

平成27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

平成27年度

未利用竹資源収集・運搬・燃料化システム実証事業

事業実施報告書

平成28年3月

山口県

目次

第一章 事業の概要

1. はじめに
2. 実証事業の背景と目的
 - 2.1 社会問題化している繁茂竹林
 - 2.2 竹を地域のエネルギー作物へ
3. 実施内容
 - 3.1 現地実証試験の概要
 - 3.2 伐採方法について
 - 3.3 竹チップ燃料の発電利用
4. 実証試験の実施場所

第二章 平成 27 年度未利用竹資源収集・運搬・燃料化システム実証事業実施状況

1. 地域協議会
 - 1.1 参加組織と責任分掌
 - 1.2 山口県竹資源エネルギー活用協議会の開催
 - 1.3 定期協議会の開催
2. 外部評価委員会
 - 2.1 外部評価委員会
 - 2.2 外部評価委員との協議
3. 収集・運搬・燃料化機材の選定
 - 3.1 実証試験に適用する伐採・収集方法の選定・検討
 - 3.1.1 竹林オンサイト・チップ化システム
 - 3.1.2 拠点集積・チップ化システム
 - 3.1.3 「県民税事業地」地域集荷システム
 - 3.1.4 「朝市方式」地域集荷システム
 - 3.2 実証試験に適用する路網規格の選定
 - 3.3 機材の選定
 - 3.3.1 伐採用機械
 - 3.3.1.1 チェンソー
 - 3.3.1.2 フェラーバンチャー
 - 3.3.2 集材及び積込用機械
 - 3.3.2.1 グラップル
 - 3.3.3 運搬用機械
 - 3.3.3.1 林内作業車
 - 3.3.3.2 グラップル付きフォワーダ
 - 3.3.4 竹材運搬用トラック
 - 3.3.4.1 箱ダンプ機能付きトラック
 - 3.3.4.2 平ボディトラック
 - 3.3.5 竹破碎用機械

- 3.3.5.1 移動式チップパー
 - 3.3.5.2 拠点用チップパー
 - 3.3.6 チップ運搬用トラック
 - 3.3.6.1 箱ダンプ機能付きトラック
 - 3.3.6.2 チップ運搬専用トラック
- 4. 実証試験に適用する竹林の選定
 - 4.1 竹林の選定
 - 4.2 竹林所有者との調整
 - 4.3 実施竹林の設定
 - 4.4 平成 25, 26 年度の実績
- 5. 実証試験の実施
 - 5.1 伐採・収集・運搬・燃料化現地実証試験の実施
 - 5.1.1 全体概要まとめ
 - 5.1.2 工程調査方法について
 - 5.1.3 コスト算出方法について
 - 5.1.4 現地試験の作業システム別実施結果と考察
 - 5.1.4.1 現地試験結果一覧
 - 5.1.4.2 竹林オンサイト・チップ化システム
 - 5.1.4.3 拠点集積・チップ化システム
 - 5.1.4.4 「県民税事業地」地域集荷システム
 - 5.1.4.5 「朝市方式」地域集荷システム
 - 5.1.5 コスト要因の解析
 - 5.1.6 コスト要因のシミュレーション
 - 5.1.6.1 竹林オンサイト・チップ化システム
 - 5.1.6.2 拠点集積・チップ化システム
 - 5.1.6.3 「県民税事業地」地域集荷システム
 - 5.1.6.4 「朝市方式」地域集荷システム
 - 5.1.7 考察
 - 5.2 竹チップ燃料の発電利用
 - 5.2.1 木質バイオマス発電利用
 - 5.2.2 実証の内容
 - 5.2.3 竹チップの燃料としての有効性
 - 5.2.4 竹チップ混焼によるボイラー実証試験
 - 5.2.5 結果
 - 5.2.6 石炭火力発電所
 - 5.3 森林GISやICTを活用した竹資源情報管理・活用システムの実証
 - 5.3.1 目的
 - 5.3.2 航空レーザ測量の概要

- 5.3.3 航空レーザ測量の実証
- 5.3.4 地上レーザ計測の概要
- 5.3.5 地上レーザ測量の実証
- 5.3.6 レーザ測量方式による竹資源解析への考察
- 5.3.7 竹資源情報収集・活用支援システムの目的
- 5.3.8 竹資源情報収集・活用支援システムの概要
- 5.3.9 竹資源情報収集・活用支援システムの効果検証
 - 5.3.9.1 計画立案への有効性
 - 5.3.9.2 作業計画
 - 5.3.9.3 まとめ
 - 5.3.9.4 今後の課題
- 5.3.10 事業地確保に向けた竹資源情報活用手法の検証
- 5.3.11 期待効果
- 5.3.12 考察

第三章 総合考察

- 1. 事業採算性の考察
 - 1.1 竹特有の生産コストが高い要因
 - 1.2 最適条件の定義
 - 1.3 条件の良い現場での実証試験
 - 1.4 考察
- 2. 実用化と普及可能性
- 3. 森林資源の利活用
- 4. 今後の課題
 - 4.1 正確な竹資源情報の把握
 - 4.2 竹のマテリアル利用による伐採・搬出・造材経費負担の軽減
 - 4.3 竹専用の機械開発と導入補助
 - 4.4 発電利用に供する竹の証明

第四章 事業化に向けた最適システムの提案

- 1. 事業化へのアプローチ
- 2. 事業としての全体最適システム
- 3. 最後に

別添資料1 竹のバイオマス利用のための基礎資料

別添資料2 「朝市方式」地域集荷システムアンケート結果

第一章 事業の概要

1. はじめに

山口県では、エネルギーの地産・地消を推進し、新たな地域産業の創出、さらには循環型社会の構築することを目的に、平成 14 年 3 月に「やまぐち森林バイオマスエネルギー・プラン」を策定し、全国に先駆け、間伐材や林地残材などの未利用森林資源をエネルギーとして活用する取り組みを進めてきた。

これら木材を中心とした森林バイオマスエネルギー利用の取り組みは、木質バイオマス発電施設における発電利用及び木質ペレット・ボイラーを中心とする熱利用の拡大により、平成 20 年度には 5 千トンであった森林バイオマス利用量は、平成 25 年度には 3 万 5 千トンに達するなど増加傾向にあるが、平成 24 年 7 月の再生エネルギー固定価格買取制度の開始により、全国で木質バイオマス発電所建設計画が進展し、発電用木質バイオマスの急激な需要増大が見込まれることから、その供給体制の強化が課題となっている。

一方、県内の森林では、繁茂竹林の拡大が顕在化し、森林の適正管理や防災上の観点からも、これら繁茂竹林対策が課題となっていることから、本県では竹のエネルギー利用に着目し、これまで未利用であった竹材の供給体制を新たに構築し、地域で循環可能なエネルギー資源としての活用を図ることとした。

2. 実証事業の背景と目的

2.1. 社会問題化している繁茂竹林

竹林面積全国第 4 位となっている山口県においても、農山村地域の高齢化・過疎化、タケノコ、竹製品の生産が海外に移転し国産の竹材需要が激減したことなどにより、放置竹林の発生が顕在化し、人工林の侵食や、竹の浅根による豪雨時の表層地すべりの災害発生など、大きな社会問題となっている。



■里山での繁茂竹林



■ヒノキ人工林への侵食例



■竹林内部状況例

2.2 竹を地域のエネルギー作物へ

一方、竹は、①伐採しても自然に再生する、②スギ、ヒノキ人工林のような植栽、下刈り、間伐などの育林経費が不要、③竹は成長が早く、短期間に大量のCO2の吸収が期待できるといった特性があり、育林コスト不要で持続可能な地域の「エネルギー作物」としての大きな可能性を有している。

なお、森林簿から山口県内の竹の資源量としては、150万トン以上の膨大な利用可能量が賦存していると推計される。

■山口県の竹資源量（推計値）

森林面積	うち竹林面積	竹資源量
426,289ha	12,145ha	1,530,270t

※森林面積及び竹林面積は「平成23年度山口県森林・林業統計要覧」より

※資源量は「平成16年度森林バイオマス低コスト供給システム実証事業・支援システム研究報告書」より推計

■山口県内の道路（一般道、林道、作業路）に接する竹林の資源量（推計値）

マダケ	モウソウ	ハチク	計
35,242t	70,664t	11,762t	117,668t

※資源量は「平成16年度森林バイオマス低コスト供給システム実証事業・支援システム研究報告書より」推計

このため、山口県で既に実用化されている間伐材や林地残材の「未利用木材収集・運搬・燃料化システム」をベースに、竹の効率的な伐採、搬出、運搬技術と発電用燃料としてのチップ規格をクリアする低コストチップ化システム、効率的なチップ運搬システムを新たに開発し、竹材の供給体制の構築を図り、地域のエネルギー作物としての竹の利用を推進することとした。

■やまぐち方式未利用木材収集・運搬・燃料化システム

素材生産工程(例)



3. 実施内容

3.1. 現地実証試験の概要

竹材の「低コスト収集・運搬・燃料化システム」を様々な条件の事業地で実証を行い、下記特性を踏まえた竹バイオマス供給におけるコスト要因を整理し、事業化を見据えた竹材の供給体制を構築することにより、地域のエネルギー作物としての竹の活用を確立する。

■竹特有の生産コスト要因

haあたりの成立本数が多く、作業量が多い：平均 11,300 本/ha (5,400～21,900 本/ha)

竹は、中空で一本あたりの資源量が少なく、作業効率が悪い：平均 46kg (7～81kg)

竹の伐採・造材の機械化がされていないため、人力作業が中心

●地域協議会等の開催

山口県竹資源エネルギー活用協議会を開催し、期間中の実証試験に対する外部有識者から指導・評価を受ける。

●収集・運搬・燃料化機材の選定

平成 25・26 年度の試験検証結果等を踏まえ、平成 27 年度の実証試験で実施する伐採・収集・運搬燃料化方法、路網規格、機材を選定する。

●実証試験を実施する竹林の設定

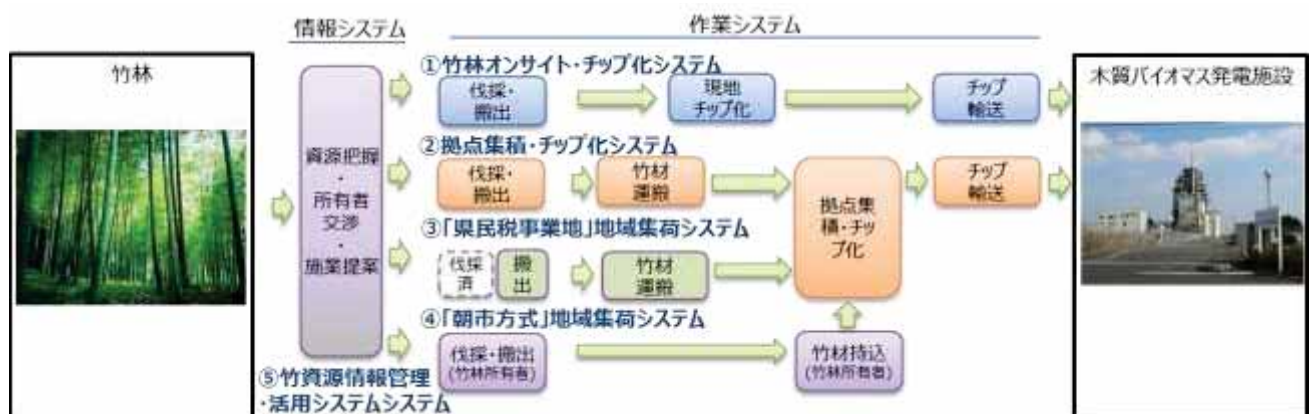
平成 27 年度の実証試験を実施する竹林及び事業化に向けた竹林を選定し、竹林所有者との調整、実施竹林での適用システムを設定する。

●実証試験の実施

チップ化システム毎に伐採・収集・運搬・燃料化の現地検証を実施し、製造した竹チップを発電所へ供給する。発電所では竹チップ燃料の燃焼確認を実施する。

また、竹林選定・確保と所有者との調整の効率化に向け、森林 GIS や ICT を活用した竹資源情報管理・活用システムの検証を実施する。

チップ化システムの現地検証にあたっては、次の 4 つのシステムを基本とする。



3.2. 伐採方法について

竹林の伐採方法は、周辺森林への拡大が懸念される竹林では、全面伐採（収穫）型によりスギ・ヒノキ人工林又は天然林への樹種転換を促し、大面積の竹林など継続して竹材の供給が可能な竹林では、プランテーション（持続収穫）型とし、竹林の帯状間伐等により伐採を行う。

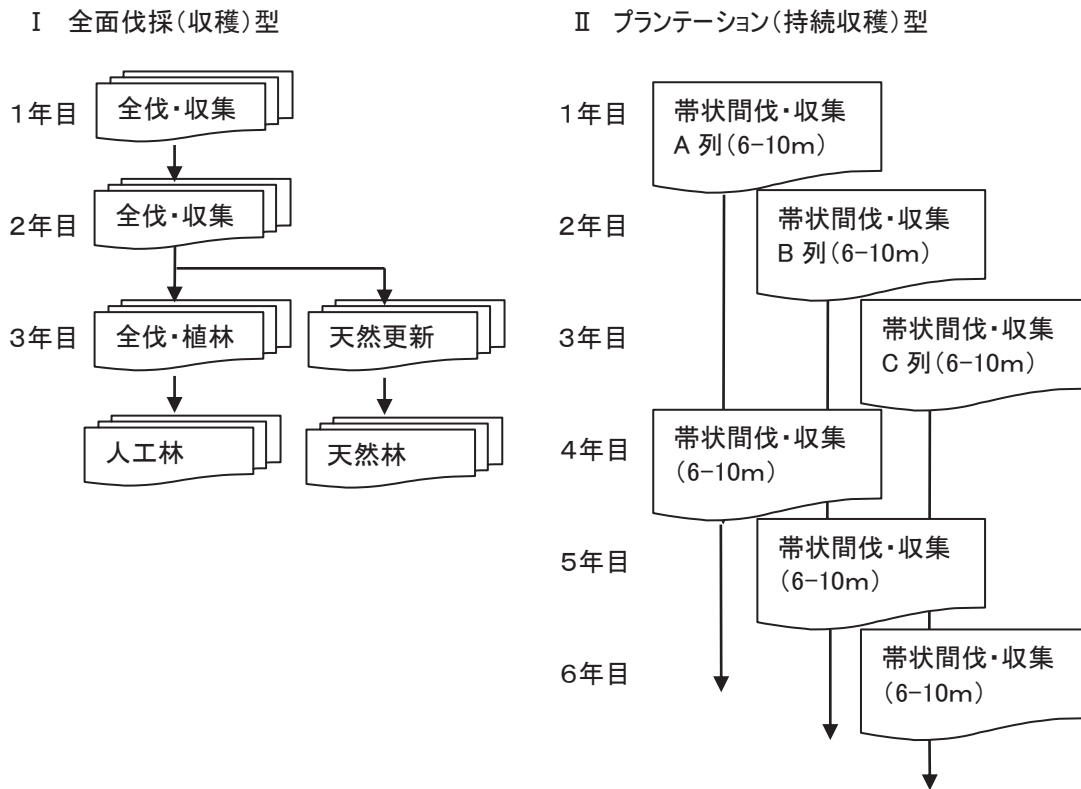


図 3.2 伐採方法の選択イメージ

3.3. チップ燃料の発電利用

現地実証試験で製造した竹チップ燃料は、現在、既に稼動している県内 1 箇所の木質バイオマス発電施設に供給を行い、燃料としての適性及び発電設備への影響等を確認する。

なお、竹チップ燃料については、各発電施設ともに木質チップ燃料に混合して利用する。

■竹チップ燃料供給先

① (株)ミツウロコ岩国発電所（木質混焼）

場所：山口県岩国市長野 1805-1

出力：1 万 kw

燃料使用量：木質バイオマス 約 10 万 t/年



(株)ミツウロコ岩国発電所



木質チップ燃料の受入

② 中国電力(株)新小野田発電所 (石炭混焼)

場所：山口県山陽小野田市新沖 2 丁目 1-1

出力：100 万 kw (50 万 kw×2 基)

燃料使用量：石炭 約 260 万 t/年、木質バイオマス 約 2 万 t/年



中国電力(株)新小野田発電所



木質チップ燃料の受入

4. 実証試験の実施場所

事業主体：竹資源供給実証事業共同事業体 (山口県、山口県森林組合連合会)

参加事業体：周南森林組合、カルスト森林組合、飯森木材(株)、中国電力(株)、
(株)ミツウロコ岩国発電所

事業実施箇所：山口県周南市、宇部市、美祢市 ほか



第二章 平成 27 年度未利用竹資源収集・運搬・燃料化システム実証事業実施状況

1. 地域協議会

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による、地域一体となった新たな竹資源の収集・運搬・燃料化システムの実証事業の実施に資することを目的に、平成26年3月4日に山口県竹資源エネルギー活用協議会を設置した。

1.1. 参加組織と責任分掌

参加組織	責任分掌
山口県 (農林水産政策課)	<ul style="list-style-type: none"> 総合監理 実証試験全体計画作成、総合調整 未利用竹資源収集・運搬・燃料化システム構築推進
山口県 (林業指導センター)	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験における各種データ集計 機器運用における課題の分析・評価 竹林再生状況の調査
外部評価委員	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験に関する指導・評価
アビームコンサルティング(株)	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験における経済性(生産性)・環境性の分析・評価・改善策の提案
山口県森林組合連合会	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験場所の確保(森林組合との調整、間伐時期・量と収集作業時期・量の調整) 実証試験システムの選択 収集ルートの確認 需要先との調整(搬入時期・量と受入可否の確認) 使用する機材の手配 作業データの回収
カルスト森林組合	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験地の確保(竹林所有者との調整)
周南森林組合	<ul style="list-style-type: none"> タケ伐採・収集運搬作業実施 作業データ記録
飯森木材(株)	<ul style="list-style-type: none"> タケ伐採・収集運搬作業実施 チップ化作業実施 作業データ記録
中国電力(株)新小野田発電所	<ul style="list-style-type: none"> 燃料チップの受入、発電利用・検証
(株)ミツウロコ岩国発電所	<ul style="list-style-type: none"> 燃料チップ受入データ提供

1.2. 山口県竹資源エネルギー活用協議会の開催

山口県竹資源エネルギー活用協議会を平成 26 年 3 月 4 日、平成 27 年 3 月 12 日に開催し年度末の事業報告と次年度の事業計画について協議した。

最終年度である今年度は、平成 28 年 3 月 10 日に開催し、平成 27 年度試験結果と成果報告書等について協議した。

開催日時	場所	主な協議内容	参集範囲
H28.3.10 13:30～15:00	山口県庁	<ul style="list-style-type: none"> ・平成 27 年度実証事業の実施状況について ・その他 	【会員】 山口県森林組合連合会、周南森林組合、カルスト森林組合、飯森木材(株)、中国電力(株)、(株)ミツウロコ岩国発電所、山口県林業指導センター、山口県農林水産部 【外部評価委員】 東京大学 准教授 仁多見俊彦(欠) 山口大学 准教授 藤田健 森林総合研究所関西支所 地域研究監 鳥居厚志



1.3. 定期協議会の開催

山口県竹資源エネルギー活用協議会構成員のうち、現地実証事業の関係者間で情報を共有し、課題と対策を協議するため、本年度は以下のとおり定期協議会を開催した。

開催日	場所(略称)	主な協議内容	参集範囲
H27.06.15	県森連	・現地実証試験目的、実施体制、試験方針等の認識合わせ	県農林水産政策課 県林業指導センター 県森林組合連合会 周南森林組合 カルスト森林組合 飯森木材(株) アビームコンサルティング(株)
H27.06.24	指導センター	・実証試験予定地の個別視察と適用作業システムの確認	
H27.07.24	指導センター	・個別実証試験状況の確認 ・課題とリスクに対する対策方針協議	
H27.08.19	アビーム コンサルティング	・個別実証試験状況の確認 ・課題とリスクに対する対策方針協議	
H27.09.03	山口県庁	・実証試験全体状況の確認と全体課題に対する対策方針協議	
H27.09.15	カルスト 周南	・個別実証試験状況の確認 ・課題とリスクに対する対策方針協議	
H27.10.27	カルスト 周南	・個別実証試験状況の確認 ・課題とリスクに対する対策方針協議	
H27.11.04	アビーム コンサルティング	・実証試験全体状況の確認と方針協議	
H28.03.02	山口県庁	・実証試験全体状況の確認と報告書確認	

2. 外部評価委員会

2.1. 外部評価委員会

実証事業全般に関し、学識経験者による外部評価委員から専門分野に関する指導・助言を受ける。

所属・役職	役職・氏名
東京大学農学部 准教授	仁多見俊夫
森林総合研究所関西支所地域 研究監	鳥居厚志
山口大学経済学部 准教授	藤田 健

2.2. 外部評価委員との協議

各年度に開催した山口県竹資源エネルギー活用協議会等で指導・助言を受けた。

平成27年度には事業開始前と中間時に実施状況について、各評価委員に個別報告を行い指導・助言を受けた。平成28年3月10日、評価委員出席のもと、山口県竹資源エネルギー活用協議会を開催した。

3. 収集・運搬・燃料化機材の選定

3.1. 実証試験に適用する伐採・収集方法の選定・検討

3.1.1. 竹林オンサイト・チップ化システム

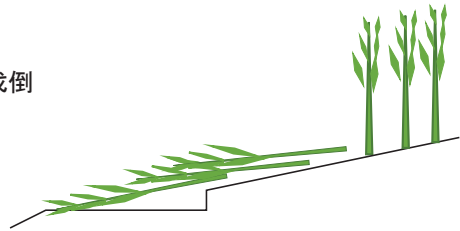
移動式チップパーの活用により、竹林内で竹をチップ化し、直接、木質バイオマス発電施設へチップ燃料を供給する作業システムについては、以下のシステムを基本とする。

■システム概要

①伐倒

【機械】 チェンソー、フェラーバンチャ

【手順】 ①チェンソーで竹を斜面下方向へ向け伐倒
※アームの届く範囲は、フェラーバンチャで伐倒
②人力で竹を集材(作業道まで竹先端を出す)



②集材(搬出)

■集積土場まで近いケース(約150m未満)

【機械】 フェラーバンチャ

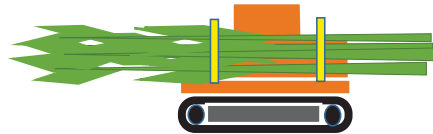
【手順】 ①全竹の梢端部分をフェラーバンチャで掴む
②集積土場へそのまま牽引



■集積土場まで遠いケース(約150m以上)

【機械】 林内作業車、フェラーバンチャ

【手順】 ①竹をフェラーバンチャで2分割
②林内作業車へ積み込み、集積土場へ搬出



③チップ加工

【機械】 移動式チップパー、グラップル、チップ運搬トラック

【手順】 ①グラップル又は人力によりチップパーへ竹(枝葉付)を投入
②チップを直接トラック荷台へ積み込み
③チップが満載になったら発電施設へ発車

※チップ運搬トラック2台で対応



④チップ運搬

【機械】 チップ運搬トラック

【手順】 ①発電施設へチップを積み降ろし



3.1.2. 拠点集積・チップ化システム

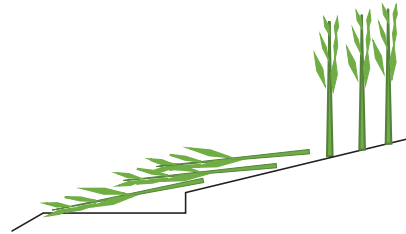
竹短幹を集積拠点（チップ工場）に運搬し、拠点でチップ化し、木質バイオマス発電施設へチップ燃料を供給する作業システムについては、以下のシステムを基本とする。

■竹林～集積拠点（チップ工場）間のシステム概要

①伐倒

【機械】 チェンソー

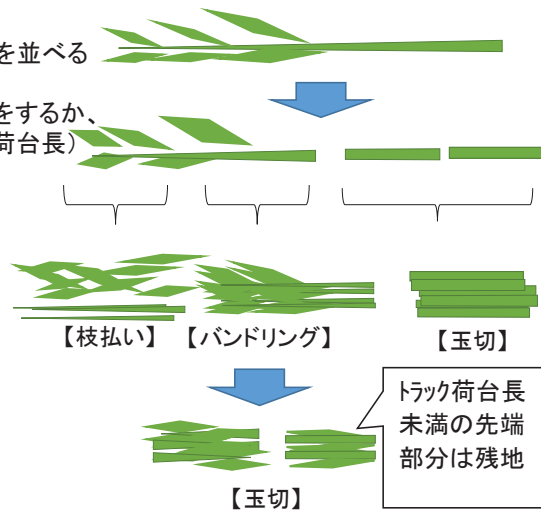
- 【手順】 ①チェンソーで竹を斜面下方向へ向け伐倒
②人力で竹を集材（作業道まで竹先端を出す）



②集材～玉切・枝払いorバンドリング

【機械】 チェンソー、グラブプル

- 【手順】 ①グラブプルで作業道上へ集材した竹を並べる
②枝の無い部分をチェンソーで玉切
③枝の付着した部分は、ナタで枝払いをするか、バンドリングし玉切（玉切長はトラック荷台長）



③搬出

【機械】 フォワーダ（林内作業車）、グラブプル

- 【手順】 ①グラブプルで荷台へ積み込み
②集積土場へ搬出
③グラブプルで集積土場へ積み下ろし



④竹材運搬

【機械】 トラック、グラブプル

- 【手順】 ①竹短幹・バンドルをグラブプルで積み込み
→下に竹短幹、上にバンドルを載せる
②満載になったらチップ工場へ発車
③チップ工場で積み下ろし



■集積拠点（チップ工場）～木質バイオマス発電施設間のシステム概要

①竹積み降ろし

【機械】トラック

【手順】①竹林から運搬した竹を計量後、積み降ろし



②チップ化（一次破碎）

【機械】切削式チップパー、グラップル

【手順】①竹短幹等をグラップルで切削式チップパーへ投入
②一次破碎チップを二次破碎工程へ移動



③チップ化（二次破碎）

【機械】破碎式チップパー、バケットローダ

【手順】①一次破碎チップを破碎式チップパーへ投入
②二次破碎チップを保管



④チップ運搬

【機械】チップ運搬トラック

【手順】①チップ運搬トラックでチップを発電施設へ運搬
②発電施設へチップを積み降ろし



3.1.3. 「県民税事業地」地域集荷システム

やまぐち森林づくり県民税関連事業のうち、竹繁茂防止緊急対策事業では、放置され繁茂した竹林を伐採し、伐採した竹を棚積みしている。また、県内には放置竹林を伐採し、管理する竹林ボランティアグループが活動している。

これらの事業や活動により竹林に棚積みされた竹をエネルギーとして有効活用するため収集試験を行い、低コスト供給の可能性を検証する。

作業システムは自然林への回復を目的とした伐採及び除去等により蓄積された竹材を集積拠点（チップ工場）に運搬し、拠点でチップ化、木質バイオマス発電施設へチップ燃料を供給するシステムであり、以下のシステムを基本とする。

■システム概要

①搬出・竹材運搬

- 【機械】 グラップル、シューター、バックホー、クレーン付きトラック
【手順】 ①棚積みされた竹を作業場所に応じて機械若しくは人力で搬出
②作業土場へ積み下ろし
※シューター利用時は直接トラックへ積み込み
③トラックへ積み込み

グラップル使用時の手順



棚積み



集材



積込



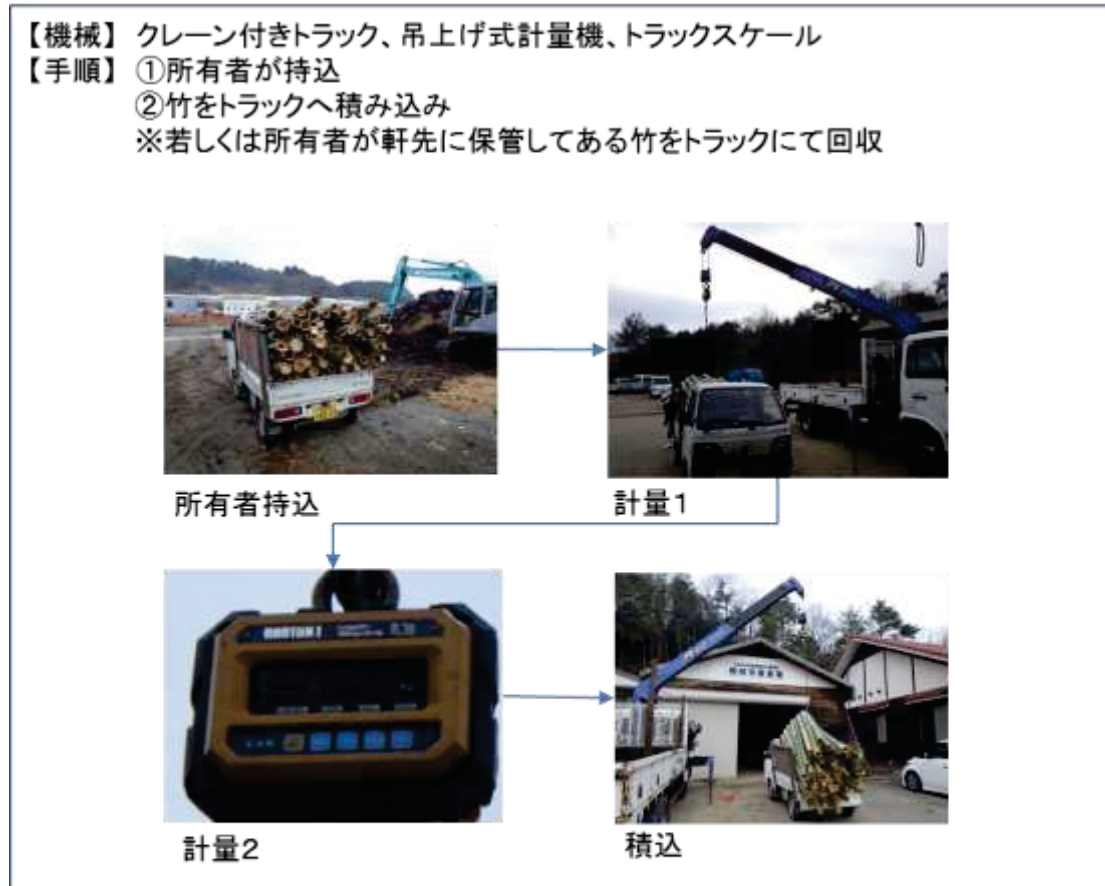
運搬

- ②竹積み下ろし
③チップ化（一次破碎）
④チップ化（二次破碎）
⑤チップ運搬
※上記に②～⑤については、拠点集積チップ化システムと同じ

3.1.4. 「朝市方式」地域集荷システム

竹林所有者等自ら竹を伐採・搬出し、集積拠点へ持ち込む「朝市方式」地域集荷システムの実証試験を実施した。作業システムは所有者が最寄りの拠点に竹を持ち込、拠点にて計量後買入した竹を集積拠点（チップ工場）等に運搬し拠点でチップ化、発電施設へチップ燃料を供給するシステムであり、以下を基本とする。

①持込・運搬



②竹積み下ろし

③チップ化（一次破碎）

④チップ化（二次破碎）

⑤チップ運搬

※上記に②～⑤については、拠点集積チップ化システムと同じ

■システム概要

3.2. 実証試験に適用する路網規格の選定

平成 27 年度現地実証試験では、重機導入に最適な幅員 2.5m を基準に作業路の開設を行なった。竹の伐採方法や竹林の条件（傾斜等）により、最適な路網規格が大きく異なるため、今後の大規模竹林におけるトラック乗り入れ可能規格について今後も引き続き検討を要する。



路網開設



路網開設後

3.3. 機材の選定

一般に普及する汎用タイプの機材を選定し、平成27年度現地実証試験を行った。なお、現地実証で使用する機械は、主にレンタル機械を使用している。

3.3.1. 伐採用機械

3.3.1.1. チェンソー

適用システム：全システム

機種：各種メーカーの39～50ccクラス

※装着するソーチェンは整備性を考慮し、通常タイプを装着

選定理由：必要な伐倒方向の伐倒が容易なため選定した（伐倒方向の確実性が集材工程へ大きく影響する）※必須機械



3.3.1.2. フェラーバンチャー

適用システム：竹林オンサイト・チップ化システム

機種：フェラーバンチャザウルスロボ（松本システムエンジニアリング(株)

MSE25FGZX（ベースマシン0.25m³クラス）

特徴：格納式カッターにより、竹の伐倒・玉切・グラップル作業と同時に作業路開設を1台で行うことが可能

選定理由：作業路の開設が容易であるとともに、竹材搬出用機械としても使用可能であるため選定
※現地実証試験では、主に玉切・集材用機械として使用



3.3.2. 集材及び積込用機械

3.3.2.1. グラップル

適用システム：全システム

機種：各種メーカーの0.16～0.2m³クラス

※現地作業スペース等の大小により、0.16～0.2m³クラスを選択

選定理由：林業用機械として一般に普及しており、現地作業での汎用性が高いため選定※必須機械



3.3.3. 運搬用機械

3.3.3.1. 林内作業車

適用システム：全システム

機種：フォワーダやまびこ（株筑水キャニコム）

【形式】BY460S

【最大積載量】3,100kg

【荷台寸法】L=3.0m、W=1.05m、

H=1.0m（運転席側）、H=0.85m（荷台側）

選定理由：横積みタイプであり、長尺竹の積載性を検証するため選定 ※運搬効率が良く竹への適性あり



3.3.3.2. グラップル付きフォワーダ

適用システム：拠点集積・チップ化システム

機種：AK-33（魚谷鉄工業株）

【形式】AK-33

【最大積載量】3,000kg

【荷台寸法】L=2.8m、W=1.83m、H=1.08m

選定理由：装着するグラップルによる竹の積込適性を検証するため選定



3.3.4. 竹材運搬用トラック

3.3.4.1. 箱ダンプ機能付きトラック

適用システム：拠点集積・チップ化システム

機種：2～6t 箱ダンプトラック

【最大積載量】2,000～4,050kg

【荷台長】2.9～5.0m

【2t 箱ダンプトラック平均積載量】1,077kg

【4t 箱ダンプトラック平均積載量】2,368kg

【6t 箱ダンプトラック平均積載量】2,670kg

選定理由：滑落する竹短程を安全に運搬でき、ダンプ機能により竹の積降時間の短縮が容易なため選定



2t 箱ダンプトラック



4t 箱ダンプトラック



6t 箱ダンプトラック

3.3.4.2. 平ボディトラック

適用システム：拠点集積・チップ化システム

機種：4t 平ボディトラック（ステーション付き）

【最大積載量】4,100kg

【荷台長】4.90m

【平均積載量】2,822kg

選定理由：比重の軽い竹であっても最大積載量での運搬が可能
なため選定



3.3.5. 竹破碎用機械

3.3.5.1. 移動式チップパー

適用システム：竹林オンサイト・チップ化システム

機種：GS400D、GSC550DC（株大橋）

【破碎方式】切削型

【寸法】GS400D:L=4.4m、W=1.25m、H=1.65m（稼動時）

GSC550DC:L=6.1m、W=1.5m、H=1.87m（稼動時）

【処理能力】GS400D:7.0m³/時（カタログ値）、GSC550DC:9.9m³/時

（カタログ値）

選定理由：竹林内へ搬入可能であり、竹チップの品質が非常に良好であることから選定



3.3.5.2. 拠点用チップパー

■一次破碎チップパー①

適用システム：拠点集積・チップ化システム

機種：BC1000XLM（SOCIO）

【破碎方式】切削型

【寸法】L=4.72m、W=1.62m、H=2.66m（稼動時）

【処理能力】8～10m³（カタログ値）

選定理由：チップ事業者である飯森木材㈱の所有機械



■一次破碎チップパー②

適用システム：拠点集積・チップ化システム

機種：790TC（株リョーキ）

【破碎方式】切削型

【寸法】L=6.7m、W=2.49m、H=3.37m

【処理能力】70～100m³（カタログ値）

選定理由：破碎能力が高く、竹チップの品質が良好であることから選定



■一次破碎チップパー③

適用システム：拠点集積・チップ化システム

機種：CRAMBO（緑産株）

【破碎方式】切削型

【寸法】L=10.9m、W=3.35m、H=4.26m

【処理能力】100t/h（カタログ値）

選定理由：破碎能力が高く、処理時間の短縮が図れることから選定



■一次破碎チップパー④

適用システム：拠点集積・チップ化システム

機種：AZ-35K（㈱リョーキ）

【破碎方式】切削型

【寸法】L=9.2m、W=2.36m、H=4.00m

【処理能力】50m³（カタログ値）

選定理由：破碎能力が高く、処理時間の短縮が図れることから選定



■二次破碎チップパー

適用システム：拠点集積・チップ化システム

機種：Model S1000（モバーク）

【破碎方式】破碎型

【寸法】L=10.3m、W=2.59m、H=3.86m

【処理能力】—

選定理由：拠点方式におけるチップ品質の確保のため、
飯森木材株の所有機械を使用



3.3.6. チップ運搬用トラック

3.3.6.1. 箱ダンプ機能付きトラック

適用システム：竹林オンサイト・チップ化システム

機種：4t 箱ダンプトラック

【最大積載量】3,500kg

【荷台寸法】L=4.5m、W=2.05m、H=1.2m

【平均積載量】3,215kg

選定理由：集積土場まで進入可能な車両であることから選定



3.3.6.2. チップ運搬専用トラック

適用システム：拠点集積・チップ化システム

機種：スライドデッキ式チップ輸送トラック

【最大積載量】 11,000kg

【荷台寸法】 L=9.5m、W=2.34m、H=2.45m

【平均積載量】 11,000kg

選定理由：既存の木質チップ燃料輸送車を使用



3.3.7 竹破碎用機械の性能比較

本年度の実証事業で使用した竹破碎用機械の性能比較を実施した。

表 3.3.7.1 移動式チップパー性能比較

区分	移動式チップパー	
適用システム	竹林オンサイト・チップ化	
機種名	GS400D	GSC550DC
メーカー又は取扱店	(株)大橋	
破碎方式	切削型	
タケ投入方法	人力	
使用日数(日)	87	56
チップ生産能力(t/h)	1.18	1.78
チップ生産コスト(円/t)	3,044	2,113
使用上の気付	チップの形状は、稈、バンドルともに良好であるが、投入方法が人力の1本投入であることから、生産能力が低い。枝詰り等、機械ラブルが多く発生し、作業の停滞を招いた。	
作業員の評価	△	○
使用状況		

表 3.3.7.2 拠点用チップパー性能比較

区分	拠点用チップパー				
適用システム	拠点集積・チップ化(一次破碎)				二次破碎
機種名	BC1000XLM	790TC	CRAMBO	AZ-35K	Model S1000
メーカー又は取扱店	CAT ジャパン	(株)リョーキ	緑産(株)	(株)リョーキ	モバーク
破碎方式	切屑型	切屑型	切屑型	切屑型	破碎型
タケ投入方法	グラップル(0.25)	グラップル(0.25)	フォーク(0.45)	グラップル(0.25)	ホイールローダー
使用日数(日)	15	9	7	17	15
チップ生産能力(t/h)	3.47	6.22	9.02	9.46	20.27
チップ生産コスト(円/t)	3,615	2,180	2,824	2,409	1,317
使用上の気付	稈のチップ化は良好であるがバンドルは枝葉がよく詰まり作業の停滞を招いた。	稈のチップ化は良好であるがバンドルは枝葉が時々詰まり作業の停滞を招いた。	チップ化の際に長物が出る。場合によっては、3次破碎を実施していた。	稈、バンドルともに良好。場合によっては、2次破碎を省略できる。	特に問題なく2次破碎できている。
作業員の評価	○	○	△	◎	◎
使用状況					

4. 実証試験に適用する竹林の選定

4.1. 竹林の選定

平成27年度実証試験地として次の条件により24箇所、10.13haの竹林を選定した。

(選定にあたっての条件)

- ① 竹林内にグラップル等の林業機械の搬入が可能なこと
- ② 竹集積土場へトラック(2~4t)の進入が可能なこと
- ③ 竹林内に作業路の開設が可能なこと
- ④ 竹の種類がモウソウであること

4.2. 竹林所有者との調整

平成27年度実証試験として、所有者の承諾を得る際に施業提案書の作成と所有者への提案に向け森林情報管理・活用システムを活用した合意形成の検討会を開催するなどし、効率化等について検証した。

4.3. 実施竹林の設定

■竹林オンサイト・チップ化システム

番号	実施事業体	事業地ID	所在地	竹の種類	面積 ha	伐採方法	竹林の状況	混交率
1	周南森林組合 Aチーム	事業地1 飯野山	周南市	モウソウ	1.13	皆伐	純竹林	
2		事業地2 天王1	周南市	モウソウ	1.03	皆伐	純竹林	
3		事業地3 天王②	周南市	モウソウ	0.25	皆伐	純竹林	
4		事業地4 大浴6	下松市	モウソウ	0.10	皆伐	純竹林	

合計： 2.51ha

■拠点集積・チップ化システム

番号	実施事業体	事業地ID	所在地	竹の種類	面積 ha	伐採方法	竹林の状況	混交率
1	周南森林組合 Bチーム	事業地5 奴田ノ尾1	周南市	モウソウ	0.43	皆伐	混交林	竹95%
2		事業地6 奴田ノ尾2	周南市	モウソウ	1.18	皆伐	混交林	竹89%
3		事業地7 大泉	周南市	モウソウ	0.11	皆伐	混交林	竹97%
4		事業地8 大浴	周南市	モウソウ	0.29	皆伐	混交林	竹98%
5		事業地9 新平ヶ原	周南市	モウソウ	0.10	皆伐	純竹林	

6		事業地10 畑	周南市	モウソウ	1.28	皆伐	混交林	竹88%
7	カルスト 森林組合	事業地11 武道ヶ浴	美祢市	モウソウ	0.52	皆伐	混交林	竹87%
8		事業地12 清水	美祢市	モウソウ	0.98	皆伐	純竹林	
9		事業地13 大平	宇部市	モウソウ	0.55	皆伐	混交林	竹98%
10		事業地14 立石	山陽小野田 市	モウソウ	0.42	皆伐	混交林	竹95%
11		事業地15 林	美祢市	モウソウ	0.11	皆伐	純竹林	
12	飯森木材	事業地16 黒五郎	宇部市	モウソウ	0.37	皆伐	混交林	—
13		事業地17 渡辺	宇部市	モウソウ	0.23	皆伐	混交林	竹97%
14		事業地18 光井	宇部市	モウソウ	0.19	皆伐	混交林	竹97%
15		事業地19 村中	美祢市	モウソウ	0.21	皆伐	混交林	竹97%
16		事業地20 藤田	宇部市	モウソウ	0.28	皆伐	混交林	竹97%

合計： 7.25ha

■「県民税事業地」地域集荷システム

番号	実施 事業体	事業地 ID	所在地	竹の 種類	面積 ha	伐採 方法	竹林の 状況	混交率
1	周南森 林組合A	事業地21 下松	下松市	—	0.15	—	—	—
2	カルスト森 林組合	事業地22 美東	美祢市	—	0.04	—	—	—
3	飯森木材	事業地23 阿東1	山口市	—	0.10	—	—	—
4		事業地24 阿東2	山口市	—	0.08	—	—	—

合計： 0.37ha

5. 実証試験の実施

5.1. 伐採・収集・運搬・燃料化現地実証試験の実施

5.1.1. 全体概要まとめ

初年度となる H25 年度では実証試験開始に向けた準備期間として、竹林確保に向けた場所選定や所有者との調整方式、実証試験を推進する上での体制整備を活動方針とした。

2 年目となる H26 年度では現場作業プロセスと使用機械の標準化を図ると共に、現場作業プロセス単体での生産性向上施策による効果性評価を活動方針とした。

結果、オンサイト・チップ化システムで約 12,000 円/t、拠点集積・チップ化システムで約 14,000 円/t までコストを削減し一定の効果を出すことができた。

一方で、そのコスト評価が各チップ化システムでの限定された各作業工程のコスト評価に留まっていることに加え、竹チップ供給量拡大等本格的な事業化に向けて検証余地が残されていた。

表 5.1.1 平成 25, 26, 27 年度の実績

	事業地数	総面積	総供給量
平成 25 年度	3	1.28ha	61.1t
平成 26 年度	13	6.00ha	923.9t
平成 27 年度	24	10.13ha	1572.4t

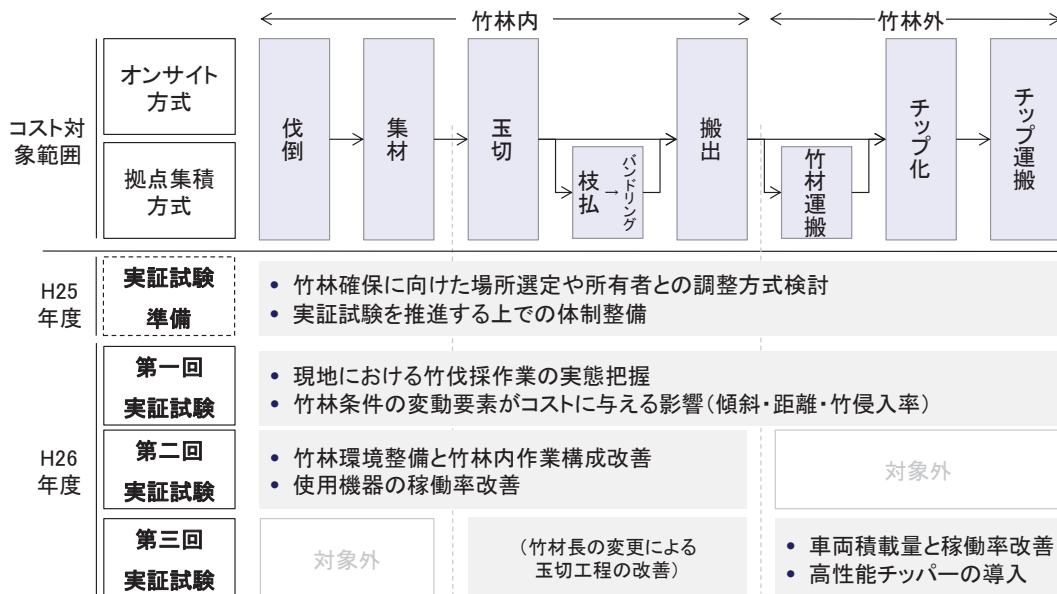
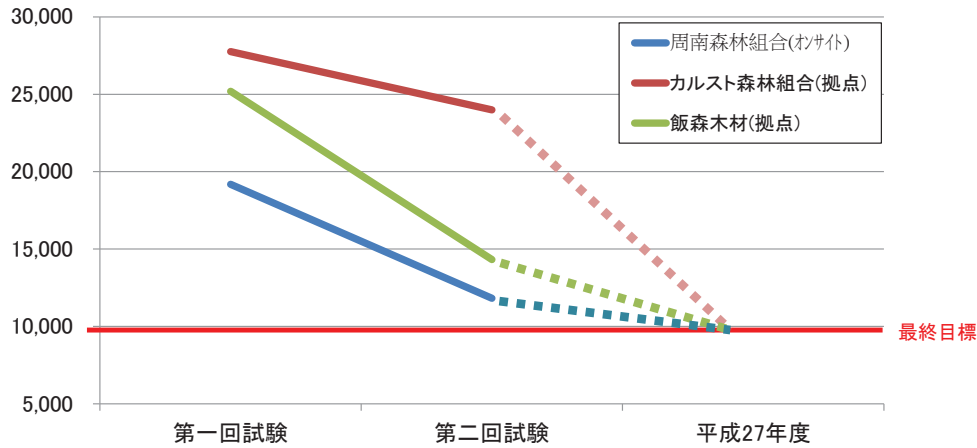


図 5.1.1.1 (参考) H25, H26 年度実証試験概要

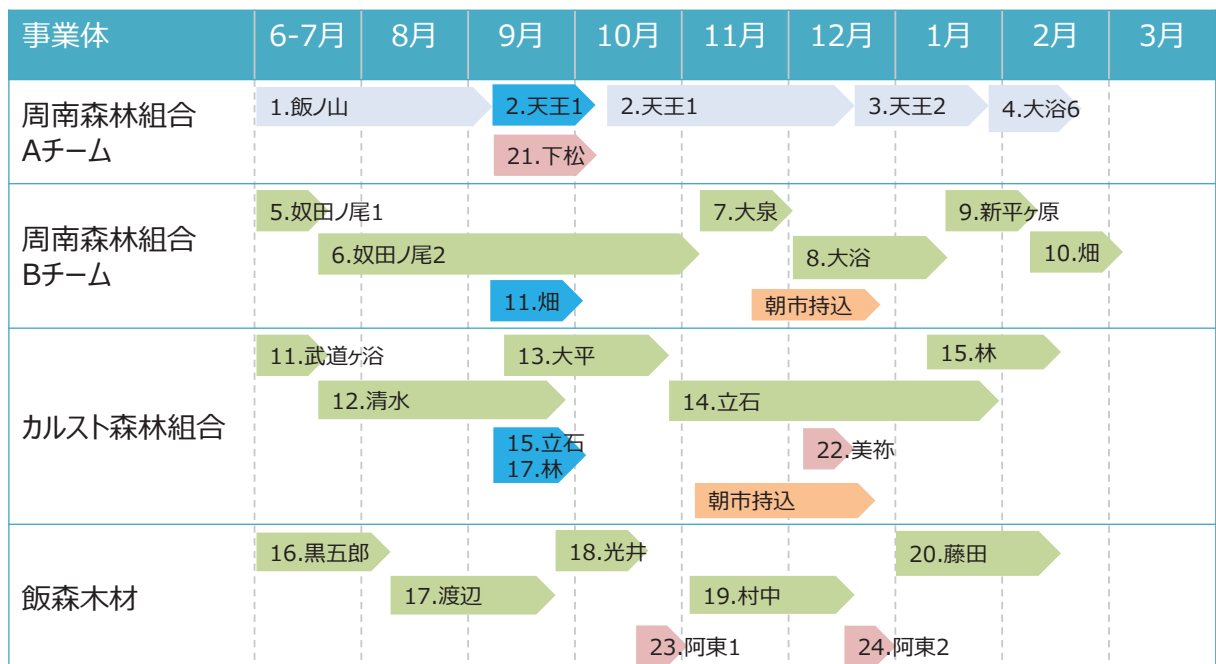


*第一回実証試験の値は、1サイクル目と2サイクル目の平均値を採用

図 5.1.1.2 (参考) H26 年度実証試験結果概要

本実証事業における試験の方針は、竹チップ供給の作業コストの低減を図るとともに、事業化に向けた持続可能な作業プロセスを評価するために、様々な事業地の特性に応じた作業システムの現地試験を実施し、事業地（試験実施竹林）単位で作業実績データを収集・分析・評価した。

実証試験状況を定量的に把握する手段として、異なるチップ化システムによる各事業体での実証試験状況を定量的且つ共通的に分析する事を目的に、共通フォーマットである作業計画書兼報告書、各種作業日報を運用し、事業地単位での経済性・生産性の分析を可能とした。



- 【凡例】
- オンサイトチップ
 - 拠点集積
 - 県民税事業地
 - 朝市方式
 - レーザ測量

図 5.1.1.3 本度実証試験の全体ロードマップ

5.1.2. 工程調査方法について

平成 26 年度は、事前作業と作業路開設は対象外とした「期間限定(2~3 日程度)」の調査・分析であったが、平成 27 年度は、各作業システムの作業工程を統一、事業地単位での日報調査を実施した。

また、作業路開設も含めた事前作業から事業終了まで事業地単位での「全作業工程を分析評価」を実施した。

作業計画書 兼報告書 定義作業工程	事前作業	作業路開設	伐採・搬出				運搬	チップ化				凡例：作業場所			
			伐採	作業道 までの搬出	玉切			集積土場	バイオマスセンター	バイオマスセンター	バイオマスセンター				
オンサイトチップ 化システム 実作業工程	事前作業	作業路開設	伐採	作業道 までの搬出	玉切	林内作業車への 竹材荷積	集積土場 までの搬出	竹材荷降	チップ投入	トラックへの 竹チップ荷積	チップ運搬		発電所 竹チップ荷降		
拠点集積チップ 化システム 実作業工程	事前作業	作業路開設	伐採	作業道 までの搬出	玉切	林内作業車への 竹材荷積	集積土場 までの搬出	竹材荷降		トラックへの 竹材荷積	竹材運搬	竹材荷降	一次チップ投入 二次チップ投入 トラックへの 竹チップ荷積	チップ運搬	竹チップ荷降
「県民税事業地」地域集荷 システム 実作業工程	事前作業	作業路開設				林内作業車への 竹材荷積	集積土場 までの搬出	竹材荷降		トラックへの 竹材荷積	竹材運搬	竹材荷降	一次チップ投入 二次チップ投入 トラックへの 竹チップ荷積	チップ運搬	竹チップ荷降
「朝市方式」地域集荷システム 実作業工程	事前作業					所有者による 竹の持込	竹の計量 と買取	竹材荷降		トラックへの 竹材荷積	竹材運搬	竹材荷降	一次チップ投入 二次チップ投入 トラックへの 竹チップ荷積	チップ運搬	竹チップ荷降

*試験地の環境によっては実施有無含め集積土場での変更がある

図 5.1.2 本年度実証試験の工程定義

5.1.3. コスト算出方法について

作業コスト（tあたりコスト）の把握において、現地作業を行う各事業体のコスト分析を容易にするため、コスト算出ルールは統一しながらも人件費単価・機械単価等は各事業体の実態に即した単価を使用した。

経済性分析のコスト算出ルールと生産性分析の算出方法は下記で示すとおりである。

分析種別	分析項目	内訳	
生産コスト (円/t)	経済性分析 作業コスト (円/日)	人件費	[人件費単価(円/日)] × [工程作業時間(日)]
		機械経費	[機械単価(円/日)] × [機械利用日数(日)]
		燃料費	[燃料単価(円/ℓ)] × [燃料使用量(ℓ)]
		オイル費	[オイル単価(円/ℓ)] × [オイル使用量(ℓ)]
	生産性分析 生産性 (t/日)	生産量	[生産量(t)] ÷ [作業時間(日)]

= ÷

図 5.1.3 本年度実証事業のコスト算出ルール

5.1.4. 現地試験の作業システム別実施結果と考察

5.1.4.1. 現地試験結果一覧

作業システム	事業体	番号	事業地	面積	作業日数	生産量		生産性	作業コスト	作業コスト	生産コスト	
				ha	日	t	t/ha	t/日	円	円/日	円/t	
オンサイト	周南A	1	飯ノ山	1.13	81	217.4	192.4	2.7	5,878,164	72,570	27,038	
		2	天王1	1.03	57	265.9	258.2	4.7	3,918,129	68,739	14,733	
		3	天王2	0.25	13	51.6	206.2	4.0	786,773	60,521	15,262	
		4	大浴6	0.1	15	18.7	186.7	1.2	580,337	38,689	31,084	
拠点集積	周南B	5	奴田尾1	0.43	32	47.6	110.7	1.5	1,685,622	52,676	35,405	
		6	奴田尾2	1.18	92	97.1	82.3	1.1	3,668,382	39,874	37,795	
		7	大泉	0.11	15	21.7	197.0	1.4	520,461	34,697	24,018	
		8	大浴	0.29	26	38.3	132.0	1.5	972,241	37,394	25,398	
		9	新平ヶ原	0.1	9	9.5	94.7	1.1	410,316	45,591	43,328	
		10	畑	1.28	36	166.1	129.8	4.7	2,737,628	78,218	16,481	
	カルスト	11	武道ヶ浴	0.52	20	48.3	92.9	2.4	1,502,417	75,121	31,106	
		12	清水	0.98	32	79.7	81.3	2.5	2,973,290	92,915	37,315	
		13	大平	0.55	31	51.2	93.1	1.7	1,642,093	52,971	32,078	
		14	立石	0.42	48	56.0	133.3	1.2	2,097,213	43,692	37,457	
		15	林	0.11	13	30.3	275.6	2.3	652,810	50,216	21,531	
	飯森木材	16	黒五郎	0.37	49	124.0	335.1	2.5	4,987,876	101,793	40,228	
		17	渡辺	0.23	23	36.6	159.3	1.6	1,832,225	79,662	50,020	
		18	光井	0.19	17	34.3	180.4	2.0	1,583,546	93,150	46,194	
		19	村中	0.21	20	61.6	293.5	3.1	1,662,717	83,136	26,979	
		20	藤田	0.28	26	63.8	227.7	2.5	2,098,744	80,721	32,921	
	県民税	周南A	21	下松	0.15	6	22.7	151.3	3.8	488,979	81,497	21,541
		カルスト	22	美東	0.04	1	3.2	80.5	3.2	72,536	72,536	22,527
		飯森木材	23	阿東1	0.1	5	7.5	75.0	1.5	329,480	65,896	43,931
		飯森木材	24	阿東2	0.08	6	19.5	243.3	3.2	681,358	113,560	35,013

※詳細については、「別紙資料実証事業事例集」を参照

5.1.4.2. 竹林オンサイト・チップ化システム

周南森林組合Aチームは、前年度から継続して本年度も竹林オンサイト・チップ化システムの実証試験を行なった。結果としては、前年度の11,817円/tに対して、今年度最も低コストであった天王1（事業地2）で14,733円/tとなり前年度より低コストにすることが出来なかった。大きな原因としては、日あたり生産量の平均が前年度を大きく下回ったことが上げられる。前年度では、数日間のスポット試験となり、今年度は事業開始から終了までの継続試験であった為、試験開始と終了時の生産量が落ち込んだ時期が平均コストを押し上げる構造になった。こうした課題が明確になった一方で、今年度は新たな改善施策として移動式チップパーの待ち時間削減を目的としたチップ搬送と短程搬送を併用したハイブリッド型搬送の効果で日あたりコストを削減する事に成功した。

また、コストを週別で評価すると生産コストが10,255円/tとなるケースもあることから、コストのバラつき要因でもあるチップパー故障時は全日作業中止等、作業期間内での生産性を安定させる事により当初の目標である10,000円/tをクリアできる可能性があると推測する。

■オンサイト・チップ化システム現地試験結果（周南A）

	H26年度			H27年度			
	第一回試験①	第一回試験②	第二回試験	事業地1 飯ノ山	事業地2 天王1	事業地3 天王2	事業地4 大浴6
生産コスト (円/t)	21,059	18,572	11,817	27,038	14,733	15,262	31,084
作業コスト (円/日)	91,396	109,699	82,814	72,570	68,739	60,521	38,689
生産量 (t/日)	4.34	5.91	7.01	2.68	4.67	3.97	1.24

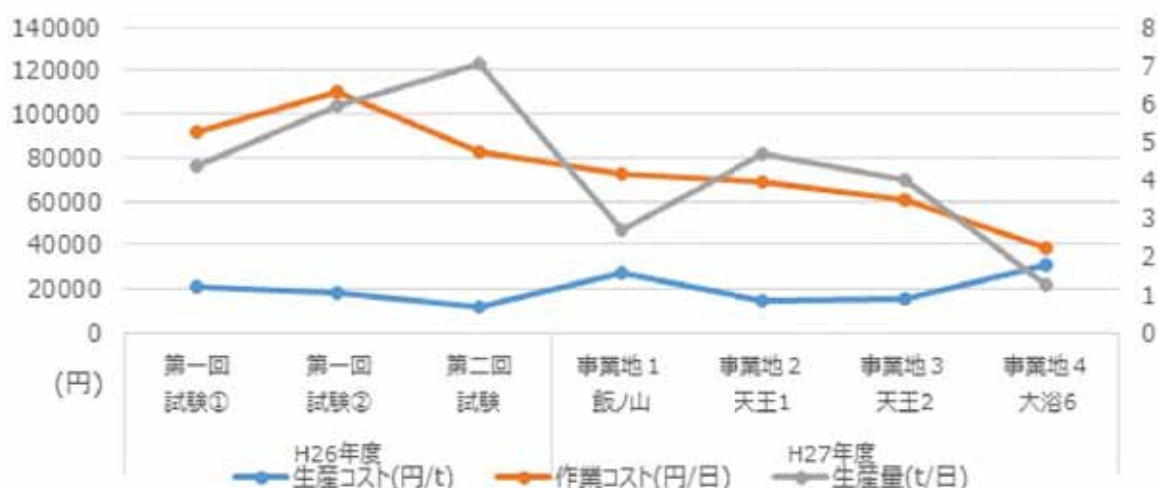


表 5.1.4.2.2 オンサイト・チップ化システム生産コスト推移（事業地2・天王1）

行ラベル	生産コスト(円/t)
10月4W	18,066
10月5W	11,677
11月1W	14,345
11月2W	10,370
11月3W	15,814
11月4W	12,018
12月1W	10,225
12月2W	10,225
12月3W	10,225
12月4W	45,058
総計	14,733



5.1.4.3. 拠点集積チップ化システム

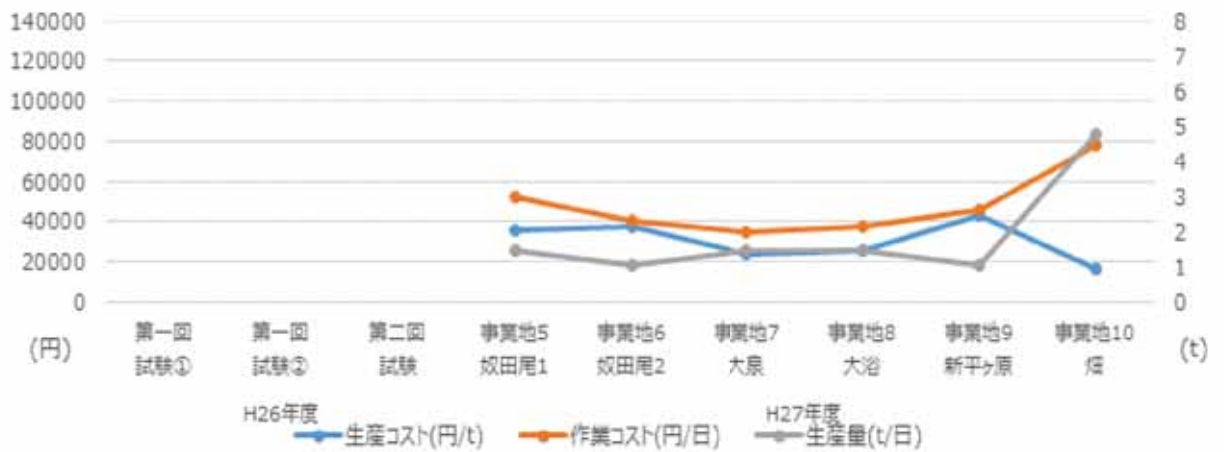
カルスト森林組合、飯森木材は、前年度から継続して本年度も拠点集積チップ化システムの実証試験を行い、加えて周南森林組合Bチームも新たに本システムの実証試験を実施した。結果としては、前年度の14,415円/t（飯森木材・第二回目）に対して、調査方法とコスト算出方法が異なるが、今年度最も低コストであった畑（事業地10）で16,481円/tとなり前年度より低コストにすることが出来なかった。

大きな原因としては、竹林オンサイト・チップ化システムと同様に、日あたり生産量の平均が前年度を大きく下回ったことが上げられる。原因としては、混交林による伐採作業効率の低下、伐採後の搬出（フォワーダに小運搬）による作業効率低下が要因となり、生産量が落ち込む結果となった。また、事業地によっては、竹の資源量が当初の見込みより低く、結果的に想定していた生産量を出すことが出来ないケースもあった。今後、情報精度の高い竹資源情報管理・支援システムを利用して竹林の傾斜や竹密度に応じた路網設計やコスト評価を実施していくことにより、更なる低コスト化に繋がるものと推測する。

¹拠点集積・チップ化システムでは生産コスト範囲をチップ工場への運搬までとしている。

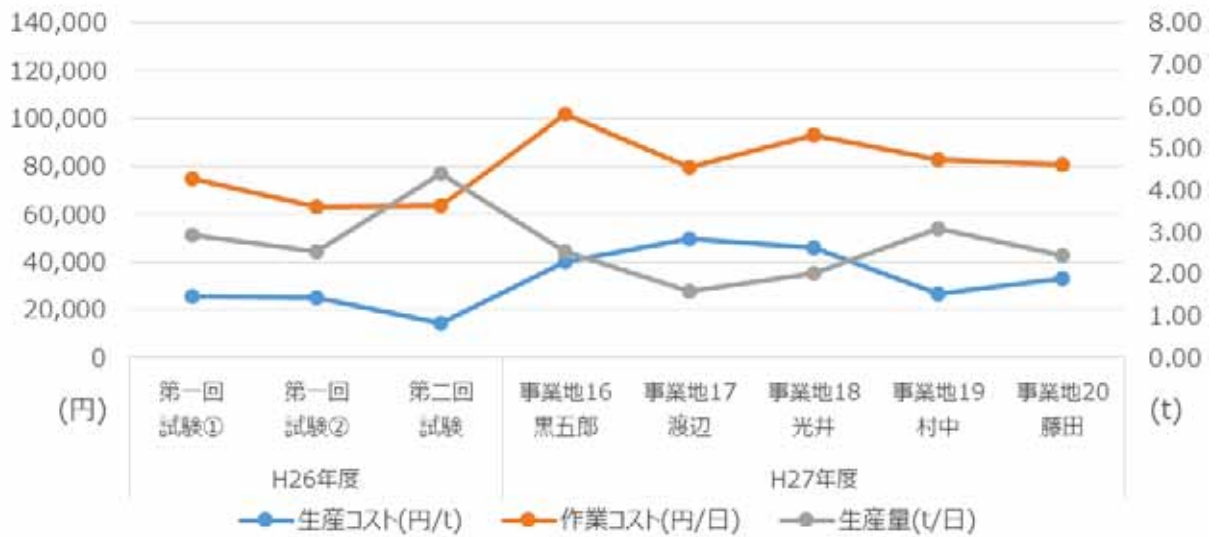
■集積チップ化システム現地試験結果（周南B）

	H26年度			H27年度					
	第一回 試験①	第一回 試験②	第二回 試験	事業地5 奴田尾1	事業地6 奴田尾2	事業地7 大泉	事業地8 大浴	事業地9 新平ヶ原	事業地10 畑
生産コスト (円/t)	—	—	—	35,405	37,795	24,018	25,398	43,328	16,481
作業コスト (円/日)	—	—	—	52,676	39,874	34,697	37,394	45,591	78,218
生産量 (t/日)	—	—	—	1.49	1.06	1.44	1.47	1.05	4.75



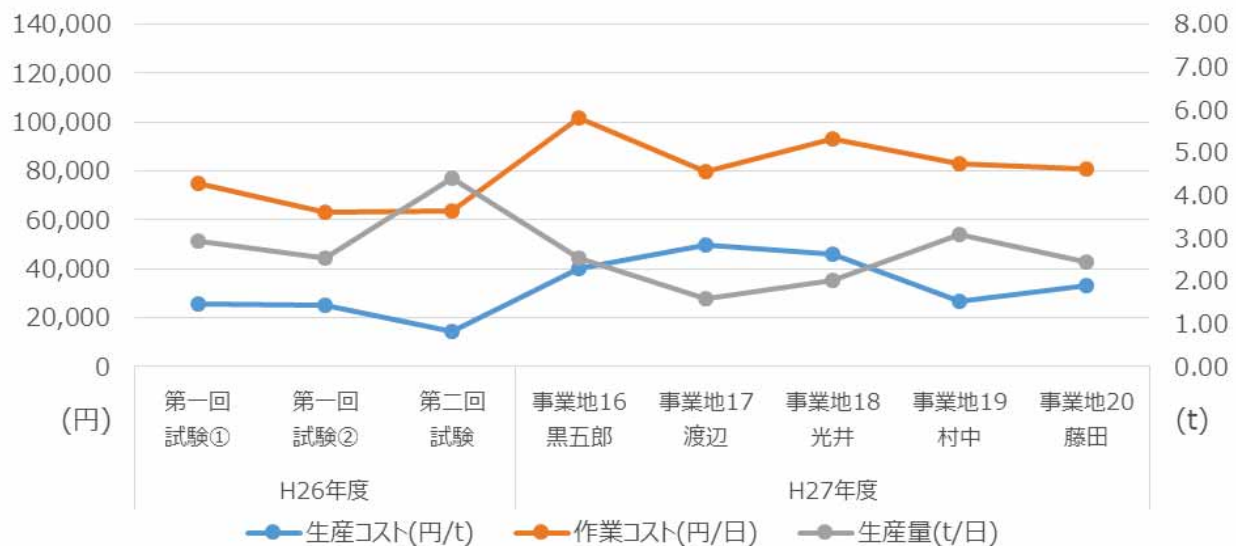
■拠点集積チップ化システム現地試験結果（カルスト）

	H26年度			H27年度				
	第一回 試験①	第一回 試験②	第二回 試験	事業地11 武道ヶ浴	事業地12 清水	事業地13 大平	事業地14 立石	事業地15 林
生産コスト (円/t)	29,540	26,149	24,134	31,106	37,315	32,078	37,457	21,531
作業コスト (円/日)	84,337	109,930	123,177	75,121	92,915	52,971	43,692	50,216
生産量 (t/日)	2.86	4.20	5.10	2.42	2.49	1.65	1.17	2.33



■拠点集積チップ化システム現地試験結果（飯森木材）

	H26年度			H27年度				
	第一回試験①	第一回試験②	第二回試験	事業地16 黒五郎	事業地17 渡辺	事業地18 光井	事業地19 村中	事業地20 藤田
生産コスト (円/t)	25,548	25,012	14,415	40,228	50,020	46,194	26,979	32,921
作業コスト (円/日)	75,009	63,281	63,714	101,793	79,662	93,150	83,136	80,721
生産量 (t/日)	2.94	2.53	4.42	2.53	1.59	2.02	3.08	2.45



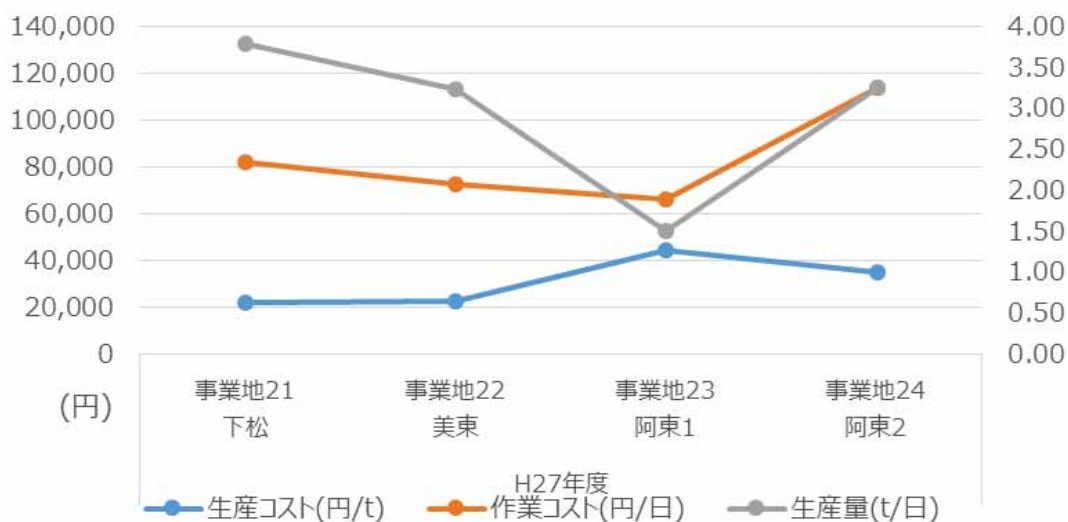
5.1.4.4. 「県民税事業地」地域集荷システム

本年度より新たに「県民税事業地」地域集荷化システムの実証試験を行なった。結果としては、今年度最も低コストであった下松（周南Aチーム・事業地③）で19,910円/tであった。

伐採・造材等のコストがかからないにも関わらず、コスト高の原因は棚積みされている場所が高所や足場条件が悪いことによる竹の集材工程にて作業効率を大きく下げたことや、乾燥していたためトラクター一台当たりの積載量が平均1.3tと通常竹の積載量の半分以下である事挙げられる。一方で、棚積み内側の竹が腐朽し燃料化が不可能であり、収集量が予定の2/3以下であった。2年以上経過した伐採竹は、特に棚の内側の腐朽状況を事前に確認する必要性と作業安全上の課題もあることから、事業化に向けクリアすべき課題が多くあると推測する。

■ 「県民税事業地」地域集荷システム現地試験結果

	H27 年度			
	事業地 21 下松	事業地 22 美東	事業地 23 阿東 1	事業地 24 阿東 2
生産コスト(円/t)	21,541	22,527	43,931	35,013
作業コスト(円/日)	81,497	72,536	65,896	113,560
生産量(t/日)	3.78	3.22	1.50	3.24



5.1.4.5. 「朝市方式」地域集荷システム

本年度より新たに「朝市方式」地域集荷化システムの実証試験を行なった。結果としては、今年度最も低コストであったカルスト森林組合で15,538円/tであった。

朝市方式は、受入先がカルスト森林組合のような竹材の供給事業者の場合、拠点（燃料供給事業者）への運搬経費等でコストがかかるため、竹林所有者が燃料供給事業者へ直接持ち込む方が事業者負担は少なくなる。

しかし、所有者が保有している車両は軽トラックの割合が多く、1回での大量供給は困難であり、燃料供給事業者への距離が遠いと不利となる。朝市方式は定着するまではベース供給量と捉えずに、竹林所有者が持ち込みやすい環境整備を行うことが必要である。

■ 「朝市方式」地域集荷システム現地試験結果

区 分		カルスト森林組合	周南森林組合
受入	周知方法	広報誌にチラシ差し込み	地区座談会でチラシ配布
	実施期間	H27.11.2～12.25	H27.11.16～12.25
	受入方法	本所への持ち込み	本所持ち込み又は集荷
	計測方法	トラックスケール	吊り上げ計量器
	条件	2～3mの短程(割れ、枝葉付きを除く)	【持込】2m以上の短程 【集荷】4mの短程
	買取価格(円/t)	8,000	【持込】 8,000 【集荷】 5,000
実施結果	出荷人数(人)	7	1(持ち込み)
	受入回数(回)	43	1
	受入量(t)	20.55	0.68
	受入金額(円)	164,360	5,440
	受入コスト(円)	17,380	1,647
	処理(運搬等)コスト(円)	137,486	8,163
	コスト合計(円)	319,226	15,250
生産コスト(円/t)	15,538	22,426	

本システムの実証試験時に実施した所有者アンケートの結果、侵入竹除去を目的に参加した所有者やタケノコ生産者からは朝市システムへの理解が強く、継続した供給が見込まれる。一方、売買目的の所有者からは、作業の負荷（時間）がかかる事により、継続意志がない事や買取単価のアップを求めている事が判明した。

供給可能時期については、夏場を除いたシーズン（特に冬場）であれば所有者からの継続供給が多く見込まれるので生産量の拡大に伴いコスト削減の可能性はあると推測する。

分類	目	査結果
継続性	動機	・事業体により参加者数にバラつきが大きく、周知方法に課題あり。
	目的	・タケノコ生産や竹侵入防止目的の場合、継続性あり。 ※売買目的の場合、継続困難な傾向。
経済性	買取価格	・タケノコ生産や竹侵入防止目的の場合、8,000 円/t で妥当。 ※売買目的の場合、10,000 円/t 以上を希望する傾向。
	作業時間	・持込運搬距離の影響が大きく、遠方の所有者は敬遠傾向。
生産性	量	・軽トラックでの持込が多い為、一括大量に持込することは困難。
	時期	・季節による偏りが大きい。特に冬場での持込可能者が多数。

図 5.1.4.5.1 「朝市方式」地域集荷システムアンケート結果

5.1.5. コスト要因の解析

本年度の実証実験結果を踏まえ、生産コストの要因について表5.1.5 生産コスト要因一覧のとおり整理した。

表5.1.5 生産コスト要因一覧

分類	要素	コスト			重要度	内容
		減		増		
竹林 条件	1. 一本あたりの材積	大	中	小	◎	・同じ作業で得られる生産量に大きく影響。
	2. haあたり本数	大	中	小	◎	・同じ面積で得られる生産量に大きく影響
	3. 竹の侵入割合	純竹林	侵入率大	侵入率小	○	・伐採、集材時の作業に負荷
	4. 傾斜度 (下荷集材のみ)	大	中	小	○	・集材時の作業効率に影響 (伐倒後の傾斜利用による集材効率を考慮)
	5. 林道・作業道までの距離	隣接	近	遠	◎	・竹の搬出効率に影響。(動線が長いとボトルネックになる)
	6. 林道・作業道・土場広さ	広	中	狭	◎	・竹の集材及び運搬効率に影響
作業 条件	7. 集材(上荷・下荷)方式	下荷	—	上荷	◎	・集材時の作業効率に影響。 ・上荷を採用すると生産性が著しく低下する。
	8. 林内作業車の小運搬	無	—	有	◎	・積載効率が悪く搬出距離が長いとコスト高 ・積載・積降作業によるコスト増
	9. 架線集材	無	—	有	○	・数本単位でしか集材できず、本数が多い竹林では不利 ・集材距離が長いとボトルネック
	10. チッパー性能・耐久性	良	中	不良	○	・処理能力が低いと前後の作業工程に影響 ・機械停止の頻度と時間により、他作業が遅延
	11. バンドリングの機械化	有	—	無	○	・バンドリング時の作業効率に影響 ・但し機械コストが上がるので、生産量とのバランスを考慮
運搬 条件	12. トラックの大きさ	4t以上	4t	2t以下	◎	・同じ運搬で得られる積載量に大きく影響。
	13. 竹林からの運搬距離	近	中	遠	◎	・トラック運搬回数に影響し、近いほどコスト削減に繋がる。
現場 条件	14. 作業員の熟練度	高	中	低	○	・伐採、集材、搬出時の作業効率に大きく影響。 ・熟練度が高いほど機械の取扱や作業の段取りが早い。
	15. 作業員の賃金単価	低	中	高	◎	・作業日数が少なくなるとコスト削減に影響
	16. 作業班長の統率力	高	中	低	◎	・現場での作業員待ち時間削減に影響

5.1.6. コスト要因のシミュレーション

5.1.6.1 竹林オンサイト・チップ化システム

本年度の実証試験でオンサイト・チップ化システムを採用し、生産コストが最も低かった事業地2「天王1」の実績を元に、生産コストの要因分析と改善シミュレーションを実施した。

表 5.1.6.1 事業地2「天王1」生産コスト要因分析

分類	要素	コスト		
		減		増
竹林条件	1. 一本あたりの材積 (胸高直径、樹高で推定)	大	中	小
	2. haあたり本数	大	中	小
	3. 竹の侵入割合	純竹林	竹侵入率大	竹侵入率小
	4. 傾斜度(下荷集材のみ)	大	中	小
	5. 林道・作業道までの距離	隣接	近	遠
	6. 林道・作業道・土場の広さ	広	中	狭
作業条件	7. 集材(上荷・下荷)の方式	下荷	—	上荷
	8. 林内作業車の小運搬	無	—	有
	9. 架線集材	無	—	有
	10. チッパー性能・耐久性	良	中	不良
	11. バンドリングの機械化	有	—	無
運搬条件	12. トラックの大きさ	4tトラック 以上	4tトラック	2tトラック 以下
	13. 竹林からバイオマスC 又は発電所までの距離	近	中 30km内	遠
現場条件	14. 作業員の熟練度	高	中	低
	15. 作業員の賃金単価	低	中	高
	16. 作業班長の統率力	高	中	低

■生産コスト増加要因の分析結果

① 生産コスト増加要因1：竹林条件

グラウンド跡地に侵入した竹が小型で材積が低下し生産コストが増加した。

② 生産コスト増加要因2：作業条件

枝詰り等で移動式チッパーの故障が多発した期間(作業期間の前半に集中)があった。

③ 生産コスト増加要因3：運搬条件

事業地からチップ工場までの運搬距離(77km)が長かった。

■生産コストの改善シミュレーション方法

① 竹林条件

1本あたりの材積及びhaあたりの本数が低下した区域を除外。

② 作業条件

移動式チップパー故障により急激に生産量が低下した作業日を除外。

③ 運搬条件

竹林からバイオマスセンター及び発電所までの運搬距離を77km、37kmから10kmで仮定。運搬距離の短縮による、トラック回転率向上を仮定。

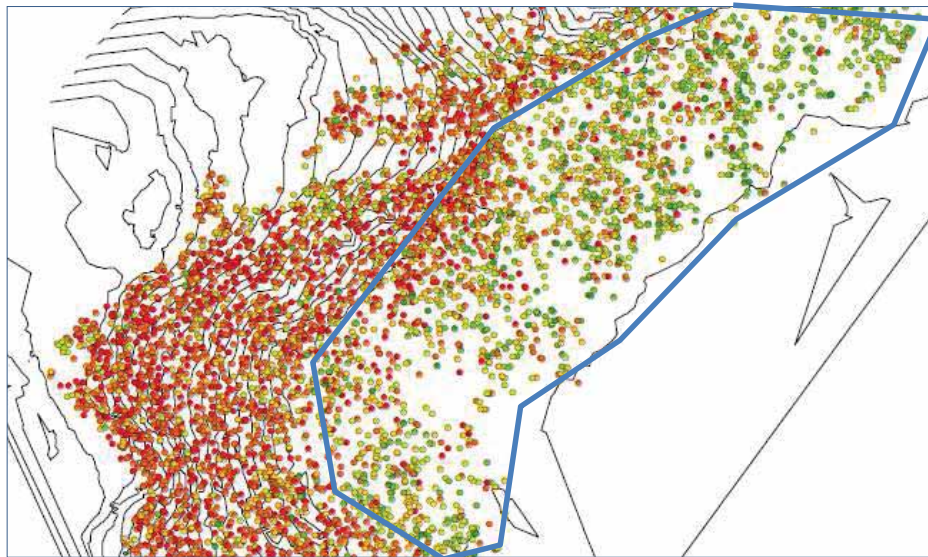


図 5.1.6.1 (参考) 1本あたりの材積及びhaあたりの本数低下区域

■生産コストの改善シミュレーション結果

シミュレーション結果として、生産コストの実績値 14,733 円/t から 10,289 円/t まで削減可能と試算した。

実績値		シミュレーション①②	
行ラベル	生産コスト(円/t)	行ラベル	生産コスト(円/t)
10月4W	18,066	10月4W	12,182
10月5W	11,677	10月5W	11,677
11月1W	14,345	11月1W	11,686
11月2W	10,370	11月2W	10,370
11月3W	15,814	11月3W	15,814
11月4W	12,018	11月4W	12,018
12月1W	10,225	12月1W	10,225
12月2W	10,225	12月2W	10,225
12月3W	10,225	12月3W	-
12月4W	45,058	12月4W	-
総計	14,733	総計	12,856

シミュレーション①
効果試算

シミュレーション②
効果試算

シミュレーション③

区分 (シミュレーション)	作業項目						計(円)	生産コスト 円/t
	事前作業	作業路開設	伐採・搬出	チップ化	運搬*1	その他		
77km 実績	25,400	153,491	1,394,009	1,167,152	883,480	294,597	3,918,129	14,733
77km (①②)	25,400	149,941	1,000,327	906,224	759,582	182,298	3,023,771	12,856
30km	25,400	149,941	1,000,327	906,224	34,456	182,298	2,648,503	11,260
					349,858			
					384,314			
20km	25,400	149,941	1,000,327	906,224	22,971	182,298	2,520,398	10,716
					233,239			
					256,209			
10km (③)	25,400	149,941	1,000,327	906,224	13,782	182,298	2,417,915	10,280
					139,943			
					153,726			

*1 運搬シミュレーション値

上段竹林～ミツウロコ発電所運搬費

中段: 竹林～バイオマスセンター運搬費

下段: 運搬費合計(青杉部)

シミュレーション③
効果試算

5.1.6.2 拠点集積・チップ化システム

本年度の実証試験で拠点集積・チップ化システムを採用し、生産コストが最も低かった事業地 10「畑」の実績を元に、生産コストの要因分析と改善シミュレーションを実施した。

表 5.1.6.2 事業地 10「畑」生産コスト要因分析

分類	要素	コスト		
		減		増
竹林条件	1. 一本あたりの材積 (胸高直径、樹高で推定)	大	中	小
	2. haあたり本数	大	中	小
	3. 竹の侵入割合	純竹林	竹侵入率大	竹侵入率小
	4. 傾斜度(下荷集材のみ)	大	中	小
	5. 林道・作業道までの距離	隣接	近	遠
	6. 林道・作業道・土場の広さ	広	中	狭
作業条件	7. 集材(上荷・下荷)の方式	下荷	—	上荷
	8. 林内作業車の小運搬	無	—	有
	9. 架線集材	無	—	有
	10. チップパー性能・耐久性	良	中	不良
	11. バンドリングの機械化	有	—	無
運搬条件	12. トラックの大きさ	4tトラック 以上	4tトラック	2tトラック 以下
	13. 竹林からバイオマスC 又は発電所までの距離	近	中 30km内	遠
現場条件	14. 作業員の熟練度	高	中	低
	15. 作業員の賃金単価	低	中	高
	16. 作業班長の統率力	高	中	低

■生産コスト増加要因の分析結果

① 作業条件

集材作業にてフォワーダによる約 150mの小運搬を実施していた。

② 運搬条件

事業地からチップ工場までの運搬距離 (74km) が長かった。

■生産コストの改善シミュレーション方法

① 竹林条件

竹林が林道に隣接していると仮定し、フォワーダによる小運搬を除外。

② 運搬条件

竹林からバイオマスセンターまでの運搬距離を 74km から 10km で仮定。

※運搬距離の短縮による、トラック回転率向上を仮定。

■生産コストの改善シミュレーション結果

シミュレーション結果として、生産コストの実績値 16,481 円/t から 11,415 円/t まで削減可能と試算した。

シミュレーション①②

区分 (シミュレーション)	作業項目						計(円)	生産 コスト 円/t
	事前 作業	作業路 開設	伐採・搬出	チップ化	運搬*1	その他		
74km 実績	15,750	152,010	1,486,864	372,597	574,405	136,002	2,737,628	16,481
74km ①	15,750	152,010	1,076,220	372,597	574,405	136,002	2,326,984	14,009
30km	15,750	152,010	1,076,220	372,597	287,202	136,002	2,039,781	12,280
20km	15,750	152,010	1,076,220	372,597	229,762	136,002	1,982,341	11,934
10km ③	15,750	152,010	1,076,220	372,597	143,601	136,002	1,896,180	11,415

*1 運搬シミュレーション値(青枠部)

*2 伐採・搬出シミュレーション(赤枠部)

搬出作業構成 15%(前年実績)を除外。

シミュレーション②
効果試算

シミュレーション①
効果試算

5.1.6.3 「県民税事業地」地域集荷システム

本年度の実証試験で「県民税事業地」地域集荷システムを採用し、生産コストが最も低かった事業地 21「下松」の実績を元に、生産コストの要因分析と改善シミュレーションを実施した。

表 5.1.6.3 「下松」生産コスト要因分析

分類	要素	コスト		
		減		増
竹林条件 ※対象外	1. 一本あたりの材積 (胸高直径、樹高で推定)	大	中	小
	2. haあたり本数	大	中	小
	3. 竹の侵入割合	純竹林	竹侵入率大	竹侵入率小
	4. 傾斜度(下荷集材のみ)	大	中	小
	5. 林道・作業道までの距離	隣接	近	遠
	6. 林道・作業道・土場の広さ	広	中	狭
作業条件 ※対象外	7. 集材(上荷・下荷)の方式	下荷	—	上荷
	8. 林内作業車の小運搬	無	—	有
	9. 架線集材	無	—	有
	10. チップパー性能・耐久性	良	中	不良
	11. バンドリングの機械化	有	—	無
運搬条件	12. トラックの大きさ	4tトラック 以上	4tトラック	2tトラック 以下
	13. 竹林からバイオマスC 又は発電所までの距離	近	中 30km内	遠
現場条件	14. 作業員の熟練度	高	中	低
	15. 作業員の賃金単価	低	中	高
	16. 作業班長の統率力	高	中	低

■生産コスト増加要因の分析結果

① 運搬条件

事業地からチップ工場までの運搬距離（65km）が長かった。

■生産コストの改善シミュレーション方法

① 運搬条件

竹林からバイオマスセンターまでの運搬距離を 65km から 10km で仮定。

※運搬距離の短縮による、トラック回転率向上を仮定。

■生産コストの改善シミュレーション結果

シミュレーション結果として、生産コストの実績値 21,541 円/t から 10,714 円/t まで削減可能と試算した。

シミュレーション①②

区分 (シミュレーション)	作業項目						計(円)	生産 コスト 円/t
	事前 作業	作業路 開設	伐採・搬出	チップ化	運搬*1	その他		
65km 実績	0	0	150,135	0	282,097	56,747	488,979	21,541
30km	0	0	150,135	0	99,909	56,747	306,792	13,515
20km	0	0	150,135	0	66,606	56,747	273,489	12,048
10km (①)	0	0	150,135	0	36,331	56,747	243,213	10,714

*1 運搬シミュレーション値(青枠部)

シミュレーション①
効果試算

5.1.6.4 「朝市方式」地域集荷システム

本年度の実証試験で「朝市方式」地域集荷システムを採用し、生産コストが最も低かったカルスト森林組合の実績を元に、生産コストの要因分析と改善シミュレーションを実施した。

表 5.1.6.4 「朝市・カルスト森林組合」生産コスト要因分析

分類	要素	コスト		
		減		増
竹林条件 ※対象外	1. 一本あたりの材積 (胸高直径、樹高で推定)	大	中	小
	2. haあたり本数	大	中	小
	3. 竹の侵入割合	純竹林	竹侵入率大	竹侵入率小
	4. 傾斜度(下荷集材のみ)	大	中	小
	5. 林道・作業道までの距離	隣接	近	遠
	6. 林道・作業道・土場の広さ	広	中	狭
作業条件 ※対象外	7. 集材(上荷・下荷)の方式	下荷	—	上荷
	8. 林内作業車の小運搬	無	—	有
	9. 架線集材	無	—	有
	10. チップパー性能・耐久性	良	中	不良
	11. バンドリングの機械化	有	—	無
運搬条件	12. トラックの大きさ	4tトラック 以上	4tトラック	2tトラック 以下
	13. 竹林からバイオマスC 又は発電所までの距離	近	中 30km内	遠
現場条件	14. 作業員の熟練度	高	中	低
	15. 作業員の賃金単価	低	中	高
	16. 作業班長の統率力	高	中	低

■生産コスト増加要因の分析結果

① 運搬条件

所有者が直接バイオマスセンターへ持込せず、森林組合からチップ工場までの運搬が発生した。

■生産コストの改善シミュレーション方法

① 運搬条件

所有者が直接バイオマスセンターへ持込したと仮定。

※運搬コストの削除を仮定。

■生産コストの改善シミュレーション結果

シミュレーション結果として、生産コストの実績値 15,538 円/t から 8,844 円/t まで削減可能と試算した。

シミュレーション①

区 分		カルスト森林組合(実績)	カルスト森林組合(シミュレーション)
実 施 結 果	出荷人数(人)	7	7
	受入回数(回)	43	43
	受入量(t)	20.55	20.55
	受入金額(円)	164,360	164,360
	受入コスト(円)	17,380	17,380
	処理(運搬等)コスト(円)	137,486	0
	コスト合計(円)	319,226	181,740
	生産コスト(円/t)	15,538	8,844

※受入コストとして買取価格 8,000 円/t を含む

シミュレーション①
効果試算

5.1.7. 考察

本年度の実証試験では、全ての事業体で 10,000 円/t 以下での低コスト作業を実現することは出来なかったが、その高コスト要因を解析し、生産コスト要因として整理できた。

一方で、コスト算定ルールが異なりつつも昨年実績を越える低コスト事業地が存在した事と、コスト要因の最適化によるシミュレーションで 10,000 円/t に近い試算結果が得られた。

以上の事から、「竹林条件」や「現場条件」等のコスト要因が最適な事業地では、10,000 円/t での供給も可能と考える。

表 5.1.7 作業システム別本年度実証事業の結果

作業システム	事業体	H26 生産コスト (円/t) ※参考値	H27 生産コスト (円/t) 実績値	H27 生産コスト (円/t) シミュレーション値
オンサイト	周南森林組合 A	11,817	14,733	10,280
拠点集積	周南森林組合 B	-	16,481	11,415
	カルスト森林組合	24,134	21,538	-
	飯森木材	14,415	32,921	-
県民税	周南森林組合 A	-	21,541	10,714
朝市	カルスト森林組合	-	15,538	8,844

5.2.2. 実証の内容

竹チップは他のバイオマス燃料に比較してカリウム(K)成分の含有量が多い。

燃料に含まれるカリウム(K)成分は燃焼灰の融点及び軟化点温度が低いため、ボイラー伝熱管(1SH/2SH)へ灰の融着によるクリンカー生成と成長が伝熱管の熱伝達を阻害し、1SH/2SHにおいて蒸気加温の低下となり主蒸気温度維持が困難となる。またクリンカー成長により、伝熱管郡のガス通路面積が狭くなり、通風障害も懸念される。

竹チップは他のバイオマス燃料に比較してカリウム(K)成分の含有量が多く(燃料分析表参照)、竹チップ混焼とその混焼割合によるボイラーへの影響を試みた。

ミツウロコ岩国発電所は、年2回(4月と10月)に定期点検補修を計画しており、約半年間の連続運転に対して、以下を条件として実証試験を行った。

- ボイラー主蒸気温度(定格450℃)430℃以上の維持が可能であること。
- ボイラーへ著しい通風障害が発生しないこと。

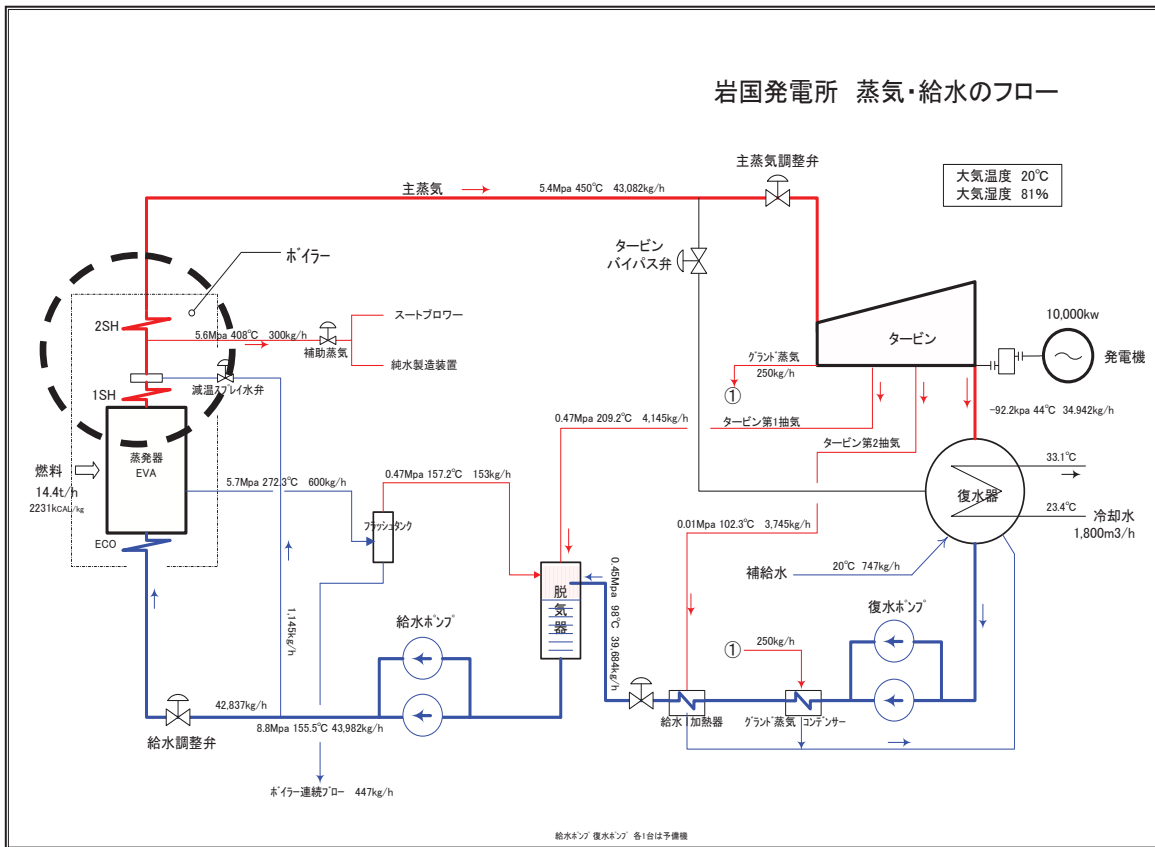


図5.2.2 蒸気・給水フロー

5.2.3. 竹チップの燃料としての有効性

竹チップの有効発熱量(低位発熱量)は、他の木質燃料に比較して遜色はなく、発熱量の観点から木質バイオマス燃料として有効である。

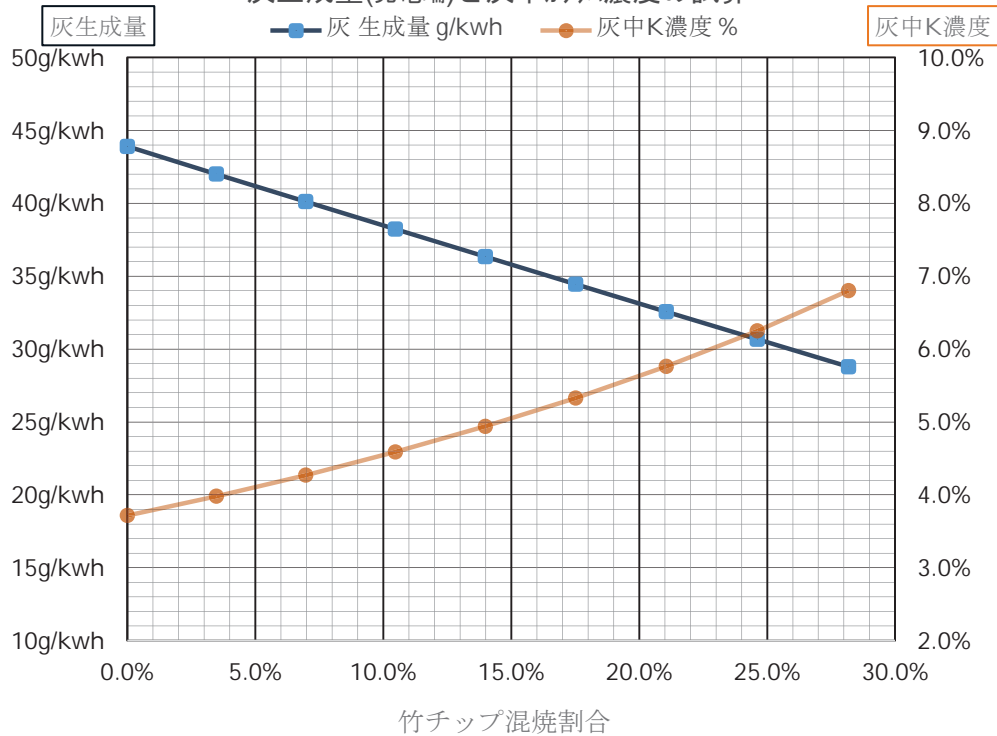
また、他の木質燃料と比較して、灰分が少なく有効発熱量も遜色の無いことからして灰処理量が軽減する傾向にあると考える。

一方、灰の融点温度を低下させるカリウム成分が多く、ボイラー伝熱面への灰融着による熱伝達阻害が懸念される。

表5.2.3 平成27年度燃料分析表

		受入ベース				無水ベース			
		竹	古竹	一般 木材	未利用 木材	竹	古竹	一般 木材	未利用 木材
全水分	%	44.69	20.90	55.15	48.03	-	-	-	-
灰分	%	1.04	0.70	2.83	2.01	1.70	0.88	3.90	6.55
低位発熱量	kJ/kg	8,718	13,530	6,606	7,980	17,833	17,765	17,656	17,768
炭素(C)	%	27.11	39.39	21.83	25.65	49.15	49.80	49.35	48.63
水素(H)	%	3.48	5.09	2.73	3.36	6.32	6.43	6.47	6.04
窒素(N)	%	0.18	0.18	0.12	0.14	0.32	0.23	0.27	0.27
酸素(O)	%	23.35	33.50	17.22	20.73	42.26	42.35	39.88	38.24
硫黄(S)	%	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.04	0.01	0.05
塩素(Cl)	%	0.10	0.07	0.07	0.01	0.18	0.09	0.01	0.14
ナトリウム(NA)	%					0.02		0.01	0.16
カリウム(K)	%	0.26	0.22	0.09	0.12	0.45	0.28	0.12	0.19

竹チップ混焼割合（生重量ベース）による
灰生成量（発電端）と灰中カリウム濃度の試算





2SH伝熱管クリンカー付着状況



2SH伝熱管クリンカー清掃後

5.2.4. 竹チップ混焼によるボイラー実証試験

竹チップは表のとおり、26年度は936t（混焼率1.3%）、27年度は1,480t（混焼率1.7%）混焼したが、いずれの運転期間においても、主蒸気温度430℃以上の維持を達成した。又、ボイラーへの通風障害の兆候も認められなかった。

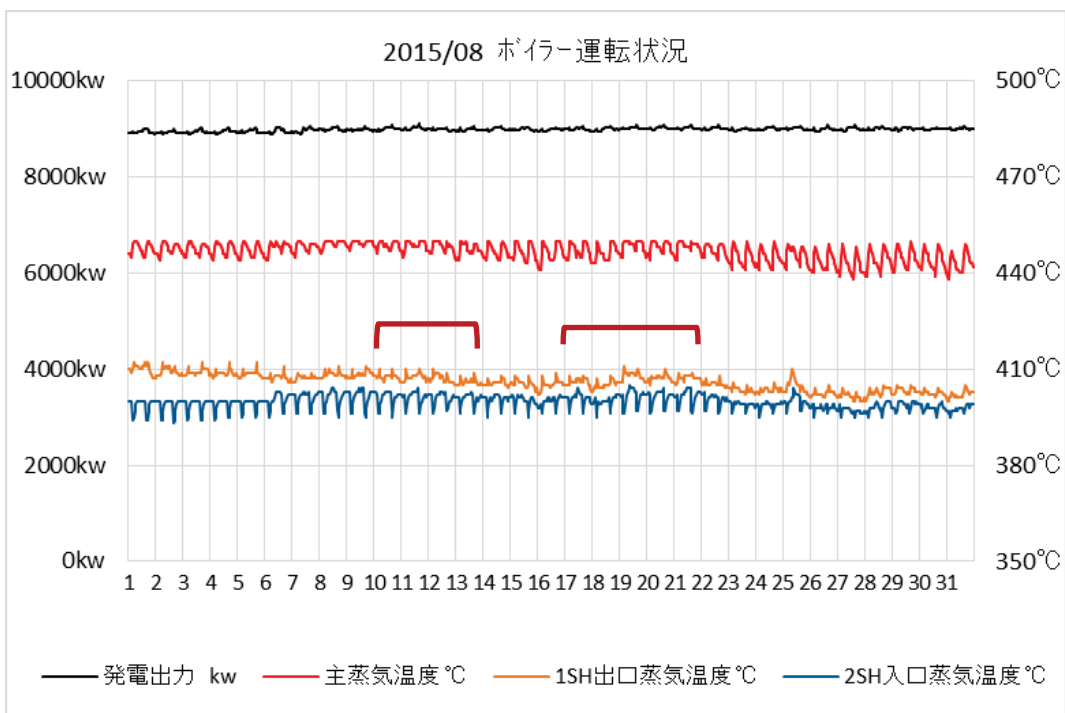
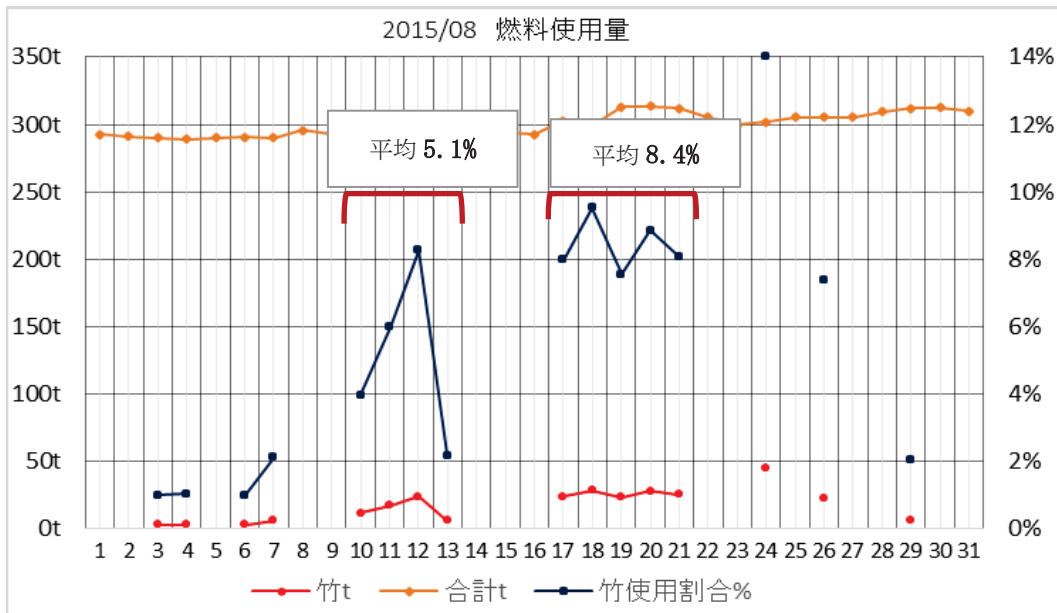
表5.2.4.1 竹チップ混焼結果

		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
26年度	燃料(t)		9,810	9,777	8,712	3,291	7,759	9,112	9,260	8,327	8,597	74,645
	うち、竹(t)		45	38	134	51	207	147	96	152	67	936
	混焼率		0.5%	0.4%	1.5%	1.5%	2.7%	1.6%	1.0%	1.8%	0.8%	1.3%
27年度	燃料(t)	8,463	9,542	9,271	9,572	3,586	8,932	9,240	9,666	7,610	578	88,869
	うち、竹(t)	44	93	277	101	41	307	97	93	381	45	1,480
	混焼率	0.5%	1.0%	3.0%	1.1%	1.1%	3.4%	1.0%	1.0%	5.0%	7.7%	1.7%

この中で、竹チップ使用の集中期間として6回実施したが、いずれの期間においても竹チップ混入による1SH/2SH管へのクリンカー生成付着成長と熱伝達阻害の兆候は認められなかった。

表5.2.4.2 混焼集中期間

	期間	混焼日数	混焼率
1	2014年 9月 1日～ 6日	5日	4.3%
2	2014年11月 1日～30日	30日	2.7%
3	2015年 8月10日～13日	4日	5.1%
4	2015年 8月17日～21日	5日	8.4%
5	2015年11月16日～24日	4日	7.3%
6	2016年 2月15日～ 3月 2日	17日	7.9%



5.2.5. 結果

混焼集中期間を設けたが、いずれも主蒸気温度は430°C以上を維持しており、出口蒸気温度の低下傾向や上昇傾向にその他の期間と比較して著しい変化は認められなかった。また、通風障害も認められず、この時点におけるクリンカー付着増による弊害は他の期間に比較してさほど進行はしていないと考えられた。

以上により、ミツウロコ岩国発電所 木質バイオマス専焼ボイラーにおいては、竹チップ混焼割合 5~8% 程度可能と考えられる。

なお、竹チップサイズについては、切削加工であれば、100mmアンダーにて受入可能である。

5.2.6. 石炭火力発電所

中国電力(株)新小野田発電所(50万kW×2基)では、石炭と木質バイオマスとの混焼(木質バイオマス1.5%程度)において、木質バイオマスと竹チップを混合して、微粉炭燃焼による発電実証試験を行う予定であったが、平成26年8月に石炭搬送コンベアが火災により損傷し、施設が完全に復旧されないことから、実証試験を中止した。

新小野田発電所での竹チップの混焼発電試験についてはすでに実績があったが、50mm以上の長尺チップ等による一部不具合を踏まえ、試験調査項目は、出荷側での破碎性能改善、発電所での輸送・微粉炭機での粉碎性、ボイラー燃焼への影響等を確認し、竹チップ適正混合率の確認をする予定としていた。

5.3. 森林GISやICTを活用した竹資源情報管理・活用システムの実証

5.3.1. 目的

竹林は放置すると繁茂・拡大するため、既存の資料である森林簿情報で正確な分布、面積、資源量等を正確に把握するのは困難である。

また、竹林は密度や材積もまばらなため、現場で竹資源を把握する標準地調査（標準地を設定し、地内の本数と胸高直径から、全域の材積を推定する方法）では、竹資源量を正確に把握することができない。

そこで、精度の高い竹資源情報を得るため、新たな森林資源の把握方法として注目されている航空レーザ測量と地上レーザ測量により、竹資源把握方法を検証する。

なお、航空レーザ測量と地上レーザ測量は、スギやヒノキ等の人工林資源の把握方法として有効であると確認されているが、竹での実施事例は報告されておらず今回が初めての試みとなる。

5.3.2. 航空レーザ計測の概要

航空レーザ計測とは、航空機に搭載したレーザスキャナから地上にレーザ光を照射し、地上から反射するレーザ光との時間差を計測することにより、反射した箇所の位置と高さを測量する方法である。計測したデータを解析することにより、地形の形状や樹高、森林の推定材積等を調べることができる。

なお、航空レーザ測量とは、計測から解析までを含むものである。



図5.3.2 航空レーザ測量概要

5.3.3. 航空レーザ測量の実証

山口県美祢市美東町大田地区の3,000haで航空レーザ計測を実施し、竹林の分布面積や樹高、材積の推定等の解析を行った。

竹林の分布については、竹の上層樹冠占有率から①75%以上、②75%～50%、③50%～25%、④25%未満の4つに区分して解析を行った。その結果、竹林と侵入竹林を区分し、それぞれの面積が確認できた。

表 5.3.3.1 竹林及び侵入竹林の面積

林相名	侵入率 (竹の上層樹冠占有率)	面積 (ha)	割合 (%)
モウソウチク林	75%以上	68.33	45.2
モウソウチク 侵入竹林	75%～50%	11.23	7.4
	50%～25%	28.34	18.8
マダケ林 マダケ侵入竹林	25%未満	40.68	26.9
	75%以上	1.86	1.2
	75%～50%	0	0.0
マダケ侵入竹林	50%～25%	0.43	0.3
	25%未満	0.32	0.2
合計		151.19	100.0

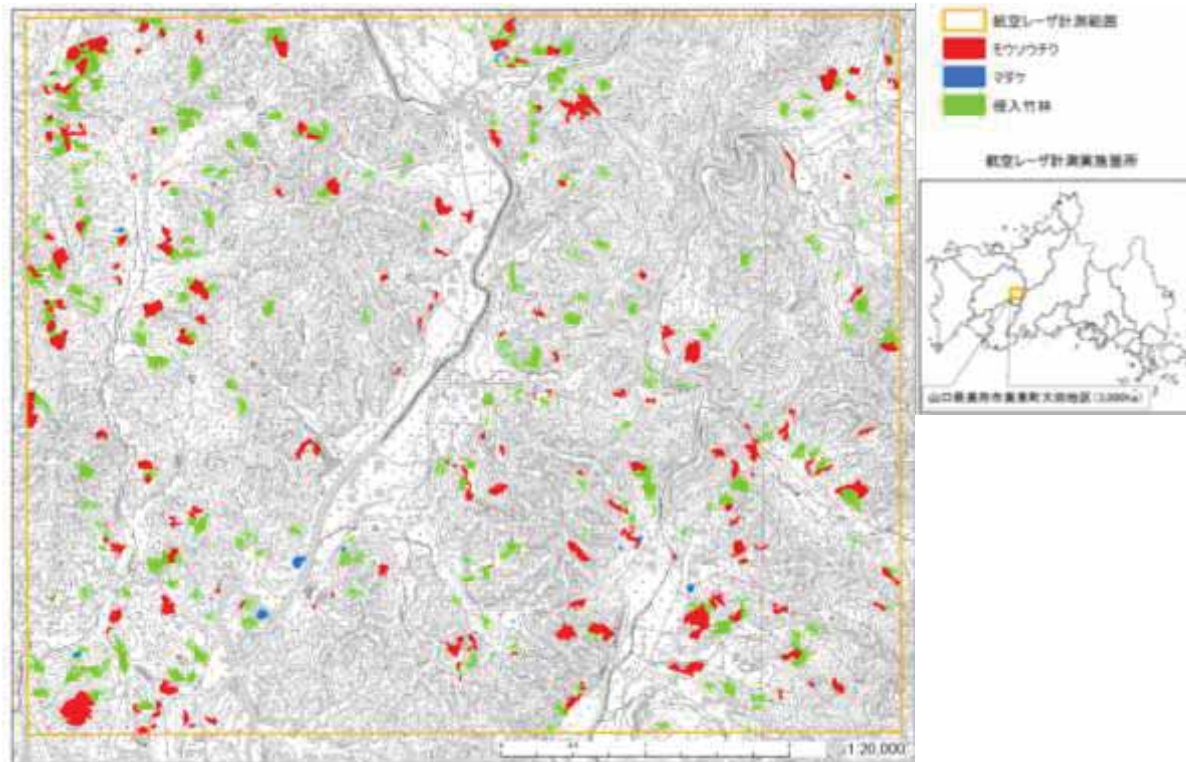


図 5.3.3.1 竹林及び侵入竹林の分布図

次に、航空レーザ測量による竹林面積と森林簿の竹林面積の比較を行った。その結果、森林簿では51.94haであったが、航空レーザ測量では151.19haであり、約3倍の違いが確認できた。

表5.3.3.2 航空レーザ測量と森林簿の竹林面積比較

林相名	航空レーザ測量 竹林面積(ha)	森林簿 竹林面積(ha)
モウソウチク	68.33	18.12
マダケ	1.86	5.51
ハチク		3.28
侵入竹林	80.25	25.03
合計	151.19	51.94

注) 森林簿で1小班に2樹種以上ある場合、竹林の面積割合が8以上であるものをモウソウチク・マダケ・ハチクと定義し、7以下であるものを侵入竹林と定義した。

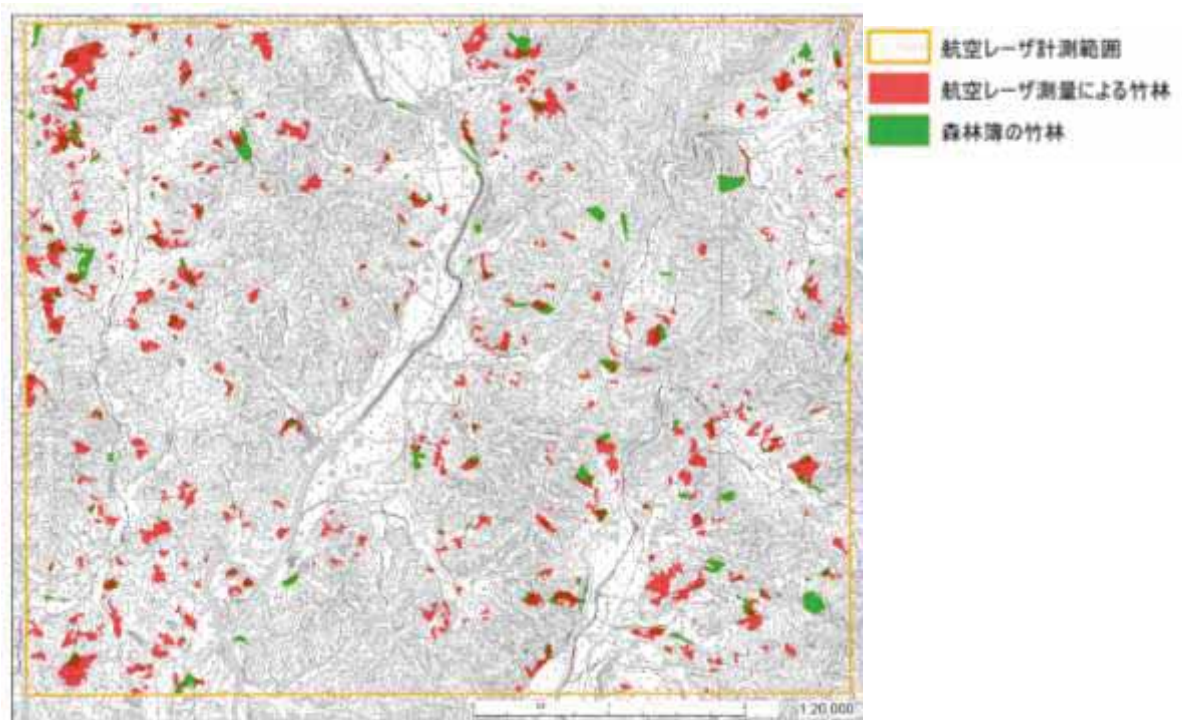


図 5.3.3.2 航空レーザ測量と森林簿の竹林分布比較

竹林の材積については、航空レーザ測量で推定した竹林の空間体積と、現地調査で得られた稈材積から回帰式を求めて推定を行い、haあたりの材積について5段階で分類した。

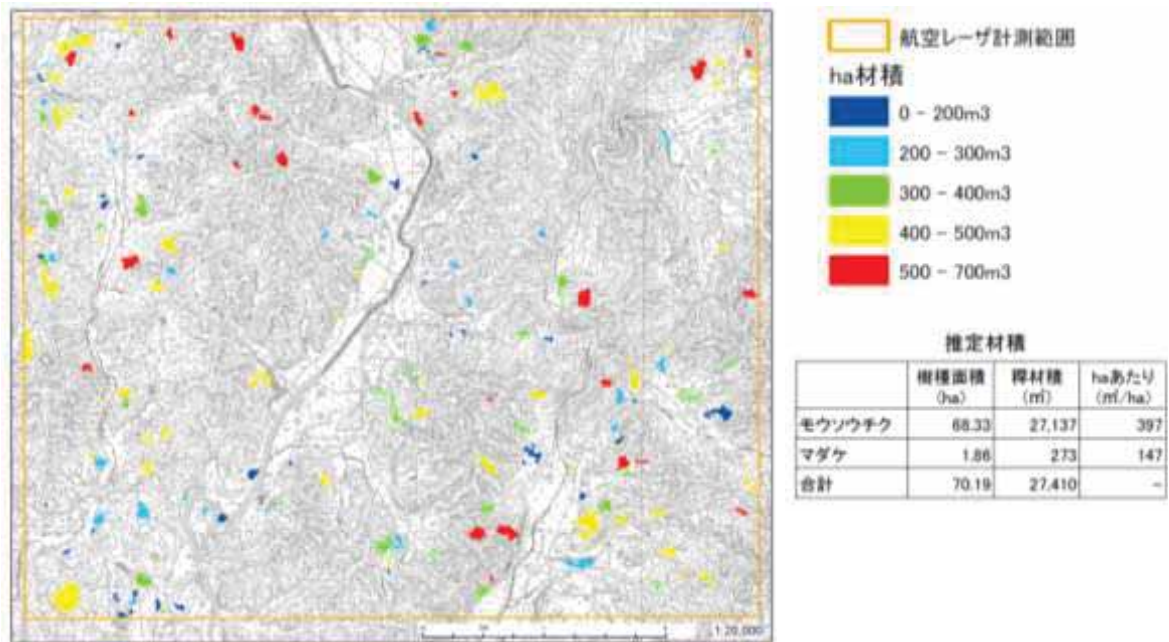


図5.3.3.3 竹林の推定材積図

以上の事から、航空レーザ測量は、森林簿では把握できない竹林の分布や面積、推定材積等の竹資源情報を得られることがわかった。

特に、竹林の分布については、侵入率の割合に応じて4区分しており、また竹の拡大傾向の確認もできることから、効率的な供給計画策定や、竹の拡大防止対策の検討材料としても有効である。

5.3.4. 地上レーザ計測の概要

地上レーザ計測とは、現地に設置した地上レーザスキャナからレーザ光を照射して、対象物から反射するレーザ光との時間差を計測することにより、反射した箇所の位置と高さを測量する方法である。森林内において計測したデータを解析すると、地形の形状や立木の位置、胸高直径等データを得ることができる。

なお、地上レーザ測量とは、計測から解析までを含むものである。



図5.3.4 地上レーザ測量概要

5.3.5. 地上レーザ測量の実証

調査地5箇所では地上レーザ計測を実施し、立竹本数、胸高直径、材積等の解析と立木位置図の作成等を行った。

まず、調査地ごとのhaあたり本数を表に示す。地上レーザスキャナにより計測したデータ(点群データ)を自動判別して捕捉できた本数に対し、実際の本数は多く、捕捉率は約83%(60~89%)であった。

表 5.3.5 地上レーザ測量による立竹本数と補足率

調査地名	地上レーザ測量による ha あたり本数(本/ha)	捕捉率(%)	捕捉率で補正した ha あたり本数(本/ha)
山口県周南市 安田字天王	6,884 (7,091 本/1.03ha)	84	8,195
山口県周南市 大道理字畑	5,220 (6,682 本/1.28ha)	89	5,865
山口県山陽小野田市 厚狭字立石	6,423 (2,720 本/0.42ha)	85	7,556
山口県美祢市 綾木字林	8,889 (1,129 本/0.13ha)	89	9,988
山口県美祢市 綾木字笹ヶ峠	6,813 (1,860 本/0.27ha)	60	11,355

次に、自動判別して得られた竹の胸高直径ごとに分類した立竹位置図を示す。同一竹林であっても、竹の本数密度や材積（竹の材積は胸高直径に比例する）は、まばらであることが確認できた。これらの詳細な情報は、低コスト搬出計画立案に有効であることがわかった。

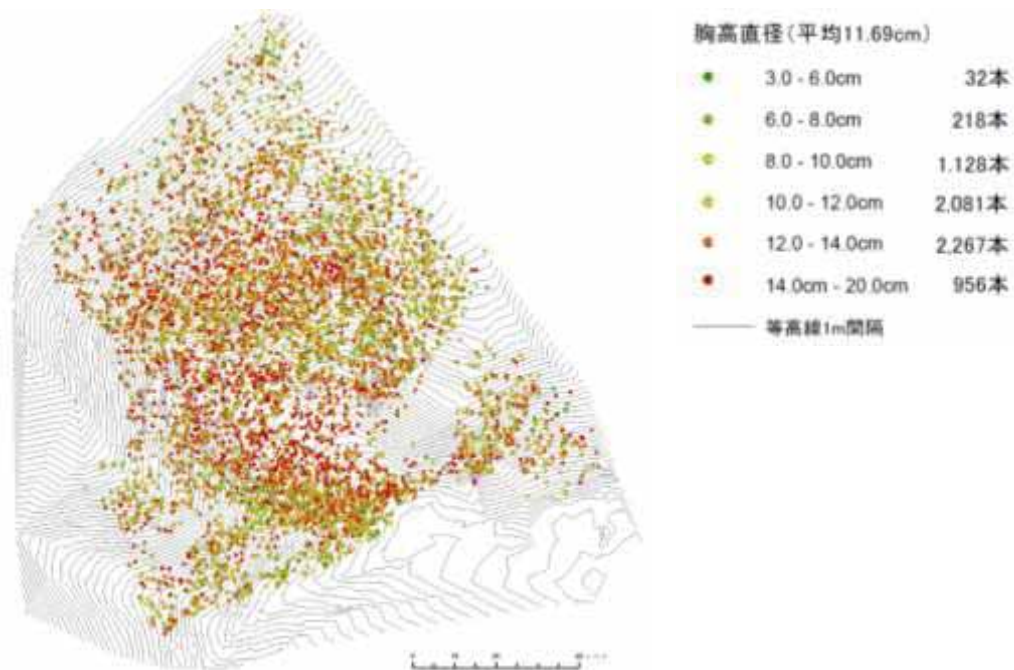


図5.3.5.1 山口県周南市大道理字畑 立竹位置図

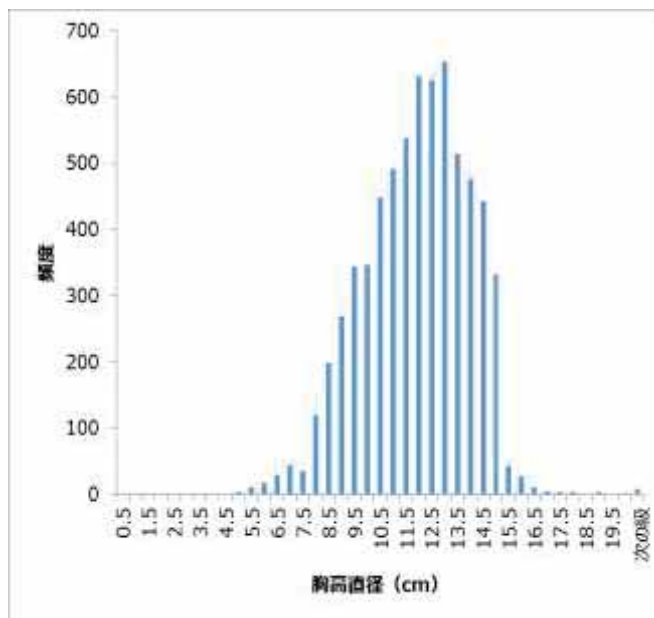


図5.3.5.2 山口県周南市大道理字畑 胸高直径の本数分布

今回の地上レーザ測量により、従来の標準地調査では計測することが不可能であった、1本1本の立竹の位置や胸高直径等の高精度な竹資源情報を得られることがわかった。

現段階の解析技術では立竹本数の捕捉率は約83%であり、解析精度の向上が望まれるが、竹資源量の推定と低コスト安定供給の立案に十分に活用できることが確認できた。

5.3.6. レーザ測量方式による竹資源解析への考察

航空レーザ測量成果のうち、航空写真や赤外カラー写真の判読により、広域範囲における竹林分布や侵入竹箇所を高い精度で把握し、またレーザデータの解析により広域範囲における竹資源量(材積)や地形を把握できることが航空レーザ測量の特徴といえる。一方、地上レーザ測量は、小規模な範囲であるが、本数、胸高直径、材積、地形を把握できることが特徴といえる。

これらの高精度で多様な情報は、事業者が竹バイオマスを低コストで安定的に供給のための長期計画立案や、作業方法や機材導入の作業計画検討に非常に有益である。

表 5.3.6 航空レーザ測量・地上レーザ測量の解析結果比較

種類		解析項目		解析結果		
航空レーザ測量	航空写真	竹林分布箇所、竹林面積、侵入竹箇所	◎	航空写真、赤外カラー写真の判読により、分布状況、侵入竹箇所は精確に把握できる。		
	赤外カラー写真					
	レーザ林相図	林相分布	◎	航空レーザデータから作成したレーザ林相図により林相は精確に把握できる。		
	レーザデータ	竹資源量	本数	△	誤差率は30%程度。3,000本/ha以上の竹林では誤差が大きくなる。	
樹高			○	誤差率は10%台で比較的良好である。現地調査でも樹高測定は困難な場合が多い。		
胸高直径			○	誤差率は10%程度で比較的良好である。		
材積			○	誤差率は20%台。		
地上レーザ測量	レーザデータ	竹資源量	本数	○	レーザスキャナの設置密度の工夫により、精度向上は可能である。	
			樹高	△	樹冠頂は遮蔽される場合が多く、樹頂データが取れないことが多い。	
			胸高直径	○	レーザスキャナの設置密度の工夫により、精度向上は可能である。	
			材積	○	胸高直径の精度に左右される。	
			位置	○	竹林の位置図が作成できる。	

注) モウソウチク林についての解析結果である。

5.3.7. 竹資源情報収集・活用支援システムの目的

未利用資源である竹材をバイオマスエネルギーとして活用するには、竹材を安定的に確保・供給することが重要となるため、竹林の所有者や境界等の情報を効率的に収集し、効果的に活用する必要がある。

そのため、森林資源の確保に向けた所有者との交渉や実地作業計画情報収集方法として、竹林の所有者や境界等の情報を効率的に収集し、効果的に活用するためのシステムを導入し、その効果検証を行う。

5.3.8. 竹資源情報収集・活用支援システムの概要

山口県では、森林簿や所有者等の各種資源関連情報をデータベース化し「山口県森林総合情報システム」において一元管理するとともに、その情報をインターネット経由によりパソコンで閲覧・検索できる「やまぐち森林情報公開システム」を構築・運用している。

しかし、「やまぐち森林情報公開システム」は、各森林組合林業事業体の事務所内のみでの使用に留まっており、現地での効果的な活用が行えていない状況にある。

そのため、本業務においては、「やまぐち森林情報公開システム」を活用し、竹等森林資源情報を現場で竹資源情報・活用支援システム（タブレット）を用いて収集するとともに、現地で収集した情報を共有・集積することができるものとした。

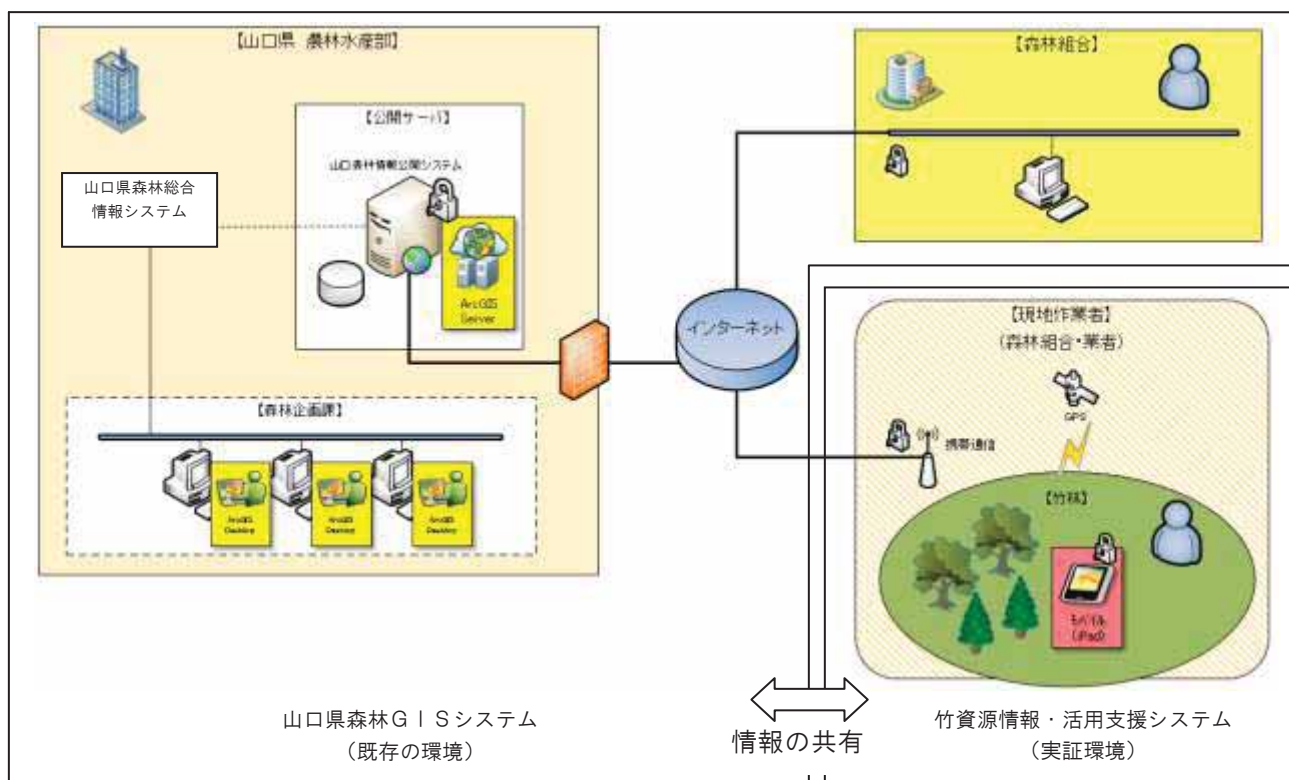


図 5.3.8.1 システム概要図

表 5.3.8.2 システム機能一覧

機能	概要
地図表示	森林基本図の表示、図の拡大/縮小
森林計画図簿の表示	選択した森林計画図の属性表示
森林地籍図の表示	境界、所有者名、地番等の属性表示
施業履歴の表示	過去の施業履歴の属性表示
航空写真の表示	H20 年度撮影航空写真の表示
距離・面積の計測	地図上の任意の距離・面積を計測
現在位置	現在位置表示/保存、軌跡の表示/保存
図形の作成・保存	任意のポイント・ライン・ポリゴンの作成/保存
写真・メモの保存	地図情報として写真・メモを保存
データの事前保存	インターネット圏外地域での活用のため事前にデータを保存
情報の集積	タブレット端末同士/タブレットとパソコンによる情報共有



タブレット端末



GPS レシーバ



図 5.3.8.3 システム機器概要

【簿情報の表示】



【森林地籍図の表示】



【面積の計測】



【距離の計測】



【軌跡の保存】



【メモの保存】



図 5.3.8.4 システム機能イメージ

5.3.9. 竹資源情報収集・活用支援システムの効果検証

支援システムを活用し、事業地確保に対する効果について、検証を行った。

5.3.9.1 計画立案への有効性

■事業候補地の選定

竹林の分布は、森林簿に十分に反映されていないため、航空写真による判読や現地での情報収集が不可欠であったが、航空レーザ測量による林相区分図を支援システムに投入することにより、現場候補地の選定及び場所の確認を容易に実施することが可能となった。

また、航空レーザ測量等による高精度の林相区分図が無い場合には、現地で事業候補地を探すこととなるが、その際、事業候補地を、支援システムを活用して森林 GIS に保存できることから、事業候補地の情報を集積することが可能となる。

また、コストの大きな要因となる、搬出用機械の搬入の可否やトラックの進入の可否などの情報も合わせて、収集・保存が可能となり、事業実施の優先順位の決定などに活用できることから、計画立案に有効であった。

低コストで竹の伐出を行っていくには、多くの事業地を確保し・計画的に実施していくことが必要となることから、森林 GIS と支援システムによる ICT 化は、計画立案に有効である。

航空レーザ測量による林相区分図

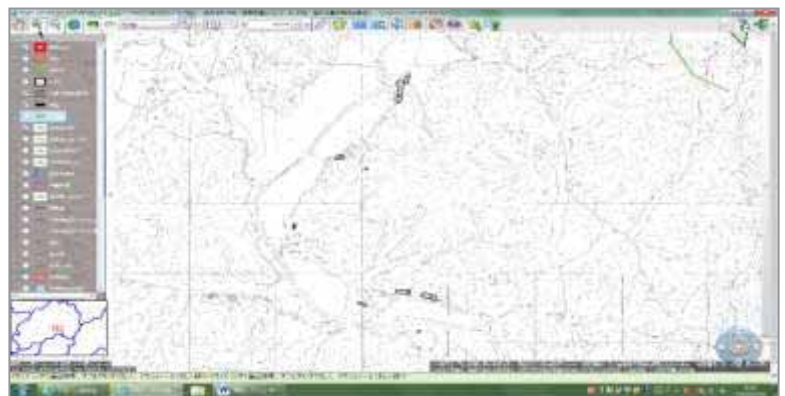
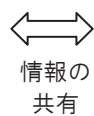


(赤色：竹林分布の範囲)【森林図

【事業候補地の情報集積】



支援システム



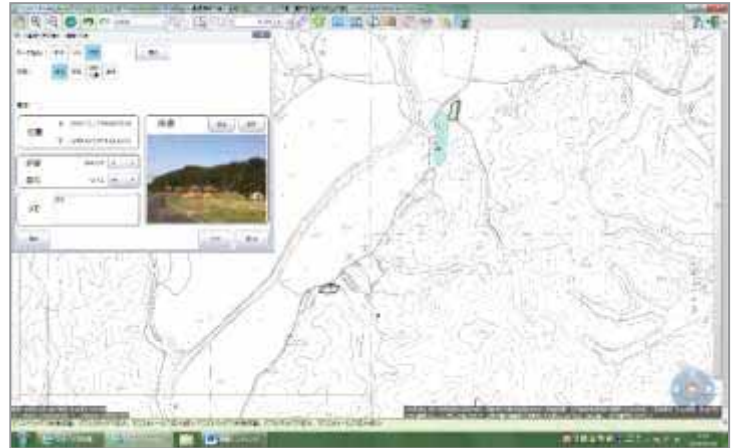
森林 GIS

【事業候補地の個別情報の収集】



支援システム

⇔
情報の共有



森林 GIS

事業候補地の選定については、支援システムの活用により、以下のとおり、効率化を図ることが可能となった。

項目	プロセス	備考
従来の手法		作業が非効率
支援システム活用		収集場が可能な情報
航空システム活用と		事前に事業候補地の絞り込みが可能

■竹林面積及び位置の把握

竹は、植栽した箇所に残り成長するスギやヒノキと異なり、周辺の植生に侵入しながら繁茂していくため、スギやヒノキのように、事業実施範囲を特定するのに、林小班や地籍図、施業履歴による確認は困難である。

そのため、採算性のよい現場とその範囲を、現地で効率的に把握する必要がある。支援システムの活用により、効率的な作業の実施範囲が把握可能であるとともに、面積も計画作成のために必要な精度は十分確保できることが確認された。

竹林の範囲の確認



純竹林と侵入率の低い竹林



地形の確認



侵入率の低い竹林の範囲
(非効率的な作業範囲)

純竹林の範囲
(効率的な作業範囲)

面積把握の精度

場所	実際の測量図	支援システムでの計測
美祢市美東町笹ヶ峠	0.27ha 	0.25ha
周南市字大道理	1.28ha 	1.05ha

■境界確認に要する効率化

低コストでの事業実施が可能な純竹林や侵入率の高い竹林では、林相の変化がないため、現地において境界の確定が非常に困難であり、時間を要している。

地籍情報が森林 GIS に整備済みの事業地候補地においては、支援システムを活用し、現地で境界の場所を把握することが可能となり、有効であることが確認された。

境界の確認



純竹林の範囲
(効率的な作業範囲)

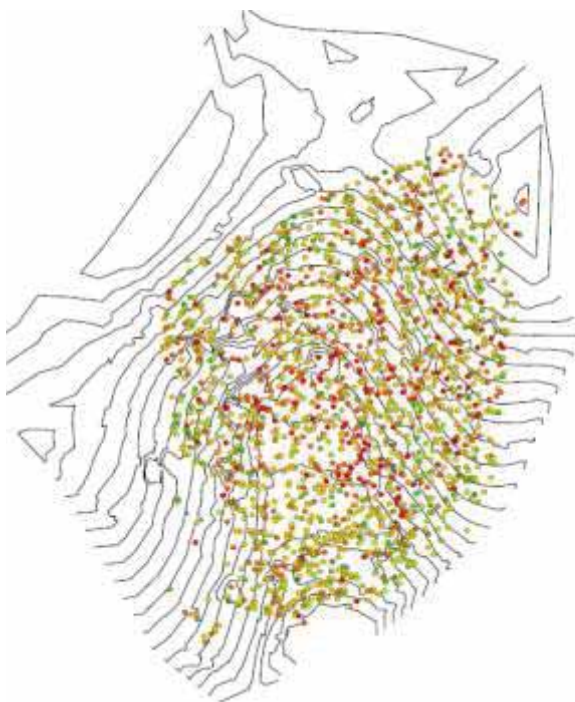
地籍図

5.3.9.2. 作業計画

■地上レーザ測量の活用

立竹位置図と1本ずつの胸高直径の把握が可能であることから、1本あたりの材積が大きく、haあたり本数が多い範囲を現場で把握することが可能となる。

また、詳細な地形図の把握も可能なことから、事業地別作業計画に有効であることが確認された。

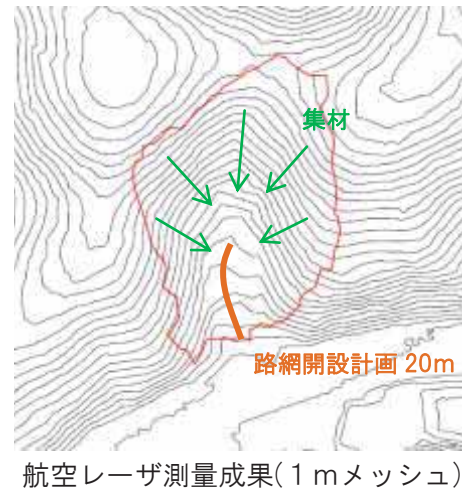
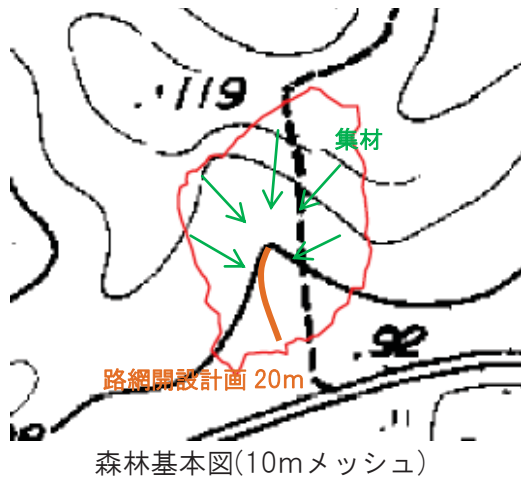


胸高直径(平均10.64cm)

●	3.0 - 6.0cm	35本
●	6.0 - 8.0cm	209本
●	8.0 - 10.0cm	497本
●	10.0 - 12.0cm	580本
●	12.0 - 14.0cm	372本
●	14.0 - 20.0cm	167本
—	等高線1m間隔	

■地形情報等の活用

地上レーザ実施該当箇所だけでなく、森林基本図による地形の把握が現地で可能となることから、現地を確認しながら、状況に応じた搬出計画や路網計画の策定が可能。



5.3.9.3. まとめ

「竹資源情報収集・活用支援システム」を活用し事業地確保を行った結果、現場で即座に、森林情報の収集が行えるとともに、ICTの活用により情報の共有・集積を容易に実施できることから、事業地確保の効率的に実施することが可能となった。

■計画立案への活用

ICTの活用により、森林GISの有する事業候補地の情報を効率的に収集できるとともに、森林GISに現地で得た情報を集積することが可能となり、情報の共有化が図られる。

■作業計画作成への活用コスト要因等の情報の集積

低コストで竹の搬出を行うには、土場の設置やトラック進入の可否など、コストに係る要因を把握し、整理する必要がある。支援システムを活用することで、作業計画作成に必要な情報を集積すること可能となる。

■境界確認への活用

森林地籍図や施業履歴を現地で確認できることから、境界確認の有効な手段となる。

5.3.9.4. 今後の課題

事業地確保において支援システムの活用について検証を行った結果、確認された課題は以下のとおりである。

■既存の森林簿、森林地籍図の精度及び整備の向上

支援システムを効果的に活用するには、森林図簿や森林地籍図の精度向上が不可欠となるが、膨大な情報を処理するには多くの労力を要するため、精度の向上に繋がっていない。

したがって、この支援システムをツールとして森林情報の集積を行っていくことで、竹を含めた森林資源情報の整備と精度向上に繋げていくことが可能となる。

■属性情報の閲覧範囲

森林簿に含まれる所有者名や地番、森林地籍図は、個人情報として取り扱われており、民間事業体は個人情報の閲覧が認められていないことから、所有者特定や境界確認への支援システムの効果は低い。

このため、民間事業体が効率的な事業地確保を行っていくためには、行政や地元森林組合との連携が必要である。

■所有者の特定

支援システムを活用し森林所有者情報を効率的に収集しても、実際に所有者を特定するために要する時間は従来と変わらないことから、上記と同様、行政や地元森林組合との連携が必要となる。

5.3.10. 事業地確保に向けた竹資源情報活用手法の検証

事業地確保に向けた竹資源情報の活用手法について、本年度にて検討会を2回実施した。現状では、所有者の承諾を得る際に施業提案書の作成を行っている事例は少ないものの、今後、安定的な確保を行うためには、所有者への提案と承諾を得ることが不可欠である。

その際、既存の施業提案ツールの活用により、現場で、生産量や経費の見込値、現場情報を取りまとめて所有者に施業提案することが可能となり、所有者の承諾を得る際の効率化に繋がる。

また、写真による現況説明や施業の方法、施業完了後のイメージを伝えることが可能となり、承諾を得る際の効率化が図られる。

特に、施業提案ツールをベースにした施業提案をマニュアル化することで、現在、特定の森林組合等事業体職員しか行っていない所有者への施業提案を、他の職員でも行うことができるようになる。

■名称

「平成27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竹資源情報活用手法検討会」

■日時

平成27年11月18日 9時～16時（周南総合庁舎会議室） 参加者：9名

平成27年11月19日 9時～16時（美祢農林事務所会議室） 参加者：7名

■目的

「やまぐち森林情報公開システム」を活用した「竹資源情報収集・活用支援システム」及び既存の施業提案ツールを用い、竹材供給事業計画作成や事業地確保に必要な、竹資源情報の活用法や所有者への効果的な施業提案手法等についての検討会

■結果

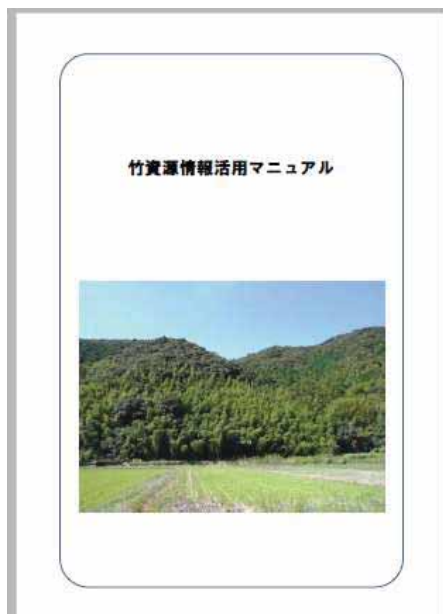
①「竹資源情報収集・活用支援システム」の機能の概要を説明した結果、次の理由により効率化が見込めるとの意見であった。

- ・現場で所有者などの森林情報収集が可能であり、一旦、事務所へ戻る必要がない。
- ・紙ベースでの業務の効率化が見込める。
- ・GPS機能により、位置情報を確認できる。

②現状では、施業提案を行う際は、口頭のみで所有者から承諾、もしくは、求められれば簡易な提案書を示すなどしており、既存の施業提案ツールの活用については、次の理由により効率化が見込めるとの意見であった。

- ・今後は、所有者も多様化していくので、施業提案の必要性が増していく。
- ・現場で施業提案書を作成することが可能。

上記結果を踏まえて、「竹資源情報収集・活用支援システム」と既存の施業提案ツールを現場で活用し、事業地の情報収集や施業提案を効果的に実施するためのマニュアルを作成した。



5.3.11. 期待効果

平成 27 年度事業地を確保するために要した経費及びプロセスは下表のとおりとなっており、事業地確保に大きな労力を要している。特に、事業候補地の選定から所有者の特定に大きな時間を割いており、システムサポートによる業務効率化が期待できる。

■事業候補地の確保に要した経費

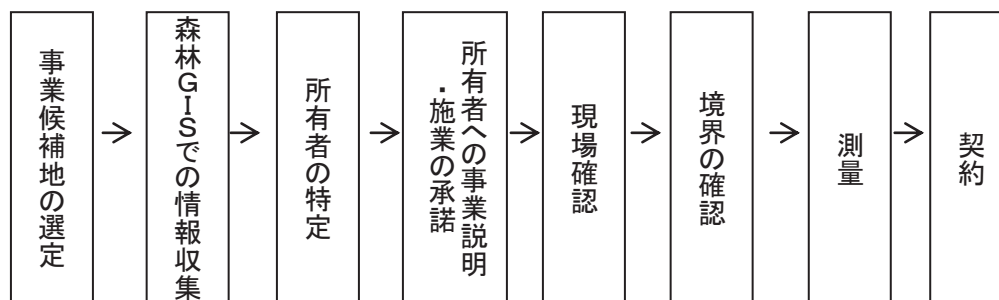
項目	事業地 (箇所)	面積 (ha)	人役 (人)	時間数 (hr)	労務費 (円)
周南森林組合	10 ^{※1}	5.90	234.5	1,876	5,354,182
カルスト森林組合	6 ^{※2}	5.51	113.5	908	2,526,000
合計	15	11.41	348	2,784	7,880,182

※日報を基に集計。

※1：平成 27 年度事業地確保分

※2：平成 25～27 年度事業地確保分

■事業地確保のプロセス



■経費の内訳

項目	経費			
	周南森林組合	カルスト森林組合	計	割合
業候補地の選定・GISでの情報収集	2,193,080	612,400	2,805,480	35.6%
所有者の特定	1,096,540	306,200	1,402,740	17.8%
所有者への訪問事業説明・承諾	589,875	765,400	1,355,275	17.2%
現地確認・境界の確認	983,125	459,300	1,442,425	18.3%
測量	491,562	382,700	874,262	11.1%
計	5,354,182	2,526,000	7,880,182	100.0%

※内訳は事業体への聞き取りによる

このことから、期待効果として、以下の点があげられる。

- ・古い森林簿情報に依存しない、事業候補地に対する高精度な現地情報の把握化。
- ・所有者を交えた現地での情報確認および作業計画共有による契約までのプロセス効率化。
- ・事業採算性を考慮した提案プロセスの構築。
- ・提案から契約までのプロセス標準化。

5.3.12. 考察

今年度の実証試験にて、「竹資源情報管理・活用システム」として精度の高い竹資源情報の解析と、情報有効活用方法について検証・評価を実施した。

その結果、「航空レーザ測量」や「地上レーザ測量」により、従来の森林簿情報や現地測量では得られない高精度な竹林資源情報を得ることができ、それらの情報をタブレット端末の「竹資源情報収集・活用支援システム」や「施業提案ツール」を用いて事業予定地や竹林所有者との協議の場で活用することで、事業体の安定供給計画立案支援や、竹林所有者との施業契約支援等に効率的に活用できる事がわかった。

特に、竹チップをバイオマス利用する際、未利用木材として証明するためには、森林経営計画を策定することが必要であり、その作成支援ツールとしての活用も期待される。「竹資源情報収集・活用支援システム」は、事業体における現地情報収集を兼ねた低コスト作業計画策定への有効活用が期待出来、「施業提案ツール」は所有者との竹林作業契約交渉や調整での有効活用が期待出来る。

各ツールの精査、バージョンアップ、マニュアル化は今後とも必要であるが、発電利用のための安定的かつ大量の低コスト供給のためには、竹林の検索から候補選定、竹林候補の利用承諾交渉と低コスト作業計画作成といった竹資源確保と計画立案は今後の実用化に非常に重要であり、そのために「竹資源情報管理・活用システム」は重要な機能を担うものと考え。

事業地候補選定から利用承諾交渉を踏まえた竹資源確保と計画立案を一貫した作業フローで捉えることにより、低コスト作業と事業採算マネジメントが実現できるものと考え。

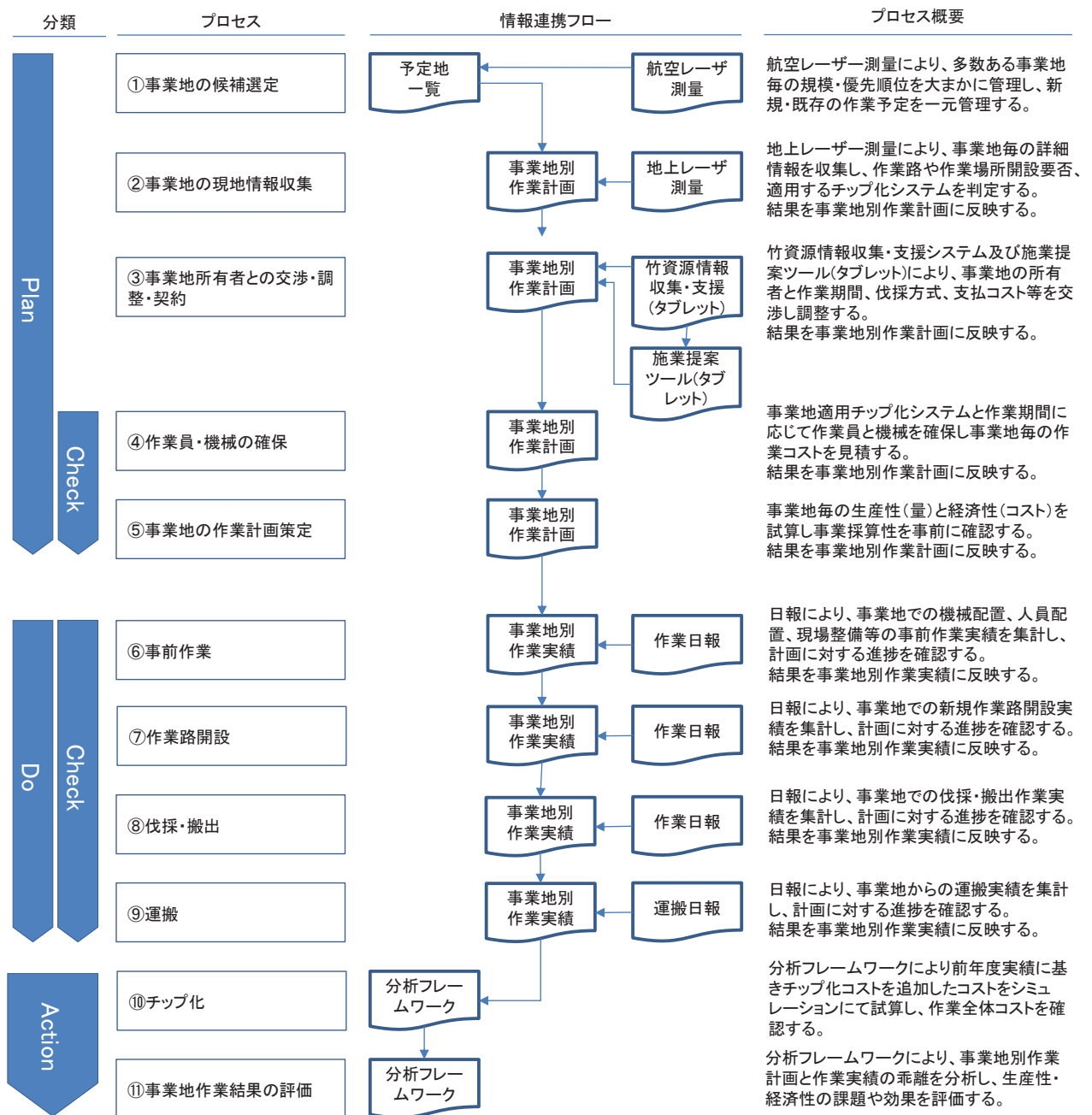


図5.3.12 事業化全体フローイメージ

第三章 総合考察

1. 事業採算性の考察

1.1. 竹特有の生産コストが高い要因

竹コスト高の要因として、枝付部（34～61％）の処理がある。竹の枝は弾力性に富むため棚積みやトラックへの積載効率が悪く、持ち出さない場合は丁寧に枝払いして棚積みする必要がある。竹の伐採・造材工程において、立竹の伐倒～玉切～枝払の作業時間を調査したところ、枝払い作業が53％を占めている。

竹用枝払い機械がないため、人力作業によるナタでの枝払い作業は生産性が非常に低い。枝払いをせずにチップ化かバンドリング作業を実施すると枝葉も資源として搬出できるため生産性はあがる。しかし、人力ではコスト削減にも限界があるため、チップパーやバンドリングマシン共に竹専用機の開発が望まれる。

表 1.1.1 立竹の伐倒～玉切～枝払の作業時間

区分			伐倒時間		玉切時間		枝払時間		合計	
番号	樹高	胸高直径	秒	%	秒	%	秒	%	秒	%
	m	cm								
①	19	14	20	9.3	70	32.6	125	58.1	215	100
②	19	12	22	11.0	72	36.0	106	53.0	200	100
③	18.5	15	24	10.2	96	40.7	116	49.2	236	100
平均	18.8	14	22	10.2	79	36.4	116	53.4	217	100

※枝払い：①②は鉋、③はチェーンソーで実施

表 1.1.2 バンドリング・人力枝払・チップ化比較

番号	バンドリング			人力枝払			チップ化		
	作業時間	生重量	生産性	作業時間	生重量	生産性	作業時間	生重量	生産性
	時	t	t/時	時	t	t/時	時	t	t/時
①	0.13	0.15	1.20	0.12	0.15	1.29	0.09	0.15	1.59
②	0.07	0.13	1.93	0.22	0.13	0.59	0.07	0.13	1.79
③	0.06	0.09	1.56	0.24	0.09	0.37	0.05	0.09	1.84
④	0.03	0.03	0.98	0.10	0.03	0.29	0.02	0.03	1.52
計	0.28	0.39	1.42	0.67	0.39	0.59	0.23	0.39	1.69
平均	0.07	0.10	1.42	0.17	0.10	0.63	0.06	0.10	1.68



今回、様々な条件の事業地で実証試験を行い、27年度は「竹林オンサイト・チップ化システム」で14,733円/t～31,084円/t、「拠点集積・チップ化システム」で16,481円/t～50,020円/tであり、今年度での実証実験では、竹チップの10,000円/tによる供給は厳しい結果となった。それは、以下の竹林の要因があげられる。

- 竹は、haあたりの成立本数が多い
- 竹は、中空で一本当たりの資源量が少ない
- 竹の伐採・造材の機械化がされていないため、主にチェーンソーと鉋による人力作業が中心

以上の竹の特性から、竹の本数が多いので作業量が多いが、軽いので収集効率が悪く、機械化されていないため人力作業が中心となり、作業効率と生産性がスギやヒノキの作業と比べ非常に悪いためである。

一方で、今回様々な条件の事業地で実証を行うことで、竹バイオマス供給におけるコスト要因を整理できた。

1.2. 最適条件の定義

現在作業中の事業地が終了次第、結果を総合的に分析・試算し、生産コスト要因による最適条件を定義した。

表 1.3 生産コスト要因の最適条件

分類	要素	条件
竹林条件	1. 一本あたりの材積	大
	2. haあたり本数	大
	3. 竹の侵入割合	純竹林
	4. 傾斜度(下荷集材のみ)	大
	5. 林道・作業道までの距離	隣接
	6. 林道・作業道・土場の広さ	広
作業条件	7. 集材(上荷・下荷)の方式	下荷
	8. 林内作業車の小運搬	無
	9. 架線集材	無
	10. チッパー性能・耐久性	良
	11. バンドリングの機械化	有
運搬条件	12. トラックの大きさ	4tトラック以上
	13. 竹林からバイオマスC 又は発電所までの距離	近
現場人材	14. 作業員の熟練度	高
	15. 作業員の賃金単価	低
	16. 作業班長の統率力	高

1.3. 条件の良い現場での実証試験

生産コスト 10,000 円/t の実現にむけ、このコスト要因一覧でより良い事業地を選択し、確保したのが、竹林オンサイト・チップ化システムの事業地 2「天王 1」である。

しかし、チップパーの故障が多かった等のトラブルや、供給先が片道 77km であったこと等の悪条件もあり、14,733 円/t の結果となった。そこで、以下のトラブルによる異常値・コスト増要因を削除して試算すると 10,280 円/t となった。

- 運搬距離を実際の片道 77km、34km から 10km と仮定
- 移動式チップパーの故障等で生産量が急激に低下した故障日を除外
- 作業上部の竹の 1 本あたりの材積が小さく、ha あたりの材積が少ない区域を除外

同様に、拠点集積・チップ化システムにてコスト要因の良い事業地を選択し、確保したのが、事業地 2「畑」である。本事業地でも事業地 2「天王 1」と同様の運搬条件と小運搬に伴う作業条件にてコスト増要因があり 16,481 円/t の結果となったが、下記コスト増要因を削除して試算すると 11,415 円/t となった。

- 運搬距離を実際の片道 74km から 10km と仮定
- 竹林が林道に隣接していると仮定し、フォワーダによる小運搬を除外。

「県民税事業地」地域集荷システムにてコスト要因の良い事業地を選択し、確保したのが、事業地 21「下松」である。本事業地でも事業地 2「天王 1」と同様の運搬条件に伴う作業条件にてコスト増要因があり 21,514 円/t の結果となったが、下記コスト増要因を削除して試算すると 10,714 円/t となった。

- 運搬距離を実際の片道 65km から 10km と仮定

生産コスト要因にて影響が大きい「竹林条件」と「作業条件」の 2 軸で、各事業体の実証実験実績とシミュレーション試算の分布状況を整理した。総合的に竹林オンサイト・チップ化システムの生産コストでの優位性を確認できるが、拠点集積・チップ化システムや「県民税事業地」地域集荷システムにおいても条件が揃えば生産コスト 10,000 円/t も実現可能であると推測する。

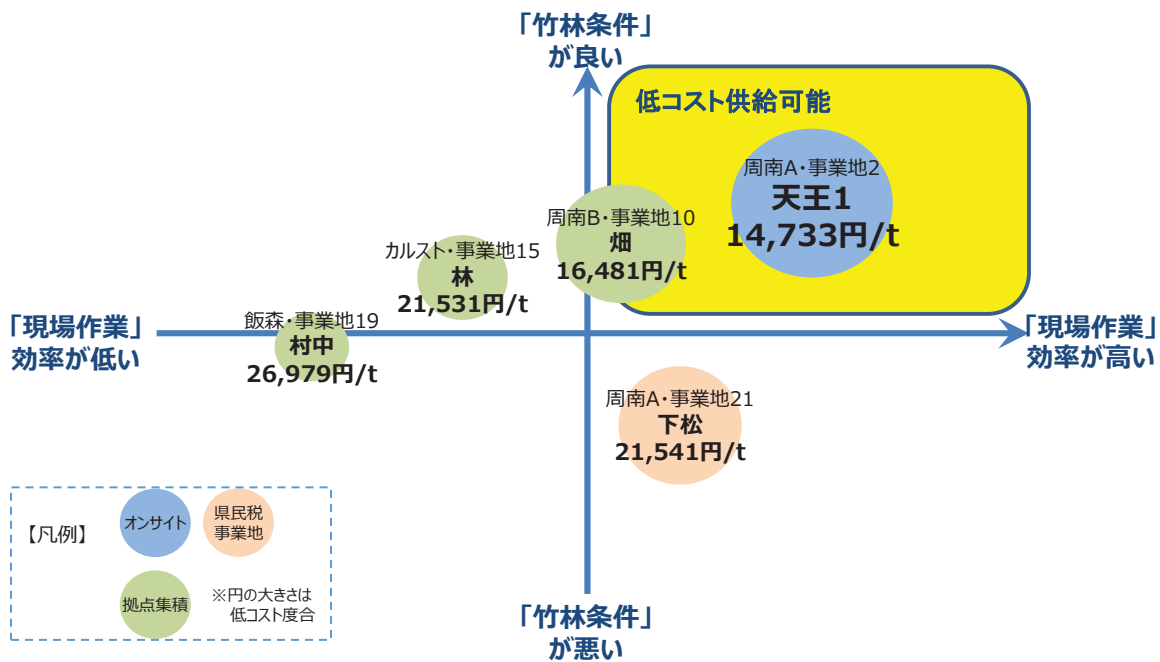


図 1.3.1 事業体別生産コスト分布

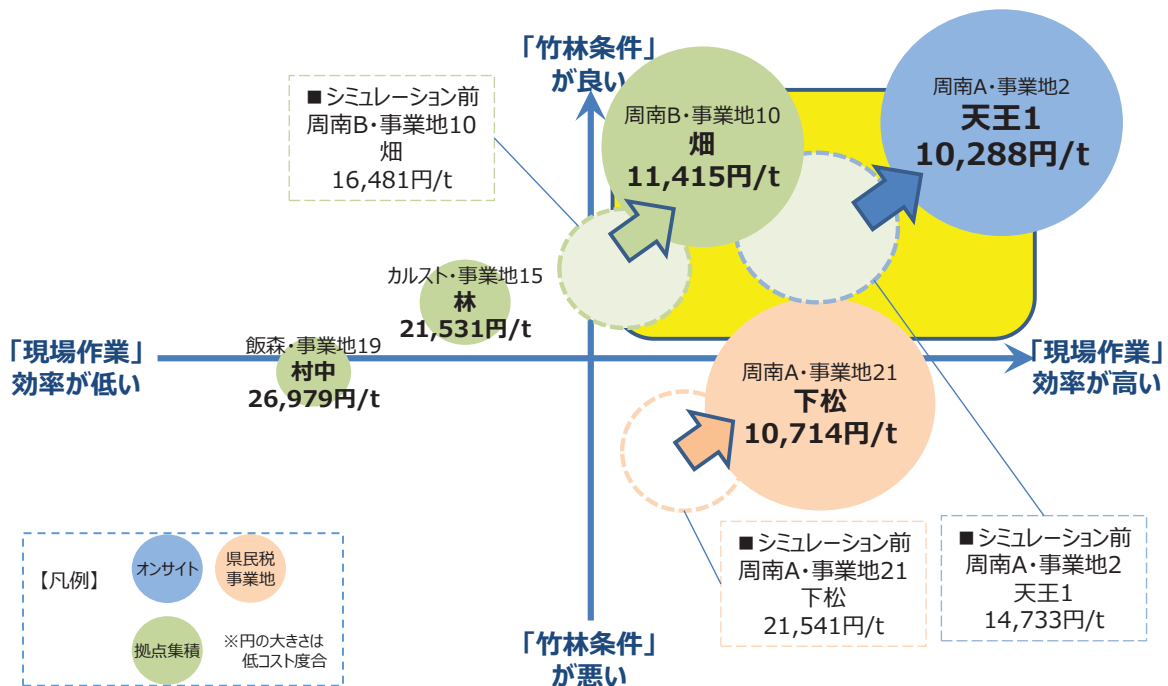


図 1.3.2 生産コストシミュレーション分布

1.4. 考察

生産コスト 10,000 円/t の実現に向け、生産コスト要因を元にした「竹林条件」、「作業条件」と「運搬条件」の好条件化を仮定したシミュレーションの結果、作業コストや運搬コストが削減されることがわかった。

今後の事業地選定と作業計画策定において、事業採算性の観点による現場作業範囲や作業方法の事前確認、拠点集積場所や発電所までの運搬先に応じた運搬ルート最短化により、コスト削減が見込まれ、生産コスト要因の最適な事業地において、10,000 円/t での供給も可能と考えられる。

2. 実用化と普及可能性

県内には、竹バイオマスによる発電が可能な発電所として、現在稼働中のミツウロコ岩国発電所（木質混焼）、平成 29 年稼働予定の木質専焼発電所（山陽小野田市）、平成 30 年稼働予定の石炭混焼発電所（防府市）がある。

発電形態が異なる電力会社が、山口県内に東部・中部・西部とバランスよく配置されていることで、県内の竹資源供給可能性のバランスも良く、竹バイオマス発電利用の実用化と普及可能性が高く、新たな雇用の確保についても大いに期待できる。

しかし、いずれも、竹バイオマスの未利用木材（もしくは一般木材）としての証明が条件であり、購入単価等の事業者間の調整もこれからである。

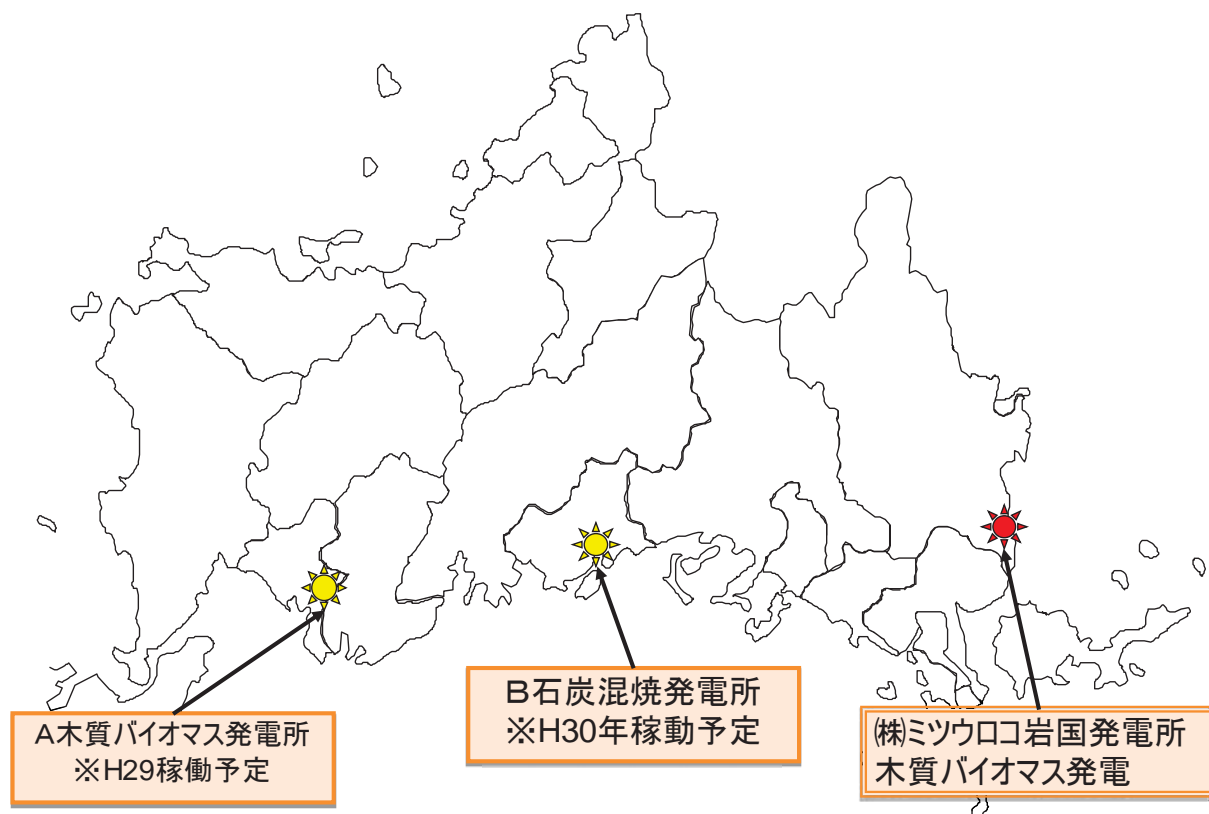


図 2.1 竹バイオマスの発電利用が可能な発電施設

一方で、大量の竹を利用する発電所の計画が公表されたことで、地域の未利用資源である竹林を有効利用したいという公共団体、事業者、竹林所有者からの問い合わせや、動きが活発になっている。

県内の市では、行政と市民共同による竹材の活用やタケノコの産地化も含めた竹林資源の 6 次産業化を目指した地域を豊かにする取組が計画されている。竹材の利用先としての発電利用で実現可能性が高まり、地域活性化としての波及性も非常に高い。

3. 森林資源の利活用

西日本においては、放置竹林の繁茂、周辺森林への拡大が急速に進んでおり、本県においても森林簿データによる竹林面積は 12,056ha（全国 4 位）で、推定資源量は 153 万 wet-t（125t/ha で試算）である。しかし、今回の実証試験で航空レーザ測量における竹資源解析を行った区画（3,000ha）では、森林簿データの 3 倍の竹林が確認され、また実証試験での ha あたりの供給量が 171.6t/ha（平成 26 年度実績）だったことから、面積も資源量も当初の推定より増加することがわかり、育林コスト不要で持続可能な地域の「エネルギー作物」として、さらに大きな可能性を有していることがわかった。

一方で、放置された竹林は繁茂し、周辺の森林に拡大する。そのため、山口県においては繁茂竹林対策として「やまぐち森林づくり県民税」を導入し、その関連事業である「竹繁茂防止緊急対策事業」で竹の皆伐を行なうなどして適正な森林管理に努めている。

そこで、竹を未利用資源として有効活用することが、適切な森林管理につながる事になることから、竹の伐採後は、森林所有者等と合意形成を図りながら、竹林を再生させて資源循環を行うか、植林や天然更新による樹種転換により森林再生を行い、計画的に森林を利活用していく。

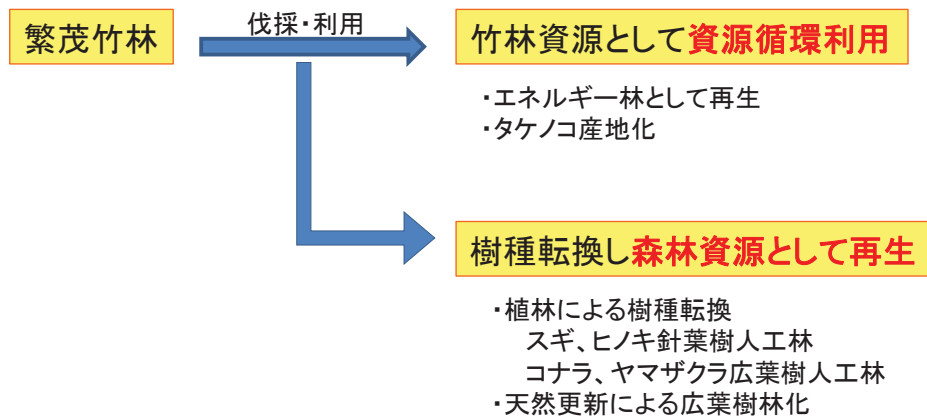


図 3.1 森林資源の利活用イメージ

4. 今後の課題

未利用の竹資源をエネルギーとして有効利用し、低炭素社会の実現、森林整備の推進、雇用の確保等を図るためには、以下の課題解決が必要である。

4.1. 正確な竹資源情報の把握

竹資源の低コスト供給のためには、事前に竹資源情報を把握し、コスト要因一覧表で整理した低コスト供給が可能な条件の竹林を探し、竹林所有者の合意を得て協定を結ぶ必要がある。

そのためには、竹林の分布、面積、賦存量、竹の密度、地形、竹林所有者等の正確な情報の把握が必要である。しかしながら、既存の森林簿データでは、それらを正確に把握できない。

そこで、竹資源を安定的かつ低コストで供給するために、航空レーザ測量や地上レーザ測量等を活用した高精度な竹資源情報の把握が課題である。

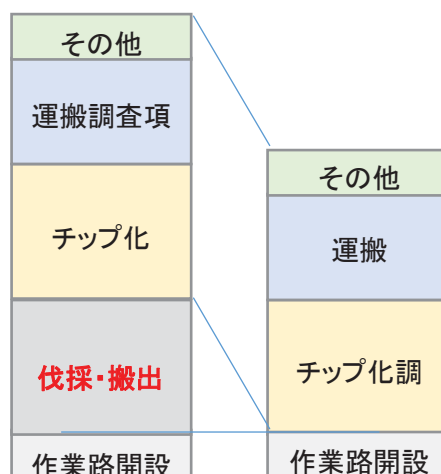
4.2. 竹のマテリアル利用による伐採・搬出・造材経費負担0

本県では、スギやヒノキなど林地残材を中心とした森林バイオマスがエネルギー利用されているが（26年度実績 30,231t）、これらが安価に供給できるのは、素材生産後に林地に残された残材をトラックに積載し、運搬しているからであり、伐採・集材・造材経費は素材生産経費に含まれ0コストになっているからである。

これらと同じく、竹材が高付加価値のあるマテリアル利用が行われるようになれば、余った材をバイオマス利用することで伐採・集材・造材経費を削減できる。

今後の、竹のマテリアル利用開発が期待される。

伐採・搬出・造材経費負担0イメージ



4.3. 竹専用の機械開発と導入補助

今回の実証試験では、スギ・ヒノキの人工林で活用される林業機械を使用し、以下の課題を確認した。

- ① 竹はスギ・ヒノキと比べ軽量でhaあたりの成立本数が多いため、通常の高性能林業機械では竹の伐採・造材・搬出が効率的に行えない。
- ② 竹の伐採・造材工程においてハーベスタやプロセッサが使用できず、伐採と造材はチェーンソーで、枝払いがナタによる人力作業
- ③ 特に、枝払いは作業時間の52%を占め、実証試験で導入したバンドル作業も、適したバンドリングマシンがないため人力作業となり高コスト
- ④ 竹は中空であるため、フォワーダやトラックへの積載効率が悪く、特にフォワーダによる搬出作業はコスト高の原因
- ⑤ 積載効率の向上と、枝払い処理の効率化のためチップパーを導入したが、現場に持ち込める中規模チップパーで、一次破碎のみで50mmアンダーに破碎でき、長時間連続運転できるチップパーがない。

そのため、以下の機能を有する竹専用の機械開発が望まれる。

- 小型重機に対応したアキュムレート(集積)機能付伐採集材アタッチメント
- 小型重機に対応した枝払いアタッチメント
- 小型重機に対応したバンドル機能アタッチメント
- グラップル投入ができる現場対応型の竹専用チップパー
- グラップル投入ができる現場対応型の竹専用バンドリングマシン

4.4. 発電利用に供する竹の証明

現行のガイドラインはスギやヒノキなどの人工林施業に対応したものであり、未利用資源である竹の施業に対応したものではない。未利用木材として証明するには、森林経営計画の策定か、県か市町村による除伐の独自証明が条件となる。

竹バイオマス生産コストは高く、一般木材や建築資材廃棄物扱いでは発電所も高価格で買い取れないため、未利用木材としての証明が不可欠となる。そのために、竹バイオマスの証明方法の整理と竹バイオマス供給事業者への普及が必要である。

第四章 事業化に向けた最適システムの提案

1. 事業化へのアプローチ

実証事業の最終年度となる H27 年度では、継続して竹チップ供給価格 10,000 円/t-wet の達成を目指しつつ、経済性・生産性の観点から、竹材伐採に係る現場作業実態の定量計測と定量情報の分析・評価を機軸とし、事業化に向けた生産コスト要因構造化と課題抽出を中心に取組んできた。

今後は竹バイオマス事業の将来本格化に向け、各生産コスト要因に関わる課題に対して改善アプローチが必要になる。これまでの事業体単体での個別要素の部分改善の域を超えた複数要素における全体改善のアプローチを検討し推進していくことが重要になる。

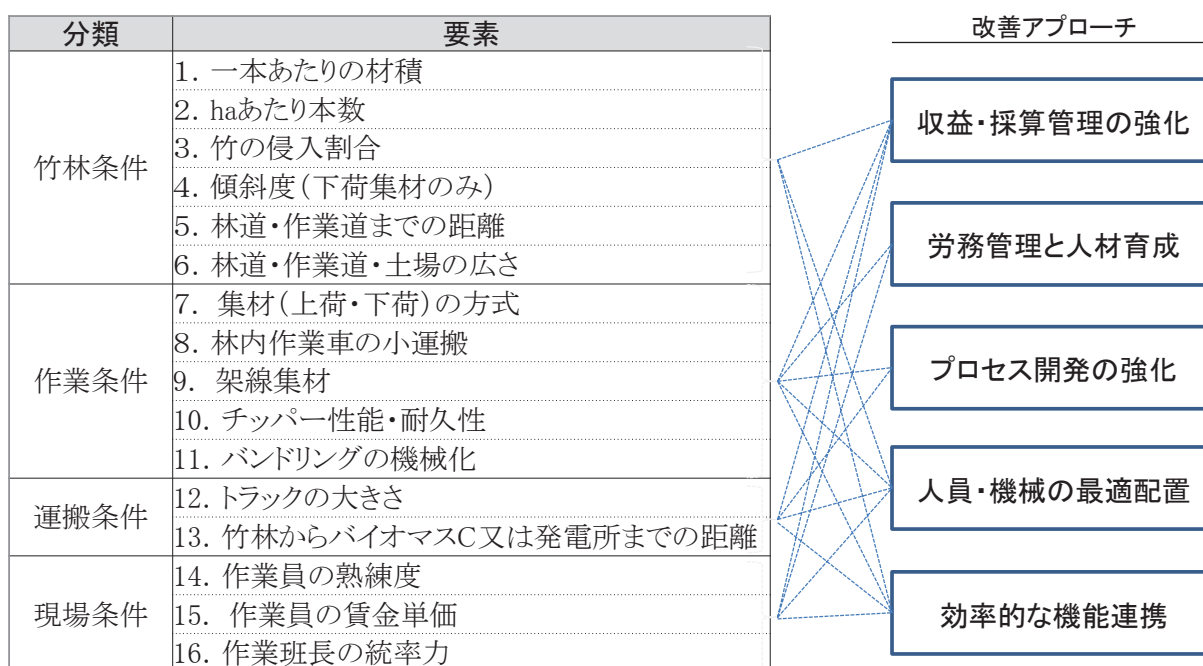


図1 生産コスト要因と改善アプローチの関係

2. 事業としての全体最適システム

竹材バイオマス事業に関わる供給プロセスを発電所や竹林所有者も交え、竹林環境や作業システム特性に応じたプロセス間連携などを目的とした事業基盤を創る必要がある。最終的には、竹チップの需要拡大を見据えた生産量の確保と複数のチップ化システムの効率的運営を見据えた全体最適システムと供給体制の構築が事業化に向け必須の取組テーマになるものと推測する。

事業モデルを網羅的に整備する手法として、「事業における価値創造活動」を観点とした業務分類フレームワークである「バリューチェーン」を用い、竹材が発電所へ供給されるまでの基幹業務と収益・採算管理等の基幹業務を支える支援業務を事業全体最適システムとして業務を定義した。これらのバリューチェーンを構成する各プロセスを網羅的に相互連携させることにより、事業採算性を意識した事業化を見据えた取組へと関係者全体の共通認識形成を図ることが可能となる。

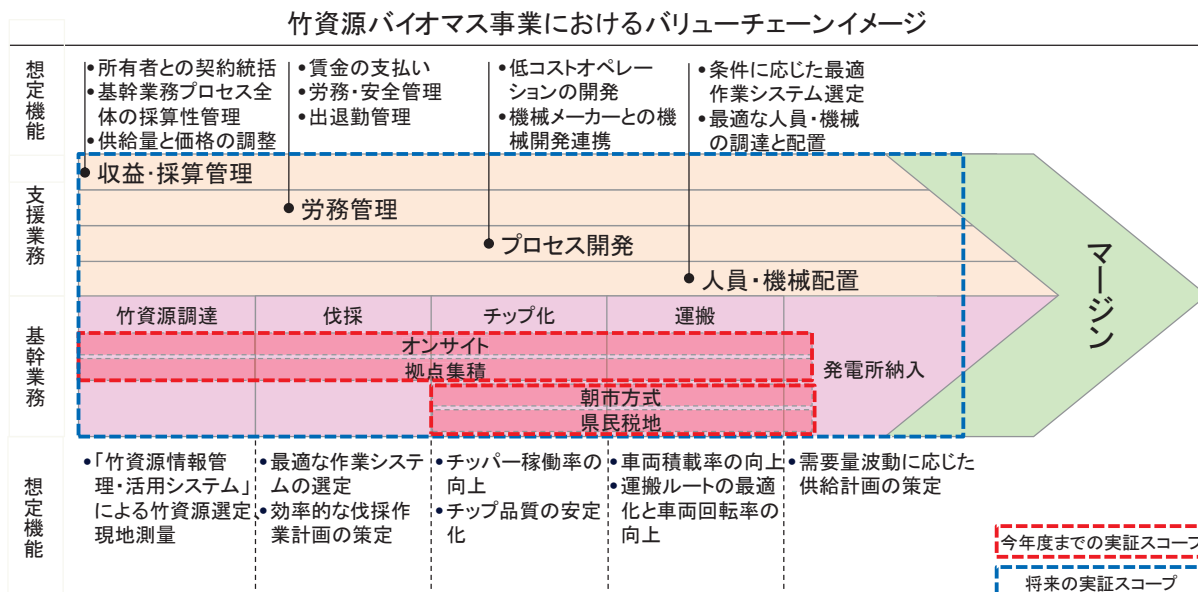


図2 竹資源バイオマス事業におけるバリューチェーンイメージ

■ 基幹業務・・・竹材が発電所へ供給されるまでの業務プロセス

業務区分	基幹業務プロセス名	想定機能
1	竹資源確保	竹チップの原料となる竹資源を調達(竹林の確保)
2	伐採・搬出	竹林での事前作業・作業道開設
		竹材の伐採・集材・玉切・搬出
		集積拠点へ竹材を運搬
3	チップ化	伐採した竹材を短程のストック、チップ化
4	運搬	竹チップを発電所へ運搬
5	発電所納入	竹チップを発電所へ納入

■ 支援業務・・・基幹業務を支援する業務プロセス

業務区分	基幹業務プロセス名	想定機能
1	収益・採算管理	所有者との契約取り纏め 発電所への竹材供給量と価格の調整 事業収益・採算性評価
2	労務管理	出退勤管理、賃金支払、作業における安全管理
3	プロセス開発	供給量拡大と低コストに繋がる効率的な業務プロセスの開発と機械メーカーとの機械開発連携
4	人員・機材手配	竹林条件・運搬条件に応じた最適作業システムの選定 供給拡大と低コストを実現する人員および機材の手配

3. 最後に

竹資源確保のプロセス検討から竹チップ安定供給、低コストオペレーションによる適正価格供給を実現化すると共に、竹バイオマス燃料の供給体制構想を全体方針とした取組が必要になる。

供給体制構想では、従来の竹チップ供給事業に関わる電力会社、生産主体者となる森林組合や素材生産業者、竹資源提供者となる竹林所有者を供給体制対象としつつ、新たに竹チップ供給調整機能やプロセス開発を担う統括事業会社を加え、全体として1つの供給体制を構築し、各機能配置を構造化することにより、竹バイオマス燃料事業の実現性が高まるものと推測する。

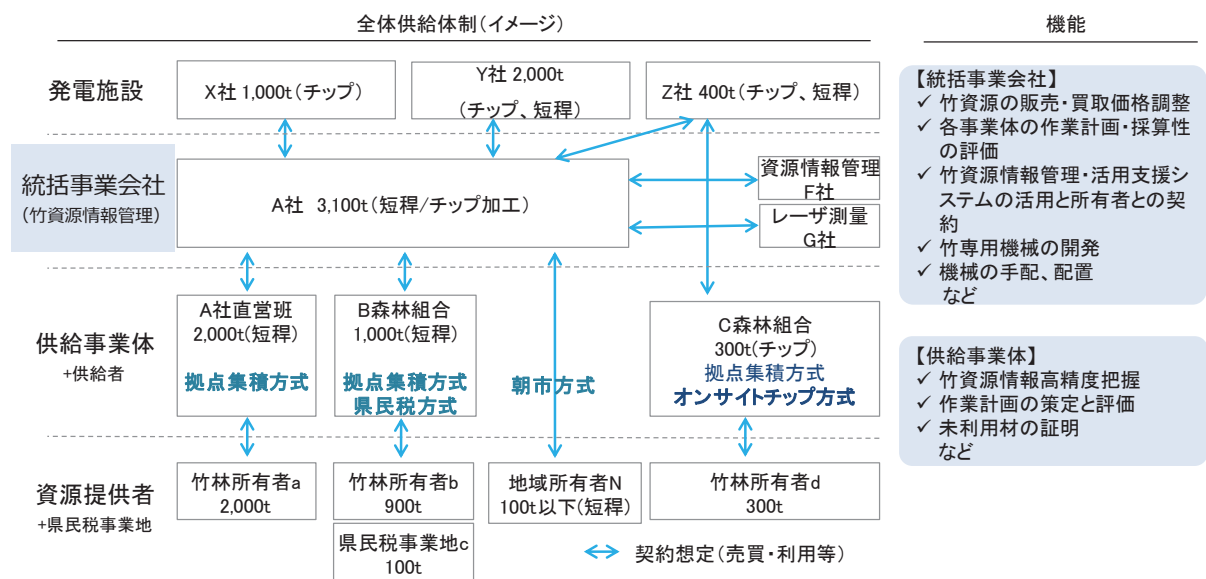


図 3.1 全体供給体制イメージ

表 3.1 事業体機能概要案

番号	事業体	機能概要(案)
1	電力会社	<p>・発電用として竹材(竹チップ若しくは短稈)を受入する。発電方式に応じて短稈を直接受入し、自らチップ化する。発電方式により受入形態パターン化を想定。</p> <p>① 石炭混焼方式・・・竹チップ受入 ② 木材混焼方式・・・竹チップ受入 ③ タケ専燃方式・・・短稈受入 (拠点用チップパーを発電所自ら所有しチップ化)</p>
2	統括事業会社 ※将来設立を想定	<p>・発電所の需要に応じて竹材を供給し、発電所と供給量、供給単価を調整する。</p> <p>・竹資源情報収集活用・支援システムや竹林レーザ測量情報を元に竹資源調達計画策定する。</p> <p>・施業提案ツールの活用により、所有者と交渉し契約する。</p> <p>・竹資源調達計画と合せて事業採算評価をする。</p> <p>・各事業地での作業システム選定と機械手配配置を統括する。</p> <p>・竹材(短稈)を森林組合から受入する。</p> <p>・拠点用チップパーを所有し、集積した短稈のチップ化と発電所へのチップ運搬もする。チップ化システム方式により竹材供給調整機能パターン化。</p> <p>① オンサイト・チップ化方式 …… 森林組合が調整 ② 拠点集積方式 …… 統括事業会社が調整 ③ 県民税事業地方式 …… 統括事業会社が調整 ④ 朝市方式 …… 統括事業会社が調整</p> <p>・機械メーカーと連携し機械と低コストオペレーションを開発する。</p>
3	竹林情報管理会社	<p>・竹資源調達計画に必要な竹林状況や竹材生産予測値など竹林情報を分析し管理する。情報管理対象により運営会社をパターン化。</p> <p>① 竹林地図、面積、所有者 …… 竹資源情報収集活用・支援システム運営会社が管理 ② 竹林情報、生産量見込 …… レーザ測量会社が管理</p>
4	森林組合 素材生産業者	<p>・統括事業会社からの生産指示に基づき、現場作業計画を策定する。</p> <p>・統括事業会社へ生産した竹材を供給する。</p>
5	竹林所有者	<p>・統括事業会社との交渉により竹林を提供する。</p>

別添資料1 竹のバイオマス利用のための基礎資料

別添資料2 「朝市方式」地域集荷システムアンケート結果

別添資料1 竹のバイオマス利用のための基礎資料

本県では、本実証事業以外にも竹の資源量調査等を実施している。全国的に竹資源の調査報告は少ないため、竹のバイオマス利用のための基礎資料として整理した。

1 竹の含水率の季節変化

竹の含水率について、新竹と2年生以上の竹を稈、枝、葉の器官別に、県内6か所の竹林で調査した結果を示す。

新竹の稈は初夏～夏にかけて含水率が高いが、秋以降は含水率が下がり2年生以上の竹とほぼ変わらない。

表 1.1 竹の器官別・季節別含水率調査結果一覧

区分		初夏(6月) 山口市	夏(8月) 柳井市	秋(10月)	冬(1~2月)	平均	
新竹	稈	平均	69.2%	64.8%	43.2%	48.9%	56.5%
		最小	65.9%	62.1%	36.3%	39.6%	51.0%
		最大	72.9%	71.6%	57.7%	53.5%	63.9%
	枝	平均	64.2%	64.0%	62.2%	48.3%	59.7%
		最小	64.0%	60.6%	52.9%	38.9%	54.1%
		最大	64.6%	69.8%	84.5%	59.6%	69.6%
	葉	平均	—	78.7%	79.7%	60.2%	72.9%
		最小	—	70.9%	68.2%	43.7%	61.0%
		最大	—	83.6%	85.6%	80.5%	83.3%
2年生以上	稈	平均	45.1%	44.6%	44.4%	44.8%	44.7%
		最小	38.8%	35.9%	38.8%	37.8%	37.8%
		最大	50.1%	49.8%	50.5%	56.1%	51.6%
	枝	平均	42.7%	53.9%	53.8%	45.7%	49.0%
		最小	37.1%	33.7%	37.5%	29.2%	34.4%
		最大	47.9%	61.7%	61.8%	68.3%	59.9%
	葉	平均	—	79.3%	81.2%	58.4%	73.0%
		最小	—	64.3%	61.0%	35.5%	53.6%
		最大	—	94.1%	94.4%	86.3%	91.6%

※ 調査内容

6月	平成27年6月調査、山口市竹林	新竹4本、2年生以上5本
8月	平成18年8月調査、柳井市竹林	新竹5本、2年生以上10本
10月	平成17年10月調査、山口市竹林	新竹5本、2年生以上10本
	平成18年10月調査、周南市竹林	新竹5本、2年生以上10本
1月	平成19年1月調査、下関市竹林	新竹5本、2年生以上10本
	平成28年2月調査、山口市竹林	新竹2本、2年生以上3本

2 竹の成分分析

本年度の実証事業では、以下のサンプルを採取し、成分分析を行った。

- 竹の新竹、2年生以上の稈、枝、葉
- 「竹林オンサイト・チップ化システム」により生産した竹チップ
- 「県民税事業地地域集荷システム」で伐採・棚積みし3年経過した棚の上部と下部の竹

(1) 器官別成分分析

稈・枝・葉の器官別に成分分析を行った。

その結果、ボイラー燃焼の阻害となるカリウムは、稈に多く含まれている事がわかった。

表 2.1 器官別成分調査結果一覧

分析の対象 (単位)		新竹			竹2年生以上		
		稈	枝	葉	稈	枝	葉
総発熱(kJ/kg)		18,840	19,550	20,000	18,880	19,310	17,210
全水(wt%)		56.79	35.22	47.22	49.01	30.97	17.11
無水ベ- ス	恒湿試料水(wt%)	11.36	10.36	11.85	10.27	10.09	9.65
	灰分(wt%)	1.73	1.31	5.79	0.71	1.43	15.89
	炭素(wt%)	47.9	49.4	47.7	49.2	49.6	42.1
	水素(wt%)	6.0	6.3	6.6	6.5	6.4	6.0
	酸素(wt%)	43.97	42.61	36.82	43.20	42.27	34.12
	窒素(wt%)	0.14	0.30	2.66	0.10	0.18	1.64
	全硫黄(wt%)	0.02	0.03	0.23	0.02	0.03	0.14
	全塩素(wt%)	0.24	0.05	0.20	0.27	0.09	0.11
灰化ベ- ス	ナトリウム(wt%)	0.05	0.15	0.08	0.06	0.15	0.14
	カリウム(wt%)	42.0	30.0	22.9	46.8	27.8	7.92

(2) 経年変化による成分分析

経年変化による品質変化を調べるため、チップ化直後の竹チップ(新)と5カ月放置・発酵させた竹チップ(古)を、伐採後棚積みされて3年経過した上部で乾燥している竹稈と下部で腐朽している竹稈の成分分析を行った。

竹チップは、古くなるほど含水率、ナトリウム、カリウムは減少し、棚積下部の竹稈は含水率が高いがナトリウムとカリウムは減少している。

表 2.1 経年変化による成分一覧

分析の対象 (単位)		竹チップ		伐採後棚積竹程	
		新	古	棚上部	棚下部
総発熱(kJ/kg)		18,810	19,270	19,160	19,150
全水(wt%)		45.25	33.00	11.71	54.97
無水ベ ース	恒湿試料水(wt%)	10.78	11.42	10.60	11.44
	灰分(wt%)	3.25	4.61	0.45	1.32
	炭素(wt%)	47.2	47.50	49.5	48.8
	水素(wt%)	6.0	5.8	6.1	5.8
	酸素(wt%)	43.01	40.44	43.25	42.76
	窒素(wt%)	0.26	1.17	0.63	1.19
	全硫黄(wt%)	0.03	0.06	0.07	0.11
	全塩素(wt%)	0.25	0.42	0.01	0.02
灰化ベ ース	ナトリウム(wt%)	0.95	0.44	1.30	0.49
	カリウム(wt%)	13.7	5.85	26.9	10.4

3 竹の資源量推定

山口県では平成 17, 18 年度に、県内 4 か所の竹林で、2 年生以上の竹を各 10 本、新竹を各 5 本伐採し、資源量解析調査を実施している

(1) 竹 1 本あたりの資源量

竹 1 本あたりの資源量の平均値を示す。竹は中空で材積の把握は困難であり、胸高直径と稈長から計算できる材積を見かけ材積とし、見かけ材積から中空部を減じて算出したものを実材積とした。

		胸高直径 cm	稈長 m	枝下高 m	見かけ材積 m ³	実材積 m ³	中空率 %	生重量 Kg	乾燥重量 Kg	含水率 %
2 年生以上	平均	12.9	18.7	9.8	0.107	0.037	64.9	48.4	26.5	45.3
	最小	8.9	12.2	2.0	0.038	0.015	57.0	20.8	10.9	36.6
	最大	16.4	22.5	12.9	0.176	0.059	70.6	80.8	45.4	55.1
新竹	平均	11.8	16.8	7.2	0.090	0.031	62.5	41.2	21.4	49.9
	最小	4.9	9.0	1.0	0.008	0.004	45.3	6.6	3.2	36.9
	最大	15.7	22.4	11.9	0.174	0.054	70.5	70.8	39.5	68.5

※ 見かけの材積は、胸高直径と稈長から算出

※ 中空部は、2m 毎に玉切りした竹の外径と内径を計測して算出

※ 実材積＝見かけの材積－中空部

次に、器官別の乾燥重量割合、含水率を示す。

		器官別乾燥重量割合				含水率			
		全体	幹	枝	葉	全体	稈	枝	葉
2 年生以上	平均	100.0%	87.1%	10.0%	2.9%	45.3%	45.8%	54.0%	80.8%
	最小	100.0%	78.3%	6.0%	0.9%	36.6%	35.9%	33.7%	61.0%
	最大	100.0%	92.4%	20.1%	5.4%	55.1%	56.1%	68.3%	94.4%
新竹	平均	100.0%	81.4%	13.4%	5.1%	49.9%	50.1%	61.1%	78.1%
	最小	100.0%	51.2%	3.8%	2.2%	36.9%	36.3%	52.8%	68.2%
	最大	100.0%	93.1%	35.9%	12.9%	68.5%	71.6%	84.5%	85.6%

(2) 竹 1 本の資源量の推計方法

上記の調査結果から、2 年生以上の竹の資源量を解析した。胸高直径 (cm) を計測する事で、竹 1 本の見かけ材積、乾燥重量、生重量を下記推計式で求める事ができる。

竹 1 本の材積、乾燥重量、生重量 (含水率 45%) の推定式

■ 見かけ材積 (cm³) $y = 18,794x - 134,409$

■ 乾燥重量 (kg) $y = 3,925.6x - 24,150$

■ 生重量 (kg) $y = 7,538.7x - 48,728$

※ 生重量の含水率は 45%

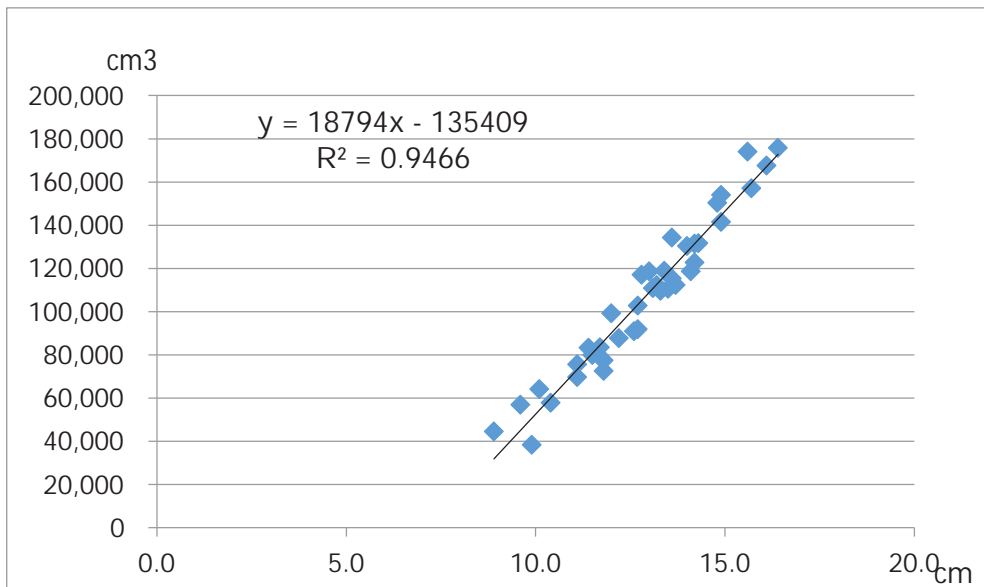


図 胸高直径と見かけの材積

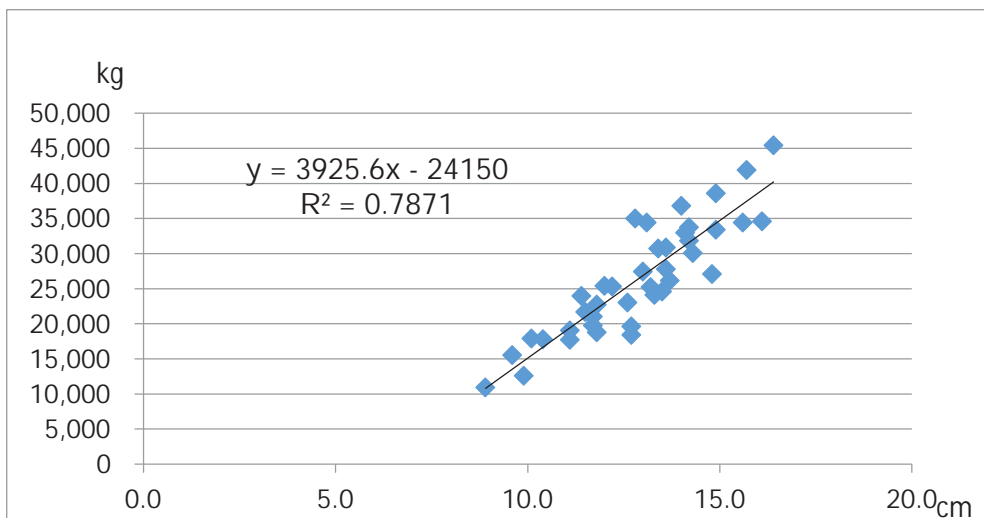


図 胸高直径と乾燥重量

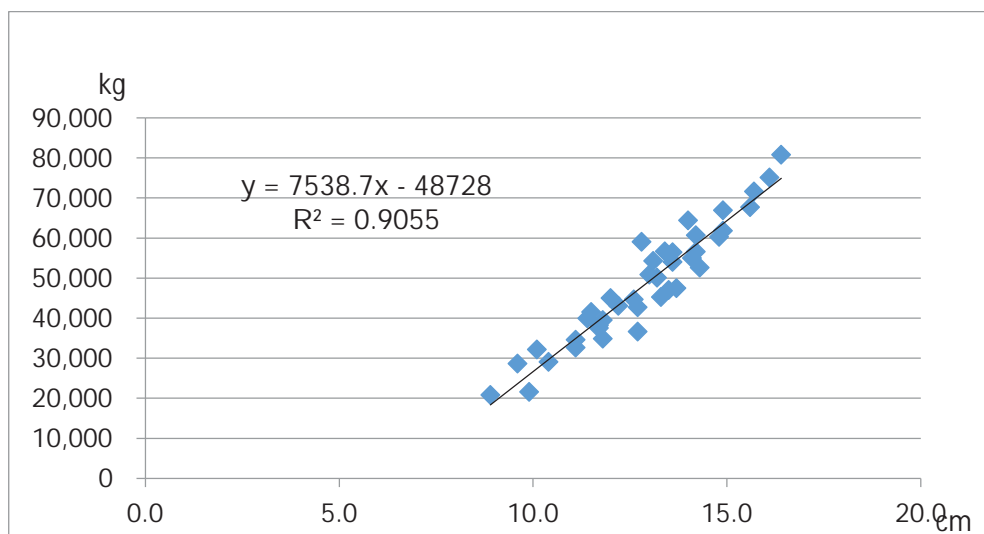


図 胸高直径と生重量

(3) 竹林の資源量の推計方法

事業対象の竹林内に数か所の標準地を設け、標準地内の竹の本数と胸高直径を計測し、推計式で標準地内の見かけ材積、乾燥重量、生重量を算出する事で、竹林の資源量を推定する事ができる。

竹林の材積、乾燥重量、生重量(含水率 45%)の推定式

- 1 竹林の面積を測量
- 2 竹林内に標準地(複数地点)を設置
- 3 標準地内の竹の本数を数え、全ての竹の胸高直径を計測
- 4 下記式で竹1本毎に計算し、標準地内の合計値を算出
 - 見かけ材積(cm³) $y = 18,794x - 134,409$
 - 乾燥重量(kg) $y = 3,925.6x - 24,150$
 - 生重量(kg) $y = 7,538.7x - 48,728$
- 5 標準地面積と竹林面積との比率で、標準地の合計資源量から竹林の資源量を算出

4 竹伐採後の再生状況

平成 16～18 年度に県内 3 か所の放置竹林を皆伐し、その後の再生量を調査した結果を示す。

皆伐後 8 年目の再生率は 32.1% と資源回復に時間がかかっており、皆伐による短期間での竹資源循環利用は困難である。

表 伐採後の再生量と再生率

区分	伐採前	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	
大内畑	再生量 (dry-t/ha)	183.8	8.5	17.0	23.0	30.5	31.3	50.2	50.2	59.0
	再生率	(100%)	(4.6%)	(9.2%)	(12.5%)	(16.6%)	(17.0%)	(27.3%)	(27.3%)	(32.1%)
天花	再生量 (dry-t/ha)	188.7	10.4	28.4	33.0	32.2	41.8	40.4	46.6	-
	再生率	(100%)	(5.5%)	(15.0%)	(17.5%)	(17.1%)	(22.2%)	(21.4%)	(24.7%)	-
柳井	再生量 (dry-t/ha)	188.5	6.0	18.8	28.6	34.3	35.6	42.7	-	-
	再生率	(100%)	(3.2%)	(9.9%)	(15.2%)	(18.2%)	(18.9%)	(22.7%)	-	-

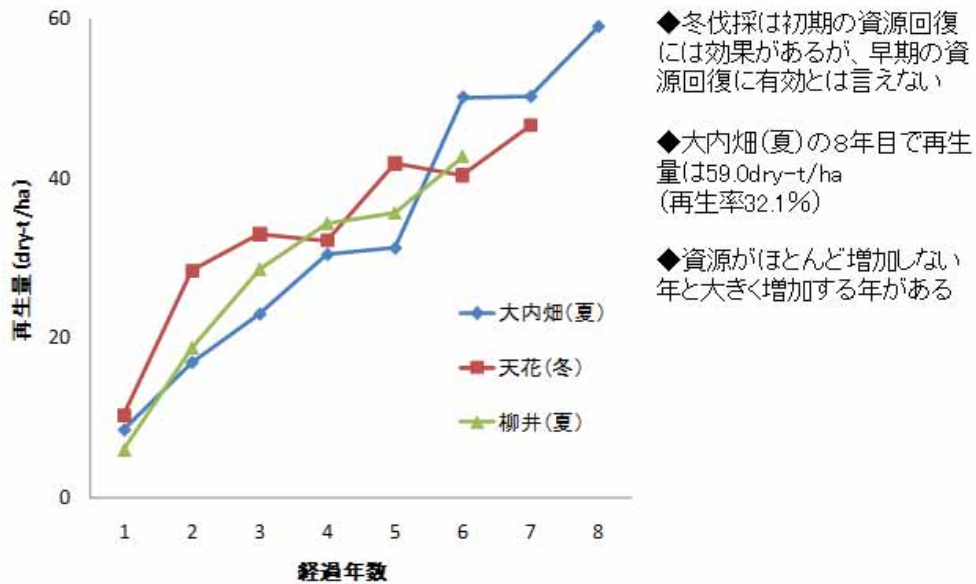


図 伐採後の再生量

別添資料2 「朝市方式」地域集荷システムアンケート結果

本年度の実証試験では、所有者による持込・買取を基本とした「朝市方式」地域集荷システムを初めて検証した。継続的且つ安定的な資源確保に向けた所有者意見の収集を目的にアンケートを実施した。

有効 回答数	8
-----------	---

	回答	構成比
Q1 この竹集荷を何で知りましたか?	8	
<input type="checkbox"/> 森林組合職員から聞いた	5	62.5%
<input type="checkbox"/> チラシを見た	2	25.0%
<input type="checkbox"/> ご近所から聞いた	1	12.5%
<input type="checkbox"/> その他		0.0%
()		
Q2 竹を持ち運び頂いた理由を下記よりお選び下さい。(複数回答可)	9	
<input type="checkbox"/> タケノコ生産をする為	1	11.1%
<input type="checkbox"/> 売る為	3	33.3%
<input type="checkbox"/> 竹侵入を防止する為	4	44.4%
<input type="checkbox"/> その他	1	11.1%
(杉・ヒノキの間伐)		
Q3 今後も同様の竹集荷を実施する場合、次回も持ち運び頂けますか?	8	
<input type="checkbox"/> はい	5	62.5%
<input type="checkbox"/> いいえ	2	25.0%
<input type="checkbox"/> その他	1	12.5%
(侵入竹の状態による)		

Q4 Q3で「はい」とお答え頂いた方は、下記の質問にご回答ください。(①は複数回答可)

- ①持ち運び頂ける時期 : 9 0.0%
- | | | |
|---------------------------------|-----|-------|
| <input type="checkbox"/> 3月～5月 | : 3 | 33.3% |
| <input type="checkbox"/> 6月～8月 | : | 0.0% |
| <input type="checkbox"/> 9月～11月 | : 2 | 22.2% |
| <input type="checkbox"/> 12月～2月 | : 4 | 44.4% |
- ②持ち運び時のトラック : 7
- | | | |
|---------------------------------|-----|-------|
| <input type="checkbox"/> 軽トラック | : 3 | 42.9% |
| <input type="checkbox"/> 2tトラック | : 1 | 14.3% |
| <input type="checkbox"/> 4tトラック | : | 0.0% |
| <input type="checkbox"/> それ以上 | : 3 | 42.9% |
- ③持ち運び頂ける頻度1ヶ月に(トラック 台程度)
- | | |
|--|-----------|
| | : 月3台:2名 |
| | : 月5台:2名 |
| | : 月10台:1名 |

Q5 今回の買取価格であるトンあたり8,000円は妥当な価格ですか?

- はい : 4 57.1%
- いいえ : 3 42.9%
- 10,000円:2名
16,000円:1名

Q6 竹材の伐採からトラックへの積み込みに要したトラック1台あたりの作業時間をお教えてください。

- ~3時間未満 : 1 14.3%
- 4時間程度 : 3 42.9%
- 5時間程度 : 0.0%
- 6時間程度 : 0.0%
- 6時間以上 : 3 42.9%

Q7 その他、何かご要望などが御座いましたらお教えてください。

- ・竹の子を出荷する為竹は毎年切らなければならないので、大変助かった。
- ・こんな割に合わない作業はしません。
- ・次回チャンスがあれば連絡をお願いします。