

野球選手の着衣条件からみた熱中症予防に関する研究 (アンダーシャツ素材を中心に)

横浜国立大学 田中英登
(共同研究者) 同 薩本弥生

The Study of Clothing in Baseball Players with Particular Reference to Underwear for Prevention of Heat Accumulation

by

Hideto Tanaka, Yayoi Satsumoto
*Faculty of Education and Human Sciences,
Yokohama National University*

ABSTRACT

To clarify the effects of the polyester underwear for prevention of heat accumulation under the heat environment in baseball, two series of exercise experiments were carried out at an ambient temperature of 35 °C, and 60% of relative humidity. In the first experiment, the thermoregulatory responses under three clothing conditions were compared: nude, 81% polyester baseball undershirt with tight clothing (PE), and 81% cotton baseball undershirt with loose clothing (CT) on the upper body and with common swimming pants, on the lower body. In the second experiment, the thermoregulatory responses under the corresponding three clothing conditions with baseball uniform and socks on the lower body were compared: nude on the upper body, the 81% polyester undershirt with layered wearing of baseball uniform (PE uniform), and the 81% cotton undershirt with layered wearing of baseball uniform (CT uniform) on the upper body. Heart rate (HR), rectal temperatures (Tre), skin temperatures, total sweat volume (TSV), effective sweat volume (ESV) and subject votes (thermal, comfort, skin humid sensations) were measured in each

experimental condition.

In Experiment 1, the Tre rose most in the CT condition than the other two conditions. This was due mainly to increased effective sweat rate (ESV/TSV) in the PE condition. On the other hand, in Experiment 2, the rise of Tre was not different between PE uniform and CT uniform conditions. Above results showed that the polyester undershirt with clothing pressure was effective in reducing the thermal load than the conventional cotton undershirt, but the effect disappeared with layered wearing. The layered wearing in baseball activity for prevention of the heat accumulation remained to be studied.

要 旨

スポーツ活動時の熱中症発生率の最も高い野球のアンダーシャツに焦点をあて、近年開発されているポリエステルアンダーシャツの熱中症予防に関する有効性を体温調節反応から解明することを目的として暑熱環境下における運動負荷実験を行った。実験1では着衣条件を上半身裸体、ポリエステル素材のアンダーTシャツ(PE)、従来の綿素材のアンダーTシャツ(CT)(ともに下半身は競泳パンツ)の比較を行った。その結果、CTは裸体条件と比較して体温がより上昇したが、PEでは体温上昇の抑制効果が示された。これは主に総発汗量が裸体<PE=CTであったが、発汗効率がとくにCTにおいて低下し、PEではその低下を軽減する効果が認められたことによるものであった。実験2では着衣条件をよりスポーツ活動現場に近い設定として、下半身はユニフォーム、上半身は裸体、ポリエステルアンダーシャツにTシャツ重ね着、綿アンダーシャツにTシャツ重ね着の3条件の比較を行った。その結果、実験1で示されたようなポリエステルアンダーシャツの体温上昇抑制効果は消失した。この結果は、アンダーシャツにユニフォームを重ね着していることが主原因であり、今後この重ね着について検討することが熱中症の予防に必要であると考えられた。

緒 言

近年の夏季気温上昇は、熱中症の発生増加をもたらしており、現在では多くのメディアに取上げられるようになっている。中でもスポーツ活動時の熱中症発生は、中学・高校生を中心に1970年代後半以降多発している。このスポーツ活動中の熱中症発生は、一般に環境条件と活動方法、水分補給方法、個体の暑熱耐性能水準などが関係することが知られ、これらの子供たちを指導する先生やスポーツ指導者の熱中症に関する知識の向上が重視されているところである。

スポーツ活動時の熱中症発生数をスポーツ種目別に見ると、「野球」が最も多いことが報告されている^{1,2,3)}。この原因として、野球指導者の熱中症に関する知識や意識の不足、非効率的な練習法などが挙げられ、さらに夏季においても全身を覆ったユニフォームを着用し、炎天下で長時間の練習を行うことなども挙げられる。そこで本研究では、野球における夏季の衣服に着目し、近年「暑さに強いスポーツアンダーシャツ」として販売されるようになった吸水・速乾性のポリエステルアンダーシャツの現場における利用状況調査を兼ねた環境意識アンケート調査および実際の練習時の着衣条件での生理学的な効果についての実験調査を行い、野球選手の熱中症予防に有効な着衣

条件について検討することを目的として行った。

1. 研究方法

1. 1 アンケート調査

アンケート調査は国内の高校生および大学生野球選手を対象に「野球選手の環境（季節・気温）に関する意識について」と題した調査を実施した。本研究に直接的に関わる設問項目は「練習時のウェアについて」で、内容は服装に関する意識、着衣量に関する意識、素材に関する意識および近年各メーカーが売り出している暑さに強いアンダーシャツの利用状況である。また、アンケートをお願いした中の一部の高校および大学には上半身の重ね着に関するアンケートも実施した。

1. 2 アンダーシャツ着衣実験

暑さに強いとされ開発されたアンダーシャツ着用時の温熱生理学的効果について検証するため、以下の実験を実施した。

1. 2. 1 アンダーシャツ素材実験

今回用いた「暑さに強い」とされるアンダーシャツのぬれ広がり能（水分蒸発機能）を調べる素材実験を行った。実験はU社製の暑さに強いとされるアンダーシャツ（81%ポリエステル-19%吸湿合繊）と従来の綿アンダーシャツ（81%綿-19%吸湿合繊）をラバーヒーター（40×70cm）の上に置き、10mlの水を滴下し、水分のぬれ広がり面積をサーモグラフィーによって撮影、後日この広がり面積を算出した。

1. 2. 2 被験者および実験時刻

実験には健康な男子大学野球選手11名（18～22才、身長 171.1 ± 5.2 cm、体重 64.0 ± 5.4 kg）を用いた。被験者には実験前日より激しい運動をひかえるよう、また実験開始前少なくとも2時間は摂食をさけるよう指示した。実験は午前10時から17時の間に行い、また各被験者においては生

体の日内リズムを考慮して同一時間帯に実験を行うようにした。なお、全被験者には前もって実験の主旨および方法、危険性などを説明し、実験参加の承諾を得た者のみ採用した。

1. 2. 3 環境条件、着衣条件および運動条件

実験は環境温35℃、相対湿度60%に設定した人工気象室内にて行った。着衣条件については、**実験1**としてアンダーシャツ素材そのものの効果について明らかにすることを目的とするため、下半身は競泳パンツ1枚で上半身にアンダーシャツを着用させて行い、**実験2**では実際の野球練習および試合時に近い着用条件における測定を行うことを目的とし、下半身は野球ユニフォーム（95%ポリエステル-5%綿のルーズ着用）にアンダーソックス、ソックスを着用し、上半身をアンダーシャツにユニフォーム（95%ポリエステル-5%綿）を重ね着（ユニフォームはルーズに着用）させた。第1および第2実験における着衣6条件は以下のようである。

実験1（被験者数6名、下半身は全て競泳用パンツ）

- ① 上半身裸体（以下裸体）
- ② 81%ポリエステル-19%吸湿合繊Tシャツのタイト着用（以下PE）
- ③ 81%綿-19%吸湿合繊Tシャツのルーズ着用（以下CT）

実験2（被験者数5名、下半身は全て野球ユニフォーム（含ソックスなど）着用）

- ④ 上半身裸体（以下上半身裸体）
- ⑤ 81%ポリエステル-19%吸湿合繊Tシャツのタイト着用とユニフォーム（95%ポリエステル-5%綿）の重ね着（以下PEユニフォーム）
- ⑥ 81%綿-19%吸湿合繊Tシャツのルーズ着用とユニフォーム（95%ポリエステル-5%綿）の重ね着（以下CTユニフォーム）

また、運動条件は、自転車エルゴメーターによる中立環境温（22℃）での裸体条件におけるHRmax60%に相当する強度で60分間行わせた。

1. 2. 4 測定項目および実験プロトコール

測定項目は、実験開始時および終了時の体重（精度50g）により総発汗量を算出した。実験中の測定として、心拍数（日本光電、Life Scope6）、直腸温（テクノセブンK721多点式サーミスター温度計）、皮膚温（額部、胸部、上腕部、手背部、大腿部の5点；テクノセブンK721多点式サーミスター温度計）、酸素摂取量（ミナト医科学AE300S）、有効発汗量（ザリトリウス重量天秤；精度2g）および主観的感覚（温度感覚、温熱的快適感覚、皮膚べとつき感覚、自覚的運動強度）である。

被験者は入室後、20分間安静を保持し、その後パンツの状態体重を測定した。体重測定後、各被験者はその日の実験着衣条件に着替え、35℃、60%に設定した人工気象室に入室した。入室後、直腸温用プローベを挿入し（約10cm）、その後有効発汗量測定用の重量天秤の上に置かれた自転車エルゴメーターに乗った状態で座位安静を保持した。重量天秤の上には金属製の皿（2m×1m）、さらに自転車エルゴメーターを載せている。皿の中には発汗した汗が体表面上から落ちた場合に蒸発しないよう流動パラフィン油で満

たされている皮膚温測定用電極および酸素摂取量測定用呼気ガスマスク装着後、安静時の測定を開始した（10分）。その後運動を60分間行った。主観的感覚については、安静時は5分ごと、運動時は10分ごとに測定した。

1. 2. 5 データー解析

各測定値は平均±SDで表した。各条件間の比較は第1実験および第2実験は被験者が異なるため、別個に検討した。検定は分散分析法およびT-検定を用いて行い、 $p<0.05$ の場合有意差があるとした。

2. 研究結果

2. 1 アンケート結果

アンケート調査は九州から関東までの15高校（440名）、および四国から北海道までの6大学（204名）から回答を得た。図1は高校生および大学生の着衣に関する意識についての設問（服装について、着衣量について、素材について）に対する回答結果を示す。各設問とも「大変注意する」および「注意している」と意識レベルが高い者の回答割合は、夏と冬の季節差はほとんどなく、服装（高校生75%、大学生80%）、着衣量（ともに70%）、素材（45%、50%）であった。高校生と大学生の差もほとんど見られなかったが、ともにウェアに関する関心が高いことがうかがえた。図

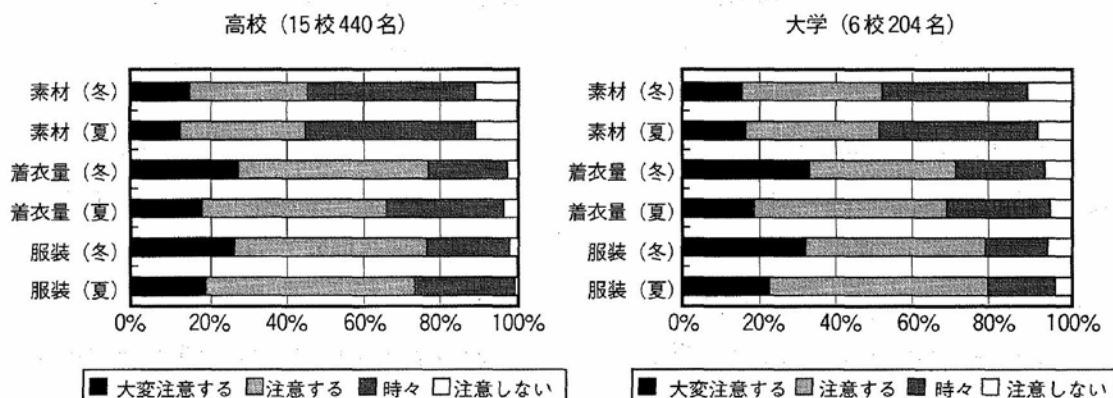


図1 高校および大学野球選手のウェアに関する意識

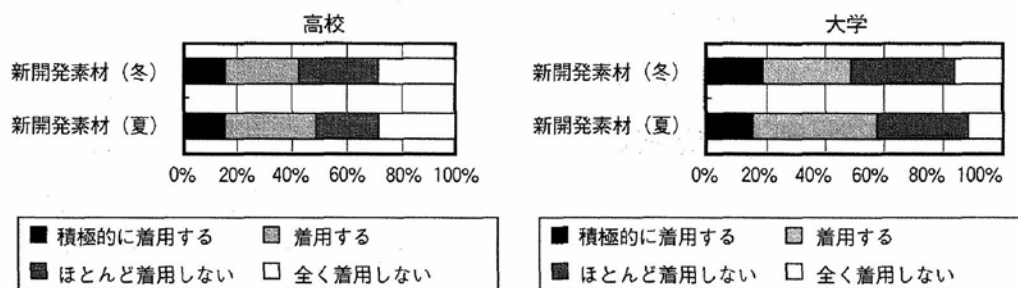


図2 新開発野球アンダーシャツの着用実態

2は「暑さに強い」あるいは「寒さに強い」と宣伝されている新開発素材のアンダーシャツの着用状況に関する回答を示す。高校生では冬の寒さに強いアンダーシャツ着用率42%, 暑さに強いとされるアンダーシャツ着用度48%であり, 一方大学生において冬は50%, 夏は57%の着用率を示した。この新開発素材の着用に関して, 着用しない者の理由は(重複回答可), ①経済的理由(40%), ②着心地悪い(27%), ③期待されるような効果がないと思う(14%)であった。一方, 反対に着用している者の理由は, ④着心地感(フィット感, 汗のべとつき感など)が良い(72%), ⑤暑さや寒さの軽減が期待される(33%)であった。また, 練習や試合時においてアンダーシャツの上にユニフォームなどを重ね着する割合はほぼ100%であり, その理由として①格好が良いから(重ね着しないと格好が悪い)(75%), ②障害の予防のため(20%)であった。

2. 2. 1 アンダーシャツ素材実験

図3はぬれ広がり面積を求めた素材実験結果である。81%PEアンダーシャツは81%綿アンダーシャツに比してぬれ面積はより早く広がり, より早く水分が蒸発した。即ちこのPEアンダーシャツは吸水・速乾性素材であることを示した。

2. 2. 2 アンダーシャツ素材の効果(実験1)

心拍数は着衣3条件間で差はなく, 運動終了時の心拍数は裸体 (157 ± 12), PE (161 ± 11), CT

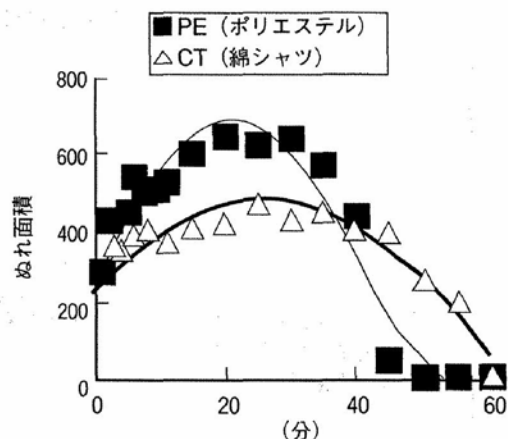


図3 新開発アンダーシャツ (81%ポリエステル) と従来のアンダーシャツ (81%綿) のぬれ広がり面積の比較

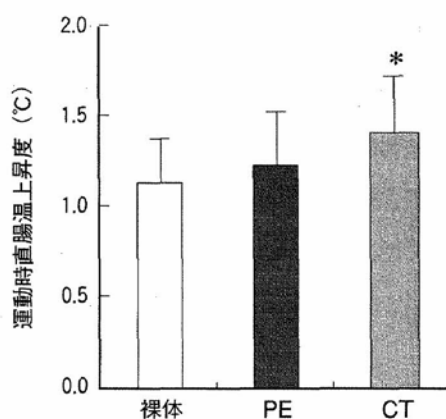


図4 実験1における各着衣条件時の体温上昇度
* は裸体条件との有意差 ($p < 0.05$) を示す。

(163 ± 10) であった。運動にともなう直腸温上昇度を図4に示す。裸体で最も上昇度は小さく ($1.1 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$), CTにおいて最も上昇度は大きくなったが ($1.4 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$), PE ($1.2 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$) では裸体条件との有意差は認められなかった。皮膚温の変化(図5)は計測した皮膚温5点より算出した平均皮膚温では各条件間で差はなかったが, 大

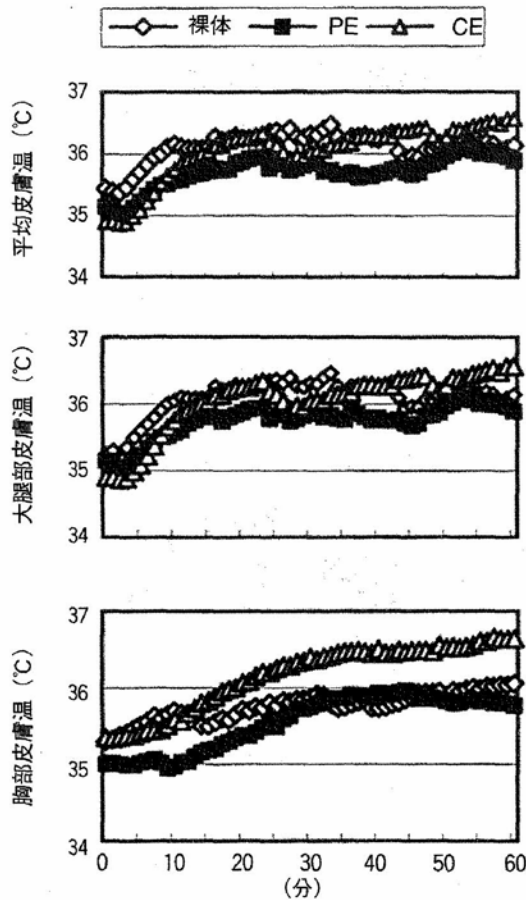


図5 実験1における皮膚温の経時的変化。
上段より、平均皮膚温、大腿部皮膚温、胸部
皮膚温を示す

腿部および胸部皮膚温は裸体およびPEにおいて運動中低い傾向がみられた。発汗量に関して(図6), 総発汗量は裸体 ($537 \pm 122 \text{g/m}^2$) に比してPE ($612 \pm 155 \text{g/m}^2$), CT ($613 \pm 153 \text{g/m}^2$) で有意に増加した。有効発汗量は裸体 ($348 \pm 34 \text{g/m}^2$),

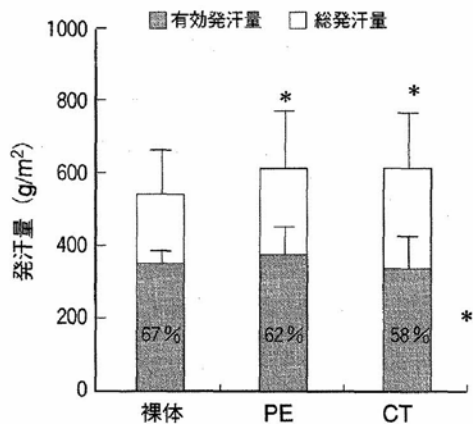


図6 実験1における総発汗量と有効発汗量。
数字は発汗効率(有効発汗量/総発汗量)を示す。
*は裸体条件との有意差 ($p < 0.05$) を示す。

PE ($369 \pm 75 \text{g/m}^2$), CT ($342 \pm 84 \text{g/m}^2$) であり、発汗効率(総発汗量に対する有効発汗量の割合)は裸体 (67%), PE (62%), CT (58%) となり、とくにCT着用時に発汗効率が低下することが示された。代謝量は条件間で差はなかった。主観的感覚(図7)に関して、温熱的快適性と自覚的運動強度は3条件間で差はなかったが、温度感覚および皮膚べとつき感覚において裸体とPEで差はなく、CTにおいて最も暑いと感じ、最も皮膚べとつき感の不快を示した。

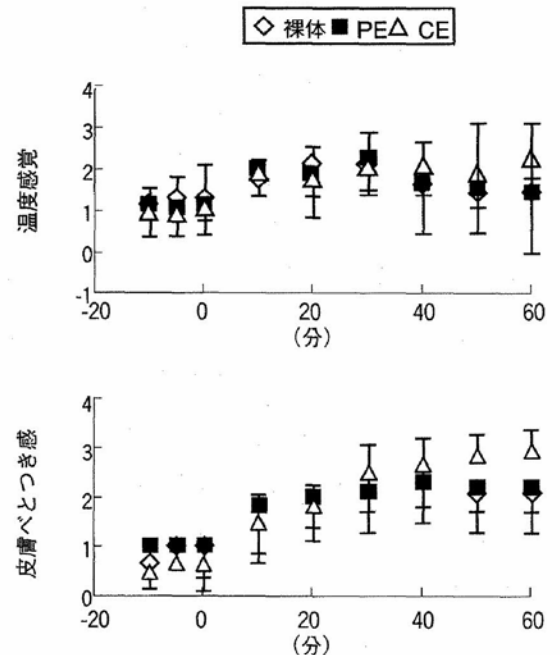


図7 実験1における温度感覚と皮膚べとつき感覚の変化

2. 2. 3 日常の着衣条件における効果(実験2)

運動終了時の心拍数は上半身裸体 (160 ± 11) と比較してPEユニフォーム (167 ± 16), CTユニフォーム (168 ± 17) とで上昇する傾向が見られたが有意差はなかった。運動にともなう直腸温上昇度を図8に示す。上半身裸体で最も上昇度は小さく ($1.1 \pm 0.3^\circ\text{C}$), PEユニフォーム ($1.4 \pm 0.3^\circ\text{C}$) およびCTユニフォーム ($1.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$) において上昇度は大きくなった。皮膚温の変化について、平均皮膚温は上半身裸体で最も低い値を示した。これは運動時の胸部皮膚温上昇が上半身裸体において明らかに他の2条件よりも低いことに

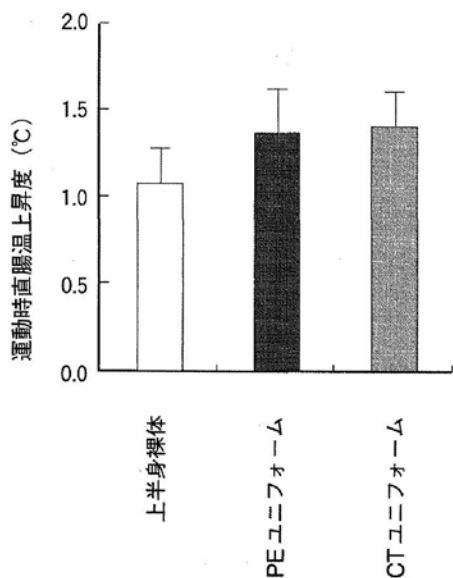


図8 実験2における各着衣条件時の体温上昇度

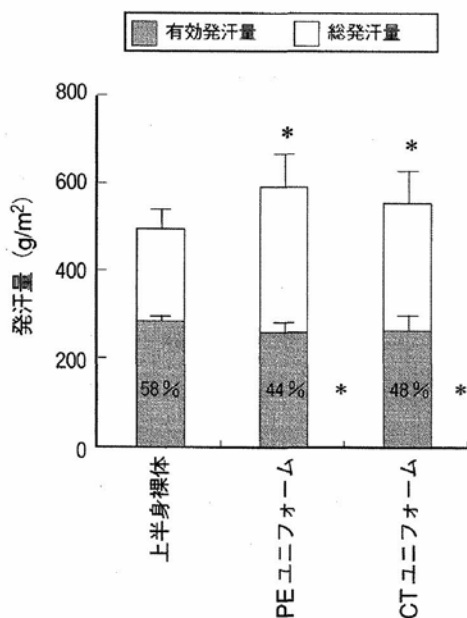


図9 実験2における総発汗量と有効発汗量。
数字は発汗効率(有効発汗量/総発汗量)を示す。
*は上半身裸体との有意差 ($p < 0.05$) を示す。

よるものであった。発汗量に関しては(図9), 総発汗量は上半身裸体 ($477 \pm 43 \text{ g/m}^2$) に比して PEユニフォーム ($591 \pm 74 \text{ g/m}^2$), CTユニフォーム ($575 \pm 72 \text{ g/m}^2$) において有意に増加した。有効発汗量は上半身裸体 ($290 \pm 10 \text{ g/m}^2$), PEユニフォーム ($264 \pm 17 \text{ g/m}^2$), CTユニフォーム ($270 \pm 28 \text{ g/m}^2$) であり, 発汗効率は上半身裸体 (58%), PEユニフォーム (44%), CTユニフ

ーム (48%) となり, PEユニフォームおよびCTユニフォームにおいて発汗効率が大きく低下することが示された。代謝量は条件間に差はなかった。主観的感覚に関して, 温度感覚, 温熱的快適性および自覚的運動強度は3条件間で差はなかった。皮膚べとつき感覚においてPEユニフォーム, CTユニフォームとも皮膚べとつき不快感が非常に強くなる結果を示した。

3. 考 察

スポーツ活動時の熱中症発生数は, 中学・高校生 (15-20才の年齢層) において多発しており, 中でも野球活動時の発生が全体の約30%を占めている³⁾。夏期高校野球練習時および競技時の実態調査によると⁴⁾, 練習および試合時の環境はほとんどの地域で日本体育協会医科学委員会により出されている熱中症予防指針⁵⁾ において警戒域 (熱中症の危険が増すので, 積極的に休息を取り, 水分補給する。激しい運動では, 30分おきくらいに休息をとる) 以上であることを示している。このように熱中症予防として, 環境温度と活動一休息および水分補給に関する指針が示されているが, さらによりスポーツ競技ごとの指針を作成することが今後重要であると考えられる⁶⁾。

スポーツ活動時のウェアの役割として, 身体を保護するとともに体熱環境を維持すること (寒冷環境では熱の保持, 暑熱環境では熱の放散) も重要である。これまでも運動時のウェアの体温調節反応への影響に関する研究は多く, 被服着用や被服面積の影響^{7, 8, 9)} や, 素材の影響^{10, 11)} などが報告されている。新矢らは¹²⁾, サッカーおよび野球ユニフォーム着用時の高温環境下運動時体温調節反応の比較を行い, 裸体条件 (競泳パンツのみ) と比較して野球ユニフォーム着用時には3倍の深部体温上昇を示し, サッカーユニフォームの値 (2倍) と比較すると大きな温熱負荷がかかっていることを明らかにしている。本研究では,

このように野球独自の全身を覆ったユニフォームに焦点をあて、野球ウェアに関する熱中症予防について検討を行うことを試みた。近年、多くのスポーツウェアメーカーより「暑さに強い！」などと称したアンダーシャツが売り出されている。そこで、このようなアンダーシャツの熱中症予防の観点からみた有効性について検証することを本研究の目的とした。

研究はまず野球選手のウェアに関する意識および着用実態について調査を行った。その結果、高校および大学野球選手の約7割以上が季節（気温）変化にともなったウェアについて関心を持っており、また新開発アンダーシャツについての着用率も5割以上を示した。また、着用者の着用理由について、着心地感（フィット感、汗のべとつき感など）の良さとともに暑さの軽減効果を挙げている。そこで、実際にこのようなアンダーシャツは熱中症予防に有効なのかを体温調節反応の面から実験的に検証した。

本研究で使用したアンダーシャツ（ポリエステル81%）のぬれ広がり面積材料実験の結果は、従来の綿81%アンダーシャツと比してぬれ広がりが早く、より早く乾燥する特徴を持っていることが確認され、いわゆる吸水・速乾性の素材であることが示された。これは、従来から報告されている結果と同様であった¹³⁾。一方、アンダーシャツの着用条件として今回は新開発素材のアンダーシャツに関してはタイトな着用条件に、従来の綿アンダーシャツに関してはルーズな着用条件に設定して行った。平田ら¹⁴⁾は綿およびポリエステルのブラウス着用時のゆとりおよび圧迫による体温調節反応の違いを調べている。その結果、体温調節反応への影響は綿とポリエステルで異なり、綿の場合は圧迫条件よりもゆとり条件において生体への熱負荷は小さく、反対にポリエステルの場合にはゆとり条件よりも圧迫条件の方が熱負荷が小さいことを報告している。そこで、本研究では、

ポリエステルアンダーシャツにおいては圧迫（タイト）着用条件を、綿アンダーシャツの場合はゆとり（ルーズ）着用条件を設定した。

以上のアンダーシャツ素材および着用条件から、本研究で設定した35℃の高温環境下での運動負荷時には発汗による熱放散が唯一の熱放散手段となるため、ポリエステルアンダーシャツは従来の綿着用と比較して生体にかかる温熱負荷量は小さく、熱中症の予防に有効であることが期待された。実験1ではポリエステルTシャツのタイト着用（PE）と綿Tシャツのルーズ着用（CT）の比較を行い、PEは体温上昇の抑制効果を示した。これは、総発汗量は裸体条件よりもPE、CTで有意に増加したが、CTでの発汗効率の低下（PEの発汗効率低下の抑制効果）が影響したことによるものであった。また、温度感覚および皮膚べとつき感覚において、PEは感覚的な生体負担度も軽減することが示された。これらの結果から、PEアンダーシャツタイト着用は高温環境下における運動時の生体負担度を軽減させる効果があることが示唆された。しかしながら、実験1の着衣条件は素材そのものの効果を調べた生体基礎実験であり、実際の野球練習および試合時の着衣条件とは異なるものである。そこで、実験2として、より現場の着衣条件に近い条件設定で行った。

実験2では下半身はソックス、アンダーソックスおよびユニフォームを着用し、上半身を裸体およびPE又はCTのTシャツ+ユニフォームの重ね着条件を設定した。この実験2の結果は、実験1で示されたPEアンダーシャツの素材効果は示されなかった。これはとくに、発汗効率低下度合いが実験1においてCTに比べて軽減されたPEが、実験2ではCT以上に発汗効率が低下したことによるものと考えられ、それにともない体温上昇度も有意に裸体ユニフォーム条件よりも高くなるという結果を導いた。この結果は主に重ね着したことによるものと考えられる。重ね着を条件に加え

た理由については、実際の高校および大学野球選手のほとんどが練習時および試合時にアンダーシャツの上にTシャツ系ユニフォームを重ね着するという実態があるためであった。またこの重ね着は一般的にアンダーシャツ上にゆったりと着用するタイプが多く、今回の着用もアンダーシャツ上のTシャツはゆったりと着用させた。そのため、アンダーシャツとユニフォームとの間に空気層が多くでき、熱伝導率が下がり^{15,16)}、またユニフォーム内の湿度が上昇し、本実験のような多量に発汗する条件では最終的に蒸発効率が低減したものと推測される。

以上のように、近年開発されているPEアンダーシャツは、重ね着をすることによりその素材効果が失われるため、今後はその重ね着について検討していくことが必要と思われる。具体的には重ね着ウェアの素材や着方（タイト、ルーズなど）、さらには熱中症の発生の多くがランニング練習などの持久運動時に起こりやすいため⁵⁾、重ね着をするにしても練習メニューとの兼ね合いで服装を変えるなどの指針も示すことが有効と思われる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、研究助成を賜った石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く感謝の意を申し上げます。また、アンケートにご協力いただいた全国各地の高校および大学には厚く御礼申し上げます。なお、実験データの収集・解析およびアンケート解析に積極的に協力・参加いただいた斎藤恭世、原川早織両氏に、この場をおかりして厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 中井誠一、川原貴：学校管理下における熱中症死亡事故発生時の環境温度。臨床スポーツ医学, 13 : 562-566 (1996)

- 2) 中井誠一：運動時熱中症の疫学的検討。平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. VII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第1報— (1998)
- 3) 川原貴：スポーツ活動における熱中症とその予防, 臨床スポーツ医学, 19 : 733-739 (2002)
- 4) 中井誠一ほか：夏期における高校野球の練習および競技会の実態。平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第2報— (1999)
- 5) 川原貴ほか：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, (財) 日本体育協会 (1999)
- 6) 中井誠一ほか：スポーツウェアと暑さ対策, 臨床スポーツ医学, 19 : 763-767 (2002)
- 7) 平田耕造ほか：身体活動時の快適性とスポーツウェア, デサントスポーツ科学, 12 : 12-32 (1991)
- 8) Jeong WS & Tokura H: Different thermal conditions of the extremities affect thermoregulation in clothed man, *Eur. J. Appl. Physiol.* 67: 481-485 (1989)
- 9) Nielsen R & Endrusick T: Sensations of perature and humidity during intermittent exercise and the influence of underwear knit structure, *Ergonomics* 33: 221-223 (1999)
- 10) 三ツ井紀子ほか：運動中の衣服下気候と着心地に及ぼす繊維の影響, 日生氣誌 23 : 35-42 (1986)
- 11) 三ツ井紀子, 中島利誠：衣服素材の衣服下気候と着心地に及ぼす影響, 日生氣誌, 28 : 125-135 (1991)
- 12) 新矢博美ほか：スポーツユニフォームの違いが高湿環境下運動時の体温調節反応に及ぼす影響, 体力科学, 53: 347-356 (2004)
- 13) 薩本弥生ほか：運動発汗時の肌着の熱水分移動, *Fiber Preprints, Japan*, 58 : 3D09 (2003)
- 14) 平田耕造ほか：被服における皮膚圧迫が体温調節反応に及ぼす影響, デサントスポーツ科学, 24: 3-14 (2003)
- 15) 寄本明ほか：WBGT (湿球温度) を指標とした運動時暑熱障害予防に関する研究, デサントスポーツ科学, 13 : 228-235 (1992)
- 16) 川原貴：スポーツにおける熱中症, 臨床スポーツ医学, 14 : 735-740 (1997)