

「ウエルネスタウン最上」木質バイオマスエネルギー 地域冷暖房システム実験事業

最上町 高橋 明彦

1. 事業概要・要旨

最上町は、町域の 84%が森林である。戦後農耕用家畜から機械化が進み、不用となった牧野 1,300 ヘクタールが地域の農家に開放され、木材生産基地を目指して、昭和 50 年前後に一斉に造林が行われた。その後下草刈り等の手入れは行われたが、その後手入れはほとんどされず人工林の多くは、荒れた状態になっている。森林整備（間伐）が進まない最大の要因は、森林整備（間伐）には、森林所有者の資本投下が伴うことである。材価の低迷しているため、資本投下しても将来回収が不可能な可能性もあり整備（間伐）は進まないのが現状である。

森林整備（間伐）を進めるために、間伐材をエネルギーとして利用し、森林所有者の負担金に代える。もがみまちウエルネスプラザ（医療・福祉・保健の総合福祉施設）でこれまで利用してきた重油焚きボイラに換えて木質焚きボイラを利用して、冷暖房、給湯を行い化石燃料の削減を目指した。

2. これまでの成果

2-1 間伐と収穫システム

（1）バイオマスの賦存量と利用

最上町のスギ人工林の面積は 3,480 ヘクタール、材積 881,208m³となっている。効率良く収穫するには、施業地の集約化を図る必要がある。今後 10 年で間伐が必要な箇所 5 ヘクタール以上の団地化になる箇所を見ると 71 か所、1,375 ヘクタールにも及ぶ。今後森林整備（間伐）を計画的に実施しながら、燃料となる間伐材を収穫することになる。

（2）収穫システムの検討

間伐を効率よく、経済的に行うための手法として次の 4 点の取り組みを行い、その経済性を検証した。

- ①間伐の手法を列状間伐で行い伐倒列を利用して収集を行う。
- ②土地の所有権と利用権を分離し、土地の集約化を図る。
- ③作業路を開設し切り捨て間伐を極力少なくし効率性を上げた収穫を行う。
- ④高性能林業機械を利用した生産性の向上を図る。

2-2 チップ加工システム

ボイラの燃料となる木質バイオマスは、含水率の安定が課題となった。豪雪地帯である最上町において、冬季間の間伐材は、当初工事用シートで簡易的に覆い保管した。含水率が変動するのが大きな課題であった。含水率の安定には燃料の貯留施設が欠かせないといえる。

2-3 エネルギー利用・最終利用システム

木質焚きボイラ 2 基（550kW（H18 設置）＋700kW（H19 設置））でウエルネスプラザの冷暖房給湯利用に温水供給しているが、それぞれが単独運転のため、システムの連動させる改善が今後必要といえる。

550kW システムでは、福祉センターに暖冷房と冬季間には隣接する園芸ハウスの暖房の熱を単独で供給している。700kW システムは、ウエルネスプラザ内の最上病院、健康センター、老人保健施設に暖冷房給湯を行っている。また、重油ボイラをバックアップとして残している。

年間に削減された重油費で、バイオマスエネルギー利用システムの運用経費が賄えれば経済的に成り立つといえる。今回のシステム規模と条件では、経済的に厳しい結果となった。

経済的に可能にするには技術的に次の３点の改善が必要とされることが分かった。

- ① 燃料チップの含水率を 100%以下で安定した供給を行う。
- ② エネルギー効率を高くし、ランニングコストを抑える。
- ③ ２基のボイラの利用方法をそれぞれの単独運転ではなくシステムの的に連動させて、効率の良いシステムにする。

３．まとめと今後の課題

３－１ 計画的な間伐の実施と雇用の安定と新たなビジネス

木質バイオマスの安定した利用は、川上の森林から安定的に収穫されることが必至の条件となる、計画的な収穫でなければ、森林資源の枯渇の可能性もある。持続可能なエネルギーにすることで、安定した林業の就業と雇用確保そして、従来の林業から環境ビジネスの誕生が実現できる

３－２ 含水率

バイオマスエネルギー利用システムが成功するかどうかは、全体的なシステムが上手く機能することが最大の要因と考えられる。最上町の場合は、含水率の安定が最大の成功の要因につながる。機械的なシステムは完成度の高いシステムを導入で可能となる。含水率の安定は、課題として残された。

３－３ 地域システムとしてトータルのシステム構築が必要

木質バイオマスをエネルギー利用しようとするとき、バイオマスの収穫システム、燃料加工供給システム、利用システムとトータルのシステムを地域内完結型で構築する必要がある。

また、断片的な整備ではなく、将来計画を見据えたシステム全体のバランスがとれた計画が必要である。

３－４ 自立

実験事業終了後最上町では、平成 22 年度に最上町すこやかプラザ（幼保一元施設）、平成 23 年度に特別養護老人ホームに計 2 基のバイオマスボイラの設置が計画されている。化石燃料からの脱却が、環境負荷の軽減と地域経済の活性化に大きく寄与すると言える。実験事業の成果として、町民の環境と持続可能なエネルギー利用への意識が向上していることは確かである。また、燃料チップの利用量の増加に伴い、間伐材の利用であってもビジネスとして成り立つ仕組みが地域で確立しつつあると言える。



事業成果報告

I. 事業に取り組んだ背景

II. 地域システムの概要とフロー

III. 各システムの成果と課題

- (1) バイオマスGISによる支援
- (2) 伐採収集システム
- (3) チップ加工システム
- (4) エネルギー利用・最終利用システム

IV. 経済性

V. 地域への効果

I. 実験事業に取り組んだ背景

1. 荒廃した山の再生

- ❑ 昭和50年前後に牧野1,300haに一齐にスギの造林が行われ木材の生産基地を目指した。
- ❑ 35年経過した今日、荒廃した森林が多く森林の整備が急務となった。

2. 林産業の活性化と継続

- ❑ 地場産業であった林産業が経済的に厳しく、経営視点の改革が必要であった。
- ❑ 将来にわたり産業として成り立つ林産業システムの構築が必要であった。

3. 環境に優しいまちづくり

- ❑ 人に・食に・環境に優しいまちづくりが最上町の政策の基本になっている。

3

II. 地域システムの概要とフロー

GISシステム支援



高性能林業機械
(効率的な収穫システム)



チップ加工システム
(間伐材を直接チップに加工)



間伐材のカスケード利用

バイオマスエネルギーを利用しているウェルネスプラザ



木質焚き無圧式温水ボイラ



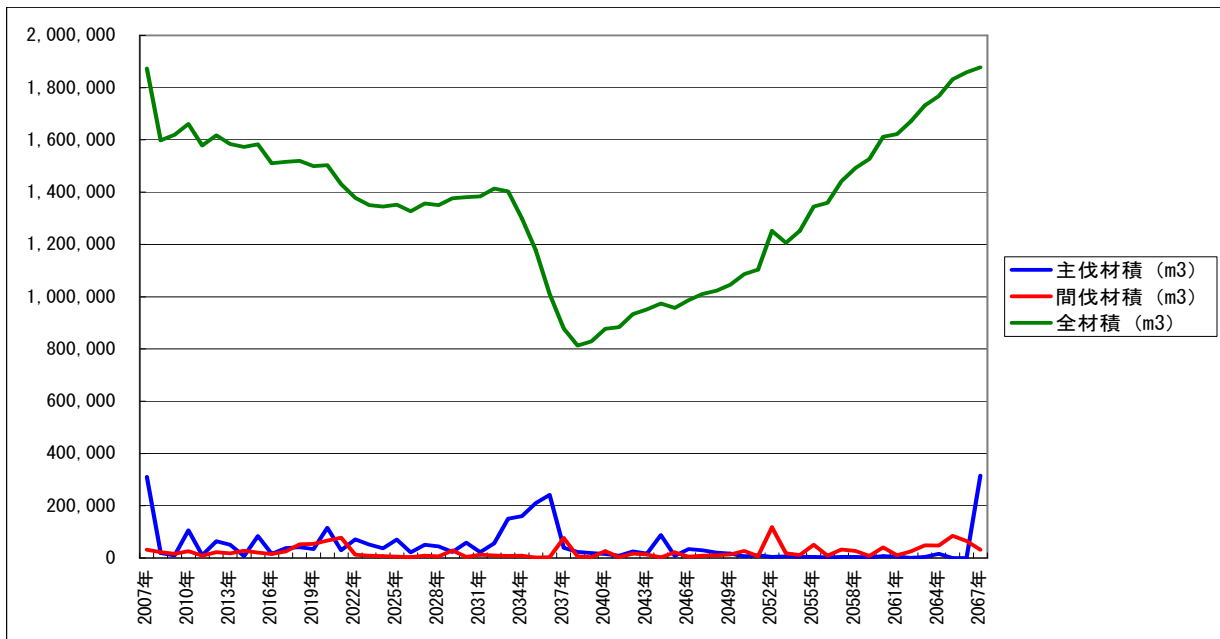
ダンプトラックによる運搬供給



Ⅲ. 各システムの成果と課題ーGIS支援システム

長期的計画 パターン1: 森林計画60年伐採のバイオマス賦存量の推計

2035年から2037年に60年に達する人工林が多く、2037年まで材積量が大幅に減少する。その後適正な再造林を実施することで資源量は回復する。



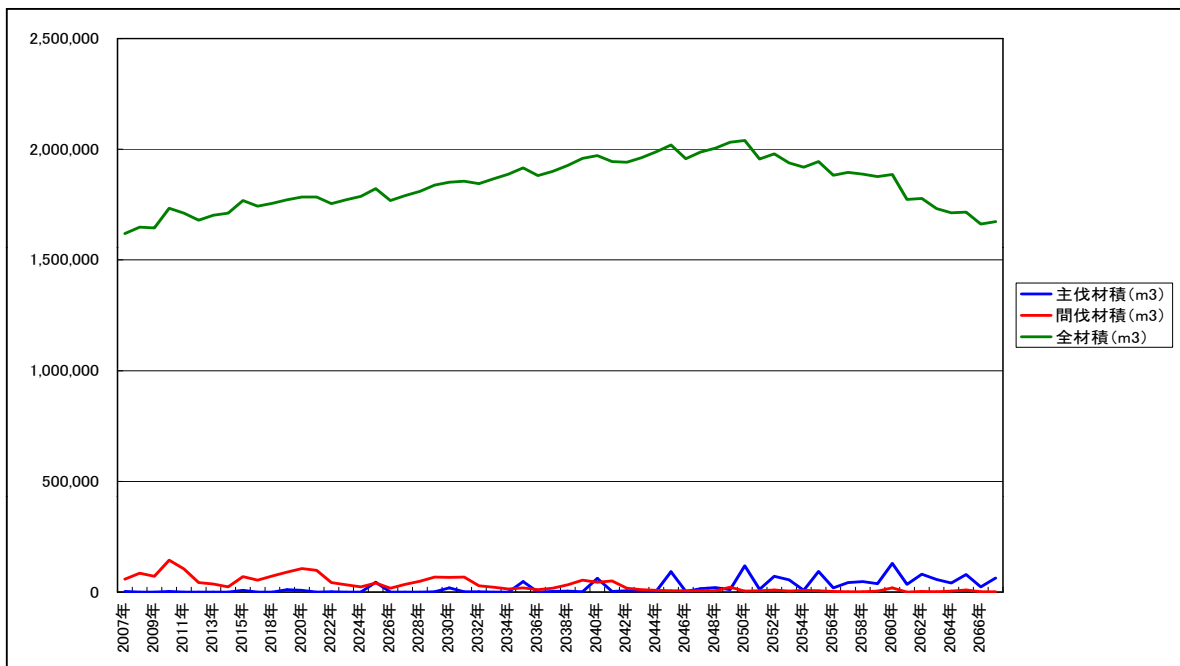
賦存量と収穫予測(1)

5

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーGIS支援システム

長期的計画 パターン2: 60年伐採は現実的でないため、80年前後を伐採期と想定

2042年ころまでは、間伐材の収穫は可能だが、65年生以降は間伐を想定しないため間伐材は生産されない。それ以降はスギ以外の樹種からの補てんも検討する必要がある。



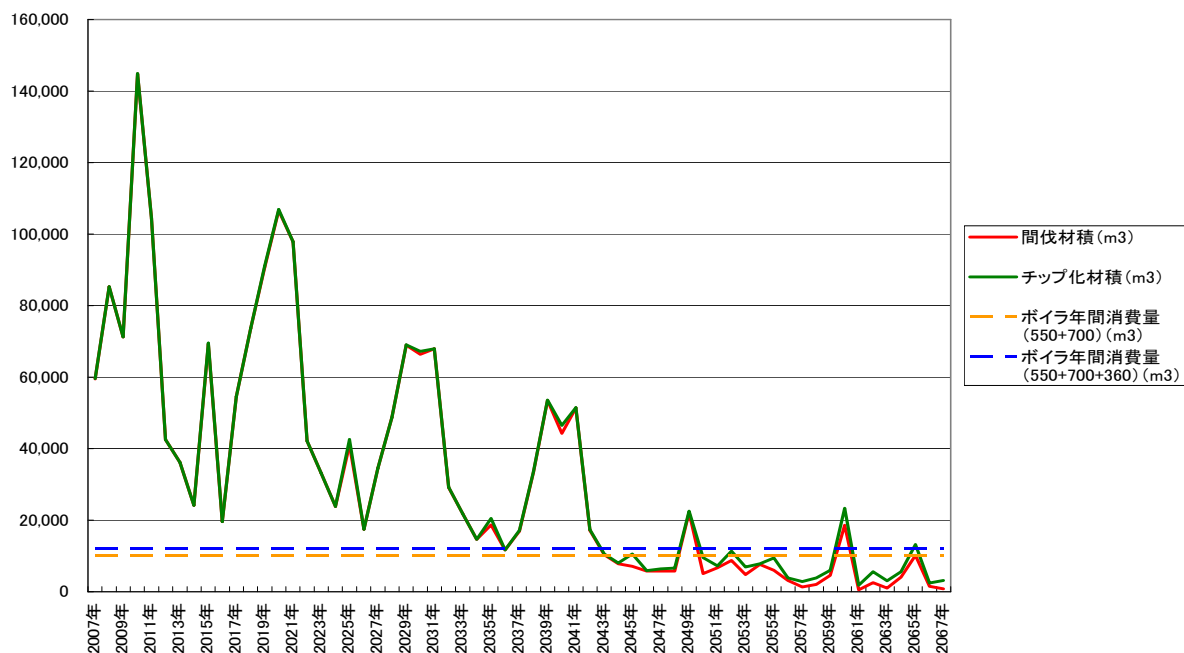
賦存量と収穫予測(2)

6

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーGIS支援システム

長期的計画 パターン2:60年伐採は現実的でないため、80年前後を伐採期と想定

2042年ころまでは、燃料需要に対して間伐材による供給は可能だが、そのご間伐材のみでの供給量の確保はできない状態になる。



7

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーGIS支援システム

中期的計画 今後10年で35年生・45年生となり間伐期を迎える
区域で5ヘクタール以上の区域となる団地候補地を抽出した。



箇所数	71
再小面積 (ha)	5.09
最大面積 (ha)	150.99
平均面積 (ha)	19.37
合計面積 (ha)	1,375.60

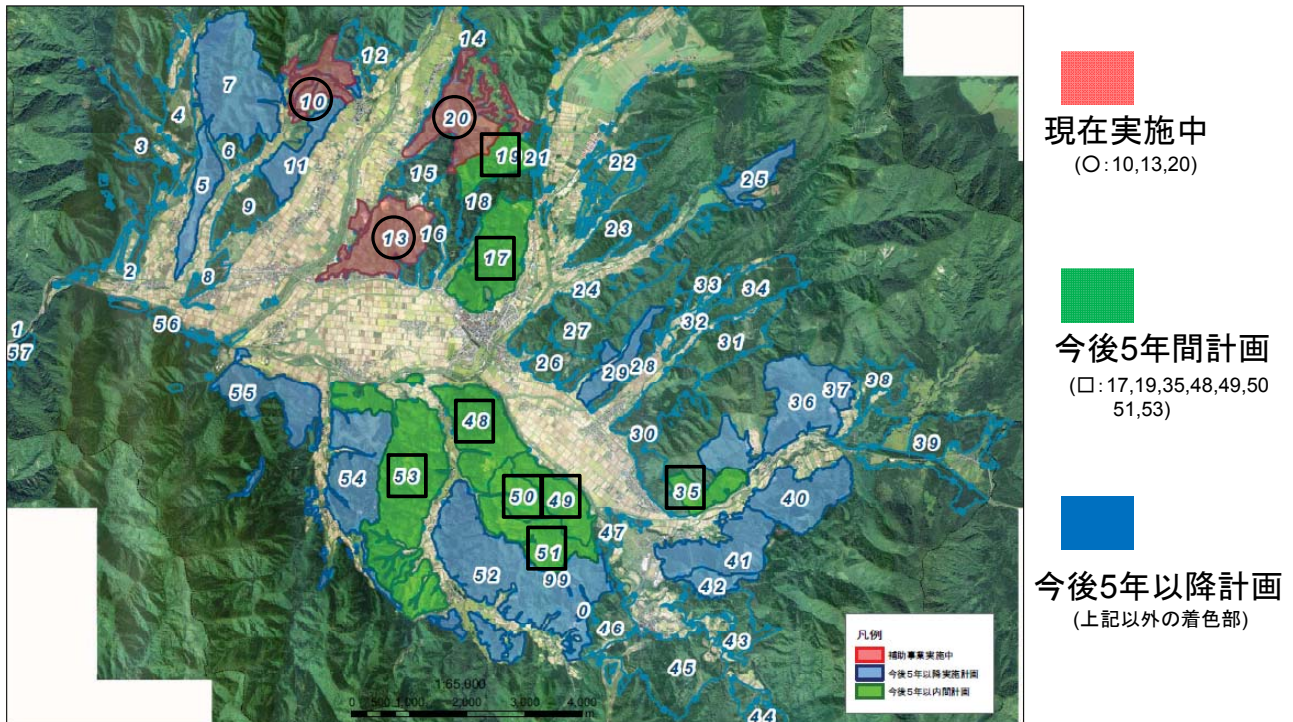
8

Ⅲ. 各システムの成果と課題－GIS支援システム

中期的計画

現在実施中の間伐実施中の林班・今後5年間以内で実施する林班・
今後5年以降計画の林班を中期計画区域として計画の範囲とした。

最上町間伐中長期計画位置図



9

Ⅲ. 各システムの成果と課題－GIS支援システム

短期的計画

収穫量の確保

間伐された材を余すことなく可能な限り収穫するため手法の検討

生産システムの効率化

生産経費をいかにして抑えることができるか、いかにして生産性を向上できるか

実験としてシミュレーションと現地結果との比較

生産量の比較

生産経費の比較

森林の保育を考慮した間伐

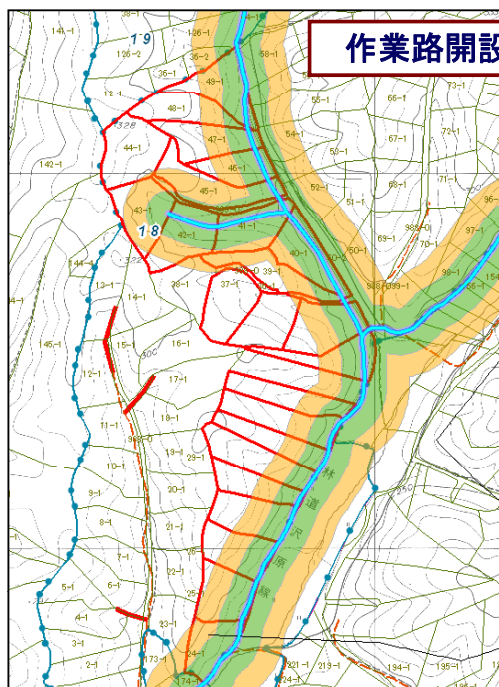
10

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーGIS支援システム

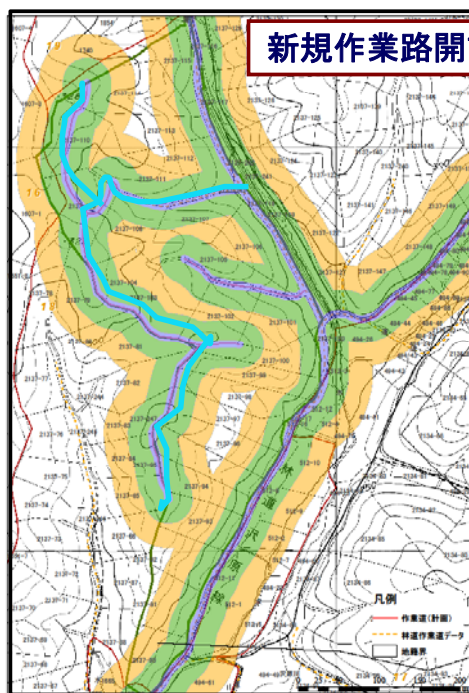
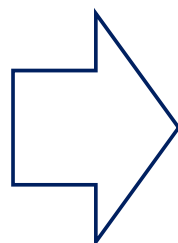
短期的計画

作業路開設による
バイオマス収穫量
の比較

	作業路開設なし		作業路開設	
	面積割合(%)	材積(m³)	面積割合(%)	材積(m³)
収穫量	59.3	842	94.0	1,334
切捨て量	40.7	577	6.0	85
計	100.0	1,419	100.0	1,419



作業路開設無



新規作業路開設

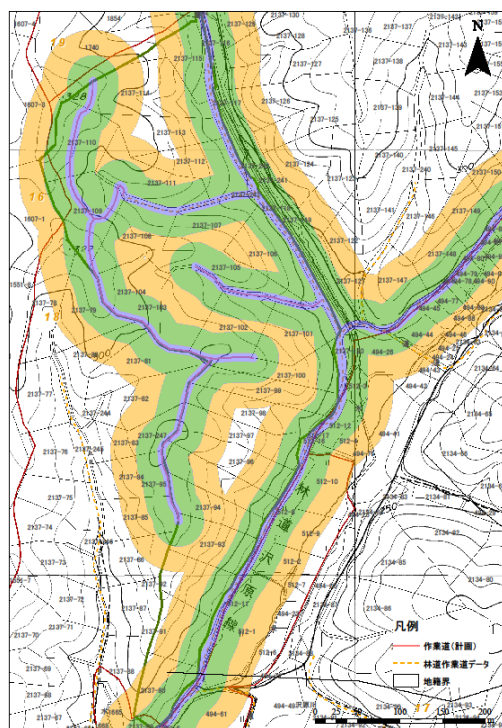
11

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーGIS支援システム

短期的計画

森林所有者27名 面積12.37ha

間伐された間伐材をいかに切り捨て材を少なくして収穫するか。さらに生産性を向上させるかが課題となる。



集材方法別の面積比較表

作業工程	作業道からの距離	面積(ha)	材積(m³)	割合(%)
直接集材	5mまで	1.43	163.3	11.5
ウインチ集材	30mまで	5.79	661.9	46.8
スイングヤーダ集材	60mまで	4.41	504.6	35.7
切捨て	61mまで	0.74	84.6	6.0
合計		12.37	1,414.4	100.0

12

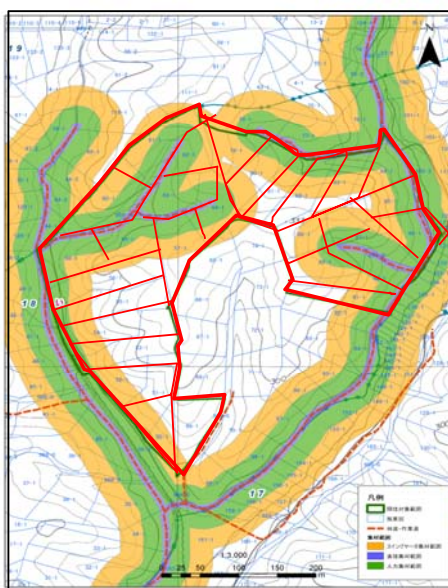
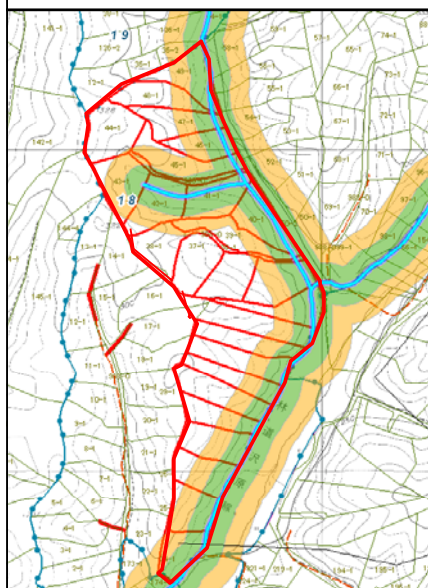
Ⅲ. 各システムの成果と課題ー GIS支援システム

沢原山試験地 (1) (2)

H21年度 沢原山(1)

H22年度 沢原山(2)

集約化の数値



団地	集約面積 (ha)	参加 戸数
沢原山1	12.37	27
沢原山2	11.80	26

13

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーGIS支援システム

シミュレーション結果と現地結果

生産量の比較

	実施地: 沢原山(1)		実施地: 沢原山(2)	
	シミュレーション (m³)	実伐採量 (m³)	シミュレーション (m³)	実伐採量 (m³)
直接集材材積	163		149	
ウインチ集材材積	662		692	
スイングヤーダ集材材積	504		424	
小計	1,330	1,172	1,266	854
切捨材積	85		92	
合計	1,414		1,338	

沢原山(1)の誤差は158m³で率にすると13.5%であった。

沢原山(2)の誤差は412m³で率にすると48.6%であった。

シミュレーションでは、当初植林3,000本で、全域同一の成長で試算しているが、現実的には、下草刈時に誤伐があったり、尾根部分が極端に成長が悪い特に沢原山(2)では顕著に表れている。

今後の試算では、樹高データを考慮した試算で検討すべきである。

14

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーGIS支援システム

シミュレーション結果と現地結果

生産経費の比較

施業地名	シミュレーション(円)	実経費(円)	誤差(円)	誤差率(%)	実施年度
りんご沢	2,120,920	2,408,400	-87,480	-11.9	H19
沢原山(1)	6,102,668	5,262,800	839,868	16.0	H20
市ノ沢	938,658	1,338,000	-399,342	-29.8	H20
沢原山(2)	4,296,510	4,839,100	542,590	-11.2	H21

※実経費は、延べ人数に伐倒作業員単価(22,300円)をかけた値とした。

- 生産経費のシミュレーション精度は、標準的な工期で一律に処理をしているが、現実的には地形の状況や作業の難易度、団地の規模、作業道密度等で生産経費は大きく違うと思われる。
- 誤差率を小さくするには、各工期毎の歩掛り調査の事例を増やし対応して行く必要がある。

15

Ⅲ. 各システムの成果と課題ー伐採・収集システム

作業効率化の検証

1. 集約化による施業地の団地化
2. 作業路の開設
3. 列状間伐
4. 高性能林業機械の活用

経済性の検証

1. 作業パターンによる歩掛り調査

16

Ⅲ. 各システムの成果と課題－伐採・収集システム

作業効率化の検証－1. 集約化による施業地の団地化

【施業地の集約化のために地域説明会の開催(利用権と所有権の分離)】

H21年度 沢原山(1)

H22年度 沢原山(2)

集約化の数値

団地	集約面積 (ha)	参加 戸数
沢原山1	12.37	27
沢原山2	11.80	26

地域説明会の様子



17

Ⅲ. 各システムの成果と課題－伐採・収集システム

作業効率化の検証－2. 作業路の開設

作業路開設無

新規作業路開設

【燃料として間伐材を利用することから可能な限り収穫することが求められる。】

作業路開設の場合収穫、切捨面積の割合を示す

試験地: 沢原山(1)

単位: %

	収穫面積	切捨面積
作業路無	59.3	40.7

作業路開設

94.0

6.0

試験地: 沢原山(2)

単位: %

	収穫面積	切捨面積
作業路無	59.3	40.7

作業路開設

94.0

6.0

18

Ⅲ. 各システムの成果と課題－伐採・収集システム

作業効率化の検証－3. 列状間伐



列状に間伐された状態

列状間伐は1伐3残で実施

伐倒された空間を利用して
間伐材の木寄せを行う。



作業道から31m以上距離の
ある間伐材をスイングヤーダ
を利用して木寄せしている様
子



列状に木寄せされた状態
の間伐材

19

Ⅲ. 各システムの成果と課題－伐採・収集システム

作業効率化の検証－4. 高性能林業機械の活用



85～90%
燃料用間伐材



100%
間伐材



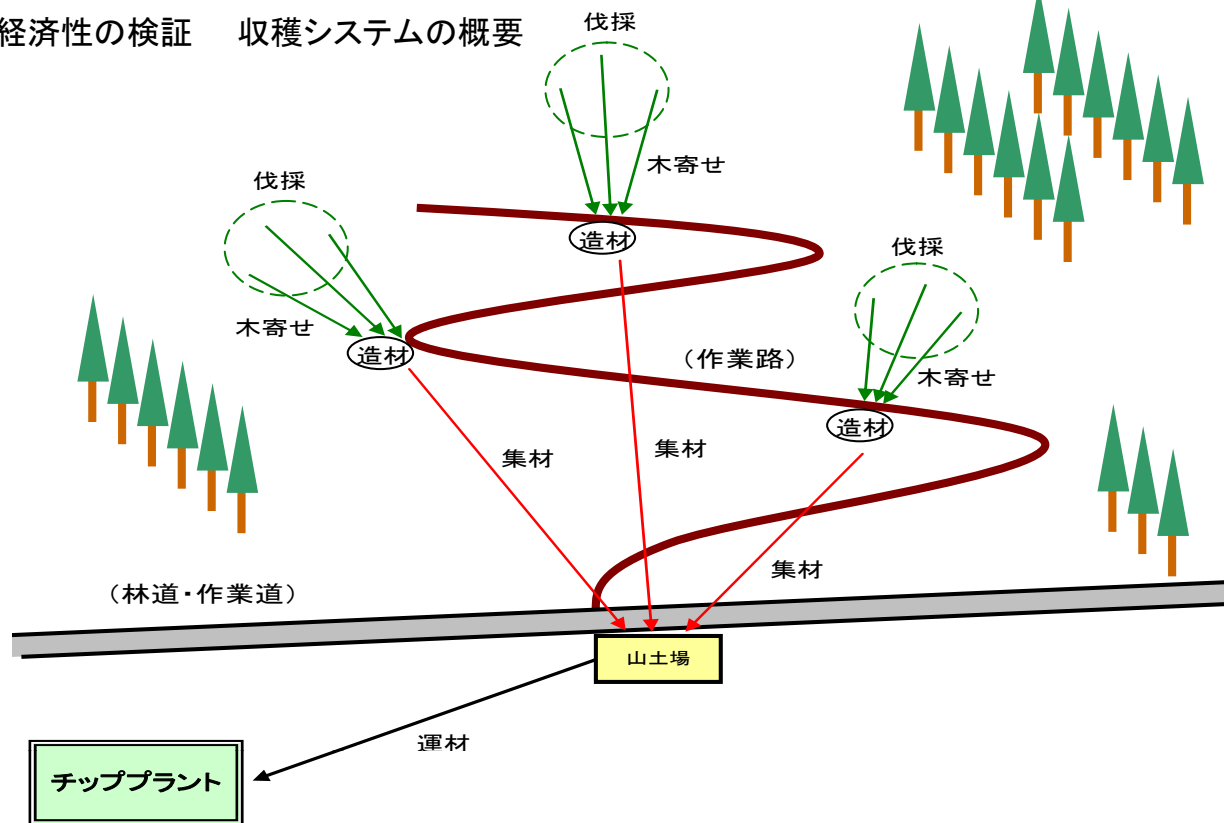
10～15%
用材用間伐材



20

Ⅲ. 各システムの成果と課題－伐採・収集システム

経済性の検証 収穫システムの概要

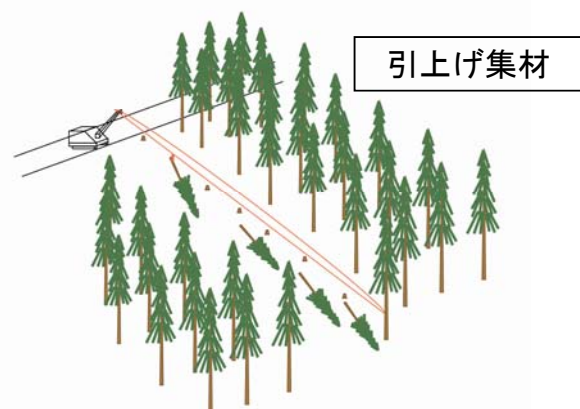
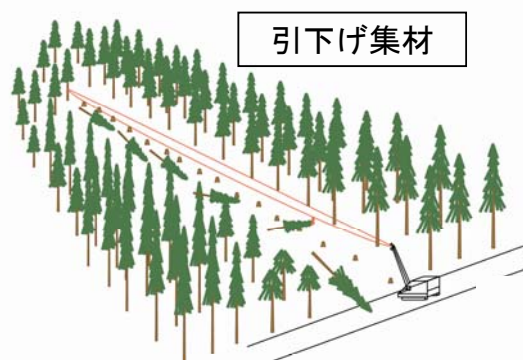


21

Ⅲ. 各システムの成果と課題－伐採・収集システム

経済性の検証 作業パターンによる歩掛調査

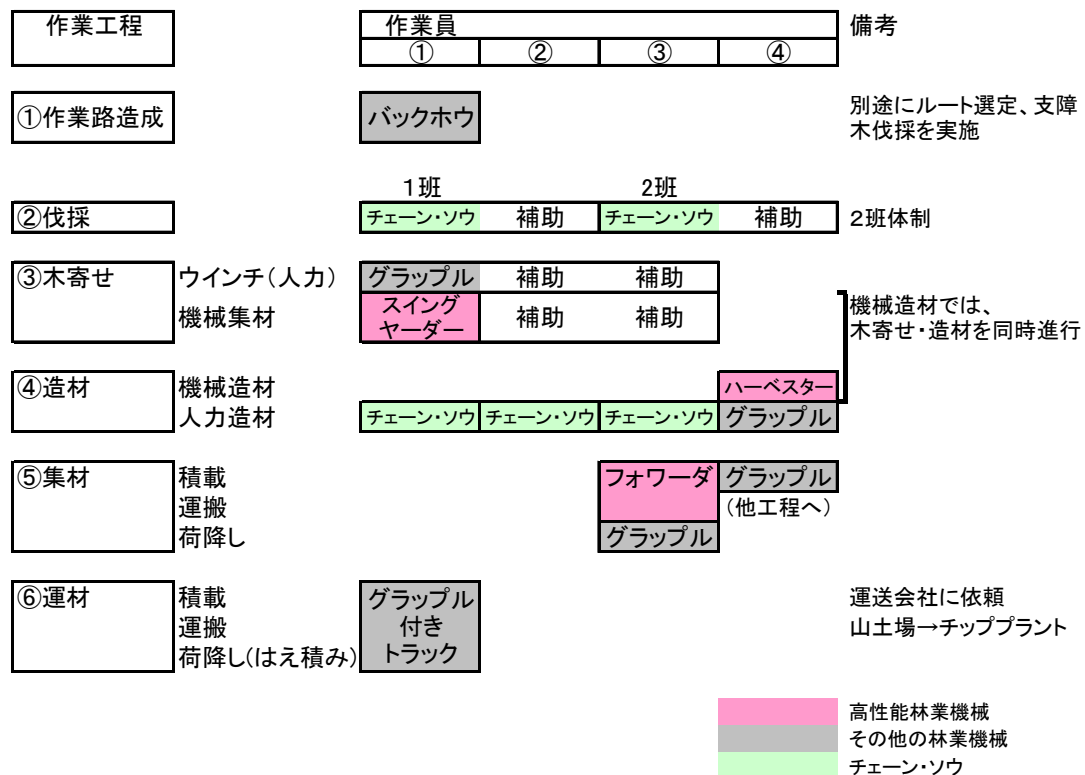
列状間伐の木寄せ



22

Ⅲ. 各システムの成果と課題－伐採・収集システム

経済性の検証 作業パターンによる歩掛調査 作業工程における標準的な作業体制



23

Ⅲ. 各システムの成果と課題－伐採・収集システム

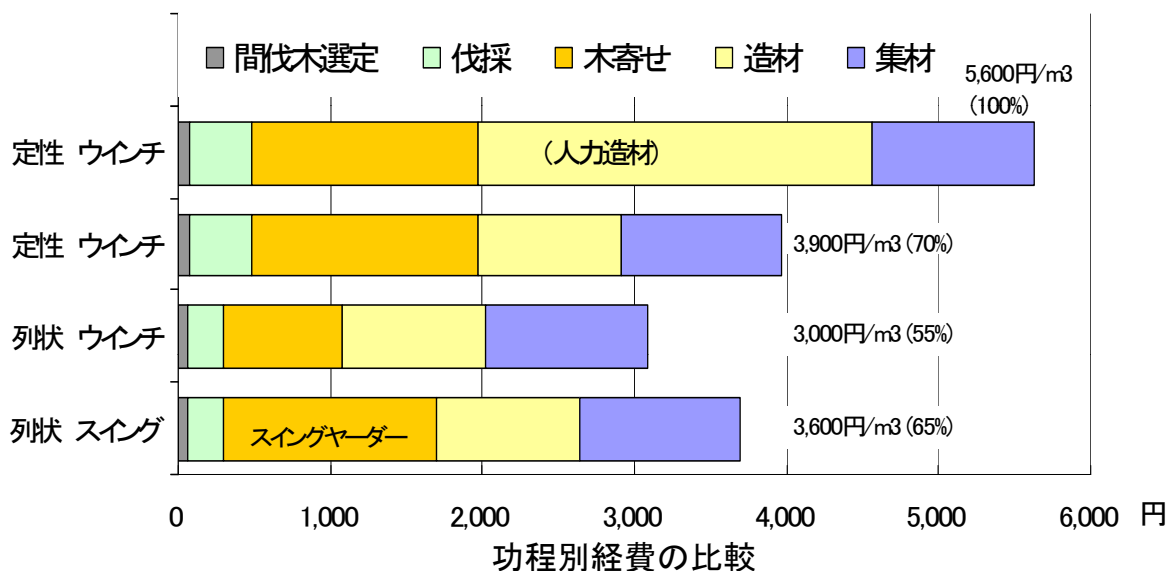
経済性の検証 作業パターンによる歩掛調査 伐採・収集・運搬システム直接経費

①従来の定性間伐(ウインチ集材+人力造材) → 1m³当り 5,600円

②列状間伐+ウインチ集材 → 1m³当り 3,000円(①の55%)

③列状間伐+スイングヤーダ集材 → 1m³当り 3,600円(①の65%)

※②③はハーベスタ造材(機械損料は含まない)



24

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーチップ加工システム



Ⅲ. 各システムの成果と課題ーチップ加工システム

最大の課題: 含水対策

桟積の状態 上: 夏季間 下: 冬季間

冬季間含水対策のための貯留施設
H21年度秋に建築設置

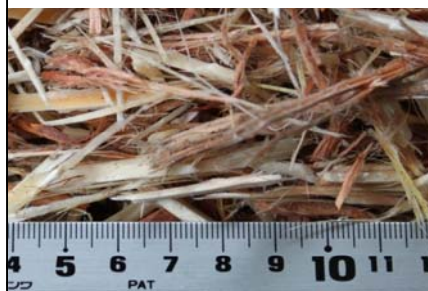


貯留施設を利用した効果を右表に整理した。
平成22年度からの本格利用の予定である。

供給月	平成20年度(DRY%)	平成21年度(DRY%)	
H21.12	81～110	80～100	
H22. 1	90～115	83～106	
H22. 2	90～118	85～110	

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーチップ加工システム

含水率によるチップの形状



左写真上段、中段のチップの形状が、最上町に設置された、破砕機でチップに加工した形状である。

写真上段は含水率(樹液)が120%を超えるとピン状になる。



ボイラの搬送システムの関係で中段の形状が安定して搬送が出来る。

ボイラメーカーとしては、下段の切削用チップを希望している。



スギ枝葉の燃料化



枝葉の燃料化も試みたが屋外に貯留することで堆肥化が進み利用することが出来なかった。貯留の問題と収集に課題がある。

27

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーチップ加工システム

【生産量と生産経費】

バイオマス燃料年間供給量

単位: kg

	550kWボイラ	700kWボイラ	合 計
平成19年度	386,219		386,219
平成20年度	627,305	676,960	1,304,245
平成21年度	575,510	1,005,590	1,581,100

平成21年度供給量を丸太間伐材及びチップ容積に換算

項 目	換算値	年間数量
丸太間伐材換算	840kg/m ³	1,882m ³ /年
燃料チップ容積換算	200kg/m ³	8,107m ³ /年

燃料チップ加工経費

項 目	使用量	金額(円)	備考
電気使用料金	53,943kW	1,184,236	
燃料費	グラップル	5,569L	555,418
	ホイールローダ	3,902L	391,055
	ダンプトラック	3,468L	346,507
人 件 費	2人×250日×9,000円/日・人	4,500,000	
合 計		6,977,216	861円/m ³

28

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーチップ加工システム

含水率・燃料供給量・ボイラ出力の関係 (700kWボイラ)

含水率88～100%

月 日	供給量 (kg)	含水率 (DRY%)	ボイラ出力 (kWh)
8月31日	4,120	88	
9月1日	2,960	93	3,184
9月2日	3,000	100	2,656
9月3日	3,140	92	2,106
9月4日	5,730	92	3,037
合 計	18,950		10,983

8月31日から9月4日の間に含水率(Dry)88%～100%の燃料チップを供給した。

期間供給した数量は18,950kg、10,983kWhの出力を生成した。

9月7日から9月11日の間に含水率(Dry)29%～39%の燃料チップを供給した。

期間供給した数量は12,920kg、13,194kWhの出力を生成した。

含水率29～39%

月 日	供給量 (kg)	含水率% (DRY%)	ボイラ出力 (kWh)
9月7日	2,040	29	
9月8日	2,240	37	3,432
9月9日	2,610	39	3,159
9月10日	2,520	36	3,200
9月11日	3,510	37	3,403
合 計	12,920		13,194

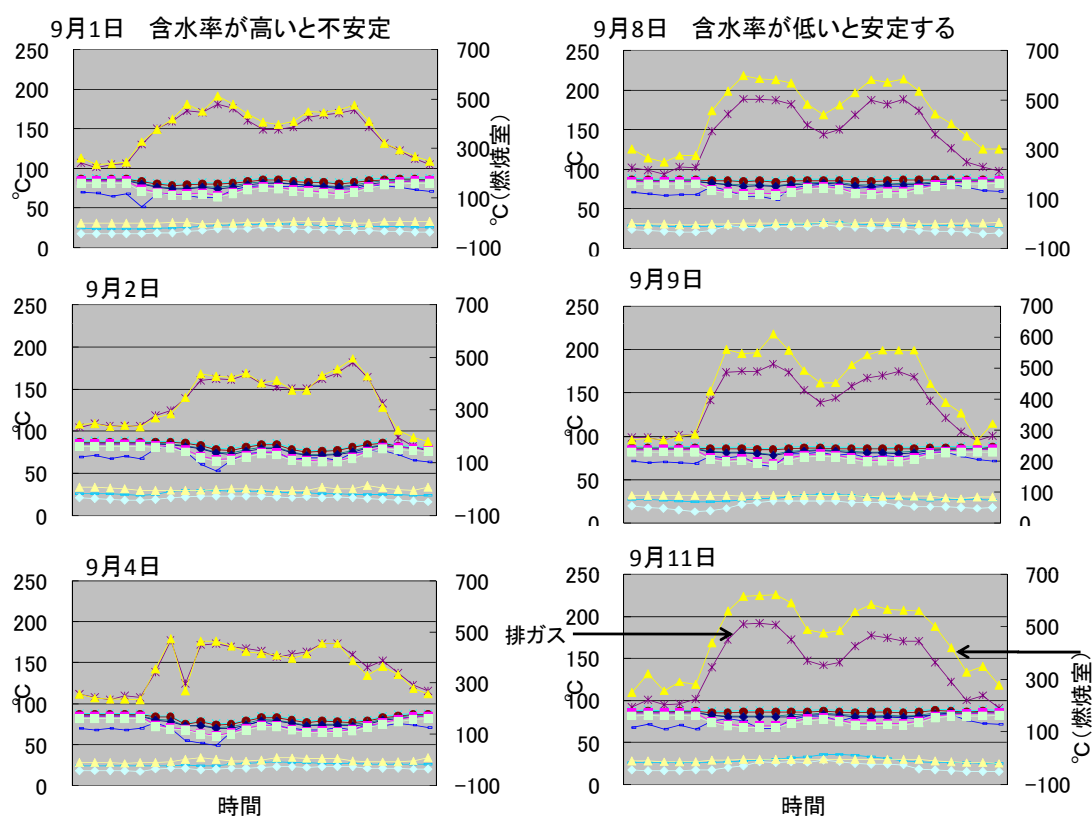
期間16m³の差である。年間にするとおおよそ800m³に匹敵する。

29

Ⅲ. 各システムの成果と課題ーチップ加工システム

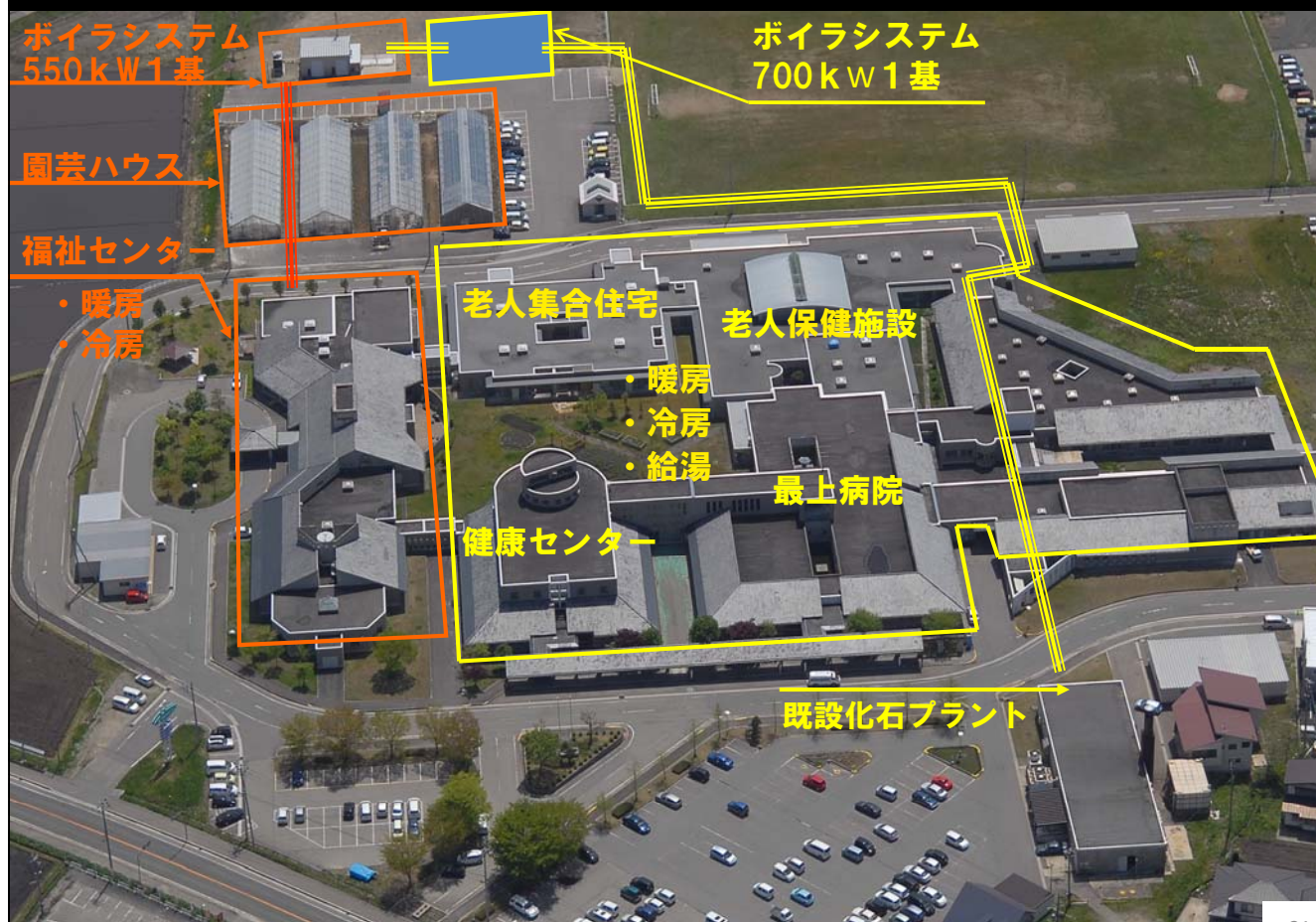
含水率・燃料供給量・ボイラ出力の関係 (700kWボイラ)

含水率が低いと負荷に対する追随性が高い



30

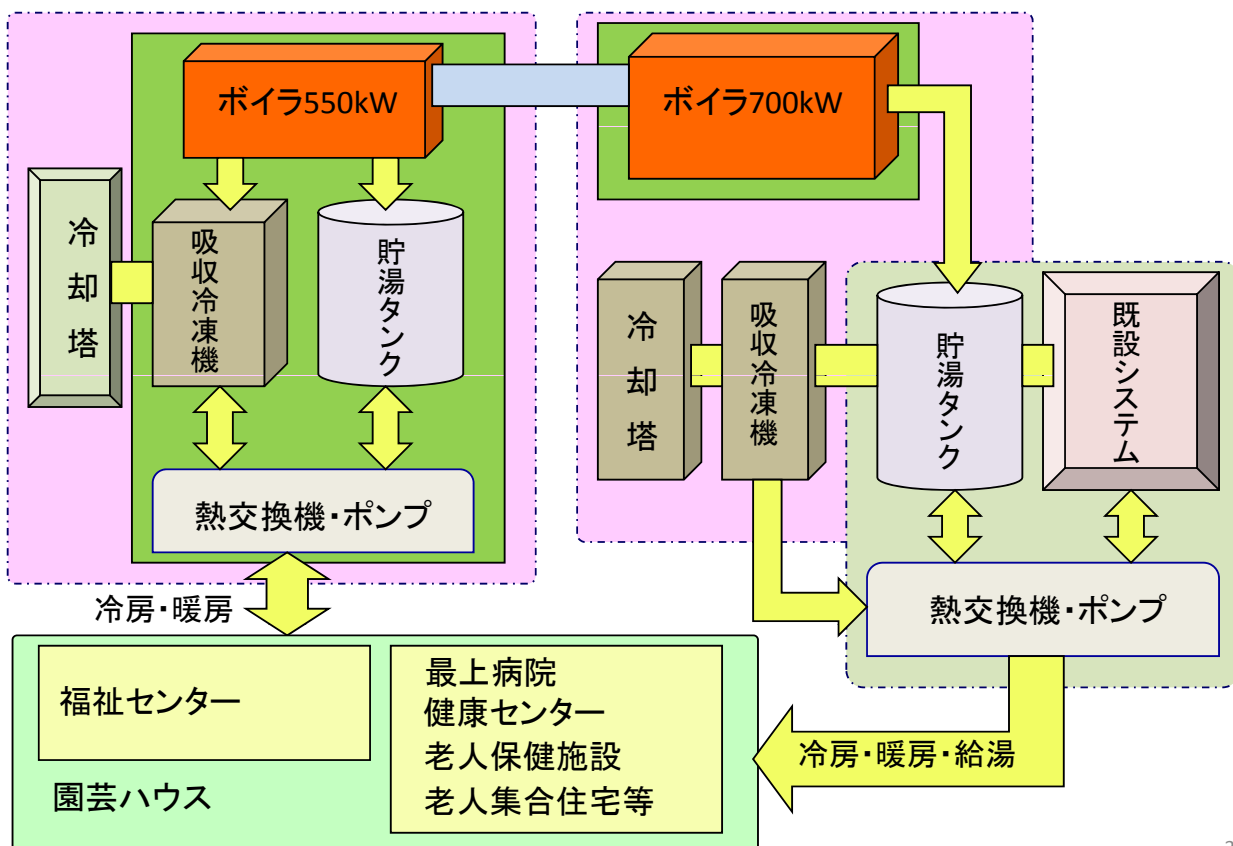
Ⅲ. 各システムの成果と課題ーエネルギー利用最終利用システム



エネルギー利用・最終利用システム模式図

平成18年度整備

平成19年度整備



Ⅲ. 各システムの成果と課題

ーエネルギー利用・最終利用システム

用途別消費熱量

ボイラ別	用 途	消費熱量 (kWh)	用途別利用割合 (%)	全体構成比 (%)
550kW	暖冷房	331,503	51.5	23.5
	ハウス暖房	269,909	41.8	19.1
	サイロ暖房	43,076	6.7	3.1
小 計		643,488	100.0	
700kW	暖冷房	348,012	45.4	24.7
	給湯	419,087	54.6	29.7
小 計		767,099	100.0	
合 計		1,410,587		100.0

エネルギー効率

ボイラ別	投入エネルギー		生成エネルギー		最終利用エネルギー	
	量(kWh)	割合(%)	量(kWh)	割合(%)	量(kWh)	割合(%)
550kW	1,099,055	100	985,712	89.7	643,488	60
700kW	2,040,307	100	1,343,463	65.8	767,099	40

33

Ⅲ. 各システムの成果と課題

ーエネルギー利用・最終利用システム

化石燃料等の削減効果

単位:L

年度	対象機種	重油ボイラ		冷温水発生機		消費合計
		NO 1	NO 2	NO 1	NO 2	
	H11～H17の平均消費量	124,996	101,411	161,570	52,016	439,993
	H21 消費量	72,705	55,974	113,794	4,433	246,906
	削減量	52,291	45,437	47,776	47,584	193,087

削減額

単位:円

化石燃料削減額	85円/L × 19,087L	16,412,395
給食室利用の給湯用LPガス		2,000,000
削減額の合計		18,412,395

34

IV. 経済性

経済的評価の手順（条件）

システム	内 容	備 考
間伐面積と材積	間伐面積を25haとする 収穫材積を2,500m ³ とし、1割の250m ³ を合板販売し、2,250m ³ をエネルギー利用する。	
収集運搬システム	作業歩掛調査のデータを基に試算する。	
チップ加工システム	平成21年度の実績数値を用いる。	
エネルギー利用・最終利用システム	平成21年度のランニングコストを基本に試算する。 化石燃料の削減効果額については平成21年度削減数量を基に試算する。	

35

IV. 経済性

経済的評価（現状システム）

間伐・チップ加工・供給収支

項 目	内 容	金 額(円)	適 用
収入の部		(7,175,000)	
間伐補助金	230,000円/ha × 25ha	5,750,000	
合板販売金額	5,700円/m ³ × 250m ³	1,425,000	
支出の部		(16,039,000)	
間伐及び収穫費	25ha × 359,000円/ha	8,975,000	実現場経費参照
チップ製造加工費	8,000m ³ × 883円/m ³	7,064,000	
差引額（燃料チップ販売可能額）		8,864,000	

36

IV. 経済性

経済的評価（現状システム）

ボイラ利用者側の収支

単位:円

増大する ボイランニング経費		(9,913,000)	
	電気使用料金	6,013,000	
	保守点検経費	3,300,000	
	日常管理費	600,000	
削減経費		(18,412,000)	
	重油削減額	16,412,000	
	LPガス削減額	2,000,000	
差引額(チップ購入可能額)		8,498,738	

経済性の検証

燃料チップ販売可能額	8,864,000	
燃料チップ購入可能額	8,498,000	
差 額	366,000	

37

IV. 経済性

改善計画による経済的評価

改善計画

1. 燃料含水率を現在の100%程度から80%程度に改善する。
8000m³(4,056,000kWh)から6,400m³(4,192,000kWh)になる。
2. 700kWボイラの効率を向上させる。
重油削減量を193,000Lから264,000Lに増大させる。

間伐・チップ加工・供給収支

項 目	内 容	金 額(円)	適 用
収入の部		(5,740,000)	
間伐補助金	230,000円/ha × 20ha	4,600,000	
合板販売金額	5,700円/m ³ × 200m ³	1,140,000	
支出の部		(12,831,000)	
間伐及び収穫費	20ha × 359,000円/ha	7,180,000	実現場経費参照
チップ製造加工費	6,400m ³ × 883円/m ³	5,651,000	
差引額(燃料チップ販売可能額)		7,091,000	

38

IV. 経済性

経済的評価（改善計画）

ボイラ利用者側の収支

単位：円

増大する ボイランニング経費		(11,116,000)	
	電気使用料金	7,216,000	利用増加で20%増額
	保守点検経費	3,300,000	
	日常管理費	600,000	
削減経費		(24,440,000)	
	重油削減額	22,440,000	
	LPガス削減額	2,000,000	
差引額(チップ購入可能額)		13,324,000	

経済性の検証

燃料チップ販売可能額	7,091,200	システムの問題点を抽出しながら、改善 する必要性はある。 改善することができれば、経済的に成り 立つことが可能と思われる。
燃料チップ購入可能額	13,324,000	
差 額	6,232,000	

39

V. 効果

1. 地域経済の活性化
 - ・森林資源の利用
 - ・雇用の安定と拡大
 - ・環境ビジネスとして新たに起業化
2. 環境意識
 - ・環境体験型研修(観光事業との連携)の実施
3. 増設計画
 - ・2基の木質バイオマスボイラの増設を計画(バイオマスエネルギーへの信頼)
4. エネルギー自立
 - ・エネルギー自立の自立を目指す
 - ・木質バイオマスが地域産業の再生と成長
 - ・地域システムの確立を目指す

40

草本系バイオマスエネルギー利活用システム実験事業

阿蘇市役所市民部市民環境課 古閑 茂雄

1. 事業概要・要旨

阿蘇の草原は、畜産や農耕用の資源等として人々が活用することによって美しい景観が維持されてきた。しかしながら、近年、有畜農家が減少したこと等により野草の利用が減少し、未利用の草地の増加とともにその景観が失われつつある。

本事業は、草本系バイオマスの効率的な収集・利用システムを実証することにより、草原景観の保全や生物多様性の保全に資するとともに、我が国に広がる草本系バイオマスの活用の道を拓き、草資源の有効活用のモデルとして普及を図ることを目的としている。具体的には、阿蘇市内に豊富に存在する未利用の野草（ススキ等）を収集し、ガス化発電を行い、得られた電力と熱エネルギーを、隣接する公共施設（温泉・温水プール）で使用するというシステムを構築するものである。

2. これまでの成果（設定目標とその達成状況）

2-1 収集運搬システム

原料となる野草の収集作業は、草原を管理する牧野組合の協力を得て、畜産飼料等に利用されていないエリアの中から機械作業が可能な場所を選定して行った。平成18～21年度まで4年間の採草面積は延べ465haで、採草量は合計2,170tである。

作業は、野草が立ち枯れた状態になる11月から3月にかけて行うが、水分が概ね20%以下の乾燥した状態でガス化発電プラントに投入するため、雨天時は作業出来ないなど天候の影響を大きく受ける。そのため、収集目標は2,000t/年であったものの、単年度の採草実績は784t（平成19年度）であった。

採草単価は、オペレーターの技術と土地の条件（面積、形状、草の密度等）に加え、天候や作業実施日数によっても変化する。ガス化発電の原料として使用するために、異物の混入が最小限となるような対策を含めた作業体系で採草を行った場合の単価は12.2円/kgであった。

また、国土交通省の協力を得て河川敷の草の収集を行ったほか、草の長期保管のために簡易保管シートを開発した。

2-2 エネルギー転換利用システム

木質チップでの長時間連続運転の実績を有する外熱式ロータリーキルン方式のガス化発電システムを導入した。木質チップと性状の異なる草本系バイオマスで連続した安定稼動のために、破碎機内での草ロールのブリッジ対策、草に合わせた定量供給装置の改良、投入スクリュウ装置の独立化、異物除去対策、クリンカ対策等の設備改造を行った。また、草本系バイオマスが不足する時期に、伐採木や工事支障木を一次破碎した木質チップを原料として使えるように設備改良を行った。設備の安全・安定運転のために、メンテナンスマニュアルの作成や遠隔監視機能も整備した。

2-3 エネルギー最終利用システム

供給される電力及び熱を季節・時間を問わず全量使いきれるように、電気や熱のデマンド解析結果を基に、需要側のボイラー等の操作マニュアルを整備するとともに、需要側の設備改造を行った。具体的には、夜間の熱を利用して浴槽に貯湯し開館時の熱需要を分散化する仕組みや、プール用の地下水を予熱するシステムを導入した。

2-4 システムの全体評価

評価は、「草本系バイオマスのエネルギー化事業の直接的効果」、「草本系バイオマス事業継続の意義（必要性）」の2つのフェーズで行った。具体的には、事業の直接的効果では「環境性」、「経済性」、「事業継続の可能性の観点から、事業継続の意義（必要性）」では、事業実施における「草原保全」、「雇用創出」、「産業振興」等の効果を評価した。

事業の直接的効果の評価では、草本バイオマスを原料として年間180日稼働した場合の化石燃料削減量は、重油換算で83kL、CO₂削減量は101tと試算されたが、事業収支はマイナスとなった。支出の内訳を見ると、原料費の占める割合が高くなっている。一方、エネルギー収支では、発電量に対するプラントの内部消費電力が高く、継続的に運転していくためには、引き続き所内消費電力削減のための努力をしていく必要がある。

事業継続の意義（必要性）の評価では、本事業を通して約300haの草地で新たな野草利用が開始されるなど草原保全、農業振興、雇用創出、市民の環境意識の向上といった効果があることが確認されている。

3. まとめと今後の課題

草本系バイオマスのエネルギー利用の可能性については、本事業を通して様々な成果が得られた。野草（ススキ）は、適切に利用・管理（採草、野焼き）していくことで、播種や施肥を行わなくても継続的に生産することができる。収集運搬に伴うエネルギー投入量は、得られるバイオマスのエネルギーの3.4%（バイオマスの高位発熱量に対する、採草機器の稼働に要する軽油消費量（熱量換算）の割合。作業機器の製造に係るエネルギーは除く）であり、エネルギー収支比の観点から有望な国産のバイオマス資源といえる。

また、草本系バイオマスの性状は、木質チップと比較すると含水率が低いというメリットがあるものの、かさ密度が小さく灰分が多いという点が課題となり、ガス化発電設備内の搬送やガス改質等の工程において、木質バイオマス利用と異なった技術開発が必要となる。エネルギー用の資源として利用する場合は、エネルギー転換・利用技術の更なる開発及び効率化が不可欠である。

経済性については、本事業での状況を見ると、原料調達（採草）のコストが高いこと、エネルギー転換・利用効率が低いことに加え、電力・熱の価格が低いことから、エネルギー供給事業という観点では、事業は成立しにくい。地域システムとして定着させていくには、本来の用途である農業利用の拡大を図りつつ、利用することによる水源涵養、観光資源、生物多様性等、様々な価値を見出していく必要がある。

本事業を通じて、草を中心としたバイオマスエネルギーに対する市民の認識が高まり、草原の価値を見直すきっかけとなった。また、市民や農家によって再び草原の利用が開始され、年々増加している未利用地の増加を抑制することができたことは大きな成果といえる。

バイオマスは地域特有の資源であり、化石資源と比較すると原料供給や転換技術に課題が多いが、経済性や環境性（CO₂削減）等の単一の指標で評価するのではなく、地域の環境、産業、文化、施設等に応じて、地域に馴染むシステムを構築していくことが重要である。

このため、地域の理解と協力を得るために引き続き連携を深め、草本系バイオマス利用における課題に取り組みながら、今後も事業を継続していく。

バイオマスエネルギー地域システム化実験事業

草本系バイオマスの エネルギー利活用システム実験事業

平成22年7月28日

阿蘇市役所 市民部市民環境課

1

講演内容

(1)事業の全体概要

(2)事業の実績

(3)システムの全体評価

(4)草のガス化発電の可能性

2

◆阿蘇市の概況◆

- 人 口 : 29,636人 (H17国勢調査)
- 面 積 : 376.25km²
(東西約30km、南北約17km)
- 地 形 : 世界最大級のカルデラ
 - 内部は平坦地が多い(集落・農地)
 - 外部は起伏・傾斜地が多い(草原)
- 基幹産業 : 農業、観光業
- その他 : 全域が阿蘇くじゅう国立公園に指定(昭和3年)
 - 阿蘇特有の希少野生動植物が生息
 - 自然資源が大変豊富



3

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の取組み背景◆

(1) 草原の恵み → 地域の人々の維持管理によって得られるもの

- 農畜産業で利用されてきた草資源
 - ・家畜飼料(敷き料)、放牧、堆肥
- 多様な動植物のすみか
 - ・草原に生育する種は約600種
- 広大な草原景観は阿蘇ならではの観光資源
 - ・年間約1800万人の観光客(阿蘇地域全体)
- 水源涵養の役割を果たす草原
 - ・6本の1級河川の源⇒流域人口は約230万人
- 育まれてきた草原文化(世界文化遺産への登録)
 - ・野焼き、草小積など



4

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の取組み背景◆

(2)草原の現状と課題

➤減り続ける草原 …… 明治・大正期から面積は半減



【資料：(財)国立公園協会「自然景観地における農耕地・草地の景観保全管理手法に関する調査研究」】

- ・農業情勢の変化
- ・畜産業の低迷
- ・後継者不足、高齢化

野草需要の減少

+

- ・野焼き量の増加
- ・作業者の高齢化
- ・放棄地、植林地の拡大

野草地の減少・藪化

=

- ・草原景観の劣化
- ・生物多様性の低下
- ・地域経済活動の低下

5

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の取組み背景◆

➤草原保全体制の弱体化 ……草原利用者、野焼き作業の従事者の減少

	平成10年	平成15年	平成19年	備考
農家戸数	3,098戸	2,972戸	2,612戸	10年で△15%
有畜農家戸数	747戸	482戸	511戸	10年で△32%
後継者がいる戸数	—	—	106戸	
平均年齢	52.3歳	55.8歳	58.2歳	野焼き・輪地切り等従事者
放牧牛頭数	4,544頭	4,040頭	3,886頭	10年で△15%
子牛頭数	—	605頭	546頭	4年で△10%
未利用地面積	—	1,257ha	1,379ha	4年で10%増
植林地面積	926ha	931ha	1,179ha	10年で27%増
輪地切り延長	—	—	176,781m	
輪地切り出役者(延べ)	2,189人	2,150人	2,302人	

【資料：平成19年度阿蘇草原再生牧野組合現況調査（環境省九州地方環境事務所）】

6

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の取組み背景◆

(3) 草本バイオマス（ススキ）の特徴

➤ 成長が早い

⇒毎年採草可能、半年で2～3mに成長
(収量実績 平均4.4t/ha)

➤ 多年生植物で、播種が不要

⇒数十年は地下茎から生育

➤ 持続利用が可能

⇒施肥不要、1000年以上の利用実績
(同一の現場で毎年採草可能)

➤ 自然乾燥、天日乾燥が容易

⇒秋以降は立ち枯れ状態となる。(水分は20%程度)
⇒青草でも、刈取後3日程度の天日乾燥で水分量はかなり低下する。



地下茎が発達

(4) エネルギー利用の課題

➤ 海外での研究が先行し、国内の研究データがない

➤ エネルギーとしての利用可能性、CO₂削減効果等が把握されていない

※「草本系バイオマスが新エネ資源となり得るか」を確認

7

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の取組み背景◆

(5) 草資源の活用サイクル



野焼き準備作業
→ 輪地切り/輪地焼き



野焼き

4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	----	----	----

← 農業利用期間 (4月～10月) | エネルギー用採草期間 (11月～3月) →

農業利用期間

→ 放牧(夏山冬里方式)
→ 飼料用などの採草作業



- 本事業で使用する草の収集は、畜産農家等が行う採草作業後に行う。
- これまで未利用となった草は、野焼きにより全て現地焼却となっている。

8

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の概要◆

(1)事業の目的

バイオマス資源の利活用と草原に係わる文化、生活習慣、生態的機能等の保全を両立させながら、事業として成立しかつ環境にも配慮したバイオマスエネルギーシステムを構築する

※採草してエネルギー利用すると同時に草原を保全

➤収集運搬システム

阿蘇の草原地域に存在する未利用の草資源を効率的に収集するためのシステムを構築する

➤エネルギー転換・利用システム

ガス化により熱分解ガスを生成し、コージェネレーション熱電併給を行うに際し、エネルギーの供給とランニングコストの削減に向けた効率的な運転方法を検討する

➤エネルギー最終利用システム

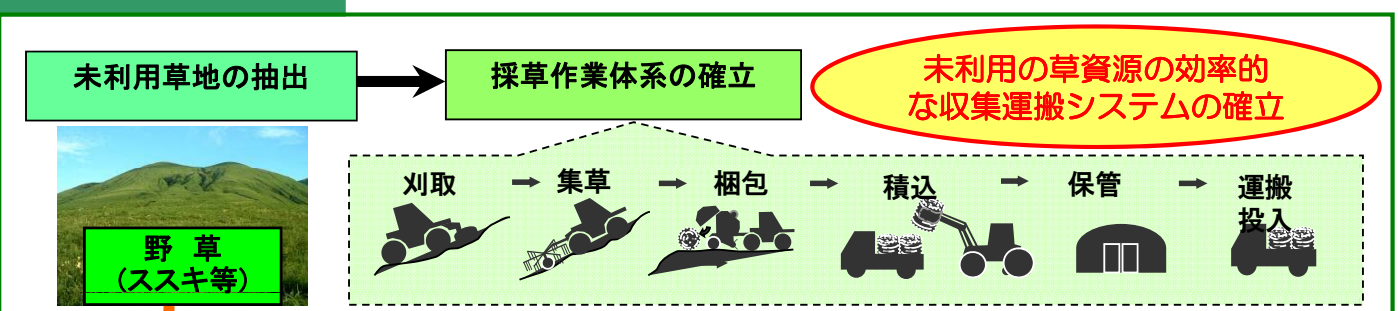
アゼリア21(プール・温泉施設)での電力や熱の需要を解析し、エネルギー転換・利用システムにおける効率的な運転方法や需給調整方法等を検討する

9

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の概要◆

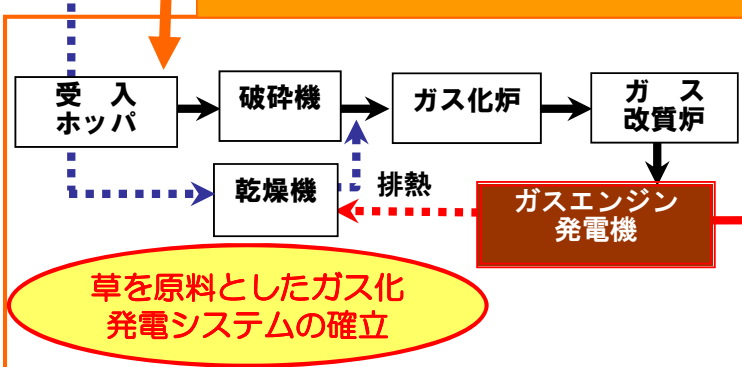
(2)本事業で構築するシステムの概要

収集運搬システム



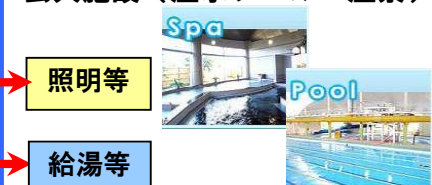
木質チップ
(不足時のみ)

エネルギー転換・利用システム



エネルギー最終利用システム

公共施設(温水プール・温泉)

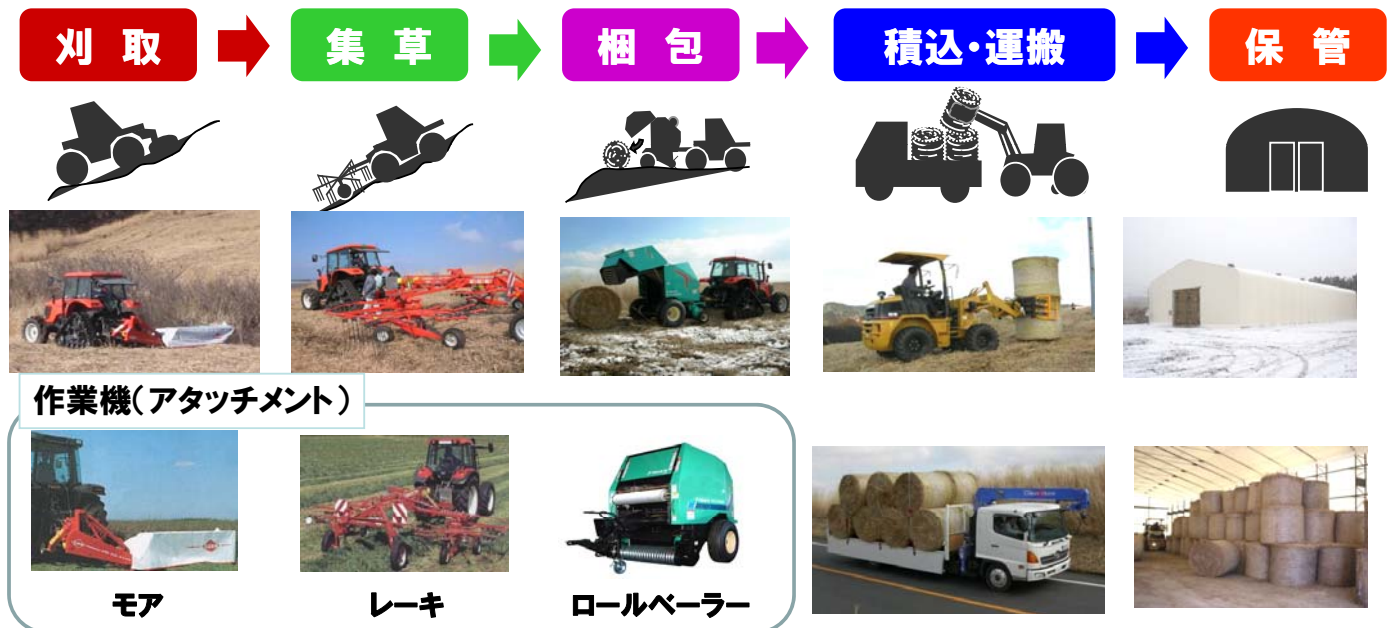


10

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(1)収集運搬システム・・・採草作業体系の構築

→トラクター後部にアタッチメントを取付け作業を実施

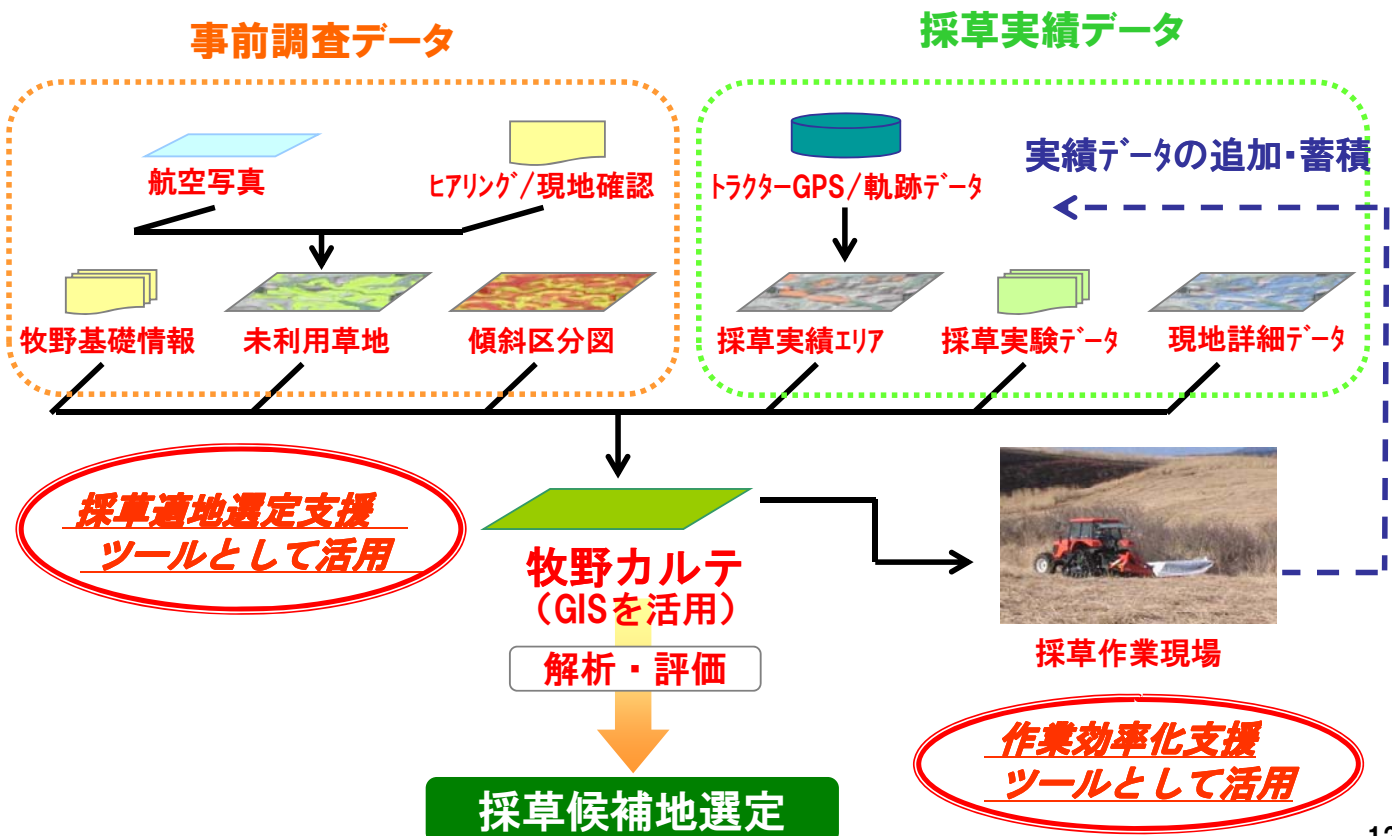


※農業用機械なので比較的安価、農業利用と併用

11

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

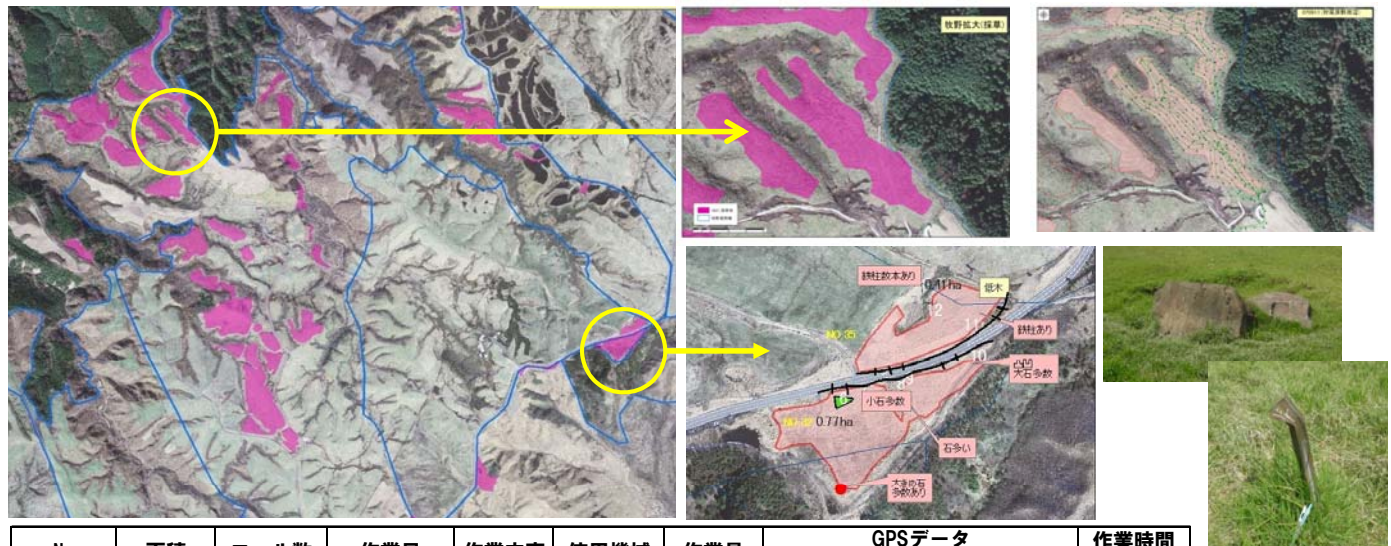
(1)収集運搬システム・・・採草地の選定



12

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(1)収集運搬システム・・・牧野カルテ(抜粋)



No.	面積	ロール数	作業日	作業内容	使用機械	作業員	GPSデータ			作業時間 合計
							開始時間	終了時間	経過	
1	1.14ha	大ロール 28個	11月30日	刈取	PW	川瀬	13:10	13:55	0:45	11:03
				集草	MF	五嶋	14:06	16:01	1:55	
				梱包	FENT	小野	14:10	15:49	1:39	
			12月1日	刈取	PW	川瀬	10:31	10:48	0:17	
				集草	MF	北里	10:31	11:17	0:46	
				梱包	FENT	小野卓	10:33	11:15	0:42	
			12月2日				13:26	15:50	2:24	
				攪拌	PW105	北里	10:29	11:02	0:33	
				集草	MF	小野	11:11	12:07	0:56	
							11:14	12:05	0:51	
				梱包	FENT	北里	13:14	13:29	0:15	

13

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(1)収集運搬システム・・・採草作業体制

●既存組織への委託 →牧野組合（約60組合）



平均年齢 58.2歳(2007年調査)

組合弱体化で作業困難

●新たな組織を形成 →「バイオマスオペレーター組合」



組合員数:15名(平均年齢 34.7才)

実質作業:採草チーム、運搬チームに分かれて作業

※作業は農業従事者であれば可能

14

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(1)収集運搬システム…採草作業実績①

	H.18実績	H.19実績	H.20実績	H.21実績
実施期間	H18.1.22 ～ H.19.3.7	H.19.11.12 ～ H.20.4.21	H.20.11.30 ～ H.21.3.20	H.21.11.18 ～ H.22.3.19
実施日数	39日	116日	69日	78日
対象牧野数	6組合	17組合 +個人農家5件	11組合 +個人農家4件	12組合 +個人農家3件
採草面積	59.0 ha	151.8 ha	132.0 ha	122.2 ha
収 量	223.8 t	783.9 t	583.4 t	578.2 t
単 収	3.4 t/ha	5.2 t/ha	4.2 t/ha	4.5t/ha
採草コスト				
採草単価(機械借料込)	14.4円/kg	14.2円/kg	14.9円/kg	20.7円/kg
(機械借料を除く)	13.0円/kg	10.7円/kg	10.7円/kg	15.4円/kg
投入エネルギー(軽油)	168.0 GJ	357.3 GJ	349.5 GJ	362.4 GJ
収量当り投入エネルギー	891.3 MJ/t	510.2 MJ/t	599.1 MJ/t	617.1 MJ/t

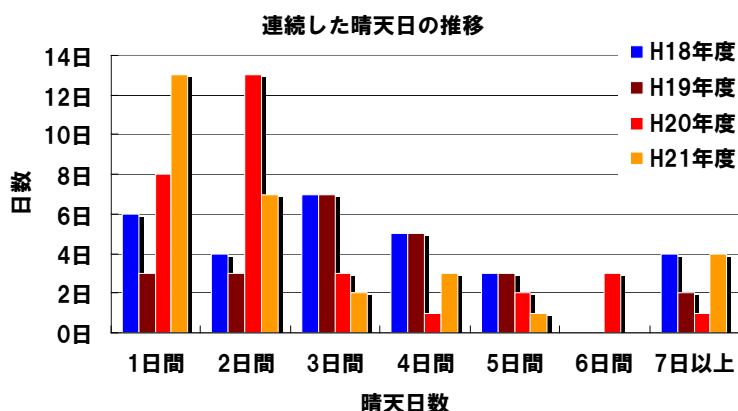
15

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(1)収集運搬システム…採草作業実績②

各年度11月～3月までの気象状況と収集量の推移

	H17年度	H18年度	H19年度	H20年度	H21年度
積算雨量	616mm	569mm	556mm	799mm	841mm
積算日照時間	660時間	678時間	662時間	605時間	589時間
実施日数		39日	116日	69日	78日
収集量		223.8t	783.9t	583.4t	578.2t



➤採草作業は天候に大きく左右される。
(雨天が弱点)

➤収穫量は晴天率に大きく影響される。

➤気象条件が収集運搬コストにも影響



※同じ場所で作業するため、
日当たりの収量は増加している。

16

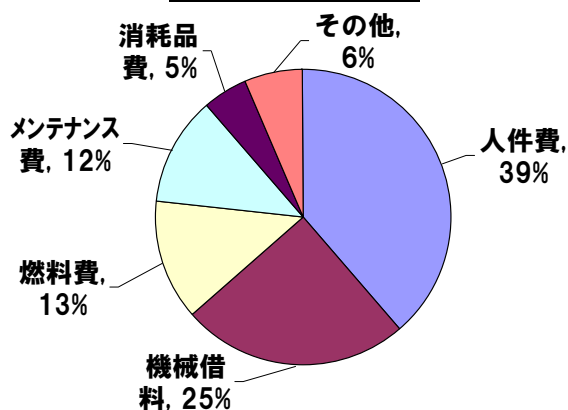
◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(1)収集運搬システム…採草作業実績③

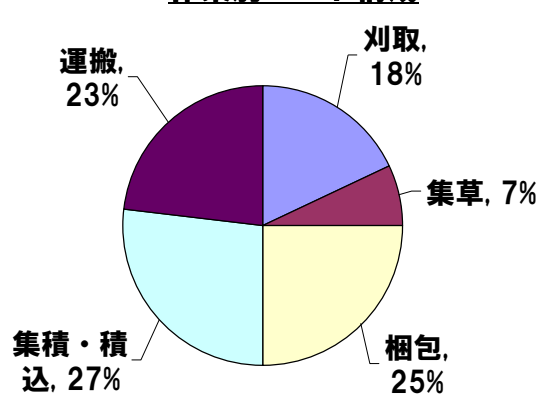
単位：円/kg

	人件費	燃料費	消耗品費	メンテナンス費	管理費	機械借料	合計 (機械借料込)	合計 (機械借料抜)
H18年度	5.8	2.3	2.2	2.0	0.7	1.4	14.4	13.0
H19年度	5.5	1.9	0.7	1.7	0.9	3.5	14.2	10.7
H20年度	5.4	2.3	0.4	1.5	1.1	4.2	14.9	10.7
H21年度	7.7	2.5	1.4	2.3	1.5	5.3	20.7	15.4

費用別コスト構成



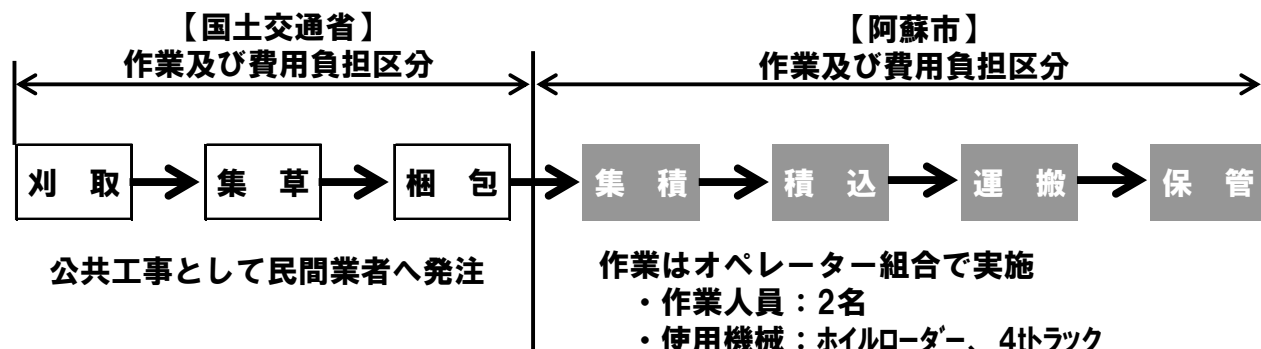
作業別コスト構成



17

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(1)収集運搬システム…採草作業実績③(河川敷)



管理資産量	バイオマス量			
	枝葉 (10 ³ t-wet)	刈草 (10 ³ t-wet)	流木 (10 ³ m ³)	計 (10 ³ t-dry)
道路 (10 ³ km)	1,172	101.7		315
河川 (10 ³ km)	144	1,626		1,138
ダム (箇所)	938		287	160.6
港湾 (箇所)	1,084		10.8	6.07
海岸 (10 ³ km)	34		169.4	94.9
空港 (箇所)	101	1.485	23.8	15.05
鉄道 (10 ³ km)	17.6	26.0	63.9	38.5
都市公園 (箇所)	61,597	50.1	321	218
下水道 (10 ⁶ 普及人口)	82.5			2,105
合計		179.2	2,695	4,091

国土管理由来バイオマスの年間推定発生量 (出典：独立行政法人 土木研究所)



18

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(1)収集運搬システム…課題への対応

➤金属、石等の異物が多い →除去対策の実施

→プラントでトラブル発生の原因となる



採草作業に「攪拌工程」追加
(ジャイロテッダーの導入)

→重量物を下に落とし異物の混入を低減

→雨にぬれた草を攪拌することで乾燥を促し、
草ロールの含水率を低減

➤ストックヤードの確保が必要 →簡易保管シートを開発

→秋から冬に収集した草を年間で利用(長期保管)

→屋外保管による原料の品質低下(腐敗・腐食)



19

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(2)エネルギー転換・利用システム…ガス化発電設備の概要



➤平成18年度に設置

→平成19年6月から稼動開始



➤木質チップで稼動実績のある「間接加熱式ロータリーキルンガス化炉」を採用

➤熱源にガス化の際に副次的に発生する残渣(チャー)を燃焼させ使用
(残渣の燃焼だけで熱源が不足する場合は、発生したガスの一部を燃焼)

20

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(2)エネルギー転換・利用システム・・・ガス化発電設備の仕様(稼働計画値)

●エネルギー変換システム

システム名称	間接加熱式多筒型ロータリーキルンガス化炉
バイオマス処理能力	6.8t/日 2,000t/年(水分22%)
施設稼働時間	1日当たりの稼働時間:24時間 年間284日稼働(発電運転266日、保持運転18日) ・昼間14時間 → 熱電併給運転 ・夜間10時間 → 熱供給運転
燃料発生計画量	186Nm ³ /h
発熱量	(高位)18.0MJ/Nm ³ (低位)16.5MJ/Nm ³

●エネルギー利用システム

システム名称	ガスエンジン発電機と廃熱の温水化によるコージェネレーション
生成エネルギー	【電力】180kW 2,520kWh/日 716MWh/年 【温水】8,000kWh/日 2,201MWh/年 (発電時450kW 保持運転時170kW)

21

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(2)エネルギー転換・利用システム・・・原料の性状の違い

	木質バイオマス	草本系バイオマス(すすき)
破碎サイズ	・概ね50mm以下程度	・概ね80mm以下程度
かさ比重	・0.15~0.27t/m ³	・0.04~0.06t/m ³
含水率	・40~55%	・15~25%程度
灰分	・投入量の0.5~1.0%	・投入量の7~10%程度
灰中の主成分	・カリウム(K)、ナトリウム(Na)	・カリウム(K)、ナトリウム(Na)、ケイ素(Si)
熱量	・4,200kcal/kg-dry	・3,900kcal/kg-dry
異物	・伐根等の場合、小石等が混じることがあるが間伐材にはほとんどない。	・採草場所で大きく左右されるが相対的に異物は多い
燃焼性	・燃えやすい。	・木と比べると燃えにくい。 ・カリウムが多く低融点でクリンカを形成しやすい。 ・異物が多いと燃焼の障害となる。

22

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(2)エネルギー転換・利用システム・・・安定稼働への対応

- かさ比重が軽く嵩張るため搬送しにくい → **定量供給性を改善**
→プラントへの原料供給量が安定せずトラブル発生の原因となる
- 金属、石等の異物が多い → **除去対策が必要**
→プラントでトラブル発生の原因となる
- 灰分が多くクリンカを形成しやすい → **除去対策が必要**
→飛灰の融点が低くクリンカを形成しやすい
→灰の発生量は原料投入量の約1割(木質の10倍)



※設備改造工事を実施



23

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(2)エネルギー転換・利用システム・・・設備の改造

内容	現象	対策等
破砕機内でのブリッジ対策	破砕機下部で草がブリッジになる	・自動ブリッジ検知装置の設置 ・破砕機内のブリッジブレーカーの設置
定量供給性の改善	かさ比重や、長尺の草本が混入することにより、定量供給ができない	・コンベア乗り継ぎ部のブリッジブレーカーの設置 ・コンベア上部への掻き落とし装置の設置
投入スクリュウ装置の独立化	ガス化炉入口で原料が詰まる	・強制的にキルンに投入するための独立スクリュウ投入装置の追加
異物除去	草ロール中に鉄柵、石、多量の砂等が混入している	・鉄対策:磁選装置の設置 ・石、砂対策:風力選別装置の設置
クリンカ対策	草の炭化物がクリンカ化し、改質炉の耐火物が損傷し、また熱風発生炉が安定燃焼できない。	・改質炉クリンカ付着に強い耐火物を使用 ・定期修繕時のクリンカ除去 ・熱風発生炉に風力選別の排出装置を追加

24

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

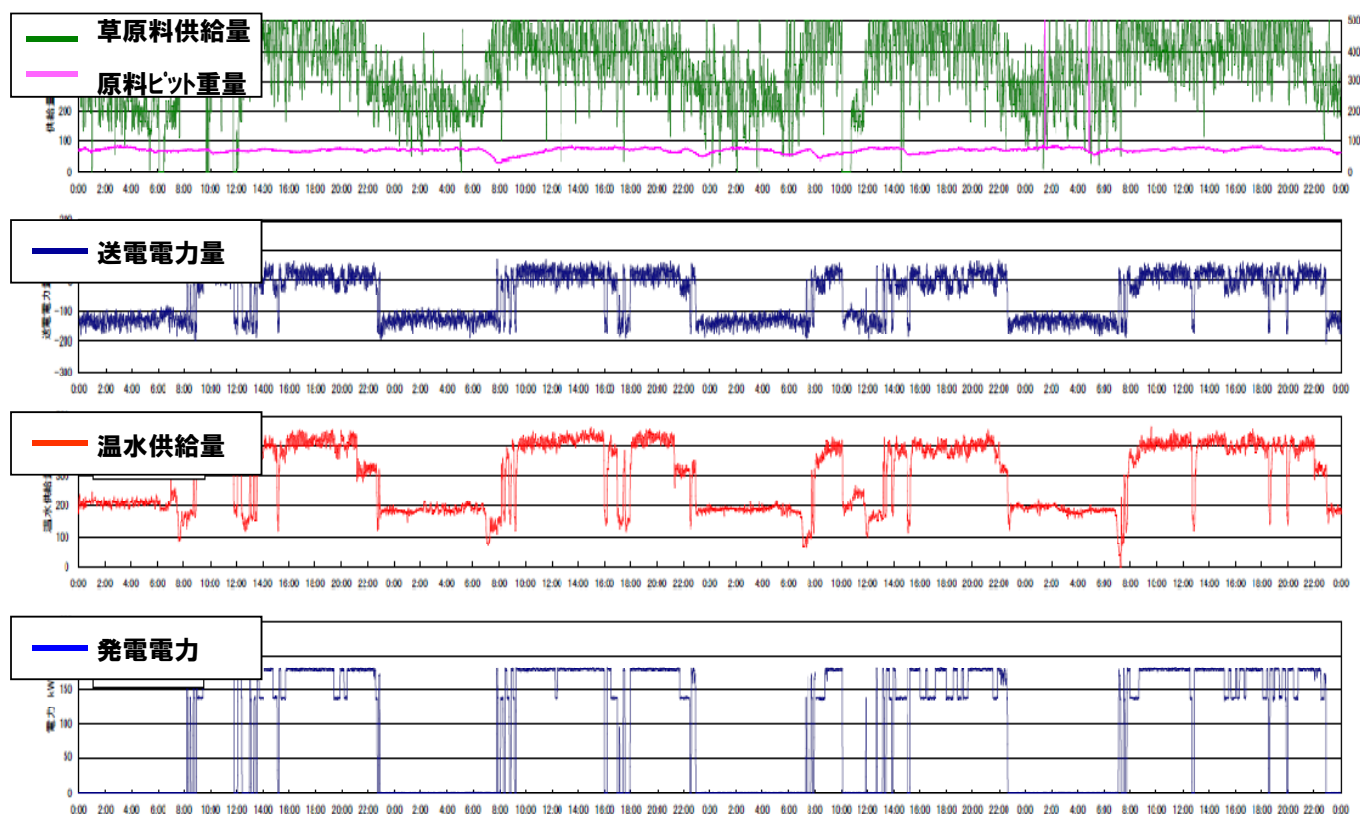
(2)エネルギー転換・利用システム・・・設備の基本性能

運転時間		発電(昼間)	12h		保持（夜）		12h	
原料バイオ マスの性状	草本	水分	20%		発熱量（高位）		19MJ/kg	
	木質チップ	水分	40%		発熱量（高位）		15.2MJ/kg(推定)	
原料投入量	草本	発電時	370kg/h		保持時		200kg/h	
	木質チップ	発電時	493 kg/h		保持時		267kg/h	
電力供給設定	草本	発電量	180kW	供給量	40kW	夜間消費量	115kW	
	木質チップ	発電量	180kW	供給量	55kW	夜間消費量	100kW	
熱供給設定	草本	発電時	450kW	保持時	170kW	供給量	170kW	
	木質チップ	発電時	350kW	保持時	170kW	供給量	170kW	

25

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(2)エネルギー転換・利用システム・・・設備の稼働状況

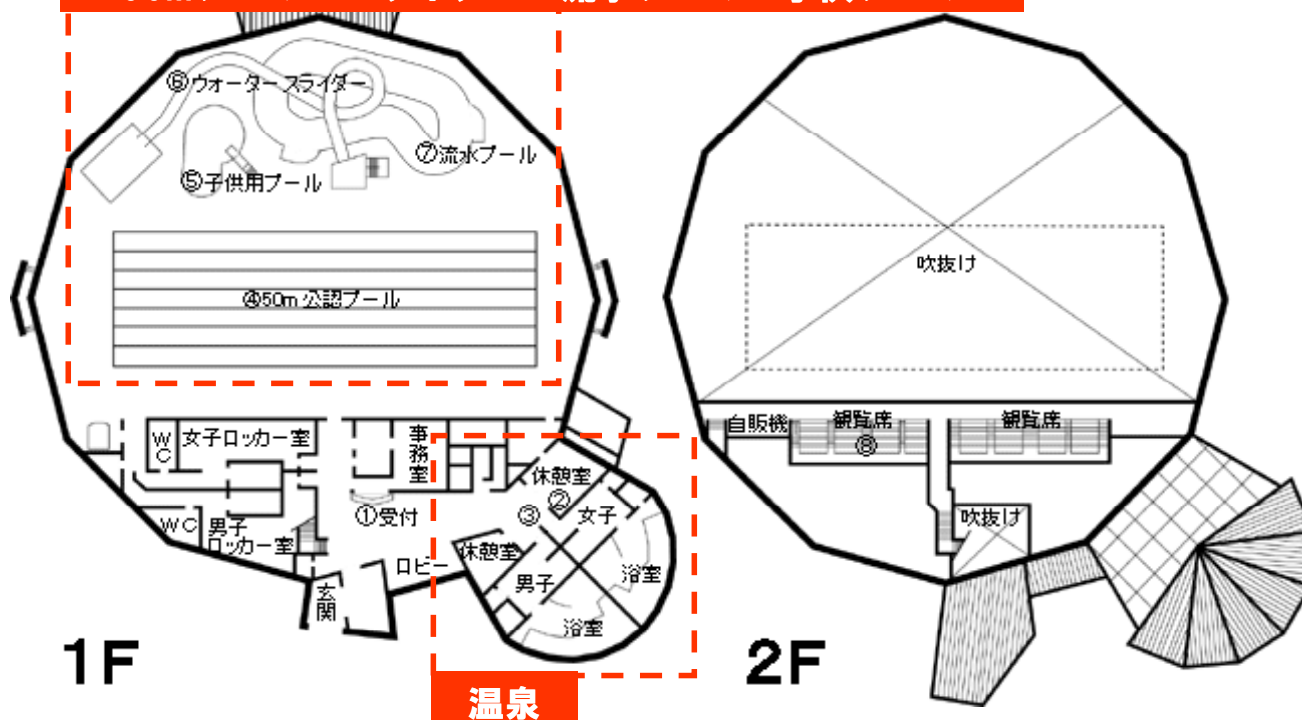


26

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(3)エネルギー最終利用システム・・・エネルギー供給先の概要(アゼリア21)

50mプール+スライダー+流水プール+子供プール



27

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

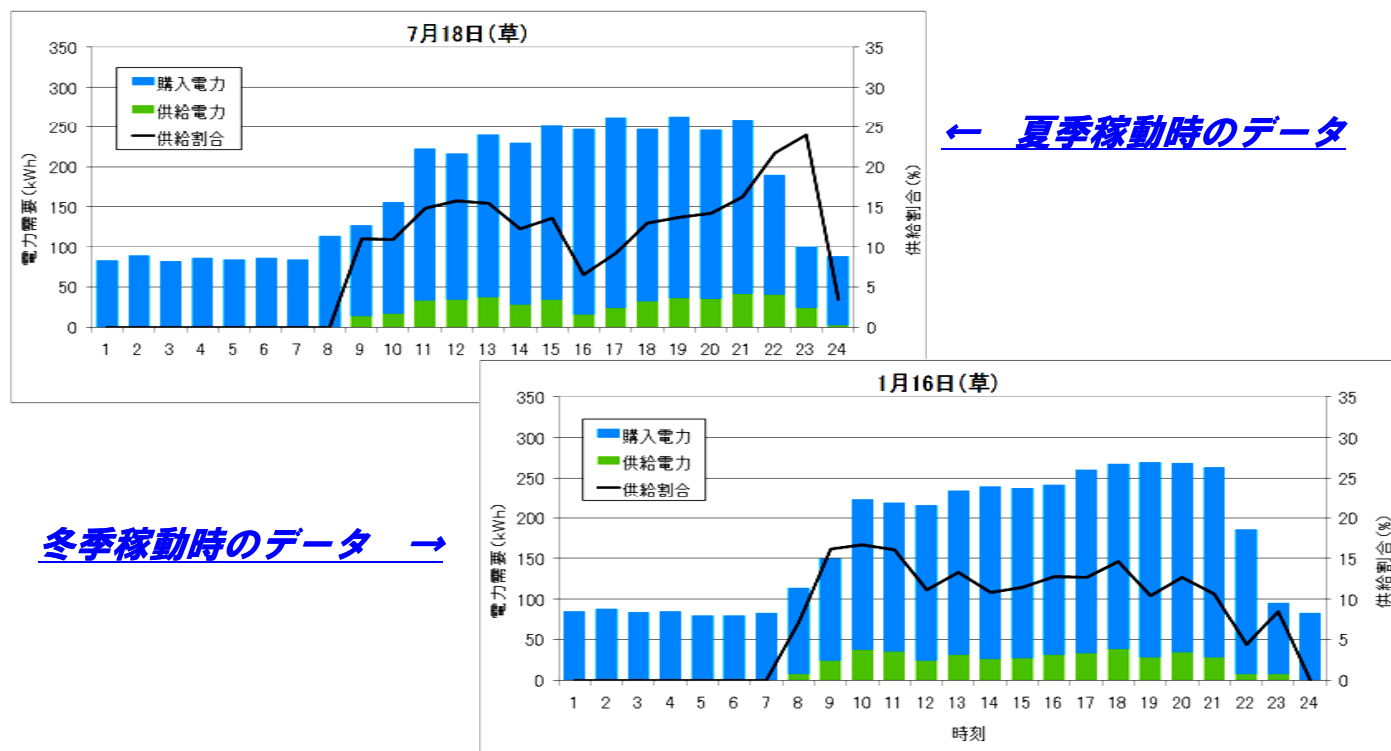
(3)エネルギー最終利用システム・・・エネルギー供給実績

項目	計画値	実績	差異の理由
コジェネ送電量	1,540kWh/日	706kWh/日 (H20.10実績)	<ul style="list-style-type: none"> ・プラントの所内消費電力が大きいために送電量が計画を下回った。 ・1日当たりの発電時間が、アゼリア21の省エネ効果により当初計画よりも2時間短くなった。
受熱量	24,857MJ/日	25,095MJ/日 (H20.11実績)	<ul style="list-style-type: none"> ・原料使用量の増加に伴い熱供給量が増加した。 ・アゼリア21の改造工事によって、供給された熱は全て使いきれるようになった。

28

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(3)エネルギー最終利用システム・・・エネルギー供給実績(電気)



- 供給された電気は無駄なく全て使用
- ガス化発電設備からの供給量は、需要量に対しておよそ10%程度

29

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(3)エネルギー最終利用システム・・・エネルギー供給実績(熱)

➤エネルギー需要側の改造

項目	概要
温泉用ポンプの設置	熱源側の循環温水を優先的に温泉へ回すポンプを設置
プール余熱システム設置	熱源側の循環温水がガス化発電設備へ戻る途中に、新たに熱交換器を設置(プールの余熱として利用)



温泉用ラインポンプ



プール余熱システム

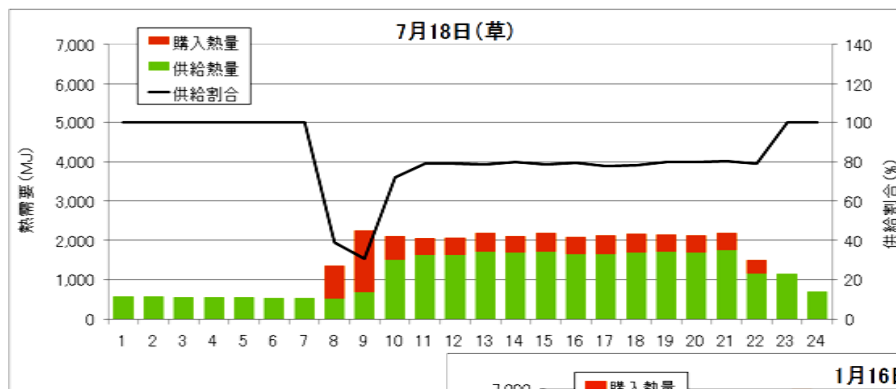


※円滑な熱需要のために「アゼリア21の熱利用実施マニュアル」を作成

30

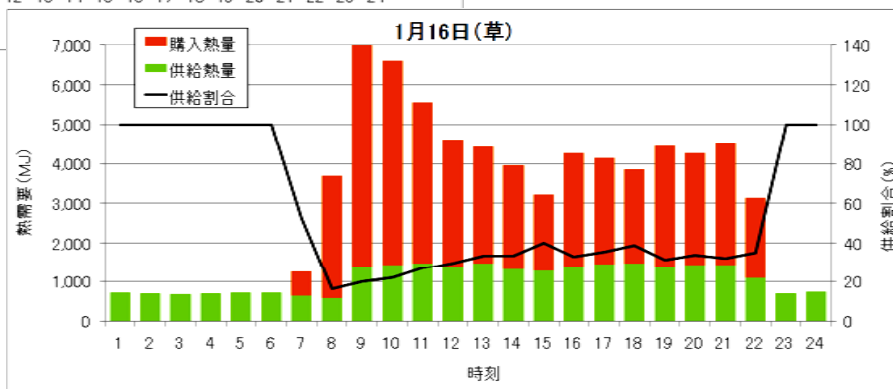
◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(3)エネルギー最終利用システム…エネルギー供給実績(熱)



← 夏季稼働時のデータ

冬季稼働時のデータ →



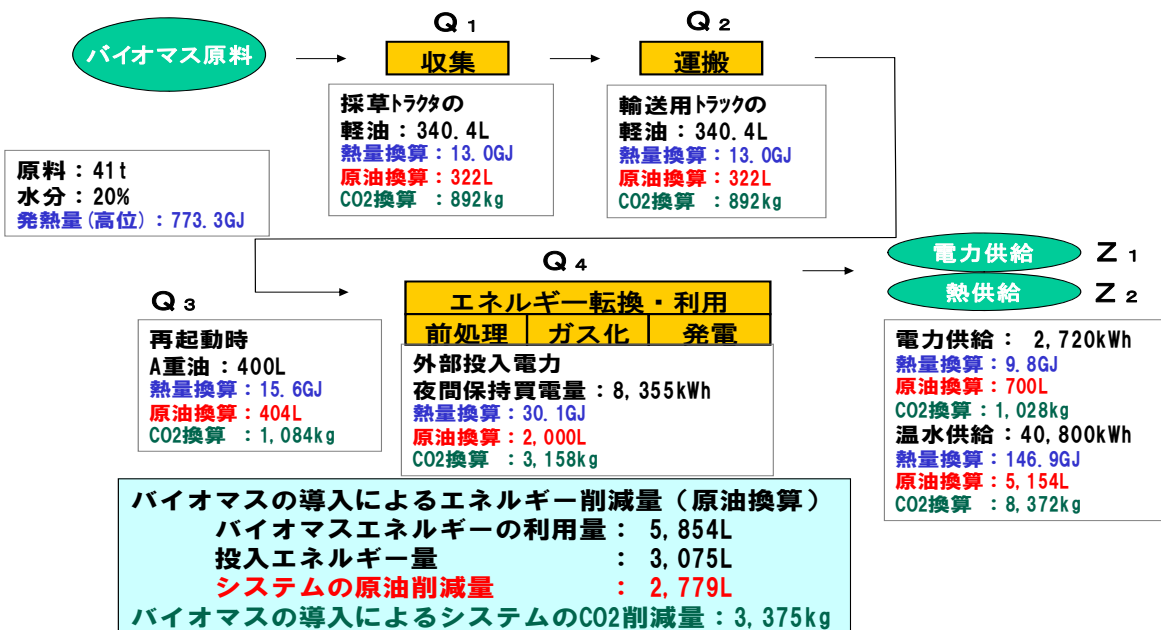
- 設定の工夫や改造工事等の効果により、供給された熱は無駄なく全て使用
- 特に、夏の重油消費量が激減し、コスト面でも熱利用による効果は大きい

31

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の実績◆

(4)エネルギー収支

1クール6日間運転の場合のエネルギー収支



稼働日数[日/年]	120日	180日	240日	300日
化石燃料削減量(重油換算)[L]	55,576	83,364	111,152	138,940
CO2削減量[kg]	67,500	101,250	135,000	168,750

32

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の全体評価◆

(1)評価の視点と結果の総括

【Phase1】草本系バイオマス事業の直接的効果

環境性

- ・エネルギー収支
- ・化石燃料消費削減量

経済性

- ・ガス化発電事業の収支

事業継続の可能性

- ・原料の安定供給
- ・プラントの安定稼働
- ・エネルギー需要確保

【Phase2】阿蘇地域における事業実施の効果

草原保全

- ・野焼き負荷軽減
- ・生物多様性維持
- ・災害リスク軽減

雇用創出

- ・採草作業業務
- ・プラントの運転業務

産業振興

- ・農業・畜産振興
- ・観光産業振興

その他の効果

- ・環境意識の向上
- ・草原文化の維持
- ・不法投棄対策

33

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の全体評価◆

(1)評価の視点と結果の総括・・・Phase① 事業の直接効果

評価の視点	評価結果	対応の方向性等
環境性	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー収支 <ul style="list-style-type: none"> →熱＋電力の合計はプラス →電力単体ではマイナス ・CO₂削減量(年間180日稼働の場合) <ul style="list-style-type: none"> →化石燃料削減量は83kL(重油換算) CO₂削減量は101tと試算 	<ul style="list-style-type: none"> ・所内消費電力を削減し、供給電力量を増加することが必要
経済性	<ul style="list-style-type: none"> ・経済収支 <ul style="list-style-type: none"> →経済収支はマイナス →原料費の占める割合が高い →稼働日数の増加に伴い収支構造が悪化する傾向がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業収支改善には、原料費の削減と粗便益の向上が必要
事業継続の可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・採草からエネルギー利用までの事業実施体制を構築できた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・連続運転を行いつつ、データ収集と事業性改善策の検討を行うことが必要

34

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の全体評価◆

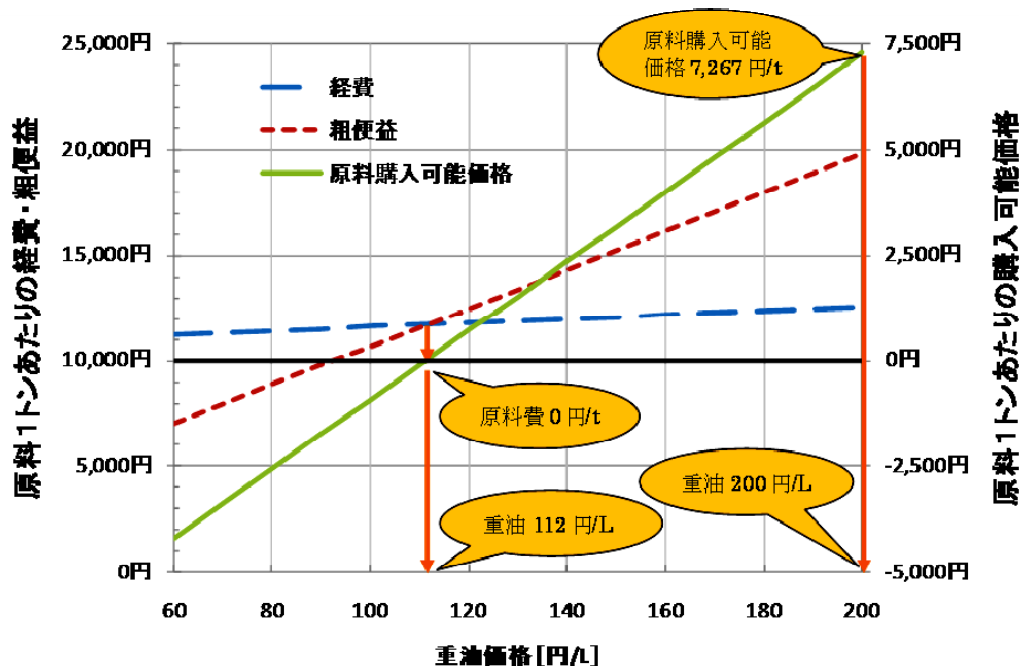
(1)評価の視点と結果の総括・・・Phase② 阿蘇市における事業実施効果

評価の視点	評価結果	対応の方向性等
草原保全	<ul style="list-style-type: none"> ・約300haの草地で利用が再開 ・火災が予防され、野焼き作業時も危険性が低減 	<ul style="list-style-type: none"> ・引き続き野草利用を促進
雇用創出	<ul style="list-style-type: none"> ・事業に係る地元雇用が発生（採草作業及びプラントオペレーター） 	<ul style="list-style-type: none"> ・継続して事業を実施
農業振興	<ul style="list-style-type: none"> ・野草を農業利用する農家が増加 ・農閑期の農家の副収入 <ul style="list-style-type: none"> →農家の作業技術を活用 →農業機械購入のインセンティブ 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業協力する農家を拡大 ・機械による作業技術を継承
その他の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・観光客の維持拡大に期待 ・市民の環境保全意識が向上 <ul style="list-style-type: none"> →事業認知度が影響（市民アンケートの結果） 	<ul style="list-style-type: none"> ・市民による環境保全活動を活発化 ・他地域からの支援者の拡大

35

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の 草のガス化発電の可能性◆

(1)事業性改善に向けた方向性・・・阿蘇市における事業成立要件



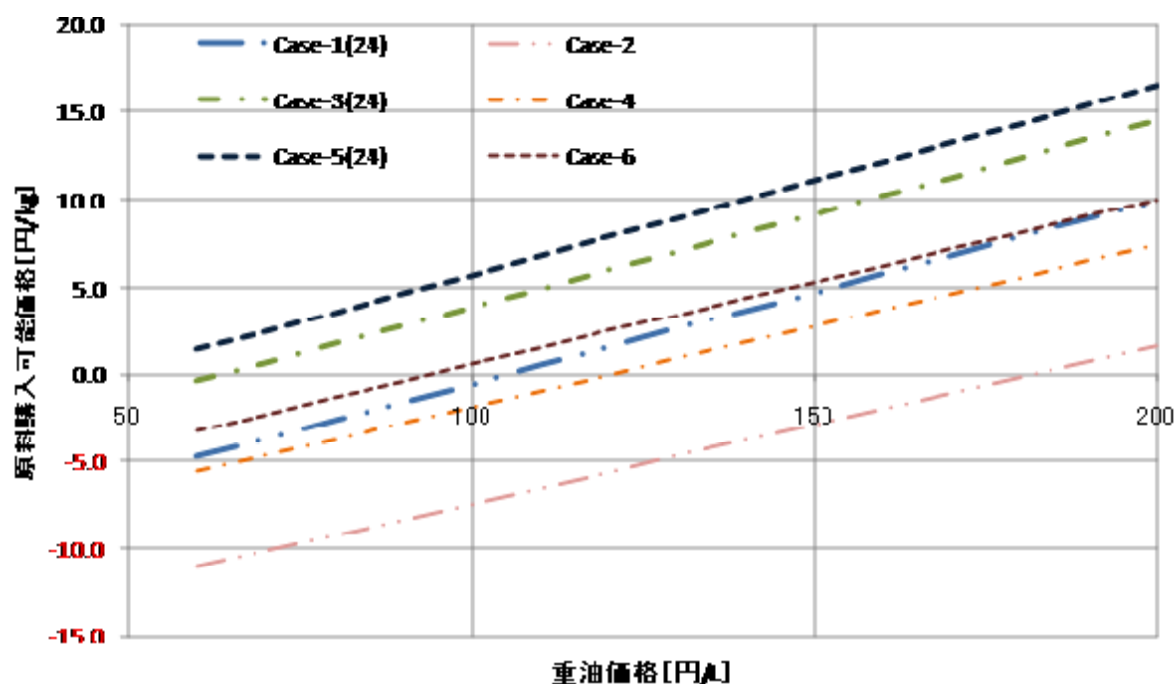
※前提条

- ・年間稼働日数180日、送電端出力82kWの場合で試算
- ・経費には、原料購入コストを含まない
- ・粗便益と経費の差額が「原料の購入費用に充てることができる金額」とであるとみなす

36

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業の 草のガス化発電の可能性◆

(2)普及規模における事業成立要件



- ・設備規模(現行、2倍規模、4倍規模)と運転条件(発電時間)を変えた6ケースを設定
- ・重油価格の変化や、設備費の補助の有無を含め事業収支を試算

37

◆草本系バイオマスのエネルギー利活用システム実験事業のまとめ◆

草本系バイオマスのエネルギー利用の促進に向けたポイント

《総括》

➤ 野草(ススキ)は有望な国産のバイオマス資源

→野草(ススキ)の収集運搬に伴うエネルギー投入量は、得られるバイオマスのエネルギーの3.4%と少ない(本実験の結果から)

➤ 単一の指標での評価ではなく複数の指標での評価が必要

→経済性等の単一の指標で評価するのではなく、システムが地域に定着することでの効果や地域の価値を含めて評価することが必要

➤ 地域に馴染むシステム構築

→バイオマスは地域特有の資源であるため、地域の環境、産業、文化、施設等に応じたシステム構築が必要

《今後の課題》

➤ 草本系バイオマスの性状に応じた更なる技術開発が必要

→エネルギー転換・利用技術の更なる開発及び効率化が不可欠

➤ 事業継続に向けた事業協力者の拡大

38

高知県仁淀川流域エネルギー自給システムの構築

高知県仁淀川町 片岡 博

1. 事業概要・要旨

高知県の森林面積率は84%であり全国で最も高い。特に仁淀川町、佐川町、越知町の3町は森林面積率の高い地域であるが、森林資源が豊富に存在するにも係わらず、その利用量は年間1万m³に満たない。その原因は①少量のバイオマスを山から降ろしてくる仕組みとその少量のバイオマスを適切な対価で取引する仕組みが存在しないこと、②森林資源をエネルギーとして利用していないため歩留まりが低いこと、③地域内に大規模なバイオマスエネルギーの需要がないことである。本事業は上記の課題を克服し、地域の森林資源のエネルギー利用を促進するため、現在山林に放置されている林地残材等を対象とし、林業の規模と形態に応じた方法で効率的に収集運搬しチップ化した後、ガス化ガスタービンコージェネレーション設備とペレット製造設備とを組み合わせバイオマスの持つエネルギーを最大限利用するとともに、変換されたエネルギーを地域内で利用することにより、小規模で成り立つシステムを構築し、バイオマスエネルギーの地産地消を目指すものである。

2. これまでの成果

2-1 収集運搬

収集運搬は、大規模林産（架線集材による林業）、中規模林産（車両系林業）、小規模林産（森林ボランティアや個人林家の行う林業）の3つに分け、それぞれの収集運搬能力を確認し、コストを算出した。

（1）収集運搬全体

収集運搬実績は、19年度1,544t、20年度2,798t、21年度3,442tと収集運搬量が増加している。19年度当初は収集運搬割合の多くを大規模林産に頼っていたが、19年10月頃から徐々に小規模林産からの割合が増え、20年6月からは、町独自で発行した地域流通商品券事業の効果もあって、参加者とともに収集運搬量も増加し、収集運搬の中心的役割を果たすようになった。

（2）大規模林産現場からの収集運搬

大規模林産現場では山土場1カ所で集中的にバイオマスが発生することから収集運搬に要する工程数は最も少ない。期間費用は、収集運搬場所が前処理場から遠いことや突発的な修理費などから3,676円/tとなり、目標（3,000円/t）に未達であった。

（3）中規模林産現場からの収集運搬

中規模林産現場ではバイオマスが作業道沿いに分散して発生するため、作業道沿いから拾い集めて山土場に集積する工程が必要となる点で大規模林産現場より不利となる。そういったことから期間費用は5,658円/tで、大規模林産現場よりさらに約2,000円/t高くなった。

（4）小規模林産現場からの収集運搬

小規模林産の場合、収集運搬方法は個人により様々である。コストは、収集運搬方式を積込み方法や運搬方法で4つの類型に分類し、人件費以外の経費を算出した。結果は、多くの場合林内作業車や簡易架線で収集、軽四～4tトラックで運搬し、大規模な機械投資は行っていないことから、1,200～2,200円/tで目標（3,000円/t）を十分に達成した。

2-2 前処理(チップ化)

品質の安定を図るため、水分管理や異物除去の方法を検討した。期間費用では、6,947 円/t と目標 (3,000 円/t) を大幅に下回り、チップ化以外の作業にかかる人件費がコスト高となる主な原因であることを確認した。コスト削減対策として、破碎設備を変更した結果、燃料費及び人件費の削減を図ることができ、期間費用 4,230 円/t となった。また、設備変更によりチップ品質も向上した。

2-3 エネルギー転換

(1) ガス化発電設備

350kg/h (水分 45%ウェットベース) のチップから、発電 150kW、蒸気 400kg/h の定格出力 (目標) を確認した。発電効率は 14.1% (LHV 基準)、排熱効率は 75.1%であった。このことにより、排熱ボイラによる蒸気利用が有効であることを確認した。操作については、自動化することで他作業との併業にて運転することが可能であることを確認した。安定稼働、耐久性向上、コスト改善のため部品等の改良を行い、実用に耐える設備とした。

(2) ペレット製造設備

700kg/h (水分 45%ウェットベース) のチップから目標とする 400kg/h のペレットが生産できることを確認した。歩留まり (投入した原料に対する製品の割合) は 94.9%であった。操作は、基本的には手動操作であるが、温度管理や供給量調整を自動制御することで、運転員の作業負荷を軽減した。

2-4 エネルギー利用

電力は、改良やメンテナンスのため、118MWh/年で目標 (160MWh/年) に届かなかったが、連続稼働した 1 ヶ月では 14.6MWh/月で目標 (13.4MWh/月) を上回る結果となった。蒸気は、排熱ボイラ使用時は、使用設備である木材乾燥機の重油使用量が削減されているかゼロになっていることを確認した。ペレットは、利用設備の必要量に合わせて生産したため 530t/年で目標 (600t/年) に達していないが、各利用設備では生産したペレットを 100%利用している。

3. まとめと今後の課題

本事業は「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」の 1 つとして、単に新しいバイオマスエネルギーの利用設備を導入しただけではなく、本町の特性に適合した、収集運搬からエネルギー転換、利用までのトータルシステムの確立を実証した。しかしながら採算性は経済論理だけで考えると、一企業が行うにはリスクが高すぎる事業であり、ランニングメリットの増大と設備費およびランニングコスト削減の両面からの改善対策が必要である。

この事業は、事業展開をしている当該地域からすれば、地域活性化や CO₂ 削減対策といった経済効果以外の効果が期待できる。採算性の検討をする際には、本事業では試算できなかった、これらの副次的な効果の経済的価値も試算するべきである。そのためにも企業、地方自治体、事業展開している地域全体との連携を図るため、全体を見渡し、需給調整を行うコーディネータの育成が欠かせない。これらの課題に取り組みながら 22 年度以降も事業を継続していく。

発表内容

1. 事業の背景
2. 事業の概要
3. 事業の成果(課題の把握～改善～総括)
4. 持続性の検討・今後の取り組み
5. 他地域への普及可能性
6. まとめ

1. 事業の背景 位置図



1. 事業の背景 町の概要

町の面積 : 東西に16km、南北に29km、総面積333km²
土地の状況 : 山林89.4%、耕地1.1%、宅地0.3%ほか
地形 : 標高約100m～1,800mの山間地
平均気温 : 山間部15℃前後
年間降雨量 : 約2,500mm
人口 : 7,081人
世帯数 : 3,449世帯
65歳以上比率 : 48.2%

(H21.6.30現在)



1. 事業の背景 目的

地域資源

森林資源



地域の既存産業

林業・製材業



用材＋バイオマスの新しい林業が、地域の活性化に繋がる。

電気・熱エネルギー

地域の需要

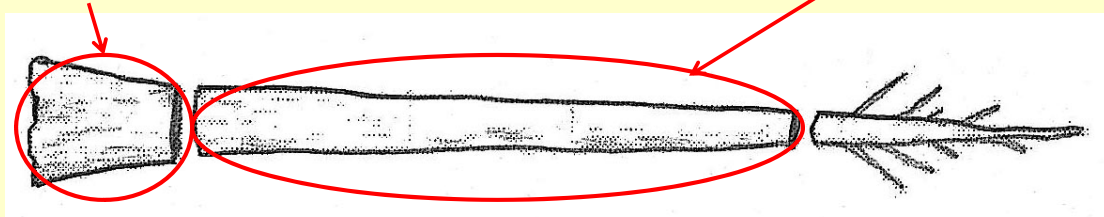
エネルギー転換設備

新たな技術

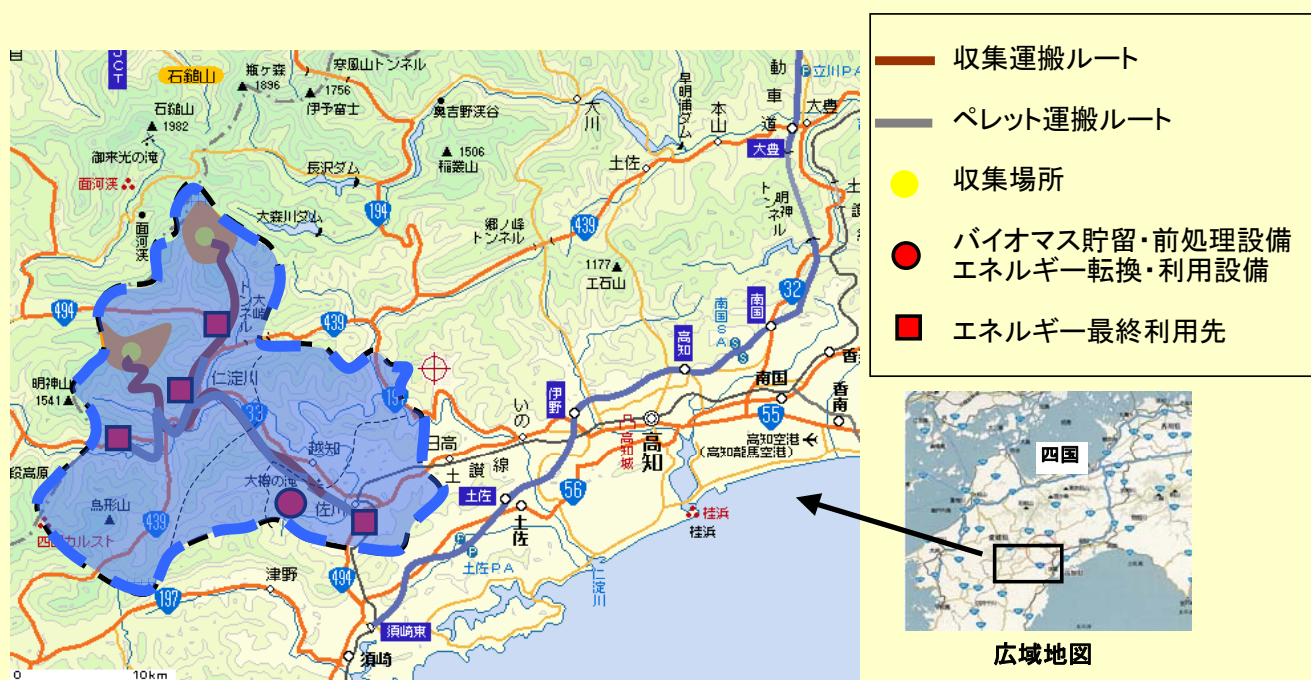
2. 事業の概要 対象バイオマス

1. バイオマスの種類：木質バイオマス
林地残材、土場放置材、間伐未利用材など
2. 収集対象部位
根元部分や用材として不適な幹部分

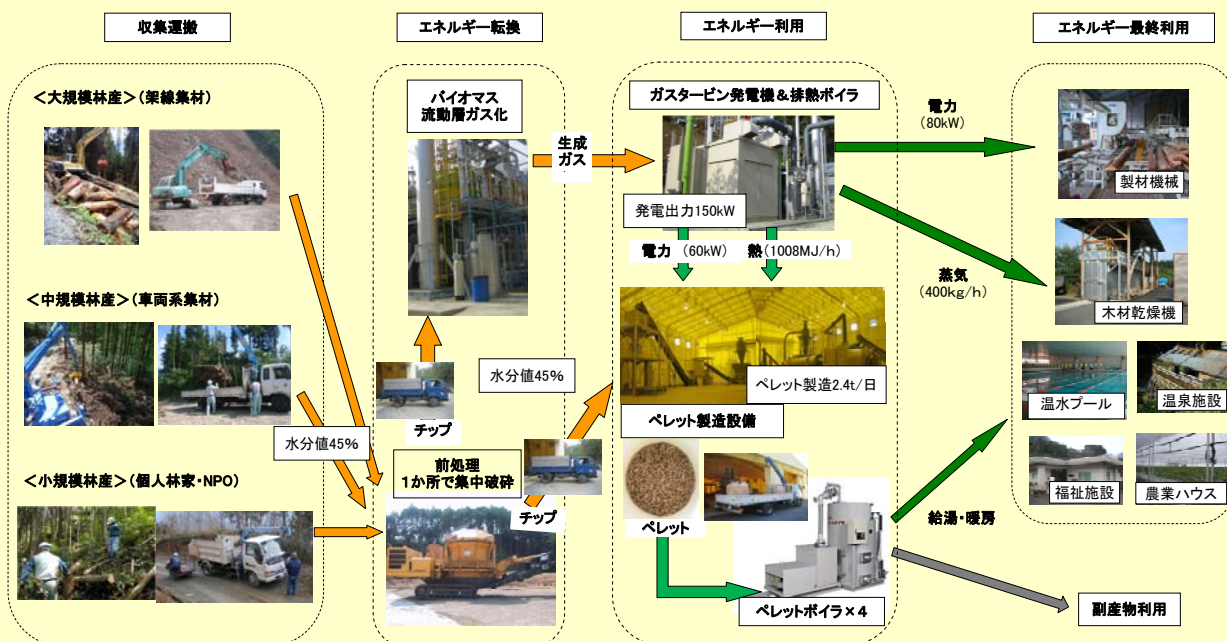
根元部分(通称、タンコロ) 曲がり部分



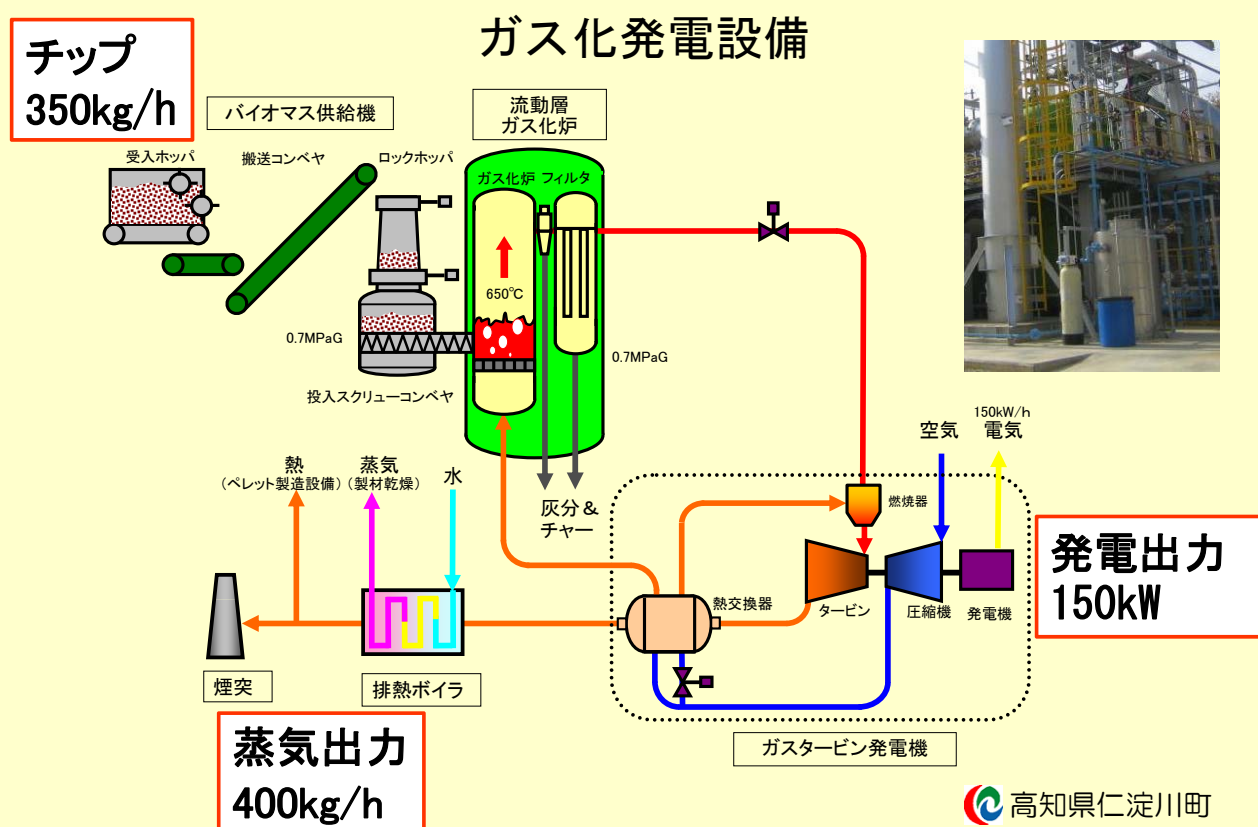
2. 事業の概要 収集地域



2. 事業の概要 全体概要図

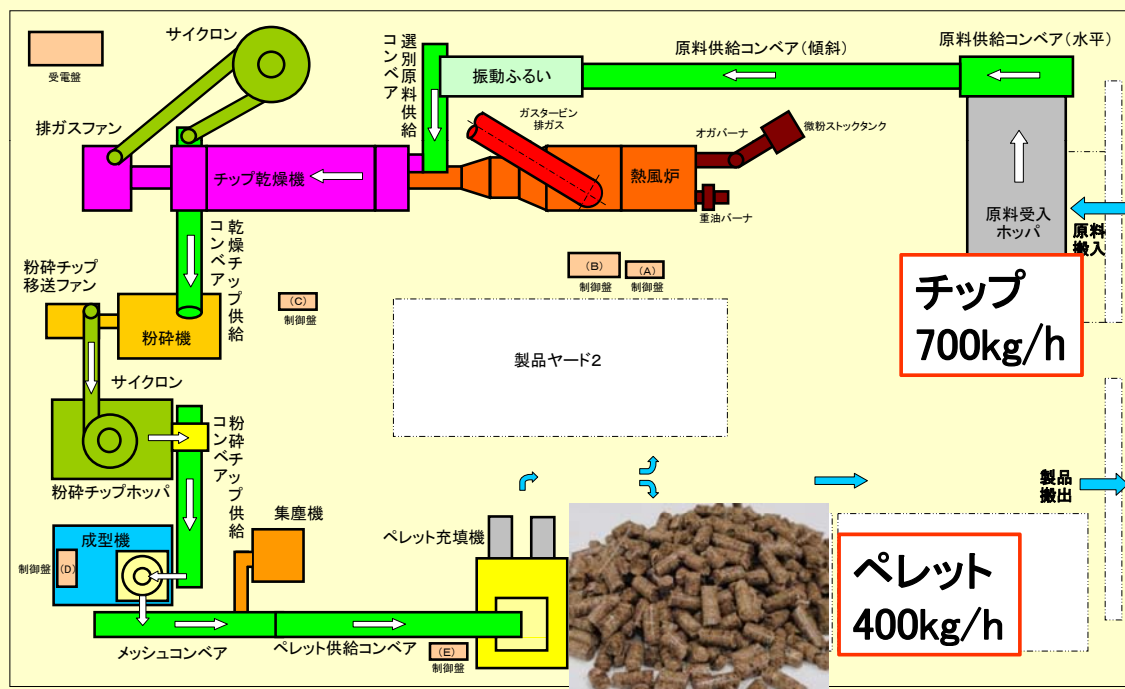


2. 事業の概要 エネルギー転換



2. 事業の概要 エネルギー転換

ペレット製造設備



ペレットサイズ: 直径8mm、長さ20mm

高知県仁淀川町

9

2. 事業の概要 エネルギー利用



製材工場
(電気利用)

エネルギー転換設備
(電力等の施設内利用)



木材乾燥機
(蒸気利用)



温泉施設、福祉施設、農業ハウス、温水プール (ペレット利用)

高知県仁淀川町

10

2. 事業の概要 資源量と利用目標

賦存量 : 41,758t/年

利用可能量 : 4,176t/年(賦存量の10%)

利用目標量 : 1,900t/年(利用可能量の約45%)

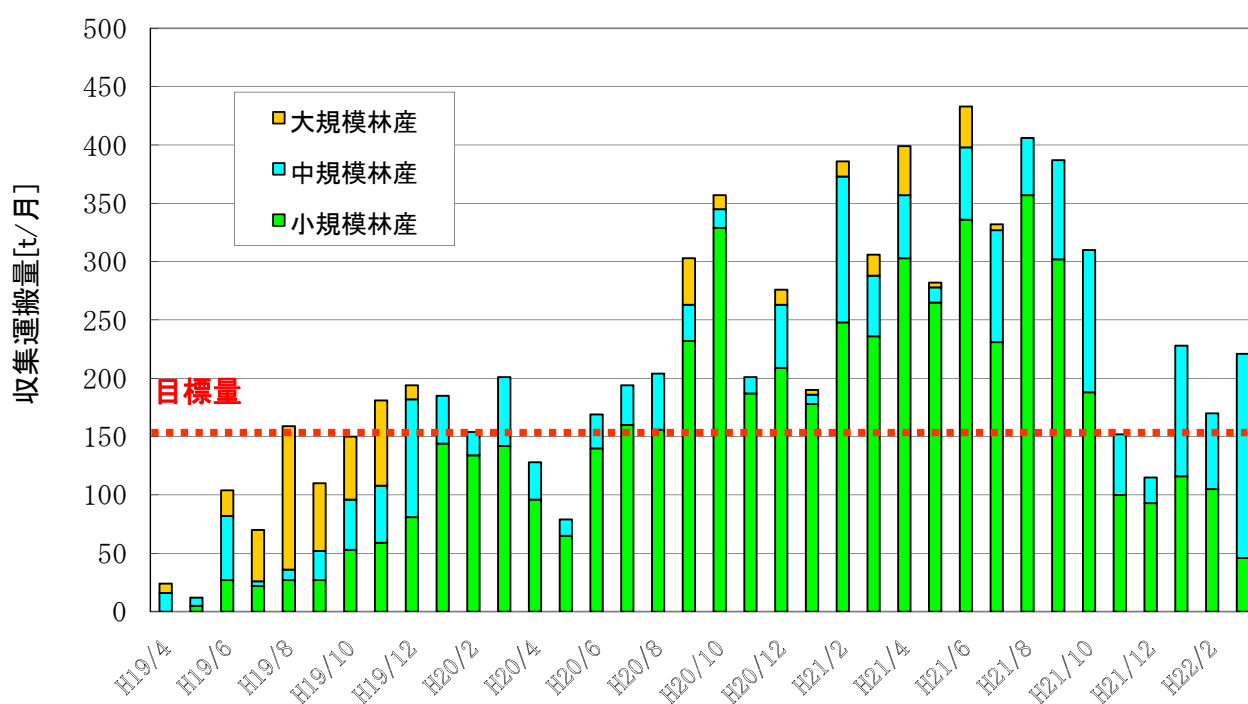
エネルギー生産量 : 385kL/年(原油換算)

(1) 電力 : 160MWh/年

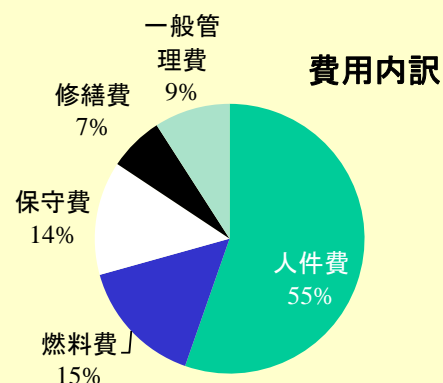
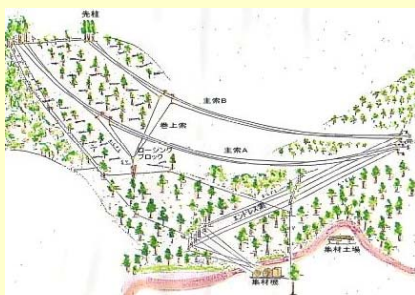
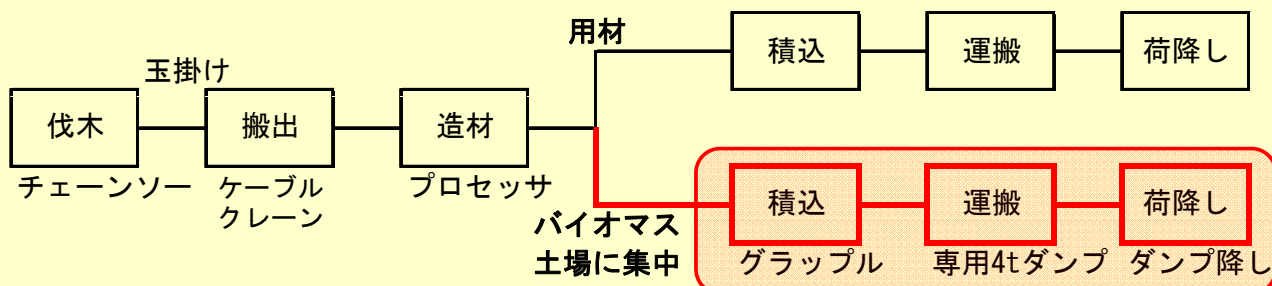
(2) 水蒸気 : 1,800GJ/年

(3) ペレット : 600t/年

3. 事業の成果 収集運搬（収集運搬実績）



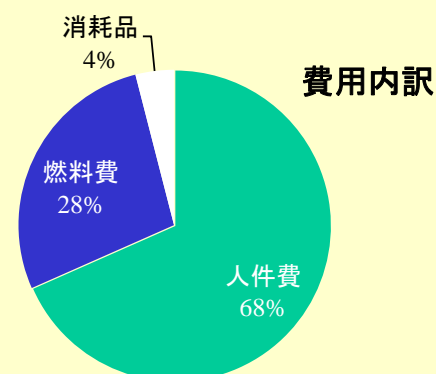
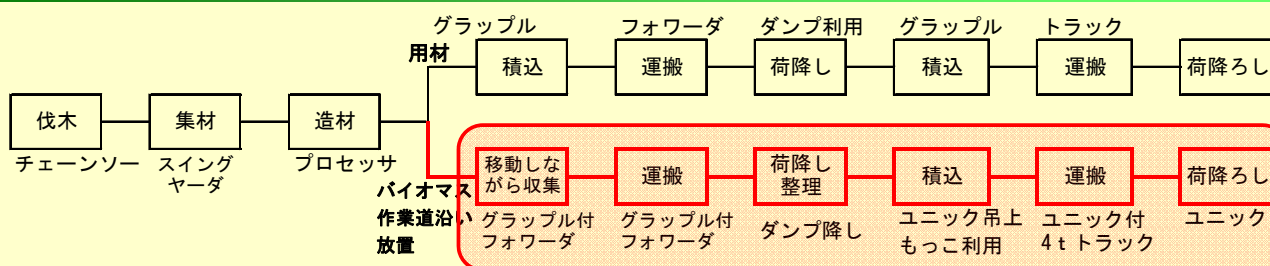
3. 事業の成果 収集運搬（大規模林産）



コスト算出(目標3,000円/t)

期間費用：3,676円/t ⇒ 3,000円/t (40km以内)

3. 事業の成果 収集運搬（中規模林産）



コスト算出(目標3,000円/t)

期間費用：5,658円/t

3. 事業の成果 収集運搬（小規模林産）

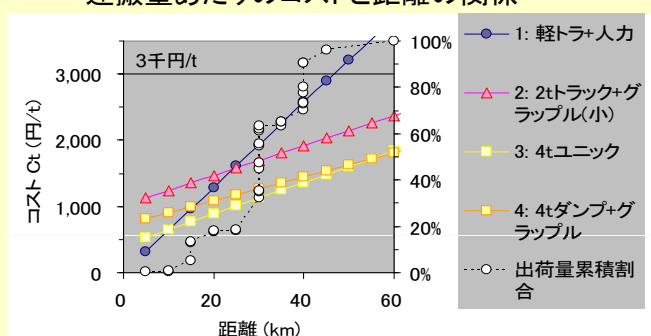
収集運搬の例

林内作業車・簡易架線で収集、軽4～4tダンプで搬送

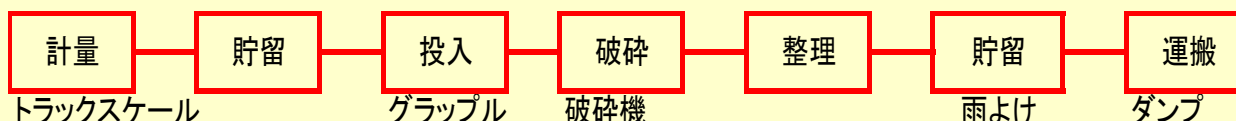
コスト算出(目標3,000円/t、運搬距離35km)

- (1) 人力積込・軽トラック運搬 : 2,200円/t
- (2) 小型グラップル積込・2tダンプ運搬 : 1,750円/t
- (3) 4tユニック積込・運搬 : 1,200円/t
- (4) グラップル積込・4tダンプ運搬 : 1,300円/t

運搬量あたりのコストと距離の関係



3. 事業の成果 前処理



課題と対策

課題	対策	効果
水分量が不安定	屋根の設置、水分量別取引	水分量が安定
異物の混入	清掃、関係者説明会の実施	異物混入量の減
チップ形状が不安定	新破碎設備の導入	チップ形状が安定
燃料費の削減	新破碎設備の導入(軽油⇒電力)	燃料費削減を確認
人件費の削減(作業工程の見直し)	新破碎設備の導入	工程削減を確認

コスト算出(目標3,000円/t)

期間費用 : 6,947円/t

3. 事業の成果 前処理

新設備の導入



ハンマー式タブグラインダ



切削式ザラメチップパ

コスト算出(目標3,000円/t)
期間費用: 4,230円/t

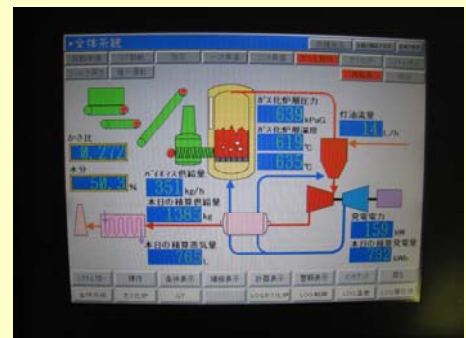
3. 事業の成果 エネルギー転換 (ガス化発電設備)

設備能力の確認

- (1) 発電出力 : 150kW
蒸気出力 : 400kg/h
- (2) 炭素転換率 : 93.4%
発電効率 : 14.1% (LHV基準)
排熱 : 75.1%
排熱ボイラによる蒸気利用が有効

操作性

起動～発電運転～停止まで自動化
他作業と併業で設備運転が可



3. 事業の成果 エネルギー転換（ガス化発電設備）

課題と対策

課題	対策	効果
チップの供給が不安定	受入ホッパ、コンベアの改良	安定供給を確認
ガス化炉の流動化が不安定	流動媒体の変更、設備改良	安定稼働を確認
ガスタービンの稼働が不安定	燃焼器の改良	安定稼働を確認
補助燃料の削減	夜間運転の実施	灯油使用料: 160L/日→60L/日
耐久性の確認	ガス化炉、サイクロン改良	各機器の交換時期を確認

発電コスト 38.9円/kWh



3. 事業の成果 エネルギー転換（ペレット製造設備）

設備能力の確認・操作性

製造能力：2.4t/日（歩留まり94.9%）

基本操作は手動

温度管理・供給量調整を自動化



課題と対策

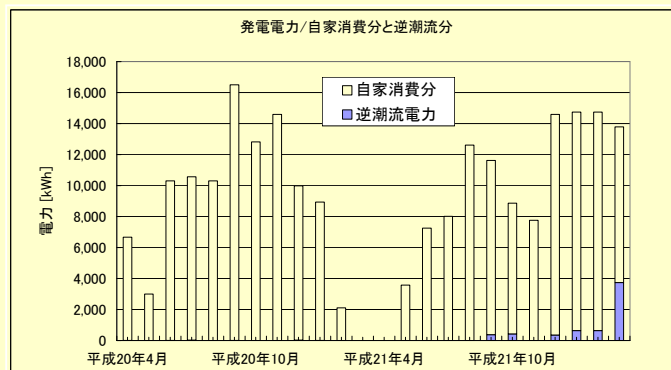
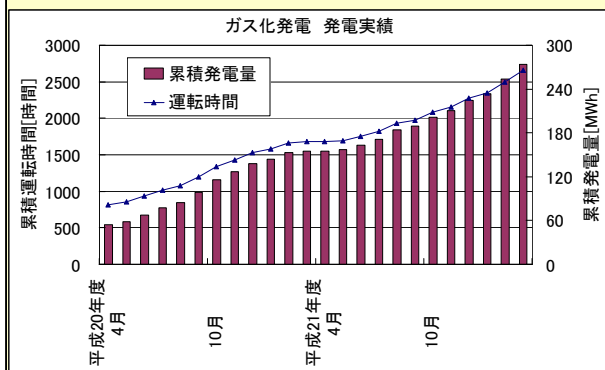
課題	対策	効果
周辺環境への対応	集塵機の追加	粉塵散布を除去
チップの供給が不安定	受入ホッパ、コンベアの改良	安定供給を確認
乾燥機や成型機の稼働が不安定	空調調整、成型ダイズの改良等	安定稼働を確認

ペレット製造コスト 27円/kg

3. 事業の成果 エネルギー利用（電力）

電力利用

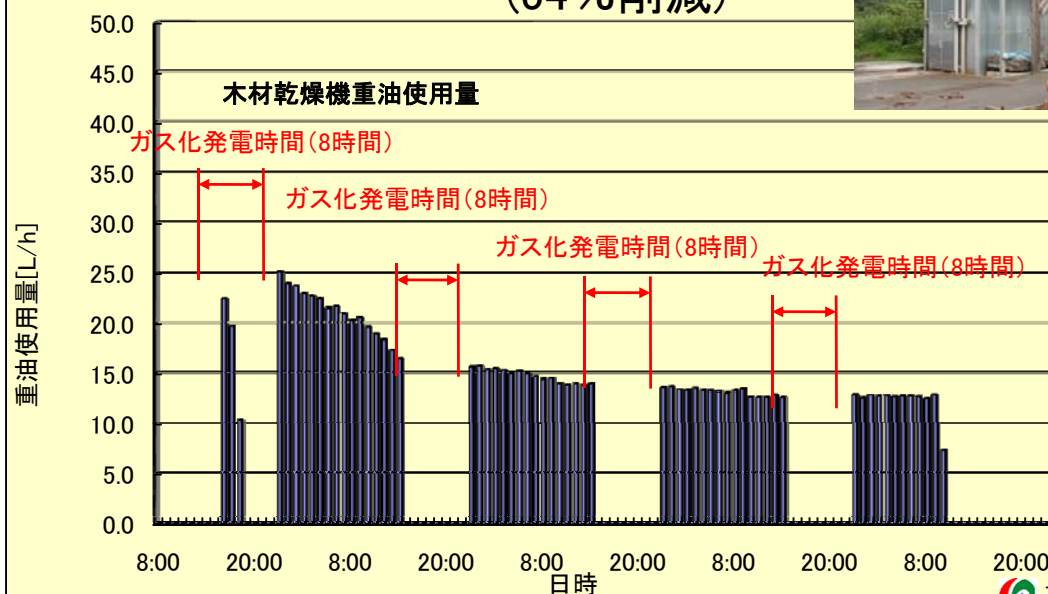
- (1) 平成21年度：118MWh/年
(目標160MWh/年)
- (2) 連続稼働時：14.6MWh/月
(目標13.4MWh/月)



3. 事業の成果 エネルギー利用（蒸気）

蒸気利用

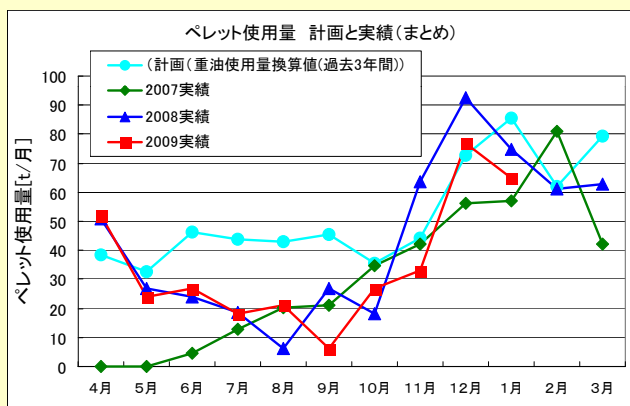
- (1) 蒸気使用量：約300kg/h
- (2) 重油削減量：509L/バッチ
(34%削減)



3. 事業の成果 エネルギー利用（ペレット）

ペレット利用

(1) 実績 平成20年度 530t/年（目標600t/年）



(2) 操作性・メンテナンス

操作性は重油ボイラと同等

燃料タンクへのペレット補充：2～4回/月

灰出し：3～4回/月（20～30kg/回）

3. 事業の成果 エネルギー利用（原油削減効果）



平成20年度

原油削減効果（電力・蒸気・ペレット利用合計）

：288kL/年

CO₂排出削減量

：753t - CO₂/年

$\Sigma A_n + \Sigma Q_n$ 17,716 ΣQ_n 1,655
 ㊦1：投入する全エネルギー（バイオマス、補助燃料、電力）に対するアウトプットするエネルギー
 ㊦2：投入する外部エネルギー（バイオマス以外の補助燃料、電力）に対するアウトプットするエネルギー

3. 事業の成果 エネルギー利用（副産物利用）

生産量

木炭：約25t/年、燃焼灰：約1t/年



利用の是非について、高知県と協議



造粒システム導入⇒ペレット化

利用方法の検証

農業利用(土壌改良材)
燃焼利用(レジャー用木炭)
脱臭利用(脱臭剤)



3. 事業の成果（総括）

◇ 各林産現場からの**収集運搬システム**の確立

◇ 前処理工程の**事業性の検証と改善**

◇ エネルギー転換設備の**実証運転データ**の蓄積

◇ バイオマスエネルギーの安定利用と地域への普及



4. 持続性の検討（事業経済性の評価）

川上（収集運搬）

【大規模林産現場】
林地残材100t x @3,000円/t
=300千円

【中規模林産現場】
林地残材100t x @3,000円/t
=300千円

【小規模林産現場】
林地残材1,600t x @3,000円/t
=4,800千円

川中（前処理（チップ化）・エネルギー転換）

【チップ化設備】
収入
チップ販売 = 10,470千円
支出
林地残材（原材料）1,800t x @3,000円/t = 5,400千円
前処理費用 = 14,927千円
合計 = △9,857千円

【ガス化発電設備】
収入
電力販売160MWh x @8円 = 3,427千円
其他売上 = 3,927千円
支出
チップ（原材料）545t x @6,000円/t = 3,270千円
発電費用 = 10,170千円
合計 = △6,086千円

【ペレット製造設備】
収入
ペレット販売600t x @25~35円/kg = 16,500千円
支出
チップ（原材料）1,245t x @6,000円/t = 7,470千円
ペレット製造費用 = 9,753千円
合計 = △723千円

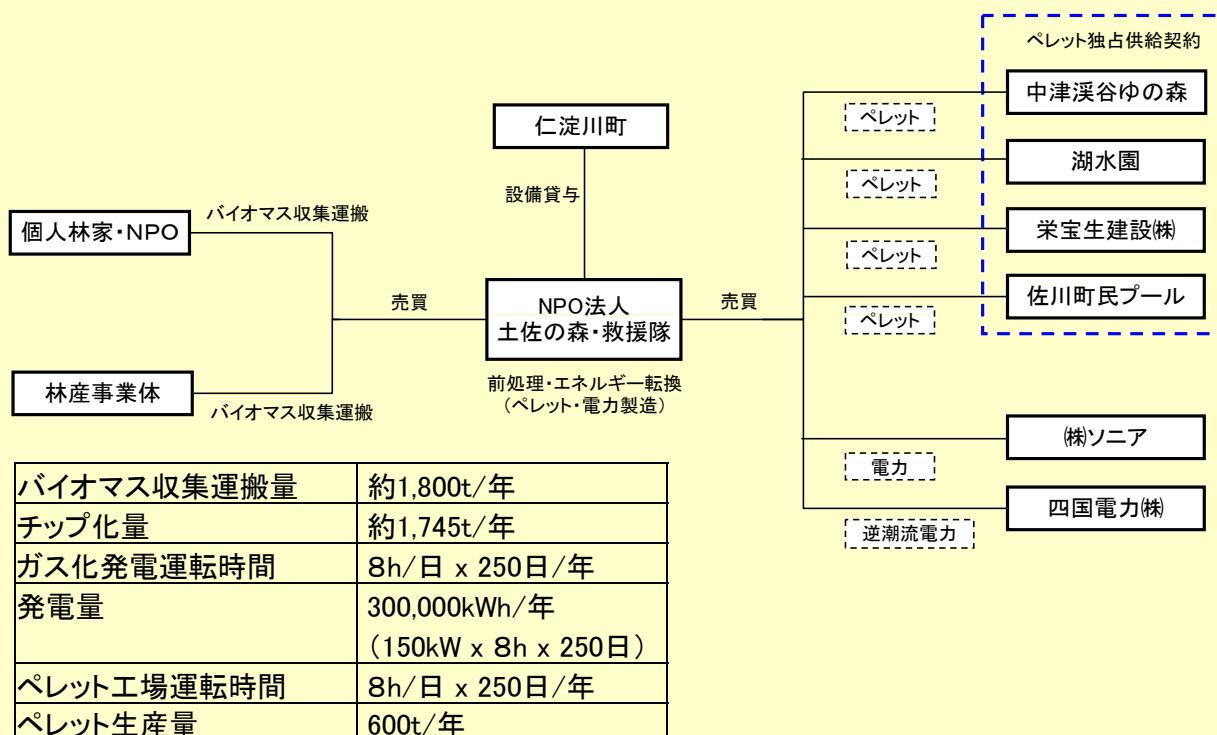
川下（エネルギー利用）

【製材所】
製材電力 = 3,427千円

【其他売上】
木炭・グリーン電力=1,591千円
其他 = 2,356千円

【ペレットボイラ】
ペレット = 16,500千円

4. 今後の取り組み（今後の事業体制）



5. 他地域への普及可能性

収集運搬の普及性

(1) 大規模林産(架線集材)の可能性

⇒ 作業道整備に係るデメリットを克服

- ・ 急峻な地形でも集材可能
- ・ 作業道の維持管理費が発生しない

(2) 小規模林産(個人林家など)の可能性

⇒ 低投資で参入可能

- ・ 必要機材はチェーンソーや軽トラックなど安価

⇒ 参入をコーディネートできるシステムが必要

5. 他地域への普及可能性

エネルギー転換設備の普及性

◇ 中山間地の実情に合わせた小規模な設備

⇒ 適用可能性が高い

◇ 経済的自立困難 ⇒ 改善対策が必要

◇ 外部要因の変化 ⇒ 普及可能性が向上

6. まとめ

- ◇ 収集運搬～エネルギー転換～利用までの**トータルシステムを構築**
- ◇ 事業採算性の確認
- ◇ 実験事業終了後も**事業継続**し先進事例として**情報発信**
- ◇ 発展に向けての課題
コーディネータの育成
全体を見渡す人材が重要
(企業、地方自治体、地域全体の連携が必要)

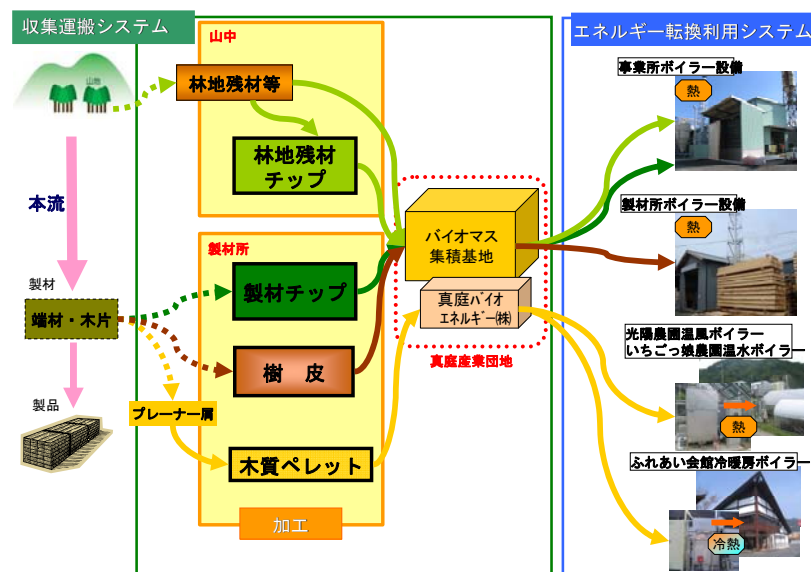
真庭市木質バイオマス活用地域エネルギー循環システム化実験事業

岡山県真庭市 森田 学

1. 事業概要・要旨

真庭市内に存在する林地残材や樹皮等が、「収集コストが合わない」、「地域配送システムが無い」、「形状が不均一で含水率が高い」、「利用側の設備選定が困難」などの理由から活用されてなく、事業所等では大量の化石燃料が使用されている。また、木屑焚きボイラを利用している製材所においても、製材端材等を人力投入しており自動化出来ておらず、化石燃料に頼っている。あわせて、ペレット燃料についても、地域で利用先の拡大が進んでいない。

以上の問題解決のため、多様な木質バイオマスを各種エネルギー源として活用し、最適な「収集システム」、「配送・利用圏域」、「燃料性状」、「燃料に応じた用途選定」などを検証することで、地産地消・循環型社会の実現を目指す。（全体システムを図に示す。）



2. これまでの成果

2-1 全体計画及び成果

本実験事業により川上から川下まで連携して流通させるトータルシステムの基盤が構築できた。また、持続可能な循環システムとして、バイオマス燃料の安定供給利用を確立するための課題も明確になった。数値計画及び成果としては、下表に示すとおり。

項目	単位/年	計画	20 年度成果（達成率）	21 年度成果（達成率）
バイオマス利用量	t	7,389	5,607 (75.8%)	4,796 (64.9%)
エネルギー投入量	GJ	—	62,957	51,471
エネルギー供給量	GJ	72,671	48,919 (67.3%)	42,503 (58.4%)
正味原油削減量	kL	1,902	1,868 (98.2%)	1,491 (78.2%)
CO ₂ 削減効果	t-CO ₂	4,564	4,483 (98.2%)	3,578 (78.3%)

※バイオマス利用等の未達成及び減少の主な原因は、製品需要低迷による蒸気発生必要量の減少と、電気代等のランニングコストの削減、ボイラの安定運用による燃料消費量の削減による。

エネルギー収支の効率としては、エネルギー供給量／エネルギー投入量から算出すると、平成 20 年度が 77.7%で平成 21 年度が 82.5%となった。効率が向上した要因としては、外部エネルギー（電力等）の低減及び最適なボイラ運転が出来始めたことによるものである。

2-2 項目別課題及び現状

事業開始以前の課題とその解決策及び現状を下表に取りまとめた。

項目	当時の課題	現状（実験事業における成果）
(1)収集運搬	①木質バイオマス資源が集められるか	真庭森林組合及び真庭バイオマス集積基地との協力により、未利用材を買い取る仕組みで収集実施。 (3,000円/t～5,000円/t)【年間収集量；2,105t/年】。
	②木質バイオマス資源が地域内流通（配送を含む取引）できるか	収集→加工→販売→供給（運搬）の仕組みを地域内の関係者で役割分担できつつある。（取引協定締結を実施し、信頼性を強化） また、最適な配送・利用圏域（林地残材チップ；27.7km、製材チップ；40.2km、ペレット；99.8km、樹皮；8.7km）について、実証により算出した。
	③価格を持った取引になるか	販売価格（製材チップ；12円/kg、林地残材チップ；9.5円/kg、ペレット；20円/kg）、運賃一律3円/kgで取引実施。
(2)エネルギー転換・利用	①石油等の代わりとして木質バイオマスが使えるか。	燃料としての質（含水率、サイズ等）を確保することで代替できる。また、バイオマス燃料が利用可能な設備開発を行った。
	②燃料投入を人力から自動とし、連続運転が出来るか	同上。 これにより、昼夜とおして無人運転が可能となった。
	③木質バイオマスを燃やして熱（蒸気・温水等）供給が可能か	蒸気の安定供給（木材乾燥用、コンクリート養生用）及び温水による熱供給（吸収式冷温水器、温水放熱、ファンコイル熱交換器）が化石燃料と変わりなく出来ることを確認した。
(3)全体	①経済性が成り立つか	化石燃料に比べランニングコストの削減が図れる。また、CO ₂ 排出権取引などの環境価値にも期待できる。

2-3 地域システムの経済性

本実験事業で最も経済性の効果があったと考えられるのは、石油系の「地域外資源」を環境にやさしい「地域内資源」へ転換することでのエネルギーの地産地消を実現できたことである。その効果としては以下に示すとおり。（2-1の表に示す平成20年度と21年度の平均値を使用）

◆石油代替量 1,679kL/年を達成→重油を 55 円/L と想定すると約 9 千 2 百万円の地産

◆バイオマス利用量 5,201t/年を達成→平均 12,000 円/t と想定すると約 6 千 2 百万円の地消

今後、CO₂排出権取引などを含め、バイオマスエネルギー利用による製品等が、付加価値化できれば、さらなる波及性に期待ができる。

3.まとめと今後の課題

安定供給体制の確立、ランニングコストの削減、付加価値化の検討などの課題がある。これらを解決するため、安定的に自立し信頼性のある地域連携利用システムを確立するとともに、バイオマスを利用したエネルギーの自給率及び経済効果等を評価する。さらに地域内事業所等への波及促進を図っていく。そのため、平成22年度から3年間で、関係者連携のもと、「木質バイオマス活用地域エネルギー循環システム確立事業」として、実験から確立波及へ向けて事業を継続実施する。（実験→確立・評価・波及）

真庭市木質バイオマス活用地域エネルギー 循環システム化実験事業

平成22年7月28日

岡山県真庭市

1. 事業概要

2. 実施内容及び成果

- 2-1. 収集コスト及び手法の検証結果
- 2-2. 性状管理手法の検証結果
- 2-3. 地域配送システムの検証結果
- 2-4. 用途別バイオマスエネルギー利用実証結果

3. 成果まとめ

4. システム構築のポイント

5. 自立へ向けての課題と対応策

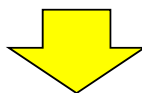
1. 事業概要

3

課題

「収集コストが合わない」、「形状が不均一で含水率が高い」、「地域配送システムが無い」、「利用側の設備選定が困難」

- ・切り捨て間伐材、風倒木などが未活用、樹皮等副産物は産業廃棄物処理
- ・製材所等で発生する資源は豊富だが、大量の化石燃料を使用
- ・ペレット燃料についても、地域で利用先の拡大が進んでいない



目的

最適な「収集システム」、「燃料性状」、「配送・利用圏域」、「燃料に応じた用途選定」などを検証

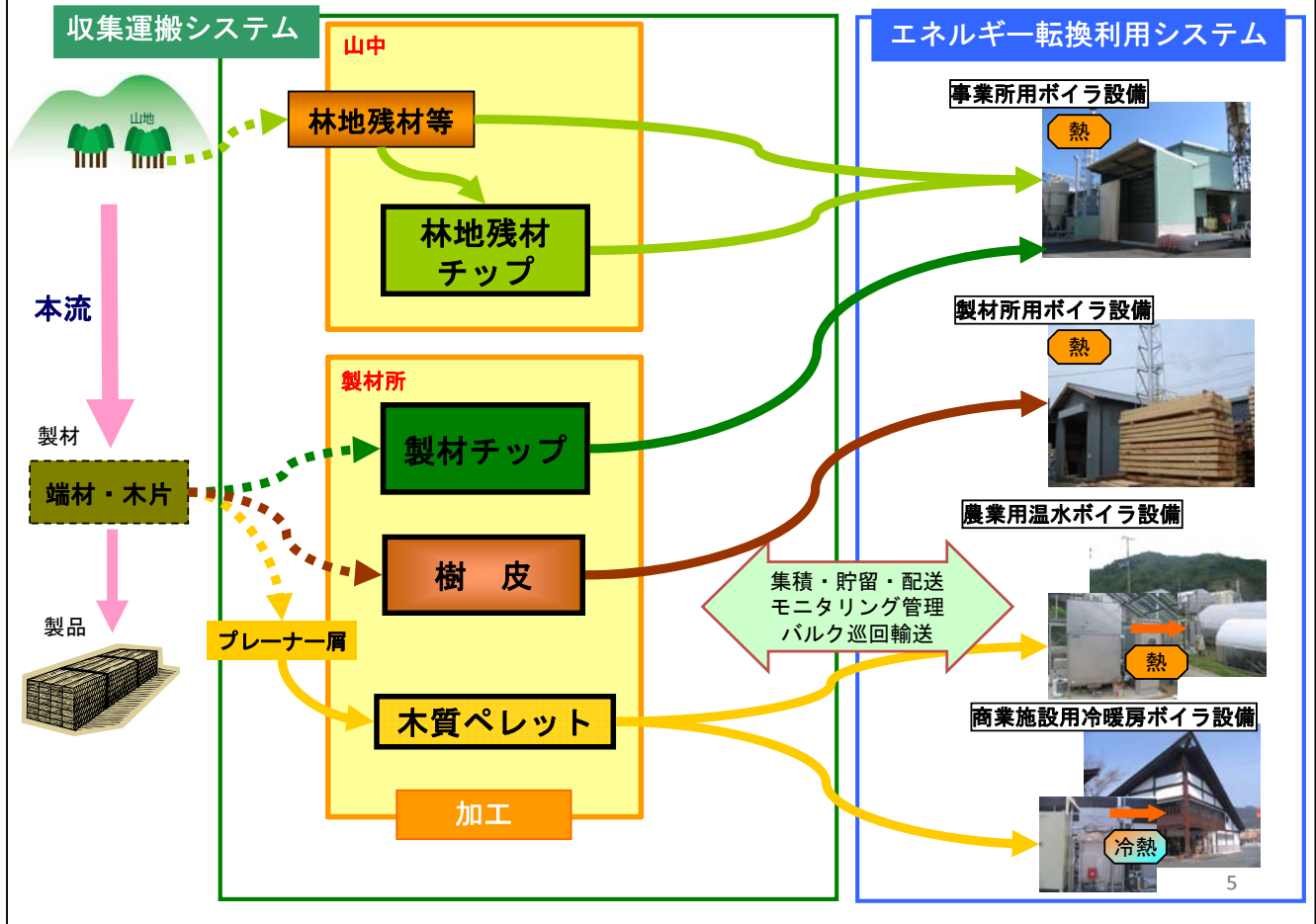
多様なバイオマスを活用した地産地消・循環型社会の実現

目標

- ・真庭市における未利用木質バイオマス 5万2千t/年の内 **約7千t/年**を活用
- ・エネルギー収支としては、**約7万GJ/年**のエネルギー転換利用
- ・A重油に置き換えた場合の削減効果としては、**約1,900kL/年(CO₂-4,500t/年)**の削減

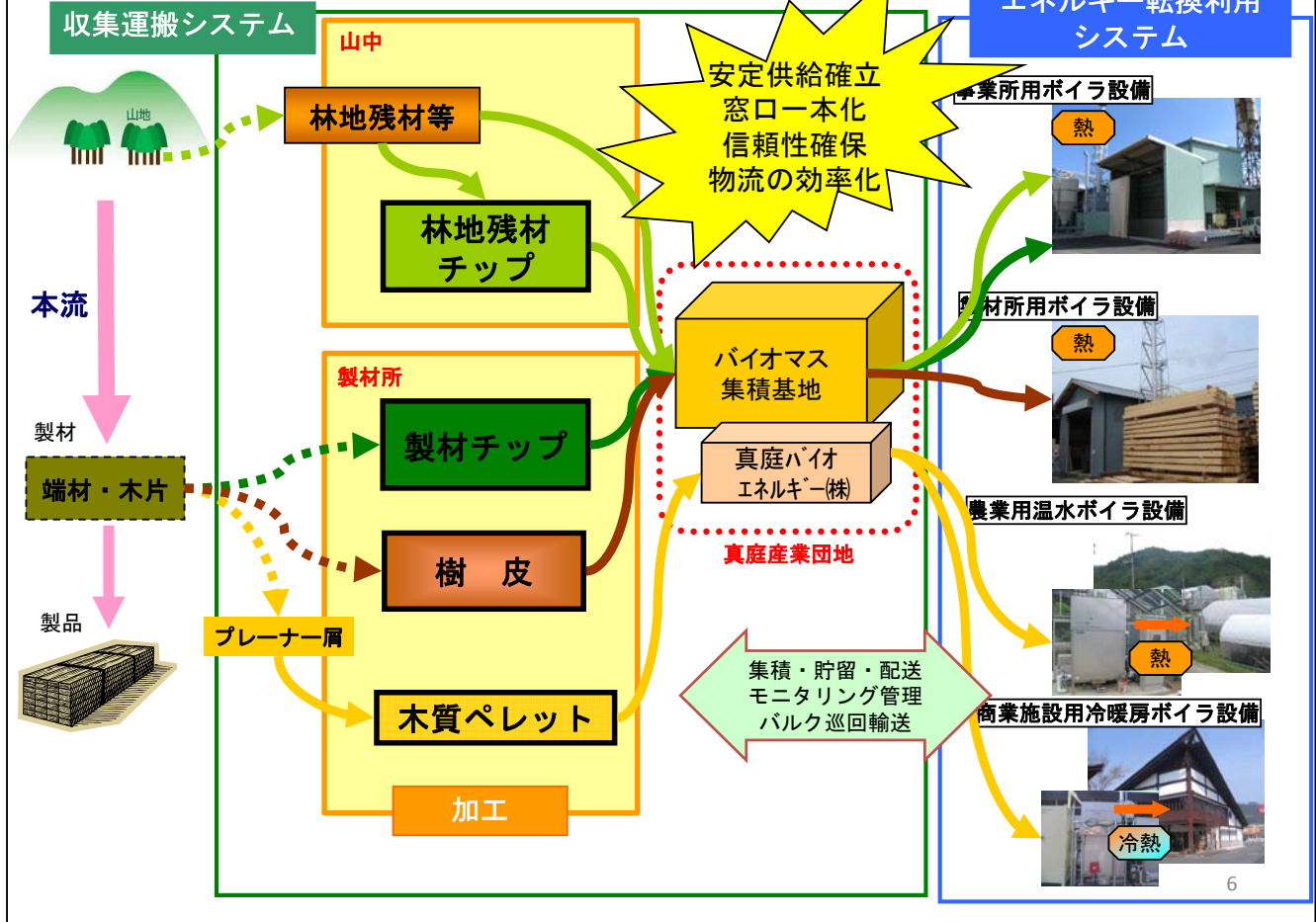
4

当初のバイオマ資源流通フロー図



5

現状のバイオマ資源流通フロー図



6

2. 実施内容及び成果

2-1. 収集コスト及び手法の検証結果

7

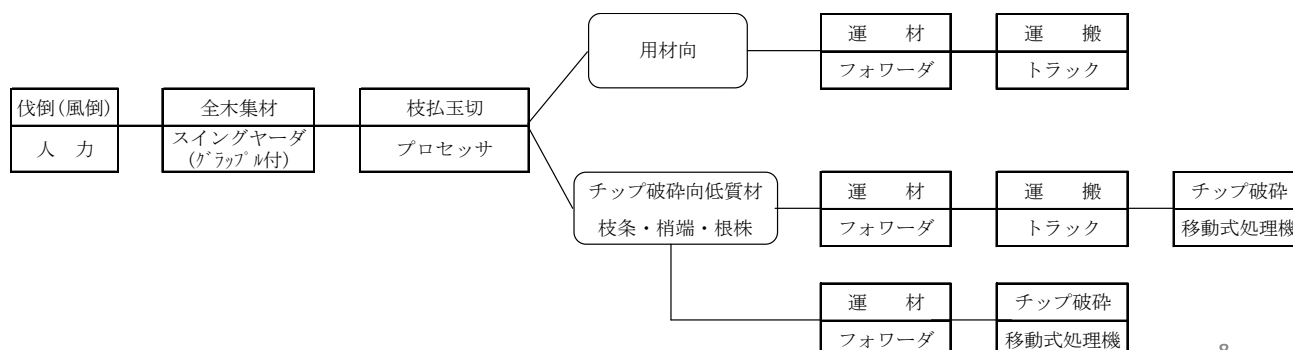
1) 林地残材搬出コスト検証

フロー図のとおり機械化による伐採・搬出を行い、6.2ha、951m³の立木を伐採した。その内460m³を用材として搬出し、491m³をチップ材として搬出し活用した。



a ; チップ材負担コスト	2,683 円/m ³
a/0.74 ; チップ材搬出コスト	3,600 円/t

※a;作業道開設～伐採・集材～搬出に係る全ての経費の内、整理・集材・仕分け・搬出に係る経費でチップ材材積分の経費
搬出コストは、実証値の比重0.74t/m³より算出

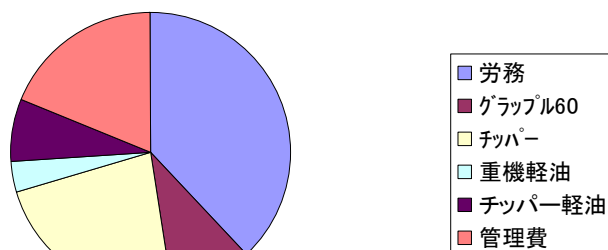


8

2) 山林内での低質材チップ化コスト検証

	労務	グラップル60	チップパー	重機軽油	チップパー軽油	管理費	計
数量	2.0人	1.5h	6.0h	25.0L	50.0L	1式	
コスト (円/t)	2,000	500	1,200	188	375	1,000	5,263

チップ化コスト内訳



項目	単位	単価 (円)
人件費	日人	10,000
グラップル60	時間	3,333
チップパー	時間	2,000
重機軽油	L	75

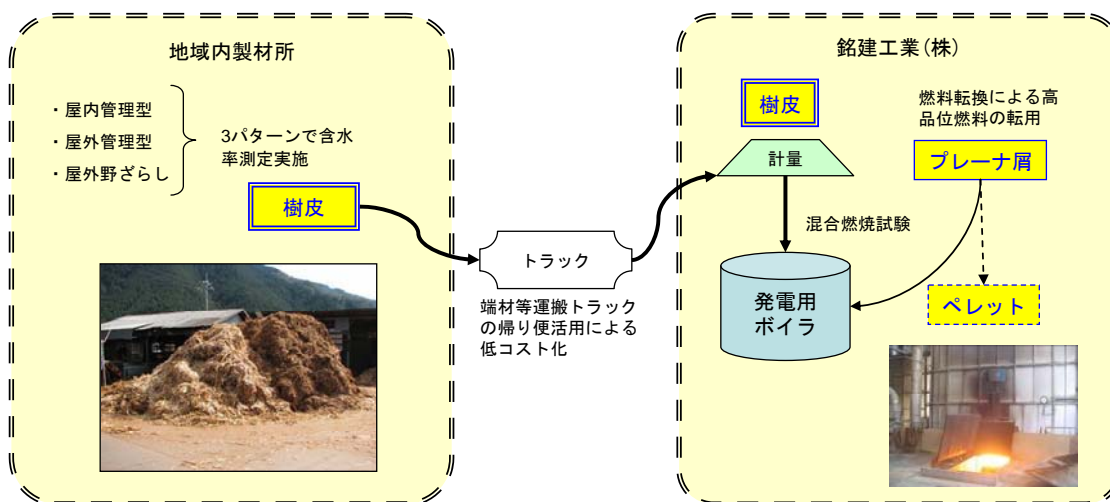


また、性状管理を図るため、チップ化は山土場でするより、中間ストックヤードまで丸太のまま搬出し、丸太体積による含水率低減後にチップにするのが、最適なこと分かった。

9

3) 良質材(プレーナ屑)の用途転換のため樹皮収集

樹皮の収集については、専用運搬車による巡回・収集を行うと運搬コストが高くなるため、樹皮活用を行う銘建工業(株)から端材を搬出する運搬車の帰り便を活用し地域内の製材所から低コストで樹皮を運搬するシステムを確立した。



また、樹皮を活用することで、良質なペレットの原料(プレーナ屑)も確保した。

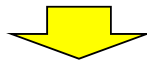
4) 製材端材等の収集

既存の木材事業組合の体制を活かして、引続きチップ用資源の収集を実施した。

10

5) 原料安定供給体制の構築

燃料として本格的に活用がはじまると、利用側へ随時供給する必要があるため、ストックヤードの確保し、燃料供給体制の整備が必要となった。



各種燃料原料の安定供給を目的とし、「真庭バイオマス集積基地」を整備。収集コストを抑えることではなく、未利用資源を「買い取る」という仕組みを構築したことで、地域住民、素材生産事業者、森林組合などからたくさんの資源が集まることとなった。

バイオマス種	未利用木材 (切捨間伐材等)	製材端材	樹皮
収集量 (t/年)	6,500	1,800	2,000
買取価格 (ave円/t)	3,300	3,000	50

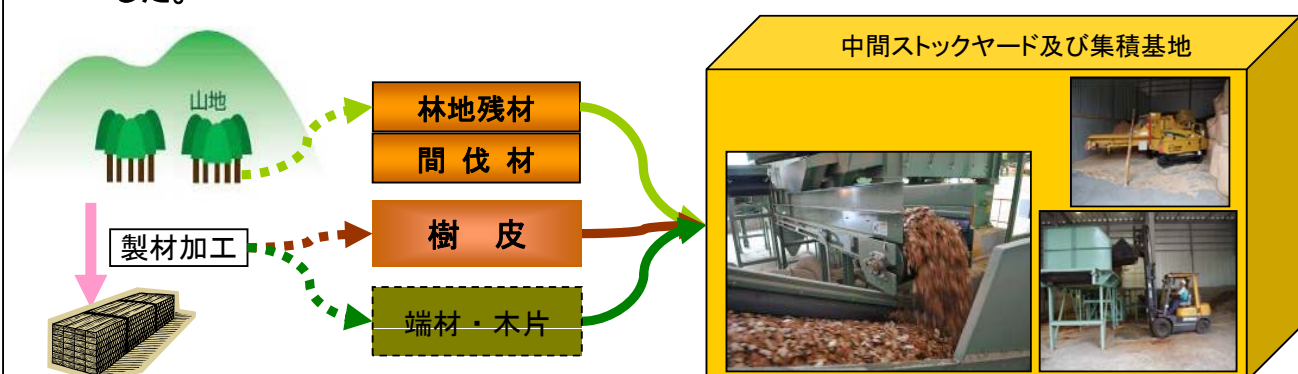


11



6) 燃料販売価格設定及びコスト

実験事業において、地域関係者の合意による販売価格を設定し、燃料取引を実施した。



燃料種	林地残材 チップ	製材チップ	ペレット	樹皮
買取 (円/t)	3,300	3,000	—	500
加工 (円/t)	5,263	7,136	—	888
販売 (円/t)	9,500	10,500	20,000	1,000
条件	含水率30%未満	同左	地域内価格	破碎済 含水率50%

※製材チップ製造コストには、建屋(加工ヤード、ストックヤード)に伴う経費も含む。

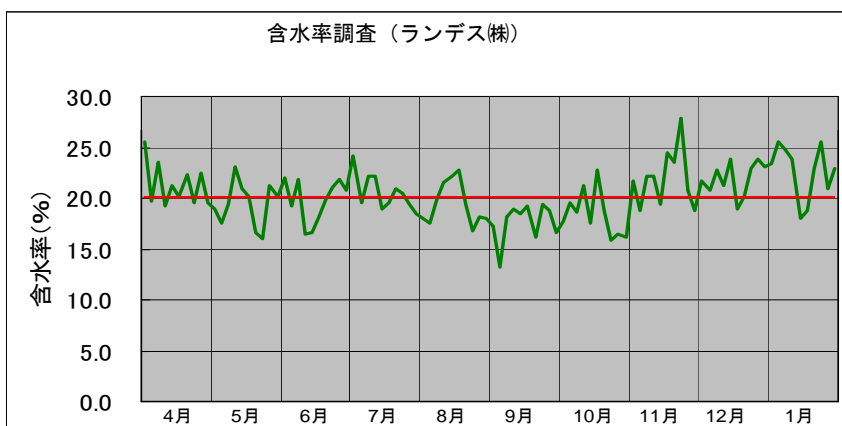
12

2-2. 性状管理手法の検証結果

13

1) 林地残材チップ含水率調査結果

間伐材等は、伐採直後60%程度の含水率が含まれるため、丸太のまま保管場所などの舗装された上で6ヶ月から1年間程度保管し30%以下へ含水率を低減し、チップ化するのが最も含水率の低減が図れることが分かった。



林地残材の含水率低減対策の課題

- ◆ビニールシートをかける……長くなると劣化する
- ◆積み方を格子状にする……効果は出るが屋根等が必要
- ◆簡易屋根を格子状の上に並べる…風雨のときは濡れる

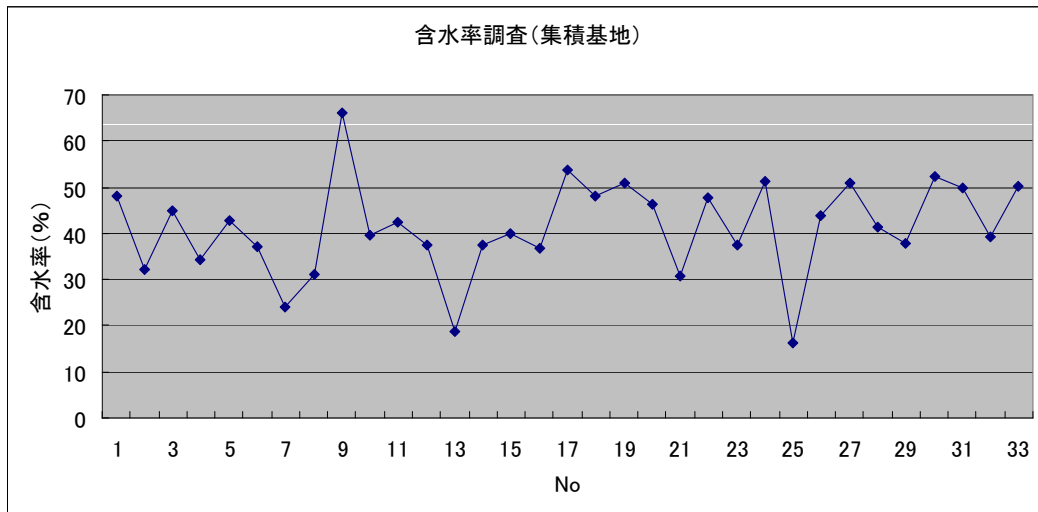
皮を剥いた後、乾燥させるのが最も良いが、手間がかかるため今後皮むき対策を含めた検討が必要である。

14

2) 破碎樹皮含水率調査結果

実際に活用した破碎樹皮の含水率調査を以下に示す。

- ・含水率は、おおむね50%未満
- ・燃料としての質を向上させるためには、含水率低減方法の検討が必要



減容化策

- ・破碎樹皮の圧密により、比重を2/3に圧縮
- ・農業用のロール機でロール化すると、1/4に圧縮

15

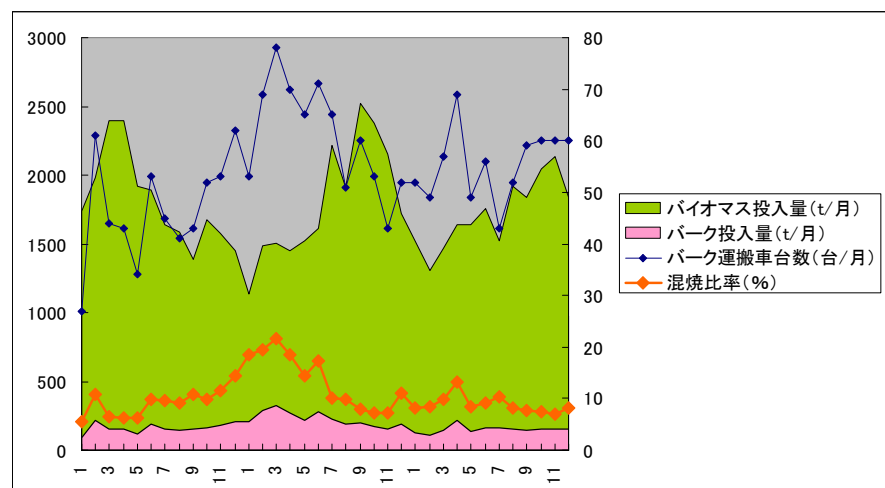
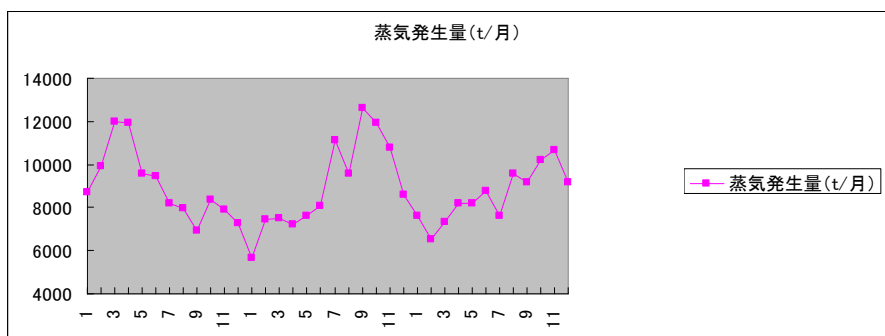
3) 良質材の用途転換(発電用ボイラによる樹皮活用)実証

樹皮混焼率は平均10.5%
(最大21.7%超)で、最も安
定的な条件としては、10%
未満で安定的な燃焼

樹皮燃焼によりクリンカが
付着しやすくなるためメンテ
ナンス回数の増加



今後は、ボイラ排熱を活用
し、樹皮の性状を向上させ
燃料代替の実用化を図る。



16

2-3. 地域配送システムの検証結果

17

1) 木質バイオマス燃料輸送実証

地域内運賃 **【3円/kg】**（想定して経済性などを評価）



樹皮運搬車両(4tダンプ)



チップ運搬車両(7tダンプ)



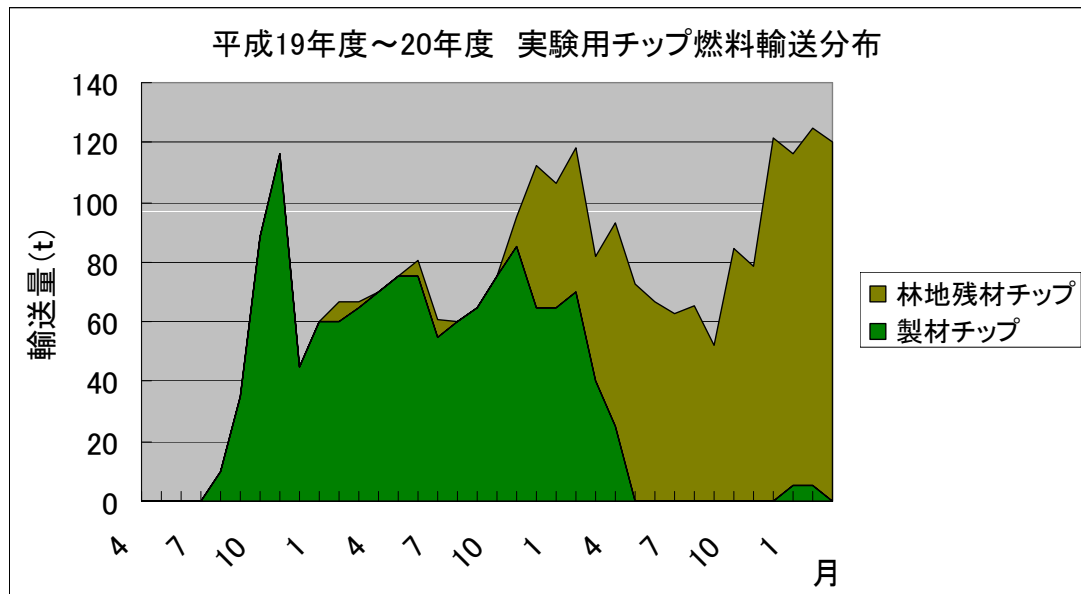
ペレット運搬車両(4tバルク車)



フレコン輸送(ユニック車で運搬)

18

チップの輸送データをグラフ化すると、林地残材チップへの転換が出来、未利用資源をうまく活用(収集・品質管理等)でき始めた



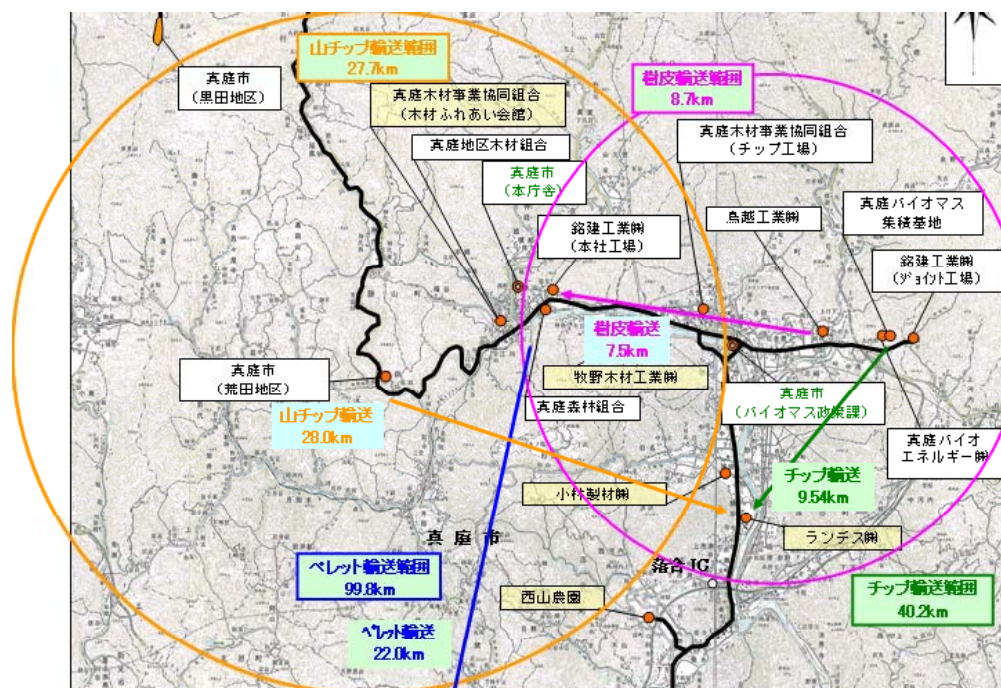
効率化の方策

樹皮 ; 粉碎することで輸送効率の向上
チップ ; 5t/車で取引実施
ペレット ; 輸送タイミングを合わせ巡回配送実施

19

2) 輸送・利用可能圏域の検証

灯油と同じ熱エネルギーの木質バイオマス燃料をどこまで輸送できるかで評価



燃料種	製材チップ	林地残材チップ	ペレット	樹皮
輸送圏域 (km)	40.2	27.7	99.8	8.7

20

輸送圏域等データを元に燃料輸送費計算プログラムを作成

燃料輸送費計算

積載時間(A)

積卸時間(B)

人件費(C)

燃料消費量(D)
(図-1より)

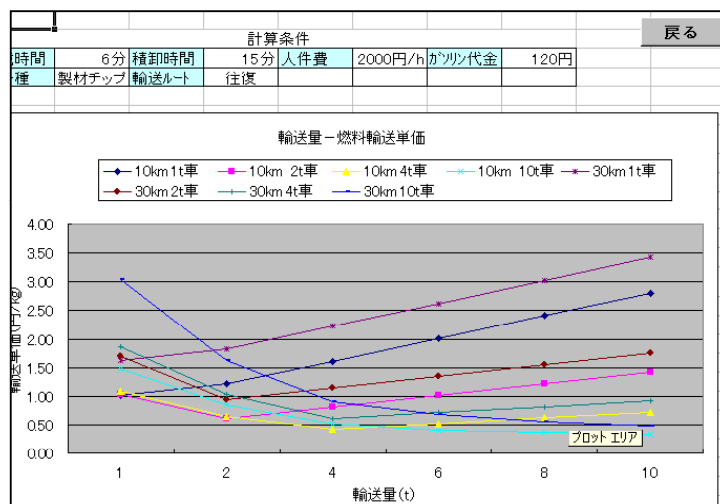
ガソリン料金(E)

燃料(F)

比重で補正: 製材チップ山チップ=0.3, 樹皮=0.1, へレット=0.65

輸送ルート

輸送費 = [(T(輸送量) × A(積載時間) + B(積卸時間) ÷ 60(分)) × C(単価) + L(輸送距離 × 1) ÷ D(燃料消費量) × E(ガソリン料金)] ÷ (T(輸送量) × 1000 × (基準比重 × 補正))



各種条件を入力等することで、輸送費等の表示が出来るソフトとした。
輸送費は作業時間、人件費、ガソリン単価により異なるので、これら条件はメニューで設定可能とした。

21

3) モニタリングシステムの導入

Network Camera - Microsoft Internet Explorer

アドレス: <http://maniwbio.mimasunet/Cgi/Start?page=Single&Language=1>

トップ シングル マルチ 一時保存画像 設定 公開 メンテナンス サポート

NetworkCamera

RTPowerHTTP
IPv4で動作中

WEBカメラによるモニタリング管理を開始

- ・ネットで目視による残量確認がリアルタイム
- ・発注に係る電話連絡がなくなる
- ・輸送タイミングに関するクレーム件数が0件

バイオマス集積基地

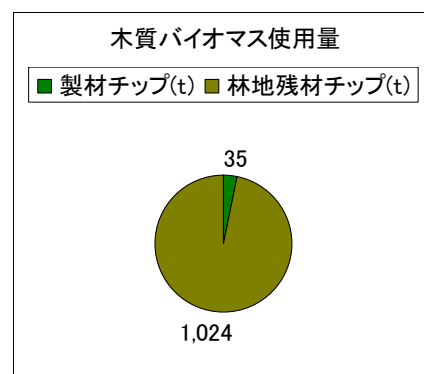
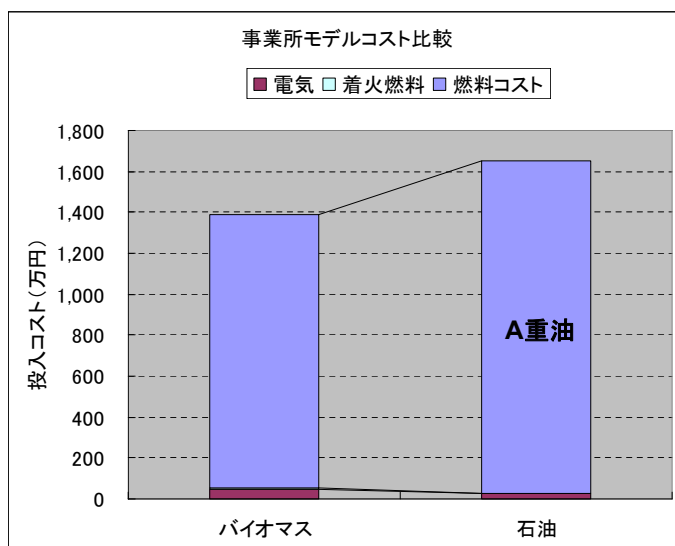
22

2-4. 用途別バイオマス エネルギー利用実証結果

23

1) 事業所での燃料活用

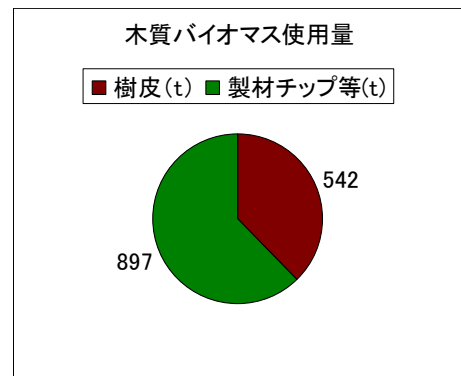
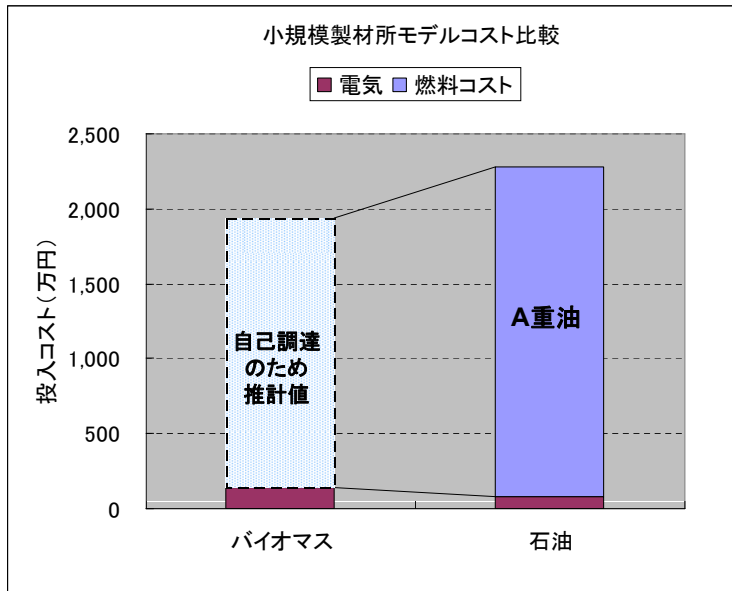
設備概要：2.5t/h 蒸気ボイラ
用途：コンクリート製品の養生
運転日数：250日
運転時間：8～10時間/日
成果：含水率30wet%の林地残材チップ等での安定運転
A重油使用量 88.1% 削減達成
ランニングコスト 年間約300万円削減



24

2) 製材所での燃料活用1

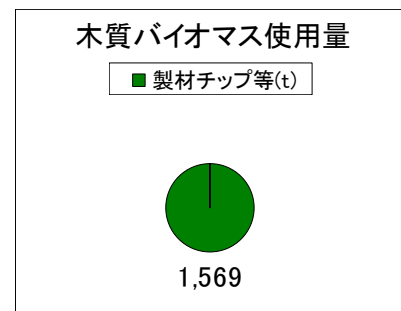
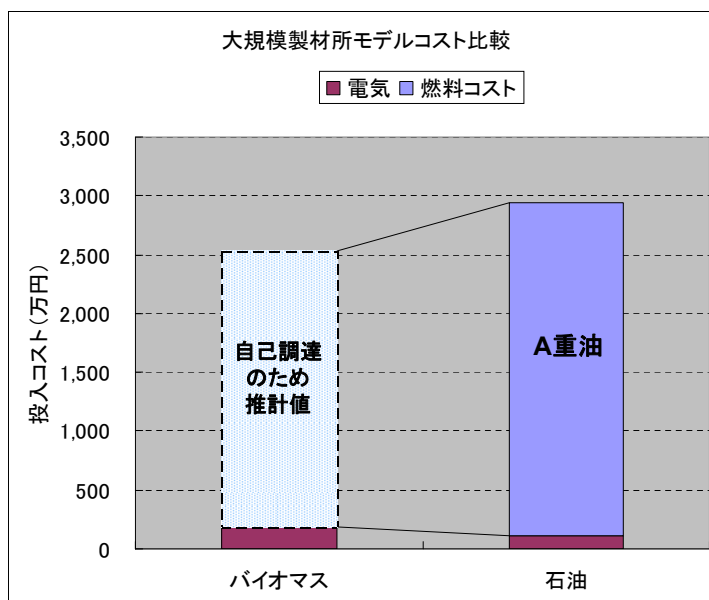
設備概要：1.0t/h 蒸気ボイラ
 用途：木材乾燥
 運転日数：361日
 運転時間：24時間/日
 成果：高含水率破碎樹皮混焼による夜間自動運転
 A重油使用量 78.3% 削減達成
 ランニングコスト 年間約300万円削減



25

3) 製材所での燃料活用2

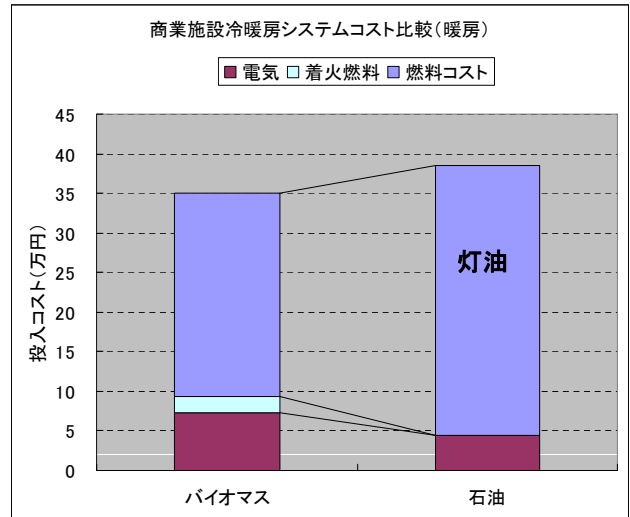
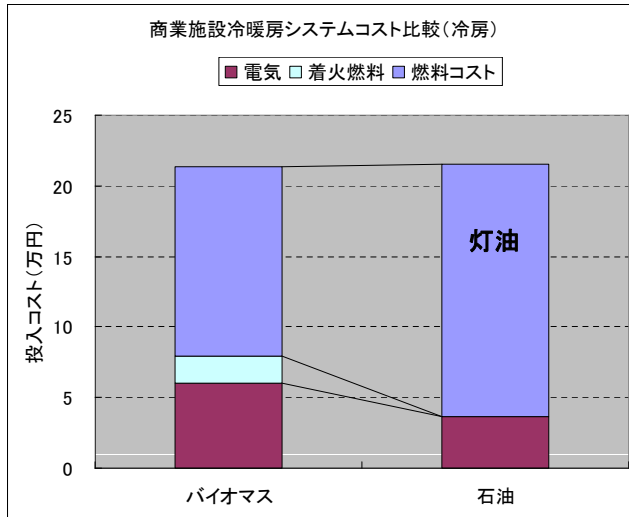
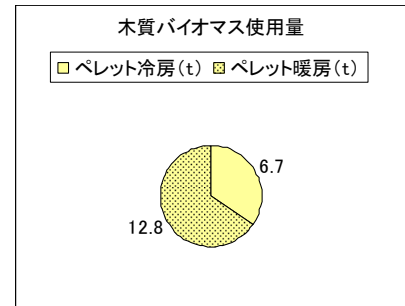
設備概要：1.5t/h 蒸気ボイラ
 用途：木材乾燥
 運転日数：357日
 運転時間：24時間/日
 成果：高含水率製材端材混焼による夜間等自動運転
 無人運転による人件費削減
 A重油使用量 90.0% 削減達成
 ランニングコスト 年間約400万円削減



26

4) ペレット活用1「商業施設冷暖房システム」

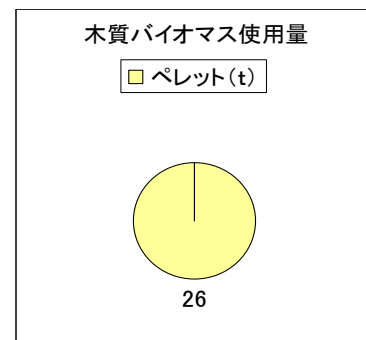
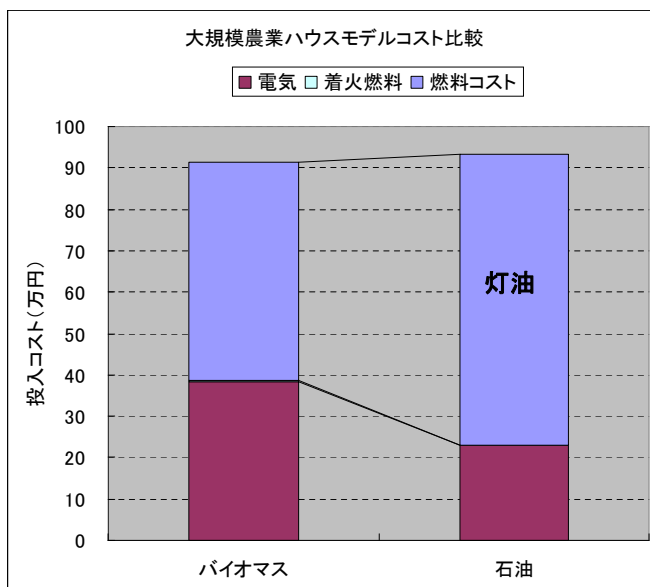
設備概要：70,000kcal/h 温水ボイラ・吸収式冷温水器
 用途：施設冷暖房
 運転日数：夏季：135日、冬季：135日
 運転時間：8時間/日
 成果：負荷変化に合わせ、ボイラ効率80%以上での運用
 着火用灯油燃料 35.8% 削減
 ランニングコスト 年間約4万円削減



27

5) ペレット活用2「農業用温水ボイラシステム」

設備概要：250,000kcal/h 温水ボイラ
 用途：イチゴ栽培温室の加温
 運転日数：冬季：150日
 運転時間：15時間/日 (17時～8時)
 成果：負荷変化に合わせ、ボイラ効率80%以上での運用
 着火用灯油燃料 50.6% 削減
 既存A重油使用量 82.0% 削減
 ランニングコスト 年間約2万円削減



28

6) ペレット活用3「農業用温風ボイラシステム」

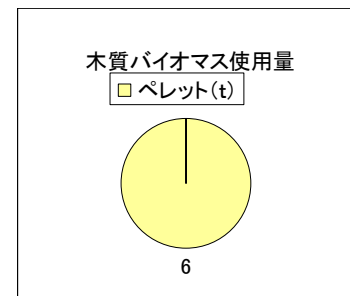
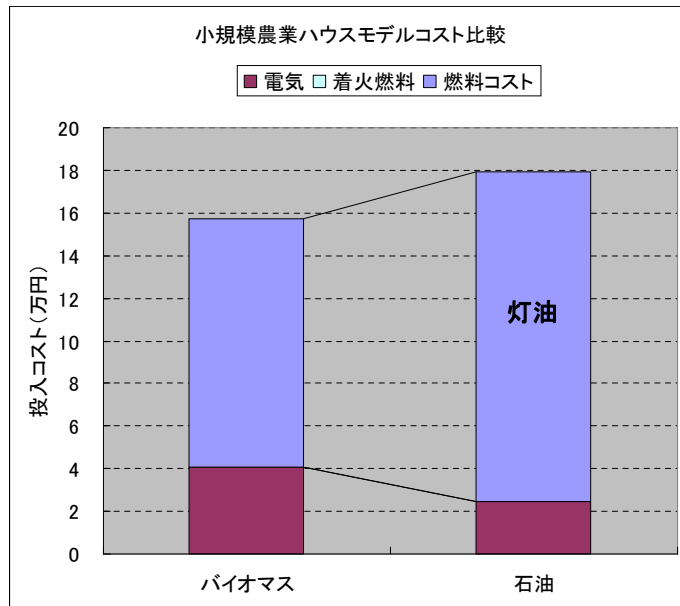
設備概要：70,000kcal/h 温風ボイラ

用 途：花卉栽培温室の加温

運転日数：冬季：150日

運転時間：15時間/日（17時～8時）

成 果：負荷変化に合わせ、ボイラ効率80%以上での運用
着火用灯油燃料 95.3% 削減
ランニングコスト 年間約2万円削減



29

3. 成果まとめ

30

項目		事業計画	平成20年度実績	平成21年度実績
バイオマス 利用量 (t/年)	林地残材チップ	—	200	1,024
	樹皮	1,500	300	542
	製材端材等	2,467	3,240	2,466
	製材チップ	1,572	800	35
	ペレット	895	47	52
	用途転換用樹皮	955	1,020	677
	合計	7,389	5,607 (75.8%)	4,796 (64.9%)
エネルギー投入量 (GJ/年)		—	62,957	51,471
エネルギー利用量 (GJ/年)		72,671	48,919 (67.3%)	42,503 (58.4%)
石油代替量 (kL/年)		1,902	1,868 (98.2%)	1,491 (78.3%)
CO ₂ 削減効果 (t-CO ₂ /年)		約4,500	約4,400	約3,600

※バイオマス利用等の未達成及び減少の主な原因は、製品需要低迷による蒸気発生必要量の減少と、電気代等のランニングコストの削減、ボイラの安定運用による燃料消費量の削減による。
また、かつこ内は達成率である。

31

項目	当時の課題	現状（実験事業における結果）
(1) 収集運搬	①木質バイオマス資源が集められるか	真庭森林組合及び真庭バイオマス集積基地との協力により、未利用材を買い取る仕組みで収集実施（3,000円/t～5,000円/t）。【年間収集量；2,105t/年】
	②木質バイオマス資源が地域内流通（配送を含む取引）できるか	収集→加工→販売→供給（運搬）の仕組みを地域内の関係者で役割分担できつつある。（取引協定締結を実施し、信頼性を強化） また、最適な配送・利用圏域（林地残材チップ；27.7km、製材チップ；40.2km、ペレット；99.8km、樹皮；8.7km）について、実証により算出した。
	③価格を持った取引になるか	販売価格（製材チップ；12円/kg、林地残材チップ；9.5円/kg、ペレット；20円/kg）、運賃一律3円/kgで取引実施。
(2) エネルギー転換・利用	①石油等の代わりとして木質バイオマスが使えるか	燃料としての質（含水率、サイズ等）を確保することで代替できる。また、バイオマス燃料が利用可能な設備開発を行った。
	②燃料投入を人力から自動とし、連続運転が出来るか	同上。 これにより、昼夜とおして無人運転が可能となった。
	③木質バイオマスを燃やして熱（蒸気・温水等）供給が可能か	蒸気の安定供給（木材乾燥用、コンクリート養生用）及び温水による熱供給（吸収式冷温水器、温水放熱、ファンコイル熱交換器）が化石燃料と変わりなく出来ることを確認した。
(3) 全体	①経済性が成り立つか	化石燃料に比べランニングコストの削減が図れる。 また、CO ₂ 排出権取引などの環境価値に今後は期待できる。

32

地域内経済性評価

石油系の「地域外資源」を環境にやさしい「地域内資源」へ転換することでのエネルギーの地産地消を実現できた。その効果としては以下に示すとおり。(平成20年度と21年度の平均値を使用)

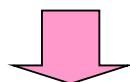
◆石油代替量1,679kL/年を達成

→ 重油を55円/Lと想定すると約9千2百万円の地産

◆バイオマス利用量5,201t/年を達成

→ 平均12,000円/tと想定すると約6千2百万円の地消

◆CO₂削減量約4,000t-CO₂/年を達成



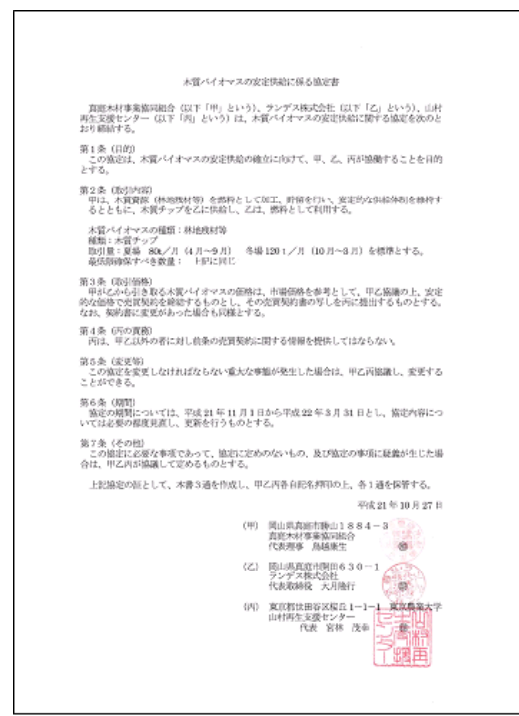
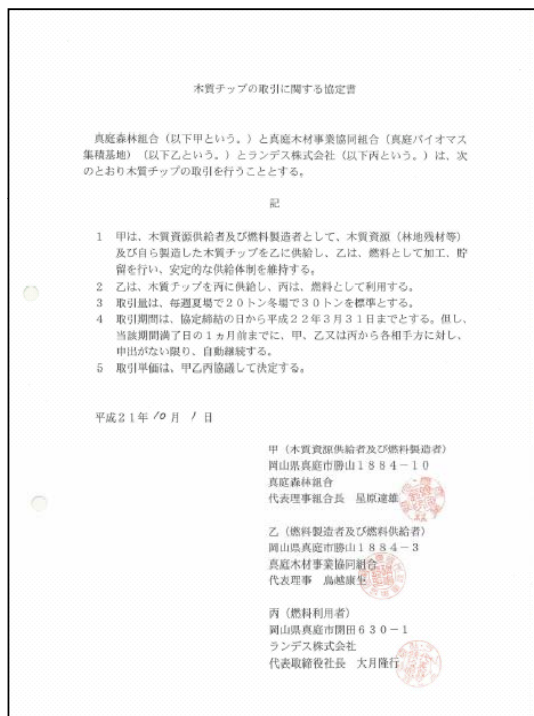
- ・地域外購入から、地域内生産消費となり、地域内関係者の連携によるエネルギーの自給
- ・木質バイオマス活用で、森林資源の見直しとなり、林業の活性化及び山村再生
- ・CO₂排出削減量権取引制度等の活用による付加価値化へも期待

33

4. システム構築のポイント

34

信頼性の確保を行うため、資源収集者、資源加工供給者、資源利用者において燃料取引協定の締結を図り、安定供給体制の強化を行っている。



※左は、地域内関係者による安定供給協定を締結したものである。
右は、「山口県再生支援センター」の仲介により締結した供給体制強化をした協定書である。

35

5. 自立へ向けての 課題と対応策

36

安定的に自立し信頼性のある地域連携利用システムを確立するとともに、バイオマスを利用したエネルギーの自給率及び経済効果等を評価し、さらに地域内事業所等への波及促進を図るため、関係者連携のもと事業を継続実施する。

課題	対応策
木質燃料の安定供給及び利用体制の確立	<p>① バイオマス集積基地を拠点に、木質バイオマス燃料の流通コスト等を検証・改良し、物流体制を確立する。</p> <p>② 木質バイオマスボイラの市内メンテナンス業者を育成するため、設備を活用した技術講習会等を実施する。</p> <p>③ 設備の耐久性を評価するため、継続運転での損耗状況を調査するなど、ランニングコストの総合的な評価を行う。</p>
木質バイオマスエネルギーの評価及び波及	<p>① 地域内への波及状況の評価をおこなうため、バイオマスエネルギー自給率と経済効果を調査する。</p> <p>② バイオマスエネルギー利用によってもたらされるCO₂削減効果の調査検討。</p>

