

平成 26 年度  
木質バイオマスエネルギーを活用した  
モデル地域づくり推進事業  
(新たな利用システムの実証(千葉県山武・長生地域))

成果報告書

平成 27 年 3 月

国立大学法人 千葉大学



# 目次

第1章 はじめに .....	1
1.1 事業の背景・目的.....	1
1.1.1 事業の趣旨 .....	1
1.1.2 対象地域 .....	2
1.1.3 事業の目的 .....	5
1.2 事業の実施体制 .....	11
第2章 実証事業の全体概要 .....	12
第3章 丸太燃料の集荷・加工システムの検討.....	16
3.1 長生地域における取組.....	17
3.1.1 システムの概要 .....	17
3.1.2 丸太燃料集荷・加工システムの検討.....	18
3.2 山武地域における取組.....	37
3.2.1 システムの概要 .....	37
3.2.2 丸太燃料集荷・加工システムの検討.....	38
3.3 まとめ.....	61
3.3.1 本年度の成果 .....	61
3.3.2 課題と対策 .....	61
3.3.3 丸太燃料の評価 .....	61
第4章 丸太加温器によるエネルギー利用システムの検討.....	64
4.1 システムの概要 .....	64
4.1.1 丸太加温器の概要 .....	64
4.1.2 丸太加温器によるエネルギー利用システムの検討.....	83
4.2 実験計画と実験結果.....	84
4.2.1 丸太燃料の乾燥試験 .....	84
4.2.2 丸太加温器および付帯設備の性能評価.....	96
4.2.3 モニター施設での稼働状況.....	104
4.3 まとめ.....	112
4.3.1 本年度の成果 .....	112
4.3.2 課題と対策 .....	112

第5章 地域システムとしての評価.....	113
5.1 システム全体の評価.....	113
5.1.1 システム全体の取組結果.....	113
5.1.2 丸太燃料の流通コスト評価.....	113
5.1.3 丸太燃料流通システムにおける環境影響評価.....	114
5.2 地域システム化の評価.....	116
5.3 地域協議会の開催.....	119
第6章 まとめ.....	122
6.1 事業の成果.....	122
6.2 事業の課題と対策.....	122
6.3 次年度の計画.....	123
参考資料 .....	124

# 第1章 はじめに

## 1.1 事業の背景・目的

### 1.1.1 事業の趣旨

木材利用や木材価格の長期低迷などにより厳しい状況にある我が国の林業の立て直しを図るべく、政府は「森林・林業再生プラン」(平成21年12月公表)を策定し、路網整備、集約化、機械化と人材育成を軸に我が国の森林・林業の早期再生を進めているところである。

しかしながら、都市近郊の小規模森林では、所有者あたりの森林面積も小さく、プランが掲げるような集約化や機械化によるスケールメリットによる森林経営の合理化を図るのが難しい状況にある。また雇用機会豊富な都市への労働力の流出により、林業の担い手不足も深刻となっている。こうした地域においては、地域自らが独自の再生プランを生み出していくことが求められる。

一方、都市近郊の小規模森林はそのほとんどが里山であり、人と森とが生活レベルで密接に関係し合うことで適切な森林の利用が保たれてきた。しかし人間の生活スタイルの変遷に伴い、森林資源の循環利用の輪が断ち切れ、里山の荒廃を招く結果となった。

本事業では、そうした小規模森林を多く抱える千葉県の上武地域、長生地域を中心として、今年度から君津・鴨川地域にも範囲を広げて、木質バイオマスのエネルギー利用を切り口に、荒廃が進む都市近郊小規模森林の再生と地域活性化の両立を目指した地域モデルの構築を目指す。具体的には、薪割りの手間もいらない丸太燃料が活用可能な丸太加温器の需要創出と、地域住民主体の丸太燃料の安定的な供給システムの構築に取り組み、将来的には地域住民主導で自立的な運用を可能とする仕組みの構築と確立を目指す。



図 1-1 丸太燃料流通システム

## 1.1.2 対象地域

### (1) 地域の概略

本事業では、千葉県北東部の山武地域、長生地域の二地域と南部の君津・鴨川地域を対象エリアとする。

山武地域は森林率 30%のうち 75%が人工林であり、そのうち 85%がスギである。標高は 50m程度である。谷津田の景観が広がるこの地域では田んぼと台地の間の斜面に杉林があり、台地の上には畑がひろがっていて周囲の杉林が防風の役目を果たしている。かつて林業で栄えていたこの地域は山武林業地といわれ、ブランド木のサンプスギで有名であったが、今はサンプスギが特に罹りやすい溝腐病等の病害が蔓延しているのに加え、スギノアカネトラカミキリによる虫害もここ数年目立ってきた。



図 1-2 事業の対象エリア

長生地域の森林率は山武同様 30%でそのうち天然林が 60%を占める。高いところでも標高 100m程度で山武地域よりも比較的傾斜地が多く、谷津田が連なる景観の地域である。長生地域の山間部は、昭和 30 年代には木炭・薪の生産、そして「長生椎茸」ブランドで流通していた椎茸用のほだ木の生産等で林業が成り立っていた。しかし、その後の高度経済成長による生活環境の変化が、林業の衰退、若者の流出を促進させ、里山は所有者の高齢化とともに荒廃の一途をたどった。また里山は長い年月をかけ、山に住む動物と人里の緩衝地帯の役割を果たして来ていたのだが、荒廃が進むと共に、長生地域においてもイノシシ等の農地への被害が拡大して来ている。

君津・鴨川地域は千葉県の南部に位置し、君津市は東京湾に面した沿岸部に新日鐵住金君津製鐵所を主とした重工業地帯を擁し、市街地も沿岸部に集中している。山間部を水源とする小櫃川、小糸川上流には亀山ダムなど 4 つのダムがあり観光資源となっている。鴨川市は山間部で君津市と隣接しており、太平洋に面した平野部を山が囲んでいる、農業と観光の街である。



図 1-3 山武地域



図 1-4 長生地域



図 1-5 君津地域



図 1-6 鴨川地域

## (2) 地域の森林と施設園芸

対象地域では、小規模な森林と農地が隣接・混在している。山武・長生地域の施設園芸の経営体が約 2,500 あり、そのうち約 1,100 が加温設備を整えているものと推定され、そのほとんどが重油を使った暖房を採用していると考えられる。施設園芸は、利益率は高いが経費に占める燃料費の割合が高く、その中でも施設花きは施設野菜の倍の光熱動力費がかかると言われている。昨年度までの燃油価格の高騰で過去 10 年間に管理温度の低い作物に切り替えたり、廃業する農家が増加した。そこで、森林と農地が隣接する地域の特徴を活かして、地域農業で木質バイオマスエネルギーを利用する材の出口を作り、地域森林の整備を進めることができれば、木質バイオマスを利用する上での一番の問題点である収集・運搬の課題を小さくすることができる。また、対象地域は木材を大量に安定的に出材することが苦手な地域である。施設園芸用暖房の需要規模は、地域森林から持続可能な森林整備で出材できる量の利用先として有望と考え、本事業を実施する。



図 1-7 林地と農地が隣接する山武市

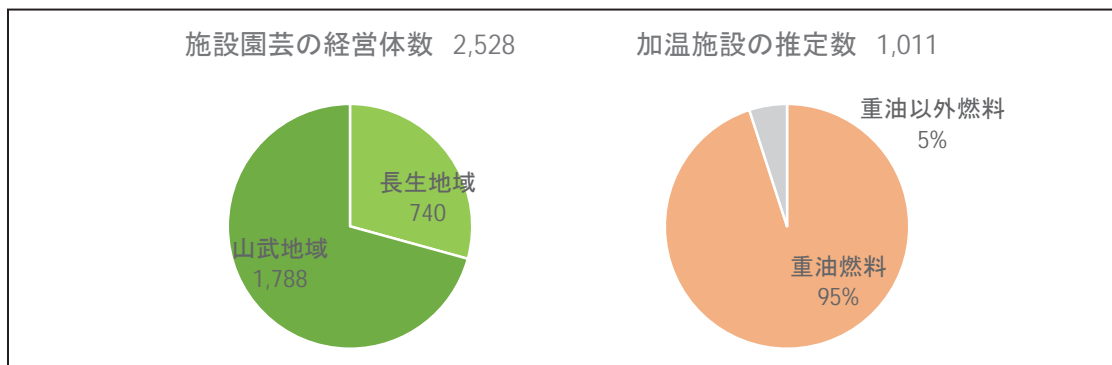
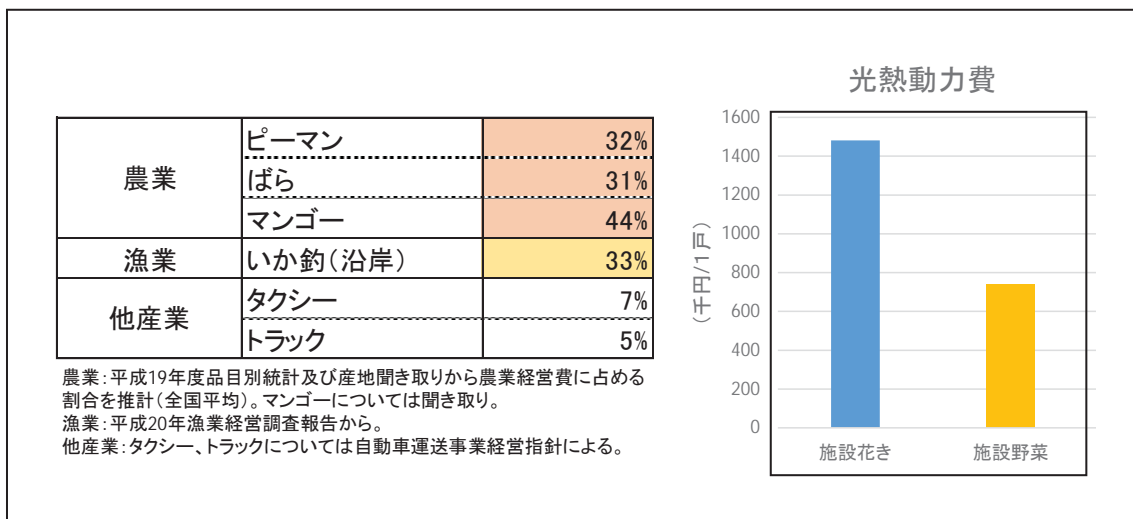


図 1-8 山武・長生地域の施設園芸

出典：園芸用施設及び農業用廃プラスチックに関する調査

表 1-1 農業経営に占める燃費の割合



(農林水産省調査)

[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/kenyu/pdf/taisaku\\_h27jan.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/kenyu/pdf/taisaku_h27jan.pdf)

[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/kenyu/pdf/taisaku\\_h27jan.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/kenyu/pdf/taisaku_h27jan.pdf)



### 1. 1. 3 事業の目的

#### (1) 目的

本事業は、木質バイオマスエネルギーの熱利用を通して都市近郊小規模森林の再生と地域活性化を目指した丸太燃料流通システムを構築することを目的とする。

#### (2) 目標

1) 丸太燃料コストは重油価格 (30 円/kg) 以下を目指す

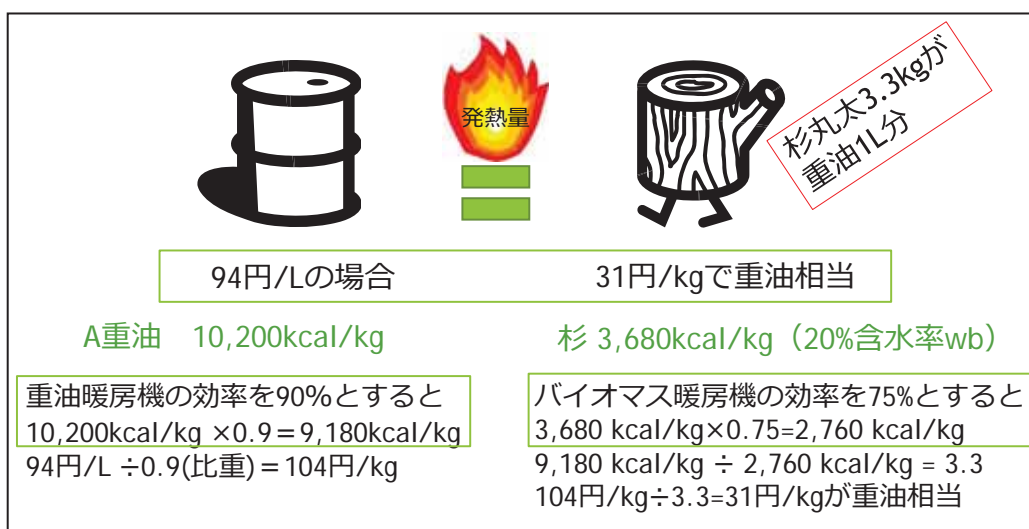


図 1-9 丸太燃料価格の試算

#### 2) 1) を達成するために次の①、②を行う

- ①丸太燃料用木質バイオマスの効率的な伐採・搬出コストの検討作業工程の効率化や講習による個々の技能のレベルアップや安全の確保などに取り組み、作業チーム数を増やしてデータを解析・比較・評価することで、伐採・搬出の効率化の検討を行う。
- ②丸太燃料用木質バイオマスの効率的な丸太燃料への加工、配送コストの検討燃料として利用可能な性状の丸太燃料を製造する工程の効率化の検討を行う。また、製造した丸太燃料を効率的に利用施設に配達するシステムを検討する。

#### 3) 丸太加温器の効率的な利用システムの構築

##### ①丸太燃料利用者の開拓

近年、重油価格の上昇に伴い重油暖房機の稼動が困難な温室農家が増加しており、本事業における丸太加温器へ注目が集まっている。本事業においても、丸太燃料の供給ルート構築のみならず、供給に対応した丸太燃料の利用先の拡大の検討が必要となる。社会的ニーズが高い現時点で丸太加温器のユーザーを様々な種類の作物・花き温室農家へ拡大し、丸太加温器の適応能力を調査する。さらに、冬場のみの温室農家における丸太燃料利用のみならず、一年中操業を行っており同様に化石燃料価格の上昇により苦しんでいる温泉施設などへも利用施設を拡大し、温室農家とあわせて計 16

台を設置する。

図1-10に26年度の丸太燃料流通システム拠点地図を示す。

#### ②利用方法や性能改善の検討

丸太燃料利用者の開拓を行うとともに情報を収集し、それぞれの利用用途に特有な条件を満たすような、丸太加温器の利用方法や性能改善を検討する。

#### ③環境影響調査

LCA手法に基づきインベントリ分析、エネルギー収支分析を行うとともに、丸太燃料利用によるシステム全体のCO<sub>2</sub>削減効果を評価する。

#### 4) 丸太燃料流通システムの地域システム化

前年度、千葉県山武・長生地域で検討した結果、それぞれの地域に特有の課題が存在することがわかった。本年度は、新たに南房総地域を加えて、各地域の特性を把握・比較することで、地域に適した最適な丸太流通システムを構築するための基礎的な情報の収集・整理を行い検討する。

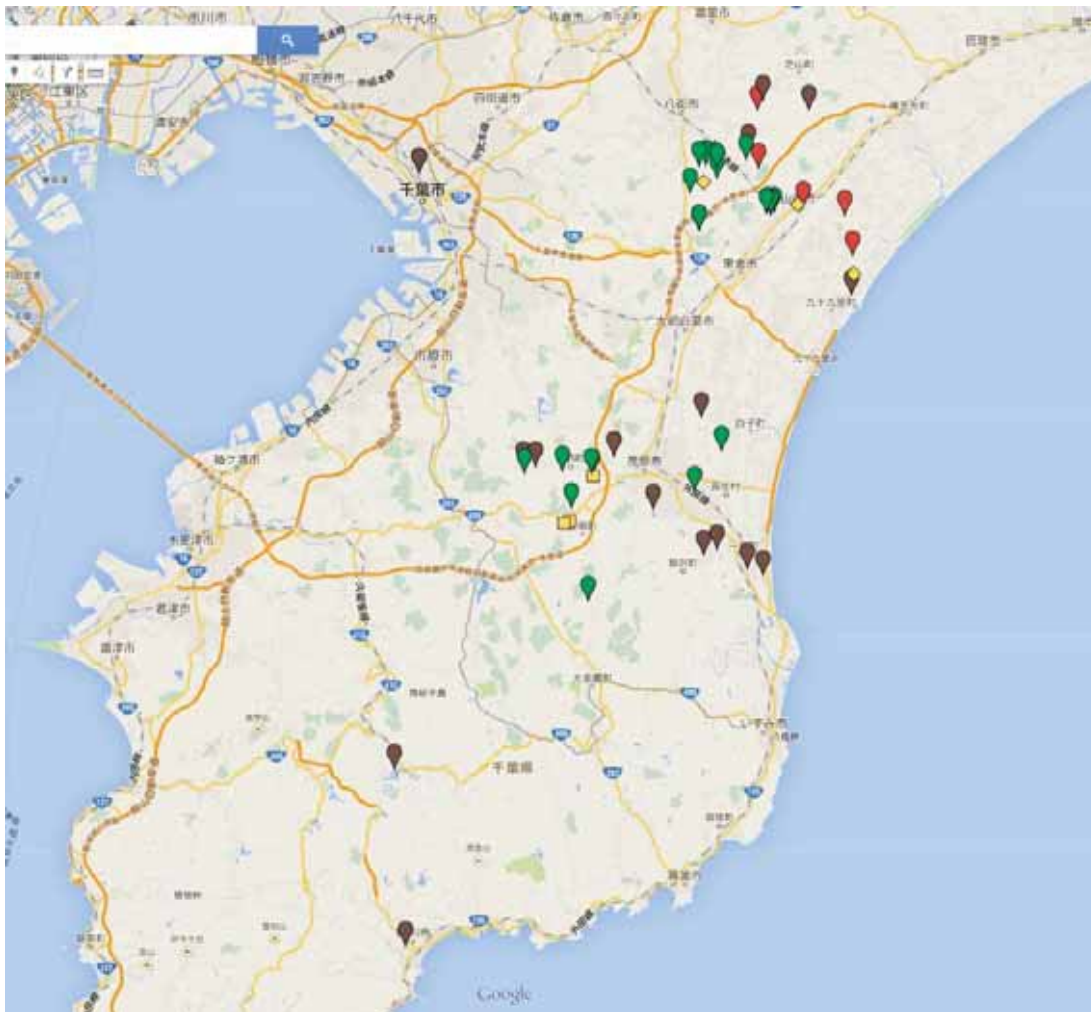





図1-10 まる太くんプロジェクト全体地図

-  ... 平成 25 年度モニター
-  ... 平成 26 年度モニター
-  ... 伐採現場
-  ... ストックヤード

### (3) 事業の目指すところ

#### 1) 丸太燃料流通システムのモデル構築

木質チップやペレット、薪など従来利用が進む木質バイオマスとは異なり、“丸太燃料”を用いた新たな流通システムのモデル構築を目指す。丸太は他の木質バイオマスと異なり、加工の手間が少なく供給価格の低廉化の期待も高い。また汎用的な機械で製造が可能なことから、プロの林業家や加工業者でなくても地域住民など多様な主体による事業化の可能性も考えられ、あらゆる地域への普及も期待される。



図 1-11 丸太燃料

#### 2) 地域住民主導による仕組みの構築と自立的運用

丸太燃料を使う大きなメリットの一つとして、だれにでもできる可能性のある難易度の低さがあげられる。本事業では、いわゆるプロの林業家や加工業者が行うのではなく、地域住民主導によりできるだけ簡易で安価な方法により、森林からの搬出、加工、配送、利用までを行うための仕組みの構築を図るとともに、実証事業終了後（平成 28 年度以降）の自立的運用と全国への波及を目指す。



図 1-12 丸太の搬出・加工作業

### 3) 持続可能な小規模林業の実現

国の掲げる森林・林業再生プランが集約化や機械化等により目指す大規模林業は、森林組合や素材生産業者が一定程度機能し、収益性の良し悪しはあれども森林整備事業や木材産業が一定規模で行われている地域を対象としたものであり、いわゆる里山中心の非林業地においてそこに取り組むのは非合理的である。本事業では、所有者あたりの森林面積の小さな森林の点在化する非林業地域において、ノンプロによる材の搬出システムを構築するとともに、エネルギー利用をベースとした持続可能な小規模林業の実現を目指す。

経済的に持続可能な小規模林業の仕組みづくりをするうえで、本事業で構築するエネルギーシステムと合わせて高付加価値の材の流通システムの構築やCO<sub>2</sub>吸収、レクリエーションといった多面的機能を有する森林資源の新たな利用の仕組みづくりも必要となることが想定される。そのため、本事業と並行してそうした仕組みづくりについても地域で検討し、小規模林業の実現と荒廃する森林の再生を目指していく。

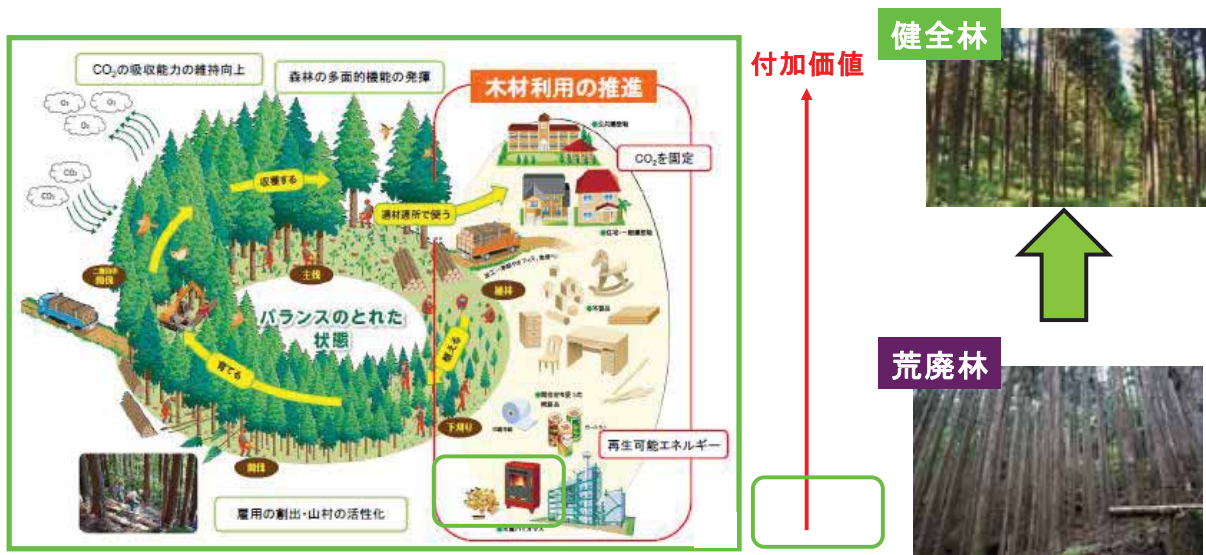


図 1-13 持続可能な小規模林業のイメージ

### 4) 木質バイオマスの利用を通じた地場産業活性化

山武地域や長生地域は温暖な気候と大需要地近郊のメリットを生かして農業が盛んであり、都会からのアクセスの良さを利用した観光農園が盛んに行われている。しかしながら昨今の石油価格の上昇、予測不能な変動性により、農家の経営環境は厳しさを増している。また九十九里エリアを中心に点在する宿泊施設においても、同様にボイラー燃料の高騰、変動性に悩まされている。

木質バイオマスのエネルギー利用を通じて、これまでつながりの薄かった林業とこうした域内の産業を結び付けることで、燃料費の負担の軽減を図り、産業間連携による地場産業活性化の好循環を創出していくことを目指す。



図 1-14 施設園芸



図 1-15 宿泊施設

#### 5) 地域の自給力の向上・自立性の高い市民育成による農山村の活力再生

これまで産油国など域外に依存していたエネルギーを域内で地域住民自らの手により自給する仕組みを構築することで、域外への資金の流出が抑制され、域内で新たな経済循環が生まれるなど地域経済の振興に大きな効果が期待できる。直接的な経済効果に限らず、地域住民自ら地域の森林の価値を見出し、適切に利用する仕組みが構築されることで森林環境の保全も期待される。こうした内発的なムーブメントにより、地域の自給力の向上や自立性の高い市民の育成を図ることで、活力を失う農山村の活性化に結び付けていくことを目指す。

## 1.2 事業の実施体制

山主、農林業従事者、地域団体、大学、行政、メーカーなどから構成する「丸太利活用地域協議会」を設置し、実証実験による検証を通して、地域に適合する丸太燃料流通システムの構築を目指す。千葉大学中込教授が協議会会長を務め、協議会の運営、及び事業全体の運営管理は、千葉大学大学院工学研究科中込研究室を代表とする事務局が担う。また、バイオマスにかかわる多分野における知見・実績の豊富なメンバーで、各関係チームを設置、それぞれのチーム代表から構成されるコア会議を設置し、実質的な調査、評価、計画策定を実施する。



図 1-16 事業の実施体制

表 1-2 コア会議メンバー

コア会議メンバー	
プロジェクトリーダー	中込秀樹
渉外・事務局	足立真理子
渉外・事務局	千葉美賀子
渉外・事務局	宮下敏男
渉外・事務局	野口直子
技術チーム	和嶋隆昌
技術チーム	市橋利夫
技術チーム	増淵達也
技術チーム	川村治
山武チーム	佐瀬響
長生チーム	江澤日出夫
ビジネスモデルチーム	新宅一憲
広報チーム	中谷正人
広報チーム	井上源太郎

## 第2章 実証事業の全体概要

林内での原木の伐採から搬出、丸太への加工（玉切り、乾燥）、丸太燃料の配送、ユーザーによる利用までの丸太燃料流通システムの構築を目指す。

平成25年度は、下記に示す4つの個別システムを想定してそれぞれに実証試験をおこなった。バイオマス集荷システム、燃料加工システム、燃料配送システムの試験結果による丸太燃料の生産・流通全体コストは、山武地域の全体コストが97.9円/kg（20%W.B.）、長生地域は70.3円/kg（20%W.B.）となり目標とする30円/kgには程遠い結果となった。

表2-1 平成25年度の丸太燃料流通システム

集荷システム	加工システム	配送システム	エネルギー利用システム
伐採 掛り木対応 集材 山武：簡易架線式集材 長生：人力集材 玉切り 搬出 配送 	丸太燃料への加工 乾燥 ストック 	受発注 配送 	加温器による熱利用  丸太加温器導入施設（施設園芸・宿泊施設・事務所・住宅）

そこで今年度は、丸太燃料の生産流通コスト30円/kgを達成することを最優先の目標に実証試験を行う。昨年の結果から見えてきた課題は、集材、加工、配送に係るコストが全体の9割を占めることから、この工程の大幅な改善が必要であること。もう一つは、全体に占める割合は低いものの配送コストの改善も課題であった。各工程の効率化が求められるが、林業事業者ではない地域住民が組織するオペレーター集団では、林業技術の習熟度を上げることが肝心であることを意識し、安全教育とスキルアップをベースに作業の効率化に取り組んだ。

また、個別システムや作業の効率化だけでなく、全体フローの改善による効率化についても検討した。従来の流れでは、山土場から一度中間ストックヤードに運搬して、そこで燃料加工してストック・乾燥させてから、各モニターへ配送する、というパターンであった。これを、中間ストックヤードを省略して直接モニターに配送することで、配送の回数を減らすことができる。これは配送工程のみならず伐採・集材作業、加工作業に及ぼす影響も大きいと考え、モニターの温室農家の方に協力頂いて、モニターサイト内に広いストックヤードを設ける方法を採用し、中間ストックヤードを省略するパターンを26年度の丸太燃料生産流通の地域システムとした。平成25年度と平成26年度の丸太燃料生産流通システムの違いを図2-1に示す。

このことによって平成26年度実証する個別システムでは、中間ストックヤードと配送システムが省略されたことが平成25年度との違いである。



表 2-2 平成 26 年度の丸太燃料流通システム

集荷システム	加工システム	エネルギー利用システム
伐採 掛り木対応 集材 山武：簡易架線式集材 長生：人力+林内作業車 玉切り 搬出 配送 	丸太燃料への加工 ストック（1年分） 	乾燥 加温器による熱利用  丸太加温器導入施設（施設園芸・宿泊施設・事務所・住宅）

中山間地域では時間と空間の感覚が都会とは違って大変豊かである。農家にとって余裕地を見出すことは比較的容易で、自ら使う丸太燃料を自分の目の届くところにストックできるなら、それが1～2年になってもその方がむしろ安心できる、という感覚を持っていることがわった。それは、ここ10年大きな変動を繰り返していた重油価格に由来する。本事業を開始した平成25年の冬まで原油の高騰が続き、一時A重油価格は末端で94円/リットルに達していたことが要因となっていた。施設園芸農家は20年前に比べて3倍にもなった重油価格に苦しんでおり、高値に耐え切れず廃業する農家も多くなっている頃であった。施設園芸農家が指摘するのは重油価格が変動することで、長期経営計画が立てられないことが一番の悩みであるということだった。植物の育成には時間がかかるものであり、一度育成を始めれば、当然植物の生育スケジュールに合わせて経営するのであるが、重油価格の変動はそれとは無関係に動いて予測が立たないことが問題であり、大きな不安要素である。もし、丸太燃料が重油のような大きな変動せず重油価格よりも安く流通するなら、是非丸太加温器を使いたいし、1年分の燃料が目の前にあると更に安心できる、との意見であった。そこで、モニターサイトにモニター用ストックヤードを設け、山土場からモニターサイトストックヤードへ4m材で配送してストックし、丸太燃料への加工はモニターストックヤード内で燃料加工スタッフが加工してその場に積み上げ、次の加温シーズンまで乾燥させる、というパターンを実証することとした。

また、この方法を採用したことによる伐採・集材作業、加工作業に及ぼす影響も大きい。伐採と同時にその場で燃料用に玉切りして山土場に集積する方法では、燃料用に玉切りした段階で扱う丸太の数が増えること、その一つ一つを人力集材で土場へ集積する作業のため作業効率を下げていると考えられる。同時に、足場の悪い環境で丸太燃料用に玉切りしていたことも加工作業としての効率を下げていると考えられる。モニターサイトストックヤードで集中的に加工作業を行うことで加工作業の効率も改善されると考えられる。

以上の理由から26年度は中間ストックヤードを省き、山土場から直接モニターへ配送し、モニター側ストックヤードで加工するという地域システムを選択した。

丸太燃料流通システムを構成する個別システムの実証の内容について、以下に整理する。

### (集荷システム)

山武・長生両地域においてそれぞれ、プロの林業家ではなく地域住民を中心としたオペレーターを組織化し、現場確保の森林所有者の調整から、林内での伐採、集材、ヤードへの燃料用丸太の配送の実証実験を実施する。各地域では現場条件に合わせて各々個別の施業パターンを展開し、材の集荷に係る生産性、経済性等のデータを収集・分析するとともに、オペレーター技能の向上や現場発信のアイデアを中心とした改善策の提案・検証を行う。

### (加工システム)

丸太燃料の製造に係る玉切りの工程について生産性、経済性等の効果検証を行う。暖房機で利用可能なサイズへの丸太の玉切りに要する生産性・コスト分析を行う。

### (エネルギー利用システム)

山武・長生両地区で施設園芸や事務所等に丸太を燃料とする丸太加温器を導入し、燃焼性、暖房効果等の検証を行う。丸太燃料の乾燥に関する検証を行う。乾燥の工程について、全体の流通システムから独立して個別の乾燥実験を行い、①ラボ実験と②現場における乾燥実験を行い、条件による丸太燃料の乾燥特性を把握する。現場における乾燥実験では、乾燥場所と材の形状により複数のパターンを設定し、比較検証する。

<平成 25 年度>



<平成 26 年度>

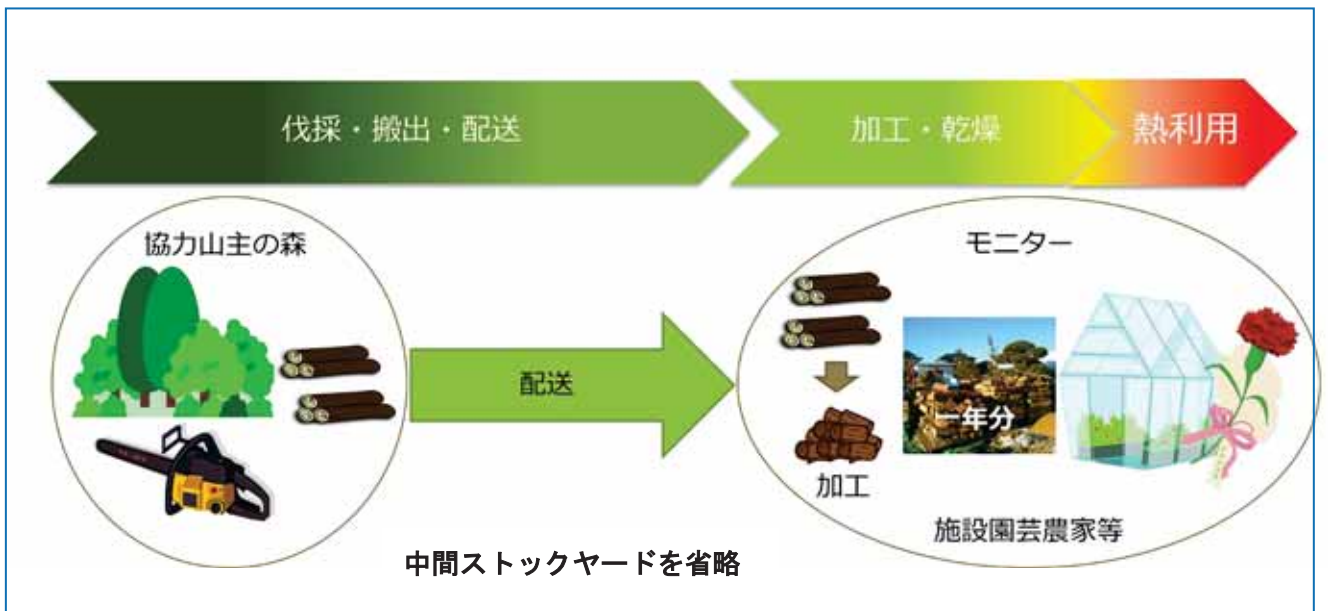


図 2-1 平成 25、26 年度の丸太燃料流通システムの違い

### 第3章 丸太燃料の集荷・加工システムの検討

丸太燃料の集荷・加工システムの検討を行うために実証試験を実施し、コスト分析を行った。

本年度はコストを「労務費」、「燃料費」、「機械費」、「消耗品その他」に分けてそれぞれを算出し、それらを合計して積算した。コスト積算の方法や諸元値は『全国林業改良普及協会編（2001）機械化のマネジメント』を参考にし、労務費は作業員1人当たり1日10,000円（1,250円/時間）とし、また材積は水分25%w.b.、その際の比重を0.47とした。詳細な積算方法については下記に示す。

#### <積算方法>

- ◆労務費＝作業員時間給/労働生産性
  - ◆燃料費＝機械台数×燃料・油脂費/労働生産性
  - ◆機械費＝機械台数×（減価償却費＋管理費＋資本利子＋保守・管理費）/労働生産性
  - ◆消耗品その他＝機械台数×機材消耗品費/労働生産性
- 
- 保守・修理費＝（保守・修理費率＋購入価格）/耐用時間
  - 燃料・油脂費＝（燃料消費量×燃料単価）＋（オイル消費量×オイル単価）
  - 管理費＝（年間機械管理費率×購入価格）/年間稼働時間
  - 償却費＝償却費率×購入価格/耐用時間
  - 資本利子＝（資本回収係数－1/耐用年数）×購入価格/年間稼働時間
- ※資本回収係数＝年利率（1＋年利率）<sup>耐用年数</sup> / （1＋年利率）<sup>耐用年数</sup> - 1
- 機材消耗品費＝機材消耗品の損料率×機材消耗品価格×当該機械の生産性

### 3.1 長生地域における取組

#### 3.1.1 システムの概要

基本的には前年度と同様、人力を中心とした作業システムを採用するが、前年度からの変更点として下記の点が挙げられる。また、長生地域の特徴とチーム構成、搬出材積について表3-1に示す。

- ・長生地域は9月より任意団体から「一般社団法人もりびと」となり、前年に比べて参加者が増えた。
- ・現場によっては主伐も含めた施業となる。
- ・作業をできるだけ人力で行うことにより、機械経費を省いてコストを下げる方向を目指している。
- ・個々の技能の向上を重視しており、週末に自主安全講習・スキルアップ講習を行っている。
- ・中間土場を省略し、モニターサイト内にストックヤードを設けた作業システムを採用している点でもコスト削減を図っている。

表3-1 長生地域の特徴

地域	主な樹種	チーム構成	搬出材積	特徴
長生	針葉樹(スギ) 広葉樹(雑木)	総人数 41 人 3 チーム・3~5 人で作業	170 t (昨年度 54 t)	自伐林家的 な取り組み

### 3.1.2 丸太燃料集荷・加工システムの検討

#### (1) 試験計画

重油価格よりも安い丸太燃料価格 30 円/kg を目指し、低コストな丸太燃料流通システムの検討のための実証試験を下記の要領で実施した。

- ① 前年度の作業システムでの実施
- ② 機械の導入によって効率化を図った作業の実施
- ③ ②と同様の作業システムで広葉樹を対象に実施
- ④ 終日の作業で伐採、集材、配送、加工までを実施
- ⑤ 集材にスーパーやまびこを導入し、効率化を図った作業の実施
- ⑥ スーパーやまびこの習熟度向上によるさらなる効率的作業の実施

#### (2) 実証試験結果

上記試験計画に基づき実証試験を行った。概要を表 3-2 に示す。

表 3-2 長生地域試験概要

調査日	樹種	場所	フィールド 状況	伐採 (材長)	集材	積み込み	配送	加工
前年度	雑木 スギ	白子	平坦地	チェンソー (人力:1m Zフォーク:4m)	人力 Zフォーク	人力 Zフォーク	軽トラック	チェン ソー
9/16	スギ	熊野の 清水付近	緩傾斜	チェンソー (1m)	人力	—	—	—
10/15	スギ	蔵持	平坦地	チェンソー (4m、2m)	Zフォーク	—	—	—
10/24	スギ	熊野の 清水付近	緩傾斜	チェンソー ロープ (4m)	人力 (トビ使用)	Zフォーク	クレーン付 トラック	チェン ソー
11/18	雑木	熊野の 清水付近	平坦地	チェンソー ロープ (2m)	Zフォーク	—	—	—
12/26	スギ	熊野の 清水付近	緩傾斜	チェンソー ロープ (4m)	スーパー やまびこ	クレーン付 トラック	クレーン付 トラック	チェン ソー
3/5	スギ	熊野の 清水付近	緩傾斜	チェンソー ロープ (4m)	スーパー やまびこ	クレーン付 トラック	クレーン付 トラック	チェン ソー

以下に実施した実証試験の詳細について試験計画に基づいて示す。なお、試験地確保のため、一部日程が前後している。

### 1) 9月16日実施試験

試験計画①に基づき、前年度の作業システムの改善点の明確化を目的に伐採作業を行った。作業は習熟者が実施し、対象地は長南町の熊野の清水付近でわずかに傾斜している作業地であった。



表3-3 9月16日実施試験 概要

作業		伐採・加工・集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )	8.96			
	(t)	4.17			
所要時間		5時間17分00秒			
作業員数(人)		3			
労働生産性(t/人h)		0.26			
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)		0.57			

表3-4 9月16日実施試験 生産コスト

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工
労務費(円/kg)	4.69			
燃料費(円/kg)	0.66			
機械費(円/kg)	0.23			
消耗品その他(円/kg)	0.05			
生産コスト(円/kg)	5.63			
生産コスト(千円/m <sup>3</sup> )	2.65			

## 2) 10月15日実施試験

試験計画②に基づき、機械の導入によって効率化を図った。対象地は長南町 熊野の清水でわずかに傾斜している作業地であった。集材時に Z フォークを導入し、伐倒後の材の集材を行った。前日が雨のため地盤が悪く、操作は初心者が担当したため条件が十分に整っていたとは言い難い。現場は開けた土地で、3割ぐらいは比較的大径な木で、それは2mで玉切りした。こうしたことにより、機械費は前回(9月16日試験)より高くなったが、材積は多く生産コストは下がった。



表3-5 10月15日実施試験 概要

作業		伐採・集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )	7.10			
	(t)	3.31			
所要時間		1時間47分00秒			
作業員数(人)		3			
労働生産性(t/人h)		0.62			
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)		1.33			

表3-6 10月15日実施試験 生産コスト

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工
労務費(円/kg)	1.97			
燃料費(円/kg)	0.48			
機械費(円/kg)	0.91			
消耗品その他(円/kg)	0.02			
生産コスト(円/kg)	3.38			
生産コスト(千円/m <sup>3</sup> )	1.60			



### 3) 11月18日実施試験

試験計画③に基づき、10月15日実施試験のスギ伐採と比較をするために、広葉樹を対象に伐採・集材作業を実施した。対象地は長南町 熊野の清水で、傾斜はない作業地であった。集材は10月15日実施試験と同じZフォークを使用した。なお、広葉樹の伐倒方向を定めるためポータブルウインチを使用し、また曲がりが多いために2mに玉切りした。

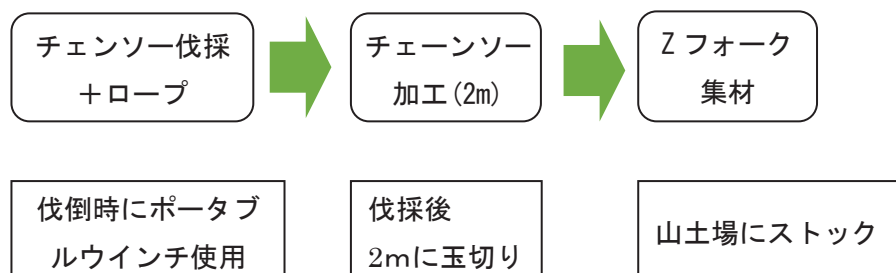


表 3-7 11月18日実施試験 概要

作業		伐採・集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )	3.00			
	(t)	1.40			
所要時間		2時間 39分 16秒			
作業員数 (人)		3			
労働生産性(t/人 h)		0.18			
労働生産性 (m <sup>3</sup> /人 h)		0.38			

表 3-8 11月18日実施試験 生産コスト

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工
労務費 (円/kg)	7.50			
燃料費 (円/kg)	1.86			
機械費 (円/kg)	3.45			
消耗品その他 (円/kg)	0.08			
生産コスト (円/kg)	12.89			
生産コスト (千円/m <sup>3</sup> )	5.86			

#### 4) 10月24日実施試験

試験計画④に基づき、中間ストックヤードに集積することなく、伐倒から配送、加工までの一連の作業を行った。対象地は長南町 熊野の清水で、斜面であったので人力集材し、Zフォークにてクレーン付トラックに積み込み、配送先（長柄町の大野寺子屋）にて、丸太燃料に加工した。



表3-9 10月24日実施試験 概要

作業		伐採・集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )	6.64	2.02	2.02	2.02
	(t)	3.09	0.94	0.94	0.94
所要時間		1時間56分55秒	10分35秒	20分14秒	53分37秒
作業員数(人)		3	1	1	2
労働生産性(t/人h)		0.53	5.33	2.79	0.53
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)		1.14	11.45	5.99	1.13

表3-10 実施試験 生産コスト

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工	計
労務費(円/kg)	2.34	0.24	0.45	2.27	5.30
燃料費(円/kg)	0.57	0.07	0.09	0.24	0.97
機械費(円/kg)	1.08	0.29	0.03	0.08	1.48
消耗品その他(円/kg)	0.03	0.00	0.00	0.02	0.05
生産コスト(円/kg)	4.02	0.60	0.57	2.61	7.80
生産コスト(千円/m <sup>3</sup> )	1.89	0.28	0.27	1.25	3.69

### 5) 12月26日実施試験

試験計画⑤に基づき10月24日実施試験と同じように、中間ストックヤードに集積することなく、伐倒から配送、加工までの一連の作業を行った。対象地は10月24日実施試験と隣接したところである。今回は人力集材をスーパーやまびこに変えて集材した。なお、配送先は一宮町の近藤いちご園である。

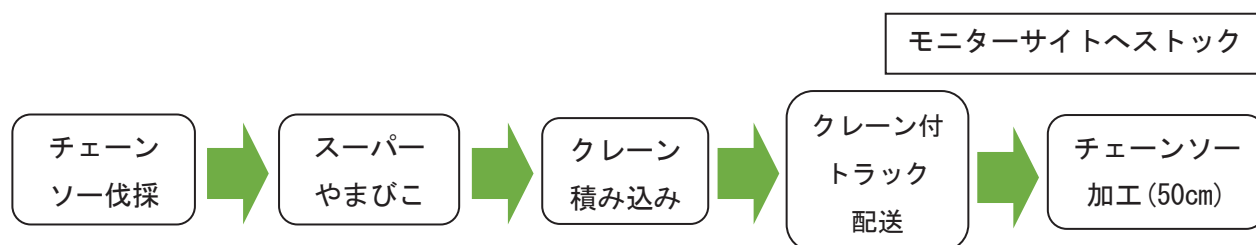


表3-11 12月26日実施試験 概要

作業		伐採・集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )	3.81	1.91	1.91	1.91
	(t)	1.77	0.89	0.89	0.89
所要時間		1時間47分25秒	19分50秒	30分00秒	1時間04分10秒
作業員数(人)		3	1	1	2
労働生産性(t/人h)		0.33	2.69	1.78	0.42
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)		0.71	5.78	3.82	0.90

表3-12 12月26日実施試験 生産コスト

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工	計
労務費(円/kg)	3.75	0.46	0.69	3.13	8.03
燃料費(円/kg)	1.08	0.14	0.15	0.33	1.70
機械費(円/kg)	1.72	0.57	0.05	0.11	2.45
消耗品その他(円/kg)	0.04	0.00	0.00	0.03	0.07
生産コスト(円/kg)	6.59	1.17	0.89	3.60	12.25
生産コスト(千円/m <sup>3</sup> )	3.14	0.55	0.42	1.60	5.71

### 6) 3月5日実施試験

12月26日実施試験ではスーパーやまびこの能力を十分に発揮できなかったため、習熟度が一定程度向上したのち、同様の作業システムで試験を実施した。その結果、効率的な作業を実施することができた。



表3-13 3月5日実施試験 概要

作業		伐採・集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )	15.89	4.70	4.70	4.70
	(t)	7.40	2.19	2.19	2.19
所要時間		2時間6分30秒	41分35秒	29分00秒	2時間48分30秒
作業員数(人)		3	2	1	2
労働生産性(t/人h)		1.17	1.58	4.53	0.39
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)		2.51	3.40	9.73	0.84

表3-14 3月5日実施試験 生産コスト

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工	計
労務費(円/kg)	1.07	0.78	0.28	3.21	5.34
燃料費(円/kg)	0.23	0.12	0.06	0.34	0.75
機械費(円/kg)	0.49	0.48	0.02	0.12	1.11
消耗品その他(円/kg)	0.01	0.00	0.00	0.03	0.04
生産コスト(円/kg)	1.80	1.38	0.36	3.70	7.24
生産コスト(千円/m <sup>3</sup> )	0.84	0.65	0.17	1.71	3.37

### (3) 前年度コストとの比較

下記に長生地域での前年度の生産コストと今年度の生産コストを示す。本年度のコスト積算の方法で算出した前年度のコスト例を表 3-15 に示す。

表 3-15 前年度長生地域 生産コスト

作業	伐採・加工・集材	配送	計
労務費 (円/kg)	37.23	4.50	41.73
燃料費 (円/kg)	5.53	0.20	5.73
機械費 (円/kg)	2.86	0.07	2.93
消耗品その他 (円/kg)	0.40	0.00	0.40
生産コスト (円/kg)	46.02	4.77	50.79
生産コスト (千円/m <sup>3</sup> )	21.42	2.22	23.64

平成 26 年度の実験結果を、表 3-16 に示す。平成 26 年度の代表データとして終日作業で伐採から加工までを行った試験の中で最も低コストであった 3 月 5 日に実施した試験の結果を採用した。平成 26 年度の実験結果 7.24 円/kg は平成 25 年度の実験結果 50.79 円/kg を大きく下回る結果となった。

表 3-16 平成 26 年度の実験結果 (3 月 5 日実施)

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工	計
労務費 (円/kg)	1.07	0.78	0.28	3.21	5.34
燃料費 (円/kg)	0.23	0.12	0.06	0.34	0.75
機械費 (円/kg)	0.49	0.48	0.02	0.12	1.11
消耗品その他 (円/kg)	0.01	0.00	0.00	0.03	0.04
生産コスト (円/kg)	1.80	1.38	0.36	3.70	7.24
生産コスト (千円/m <sup>3</sup> )	0.84	0.65	0.17	1.71	3.37

平成 25 年度の実験結果と今年度の実験結果のコストの比較を図 3-1 に示す。

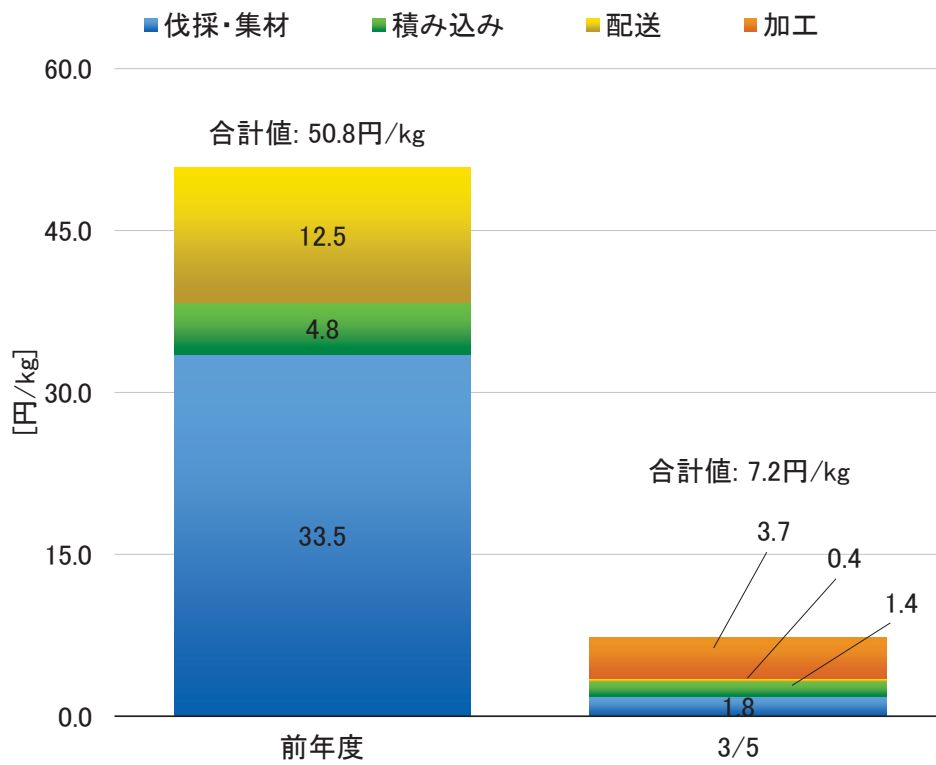


図 3-1 平成 25 年度と平成 26 年度のコスト比較

図 3-2 に今年度の試験結果を示す。



図 3-2 試験日ごとの丸太燃料製造コスト

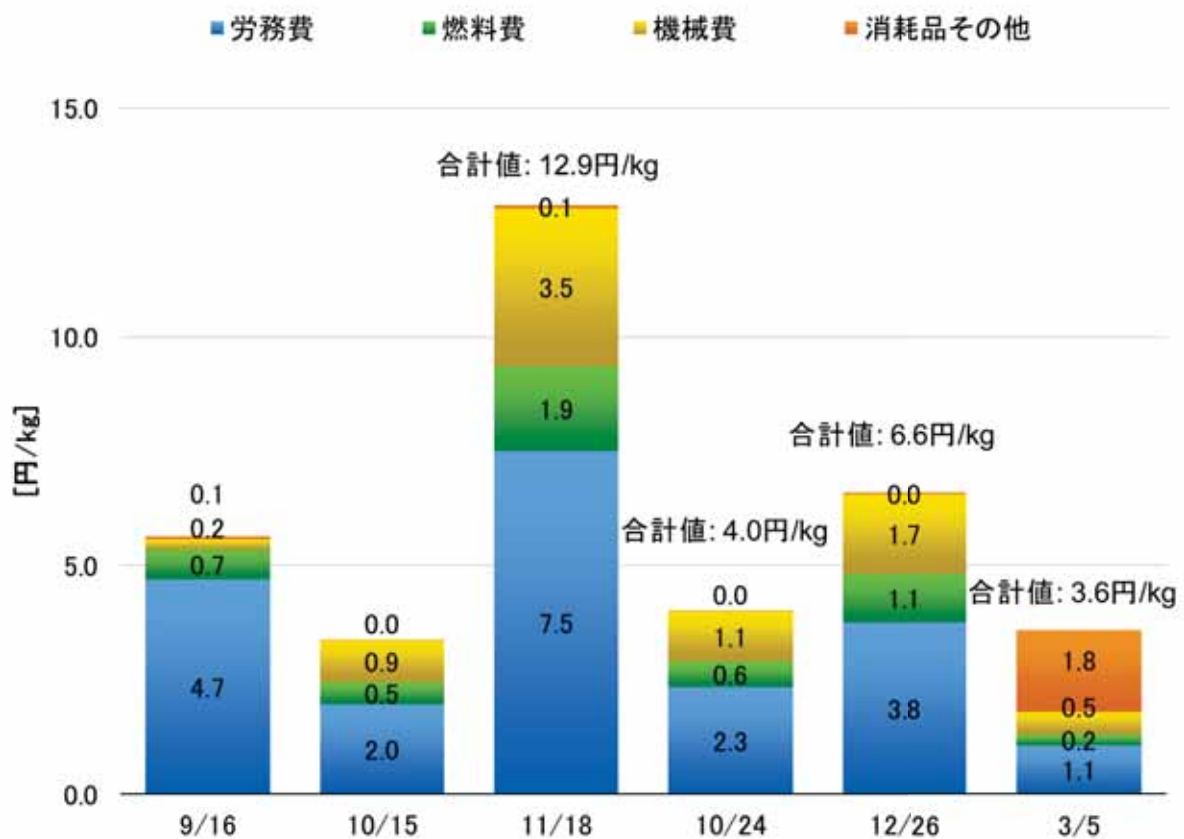


図 3-3 伐採・集材の経費内訳

生産コスト削減の要因として次のことが挙げられる。

①作業員のスキルアップ

- ・ロープワークの導入と技術の習得
  - ・伐採方向の見分け時間の短縮、伐採技術の向上による伐採時間の短縮化
- ⇒主として『伐採』におけるコストの削減に寄与

②モニターサイトにストックヤードを設け、全体作業フローを改善

- ・山土場でのストックと中間ストックヤードをなくし、直接モニターサイトに配送
  - ・林内での加工および人力配送作業をなくし、配送先のモニターサイトで加工
- ⇒主として『集材』、『配送』におけるコストの削減に寄与

③林内作業における小規模機械の導入

- ・Zフォーク付きミニユンボの使用技術の習熟
  - ・林内作業車スーパーやまびこの導入
- ⇒主として『集材』におけるコストの削減に寄与

#### (4) 今年度の成果

以下、生産コスト削減の要因に関して分析する。

##### 1) 作業員のスキルアップ

長生チームの作業員は、全員林業専業者ではなく、生活の中で山仕事をしている農林家や、現役サラリーマン、脱サラ参入者、定年退職者、フリーターの若者、主婦等さまざまであり、年齢も20代～60代と幅広いため、作業技術を向上させることは安全の面からも欠かせない。今年は自主安全講習を開くとともに、週末に個別指導を目的としたスキルアップ研修を行い、個々人の作業技術の向上を目指した。その結果、下記のような成果が得られた。

- a. ロープワークによる掛り木の減少
- b. 伐倒・枝落とし・玉切りの時間短縮
- c. 伐採作業における作業員の安全確保

研修会に参加した人からは、「講習会で如何に安全に倒すかを習得しながら、より多くの伐採を経験することが大事だと痛感した。」との感想があがっている。またロープワークの習熟も伐採の効率を上げることに繋がっている。伐採とロープワークを組み合わせることで掛り木を回避したり、掛り木が発生した場合にロープでも引いて倒すなど伐採の時間短縮に役立っている。

昨年度の平均伐採時間は一人あたり19分であった。今年度から参加している初心者と前年度から参加している習熟者の伐採時間の向上の例を表3-17に示す。

表3-17 平成25年度と平成26年度の伐採時間の比較

単位：分/本・人

	伐採時間 平成25年度	伐採時間 平成26年度 (初心者)	伐採時間 平成26年度 (習熟者)
平均伐採時間	19分	12分20秒	5分11秒



図3-4 自主講習会 チェーンソー実習



2) モニターサイトにストックヤードを設け、全体作業フローを改善

前年度の作業システムを下記に示す。前年度は中間ストックヤードを設け、丸太燃料の状態での積み込み・積み下ろしが2回必要であった。このため、林内の作業も配送の作業も非常に手間が多かった。

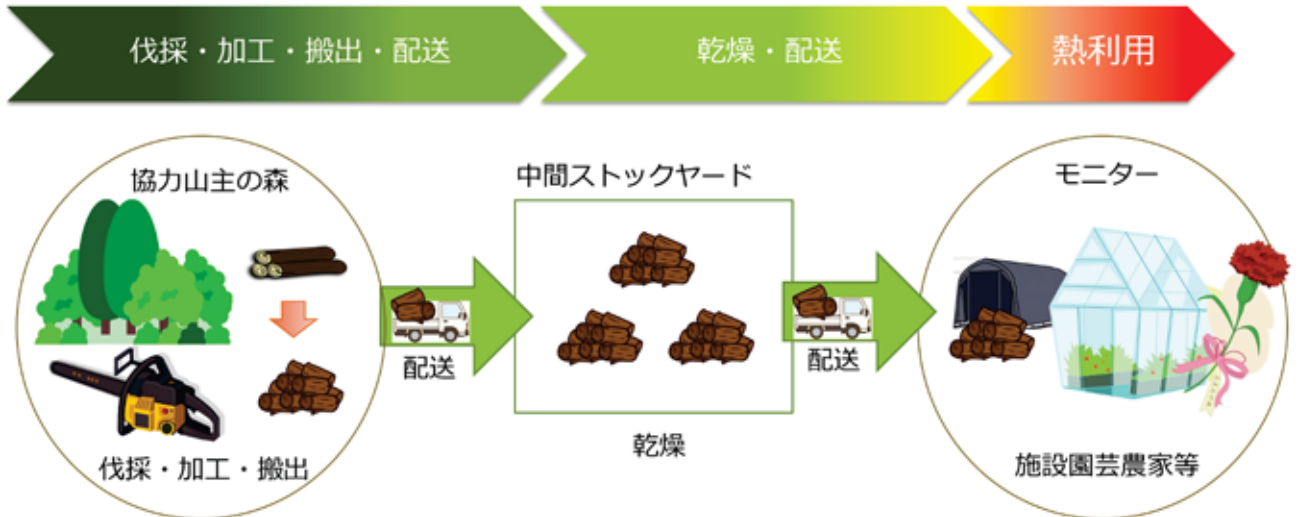


図3-5 25年度の長生地域の作業システム

今年度は、モニターサイトにストックヤードを設け、林内から直接モニターへ配送できるようにし、そこで加工も行った。これにより積み込み・積み下ろしを2回から1回に減らすことができたと同時に、原木状態での積み込み、積み下ろしになったため作業効率も向上した。今年度の作業システムを下記に示す。

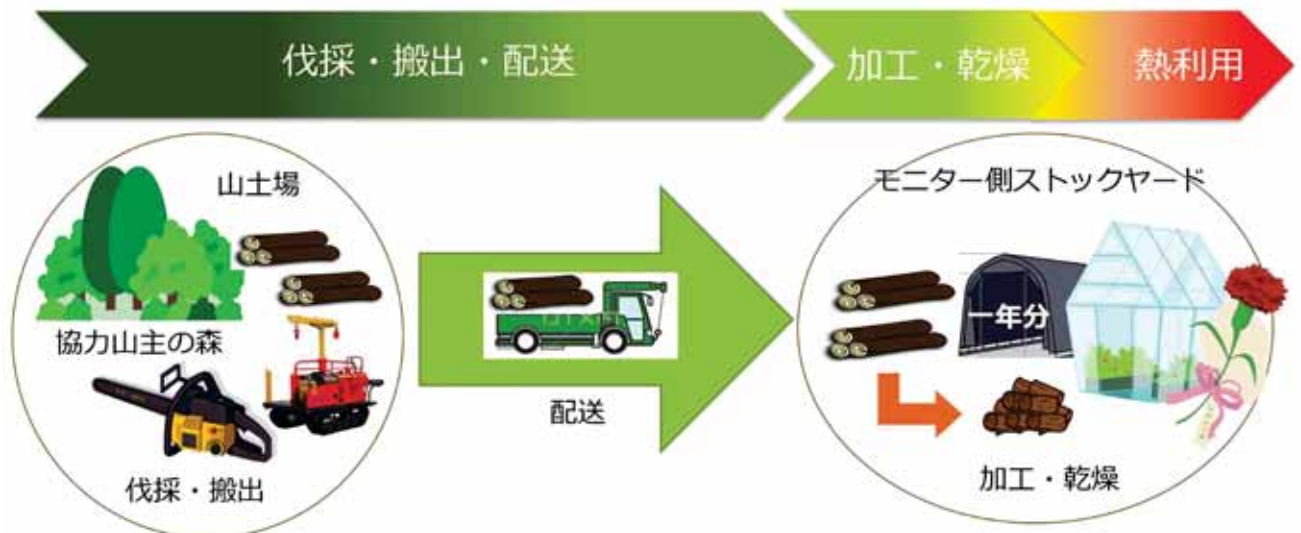


図3-6 26年度の長生地域の作業システム

前年度の伐採・加工・集材の作業と10月24日人力集材作業試験を比較すると、10月24日では（伐採・集材）＋（加工）＝6.63円/kgであり、前年度の46.02円/kgと比べると、伐採から積み込みの前までの効率が大きく上がっている。これは林内での加工がなくなったことで、人力運搬の工程が省かれたためと考えられる。伐採した材をその場で玉切りして数が増えたうえに、伐採場所から土場まで人力で繰り返し運ぶための労力が非常に大きかったためである。また、モニターストックヤードでの加工は1人が採寸、1人が造材を行い、丸太燃料の集積は2人で実施した。これは林内で分散している材を加工するのと違って、一箇所に集積したものを、足場の良い場所で集中的に加工できることで加工効率も上がったものと考えられ、今年度の全体作業フローの改善は、林内での加工・運搬作業を省いたことによる大幅な省力化と、山から直接モニターに4m材で配送することで輸送回数が半減したこと、林内ではなくモニターサイトで行う効率的な加工が、コスト削減に寄与したものと考えられる。



表3-18 前年度 生産コスト

作業	伐採・加工・集材	配送	計
労務費	37.23	4.50	41.73
燃料費	5.53	0.20	5.73
機械費	2.86	0.07	2.93
消耗品その他	0.40	0.00	0.40
生産コスト	46.02	4.77	50.79

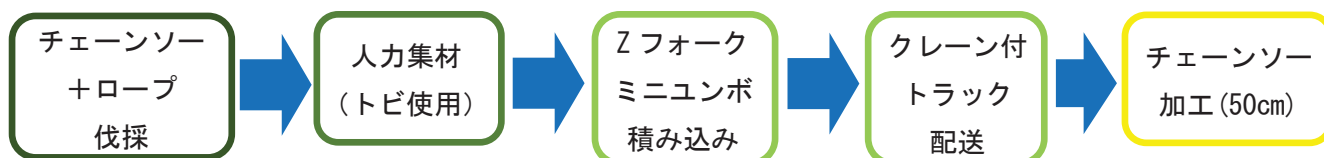


表3-19 10月24日 生産コスト

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工	計
労務費	2.34	0.24	0.45	2.27	5.30
燃料費	0.57	0.07	0.09	0.24	0.97
機械費	1.08	0.29	0.03	0.08	1.48
消耗品その他	0.03	0.00	0.00	0.02	0.05
生産コスト	4.02	0.60	0.57	2.61	7.80

6.63円/kg

<コスト削減の要因>

- ◆林内での加工がなくなったため、丸太燃料状態での人力による積み込み、積み下ろしがなくなった
- ◆原木状態で配送できるようになったことから輸送回数が減少した
- ◆モニターストックヤードでの加工（平地で集約的に作業可能）により、加工作業の効率が向上した

### 3) 林内作業における小規模機械の導入

今年度は林内作業車のスーパーやまびこを導入し、Zフォークとともに現場の状態に応じて使い分け、主に集材作業の効率化を目指した。10月24日人力作業試験と3月5日スーパーやまびこ試験の伐採・集材を比較すると、人力が4.02円/kg、スーパーやまびこが1.80円/kgでスーパーやまびこでの集材コストが低くなった。12月26日は導入後初めてスーパーやまびこを使用する作業であったため集材コスト6.59円/kgとコスト高になったが、スーパーやまびこのオペレータが不慣れで効率よく機能を発揮できなかったためと考えられる。スーパーやまびこの操作の習熟度が一定程度向上した3月5日の試験では集材作業の生産コストを大きく下げることができたため、スーパーやまびこの導入が非常に効果的だったと考えられる。

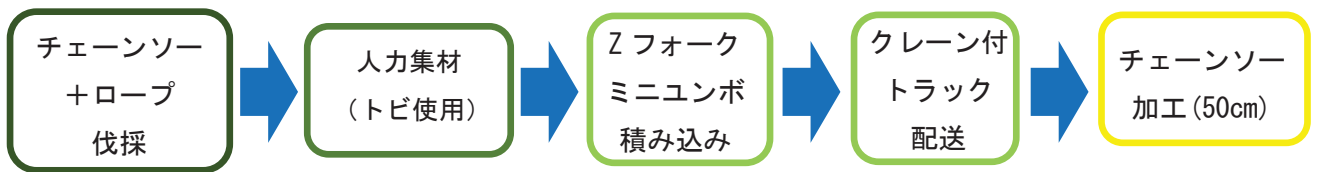


表3-20 10月24日 人力集材作業 概要

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工	計
労務費	2.34	0.24	0.45	2.27	5.30
燃料費	0.57	0.07	0.09	0.24	0.97
機械費	1.08	0.29	0.03	0.08	1.48
消耗品その他	0.03	0.00	0.00	0.02	0.05
生産コスト	4.02	0.60	0.57	2.61	7.80

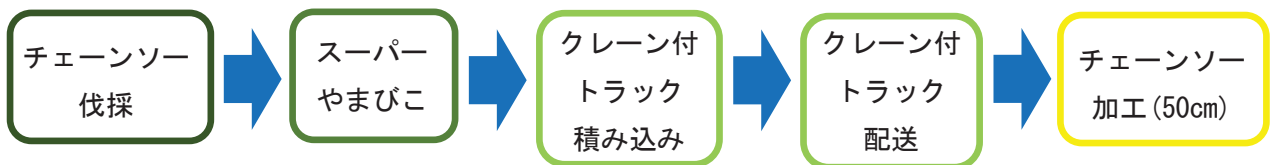


表3-21 3月5日 スーパーやまびこ集材試験

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工	計
労務費	1.07	0.78	0.28	3.21	5.34
燃料費	0.23	0.12	0.06	0.34	0.75
機械費	0.49	0.48	0.02	0.12	1.11
消耗品その他	0.01	0.00	0.00	0.03	0.04
生産コスト	1.80	1.38	0.36	3.70	7.24

下表に雑木で試験を実施した結果を示す。



表3-22 11月18日雑木集材試験

作業	伐採・集材	積み込み	配送	加工
労務費	7.50			
燃料費	1.86			
機械費	3.45			
消耗品その他	0.08			
生産コスト	12.89			



図 3-7 ロープを使用して伐倒を補助する様子



図 3-8 Zフォークを用いた積み込みの様子



図 3-9 加工の様子



図 3-10 丸太燃料の集積の様子

12月26日作業システムは基本的に10月24日の人力集材試験と同様であるが、集材時にスーパーやまびこを導入した点が異なる。下記に作業時の写真を示す。



図 3-11 玉切りの様子



図 3-12 スーパーやまびこによる集材



図 3-13 スーパーやまびこからクレーンで積み込み

今年度当初は前年度の作業システムを基本としたが、作業効率の向上を目的に Z フォークやスーパーやまびこを利用することによって丸太燃料の製造コスト低減を図った。その結果、最終目標としていた 15 円/kg での生産という目標は 2 回の実証試験で共に達成することができた。下記に本年度の成果のまとめを整理する。

◆作業員のスキルアップ ⇒ 主として『伐採』におけるコストの削減に寄与

前年度から本事業に取り組み、当初は経験の浅い作業員が多かったが、週末技能講習を開催し、並行して実践も行うことで、各作業員の作業効率は飛躍的に向上した（参考資料の自主安全講習を参照）。

◆モニターサイトにストックヤードを設け、全体作業フローを改善

⇒ 主として『集材』、『配送』におけるコストの削減に寄与

集材した材は Z フォークで直接トラックに積み込み、丸太燃料需要者へ配送したため、積み込み、積み下ろしを省略し効率的な配送が行えた。

◆林内作業における小規模機械の導入 ⇒ 主として『集材』におけるコストの削減に寄与

スーパーやまびこの導入により、集材作業の効率が向上した。

#### (5) 課題

最終目標値である 15 円/kg を下回ったものの、作業員の習熟度、傾斜度、路網密度、施業履歴等の林分状況によって生産コストが大きく異なることが示唆され、作業の継続性や安全性の向上を図ることが必要と考えられる。スーパーやまびこは習熟度の向上によって効果を発揮したため、今後もより効果的な運用が実施できるように取り組んでいく必要がある。また、今年度は針葉樹での試験が中心であったが、長生地域には広葉樹資源も豊富である。唯一広葉樹（雑木）を対象として実施した 11 月 18 日の試験では伐採・集材における生産コストが 12.89 円/kg と、他の作業と比較して倍近くコスト高になった。今後は広葉樹でも同様に作業するための工夫が必要である。



### 3.2 山武地域における取組

#### 3.2.1 システムの概要

長生地域同様、前年度の作業システムを踏襲するが、一部機械導入や改良開発を行うことで低コスト化を図る。下記に山武地域の特徴を整理する。

- ・山武地域は前年度とほぼ同様、NPO を中心とした体制である。
- ・間伐を主体とした施業が中心である。
- ・本来木材生産では使用しない軽トラックや ATV などの身近な機械を改良して、小規模林業に利用可能な小型林業機械の開発によってコスト削減を目指す方向を探っている。

表 3-23 山武地域の特徴

地域	主な樹種	チーム構成	搬出材積	特徴
山武	針葉樹(スギ)	総人数 7 人 1 チーム 3 人で作業	103 t (昨年度 21 t)	小型林業機械 の開発と改良

### 3.2.2 丸太燃料集荷・加工システムの検討

#### (1) 試験計画

長生地域同様の目的で試験を実施するが、機械の開発と改良を中心に低コスト化を図る。また、実証試験に関しては各作業に独立して行う形を採用した。実証試験は下記の要領で実施する。

- ① ハンドウインチを用いたロープワークによる掛り木防止
- ② 短時間に集中して作業することによる低コスト作業の実施
- ③ 軽トラ、ATVを用いたウインチ集材作業の実施
- ④ 積み込み、配送、加工試験の実施
- ⑤ 長時間作業での低コスト化試験の実施
- ⑥ Zフォークを使用した集材作業の実施

#### (2) 実証試験結果

上記試験計画に基づき実証試験を行った。概要を表3-24に示す。

表3-24 山武地域試験概要

調査日	樹種	場所	フィールド 状況	伐採 (材長)	集材	積み込 み	配送	加工
前年度	スギ	高松金属 付近	平坦地	チェンソー (4m)	軽トラウインチ	軽トラウインチ	クレーン付 トラック	チェンソー 治具
9/26	スギ	石仏	平坦地	チェンソー ハンドウインチ (4m)	軽トラウインチ	—	—	—
10/1	スギ	石仏	平坦地	—	軽トラウインチ ATVウインチ	—	—	—
10/2	スギ	塩浜～ 緑海園芸	—	—	—	クレーン付 トラック	クレーン付 トラック	チェンソー 治具
11/20	スギ	塩浜～たが やす倶楽部	—	—	—	クレーン付 トラック	クレーン付 トラック	チェンソー 治具
12/22	スギ	湯坂	平坦地	チェンソー ハンドウインチ (4m)	軽トラウインチ	—	—	—
1/26	スギ	湯坂	平坦地	—	軽トラウインチ Zフォーク	—	—	—

以下に実施した実証試験の詳細について試験計画に基づいて示す。

### 1) 9月26日実施試験

前年度の作業システムに加え、ハンドウインチを使用して伐採作業の効率化を図った。試験計画①に基づき作業時間を短縮し高効率な作業を実施した。

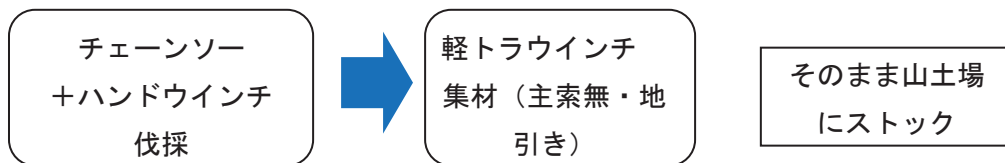


表3-25 9月26日実施試験 概要

作業		伐採	集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )	5.37	3.27			
	(t)	2.50	1.52			
所要時間		34分16秒	34分59秒			
作業員数(人)		3	3			
労働生産性(t/人h)		1.46	0.87			
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)		3.13	1.87			

表3-26 9月26日実施試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工
労務費(円/kg)	0.85	1.44			
燃料費(円/kg)	0.12	0.20			
機械費(円/kg)	0.04	0.07			
消耗品その他(円/kg)	0.01	0.02			
生産コスト(円/kg)	1.02	1.73			
生産コスト(千円/m <sup>3</sup> )	0.48	0.80			

## 2) 10月1日実施試験

試験計画②に基づき主索を張り、可能な範囲で軽トラウインチ集材を行う。さらに遠く軽トラが入れない場所ではATVウインチを使用して集材を行った。

軽トラウインチ、ATVのウインチ、軽架線を作設するのに要した時間は17分57秒と短時間であり、効率的であった。

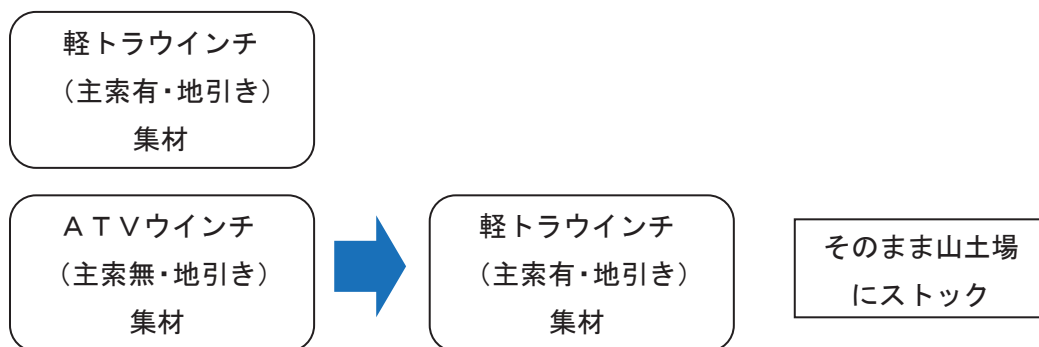


表3-27 10月1日実施試験 概要

作業		伐採	集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )		4.24			
	(t)		1.97			
所要時間			59分31秒			
作業員数(人)			3			
労働生産性(t/人h)			0.66			
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)			1.42			

表3-28 10月1日実施試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工
労務費(円/kg)		1.88			
燃料費(円/kg)		0.26			
機械費(円/kg)		0.09			
消耗品その他(円/kg)		0.02			
生産コスト(円/kg)		2.25			
生産コスト(千円/m <sup>3</sup> )		1.05			

### 3) 10月2日実施試験

試験計画③に基づき積み込み・配送・加工の試験を実施した。前年度から治具を改良し、習熟度も向上した。

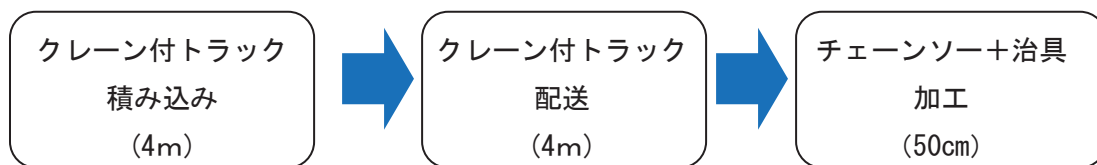


表3-29 10月2日実施試験 概要

作業		伐採	集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )			5.33	5.33	2.52
	(t)			2.48	2.48	1.17
所要時間				18分04秒	18分04秒	56分27秒
作業員数(人)				2	1	2
労働生産性(t/人h)				4.12	8.24	0.63
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)				8.85	17.70	1.34

表3-30 10月2日実施試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工
労務費(円/kg)			0.30	0.15	2.08
燃料費(円/kg)			0.05	0.03	0.22
機械費(円/kg)			0.19	0.01	0.08
消耗品その他(円/kg)			0.00	0.00	0.02
生産コスト(円/kg)			0.54	0.19	2.40
生産コスト(千円/m <sup>3</sup> )			0.25	0.09	1.06

#### 4) 11月20日実施試験

10月2日と同様、試験計画④に基づき実施した。配送の距離が伸びたため、その分のコストは割高になった。

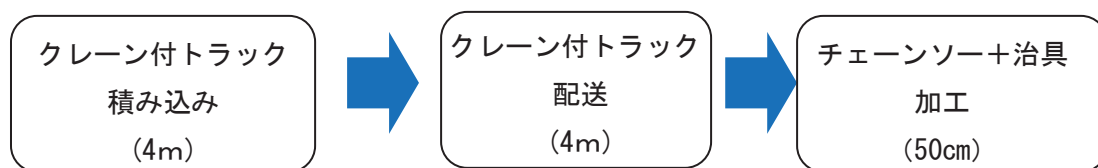


表 3-31 11月20日実施試験 概要

作業		伐採	集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )			5.54	5.54	3.04
	(t)			2.58	2.58	1.42
所要時間				26分21秒	35分43秒	58分26秒
作業員数 (人)				2	1	2
労働生産性(t/人 h)				2.94	4.33	0.73
労働生産性 (m <sup>3</sup> /人 h)				6.31	9.31	1.56

表 3-32 11月20日実施試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工
労務費 (円/kg)			0.42	0.29	1.67
燃料費 (円/kg)			0.06	0.06	0.18
機械費 (円/kg)			0.26	0.02	0.06
消耗品その他 (円/kg)			0.00	0.00	0.01
生産コスト (円/kg)			0.74	0.37	1.92
生産コスト (千円/m <sup>3</sup> )			0.35	0.17	0.93

### 5) 12月22日実施試験

9月26日の試験では効率を重視したため、終日の作業は難しい状況であった。そこで、試験計画⑤に基づき、同様の方法で長時間作業した場合の効率を求めるため試験を実施した。なお、当試験では4本でかかり木が発生し、うち1本は受け口の入れ始めから伐採までに1時間以上を要した。本試算データでは特にかかり木処理に時間を要した1本を異常値として除いて算出している。

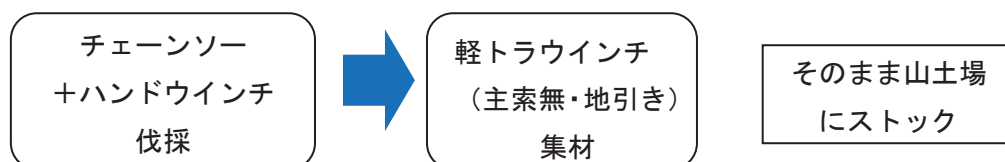


表 3-33 12月22日実施試験 概要

作業		伐採	集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )	13.60	12.79	/	/	/
	(t)	6.33	5.95	/	/	/
所要時間		2時間 17分 24秒	1時間 46分 37秒	/	/	/
作業員数 (人)		3	3	/	/	/
労働生産性(t/人 h)		0.92	1.12	/	/	/
労働生産性 (m <sup>3</sup> /人 h)		1.98	2.40	/	/	/

表 3-34 12月22日実施試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工
労務費 (円/kg)	1.34	1.10	/	/	/
燃料費 (円/kg)	0.19	0.16	/	/	/
機械費 (円/kg)	0.07	0.05	/	/	/
消耗品その他 (円/kg)	0.01	0.01	/	/	/
生産コスト (円/kg)	1.61	1.32	/	/	/
生産コスト (千円/m <sup>3</sup> )	0.76	0.63	/	/	/

### 6) 1月26日実施試験

試験計画⑥に基づき、Zフォークを用いて集材作業を行い、人力よりも高く集積することにより山土場で集積する材の量を多くし、全体の効率向上のための作業を実施した。本試験は効率化よりも実際の運用時に、山土場での集積量がより増やせるようにZフォークを導入した試験であり、Zフォークで集積量を増やした際のコストを検証した。その結果、集材コスト1.60円/tを達成し、効率の良い作業を実施することができた。10月1日に実施した人力による集積よりも低コスト化に成功し、Zフォークを導入することによって、集積量が多くなり、コストも低減できることが明らかになった。

軽トラウインチ  
+Zフォーク  
集材

そのまま山土場  
にストック

表3-35 1月26日実施試験 概要

作業		伐採	集材	積み込み	配送	加工
丸太量	(m <sup>3</sup> )		21.3			
	(t)		9.92			
所要時間			2時間 29分 17秒			
作業員数 (人)			3			
労働生産性(t/人 h)			1.33			
労働生産性 (m <sup>3</sup> /人 h)			2.85			

表3-36 1月26日実施試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工
労務費 (円/kg)		0.94			
燃料費 (円/kg)		0.23			
機械費 (円/kg)		0.43			
消耗品その他 (円/kg)		0.01			
生産コスト (円/kg)		1.60			
生産コスト (千円/m <sup>3</sup> )		0.75			



### (3) 前年度コストとの比較

長生地域と同様に本年度の積算方法で前年度を評価した場合の結果を下記に示す。

表 3-37 前年度山武地域 生産コスト

作業	伐採・集材	加工	配送	計
労務費 (円/kg)	39.56	1.50	4.50	45.56
燃料費 (円/kg)	7.05	0.24	0.10	7.39
機械費 (円/kg)	5.26	0.08	0.04	5.38
消耗品その他 (円/kg)	0.48	0.02	0.00	0.50
生産コスト (円/kg)	52.35	1.84	4.64	58.83
生産コスト (千円/m <sup>3</sup> )	24.37	0.86	2.16	27.39

26年度の生産コストを下記に示す。山武地域では各作業工程の効率化を最大化するため、長生のように1日で伐採から加工までを行うのではなく、各工程を分けて試験を実施した。26年度のデータとしては、短時間集中して燃料製造を行った9月26日に実施した伐採・集材の試験と10月2日に実施した積み込み、配送、加工の試験を合算して生産コストとした。また、短時間作業では作業継続性が難しいことが示唆されたため、長時間作業で12月22日に伐採・集材の試験を、11月20日に積み込み、配送、加工の試験を実施して長時間作業の生産コストも算出した。短時間での燃料製造試験を26年度の代表コストとし生産コスト5.88円/kgは25年度の生産コスト58.83円/kgに対し、10分の1程度にコストを削減することに成功した。

表 3-38 短時間での燃料製造 (9月26、10月2日試験実施) 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工	計
労務費 (円/kg)	0.85	1.44	0.30	0.15	2.08	4.82
燃料費 (円/kg)	0.12	0.20	0.05	0.03	0.22	0.62
機械費 (円/kg)	0.04	0.07	0.19	0.01	0.08	0.39
消耗品その他 (円/kg)	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.05
生産コスト (円/kg)	1.02	1.73	0.54	0.19	2.40	5.88
生産コスト (千円/m <sup>3</sup> )	0.48	0.80	0.25	0.09	1.06	2.68

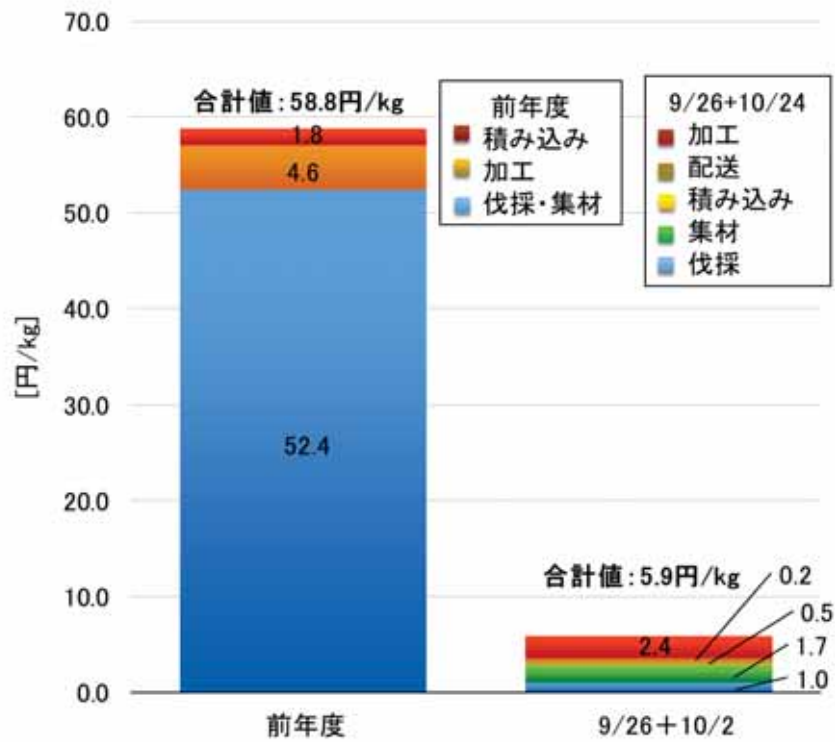


図 3-14 25 年度と 26 年度のコスト比較

下記に今年度の試験結果を示す。

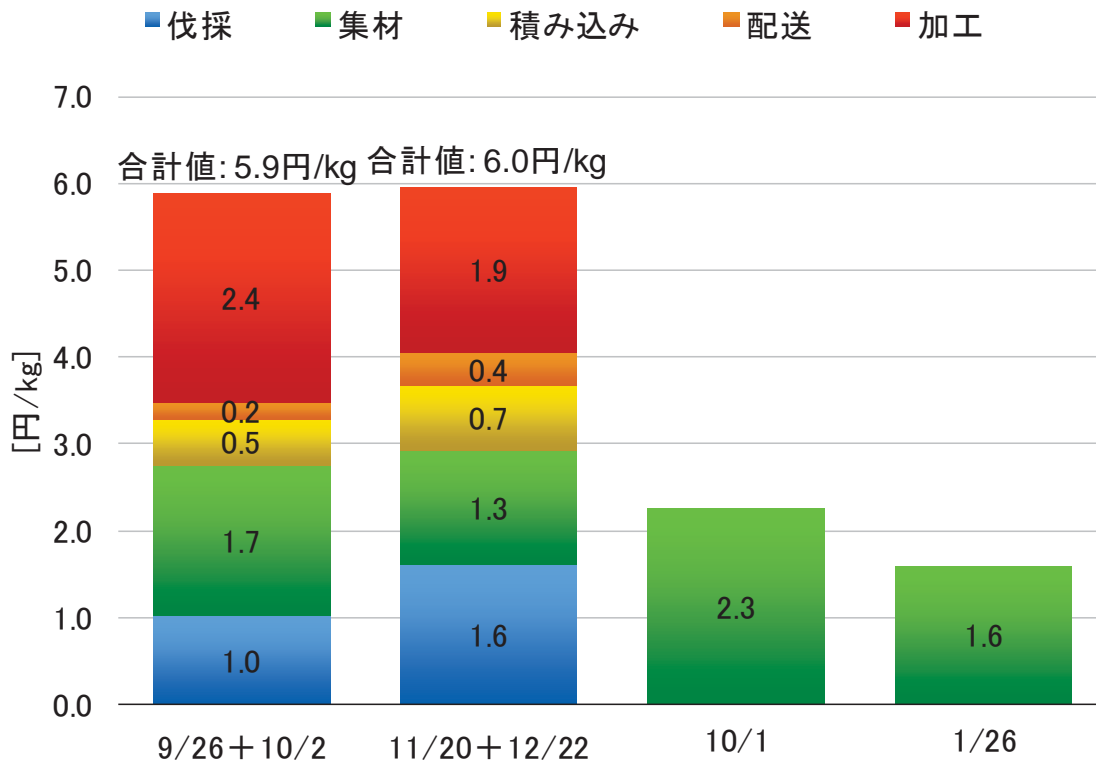


図 3-15 試験日ごとの丸太燃料製造コスト

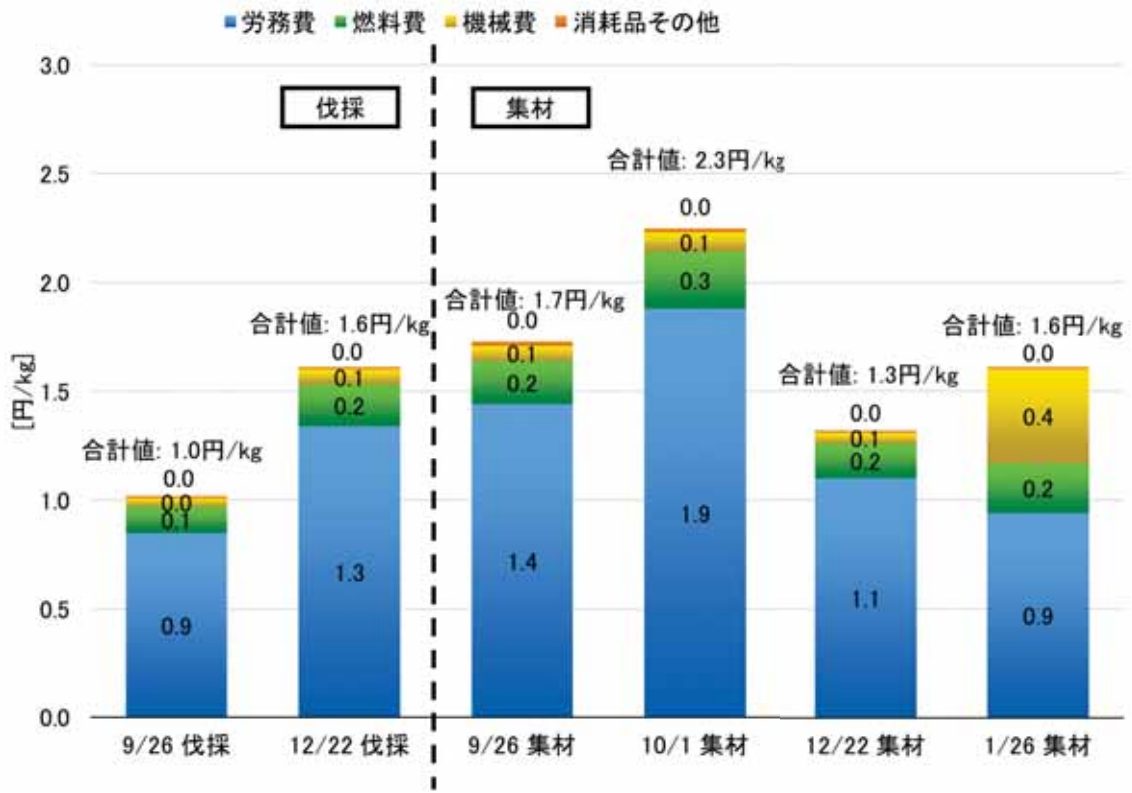


図 3-16 伐採と集材の経費内訳

### 1) 短時間作業での試験

生産コストの最終目標値である 15 円/kg を達成するために、短時間に最大効率で作業を実施した。

表 3-39 短時間作業での試験 概要

作業 日付		伐採 9月26日	集材 9月26日	積み込み 10月2日	配送 10月2日	加工 10月2日
丸太量	(m <sup>3</sup> )	5.37	3.27	5.33	5.33	2.52
	(t)	2.50	1.14	2.48	2.48	1.17
所要時間		34分16秒	34分59秒	18分04秒	18分04秒	56分27秒
作業員数(人)		3	3	2	1	2
労働生産性(t/人h)		1.46	0.87	4.12	8.24	0.63
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)		3.13	1.87	8.85	17.70	1.34

表 3-40 短時間作業での試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工	計
労務費	0.85	1.44	0.30	0.15	2.08	4.82
燃料費	0.12	0.20	0.05	0.03	0.22	0.62
機械費	0.04	0.07	0.19	0.01	0.08	0.39
消耗品その他	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.05
生産コスト	1.02	1.73	0.54	0.19	2.40	5.88

本試験では「伐採・集材」工程を9月26日に、「積み込み・配送・加工」工程を10月2日に実施した。「伐採・集材」においては労働生産性を最大にすべく作業効率重視の作業を実施し、短時間で効率的に作業を行ったため、高い労働生産性を達成した。しかし、作業員は同じペースで終日作業するのは体力的に難しいとのことであった。「積み込み・配送・加工」に関しては基本的に前年度と同様の方法で実施した。

#### コスト積算方法

コストの積算は長生地域と同様の方法で、二日間に分けた工程を合算して生産コストを算出した。

#### 結果

全体の生産コストで5.88円/kgと、最終目標としていた15円/kgを大きく下回る結果となった。しかしながら、効率を重視したため、体力の消耗が激しく、終日の継続的な作業は困難と考えられる。

## 2) 長時間作業での試験

短時間での試験は効率を重視しすぎ、体力面から終日の作業が困難であることが示唆されたため、終日作業が可能なペースでも同様の試験を実施した。本試験では「伐採・集材」工程を12月22日に、「積み込み・配送・加工」工程を11月20日に実施した。なお、12月22日に実施した試験では4本のかかり木が発生し、うち1本は受け口の入れ始めから伐採までに1時間以上を要した。本試算データでは特にかかり木処理に時間を要した1本を異常値として除いて算出している。

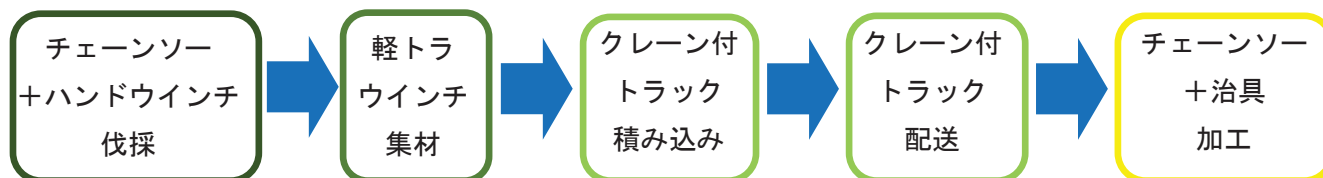


表3-41 長時間作業での試験 概要

作業日付		伐採 12月22日	集材 12月22日	積み込み 11月20日	配送 11月20日	加工 11月20日
丸太量	(m <sup>3</sup> )	13.60	12.79	5.54	5.54	3.04
	(t)	6.33	5.95	2.58	2.58	1.42
所要時間		2時間17分24秒	1時間46分37秒	26分21秒	35分43秒	58分26秒
作業員数(人)		3	3	2	1	2
労働生産性(t/人h)		0.92	1.12	2.94	4.33	0.73
労働生産性(m <sup>3</sup> /人h)		1.98	2.40	6.31	9.31	1.56

表3-42 長時間作業での試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工	計
労務費	1.34	1.10	0.42	0.29	1.67	4.82
燃料費	0.19	0.16	0.06	0.06	0.18	0.65
機械費	0.07	0.05	0.26	0.02	0.06	0.46
消耗品その他	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03
生産コスト	1.61	1.32	0.74	0.37	1.92	5.96

### コスト

長時間作業燃料製造試験では12月22日に実施した「伐採・集材」の試験と11月20日に実施した「積み込み・配送・加工」のデータを合算して燃料製造コストとした。

### 結果

全体の生産コストで5.96円/kgと、最終目標としていた15円/kgを大きく下回る結果となった。長時間作業で生産コストの増加が予想されたが効率的作業とほぼ同等の結果が得られた。要因としては対象となった立木の径級が大きく、中には元口径60cm近い径の大きな木もあったため、作業時間当たりの効率が高くなったと予想される。こうした径の大きい丸太は直接燃料利用することが難しく、薪割り等の加工が必要となり、燃料の生産コストは上昇すると考えられる。

生産コスト削減の要因として次のことが挙げられる。

- ① 伐採作業におけるハンドウインチの導入
  - ・かかり木の発生率を軽減
    - ⇒主として『伐採』におけるコストの削減に寄与
  
- ② モニターサイトストックヤードを設置
  - ・長生地域同様、積み込み・積み下ろし作業回数の低減による効率化
  - ・1回あたりの配送量が増加
    - ⇒主として『積み込み』、『配送』におけるコストの削減に寄与
  
- ③ 伐採、集材方法の効率化
  - ・前年からの習熟度の向上
  - ・作業効率を重視した作業の実施
    - ⇒主として『伐採』、『集材』におけるコストの削減に寄与

#### (4) 今年度の成果

##### 1) 伐採作業におけるハンドウインチの導入

山武地域には間伐が十分に行われていない荒廃森林が多く、前年度の試験ではかかり木が非常に多く発生し、生産コストの増大につながった。そこで、今年度は独自に開発したハンドウインチを導入することによってかかり木の発生率を減らし、処理時間の低減を図った。

ハンドウインチはロープで伐倒方向を誘導するための道具で、かかり木の発生を予防することができる。また、かかり木になってしまった場合でもハンドウインチによる力がかかっているため、比較的容易に処理することができる。使用方法を下記に模式図を示す。模式図中のようにロープを設置し、伐倒するタイミングでハンドウインチを巻き取ると伐倒方向を定めることができる。

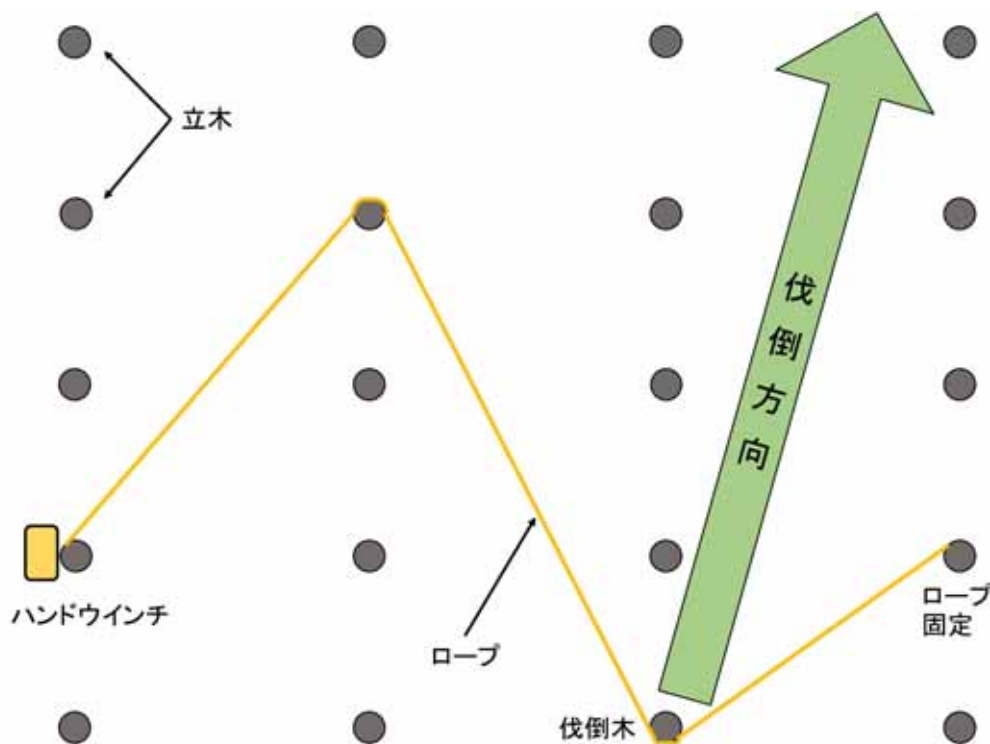


図3-17 ハンドウインチの模式図

前年度の伐倒・集材作業と短時間作業での試験結果を比較すると、短時間作業では（伐採）＋（集材）＋（積み込み）＝3.29 円/kg であり、前年度の 52.35 円/kg に比べると、伐採から積み込みまでの効率は大きく上がっている。低コスト化の要因は複数あるが、最大の要因はハンドウインチを導入したことによって、かかり木の発生割合が減少し、かかり木になっても処理にかかる時間が減少したことによる。

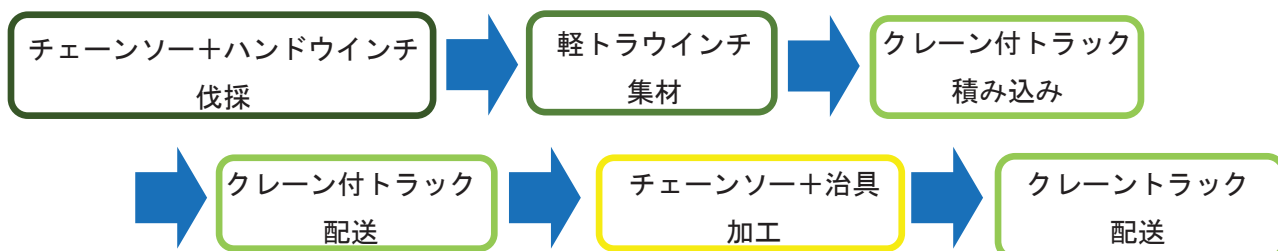


表 3-43 前年度山武地域 生産コスト

作業	伐採・集材	加工	配送	計
労務費	39.56	1.50	4.50	45.56
燃料費	7.05	0.24	0.10	7.39
機械費	5.26	0.08	0.04	5.38
消耗品その他	0.48	0.02	0.00	0.50
生産コスト	52.35	1.84	4.64	58.83

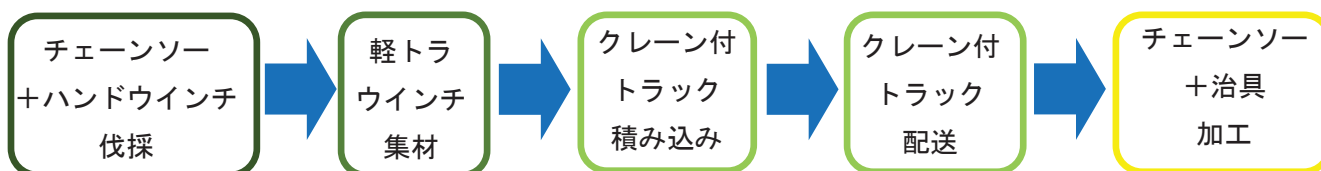


表 3-44 短時間作業での試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工	計
労務費	0.85	1.44	0.30	0.15	2.08	4.82
燃料費	0.12	0.20	0.05	0.03	0.22	0.62
機械費	0.04	0.07	0.19	0.01	0.08	0.39
消耗品その他	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.05
生産コスト	1.02	1.73	0.54	0.19	2.40	5.88



下記にハンドウインチを使用している写真を示す。



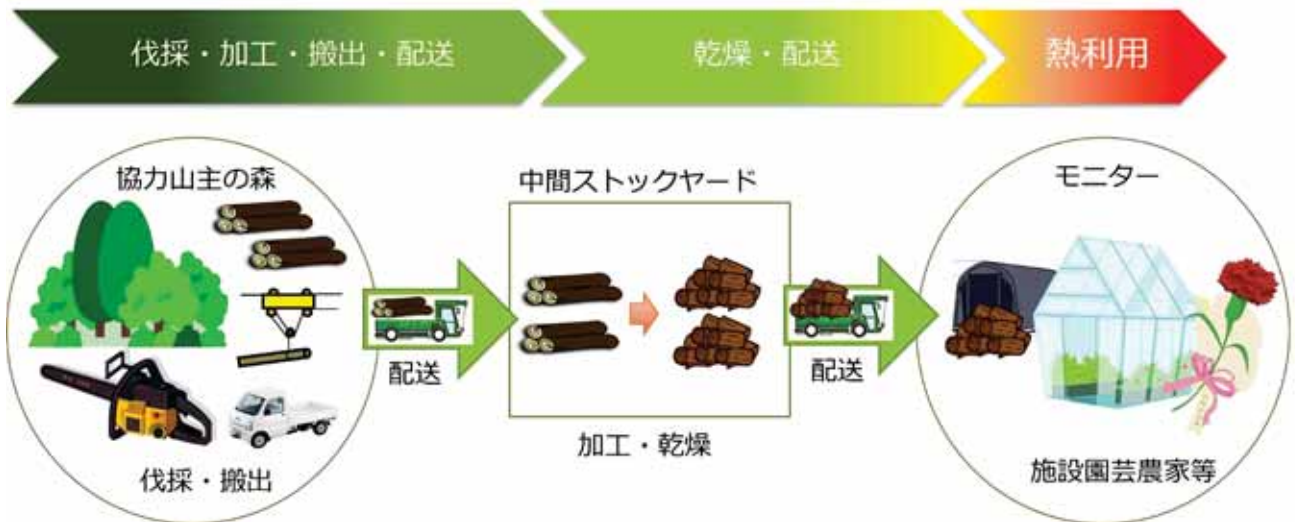
図 3-18 ハンドウインチ設置の様子



図 3-19 ハンドウインチを用いた伐採の様子

## 2) モニターサイトストックヤードを設置

下記に前年度の作業システムを示す。前年度は中間ストックヤードを設け、積み込み・積み下ろしの作業が2回発生していた。また、中間ストックヤードで丸太燃料に加工していたため、中間ストックヤードからの積み込みと丸太燃料需要者へ供給してからの積み下ろしが非効率であった。



図一 3-20 25年度の山武地域の作業システム

対して、今年度は中間ストックヤードを省略し、山土場からモニター側ストックヤードに原木を直送し、モニター側ストックヤードで加工を行うことで、丸太燃料の製造コスト低減を図った。下記に今年度の作業システムを示す。



図 3-21 26年度の山武地域の作業システム

前年度の伐倒・集材作業と短時間作業での試験結果を比較すると、短時間作業では（積み込み）＋（配送）＝0.73 円/kg であり、前年度の 4.64 円/kg に比べると、効率は上がっている。低コスト化の要因は中間ストックヤードを省略し、山土場からモニター側ストックヤードへ原木状態で配送できるようになった点である。前年度は原木を中間ストックヤードへ配送し、中間ストックヤードで加工を行っていたため、丸太燃料の状態での積み込み・積み下ろしが必要であった。しかし、今年度はモニター側ストックヤードへ直送したため、積み込み・積み下ろし回数は1回ずつであり、かつ原木状態なのでトラックの積載量が増え、効率も向上した。

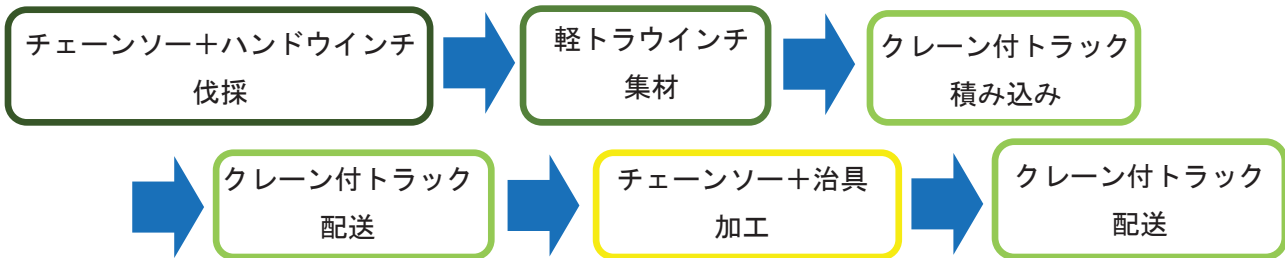


表 3-45 前年度山武地域の生産コスト

作業	伐採・集材	加工	配送	計
労務費	39.56	1.50	4.50	45.56
燃料費	7.05	0.24	0.10	7.39
機械費	5.26	0.08	0.04	5.38
消耗品その他	0.48	0.02	0.00	0.50
生産コスト	52.35	1.84	4.64	58.83



表 3-46 短時間作業での試験 生産コスト

作業	伐採	集材	積み込み	配送	加工	計
労務費	0.85	1.44	0.30	0.15	2.08	4.82
燃料費	0.12	0.20	0.05	0.03	0.22	0.62
機械費	0.04	0.07	0.19	0.01	0.08	0.39
消耗品その他	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.05
生産コスト	1.02	1.73	0.54	0.19	2.40	5.88

作業の写真を下記に示す。



図 3-22 積み込み時の様子



図 3-23 治具を使用した加工の様子



図 3-24 丸太燃料の集積

### 3) 伐採・集材方法の効率化

集材作業に関しては「土佐の森方式の軽架線集材システム」を採用し、動力として軽トラウインチやATVウインチを使用してきた。しかし、前年度の課題として、残存木に傷がつかないように慎重に作業をしていたため作業効率が低下していた点が挙げられた。そこで今年度は軽架線の主索に対して斜めに伐倒し、集材する作業システム（魚骨状列状間伐）を採用し、残存木への影響が極力少ない作業システムを取ることで作業効率の向上を図った。また、軽トラウインチによる軽架線システムでは主索周辺の材は集材が可能であるが、軽トラウインチからの距離が遠くなると集材は技術的にも物理的にも難しくなる。そこで、林内でも走行性の高いATVウインチを導入することで、軽トラウインチでは集材できなかった道からの距離が遠い材の集材が可能になった。模式図を下記に示す。

また、前年度は横引き時に搬器が移動して残存木を傷つける事態が多発した。これを改善するために搬器にストッパーを取り付け、横引きの際には動かないように固定した。

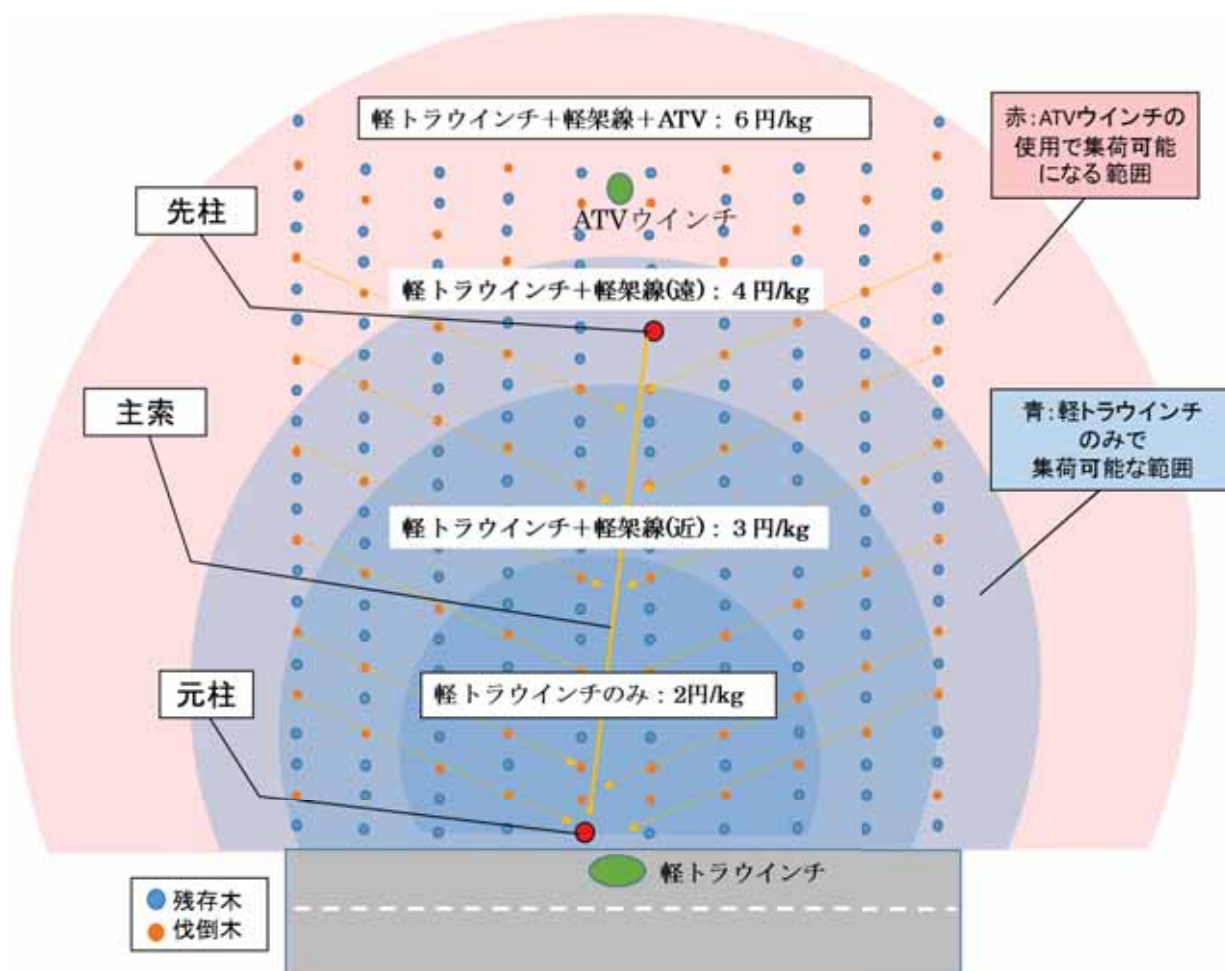


図3-25 軽トラ軽架線方式による魚骨状列状間伐の模式図



図 3-26 軽トラウインチを使用した集材の様子



図 3-27 ATV ウインチを使用した集材の様子



図 3-28 改良しストッパーを取り付けた搬器

短時間作業では5.88 円/kg と、最終目標としていた 15 円/kg での生産という目標を大きく下回る生産コストを達成した。下記に本年度の成果のまとめを整理する。

◆伐採作業におけるハンドウインチの導入 ⇒ 主として『伐採』工程におけるコストの削減に寄与

山武地域は間伐の作業が多く、前年度の作業ではかかり木の処理で時間を要し、コスト高になってしまった点を今年度は改善できた。

◆モニターサイトストックヤードを設置

⇒ 主として『積み込み』、『配送』工程におけるコストの削減に寄与

前年度は中間土場を設けていたが、今年度は中間土場ではなく直接モニターサイトストックヤードに持ち込んだため、積み下ろしの回数が1回分少なくなり、作業を効率化できた。

◆伐採・集材方法の効率化 ⇒ 主として『伐採』、『集材』工程におけるコストの削減に寄与

列状間伐（魚骨状列状間伐）を実施することで、残存木への影響を最小限にしたうえで、効率的かつ安全な作業を実施することができた。

#### (5) 課題

最低コストでは 5.88 円/t と最終目標値を下回る生産コストとなった。しかしながら、生産コストの低いデータは継続的な作業を実施することが困難と考えられ、継続的に終日作業ができる方法で、生産性を高めていくことが今後の課題である。長時間作業でも 5.96 円/kg という低コスト生産を達成したが、対象木が系の大きい材だったことが要因と考えられる。径の大きい材の燃料利用には薪割り等の加工も必要であり、燃料製造の工程において改善の余地がある。



### 3.3 まとめ

#### 3.3.1 本年度の成果

丸太燃料供給に関しては長生、山武の両地域でそれぞれの特徴を生かし、長生地域では機械コストを抑えるために可能な限り人力での作業を行い、一部機械化が有効だと思われる集材の作業で林内作業車の導入を行った。その結果、7.24 円/kg の丸太燃料供給コストを達成した。一方、山武地域では身近な機械を改良したり、簡易な機械の開発を中心に既存機械コストの低減を図り、5.88 円/kg の丸太燃料供給コストを達成した。両地域を通じて、前年度作業から作業システムの見直しや習熟度の向上もあり、飛躍的なコスト低減を達成することができた。

#### 3.3.2 課題と対策

丸太燃料の供給に関しては下記 3 点の課題が挙げられる。

##### ◆低コスト丸太燃料生産の安定化

実証試験では低コスト化を図るために短時間で効率的に作業を行うことで低コスト化を図ることができたが、実際には終日の作業を日々続けていく必要があり、安定的な丸太燃料供給を前提とした丸太燃料供給の低コスト化を図っていく必要がある。

##### ◆悪条件下での低コスト化の実証

今年度は比較的作業が容易な現場での実証であったが、実際の生産現場はそういった現場ばかりではない。長生地域では広葉樹生産が、山武地域では傾斜地が想定され、実態に即した作業の実践が必要である。

##### ◆丸太燃料生産に必要な生産準備の効率化

実際には山主調整や下刈り等の実際の生産作業以外のコストも必要になるため、そうした生産作業以外の工程の効率化も必要になると考えられる。

#### 3.3.3 丸太燃料の評価

本事業で実施している丸太燃料の製造は従前の林業、木材産業とは異なり、木質バイオマス燃料としての丸太生産に主眼を置いている。丸太燃料を生産し、丸太状態での燃料利用が可能な燃焼機器を使用することによって地域循環型の木質バイオマス利用システムを構築している。一方で、現在国内で流通する木質バイオマス燃料の形態は薪、チップ、ペレット等様々であり、丸太燃料との競合が考えられる。現在、流通している主な木質バイオマス燃料の特徴について表 3-47 に示す。丸太燃料はこうした他の木質バイオマス燃料の中でも薪と性質に近いが、薪と比較してさらに製造が容易であり、丸太燃料形状で利用できる燃焼機器があれば低コストな木質バイオマスの利用システムが構築できると考えられる。

燃焼機器については第 4 章 で述べるため、以下燃料製造について言及する。

表 3-47 主な木質バイオマス燃料

	メリット	デメリット
<b>薪</b> 	最も容易に製造が可能。 個人でも入手・製造可能。	自動投入が困難なため、数時間に1回 人力で投入する必要。燃焼効率を上げ にくい。煙が多い。火力の調整が困 難。
<b>炭</b> 	エネルギー密度が高い・煙が出 ない・火持ちがよい・エネル ギー用途以外でも多様な使い方 ができる。	炭の製造過程で、歩留まりが40%程 度と製造効率が悪く、エネルギー利用 としては、煮炊き用、火鉢などに限ら れる。
<b>チップ</b> 	比較的容易に、製造が可能。 一般に化石燃料より安価。 既存の製造施設を転用可能。 燃料の自動投入が可能。	含水率によって熱量が大きく変動。利 用機器が複雑になるため、小規模での 利用は不可。長期保管困難。燃焼機 器の初期投資が極めて高額。
<b>ペレット</b> 	取扱が容易→制御が容易→火力 の調整が容易で小型機器でも燃 焼効率がよい。自動投入可能。 煙が少ない。エネルギー密度が 比較的高い。	専用工場の新設が必要。製造工程がや や複雑。 →製造コストが高く手間がかかる。 燃焼機器の初期投資費用が高額。

丸太燃料製造における最大のメリットは低コストでの燃料供給である。本年度試験における燃料製造コストを表 3-48 に示す。長生地域では 3,362 円/m<sup>3</sup> で、本年度試験で最も低コストだった山武地域の丸太燃料製造コストは 2,755 円/m<sup>3</sup> となった。表 3-48 では木質バイオマス燃料としての競合が予想されるチップ用原木価格を参考に記載している。チップ用原木価格は 4,900 円/m<sup>3</sup> となっているが、この価格は燃料としての加工を行う前の価格であり、当事業で製造している丸太燃料は現在流通している燃料用材よりも安価であることが明らかになった。

表 3-48 丸太燃料製造コスト(伐採から加工・配達まで)

	実証試験日	円/kg (25%W.B.)	円/t (25%W.B.)	円/m <sup>3</sup>
山武地域	9月26日+10月2日	5.9	5,900	2,755
	11月20日+12月22日	6.0	6,000	2,802
長生地域	10月24日	7.8	7,800	3,643
	12月22日	12.3	12,300	5,744
	3月5日	7.2	7,200	3,362
チップ原木価格 ※				4,900

※農林水産統計 木材価格 (平成 27 年 2 月)

また、他の燃料との単位熱量あたりの生産コストを図 3-29 に示す。表中の青色で示しているのが丸太燃料のコストであるが、化石燃料はもちろん、他の木質バイオマス燃料と比較しても低コストに生産することができることが分かる。

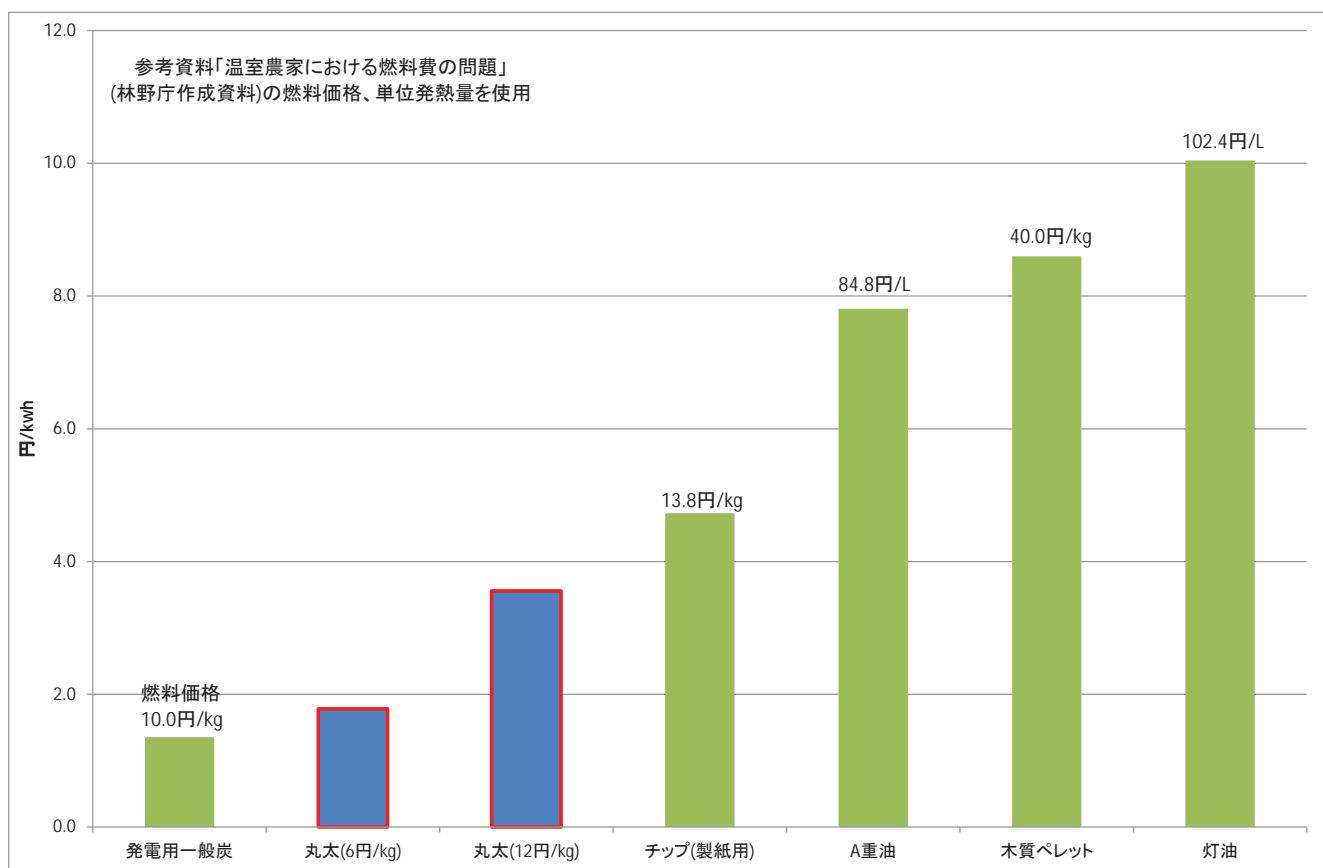


図 3-29 丸太燃料と他の燃料のコスト比較(単位発熱量あたり)

## 第4章 丸太加温器によるエネルギー利用システムの検討

### 4.1 システムの概要

#### 4.1.1 丸太加温器の概要

タイセイマシナリー株式会社の木質バイオマス加温器を丸太加温器として用いており、燃料として間伐材の丸太（長さ50cm以下）を使うことができる。加温器には、温水型と温風型がある。

表4-1 丸太加温器の仕様  
温水型加温器（平成25年度）

型番号		NO.251	NO.401	NO.1001
				
寸法	外形	610 X 940 X 1250 mm	920 X 1500 X 1790 mm	920 X 4500 X 1760 mm
	縦横高 燃焼室	493 X 403 X 980 mm	550 X 520 X 1160 mm	700 X 625 X 1460 mm
煙道規格		150 mm	150 mm	200 mm
熱出力		21,000 kcal/h	35,000 kcal/h	86,000 kcal/h
貯湯量		180 L	300 L	780 L
燃料供給量		48 kg	81 kg	202 kg
機械総重量		232 kg	310 kg	630 kg

温水型加温器（平成26年度）

温風型加温器

型番号		NO.301X	NO.501X	NH500	NH1000
					
寸法	外形	630 X 1110 X 1660 mm	700 X 1390 X 1800 mm	1260 X 1950 X 2000 mm	1350 X 2250 X 2350 mm
	縦横高 燃焼室	530 X 1020 X 530 mm	600 X 1300 X 600 mm	600 X 1300 X 500 mm	850 X 1410 X 500 mm
煙道規格		150 mm	150 mm	150 mm	200 mm
熱出力		36,000 kcal/h	60,000 kcal/h	45,000 kcal/h	87,000 kcal/h
貯湯量		190 L	320 L	4500 m <sup>3</sup> /h	8200 m <sup>3</sup> /h
燃料供給量		60 kg	100 kg	80 kg	160 kg
機械総重量		245 kg	350 kg	530 kg	920 kg

### (1) 丸太加温器モニター施設の概要

丸太加温器の様々な用途への拡大のため、前年度の10台(赤字表記)に加えて今年度計16台を設置し稼働を開始した。今年度は前年度実績のある千葉県山武市・長生郡、千葉大学(千葉市)へのモニターの追加とともに県内の他の地域(山武郡、茂原市、君津市、鴨川市)におけるモニターの拡大を行った。



図 4-1 モニターの位置

表4-2 本事業におけるモニター施設の概要

	No.	モニター名	機種	住所
平成 25年度	1	てんとう虫くるくる農園	NO. 251	山武市上横地
	2	たがやす倶楽部	NO. 401	山武市横田
	3	緑海園芸	NH1000	山武市松ヶ谷
	4	緑海園芸	NH1000	
	5	森の小人木工所	NO. 401	山武市殿台
	6	樹楽荘	NO. 251	山武市椎崎
	7	神崎ばら園	NO. 1001	長生郡長柄町刑部
	8	長生倉庫	NO. 401	長生郡長南町本台
	9	千葉大学	NO. 251	千葉市稲毛区弥生町
	10	千葉大学	NH1000	
平成 26年度	1	有野実苑オートキャンプ場	NO. 501	山武市板中新田
	2	石井農園	NH1000	山武市松尾町山室
	3	森林研究所	NO. 501	山武市埴谷
	4	大野寺子屋	NO. 301	長生郡長柄町金谷
	5	神崎ばら園	NH1000	長生郡長柄町刑部
	6	近藤いちご園	NH1000	長生郡一宮町一宮
	7	河野いちご園	NH1000	長生郡一宮町東浪見
	8	長谷川農場	NH1000	長生郡一宮町東浪見
	9	露崎園芸	NH1000	長生郡睦沢町上市場
	10	九十九里観葉園	NH1000	山武郡九十九里町作田
	11	岡ファーム	NH500	茂原市緑ヶ丘
	12	ひめはるの里	NH500	茂原市上永吉
	13	三宅花卉園	NH1000	茂原市千町
	14	亀山温泉ホテル	NO. 501	君津市豊田旧菅間田
	15	榎本ばら園	NH1000	鴨川市滑谷
	16	千葉大学	NO. 301	千葉市稲毛区弥生町

温風型
温水型

### ① 有野実苑オートキャンプ場

丸太加温器 機種	NO.501 温水型
所在地	山武市板中新田
用途	浴場水加温
加温体積	5 m <sup>3</sup>
既存の暖房機	プロパン・温水（リンナイ）
設定温度	45 度

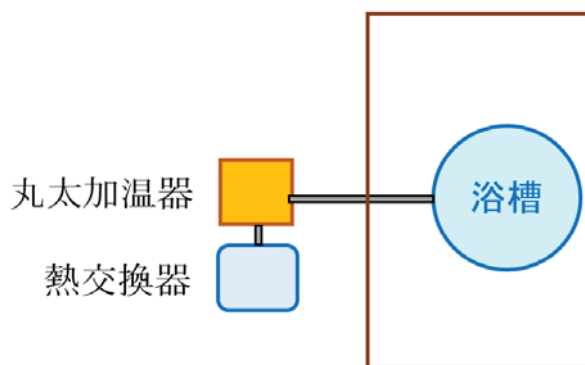


図 4-2 設置状況 (略図)



図 4-3 浴場入り口



図 4-4 浴場



図 4-5 熱交換器と丸太加温器



図 4-6 丸太加温器の設置状況

② 石井清一

丸太加温器 機種	NH1000 温風型
所在地	山武市松尾町山室
用途	トルコキキョウ、キンギョソウ等の栽培
加温面積	825 m <sup>2</sup> ビニール温室
既存の暖房機	重油・温風 (ネポン)
設定温度	15 度

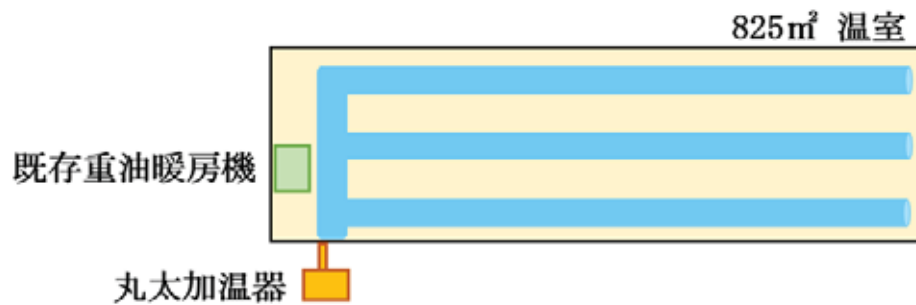


図 4-7 設置状況 (略図)



図 4-8 ハウスの外観



図 4-9 ハウス内部の状況



図 4-10 丸太加温器の設置状況



図 4-11 丸太加温器内への配管



### ③ 千葉県農林総合研究センター 森林研究所

丸太加温器 機種	NO. 501 温水型
所在地	山武市埴谷
用途	実験用（熱交換による温水）
加温面積	—
既存の暖房機	—
設定温度	—

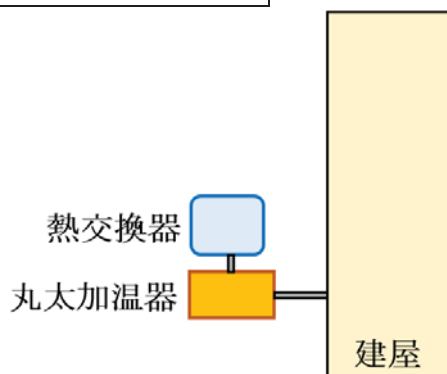


図 4-12 設置状況(略図)



図 4-13 熱交換器と丸太加温器



図 4-14 着火時の炉内の様子



図 4-15 使用方法の説明

#### ④ 大野寺子屋

丸太加温器 機種	NO. 301 温水型
所在地	長生郡長柄町金谷
用途	床暖房
加温面積	56.5 m <sup>2</sup>
既存の暖房機	—
設定温度	22 度

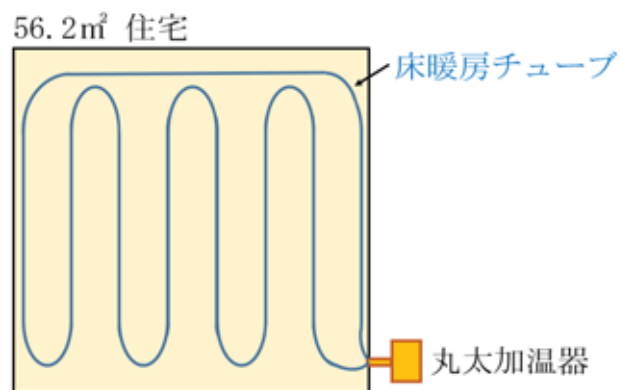


図 4-16 設置状況(略図)



図 4-17 火入れの様子



図 4-18 床下の配管



図 4-19 室内の状況



図 4-20 丸太加温器の設置状況

⑤ 神崎ばら園

丸太加熱器 機種	NH1000 温風型
所在地	長生郡長柄町刑部
用途	ばら栽培
加熱面積	825 m <sup>2</sup> ビニール温室
既存の暖房機	重油・温風（ネボン）
設定温度	15～17度

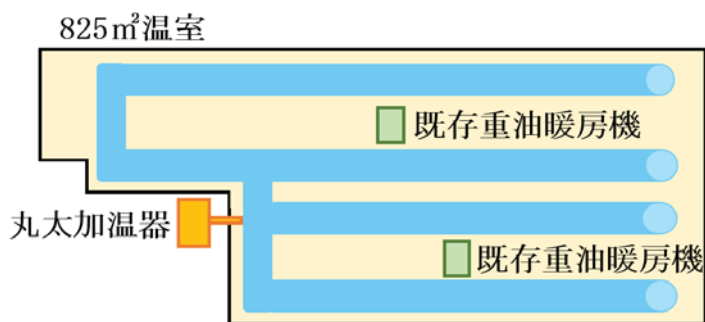


図 4-21 設置状況(略図)



図 4-22 丸太加熱器とハウス内への接続



図 4-23 ハウス内のチューブ状況



図 4-24 ハウス内への吹き出し口



図 4-25 室内温度計の設置

⑥ 近藤いちご園

丸太加温器 機種	NH1000 温風型
所在地	長生郡一宮町一宮
用途	いちご栽培
加温面積	1113 m <sup>2</sup> ビニール温室
既存の暖房機	重油・温風 (ネポン)
設定温度	5~8 度



図 4-26 設置状況(略図)



図 4-27 丸太加温器内への接続配管



図 4-28 丸太燃料置場



図 4-29 丸太加温器



図 4-30 ハウス内への吹き出し口

⑦ 河野いちご園

丸太加温器 機種	NH1000 温風型
所在地	長生郡一宮町東浪見
用途	いちご栽培
加温面積	660 m <sup>2</sup> ビニール温室
既存の暖房機	—
設定温度	5～8 度

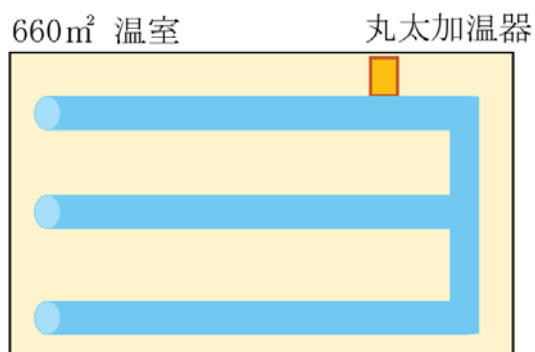


図 4-31 設置状況(略図)



図 4-32 ハウス内部の状況



図 4-33 ハウスの外観



図 4-34 丸太加温器の前面



図 4-35 丸太加温器の背面

⑧ 長谷川農園

丸太加温器 機種	NH1000 温風型
所在地	長生郡一宮町東浪見
用途	シクラメン、カーネーション栽培
加温面積	350 m <sup>2</sup> ビニール温室
既存の暖房機	重油・温風 (ネポン)
設定温度	8~10 度

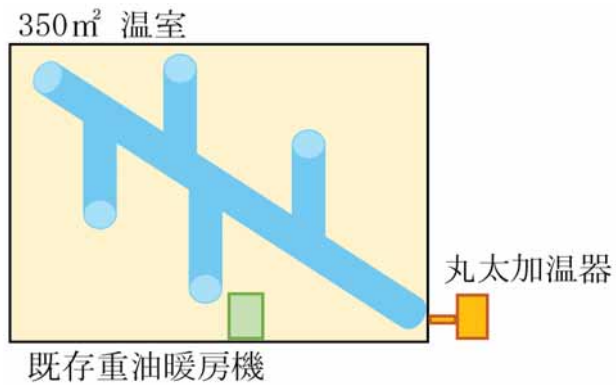


図 4-36 設置状況 (略図)



図 4-37 ハウスの外観



図 4-38 ハウス内部の状況



図 4-39 丸太加温器



図 4-40 既存重油暖房機

⑨ 露崎園芸

丸太加温器 機種	NH1000 温風型
所在地	長生郡陸沢町上市場
用途	シクラメン、カーネーション栽培
加温面積	495 m <sup>2</sup> ガラス温室
既存の暖房機	重油・温風 (ネポン)
設定温度	17～18 度



図 4-41 設置状況 (略図)



図 4-42 ハウス内部の状況



図 4-43 丸太加温器の設置状況



図 4-44 重油暖房機ダクト



図 4-45 丸太加温器ダクト

⑩ 九十九里観葉園

丸太加温器 機種	NH1000 温風型
所在地	山武郡九十九里町作田
用途	観葉植物栽培
加温面積	576 m <sup>2</sup> ビニール温室
既存の暖房機	重油・温風 (ネポン)
設定温度	15 度



図 4-46 設置状況 (略図)



図 4-47 丸太加温器 前面



図 4-48 丸太加温器 背面



図 4-49 ハウス内の状況



図 4-50 チューブの設置状況



⑪ 岡ファーム

丸太加温器 機種	NH500 温風型
所在地	茂原市緑ヶ丘
用途	トマト栽培
加温面積	216 m <sup>2</sup> ビニール温室
既存の暖房機	—
設定温度	13 度

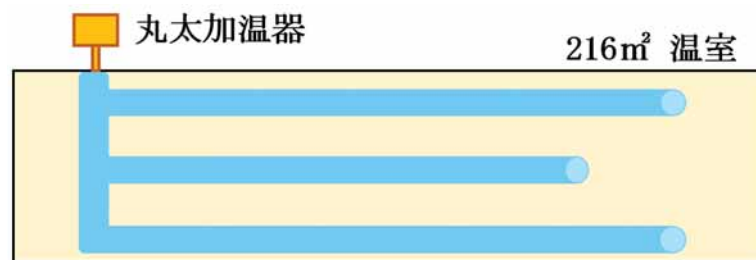


図 4-51 設置状況(略図)



図 4-52 ハウス内部の状況



図 4-53 丸太加温器の設置状況



図 4-54 丸太加温器

⑫ ひめはるの里

丸太加温器 機種	NH500 温風型
所在地	茂原市上永吉
用途	イベント会場
加温面積	223 m <sup>2</sup> ガラス温室
既存の暖房機	—
設定温度	15 度

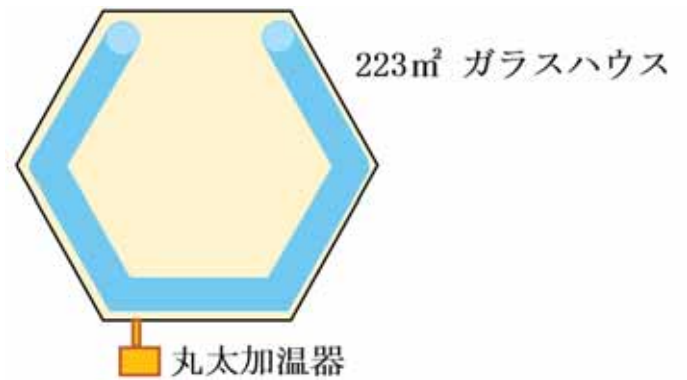


図 4-55 設置状況(略図)



図 4-56 温室の外観



図 4-57 温室内部の状況



図 4-58 丸太加温器の前面



図 4-59 丸太加温器の背面

⑬ 三宅花卉園

丸太加温器 機種	NH1000 温風型
所在地	茂原市千町
用途	種苗栽培
加温面積	1050 m <sup>2</sup> ガラス温室
既存の暖房機	重油・温風 (ネポン)
設定温度	5~10 度

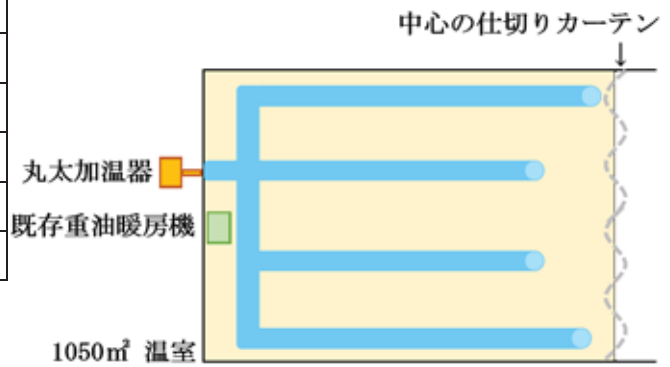


図 4-60 設置状況 (略図)



図 4-61 温室の外観



図 4-63 ハウス内部の状況



図 4-62 丸太加温器の設置状況



図 4-64 既存加温器のチューブ



図 4-65 ハウス中央の仕切りカーテン

⑭ 亀山温泉ホテル

丸太加温器 機種	NO. 501 温水型
所在地	君津市豊田旧菅間田
用途	温泉施設暖房
加温体積	男湯約 12 m <sup>3</sup> 、女湯約 6 m <sup>3</sup>
既存の暖房機	プロパン・温水（三浦）
設定温度	42 度

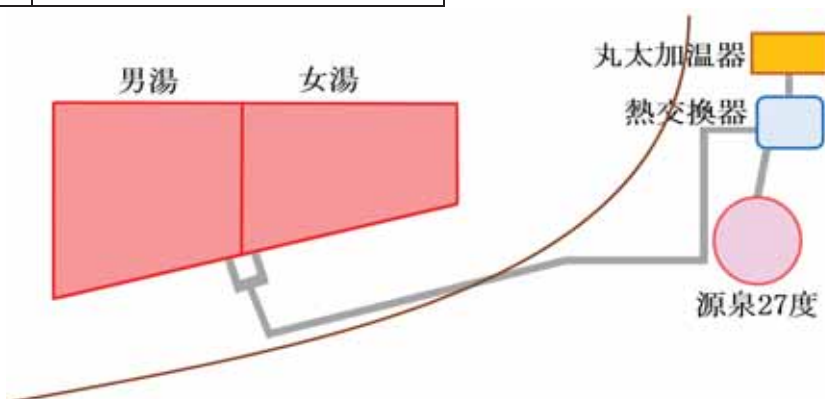


図 4-66 設置状況(略図)



図 4-68 浴場の様子



図 4-67 源泉



図 4-69 熱交換器と丸太加温器



図 4-70 丸太加温器の煙突

⑮ 榎本ばら園

丸太加温器 機種	NH1000 温風型
所在地	鴨川市滑谷
用途	ばら栽培
加温面積	1350 m <sup>2</sup> ガラス温室
既存の暖房機	重油・温風 (ネポン)
設定温度	17~20 度

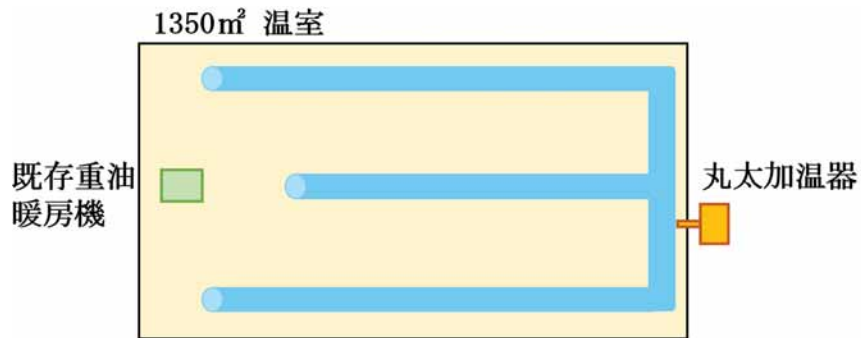


図 4-71 設置状況(略図)



4-72 ハウス内の状況



図 4-73 丸太加温器の設置状況



図 4-74 チューブの状況



図 4-75 丸太燃料の保管状況

⑩ 千葉大学

丸太加温器 機種	NO. 301 温水型
所在地	千葉市稲毛区弥生町
用途	実験用
加温面積	24 m <sup>2</sup>
既存の暖房機	—
設定温度	—

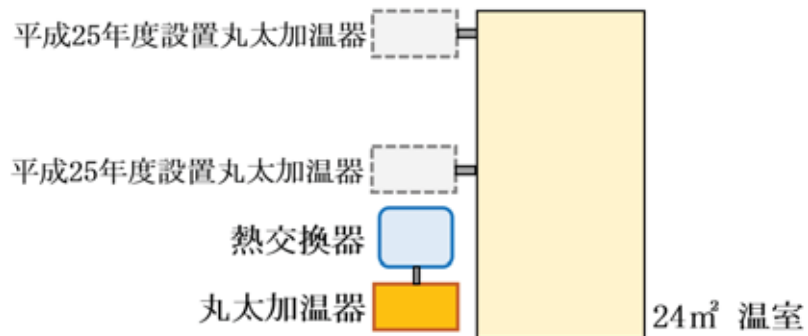


図 4-76 設置状況(略図)



図 4-77 丸太加温器の設置状況 (全体)



図 4-78 丸太加温器 (温水型)



図 4-79 丸太加温器 (温風型)



図 4-80 丸太加温器 (温水型)

#### 4.1.2 丸太加温器によるエネルギー利用システムの検討

##### (1) エネルギー利用に効果的な丸太燃料調製のための乾燥実験

一般的な丸太加温器では安定的な稼働と効率的な熱回収のために含水率 20 % w. b. (湿量基準含水率) まで乾燥することが求められている。特に乾燥では丸太の形状、乾燥場所が乾燥速度に影響する。丸太加温器に用いる効果的な丸太燃料を調製するため、丸太乾燥の実証実験を行い最適な乾燥方法の検証を行った。

##### (2) 丸太加温器の性能・利用方法の改善

千葉大学に設置した実験用丸太加温器を用いて、温水型、温風型それぞれの運転状態の把握をおこない、燃焼状態、燃焼制御、丸太燃料の性状と燃焼状態の関係等を把握した。また、丸太加温器の付帯設備による効果的な熱の利用方法について検討した。

##### (3) モニター施設への設置と稼働

丸太加温器の様々な用途への拡大のため、本年度は山武地域・長生地域、君津・鴨川地域に 16 台の丸太加温器を設置し、順次稼働させた。今年度は前年度実績のある千葉県山武市・長生郡、千葉大学(千葉市)の他に九十九里町、茂原市、君津市、鴨川市へもモニターの拡大を行った。

## 4.2 実験計画と実験結果

### 4.2.1 丸太燃料の乾燥試験

#### (1) 長期乾燥実験

##### 1) 実験条件

丸太燃料の長さや乾燥場所が及ぼす影響を確認するため、乾燥実験に用いる丸太燃料の原料丸太の条件を出来るだけ揃え、いくつかのパターンに分けて実験を行った。

表 4-3 長期乾燥実験の条件

サンプルの選木	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同一の現場（高松金属の森）において同程度の林齢のスギを 11 本伐採した。</li> <li>・伐採したそれぞれのスギの元玉にあたる部位をサンプルとした。</li> <li>・材積は、伐採後のサンプル作成時に、直径と長さをもとに計算し、以降は変化がないものとして扱った。</li> </ul>
乾燥パターン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・丸太燃料の形状について 2 パターン、乾燥場所について 4 ヶ所設定し、乾燥実験を行った。</li> </ul>

表 4-4 乾燥実験の乾燥場所と丸太燃料の形状

乾燥場所	条件、特徴	乾燥材（丸太燃料）
高松金属の森 (Forest)	実験用材の伐採場所。 林内放置。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 4 m 丸太 1 本</li> <li>・ 50 cm 丸太 8 本</li> </ul>
神様のひろば (Mountain)	山土場、露天乾燥。 地面は土と草。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 4 m 丸太 1 本</li> <li>・ 50 cm 丸太 8 本</li> </ul>
塩浜 (Square)	平地土場、露天乾燥。 海側からの強い風が絶えず吹いている。 地面は土と草。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 4 m 丸太 1 本</li> <li>・ 50 cm 丸太 8 本</li> </ul>
千葉大学構内 (Campus)	コンクリート打ち、露天乾燥。 コンクリートの地面が周囲より 1 段上がっている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 4 m 丸太 1 本</li> <li>・ 50 cm 丸太 8 本</li> </ul>



高松金属（林内）



神様のひろば



塩浜



千葉大学構内

図 4-81 乾燥現場写真



乾燥実験においては、以下の通り、丸太の下にりん木を敷いて積んで実験を行った。



倉庫内乾燥の燃料丸太

林内放置の丸太

図 4-82 乾燥実験のサンプルの様子

## 2) 計測・分析方法

乾燥実験では以下のデータを計測し、丸太燃料の含水率の変化を把握した。各データの計測方法を以下に示す。

表 4-5 データの計測方法

データ項目	計測方法など
燃料材積	「半径の二乗×3.14×長さ」 (4 m 材の直径は、両端の直径の中間値を採用)
燃料丸太の重量変化	2013年12月24日以降、2週間に1回、カートスケールを用いて測定
スギの絶乾比重の値	「日本産主要木材」木材工業編集委員会(1960)より、平均0.35(0.27~0.41)。今回は0.41という数字を設定。

丸太の重量計測の様子



① 測定前に縦横の水平を確保

② 測定

③ 100 kg 超の 4 m 材はカートスケール 2 台で測定

図 4-83 燃料丸太の重量計測の様子

乾燥前の初期の丸太の比重と乾燥実験中に定期的に測定した丸太の比重を比較して、減少率を計算し減少率の比較、検証を行った。

$$\text{減少率} = \frac{\text{乾燥後の比重} (\text{※})}{\text{初期の比重}} (\text{※}) \text{ 定期的に測定}$$

なお、用いたサンプルの初期比重は以下のようであった。

表 4-6 サンプルの初期比重

4 m 材	Forest	Mountain	Square	Campus	平均
初期比重 (g/cm <sup>3</sup> )	0.83	0.89	0.94	1.05	0.93

0.5 m 材	Forest	Mountain	Square	Campus	平均
初期比重 (g/cm <sup>3</sup> )	0.98	0.90	0.87	0.90	0.91

また、丸太の乾燥における水分分布の変化を以下のようにして調べた。丸太サンプルを縦方向で半分に切断した。丸太の半分を3つの部分（樹皮、辺材、心材）に分けた後、それぞれに番号1から5までの5カ所に番号をつけた。15カ所の含水率を測定するために、粉砕機で粉砕した後、含水計で測定し丸太の水分分布を測定した。

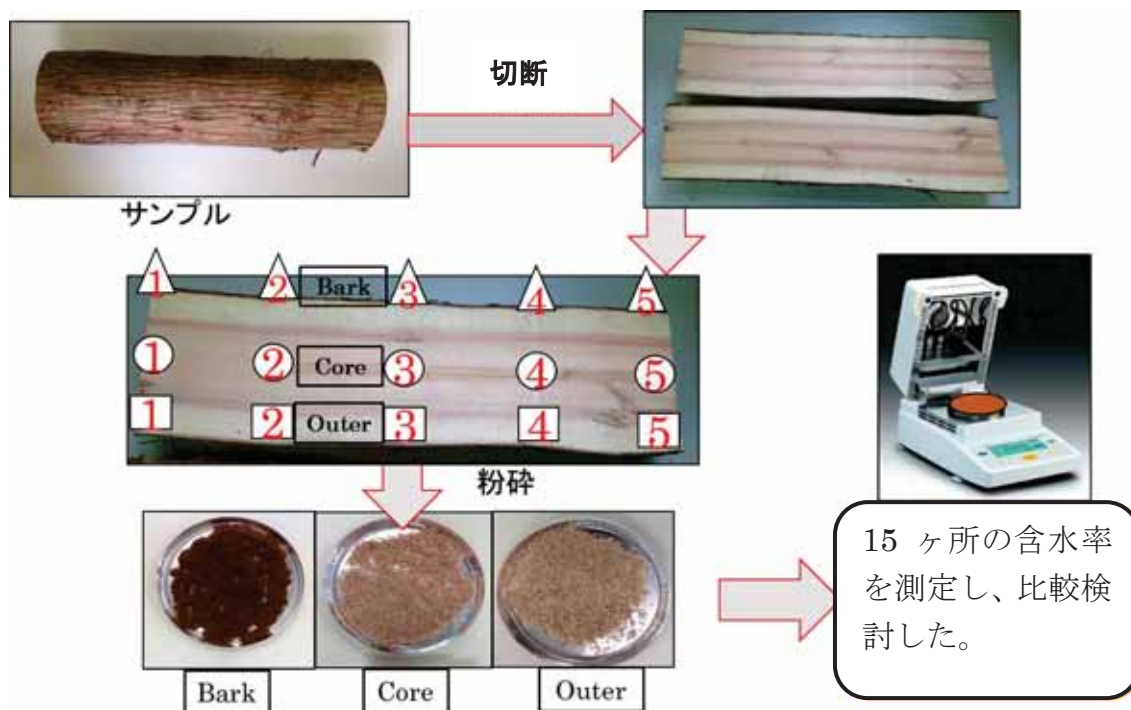
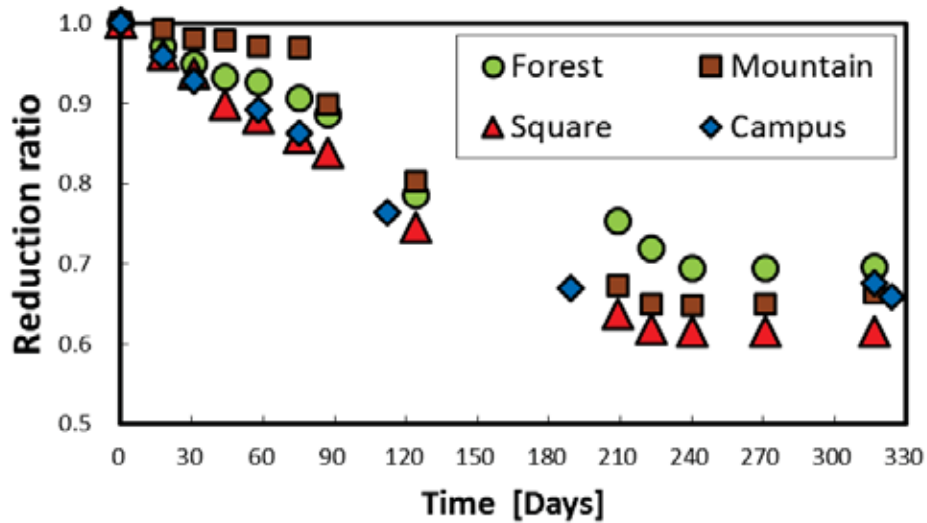


図 4-84 丸太の水分分布測定の流れ

### 3) 実験結果

乾燥場所、丸太の長さ別の重量減少率を図に示す。全パターンを比較したところ、塩浜(Square)と大学構内(Campus)において重量減少が早かった。塩浜、大学構内は共に風通し・日当たりがよく乾燥に適した場所であったためと考えられる。全パターンにおいて重量減少が最終的に約 0.6・0.7 で一定になった。これは木材中の自由水が抜けた状態である繊維飽和点における値と一致しており、自由水がほとんど抜けて平衡に達していると考えられる。また、長さの影響については 0.5 m の丸太が 4 m の丸太に比べて半分の時間で繊維飽和点に達することがわかった。検証の結果から、0.5 m の丸太であれば条件の良い現場において 4・5 ヶ月で繊維飽和点 (約 30 %w.b.) まで乾燥できることがわかった。

a) 4 m



b) 0.5 m

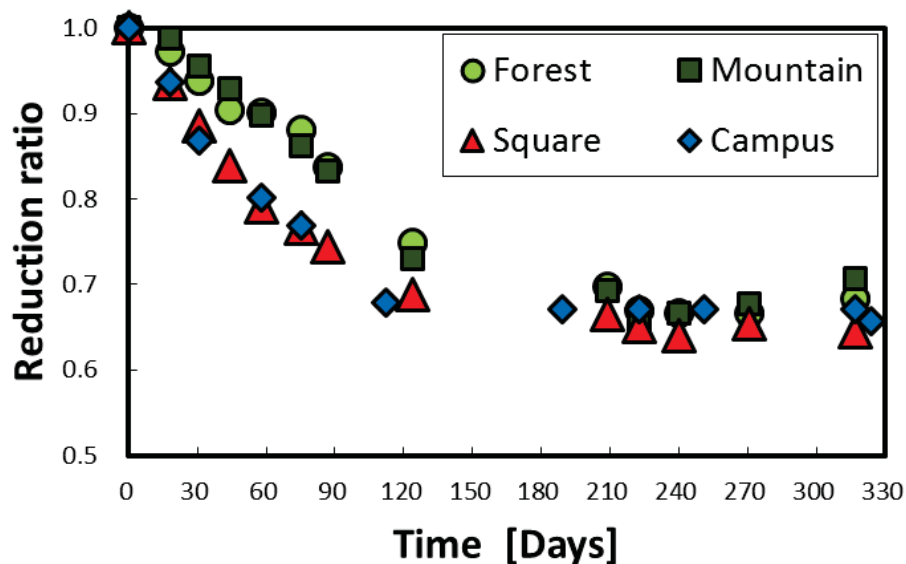


図 4-85 長期乾燥実験結果

生木と大学構内で6ヶ月乾燥させた0.5mの丸太の水分分布を図に示す。生木では、主に辺材部分に水分が多く含まれており、心材、樹皮の部分は20-30%程度であった。このことより、辺材部分から水分を抜くことが丸太の含水率を下げるために重要であることがわかった。乾燥後の丸太の水分分布では、全体的に含水率が低下しているが、樹皮側の減少はあまり大きくなく主に切り口付近の含水率が最も減少していた。このことより、丸太の水分は切り口から抜けると考えられる。また、それぞれの部分の発熱量を示差走査熱量測定(DSC)で測定した結果、辺材部分の熱量の増加は2倍近く他の部分に比べて大きく増加しており、丸太の燃焼に辺材部分の乾燥が重要であることがわかった。

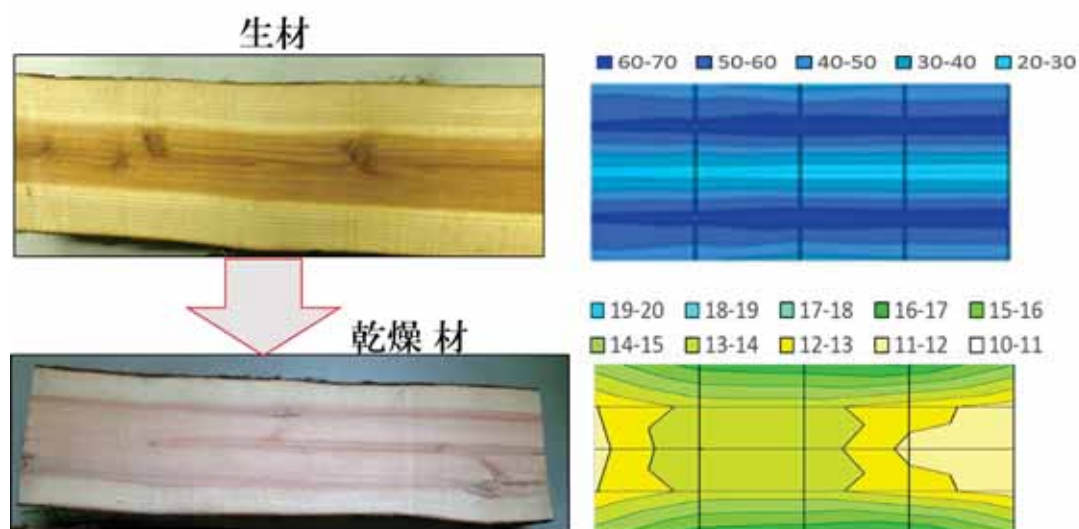


図4-86 含水率の測定結果

表4-7 丸太の各部分の熱量 (kJ/kg)

	心材	辺材	樹脂
生木	4.21	2.48	5.96
乾燥後	5.18	5.06	6.58

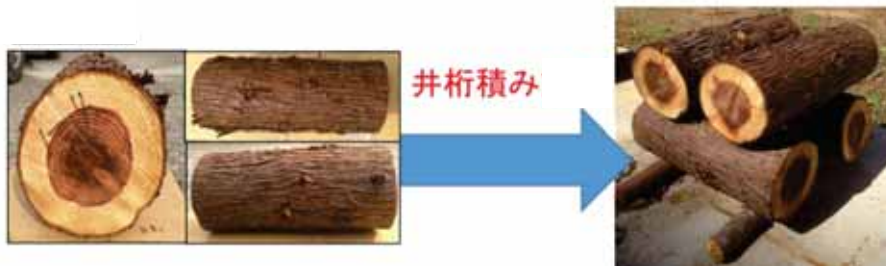
(2) 穴開け、傷入れ丸太を用いた乾燥実験

1) 実験条件

丸太燃料の形状が及ぼす影響を確認するため、丸太にいくつかのパターンの穴または傷を施し、乾燥実験を行った。実験は、千葉大学構内で行った。乾燥実験においては、50 cm の丸太を 4 本井桁積みしたものを 1 セットとし、9 パターンの実験を行った。なお、すべての井桁積みの下にはりん木を敷いた。

表 4-8 乾燥実験現場と丸太燃料形状

乾燥場所	条件、特徴	乾燥材
千葉大学構内	コンクリート打ち、露天乾燥。 コンクリートの地面が周囲より 1 段上がっている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No. 1: 普通材 (Normal)</li> <li>• No. 2: 傷を入れた材(2ヶ所) (2 Scratches) 傷の深さ : 0.02 m</li> <li>• No. 3: 傷入れた材(4ヶ所) (4 Scratches) 傷の深さ : 0.02 m</li> <li>• No. 4, 5: 穴 1ヶ所 (1 Hole (S, L)) 直径 : 12 mm (S), 30 mm (L)</li> <li>• No. 6, 7: 穴 3ヶ所 (3 Holes (S-H, L-H)) 直径 :12 mm (S-H), 30 mm (L-H)、位置 : 平行</li> <li>• No. 8, 9: 穴 3ヶ所 (3 Holes (S-V, L-V)) 直径 :12 mm (S-V), 30 mm (L-V)、位置 : 垂直</li> </ul>



No. 1: 普通材(Normal)



No. 2: 傷入れた材(2ヶ所) (2 Scratches)



No. 3: 傷入れた材(4ヶ所) (4 Scratches)



No. 4: 小さい穴 1ヶ所 (1 Hole (S))



No. 5: 大きい穴 1ヶ所 (1 Hole (L))



No. 6, 7: 穴 3ヶ所(3 Holes(S-H, L-H))  
直径 :12, 30 mm 、位置 : 平行



No. 8, 9: 穴 3ヶ所(3 Holes (S-V, L-V))  
直径 :12, 30 mm 、位置 : 垂直

図 4-87 乾燥実験のサンプルの様子

## 2) 計測・分析方法

(1)の実験と同様の方法で乾燥実験中に定期的に重量を調べ、比重の変化を把握した。

表 4-9 サンプルの初期比重

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	平均
初期比重 (g/cm <sup>3</sup> )	1.02	0.86	0.93	0.88	0.81	0.88	0.88	0.86	0.93	0.89

### 3) 実験結果

辺材から水分を効果的に取り除くため穴や傷をいれた丸太の乾燥実験の結果を図に示す。なお、赤丸は雨がよく降った期間を表している。丸太に比べて傷をいれた丸太で重量減少が早く、傷が2つよりも4つの方が早かった。穴を開けた場合、小さな穴より大きな穴で減少が早く、また、穴の数が多く一列に並べた丸太で重量減少が早かった。

また、すべての丸太で雨の影響でしばらく重量減少が起こらない期間が確認された。

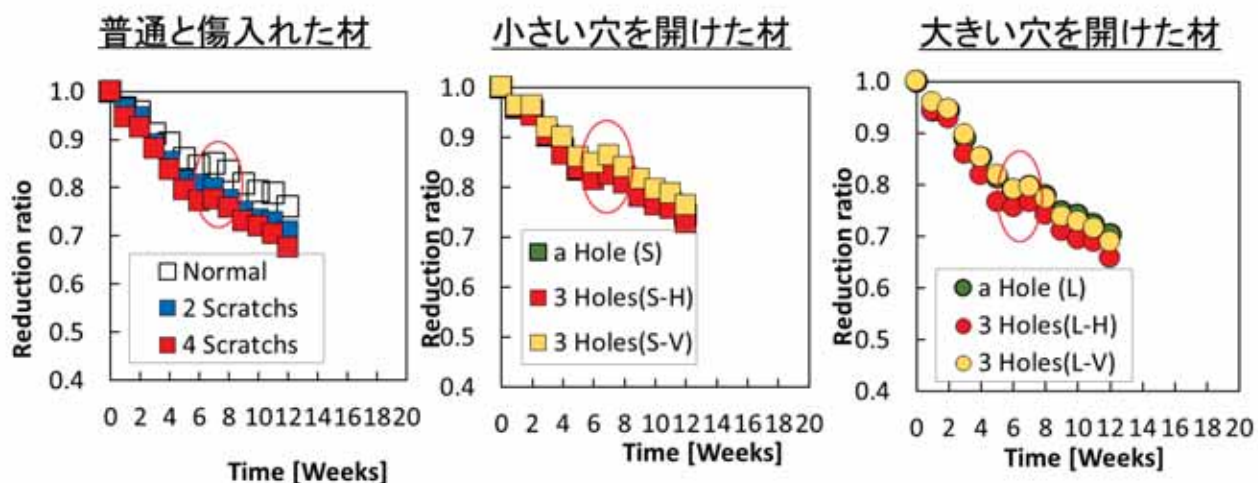


図 4-88 乾燥実験結果

最も重量減少を示した3ヶ月後の4つの傷入りの丸太と3つの大きな穴を開けた丸太の水分分布を図に示す。普通の乾燥した丸太は丸太の真ん中に水分が残った水分分布が見られ、切り口から水分が抜けるため水分分布も切り口側の水分が低く真ん中が高くなると考えられる。一方で、傷をいれた丸太は普通の乾燥丸太に比べて全体的に水分量が低くなっていた。これは、樹皮側にある傷による切り口のため、縦と横の双方向に水分移動が起こり全体的に水分量が低くなったためと考えられる。穴を開けた丸太では、全体的に水分量が低くなっており、含水率も20%w.b.以下と3ヶ月で燃料に適した状態になることがわかった。これは、本来の丸太では最も水分が抜けにくい中心部分に穴があり、そこから外へ水分が抜けていくため全体的に水分が減少したためと考えられる。

生材

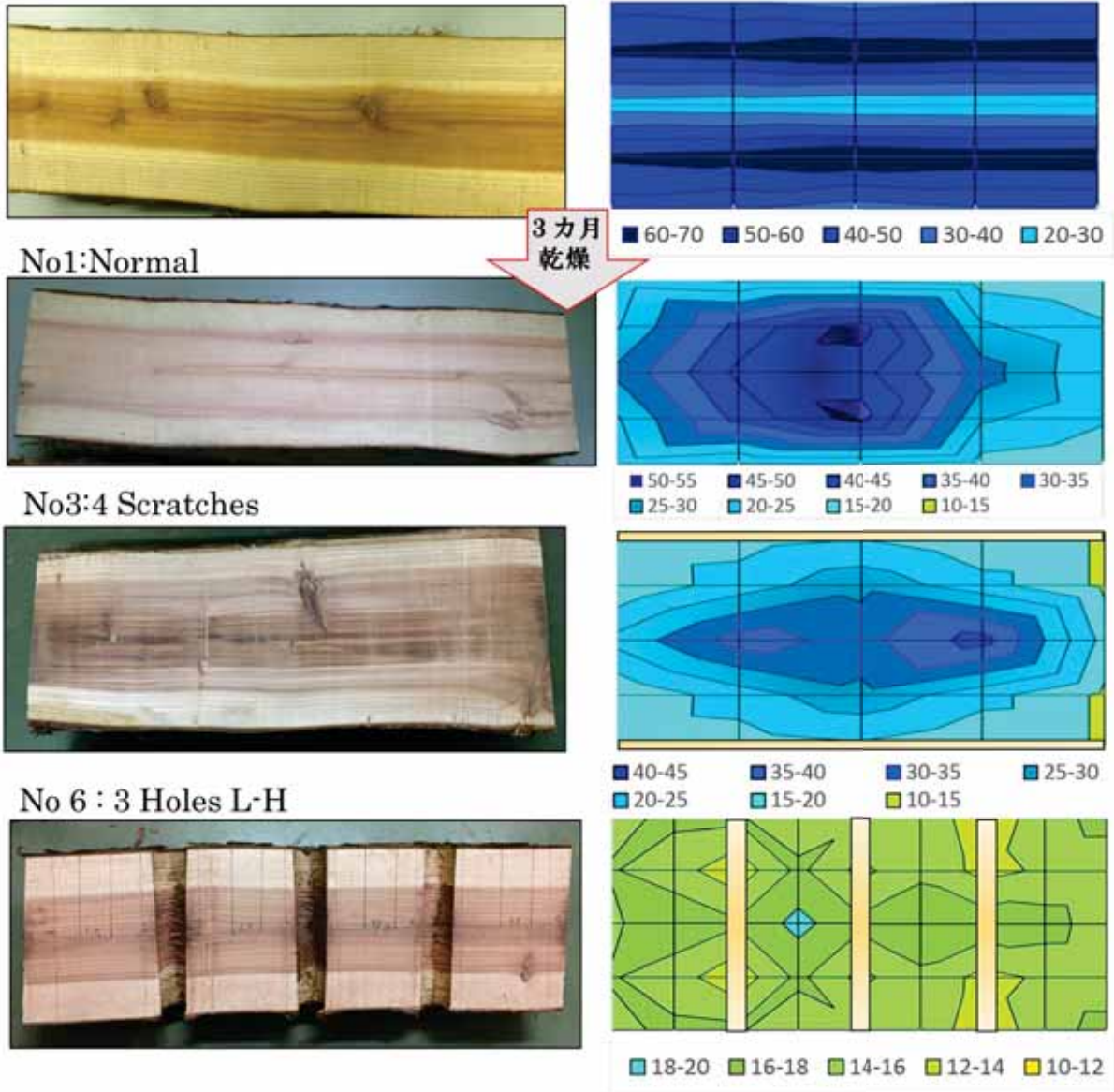


図 4-89 乾燥後の丸太の水分分布



### (3) 縦置き、温室内設置、ビニール被覆による乾燥実験

#### 1) 実験条件

丸太燃料の設置状況が及ぼす影響を確認するため、50 cm の丸太を 3 つのパターンで 1 本ずつ設置し、乾燥実験を行った。実験は、千葉大学構内で行った。

表 4-10 乾燥実験現場と丸太燃料設置状況

乾燥場所	設置方法
千葉大学構内	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ A: 縦置き</li> <li>・ B: 温室内設置</li> <li>・ C: ビニール被覆 (日中のみで夜間ははずす)</li> </ul>



A: 縦置き



B: 温室内設置



C: ビニール被覆

図 4-90 丸太サンプルの様子

#### 2) 計測・分析方法

(1)、(2)の実験と同様に乾燥実験中の丸太の重量を測定し、丸太燃料の比重の変化を把握した。

表 4-11 サンプルの初期比重

	A	B	C	平均
初期比重 (g/cm <sup>3</sup> )	0.97	1.05	1.29	1.10

#### 3) 実験結果

縦置き、温室内設置、ビニール被覆した場合の丸太の重量減少を図に示す。室外に縦置きしている丸太とビニールを被覆した丸太では重量減少にあまり差が見られなかったが、温室内設置においては比較して大きな重量減少が確認できた。温室には雨に濡れないことや昼間に高い温度の環境に置かれるため、重量減少が早いと推察される。

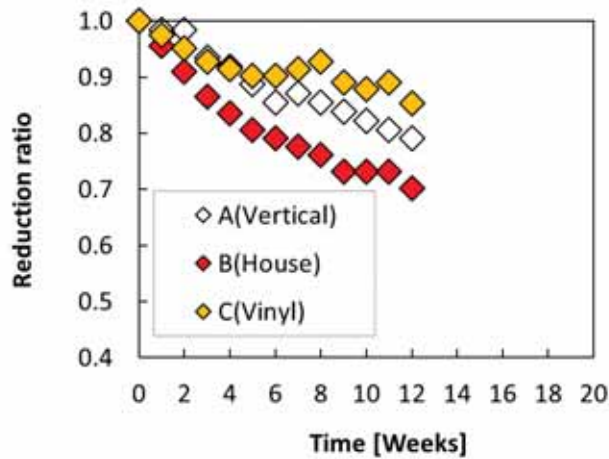


図 4-91 丸太の設置状況による重量減少

#### (4) 雨の前後における丸太の重量変化

##### 1) 実験条件

丸太の乾燥に雨が及ぼす影響を検討するため、乾燥実験中の丸太の雨の前後における重量変化を調べた。

##### 2) 計測・分析方法

(1)、(2)、(3)の実験と同様に丸太燃料の重量を測定し、比重の変化を把握した。

##### 3) 実験結果

晴れの日と雨の日における7本の丸太の重量を図に示す。すべての丸太において晴れの日に比べて雨の日は1割ほど重くなることがわかった。

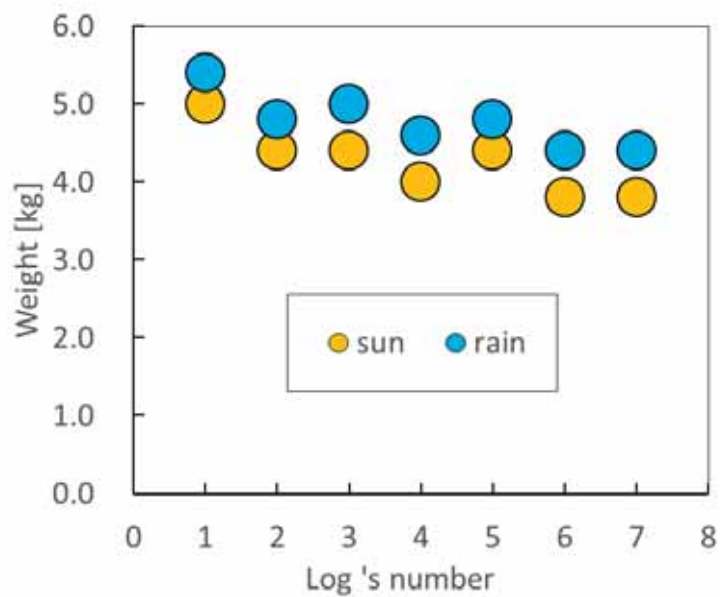


図 4-92 晴れと雨の日の丸太の重量

乾燥した丸太と乾燥した丸太が雨に濡れた直後の水分分布を図に示す。雨に濡れると大幅に樹皮部分の水分量が増えた。また、切り口部分も水分量の増加が見られた。

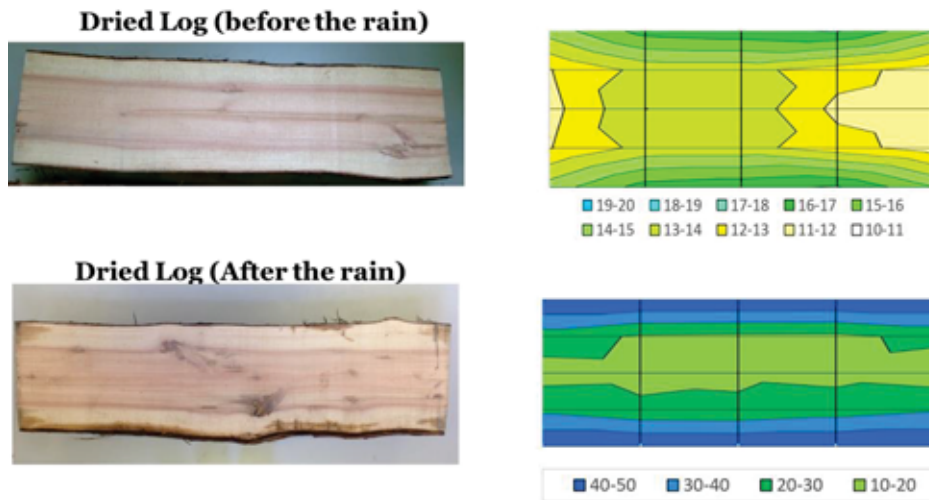


図 4-93 晴れと雨の日の水分分布

雨天後の丸太の重量変化を図に示す。雨のあと 4 日ほどで、もとの重量までもどることがわかった。このことより、雨により丸太の表面である樹皮と切り口が濡れるが、雨天後、すぐに乾燥し回復することがわかった。

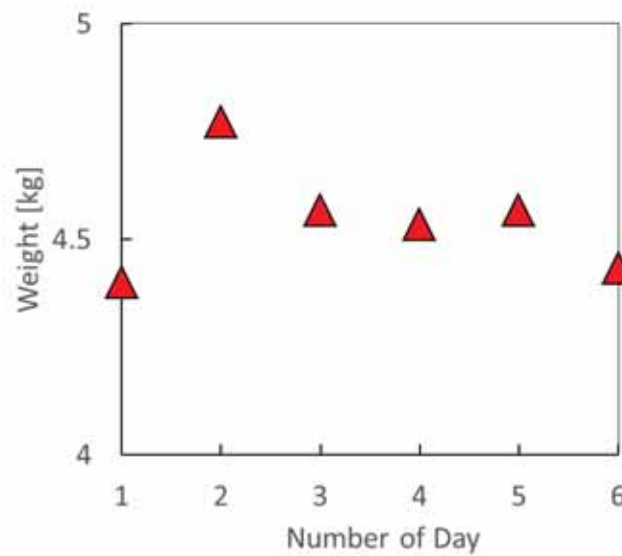


図 4-94 雨天後の重量変化

#### 4.2.2 丸太加温器および付帯設備の性能評価

##### (1) 実験装置

実験用に千葉大学および森林研究所に丸太加温器を設置した。各加温器には、所定の場所に温度計や流量計を設置し、運転状況を把握できる状況にある。大学には実験用の温室を設置してあり、温風型、温水型の2台から温室内への温風供給を行える。また、大学と森林研究所には温水型で1tの水槽を温める実験器を設置している。



図4-95 大学構内に設置した実験用温室

表4-12 実験用に用いた機種

機種	加温対象	モニター名
NH500	温室	千葉大学
NO. 251	温室	
NO. 301	水槽	
NO. 501	水槽	森林研究所

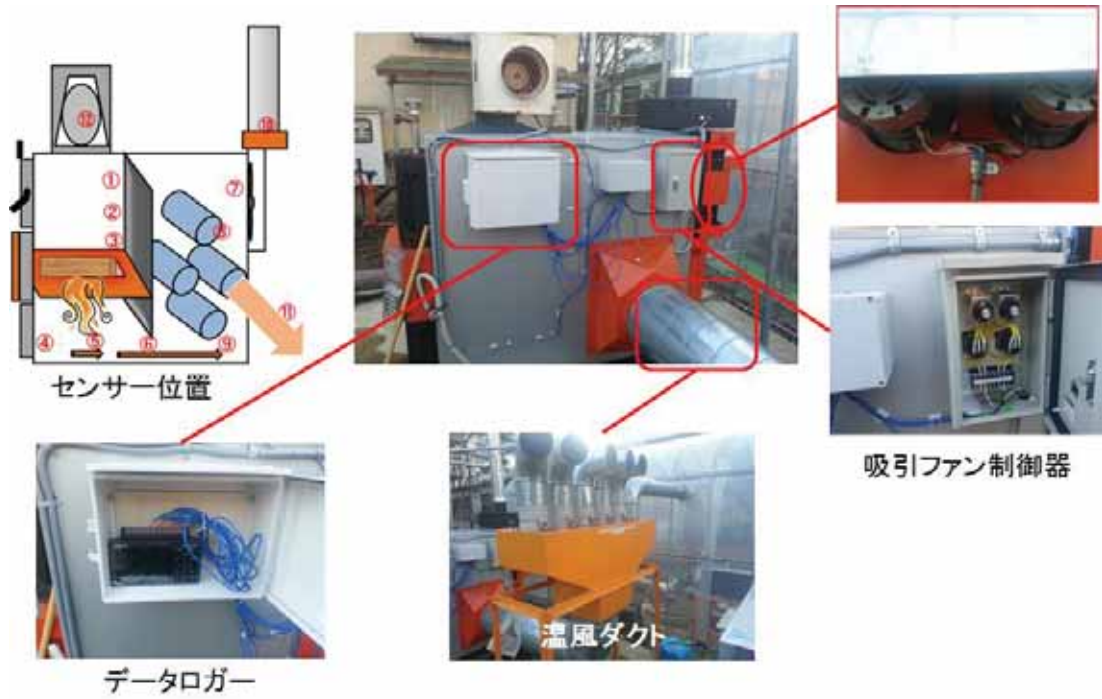


図 4-96 大学に設置した温風型丸太加温器



図 4-97 大学に設置した温水型丸太加温器と送風ファン（温水熱交換）

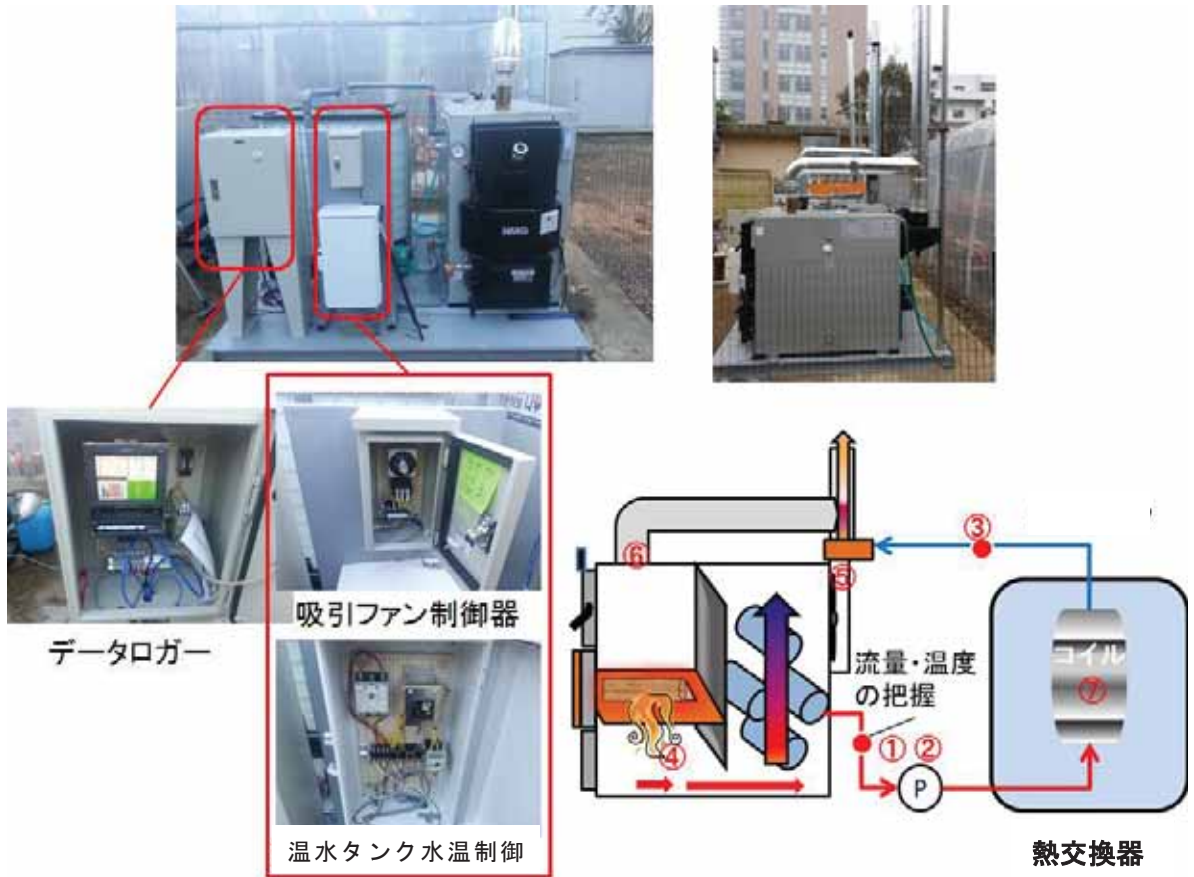


図 4-98 大学に設置した温水型丸太加温器

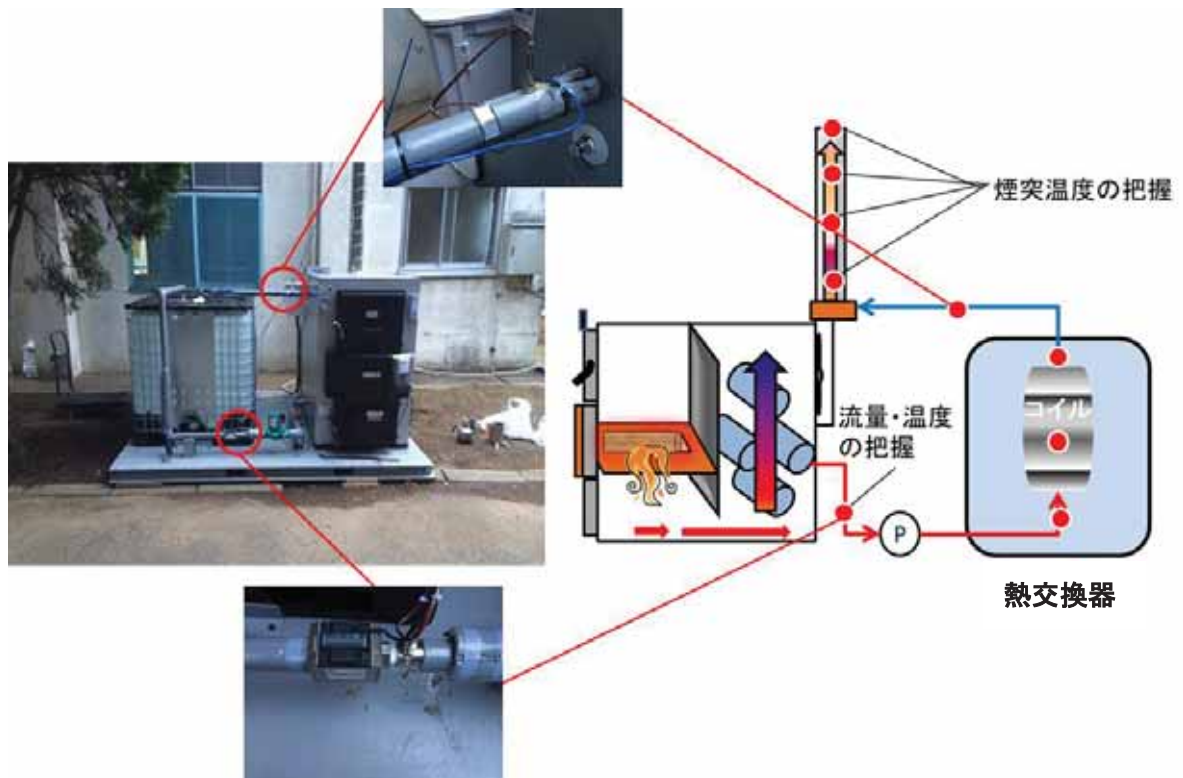


図 4-99 森林研究所に設置した温水型丸太加温器

## (2) 実験結果

### 1) 伐採時に発生する枝葉の着火材利用

丸太燃料製造のためにスギを伐採した際に副次的に発生する枝葉の有効利用として、着火材への利用を検討した。結果、枝をチップにしたもの、葉をまとめたものを丸太加温器の着火材として利用し、有効な着火ができることがわかった。

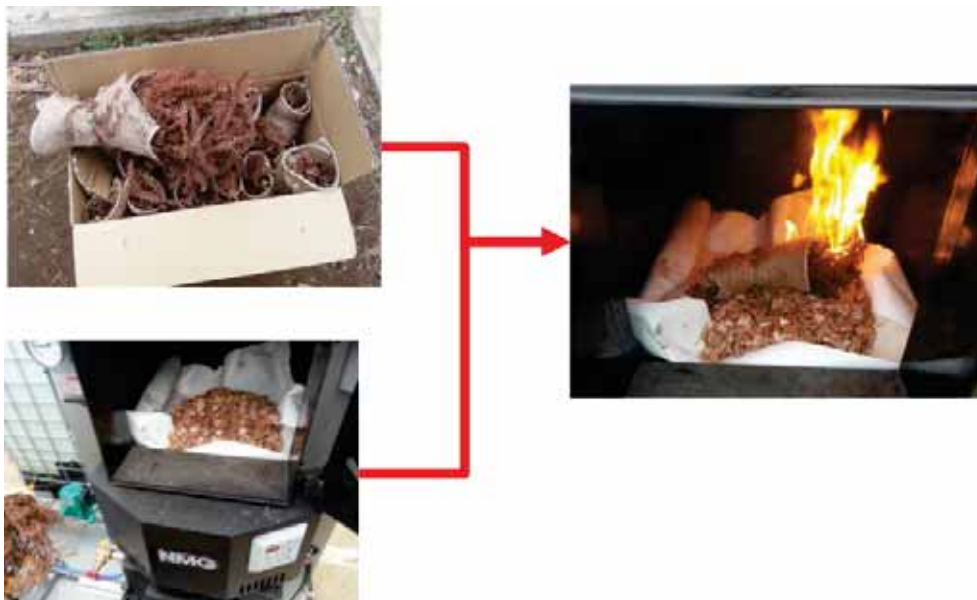


図 4-100 スギの枝葉の着火剤利用

### 2) 燃焼室への丸太燃料の設置方法による燃焼状態の把握

燃焼室内に丸太を横に置いた場合と縦に置いた場合の燃焼状態を比較した。結果、横置きでは  $650 - 800^{\circ}\text{C}$  あった燃焼口の温度が、縦置きでは  $250 - 300^{\circ}\text{C}$  と低く、十分な熱量が得られないことがわかった。原因として燃焼面が少ないことが推察される。また、縦置きの場合は煙の発生も多かった。

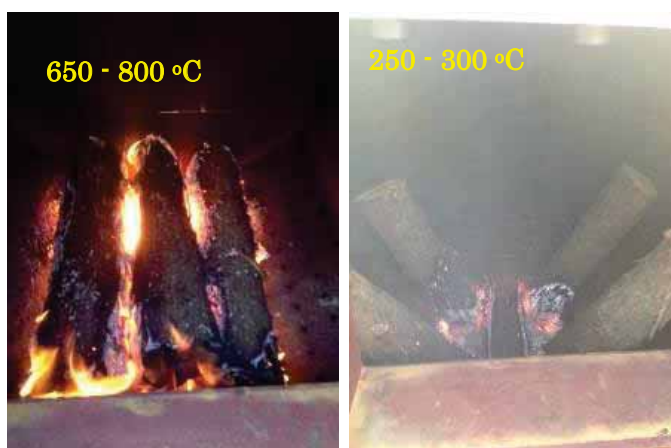
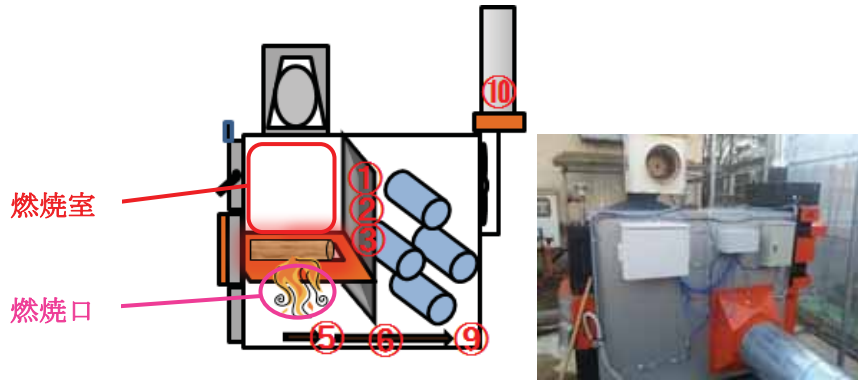


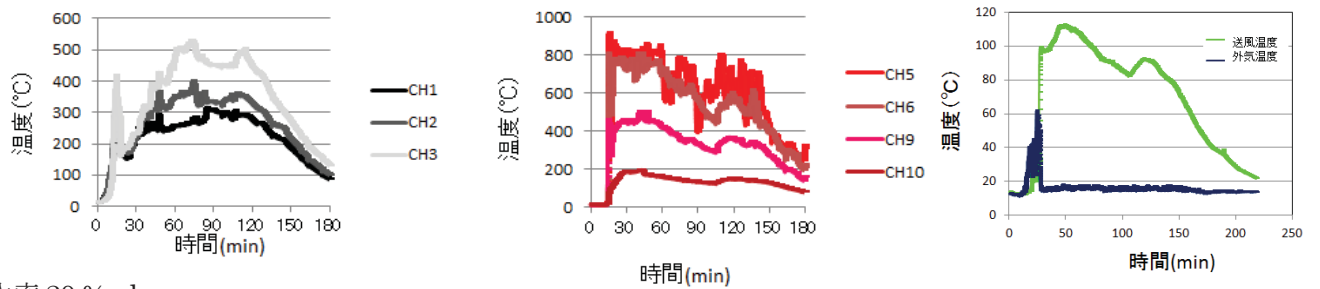
図 4-101 燃焼室に横置き・縦置きした丸太燃料の燃焼状態

### 3) 丸太の含水率と燃焼状態の把握

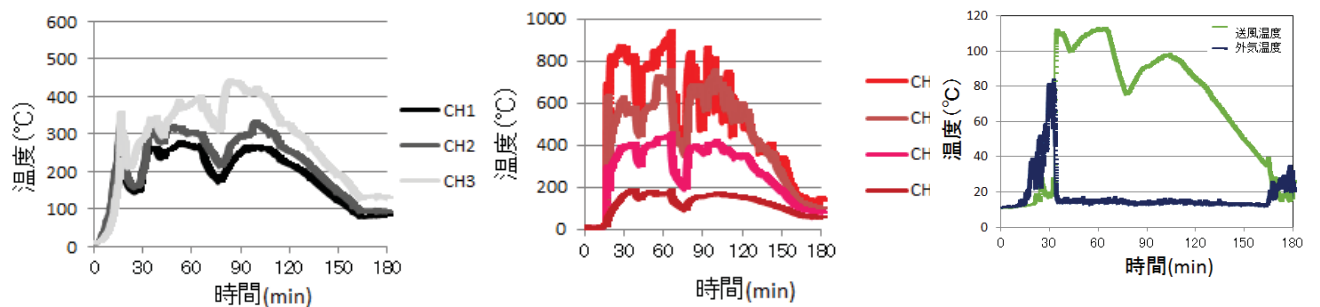
大学に設置した実験用丸太加温器を用いて加温器の丸太に対する燃焼特性を把握した。温風型加温器で含水率が10 - 30 % w.b.の丸太を用いて燃焼した結果、燃焼を開始するための着火が含水率の高い丸太で困難であったが、着火できれば燃焼が可能であり十分な熱量が得られることがわかった。また燃焼の際は燃焼口からの温度は含水率に関わらず同様の温度が得られるが、燃焼室内の温度に大きな差が見られた。このことより、燃焼室の温度を高く保つことが丸太加温器の燃焼にとって重要な要因の一つであると考えられる。



含水率 10 %w.b.



含水率 20 %w.b.



含水率 30 %w.b.

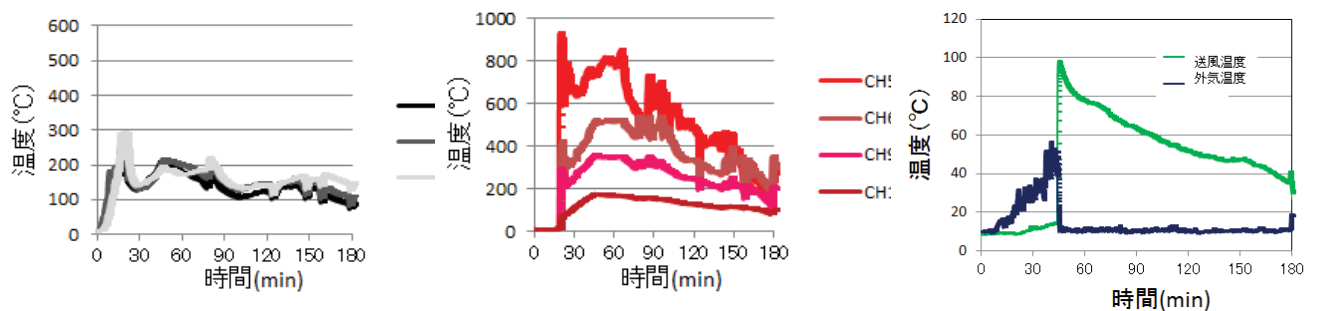


図 4-102 丸太加温器内の温度と外気・送風の温度変化



#### 4) 温水型丸太加熱器の運転状態の把握と煙突流路による燃料促進

大学に設置した温水型丸太加熱器の運転状態の把握を行った。温風型と比較して燃烧口温度の上昇が遅いが加熱器内の温水温度が設定温度に達し温まると 800 – 1000 °C の高温で燃烧した。燃烧室周りに水タンクがあるため、燃烧室温度が上がらないことが要因の一つとしてあげられる。

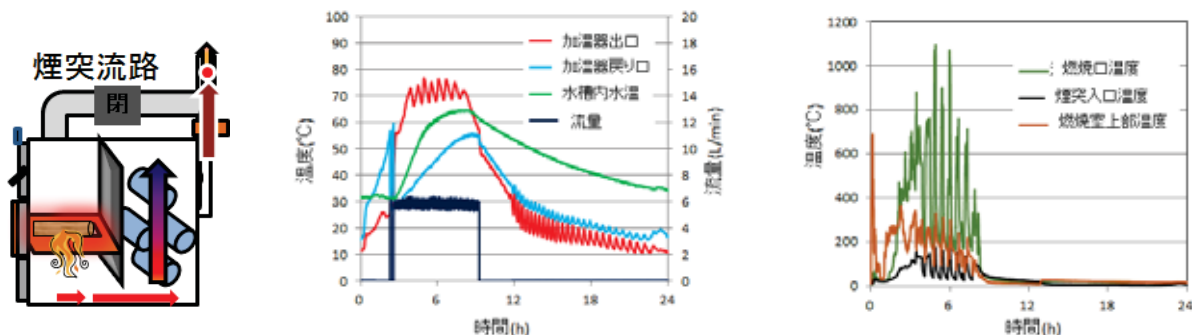


図 4-103 丸太加熱器の燃烧と水槽の加温

排ガスの一部を燃烧室に戻して燃烧室温度を上昇させ運転を行った結果、加熱器出口温度で示されている加熱器内の水温の温度上昇が早くなり、温度の水槽の加熱開始も早くなった。しかしながら、煙突から煙の発生が多く見られた。

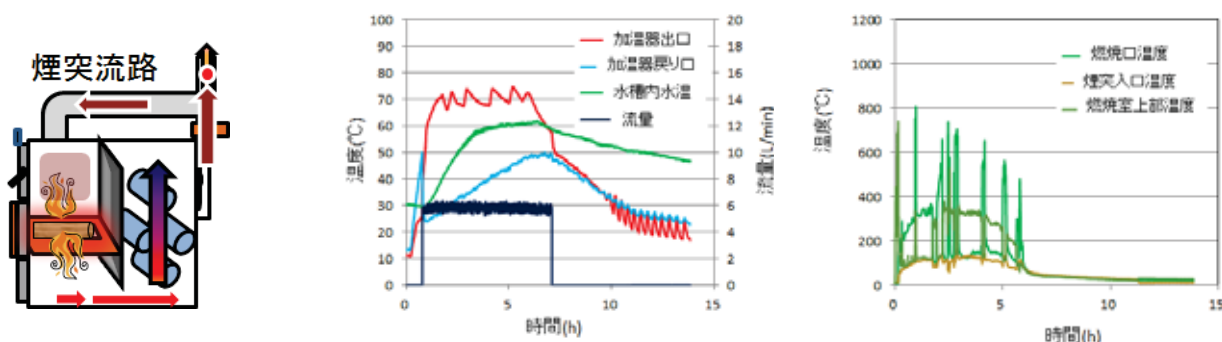


図 4-104 排ガスを循環させた丸太加熱器の燃烧と水槽の加温

#### 5) 供給空気量による燃烧の制御

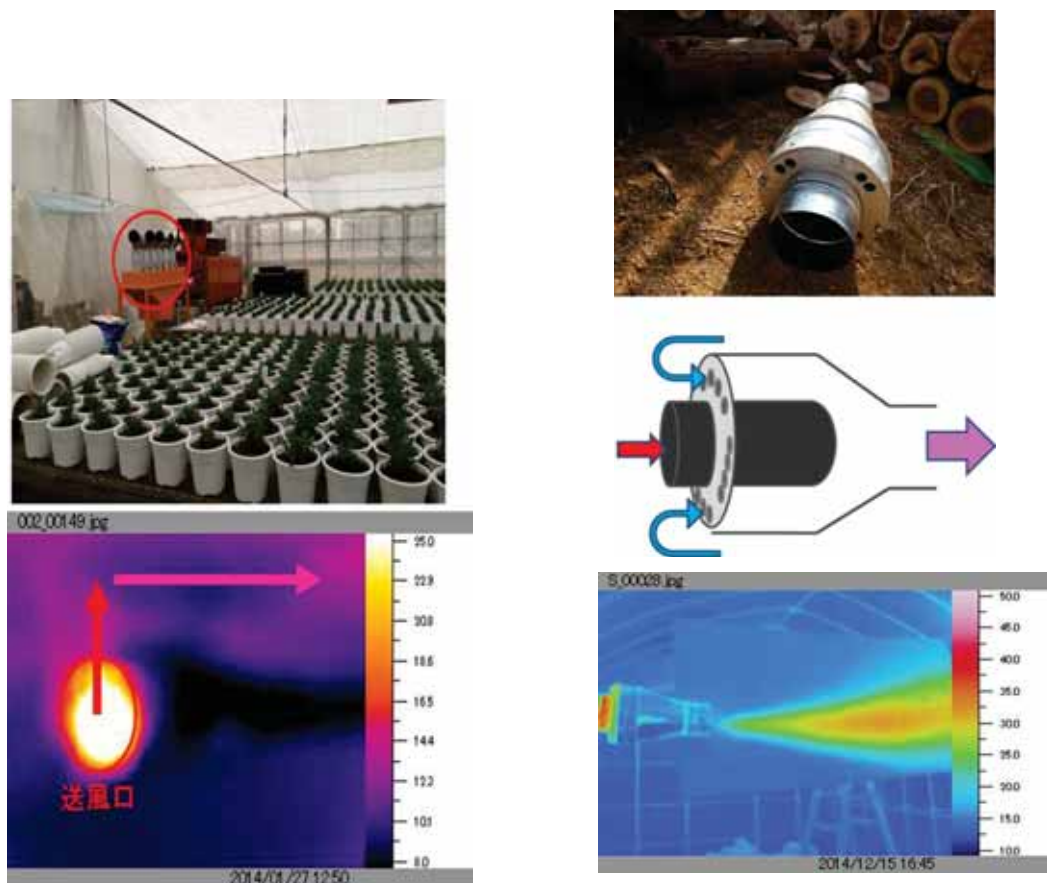
含水率が 10~30 %w.b.の丸太が燃烧可能であり利用できる熱量が得られることがわかった。また、燃烧室への供給空気量を調整することで燃烧温度が制御可能であり、供給する熱量を制御し送風温度を調整可能であることがわかった。燃烧室下部の温度が 600 °C 以上の場合、排ガス中の CO 濃度が 2000 ppm 以下であった。



図 4-105 燃烧室下部からの炎の状態と温度

## 6) エダクターによる温風送風の改善

丸太加温器による温室における送風で、供給温度が 50 °C の送風を行うと温風が上昇するため、温風が温室を効果的に加温できていないことが示唆された。そこで、丸太加温器から効果的に温風による熱供給が行えるように、送風用エダクターを開発した。開発したエダクターを用いて大学内の温室で温風送風実験を行った結果、エダクターにより効果的に温室内へ温風が供給できることがわかった。



温室における温風供給状況

図 4-106 エダクターと効果

## 7) 貯水タンクの熱交換器による加熱挙動の把握

温水型丸太加温器からの温水を用いて熱交換器により貯水タンクの加熱を行う方法を検討した。その結果、温水を熱交換器に流す方向で貯水タンクの温度上昇の挙動が異なり、温水を上から流すとタンク内の温度が層状に分かれて上昇し、下から流すとタンク内の温度が均一に上昇することが確認された。亀山温泉など貯湯タンクへの滞留時間があり連続的に水が通過する場合は、温水を熱交換器に上から流し層状に加熱することで連続的に温水を供給可能にするなど利用用途によって加熱方法を選定することができた。また、温水を熱交換器に下から流すことで攪拌翼などの設置をせずに貯水タンクを均一に温めることができた。

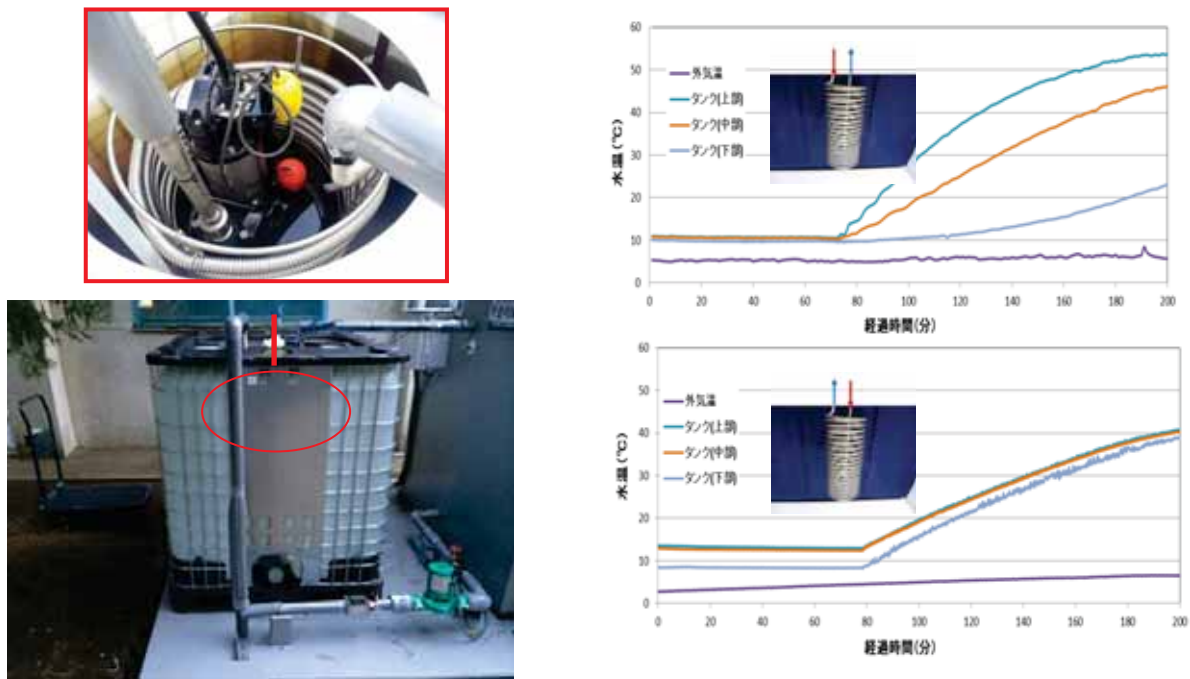


図 4-107 貯水タンクの温水による加熱によって生じるタンク内の温度上昇

#### 8) 貯水タンクの蓄熱挙動の把握

丸太加熱器で加熱した 1t の貯水タンクの蓄熱状況を調べた。結果、燃焼が終了した後一晩経過で 60°C の温水が 40°C まで下がった。1 日半経過すると 20°C を下回った。

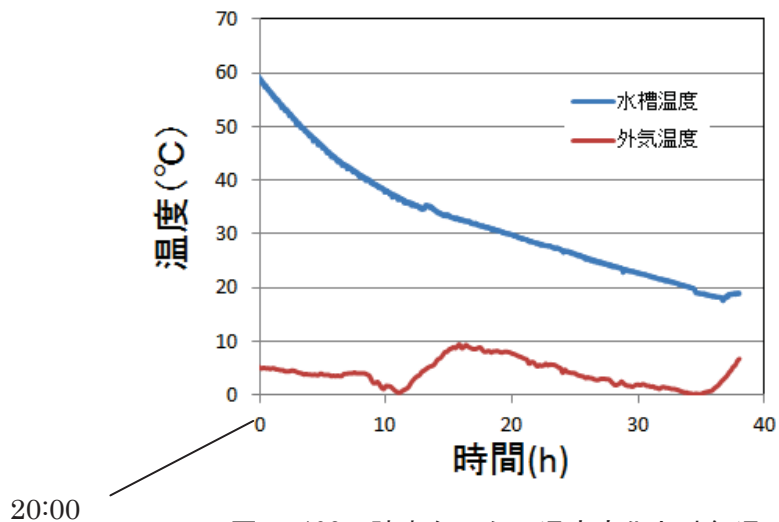


図 4-108 貯水タンクの温度変化と外気温

### 4.2.3 モニター施設での稼働状況

本年度の丸太加温器を設置したモニター施設は、利用用途により大きく「農家のハウス暖房」「施設暖房」「温水利用」「実験用」に分類される。それぞれの利用用途において丸太加温器を設置したモニター施設の中で代表的なモニターを選定し、詳細な調査を行った。

表4-13 モニター加温対象仕様一覧

	No.	場所名	加温器タイプ(実際)	熱供給方法	加温目的	加温対象	加温対象面積 [m <sup>2</sup> ]	希望温度 [°C]
平成 25年度	1	てんとう虫くるくる農園	温水型 (NO. 251)	ファン温風(温風変換)	ビニール・ハウス	有機野菜 (野菜、育苗)	100.0	10
	2	たがやき倶楽部	温水型 (NO. 401)	ファン温風(温風変換)	ガラス・ハウス	有機野菜 (野菜農家、体験農園)	240.0	15
	3	緑海園芸-1	温風型 (NH1000)	ダクト温風	ビニール・ハウス	花卉 (シクラメン、カーネーション、アジサイなど)	430.0	15 ~ 18
	4	緑海園芸-2	温風型 (NH1000)	ダクト温風	ガラス・ハウス	花卉 (シクラメン、カーネーション、アジサイなど)	660.0	12 ~ 17
	5	森の小人木工所	温水型 (NO. 401)	ファン温風(温風変換)	事業所建屋	室内暖房	200.0	18
	6	樹楽荘	温水型 (NO. 251)	—	住宅	住宅モデル	53.0	18
	7	神崎バラ園-1	温水型 (NO. 1001)	ファン温風(温風変換)	ビニール・ハウス	花卉 (ばら)	429.0	16
	8	長生倉庫	温水型 (NO. 401)	ファン温風(温風変換)	事業所建屋	倉庫内暖房、木材乾燥	297.0	15
	9	千葉大学-1	温水型 (NO. 251)	—	実験用	実験用	—	—
	10	千葉大学-2	温風型 (NH500)	ダクト温風	実験用	実験用	—	—
平成 26年度	1	有野実苑「トキアツ」場	温水型 (NO. 501)	熱交換による温水	浴場水加温	地下水	—	15 ⇒ 45
	2	石井農園	温風型 (NH1000)	チューブ温風	ビニール・ハウス	花卉 (キンギョソウなど)	825.0	15
	3	榎本バラ園	温風型 (NH1000)	チューブ温風	ガラス・ハウス	花卉 (ばら)	1350.0	17
	4	大野寺子屋	温水型 (NO. 501)	温水	住宅	住宅暖房 (床暖房)	56.5	15
	5	岡ファーム	温風型 (NH500)	チューブ温風	ビニール・ハウス	野菜 (トマト)	432.0	13
	6	亀山温泉ホテル	温風型 (NH1000)	熱交換による温水	温泉水加温	温泉水	—	27 ⇒ 42
	7	神崎園芸園-2	温風型 (NH1000)	チューブ温風	ビニール・ハウス	花卉 (ばら)	825.0	15 ~ 17
	8	九十九重観葉園	温風型 (NH1000)	チューブ温風	ビニール・ハウス	花卉 (ウツギ、アサギなど)	583.0	15
	9	近藤いちご園	温風型 (NH1000)	チューブ温風	ビニール・ハウス	野菜 (いちご)	1113.0	8
	10	森林研究所	温水型 (NO. 501X)	熱交換による温水 (ファン温風、温風変換)	実験用 (事業所建屋)	実験用 (室内暖房)	— 0.0	— 18
	11	露崎園芸	温風型 (NH1000)	チューブ温風	ガラス・ハウス	花卉 (シクラメン)	495.0	17 ~ 18
	12	ひめはるの里	温風型 (NH500)	チューブ温風	ガラス・ハウス(温室)	室内暖房	223.0	15
	13	河野農園	温風型 (NH1000)	チューブ温風	ビニール・ハウス	野菜 (いちご)	660.0	10
	14	長谷川農園	温風型 (NH1000)	ダクト温風	ビニール・ハウス	花卉 (ポインセチア)	350.0	15
	15	三宅花卉園	温風型 (NH1000)	ダクト温風	ビニール・ハウス	花卉 (アルストメリア)	1050.0	15
	16	千葉大学-3	温風型 (NO. 301X)	—	実験用	実験用	—	—

(1) 農家のハウス暖房

農家のハウス暖房に関して、前年度のばら、シクラメン・カーネーション、有機野菜、苗床に、栽培地区や栽培方法、栽培する温度帯の異なる作物である切花、観葉植物、トマト、いちごのハウス農家をモニターに追加した。

表 4-14 農家のハウス暖房における各モニターの栽培作物、ハウス暖房面積、導入機種

作物		加温対象面積 (m <sup>2</sup> )	希望温度 (°C)	ハウス材質	機種	熱供給方法	既存の加温器	モニター名
花 卉	ばら	429	16	ビニール	NO. 1001	ダクト (温水)	重油加温器 (チューブ)	神崎ばら園
		825	15~17	ビニール	NH 1000	チューブ	重油加温器 (チューブ)	神崎ばら園
		825	17	ガラス	NH 1000	チューブ	重油加温器 (チューブ)	榎本ばら園
	シクラメン・ カーネーション	430	15~18	ビニール	NH 1000	ダクト	重油加温器 (ダクト)	緑海園芸
		660	12~18	ガラス	NH 1000	ダクト	重油加温器 (ダクト)	緑海園芸
		495	17~18	ガラス	NH 1000	ダクト	重油加温器 (ダクト)	露崎園芸
	ポインセチア	660	18	ビニール	NH 1000	チューブ	重油加温器 (ダクト)	長谷川農園
	アルストメリア	700	18	ビニール	NH 1000	チューブ	重油加温器 (ダクト)	三宅花卉園
	切花	825	15	ビニール	NH 1000	チューブ	重油加温器 (ダクト)	石井農園
	観葉植物	825	15	ビニール	NH 1000	チューブ	重油加温器 (ダクト)	九十九里観葉園
野 菜	トマト	216	13	ビニール	NH 500	チューブ	無	岡ファーム
	有機野菜	240	15	ガラス	NO. 401	ダクト (温水)	無	たがやす倶楽部
	苗床	100	10	ビニール	NO. 251	チューブ (温水)	無	てんとう虫くる くる農園
	いちご	1386	5~8	ビニール	NH 1000	チューブ	重油加温器 (ダクト)	近藤いちご園
		660	10	ビニール	NH 1000	チューブ	無	河野農園

設置に関しては、前年度の経緯を踏まえ設置の簡素化や地元業者の活用などの改善を行い、前年度 80・100 万円だった付帯設備や設置工事費を 40・50 万円に抑えることが可能であった。

丸太加熱器の設置が完了したモニターは逐次稼働を開始している。また、前年度は送風ダクトを用いた温室への温風供給を行ったが今年度は設置・メンテナンス・費用や熱利用の効率化を加味し送風チューブを用いた温風供給を重点的に行った。



図 4-109 丸太加熱器からの送風方法

代表的なモニターとして榎本ばら園、岡ファーム、神崎ばら園における丸太加熱器の利用状況について報告する。

#### 1) 榎本ばら園における重油加熱器と丸太加熱器の併用効果

榎本バラ園では、400 坪の比較的広い温室を数棟所有しており重油加熱器による暖房でバラの栽培を行っている。同サイズの 400 坪の温室で重油加熱器のみ稼働する温室と重油加熱器と丸太加熱器を併用する温室を設定し、重油の削減効果を調べた。結果、チューブにより広い 400 坪温室内を十分にあたためることができ、一晩で重油加熱器のみの稼働では 120 L の重油を消費したが、丸太加熱器の併用によって重油の消費量が 50 L に減り、重油消費量が半分以下に削減できることがわかった。

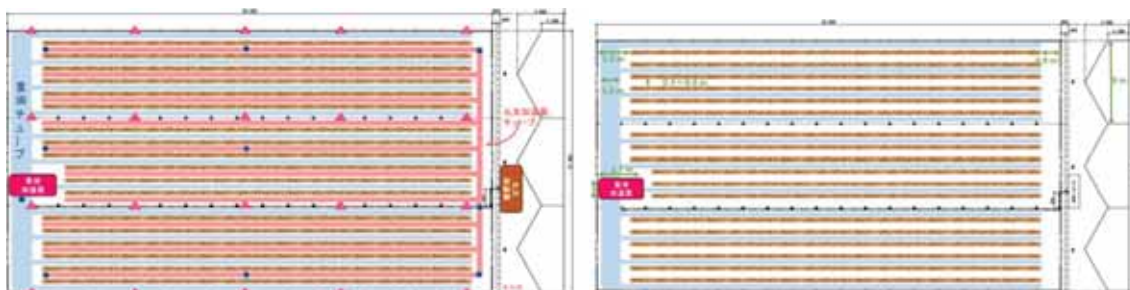


図 4-110 丸太加熱器と重油加熱器併用と重油加熱器のみの温室のチューブ配置図

## 2) 岡ファームにおける丸太加熱器の単独稼働

岡ファームでは、温風型丸太加熱器からの温風をチューブによりハウス内に供給し室温設定 13℃でトマト栽培を実施している。ある稼働日の温室内の温度と外気温度、丸太加熱器からの送風温度の変化を見ると、正午から夕方にかけて外気温度とともに温室内の温度が低下していき、設定温度まで下がると丸太加熱器が稼働し、チューブに温風が供給され始めている。その後、丸太加熱器により温風の供給が定期的に行われ、温室温度を設定温度である 13℃付近に保持できていることが確認された。また、温室内の加温は 10 分ほどでほぼ均一に加温され、温室内の素早い加温が可能であることが確認された。

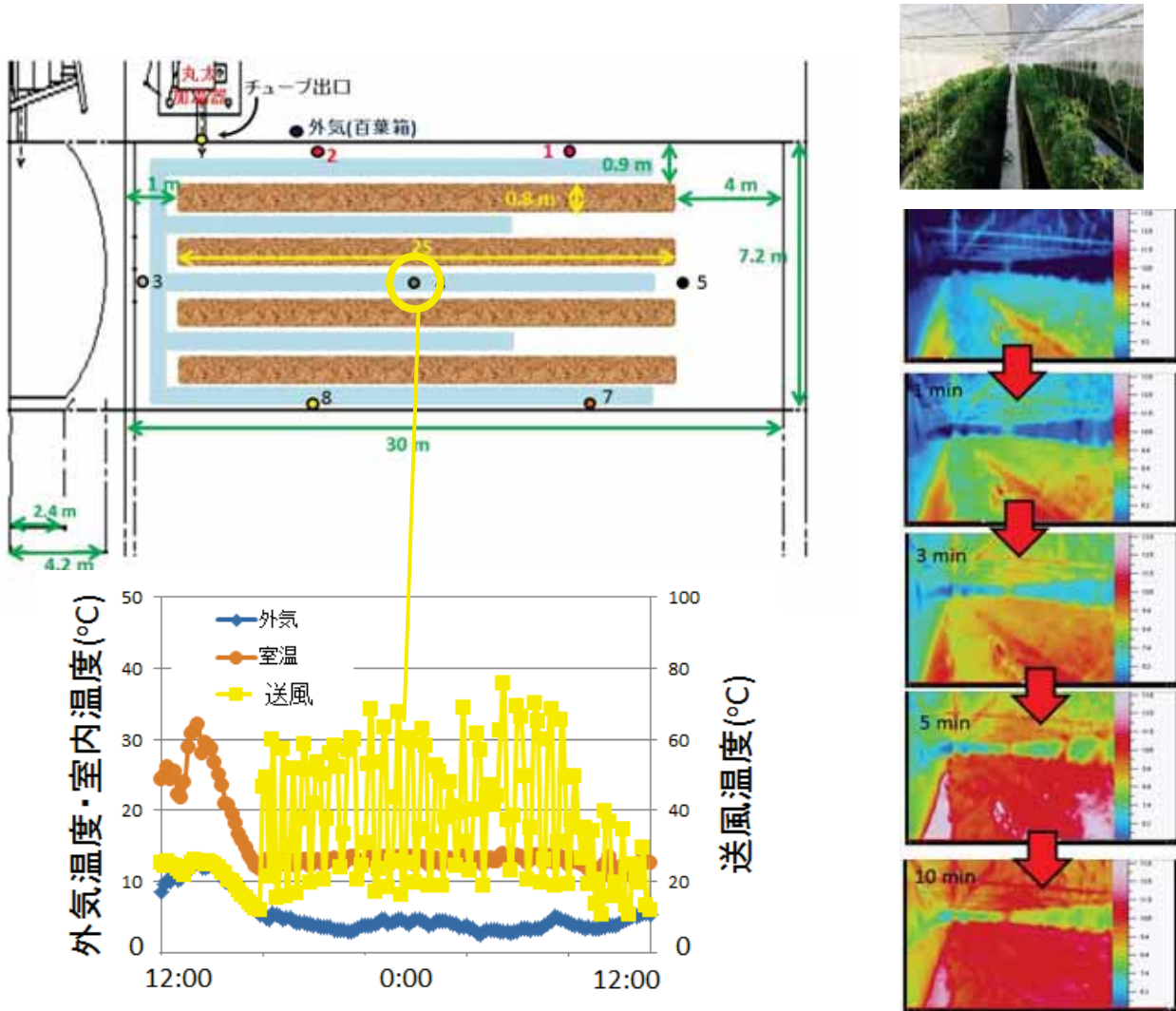
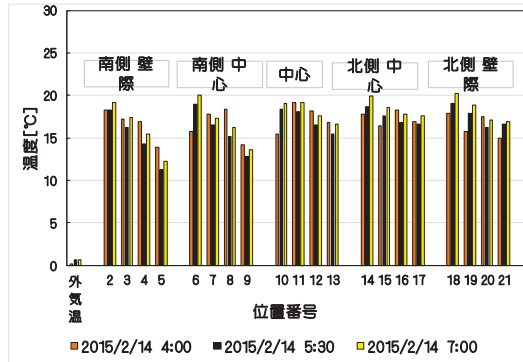
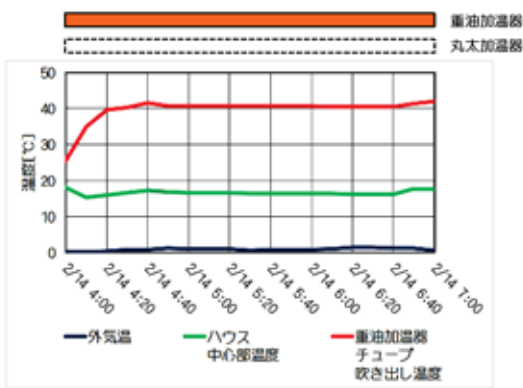


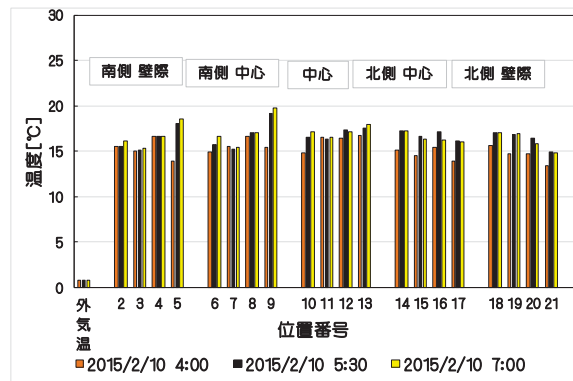
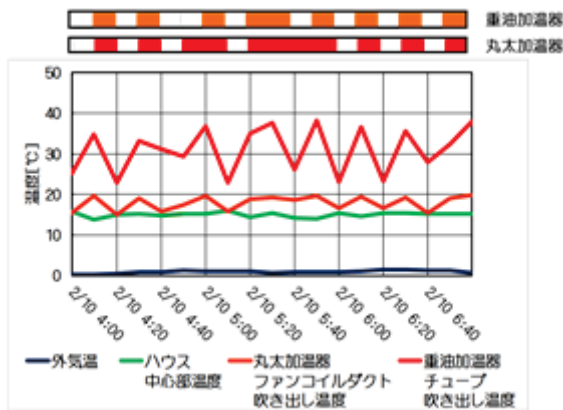
図 4-111 岡ファームの温室ハウスと温度想定機設置箇所、ハウス内の温度分布変化

### 3) 神崎ばら園における温水型と温風型の稼働状況

神崎ばら園における温水型丸太加温器の稼働状況を図に示す。外気温度がほぼ零度に近い条件において、重油加温器のみの運転では連続運転となっているが、丸太加温器が稼働した場合、重油加温器は連続運転しておらず稼働時間がかなり短縮されていることがわかった。また、丸太加温器併用の場合は壁際も含めてハウス内をほぼ均一に 15℃以上の温度を十分に確保できていることがわかった。



重油加温器のみの利用

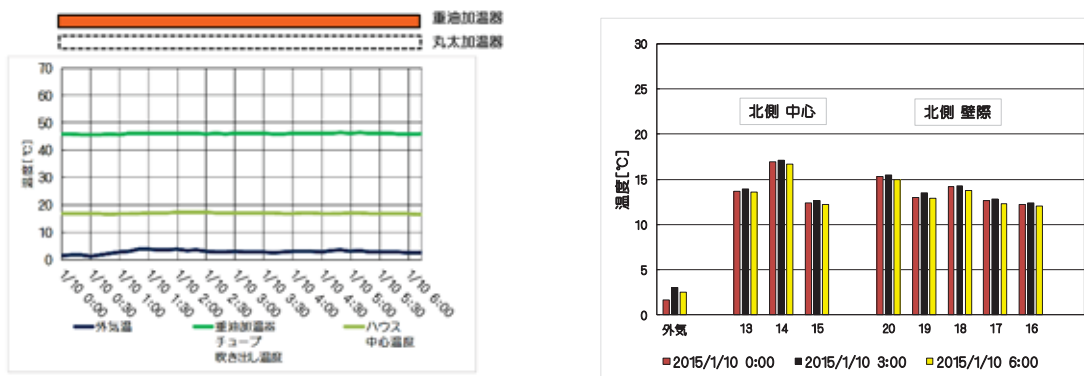


丸太加温器と重油加温器併用

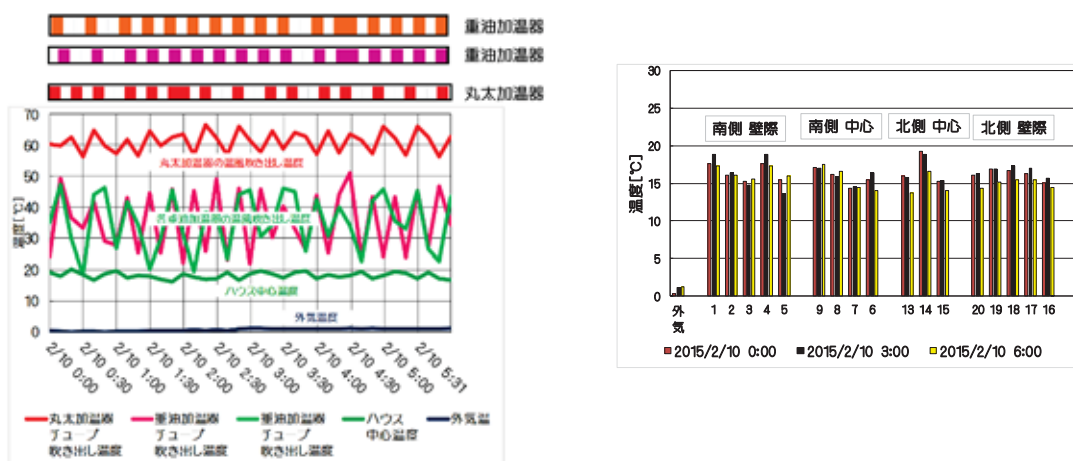
図 4-112 温水タイプ丸太加温器の稼働による温室加温効果



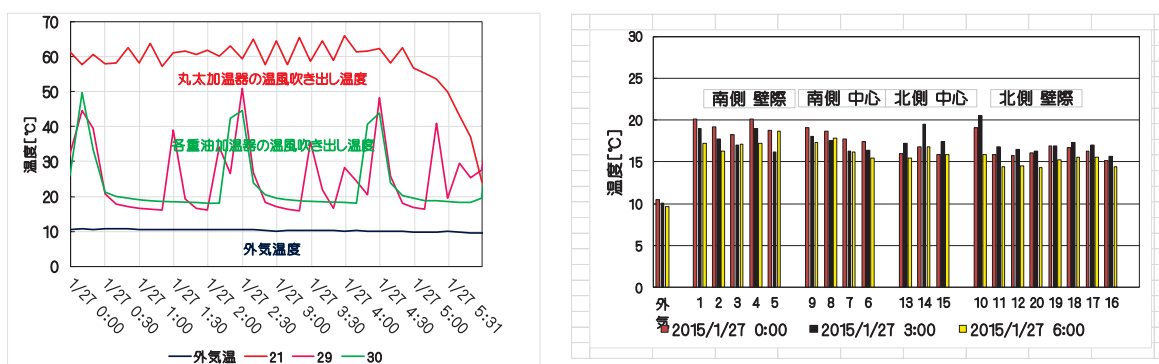
温風型丸太加温器を設置した温室では、気温が低い日に重油加温器のみが連続的に稼働した場合、目標温度は 15 °C 以上であるが、十分な確保ができておらず、温室の壁際付近では温度低下が見られた。丸太加温器と重油加温器を併用した場合、外気がほぼ零度に近い状態で推移していた寒冷な日でも、壁際も含めてハウス内をほぼ 15 °C 以上を確保できた。また、重油加温器の稼働時間がかなりに短縮できた。外気がほぼ 10 °C とかなり温暖な場合は、さらに重油加温器の稼働時間が大幅に短縮されることが確認できた。



重油加温器のみの利用



寒冷な日の丸太加温器と重油加温器の併用



温暖な日の丸太加温器と重油加温器の併用

図 4-113 温風タイプ丸太加温器の稼働による温室加温効果

## (2) 施設暖房

施設暖房に関して、前年度の室内暖房に加えて床暖房やイベント会場の暖房など新たな利用をモニターに追加した。

表 4-15 施設暖房における各モニターと導入機種

	機種	熱供給方法	既存の加温器	モニター名
床暖房	NO. 301	チューブ（温水）	石油ストーブ	大野寺子屋
イベント会場暖房	NH500	ダクト	無	ひめはるの里
室内暖房	NO. 401	ダクト（温水）	無	森の小人木工所
室内暖房	NO. 401	ダクト（温水）	無	長生倉庫

代表的な例として、床暖房に関して、温度測定器を設置し室内の温度変化の測定を実施した。加温器の温水を 50 - 60 °C で床下の配管に循環させることで、床下配管への入口温度は 40 °C 程度であるが床下配管の出口では 30 °C 程度まで下がった。また、丸太加温器の運転により床下のチューブに温水を供給することで、床が徐々に温められることが確認された。

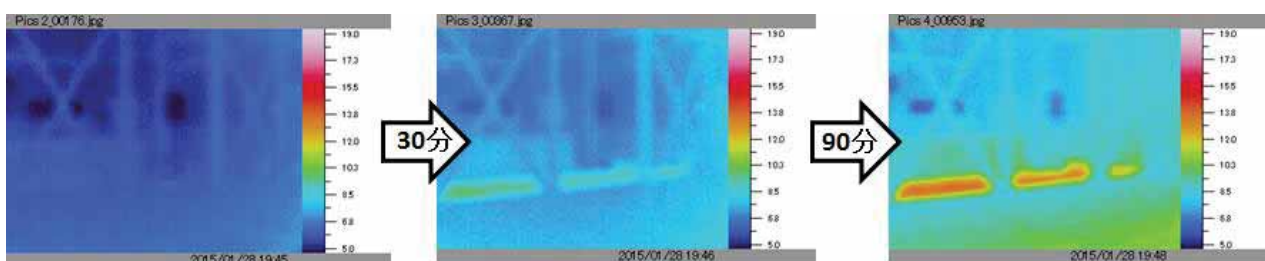
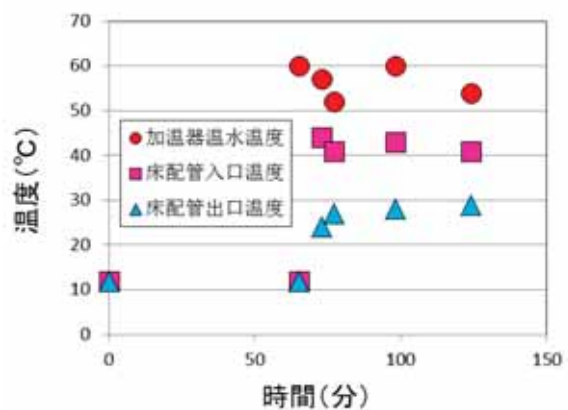


図 4-114 床暖房設置図と暖房状況

### (3) 温水利用

温水利用に関して、前年度の給湯に加えて、年間を通じた需要がある温泉・浴場への適用が可能なモニターを追加した。一般に温泉施設へのバイオマス加温器システムの設置には 1000 万円以上のコストがかかるが、本事業では本体込みで 500 万円程度の低コストで温泉の連続加温システムを構築・設置した。構築したシステムを亀山温泉で稼働し、20℃の源泉を熱交換器によりタンク内で加熱し 40℃以上の温泉水として連続供給している。

表 4-16 温水利用における各モニターと導入機種

	機種	加温対象	既存の加温器	モニター名
温泉水源泉加温	NO. 501	温泉水	プロパンガス ボイラー	亀山温泉ホテル
浴場循環水加温	NO. 501	地下水	灯油ボイラー	有野実苑オートキャンプ場
一般家庭給湯	NO. 251	水道水	ガス湯沸器	樹楽荘

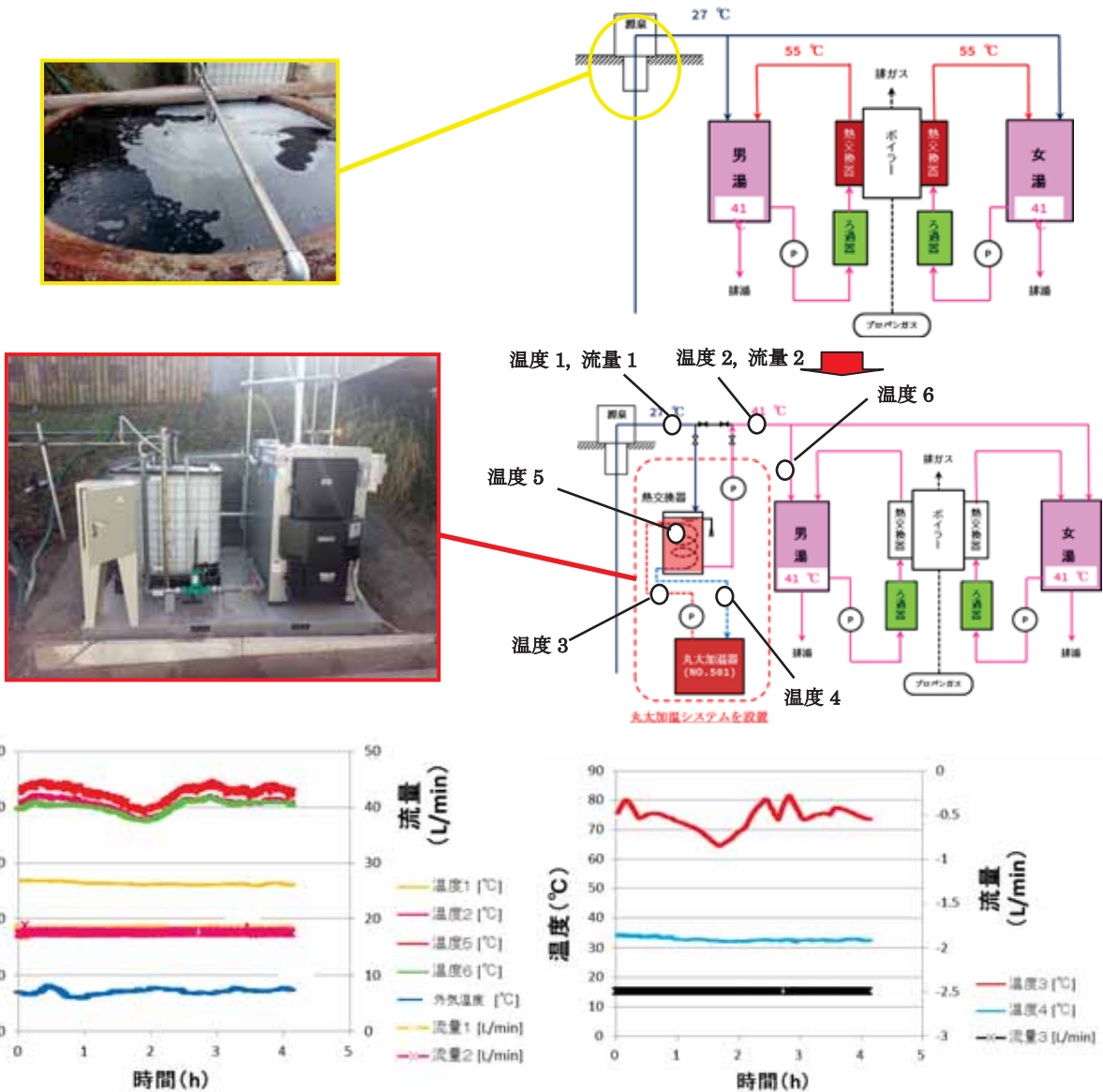


図 4-115 亀山温泉への丸太加温システムの設置フローと設置した丸太加温システム

## 4.3 まとめ

### 4.3.1 本年度の成果

今年度は16台の加温器を導入した。各モニターにおいて実証試験データの整理を進めており、現状の加温器においてまかなえる施設園芸の設定温度、温室面積、加温時間などが見えてきた。加温器の導入と並行して燃料の乾燥実験や効率的な運用を行うための試験を実施した。

### 4.3.2 課題と対策

#### (1) 課題

丸太燃料の太さ、形状、樹種により加温器の熱利用効率が異なることや対象とするモニターの条件によっては問題なく稼働する場合などが見られるため、これらの影響を整理する必要がある。また、これらの影響や年間の連続運転で生じるトラブルの対応やメンテナンス・管理の方法について整理する必要がある。

加温器の稼働時間が寒冷な夜の場合、一晩持たない場合が多いため、加温器の燃焼効率や熱利用システムの効率をあげ、寒冷な夜でも一晩持つように改善する必要がある。

煙突の形状や長さにより、すすのつまりやタールの発生などがトラブルの原因となっており、対策を行う必要がある。

#### (2) 対策

##### 1) 加温器本体の性能改善

各モニターにおいて実証試験データの整理を進めており、現状の加温器においてまかなえる施設園芸の設定温度、温室面積、加温時間などが見えてきている。次年度は、特に加温時間に焦点をあて、丸太投入量の拡大、燃焼制御による熱利用率の改善、温水・温風のハイブリッドによる性能改善などを試み、丸太加温器のみでまかなえるモニターを拡大する予定である。

##### 2) 加温機利用のシステムの改善

加温器の利用においてモニターから数点要望が上がっており、特に、不在時（丸太を投入できないとき）の稼働や停電時の対策、異常発生時の対策などが挙げられている。次年度は、これらの対策として、オプション設定として、重油補助バーナー（長期休暇対応）、非常用エンジン発電機（停電対策）、加温器システム異常発信器などを検討する予定である。また、今年度のエダクターと同様に各モニターにおける熱利用効率を向上させる付帯設備の開発も行って行く予定である。

##### 3) 丸太加温器コストの削減・普及

丸太加温器の普及のためには、本体価格、設備費用、メンテナンス費用等にかかるコストを重油加温器以下とし、コストメリットを持たせる必要がある。そのため、各モニターへの丸太加温器設置コストを整理し、さらなる削減を検討する。また、利用に最適な加温器性能やシステムを提案できるように加温方法のシュミレーターの開発を行う予定である。

さらに、今年度設置した温泉・一般暖房用途への丸太加温器の安定稼働の実証を行うとともに、新規用途の開拓（例えば、農林水産物の加工応用）などを行う予定である。

## 第5章 地域システムとしての評価

### 5.1 システム全体の評価

#### 5.1.1 システム全体の取組結果

本事業では丸太燃料の製造とエネルギー利用の大きく2つの事業に分けられる。

丸太燃料製造に関しては長生地域、山武地域と2地域でシステムを構築した。両地域は近接しているがそれぞれに特徴があり、その特徴にあったシステムの検討を行った。結果として丸太燃料の製造コストは両地域ともに目標値を下回ったため目標を達成できたといえる。前年度に実施していた作業システムを見直し、中間ストックヤードを省くなど前年度からの反省点も改善され、地域システムの完成形に近づいたと考えられる。今後は長期間にわたって丸太燃料を供給し続ける必要があり、作業地の確保や人員体制等も含めた持続的な丸太燃料製造が課題である。

エネルギー利用に関しては前年度に導入した加温器10台に加え、今年度は16台の加温器を導入した。各モニターにおいて実証試験データの整理を進めており、現状の加温器においてまかなえる施設園芸の設定温度、温室面積、加温時間などが見えてきた。加温器の導入と並行して燃料の乾燥実験や効率的な運用を行うための試験を実施した。

#### 5.1.2 丸太燃料の流通コスト評価

本年度の丸太燃料流通システム構築における目標コストは重油以下の30円/kgであったが、長生、山武の両地域でそれを大きく下回る生産コストを達成した。これは丸太燃料による農業用加温器への燃料供給が事業として成り立つことを示唆しており、本事業の目標を達成したものといえる。一方で、今回の実証試験では丸太燃料製造のための伐採から加工までの工程でのコストであり、山主調整や伐採にかかる準備等を考慮していない。事業として丸太燃料を供給するためにはそうした作業も含めた全体コストの低減が必要であり、今後の課題である。また、実際の加温器運用に際し、化石燃料に対してコストが削減できているかを実証する必要がある。経済的に丸太燃料システムが成立するかを検証することが今後の課題であると考えられる。

### 5.1.3 丸太燃料流通システムにおける環境影響評価

山武地域、長生地域での丸太生産における環境への負荷について、LCA（ライフサイクルアセスメント、環境影響評価）評価を実施した。試験時のデータを用いて温室効果ガス（GHG）排出量を把握した。また、一般的な高性能林業機械を用いた作業システムに関しては文献をもとに想定し、2地域との違いについて比較検証を行った。

対象とする範囲（システム境界）は、伐採作業から伐採木の揃（はえ）積み作業までとした。下記に評価対象ごとの作業システムと、LCA 評価の基礎データをまとめた。

表 5-1 LCA 評価対象・条件

対象製品	原木
機能単位	原木 1t 相当分
調査期間	対象により異なる
インベントリ分析	積み上げ法 原単位：LCI データベース IDEA ver.1.0.4
配分方法	重量配分



図 5-1 作業システムのフロー

各工程で使用する機械の燃料・消耗品についてフォアグラウンドデータとしてまとめた。丸太 1t あたりの生産で消費する燃料についてヒアリングをもとに計算した。大規模モデルについては、文献値を採用した。（『機械化のマネジメント』）

表 5-2 フォアグラウンドデータ一覧

分類	単位	量 (1t あたり)				
		大規模モデル	山武地域	長生地域		
インプット	伐採搬出	混合ガソリン	L	7.22E+00	1.05E+00	6.78E-01
		チェーンオイル	L	1.62E-01	3.00E-01	2.87E-01
		軽油	L	3.74E+02	8.22E-01	4.79E+00
		グリース	L	8.38E+00	—	—
アウトプット		丸太	t	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00

フォアグラウンドデータをもとに GHG 評価を行い、下記に示す温室効果ガスの影響について試算した。工程は、山武地域・長生地域での作業の特徴を考慮し、「伐倒・造材」「集材・揃積み」の 2 区分で評価した。山武・長生の 2 地域では大型の重機を使用しておらず、大規模モデルとは大幅な差がみられた。このため、便宜上対数グラフ表示とした。

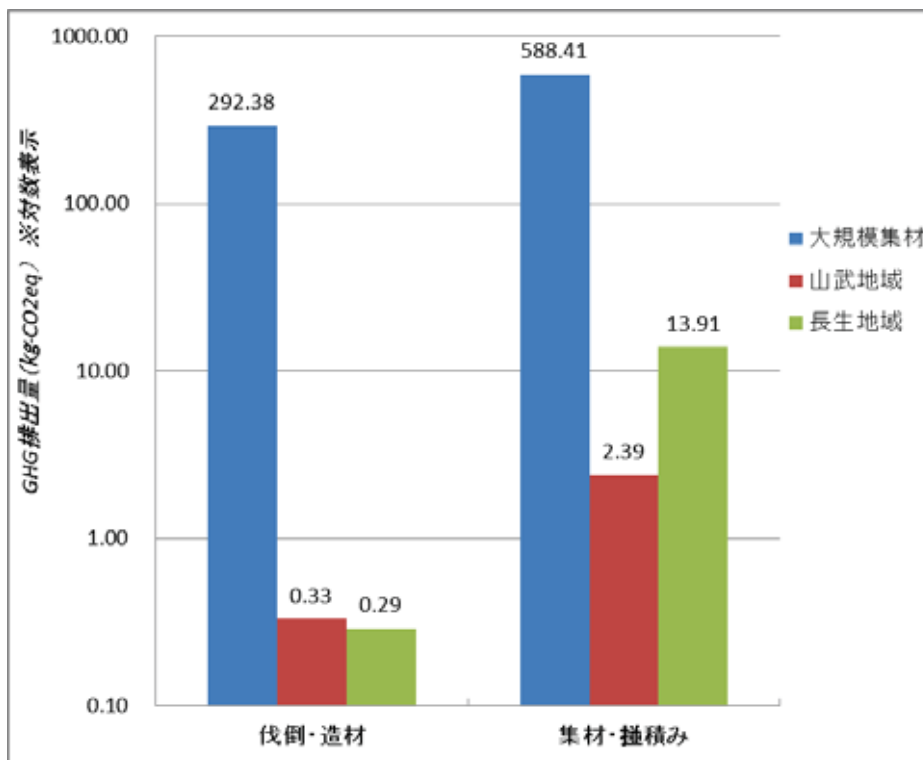


図 5-2 GHG 排出量

表 5-3 GHG 排出量

	伐倒・造材	集材・揃積み
大規模集材	292.38	588.41
山武地域	0.33	2.39
長生地域	0.29	13.91

試算結果より、山武地域・長生地域での伐採・集材作業では大規模モデルと比較して温室効果ガスの排出量は想定よりも大幅に抑制できることが明らかになった。農業用加温器でもカーボンニュートラルな燃料を使用していることから本事業全体では非常に環境負荷の小さい木質バイオマス利用モデルになると考えられる。

## 5.2 地域システム化の評価

「地域システム」としての評価を検討する際、下記のようないくつかの要件でスクリーニングを経ることが必要であり、これらの諸条件を具体化し実現・実践していく過程が地域システム化の評価に直結すると考えられる。

すでに山武地域では任意団体「森の小人」を中心に、整備した森林の空間利用による「森のウェディング」やキャンプイベント「33ギャザリング」などが行われ地域システムとして実績ある活動を行っているため、本項では長生地域で昨年9月に設立されたばかりの一般社団「もりびと」を中心に考える。

### その1. 地域特性に見合った丸太燃料流通システムの構築

長生地域では「もりびと」を中心に41名のメンバーが、山仕事の経験度・スキル、樹種等里山の特性を踏まえながら森林作業を出来るだけ人力中心に行うとともに、中間土場を省略しモニターサイトにストックヤードを設けるなど作業工程を短縮する事で生産性の向上を目指している。

一方山武地域では「森の小人」を中心に7名のメンバーが活動しており、少数ゆえに自ら改良・開発を加えた小型林業機械を使用し森作業の効率化を図っている。

このように森林の樹種(例えば長生では広葉樹が主であり、山武では杉が主となる)、傾斜度、路網密度や森林作業員の伐採や集材及び補助機械の操作習熟度といった地域の里山や人材の数等、その地域特性に見合った上流から下流に至る「丸太燃料流通システム」の構築を目指している。

### その2. 自立的・継続的な組織体制の構築

この事業では、丸太燃料を15円/kg以下として提供するとともに、丸太加温器の需要先を地域に創り出すことを目指しているが、それは同時に地元在住やIターン、Uターンの人々により、丸太燃料流通システム事業を自立的に継続していくことができるよう「地域のモデル組織」を創出することでもある。

森林や里山再生につながる「地域のモデル組織」としてこの「もりびと」を位置づけるとき、この組織が昨年9月に設立されたばかりであり、今後自立的・継続的に活動を行っていくためには安定した収益構造の確立が必須であり、それを実現する丸太燃料を中心とした商品・サービスの開発と販売の仕組みづくり、それらを効率的にしっかりと支える組織体制の確立が必要である。

そこで資金や資産の面も含めた委託事業の成果を引き継ぎ、その後の自立的活動へのスムーズな移行を図るため「もりびと」の中核となるメンバー14名が参加し『「もりびと」事業継続計画策定会議』を昨年12月、延べ2.5日をかけ実施した。

会議の目的、目標は以下のようなものである。

会議の目的：「もりびと」事業を着実に立ち上げていく為に、今何を具現化すべきか？

- 会議の目標：1. 「もりびと」の提供する商品・サービスの明確化  
2. 上記商品・サービスをきちんと提供できる組織体制  
3. 上記1,2を前提とした短期経営計画（3年）の策定



この事業継続計画策定会議の中で改めて事業領域としての森林整備、森林整備後の空間利用、丸太加温器を核とした販売・設置・メンテナンス事業等が確認され次年度以降に向けてより具体的に検討していくこととなった。



### その3. 森林所有者・農業者との信頼・合意形成

丸太燃料の集荷ターゲットとなる民有林の継続的な確保を行うためには森林所有者・農業者（小規模森林の所有者でもあり丸太加温器の見込み顧客でもある）との信頼・合意形成が欠かせない。長生や山武共にこれまでは伝手をたどって現場確保を行ってきたが、本年度は通称「まる太くんプロジェクト」のホームページや動画での情報発信及び全国農業会議所による農業参入フェア、北部林業事務所による林業事業体支援研修、山武農業事務所による山武農業フォーラム、千葉県による鉢花生産者連絡協議会研修会などへの参加を積極的に行い、「まる太くんプロジェクト」に対する宣伝・広報活動に取り組むことで森林所有者や農業者からの理解醸成や信頼・合意形成作りを目指している。

### その4. 地元自治体との連携

森林及び里山の再生・整備や地域を活性化していく施策作りの中核となる地元自治体との連携は欠かせない。特に地域の住民でもある森林所有者や農業者（将来の見込み顧客でもある）との繋がりを実現して行くためには、地元自治体の仲介は必要不可欠であり、「もりびと」や「森の小人」のような実施部隊としての活動を自治体の施策と連携し側面支援を求めていくことは森林所有者・農業者との信頼・合意形成を図る上でもとても有効なことである。この連携により、「もりびと」や「森の小人」と自治体のそれぞれ得意とする活動分野を分担できれば、極めて効率の良い活動が実現できる可能性が広がる。要は自治体の持つ「権限」と「信用」を引き出し利用させてもらうことである。

具体的には事業活動のためのファイナンス、市民ファンドの利用などを公的認証等で得易くすることや、

自治体の活動として各種専門家による委員会（例えば「もりびと」の自立支援のための事業計画の策定や事業実施のための産・官・学による支援組織）を立ち上げ無償で助言と提案を受ける仕組み作りや現場確保などの地域の合意形成、公共施設での丸太加温器の活用、小規模林業への森林整備費用の割り当てなどが考えられる。

この一環として地元自治体を含めた地域協議会の開催を3回行うと共に、長生、山武とも地元自治体担当部門と密接なコミュニケーションをとり、荒れた山林の整備や危険木の伐倒などすでに連携を取りつつある。

## その5. 地域力の向上への貢献

本事業による取り組みは、丸太燃料による丸太加温器のハウス農家や園芸施設、地域の旅館・観光施設、商業施設等への熱利用を媒介として林業と農業その他サービス産業等がより緊密に関連付けられると共に、森林や里山の価値を改めて引き出す地域のアイデアと多様な取り組みを通じた地域力の向上によって、近隣都市からの集客も可能にする事業モデルとして地域の活性化に繋がることで、持続可能な農山村の再構築の一助となる。

例えば長生地域では、「もりびと」事業継続計画策定会議の中で森林整備の結果可能となる森林空間の利用を目指し、ログハウスに滞在し丸太ストーブを愉しむ田舎暮らし体験、ツリークライミングやマウンテンバイク競技、ツリーハウスの建設やサバイバルゲーム・アスレチック場も含めた子供の遊び場づくり、森林セラピーとあわせた森林散歩イベント、クラフト作家達による森の展示イベントといったような多様な企画が提案され次年度以降に向けてより具体的に検討していくこととなった。

今後はこれら多様な取り組みに対し地元住民とのより緊密な連携と協働を深め、地域への還元（公園や福祉施設などの公共施設・公共の場への活動成果の還元、例えば里山の下刈り・雑木の伐採等による清掃・美化・安全の確保など）を重ねていくことで地元住民や自治体を含めた地域力の向上に貢献し地域の活性化を担う一翼となっていくことが地域システム化にとって重要となる。

また次年度は本事業の最終年度でもあり、上記5つの要件の進捗を定期的に確認していく為PDCAを回していくことが必要であり、実証期間終了後も地域システムとして自立し継続していくことを確実なものにしていく。

### 5.3 地域協議会の開催

千葉県山武・長生地域の市民活動団体、民間企業、行政、千葉大学により丸太利活用地域協議会を3回開催した。林業と農業の両方の関係行政機関と地域で森林再生活動を展開する市民団体と千葉大学とで、地域のバイオマスエネルギー利用を円滑に進めていくための意見交換をすることができた。

#### 第1回地域協議会

日程 : 平成26年 10月16日(木) 13:30 ~ 15:30

場所 : 長柄町役場 3階会議室

参加人数 : 計22名

表-5-4 参加機関一覧

千葉県農林総合研究センター森林研究所	NPO 法人 CHIMES
千葉県北部林業事務所 森林振興課	FMP さんむ森の小人
千葉県安房農業事務所	NPO 法人 竹もりの里
山武市わがまち活性課、バイオマス推進室	一般社団法人 もりびと
長柄町事業課産業振興班	タイセイマシナリー株式会社
長南町事業課産業振興班	千葉大学大学院 工学研究科
千葉県森林組合北総支所	株式会社 森のエネルギー研究所

#### <内容>

- ①開会
- ②会長挨拶
- ③出席者紹介
- ④事業概要説明
- ⑤成果報告と実施計画
  - (1) 25年度事業の実施内容
  - (2) 26年度実施計画
- ⑥進捗報告
  - (1) 安全講習の開催
  - (2) 丸太燃料製造の実証試験内容
  - (3) 加温器モニターの設置
  - (4) 加温器の実証試験内容
- ⑦意見交換
- ⑧閉会



<配布資料> ・議事次第 ・事業概要説明書 ・実施スケジュール  
・25年度成果報告書 ・進捗報告

## 第2回地域協議会

日程 : 平成27年 2月4日(水) 13:30 ~ 15:00  
場所 : 長生郡長南町「熊野の清水」付近の林内  
参加人数 : 計29名

表- 5-5 参加機関一覧

千葉県農林総合研究センター森林研究所	NPO 法人 CHIMES
千葉県北部林業事務所 森林振興課	FMP さんむ森の小人
山武市わがまち活性課、バイオマス推進室	NPO 法人 竹もりの里
鴨川市役所 農水商工課	たがやす倶楽部
長柄町事業課 産業振興班	亀山温泉ホテル
長南町事業課 産業振興班	一般社団法人 もりびと
千葉県長生農業事務所	千葉大学大学院 工学研究科

### <内容>

- ①開会挨拶
- ②本事業の概要説明
- ③山林作業の改善(丸太燃料の低コスト供給)について
  - (1) 長生地域の丸太燃料生産コスト調査概要
  - (2) 丸太燃料生産コストの前年度との比較
- ④山林作業見学及び質疑
  - (1) 伐採・玉切り作業
  - (2) スーパーやまびこによる集材、積み込み
- ⑤閉会

### <配布資料>

- ・ 次第
- ・ 事業概要説明書
- ・ 丸太燃料製造、流通システムのコスト検討



### 第3回地域協議会

日程 : 平成27年 3月12日(木) 15:00 ~ 16:00  
場所 : 神崎ばら園 (長生郡長柄町刑部)  
参加人数 : 計28名

表- 5-5 参加機関一覧

千葉県山武市わがまち活性課、バイオマス推進室	神崎ばら園
千葉県山武市農業事務所	岡ファーム
長生農業事務所	FMPさんむ森の小人
長柄町事業課産業振興班	NPO法人 竹もりの里
睦沢町(町会議員)	一般社団法人 もりびと
朝日新聞社	タイセイマシンナリー株式会社
読売新聞社	千葉大学大学院 工学研究科

#### <内容>

- ①開会
- ②本事業の進捗状況
- ③丸太加温器の設置及び利用状況
- ④丸太加温器(温水、温風)の見学
- ⑤質疑応答
- ⑥閉会

#### <配布資料>

- ・次第
- ・事業概要説明書
- ・丸太加温システムの設置及び利用状況



## 第6章 まとめ

### 6.1 事業の成果

今年度、目標としていた丸太燃料供給コスト 30 円/kg と丸太加温器 16 台導入の目標は達成された。

丸太燃料供給に関しては長生、山武の両地域でそれぞれの特徴を生かし、長生地域では機械コストを抑えるために可能な限り人力での作業を行い、一部機械化が有効だと思われる集材の作業で林内作業車の導入を行った。その結果、7.24 円/kg の丸太燃料供給コストを達成した。一方、山武地域では身近な機械を改良したり、簡易な機械の開発を中心に既存機械コストの低減を図り、5.88 円/kg の丸太燃料供給コストを達成した。両地域を通じて、前年度作業から作業システムの見直しや習熟度の向上もあり、飛躍的なコスト低減を達成することができた。

丸太加温器に関しては丸太燃料の乾燥実験と、16 台の加温器導入を実施した。現状の加温器においてまかなえる施設園芸の設定温度、温室面積、加温時間などが見えてきた。

### 6.2 事業の課題と対策

丸太燃料の供給に関しては下記 3 点の課題が挙げられる。

1 点目は低コスト丸太燃料生産の安定化である。実証試験では低コスト化を図るために短時間で効率的に作業を行うことで低コスト化を図ることができたが、実際には終日の作業を日々続けていく必要があり、安定的な丸太燃料供給を前提とした丸太燃料供給の低コスト化を図っていく必要がある。

2 点目は悪条件下での低コスト化の実証である。今年度は比較的作業が容易な現場での実証であったが、実際の生産現場はそういった現場ばかりではない。長生地域では広葉樹生産が、山武地域では傾斜地が想定され、実態に即した作業の実践が必要である。

3 点目は丸太燃料生産に必要な生産準備の効率化である。実際には山主調整や下刈り等の実際の生産作業以外のコストも必要になるため、そうした生産作業以外の工程の効率化も必要になると考えられる。

丸太加温器に関しては丸太燃料の太さ、形状、樹種により加温器の熱利用効率が異なることや対象とするモニターの条件によっては問題なく稼働する場合などが見られるため、これらの影響を整理する必要がある。また、これらの影響や年間の連続運転で生じるトラブルの対応やメンテナンス・管理の方法について整理する必要がある。運用に関しては加温器の稼働時間が寒冷な夜の場合、一晩持たない場合が多いため、加温器の燃焼効率や熱利用システムの効率をあげ、寒冷な夜でも一晩持つように改善する必要がある。その他、煙突の形状や長さにより、すすのつまりやタールの発生などがトラブルの原因となっており、対策を行う必要がある。こうした課題に対し、加温器本体の性能改善、運用システムの改善等を行う予定であり、下記次年度計画に示す。

### 6.3 次年度の計画

- ・丸太燃料コスト低減

丸太燃料コスト 15 円/kg 以下の一般化、安定化の達成を目指して、長生地域では主に広葉樹（雑木）燃料の 15 円/kg 達成を、山武地域では針葉樹（スギ）の低コスト作業方法の一般化の達成をそれぞれ目標とする。具体的には、週単位の連続作業、より困難な作業エリア等での低コスト化の達成、生産性向上のための新規小型林業機械の試作・試験を行う。

- ・丸太加温器の利用システム

施設園芸用途では、丸太加温特性を生かした加温方法の最適化、ハウス加温シミュレータによる最適設計、温泉・一般暖房向け用途では安定稼働の実証、さらに農林水産物の乾燥、調理等への加工応用の検討を行うことにより、丸太燃料流通地域システムの継続・拡大のためのユーザーフレンドリーなシステムの達成を目指す。

LCA 手法に基づきインベントリ分析、エネルギー収支分析を行うとともに、丸太燃料利用によるシステム全体の CO<sub>2</sub> 削減効果を評価する。

- ・丸太加温器の改良・改善

加温器本体では、丸太投入容量の拡大、温風・温水ハイブリット器の試作・試験を実施することにより、昼夜燃料無補給稼働と温風・温水の同時使用等を可能とする。さらに年末年始、連休等に数日間燃料の補給無で熱供給可能な補助重油バーナーシステム、停電対策として非常用エンジン発電機、加温器システム異常時に携帯端末等へ緊急信号を送る加温器システム異常発信器等の試作・試験を行い、これらを廉価なオプションとして設定できるよう進める。

- ・地域システム化

長生・山武地域では技術的、経済的自立運用の実証を行い、丸太燃料流通システムの技術的な課題の解決とともに、全体システムの経済性の検証、ならびに事業組織としての人的な面からの成熟度を向上させる。

さらに、県内外の他地域での地域システム波及可能性の検討を行う。技術的には、特に寒冷地域での稼働温度域の差異、各地域に適した樹種及び燃料形態などへの対応等が課題となる。技術面以外では、各地域の地域特性への合致が重要となる。以上に関して具体的に検討を進めることにより、他地域への波及のための課題や条件等を明確化する。

# 参考資料

1. 平成 25 年度の取組み概要
2. モニターさんからの声
3. 実証試験記録用紙の様式
4. 安全講習
5. 用語集



## 1. 平成 25 年度の取組み概要

本事業は「都市近郊小規模森林の再生と地域活性化のための丸太燃料流通システムの構築」を目指し、千葉県東部に位置する山武地域、長生地域の二つの地域において、山武市、長柄町の二拠点で実施した。山武地域はサンブスギを生産してきた林業地域、長生地域は一般的な都市近郊森林をもつ地域であり、両地域は異なる地域性を持つが双方とも長引く木材価格の低迷から、若い担い手の不足と森林所有者の高齢化により森林の荒廃が進んでいる。本事業では、両地域で活動する市民団体が、自ら扱える機材や技術を使って、森林整備、運搬、燃料加工、配送を担い、丸太燃料利用設備への丸太燃料供給体制を整備した。

本事業で導入するバイオマスエネルギー利用設備とは、間伐材等を長さ数 10cm ～ 1 m の丸太のまま燃料利用が可能な、自動で温度管理ができる木質バイオマス暖房器である。主に温室等の施設の暖房・給湯に利用でき、燃焼熱で空気を温める温風タイプと水を温める温水タイプの 2 タイプがある。平成 25 年度は、花き農家の温室に 3 台、野菜農家の温室に 2 台、事業所に 1 台、住宅に 1 台、倉庫に 1 台、千葉大学に 2 台の計 10 台設置した。



以下の項目を実施した。

### 1 未利用間伐材等の木質バイオマスの効率的な搬出、運搬方法の検討

熱供給施設への木質バイオマスの供給について、地域住民が自ら行える方法の検討と体制を整備し、搬出・運搬効率を検証した。

### 2 未利用間伐材等の木質バイオマスの効率的な加工方法の検討

燃料の形状は丸太とし、集材した未利用間伐材を丸太燃料として利用するための乾燥・加工などの製造プロセスの効率化の検討を行った。また、丸太燃料利用設備までの配送における基礎データを収集した。

### 3 丸太燃料利用設備の整備

木質バイオマス熱供給機材等の設置を実施した。また、設置した丸太加温器の稼働状況について検証した。

### 4 原木の放射能測定

千葉県の調理用薪の指針である 40 Bq/kg (乾重量) より少ないことを確認した。

## 2. モニターさんからの声

### 【燃料としてのバイオマス利用について】

- ・重油価格は変動するが、丸太加温器の燃料丸太の価格は変動しない。もし変動しても事前に設定できる。この点で丸太加温器の利用は鉢花のコストが事前に計算できて計画生産が行え、経営的に大きなメリットと言える。
- ・切捨材を見かけることが多くなり、山林の荒廃が気になっていたが、これをバイオマスということで利用できるなら、素晴らしいことである。
- ・現在、モニターとして丸太燃料の提供を得ているが、事業後は近隣から不要な丸太が集まるだろう。しかし、それだけでは不足するので、継続的な丸太燃料の提供を願いたい。
- ・有機栽培を行っているが、その栽培過程に多くの重油を燃料として利用してハウスを加温することに少々抵抗感を持っていた。それをバイオマスで加温できることはうれしい限りである。

### 【バイオマス燃料加温器について】

- ・現在利用しているハウスでは、あと 2、3 時間燃焼時間が増えれば、1 晩中燃えている状態になる。もう少し燃焼時間が増えるように丸太燃料の工夫や加温器の改良を望む。
- ・現在ハウス内に、室内の温度コントローラがあるが、それを加温器のそばで室内の温度コントロールができると良い。
- ・今は 1 日に 2 回（17 時、21 時）、丸太を投入して朝まで加温しているが、それを 1 回の投入で朝まで持つとよい。

### 【加温器へ燃料丸太の投入作業について】

- ・丸太を加温器に投入する手間は、これがいくらの重油の節減に相当すると思えば、そう大変ではない。
- ・丸太を投入することは最初からそんなに負担と感じてない。今は慣れた。

### 3. 実証試験記録用紙の様式

#### 【丸太燃料製造等作業】

26年度丸太君プロジェクト作業日報

天気 \_\_\_\_\_

氏名	月	日	作業場所	直行・直帰								
実働時間	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
作業内容												
作業名	①移動(現場往復) ②作業準備 ③草刈り(刈り払い機を使用しての下草刈り) ④枯木・つる・小径木処理(オノ・手ノコ・チェーンソーを使つての処理) ⑤倒木処理(玉切り・移動含) ⑥危険木(かかり木)処理(玉切り・移動含) ⑦ゴミ(不法投棄)処理 ⑧伐倒 ⑨枝切り ⑩玉切り ⑪木寄せ [一人で連続で行つた場合、その割合(%)をおおまかに記入] ⑫集材(積み込みまで) ⑬輸送 ⑭積み下ろし ⑮片づけ ⑯保守点検 ⑰軽架線設置 ⑱軽架線撤収 ⑲加工 ⑳配達 ㉑その他											
	[作業メモ/今日の発見] 現場の状況や作業の難易度、うまいやり方、大変だったこと、報告が必要なこと、皆で共有しておくことなど 作業中に気づいたことを自由に記入してください。											
リーダー記入	今日の作業量(おおよその面積・伐倒数・kg・台・etc)											

#### 【加温器モニター記録】

日付: 年 月 日

#### <モニター記録>

温度(℃)	外気温度(℃)	
	室内温度(℃)	
	設定温度(℃)	
加温対象の設定温度(℃)		
丸太投入量(kg)		
丸太暖房機稼動状況	開始時間	
	終了時間	
終了後の炉内状況		
既存熱源の稼動状況		
電気メーター(丸太暖房機)	開始前	
	稼動後	
電気メーター(既存暖房機)	開始前	
	稼動後	
燃油メーター(既存暖房機)	開始前	
	稼動後	

#### 4. 安全講習

##### 【特別教育】

車両系林業機械特別教育講習会

実施日	平成26年8月20日、21日
受講者数	11名
内容	伐木等機械の運転の業務
	走行集材機械の運転の業務
	簡易架線集材装置等の運転の業務

立木の伐採等の業務および刈払機取扱い作業者に対する安全衛生教育

No	月 日	内 容	参加人数
1	6月28、29日	胸高直径が70cm以上の立木の伐採等の業務に係る特別教育第一回	20
2	7月19日	胸高直径が70cm以上の立木の伐採等の業務に係る特別教育第二回	10
3	9月6日	胸高直径が70cm以上の立木の伐採等の業務に係る特別教育第三回	3
4	6月22日	刈払機取扱い作業者に対する安全衛生教育第一回	8
5	7月6日	刈払機取扱い作業者に対する安全衛生教育第二回	4
6	8月10日	刈払機取扱い作業者に対する安全衛生教育第三回	5

##### 【自主安全講習会】

スキルアップ研修

No	月 日	内 容
1	9月21日	チェンソー・チルホール
2	9月28日	ポータブルウィンチ
3	10月4日	刈払機・手ノコ・ナタ
4	10月11日	刈払機・手ノコ・ナタ
5	10月18日	チェンソー・手ノコ・ナタ
6	10月25日	チェンソー・手ノコ・ナタ
7	11月8日	チェンソー
8	11月29日	チェンソー
9	12月6日	チェンソー
10	H27年1月31日	ロープワーク

※ 参加者は5人以内とし、個人指導を行う。

【自主安全講習の写真】



チェーンソー講習（座学）



受け口作り



クサビを打ち込んでの伐倒



玉切り



チェーンソーの整備



刈払機講習 座学



刈払機実習



刈払機の整備

## 5. 用語集

本用語集は、本委託事業内で使用する用語の意味を明確にする目的でまとめた。一般的に使用されている用語に対しても必要に応じて掲載した。なお、説明中の(\*)印はこの用語集の中で説明している用語である。また、本委託事業として提案しているシステム概念をまとめ、参考として最後に示した（図-4）。

受け口（うけくち）：立木を伐採する際に入れる切れ込み。立木に対して受け口をどの方向に入れるかによって、伐倒(\*)の方向が定まる。

エダクター：二種類の流体の一方を噴流とし、他方をその噴流に吸引させて混合し第三の流体とする装置のこと（エジェクターと呼ぶこともある）。原理を図-1 に示す。流体を噴流としてノズルから噴出させるとその噴流自体は周囲よりも圧力が下がるので、この原理を利用すると噴流の周囲の流体を噴流に吸引させて混合することができる。本委託事業では、丸太加温器からの温風の温度が必要以上に高くなる場合、温風の吹き出し部分（ダクト(\*)）に図-2 のような構造のエダクターを取り付けて、温風に周囲の空気を吸引・混合させることによって、温風の温度を下げるとともに風量を上げる効果を期待した。図-3 は実際に取り付けた状況を示す。

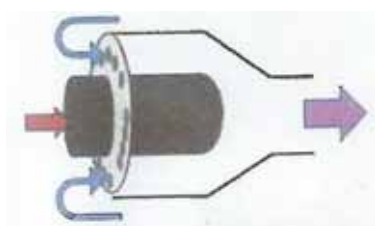
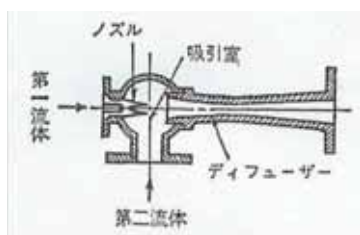


図-1 エダクターの原理図      図-2 今回採用したエダクターの模式図      図-3 実際に取り付けた状況

エネルギー利用システム：本委託事業における丸太燃料流通システム(\*)の個別システム（サブシステム）のひとつとして、丸太燃料(\*)を乾燥させて丸太加温器(\*)で燃焼することにより熱を得て加温に利用するまでの範囲を「エネルギー利用システム」と呼んでいる。

かかり木（かかりぎ）：伐採(\*)した木が倒れずに、隣の木など障害物に引っ掛ってしまうこと。伐倒作業にとっては、危険な状態となることが多く、一般的には伐倒に要する時間が長くなってしまう。

加工（かこう）：本委託事業の中では、原木(\*)を概ね 50cm 以下に玉切り(\*)して丸太燃料(\*)を製造することを指す。

加工システム（かこうしすてむ）：本委託事業における丸太燃料流通システム(\*)の個別システム（サブシステム）のひとつとして、丸太原木(\*)をモニターサイトで丸太燃料(\*)へ加工(\*)してストックするまでの範

囲を「加工システム」と呼んでいる。

含水率（ がんすいりつ ）： 材料の含有する水分の量の割合を表示したもの。本委託事業では、丸太(\*)が含む水分の割合を重量基準の含水率で表示している。表示のし方には、水分をまったく含まない絶乾状態の材料を基準として水分の割合を表す乾量基準の含水率（ 本委託事業では [% d.b.] と表記 ）と、水分を含む材料中の水分の割合を表す湿量基準の含水率（ 本委託事業では [% w.b.] と表記 ）のふたつの表示方法がある。水分をまったく含まない（ 絶乾状態の ）丸太(\*) 100 [g] が 25 [g] の水分を含むとすると、乾量基準では  $(25 / 100) \times 100 = 25$  [% d.b.]、湿量基準では  $(25 / (100 + 25)) \times 100 = 20$  [% w.b.] となる。

魚骨状列状間伐（ ぎょこつじょうれつじょうかんばつ ）： 残存木を傷つけないため、索道(\*)に対し、集材(\*)方向をやや斜めにして行う列状間伐(\*)のこと（ p.57 の図を参照 ）。

軽トラウインチ（ けいとらういんち ）： 本委託事業内で開発した特製のワイヤードラムを軽トラックの動輪である後輪（ 4WD 車またはFR 車の後輪で、前輪は操舵機能があるために使えない ）に設置して集材ウインチとして利用する際の機械の呼称。

原木（ げんぼく ）： 製材される前の伐採(\*)した状態の木材。本委託事業では、集材(\*)前の状態を原木と呼ぶことにする。丸太原木(\*)と呼ぶこともある。

索道（ さくどう ）： 一般には空中を渡したロープに吊り下げた輸送用機器に、人や貨物を乗せて輸送を行う交通機関である。本委託事業では、軽架線を用いて集材(\*)し搬送する手段を指す。

サンプスギ： 山武地域において 250 年以上前からその造林技術とともに受け継がれて育てられてきた挿し木スギの一品種(クローン)を指す。カタカナでサンプスギと表記されており、その他で表記されるスギ(山武杉、さんぶ杉など)とは区別されている。成長が早い、木目などが縦に真っ直ぐ通る通直性があり断面は真円に近い、心材が淡紅色で美しい、花粉をほとんど着けないなどの多くの特徴を持っている。その優秀な性質を活かして建築材、建具材、船材などとして使われてきた。病虫害に対する抵抗性はあるものの、スギ非赤枯性溝腐病に弱く、山武市では約 85%の林分が罹病しているとの調査がある。

治具（ じぐ ）： 本委託事業の中では、主にチェーンソーで原木(\*)を玉切り(\*)して丸太燃料(\*)を製造する際に原木(\*)を固定して支持する道具を指す。

集荷システム（ 集荷システム ）： 本委託事業における丸太燃料流通システム(\*)の個別システム（ サブシステム ）のひとつとして、都市近郊の小規模森林から丸太原木を伐採(\*)・集材(\*)・玉切り(\*)・搬出・モニターサイトへの配送(\*)するまでの範囲を「集荷システム」と呼んでいる。

集材（ しゅうざい ）： 伐木(\*)・造材(\*)されて伐採地に散在する材を、配送が容易なように作業道脇に集める

こと。本委託事業では、伐採された原木を配送のためのトラックなどに積み込む場所まで移動することを指す。

スギノアカネトラカミキリ：穿孔性害虫と呼ばれるスギ、ヒノキの立木を加害する害虫のひとつで、通称「スギカミキリ」と呼ばれている。樹皮下にもぐり内樹皮や木部を加害するので材質を著しく低下させる。外観からの食害の判別は困難なため対応が非常に厄介であるが、現状では被害が急速に広がりつつある。

ストックヤード：本委託事業の中では、原木(\*)を一時的に集積しておく場所で、山土場(\*)と中間土場(\*)を総称する。

スーパーやまびこ：林業の現場における集材(\*)を目的として製造された自走用機械の商品名。ウインチと木材積載部を備えており、集材(\*)や積み込み(\*)の工程で使用する。本委託事業で使用する林内作業車とは、主に商品名「スーパーやまびこ」と呼ばれるものを指す。

繊維飽和点（せんいほうわてん）：木材に含まれる水分は、細胞壁内にある結合水と細胞内腔(ないこう)や細胞壁と細胞壁の間にある自由水に区別できる。乾燥工程においては自由水から蒸発が始まる。自由水を完全に消失し結合水のみを残す状態を「繊維飽和点」という。多くの樹種で繊維飽和点における含水率は30[%w.b.]程度である。

造材（ぞうざい）：伐採(\*)した樹木の枝を払い、木材の用途に応じた長さに玉切ること。本委託事業では、造材は伐採(\*)に含めることとする。

ダクト：本委託事業では、農家の温室（ハウス）に丸太加温器(\*)から温風を送り込むときの温風の出口が金属の筒の場合に「ダクト」と呼ぶ。

玉切り（たまぎり）：原木(\*)を一定の長さの材に切ること。一般に造材(\*)とも言われるが、本委託事業では玉切りと呼ぶことにする。

中間土場（ちゅうかんどば）：伐採(\*)現場から原木(\*)を運搬し、一時的に集積しておく場所。本委託事業では、山土場(\*)と比較して乾燥の工程をも考慮して風通しがよく、広い場所が確保できる地点が望ましいとして場所を選定している。

チューブ：本委託事業では、農家の温室（ハウス）に丸太加温器(\*)から温風を送り込むときの温風の供給配管が有機材料（ビニールやポリエチレンなど）のシートで作られた筒の場合、これを「チューブ」と呼ぶ。

積み込み（つみこみ）：本委託事業内では、原木(\*)や丸太燃料(\*)を配送のためのトラックに積み込むことを指す。



手集材（てしゅうざい）：伐採(\*)後、林内に散在した材の人力による収集作業。本委託事業では、人力のみによる集材作業を指す。

データロガー：各種の測定対象（温度、湿度、速度、圧力など）を計測してデータ化した結果を記録することができる装置や機能のことである。本委託事業では、例えばモニターとなっていた農家のハウス内の多くの計測点の温度データを電子的に記録し蓄積・保存する装置や、燃焼実験においては丸太加熱器の多くの部位に取り付けた温度や流量のセンサーが測定したデータを電子的に記録し蓄積・保存する装置をデータロガーと呼ぶ。

土佐の森方式の軽架線システム（とさのもりほうしきのけいかせんしすてむ）：森林所有者や森林ボランティアを主体として副業的に間伐材(\*)、林地残材を収集・運搬するために開発されたシステム。必要な機材としてはチェーンソー等の伐採(\*)に必要な軽機材以外に130万円程度の林内作業車(\*)と20万円の「土佐の森方式 軽架線キット」、軽トラック等の搬出用車両であり、初期投資が小さく参入しやすい。地域通貨システムを組み合わせ活用するケースが多く、地域活性化に繋がるシステムとして国内で採用されることが多かった。

トビ：先端にL字のとがった鉄が棒についている道具。主に木をひっかけて手で移動させるときに使用する。本委託事業では、集材工程で使用する。

配送（はいそう）：本委託事業では、原木(\*)または丸太燃料(\*)を伐採地(\*)からストックヤード(\*)または需要先に運搬することを指す。

揃積み（はえづみ）：原木(\*)や玉切り(\*)した丸太(\*)を山土場(\*)や貯木場に積み上げる方式のひとつ。一段目を並列に並べほぼ正方形とし、その上に直角方向に次の段を並べ、それを繰り返して積み上げる。

伐採（ばっさい）：森林の木を伐り倒すことで、通常は丸太(\*)を生産する行為をいう。本委託事業では、立木の伐倒(\*)に要する事前の作業から集材(\*)を行うまでの間の作業を指す。

伐倒（ばっとう）：立木を切り倒す作業のこと。伐木(\*)ともいう。

伐木（ばつぼく）：立木を切り倒す作業のこと。伐倒(\*)ともいう。または、伐倒(\*)された木のことを指す。

搬器（はんき）：軽架線(\*)の索道(\*)において設置して材を運搬するための装置。

ハンドウインチ：本委託事業内で開発したロープと組み合わせて伐倒の際の牽引に使用する機材。安価で強い牽引力を発生させることができる。伐倒(\*)の際に人力によるウインチでロープを巻き取るが、そのロープを巻き取る方向によって伐倒(\*)方向を定めることができる。この方法により伐倒(\*)方向を誘導することができる。

るので、かかり木(\*)を減らすことができる。

フォアグラウンドデータ：LCA (Life Cycle Assessment) (\*) 実施者が直接収集・測定可能な素材やエネルギーの使用量や製品の生産量などのデータで、調査対象の製品やサービスに直接的に関与するデータのこと。

フォークグラップル：機体の油圧を利用した油圧シリンダーによって動く一対以上の爪（フォーク）を持ち、木材を掴んで移動させたり積み上げたり分別することができる油圧ショベルのアタッチメント。油圧ショベルとは独立に油圧シリンダーを持ち、手首のようなねじれ（回転）運動ができるので、油圧ショベル自身の移動にはあまり頼らずに作業ができる。森林作業での使用において効率的な作業が可能となる。一般的には、車両系建設機械の油圧ショベルに装着して家屋の解体、廃棄物の分別などに使用される。

付属設備（ふぞくせつび）：本委託事業では、丸太加温器(\*)を用いた丸太加温システム(\*)において、丸太加温器(\*)本体を除く丸太加温器(\*)を単独で稼働させるために必要な範囲の設備を「付属設備」と呼ぶ。丸太加温器(\*)の付属設備としては、ファンを駆動するための電気設備、排煙に必要な煙突、温水型で必要となる水の供給・排水設備などである。例えば加温対象となる農家のハウスの中のダクト(\*)やチューブ(\*)は丸太加温器(\*)とともに構成される丸太加温システム(\*)の構成要素であり、これは付帯設備(\*)と呼ぶ。

付帯設備（ふたいせつび）：本委託事業では、丸太加温器(\*)を用いた丸太加温システム(\*)において、丸太加温器本体(\*)と丸太加温器(\*)を単独で稼働させるために必要な範囲の設備（付属設備(\*)）を除いた丸太加温システム(\*)を構成するために必要な要素設備を「付帯設備」と呼ぶ。例えば加温対象となる農家のハウスの中のダクト(\*)やチューブ(\*)は丸太加温器(\*)とともに構成される丸太加温システム(\*)の構成要素であり、これらを「付帯設備」と呼ぶ。

辺材（へんざい）：木材の樹皮の直下の部分（丸太の横断面で見るときの周辺部）をいう。木材は大きく分けて表面を覆っている樹皮、樹皮の直下を構成する辺材、中心部を構成する心材から成る。辺材の色は淡くて白に近いことから白太（しらた）とも呼ばれ、心材に比較して含水率が高く柔らかい。心材は赤みがかっており、赤身とも呼ばれる。

ポータブルウインチ：本委託事業の中では、繊維ロープと組み合わせて伐倒(\*)や集材(\*)の際の牽引に使用する可搬型繊維ロープ用動力ウインチ。

本体設置（ほんたいせつち）：本委託事業の中では、丸太加温器(\*)本体を設置する場所の整地と丸太加温器(\*)本体の設置までのことを指す。

丸太（まるた）：樹木を切り倒して枝を取り除き、円柱状に切り出した状態の原木(\*)のこと。丸太原木(\*)とも呼ぶ。

丸太加温器（まるたかおんき）：木質バイオマスを燃料として熱を利用する機器は、薪ストーブ、ペレットストーブ、チップボイラー、薪暖房機などと呼ばれているが、丸太(\*)を燃料（丸太燃料(\*)）として燃やし、その熱を温風や温水として取り出す本委託事業で使用する燃焼装置を「丸太加温器」と呼んでいる。

丸太加温システム（まるたかおんしすてむ）：本委託事業では、丸太加温器(\*)を用いて丸太(\*)を燃料（丸太燃料(\*)）として燃焼することにより熱を温風や温水という形態で取り出し、農家のハウスの加温、施設の暖房、住宅の床暖房、温泉水や浴用水の加温などに用いる加温システムを構築して、実証試験を行っている。この丸太加温器(\*)を用いた加温システムを、本委託事業では「丸太加温システム」と呼ぶ。この丸太加温システムにモニターサイトにおける丸太燃料(\*)の乾燥工程を加えた範囲を、丸太燃料流通システム(\*)の中の個別システム（サブシステム）としてエネルギー利用システム(\*)と呼んでいる。

丸太原木（まるたげんぼく）：製材される前の伐採(\*)した状態の木材。本委託事業では、集材(\*)前の状態を丸太原木と呼ぶことにする。単に原木(\*)と呼ぶこともある。

丸太燃料（まるたねんりょう）：本委託事業の中では、丸太を玉切り(\*)にするだけで燃料として利用するときの玉切り(\*)された丸太を「丸太燃料」と呼ぶ。丸太加温器(\*)の燃料である。

丸太燃料流通システム（まるたねんりょうりゅうつうしすてむ）：本委託事業では、都市近郊の小規模森林から丸太原木を伐採(\*)・集材(\*)・玉切り(\*)・搬出・モニターサイトへの配送(\*)を行い（集荷システム(\*)）、モニターサイトで丸太燃料(\*)への加工(\*)を施してストックし（加工システム(\*)）、丸太燃料(\*)を乾燥させて丸太加温器(\*)で燃焼することにより熱を得て加温に利用する（エネルギー利用システム(\*)）までを「丸太燃料流通システム」と呼んでいる。

溝腐病（みぞくされびょう）：サンブスギ(\*)が罹患しやすいのは一般的な溝腐病とは異なり、病原体が担子菌に属するチャアナタケモドキ（*Phellinus punctatus*）である非赤枯性溝腐病である。この病気による被害は、千葉県と茨城県の一部に限られている。しかし、症状は赤枯病菌（*Cercospora sequoia*）による一般的な溝腐病と同じで、木の幹に縦長の溝が形成されて凹凸が目立ちはじめ、さらに溝が発達すると幹がねじれて奇形になる。山武市では約 85%の林分が罹病しているとの調査がある。

林道（りんどう）：森林内の作業や移動のために敷設される作業専用の道路。森林作業以外にも使用される場合は公道扱いとなる。

林内作業車（りんないさぎょうしゃ）：林業の現場における集材(\*)を目的として製造された自走用機械のこと。本委託事業で使用する林内作業車とは、ウインチと木材積載部を備えており集材(\*)や積み込み(\*)の工程で使用するものを指す。本委託事業では、主に商品名「スーパーやまびこ」と呼ばれる林内作業車を指し、「林内作業車」と表記する。

林分（りんぶん）：樹木の種類・樹齢・生育状態などがほぼ一様で、隣接する森林とは明らかに区別がつくひと

まとまりの森林。

路網（ろもう）：林道(\*)の森林内での網目状の展開状態を指す。

路網密度（ろもうみつど）：施業を効率的に行うための施設である路網(\*)が ha あたりにどの程度の長さが敷設されているのかを示す指標。[m/ha] という単位で表現する。

山土場（やまどぼ）：伐採(\*)現場周辺で原木(\*)を一時的に集積しておく場所。集積しておく期間は、燃料としての劣化を防ぐために可能な限り短くすることが一般的である。

ATV：一般的には、全地形対応車（All Terrain Vehicle）のことで、不整地を含む様々な地形を進むことのできる原動機付きの車両である。日本ではバギーとも称されている。本委託事業の中では、森林の中に入って集材作業を行う原動機付きの車両を指す。

ATV ウインチ：ATV(\*)の後軸に本委託事業内で開発した特製のワイヤードラムを設置し、集材ウインチとして利用する際の機械の呼称。

GHG（Greenhouse Gas；温室効果ガス）：大気圏内にあって、地表から放射された赤外線の一部を吸収することにより温室効果をもたらす気体の総称。本委託事業では、丸太燃料流通システムを対象として LCA（\*）を実施したが、GHG（温室効果ガス）を二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）ガス相当量に換算した発生量を評価指標とした。

LCA（Life Cycle Assessment；環境影響評価）：個別の商品について、資源の採取から製造、輸送、使用、廃棄などの全ての段階における環境影響を定量的、客観的に評価する手法。本委託事業においては丸太燃料流通システム(\*)を対象として、温室効果ガス（GHG）(\*)の排出量を評価指標としてLCA(\*)を実施した。丸太燃料流通システム(\*)は、集荷システム(\*)、加工システム(\*)、エネルギー利用システム(\*)の個別システム（サブシステム）から成るが、エネルギー利用システムでは丸太燃料(\*)そのものがカーボンニュートラルであるために、集荷システム(\*)、加工システム(\*)を中心に一般的な高性能林業機械を用いた作業システムとの比較を行った。

Z フォーク：「Z フォーク」とは、油圧ショベルに取り付けるアタッチメントであるフォークのひとつの商品名である。本委託事業の中ではこの商品名の呼称をそのまま表記している。車両系建設機械の油圧ショベルのアタッチメントのひとつで、バケット用の油圧シリンダーによって動く一對の爪から成り、材などを掴む機能を有する。林内作業では油圧ショベルに取り付けることで、油圧ショベルのアームの動きとフォークの掴む機能により集材などの作業ができる。フォークグラップル(\*)とは異なり、フォーク自体は油圧ショベルのアームに固定されるので、手首のようなねじれ（回転）方向の動きの自由度はまったくない。本事業内では集材(\*)や積み

込み(\*)の工程で使用する。

Z フォーク集材：「Z フォーク」とは、油圧ショベルに取り付けられるアタッチメントであるフォークのひとつの商品名である。本委託事業の中ではこの商品名の呼称をそのまま表記している。集材や積み込みの工程で Z フォークを使用する集材作業をいう。本委託事業では、人力集材に加えて Z フォークを使用する集材作業を指す。

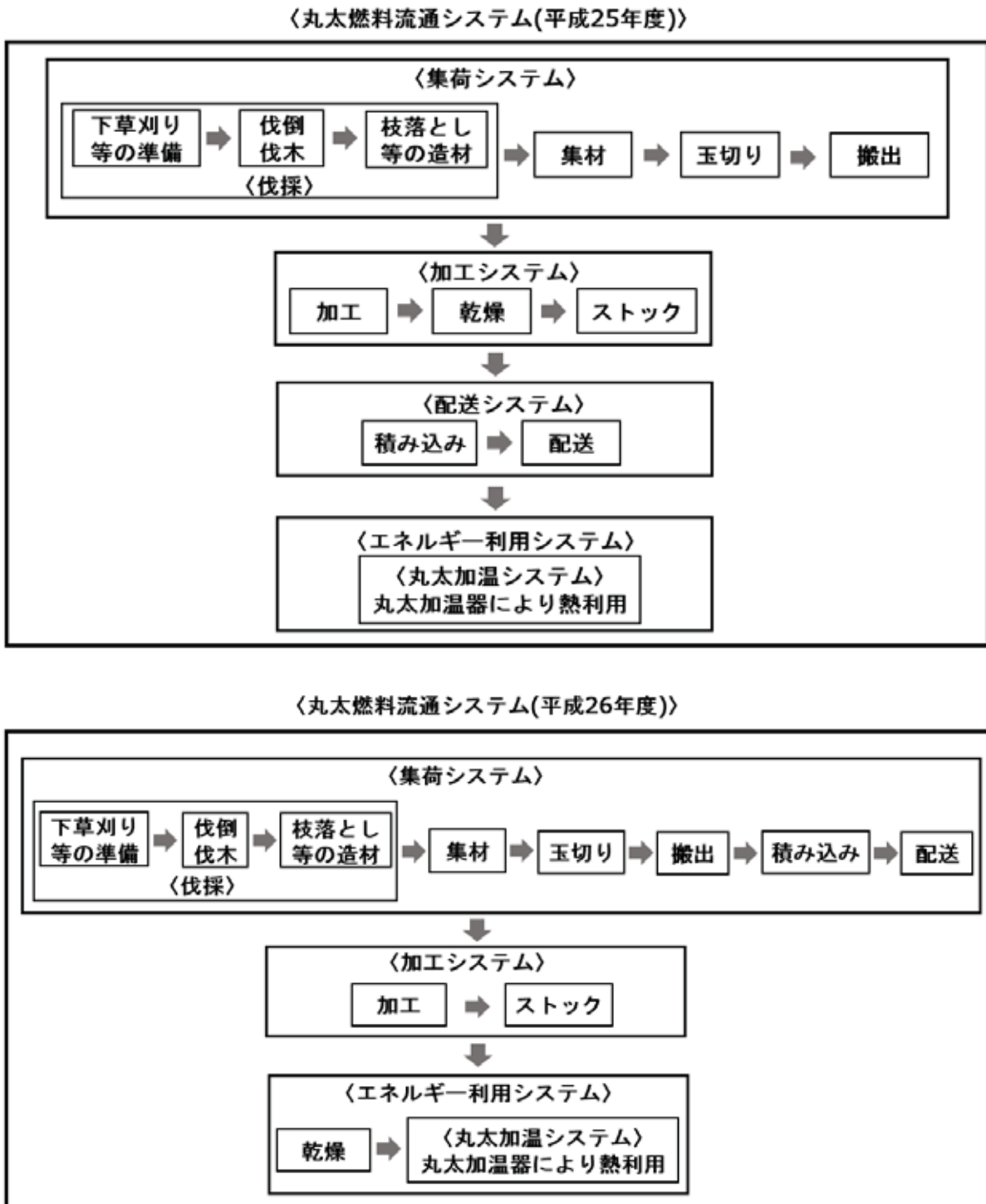


図-4 本委託事業で提案するシステム概念