

保冷具を用いた軀幹部上部冷却による農薬散布用 防除衣着用時の発汗量抑制の効果

林 千 穂, 登 倉 尋 実*

(長野県短期大学, * 奈良女子大学生生活環境学部)

平成5年11月5日受理

Effects of Cooling the Upper Torso on Thermophysiological Responses and Clothing Microclimate in Subjects Wearing Protective Clothing for Pesticide

Chiho HAYASHI and Hiromi TOKURA*

Nagano Prefectural College, Nagano 380

** Department of Environmental Health, Nara Women's University, Nara 630*

We studied the effects of cooling the upper torso by frozen gel strip on thermophysiological responses and clothing microclimate in female subjects wearing protective clothing for pesticide during exercise and rest at an ambient temperature of 30°C, the average summer temperature during the daytime in Nagano. Five healthy female students volunteered as subjects. They wore two kinds of protective clothing: one with and the other without frozen gel strip. After resting for 15 min on a chair, the subjects repeated 15 min exercise by a bicycle ergometer (50 W) and 5 min rest 3 times under the circumstances of an ambient temperature of 30±0.3°C and a relative humidity of 50±5%. Main results were as follows: 1) Cooling the upper torso inhibited an increase of the forearm sweat rate during exercise. 2) The mean skin temperature and clothing microclimate (temperature, humidity) at trunk were significantly lower by cooling. 3) Thermal sensation was improved by cooling. It was concluded that cooling the upper torso could reduce the physiological strain in the working subjects wearing protective clothing for pesticide at warm ambient temperature of 30°C.

(Received November 5, 1993)

Keywords: protective clothing 防除衣, pesticide 農薬, frozen gel strip 保冷具, sweat rate 発汗量.

1. 緒 言

りんごや柿等の果樹栽培における農薬散布は、病虫害が発生しやすい夏季に作業が集中するが、その際、人体への農薬の付着を避けるため散布者に対しては防除衣、防護メガネ、防護マスク、ゴム手袋、ゴム長靴等の防護装備の着用が、関係省庁から指導されている。しかし、これらの防護装備は身体保護上、密閉型であることが多く、着用者の生理的負担も大きいものとなっている¹⁾。散布者は蒸暑による不快感から危険を承

知で防護装備の着用を敬遠し²⁾、そのため農薬による中毒事故はあとを絶たないのが実状である³⁾。生理的負担の少ない防護装備の開発が強く求められている。

著者らは、防護装備のうち、身体の被覆面積が最も大きい防除衣について、その素材の開発を試み、超撥水加工を施した綿素材の方が化繊の透湿防水布より発汗量が少なく⁴⁾、また農薬浸透量も経皮毒性面からはほぼ安全であることを報告した⁵⁾。しかし、高温環境下の作業時には、綿素材であっても衣服内の高温高湿

状況は改善されず、素材の開発だけでは生理的負担の軽減は困難であることが分かった。

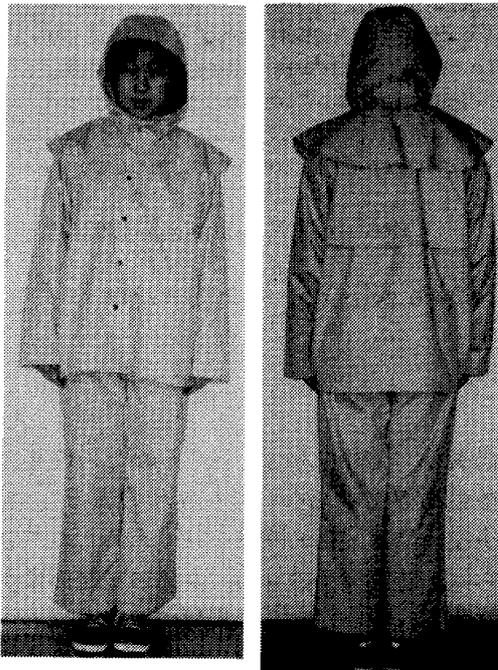
暑熱環境における着衣条件下、快適な衣服内気候を形成する手段として、身体各部を冷却する報告は各種みられる^{6)~8)}。著者らも頭部冷却による衣服内気候改善の実験を試みたが農業散布への適応面では問題が残った⁹⁾。

本研究では、実際の農業散布時に適応できる衣服内気候改善の方法として頸部と軀幹部上部の冷却を考え、軀幹部上部に保冷具(株白元, アイスノン®)を当て、運動負荷時の発汗量や衣服内温湿度および着用感に及ぼす影響について検討した。

2. 方 法

(1) 被験者および実験条件

被験者は健康な女子学生5名で、その身体特性(平均±SD)は、年齢 19 ± 0 歳、身長 160 ± 5.33 cm、体重 55.4 ± 3.67 kg、体表面積 1.52 ± 0.07 m²である。環境条件は長野県における夏季の散布を想定し、室温 30 ± 0.3 °C、相対湿度 $50 \pm 5\%$ とした。実験は冷却を行う場合と行わない場合について行い、冷却を行う場合は、丸首半袖シャツ(綿100%)上部の前面(胸骨上点下)と後面(第1胸椎点下)に取り付けたポケッ



Front

Back

Fig. 1. Protective clothing made of cotton with repellent finish

ト(保冷具付属の袋を利用)内および頸部(第5頸椎点下)の合計3カ所に保冷具(22×6 cm, 1個の重量約170 g)を固定した。なお頸部への固定は、保冷具のベルトを頸部後方から鎖骨上に回してテープで留めた。保冷具はそれぞれ予めビニール袋に入れ、結露によるシャツへの水分の浸透を防いだ。また、保冷具を当てた場合の皮膚への影響については、シャツとポケット布(前面・後面の場合)やポケット布(頸部の場合)により、保冷具が皮膚面へ直接接触することはないため、被験者からの局所的な痛覚、冷覚の訴えはなかった。着用衣服は、上半身にブラジャー、丸首半袖シャツおよび防除衣上衣(綿100%, 超撥水加工)を、下半身にショーツ(綿100%), 半ズボン下(綿100%), および防除衣下衣(綿100%, 超撥水加工)を着衣した。今回用いた綿防除衣は、農業浸透実験で良好であった二重仕立てのものである(Fig. 1)。その材料学的性質をTable 1に示した。また足部にはソックスと運動靴を着用した。なお、日内リズムによる体温変化の影響をできるだけ少なくするために、実験は同一被験者については、毎日同一時間帯に行った。

(2) 測定項目

測定項目は、局所発汗量、皮膚温(前額、胸、背、前腕、手背、大腿、下腿、足背の計8点)、直腸温、鼓膜温、胸部と背部の衣服内温湿度(胸部は胸囲と胸骨との交点、背部は第7頸椎点下20 cm)および心拍数を1分ごとに、また実験前後の体重、衣服重量変化から体重減少量および衣服付着汗量を算出した。さらに着用感として温冷感、快適感、湿潤感の申告を行った。着用感の評価尺度をTable 2に示す。直腸温(T_{re})と皮膚温(T_{sk})は、サーミスター(タカラサーミスター, 横浜)で、鼓膜温(T_{ty})はサーミスター(センサテクニカ, ST-21型)でそれぞれ測定した。平均皮膚温(\bar{T}_{sk})の算出には次式を用いた。

$$\begin{aligned} \bar{T}_{sk} = & 0.07 T_{\text{前額}} + 0.17 T_{\text{胸}} + 0.18 T_{\text{背}} \\ & + 0.14 T_{\text{前腕}} + 0.05 T_{\text{手背}} + 0.19 T_{\text{大腿}} \\ & + 0.13 T_{\text{下腿}} + 0.07 T_{\text{足背}} \end{aligned}$$

(Hardy ら, 1938)

また、局所発汗量は、右前腕屈側に8 cm²のカプセルをコロジオンで固定し、乾燥窒素でカプセル内を換気してその湿度変化を静電容量湿度計(Vaisala 社製, HMP-35 A)を用いて測定し、多ペンレコーダに連続記録した。

(3) 実験手順

被験者は室温 30 ± 0.3 °C、湿度 $50 \pm 5\%$ の人工気候

保冷具を用いた軀幹部上部冷却による農薬散布用防除衣着用時の発汗量抑制の効果

Table 1. Properties of the protective clothing for pesticide

Fabrics	Thickness (mm)	Weight (g·m ⁻²)	Density		Moisture permeability (ml·m ⁻² ·h ⁻¹)	Air permeability (ml·cm ⁻² ·s ⁻¹)	Moisture regain (%)
			Warp (ends/in)	Weft (picks/in)			
Cotton (water repellent finish)							
Outer	0.20	132.4	121	132	435	5.0	6.2
Liner*	0.18	85.5	115	97	538	57.5	5.8
Outer+Liner*					382	4.5	

* Sleeves, front part and trousers in clothing were made of two layers (outer+liner).

Table 2. Scales of subjective sensation

Thermal sensation	Humidity sensation	Comfort sensation
1. very hot	1. very wet	1. comfortable
2. hot	2. wet	2. slightly
3. warm	3. slightly wet	uncomfortable
4. slightly warm	4. neutral	3. uncomfortable
5. neutral	5. slightly dry	4. very
6. slightly cool	6. dry	uncomfortable
7. cool	7. very dry	
8. cold		
9. very cold		

室に入室後、セミヌードで体重計測（ザルトリウス社、F150S）後、直腸温測定のためのプローブを肛門より約10 cm挿入し、直腸温が安定するまで椅座安静を保った。その間発汗量測定用カプセルを前腕に固定した。直腸温の安定後、皮膚温センサー、鼓膜温センサー、心拍数測定用電極ならびに衣服内温湿度測定用センサーを貼付し実験用衣服を着衣した。これらの装着には平均約10分を要した。15分間の椅座安静（第1回安静）後、冷却を行う場合は3カ所に保冷具を固定

し、自転車エルゴメーター（竹井機器工業・アイソパワーエルゴメーター）で50 Wの運動負荷を15分間行った後、5分間の安静をはさみこれを3回繰り返し、3回目の運動終了をもって合計70分間の測定を行った。実験スケジュールをFig.2に示す。各測定項目についての5名の平均値の差の検定は、paired *t*-testを用いて行い、5%以下の危険率をもって有意とした。

3. 結果

Fig.3は、局所発汗量の経時変化について、被験者5名の平均値および標準誤差（S.E.）を示したものである。図にみられるように、冷却ありは冷却なしに比べ発汗開始が遅延されている。5名中S-3を除く4名が実験期間中の発汗量が抑制された。*t*検定の結果、冷却ありと冷却なしの条件間に第1回目の運動終了前6分から終了時まで、第2回目の運動終了前3分から終了時まで、第3回目の運動終了前2分から終了時までの間で有意差が認められた。

Fig.4に T_{re} 、 T_{ty} の、第1回安静終了時を基準とした変化量を被験者5名の平均値で示した。 T_{re} 、 T_{ty} ともに運動回数が増すにつれ冷却あり、冷却なしとも上昇した。冷却ありの方が、 T_{re} 、 T_{ty} ともに上昇の

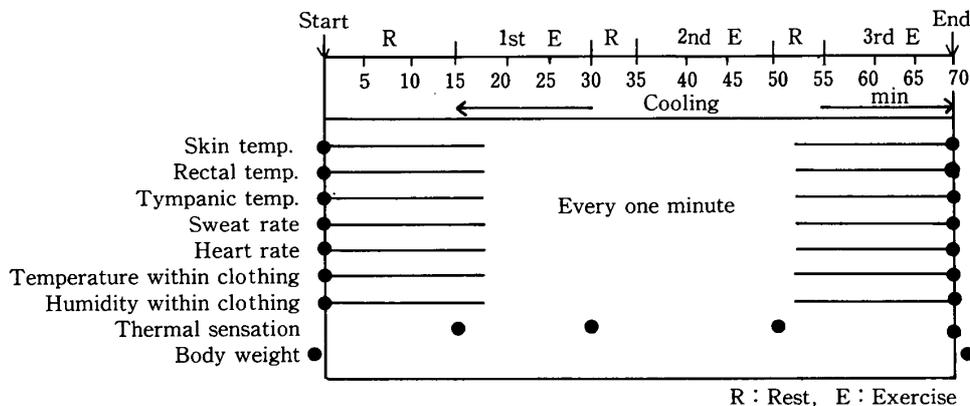


Fig. 2. Schedules of cooling test

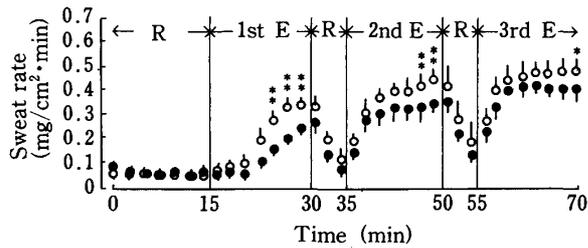


Fig. 3. Forearm sweat rates during rest exercise under the influences of two kinds of protective clothing

The values are means±S.E. of 5 subjects. Open circles, cooling off; closed circles, cooling on. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

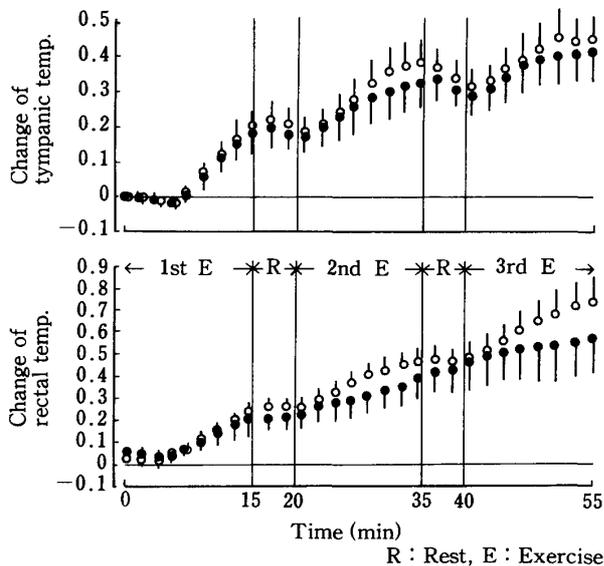


Fig. 4. Rectal (upper) and tympanic (lower) temperatures during rest and exercise under the influences of two kinds of protective clothing

The values are means±S.E. of 5 subjects. 0 in the X-axis denotes the beginning time of first exercise. Open circles, cooling off; closed circles, cooling on. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

程度が小さいが有意差はなかった。

Fig. 5は T_{re} , T_{ty} の第1回目と第2回目の運動中の上昇について、それぞれ運動直前の安静終了時に比べ運動開始後最初に有意に上昇した時点の時間とその値をプロットしたものである。 T_{re} については、冷却ありは第1回目は運動終了時まで有意差はなかったが、冷却なしは運動9分目から有意に高い値を示した。第2回目の運動時については、冷却ありは14分目からであったのに対し、冷却なしは5分目という早い段階

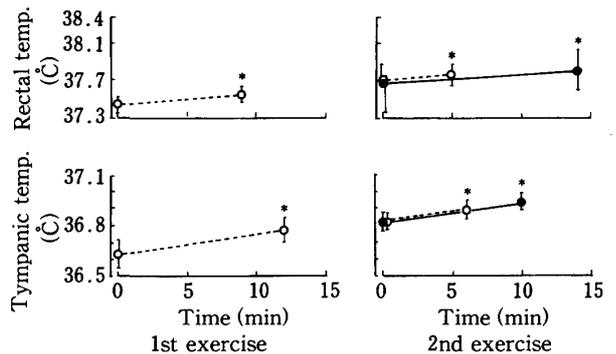


Fig. 5. A comparison of the times and their core temperatures (tympanic and rectal) between "cooling on" and "cooling off" when they become significantly higher for the first time, compared with the values in the beginning of measurements

0 in the X-axis (left) denotes the beginning time of 1st exercise and that in the X-axis (right) the beginning time of 2nd exercise. Open circles, cooling on; closed circles, cooling off.

から有意に高くなった。しかし、第3回運動時は、冷却あり、冷却なしとも15分目からであり、時間差はなかった。また T_{ty} については、第1回運動時は冷却ありは、 T_{re} と同様終了時まで有意差はなかったが、冷却なしは12分目から有意に高くなった。第2回目の運動時は冷却ありは10分目、冷却なしは6分目からと冷却なしの方が早い段階で有意に上昇した。しかし第3回運動時は冷却ありは8分目、冷却なしは7分目と両者間の差は小さくなった。以上のように第1回、第2回の運動に関しては、冷却によって運動時の深部温の上昇が遅れることは明らかである。

Fig. 6は、胸と背それぞれの皮膚温を被験者5名の平均値で示したものである。胸と背の皮膚温センサーは、それぞれ保冷具より約20 cm下方に貼付したが、冷却を行った場合の胸の皮膚温は著しく低下した。冷却ありは第1回目の運動開始とともにすぐに低下し、約10分後には固定前より約1°C低下し、34°Cを中心に約0.4°C上下した。実験終了時には冷却なしは約35.8°Cであったのに対し、冷却ありは約34.4°Cで冷却なしより約1.4°C低い値を示した。第1回目の運動開始2分後から実験終了時まで、冷却ありと冷却なしの条件間で有意差が認められた。一方、背の皮膚温については、冷却ありは第1回目の運動開始時から第3回目の運動終了時までの間で約0.33°C低下したが胸ほど顕著な低下はみられなかった。第2回目の運動終

保冷具を用いた軀幹部上部冷却による農薬散布用防除衣着用時の発汗量抑制の効果

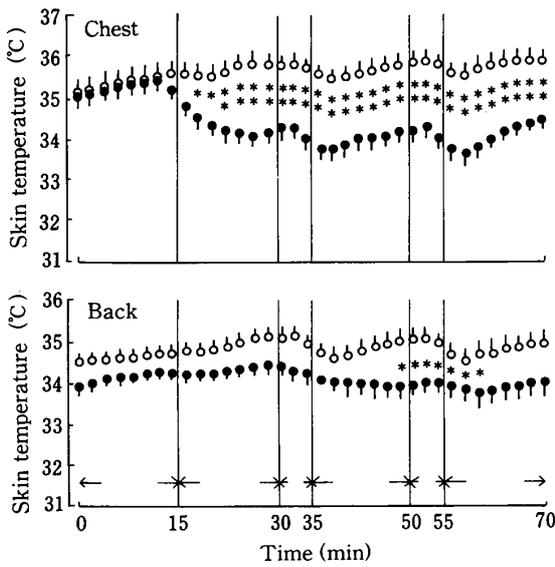


Fig. 6. Skin temperatures of chest (upper) and back (lower) during rest and exercise under the influences of two kinds of protective clothing

The values are means±S.E. of 5 subjects. Open circles, cooling off; closed circles, cooling on. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

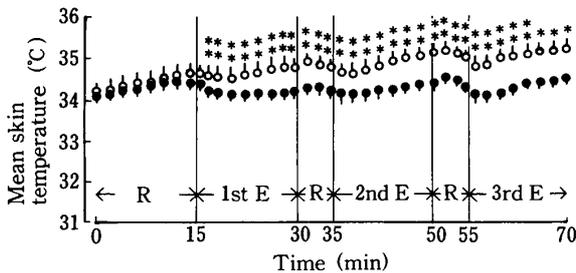


Fig. 7. Mean skin temperatures during rest and exercise under the influences of two kinds of protective clothing

The values are mean±S.E. of 5 subjects. Open circles, cooling off; closed circles, cooling on. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

了前2分から第3回運動開始後6分までの間で両条件間で有意差が認められた。

Fig. 7は \bar{T}_{sk} を被験者5名の平均値で示したものである。運動により冷却なしは著しく上昇したのに対し、冷却ありは運動中も上昇が抑制された。実験終了時に冷却なしは運動開始より約0.62°C上昇したのに対し、冷却ありは約0.15°Cの上昇で、冷却なしより約0.47°C低い値であった。保冷具を固定し運動を開始した直後から実験終了時まで冷却ありと冷却なしの条件

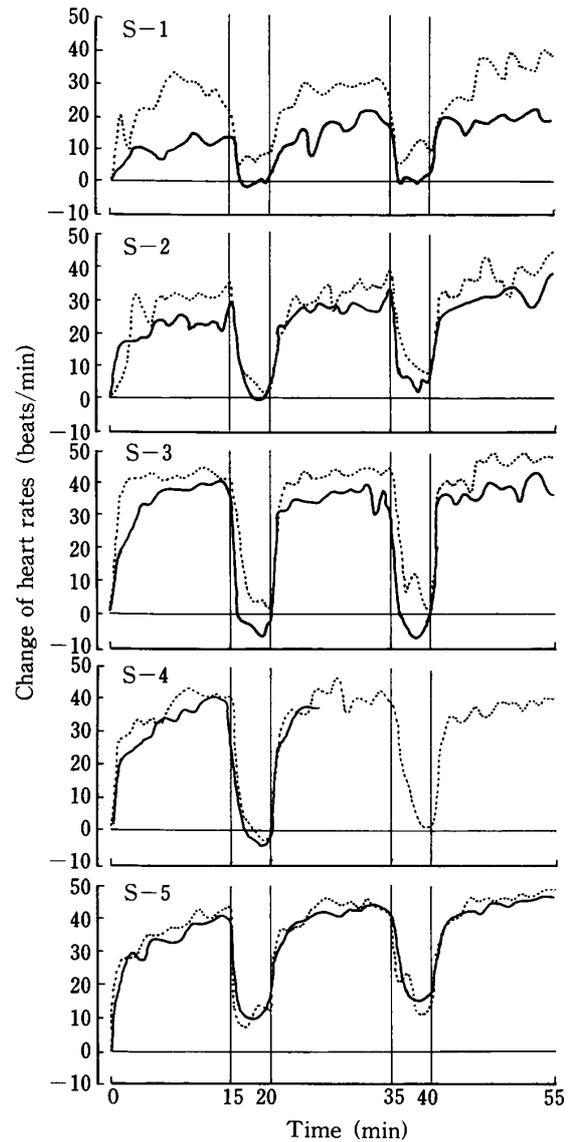


Fig. 8. Heart rates expressed as their deviation from those in each initial level during rest and exercise under the influences of two kinds protective clothing

0 in the X-axis denotes the beginning time of first exercise. Dotted line, cooling off; solid line, cooling on.

間に有意差が認められた。

Fig. 8は、被験者5名それぞれについて第1回目の運動開始時を基準とした心拍数の変化量を示したものである (S-4の冷却ありは運動開始20分目以降のデータが欠損)。S-4はデータが記録された第2回目の運動の途中まで、他はいずれの被験者も冷却ありの方が冷却なしより低い値を示した。心拍数は、運動を終了すると急速に低下し、5分間の安静中はほぼ第1回安静終了時の値で推移し、運動開始により再び上昇す

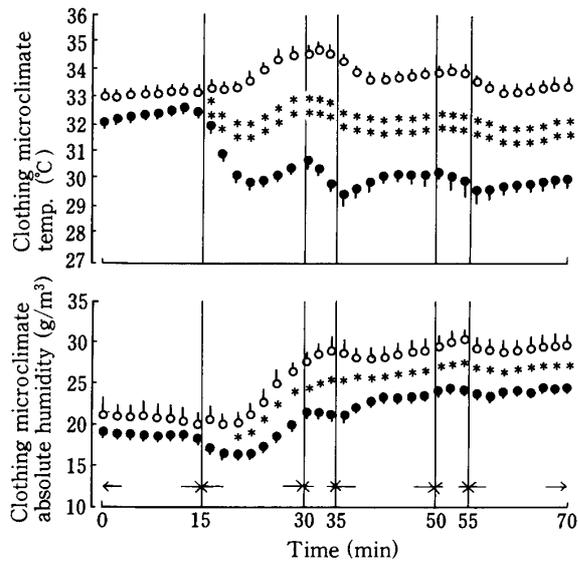


Fig. 9. Clothing microclimate temperatures (upper) and absolute humidities (lower) on chest during rest and exercise under the influences of two kinds of protective clothing

Open circles, cooling off; closed circles, cooling on. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

るパターンを示した。

Fig. 9は、胸における衣服内温度および衣服内絶対湿度について被験者5名の平均値を示したものである。衣服内温度は、冷却ありが保冷具固定後、急速に低下し実験終了まで約30℃前後と室内温度とほぼ同じ値になったのに対し、冷却なしはそれより約3.5℃高い値で実験終了まで推移した。保冷具固定後実験終了時

まで、冷却ありと冷却なしの条件間で有意差が認められた。また衣服内絶対湿度については、冷却ありは保冷具固定後、いったん低下した後上昇したが、その値は冷却なしと比べ約6 g/m³少なかった。第1回目運動開始後5分後から実験終了時まで冷却ありと冷却なしの間に有意差が認められた。背の衣服内温湿度については、胸ほど顕著な低下はみられなかった。

Table 3は、着用衣服ごとの付着汗量と、総付着汗量を冷却ありと冷却なしについて被験者ごとに比較したものである。S-1を除く4名が冷却ありの方が総衣服付着汗量は少なく、冷却ありと冷却なしの間に有意差が認められた。また、着用衣服ごとの衣服付着汗量は半袖丸首シャツが最も付着量は多く、冷却ありとなしの差も他の衣服に比べ最も大きかった。

Fig. 10は、着用感について示したものである。温冷感は、第1回～第3回目の運動終了時ともに、冷却ありの方が冷却なしより涼しい側への評価が得られ、冷却ありと冷却なしの間に有意差が認められた。また、快適感と湿潤感は冷却ありのほうがやや良好な評価が得られたが、有意差はなかった。

4. 考 察

Pimentalら⁸⁾は、防護服着用下、室温44℃、51℃、57℃、相対湿度はそれぞれ49%、33%、25%の環境条件で、ベストの前後に3個ずつ計6個の保冷具（総重量4.6 kg）を取り付け、トレッドミルによる運動を20分間行った結果、いずれの場合も保冷具を用いない場合に比べ、顕著な直腸温、心拍数および発汗量

Table 3. Moisture adsorbed to clothing (g)

Clothes	Cooling	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	Mean
Under shirt	Cooling on	4.8	19.5	32.2	29.7	12.4	19.72
	Cooling off	1.7	24.2	39.6	42.0	21.5	25.80
Drawers	Cooling on	2.7	5.2	9.3	7.4	3.7	5.66
	Cooling off	4.3	5.7	10.8	9.9	6.8	7.50
Blouse	Cooling on	3.4	4.4	8.8	10.6	4.6	6.36
	Cooling off	6.6	9.3	13.1	16.9	10.3	11.24
Trousers	Cooling on	2.6	3.0	4.7	4.6	2.2	3.42
	Cooling off	0.9	3.1	3.9	5.4	0.9	3.04
Total	Cooling on	13.5	32.1	55.0	52.3	22.9	35.16
	Cooling off	13.5	42.3	67.4	74.2	40.5	47.58

* $p < 0.05$.

保冷具を用いた軀幹部上部冷却による農薬散布用防除衣着用時の発汗量抑制の効果

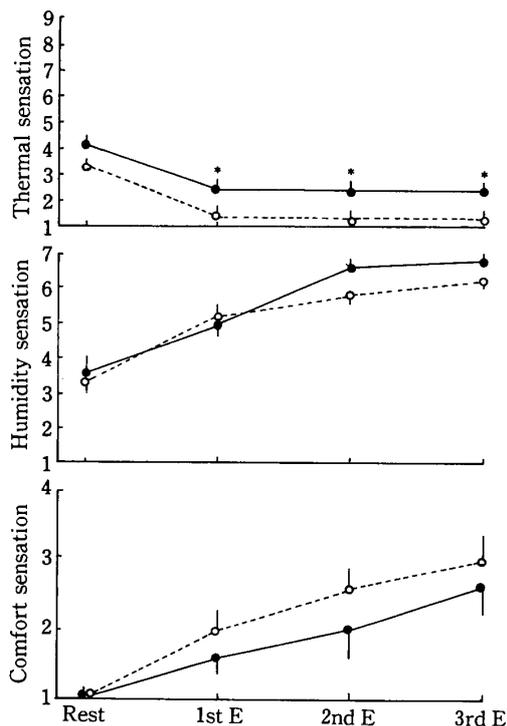


Fig. 10. Subjective sensation of thermal sensation (upper), humid sensation (middle) and thermal comfort sensation (bottom) during rest and exercise under the influences of two kinds of protective clothing

The values are means \pm S.E. of 5 subjects. Open circles, cooling off; closed circles, cooling on. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

の上昇抑制があったことを報告している。本研究で用いた保冷具は、農薬散布作業にできるだけ負担のかからない重量を考慮したため、総重量は約 510 g と Pimental らに比べかなり軽量であったが、発汗の抑制効果はあったと考えられる (Fig. 3)。以下保冷具による冷却が、発汗の抑制にどのようなメカニズムで関与したかについて、今回の実験結果に基づいて考察する。

発汗調節反応には、発汗中枢機構への温度入力として皮膚温と深部体温の関与が大きいと言われている¹⁰⁾。特に運動時は発汗中枢機構の感受性の変化に皮膚からの温度情報が、重要な役割をしていることが指摘されている¹¹⁾。本実験では冷却した場合の平均皮膚温が、保冷具を固定し運動を開始した直後から低下し、実験終了時まで上昇が抑制されたが (Fig. 7)、この皮膚温の低下が発汗開始を遅延させ、さらには運動中の発汗量抑制の一要因になったと考えられる。我々の実験条件とは異なるが、田村ら¹²⁾は、高温環境下、椅座

安静で身体各部を局所冷却した結果、胸や背中中の冷却は末梢部の冷却に比べ、冷却効果が全身に波及したことを報告している。我々の実験では下肢部へ影響はなかったが、上肢の前腕 (上腕は測定なし) において 5 名中 3 名が冷却ありの方が皮膚温が低下し、第 2 回運動開始後 7 分から 11 分の間で冷却ありと冷却なしの条件間に、5% の危険率で有意差が認められた。防護服着用下の運動時においても胸や背の冷却が上肢部には波及し、発汗中枢機構への温度入力をさらに小さくしたことも考えられる。また、局所皮膚温は汗腺の汗分泌活動に影響を与える¹³⁾ ことから、冷却ありの場合の胸の皮膚温の顕著な低下 (Fig. 6) は、特に胸部の局所発汗にも大きな影響を与えたことが考えられる。これは、Fig. 9 にみられる冷却ありの場合の胸部の衣内絶対湿度が冷却なしより低値を保ったこと、また胸部を被覆する半袖シャツの衣服付着汗量が冷却ありの方が少なかった (Table 3) こと等により裏づけられる。

深部体温の T_{re} , T_{ty} については、実験時の同経過時間帯における冷却ありと冷却なしの間には有意差はなかったが、各運動中の安静終了時からの上昇をみると (Fig. 5)、第 2 回運動までは、冷却ありの方が冷却なしより上昇が遅延され、冷却の効果がうかがわれた。これは保冷具を当てたことにより皮膚面と保冷具間の温度勾配が大きくなり、顕著な熱移動が行われ、皮膚血流の冷却により体深部温が低下し、その結果、 T_{re} や T_{ty} の上昇が抑制されたためと推測される。山下¹⁴⁾ は高体温状態下において、頭部、顔面を局所冷却した結果、 T_{ty} の低下と発汗量の減少がみられ、 T_{ty} と発汗量はよく対応し、しかも持続的な発汗量の減少がみられたことを報告している。我々の今回の実験では農薬散布作業の作業能率にあまり支障のない部位で、なおかつ冷却効果が大きいとされる顔面¹⁵⁾ に近い部位として頸や軀幹部上部を選んだが、 T_{ty} の上昇抑制に多少とも関与し、発汗量の上昇抑制に寄与したことが示唆された。

以上のことから保冷具による冷却は特に胸部の皮膚温を低下させ、発汗活動の亢進を抑制し、その結果、心拍数 (Fig. 8) や衣服内温湿度の上昇を抑制したと考えられる。冷却はまた着用感においても評価を向上させた。丸山ら¹⁶⁾ は全身温冷感には特に背部・上腕部の温冷感や皮膚温および胸部等の温冷感が関与することを報告している。今回の冷却ありと冷却なし間における全身温冷感の有意な差は胸や背の皮膚温や衣内温

度の顕著な低下 (Fig. 9) が大きく影響しているものと考えられる。

実際の農薬散布作業では、今回用いなかったマスク、手袋や長靴の防護装備の着用が不可避であるが、これらの装備を着用した場合でも生理的負担を少なくするためには、マスク、手袋や長靴の素材の開発とともに冷却面積の増大や冷却部位等を工夫し深部体温の低下をより顕著にする必要がある。また、わが国の夏の気候条件を考慮した時、より高湿環境下 (たとえば湿度 80~90% R.H.) での検討や、素材や材料学的性質の異なる防除衣についてもさらに検討する必要がある。今回の冷却効果が時間の経過と共に希薄になったことから保冷時間を持続させる冷却具の開発も必要であろう。

5. 要 約

農薬散布用防除衣着用時の生理的負担の改善を図る目的で以下の実験を行った。

環境温 $30 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ の人工気候室において、被験者 5 名に頸部および軀幹部上部に冷却具を用い、冷却した場合と冷却しない場合の二つの条件下で、自転車エルゴメーター (50 W) による運動負荷を行い、局所発汗量、直腸温、鼓膜温、心拍数、衣服内温湿度および着用感について比較検討を行った。

得られた結果は以下のとおりであった。

(1) 保冷具固定直後から胸部と背部の皮膚温は低下したが、特に胸部の低下は著しく、また胸部の衣服内温湿度の低下も顕著であり、皮膚温および衣服内温湿度ともに冷却ありと冷却なしの間に有意差が認められた。

(2) 冷却ありは冷却なしに比べ、発汗量の上昇が抑制され、特に保冷具を当てた局所の発汗が抑制されたことが、衣内絶対湿度や衣服付着汗量から推測された。

(3) 心拍数は、冷却ありの方が冷却なしより少ない傾向がみられ、生理的負担の軽減が示唆された。

(4) 着用感のうち、特に温冷感において、冷却ありと冷却なしの条件間に有意な差が認められた。

以上のことから、農薬散布用防除衣着衣下において、保冷具を軀幹部上部に当てることは発汗量を抑制し、生理的負担の軽減や着用感の改善につながる事が示唆された。

引 用 文 献

- 1) 田中正敏, 窪田為延, 大野静枝, 北 博正: 公衛誌, **39**, 185~189 (1975)
- 2) 長野県農政部: 農薬散布時の防護装備着用実験報告書 (1989)
- 3) 菅谷 彪, 若月俊一, 松島松翠: 日農医誌, **34**, 682~683 (1985)
- 4) 林 千穂, 山下由果, 登倉尋実: 日生気象誌, **28**(3), 74 (1991)
- 5) 林 千穂, 月岡 忠: (奈良女大) 家政学研究, **39**, 15~21 (1992)
- 6) McCaffrey, T. V., Geis, G. S., Chung, J. M. and Wurster, R. D.: *Aviat. Space Environ. Med.*, **46**, 1353~1357 (1975)
- 7) Brown, G. A. and Williams, G. M.: *Aviat. Space Environ. Med.*, **53**, 583~586 (1982)
- 8) Pimental, N. A., Avellini, B. A. and Heaney, J. H.: *Proceedings of the Fifth International Conference on Environmental Ergonomics*, 226~227 (1992)
- 9) 林 千穂, 山下由果, 今村律子, 登倉尋実: (奈良女大) 家政学研究, **38**, 67~73 (1992)
- 10) 小川徳雄: 日本生理誌, **48**, 1~13 (1986)
- 11) 近藤徳彦, 西保 岳, 鍋倉賢治, 池上春夫: 日生気象誌, **24**, 135~144 (1987)
- 12) 田村照子, 安 美英: 人間-生活環境系国際会議報告, 571~574 (1991)
- 13) 小川徳雄: 日本生理誌, **48**, 1~13 (1986)
- 14) 山下由果: 愛知医大医学会誌, **17**, 875~886 (1989)
- 15) Ogawa, T., Ohnishi, N., Yamashita, Y., Sugeno, J., Asayama, M. and Miyagawa, T.: *Jpn. J. Physiol.*, **38**, 479~490 (1988)
- 16) 丸山康子, 田村照子: 日生気象誌, **26**, 143~154 (1989)