

令和5年度 林野庁補助事業 成果報告（セミナー）
「地域エコシステム」技術開発・実証事業

皆伐再造林と連動した枝条残材チップ 製造・供給システムの開発

令和6年3月1日
一般社団法人ゼロエミやまなし



一般社団法人

ゼロエミやまなし

1. 事業の背景

令和4年度山梨県北杜市「地域内エコシステム」モデル構築事業(事業実施計画の精度向上支援)を実施と基づく成果

(1)皆伐施業地内にて棚積みされた枝条残材(地拵え後1年程度経過)の水分調査の結果、当該残材枝条水分23(%W.B.)まで低下していることを確認。(カラマツ)



(2)枝条チップ化と熱利用に向けた簡易実証の結果いずれの試験区においても水分低下(35% W.B.以下)が認められた。

→枝条でも、自然乾燥を行えば十分燃料利用できる程に水分低下が図れる。

(3)枝条チップ粒度分布分析…(2)を市内に導入事例がある準乾燥チップボイラの品質要件との比較を行ったところ、73%が適用企画を満たす結果となった。

→適したチップー選定を行えば、枝条チップも品質上は十分適用可能

(4)ボイラー燃焼試験…(2)で製造した枝条チップを用いて、準乾燥チップボイラ(Hargassner社製100kW)での燃焼試験を実施した。

→ボイラー燃焼問題なし(但し、短期検証結果)



令和4年度の成果から、品質面において、枝条は熱利用用途のチップ原料として充分有用であることが確認された。



一方、事業化や利用普及を目指すにあたっては、未だ解決すべき多くの課題を抱えている。



令和4年度の成果を踏まえ、枝条バイオマスの地域内熱利用を実現・促進していくために取り組むべき課題として、

- ・ 皆伐施業地での自然乾燥要件の明確化
- ・ 原料品質・集材・運搬コスト低減に向けた施業方法の最適化
- ・ 林内チップ製造の土場要件・チップパー仕様の明確化
- ・ 安定的なチップ品質確保（微細チップ除去機構）

以上を踏まえて、本事業の主題課題を以下に定めた。



【主要課題】

- ① 枝条のバイオマス活用を前提とした、皆伐再造林作業システムの最適化
- ② 地域内の小規模熱利用にも供することができる、安定的なチップ品質・コストの実現



2. 事業の目的

全国的な課題となっている枝条対策への活路を示すとともに、持続可能な森林資源の地域循環を目指す「地域内エコシステム」構築に寄与すること

具体的には、皆伐再造林と連動した枝条集材・チップ化・運搬手法の改良および最適化を進める事により、既存商流との差別化・再造林生産性向上・地域内エネルギー活用（熱利用）を同時に促進する作業システム・木質バイオマス燃料供給モデルを構築する。



3. 事業全体像

従来の皆伐再造林作業システム



林内枝条チップ化と連動した皆伐再造林作業システム



3. 事業全体像（皆伐実証地概要）

皆伐実証地 全体像

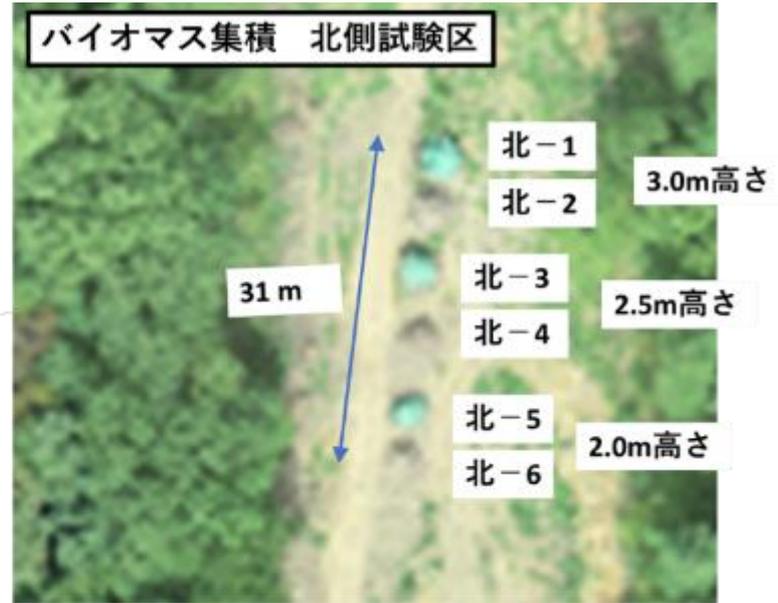
皆伐地全体
面積 1.49ha

バイオマス集積
北側試験区 1～6

バイオマス集積
南側試験区 1～6



バイオマス集積 北側試験区



皆伐地土場 全体像



4. 実証試験の実施概況

1) 木質バイオマス利用を前提とした地拵え(枝条集積) 手法の最適化



2) 枝条集材オペレーションの最適化



3) 林内(枝条)チップ製造のためのチッパー適正評価



4) 運搬車両の簡易改良による燃料チップ品質向上

5) チップ製造原価試算



5. 実証試験結果

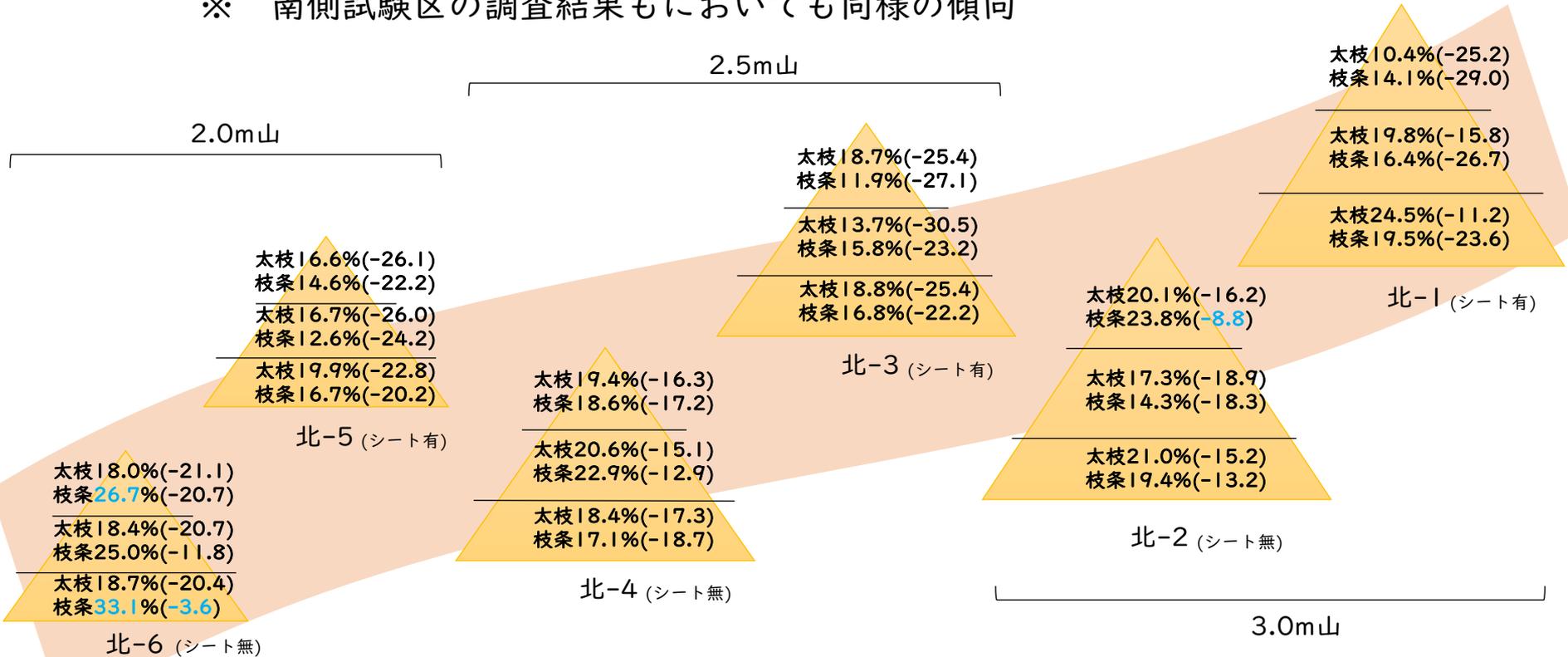
1) 地拵えの最適化 枝条残材の乾燥試験

北側

- ほとんどのサンプリング箇所で25%W.B以下に乾燥。
- サンプリング箇所による明確な傾向は見られない。
- 高さ2mの山では、乾燥が進みにくい傾向。

要因	水準		
枝条残材の積上げ高さ(m)	3.0	2.5	2.0
透湿防水シート	あり	なし	

※ 南側試験区の調査結果においても同様の傾向



※数字は水分% (湿潤基準, wet base, W.B.) で記載。
 ※ () 内は初期値(7/19)から中間値(10/10)にかけて低下した値を記載。
 ※水分25%以上 or 変化量 (-10%) 未満を **青字**

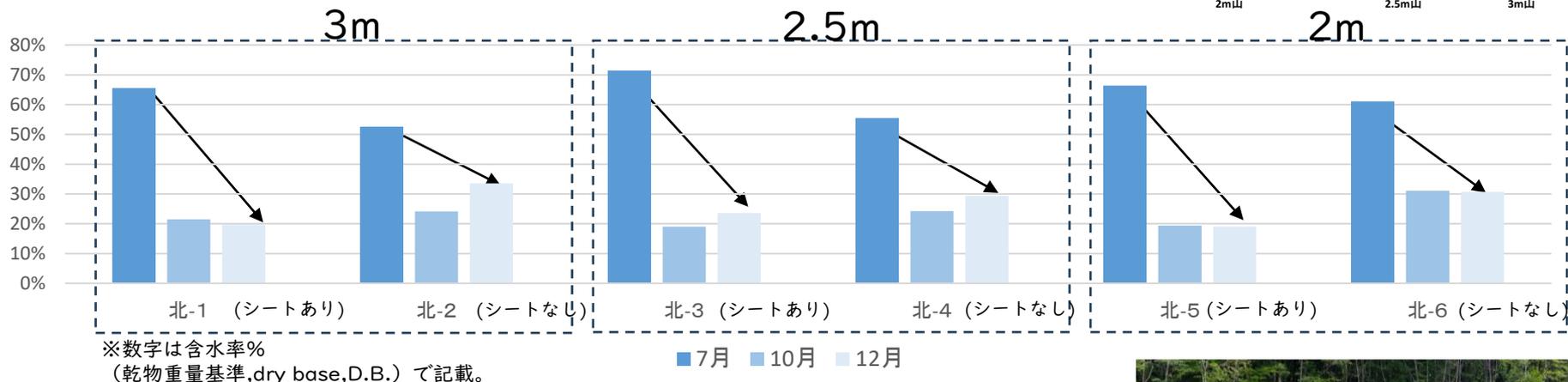
5. 実証試験結果 1) 地拵えの最適化 枝条残材の乾燥試験

- ほとんどの試験区にて、シートありの方が含水率が減少する傾向。
- 中間10月・最終12月（下部のみサンプリング）の含水率は、シートありの方が低い値。



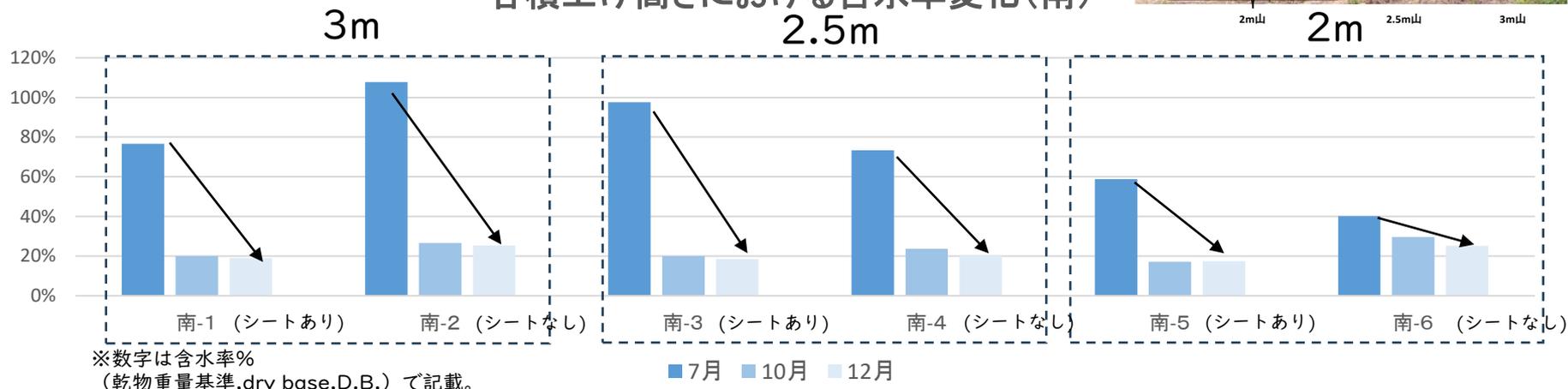
北側試験区

各積上げ高さにおける含水率変化(北)



南側試験区

各積上げ高さにおける含水率変化(南)



5. 実証試験結果

1) 地拵えの最適化 枝条残材の乾燥試験

北・南試験区における 乾燥試験のまとめ



- すべての試験区において、中間時点ですでに目標値である水分35%W.B.以下は達成した。
- すべての試験区において、最終サンプリング時の含水率はシート有の方が低い。
- 乾燥の度合い（低減した含水率）は、ほとんどの試験区でシート有の方が大きい。
- シート無の試験区では、枝条の積み上げ高さが低いと乾燥が進みにくい傾向にあるが、シート有は高さに関係なく大きな乾燥度合いが見られた。



- ✓ シート無しでも乾燥は進むが、シートを使用した方が高い乾燥効果を得られる。
- ✓ 今回は乾燥に有利な夏季を中心に乾燥試験を行ったため、他の季節の検証が必要。

5. 実証試験結果

2) 枝条集材オペレーションの最適化

グラップルフォーク(0.45) + バイオマス対応型フォワーダの運搬効率検証



荷台圧縮積載



- ・ 0.45グラップルフォークは、枝条集材及びバイオマスフォワーダへの積込に適していた。
- ・ 今回の枝条は特に土砂の混入が多かったため、グラップルフォークにて「枝条を持ち上げてふるう」、「掴んで手放す」等の土砂を取り除く為の動作を加えた。
- ・ 山に積み上げた材の底部は、土砂の混入を避けるために現地に残置した。

※土砂の混入に関しては、成分分析結果より、灰分は ≤ 1.0 であり、灰分区分A1.0に該当し、木質燃料として十分に利用できる数値となった。

5. 実証試験結果 2) 枝条集材オペレーションの最適化

グラップルフォーク(0.45) + バイオマス対応型フォワーダの運搬効率検証

試験名称	北-BF材①	北-BF材②	北-NF材	南-BF材②	南-NF材
試験条件	荷台拡張状態で枝条をできるだけ積載、1回圧縮した後運搬	荷台拡張状態で枝条をできるだけ積載、可能な限り圧縮・積載を反復した後運搬 ※積載枝条の反発力が強く、実質圧縮は1回	荷台拡張しない(荷台圧縮しない)状態で積載、運搬	荷台拡張状態で枝条をできるだけ積載、可能な限り圧縮・積載を反復した後運搬	荷台拡張しない(荷台圧縮しない)状態で積載、運搬
対象試験区	北-1,3	北-2,4	北-5,6	南-1,3	南-2
土場 - 集積地間 距離 (m)	115	109	94	170	170
土場 → 集積地(グラップル) (分)	2.6	2.6	2.6	4.1	4.1
土場 → 集積地(BF) (分)	2.8	2.8	2.8	4.0	4.0
枝条積載(荷台圧縮含む) (分)	16.4	12.4	10.0	22.7	5.2
集積地 → 土場 (分)	1.6	1.8	1.3	6.4	3.9
往復所要時間 計 (分)	23.4	19.6	16.6	37.1	17.2
運搬枝条重量 (kg)	1,337	1,983	970	1,890	688
運搬効率 (t/h)	3.42	6.06	3.51	3.05	2.40

BF材②/NF材比:

1.73

BF材②/NF材比:

1.27

- 北・南試験区の双方の試験において、バイオマスフォワーダの方が単位時間あたりの枝条運搬重量（運搬効率）が大きい結果となった。



5. 実証試験結果 3) 林内(枝条)チップ製造のためのチップパー適正評価

枝条のチップ化を前提としたチップパー特徴比較 (1/2)

業者名	日本フォレスト (株)	(株) 諸岡	
型式	LB-515C	MRC3000	
外観			
寸法	チップング稼働時 L: 6,160 x W: 2,490 x H: 4,320	チップング稼働時 L: 10,830 x W: 2,415 x H: 3,110	
搬入・配置利便性	<ul style="list-style-type: none"> ・大型車両搬送可 ・鉄キャタ ・傾斜10度自走・配置微調整問題なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・トレーラー搬送要 ・ゴムキャタ ・傾斜10度自走・配置微調整問題なし 	
	本システム適正	<p>△鉄キャタ：林内移動には適。但し、道路からの搬入時には舗装部や縁石等への配慮が必要。</p>	<p>×トレーラー搬送だと適用場所が限られる。 △長手寸法が長く、設置できる土場が限られる。</p>
	総評・要点抽出	<ul style="list-style-type: none"> ・トレーラー搬送前提だと適用できる現場が限られるため、少なくとも大型車両運搬可が要件。 ・機械寸法はできるだけコンパクトで、かつ長手・短手方向の寸法差が小さい方が利便性が高い。 	
投入機構	<ul style="list-style-type: none"> ・突起型コンベア 	<ul style="list-style-type: none"> ・チェーンコンベア ・サイドスカート 	
	本システム適正	<p>○コンベア機構が原因での詰まりは確認されず。</p>	<p>×チェーン部に枝条が挟まり、投入口付近で垂直方向にブリッジするなど、詰まりが複数回確認された。 ○サイドスカート機構により、枝条材の投入方向が幾分一定に保たれていた。</p>
	総評・要点抽出	<ul style="list-style-type: none"> ・枝条利用を前提とする場合、チェーン機構は不適。 ・枝条に適した投入コンベアの長手寸法については要検討。 ・サイドスカート設置により、ある程度投入方向を揃える効果がある。但し、投入口付近の視認性に影響があることに留意が必要。 	

5. 実証試験結果 3) 林内(枝条)チップ製造のためのチップー適正評価

枝条のチップ化を前提としたチップー特徴比較 (2/2)

業者名	日本フォレスト (株)	(株) 諸岡
現場最適化調整	・投入コンベア送り速度可変、エンジン及びフィードローラー回転数の個別調整は不可	・左記3項目に加え、排出コンベア速度も個別調整可
本システム適正	△送り速度を変えられるのは適。但し、調整可能な設定値は1つ。	○調整可能な設定値が複数あり
総評・要点抽出	・施業時期や樹種等、現場毎に枝条性状が異なる可能性を踏まえ、現場で最適化を図れる範囲を拓ける観点から、調整可能な設定値が複数あることが望ましい。	
チップ径均一性	・スクリーン機構170mm (指定不可) ・大径・微細チップ発生率高	・スクリーン機構80φ (標準、指定可) ・比較的均一、大径チップ少
本システム適正	×特に大径チップの混入が多く見られた。	○大径チップの発生率は比して少なかった。スクリーン目幅も指定可能なため、更なる改善も可。
総評・要点抽出	・チップの粒度分布の改善に関しては、歩留りを確保する意味でも、できる限りチップー機構による改善を図ることが望ましい。 ・大径チップの発生率を抑制するために、適切な目幅のスクリーン機構を有していることが要件。	
排出機構	・シューター型	・ベルトコンベア型
本システム適正	×風圧でチップ排出を行うため、あまりスクリーン目幅を小さくすると頻繁に目詰まりを起こす懸念がある。 ○シューター部分を回転させたり、先端部角度を変えたりすることができ、コンテナ積載時の調整は容易。	○スクリーン目幅・排出速度共に変更でき、チップ粒度分布の最適化が図りやすい。 ○設置位置の工夫により、微細チップを分別できる可能性あり。 △コンテナ積載時における配置調整に特に問題なし。左記機種と比べると、若干手間増か。 ×コンベア寸法が長いため、その分機械の長手方向寸法が長くなり、設置可能場所が限られる。
総評・要点抽出	・チップ品質面 (粒度分布) ではベルトコンベア型、現場での運用利便性ではシューター型が有利。 ・適用できる現場範囲を拓げるため、できるだけチップー本体はコンパクトなものとしたい。ベルトコンベア型では機械寸法が長くなることは避けられないため、シューター型のうち、適切な目幅 (できれば変更/調整可) のスクリーン機構を有する機種での最適化を図りたい。	

5. 実証試験結果 3) 林内(枝条)チップ製造のためのチップ-適正評価

枝条集材・運搬～林内チップ製造までの歩留り、チップ製造効率

【南-1,3 → BF材② → MRC3000】

南-1,3 枝条重量 (kg)	2,587
南-1,3 残材重量 (kg)	697
南-1,3 集積時体積 (m3)	28.0

27%

BF枝条運搬重量 (kg)	1,890
土場残材重量 (kg)	172
チップ-投入材重量 (kg)	1,718

9%

0.22グ ラップ ルフォーク使用(実証地材)

チップ 積載高さ (m)	0.90
チップ 容積 (m ³)	6.1
チップ かさ比重 (kg/m ³)	248.6
チップ 積載重量 (kg)	1,420
チップング 所要時間 (分)	28.95



BF運搬歩留り (%)	73.1%
チップ-投入歩留り (%)	90.9%

製造効率 (t/h)	2.94
チップング 歩留り (%)	82.6%
チップ /BF運搬 歩留り (%)	75.1%
チップ /枝条 歩留り (%)	54.9%

- 諸岡社製チップ-(MRC3000)での製造効率は2.94 t/h、集積枝条からチップ化までを通じた製造歩留りは、重量ベースで54.9%という結果となった。
- ハローからの投入口の視認性確保、グ ラップ ル旋回角度を小さくする配置にするなどの投入に係る環境整備・ハロー習熟度が、製造効率及び品質に多大な影響を与える。

工程別	歩留り傾向把握のための重量抽出・ロス比率		
	実測値 (kg)	ロス重量 (kg)	ロス比率 (%)
集積枝条重量	2,587	-	-
BF材運搬重量	1,890	697	26.9%
チップ-投入重量	1,718	172	6.6%
チップ 製造重量	1,420	298	11.5%
ロス比率計			45.1%

(参考) 0.45グ ラップ ルでのチップ-投入は効率が悪かったため0.2級での投入を行った。

5. 実証試験結果 3) 林内(枝条)チップ製造のためのチップー適正評価

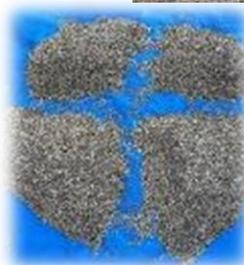
チップー機種別 製造チップのかさ密度比較

- ・ 製造チップはおおよそ水分20%W.B. かさ密度250kg/m³
- ・ LB-515Cの製造チップはコンテナ下部の方がかさ密度が若干大きく、MRC-3000の製造チップはほぼ均一。

●かさ比重 (kg/m³)

サンプリング箇所	サンプリング対象材	LB-515C		MRC-3000	
		かさ密度 (kg/m ³)	水分 (%W.B.)	かさ密度 (kg/m ³)	水分 (%W.B.)
コンテナ上	皆伐地材 (BF材)	244.8	20.9	249.8	18.3
コンテナ下	皆伐地材 (BF材)	263.1	21.0	246.6	19.2
スクリーン下	皆伐地材 (BF材)	278.1	16.9	243.8	19.1
(参考)	丸太材	238.5	25.9	223	23.8

●チップサンプリング箇所 (コンテナ上・下部)



5. 実証試験結果 3) 林内(枝条)チップ製造のためのチップ-適正評価

チップ-機種別 製造チップの粒度分布比較

- 枝条を原料とするチップは、原料形状の不均一性から粗大チップや微細チップが多い傾向。
⇒本実証においては、チップボラの要求品質を満たす粒度分布が得られた。
- LB-515Cの方が、45mm以上の粗大部および3.15mm以下の微細部の重量割合が大きい。
⇒チップ-本体付帯のスクリーン目幅・排出機構等の違いに起因していると考えられる。

【LB-515C 製造チップ粒度分布】



No.	径	皆伐地材 コンテナ上部		ETA 要求仕様	仕様区分別 試験結果	皆伐地材 コンテナ下部		ETA 要求仕様	仕様区分別 試験結果
		チップ重さ	粒度			チップ重さ	粒度		
①	63~	0.02	1.3%	<6%	5.3%	0	0.0%	<6%	5.3%
②	45~63	0.06	4.0%			0.08	5.3%		
③	31.5~45	0.08	5.3%	—	5.3%	0.06	3.9%	—	3.9%
④	16~31.5	1.1	73.3%	>60%	85.3%	0.86	56.6%	>60%	84.2%
⑤	8~16	0.04	2.7%			0.1	6.6%		
⑥	3.15~8	0.14	9.3%			0.32	21.1%		
⑦	0~3.15	0.06	4.0%	<10%	4.0%	0.1	6.6%	<10%	6.6%
総重量		1.5	100.0%		100.0%	1.52	100.0%		100.0%

規格元	規格区分	
	コンテナ上	コンテナ下
木質バイオマスエネルギー協会	P32相当	該当区分なし
EN ISO	P31,F05	P31,F10

【MRC-3000 製造チップ粒度分布】



No.	径	皆伐地材 コンテナ上部		ETA 要求仕様	仕様区分別 試験結果	皆伐地材 コンテナ下部		ETA 要求仕様	仕様区分別 試験結果
		チップ重さ	粒度			チップ重さ	粒度		
①	63~	0	0.0%	<6%	2.6%	0.02	1.3%	<6%	2.6%
②	45~63	0.04	2.6%			0.02	1.3%		
③	31.5~45	0.06	3.9%	—	3.9%	0.14	9.2%	—	9.2%
④	16~31.5	1.08	70.1%	>60%	88.3%	1.04	68.4%	>60%	84.2%
⑤	8~16	0.06	3.9%			0.08	5.3%		
⑥	3.15~8	0.22	14.3%			0.16	10.5%		
⑦	0~3.15	0.08	5.2%	<10%	5.2%	0.06	3.9%	<10%	3.9%
総重量		1.54	100.0%		100.0%	1.52	100.0%		100.0%

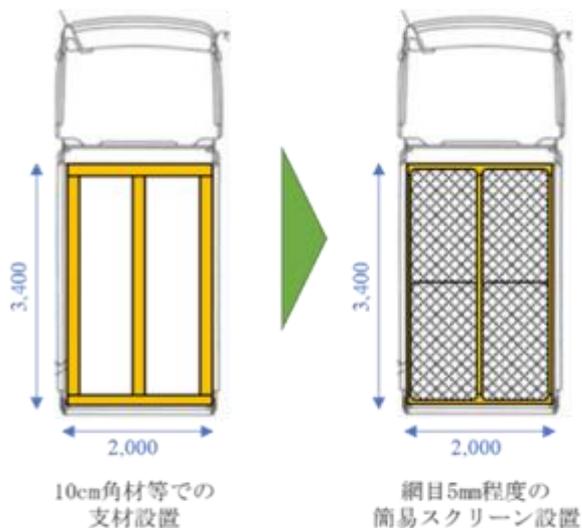
規格元	規格区分	
	コンテナ上	コンテナ下
木質バイオマスエネルギー協会	P32相当	P32相当
EN ISO	P31,F10	P31,F05

EN ISO規格…ISO17225-4の定める規格（R4年度NEDO事業「木質バイオマス燃料等の安定的・効率的な供給・利用システム構築支援事業/木質バイオマス燃料（チップ、ペレット）の品質規格の策定委託事業」より）

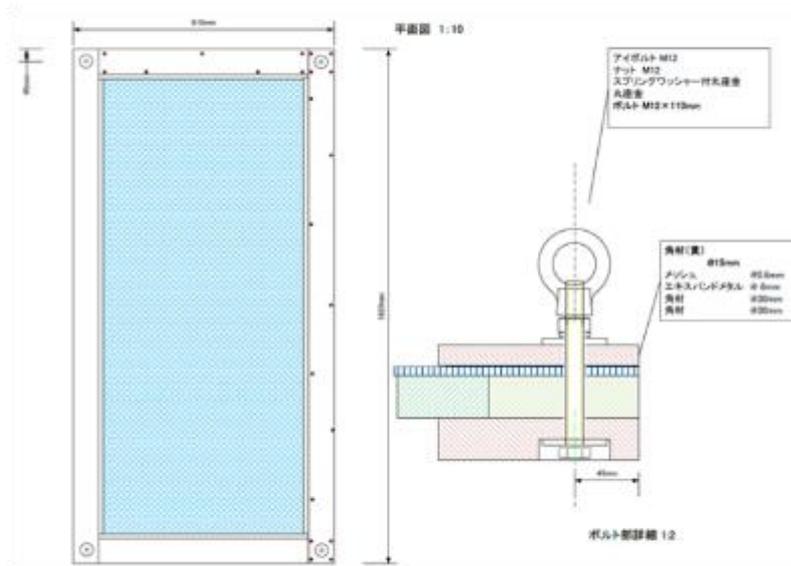
5. 実証試験結果 4) 運搬車両の簡易改良による燃料チップ^o品質向上

4 + ダンプトラック荷台設置用の簡易スクリーン製作過程

【原案】



【具体検討】



【部材調達・加工・組み立て】

- エキパント^oメタルで強度を持たせ、市販の鳥籠メッシュで目幅を調整する機構とした



5. 実証試験結果 4) 運搬車両の簡易改良による燃料チップ[®]品質向上

簡易スクリーンによる微細チップ[®]除去効果実証試験の流れ

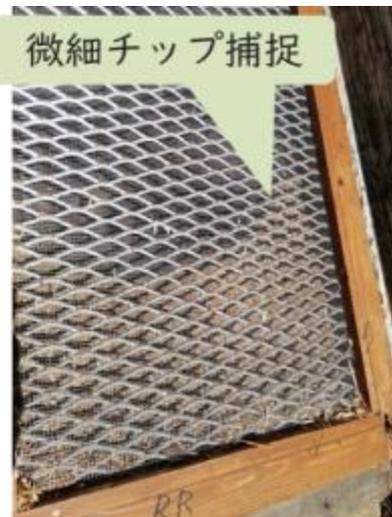
【荷台設置・チップ充填】



【支持材設置】



微細チップ捕捉



【ダンプアップ】



【微細チップ回収】



5. 実証試験結果 4) 運搬車両の簡易改良による燃料チップ^o品質向上

簡易スクリーンで除去した微細チップの粒度分布

- 10mm/6mm目幅メッシュ双方の試験にて、強度・目詰り共に問題なく微細チップを捕捉
- 6mm目幅の方が、微細分比率をより多く分離できることを確認。但し、3.15~8mmチップはチップボイラに適用可能な粒度となるため、より目幅の細かなメッシュを適用しての分離が必要。
- 簡易スクリーン機構が荷台に占める容積分だけ、供給チップの車両運搬効率が下がる。より細かなチップを分離対象とする事も踏まえ、簡易スクリーン機構の薄肉化を図ることで、一定の運搬効率を維持しつつ、供給チップの品質向上に寄与できるものと考えられる。

【10mm目幅メッシュでの微細チップ捕捉】



【6mm目幅メッシュでの微細チップ捕捉】



【粒度分布比較】

No.	径	LB-515C+10mm目幅スクリーン		MRC3000+6mm目幅スクリーン	
		チップ重さ	粒度	チップ重さ	粒度
①	63~	0	0.0%	0	0.0%
②	45~63	0	0.0%	0	0.0%
③	31.5~45	0	0.0%	0	0.0%
④	16~31.5	0.04	2.6%	0	0.0%
⑤	8~16	0.1	6.5%	0.02	1.3%
⑥	3.15~8	1.12	72.7%	1.3	86.7%
⑦	0~3.15	0.28	18.2%	0.18	12.0%
総重量		1.54	100.0%	1.5	100.0%

5. 実証試験結果

5) チップ製造原価試算

地拵え経費削減効果の簡易試算

- ① 地拵え経費が、皆伐跡地に残る枝条残材の重量に比例すると仮定。
- ② 傾斜等の条件が類似している近隣皆伐地の地拵え経費を基に、単位面積あたりの地拵え経費を算出。
- ③ 上記②を基に、本実証皆伐地（1.49ha）の想定地拵え経費を算出。
- ④ 本実証試験で得られた、集積枝条からチップ化までを通じた製造歩留り54.9%を枝条残材削減率とする。
- ⑤ 上記③④を乗じ、地拵え経費の削減額を試算。

項目	面積(ha)	地拵え経費(円)
本実証地想定経費	1.49	877,184
枝条残材削減率		54.9%
経費削減効果		481,456

- ・ 本実証地の枝条残材は特に土の混入率が高く、集積地における残材率も大きかったことも踏まえると、少なくとも50%程度は枝条残材量（地拵え経費）を削減できることが予想される。

5. 実証試験結果

5) チップ製造原価試算

チップ製造原価 試算結果 (本実証地1.49ha、所要日数5日間を想定)

【重機・費目別コスト積算】

項目		① GF: グラブ フォーク(0.45)	② BF: バ イオスフォワード	③ GN: グラブ ル(0.22)	④ チッパー: 車載型チッパー	⑤ トラック: 4t深ダンプ (8m3)	費目別コスト(千円)	チップkgあたり(円/kg)
重機償却/レンタル費	(千円)	240	150	125	276	85	876	20.6
購入重機 保守・修理費	(千円)		99		42		141	3.3
燃料費	(千円)	50	34	19	50	29	183	4.3
労務費*	(千円)	60	60	40	40	40	240	5.7
回送費	(千円)	36	36	36	50		158	3.7
重機別コスト	(千円)	386	379	220	458	154	1,598	
チップkgあたり	(円/kg)	9.1	8.9	5.2	10.8	3.6		37.6

*労務費：①・②を1名で兼任、③・④・⑤を1名で兼任の計2名体制を想定して試算

【工程別コスト積算 (地拵経費削減コスト含む)】

経費収支	単位	金額(千円)	チップkgあたり(円/kg)	備考
1. 地拵え削減コスト		-481	-11.3	別頁「地拵え経費削減効果の簡易試算」より
2. 枝条集材		766	18.0	① GF + ② BF
3. 林内チップ化		678	16.0	③ GN + ④ チッパー
4. チップ運搬		154	3.6	⑤ トラック
経費収支計		1,116	26.3	
チップ製造原価				
5. チップ製造量	(t)	42.4		
6. チップ製造原価	(円/kg)		26.3	

- ・ 本システム適用でのチップ製造原価は 37.6円/kg、林内残置枝条減少による地拵え経費削減分を加味した製造原価は、26.3円/kgとなった。
- ・ 地域内エコシステムにおける熱利用向け準乾燥チップ供給・普及展開のためには、更なるコスト低減が必要。

6. 成果と課題およびシステム改善策

工程	得られた成果	実運用に向けた課題・確認事項	改善案
<p>① 枝条バイオマス用集積</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・枝条は皆伐地の自然乾燥で35%w.b.以下まで乾燥が可能 ・枝条集積の作業効率として、集積高さを高く積み上げた方が高効率 	<ul style="list-style-type: none"> ・通期、特に積雪時期も同様の自然乾燥効果が得られるか要確認  <ul style="list-style-type: none"> ・集積した枝条体積の定量評価をより客観的かつ容易に計測できる手法・ツールの適用が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・冬季（積雪時）の自然乾燥効果について比較検証 →通期安定品質を担保できるシステムを構築 ・ドローンを用いた点群解析手法により立木および枝条集積段階から枝条チップ製造可能量を一定精度で把握できるシステムを構築
<p>② 枝条集材パレションの最適化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオマス専用フォワーダの荷台圧縮機能により、枝条運搬可能重量は通常時の2～2.5倍程度となり、時間あたりの林内運搬効率も向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・残材に小径丸太を多く含む現場は荷台圧縮回数を減らす運用による運搬効率向上が期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・約3m高さの棚状集積による集材パレションの更なる効率化 ・バイオマスフォワーダ荷台圧縮回数を予め限定した運用による作業効率向上 ・幹材の集材時からバイオマス利用を想定した施業を行うことによる林内残置比率（本実証では重量ベース26.9%）の削減およびチップ化歩留りの向上

6. 成果と課題およびシステム改善策

工程	得られた成果	実運用に向けた課題・確認事項	改善案
<p>③ 林内での 枝条チップ化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・2機種の異なるチップ-での検証により林内枝条チップ化の適正条件を抽出 ・チップ形状での車両搬出は、枝条搬出に比して明らかに運搬効率が高いことを再確認(重量ベースで1.5~2倍) ・投入グリップ仕様や枝条材・重機配置も製造効率に大きく影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・できる限り適正条件を満たすチップ-選定を行う ・本システム運用上のボトルネックは、チップを車両運搬している間、土場でのチップ製造が停止すること →チップ-の現場稼働率向上がコスト低減上重要 	<ul style="list-style-type: none"> ・脱着装置付きコンテナ専用車および車載型チップ-を採用し、コンテナ2台体制で運用することで、ボトルネックを解消 
<p>④ 車両簡易改良による チップ品質向上</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・本試作機構にて、チップ満積載およびダンプ作業時含め十分な強度を有することを確認 ・目詰りを起こすことなく、設定した目幅に準じた微細チップを分別できることを確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・スクリーン下部に分別した微細チップを容易に除去できる構造を検討 ・微細チップ分別機能を維持しつつ、できる限りスクリーン機構の荷台占有容積を減らす改良の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・後部支材を脱着可能な鋼材に変更する等の簡易改良によって、微細チップをダンプ除去できる構造に改良 ・角材厚さを薄くすることで、スクリーン機構の薄肉化を図る 

6. 成果と課題およびシステム改善策

改善策を講じた場合のチップ製造原価試算結果

- ・脱着装置付きコンテナ2台を順次使用することで、チップ運搬中もチップ-を稼働できる体制とする、
- ・上記にてチップ-稼働率・チップ搬出回数を向上 → 本実証地における所要作業日数を5日→3日に短縮。

【重機・費目別コスト積算】

項目		① G _F : グレップルフォーク(0.45)	② BF : バイマスフォード	③ G _N : グレップル(0.22)	④ チッパー : 車載型チッパー	⑤ トラック : 4t深ダンプ (8m3) ^{※2}	費目別コスト(千円)	チップkgあたり(円/kg)
重機償却/レンタル費	(千円)	144	90	75	211	51	571	12.3
購入重機 保守・修理費	(千円)		59		47		106	2.3
燃料費	(千円)	40	27	21	56	23	168	3.6
労務費 ^{※1}	(千円)	36	36	36	36	72	216	4.7
回送費	(千円)	36	36	36	0		108	2.3
重機別コスト	(千円)	256	249	168	351	146	1,170	
チップkgあたり	(円/kg)	5.5	5.4	3.6	7.6	3.2		25.3

※1 労務費：①・②を1名で兼任、③・④を1名で兼任、⑤で1名専属の計3名体制を想定して試算

※2 ⑤トラック：脱着装置付きコンテナ専用車兼車載型チップ-の購入を想定するため、実際にはレンタル費は生じないが、簡易的に改善前試算と同じレンタル費の条件で試算

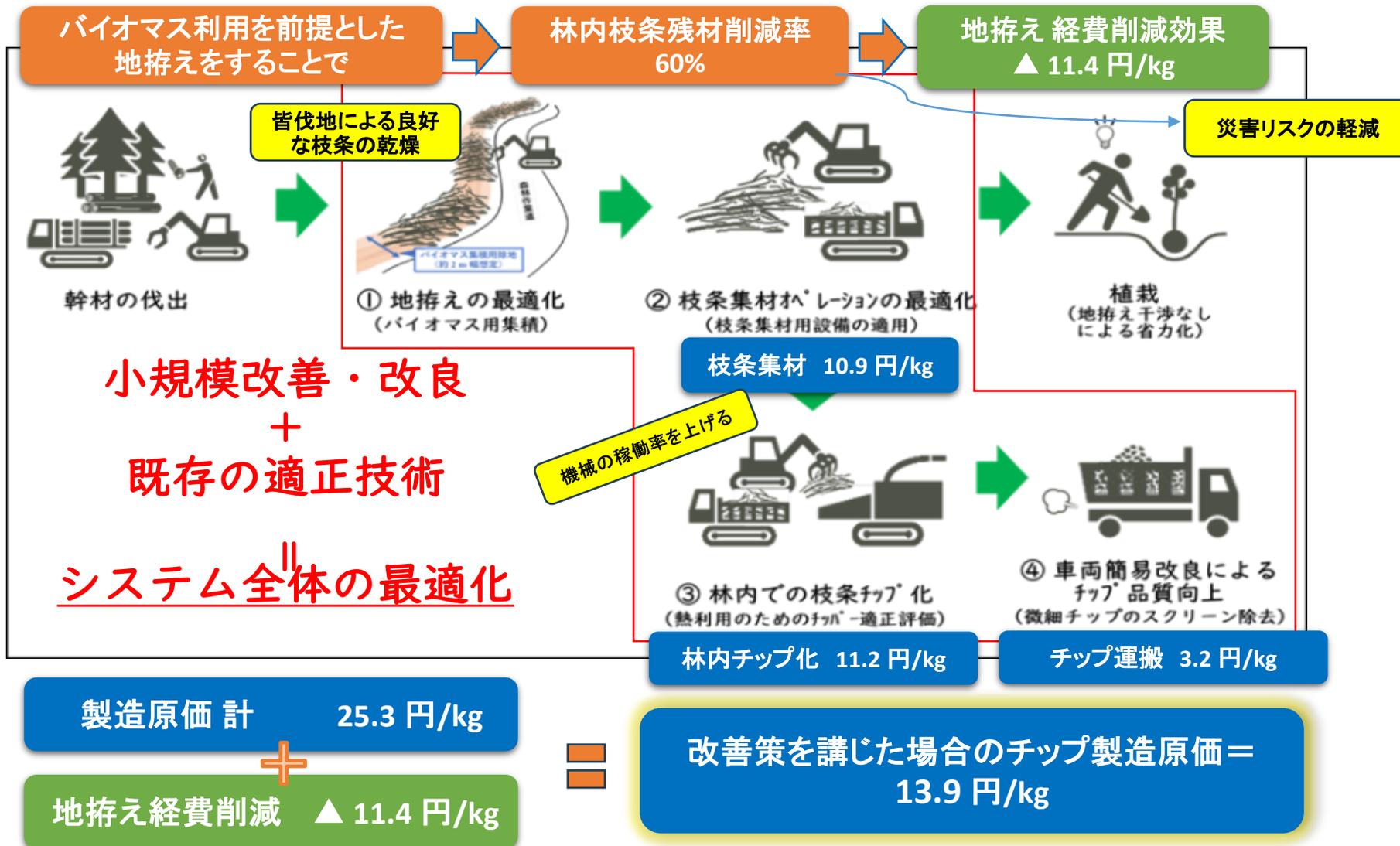
【工程別コスト積算（地拵経費削減コスト含む）】

経費収支	単位	金額(千円)	チップkgあたり(円/kg)	備考
1. 地拵え削減コスト		-526	-11.4	林内枝条残材削減率54.9%→60%
2. 枝条集材		505	10.9	① G _F + ② BF
3. 林内チップ化		519	11.2	③ G _N + ④ チッパー
4. チップ運搬		146	3.2	⑤ トラック
経費収支計		644	13.9	
チップ製造原価				
5. チップ製造量	(t)	46.3		
6. チップ製造原価	(円/kg)		13.9	

- ・改善策適用後の想定チップ製造原価は 25.3円/kg、林内残置枝条減少による地拵え経費削減分を加味した製造原価は、13.9円/kgとなった。
- ・地拵え削減経費分を踏まえた原価であれば、利益を付しても、地域内システム活用を十分検討できる水準となる。

7. 本事業実施による「地域内エコシステム」構築に向けた見通し

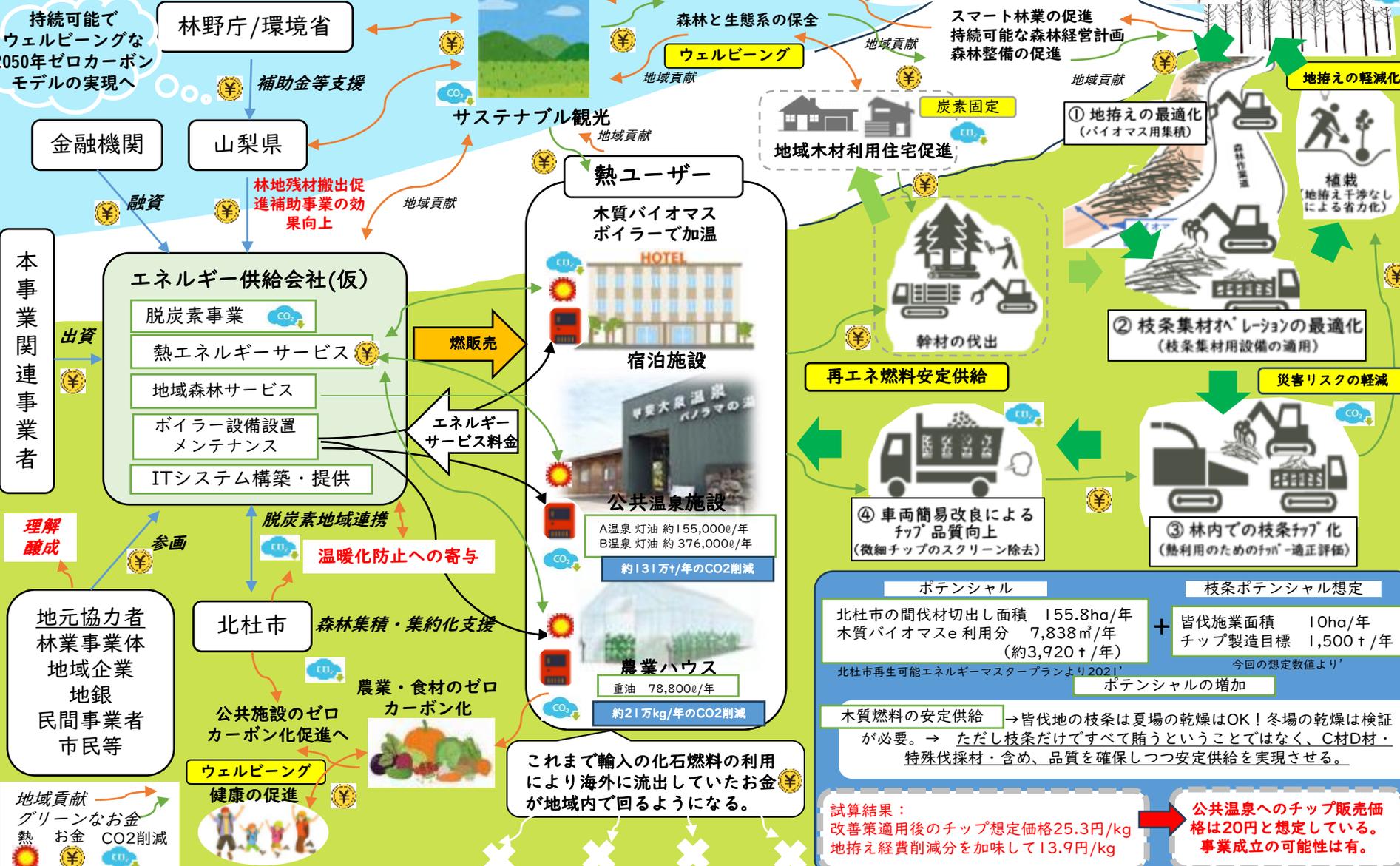
バイオマス利用を前提とした皆伐再造林による施業システム全体の最適化



地域内エコシステム活用を十分検討できる水準

7. 本事業実施による「地域内エコシステム」構築に向けた見通し

先行モデルとしての北杜市における事業化実現



ポテンシャル	枝条ポテンシャル想定
北杜市の間伐材切出し面積 155.8ha/年 木質バイオマスe利用分 7,838m³/年 (約3,920t/年)	皆伐施業面積 10ha/年 チップ製造目標 1,500t/年 今回の想定数値より
北杜市再生可能エネルギーマスタープランより2021'	ポテンシャルの増加

木質燃料の安定供給 → 皆伐地の枝条は夏場の乾燥はOK! 冬場の乾燥は検証が必要。→ ただし枝条だけですべて賄うということではなく、C材D材・特殊伐採材・含め、品質を確保しつつ安定供給を実現させる。

試算結果:
改善策適用後のチップ想定価格25.3円/kg
地捨え経費削減分を加味して13.9円/kg

公共温泉へのチップ販売価格は20円と想定している。事業成立の可能性は有。