



# 競技者のための 暑熱対策ガイドブック

## 本ガイドブックにおける言葉の定義

深部体温・・・直腸温や食道温など身体の核心の温度

暑熱環境・・・外気温28℃以上の環境

通常環境・・・外気温23～28℃の環境

冷涼環境・・・外気温15～22℃の環境

多湿環境・・・相対湿度70%以上の環境

有効発汗・・・蒸発して体温を下げる効果のある発汗

無効発汗・・・蒸発しない発汗

身体冷却・・・身体の外部または内部から身体の温度を低下させるために行う冷却

# も く じ

はじめに

1章 暑熱対策に関する調査 .....	4
2章 暑熱環境下でのパフォーマンス発揮 .....	6
3章 暑熱環境下で運動を行うための身体の適応（暑熱順化） .....	12
4章 暑熱環境下における身体冷却.....	16
5章 暑熱環境下における水分補給.....	24
6章 日常生活で気をつけること ～睡眠環境について～.....	32
7章 暑熱環境下でもパフォーマンス発揮をたかめるためには？ ～JISS 東京特別プロジェクト「暑熱対策研究」より～ .....	36
おわりに.....	39
参考文献.....	40
資料（アンケート調査） .....	41

## はじめに

東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会は7月24日～9月6日に開催されます。この時期は猛暑日になることも多く、熱中症が多発する時期です。オリンピック史上最も過酷な暑熱環境になることが予想されます。

暑熱環境では、持久性運動パフォーマンスは低下します。このような暑熱環境が持久性運動パフォーマンスに与える影響は、暑さへの馴れや水分補給、身体冷却の有無、服装などによって異なります。屋外競技、とりわけマラソンや競歩など長時間の競技では、暑熱環境においてパフォーマンスを発揮するために、どのような準備をし、どのように競技するか戦略が必要になります。

暑熱環境で勝つにはまず実力がなければなりません。実力を高めるには質の高いトレーニングをしなければなりません。暑熱環境で試合があるからといって、暑熱環境でばかりトレーニングすると質が低下するばかりでなく、体調を崩すことにもなります。したがって、夏の大会に向けていかにトレーニングの質を保ち、いかに体調を維持するかも重要です。

国立スポーツ科学センターでは、東京2020オリンピック・パラリンピックに向けた特別プロジェクト研究の一つとして、2015年度から「暑熱対策に関する研究」に取り組んでいます。この暑熱対策に関する研究では、暑熱環境下の運動における生理的変化や暑熱環境でパフォーマンスを発揮するための対策に取り組んでいます。

このガイドブックは暑熱対策に関する研究の一環として、暑熱環境下での運動に関するこれまでの国内外の研究の中から、暑熱環境でいかに戦うかの参考になる基礎的知見をまとめたものです。このガイドブックを活用していただければ幸いです。

東京2020大会に向けて、国立スポーツ科学センターはこれらの基礎的知見を基に、暑熱対策が重要となる各競技の特性を考慮した具体的な対策について研究し、その成果を提供して参ります。

国立スポーツ科学センター 前センター長  
川原 貴

# 1章 暑熱対策に関する調査

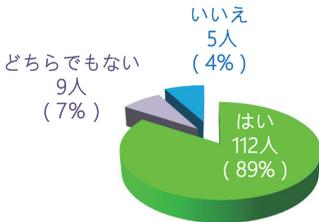
## 調査の目的

東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会（以下、東京2020大会）は真夏の開催時期となり、厳しい暑熱環境での実施が予想されます。そこで、国立スポーツ科学センターでは、選手の最高のパフォーマンス発揮をサポートするための暑熱対策研究を行うこととなりました。本アンケート調査では、アスリート、コーチ・指導者および情報・医・科学スタッフの皆様を対象として、強化現場での暑熱環境に関する課題、実施している暑熱対策などに関する調査を行い、東京2020大会で活用していただける成果を創出する研究のための基礎資料とすることを目的としました。

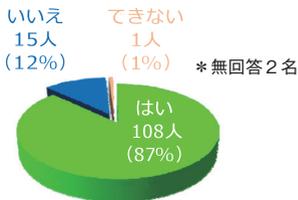
## 調査の結果

7競技団体、10競技種目関係者126名（選手：102名、コーチ・指導者：20名、情報・医・科学委員：4名）からご回答を頂きました。主な結果を紹介します（図1-1）。

- Q. 試合中に、暑熱環境の影響を受けてパフォーマンスが低下すると感じたことはありますか？
- Q. 試合中の暑熱対策は必要だと思いますか？
- Q. トレーニング中の暑熱対策は必要だと思いますか？



- Q. 暑熱環境下での試合時に身体冷却を行いますか？



- Q. 暑熱環境下でのトレーニング時に身体冷却を行いますか？

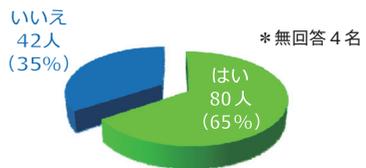


図1-1 アンケート結果1

暑熱環境下でのパフォーマンスの低下に関して、多くのアスリートや現場スタッフのみなさんがパフォーマンスの低下を経験し、暑熱対策の重要性を認識されている現状が明らかとなりました。

しかしその一方で、暑熱対策の実践（身体冷却）は試合時と比較して、トレーニング時にその実施の割合が少ない傾向がみられました。

試合環境とトレーニング環境では条件が異なるため、単純な比較は難しいと思われませんが、トレーニング時においても試合時と同様の暑熱対策を行うことで、トレーニングの質を向上させることができます。

#### 試合中やゲーム中の水分補給に関するコメント

##### （自由記述）

- ・ 冷たい飲料の摂取は避ける
- ・ 冷たい水やスポーツドリンクを飲む
- ・ いつもより多く飲水をする
- ・ のみ過ぎないように気を付ける
- ・ スポーツドリンクに塩を自身で足して飲む など

#### JISSで明らかにして欲しい点、検討して欲しい点

##### （抜粋）

- ・ 効果的に身体を冷却する最新の方法
- ・ 暑熱環境下での認知機能への影響
- ・ 筋温をどれくらいまで下げてもパフォーマンスに影響がないか など

図1-2 アンケート結果（自由記述）

アンケートの結果、アスリートの皆さんが暑熱環境下でのパフォーマンス発揮のために、身体冷却や水分補給などの暑熱対策、そして日常生活にいたるまで様々な工夫をされていることが明らかとなりました（図1-2）。

## 2章 暑熱環境下でのパフォーマンス発揮

はじめに

東京2020大会はオリンピック史上もっとも“暑い”大会とも言われています。この章では、“暑熱環境下でなぜパフォーマンスが低下するのか？”という点について解説したいと思います。

### 環境温度とパフォーマンス

図2-1は、運動を行う際の環境温度（気温）の違いが、運動の継続時間に与える影響を示しています。グラフに示すとおり、環境温度が高い方が環境温度が低い場合と比較して、運動の継続時間が大幅に短くなるのがわかります。このような結果は、経験的にも理解できると思いますが、なぜ、同じ運動を行っても環境温度によって、パフォーマンス発揮に大きな差が生じるのでしょうか？

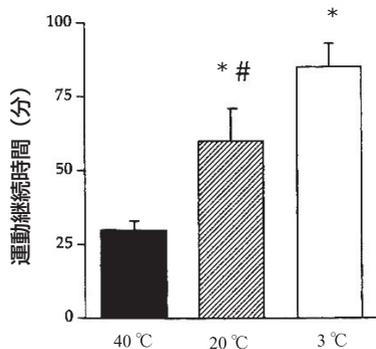


図2-1 環境温の違いが運動継続時間に与える影響

70% $\dot{V}O_{2max}$ 強度での自転車エルゴメータ運動を疲労困憊まで行った際の運動継続時間。3°Cでの運動継続時間は、40°Cと20°Cの双方の運動条件より有意に運動時間が長い。

\*:  $p < 0.05$  vs 40°C #;  $p < 0.05$  vs 3°C

(Parkin et al., 1999)

## パフォーマンスと体温

皆さんは、試合やトレーニングの前に必ずウォーミングアップを行うと思います。ウォーミングアップには筋肉の温度を高めたり酸素の利用効率を高めたりする狙いがあり、パフォーマンス発揮をより効率的に行うことができます。

一方、図2-1と同じ温度条件での身体内部の温度（直腸温）と筋肉の温度を見ると（図2-2）、直腸温、筋温共に環境温度が低い場合と比較して環境温度が高い方が運動継続時間が短くなっていることがわかります。つまり、運動時の適度な体温上昇は運動能力を高めませんが、その上昇が過度になると運動能力の低下を引き起こすことになります。特に深部体温の過度な上昇は、暑熱環境下における持久性運動パフォーマンスの低下に深くかかわっていると考えられています。

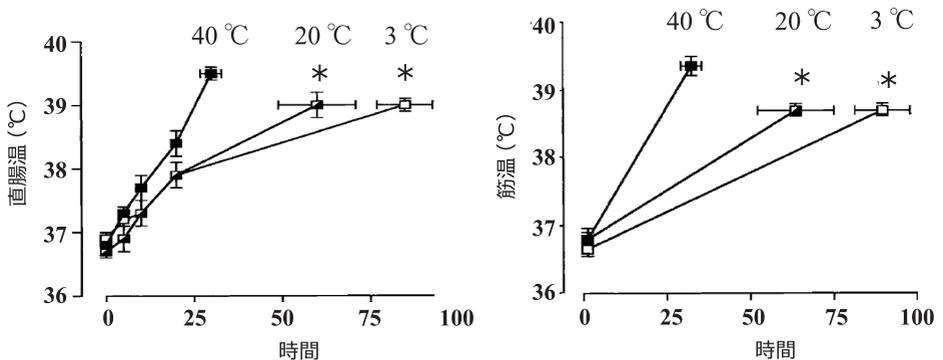


図2-2 それぞれの環境温における運動終了時の直腸温（左）および筋温（右）

直腸温および筋温ともに外気温の高い方が運動継続時間が短い。

\*;  $p < 0.05$  vs 40°C

(Parkin et al., 1999)

## ヒトの体温調節

ヒトは体温を一定に保つしくみを備えています。暑いときに薄着になったり、汗をかいたりすることで意識的にも、無意識的にも体温調節を行っています。

運動時には筋肉を動かしますが、筋肉を動かす際に熱が作られます（熱産生）。熱産生が大きくなると、熱放散反応（皮膚の血管拡張や発汗など、熱を身体の外に逃がす反応）も大きくなり体温を一定に保つように働くのですが、暑熱環境下での長時間の運動では、気温や湿度などの影響も加わり、過度な深部体温の上昇が起りやすくなります（図2-3）。

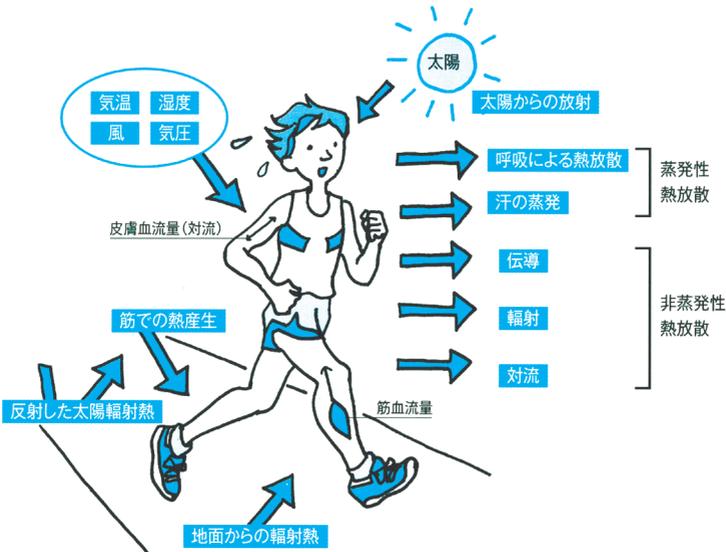


図2-3 運動中のヒトの熱産生と熱放散のしくみ

(スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック、2013)

## 体温の上昇が引き起こすパフォーマンスへの影響

暑熱環境下における代表的な熱放散機能に“発汗”がありますが、発汗量に見合った量の水分補給を行うことができなければ、体液（体水分）が失われ、いわゆる脱水状態になりパフォーマンス発揮に影響を及ぼします。

さらに、多湿環境下では汗をかいても蒸発しにくい“無効発汗”の量が増えることで更なる体水分の損失が進みます。脱水が進行すると、ますます体温が上昇しパフォーマンスの低下を引き起こしてしまいます（図2-4）。最近の研究では、運動中の過度な深部体温の上昇によって認知機能が低下することも指摘されています。



多湿環境になると  
汗が蒸発しにくくなる

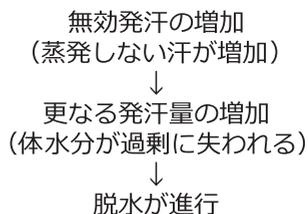


図2-4 多湿環境時における無効発汗と脱水との関係

## 暑熱環境とパフォーマンス発揮

表2-1で示すように、運動時間が比較的長い場合には暑熱環境が影響することが指摘されています。一方、競技時間が短時間の運動では、そのパフォーマンス発揮に、暑熱環境はあまり影響を及ぼさないと考えられています。むしろ環境温度が高い方がパフォーマンス発揮が高くなる場合があります（第4章 図4-3参照）。屋外種目に限らず、フェンシングや剣道のように着衣により熱放散が大きく妨げられる競技種目では、室内競技であっても過度な深部体温の上昇が起こる可能性があります。

表2-1 暑熱環境がパフォーマンス発揮に与える影響

環境条件	運動時間または運動の種類	パフォーマンス	文献
ポジティブな影響			
暑熱環境	30秒×2セット サイクリング	最大パワー発揮 ↑	Ball et al., 1999
暑熱環境	15秒×5セット サイクリング	ピークパワー産生 ↑	Falk et al., 1998
温浴と暑熱環境	30秒 サイクリング	平均パワー発揮 ↑	Linnane et al., 2004
影響なし			
暑熱環境	ジャンプテスト	最高跳躍高 ➡	Hue et al., 2003
温浴と暑熱環境	30秒×2セット サイクリング	2セット目の 平均パワー発揮 ➡	Linnane et al., 2004
ネガティブな影響			
暑熱環境	60% $\dot{V}O_2$ max 強度での サイクリング	疲労困憊までの時間 ↓	Gonzalez – Alonso et al., 1999
暑熱環境	70% $\dot{V}O_2$ max 強度での ランニング	疲労困憊までの時間 ↓	Parkin et al., 1999
暑熱環境	間欠的なシャトルラン テスト(スプリントあり)	総走行距離 ↓ スプリント➡	Morris et al., 1998
暑熱環境	全力での筋力発揮 (2分間)	筋力発揮 ↓	Nybo et al., 2001

## この章のポイント

- ・環境温度はパフォーマンス発揮に影響を与える。特に、暑熱環境下での持久性運動パフォーマンスは低下する。
- ・深部体温が過度に上昇するとパフォーマンスの低下を招く。
- ・暑熱環境は競技時間の長い種目にネガティブな影響を与え、競技時間の短い種目ではポジティブに働くこともある。
- ・東京2020オリンピック・パラリンピック競技会では、高温多湿環境下でのパフォーマンス発揮が予想されるため、暑熱対策が不可欠である。

### 3章 暑熱環境下で運動を行うための身体の適応(暑熱順化)

#### 熱中症と暑熱順化との関係

東京2020オリンピック競技大会は7月の下旬から始まります。この時期は、はじめとした梅雨からいよいよ夏に季節が移り変わるタイミングで、熱中症の多発時期でもあります(図3-1)。

通常、我々は暑いときは汗をかいたり、寒いときはふるえたりして体温を一定に保とうとします。しかし、この時期は外気温の急激な上昇に対して、熱を体外に逃がす熱放散機能が準備できていない時期です。したがって、過度な体温上昇を招きやすく、そのことが原因となって熱中症を発症するケースが増えると考えられています。

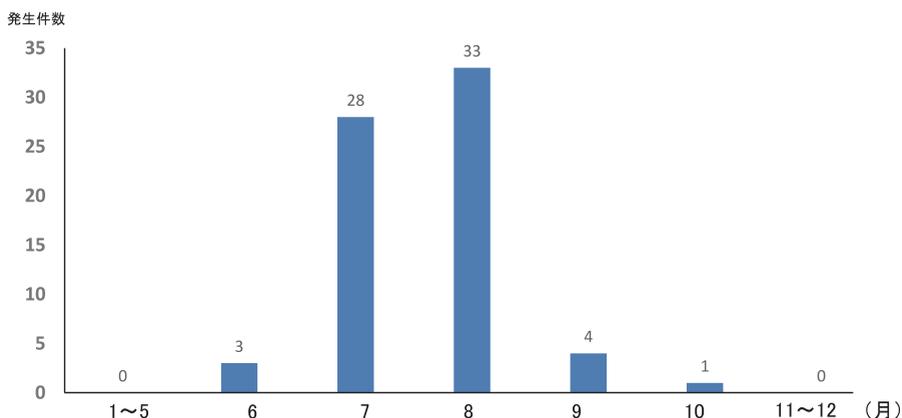


図3-1 学校管理下における熱中症による月別死亡件数(平成2年~24年)

(日本スポーツ振興センター 学校安全 Web より)

暑熱ストレスに対する抵抗力(暑熱耐性)は暑熱環境に繰り返し曝露されたり、そのような環境下で持久性のトレーニングを繰り返すことによって徐々に高めることができます。このように暑さに身体が適応することを「暑熱順化」といいます。したがって暑熱環境下でパフォーマンス発揮を行うアスリートのみならず、暑熱順化は必要不可欠であると言えます。それでは次に、暑熱順化で得られる効果やその獲得方法などについて紹介していきたいと思ひます。

## 暑熱順化の効果とその発現

暑熱順化は、人工的に暑熱環境を作ることができるような場所で運動を行ったり、気温の高い日に外で運動を行ったりすることによって、その効果を獲得することができます。通常は、梅雨から初夏にかけての気温の変化（上昇）に応じて自然な暑熱順化が起こりますが、日本の冬に、南半球など暑い場所で試合や大会に参加する場合は、可能であれば人工的な環境下で暑熱順化を行い、試合や大会に臨むとよいでしょう。

具体的な順化の効果には、安静時の深部体温の低下、発汗開始時の深部体温の低下、皮膚血流量の増加、熱放散能力の向上、血漿量の増加などがあります（図3-2）。また、持久性能力の指標である最大酸素摂取量も増加します。

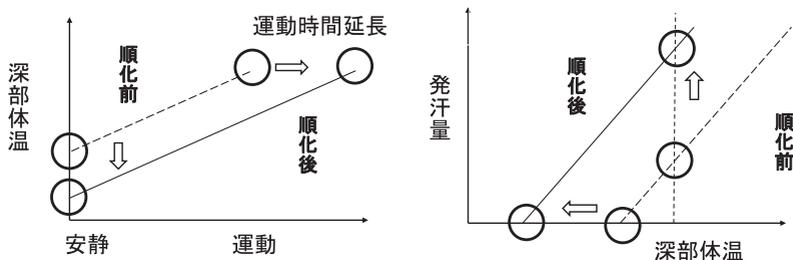


図3-2 暑熱順化による深部体温の変化（左）と発汗量の変化（右）

安静時の深部体温が低下することで、熱貯蔵量（体内に熱を貯めることのできる量）が増加するため、運動をより長く続けることが可能となります。また、同じ深部体温のときの発汗量が増えます。これは汗をかき始める温度が下がることと関係があります。

暑熱順化の効果は、順化トレーニング期間初期（3日程度）から生理学的な変化が徐々に現れ、1週間前後でその効果のほとんどが定常になりますが、最近の報告ではアスリートが暑熱環境下で最適な運動パフォーマンスを発揮するためにはさらに日数が必要となり、7～10日程度必要であると報告されています（図3-3）。

研究報告では、暑熱順化のための環境温度設定を35℃以上の高温に設定して行っている例もありますが、暑熱順化を効果的なものにするためには、深部体温を1℃以上上昇させる運動が必要です。一般的には、60～100分前後の中強度運動（50～60%  $\dot{V}O_2$  max）がよく用いられています。順化によって安静時の深部体温が低下することで、熱貯蔵量（体内に熱を貯めることのできる量）が増加し、暑熱環境下でのパフォーマンスが向上します（図3-4）。最近では、高強度運動（75%  $\dot{V}O_2$  max）をより短い時間（30分）で行っても同様の結果が得られることも報告されていますが、重要な点は体温や皮

膚温を上昇させ、熱放散反応を刺激することです。東京2020大会は7月下旬からの開催なので、アスリートの皆さんは特別な環境で暑熱順化を行うというよりは、屋外でトレーニングを積むことによって、順化の効果が現れると考えられます。

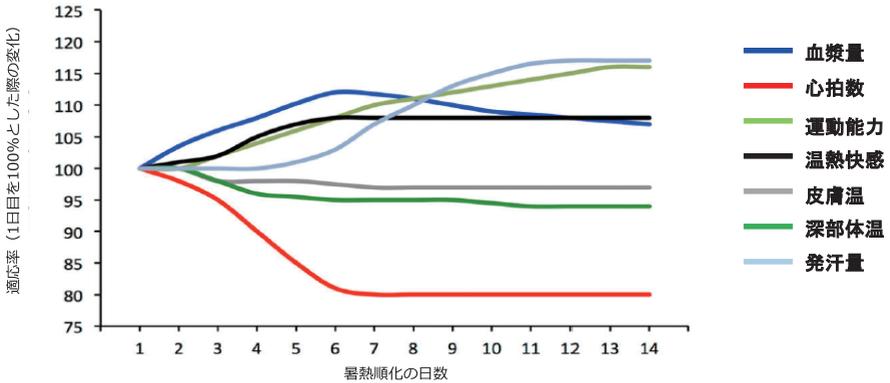


図3-3 暑熱順化による生理的指標の変化の推移

暑熱順化トレーニングを始めて1週間程度で血漿量や心拍数などの適応率は一定となりますが、発汗量は1週間目以降にも適応が続いていることがわかります。(Périard et al., 2015)

### 順化効果の消失

一度獲得された順化の効果は短時間（1週間以内）では消失しないと考えられます。極端に涼しい環境で長時間過ごし続けたり、トレーニングを長時間中断したりすることがなければ、得られた効果が短期間で失われる可能性は低いと考えられます。しかし、トレーニング間隔を3日以上連続して空けないように注意して下さい。

### 順化効果は冷涼環境下での運動にも有効か？

暑熱順化を行った際の効果は、暑熱環境下でのパフォーマンス発揮のみに効果があるのでしょうか？それとも冷涼環境下でも効果があるのでしょうか？

暑熱順化で得られた効果は、冷涼環境下であっても、その効果が有効であることが研究で示されています。したがって、屋内外を問わず、暑熱環境下で競技を行う選手の皆さんは、大会前には暑熱順化を終えておくことが、最適なパフォーマンス発揮のために必要になります。

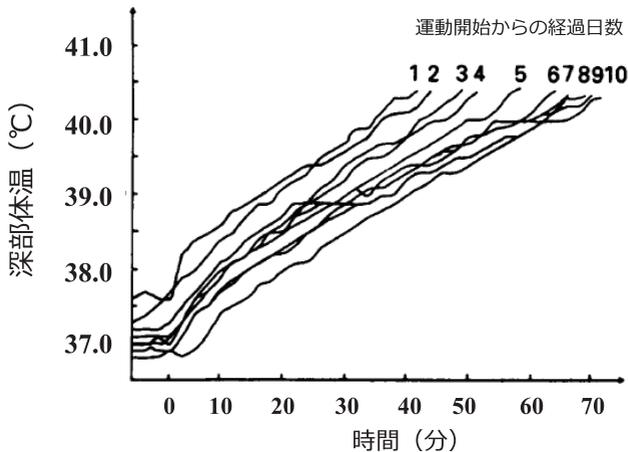


図3-4 暑熱環境で60% $\dot{V}O_2\max$ 強度のトレーニングを10日間実施した場合の深部体温と運動継続時間の変動

安静時の深部体温が低下するとともに、運動継続時間が延長した。

(Nielsen et al., 1993)

### この章のポイント

- ・暑熱順化は暑熱環境下でパフォーマンス発揮を行うアスリートにとって必要不可欠である。
- ・暑熱順化を行うためには、熱放散反応を刺激する必要がある。具体的には60～100分前後の中強度運動（50～60% $\dot{V}O_2\max$ ）を行い、深部体温を1℃以上上昇させることが必要となる。順化期間は7～10日程度必要である。
- ・暑熱順化を行うことで体温調節が効率的に働くようになる。
- ・暑熱順化の主な効果には、血漿量の増加、発汗量の増加、同一運動強度での心拍数の低下などがある。
- ・暑熱順化で得られた効果は、短期間で失われるものではない。
- ・暑熱順化で得られた効果は、暑熱環境のみならず、通常環境でもその効果が発揮される。
- ・暑熱順化トレーニング中は身体にかかる負荷が大きくなるので、水分補給などを怠らないようにする。

## 4章 暑熱環境下における身体冷却

暑熱環境下で運動すると、深部体温が過度に上昇することがあります（高体温）。運動により引き起こされる高体温は末梢の代謝や心臓血管機能、水分バランスにも影響し、また脳血流量や認知機能などの中枢神経系へも直接作用します。これらの末梢および中枢神経系の変化が、疲労や持久性パフォーマンスの低下を引き起こし、時には熱中症につながります（図4-1）。

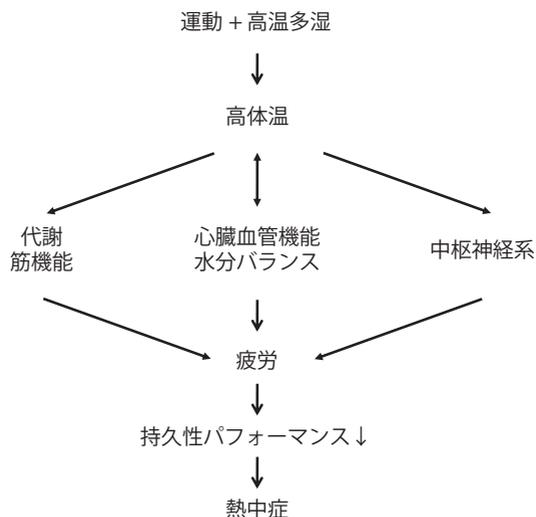


図4-1 高温多湿環境下における持久性パフォーマンスの低下  
高温多湿環境で運動をすると、高体温になり、末梢や中枢神経に影響を及ぼす。その結果、持久性パフォーマンスが低下する。  
(Hargreaves & Febbraio, 1998)  
(Hasegawa & Cheung, 2013)

## 身体冷却と持久性パフォーマンス

図4-2は、暑熱環境下（40℃，17%）で持久性運動を行った場合、運動前にあらかじめ深部体温を下げておく（プレクーリング）、運動パフォーマンスが向上したことを示しています。

深部体温の過度な上昇（約40℃）は運動継続のマイナス要因となりうるので、暑熱環境下において運動前に深部体温を低下させることは、パフォーマンスの向上のために重要な戦略の一つとなります。

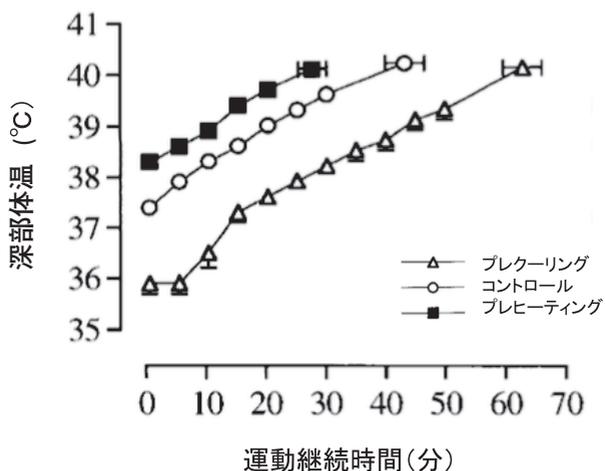


図4-2 深部体温と運動継続時間

暑熱環境下では、プレクーリングをして運動前に深部体温を低い状態にしておく、運動を長く継続できる。

(Gonzalez-Alonso et al., 1999.)

## 身体冷却とスプリントパフォーマンス

図4-3は、30秒の全力スプリント運動時の筋パワー発揮が、通常的环境温（19.7℃）よりも暑熱環境（30.1℃）の方で高くなることを示しています。このことから、短時間の高強度運動では暑熱環境の影響を受けにくく、ある程度環境温度が高い方が、パフォーマンスも高くなると考えられます。

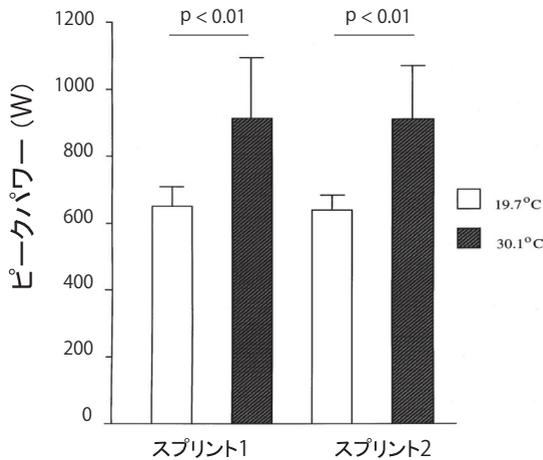


図4-3 環境温度と高強度間欠性運動

短時間の高強度運動では、外気温が高い方が、良いパフォーマンス発揮ができる。

(Ball et al., 1999)

## 身体冷却の種類

アスリートの身体冷却には様々な方法があり、アイスベストや冷水浴などの身体を外部から冷やす方法と、アイススララーなどの冷たい飲料を摂取して身体を内部から冷やす方法があります（図4-4）。



図4-4 身体冷却の種類

- ・アイスベスト：トレーニングや試合前のウォーミングアップ、試合後のクーリングダウン時に着用可能。皮膚表面の温度を低下させる効果があり、冷感覚が得られる。
- ・アイススララー：シャーベット状の氷飲料。摂取により深部体温が低下する。スポーツ飲料で作成すると、糖・電解質を補給することができる。
- ・冷水浴：冷水に浸かることで深部体温を下げたり抗炎症作用や老廃物除去の促進などが期待できる。
- ・全身クライオセラピー： $-196^{\circ}\text{C}$ の窒素ガスを用いた全身冷却法（Whole Body Cryotherapy：WBC）。冷刺激により抗酸化力、抗炎症作用などが向上する可能性がある。

## 身体冷却のタイミング

### 1. 運動前の身体冷却（プレクーリング）

プレクーリングは、図4-2（17頁）に示すように、深部体温をあらかじめ下げしておくことで、持久性パフォーマンスの向上を目指します。プレクーリングに用いられる身体冷却の方法には、アイスベストをはじめ、アイススラリー（7.5g/体重1kgあたり）の摂取や冷水浴への浸漬などがあります（表4-1）。

一方、パフォーマンスの改善がみられなかった先行研究では、深部体温の低下が小さかったことや筋温の過度な低下がみられたことが原因だと報告されています。したがって、プレクーリングは筋温を過度に低下させずに、深部体温を低下させることがポイントとなります。

表4-1 プレクーリングとその効果

タイミング	冷却方法	環境条件	パフォーマンス	深部体温	皮膚温	RPE	文献
効果あり							
W-up前	アイスベスト(20分)	31°C 50%	ランニング継続時間 ↑	↓	↓	-	Uckert et al., 2007
W-up時	アイスベスト(38分)	32°C 50%	5km走パフォーマンス ↑	↓	↓	⇒	Arngrimsson et al., 2004
30分前	アイススラリー(-1°C)	34°C 55%	運動継続時間 ↑	↓	↓	↓	Siegel et al., 2010
30分前	アイススラリー(-1°C) 冷水浴(24°C,10分)	34°C 55%	運動継続時間 ↑	↓	↓	↓	Siegel et al., 2012
30分前	冷水浴(23-24°C,30分)	33°C 34%	5kmのランニング速度 ↑	↓	↓	⇒	Stevens et al., 2017
60分前	冷水浴(20°C, 60分)	32°C 47%	90分間の65% $\dot{V}O_{2max}$ 強度のランニング中の視覚的判別テスト ↑	↓	↓	⇒	Clarke et al., 2017

※矢印はコントロールと比較した結果  
RPE: 自覚的運動強度

## 2. 運動中の身体冷却

運動中の身体冷却は、体温上昇を抑制し、パフォーマンスの維持・向上を目指します。図4-5は高強度運動で疲労困憊に至るまで運動を行った時の運動継続時間を示しています。その結果、運動中にアイスベストを着用することと水分補給を組み合わせることによって持久性パフォーマンスが向上したことが報告されています。

また、運動中にアイススラリーを摂取した場合、発汗量が抑えられることが報告されています。これは胃にある温熱受容器が冷感を感じ、発汗による熱放散を抑制することで、体水分の損失が少なくなり脱水を防ぐことができるためと考えられています。

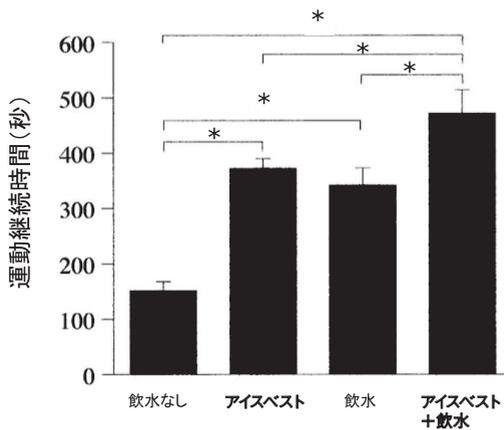


図4-5 疲労困憊までの運動継続時間

暑熱環境下(32℃、70～80%)の運動において、アイスベスト、飲水それぞれより両者を組み合わせることによって運動継続時間が延長した。

\*:  $p < 0.05$

(Hasegawa et al., 2005)

表4-2 運動中の身体冷却とその効果

タイミング	冷却方法	環境条件	パフォーマンス	深部体温	皮膚温	RPE	発汗閾値	文献
効果あり								
運動前30分 運動中	アイスベスト+ 水分補給(14~16°C)	32°C 70%	1時間の60% $\dot{V}O_{2max}$ 自転車運動後、 80% $\dot{V}O_{2max}$ で疲労困憊までの運動 継続時間↑	↓	↓	↓	↓	Hasegawa et al. 2005
運動前 ハーフタイム	冷水浴(14°C,15分) ハーフタイムは10分間	32°C 30%	最大下走行距離↑	↓	↓	→	↓	Duffield et al. 2007
運動中	ネッククーリング	30°C 53%	ランニング距離↑	→	↓	↓	-	Tyler et al. 2011

※矢印はコントロールと比較した結果  
RPE: 自覚的運動強度

他にも、暑熱環境下の運動前、セット間の休憩時に水スプレー（18°C）を身体に吹きかけることで、運動時において心拍数増加が抑制されることや温熱感覚が改善されることが確認されています。暑熱環境下での運動中の身体冷却は、筋温や深部体温の過度な上昇を抑えることでパフォーマンスの低下を避けることにつながります（表4-2）。

### 3. 運動後の身体冷却（リカバリー）

暑熱環境下における運動直後のリカバリーでは、上昇した体温を運動前のレベルまで速やかに回復させることが重要になります。冷水や氷などを用いて身体を冷却することで、心臓に戻る血液量を増やし、深部体温の回復が促進される可能性があります。

表4-3は、暑熱環境下における運動後リカバリー時に冷水浴を用いた報告をまとめたものです。冷水浴の実施により、パフォーマンスの改善が期待されます。一方で、運動後の冷水浴は筋の適応反応を遅らせてしまう可能性も指摘されています。激しいコンタクトを行ったり、厳しい暑熱環境や試合が連続して行われる時期での実施は良いのですが、トレーニング時期によっては冷水浴の実施温度、時間、頻度などを検討する必要があります。

また、暑熱環境下での高強度運動後に脱水（3%脱水）したままの状態ですぐ冷水浴に入った場合、得られる効果が少なくなります（深部体温の回復、心拍数の回復が遅れる）。したがって、運動後にもしっかりと水分補給を行うことが大切です。

表4-3 運動後の身体冷却とその効果

タイミング	冷却方法 (温度、実施時間)	環境条件	運動パフォーマンス	測定項目/タイミング	文献
数時間後の効果					
運動後	冷水浴(9°C, 9分を2回)	32°C 54%	60分の間欠性ランニング	膝伸展屈曲最大筋力 / 冷却直後↑ 24時間後↓	Pointon et al. 2012
運動後	冷水浴(10°C, 20分)	32°C 42%	35分×2回 間欠性スプリント	膝伸展屈曲最大筋力 / 冷却直後↑ 24時間後↑	Minett et al. 2014
試合後	冷水浴(10°C, 1分×5回) ×4日間	36°C 25%	サッカートーナメント 試合(90分)×4日間	総走行距離 / 3試合目↑、4試合目↑ 筋肉痛 / 22時間後↓ 疲労感 / 22時間後↓	Rowell et al. 2011
数分後の効果					
運動後	冷水浴(14°C, 12分)	27°C	中強度のトレイルランニング90分	2マイルレースタイム / 冷却15分後↑	Yeargin et al. 2006
運動後	冷水浴(10°C, 15°C, 20°C, 各15分)	34°C 39%	75%最大出力強度で15分間のタイムトライアル	仕事量 / 冷却40分後↑ RPE / 冷却40分後↓	Vaile et al. 2008
運動後	冷水浴(14°C, 5分)	35°C 40%	65%VO <sub>2</sub> max強度で25分間の自転車運動+4kmのタイムトライアル	運動時間・平均パワー / 冷却15分後↑	Peiffer et al. 2010

※矢印はコントロールと比較した結果  
RPE: 自覚的運動強度

## この章のポイント

- ・運動前に深部体温を下げておくことで、より高いパフォーマンスが発揮できる。
- ・プレクーリングにより発汗による体水分の損失を抑制することができる(脱水予防)。
- ・プレクーリングでは深部体温を低下させることを目的として、筋温を極度に低下させない。
- ・運動中の冷却は、筋温や深部体温の過度な上昇を防ぐことができる。
- ・暑熱環境下における冷水浴の適温は9~20°C(参考:7~8月の水道水の平均温度およそ24°C)。
- ・リカバリー時の冷水浴は、実施のタイミング、時間、頻度などを考慮する必要がある。
- ・身体冷却の効果は、脱水状態だと減弱する可能性がある。