

森林作業に於ける作業者の労働強度

山本俊明

I はじめに

森林内では、伐木、造材、集運材作業、地ごしらえ、植え付け、下刈り作業および除伐、間伐、枝打ち作業等多くの作業が行われている。そして、これらの作業はその一つが欠けても立派な森林を作る事は出来ない。また、これらの作業を完全に行うためには、その地形的諸条件によって、平地での作業に比べて心身ともに作業者に多大の負担を与えている。

近年農山村においては、労働力の流出、労働力の高齢化、人件費の高騰等によって高度な技術と体力を持った若い作業員を確保する事は非常に難しく、作業の実行が困難な状態になりつつある。

また、最近若い人の中では、3K（きつい、汚い、危険）と言われている仕事は嫌われており、森林内における作業もこの3Kの中に入っている。

そこで、筆者は森林内で行われている作業について、作業者の立場からどの程度の強さであるかを調査してきた。ここでは、労働強度の測定法について概説するとともに、長年にわたる調査結果について報告する。

II. 作業の強さを測定する方法

1 測定方法の条件

林業関係においては、その作業場所が野外で主として傾斜地である場合が多く、測定には携帯にも便利でかつ検査方法が簡単なものが好ましいという制約から適当な測定方法は数少ない。今後作業に従事している作業者を主体に労働科学的見地からの研究を進めていく場合、より精度の高い成果をおさめるには、まず、測定方法の如何が問題となる。そこで、森林作業において労働科学的見地からの測定方法として本来あるべき条件としては次の事が考えられる。

- 1) 平常の作業動作と全く相違しない状態を測定できること。
- 2) 測定時の心理的な面による影響を与えないこと。
- 3) 作業中は勿論その前後においても連続的に測定できること。
- 4) 身体の動きに対して直ちに生理的な変動があるのでこれに追従できること。
- 5) 作業による生理的・精神的な変動が直ちに測定できること。
- 6) 地形、作業環境に対して影響されないこと。

Toshiaki YAMAMOTO

Physiological evaluation of forest workers

7) 出来るだけ簡単であること。

等の条件が上げられる。

2 作業の強さを測定する方法

作業の強さを測る方法として、次の3つの方法が考えられる。1) 一定時間内に出来る仕事量(出来高)の多いか少ないかによって強さを決める方法。2) 作業者の疲労の度合いを測って決める方法。3) 作業者の作業中の生理負担によって決める方法がある。

1) の場合は、一定時間内に出来る仕事量が多ければ作業強度は低い、少なければ高いと云うことで、作業に従事している作業者のことは考えずに如何に早く能率よく仕事をするかと云う考えにもとづくものである。

2) の場合は、疲労の度合いを判定する方法として一般に約80種¹⁾の方法がある。ここでは、それらの内林業労働の調査に採用されている主なものについてみる。

① エネルギー代謝率測定法 (R.M.R)

これは、作業に要したエネルギー量すなわち労働代謝を基礎代謝で割った数値で、労働代謝が基礎代謝の何倍であるかを示す値である。そしてこの値は、一般に性、年齢、体格にかかわらず恒常性を持つとされている。

この数値(R.M.R)は次式によって算出される。

$$R. M. R = \frac{\text{作業時全酸素消費量} - \text{作業時内安静時の酸素消費量}}{\text{作業時間内の基礎代謝の酸素消費量}} \\ = \frac{\text{作業時の消費熱量} - \text{安静時の消費熱量}}{\text{基礎代謝}} = \frac{\text{労働代謝}}{\text{基礎代謝}}$$

② フリッカーテスト

感覚機能検査の一つで、原理は、一定の明るさの中で一定の光を回転数を変えセクターで断続させ、その光が連続光と見えるか、断続光と見えるかの境界における閾値をもってその時の閾値を断続回数(サイクル/秒)で示し、作業者の疲労および労働負担の程度を示すものである。

この値をちらつき値(Flicker Value)と呼んでいる。一般に疲労および労働の負担の度合いが強くなるにしたがって、ちらつき値が低下すると云われている。

③ 触二点弁別閾値法

感覚検査法のうち皮膚感覚検査の一つで、その原理は、エビングハウス触覚計または、ノギスの先端を象牙または、プラスチックでおおったもので、これを皮膚面に刺激を同時に与え、その時に二点と弁別できる最短距離すなわち二点弁別閾値について変化を見るものである。

これは、一般に疲労すれば感覚や知覚が鈍化するという観点から用いられたもので、疲労が大きくなれば二点間の距離が増加することから疲労の程度または、推移状態を見ることができる。

④ ブロッキング法(連続色名呼称)法

心的機能検査の一つで、ある連続作業を作業者に与えその作業遂行途中におけるつまずき(阻止現象)を見ることにより疲労の有無やその程度を判定しようとする方法である。これを見るために、連続色名呼称法が用いられる。

これは、一定の大きさの数色の色紙を一定の順序で並べた色板を、一定時間または、一定数連続して声を出して読ませ、その間の所要時間および誤りの数をもって疲労状態を見ようとするもので

ある。

⑤ 動作研究法

心的機能検査の一つで、作業動作は、人間の有意動作を含むあらゆる機能の総合結果であり、通常時と疲労時にその作業動作に変化のあることは当然と考えられる。そこで、本法は、動作時間、動作の形等動作量およびその質を逐時刻的に観察することにより、作業における作業者の作業疲労発生時点の把握やその対策によく使われる。

⑥ タッピング法

打叩速度を支配するものは、単に末端の筋肉疲労を現すものでなく運動中枢の興奮性を現していると云うことから、打叩速度測定装置を使用して一定時間の打叩速度を調べその変化により作業者の疲労および労働負担の度合いを見る方法である。

⑦ 自覚症状調査

今まで述べてきた検査法は、疲労および身体の負担の度合いを客感的にみる方法であったが、この方法は、質問によって主幹的な疲労感を見だしその疲労感の頻度により疲労度および身体の負担度を見いだそうとする方法で表-1に示す質問紙によって調査を行う。なお、この表は、産業疲労研究会で作られたものである。

この中の質問形式は、A、B、Cと3群に分けられ、A群；身体的症状、B群；心理的症状、C群；神経感覚的症状等に関して各10項目の自覚症状について質問を行うものである。そして、各項目について自覚感があれば印をつけ無ければつけないようにし、各項目の印1つを1とし各群別、または、A、B、C全体について頻度を見だし疲労度および身体の負担度を判定しようとする方法である。

以上述べた方法は、森林作業における労働科学的見地からの測定方法として、本来あるべき条件と対比した場合、検査方法が簡単であると云う利点はあるが、反面、測定精度が低いとか、逆に測定精度は高いが、作業者に負担を与える器具を身につけなければならないとか、さらに、これらの方法は、作業に追隨して直接的、瞬間的に作業中の作業者の生理的变化を測定できないと云ったきわめて大きな欠点をもっている。

3 作業中の生理負担によって決める方法

近年、林業の分野にも測定装置のME化が急速に進み、テレメーターあるいはマイクロコンピュータと連動したデータ処理機能をもった機器が開発され、より簡単に精度の高い結果が得られるようになった。

これらの装置は、生体の情報（心臓の動き）を電機的信号に変換し無線、または、有線で逐一連続的に記録ができ、同時に、作業者にほとんど煩わせることなく遠く離れて自由な姿勢で作業ができる装置である。

① 生理負担の測定装置

作業中の生理負担（心拍数）の測定には、最近では、ハートテレメーターあるいはハートコーダーが利用される。今回は、ハートコーダーの場合について述べる。

この装置は、写真1.2に示すように胸部誘導による心拍メモリー装置で、作業者に携帯させ長時間無拘束で心拍数を検出し記憶する装置で、特に測定場所による制限もなく広範囲に屋外での使用が可能な装置である。

表-1 自覚症状調査の様式

自覚的症状調査表

次に示すような症状があったら項目の 〇の中に・を, ない場合には√印をつけて下さい。

作業前・後

(不用の方を消すこと) 被験者の姓名 _____

男 年齢 _____ 才 職種 _____

昭和 年 月 日 女 勤続 _____ 年 職場 _____

体重 _____ 身長 _____

通勤時間 () 前夜の睡眠時間 () 主たる作業 ()

(日本産業衛生協会 産業疲労委員会)

A	B	C
①頭がおもたい……………	頭がぼんやりする…………… 頭がのぼせる……………	目がつかれる…………… ①めがちらちらする…………… 目がぼんやりする……………
②頭がいたい……………	②考えがまとまらない…………… ②考えるのがいやになる……………	②目がしぶい…………… ②目がかわく……………
③全身がだるい……………	③一人でいたい…………… ③話をするのがいやになる……………	③動作がぎこちなくなる…………… ③動作がまちがったりする……………
体のどこがだるい…………… ④体のどこがいたい…………… 体のどこかのすじがつる……………	④いらいらする……………	④足もとがたよりない…………… ④ふらつく……………
⑤肩がこる……………	⑤ねむくなる……………	⑤あじがかわる…………… ⑤臭がはなにつく……………
いき苦しい…………… ⑥むなぐるしい……………	⑥気がちる……………	⑥めまいがする……………
⑦足がだるい……………	⑦物事に熱心になれない……………	⑦まぶたやその他の筋が びくびくする……………
つばがでない…………… ⑧口がねばる…………… 口がかわく……………	⑧一寸した事が思い出せない…………… ⑧どわすれする……………	⑧耳が遠くなる…………… ⑧耳なりがする……………
⑨あくびが出る……………	⑨する事に自身がない…………… ⑨する事に間違いが多くなる……………	⑨手足がふるえる……………
⑩ひや汗が出る……………	⑩物事が気になる…………… ⑩物事が心配になる……………	⑩きちんとしていられない……………

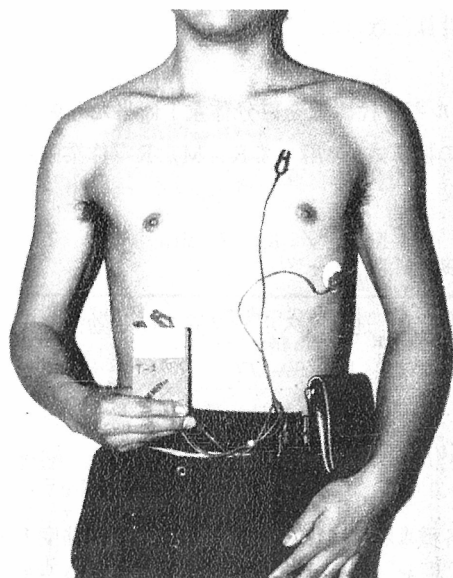


写真-1 心拍メモリー装置と電極張り付け状態

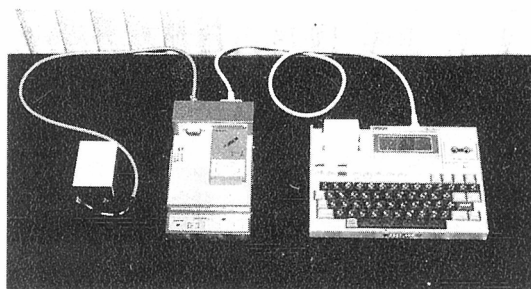


写真-2 心拍メモリー装置とインターフェース・マイクロコンピュータ

この装置には、次のような特徴がある。a) 長時間の心拍数の測定ができる、b) 心電波形R-R時間の測定、c) 因子番号の指定、d) 心電図のモニター出力、e) 長時間データの保存、なお、記憶された心拍データはインターフェースを介してマイクロコンピュータに送られ、短時間でデータの各種処理を行いその結果をプリントアウトとしたりグラフに出力することができる。

また、心拍数を生理的変化量の指標とするについては、吉村²⁾が心拍数は周期が短く瞬時の生体の変化を敏感にとらえることが出来ると同時に生体の酸素消費量の指標にもなり、筋的労働による負担、精神的労働による負担等の程度を判定するのに有効な方法であると述べている。このほか橋本等^{3,4)}による大型バス運転手、電機機関車運転手の生理的負担に関する研究において精神的負担の指標として心拍数が用いられ、実用的な効果を上げている。

今後、森林作業において機械化が進展し、それに伴う問題点の的確な把握とその解決策の探索が必要になってくるが、心拍数の特徴を考えると、個人差の問題などあるが心拍数を指標にして測定する方法が作業負担や疲労等に関する人間を主体とした作業研究を行うためより効果的である。

② 作業者の作業中の生理負担（エネルギー代謝量）の推定

平川⁵⁾の研究報告『踏み台昇降運動時のエネルギー代謝量の推定』によると、踏み台昇降運動の物理的仕事量とエネルギー代謝量の間には高い相関があり、踏み台昇降運動のエネルギー代謝量は次式により推定できるとしている。

エネルギー代謝量 (Kcal/分) = 0.0168 * 体重(kg) * 台高(m) * 昇降回数 + 安静時エネルギー代謝量(Kcal/分)

作業者の作業中の生理負担を推定する方法としては、まず、作業者に物理的仕事量としてステップテスト（高さ40 の踏み台昇降運動）を行わせ、その時の心拍数と昇降回数を測定しその両者の関係を見るため回帰分析を行い、回帰式を求めた。そして、つぎに求められた回帰式を用いて作業中の心拍数を毎分当たりの昇降回数に換算し、平川の式により作業者の作業中のエネルギー代謝量を推定した。なお、この場合基礎代謝量は成人日本男子の場合1 Kcal/分⁶⁾とし、安静時のエネル

ギー代謝量については、基礎代謝量の1.2倍として計算を行った。

③ エネルギー代謝量より作業強度の推定

作業強度の推定については、②で求められたエネルギー代謝量を毎分体重1kg当たりのエネルギー量に換算し、沼尻により求められた活動代謝への換算式⁶⁾を用いてR. M. R (作業強度)を推定した。

$$\text{換算式 } Y = 0.0198 + 0.0177 X \quad Y : \text{Kcal} / \text{Kg} / \text{Min}$$

$$X : \text{R.M.R}$$

R. M. Rは、古沢⁷⁾によって発表されたもので産業労働、運動、スポーツ界での運動強度として広く使われ現在でもよく使われている。

Ⅲ 各種森林作業の労働強度

前節②③による測定方法で筆者が過去に調査した各種森林作業の心拍数をもとに労働強度の推定を試みた。また、同時に辻等⁸⁾により分類されたエネルギー代謝量による労働の等級区分(表-2参照)についても推定を試みた。

その結果は、表-3に示すとおりである。

表-2 消費熱量による労働の等級分類

生理的 大分類	実用的 小分類	主作業平均 R. M. R	1日の消費 熱量	作業の特性	林業に属する作業
軽速度 作業	極軽労 作業	0 ~ 1	$\frac{1850 \sim 2200}{2025}$	手先の作業 精神的軽的作業 姿勢は坐位	
	軽労作業	1 ~ 2	$\frac{2200 \sim 2550}{2375}$	主として手先および前肢 の作業 一定の速度で仕事が長時 間続けられる 局部的疲労を示す	
持続的 作業	中等作業	2 ~ 4	$\frac{2550 \sim 3050}{2800}$	ほとんど立位作業、体の 移動は水平移動が主で、速 度は普通の歩行速度程度、 上肢の作業としては力が 入っている数時間続けられ る	トラック運材(運行)、機 械集材、製炭(出炭俵装)(採 材)、床替(払出結束梱包) (植付)(掘取選苗)(除草)、 まき付(床作り)(まき付) (間引)
重筋的 作業	重労作業	4 ~ 7	$\frac{3050 \sim 3500}{3275}$	全身作業が主で全身的に 力を入れる 10 ~ 20分ぐらいで休みた くなる 全身的疲労	玉曳(道付)、取材(木寄)、 極積(人力巻立)、伐木造材、 雪櫃運材、木馬運材、製薪(製 作)、玉曳(玉曳)、製炭(製 炭)(立込み)、保育(除伐伐 倒)(下刈)(間伐)(枝打)、 更新(地拵)、床替(整地)

激労作業 7以上 3500～ 短時間内に前進的に強い 土橋運材
力を用いる速度の速い作業、
息苦しく、2～5分ぐら
いで休みたくなる

(辻隆道、渡邊庄三郎共著：林業作業測定の前め方より)

表-3 森林作業における作業者の労働強度

作業動作および手段	作業中の心拍数 拍/分 MAX-AVE-MIN	平均 エネルギー代謝量 Kcal/1Kg/Min	平均 R. M. R	労働区分	備考
歩 行					
平地歩行	103-86-70	0.069	2.8	中労働	5Km / H
平地歩行小型フェソ- 持ち	116-100-80	0.095	4.25	重労働	4Km/H ソ-重量 7.8Kg
平地歩行大型 フェソ- 持ち	128-112-87	0.113	25	重労働	4Km/H ソ-重量 14.3Kg
傾斜歩行 (素手登り)	138-123-96	0.123	5.75	重労働	4Km/H 傾斜 10°-15°
傾斜歩行 フェソ持登り	62-135-90	0.153	7.50	激労働	4Km/H 傾斜 10°-15° ソ-重量 11.5Kg
傾斜歩行 素手降り	150-108-90	0.082	3.5	中労働	傾斜 10°-15°
傾斜歩行 フェソ持降り	144-115-96	0.086	3.75	中労働	傾斜 10°-15° ソ-重量 11.5Kg
伐木造材作業					
平地地玉切作業(フェソ-)	104-98-86	0.084	3.65	中労働	立位. 胸辺り ソ-重量 13.6Kg
平地地玉切作業(フェソ-)	98-91-85	0.082	3.50	中労働	立位. 腰辺り ソ-重量 13.6Kg
平地地玉切作業(フェソ-)	109-97-86	0.084	3.65	中労働	屈位. 足下 ソ-重量 13.6Kg
傾斜地玉切作業手鋸	134-120-99	0.114	5.35	重労働	立位 傾斜 10°-15°
傾斜地玉切作業(フェソ-)	168-125-108	0.091	4.05	中重労働	立位. 腰辺り 傾斜 10°-15°
傾斜地玉切作業(フェソ-)	120-111-102	0.087	3.80	中労働	屈位. 足下 傾斜 10°-15°
平地地伐木作業(フェソ-)	132-119-108	0.075	3.10	中労働	
傾斜地伐木作業(フェソ-)	163-131-96	0.093	4.15	重労働	屈位 傾斜 20°
傾斜地伐木作業手鋸	188-133-99	0.122	5.75	重労働	屈位 傾斜 20°
間伐木伐倒作業(フェソ-)	174-124-84	0.187	9.40	激労働	スキ34年生 屈位 傾斜 31.5°
間伐木伐倒作業(フェソ-)	156-122-78	0.176	8.80	激労働	スキ.モミ 65年生 屈位 傾斜 37°
楔 打	174-125-96	0.191	9.70	激労働	屈位 傾斜 31.5°
楔 打	156-129-102	0.192	9.70	激労働	屈位 傾斜 37°
伐倒補助(竿引き)	186-149-90	0.225	11.6	激労働	スキ34年生 傾斜 31.5°
伐倒補助(竿引き)	180-132-78	0.180	9.00	激労働	スキ.モミ 65年生 傾斜 37°
造林保育作業					
地ごしらえ作業(人力)	117-97-76	0.091	4.05	中重労働	傾斜 15°-20°
植え付作業(人力)	139-102-75	0.092	4.10	重労働	傾斜 15°-20°
下刈作業(下刈機)	154-130-94	0.133	6.40	重労働	傾斜 0°-40°
下刈作業(手 鎌)	161-130-104	0.131	6.30	重労働	傾斜 0°-40°
枝打作業(手作業)	144-100-72	0.122	5.79	重労働	傾斜 30° ナタ
枝打作業(機械作業)	144-94-60	0.109	5.02	重労働	傾斜 30° 機械重量 27Kg
枝打作業(全)(電動丸鋸)	126-98-72	0.091	4.02	中重労働	
枝 打 ち	126-99-72	0.094	4.19	重労働	傾斜 38° スキ10-15年 (5000-6000/ha)
梯子移動	114-99-78	0.094	4.19	重労働	
木登り降り	120-99-78	0.093	4.14	重労働	
集運材作業					
トラクター 荷掛手①	135-129-119	0.173	8.67	激労働	下げ荷地曳作業 傾斜 23°

トラクター 荷掛手②	151-121-94	0.157	7.76	激労働	上げ荷地曳作業 傾斜 33°
トラクター 荷掛手③	155-119-95	0.153	7.54	激労働	下げ荷エンドレス作 傾斜 28°
トラクター 荷掛手④	130-105-95	0.125	5.95	重労働	上げ荷エンドレス作 傾斜 26°
林内作業車ハローター(全)	138-91-60	0.096	4.31	重労働	林内作業車 やまびこ 磨き丸太搬出作業
林内作業車運転	126-91-66	0.096	4.32	重労働	
材の積込み	138-108-72	0.149	7.28	激労働	
荷掛作業	102-85-66	0.078	3.30	中労働	
クレーン運転	108-76-60	0.051	1.76	軽労働	
移動歩行	132-101-78	0.126	6.02	重労働	

林内作業車に

よる集材搬出補助者(全)	174-130-72	0.151	7.40	激労働	林内作業車 やまびこ 磨き丸太搬出作業
手積み作業	174-150-114	0.199	10.10	激労働	
フック 掛け	150-133-114	0.158	7.80	激労働	
荷作り	162-144-114	0.184	9.30	激労働	
フック はずし	144-124-102	0.137	6.60	重労働	
移動歩行	168-133-90	0.159	7.80	激労働	

クワータによる 間伐材搬出作業	126-81-66	0.027	0.40	軽労働	傾斜 31.5°
(クワータソーサ)					
林内歩行	186-121-60	0.163	8.10	激労働	スキ 34 年生
林道歩行	162-104-60	0.106	4.90	重労働	(人工林)
架設作業	168-113-66	0.154	7.60	激労働	索張り方式
撤去作業	174-127-84	0.166	8.30	激労働	フックライン 式
索の引廻し	174-136-102	0.232	12.00	激労働	集材方法
荷掛作業	168-121-72	0.173	8.70	激労働	上げ荷
荷外し	150-109-66	0.116	5.40	重労働	全幹/短幹
玉切り(林道)	138-97-72	0.096	4.30	重労働	
玉切り(林内)	126-100-78	0.120	5.70	重労働	
枝払い(林道)	90-87-84	0.076	3.20	中労働	
枝払い(林内)	168-103-66	0.128	6.10	重労働	
巻立て	126-100-84	0.082	3.50	中労働	

林道・作業道開設作業

ドーザー-ショベル(D50S)による林道開設作業					
ハローター 1	109-98-90	0.118	5.56	重労働	急傾斜地法切り
ハローター 2	101-98-94	0.118	5.56	重労働	急傾斜地掘削
ハローター 3	111-94-88	0.110	5.07	重労働	急傾斜地伐根起し
ハローター 4	102-96-91	0.114	5.32	重労働	急傾斜地路面均し

作業道法面保護作業(ハローター)

全体	162-111-78	0.134	6.50	重労働	
バックホー 操作	120-92-78	0.070	2.90	中労働	
補助者手伝	156-127-84	0.190	9.60	激労働	
移動歩行	159-119-84	0.164	8.20	激労働	

作業道法面保護作業(補助作業)

全体	144-109-66	0.157	7.80	激労働	
ツルハシ 穴堀	132-118-108	0.186	9.40	激労働	
ツルハシ法裏込	132-110-84	0.159	7.90	激労働	
丸太玉切り(フェンソ)	132-112-90	0.165	8.20	激労働	丸太径 15-20 cm
釘 打ち	138-122-90	0.198	10.10	激労働	釘の長さ 30
横材置き	132-116-96	0.178	9.00	激労働	
丸太運び(人力)	144-118-96	0.185	9.30	激労働	
移動歩行	138-106-78	0.145	7.10	重-激労働	

日常生活のR. M. R

作業名	作業内容	R. M. R
睡眠		基礎代謝の10%減
食事休憩		0.4
身仕度	身回りの洗面, 洋服を着る, 化粧する	0.5
歩行	ゆっくり, 散歩, 45 m/分	1.5
〃	普通歩行, 71m/分, 通勤時	2.1
〃	いそぎあし, 95m/分	3.5
階段上る	45m/分	6.5
〃 下る	50m/分	2.6
運動	テレビ体操程度	3.0
炊事	準備, 炊事, 片づけ	1.6
片づけ		2.6
掃除 (はく)		2.2
(ふく)		3.5
洗濯	洗う, すすぐ, しぼる, 干す, たたむ	1.7
洗濯機		1.2
手洗い		2.2

(沼尻幸吉著：活動のエネルギー代謝より)

引用文献

- 1) 桐原見他 (1962) 疲労判定のための機能検査法, 同文書院
- 2) 吉村博 (1968) 精神作業の負担と心拍数, 労働の科学. 23(12). 62-63.
- 3) 橋本邦衛・白井薫・深野重次郎 (1962.) バス運転手の生理負担に関する研究, 鉄道労働科学. 15. 39-38.
- 4) 橋本邦衛・白井薫・深野重次郎 (1964) 電機機関車乗務の生理負担に関する研究, 鉄道労働科学. 16. 75-123.
- 5) 平川和文 (1983) 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.
- 6) 三浦豊彦外 (1954) 新労働衛生ハンドブック, 労働科学研究.
- 7) 古沢一夫 (1936) 労働科学. 13.
- 8) 辻 隆道・渡部庄三郎 (1965) 林業作業測定の前め方, 17. 地球出版.