

伐木造材手段の相違が作業負担におよぼす影響について

—手鋸, チェンソー, ツリー・フェラーの比較—

藤井 禧雄・山本 俊明

Effects of Difference of Methods of Felling and Bucking operation
on the Operation load.

—Comparison among hand-saw, chain-saw, and tree-feller—

Yoshio FUJII and Toshiaki YAMAMOTO

目 次	
要 旨	153
まえがき	153
各作業手段ごとの作業者の負担および それについての考察	156
i) 手鋸とチェンソーの比較	
イ) 玉切作業について	
ロ) 立木伐倒作業について	
ii) ツリー・フェラーによる立木伐倒作業 吟味および今後の研究方向	159
引用文献	161
Résumé	162

要 旨

作業中の作業者の心拍数を指標にして、手鋸、チェンソー、ツリー・フェラーという3つの伐木造材手段を比較し、手段が変われば作業者の負担の程度や負担の質がどのように変化するかを検討し、さらにそれ等変化に応じた研究方向は今後どのようなべきかについても論じた。

比較の結果、チェンソーは手鋸と較べて作業時間を大巾に短縮し、それだけ作業負担を軽減させたが、作業自体の強さは依然として高いままであったのに対し、ツリー・フェラーは作業の抜本的変革をもたらし、作業時間のみならず作業自体の強度をも著しく軽減せしめることが明らかになった。

しかしツリー・フェラーの導入は、筋的労働を軽くする反面、精神的負担を作業者に荷するものであり、この方面の研究と対策が必要であろうが、精神的負担等に対して R.M.R. やエネルギー消費量に較べて心拍数は敏感に反応するので、心拍数はかかる考察の有効な方法となりうるであろうと推察した。

ま え が き

筆者は先に、チェンソーによる伐木造材作業やチェンソー運搬作業は、作業者の負担が非常に高いものであることを論じた。また、チェンソー運搬作業については別に取り上げて研究し、い

表-1 伐木造材作業手
Table 1. Heart rates etc. for each

		玉切作業 Bucking	
		F worker	I worker
手 鋸 Hand saw	総増加心拍* Total heart rate increase during the work*	3,713 心拍 beats	3,297 心拍 beats
	作業時間 Time of the work	m s 13 49	m s 10 46
	単位時間当りの増加心拍 Increase heart rate per unit time	beats/min 269	beats/min. 306
	心拍数(最高—平均—最低) Heart rate (Max.-Ave.-Min.)	beats/min. 129—118—99	beats/min. 134—121—101
	心拍増加率** Rate of increase of heart rate**	73	75
	伐倒木 Felling trees	ブナ, 41×47 cm Beech	ブナ, 40×43 cm Beech
	作業足場 Footing state	良好 Good	良好 Good
チェンソー Chain-saw	総増加心拍*	581 心拍 beats	422 心拍 beats
	作業時間	m s 1 57	m s 1 17
	単位時間当りの増加心拍	beats/min. 298	beats/min. 329
	心拍数(最高—平均—最低)	beats/min. 124—111—106	beats/min. 132—119—106
	心拍増加率**	76	80
	伐倒木	ブナ, 38 cm, 46 cm,	ブナ, 43 cm
	作業足場	良好 Good	悪い Bad
ツリー・フェラー TREE FELLER	総増加心拍*		
	作業時間		
	単位時間当りの増加心拍		
	心拍数(最高—平均—最低)		
	心拍増加率**		
	伐倒木		
	作業足場		

段ごとの心拍数等
method of felling and bucking

立木伐倒作業 Felling of standing trees			
F worker	I worker	K operator	
6,357 心拍 beats	15,573 心拍 beats	* 総増加心拍 Total heart rate increase during the work $= \sum_{\text{作業時間}} \left(\begin{matrix} \text{作業中} & - & \text{安静中} \\ \text{Working} & & \text{Keeping} \\ \text{quiet} & & \end{matrix} \right) \text{心拍数} \\ \text{rate}$	
m s 23 31	m s 39 21		
beats/min. 282	beats/min. 396		
beats/min. 139—123—101	beats/min. 183—143—99		
80	107		
ブナ, 53×58 cm Beech	ブナ, 57×64 cm Beech		
良好 Good	悪い Bad		
794 心拍 beats	1,520 心拍 beats	** 心拍増加率 Rate of increase of heart rate $= \frac{\left(\begin{matrix} \text{作業中} & - & \text{安静中} \\ \text{Working} & & \text{Keeping} \\ \text{quiet} & & \end{matrix} \right) \text{心拍数}}{\text{安静中心拍数}} \times 100$	
m s 2 41	m s 3 34		
beats/min. 296	beats/min. 426		
beats/min. 133—113—97	beats/min. 153—135—118		
79	104		
ブナ, 49×55 cm	ブナ, 62×63 cm		
良好 Good	悪い Bad		
	983 心拍 beats	275 心拍 beats	349 心拍 beats
	m s 3 48	m s 1 30	m s 2 22
	beats/min. 259	beats/min. 183	beats/min. 147
	beats/min. 122—118—106	beats/min. 118—112—102	beats/min. 115—109—102
	40	33	29
	クヌギ, 5本, 17~33 cm Oak, 5 trees	カシワ, 2本, 28~45 cm Oak, 2 trees	クヌギ, 5本, 18~55 cm Oak, 5 trees
	良好 Good	良好 Good	良好 Good

わゆるチェーンソー作業の負担を軽減する方向を探り、適正なチェーンソー重量や運搬の際の補助具の効用について論じた。

しかし、チェーンソーを使用して森林作業を行なっている限りにおいては、たとえチェーンソーの重量が軽減されたり、また、運搬方法に意を用いたとしても、伐木造材作業における作業者の負担は依然としてかなり高いままに止まることに変わりなく、根本的な負担の軽減は計れない。そこで抜本的対策として前報の結論として述べたように、森林作業¹⁾において作業者は機械に乗込みそれを運転しつつ林内を移動し、ボタンやレバー操作で間接的に作業を行なうという方式を取り入れることが必要であろう。

伐木造材作業において、これに適うものの具体例としてツリー・フェラー (TREE FELLER) 等があげられようが、本研究ではこのツリー・フェラー、チェーンソー、手鋸を比較し、伐木造材手段が変わるとどのように作業者の負担の程度や性質が変化するかを論じ、さらにそれ等変化に対応して作業負担の測定方法は今後どのようなべきかについても論じてみたいと思う。

しかし、ツリー・フェラーはわが国に導入されて日が浅く、現地適応試験の段階であることなど、全般的に資料も乏しく極めて不十分な考察しかなし得ていない。

各作業手段ごとの作業者の負担およびそれについての考察

表-1は手鋸、チェーンソー、ツリー・フェラーによって玉切作業、立木伐倒作業を行なった際の作業者の総増加心拍 (表-1の注参照)、最高、最低、平均心拍数および心拍増加率等を一括して示したものである。

手鋸およびチェーンソー作業は、京大芦生演習林 (京都府) において演習林の職員 (FおよびI 作業者) により行なわれたものであり、ツリー・フェラーによる作業は、沼田営林署機械化センター (群馬県) において同署のオペレーター (Kオペレーター) により行なわれたものである。ツリー・フェラーのオペレーターは既に本機により数百本の立木を伐倒し良く機械に慣れている者であったし、芦生演習林の職員も日頃森林作業に従事しているベテランであった。

なお、表-1にあっては、各作業について手鋸とチェーンソーとの比較が正しく行なえるように、各作業者ごとに伐倒木の大きさ、作業足場の状態が可能な限りほぼ等しくなるように対比させてある。心拍数の測定は無線テレメーターに依った。

ここで、文献3)に従ってツリー・フェラーについて概説しておこう。

ここに言うツリー・フェラーとは CT-35BAD 型トラクター (整備重量 5,500 kg, 連続定格出力 50 ps, 作業時最大トルク 24 kg·m) の前面、排土板やバケットを取り付けてある位置に、代って油圧により作動する立木切断用のカッターを取り付け、立木の伐倒作業に供する目的で製作されたものである。このカッター部分は、重量 1,030 kg, 長さ 1,580 m/m, 巾 1,520 m/m で、最大油圧 175 kg/cm², 公称切断能力 483 m/m といわれ、油圧によりハサミのように開閉し、立木をこれに挟み根元から切断伐倒するもので、伐倒木はオペレーターからみて常に右側に倒れるようになっており、これにてオペレーターの安全性を確保している。森林内での本機の移動はブルドーザー等の運転と何等変わらないし、また立木伐倒に際しては一本のレバーを前後に倒すだけでよく、立木の大小にはかかわりなく約 7 秒間で切断し終るようになっているのである。

i) 手鋸とチェンソーの比較

さて、表-1において、手持道具および手持機械である手鋸とチェンソーによる作業の場合に、まず目を向けてみよう。

イ) 玉切作業について；F 作業者の場合、手鋸作業では玉切作業時間が13分49秒で、その間の作業によってF 作業者の安静時心拍数以上に増加した心拍の総数（以下、総増加心拍と称す）は3,713心拍であった。チェンソー作業では、この場合二玉連続して玉切ったのであるが、作業時間が1分57秒で、総増加心拍は581心拍であった。一方、I 作業者の場合、手鋸では作業時間が10分46秒で、総増加心拍は3,297心拍であり、チェンソーでは作業時間が1分17秒で、総増加心拍は422心拍であった。

この2人の作業者による2例を較べると、チェンソー作業ではほぼ同一の作業が手鋸作業よりもはるかに短時間に行なわれており、そのために作業による心拍の増加も手鋸の場合の約1/6～1/8と著しく少なくて、チェンソー使用の有効性が明白に示されている。

しかし、表-1に戻って、単位時間当りの増加心拍を較べてみると、F 作業者では手鋸で269心拍/分、チェンソーで298心拍/分、I 作業者では手鋸で306心拍/分、チェンソーで329心拍/分と両者共手鋸による方が単位時間当りの増加心拍は少ないことが分かる。

また、平均心拍数を比較してみると、両者共いく分チェンソー作業の方が少な目ではあるがさしたる差が生じていない。I 作業者の場合は足場の悪さも手伝ってチェンソー作業においても平均心拍数119回/分と高い値を示している。これ等各作業はその日時を異にしているので作業者の安静時心拍数もそれぞれ日によって異なっているから、ここで各々心拍増加率を計算してみると、両者共むしろチェンソーの場合の方が高くなっている。

ロ) 立木伐倒作業について；玉切作業と同様にみても、F 作業者の場合、手鋸では作業時間が22分31秒で、総増加心拍は6,357心拍であり、チェンソーでは作業時間が2分41秒で、総増加心拍は794心拍であった。I 作業者の場合、手鋸ではそれぞれ39分21秒で、15,573心拍、チェンソーではそれぞれ3分34秒で1,520心拍であった。I 作業者の場合は、伐倒の際の足場条件が悪く手鋸やチェンソーを胸のあたりに保持しての作業が多かったのでかなり高い総増加心拍を示した。

この場合も作業時間はチェンソーによる場合の方がはるかに短かく、ために作業中の総増加心拍も手鋸の約1/8～1/10であり、全体的にはチェンソー使用による負担軽減が著しい。

しかし、単位時間当りの増加心拍数を較べてみると、F 作業者では282心拍/分と296心拍/分、I 作業者でも396心拍/分と426心拍/分と、両者共手鋸による場合の方がチェンソーによる場合より増加心拍が少ないことが分かる。

また、心拍増加率を比較してみると両者共チェンソーと手鋸の間にはほとんど差が見られない。平均心拍数は共に手鋸よりチェンソーの方が低いが、それでもチェンソー作業で135回/分という場合があり、未だかなり高い心拍数水準を示している。

以上のような結果であり、玉切、伐木両作業を通じて言えることは、つまり、チェンソーを用いることにより確かに作業時間は短縮され、その分だけ作業負担は軽減されたけれど、チェンソー作業中の心拍数水準は依然としてかなり高く、長時間にわたるチェンソー作業は作業者に著しく負担を掛けるものであることを示唆しているということである。

チェンソー作業のこの大きい負担は⁴⁾桶も言及しているように、主として比較的重量のあるチェンソーを作業中手で保持してはならないためや、ソー・チェンが常に高速回転しておりそれに触れないようにしつつ作業を行なわねばならないことに由来する精神的緊張によるものである。

ii) ツリー・フェラーによる立木伐倒作業

さて、つぎにツリー・フェラーを運転しつつ林内を移動し、立木伐倒作業をレバー操作により間接的に行なった場合をみてみよう。

作業を行なった森林はクスギ、カシワ等を主体とした天然林で、比較的なだらかで伐倒条件は良好であった。表-1には、3回の作業ごことのデータが示してあるが、それぞれ2~5本を連続して伐倒したものである。伐倒木の切口直径が17~55 cmで、小径木も多く含まれているが、ツリー・フェラーの場合は立木の大小にかかわらず均一に約7秒で切断しうる機構になっているので、伐倒木の大小は作業強度にさして影響を与えない。

表-1のように、2本連続伐倒の場合の作業時間は1分30秒で、総増加心拍は275心拍（単位時間当りになおすと183心拍/分）であり、5本連続伐倒した場合は、3分48秒掛った場合でも総増加心拍は983心拍（259心拍/分）で、一本当りになおすと約197心拍ということになり、総増加心拍からみても、また単位時間当りの増加心拍からみても手鋸、チェーン作業と較べて著しく作業負担が軽減していることが分かる。

ところで、平均心拍数をみると109~118回/分の範囲にあり、チェーン作業と較べても比較的高いが、これは作業強度を反映したためではなく、ツリー・フェラーのKオペレーターが山仕事を専門にする人ではなく、肥満体で体質的に心拍数水準が高目で、安静時心拍数が84回/分とかなり高い人であったため作業中の心拍数もそれに伴って高い目になったためである。そこで、心拍数増加率をとってみると29~40の範囲であり、これ等の値はチェーン作業の79~107の半分以下に止まっていることが分かる。

ちなみに、表-2にドーザーショベル D50S（整備重量約13,000 kg、連続定格出力90 ps）による林道開設作業の場合の心拍増加率等を掲げた⁵⁾。林道開設作業はツリー・フェラーによる伐倒作業と較べて、より立地条件の悪いところで、より複雑な機械操作を必要とする作業であるが、心拍増加率は急峻地形のところで45~51、平坦地形のところで38~48であり、同系統の機械であ

表-2 ドーザーショベル D50S による林道開設作業における心拍数⁵⁾
Table 2. Heart rates in the operations of forest road construction⁵⁾

	作業の内容 Kinds of operations	心拍数 Heart rate			
		最大 Max.	平均 Average	最小 Min.	増加率 Rate of increase
急峻地(京大芦生演習林) Steep forest (Kyoto-district) H operator*	法切り Grading work	109	98	90	51
	掘削 Shoveling	101	98	94	51
	伐根起し Stump pulling	111	94	88	45
	路面ならし Smoothing of road surface	102	96	91	48
平坦地(京大、北海道演習林) Flat forest (Hokkaido-district) G operator**	盛土、土寄せ Banking	99	88	78	38
	路面造り Making of road surface	102	89	78	39
	バケットによる立木の押倒し伐倒 Felling of trees with the bucket	103	95	84	48
	伐倒木処理、整理 Arrangement of felling trees	100	94	88	47

* Heart rate during keeping quiet 71 beats/min.

** Heart rate during keeping quiet 64 beats/min.

るツリー・フェラーによる作業の場合の心拍数増加率29~40という値は決して低く過ぎる値ではないことがこれにて分かる。

今回の場合、おおまかに言えば、ツリー・フェラーによる立木伐倒作業はチェーンソー作業と較べて心拍増加率が57~67%減少していることになる。つまり、作業時間が単に短縮され、総増加心拍数が減じたばかりでなく、単位時間当りの増加心拍、心拍増加率そのものが著しく低くなった。

以上の考察から、チェーンソーが手鋸にとって変わった場合には、作業時間が大巾に短縮され、その分だけ作業負担は軽減されたが（総増加心拍数が約1/6~1/10になった）、単位時間当りの仕事の強さはむしろ手鋸よりチェーンソーの方が高く、また心拍増加率などはほとんど変わらず、作業強度は未だかなり高い水準に留まったのに対し、ツリー・フェラーの導入は作業手段の抜本的改革であり、作業時間の短縮は勿論、作業強度そのものを非常に低減せしめ（心拍増加率がチェーンソーと較べ57~67%減少した）、飛躍的に作業負担を軽減するものであることが明らかになった。作業者が機械に乗込みそれを運転しつつ林内を移動し、ボタンやレバー操作で間接的に作業する場合にはチェーンソー作業に較べおおよそ負担が約半分になることが明らかになった。

吟味および今後の研究方向

しかしながら、ツリー・フェラーは目下のところ地形が余り急峻な林地では使用出来難いであろうし、ツリー・フェラーに優るさらにユニークな機械の出現がない限り急峻地ではチェーンソーにたよらざるを得ないであろう。そして一方、ツリー・フェラーが広く森林作業に導入されることについても問題が無いわけではない。

確かにツリー・フェラーの導入により労働強度は軽減し、一応作業負担は軽くなると言える。しかし例えば、図-1はR.M.R.と実働率の関係を鉱業、製糖、製鉄業の職場での60例について調べたものであるが、一般的に労働強度が下ると作業密度が大きくなり実働率が高くなる傾向のあることが指摘されている。つまり筋労働から解放されるとしても、いままでと較べ肉体的に容

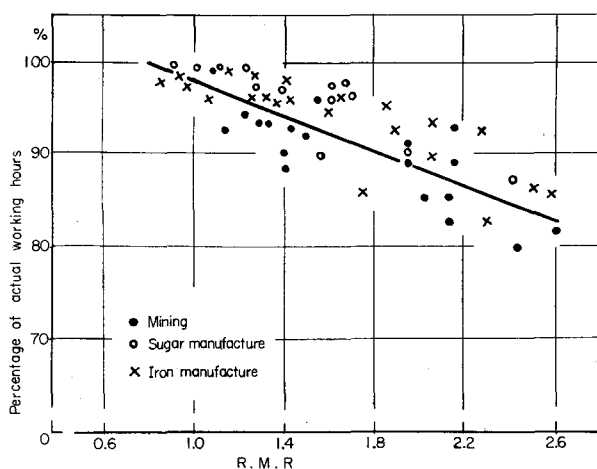


図-1 平均 R.M.R. と実働率との関係⁶⁾

Fig. 1. The relationship of R.M.R. to percentage of actual working hours.

Note) Operation with bulldozer R.M.R. 1.6

Operation with chain-saw R.M.R. 2.4~5.0

易な作業なるが故に自然と一連続作業時間が長くなり勝ちで、作業密度が高くなるという問題が生じてくる。

一方さらに、機械を絶えず緊張して操作しなくてはならないことが多くなることや作業の速度が早くなることや騒音が高くなること等による精神的疲労が加わって来ることも問題であろう。

林業においても、今までの可搬型機械に代わって本格的な機械類が導入されるようになって来ると、従来までとは異質な原因による疲労が生じてくるので、チェーンソー出現時の場合以上に、一連続作業時間や休憩の間の取り方、休憩時間に関する十分な配慮がなされる必要があるうし、それに答えうような研究がなされるべきであろう。

ところで、⁴⁾楠によると、R.M.R. を指標にして手鋸とチェーンソーを比較すると表-3に示したように、手鋸、大斧による重、激労働がチェーンソーの使用によって中等度の作業にまで軽減されたとしている。

⁷⁾佐治も

追口切り(手鋸) R.M.R. 6.0 前後

受口切り(使用道具に関係なく) R.M.R. 8.0~10.0

玉切り(手鋸) R.M.R. 6.0 前後

であるに対し、チェーンソー作業では、傾斜 30° 以上の場合および重いチェーンソー(例えば Be-Bo 17.3 kg) の場合には R.M.R. 4.0~5.0 を示すが、それ以外では中労働に入り、傾斜 0° で 15 kg のマッカーラーを用いた場合は R.M.R. 2.4 と非常に労働は軽減されたとし、総増加心拍等を指標にした今回の結果を裏付けている。

しかし同時に楠は、このように作業強度は小さくなったが、チェーンソー作業のエンジンの騒音が高いこと、作業速度が著しく早くなったため強い精神的緊張を要するようになり、筋的な疲労の減少にもかかわらず神経的な疲労は多少増大していることを労務者が訴えていると指摘しているし、⁶⁾佐治もチェーンソー作業の場合手鋸に較べて R.M.R. は確かに減少したという結果を得ているが、R.M.R. では精神的疲労を測定出来ないし、また重量物を手に支えているといった静的労働による負担も測定出来ない点に留意して R.M.R. の値をみなくてはならないと、別の言い方で楠と同じことを指摘している。

心拍数は、この点、R.M.R. と違って、精神的労働による疲労にも、静的労働による負担にも敏感に反応するものであり、以上指摘の欠点を補うことが出来るものである。現に自動車運転手、^{8,9,10)}電気機関車運転手および^{11,12)}航空管制官の¹³⁾精神負担の指標として心拍数が用いられ¹⁴⁾実用的な効果をあげているし、一方心拍数と精神疲労の関係をより定量的に解明するための基礎研究も行なわれている。

表-3 チェーンソー作業による R.M.R. の低下

Table 3. Changing in the Relative Metabolic Rate by chain-saw operations

	手鋸, 大斧 Hand-saw, Axe	チェーンソー Chain-saw
伐木, 受口切り Felling, Undercutting	R.M.R. 8.5~10.0	→ about R.M.R. 4.0
伐木, 追口切り Felling, Buckcutting	R.M.R. 6.0~7.0	→ about R.M.R. 4.0
玉切り Bucking	R.M.R. 5.5~7.0	→ R.M.R. 3.0~4.0

(楠, 1957)

また静的労働による負担の大きさを評価するのに心拍数の方がエネルギー消費量によるよりも効果的であることは G. KAMINSKY¹⁵⁾ が指摘しているところである。

そして今回は、表-1に見られたように、R.M.R.ではなくて心拍数でみた場合、チェーンソー作業の場合においても最大および平均心拍数や単位時間当りの増加心拍が時には手鋸を凌ぐようなかなり高い値を示したということは、かかる精神的および静的負担を心拍数が良く示し得ていたことの現われと考えていいであろう。

また、チェーンソー騒音が作業者の生理的負担を著しく大きくするという先の指摘に対しては、心拍数を指標にしてチェーンソー重量が作業者に与える負担を凌いでチェーンソー騒音が著しく作業者に負担を与えている事実を明らかにし、かかる騒音等の影響については心拍数による考察が有効であることを既に筆者が指摘しているところである。¹⁾

先に R.M.R. や酸素消費量と心拍数との相関関係が高いものであることは既に述べたし、²⁾ またこのように心拍数は R.M.R. や酸素消費量によっては明らかにすることが出来難い機械化に伴う作業速度の増大や騒音等から来る精神的負担および静的な負担を良くあらわしうるものである。

今後ますます林業においても機械化が進展し、それに伴う問題点の適確な把握とその解決策の探索が必要となって来ようが、かかる心拍数の特徴を考えると、心拍数を指標にして作業負担や疲労等に関する研究を行なうことの効果的なことが頷けるであろう。

おわりに、この研究のために並々ならぬご助力をいただいた当時の沼田営林署技術開発センター所長高田長武氏（現在、林野庁業務部技術第一係長）をはじめとする同センターの皆様、ならびに実験の被験者になっていただいたり、また VTR カメラ操作の手助けをしていただいた京大生演習林の職員の方々に厚く感謝の意を表するものである。

なお、本研究のためのデータ収集に当っては財団法人阪本奨学金の研究助成費によるところが多であった。ここに併記して深謝する次第である。

引用文献

- 1) 藤井禱雄・山本俊明；伐木造材作業の特質について、京大演報, **43**, 227~245, (1972)
- 2) 藤井禱雄・山本俊明；チェーンソー運搬者の生理的負担について、京大演報, **45**, 137~152, (1973)
- 3) 高田長武；TF-2型ツリーフェラーの適応試験（前）、機械化林業, **198**, 7~19, (1970)
- 4) 楠 喬；機械化による林業労働の変化, 労働科学, **33**(5), 322~331, (1957)
- 5) 藤井禱雄・山本俊明；（未発表）
- 6) 沼尻幸吉；機械化による労働強度の変化が労働時間、実働率に及ぼす影響について、労働科学, **39**(2), 53~58, (1963)
- 7) 佐治秀太郎；エネルギー代謝率から見た林業労働, 林業技術 **192**, 16~22, (1958)
- 8) 近藤 武；交通諸条件と自動車操縦者の心身反応に関する研究, 労働科学, **37**(5), 195~210, (1961)
- 9) 橋本邦衛・白井 薫・深野重次郎；大型バス運転の生理的負担に関する研究(前編), 鉄道労働科学, **15**, 39~61, (1962)
- 10) _____, _____, _____ ; _____ (後編), 鉄道労働科学, **15**, 63~83, (1962)
- 11) _____ . _____ . _____ ; 電気機関車乗務の生理的負担に関する研究(第2報), 鉄道労働科学, **16**, 75~99, (1964)
- 12) _____ . _____ . _____ ; _____ (第3報), 鉄道労働科学, **16**, 101~123, (1964)
- 13) 吉村 博；精神作業の負担と心拍数, 労働の科学, **23**(12), 62~63, (1968)
- 14) 石橋富和・大谷 璋・三浦武夫；精神負担の指標としての心拍数, 産業医学, **10**(7), 377~379, (1968)
- 15) KAMINSKY, G.: Der Energieverbrauch bei der Arbeit mit Hand-und Motorsägen. FORSTARCHIV, Heft 9, 202-205, (1956)

Résumé

On the basis of changes of heart-rate of operators, the three methods of felling and bucking—hand-saw, chain-saw, and tree-feller—were compared in order to determine the range and change in quality of operation loads for each method.

The following became clear upon comparison:

In the operation with chain-saws, the time of operation was considerably curtailed and accordingly the operation load reduced compared with hand-saws (the total heart-rate increase declined by approximately one-sixth to one-tenth), but the level of operation still remained high even with chain-saws. On the other hand, the introduction of the tree-feller represented a drastic change in the felling method, and brought not only reduction in operation times but also remarkable reduction in the level of operation (the rate of increase of heart-rate was 57–67% lower than in the operation using chain-saws).

But, while the muscular labour definitely decreases with the introduction of the tree-feller, the mental load of the operators can often increase. Further investigation of the mental load of forest operators is necessary, according to the introduction of machines in the forestry.

It was proved in this paper that heart-rate was more sensitive to the mental load of operators than R.M.R. and Energy Consumption. So, we can say that it is effective to use heart-rate the investigations of the mental load.