

施設生産における作業労働の実態と改善策

鶴 崎 孝

国立大学法人 愛媛大学農学部

Actual Circumstances and Improvement of Farm Labor in Greenhouse Production

Takashi TSURUSAKI

National University Corporation Ehime University, Faculty of Agriculture

キーワード：施設生産，作業労働，作業姿勢，温熱環境，身体負担

1 はじめに

1.1 施設概念

生産管理の合理化を進める際、その基本条件の一つとして作業の改善が上げられる。この原則論に従って、農業生産における多くの作業は機械・施設化への努力がなされている。

柏 (1966)¹⁾は、人間の労働は技術をもってなされる労働であるという。その技術は、まず身体的な操作の巧緻 (うまさ) の面に現れ、また労働の技術的手段の製作、使用の面に出てくる、さらに労働する人と人の組み合わせの面に現れて、それぞれ重要な役割を演ずると説いている。すなわち、人と物との関係を含んだ人と人との関係であるといわれる。ここでいう技術的手段は、それを用いることによって労働の成果を著しく高めることができ、一般に道具や機械、さらに容器、装置、施設などを考えている。このうち施設は、施設化することによって生産労働全体の能率を高め、生産結果を大ならしめて、その作用の及ぶところが広く場的な意味をもつものとしている。

一方、森野ら (1969)²⁾は農業施設について、「建物を伴う農業生産の場である」と定義して、場とは単なる場所ではなく、各種機械・設備を備えて生産機能の整った空間を意味するとしている。また、農業生産には農業機械の整備や肥料・農薬の保管・貯蔵などのような間接的な生産行為も含めている。これに関連して相原 (1987)³⁾は、多種多様な農業施設には共通する基本的な機能が二つあるとして、自然環境を生産、調製、貯蔵などに適する環境に調節する機能と、生産、調製、貯蔵、出荷などにおける各種作業を能率化する機能を上げている。その例として、温室は環境調節機能が高められているのに対して作業能率化機能は低い、一方、果実の出荷施設は作

業能率化機能が充実しているのに対して環境調節機能は作業者の暑さ・寒さを緩和する程度であるとしている。

これら施設についての考え方には、生産の基本的要因である場・物・人が共通してみられ、作業の関連要因としての施設は、作業者の働きを一層効果的ならしめる技術的手段として考えることができる。一般的に技術水準が高くなると、技術的手段の使用がますます多くなって、人間の直接労働は監視や補助するだけの副次的労働で足りることになり、それは多分に場所的なもの、施設的な技術的手段が重要性を増すといわれる。まさに今日、農業生産・流通施設において自動制御の装置、施設などが多く見られるのはそれである。

1.2 施設と作業

施設は、農業経営の合理化という観点にたてば、それによる生産性の向上および農業労働の節約、関連する作業の改善が目的となるわけで、中でも管理の容易さ、作業の能率化、作業環境の快適化などが求められる。すなわち農業生産を通して、いかに生産効率を高めうるか、また、いかに人間労働の軽減を図りうるかという両面からの配慮が必要となる。

1.2.1 施設および付帯設備の配置と作業

施設の配置は、施設利用のうえで重要な意味がある。坂本 (1990)⁴⁾は、生産管理における建物および設備の配置計画に関する要項を示すなかで、作業と密接な関係がある事項として、a. 建物などは生産工程の順にしたがって配置され、その経路は最短距離であること、b. 原料ならびに生産物の搬入、搬出に対する道路条件および交通条件を考慮し、運搬に便利であること、をあげている。また、施設に付帯する設備の配置は、定められた生産物の品質、数量、期間などを考慮して生産、調製・加工、貯蔵、出荷などが円滑に行われるように作業場、

装置・機械、資材などが合理的に備えられる必要があり、作業に関しては次の諸点を留意すべきであるとしている。

- a. 生産工程は、むり、むら、むだ、を省く
- b. 使用頻度の高い設備から重点的に配置する
- c. 作業者の移動距離を短くし、むだな労力を省く
- d. 運搬の距離や回数を少なくする
- e. 安全な作業ができるように環境の整備をする

すなわち、これらは生産が能率良く行われ、作業者の身体負担が軽く、作業環境が快適であることが基本となる。

1.2.2 施設と作業工程

施設における作業工程は、生産管理でいうところの工程管理に属し、作業方法および作業時間の研究において検討されるが、さらに細分化して工程分析、動作分析される。農産物や畜産物は調製、加工、貯蔵、検査、出荷などの生産工程を流れることになり、主に次の項目に沿って工程分析するのが望ましいと考える。

- a. 工 程：工程の全てが必要か、省略できる工程はないか
- b. 作 業 者：なぜその作業か、他に適任者はいないか
- c. 作 業 場：なぜその場所か、他に適した場所はないか
- d. 工程順序：なぜその順序か、他に適切な順序はないか
- e. 作業方法：なぜその方法か、他に適当な方法はないか

これらと共に原材料の検討、機械の改良、運搬方法の変更などについても検討される。この工程において予測される作業方法は流れ作業で、機械、設備、人員を作業工程の順に配列して、生産を一定の流れで進ませる。ここでは作業時間をほぼ一定にして流れを単純な直線形にする、また指導・調整・交替の要因を適切に配置するなどの考慮が必要となる。

2 施設生産における作業労働と身体負担

橋本ら (1973)⁵⁾は生体機能の見方について述べるなかで、一般に人間工学では、人間のもつ形態的な特異性を道具、機械、施設等との対面の中に取り入れるために、身体各部の寸法を計測して、それら技術的手段からの情報の受け取りや、それらの操作性を助けるということをする、人間の主観（フィーリング）による評価を通して、技術的手段の使い易さとか、身体への適合性を判定しようとする、人間に与える影響を、人間の生体機能の変化という物差しによって判定する生理学の考え方が重要な手法になるとしている。主な生体機能として呼吸量、心拍数、エネルギー代謝量、筋電図、フリッカー値、血圧、脳波などをあげると共に、これらの一般的な性質には個人差、日周期変動、生活条件の影響、時間変動があると

述べている。

2.1 歩行・運搬と身体負担

歩行は、人間の最も基本的な動作で農作業にも多く含まれる。門田 (1961)⁶⁾は作業通路における自由歩行のエネルギー代謝率 (RMR) について、上りは、平坦面から傾斜面へ勾配が急になるに従い大きくなる。急勾配になって歩行速度が低下するとRMRの増す割合は小さくなる。下りは、5～10度のときに最小で、勾配が急になるに従ってやや大きくなる。歩行の労働強度は、傾斜面が平坦面に比較して上りで2～3倍、下りで0.9～1.3倍になるとしている。

一方、人力による運搬では、作業通路、農道など施設の整備に伴う運搬機械、運搬車の普及で短距離のかかえ運搬のウエイトが大きくなっている。図1 (鶴崎1983)⁷⁾は自由歩行・かかえ運搬のRMRで、上りは、平坦面から傾斜面へ勾配が急になるに従い、また重量が増すにつれて大きくなる。歩行速度は緩勾配のとき60～80m/minでほぼ経済速度とみられるが、15度になるとかなり減速する。下りは、勾配が5度のときに最小で、歩行速度は80～88m/minと速い。15度になると速度が低下し、RMRは再び大きくなる。人力運搬の労働強度は、歩行に比べて身体負担が一層大きくなり、傾斜面は平坦面に比較して上りで2～5倍、下りで0.8～3.3倍になるとしている。

2.2 作業姿勢と身体負担

農作業の多くは機械・施設化が進み、人力労働の大半は軽減される方向にある。しかし、依然として無理な姿勢を必要とする作業が残存し、作業者の身体負担を大きくする要因となっている。鶴崎ら (1997)⁸⁾は、施設および付帯設備の作業面高さや身体負担の関係をみる場合、その高さは個人差を小さくするために作業者の身長比 (棚高さ/身長) を求めて作業者別に設定し、実験を行っている。

図2は模擬栽培棚の針金結び・はずし作業における作業能率であり、針金はずし作業が高能率である。棚高さ

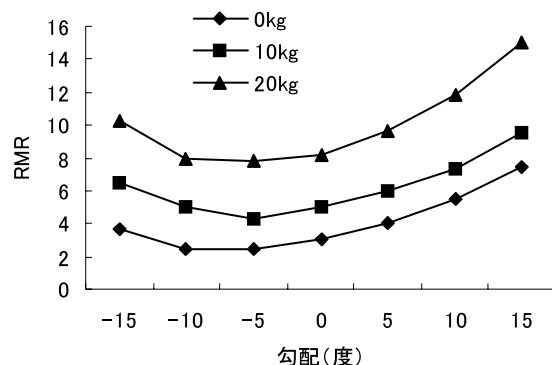


図1 かかえ運搬の重量別、勾配別のRMR

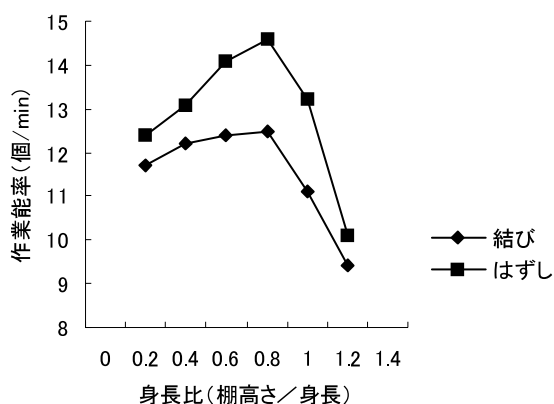


図2 棚作業における高さ(身長比)と作業能率

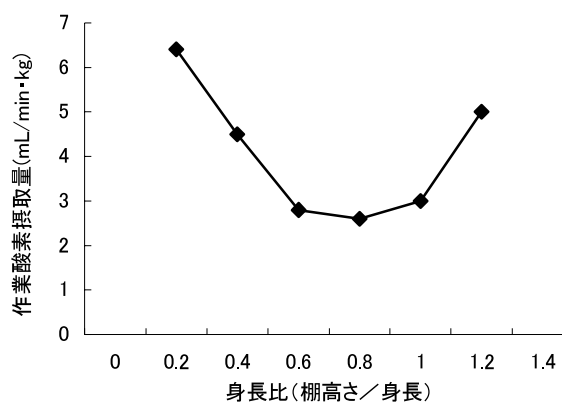


図3 棚作業における高さ(身長比)と酸素摂取量

別では、身長比が0.6~0.8における自然姿勢での立位・対面作業(中位)の能率が良く、身長比が0.40以下および1.15以上の自然姿勢でのしゃがみ(低位)および背伸び(高位)作業の能率が悪くなっている。次に、図3は棚作業の酸素摂取量で、身長比が0.6~0.8の自然姿勢、立位の対面作業で少なく、その比が0.40以下、1.15以上の自然姿勢でのしゃがみ、背伸び作業で多い。なお、身長比が0.6~0.8における拘束姿勢の中腰作業(浅、深)では酸素摂取量が著しく多くなる。これらより姿勢を異にする作業の身体負担は自由な自然姿勢で軽く、無理な自然姿勢および拘束姿勢で重くなっている。

2.3 温熱環境と身体負担

施設生産に関わる作業員に対して施設内環境を良好に保つための要素は、主に温熱環境と空気の状態であるといわれる。土居(1988)⁹⁾は、園芸ハウス内の温熱環境が身体負担にかなりの影響を及ぼしているとし、瀬能(1978)¹⁰⁾はライスセンタ施設内の粉塵濃度が全体的に環境基準を上回ることがあるとしている。前者において、ハウスによる周年栽培は環境条件を作物に合わせるため高温・高湿となることが多く、作業員には快適な環境といえないのが実状である。栽培管理作業は身体負担の小

さい軽作業が多いが、作業場の温熱環境が作業員に影響を与え、全体として負担は大きいものになっている。

土居は無風条件下での実験において、気温(℃)と相対湿度(%)からミスナールの式を用いて体感温度(℃)を求め、一方、安静・作業・回復時の心拍数を測定し、両者の関係を考察している。

図4において、安静時の心拍数は体感温度が8~20℃の間では65~72拍/minとほぼ一定であるが、20~34℃へ上昇するに従って平均75~95拍/minへ増加し、至適温度といわれる20℃前後を境界にして変化度も大きくなり、温熱の影響がみられる。同様に、かかえ運搬作業時の心拍数についても、体感温度が8℃と34℃の場合は前者に対して後者が約1.7倍多くなり、運搬量が3kgと12kgにおいては後者が約10~25%増となり、温熱および作業負荷の影響があることを述べている。

3 施設生産における作業労働の改善

農業施設は労働の技術的手段であり、場所的な意味を持っているとするならば、農業構造改善事業や農業振興地域整備法という農業近代化施設(農業生産・流通加工施設など)のほかに広く農道、灌漑排水施設、農用貯水池などを含めて考えることができる。

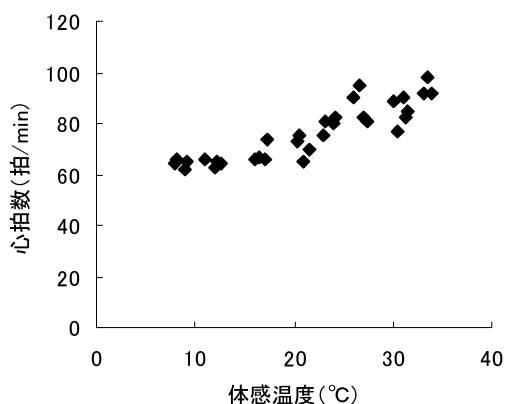


図4 園芸ハウスにおける体感温度と心拍数(安静時)

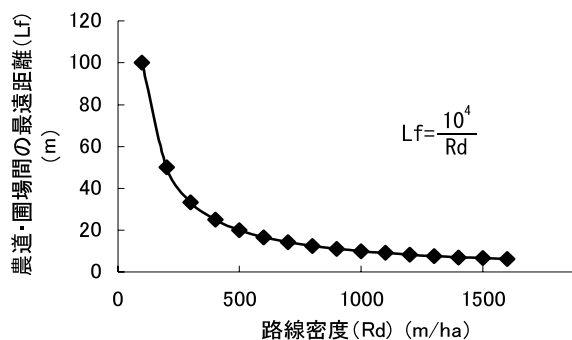


図5 路線密度と農道・圃場間の距離

3.1 農道など施設と運搬作業

農道を施設とみれば、それは恒久的で受益面積が広く、しかも運搬作業の省力化、機械化だけでなく他のあらゆる作業の合理化に役立つとされる。鶴崎 (1983)⁷⁾は図5に農道網モデル ($Lf=10^4/Rd$) を示して、農道密度 ($Rd, m/ha$) の大, 小は農道・圃場間の最遠距離 (Lf, m) の長, 短を左右するとし、この最遠距離は主に人力運搬を必要とする作業距離となるので、これを短縮するためには農道を増設・延長して、密度を高めるべきであると述べている。

果樹園作業道の例では、農道密度を270m/haから1,320m/haに高めて歩行型クローラ運搬車の利用を可能にすると共に、作業道から圃場までの人力運搬距離を約37mから約8mに短縮して、労働軽減で効果を上げている。また、農道の補完施設となる農用モノレールは圃場と農道および集荷施設などをレールで連絡して、そのラインを挟んだ面の運搬を可能にし、人力運搬の作業内容を改善すると共に運搬能率が人力の約3~7倍高くなり、特に傾斜地で能力を発揮するとしている。

3.2 高設培地、可動式棚など施設と管理作業

イチゴ栽培は、従来の平地土耕式から高設培地式に変わり、作業姿勢の改善が行われて管理作業の高能率化および身体負担の軽減化で効果を上げている。鶴崎ら (1999)¹¹⁾は両栽培方法の主作業である収穫、摘葉・摘果について調査・実験した。表1から、作業時心拍数(増加率)は常に立位・対面姿勢で作業ができる高設培地式が121%, 115%で、しゃがみ姿勢が多い平地土耕式の131%, 124%に比べて小さかった。同様に表2で、酸素摂取量は高設式が土耕式に比較して各作業において少なかった。これよりMets (猪飼1976)¹²⁾を求めると高設式が収穫2.1, 摘葉・摘果1.8で、土耕式の各々2.5, 2.7より小さかった。すなわち、前者の立位・対面姿勢の作業が後者のしゃがみ姿勢に比べて身体負担が軽いと考えられ、これは前述(図3)の身長比と酸素摂取量の関係においても明白となる。

また、ブドウ栽培は水平棚仕立て整枝法(T字型)が多くを占めるが、その管理作業を楽な姿勢で行うことを目的として可動式棚(T~Y字型)が開発された。鶴崎ら (1994)¹³⁾はハウスのブドウ栽培で誘引、整房、摘粒、

表1 イチゴ栽培の収穫、摘葉・摘果作業の心拍数

作業区分	時間(min)		心拍数(拍/min)			増加率	作業能率など	
	作業 Tw	回復 Tr	安静	作業	回復	%		
			R	W	Wr			W/R
収 穫	平地土耕	20	10	72	94	86	131	28個/min
	高設培地	20	10	72	87	80	121	36個/min
摘葉・果	平地土耕	20	10	72	89	82	124	
	高設培地	20	10	72	83	76	115	

表2 イチゴ栽培の収穫、摘葉・摘果作業の酸素摂取量

作業区分	時間(min)		酸素量(ml/min)			Mets	作業能率など	
	作業 Tw	回復 Tr	安静	作業	回復			
			R	W	Wr			
収 穫	平地土耕	20	10	246	584	328	2.5	28個/min
	高設培地	20	10	246	511	255	2.1	36個/min
摘葉・果	平地土耕	20	10	246	552	365	2.7	
	高設培地	20	10	246	364	318	1.8	

※ Mets = $\{(W \cdot tw) + (Wr - R) \cdot tr\} / (R \cdot tw)$

表3 ブドウ栽培の棚作業における酸素摂取量

作業区分	時間(min)		酸素量(ml/min)			Mets	RMR		作業能率など
	作業	回復	安静	作業	回復				
誘 引	平 棚	30	10	230	524	264	2.3	1.5	3.1(本/min), 169(ml/min)/(本/min)
	可動棚	30	10	242	501	269	2.1	1.3	7.9 ♪, 63 ♪
整 房	平 棚	30	10	249	438	270	1.8	0.9	4.5(房/min), 97(ml/min)/(房/min)
	可動棚	30	10	260	379	294	1.5	0.6	5.0 ♪, 76 ♪
摘 粒	平 棚	30	10	232	355	246	1.6	0.6	1.5(房/min), 237(ml/min)/(房/min)
	可動棚	30	10	241	354	251	1.5	0.6	2.4 ♪, 148 ♪
袋かけ	平 棚	30	10	252	550	454	2.5	1.7	5.3(房/min), 104(ml/min)/(房/min)
	可動棚	30	10	252	494	308	2.0	1.2	6.0 ♪, 82 ♪

※Mets=作業代謝量/安静代謝量

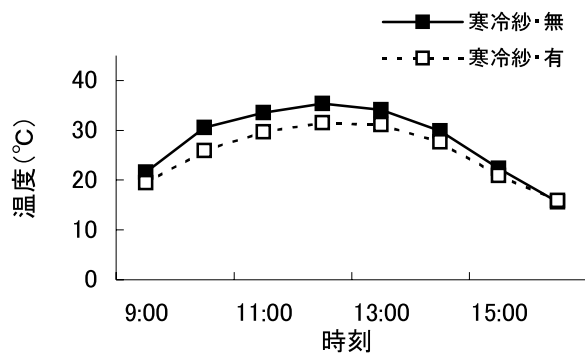


図6 寒冷紗(有無)別ハウス内温度
(鶴崎ら, 2004)

袋かけ作業を調査した。表3において、可動棚は平棚に比べて作業能率が全体的に高く、酸素摂取量が少ないことを示すとともに、Mets, RMRおよび単位能率当たり酸素摂取量も小さいとしている。可動棚は作業時にブドウ枝の角度を上向き30度にするため、各作業が立位、対面位の自然体で楽に行え、身体負担を軽くしている。一方、平棚は棚下、平均 $h=1.65\text{m}$ の空間で身体($H=1.70\text{m}$)を屈めて、中腰の上向き作業を必要とし、負担が重くなっている。

3.3 寒冷紗・送風機利用および冷電法施用と管理作業

生活や作業のために最も適切な環境温度を至適温度といい、一般に気温が低いときは代謝量が大きく、高いときは脈拍数、呼吸数が増加し、発汗が活発となり、体温調節機能が作用するといわれる。また、肉体的負担の大きい作業に従事しているときは、事務作業などの精神的負荷のある作業に比較して環境温度がやや低い方が快適に感じられると、長町(1996)¹⁴⁾は述べている。一方では、人間は人体外部の環境と関係しあって、それに応じて生体内の生理機能を調節して生命の維持を可能にする、また徐々に適応が形成されて一定の期間持続し、多くの環境要因の変化に適応して順化するとされる。

3.3.1 寒冷紗の利用

図6は、ハウスを寒冷紗(遮光率50%)によって遮光した場合のハウス内温度の変化(事例)である¹⁵⁾。被覆の有・無による温度差がみられ、その大きい時間帯は10時~13時で約5°Cの差があった。すなわち、温度30~35°Cの場合、寒冷紗によって25~30°Cに緩和され、ハウスの高温化を抑えることができた。

図7は、温度別(t1~t4)の踏台昇降回数と酸素摂取量の関係である¹⁵⁾。酸素摂取量は作業負荷である昇降回数が増すに従って多くなると共に、至適温度に近い環境(t1)から高温環境になるにつれて多くなった。ハウスにおける作業者の身体負担を軽減するためには、寒冷紗の利用による低温化が効果的であると考えられる。

3.3.2 送風機の利用

図8は、ハウス内の温度別に被験者へ扇風機で送風し

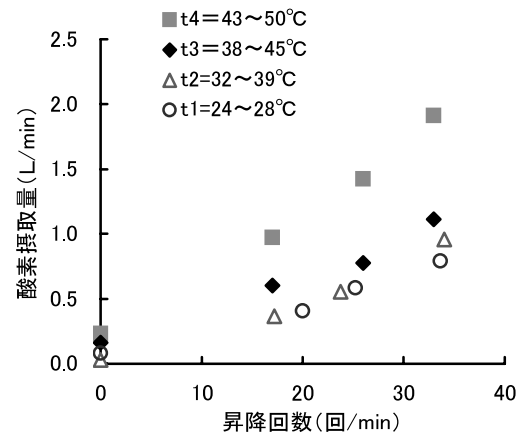


図7 温度別の踏台昇降回数と酸素摂取量
(鶴崎ら, 2004)

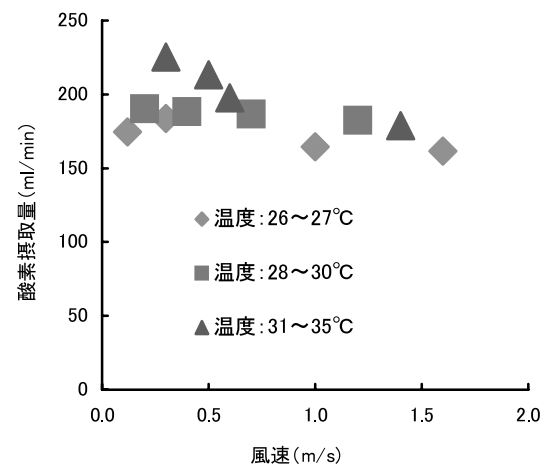


図8 温度別の風速と酸素摂取量
(鶴崎ら, 2004)

た場合の安静時酸素摂取量である¹⁵⁾。酸素摂取量は風速の高い範囲(1.0~1.5m/sec)の各温度で、僅かではあるが減少する傾向がみられた。反対に風速が低い場合(0.5m/sec前後)は、高い温度において酸素摂取量が多くなった。高温環境で適度の送風は身体負担を軽減する効果があると考えられる。

3.3.3 冷電法の施行

身体の局所冷電法は体表面近くに動脈が通じている頸部、両腋か、両鼠けい部などを冷やすことにより、身体の快適化を促すことを目的としている。鶴崎ら(2004)¹⁶⁾は高温環境下で作業者に保冷ベルト(冷布)を装着し、頸部冷電について実験を行った。

図9は、温度と安静時の酸素摂取量で、頸部に冷電法を施行すると至適温度とされる20°C前後の低温時および高温時の酸素摂取量が少なかった。40~42°C区では冷電法による効果が顕著であり、同時に試行した温電法は11~13°C区で効果がみられ、各々、酸素摂取量の増加を抑えることが明らかになった。

図10, 図11は、踏台昇降運動時の冷布の有無別、昇降

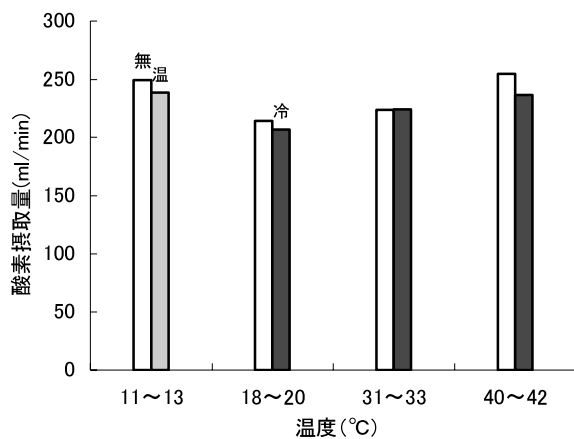


図9 温度と安静時の酸素摂取量

回数と心拍数、酸素摂取量の関係である。作業負荷すなわち昇降回数の増加に伴って心拍数、酸素摂取量ともに増加した。冷布の装着は、心拍数では安静時が約1%の減少であるのに対して、作業時は平均6%減少した。また酸素摂取量では安静時が約3%の減少で、作業時は平均7.5%減少し、各々、冷罨法の効果がみられ、それは作業時に顕著であり、身体負担の軽減に効果があると考えられる。

4 おわりに

(1)人類が自然を克服し、利用していく過程は道具を目的に合うように開発し、使用していく過程であるといわれる。道具や機械などの労働技術的手段は、広く容器、装置、施設なども含めて考えられ、人間労働の成果を著しく高めている。

(2)農業においても多くの作業は機械・施設化されて人間労働の大半が軽減されている。歩行・運搬を伴う作業は高性能な農業機械・施設によって比較的早く省力化されてきたが、無理な姿勢の作業や快適にはほど遠い作業環境が残り、作業者の身体負担を大きくしている¹⁷⁾。

(3)今回の施設生産における作業労働の実態と改善策は一つの事例であり、主に歩行・運搬、作業姿勢、温熱環境の視点から調査・実験に基づいて述べたもので、これらを総合的に捉えて対処すべきであると考えられ、また今後の研究課題でもあると思われる。

(4)人間の生産活動は労働の展開であり、その場合の労働は技術的労働であるとされる。その中で、農業も技術の発展と密接に結びついて存在し、技術の発展が農業の在り方を決定することになり、また農業の発展は技術の在り方を規定するとされる。すなわち、農業の発展的な姿は技術の展開と不離の関係にあり、科学技術研究の絶え間ない進展が望まれる。

(5)人間を含めた生物の生存環境の中で、生産の基本的要因である場・物・人が共通に存在し、相互に関連し合う農業生産では施設学・労働科学を包括して生産管理技

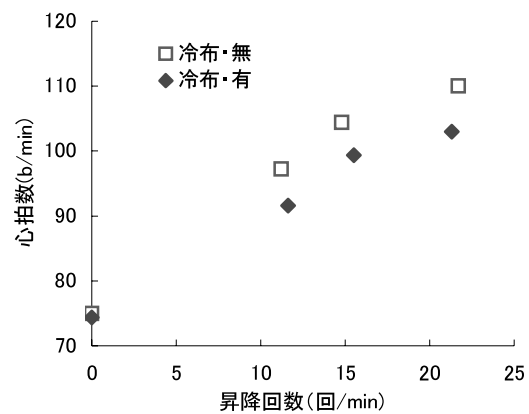


図10 踏台昇降における心拍数

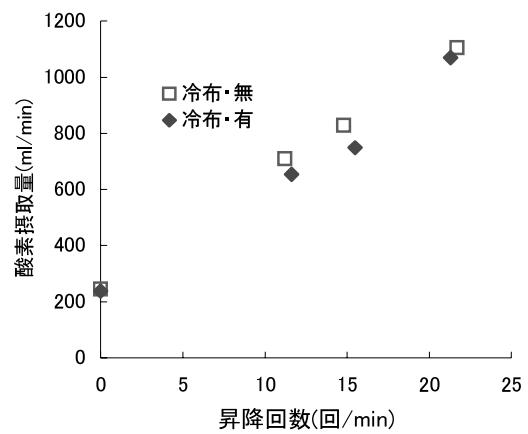


図11 踏台昇降における酸素摂取量

術の基礎となる一連の学問体系をもつ管理工学の応用が必要であると思われる。

摘要

研究の方向として問題点の指摘とその解決を上げ、施設生産における作業労働の実態と改善に関する人間工学的な事例研究の成果を概説した。人間労働は主に、歩行・運搬と作業姿勢、そして周囲の環境に左右されることに注目し、前者では傾斜地での人力運搬が厳しいこと、中者では低位・高位姿勢および拘束姿勢が低能率で身体負担の大きいこと、さらに後者では至適温度(20℃前後)を越える高温下で身体負担が増すこと、等々を明示して検討した。それぞれ改善の方向は、農道・作業通路の設置と運搬機械・車の利用並びに高設培地や可動式棚等の導入、さらに寒冷紗・送風機の利用と冷罨法の施行などが肝要であると提示し、これらは作業労働における身体負担の軽減に効果があると考察した。すなわち農業生産を通して、いかに生産効率を高めうるか、また、いかに人間労働の軽減を図りうるかという両面からの配慮が必要となる。

引用文献

- 1) 柏祐賢. 1966. 農学原論. 養賢堂: 216-285

- 2) 森野一高・矢吹万寿・堂腰純・細川明・相原良安. 1969. 農業施設学. 朝倉書店：1-3
- 3) 相原良安. 1987. 農業の近代化と農業施設. 農業施設. 18：1-3
- 4) 坂本碩也. 1990. 生産管理入門. 理工学社：1-78
- 5) 橋本邦衛・遠藤敏夫. 1973. 生体機能の見方—人間工学への応用—. 人間と技術社：3-18
- 6) 門田協之介. 1961. 急傾斜農業地帯における運搬労働とその合理化に関する研究. 愛媛大学紀要. 6：37-77
- 7) 鶴崎孝. 1983. 急傾斜カンキツ園における運搬労働, 特にモノレール車運搬に関する研究. 愛媛大学農学部紀要. 28：60-68. 113-120
- 8) 鶴崎孝・山下淳・Dorji SANGAY・久枝和昇. 1997. 栽培棚作業における姿勢と身体負担. 農業機械学会講演要旨：277-278
- 9) 土居栄城. 1988. 作業環境条件が生体負担に与える影響. 高知大学農学部附属システム園芸実験施設研究報告. 5：127-136
- 10) 瀬能誠之. 1978. 農業施設の配置計画に関する研究. 農業施設. 9：10-18
- 11) 鶴崎孝・山下淳・竹下由紀・大館正教・松本陽子・松田文枝. 1999. 農作業姿勢と身体負担—いちご栽培の省力化—. 農作業研究. 34(別号1)：33-34
- 12) 猪飼道夫. 1976. 身体運動の生理学. 杏林書院：286-294
- 13) 鶴崎孝・長谷川繁樹・小笠原静夫・赤田悟・白井賢志. 1994. 可動式ブドウ棚における管理作業の身体負担. 農作業研究. 29(別号1)：42-43
- 14) 長町三生. 1996. 現代の人間工学. 朝倉書店：112-117
- 15) 鶴崎孝・岡本直洋・岩田明子・岡本祥子・長崎裕司. 2004. 園芸ハウスにおける高温環境と作業者の身体負担に関する研究. 農業機械学会関西支部報. 95：42-45
- 16) 鶴崎孝・岡本直洋・岩田明子・岡本祥子・寺橋篤子. 2004. 園芸ハウスの高温作業における冷罨法と身体反応. 農作業研究. 39(別号1)：97-98
- 17) 日本農作業学会編. 2003. 農作業学. 農林統計協会：163-173