

農薬散布防除衣の研究 (第2報)

—透湿性の異なる2種の防除衣着用時の衣内温湿度の変動—

林 千穂・入来朋子・中山竹美

I 緒言

著者らはこれまでに様々な環境の温熱条件に適応した着衣の気候調節について研究を重ねてきたが、とくに近年は、作業環境の多様化により、生体の温熱的不適応や作業着の性能の不適応による健康障害が問題となっている当地の地場産業における農作業衣について、検討を重ねている¹⁾²⁾。

本報では、前報¹⁾にひきつづき、リンゴの果樹栽培における農薬散布防除衣について、作業着への生理的負担の軽減をはかるための着用性能の改善を目的として、防除衣着用時の衣内温湿度の変動を中心に、さらに詳細な検証を試みた。

リンゴの果樹栽培においては、7月から8月にかけて、夏季に集中的に農薬散布を行うことが不可欠となっているが、この際、農薬の吸入、付着による農薬災害を防止するため、防除衣、防護マスク、手袋などの防護装備の着用が必要であり、関係省庁からの指導もおこなわれている。しかし、専用の防除衣の着用は、著しく衣服気候を悪化させ、衣内温湿度の上昇によるうつ熱によって、着用者への生理的負担を増大させるため、作業者に敬遠される傾向にある³⁾。そのため、長野県農政部農業技術課の調査⁴⁾によれば、いまだに農薬によるとみられる健康障害が報告されている実情にある。より安全でより快適な防除衣の着用性能の改善は急務の課題となっている。

著者らは、前報において、S・S(スピードスプレーヤー)による、リンゴ果樹園の農薬散布作業

者についてフィールド実験を行い、各種防除衣着用時の衣内温湿度を測定し、防除衣着用による衣服気候の実態を考察した。その結果、防除衣の素材の違いが衣内湿度に大きく影響を与えたとの示唆を得た。防除衣の素材の相違が衣服気候に影響を及ぼす事実は田村ら⁵⁾、乙益ら⁶⁾によっても指摘されているが、いまだ解決に至っていない。また、近年優れた透湿性防水素材が開発され、主としてスポーツウェアの分野で実用化され成果をあげているが、こうした素材のワークウェアへの活用と普及について積極的に検討し、実用化の促進をはかることが必要であると考えた。

そこで本報では、すでに市販されている透湿性の大きく異なる2種の防除衣について、実験室において運動負荷による着用実験を行い、一定の環境条件のもとに、衣内湿度、皮膚温、直腸温、心拍数などを測定し、人体への生理的負担について比較考察した。

その結果、興味ある2・3の知見が得られたので報告する。

II 実験方法

1 着衣条件

透湿性の異なる素材で縫製した2種の防除衣は次の通りである。1つは、ナイロンタフタにウレタンコーティング加工した素材を用いたもの(A)で、農薬散布専用の保護衣として新しく開発されたものである。透湿性は小さいが、形態の特徴として胸、背、上腕、大腿の各部に切り替えによる

開口部が設けられている。他は、ナイロンタフタとゴアテックス機能膜・織物をラミネート加工した3層構造からなる透湿性防水素材を用いたもの(B)で、開口部のない形態である。表1に、2種類の防除衣の素材について透湿度およびその他の諸元を示した。また図1にそれぞれの防除衣の形態を示した。

また防除衣の他に保護装備として、実態調査の結果に基づいて選定した簡易防じんマスク(スリーエム8710)、ゴム手袋、ゴム長靴を着用した。その他の衣服は一定とし、上半身はTシャツの上で防除衣を着用し、頭部は手拭の上に防除用フードを着用した。手間は長めのゴム手袋を防除衣の袖口の上に重ねるように着用し農薬の侵入を防ぐよう配慮した。また下半身はブリーフ、トランクス、作業ズボンの上に防除衣を着用し、足部はソックスとゴム長靴を着用した。保護装備およびそ

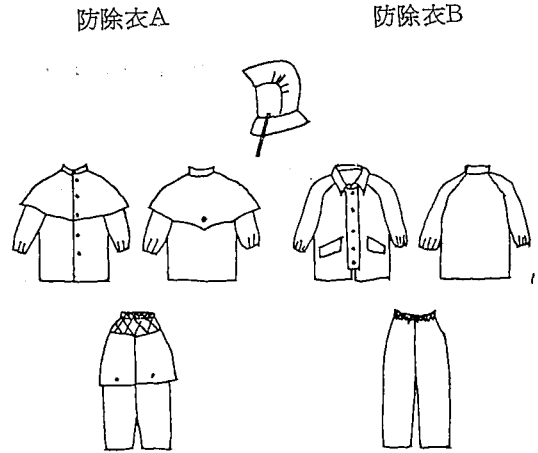


図1 防除衣の形態

他の着用衣服の諸元を表2に、また実験時の着装状況を写真1に示した。

防除衣素材の透湿度は、1985年に透湿・防水素材を対象として制定されたJIS L-1099(B法)により測定した。測定方法の概略は、過飽和酢酸

表1 防除衣の諸元

試料	材質	組織	糸密度(本/cm) (タテ×ヨコ)	厚さ (mm)	重量 (g)	透湿度(MVTR) (g/m ² ・24hrs)
防除衣 A	ナイロン100% ウレタンコーティング加工	平織 (タフタ)	42×33	0.13	上衣	255.2
					下衣	205.9
					フード	50.8
防除衣 B	ナイロン100% PTFEラミネート加工	平織 (タフタ)	45×36	0.31	上衣	360.0
					下衣	201.5

表2 着用衣服の諸元

試料	材質	組織	糸密度(本/cm) (タテ×ヨコ)	厚さ (mm)	重量 (g)	
簡易防じんマスク (スリーエム8710)				1.35	8.0	
手ぬぐい	綿	100%	平織	18×18	0.44	34.9
Tシャツ(丸首・半袖)	綿 麻	85% 15%	メリヤス	14.5×17	0.34	102.4
トランクス	綿	100%	平織	23×19	0.32	92.6
作業ズボン	ポリエステル 綿	65% 35%	斜文織	32×22	0.45	433.5
ソックス	綿	100%	メリヤス	6.5×6.5	0.98	25.9~28.7
手袋	ゴム(裏側綿メリヤス)		長さ	25cm	1.16	52.7
長靴	ゴム		深さ	24.5~28cm	1.95	572.4~676.7

※ ソックス・手袋・長靴の重量は片方のみの値



写真1 防除衣の着装状況

カリウム溶液を入れた口径5.6cmのカップの口を透湿度測定用補助フィルムで被覆固定し、このカップを水温23℃の恒温槽の水面に接水させた試験片の上に倒立させ、15分後に試験片を透過する水分量をカップの溶液の重量増加により求め、試験片の透湿度 (Moisture Vapor Transmission Rate) を $g/m^2 \cdot 24hrs$ で表した。測定はそれぞれ3枚の試験片について行い、平均値を求めた。

2 環境条件, 被験者および運動負荷

測定は、1988年7月下旬に、環境温度26.5℃、相対湿度 $56.5 \pm 1.5\%RH$ の恒温恒湿室で行った。

被験者は、21歳と22歳の体格の近似した健康な男子学生3名である。体温及び発汗反応等の日周変動を考慮し、実験は各被験者とも一定の時刻に行った。被験者の身体特性を表3に示した。

表3 被験者の身体特性

被験者	年齢 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)	体表面積 (m^2)	R指数
a	22	166	67	1.76	1.41
b	21	172	67	1.81	1.32
c	22	177	68	1.86	1.29

運動負荷は、自転車エルゴメーター (アイソパワーエルゴメーター、竹井機器工業) により行い、運動負荷強度は以下のように設定した。

S・Sによる農薬散布作業の作業強度を推定するため、まずフィールドにおいて作業時の心拍数を

携帯用心拍計 (フクダ電子 SM-12) で測定した。その結果、作業時平均心拍数は110beats/minであった。次に別に測定した各被験者の自転車エルゴメーターによるall-outに至る実験の結果から、心拍数と運動負荷強度の関係式を求め、作業時の心拍数に相当する運動負荷強度を推定した。その結果3被験者ともパワー50Wを実験時の運動負荷強度とした。

3 実験手順

被験者は、実験開始1時間前に恒温恒湿室に入室し、30分経過後センサーを貼付し、Tシャツとブリーフ、トランクス、作業ズボンおよびソックスの着装で、20分間椅座安静の後、直ちに防除衣および防護装備を着衣し、20分間の運動負荷を行い引き続き自転車エルゴメータに座ったまま25分間の回復をみた。運動負荷時および回復期には被験者前方2mから扇風機で風速1m/secの風を当てた。図2に実験スケジュール、写真2に測定状況を示した。

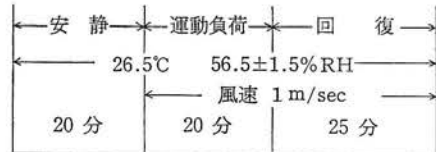


図2 実験スケジュール



写真2 測定状況

4 測定項目, 測定部位および測定方法

測定は、衣内湿度 (皮膚と衣服間) と皮膚温、直腸温、心拍数について行い、着用感として温冷感と快適感についても調査した。

各項目の測定部位および測定方法は次の通りである。

1) 衣内湿度

衣内湿度は、胸（胸骨上点）、背（胸骨上点に対応する後正中線上の点）、および上腕、前腕、大腿（いずれも右側外側）の計5部位を温湿度データ集録装置 TRH-DM（神栄）を用い、1分毎に測定した。

2) 皮膚温および直腸温

皮膚温は、前述の5部位に下腿（右側外側）を加えた6部位を、また深部温として直腸温をそれぞれ専用のセンサーを用いて、サーミスタ温度データ集録装置 K720形式923（宝工業）で、1分毎に測定した。平均皮膚温は、ラマナサンの4点法

により算出した。

3) 心拍数

心拍数は、アイソパワーエルゴメーターの胸部誘導による心電図用電極を装着し、心電R波の検出による方法で、5分毎に測定した。

4) 温冷感および快適感

温冷感は9段階評価、快適感は4段階評価で、運動負荷開始直前と運動終了直後および回復終了時の3回申告させた。

III 結果および考察

1 衣内絶対湿度

図3は躯幹部の胸と背および四肢部の前腕と大腿における、被験者3名の衣内絶対湿度の経時変

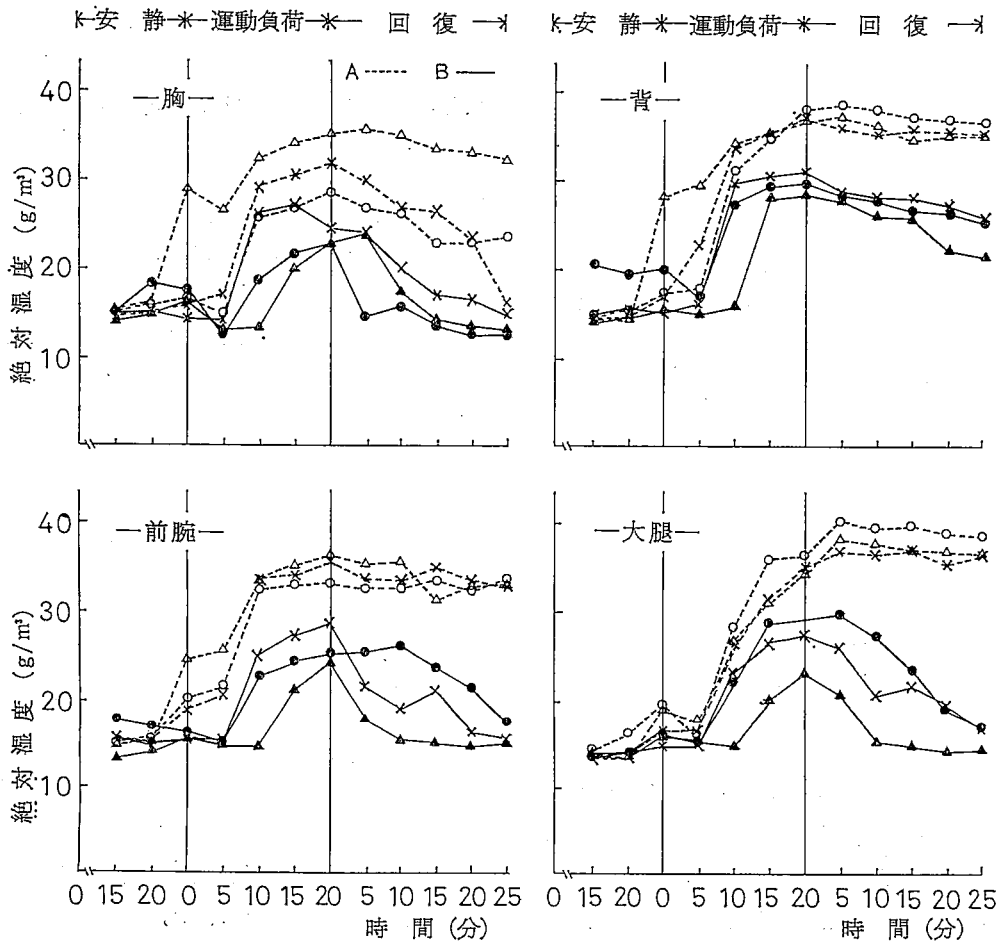


図3 衣内絶対湿度の経時変化

化を示したものである。

図3に示すように、いずれの部位も運動負荷5分後からA、Bともに急激な上昇を示したが、上昇は透湿性の小さいAの方が著しく、運動終了時にはAとBの間に顕著な差が認められた。上腕についてもほぼ同様の傾向が示された。透湿性の小さい素材の方が衣内絶対湿度は上昇するという現象は、清水ら¹⁰⁾の3種類のアウトウエアを用いた着用実験の結果とも合致する。

回復期については、Bは時間の経過と共に著しく減少し25分後には背以外の部位ではほぼ開始時の値に戻っているが、Aはほとんど減少がみられない。AとBのこのような変動の相違は、素材の

透湿性の違いによる影響が顕著に表れたものと考えられる。また胸でAがやや減少を示したのは、前方から受けている風により開口部からの放湿が促進されたためと考えられ、開口部の効果が認められる。有風時の衣服気候と開口部の関係については、すでに田村ら¹¹⁾により開口部の有無が衣内温度に大きく影響することが報告されているが、本実験では衣内湿度における差異が顕著であった。

図3に示した4部位のうち、背は他の部位に比べ運動終了時の値がA、Bともに高く、また、回復期の減少も少ない。この理由として、背は発汗の多い部位である¹²⁾ことと、風の影響をほとんど受けていない部位であることが考えられる。

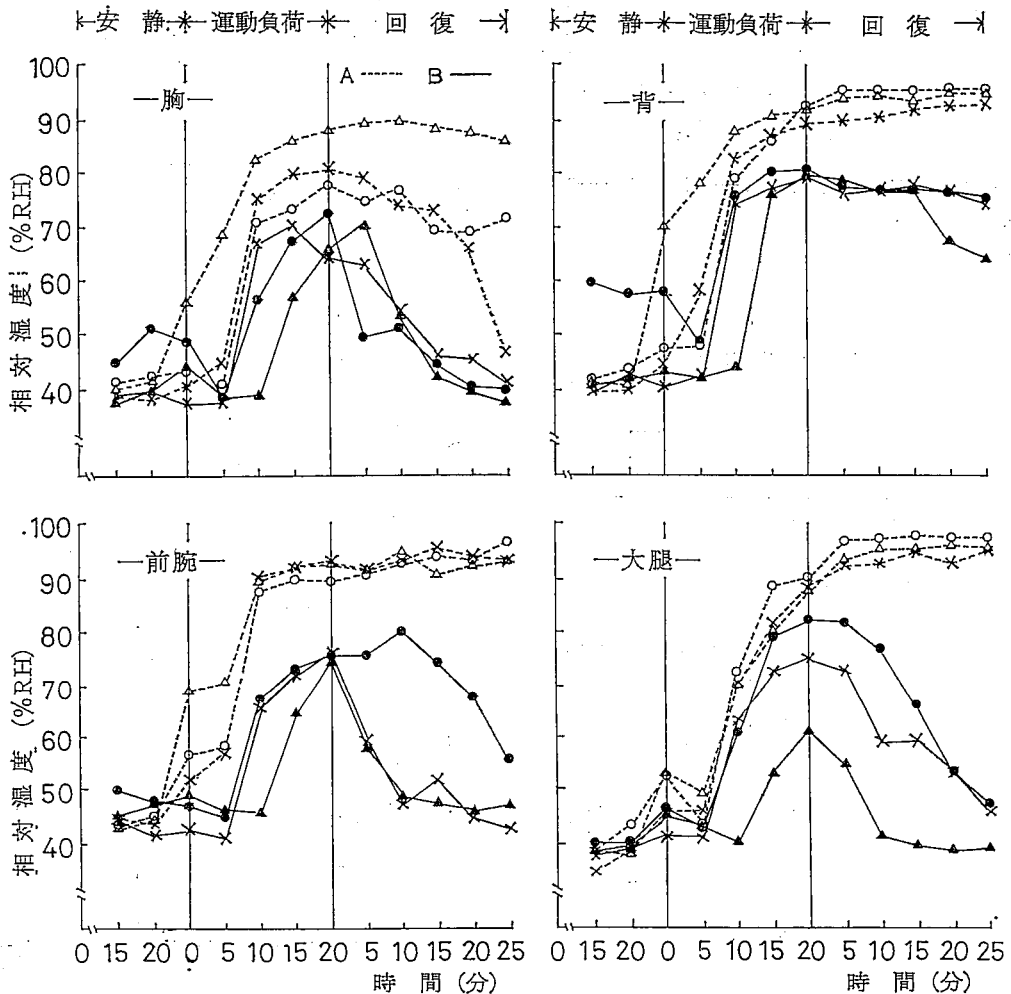


図4 衣内相対湿度の経時変化

2. 衣内相対湿度

図4は、胸、背、前腕、大腿の4部位における衣内相対湿度の経時変化を示したものである。運動負荷に伴い全部位ともAもBも上昇するが、上昇はAの方が顕著であり、運動終了時には胸が約80%、他の3部位は約90%に達した。一方Bは運動終了時の値は、胸と前腕が約70%、背は約80%と各部位ともAより10~20%低い値を示した。

回復期については、Aは、胸以外の3部位はさらに上昇を続けたのに対し、Bは減少し、背以外の3部位では開始時の値である40%まで回復した。

3. 皮膚温および平均皮膚温

図5は、胸における被験者3名の皮膚温の経時変化を示したものである。図にみられるように時間経過にもなると変動は、A、B間にほとんど差異は認められなかった。他の部位についても、背を除き、ほぼ同様の傾向が示された。

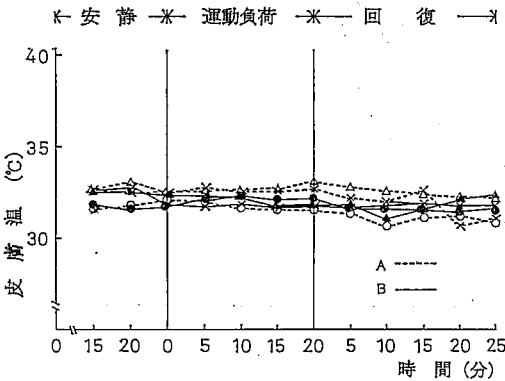


図5 胸の皮膚温の経時変化

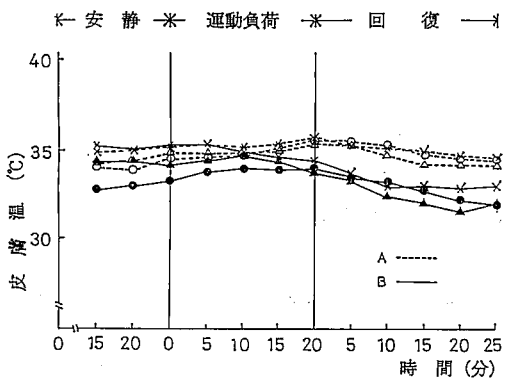


図6 背の皮膚温の経時変化

図6は、AとBの差が最も顕著に表れた背の皮膚温の経時変化を示したものである。Aは、運動中時間経過とともに上昇を示したのに対し、Bはほとんど変化がみられない。また回復期にはAに比べBは大きな低下を示した。このようなBの皮膚温の低下は、この部位が発汗量が多い部位であることから、透湿性の大きいBでは放湿が活発に行われた結果、汗による冷却効果が顕著に表れたためと推測される。

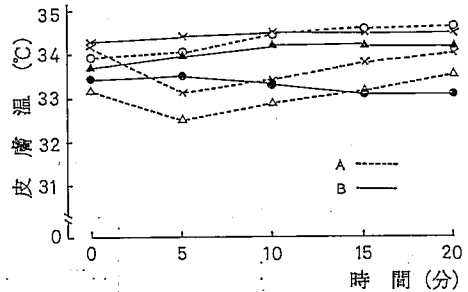


図7 運動負荷中の平均皮膚温の経時変化

図7は、とくに運動負荷中の平均皮膚温の経時変化を示したものである。図にみられるように、Aは運動開始5分後から上昇を示したのに対し、Bはほとんど変化がみられない。運動終了時の3被験者の平均値は、Aは34.1°C、Bは33.9°Cであった。

4. 直腸温および心拍数

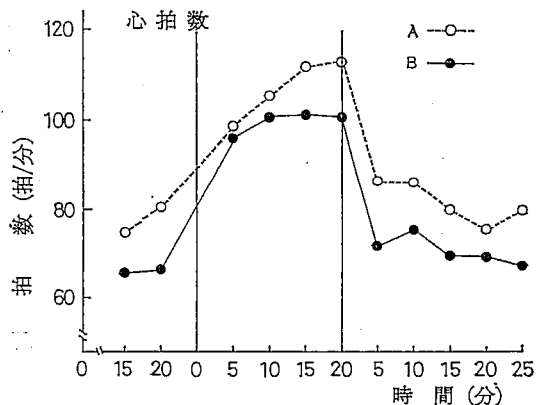
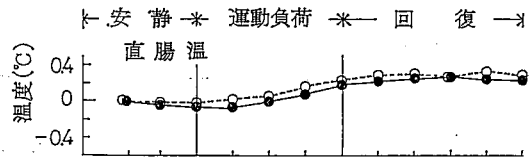


図8 直腸温と心拍数の経時変化

図8は直腸温と心拍数の経時変化を被験者3名の平均値で示したものである。直腸温は安静時を基準にし、その増減を表したものである。運動開始5分後からAもBも上昇し、運動終了時には開始時より約0.2℃上昇したが、A、B間には顕著な差は認められなかった。

また心拍数については、運動開始5分後よりAは急激に増加したのに対し、Bはほとんど変わらず、両者間に相違がみられた。

深部温と衣内湿度の関係について登倉¹⁹⁾は、衣内湿度の上昇は汗の冷却効果を悪化させ、皮膚温や深部温の増大につながると述べている。本実験における直腸温や心拍数の上昇も衣内湿度の上昇に連動した生理的反応と考えられる。とくに心拍数については、素材の透湿性の違いが心機能に与える影響を示唆するものと推測され、透湿性の小さいAの方が透湿性の大きいBより生体への負担が大きいことを示唆するものと考えられる。

5 快適感

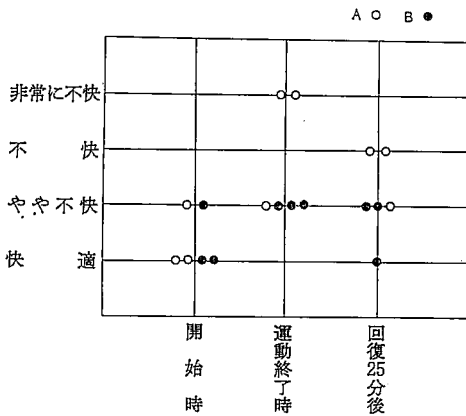


図9 快適感の変化

運動開始時と運動終了時、および回復25分後の快適感を図9に示した。運動終了時には、3名の被験者のうち2名がAを着用した方を「非常に不快」と答えたのに対し、Bは全被験者の評価が「やや不快」に留まっている。この評価の違いは、透湿性の小さいAの防除衣の各部の相対湿度が、いずれも80~90%と高湿であったのに対し、Bの相

対湿度はAより10~20%低い値を示したことから衣内湿度の違いが大きく影響しているものと考えられる。

IV 要約

環境気温26.5℃、相対湿度56.5±1.5% RHの恒温恒湿室で、素材の透湿性の異なる2種類の防除衣を着用し、被験者前方から扇風機で風速1m/secの風を当てながら、自転車エルゴメーターでパワー50Wの運動負荷を行い、運動中および回復期における衣内湿度、皮膚温、直腸温、心拍数などの経時変化を測定し、以下のような結果を得た。

- 1 運動負荷により2種の防除衣間にはとくに衣内の絶対湿度、相対湿度に顕著な差がみとめられた。すなわち、透湿性の大きいBは運動中の湿度の上昇は少なく、また回復期は低下が大きく、回復期の衣内相対湿度は、背以外の部位はほぼ40%まで回復した。一方、透湿性の小さいAは、運動中の衣内湿度の上昇が大きく、回復期においても減少せず、水分が衣内に滞留し、衣内相対湿度は80~90%と極めて高湿な状態が持続することが明らかにされた。
- 2 皮膚温については、背においてAとBの間に顕著な差がみられたが、他の部位ではA、B間にほとんど差が認められなかった。平均皮膚温は、運動終了時においてAは34.1℃、Bは33.9℃を示し、Aの方が高い値を示した。
- 3 直腸温については、A、B間に顕著な差は認められなかった。
- 4 快適感については、透湿性の大きいBの方が評価が高かった。Bは衣内湿度が常にAより低い値を示し、また心拍数においても運動時の増加がAより少ない傾向がみられたことなどから、BはAに比べて生理的負担が小さいための評価の違いと考えられる。

最後に、本研究に当たり運動負荷に関してご指導、ご助言をいただいた信州大学教育学部 藤沢

謙一郎教授ならびに本学の大橋信夫教授、また実験にご協力いただいた被験者の方々および長野県農政部技術課の皆様に深く謝意を表します。なお本研究は、日本家政学会第41回大会において発表しました。

文 献

- 1) 入来朋子・林千穂・中山竹美：長野県短大紀要 40 65～71 (1985)
- 2) 入来朋子・林千穂・中山竹美：長野県短大紀要 41 51～56 (1986)
- 3) 林千穂・入来朋子・中山竹美：長野県短大紀要 42 61～66 (1987)
- 4) 林千穂・入来朋子・中山竹美：長野県短大紀要 43 85～91 (1988)
- 5) 林千穂・入来朋子・中山竹美：長野県短大紀要 43 85～91 (1988)
- 6) 長野県農政部：農薬散布時の防護装備着用実験報告書 (1988)

- 7) 長野県農政部：農薬散布時の防護装備着用実験報告書 (1989)
- 8) 田村照子・岩崎房子・島根歌子・井上愛子・吉田政雄：第9回人間-熱環境系シンポジウム報告集 81～84 (1985)
- 9) 乙益絹代・田北智瑞子：日本衣服学会誌 vol.28 No.1 7～5 (1984)
- 10) 清水裕子・日野精二・新開省二・冨田直明・広瀬昌博・鳥居順子・渡部誠一郎・渡辺修一郎・渡辺孟・清水義雄：日本衛生学雑誌 vol.43 No.6 1130～1139 (1989)
- 11) 田村照子・岩崎房子・島根歌子・井上愛子・吉田政雄：第9回人間-熱環境系シンポジウム報告集 81～84 (1985)
- 12) 吉村寿人・緒方雅弘編集：生理学体系IV-1代謝の生理学I 672～673 (1975)
- 13) 登倉尋実：労働の科学 vol.40 No.8 35～38 (1985)