

資 料

テレメーター法による農作業中の
酸素摂取量および心拍数

杉田 正明*・安部 孝*・川上 泰雄*・小関 忠**

*東京大学教養学部

**川西町役場保健福祉課

Oxygen Consumption and Heart Rate
Responses during Agricultural Work
Measured by a Telemetry System

Masaaki Sugita* , Takashi Abe * , Yasuo Kawakami* , Tadashi Koseki**

* Dept. of Sports Sciences, College of Arts and Sciences,
The University of Tokyo

** Section for Public Health, Kawanishi Town Office

Abstract

Oxygen consumption ($\dot{V}O_2$) and heart rate (HR) responses during agricultural work were measured continuously for agricultural workers (six males and one female). The measurements were carried out in the harvesting season and the agricultural work mainly consisted of cultivating on combines and removing the hulls from rice. $\dot{V}O_2$ was measured using a newly developed telemetric system (K2 system, COSMED, Italy) and HR was monitored by a telemeter (PE-3,000, Canon Inc., Japan). Average HR ranged from 70 to 90 beats/min during working on combines. $\dot{V}O_2$ ranged from about 0.5 to 0.8 l/min, for respiration frequency (RF) about 26-28 times/min, and for ventilation (VE) about 18-27 l/min. One female subject showed HR responses ranging from 90 to 110 beats/min while engaging in harvesting rice

with hands. R F during removing the hulls from rice was 20-35 times/min, H R about 70-120 beats/min, and $\dot{V} O_2$ about 0.3-1.7 l/min. These results suggest that in spite of the long duration of work in one day, the physical intensity for agricultural work is not sufficient for maintaining or developing fitness level, therefore the workers need extra physical activity, at least in the harvesting season.

緒 言

わが国の平均寿命は、戦後著しい伸びを示し世界有数の長寿国となった反面、出生率の低下とあいまって人口構成の高齢化を産んだ。健康で健やかな長寿は喜ばしいことである。しかし、その実態をみると高齢者の健康が保たれているとは必ずしもいえず、むしろ有病率は年々増加の傾向にある⁴⁾。医療制度の変化や老人医療費の制度改革など、医療機関の進歩にもかかわらず、近年、有病率の増加現象がみられる。このことは、わが国における寿命の伸びが必ずしも健康で健やかな長寿者の増加を意味しているものではないことを示唆している。

健康の保持増進には、栄養のバランスや嗜好品の管理、精神衛生上の安定などのほかに、適切な身体活動を維持することによる機能低下の抑制や肥満予防が重要であることはよく指摘されている。しかしながら、実際に東北農村部や東京都内在住者の肥満度や筋量の加齢変化を観察すると身体活動量が十分に維持されているとは考えにくい高齢者が数多くみうけられる。また、東北農村部住民では東京都内在住者に比較して加齢による著しい脚部筋量の低下が認められる³⁾ことから、日常生活、労働状態は都市部と農村部とは明らかに異なり、都市部よりも農村住民の身体活動量は相対的に低いことが考えられる。

そこで本研究では、最近開発されたテレメーター方式の装置²⁾を使用し、農作業中の酸素摂取量および心拍数を測定し、農村部住民の生活環境を知る一つの資料を得ることを目的とした。

測定方法

対 象

対象者は山形県K町在住の農業を営む36～42歳の男性6名、女性1名であった。対象者の身体的特徴を表1に示した。調査を実施するに際して、対象者には本研究の主旨を説明し測定協力の快諾を得た。対象者は全て専業農家であった。調査は農作業の中でも労働が過酷とされている稲作収穫期に行った。

心拍数の測定

心拍数の測定には、スポーツテスターPE-3000(キャノン社製)を用いた。対象者はこの装置を朝食後に胸部に装着し、夕方の作業終了時に装置を回収した。この装置は無線方式によって心拍数を記録するもので、電極ベルトを胸にまき、右手首に装着した時計型のレシーバーで心拍数を連続的に記憶させるシステムである。従って装置装着による作業への特別な影響はほとんどないものと考えられる。なお、測定当日の作業内容とその時間は各対象者に記録表に従って記入させた。

表1. 対象者の身体特性

対象者	性	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	測定項目
S. S	男	40	165	62	a
Y. S	男	36	174	73	a
I. F	男	35	174	74	a
S. C	女	38	158	52	a
S. Y	男	36	175	63	b
S. A	男	40	183	82	b
T. S	男	42	168	67	a, b
平均値		38.1	171.0	67.6	
標準偏差		2.4	7.5	9.1	

測定項目：a = 心拍数

(朝作業前から夕方作業終了まで)

b = 心拍数, 呼吸数, 換気量, 酸素摂取量

(稲刈り作業, 粃すり作業)

酸素摂取量の測定

農作業中の酸素摂取量の測定はテレメーター法によるK2システム(COSMED, イタリア)を用い実施した。このシステムは従来のダグラスバック法とは異なり、装置が小型で特別な負担を対象者に与えることがないため自然な作業中の測定が可能である(写真参照)。測定データはミニプリンターと液晶表示パネルがついた受信機に即時送られ、生体反応の変化を常に観察することができる。対象者には送信部の小型のユニット(400g)とバッテリーユニット(400g)を体幹部に固定し普段の農作業を実施させた。測定を行った作業はコンバインによる稲刈り作業であったが、一部籾すり作業(米の出荷作業)についても測定を行った。



K2システムによる酸素摂取量の測定

結果と考察

コンバインによる稲刈り作業中の心拍数の変化を図1～図5に示した。心拍数の変動範囲は対象者によって多少異なっていた。たとえば、対象者I. Fは、約60～約100拍/分とその変動範囲が最も小さく、ほとんどの時間が60～80拍/分であったのに対し、対象者S. Cでは、約70～150拍/分と最も大きい変動範囲を示し、全体的に100拍/分をこえている時間が多くみられた。他の3名では、約60, 70～130拍/分の変動範囲で、ほとんどの時間で80～100拍/分の心拍水準を記録した。作業内容が同一でないため各対象者を一律に比較することはできないが、対象者I. Fは、元長距離選手であったということから他の者より

も全体的に心拍数の水準が低く、変動範囲も小さかったのではないかと推察される。また、対象者S. Cの主な作業は、コンバインによる稲刈りの補助作業(コンバインが水田に入るため四隅を手で刈り取る作業)であった。このような手作業はコンバインの操縦が中心の作業に比べ作業負担が重いことが考えられる。

それぞれの主な作業中の平均心拍数を表2に示した。米の出荷作業は2名(S. SとY. S)が行っている。作業時間は、S. Sが80分、Y. Sでは150分で、平均心拍数は、約100拍/分であった(以下、作業時間は、対象者の後に記す)。籾すり作業では午前中2名(S. S:90分とI. F:90分)午後1名(Y. S:70分)が行っているが、心拍数は約74～86拍/分の範囲にあった。また、稲刈り作業では、午前(I. F:90分、S. C:123分、S. A:137分、T. S:95分)、午後(I. F:280分、S. C:90分、S. Y:112分、T. S:221分)とも4名ずつが行っているが、稲刈りの補助作業を行ったS. Cを除いた心拍数の範囲は、約70～90拍/分であり、補助作業のS. Cでは約90～110拍/分の範囲であった。

これまでに報告されている農作業中の作業強度^{5) 6)}は、人力による稲刈りや麦刈り作業が110～135拍/分であるのに対し、バインダーを使うと100～110拍/分、コンバインでは約80拍/分と報告されている。本研究のコンバインを使用している稲刈り作業中における値の約70～90拍/分は、この報告とほぼ同様の値となっている。さらに、1名ではあるが、補助的に稲刈りの手作業を行った者の作業中の値(約90～110拍/分)も、この報告の人力による稲刈り中の値と近似した値となっている。山地ら⁸⁾は主婦の家事労働中における心拍数を測定し、電気洗濯機使用による洗濯時の平均心拍数が75～95拍/分、食事の準備中、後かたづけ等が70～100拍/分と報告している。本研究で観察された農作業中の心拍数は、この様な一般生活における作業強度とほぼ同レベルの水準であった。

稲刈り作業中の酸素摂取量の変化を図6～図8および表3に示した。対象者3名(S. Y, S. A, T. S)の稲刈りの作業時間は、それぞれ

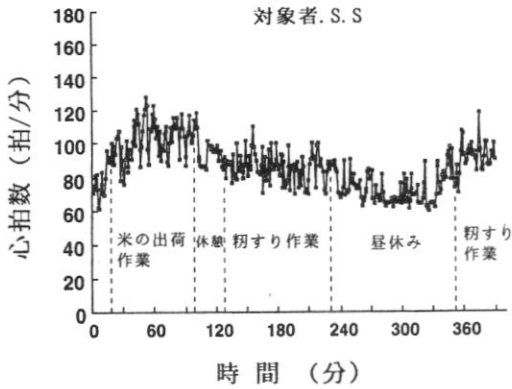


図1. 対象者にS. Sにおける朝の作業前から夕方の作業終了までの心拍数変動

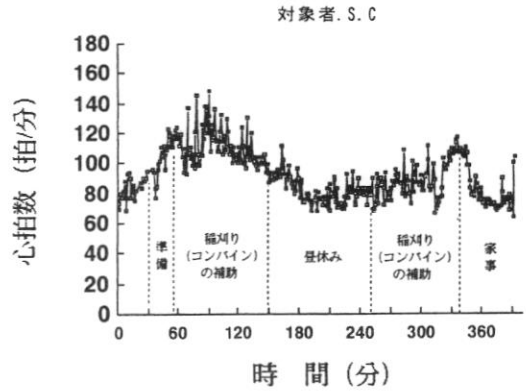


図4. 対象者にS. Cにおける朝の作業前から夕方の作業終了までの心拍数変動

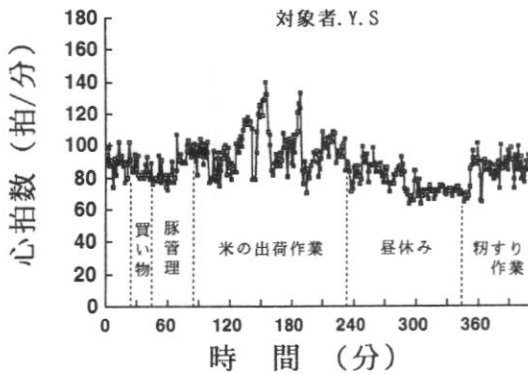


図2. 対象者にY. Sにおける朝の作業前から夕方の作業終了までの心拍数変動

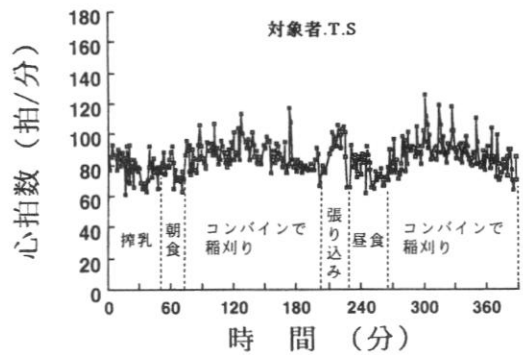


図5. 対象者にT. Sにおける朝の作業前から夕方の作業終了までの心拍数変動

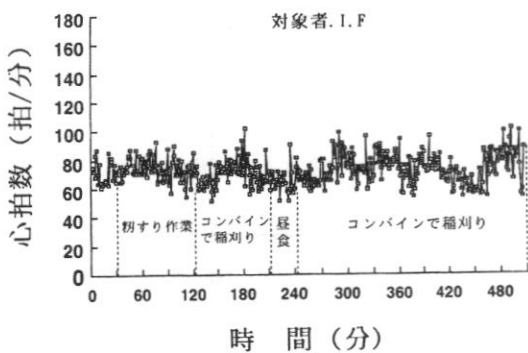


図3. 対象者I. Fにおける朝の作業前から夕方の作業終了までの心拍数変動

112分、137分、221分であった。酸素摂取水準は、約0.5~約0.81/分の範囲を示し、呼吸数では、約26~28回/分、換気量では、約18~271/分であった。図中の対象者S. AとT. Sの変動の中に所々急な上昇下降の様子がみられている。しかし、対象者S. Yには前2者に比べ大きな変動は認められていない。稲刈り作業は、3者ともコンバインを使用した座位姿勢による作業だが使用しているコンバインの性能に大きな違いがみられる。例えば、対象者S. Yのコンバインには自動制御装置がついており、稲の列を自動的に察知し列に沿って自動的に機械が動くようになっている。

さらに、刈り取った稲をコンバイン内に貯蔵でき、運転席から簡単な操作によって貯った稲を細長いパイプを介して他の場所に送ることができる

ようになっており、操縦者はコンバイン上で全ての作業を行うことが可能である。それに比べて他の2者のコンバインは、自動制御装置は備わっておらず、操縦には苦勞を要し、さらに刈り取った粃を入れるための袋をセットし、貯ると取り出し

車の荷台に積み、また袋をセットするといった手順を繰り返さなければならず、これらの作業のたび毎に降車しなければならない。したがって、所々にみられる急な上昇下降は、降車した際の諸作業による影響を示している。こういった農業機械

表2. 農作業別の作業時間および平均心拍数

()は標準偏差

対象者	米の出荷作業 午前		粃すり作業				稲刈り作業				昼休み	
	時間 (分)	心拍数 (拍/分)	時間 (分)	心拍数 (拍/分)	時間 (分)	心拍数 (拍/分)	時間 (分)	心拍数 (拍/分)	時間 (分)	心拍数 (拍/分)	時間 (分)	心拍数 (拍/分)
S. S	80	103.2 (11.3)	90	86.3 (8.5)	-	-	-	-	-	-	90	72.6 (8.5)
Y. S	150	97.5 (13.6)	-	-	70	86.7 (7.3)	-	-	-	-	110	77.2 (8.4)
I. F	-	-	90	74.0 (7.3)	-	-	90	70.5 (8.7)	280	73.6 (10.4)	30	64.7 (7.6)
S. C	-	-	-	-	-	-	123	110.9 (12.0)	90	89.8 (12.7)	95	82.4 (8.8)
S. Y	-	-	-	-	-	-	-	-	112	87.9 (7.0)	-	-
S. A	-	-	-	-	-	-	137	99.3 (13.6)	-	-	-	-
T. S	-	-	-	-	-	-	95	86.9 (8.5)	221	88.2 (10.5)	51	76.9 (8.2)

表3. 稲刈り, 粃すり作業における酸素摂取量などの平坦地

	稲刈り作業			粃すり作業
	S. A	T. S	S. Y	S. Y
作業時間 (分)	137	221	112	172.5
呼吸数 (回/分)	26.0 (5.4)	28.2 (3.4)	25.6 (2.4)	27.0 (3.1)
換気量 (l/分)	25.6 (7.7)	27.1 (5.2)	18.3 (4.8)	25.2 (6.1)
酸素摂取量 (l/分)	0.85 (0.34)	0.77 (0.23)	0.46 (0.17)	0.71 (0.23)

()は標準偏差

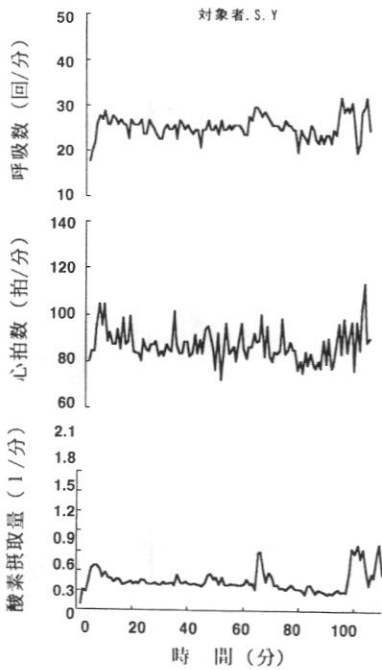


図6. 対象者S. Yにおける稲刈り作業中の酸素摂取量, 心拍数および呼吸数

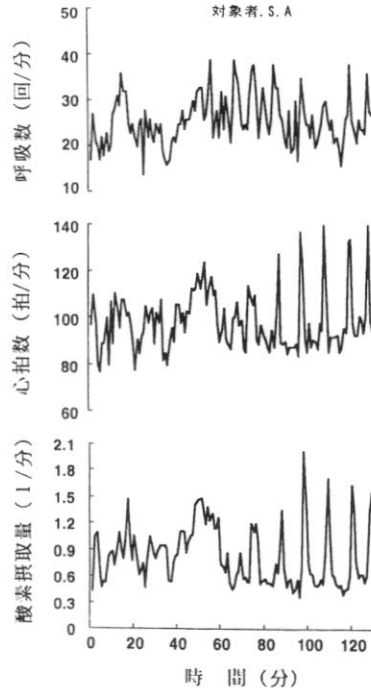


図7 対象者S. Yにおける稲刈り作業中の酸素摂取量, 心拍数および呼吸数

における性能の差が作業負担に微妙に影響を及ぼしていることは興味深い点である。

次に、対象者S. Yが倉庫での粃すり作業を行っている時の酸素摂取量と心拍数の変化を図9および表3に示した。コンバインによる稲刈りに比べ粃すり作業は種々の作業行程があるため測定の間隔を30秒毎とした。粃すり作業は刈り取った粃米を乾燥させ、粃を取り除き、選別・袋詰めする一連の作業である。この時の作業時間は173.5分であったが、途中休憩を約30分ほど取ったためその間の酸素摂取量の測定は行わなかった。粃すり作業中の測定値の変動をみると、呼吸数では、20～35回/分、心拍数は約70～120拍/分であり、酸素摂取量では、約0.3～1.71/分の範囲であった。また、休憩時間を除いた作業中の平均値は、呼吸数が26.0回/分、換気量が25.21/分で、心拍数は85.8拍/分、酸素摂取量は0.711/分であった。対象者S. Yは粃すり作業と稲刈り作業の両作業について測定を行っている。そこで両作業中の平均値と比較してみると、コンバインによる稲刈り作業に比べて、粃すり作業は換気量で約38

%、酸素摂取量で約45%大きい値を示した。今回測定した稲作収穫期における農作業（稲刈り、粃すり）中の心拍数は70～100拍/分の水準、酸素摂取量は0.5～0.81/分の範囲であり、生体に与える負担は非常に軽いものであった。

アメリカスポーツ医学会（ACSM）¹⁾では、健康な一般成人に関する呼吸循環系のフィットネス、身体組成および筋力と筋持久力の維持増進のためのトレーニングについての見解として、トレーニング強度は、最大心拍数の60～90%か最大酸素摂取量あるいは予備最大心拍数（heart rate reserve）の50～85%で連続的な有酸素運動を20～60分行うことを勧めている。山地²⁾は、これまでの生理学的な研究報告を総合してみると、一般成人では最低負荷強度が最大心拍数の70%（130拍/分）で40分間は続けなければならないと報告している。

これらのことを考え合わせると、本研究の農作業中の作業強度については、1日の農作業に費やす時間は相当に多いものの、作業強度の面からみると健康や体力の保持増進のためには充分ではな

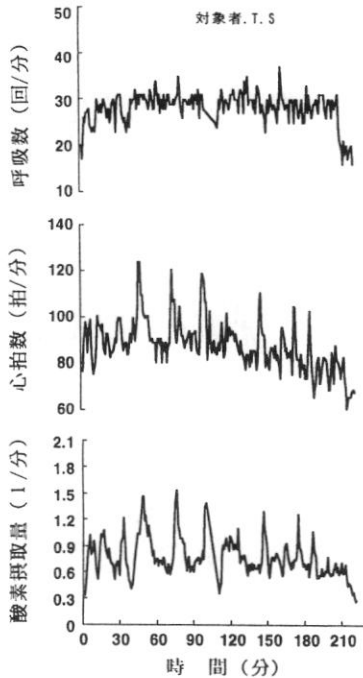


図8 対象者T. Sにおける稲刈り作業中の酸素摂取量, 心拍数および呼吸数

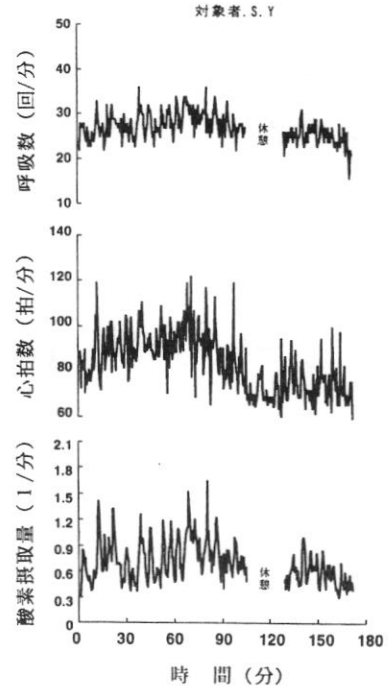


図9. 対象者S. Yにおける粃すり作業中の酸素摂取量, 心拍数および呼吸数

く, 作業形態のかたよりの解消を含めたスポーツ活動などの必要性を示唆しているものといえよう。

要 約

農業を営む36~42歳の男性6名, 女性1名を対象に農作業中の酸素摂取量および心拍数を測定した。酸素摂取量の測定には, 最近開発されたテレメーター方式の装置(K2システム)を用い, 心拍数の測定は, スポーツテスターPE-3000(キャノン社製)を用いた。得られた結果は, 以下の通りである。

- 1) 米の出荷作業中の平均心拍数は, 約100拍/分であり, 粃すり作業では約74~86拍/分の範囲を示した。コンバインを使用しての稲刈り作業中における平均心拍数は, 約70~90拍/分の水準であった。対象者1名の補助的な稲刈りの手作業中の値は, 約90~110拍/分であった。
- 2) 男子3名を対象とした稲刈り作業中の酸素摂取水準は, 約0.5~約0.81/分の範囲を示し, 呼吸数では, 約26~28回/分, 換気量では, 約18~27l/分であった。

- 3) 対象者1名の倉庫での粃すり作業中の呼吸数では, 20~35回/分, 心拍数は約70~120拍/分であり, 酸素摂取量では, 約0.3~1.7l/分の範囲であった。作業中の平均値は, 呼吸数が26.0回/分, 換気量が25.2l/分で, 心拍数は85.8拍/分, 酸素摂取量は0.71l/分であった。本研究の稲作収穫期における農作業中の作業強度について検討した結果, 作業強度の面からみると健康や体力の保持増進のためには充分ではなく, 積極的なスポーツ活動などの必要性が示唆された。

謝 辞

本研究は山形県川西町が実施している「川西町民しあわせ健康づくり調査研究事業」の一環として行われた調査である。本調査研究事業は湊谷昭夫委員長(川西町立病院長), 福永哲夫(東京大学教授), 川原 貴(東京大学助教授), 佐野裕司(東京大学助手), 安部 孝(東京大学助手), 遠藤 淳(米沢保健所長), 山田昌弘(川西町立病院外科医長), 菊池茂男(菊池病院長), 黒沢 眞(黒沢病院長), 船山敏昭(船山歯科医院

長), 長沢晴雄(川西町役場保健福祉課長)各常任委員, および16名の調査検討委員の協力によって調査研究事業が進められている。本研究を実施するにあたり御協力いただいた各先生方に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) American College of Sports Medicine Position Stand: The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness in Healthy Adults., Med. Sci. Sports Exercise. 22(2), 1990.
- 2) 福永哲夫, 川上泰雄, 野崎大地, 松尾彰文: テレメーター法による酸素摂取量の測定の精度の検討, 日本人間工学会, 関東支部大会抄録, pp.116-117, 1990.
- 3) 川西町・川西町民しあわせ健康づくり調査研究事業: 川西町の健康づくりに関する報告—平成2年度調査について—, 1991.
- 4) 国民の衛生の動向・厚生指標臨時増刊・第37巻第9号・通巻576号, (財)厚生統計協会, 1990.
- 5) 沼尻幸吉: 農作業の労働負担, 労働科学 51(10): 577~588, 1975.
- 6) Nyunt-Khin, Hla-Win, and Tin-May-Than. Energy expenditure in agricultural activities in Burma. Union of Burma Journal of Life Sciences. 1:359-363, 1968.
- 7) 山地啓司: 運動処方のための心拍数の科学, 大修館書店, 1981.
- 8) 山地啓司, 沖志津子, 北村潔和: 心拍数からみた主婦の日常生活での身体活動量(強度)~その事例的研究~, 富山大学教育学部紀要, 29: 15~21, 1981.