

速報

バイオマス利用のための竹割り機の試作と作業性評価及び割竹の乾燥^{*1}濱地秀展^{*2} ・ 檜崎康二^{*2} ・ 茅島信行^{*2} ・ 三原聡明^{*2} ・ 佐々木重行^{*2}

キーワード：タケ割機，減容化，生産性，天然乾燥

I. はじめに

近年，管理放棄された竹林（主にモウソウチク林）が隣接する畑地や人工林等に拡大し，西日本を中心に大きな問題となっている。管理放棄された原因の一つとして竹材需要の減少があり，新たな用途開発が急務となっている。一方，その旺盛な生長と繁殖力から持続的に利用可能なバイオマス資源と考えられ，様々な用途開発の研究や利用の試みがなされている（I）が，その多くは製造コストがネックとなり，実用化に至っているものは僅かである。

竹材の伐採搬出作業において，程は中空な形状で輸送効率が悪いいため，伐採現場でチップ化して減容するシステムが推奨されている（2）。しかし，チップ化すると屋外での乾燥が難しく（3），カビ・虫害の発生や発酵熱による発火の危険性（4）等も考えられることから，タケを割ることで減容し，輸送効率を高めることを目的として竹割り機を試作した。これを用いて割竹材の減容効果を確認し，竹林での伐採搬出作業に組み込んで作業性の調査を行った。また，割竹と丸竹で天然乾燥の経過についての比較を行ったので報告する。

II. 試作機の紹介

試作した竹割り機の写真を示す（写真-1）。なお，試作機の製造は九州ナカミチ（株）に委託して行った。



写真-1. 竹割り機の試作機

この機械の主な仕様は，

- ①本体寸法：(D) 1,100 mm × (W) 750 mm × (H) 1,250 mm
 - ②重 量：450 kg
 - ③エンジン出力：8 ps
 - ④油圧モーター出力：98 cm³/rev となっている。
- また，竹割り機能の特徴として，
- ①竹材をバネ付のローラーで横方向に押し潰し，刃物で縦に割って4分割する（写真-2）
 - ②直径5～15 cm 程度まで，きれいに割ることができる
 - ③長さには無制限に対応できる
 - ④小径竹は2本処理も可能
 - ⑤処理速度10.9秒/本（長さ3m）等が挙げられる。

III. 調査方法

1. 竹割りによる減容効果調査

竹割りによる減容効果を確認するため，フォワーダ（魚谷鉄工AK-3）の荷台を使って積載量の調査を行った。

荷台の寸法は(D) 280 cm × (W) 140 cm × (H) 70 cmで，ここに中心径を測定した長さ3mの竹材を満杯まで積載し（写真-3-①），その竹を一旦下ろして竹割り機にかけ，再度積み込んで高さを測定した（写真-3-②）。その後，満杯となるまで割竹を積載し（写真-3-③），積載量の比較を行った。

2. 竹材伐採搬出作業の生産性調査



写真-2. ローラーと刃物

^{*1} Hamachi, H., Narazaki, K., Kayashima, N., Mihara, T. and Sasaki, S. : Making a bamboo break machine experimentally and its work efficiency evaluation for biomass utilization of bamboo.

^{*2} 福岡県森林林業技術センター Fukuoka Pref. For. Res. & Tec. Ctr, Kurume, Fukuoka 839-0827



写真-3. 竹割りによる減容効果調査



写真-4. 天然乾燥試験 (左: 割竹, 右: 丸竹)

表-1. 試験林の概況

	面積 (㎡)	傾斜 (度)	立竹本数 (本)	胸高直径 (平均, cm)	稈の重量 (合計, kg)
プロット A	50	24	44 (6)	12.0	915.1
プロット B	50	24	49 (16)	11.9	967.7

注) 立竹本数のうち, () 内は枯竹本数 (内数)

表-2. 供試竹の概要 (平均値)

区分	中央径 (cm)	重量 (kg)	長さ (m)
割竹	10.1 (1.1)*	10.3 (2.4)*	3.0
丸竹	10.0 (1.4)*	10.3 (3.0)*	3.0

* () 内は標準偏差

表-3. 丸竹と割竹の積載量

	本数 (本)	断面積合計 (㎡)	材積合計 (3m長, m ³)
丸竹積載量	105	0.7	2.1
割竹積載量	154	1.0	3.1
増加率 (%)	46.7	46.4	46.4

注) 材積は, 材中央部の直径を測定して面積を算出し, これに長さを乗じて算出した

表-4. 伐採搬出作業の所要時間

作業工程	プロット A	プロット B
伐倒・集材	0:24:30	0:23:55
玉切り・整理	1:03:00	0:58:55
竹割り	-	0:44:40
運搬	1:29:40	0:45:45
合計	2:57:10	2:53:15
重複時間	0:45:10	0:00:00
伐出時間	2:12:00	2:53:15

竹材の伐採搬出作業の生産性について, 竹割り作業を行った場合と, 行わなかった場合での比較を行った。場所は福岡県宗像市の私有林で, 作業道から約 5m 離れたところに縦 10m×横 5m のプロットを並べて設置した (図-1)。また, 各プロットの概況は表-1 のとおりであった。なお, 稈の重量は藤本ら (5) の



図-1. プロット見取り図

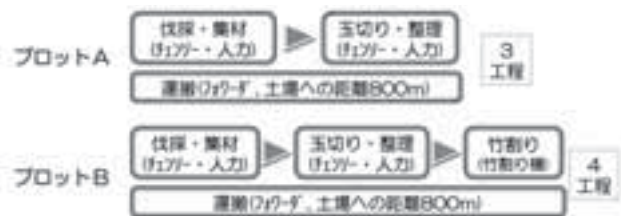


図-2. プロット別の作業構成

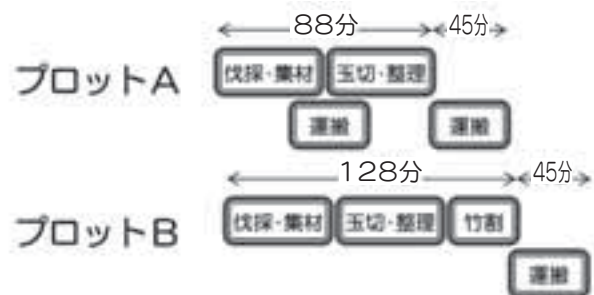


図-3. 伐採搬出作業の工程図

関係式 $W = 0.12738 D^{2.2611}$ (W : 稈重, D : 胸高直径) より算出した。

作業員の構成は, 伐採作業員 2 名とフォワーダのオペレーター 1 名の計 3 名で行った。作業の構成については, プロット A ではチェーンソーを使用し, 作業員 2 名で伐採-集材-玉切-整理を行い, 材の集積状況によって適宜運搬を行った。プロット B ではプロット A の作業に竹割り工程を加えた構成とした (図-2)。なお, 作業の効率を上げるため, 採材 (3m 長) は目測で行い, 枝落しも必要最小限で行うこととし, 1 本の立竹から 3~4 玉採材した。調査は 2009 年 9 月 17 日に行った。

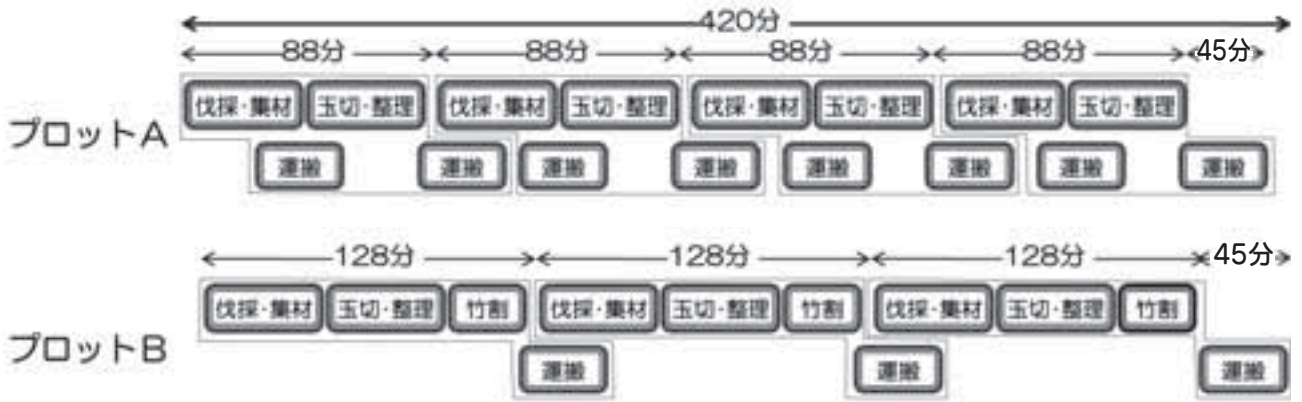


図-4. 1日（7時間）の作業構成

表-5. 工程毎の生産性と稼働率

作業工程	生産性 (t/日)		稼働率	
	プロットA	プロットB	プロットA	プロットB
伐倒・集材	12.5	13.5	0.2	0.2
玉切り・整理	4.9	5.5	0.6	0.4
竹割り	-	7.3	-	0.3
運搬	3.4	7.1	0.9	0.3
システム全体	2.9	2.3	0.6	0.3

3. 天然乾燥試験

屋外での乾燥経過について、丸竹と割竹での比較を行った。供試竹は各36本（6列×6段）で、伐採後すぐに造材、竹割りを行い、重量等測定後、福岡県久留米市の県森林センター敷地内のアスファルト舗装されたところに設置した（写真-4、表-2）。なお、調査期間は2009年10月27日～2010年9月3日で、一定期間毎に1本ずつ重量を測定し、測定後の材は元の位置へ戻した。

測定期間終了後に中央部から円盤をとり、全乾法で含水率を測定して、期間中の含水率を算出した。

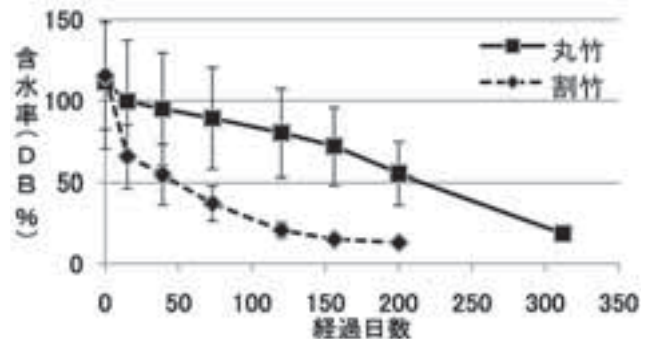


図-5. 丸竹と割竹の乾燥経過

IV. 調査結果

1. 竹割りによる減容効果調査

フォワーダの荷台に満載した丸竹と同量の割竹を積載した場合、積み荷の高さは20cm低下し、約3割の減容となった。また、割竹を満載した場合は丸竹の約1.5倍多く竹材を積載することができた（表-3）。

2. 竹材伐採搬出作業の生産性調査

伐採搬出作業時の作業工程別の所要時間について、表-4に示す。また、図-3に各作業を工程図に表したものを示す。

図-3の作業を1サイクルとし、竹の出材量を秤重量の8割とすると、1サイクル当りの生産量は、プロットAが732kg、プロットBが774kgとなった。また、1日の作業時間を7時間（420分）とすると、1日の作業構成は図-4のとおりとなり、1日当りの竹材生産量は、

プロットA：732kg × 4サイクル = 2,928kg

プロットB：774kg × 3サイクル = 2,322kg

となった。

また、岡（6）の方法により、工程毎の生産性と稼働率を算出すると、表-5のとおりとなり、竹割りによって運搬工程の生産性約2倍に向上したものの、稼働率は1/2となり、システム全体の生産性・稼働率も低下した。

3. 天然乾燥試験

丸竹と割竹の含水率の経過について、図-5に示す。丸竹と比べ、割竹の乾燥は非常に速く、燃料用に適しているとされる含水率50%（乾量基準：d. b.）に乾燥するまでの日数は、丸竹で215日、割竹では47日と、約1/4の期間となった。また、測定期間中、材の表面にのみカビが発生したが、虫害などは見られなかった。

IV. 考察

今回の研究により、竹を現地で割ることによる減容効果と、運搬効率の向上効果について確認することができた。しかし、作業全体で見ると、竹割り工程の増加から生産性は低くなった。竹割りによる減容効果については、4分割より6分割が最も減容できると報告があり（7）、更に細かくできないか、また処理速度の向上等について改良を重ねてゆきたい。また、竹割り、運搬工程の稼働率を上げるために、作業日程をずらすなど並列作業化の工夫が必要と考えられた。また、割竹は丸竹よりも乾燥し易く、乾燥期間を大幅に短縮することが可能だと考えられた。遠矢ら（8）は室内実験で、節を抜くことで乾燥が速くなることを確認しており、今回もその効果と、外気に接触する面積が増えたことで早く乾燥が進んだものと考えられた。これにより、ストック

ヤード面積の縮小や伐採現場での乾燥も可能と考えられ、製造コストの削減に有効である。今後は、得られたデータからシミュレーションを行って生産性向上の検討を行うと共に、低コスト化のための現地試験や新しい機械の開発等を行っていききたい。

引用文献

- (1) 内村悦三監修 (2009) 現代に生かす竹資源, 217 pp, 創森社, 東京.
- (2) 山田隆信 (2004) 機械化林業 609 : 5-10.
- (3) 多田野修 (2006) 岩手県林業技術センター研究成果速報 220 : 1.
- (4) 古積博ほか (2007) 消防研究所報告 103 : 36-42.
- (5) 藤本浩平ほか (2008) 高知県森林技セ研報 33 : 41-55.
- (6) 岡勝 (2001) 機械化のマネジメント (社) 全国林業改良普及協会編, 240 pp, 東京. 115-123.
- (7) 向井伸生ほか (2009) 日森学術講 120 : 202.
- (8) 遠矢良太郎・大西洋 (1980) 鹿児島県木工試研報 : 20-23.
(2010年10月23日受付 : 2011年1月23日受理)