

# 熱源を効率的に活用する木質チップ乾燥システムの 高度化・実証事業

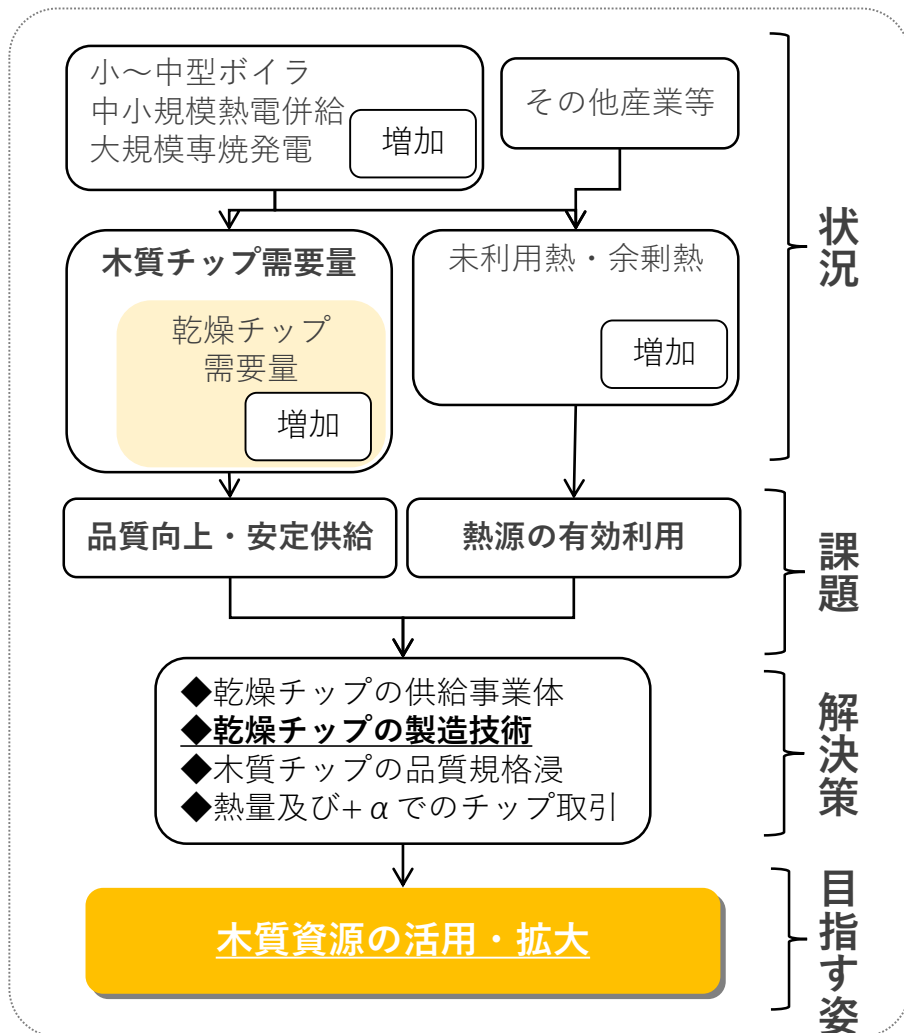
## 成果報告会資料

平成31年2月28日

株式会社日比谷アメニス

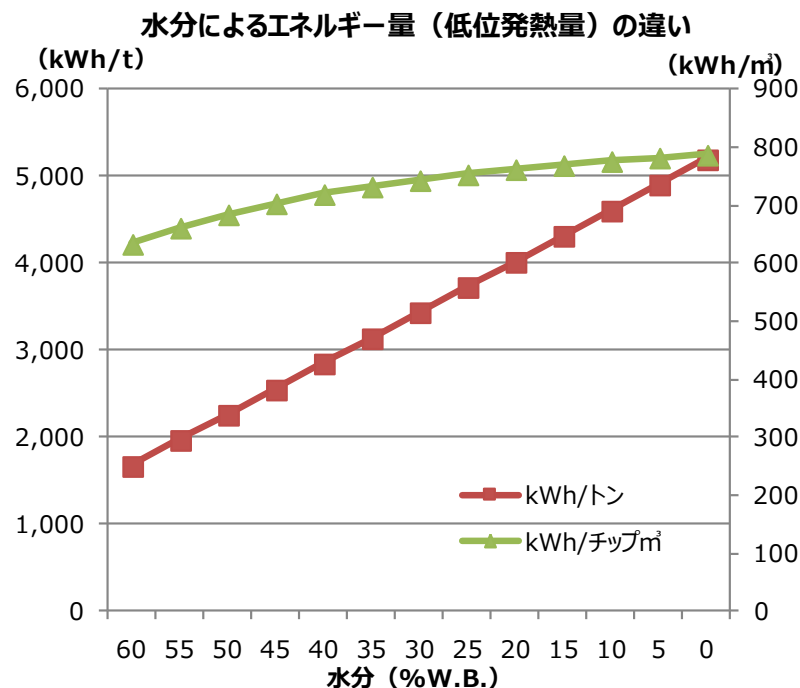
**乾燥の目的：木質が持つエネルギーを余すことなく使い、有限な森林資源を有効に使うこと。**

- 木質バイオマスの利用拡大と有限な木質資源の有効活用を両立。
- そのためには、地域内において乾燥チップを安定供給する事業者が多く必要。
- また、低温・小規模・不安定な未利用熱・余剰熱を用いることが有効。
- そのために、開発中の木質チップ乾燥システムの高度化を行う。



**熱量の増加**

- ・生チップの水分は湿潤重量基準 (W.B.) で50%以上。
- ・水分を15%程まで下げること、元の資源量に対する低位発熱量は約1.2倍に増加。



参照：LWF (バイエルン州森林・林業局) 資料より作成  
単位：かさ密度は0.3トン/チップm³ (50%W.B.の時)

- 生チップは水分が高く燃料使用上課題が多い
- 木質チップの乾燥はエネルギー利用上で重要

## 使用量の減少・ランニングコスト（燃料代）の抑制

- ・ 燃料代は、ランニングコストの8～9割。
- ・ 小型ボイラでは水分が高いとボイラー効率が低下し、燃料消費量が増加。

チップ水分：50%(W.B) 低位発熱量：800kWh/m<sup>3</sup> ボイラー効率：62%

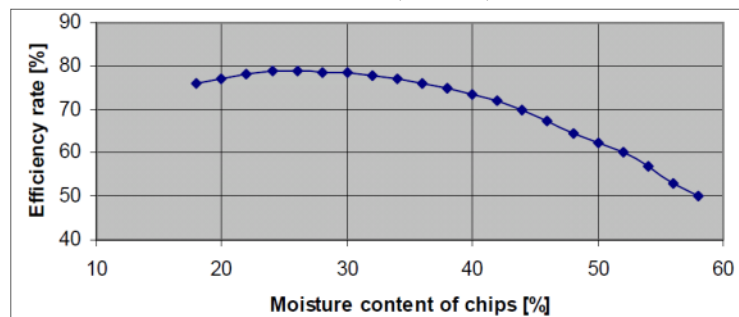
チップ水分：20%(W.B) 低位発熱量：920kWh/m<sup>3</sup> ボイラー効率：77%

M55チップからのエネルギー生産量 800kWh × 0.62 = 496kWh

M20チップからのエネルギー生産量 920kWh × 0.77 = 708kWh

約43%のエネルギー量増加

水分別チップボイラー(50kW)の燃焼効率例



引用：北カレリア応用科学大学研究資料

## ボイラーへの負荷軽減

- ・ 特に低負荷で運転する場合、ボイラーの更新時期に影響。



## 排気的环境性を向上

- ・ 不完全燃焼により発生するCO, NOx, PMの発生量を抑制。



引用：岩手県林業技術センター資料

## 保管性の向上・臭気の抑制

- ・ 発酵に起因する有機物分解によるエネルギーの減少を低減。
- ・ カビの発生抑制により作業従事者の健康への影響を防止。



Schimmelbildung an der Schüttungskrone  
<http://www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/holz-logistik/energie-aus-holz/hackschnitzel/34788/index.php>

- 水分の低い木質チップは**燃料としての価値が高い**。
- 日本ではチップの取引形態が複数あり、**熱量ベースでの取引はまだ多くはない**。
- ドイツの事例では、**熱量価値+付加価値が価格に反映されている**。

## 《日本でのチップ取引例》

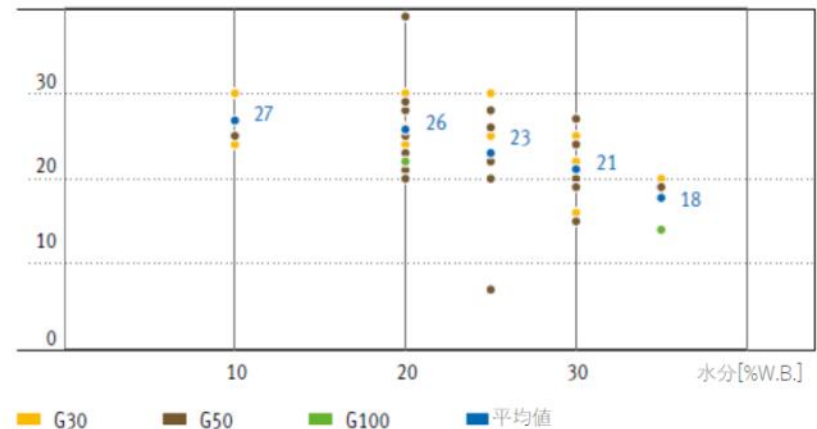
- ①**重量ベース（生重量トン）での取引**  
含まれる水の量が多いと高く売れる
- ②**水分〇%以下という条件を付けて一定額で取引**  
ある程度の水分管理が必要。
- ③**絶乾重量での取引**  
水分は関係ないが、運送上は水分が低い方が望ましい。
- ④**低位発熱量での取引**  
水分に応じた価格の取り決め。
- ⑤**低位発熱量の増加分+ $\alpha$ の価格を上乗せして取引**  
乾燥チップの利点(ボイラ効率、保管性等)を考慮した価格。

乾燥  
価値  
低

高

## 《ドイツでのチップ取引例》

- 水分35%→20%で**販売価格が約44%増加**。
- その際の**熱量の増加は約6%**。



出典: DWF, DBFZ, DEPI, TFZ

引用: 燃料用木質チップの水分別取引価格 (2014 FNR資料)

## 《木質チップ乾燥システムの高度化のポイント》

### Point1 熱回収システムの改良⇒乾燥効率の向上

- 気密性や断熱性を高めて乾燥効率を向上させることで、昨年度の上限67%から向上を目指す。

### Point2 脱着式コンテナ機構を用いない運用方法⇒汎用性向上

- 吊り上げが可能なチップネットを用い、ユニック車等の利用を想定した運用方法を検討。

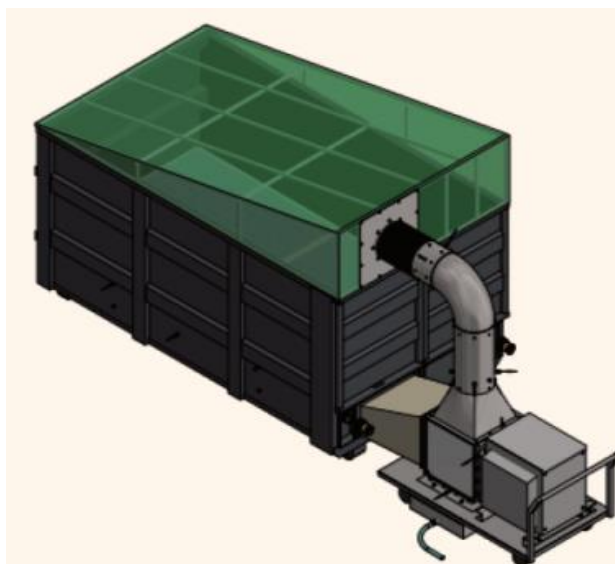
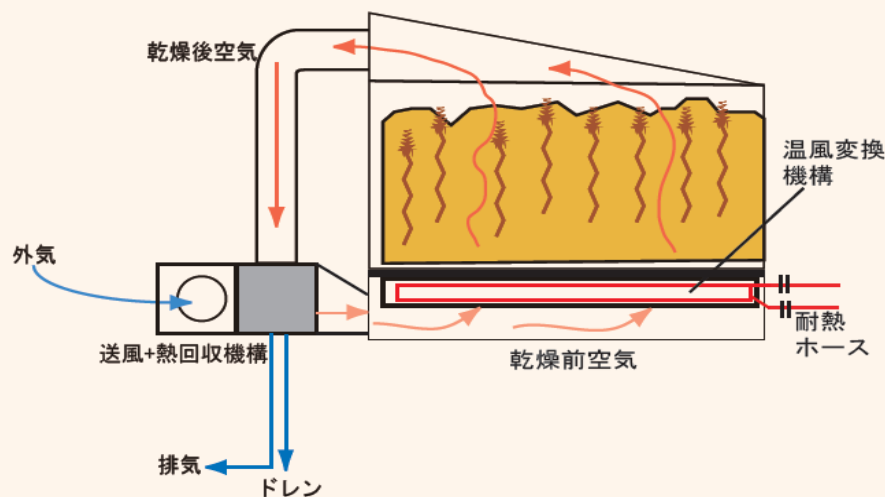
### Point3 冬期以外のデータ取得⇒性能データの充実

- 実証試験を実施し、性能データの充実をはかる。

## 《システム構成》

### 開発中コンテナ式未利用熱乾燥システム（バッチ式）

- 未利用の低温熱を用いて木質チップを効率よく乾燥。
- 熱回収機構により、排気の熱エネルギーを有効活用。
- 脱着式コンテナを用いることで、乾燥後そのまま運搬が可能。



## ①木質チップの特性の把握

実証試験に用いる木質チップの特性を明らかにする基礎的分析を実施。

## ②乾燥システム熱回収機能・汎用性の向上に向けた改良・開発

熱回収システムの改良：チップ上面排気からの熱回収量を増加させることで乾燥効率を向上。  
 汎用性向上：脱着式コンテナ機構付き車両を持たない林業系事業者への対応性を向上。  
 性能データの充実：異なる条件での実証データを取得し分析。

## ③実証試験による乾燥システムとしての能力評価

乾燥システムを用いた実証試験により、以下の評価項目を基に性能を評価。

## ④システムを活用した乾燥チップ供給事業の検討

約3,000m<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/年の乾燥チップ供給事業実現のため、コストも含めた事業モデルを検討。

### 《木質チップの効率的な乾燥のための評価項目》

**水分蒸発速度 (kg/h) = 1時間あたりに蒸発する水分量**

乾燥システムの乾燥時間に関係する項目。数字が大きい方が良い。

**乾燥効率 (%) = 乾燥に使われる熱量/乾燥機への供給熱量**

乾燥システムに投入される熱エネルギーがどの程度利用されるかを表す項目。高い方が良い。

**投入電力量 (kWh/チップm<sup>3</sup>) = チップ1m<sup>3</sup>当たりの乾燥に要した消費電力量**

乾燥システムを稼働させるために必要な電力量に関する項目。数字が小さいほうが良い。

**熱源活用率 (%) = 乾燥によるチップの低位発熱量の増加分/乾燥機への供給熱量**

未利用熱・余剰熱の熱量の内、チップの増加発熱量とすることができ割合を表す項目。高いほうが良い。

- 実証施設を千葉県内チップ製造会社敷地内に設置し、2018年10月より実証試験を実施。

## 丸太集積場所



## チップ製造機



## 《分析結果より抜粋》

- 供試チップは、千葉県内で製造されている燃料用チップ。
- 粒度分布、低位発熱量、かさ密度等を分析。
- 粒度分布分析のふるい目寸法について木質バイオマスエネルギー協会による品質規格（4,8,16,26,31.5,45,63,90mm）に照らすと、**P26の区分に相当。**



広葉樹針葉樹混合チップ（切削）  
ドラム型チップパーを利用  
左：乾燥前 右：乾燥後



かさ密度測定状況

項目	分析値	方法
低位発熱量 (MJ/kg 絶乾)	19.4	JIS M 8814
灰分 (wt%)	0.8	800℃強熱 重量法
炭素 (wt%)	49.2	CHNコーダ-による方法(C換算)
水素 (wt%)	6.03	CHNコーダ-による方法(H換算)
酸素 (wt%)	43.6	計算法(O換算)
かさ密度 (kg/m <sup>3</sup> )	307	水分50%W.B.時

## 木質チップの粒度分布

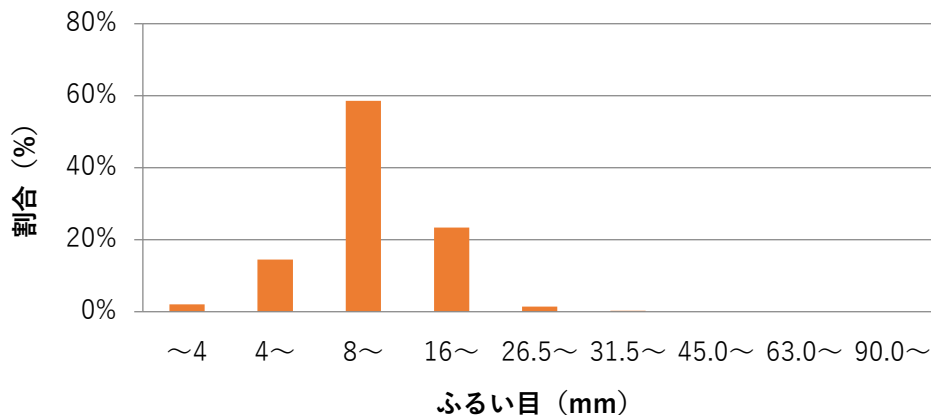


表3. 寸法区分

区分	微細部	主要部	粗大部	最大長
	チップ重量の10%未満	チップ重量の80%以上	チップ重量の10%未満	
P16	<4mm	4-16mm	16-32mm	<85mm
P26	<4mm	4-26mm	26-45mm	<100mm
P32	<8mm	8-32mm	32-63mm	<120mm
P45	<16mm	16-45mm	45-90mm	<150mm

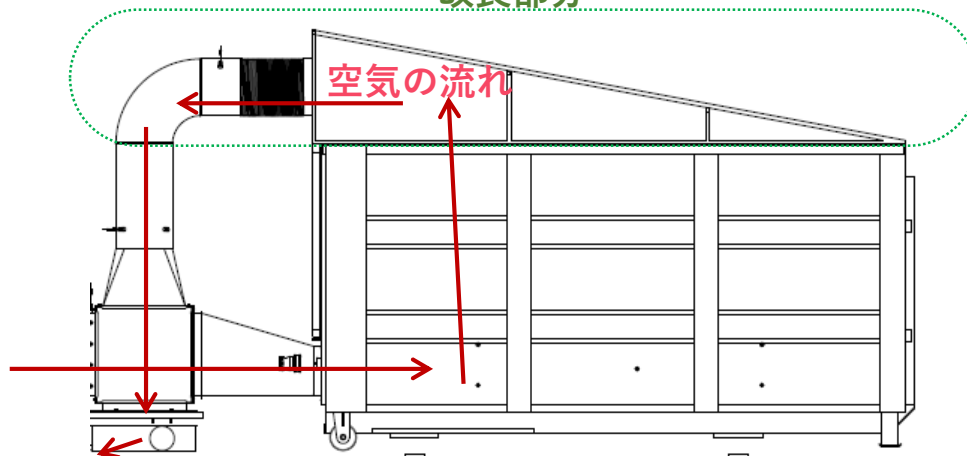
注) 寸法: ふるいの目開き寸法

引用) 木質バイオマスエネルギー協会ホームページ  
燃料用木質チップの品質規格



- 乾燥効率（実際水分の蒸発に使われる熱量/乾燥機への供給熱量）の向上は乾燥性能上で重要。
- 気密性や断熱性を高めて乾燥効率を向上させる。
- 熱源出力が小さい場合等での乾燥システムの適用範囲向上にも貢献する。

改良部分



①軽量化・断熱化・空隙減少

- アルミフレーム化により重量を65%削減
- 生地を2重化による断熱
- 弾力素材の利用による気密性向上

②ノーフレーム化

- バルーン素材を使用することによる軽量化
- 作業時の脱着性・安全性の向上
- 雨天時の利用も可能



- コンテナ式乾燥システムは、脱着式コンテナ機構にて直接運搬ができることに運用上の利点。
- 脱着式コンテナ機構付き車両を**所有していない事業者には現状不適な乾燥システム**。
- そこで、**吊上げが可能なチップネット**を用い、ユニック車等の利用を想定した**運用方法を検討**。

普及率まだ低い



普及率高い



## ユニックによる運用

- 吊上げが可能なチップネットを用い、**ユニック車等の利用を想定した運用方法も可能**。



チップネット



ネットをコンテナに設置



チップを投入・乾燥



ユニックによる吊上げ



搬出完了

## 実証施設の前提条件:

- 熱源：55～75°C程の灯油ボイラ蒸気を用いた温水を利用
- 乾燥量：木質チップ約8m<sup>3</sup>（バッチ式）
- 乾燥開始水分：M45またはM55と想定
- 乾燥目標水分：M15(ガス化CHP用),M25（小型チップボイラ用）,M35（中型チップボイラ用）
- 乾燥時間：2日(48時間)以内を予定。
- 取得データ：気象条件(外気温湿度),熱源条件(温度,流量,熱量),  
チップ条件(重量,水分,温度),投入エネルギー(供給熱量,使用電力量)

## 試験要因:

試験条件	要因		
風量	風量少	風量中	風量大
熱回収	なし	あり	
チップ種類	切削チップ	破砕チップ	

## 実施状況:



重機で積込み



センサー類  
取付け



熱源ホース・乾燥コンテナ・  
熱回収システム・  
ファンユニット



試験状況

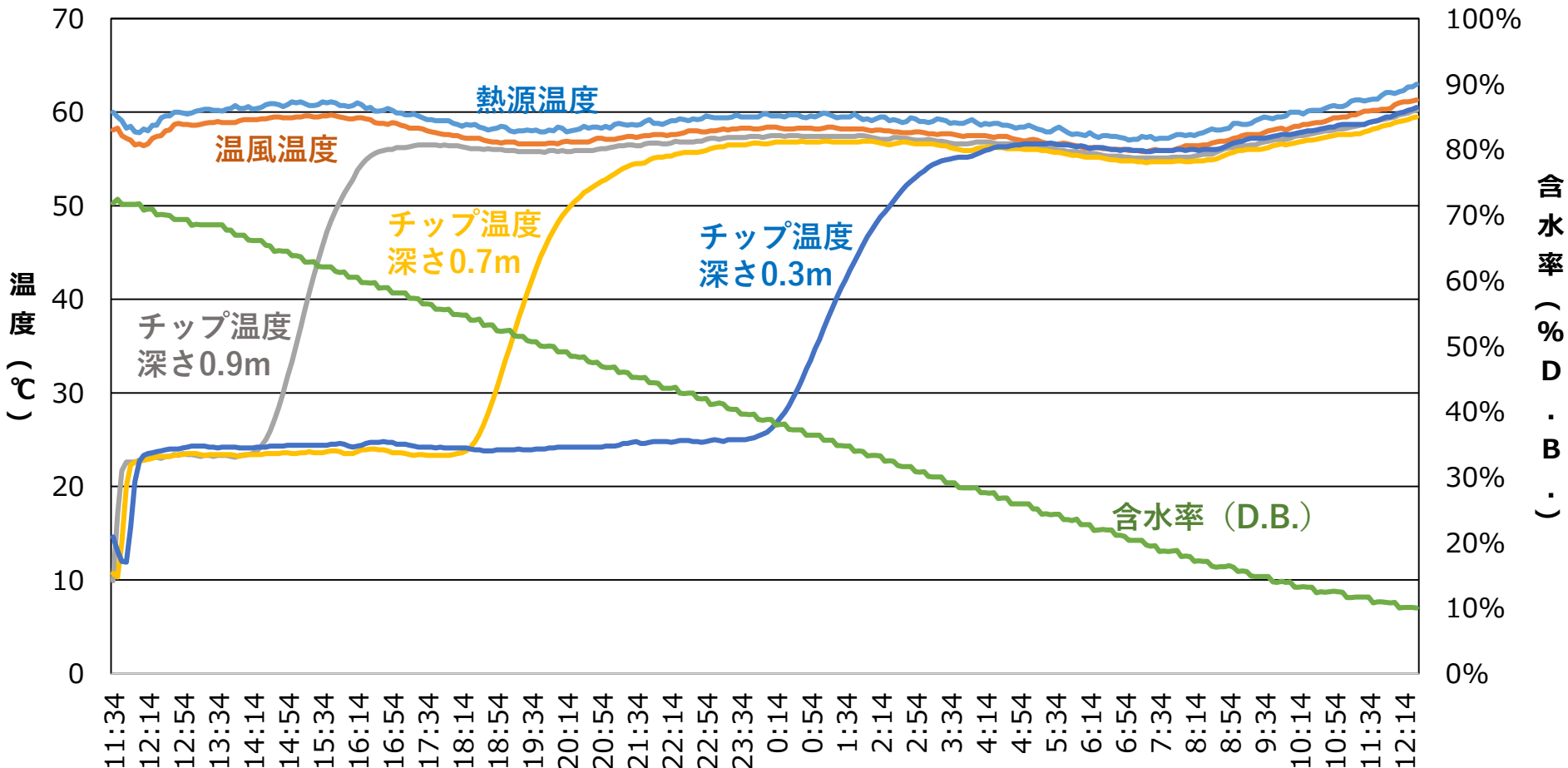


乾燥後チップの荷降し

#### 【試験結果（抜粋）（風量中・熱回収あり）】

- 熱源となる温水はおおよそ55～60°Cの間で推移している。
- 温風温度は温水温度より1～2°C低い温度で吹き出ている。
- チップの材料温度は一旦、24°C付近で安定し、その後下部から温度上昇し、温風温度に近づく。

#### 熱源温度・乾燥用空気温度・深さ別チップ温度・含水率の変化



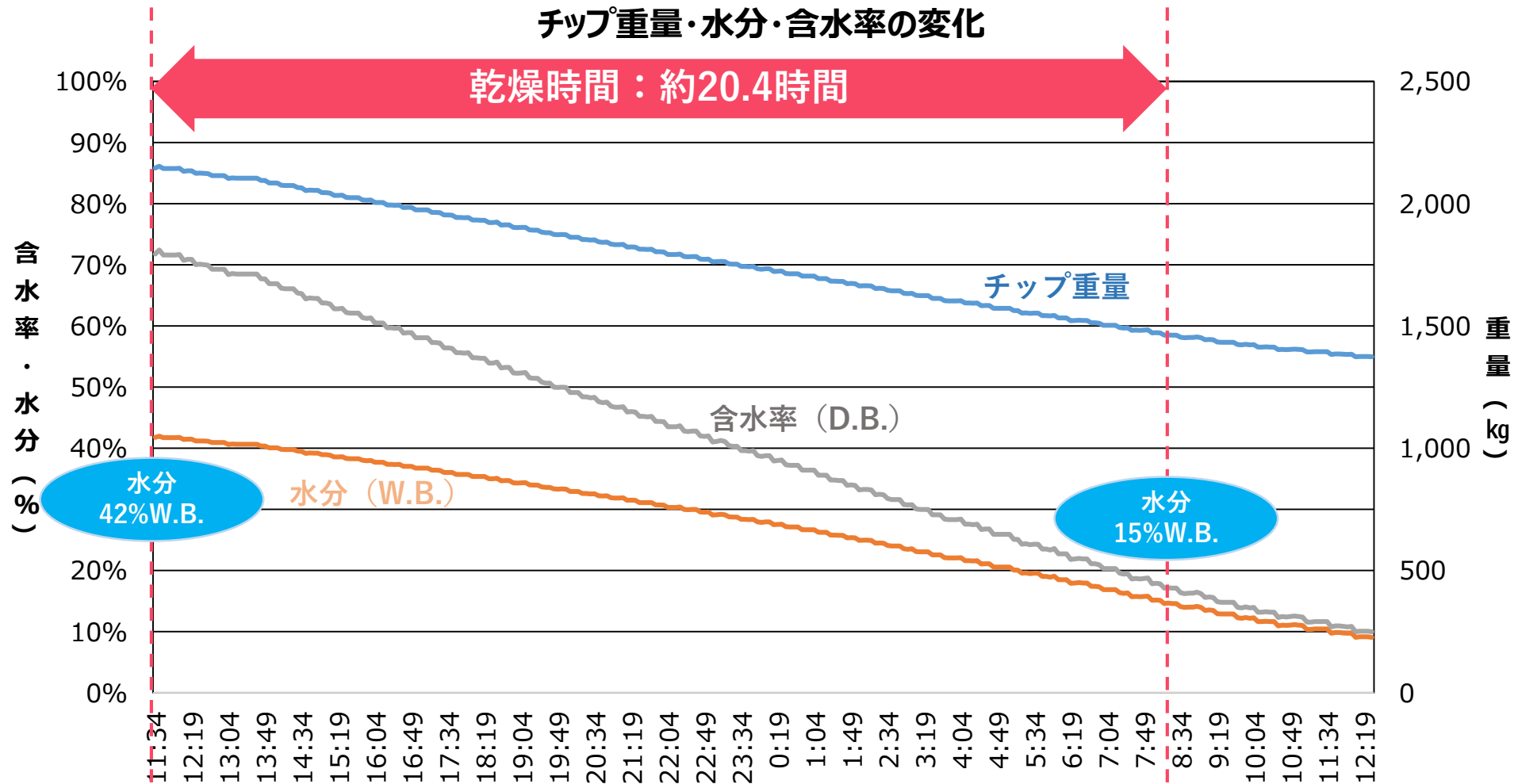
2018/12/21~22

#### 【試験結果（抜粋）（風量中・熱回収あり）】

- 含水率を見ると、乾燥開始初期と終期は低下が緩やかだが、ほぼ直線的な推移。
- 乾燥開始時水分42%から15%W.B.までの範囲で見ると、乾燥時間は約20時間であり、チップの水分蒸発速度（水分の蒸発量）は33.0kg/h。

#### チップ重量・水分・含水率の変化

乾燥時間：約20.4時間

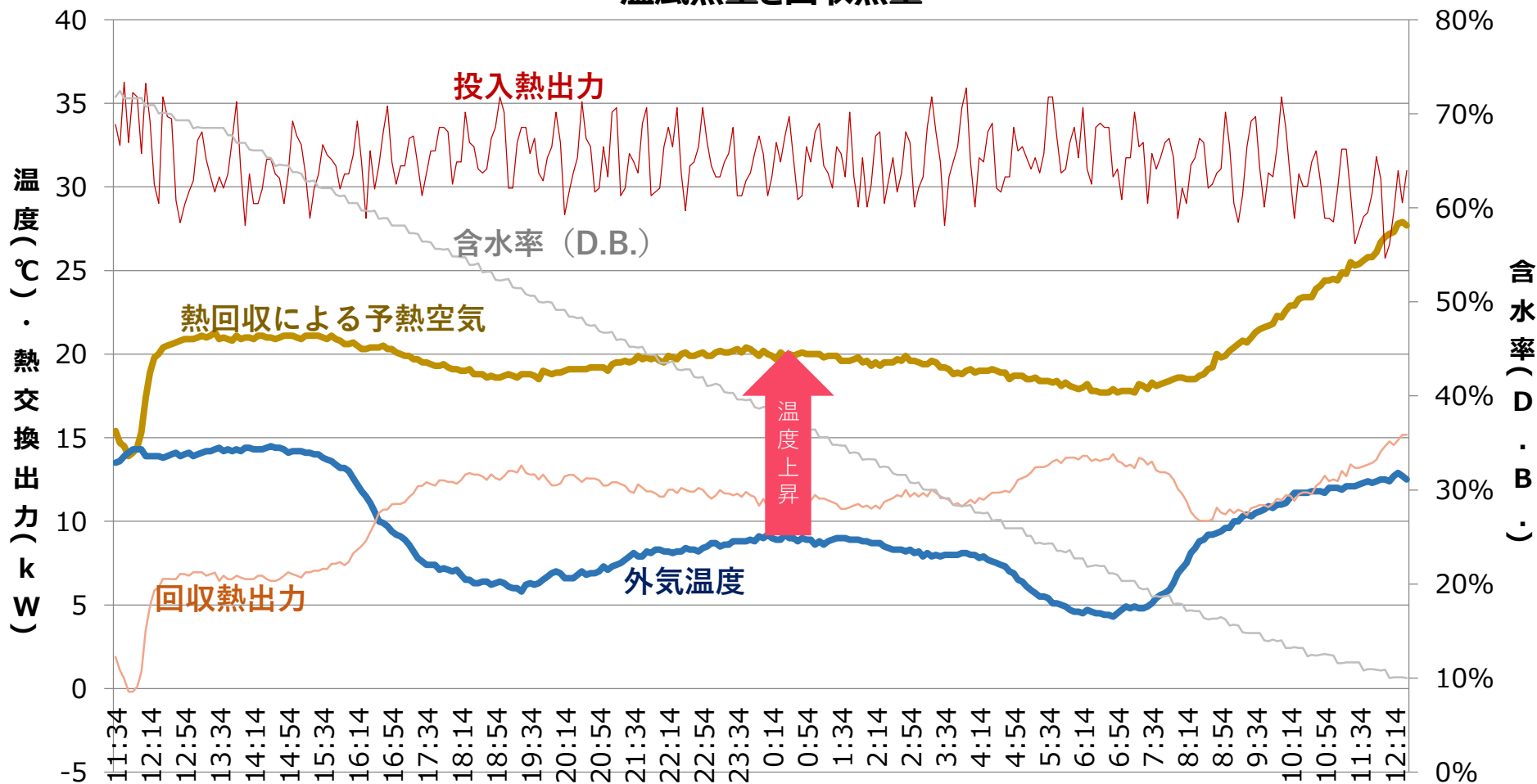


2018/12/21~22

#### 【試験結果（抜粋）（風量中・熱回収あり）】

- 熱源からの供給熱出力は、42%⇒15%W.B.で平均31.8kW。熱供給量の合計は651kWh。
- 木質チップの表面排気から得られる回収熱出力は平均10.6kW。
- 熱回収により外気が予熱され、約12°C上昇している。

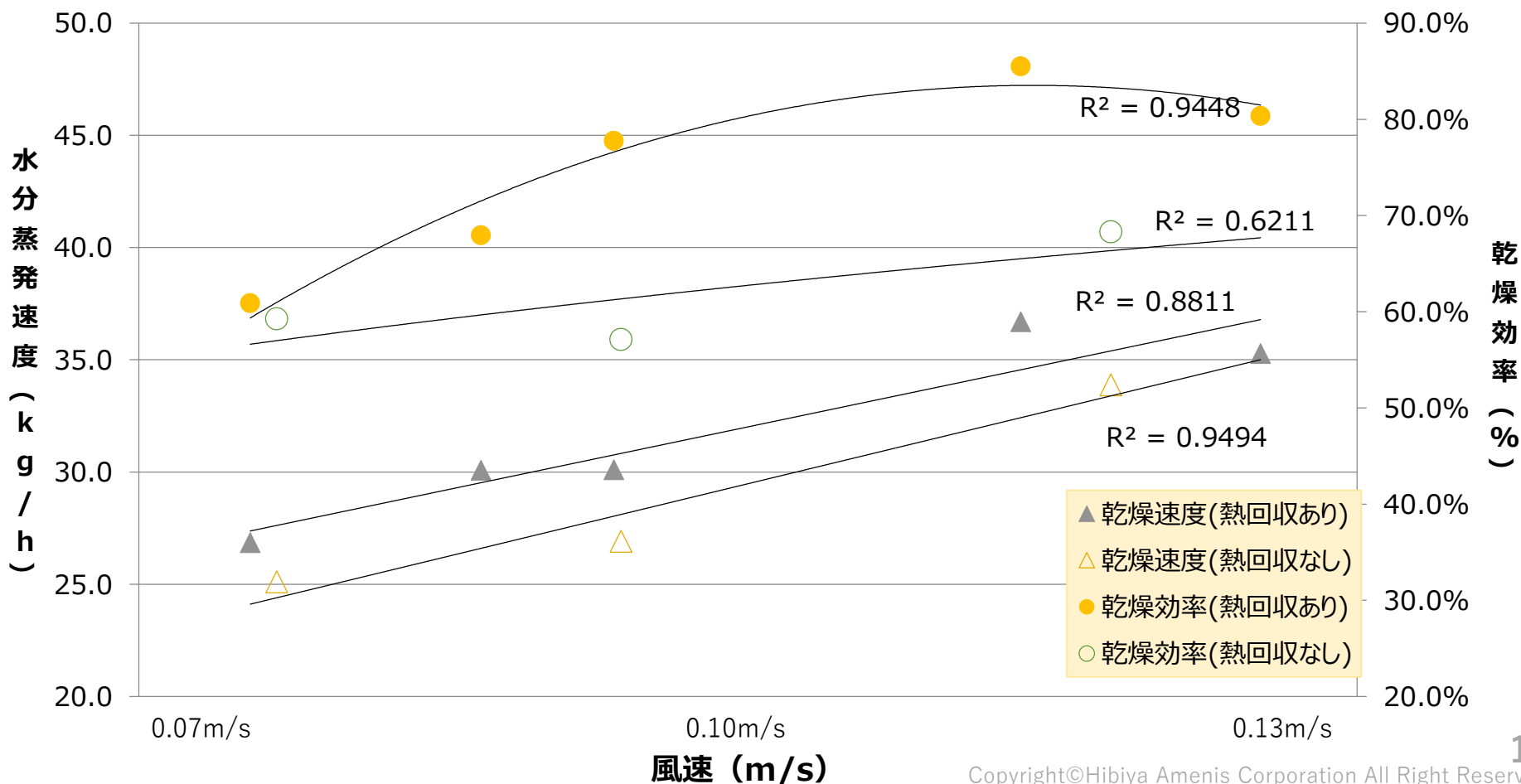
#### 温風熱量と回収熱量



#### 【温風風量の影響・熱回収の効果】

- 風量の増加は水分蒸発速度を増加させ、乾燥時間の短縮に効果がある。
- 熱回収を行うことで乾燥効率が向上し、最大値で昨年度の67%から86%となった。

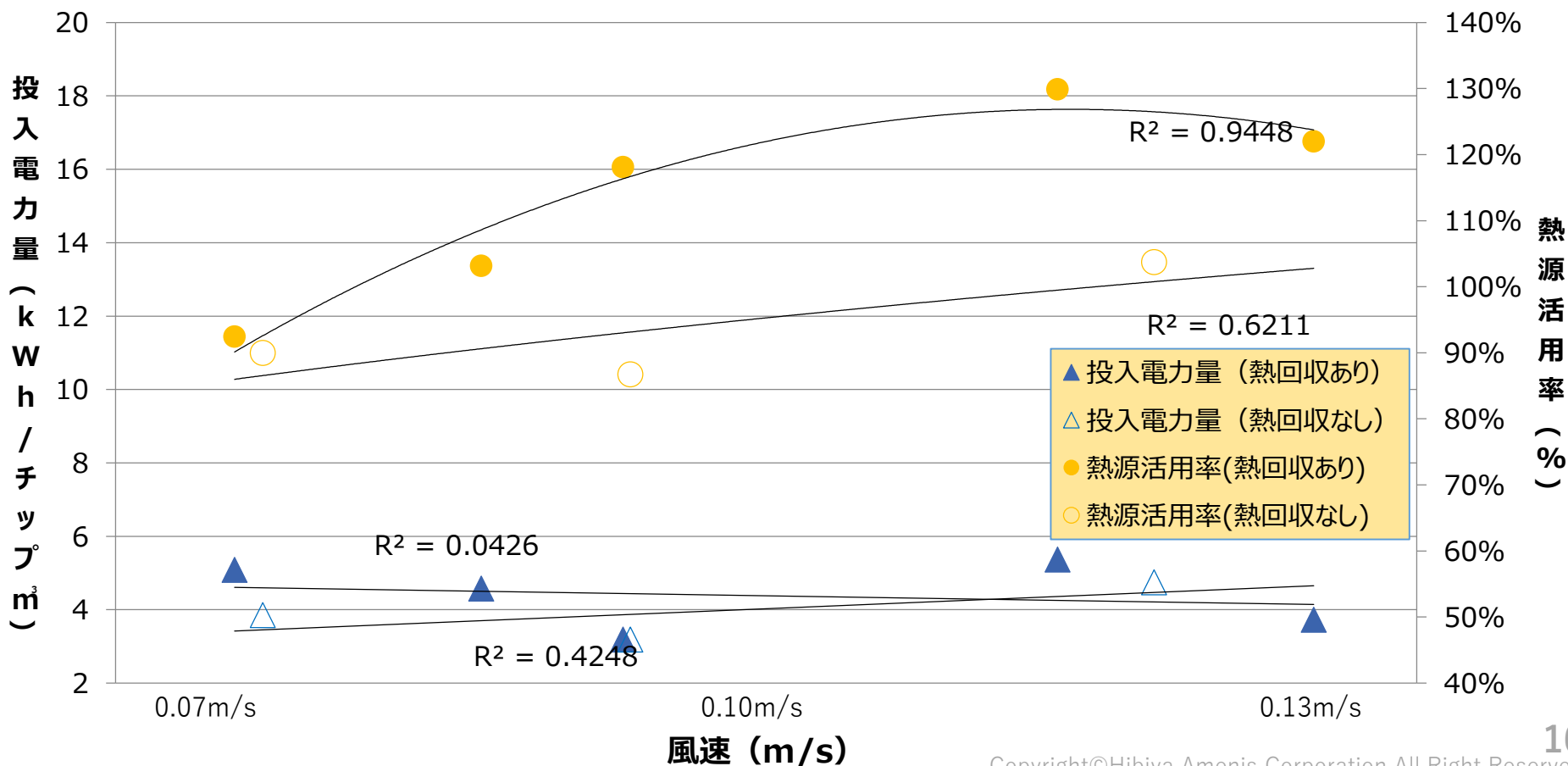
水分蒸発速度 (kg/h) = 1時間あたりに蒸発する水分量  
 乾燥効率 (%) = 乾燥に使われる熱量/乾燥機への供給熱量



#### 【温風風量の影響・熱回収の効果】

- チップ1m<sup>3</sup>の乾燥に用いる電力消費量は約3~6kWhであり、水1kgでは0.03~0.05kWhとなる。
- 熱回収を行うと熱源活用率が向上する。これは、熱源のエネルギーを有効にチップの熱量として保存していることを示す。

投入電力量 (kWh/チップm<sup>3</sup>) = チップ1m<sup>3</sup>当たりの乾燥に要した消費電力量  
 熱源活用率 (%) = 乾燥によるチップの低位発熱量の増加分/乾燥機への供給熱量

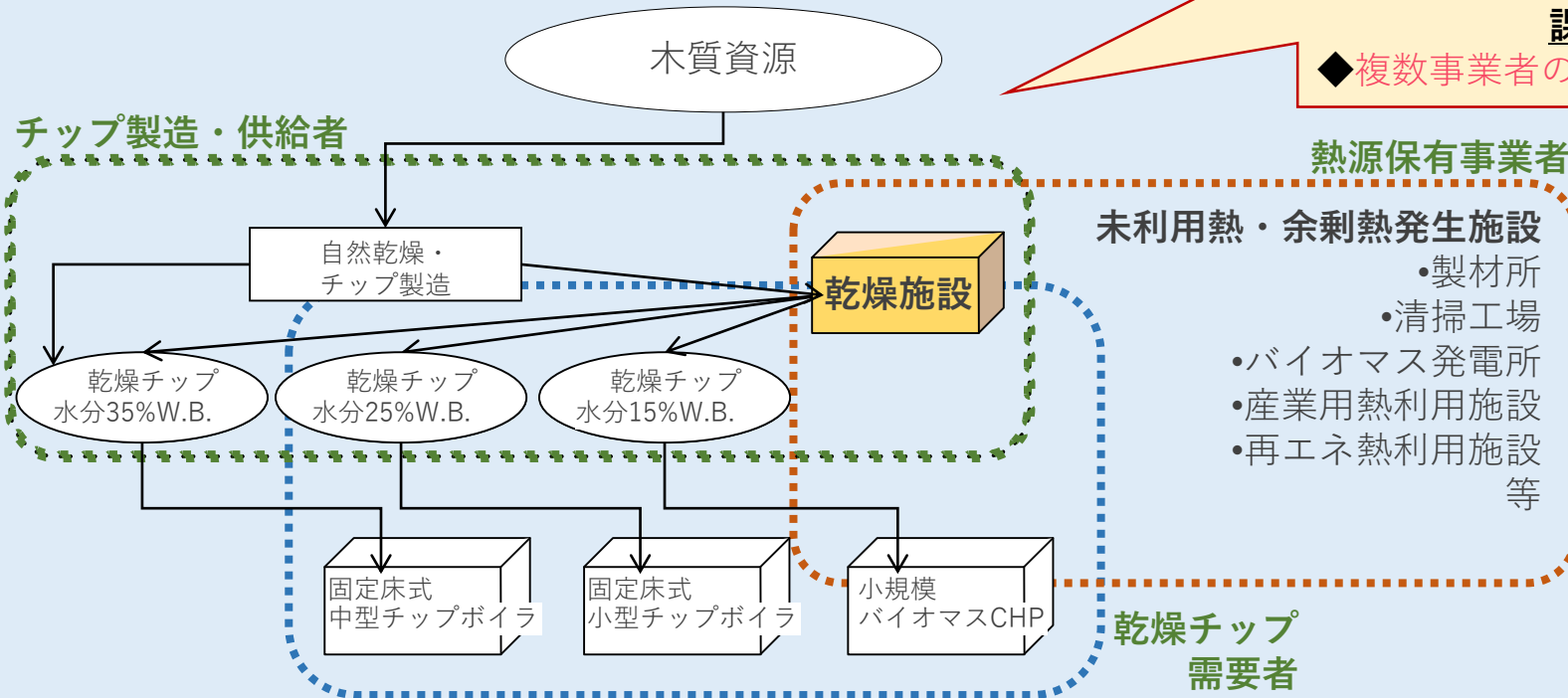




### 《乾燥システム概要》

- 50kW以下の小熱源においても最短1日で乾燥チップの製造が可能。
- 年間の乾燥チップ生産量は約2000m<sup>3</sup>/年・基。
- 比較的な小規模な地域内利用に適している。
- 低温かつ不安定な未利用熱・余剰熱の利用も可能。

### 《乾燥チップ地域システム例》



#### 特徴

- ◆乾燥熱源は未利用熱・余剰熱を無償または安価で利用。
- ◆チップ供給者のチップ売上拡大と需要者の求める品質をマッチング。

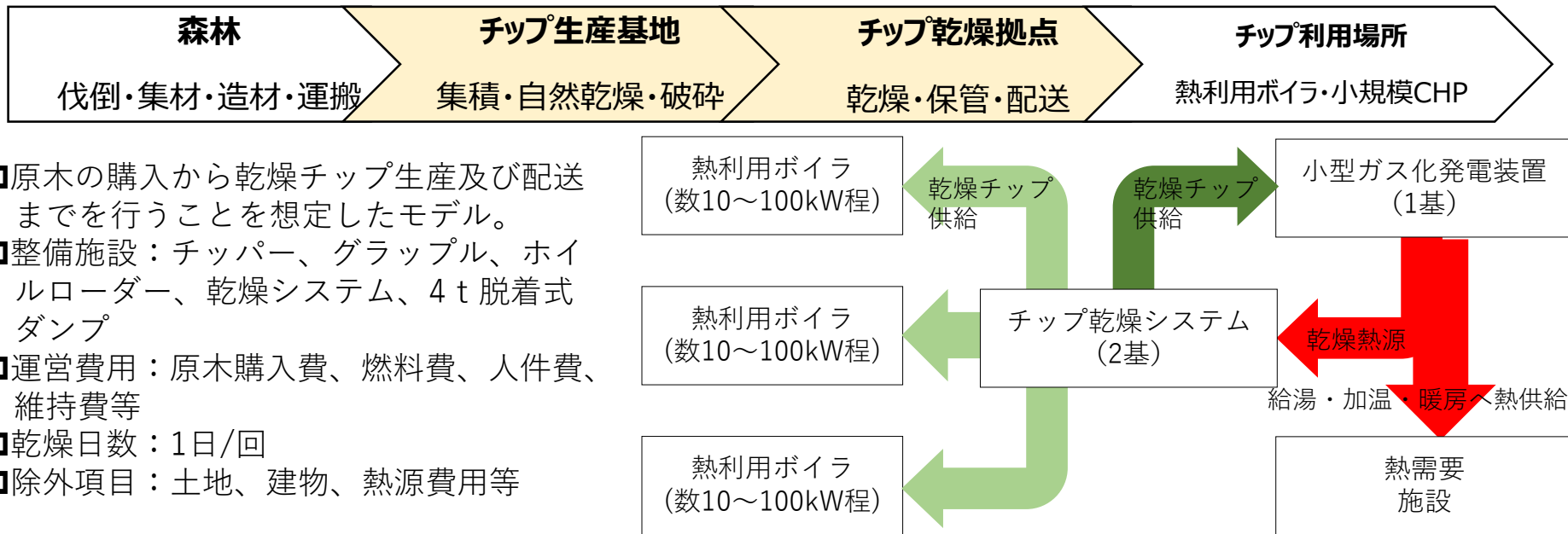
#### 課題

- ◆複数事業者の協働が必要。

## 乾燥チップ生産コスト分析

### 《試算の前提》

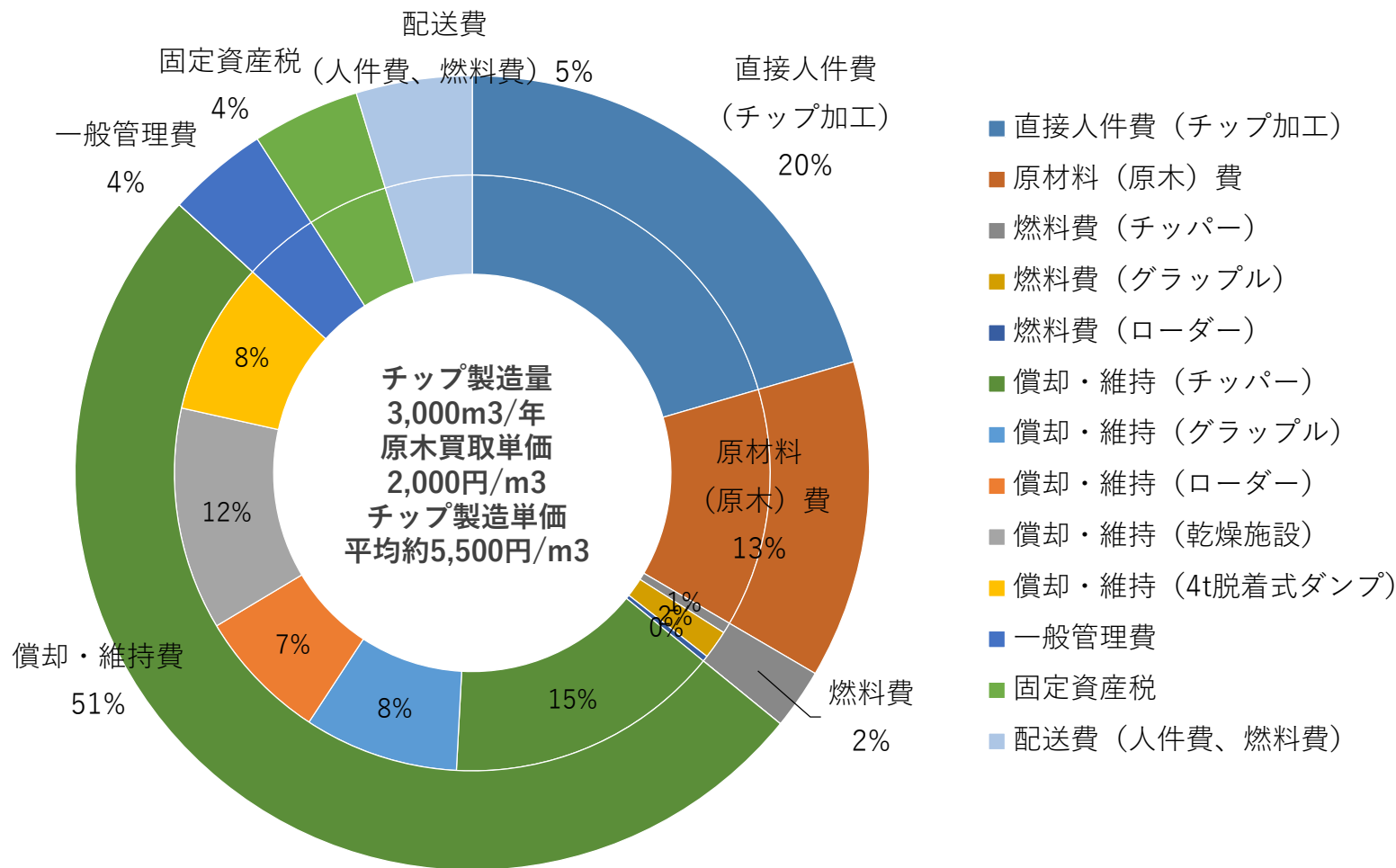
- 原木の購入から乾燥チップ生産及び配送までを行うことを想定したモデル。
- 整備施設：チッパー、グラブプル、ホイールローダー、乾燥システム、4t脱着式ダンプ
- 運営費用：原木購入費、燃料費、人件費、維持費等
- 乾燥日数：1日/回
- 除外項目：土地、建物、熱源費用等



Case1 素材生産目標630m <sup>3</sup>	Case2 素材生産目標1,080m <sup>3</sup>	Case3 素材生産目標1,350m <sup>3</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・生チップ生産量1,750m<sup>3</sup></li> <li>・小規模ボイラ用チップ (25%W.B.) : 310m<sup>3</sup></li> <li>・小規模CHP用チップ (15%W.B.) : 1,440m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生チップ生産量3,000m<sup>3</sup></li> <li>・小規模ボイラ用チップ (25%W.B.) : 1,560m<sup>3</sup></li> <li>・小規模CHP用チップ (15%W.B.) : 1,440m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生チップ生産量3,750m<sup>3</sup></li> <li>・小規模ボイラ用チップ (25%W.B.) : 2,310m<sup>3</sup></li> <li>・小規模CHP用チップ (15%W.B.) : 1,440m<sup>3</sup></li> </ul>
原木購入価格：2,000円/m <sup>3</sup> 小規模ボイラ用チップ：6,000円/m <sup>3</sup> 小規模CHP用チップ：7,000円/m <sup>3</sup>		

## 《試算結果》生産コスト

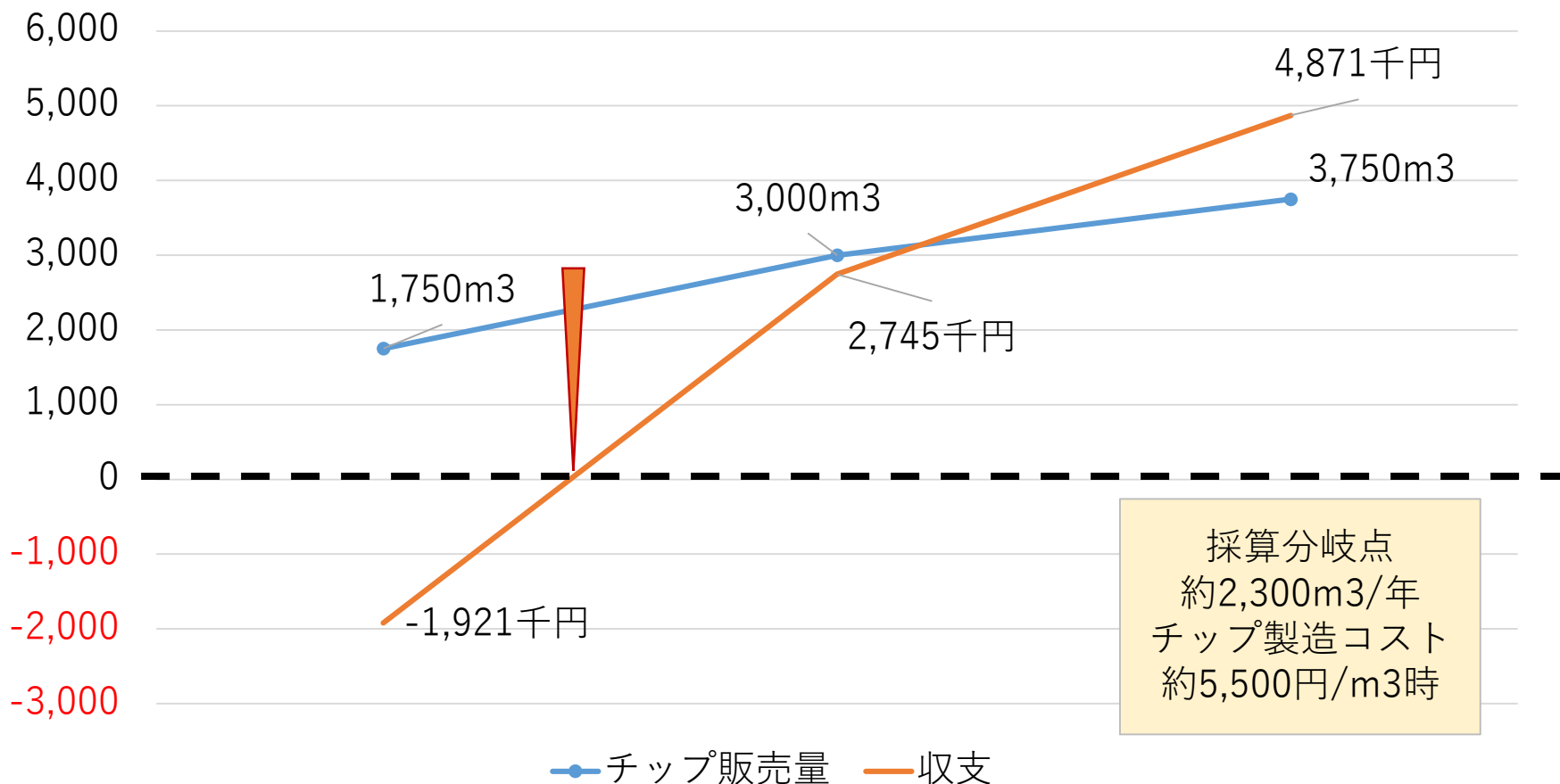
- チップ製造単価は平均5,500円/m<sup>3</sup>であり、償却・維持費(51%)と人件費(20%)の割合が大きい。
- 重機等、保有しているインフラがあればその利用により圧縮が可能。
- 乾燥機の償却・維持コストは、約12%であり約700円。



## 《試算結果》 収支

- 約2,300m<sup>3</sup>以上の乾燥チップ生産規模により、事業採算性が出てくる。
- 事業成立のためには、新規整備割合にもよるが、1,000m<sup>3</sup>/年の原木確保、3,000m<sup>3</sup>/年のチップ生産・販売が目安となる。

### 乾燥チップ製造・供給事業採算分析



### 《成果》

- 熱回収機能改良により、乾燥効率が最大で85%程度に向上。
- 30kW程の熱源で最短1日以内での乾燥を確認(45%W.B.⇒15%W.B.)。
- システムの汎用性向上（脱着式コンテナ機構不要）により多様な事業者が利用可能。
- 比較的小規模な木質資源～乾燥チップ供給までの事業モデルを検討。

### 《地域内エコシステム構築への貢献》

- 小型チップボイラ、小型CHP等の導入を想定した乾燥チップ需要は高まっており、本システムが導入に貢献。
- 小出力の未利用熱源を利用可能とすることで、事業者の幅を広げ、地域での乾燥チップの安定供給体制に貢献。

### 《課題》

- 運用方法を精査し、制御システムを簡便なものにすること。
- 定置式乾燥システムへの応用。
- チップ製造・供給者、熱源保有事業者、乾燥チップ需要者をつなげ、自らが熱源と乾燥ニーズのマッチングする事業をつくること。

ありがとうございました。

Copyright©Hibiya Amenis Corporation All Right