

林業機械作業における作業者の生理負担に関する研究 (4)

— 林内作業車による間伐材 (磨き丸太) 搬出作業について —

山本 俊明・沼田 邦彦・酒井 徹朗・鈴木 保志

On the study of physiological load of
worker while working forest machine (4)

— Hauling of thinned log (polished log) by forest tractor —

Toshiaki YAMAMOTO, Kunihiko NUMATA, Tetsuro SAKAI and Yasushi SUZUKI

要 旨

本報告は、林内作業車を使用した間伐材 (磨き丸太) の搬出作業における作業者 (林内作業車の運転者、補助者) の作業工程と作業者の作業中の生理負担について調査したものである。

調査を行った場所は、岐阜県郡上郡奥明方村にある石原林材(株)の山林内28林班スギ人工林である。

作業者は、石原林材(株)の伐出関係の職員2名で、林内作業車やまびこを使用しての間伐材搬出の作業工程と作業者の作業中の心拍数の計測を行い、要素作業別の作業時間、単位時間当りの本数、材積、エネルギー代謝量及びR. M. R (労働強度)を求めた。

結果 作業工程：林内作業車の運転者の場合、作業車運転、材の積み込み、クレーン運転作業等が、全体の70%を占め、補助者の場合間伐材を持つての移動歩行、材の積み込み作業等が全体の50%を占めていた。また、搬出本数及び材積は、2人で本数 1.68本/分、材積 0.071 m³/分であった。

作業者の生理負担：林内作業者の運転者の場合、作業中の心拍数 60拍/分～138拍/分 平均90.8拍/分、エネルギー代謝量 2.80Kcal/分～8.18Kcal/分 平均5.29Kcal/分、平均R. M. R 4.31/分、補助者の場合、心拍数 72拍/分～174拍/分 平均130.0拍/分、エネルギー代謝量7.65Kcal/分～13.72Kcal/分 平均10.43Kcal/分、平均R. M. R 7.4/分であり、エネルギー代謝量による等級区分からの労働強度は、林内作業車の運転者は中労働と重労働の境目に属し、補助者については激労働に属していると推定する。

は じ め に

近年、農山村における林業労働力の不足は、著しいものがある。そして、それを補う手段として、労働環境の改善、特に若い労働力の確保のため様々な作業機械が、林業に導入されている。しかし、これらの作業機械の使用が森林で働く作業者にとって、新しい負担になっている場合がある。そこで、筆者らは、林業機械作業の作業工程と作業者の生理負担に関する研究の一環とし

て、森林作業において使用される機械について、作業工程と作業者の作業中の生理負担を調査し報告¹⁾してきた。今回は、林内作業車による間伐材（磨き丸太材）の搬出作業について調査する機会を得たので、その作業工程と林内作業車の運転者及び補助者の作業中の生理負担について報告する。

1. 調査方法

調査を行った場所は、岐阜県郡上郡奥明方村出雲、石原林材(株)山林内24林班にある28年生のスギ人工林である。

表一 林内作業車 やまびこ BFY 1001 W2 主要諸元

車体寸法 (mm)	全 長	2510
	全 幅	1355
	全 高	2245
履 帯 (mm)	接地長	1105
	幅	280
荷台内寸 (mm)	長さ	2150
	幅	750
床面高さ (mm)		550
エンジン (ディーゼル)	連続定格出力	8.0PS/2600rpm
	最大出力	9.5PS/2600rpm
車体重量 (kg)		975
最大作業能力 (kg)		1300
最小回転半径 (mm)		1600
最低地上高 (mm)		200
登坂能力		25°
速度 段 数	前進	4
	後進	3
最高速度 (km/h)		6.1
最低速度		1.3
ドラム巻取り速度 (m/min)	F 1	17.3-43.1
	F 2	43.2-108.9
	R 1	17.3-43.1
	R 2	43.2-108.9
エンドレスドラム	F 1	30.5
ワイヤー速度 (m/min)	F 2	76.3
	R 1	30.5
	R 2	76.3
ポール吊り上げ 能 力 (kg)		200
巻取り長さ (m) (ワイヤー 8mmにて)		約140

本調査地は、植栽本数 6000本/ha、平均傾斜 24~25° の林分である。本山林の路網密度は、林道 98m/ha、作業道21.3m/ha、平均縦断勾配 15% である。

調査を行った時期は、1989年11月17~18日の2日間、石原林材(株)伐採班の作業員2人（機械運転者1人・補助者1人）について間伐材（磨き丸太）の搬出作業の工程調査と作業中の作業者の生理負担について調査を行った。なお、間伐率は本数20~25%であった。

1) 材の搬出に使用した機械

間伐材の搬出に使用した機械は、現在各地でよく使用されている筑水キャニコム(株)社製林内作業車やまびこBFY1001W2でその主要諸元は、表一に示すとおりである。

2) 作業工程について

まず、林道端にある土場より林内作業車を運転、作業道を移動し林内に散乱している伐倒された間伐材を集材し、林道端に止めてある運材用トラックへの積み込みまでを1サイクルとし、各サイクル毎に林内作業車の運転者とその補助者について搬出作業の要素作業

及び時間をストップウォッチにより10秒単位で記録した。そして、全作業時間に対する各要素作業の構成比率と、同時に搬出に要した時間、材の本数及び材積を調べた。

3) 作業者の生理負担の推定

作業者の作業中の生理負担としては、今まで調査してきた方法と同様心拍数を指標とした。作業者にハートメモリーを装着し、作業開始から作業終了まで全作業時間の心拍数を10秒単位で記録し、しかる後作業者の作業中の心拍数を踏台昇降運動（ステップテスト）による物理的仕事量に換算し、平川の式²⁾により林内作業車による間伐材搬出作業の運転者、補助者について作業全

体及び要素作業別のエネルギー代謝量Kcal/分を推定した。そして、求められたエネルギー代謝量を体重1キログラム当り毎分のエネルギー量に換算し、沼尻³⁾により求められた活動代謝への換算式

$$Y = 0.0198 + 0.0177 X$$

X… R, M, R

Y… Kcal /体重 1 kg /分

を用いてR, M, Rを推定した。

作業者の詳細とステップテストの結果は表-2に示すとおりである。

表-2 作業者の諸データ

作業者	作業者運転 (S)	補助者 (U)
年 齢	49才	26才
身 長	155cm	175cm
体 重	55kg	69kg

ステップ回数 (x) と心拍数 (y) との回帰式

及び相関係数 (r) S : $y = 2.098x + 66.88$ ($r = 0.984$)

U : $y = 2.786x + 72.9$ ($r = 0.996$)

2. 結 果 及 び 考 察

1) 作業工程について

間伐材 (磨き丸太) 搬出作業における、林内作業車の運転者、補助者の作業工程は、表-3、表-4、図-1、図-2に示すとおりである。まず、林内作業車の運転者についてみると、各要素作業の占める割合は、やまびこ運転 34.58%、材の積み込み 20.00%、トラックにクレーンで材を積み込むためのクレーン運転 22.71%とこれらの作業が、全体の70%を占め、この他に林内移動歩行、材の整理、打ち合せのための作業待ちなどの作業が行われた。

次に、補助者については、間伐材を肩にかついで移動歩行 24.83%、運んできた材を作業車に積み込む作業 24.01%等の作業が、全体の50%を占め、打ち合せ、作業待ちが17.95%、クレーンでつりあげられた材の誘導、整理、トラックの運転などの作業が行われた。また、搬出時間、本数、材積については、表-5に示すとおり4サイクルで、時間 81.20分、本数 136本、材積 5.753m³、毎分当りの時間に換算すると、本数1.68本/分、材積0.071m³/分であった。

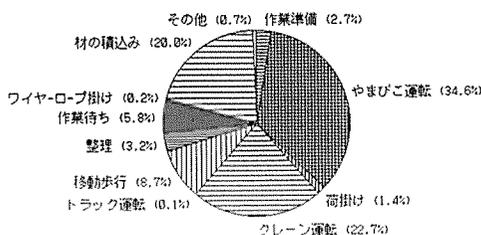
なお、搬出された間伐材の直径は、9.5~12.0cm 平均 10.75cm、材長3.4~3.9m 平均 3.65mであった。

2) 作業者の作業中の生理負担について

作業者 (林内作業車の運転者、補助者) の要素作業別平均心拍数、毎分当りのステップ回数、エネルギー消費量、体重1キログラム当りの毎分消費エネルギー及び平均R, M, Rを示したのが、表-6、表-7である。

表一 3 林内作業車運転者の要素作業別作業時間とその構成比

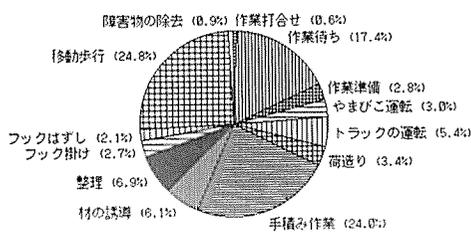
要素作業	時間 (分)	構成比 (%)
やまびこ運転	51.00	34.58
材の積込み	29.50	20.00
作業準備	4.00	2.71
移動歩行	12.83	8.70
クレーン運転	33.50	22.71
作業持ち	8.50	5.76
荷掛け	2.00	1.36
	4.67	3.16
トラック運転	0.17	0.11
ワイヤーロープ掛け	0.33	0.23
その他	1.00	0.68
合計	147.50	100.00



図一 1 運転者の要素作業頻度

表一 4 林内作業車による間伐搬出補助者の要素別作業時間とその構成比

要素作業	時間 (分)	構成比 (%)
作業打合せ	0.83	0.58
移動歩行	35.50	24.83
作業持ち	24.83	17.37
手積み作業	34.33	24.01
荷造り	4.83	3.38
作業準備	4.00	2.80
フック掛け	3.83	2.68
材の誘導	8.67	6.06
フックはずし	3.00	2.10
整理	9.83	6.88
障害物の除去	1.33	0.93
トラックの運転	7.67	5.36
やまびこ運転	4.33	3.03
合計	143.000	100.00



図一 2 補助者の要素作業頻度

表一 5 磨き丸太材搬出のサイクル別・時間・本数・材積

サイクル	時間 (分)	本数 (本)	材積 (m³)
1	16.25	30	1.269
2	20.45	36	1.523
3	32.10	41	1.734
4	12.00	29	1.227
合計	81.20	136	5.753
丸太径	9.5-12.0cm	平均	10.75cm
丸太長	3.40-3.90m	平均	3.65m
			1.68本/分・0.071m³/分

拍数138拍/分と高い値を示している。そして、全体としては、60拍/分～138拍/分の範囲で平均90.8拍/分であった。

次に、補助者についてみる。表一 7 に示すとおり林内作業車の運転者に比べると、平均心拍数は、各要素作業とも高い値を示し、その平均心拍数は、112拍/分以上を示している。中でも間伐

(1) 作業中の心拍数の変動

林内作業車の運転者についての要素作業毎の心拍数の変動をみると、間伐材の積み込み、作業準備、林内移動歩行及びその他の作業において、平均心拍数は、100拍/分～107拍/分と比較的高い心拍数を示し、ついで、やまびこ運転 90.8拍/分、ワイヤーロープ掛け90.0拍/分、荷掛け、作業待ちといった順に低い値を示している。中でも材の積み込み作業においては、最高心

材の手積み作業 150拍/分、荷造り144拍/分、障害物の除去142拍/分と高い値を示している。また、最高心拍数を示したのは、手積み作業で174拍/分と高い結果であった。そして、全体として

表一六 林内作業車運転者の要素作業別心拍数・エネルギー代謝量・R. M. R

要素作業	平均心拍数	最大心拍数	最小心拍数	ステップ回数	消費エネルギー Kcal/Min	全消費エネルギー Kcal	消費エネルギー Kcal/Kg/Min	平均R.M.R
やまびこ運転	90.8	126.0	66.0	11.41	5.29	269.9	0.096	4.32
材の積み込み	107.7	138.0	72.0	19.45	8.18	241.2	0.149	7.28
作業準備	100.3	120.0	72.0	15.91	6.90	27.6	0.126	5.97
移動歩行	100.5	132.0	78.0	16.03	6.95	89.2	0.126	6.02
クレーン運転	76.3	108.0	60.0	4.48	2.80	94.0	0.051	1.76
作業待ち	84.4	120.0	60.0	8.33	4.19	35.0	0.076	3.18
荷掛け	85.0	102.0	66.0	8.64	4.30	8.6	0.078	3.30
整理	83.8	102.0	66.0	8.06	4.09	19.1	0.074	3.08
トラック運転	78.0	78.0	78.0	5.30	3.10	0.5	0.056	2.07
ワイヤーロープ掛け	90.0	90.0	90.0	11.02	5.15	1.7	0.094	4.17
その他	102.0	108.0	90.0	16.74	7.20	7.2	0.131	6.28
平均	90.8	138.0	60.0	11.40	5.29	794.6	0.096	4.31

表一七 林内作業車による間伐材搬出補助者の要素作業別心拍数・エネルギー代謝量・R. M. R

要素作業	平均心拍数	最大心拍数	最小心拍数	ステップ回数	消費エネルギー Kcal/Min	全消費エネルギー Kcal	消費エネルギー Kcal/Kg/Min	平均R.M.R
作業打ち合せ	128.4	138.0	120.0	19.92	10.16	8.5	0.147	7.2
移動歩行	133.2	168.0	90.0	21.66	10.94	338.5	0.159	7.8
作業待ち	123.0	168.0	72.0	17.98	9.29	230.6	0.135	6.5
手積み作業	150.4	174.0	114.0	27.83	13.72	471.1	0.199	10.1
荷作り	144.2	162.0	114.0	25.59	12.71	61.5	0.184	9.3
作業準備	125.5	144.0	108.0	18.88	9.69	38.8	0.140	6.8
フック掛け	133.0	150.0	114.0	21.59	10.91	41.8	0.158	7.8
材の誘導	118.8	150.0	96.0	16.49	8.62	74.7	0.125	5.9
フックはずし	124.0	144.0	102.0	18.34	9.45	28.4	0.137	6.6
整理	127.9	150.0	102.0	19.75	10.09	99.2	0.146	7.1
障害物の除去	142.5	150.0	138.0	24.98	12.44	16.6	0.180	9.1
トラックの運転	112.8	144.0	90.0	14.33	7.65	58.6	0.111	5.1
やまびこ運転	126.5	150.0	108.0	19.23	9.85	42.7	0.143	6.9
平均	130.0	174.0	72.0	20.51	10.43	1560.9	0.151	7.4

は、72拍/分～174拍/分平均130.0拍/分であった。

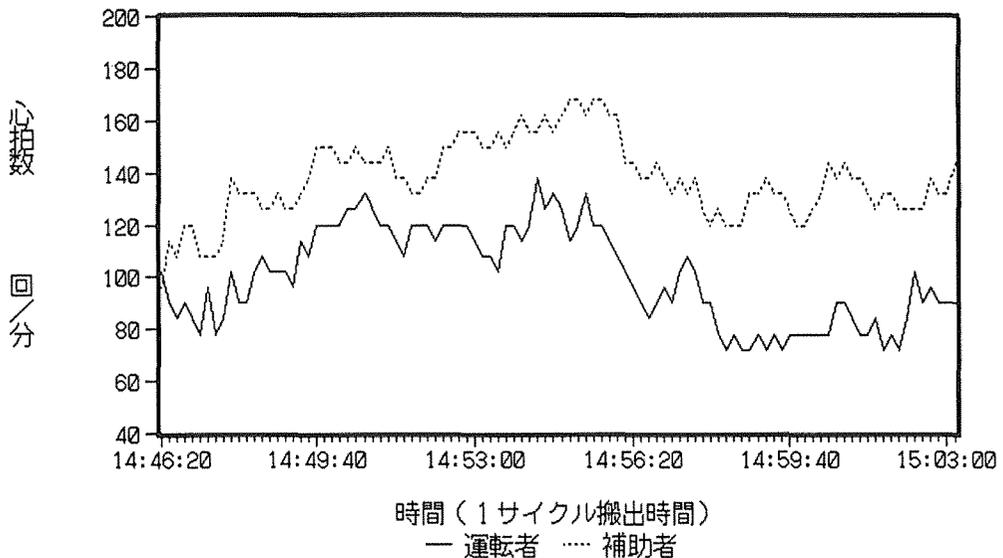
図-3は、間伐材搬出作業の1つのサイクルについて、林内作業車の運転者と補助者の作業中の心拍数の経時変化を示したものである。図が示すように明らかに補助者の方が高い心拍数を示している。

このような結果になったのは、搬出する間伐材が磨き丸太用の材であるのでワイヤーロープ、トビ等の使用を避け、材の商品価値を低下させずに搬出する方法として、人力搬出が行われてい

る。このため、このように高い値を示したものと考える。林内作業車本来の使用方法である、作業車のウインチ、ロープ等を使って間伐材を集材搬出する方法であれば、作業者は補助的に手を出さず、ほとんど機械に任せられることができるため、これほど高い心拍数を示さず。また、林内作業車の運転者と同程度の心拍数を示すものと考えられる。

(2) エネルギー代謝量と労働強度について

林内作業車の運転者についての要素作業別エネルギー代謝量及び労働強度 (R. M. R) につ



図一三 磨き丸太搬 運転者・補助者作業時の心拍数の推移

いてみると、表一六右側に示すとおり心拍数の変動の場合と同様、材の積み込み 8.18Kcal/分、その他7.20Kcal/分、作業準備6.90Kcal/分、移動歩行6.95Kcal/分等が高い値を示し、全体として2.80Kcal/分～8.18Kcal/分の範囲で平均 5.29Kcal/分であった。また、R. M. Rによる労働強度については、材の積み込み、移動歩行、その他、作業準備等が、6.0/分以上と高い強度を示し、全体としては、1.76/分～7.28/分の範囲で平均4.31/分であった。この結果をエネルギー代謝量による等級区分から推定すると、高いところは、重労働に属し全体としては、軽・中労働～重労働の範囲で 平均的には、中労働と重労働の境目に属している。

次に、補助者については、表一七右側に示すとおり最も高い値を示した要素作業は、人力による積み込み作業で、その値は、13.72Kcal/分と高い結果であった。また、この他10Kcal/分以上を示した要素作業は、作業打ち合せ、材を持つての移動歩行、荷作り、ウインチのフック掛け、作業場の整理、障害物の除去などほとんどの要素作業において7.65Kcal/分以上と高い結果であり、全体として7.65Kcal/分～13.72Kcal/分の範囲で平均10.43Kcal/分であった。

また、R. M. Rによる労働強度は、人力による材の積み込み10.1/分、と高い強度を示し、ついで、荷作り、9.3/分、障害物の除去9.1/分、全体としては、5.1/分～10.1/分の範囲で平均7.4/分と非常に高い値を示している。そして、エネルギー代謝量による等級区分から推定すると、重労働～激労働の範囲で平均激労働に属している。

また、林内作業車の運転者と比較してみると、心拍数の場合と同様に明らかに補助者の方が高い作業強度を示し、平均値で約2倍の作業強度を示している。

ま と め

以上、林内作業車を使用した間伐材搬出作業における運転者、補助者の作業工程と作業者の作業中の生理負担について述べてきた。その結果作業工程については、運転者の場合、やまびこ運転、材の積み込み作業、クレーン運転などの作業が全体の70%を占めていた。補助者については、間伐材を肩に担いで移動歩行、その材を作業車に積み込む作業などが全体の50%を占めていた。また、毎分当りの搬出本数、材積については、2人で1.68本/分、0.710m³/分であった。

作業中の作業者の生理負担については、運転者の場合、作業中の心拍数、60拍/分～138拍/分平均90.8拍/分、エネルギー代謝量、平均5.29Kcal/分、R. M. R平均4.31/分程度であり、エネルギー代謝量による等級区分からの労働強度を推察すると中労働と重労働の境目に属している。

補助者の場合は、作業中の心拍数、72拍/分～174拍/分平均130.0拍/分、エネルギー代謝量、平均10.43Kcal/分、R. M. R平均7.4/分程度で、その労働強度は、激労働に属し 林内作業車の運転者より高い作業強度を示している。

これは、人力による作業が多いためであり、今後は、磨き丸太のような材を搬出する場合に傷を付ける事なく集材できるアタッチメントを考案する必要がある。そうすることにより補助者の生理負担をかなり軽減できるものと考ええる。

最後に、本調査を行うに当たり、被験者として協力戴いた石原林材k k末武、後釜両氏、また、調査に便宜を図って下さった石原林材k.k.石原猛志社長に対し深く感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 1) 山本俊明他 (1986) 林業機械作業における作業者の生理負担に関する研究—枝打ち作業について—。京大演報. 57. 247～257
- 2) 平川和文 (1983) 踏台昇降運動時エネルギー代謝量の推定. 体力科学. 32. 285～292
- 3) 沼尻幸吉 (1977) エネルギー代謝率と活動代謝について. 新労働衛生ハンドブック (増補編). 82～84

Résumé

We reported the operational output and physiological load of an operator and a supporter on hauling thinned logs (polished logs) by a forest tractor. The investigating site was the artificial Japanese cedar forest aged 28 years old at Ishihara Forestry company in Gifu prefecture. The subjects were two workers belonging to the logging crew at this company and the forest tractor used in hauling operation was a small crawler tractor "YAMABIKO BFY 1001W2" produced by CHIKUSUI KYANIKOMU company. We investigated the operational output such as the number and the volume of hauling logs, and measured the operators' heart rate with H.R.Memory instrument. Based on the heart rate data, we estimated Energy Metabolism and R.M.R (Relative Metabolic Rate).

Result

Operational output: in the case of an operator of forest tractor, work elements, such as driving empty and full load vehicle, loading logs onto the forest tractor and loading logs onto

the hauling truck with manipulating a crane, amount to 70 % in all.

In the case of a supporter, work elements, such as walking and holding logs with their arms, loading logs onto the forest tractor and so on, amount to 50 %. Logs hauled by two workers are 1.68 poles/min man and hauling log volume is 0.071 m³/min man.

Physiological load of workers: in the case of an operator of forest tractor, the number of heartrate during hauling logs is 60 ~ 138 heart beats/min and the mean value is 90.8 heart beats/min. Energy metabolism is 2.80 ~ 8.18 Kcal/min and the mean value is 5.29 Kcal/min, that is, the mean R.M.R. is 4.31/min.

In the case of a supporter, the number of heart rate is 72 ~ 174 heart beats/min and the mean value is 130.0 heart beats/min.

Energy metabolism is 7.65 ~ 13.72 Kcal/min and the mean value is 10.43 Kcal/min, that is, the mean R.M.R. is 7.4/min.

The rating value of labour intensity graded on energy metabolism class to an operator is estimated on the borderline between middle and heavy labour intensity class and to a supporter is estimated on very heavy labour intensity class.