電力購入費	0%	0.0	電力
保守点検費	50%	0.25	自動車整備・機械修理
合計		29.3	

3.4.2. 地域経済効果の計算結果

3.4.1 にて簡易計算ツールを用いて地域経済効果を計算した結果、導入費用の地域内投資額 276 百万円に対して 495.8 百万円の経済効果が得られた(表 60)。また、同様に運用費用についても計算を行った結果、20 年間事業を継続した場合、地域内投資額 585 百万円に対して 748.7 百万円の経済効果が得られた。

表 60 木質バイオマス熱利用の地域経済効果

単位：百万円

	導入費用	運用(20年) (燃料購入)	運用(20年) (保守点検)	運用(20年) (その他)	合計
投資額全体	437.0	580.0	10.0	11.7	1,038.7
うち地域内投資額	276.0	580.0	5.00	0.0	861.0
地域内波及効果	495.8	738.6	10.1	0.0	1,244.5

導入時の経済効果で特に金額の占める割合が大きかった項目は土木建設 276 百万円、資材費 56.2 百万円、機材レンタル等 17.8 百万円となった。(表 61)

表 61 導入時の経済効果の内訳

項目	金額(百万円)
一次波及効果(百万円)	495.8
土木建設	276.0
資材費	56.2
機材レンタル等	17.8

運用時の経済効果で特に金額の占める割合が大きかった項目は林業 546.3 百万円、輸送費 36 百万円、商業 22 百万円となった。(表 62、図 11)

表 62 運用時の経済効果の内訳

項目	金額(百万円)
一次波及効果(20 年)	748.7
林業	546.3
輸送費	36.0
商業	22.0

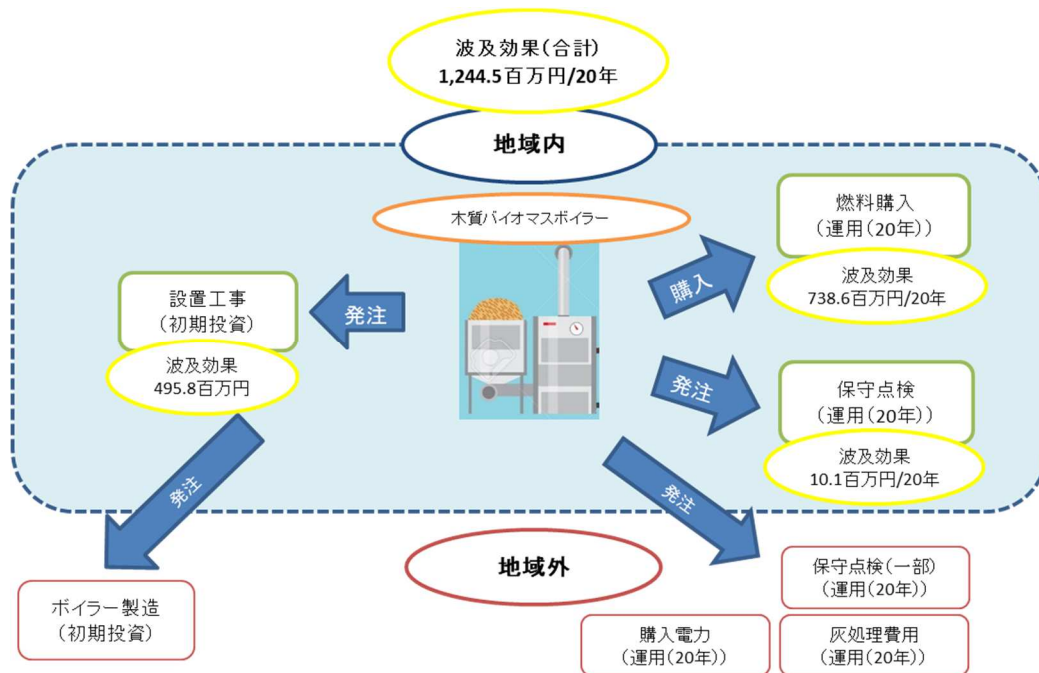


図 11 木質バイオマスボイラー設置による地域経済効果イメージ

3.5. 技術課題の整理

前節までの調査を進めるにあたって、木質バイオマス熱利用に関しては依然として技術課題が存在していることが明らかとなった。そこで、ボイラーメーカー、ボイラー輸入代理店、コンサル、熱利用供給関係者等、実際に木質バイオマスボイラーの導入現場で課題意識を持って活動している方々を対象として、技術課題のヒアリングを行い、整理した。主な技術課題の内容を表 63 に示す。

表 63 技術課題の整理

#	技術課題の分類	内容
1	全体論	<ul style="list-style-type: none"> 既存の導管、熱利用の制御、熱利用機器全体の整合が取れていない。 事業性をいかに高めるかがこれからのバイオマス導入において優先順位の高い項目である。そういう意味ではバイオマス比率が高い方がいい。 需要の飛躍的な拡大を図る戦略が必要。
2	QM Holzheizwerke の技術手引書	<ul style="list-style-type: none"> 欧州と日本は仕組みがかなり違い、特に流量と Δt の取り方が異なる。欧州の手引書を参考にしつつも日本の実情を織り込んでいく必要がある。 欧州は暖房が中心だが、日本の暖房はエアコンでバイオマスは給湯中心と考えるため、負荷が異なる。
3	燃料	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の計量方法の具体化、熱量との関係などは重要。 欧州では品質規格が広まっており、ボイラーに燃料要件が明記してある。 チップで重要なのは水分と大きさの分布。規格はあるが遵守の仕組がない。 メーカーによって記載する基準が異なり、示された含水率が、許容範囲なのか、定格が出る数字なのかかわからない。 日本は樹種が多く、比重が異なる。
4	ボイラー	<ul style="list-style-type: none"> ボイラーの出力と蓄熱タンクの容量を合わせて設計した方がいい。 負荷変動時の制御技術が必要。 周りの設備の要件も整理が必要。無圧化するときボイラーとタンクの間 に熱交換器を設けると Δt が 15 度しかとれない。 →ボイラーとタンクの間 に熱交換機は入れていない(無圧開放にしている) ケースもある。メーカーによって違う。
5	サイロ、建屋	<ul style="list-style-type: none"> 地上式にしても投入機械はさほど高くない。半地下にする方が高くつく。 日本のサイロは高額で。欧州のものはもっと簡素。
6	搬送装置	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥したところでは木粉が舞うので衛生措置が必要。 経験の少ない業者の施工は出来が悪い。材質や厚み、シュートの形状など、日本のメーカーが対応できるようにした方がいい。
7	蓄熱槽	<ul style="list-style-type: none"> 蓄熱槽(ボイラー側)と貯湯槽(需要側)を区別して議論すべき。

#	技術課題の分類	内容
		<ul style="list-style-type: none"> 化石燃料を組み合わせるときに貯湯槽を入れるケースが多い。バイオマスの稼動を上げたくても化石ボイラーに引っ張られる。改良の余地がある。 給湯のための貯湯槽は必要だし、ボイラー制御のために蓄熱槽は必要というのが欧州流のやり方で、これはぜひ参考にすべき。 両者は機能が違うが、日本の設計では混在している。貯湯槽は全体の負荷が低いときにゆっくり貯めておくもの。蓄熱槽はボイラーの特質や負荷、化石ボイラーとの関係、Δtとの関係で設計する。
8	配管	<ul style="list-style-type: none"> 配管は長いと微妙な調整があり、丁寧にしないと失敗する。断熱は注意した方がいい。何らかの基準は必要。
9	クリンカ、排ガス、灰	<ul style="list-style-type: none"> クリンカ形成は熱の加え方、無機成分の含有量で決まる。灰を再度熱しないようにしなければならない。 クリンカ問題はボイラーの設計、制御が関係しているのではないか。 排ガスを燃焼空気に混ぜ、燃焼温度を下げるクリンカの制御方法もある。
10	ランニングコスト	<ul style="list-style-type: none"> 一番違うのは点検の費用。回数や1回当たりの金額が違う。ユーザーができるものを明確にする必要。 技術者が出向くかどうかで人件費が変わる。海外メーカーのボイラーは大きなものであれば専門技術が必要だが、小型のボイラーであれば顧客の手で清掃できる。メーカーによって顧客が触れる範囲が違う。 メンテナンスは体系的な整理をすべき。責任体制や部品在庫状況でも関わってくる。コストや時間が変わる。ランニングコストについては遠隔監視機能の有無が左右する。現場対応の手引きも必要。いずれにしても全体で体系的に議論すべき。 ポンプ選定の裏側には行き戻りの温度がどうかで決まる。ポンプだけでなく全体の設計から検討すべき。 ユーザーは自分でできることはしたい。メーカーに求めるのは診断。壊れて初めて分かるのは困る。遠隔監視できる国内メーカーがほとんどない。 ユーザーのモチベーションは現場によって違い、すべてのユーザーが自ら手を動かしたいわけではない。
11	法規制	<ul style="list-style-type: none"> 建築基準法についてはコストにも係ってくるのでまとめておくべき。 無圧化は、圧力容器の規制の一環。欧州と基準が違うところがポイント。両者は圧力容器に関する考え方が悪さしている。 運転特性、燃焼特性にあまり安全規制がかかっていない。例えば搬送経路まで延焼することを止めることや、沸騰を止めることなど。 工業会の基準と整合性を取らないと国交省に対して申し入れできない。

3.6. 地方公共団体における木質バイオマス利用意向

木質バイオマスの利用を面的に広げていくためには、当面は、地方公共団体の主導が不可欠な状況であることが明らかとなってきている。地方公共団体による再生可能エネルギーの利用に対する取組については、環境省の後押しもあり、二酸化炭素排出実質ゼロ（ゼロカーボンシティ）表明が広がってきており、その動向を整理・分析することが地方公共団体による主導的な取組を検討する上で有効である。

そこで、地方公共団体によるゼロカーボン宣言等の内容を収集し、木質バイオマスの利用に関する取組の動向と課題を整理した。

3.6.1. 概要

ゼロカーボン宣言を行った 34 の地方自治体の地球温暖化対策実行計画その他の関連資料によって、地方自治体における再生可能エネルギーに対する対策等を調査、分析を行った。調査対象自治体 34 の内訳は、表 64 のとおりである。

表 64 調査対象自治体

自治体数	自治体名
12 都府県	東京、神奈川、大阪、宮城、長野、群馬、三重、熊本、滋賀、岩手、山梨、徳島
14 市	横浜、京都、鹿児島、豊田、郡山、太田、小田原、生駒、那須塩原、みよし、秩父、久慈、二戸、熊本市周辺の 18 市町村（注）
5 町	洋野、北栄、一戸、軽米、葛巻
3 村	九戸、野田、普代

注：熊本市については、1 都市として計上している。

3.6.2. 調査結果

1) 全体計画

対象の各自治体は、二酸化炭素等温室効果ガスの削減については、地球温暖化対策実行計画（区域施策編）を策定して、住民、事業者、各種団体、自治体等あらゆる主体にとって、低炭素社会の形成を実現するための指針としているところであり、調査 34 自治体のうち 24 自治体がこの計画を策定している。

また、この区域施策編を策定していない10自治体も自治体事業や自治体庁舎、自治体職員等について、率先して温室効果ガスの削減を図る地球温暖化対策実行計画（事務事業編）は策定している。

2) 木質バイオマスの利用

木質バイオマスの利活用については、一部の例外を除きすべての自治体で取り組まれており、特に木質バイオマス発電については、新エネルギー資源として普及促進が図られている。木質バイオマスの熱利用についても主として熱電併用を推進することが計画されている（表 65）。

木質バイオマスを含む再生可能エネルギーの導入拡大の計画を策定している自治体も多く、特に木質バイオマスに着目した計画を独自に策定している自治体を挙げると

- (1) 大阪府・・森林バイオマス利用推進行動計画
- (2) 岩手県・・木質バイオマスエネルギー利用展開指針
- (3) 山梨県・・エネルギービジョン・木質バイオマス推進計画
- (4) 鳥取県北栄町・・木質バイオマスエネルギー導入計画

が挙げられる。

また、バイオマスに着目した都市構想の計画を策定している自治体は

- (1) 京都市・・バイオマス産業都市構想
- (2) 滋賀県・・低炭素社会づくり推進計画・しがエネルギービジョン
- (3) 徳島県・・自然エネルギー立県とくしま推進戦略
- (4) 横浜市・・再生可能エネルギー広域連携
- (5) 郡山市・・再生可能エネルギーを軸とした広域連携
- (6) 奈良県生駒市・・環境モデル都市アクションプラン・エネルギービジョン
- (7) 岩手県軽米町・・バイオマス産業都市構想
- (8) 熊本市・・低炭素都市づくり戦略計画・熊本連携中枢都市圏ビジョン

さらに、広く再生可能エネルギーの導入推進計画を策定している自治体は、

- (1) 神奈川県・・かながわスマートエネルギー計画
- (2) 宮城県・・再生可能エネルギー・省エネルギー計画
- (3) 長野県・・環境エネルギー戦略
- (4) 群馬県・・再生可能エネルギー推進計画
- (5) 熊本県・・総合エネルギー計画
- (6) 鹿児島市・・再生可能エネルギー導入促進行動計画
- (7) 小田原市・・小田原市エネルギー計画
- (8) 久慈市・・再生エネルギーに関する連携協定
- (9) 岩手県洋野町・・再生可能エネルギービジョン

(10) 岩手県葛巻町・・省エネルギービジョン後期推進計画
 などが挙げられる。

表 65 ゼロカーボン宣言地方自治体の地球温暖化対策と木質バイオマス施策

自治体名	森林面積 (千 ha)	森林率 (%)	地球温暖化防止 対策実行計画 (区域施策) ◎ (事務事業) △	自治体独自の計画	熱利用	木質 バイオマス
東京都	79	36	△ 環境基本計画	ゼロエミッション東京戦略	○	○
神奈川県	95	39	◎ △	かながわスマートエネルギー計画	○	○
大阪府	57	30	◎ △	森林バイオマス利用推進 行動計画	○	○
横浜市	4	9	◎ △	再生可能エネルギー広域 連携	○	×
宮城県	417	57	◎ △	再生可能エネルギー・省 エネルギー計画	○	○
長野県	1,069	79	◎ △	環境エネルギー戦略	下水熱利用	○
群馬県	423	66	◎ △	再生可能エネルギー推進 計画	地中熱	○
三重県	372	64	◎ △		○	○
熊本県	463	62	△ 環境基本計画	総合エネルギー計画	地中熱	○
京都市	61	74	◎ △	バイオマス産業都市構想	太陽熱	○
滋賀県	203	51	◎ △	低炭素社会づくり推進計 画・しがエネルギービジ ョン	下水熱利用	○
岩手県	1,528	77	◎ △	木質バイオマスエネルギ ー利用展開指針	温泉熱利用	○
山梨県	348	78	◎ △	エネルギービジョン・木 質バイオマス推進計画	地中熱	○
徳島県	315	76	◎ △	自然エネルギー立県とく しま推進戦略	○	○
鹿児島市	30	54	◎ △	再生可能エネルギー導入 促進行動計画	○	○
豊田市	62	68	◎ △	西三河5市首長誓約	○	×
郡山市	40	53	◎	再生可能エネルギーを軸 とした広域連携	バイオマス 熱利用	○

自治体名	森林面積 (千 ha)	森林率 (%)	地球温暖化防止 対策実行計画 (区域施策) ◎ (事務事業) △	自治体独自の計画	熱利用	木質 バイオマス
太田市	1	5	◎ △		排熱利用	×
小田原市	4.2	37	◎ △	小田原市エネルギー計画	バイオマス 熱利用	○
生駒市	5.3	36	△	環境モデル都市アクション プラン・エネルギービ ジョン	○	○
那須塩原 市	37	63	◎ △		温泉熱利用	○
みよし市	0.2	5	△	西三河5市首長誓約	地中熱利用	バイオマス 発電
秩父市	50	87	◎ △		○	○
久慈市	53	86	◎ △	再生エネルギーに関する 連携協定	○	○
二戸市	31	74	△	環境エネルギー政策推進 ビジョン	×	×
洋野町	23	77	△	再生可能エネルギービジ ョン	○	○
北栄町	1.4	25	△	木質バイオマスエネルギ ー導入計画	○	○
一戸町	22	74	△	木材利用促進基本方針	廃熱利用	バイオマス 発電
軽米町	18	76	△	バイオマス産業都市構想	○	○
葛巻町	37	86	◎	省エネルギービジョン後 期推進計画	バイオマス 熱利用	バイオマス ガス化発電
九戸村	10	74	△	ふるさと振興戦略	×	○
野田村	7.1	87	◎		熱利用設備	○
普代村	6	84	△	カーボン・マネジメント 強化事業	×	×
熊本市	6	16	△	低炭素都市づくり戦略計 画・熊本連携中枢都市圏 ビジョン	○	○

4. 今後の面的熱利用拡大に向けて

本事業の実施を通じて、地域において木質バイオマス熱利用が面的に利用されるモデルの整理ができた（図 12）。地域内の関係者（熱需要者、燃料供給業者、林業者、ボイラーメーカー・代理店、金融機関等）が連携して計画・体制を作り、地域内で一定規模以上の需要を確保して面的に利用することでスケールメリットを追求することにより利用コストを下げ、地域全体で木質バイオマス熱利用のメリットを享受しようとするものである。このような、地域で連携する導入が今後進められることを期待する。



図 12 木質バイオマス熱の面的利用イメージ

一方で、木質バイオマス熱利用にまつわる課題が依然として存在していることも明らかとなっている。木質バイオマス熱利用の普及については、既に 10 年以上に亘って取り組まれているが、順調に稼働できていないケースなどが存在している。順調に稼働できていない要因は、燃料や運用体制の問題だけでなく、技術課題に起因している可能性も大いに考えられ、本事業で整理した技術課題の克服を喫緊に進めていく必要がある。

様々な課題はあるものの、一つずつクリアしていき、需要の飛躍的な拡大を戦略的に進めていきたい。

參考資料

本報告書で使用した換算係数

含水率 (湿量基準,%)	湿量基準低位発熱量		
	(MJ/wet-kg)	(kcal/wet-kg)	(kWh/wet-kg)
10	17.1	4,090	4.75
15	16.0	3,830	4.44
20	15.0	3,570	4.17
25	13.9	3,310	3.86
30	12.8	3,050	3.56
35	11.7	2,790	3.25
40	10.6	2,530	2.94
45	9.5	2,270	2.64
50	8.4	2,010	2.33
55	7.3	1,750	2.03
60	6.2	1,490	1.72

水分	スギ	絶乾重量 0.35 t/m3			
	比重t/m3	t/rm(薪)	(kWh/rm薪)	t/srm (チップ)	(kWh/srmチップ)
10%	0.39	0.24	1,155	0.14	660
15%	0.41	0.26	1,144	0.15	654
20%	0.44	0.27	1,139	0.16	651
25%	0.47	0.29	1,126	0.17	644
30%	0.50	0.31	1,111	0.18	635
35%	0.54	0.34	1,094	0.19	625
40%	0.58	0.36	1,073	0.21	613
45%	0.64	0.40	1,050	0.23	600
50%	0.70	0.44	1,021	0.25	583
55%	0.78	0.49	986	0.28	563
60%	0.88	0.55	942	0.31	538

水分	カラマツ	絶乾重量 0.45 t/m3			
	比重t/m3	t/rm(薪)	(kWh/rm薪)	t/srm (チップ)	(kWh/srmチップ)
10%	0.50	0.31	1,484	0.18	848
15%	0.53	0.33	1,471	0.19	840
20%	0.56	0.35	1,465	0.20	837
25%	0.60	0.38	1,448	0.21	827
30%	0.64	0.40	1,429	0.23	816
35%	0.69	0.43	1,406	0.25	804
40%	0.75	0.47	1,380	0.27	789
45%	0.82	0.51	1,349	0.29	771
50%	0.90	0.56	1,313	0.32	750
55%	1.00	0.63	1,267	0.36	724
60%	1.13	0.70	1,211	0.40	692

出典「木質資源とことん活用読本」熊崎実/沢辺攻編著 社団法人農山漁村文化協会

面的利用モデルの試算 (3.1.1) 結果詳細

表 66 MUSMAX 社 WoodTerminator 7LZ チップ製造コスト試算

MUSMAX (WoodTerminator 7LZ)		備考	単位	備考	単位	燃料単価	単位	備考
○資本費関連		トラクター込		○運転維持関連				
設備費	55,000 千円			定格製造量	60 m ³ /h(チップ)	燃料消費量	120 円/L	軽油最近値
減価償却年数	8 年			利用率	15.0 t/h@50%	電力基本料金	48.0 L/h	チップバー・グラブ
建設費(建屋)	10,000 千円			ロス率	70% (対 定格値)	電力単価	4690 円/kWh	
減価償却年数(建屋)	31 年			原材料含水率	5%	電力消費量	15.9 円/kWh	
補助率	50%	対資産価額		チップ含水率	50% WB	作業員数	0.9 kW	該当なし
固定資産税	1.4%			チップ材比重	0.70 t/m ³	1日作業時間	2 名	
一般管理費	10% 対人件費			チップ/材積比	2.80	人件費	2,000 円/h	
				原材料購入費	6000 円/t	維持管理費	300 円/h	チップバー刃交換・研磨
						保守点検費	100 千円	チップバーのみ
							250 千円	その他重機

チップ製造量(t/年)	100	200	300	400	500	1,000	2,000	3,000	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	20,000
間伐材の必要量(t/年)	105	211	316	421	526	1,053	2,105	3,158	5,263	7,895	10,526	13,158	15,789	21,053
間伐材の必要量(m ³ /年)	150	301	451	602	752	1,504	3,008	4,511	7,519	11,278	15,038	18,797	22,556	30,075
稼働時間(t/年)	10	20	30	40	50	100	201	301	501	752	1,003	1,253	1,504	2,005
稼働日数(日/年)	2	3	5	7	8	17	33	50	84	125	167	209	251	334

◆支出(以下全て単位は千円)

資本費関連計(50%補助)	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089	4,089
減価償却費	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437	3,437
平均固定資産税	490	490	490	490	490	490	490	490	490	490	490	490	490	490
減価償却費(建屋)	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161
運転維持費関連計	1,088	1,825	2,562	3,297	4,034	7,716	15,080	22,445	37,173	55,583	73,995	92,406	110,817	147,639
直接人件費	40	80	120	160	201	401	802	1,203	2,005	3,008	4,010	5,013	6,015	8,020
燃料費	58	116	174	231	289	578	1,155	1,733	2,888	4,331	5,775	7,219	8,662	11,549
維持管理費	354	357	360	363	366	381	411	441	501	576	651	726	802	952
一般管理費	5	9	13	17	21	41	81	121	201	301	402	502	602	803
原料調達コスト	632	1,263	1,895	2,526	3,158	6,316	12,632	18,947	31,579	47,368	63,158	78,947	94,737	126,316
支出計	5,177	5,914	6,651	7,386	8,123	11,805	19,169	26,534	41,262	59,672	78,084	96,495	114,906	151,728

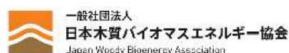
◆チップ製造原価

チップ供給量 (製造量・原料乾燥利用分)(t)	100	200	300	400	500	1,000	2,000	3,000	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	20,000
チップ製造原価	51.8	29.6	22.2	18.5	16.2	11.8	9.6	8.8	8.3	8.0	7.8	7.7	7.7	7.6

表 67 富士鋼業社キングチップーKCN600 チップ製造コスト試算

富士鋼業 (キングチップーKCN600F)		備考	単位	単位	単位	単位	備考								
○資本費関連	100,000 千円	重積込み	100 m ³ /h(チップ)	120 円/L	燃料単価	5,000	軽油最近値 クランプ								
設備費	8 年		25.0 t/h@50%	10.0 L/h	燃料消費量	12,500									
減価償却年数	40,000 千円	利用率	90% (対 定格値)	1200 円/kw・月	電力基本料金	13,158									
建設費(建屋)	31 年	ロス率	5%	15.0 円/kWh	電力単価	18,797									
減価償却年数(建屋)	50%	原材料含水率	50% WB	150.0 kW	電力消費量	5,000									
補助率	1.4%	チップ含水率	50% WB		作業員数	3 名									
固定資産税	10% 対人件費	原料比重量	0.70 t/m ³		人件費	2,000 円/h									
一般管理費		チップ/材積比	2.80		1日作業時間	6 h/日									
		原材料購入費	6000 円/t		維持管理費	2,100 円/h	設備費*3%(年間)								
					保守点検費	500 千円	チップーのみ								
						250 千円	その他重機								
チップ製造量(t/年)	100	200	300	400	500	1,000	2,000	3,000	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	20,000	
間伐材の必要量(t/年)	105	211	316	421	526	1,053	2,105	3,158	5,263	7,895	10,526	13,158	15,789	21,053	
間伐材の必要量(m ³ /年)	150	301	451	602	752	1,504	3,008	4,511	7,519	11,278	15,038	18,797	22,556	30,075	
稼働時間(h/年)	5	9	14	19	23	47	94	140	234	351	468	585	702	936	
稼働日数(日/年)	1	2	2	3	4	8	16	23	39	58	78	97	117	156	
◆支出(以下全て単位は千円)															
資本費関連(50%補助)	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972	7,972
減価償却費	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250
平均固定資産税	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077
減価償却費(建屋)	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645
運転維持費関連計	3,599	4,288	4,976	5,665	6,354	9,796	16,679	23,564	37,333	54,542	71,753	88,964	106,175	140,595	
直接人件費	28	56	84	112	140	281	561	842	1,404	2,105	2,807	3,509	4,211	5,614	
燃料費	2,177	2,193	2,209	2,225	2,241	2,322	2,483	2,645	2,968	3,371	3,775	4,178	4,582	5,389	
維持管理費	760	770	780	790	800	849	947	1,045	1,242	1,487	1,733	1,979	2,224	2,715	
一般管理費	3	6	9	12	15	29	57	85	141	211	281	351	422	562	
原料調達コスト	632	1,263	1,895	2,526	3,158	6,316	12,632	18,947	31,579	47,368	63,158	78,947	94,737	126,316	
支出計	11,571	12,260	12,948	13,637	14,326	17,768	24,651	31,536	45,305	62,514	79,725	96,936	114,147	148,567	
◆チップ製造原価															
チップ供給量	100	200	300	400	500	1,000	2,000	3,000	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	20,000	
(製造量-原料乾吨利用率)(t)	115.7	61.3	43.2	34.1	28.7	17.8	12.3	10.5	9.1	8.3	8.0	7.8	7.6	7.4	
チップ製造原価															

成果報告会の発表資料（2020年2月28日実施）



2019年度林野庁補助事業
木質バイオマス熱等面的供給実態調査
成果報告会

ガイドブック解説



2020年2月28日（金）
一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会

木質バイオマス熱利用を地域で広げるためのガイドブック



コンセプト

- 木質バイオマスエネルギーの利用を地域で拡大していく際のヒントをお伝えするガイドブック
- 面的に広げる魅力、面的に広げるための計画の考え方、各プレイヤーでの参画のコツを伝える内容

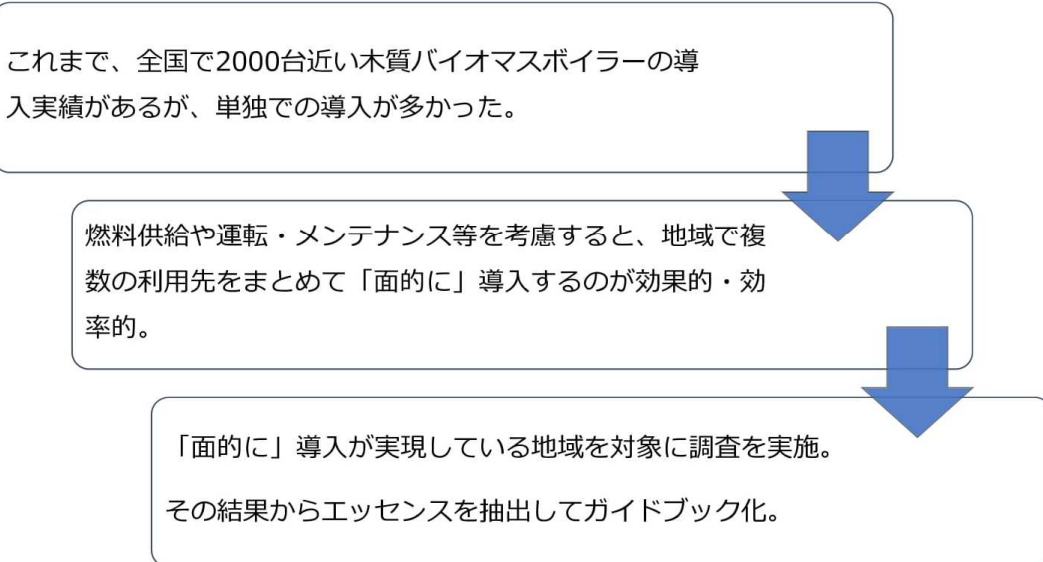
想定読者

地域で木質バイオマスエネルギー導入を広げたい方

- ✓ 自治体担当者
- ✓ 燃料の販売先を確保したい燃料供給会社 など

地域での木質バイオマスエネルギー利用に参画したい方

- ✓ 川上（林業者）
- ✓ 川中（燃料製造者）
- ✓ 川下（熱需要者）



木質バイオマスエネルギーの「面的な利用」とは？

ガイドブックP1

➤ 面的な利用 = 地域でまとめて使うこと



➤ 面的に使うことで川上から川下まで、メリットを享受

川上（林業）	川中（チップ製造）	川下（需要者）
<p>収入 UP 曲がり材、小径木、梢端部、枝葉、タンコロまで、すべての伐採材の販路となります。</p> <p>山がきれいに 梢端部等を含めて運び出すので、伐採後の造林作業の効率が向上します。</p> <p>防災機能 UP 森林整備を通じて、森林の国土保全等の機能の維持向上に寄与します。</p>	<p>販路拡大 需要先が複数に及ぶことで、チップの販路が増えます。</p> <p>コストダウン 燃料生産量が増えるとスケールメリットにより生産コストが低減します。</p> <p>原料の有効活用 多様な熱利用向けチップ生産により商品の多角化が進み原料の有効活用ができます。</p>	<p>安心 地域内で連携した支えがあるので安心です。地域でまとめて使うので、専任の管理者を置くことができ、技術的な困りごとにもすぐ対処できます。</p> <p>コストダウン 地域でまとめて導入するので、単独導入に比べて導入費用、運転費用ともに削減可能です。</p>

5

➤ 地域で2,500tのチップを、5つの熱需要先で使った場合の効果の試算

年間 GHG 削減量

1,315t-CO_{2e}

重油 1,400 t-CO_{2e}/年
 木質バイオマス 85 t-CO_{2e}/年
1,315 t-CO_{2e}/年の削減

間伐材の収集、運搬、加工、燃焼による排出を集計

20年間で経済波及効果

12億4,450万円

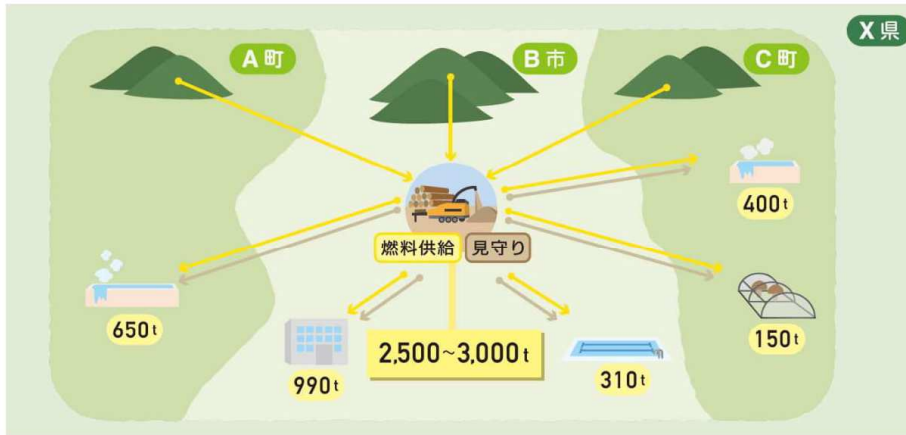
地域内
 設置工事(初期投資) 496 箇
 燃料購入 運用(20年) 739 箇
 保守点検 運用(20年) 10 箇
 木質バイオマスボイラー

地域外
 ボイラー製造(初期投資)
 保守点検(一部) 運用(20年)
 灰処理費用 運用(20年)
 購入電力 運用(20年)

総務省経済波及効果の簡易計算ツールによる導入および運用にかかる20年間の波及効果

6

- 単体導入では負担が大きかったことも、地域で面的に入れば解決できる
- 転換であれば年間重油516kℓ = 木質チップ2,500t分の熱需要を集約してみましよう



業態	熱の使い方	重油から木質チップへの換算目安
<ul style="list-style-type: none"> ● 農業ハウス ● 福祉施設 ● 温浴施設 ● 宿泊施設 ● 温水プール ● 事務所 ● 地域熱供給 ● 食品工場 ● など 	<p>暖房 冷房</p> <p>給湯 蒸気</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 重油1ℓ = 木質チップ 4.4~5kg <p>※チップ使用量は水分 50% 換算した値</p>

7



じゃあ、どうやって面的に導入する？

- はじめから面的に使うことを想定した計画を立てましょう
- 計画実行のための、地域を巻き込んだ体制づくりも必要です

<計画策定>



<体制づくりのメリット>



8



▶ 木質バイオマスの特徴や投資回収イメージ、設置イメージをご紹介します

特徴

石油よりも安く、かつ、安定した燃料価格

CO₂ 排出量の削減

取り組むことが社会貢献になる (SDGs、地産地消などの観点から)

使いこなす醍醐味がある

オペレーションの手間が増える (灰出しや掃除)

イニシャルコストが高い

投資回収 = 8.56年

項目	金額 (円)
重油購入代金	14,960,000
木質チップ購入代金	7,600,884
削減額	7,359,116 (49%)
追加費用	748,226
保守点検費 (消耗部品含む)	100,000
電気代	50,000
ばいじん等検査料	50,000
灰処理費用	50,000

重油使用時 vs 木質バイオマス使用時

設置イメージ

建屋設置スペースの目安

- 35 ~ 50kW クラス
駐車場 1 台分 (17㎡)
- 400kW クラス
駐車場 9 台分 (137㎡)

※駐車場面積は普通車駐車スペース 15㎡と想定

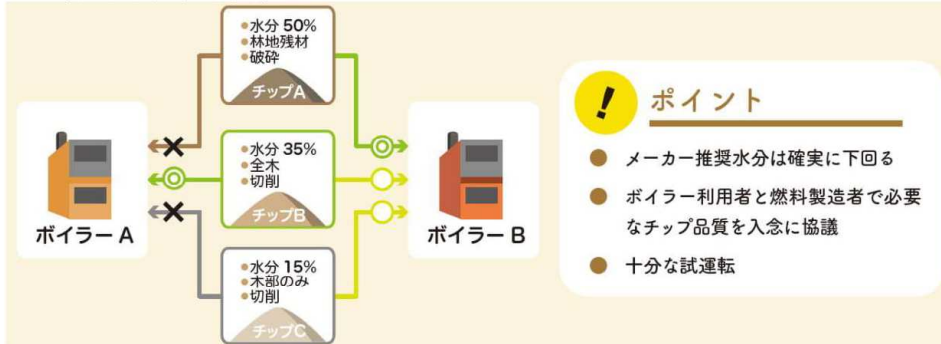


面的に使う大枠が整ったら、次は各プレイヤーでも準備を。

⇒ここからは各プレイヤーでのコツをご紹介します



▶ チップ（特に水分）の見極め



▶ 使い方の工夫を

原料	乾燥の工夫	加工の工夫	ボイラーオペレーションの工夫
林地残材 (枝葉、タンコロ) 	土がつかないように集積し、自然乾燥させる	破碎 or 切削 (土砂の付着状況による)	<ul style="list-style-type: none"> ● 空気量、燃料投入量などを調整することで効率燃焼 ● 着火～温度安定までは木っ端や木部チップを使用し、安定後低質材チップに切り替え
バーク 	自然乾燥させる	破碎 ただし搬送時の詰まりを防止するため長さに注意する	

11



▶ サイロ、車両進入経路
⇒作り方がコストに直結

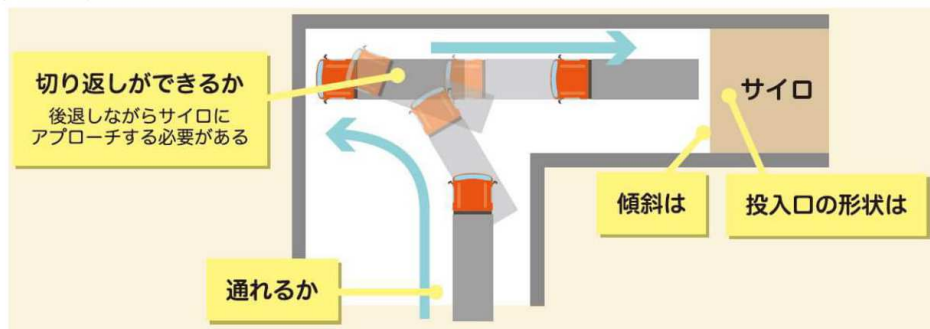
<サイロの容量、形式>

大きい?
or
小さい?



地上? or 地下?

<車両進入経路>



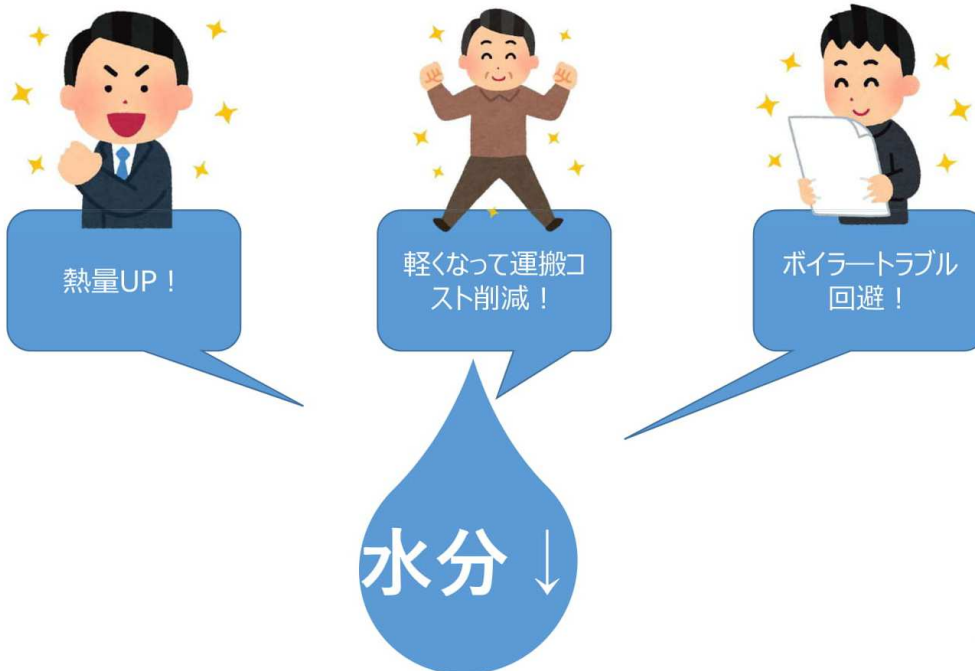
12



燃料は水分がカギです。チップ製造の腕の見せ所



➤ 燃料の水分が下がると利点がたくさんあります



13



一番のお勧めは上手な天然乾燥

ガイドブックP11



天然乾燥のコツ

- 天然乾燥は、丸太 / 背板の状態、桝積み乾燥が推奨される。
- 風通りが良いように桝積み同士の間隔が保てるように配置する。風上に木口を向けるようにする。前面に山がある立地でも風向きによっては吹き返して効率的に乾燥できる。
- 径の大きい丸太は半割り程度に割って乾燥させると効果的。積む時は断面を下にするとよい。
- 桝積みの下部には栈木を敷く。
- 土場のはけをよくする。コンクリートを打つ、アスファルトを敷く、など。
- 樹皮を剥いてから乾燥させると効果的。ただし剥皮コストがかかるので、製材やベレット製造など付加価値が高い製品と併せてチップ製造する場合など、実現できる場面は限られる。
- 乾燥に役立つ通気性シートの利用を、降雨など気象条件等に応じて天然乾燥スケジュールの中に組み込むことも有効。



半割り



コンクリート打ち



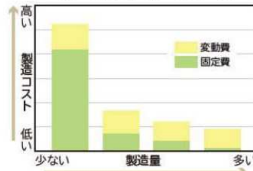
通気性シート

14



➤ 他所で十分でも自分のところには合わないことも。ケースバイケースで状況に応じて選定しましょう

生産量、材径 ⇒ 大きすぎず、小さすぎず



切削式or破砕式 ⇒ お客様のボイラー次第



移動式or固定式 ⇒ 作業スペース次第



- 灰分や水分の低い燃料は価値が高い。重量ではなく品質に応じた価格設定をしましょう
- 通常取引は運賃込みの販売価格。運び方を検討して輸送コスト削減の検討も

<品質に応じた価格を>

高品質・高付加価値

- 木部チップ
- 全木チップ
- パークチップ

<水分に応じた価格を>

① 熱量での価格設定例

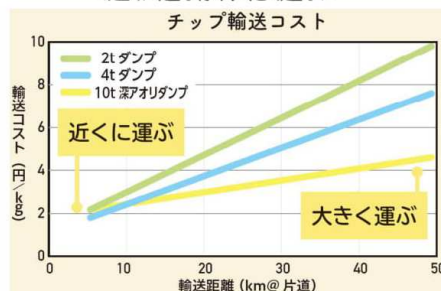
水分	価格 (tあたり)	低位発熱量
35%	13,975 円	3,250 kWh/t
45%	11,347 円	2,639 kWh/t
50%	10,031 円	2,333 kWh/t

各低位発熱量に熱当たり価格 4.3 円※を掛ける

※熱量当たりの価格は重油価格等と比べて競争力があるように設定。ここでは 4.3 円/kWh と仮定。

<近くに運ぶか、大きく運ぶ>

チップ輸送コスト





燃料材の出材をお願いします

ガイドブックP15



- 2,500tを間伐で実現しようとした場合は年間265haが目安

(試算)間伐による燃料材の生産のめやす

年間 2,500t の燃料需要を支えるには、年間 265ha の間伐が必要となります。

1ha当たりの燃料材量

$$\text{単位面積当たりの立木材積 } 250\text{m}^3/\text{ha} \times \text{間伐率 } 20\% \times \text{燃料材の比率 } 30\% = 15\text{m}^3/\text{ha}$$

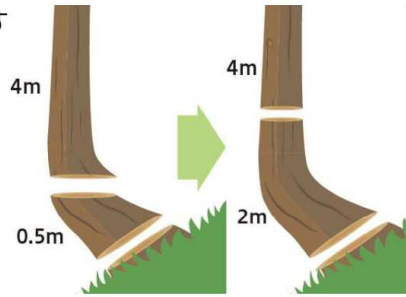
$$15\text{m}^3/\text{ha} \times 0.63\text{t}/\text{m}^3_* = 9.45\text{t}/\text{ha}$$

*水分50%のスキの比重 (t/m³)

2,500tの需要に応える間伐面積

$$2,500\text{t} \div 9.45\text{t}/\text{ha} \doteq 265\text{ha}$$

- 造材の工夫をしている事例も出始めています



17



燃料材の出材をお願いします

ガイドブックP16-17



- 効率化の工夫も行われています

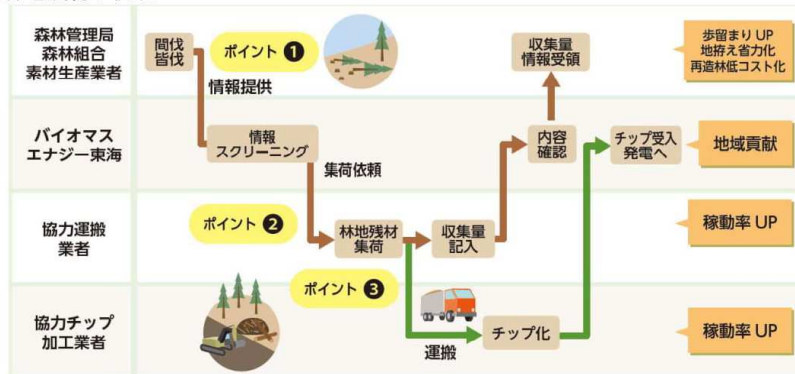
<移動式チップパーの活用>



<山元でのチップ化>



<林地残材の収集>



18

➤ 本ガイドブックでは7つの事例をご紹介します。

	事例名	事業者名	ガイドブックページ
1	面的導入事例 1	福井県・もりもりバイオマス株式会社	P5
2	面的導入事例 2	北海道・上川ウッドチップス協同組合	P5
3	エネルギー供給とチップ供給事例	岩手県・久慈バイオマスエネルギー株式会社	P6
4	チップ製造業の多角化事例	鹿児島県・前田産業株式会社	P14
5	燃料利用を想定した造材事例	山梨県・有限会社藤原造林	P15
6	移動式チップパー活用による効率化事例	秋田県・本庄由利森林組合	P16
7	情報連携を通じた林地残材の収集・チップ化事例	岐阜県・株式会社バイオマスエナジー東海	P17

19

- 木質バイオマス = 有望なローカーボンエネルギー
- 地域でまとめて「面的」導入を目指しましょう
- 誰かひとりの働きだけでは広がりきらない
- 地域で「連携」して、地域の全員で「面的」利用のメリットを享受しませんか？

ありがとうございました。

木質バイオマス熱等面的供給実態調査

2020年3月 発行

発行： (一社)日本木質バイオマスエネルギー協会

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

〒110-0016

東京都台東区台東3丁目12番5号 クラシックビル 604号室

電話:03-5817-8491 FAX:03-5817-8492

Email:mail@jwba.or.jp

本書は、平成31・令和元年度林野庁補助事業「地域内エコシステム」サポート事業(木質バイオマス熱等面的供給実態調査支援)により作成しました。