

平成 2 7 年度 特用林産物振興・新需要創出事業
事業実施報告書

平成 2 8 年 3 月

日本フォレスト株式会社

1 事業の背景と目的

大分県は、竹林が約 14 千 ha あり、鹿児島県に次いで全国第 2 位の面積を誇っている。

中でもマダケは全国一の面積であることから竹材生産量も全国一で、主に県東・中部を中心に生産され、「別府竹細工」と言われるように豊富な竹材を利用した竹工芸が歴史的に盛んである。

一方、県西部地域ではモウソウチクが多く、かつてはタケノコの主たる生産地で、缶詰工場等も存在していたが、中国産等安価なタケノコの輸入により、タケノコの生産も少なくなり、荒廃した竹林が散見されるようになった。

本事業では、手入れの行き届いていない荒廃竹林を伐採・チップ化し、発電用バイオマス燃料として利用する場合の経費等を明らかにし、竹材の新たな需要を創出するものである。

加えて、伐採後の竹林は所有者が樹種転換による木材生産林やタケノコ生産林として活用するなど、荒廃竹林の解消に努めることとする。

2 事業実施内容

本事業では、竹材の効率的な伐採、搬出、運搬、チップ化の機械化や経費等を検証することで採算ベースに合うような生産方式の解明の基礎資料となるよう実証事業に取り組んだ。

3 事業概要

(1) 検討委員会

日田郡森林組合、大分県農林水産研究指導センター林業研究部、大分県西部振興局の担当者を招集し、事業主体である日本フォレスト(株)が検討会を定期的に行い、事業の取り組み方針や事業地の選定、実証試験の検証等、事業の協力体制の構築を図り、本実証事業の実施方針を決定した。

(2) 実証事業の実施方針

- ①実証事業地の選定：公道に接し比較的緩傾斜地で 0.5ha 以上の竹林を選定
- ②伐採方法等の選定：路網を配置し、車両系による皆伐を選定
- ③作業方法等の選定：作業の段階毎に既存の作業方法で効率的と考えられる作業方法を選定し、経費等を検証

【伐木造材】・・・人力伐木造材、バンブーカッター伐木造材

【運 搬】・・・フォワード運搬

【破 砕】・・・現地破砕、工場破砕（チップ化）

【運 材】・・・短幹運搬、チップ運搬

4 実証事業の内容

(1) 実証事業地の選定

事業地の選定に当たっては、公道に接続し、比較的緩傾斜地で、0.5ha 以上のまとまったモウソウ竹林の候補地から、作業効率が高いと想定される下記の事業地を選定した。

当初のプロット調査等からの事業値の詳細は下記のとおりである。放置竹林であり枯竹が多く事業の効率を妨げる要因になると推測された。

【場所】 日田市中津江村大字栃野 2 1 6 0 - 1 番地

【地形】 南西斜面、傾斜 10～40°（平均 25°）

【面積】 0.55ha

【現況】 モウソウダケの放置竹林、平均径 11.8cm、平均樹高 17.5m
本数約 5,530 本（生 4,760 本、枯 770 本）・・・プロット調査

○位置図



※竹林伐採現地は日本フォレスト(株)天瀬工場より約 19km に位置する。

○現況写真

【外観】



【内部】



○航空写真

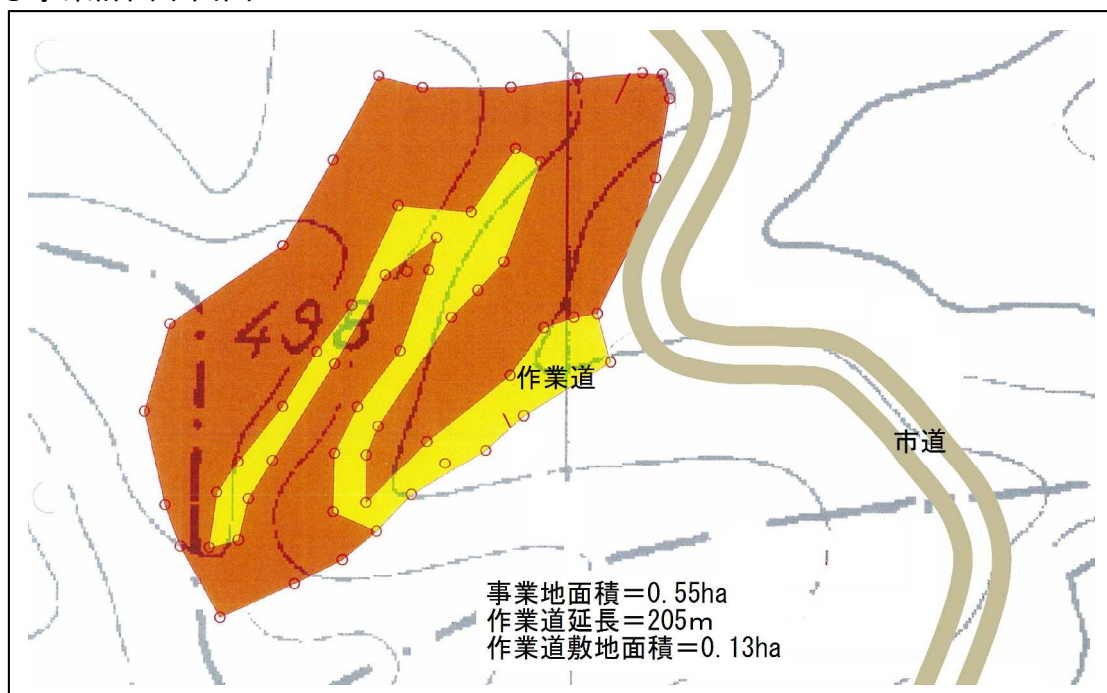


(2) 伐採方法等の選定

竹の樹高が18m程度であることから、グラップル等で集材作業が可能となるよう約25mの間隔に森林作業道を開設した。また、起点付近にストックヤードを増設し、現場での破砕（チップ化）が可能となるようにした。

伐採方法は、効率及び経済性を考慮して皆伐による車両系の作業システムを基本とした。

○事業計画平面図



(3) 作業方法等の選定

「伐木造材」～「運搬」、「破碎」～「運材」の作業段階毎に既存の作業方法で効率的と考えられる作業方法や機械を選定し、経費等の検証を行った。

具体的には、「伐木造材」～「運搬」での主な作業方法は、「人力主体の作業方法」と「バンブーカッター主体の作業方法」の2区分とし実証試験を行った。

「破碎」～「運材」作業では、「現地破碎」と「工場破碎」の2区分で実証試験を行った。

① 伐木・造材：人力及びバンブーカッターによる伐木・造材

② 集材：グラップル集材及びフォワーダ集材、

○人力主体の作業の場合



「人力伐採」→「グラップル集材」→「人力造材」

○バンブーカッター主体の作業の場合



「バンブーカッター伐木・造材・集材」→「フォワーダ集材」

③ 破碎：現地破碎、工場破碎（チップ化）

④ 運材：竹材運搬、チップ運搬

○現地破碎（チップ化）の場合



「移動式チッパー（幹部）」 「移動式チッパー（枝葉部）」 →「チップ運材」

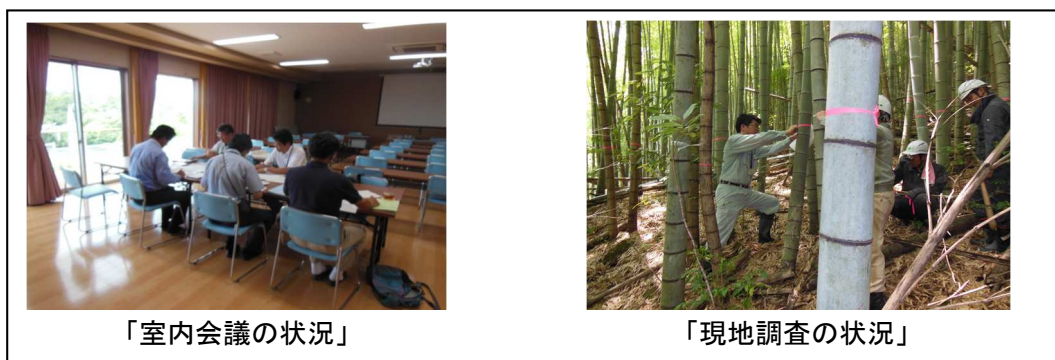
○工場破碎（チップ化）の場合



5 実証事業の結果

（１）検討委員会の開催（詳細：資料１）

検討委員会を４回開催し、施業方法の検討、現地調査等を行った。



（２）竹材の基礎数値調査（詳細：資料２）

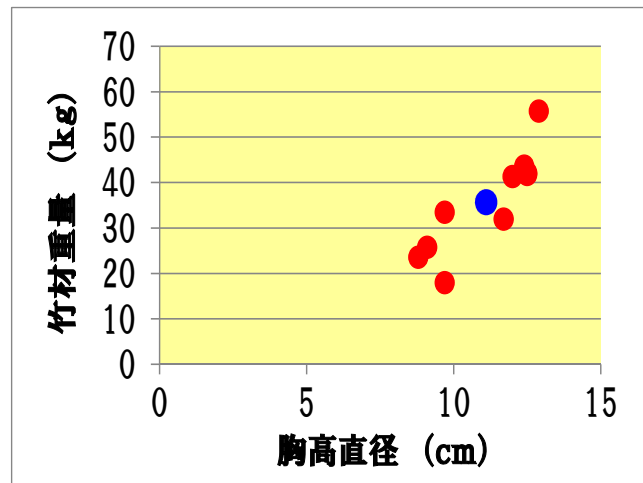
当該事業値の伐採直後のモウソウチクの１０本から形状、重量比、含水率等を計測し、１本当たりの平均値を算出した。

○モウソウチク（生材）の１本当たりの平均値（H27.9.24計測）

樹高 (m)	節数 (節)	胸高直径 (cm)	含水率 (湿量:%)	含水率 (乾量:%)	重量 (kg)	幹重量 (kg)	枝葉重量 (kg)
17.5	56	11.1	42.2	80.5	35.67	29.07	6.61

【結果】

- ①上表より竹材の基礎数値と幹と枝葉の重量比が確認された。
- ②竹材の重量は樹高よりも胸高直径との間に相関関係があることが確認された。（下図参照）



(3) 実証試験に使用した機械

作業区分	使用機械	規格	メーカー	備考
伐木・造材（人力）	チェーンソー	35cc～50cc	各社	
伐木・造材・集材（機械）	バンブーカッター	BC25	長崎進和工機	
	（ベースマシン）	SH75XU(0.28)	住友建機	小旋回型
集材（機械）	グラップル1	GS-65LJV	イワフジ工業	
	（ベースマシン）	CAT308D(0.28)	CATERPILLAR	小旋回型
	グラップル2	GS-50LJV	イワフジ工業	
	（ベースマシン）	ZAXIS 40U(0.14)	日立建機	小旋回型
林内運搬	フォワーダ	U3BG	イワフジ工業	
破碎	切削ドラムチップパー	LB515TK	カダアイソ	車載式
		LB620E	〃	固定式
	チップングロータリーフォード	2 t	富士車輛(株)	
運搬	チップ運搬	10t 荷台付	日産	チップ専用荷台
	竹材運搬	10t グラップル付	ヒノ	

(4) 工程別の実行経費

作業区分	使用機械	数量	単位	単価	金額	処理量
測 量	現場管理者＋測量士	4.00	日	15,000	60,000	
	測量補助	2.00	日	13,500	27,000	
	小計				87,000	
作業道整備	現場管理者	1.00	日	15,000	15,000	
	バックホウ	5.00	日	40,000	200,000	
	仮設費	1.00	式	52,200	52,200	
	重機運搬費	2.00	回	25,000	50,000	
	小計	205.00	m	1,547	317,200	
伐木・造材（機械）	バンブーカッター	4.00	日	113,050	452,200	1,440本
林内運搬	フォワーダ	4.50	日	50,000	225,000	〃
伐木・造材（人力） ＋集材（機械）	現場管理者	4.00	日	15,000	60,000	
	チェーンソー伐採	28.00	日	13,500	378,000	
	グラップル1	11.00	日	48,000	528,000	
	グラップル2	7.00	日	45,000	315,000	
	重機運搬費	8.00	回	25,000	200,000	
	諸経費				143,670	
	小計	18.00	日	90,259	1,624,670	4,090本
破砕	切削ドラムチップー（移動式）	3.00	日	76,633	229,900	32.01 t
	切削ドラムチップー（固定式）	1.00	日	88,413	88,413	82.25 t
	チップングローターブレイ車	1.00	日	64,800	64,800	
運搬	チップ運搬	3.00	日	43,000	129,000	32.01 t
	竹材運搬	15.00	回	12,500	187,500	82.25 t
合計					3,405,683	114.26 t

(5) 工程別の実証結果

① 測量（8月～9月）

- ・ 周囲測量及び作業道の踏査、測量費：87,000 円

② 作業道整備（9月）

- ・ 構 造：W＝2.5 m、L＝205 m
- ・ 使用機械：0.2（平積）バックホウ
- ・ 開設経費：317,200 円（1,547 円／m）
- ・ 仮 設 費：破砕機設置土場の鋼板リース料

③ 伐木・造材・集材作業（10月）

今回、バンブーカッターと人力による比較検討を行い、結果は以下のとおりとなった。資源の状況や作業路網の配置等によって機械の導入を検討する必要がある。

区分	生産性	経費	作業内容
機械作業 (バンブーカッター)	7.44t/日 (360本/日 20.66kg/本)	15,195円/t 113,050円/日	①伐木は作業半径4m程度、道路沿いに限られる。 ②造材・集材に特化すれば、更に効率は上がると思われるが、集材場所の確保が課題となる。 ③機械経費の単価も高いため、導入に当たっては計画的な施業方法の検討が必要となる。
人力・機械併用 作業 (チェーンソー＋グラブプル)	4.69t/日 (227本/日 20.66kg/本)	19,067円/t 89,426円/日	①今回の事業では作業道敷の伐採や林内の枯竹・端材処理、林内の道脇までの集材作業も含めており、下記の林内運搬も含めてバンブーカッターと比較すべきである。 ②併用する機械経費の単価は比較的安価で汎用性も高いが土場までの集材費を含めた経費であるため、バンブーカッター経費に比べ高額となった。

※この場合の本数は立木本数換算値

④ 林内運搬作業（10月）

今回の林内運搬はバンブーカッターで伐木・造材・集材を行った竹材のみ、フォワーダで運搬した。結果は以下のとおりである。

区分	生産性	経費	作業内容
林内運搬 (フォワーダ)	6.61t/日 (320本/日 20.66kg/本)	9,946円/t 65,742円/日	①竹材（約4m）の幹材を運搬した。 ②竹は滑るため積み込みに非常に時間を要した。 ③一回の運搬量は竹材80本程度、立木換算では25本程度1日平均12回の運搬 ④バンドで結束すれば運搬効率は格段に上昇する。

※この場合の本数は立木本数換算値



○バンブーカッター造材状況



○フォワーダー運搬状況

⑤ 破碎作業（10月）

破碎作業は、幹部を現地破碎と工場破碎に区分し、切削ドラムチップパーにより比較検証を行い、梢端部については枝葉の破碎処理が可能なチップングロータリープレス車を試験的に使用した。

区分	生産性	経費	作業内容
現地破碎 (切削ドラムチップパー) LB515TK移動式	10.67 t /日	7,182円/ t 76,633円/日	①竹材（約4 m）の幹部を破碎（チップ化）した。 ②通常のスギ材の機械の処理実績は1日30 t程度であるが、材料のストックヤードが確保できなかったことから生産性が極端に悪化した。 ③現地破碎の効率を上げるには、広いヤードが必要である。
工場破碎 (切削ドラムチップパー) LB620E固定式	82.25 t /日	1,075円/ t 88,413円/日	①竹材（約4 m）の幹部を破碎（チップ化）した。 ②通常のスギ材の機械の処理実績は1日32 t程度であるが、竹材の生産性は非常に高かった。 ③現地に広いヤードが確保でき、連続してチップ化したことから作業効率は高かった。
現地破碎 (チップングロータリープレス車) ※運搬費込	2.21 t /日 (1日9m ³ × 0.246 t /m ³)	29,268円/ t 64,800円/日	①竹材の梢端部及び枝葉の処理を目的に使用した。 ②機械の処理能力は1時間約1.8 m ³ (0.44 t) であり、運搬時間（往復1時間）を含めると1日9 m ³ (2.2 t) が限度である。 ③処理能力に比べてリース料が高いことから、著しく生産経費が高くなり、現状での実用性は低い。



○移動式破碎機による破碎とチップ運搬車への積み込み作業

⑥ 運搬作業（10月）

チップ運搬車と竹材運搬車に区分し、比較検証を行った。

区分	生産性	経費	作業内容
チップ運搬 (チップ運搬車) 10t車	10.67t/日 5.34t/回	4,029円/t 43,000円/日	①チップ運搬車の使用料は特殊車両であることから、日当たり単価となっている。 ②現地破碎の効率に連動する形で、運搬単価が高くなった。
竹材運搬 (丸太運搬車) 10t車	5.48t/回	2,281円/t 12,500円/回	①丸太運搬車は通常1回当たりの単価である。 ②竹材の容積密度が低いことから、杉丸太の約2倍程度の運搬単価となった。

⑦ 1t当たりの単価比較の検証

○伐採・造材・集材作業

作業種	作業システム			
	人力伐採・造材＋グラップル集材		機械伐採＋造材＋集材	
伐採・造材・集材	伐採・造材(チェーンソー) 集材(グラップル)	19,067円/t	伐採・造材 (バンブーカッター)	15,195円/t
			集材(フォワーダ)	9,946円/t
計		19,067円/t		25,141円/t

○破碎作業

作業種	作業システム			
	現地破碎(移動式破碎機)		工場破碎(固定式破碎機)	
破碎作業	現地破碎 (移動式破碎機) LB515TK	7,182円/t	工場破碎 (固定式破碎機) LB620E	1,075円/t

○運搬作業

作業種	作業システム			
	チップ運搬		短幹運搬	
運搬作業	チップ運搬 (専用荷台付運搬車)	4,029円/t	短幹運搬 (丸太運搬車)	2,281円/t

6 実証事業の結果検証

(1) 採算性の検証

今回の実証事業の結果、0.55haの竹林（モウソウタケ）の成立本数は、枯れ竹を含め5,530本であり、114.26tの木質バイオマスが生産された。1本当たりの生産重量は20.66kgとなり、haあたりにすると約10,000本の竹から約208tの木質バイオマスが生産されるという結果となった。これは、通常の伐期を迎えたスギ林と比較した場合、生産量に比して著しく本数処理量が多いことになる。

本実証事業の結果も、伐採からチップ生産まで効率性の高い方法を選択しても生産経費は1t当たり22,400円程度かかることとなり、未利用材（32円材）の収支計算に用いられるチップ購入価格12,000円/tで考えた場合、採算が合わないという結果になった。更に測量費、作業道開設経費を加えると採算性は更に悪化することになる。

一方、今回の実証事業は初めての取り組みでもあり、作業システムの改善の余地は大きい、50%以上のコストダウンが必要であり、抜本的に作業システムを改善しなければ採算の合う竹林の皆伐は困難であると判断された。

以下項目別に今回の実証結果の検証結果を記述する。

① 施業地の選定について

施業地の候補を調査した結果、公道等に接した0.5ha以上のまとまったモウソウチク林は意外に少なく事業地の選定に時間を要した。

② 林内路網の配置について

林内路網は竹の樹高を考慮し、路網密度370m/ha（約25m間隔）で配置したが、適正であった。

竹林粉碎用のストックヤードを入りに10m×20mを確保したが、竹材の破砕処理能力に比べ狭かった。

③ 伐採・造材・集材作業

バンブーカッターにより伐採、造材し、フォワーダによる短幹集材を行ったが、下記理由により効率が悪かった。

- ※1 バンブーカッターは1本ずつしか伐採できず、作業範囲が作業道周辺に限定されること。
- ※2 バンブーカッターで伐採する際に掴み箇所が割れやすく効率が落ちること。
- ※3 フォワーダー運搬は単材では滑りやすく荷積みの効率が低いこと。
- ※4 フォワーダー運搬は積載量が少なく効率が低いこと。

人力伐採とグラップルの併用で全木集材を行ったが、下記理由により比較的効率が良かった。

- ※1 作業道が高密に配置されていたこと。
- ※2 勾配があり、下方への滑落させる木寄作業が可能であったこと。
- ※3 竹を先端から滑落させることで、比較的安全に木寄作業が行われたこと。

④ 破砕作業

現地破砕については、ストックヤードの面積が確保できず、集材量が少なかったため、破砕機械の能力が十分に発揮できず非常に効率が悪かった。

工場破砕については、ストックヤードが十分確保されており、効率は良かった。

⑤ 運搬作業

今回は、現地破砕の集材場所が確保できなかったことから、チップ運搬の方が効率が悪く経費が掛かり増しになったが、10t車1回当たりの運搬量はチップ運搬でも短幹運搬でも同量であり、積込時間も破砕機の待ち時間を考慮すれば、大差はないものと判断された。

(2) 効率的な作業システムの検討

今回の実証事業の結果から考えられる、効率的な作業システムは以下のとおりである。

【効率的な手順】

- ① モウソウ竹など比較的単材積が大きく資源量がまとまった候補地を選定
- ② 候補地が公道等に接しており、作業道の開設が可能な箇所を選定
- ③ 約25mピッチで作業道を開設
- ④ 人力による全面伐採後に、造材をせずグラップルによる滑落木寄
- ⑤ 下方作業道等に寄せられた竹をグラップルで集材
- ⑥ 集材した竹をバンブーカッター等により採材し、集荷場所に巻き立て
- ⑦ 集荷場所からトラックで竹材をチップ工場に運搬
- ⑧ 工場破砕によりチップ化

注意「安全確保のため上下作業の禁止、下方伐採の安全確認、足場の確認」

以上が今回の実証事業により得られた効率の高い竹材チップの生産システムである。更に効率性や経済性を上げるには、下方への木寄用のシューターなどの開発やバンブーカッターの改良等による効率化、リース料の軽減などが考えられる。荷積みの効率性を上げるための結束も考えられるが、結束とバラシによる経費の増加分を検討する必要がある。