平成 24 年度林野庁補助事業

先進林業機械改良・新作業システム開発事業のうち

作業システム導入支援事業

報　告　書

平成 25 年 3 月

株式会社森林環境リアライズ

□□□□□□□□□□□　目　　次　□□□□□□□□□□□

1 事業の概要 1
1.1 事業名 1
1.2 事業の背景と目的 1
1.3 実施項目 2
2 作業システムに係る課題の公募・選定等 3
2.1 委員会の設置及び開催状況 3
2.2 事業体及び課題の公募 3
2.3 選定委員会の開催等 8
2.4 選定事業体の課題取組の支援 8
2.5 事業内容の普及・波及の実施 8
3 選定された課題の取組支援 14
3.1 三美鉱業株式会社（北海道美唄市） 15
3.2 NPO 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所（北海道上川郡東川町） 27
3.3 有限会社マルヒ製材（岩手県久慈市） 41
3.4 金山町森林組合（山形県最上郡金山町） 51
3.5 神子沢林業（山梨県富士吉田市） 65
3.6 田辺木材協同組合（和歌山県田辺市） 74

1　事業の概要

1.1　事業名

先進林業機械改良・新作業システム開発事業のうち作業システム導入支援事業

1.2　事業の背景と目的

我が国の人工林は利用段階に入りつつあり、国産材の生産・活用の更なる促進が求められる中、農林水産省では平成 21 年 12 月に「森林・林業再生プラン」を公表し、10 年後の木材自給率 50%以上を目指すべき姿として挙げ、森林の多面的機能の確保を図りつつ、利用可能な段階にある人工林資源を活用した木材の安定供給の確立等を積極的に図ることとしている。

しかし、林業の現場では作業システムの高度な機械化や、その前提となる路網整備が不十分であり、施業の生産性や採算性が低い状況にある。また、作業員の高齢化や、事業量の増加に伴う作業の安全性向上の観点からも、機械化の促進が課題となっている。

そこで、林野庁では「森林・林業再生プラン」に沿った各種補助事業を展開し、平成 21 年度には「先進林業機械導入・オペレーター養成促進緊急対策事業のうち先進林業機械の導入・改良費等」、「森林・林業再生プラン実践事業のうち森林・林業再生プラン実践中央支援事業（5 地区）」、平成 22 年度には「先進林業機械改良・新作業システム開発事業」等の事業に取り組んできたところである。中でも先進林業機械改良・新作業システム開発事業では、国内外から最新の機能・性能を有する先進林業機械を導入・改良して、作業効率の改善から生産性等の向上と、安全な作業環境の確保を目指してきた。また、導入した機械が現地の作業条件に適合するように更に改良を行い、作業効率を向上させる新作業システムの開発を推進してきたところである。しかし、それら最新機械の導入による取り組みは、一部の地域・事業体に限られてきた感があり、必ずしも周辺地域や全国への波及効果が認められたとは言い難い側面もある。

そこで、それらの先進林業機械等を広く普及して定着を図るためには、先進林業機械のデモンストレーション等を伴う現地検討会や、導入した機械を集めたシンポジウム等の開催、並びに新作業システムの開発、検証、評価等、生産性と採算性が高い作業システムの導入を積極的に支援する必要がある。

このため、先進林業機械改良・新作業システム開発事業のうち作業システム導入支援事業では、新たな作業システムの導入に取り組みたい事業体を募集して、経費の助成や取り組みに対する助言・評価の支援を行い、当該地域における素材生産等の作業効率を向上させ、施業コストの大幅な低減と、併せて作業の安全性を向上させるなど、新たな作業システムの構築を図り、その結果を全国に普及・波及させ、森林・林業の再生に資することを目的とする。

1.3　実施項目

当事業における実施項目は、表 1.1 に示すように「作業システム導入に係る課題の公募・選定等」と「選定された課題の取組支援」に２分され、さらにそれらは数項目に細分されている。また、事業の実施は図 1.1 のとおり行った。

表 1.1　事業の実施項目

作業システム導入に係る課題の公募・選定等	
ア	本事業の企画・運営について検討する企画運営委員会の開催、及びイの募集のための要領作成
イ	作業システム導入の支援を希望する多様な事業体へ、優良な事業体及び課題の公募
ウ	優良な事業体及び課題を選定するための選定委員会の開催及び選定結果の通知
エ	選定された事業体の実施状況のチェック及び各種アドバイスの実施
オ	本事業の成果の普及を図るための優良事例研修会の開催又は成果事例集の作成
選定された課題の取組支援	
ア	多様な主体が参画する検討会の開催
イ	新たな作業システムに取り組んでいる先進地域での調査
ウ	レンタル機を活用した作業手順の試行の実施

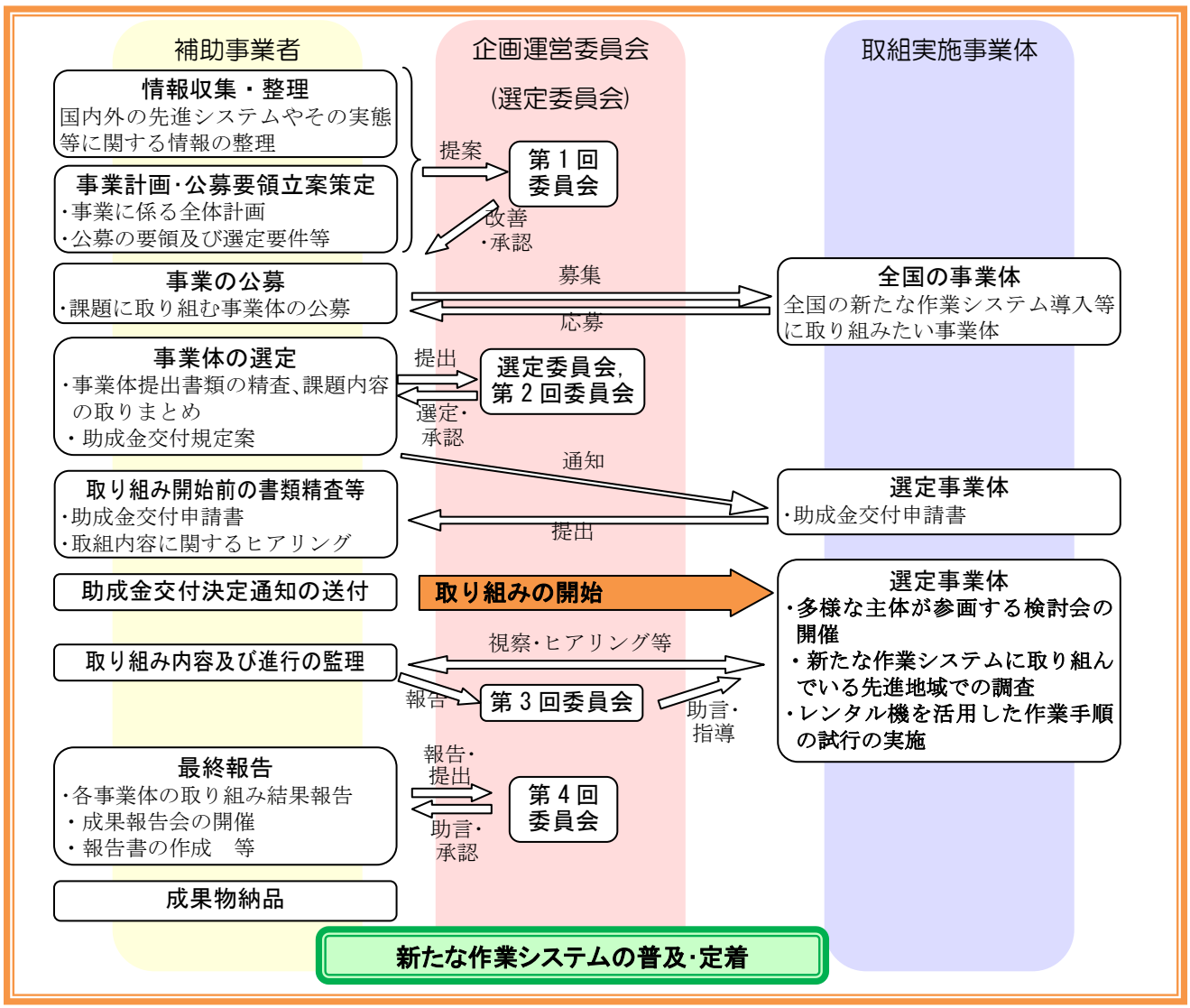


図 1.1　事業の実施フロー

2　作業システムに係る課題の公募・選定等

2.1　委員会の設置及び開催状況

当事業における企画運営委員会（以降、検討委員会と称する）の委員は、作業システム及び路網、集約化等を専門とする有識者で構成され、表 2.1 の方々である。事業体を選定する際に開催される選定委員会委員と検討委員会委員は、事業内容の把握とスムーズな事業運営の面から併任することとした。

表 2.1　検討委員会及び選定委員会の構成（五十音順・敬称略）

氏　名	所属・職名	専　門
相川 高信	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 副主任研究員	低ｺｽﾄ化･集約化
壁村 秀水	株式会社森林環境コンサルタント 代表取締役	路網作設
酒井 秀夫	東京大学大学院農学生命科学研究科 教授	路網及び作業ｼｽﾃﾑ
佐々木 尚三	独立行政法人森林総合研究所北海道支所 地域研究監	林業機械
澁谷 正人	北海道大学農学研究院森林資源科学分野 准教授	造林

検討委員会は、本事業の企画運営に関する全体計画の諮問・承認時及び事業体による取組課題実施に伴う助言、指導、フォローアップ、さらに事業結果の評価、検証時を目安に、表 2.2 のように開催した。委員会の詳細資料は、巻末の資料編に示した。

表 2.2　検討委員会の開催時期及び主な検討内容

実施事項	主な検討内容	開催地
第 1 回検討委員会 （5 月 17 日開催）	・昨年度の事業実施のふりかえりを踏まえた、今年度事業の全体実施計画の承認 ・公募要領の審査及び承認 ・選定評価規定の審査及び承認	東京都
選定委員会 兼 第 2 回検討委員会 （6 月 25 日開催）	・委員の事前採点を経て、事業体の審査･選定 ・助成金交付規程案の審査及び承認	東京都
第 3 回現地検討委員会 （1 月 23 日開催）	・取組実施状況への進行評価、助言等の検討 ・フォローアップ内容の検討	和歌山県西牟婁郡白浜町及び田辺市
第 4 回検討委員会 （2 月 25 日開催）	・各事業体の取組結果の評価・検証 ・事業の取りまとめの方向性の討議及び承認	東京都

2.2　事業体及び課題の公募

事業体及び課題を公募する前に、「森林・林業再生プラン」が公表されてからこれまでに、林野庁補助事業により国内外の高性能林業機械を導入し、先進システムを構築または稼動させている地域の情報を整理し、それを「先進作業システム導入地の状況」として弊社ホームページ上で公開した（表 2.3、図 2.1）。そうすることで、国内の先進地における状況の概況を参照し、応募事業体の作業システムの導入目標を明確化するのに寄与することを目指した。

No.	都道府県	事業体名	生産性･効率性向上のポイント	主な作業システム						労働生産性(m3/人･日)	生産コスト(¥/m3)	路網密度(m/ha)	特筆すべき点
1	北海道	羊蹄林産協同組合	効率的な路網開設による新作業システムの導入	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	全木集材 ﾄﾗｸﾀ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	巻立て ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	7～8	6000～7000		ザウルスロボを活用した路網整備の実施
				現	伐倒･造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	小集積･積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	積込･運搬 ﾌｫﾜｰﾀﾞ(ｸﾛｰﾗｷｬﾘｱ)	巻立て ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ		9～10	5000～6000		
2	青森県	有限会社白川林産	高密度路網とグラップル集材による低コスト化	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ﾄﾗｸﾀ	造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ｸﾛｰﾗ運搬車		間伐:2～3 皆伐:6～8	間伐:7000 皆伐:5000	100	ザウルスロボ導入によるコスト削減と枝条等の活用による路面保護
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ｸﾛｰﾗ運搬車		間伐:5～7 皆伐:13～17	間伐:5400 皆伐:4000	200	
3	岩手県	西間林業	現場に即した作業路の開設と林業機械の導入による低コスト作業システム	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ﾘﾓｺﾝ式ﾌﾞｰﾑｳｨﾝﾁ付ﾊﾞｯｸﾎｳ	造材、選別、積込 ﾌﾟﾛｾｯｻ	集材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ	運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾄﾗｯｸ	間伐:4.4 皆伐:7.7	5000		作業路の線形調査に GPS を活用
4	秋田県	花田造材部	安定的な事業量による高性能林業機械の高稼働率の確保	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ･ﾊｰﾍﾞｽﾀ	集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ･ﾊｰﾍﾞｽﾀ	積込･運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ﾌｫﾜｰﾀﾞ		間伐:7.0 皆伐:8.0			機械の稼働率向上のための団地集約化と若手技術者の育成
5	福島県	ふくしま中央森林組合	安全性と生産性の向上を目指した機械化の推進	旧	伐倒･枝払い･造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ 木寄ｳｨﾝﾁ	集材 ﾘｮｳｼﾝ号(ﾎｲｰﾙ式ﾌｫﾜｰﾀﾞ)			2.75		80～200	現場特性に合わせた複数の作業システムを模索
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･木寄ｳｨﾝﾁ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		5.25		100～250	
6	福島県	有限会社大須賀林業	壊れにくい作業路の開設と機械化によるコスト削減	旧	伐倒･造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ｳｨﾝﾁ	運材 運材車						積極的な路網作設
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ･運材車					
7	福島県	株式会社ミツヤマグリーンプロジェクト	高能力タワーヤーダを活用した間伐作業システム	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ﾄﾗｸﾀ	造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		4	8400		移動式チッパーによる林地残材の利用率向上
				現	ｾﾝﾀｰ伐採 ﾁｪｰﾝｿｰ	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ﾀﾜｰﾔｰﾀﾞ(ｵｰﾄﾊﾟﾜｰﾏｽﾄ)	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ		6	6400		
8	福島県	いわき市森林組合	全幹集材林業機械作業システムの導入による生産性の向上	旧	伐倒･枝払い･玉切り ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾊﾞｯｸﾎｳ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ			3		72	全幹集材による端材の活用
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾊﾞｯｸﾎｳ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		6		181	
9	栃木県	高原林産企業組合	作業路網を活用した直接集材・造材	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	積込･運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾊﾞｯｸﾎｳ･運材車		3～5	7000～9000		ザウルスロボの導入による作業路の作設
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ･ﾊｰﾍﾞｽﾀ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	積込･運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾊﾞｯｸﾎｳ･運材車		4～6	6000～7000		
10	神奈川県	有限会社湯山林業	効率的非皆伐施業と林業機械を用いた素材生産の取組	旧	伐倒･造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 集材機	積込 ｸﾚｰﾝ	運材 ﾄﾗｯｸ		1.5			保育間伐のため林内で造材し短幹集材
				現	伐倒(列状)･造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	積込 ﾌｫﾜｰﾀﾞ	運材 ﾄﾗｯｸ		3.0+			
11	新潟県	南魚沼森林組合	団地条件に応じた作業システムによる機械稼働率の向上	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ(緩)･ﾁｪｰﾝｿｰ(急)	集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ(緩)･ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ(急)	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		間伐:2.3～3.1 皆伐:4.7～6.3	間伐:11800 皆伐:7700		傾斜等団地条件に応じた作業システムの選択
12	富山県	婦負森林組合	大型トラック出荷に対応した高密度路網+高性能林業機械による素材生産	旧	伐倒･造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ･(ﾄﾗｯｸ)			間伐:1～3.5	10000～16000		作業路上におけるハーベスタの活用による低コスト化
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材･造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ･(ﾄﾗｯｸ)			間伐:5～8	7000～9000		
13	富山県	富山県西部森林組合氷見支所	緩傾斜地形におけるハーベスタ系作業システムの導入	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾌｫﾜｰﾀﾞ		間伐:5.09	8067		緩傾斜地とそれ以外で作業システムの使い分け
				現	伐倒 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	木寄せ ﾊｰﾍﾞｽﾀ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾌｫﾜｰﾀﾞ		間伐:9.57	4794		
14	富山県	富山県西部森林組合砺波支所	基幹作業道等の開設と機械化による搬出間伐の増大	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ･林内作業車	造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾌｫﾜｰﾀﾞ		間伐:1.19	24200		高密度路網の整備による利用間伐量の増大
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾌｫﾜｰﾀﾞ		間伐:3.52	9566	86.7	

表 2.3　先進作業システム導入地の状況（その 1）

No.	都道府県	事業体名	生産性･効率性向上のポイント	主な作業システム						労働生産性(m3/人･日)	生産コスト(¥/m3)	路網密度(m/ha)	特筆すべき点
15	石川県	有限会社竹田木材	小面積皆伐における機械化の推進	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｳｨﾝﾁ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	積込･運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ｸﾛｰﾗﾀﾞﾝﾌﾟ		13.3			バックホウによる作業路の開設
16	岐阜県	ディープ･フォーレスト株式会社	小型高性能林業機械と小型トラック運搬による高能率作業システム	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ﾌﾟﾛｾｯｻ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	巻立て･積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	運材 ﾀﾞﾝﾌﾟﾄﾗｯｸ	ｽｷﾞ:10+ ﾋﾉｷ:7+	6500		小型機械とトラック運材により材をスピーディーに動かすシステム
17	静岡県	株式会社東海フォレスト	間伐材･林地残材活用のための移動式チッパーの導入	旧	山土場 原木のﾄﾗｯｸ運搬	固定ﾁｯﾊﾟｰ 破砕	ﾁｯﾌﾟ ﾄﾗｯｸ運搬				ﾁｯﾌﾟ生産 ¥5232/m3		林地残材等の活用拡大
				現	山土場 移動式ﾁｯﾊﾟｰによる破砕	ﾁｯﾌﾟ ﾄﾗｯｸ運搬					ﾁｯﾌﾟ生産 ¥4725/m3		
18	愛知県	岡崎森林組合	若手林業機械オペレーターで挑む低コスト化	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		間伐:5～7.5	5000～8000		研修による若手育成
19	三重県	大紀森林組合	集約化施業に向けた機械化の推進	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	運材 ﾄﾗｯｸ		3.1			大橋式作業道の作設と山土場仕分けによる出荷先の多様化の実現
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		5.1			
20	兵庫県	日本土地山林株式会社	小型スイングヤーダによる全木集材	現	伐倒(列状) ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 運材車･ﾀﾞﾝﾌﾟﾄﾗｯｸ		5.1	8301		環境に配慮し FSC･ﾌｫﾚｽﾄｯｸ認証済
21	和歌山県	龍神村森林組合	森林作業道上へ一時的に造材集積させる工程分離型システム	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ ﾌﾟﾛｾｯｻ･ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ(ｳｨﾝﾁ)	造材･巻立て ﾌﾟﾛｾｯｻ	積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	運材 ﾄﾗｯｸ･ﾌｫﾜｰﾀﾞ	4.5	12000→9000		各工程を分離し効率化を図る
22	和歌山県	美山村森林組合	人材育成による提案型施業の実施と機械化の推進	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 (ｳｨﾝﾁ付)ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ･ﾀﾞﾝﾌﾟﾄﾗｯｸ		5.3			現場の傾斜や路網状況で作業システムを選択
23	岡山県	作州かがみの森林組合	ウィンチ付きグラップルによる集材の効率化	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 (ｳｨﾝﾁ付)ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ･ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		3.7～6.7	7300～11400		集材距離別に集材システムを選択
24	広島県	三次地方森林組合	施業の集約化による作業路開設の最適化と低コスト間伐	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ﾄﾗｸﾀ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	運材 ｸﾛｰﾗﾀﾞﾝﾌﾟ		2.8	17000		バケット付グラップルによる路網開設
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｳｨﾝﾁ付ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		6.5	7900		
25	宮崎県	佐藤木材	機械化と集約化施業による収益の確保と安全な施業システム	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾌｫﾜｰﾀﾞ	運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾄﾗｯｸ		列状間伐:5			皆伐中心から間伐への取り組み(SGEC 認証取得)
26	鹿児島県	鹿児島県曽於市森林組合	団地化と少人数セットによろ機械化作業の効率化	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｳｨﾝﾁ付ｻﾞｳﾙｽﾛﾎﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		列状間伐:3.4～11.9	5500～7000→2300～5800		ザウルスロボを活用した作業路開設の効率化
27	青森県	有限会社下久保林業	列状間伐と高性能林業機械の導入による間伐コストの大幅低減	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ･集材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ﾊｰﾍﾞｽﾀ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	積込･運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ﾌｫﾜｰﾀﾞ		列状間伐:8.6	7000→5900		ハーベスタ中心の作業システムを導入したコストの削減
28	茨城県	株式会社堀江林業	ベースマシンの改良と運搬の効率化による総コストの縮減	現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ･ﾊｰﾍﾞｽﾀ	集材･造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ			列状間伐:9.2	12000→6000		ベースマシンのアタッチメント交換により複数作業種の実施
29	北海道	鶴居村森林組合	林業用ﾄﾗｸﾀ･ｳｨﾝﾁと牽引式荷台による効率化	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ﾌﾞﾙﾄﾞｰｻﾞ	運材 ｸﾚｰﾝ付ﾄﾗｯｸ		(集計中)			凸型構造による将来的に低コストで丈夫な路網の整備
				現	伐倒･枝払い ﾁｪｰﾝｿｰ･着脱ﾊｰﾍﾞｽﾀ	集材 ｳｨﾝﾁ･ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	玉切り 着脱ﾊｰﾍﾞｽﾀ･ﾁｪｰﾝｿｰ	運材 ｸﾚｰﾝ付ﾄﾗｯｸ		(集計中)			
30	北海道	大澤木材株式会社	高速 8 輪フォワーダ導入による集材の効率化	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ･ﾊｰﾍﾞｽﾀ	(集材) ｳｨﾝﾁ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	集材 ｸﾛｰﾗ型ﾌｫﾜｰﾀﾞ	(集計中)			ハーベスタの待機時間の亜短縮･解消を目指し高速フォワーダを導入
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ･ﾊｰﾍﾞｽﾀ	(集材) ｳｨﾝﾁ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	集材 高速 8 輪ﾌｫﾜｰﾀﾞ	(集計中)			

表 2.3　先進作業システム導入地の状況（その 2）

No.	都道府県	事業体名	生産性･効率性向上のポイント	主な作業システム						労働生産性(m3/人･日)	生産コスト(¥/m3)	路網密度(m/ha)	特筆すべき点
31	北海道	佐藤木材工業株式会社	ホイールタイプのハーベスタによる作業の効率化	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	集材 ﾌﾞﾙﾄﾞｰｻﾞ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	巻立て ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	(集計中)			ロングリーチハーベスタにより作業範囲を拡大
				現	伐倒 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	(集材) ｺﾝﾋﾞﾏｼﾝｽｷｯﾀﾞ	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	集材･巻立て ｺﾝﾋﾞﾏｼﾝﾌｫﾜｰﾀﾞ･ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ		(集計中)			
32	山梨県	有限会社藤原造林	小型ハーベスタの導入による伐木造材工程の生産性向上	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ﾛﾝｸﾞｱｰﾑｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	造材 ﾁｪｰﾝｿｰ	集積･積込 小型ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ		(集計中)			チェーンソー伐倒及び造材工程の生産性の低さを解消
				現	伐倒 小型ﾊｰﾍﾞｽﾀ･ﾁｪｰﾝｿｰ	造材・集材 小型ﾊｰﾍﾞｽﾀ	集積・積込 小型ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ			(集計中)			
33	静岡県	静岡県森林組合連合会	林業用ﾄﾗｸﾀ･ｳｨﾝﾁと高性能搬器の導入による集材作業の効率化	旧	伐倒・枝払い ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	玉切り ﾁｪｰﾝｿｰ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		(集計中)			ウィンチや搬器の無線操作による人員配置の合理化とコスト削減
				現	伐倒・枝払い ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ:ﾄﾗｸﾀｳｨﾝﾁ 集材:自走式搬器	玉切り ﾁｪｰﾝｿｰ･ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾄﾗｸﾀ牽引荷台		(集計中)			
34	長野県	長野森林組合	ホイールタイプのハーベスタ･フォワーダ導入によるシステム全体の生産性向上	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		(集計中)			ホイールタイプマシンの導入により機動性の向上
				現	伐倒・集材・造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ(ﾎｲｰﾙ)				(集計中)			
35	京都府	日吉町森林組合	ホイールタイプのハーベスタ･フォワーダの導入による作業システム全体の生産性向上	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	枝払い・玉切り ﾊｰﾍﾞｽﾀ(ｸﾛｰﾗ)	積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ(ｸﾛｰﾗ)		(集計中)			走行速度のアップと作業道の荒廃防止のためにホイールタイプ機械の導入
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	枝払い・玉切り ﾊｰﾍﾞｽﾀ(ﾎｲｰﾙ)	運材 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ﾌｫﾜｰﾀﾞ(ｾﾐﾎｲｰﾙﾀｲﾌﾟ)			(集計中)			
36	岡山県	有限会社向井林業	作業道開設費用の低減に向けたﾊﾞｹｯﾄ･ﾊｰﾍﾞｽﾀのﾊｲﾌﾞﾘｯﾄﾞ機械の導入	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	枝払い･玉切り ﾌﾟﾛｾｯｻ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ			(集計中)			多目的機械の導入で機械台数・コストの削減
				現	伐倒･枝払い･玉切り ﾊﾞｹｯﾄﾊｰﾍﾞｽﾀﾊｲﾌﾞﾘｯﾄﾞ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ				(集計中)			
37	広島県	広島県西部森林組合事業推進協議会	林業用トラクタ･ウィンチと高性能搬器の導入による集材作業の効率化	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｳｨﾝﾁ付ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ･ﾀﾜｰﾔｰﾀﾞ	枝払い･玉切り ﾊｰﾍﾞｽﾀ･ﾌﾟﾛｾｯｻ			(集計中)			ベースのトラクタ１台で複数の作業に対応できるシステム
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｳｨﾝﾁ･ﾊｰﾍﾞｽﾀ･ﾘﾌﾄﾗｲﾅｰ･ﾀﾜｰﾔｰﾀﾞ	枝払い･玉切り ﾊｰﾍﾞｽﾀ･ﾌﾟﾛｾｯｻ			(集計中)			
38	宮崎県	宮崎県森林･林業再生プラン推進協議会	ホイールタイプの多機能ベースマシンの導入による作業システム全体での生産性向上	旧	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 架線･ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	枝払い･造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	集積 ﾌｫﾜｰﾀﾞ		(集計中)			各工程間の待ち時間や機械入替え時間の削減から生産性の向上を図る
				現	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｷｯﾀﾞｳｨﾝﾁ	枝払い･造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ･ﾊｰﾍﾞｽﾀ(ｽｷｯﾀﾞ)			(集計中)			

表 2.3　先進作業システム導入地の状況（その 3）

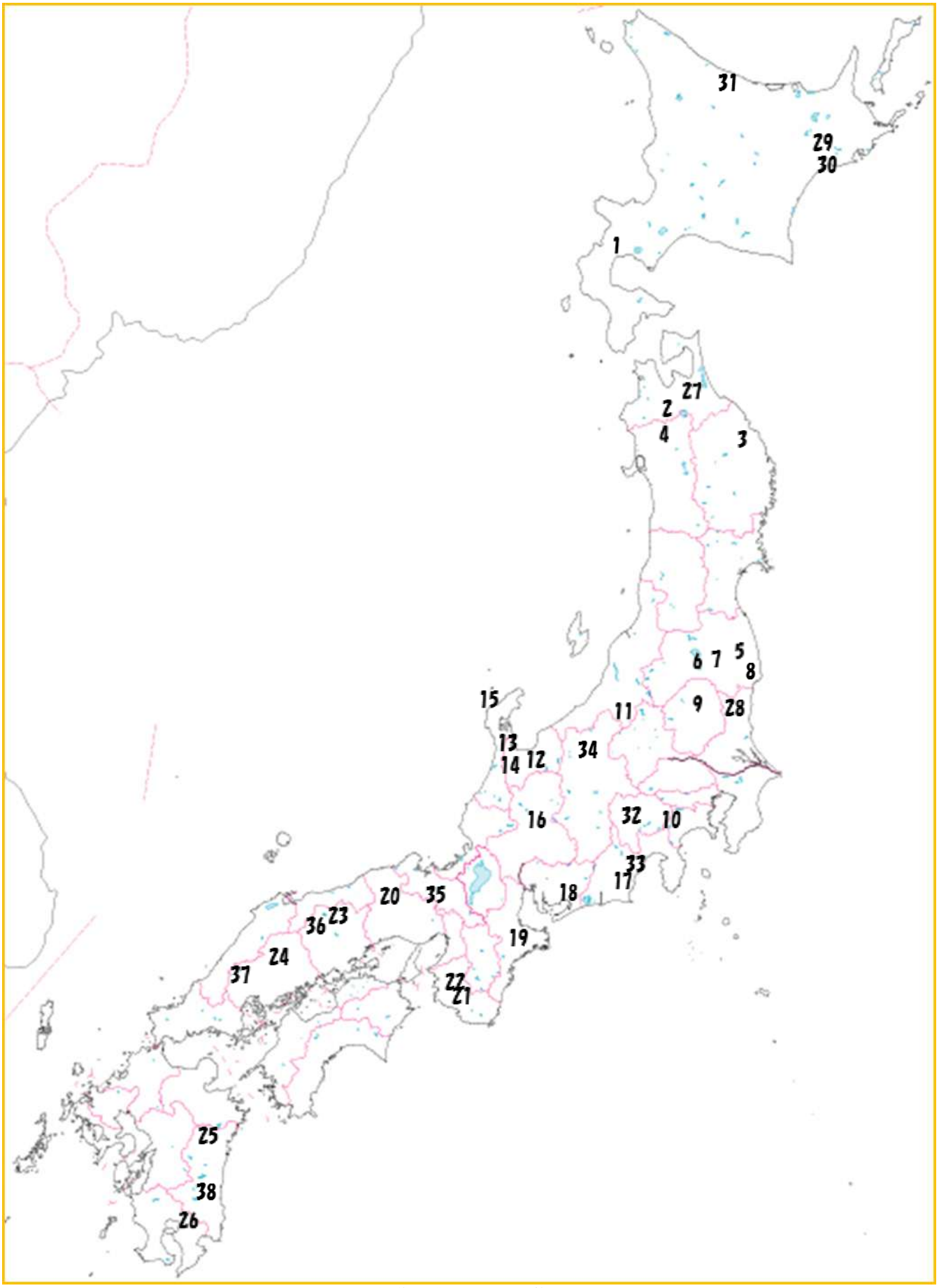


図 2.1　先進作業システム導入地位置図

公募要領案は、平成 24 年 5 月 17 日開催の第 1 回検討委員会で審議された後、部分的な修正を経て作成された（資料編に掲載）。昨年度の公募期間が短かった点を省みて、公募は 5 月 18 日から 6 月 15 日までの期間（計 29 日間のうち平日 21 日で昨年度より 8 日間の増）で行い、取り組む課題とその実施事業体の募集をした。公募方法は、弊社ホームページにおける一般への情報発信の他、各都道府県の森林組合連合会へはメールまたは FAX で事業公募の PR を行った。また、各都道府県庁の担当部局へはダイレクトメールを発送し、当事業の周知に努めた。

公募に当たっては、応募者からの想定質問とそれに対する回答集を、FAQ（Frequently Asked Questions）として弊社ホームページに同時掲載した。FAQ 以外の質問には、電話等で個別に対応した。

2.3　選定委員会の開催等

募集期間内に課題提案書提出表明書を提出し、参加の意思を表明した事業体は 14 団体であったが、その後辞退をしたのが 1 団体あり、結果的に課題提案書を提出したのは 13 団体であった。応募者の地域的内訳は、北海道 4 件、東北 2 件、関東甲信越 3 件、東海 1 件、近畿 1 件、中国四国 2 件であった。

選定委員会では、選定評価規定（資料編に掲載）にしたがって、各事業体から提出された課題提案書の審査で評価を行った。その結果、後に示す 6 事業体が選定された。

2.4　選定事業体の課題取組の支援

選定委員会で選定された 6 事業体は、助成金交付規程に則り各課題に取り組んでいくこととなったが、事前に課題提案書の内容、特に経費部分を精査し、各事業体との協議を行った。協議の結果を助成金交付申請書にまとめ、その提出及び承認をもって、各事業体の本格的な取り組みの始動となった。

各事業体と事務局は、各事業体が主催する検討会のスケジュールや検討会の討議内容等を中心に、密接な連絡体制を構築するよう努めた。その中で、課題提案書で示されていた各事業体の取組項目の進行監理や、取組内容に対する助言等を行った。

2.5　事業内容の普及・波及の実施

1）ホームページの利活用

事務局である弊社ホームページにおいて、各事業体が実施する検討委員会や現地検討会等の情報を配信した[1]。

[1] (株)森林環境リアライズ 作業システム導入支援事業 http://www.f-realize.co.jp/system/

具体的には、弊社ホームページ内に当作業システム導入支援事業専用のページを設け、さらにそのページ内に各事業体のバナーを設定し、事業体毎に取組状況が把握できるようにした（図 2.2）。個別の内容としては、検討委員会等の事前情報をアップロードしての開催情報の提供や、参加希望者等の募集の実施、検討委員会等の開催後の情報アップロードによる検討項目、内容、結果の公表等を行った。また、後述するとおり、優良事例研修会の開催に関する情報発信や、開催後の資料の配布等にもホームページを活用した（資料編にホームページ運用概況を掲載）。

図 2.2　本事業ホームページ

2) 優良事例研修会の開催

(1) 実施状況

本事業における取組事例の発表、成果の普及、情報交換等を目的に優良事例研修会（実際の開催名称は成果報告会。以降、成果報告会と称する）を開催した。

- 開催日時：平成 25 年 3 月 13 日(水)13:30～16:30
- 開催場所：仙台市福祉プラザ(仙台市青葉区五橋二丁目 12-2)
- 一般参加者：71 名

写真 2.1　成果報告会

成果報告会は、表 2.4 の要領で開催した（関係資料は資料編に掲載）。事業体による取組事例発表の前に、検討委員の一人である東京大学大学院農学生命科学研究科の酒井教授に、「林業のビジネス化～サプライチェーンの構築」と題して当事業の基調講演をして頂いた。

表 2.4　成果報告会の主な次第

項　目	内　容
1. 開会	
2. 挨拶	林野庁森林整備部整備課造林間伐対策室長
3. 作業システム導入支援事業の概要説明	事務局担当
4. 基調講演	『林業のビジネス化～サプライチェーンの構築』 東京大学大学院農学生命科学研究科　酒井教授
5. 実施事業体の取組事例報告	①田辺木材協同組合(タワーヤーダと高性能搬器) ②神子沢林業(ホイール型フォワーダ) ③NPO 法人東川バイオマス･自然エネルギー研究所(移動式チッパー) ④有限会社マルヒ製材(原木材積測定装置)
6. 質疑応答	各事業体に分かれてセミナー形式により実施
7. 閉会	

各実施事業体による取組事例報告の後、セミナー形式で質疑応答を行った。具体的には、受付時に事前配布した付箋紙に、参加者が事例報告を聴講しての質問や意見等を記入し、発表者毎に分かれたブースでそれを基に質疑応答を行い、忌憚のない意見交換を行うというものであった（写真 2.2）。

田辺木材協同組合

神子沢林業

NPO 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所

有限会社マルヒ製材

写真 2.2　セミナー形式での事業体別の質疑応答

各事業体のブースにおける、主な質問とそれに対する回答は表 2.5 のとおりである。

表 2.5　事業体ブースにおける主な質疑応答

事業体	質問内容	回答の要旨
田辺木材協同組合	従来型システムの今後の動向・利用についての考えは？	従来型の集材機は全て機械式だが、機械式のエンジンは開発規制のため消えゆく状況。しかし、エンドレスタイラー式による架線集材は有効なので、今後油圧式の集材機の開発に期待している。
	タワーヤーダでエンドレスタイラー式の索張りを行って、横取り集材の長所を出せないか？	出せると思う。但し、谷底にしかない路網では、万が一の断線の際に、搬器と材がタワーヤーダを直撃する可能性がある。 また、タワーヤーダでは、タワーに吊り荷の荷重がかかるため、固定の索張りが重要である。
	荷降ろし場所の設定の自由度は、集材機の方が高いか？	高い。タワーヤーダでは道を占有してしまうため、一般道への設置は不可能。対して集材機では、路肩や法面にも設置可能なため、荷降ろし場所も自由度が高い。
	リードロープ敷設時、ラジコン飛行機使用による長所短所は？	主索候補地を伐採できない場合に、ラジコン飛行機は有効。機体は小型化されエンジン出力が大きい。短所は四国の業者に依頼するため、旅費が高い。県内の技術者を養成する必要がある。
	タワーヤーダ使用時にどの程度の事業量を確保すれば良いのか？	機械一式で6,000万円程度の価格のため、年間1万㎥はやりたい。500 ㎥/ha の蓄積では、20ha 程度がまとまっている林地でないと厳しい。
	集材機による集材後、搬出のための道は？	谷沿いに道があることが多いので、そこへ集めて、その道から運び出す。
神子沢林業	F801 は使える機械か？	路面状況･走行に適した路網次第で、非常に高い能力を発揮する。
	林業専用道を F801 が走行するなら、トラックで走る方が良いのでは？	そうだと思う。但し、地形によりトラックが走行できない所も実際にあるため、フォワーダ使用は必要。
	軟弱地盤での走行性を改良すれば良い？	軟弱地盤走行時に有用なデフロック機能が、試行時に使われていたかが不明なので、今後明らかにしていきたい。
	アーティキュレート(分節構造)の長所は？	前輪と後クローラに内輪差がないため、路面を傷めない。ただ、関節部分の捻り運動が苦手かもしれない。

NPO法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所	試供木の集材は全木か全幹か？	間伐材であるが、山土場での購入のため、集材手法は不明。
	チップ化の目的は熱利用か電熱併用か？	現在の需要先はなく、近隣の温浴施設や町内公共施設での利用を今後検討していく。将来的にチップの生産販売を行う計画。
	ボイラー利用か？その際のチップ形状は？	チップボイラーの燃料用と考えている。チップ形状は、燃料供給がしやすく、嵩張らない利点から切削チップを考えている。
	残材が安定的に供給される場合、土場チップ化が有効なのでは？	林地残材で大きなウェイトを占める追い上げ材が集積されないため、D 材を使用した。今回のように残材量が少ない場合、作業はレンタル機械で実施するため、レンタル期間内に土場チップ化が行えるような調整次第。安定的に供給される場合は、土場のほうがコスト的に有利。
	商業ベースではチップ価格をもっと下げる必要があると思うが？	地域内で流通する分のみを生産する想定である。重油や灯油使用のボイラーと燃料代を比較しても、17,000 円/t のチップ価格でも勝負ができる。コストダウンで更なるメリットは出る。
有限会社マルヒ製材	単木管理は可能か？	ケンチルにより径級や伝票内容が記録可能で、それを山土場から製材所等へデータ転送できるため、単木管理は可能。
	人力計測のコストは？	53 円/㎥。最大取扱量 1,500 ㎥/年の会社が 500 万円の機械を購入するのは厳しいが、取扱量 30,000 ㎥/年の素材生産業者と連携して山土場で使用するには、現実的に可能性がある。
	材の流通と径級等のチェックについて	素材生産業者が山土場で出荷先別に径級計測もしくは印付けを実施。マルヒ製材へは印付けのみで、マルヒ製材に納品された時点で径級計測を行っている。但し、他の所へは径級表記の納品条件があるため、計測・表記後に納品している。ケンチルのデータによる納品ができれば、効率化・低コスト化の可能性がある。
	材の品質別に分ける工程が入るのは可能か？	山土場での採材の際に品質別の選別を行っており、その後に検知が必要な丸太だけにケンチルを使用しているので可能。
	久慈地域の発注・納品パターンは？	製材所側から山側へ必要な丸太の質と量の発注があり、それに合わせて生産、納品という直送パターンがかつてから確立（オンデマンド方式）。選別機の必要性が低く、当地域にはない。
	ブランド化する材や高価値の材に対し、写真付きでの販売は有効か？	そのような場合には有効。但し、直径 60 ㎝超でケンチルは計測不能となるため、銘木クラスに対する改良点である。

(2) アンケートに対する回答

成果報告会では、来場者全員にアンケートを配布し、閉会時にそれを回収した。アンケートの質問項目は巻末の資料編に示すとおり、参加者自身、各取組事例報告の参考レベル、作業システムに対する意識等についてであった。

参加者の所属住所は、開催地仙台市を含めた宮城県内が 26%、東北地方全体では半数以上の 63%であった（図 2.3）。

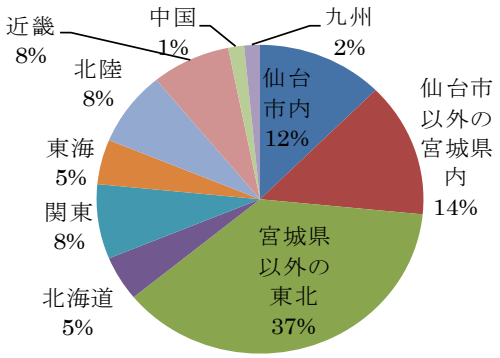


図 2.3　参加者の所属住所

各事業体の取組事例に対する関心の深さと、参加者の地元への導入可能性についての結果は表 2.6 のとおりであった。

表 2.6　各事業体の取組事例発表に対する評価と導入意欲

田辺木材協同組合						
発表が	参考になった	66.7%	どちらかといえば参考になった	28.3%	参考にならなかった	5.0%
当該ｼｽﾃﾑはあなたの地域で	導入したい	7.0%	試してみたい	55.8%	合わない	37.2%
【主な意見】 ・従来システムと試行システムを組み合わせた、「いいとこ取り」のシステム開発に期待する。 ・生産量に比べて、機械経費が高い。 ・タワーヤーダを導入した際、年間事業量がどのくらい確保できるかが課題。						
神子沢林業						
発表が	参考になった	56.9%	どちらかといえば参考になった	39.7%	参考にならなかった	3.4%
当該ｼｽﾃﾑはあなたの地域で	導入したい	9.1%	試してみたい	63.6%	合わない	27.3%
【主な意見】 ・試行機械は機動性が高く能率が良いと聞いていた。まずはレンタルでの稼働事例を作るのが重要。 ・F801 にも燃費等の意外な弱点があることを知り参考となった。 ・コスト比較が参考となった。						
NPO 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所						
発表が	参考になった	54.1%	どちらかといえば参考になった	41.0%	参考にならなかった	4.9%
当該ｼｽﾃﾑはあなたの地域で	導入したい	15.6%	試してみたい	60.0%	合わない	24.4%
【主な意見】 ・需要先の年間需要量に見合ったシステムであることが重要であり、チップの統一規格が必要。 ・チップの販売先があるのかが問題。震災ガレキ処理のため、林地チップの販路が少ない。						
有限会社マルヒ製材						
発表は	参考になった	47.4%	どちらかといえば参考になった	43.9%	参考にならなかった	8.8%
当該ｼｽﾃﾑはあなたの地域で	導入したい	9.5%	試してみたい	52.4%	合わない	38.1%
【主な意見】 ・初期投資(経費)が高額。精密機械なので、償却期間中に故障無しで使い続けられるか懸念される。 ・導入の利点があるのか分からなかった。タグ付けなど単木管理ができれば良い。						

その結果、東北地方の参加者が多い中で、東北地方に拡がる比較的緩い地形で活躍が期待される、神子沢林業のホイール式フォワーダを「導入したい」または「試してみたい」が約 73%と多かった。一方で、関東以西の急峻地を抱える地域からの参加者に、田辺木材協同組合のタワーヤーダに対する発表への関心は高かったが（12 人/13 回答中)、東北地方でも架線系作業システムへの導入が高いことが明らかとなった（15 人/30 回答中)。

また、再生エネルギーの有効活用が盛んになっている昨今、NPO 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所の取組事例にも、「導入したい」または「試してみたい」が約 75%と多く、参加者の関心が高かったことが窺えた。

木材の流通や販路拡大に関係する有限会社マルヒ製材の取組事例について、「導入したい」または「試してみたい」の割合は、東北地方が 27 回答中 16 人（59%）で、関東以西では 11 人中 7 人（63%）とほぼ同数で、導入コストがネックとなっている様子が窺えた。

また、所属事業体や地域等において、各参加者がボトルネックと感じている工程（部分）を回答してもらった（複数回答あり）。その結果は図 2.4 に示すとおりで、問題意識が高い順に路網（18%）、運材（14%）、枝条等のバイオマス利用（14%）、木寄せ・集材（14%）、流通（11%）などとなっていた。ここでも、従来から問題意識が高い路網、運材、木寄せ・集材に加えて、バイオマス利用に関する項目が上位に入ってきており、導入したいもしくは知見を得たいと思っている反面、中々それらに関する情報が不足している面が浮き彫りになった形である。

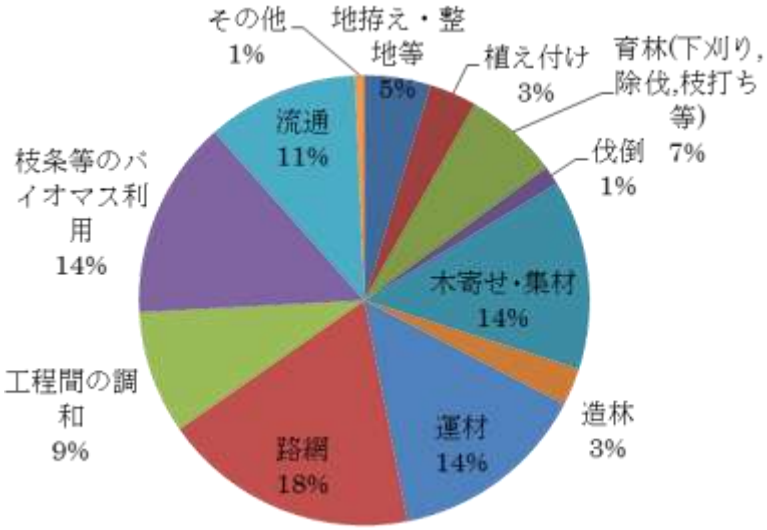


図 2.4　各参加者がボトルネックと感じる工程（複数回答可）

3) 成果事例集の配布

成果報告会の開催時に、当事業における取り組みを実施した全 6 事業体に関して、その取組内容や結果等を簡易的にまとめた『成果事例集』を配布した。成果事例集は巻末の資料編に示した。

また、普及に資するため、昨年度の成果事例集も受付で任意に配布し（写真 2.3）、昨年度の事業成果を周知した。

写真 2.3　受付(右端に H23 成果事例集)

3　選定された課題の取組支援

選定委員会において選定された今年度の事業体は 6 事業体で、それぞれの名称と所在地（複数に分散立地している場合は、実施主体となる部署の位置）は次のとおりである。

- 三美鉱業株式会社（北海道美唄市）
- NPO 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所（北海道上川郡東川町）
- 有限会社マルヒ製材（岩手県久慈市）
- 金山町森林組合（山形県最上郡金山町）
- 神子沢林業（山梨県山梨市）
- 田辺木材協同組合（和歌山県田辺市）

各事業体は、課題提案時に事業の 3 つの実施項目である、①多様な主体が参画する検討会の開催（新作業システム開発に関する地域検討会の開催）、②新たな作業システムに取り組んでいる先進地域での調査（新たな取り組み先進地域調査）、③レンタル機を活用した作業手順のシミュレーションの実施（新たな作業システムの試行的実施）、それぞれについて予定実施要領を提案し、提案内容に沿って取り組んできた。

以降の頁では、事業体毎にその取り組み状況や結果等を記述した。特に③の試行的に実施した取り組みについて、「生産性の向上、コストの低減」、「新システム導入に向けた評価点、課題点」、「取り組み内容の地域への普及・波及の効果」、「新システムの普及の可能性」などの面から詳細に整理した。

3.1　三美鉱業株式会社（北海道美唄市）

1）取組を実施しようとする地域の森林・林業の概要と特徴

北海道の森林面積は 550 万 ha で、そのうち約 27%が人工林となっている。それら人工林は 7～9 齢級（31～45 年生）の割合が最多で（図 3.1 参照）、一部は利用可能な状況になってきており、今後は益々の木材利用が期待されているところである。

また、北海道ではパルプ産業が発達しているため、他府県に比べて造材歩留まり（樹幹の利用率）が高く、さらに車両系高性能林業機械の導入が進み、既にハーベスタは 195 台、プロセッサは 147 台が稼働している（平成 22 年度時点[2]）。その結果、山土場に大量の枝条が発生する状況となっており、資源の有効利用やカスケード利用の観点から、北海道内で発生する枝条等の回収や利用が喫緊の課題となっている。

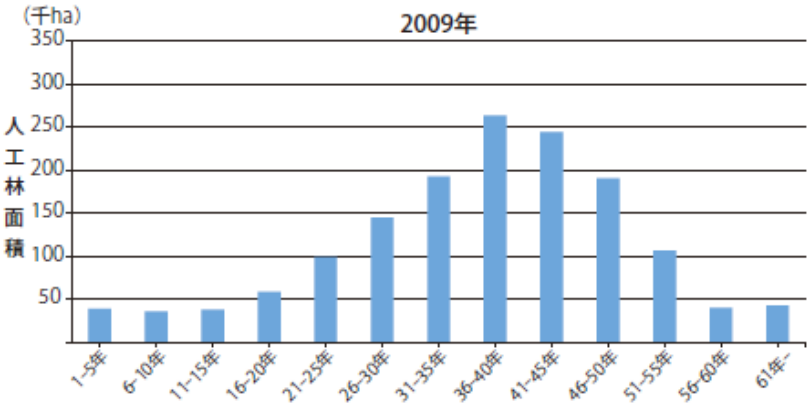


図 3.1　北海道人工林の齢級構造

美唄市が含まれる北海道の空知地方中南部には、かつての採炭地域が拡がっており、坑木利用のためのカラマツ等が広範に植栽されている。三美鉱業株式会社によれば、それら人工林から発生する利用可能な木質バイオマス量は、表 3.1 のとおり試算される。

表 3.1　空知地方中南部からの木質バイオマス推定利用可能量（㎥/年）

	国有林※1	道有林※1	他民有林※2	合計
林内発生分	8, 800	7, 200	9, 700	25, 700
山土場発生分	4, 500	3, 700	4, 900	13, 100
計	13, 300	10, 900	14, 600	38, 800
林内発生分のうち切捨間伐量	▲2, 000	▲1, 600	▲2, 100	▲5, 700
既知使用量	－	－	▲1, 900	▲1, 900
総計	11, 300	9, 300	10, 600	31, 200
利用可能量(㎥×0. 45)	5, 100t	4, 200t	4, 800t	14, 100t

※1)国有林及び道有林の森林施業面積は 2, 100ha(北海道統計資料)とし、当該施業地で発生する木質バイオマス量は三美鉱業株式会社社有林における標準地内伐採木の実績に基づき推定。
※2)平成 19 年度の空知管内の民有林施業面積は、792ha(そらち森林組合資料)とし、当該施業地で発生する木質バイオマス量は、国有林及び道有林と同様に推定。

[2] 北海道水産林務部林業木材課(2011)：高性能林業機械保有状況調査.

その結果、空知地方中南部における、木質バイオマスの年間利用可能量は 14,100t と推定され、その約 6～8 割は枝条で、樹幹と比べ体積が大きくかさ張り、収集及び運搬の効率が悪いため利用率は低い状況である。

そのような状況下、様々なチップボイラーにおける木質バイオマスの有効利用の拡大を目指し、枝条の運搬効率の向上を試行的に図ることを、本事業の取組課題とした。

2) 取組による作業システムの改良ポイント

三美鉱業株式会社における現行の作業システムでは、山土場等で発生する枝条はほとんどが未利用であるが、一部の利用される枝条については、集積と積込にグラップルを用い、そのままの状態で積まれた枝条をトラックで運搬している（表 3.2）。今回の取り組みでは、枝条をトラック運搬する前に、残材圧縮結束装置（バンドラー®）で枝条の減容化を行った。

表 3.2　現行システムと試行システムの比較

従来	枝条発生 （ほとんど未利用）	集積・積込 グラップル		運搬 トラック
試行システム	枝条発生 利用	集積･積込･補助 グラップル	**減容化** **バンドラー**	運搬 トラック

3) 多様な主体が参画する検討会の開催

三美鉱業株式会社が立地する北海道空知総合振興局管内を中心とした行政や、北海道林業に関する研究を実施している大学等の研究機関、そして機械メーカー等を交えて検討会を構成した。検討会に参画した主な主体を表 3.3 に示す。また、検討会の開催状況は表 3.4 のとおり 4 回実施し、うち 2 回は一般参加者を含めた現地検討会であった（写真 3.1 参照）。

表 3.3　三美鉱業株式会社の取組課題に対する検討会参画主体

区　分	主体名称
事業主体	三美鉱業株式会社
共同事業体	株式会社幸稜
研究機関	東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林
	独立行政法人森林総合研究所北海道支所
	地域独立行政法人北海道立総合研究機構林業試験場
機械メーカー	中外テクノス株式会社
機械販売	ITC グリーン＆ウォーター株式会社
需要先	北電興業株式会社
行政	北海道空知総合振興局産業振興部林務課
	北海道空知総合振興局森林室
	北海道森林管理局空知森林管理署

表 3.4　三美鉱業株式会社の検討会開催状況

開催時期	検討内容等	備　考
第 1 回検討会 (平成 24 年 7 月 20 日)	・事業の概要説明 ・試行機械の特徴・性能の説明 ・取組スケジュールの説明等	
第 2 回現地 (バンドラー)検討会 (平成 24 年 9 月 27 日) ※一般参加の受付	・事業の概略説明 ・機械の性能・特徴の説明 ・現地でバンドラーの動作の見学及び質疑応答	・地域事業体、大学等研究機関、行政等、総勢 93 名の参加者
第 3 回現地 (チッパー機)検討会 (平成24年11月14日)	・バンドラーの試行成果速報発表 ・試行システム・チッパー機の概略説明 ・現地でチップ化及び選別の見学	・地域事業体、大学等研究機関、行政等、総勢 39 名の参加者
第 4 回検討会 (平成 25 年 2 月 7 日)	・事業の取りまとめ報告書についての検討	

写真 3.1　検討会開催状況（左から第 1 回、第 2 回現地検討会、第 3 回現地検討会）

4) 新たな取り組み先進地域調査

新たなシステムで試行したいバンドラーについて、当事業の採択前に独自に調査を実施した。1 箇所は山梨県甲府市の有限会社藤原造林で、2 箇所目は岩手県釜石市の釜石地方森林組合であった。その両事業体へ試験的にバンドラーが作業を行った際に、その作業状況及について、視察調査を行った。先進地域調査の概要は表 3.5 に示すとおりである。

表 3.5　三美鉱業株式会社による先進地域調査の概要(事業採択前の独自調査)

項目	内容等	備　考
調査先	①山梨県甲府市、有限会社藤原造林施業地 ②岩手県釜石市、釜石地方森林組合施業地	
調査日程	①平成 23 年 9 月 ②平成 24 年 5 月	
調査者	①検討会メンバー1 名 ②事業主体 1 名、検討会メンバー1 名、計 2 名	
調査項目	・試行機械の確認（性能・特徴等） ・機械の処理速度の把握 ・バンドル品の形状把握等	

5) 新たな作業システムの試行的実施

今回の試行作業の流れは次のとおりで、試行機械によりバンドル化を行った後、かさ比重の

測定から運搬効率を検証し、バンドル化前後の含水率の測定を行い、最終的にチップ化をするものである。なお、バンドラーは本州での実証試験は数箇所で行われてきたが、本試行が北海道初上陸となり、主要植栽木であるカラマツやトドマツとのマッチングの把握も期待された。

①バンドル化	→	②運搬の効率化	→	③含水率測定	→	④チップ化
機械：バンドラー 樹種別(雑､ﾄﾄﾞ､ｶﾗ)､ 所要時間測定		ﾀﾞﾝﾌﾟ自重･容積､ 積載時のﾊﾞﾝﾄﾞﾙ品の体積･重量の測定､ﾊﾞﾝﾄﾞﾙ前後のｺｽﾄ比較		ﾊﾞﾝﾄﾞﾙ化前後で 樹種別(雑､ﾄﾄﾞ､ｶﾗ)		機械：チッパー機､スクリーン(検証用) 樹種別(雑､ﾄﾄﾞ､ｶﾗ)､ﾊﾞﾝﾄﾞﾙ化の有無別､

バンドル化とチップ化に要する試行機械は、以下の機械を選考しリースすることとした。

バンドル化
リース元：中外テクノス株式会社
リース機械(バンドラー)：BM-601（写真 3.2 左参照）
チップ化
リース元：オカダアイヨン株式会社
リース機械(チッパー)：MORBARK 社 WOODHOG2600（写真 3.2 右参照）
※検証のためのリース機械(スクリーン)：諸岡社 ロータリースクリーン MRS-36

写真 3.2　試行機械（左:バンドラーBM-601、右:MORBARK 社 WOODHOG 2600T）

性能や仕様等に関する基本データは、バンドラーに関してが表 3.6、チッパー機に関してが表 3.7 のとおりである。

表 3.6　バンドラー BM-601 の基本データ

項目	能力等
● 操作方法	走行、バンドル作業共に無線操作
● サイズ	全長 4,840mm(排出ホッパー折畳み時) 全幅 2,000mm 全高 2,635mm(運搬時)
● 機関	総排気量 4,400cc 出力 85PS/2,200rpm
● 走行速度	低速 2.2km/h、高速 3.2km/h
● バンドル形状 ※麻紐(ジュート)使用	最大径 500mm 長さ 1,200､2,100､3,000 で切断設定可能 密度 0.25～0.40t/㎥
● バンドル化能力	ウェットベースで 12t/日 ※樹種･条件でこれ以下の場合もある

表 3.7　チッパー機 MORBARK WOODHOG 2600T の基本データ

項目	能力等
● 操作方法	無線/有線コントロール
● サイズ	総質量 14,288kg 全長 8,917mm 全幅 2,591mm 全高 3,439mm
● エンジン	出力 153KW・186KW 回転数 2,300RPM
● 投入口サイズ	600mm×1,430mm
● ハンマー数	22 ケ
● 走行速度	4.5km/h
● チップサイズ	スクリーンにより調性可
● 破砕能力	10t/h

［試行に係る山林施業の概要］

試行を行ったのは、北海道空知郡上砂川町に位置する三美鉱業株式会社社有林内である（写真 3.3)。カラマツ 59 年生林からカラマツと雑木（広葉樹)、トドマツ 39 年生林からトドマツをそれぞれ伐採し、それらの枝条をバンドリングすることとした。試行に関する森林施業の詳細や施業履歴等は、表 3.8 に示した。なお、施業は 8 月 17 日から 9 月 15 日までの間で実施され、山土場までの作業システムは、チェーンソー伐倒→ブルドーザー全木集材→プロセッサ造材で、枝条は山土場に堆積する状況であった。

写真 3.3　三美鉱業株式会社社有林（空知郡上砂川町）

表 3.8　試行実施に係る林地及び施業履歴等の状況

樹種	カラマツ 59 年生林		ﾄﾄﾞﾏﾂ 39 年生林	合計	備考
	カラマツ	雑木	トドマツ		
施業面積(ha)	11.50		1.44	12.94	
蓄積(㎥/ha)	255		127	382	
間伐率(%)	35		35		定性・本数率
搬出材積(㎥)	341.64	62.51	84.44	488.59	搬出伝票の集計
搬出材積(㎥/ha)	29.71	5.44	58.64	37.76	
層積枝条量(㎥)	70	270※	150	490	土場での概測

※雑木の層積枝条量には、土場作設時に伐採した立木分を含む

［①バンドル化］

かさ張る枝条を圧縮結束（バンドリング）するのは、枝条のみでは体積に対する重さ（以降、かさ比重とする）が小さいため、枝条をバンドリングすることで輸送効率をアップさせ、さらには成形されることで各機械での取扱いがしやすくなるメリットが生ずるためである。

先述したとおり、圧縮結束装置であるバンドラーは北海道初上陸であったため、北海道林業との関連や、先進地域調査時の知見から、表 3.9 の点に着目して検証作業を行うこととした。

表 3.9　バンドラー試行時の着目点

● 北海道における現場作業で、どの程度の能力が発揮できるか
● 山地での作業現場で、長時間の連続運転に支障がないか
● 北海道の主要樹種（カラマツ、トドマツ等）について、バンドルに不具合がないか
● 生産されたバンドルのサイズはどうか
● バラの枝条のままと比較し、バンドルの運搬効率はどのように変化するか
● バンドルした状態での水分量は、どのように変化するか

バンドリングの試行は、9 月 25 日から 28 日まで実施した。結果は表 3.10 のとおりである。

表 3.10　バンドリングの樹種別所要時間と生産量

項目	樹種			全樹種
	カラマツ	トドマツ	雑木	
生産性 ※練習や機械調整時間を含む	平均 5.2 分/本 (4.3～5.5 分/本) **11.5 本/時**	平均 5.7 分/本 (5.0～6.4 分/本) **10.5 本/時**	平均 7.5 分/本 (4.0～9.7 分/本) **7.7 本/時**	平均 6.1 分/本 **9.8 本/時**
最大生産性 ※順調な稼働が継続した場合	平均 3.9 分/本 (3.8～4.1 分/本) **約 15.4 本/時**	平均 3.6 分/本 (3.4～3.7 分/本) **約 16.7 本/時**	平均 4.4 分/本 (3.9～5.2 分/本) **約 13.6 本/時**	平均 4.0 分/本 **約 15 本/時**
生産数量	40 本	58 本	42 本	140 本
単位重量	0.128t/本	0.127t/本	0.123t/本	0.126t/本
重量概算	5.12t	7.37t	5.16t	17.65t

また、結束したバンドルは表 3.11 のような形状となった。なお、バンドラーにおける長さの設定は 2.1m としてあった。

表 3.11　バンドルの樹種別形状

	カラマツ	トドマツ	雑木	
平均直径	0.42m (0.2～0.6m)	0.43m (0.2～0.6m)	0.41m (0.1～0.6m)	
平均長	2.1m (1.7～2.6m)	1.9m (1.2～2.3m)	2.0m (1.1～2.6m)	

以上から、調整等の全ての時間を含めた生産性では**全樹種で約 10 本/時（約 1.3t）**、順調に稼働したと仮定すれば**約 15 本/時（約 1.9t）**のバンドルが生産可能となった。これは、広島県でのスギを対象とした実績（平成 20 年：大田川森林組合）の約 10 本/時と変わらない生産性であるため、北海道の樹種でも本州とほぼ同様の生産性が得られることが判明した。

樹種別の差異については、カラマツとトドマツには大差がなかったが、雑木はバンドリングに時間を要した。原因として、雑木に通直な枝条が少ないこと、径級が不揃いでバンドルし難くいことなどから、枝条の挿入口での詰まりや、結束時の紐の断裂などのトラブルが影響したと考えられた。

［②運搬の効率化（かさ比重の測定）］

樹種毎のバンドルの体積及び重量の測定を行い、かさ比重を求めた。計測には 10t ダンプ 1 台及びトラックスケールを用いた。

風袋重量（空荷の状態）を計測したダンプに、バンドルを樹種毎に積みこみ、層積を計測した。計測は、ダンプの荷台のアオリ高までの積載としたが、バンドルの形状を考慮した。その後トラックスケールを用いて、バンドルを積載した状態のダンプの重量を測定した（表 3.12）。

その結果、ダンプ荷台の容積は 5.2 ㎥で、そこに平均して約 11 本のバンドルが積載できた。バンドル 1 本当たりの重量は、約 0.12～0.13t となった。

表 3.12　樹種別バンドルの層積及び重量、バンドル前後のかさ比重の変化

ダンプ荷台の容積					
(幅)2.18m×(長さ)5.30m×(高さ)0.45m ≒ (容積)5.20 ㎥					
		カラマツ	トドマツ	雑木	平均
積載バンドル重量		1.54t	1.27t	1.35t	
バンドル本数		12 本	10 本	11 本	
バンドル 1 本当たり重量		0.128(t/本)	0.127(t/本)	0.123(t/本)	
バンドル前(バラ枝条)	容積(㎥)※	7.25	6.57	8.04	7.29
	重量(t)※	0.81	0.75	0.53	0.70
	かさ比重(t/㎥)	0.112	0.114	0.066	0.097
バンドル後	容積(㎥)	5.20	5.20	5.20	5.20
	重量(t)	1.54	1.27	1.35	1.39
	かさ比重(t/㎥)	0.296	0.244	0.260	0.267
バンドル前後のかさ比重比較		**2.65 倍**	**2.14 倍**	**3.94 倍**	**2.74 倍**

※バラ枝条の容積及び重量の計測は、カラマツがダンプ 2 台分、トドマツ及び雑木はダンプ各 3 台分の平均値である。

以上から、バンドリングによる各樹種のかさ比重は、平均で約 2.74 倍に上昇する結果となった。運搬効率が 2.74 倍に上昇すれば、1 回当たりの運搬コストは 1/2.74 倍となるため、63.5%のダウンが予想される。

なお、樹種別では雑木の圧縮結束効果が高く 3.94 倍であった。これは、雑木の枝条の形状が通直でなく針葉樹よりかさ張るためと考えられた。

次に、枝条のバンドル前後における運搬コストの比較を行った。

当事業における試行では、バンドラーの連続運転が 4 日間に留まったこと、ダンプ等による枝条を積載した実走行試験が行えていないことから、年間の維持費や燃料油脂代等の推定や、バラ枝条とバンドルの両運搬の比較を行うには、データ量が不十分である。そこで、以下のよ

うに車両運搬のコストを算出した。

集荷範囲、集荷距離、ダンプ費用、一日の往復回数等については、次のように仮定した。

- **集荷範囲はチップ化ヤードから半径 60km 圏内　⇒山土場からヤードまでの平均距離を 30 kmとし、迂回率は 1.3 と仮定し、山土場からヤードまでの平均集荷距離を片道 40km とする（往復 80km）。**
- **10t ダンプのレンタル費用は 40,000 円/台･日（運転手労務費込）**
- **ダンプの平均時速を 30 km/h とすると、往復 80km÷30 km/h≒2.6 時間/往復 となる。ダンプの稼働時間を 7 時間/日とする。**
- **バラ枝条とバンドルの積込･積み下ろし作業の時間と待機時間を合わせて、約 1.5h/日。**
- **1 日に可能な運搬往復数は、（7h－1.5h）/日÷2.6h/往復≒2 往復となる。**

ここで、10t ダンプ 1 台当たりの積載量から、運搬コストを比較した（表 3.13）。比較には、バンドルの製造時間は考慮せず、出来上がったバンドルを運搬するところからの試算である。

表 3.13　バラ枝条とバンドルの運搬コスト比較（バンドル製造時間は除く）

	バラ枝条	バンドル	備考
ダンプ積載量	0.70t/台	1.39t/台	実計測重量※
1 日当たり往復回数	2 回/日	2 回/日	前提から
1 日当たり運搬量	1.40t/日 （0.70t×2 回）	2.78t/日 （1.39t×2 回）	
生重 1t 当たり運搬費	**28,571 円/t** （40,000 円÷1.40）	**14,388 円/t** （40,000 円÷2.78）	差額は **14,182 円/t**

※ダンプ積載量は、10t ダンプのアオリの高さ程度に積載した場合、バンドルは 1 段積みであり、実際には多段積み（2～3 段積み）も可能。

運搬効率のみで試算した場合、**バンドルの輸送はバラ枝条の輸送よりも 1t 当たり約 14,000 円安く**なるという結果となった。

続いて、バンドラーを導入したと仮定する際、必要な年間生産量について試算した。

バンドラーの価格を 3,000 万円と仮定した場合、法定耐用年数を 5 年とすると減価償却費は 600 万円／年である。この場合、減価償却費用のみを満たすための数量は、600 万円/年÷14,182 円/t＝423t/年となる。したがって、**固定費である減価償却費のみを補うためには、最低 423t/年の事業量が必要**となる。

このためには年間何日間稼働すればよいか、年間必要稼働日数を試算する。

まず、実証試験より、1 日当たり 50 本から 60 本、平均で 55 本/日のバンドル生産性を仮定する。バンドルの 1 本当たり重量を 0.125t/本とすると、1 日当たり生産できるバンドル総重量は約 6.9t/日となる。そのため、**固定費を回収するために必要な 423t をバンドルにするためには 423÷6.9 で約 61 日/年の稼働が必要**となる。実際には、これに加えて変動費であるバンドラー人件費、燃料油脂費、消耗品費、修繕費等がかかるため、この変動費を固定費の 50～80%と仮定すると、600～800t 前後の規模の事業量が必要と思われる。

したがって、これまでの試算では、事業規模の損益分岐点は概ね 700t 前後であるとの結論に至った。また、バンドルと枝条でのチップ化効率（生産性）は、明らか前者の方が高く、これを考慮すれば、全体の収益性はさらに向上する。

［③含水率測定］

各樹種 1 本ずつのバンドルについて、湿潤含水率を継続的に計測した（図 3.2 参照）。保管環境は、屋外で天蓋類がないコンクリート上とした。伐採が 8 月中旬から 9 月中旬の間に行われたため、9 月 28 日のバンドル時には含水率が 32～46%にまで低下しており、伐採後から最長 1 ヶ月程の土場での保管で乾燥が進んだと思われた。バンドルは、11 月 9 日まで約 1 月半の屋外保管で、概ね 30%前後の含水率となった。一般的に、木質燃料の含水率は 30%程度が平均的であることから、概ね利用可能状態であると言えた。なお、各樹種とも 10 月 26 日から 11 月 9 日の計測時には、含水率が上昇しているが、測定前日の降雨の影響があるものと考えられた。

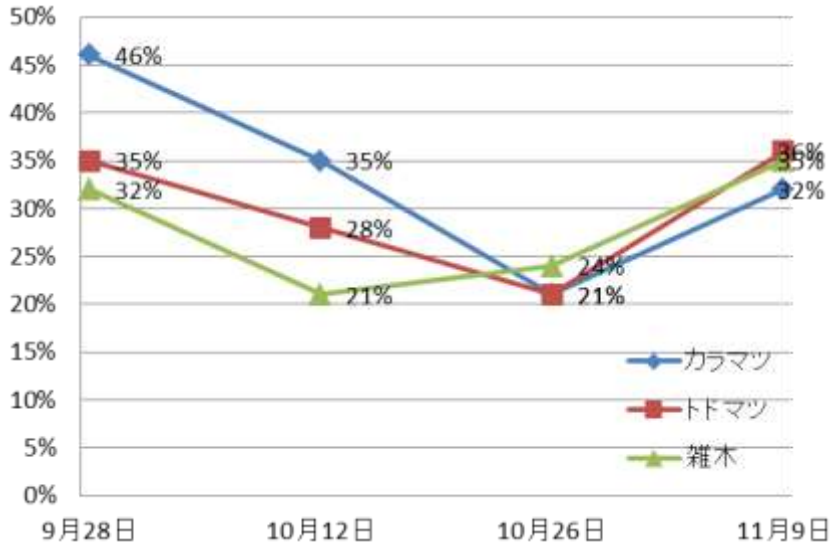


図 3.2　樹種別バンドルの含水率の変化

大分県では、バンドル時に約 50%であった含水率が、3～4 ヶ月後も 40%程度と低下率が小さかったという先行事例もあり、バンドルの保管条件や計測直前の気象状況等に大きく影響されることが示唆された。したがって、それらの予想影響因子と含水率の相関関係は、今後のより詳細な検証が必要である。

補足的に、乾燥後のバラ枝条とバンドルの熱量について試算した。なお、含水率は上記のとおり、約 1 月半の屋外保管で約 30%になったことを考慮した。結果は表 3.14 のようになった。

表 3.14　乾燥後のバラ枝条とバンドルの熱量（含水率 30%時の参考値）

樹種	含水率別熱量		バラ枝条		バンドル	
	無水 kcal/kg	含水率 30% kcal/kg	かさ比重 t/㎥	熱量 kcal/㎥	かさ比重 t/㎥	熱量 kcal/㎥
カラマツ	4,920	3,295	0.086	284,653	0.228	752,298
トドマツ	4,970	3,345	0.106	354,050	0.227	757,791
雑木	4,730	3,105	0.064	199,049	0.253	784,133
平均	4,873	3,248	0.085	279,251	0.236	764,741

注 1)（各樹種の含水率別熱量）＝無水発熱量－54.18×含水率(%)
注 2)乾燥後のかさ比重は図 3.2 の乾燥開始時点から試算し、乾燥後の含水率は 30%とした
注 3)乾燥時の体積変動は微細なものとして無視し、水分量のみの減少分から試算した
注 4)発熱量については、全国木材チップ工業連合会による「平成 23 年度 林野庁補助事業 地域材供給事業のうち木材産業等連携支援事業 木材チップ等原料転換型事業 調査・分析事業報告書

[3]」に掲載のデータを引用。無水発熱量は「表 2.3 針葉樹と広葉樹の発熱量」より引用、うち雑木については広葉樹 12 種平均を使用。また含水率 30%の発熱量は「図 2.3 湿量基準含水率値に対する高発熱量と低発熱量」により含水率 30%の高発熱量値を求めた。

［④チップ化］

将来的な枝条の有効利用を目指し、チップ化の試行を行った。バンドルを約 2 ヶ月間自然乾燥させた後、それを切削チッパー機に投入してチップ化試験を行った。その際、表 3.15 の点に着目して検証作業を行った。

表 3.15　チッパー機試行時の着目点

● バンドルをチップ化する際の生産性はどの程度か
● 生産されたチップのうち、規格に適合する割合（精度）はどの程度か

9 月 28 日にバンドル化して約 1 月半後の 11 月 13・14 日に、バンドルのチップ化試験を行った。試料は、カラマツ、トドマツ、雑木のバンドルが各 15 本と、対照実験のための未結束のバラ枝条とした。

チップ化の一連のシステムは、グラップル投入(0.45 クラス)→チッパー機チップ化(MORBARK 社 WOODHOG 2600T）→自動選別（諸岡社 自走式ロータリースクリーン MRS-36）で実施した（写真 3.4)。

写真 3.4　チップ化及びチップ選別状況

チップ化の生産性について、チッパーに投入した材の送りスピードを全速の 70%に設定して行った。バラ枝条をバンドル化することで、材の密度が大きくなること、及び枝条の向きが一定となる効果で、チップ化の効率が上昇するのか否かについて時間計測を行い、その結果を表 3.16 と図 3.3 にそれぞれ示す。

チップ生産性の比較の結果、各樹種におけるバラ枝条とバンドルの間に明瞭な差は認められなかった。バンドルのサイズや、チッパー機の性能によるところも考慮されるため、今後は更なる検討が必要と思われる。

[3] http://zmchip.com/hyousi23.html

表 3.16　バラ枝条とバンドルのチップ生産性の比較

樹種(形状)	チップ化所要時間	重量(t)	チップ生産性(t/時)
カラマツ(バラ枝条)	4 分 50 秒	0.72t(実測)	9.14
トドマツ(バラ枝条)	6 分 23 秒	0.82t(実測)	7.74
雑木(バラ枝条)	10 分 31 秒	0.84t(実測)	4.80
カラマツ(バンドル)	13 分 42 秒	1.93t(15 本×0.128t/本)	8.46
トドマツ(バンドル)	11 分 23 秒	1.91t(15 本×0.127t/本)	10.05
雑木(バンドル)	17 分 13 秒	1.85t(15 本×0.123t/本)	6.45

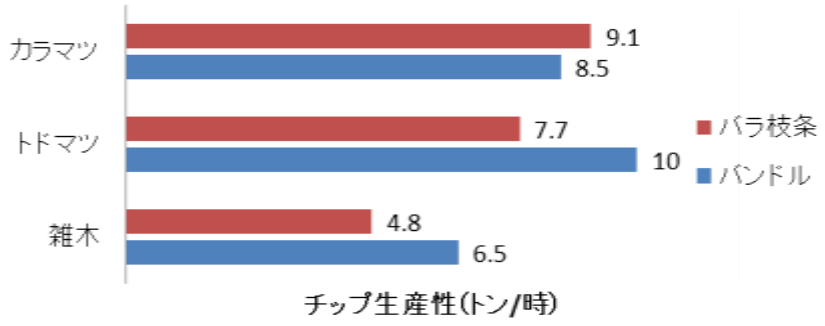
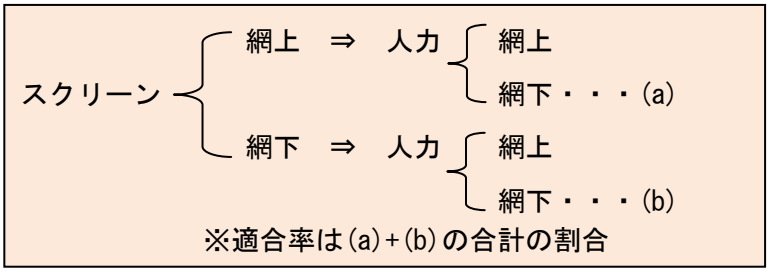


図 3.3　バラ枝条とバンドルのチップ生産性

次に、微粉炭ボイラーにおける混焼を想定し、チップ径の精度の比較を試みた。つまり、バラ枝条とバンドルをそれぞれチッパー機でチップ化し、その後スクリーン（ふるい機：諸岡社 MRS-36）を使用してチップサイズで分別した。この際、紡錘型の破砕チップは、スクリーンを縦に通過することで、粗いチップが混入することが懸念されるため、スクリーン通過後のチップに対し再度人力により金網ふるい（網目サイズ 12 ㎜）を通過させ、その際の粒径精度の適合割合を比較した。なお、適合率は次のように定義した。



その結果、樹種別のチップ適合率は図 3.4 のとおりになった。

各樹種において、バンドルのチップ適合率がバラ枝条よりも約 10～14%高くなった。

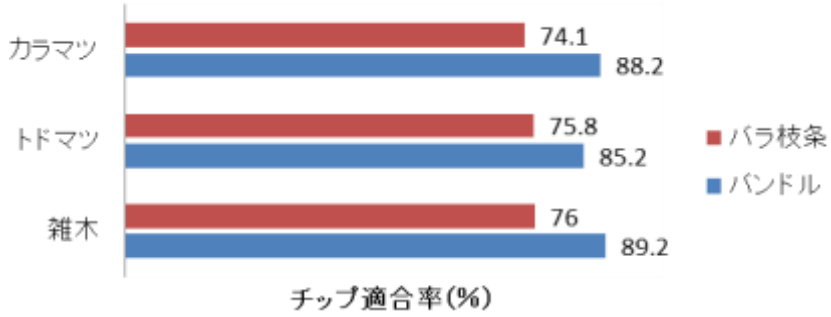


図 3.4　樹種別のチップ適合率

6) 取組の評価点・課題点等

今回の新たな作業システムの試行的実施において、改めて気付いたり把握したりしたポイントに一長一短があった。表 3.17 にその内容を整理し、本格的導入に向けた課題や、地域への普及の可能性について考察してみる。

表 3.17　試行的実施における主な評価点及び課題点の整理

【評価できる点】	
① 枝条をバンドル化することで、輸送効率が 2.74 倍にアップし、従来より 14,000 円/t 程の低コスト化が図られる。	
② 北海道の主要樹種であるカラマツやトドマツでも、スギ等に劣らないバンドリングが可能であった。	
③ チップ化した際、チップ径の適合率はバンドル化した方が 10%程高かった。	
【課題となる点】	
④ 雑木の枝条の弾力が強く、バンドル紐の断裂があった。	
⑤ 枝条投入口で、枝条の引っ掛かり等の懸念から、グラップルの押さえつけが必要。	
⑥ バンドラーでの設定と、出来上がったバンドルの長さが異なる。	
⑦ 特に雑木のバンドル作成時に、規格長で切断できない場合があった。	
⑧ 結束紐がなくなった場合、自動停止せずに、稼働を続ける。	
⑨ バンドルのはい積みを想定すると、土場としての広いスペースが必要。	
⑩ 導入価格(高価)	

評価点では、バンドラーが北海道発上陸ということで、北海道の木質バイオマス有効利用にきたされるところも多々ある中、林地残材を圧縮結束して運搬効率を向上させる能力が、北海道の主要造林樹種においても高いことが認められた。

一方の課題となる点については、細かい点を含め機械の改良・改善点が多く、発展途上の感がある機械と感じられた。また、機械の『⑩導入価格』が高価であるため、導入を決断するには、枝条を回収する全木集材等の作業システムの確立、安定的な事業量の確保、需要先での要求に応えられるだけの品質の確保等、クリアすべき課題が考えられる。今回の試行では、バンドルの製造時間は考慮されなかったが、今後は作業システムの中での効率化や、バンドルの製造からチップ等の需要先までのトータルコストを踏まえた商業ベースの試算が望まれる。

バンドルは、枝条を木質バイオマスとしてのエネルギー利用のみならず、粗朶として魚礁等の魚の住処の創出や、土留め等の治山的利用に活用するなど、新たな付加価値を見出し、活用の幅を広げていく工夫が、機械の利活用の範囲も広げていくものと考えられる。

3.2　NPO 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所（北海道上川郡東川町）

1）取組を実施しようとする地域の森林・林業の概要と特徴

東川町は、北海道の屋根と称される大雪山国立公園を西部に抱え、同国立公園内に位置する北海道最高峰の旭岳は本町内に聳える秀峰である。その国立公園から連なる森林面積は 17,282ha に達し、町の総面積 24,706ha の約 7 割を占める。所有者別面積は、国有林が 2,857ha（17%）、道有林が 10,936（63%）、町有林が 676ha（4%）、私有林が 2,813ha（16%）と、

道有林と町有林を合わせた公有林面積が大きいのが特徴である[4]。また、町内の国有林、道有林、一般民有林を合わせた全人工林面積は 3,863ha で、カラマツ、トドマツは 8 齢級以上にほぼ 200ha 以上の面積があり、今後の利用が期待されるところである。一方 5 齢級以下の低齢級各クラスは、人工林面積が 200ha に達せず、齢級配置の平準化や伐採後の再造林などが持続可能な地域林業にとって重要なテーマである（図 3.5）。

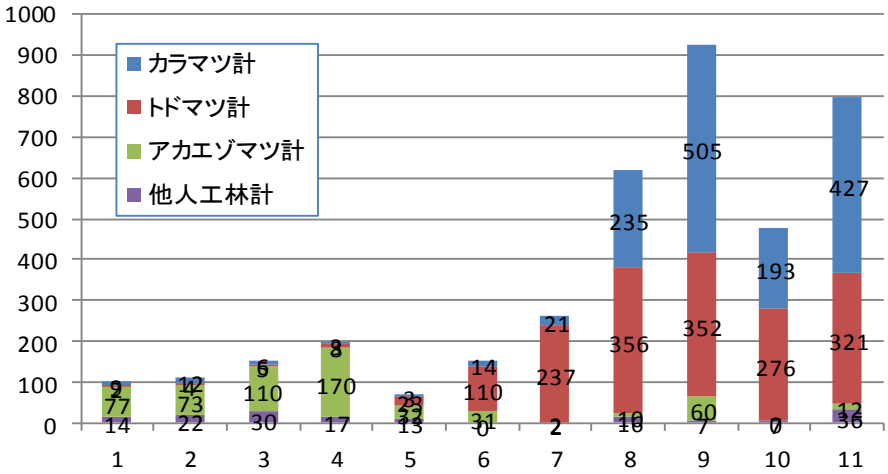


図 3.5　東川町内の齢級別人工林面積（平成 24 年 4 月 1 日現在）

[4] 2010 年世界農林業センサス

産業としては、下流の旭川市内で北海道一の大河石狩川と合流する忠別川が、町内の南部を横断しており、その豊富な水資源を活用した農業が盛んな地域である。また、同町では木材加工業及び家具製造業が盛んだが、東川町森林組合には素材生産機能及び伐採機能はなく、町外へ外注してそれらの機能を補っている。

北海道上川地方では、官民による木質バイオマス活用の取り組みが盛んで、特に東川町が属する中部地域ではバイオマスボイラーの稼働により、燃料用チップの生産・利用が盛んで、チップ生産工場は 23 箇所を数える。また、隣接する南部地域は、かつて大湿地帯であったため、暗渠疎水材として早くからチップが利用されてきたところである。

2) 取組による作業システムの改良ポイント

NPO 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所（以下、東川バイオエネ研と略する）では、東川町内において木質バイオマス燃料工場を建設して、木質バイオマスの利用を促進しようという動きに対応して、町内の諸条件から木質バイオマスを商業ベースで生産、消費するための試算を行うこととした。つまり、林地残材から木質バイオマスを得てチップ等として利用する場合、山土場で集積した林地残材を需要先に搬出する必要があるが、林地残材をチッパーを設置した工場までそのまま搬出し、そこでチップ化した方が効率的なのか、または山土場で一旦チップにしてから搬出した方が効率的なのか、諸条件により結果が異なる可能性がある。そこで、実際に未利用の林地残材を地域で獲得し、それを山土場もしくは搬出後の工場でチップ生産をすることで、東川町内におけるチップ事業が成立するか否か、またクリアすべき課題や留意点にはどのようなものが存在するのか、といったことを把握するのが目的である。

今回の取り組みでは、今まで利用されてこなかった林地残材を利用することが前提としてあり、その後のチップ化のシステムは表 3.18 のとおりである。

表 3.18　現行システムと試行システムの比較

<table>
<tr><td>従来</td><td>林地残材発生
（未利用）</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">試行システム</td><td rowspan="2">林地残材発生
利用</td><td>集積･投入
グラップル</td><td>チップ化
チッパー</td><td>運搬
トラック</td></tr>
<tr><td>集積･積込
グラップル</td><td>運搬
トラック</td><td>チップ化
チッパー</td></tr>
</table>

3) 多様な主体が参画する検討会の開催

バイオマスに知見を持つコンサルティング会社が共同事業体となり、東川バイオエネ研が立地する上川総合振興局管内の行政や、機械メーカー等を交えて検討会を構成した。検討会に参画した主な主体を表 3.19 に示す。また、検討会の開催状況は表 3.20 のとおり 3 回実施し、別途一般参加者の見学を募集した現地見学会も催した（写真 3.5 参照）。

表 3.19　東川バイオエネ研の取組課題に対する検討会参画主体

区　分	主体名称
事業主体	NPO 法人東川バイオマス・自然エネルギー研究所
共同事業体	株式会社 NERC
行政	北海道上川総合振興局産業振興部林務課
	北海道上川総合振興局南部森林室
	東川町産業振興課
地域事業体	東川町森林組合
機械メーカー	緑産株式会社

表 3.20　東川バイオエネ研の検討会開催状況

開催時期	検討内容等	備　考
第 1 回検討会 (平成 24 年 8 月 29 日)	・事業の概要説明 ・使用機械の検討 ・試行場所の検討等	
現地見学会 (平成24年10月23日) ※一般参加の受付	・事業概要の説明 ・チッパー機の紹介 ・デモンストレーション	・地域事業体、一般町民、行政等、総勢 35 名の参加者
第 2 回検討会 (平成24年12月27日)	・先進地域調査について ・試行的実施の結果について ・今後の予定について	
第 3 回検討会 (平成 25 年 1 月 30 日)	・作業システムの評価と検討 ・コスト試算結果の評価と検討 ・燃料チップ製造事業の事業性検討	

写真 3.5　検討会開催状況（左から第 1 回、現地見学会、第 3 回）

4) 新たな取り組み先進地域調査

地域の中で、原料としての木質バイオマスの生産、収集を行い、収集した原料からチップを生産し、そのチップを地域の施設群で利用する、一貫システムが確立している北海道上川郡下川町を調査先とした。調査先では、主にチップ化をするチップ製造施設と、チップの利用先となるチップボイラーが設置されている温浴施設及び公共施設を視察し、不明点・疑問点等に関する質疑応答を行った。先進地域調査の概要は表 3.21 に示すとおりである。

表 3.21　東川バイオエネ研による先進地域調査の概要

項目	内容等	備　考
調査先	北海道上川郡下川町役場周辺地域熱供給システム、五味温泉周辺地（下川町内）	
調査日程	平成 24 年 9 月 27 日	
調査者	東川バイオエネ研他検討会メンバー計 6 名	
調査項目	・チップの原料の調達方法、仕入れ価格の把握（持ち込み、ヤナギ速成栽培、収集用鉄製カゴの活用等） ・原料ヤード及びチップヤードの設置状況（ストック規模、チップ生産能力等の把握） ・チップボイラーとチップサイロの状況 ・ヤナギ栽培の現況と今後の見通し等。	【ヤナギ栽培地の視察】

5) 新たな作業システムの試行的実施

導入するチッパー機を検討する際、次の点に着目した（表 3.22）。

表 3.22　チッパー機選定の要点

選定の要点	事　由
移動式であるか	固定式とは異なり移動可能なことで、最適な位置に機械を移動・設置できる
国産の機械であるか	機械メーカーへの修理、改修、その他の要望への対応が迅速となり密な関係が構築しやすい
均一な切削チップが製造可能か	粒径管理に別途ふるい機（スクリーン）やチッパー機への再投入などが必要なく、汎用性の高い切削チップが生産可能 （※最終的なチップの利用方法は計画段階である）

表 3.22 の点から機械選定を行い、以下の機械をレンタルし試行することとした。

レンタル元：緑産株式会社
レンタル機械：ウッドハッカーMEGA421DL

性能や仕様等に関する基本データは、表 3.23 に示すとおりである。

表 3.23　切削チッパー機 ウッドハッカーMEGA421 の基本データ

項目	能力等
● シャーシー	クローラ自走式
● サイズ	全長 5,500mm 全幅 2,550mm 全高 2,800mm(運搬時)
● 重量	12,500kg
● 投入開口部	有効幅 1,000mm、有効高 420mm
● 最大処理径	軟質材:420mm 硬質材:300mm
● エンジン･出力	CAT C7・278.7PS
● 最大処理量	100 ㎥/時
● 切削ナイフ	標準 10 枚(オプション 20 枚)

【当該機械の外観】

東川バイオエネ研が本事業で取り組む内容は、図 3.6 のとおり土場チップ化と工場チップ化の経費を算出しコスト比較をすることで、地域内（ここでは東川町とその近接地）において効率的なチップ生産・利用の持続的システムの構築可能性を試算することである。その試算にお

いては、機械の所有状況など、基本的に現状を反映させることとした。

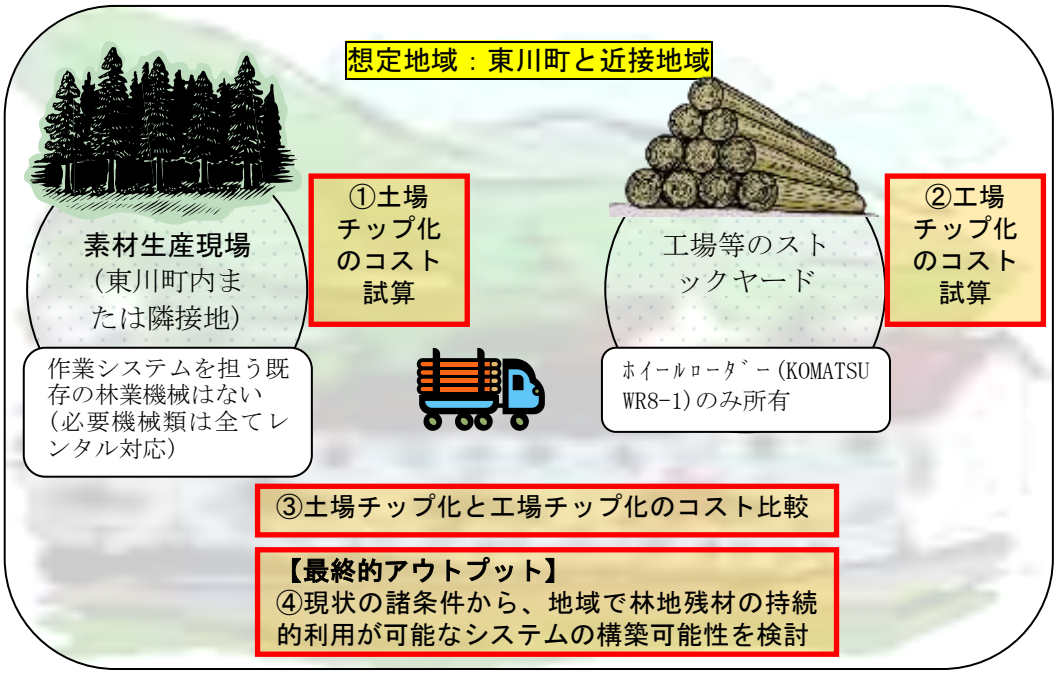


図 3.6　東川バイオエネ研の取組イメージ

［①土場チップ化のコスト試算］

土場チップ化に係る作業は、東川町有林の「株主の森」において、間伐による伐採の約 1 ヶ月後に行った。間伐では、植林木であるカラマツと、林地に生育していた雑木が出材したため、以下の把握では、分けてデータ取得を行った。土場チップ化の作業イメージを図 3.7 に示し、土場チップ化時に実施する作業内容と、それに係る測定内容、そしてその結果を表 3.24 にまとめた。

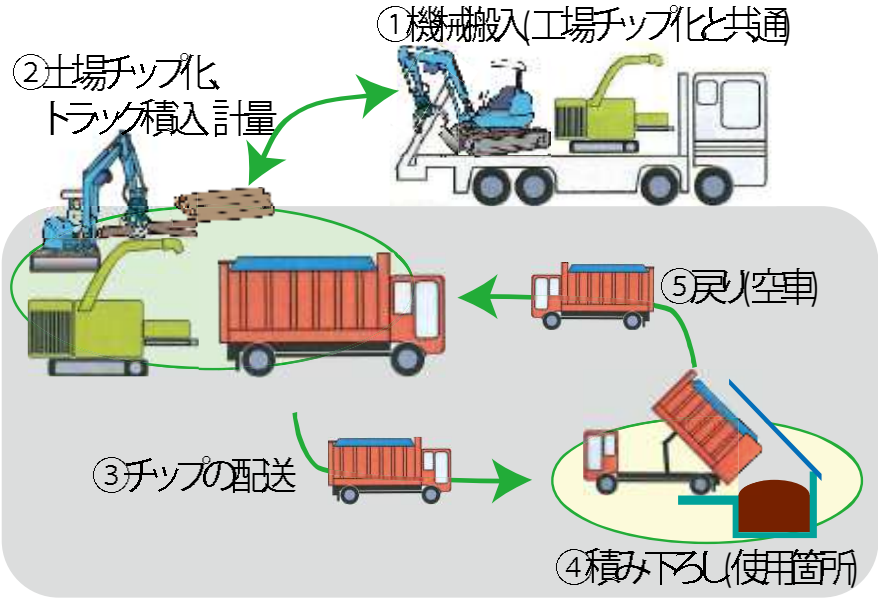


図 3.7　土場チップ化の作業イメージ（丸数字は作業順序を示す）

表 3.24　土場チップ化時の作業内容、測定項目・結果の概要

作業内容	測定項目 (結果から算出)	測定結果	
		カラマツ	雑木
①グラップルで原木をトラックに積込	原木積込時間	17.0 分	13.0 分
②原木重量測定	積載原木重量 (1 時間当たり積込重量)	4,448.3kg/車 15,419.5kg/h	3,868.3kg/車 15,360.9kg/h
③原木積み下ろし	原木積み下ろし時間 (1時間当たり積み下ろし重量)	10.0 分 26,213.2kg/h	18.0 分 11,094.0kg/h
④原木材積確認、 原木含水率測定用サンプル回収	積載原木材積 原木含水率 (30%wb 時原木重量) (原木かさ密度) (30%wb 時原木かさ密度)	32.2 ㎥ 31.3%wb 4,368.9kg 275.8kg/㎥ 270.9kg/㎥	16.1 ㎥ 39.8%wb 3,328.2kg 239.9kg/㎥ 206.4kg/㎥
⑤チップ化・トラック積込(チップ後トラック直積み) ・原木をグラップルでチッパーに投入。チップは直接トラックへ。 ・チップサンプル採取	チップ化時間 チップ含水率 (1 時間当たりチップ化重量) (30%wb 時かさ密度)	20.0 分/車 28.6%wb 12,435.7kg/h 257.0kg/㎥	26.0 分/車 32.1%wb 10,433.1kg/h 280.3kg/㎥
⑥チップ重量計量	チップ重量 (30%wb 時チップ重量)	4,061.7kg 4,145.2kg	4,662.5kg 4,521.0kg
⑦チップ置き場までの移動	移動時間 移動距離 運搬時、平均走行速度	16.0 分 9.0km 33.8km/h	23.0 分 9.0km 23.5km/h
⑧チップ積み下ろし	積み下ろし時間 (1時間当たり積み下ろし重量)	4.0 分 62,178.4kg/h	4.0 分 67,814.9kg/h
⑨作業場所までトラック移動	戻り移動時間 戻り時、平均走行速度	14.0 分 38.6km/h	12.0 45.0km/h

土場チップ化のコスト試算に際し、試算の基礎となる前提条件を次のように設定した。

- 試算には、表 3.24 のカラマツの測定結果を使用する。
- 原木調達範囲は、東川町内とする。
- チップの配送範囲（販売範囲）は、30km 圏内とする。
- グラップル、チッパー、トラックスケールはレンタルで対応する。
- 作業時間は、1 日 7 時間とする（ロスタイム等を考慮)。
- 配送回数は、トラックが 1 日で配送可能なものとする。
- チップの生産単位は、トラック 1 台分の満載量（4,145kg）とする。1 日の最小生産量は 4,145kg（トラック 1 台分)、最大生産量は 87,049kg（トラック 21 台分：4,145kg/20 分＝87,049kg/7 時)

レンタル機等に関する仕様やレンタル条件などは、表 3.25 のとおりである。

表 3.25　レンタル機等に関する諸条件

機械等	規格・価格	備　考
チッパー	ｳｯﾄﾞﾊｯｶｰ MEGA421DL・157,500 円/日(税込)	オペレーター、回送料込
グラップル	ﾔﾝﾏｰ WG50(0.2 ㎥)・136,710 円/日(税込)	オペレーター、回送料込
トラックスケール	KYOWA 車両重量指示計 RWP-611A・38,150 円/日(税込)	
トラック	4t 車アオリ付(内寸 L4.8m×W2.1m×H1.4≒14.1 ㎥)・47,250 円/日	ドライバー、燃料代等の一式込
原木(カラマツ)	D 材の上川地域価格・4,000 円/㎥	収集作業料、送料込

次に、注記すべきコスト算出方法を記す。

原木調達費用は、購入価格 4,000 円/㎥÷0.67t/㎥≒6.0 円/kg と算出される。原木単価は、調達量に依存せず、一律 6.0 円/kg となる。表 3.25 のとおり、運賃等を含めた価格のため、原木の集材や運送に係る費用は、別途発生しない。

機械レンタル費用の合計は、チッパー157,500 円/日＋グラップル 136,710 円/日＋トラックスケール 38,150 円/日＝332,360 円/日となり、チップ 1kg 当たりの機械レンタル費用は 332,360 円÷チップ生産量で算出できる。機械レンタル費用はチップ生産量に依存し、生産量が上がるほどレンタル費用は下がる。

チップ配送料は、トラックチャーター料 47,250 円/日÷配送料で算出される。トラック 1 台、1 日当たりの最大配送回数は 4 回となり、配送回数が増すごとにコストが下がる。

以上から、土場チップ化のコスト計算の結果は、表 3.26 のとおりになった。なお、販売価格は製造原価に 1.1 を乗じた。

製造原価は、87,049kg/日の最大生産時に 13.1 円/kg となる。

販売価格を 15 円/kg に設定すると、必要なチップ生産量は 74,614kg/日となり、これは 4t トラック 18 杯分に相当し、トラック 4～5 台による配送体制となる。

また販売価格を 18 円/kg に設定すると、必要なチップ生産量は 45,597kg/日となり、これは 4t トラック 11 杯分に相当し、トラック 2～3 台による配送体制となる。

表 3.26　土場チップ化のコスト計算結果

ﾄﾗｯｸ荷台	生産量 (kg/日)	原木調達費用 (円/kg)	機械ﾚﾝﾀﾙ費用 (円/kg)	ﾁｯﾌﾟ配送料 (円/kg)	製造原価 (円/kg)	販売価格 (円/kg)	ﾄﾗｯｸ配送体制
1 杯分	4,145	6.0	80.2	11.4	97.6	107.3	1 台
2 杯分	8,290	6.0	40.1	5.7	51.8	57.0	
3 杯分	12,436	6.0	26.7	3.8	36.5	40.2	
4 杯分	16,581	6.0	20.0	2.8	28.9	31.8	
5 杯分	20,726	6.0	16.0	4.6	26.6	29.3	2 台
6 杯分	24,871	6.0	13.4	3.8	23.2	25.5	
7 杯分	29,016	6.0	11.5	3.3	20.7	22.8	
8 杯分	33,162	6.0	10.0	2.8	18.9	20.8	
9 杯分	37,307	6.0	8.9	3.8	18.7	20.6	3 台
10 杯分	41,452	6.0	8.0	3.4	17.4	19.2	
11 杯分	45,597	6.0	7.3	3.1	16.4	18.0	
12 杯分	49,742	6.0	6.7	2.8	15.5	17.1	
13 杯分	53,888	6.0	6.2	3.5	15.7	17.2	4 台
14 杯分	58,033	6.0	5.7	3.3	15.0	16.5	
15 杯分	62,178	6.0	5.3	3.0	14.4	15.8	
16 杯分	66,323	6.0	5.0	2.8	13.9	15.2	
17 杯分	70,468	6.0	4.7	3.4	14.1	15.5	5 台
18 杯分	74,614	6.0	4.5	3.2	13.6	15.0	
19 杯分	78,759	6.0	4.2	3.0	13.2	14.5	
20 杯分	82,904	6.0	4.0	2.8	12.9	14.1	
21 杯分	87,049	6.0	3.8	3.3	13.1	14.4	6 台

［②工場チップ化のコスト試算］

工場チップ化に係る作業は、東川町内の東川バイオエネ研の敷地内で行った。使用した原木やレンタル機械類は、土場チップ化のものと同一である。工場チップ化の作業イメージを図 3.8 に示し、工場チップ化時に実施する作業内容と、それに係る測定内容、そしてその結果を表 3.27 にまとめた。

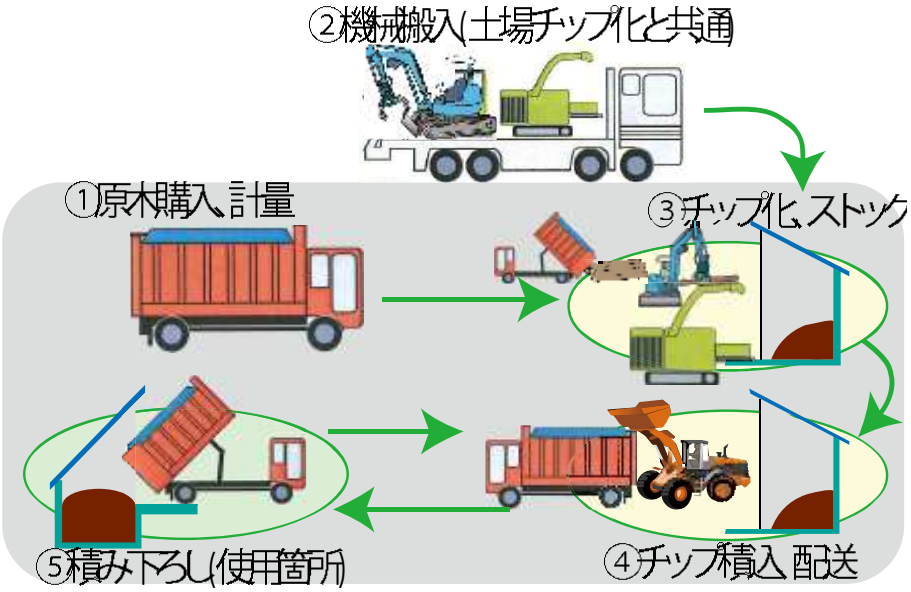


図 3.8　工場チップ化の作業イメージ（丸数字は作業順序を示す）

表 3.27　工場チップ化時の作業内容

作業内容	測定項目 （結果から算出）	測定結果	
		カラマツ	雑木
①チップ化(直接ストックヤードに投入)	※土場チップ化と同様のため測定せず		
②トラック積込(ホイールローダー使用)	チップ積込時間 チップ含水率 トラック積込量 1 時間当たりホイールローダー積込量	15.0 分/車 27.3%wb 4,145.2kg 16,580.9kg/h	15.0 分/車 － 4,521.0kg 18,084.0kg/h

工場チップ化のコスト試算に際し、試算の基礎となる前提条件を次のように設定した。

- 試算には、表 3.24 及び表 3.27 のカラマツの測定結果を使用する。
- 原木調達範囲は、東川町内とする。
- チップの配送範囲（販売範囲）は、30km 圏内とする。
- グラップル、チッパー、トラックスケールはレンタルで対応する（前出表 3.25 と同じ）。但しホイールローダーは自社保有とする。
- 作業時間は、1 日 7 時間とする（ロスタイム等を考慮）。
- 配送はトラック 1 台単位とし、1 日のチャーター料金ではなく、1 回当たりの配送単価とする。

- チップの生産単位は、1 日の最大生産量 87,049kg とする（トラック 1 台分のチップ化時間：4,145kg/20 分＝87,049kg/7 時）。
- チップの保管場所であるストックヤードは、新たに建設する。

次に、注記すべきコスト算出方法等を記す。

原木調達費用は、土場チップ化と同様であり、一律 6.0 円/kg となる。

機械レンタル費用の算出方法は、土場チップ化と同様であるが、チップの最大生産量を 1 生産単位とするため、単価は一律 3.3 円/kg となる。

チップ配送料について、1 回当たり配送単価は、1 日トラックチャーター料を基に、次のように推計した。1 日（7 時間）当たりのチャーター料が 47,250 円、1 回当たりのトラック拘束時間（30km 圏配送）は約 2 時間、したがって 1 回のトラックチャーター料金は、2 時間÷7 時間×47,250 円≒13,500 円と算出され、1kg 当たりのチップ配送料は、一律 3.3 円/kg となる。

工場作業料は、表 3.28 の計算根拠のとおり試算され、単価は一律 0.12＋0.04≒0.2 円/kg となる。

表 3.28　工場作業料の単価試算

項目	単位	単価
作業員人件費	円/60 分	2,000
ホイールローダー積込時間	分/車	15
トラック積込量	kg/車	4,145.2
1 車当たり積込コスト（人件費）	円/車・円/kg	500・0.12（＝500÷4145.2）
燃料単価（軽油）	円/L	120
燃費	km/L	5
速度	km/時	30
使用量単位	L/時	6
1 分当たり使用量	L/分	0.10
1 車当たり積込時燃料使用量	L/車	1.5（＝0.10×15 分）
1 車当たり積込時燃料代	円/車・円/kg	180・0.04（≒180÷4145.2）

ストックヤード建設費用は、チップを一時保管する場所の建設費用で、表 3.29 のとおり試算される。日最大生産量 87,049kg/日≒87.05t/日の量を保管できるスペースが必要である。その大きさ 39.1 坪に機械の移動スペース等を勘案して 47 坪と設定し、建設費用を 15 万円/坪として算出した。したがって、建設単価は年間償却費 47 万円÷チップ年間生産量で算出される。

表 3.29　ストックヤード建設費用の単価試算

項目	単位	単価
チップ生産量	kg/年・t/年	87,049・87.05
チップかさ密度	kg/m³	257
チップ容積	m³	387
ストックヤード高さ	m	3
ストックヤード面積	m²・坪	129.0・39.1（≒129÷3.3）
ゆとり面積（×1.2）	坪	47
坪単価	円/坪	150,000
建設費用	円	7,050,000
償却期間	年	15
年間償却費	円/年	470,000

以上から、工場チップ化のコスト計算の結果は、表 3.30 のとおりになった。なお、販売価格は土場チップ化と同様、製造価格に 1.1 を乗じた。

表 3.30　工場チップ化のコスト計算結果

生産量		原木調達費用	機械ﾚﾝﾀﾙ費用	ﾁｯﾌﾟ配送料	工場作業料	ｽﾄｯｸﾔｰﾄﾞ建設費用	製造原価	販売価格
t/年	最短製造日数	(円/kg)	(円/kg)	(円/kg)	(円/kg)	(円/kg)	(円/kg)	(円/kg)
87.05	1	6.0	3.8	3.3	0.2	5.4	18.7	20.6
174.10	2	6.0	3.8	3.3	0.2	2.7	16.0	17.6
261.15	3	6.0	3.8	3.3	0.2	1.8	15.1	16.6
435.25	5	6.0	3.8	3.3	0.2	1.1	14.4	15.8
870.49	10	6.0	3.8	3.3	0.2	0.5	13.8	15.2
1740.98	20	6.0	3.8	3.3	0.2	0.3	13.6	14.9

製造原価は、87.05t/年の生産量で 18.7 円/kg となり、1740.98t/年の生産量で 13.6 円/kg となる。

販売価格を 15 円/kg に設定すると、必要な年間生産量は 1740.98t となり、4t トラックで 420 回/年（＝21×20：87.05t＝トラック 21 回分、1740.98t＝87.05t×20 倍）の配送回数となる。

販売価格を 18 円/kg に設定すると、必要な年間生産量は 174.10t となり、4t トラックで 42 回/年（＝21×2：87.05t＝トラック 21 回分、174.10t＝87.05t×2 倍）の配送回数となる。

［③土場チップ化と工場チップ化のコスト比較］

チップ生産量 87,049kg（＝87.05t）の製造原価で比較すると、土場チップ化は 13.1 円/kg で、対する工場チップ化は 18.7 円/kg と単純比較で 1.43 倍のコスト高となった。

また、それぞれの最安の製造原価で比較した場合、土場チップ化の 12.9 円/kg に対し、工場チップ化は 1740.98t 生産時で 13.6 円/kg となり、土場チップ化の 1.05 倍、価格差で 0.7 円/kg まで圧縮されることとなった。

［④地域で林地残材の持続的利用が可能なシステムの構築可能性を検討］

ここまで、東川バイオマス研の設備保有状況や施設状況、東川町近接地の状況等から、チップボイラー等のチップ需要先があるとの仮定で、林地残材をチップ化し持続的に利用するシステムが、コスト的に成立するか否かを考察してきた。

以降は、その試算の評価できる点と、試算の前提が楽観的であったり不安定要素であったり課題を含む点等を明らかにし、最終的な取りまとめとしていく。

まず、土場チップ化についての評価点と課題点を表 3.31 に。工場チップ化についての評価点と問題点は表 3.32 に、そして両者に共通の課題点は表 3.33 にそれぞれまとめた。

表 3.31　土場チップ化の評価点と課題点

【評価点】	
価格	ｱ)製造原価が最安となる
	ｲ)機械購入の初期費用、保守管理・メンテナンス費用、固定資産税等が不要
レンタル	ｳ)全てレンタル機械で対応可能
	ｴ)年間の生産量に依存せず、チッパー1 回のレンタル毎に事業が成立
【課題点】	
チップの保管	ｱ)製造されたチップは、トラックに直積みのため、速やかに需要先(または保管場所)に搬送する必要がある。原木の供給(伐採行為)及びチップの製造に合わせた、チップの需要先の確保が必要
	ｲ)そのチップ生産量は膨大であり(210～300 ㎥)、需要先のチップサイロ等は概ね 20～40 ㎥程度の収容能力が多く、生産量に適した需要先の確保は容易ではない
トラック	ｳ)最大でトラックが 5～6 台必要となり、トラックの確保が容易ではない
原木調達	ｴ)一現場で最低 50t 程度の原木が必要となるが、恒常的に確保することは困難
作業条件	ｵ)天候に左右されやすく、雨天での作業では、チップへの泥土の付着や雨水の浸透などが懸念
	ｶ)土場の表土状況や傾斜状況など、作業条件により作業内容が異なる可能性
	ｷ)機械の搬入や車両の進入は、路網や土場の排水状況等に影響される

表 3.32　工場チップ化の評価点と課題点

【評価点】	
生産等の調整	ｱ)一度に大量の原木を確保する必要がなく、生産計画に合わせ、適宜原木を調達しストックしていけば良い
	ｲ)需要に合わせた生産計画を樹立することが容易であり、常に最安の製造ｺｽﾄで製造
	ｳ)需要先に合わせた配送が可能
価格	ｴ)機械購入の初期費用、保守管理・メンテナンス費用、固定資産税等が不要
作業条件	ｵ)比較的天候に左右されず、またチップの管理が容易に行える
	ｶ)作業や機械等の搬入は、土場の状況に影響されない
【課題点】	
価格	ｱ)パルプチップ並みの価格での販売は厳しく、下川町のような価格設定(17～18 円/kg)が必要
	ｲ)ストックヤード新設の初期投資が必要
計量	ｳ)チップ配送毎に計量が必要であるが、スケール付トラックが手配できるか検討が必要。手配が困難な場合は、購入する必要がある

表 3.33　土場チップ化及び工場チップ化に共通の課題点

【課題点】	
チッパー	ｱ)レンタル体制の確立（需要が低く、レンタル業界で商品として確立していない）
	ｲ)オペレーターの養成（現状はレンタル代に含まれているが、低コスト化に必要）
	ｳ)処理径を超えた材への対応（機械選択か、事前処理での対応が必要）
チップ選別	ｴ)精度の検証が必要。結果次第で別途ふるい機（スクリーン）の必要性を検討
需給	ｵ)一定量を消費する需要先の確保と、原木等の林地残材の安定供給体制の確立

以上、試行的実施に係る土場チップ化と工場チップ化のそれぞれの試算、検討内容を行ったが、改めて表 3.34 で比較とりまとめをした。

表 3.34　土場チップ化と工場チップ化のとりまとめ

項目	土場チップ化	工場チップ化
製造原価	生産量　：4.1～87.1t 製造原価:97.6～13.1 円/kg	生産量　:87.1～1,741.0t 製造原価:18.7～13.6 円/kg
販売価格 14 円/kg にする必要生産量	約 82.9t	※14 円/kg での販売は困難
販売価格 17 円/kg にする必要生産量	約 50t	約 174t
事業性	1 回のレンタル毎に成立	2 回のレンタルの生産量で成立
原木の樹種選択	伐採地の林況次第で、指定は困難	希望樹種のストックにより対応可
原木の確保	1 現場につき 50t 以上必要。常に確保できるか不透明	チップ化作業までに必要量を確保すれば良いため自由度はある
原木の移動・整理	都合の良いようにグラップルではい積みが可能	グラップルがなくホイールローダーで寄せる程度
チップの生産計画	伐採スケジュールに合わせる必要	ストック原木により計画生産が可能
初期投資費用	なし。全てレンタルで対応可能	ストックヤード建設あり。トラックスケールの購入は要検討。ホイールローダーがない場合、購入の必要
保守・メンテナンス	なし	なし
固定資産税	なし	ストックヤードにかかる
チップの生産量	原木の調達量と需要量で変動。連続的な最大生産には不安定要素が多い	原木のストック量次第で、最大生産が可能
チップ製造の安定性	土場の状態や天候に影響される	工場敷地では安定量の製造は可能
チップ配送	チップ生産直後、需要先への配送が必要。4t トラック 5～6 台必要	チップの一時保存が可能で、トラック 1 台単位での配送が可能
チップの選別	山土場でスクリーン設置は困難	スクリーン設置は容易(コスト高)
チップの重量計測	スケールの水平設置に留意	スケール設置は容易
チップの含水率検査	困難	容易
チップの管理	トラック直送以外は困難	ストックヤードで保管可能
チップの需要先	恒常的な 190～340 ㎥の需要先確保は困難	需要先のストック容量に合わせ配送可能

［⑤その他の特記事項］

A　調達原料について

- 試行に用いる林地残材は、当初、枝条や追い上げ材、間伐材を想定していたが、カラマツの枝条と追い上げ材については、十分な量が発生しないことが判明した。原料としての原木の確保が重要である。
- 少ないながらも発生した枝条と追い上げ材のチップ化を行った際、山土場での集積時に泥の付着が激しく、土砂混じりのチップが生成された。燃料用チップとしては低質であり、またチッパーの切削刃を傷める懸念があるため、原料の付着泥対策が必要である。
- 今回の試行地では、カラマツに加え雑木も相当量伐倒され、カラマツと同様のデータを獲得した。結果的として、時間当たりのチップ生産量はカラマツと比較し約 16%減（カラマツ:12,435.7kg/h、雑木:10,433.1kg/h）で、最大生産時の機械レンタル料は約 0.6 円/kg のコスト高となるものの、事業が可能な範囲内であり、原料として見込めることが確認できた。しかし、原木価格がカラマツの約 2 倍（カラマツ 6.0 円/kg に対し 11.7 円/kg）と高価で、この価格では採算が合わないため、初期費用に注意を要する。なお、最安の製造原価では 18 円/kg となった。

B　チッパー機について

- 今回試行した緑産ウッドハッカーMEGA421DL は、作業中に機械的なトラブルは発生せず、極めて短時間のキャリブレーションやオイル補充以外ほとんどロスタイムを生ぜず、所定の製造能力を発揮した。

C　コストダウンの可能性について

- 原木価格には一律の運送費が含まれていたが、距離別に運送費を低減させることができれば、近距離輸送による原木調達が安くなる可能性がある。
- チッパー機やグラップルのオペレーター料金を含めたレンタル代となっていたため、中長期的視点では、オペレーターとしてのスタッフを養成することで、コストダウンが見込まれる。
- 需要先のチップサイロの容量次第で、今回 4t トラックで試算した車両を 10t トラックに替えれば、配送回数の減少に繋がるなど、1 回での運搬効率が上がるため、更なるコストダウンが図られる。

6) 取組の評価点・課題点等

今回の新たな作業システムの試行的実施において、改めて気付いたり把握したりしたポイントが数多くあった。表 3.35 にその内容を整理し、今後周辺地域や北海道内、もしくは諸条件等の類似した全国各地での導入に向けた課題や、地域への普及の可能性について考察を加える。

表 3.35　試行的実施における主な評価点及び課題点の整理

【評価できる点】	
① 素材生産業や製材業等以外の事業者でも、木質バイオマスの利用に新規参入できる可能性が試算上は示された	
② 所有機械がなくても、事業としてチップ生産が行える可能性が示された	
【課題となる点】	
③ 原料調達の試算に期待が含まれ、チップ原料は不十分ではないかとの懸念	
④ 需要先が未定で、実際にどのようなチップが必要となるかが不透明。（需要先でのチップ径、形状、必要量等が確定すれば、再試算を行う必要性）	
⑤ 実証試験はチップ化とトラックへの積込・積降部分が中心で、他は試算に基づいているため、原木調達や運送などの部分と連携させた一連の実証試験が必要	一部は今後検証予定

本取組は、素材生産や製材等に従事していない、木質バイオマス利用の新規参入者にとって、チップ化の位置により生産効率性や配送などのシステム全体を試算により把握し、地域導入の検討材料とするものである。必ずしも林業及び林産業に従事していない業者にも、新規参入に際しコスト的な知見が示された意味はあり、再生可能エネルギーの有効利活用が盛んな昨今、試算のやり方だけをとっても参考となる部分は大きかろうと思われる。

懸念されているのは、インプット（原料調達）とアウトプット（需要先での必要量及び品質）の把握が十分でないことである。チップ化事業が軌道に乗った際、原料の欠乏により十分な低

コスト化が図れず、結果的に赤字経営を強いられるパターンが散見されるため、今回の試行とは別に、原料調達の試算は慎重かつ十分に行われる必要がある。一方のアウトプットは、まだ具体的な需要先が東川町内には存在していない。町の低炭素化や木質バイオマス利用化に関する将来ビジョン、または周辺域を含めた町内外の温浴施設等での木質バイオマス利用計画、一般企業での CSR 推進状況などの情報を常に把握し、木質バイオマス利用に関するインプットとアウトプットの両輪が動き出すことこそが、地域での成功の秘訣と考えられる。

今回の試行では、価格的には土場チップ化が廉価で販売が可能であるが、チップの保管や配送を考慮すれば工場チップ化の方が実現性は高いという結果となった。ここで、土場チップ化した後に、チップの中間保存施設を設けるという第 3 の方式があることが、成果報告会の発表事例別のセミナーで紹介され、「土場チップ化」と「チップの一時保管による配送の効率化」の“いいとこ取り”の手法も検討されるべきである。

試算によるチップ生産原価には、更なるコストダウン要素が含まれていると思われるので、今後はチップの低価格化の手法の検討を進め、化石燃料による電熱利用を価格的に凌駕する試算が可能となることを期待する。

3.3　有限会社マルヒ製材（岩手県久慈市）

1）取組を実施しようとする地域の森林・林業の概要と特徴

岩手県の三陸海岸沿岸部の北部に位置する久慈市周辺は、久慈・閉伊川森林計画に含まれる地域である。岩手県の森林面積は約 118 万 ha で、そのうち 2/3 が民有林となっている。岩手県民有林の森林面積は約 78 万 ha で、樹種別面積率はスギ 19%、アカマツ 21%、カラマツ 8%、広葉樹 48%となっており[5]、他県に比べアカマツの割合が多いのが特徴である。久慈・閉伊川森林計画区の樹種別面積率は図 3.9 のとおり、ほぼ県全体の割合に近似しているが、スギが他地域の半分程度の割合である一方、広葉樹面積が多い傾向がある。それに関連して、岩手県は薪炭生産が盛んな地域で、全国の 1/4 に当たる 4,511t を生産し、特に北上山地山麓を抱える久慈・閉伊川森林計画内では、岩手県のほぼ半分の 2,178t の生産量を誇っている[5]。

図 3.9　久慈･閉伊川地域の樹種別面積(民有林)

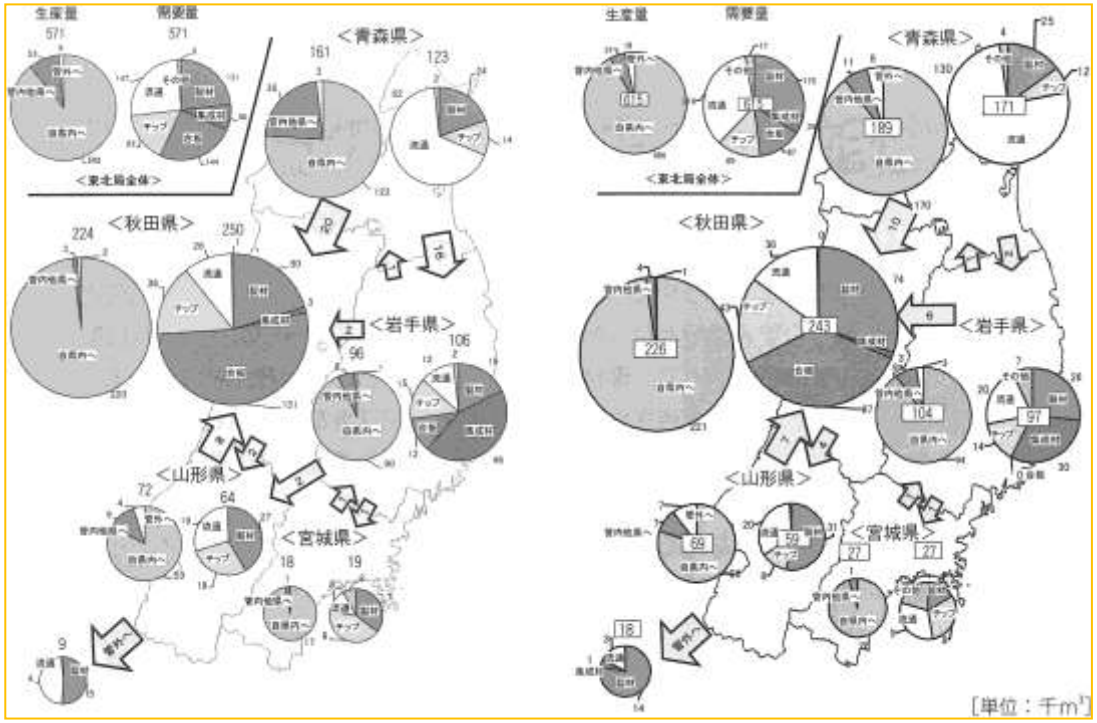


図 3.10　国有林材の素材流通構造(左:平成 22 年度､右:平成 23 年度)[6]
注 1)それぞれ左側が生産量、右側が需要量の円グラフである
注 2)「流通」とは、森林組合等原木流通関係者が購入した数量である

[5] 平成 19 年度版 岩手県林業動向年報 (http://www.pref.iwate.jp/~hp050101/toukei/ringyou/h19/shiryou/all.htm)
[6] 一般社団法人日本森林技術協会(2013):森林技術 No.852.

一方の流通に関しては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、東北地方太平洋側に立地していた合板工場や製紙工場が被災し、国有林材の東北地方内での素材流通に変化が見られた（図 3.10）。すなわち、岩手県及び宮城県の沿岸地域の上記工場が被災し、岩手県内の合板需要が無くなったことなどが影響したため、岩手県での素材需要量が 160.6 万㎥から 9.7 万㎥へ減少し、特に青森県から岩手県に流入する素材が減少した。平成 25 年 3 月現在、被災した木材加工施設の 8 割が生産を再開したが、再開を断念した工場もあり、流通に係る変化は今後も続くことが予想されている。

そのような状況下、久慈・閉伊川流域地方の特産であるアカマツは、昭和 50 年代頃まで住宅用構造材（梁、桁など）として利用されてきたが、米松等の輸入梁・桁材との品質、価格等の差が顕著化し、徐々にシェアを喪失していった。平成に入り、県内の集成材及び合板工場の国産材使用が積極的になったことで、スギ・カラマツに同調しアカマツも活用されるようになり、地域林業の根幹を占めるまでになった。しかし、上記のとおり、東日本大震災により沿岸部合板工場が被災したことから、アカマツを含めた地域林業が停滞状況にある。当地の林業・林産振興を考慮し、アカマツ利用を促進させる必要がある。地域のアカマツ人工林の林齢が 40～50 年生となったことからも、アカマツの利用拡大が求められているところである。

岩手県沿岸地方においては、月 1 回の市（いち）を介した原木購入では適期購入が困難であること、またアカマツは青変菌被害による品質低下の懸念があるため、立木の伐採から製材の終了まで 2 週間を目途に実施しなければならない、といった事情がある。そのため、本取組では、山土場から製材所や合板工場等まで、市を介さない直送による迅速な流通により、それらのデメリットを解消することを目指し、原木材積測定（検知）について自動化及び省力化を進める装置を試行的に導入し、検知業務の迅速化及び低コスト化等の可能性を検証することとした。最終的には、山元と製材所や合板工場等が、信頼性に基づいた直接購入により低コスト化が図られ、森林所有者側へ還元することで、地域における持続可能な素材生産・木材利用のシステムが構築されることである。

2) 取組による作業システムの改良ポイント

有限会社マルヒ製材における検知に係る現行の作業システムは、素材の用途別で表 3.36 のようになっている。そこに原木材積測定装置ケンチルを試行的に導入した。

表 3.36　現行システムと試行システムの比較

製材所土場（製材用）	従来	運搬 トラック	荷下ろし グラップル	計測・入力 人力検知	
	試行システム	運搬 トラック	荷下ろし グラップル	**計測・入力** **ｹﾝﾁﾙ（+ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ等）**	
山土場（合板用・製材用）	従来	（はい積み）	積込 グラップル	計測・野帳入力 人力検知	運搬 トラック
	試行システム	（はい積み）	**積込時に計測・野帳入力** **グラップル＋ケンチル**		運搬 トラック

3) 多様な主体が参画する検討会の開催

久慈地方木材青壮年協議会に加盟する製材所等の木材加工業者や素材生産業者、岩手県の出先機関や地元市役所からの行政関係者、県内の林業事情に詳しい研究者等を交えて検討会を構成した。検討会に参画した主な主体を表 3.37 に示す。また、検討会の開催状況は表 3.38 のとおり 3 回実施し、うち 1 回は実演会ということで、参加者は試行機械を一連の流れで使用するところを見学した（写真 3.6）。

表 3.37　有限会社マルヒ製材の取組課題に対する検討会参画主体

区　分	主体名称
事業主体	有限会社マルヒ製材
連携事業体	有限会社丸大県北農林
久慈地方木材青壮年協議会加盟事業体	有限会社丸与木材店
	有限会社日當製材所
	有限会社谷地林業
	浜久保製材所
事業体	久慈地方森林組合
研究機関	岩手県林業技術センター
行政	岩手県県北広域振興局林務部
	久慈市農林水産部林業水産課
オブザーバー	林野庁三陸北部森林管理署久慈支署
	九戸木材協同組合
	株式会社シーケイエス・チューキ(機械メーカー)

表 3.38　有限会社マルヒ製材の検討会開催状況

開催時期	検討内容等	備　考
第 1 回検討会 (平成 24 年 8 月 29 日)	・補助事業の概要説明 ・課題取組内容(採択内容)の説明 ・試行機械について ・取組に関する質疑応答	
第 2 回検討会 及び実演会 (平成24年12月26日)	・試行機械(ケンチル)による検知の実演。 ・先進地域調査の結果報告 ・試行結果速報データの公表	・実演会には地域事業体や行政等から 13 名が参加
第 3 回検討会 (平成 25 年 1 月 22 日)	・試行作業システムの結果報告 ・久慈地域でのシステム普及検討 ・取組に係る質疑応答	

写真 3.6　検討会開催状況（左から第 1 回、第 2 回、第 3 回）

4) 新たな取り組み先進地域調査

試行機械ケンチルをいち早く購入・所有し、原木材積測定業務に活用している、大分県日田市の株式会社日田十条と瀬戸製材株式会社を調査先とした。調査先では、ケンチルを活用した作業システムの現状と課題をテーマに、機械を使った作業の視察と、不明点・疑問点等に関する質疑応答などを行った（表 3.39 参照）。更に日田市森林組合において、日田地域における協定取引推進に係る現況取組を聞き取りした。

表 3.39　有限会社マルヒ製材による先進地域調査の概要

項目	内容等	備　考
調査先	大分県日田市 株式会社日田十条、瀬戸製材株式会社	
調査日程	平成 24 年 10 月 13 日	
調査者	有限会社マルヒ製材 1 名他 2 名	
調査項目	・ケンチルを活用したシステムの現状と課題の把握（性能、特徴等） ・具体的な使用時における要点や注意点等の把握 ・機械計測や客観的データによる、協定取引推進への取組の現状と今後の方向性	【ケンチル使用状況の視察】

5) 新たな作業システムの試行的実施

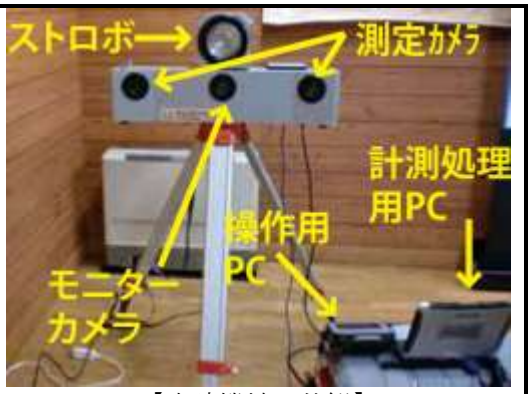
原木の材積測定をするのに、事前に材長をパソコンに入力し、原木の内接円の直径を 2 台のカメラ（ステレオカメラ）で撮影するシステムを導入し、従来の人力測定に比べ省力化と客観化を向上させる試行作業を行うこととした。

機械は、次をレンタルし、試行した。

レンタル元：瀬戸製材株式会社
レンタル機械：原木材積測定装置ケンチル（KENCHIL）

表 3.40　原木材積測定装置 ケンチルの基本データ

項目		能力等
● 耐環境性能		本体:防雨型 計測処理パソコン及び操作用パソコン:防雨型、耐衝撃性
● 電源		外部電源 AC100V　50W
● 本体部重量		15kg
測定範囲	● 視野	2m×2m
	● 奥行き	1.5～2.5m(ｶﾒﾗと木口の距離)
	● 測定径級	5～50 cm
	●測定本数/1 把持	1～10 本(目安)
機能	● 測定項目 ● 出力項目	①測定開始日時、終了日時 ②測定位置(GPS 測位値) ③径級別本数、材積(材長は事前入力) ④総本数、総材積量



【当該機械の外観】

ケンチルは①本体（モニターカメラ、測定カメラ 2 台、ストロボ発光器、GPS ユニット）、②計測処理用パソコン、③操作用パソコンの 3 点でシステム構成されており、それぞれは LAN に

より接続されている（図 3.11 参照）。ケンチルに関する性能や仕様等に関する基本データは、表 3.40 に示すとおりである。撮影は 2 台の測定カメラで『立体視』と同じ原理で撮影され、3D 技術により補正が可能となっていることから、被写体である原木の木口が多少カメラに対し曲がっていても問題はない。

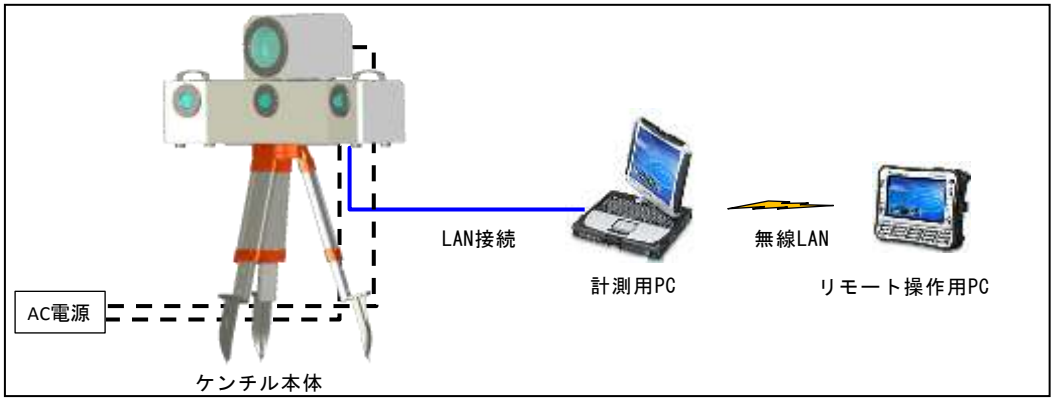


図 3.11　ケンチルの構成

写真 3.7　ケンチル操作時のパソコン画面例

ここで、岩手県久慈地方における原木の流れを把握しておく。久慈地方では、概ね図 3.12 のとおり、最終加工施設が合板工場か製材所かによって、原木に施す処理や計測が異なる。まず、山元では、伐採後の玉切り時に大きくチップ用、合板用、製材用の 3 つの用途別に分けられる。合板用は径級表示をするべく人力による『計測』が行われる。一方の製材用は、行き先別の分類結果を表示するための『マーキング』が行われる。

その後、原木は山土場に集められ、荷下ろし、はい積み、トラック等の運搬車への積込の作業が行われるが、合板用のみ径級や本数などが記載された『伝票の発行』を行わなくてはならない。

次に、各加工施設へ搬入される段階であるが、久慈以外の他府県や他地方では選木機を備えた市場へ搬入することもあるが、久慈地方では合板工場を主に直送比率が高く、その影響か地元森林組合には選木機は備えていない。合板工場に搬入された原木は、伝票をもって納品となるが、定期的にサンプリング検査が実施され納入物のチェックが行われている。一方の製材所では、納入された時点で『検知』が行われ、初めて径級計測や本数の確認等が行われる。その後は、皮むきや一時保管が行われ、最終的に製材されることとなる。

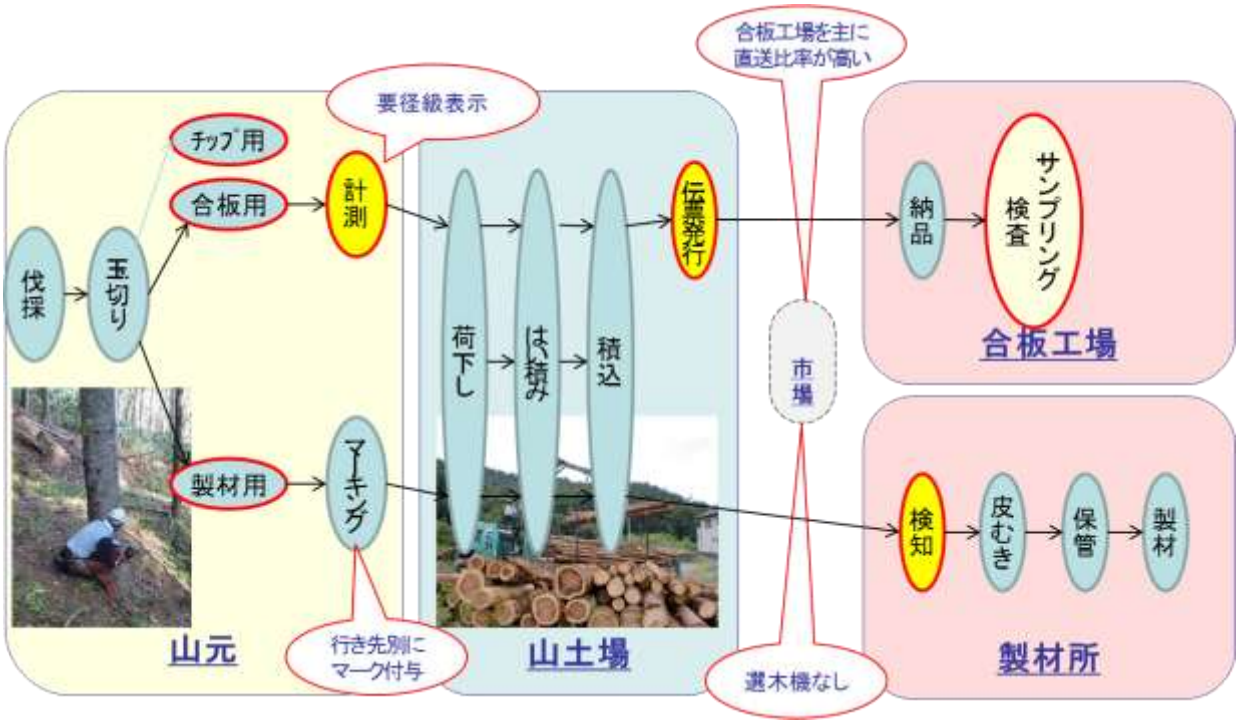


図 3.12　岩手県久慈地方における現状の原木の主な流れと処理

試行作業は、時間計測によるトータル時間で効率性を評価することとした。なお、試行作業は、試行する条件をいくつか組み合わせて、パターン分けをして評価した。

［①合板工場向け：山土場での試行］

合板工場向けの原木の取り扱いは、従来型は山元で径級計測をし、山土場から搬出する前に伝票発行をするものであった。

試行パターン１は、従来型と同様に山元で径級計測及び原木表記を行った後、山土場でケンチルを地上に設置してから計測・伝票作成を行った。

試行パターン２は、従来型と同様に山元で径級計測及び原木表記を行った後、山土場ではケンチルをトラック車両に架装させて、ケンチルの設置及び撤収に掛かる時間の短縮化を図った。

試行パターン３は、パターン２の条件に加えて、山土場にはい積みする際に、末口と元口を揃えて、その後の作業の利便性を図った。

試行パターン４は、前提条件として、当パターンを合板工場側が了解することが必要となるが、試行パターン３に加えて、山元での径級計測及び原木表記を省略し、納品伝票にケンチルで計測時の画像を添付するものである。

なお、各パターンは 1 名作業とした。以上の試行結果を表 3.41 に示した（写真 3.8 参照）。

表 3.41　山土場におけるケンチルの試行（合板工場向け）

ﾊﾟﾀｰﾝ	径級計測	機械設置	計測(ﾀｲﾐﾝｸﾞ)	機械撤収	納品伝票作成	合計
従来型	40 分	－	積込明細野帳作成 22 分	－	5 分	67 分
1	40 分	20 分	65 分	15 分	5 分	145 分
2	40 分	5 分	(運搬車両に架装)65 分	5 分	5 分	120 分
3	40 分	5 分	(運搬車両に架装、末元揃い)45 分	5 分	5 分	100 分
4	－	5 分	(運搬車両に架装)45 分 ⇒(合板用)納品伝票にｹﾝﾁﾙ画像を添付 ⇒径級計測不要	5 分	5 分	60 分

写真 3.8　山土場における試行状況

その結果、従来型システムでは合計 67 分を要していた作業に対し、パターン 1～3 では合計時間が何れも 100 分を超えた。パターン 4 では合計時間が 60 分と、従来型システムより所要時間が 7 分短縮されることが分かった。

［②製材所向け：製材土場での試行］

製材所向けの原木の取り扱いは、従来型は山元では行き先別表示をする『マーキング』をし、山土場では更に品質などの要素も考慮してはい積みを行い、製材所に原木が搬入されてから、2 名で検知を行うものであった。

試行パターン 1 は、従来型と同様に製材所への原木搬入時に、ケンチルを設置して 2 名で計測を行った。なお、1 名はトラックに装備されたグラップル操作、もう 1 名はケンチルの操作を行った。

試行パターン 2 は、従来型と同様に製材所への原木搬入時に、ケンチルを設置して計測を行うが、トラックに装備されたグラップル操作、及びケンチルの操作の両方を 1 名で行った。

試行パターン 3 は、一旦製材所内の素材荷受場に末口と元口を揃えて搬入し、そこからフォークリフトで皮むき機まで原木を搬送させる途中にケンチルを設置し、径級計測を行った。

試行パターン 4 は、試行パターン 3 とほとんど同様であるが、ケンチル設置位置は、皮むき台に固定するように変更した。なお、試行パターン 4 の模式図を図 3.13 に示す。

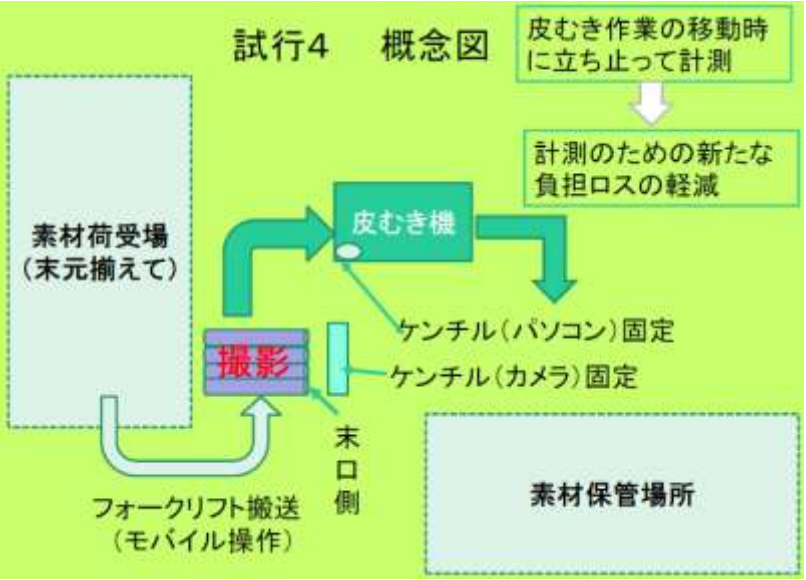


図 3.13　試行パターン 4 の模式図（製材土場）

以上の試行結果を表 3.42 に示した（写真 3.9 参照）。

表 3.42　製材土場におけるケンチルの試行（製材所向け）

ﾊﾟﾀｰﾝ	人数	機械設置	荷下ろし（計測）	計測（ﾀｲﾐﾝｸﾞ）	機械撤収	ﾃﾞｰﾀ移出等	合計
従来型	2 名	―	（不揃い）11 分	20 分（搬入時）	―	10 分	41 分
1	2 名	10 分	（末元揃い）39 分×2 名=78 分	（搬入時）	10 分	5 分	103 分
2	1 名	10 分	（末元揃い）65 分×1 名=65 分	（搬入時）	10 分	5 分	90 分
3	1 名	10 分	（末元揃い）25 分	ﾌｫｰｸﾘﾌﾄ計測 55 分（搬送時）	10 分	5 分	105 分
4	1 名	5 分（皮むき台）	（末元揃い）25 分	ﾌｫｰｸﾘﾌﾄ計測 15 分（搬送時）	3 分	5 分	53 分

写真 3.9　製材土場における試行状況

その結果、従来型システムでは 41 分を要していた作業時間に対し、ケンチルを用いたパターン 1～3 では合計時間が 90 から 105 分を要した。パターン 4 では合計時間が 53 分と短縮されたが、従来型を下回ることはできなかった。

［③測定の精度］

ケンチルの測定精度について、従来の人力計測との精度を比較した。対象樹種はアカマツで 2m の短尺材を 54 本計測した。その結果と、先進地域調査時に株式会社日田十条で聞き取りをした測定精度について、表 3.43 に示したとおり、5%未満の誤差が生じた。

表 3.43　ケンチルと人力測定の精度

樹種	本数	人力計測	ケンチル計測	計測相違
アカマツ(2m 材)	54 本	8.363 ㎥	8.483 ㎥	1.41%
(参考)スギ(4m 材)	151 本	29.352 ㎥	30.588 ㎥	4.04%

注 1)参考は、株式会社日田十条での聞き取り調査による
注 2)本数相違については、両樹種とも発生しなかった

［④導入コストの試算］

製材所でのコスト比較を行うと、従来システムでは計測に 20 分、入力に 10 分の計 30 分(0.5 時）かかっており、作業員の日当が 16,000 円（2,000 円/時)、搬送するトラックの積載量が 20 ㎥/台、年間事業量が 5,000 ㎥の場合、次のように年間人件費が計算される。

2,000 円/時×0.5 時÷20 ㎥/台×5,000 ㎥＝250,000 円/年

一方のケンチルを導入する方の試算は、最短時間であったパターン 4 の、ケンチルを皮むき台に設置してから、計測し撤収まで 53 分を要した場合で試算した。作業員の日当、トラック積載量、年間事業量は上記と同じと仮定し、ケンチル一式の導入費が 500 万円で、償却年数が高性能林業機械の 8.5 年を当てはめると、次のように年間経費が計算される。

（人件費）2,000 円/時×53 分÷60 分÷20 ㎥/台×5,000 ㎥≒441,600 円/年

（償却費）5,000,000 円÷8.5 年≒588,200 円/年

（年間経費）441,600＋588,200＝1,029,800 円/年

現状では、ケンチル導入により年間 779,800 円の負担増となった。

山土場でのコスト比較を行うと、従来システムでは径級計測に 40 分、野帳の作成・記入に 22 分、伝票の作成に 5 分の計 67 分かかっていた。作業員の日当（2,000 円/時）とトラック積載量（20 ㎥/台）は製材所でのコスト試算と同様とし、年間事業量 30,000 ㎥をトラック 3 台で運搬する場合、次のように年間人件費が計算される。

2,000 円/時×67/60 時÷20 ㎥/台×30,000＝3,350,000 円/年

一方のケンチルを導入する方の試算は、トラックにケンチルを架装し、さらに合板工場との協定取引が成立し、山元での径級計測が不要であると前提し、ケンチル設置から計測・撤収まで 60 分を要したパターン 4 で試算した。作業員の日当、トラック積載量、年間事業量は上記と同じと仮定し、ケンチルを運搬するトラック 3 台全てに架装し、ケンチル一式の導入費が 500 万円×3 式で、償却年数は高性能林業機械の 8.5 年を当てはめると、次のように年間経費が計算される。

（人件費）2,000 円/時×1 時÷20 ㎥/台×30,000 ㎥＝3,000,000 円/年

（償却費）5,000,000 円×3 台÷8.5≒1,765,000 円/年

（年間経費）3,000,000＋1,765,000＝4,765,000 円/年

現状では、ケンチル導入により年間 1,415,000 円の負担増となった。

6) 取組の評価点・課題点等

今回の原木材積測定、いわゆる検知に関する試行的取組において、測定の精度、機械の使用法、設置位置、コスト面などについて、改めて要点をまとめると表 3.44 のようになる。

表 3.44　試行的取組の結果の要約

【評価できる点】	
① 客観的な径級の値を測定可能	
② 径級の測定誤差は 5%未満と低く、測定精度の信頼性がある	
③ 加工業者側と山元側の双方に、本数・径級・測定位置等の記録が残る	
④ 機械には可搬性があり、工夫次第で三脚架設式以外に様々な設置の可能性が考えられた(皮むき台設置、運搬トラック架装等)	
⑤ 製材所におけるケンチル作業システムは、皮むき時の搬送途中での計測により、人力計測とほぼ同等の計測時間で実施できる可能性が考えられた	
⑥ 山土場におけるケンチル作業システムは、トラックへの架装や径級表示を省略可能とできれば、従来システムより時間短縮できることが実証された	
【課題となる点】	
⑦ 機械一式が高額で、導入に慎重にならざるを得ない	
⑧ カメラ等の精密機械に関する破損対策の必要性	
⑨ 計測や機械の設置･撤収をはじめとした取り扱い訓練の必要性	
⑩ 気温が氷点下となる環境下でも、安定した使用が可能となるような対策が必要	

以上から、数年来、人力で径級計測をすることに慣れ、時間短縮の可能性がほとんど考えられない従来システムに比べ、ケンチルを用いた径級計測には、作業の慣れや機械設置の工夫等により、時間短縮の可能性が秘められていると感じられた。機械メーカーが推奨する三脚架設式以外に、現場で作業をする方々の意見やアイデアを多く取得し、実施レベルの推奨使用法を開発すれば、機械の需要が増すかもしれない。また、径級の客観的な値を取得でき、その値の精度は十分に評価できるレベルであったと考えられるため、今後の合板工場向けの原木については、径級表記に代わる『ケンチル検知システム』の導入に向けた、山元側と合板工場側の信頼醸成が必須と考えられる。

一方で、機械の導入や普及の障害になっているのは、高額なコストであると言わざるを得ない。今まで慣れ親しみ、確立された人力計測に置き換えて、高額な機械を導入するリスクを払拭するだけのメリットは、一般的には見出し難いからである。更に、屋外で利用する精密機械なので、破損の防止対策や、厳しい気象条件下での安定動作など、今回の試行で明らかになった不安要素も払拭することが、普及の条件と考えられる。

客観データによる直送や、GPS 記録によるトレーサビリティ管理など、低コスト化や品質管理に関するアイデアが盛り込まれた機械であるので、是非それらのアイデアを活用したシステムが構築されることを期待したい。

3.4　金山町森林組合（山形県最上郡金山町）

1) 取組を実施しようとする地域の森林・林業の概要と特徴

秋田県境の山形県最北部に位置する最上郡金山町では、長伐期大径木生産の施業を行ってきており、80 年を標準伐期とした地域ブランド『金山杉』の構築に取り組んできた。冬が長く雪深い金山町の気候で生育する金山杉は、年輪幅が小さく均一の間隔となり、木目が細やかで美しく、狂いが生じ難いという建築用材として優れた特長があり、首都圏でもその名が知られることとなった。

当地の林業は、明治から大正、昭和初期にかけて活発に行われた造林事業を基盤に、戦後の拡大造林を含め、森林の齢級構成が緩やかな法正状態となっており、主伐から再造林の更新までが行われることにより、植え付けから伐採（主伐）までの全ての施業種が行われている。

一方で、当地では優良大径木生産を優先的に行ってきた経緯から、主伐・間伐共に用材生産が中心にあり、安価な低質材や林地残材の利用に向けた集積・搬出等を行う作業システムは重要視してこなかった面がある。しかし、昨今の再生可能エネルギーの利用に関する技術の進歩や市民意識の変化などから、最上地域でも木質バイオマス利用の取り組みが徐々に広がっている。

金山杉（大美輪の大杉）

このような森林現況から、森林資源の活用に関して、低質な木質バイオマス燃料から優良建築材まで木材のカスケード利用が期待され、林業の機械化も、造林・保育から低齢級向けの小型機械、皆伐等の収穫を中心とした大型機械まで、全ての齢級に応じた多様な作業システムの構築が求められており、低コストな林業経営を行う上で、森林施業と木材生産が効率よく一体化する作業システムが必要となっている。

2) 取組による作業システムの改良ポイント

山形県最上郡金山町周辺における従来の作業システムは、表 3.45 のようになっている。従来作業では、地拵え時に林地残材を人力で対処可能な長さに玉切りし、等高線方向へ筋置きをして、林地残材を使用することはなかった。試行システムでは、用材生産時に林地に伐倒されたままの材（長木）や、廃棄されたままの端材（タンコロ（伐根）等）や枝条等、木質バイオマス利用が可能なものは集積し、それ以外の枝条等は筋置する作業を機械で行い、地拵え時の省力化を図ること、また、集積した木質バイオマスを林地から運び出す一連の工程について、

高性能林業機械を活用することで、生産性や安全性を高めることが目的であった。

表 3.45　現行作業システムと試行システムの比較

従来	地拵え(筋置) 人力+(油圧ｼｮﾍﾞﾙ、ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ)	(林地残材) 未利用				
試行システム	地拵え(筋置･集積) 油圧ｼｮﾍﾞﾙ、 **ﾏﾙﾁｸﾞﾘｯﾌﾟ**	**(林地残材)** **利用**	**造材** ﾁｪｰﾝｿｰ、ﾊｰﾍﾞｽﾀ	**積込** ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ、ﾌｫﾜｰﾀﾞ(ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付)	**運材** 運材車、ﾌｫﾜｰﾀﾞ(ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付)	**荷下ろし** ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ、ﾌｫﾜｰﾀﾞ(ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付)

3) 多様な主体が参画する検討会の開催

金山町森林組合を中心に、最上地域の林業事情に詳しい研究者、地域の林業事業体、地元に精通した機械メーカー、県の出先機関や地元の役場等の行政機関等を交えて検討会を構成した。検討会に参画した主な主体を表 3.46 に示す。また、検討会の開催状況は表 3.47 のとおり 3 回実施し、うち 1 回目は試行地の確認を行った。その際、先進地域調査先の指導者から、試行システムに資する路網開設と森づくりに関するアドバイスをしてもらった（写真 3.10 参照）。

表 3.46　金山町森林組合の取組課題に対する検討会参画主体

区　分	主体名称
事業主体	金山町森林組合
研究機関	東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林
	山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター流域保全部門（演習林）
	山形県森林研究研修センター
地域事業体	最上広域森林組合
	有限会社小関興業
	有限会社三英クラフト
機械メーカー	有限会社フォレスト
	日立建機日本株式会社南東北支店山形営業所
行政	山形県最上総合支庁森林整備課
	金山町産業課林政農村整備係

表 3.47　金山町森林組合の検討会開催状況

開催時期	検討内容等	備　考
第 1 回検討会 (平成 24 年 10 月 4-5 日)	･事業の取組概略説明 ･地域林業の課題の把握 ･先進地域調査先の指導者から道づくりの講義 ･道づくり等の現地検討会	･現地検討会は 5 日に実施
第 2 回検討会 (平成24年12月26日)	･事業内容の確認 ･試行地における集材路線の選定 ･試行システム実施の機械の選定 ･試行システムの実施について	
第3回検討会(報告会) (平成 25 年 2 月 25 日)	･試行作業の実施報告 ･試行システムの課題等について	･研究機関、地域事業体、行政等、総勢 12 名の参加

写真 3.10　検討会開催状況（左から第 1 回、第 2 回、第 3 回）

4) 新たな取り組み先進地域調査

林地残材の集積及び搬出に重要な路網について、独自の考え方に基づいて「壊れない道づくり」を実践している、山梨県甲斐市の有限会社藤原造林を調査先とした。調査先では、実際に路網開設中の現場に行き、オペレーターから地形や地質等を考慮した道づくりのポイントや、路網選定上のポイント等を現場で解説した上で、不明点・疑問点等に関する質疑応答を行った。先進地域調査の概要は表 3.48 に示すとおりである。

表 3.48　金山町森林組合による先進地域調査の概要

項目	内容等	備　考
調査先	山梨県甲府市、有限会社藤原造林施業地	【路網開設の作業現場】
調査日程	平成 24 年 9 月 7-8 日	
調査者	金山町森林組合 5 名、検討会メンバー1 名、計 6 名	
調査項目	・「壊れない道づくり」の考え方。地質が安定した尾根沿いの搬出路の開設。 ・作業路の路線選定の考え方及びその実地実習 ・路網を活用した作業システム(幅員 2.5m にマッチした小型車両系作業システム)	

5) 新たな作業システムの試行的実施

前述のとおり、金山町森林組合では、伐採後の地拵えは、人力主体もしくは一部に油圧ショベルやグラップルの機械を導入して行っていた（写真 3.11)。また、今までは、林地残材の積極的な利活用に関する取り組みはしてきていない。

写真 3.11　人力による地拵え(左)とグラップルによる筋置(右)

そこで、「地拵え」と「林地残材の造材・搬出」を一連の作業工程として捉え、それらの工程における省力化や効率化を目指し、試行的に機械を用いて検証することとした。具体的には、地拵え工程（筋置・集積）に利用する機械と、造材・搬出工程に利用する機械をそれぞれ複数準備し、最適な組み合わせによる効率的な作業システムを検証する試行とした。なお、搬出路網の計画と、一部路網の開設も行った。

［試行に係る林地の概要］

試行地の概況及び図面は、表 3.49 と図 3.14 のとおりである。試行地には、大径材生産以外で、金銭的に収支が合わない部分は林地に廃棄されていた（写真 3.12）。

表 3.49　試行地の概況（山形県最上郡金山町飛森）

項目	数量等	備考
林齢(伐採時)	84 年生のスギ林	用材のみ搬出済:平成 22 年冬季に伐採
試行面積	0.15ha	1 箇所 0.05ha×3 パターン
立木本数(伐採時)	420 本	3 箇所のプロット調査から算出
平均樹高	35m	
平均胸高直径	42 cm	
蓄積	8,000 ㎥	
平均傾斜	20°	
路網密度	50m	既設作業道
平均搬出距離	700m	

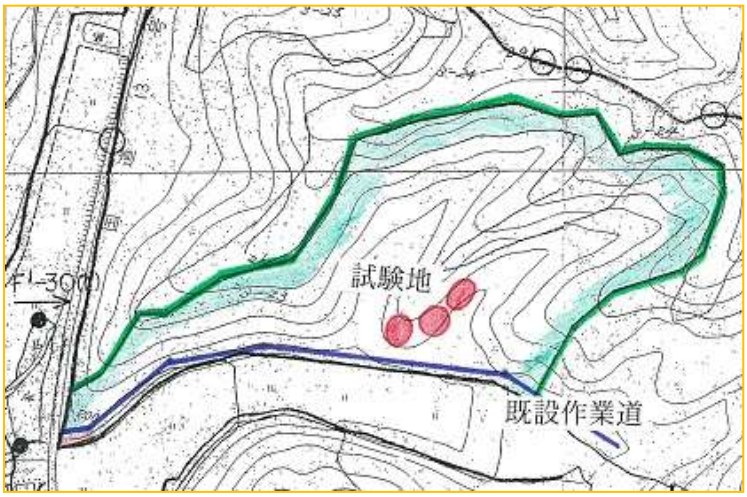


図 3.14　試行地の図面(山形県最上郡金山町飛森)

写真 3.12　試行地の状況

［地拵えと林地残材の造材・搬出の一体的作業システムにおける作業内容と機械の組合せ］

試行は図 3.15 のように、A 工程の地拵えと B 工程の林地残材搬出に分けて実施した。A 工程及び B 工程は、A1～A3 及び B1～B3 のそれぞれ 3 パターンずつ試行した。

図 3.15　工程別の使用機械の組合せパターン

［A 工程：地拵え及び集積］

パターン別に使用した機械は、次のとおりである。

A1 機械：油圧ショベル	コマツ PC78US-8
A2 機械：マルチグリップ	HOLP 社製 MG3S
A3 機械：グラップル	HULTDINS 社製 MG12

これらの A1～A3 の試行地はそれぞれ 0.05ha と同一とし、それらの試行地で上記の機械をそれぞれ用いた。A 工程では、林地に分散している林地残材の種類別に、次のような処理を行った。

［木寄せ］：端材

［筋置］：枝条

［集積］：端材、伐根、長木

その結果を表 3.50 に示す。

表 3.50　A 工程の試行結果

項目	機械			備考
	A1 油圧ｼｮﾍﾞﾙ	A2 ﾏﾙﾁｸﾞﾘｯﾌﾟ	A3 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	
筋置作業時間	59 分	75 分	46 分	
筋置延長	114.0m (1.93m/分)	92.5m (1.23m/分)	93.5m (2.03m/分)	
筋置層積	61.56 ㎥ (0.4×1.35×114)	66.13 ㎥ (0.65×1.10×92.5)	54.69 ㎥ (0.65×0.90×93.5)	高さ×幅×延長
時間当たりの筋置材積	**1.04 ㎥/分**	**0.88 ㎥/分**	**1.19 ㎥/分**	筋置層積/作業時間
集積した材積	5.0 ㎥	3.5 ㎥	1.7 ㎥	
集積時間	30 分	73 分	43 分	
集積量/分	**0.088 ㎥/分**	**0.024 ㎥/分**	**0.020 ㎥/分**	集積材積/集積時間

表 3.50 における筋置作業時間では、A2 マルチグリップが最長との結果であったが、当機械は、油圧ショベルの標準バケットに、「掴む」と「回転する」機能を追加しているため、検討会の議論の中では、その効率性は期待されていたものである。

機械オペレーターの作業時の使用状況をヒアリングしたところ、「作業性には問題がなく、ヘッドが回転することで、標準バケットより斜面の作業性と地表に対してヘッドの追従性が高く、丁寧な仕事が可能である」、と地拵え作業に対しての評価は高かった。また、集積機能については、「伐根の掘起し・除去や、林地残材の掘削、一定方向に揃って倒される支障木等を木寄せする場合等のグリップ（掴む）能力は効率的であるが、皆伐作業後の林地残材のように、不揃いな形状や大きな伐根等を掴んで集積する場合はグラップルと異なり、掘削用バケットに近い形状のため、まとめて材を掴むことができず、不便を感じた」、と集積作業の効率は、グラップルと同様とはいかないようであった。

マルチグリップは、残材を一つ一つ掴むことしかできないため、集積の作業時間がかかってしまったと推測され、寄せ集めるのか、はい積みするかによって作業の効率が大きく変わることが示唆された。

また、筋置延長と筋置層積は、試行地に散在していた林地残材量に依存するが、各パターンにおける時間当たりの筋置材積では、グラップルの効率が 1.19 ㎥/分と最高であった。集積した残材量を考慮すると、次に効率が良かった油圧ショベルに比べ、約 14%の優位性があった。

一方の集積材積は、搬出対象となる林地残材の量と形状、分布等が、試行地毎に異なったため単純比較はできないが、油圧ショベルによる集積作業が、時間当たりの材積が最多であったため、優位性が高かったと考えられる。

以上から、筋置作業と集積作業の両者を考慮する場合、筋置作業で優位なグラップルの方が、トータルで A 工程の地拵えには適していると考えられる。つまり、一度集積した後の工程との連携を考えると、積み上げる動作が可能なため有利であると考えられる。油圧ショベルは、試行前の予想を覆し、特別な機能を備えていなくても、A 工程の地拵えに使用できることが判明

した。但し、筋置の場合、筋置きの幅が平均 1.35m（表 3.50）と他機械より広く、植栽面積の減少や作業面積の減少による影響などが懸念されるところである。

［地拵え及び集積の従来人力作業と機械地拵えとのコスト比較］

①　コスト比較

A 工程の試行作業において、機械地拵えは傾斜 20 度未満の機械作業可能地であれば、表 3.51 のとおり、従来の人力作業に比べてコスト的に 43～50%有利であることが分かった。また、山形県の地拵え標準作業人工 30 人に比べ、2.3～3.8 人日で作業が実施できることから、人的資源は 90%程度の省力化が図れることとなり、林業事業体の経営効率に与える効果も大きいと考えられた。

表 3.51　A 工程の機械地拵え時の作業時間と経費試算

機械	作業時間	作業費試算	回送経費	刈払い	合計	従来作業費との比較
油圧ショベル	20 時間（3.07 日）	77,000 円	30,000 円	72,000 円	179,000 円	△181,000 円（△50%）
マルチグリップ	25 時間（3.80 日）	104,448 円	30,000 円	72,000 円	206,448 円	△153,552 円（△43%）
グラップル	15 時間（2.30 日）	62,000 円	30,000 円	72,000 円	164,000 円	△196,000 円（△46%）

【コスト分析前提条件】

1.機械損料　油圧ショベル：4,650 円/日　・燃料費:@140 円/L×60L/日
マルチグリップ:6,800 円/日　・人件費:@12,000 円/日
グラップル:6,500 円/日　※機械損料は 5 年均等償却、稼働率 200 日/年で試算

2.従来の人力地拵えの作業単価　@360,000 円/ha

②　機械の選定

機械地拵えにおける筋置きや木寄せ作業等は、一般に汎用機械としてレンタルされている標準バケットの油圧ショベルでも、1.04 ㎥/分の林地残材の筋置き作業を行うことが可能であった。優位な結果であったグラップルの 1.19 ㎥/分の作業量と比べても、13%程度の差しか見られず、機械地拵え作業への利用は効果があると考えられた。

これにより、特殊な林業機械を設備しなくとも、機械地拵え作業が十分に可能であることから、保育作業中心の事業体と運材が可能な林産事業体との連携、協働の可能性も示唆された。

［B 工程：林地残材の造材及び搬出］

B 工程は、A 工程の機械地拵えによって集積された林地残材について、それらを林地からトラックの積み込み場所まで小運搬する工程であり、

- 更新作業の面では、植栽面積を減じる不要な林地残材が撤去され、作業員の林内移動を妨げる林地残材がなくなることで、作業負荷の軽減にも繋がる。
- 木質バイオマスの生産と考えた場合、経済的に無価値であった林地残材が有価値となり、地域の新たな林産物としての経済効果が期待される。

という 2 つの効果を生む工程であることを認識し、試行作業に取り組むこととした。

B 工程における試行作業は、A 工程で 3 箇所の試験地で実施して集めた材を、運材車（フォワーダ）及び大型トラックに積載が可能な 2m 以下の長さに造材（玉切り）し、運材車への積込、運材、トラックへの積込を行う山土場へ集積をした上で、機械別の複数パターンにより 1 サイクルの作業時間を計測し、各々の作業効率を比較した。

A 工程の機械地拵えを行った後、A 工程の集積した林地残材を B 工程の造材や搬出として活用した。それぞれの対応は次のとおりで、使用した機械は以下に示し、集積状況は写真 3.13 のとおりである。

A1 油圧ショベル＋B1(チェーンソー+グラップル+運材車)

A2 マルチグリップ＋B2(ハーベスタ＋運材車＋グラップル)

A3 グラップル＋B3(ハーベスタ＋グラップル付フォワーダ)

B1 機械：運材車　諸岡社製 MST800
B2 機械：運材車　諸岡社製 MST800、ハーベスタ　AFM 社製 ARBRO400S
B3 機械：ハーベスタ　AFM 社製 ARBRO400S、 グラップル付フォワーダ　諸岡社製 MST800+ｸﾗﾅﾌﾞ社製ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙｸﾚｰﾝ

写真 3.13　工程 A 実施後の林地残材集積状況（左:A1、中:A2、右:A3）

B 工程（林地残材の造材・搬出）に係る試行作業工程と調査結果は、表 3.52 のとおりである。また、造材と運材における所要時間と処理量の実績から、単位量当たりの生産性を表 3.53 に示した。造材・運材処理を施した林地残材の内訳は表 3.54 に示した。

表 3.52　B 工程の試行結果

	条件(作業システム)	結果		
		項目	数量	割合
B1	A1 試行地(油圧ショベル集積地) ﾁｪｰﾝｿｰ造林→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ積込→運材車運材(289m)→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ(0.25 m³)荷下ろし	◇　造材＋はい積作業	42分	
		造材時間	34分	81
		はい積時間	8分	19
		◇　運材作業	42分	
		積込時間	15分	36
		運搬時間	7分	17
		積降時間	13分	31
		移動時間（現場戻）	7分	17
		◇　造材材積	5.0m3	
		項目	数量	割合
B2	A2 試行地（マルチグリップ集積地） ﾊｰﾍﾞｽﾀ造材→ﾊｰﾍﾞｽﾀ積込→運材車運材(319m)→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ(0.25 m³)荷下ろし	◇　造材・積込	34分	
		造材時間	14分	41
		積込時間	15分	44
		その他（人力）	5分	15
		◇　運材作業	27分	
		運搬時間	8分	30
		積降時間	15分	56
		移動時間（現場戻）	4分	15
		◇　造材材積	3.5m3	
		項目	数量	割合
B3	A3 試行地（グラップル集積地） ﾊｰﾍﾞｽﾀ造材→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾌｫﾜｰﾀﾞ積込→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾌｫﾜｰﾀﾞ運材(349m)→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ荷下ろし	◇　造材・積込	44分	
		造材時間	16分	36
		積込時間	28分	64
		◇　運材作業	31分	
		運搬時間	9分	29
		積降時間	18分	58
		移動時間（現場戻）	4分	13
		◇　造材材積	1.69m3	少ない

表 3.53　B 工程における試行機械種別の生産性

項目		機械種別			備考
		B1 ﾁｪｰﾝｿｰ→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ→運材車→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	B2 ﾊｰﾍﾞｽﾀ→運材車→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	B3 ﾊｰﾍﾞｽﾀ→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾌｫﾜｰﾀﾞ→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	
造材(玉切り)	1 時間当たり処理量(m³/時)	7.0	15.0	6.3	
	1 日(6.5h)当たり処理量(m³/日)	**45.5**	**97.5**	**41.0**	
運材	1 時間当たり処理量(m³/時)	7.14	7.77	6.34	
	1 日(6.5h)当たり処理量(m³/日)	**46.41**	**50.51**	**41.21**	

表 3.54　B 工程における試行機種別の処理数量内訳

B1 ﾁｪｰﾝｿｰ→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ→運材車→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ		B2 ﾊｰﾍﾞｽﾀ→運材車→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ		B3 ﾊｰﾍﾞｽﾀ→ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ付ﾌｫﾜｰﾀﾞ	
種別	数量	種別	数量	種別	数量
ｽｷﾞ伐根	10 個	ｽｷﾞ伐根	4 個	ｽｷﾞ伐根	16 個
ｽｷﾞ(5-6m)	30 本	ｽｷﾞ(2-3m)	15 本	ｽｷﾞ(2-5m)	22 本
ﾏﾂ(4-7m)	32 本	ﾏﾂ端材	8 本	ｽｷﾞ端材	16 本
		ﾏﾂ(2-3m)	3 本	雑木端材	2 本
		ﾏﾂ(4-7m)	7 本		
計	72 本	計	37 本	計	56 本

表 3.52 に示すＢ工程の結果について、次の事項が明らかとなった。

A　Ｂ１はチェーンソーによる人力造材であったため、造材作業を行う上でグラップルによる木寄せ作業が必要となった。造材が必要な材が多いため、そのグラップルではい積み作業が発生したが、運材車への積込作業と並行することで、はい積み作業を省くことが可能と思われた。

B　表 3.53 において、造材時の 1 日当たりのハーベスタ処理量が、B2 の試行では 97.5 ㎥/日であったが、B3 の試行では 41.0 ㎥/日と半分以下の処理量となり、結果に差異が出た。これは、表 3.54 より、造材の処理数は B2 が 37 本(個)、B3 が 56 本(個)と、B3 の処理量が 51%多く、その上、伐根のようにハーベスタ処理は不要であるものの、短尺のため材積量が少ない材が B3 は B2 の 4 倍の処理数があった。

　そのため、B3 で処理する林地残材の形質次第で、B2 の結果に近づくと考えられ、結果として、長尺材が多く集積される区域では、ハーベスタ、プロセッサ等の造材能力のある機械が有効と考えられた。

C　積込時間については、B1 と B2 のグラップルが最も優位で、B3 のグラップル付フォワーダでは、予想以上に時間を要する結果となった。林地残材の形状が一様でないため、材の形状に合わせて荷台に積み込む作業は、B1 と B2 におけるヘッドが固定式のグラップルの操作性が高く、B3 のフォワーダに装着されている非固定式ヘッドのグラップルは、積み込む材の選別作業に時間を要した。B3 は B1 と比べ運搬材積が 3 分の 1 にも係らず、積込時間が 28 分とかかっている事からも、細かい不定尺しかない林地残材の収集運搬には B3 のグラップル付フォワーダは不利と考えられ、枝葉のついた梢端部分の処理には、効果を発揮するものと考えられた。

D　各試行パターンにおける運搬距離の差は 50m 以内であったため、運搬時間に大差はなかった。

E　B1 及び B2 は、荷下ろしをグラップルで行ったため、作業時間に大差はなかった。しかし、グラップル付フォワーダを用いた B3 では、運材量を考慮すればグラップルによる荷下ろしより時間がかかっているものの、積込み時よりは時間差が小さかった。

　したがって、フォワーダの荷台上や仮はい積みされているような、既に材が整理されている場はや、フォワーダに装着された非固定式のグラップルでも、ある程度の作業効率は確保できた。

F　データ取得以外の作業時は、伐根等の短尺材のみの運材で、トラックへの積込場所にはい積みを必要としない場合は、荷台のダンプ機能（ダンプアップ）を利用することで、荷下ろしの時間を著しく短縮することが可能であった。

以上、試行結果のまとめとして、表 3.53 が示すとおり、B2 の造材時にハーベスタの処理量が抜きん出て優れていた。一方の B3 は、林地残材量及び形質から、造材時にハーベスタを導入したのは、不適当であったと考えられた。

また、1 時間当たりの運材量は、6.5～7.5（㎥/時）程度の範囲に結果が集約されたことから、林地ごとの残材の状況に合わせて、造材工程と積込工程までの作業種と機械の組合せを選択することによって、安定した搬出量が確保できると考えられた。

［林地残材の生産コストの試算］

本取り組みにおける「機械地拵え及び集積（A 工程）」及び「林地残材の造材・搬出（B 工程）」に関して、次の条件でコスト分析を行った。

【林地残材の生産コストの試算の条件】

- 林地残材の想定数量：100 ㎥/ha（枝条も搬出対象）
- 1 日当たりの作業時間：6.5 時間
- トラック運材を 50km 圏内、@1,500 ㎥と想定
- 作業員単価：12,000 円/日
- 機械は全て購入。機械損料は、金山町森林組合が機械を取得した場合の減価償却費を想定

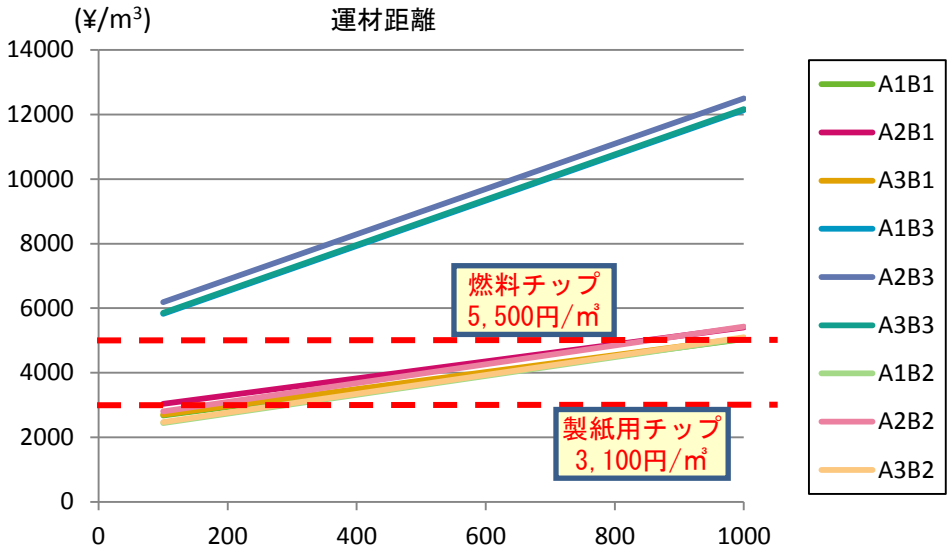


図 3.16　A 工程と B 工程の組合せによる運材距離別の林地残材生産コスト

図 3.16 のとおり各組合せパターンとも、運材距離に比例してコスト高となった。最安値となるのは、A1B2 の組合せで運材距離が 100m の際に 2440 円/㎥で、最高値は A2B3 の組合せで運材距離が 1000m の時に 12,500 円/㎥となった。B 工程に B3 を含む組合せによる林地残材生産コストが、それ以外の組合せより 2 倍以上高価となっており、使用機械（ハーベスタ、グラップル付フォワーダ）の機械損料が効いていると思われた。

生産コストの目安として、製紙用チップとの価格競争力は、運材距離 200m 程度、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）に該当すると思われる燃料用チップの買い入れ想定額を 5,500 円/㎥と想定すると、運材距離が 800m から 1km 程度の運材であれば、林地残材の利用は十分可能であると考えられた。

［B 工程の試行結果のまとめ］

① 林地残材の生産（造材）

表 3.53 より、B1 のチェーンソーと B3 のハーベスタの 1 時間当たり処理量（/㎥）が 7.0 ㎥/時と 6.3 ㎥/時と大差がないことは、集積された残材の形状（長さ）と量によっては、チェーンソー作業でも十分効率的であると考えられ、ハーベスタ等の高性能林業機械を利用する場合は、残材の形状が長尺で、ある程度の量が確保・集積されていることが前提で、その際はチェーンソー作業の 2 倍以上の効果が発揮できると考えられた。

比較的大規模な皆伐地や、パルプ材を搬出せず端材全般が林地残材として放置されている現場では、高性能林業機械を利用した作業が優位であり、小面積皆伐地やパルプ材の搬出も行った現場については、端材の短尺材や枝条が木質バイオマス燃料の搬出対象となるため、高性能林業機械の利用は今後も検討を要すると考えられた。

② 林地残材の搬出（運搬）

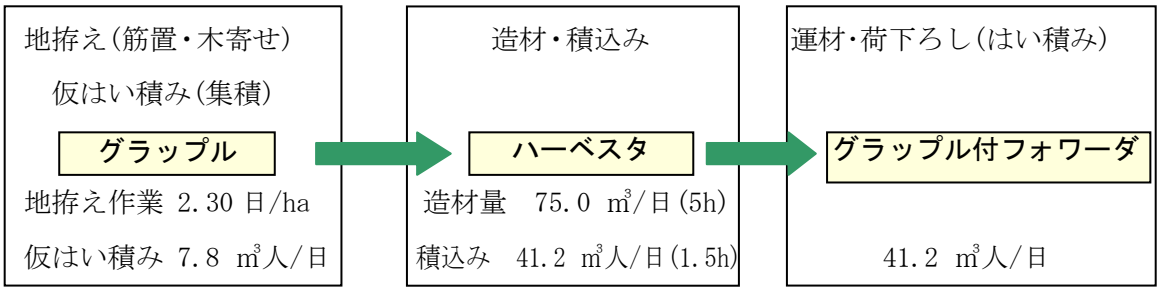
搬出作業時に、試行地の運材距離に大差がなかったため、B1 から B3 まで運搬に要する時間は変わらず、距離と時間は当然ながら比例関係にあった。

林地残材の積込作業は、その形状が揃っていないことで、運材車の荷台にパズルを組み合わせるように材を積み合わせる作業となり、B1 のヘッドが固定式のグラップルは、動きの自由度が高い分、作業効率は高く、非固定式のハーベスタやグラップル付フォワーダ等は、小径木や梢端が整理され、はい積みされた状態であるという条件下であれば、固定式グラップル相当の効率になると考えられた。

機械地拵えによる集積作業をグラップルで行う場合は、材を整理して仮はい積みが容易なことから、グラップル付フォワーダの非固定式との連携作業は効果があると考えられた。

③ A 工程と B 工程の一体的作業

試行作業の結果を踏まえ、各機械が 1 日以上稼動できる面積が確保され、林地残材も数量が確保される場合、「機械地拵えと林地残材の搬出の一体的作業」の効率の高い組合せは、下図と考えられた。



グラップルでの地拵え作業により、林地残材の集積規模が大きい程、効率的であり、本事業の試行データからは、概ね 4ha 以上の施業地であれば有効であることが考えられた。

また、小面積皆伐等の作業では、林地残材の集積量や形状により、ハーベスタを除いたグラップルとグラップル付フォワーダの組合せが有効と考えられた。

6) 取組の評価点・課題点等

今回の新たな作業システムの試行的実施において、詳細分析の結果、得られた知見が数多くあった。その内容を表 3.55 に整理し、今後山形県内やその周辺域、もしくは森林施業、地形等の環境が類似した箇所での導入に向けた課題や、地域への普及の可能性について考察を加える。

表 3.55　試行的実施における主な評価点及び課題点の整理

【評価できる点】	
①（機械地拵え）試行した各機械種で省力化が図られ、効率性が向上した	
②（機械地拵え）従来人力作業より約 45%前後の低コスト化が図られる	
③（林地残材の造材）機械種によっては、作業効率が向上	今後も検証
④（林地残材の搬出）固定式のグラップルヘッドが積込作業に効果的	
【課題となる点】	
⑤ 林地残材量の確保	
⑥ 林地残材の残置状況を的確に把握し、機械を選択する判断が重要	
⑦ 形状の異なる林地残材の効率的な積込技術の必要性	
⑧ 林地残材の所有権及び利益分配等のルール策定が必要	

今回の試行では、林地残材の筋置・集積（A 工程）と、林地残材の造材・搬出（B 工程）に分けて、それぞれの工程に適する機械種の検討と、工程間の効率性について検証した。

林地残材の筋置・集積では、林地が傾斜 20°未満の機械使用が可能な条件が確保されれば、各機械種での試行は何れも従来の人力作業より、労働量及びコストの点で低減が図られることが分かった。特に油圧ショベルは、林業事業体以外でも所有率が高く、レンタル機やリース機も市場に多いため、利用可能性は非常に高いと考えられた。

A 工程で集積した林地残材は、利活用するために B 工程で造材・搬出を試行した。残置されていた林地残材の形状と量により、どの機械を選択し現地に導入するかの判断が難しいところである。特に、試行地は大径木生産の小面積皆伐地であったため、採算が合わない長材や、一株の体積が大きい伐根が残置され、相当量の木質バイオマスが回収されたが、60 年の標準伐期齢で伐採した林地や、全木もしくは全幹集材システムで施業された林地では、残置される木質バイオマス量が寡少な場合も想定される。他地域等でこの試行システムを導入する場合は、残置している林地残材量に対し、特に注意が必要であろう。

今回の試行では、不問として実施したが、林地残材の所有権や、木質バイオマスの販売による利益分配先について、事前に明確なルール策定が必要である。

さらに、素材生産業者と造林業者が一体となり、双方の作業が効率的に実施でき、類似作業を共有する機械で実施するなど、低コスト化や高効率化を目指した連携が必要となる。

今回の取り組みは、需要が高まる木質バイオマスの有効利用に資するものであり、機械化が十分に進んでいない作業・工程に一石を投じるものであった。森林施業における作業システムや植え付け手法を含め改良点があるため、実施事業体では今後も独自に試行をしていくこととしている。

［情報発信事例］

平成 25 年 3 月 15 日に最上地域林業振興協議会の主催により、『平成 24 年度最上地域森林・林業再生シンポジウム』が開催された。当日は、57 人の参加者を集めて、最上広域交流センター「ゆめりあ」で開催された。シンポジウムでは、平成 24 年 4 月からスタートした森林経営計画について、山形県鶴岡市温海地区の事例に関する講演の後、最上地域における森林・林業再生に向けた取組等の報告がなされた。その中で、今回の金山町森林組合における取組事例報告が行われた（写真 3.14）。今回の試行地と同様の状況がある山形県最上地域内において、大径材施業地における林地残材の有効活用に関しての普及が期待された。

写真 3.14　シンポジウムでの発表状況

3.5　神子沢林業（山梨県富士吉田市）

1）取組を実施しようとする地域の森林・林業の概要と特徴

山梨県の南部には、日本最高峰の富士山が聳え、地誌的に独特な景観を呈している。試行地の富士吉田市を含む富士北麓地域は、周囲を山に囲まれており、南は富士山、東は道志山塊の杓子山、石割山、北は御坂山系の三ッ峠、黒岳、十二ヶ岳、王岳が連なり、西には天子山塊がある。富士山体に常時流水はなく、年間降水量 20 億㎥と言われる降水・降雪は深く浸透し、伏流して富士吉田市の泉端やその他湧泉、忍野八海等に湧出し、さらに 5 つの湖となっている。

試行地付近からの富士山頂

富士山の地表を形成する地質は、集塊質泥流及び火山砂礫と溶岩流から構成されている。富士山の第 3 期溶岩流は、主に御中道を境として、中腹以上の山体を構成し、その質は堅実粘性に富み、流下距離は短い。また第 4 期溶岩流は末期の噴出になるもので、中腹以下の山腹及び山麓一帯の溶岩はこれに属する。

富士北麓地域の気象は、標高が高く、高原的気候に加え、寒冷多雨である。年平均気温は 10.1℃、8 月の平均が 21.7℃、厳寒期 1 月の平均気温は－1.2℃で、県内でも最も寒い地域である。降水量は、平均が 1,480mm であるが、山中湖畔のように 2,000mm を超える地域もある。

そのような自然条件下の森林は、標高 770m から 3,400m に立地し、天然林の分布は概ね我が国の垂直的森林帯を代表しており、標高 1,500m 付近より下部のツガ、モミ、ブナ、ミズナラ等の温帯性山麓地帯、1,500m 以上のコメツガ、トウヒ、シラベ等の亜寒帯性高山地帯、カラマツ、ダケカンバ等の寒帯性矮樹地帯、コナラ、クリ等の温帯性低山地帯及びカラマツ林の特殊地帯に大別される。また、造林事業は富士山北面一帯で行われ、植栽樹種はカラマツ、アカマツ、シラベ、ウラジロモミ等である。なお、富士山北面の試行地一帯は県有林内のカラマツ林であり、富士吉田市の森林面積は、国有林 14ha、県有林 5,447ha、民有林 3,045ha で計 8,506ha である。

図 3.17 のとおり、山梨県内の齢級別人工林面積は、国有林を除いた県有林＋民有林で約 149,894ha であり、利用可能な 9 齢級（45 年生）以上の割合が 7 割以上となっている[7]。今後の木材生産の増大が予想されるところである。

[7] 平成 24 年度山梨県林業統計書

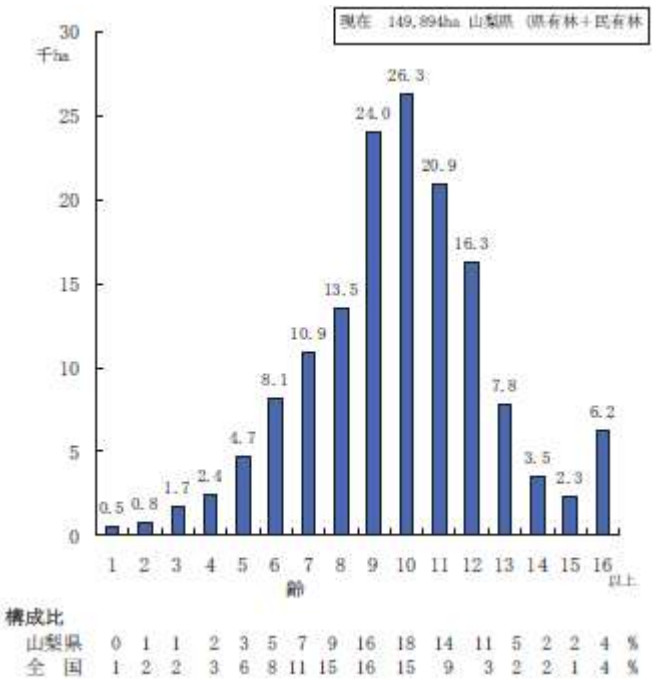


図 3.17　山梨県の齢級別人工林面積

2) 取組による作業システムの改良ポイント

山梨県富士吉田市の富士山北麓地域における施業箇所では、主な樹種構成がヒノキ 30%、スギ 20%、アカマツ 15%、カラマツ 10%、他広葉樹 25%となっているが、特にカラマツの多い林地での試行となった。従来の作業システムは、表 3.56 のようになっている。今回の取り組みは、運材工程におけるフォワーダの処理能力が他工程よりも低く、作業システム全体のボトルネックとなっており、さらに運材距離が概ね 500m を超えると採算性が悪化することから、森林施業が可能な林地が限定される結果となっている。

そこで、試行システムでは、走行速度の速いホイール式フォワーダ（IHI 社製 F801）を導入し、機械の走行性及び作業性の把握等を行うこととした。

表 3.56　現行システムと試行システムの比較

従来	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	運材 ﾌｫﾜｰﾀﾞ
試行システム	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	集材 ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	**運材** **ホイール式フォワーダ**

3) 多様な主体が参画する検討会の開催

神子沢林業と地域の素材生産業者等を中心に、検討会を構成した。検討会には、研究機関として東京農工大学及び山梨県森林総合研究所、地元山梨県森林組合連合会、F801 の製造元である IHI 社、機械のレンタル会社が参画した。試行データ取得及び分析、コスト解析や助言・指導は東京農工大学が担うこととした。検討会に参画した主な主体を表 3.57 に示した。また検討会の開催状況は表 3.58 のとおり 4 回実施し、うち 1 回は一般参加者を含めた現地検討会であった（写真 3.15 参照）。

表 3.57　神子沢林業の取組課題に対する検討会参画主体

区　分	主体名称
事業主体	神子沢林業
研究機関	東京農工大学農学研究院自然環境保全学部門
	山梨県森林総合研究所
地元事業体	山梨県森林組合連合会
機械関連	IHI 建機株式会社
	株式会社ヨシカワ

表 3.58　神子沢林業の検討会開催状況

開催時期	検討内容等	備　考
第 1 回検討会 （平成 24 年 9 月 20 日） ※先進地域調査時に実施	・事業の取組概略説明 ・先進地域調査項目の検討 ・試行作業システムの調査項目、調査方法の検討 ・調査スケジュールの検討	・翌日 9 月 21 日に先進地域調査を実施
第 2 回現地検討会 （平成24年10月29日）	・試行地の確認 ・試行システムの調査項目、方法の検討 ・現地検討会実施の内容確認	
第 3 回現地検討会 （平成24年11月21日） ※一般参加の受付	・調査地及び F801 視察 ・事業、調査についての質疑応答	・地域事業体、行政等、総勢 24 名の参加
第 4 回検討会 （平成 25 年 1 月 29 日）	・試行作業の結果報告 ・取組の総括 ・普及の可能性について	

写真 3.15　検討会開催状況（左から第 1 回、第 2 回、現地検討会(屋内)）

4) 新たな取り組み先進地域調査

従来システムでボトルネックとなっている運材工程で、ホイール式フォワーダである IHI F801 を所有・活用し先進的な取り組みを行っている、岐阜県高山市の飛騨高山森林組合を調査先とした。調査先では、フォワーダの走行性能及び備え付けのグラップルの操作性等に関する視察と、事業量や、作業システム全体の作業人員体制等に関する質疑応答を行った。先進地域調査の概要は、表 3.59 に示すとおりである。

表 3.59　神子沢林業による先進地域調査の概要

項目	内容等	備　考
調査先	岐阜県高山市、飛騨高山森林組合施業地	【オペレーティング訓練】
調査日程	平成 24 年 9 月 21 日	
調査者	神子沢林業 2 名、検討委員 5 名	
調査項目	・施業地の地形、林況、路網開設状況の把握 ・IHI F801 フォワーダの確認（性能･特徴、燃費等）。特にオペレーターの立場からの詳細な特徴について聞き取り ・実機を視察した後、試行実施に向けての着目点の検討 ・作業システムにおける人員配置等	

5) 新たな作業システムの試行的実施

従来フォワーダに比べ、走行性能や積載量等の点で上回るホイール式フォワーダを選考しレンタルすることとした。

レンタル元：株式会社ヨシカワ
レンタル機械：IHI 社製 F801

F801 についての性能や仕様等の基本データは表 3.60 のとおりである。また、従来から使用しているフォワーダ（イワフジ社製 U-3BG）の基本データは表 3.61 のとおりである。

表 3.60　F801 の基本データ

項目	能力等
● ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙﾛｰﾀﾞ	6.9m(オプション仕様 8.5m)
● サイズ	全長 7,000mm、全幅 2,270mm 全高 2,700mm
● 機械質量	9,100kg(ｵﾌﾟｼｮﾝ時 9,200kg)
● 走行速度	低速:7km/h、高速:14km/h
● 最低地上高	465mm
● ｱｰﾃｨｷｭﾚｰﾄ角度	45°
● エンジン	形式:いすゞ 4HK1X 出力:122kw/2000min-1 排気量:5,193cc
● 燃料タンク	150L
● 足回り仕様	前輪:タイヤ(幅 442mm)、後輪:クローラ(幅 550mm)

【当該機械の外観】

表 3.61　U-3BG の基本データ

項目	能力等
● ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙﾛｰﾀﾞ	5.2m
● サイズ	全長 5,170mm、全幅 1,905mm 全高 2,970mm
● 機械質量	4,350kg
● 走行速度	低速:5km/h、高速:10km/h
● 最低地上高	315mm
● エンジン	形式:いすゞ AA-4JG1T ﾃﾞｨｰｾﾞﾙｴﾝｼﾞﾝ、出力：55.9kw/2,150rpm、排気量:3,059cc
● 足回り仕様	クローラ(幅 400mm)

【当該機械の外観】

神子沢林業が本事業で取り組む内容は、従来から使用するフォワーダ（U-3BG）を、同じ施業地に試行フォワーダ（F801）を導入した際、生産性等がどのように変化するかを把握することである。

［試行地の諸情報］

試行は、富士山北東麓のカラマツ主体の県有林で行った。標高は約 1,700m 地点で、平均斜度は約 11°であった。試行は 11 月 20 日から 24 日まで実施した。その内、11 月 23 日は降雪のため試行を中止した。

作業路及び林道の配置は図 3.18 のとおりで、試行は短尺材を横積みにして（表 3.60 の写真参照）斜面を登坂するような形で行った。これは、F801 が能力をフルに発揮できる環境ではない中で、どの程度の能力を発揮できるかを確認する意味があった。

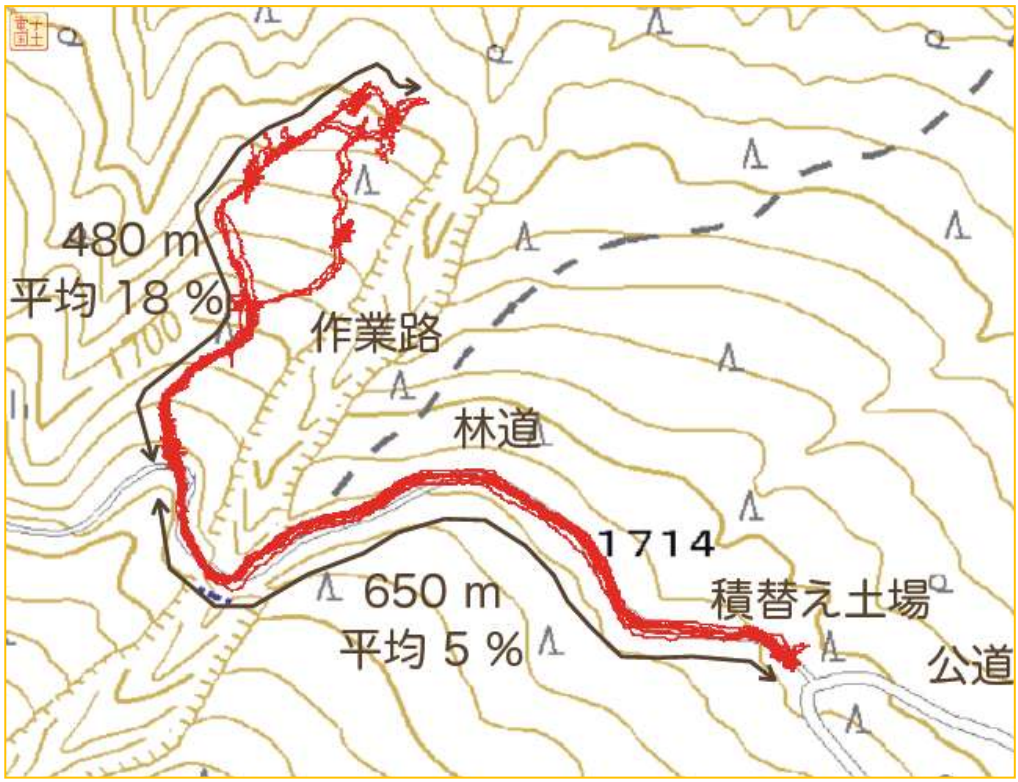


図 3.18　神子沢林業の試行地の概況図

［実際の試行作業の結果］

F801 と U-3BG には、それぞれグラップルローダが備え付けられている。最適な作業システムを模索するために、積込・積下ろしの作業を自機のグラップル（以降、自積載と称す）と、別車両のグラップル（日立建機社 Zaxis120）の使用（以降、他積載と称す）により、比較検証を行った。

作業結果を表 3.62 に示す。F801 の最大積載量は 4.5t であるが、積載後に上り坂を登坂できない事態が生じたため、意図的に積載量を減らした結果、自積載が 2.9t、他積載が 1.6t と

カタログ値より大幅に少なかった[8]。一方の U-3BG は、安定的に多くの材を積載することができ、他積載では給油量も 8.3（L）と少なく、燃料消費率は最も効率的な値 0.81（L/t）を示した。

表 3.62　従来と試行の両フォワーダの作業結果

	F801		U-3BG	
	自積載	他積載	自積載	他積載
搬出量(t)	20.50	9.54	9.05	10.24
搬出回数(回)	7	6	4	3
平均積載量(t)	2.93	1.59	2.26	3.41
給油量(L)	66.5	21.3	17.1	8.3
燃料消費率(L/t)	3.24	2.23	1.89	0.81

次に、積込作業について、その内容を分析した結果が表 3.63 である。

最も積込に掛かる時間が短かったのは、U-3BG と Zaxis120 の組合せで 12 分 20 秒と、最長の F801 単独より約 6 分 30 秒短かったことになる。1t 積載するための時間は、U-3BG と Zaxis120 の組合せがやはり 3 分 6 秒と最短であった一方、F801 では Zaxis120 で積込を行うより（7 分 47 秒）、備え付けのグラップルを使用した方が約 2 分早い（5 分 52 秒）という結果になった。

表 3.63　従来と試行の両フォワーダの積込作業結果の分析

	F801		U-3BG	
	自積載	他積載	自積載	他積載
積込時間	13′ 23″	7′ 39″	11′ 48″	5′ 37″
荷台整理時間	2′ 38″	1′ 17″	1′ 38″	1′ 23″
準備作業時間	0′ 41″	3′ 07″	0′ 58″	3′ 10″
はい整理時間	0′ 27″	0′ 21″	0′ 20″	0′ 26″
その他作業時間	1′ 44″	1′ 55″	0′ 51″	1′ 45″
合計	18′ 53″	14′ 18″	15′ 35″	12′ 20″
実働時間	17′ 09″	12′ 23″	14′ 44″	10′ 36″
平均積載量(t)	2.93	1.59	2.26	3.41
1t 積載当たり時間	**5′ 52″**	7′ 47″	6′ 31″	**3′ 06″**

ここで、グラップルが 1 把持に積み込む本数を解析した（表 3.64）。その結果、F801 のグラップルは高性能で、Zaxis120 とほぼ同一の処理能力があることが判明し、U-3BG のグラップルとは統計的にも差があることが分かった。参考に、U-3BG と Zaxis120 の把持能力にも有意差があったが、F801 と Zaxis120 には有意差はなかった。

表 3.64　各機械のグラップル 1 把持本数

	F801	U-3BG	Zaxis120
平均本数(本/把持)	5.4	3.8	5.4
F801	―	有意差あり	有意差なし
U-3BG		―	有意差あり
Zaxis120			―

[8] メーカーでは、試行地の表土の泥濘状況では、ホイールの空転はないとしているが、何故登坂できない事態が発生したか、機械の操作を含めて未だ解明されていない。

次に両フォワーダの走行速度について表 3.65 にまとめた。F801 の林道走行時の速度は、積み荷の有無に係らず概ね 13.1～13.7km/h と最高速度 14km/h に近い値が記録された。一方の U-3BG も積み荷の有無に係らず概ね 8km/h 前後であった。また、積み荷がある状態での登坂では、F801 が 5.7km/h であったのに対し、U-3BG は 3.8km/h であった。

表 3.65　両フォワーダの走行速度(km/h)の結果

	F801	U-3BG
空車作業道下り	6.2	6.6
実車作業道上り	5.7	3.8
実車林道	13.7	8.3
空車林道	13.1	7.6

以上から、今回の試行では、F801 の走行能力とグラップル把持能力は概ねカタログ値に近い結果が得られたが、登坂時の泥濘で走行不能となった事象が発生したため、積み荷が満載に近い状態での試行がほとんどできなかった。

［最大量を積載した場合の推定］

そこで、比較のために両フォワーダの最大積載量で仮想の比較を行うこととした。F801 の積載量を 4.5t、U-3BG の積載量を 2.5t とし、積込時間、荷台整理時間、はい整理時間は積載量に比例すると仮定し、林道距離を 650m、作業道距離を 300m の場合、表 3.66 のような生産性となった。つまり、今回の試行地であっても、F801 が満載近い積み荷があれば、自グラップル使用で 7.12t/時、グラップル Zaxis120 を使用した場合で 6.54t/時の生産性があったと推測された。一方の U-3BG では、自グラップル使用で 4.48t/時、別機の Zaxis120 使用で 5.80t/時の生産性であったと推測された。また、輸送作業時間は U-3BG で 17 分 16 秒であったが、F801 では 11 分 55 秒と約 70%短縮されることが判明した。

表 3.66　積載量が最大値の場合の両フォワーダの生産性

	F801		U-3BG	
	自積載	他積載	自積載	他積載
積込時間	20′ 35″	21′ 38″	13′ 03″	4′ 07″
荷台整理時間	4′ 03″	3′ 37″	1′ 48″	1′ 01″
準備作業時間	0′ 41″	3′ 07″	0′ 58″	3′ 10″
はい整理時間	0′ 41″	0′ 59″	0′ 22″	0′ 19″
先山作業合計	26′ 00″	29′ 21″	16′ 11″	8′ 37″
輸送作業	11′ 55″	11′ 55″	17′ 16″	17′ 16″
作業時間合計	37′ 55″	41′ 16″	33′ 27″	25′ 53″
平均積載量(t)	4.5	4.5	2.5	2.5
生産性(t/時)	**7.12**	**6.54**	**4.48**	**5.80**

続いてコスト分析を行うこととする。条件は次のように設定した。

- 購入価格(F801:1,900 万円、U-3BG:700 万円、Zaxis120:1,000 万円)
- 償却期間:5 年
- 残存価率:10%
- 年間稼働日数:200 日
- 維持補修費率:10%
- 軽油価格:120 円/L
- 人件費:15,000 円/日、1 日実働時間:6 時間

その結果、両フォワーダを使用した作業システム別の、必要経費を稼ぎ出すまでの時間を表 3.67 のとおり試算した。その結果、生産性は最も低い値であったが、U-3BG のみで積載及び搬出するのが、2.15 時間の作業で必要経費を回収できることとなった。次いで、F801 のみでは 2.32 時間の作業で必要経費が回収できることが分かった。

表 3.67　両フォワーダの必要経費を産出する時間

	F801		U-3BG	
	自積載	他積載	自積載	他積載
1 日当たり経費(円/日)	49,580	68,380	28,904	47,704
集材費(円/t)	3,000	3,000	3,000	3,000
必要搬出量(t/日)	16.53	22.79	9.63	15.9
生産性(t/時)	7.12	6.54	4.48	5.80
所用時間	**2.32**	3.48	**2.15**	2.74

6) 取組の評価点・課題点等

今回の新たな作業システムの試行的実施において、改めて気付いたり把握したりしたポイントが数多くあった。表 3.68 にその内容を整理し、今後山梨県内やその周辺域での導入に向けた課題や、地域への普及の可能性について考察を加える。

表 3.68　試行的実施における主な評価点及び課題点の整理

【評価できる点】	
① 操作性は非常にスムーズで、乗り心地は快適(キャビンが風雨を遮る)	
② キャビンによる安全性が高い	
③ グラップル操作時に運転席からの移動がない	
④ 高い走行性	
⑤ 一把持量が多いハイパワーなグラップル	
【課題となる点】	
⑥ 相対的に機械が高価で、燃費も悪いため、相当の事業量の確保が必要	
⑦ グラップル操作時、目線が低く、荷台フレームによりオペレーターの死角が増大	
⑧ 短尺材の横積みを想定していない(機械として非対応)	
⑨ 路網の全体デザイン	

今回の試行では、試行機械 F801 にとって悪条件地での取組であった。すなわち、走行性が発揮し難い上り勾配での運材、長材の縦積み仕様の荷台に短尺材を横積みという試行内容となった。

それでも、表 3.68 のように、④番の高い走行性や、⑤番のハイパワーなグラップルが、非常に効率的であると実証された。先進地域調査では、グラップルの別機を用いて積込作業を行っていたが、操作性に慣れれば実は作業性が高いことが判明したため、そこの認識は改めるポイントとなる。一方で、①番のキャビンの快適性や②番のキャビンの安全性が評価され、さらに③番のオペレーターが席を移動しなくて良いメリットがあるものの、⑦番の席の位置が低いため視認性が悪いという現況もあり、何を優先するかで長所・短所のレベルが複雑に入れ替わると考えられる。

また、悪条件とした短尺材の横積みについては、底板を荷台に設置し、短尺材の落下や引っ掛かりが予防可能となる。また、上り勾配地での自グラップルを活用した積込作業では、グラップルヘッドが固定式でないため、キャビンよりの荷台に積載できない現象が発生した（右写真）。さらに、前述した泥濘での走行問題も発生し、今回の試行で数点の改良ポイントが挙がったため、今後の改良が期待されるところである。そして、F801 を導入しやすいように、路網全体のデザインを事前にすることも有効である。つまり、（ｉ）幅員 3.0～3.5m 程度の道づくり、（ⅱ）約 13t の荷重に耐えられる壊れにくい路体の構築、（ⅲ）線形の工夫（突っ込み線形より周回路網の方がバック走行をせずに済む）、といったことが路網開設に求められてくる。

コスト面では、F801 は従来フォワーダより高価で燃費も悪いため、費用を補うだけの事業量が必要となる。特に、F801 の優位性が発揮できる現場が望ましい。

今回の試行では、従来と試行の両フォワーダで、主に走行性とグラップル機能の面を比較し優位性を実証してきた。しかし、従来型フォワーダにも長所があり、それぞれの機械に適した環境や使い方を行うことが、生産性の向上やコスト管理に必要となってくる視点であろう。対照機械として用いた U-3BG は、（Ⅰ）チップ材等の低質で短尺材の運材をする場合、（Ⅱ）自社グラップルを所有している場合、（Ⅲ）急勾配でない作業道がある場合などに適していると考えられる。（Ⅰ）と（Ⅱ）は試行で明らかとなっているが、（Ⅲ）については、U-3BG の全長（クローラ長）が短いため、勾配が急になると、いわゆるウイリー走行のような、前側が持ち上がり後転する危険性が考えられるため、勾配が急な林地では不適である。

F801 の導入に際しては、上り勾配の泥濘で走行不能となった点など、今回の試行で明確にならなかったこともある。今後、機械の長所・短所が把握されるようになり、地形的に F801 が走行可能な路網が整備済みもしくは整備される可能性があること、償却費が回収可能な事業量が確保できること、などがクリアされれば、山梨県内のなだらかな地形が多い、富士吉田、八ヶ岳山麓、増穂周辺などで導入の可能性が考えられる。また、長期的に事業量が確保できない場合を想定して、リース業界の値段や条件の緩和がポイントと考えられる。

3.6　田辺木材協同組合（和歌山県田辺市）

1）取組を実施しようとする地域の森林・林業の概要と特徴

和歌山県は、古くから『紀州・木の国』と呼ばれ、豊富な森林資源と優れた木材を生産する林業地として位置付けられてきた。和歌山県で生産された紀州材は、（Ⅰ）色合いが良く、つやが出る、（Ⅱ）目合いが良く狂いが少ない、（Ⅲ）強度・耐久性に優れている、という特徴を有しているとされてきた。

和歌山県の森林面積は 363,205ha で、そのうち民有林が 95%以上を占め、民有林の内訳は約 55%がスギ、ヒノキ等の人工林となっている（図 3.19 参照）。特に田辺市を含む西牟婁地方は、和歌山県 7 郡のうち約 35%の森林面積を有し（うち 93%は人工林）、県内でも有数の林業地帯となっている[9]。

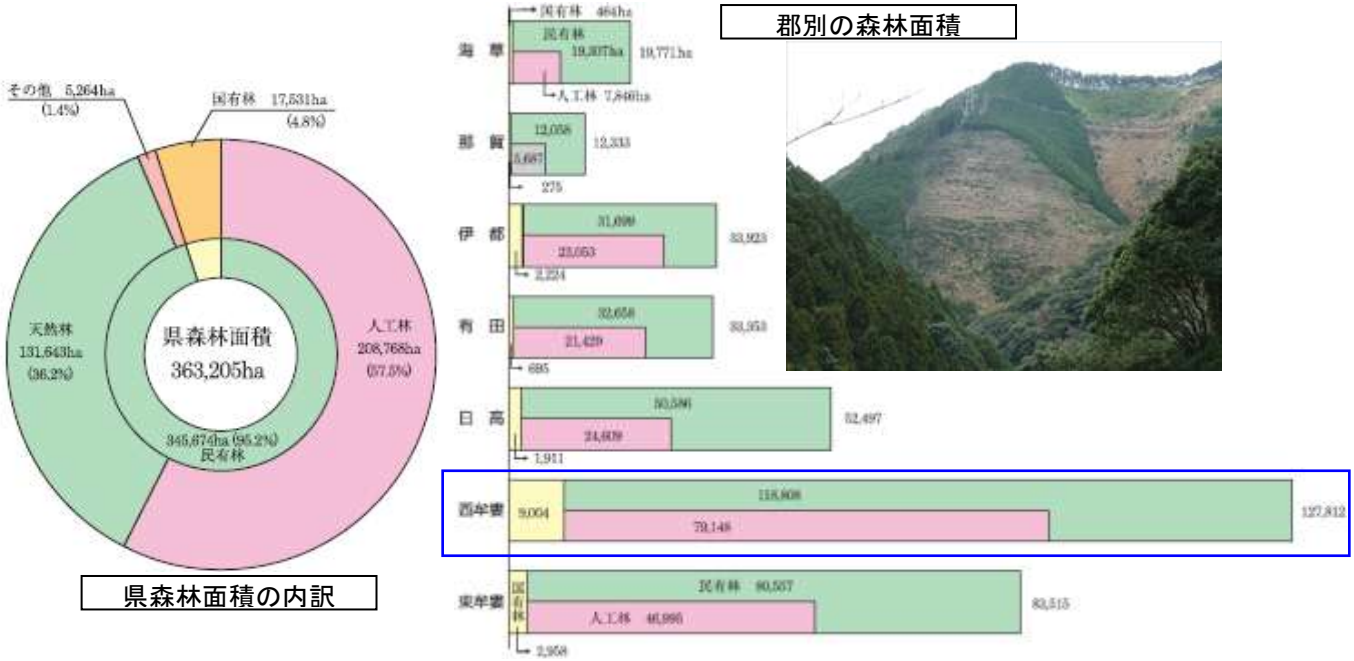


図 3.19　和歌山県の森林面積の現状（平成 23 年 4 月現在）

一方で、和歌山県の森林資源も全国と同様に推移してきており、戦後植林されてきた資源が成熟しつつあり、木材利用が可能な量が年々増えている。しかし和歌山県は急峻な地形が多く、50 年生以上の人工林は、傾斜 35°以上の急傾斜地に面積では 70%、蓄積では 74%が存在し、さらに林道からの距離が 400m 以上ある林地が森林面積の 65%を占める状況となっている（表 3.69 参照）。全県的に路網の整備も進んでいない現状について、急傾斜地が多いことも理由の

[9] 平成 24 年度和歌山県の農林水産業（林業部門）

一つとして挙げられ、全国平均の林内林道密度が 13m/ha に対し、和歌山県全体で 4.5m/ha、西牟婁地方で 5.2m/ha となっており（図 3.20 参照）、必然的に架線系作業システムが林業の中心となってきた地域でもある。

表 3.69　和歌山県の地形・路網と森林の立地関係（50 年生以上の人工林）

林道からの距離		100m 未満	100～400m	400m 以上	合計
傾斜 35°以上	面積	5,314ha (8%)	13,096ha (18%)	31,352ha (44%)	49,762ha (70%)
	蓄積	2,927 千㎥ (8%)	7,213 千㎥ (20%)	17,267 千㎥ (46%)	27,407ha (74%)
傾斜 35°未満	面積	1,814ha (2%)	4,634ha (7%)	14,807ha (21%)	21,255ha (30%)
	蓄積	824 千㎥ (2%)	2,104 千㎥ (6%)	6,723 千㎥ (18%)	9,651 千㎥ (26%)

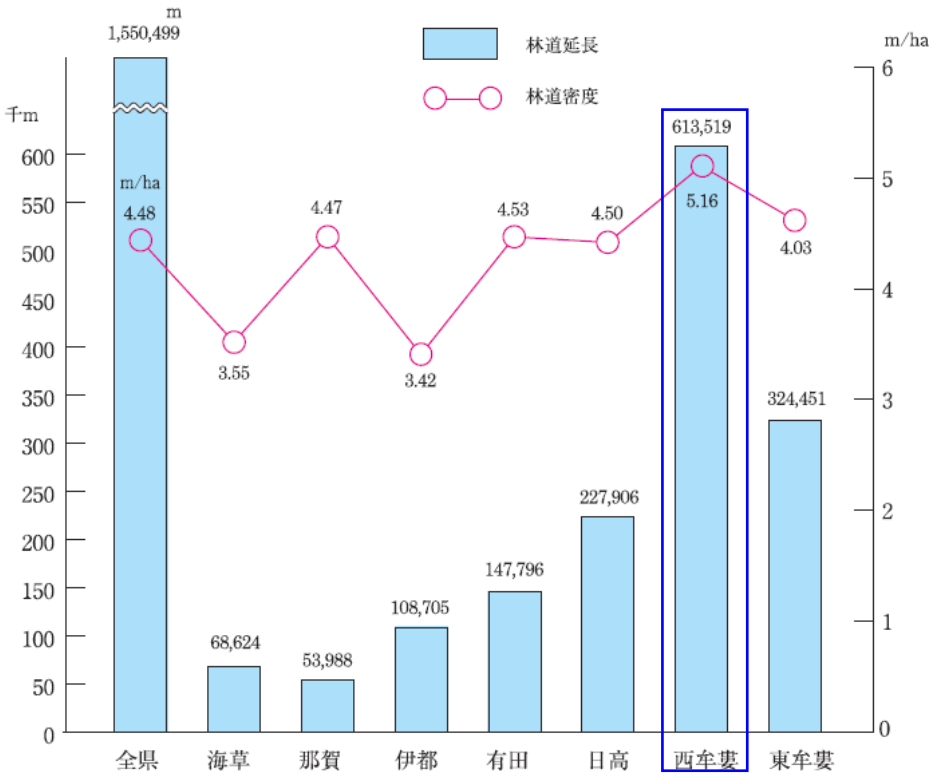


図 3.20　和歌山県の郡別民有林林道延長及び林道密度（県林業振興課資料:平成 22 年 3 月）

2) 取組による作業システムの改良ポイント

和歌山県西牟婁地方においては、高性能林業機械と高密度路網の組み合わせにより搬出間伐に取り組んでいるが、急傾斜地が多いことから、この方法に未対応の地域も多い。一方、従来から地域で実施されてきている集材機を活用した集材方法は、一度架設されると、集材速度が速く、大面積皆伐に適しているものの、架設・撤去に時間及び経費がかかる点が短所である。また、集材機の多くは昭和時代から継続利用されているものがほとんどで、機械の老朽化対策、安全対策の面でも問題を抱えている現状がある。

そこで、和歌山県内ではほとんど実績がないタワーヤーダと高性能搬器の組み合わせにより、急傾斜地で路網密度が低い林地からの集材工程の生産性の把握を行い、併せて、架線の架設の省力化の取組として、ラジコン飛行機を活用した索張りの試行を行うこととした。なお、急傾斜地における架線系作業システムについて表 3.70 に整理し、従来と試行の作業システムの比較を表 3.71 に示した。

表 3.70　集材距離別の架線系作業システムの整理

集材距離	作業タイプ	主な作業システム	路網整備の目安	主な施業種別	県内での実績
100m 未満	高性能林業機械型 短距離集材 (全木集材)	集材:ｽｲﾝｸﾞﾔｰﾀﾞ or ｳｲﾝﾁ付ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ 造材:ﾌﾟﾛｾｯｻ及びﾊｰﾍﾞｽﾀ	200m/ha 以上	間伐	有 (頻繁に実施)
100～400m	高性能林業機械型 中距離集材 (全木集材)	集材:ﾀﾜｰﾔｰﾀﾞ 造材:ﾌﾟﾛｾｯｻ及びﾊｰﾍﾞｽﾀ	25m/ha	皆伐 (小面積)、間伐	ほとんど無 (※従来林業架線型で実施:効率低下・割高)
400m 以上	従来林業架線型 長距離集材 (全木集材)	集材:集材機(ｴﾝﾄﾞﾚｽﾀｲﾗｰ式等) 造材:ﾌﾟﾛｾｯｻ及びﾊｰﾍﾞｽﾀ	未整備でも可能	皆伐 (大面積)	有 (頻繁に実施)

表 3.71　現行作業システムと試行システムの比較

従来	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	木寄せ・集材 集材機	造材 ﾌﾟﾛｾｯｻ	積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	運材 ﾄﾗｯｸ
試行システム	伐倒 ﾁｪｰﾝｿｰ	**木寄せ・集材 ﾀﾜｰﾔｰﾀﾞ+高性能搬器**	造材 ﾊｰﾍﾞｽﾀ	積込 ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ	運搬 ﾄﾗｯｸ

試行システムの高性能搬器には、荷外しの作業がリモコン操作で行えるオートチョーカーを用いた。リモコン操作のため、プロセッサのオペレータ等が荷を下ろした際に近寄って作業する必要がなくなるため、生産性の向上と共に、安全性も高まることが期待される。

従来型の集材機

3) 多様な主体が参画する検討会の開催

田辺木材協同組合の構成員を中心に、和歌山県、特に西牟婁地方の急峻地で森林施業に関わっている地元素材生産業者や、地域のニーズに対応してきた地元機械メーカー、地元林業活性化のための林業技術の開発や普及を行っている試験研究機関、そして行政を交えて検討会を構成した。検討会に参画した主体を表 3.72 に示す。また、検討会の開催状況は表 3.73 のとおり 5 回実施し、うち 1 回目は現地検討会で、一般の林業関係者が参加可能であった（写真 3.16 参照)。

表 3.72　田辺木材協同組合の取組課題に対する検討会参画主体

区　分	主体名称
事業主体	田辺木材協同組合
地域事業体	株式会社森匠
	奥平林業
	上浦林業
地元機械ﾒｰｶｰ	上道機械産業
研究機関	和歌山県林業試験場
行政	和歌山県農林水産部森林・林業局林業振興課
	和歌山県西牟婁振興局地域振興部林務課

表 3.73　田辺木材協同組合の検討会開催状況

開催時期	検討内容等	備　考
第 1 回検討会 （平成 24 年 9 月 15 日）	･事業の取組概略説明 ･架線系作業システムの現状と課題についての共有 ･今後のスケジュール	今後『架線集材の低コスト化･省力化技術研究会』の名称で活動することを承認
第 2 回検討会 （平成24年10月13日）	･改良システムの試行について ･先進地域調査について	
第 3 回検討会 （平成 24 年 12 月 8 日）	･先進地域調査のまとめ ･試行的実施の内容と実施体制	
第 4 回現地検討会 （平成 25 年 1 月 23 日） ※一般参加の受付	･作業システム視察(試行･従来型) ･試行的実施の取組内容と速報データ ･質疑応答	･地域事業体､行政等､総勢 35 名の参加
第 5 回検討会 （平成 25 年 2 月 13 日）	･試行的実施の実証結果について ･今後の方針について ･質疑応答	

写真 3.16　検討会開催状況（左から第 1 回、第 2 回、現地検討会）

4) 新たな取り組み先進地域調査

地形的に急峻地が広く分布しながらも、林業生産活動が盛んな高知県において、先進的に欧州製タワーヤーダによる架線系作業システムを導入している香美森林組合、高性能搬器を導入している物部森林組合、従来型集材機を活用して独創的な H 型架線取材を実施している株式会社とされいほくの 3 箇所を調査先とした。調査先では、各機械を用いた作業システムを視察した後、タワーヤーダと高性能搬器については、機械の長所・短所の特徴の把握や実際の導入に際しての課題等について意見交換をした。H 型架線集材については、集材機の現状等に関する意見交換を通じて、集材機のあり方まで議論が及んだ。

表 3.74　田辺木材協同組合による先進地域調査の概要

項目	内容等	備　考
調査先	高知県香美市 香美森林組合、物部森林組合、長岡郡大豊町 株式会社とされいほく	
調査日程	平成 24 年 11 月 12-13 日	
調査者	田辺木材協同組合 9 名、地元素材生産業者 3 名、和歌山県職員	
主な調査項目	・タワーヤーダと高性能搬器の使用条件等の把握（性能上、地形上など） ・必要な路網の整備等 ・作業性、操作性、生産性等の状況 ・機械利用における課題点の把握	【タワーヤーダ実践地の視察】

5) 新たな作業システムの試行的実施

従来の搬器に比べハイパワーな高性能搬機と、従来の集材機より架設・撤去が容易なタワーヤーダシステムを導入し試行することとした。なお、試行の実施の全ては、所有会社員及び所有会社委託者により行われた。

所有者：住友林業フォレストサービス株式会社
導入機械：KONRAD 社製リフトライナー3000(オーストリア製)
導入機械：KONRAD 社製 Mounty3000U(オーストリア製)＋ベース:いすゞ自動車(日本製)

リフトライナー及びタワーヤーダについての性能や仕様等の基本データは表 3.75 のとおりである。

表 3.75　リフトライナー及びタワーヤーダの基本データ

	項目	能力等	
リフトライナー3000	● 重量	0.65t	
	● サイズ	全長 1,650mm、全高 1,030mm 厚さ 630mm	
	● 本体出力	100ps(ｴﾝｼﾞﾝ:Volkswagen)	
	● 荷揚能力	3t	
	● 搬器走行	牽引式	
	● 主索	D20～D22(汎用品)	
	● 荷吊り策	D12mm 共心　100m	【リフトライナーの外観】
	項目	能力等	
Mounty3000U	● 積載トラック	いすゞ自動車 330ps	
	● サイズ	全長 8,000mm、全幅 2,450mm 全高 3,790mm	
	● 重量	20t	
	● タワー高	11m	
	● 搬器速度	荷有:5m/s、荷無:10m/s	【タワーヤーダの外観】

田辺木材協同組合が本事業で取り組む内容は、和歌山県内での試行の実績がほとんどないタワーヤーダと高性能搬器の組合せで、どの程度の生産性や各種能力の発揮があるかを把握することである（写真 3.17)。

写真 3.17　タワーヤーダ及び高性能搬器を用いた試行状況

［試行地の諸情報］

試行の概況は表 3.76 に、現地の地形及び索張り位置は図 3.21 にそれぞれ示した。

表 3.76　試行地の概況（和歌山県西牟婁郡白浜町玉伝地内）

項目	数量等	備考
面積	1.30ha	
林齢	58 年生	
立木本数	スギ 659 本、ヒノキ 832 本、計 1,491 本	間伐履歴:平成 9 年
立木密度	1,147 本/ha	
平均胸高直径	スギ:28.8cm、ヒノキ 25.4cm	
蓄積	スギ:394 m^3、ヒノキ 352 m^3、計 746 m^3	
平均傾斜	42°	下写真参照
林地状況	浮石多数	下写真参照
伐採･集材方向	皆伐･下げ荷(平均集材距離:165m)	

図 3.21　田辺木材協同組合の試行地の概況図

試行地は、スギ、ヒノキが植えられた 58 年生の人工林である。林地傾斜は平均で 42° と厳しい斜度であるが、和歌山県内では普通に見られる傾斜である。また、浮石が林内にたくさん見つけられ、一般的には非常に危険な林地であった。

［結果：生産性とコストの比較］

従来の架線集材による生産性と、今回の試行システムの生産性について、表 3.77 に示した。

その結果、試行したタワーヤーダと高性能搬器の組合せでは、先山に伐倒手 1 名とプロセッサのオペレーター1 名がオートチョーカーのリモコンを操作し、荷外しを行うことができることから、作業は計 2 名で行うことができ、労働生産性は 26.4 ㎥/人日となった。また、従来型の集材機をエンドレスタイラー式の架線で張った場合、労働生産性は 8.7 ㎥/人日で、文献に掲載されていた値は 11.0 ㎥/人日と、何れの値も労働生産性は試行システムを下回った。

表 3.77　従来システムと試行システムにおける生産性の比較(集材工程)

	平均集材距離(m)	時間当たり出材量(㎥)	日当たり出材量(㎥)※1	作業員数(人)	労働生産性(㎥/人日)	備考
試行システム	110	8.8	52.6	2	26.4	架設･撤去は含まない
(参考値)※2 従来型ｴﾝﾄﾞﾚｽﾀｲﾗｰ	130	4.3	26.1	3	8.7	〃
(参考値)※3 集材機	130	5.5	33.0	3	11.0	〃

※1:日当たり出材量は、実働 6 時間として積算
※2:集材範囲の約半数が吊り上げ揚程 3m 程度で低かった(引き摺る)ため、生産性が低かった
※3:全国林業改良普及協会(2001):機械化のマネジメント

試行した作業システムと従来型作業システムとの生産コスト比較は表 3.78 のようになった。試行したタワーヤーダと高性能搬器のシステムの方が、従来型より 1,000 円安価となった。

表 3.78　各作業システムの生産コスト比較

	生産コスト(円/㎥)	備考
試行システム	4,710	年間 8,000 ㎥生産
従来型ｴﾝﾄﾞﾚｽﾀｲﾗｰ実績値	5,710	年間 8,000 ㎥生産

※1:伐倒からトラック積込までを積算
※2:エンドレスタイラーについては、県内 5 箇所の平均値を引用した。

［結果：索張りの効率性］

索張りに関する架設・撤去の省力化について、表 3.79 にまとめた。

表 3.79　索の架設・撤去に要する時間の比較

		延長(m)	人数(人)	必要時間(時)	1 日 6 時間労働の場合の人数(人)	備考
試行ｼｽﾃﾑ	架設	約 300	3	11.5	6 人	
	撤去	約 300	3	6.5	3.5 人	
従来ｼｽﾃﾑ	架設	約 300	24	－	24 人	試行の 4 倍
	撤去	約 300	10	－	10 人	試行の 3 倍

したがって、試行システムは集材の生産性のみではなく、架設で 1/4 に、撤去に 1/3 の人工で作業が可能なことが判明し、架設・撤去の省力化が図られることが判明した。

［結果：リードロープ敷設］

元柱から、向かいの尾根の山頂付近にある先柱まで徒歩でリードロープを敷設使用とする場合、従来は人力で行っていた。それを左写真のような、シンプルなラジコン飛行機を用いて、省力化を図った。

リードロープ敷設の手順と作業内容は、図 3.22 のとおりである。

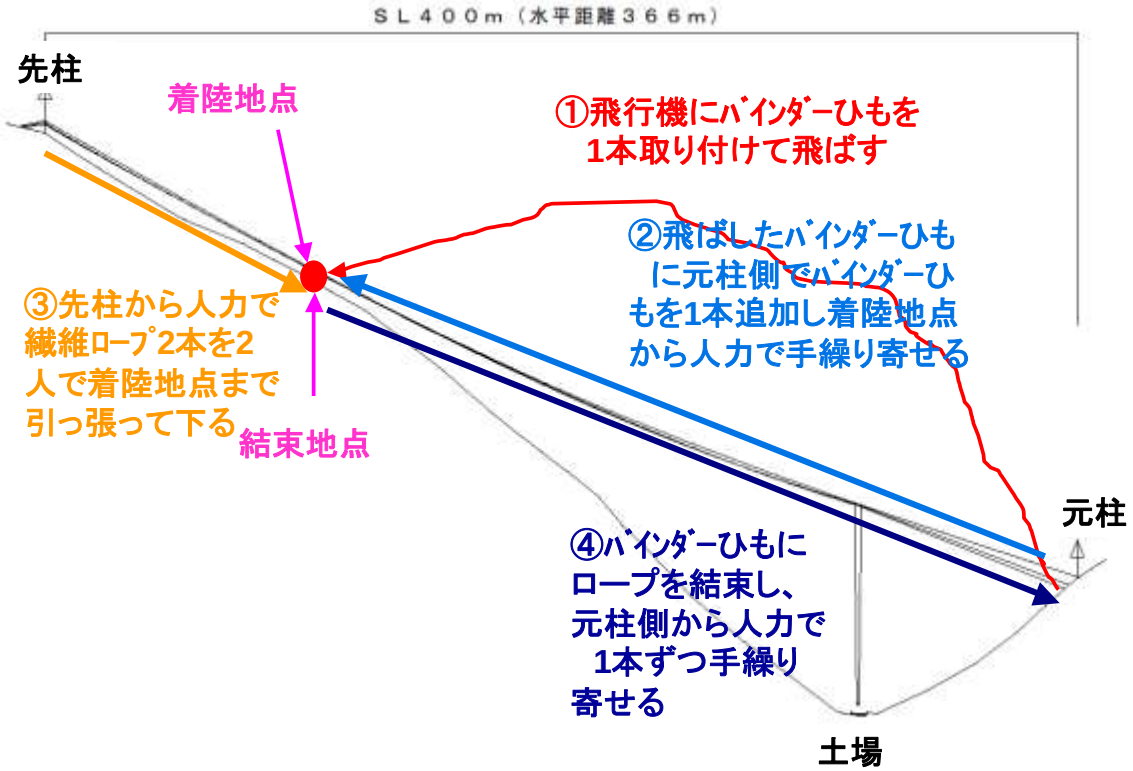


図 3.22　ラジコン飛行機を活用したリードロープ敷設要領

その結果、ラジコン飛行機を用いた場合の作業時間は 55 分、人力で行った場合は 34 分となり、時間のみでは人力の方が優位となった。そこで、ラジコン飛行機にバインダーひもを 2 本結わえて飛ばす工夫をした場合、想定で 34 分、さらに、先柱までラジコン飛行機が飛んだ場合、推定 27 分で実施できると思われた。

ラジコン飛行機により、作業時間の短縮（推定）と労働強度の低減が図られると推察された。

6）取組の評価点・課題点等

今回試行したシステムは、急傾斜地が多い和歌山県で多く使用されている集材機の代わりに、タワーヤーダと高性能搬器を組合せたものであった。

表 3.80 に今回の評価点及び課題点を整理し、今後和歌山県内やその周辺域での導入や普及の可能性について考察を加える。

表 3.80　試行的実施における主な評価点及び課題点の整理

【評価できる点】	
① 架設撤去の時間短縮になる	
② タワーヤーダと高性能搬器の組合せで、急傾斜かつ路網密度が低い場所でも生産性の向上が見込まれた	
③ リモコン操作による労働安全性の向上	
④ 荷外しのオートチョーカーは、労働負荷の軽減と作業の安全性が向上	
⑤（ラジコン飛行機）今回の試行では効果は得られなかったが、使い方次第で人力にかかる時間を下回れる可能性があった	
【課題となる点】	
⑥ タワーヤーダが走行できる最低限の路網が必要であること	
⑦ 機械の購入費が高額　→　減価償却のため、年間の事業量の確保が必要	
⑧ 試行作業を所有会社員が全てこなしたため、作業の容易さ等を体感できなかった	
⑨（ラジコン飛行機）県外からのオペレーターに依頼し、旅費等も発生するため、県内の技術者養成の必要性がある。	

リフトライナーは、必ずしもタワーヤーダと組合せて使用する必要はなく、集材機用に設置した架線上でも稼働させることは可能であるが、自動走行の機能は使えず、最大限の能力を発揮させるためにはタワーヤーダとの組合せが良い。しかし、タワーヤーダも万能ではなく、表 3.70 に示したような、林道から長距離が離れている場合は、集材機の方が効果があると見込まれる。集材機の索張りを行う場合、架設撤去には大掛かりな人数と 1 週間ほどの時間を費やしていたため、架設撤去の大きな改善点として注目されるところである。

今回の試行では、タワーヤーダを斜面下に設置する、いわゆる下げ荷の状況で使用した。本来は上げ荷であればホールバックラインが不要であったが、路網整備が途上である地域では、下げ荷での利用も考えられる。ホールバックラインを張る手間はあるが、それでも集材機用の架線の設置から比べると、容易に架設撤去が行え、大きな差があると考えられる。タワーヤーダ活用の際、1 箇所の小面積皆伐時に、数度の架線の張り替えが発生し、その際の労力がどの程度かが、今後明らかになれば目安となろう。いずれにせよ、小規模な架線の張り替えを繰り返しながら現場内の伐採をしていくことが、従来とは異なることを自覚することも重要である。

以上から、タワーヤーダシステム及び従来の集材機システムの、両者の長所と短所が混在しており、最適な一方を選択する状況にはない。タワーヤーダシステムの導入費が高額であるため、どのような山林に使用し、どの程度の継続的な事業量が見込めるかを見極めることが最重要である。また、県内で相当数が活躍している集材機システムについても、それを全てタワーヤーダシステムで置き換えることができるほど、単純な話ではない。集材機の改良や、新たな形態など、集材機が進化していくことも併せて重要であると考えられる。

平成 24 年度林野庁補助事業

先進林業機械改良・新作業システム開発事業のうち

作業システム導入支援事業 報告書

平成 25 年 3 月

株式会社　森林環境リアライズ

代表取締役　堀東恭弘

〒064-0821　北海道札幌市中央区北 1 条西 21 丁目 3-35

TEL(011)699-6830／FAX(011)699-6831

http://www.f-realize.co.jp　Email: jimukyoku@f-realize.co.jp