

## 野外活動としての「下刈り」作業の 運動強度に関する研究

水野 康・浅野 勝己・竹田 正樹\*  
李 基哲\*\*・福島 邦男\*\*\*  
多田 裕史\*\*\*\*・飯田 稔

### Physiological Responses During Weeding in the Beginner and the Professional Subjects

MIZUNO Koh, ASANO Katsumi, TAKEDA Masaki\*,  
LEE Ki-Churu\*\*, FUKUSHIMA Kunio\*\*\*,  
TADA Hirofumi\*\*\*\* and IIDA Minoru

The purpose of this study was to examine physiological responses during weeding which was one of the main work in forestry. Four male subjects who were engaged in forestry (Professional group: P group) and four male subjects who had almost no experience in weeding (Amateur group: A group) were recruited. Their age (P group:  $33.5 \pm 3.7$  yrs, A group:  $33.0 \pm 2.9$  yrs), maximal oxygen uptake (P group:  $38.3 \pm 4.6$  ml/kg/min, A group:  $41.0 \pm 5.5$  ml/kg/min) and physical characteristics in both group were counterbalanced. Each subject performed weeding for 30 min in forest. The weeded area and the times of swinging a sickle were measured. Telemetric measuring of heart rate and oxygen uptake during weeding was done continuously. Results were as follows:

- 1) The mean value of weeded area performed by P group was about 1.8 times larger than that performed by A group.
- 2) Mean  $\dot{V}O_2$  during weeding in P group was 23 ml/kg/min (60%  $\dot{V}O_{2max}$ ), which was somewhat lower than that in A group. However, mean HR during weeding in P group (140bpm) was significantly lower than that in A group (165bpm).
- 3) Two subjects in A group showed remarkable increase in HR compared for  $\dot{V}O_2$  during weeding.

These results suggested that the subjects who were accustomed to weeding performed successfully at a relatively low exercise intensity, and that an excessive increase in HR might occur in the subjects who had little experience in weeding.

**Key words:** Weeding, Physiological response, HR- $\dot{V}O_2$  relationship

---

\* 同志社大学 Doshisya University  
\*\* 亀尾専門大学 Kumi College  
\*\*\* 東京家政大学非常勤 Tokyo-Kasei University  
\*\*\*\* 大阪北YMCA Osaka-Kita YMCA

## 1. 緒言

林家の林業生産活動は、植林、間伐、主伐、および下刈りなどの主に4種類に区分できるが、下刈りはこれら全ての作業時間の半分以上を占める代表的な林業活動である<sup>8)</sup>。また近年、森林の造成・維持活動の一つとして、緑の少年団、学校林活動、草刈り十字軍などと銘打った林家以外の幅広い対象にも林業活動を体験させるシステムが作られている<sup>7)</sup>。このように、今日では林業従事者のみでなく、小学生から中高年者までの幅広い対象において林業活動を体験する機会があり、この際の代表的な活動の一つとしても下刈りは実施されている<sup>5,13)</sup>。下刈りとは、長柄の鎌を用いて雑草木を刈り取る作業であり、「産業労働のエネルギー代謝率(労働科学研究所刊)」<sup>9)</sup>によれば、その作業強度はRMRで6.2とされている。下刈りは、下半身を固定させて上肢中心の運動となる“刈り取り作業”と“移動”との繰り返しであるが、前者の運動の生理学的特性として同一酸素摂取量に対する心拍数の反射的上昇が考えられる。

近年、測定機具の発達により呼気ガス交換諸量をテレメトリー方式で測定することが可能となり、スポーツなどの様々な実際の場面における酸素摂取量や換気量を実測する試みがなされている<sup>11)</sup>。従来、呼気ガス交換諸量の実測の困難な場面においては、運動負荷テストにより酸素摂取量と心拍数の関係を求め、実際の運動中には測定の容易な心拍数のみを測定して酸素摂取量を推定するという方法が用いられてきた。しかし、非定常的な運動時や動きの不規則な運動時、および環境の著しく異なる場合など、酸素摂取量と心拍数の関係が変化するような運動時には、この方法による酸素摂取量の推定は困難となる<sup>6)</sup>。下刈り作業は前述の通り上肢中心の運動となる局面が多いが、このような運動形態も一定の酸素摂取量に対する心拍数を亢進させることが知られている<sup>2-4,10,12)</sup>。前述の通り、今日では幅広い対象が下刈りを行う機会を有することが考えられ、労働生理学および運動生理学の観点から下刈り作業の運動強度および運動特性を再検討する必要があるものと考えられる。そこで本研究では、テレメトリー式代謝測定装置を用い、林業を職業とする下刈り作業経験の豊富な被験者と経験をほとんど持たない被験者を対象に、下刈り作業中の運動強度(酸素摂取量および心拍数)、作業成績、および酸

素摂取量と心拍数の関係について検討を行った。

## 2. 方法

### 1) 被験者

林業を営み、下刈り経験の豊富な健常男子4人(プロ群:年齢 $33.0 \pm 2.9$ 歳)および下刈り経験が0~4回の健常男子4人(アマ群:年齢 $33.5 \pm 3.7$ 歳)とした。被験者の身体的特性および下刈り経験を表1に示した。

### 2) 最大酸素摂取量の測定

自転車エルゴメーターを用い、無負荷から毎分15W(60rpm)の負荷漸増法にて疲労困憊に至らしめた。COSMED社製テレメーター式代謝測定装置K2を用い、運動中の酸素摂取量( $\dot{V}O_2$ )、換気量( $\dot{V}E$ )、および心拍数(HR)を測定間隔30秒にて測定し、酸素摂取量の最大値をもって最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2max}$ )とした。実験時の気温は $21 \sim 23^\circ\text{C}$ 、相対湿度は60~70%であった。

### 3) 下刈り作業時の測定

実験は東京都八王子市内の全国林業改良普及協会所有の山における傾斜と植生が安定した林地にて行った。実験当日の気温は $22 \sim 24^\circ\text{C}$ 、相対湿度は70~80%、天候は小雨であった。

被験者は検者の指示に従って斜面を30分間下刈りし、下刈りをした面積および鎌を振った回数が計測された。なお下刈りをした面積は、林業に従事している検者が十分に下刈りされたと判定した面積のみとし、鎌を振った回数は2人の検者がカウントした回数の平均値を採用した。

最大酸素摂取量測定時と同様にCOSMED社製K2を用い、下刈り作業中の $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}E$ 、およびHRを測定間隔30秒で測定した。また作業中には10分毎に主観的運動強度(RPE)を聴取し、その際コーリン社製携帯型血圧測定装置ABPM-630により血圧の測定を行った。血圧測定は作業前の安静時にも行い、作業中の測定時は作業を中断して安静立位状態にて測定した。さらに、作業終了直後には指先から採血し、YSI社製Lactate Analyzer Model 23Lを用いて血中乳酸濃度の分析を行った。

### 4) 統計処理

各項目について、プロ群およびアマ群の平均値の差の検定をunpaired t-testにより行い、危険率5%未満をもって有意水準とした。なお下刈り作業中の $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}E$ 、およびHRについては10分毎

Table 1 Physical characteristics and weeding career of the subjects.

Subj.	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Upper arm girth (cm)	Forearm girth (cm)	$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)	Career
TM	31	177.4	70.0	30.5	26.0	39.5	3 times
KA	32	172.7	63.5	25.2	25.8	48.9	no
HU	32	168.7	81.5	31.0	28.0	39.0	once
HA	39	166.0	68.0	29.0	26.5	36.4	no
mean	33.0	171.2	70.8	28.9	26.6	41.0	
SD	2.9	5.0	7.7	2.6	1.0	5.5	
MO	30	169.2	58.5	25.5	24.5	31.7	3 yrs
TT	32	176.2	73.5	31.0	27.8	38.4	9 yrs
JI	33	158.0	62.0	28.3	25.7	41.3	9 yrs
NA	37	177.2	74.0	29.7	27.8	41.8	19 yrs
mean	33.5	170.2	67.0	28.6	26.5	38.3	
SD	3.7	8.8	7.9	2.4	1.6	4.6	

Upper panel shows amateur group, and lower panel shows professional group.

の平均値を求めて検定を行った。

### 3. 結果

#### 1) 最大酸素摂取量

個人値および各群の平均値を表1に示した。アマ群およびプロ群の $\dot{V}O_2\max$ の平均値は、各平均41.0±5.5および38.3±4.6ml/kg/minであり、両群間に有意差は認められなかった。

#### 2) 下刈り作業中の各測定項目

①下刈り面積および鎌振り回数：表2に下刈り面積、鎌振り回数、および鎌一振り当りの刈り取り面積(下刈り面積/鎌振り回数)の結果を示した。アマ群およびプロ群の下刈り面積は、各平均47.8±6.6および86.6±33.6m<sup>2</sup>であり、プロ群において高値傾向にあったが有意差は認められなかった。アマ群およびプロ群の鎌振り回数は各平均1006±291および1417±76回であり、プロ群において有意に高い値が認められた(p<0.05)。鎌一振り当りの刈り取り面積は、アマ群およびプロ群で各平均493±85および618±262cm<sup>2</sup>/回であり、両群間に有意差は認められなかった。

②HR,  $\dot{V}O_2$ , および $\dot{V}E$ ：下刈り作業中のHR,  $\dot{V}O_2$ , および $\dot{V}E$ の経時の変化を図1に示した。全ての項目において、作業10および20分目に減少が認められるが、これは血圧測定のために立位安静を1~2分間保ったためである。作業中のHRは時間経過とともに漸増する傾向を示し、アマ群

Table 2 Comparison of performance of weeding between amateur group and professional group.

Subj.	Weeded area (m <sup>2</sup> )	Times of swinging a sickle	Weeded area
			Times of swinging (cm/time)
TM	38.5	675	570
KA	53.7	1112	483
HU	51.0	1350	378
HA	48.0	885	542
mean	47.8	1006	493
SD	6.6	291	85
MO	75.0	1522	493
TT	132.0	1357	973
JI	52.0	1424	365
NA	87.5	1366	641
mean	86.6	1417	618
SD	33.6	76	262

Upper panel shows amateur group, and lower panel shows professional group.

では平均163±12拍/分、プロ群では平均138±13拍/分となった。作業開始から10分目および作業20分から終了時までの平均HRにおいて、アマ群がプロ群よりも有意に高値を示した(p<0.05)。作業中の $\dot{V}O_2$ はアマ群で平均24.4±4.6ml/kg/min、プロ群で平均23.4±5.1ml/kg/minとプロ群でやや低値傾向にあり、これは各63±6% $\dot{V}O_2\max$ および60±6% $\dot{V}O_2\max$ に相当した。 $\dot{V}E$ も $\dot{V}O_2$ 同様にプロ群で

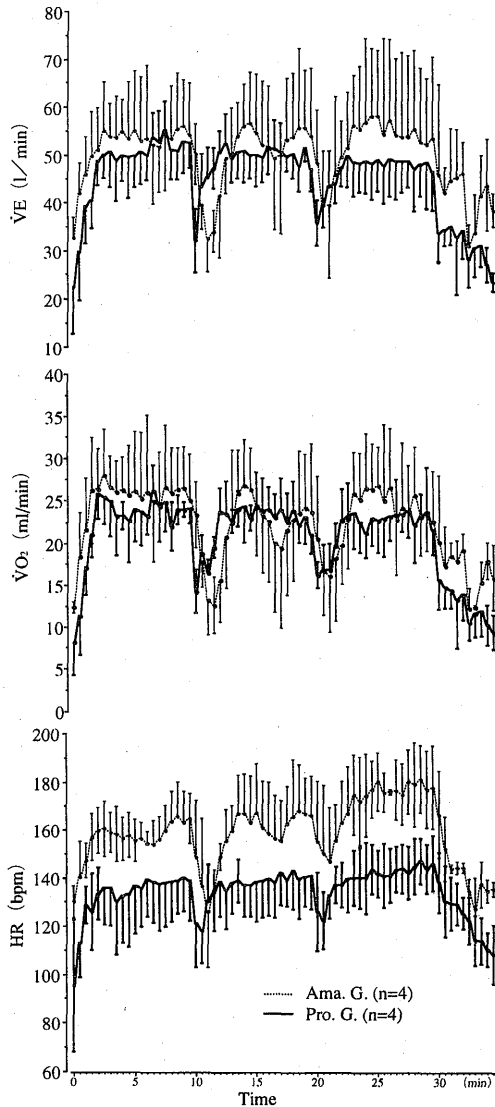


Fig. 1 Comparison of HR,  $\dot{V}O_2$  and VE during weeding between amateur group and professional group.

低値傾向にあり、アマ群の平均 $52 \pm 10$  l/min に対し、プロ群は $49 \pm 5$  l/min であった。

③血圧：作業中の血圧の変化を図2に示した。血圧は両群ともほぼ同値を示し、安静および下刈り作業中ともに収縮期血圧が平均約140 mmHg、拡張期血圧が平均約90 mmHgであった。

④RPE：下刈り作業中のRPEを図3に示した。両群とも作業時間とともに漸増する傾向を示し、アマ群では作業開始10分目の平均約13から30分目

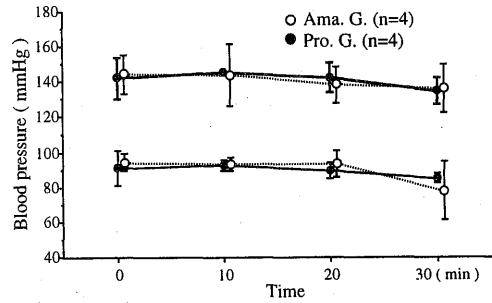


Fig. 2 Comparison of blood pressure during weeding between amateur group and professional group.

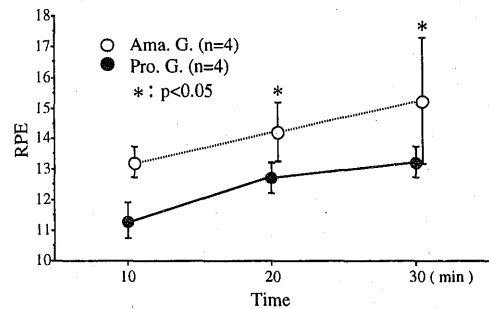


Fig. 3 Comparison of RPE during weeding between amateur group and professional group.

には平均約15を示した。一方、プロ群はこれよりも約2低値となり、作業10および20分目では両群間に有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。

⑤血中乳酸値：作業終了直後の血中乳酸値は、アマ群およびプロ群で各平均 $2.2 \pm 1.0$ および $1.3 \pm 0.2$  mMを示し、プロ群で低値傾向にあったが、有意差は認められなかった。

### 3) HR- $\dot{V}O_2$ 関係

各被験者について最大運動負荷テスト時および下刈り作業時のHRと $\dot{V}O_2$ の回帰直線を求め、図4に示した。下刈り作業時のHR- $\dot{V}O_2$ 関係はプロ群およびアマ群とも各4人中2人の被験者(プロ群：T.T.およびM.O.；アマ群：H.A.およびT.M.)では自転車エルゴメーターによる運動時とほぼ同様であった。両群とも残りの2人の被験者は同一 $\dot{V}O_2$ に対するHRが下刈り作業時に亢進する傾向を示し、各群1人(プロ群：N.A.；アマ

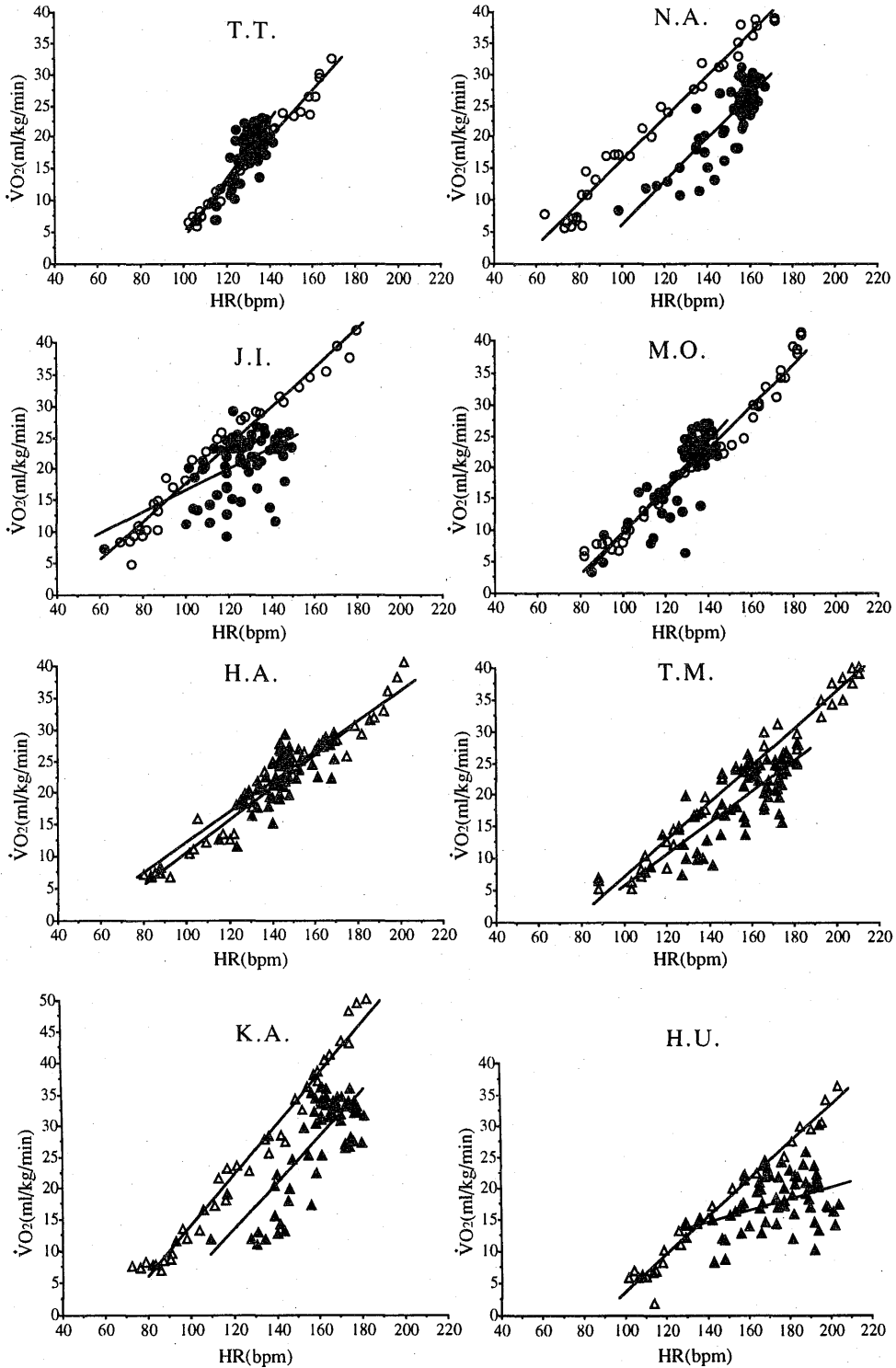


Fig. 4 Relationship between heart rate and  $\dot{V}O_2$  during pedalling exercise ( $\Delta$ : amateur group,  $\circ$ : professional group) and weeding ( $\blacktriangle$ : amateur group,  $\bullet$ : professional group).

群：K.A.)は帰線直線が右方にシフトする傾向、残りの1人(プロ群：J.I.;アマ群：H.U.)は帰線直線の傾きが低下する傾向にあった。また個人間の比較では、下刈り作業時に同一 $\dot{V}O_2$ に対するHRが最も高値を示すのはアマ群のT.M.およびH.U.の2名であった。

#### 4. 考察

本研究は、上肢の運動が主となる下刈り作業時の運動強度およびHR- $\dot{V}O_2$ 関係を、下刈り作業経験の異なる2群の対象について、下刈り作業成績と合わせて検討したものである。年齢、形態的特徴、および $\dot{V}O_{2max}$ のほぼ同等な8人の被験者を下刈り経験の多寡により被験者をプロ群とアマ群に分けたが、各群の下刈り作業中における%HRmaxおよび% $\dot{V}O_{2max}$ はプロ群で平均約75%および60%、アマ群で平均約80%および63%であった。また作業中のRPEはプロ群で平均11~13(らくである~ややきつい)、アマ群で平均13~15(ややきつい~きつい)を示し、作業終了直後の血中乳酸値はプロ群で平均1.3mM、アマ群で平均2.2mMであった。これらのことから、下刈り作業の運動強度は、経験の少ない者において経験の豊富な者よりも若干高いものとなることが示唆される。また下刈り作業成績においてプロ群はアマ群に対し鎌振り回数で平均約1.4倍、下刈り面積で平均約1.8倍の高値を示し、プロ群はアマ群よりも低い相対運動強度ではるかに高い作業成績を修めたことになる。下刈りを行う際の両群の被験者への指示は、プロ群に対しては通常通りに、アマ群に対しては無理せず怪我のないように、としたが、これら両群の結果の相違は下刈り作業の技術的側面の重要性を示唆するものと考えられる。おそらく鎌振り動作の効率、および作業の手順などの諸要因により両群の結果の相違がもたらされたのであろう。両群の生理的応答および作業成績に影響したその他の要因としては、天候および服装の環境要因が考えられる。実験当日の天候は気温22~24℃および相対湿度70~80%の小雨であり、下刈り作業中の被験者は、全員防水のウインドブレーカーを上から着込んでいた。したがって、衣服内はかなり高温高湿度環境であり、発汗量も多かったことが推察される。おそらく、プロ群はこのような条件下での作業経験も豊富であり、作業環境に適応していたことが考えられる。

一方、アマ群では下刈り経験そのものがほとんどない上にこのような生理的負担度を上げる環境条件が相乗的に働いて、下刈りの作業効率がさらに低下したのかもしれない。また本研究では、被験者は鎌を持って山の斜面を歩いて測定現場まで行き、若干の安静の後に測定を開始するという手順を踏んだが、測定開始時点において既にアマ群のHR、 $\dot{V}O_2$ 、および $\dot{V}E$ はプロ群よりも高値傾向を示している。このことから、アマ群は鎌を持って山の斜面を歩くという運動のみにおいてもプロ群よりもエネルギー消費量が高い、すなわち効率の悪い可能性が考えられる。

以上の様に、下刈り作業時の呼吸循環応答に両群間の相違が認められたが、各群の特性および下刈りの運動特性を検討するための今後の課題として、作業筋各々の筋力および筋持久力の評価が考えられる。すなわち、各群の各部の筋力を下刈り前後で測定することにより、下刈りを行うのに必要な筋力、および下刈りを行うことにより増大する筋力が推定できるものと思われる。

両群の作業中における% $\dot{V}O_{2max}$ および作業終了後の血中乳酸値の結果から、下刈り作業は比較的長時間持続することのできる有酸素的な運動であることが示唆される。しかし、下刈り作業が主に上肢の運動であることから、自転車エルゴメーターで測定した $\dot{V}O_{2max}$ に対する割合で評価することには問題があるかもしれない。主に脚の運動であるペダリング運動と主に上肢の運動である下刈り作業では、活動筋量は後者の方が少ないものと考えられる。腕の運動により測定された $\dot{V}O_{2max}$ は脚の運動による測定値よりも15~25%低いとする報告もあり<sup>12)</sup>、したがって上肢の酸素摂取能力としては限界に近い状態にあっても自転車エルゴメーターにより測定された $\dot{V}O_{2max}$ に対する割合は、比較的低下示される可能性がある。また両群の作業終了後における血中乳酸値の平均値はプロ群においてはほぼ安静水準、アマ群においてもほぼ乳酸性閾値水準と作業中の運動強度(%HRmaxおよび% $\dot{V}O_{2max}$ )に対して比較的低値を示したが、これも活動筋量が少なく、生成される乳酸の絶対量が少ないためにもたらされた結果かもしれない。これらの点を明らかにするために、今後の課題として最大運動負荷試験を自転車エルゴメーターだけでなく腕エルゴメーターによっても行い、同時に運動中の血中乳酸値も測定

して下刈り作業中の各応答と比較する必要があるものと思われる。

下刈り作業中のHR- $\dot{V}O_2$ 関係では、両群とも4人中2人の被験者においてペダリング運動時に比して回帰直線が右方にシフト(同一 $\dot{V}O_2$ に対するHRが増大)したが(図4), 同一 $\dot{V}O_2$ に対するHRが最も高値傾向にあったのはアマ群の2人であった。同一 $\dot{V}O_2$ に対するHRが脚の運動時よりも上肢の運動時において高値を示すことはよく知られており<sup>2-4,10,12)</sup>, 腕のトレーニングによりこのシフトが抑制されることも報告されている<sup>3,4)</sup>。本研究において、プロ群の4人はアマ群に比してHR- $\dot{V}O_2$ の回帰直線が左よりに位置する傾向にあり、さらにプロ群の下刈り作業中の平均HRはアマ群よりも有意に低値を示したが、これらは下刈り作業経験を積んだことによる適応現象であるとも考えられる。逆にアマ群の2人の被験者(K.A.およびH.U.)では、下刈り作業中に $\dot{V}O_2$ は $\dot{V}O_{2max}$ の50~70%であるのにHRがほぼHRmax値に達し、心臓の負担の極めて大きい局面のあったことが示された(図4)。上肢の運動時にはこの他にも末梢血管抵抗の増大や血圧の増大などが引き起こされることが報告されている<sup>1-3,10)</sup>。これらのことを考慮すると、下刈り経験の少ない者で、心臓血管系に疾患を有する者や血圧の比較的高い高齢者などが下刈りを行う際には重大な注意を要するものと考えられる。本研究では、特にアマ群には無理しないように、という指示を出したのにもかかわらず4人中2人においてHRの顕著な亢進が認められた。この原因は被験者の心理的特性にあるのかもしれないが、未経験者においては高強度の運動になりやすいという下刈り特有の作業特性があるのかもしれない。またアマ群におけるHRの増加傾向は、特に作業20分目以後において顕著なため、未経験者が行う場合は1回の作業を連続20分以内にとどめるべきだと言えよう。

## 5. 要約

下刈り作業の運動強度を明らかにするため、下刈り経験の豊富な林業を営む健常男子(プロ群)および下刈り経験のほとんどない健常男子(アマ群)各4人を対象に、30分間の下刈り作業中における作業成績、RPE、テレメトリー式代謝測定装置によるHRおよび $\dot{V}O_2$ 、作業終了直後における血中乳酸値を測定した。また事前に自転車エルゴメー

ターを用いて $\dot{V}O_{2max}$ を測定し、下刈り作業中の相対運動強度を求め、さらにペダリング運動時と下刈り作業時におけるHR- $\dot{V}O_2$ 関係の比較を行った。

- 1) 30分間の下刈り作業により、プロ群はアマ群の約1.4倍の鎌振り回数で約1.8倍の面積を下刈りした。
- 2) 下刈り作業中におけるプロ群およびアマ群の $\dot{V}O_2$ は平均約23ml/kg/min (60%  $\dot{V}O_{2max}$ ) および24ml/kg/min (63%  $\dot{V}O_{2max}$ )、HRは平均140bpm (75% HRmax) および165bpm (80% HRmax)であった。
- 3) 下刈り作業中のRPEはプロ群で平均11~13(らくである~ややきつい)、アマ群で平均13~15(ややきつい~きつい)を示し、作業終了直後の血中乳酸値はプロ群で平均1.3mM、アマ群で平均2.2mMであった。
- 4) 下刈り作業中のHR- $\dot{V}O_2$ 関係は、両群とも2人の被験者で同一 $\dot{V}O_2$ に対するHRの亢進する傾向が認められたが、アマ群の2人においてこの傾向が最も顕著であった。

以上の結果から、プロ群がアマ群よりもやや低い相対運動強度で高い作業成績を修めることが明らかとなった。またアマ群の2人においては下刈り作業中のHRの亢進が作業20分以後にほぼHRmax値となり、経験の少ない者にとっては心臓血管系に加わる負担の大きい運動となり得ることが示唆された。これらから、特に下刈り経験の少ない者で心臓血管系に疾患を有する者や血圧の高い傾向にある高齢者が下刈り作業を行う際には、作業強度を十分余裕のある低いものに設定する、一回の作業は連続20分以内に留める、などの注意を要することが考えられた。

本研究は(社)全国林業改良普及協会からの委託により行われたものであり、協力戴いた本永剛士氏に感謝する。

## 引用文献

- 1) Åstrand PO, Ekblom B, Messin R, Saltin BK, and Stenberg J (1965): Intra-arterial blood pressure during exercise with different muscle groups. *J Appl Physiol* 20: 253-256.
- 2) Bevegard S, Freyschuss U, and Strandell T (1966): Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine and sitting position. *J Appl Physiol* 21:

- 37-46.
- 3) Clausen JP, Klausen K, Rasmussen B, and Trap-Jensen J (1973): Central and peripheral circulatory changes after training of the arms or legs. *Am J Physiol* 225 : 675-864.
  - 4) Clausen JP, Trap-Jensen J, and Lassen NA (1970): The effects of training on the heart rate during arm and leg exercise. *Scand J Clin Lab Invest* 26 : 295-301.
  - 5) 飯田 稔(1994) : 自然・体験・冒険学習のすすめ. *社会教育* 49 : 8-10.
  - 6) 加賀谷淳子(1986) : 心拍数に基づいた消費カロリーの算出法とその問題点. *体育の科学* 36 : 858-863.
  - 7) (社)国土緑化推進機構(1992) : 森林づくりに国民の参加を! (社)国土緑化推進機構, 東京, pp.36-49.
  - 8) 森 巖夫, 熊崎 実(1992) : センサスにみる日本の林業(1990年), (編)社団法人全国農林統計協会連合会, 東京, pp.148-159.
  - 9) 労働科学研究所(1960) : 産業労働のエネルギー代謝率, p.6.
  - 10) Stenberg J, Åstrand PO, Ekblom B, Royce J, and Saltin BK (1967): Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine. *J Appl Physiol* 22 : 61-70.
  - 11) 高見京太, 北川 薫, 石河利寛(1993) : 酸素摂取量の実測によるスポーツ活動中のエネルギー消費量. *体力科学* 42 : 257-264.
  - 12) Vokac Z, Bell H, Bautz-Holter E, and Rodahl K (1975): Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. *J Appl Physiol* 39 : 54-59.
  - 13) (社)全国林業改良普及協会(1992) : 森林インストラクター入門, (社)全国林業改良普及協会, 東京, pp.236-247.