チェーンソー作業者の作業負担に関する一考察

豊川勝生

A Study on the Work Load of Chainsaw Man

Katsumi TOYOKAWA

1 緒 言

我が国の林業では、チェーンソーが林業作業で34万台使用されているが、急傾斜地である林業現場を重量物であるチェーンソーを操作し、また持ち歩行する作業は、かなりの作業負担があると思われる。さらに、林業作業者の50歳以上の就業者率が69%（平成7年度現在）と高齢化が進んでいる状況を考えると、高齢者に適したチェーンソー作業体系を作成することが急務となっている。このため、チェーンソー作業者の作業負担を作業姿勢、心拍数で評価検討し、また、チェーンソー作業者の作業環境として振動・騒音の測定評価を行い、これらより適正な時間配分の検討を行った。今回は、この中で、チェーンソー作業者の作業負担と作業姿勢を報告する。

2 調査作業の概要

調査は、立木を切り倒し（伐倒）、伐倒木の枝を

払い（枝払い）、材の長さごとに印をつけ（測尺）、印をつけた長さで材を切断（玉切り）する伐木造材作業者を対象に行った。表1に調査対象者A~Gの7名（47~67歳）の作業者の属性、作業内容を示した。調査現場は、5現場（①栃木県葛生町、②茨城県里美村の2現場、③福島県いわき市、④茨城県笠間市）で、調査月は、①、②、③が11~12月、④が10月の晴の日であった。その作業形態は以下のようなものである。①の作業形態は、A作業者が先行してチェーンソーで伐倒、簡単に太い枝だけ枝払い、この材を他の作業者がトラクタで集材、プロセッサで枝払い玉切りし、グラブブルドーで材集積を行っていた。伐倒現場の傾斜は、30°内外の急傾斜地であった。②の作業形態は、2現場に分かれており、1現場は、傾斜15°内外の皆伐作業で、B作業者がチェーンソーと楔で立木を伐倒し、チェーンソーやなた、手斧で伐倒木を枝払いし、次に測尺、玉切りを行い、この材を他の1名が林内作業車で集材する作

表1 伐木造材手の作業状況と属性

作業者	場 所	作 業	年齢 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)	チェーンソー 重量(kg)	傾斜 (度)
A	栃木県葛生町	皆伐伐倒枝払い	47	170	64	4.6	30
B	茨城県里美村	皆伐伐倒造材	63	168	68	4.6	15
C	茨城県里美村	皆伐伐倒造材	59	160	62	5.5	25
D	福島県いわき市	皆伐伐倒造材	51	168	70	4.9	平坦
E		皆伐伐倒造材	67	160	65	4.9	平坦
F	茨城県笠間市	皆伐伐倒枝払い	52	165	63	4.5	10
G		皆伐伐倒枝払い	53	167	66	4.5	10

平成9年11月20日受付

平成10年12月12日受理

森林総合研究所 〒305-8687 茨城県稲敷郡茎崎町松ノ里1

For. and Forest Prod. Res. Inst.

業形態であった。C 作業者が行う他の現場は、傾斜 25°内外の皆伐作業で作業形態は前者とほぼ同じで他の作業者が林内作業車で集材を行っており、C 作業者は材を集材路まで担ぎ落とす作業も行っていた。また、枝払いにはほぼチェーンソーで行っていた。③の作業形態は、平坦地の皆伐作業で、D 作業者と E 作業者がチェーンソーを使い立木の伐倒、伐倒木の枝払い、測尺、玉切りを行い、他の 2 名が林内作業車への積み込み、集材を行っていた。④の作業形態は、F 作業者と G 作業者がチェーンソーと楔で伐倒、なた、手斧で枝払いした材を他の 2 名がトラクタで集材、林道脇で他の 3 名が玉切りする作業形態であった。伐木造材の作業現場の傾斜は 10°内外であった。

計測は、作業者が作業現場で作業を始め、終了するまでの 1 日の勤務時間内の時間分析を時計で行い、合わせて姿勢分析のためにビデオ撮影を行った。また、心拍数で作業負担を計測した。

3 伐木造材作業者の労働時間

表 2 に各作業者の 1 日の勤務時間を単位作業時間別に示した。勤務時間（通勤時間を除く）には、271～357 分と幅があった。これは、班長の裁量で仕事のきりのよいところで勤務時間を自由に変化できることと、事務所で集合して解散するまでを勤務時間としている形態のものもあるため、作業現場までの移動時間が異なることにより作業現場での勤務時間が変化するためである。

1 日の処理本数は、当然作業時間の長い者が処理

本数も多いが、測尺、玉切り作業を行わない作業者 A は特に多くなっていた。F、G 作業者も測尺、玉切り作業を行わないが、作業時間が短いことと、枝払いを手斧で行う時間が多いため、処理本数は少なくなっている。B、C 作業者は、伐倒、造材作業を全て行うため、処理本数は少ない。D、E 作業者も伐倒、造材作業を行うが、作業現場が平坦のため処理本数はかなり多くなっている。

作業形態が異なるため、一概に単位作業が占める時間の比較分析は行えないが、あえて各単位作業の特徴を述べると、各作業者とも歩行時間かなりの時間を占める傾向にあった。よって、作業現場の傾斜が急になるほど 1 日の作業負担も高くなることが推測される。特に傾斜が急な A 作業者は、伐倒材が斜面下部まで転がり、この枝払いをするために斜面下部までの移動を強いられ、歩行時間かなりを占めていた。逆に、B 作業者は歩行時間が少ないが、この現場は立木密度が高く、そのため歩行距離が短く済んでいた。7 名の作業者の平均では、次いで、片付けの時間が多い。これは、枝払いされた枝が伐倒、測尺、玉切り作業や歩行に支障をきたすために行う作業で、C 作業者では集材路まで玉切り材を担ぎ落とす作業もあった。次いで 7 名の作業者の平均では、主作業である枝払い作業、伐倒作業の時間が多かった。

これを主作業である伐倒、楔打ち、枝払い、測尺、玉切り作業の占める時間（131 分）とそのほかの付帯する歩行、片付けなどの副作業の占める時間（151 分）を比較すると、主作業は実働時間中 46% で

表 2 1 日の伐木造材作業時間（分）

作業者 処理本数（本）		A 50	B 32	C 36	D 44	E 46	F 38	G 35	平均 40.1
勤務時間 通勤時間を除く	支障木切り	8.4	9.5	4.0	10.3	6.5	7.0	8.1	7.7
	伐倒	59.6	13.2	13.6	26.7	20.4	29.1	22.4	26.4
	楔打ち	4.2	1.2	8.4	4.7	6.9	7.4	6.7	5.6
	枝払い	56.3	43.1	36.5	51.7	61.5	43.8	45.9	48.4
	枝払い（手斧）	—	21.9	6.0	—	—	20.0	35.0	11.8
	測尺	—	38.9	33.7	43.9	37.3	—	—	22.0
	玉切り	—	42.2	30.5	21.5	22.4	—	—	16.7
	片付け	69.3	25.3	44.9	46.9	60.2	55.3	53.2	50.7
	歩行	109.2	36.0	97.4	84.3	89.9	83.7	64.4	80.7
	点検・目立て	11.3	3.7	13.6	16.8	14.0	11.2	11.9	11.8
	余裕	29.4	96.9	29.7	36.9	38.2	29.4	23.8	34.9
	合 計	347.7	331.9	318.3	343.7	357.3	286.9	271.4	316.7
除外	昼休み	72.2	82.0	82.2	85.6	74.4	72.7	78.8	78.3

あり、副作業の占める割合がかなりあることが分かった。主作業の中では、枝払い作業の占める割合が多い。チェーンソーエンジンが稼動している作業は、支障木切り、伐倒、手斧作業を除いた枝払い、玉切り作業（99分）の大部分とアイドリング状態でチェーンソーを持ち運ぶ歩行（81分）の一部分であり、振動暴露時間は意外と少なかった。

4 伐木造材作業の作業姿勢の評価

1) 作業姿勢の分析法

伐木造材作業者は重量物であるチェーンソーを把持しながらの作業のため腰痛など、作業姿勢の不備から生ずると考えられる訴えがある。そこで、伐木造材作業者の作業姿勢の分析を2秒間隔ごとのビデオ映像で行った。分析は、単位作業（目立て、点検を除く）ごとに、図1に示す腰背部、上肢、下肢の状態で分類することにより行った。対象者は林業では一般的な傾斜25°の皆伐作業を行っていたC作業（チェーンソー重量5.5kg）で、作業形態はチェーンソーと楔で伐倒し、チェーンソーで枝払い、測尺し、玉切り、その後集材路まで玉切り材を担ぎ落とす作業であった。

2) 作業姿勢の分類

伐木造材作業に出現した主な作業動作を単位作業別に記述すると以下ようになる。

「伐倒作業」は、チェーンソーを持ち上げて、エンジンをかけ、片膝を地面につけ、片脚は立てた状態で、受口切り、追口切りを行うか、両脚を曲げて行う2つの作業姿勢があった。追口切りは、時には切断具合いをのぞき込んで確認、そのまま伐倒するか、ある程度切口が進んだところで、立ち上がり楔をいれて伐倒する2方法がみられた。他の作業と比べ、作業状態が複雑で、受口切りや追口切りでみられるように、腰を屈めた状態で重量物であるチェーンソーを持続けるという肉体的負担が大きいと思われる作業姿勢であった。

「枝払い作業」は、チェーンソーやなた、手斧で行っていたが、ソーチェーンを当てる箇所やなた、手斧で打つ箇所が材の後方・手前、材の上・下と様々に変化し、作業姿勢は中腰が多く、足のふん張りも枝葉が足元にあるため、様々変化する。また、伐倒木を跨ぐような作業形態も出現する。この作業も、チェーンソー作業の場合、チェーンソーを持続けながら、チェーンソーバーを縦、横、斜めと変

図1 腰背、上肢、下肢の分類に力点を置いたOWAS法による基本姿勢分類

化させる必要があり、肉体的負担が大きいと思われる作業姿勢であった。

「測尺作業」は、枝払い済みの材に測尺をあて、チョークで印を付ける作業で、傾斜、枝葉で足場が悪い場合は、作業負担は軽いと思われる作業である。

「玉切り作業」は、チェーンソーのエンジンをかけ、少し腰をかかめて鋸断箇所ソーチェーンを当て、その状態で切込む。時には、下から合わせ切りを行うこともある作業で、鋸断位置が、足元、膝、腰の高さと変化した。鋸断中は材にチェーンソーをあずけるため、チェーンソー重量を感じることはないと思われるが、鋸断位置が足元の場合は腕を伸ばした作業となり、また、腰の位置やそれ以上の高さとなった場合は、切断箇所チェーンソーを持ち続けるといかなり肉体的に厳しい作業となると思われた。

「歩行」は、傾斜、枝葉がある足場の悪い場所の移動であり、さらにチェーンソーという重量物を持つ移動では、かなりの負担があると思われた。

「枝条片づけ作業」は、「測尺作業」、「玉切り作業」の前に足場の確保のために生じる作業で、枝条を投げたり、引っ張ったり、引きずったりして一カ所に集める作業である。引きずる作業は、かなりの負担と思われた。

「材片づけ作業」は、足場の確保と材の引き出しを容易にするための作業で、材の片方を持ち上げたせ、材を一カ所に落とし集める作業であった。時たま生じ、「木寄せ」作業に準ずる作業であった。重量物である材を扱うため、作業負担は他の作業と比べ、かなり高いと思われる。

「その他」の作業に分類されたのは、状況の確認のために上を見上げる、まわりを見回すなど種々の作業形態が現れるが、これら作業の負担は軽いと思われる。

3) 姿勢による作業形態の評価方法

姿勢の在り様が作業の主要な負荷条件となるといわれ、姿勢負担の状況分類は、上肢の挙上、体前屈・中腰、ひねりの3姿勢をもとに考えるとよいといわれている²⁾。上肢の挙上姿勢は、作業位置が高すぎると起こる姿勢で、腕を高く上げて作業すれば、肩に強い筋収縮がおこり、この状態で作業すれば、上肢から肩にかけての負担が大きくなるものとなる。枝条片づけや材片づけなどの作業の時にみられた動作である。体前屈や中腰は、作業位置が低い場合にみ

られる動作で、腰の筋肉が引き伸ばされて弛緩し、腰部に負担がかかるものである。伐倒作業時の受け口切り、追い口切り、枝払い作業時の材反対側の枝を切る際や材下の枝を切る場合、測尺時、足元の材を玉切る場合などでみられた。ひねり動作は、作業者にとって左右位置が悪いと起きるもので、足場の悪い枝払い作業などで現れた。時間との関連で姿勢をみると、同一姿勢を長く保持したり、同じ動作を反復すれば、局所の部位に負担が生じる。この持続姿勢、反復姿勢は、伐倒作業の受け口切り、追い口切りで現れた。

前述のように、箇々の部位に着目して労働衛生上、無理な作業姿勢として分類していく方法もあるが、最近ではこれらを総合的に判断していく基準もみられる。本報で取り上げるのは、フィンランドにおける作業姿勢の解析法である OWAS 法 (Ovako Working Posture Analysis System) である²⁾。これは、フィンランドの国立労働衛生研究所の人間工学者と Ovako 自動車会社の技術者が共同開発したものである。OWAS 法は、作業姿勢を腰背部で4分類、上肢で3分類、下肢で6分類の基本姿勢で分類(図1)し、この分類の組合せで姿勢の負担段階を4段階に評価している(表3, 4)。「腰背部」で前傾・前屈、ひねり、「上肢」で肩位と比べた手の位置、「下肢」で膝の曲がり方が分類基準としてあるが、これは、各々の部位の角度を求め、この角度で判断した。

「腰背部」の分類では、重力方向と背中とのなす角

表3 熟練者と人間工学研究者の評定に基づく姿勢別の負担段階

評価段階	1		2	3	4	
腰背部 上肢 下肢 の 分類	112	126	134	215	421	433
	111	114	124	135	125	224
	122	316	326	213	426	324
	312	212	431	223	336	415
	132	133	412	226	333	234
	131	221	222	231	314	334
	116	123	413	331	423	325
	216	311	136	422	315	235
	113	411	232	233	225	434
	322	332	321	323	414	424
	121	115	432	416	335	425
	211	214	313	236	436	435

分類の216は、腰背部の分類2、上肢の分類1、下肢の分類6の組み合わせで、評価段階は1であることを示す。

表4 作業姿勢の4段階評価と作業改善の緊急性の目安

段階評価	姿勢負担評価	改善計画
1	特に問題はない	特別の措置はいらない
2	はっきりとした負担効果が作業者に及ぶ	近い将来の改善計画にのせる
3	非常にはっきりとした負担効果が作業者に及ぶ	できるだけ早く改善する
4	明かな有害効果が作業者に及ぶ	直ちに改善する措置をとる

度が135°以下のものが「前傾・前屈」状態であると、判断した。また、「ひねり」については、左右両肩と腰の左右ポイントの線が20°以上あった場合を、「ひねり」とした。

「上肢」の分類は、腕と肩の線が肩と腰の線となす角度が、90°以上のものが肩位より上にあると判断した。

「下肢」の分類で、分類2、3、4の膝屈曲角度は120°を基準として分類した。

4) OWAS 法による伐木造材作業の姿勢評価

「腰背部」の姿勢評価は、全体では前傾・前屈姿勢が作業時間の半分を占めた。姿勢として、かなり無理のある前傾・前屈でひねりがある姿勢は、約4%で少ない。単位作業でこの姿勢がみられるのは、追口切りと枝払いで、追口切り作業では、切り口の確認のためと伐倒後の退避の際にこの姿勢がみられる。また、枝払いでは、左右側の枝を切り払うためこの作業姿勢が現れる。枝条片づけ・材片づけ、楔打ちでは、直立・ひねりが多く現れる。片づけは枝条、材の投げ捨ての際にみられ、楔打ちでは、なた、手斧や棒で楔を打つ場合に現れる。かなり、腰に負担がかかる作業姿勢で、特に、チェーンソーなどの重量物を持ち続けながらの前傾・前屈姿勢、ひねり姿勢は腰に負担がかかると思われた(表5)。

「上肢」の姿勢評価は、全体では片肢が上が約10%、両肢が上は約2%と少ない。ほとんどが、枝条片づけと材片づけ、移動時のチェーンソー肩担ぎであって、重量物である材を持ち上げる以外は問題が少ないと思われる(表6)。

「下肢」の姿勢評価では、全体で両膝が伸び、体重が両脚にあるものが42%を占めるが、姿勢として無理がある両脚が曲がるものが8%あった。また、移動・歩行の占める割合が高く、27%を占めていた。単位作業でみると、片肢が地面につく作業姿勢は、受口切り、追口切りでみられ、両肢が屈曲する作業姿勢は、受口切り、追口切り、枝払いが多い。

これら作業が、作業姿勢として無理がある作業といえよう(表7)。

この総合評価は、「腰背部」、「上肢」、「下肢」の検討動作を重ね合わせることにより分析される。表8は、伐木造材作業の総合評価表である。82%のほとんどの作業姿勢は、特に問題のない姿勢といえる。しかし、3の非常にはっきりとした負担効果が作業者に及ぶ姿勢も12%と多い。これは、伐倒作業である受口切りや追口切りの片膝をついた作業形態や両膝が曲がった作業形態が影響を与えていると考えられる。そのほか、この分類では付加コードとして、重量物の取り扱いが3区分(10Kg未満、10～20Kg、20Kg以上)で示されており、使用したチェーンソーは重量が5.5kgと軽重量ではあったが、チェーンソーを持ち続けて作業を行うことはさらに厳しい評価につながると思われる。表9は、伐木造材作業(実働時間)中のチェーンソー把持時間分布である。作業時間の約49%は、何らかの形でチェーンソーを持ち続けていることになる。この時間の中でチェーンソーを稼働させている受口切り、追口切り、枝払い、玉切り作業の負担は、さらに大きくなると思われる。

5 作業負担の計測評価

作業負担の計測は、作業前に作業者胸部に電極を貼り、心拍計を腰に付け、作業中の負担を計測した。心拍計は、T社製のハートメモリ(縦12cm、横7cm、厚さ3cm、重量250g)を使い、RR間隔で測定、これを分単位で心拍数に換算した。この心拍計は、大きさ、重さから考えて、装着していても作業には支障ないものである。表10に被験者7名の心拍数の評価値(平均心拍数、心拍数増加率、心拍水準など)を示した。被験者の年齢は、林業労働者の高齢化が進んでいるために50歳代が中心となった。身体特性は、肥満度が平均で13.6%とかなり高い値となったが、別の調査¹⁾でも、高齢林業労働者は肥満度が高くでており、林業では一般的な被験者であっ

表 5 OWAS 法による腰背部の分類

分類 単位作業	1 直立	2 前傾 ・前屈	3 直立 +ひねり	4 前屈 +ひねり
受口切り	20.0	75.0		5.0
追口切り		83.3	4.5	12.1
測尺	33.3	55.9	8.6	2.2
枝払い	9.7	53.2	17.7	19.4
玉切り	21.0	72.6	6.5	
移動	57.1	33.8	7.1	1.9
枝条片づけ	13.9	46.7	36.5	2.9
材片づけ	11.8	52.9	27.5	7.8
楔打ち		67.3	29.1	3.6
その他	45.6	45.6	6.5	2.3
全体	31.4	50.4	14.0	4.3

単位：％

表 6 OWAS 法による上肢の分類

分類 単位作業	1 両肢 下	2 片肢 上	3 両肢 上
受口切り	100		
追口切り	100		
測尺	100		
枝払い	100		
玉切り	100		
移動	82.0	18.0	
枝条片づけ	66.4	21.2	12.4
材片づけ	74.5	15.7	9.8
楔打ち	98.2	1.8	
その他	93.5	5.3	1.2
全体	87.9	9.7	2.4

単位：％

表 7 OWAS 法による下肢の分類

分類 単位作業	1 体重両肢 両膝伸張	2 体重片肢 両膝伸張	3 体重両肢 両膝屈曲	4 体重片肢 両膝屈曲	5 体重片肢 地面つく	6 移動	7 座る
受口切り	20.0		20.0	5.0	55.0		
追口切り	19.7	7.6	15.2	12.1	45.5		
測尺	51.6	48.4					
枝払い	54.8	24.2	21.0				
玉切り	74.2	15.4	11.3				
移動						100.0	
枝条片づけ	60.6	31.4	7.3	0.7			
材片づけ	43.1	43.1	13.7				
楔打ち	72.7	7.3	7.3	12.7			
その他	71.6	13.0	8.3	1.2			5.9
全体	42.0	16.8	7.0	1.2	4.9	27.1	1.0

単位：％

表 8 OWAS 法による作業姿勢の評価

評価段階 単位作業	1 問題なし	2 負担効果 あり	3 非常に 負担効果	4 有害効果 あり
受口切り	25.0	5.0	70.0	
追口切り	34.8	7.6	53.0	4.5
測尺	97.8	2.2		
枝払い	75.8	16.1	8.1	
玉切り	88.7	6.5	4.8	
移動	94.7		5.3	
枝条片づけ	72.3	14.6	10.9	2.2
材片づけ	74.5	9.8	13.7	2.0
楔打ち	78.2	3.6	16.4	1.8
その他	89.9	1.2	7.7	1.2
全体	82.1	5.2	11.7	1.0

単位：％

表 9 チェーンソー把持時間

単位作業	1 左手	2 右手	3 両手	4 なし
受口切り		5.0	95.0	
追口切り		3.0	97.0	
測尺				100
枝払い			100	
玉切り			98.4	1.6
移動	19.9	3.8	42.5	33.8
枝条片づけ	2.2			97.8
材片づけ	2.0	2.0		96.1
楔打ち	7.3			92.7
その他	11.9	1.2	36.3	50.6
全体	8.4	1.6	38.7	51.3

単位：％

表10 伐木造材手の心拍数

作業者	平均 心拍数 (拍/分)	実働時間 の心拍数 (拍/分)	安静時 心拍数 (拍/分)	平均 心拍数の 増加率 (%)	推定最高 心拍数 (拍/分)	平均 心拍数の 心拍水準 (%)	実働時間 の 心拍水準 (%)
A	102.6	112.5	72	43	173	59.3	65.0
B	116.6	120.6	76	53	157	74.3	76.8
C	122.0	123.2	70	74	161	75.8	76.5
D	99.6	111.2	60	66	169	58.9	65.8
E	99.0	110.0	66	50	153	64.7	71.9
F	104.2	123.3	66	58	168	62.0	73.4
G	94.9	107.5	60	58	167	56.8	64.4
平均	104.3	115.4	67.1	55.9	159.7	63.8	70.5

たと思われる。なお、安静時心拍数は、作業前と昼休みに出現する3分以上の最小心拍数を安静時心拍数とした。チェーンソー重量は、4.5～5.5Kgであり、重量の違いはあまりみられなかった。

1) 平均心拍数による検討

調査対象者の1日の作業開始より終了までの平均心拍数は、表10に示すよう95～119拍/分（実働時間で108～123拍/分）であった。一般に、心拍数の定常状態では120～130拍/分の範囲を越える心拍数は、出にくいといわれている³⁾。また、持続的作業では、心拍数が110拍/分を許容限界としている文献⁴⁾もみられる。この110拍/分を越える作業者は、B、C作業者のように高齢である者にみられた。

心拍数増加率（1日の平均心拍数と安静時心拍数の比）は、43～70%の増加となった。この評価指標としては、ドイツにおける労働強度の分類⁵⁾（表11）があり、低い、適当であるに分類されたものが6例、高い1例であった。高いと評価されたのは、C作業者であった。心拍数の評価で、負担が高いと判断されたB作業者は、安静時心拍数（最小心拍数）が高いため、低い、適当であるの分類に入った。

次に、年齢差の修正のために考えられた指標である心拍水準（%HR max）⁶⁾で検討した（表10）。算定式は以下のものを使用した。

心拍水準＝平均心拍数／推定最高心拍数
最高心拍数は加齢に伴い低下する。この最高心拍数推定式には、種々の例があるが、本報では、American Heart Associationの推定最高心拍数（推定最高心拍数＝220－年齢）を使用した。

作業限界を示す基準としては、・疲労が出ないことを条件にした作業強度の許容限界は35%Vo₂maxである³⁾、・持続的作業で50%Vo₂maxを越えるべ

表11 心拍数による労働階級の分類

心拍数増加率(%)	労働分類
－ 33	低い
34 － 67	適当である
68 － 100	高い
101 － 138	たいへん高い
134 －	極度に高い

きでない⁷⁾、・8時間の労働時間の平均値が約2000 Kcalあるいは前述のように心拍数の許容限界を110拍/分とする⁴⁾、・1800Kcal/時間を許容限界とする⁸⁾などがみられる。これら指標を心拍水準値に換算すると、約65%HRmaxとなる³⁾。1日の平均心拍数の心拍水準でこの値を超えるもの、あるいは、近いものは、B、C、E作業者であり、高齢者がこの範疇に分類された。また、実働時間中の心拍水準では、64～77%となり、かなりの作業強度となっていた。

2) 心拍数の変動の検討

表12に1日の勤務時間中の心拍数の変化具合を、最大値（最大下心拍数）、範囲（最大値－最小値）、標準偏差で示した。心拍変動が激しいものは、それだけ負荷が大きいと考えられる。最大値（最大下心拍数）は、126～156拍/分と様々であるが、推定最高心拍数に近い値が多く、瞬間的に最大限の作業を行っていたと推測される。中でもB、Cの作業者の値が高い。しかも、B作業者の場合は、安静時心拍数も高く、心拍数の余裕力（最高心拍数－安静時心拍数）⁹⁾が少なくなる傾向にあった。Bにとってたいへん厳しい作業であったといえる。

次に、これを範囲（最高心拍数－安静時心拍数）と標準偏差で考察すると、当然のように高い心拍数

表12 伐木造材手の心拍数の変動

作業者	心拍数 (拍/分)				作業時 心 拍 比	最 大 時 心 拍 比	標準偏差
	最小	最大 (推定)	範囲	余裕力			
A	72	126 (173)	54	101	0.40	0.53	9.84
B	76	150 (157)	74	81	0.55	0.91	14.56
C	70	156 (161)	86	89	0.58	0.95	11.52
D	60	126 (169)	66	109	0.47	0.61	11.58
E	66	138 (153)	72	87	0.51	0.83	10.98
F	66	150 (168)	84	102	0.56	0.82	19.08
G	60	126 (167)	66	107	0.44	0.62	12.59

を示した者ほど範囲も広くなり、標準偏差も大きくなる傾向がある。範囲が広い C, F の作業は、作業者にとり厳しい作業であったと推測される。一般に、若者は推定最高心拍数が高くなるため、心拍数範囲に余裕がある。今回調査の高年齢で余裕力が少なく、心拍数の変動範囲が広がった B, C 作業者には、厳しい作業であったと推測される。

年齢により最高心拍数と同様に安静心拍数も異なってくるため、年齢による最高心拍数と安静心拍数の相違を考えなければならない。このため、

$$\text{心拍比} = (\text{作業中の心拍数} - \text{安静時心拍数}) / (\text{HRmax} - \text{安静時心拍数})$$

の指標が考えられている¹⁰⁾。この指数（本報では心拍比と呼ぶ）を表12に示した。心拍比は、各被験者がその作業中、最大何%の力を出さざるを得なかったかが検討できる。この値でみると、80, 90%近くの被験者がかなり多く、伐木造材作業は瞬間的に力を出す必要があることが示された。

以上のことより、今回調査の伐木造材作業の作業強度は、心拍数増加率の評価では適当であり、心拍数、心拍水準の評価ではややきつい作業であると解釈できた。また、心拍数の変動は激しく、伐木造材作業の厳しさが現れていた。特に年齢による作業への負担が強く出ているため、休憩時間の取り方など、高齢者に対する作業改善を考える必要があると思われた。

3) 単位作業ごとの作業強度の検討

次に、伐木造材作業の中でどの作業内容が作業負担が高いのかを検討した。この検討は、心拍水準が高く、同一地域で作業方法、年齢がほぼ同じであり、傾斜のみが異なる高齢の B, C 作業者を対象とした。まず、B, C 作業者の作業の時間分析をビデオ映像を元に10秒単位で行い、次に、10秒ごとの心拍数を求め、各作業と心拍数の関連を分析した。

表13, 14に、B, C 作業者の実働時間中に占める単位作業ごとの平均心拍数と平均時間割合を示した。心拍数が高いのは、伐倒(支障木伐りを含め)、楔打ちで、特に傾斜が急な25°の作業者Cが、伐倒(支障木伐り)で、この傾向は顕著であった。傾斜の影響が出ていた。次に、心拍数が高い作業は、歩行であり、特にチェーンソーの持ち運び作業(アイドリング状態での持ち歩行を含む)で高い値を示している。玉切り、枝払い、他の作業と比べ、意外に負担は少なかった。足場を平坦な場所に確保し、材にチェーンソー重量をあずけられる作業のためと思われる。手斧による枝払い作業は、B 作業者で高い値を示していた。これは、作業時間割合でみられるように、B 作業者は手斧による枝払い作業時間(21.9分)が長く、太い枝も手斧で行うため心拍数も高くなったと思われる。片づけ作業は、C 作業者の材の片づけ作業で高い値を示している。重量物である材を持ち上げ、担ぎ落とす作業のため高い値を示したものと思われる。

4) 作業強度から推測される適正作業時間

単位作業ごとの平均心拍数を用いて、これら伐木造材作業の適切な休憩時間の目安を考察した。B 作業者の実働時間の平均心拍数は120.5拍/分(心拍水準76.8%HRmax)で、実働時間は3時間55分であった(表13)。C 作業者は123.1拍/分(心拍水準76.5%HRmax)で、実働時間は4時間49分であった(表14)。

Bink は、労働の作業強度の許容範囲から疲労が出始めるまでの時間を求める式として次式をあげている¹¹⁾。

$$\text{疲労が出るまでの時間} = \text{antilog}_{10}(\log 5700 - 3.1 \times \% \text{Vo}_2\text{max}/100)$$

また、山地は、一般成人を対象とした作業中の%HRmax と%Vo₂max との関係式として次式をあげ

表13 B 作業者(傾斜15°)の単位作業ごとの心拍数

単位作業		平均心拍数 (拍/分)	時間割合 (%)
実 働 時 間	支障木切り	123.1	4.0
	伐倒	125.9	5.6
	楔打ち	131.0	0.5
	枝払い	119.8	18.4
	枝払い(手斧)	124.4	9.3
	測尺	118.3	16.5
	玉切り	118.1	18.1
	片付け	122.7	10.7
	歩行	117.3	8.6
	CS 持ち歩行	123.1	6.7
	点検・目立て	106.0	1.6
	計	120.5	

CS：チェーンソー

表14 C 作業者(傾斜25°)の単位作業ごとの心拍数

単位作業		平均心拍数 (拍/分)	時間割合 (%)
実 働 時 間	支障木切り	131.0	1.4
	伐倒	135.3	4.7
	楔打ち	129.4	2.9
	枝払い	121.1	12.6
	枝払い(手斧)	119.7	2.1
	測尺	122.7	11.7
	玉切り	120.5	10.5
	片付け	120.9	13.2
	片付け(材)	125.3	2.4
	歩行	122.3	18.3
	CS 持ち歩行	123.9	15.4
	点検・目立て	117.5	4.7
	計	123.1	

CS：チェーンソー

ている¹²⁾。

$\%HR_{max} = 0.695 \times \%Vo_{2max} + 30.5 \dots \dots \dots (1)$
 よって、両式より次式が得られる。

$$\text{疲労が出るまでの時間} = \text{antilog}_{10}(\log 5700 - 0.019 \times \%HR_{max} + 0.567)$$

この式より心拍水準が高いB、C作業者(77% HR_{max})の適正な一連続作業時間を推測すると、50分が作業限界となる。これを、他の一般的な心拍水準値を持つ5名の平均心拍水準値(68% HR_{max})で計算すると作業限界は約100分となった。

次に、疲労回復の時間として必要な休憩時間はMüllerの次式より推測した¹³⁾。

$$\text{回復時間} = 1 \text{ 日の労働時間} \times (\%Vo_{2max} - \text{作業強度の許容限界}) / (\%Vo_{2max} - 1.5)$$

B、C作業者の $\%Vo_{2max}$ は、(1)式より67% Vo_{2max} となる。疲労が出ないことを条件にした持続的作業の作業強度限界は、35% Vo_{2max} といわれるので³⁾、

$$\begin{aligned} \text{回復時間} &= 480 \times (67 - 35) / (67 - 1.5) \\ &= 234 \text{ 分} = 3 \text{ 時間} 54 \text{ 分} \end{aligned}$$

8時間労働で考えると、3時間54分の休憩が必要となり、よって、1日の実働可能時間は4時間6分となり、B作業者の実働時間3時間55分、C作業者の実働時間4時間49分を考えると、C作業者はさらに休憩をとった方がよいといえる。また、同様に平均的な心拍水準を持つ5名の平均の心拍水準値68% HR_{max} で計算すると、 $\%Vo_{2max}$ は54% Vo_{2max}

となる。ここで、持続的作業を行うための作業強度限界を35% Vo_{2max} として計算すると、2時間30分の休憩が必要となり、1日の実働時間は5時間30分となった。

以上のように、推定される許容作業時間と1日に必要な休憩時間から各時間の目安を求めると、厳しい作業条件であるB、C作業者の場合は、約50分作業して約20分の休憩が適正な作業と推測され、他の一般的な心拍水準値を持つ5名の平均で考察すると、約100分作業して約25分の休憩が適正な作業となった。ここでいう休憩とは、作業の打ち合わせや心拍数が低く実働時間の単位作業に含まれる燃料の補充、点検、目立てなどの休憩に類する作業も休憩に含めて考えてよいと思われるため、これら作業を組み合わせることにより、疲れの少ない作業を行うのがよい。

なお、今回の報告では、肥満度など身体特性で偏りがみられ、また、50歳以下の作業者の資料が少ないため、これら蓄積を図り、さらに検討を進める予定である。

6 摘要

伐木造材作業者7名のチェーンソー作業者の作業姿勢、心拍数を検討した結果、以下の結論を得た。

1) OWAS法による姿勢分析の結果、82%は問題のない姿勢に分類されたが、12%は負担効果がある作業姿勢に分類された。この負担のある作業姿勢は、伐倒作業である受口切りや追口切りの作業形態に出現した。

2) 心拍水準による作業負担の評価では、高齢者の作業で8時間作業の許容範囲を超える作業もあった。単位作業では、伐倒、楔打ち、傾斜地でのチェーンソー持ち歩行で心拍数が高い。心拍水準を元にした適正作業時間の検討では、厳しい作業で約50分作業・約20分休憩、一般の伐木造材作業で約100分作業・約25分休憩の目安を得た。

引用文献

- 1) 今富裕樹, 辻井辰雄, 石井邦彦, 朝日一司, 奥田吉春, 豊川勝生 (1989) : 林業労働者の身体特性と運動能力, 100回日林論 : 1-824.
- 2) 酒井一博 (1989) : 作業姿勢改善のための姿勢解析法, 安全, 40(6) : 8-14.
- 3) 山地啓司 (1981) 運動処方のための心拍数の科学, 306pp, 大修館書店.
- 4) Morris, W. H. M., and R. B. Chevalier (1961) : Physiological approach to evaluation of physical capacity. AMA Archives Env. Health. 2 : 327-334.
- 5) 辻隆道 (1969) : 林業の安全と人間工学, 宏井タイムス社, 280pp.
- 6) McArdle, W. D., J. R. Magel, and L. C. Kyvallos (1971) : Aerobic capacity, heart rate and estimated energy cost during women's competitive basketball. Res. Quart. 42 : 178-186.
- 7) Brody, S. (1945) : Bioenergetics and Growth. New York, Rheinhold Publishing : 906pp.
- 8) 沼尻幸吉 (1960) : エネルギー代謝よりみた労働の許容限界, 労働科学, 36 : 411-414.
- 9) Åstrand, P. O., and K. Rodahl (1970) : Text-book of Work physiology. McGraw-Hill.
- 10) Aunola, S., R. Nykyri and H. Rusko. (1979) : Strain of employees in the manufacturing industry in Finland. Ergonomics. 22 : 29-36.
- 11) Bink, B. (1962) : The physical working capacity in relation to working time and age. Ergonomics. 5 : 25-28.
- 12) Yamaji, K., M. Miyashita, and R. J. Shephard (1978) : Relationship between heart rate and relative oxygen intake in male subjects aged 10 to 27 years. J. Human Ergol. 7 : 29-39.
- 13) Müller, E. A. (1962) : Occupational work capacity. Ergonomics. 5 : 445-452.

キーワード

作業負担, チェーンソー作業, 作業姿勢, 心拍数, 作業時間

Summary

The posture and heart rate of 7 chainsaw men were investigated. The results obtained are as follows.

- 1) By Ovako Working Posture Analysis System, 82% of the posture of worker were classified into the operation under moderate work load, but 12% of that were classified into the operation under heavy burden. The posture under heavy burden appeared the operation of felling, i.e. undercutting and backcutting.
- 2) The work intensity level equaled moderate physiological loads from the increasing rate of chainsaw men's heart rate, but the level of the % HRmax on older worker equaled or was over the upper limit of physical work capacity in 8 hours work. The higher heart rate appeared in the felling, the wedge driving and the walking with chainsaw on slope. Judging from the % HRmax, the optimum time in one continuous work and one rest would be estimated respectively about 50 min. and 20 min. in the heavy work, and about 100 min., 25 min. in moderate work.

Key words

work load, chainsaw man, working posture, heart rate, working time