

切り捨て間伐林分における森林バイオマスの収穫コスト

中澤昌彦（東農工大院生物シス、現森林総研）・岩岡正博・峰松浩彦・尾辻佐人志（東農工大院農）・
小澤雅之（山梨県森林総研）・菅野明芳（（株）森のエネルギー研究所）

要旨：切り捨て間伐林分における森林バイオマスの収穫コストを求める目的として、山梨県富士吉田市内にある同県部分林においてその生産性調査を実施した。カラマツ林内に10m×10mのプロットを設置し、伐木作業と林道までの集材作業をビデオカメラで撮影した。まず、チェーンソーで伐木して2mの短幹に造材し、人力で作業路上に木寄せした。次に、林内作業車で樹幹部と枝条部を別々に集材し、クレーンで林道上の4tトラックにそれぞれ積載した。時間分析の結果、時間あたりの平均作業者数は2.2人/時で、0.01haを間伐・集材するのに要する時間は3,170秒であった。収穫量は樹幹部が350kg（含水率55%）、枝条部が45kg（同68%）であり、合計0.25全乾tと算出された。集材状況から0.02haを間伐することによって樹幹部と枝条部をそれぞれ1車分収穫できると仮定すると、生産性は1.16全乾t/人・日と算定された。3人作業（13,000円/人・日）で実働6h/日とすると、間伐面積は0.14ha/日、期待収穫量は3.5全乾t/日となり、森林バイオマスの伐木から集材までの収穫コストは11,200円/全乾tと試算された。

キーワード：森林バイオマス、収穫コスト、切り捨て間伐

I はじめに

我が国では、戦後造林された人工林の多くが間伐時期を迎えており、国内林業の不振により間伐の遅れた森林が顕在化し、優良材の生産のみならず、森林の公益的機能の十分な発揮が危惧されている。平成14年2月に閣議決定され、平成18年3月に新しく策定された「バイオマス・ニッポン総合戦略」の下、間伐の推進や地球温暖化防止等の観点から、その対策の1つとして未利用のまま森林内に残されている森林バイオマス資源の利活用が注目されている（7）。

これまでに、行政が主体となって森林バイオマスの資源量調査が数多く実施され、その利用可能性が検討されている（2,5,6,9）。これらの報告の多くは、全木集材しプロセッサ等の造材機械を利用することにより土場に発生する残材のみを、収集が容易なことから利用可能として、林地内に発生する残材は林道端までの集材費用が別途必要となることから経済的に利用困難としている。しかし、国産材価格の長期低迷により価格の安い間伐材の搬出が経済的に困難なことから、近年の間伐の多くが切り捨て間伐となり、残材の多くは林地内に発生している。また、土場残材はそのエネルギー利用の経済性が実証されてはいるものの（1,3,4）、木質バイオマス利用施設の規模を考えた場合、効率良く稼動させるためには土場残材のみでは燃料供給量が不十分であることが懸念されている（11）。したがって、木質バイオマス施設への燃料

供給を満足させるためには林地内に取り残される残材の利用可能性も検討する必要があるが、その報告例（8,10,12）は少ない。

そこで本研究では、現在切り捨て間伐林内に大量に発生している森林バイオマスのエネルギー資源としての利用可能性を検討するために必要な収穫コストを求める目的とした。このために森林バイオマスの収穫生産性調査を行い、作業時間と収穫量について分析した。

II 調査方法

森林バイオマスの収穫生産性調査は、山梨県富士吉田市内にある富士山麓の同県部分林第9林班に1,2小班で行った。この森林を管理する富士吉田市外二ヶ村恩賜県有財産保護組合（以下、恩賜林組合）は、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の補助を受け、平成16年度に地域新エネルギービジョンの策定を、平成17年度には重点テーマに係る詳細調査を行い、管理地内における森林資源の賦存量を把握するとともに、林地残材から木質チップを生産すること、および木質チップボイラーを熱源とする熱利用システムを同組合庁舎に導入することを検討している。

対象とした小班内に10m×10mのプロットを3つ設置し、毎木調査を実施した。図-1にプロットの配置を示す。そのうち作業路から近く作業が容易な1プロットにおいて、伐木作業と林道までの集材作業をビデオカメラ

Masahiko NAKAZAWA(Grad. Sch. of Bio-Appli and Sys. Eng., Tokyo Univ. of Agric. and Tech., Present For. and Forest Prod. Res. Inst.), Masahiro IWAOKA, Hirohiko MINEMATSU, Satoshi OTSUJI (Grad. Sch. of Aglic., Tokyo Univ. of Aglic. and Tech.), Masayuki OZAWA (Yamanashi For. Res. Inst.), Akiyoshi KANNO (Japan Wood Energy)

Yield productivity for logging residue in non-commercial thinning stands

で撮影し、時間分析を行った。調査日は11月30日、天気は晴れであった。表-1に作業プロットの毎木調査の結果を示す。作業プロットの樹種は、主にカラマツであり、調査当日には落葉していた。平均樹高は14.3m、平均胸高直径は17.5cm、間伐前の本数は24本、幹材積は4.55m³であった。間伐方法は定性で、間伐率は本数で28%、材積で12%であった。プロット内の最大傾斜は10.4%であり、作業プロットから作業路までの平均木寄せ距離は約9m、林道までの作業路上の集材距離は約550m、作業路の平均勾配は下り勾配で約9%であった。

作業方法は、まず林地内においてチェーンソーで伐木し、2mの短幹に造材した。次に、人力で作業路上まで木寄せし、林内作業車（ヤンマーYFW10DW、最大積載量1t）に積み込んだ。樹幹部、枝条部の順に別々に集材し、林道上の4tトラックにクレーンでそれぞれ積載した。作業終了後、収穫したバイオマスを林道沿いの土場に集積し、樹幹部と枝条部とに分けてそれぞれクレーンで吊り上げてロードセルで質量を測定した。また、樹幹部27個、枝条部31個のサンプルを採取し、後日実験室にて100~105°Cで72時間乾燥させて全乾質量と含水率を求めた。その他の2プロットについては、別の日（11月18日、晴れ）に作業を実施した。同様に、樹幹部と枝条部とを分けて土場に集積し、調査同日に質量を測定後、それぞれサンプルを採取した。

III 結果

調査当日、伐木・集材作業を行った恩賜林組合の作業員は4人であった。人員配置は、主に伐木・造材手、木寄せ手、運転手に各1人であったが、作業人数に対して作業面積が小さく、各作業員の手待ち時間が長くなった。実際には作業面積を十分に確保することで、手待ち時間がほとんどなくなると考えられる。作業内容と作業時間の観測結果から、時間あたりの作業者数を平均すると2.2人/時であった。

伐木・集材作業の要素作業時間割合を図-2に示す。伐木から造材、木寄せ、樹幹部の積込みまでの作業は並列作業であったため区分できなかった。伐木から樹幹部の積込みに要した時間は870秒、集材に要した時間は1,850秒（樹幹部の運搬550秒、荷降ろし175秒、空荷走行450秒、枝条部の積込み125秒、運搬400秒、荷降ろし

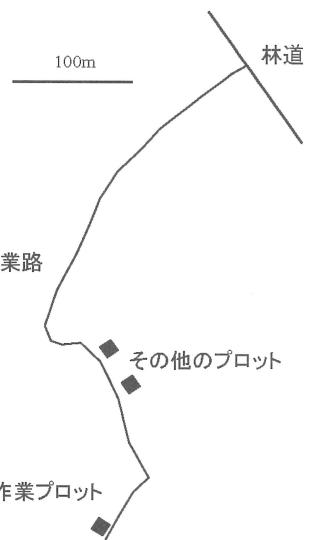


図-1 作業プロットの配置

150秒）であった。作業プロットに到着してから調査を開始したため、さらに林道から作業プロットまでの到達時間として空荷走行時間を加算して、林道から進入し0.01haを間伐・収穫するのに合計3,170秒となり、このうちの約6割を樹幹部・枝条部の運搬と空荷走行の移動に関する工程が占めていた。収穫量は、生重量で樹幹部が約350kg、枝条部が約45kgであり、採取したサンプルの平均含水率は樹幹部で約55%、枝条部で約68%であったため、合計約0.25全乾tと算出された。他の2プロットにおいてもそれぞれ0.30全乾t、0.25全乾tと同程度の収穫量があった。

本調査では、設定した作業プロットの面積が10m×10mの0.01haと小さく、図-3に示すように枝条部および樹幹部も同様に、林内作業車には可能積載量の半分程度しか積むことができなかった。したがって、2倍の面積0.02haを間伐することによって林内作業車1台分が搬出でき、かつその場合の走行速度が変わらないと仮定すると、伐木から集材までの1サイクルあたりの期待できる収穫量は0.50全乾t、予想される作業時間は4,165秒となり、伐倒数の増加に伴って0.01haを間伐したときよりも1,445秒増加した。図-4に伐木・集材作業の観測結果と本仮定のもと予想される作業時間を示す。樹幹部・枝条部の運搬と空荷走行の移動に関する工程が占める割合は53%から45%と減少し、一方伐木・造材・木寄せ・樹幹部荷積みの工程が占める割合が27%から41%と增加了。

カラマツの切り捨て間伐林分における森林バイオマスの収穫作業の生産性は、約0.194全乾t/人・hとなり、1日あたり6h実労働し遅延時間を無しとすると、1.16全乾t/人・日と試算された。組合への聞き取り調査によると通常の間伐作業は3人作業なので、1日あたりの間伐面積0.14ha/日、期待収穫量は3.50全乾t/日となる。以上よ

表-1 作業プロットの毎木調査の集計結果

樹種	本数	胸高直径(cm)	樹高(m)	材積(m ³)
カラマツ	22	17.3	14.4	0.19
ナラ	1	22	15	0.23
ハンノキ	1	18	12	0.13
平均	-	17.5	14.3	0.19
総計	24	-	-	4.55

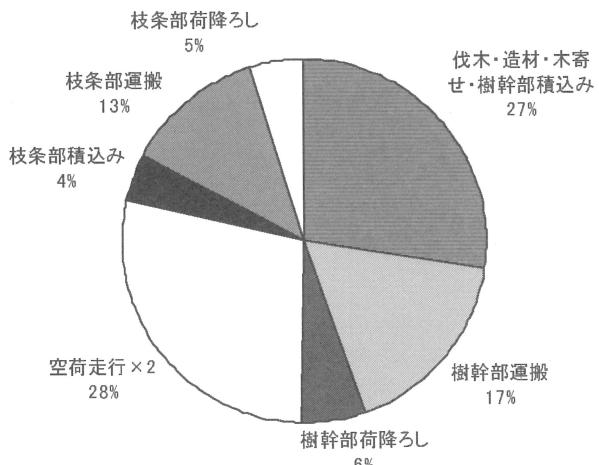


図-2 伐木・集材作業の要素作業時間割合

り、人件費を機械伐木造材作業者の全国平均の約13,000円/人・日(7)として、本調査地における森林バイオマスの伐木から集材までの収穫コストは11,200円/全乾tと試算された。

なお、本調査で使用したチェーンソーや林内作業車、4tトラックは恩賜林組合の所有であり、また本調査の作業面積が小さく作業時間が短かったため、機械費等の算定が困難であり、かつ木寄せ等人力での作業を多く含むことから、収穫コストには人件費のみを考慮した。

III 考察

本研究で得た森林バイオマスの伐木から集材までの収穫コスト11,200円/全乾tを既往の研究・報告と比較する。立川(10)はスギの21年生の切り捨て間伐林分において小型タワーヤードとプロセッサを使用して、伐木から集材までを対象とすると、短幹集材の定性間伐では生産性は最大で1.8全乾t/人・日、収穫コストは最小で10,500円/全乾t、全木集材の列状間伐では最大3.2全乾t/人・日、最小で9,000円/全乾tと報告している。佐々木(8)



図-3 枝条部の運搬状況

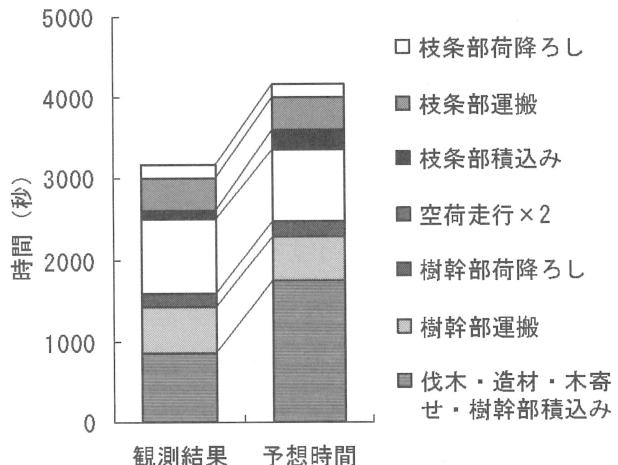


図-4 観測結果と予想作業時間

は、スギの25年生の切り捨て間伐林分においてスイングヤーダとグラップル、ハーベスター、移動式チッパを使用して、全木集材で土場にて枝払いした全幹材をチップ化し、100m³のチップをプラントまで10t深ダンプトラックで運搬した場合8,674円/m³ (27,624円/全乾t)と報告しており、集材から木寄せ、枝払いまでを対象とすると3,422円/m³ (10,898円/全乾t)となる。山田(12)は、ヒノキの35年生の切り捨て間伐林分において林内作業車を使用して、上方斜面20m内から人力で木寄せ・積載し110m先の土場まで集材して4tトラックに積載した場合、2mの短幹材では31,041円/全乾t、枝条部では77,149円/全乾tと報告している。

以上より、それぞれの調査地で作業条件や作業方法が異なるものの、森林バイオマスの伐木から集材までの収穫コストは、最低でも1万円/全乾t前後は必要となる。一方、佐々木(8)は集材コストが5,000円/m³ (約16,000円/全乾t)まであれば切り捨て間伐林分においても重油と競争できると指摘している。本調査地とは作業システムは異なるが、既存の運搬トラックやチップ化施設で代用し、作業面積を確保することで、本調査地においても重油との競争は十分可能であると考えられる。

その許容される集材コストから逆算すると、本作業方法に求められる必要生産性は0.81全乾t/人・日、0.14全乾t/人・時となる。その場合の伐木から集材までの1サイクルあたりに許容される作業時間は6,042秒で、このうち集材等に許容される時間は3,727秒となり、これに相当する集材距離1,300m以内の林分であればバイオマスエネルギー資源として利用可能である。

IV おわりに

本調査地は作業路が整備され傾斜も緩く作業条件が比較的良い林分であったが、本研究においてカラマツの切り捨て間伐林分における森林バイオマスのエネルギー資

源としての利用可能性を確認することができた。今後当該地域においては、森林バイオマスを利用するシステム作りが課題になると考えられる。

引用文献

- (1) 久保山裕史・西園朋広・家原敏郎・奥田祐規
(2004) 林業・林産バイオマスのエネルギー利用の可能性について－岩手県遠野市を事例として－. 日林誌86：112～120.
- (2) 三重県 (2004) 三重県バイオマスエネルギー利用ビジョン. 227pp, 三重県, 津.
- (3) 森口敬太・鈴木保志・後藤純一・稻月秀昭・山口達也・白石祐治・小原忠 (2004) 林地残材を木質バイオマス燃料として利用する場合のチップ化コストと運搬コスト. 日林誌86：121～128.
- (4) 岡本拓也・岩岡正博・峰松浩彦 (2004) 地域熱供給への土場残材のバイオマスエネルギー利用. 第115回日林学術講：122～122.
- (5) 林野庁 (2000) 平成11年度バイオマス資源の利用手法に関する調査報告書. 129pp, 林野庁, 東京.
- (6) 林野庁 (2001) 平成12年度バイオマス資源の利用手法に関する調査報告書. 122pp, 林野庁, 東京.
- (7) 林野庁 (2006) 平成18年度版森林・林業白書. 228pp, 日本林業協会, 東京.
- (8) 佐々木誠一 (2006) 燃料用チップはどれくらいで供給できるか (その2). 機械化林業631：6～12.
- (9) 新城市 (2004) 新城市・鳳来町木質バイオマス利用事業化調査調査報告書. 219pp, 新城市, 新城.
- (10) 立川史郎 (2003) 森林バイオマス収穫システムの低コスト化に向けて. 機械化林業596：1～4.
- (11) 立川史郎 (2004) 全木集材により発生した土場残材の集積状況と残材発生量の調査事例. 機械化林業609：1～4.
- (12) 山田隆信 (2004) 山口県における森林バイオマス低コスト燃料化システムへの取り組み－人工林残渣及び竹材搬出システムのコストシミュレーションによる低コスト搬出への検討－. 機械化林業609：5～10.