

造林・育林作業のエネルギー投入量と傾斜の影響

一二三雅透・岩岡正博・峰松浩彦・中澤昌彦（東農工大院）・小林久（茨城大）

Abstract : The purpose of this study is to clarify the energy consumption of silvicultural work and the influence of the slope angle. For this purpose, energy consumption of site preparation work with a grapple loader, carriage of planting stock with a small carrier and weeding work with a bush cleaner were investigated. The fuel consumption was measured with the full tank to full tank method, and the energy consumption was calculated from a basic energy consumption unit. The work area and the slope angle were measured with a surveying compass. The energy consumption of the grapple loader had a positive correlation with the slope angle while the small carrier and the bush cleaner had no correlation. The average energy consumption of the grapple loader, the small carrier and the bush cleaner were 4321MJ/ha, 166MJ/ha and 300MJ/ha respectively. The overall energy consumption of the works from the site preparation to the first weeding on 13 and 18 degrees slopes were 1.5 and 2 times as much as on the 8 degrees slope. The energy consumption of the site preparation work accounted for a large part of the overall energy consumption, while that of weeding work accounted for a small amount compared with former studies. The small carrier was used only in this study, and the energy consumption of it accounted for a small amount. The overall energy consumption of this result was almost double of former results. This is caused by the heavy machinery for use on the site preparation work.

Key words : energy consumption, site preparation, carriage of planting stock, weeding, slope angle

要旨：造林・育林作業へのエネルギー投入量と、それに与える傾斜の影響を明らかにすることを目的として、グラップルローダを用いた地拵作業、植付作業時の小型運搬車を用いた苗木運搬作業、刈払機を用いた下刈作業を調査した。燃料消費量は満タン法で測定し、エネルギー投入量は使用した燃料のエネルギー原単位を用いて算出した。また、コンパスを用いて地形測量を行い、作業面積と傾斜を求めた。地拵作業のエネルギー投入量は平均4321MJ/haであり、傾斜に比例して増加する傾向が見られた。苗木運搬作業のエネルギー投入量は平均166MJ/ha、下刈作業は平均300MJ/haであり、両作業とも傾斜に関わらずエネルギー投入量は一定であった。地拵えから下刈りまでの総エネルギー投入量は、傾斜8°の場合と比較して、13°では1.5倍、18°では2倍になった。この結果を過去の調査結果と比較すると、地拵えの占める割合が大きく、下刈りの占める割合は小さかった。苗木運搬には本調査のみ機械を利用していたがエネルギー投入量は小さかった。総エネルギー投入量は約2倍となり、これには地拵えへの大型機械の投入が大きく影響している。

キーワード：エネルギー投入量、地拵え、苗木運搬、下刈り、傾斜

I はじめに

森林は、地球温暖化対策においてCO₂吸収源として期待されているが、林業作業に機械を用いると、燃料を消費してCO₂を排出する。したがって、木材をCO₂ストックとして評価する為には、排出されるCO₂量を把握する必要がある。しかし、現状では植栽作業から伐採・搬出までの燃料消費量に関する研究はあまり進んでおらず、地域によってエネルギー投入量が異なることがわかっている(1,4)ものの、それを生じさせる要因は明らかにされていない。また、作業工程別のエネルギー投入量に関する調査も行われているが(2,3)特定の地域内の調査で

あり、地域間の違いを明らかにするには至っていない。

そこで本研究は、林業作業のエネルギー投入量に地域差を生じさせる要因を明らかにすることを目的とする。要因としては、まず地形条件を考え、特に傾斜の影響について考察する。対象とする作業は地拵え、植付け、下刈りであり、単位面積当たりのエネルギー投入量で比較する。

II 調査地の概要

地拵作業の調査は、2005年5月8～9日、11～12日に山梨県北杜市の180林班い10小班で行った。調査地の面

Masayuki HIFUMI, Masahiro IWAOKA, Hirohiko MINEMATSU, Masahiko NAKAZAWA (Tokyo Univ. of Agric. And Technol., Saiwai-cho 3-5-8 Fuchu Tokyo 183-8509) and Hisashi KOBAYASHI (Ibaraki Univ., Ami-machi chuo 3-21-1 Inashiki-gun Ibaraki 300-0393) Energy consumption of silvicultural work and influence of inclination on it

積は1.22ha, 平均傾斜は15.7°で, グラップルローダ (ベースマシン: HITACHI製UH025SS-7 アタッチメント: Matsumoto製) を用いていた。グラップルローダは, 自由に走行できる範囲で枝条の棚積みのみを行い, 走行路作設などの土工作業は行っていない。植付時の苗木運搬作業の調査は, 2005年5月9~10日に山梨県大月市の122林班ろ6小班で行った。調査地の面積は0.51ha, 平均傾斜は42.3°で, 小型運搬車 (Sunwa製ミニクロMB-9) を用いていた。下刈作業の調査は, 2005年8月11日に山梨県甲府市の金桜神社有林で行った。調査地面積は0.18ha, 平均傾斜は15.5°で, 刈払機 (KOMATSU ZENOAH製BC2411) を1台用いていた。また, 2005年7月16, 19~20日に, 地拵作業の調査を行った林分において下刈作業の日報調査を行った。使用した各機械の諸元を表-1に示す。

III 調査方法

単位面積当たりのエネルギー投入量 e (MJ/ha) は, 燃料消費量 F (L) と作業面積 A (ha) から, 次式を用いて求める。

$$E = B \times F \quad (1)$$

$$e = E / A \quad (2)$$

ここで, E (MJ) はエネルギー投入量, B (MJ/L) はJEMAI-LCAのデータベースより引用したエネルギー原単位であり, 表-2の値を用いた。

燃料消費量は, 作業を行う前に作業機械の燃料タンクを満タンにし, 燃料給油時に給油燃料量を計測し再び燃料タンクを満タンにする満タン法を用いて計測した。また, コンパスを用いて地形測量を行い, 作業面積と傾斜を測定した。ただし, 植付作業の作業面積は, 植付本数(本)と植栽密度(本/ha)から算出した。さらに, 日報調査を行って, 燃料種, 機械台数, 機械稼働時間, 作業面積, 林小班名, 作業種, 作業日を現場作業員に記入してもらい, 燃料種, 機械台数, 機械稼働時間から燃料消費量を求めた。

IV 結果

グラップルローダを用いた地拵作業のエネルギー投入量と傾斜との関係を図-1に示す。この図から, 1次回帰して次式の関係を得た。

$$e = 351\theta + 5 \quad (3)$$

($R^2 = 0.62$)

分散分析表を作成して決定係数 R^2 を検定した結果, 有意確立は0.211となり, 有意とは言えないが, 作業地の傾斜 θ (度) が増すと投入エネルギー量 e も増加する傾向が見てとれた。

植付時の小型運搬車を用いた苗木運搬作業のエネルギー投入量と傾斜との関係を図-2に, 刈払機による下

刈作業のエネルギー投入量と傾斜との関係を図-3にそれぞれ示す。両者とも傾斜に関わらずエネルギー投入量は一定であり, それ平均166MJ/haと300MJ/haであった。

以上の結果を用いて, 地拵えから1回目の下刈作業までのエネルギー投入量を推定すると次式のようになった。

$$e = 351\theta + 471 \quad (4)$$

ここで定数項と比較して θ の係数が大きいことから, 傾斜の影響は極めて大きいという結果が得られた。

V 考察

式(4)を用いて, 地拵えから1回目の下刈作業までのエネルギー投入量を算出する。調査地の傾斜が8~18°であったので, 傾斜は8°, 13°, 18°の3段階とした。図-4に示した結果より, エネルギー投入量の大部分を占めるのは, グラップルローダを用いた地拵作業であることがわかる。また, エネルギー投入量は傾斜にほぼ比例し, 傾斜が13°になると8°のときの1.5倍, 18°になると2倍になる。

この結果を, 過去の調査結果(2,3)と比べると, 最もエネルギー投入量の少ない傾斜8°の場合でも, 過去の結果の約2倍であることがわかる。また, この違いは地拵作業のエネルギー投入量の差によるものであり, 下刈作業のエネルギー投入量は本結果のほうが小さくなる。地拵作業に大きな差が生じた原因としては, 作業機械の違いが考えられる。すなわち, 過去の調査では, 地拵作業現場の灌木や下草を刈るのに刈払機を用いていたのに対し, 本調査地では, その必要がなかったため刈払機は使用しなかったが, 棚積みにグラップルローダを用いていた。ここから, 大型機械を使用することでエネルギー消費量が2.5~3倍になると考えられる。

一方グラップルローダの投入が労働投入量へ与える影響を考えると(図-5), 急傾斜地ではグラップルローダを利用することが出来ないため労働投入量が多く, 傾斜15°でもグラップルローダを用いていない地拵作業の方がグラップルローダを用いた地拵作業よりも労働投入量が多い。ここから, グラップルローダによる労働投入量の削減効果は確認できる。したがって大型機械の投入を評価する為には, エネルギー投入量だけでなく, 労働投入量も考慮する必要があろう。

次に, 植付時の苗木運搬作業については, 過去の調査では機械を使用していないかったのに対して, 本調査では小型運搬車を用いていたが, エネルギー投入量の差は全体の5%と小さい。

下刈作業は, 過去の調査も本調査も刈払機を用いているが, エネルギー投入量は本結果の方が0.3~0.5倍と小さかった。この原因としては, 下刈作業のエネルギー投入量が, 初回と2回目以降で異なることが考えられる。

すなわち、過去の研究では複数回行っている下刈作業を調査し、各回のエネルギー投入量の平均を算出しているのに対し、本研究では、1回目の下刈作業のエネルギー投入量を用いているところに差がある。これを明らかにするためには、2回目以降の下刈作業のエネルギー投入量を調査する必要がある。

VI おわりに

本研究で調査した作業の中では、グラップルローダーを用いた地拵作業のみに傾斜の影響を受ける傾向がみられた。しかし、調査数が少ないため、統計的に有意な結果を得るには到らなかった。したがって、今後調査を重ねてサンプル数を増やす必要がある。また、本調査結果を過去の調査結果と比較したところ、下刈作業のエネルギー投入量に、初回と2回目以降とで差があることが示唆された。これについては、今後2回目以降の下刈作業の調査を行う必要がある。

引用文献

- (1) BERG, S. and LINDHOLM, E., L. (2005) Energy use and environmental impacts of forest operations in Sweden. J Cleaner Prod 13 : 33-42.
- (2) 服部順昭 (2004) 東京産木材による木造住宅のLCA調査報告書 (東京産木材による木造住宅のLCA調査実行委員会編. 42pp., 東京都農林水産振興財団, 東京)
- (3) 能本美穂・吉本敦・柳原和宏 (2005) 木材生産を通じた炭素の収支分析－福岡県八女地域を事例として－. 日林誌87(4) : 313~322.
- (4) 辻井辰雄 (1994) 木材資源利用ライフサイクルの現状と課題. (森林総研研究会報告12, 134pp., 森林総研, 茨城) 7~48.

表-1 使用機械の諸元

作業種	作業機械	燃料種	質量	出力 (排気量、パケット容量)
地拵え	グラップルローダ	軽油	6800kg (幅2.1m高さ2.5m)	0.22m ³ (パケット容量)
苗木運搬	小型運搬車	ガソリン	270kg	4.4kw(6ps) 450kg(最大積載量)
下刈	刈払い機	混合油	4.7kg	22.5cm ³ (排気量)

表-2 計算に用いたエネルギー原単位

油脂類	エネルギー原単位 (MJ/L)
軽油	55.874
ガソリン	35.137
潤滑油	40.157

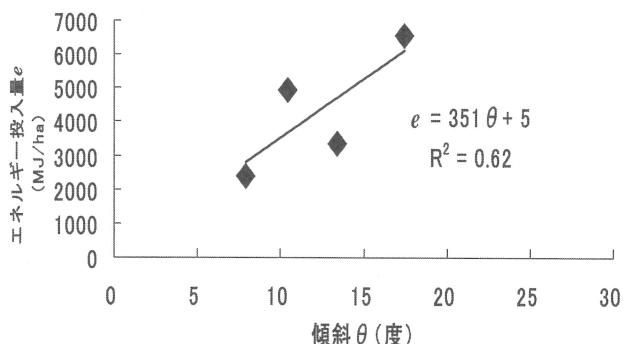


図-1 グラップルローダを用いた地拵作業のエネルギー投入量と傾斜との関係

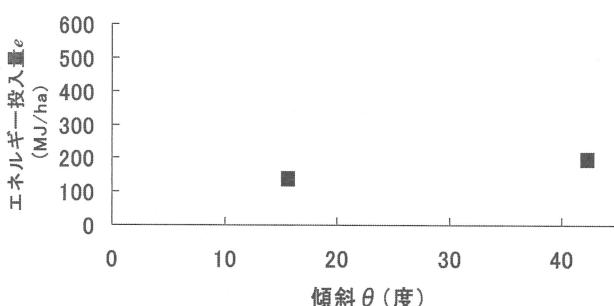


図-2 小型運搬車を用いた苗木運搬作業のエネルギー投入量と傾斜との関係

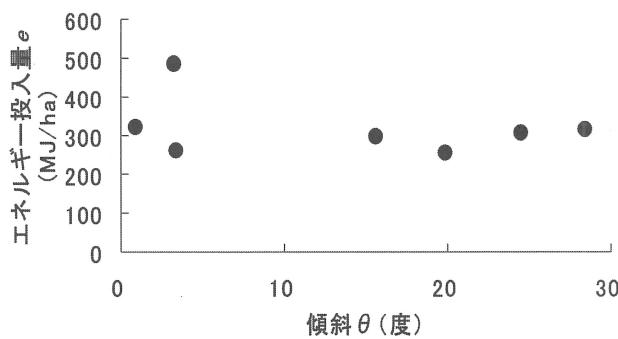
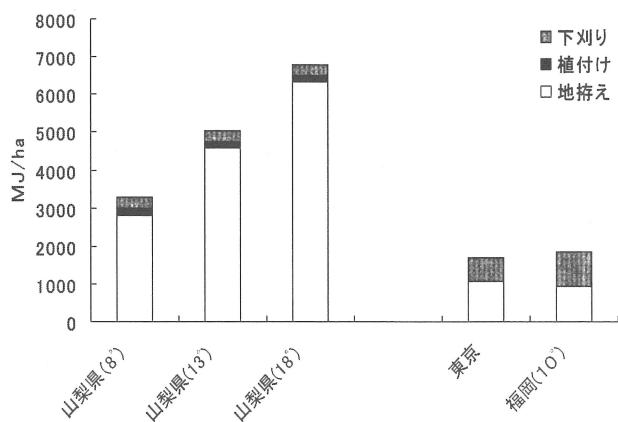


図-3 割払機を用いた下刈作業のエネルギー投入量と傾斜との関係



東京都：服部ら(2004)，福岡県：能本ら

図-4 エネルギー総量の内訳

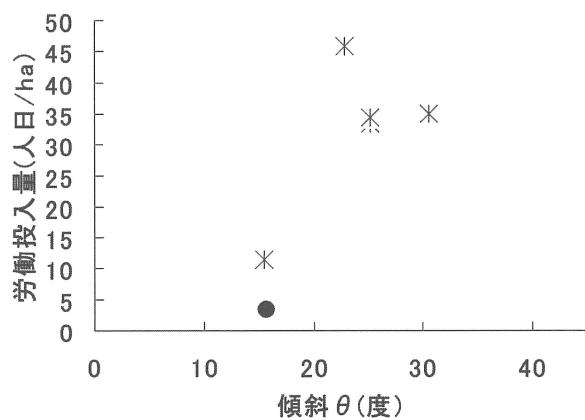


図-5 地拵作業の労働投入量と傾斜との関係
＊ 人力地拵え ● グラップル地拵え