

林業機械作業における作業者の 生理負担に関する研究 (2)

— 2種類の枝打ち機械の比較 —

山本 俊明・瀧本 義彦・寺川 仁
渡辺 多佳・竹内 典之・佐々木 功

On the study of physiological load of worker while
working forest machine (2)

— Compare of two types of pruning machine —

Toshiaki YAMAMOTO, Yoshihiko TAKIMOTO, Hitoshi TERAKAWA,
Taka WATANABE, Michiyuki TAKEUCHI and Isao SASAKI

要 旨

本報告は、枝打ち作業において作業手順の異なった二種類の枝打ち機械について、その作業者の作業中の生理負担を調査したものである。

調査を行った場所は、京都大学農学部附属和歌山演習林内第3林班スギ人工林である。作業者は、演習林職員1名、作業員2名計3名で枝打ち機械、T社製「439」、S社製「やまびこ」の二種類の機械について作業中の心拍数を心拍メモリー装置を使って測定し、生理負担を推定した。また、一本当りの枝打ち時間についても調査を行った。

作業者の作業中の生理負担は、昨年¹⁾と同様作業者にハートメモリーをセットし各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)²⁾の物理的仕事量に換算してから、平川³⁾の推定式によりエネルギー代謝量(kcal/分)を推定した。

結果、作業中の平均心拍数、一本当りの枝打ち時間およびエネルギー代謝量は、「439」の場合60拍/分～144拍/分 平均94.5拍/分、7.9分/本、6.1853kcal/分、「やまびこ」の場合62拍/分～136拍/分 平均92.7拍/分、6.0分/本、6.0282kcal/分であった。

はじめに

近年、農山村においては、労働力の流出がはげしく労働力不足のために手入れの遅れた森林が増大する傾向にある。そして、今後林業労働は益々機械力に頼らざるを得なくなることは必須であり、労働安全衛生の面から機械の改善、向上が図られねばならない。

昭和59年より本学和歌山演習林を主な調査対象地とし、林業機械作業に於ける作業者の生理負担に関する研究の一環として、最近特に機械化が進んでいる枝打ち作業について作業者の作業中の生理負担について調査を行ってきた。昨年¹⁾は、自登式枝打ち機械を用いた機械作業による枝

打ちと、ナタと梯子を使った手作業による枝打ちの作業工程と作業者の生理負担について報告した。

今回は、引きつづき作業手順の異なった二種類の枝打ち機械について前回同様本学和歌山演習林においてスギの枝打ち作業を行い、その作業工程と作業者の生理負担を調査、比較、検討しあわせて、生理負担による機械の操作性および作業仕組について検討を加えた。なお、本報告では主に作業者の生理負担について報告する。

調査方法

調査地は、和歌山県有田郡清水町にある京都大学農学部附属和歌山演習林第3林班の22年生スギ品種別見本林でその詳細については表-1に示すとおりである。

表-1 調査地の概要
Table 1 Figure of test plots

| 京都大学農学部附属和歌山演習林 (第3林班) | |
|---------------------------|--|
| 林 分 | 京都大学農学部附属和歌山演習林 (第3林班) |
| 標 高 | 730~750m |
| 平均傾斜 | 30.5度 |
| 林 令 | 22年生 |
| 枝打前枝下高 | 約4m |
| 立木密度 | 1680本/ha |
| 平均胸高直径 | 17.1cm |
| 林 況 | スギの品種別植栽見本林、スギの品種の境界にはヒノキが植えられている。過去に下刈、除伐、枝打ち、つる切り、試験的な間伐などが行なわれた。下層植生はほとんど無いが、枝打ち後は落枝の為にやや歩きにくい。 |

表-2 作業者の諸データ
Table 2 Specification of workers

| 作業者 | A | B | C |
|----------|--------|--------|--------|
| 年 齢 | 39才 | 45才 | 46才 |
| 身 長 | 162cm | 166cm | 167cm |
| 体 重 | 52.3kg | 52.5kg | 60.6kg |
| 森林作業の経験 | 14年 | 29年 | 22年 |
| 枝打ち作業の経験 | 14年 | 17年 | 11年 |

各作業者のステップ回数(X)と心拍数(Y)との回帰式及び相関係数(r)

$$A: Y = 29.11 + 4.29X \quad (r = 0.968)$$

$$B: Y = 52.83 + 3.15X \quad (r = 0.969)$$

$$C: Y = 52.55 + 3.34X \quad (r = 0.911)$$

調査時期は、昭和60年10月30日より4日間、作業者は、本学演習林職員1名、作業員2名で、異なった機械による枝打ち作業について、作業中の心拍数を心拍メモリ装置を使って測定し、作業者の生理負担を推定した。また、この他1本当りの枝打ち時間についても測定した。なお、作業者の詳細については、表-2に示すとおりである。

本調査に使用した枝打ち機械は、S社製「やまびこ」(一体式)重量、28.5kg 大きさ、全長540mm、全幅590mm、全高840mmとT社製「439」(二体分割式)重量21kg、大きさ、全長375mm、全幅420mm、全高760mmであり、いずれの機械も自登式のものである。

作業者の作業中の生理負担の推定は、昨年同様作業者にハートメモリーをセットし、各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)²⁾の物理的仕事量に換算してから、平川³⁾の推定式によりエネルギー代謝量(kcal/分)を推定した。

結果と考察

1) 作業中の心拍数および能率について

作業機種別、作業者別の平均心拍数とその範囲、1本当りの枝打ち時間について示したのが表

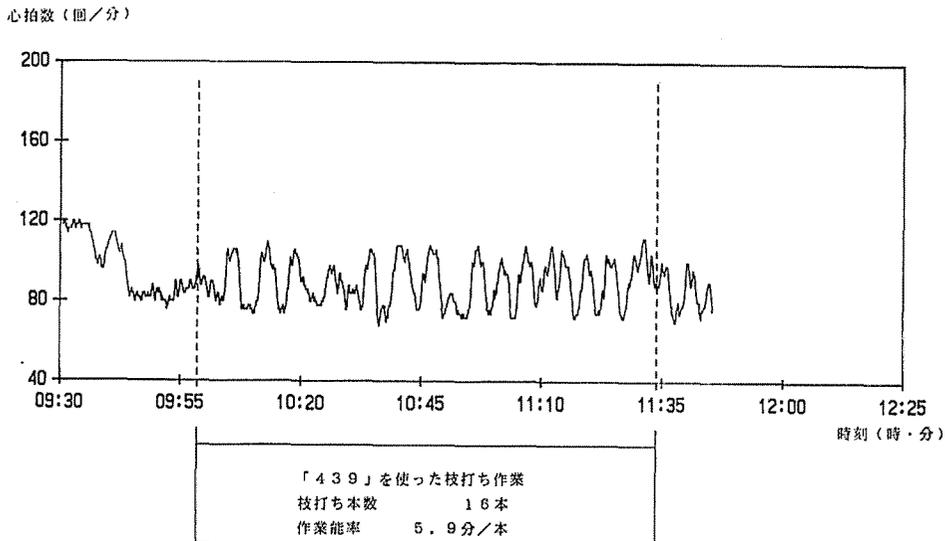
表一 3 一本当りの枝打ち時間と平均心拍数
Table 3 Heart rate of workers during pruning and it's specification

| 機械作業 | 作業者 | A | B | C | 平均 |
|--------------------|---------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 439 | 作業能率 分/本 | 8.2 | 9.6 | 5.9 | 7.9 |
| | 平均心拍数とその範囲 (拍/分) | 84 (60~120) | 110 (86~144) | 89.6 (68~112) | 94.5 (60~144) |
| やまびこ | 作業能率 分/本 | 6.2 | 5.6 | 6.2 | 6.0 |
| | 平均心拍数とその範囲 (拍/分) | 79.9 (62~124) | 107 (74~136) | 91.1 (70~128) | 92.7 (62~136) |
| やまびこ 1 人 2 台 | 作業能率 分/本 | 3.4 | 3.3 | 3.6 | 3.4 |
| | 平均心拍数とその範囲 (拍/分) | 94.8 (66~132) | 134.3 (114~156) | 102.6 (80~132) | 110.5 (66~156) |

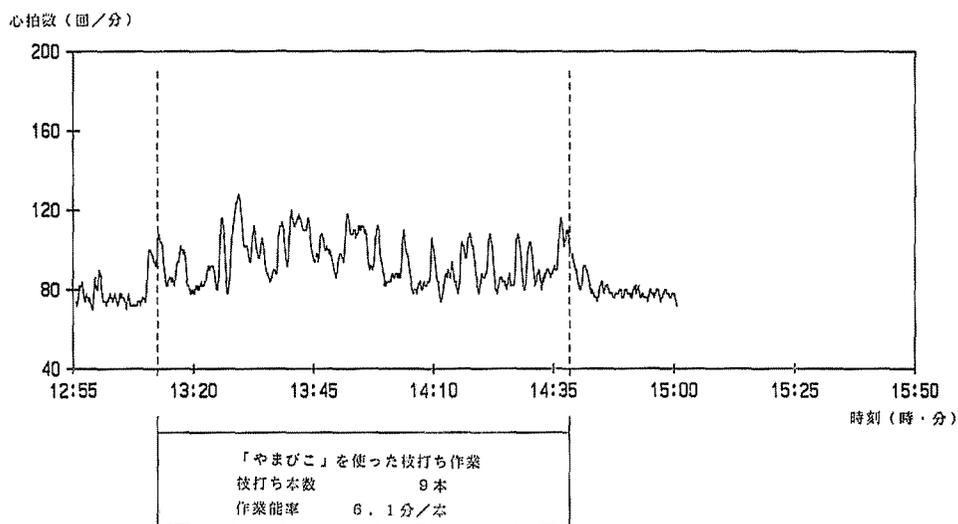
一 3 である。

まず、作業者別の平均心拍数についてみると、作業者 A :「439」の場合 60拍/分~120拍/分 平均 84拍/分、「やまびこ」の場合 62拍/分~124拍/分 平均 79.9拍/分、作業者 B :「439」86拍/分~144拍/分 平均 110拍/分「やまびこ」74拍/分~136拍/分 平均 107拍/分、作業者 C :「439」68拍/分~112拍/分 平均 89.6拍/分、「やまびこ」70拍/分~128拍/分 平均 91.1拍/分と、作業者 A、B については、「439」の方が少し高い水準を示し、作業者 C については、逆に「やまびこ」の方が高い水準であった。しかし、いずれの場合もその差は、2~5%と少なく平均心拍数の上からははっきりした傾向は認められなかった。

つぎに、作業者別の 1 本当りの枝打ち時間についてみると、作業者 A :「439」の場合 8.2 分/本、「やまびこ」の場合 6.2分/本、作業者 B :「439」9.6分/本、「やまびこ」5.9分/本、



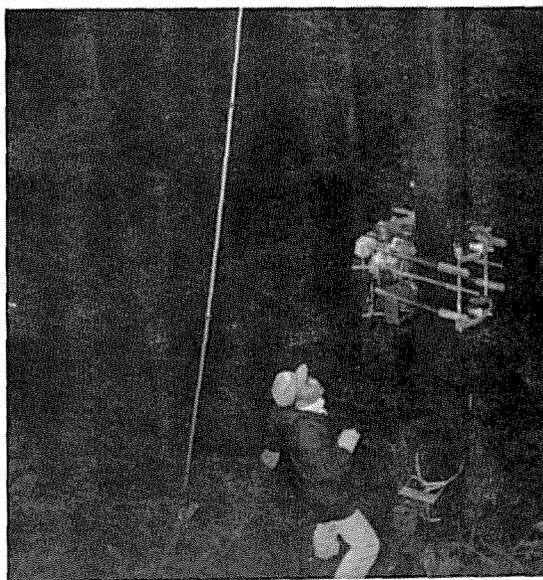
図一 1 作業者 C の「439」使用時の心拍数の推移
Fig. 1 Variance of heart rate of worker C using the 「439」



図一2 作業者Cの「やまびこ」使用時の心拍数の推移
Fig. 2 Variance of heart rate of worker C using the 「Yamabiko」

作業者 C : 「439」 5.9分/本, 「やまびこ」 6.2分/本と, 作業者 A・B については, 「439」の場合, 1本当りの枝打ち時間は, 「やまびこ」にくらべて 24~41%と多くの時間を要し, 作業者 C については逆にわずかではあるが「やまびこ」の方が多くの時間を要している。しかし, 相対的に見た場合「439」, 「やまびこ」両機種の間では「やまびこ」の方が能率がよいと言う結果であった。しかし, 同時に滝本⁴⁾が調査した「439」, 「やまびこ」についての工期調査によると, 機械のトラブルによるやり直し等機械の調子に関連し, この時間を除外すると両機種間の差はないとしている。これらの事から「やまびこ」の方が必ずしも能率が良いとは断定は出来ない。

図一1.2は, 作業者Cの「439」, 「やまびこ」の場合の作業中の心拍数の経時変化を示したものである。データは, 10秒毎の心拍数を1分間当りに直した値で, 心拍数の傾向として「439」, 「やまびこ」の間には, はっきりした差は認められず, 両機種とも機械の取り付け, 取り外し, 引おろし(写真一1参照), 機械を木から木へ運ぶ時(写真一2参照), 足場整理, トラブルの処



写真一1 「439」の引き降ろし
Photo 1 Pull down the 「439」



写真-2 「やまびこ」の機械移動
Photo 2 Carrying the 「Yamabiko」

理をしている時に心拍数のピークが現れ、機械が順調に枝打ちしている時は、作業者が待ちの状態、心拍数は休憩時と同じ位の値になっている。そして、心拍数の最大値と最小値の差が大きく、その程度も両機種ともほぼ同じ位である。

2) エネルギー代謝量について

昨年¹⁾と同じ方法で作業中の心拍数をステップ回数に換算し、しかる後平川のエネルギー代謝量推定式により作業中のエネルギー代謝量を推定した。その結果は、表-4に示すとおりで

ある。

まず、作業員別のエネルギー代謝量についてみると、作業員A：「439」を使用した場合3.6552kcal/分～8.4189kcal/分の範囲で平均5.5613kcal/分、「やまびこ」の場合3.6083kcal/分～8.7429kcal/分 平均5.2374kcal/分、作業員B：「439」4.8044kcal/分～11.1062kcal/分 平均7.4127kcal/分、「やまびこ」3.5003kcal/分～10.2367kcal/分 平均7.0876kcal/分、作業員C：「439」3.0293kcal/分～8.2328kcal/分 平均5.5818kcal/分、「やまびこ」3.2624kcal/分～10.1253kcal/分 平均5.7595kcal/分と心拍数の場合と同じように作業員A、Bについては「439」の方が少し高い値を示し、作業員Cについては逆に「やまびこ」使用時の方が高い結果であった。しかし、いずれの場合に於いてもその差は、数%と小さく両機種の間でははっきりとした傾向は認められなかった。

表-4 ステップ回数とエネルギー代謝量
Table 4 Stepping rate and Energy metabolism of worker

| 機械作業 | 作業員 | A | B | C | 平均 |
|-------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 439 | ステップ回数 回/分 | 12.79 | 18.15 | 11.09 | 14.01 |
| | エネルギー代謝量とその範囲 kcal/分 | 5.5613 (3.6552～8.4189) | 7.4127 (4.8044～11.1062) | 5.5818 (3.0293～8.2328) | 6.1853 (3.0293～11.1062) |
| やまびこ | ステップ回数 回/分 | 11.84 | 17.20 | 11.54 | 13.53 |
| | エネルギー代謝量とその範囲 kcal/分 | 5.2375 (3.6083～8.7429) | 7.0876 (3.5003～10.2367) | 5.7595 (3.2624～10.1253) | 6.0282 (3.2624～10.2367) |
| やまびこ 1 人 | ステップ回数 回/分 | 15.31 | 25.86 | 14.99 | 18.72 |
| | エネルギー代謝量とその範囲 kcal/分 | 6.4207 (4.1326～9.3772) | 10.0519 (7.8475～12.4240) | 7.1225 (4.4477～10.5994) | 7.8650 (4.1326～12.4240) |
| 2 台 | | | | | |

そして、そのエネルギー代謝量は、「439」の場合 3.0293kcal/分～11.1062kcal/分 平均 6.1853 kcal/分、「やまびこ」の場合3.2624kcal/分～10.2367kcal/分 平均 6.0282kcal/分程度であると推察する。

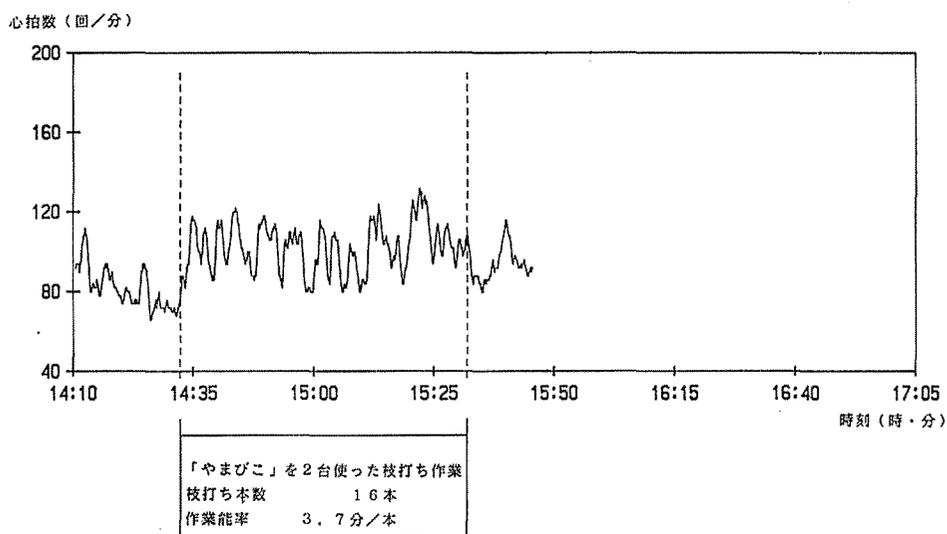
3) 機械の操作性と作業仕組について

次に、「439」・「やまびこ」両機種操作性と作業仕組について若干の考察をしてみる。まず両機種間の機械の操作について、1本当りの枝打ち時間、作業中の平均心拍数、エネルギー代謝量の結果からみると、作業者の機械に対する慣れ、不慣れ、機械本体の調子等が関連し今回の調査では両機械の間にははっきりした傾向は見られなかった。

次に作業仕組について、瀧本⁴⁾の調査結果によると両機械の1サイクルに占める「待ち」の時間が40～70%と大きく、この「待ち」の時間をどのようにするかが今後の課題である。その1つとして、機械の上昇速度の改良がある。一方、作業仕組を例えば一人で複数の機械を使用して作業するという方法も考えられる。そこで今回は、一つの例として「やまびこ」について一人で二台の機械を使った場合について調査を行った。その結果は、表一3、4の下段に示すとおりである。作業員別の一本当りの枝打ち時間、平均心拍数は、作業員A：3.4分/本、66拍/分～132拍/分 平均 94.8拍/分、作業員B：3.3分/本、114拍/分～156拍/分 平均 134.3拍/分、作業員C：3.6分、80拍/分～132拍/分 平均 102拍/分であった。図一3は、作業員Cについて心拍数の経時間的変化を示したものである。「やまびこ」の一人一台の場合と比較してみると、心拍数の傾向としてはほとんど変わらないが、全体的に高い水準を示している。

次に、作業中のエネルギー代謝量は、作業員 A：4.1326kcal/分～9.3772kcal/分 平均 6.4207kcal/分、作業員 B：7.8475kcal/分～12.4240kcal/分、平均 10.0519kcal/分、作業員 C：4.4477kcal/分～10.5994kcal/分 平均 7.1225kcal/分という結果であった。この結果を「やまびこ」一人一台の場合と比較してみる。

一本当りの枝打ち時間については、約40数%の時間が短縮され、平均心拍数については11～20



図一3 作業員Cの「やまびこ」を2台使用した時の心拍数の推移
Fig. 3 Variance of heart rate of worker C using two 「Yamabiko」

%, エネルギー代謝量では18~30%と高い結果であった。また、昨年度調査した手作業の場合と比較してみると、枝打ち時間については、約23%短縮され、心拍数は約10%, エネルギー代謝量は18%高い水準であった。

以上のように機械の使用を一人一台から一人二台と作業仕組を変えることによって、その作業能率は大幅に上昇し、反面生理負担も高い水準となった。今後は、これらの事を考慮に入れ、機械の改良も含めて、例えば機械二台を三人又は三台を四人といったように作業仕組を変える事によってより負担の少ない、より効率的な作業が出来るものと推察する。

ま と め

以上、二種類の異なった枝打ち機械について、一本当りの枝打ち時間および心拍数による作業者の生理負担について述べてきた。その結果、「439」, 「やまびこ」の機種間については、今回の調査では各機種間の作業手順による個々の心拍数の変化は見られるが、平均心拍数, エネルギー代謝量として見ると、作業者の機械に対する慣れ, 不慣れ, 機械本体の調子等が関連してはつきりした傾向は見られなかった。

各作業機種別の作業者の生理負担としては、「439」3.0293kcal/分~11.1062kcal/分, 平均6.1853kcal/分, 「やまびこ」3.2624kcal/分~10.2367kcal/分, 平均6.0282kcal/分であると推察する。

今後は、枝打ち機械の改良も含め、一人で二台又は二人で三台と言ったような作業仕組を変えることによって、作業者の生理負担がどのように変わってゆくかを究明する必要がある。

最後に、本調査を行うに当り協力して下さった本学和歌山演習林職員各位, 試験機を提供くださったセイレイ工業株式会社, 太平工業株式会社の各位に対し深く感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 1) 山本俊明他：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, 1986
- 2) 柳川寛治監修：スポーツテスト (児童生徒編), 文部省スポーツ課内社会体育研究会, 1958
- 3) 平川和文：踏み台昇降運動時エネルギー代謝量の推定, 体力科学, 32, 285~292, 1983
- 4) 瀧本義彦他：枝打ちの作業工程と生理的負担 (3), 日林論, 97, 1986

Résumé

We examined the physiological load of worker during pruning with two different types of machine. They pruned SUGI in Kyoto University Forest of Wakayama. We estimated the physiological load from heart rate by using H. R. memory during pruning.

First, we checked the heart rate of each worker during stepping exercise, and next, we calculated the physiological load during working in the Energy metabolism (kcal/min) using the HIRAKAWA's equation.

Result : Average heart rate during pruning were as follows ;

- 1) pruning by "439" machine : 60-144HR/min., 7.9min./tree, 6.1853kcal/min.
- 2) pruning by "Yamabiko" machine : 62-136H. R. /min., 6min./tree, 6.0282kcal/min.