



2019年度「地域内エコシステム」技術開発等支援事業

バーク等残材の有効活用×チップ乾燥 小型複合システムの構築・実証

長崎県森林組合連合会

1, 長崎県森林組合連合会の概要

長崎県森連は、離島を含む8つの森林組合を会員として取りまとめており、長崎の森林の管理・保全、森林所有者(組合員)の社会的地位の向上に資する事業を行っています

■ 主な事業内容

・会員(森林組合)に対して以下の事業を展開している。

指導

- ・経営指導
- ・研修会、講習会の開催
- ・林業労働力の確保、拡充

販売

- ・原木等の委託販売、買取販売
- ・製材加工品の規格、販売

利用

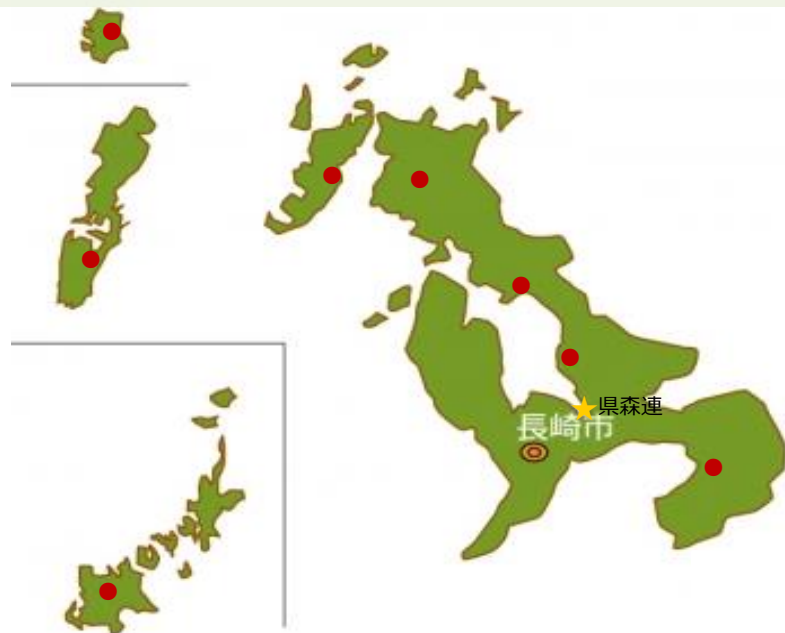
- ・森林の技術コンサルタント
- ・森林に係る全般

購買

- ・林業生産に必要な機械、資材、肥料、薬剤などの販売

金融

- ・制度資金の斡旋や低金利の貸付事業
- ・森林保険等



離島半島を多く有し地理的に不利な条件の長崎県は、県内に大型製材工場や合板工場・バイオマス発電所もなく、九州南部の各県と比較すると県産材の販売力が弱く、低質材の利用も進んでいない

- ◆ 近年、長崎県森連が主導して組合系統材を集約・大ロット化し、有利販売を進めて県産材の生産量が拡大
- ◆ 課題である低質材の活用を促進するため、各地での分散型の木質バイオマス熱利用の普及を図る

2, 事業への取り組みの背景



対馬観光物産協会HP引用

■ 対馬における課題

安定したチップの乾燥処理体制の構築要

- ・チップボイラの分散導入を推進しているが、普及が期待される固定床の小型チップボイラは30～35%W.B.の**乾燥チップが必要**。
- ・季節によってはチップの強制乾燥も必要。

バーク処理の負担大

- ・バークの多くが廃棄処分されている。
- ・バークの**処分費が離島は特に高い**。(27,600円/t)
- ・野積みしたバークによる火災も発生。
- ・バークの処理は全国共通課題。

■ 全国的な課題

チップの強制乾燥技術の普及が今一步

- ・様々な機器が開発され商品化されているが、**設備が高額**なものが多く、オペレーションや熱源にかかる費用も含めたシステム全体での**乾燥コストが合わない**。

3, 事業の目的・コンセプト

シンプルな既存の技術を組み合わせ、バーク等残材を燃料とした熱源を活用することで、導入のハードルが低く、かつ従来のバーク等残材の処理費負担も含めた経済合理性が高く、「地域内エコシステム」にも合致する『コンパクトなバーク利用・チップ乾燥の複合システム』の構築を目指す



- ①バーク等残材の木質バイオマス資源としての有効活用と廃棄物処理費の負担軽減
- ②今後需要が見込まれる乾燥チップを低コストに生産する

4, 事業の実施フロー

① 乾燥システムの構築



② バーク等残材の燃焼実験



③ チップの乾燥実験



④ システムの改良



⑤ チップ乾燥システムの導入モデル構築



⑦ 成果報告書の作成

報告



助言

⑥ 検討会の開催 (全3回)



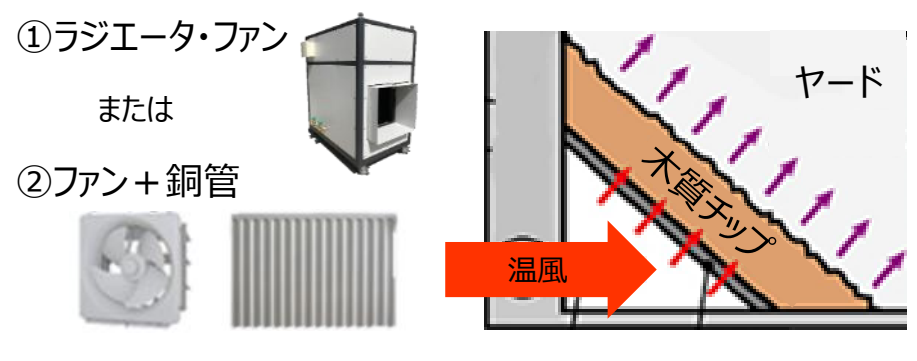
5, 乾燥システムの構築

■システムの全体構成

バークを燃焼させ 温水を作る



温水を温風に変換+ 温風によるチップ乾燥



①熱源システム

+

②温風製造システム

+

③チップ乾燥システム



6, 各試験の計画

【計画概要】

目標	燃焼試験：バーク等の残材利用を行うための手法の確立と作業時間の定量化 乾燥試験：安定したチップ乾燥を行うための性能把握と運転方法の確立
実施内容	燃焼試験：複数種の燃料を用いた燃焼 乾燥試験：チップ容量・熱交換方式別の乾燥実験
実施時期	2019年12月～2020年2月

【評価項目と主要評価方法】

	評価項目	評価方法
燃焼試験	システムエネルギー効率 (%)	・システムエネルギー効率 = (A) ÷ (B) A：給湯温度と補給水の温度差、流量から回収した温水の熱量を算定 B：投入したバークの熱量
	作業負担	・処理量あたりの燃焼時間 ・作業工程ごとの作業時間
乾燥試験	乾燥速度 (%D.B./h)	・乾燥速度 = (乾燥開始時水分(%D.B.) - 乾燥終了時水分(%D.B.)) ÷ 乾燥時間(h)
	エネルギー投入量 (kWh/%D.B.)	・乾燥能力あたりのエネルギー投入量 = (投入バークの総熱量(kWh) + 補助燃料(灯油)の消費総熱量(kWh) + 消費電力の一次エネルギー換算(kWh)) ÷ (乾燥開始時水分(D.B.) - 乾燥終了時水分(D.B.))

7-1, バーク等残材の燃焼試験

■ 燃料候補となるバーク等残材の種類・発生状況・特性

	土場バーク 	製材残材 	バークチップ ^o 	木端 	薄板 
発生量	約40t/年	約15t/年	製造停止中	約350m ³ /年	注文が来た時のみ 不定期に発生
水分状態	表層部分は 低水分(晴天時) 16~70%W.B.	乾燥 (屋内) 10~20%W.B.	乾燥 (屋内) 約20%W.B.	ムラあり (屋外) 10~70%W.B.	乾燥 (屋外) 7~30%W.B.
処理状況	産廃処理 (フレコン要)	産廃処理 (フレコン要)	以前は家畜敷料 現在は需要なし	一部炭の火付け 材や木工細工 加工に使用	産廃処理
一度の 最大投入量	5kg	-	10kg	バーク5kg + 7.5kg	バーク5kg + 7.5kg
投入の しやすさ	△	△	○	◎	○
前処理	無	無	要	無	要
課題	かさばって量が 投入できない	発生量が 多くない	製造に手間と コストがかかる	燃料以外の 使用あり	不定期に 発生

7-2, バーク等残材の燃焼試験

実証で使用したバーク(燃料用)

製材所搬入時および保管時に丸太から剥離して発生するヒノキのバークのうち、表層部分を集め、雨除けのシートを敷設したバークを燃料として使用。



バークや残材の燃焼状況を確認しながら投入量や投入頻度の最適化を検証



バークの投入方法、投入頻度、バークに加える残材の量についても実運用を見据えて検証

8-1, チップの乾燥試験

実証で使用したチップ(乾燥対象)

供試チップは、製材所で発生するヒノキの背板をチップ化した切削チップと、製紙向けチップ工場で製造されている丸太(針葉樹)をチップ化したホワイトチップの2種類を使用。



ボイラーで温められた温水から、熱交換により循環水を温め、ファンユニットに接続し、温風をつくる



積層量別に風ムラ測定や、ロガー等による各種計測を実施し、温度や水分の推移を確認

8-2, チップの乾燥試験(実施内容)

項目	TRIAL1	TRIAL2	TRIAL3	TRIAL4	TRIAL5	TRIAL6	TRIAL7
実施日	12/4	12/5	12/15	12/16	12/17	1/9-10	2/18-19
熱交換器	銅管	ラジエタ	ラジエタ	ラジエタ	ラジエタ	ラジエタ	ラジエタ
チップ厚 チップ容量	厚0.5m 6.3m ³	厚0.5m 6.3m ³	厚1.5m 10m ³	厚0.8m 12m ³	厚1.0m 16m ³	厚0.8m 12m ³	厚1.0m 16m ³
乾燥熱源	8hボイラ燃焼	8hボイラ燃焼	8hボイラ燃焼	8hボイラ燃焼 + 夜間送風	8hボイラ燃焼 + 夜間送風	8hボイラ燃焼 + 夜間送風 + 8hボイラ燃焼	8hボイラ燃焼
燃料	土場バーク	土場バーク	木端	土場バーク + 木端	土場バーク + 木端	土場バーク (一部バークチップ) + 木端または薄板	土場バーク + 木端、丸太、 廃菌床 等
供試チップ	背板由来 ヒノキチップ	背板由来 ヒノキチップ	背板由来 ヒノキチップ	背板由来 ヒノキチップ	背板由来 ヒノキチップ	原木由来 針葉樹チップ	背板由来 ヒノキチップ
備考			乾燥用コンテナ にて実施			全木生チップ使用	
比較項目	①熱交換性能	○	○				
	②チップ厚		○		○	○	○
	③乾燥施設			○	○		
	④稼働時間				○		○
	⑤その他		燃料投入方法	燃料投入方法	乾燥シートの 有無(短時間)	燃料投入方法	燃料投入方法

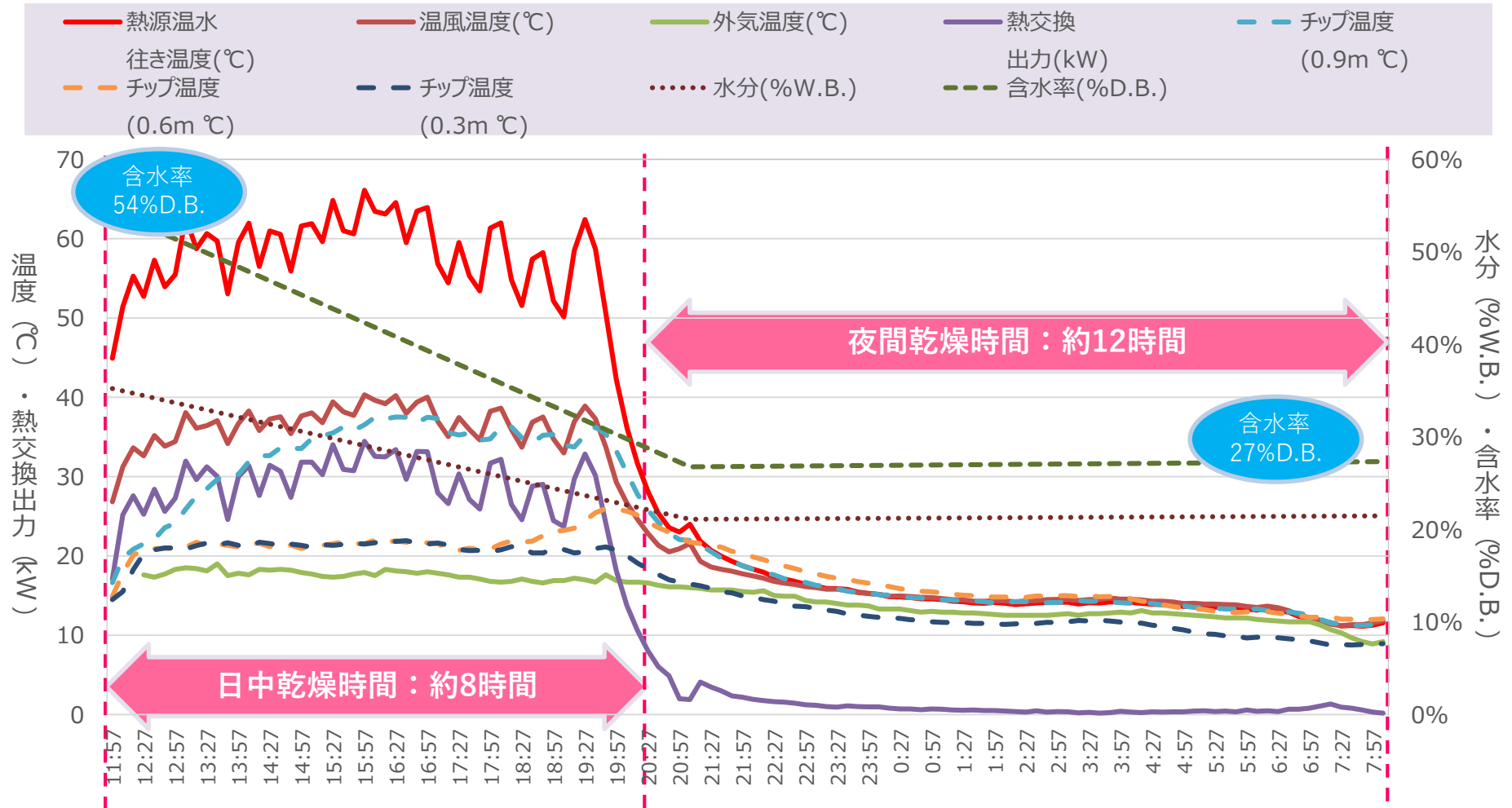
8-3, チップの乾燥試験（各乾燥試験の結果一覧）

項目	単位	TRIAL1	TRIAL2	TRIAL3	TRIAL4		TRIAL5		TRIAL6		
乾燥時間	h	7.7	7.8	9.0	20.8	8.3 (日中のみ)	20.2	9.2 (日中のみ)	29.8	8.5 (日中のみ 1日目)	9.5 (日中のみ 2日目)
投入燃料熱量	kWh/ バッチ	198.9	387.1	630.7	560.9	560.9	472.4	472.4	946.1	381.7	564.3
平均温水温度	℃	81.1	65.6	63.4	33.7	63.8	32.7	54.0	29.8	44.7	45.3
平均熱交換出力	kW	5.5	29.3	28.1	13.2	31.1	12.4	26.1	15.8	24.0	25.8
システム エネルギー効率	%	22%	61%	41%	49%	47%	54%	52%	50%	54%	44%
乾燥速度	%D.B./h	0.7	2.5	1.9	1.1	2.5	1.3	3.0	1.4	2.1	2.3
エネルギー 投入量	kWh/D.B.	47.8	22.6	40.8	31.1	29.7	22.0	19.1	27.2	24.0	28.6

- ・ **ファンユニット**(ラジエタタイプ)の熱交換出力は最大で31kWであり、銅管よりも**乾燥能力の優位性が高い**。
- ・ 水分約23%W.B.(含水率30%D.B)までは**乾燥速度は概ね一定**のため、本数値による乾燥時間の推定が可能。

8-4, チップの乾燥試験 (試験結果抜粋)

■ TRIAL5のチップ乾燥試験データ (乾燥条件・・・日中：ボイラ、夜間：外気、チップ量：16m³)



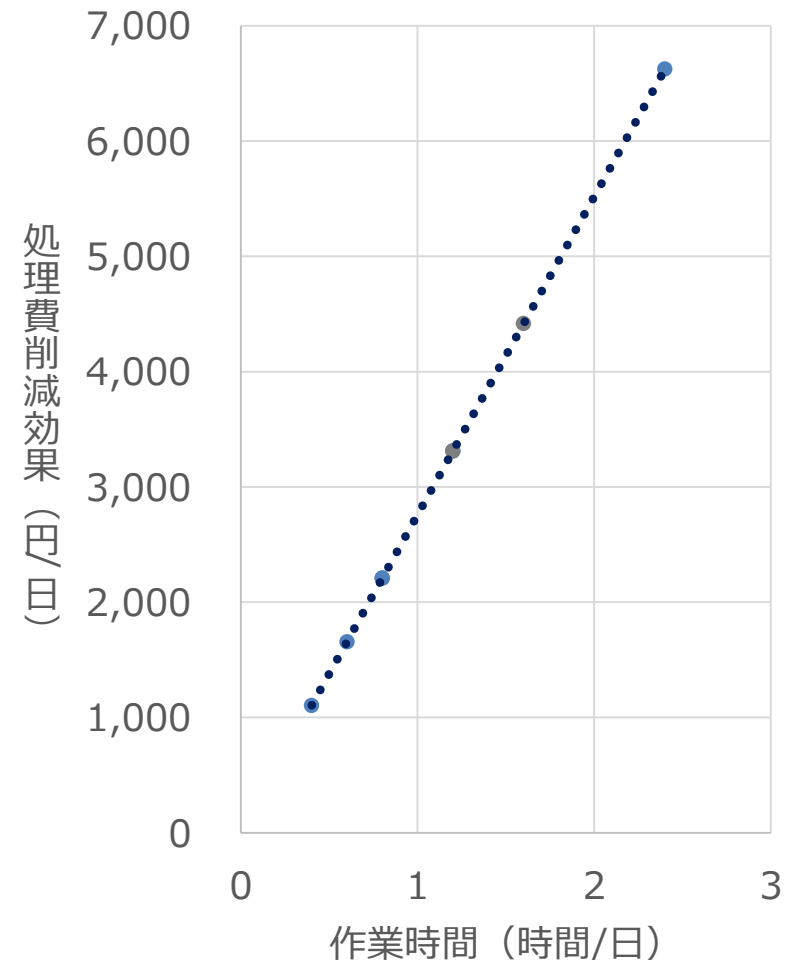
- ・夜間のファン稼働はほぼ外気を送っている状態になるため、あまり乾燥効果は見込めないと想定される。
- ・本試験時の日中における乾燥速度は約3%D.B./hであり、100→50%D.B.(50→33%W.B.)の乾燥には、**17時間程の温風乾燥が必要**と想定される。

8-5, チップの乾燥試験（バークの処理費削減効果）

- ・燃料となる残材の中でもバークを主として設定し、木端の混合量を変化させて燃焼試験を実施。
- ・燃料投入に充てられる作業時間により、処理費の削減効果が増減することを確認。
- ・本運用データをシステム全体の運用コスト試算に反映させる。

バーク	木端	投入 間隔	投入 作業時間	年間 処理量	処理費 削減効果
kg/回	kg/回	分/回	時間/日	t/年	円/日
最大限投入パターン					
5.0	0.0	10	2.4	60	6,624
最低限投入パターン					
5.0	2.5	30	0.8	30	2,208
5.0	5.0	40	0.6	30	1,656
5.0	7.5	60	0.4	25	1,104

※ 1日の作業時間は8hとする。
 ※ 1回の投入時間は3分とする。
 ※ 処理費削減効果はバークの処理費27,600円/tより試算。



8-6, チップの乾燥試験 (乾燥コストの試算結果)

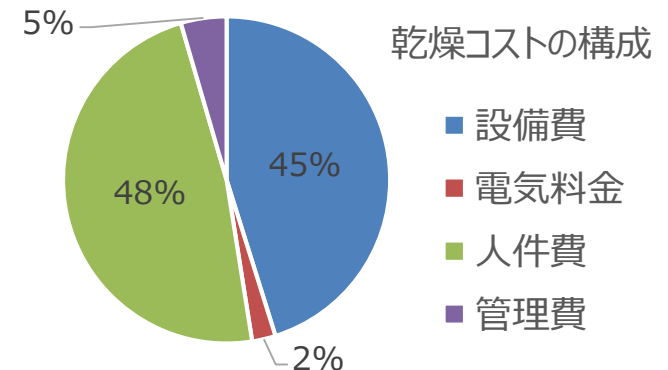


- 処分費を考慮しない場合には**4~5円/kg**程となる。
エネルギー効率向上やコスト要因の精査、運用方法の改善により、乾燥コストの削減にはまだ余地がある。
- 処分費を考慮することで、**乾燥コストゼロ円**に近づく。
ただし、バークの場内移動や燃料用置き場などを含めた現実的な検討も必要。
- チップの**熱量ベース取引**や化石燃料とのバランス、乾燥チップの熱量以外の**付加価値**も鑑み、地域内での木質資源利用の**経済性を向上**させることが必要。

評価項目	算定式	試算結果
乾燥コスト	①乾燥コスト処分費考慮なし(円/kg-35%W.B.) = 乾燥に係る総経費(円) ÷ 乾燥終了時重量(kg-35%W.B.)	チップ16m ³ : 3.8円/kg-35%W.B. チップ12m ³ : 5.1円/kg-35%W.B.
	②乾燥コスト処分費考慮あり(円/ kg-35%W.B.) = (乾燥に係る総経費(円) - バーク処理費(円)) ÷ 乾燥終了時重量(kg-35%W.B.)	0.2~4.3円/kg-35%W.B. ※バーク投入量により変化

【 試算前提条件 】

- 乾燥用燃料種類 : バークのみ最大限~最低限利用
- バークの処分費用の削減効果 : なし または 27.6円/kg
- 1バッチあたりのチップ乾燥量 : 12m³または16m³
- 乾燥前後の水分変化 : 50%W.B.→35%W.B.
- 乾燥に係る総経費 : 導入費・電力料金・人件費

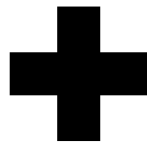


バーク等残材を燃料としたシンプルでコンパクトなチップ乾燥の複合システム



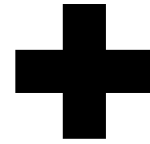
多
種
の
燃
料
利
用
可

バイオマスボイラ



移
動
可

ラジエータ・ファン



ヤード

or



コンテナ

※車両必要

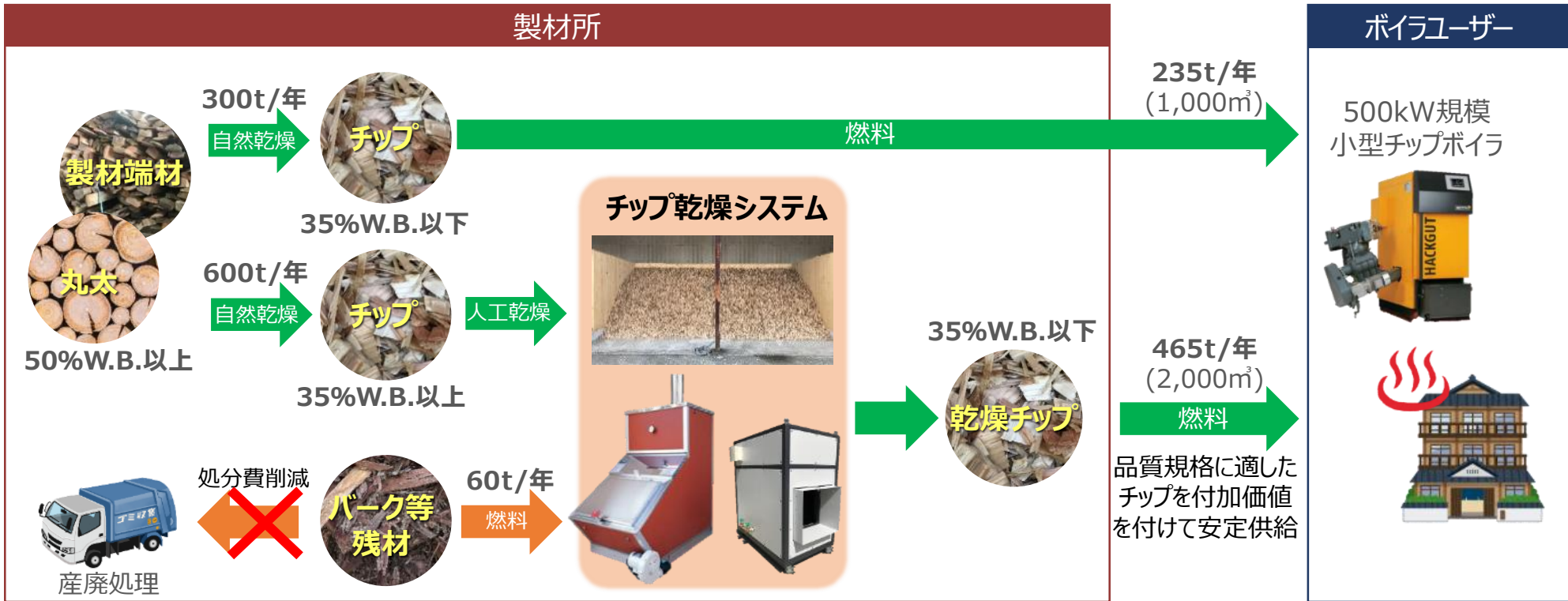
規
模
ア
レ
ン
ジ
可

そ
の
ま
ま
運
搬
可

チップ乾燥とバーク処理の課題を同時解決

9-2, チップ乾燥システムの導入モデル構築（対馬モデル）

- 小型チップボイラの導入が計画されている対馬島内の温浴施設において、乾燥チップを製造・供給する行程の1つとして、本システムのモデル導入を検討。



※16m³×125回(150日)のチップ乾燥を行った場合

木質バイオマス熱利用の普及促進により、対馬島内において森林保全・地域経済振興につながる対馬島内の製材工場やチップ工場における、バーク等残材の処理費が軽減され、経営力が強化される

9-3, チップ乾燥システムの導入モデル構築（今後の展開）

- 森林組合の系統ネットワークを生かし、バイオマス熱利用の普及と合わせて、県内各地にモデルシステムの波及展開を推進していく。



汎用化を図る上での課題

- ・市場のチップ流通量や規模に合わせた乾燥熱源用ボイラの選定が必要。
- ・乾燥熱源用バイオマスボイラの効率向上。
- ・チップ原料(丸太や製材端材等)の水分等を踏まえた**季節別オペレーション**の最適化。
- ・チップの水分による**適正取引**の浸透。
- ・熱利用ボイラ導入事業者に向けた乾燥チップを使うメリットの明確化。
- ・燃烧灰の利用方法の検討。
- ・高水分の燃料投入時の煙対策。

地域におけるバーク処理問題を解決
小型チップボイラの本格普及を後押しし、林産業振興を側面から支援

ご清聴ありがとうございました

