

特集 東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会に向けた暑熱対策
～暑熱対策プロジェクト～

第 1 章 国内外における暑熱対策に関する研究の動向

東京 2020 大会決定以前の国内外における暑熱対策に関する研究の動向

Trends in research on heat countermeasures in Japan and
Abroad before the decision on Tokyo 2020 Olympic Games.

安松幹展¹⁾

Mikinobu Yasumatsu¹⁾

キーワード：アメリカスポーツ医学会, 日本体育協会, 日本サッカー協会

はじめに

アスリートが発揮する運動パフォーマンスには、技術的側面、戦術的側面、心理的・社会的側面に加えて、体力的側面も大きく関与することが知られている⁴⁾。一般的に、環境条件はこれらのうち、主に体力的側面に対して影響を及ぼすと考えられており、特に暑熱環境下での運動時の生体反応や運動パフォーマンスに対する影響は、国内外で古くから議論されてきた。ここでは、東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会（以下、東京大会）の開催が決定する 2013 年以前の国内外における暑熱対策研究の歴史と変遷について、主にアメリカスポーツ医学会の Position stand、日本体育協会の熱中症予防研究班、日本サッカー協会科学研究委員会の暑熱研究プロジェクトのそれぞれの活動に焦点を当てて解説する。

I. 国外の暑熱対策研究の変遷

アメリカスポーツ医学会 (ACSM; American College of Sports Medicine) の web site によると、設立後最初に発表した Position Statement は “Pre-

vention of Heat Injuries During Distance Running” のタイトルで示されているように、長距離ランニング中の暑熱障害予防に関するものであった¹⁾。ここでは、1950 年台からアメリカ軍のトレーニングキャンプにおいて暑熱障害予防で使用されていた WBGT を環境指標として、WBGT 28℃を超える環境では 10 マイル (16 km) 以上の長距離レースを実施しないことや、2~3 マイル (3~4 km) 毎に給水所を設けること、暑熱障害の症状をレース参加者に事前に理解しておいてもらうことなどがすでに提唱されていた。この声明の根拠となる研究内容は、1976 年の ACSM のシンポジウム “Problems of Temperature Regulation during Exercise” で議論され、翌 1977 年に刊行された書籍にその内容が詳細に記載されている¹¹⁾。その後、1987 年に、“Position Stand on The Prevention of Thermal Injuries During Distance Running” として更新され、WBGT 28℃以下でも暑熱障害のリスクがあることや、給水所の間隔を 2~3 km に短縮し、100 ~ 200 ml ずつ補給することなどが加筆された²⁾。

¹⁾立教大学

¹⁾Rikkyo University

E-mail : yasumatu@rikkyo.ac.jp

興味深いのは、同年にアスリートの健康増進とパフォーマンス向上を目指した研究を行うことを目的とした Gatorade Sports Science Institute (GSSI) が設立されており、1989 年から ACSM と提携して暑熱対策研究も精力的に行ってきたことである。1992 年にイタリアで開催された開催された GSSI Scientific Conference “Exercise, Heat, & Thermoregulation” で議論された内容は翌年に、“Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine” シリーズの第 6 巻としてまとめられた⁹⁾。その Foreword (序文) では、アスリートだけではなく一般の運動愛好者における暑熱障害予防への期待が当時の ACSM 会長から寄せられており、GSSI と ACSM の提携がその後更新される Position Stand “Heat and Cold Illnesses During Distance Running”⁵⁾ と “Exercise and Fluid Replacement”⁷⁾ の作成にも大きく貢献したと考えられる。このような研究結果を元にした evidence-based で暑熱対策方法を発信していく姿勢は、その後、暑熱環境下での試合だけではなくトレーニングに対する指針として更新された、最新の Position Stand “Exertional Heat Illness during Training and Competition”³⁾ と “Exercise and Fluid Replacement”⁴⁾ に引き継がれ、アメリカ国内で夏期にシーズンがスタートするアメリカンフットボールなどの指導現場で信頼できる指針として定着している。

一方、ヨーロッパのスポーツ界、特にメジャースポーツであるサッカーでは、夏期シーズンはオフシーズンとなっており、アスリートにおける暑熱対策研究はそれほど多くされていなかった。しかしながら、2022 年の中東カタールでのサッカーワールドカップ開催が決定した 2010 年ごろから、サッカーなど球技種目に対する暑熱対策研究も増加していった⁸⁾。2009 年にカタールの ASPETAR (Qatar Orthopaedic and Sports Medicine Hospital) で開催された自国でのワールドカップ誘致に向けた国際シンポジウム “Exercise in Hot Environments; from Basic Concepts to Field Applications” では、最後のセッションで “Consensus on playing football in hot environments” が議論され、サッカー競技に

おける暑熱対策研究の現状と今後の課題が提示された。サッカー選手に対しては、運動前の体重から 2% 以内の脱水に抑えられるよう水分補給に心がけること、暑熱順化には 1～2 週間を要することが、大会運営側には、暑熱環境下での大会前には参加者の事前の慎重な選考が必要であること、WBGT28℃以上で開催する場合にはリスクを認識し熱中症の兆候を見逃さないこと、WBGT32℃以上では開催を再検討することが提言された。一方、ハーフタイムでの冷却方法や、サッカーのパフォーマンスに対する暑熱順化の影響、選手や審判の認知判断能力に対する暑熱環境の影響、暑熱環境地域以外の国から来る観客に対する暑熱の影響などが研究課題としてあげられていた¹⁰⁾。その後、これらの研究課題は、このシンポジウムを主催したカタールの研究グループを中心に精力的に取り組まれ、東京大会も数多くの国で、その暑熱環境対策を活用していくことになる(次章を参照)。

II. 国内の暑熱対策研究の変遷

1964 年のオリンピック東京大会の選手強化推進を目的とし、1960 年に発足された日本体育協会スポーツ科学研究委員会が暑熱環境対策研究プロジェクトを展開してきた。これらのプロジェクトに関する報告書は日本スポーツ協会のホームページで全て閲覧できる¹⁷⁾。主にオリンピック開催地による環境対策研究が行われており、1968 年のオリンピックメキシコ大会にむけた研究報告書では、高地対策が主であったが、「気温、気湿等について」の項で、現地の環境条件として「晴れた日の日中気温は 25℃前後であり、日照下では暑い日陰に入ると涼しい。(中略)湿度は 50%前後であり、日本に比し乾燥している。そのためにのど、くちの渇きを強く感じ、(中略)練習による体重減少も日本の 2 倍くらいである。」ことが報告され、マラソンや自転車ロードレースにおける対策の必要性を示した(1966)。その後は、環境温度と持久性運動に関する研究(1971～1974)、環境湿度と持久性運動に関する研究

(1973～1975)において、持久性運動に対する暑熱環境の影響が研究された。その後は、前述したACSMの長距離ランナーに対する声明発表と呼応するように、運動時の体温の動的様相に関する研究(1976～1983)が続けられ、運動強度と体温上昇の関係や、水分補給の影響などの実験が行われ、1984年のオリンピックロサンゼルス大会時の環境条件を想定したマラソンや競歩に対する暑熱対策研究が行われてきた。このように、主に陸上競技の長距離種目で行われてきた暑熱対策研究は、1989年度(平成元年度)途中で日本体育協会から独立した日本オリンピック委員会(JOC)関係の事業となったエリート選手の強化を目的とした「競技種目別競技力向上に関する研究」プロジェクトが、陸上競技以外の競技種目での暑熱対策研究をサポートした。

一方で、1975年から学校管理下における部活動やスポーツイベントでの熱中症事故が増加していた背景から、1991年には、「暑熱環境下でのスポーツ活動実施にあたり、適切な環境基準、目安を策定する」ことを目的とした「熱中症事故防止に関する研究」プロジェクトがスタートした。このプロジェクト研究は、1996年まで2期6年に

わたって行われ、スポーツにおける熱中症事故の実態調査やスポーツ現場での測定、体温調節に関する実験的研究などを実施し、1994年に「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」を発刊した。このガイドブックは、2019年に発行された第5版まで改訂され続け、環境条件に応じた運動実施のガイドラインである「熱中症予防指針」や、「熱中症予防8ヶ条(現在は5ヶ条)」は、現在の運動時の熱中症予防のスタンダードとして広く認知されている。1997年からは、スポーツの熱中症事故の発生には、夏のトレーニングのあり方そのものに問題があると考え、「ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究」プロジェクト(1997～1999)が始まり、熱中症の発生が多く報告されていた、ラグビー¹²⁾、サッカー¹⁵⁾、柔道²⁰⁾、陸上競技¹³⁾、野球¹⁸⁾の各種目において、大塚製薬株式会社の協賛を受け、この間に次々と発刊された(図1)。興味深いのは、いずれの種目のガイドブックにもタイトルに「熱中症予防」の文言はなく、「競技力向上」の文言を採用している種目があることであった。このことは、暑熱環境下での運動時の熱中症予防に努める上で重要な手段となる「暑熱順化」「水分補給」「身体冷却」



図1：各競技団体が発行した暑熱対策ガイドブック

は、暑熱環境下での「競技力向上」の視点においても有効な手段であり、ジュニア期のスポーツ指導者および競技者自身に対する熱中症予防の啓蒙において効果的なアプローチであることを示唆している。その後、スポーツ少年団での熱中症予防キャンペーン活動と連動して、大塚製薬の協賛による「ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究」プロジェクト(2000～2001)として継続され、「スポーツ活動中の熱中症予防に関する研究」は、現在も日本スポーツ協会スポーツ医・科学専門委員会の研究班の1つとして活動を続けている。

前述したように、国内での実践的な暑熱対策研究は、陸上競技長距離種目が先行していた。しかしながら、夏期に各年代の全国大会を開催しているサッカー競技では、指導現場での実践的な暑熱対策方法のニーズが高かったことから、日本サッカー協会科学研究委員会(2001年～科学研究グループに名称変更)が1995年に「暑熱研究プロジェクト」をスタートさせ、環境条件による練習や試合での休息や水分補給のガイドラインを提案してきた¹⁶⁾。特徴的なのは、小学生、中学生、高校生それぞれの年代の全国大会における1日のWBGTの測定だけでなく、それぞれの大会での各選手の生体負担度(体温や体重減少率の測定)および試合中の移動距離やパスミスや状況判断の回数、オフラインとディフェンスラインの間隔の変化など、技術、戦術、体力が混在したサッカーのパフォーマンス評価を同時に試みたことである。また、フィールド実験だけでなく、当時散見されていたウォーミングアップ時のウィンドブレーカー着用による「汗出し」の影響を検証した実験室内での実験や、選手だけではなく審判の生体負担度の調査など、サッカーに関わる暑熱環境対策を幅広く研究していた。

その成果は、育成年代の指導環境の改善と、日本代表チームの暑熱環境対策に活用されている。育成年代の指導環境の改善においては、1994年に日本体育協会が示した「熱中症予防のための運動指針」のサッカー版として、育成年代の「夏季大会開催における指針」を1997年に発表した。

具体的には、試合の中止、競技記事間の短縮、選手交代制限の緩和、試合中の意図的な水分摂取時間(飲水タイム)の設定、ハーフタイムの延長、延長戦の中止を設定するWBGTを示した。この指針は、育成年代には試合中の認知・判断・実行の成長が求められるという指導者養成の立場や、安全に試合をコントロールするという審判の立場からも理解された稀なケースであったと考えられる。現在では、育成年代の試合だけではなく、トップレベルの試合でも試合中の「飲水タイム」や「クーリングブレイク」が導入されており、2014年のサッカーワールドカップブラジル大会では、史上初めて、試合中の「クーリングブレイク」が実施されたことから、20年近く前に作成されたこの指針の価値が理解できる。

一方、サッカー日本代表の暑熱環境対策では、ワールドカップやオリンピックのアジア予選が、中東や東南アジアで開催される機会が多いことから、当時のトレーナーチームを中心に、「暑熱順化」「水分補給」「身体冷却」を重点的暑熱対策として、それぞれの大会に適した対策を講じてきた。例えば、1996年のオリンピックアトランタ大会では、より冷たい水分の方が胃から腸への排出、すなわち体内への吸収が早く、かつ身体冷却にも活用できることから、ピッチサイドに置かれたボトルの中身を可能な限り冷やした状態にしておくために、気温によって何分前にアイスボックスから取り出して交換していくかを、あらかじめ計算して準備していたことや、2002年のワールドカップ日韓大会ではトレーニング中の脱水を防ぐための水分補給方法をコーチングスタッフで徹底していたことが¹⁴⁾、2014年のワールドカップブラジル大会では、大会開幕3週間前からの暑熱地域でのトレーニングと、比較的涼しい環境だったベースキャンプ地での暑い時間でのトレーニングを実施する暑熱順化を効果的に実践してきたことが報告されている¹⁹⁾。

まとめ

表1に、本章で概説した1960年代～2000年代

表1. 1960～2000年代の国内外のアスリートに対する暑熱対策研究の変遷

西暦	国外の研究動向	西暦	国内の研究動向
		1960	日本体育協会（日体協）スポーツ科学研究委員会が発足
		1966	JSPOが「メキシコ対策研究報告書」を発表
		1971	↑ 日体協が「環境温度と持久性運動に関する研究」を実施
		1973	↑ 日体協が「環境湿度と持久性運動に関する研究」を実施
		1974	↓
		1975	↓
1976	ACSMがシンポジウム"Problems of Temperature Regulation during Exercise"を開催 ACSMがPosition statement "Prevention of Heat Injuries During Distance Running"を発表	1976	↑ 日体協が「運動時の体温の動的様相に関する研究」を実施
		1983	↓
1987	ACSMが"Position Stand on The Prevention of Thermal Injuries During Distance Running"を発表 GSSIが設立	1989	↑ 日体協から日本オリンピック委員会（JOC）が独立 JOCが「競技種目別競技力向上に関する研究」を実施
		1991	↑ 日体協が「熱中症事故防止に関する研究」を実施
1992	GSSIがカンファレンス "Exercise, Heat, & Thermoregulation"を開催	1994	↑ 「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」を発表
		1995	↑ 日本サッカー協会が「暑熱研究プロジェクト」を開始
1996	ACSMがPosition stand "Heat and Cold Illnesses During Distance Running"を発表 ACSMがPosition stand "Exercise and Fluid Replacement"を発表	1996	↓ オリンピックアトランタ大会
		1997	↑ 「サッカーの暑さ対策ガイドブック」を発表
		1998	↑ 日体協が「ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究」を実施
		1999	↓
		2000	↑ 日体協が「ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究」を実施
		2001	↓
		2002	↓ サッカーW杯日韓大会
2007	ACSMがPosition stand "Exertional Heat Illness during Training and Competition"を発表 ACSMがPosition stand "Exercise and Fluid Replacement"を更新		
2009	ASPETARがシンポジウム "Exercise in Hot Environments; from Basic Concepts to Field Applications"を開催		

の国内外における暑熱対策研究の変遷をまとめた。当然ながら、この年代以前から、国内外で暑熱環境に対する体温調節機能に関する研究は数多く報告されているが、ここでは主にアスリートに対する暑熱環境対策に関する研究に焦点を当てて解説した。国内外のこれら多くの研究では、競技団体や学会が立ち上げたプロジェクトに関連して発展し、更新されていく研究成果を反映させながら、数年にわたって継続して成果を上げてきたことが理解できる。従って、東京大会以降も、日々更新される科学研究の知見を総動員したアスリートに対する暑熱環境対策プロジェクトが、日本国内で継続されることが重要だと考えられる。

文献

- 1) American College of Sports Medicine. The American College of Sports Medicine position statement on prevention of heat injuries during distance running. *Med Sci Sport Exerc*, 7(1): VII - IX, 1975.
- 2) American College of Sports Medicine. Position Stand on The Prevention of Thermal Injuries During Distance Running. *Med Sci Sports Exerc*, 19(5): 529-533, 1987.
- 3) American College of Sports Medicine, Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, Pyne SW, Roberts WO. American College of Sports Medicine. Position Stand: Exertional Heat Illness during Training and Competition. *Med Sci Sports Exerc*, 39(3): 556-72, 2007.
- 4) American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. Position Stand: Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2): 377-390, 2007.
- 5) Armstrong LE, Epstein Y, Greenleaf JE, Haymes EM, Hubbard RW, Roberts WO, Thompson PD. American College of Sports Medicine Position Stand: Heat and cold illnesses during running. *Med Sci Sports Exerc*, 28: 139-148, 1996.
- 6) Bangsbo J. Training and testing the elite athlete. *J Exerc Sci Fit*, 4(1): 1-14, 2006.
- 7) Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawka MN, Senay LC Jr, Sherman WM. American College of Sports Medicine. Position Stand: Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*, 28: i-ix, 1996.
- 8) Draper G, Wright MD, Ishida A, Chesterton P, Portas M, Atkinson G. Do environmental temperatures and altitudes affect physical outputs of elite football athletes in match conditions? A systematic review of the 'real world' studies. *Sci and Med Footb*, DOI: 10.1080/24733938.2022.2033823, 2022.
- 9) Gisolfi CV, Lamb DR, Nadel ER. Perspectives in Exercise Science & Sports Medicine: Exercise, Heat, & Thermoregulation. Brown & Benchmark Pub, 1993.
- 10) Grantham J, Cheung SS, Connes P, Febbraio MA, Gaoua N, Gonzalez-Alonso J, Hue O, Johnson JM, Maughan RJ, Meeusen R, Nybo L, Racinais S, Shirreffs SM, Dvorak J. Position Statement: Current knowledge on playing football in hot environments. *Scand J Med Sci Sports*, 20 (Suppl 3): 161-167, 2010.
- 11) Nadel ER. Problems with Temperature Regulation during Exercise. Academic Press, 1977.
- 12) 日本ラグビーフットボール協会暑さ対策プロジェクト. 競技力向上と水分補給-ラグビーにおける暑さ対策マニュアル-. 日本ラグビーフットボール協会, 1996.
- 13) 日本陸上競技連盟ジュニア期の夏期対策プロジェクト. 陸上競技の水分補給マニュアル-アスリートのための暑さ対策-. 日本陸上競技連盟, 1997.
- 14) 日本サッカー協会暑さ対策ガイドブック改訂プロジェクト. サッカーの暑さ対策ガイドブック改訂版. 日本サッカー協会, 2003.
- 15) 日本サッカー協会科学研究委員会. サッカーの暑さ対策ガイドブック. 日本サッカー協会,

- 1998.
- 16) 日本サッカー協会科学研究グループ暑熱研究プロジェクト. 暑熱研究プロジェクト報告書. 日本サッカー協会科学研究グループ暑熱研究プロジェクト, 2002.
- 17) 日本スポーツ協会. スポーツ医・科学研究報告. <https://www.japan-sports.or.jp/publish/tabid669.html> (2022年7月31日)
- 18) 日本野球連盟 / 全日本アマチュア野球連盟水分摂取に関するプロジェクト. 野球における水分摂取マニュアル－競技力向上と水分補給－. 日本野球連盟, 1997.
- 19) 安松幹展. Part II 実践編 Chapter 8 暑熱順化. 長谷川博, 中村大輔編, スポーツ現場における暑さ対策－スポーツの安全とパフォーマンス向上のために－. ナップ, pp.74-89, 2021.
- 20) 全日本柔道連盟水分摂取に関するプロジェクト. 柔道における水分補給－競技力向上と水分摂取－. 全日本柔道連盟, 1997.