

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 大会決定後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 after the decision on Tokyo 2020 Olympic Games

長谷川博¹⁾

Hiroshi Hasegawa¹⁾

キーワード：暑熱対策, 熱中症予防, 競技力向上, 学術論文, 学術会議

I. はじめに

競技でベストを尽くすためにはどれだけ良いコンディションで試合に臨めるかが重要である。地球温暖化や異常気象等の影響により夏季におけるスポーツ環境が悪化している一方で、近年は多くの競技会が暑熱環境下で頻繁に行われている。2013年9月の国際オリンピック委員会（IOC）総会で、2020年の開催都市が東京に決定した。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）において、アスリートは暑熱環境下でのパフォーマンス発揮が求められることが予想されたため、国立スポーツ科学センター（以下、JISS）では暑熱対策プロジェクトを2015年に発足し、選手への暑熱対策に関するさまざまな取り組みを検討した。本稿では、主に東京大会決定後に国内外で開催された暑熱対策に関する学会やコンセンサスミーティング、さらには暑熱対策に関する論文やガイドラインを中心にそれらの研究の動向を整理し、東京大会での開催が決定した2013年から2021年の東京大会開催にいたるまでの、国内外の研究動向について概説する。加えて、

暑熱環境下でも良好なコンディションで競技に望むための暑熱対策の重要性について考察する。

II. 暑熱対策に関わる国際会議

1. Training and Competing in the Heat, Qatar, 2014

いくつかの主要なスポーツイベントは夏季に開催され、多くの場合、暑熱環境条件で行われる。そのため、暑熱環境は運動パフォーマンスに影響を与え、熱中症などの健康問題につながる可能性がある。例えば2014年の全豪オープンでは、一部の選手が熱中症の兆候（失神や嘔吐など）を経験した後、過酷な環境温度のためにプレーが中止された。2014年のブラジルでのサッカーワールドカップでは、気温が32℃を超えた際に、選手に身体冷却と水分補給のためのクーリングブレイクが採用された。これらの事例を受け、ASPE-TAR（Qatar Orthopaedic and Sports Medicine Hospital）はカタール・ドーハで2014年3月23-24日に国際会議を開催した。この会議には、世界中のスポーツ科学者、コーチ、アスリートたちが集まった。ミーティングの内容は、Scandinavian Journal

¹⁾広島大学

¹⁾Hiroshima University

E-mail : hasehiro@hiroshima-u.ac.jp

of Medicine and Science in Sports に、総説や原著論文として発表された。特に、暑熱環境下での運動時の心血管応答、暑熱環境下でのパフォーマンスを調節するメカニズム、暑熱環境下でのパフォーマンス低下を抑制するための戦略、回復を促進するための様々な方法に関する最新の研究成果などが紹介された。また、暑熱順化、水分補給、身体冷却に関連するアスリート、コーチ、イベント主催者への具体的な推奨事項がコンセンサスステートメントとして提示された¹²⁾。

2. Heat Stress and Sport Performance, France, 2015

2015年6月22-23日にフランス・パリのINSEP (Institut National du Sport) で開催された。世界各国の暑熱対策に関わる研究者やコーチなど約200名が参加した。招待講演の内容は、暑熱環境下の運動時における温熱ストレスの影響、暑熱環境下における運動能力低下と疲労発生のメカニズム、各種競技におけるエリート選手の暑熱下の生体負担度、暑熱順化トレーニングの効果、実践的暑さ対策（身体外部・内部冷却、水分補給、栄養補給など）の理論と実際、スポーツ現場における熱中症の対処法などであった。日本では倫理的に承認が難しい研究報告や選手へのサポート内容も紹介された。また、機器展示では、ヒートチャンバー、遠隔式の深部体温測定器、アイスバス、クーリン

グベストなどに関する最新の情報も紹介された（写真1、2）。

3. Sport Science for Olympic and Paralympic Games, Japan, 2014

2016年3月3-4日に筑波大学のヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センターが主催した会議。暑熱環境での生理応答で著名な González-Alonso 氏等をはじめとする国内外の先進的スポーツ科学研究者が招聘された。オリンピック・パラリンピックに向けた競技力向上のためのスポーツ科学について学際的に議論した（写真3、4）。

4. ICEE (International Conference of Environmental Ergonomics)

温熱生理学や運動生理学の研究者が集まり、2年ごとに開催されていた学会ではあるが、コロナ禍のため2020-2022年の2年間はウェブセミナーが開催された。主なセミナーの内容として、暑熱順化戦略、暑熱環境下における認知機能の低下、チームスポーツにおけるプレクーリング戦略、女性における水分補給戦略、IOCが提唱する暑熱対策、高所と暑熱環境が生体に及ぼす影響、暑熱下運動時における発汗特性と温熱感覚などであった。約40回にわたるセミナーではスポーツ現場



写真1. INSEP研究グループリーダーである Hausswirth氏によるオープニングセレモニー



写真2. デンマークの研究者、競技者による実践研究の紹介



写真 3. 会議に参加した招待講演者



写真 4. 会議における質疑応答の様子

における実践例以外にも温熱生理学に関する基礎的研究の詳細も紹介された。

Ⅲ. 暑熱対策に関わる国内会議およびシンポジウム

暑熱環境が運動パフォーマンスの低下を引き起こすことが知られているが、酷暑が予想される東京大会に向けた日本独自の科学的サポートなどについて日本の体力科学および運動生理学に関する学会及びシンポジウムで議論された(表 1)。主に、アスリート、コーチ、研究者、気象予報士、アスリート支援者から、暑熱環境対策に対する課題、最新の研究成果、サポートの実践例などが報告され、東京大会での日本独自の暑熱環境対策について議論した。これらの内容は、JISSの暑熱プロジェクトでも共有され、実際のサポートの科学的根拠になった(写真 5、6)。

Ⅳ. JISS が企画した暑熱対策セミナー、2015-2022

JISS では、2015 年の暑熱対策プロジェクト発足後において、以下のような暑熱対策セミナーを実施した。特に、日本独自の実践的暑熱対策を検討した。2)3) においては、屋外および屋内競技種目で東京 2020 オリンピック・パラリンピックにおいて暑熱対策が必要と考えられる中央競技団体から推薦を受けた選手・コーチ・医科学スタッフを対象に、身体冷却に関する最新の知見を交え、

実際の競技現場での使用に役立つ情報を提供した(写真 7)。

- 1) 第 1 回 JISS 医・科学セミナー (2015)、登壇者：長谷川 博、「暑熱環境下における運動能力と暑さ対策」。
- 2) JISS 暑熱対策セミナー (2017)、登壇者：長谷川博、「東京 2020 オリンピック・パラリンピックに向けた暑熱環境対策、身体冷却」。ほか登壇者：中村大輔 (JISS)、大谷秀憲 (姫路獨協大学) 浅田佳津雄 (㈱ウェザーニューズ)、安松幹展 (立教大学)、岡崎和伸 (大阪市立大学)。
- 3) JISS 暑熱対策セミナー (2018)、東京 2020 オリンピック・パラリンピックに向けた暑熱環境対策Ⅱ～身体冷却の実際～、登壇者：長谷川博「競技現場におけるクーリングベストの有効性」。ほか登壇者：中村大輔 (JISS)、太田千尋 (サンウルブズ)、笠原雅志 (国際武道大学)、藤井直人 (筑波大学)、中村真理子 (JISS)、内藤貴司 (JISS)。

Ⅴ. 暑さ対策に関連する書籍、ガイドブック、特集号などの情報

高温による運動能力の低下や熱中症を防ぐ方法として、世界各国で暑さ対策が注目された。暑熱環境下における運動パフォーマンス、暑熱順化、水分補給、身体冷却に代表される暑熱対策に関する情報が多数報告された。

表 1. 東京 2020 大会決定後に日本で開催された暑熱対策に関するシンポジウム

<p>第 25 回日本運動生理学会大会 (神奈川) 2015/7/29-30</p> <p>シンポジウム「2020 年に向けた暑熱環境対策の現在」 オーガナイザー：安松 幹展 (立教大学)</p> <p>「アスリートからの課題」 田山 寛豪 (NTT 東日本) 「研究者からの最新研究紹介」 長谷川 博 (広島大学) 「気象情報会社からのサポート例紹介～最高のパフォーマンスを発揮するためには、最良の準備を～」 浅田 佳津雄 ((株)ウェザーニューズ) 「オリンピックに向けた JISS での取り組み」 中村 大輔 (JISS)</p>
<p>第 27 回日本運動生理学会大会 (広島) 2017/8/23-24</p> <p>シンポジウム「温熱生理学を基盤とした暑熱環境下の運動パフォーマンス向上」 オーガナイザー：岡崎 和伸 (大阪市立大学)</p> <p>「暑熱環境下の認知機能と運動パフォーマンス」 芝崎 学 (奈良女子大学) 「暑熱馴化による腸内環境の変化と運動パフォーマンス」 松生 香里 (川崎医療福祉大学) 「暑熱下運動時の身体冷却と運動パフォーマンス」 鬼塚 純玲 (広島文化学園大学) 「暑熱下運動パフォーマンスの制限要因とそれに対する現場の取り組み」 岡崎 和伸 (大阪市立大学)</p>
<p>第 74 回日本体力医学会 (茨城) 2019/9/19-21</p> <p>スポンサードシンポジウム「我が国の熱中症予防の取り組みと今後の課題」 ファシリテーター：渡部 厚一 (筑波大学), コメンテーター：三宅 康史 (帝京大学)</p> <p>「熱中症予防声かけプロジェクトの取り組み」 岡田 花子 (熱中症予防声かけプロジェクト事務局)・三宅 康史 (帝京大学) 「スポーツにおける熱中症予防と競技力向上のための身体冷却」 長谷川 博 (広島大学)</p>
<p>High Performance Sport, Conference (JISS) 2019/10/28-29</p> <p>セミナー「東京 2020, 暑熱対策～暑さを克服して最大限のパフォーマンスを発揮する～」 オーガナイザー：中村 真理子 (JISS)</p> <p>登壇者：浅田 佳津雄 ((株)ウェザーニューズ), 細川 由梨 (早稲田大学), 内藤 貴司 (JISS), 田島 孝彦 (日本テニス協会)</p> <p>セミナー「トップアスリートのためのコンディショニング戦略～大会当日に最高のパフォーマンスを発揮する～」 オーガナイザー：大岩 奈青 (JISS)</p> <p>登壇者：笠原 政志 (国際武道大学), 早川 直樹 (Vファーレン長崎), 星川 雅子 (JISS)</p>
<p>第 75 回日本体力医学会 (鹿児島, オンライン形式) 2020/9</p> <p>シンポジウム「酷暑スポーツイベントにどう立ち向かうか？」 オーガナイザー：時澤 健 (独立行政法人労働安全衛生総合研究所), 長谷川 博 (広島大学)</p> <p>「日射 (幅射熱) の影響からみた酷暑スポーツイベント対策」 大谷 秀憲 (姫路獨協大学) 「バラスポーツにおける暑熱対策」 上條 義一郎 (和歌山県立医科大学) 「酷暑スポーツイベントに向けた暑熱順化の効果」 岡崎 和伸 (大阪市立大学) 「アスリートにおける暑熱対策に関する研究と実践」 中村 真理子 (JISS)</p>

1. Beat the Heat at Tokyo 2020

Athlete365 と IOC 医事委員会は、専門家によるガイドライン「Beat the Heat」を共同で作成した⁸⁾。これは、東京大会に出場する際に懸念される主要な問題に対処し、熱中症にかかるリスクを低減し、パフォーマンスを最大限向上させるためのもので、選手向けのガイドでラインある。ガイドラインには、以下の 10 個の具体策が提示された。中でも暑熱順化、身体冷却、脱水予防戦略は世界が

注目する内容として注目された (写真 8)。

- 1) 暑熱順化のために、少なくとも 2 週間は暑さの中でトレーニングをすること
- 2) もし暑熱順化トレーニングが 2 週間できないのならば、少なくとも 1 週間は実施すること
- 3) 競技の数日前から水分補給の計画を実行すること
- 4) ウォーミングアップ中にプレクーリング戦略



写真5. High Performance Sports Conference (JISS) の様子



写真6. 第27回日本運動生理学会大会(広島)におけるシンポジウムの様子



写真7. JISS暑熱対策セミナー(2018)の様子

- を講じること(アイスベストなど)
- 5) プレクーリングの戦略を大会前の練習において試しておくこと
 - 6) 汗の蒸発を妨げるような衣服は着用しないこと
 - 7) 薬は暑熱耐性を悪化させる可能性があるため、薬の使用時はスポーツドクターに相談すること
 - 8) 下痢や嘔吐は水分補給状態を害するので、その場合は経口補水液を使用すること
 - 9) ベたつかない日焼け止めを使用すること
 - 10) 帽子とカテゴリ 3 のサングラスを使用すること

2. JISS が発行した競技者のためのガイドライン
日本でも JISS が 2017 年にアスリート向けの暑熱対策ガイドブックを発行し、2020 年には実践

編として身体冷却に焦点を当てたガイドブックを発行した^{10),11)}。

3. その他の参考図書

東京大会は暑熱環境下に加え、試合が短期間に集中するような過密スケジュールなど、非常に過酷な環境下で行われることが予想された。大会期間中のコンディションを整え、心身ともにベストな状態をいかに保つことができるかが勝敗の鍵を握っているため、日頃のトレーニングや試合後のリカバリー戦略は非常に重要である。リカバリー戦略に着目した翻訳本がいくつか発行され、最新の研究と技術によって証明されたりリカバリープロセスを改善するための具体的な対策が提案された^{7,9)}。

また、暑熱環境が身体やパフォーマンスに及ぼす影響に焦点をあて、科学的なデータを分かりやすく編集された一般書も発行された。特に、一般的な熱中症予防・対処法に加え、実践的な暑さ対策としてこれまで挙げられている、水分補給、暑熱順化、身体冷却の理論的背景と実践例に加え、暑さの中でも良好なコンディションを維持するための睡眠、栄養、リカバリー戦略が網羅されている⁶⁾。

VI. 国際誌における特集号企画

1. Frontiers in Physiology

Towards Tokyo 2020: What will contribute to Opti-



写真8. Beat the Heat at Tokyo 2020⁸⁾



写真9. 競技者のための暑熱対策ガイドブック¹⁰⁾



写真10. 競技者のための暑熱対策ガイドブック (実践編)¹¹⁾

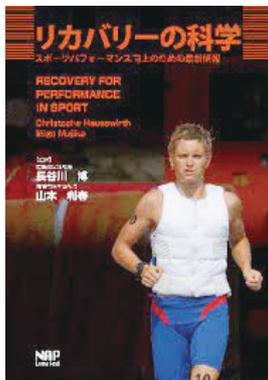


写真11. リカバリーの科学⁷⁾

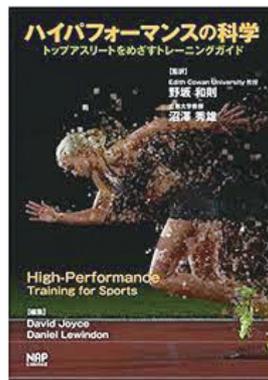


写真12. ハイパフォーマンスの科学⁹⁾



写真13. スポーツ現場における暑さ対策⁶⁾

mal Olympic Athlete Performance?

2019年に特集号がオンラインで掲載され、29の原著論文が発表された。Chaenら³⁾のクーリングベストを用いた冷却戦略やZurawlewら¹³⁾の運動後の温浴を用いた暑熱順化戦略、Alhadadら¹⁾による暑熱対策が深部温及び持久性運動パフォーマンスに及ぼす影響に関するメタアナリシス分析を用いた総説論文が掲載された。これらの論文は、これまでに多くの人が閲覧し、多数の論文に引用されている。

2. Temperature

Anticipating the Tokyo Olympic Games

特集号が2020年に発刊された。東京大会は、

温暖で湿度の高い気候が予想され、選手や観客は熱ストレスにさらされることになる。東京大会では、具体的にどのようなことが予想されるのか、どのように対処すれば良いのか、温熱生理学的側面に特化した雑誌の特徴を生かした内容であった。特に、Gibsonら⁴⁾やGriggsら⁵⁾の総説は、その後多くの論文が引用している。

VII. Infographics

暑熱対策に関するデータや情報などを視覚的に表現するインフォグラフィック (infographics) が、British Journal of Sports Medicineより報告された。Bongersら²⁾は、暑熱環境下におけるプレクーリング戦略によりアスリートのパフォーマンスが向



写真14. Temperatureの特集号の表紙

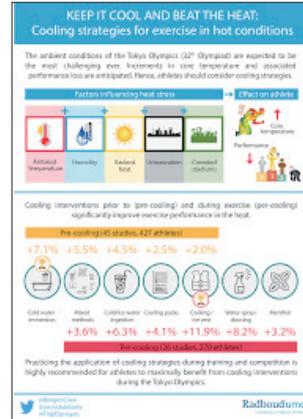


写真15. インフォグラフィック (Bongersら2020)²⁾

上することを簡易的な図を用いて分かりやすく説明した。

ことができない知識であることを強調したい。

VIII. まとめ～研究の動向から暑熱対策の重要性を理解し実践する～

国内外における暑熱対策に関する 2013 年から 2021 年までの研究の動向を紹介した。主な内容として、暑熱環境や過度な体温上昇に伴う運動パフォーマンス低下のメカニズム、実際の競技現場で注目されている暑さ戦略である暑熱順化、水分補給、身体冷却、コンディショニングに焦点を当て、これらの重要なエビデンスや競技現場への応用、さらには実践に関する最新知見を紹介した。実際には、事前の調整合宿や大会、東京大会でこれらのエビデンスを元にした日本独自の暑熱対策が各競技団体で実践された。そのため、東京大会は酷暑環境であったにもかかわらず、日本の選手たちは暑さに関する健康リスクを最小限に抑え、良いコンディションで最高のパフォーマンスを発揮していた。

最後に、アスリートから一般のスポーツを愛するすべての人々に対し、暑熱環境下における運動パフォーマンスと暑さ対策の重要性、さらには熱中症予防に関する認識を一層深めていただくとともに、これらのエビデンスに基づいた知識がトレーニングと等しく競技力向上を考える上で欠く

文献

- 1) Alhadad SB, Tan PMS, Lee JKW. Efficacy of heat mitigation strategies on core temperature and endurance exercise: A Meta-Analysis. *Front Physiol*, 10: 71, 2019.
- 2) Bongers CWG, Johannus QK, Eijsvogels T. Infographic. Keep it cool and beat the heat: cooling strategies for exercise in hot and humid conditions. *Br J Sports Med*, 55: 643-644, 2021.
- 3) Chaen Y, Onitsuka S, Hasegawa H. Wearing a cooling vest during half-time improves intermittent exercise in the heat. *Front Physiol*, 10: 711, 2019.
- 4) Gibson OR, James CA, Mee JA, Willmott AGB, Turner G, Hayes M, Maxwell NS. Heat alleviation strategies for athletic performance: a review and practitioner guidelines. *Temperature (Austin)*. 7(1): 3-36, 2020.
- 5) Griggs KE, Stephenson BT, Price MJ, Goosey-Tolfrey VL. Heat-related issues and practical applications for Paralympic athletes at Tokyo 2020. *Temperature (Austin)*. 7(1): 37-57, 2020.
- 6) 長谷川博, 中村大輔. スポーツ現場における暑熱対策 -スポーツの安全とパフォーマンス

- 向上のために－. ナップ, 2021.
- 7) ハウジイワース, ムヒカ: 長谷川博, 山本利春訳. リカバリーの科学－スポーツパフォーマンス向上のための最新情報－. ナップ, 2014.
- 8) International Olympic Committee (2020). Beat the Heat at Tokyo 2020. <https://www.olympic.org/athlete365/games-time/beat-the-heat/> (2022年1月22日)
- 9) ジョイス, レウイントン: 野坂和則, 沼澤英雄訳. ハイパフォーマンスのスポーツにおける効果的なリカバリー ハイパフォーマンスの科学－トップアスリートをめざすトレーニングガイド－. ナップ, 329-340, 2016.
- 10) 国立スポーツ科学センター東京特別プロジェクト研究プロジェクトメンバー編. 競技者のための暑熱対策ガイドブック. 日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター, 2017.
- 11) 国立スポーツ科学センター東京特別プロジェクト研究プロジェクトメンバー編. 競技者のための暑熱対策ガイドブック(実践編). 日本スポーツ振興センターハイパフォーマンススポーツセンター国立スポーツ科学センター, 2020.
- 12) Racinais S, Alonso JM, Coutts AJ, Flouris AD, Girard O, González-Alonso J, Hausswirth C, Jay O, Lee JKW, Mitchell N, Nassis GP, Nybo L, Pluim BM, Roelands B, Sawka MN, Wingo J, Périard JD. Consensus recommendations on training and competing in the heat. *Scand J Med Sci Sports*, 25(Suppl 1): 6-19, 2015.
- 13) Zurawlew M, Mee JA, Walsh NP. Post-exercise hot water immersion elicits heat acclimation adaptations in endurance trained and recreationally active individuals. *Front Physiol*, 9: 1824, 2019.