

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4章 各競技における東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会での支援

東京 2020 大会サッカー競技に向けた日本代表選手への暑熱対策支援の取り組み

**Heat countermeasure support to Japanese elite soccer players
for the 2020 Tokyo Olympic games.**

中村真理子¹⁾, 中村大輔²⁾, 内藤貴司³⁾, 安松幹展⁴⁾, 長谷川博⁵⁾
Mariko Nakamura¹⁾, Daisuke Nakamura²⁾, Takashi Naito³⁾, Mikinobu Yasumatsu⁴⁾,
Hiroshi Hasegawa⁵⁾

キーワード：アイスラリー, アイスベスト, 手掌前腕冷却, 脱水評価, 計画的水分補給

I. はじめに

高温多湿環境下におけるサッカーの試合においては、深部体温が平均 39.6 度にまで達し、スプリントや高強度 (19.5km/h 以上) の活動量は維持されるものの、後半の総移動距離が前半に比べ 15% 程度低下し、ジョギングや低中強度 (7.5 ~ 19.5km/h) の活動量が著しく減少することが報告されている¹⁸⁾。また、暑熱環境下の試合後半にみられる総移動距離や間欠的運動パフォーマンスの大きな低下は、熱ストレスや脱水と関連している可能性があることも報告されている^{2),10),12),13)}。したがって、暑熱環境下の試合において、安全にかつ高いパフォーマンスを発揮するためには、過度な深部体温の上昇の抑制や、過度な脱水を予防する戦略が必要となる。

身体冷却は、各冷却方法の組み合わせや実施タイミングが重要となる^{4),6),21)}。サッカー競技においては身体冷却を行うタイミングがウォーミングアップ～ロッカーアウト前 (以下、試合前)、ハーフタイムと限られることから、短時間に効果的な

身体冷却方法の実施が求められる。同時に主たる活動筋の温度は維持しておく必要があるため、サッカー競技では、身体を内部から冷却するアイスラリーの摂取^{4),6)}や、身体を外部から冷却するアイスベスト着用^{4),5),6)}、手掌前腕冷却¹⁵⁾などを導入し、それぞれを組み合わせることが望ましいと考える。

運動前の身体冷却は、深部体温を低下させ、体内の熱貯蔵量を増加させておくことで疲労の出現を遅らせることや²²⁾、運動中の発汗量開始を遅延させて、発汗量を抑制できる可能性がある²⁴⁾。サッカー競技中には水分補給のタイミングが限られており、十分な水分補給量が確保できない。選手的意思で自由に飲水した場合、補給量が十分ではなく、パフォーマンス低下を招く可能性があるため、あらかじめ水分補給量を規定する計画的飲水補給が重要となる^{3),19)}。そこで、我々は、サッカー競技における試合前、ハーフタイム時の身体冷却と計画的飲水に関する戦略立案を行い、東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会 (以下、

¹⁾国立スポーツ科学センター, ²⁾公益財団法人日本サッカー協会, ³⁾北海学園大学, ⁴⁾立教大学, ⁵⁾広島大学

¹⁾ Japan Institute of Sports Sciences, ²⁾ Japan Football Association, ³⁾ Hokkai-Gakuen University, ⁴⁾ Rikkyo University, ⁵⁾ Hiroshima University

E-mail : mariko.nakamura@jpnssport.go.jp

東京大会)での実行を目的とし暑熱対策支援を遂行した。

本稿では、2017 から 2021 年までの過去 5 年間にわたって実施した東京大会のサッカー競技における日本代表選手への暑熱対策支援について報告する。

Ⅱ. サッカー競技における暑熱対策支援

サッカー競技における暑熱対策支援は表 1 に示すように 2017 年より開始し、東京大会に出場するユースカテゴリ(当時の U-17、U-18)を対象に、試合時の身体冷却の導入を試みた。次に、実際の暑熱環境下での国際大会(第 18 回アジア競技大会(2018/ジャカルタ・パレンバン、以下アジア大会))において、計画的水分補給を導入し身体冷却支援を行った。その後も国際大会(AFC U-23 選手権 2020)において身体冷却支援を継続し、暑熱順化トレーニングに伴うコンディションの変化や、試合会場における支援体制の構築・確認作業を行い、東京大会に向け暑熱対策支援を繰り返して行った。

サッカー競技においては試合前、ハーフタイムと身体冷却を行うタイミングと時間が限られる。また対象選手が多いため、冷却デバイスが多く必要となり、冷却のオペレーションも非常に複雑になる。そこで、我々は、効率よく深部体温の低下を狙うため、身体を内部から冷却するアイススラリーと、身体外部からの冷却で、短時間に深部体温の低下を狙える手掌前腕冷却¹⁵⁾を用いた。

1. 日本代表における身体冷却の導入(対象カテゴリ: U-17/U-18 日本代表, 2017 年)

U-17 日本代表 19 名と U-18 日本代表選手 20 名を対象に、トレーニング時と国際大会(U-17, 第 21 回国際ユース; U-18, SBS カップ国際ユース)中にアイススラリー摂取と手掌前腕冷却を導入した(表 1、写真 1)。身体冷却導入にあたり、チーム集合時に「暑熱対策」について講義を行い(写真 2)、なぜ身体冷却が必要であるかなどを説明した。また、冷却に対する主観的効果など身体冷

却に関するアンケート調査を実施した。

大会期間中、両カテゴリを合わせて 95% の選手が身体冷却を実施し、うち 70% の選手がアイススラリー及び手掌冷却の両方を実施し、冷却効果については全員が満足したと回答した¹⁷⁾。今回の取り組みで「自分にあった冷却方法を知ることができた」「試合中に冷却効果を体感できたといった」といった回答が得られた。今回用いた 2 つの冷却方法は試合前、ハーフタイムにおいて、選手やコーチの動線を大きく妨げることなく実施できたことから、サッカー競技においてアイススラリー摂取及び手掌冷却は効果的な冷却方法として活用できると考えられた。

得られた課題: アイススラリー作成にあたり、電源、スペースの確保、安全面および衛生面への配慮が必要であった。アイススラリーを自由摂取する場合、摂取量に個人差が出る。自由摂取により、摂取量が十分でない場合パフォーマンス低下を招く可能性があるため³⁾、規定量の設定が必要であった。

2. 国際大会における身体冷却支援、計画的水分補給の導入(対象カテゴリ: U-23 日本代表, 2018 年)

日本代表サッカー男性選手 20 名を対象に、アジア大会本戦とドバイカップ 2018(以下ドバイカップ)において、試合前およびハーフタイムに身体冷却を実施し、脱水率及びゲームパフォーマンスの評価を行った。アイススラリーと水分摂取量については、先行研究¹⁾を参考に選手ごとに設定し(表 1)、試合後規定量が摂取できたか否か聞き取り摂取量を概算した。起床時体重、試合前後の体重を測定し、脱水評価を行った。

アジア大会のグループステージから決勝までの 7 試合で最も脱水率が多かったのは、決勝戦の 3.2%であり、全 7 試合脱水率の平均は $2.5 \pm 0.6\%$ であった⁹⁾。試合中の高強度移動距離の割合は、準々決勝で前半から後半にかけて有意な低下が認められたものの、その他の 6 試合では前後半において維持されていた⁹⁾。

表 1. 各代表カテゴリーで行った暑熱対策支援

カテゴリー	対象者数	大会	環境条件	冷却介入			計画的水分補給		
				実施タイミング	冷却方法	摂取量 / 実施時間	摂取タイミング	摂取内容	摂取量
U17 (2017)	19	第 21 回国際ユース	WBGT : 27.5 ± 1.2 °C 気温 : 30.6 ± 2.9 °C 相対湿度 : 66.9 ± 11.5 %	試合前および ハーフタイム	アイススラリー	規定なし	—	—	
U18 (2017)	20	SBS カップ国際ユース	WBGT : 28.1 ± 0.5°C 気温 : 29.9 ± 0.7°C 相対湿度 : 77.1 ± 9.9%		手掌前腕冷却				
U23 (2018)	20	第 18 回アジア競技大会	WBGT : 26 °C 気温 : 29.1 ± 1.4 °C 相対湿度 : 66.7 ± 9.2 %	試合前および ハーフタイム	アイススラリー	体重 1kg あたり 3g	試合前および ハーフタイム	スポーツドリンク または水	体重 1kg あたり 3g
	20	ドバイカップ 2018			手掌前腕冷却	規定なし			
U23 (2020)	23	AFC U-23 選手権タイ 2020	WBGT : 26.6 ± 0.3 °C 気温 : 29.9 ± 1.0 °C 相対湿度 : 70.2 ± 8.1 %	試合前および ハーフタイム	アイススラリー	体重 1kg あたり 3g 5min 以上推奨	試合前および ハーフタイム	スポーツドリンク または水	2% 以上脱水 → 500mL 摂取
				試合後	アイスバス	10℃ , 3min 以上	試合直後		3% 以上脱水→ スポーツドリンク 500mL 摂取
U24 (2021)	23	東京 2020 大会	WBGT : 26.0 ± 0.9 °C 気温 : 28.5 ± 1.0 °C 相対湿度 : 77.0 ± 7.5 %	試合前および ハーフタイム	アイススラリー	体重 1kg あたり 3g	ホテル出発前ま でに	スポーツドリンク または水	体重 1kg あたり 7mL
					アイスベスト	5min 以上			体重 1kg あたり 3g
					手掌前腕冷却 *	5min 以上	試合前および ハーフタイム		2% 以上脱水 → 500mL 摂取
					アイスバック **	規定なし			3% 以上脱水→ スポーツドリンク 500mL 摂取
				試合後	アイスバス	10℃ , 3min 以上	試合直後		

* 個別対応; ** 個別対応および延長戦用

大会期間中の起床時の体重変動を図1に示す。大会集合時 72.1 ± 5.6 kgであった体重が、決勝戦当日 70.9 ± 5.6 kgまで低下しており、大会を通して集合時の体重に回復することはなかった。また、決勝に向け脱水率が増加する一方で補水率が確保できていなかった(表2)。海外における大会であり、通常日本国内で摂取する食事内容とは異なることから食事摂取量の低下も関与してい

る可能性があるが、長期間の連戦において体重維持は重要な課題であり、試合中、試合後の水分補給も併せ、食事及び栄養面からのサポートも重要であることが明らかになった。

その後、ドバイカップにおいても国立スポーツ科学センター(以下、JISS)の研究員が帯同し、アジア大会同様の身体冷却、計画的水分補給の支援を行い、大会期間を通しての脱水、体重管理(写



写真1. トレーニング時の身体冷却の様子



写真2. 暑熱対策の講義

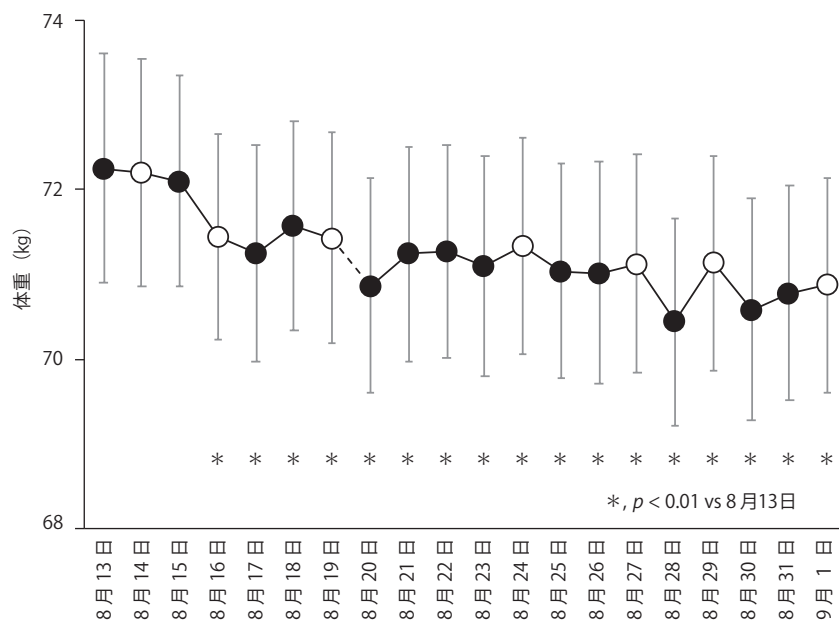


図1. 大会期間中の起床時体重の変動(チーム平均)

○は試合日

真3)をはじめとするコンディション評価を行った。その結果、アジア大会では体重の減少が認められた選手も、ドバイカップでは体重減少を抑えることができた。大会終了後、コーチングスタッフに暑熱対策に関するアンケートを行った結果、暑熱対策支援が選手のコンディション管理に非常に有益であったと回答を得た。

得られた課題：アジア大会、ドバイカップは市販のアイススラリーを使用した。機器の持ち運びがなく、安全面および衛生面などの問題も解決された一方で、予算面で大きな負担となった。また、市販のアイススラリーは、市販のスポーツドリンクに比べ食物繊維が含まれていることから、体重の大きな選手ほどその摂取量が増えることとなり、胃腸膨満感などが懸念された¹⁴⁾。

暑熱環境下での連戦においては、疲労回復に加

え、体重回復を含む試合直後のリカバリー戦略が必要である。また、試合数が進むにつれ補水率が低くなる傾向が見られ、計画的水分補給について選手への啓蒙に改善が必要である。さらに、選手個別の体重減少量すなわち脱水率を素早く把握し、試合直後早急に介入することが課題として挙げられた。

3. 暑熱順化トレーニング、脱水評価の導入（対象カテゴリー：U-23 日本代表, 2020 年）

東京大会のアジア予選（AFC U-23 選手権タイ 2020）は 2020 年 1 月にタイにて開催された。1 月に気温の低い日本からタイの暑熱環境下に移動し試合を行うため、暑熱順化を行う必要があった。東京大会を見据えれば、海外で活躍する選手においても同様に暑熱順化が必要となる。そこで、チー

表 2. 大会中の水分摂取量、総発汗量並びに水分補水率

試 合	摂取量 (mL)	総発汗量 (mL)	補水率 (%)
G1	1213 ± 232	2581 ± 957	66 ± 58
G2	1271 ± 369	2164 ± 573	60 ± 14
G3	960 ± 102	2950 ± 941	35 ± 10
R16	911 ± 191	2728 ± 801	36 ± 12
Quarterfinal	1129 ± 406	3100 ± 897	39 ± 15
Semifinal	1167 ± 528	3025 ± 891	38 ± 9
Final	1038 ± 490	3363 ± 899	31 ± 9



写真 3. 試合前後の体重測定

ム合流 1 週間前から国内において選手各自で温熱負荷をかけるよう⁸⁾ サウナ、温浴、トレーニング時の重ね着のいずれかを行うよう選手に促すとともに、AFC U-23 選手権タイ 2020 に向けた直前 1 週間の暑熱順化トレーニング期間において、体重と尿比重計測による脱水状態の管理をおこなった。尿比重は、起床時に少量の採尿を行い、ポケット尿比重屈折計 (PAL-09S, アタゴ, 日本) を用い測定した。脱水率は、トレーニングおよび試合前後の体重を用い算出した。選手は、自身の試合前後の体重測定値を確認できるよう携帯端末を用いてコンディション管理アプリに入力した。アイススラリーと水分摂取量については、事前に各個人の摂取量を規定し (表 1)、アジア大会同様、試合後規定量が摂取できたか否か聞き取り摂取量を概算した。

起床時の尿比重は、暑熱順化トレーニング 2 日目において 1.026 ± 0.01 であったが、10 日目には 1.019 ± 0.01 まで有意に低下した ($p < 0.05$)。選手個々に見ても尿比重 1.019 以下の選手人数は 2 日目の 5 名から 10 日目には 14 名まで増加しており、脱水の改善までに 10 日程度要した。アス

リートにおける暑熱順化は 7 ~ 10 日を要することが知られており²⁰⁾、順化の目安として尿比重を評価することは有用であるかもしれない。また、脱水した状態では暑熱順化によって獲得された暑熱耐性が阻害されることも示唆されている²³⁾。暑熱順化トレーニング期間中は、尿カラーチャートの掲示をはじめ、尿比重が 1.020 を超える選手には水分摂取を促すとともに、ミルク蛋白の摂取を促し血漿量の増加を図る⁷⁾ など積極的な脱水対策を行った。

チームに合流する前の 1 週間、暑さに慣れるための取り組みをしたか調査したところ、52% の選手が実施したと回答した。実施内容は、サウナ 25%、温浴 40%、トレーニング時の重ね着 35% であった。また、暑熱順化トレーニング期間中、暑さに慣れてきたと実感したのはいつか調査したところ、52% の選手が「2-3 日」、31% の選手が「5-7 日」、13% の選手が「7-10 日」と回答した (図 2)。

大会 3 試合における平均脱水率は 2.4% であり、アジア大会と同程度であった。また、平均補水率は 60% であり、アジア大会におけるグループステージ 3 試合の平均補水率 43% に比べ、高い数

暑さに慣れてきたと実感したのはいつですか？

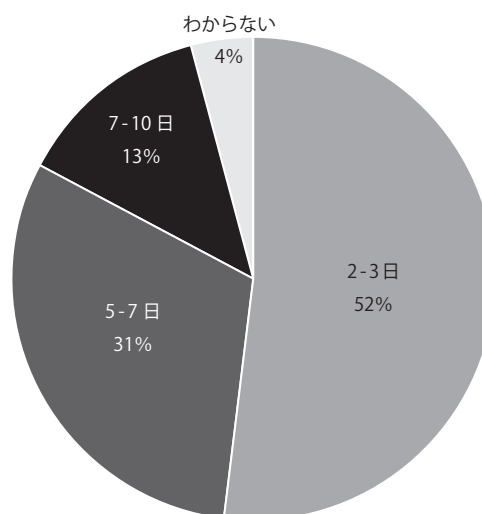


図 2. 主観的な暑さへの慣れ

値を維持した。東京大会での決勝までの 6 試合を考慮すると、水分補給に関する啓発活動は継続する必要がある。

得られた課題：大会後のアンケート調査により、身体冷却や計画的飲水に対し、多くの選手が「トレーニング時及び試合時の両方で身体冷却を実施した方が良い」と回答したが、「試合時には時間がないためトレーニング時のみの実施で良い」と回答した選手も数名いた。ハーフタイム中には着替え、後半への準備、チームミーティングなどがあり手掌前腕冷却に十分な時間を割けないといった課題も挙げられた。したがって、ハーフタイム中にも受動的に行え、深部体温低下効果のあるアイスベスト、冷風、認知機能の改善をもたらすネッククーリングなども導入し、選手個々にあった冷却方法の組み合わせを実施できるよう東京大会に向け準備を進めていく必要がある。

4. 東京大会における暑熱対策支援（対象カテゴリー：U-24 日本代表, 2021 年） 新型コロナウイルス感染症（以下、COVID-19）

によるパンデミックにより東京大会は 1 年延期され、サッカー競技は 2021 年 7 月 21 日（水）～ 8 月 7 日（土）の日程で行われた。日本代表選手 23 名を対象に 2017 年より継続している暑熱対策支援を実施した。

1) 感染症対策について

大会期間中選手、チームスタッフ全員が毎日 PCR 検査を実施し、陰性が確認された後にトレーニングを開始した。トレーニング中選手はマスクを着用せず、手指消毒を徹底した。コーチ及びサポートスタッフは、マスクを着用し、手指消毒を徹底した。サポートスタッフは全員ゴム手袋着用を義務付けた。トレーニング中の水分補給は図のように選手個別にドリンクホルダーを用意し、選手間でシェアしないよう対策を講じた（写真 4）。

2) 暑熱順化トレーニングについて

海外で活動する選手を 8 名対象に、6 月末から 10 日間夢フィールドにて暑熱順化トレーニングが行われた。夢フィールド到着後、尿比重を測定



写真 4. 感染症対策を考慮したトレーニング中の水分補給

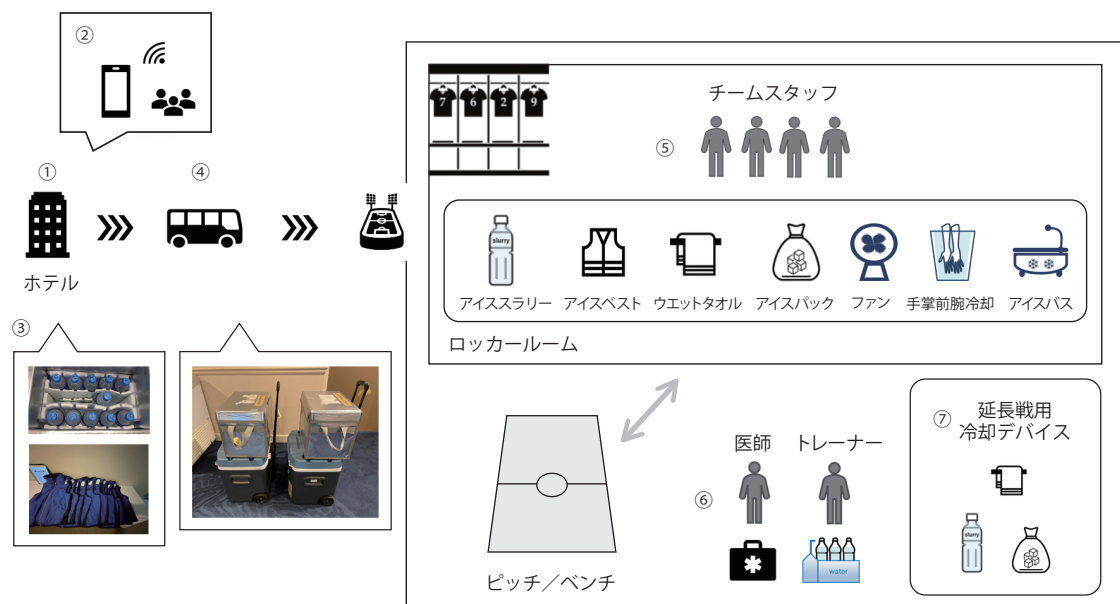
して脱水評価を行い、比重が 1.020 以上の選手にはトレーニング開始前までに 500mL 以上の水分摂取を行わせた。トレーニングは 10:00~12:00 の時間帯で行われ、環境条件は WBGT : 24.3 ± 2.8 °C、気温 29.8 ± 11.7 °C、湿度 70.0 ± 23.0 %であった。梅雨が明けておらず、曇りの日も多かったため、温熱負荷をかけるため、毎回クーリングダウン時にピステ（防寒着）を重ね着し 20 分程度のジョグを行った。

3) 試合当日の計画的水分補給及び身体冷却支援フローについて

試合当日は、2017 年から構築してきた暑熱対策のフロー（図 3）に基づき実施した。冷却デバイスと蓄冷材はすべてホテルで凍結、管理した。試合開始 3 時間前にスターティングメンバーを確認した後、選手個別冷却リストに対応した冷却デバイスを用意し、試合前とハーフタイム前に用意した（写真 5）。決勝トーナメントでは延長戦の

可能性があったため、延長戦用の冷却デバイスを用意し、ベンチに入れるチームスタッフに運搬した。

冷却方法については、AFCU-23 選手権から得られた課題から、受動的に行えるアイスベストや冷風などを個別に導入予定であったが、手掌前腕冷却が感染症対策の観点から禁止となったため、全員対象にアイスベスト着用に切り替えることになった。7 月上旬の事前合宿および全試合中に、選手全員にアイススラリー摂取とアイスベスト着用を試してもらい、その後、選手毎に冷却の得手不得手についてヒアリングを行い、選手個別冷却リストを作成しメディカルチームで共有した。アイススラリー摂取とアイスベスト着用が苦手な選手のみ手掌前腕冷却を実施し、選手の要望からアイスパック、アイスタオル等を用意し、アスリートの個別性を考慮した身体冷却を実施した。アイススラリーはペットボトルに蓄冷材を巻き、過冷却現象を利用し作成した（第 5 章参照）。



①冷却デバイス、蓄冷材は全てホテルで凍結・管理。②昼食後当日の選手個別の水分補給量を選手に共有。③スターティングメンバーを確認後、冷却デバイスを用意④選手個別の冷却デバイスをチームバスにて運搬、⑤選手の導線を妨げないよう試合前・ハーフタイム前に選手個別に冷却デバイスを準備、⑥試合中の水分補給はピッチ及びベンチに入れるメディカルスタッフは 2 名で対応、⑦延長戦用冷却デバイスを用意し延長戦時には⑤のスタッフが対応

図 3. 試合当日の暑熱対策支援のフロー



写真5. ハーフタイム中の身体冷却の様子

計画的水分補給については、過去の支援同様に試合前、ハーフタイム中の摂取量を起床時体重から選手個別に規定し実施した。また、7月の直前合宿においてトレーニングマッチや親善試合が続くと脱水の亢進がみられたことから（起床時尿比重： 1.023 ± 0.007 [range1.010~1.034]）。大会期間中試合当日は、ホテル出発前までに起床時体重1kgあたり7mLの水分補給を行わせた。選手には、個別の摂取量を試合当日の昼食後に共有した（図3, ②）。

試合後、脱水率が2%を上回った選手には、冷水浴前からホテルへ戻るまでの間に速やかに水分補給と補食を促し、リカバリー促進を図った。全6試合におけるスターティングメンバーの脱水率は $2.0 \pm 0.7\%$ であり¹⁶⁾、対象選手は異なるもののアジア大会⁹⁾や先行研究¹¹⁾より低く抑えられた。

Ⅲ. おわりに

本稿で紹介した5年間における取り組みは、監督、コーチ、医師、トレーナーをはじめとするチームスタッフと科学者が連携することで研究成果の活用、実践研究、支援を統合的に遂行することで実現できた。暑熱対策支援が結果に繋がったか評価することは難しいが、安全面の観点から暑熱負荷によるコンディション不良などの申告はなく一定の効果があったと考えられる。

今後、東京大会の取り組みが、競技団体における暑熱対策支援として確立され、無形のレガシー

になることが期待される。さらに、日本代表チームで実施した暑熱対策支援がユース世代をはじめ、学校体育などでも広く活用され、暑熱環境下における安全なスポーツ活動に貢献できるように我々もより一層啓発活動に取り組んでいきたい。

謝辞

本活動に多大なるご理解とご協力をいただきました公益財団法人日本サッカー協会に感謝申し上げます。大会中の暑熱対策サポート実施にあたり協働でご尽力いただいた松本良一フィジカルコーチ、矢野由治フィジカルコーチ、立石智彦医師、福島理文医師、前田 弘トレーナー、菊島良介トレーナー、松尾谷泰トレーナー、風間貴文トレーナーに感謝申し上げます。また、森保一監督、横内昭展コーチはじめコーチスタッフの皆様、東京大会に向けたU-23 およびU-24の活動において日本代表に選出された選手皆様に心より感謝申し上げます。

文献

- 1) Bangsbo J. Fitness Training in Football : A Scientific Approach. HO+Storm, Bægsvard, 1994.
- 2) Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. J Sports Sci, 24(7): 665-674, 2006.
- 3) Bardis CN, Kavouras SA, Adams JD, Geladas

- ND, Panagiotakos DB, Sidossis LS. Prescribed Drinking Leads to Better Cycling Performance than Ad Libitum Drinking. *Med Sci Sports Exerc*, 49(6):1244-1251, 2017.
- 4) Bongers CC, Hopman MT, Eijssvogels TM. Cooling interventions for athletes: An overview of effectiveness, physiological mechanisms, and practical considerations. *Temperature(Austin)*, 4:60-78, 2017.
- 5) Chaen Y, Onitsuka S, Hasegawa H. Wearing a Cooling Vest During Half-Time Improves Intermittent Exercise in the Heat. *Front Physiol*, 10:711, 2019.
- 6) 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.
- 7) Goto M, Okazaki K, Kamijo Y, Ikegawa S, Masuki S, Miyagawa K, Nose H. Protein and carbohydrate supplementation during 5-day aerobic training enhanced plasma volume expansion and thermoregulatory adaptation in young men. *J Appl Physiol*, 109(4), 1247-1255, 2010.
- 8) International Olympic Committee (2020). Beat the Heat at Tokyo 2020. <https://www.olympic.org/athlete365/games-time/beat-the-heat/> (January 22, 2022).
- 9) 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.
- 10) Magal M, Webster MJ, Sistrunk LE, Whitehead MT, Evans RK, Boyd JC. Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Med Sci Sports Exerc*, 35(1):150-156, 2003.
- 11) Mohr M, Krstrup P. Heat stress impairs repeated jump ability after competitive elite soccer games. *J Strength Cond Res*, 27(3):683-689, 2013.
- 12) Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci* 23(6): 593-599, 2005.
- 13) Mohr M, Mujika I, Santisteban J, Randers MB, Bischoff R, Solano R, Hewitt A, Zubillaga A, Peltola E, Krstrup P. Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: A multi-experimental approach. *Scand J Med Sci Sports* 20,(Suppl 3): 125-132, 2010.
- 14) Naito T, Nakamura M, Muraishi K, Eda N, Ando K, Takemura A, Akazawa N, Hasegawa H, Takahashi H. In-play optimal cooling for outdoor match-play tennis in the heat. *Eur J Sport Sci*, 22: 326-335, 2022.
- 15) Nakamura D, Muraishi K, Hasegawa H, Yasumatsu M, Takahashi H. Effect of a cooling strategy combining forearm water immersion and a low dose of ice slurry ingestion on physiological response and subsequent exercise performance in the heat. *J Therm Biol*, 89:102530, 2020.
- 16) Nakamura M, Naito T, Saito T, Takahashi A, Muraishi K, Hakamada N, Otomo M, Iizuka S, Nakamura D, Takahashi H. Case Report: Countermeasures Against Heat and Coronavirus for Japanese Athletes at the Tokyo 2020 Olympics and Paralympic Games. *Front Sports Act Living*, 4: 878022, 2022.
- 17) 中村大輔, 安松幹展, 中村真理子. 競技現場における暑さ対策を考える. *JFA テクニカルニュース*. 46-47, 2018.
- 18) Ozgünen KT, Kurdak SS, Maughan RJ, Zeren C, Korkmaz S, Yacici Z, Ersoz G, Shirreffs SM, Binnet MS, Dvorak J. Effect of hot environmental conditions on physical activity patterns and temperature response of football players. *Scand J Med Sci Sports*, 20 (Suppl 3): 140-147, 2010.

- 19) Périard JD, Eijssvogels T, Daanen HAM, Racinais S. Hydration for the Tokyo Olympics: to thirst or not to thirst? *Br J Sports Med*. 55(8): 410-411, 2021.
- 20) Périard JD, Racinais S, Sawka MN. Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. *Scand J Med Sci Sports*, 25(Suppl 1): 20-38, 2015.
- 21) Reilly T, Drust B, Clarke N. Muscle fatigue during football match-play. *Sports Med*, 38(5): 357-367, 2008.
- 22) Sawka MN, Pandolf KB. Effect of body water loss on physiological function and exercise performance. In C.V. Gisolfi and D.R. Lamb eds. *Perspectives in exercise science and sports medicine*. Vol.3, Fluid homeostasis during exercise. Benchmark Press, pp.1-38, 1990.
- 23) Stevens CJ, Dascombe B, Boyko A, Sculley D, Callister R. Ice slurry ingestion during cycling improves Olympic distance triathlon performance in the heat. *J Sports Sci*, 31(12): 1271-1279, 2013.
- 24) Zimmermann M, Landers G, Wallmanke, Saldan's J. The Effects of Crushed Ice Ingestion Prior to Steady State Exercise in the Heat. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 27(3): 220-227, 2017.