

平成29年度

「新たな木材需要創出総合プロジェクト事業のうち地域材利用促進の木質バイオマスの利用拡大」

「平成29年度 木質バイオマス加工・利用システム開発事業」

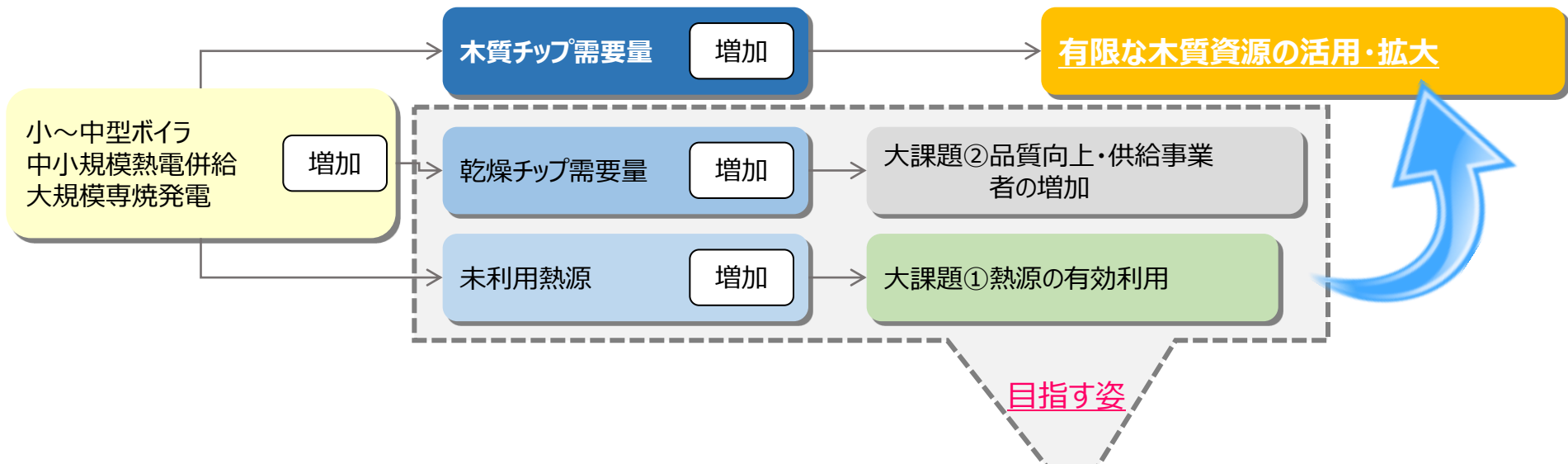
多様な熱源を効率的に活用する木質チップ乾燥システムの 高度化開発・実証事業

成果報告会資料

平成30年3月2日

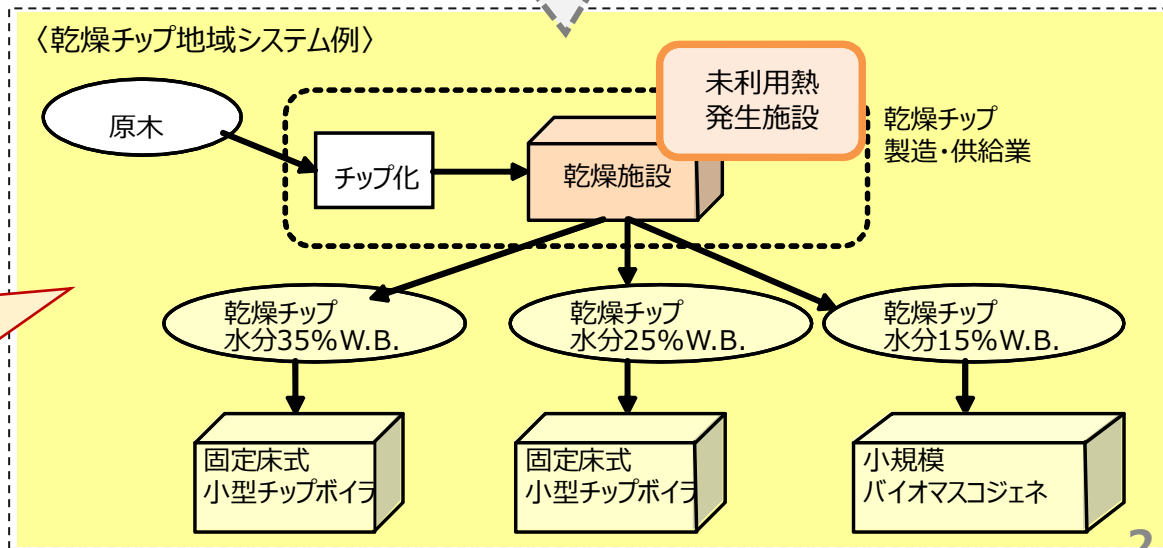
株式会社日比谷アメニス

- 木質バイオマスの利用拡大に伴う課題を取込み、**有限な木質資源の有効活用へとつなげる。**
- **地域における乾燥チップの供給ビジネス（集積基地型等）に資することを旨とする。**
- そのために、昨年度事業にて開発した**木質チップ乾燥システムの高度化を行う。**



目指す姿

- 課題：
- ◆ 乾燥チップの供給事業者
 - ◆ 乾燥チップの製造技術
 - ◆ 木質チップの品質規格浸
 - ◆ 熱量及び+αでのチップ取引



- **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**

① 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%程まで下げることによって、元の資源量に対する低位発熱量は約1.2倍に増加。

② 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(30%以上)とボイラー効率が低下することもあり燃料消費量が増加。

e.g. 100kWのボイラで効率が90%の場合、必要燃料は111.1kWh。
ボイラ効率80%では、必要燃料は125kWh相当となり、13%の差。

③ ボイラーへの負荷軽減

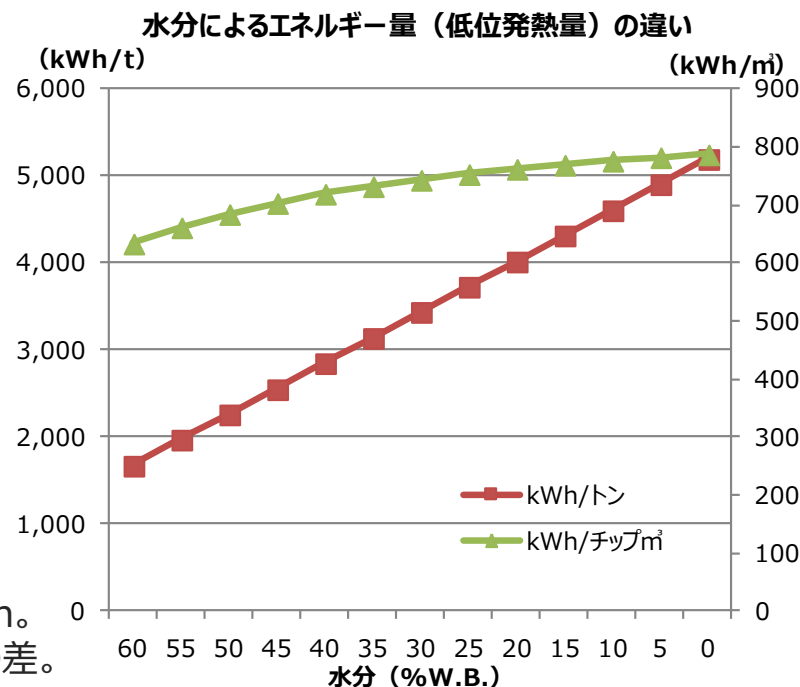
- ・特に低負荷で運転する場合、ボイラーの更新時期に影響。

④ 保管性の向上・臭気の抑制

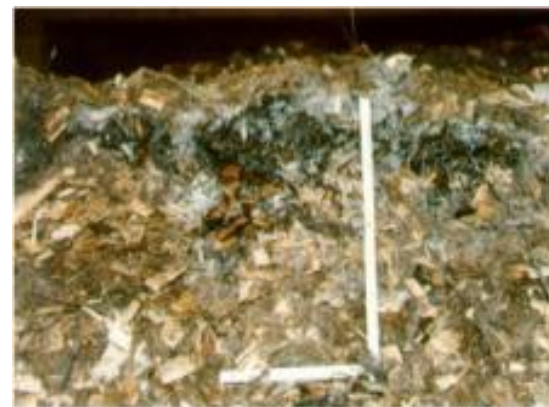
- ・発酵に起因する有機物分解によるエネルギーの減少を低減。
- ・カビの発生抑制により作業従事者の健康への影響を防止。

⑤ 排気的环境性を向上

- ・不完全燃焼により発生するCO, NO_x, PMの発生量を抑制。



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)



Schimmelbildung an der Schüttungskrone

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

- 50%→25%W.B.の乾燥により、元のチップに対して得られる低位発熱量の増加は約15%。
- 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。

	水分 %W.B.	低位発熱量 kWh/kg	チップ量 Kg/m ³	発熱量 kWh/m ³	熱量増加率 %	イメージ
乾燥前	50	2.2	300	660	15%	木部 (50) 水 (50)
乾燥後	25	3.8	200	760		木部 (50) 水 (17)

《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+α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。

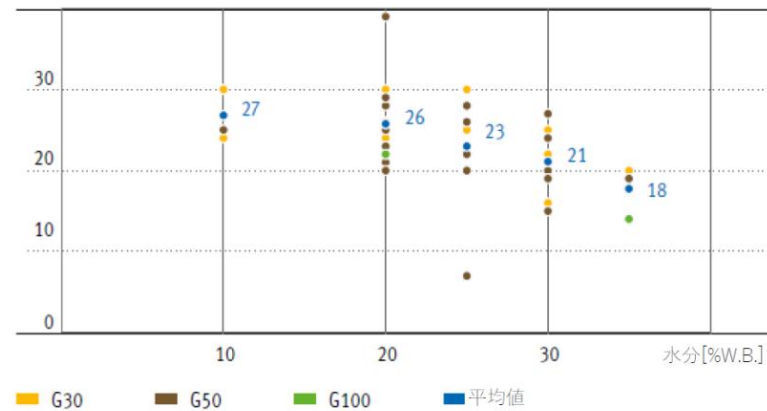
乾燥
価値
低

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%。

販売価格 [€/チップ m³]



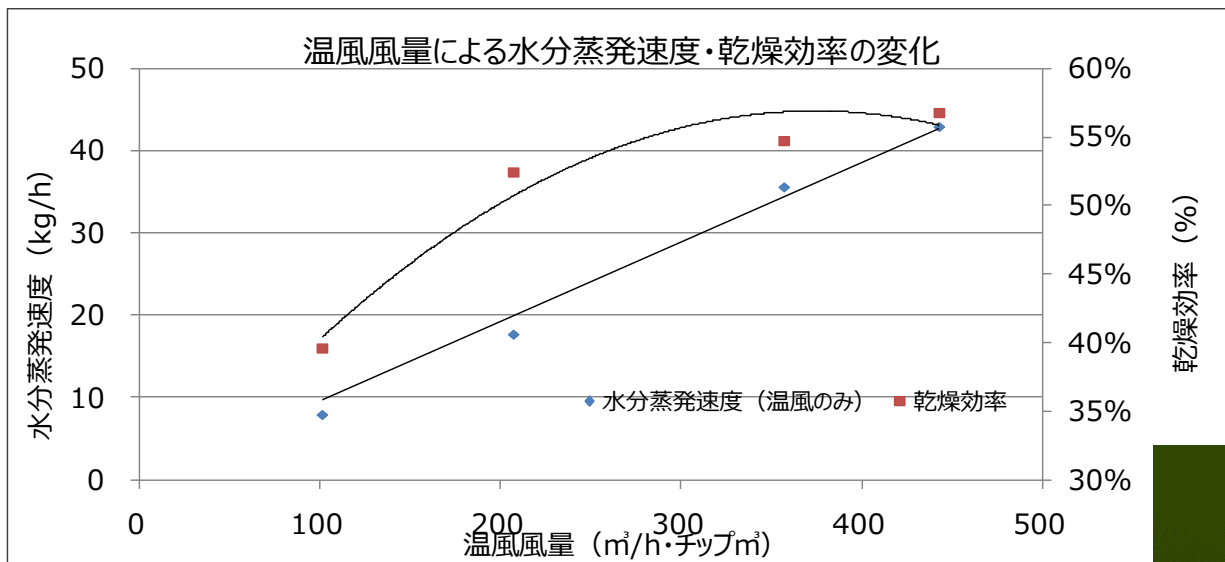
出典: DWF, DBFZ, DEPI, TFZ

燃料用木質チップの水分別取引価格 (2014 FNR資料)

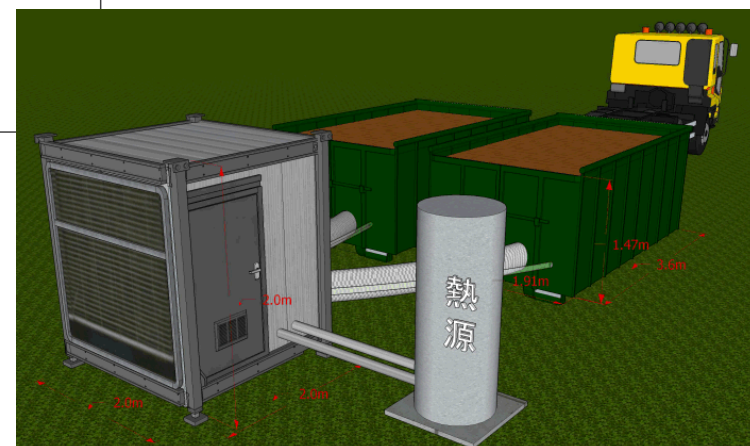
《開発のポイント》

課題：乾燥効率を向上させる熱回収技術

- 乾燥効率(水分蒸発に使われる熱量/乾燥機への供給熱量)の向上は乾燥熱源当たりの乾燥処理量を増加。
- 現状の方法では55%程という上限がある。
- その原因は放熱ロス等であるが、すべてをなくすことはできない。
- そこで、チップ表面から放出される空気に含まれるエネルギーにも注目。
- 放熱ロスの削減とともに熱回収を行い、再利用することで乾燥効率の向上を目指す。



※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



《実施項目》

- ①. 乾燥対象物となる木質チップの乾燥特性を明らかにする。
- ②. 乾燥システムの実証機を用いて各効果を検証する。
- ③. 熱源に適した設備パターンとしてパッケージ化を検討する。
- ④. システムを活用した乾燥チップ供給事業の検討をする。

《実施場所》

●実証施設を山梨県道志村道志の湯ボイラ室横に設置し、11月より実証試験を実施。

事業概要

工事名：道志の湯木質バイオマスボイラー施設建設工事
補助：平成23年度地域再生可能エネルギー熱導入促進事業
稼働：平成24年4月1日～

設備概要

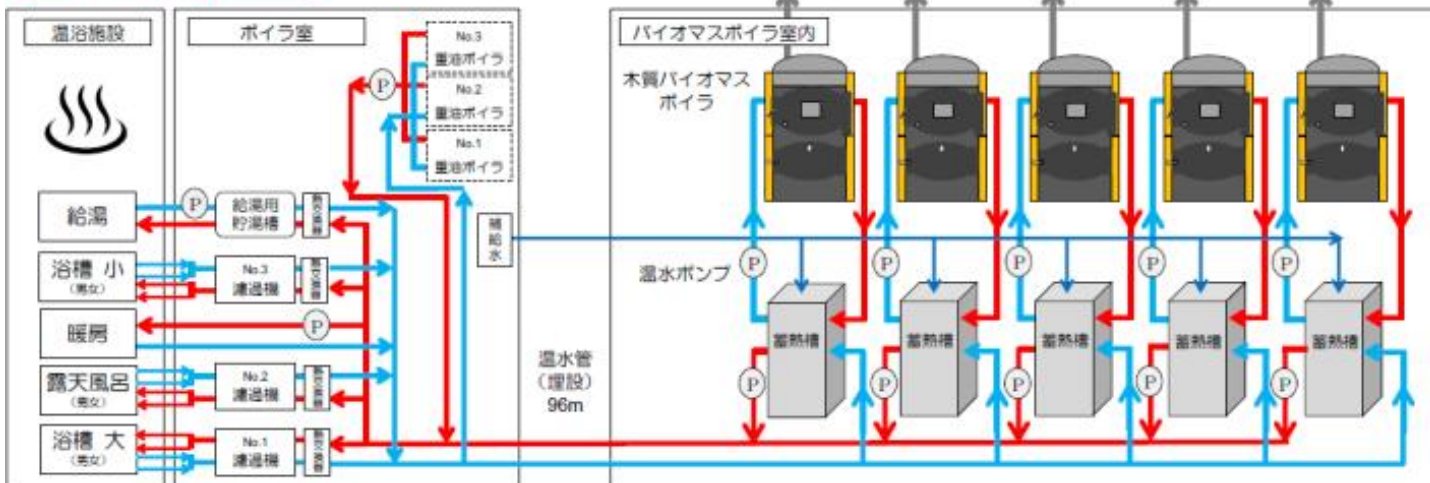
設備規模：375kW（75kW×5基）（最大出力：322,500kcal）
型式：ガシファイア-TAY1200（㈱アーク社製）
方式：ガス化2次燃焼
蓄熱槽：4,000L×5基

※補助熱源として従来使用設備・重油ボイラ（930kW）あり

使用燃料：スギ・ヒノキ間伐材、広葉樹等の薪（サイズ：長800mm 元口径60-200mm）



設備フロー



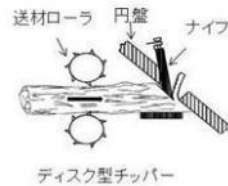
①木質チップの乾燥特性の把握

《分析結果より抜粋》

- 供試チップは、山梨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、P32の区分に相当。



針葉樹チップ(切削)
ディスク型チッパー



引用) 木質資源とことん活用読本

項目	分析値	方法
低位発熱量 (MJ/kg 絶乾)	19.6	JIS M 8814
灰分 (wt%)	0.2	800℃強熱 重量法
炭素 (wt%)	49.9	CHNJ-ゲ-による方法(C換算)
水素 (wt%)	5.97	CHNJ-ゲ-による方法(H換算)
酸素 (wt%)	43.8	計算法(O換算)

木質チップの粒度分布

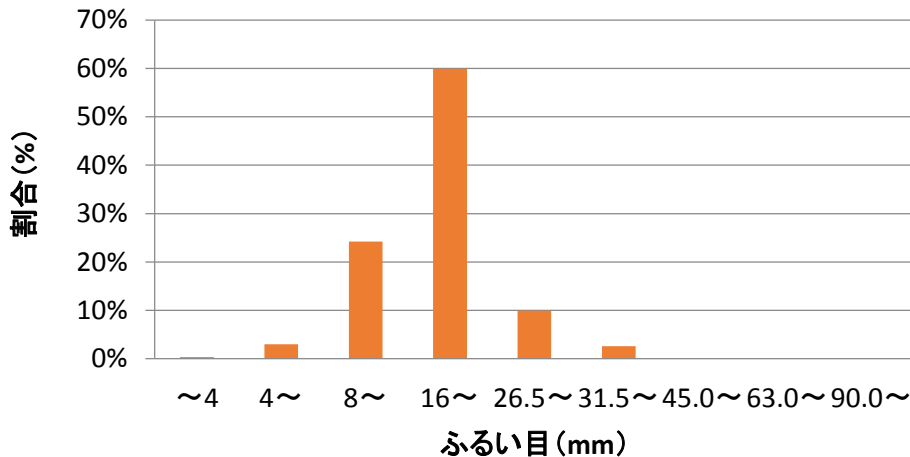


表3. 寸法区分

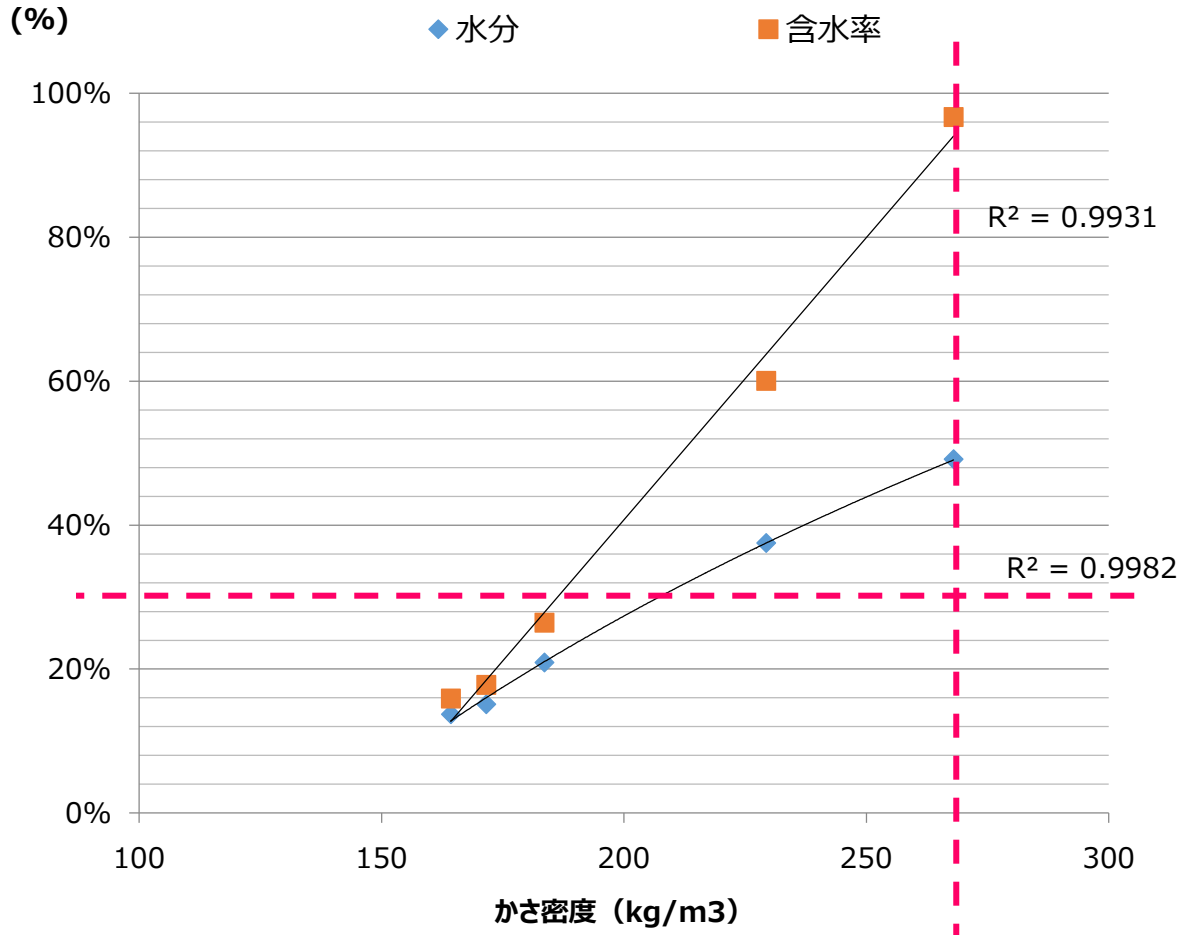
区分	微細部	主要部	粗大部	最大長
	チップ重量の10%未満	チップ重量の80%以上	チップ重量の10%未満	
P16	<4mm	4-16mm	16-32mm	<85mm
P26	<4mm	4-26mm	26-45mm	<100mm
P32	<8mm	8-32mm	32-63mm	<120mm
P45	<16mm	16-45mm	45-90mm	<150mm

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

①木質チップの乾燥特性の把握

- かさ密度と水分の関係式を実測から把握。
- 水分50%W.B.の際のかさ密度は約270kg/m³



参考) 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

《乾燥システム開発の目的》

- 乾燥対象となる木質チップの排気から熱回収し全体的な効率向上を目指すもの。
- 放熱ロスを防ぐことを目指すもの。
- 実証を行うことにより、システムの構成の最適化等、改善策の抽出も行う。

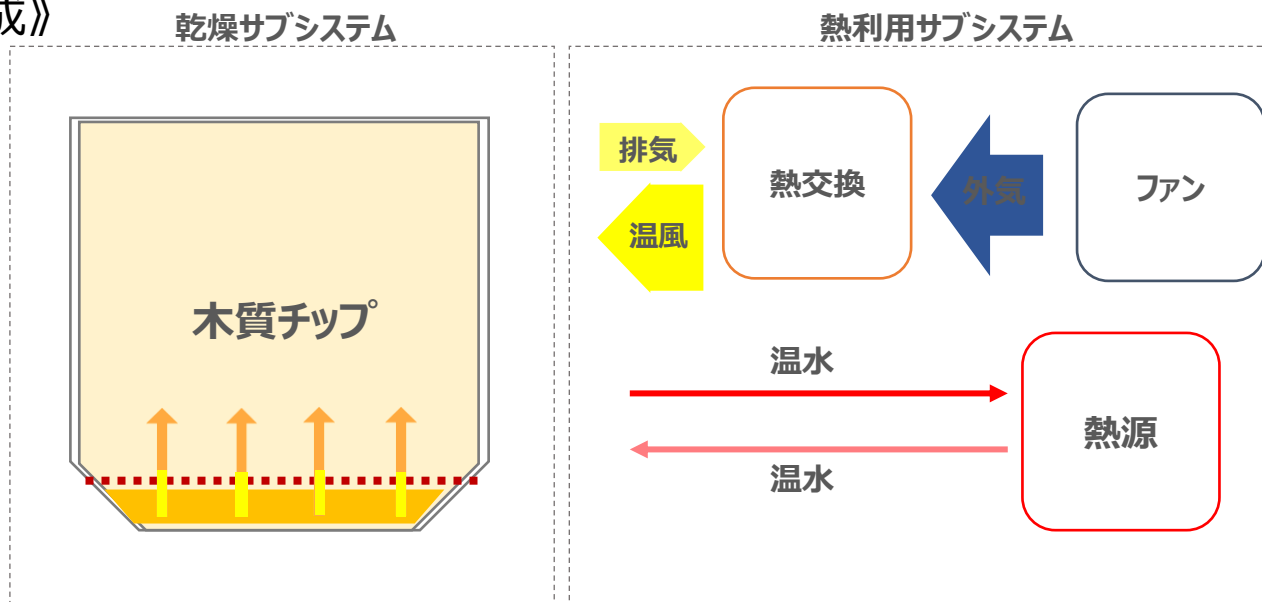
《方法》

木質チップの乾燥試験データとその際の関連データを取得する。

主要取得データ：

- 気象条件 (外気温度、外気湿度)
- 熱源条件 (温度、流量、熱量)
- 木質チップ条件 (重量、水分、温度)
- 投入エネルギー (供給熱量、使用電力量)

《システム構成》



《実証機の前提条件》

熱源：55～75℃程の薪ボイラ温水を利用

乾燥量：木質チップ約8m³（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（ガス化発電用）, M25（小型チップボイラ用）, M35（中型チップボイラ用）

温風風量：200m³～550m³/h・チップm³で多段階設定

乾燥時間：2日(48時間)以内を予定。

《実証試験の条件設定》

温風	550m ³ /h・チップm ³	450m ³ /h・チップm ³	350m ³ /h・チップm ³	250m ³ /h・チップm ³	550m ³ /h・チップm ³	450m ³ /h・チップm ³	350m ³ /h・チップm ³	250m ³ /h・チップm ³
熱回収	あり	あり	あり	あり	なし	なし	なし	なし
分析項目	風量による効果の把握①				風量による効果の把握②			
	熱回収の効果の把握①	熱回収の効果の把握②	熱回収の効果の把握③	熱回収の効果の把握④	熱回収の効果の把握①	熱回収の効果の把握②	熱回収の効果の把握③	熱回収の効果の把握④

【試験実施状況】



《主な評価項目》

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れくらい効率よく利用されるかを表す項目。高い方が良い。

投入電力量割合 (%) = 投入電力量/乾燥によるチップの低位発熱量の増加分

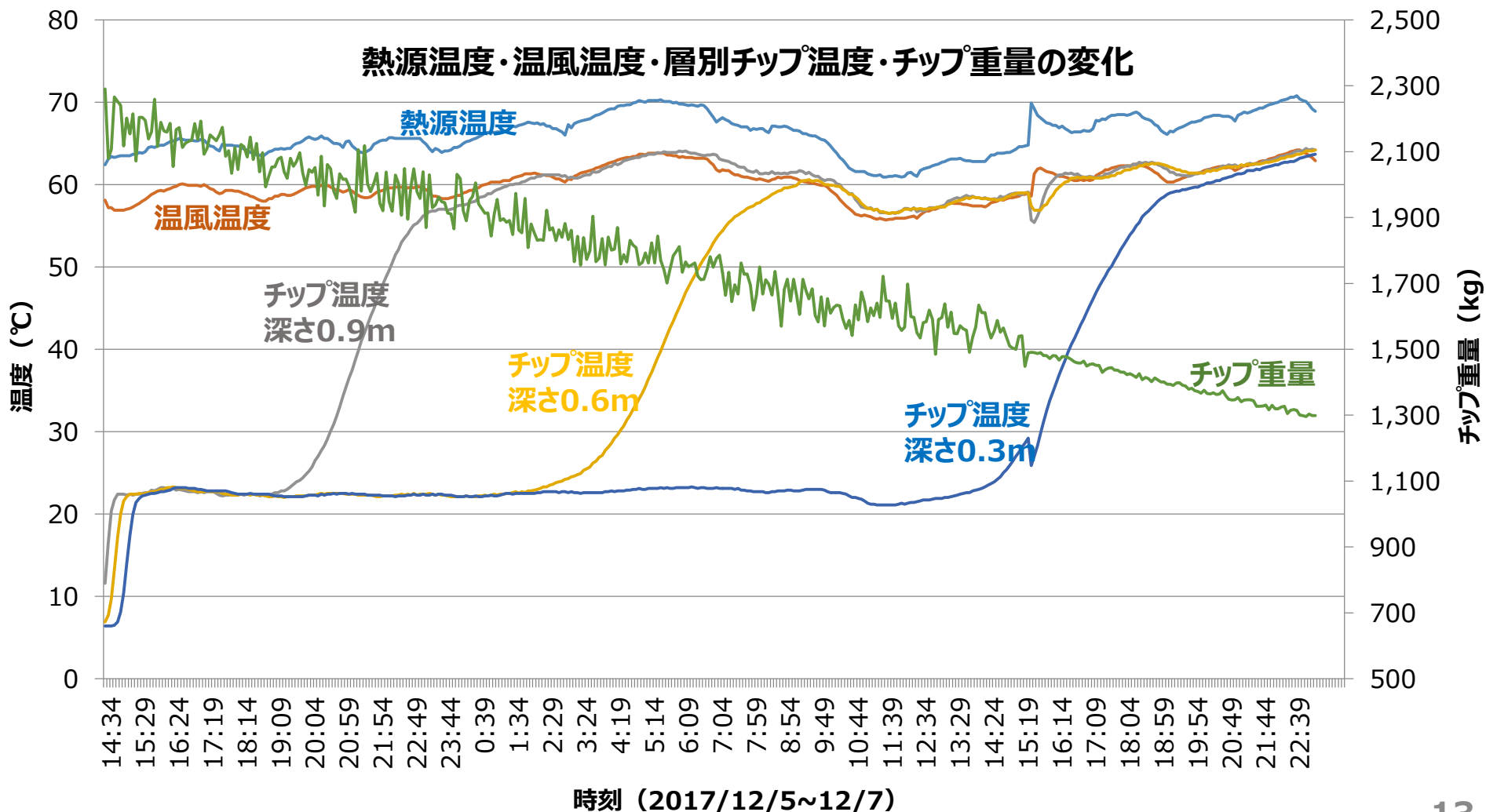
➤ 乾燥システムを稼働させるために必要な電力量を入力とした際に、出力としてどの程度の熱量が増加するかを表す項目。低いほうが良い。

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

➤ 熱源が未利用熱の場合、乾燥に用いることで未利用熱のうちどれくらいをチップの発熱量とすることができたかを表す項目。高いほうが良い。

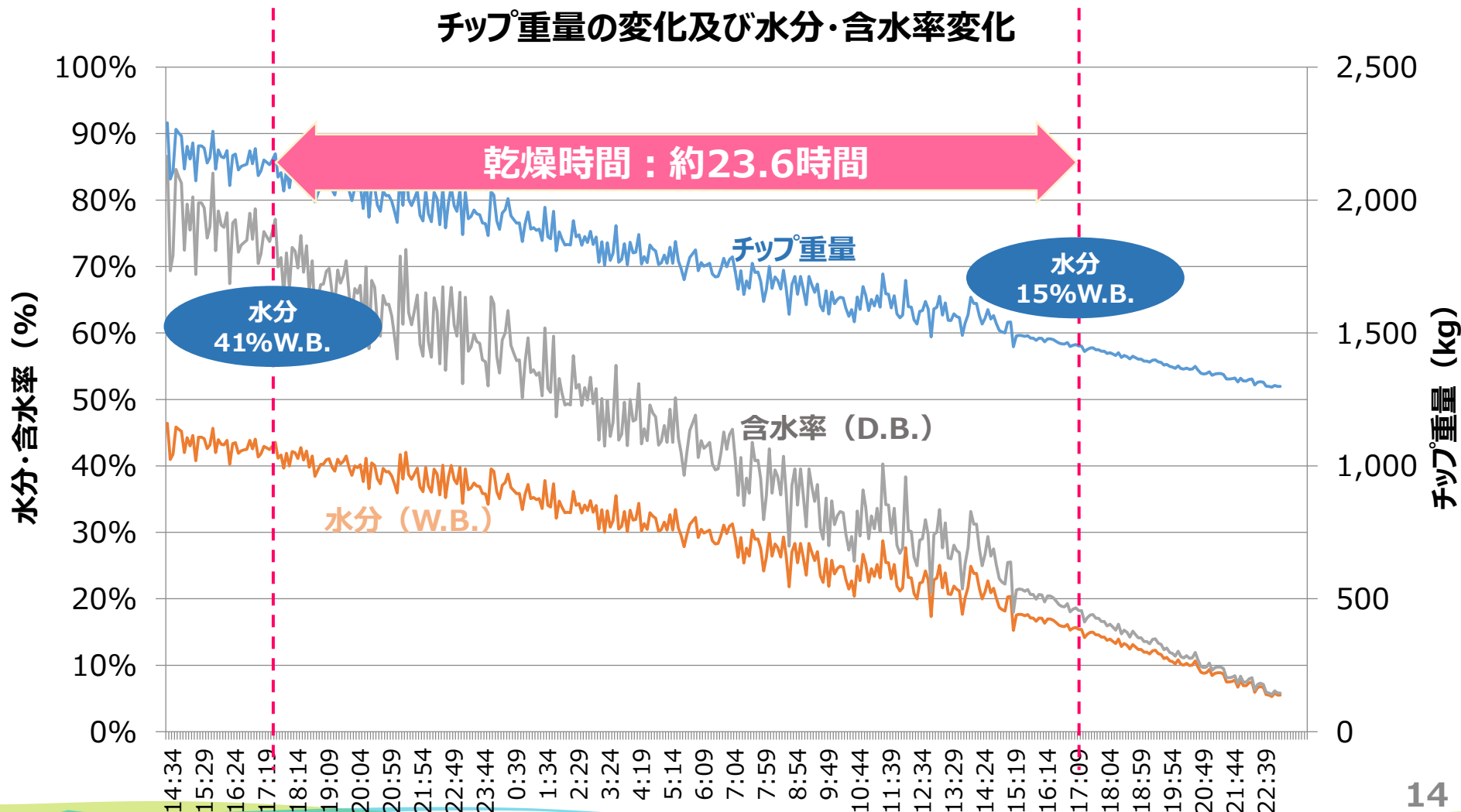
《試験結果（風量：375m³/h・チップ³m³ 熱回収あり）》

- 熱源となる温水はおおよそ60～70℃の間で推移している。
- 温風温度は55～65℃の間で推移している。
- チップの材料温度は一旦、23℃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。



《試験結果（風量：375m³/h・チップm³ 熱回収あり）

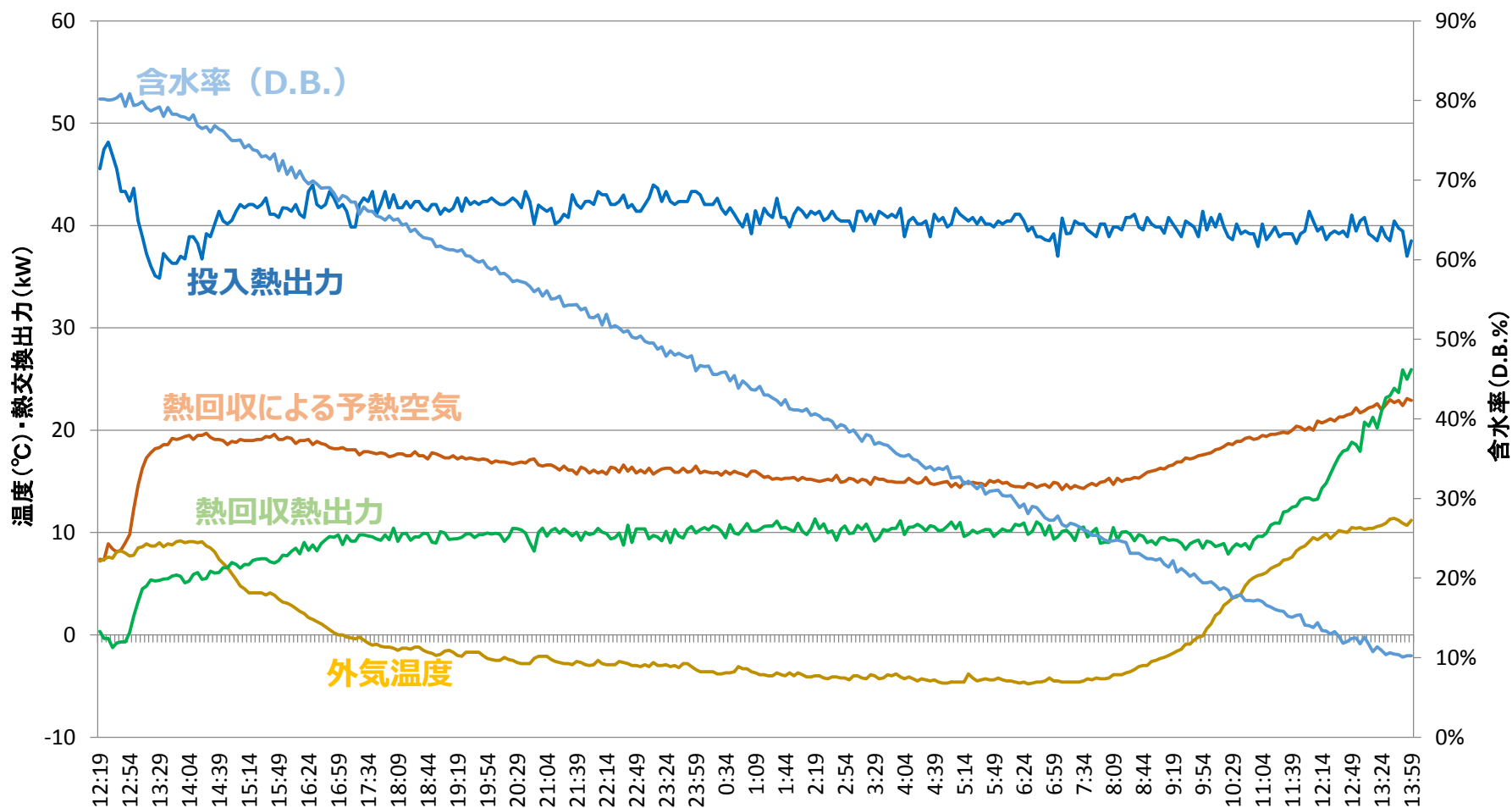
- 含水率を見ると、乾燥開始初期と後期は若干低下が緩やかだが、おおよそ直線的な推移。
- 各回を比較可能な乾燥開始時水分41%から15%W.B.までの範囲で見ると、乾燥時間は23.6時間であり、チップの重量減少（水分蒸発速度）は30.7kg/h。



《試験結果（風量：531m³/h・チップm³ 熱回収あり）》

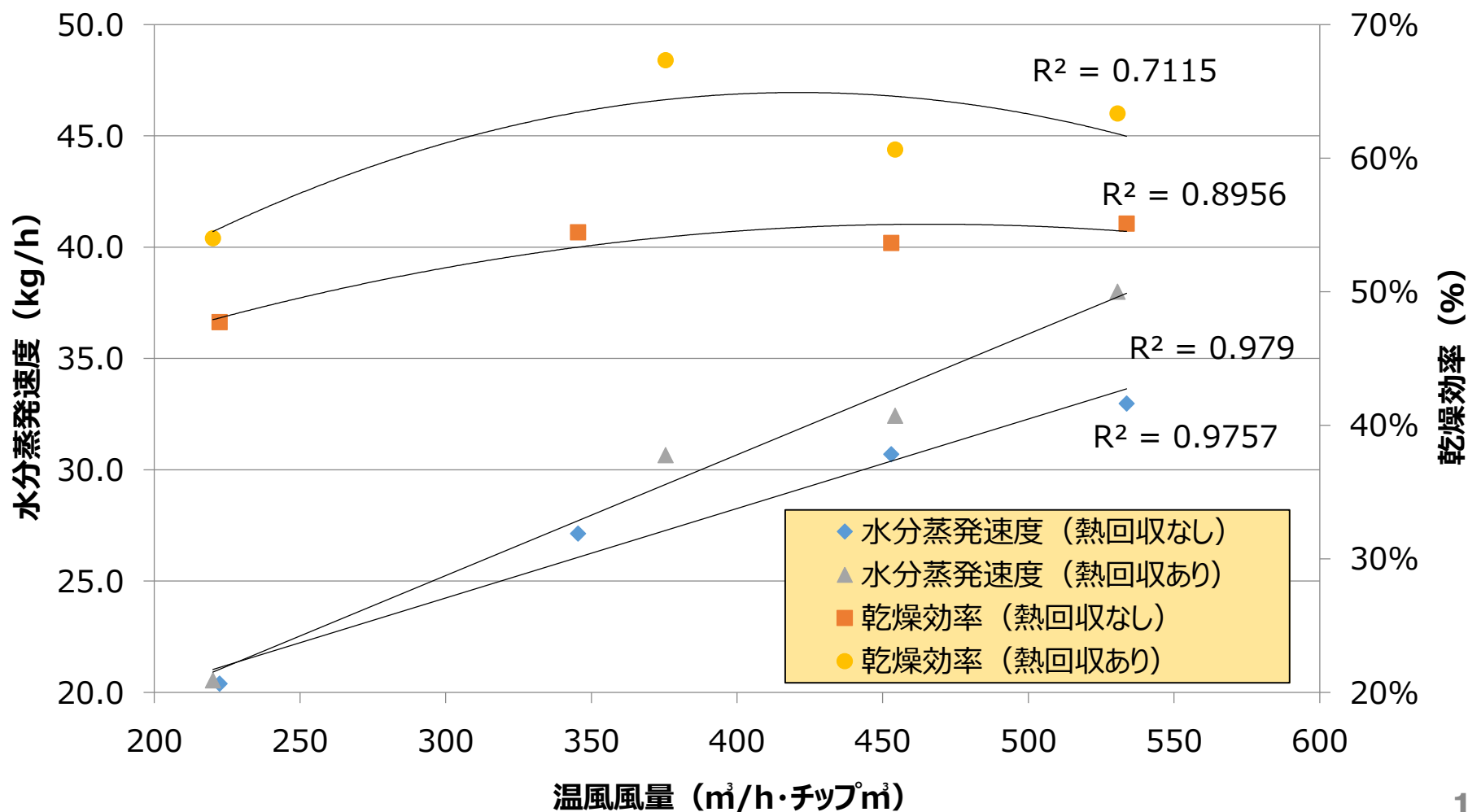
- 熱源から投入される熱出力は、平均で41.1kW。また熱供給量の合計は764.7kWh(41%→15%W.B.)。
- 木質チップ表面から排気される空気からの熱回収出力は、約10kW。
- 熱回収により外気が温められるため、システム内では予熱空気が使われる。

温風熱量と熱回収熱量



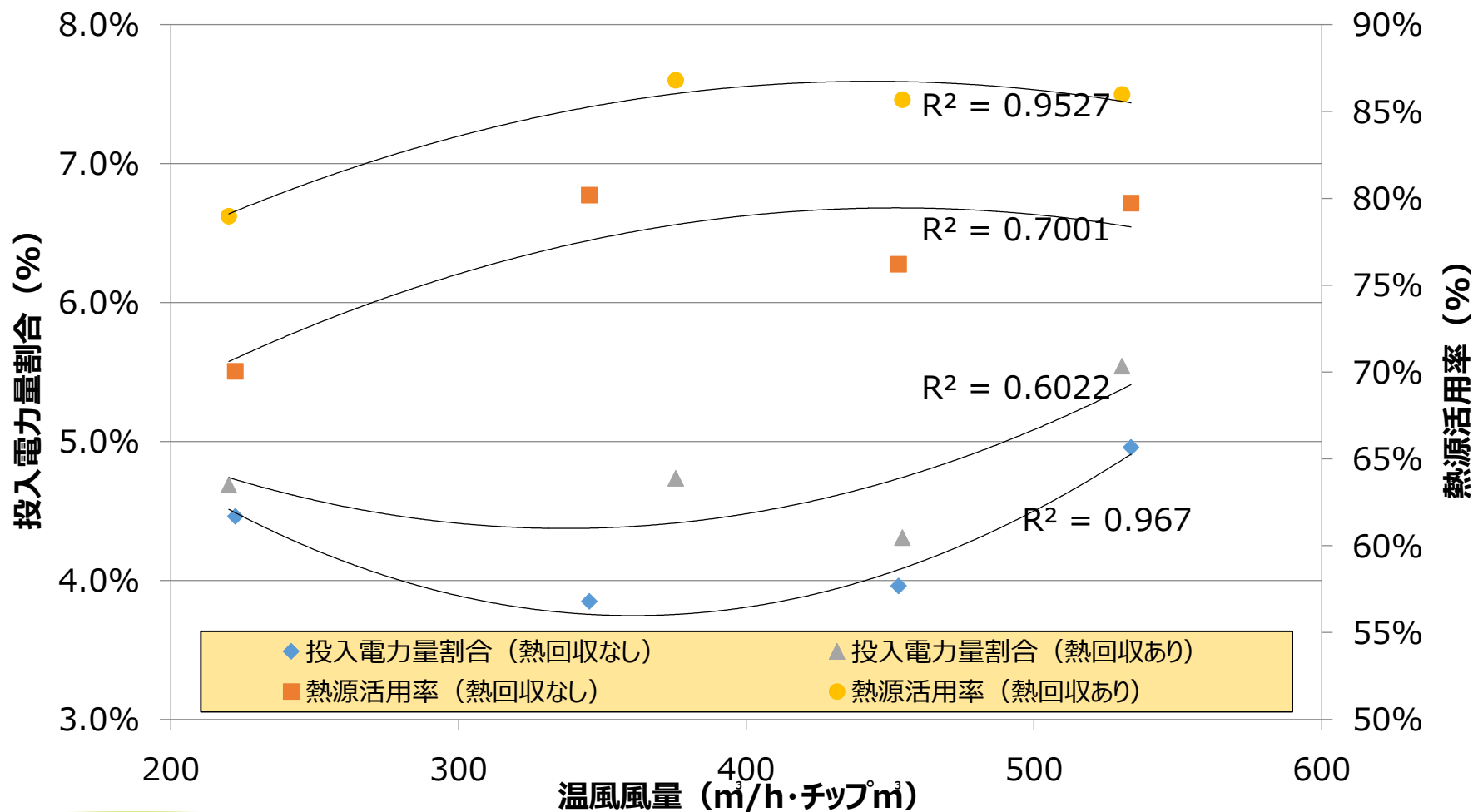
【温風風量の効果・熱回収の効果】

- ・風量の増加は水分蒸発速度（乾燥時間）の短縮に大きな効果がある。
- ・乾燥効率（乾燥時間）は風量約350～400 $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{チップ}\text{m}^3$ が最も高くなると考えられる。
- ・熱回収を行うことで乾燥効率が約10%向上する。水分蒸発速度は約25%向上する。



【温風風量の効果・熱回収の効果】

- チップ1m³の乾燥に用いる電力消費量は3~4kWhであり、風量変化による大きな変化はないが、投入電力量割合は風量350~400m³/hの辺りが最も低くなる。
- 熱源活用率は、風量350~400m³/hの辺りが最も高くなる。
- 熱回収を行うと、投入電力量割合は0.5%ほど高くなる。これはファンへの負荷があがるためである。
- 熱回収を行うと、熱源活用率は約8%向上する。



《水分条件別乾燥時間・投入電気エネルギーの想定》

- 実証試験時と同条件の場合、1～1.5日程での乾燥が可能。
- チップ1m³に使用する電力量は3～6kWh程になる。

温風条件：（風量m ³ /h・チップm ³ ）		220	375	454	531
50%W.B.→35%W.B.	乾燥時間（h/バッチ）	27.0	18.1	17.1	14.6
	投入電気エネルギー （消費電力量 kWh/チップm ³ ）	3.3	2.6	2.9	3.6
50%W.B.→25%W.B.	乾燥時間（h/バッチ）	38.9	26.1	24.7	21.1
	投入電気エネルギー （消費電力量 kWh/チップm ³ ）	4.7	3.8	4.2	5.2
50%W.B.→15%W.B.	乾燥時間（h/バッチ）	48.1	32.2	30.5	26.0
	投入電気エネルギー （消費電力量 kWh/チップm ³ ）	5.8	4.7	5.2	6.4

※水分蒸発速度固定。※乾燥効率固定

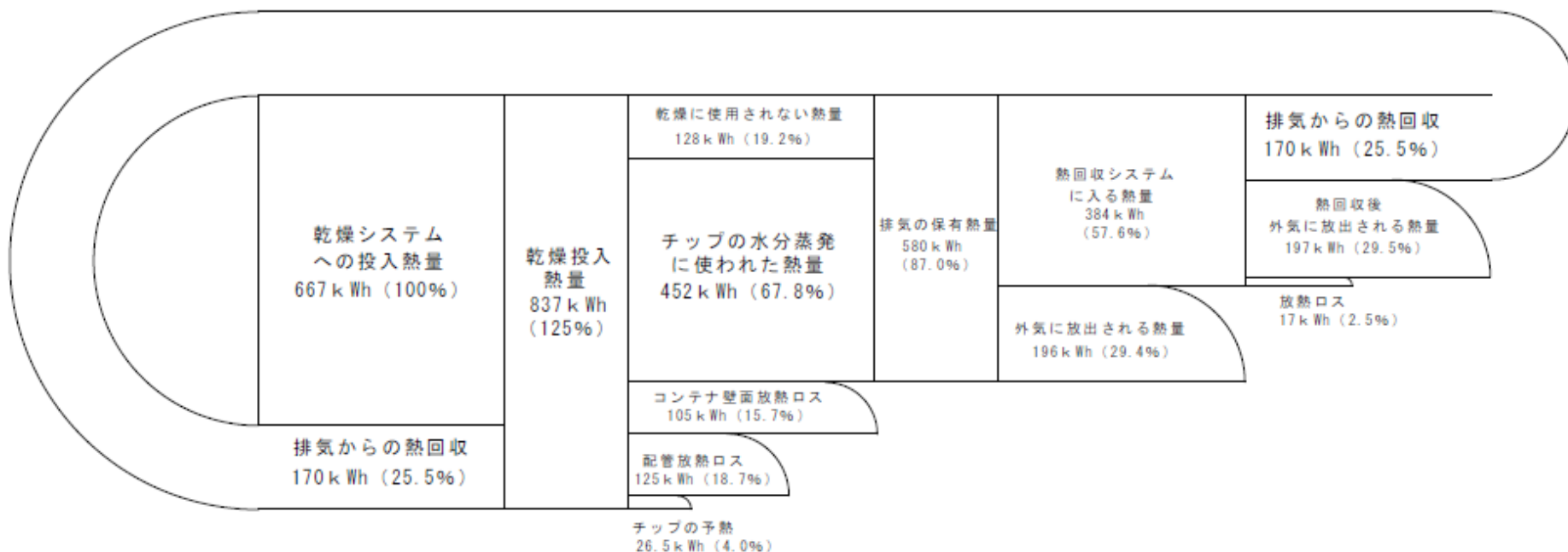
※50%W.B.時のかさ密度を300kg/m³で統一

※チップ量は8 m³/バッチ、熱回収あり。

《エネルギー収支の把握》

試験設定： 温風風量約350m³/h・チップm³

- 熱源からの投入熱量667kWhの内、452kWhが乾燥に使用されている（乾燥効率67.8%）。
- 排気からの熱回収により、170kWhが再利用されている。



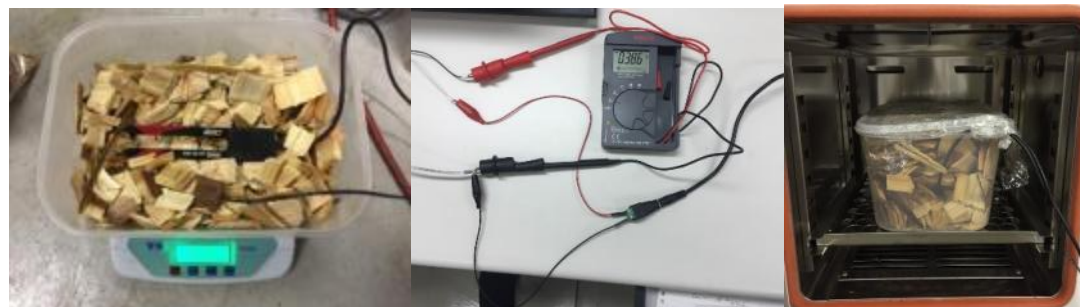
《土壌水分計を用いた水分連続測定》

- 乾燥システムでは乾燥の状況を把握することが必要。
- そこで、土壌水分計を用いた簡易的連続測定方法を検討。

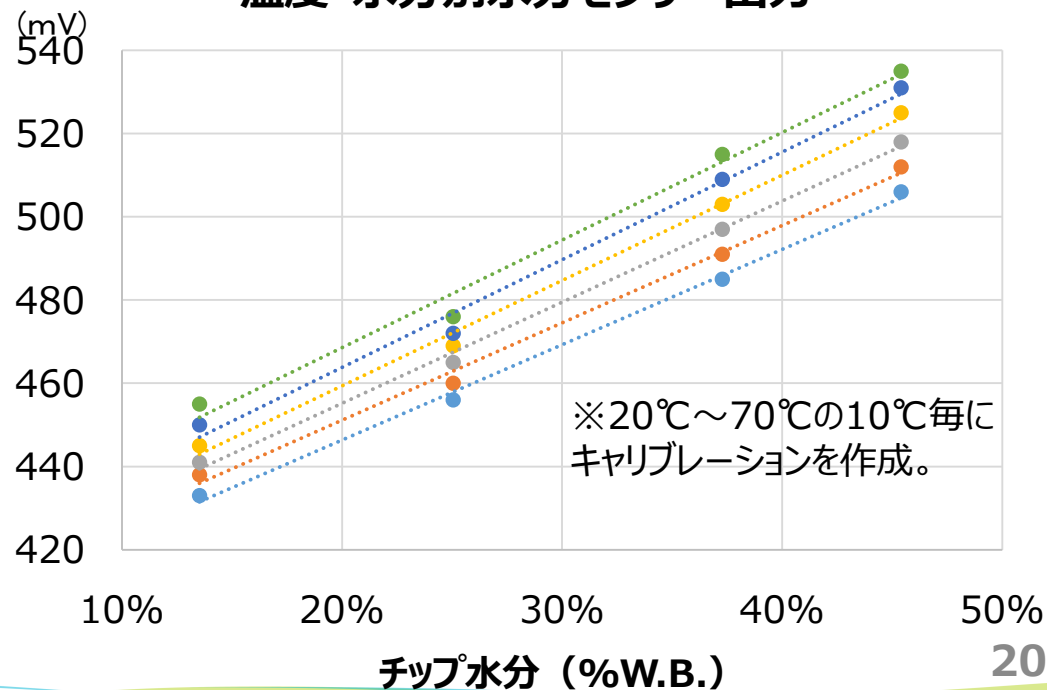
•使用機器
土壌水分センサー

•測定手順

- チップ嵩密度の測定 (CEN/TS15103)
- 容器に同嵩密度を再現し土壌水分計と温度計を設置。電源とテスターを接続。
- 容器から水分が逃げないように密閉し恒温乾燥機に設置。稼働。
- 温度計が70℃になったところで恒温乾燥機から容器を取り出し、温度が下がるときの出力を記録。
- 出力を基にキャリブレーションを作成。



温度・水分別水分センサー出力

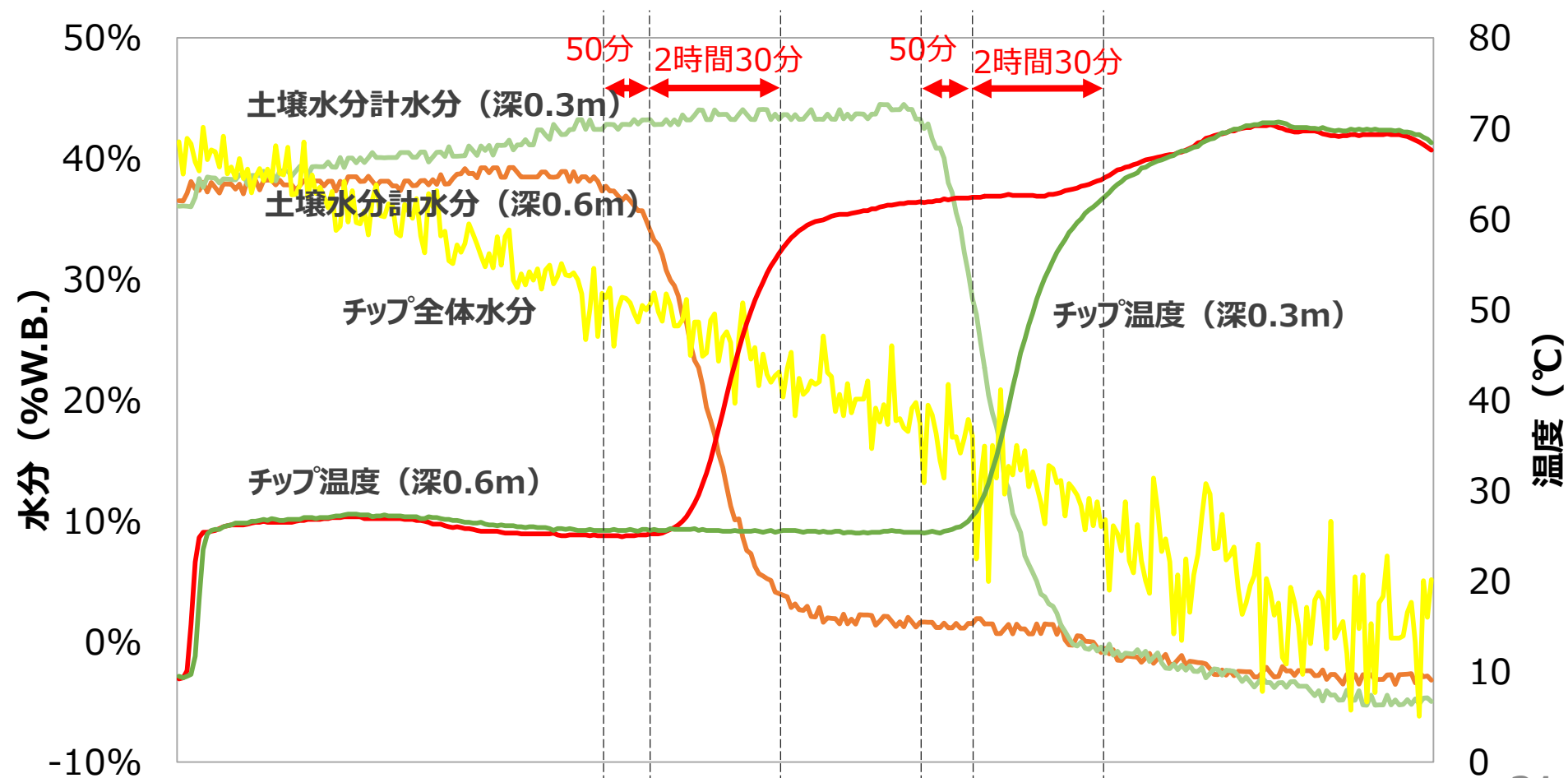


$$Z: \text{水分 (\%)} \quad X: \text{温度 (}^\circ\text{C)} \quad Y: \text{出力 (mV)}$$

$$Z = -0.00204 * X + 0.004029 * Y - 1.54989$$

【試験結果例（風量417m³/h・チップm³）】

- ・下部からの水分を含んだ温風の影響でチップ水分は数%上昇したあと乾燥が始まる。
- ・チップ温度が一定の値を示す乾燥速度一定の期間は約50分間。
- ・チップ温度の上昇と共に乾燥を行う乾燥期間は約2.5時間。
- ・土壌水分計水分の値が0%以下を示している。かさ密度や温度センサー等の検討が必要。



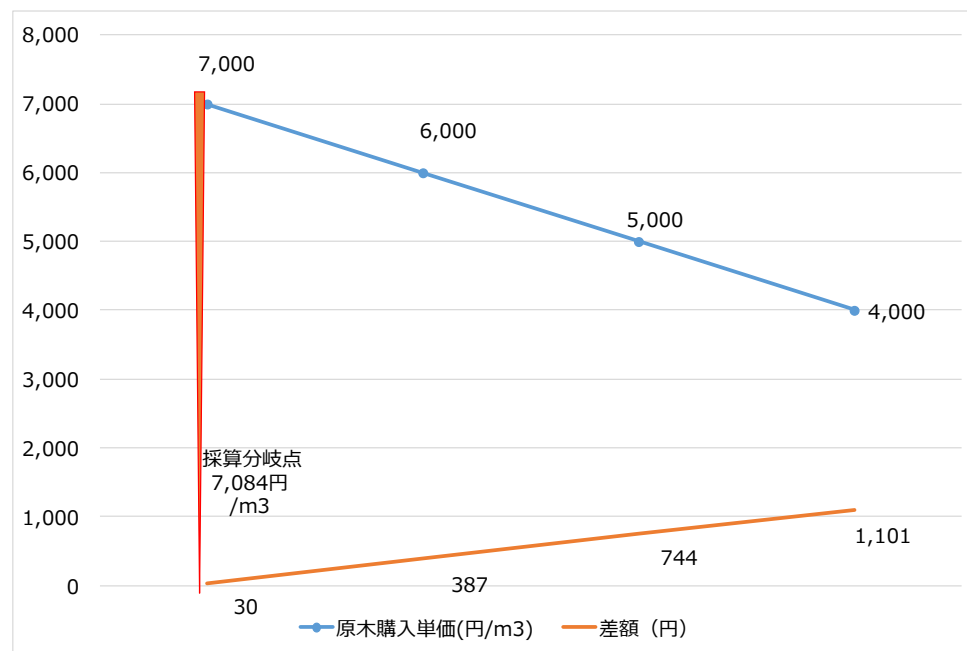
《チップ用原木単価との関係性》

- 乾燥に要する費用は、目標コスト800円/m³(25%W.B.)。
- 水分50%W.B.のチップ販売価格が5,000円/m³とした場合、乾燥チップの付加価値を含めて6,000円/m³の目標販売価格を想定。
- 原木価格購入価格を変数とした場合の、乾燥チップ1m³当たりの販売益を比較。
- 原木購入単価とその他の内訳も考慮しながら各費用の削減と共に計画を立てていくことが必要。

原木購入単価 (円/m ³)	7,000	6,000	5,000	4,000
販売益 (円)	30	387	744	1,101

原木購入単価5,000円/m³の場合

原木購入単価	5,000円/m ³	50%W.B.
1 原木購入単価 (チップ換算)	1,786円/m ³	50%W.B.
2 加工コスト	2,047円/m ³	
3 乾燥コスト	800円/m ³	
4 輸送コスト (距離20km)	623円/m ³	
チップ製造費用 (1~4合計)	5,256円/m ³	25%W.B.
チップ販売価格 (目標)	6,000円/m ³	25%W.B.
差額 (販売益)	744	



《成果》

- ①燃料材として一般的な木質チップの乾燥特性を明らかにした。
- ②乾燥用の空気風量がチップの乾燥効果に与える影響を明らかにした。
- ③実証結果を用い、目標水分別の乾燥に要する時間を試算した。
- ④乾燥チップ供給事業を想定し、チップ原料価格との関係性を検討した。



《課題》

- 通年での実証試験により、乾燥性能の把握を行う。
- 熱回収機能や耐久性等の改良により、乾燥システムの性能を向上させ、システムのユニット化を進める。
- ヒアリング等を行いながら、乾燥チップの供給事業者とともに、未利用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。