

# 急傾斜地の下刈作業における作業者の心拍数変化と作業時間について

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	伏見, 知道 井上, 章二 李, 文彬
巻/号	72巻3号
掲載ページ	p. 216-222
発行年月	1990年5月

## 急傾斜地の下刈作業における作業者の心拍数変化と 作業時間について

李文彬\*・伏見知道\*・井上章二\*

LI, Wenbin, FUSHIMI, Tomomichi, and INOUE, Shoji: **Workers' heart-rates and continuous work periods for forest brush-cutting work on a steep area** J. Jpn. For. Soc. 72: 216~222, 1990 In this report, the workers' heart-rates and one-continuous work period for forest brush-cutting on a steep area are discussed. After measurements, data were analyzed by the quantification method and the method of multiple regressions. The % HR<sub>max</sub> during one continuous work period was more than 60% for nearly all cases with a maximum of 75%. The data indicated that forest brush-cutting on a steep area is difficult and potentially stressful work. The % HR<sub>max</sub> was significantly effected by the machine used ( $p < 0.01$ ), the weather ( $p < 0.01$ ) and the worker ( $p < 0.01$ ). The % HR<sub>max</sub> was the largest for work by a 8.3 kg hand-type brush-cutter, whereas the smallest for work by a scythe. For the factor of weather, the results showed the largest % HR<sub>max</sub> during light rains and the smallest during cloudy times. The one-continuous work period had an inverse relationship with % HR<sub>max</sub>. The results also indicated that the recovery of heart-rate to normal is faster in the morning than in the afternoon and also faster at a lower temperature than at a higher temperature when the temperatures are more than 20°C.

### I. はじめに

近年、人間工学は多くの産業分野において注目されつつあり、林業生産分野でもとくに次の2方面、①林業生産機械の設計、②林業労働者の労働生理負担およびその環境の評価に関心がもたれている。従来は機械操作者が機械に慣れるという考え方があったが、最近では機械を人間の特性に合うように設計しなければならないという考え方になってきた。また、作業環境の諸要因による作業者の労働生理負担への影響を明らかにし、作業方法の最適化、作業者の健康管理、労働の合理化を図ることも注目されつつある。

下刈作業は、日本の山林労働においては相当な重労働であり、しかもその労働量は、育林過程においてかなりの割合を占めている。それゆえ、下刈作業の労働負担の軽減、能率の向上および合理化は重要な課題である。日本では、藤林ら(1)による林業労働全般にわたるエネルギー代謝率の報告のなかで、刈払作業についても鎌を主体に詳しい考察があるが、刈払機による作業については旧式機(重量11.6kg)による1例にすぎず、日本の下刈作業に関するこのような研究は少ない。本研究は、急傾斜地(35~42°)で実施した調査に基づくものである。全国的にみて、傾斜30°を超える育

林事業地は約25%(7)を占めるのだが、本調査地のある重信川流域(2)では、30°を超える山地が44%を占めている。一方現場の作業員によると、この地域での下刈には、背負式やUハンドル付きの肩掛式刈払機を使わず、手持式刈払機(一本棒式)あるいは刈払鎌を使うという。

そこで、本研究では、急傾斜林地における近年普及している軽量小型の手持式刈払機と刈払鎌による下刈作業について、作業者の心拍数の変動、一連続作業時間および休憩時間を計測し、これらに対する諸要因の影響を数量化I類の方法および重回帰分析の手法で考察した。

### II. 調査方法

#### 1. 調査地

下刈の調査地は、愛媛大学農学部米野々演習林内の林地傾斜35~42°の1984年植栽のヒノキ林地であった。植生は、調査地の約80%を占める悪い足場(表-5参照)のところは、わずかに雑草を含むスズケで密度は相当高く、足場のよいところはほとんど雑草類で密度も低かった。

#### 2. 被験者

被験者には、長年林業労働に従事している作業員4

\* 愛媛大学農学部 Fac. of Agric., Ehime Univ., Matsuyama 790

名を選び、そのうち、2名は40歳前後、他の2名は50歳前後であった。彼らのおもな身体特性を表-1に示す。また、本論文では心拍数を用いて作業を評価したが、前もって心拍数と酸素消費量(エネルギー消費量)との関係を明らかにすれば、心拍数の計測だけでエネルギー消費量の推定ができる。したがって、被験者それぞれの心拍数と酸素消費量の関係を、室内のトレッドミルを用いて明らかにし、以下の下刈作業についての考察の基礎データとした。この実験では、環境気温19.0~22.5°C、相対湿度61~96%のもとで、被験者が5kgの一本桿手持式刈払機を肩にかつぎ、歩行速度

32, 40, 50, 59 m/minで、傾斜15°のトレッドミルを上り歩行するときの酸素消費量をダグラスバッグ法(3)により、また心拍数は携帯用心拍記録装置(後述)で測定した。その結果を表-2および図-1に示した(酸素消費量は標準状態0°Cおよび760 mmHgの値である)。表-2に示しているカロリー消費量は酸素消費量1 lに対して5 kcalであるという関係(3)で計算した。

表-1. 被験者身体特性  
Workers' characteristics

Workers	Standing height(cm)	Weight (kg)	Age	Sex	RI	Body surface area (cm <sup>2</sup> )
S1	162	59	48	M	138	15839
S2	168	58	55	M	122	16130
S3	170	83	41	M	168	19029
S4	172	68	38	M	133	17437

RI : Rohrer Index = 10<sup>7</sup> × weight / (standing height)<sup>3</sup>.

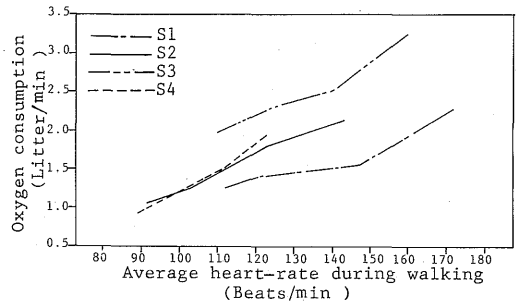


図-1. 4被験者の歩行中の平均心拍数と平均酸素消費量との関係

The relationships between mean heart-rates and mean oxygen-consumptions during walking

表-2. トレッドミル歩行時の被験者の心拍数、酸素およびエネルギー消費量(5kgの刈払機を右肩でかつぎ、傾斜15°のトレッドミルを上り歩行)

Heart-rates, oxygen, and energy consumptions of the workers while walking up on a treadmill resting a 5 kg brush cutter on the right shoulder

Workers	Speeds (m/min)	Mean heart-rates (beats/min)			Mean oxygen consumptions (l/min)			Mean energy consumptions during walking (kcal/min)
		Rest	Walking	Recovery	Rest	Walking	Recovery	
S1	32	72	112	73	0.232	1.246	0.241	6.23
	40	72	119	77	0.232	1.397	0.253	6.99
	50	72	147	88	0.232	1.549	0.264	7.75
	59	72	172	104	0.232	2.300	0.454	11.50
S2	32	54	91	55	0.217	1.057	0.270	5.29
	40	54	102	62	0.217	1.237	0.297	6.19
	50	54	121	67	0.217	1.800	0.304	9.00
	59	54	143	82	0.217	2.172	0.472	10.86
S3	32	73	110	78	0.341	1.973	0.411	9.87
	40	73	122	84	0.341	2.267	0.456	11.34
	50	73	140	94	0.341	2.527	0.535	12.64
	59	73	160	102	0.341	3.256	0.621	16.28
S4	32	66	89	67	0.219	0.918	0.325	4.59
	40	66	96	70	0.219	1.125	0.342	5.63
	50	66	110	76	0.219	1.454	0.354	7.27
	59	66	123	83	0.219	1.955	0.376	9.78

Notes : The slope angle of the treadmill was 15°. The walking time was 5 min. The recovery time was 10 min.

### 3. 使用機械類と作業方法

作業に使用した刈払機は新ダイワ製の直桿手持式2機種であった。そのうち1機種(重い方)は、肩掛式から手持式に改造したものである。刈払機は被験者個人所有のものであった。それらのおもな諸元を表-3に示す。

作業方法は作業者の平常作業方法にしたがった。作業者の進む方向は、基本的には等高線方向(傾斜に対して垂直な方向)であったが、上り方向や下り方向に向いて作業したときもあった。刈幅については、作業者が斜面の上下方向に移動しないままで自由に作業を行える幅であった。植生が高く多い場所では二段刈をしたこともあった。

### 4. 心拍数の測定

心拍数の測定には携帯用心拍記録装置(VINE, MEMORY MAC, MODEL VHM1-016, 記憶容量は16 kbitsで、サンプリング間隔は10, 30, 60秒の三段、本体重量140g)を用いた。本調査においては、サンプリング時間間隔を30秒とした。この装置は小型軽量で、作業に対する支障や生理負担への影響はないとみてよい。記録された心拍数データは、インターフェース(MAC READER-232)を介してパソコンで処理し、考察した。

調査は、1988年8月から9月までの6日間を選んで、1日に2名ずつ調査した。調査時間は原則として朝8時30分から午後4時30分とした。朝作業地へ向かう前に演習林事務所では15分間の安静心拍数を計測し、これをその日の基準安静心拍数とした。作業終了後、事務所に帰ったとき、30分間の作業後安静心拍数を計測した。作業は平常作業とし、作業中疲れを感じ

表-3. 刈払機(手持式)および下刈鎌  
Characteristics of brush cutters (hand type) and scythes

Numbers	Weights (kg)	Piston displacements(ml)	Lengths (cm)
Brush cutter 1	8.3	33.6	177
Brush cutter 2	5.0	21.1	181
Scythe(S1) 1	1.1		Handle: 136.5 Blade: 36.0
Scythe(S2) 2	1.1		Handle: 143.0 Blade: 35.0
Scythe(S3) 3	1.2		Handle: 164.0 Blade: 35.0
Scythe(S4) 4	1.1		Handle: 158.0 Blade: 35.0

たら休むようにと作業前に作業者に指示した。さらに、作業員1名につき観測員1人がつき、作業時間分析を目的とした行動メモを記録した。また、15分間ごとの気温と相対湿度のデータを計測した。

## III. 結果と考察

### 1. 心拍数の変化

#### (1) 心拍数の経時変化

図-2は1日の心拍数経時変化の1例である。さらに、図-3にその度数分布を示した。刈払作業は図-1に示したように作業と休憩の繰返しなので、心拍数も作業の開始と同時に上昇し、やがて安定値に達する。休憩で徐々に低下し、回復してくる。例に示したのは5kg重の刈払機2の使用時の値である。作業中は、ほとんど120 beats/minを越え、最大値は156 beats/minにもなった。

#### (2) 一連続作業中の平均心拍数水準

下刈作業者の一連続作業中の平均心拍数(HR)、一連続作業終了直前の心拍数(HRCE)と一連続作業中の平均心拍数水準(%HR<sub>max</sub>)を検討した。労働負担や生理負担は絶対的な心拍数(HR)よりも相対的な心拍数で表した方が適切であり、この相対的な心拍数は心拍数水準(%HR<sub>max</sub>)とよばれている。

$$\%HR_{\max} = 100 \times \frac{\text{作業中の心拍数(HR)}}{\text{最高心拍数(HR}_{\max})} \quad (1)$$

最高心拍数は年齢によって違うことはよく知られている。この最高心拍数の推定にはいろいろな実験回帰式がある(8)が、なかでもよく使われているのは American Heart Associationによって薦められた式  $HR_{\max} = 220 - \text{Age}$  である。本研究ではこの推定式で最高心拍数を求め、さらに、(1)式を用いて作業中の平均心拍数水準を計算した。それらの値をケース(一連続作業を1ケースとする)別に図-4に示す。調査中、天候条件によって、午前あるいは午後しか作業できなかった場合と、計測したデータ中にノイズが多すぎて処理できなかった場合があるので、これらを除外して、合計51ケースの連続作業をデータとした。

図-4をみてわかるように、HRCEはHRより少し高いが、ほとんど変わらない。HRCEおよびHRは、51ケースのうち、ほぼ2/3のケースが110 beats/minを超えた。表-4に示すRODAHL(5)による心拍数の労働強度区分では、今回の実験の条件下での下刈作業が重労働であることが明らかになった。

平均心拍数水準は51のケースのうち、ほとんどの

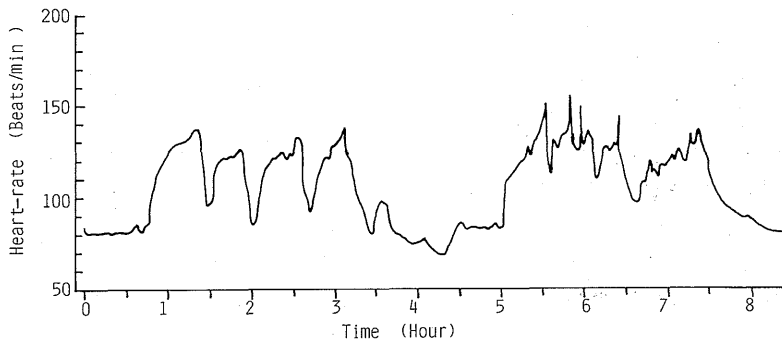


図-2. 心拍数経時変化の一例 (一作業日)

An example of heart-rate response versus time (for a work day)

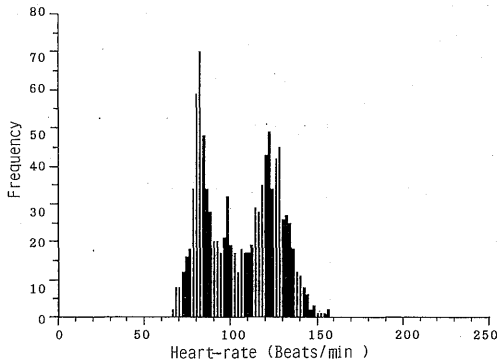


図-3. 心拍数の度数分布の一例 (一作業日)

An example of heart-rate distribution (for a work day)

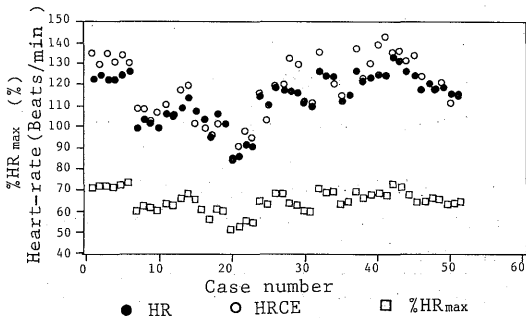


図-4. 一連続作業中の平均心拍数, 心拍数水準と終了直前の心拍数 (51 のケース)

Average heart-rates, % HR<sub>max</sub>, and heart-rates just before the end of one-continuous work period (51 cases)

ケースが 60% 以上であり, 高いものは 75% にも達した。平均心拍数水準が 60~65% を超える場合は, 1 時間を超えた連続作業はできないとよくいわれている

表-4. 心拍数による労働強度の区分 (5)  
Work intensities defined by heart-rates

Light work	Up to 90 beats/min
Moderate work	90~110
Heavy work	110~130
Very heavy work	130~150
Extremely heavy work	150~170

(6) が, 本調査でも, 疲労を感じたら休むようにしていたので, 平均心拍数水準が作業中 60~65% を超えた場合には作業者が疲労を感じて休み, 1 時間を超える連続作業は少なかった。

(3) 諸要因による平均心拍数水準への影響

今回の下刈作業が比較的重労働であることは明らかになったが, 下刈作業の労働負担を軽減し, 作業能率をあげる方策を検討するためには, 労働負担指標 (本論文では平均心拍数水準) に対する下刈作業諸要因の作業者への影響を明らかにしなければならない。それによって最適な作業方法がわかってくるし, 作業者の健康管理にも役立つと思われる。本研究では, 数量化 I 類の方法で下刈作業諸要因による作業者の平均心拍数水準の変化を明らかにした (表-5)。連続作業のケース数は, ノイズのあるデータを除くと, 51 であった。また, 相対湿度は 70~91 の小さい変化範囲なので, 数量化の要因から除いた。レンジよりみて, 心拍数水準に最も影響を与えているのは機械の種類であり, 5 kg の手持式刈払機より 8.3 kg のほうがわずかに高い心拍水準を示した。しかし, 刈払鎌の心拍数水準は, 手持式刈払機よりはるかに低いことがわかった。著者のすでに発表した資料 (4) で, 手持式刈払機 (今回と同一メーカーの同型機, 5 kg) より刈払鎌 (資料 (4) では, 刈払鎌でなく手鎌とよんだが, 同じタイプのも

のであった) による作業時の心拍数が高かったが、それは富士山麓での緩い傾斜地 (平地か 17°~21°) で、足場も今回よりよく、植生もおもにカヤであった。また作業者は 50 歳代の男子 2 名であった。本実験場所と資料(4)では足場の良否、植生の違いもあるが、傾斜が急になると、斜面に向いて作業するときだけでなく、等高線刈りの場合でも刈払機を上り方向へ振るときに機械を手でかなり持ちあげなければならないので、本実験では軽い刈払鎌の方が心拍数水準が低くてたものと考えられる。労働負担の観点からは、場所に応じて、刈払機と刈払鎌の合理的使い分けが必要であろうと考えられる。

また、本研究の結果では、天候、作業者の個人差に

表-5. 諸要因による心拍数水準(% HR<sub>max</sub>)への影響(数量化 I 類)

Effects of factors on % HR<sub>max</sub>(by quantification method)

Items	Categories	Frequencies	Category Ranges scores	Partial correlation coefficients
Machine	Hand-type (8.3 kg)	18	3.013	
	Hand-type (5 kg)	18	2.191 9.257	0.515**
	Scythe (1.1 kg)	15	-6.244	
Weather	Light rain	7	5.676	
	Fair	25	-0.264 7.421	0.427**
	Cloudy	19	-1.745	
Worksite conditions	Good	11	-1.687	
	Bad	40	0.464 2.151	0.171
Workers	1	14	2.859	
	2	13	-3.340 6.199	0.616**
	3	6	0.564	
	4	18	0.001	
Air temperatures	≤26°C	33	-0.048	
	>26°C	18	0.088 0.136	0.019
Time	Morning	26	-0.510	
	Afternoon	25	0.531 1.041	0.171
Constant			69.098	
Multiple correlation coefficient			0.844**	
F-value			9.891**	

\*\* 1%水準で有意であることを示す。

\*\* Significant at 1% level.

よる影響も有意であることがわかった。小雨より晴れ、晴れより曇りの日の心拍数水準が低かった。足場、気温と作業時間帯の違いによる影響の有意差は認められなかった。

2. 一連続作業時間と平均心拍数水準および気温との関係

前述したように、作業者は疲労を感じたら休むようにしていたが、昼食前と一日の終了前のそれぞれの一連続作業は強制的に終了させたので、本項ではそれらのデータを除き、さらに、5 kg の刈払機による作業は、疲れる前にガソリンがきれた場合が多かったので、5 kg の機械のデータも除いた。したがって、本項で考察の対象にした一連続作業のケースは 20 であり、図-5 にそのデータを示した。ほとんどのケースは 1 時間以下であるが、いくつかのケースは 1 時間を超えた。一連続作業時間は多くの要因の影響を受けていると思われるが、前項での諸要因による平均心拍数水準への影響を明らかにしたので、ここでは、平均心拍数水準と気温による一連続作業時間への影響を重回帰分析で検

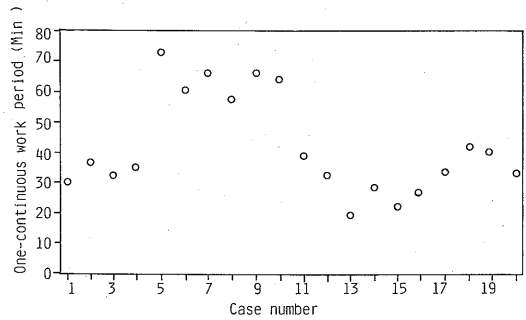


図-5. 一連続作業時間 (20 のケース)

One-continuous work period (20 cases)

表-6. 一連続作業時間への重回帰モデル

Multiple regression models for one-continuous work period

Dependent variable	Independent variables	Coefficients	Partial correlation coefficients
One-continuous work period (min)	% HR <sub>max</sub>	-1.4006	-0.466*
	Temperature	-1.5243	-0.194
	Constant	171.1011	
	R	0.592**	
	F	4.587*	

\* 5%水準, \*\* 1%水準で有意であることを示す。

\* Significant at 5% level, \*\* Significant at 1% level.

表-7. 諸要因による休憩後5分時の心拍数回復度への影響(数量化I類)

Effects of the factors on heart-rate recovery levels after five minutes rest (by quantification method)

Items	Categories	Frequencies	Category Ranges scores	Partial correlation coefficients
Relative humidities	≤75	12	7.101	0.350
	>75	20	-4.261	
Workers	1	8	2.827	0.152
	2	7	1.274	
	3	4	-1.103	
	4	13	-2.086	
Air temperatures	≤26°C	19	9.438	0.604**
	>26°C	13	-13.794	
Time	Morning	16	3.854	0.269
	Afternoon	16	-3.854	
Constant			55.197	
Multiple correlation coefficient			0.715**	
F-value			4.354**	

\*\* 1%水準で有意であることを示す。

\*\* Significant at 1% level.

表-8. 諸要因による休憩後10分時の心拍数回復度への影響(数量化I類)

Effects of the factors on heart-rate recovery levels after ten minutes rest (by quantification method)

Items	Categories	Frequencies	Category Ranges scores	Partial correlation coefficients
Relative humidities	≤75	9	4.060	0.283
	>75	14	-2.610	
Workers	1	7	3.553	0.236
	2	7	-1.903	
	3	4	-0.248	
	4	5	-2.111	
Air temperatures	≤26°C	14	6.974	0.619**
	>26°C	9	-10.849	
Time	Morning	16	3.876	0.403
	Afternoon	9	-6.029	
Constant			68.383	
Multiple correlation coefficient			0.758**	
F-value			3.601*	

\* 5%水準, \*\* 1%水準で有意であることを示す。

\* Significant at 5% level, \*\* Significant at 1% level.

討した(表-6)。重相関係数は1%水準で有意であるが、寄与率は36%と低い。したがって、このモデルによる一連続作業時間の予測はできない。しかし、回帰係数より、心拍数水準が高ければ、一連続作業時間が短くなることが明らかになった。ただし、今回の実験における気温の範囲内(21~30°C)では、気温の偏相関係数は低く、有意性が認められなかった。以上の結果で、生理的負担(平均心拍数水準)が高くなると一連続作業時間が短くなる理由は、作業者が生理的負担のレベルによって作業時間を調節しているものと思われる。

### 3. 休憩による心拍数の回復度と影響要因

一連続作業を終えて休憩にはいると、心拍数が安静時の心拍数に向かって回復する。その回復のレベルをここで回復度とよぶこととし、次のように定義した。

$$HRRL(\%) = 100 \times \frac{HRCE - HRR}{HRCE - HRM} \quad (2)$$

ただし、HRRL:回復度(Heart-Rate Recovery Level), HRCE:一連続作業終了直前の心拍数(beats/min), HRR:休憩中の心拍数(beats/min), HRM:朝の基準安静心拍数(beats/min)。

一連続作業後の休憩時間は15分未満のものが多かったため、休憩後5分と10分時の回復度のみを外的基準に、表-7と表-8に示す要因を説明変数として、数量化I類の方法で分析を行った。その結果、取り上げた要因のうち、回復度に最も影響を与えているのは気温、次に時間帯であった。カテゴリースコアからみると、気温は高い方が回復が遅く、また、時間帯、相対湿度については、偏相関係数の有意水準が認められなかったが、午前より午後、低い湿度より高い湿度のときの回復が遅い。本実験における気温の変動範囲は21~30°Cであり、回復度からみれば、この範囲内では低気温環境の作業が望ましいといえよう。

## IV. おわりに

本研究では、急傾斜地の下刈作業について実験し、作業時および休憩時の心拍数の変化、一連続作業時間およびこれらに対する諸要因の影響について考察した。その結果、今回の諸条件のもとで、下刈作業は、かなりの重労働であり、平均心拍数水準からみた労働生理負担は機械の種類と天候条件によって影響されること、また、生理負担のレベルは作業者によって異なること、さらに一連続作業時間は生理負担のレベルと負の相関を有することおよび作業後の心拍数の回復度

はおもに気温に影響されることなどを明らかにした。今後は、その条件をさらに確かめ、具体化することにより、作業システム、刈払機の最適化設計に役立てていきたい。

実験およびデータ処理にあたって、有意なご助言をくださった森林工学研究室の小川 滋教授に感謝の意を表します。また、調査中ご協力くださった演習林の方々に感謝いたします。

#### 引用文献

- (1) 藤林 誠・辻 隆道・渡部庄三郎：林業労働の作業強度に関する研究。林業試験場研究報告 86：18～40, 1956
- (2) 伏見知道・小川 滋・江崎次夫・佐藤信次：重信川流域管理計画調査報告書。28 pp, 林野庁, 東京, 1981
- (3) 橋本邦彦・遠藤敏夫：生態機能の見かた。33～47, 日本出版サービス, 東京, 1973
- (4) 李文彬・岩川 治・近藤恵市：刈払機の最適保持方式に関する研究。35 回日中林支論：163～166, 1987
- (5) RODAHL, K.: On the assessment of physical work stress. *In* Physical work and effort. Proc. 1st. Int. Symp (BORG, G., ed.). 199～216, Pergamon Press, New York, 1977
- (6) SIROIS, D.L., and SMITH, L.A.: Evaluation of physiological demands of forest harvesting tasks. Winter Meet. Am. Soc. Agric. Eng., Pap., No. 83-1634, 1983
- (7) 辻 隆道：人間工学からみた林業労働。165, 宏林タイムス社, 1973
- (8) 山地啓司：心拍数の科学。33～36, 大修館書店, 東京, 1981

(1989年1月11日受理)