

2. 5 社有林の利用間伐促進及び木質資源有効利用促進実証事業

(王子木材緑化株式会社)

2. 5. 1 実証事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

当社は、全国 700 か所に散在するグループ社有林約 19 万 ha の管理を行っている。これらの山林には 1960～70 年代にパルプ原木として伐採されたのち再造林された林分なども多い。そのため要間伐林分がかなりの部分を占め、切捨間伐から利用間伐が可能な林齢に達しつつあり、間伐による適切な森林整備が急務となっている。また、間伐材の利用は、木質バイオマスの利活用等、持続可能な社会の実現、地球温暖化防止に資するため、企業の社会的責任という観点からも重要である。したがって、今後は社有林等の利用間伐を推進し、適切な管理と間伐材の有効利用との両立を図っていく必要がある。

しかし、現実には利用間伐の実行は、低伐出コスト（＝条件良）、低運搬コスト（＝近隣に利活用施設あり）の山林に限定されている。また、価格の比較的安いパルプ原木、木質燃料用材の出材利用に際しては、対象森林がさらに限定されるのが現状である。さらに、市場価格の動向により、搬出されない未利用材が生じることも少なくない。

そこで、新たな伐出システムの構築（＝伐採、搬出、運搬等の生産性の向上）とパルプ原木、木質燃料用材等への有効利用を図るために、条件の異なる複数の山林で適した伐出システムを選択し利用間伐を行い、生産性やコストを把握すること、及び本事業により生産される大量の低質間伐材をパルプ原木、木質燃料用材等への有効利用を図ることが本実証事業の狙いである。なお、本事業の趣旨に鑑み、利用間伐の際には、従来林内に残置されてきたようなものも、極力、搬出し有効利用を図ることとする。

(2) 実証事業の内容、規模

本事業の主な内容は、鳥取、岩手、宮崎、徳島各県の当社社有林、および徳島県の民有林において、異なる伐出システムにより間伐を実施し、各作業の生産性、伐出コストを把握する。併せて、各事業地からの出材量を用途別に把握し、パルプ原木、木質燃料用材への利用量を把握する。木質燃料用材については徳島の社有林事業地において破碎工程を付加し、データ収集等を行う。各事業地での木材利用量を表 2.5.1 に、伐出作業システムを表 2.5.2 に示す。なお、徳島県三好市の民有林事業地（以下三好西部森組）は資材調達のため、生産性の把握のみを行う。

表 2.5.1 各事業地の位置、出材量・利用量 (当初計画)

事業地名	所在地	主要樹種	間伐面積 (ha)	木材利用量 (m ³)				計
				低質材		小計	一般用材	
				パルプ・チップ用	木質燃料用			
江府山林	鳥取県 日野郡江府町	スギ	9.00	500	—	500	150	650
野田山林	岩手県 九戸郡野田村	マツ	24.27	1,121	—	1,121	712	1,833
北郷山林	宮崎県 東臼杵郡美郷町	スギ・ ヒノキ	8.50	360	—	360	230	590
引地山林	徳島県 阿波市	マツ	11.80	540	160	700	0	700
三好西部 森組	徳島県 三好市	スギ	10.23	710	—	710	—	710
	計		63.80	3,231	160	3,391	1,092	4,483

表 2.5.2 各事業地の伐出作業システム

山林名	作業システム			間伐方法
江府山林	作業道(路) + 車両系高性能 林業機械	既設および新設作業路 から搬出路を開設	グラップルで木寄・集材、 フォワーダで搬出	定性
野田山林			グラップル・スキッド・ブルドーザで 木寄・集材、スキッドで搬出	定性
北郷山林			グラップルで木寄・集材・搬出	定性
引地山林	架線集材	県道から架線(一段)を架設、線下の列状 および横取りで全木集材		列状
三好西部 森組	作業道(路)+ 車両系高性能 林業機械	既設作業道(路)からシングルヤードで木寄・集材、 プロセッサで枝払・玉切、フォワーダで搬出		列状

(3) 実証事業の実施期間、実施体制、実施場所

a 実施期間

本実証事業の実施期間は平成20年10月上旬から平成21年2月末日までとする。事業実行のタイムスケジュールを次表2.5.3に示す。

表 2.5.3 実証事業のタイムスケジュール

		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
●事業応募申請書、実施計画書提出		8/29						
●助成金交付申請書提出			9/29					
●報告書提出								~2/28
●全木協連 現地調査						12/10~11 江府		
委員会(東京)				10/16				2/上
事業期間	江府山林							
	野田山林							
	北郷山林							
	引地山林							
	三好西部森林組合							

b 実施体制および実施場所

本実証事業の実行に当たっては、社外委員、社内委員 12 名による検討委員会を組織する。社外委員は学識経験者、王子製紙(株) 委員計 4 名から成り、社内委員は当社林業部委員 3 名、経営管理部委員 1 名、および事業地のある米子、盛岡、日向、富岡各営業所からの委員 4 名の計 8 名である。検討委員会は、事業計画、実行管理、評価・検証、報告書取りまとめ等、本実証事業に係わるすべての事項を管掌する。また、事務処理及び業務遂行支援のための事務局を当社林業部内におく。

実証事業の実施場所は、当社社有林 4 か所(江府山林; 鳥取県日野郡江府町、野田山林; 岩手県九戸郡野田村、北郷山林; 宮崎県東臼杵郡美郷町、引地山林; 徳島県阿波市) および民有林 1 か所(徳島県三好市。資材調達のみ) の計 5 か所である。

また、本実証事業は、生産材の有効利用、特に従来、低質材と称されてきたパルプ原木、木質燃料用材等の有効利用を図ることを目的のひとつとすることから、それらの需要者である次表 2.5.4 に掲げる者を共同実施者とする。

表2.5.4 事業の共同実施者

事業所名	王子製紙(株) 富岡工場	王子製紙(株) 米子工場
所在地	徳島県阿南市豊益町	鳥取県米子市
事業所概要	① 紙パルプ生産 国産パルプチップ需要量17,000 BDT/月 ② 循環流動層ボイラー; 蒸発量280 t/h、 木質燃料需要量11,000トン/月	紙パルプ生産 国産パルプチップ需要量5,000 BDT/月

さらに、本実証事業に係る間伐生産については、当社が直営生産を行っていないため、各営業所近傍の素材生産業者等を協力者として間伐生産等を委託する。また、共同実施者への原料納入のためのチップ化に際しても、一部の営業所については近傍のチップ工場を協力者とする。

以上の実施体制を図2.5.1に模式的に示す。

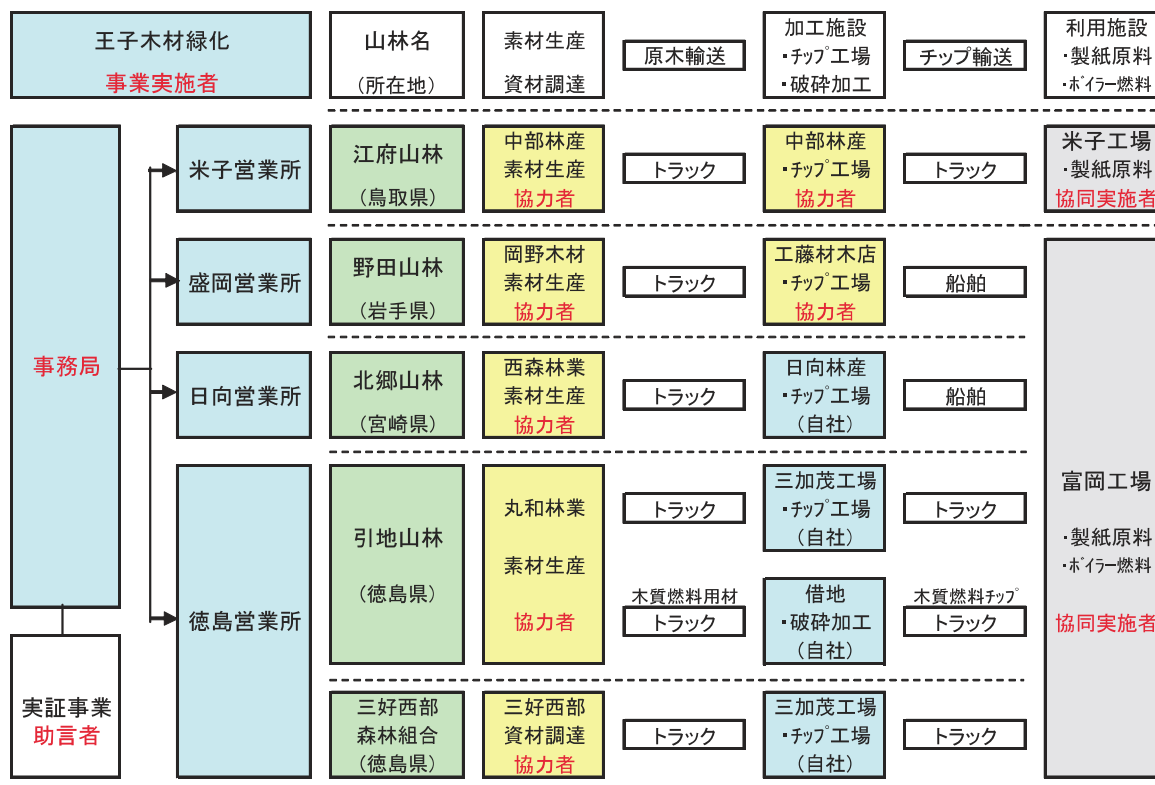


図 2.5.1 本事業の実施体制

2.5.2 実証事業の実施方法

(1) 利用間伐の実施と生産性、コストの把握

先にも若干、触れたように、当社は現在、直営素材生産を行っていない。各営業所においては、近傍の素材生産業者等に素材生産を請け負わせている。一般に素材生産業者においては、事務・経理部門が貧弱で、生産性、コスト等の把握に精密さを欠く場合が多い。彼等は、主に経験の蓄積により各事業地での事業実行や事業体としての存続に十分な程度の「正確さ」でそれらを把握しているのである。したがって、本実証事業での生産性、コスト等の把握に際しては、次のような手法を採ることとした。

a 生産性の把握方法

① 作業日報の記録

請負事業体に、事業開始（機材搬入時）から事業終了（機材撤収）まで、作業員毎に作業日報の記録を義務づける。事業開始 1 週間後に適切な記録がなされているかどうか、各営業所の委員等が内容を点検し、必要な調整、指導を行う。その後、定期的に作業日報を回収し、内容を点検の上、不備な点を聞き取り等により補完する。また、作業日報の実績を検証するため、林業部及び営業所の委員による現地調査を行い、時間観察により工程を把握する。

② 出材量の把握

事業地の林小班ごとに着手前貯木量、着手後搬出量、完了後貯木量を把握し、パルプ原木、燃料用材、一般用材ごとに材量を把握する。

b コストの把握方法

請負事業体側が明確にコストを把握していない場合が多いためコストの直接的な把握が非常に困難である。そのためコストを推定・算出する手法が必要である。本実証事業では、コストの推定・算出手法として、素材生産コストのかかなりの部分が人件費であること、労災など一定部分が少なくないことに着目し、次のような方法によった。

- ・ 請負事業体との交渉の際に、各営業所で積算した「見積もり」を算出ベースとする。
- ・ 作業日報から把握された各工程ごとの人工数に労賃単価を乗じ実人件費を算出し、上記算出ベースに代入する。
- ・ 労賃単価は、当該事業体への聞き取りにより把握する。

(2) 間伐材のパルプ原木、木質燃料用材への利用実証

上記 a-②により用途別に出材量を把握した。木質燃料用材については、借地により破碎作業スペースを確保し、必要な機材を賃借し、破碎作業を行いデータの収集を行った。

2. 5. 3 実証事業の実施結果

(1) 利用間伐の実施と生産性、コストの把握

a 江府山林（鳥取県日野郡江府町）

① 事業地概要

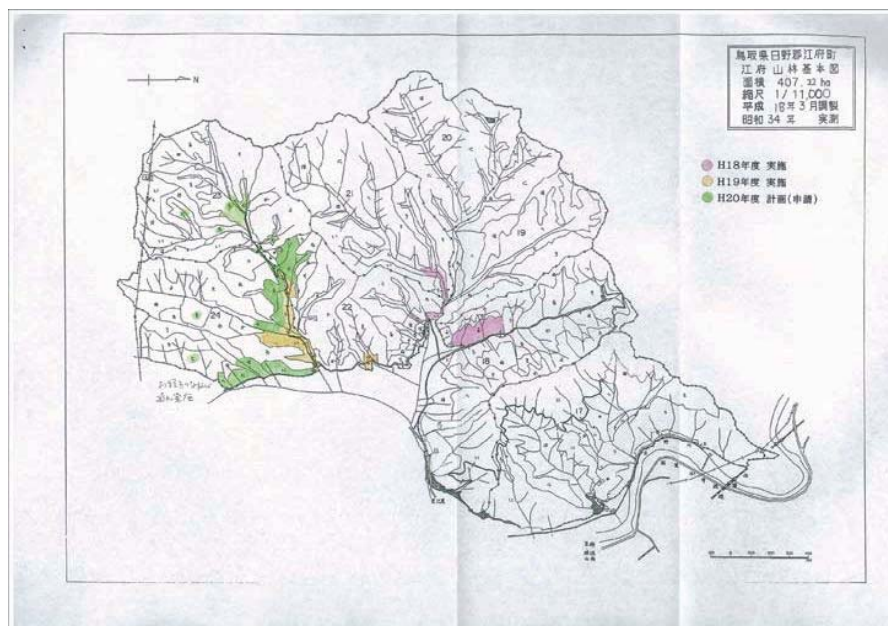


図 2. 5. 2 江府山林事業地図

事業地の面積は9.00ha、主要樹種はスギ 45～55 年生のスギが主要樹種である。ha 当り立木蓄積は 472m³である。間伐強度 35%の定性間伐を行い、出材予定量は、一般用材 150 m³、パルプ原木 500 m³の計 650m³であり、燃料用材はない。



写真 2.5.1～2 江府山林事業地

② 伐出工程

伐出工程(3名)は、伐倒・枝払(チェーンソー) → 木寄・集材(グラップル) → 玉切(チェーンソー) → 搬出(フォワーダ) → 土場整理・積込(グラップル)であり、輸送は7 tトラックで行った。選木しながら伐倒を行い、伐倒地の足場がよい場合、伐倒場所で枝払いを行い、悪い場合にはグラップルで木寄・集材後、足元のよい場所で行った。本事業地は、山土場とトラック積込土場まで離れており、搬出距離は約1,800mである。フォワーダでの往復工程は、約50分、積載量は5m³/回であった。出材したパルプ原木については、中部林産のチップ工場に輸送した。輸送距離は約15kmである。

工程ごとの作業状況を以下に示す。使用機械は、フォワーダ1台(ヤンマーYFW40R-1; 3.5 t積)、グラップル2台(コマツPC-60; 0.20m³)である。

江府山林における作業状況 (写真2.5.3～2.5.7)



写真 2.5.3 伐倒・枝払 (チェーンソー)



写真 2.5.4 木寄・集材 (グラップル)



写真 2.5.5 玉切（チェーンソー）



写真 2.5.6 搬出（フォワーダ）



写真 2.5.7 土場整理・積込（グラップル）

③ 出材量と生産性

江府山林からの用途別出材量、主要工程および全体の生産性を表 2.5.5 に示す。

表 2.5.5 用途別出材量及び生産性（江府山林）

用途		材積
パルプ	t	890.0
原木	$m^3=0.85 t$ 換算	756.5
一般用材	m^3	—
計		756.5
工程		生産性(m^3 /人・日)
伐倒・枝払	チェーンソー	15.5
木寄・集材	グラップル	26.9
搬出	フォワーダ	35.1
玉切（土場）	チェーンソー	41.3
全工程		4.8

出材量はパルプ原木が、予定 $500m^3$ に対し $756m^3$ 、一般用材が予定 $150m^3$ に対し生産量なしであったが、合計で予定量 $650m^3$ に対し $756m^3$ と、全体では計画量を上回る出材量を確保できた。生産性は、工程別では伐倒・枝払工程で低くなったが、全体では $4.8m^3$ /人・日となり、比較

的良好な結果を得られた。

④ 生産コスト

江府山林における事業実施前の生産コスト見積もりと実証事業における人件費部分の実績とを比較して表 2.5.6 に示した。

表 2.5.6 見積もりと実証値の比較（江府山林）

見積もり										
	生産性 m ³ /人・日	日当 円/日	人件費 円/m ³	労災保険 等 円/m ³	機械代・ 燃料 円/m ³	管理費 円/m ³	伐出費@ 円/m ³	林道費 円/m ³	輸送費 円/m ³	チップ工場着@ 円/m ³
伐倒・枝払	8.0	16,000	2,000							
木寄・集材 搬出	5.0	14,000	2,800							
玉切	18.0	16,000	888							
計	2.6		5,688	340	1,210	862	8,100	3,460	1,650	13,210

実証事業調査による生産性とそれに基づいた場合の人件費

	生産性 m ³ /人・日	日当 円/日	人件費 円/m ³
伐倒・枝払	15.5	16,000	1,032
木寄・集材 搬出	26.9 35.1	14,000	595 399
玉切	41.3	16,000	387
その他			712
計	4.8		3,125

その結果、素材生産コストは、見積もり時の 13,210 円/m³ に対し 10,647 円/m³ となり、2 割程度低いことが明らかになった。

b 野田山林（岩手県九戸郡野田村）

① 事業地概要



写真 2.5.8～9 野田山林事業地

野田山林の所在地は岩手県九戸郡野田村、事業地の面積は 24.27ha である。アカマツ人工林で 28 年生が 25%、50～61 年生が 75% である。ha 当りの立木蓄積は 484m³ と比較的高い。間伐率 20% の定性間伐を行った。出材予定量はパルプ原木 1,121 m³、一般用材 712m³ の合計 1,833m³ で、木質燃料用材はない。

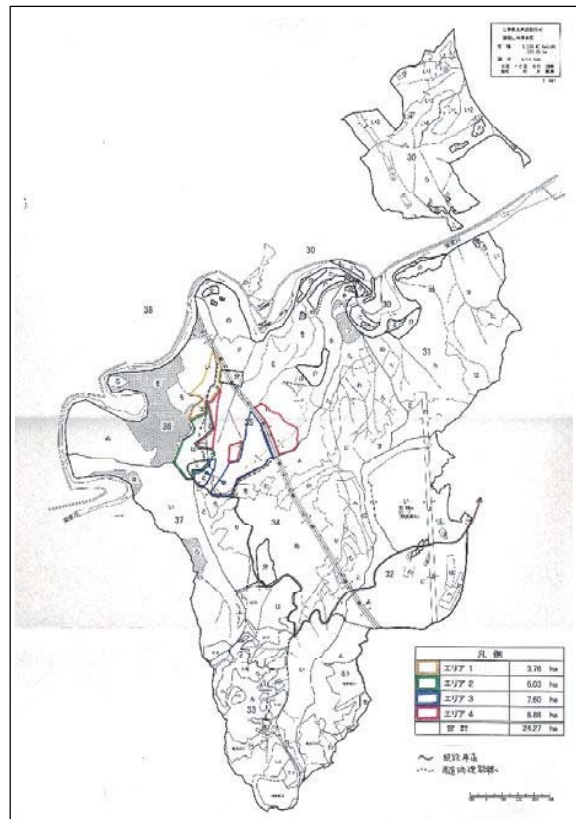


図 2.5.3 野田山林事業地図

② 伐出工程

伐出工程（5名）は、伐倒・枝払(チェーンソー) → 木寄・集材・搬出(グラップル/スキッダ/ブルドーザ) → 玉切(チェーンソー) → 土場整理(グラップル)である。生産材の輸送は 10tトラックにより行い、距離は約 25 km である。

伐倒作業については江府山林事業地と同様に行うが、木寄・集材・搬出工程を 3 系統で行うのが特徴である。まず、グラップルでの作業が可能な緩傾斜地では、グラップルで作業道脇まで木寄・集材する。スキッダが走行・旋回可能な場所では、スキッダが木寄・集材を行う。さらに急傾斜地、かつホイール型のスキッダでは旋回できない狭い搬出路の場合、旋回容易なクローラ型ブルドーザのウィンチでグラップルのアームが届く所まで木寄し、グラップルで作業道脇に集材するという 2 段階での集材となる。

以下に工程ごとの作業状況を示す。使用機械は、グラップル 1 台 (コマツ PC-120、0.40m³)、スキッダ 1 台 (ホイールタイプ、ウィンチ付;イワフジ T-60)、ブルドーザ 1 台 (クローラタイプ、ウィンチ付;コマツ D-31) である。

野田山林における作業状況（写真2.5.10～16）



写真2.5.10 伐倒（チェーンソー）



写真2.5.11 木寄・集材（グラップル）



写真2.5.12 木寄・集材（スキッド）



写真2.5.13 木寄・集材（ブルドーザ）



写真2.5.14 玉切（チェーンソー）



写真2.5.15 土場整理（グラップル）



写真 2.5.16 積込・輸送（グラップル付 10 t トラック）

③ 出材量と生産性

野田山林事業地からの用途別出材量、主要工程および全体の生産性を表 2.5.7 に示す。

表 2.5.7 用途別出材量及び生産性（野田山林）

用途		材積
パルプ	t	1,842.3
原木	m ³ =0.70 t 換算	1,289.6
一般用材	m ³	282.0
ザツパルプ	t	486.0
原木	m ³ =0.67 t 換算	325.6
計		1,897.3
工程		生産性(m ³ /人・日)
伐倒・枝払	チェンソー	17.4
木寄・集材・搬出	グラップル/スキッド/ブル	27.8
玉切(土場)	チェンソー	23.3
土場整理	グラップル	22.3
計		4.9

出材量は、パルプ原木予定量 1,121m³に対し 1,615m³と大きく増加した。しかし、一般用材が予定 712m³に対し 282m³と 2分の1以下であった。合計では予定量 1,833m³に対し 1,897m³と、計画量を達成することができた。

生産性は、工程別ではやはり伐倒・枝払工程で低くなった。全体では 4.9m³/人・日と、江府山林と同様、比較的良好な結果を得られた。

④ 生産コスト

表 2.5.8 は、野田山林における事業実施前の生産コスト見積もりと実証事業により得られた人件費部分を比較したものである。

素材生産コストは、見積もり時の 6,155 円/m³に対し 6,664 円/m³となり、社有林 4 事業地中、本事業地のみ実証事業により得られた値が見積もり段階を 1 割弱上回った。これは、算出された人件費が見積もり段階での 1,940 円/m³から 2,449 円/m³に上昇したことによる。

表 2.5.8 見積もりと実証値の比較（野田山林）

見積もり

	生産性 m3/人・日	日当 円/日	人件費 円/m3	労災保険 等 円/m3	機械代・ 燃料 円/m3	管理費 円/m3	伐出費 円/m3	林道費 円/m3	輸送費 円/m3	チップ工場着@ 円/m3
伐倒・枝払	30.0	14,000	467							
木寄・集材・搬出	9.5		1,474							
玉切										
土場整理										
計	7.2		1,940	572	810	478	3,800	655	1,700	6,155

実証事業調査による生産性とそれに基づいた場合の人件費

	生産性 m3/人・日	日当 円/日	人件費 円/m3
伐倒・枝払	17.4	12,000	690
木寄・集材・搬出	27.8		432
玉切	23.3		515
土場整理	22.3		538
その他			275
計	4.9		2,449

c 北郷山林（宮崎県東臼杵郡美郷町）

① 事業地概要

北郷山林の所在地は宮崎県東臼杵郡美郷町、事業地面積は8.50haである。スギ・ヒノキ人工林でスギが45%、ヒノキが55%を占める。林齢はいずれも39年生である。ha当りの立木蓄積は340m³、間伐率25%の定性間伐を行った。出材予定量は、パルプ原木360m³、一般用材230m³、計590m³で、やはり木質燃料用材はない。



写真 2.5.17～19 北郷山林事業地

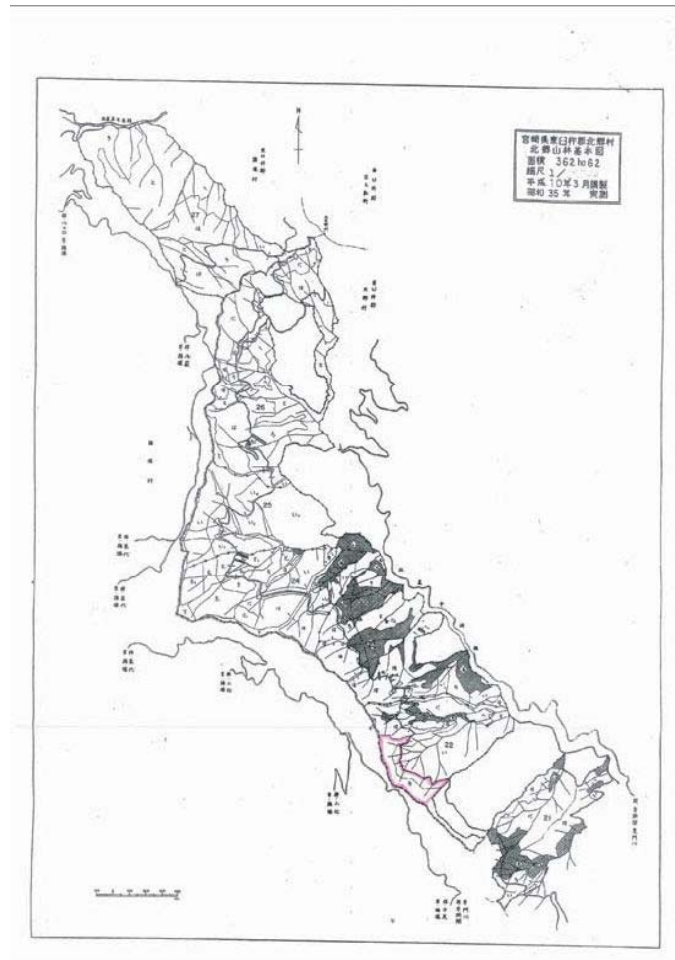


図 2.5.4 北郷山林事業地区

② 伐出工程

伐出工程（2名）は、伐倒(チェーンソー) → 木寄・集材(グラップル) → 枝払・玉切(チェーンソー) → 土場整理(グラップル)で、積込と輸送はグラップル付 10 t トラックにて行う。

北郷山林事業地でも選木しつつ伐倒する。作業道、搬出路上のグラップルから木寄・集材可能なよう、作業道、搬出路に向け伐倒する。既設作業道からの木寄・集材が難しい場合には、搬出路を新設し、グラップルで木寄・集材を行う（既設作業道：900m、新設搬出路：915m、計 1,815 m。作業路網 214m/ha）。枝払・玉切はチェーンソーを用い作業道上にて行う。パルプ原木は、日向市にある当社チップ工場まで約 40 km の輸送となる。土場整理にもグラップルを使用する。

工程ごとの作業状況を以下に示す。使用機械は、グラップル 1 台（コマツ PC-120 ; 0.40m³）である。

北郷山林における作業状況（写真 2.5.20～23）



写真 2.5.20 伐倒（チェーンソー）



写真 2.5.21 木寄・集材（グラップル）



写真 2.5.22 枝払・玉切（チェーンソー）
背景は土場整理中のグラップル



写真 2.5.23 積込・輸送
（グラップル付 10 t トラック）

③ 出材量と生産性

北郷山林での事業地からの用途別出材量、主要工程および全体の生産性を表 2.5.9 に示す。

表 2.5.9 用途別出材量及び生産性（北郷山林）

用途		材積
パルプ	t	255.3
原木	$m^3=0.70\text{ t}$ 換算	178.7
一般用材	m^3	335.7
計	$m^3=0.70\text{ t}$ 換算	514.4
工程		生産性 (m^3 / 人・日)
伐倒	チェーンソー	22.0
木寄・集材・搬出	グラップル	20.3
枝払・玉切	チェーンソー	12.7
計		4.5

出材量は、パルプ原木が、予定 360m³ に対し 179m³ と半減し、一方、一般用材は予定 230m³ に対し 336m³ と 5 割増しとなった。このため、合計では予定量 590m³ に対し 514m³ と計画量を若干下回った。

生産性は、工程別では北郷山林事業地においても伐倒・枝払工程で他工程と比較して低く、全体では 4.5m³/人・日であった。江府、野田山林両事業地の値を下回るものの、良好な値であると思われる。

④ 生産コスト

表 2.5.10 に北郷山林での事業実施前の生産コスト見積もりと実証事業により得られた人件費部分の比較を示す。

素材生産コストは、見積もり時は 8,620 円/m³、これに対し実証事業の結果は 6,787 円/m³ となり、江府山林事業地と同様、約 2 割低いことが明らかになった。

表 2.5.10 見積もりと実証値の比較（北郷山林）

見積もり										
	生産性 m ³ /人・日	日当 円/日	人件費 円/m ³	労災保険 等 円/m ³	機械代・ 燃料 円/m ³	管理費 円/m ³	伐出費@ 円/m ³	林道費 円/m ³	輸送費 円/m ³	チップ工場着@ 円/m ³
伐倒	20.0	12,000	600	400	1,200	400	6,500	420	1,700	8,620
木寄・集材・搬出	8.0		1,500							
枝払・玉切	5.0		2,400							
計	2.8		4,500							

実証事業調査による生産性とそれに基づいた場合の人件費

	生産性 m ³ /人・日	日当 円/日	人件費 円/m ³
伐倒	22.0	12,000	545
木寄・集材・搬出	20.3		591
枝払・玉切	12.7		945
その他			585
計	4.5		2,667

d 引地山林（徳島県阿波市）

① 事業地概要



写真 2.5.24～25 引地山林事業地

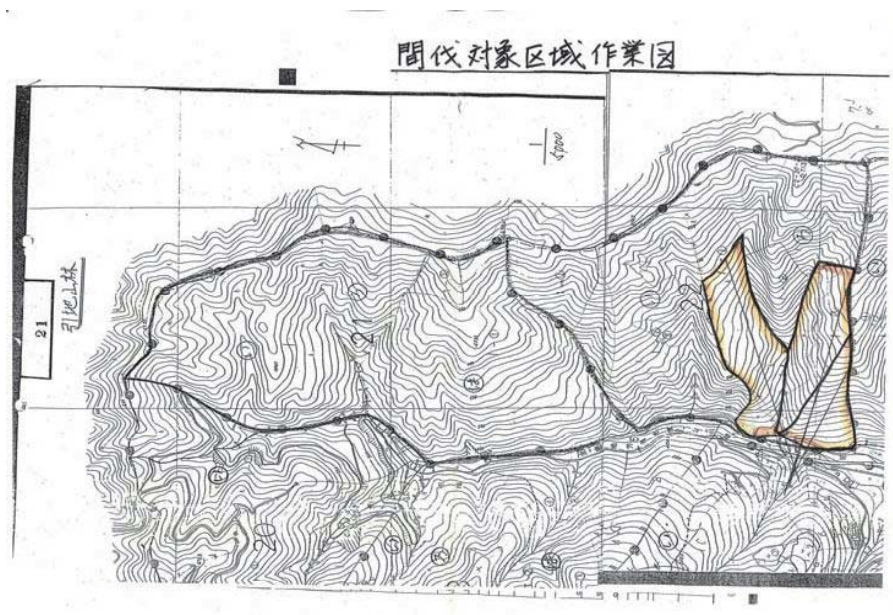


図 2.5.5 引地山林事業地図

引地山林は徳島県阿波市にあり、そのうち事業地面積は 11.80ha である。アカマツなどのマツ人工林で林齢は 46～50 年生である。ha 当たりの立木蓄積 277m^3 、間伐率 35% の列状間伐を行う。

出材予定量はパルプ原木 540 m^3 、木質燃料用材 160 m^3 の計 700m^3 で、一般用材はない。木質燃料用材については枝条の有効利用を目的とし、事業地から 12 k m の距離に用地を確保し、破碎を行う。

② 伐出工程

伐出工程(5名)は、伐倒(チェーンソー) → 木寄・集材(架線集材機) → 枝払・玉切(チェーンソー) → 土場整理(グラップル) → 輸送(11 t トラック、35 k m) + 枝条輸送(11 t トラック、12 k m) である。架線集材の架線長は約 450m、全木集材を行う。パルプ原木は、当社三加茂チップ工場へ(距離約 35 k m)、枝条は木質燃料用材として山土場に集積し、11 t 原木ヒアブ車に金網を取り付け、破碎加工地へ輸送する(距離約 12 k m)。

工程ごとの作業状況を以下に示す。使用機械は、集材機 1 台(釜原鉄工所 SK-3A 型)、グラップル 1 台(コマツ PC-78US ; 0.25 m^3) である。

引地山林における作業状況（写真 2.5.26～30）



写真 2.5.26 伐倒（チェーンソー）



写真 2.5.27 木寄・集材（架線・全木）



写真 2.5.29 土場整理（グラップル）



写真 2.5.28 枝払・玉切（チェーンソー）



写真 2.5.30 積込・輸送（グラップル付 11 t トラック；パルプ・チップ原木）

③ 出材量と生産性

引地山林事業地からの用途別出材量、主要工程および全体の生産性を表 2.5.11 に示す。

出材量は、パルプ原木が、予定量 540m³に対し 535m³とほぼ計画通りの出材を確保することができた。また、燃料用材は、予定量の 160m³に対し出材量は 49m³と、計画の 3 割に止まった。このため合計でも予定量 480m³に対し 434m³と計画量を若干下回った。

生産性は、枝払・玉切工程は引地山林事業地においても、他の当社事業地と同様の値であったが、架線集材での生産性が 10.1m³/人・日と最も低かった。また、全体での生産性は 2.3m³/人・日と、間伐における全国平均程度に止まった。

表 2.5.11 用途別出材量及び生産性（引地山林）

用途		材積
パルプ原木	t	584.5
	m ³ =0.85 t 換算	496.9
木質燃料（枝条）	t	57.9
	m ³ =0.85 t 換算	49.2
ザツパルプ原木	t	53.8
	m ³ =0.70 t 換算	37.6
計		583.6
工程		生産性(m ³ /人・日)
伐倒	チェーンソー	16.5
荷掛		10.1
木寄・集材	架線集材機	
枝払・玉切（土場）	チェーンソー	15.2
土場整理・積込	グラップル	29.0
全工程		2.3

④ 生産コスト

表 2.5.12 に引地山林での事業実施前の生産コスト見積もりと実証事業により得られた人件費部分の比較を示す。

見積もり時の素材生産コストは 15,618 円/m³であり、当社社有林事業地での素材生産コスト中、最も高い金額であったが、これに対し実証事業の結果は 12,140 円/m³となり、江府、北郷山林での事業地と同様、約 2 割程度低かった。

表 2.5.12 見積もりと実証値の比較 (引地山林)

見積もり

	生産性 m ³ /人・日	日当 円/日	人件費 円/m ³	労災保険 等 円/m ³	機械代・ 燃料 円/m ³	管理費 円/m ³	伐出費@ 円/m ³	林道費 円/m ³	輸送費 円/m ³	チップ工場着@ 円/m ³
伐倒	10.0	15,000	1,500							
架設・撤去	6.0		2,500							
木寄・集材	5.0		3,000							
枝払・玉切	5.0		3,000							
計	1.5		10,000	600	2,851	500	13,951	167	1,500	15,618

実証事業調査による生産性とそれに基づいた場合の人件費

	生産性 m ³ /人・日	日当 円/日	人件費 円/m ³
伐倒	16.5	15,000	909
架設・撤去	10.1		1,485
木寄・集材	15.2		987
土場整理	29		517
その他			2,623
計	2.3		6,522

e 三好西部森組 (徳島県阿波市)

本事業地は資材調達のみで、三好西部森林組合が生産を行った事業地の生産材のうち、パルプ原木のみを調達する形態であるため、他の4事業地とは異なり生産性のみを把握する。伐出工程は、既設作業道(路)からスイングヤードで木寄・集材を行い、プロセッサで枝払・玉切を行い、フォワーダでの搬出である。

出材量と生産性を次表 2.5.13 に示す。出材量は、パルプ原木としての購入量であり(資材調達)、この事業地からの総出材量ではない。他の4事業地と異なり、プロセッサを使用しているため枝払・玉切工程の生産性が高かったものの、全工程の生産性は北郷山林事業地等と同程度であった。

表 2.5.13 生産性 (三好西部森組)

出材量		材積
パルプ原木	t	761.0
	m ³ =0.85 t 換算	646.9
一般用材	m ³	128.8
計		775.7
工程		生産性 (m ³ /人・日)
伐倒	チェーンソー	25.6
木寄・集材	スイングヤード	17.8
搬出	フォワーダ	29.6
枝払・玉切 (土場)	プロセッサ	27.7
全工程		4.9

(2) 間伐材の製紙原料、木質燃料への利用実証

本実証事業での間伐生産による用途別利用量を次表 2.5.14 に示す。なお、利用量は前項(1)の生産性、コスト把握を行った事業地5か所の出材量に、岡山県新見市、美作市の追加事業分を併せて示してある。

表 2.5.14 間伐材の製紙原料、木質燃料への利用実証総括表

実施場所	承認事業量		実施事業量		増減		間伐の方法		利用		
	間伐面積 ha	数量 m3	間伐面積 ha	数量 m3	間伐面積 ha	数量 m3	間伐率 %	種類	材種	数量 m3	用途
鳥取県日野郡江府町 江府山林 22、23、24林班	7.50	800.0	7.70	1,068.0	0.20	268.0	35%	定性	パルプ 原木	1,068.0	製紙用原料
岩手県九戸郡野田村 野田山林 35、36林班	20.00	1,720.0	24.27	2,794.0	4.27	1,074.0	20%	定性	パルプ 原木	2,794.0	製紙用原料
宮崎県東臼杵郡美郷町 北郷山林 22林班	5.00	430.0	8.50	306.4	3.50	-123.6	25%	定性	パルプ 原木	306.4	製紙用原料
徳島県阿波市 引地山林 22林班	14.30	910.0 100.0	11.80	766.0 69.5	-2.50	-144.0 -30.5	35%	列状	パルプ 原木 枝条	766.0 69.5	製紙用原料 木質燃料
(資材購入分) 徳島県三好市 三好西部森林組合		710.0	(10.23)	913.2		203.2	33%	列状	パルプ 原木	913.2	製紙用原料
(追加分) 岡山県新見市 新見第二山林 1林班			2.20	267.9	2.20	267.9	30%	列状	パルプ 原木	267.9	製紙用原料
(追加分) 岡山県美作市 美作山林 3林班			1.78	102.2	1.78	102.2	30%	定性	パルプ 原木	102.2	製紙用原料
計	46.80	4,670.0	56.25	6,287.2	9.45	1,617.2				6,287.2	

2.5.4 考察、その他

(1) 得られた成果のまとめ

a 利用間伐の実施と生産性、コストの把握

① 出材量と生産性

次表 2.5.15 は、各事業地で行われた利用間伐の生産性等をまとめたものである。出材量の把握が困難な資材調達による三好西部森組の事業地は除いてある。

いずれの事業地でも、ほぼ計画に沿った生産量を確保したが、各事業地の結果でも述べたように、一般用材の生産量が計画を大きく下回った結果となった。

表 2.5.15 社有林4事業地における用途別出材量と生産性

事業地	樹種	林令 年生	間伐 面積 ha	立木 材積 m ³ /ha	間伐 方法	間伐 率 %	出材数量（見込実績）					路網 密度 m/ha	伐出 システム	生産性 m ³ /人・日	
							計 m ³	ハ ル ブ 原 木 m ³	燃 料 用 材 m ³	低 質 材 計 m ³	一 般 用 材 m ³				
江府 山林	スギ	45~55	計画	9.00	472	定性	35	650	500		500	150	200	車両系	4.8
			実績	7.70				756	756		756	0			
野田 山林	アカマツ	28 50~ 61	計画	24.27	484	定性	20	1,833	1,121		1,121	712	303	車両系	4.9
			実績	24.27				1,897	1,615		1,615	282			
北郷 山林	スギ ヒノキ	39	計画	8.50	340	定性	25	480	250		250	230	214	車両系	4.5
			実績	8.50				434	255		255	179			
引地 山林	アカマツ	46 ~47	計画	11.80	277	列状	35	700	540	160	700	0	0	架線系	2.3
			実績	11.80				584	535	49	584	0			
計			計画	53.57				3,663	2,411	160	2,571	1,092			
			実績	52.27				3,671	3,161	50	3,210	461			

② 生産コスト

図 2.5.6 は、各事業地での見積もりによる素材生産コストと実証事業で得られた実コストを图示したものである。

これも、各事業地の結果の項で指摘したように、江府、北郷、引地の各山林において、実証試験により把握した実コストは、見積もり時のものより約2割程度低くなった。また、野田山林事業地のみが逆に実コストの方が高くなった。

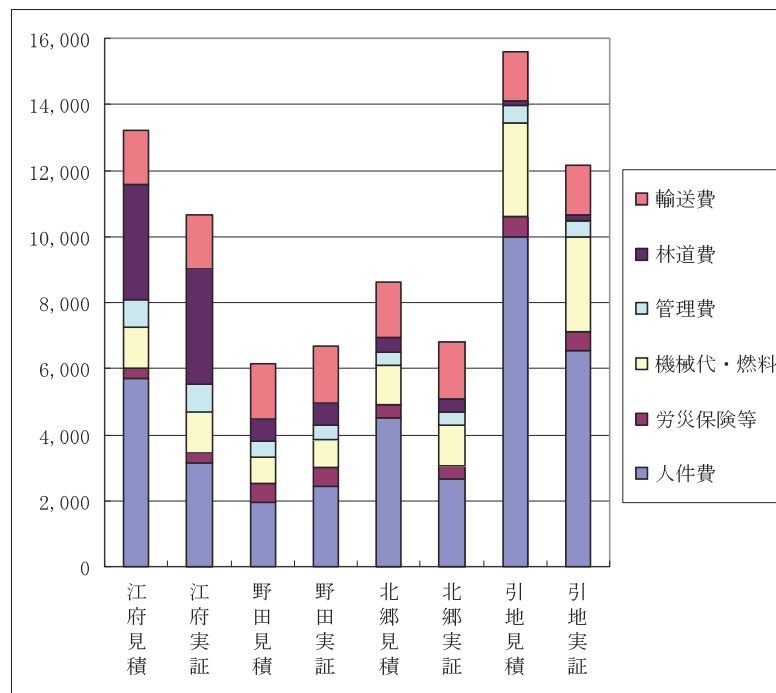


図 2.5.6 見積もりと実証値の比較総括

b 間伐材の製紙原料、木質燃料への利用実証—木質燃料—

表 2.5.16 は、枝条の有効利用による木質燃料生産を試みた引地山林における破碎作業の結果を計画値と比較したものである。

破碎機（コマツBR120）が、予想以上の能力で作業日数が大幅に短縮され、大きなコスト削減となった。しかし、枝条運搬では、1回の輸送量4tの計画に対し、実際は2.9tとなり、コスト増となったことから、結果として約11万円の赤字となった。

表 2.5.16 枝条破碎による木質燃料生産の計画と実績比較

	費目	計画		実績	
		数量	金額	数量	金額
費用	破碎機リース代	3日	540,000	1日	181,000
	グラップルリース代	3日	105,000	1日	25,000
	グラップル人件費	3日	45,000	1日	12,000
	破碎機燃料		66,000		21,710
	グラップル燃料		44,000		14,700
	重機回送費		112,000		166,000
	土場借地料	4ヶ月	200,000	2ヶ月	100,000
	枝条トラック横持ち	6回×3日	105,000	4回×6日	240,000
	チップ積込横持ち	6台	180,000	4台	100,000
	計		1,397,000		860,410
収入	補助金	60.0m ³	468,000	69.5m ³	451,000
	チップ収入	30.0BDT	300,000	30.0BDT	300,000
	計		768,000		751,000
損益			-629,000		-109,410

c 低質材に対する定額助成金の効果等について

保育間伐予定箇所である美作山林（岡山県美作市）において、利用間伐を実施し、生産経費等の検証を行った。表 2.5.17 は、直接生産経費等の収支結果を、また表 2.5.18 は、定額助成金導入による収支結果を示したものである。

表 2.5.17 直接生産経費の収支結果

単位：円

区分	用材		チップ原木		合計		
	総額	単価	総額	単価	総額	単価	
出材量	123m ³		85ADT				
生産費	伐倒費	1,000	106,514	1,000	234,960	1,000	
	造材・集材	1,232,490	10,000	787,080	7,700	2,019,570	9,000
	輸送費	246,498	2,000	204,408	2,000	450,906	2,000
	合計	1,607,434	13,000	1,098,002	10,700	2,705,436	12,000
売上額	1,740,953	14,100	340,680	3,300	2,081,633	9,200	
収支	133,519		-757,322		-623,803		

注：チップ原木の単価は、m³換算。

表 2.5.18 定額助成金導入による収支結果

単位：円

直接経費の差額	-623,803	定額助成金 ADT×1.2m ³ 換算 m ³ 当り6,500円
定額助成金	664,326	
収支差	40,523	

利用間伐の実施は、助成金を除く収支で、624千円の赤字となったが、定額助成金により、41千円の黒字という結果となった。

定額助成金の効果は、102m³の低質材の生産・利用に繋がったが、これを実現するのに必要な助成金額は、黒字分を除いて、m³当り6,100円に相当する。

d その他－換算係数－

本実証事業の結果、当初計画した以外にも、有効と思われる次のような成果を得ることができた。原木の水分率（重量変化）は、伐採の季節・伐倒からの経過時間により変化はあるものの、当社では概ね経験値として、原木丸太重量1トンから生産されるチップ絶乾重量への換算係数を次のように定めていた。

スギ原木1トン ⇒ チップ絶乾0.35～.040トン
アカマツ、広葉樹原木1トン ⇒ 0.45～0.53トン

今回、江府山林において、伐採から1か月以内に全ての原木（皮付）を製紙原料用のチップに加工し、その絶乾重量を測定したところ、次のような結果を得た。

表 2.5.19 原木丸太重量に対するチップ絶乾重量比

重量	対原木重量比	備考
原木丸太重量 256.360 ADT	100.0%	—
加工チップ重量 228.821 ADT	89.3%	樹皮除去、チップ切削時のダスト分減、一部水分蒸発による重量減。 全水分量除去による。
チップ絶乾重量 110.500 BDT	43.1%	

この数値は、1月の原木であることから季節的にも最も水分量の少ない時期のものであり、2月以降、水を揚げ始め、水分量を増すことから換算係数は低下が予測される。

(2) 考察

a 利用間伐の実施と生産性、コストの把握

① 出材量と生産性

出材量については、前項 2.5.3(2) a に示したように、ほぼ計画通りの面積の間伐を実行し、出材量も概ね計画通り確保できたが、一般用材は大幅に下回る結果となった。これは、製材用材適木の有無、合板用材需要の急激な落ち込みや価格変動により一般用材と低質材の価格差が縮小し、請負事業体が山土場仕分けによるコスト増を嫌ったことなどによると考えられる。

生産性については、車両系ではいずれも 5m³/人・日弱となり、間伐生産の生産性としては比較的良好であったと考えられる。今後は採算性について分析する必要がある。他方、架線系の生産性は、2.3m³/人・日と低かったが、これは、架線架設等の準備作業への投入が多かったために

よるものと思われる。また、架線集材にしては事業地の規模が相対的に小さかったことも考えられる。

作業工程別にみた場合、当社社有林事業地では、伐倒・枝払工程が 12.9～19.6m³/人・日と他の工程に比べて低かった。この理由としては、①定性間伐、かつ伐倒手が選木しながら伐倒したこと、②枝払もチェーンソーによる手作業で行ったことなどが考えられる。また、枝払・玉切工程でも、チェーンソーによる場合の生産性は 15.0～20.0m³/人・日であったが、この理由としては、やはりチェーンソーによる手作業に能力的な限界があるためと思われる。

② 生産コスト

実事業費は、請負契約締結時の見積事業費の 7～8 割程度であり、ある程度の請負事業費節減(=事業コスト縮小)につながりうると思われる。しかし、請負事業費を実事業費程度まで縮減した場合、請負事業体を確保できるかどうか、見極める必要がある。請負事業体は、現在の見積価格で事業を請けるか否か判断しているからである。請負事業費をどのくらい節減できるかは、地域の事業体数、当社以外の事業主(国公有林、林家等)からの事業量とそれらの請負価格によるであろう。

b 間伐材の製紙原料、木質燃料への利用実証

まず、枝条利用の場合、素材生産過程では、引地山林での事業地のように、架線全木集材ならば、枝条を林床に戻す手間が省けるため、枝条利用は支障にならず、むしろその分、素材生産にかかるコストが削減される。しかし、枝払・玉切をチェーンソーで行う場合、上記のように限界があり、プロセッサによる処理が必要になると考えられる。

次に、枝条の破碎についてである。山元から破碎現場への移送コストは 8,000 円/BDT とかなり大きいようである。そのため枝条材の破碎は山土場で行うべきであると考えられ、そのための作業面積確保が重要である。また破碎機、チップ運搬車が山土場に入れる広幅員道路の現場なら富岡工場の燃料単価(4,000～5,000 円/BTD)で納入できる可能性がある。

(2) 実証事業を実施した効果

実証事業の実施した効果としては、次の 4 点を挙げることができる

① 生産性の把握

伐出システム毎に伐倒・枝払、木寄・集材、搬出、枝払・玉切、土場整理など、作業工程毎の一人当たり生産性とシステム全体の生産性を事業規模ベースで把握することができた。

② データの活用

これらのデータは、社有林の今後の間伐伐出作業費算定の基礎資料として活用できる。

③ システム改善に向けた課題の明確化

現行伐出システムの作業工程ごとの生産性等を把握できたことから、今後のシステム改善に向けての課題を絞り込むことができた。

③ 枝条活用に向けた課題の明確化

枝条の燃料利用は、山土場以外での破碎化のケースについて、枝条の破碎現場への移送、破碎加工、木質燃料チップの輸送までのコストを概略把握でき、経済的に引き合うための課題を明らかにすることができた。

(3) 今後の課題

① 生産性の向上に向けた課題 ー伐出体系の見直し

当社社有林事業地では、伐倒・枝払工程での生産性向上が必要であった。三好西部森林組合では、事前選木、列状間伐により $22.7\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ の生産性を上げていることから、① 事前選木を行い、伐倒時の生産性向上により全体の生産性向上を図る、② 林分によっては列状間伐を行い選木の手間を省き同時に伐倒時の生産性向上も図る、③ 全木集材+プロセッサによる枝払・玉切が可能な事業地では極力そのような伐出体系を採用するなどを検討する必要があると思われる。

また同様に、枝払・玉切工程での生産性向上も必要である。前項と同様、三好西部森林組合では、プロセッサによる枝払・玉切で $24.6\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ の生産性を実現していることから、プロセッサ等の高性能林業機械を使用する伐出体系の採用を検討する必要があると思われる。

しかし、当社の場合、何度か述べているように請負生産により事業を実行しており、どのような伐出体系を採用するかは基本的に請負業者に依存せざるを得ない。今後、請負業者の選定、あるいは当社が必要な機材を購入し請負業者に貸し出すなど、有効な伐出体系を実現できるような方策の検討が課題となる

② 枝条活用に向けた課題 ー事業地の選定ー

枝条を活用した燃料材生産についてであるが、全木集材+プロセッサによる搬出、枝条処理を行う方が有利であると考えられ、かつ山土場破碎が望ましいことから、そのような形態で実行できる事業地の選定が必要である。とくに採算面からは山土場で破碎作業が可能な事業地を選定することが重要である。

③ 実証事業に関する課題

今年度の実証事業地において複数の伐出体系による生産性やコストを把握することができたが、事業地や実行主体等が異なるため、伐出体系の直接的な比較は行うことができなかった。また、生産性やコストの把握方法に厳密性を欠く部分もあった。今後、これらを実証事業で行うべきかどうか、検討する必要がある。また、従来、林地に残置した部分も積極的に搬出し、定額助成金の効果も検証したが、これによるコスト増分や生産性への影響については把握・検討を行えなかった。この点は極めて重要と考えられ、簡略かつ有効な方法の検討が課題である。

2. 6 端材や枝条等の低コスト集荷システムの開発及び 発電用燃料等への利用実証事業

(住友林業フォレストサービス株式会社)

2. 6. 1 実証事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

大量に放棄されているいわゆる不採算材、プロセッサ普及に伴いまとまって残置されるようになった末木枝条の削減、さらにはそれらが引き金となって発生する林地崩壊の防止、加えて地球温暖化対策としてのCO₂削減の観点から、未利用木質バイオマス資源に対しては、川上から川下まで国産材を幅広く手がける住友林業グループ全体の課題として取り組む必要があった。

しかし、従来の常識では、林地内からの収集・運搬コストが大きくなり過ぎるため、ビジネスとして成立させるのは困難だと考えられており、なかなか手がつけられない状態だった。今回、当実証事業によって、助成金を得てこの課題に取り組めたことは、大変なチャンスだと感謝している。住友林業フォレストサービス株式会社は、住友林業グループの中でも、特に、国産材流通全般を担っており、この問題で取り組みべき課題は、「林地残材はビジネスとして成立しうるのか？」という民間企業として当然かつ本質的な部分である。この課題を解決するには、「ボトルネックとなっている収集運搬コストをどう低減させ、効率的かつ合理的なサプライチェーンを完成させるか？」にかかっており、この問題を多面的に考察する必要がある。

具体的には、図 2.6.1 のように収集運搬コストを細分化し、①林地内から林道までの搬出コスト、②林道脇や山土場での積込コスト、③山土場から破碎施設までの運搬コスト、④破碎コスト及び破碎施設から最終需要者までの運搬コスト、⑤情報収集及び営業コストの5つの重要コストの最適化を図ること。また、どのコストと、どのコストがトレードオフの関係にあるかを導き出し、コスト間での最適化を図ることが目標である。

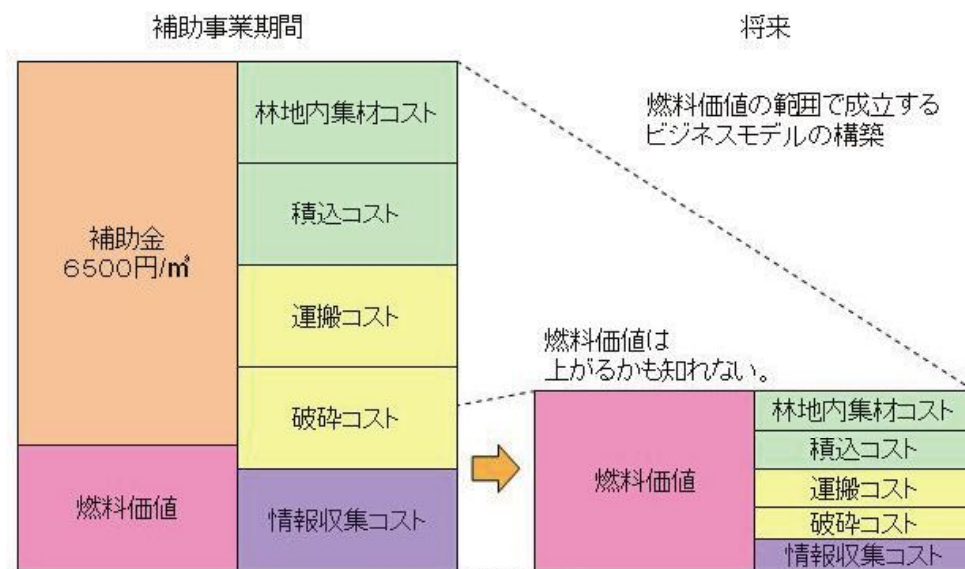


図 2.6.1 林地残材の収集・運搬コストの最適化目標

(2) 実証事業の内容、規模

四国島内のうち、愛媛県・高知県全域を対象エリアとし、様々な現場を設定することによって、現場ごとに異なる林地残材の状況を把握することに重きを置いた。これは、現場の状況に応じた柔軟な対応力を確保し、よりビジネスとしての実現性を高めるためである(図 2.6.2)。

燃料用としての最終需要者は、愛媛県西条市にある住友共同電力株式会社壬生川火力発電所(総出力250,000kW)と、高知県須崎市にある住友大阪セメント株式会社高知工場(総出力122,500kW)を設定した。既に両工場とも、木質バイオマス資源の利用については、積極的に取り組んでいたが、運搬コスト等の問題もあり、思うように資源が集まっていない状況であった。

また、カスケード利用の観点から、林地残材のうち製紙用チップに使えるものについては、最寄のチップ工場で破碎して、愛媛県四国中央市の大王製紙に販売した。これらの取組により、実証地は計12エリア28地域となった。



図 2.6.2 実証事業の実施場所

表 2.6.1 実証エリア別の事業規模

実証エリア		出材量		出材内訳	
県名	区分	重量(生 t)	材積 (m ³)	燃料用 (生 t)	パルプ (生 t)
愛媛	落合	166.59	199.91	166.59	
	大永	146.04	175.248	146.040	
	西条円山	245.87	295.044	245.870	
	西予	426.88	512.256	356.810	70.070
	近藤産業	465.66	558.796	134.240	331.420
	大洲	217.47	260.964		217.470
	南予	152.03	182.436	10.880	141.150
	津根財産区	25.43	30.516	25.430	
	久万高原	77.36	92.832	77.360	
高知	土佐清水	108.58	130.296	108.580	
	仁淀川	335.24	402.288		335.240
	須崎個人	39.36	47.232	39.360	
合計		2,406.51	2,887.82	1,311.16	1,095.35

注) 1 t = 1.2 m³ で計算

愛媛県内の出材量が多いのは、当事業の定額助成金6,500円/m³に、さらに県の別事業による上乗せの助成金2,000円/m³が付いたことや、県単独助成の間伐地など、国費の入っていない間伐地が多く存在したことによるものである。

(3) 実証事業の実施期間、実施体制、実施場所

定額助成による各実証地については、愛媛県森連、高知県森連、愛媛素生連、高知素生連からの紹介、及び、住友林業フォレストサービスの専門スタッフ2名が、積極的な情報収集を実施することにより、以下の12エリア28地域を確保することができた。なお、高知県吾川郡仁淀川町については、小規模民有林計17箇所からの少量の間伐材を仁淀川森林組合が窓口となって収集し、取りまとめた上で、製紙用チップとして住友林業フォレ

ストサービスがチップ工場に納入したものである。

表 2.6.2 実証事業の実施期間（定額助成）

県名	実証地	出材期間
愛媛	愛媛県四国中央市	H20年10月6日～H21年2月27日
	愛媛県新居浜市	H20年10月20日～H21年2月28日
	愛媛県西条市	H20年10月14日～H20年10月21日
	愛媛県西予市	H20年12月15日～H21年2月27日
	愛媛県西条市	H21年1月12日～H21年2月28日
	愛媛県大洲市	H21年1月22日～H21年2月23日
	愛媛県北宇和郡鬼北町	H21年2月2日～H21年2月28日
	愛媛県四国中央市富郷町	H21年2月4日～H21年2月5日
	愛媛県上浮穴郡久万高原町	H21年2月24日～H21年2月28日
高知	高知県土佐清水市三崎	H20年11月11日～H20年11月21日
	高知県吾川郡仁淀川町	H21年1月1日～H21年2月28日
	高知県四万十町	H21年1月20日～H21年2月27日

表 2.6.3 実証事業の実施期間（1/2助成）

実証地	実証内容	期間
高知県本山町	単位当り重量の期間変動	H20年8月6日～H21年2月28日
高知県四万十町	単位当り重量の期間変動	H20年8月6日～H21年2月28日
	林地残材の林地内返却コスト	H21年2月15日～H21年2月20日
愛媛県西予市	林地内からの搬出コスト検証	H20年12月1日～H21年2月28日
愛媛県新居浜市	地拵コストも含めた比較	H21年2月20日～H21年2月28日

2. 6. 2 実証事業の実施方法

(1) 間伐未利用材の新たな収集方法開発や、運搬方法の合理化実証による資源有効利用の仕組みの構築

定額助成で確保した12エリアについては、それぞれ現場の状況が異なっており、作業実施業者も異なるため、一概に、コスト比較はできない。ただし、何らかの傾向はつかめると考え、業者を統一させることなく、状況に応じて、柔軟に手配した。例えば、森林組合に搬出～積込までを依頼するケースもあったし、当社で手配した業者にそれらの作業を依頼するケースもあった。運送業者についても、概ね、当社で手配した同一業者で運搬したものの、一部では、地域の運送業者や、最終需要者側で手配した運送業者を利用するケースもあった。そのようなバラバラの状況ではあるが、運搬コスト、積込コスト、破碎コスト、林地内からの搬出コスト、営業面からの情報収集コストについて、合理的と考えられる方法をそれぞれ状況に応じて試みた。

a 運搬コスト比較

当初、枝葉や単コロなど運搬したこともない運送業者に、末木枝条を運搬しようとしたため、「1車当り〇〇円」とか、「生t当り〇〇円」といった単位あたり単価を設定しての請負形態をとれなかった。そのため、「1日トラックチャーター〇〇円」として、1日単位で何往復しても同一の単価として請け負わせた。当然、業務エリアを指定して「その範囲では、どこまで行っても1車当り〇〇円。」と、1車単位で発注した方が、運送業者側にリスクを負わせるため、コストダウンに繋がるケースが出てくることは承知している。しかしながら、サプライチェーンマネジメントの考え方では、そのような発注形態では、結局、運送業者側が利益を最大化させようと合理的になればなるほど、利益を生まないエリアへの仕事を嫌がるため、社会全体では、不合理かつ不効率な価格体系となってしまう。このため、トラックをチャーターすることで、運送業者側の利益変化を疑似体験しようとの思惑もあった。

トラックの種類については、現場の状況に合わせ、アームロール車、11t深底ダンプ、8tダンプ、4tダンプ、ツカミ付きトラックなどを投入した。



写真 2.6.1 アームロール車
容積 20～28 m³



写真 2.6.2 11 t 深底ダンプ車
容積 26 m³



写真 2.6.3 8 t ダンプ車
容積 18 m³



写真 2.6.4 4 t ダンプ車
容積約 10 m³ (あおり付き)



写真 2.6.5 11 t ツカミ付きトラック
容積 26 m³

b 積込みコストの合理化実証

現場ごとに、グラップルがあつたり無かつたり、林地残材が1箇所にも大量に集積していたり、少量の林地残材が点在してあつたりと、状況によって柔軟に対応する必要性が出てきた。特に、グラップルが現場に無く、少量(数十t程度)ずつ林地残材が点在しているケースは、従来型のダンプ&グラップルの収集方法では、コストがかかりすぎるため、グラップルの搬送コストを無くすために、ツカミ付きの山出しトラックにあおりを付け、深底にしたものを投入した(写真2.6.5)。

また、他の作業が終了してしまい、積込のためだけに、作業員が山土場で待機しているようなケースでは、手待ち時間をなくすために、次々とトラックを投入した。



写真 2.6.6 アームロール車やダンプを次々と投入し、積込作業者の手待ち時間を少なくした。

c 工場破碎と山土場破碎のコスト比較

定額助成地においても、機会があれば、山側での破碎を実験してみようとシミュレーションを繰り返したが、全ての定額助成地において、工場側で破碎した方が有利となった。

d 林地内からの搬出効率分析

四国島内においては、地形の関係から、架線集材現場も多い。特にヒノキの場合は、枝葉も架線集材時には、さほど落ちることなく山土場まで付いて来る。この為、山土場での造材時に発生した林地残材が大量に集積しているケースも多く、問題となっている。このような場合には、林地内からの搬出コストは0と考えても差し支えなく、むしろ、林地内への返却コストが必要となっている。(この比較については1/2助成にて実証。)

なお、季節間の積載効率に変化は特になかった。むしろ、含水率を調べる必要があった。



写真 2.6.7

架線集材現場風景。四国では多く見られる。
(参考：写真は四万十町の皆伐現場)



写真 2.6.8

架線集材現場での積込作業
(住友林業社有林)

また、路網集材の場合は、作業路沿いに林地残材が点在するケースが多く、今回は、この部分の搬出効率を調査した。



写真 2.6.9

路網集材現場での集材風景

運搬車の容積は、 $W1.8 \times L2.2 \times H1.35 = 5.346 \text{ m}^3$

グラップルは、0.20m³級グラップル

e 営業コスト（情報収集コスト）について

本事業の採択を受けた8月から各方面と調整し、協議会を立ち上げて、本事業をスタートさせたが、その時点で大半の間伐予定地に国費が入っており、実証地探索は困難を極めた。このため、平成20年10月以降は、2人のスタッフをほぼ専任として、この事業に集中させ、特に平成20年11月から平成21年1月までの3ヶ月間は事業地のデータ収集と並行して、実証事業地確保を目的とした集荷営業に集中させた。

このような取り組みをする中、林地残材をビジネスとして成立させる場合に、最も重要な要素の一つとなる「営業」についても、一定のノウハウを獲得することができた。特に、営業効率の向上を目指し、チラシによる告知→現場チェックシートによる現場情報確認→見積り提出の流れを作った。

資料 2.6.1

集荷営業担当には、チラシを持たせ、営業上必要なトークを盛り込んだ。

枝条集荷用 確認シート

日付	年 月 日	9F(階数)	
現場名			
実証事業体名			
担当者		連絡先	

1. 現場までの経路	チェック欄
種別 トレーラー	可・不可
11tダンプ	可・不可
受入れ先までの距離	往復日(予想)

2. 現場の状況	
目付地形状	ha
目付実施期間	年 月 日 ~ 年 月 日

資料 2.6.2

必要な情報を記入できる確認シートを持たせ、聞き取り不足を防いだ。

(2) 林地残材の林地内への返却コストと資源利用した場合のコスト比較

架線集材現場においては、山土場を第三者から借用するケースが多く、山土場に集積してしまった林地残材を処分しなくてはいけない事情がある。従来、四国地域においては、そのような林地残材をわざわざ架線を使って林地内に返却していた。このような現場においては、たとえコストが持ち出しになっても、木質バイオマス資源として利用した方が、合理的と考えられる。今回、容積を確定させた林地残材を林地内へ返却するのにどれだけコストがかかっているのか？コスト分析をした。

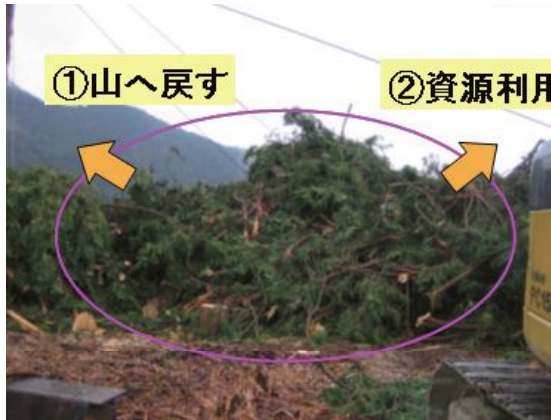


写真 2. 6. 10

山土場を借用している場合には、いずれにせよ処分しなくてはならない。



写真 2. 6. 11

一旦、容積の分かっているアームロール車に積み込み、 m^3 当りのコストを調べた。



写真 2. 6. 12

この現場では、もっこ（3 m×3 m）とよばれる網を使って返却していた。



写真 2. 6. 13

架線を使って、林地内に返却する。

（3） 地拵えコストを含めた皆伐地における林地残材回収コスト検証

皆伐地においても、林地残材については、重要な問題となっている。同時に、皆伐未済地の問題も発生している。この問題は、植林コストの大きさが一つのネックとなっており、その中に、植林作業を効率化させるために雑草木の刈り払い及び林地残材を整理する作業（地拵え作業）が含まれている。

たとえ、林地残材を資源利用するコストがかかりすぎたとしても、それによって、地拵えコストが低減できるのであれば、本来、そちらのコスト減少分も含めて、トータルコストで比較しなくてはならない。そのような観点から、皆伐地に大型のチップパー（30 t/日の破碎能力）を投入して、運搬コストの比較資料を集めながら、同時に地拵えコストとの比較を実施した。

・検証地概要

事業地：愛媛県新居浜市別子山字横道

面積：3.41ha

作業仕組み

1. グラップルで全面積集荷できるよう、集材路を開設
2. 山にグラップルを投入し、枝葉を作業路脇に集積
3. 作業路脇に集積された枝葉を 6t 積み運搬車で運搬
4. 山土場で破碎処理
5. 燃料用として運搬



写真 2.6.14 作業道開設



写真 2.6.15 枝葉収集



写真 2.6.16 枝条運搬



写真 2.6.17 破碎処理



写真 2.6.18 チップ運搬

2. 6. 3 実証事業の実施結果

(1) 間伐未利用材の新たな収集方法開発や、運搬方法の合理化実証による資源有効利用の仕組みの構築

a 運搬コスト比較

5現場における生t当りの運搬コストを比較して表 2.6.4 に示す。林地残材の形態や、現場の状況等により、運搬コストには大きなバラツキが生じるが、極めて単純な理屈により、往復回数と運搬コストには負の相関関係が見て取れる。

表 2.6.4 現場別の運搬コストの比較

現場	運搬 (円/生t)	1日当りの可能往復数 (台/日)	使用トラック
A	5,102	2	11t深底ダンプ
B	3,661	3	11t深底ダンプ
C	2,225	5	各種アームロール車
D	3,619	2	22tダンプ (11tつかみ付トラック)
E	6,078	2	アームロール車
平均	4,137	2.80	

ただし、この場合の運賃については、根拠となる価格の取り決め方にバラツキがあり、特に周辺相場や積み上げ式のコスト等を分析して決定したものではない。今回の実証事業の主旨に賛同した運搬業者から、特別に提示された仮の値を用いている。また、可能往復回数についても、通行事情や急なトラックの手配事情等により、必ずしも、予定通りの回数を往復できたわけではない。標準的な運搬コストとしては、およそ図 2.6.3 が想定される。

容積26m³の深底ダンプで1車当たり平均5t前後積載可能
1日チャーター費用5万円であれば、
1日1車でトン当たり 1 万円 の運搬費がかかる
1日2往復なら 5 千円
1日3往復なら 3.3千円
1日4往復なら 2.5千円
1日5往復なら 2 千円

将来、燃料価値が、
トン当たり3~4千円となっても
1日3往復圏内では成立しない。




図 2.6.3 運搬コストの概算イメージ

また、トラックの容積あたりの積載効率（生 t/m³）については、表 2.6.5 のとおりであった。積込担当者の技量や林地残材の状況によって、バラツキはあるものの、概ね 0.2 生 t/m³と判断できる。

ここで注目すべきは、乾燥した材や、半乾燥の材でも生状態の枝葉と変わらない積載効率となったことである。当然ながら、乾燥状況が進んでいる方が、重量あたりのエネルギー価値は高いと考えられることから、トラック 1 車あたりのエネルギー価値としては、ある程度乾燥したものを運搬する方法が効果的である。

表 2.6.5 運搬方法の違いによる積載効率

現場	使用トラック	1車当り容積(m ³)	積載効率① (生t/m ³)	積載効率② (生t/車)	材状態 (生/乾)
A	11t深底ダンプ	26	0.188	4.900	生
B	11t深底ダンプ	26	0.181	4.711	生
C	各種アームロール車	20~28	0.201	4.013	生
D	11t深底ダンプ 11tつかみ付トラック	26	0.176	4.576	半乾
E	4輻付ダンプ	10	0.172	1.721	生
F	8tダンプ	18	0.202	3.627	生
J	11tつかみ付トラック	26	0.245	6.358	乾
H	22tダンプ (11tつかみ付トラック)	26	0.253	7.083	生
I	アームロール車	28	0.176	4.935	半乾
	平均		0.199	4.653	

b 積込コストの合理化実証

積込（荷卸し）時間と運搬時間の関係は図 2.6.4 のようになる。荷受開始時刻から荷受最終時刻までの間に、往復回数を何回できるかが、運搬コストの重要な低減手法であることはすでに述べた。そのためには、「如何に積込時間を少なくするか?」、また「往復回数が同じであれば、どう積込コストを低減できるか?」がポイントとなる。

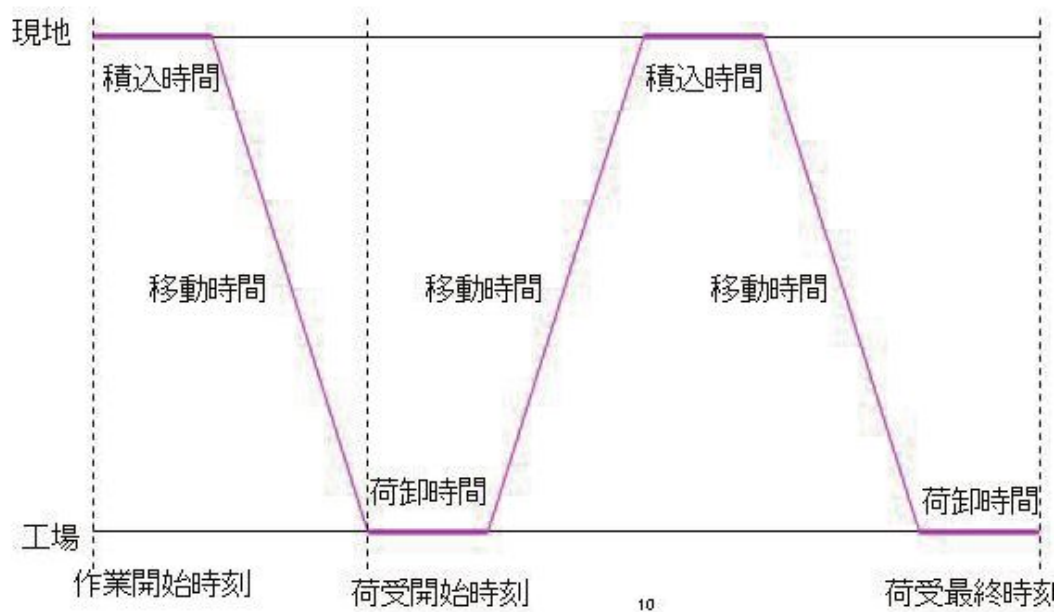


図 2.6.4 積込（荷卸し）時間と運搬時間の関係

① ツカミ付きトラックのコスト優位性

少量の林地残材しかない現場に、グラップルを搬入するのは、あまりに合理的ではないため、今回はツカミ付きのトラックを投入した。運転手がツカミも操作することで、運転手の手待ち時間もなくなり、労働生産性も高くなるこの方法について、シミュレーションした。

仮に、グラップル1台当りの搬送料が100,000円。1日当りのグラップルコストが5,000円。11tダンプの1日利用料が50,000円とし、一方の11tツカミ付きトラックの1日利用料が65,000円とすると、以下の表のようなコスト比較となる。ただし、11tダンプの運転手はグラップルも扱えるものとして、人件費は、同じと考える。

表 2.6.6 ツカミ付きトラックコスト比較

日	グラップル+ダンプ (円)	ツカミ付きトラック (円)
0	100,000	0
5	375,000	325,000
10	650,000	650,000
15	925,000	975,000
20	1,200,000	1,300,000

11 t ツカミ付きトラックと11 t ダンプは容積がほぼ同じ26 m³であり、現場と目的地との往復回数もほぼ同じと考えると、10日以内で運搬が完了するような現場では、ツカミ付きトラックが有効と考える。1日当りの料金差(10,000円)が、搬送料(100,000円)を埋めるまでは、ツカミ付きトラックが優位となる。

(計算式は以下の通り)

グラップル+ダンプ:

$$\begin{aligned} \text{コスト} &= \{ (\text{ダンプ料金}) + (\text{グラップルコスト}) \} \times \text{日} + (\text{搬送料}) \\ &= 55,000 \text{円} \times \text{日} + 100,000 \text{円} \end{aligned}$$

ツカミ付きトラック+ダンプ:

$$\begin{aligned} \text{コスト} &= (\text{ツカミ付きトラック料金} + \text{ダンプ料金}) \times \text{日} \\ &= 65,000 \text{円} \times \text{日} \end{aligned}$$

また、現場の作業日数を減じてグラップルのトータルコストを下げるために、1日に2台の11 t ダンプを往復させた場合と、ツカミ付きトラック+11 t ダンプ1台を往復させた場合で比較しても、追加されたダンプのコストが同じであれば、その差は変わらない。結局、計算上は、1日当りの運搬コストの差10,000円は変わらず、10日目分岐点となる。

(計算式は以下の通り)

グラップル+ダンプ2台:

$$\begin{aligned} \text{コスト} &= \{ (\text{ダンプ料金} \times 2 \text{台}) + (\text{グラップルコスト}) \} \times \text{日} + (\text{搬送料}) \\ &= 105,000 \text{円} \times \text{日} + 100,000 \text{円} \end{aligned}$$

ツカミ付きトラック+ダンプ:

$$\begin{aligned} \text{コスト} &= (\text{ツカミ付きトラック料金} + \text{ダンプ料金}) \times \text{日} \\ &= 115,000 \text{円} \times \text{日} \end{aligned}$$



写真 2.6.19 ツカミ付きのトラックと深底ダンプを併走させて、現場での作業日数を低減させた。

② 現場作業員の手待ちを無くすため、トラックを次々と投入する方法

西条市円山公園の実証地では、チップ以外使い道のない間伐材が大量に発生するため、そのC・D材の運搬を行った。伐採作業には思いのほか時間がかからず、山土場には大量のC・D材が積みあがり、作業員の手待ちが発生してしまった。この状況に対応するため、次々とトラックを投入し、山側を遊ばせない戦略を採用した。

図 2.6.5 のように、トラック 3 台を 5 回転させることにより、山側の手待ち時間を無くした。これにより、山側の積込効率は、平均約 45 分から約 30 分に短縮することができた。また、当初 10 日程度かかると見積もっていた積込作業は 6 日で完了し、4 日分の人件費とグラップル代が浮いた。

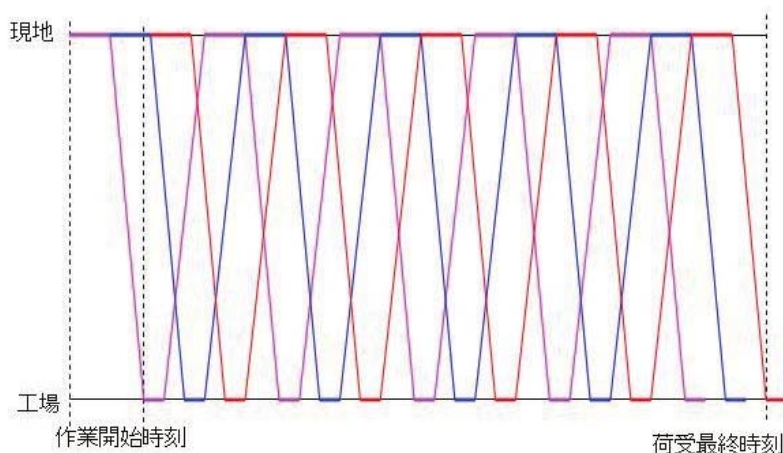


図 2.6.5 トラック 3 台による運行表

作業は10月に行ったが、その結果を表 2.6.7 に示す。作業初日である14日は、トラックに少しでも多く積載することを念頭において作業したため、積載効率は上がっている。逆に、20日、21日は次々とトラックを投入したため、作業が雑になったのか、積載効率は下がっている。

積込時間については、いくつかの現場において表 2.6.8 の結果が得られた。ただし、調査は抜き取り調査であり、全ての積込時間を平均したものではない。

表 2.6.7 円山公園での運搬効率表

10月	車/日	運搬量 (生 t)	積載効率 (生 t / m ³)
14日	5	25.22	0.229
17日	7	28.42	0.192
18日	6	28.38	0.215
20日	12	46.58	0.189
21日	15	56.15	0.198
22日	8	27.96	0.200

表 2.6.8 円山公園での積み込み時間計測表

区分	積込使用車両	容積 (m ³)	1車当りのおおよその積込時間 (分)
A	0.45 m ³ 級グラップル	26	60
B	0.45 m ³ 級グラップル	26	60
C	0.45 m ³ 級グラップル	20	45
D	11t つかみ付トラック	26	70
E	11t つかみ付トラック	26	60
F	0.25 m ³ 級グラップル	26	60

c 工場破碎と山土場破碎のコスト比較

繰り返し、シミュレーションをしたが、様々な問題があり、十分な結果を得るには到らなかった。主な問題は、①山土場での破碎効率は、工場での破碎効率より低下する。②山土場までの搬送料など初期コストが大きい。③民家の近くでは、音等の問題が発生する。

などである。これらの問題をクリアするには、「現場が大規模であり、大型のチップパーが投入できる道沿いであり、民家が近くに無いこと。」などが条件となる。

シミュレーションの計算例

【山土場破碎コスト】

積込コスト+山土場破碎コスト+チップ運搬コスト+チップパー搬送コスト

【工場破碎コスト】

積込コスト+林地残材運搬コスト+工場破碎コスト+最終需要者へのチップ運搬コスト

d 林地内からの搬出効率分析

これまで誰もやったことのない作業であったため、段取りや検討に時間がかかった。以下は、西予市の路網系集材現場で平成21年1月7日・8日の2日間にストップウォッチを使用してデータ抽出したもの。

表 2.6.9 路網系集材現場での搬出時間計測

1月7,8日	合計時間	平均時間	割合
空移動	2:58	0:04	23
積込	5:16	0:08	40
積載運搬	2:40	0:04	20
荷卸	0:57	0:01	7
その他	1:11	0:01	9
	13:02	0:20	100

西予市の路網系集材現場において、グラップルとフォワーダーによる作業路沿いから、本道脇集材所までの回収作業時間分析を行った。1名で収集、1名で運搬・荷卸作業を行った。作業時間合計は約13時間であり、フォワーダーの平均移動距離は336mであった。1往復を平均20分で実施しており、1往復当り、1.29生tの林地残材を回収することが出来た。

また、大洲市森林組合現場では、グラップル付きフォワーダーによって、作業路脇に捨てられている林地残材のうち、製紙用チップに使えるもののみを取り出して、チップ工場へ納入した。この時の作業日報データを以下に示す。このような日報を利用することによって、トラック手配のタイミングを計ることができる。

表 2.6.10 トラック手配のタイミングを読むための作業日報データ

日付	林内運搬車往復数(往復)	林内運搬車運搬重量合計 (2,362 生t/車試算)	トラック搬出実績(生t)	林地内重量増減予想 (生t)
1月20日	4	9.4	0.0	9.4
1月21日	9	21.3	0.0	30.7
1月22日	2	4.7	15.7	19.7
1月23日	5	11.8	15.4	16.1
1月26日	5	11.8	0.0	27.9
1月27日	5	11.8	0.0	39.7
1月28日	2	4.7	16.6	27.8
1月29日	2	4.7	16.1	16.4
1月30日	6	14.2	0.0	30.6
1月31日	5	11.8	0.0	42.4
2月2日	6	14.2	0.0	56.6
2月3日	4	9.4	7.1	59.0
2月4日	5	11.8	7.6	63.2
2月5日	4	9.4	7.8	64.8
2月6日	7	16.5	0.0	81.3
2月7日	3	7.1	15.4	73.0
2月8日	7	16.5	14.6	74.9
2月9日	8	18.9	0.0	93.8
2月10日	0	0.0	27.4	66.4
2月12日	0	0.0	0.0	66.4
2月13日	0	0.0	19.9	46.5
2月16日	0	0.0	6.4	40.1
2月19日	0	0.0	13.7	26.4
2月20日	0	0.0	15.2	11.3
2月23日	0	0.0	11.3	0.0



写真 2. 6. 20 大洲森林組合作業現場

e 営業コスト（情報収集コスト）

8月から11月までの期間は、実証地が全く見つからず、見つかったとしても、作業の段取りが決まらなかったため、12月末時点の集荷量は600 m³前後と、停滞していた。この状況に危機感を持ち、チラシ→確認シート→見積り提出の流れを整備した結果、最終月である2月単月では2000 m³を超えて回収することができた。民間企業としては、「これから」というタイミングでの終了となった。

(2) 林地残材の林地内への返却コストと資源利用した場合のコスト比較

表 2. 6. 11 林地残材を林地内へ戻す場合と利用する場合の作業時間の比較

1. 残材を山に戻す平均時間		
1車分の残材を山に戻す作業を2回(大小2車種)で行った		
残材2車分: 平均架線距離: 365m もっこ運搬回数: 9回(4回5回)		
サイクルタイム※1)	1時間0分	※1)
1. もっこ積込時間	18分	計測開始: 調査地
2. 移動時間	25分	計測終了: 調査地
3. 積降時間	14分	
4. 移動時間	23分	
2. バイオマス利用するまでの平均時間		
この結果は、1車分のサイクルタイムだが、2車分のサイクルタイムは積込を1車、2車と続けて行えばいいため、単純に2倍の時間がかかるわけではない		
残材2車分積算量計量結果: 11.73t	運搬距離: 68km	
サイクルタイム※1)	2時間44分	※1)
1. 積込時間	22分	計測開始: 調査地
2. 荷造り時間	4分	計測終了: 需要地
3. 移動時間	1時間45分	
4. 積降時間	33分	

表 2.6.12 集材及び積み込みコスト

経費	単価	工程	金額	備考
人件費	15,000 円/人・日	4(人)	60,000 円	積込、積込補佐、集材機
グラップルレンタル料	20,000 円/日	1(台)	20,000 円	回送費含まない
計			80,000 円	

経費	単価	工程	金額	備考
人件費	15,000 円/人・日	4(人)	15,000 円	グラップル運転
アームロール車	30,000 円/車・回	4(車)	120,000 円	
グラップルレンタル料	20,000 円/日	1(台)	20,000 円	回送費含まない
計			155,000 円	

表 2.6.13 林地残材を林地内へ戻す場合と利用する場合の経費の比較

<p>1. 残材を山に戻す際の損益</p> <p>一日に6サイクル(2車分×3)山に戻すことが可能と仮定</p> <p>一日の稼働時間は7時間10分×6=7時間</p> <p>アームロール車容積: 55m^3(2車分)×3=165m^3(6車分)</p> <p>または11.73t(2車分の合計積載量)×3=35.18t</p> <p>一日で63.42tの残材を山に戻すことが可能</p> <p>⇒ <u>経費 2274 円/t</u></p>
<p>2. バイオマス利用する際の損益</p> <p>一日に4サイクル(2車×2)可能と仮定</p> <p>一日の稼働時間は7時間57分</p> <p>(2時間44分+22分)×2+1時間45分=7時間57分</p> <p>:2車でのサイクルタイムを2回+車の移動時間</p> <p>合計重量: 55m^3(2車分)×2=110m^3、</p> <p>または11.73t(2車分の合計積載量)×2=23.45t</p> <p>一日で110m^3 約42tの残材をバイオマス利用することが可能</p> <p>⇒ <u>経費 6609 円/t</u></p>

(3) 地拵えコストを含めた皆伐地における林地残材回収コスト検証（実施結果）

チップ生産コストの評価に際し、林地残材の回収と地拵えの経費を見込むことによって、評価の見方が異なってくると思われるため、今回、皆伐跡地において、チップ生産を含めた機械による地拵えについて実証を行った。実施面積は地形的な制約等から皆伐面積の約2割弱、約0.5haである。

3.41haの皆伐跡地において、チップ生産を含めた機械地拵えを実施した結果、枝葉の収集が作業の大半を占めることが分かった。枝葉の収集を効率よく実施するには、作業路を高密度に入れることが考えられる。作業道は一度新設すると、維持管理することで永続的に使用可能であり、枝葉収集後の新植や下刈、除間伐作業等の人工林管理に必要となるため、作業道の新設は枝葉収集を効率的に実施するためには非常に有効な手段と考えられる。また、皆伐時にすでに作業道が開設されており、かつ、枝条をチップ利用することが決まっていれば、造材時に枝払いを作業道脇にて実施する等、より効率的に枝葉収集を行うことが可能になる。こういった条件であれば、枝葉収集にかかるコストは低く抑えられることができると考えられる。

その結果、コストに関しては、チップ生産と機械地拵えを含めた必要経費と、チップ売上と人工林伐採跡地造林の地拵え助成金収入とを比較すると、前者が倍以上の費用がかかることが分かった。

今後は、さらに実証事例を多くし、枝葉収集面積、チップ生産量とコストの関係、重機が作業できる範囲とコストの関係等を明らかにし、チップ生産と機械地拵えを含めた作業がビジネスモデルとして成り立つ条件を抽出していくことが必要と考えられる。

表 2.6.14 チップ生産と機械地拵え作業を含めたコスト評価の事例

作業面積	0.5 ha					
支出	人工	割合	単価(円/人)		備考	
作業道新設	4	11%	15,000	60,000		
枝葉収集	25.5	73%	15,000	382,500		
破碎・運搬	3.25	9%	15,000	48,750		
その他	2.25	6%	15,000	33,750		
合計	35	100%	計	525,000		

収入	数量(t,ha)	割合	単価(円/t)		備考	
チップ代金	27	41%	3,500	95,445	人工林伐採跡地造林スギ 3,000本植栽時、地拵え助成	
助成(人工林伐採跡地造林)	0.5	59%	280,200	140,100		
合計			計	235,545		

2. 6. 3 考察、その他

(1) 得られた成果のまとめ

実証事業を実施した結果、「木質バイオマスビジネスは十分に成立する可能性がある」と判断するに至った。後は、その利用範囲をどれだけ拡大できるかが今後のキーとなる。特に地産地消型ビジネスモデルをイメージしながら、サテライト的にチップ工場や最終需要者を配置するような社会資本整備の方向性が有効と考える。幸いにも四国島内は、古くから製紙工業が盛んなこともあり、島内に比較的多くのチップ工場や破砕施設が存在するため、これらを横断的に利用することで、より適切なバイオマス利用システムの構築が可能と考える。

今回、得られた成果を要約すると以下のとおりである。

- ① 運搬コストをボトルネックと考えた場合、現場と破砕工場と最終需要者の距離が近い状態、すなわち地産地消型のビジネスモデルを検討していく必要がある。
- ② 運搬や積込については、現場ごとに柔軟に対応できる体勢を整える必要がある。
- ③ 山枯しをしてから、林地残材を運搬する方法も、低コストに運搬効率を高める有効な方法と考えられる。
- ④ チッパーを山側に投入するやり方は、かなり条件を選ぶ。大量かつ広大なイメージのところ以外は難しい。
- ⑤ 少量の林地残材が道沿いに点在しているケースでは、ツカミ付きのトラックが有効。
- ⑥ 山側の人員に手待ちが発生した場合には、トラックの手配数を拡大する必要がある。
- ⑦ 林地残材をバイオマス利用する場合のコストとして、地拵えコストや林地残材の返却コストも含めたトータルコストで採算を考える必要がある。
- ⑧ 山の中に捨ててあるものを、後から回収するのは極めてコストがかかる上、立木損傷のリスクもあり、非現実的である。間伐搬出時に作業路沿いまで持ってくる必要がある。
- ⑨ トラック手配のタイミングを計る方法として、林内作業車の往復数と容積を確認しておくとう便利。
- ⑩ 営業効率を高めるためには、告知→聞き取り→提案をしっかりと出来るように仕組みを作り上げる必要がある。

(2) 今後の課題

- ① 今回発見できたビジネスモデルの方向性がどれほど有効か？学術的かつ実践的に数値的分析を進める必要がある。
- ② 最初から林地残材を少しでも多く林外に取り出すことを前提とした間伐手法の開発が必要である。
- ③ より突っ込んだマーケット分析（エネルギー需要予測、及び、対象エリアの需給分析）が必要である。
- ④ ボリュームを確保し、売上を増大させ、当社としてやる価値のあるビジネスに成長させる。

2. 7 森林からの木質バイオマスの総合リサイクル推進実証事業

(株式会社ファーストエスコ)

2. 7. 1 実証事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

株式会社ファーストエスコは、木質バイオマスを100%燃料とする10,000kW級の発電所を全国で3ヶ所運営し、二酸化炭素排出係数ゼロの電力販売を通して、再生可能エネルギーの安定供給に取り組んでいるが、燃料となる木質バイオマスは、家屋解体材や土木工事発生材由来の木質チップであり、ここ数年で石炭代替燃料としての需要が全国的に急速に伸びた影響を受けて、定格出力運転に必要な木質チップ量を確保するのは、当社の発電所のみならず、ほとんどの需要家において非常に困難な状況となっている。

また、解体される建築物の種類も今後、徐々に非木造の割合が増えていくことから、将来的に木質チップの供給量は需要に対してさらに不足傾向となることが予想される。このような状況にあって、森林資源、特に間伐の際に発生する林地残材は、賦存量が豊富な未利用資源であり、家屋解体材や土木工事発生材由来の木質チップの不足分を補うものとして、以前よりその利用が検討されてきたが、経済的に見合わないとの理由により、安定的に利用される事業例は極めて少ない。

以上のことから、本実証事業では、林地残材の低コストによる燃料化を実現するべく、当社の発電所を立地的中心とした『間伐→運搬→燃料チップ化（破碎）→利用（発電）』の体制を構築し、その一連のモデルの中で低コスト化に向けた実証データを取得することを目的としている。

(2) 実証事業の内容、規模

本実証事業では、当社が運営する発電所の燃料として、間伐現場から発生する木質バイオマスが利用できるか否か、経済性を加味した可能性を探ることを目的として、『間伐→運搬→燃料チップ化（破碎）→利用（発電）』の一連のモデルについて検証を行った。燃料として利用する木質バイオマスは、幹材のみならず根元端材や末木枝条も対象としており、これらの効率的な利用に資する新たなシステムとして、末木枝条の圧縮結束装置を試験的に導入し、コスト削減効果の評価を行った。また、燃料チップ化の段階で品質グレード別（燃料用・ボード用）に選別したものを、それぞれ品質相応の価値をもって利用した場合の経済性改善効果について検討した。

本実証事業の実施場所は、広島県、山口県および大分県の3つの地区に分散しており、間伐面積は合わせて36.7ha、得られた木質バイオマスは2,817ton (3,381m³)であった。

このうち、圧縮結束装置の導入は広島県で、また、チップのグレード別利用は山口県で得られた木質バイオマスを使用した。大分県については、元々、発電所とチップ工場が隣接し、コンベヤにて直接、燃料チップが搬入されており、運搬コストが比較的小さいことから、この利点をさらに活かすべく、間伐地区を可能な限り近距離に設定することとした。本実証事業の概要を図2.7.1に示す。

(3) 実証事業の実施期間、実施体制、実施場所

本実証事業の実施期間、実施体制および実施場所を表2.7.1に示す。

2.7.2 実証事業の実施方法

(1) 間伐の実施と間伐材の発電燃料への利用実証

本実証事業の間伐から間伐材利用における実施方法について、広島県、山口県および大分県の別にそれぞれ、表2.7.2、表2.7.3および表2.7.4に示す。また、全6ヶ所(大分県はさらに4ヶ所に分散)の間伐地区を地図上に図示したものと木質バイオマス発電所のフロー図ならびに外観を図2.7.2～図2.7.9に示す。

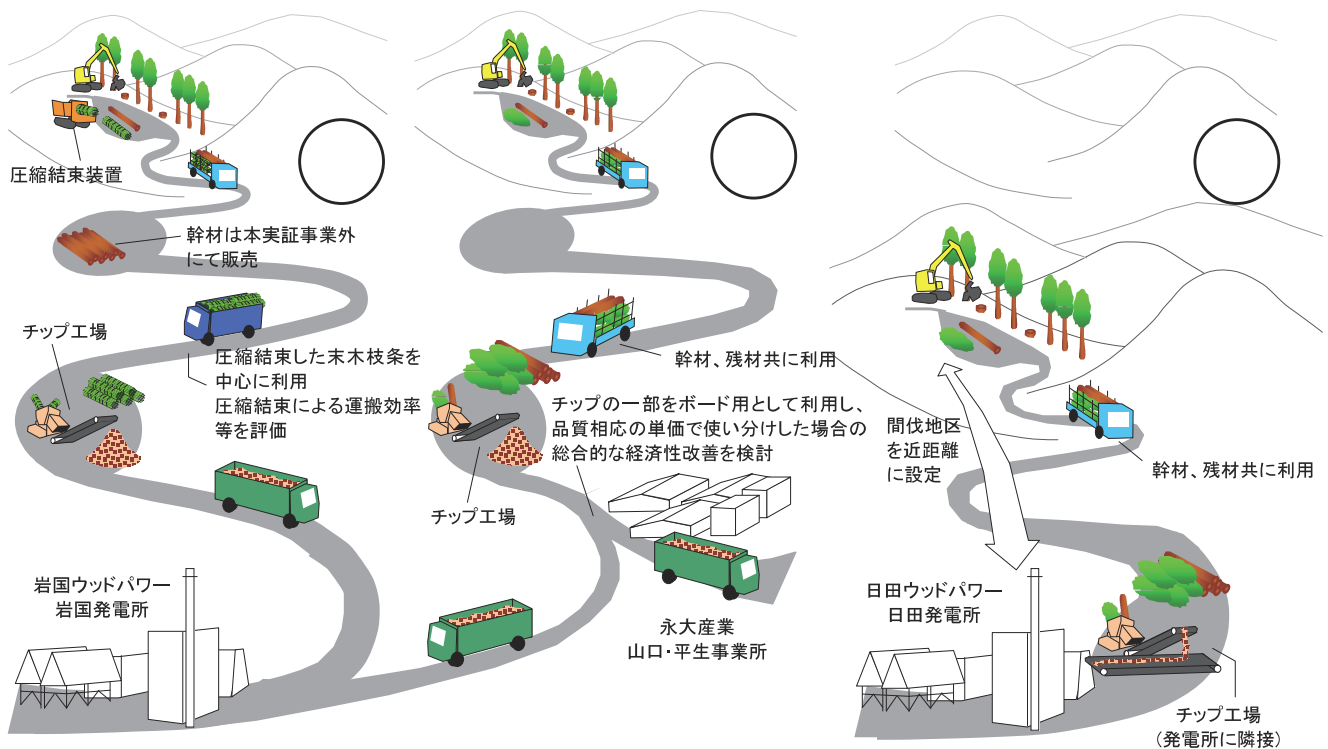


図2.7.1 実証事業の内容

表2.7.1 実証事業の実施期間、実施体制、実施場所

		広島県	山口県	大分県
実施期間		平成20年9月29日 ~ 平成21年2月28日		
実施体制・場所				
間伐	圧縮結束	太田川森林組合 (安芸太田町)	飯森木材(株) (宇部市)	(株)エコ・プランニング (日田市)
	運搬		—	—
チップ化(破碎)		(株)環境プラント (山口県柳井市)	飯森木材(株) (宇部市)	(株)九州ウッドマテリアル (日田市)
利用	発電	(株)岩国ウッドパワー (山口県岩国市)		(株)日田ウッドパワー (日田市)
	ボード	—	永大産業(株) (山口県平生町)	—
※指導		広島県林業技術 センター(三次市)	—	—
実証および試験 テーマ		末木枝条の圧縮 結束試験	チップの品質グ レード別利用	発電所とチップ工場が隣接 している利点を活かし、間伐 地区を近距離に設定

表2.7.2 実証事業の実施方法 (広島県)

間伐	①場所： 民有林(安芸太田町戸河内字内黒山880-1) ②樹種： 主にスギ(48年生) ③方法： 列状間伐(間伐率: 30%)
運搬	①区間： 間伐地 ~ (株)岩国ウッドパワー岩国発電所 ②距離： 約 100 km ③対象： 主に圧縮結束した末木枝条
チップ化(破碎)	①場所： (株)環境プラント(山口県柳井市日積6118)
利用(発電)	①場所： (株)岩国ウッドパワー 岩国発電所 (山口県岩国市長野1805-7) ②能力： 発電出力 10,000 kW 燃料使用量 約 90,000 ton/年
	<p>①間伐(圧縮結束) ②運搬 ③計量 ④保管(乾)</p> <pre> graph LR A[間伐地区] -- ②運搬 --> B[発電所] B -- ⑤チップ化(破碎) --> C[チップ工場] C -- ⑥利用(発電) --> B A -.-> D[※幹材(用材)は販売] </pre> <p>※幹材(用材)は販売</p>

表2.7.3 実証事業の実施方法（山口県）

間伐	①場所： 民有林(周南市鹿野上字仁保谷1618他) ②樹種： ヒノキ (40～42年生) ③方法： 定性間伐 (間伐率: 30%)
運搬	①区間： 間伐地 ～ 飯森木材(株) ②距離： 約 130 km ③対象： 幹材および残材
チップ化(破碎)	①場所： 飯森木材(株) 樹木リサイクルセンター (宇部市藤河内字水河内1291) ②能力： 240ton/日×2台 20ton/日×1台
利用 (発電)	①場所： (株)岩国ウッドパワー 岩国発電所 (岩国市長野1805-7) ②能力： 発電出力 10,000 kW 燃料使用量 約 90,000 ton/年
利用 (ボード)	①場所： 永大産業(株) 山口・平生事業所 (平生町曾根2388) ②能力： フローリング100,000坪/月 パーティクルボード 7,000ton/月
	<p>⑤利用(発電) ①間伐 間伐地区 ②運搬 チップ工場 発電所 ボード工場 ③計量 ④チップ化(破碎)</p>

表2.7.4 実証事業の実施方法（大分県）

間伐	①場所： 民有林(日田市夜明字中楚628-3他) 民有地(日田市上津江町川原字辻向2083-1他) 民有地(日田市上津江町上野田字三ツ石409-2他) 民有地(日田市花月字隠畑1669-6他) ②樹種： スギ (30～50年生) ③方法： 定性間伐 (間伐率: 30%)
運搬	①区間： 間伐地 ～ (株)九州ウッドマテリアル ②距離： 20～50 km ③対象： 幹材および残材
チップ化(破碎)	①場所： (株)九州ウッドマテリアル (日田市諸留町2813-22) ②能力： 597ton/日
利用 (発電)	①場所： (株)日田ウッドパワー 日田発電所 (日田市東有田字新山2813-10) ②能力： 発電出力 12,000 kW 燃料使用量 約 100,000 ton/年
	<p>①間伐 間伐地区 ②運搬 ③計量 ④チップ化(破碎) チップ工場 発電所 ⑤利用(発電)</p>



図2.7.2 広島県安芸太田町戸河内の位置図



図2.7.3 山口県周南市鹿野上の位置図

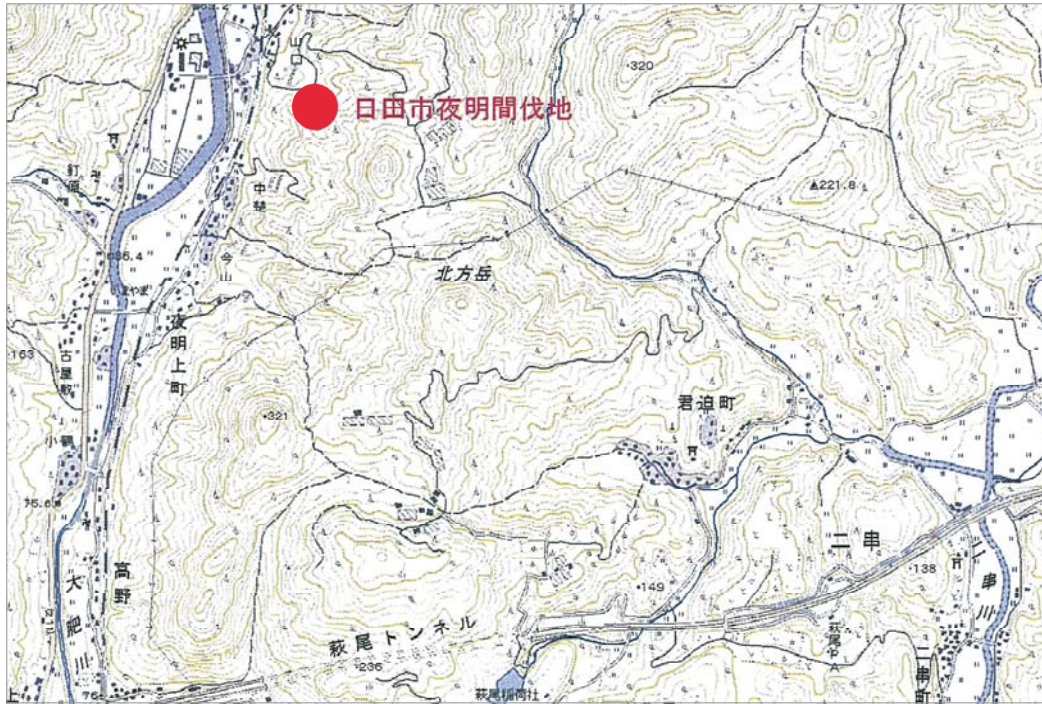


図2.7.4 大分県日田市夜明の位置図



図2.7.5 大分県日田市上津江町川原の位置図

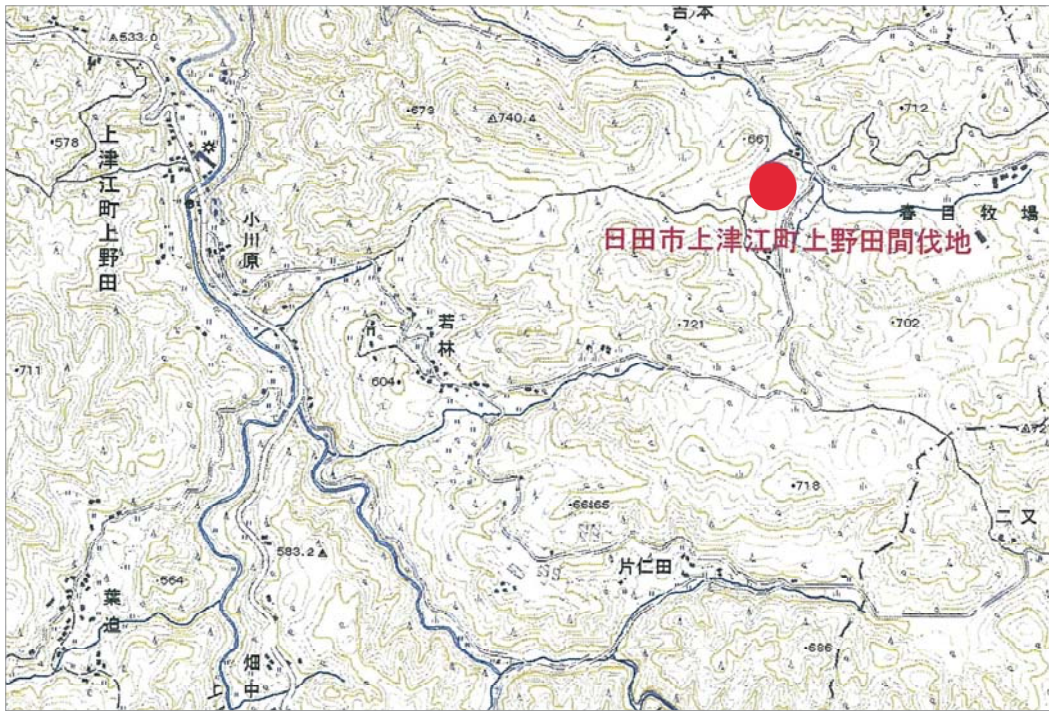


図2.7.6 大分県日田市上津江町上野田の位置図



図2.7.7 大分県日田市花月の位置図

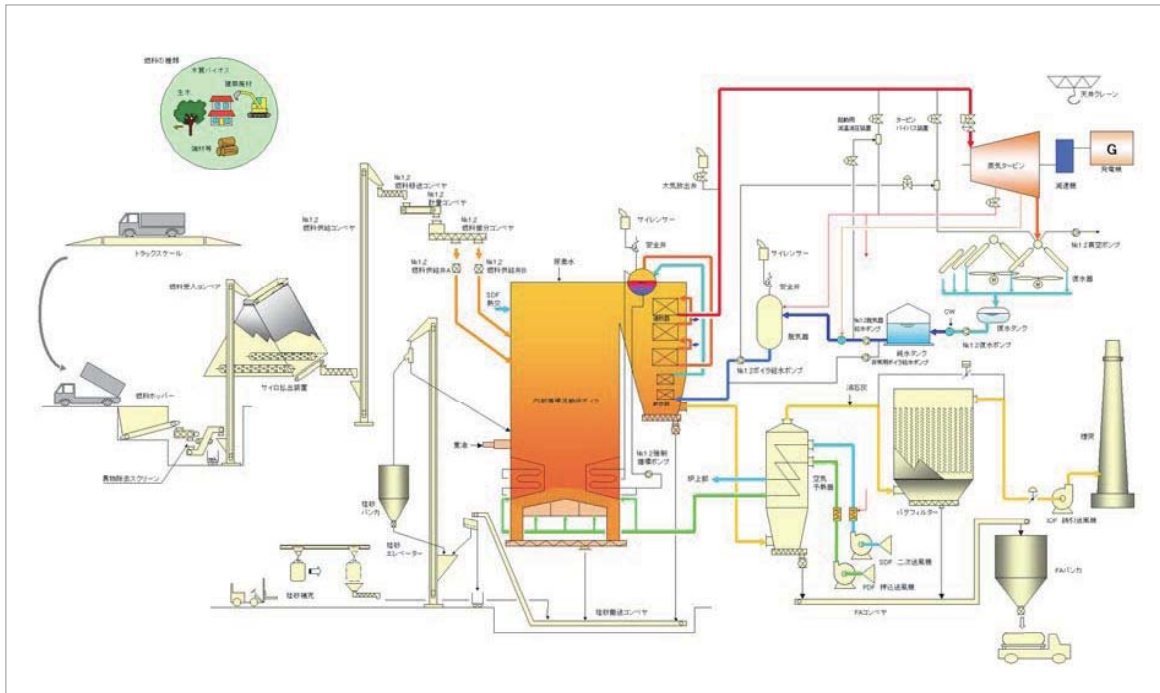


図2.7.8 バイオマス発電所のフロー図 (日田発電所)



図2.7.9 バイオマス発電所の外観 (日田発電所)

(2) 末木枝条の圧縮結束に関する実証

タワーヤードによる全木集材を行い、比較的広い作業土場においてプロセッサによる造材作業を行う広島県安芸太田町の間伐現場において、圧縮結束装置を追加導入し、造材作業の際に発生する末木枝条などの残材を減容化して、運搬に係わるコスト削減効果の評価を行った。

また、圧縮結束された残材は計画的に保管し、『葉枯らし』効果による残材の水分低減に伴う燃料としてのエネルギー価値向上に対する効果についても合わせて評価した。

本実証事業において使用した圧縮結束装置の主要仕様と外観をそれぞれ、表2.7.5および図2.7.10に示す。

表 2.7.5 圧縮結束装置の主要仕様

型式	BM-501	
寸法	全長 (mm)	5,400 (排出ホッパー折畳み時)
	全幅 (mm)	2,200
	全高 (mm)	2,165
機関	型式	三菱 S4S-DT 総排気量 3,331cc
	出力	73.6 ps / 2,500 rpm
走行速度	(km/h)	低速 2.3 高速 4.5
結束材形状	直径 (mm)	350 ~ 550
	長さ (mm)	標準 3,000 (500 間隔で設定可能)
	密度 (ton/m ³)	0.25 ~ 0.40
	結束紐	麻紐または PP 紐
圧縮結束能力	約 30m-結束材長さ/h (約 2 湿 ton/h)	



図2.7.10 圧縮結束装置の外観

(3) チップの品質グレード別利用に関する実証

燃料用チップは、必ずしもボード用またはそれ以上の用途の品質を必要としないことから、山口県周南市の間伐現場から得られた幹材および残材については、チップの品質グレードによって、より高品質なものについてはボード用原料として、また、残りを燃料用として各々異なる用途に利用した。

以上のことにより、本実証事業では、チップを品質グレード別に単価設定して、複数用途に利用した場合における総合的な経済性の改善効果を検証した。

(4) 運搬コスト削減に関する実証

(株)日田ウッドパワー日田発電所と燃料チップ供給会社である(株)九州ウッドマテリアルは、建設当初より隣接した立地関係にあり、コンベヤにて直接、燃料チップが搬入されるシステムとなっている。

以上のことから、燃料チップ調達総コストに占める運搬コストの割合が比較的小さい利点をさらに活かすべく、大分県日田市の間伐地区は可能な限り近距離に設定することとした。なお、大分県日田市の場合、間伐現場から得られる幹材および残材はいずれも燃料用チップとして利用したが、特に残材の運搬では、効率を考慮して、図2.7.11に示すように用材運搬用のグラップル付トラックを箱型に改造した車両を使用した。また、幹材および残材のチップ化（破碎）については、発電所向けに日常的に使用している破碎ラインを併用すると日常のものとの量的な管理に混乱をきたす恐れがあったため、本実証事業専用に別ラインを使用した。本実証事業に使用した破碎機本体の主要仕様および外観を表2.7.6および図2.7.12に示す。



図2.7.11 大分県日田市で使用した残材運搬車両
(株)エコ・プランニング)

表 2.7.6 大分県日田市で使用した破碎機の主要仕様
(㈱九州ウッドマテリアル)

型式	ビースト 3680 型	
寸法	全長 (mm)	10,890
	全幅 (mm)	2,600
	全高 (mm)	3,960 (移動時)
機関	型式	J.D 水冷 4 サイクルディーゼルエンジン 総排気量 12,500cc
	出力	540 馬力



図2.7.12 大分県日田市で使用した破碎機の外観
(㈱九州ウッドマテリアル)

2. 7. 3 実証事業の実施結果

(1) 間伐の実施と間伐材の発電燃料への利用実証

本実証事業において実施した間伐面積は6カ所の間伐地区を合わせて36.7haであり、得られた木質バイオマスは2,817ton (3,381m³)であった。

各間伐地区毎の内訳を表2.7.7に示す。また、各間伐地区における作業風景および実施後の状況をそれぞれ図2.7.13および図2.7.14～図2.7.19に示す。

表 2.7.7 間伐面積と間伐材の利用量

間伐地区		間伐面積 (ha)	間伐材の利用量		備考
			(ton)	(m ³)*)	
広島県	安芸太田町戸河内字	8.0	125	150	残材のみ**)
山口県	周南市鹿野上	1.4	154	185	幹材および残材
大分県	日田市夜明	2.7	197	236	幹材および残材
	日田市上津江町川原	8.7	1,028	1,234	幹材および残材
	日田市上津江町上野田	5.0	590	708	幹材および残材
	日田市花月	10.9	723	868	幹材および残材
合 計		36.7	2,817	3,381	幹材および残材

*) 重量から材積への換算係数は、(ton×1.2)

***) 全材積 477m³のうち、327m³は用材として本実証事業外に販売したため、これを控除した残りの 150m³を計上した。



図2.7.13 間伐の作業風景

(左上:広島県、右上:山口県、左下および右下:大分県)



図2.7.14 間伐実施後の状況（広島県安芸太田町戸河内）



図2.7.15 間伐実施後の状況（山口県周南市鹿野上）



図2.7.16 間伐実施後の状況（大分県日田市夜明）



図2.7.17 間伐実施後の状況（大分県日田市上津江町川原）



図2.7.18 間伐実施後の状況（大分県日田市上津江町上野田）



図2.7.19 間伐実施後の状況（大分県日田市花月）

(2) 末木枝条の圧縮結束に関する実証

広島県安芸太田町の間伐現場において圧縮結束した末木枝条などの結束材の生産性および性状を表2.7.8に示す。運搬車両における積載容積密度は0.3であり、バラ積みした場合と比較して運搬効率が1.5～2.0倍程度、向上されることが確認された。また、これを2～4ヶ月（平成20年10月から平成21年2月）の間、屋外にて保管したことによる結束材の乾燥効果を表2.7.9に示す。保管開始時の結束材の水分が50%だったのに対し、3～4ヶ月後では、平均で約41%まで乾燥されることが確認された。この乾燥効果により、湿ベースの単位重量当たりの低位発熱量は、1,900kcal/kgから2,350kcal/kgまで1.2倍強、向上した。結束材の変化の様子を図2.7.20に示す。

なお、圧縮結束装置メーカーが春から初夏にかけて実施した別の乾燥試験では、水分50%の結束材が2ヶ月で20%程度まで下がったデータもあり、保管時期や保管方法による影響があるものと考えられる。

表 2.7.8 結束材の性状

圧縮結束時間	約 6 分/本 約 7.0 ton/日
結束材形状	平均 0.39 m ^φ × 2.90 m ^L
結束材重量	平均 137 kg
結束材密度	平均 0.40 ton/m ³
積載容積密度	0.30 ton/m ³ 積載重量: 9.23 ton 積載本数: 65 本 コンテナ容積: 31 m ³

表 2.7.9 結束材の保管に伴う乾燥効果

	保管開始時	2ヵ月後	3～4ヵ月後
水分 (%)	50	平均 44	平均 41
低位発熱量 (kcal/湿kg)	1,900	2,200	2,350



図 2.7.20 保管開始時(左)と4ヶ月経過後(右)の結束材

(3) チップの品質グレード別利用に関する実証

山口県周南市の間伐現場から得られた幹材および残材のチップについて、ボード用と燃料用の異なる用途に利用したが、チップ化まで積上げたコスト単価が、いずれの用途の調達単価をも上回ったため、経済性の改善効果を直接、確認するまでには至らず、いくつかの仮定の基に、最大で500～600円/ton程度のコスト削減が見込めることを推定するにとどまった。

(4) 運搬コスト削減に関する実証

大分県日田市の間伐地区から得られた幹材および残材の運搬に係わるデータを広島県安芸太田町と比較したものを表2.7.10に示す。運搬距離が50%、20%と短くなることにより、輸送コストはそれぞれ71%、35%まで圧縮された。

表 2.7.10 運搬距離とコストの関係

間伐地区	運搬距離 (km/片道)	平均 運搬回数 (回/日)	積載 容積密度 (ton/m ³)	コンテナ 容積 (m ³)	平均 重量運搬 (ton/回)	運搬 コスト (相対値)
日田市花月	20	5.1	0.23	25	5.6	43 (35)
日田市上津江町川原 日田市上津江町上野田	50	3.4	0.23	25	5.6	87 (71)
【参考】 安芸太田町戸河内	100	1.2	0.30	31	8.7	100
			0.23 (補正)	31	7.1 (補正)	123 (100)

2.7.4 考察、その他

(1) 得られた成果のまとめ

当社の発電所を立地的中心とした『間伐→運搬→燃料チップ化（破碎）→利用（発電）』の一連のモデルにおける経済性に係わる実証データを表2.7.11にまとめて示す。

このように、本実証事業における燃料用チップの調達コストは、5,400～8,200円/tonの範囲であり、また、低コスト化に向けた実証の結果、次のような知見を得た。

- ① 末木枝条を圧縮結束することにより、運搬効率は、バラ積みした場合と比較して1.5～2.0倍程度、向上される。
- ② 幹材および残材のチップをボード用と燃料用の異なる用途に利用する場合、最大で500～600円/ton程度のコスト削減が見込めると推定される。

表 2.7.11 経済性データのまとめ

(単位: 円/湿 ton)

	運搬距離	伐採 集材 造材	圧縮 結束	運搬	チップ化 (破碎)	助成	合計
	大分県	20km	5,800	—	1,900		
	50km	5,800	—	3,800	5,500	7,300	
広島県	100km	7,420	800	4,380	4,680	9,480 (7,660)	
山口県	130km					8,200	

注) 表中の()は、水分 41%のチップと熱量的に等しくなるような 50%水分チップの量に置き換えた場合の補正值である。

(2) 今後の課題

今年度の実証事業では、低コストのための各要素システムに対する検証を行ったので、次年度以降は、これらのシステムを効果的に組み合わせるための体制を整え、総合モデルとしての実証を実施したい。

2. 8 間伐材の多様な活用と全工程でのコスト評価に関する実証事業

(フルハシEPO株式会社)

2. 8. 1 実証事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

木質資源の有効活用は、CO2 吸収による地球温暖化防止、生物多様性保全等の森林の多面的機能を持続する上で重要な課題である。

森林に由来する木質資源は、建築用材やパルプ原料といったマテリアル利用から、燃料・バイオエタノール原料といったエネルギー利用まで、多様な活用が可能な利便性の高い資源であるといえる。「資源の囲い込み」が世界規模で生じるなか、国内の木質資源への需要も高まっているが、一方ではこれに対応するような効果的なビジネスモデルが欠如しているのが現状である。そこで、本事業では従来未利用になっている資源について、より高度に活用するビジネスモデルの構築を目的とする。

小径木や曲がり材など、建築用材としての利用が難しい資源の活用方法としてはチップ化が考えられるが、建築用材と比較するとその価格は極めて低い。特に条件の悪い林地では、搬出のコストを鑑みると安価な外国産チップとの競争力をもてないということは明らかである。そこで、本事業では未利用材のチップ化を前提としながら、その一段階前の工程として、木製パレット加工を組み込むビジネスモデルを提案する。すなわち、未利用材の一次的利用として木製パレット化、製材時の端材および木製パレットの利用後のリサイクルといった二次的利用としてチップ化を想定する、木材資源のカスケード利用を提案、実証試験するものである。

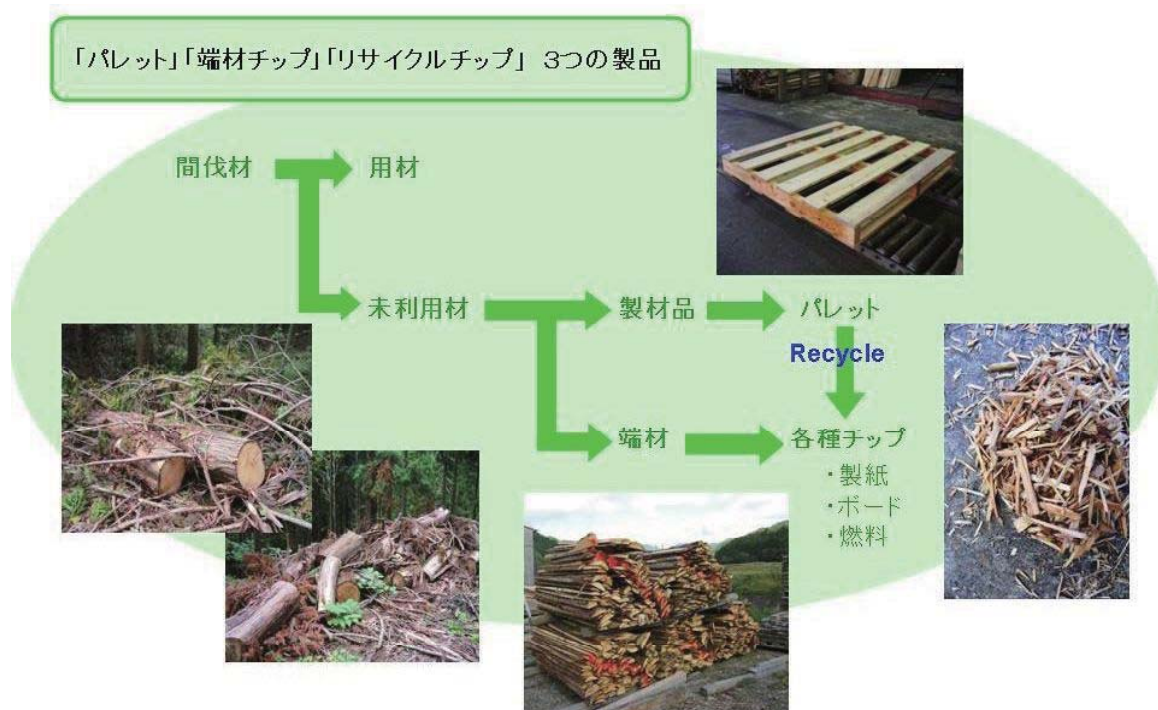


図 2.8.1 実証事業の概要

(2) 実証事業の内容、規模

a 内容

本実証事業は、「自力間伐の実施と低質間伐材の利用」とそのための「収集・運搬方法及びパレット等への有効活用」に関する実証事業から成る。

「自力間伐の実施と低質間伐材の利用」においては、森林組合と連携し愛知県内の7箇所において自力間伐を実施、通常であれば林地に捨て置かれる未利用材を回収した。

「搬出・選別方法及びパレット等への有効活用」においては、①コンテナを用いた未利用材の収集・運搬についての実証事業、②未利用材の製材およびパレット製造についての実証事業を実施した。具体的な内容は以下のとおりである。

① コンテナを用いた未利用材の収集・運搬についての実証事業

虫損・傷木などの障害木、曲がり材、小径木、枝葉、根株といった未利用資源は、形状が一定でないため通常の運搬方法をとることは困難であり、効率のよい運搬方法の創出が課題となっている。そこで、不定形物の運搬に用いられるコンテナを利用し、その有効性を実証試験した。

② 未利用材の製材およびパレット製造についての実証事業

森林資源の総体としての活用が期待されるなか、用材に向かず従来未利用になっている資源についてもより高度な活用が求められている。そこで、未利用材のチップ化を前提としながら、その一段階前の工程として、より高度な利用方法である木製パレット加工を組み込んだカスケード利用モデルを設定、未利用材のうち特に「根曲がり材」について、木製パレットへの利用を実証試験した。

b 規模

事業の規模については以下のとおりである。

・ 自力間伐の実施

間伐実施場所	7箇所、計 32.43ha
集材量	462m ³

・ ニュービジネス実証事業

コンテナを用いた未利用材の運搬	1,250m ³
未利用材のパレット化	87m ³

(3) 実証事業の実施期間、実施体制、実施場所

a 実施期間

平成20年9月～平成21年2月

b 実施体制

実施主体：フルハシEPO株式会社

間伐および集材作業：豊田森林組合、新城森林組合、岡崎森林組合、王子木材緑化株式会社

運搬： 東海RC株式会社、株式会社松居建運、有限会社渋江運送
製材： 岡崎森林組合、有限会社白鳥製材
パレットおよびチップ製造： フルハシEPO株式会社 愛知第四工場

c 実施場所

自力間伐の実施

愛知県豊田市、新城市、豊橋市の各現場(計7箇所)

ニュービジネス実証事業

コンテナを用いた運搬： 愛知県、岐阜県の13箇所(自力間伐実施場所7箇所含む)。

製材： 岡崎森林組合(愛知県岡崎市)、有限会社白鳥製材(岐阜県郡上市)

パレット・チップ製造： フルハシEPO株式会社 愛知第四工場(愛知県知多郡武豊町)

2. 8. 1 実証事業の実施方法

(1) 自力間伐の実施と低質間伐材の利用について

愛知県下の市有林および民有林計7箇所自力間伐を実施した。

一連の間伐作業は、当該地区の森林組合(豊田森林組合、新城森林組合)が実施した。また、幹材は森林組合が扱い、林地に捨て置かれる未利用部についてフルハシEPO株式会社が回収、木製パレットおよびチップ原料として活用した。

自力間伐の実施現場は、以下の通りである。



図 2. 8. 2 実証事業ならびに自力間伐の実施場所

(2) コンテナを用いた未利用材の収集・運搬について

連携する森林組合の間伐業務に際し、土場に運搬用コンテナを設置して、根曲がり材のコンテナへの積み込みを委託した。コンテナは集材が完了次第、着脱ボディシステム車に積み込み、当社工場に運搬した。

運搬車両は、4t タイプの車両を補強した 8t 対応車を使用した。今回は間伐現場が主な対象と

なっており、大型の車両は林道道幅および土場の広さの都合上、使用できないためである。このコンテナは着脱可能であり、事前にコンテナを土場に設置、事前に積込みを行うことで、車両の待機時間を省略することができる。また、ダンプアップが可能であるため、短時間で荷を降ろすことができる。コンテナは、車両に対応した16m³ 観音扉タイプのものを使用した。使用した車両およびコンテナは、以下のとおりである。

着脱ボディシステム車	
車両重量	4,770kg
車両総重量	12,980kg
最大積載量	8,100kg
寸法	
長さ	660.0cm
幅	230.0cm
高さ	250.0cm



図 2.8.3 着脱ボディシステム車

コンテナ	
容量	16m ³
自重	1,200kg
寸法	
外寸長	426.0cm
(内寸長)	(400.0cm)
外寸幅	234.0cm
(内寸幅)	(220.0cm)
外寸高	208.5cm
(内寸高)	(181.0cm)



図 2.8.4 着脱式コンテナ

(3) 未利用材の製材およびパレット製造について

回収した根曲がり材のうち、一部についてはパレット製造の実証試験を行った。製材に関しては岡崎森林組合および有限会社白鳥製材に委託した。製材品は、フルハシEPO株式会社愛知第四工場に入荷、プレカットののちパレットへ加工した。また、製材の際に発生した端材についても全量を愛知第四工場に入荷し、チップ原料とした。

・対象材およびその規格について

実証試験では間伐時に発生する根曲がり短尺材を主な対象とした。根曲がりとは、幼齢期に強風や雪などの影響を受けた場合、樹木が樹幹の傾きを矯正して姿勢を正そうとするため根元付近が湾曲することで、製材に不向きのためその部分は切り落とされ林地に残されることが多い。

ところで、愛知県では、平成16年度より高性能林業機械3種類を組み合わせた「低コスト林業システム（古谷システム）」の現地実証に取り組んでおり、生産コストの大幅な削減と林業収入の確保が可能になるなど、一定の成果をあげている。「低コスト林業システム」で用いられる林業機械は、スイングヤーダ、プロセッサ、フォワーダで、県下の森林組合ではこの3種の導入を順次行っている状況である。このプロセッサを用いた造材の際に、根元付近の湾曲部分は切り落とされ、林地残材となっている。

今回は、1.1mの長さを基準とし、根曲がり短尺材を回収した。実証試験において製造するパレットは1m前後のものが主流であり、短尺であっても十分に利用することができる。また、一般に曲がりのある木材は、短尺で製材するほうが歩留まりが高いといわれる。

太さに関しては、後述するパレット部材の寸法の都合上、直径14cm以上を対象とした。ただし、今回の間伐は各地区とも比較的高齢級の林地を対象としていたため、根元付近で14cm未満の木は少なかった。

根曲がり材は、伐倒、作業道脇への集材およびプロセッサ等による造材を前提として発生するものである。しかし、これらの作業は、今回の事業では対象とならない用材の生産時にも当然必要な工程である。その意味で、本事業の対象となる根曲がり材は、主産物である用材生産の際に発生する副産物とみなすことができる。したがって、伐倒から造材までの生産工程は主産物に付随するものとし、本事業では扱わない。



2. 8. 3 実証事業の実施結果

(1) 自力間伐の実施と低質間伐材の利用について

自力間伐の現場概況および施行担当者等は以下のとおりである。



①御内（愛知県豊田市）

所在地	愛知県豊田市御内町後川
面積等	豊田市市有林、9.54ha
施業班	豊田森林組合
対象	スギ、ヒノキ
施業の方法	列状間伐（33%）


②大多賀（愛知県豊田市）

所在地	愛知県豊田市大多賀町隠屋
面積等	豊田市市有林、6.64ha
施業班	豊田森林組合
対象	スギ、ヒノキ
施業の方法	列状間伐（33%）

③四ツ松(愛知県豊田市)

所在地	愛知県豊田市四ツ松町十明山
面積等	豊田市市有林、5.76ha
施業班	豊田森林組合
対象	スギ、ヒノキ
施業の方法	列状間伐 (33%)




④奥山(愛知県豊田市)

所在地	愛知県豊田市大沼町奥山
面積等	豊田市市有林、2.53ha
施業班	豊田森林組合
対象	スギ、ヒノキ
施業の方法	列状間伐 (33%)






⑤菅沼（愛知県新城市）

所在地	愛知県新城市作手菅沼東山
概要	民有林、5.45ha
施業班	新城森林組合
対象	スギ、ヒノキ
施業の方法	列状間伐（33%）




⑥菅沼海道（愛知県新城市）

所在地	愛知県新城市作手菅沼海道
概要	民有林、2.51ha
施業班	新城森林組合
対象	スギ、ヒノキ
施業の方法	定性間伐（40%）

⑦嵩山(愛知県豊橋市)

所在地	愛知県豊橋市嵩山町字山角庵
概要	民有林、15.64haのうち一部
施業班	新城森林組合
対象	スギ、ヒノキ
施業の方法	列状間伐(33%)



自力間伐現場における集材量は以下の通りである。

表 2.8.1 自力間伐現場別の集材量

所在地	面積 (ha)	本事業助成対象 (m3)	主な規格 (m)
御内(豊田市)	9.54	69.50	1.1、2.2
大多賀(豊田市)	6.64	34.03	1.1、2.2
四ツ松(豊田市)	5.76	23.81	1.1、2.2
奥山(豊田市)	2.53	202.37	3.3
菅沼(新城市)	5.45	32.25	1.1、2.2
菅沼海道(新城市)	2.51	32.58	3.3
嵩山(豊橋市)	15.64haのうち一部	68.36	1.1、2.2
合計	32.43	462.90	—

前述のとおり、本事業では未利用材のうちでも根曲がり材を主な集材対象とした。御内、大多賀、菅沼の三箇所における、総出材量(素材生産量+根曲がり出材量)に占める根曲がり材の比率は、御内で5.2パーセント、大多賀で4.3パーセント、菅沼で4.1パーセントに留まった。

間伐時に発生する根曲がり材の集材率は、素材生産量の5パーセント程度と、ボリュームとしては極めて少量であるということが明らかになった。

表 2.8.2 根曲がり材の集材量比率

所在地	面積 (ha)	(参考) 素材生産量 (m3)	根曲がり材集材量 (m3)	割合 (%)
御内 (豊田市)	9.54	1246.44	69.50	5.2
大多賀 (豊田市)	6.64	742.67	34.03	4.3
菅沼 (新城市)	5.45	743.00	32.25	4.1
合計	21.63	2732.11	135.78	4.7

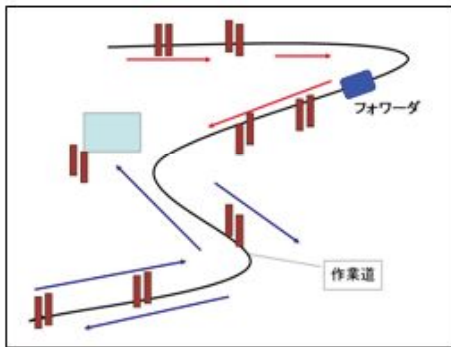
*割合は、根曲がり材÷(素材生産量+根曲がり材)

(2) コンテナを用いた未利用材の収集・運搬について

a コンテナ積込みの工程について

今回の取組みは、短尺の根曲がり材を効率的に運搬するため、コンテナを用いた運搬を実証テストするものである。流れとしては、連携する森林組合の間伐業務に際し、土場に運搬用コンテナを設置して、根曲がり材のコンテナへの積込みを委託する。コンテナは集材が完了次第車輻に積み込み、当社工場に運搬するという流れになる。積込みに関しては、現場や作業の状況を踏まえ、最も効率的な方法を採用よう依頼したところ、現場の状況により工程が異なる結果となった。そこで、2ヶ所の現場を取り上げ、実際にどのような工程で積込みを行ったか、具体的な事例で示す。

事例1 愛知県豊田市御内

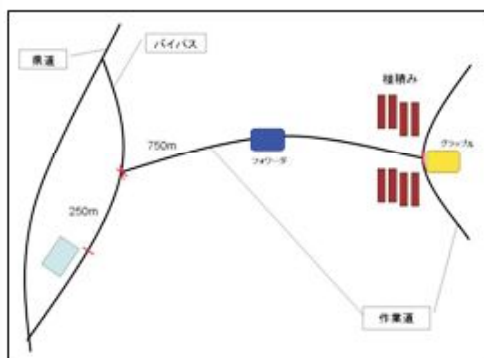


御内では、林道幅が比較的広く、また作業道の状況も良かった。作業道上のやや広い部分を仮の土場とし、コンテナを設置した。
 フォワーダが作業道脇に点在する材を集材しながら進み、積み替えるという工程を1サイクルとし、3回線で完了した。



図 2. 8. 5 愛知県豊田市御内における実施状況

事例2 愛知県新城市作手菅沼



菅沼では、林道が狭く、林内に車両を入れることができないため、剣道のバイパス(舗装道)脇にコンテナを設置した。事前作業として一日の作業終了時に造材した材を林内の小土場まで運搬、はい積みした。積み込みについては、グラップルでフォワードに積み込みコンテナまで運搬、積み替えを行った。



図 2.8.6 愛知県新城市作手菅沼における実施状況

それぞれの現場について工程調査を行ったところ、所要時間は以下のとおりであった。

表 2.8.3 2カ所の作業現場における工程調査

		御内	菅沼
調査実施日		08.10.15	08.12.10
コンテナ積込み数量		5.03m ³	6.25m ³
所要 時間	フォワーダ積込み	35分	18分
	運搬(戻り含む)	8分	12分
	コンテナ積込み	25分	30分
	全体(参考)	1時間8分	1時間
はい積み作業の有無		無し	(有り)

*工程が異なるので、全体の所要時間については参考とした

b 積載効率について

実証テストで用いたコンテナについては先述したとおりである。コンテナを積む着脱ボディシステム車は、8トン車(増トン車)を用いた。コンテナは自重が1.2tで、したがって原木の正味積載可能量は6.8tとなる。比重や材の太さ、積込み状態にもよるが、コンテナの8分目ほどの積載が適量であった。

表 2.8.4 は、実証事業地のうち5箇所をとりあげ、各箇所3回の積載実績から積載量の平均を求めたものである。積載量(m³)は、末口二乗法による。表のとおり積載量にはばらつきがあるが、これは積込む材の形状等(曲がりの度合い、太さ、含水率等)による。概ね一車につき5~7m³の積載が可能で、平均値は約6m³であった。

表 2.8.4 コンテナへの積載量の調査

現場	施業	日付	重量(kg)	積載量(m ³)	比重	平均値(m ³)
御内	豊田森林組合	2008.10.24	4,880	5.3996	0.90	5.4655
		2008.11.3	4,380	5.7984	0.75	
		2008.11.5	4,510	5.1986	0.86	
大多賀		2008.9.24	4,410	6.0330	0.73	6.2570
		2008.9.30	5,450	7.6270	0.71	
		2008.10.7	4,100	5.1110	0.80	
嵩山	新城森林組合	2009.1.26	4,470	5.4027	0.82	5.0489
		2009.2.12	3,940	4.6720	0.84	
		2009.2.13	4,360	5.0720	0.85	
菅沼		2008.12.5	4,800	6.0886	0.78	6.2096
		2008.12.9	4,930	6.2846	0.78	
		2008.12.11	4,900	6.2556	0.78	
山吉田		2009.1.6	6,120	7.3884	0.82	6.6770
		2009.1.16	4,990	5.7871	0.86	
		2009.1.21	5,850	6.8556	0.85	
平均			4,806	5.9316	0.81	5.9316

c 積み込み時間の比較

根曲がり材の運搬方法について、コンテナを用いた運搬の有効性を調査するため、平ボディ車による運搬との比較を行った。

表 2.8.5 コンテナ車と平ボディ車との積み込み効率の比較

現場	愛知県豊橋市嵩山町	
計測日	2009年1月28日	
間伐施業担当	新城森林組合	
材の規格	1. 1m、2. 2m(根曲がり材)	
使用車両等	8t 着脱ボディーステム車、 16m ³ コンテナ使用	4t 平ボディ車、 スタンション使用
(参考)積み込み量	5.7m ³	3.4m ³
車両停車時間	2分	22分
作業内容	コンテナの着脱	フォワーダによる積み込み、 荷掛け

今回は、林道の都合上、使用した平ボディ車は4t車であった。積載量は3.4m³と、コンテナ積載量(5.7m³)の3分の2程度であったが、それでも積み込みに22分かかっている。フォワーダのオペレーターへのヒアリングでは、四方が壁で囲まれているコンテナであれば、ある程度乱雑に材を積み込むことが可能であるのに対して、スタンションを立てたのみの平ボディ車では慎重に積み込まなければならない、曲がりがある材は非常に積みにくいとのことであった。

一方、コンテナを使用した場合、あらかじめコンテナへの積込みを行っておくことができるため、作業としてはコンテナを積み込むのみであり、車両の停車時間は極めて短時間でよい。また、ヒアリングによれば、この方法には積込み作業を手の空いた時間に、すなわち組合の都合の良いタイミングで行うことができるというメリットもある。

d まとめ

実証データより、コンテナ使用の有効性について考察する。

① フォワーダで集材した材をコンテナに直接積み込むことによる、はい積み作業の省略
御内の事例のように、土場にコンテナを設置し、直接積込みを行うことでははい積みの手間を省略することができる。短尺で曲がりのある「根曲がり材」に関してはこの作業の手間は小さくなく、その意味ではコンテナを使用することで作業の簡便化を図ることができるといえる。

ただし、実際には一旦土場へはい積みするという方法を選択する場合もあった。作業道の狭い現場では、造材後、根曲がり材を林地に放置しておくこと次の作業の邪魔になるため、一日の作業終了時に回収する必要がある。一日の作業量がそれほど多くないため、コンテナが一杯になるまで何日かかかり、その間コンテナが遊んでしまうという問題があった。

② 積み込み作業を事前に行うことによる、車両待機時間の省略

着脱式のコンテナを土場に設置し、事前に積み込みまで完了しておくことで、車の待機時間のロスを省くことができる。表をみると、それぞれの現場において積み込み時間は19～30分程度かかっており、1m³あたりの積み込み所要時間は4～5分程度と考えられる。今後、運送ロットを拡大し

ていくことを考えると、事前積みによる車輛の待機時間省略は大きなメリットになると考えられる。

③ 積み、荷下ろし時間の短縮

今回のように曲がりのある材や短尺材、長さが一定ではない材を運搬する場合は、積みにかかる時間及び積載効率の両面から、ボックス型の荷台を持つ車両の使用が有効であることが明らかになった。また、荷おろしについては、ダンプアップが可能な車両を用いることで作業時間を短縮することができる。

(3) 未利用材の製材およびパレット製造について

a パレット製造について

フルハシEPO株式会社では、木製パレットの製造および販売を行っている。主力工場は、愛知第四工場で、年間の製造量は、105千台(3,700m³)である(2007年)。

また、フルハシEPO株式会社では、パレットの「3R」、すなわち Re-use、Re-form、Re-cycle を実施している。取引先において不要となったパレットを買い取りリユース品として再利用し、破損したパレットについては破損部の板材を取り替えることでリフォームする。



写真 2.8.1 リフォームされたパレット
(赤くマーキングのある板がリフォーム部分)

パレット原料について、現状はニュージーランドおよびチリ産のラジアータパイン、北海道産のカラマツを原料として使用しているが、物流面での CO2 排出量削減および国内森林保全のための間伐推進の観点から、工場近隣地域より発生する林地残材への置き換えを検討している。

木材には樹種によってその強度が異なるが、一般に、スギ材はラジアータパインやカラマツ材に比べ強度が低いといわれている。そこで、スギ材使用パレットの安全性を確認するため、愛知県産スギ間伐材とチリ産ラジアータパイン材双方の曲げ試験を行った(実施:愛知県産業技術研究所)。試験の結果、愛知県産スギ間伐材の強度はチリ産ラジアータパインと同等であり、パレットの原料として問題ないことが立証された。試験結果は、以下のとおりである。

表 2.8.6 パレット材としてのスギ材の性能試験結果

実施場所：愛知県産行技術研究所
 試験材：①スギ間伐材（愛知県額田産）
 ②スギ間伐材（愛知県豊田産）
 ③ラジアータパイン（チリ産）
 試験枚数：各 5 枚
 試験サイズ：280mm×100mm×20mm
 試験項目：木材の曲げ試験（JIS に準ずる）
 試験方法：断面中央に速度 10mm/min で荷重をかけ、最大荷重に達したときの値から
 計算により曲げ強さを求めた。

計算式：
$$\frac{P \times L}{4 \times Z} = \text{MOR (曲げ強さ)}$$

L：板の長さ
 P：最大荷重 (N)
 Z：(1/6) × 板幅 × 板厚

<試験結果>

試験材量	平均値 (N/mm ²)	最大値 (N/mm ²)	最小値 (N/mm ²)	試験数(回)
チリ材	36.2	42.5	28.9	5
間伐材	47.2	53.1	41.3	5

b 未利用材の製材について

回収した根曲がり材のうち一部について、製材を行った。岡崎森林組合の製材実績については、以下のとおりである。

表 2.8.7 パレット用材の製材歩留まり

製材	原木回収	主な規格（原木）	製材量（原木ベース）	歩留まり
岡崎森林組合	鳥川	1.1、2.2m	47.74m ³	47.34%



写真 2.8.2 製材機（岡崎森林組合）



写真 2.8.3 製材機（岡崎森林組合）



写真 2.8.4 製材品 (岡崎森林組合)



写真 2.8.5 木製パレット

c 製材端材およびリサイクル材のチップ化

実証事業では、製材時に生じた端材について、フルハシ EPO 株式会社愛知第二工場および愛知第四工場においてチップ原料とした。針葉樹のバージンチップは、製紙用等マテリアル原料としての利用が可能である。今回は樹皮含めた状態での端材の活用を検討するため、ボード用ピンチップに加工した。製造にあたっては、端材を 100 パーセントの割合で用いるのではなく、建築廃材と混合した。

また、フルハシ EPO 株式会社では、ユーザー元で不要となった木製パレットの引き取りおよびチップへのリサイクルを行っている。無垢材のパレットについては製紙用・ボード用といったマテリアルチップへ、ベニヤや集成材が利用されているもの、腐りのあるものは燃料用チップへ加工する。今回の実証事業で製造した木製パレットについても、長期的スパンでは概念上、チップの原料として評価することができる。



写真 2.8.6 燃料用チップ



写真 2.8.7 製紙用チップ

d 間伐材パレットの環境的価値

先に触れたとおり、フルハシ EPO (株) では環境負荷軽減の観点から、パレット原料について従来の輸入材および北海道産材から工場近隣地域より発生する林地残材へ転換を図っている。

そこで、「経済産業省委託事業 平成 20 年度製品グリーンパフォーマンス高度化推進事業」において林地残材を原料としたパレットの環境影響度を LCA(Life Cycle Assessment) 評価し、従来製品と比較検討した。その結果、林地残材を原料とした間伐材パレットは当社の従来製品である

国産材(北海道産)利用パレットに対して 62% (3.14kg-CO₂/台)、輸入材利用パレットに対して 49% (1.82kg-CO₂/台) の CO₂ 削減効果が認められた[経済産業省委託事業 平成 20 年度製品グリーンパフォーマンス高度化推進事業 フルハシEPO(株)成果発表資料より]。

昨今、社会的な環境への関心の高まりを受け、従来の指標であった経済的価値に加えて、環境的価値を求める企業が増えている。間伐時に発生する林地残材を原料とした間伐材パレットは、こういった環境的価値への期待に応えることのできる製品であることが明らかになった。

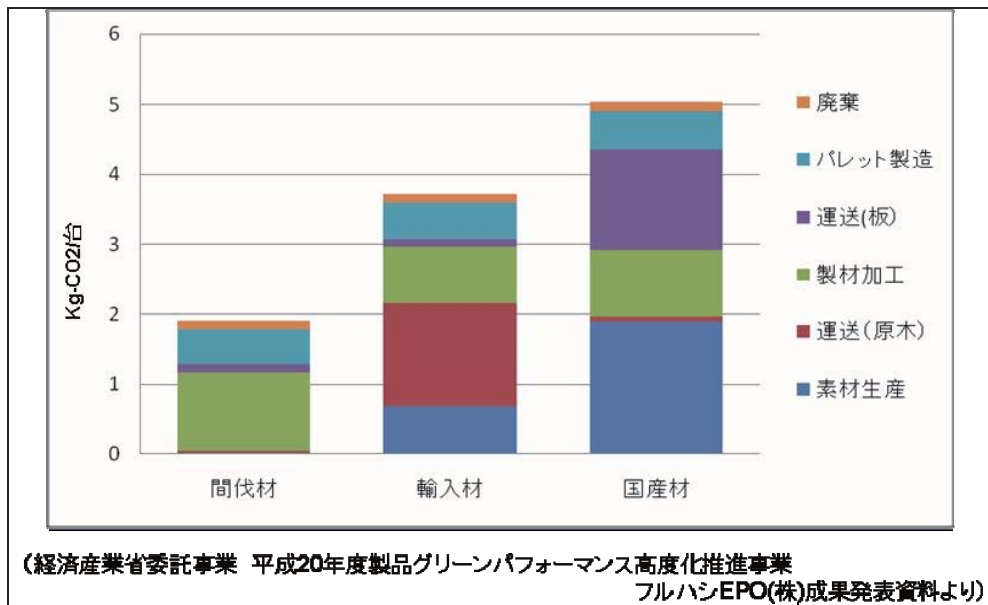


図 2.8.7 パレット原料の違いによる CO₂ 削減効果

(4) 全工程とおしてのコスト評価

a 実証事業のコスト評価

実証事業について、各工程における経費は以下のとおりである。

① 原料費

	現場	間伐施業	主な規格	1m ³ あたり単価 (円)	平均 (円)
間伐	奥山	豊田森林組合	根曲がりを含む 直材 (3.3m)	9,000	9,000
	御内				
	四ツ松				
	大多賀	新城森林組合	根曲がり短尺材 (1.1~2.2m)	3,000~ 4,500	4,000
	菅沼				
	菅沼海道				
	嵩山				
	鳥川				
土岐	岡崎森林組合	王子木材緑化(株)			
皆伐	第二東名建 設現場	新城森林組合	根曲がり短尺材 (1.1~2.2m)	3,500~ 4,500	4,000
		岡崎森林組合			

*今回は、伐採から未利用材の集材・積み込みまでを連携する森林組合の作業範囲としており、したがって原料費には原木代金のほか集材・積み込み作業費が含まれる。

*奥山の単価が9,000円/m³と突出しているのは、試験的に不採算なスギ材について根曲がりを含め3mの長さで集材したため。

② 運賃

運送会社	車両	平均積み込み量	1車あたり価格	1m ³ あたり価格
(株) 松居建運	着脱ボディ システム車	6m ³	16,000円 (固定)	2,666円

③ 製材費

委託先	規格	単価 (製品ベース換算)
岡崎森林組合	根曲がり、短尺 (1.1~2.2m)	44,310円/m ³

④ パレット製造費

項目	単価	1m ³ あたり価格
加工費 (人件費)	1,735円/人・時	6,810円
釘代	0.5円/本	3,000円
合計		9,810円

*単価は平均。日給：1,735円×8h、1人あたり1日生産量：2.038m³ (2007年度実績)

*1台あたり釘使用量：90本、1台あたり体積：0.03m³

全工程とおしての所要経費および項目別の割合は以下の通りである。

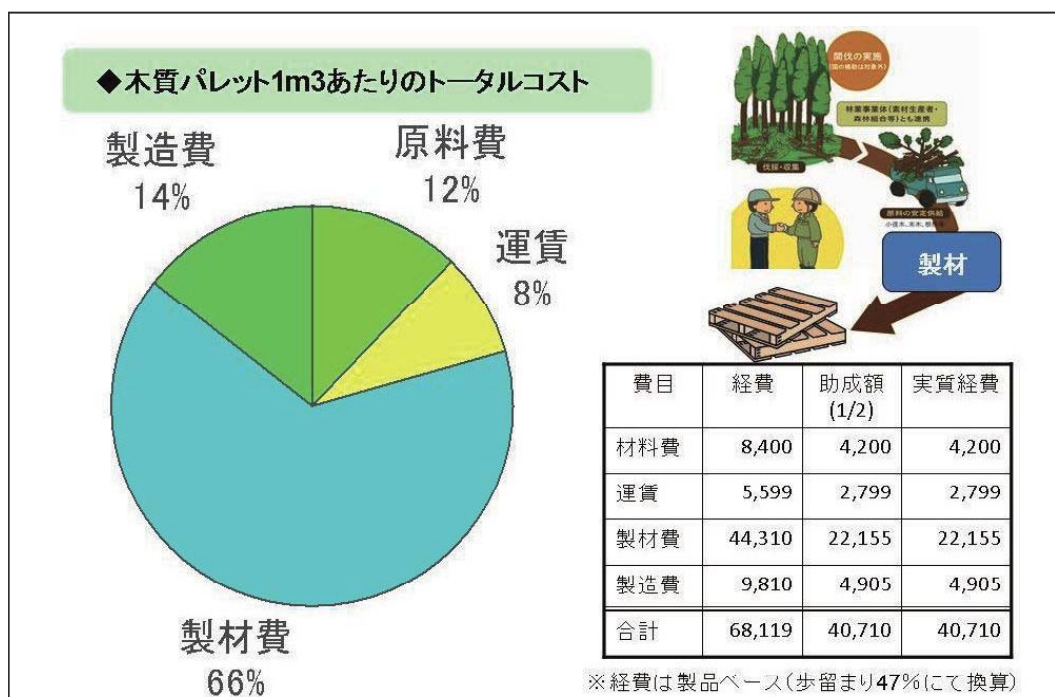


図 2.8.8 木製パレット 1m3 あたりの製造に必要な経費

図 2.8.8 は、木製パレット 1m3 あたりの必要コストである。各単価は実証事業の実績値による。ただし、すべての単価を製品ベースとしている。歩留まりは、同じく実績値より、47 パーセントにて換算した。

グラフから明らかなように、製材費が全体の 6 割強を占めるという結果になっている。原因として、今回は製材の対象が根曲がり短尺材 (1.3~2.2m 程度) であったことが挙げられる。短尺のため作業効率が低かったことに加え、曲がりのある材を最大限利用するためオートメーション化された製材ではなく挽き方についても十分に考慮する必要がある。ヒアリングによれば、通常はこのような材は扱わないとのことである。以上のような経緯が単価に反映されているといえる。

今後は、歩留まりを確保しながらのコスト圧縮が課題となる。

b 一連のカスケードモデルとしてのコストおよび収支評価

本実証事業では、根曲がり材を製材し、間伐材を利用した木製パレットを製造するとともに、副次的に発生する背板等の製材端材をチップ化、さらには木製パレット使用後のリサイクルによるチップ化までを想定し、木質バイオマスのカスケード利用を進めるビジネスモデルを検討した。

以下では、カスケードモデル全体での収支評価を行う。

本モデルでは、従来ならば間伐後林地に放置され未利用となる材について、チップ利用を前提としながらも、その一段階前の工程として、より高度な用途としての木製パレット加工を組み込んだ点に特徴がある。つまり、未利用材について、一次利用としてパレット化、二次利用としてチップ化を想定したものである。

※原木 100m³ を原単位として、試算した(小数点以下、四捨五入)。

A) 原木を製材し木製パレットへ加工、および副次的に発生する端材をチップ化する工程。

製材歩留まりは、岡崎森林組合の実績値から 47%を用いた。

B) A) にて製造した木製パレットをリサイクル、販売する工程。

表 2.8.8 全体での収支評価

			木製パレット + 端材チップ(ボード用)					
項目			数量(m ³)	単位	単価(円)	金額(円)		
A	原料調達	材料費	⑤	100	m ³	4,000	400,000	
		運賃	⑥	100	m ³	2,666	266,600	
		小計					666,600	
	製造費	パレット	製材費	⑦	100	m ³	*1) 21,000	2,100,000
			製造費	⑧	47	m ³	9,810	461,070
		チップ	製造費	⑨	*2) 42	t	*3) 5,900	250,160
		小計					2,811,230	
	合計					3,477,830		
	売価(円)	パレット	①	47	m ³	*4) 47,000	2,209,000	
		チップ(ボード用)	②	*5) 19	BDT	*4) 15,000	278,250	
小計						2,487,250		
差引き(円)					-990,580			
B				リサイクルチップ(製紙用)				
	処理費	③	*6) 24	t	*4) 3,500	82,250		
	製造費	⑩	*6) 24	t	*4) 5,900	138,650		
	売価(円)	④	*6) 16	BDT	*4) 15,000	246,750		
	小計					190,350		
差引き(円)					-800,230			

*1) 単価は原木ベース。

*2) 原木 m³ から t への換算は、実証事業の実績値より比重 0.8 を用いた(積載効率表参照)。

- *3) 単価はフルハシEPO(株) 62期前期実績(愛知第二工場)。
- *4) 単価は参考値。
- *5) 原木m3からBDT(Bone Dry Ton:全乾比重)への換算は、スギ全乾比重0.35を用いた。
- *6) パレットm3からtへの換算は、当社実績値より比重0.5を用いた。

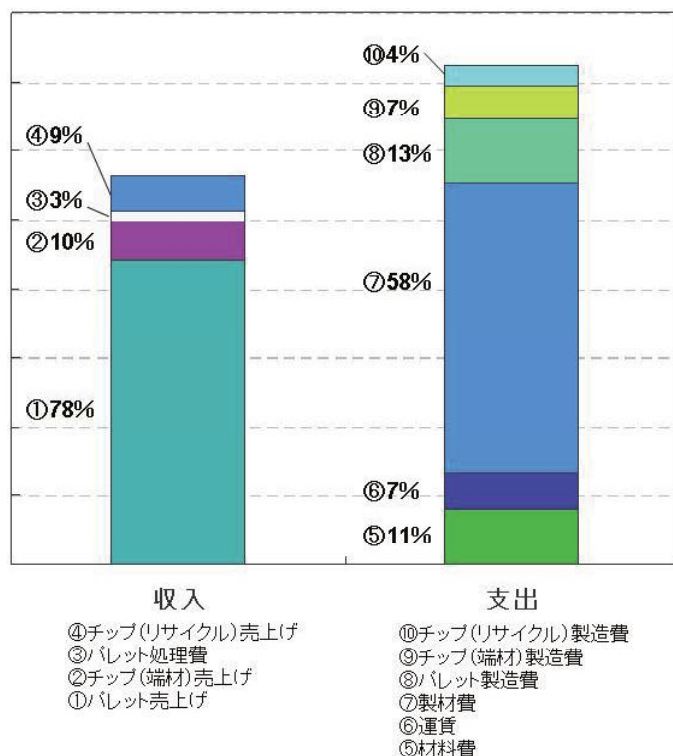


図 2.8.9 収支バランスと、それぞれにおける各項目の割合

表 2.8.8 は、扱い量を 100m3(原木)とした際の収支モデルである。このモデルでは、助成については考慮していない。

A)の項では、原木の製材およびパレット製造と製材端材のチップ化について、試算を行った。実績値より、製材歩留まりは 47%とした。したがって、全体量 100m3 のうち 47m3 がパレット用材、53m3 がチップ原料となっている。原料調達から製造工程までの総経費 347 万円に対して、パレットおよびチップ売上げの合計は 248 万円と、99 万円のマイナスとなった。

B)の項は、販売したパレットが数年後リサイクルされることを想定し、引き取りに伴う処理費収入およびリサイクル工程のチップ製造経費、チップの売上げを示したものである。こちらは、13 万円の支出に対して収入が 32 万円と、19 万円のプラスとなった。

結果的に、事業全体では 80 万円のマイナスとなっている。

図 2.8.9 は、表 2.8.8 の数値を収入と支出で区分し、さらにそれぞれにおける各項目の割合を示したものである。

収入の部においてはパレットの売上げ(①)が全体の 78%を占める。さらに、使用後のリサイクル時に発生する処理費(③)3%、リサイクル後のチップ売上げ(④)9%をあわせると、90%がパレットに関連する売上げとなる。対して、端材チップの売上げ(②)は全体の 10%に過ぎない。仮に、

100m³ 全量をチップ化し販売した場合、売上げ見込みは約 52 万円となる。本モデルによる一連の売上げはその 4 倍以上であり、間伐未利用材について、木製パレットを組み込んだカスケード利用モデルが効果的であることが実証できた。

支出の部では、製造経費のうち製材費(⑦)の割合が大きく、58%を占めている。ビジネスモデルとして成立させるためには、歩留まり率の向上とともに、これを少なくとも 3 分の 2 程度に圧縮することが必要となる。今回の実証事業では製材を外部委託したが、今後は自社一貫製造によるコスト低減が検討課題である。

2. 8. 4 考察、その他

(1) 得られた成果のまとめ

① 自力間伐の実施と低質間伐材の有効活用

愛知県下の 7 箇所において、自力間伐を実施した。自力間伐の面積は、合計で 32.43ha である。

また、根曲がり材を主とした未利用材計 1250m³(うち自力間伐に伴うものは 462.9m³)を回収し、資源として活用した。従来の施業では「市場価値がない」として林地に捨て置かれる未利用材を、資源として回収・製品化として有価に転化させることで、森林所有者への更なる利益還元が可能となったと考える。同時に未利用材を林地外へ搬出することで、林地での作業における危険回避および人工林の適切な整備が達成された。すなわち、台風等の洪水発生時に、林地残材(林地放置材)により二次的に発生する被害を抑制するなどの間接的な効果が期待される。

② コンテナを用いた未利用材の収集・運搬の有効性

根曲がり材等の不定形の未利用材の運搬方法について、コンテナを用いた運搬方法の一定の有効性が確認できた。コンテナを用いるメリットとしては、a] フォワードで集材した材をコンテナに直接積み込むことではい積み作業を省略、b] 積み込み作業を事前に行うことで、車輛の待機時間を省略、c] 積み込み、荷下ろし時間の短縮の三点が挙げられる。

今後は、中間土場の設置や、コンテナの大型化や軽量化といった機械開発をとおした運搬ロットの拡大が課題となる。

③ 未利用材からのパレット製造に関する実証試験

実証試験により、未利用材について木製パレットへの加工が可能であるということが明らかになり、間伐材の多様な活用についてひとつの事例を提示した。資源の地産地消が可能である間伐未利用材を原料とした木製パレットは、CO₂ 削減効果等、環境的価値からも今後需要のある製品であると考えられる。

ただし、コスト面については課題が残った。特に、製材費はコストのうち 6 割強を占めている。根曲がり短尺材という、いわば「規格外」の材料の製材においては、通常のオートメーション化された製材方法では高い歩留まり率を確保することが困難であり、結果として製材費が通常よりも大幅に増加した。

今後は、歩留まり率を確保したまま製材費を圧縮していくことが課題であり、自社製材や協力工場の設置も検討していく。

(2) 今後の課題

① 木材の総体としての利用モデルの構築

今回の実証事業では、従来未利用となっている資源・林地残材(特に根曲がり材)のみを対象

とし、単独で採算ベースに乗せることを目指した。

しかし、間伐時の素材生産量に占める根曲がり材の回収量は、5%程度と大変小規模に留まることの実証事業データから明らかになった。したがって今後の展開としては、幹材や樹冠部および枝葉部分までを対象とした、木材の総体としての利用モデルの構築が必要であると考えられた。

今後は、木材のどの部材を、どのような割合で、どのように利用していくのが最も適切かについて検討していく必要がある。

② 製品の高付加価値化

間伐未利用材の有効活用を実現するためには、現状ネックとなっている搬出コストの削減のほかに、より価値の高い未利用材の活用方法の開発も重要である。本実証事業では、チップ利用の一段階前の活用法としてより高度活用方法であるパレット製造を組み込んだ。今後は、枝葉や小径木も含めて、さらに高度な活用方法を開発していく必要があると考えられた。

同時に、間伐未利用材を用いた製品について、積極的に環境的価値付けを行っていくことも必要である。

③ 行政および地域との連携

今回の実証事業では、県内の主力森林組合と連携しながら事業を実施したが、今後更なる事業の拡大のためには行政および地域と連携していく必要がある。

ニュービジネスとしての間伐未利用材の有効活用は、環境保全や生物多様性の維持、災害防止、山間地域の活性化等さまざまな点で影響力を持つと考えられ、それゆえに単なる企業活動に留まらず複数のアクターが共同で取り組むべき課題である。行政および地域と連携しながら、狭義の「林業」に留まらない、総合的な「森づくり」の観点から事業を展開していく必要がある。