

## 「日常生活における熱中症予防指針」Ver. 4

日本生気象学会

### はじめに

わが国においては、地球温暖化や都市部のヒートアイランド現象による高温化によって、熱中症予防対策は夏季における健康問題として重要な課題となっている。近年、熱中症による死亡数は増加傾向にあり、記録的な猛暑で熱中症による死亡者が最も多かった2010年は1,745件<sup>注1</sup>であった(環境省, 2018)。また、熱中症死亡者数に占める65歳以上の割合も増加しており、2015年は81%であった(環境省, 2018)。

熱中症はスポーツ活動や労働作業時だけでなく、日常の生活活動時にも多く発生している。しかし、日常生活場面での熱中症予防に対する適切な指針がなかったことから、日本生気象学会では2008年4月に、新たな熱中症予防指針として「日常生活における熱中症予防指針」Ver. 1を作成し公表した。

その後、2011年3月の東日本大震災がもたらした原発事故と猛暑による電力需要の増大により電力供給不足が懸念されたことから、様々な節電対策が講じられた。本学会では、「節電下の熱中症予防のための緊急提言」を公開し、さらに2011年5月には暑さに慣れるための具体的な方策や、衣服や住居の工夫による暑さ対策を盛り込んだ、「日常生活における熱中症予防指針」Ver. 2を公表した。2013年には、その後の新知見を加えて、「日常生活における熱中症予防指針」Ver. 3を公表した。2021年6月には、室内において気温と相対湿度からWBGTを簡易的に推定する図の適用条件を明記し、その推定図を改訂した「日常生活における熱中症予防指針」Ver. 3.1を公表した。

今回のVer.4では、その後の新知見を加えると共に、各記述の科学的に根拠を示す文献を明記した。この指針が広く社会に普及し、熱中症予防の啓発の糧となれば幸いである。

注1: 人口動態統計のICD-10「熱及び光線の作用(T67)」に基づく。

## ＜本文＞「予防指針・指針の骨子」

### 1. 熱中症とは

熱中症とは暑熱が原因となって発症する、「皮膚の障害などを除外した暑熱障害 (heat disorders)」の総称で、熱失神、熱けいれん、熱疲労および熱射病に分類される(杉本ほか, 1980; 川原ほか, 2018; 小川と菅屋, 2011; 松本, 2011; 松本と山下, 2013; 松本, 2014; 松本, 2018). 発症の原因は主として、過度の体温上昇と脱水であるが、それぞれの発症機序と症状は以下のとおりである(日本生気象学会, 1992; 川原ほか, 2018; Casa et al., 2015; CDC, 2022).

- ① **熱失神**は、立位姿勢のための下肢への血液貯留と熱放散のための皮膚血管の拡張によって血圧が低下、脳血流が減少しておこるもので、めまい、失神などがみられる。
- ② **熱けいれん**は、大量に汗をかき、水だけを補給して血液の塩分濃度が低下した時に、足、腕、腹部の筋肉に痛みを伴ったけいれんがおこるもので、めまい、頭痛、吐き気などの症状があれば、熱疲労として扱う。
- ③ **熱疲労**は、たくさん汗をかくことによっておこる脱水とそのための循環不全（血液不足）による症状で、脱力感、倦怠感、めまい、頭痛、吐き気などがみられる。
- ④ **熱射病**は、体温上昇のため中枢機能に異常をきたした状態で、意識障害（応答が鈍い、言動がおかしい、意識がない）がおこり、体温調節機能が失われるため外部からの冷却と救急救命処置なしには死に至るものである。

### 2. 日常生活における熱中症予防指針

熱中症の発症には温度、湿度、気流、放射熱などの温熱環境因子のほかに、性別、年齢、既往歴や健康状態などの人的因子、運動、労働、日常生活活動などによる熱産生、ならびに着用している衣服の影響など、様々な要因が作用している。

したがって、予防指針を策定するにあたってこれらの要因を考慮した予防指針づくりをする必要があるが、発症要因が複雑多岐にわたることから、全ての要因を網羅することは困難なことである。

本指針では、温熱環境因子の指標である WBGT (Wet-bulb globe temperature, 湿球黒球温度) (Yaglou and Minard, 1957)を「温度指標」に採用し、その温度指標によって「**危険**」(31℃以上)、「**嚴重警戒**」(28℃以上 31℃未満)、「**警戒**」(25℃以上 28℃未満)、「**注意**」(25℃未満)の4段階の「**温度基準域**」に分けた。

生活活動強度については、「**軽い**」、「**中等度**」、「**強い**」の3つに分けた。

また、4段階のそれぞれの「温度基準域」には熱中症を予防するための「**注意事項**」を挙げた。さらに、予防指針の「**危険**」は赤色、「**嚴重警戒**」はオレンジ色、「**警戒**」は黄色、「**注意**」は白色で示した。

### 日常生活における熱中症予防指針

| WBGT による<br>温度基準域   | 注意すべき<br>生活活動の目安          | 注意事項                                           |
|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------|
| 危険<br>31℃以上         | すべての生活<br>活動でおこる<br>危険性   | 高齢者においては安静状態でも発生する危険性が高い。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。 |
| 厳重警戒<br>28℃以上 31℃未満 |                           | 外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。                     |
| 警戒<br>25℃以上 28℃未満   | 中等度以上の<br>生活活動で<br>おこる危険性 | 運動や激しい作業をする際は定期的に十分に休息を取り入れる。                  |
| 注意<br>25℃未満         | 強い生活活動<br>でおこる<br>危険性     | 一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。             |

### 3. 付録：日常生活における熱中症予防指針の解説

#### 1) 温度環境の指標（WBGT の測定方法）

WBGT は熱中症発症に関連する温熱環境因子（気温、湿度、気流、放射熱）を総合的に評価できる簡便な指標であり、日射の有無によって下記の式で算出される(国際標準規格, 2017; 日本産業規格, 2021)。

日射がある場合：

$$\text{WBGT} = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$$

日射がない場合：

$$\text{WBGT} = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$$

一般的な乾湿計を用いて測定する場合は、図 1 に示した August 乾湿計と黒球温度計（直径 150mm）によるものである。乾球および湿球は自然通風下に置かれている（強制通風ではない）(国際標準規格, 2017; 日本産業規格, 2021)。

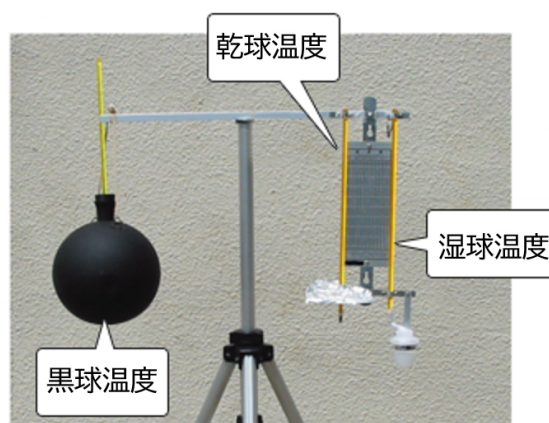


図 1. August 乾湿計と黒球温度計（直径 150mm）による WBGT の測定

実際の測定では、市販 WBGT 測定器を用いることが多いと思われる。市販 WBGT 測定器はその測定方法によって3種類に分けられる(図2)。

### ① 自然湿球型 WBGT 測定器 (図2①)

乾球・自然湿球・黒球を有する測定器で、WBGT 本来の測定原理に則った正確な測定が期待できる。一方、扱いがやや困難であること、非常に高価であることから、一般にはあまり普及していない。ISO 7243 および、その和訳版である JIS Z8504 にて規定されている(国際標準規格, 2017; 日本産業規格, 2021)。

### ② 電子式 WBGT 測定器 (図2②)

自然湿球の代わりに湿度センサーを用いた測定器で、取り扱いが容易かつ安価なため、広く普及している。JIS B7922 で規格化されており、現場で簡易に測定することができる(日本工業規格, 2017)。

### ③ 黒球を持たない簡易型 WBGT 測定器 (図2③)

黒球を持たない簡易型の測定器であるが、WBGT 値を表示するものも存在する。WBGT の算出に必要な黒球を有さないことから、日射のある環境(屋外等)での使用には適さない(齊藤と澤田, 2015)。



図2. 様々な市販 WBGT 測定器とその分類

実測が行えない場合は参考として、環境省が Web サイト(熱中症予防情報サイト)で提供している「暑さ指数」を用いることも可能である。これは、気象庁の観測値(日射を遮った強制通風条件で観測)から近似式で WBGT 値を計算しているもので、1 時間毎の全国 11 地点の実測値と 829 地点の実況推定値(2022 年度)を提供している(環境省, 2022; 気象庁, 1998; 小野と登内, 2013)。また、今日・明日・明後日の WBGT 予測値も提供している。測定方法や測定地点ならびに測定環境の違いにより、必ずしも現場での測定値と一致しないこともあるが、測定する手段がない時の代用や、参考として用いることは有用である。

## 2) 注意すべき生活活動強度の目安

各温度基準域における注意すべき生活活動強度の目安を表1に示した(Ainsworth *et al.*, 2000; 健康づくりのための運動所要量検討会, 1989). 活動強度の単位は, METs (Metabolic equivalent), kcal/kg 体重/分, RMR (エネルギー代謝率) などが用いられるが, 本指針では, 軽い活動強度は 3.0 METs 未満, 中等度の活動強度は 3.0~6.5 METs, 強い活動強度は 6.5 METs 以上に相当する活動とした.

以上のように生活活動強度を強度別に区分したが, 熱中症の発生は作業強度だけでなく, 作業持続時間によっても大きく影響される. したがって, 運動や活動をする場合, 軽い活動強度であっても, 定期的に休息を取り入れ, 水分を補給する必要がある.

表 1. 注意すべき生活活動強度の目安

| 軽い             | 中等度             | 強い             |
|----------------|-----------------|----------------|
| 休息・談話          | 自転車 (16km/時未満)  | ジョギング          |
| 食事・身の回り        | 速歩 (95~107m/分)  | サッカー           |
| 楽器演奏           | 掃除 (はく・ふく)      | テニス            |
| 裁縫 (縫い, ミシンかけ) | 布団あげおろし         | 自転車 (約 20km/時) |
| 自動車運転          | 体操 (強め)         | リズム体操          |
| 机上事務           | 階段昇降            | エアロビクス         |
| 乗物 (電車・バス立位)   | 床磨き             | 卓球             |
| 洗濯             | 垣根の刈り込み         | バドミントン         |
| 手洗い, 洗顔, 歯磨き   | 庭の草むしり          | 登山             |
| 炊事 (料理・かたづけ)   | 芝刈り             | 剣道             |
| 買い物            | ウォーキング (107m/分) | 水泳             |
| 掃除 (電気掃除機)     | 美容体操            | バスケットボール       |
| 普通歩行 (67m/分)   | ジャズダンス          | 縄跳び            |
| ストレッチング        | ゴルフ※            | ランニング (134m/分) |
| ゲートボール※        | 野球・ソフトボール※      | マラソン           |

※野球・ソフトボールやゴルフ, ゲートボールは, 活動強度は低いけど運動時間が長いので要注意

## 3) 水分・塩分補給の目安

(1) 日常生活における水分補給: 通常の生活では食事等に含まれる水分を除いた飲料として摂取すべき量は1日あたり 1.2 ℓを目安とする(Gamble, 1961; 環境省, 2018).

(2) 運動時や作業時の補給: 水分の補給量は体重減少量の 7~8 割程度が目安となる(環境省, 2018). 体重の 2%以上の脱水を起こさないよう注意する(Yoshida *et al.*, 2002). 大量の発汗がある場合は, スポーツ飲料などの塩分濃度 0.2%程度の水分を摂取する(Gisolfi *et al.*, 1990, Okuno *et al.*, 1988).

作業前: コップ 1~2 杯程度の水分・塩分を補給する (コップ一杯 200ml).

作業中: コップ半分~1 杯程度の水分・塩分を 20~30 分ごとに補給する.

作業後: 30 分以内に水分・塩分を補給する.

(3) 飲酒時の補給: アルコール飲料は利尿を促進するので(Hobson and Maughan, 2010; 栗山と大熊, 1995), 飲酒後は水分・塩分を十分に補給する.

(4) 空調装置使用時の補給: 空気が乾燥するので(Doi *et al.*, 2004), こまめに水分・塩分を補給する.

#### 4) 指針の活用にあたっての注意

環境に対する人の反応には個人差があることはいうまでもない。この指針はあくまで一般的な集団を対象としたものである。

この指針を利用するにあたっては、年齢や性別、暑熱順化の程度を考慮して、熱中症予防に心掛け、暑さ対策が行われることが期待される。

### ＜解説＞「予防指針の解説」

#### 1. 高温環境下の体温調節反応と熱中症の発症機序

##### 1) 行動性と自律性の体温調節反応

ヒトは暑さにさらされると脱衣して薄着になる、涼しい環境に移動する、あるいは扇風機で風を送る、エアコンをつけるなどの、温熱的な不快感を軽減し、かつ体温の上昇を避けるための行動を行う。これを行動性体温調節という。また、皮膚血流量が増加し、大気への熱伝導による熱放散（非蒸散性熱放散）、および発汗とひきつづく汗の気化による熱放散（蒸散性熱放散）がおきる。皮膚血流の増加や発汗は、無意識に（主に自律神経を介する）生じるので自律性体温調節反応と呼ばれる。ヒトをはじめとする恒温動物は、これら行動性および自律性体温調節の両方を動員することにより、体温を正確に維持している(永島, 2021)。

しかし、過度な暑さに伴う皮膚血流量の増加は、脳や重要臓器に分布する中心血液量を減少させ、大量の発汗は脱水をきたす。適切な水分補給がされないと、脱水は急速に進行し、皮膚血流や発汗の抑制反応が生じる。この場合、体温調節が不十分となるため体温が上昇し、中心血液量の減少や脱水がさらに進行する悪循環に陥る。この悪循環を断ち切らないと、熱中症になってしまう。熱中症の予防は、とても暑いと感じたら、涼しい場所で休憩をするなどの行動性体温調節を行うとともに、皮膚血流や発汗が十分に働くように、こまめな水分補給で脱水予防をすることが重要である(環境省, 2018)。

#### 2) 熱中症の病型とその発症機序

##### ① 熱失神

炎天下にじっと立っている場合などにおこる。直射日光による皮膚血管拡張と立位姿勢持続による血液の下肢への貯留によって、脳への血流が減少し、一過性の意識消失（失神発作）をおこすもので、起立性低血圧（立ちくらみ）がその病態である(Vicario, 2006)。失神に先立ち、顔面そう白、めまいなどがみられる(川原ほか, 2018; 小川と菅屋, 2011; 松本, 2011; 松本と山下, 2013; 松本, 2014; 松本, 2018)。

##### ② 熱けいれん

暑熱環境で長時間運動を行い、たくさん汗をかいた時に、疲労した筋に生じる有痛性のけいれんで、通常、下肢の筋に多くおこるが、上肢や腹筋におこることもある。特に、真水や塩分濃度の低い飲料を補給すると、血液中の塩分濃度が低下し、筋の被刺激性が亢進することでけ

いれんにつながる。運動時の筋のけいれんは暑さや脱水とは無関係にもおこるが、暑熱環境下での運動時にみられた場合は、熱けいれんとして対処する。また、めまい、頭痛、吐き気などの全身性の症状を伴う場合は、熱疲労として対処する(川原ほか, 2018; 小川と菅屋, 2011; 松本, 2011; 松本と山下, 2013; 松本, 2014; 松本, 2018)。

### ③ 熱疲労

熱疲労は熱中症の中核をなす病態である。暑熱環境で長時間の運動をすると、大量の発汗のため、水分と塩分を失い、循環血液量が減少し、重要臓器（脳など）への血流が不足する。高度の脱水とそのための循環不全が熱疲労の病態である。熱疲労に特異的な症状はなく、頭痛、めまい、吐き気、おう吐、脱力感、倦怠感などがみられる。体温は正常もしくは軽度上昇するが、40℃を超えることはない。軽度の錯乱などがみられることはあるが、昏睡などの高度な意識障害は来たさない。通常、治療により回復し、命に係わることはない。軽い熱疲労から命に係わる熱射病までは連続した病態であり、判断の難しいこともある。その場合は、熱射病として対処する(川原ほか, 2018; 小川と菅屋, 2011; 松本, 2011; 松本と山下, 2013; 松本, 2014; 松本, 2018)。

### ④ 熱射病

熱疲労の病態（高度の脱水と循環不全）がさらに進行すると、脱水により重要な熱放散反応である皮膚血管拡張と発汗の両方が抑制されるため、体温がさらに上昇する。体温（特に脳温）が過度（40℃以上）に上昇し、そのため脳の機能が障害され、意識障害や体温調節機能不全（発汗停止）を来した病態が、熱射病である(Epstein and Yanovich, 2019; Bouchama and Knochel, 2002; 川原ほか, 2018; 小川と菅屋, 2011; 松本, 2011; 松本と山下, 2013; 松本, 2014; 松本, 2018; Vicario, 2006)。運動時の熱射病では、発汗が続いていることもある(川原ほか, 2018; 小川と菅屋, 2011; 松本, 2011; 松本と山下, 2013; 松本, 2014; 松本, 2018; Vicario, 2006)。また、測定時の体温がたとえ 40℃以下であっても、熱射病でないとは言えない(Vicario, 2006)。意識障害は重要で、重症の昏睡だけではなく、応答が鈍い、何となく言動がおかしい、日時や場所がわからないなどの軽いものにも注意する。加えて、頭痛、過呼吸、おう吐、下痢、千鳥足歩行、頻脈、ショック状態（血圧低下）などの症状がみられる。多臓器不全や DIC（播種性血管内凝固症候群：disseminated intravascular coagulation）などの合併症を併発し、死に至る。一旦、熱射病を発症すると、迅速適切な救急救命処置を行っても救命できないことがあるため、熱疲労から熱射病への進展を予防することが重要である(川原ほか, 2018; 小川と菅屋, 2011; 松本, 2011; 松本と山下, 2013; 松本, 2014; 松本, 2018)。

## 2. 予防の基本は体温上昇の抑制と脱水予防

### 1) 体温上昇の抑制

#### (1) 暑熱順化（暑さに慣れる）

暑さへの慣れを暑熱順化という。暑熱順化すると血液量や汗の量が増加することで、体温の上昇を抑制する(Gagge and Gonzalez, 1996)。特に、暑いところでの運動を繰り返すと、運動時に発汗と皮膚血流増加がより早く起こるようになり、熱放散が促進され体温調節能が改善される(Lind and Bass, 1963; Sawka *et al.*, 2001)。また、運動時の心拍数も低くなる。

#### ① 暑熱順化の方法

真夏になる前に暑さに強い体を作る（暑熱順化する）には、本格的な暑さの到来前の 5～6 月に、「やや暑い環境」で「ややきつい」と感じる運動を 1 日 30 分間、1 週間に 5 日程度、1～4 週間実施すると暑さに強い体になる(Ikegawa *et al.*, 2011; Goto *et al.*, 2010). さらに、その運動直後に牛乳（コップ 1～2 杯）のような糖質とたんぱく質を豊富に含んだ食品を摂取するとより効果的である(Goto *et al.*, 2010; Okazaki *et al.*, 2009a; 2009b; 2009c). 中高年や若くても体力に自信がない人には「ややきついと感じる運動」として「インターバル速歩：3 分間の速歩（大腿で腕を振って、かかとで着地）と 3 分間のゆっくり歩きを 1 日 5 回以上、週 4 回以上、4 週間行う」が薦められる(Morikawa *et al.*, 2011; Nemoto *et al.*, 2007).

若くて体力に自信のある人にとっての「ややきつい運動」とは、野外でのジョギングやジムなどでの運動施設内でのトレッドミル、自転車エルゴメータを用いた運動であり、運動開始 5 分後の心拍数が 20 歳代で 1 分間あたり 130 拍程度、40 歳代で 120 拍程度となるような負荷である(Garber *et al.*, 2011; Karvonen, 1957). 「ややきつい運動」として、最大酸素摂取量の 50%に相当する強度が勧められている(Garber *et al.*, 2011). その際の目標心拍数は安静時心拍数と年齢別推定最大心拍数から次式で算出される(Karvonen, 1957). 心拍数は脈拍数でもよい.

$$\text{目標心拍数（拍/分）} = (\text{推定最大心拍数} - \text{安静時心拍数}) \times 0.5 + \text{安静時心拍数}$$

この時、推定最大心拍数（拍/分）＝220－年齢とする.

安静時心拍数（脈拍数）は各自安静状態で脈拍数を計測する.

20 歳で安静時心拍数が 60 拍/分の場合、目標心拍数は 130 拍/分となる.

## ② 血液量の増加と熱中症予防の関係

ヒトは二本足で歩行し、大量の発汗と皮膚血流量によって運動時に発生した体熱を体外に放散できる点で他の動物種より体温上昇を防ぐ優れた機能を持っているといえる(能勢, 2007). そのおかげでヒトは誕生以来熱帯を含め地球上の広い範囲に棲息してきた. しかし、二本足（立位）で歩行するためにはヒトは循環調節に大きなリスクを背負っている. すなわち、立位姿勢では全血液量の 70%が心臓より下に位置しているために(Rowell, 1983), 脱水によって血液量が少し減っただけでも心臓へ戻る血液量を維持できず、心臓から拍出される血液量が減少する(Nadel *et al.*, 1980). この時、皮膚血管拡張を抑制しなかった場合には動脈圧を保てなくなるため、脳に十分な血液を供給できず失神してしまう(Armstrong *et al.*, 2007a; 環境省, 2018). これを防ぐために、心臓に返ってくる血液量を心房の圧受容体でたえずモニターしている. もしそれが低下した場合には瞬時に前身の皮膚血管拡張を抑制し動脈圧を維持するが、この反応によって皮膚血流量が低下するので(Ahmad *et al.*, 1977), それに伴って発汗量も低下してしまう(Fortney *et al.*, 1981). その結果、皮膚表面からの熱放散が減少し、うつ熱がおこり、最悪の場合、熱中症に陥ってしまう. したがって、暑熱順化することで血液量が増加するため心臓から拍出される血液量に余裕ができることや発汗量や皮膚血流量の増加による熱放散の促進によって体温調節能が改善するため、熱中症の予防に効果的である.

## (2) 高温環境下での注意事項（休憩，計画変更）



### ① 高温下での身体活動

気温が高いときの屋外や冷房のない屋内での身体活動は、体温上昇や脱水の程度が大きいので熱中症が発生しやすい状況にある。高温環境での身体活動の原則は、「頻繁な休憩と水分補給」を行い、「絶対に無理をしない、頑張らない」ことである(環境省, 2018)。

また、屋外での移動時には、なるべく日陰を選んで、少しでも熱ストレスを緩和することが大切である(環境省, 2018; 星ほか, 2007)。

### ② 気象情報チェックで対応

WBGT や気温の情報は、環境省、気象庁、民間気象会社などから提供されているので、TV・ラジオやインターネットでこまめに情報収集する。特に、a. 梅雨明け時など急激な高温が予想されるときや(星と稲葉, 2002, 2004; 中井ほか, 1992), b. 高温 (WBGT が 31℃以上) が続くとき(Hoshi and Inaba, 2005; 星ほか, 2007; 中井, 2007; Nakai *et al.*, 1998), c. 熱帯夜が続くときには(中井, 1993), 熱中症のリスクが高い。

また、天気予報などで提供される気温などの値は、芝生の上で日射などを遮った条件で計測しており、夏の炎天下や日射の強い居室では、より厳しい暑熱環境となることが多いので、温度計や WBGT 計により頻繁に環境をチェックすることが重要である。

### ③ サポート体制の強化と暑さの回避

極端な高温が予想される時には、熱中症弱者に対して、情報提供、居室の温度の確認(柴田ほか, 2018)、水分の補給の励行、健康状態についてサポートする体制を確認する。また、部屋の温度計は周囲の人々と協力してこまめに温度を確認する(山下ほか, 2020)。社会と接触の少ない高齢者などに対し、積極的に声かけを行うことも重要である。歩行者は、できる限り街路樹の下やビルの日陰側を歩くようにする (環境省, 2018; 星ほか, 2007)。

## 2) 水分・塩分補給

### (1) 飲料の組成(糖質・塩分)と温度

発汗で血液量が低下し、血液中の塩分濃度が上昇すると、発汗 (Fortney *et al.*, 1984)と皮膚血管拡張 (Kenney *et al.*, 1990)による熱放散が低下し、熱中症のリスクが高まる。適切な水分の摂取はこれを防止する(Armstrong *et al.*, 2007a)。尿の回数がいつもより少なく、尿の色が濃くなったら脱水のサインであり要注意である(Armstrong, 2007b)。喉が渇く前に補給するのもポイントである。

発汗による脱水量が増え、体外へ多くの塩分が失われた状態では血液量の低下とともに血液中の塩分濃度が上昇する。この時に水だけを摂取した場合、血液中の塩分濃度はもとの濃度に戻るため、血液量が回復しきれていないにも関わらず口渇感が減弱し飲水を抑制する(Nose *et al.*, 1985; 1988)。身体は血液中の塩分濃度を一定に保つ働きがあるため、仮に、それ以上の水を強制的に摂取しても、それを尿として体外に排泄してしまう(Nose *et al.*, 1985; 1988)。これを「自発的脱水」と呼ぶ。その結果、血液量の回復が遅れ、皮膚血流量が低下する。したがって、血液量を回復するためには適度な濃度の塩分を含む飲料の補給が必要である(Nose *et al.*, 1985; 1988)。さらに、腸管での水の吸収は、Na<sup>+</sup>イオンの吸収と一緒に行われる(Gisolfi *et al.*, 1990)。このNa<sup>+</sup>イオンの吸収が、飲料中のブドウ糖によって促進する。1~2%のブドウ糖濃度が腸管での水分吸収に効果的である(Gisolfi *et al.*, 1990)。また、摂取時の温度は 22℃以下が望ましい(Burdon *et al.*,

2012; Costill and Saltin, 1974).

## (2) 日常生活における水分補給

- ① **日常生活における補給**: 日常生活における水分補給では基本的に、不感蒸泄や発汗による水分の損失に対する補給が必要である。睡眠時(北堂ほか, 2004), 入浴時(美和ほか, 2004)にも発汗する。就寝前, 起床時, 入浴前後にコップ一杯(約 200ml)の水分を補給する必要がある。日中はコップ半分程度の水分を定期的に(1 時間に 1 回程度)補給する。のどの渇きを感じる前に水分補給を心掛ける(Kenefick, 2018)。特に高齢者は口渇感等の感覚が衰えており(Kenney and Chiu, 2001), 十分に注意する必要がある。
- ② **運動時や作業時の補給**: 運動時や作業時の水分の補給量は体重減少量の 7~8 割程度が目安となる(環境省, 2018)。体重の 2%以上の脱水を起こさないよう注意する(Yoshida *et al.*, 2002)。大量に発汗する運動時や作業時には水分と同時に塩分補給が重要である。0.2%程度の塩分を含む飲料を補給するよう心掛ける(Gisolfi *et al.*, 1990)。
- ③ **飲酒時の補給**: アルコールは利尿作用が強く, 飲酒量以上の水分を排泄するので(Hobson and Maughan, 2010; 栗山と大熊, 1995), 飲酒後は, 水分を十分に補給する。
- ④ **空調装置使用時の補給**: 室内は空気が乾燥することから, 気がつかないうちに脱水が生じるので(Doi *et al.*, 2004), こまめに水分を補給する。

## 3) 衣服と住宅環境における対応

### (1) 衣服による対応

衣服による防暑対策の基本は, 衣服の中や体の表面に風を通し体から出る熱と水蒸気や汗をできるだけ速く放散すること, 日射の侵入を防ぐことである。素材としては, 蒸れる位の際は綿などの通気性・吸湿性の高い素材が(薩本ほか, 2007), 大量に汗をかく時は合成繊維の吸水性・速乾性に優れたものが適している(三宅, 2019a)。形としては, 室内ではタンクトップに短パンなど皮膚の露出が大きく, 開口部の大きいことが効果的である。しかし, 屋外では皮膚の露出を抑えゆとりのある着衣で, 日傘やつば広の帽子などで日射を遮断すると有効である。

#### ① 衣服による放射熱(輻射熱)侵入の防御

炎天下の日射に代表されるような放射熱(輻射熱)の遮蔽は, 戸外での熱中症対策として不可欠といえる。放射熱の遮蔽方法としては, 日傘・菅笠・帽子などのように人体から距離を置いたもので遮蔽する場合と, 衣服で躯体部を被覆して遮蔽する場合がある。前者のうち日傘では遮蔽物が吸熱しても熱の人体への伝達量が少ないため, 防暑効果が極めて高く有効である。着帽時には日射の熱を遮蔽する明度の高い放射率の低い素材で(間瀬と薩本, 2015), 汗の蒸発を阻害しない換気性能が高い帽子を選択すると良い(寄本ほか, 1982)。頭部の選択的冷却に寄与する(平田, 1995)。後者の場合は広い面積で放射熱を遮蔽することができるが, 衣服による吸熱が人体に伝達され, かつ, 人体からの放熱が抑制されるため, ゆとりや開口による換気の工夫や, 汗の蒸発を妨げない素材の選択が必要となる。

#### ② 衣服による熱放散の促進

##### a. 被覆面積(皮膚露出)の効果

衣服は人体表面からの対流・放射および蒸発による熱放散を阻害する。一般に, 衣

服の熱抵抗は、被覆面積（衣服で覆われる体表面積）に比例して増大するので(田村ほか, 2004), 防暑のためには、長袖より半袖, 長ズボンよりショートパンツ, 靴よりサンダルなど、衣服による被覆面積を小さくするのが有効である。

#### b. 四肢部の露出効果

暑熱環境で皮膚を露出する場合、体幹部に比べて四肢部の露出の方が、曲率が大きいいため熱放散が大きくなる(田村ほか, 2004)。

#### c. 衣服開口部からの換気促進

衣服の襟元・袖口・裾などの開口部は住居の窓に相当し、衣服内の換気を左右する。最も有効な換気は、開口部が垂直方向の上下に開いている場合で(三宅, 2019b), 下端から入った空気が上端へ抜ける、いわゆる煙突効果を発揮する(薩本, 2014)。歩行など衣服の揺動でふうご作用と呼ばれる強制的な気流が生じ、さらに放熱しやすくなる(三宅, 2019b)。

#### d. 通気性の高い衣服材料の利用

衣服内の高温高湿な空気・水分を外部に放出するためには、衣服の形ばかりではなく素材の性質も重要である。特に布地を通しての換気には、通気性の良い材料を利用する。

#### e. 汗の蒸発を妨げない衣服

汗が蒸発しにくい衣服を着用した場合は、汗の蒸発効率の低下、皮膚上に留まる汗や流れ落ちてしまう無効発汗の増大を招くので、汗を蒸発させやすい衣服素材（通気性、吸湿・吸水、透湿、速乾性の高いもの）を選択する。

### (2) 住まいへの対応（室内で涼しく過ごす工夫）

#### ① 建物各部を断熱する

屋根は日射受熱量が多いので、反射率が高い屋根材等を使用して熱を吸収しにくくし、屋根の下に天井を張って屋根と天井を十分に断熱する。屋根裏に換気口を設け、屋根裏に風を通し高温の空気を排出して気温を下げる。西向きの壁は外気温が高い午後に日射が当たるので、暑くなりやすく、注意が必要である。窓は複層ガラスや日射遮断フィルム等を使用する、あるいは二重窓にして断熱性を上げる。屋外に落葉樹を植え、夏は樹木の陰により建物に当たる日射熱を減らす。「緑のカーテン」は壁と少し離して設置する。(彰国社, 2000)

#### ② 窓から射し込む日射を遮る

夏は建物の断熱だけでは不十分である。南向き面は軒や庇の出を窓高さの3分の1以上にして、夏に日射を遮る。(冬には日ざしを室奥まで取り込むこともできる)。東向きや西向き面は朝夕や残暑期に日射が室奥まで射し込むので軒や庇は役に立たず、簾やよしず、樹木などの日よけで窓の全面を覆う。樹木や「緑のカーテン」には葉の蒸散による冷却効果も期待できる。地面での照り返し防止には、樹木で陰を作り、日射反射率の小さい草や芝生を植える。(彰国社, 2000)

#### ③ 風通しを利用する

気流が在室者に当たるように風を通す。地域の主風向に合わせて、主風向とその反対方向の窓を両方とも開ける。玄関に玄関網戸や、窓の外に袖壁を設置すると、風が通りやすくなる。

吹き抜けや高窓など高さの違う向かい合う窓を開けると、風が弱くても低い窓から入った風が高い窓へと通り抜け、上方に溜まった熱を排出できる。

家具で通風を妨げないように注意し、風の出入り口付近には物を置かない。上階の方が風通しがよい。夜は窓や換気扇で外の冷気を室内に導入する。(彰国社, 2000)

#### ④ 冷房する

熱中症の約4割は住宅で発生している(総務省消防庁, 2021)。最近では冷房なしには暑さをしのげないことも多いので、我慢せずに冷房を使いたい。

室温は冷房設定温度とは一致しない場合もあるので温度計で確認する(黒球付き温度計で測定し、本指針と照らし合わせて熱中症の危険度を確認することを推奨する)。外出時に室内外の温度差によって温熱生理的に人体に影響を与えるヒートショックを受けないために、内外温度差はその差を著しくしないこと(5~7℃以内が推奨されている(中山, 1981))。扇風機やサーキュレーターで冷気を室内に循環させ、冷房効率を上げ、冷気が直接在室者に当たることも防ぐ(渡辺ほか, 2007)。コンクリート造や厚い断熱材などが入った熱容量の大きい建物は、日中に蓄積された熱が夜間の外気温低下とともに徐々に放熱される(Lechner, 2014a)。また、冷めにくいので部屋を使う前から冷房し、いったん冷えたあとは冷たさを逃がさないように窓を閉める(Lechner, 2014b)。

近年、都市部においては熱帯夜(最低気温 25℃以上の日)が続くので、睡眠時には冷房のタイマー停止設定は推奨しない。機械換気は、強制的に外気の熱や湿気も室内に入れていることを理解すべきである(都築ほか, 2021)。

#### ⑤ 気化熱の利用に関する注意

打ち水や水場を利用して水の気化熱で気温を下げられるが、断熱性の高い建物は室温までは下らない(周ほか, 2004)。また、湿度が高いと気化熱の冷却効果は期待できない。

### 3. 特に注意を要する事項

#### 1) 熱中症弱者への対応

高齢者、病人・薬剤服用者や乳幼児などは熱中症を発症しやすい熱中症弱者と言えるので、一般の人を対象とした熱中症予防に比べて、より積極的な対策が必要となる。

異常な暑さ(連日 35℃を超えるような暑さ)が続く時は、積極的に冷房(室温が 28℃を超えないよう)を使う必要がある。自宅に冷房装置がない場合は、空調の効いた公共施設や商業施設に避難する(たとえ数時間でも涼しいところでからだを休めることは有効である)。

厳重警戒以上の温度基準域(WBGT28℃以上)では、不要な外出、屋外での作業などは控える。水シャワーや水浴びも体温を下げるのに有効である。睡眠時の熱中症発症予防のために、就寝前に必ず水分を補給する。夜間に気温があまり下らない日には、冷房をつけて寝ることも必要である(Epstein and Yanovich, 2019)。

##### (1) 高齢者、病人への対応

熱中症死亡者の約 80%は高齢者である。高齢者、基礎疾患を有する人は、体温調節能が低く、熱中症に対して特に注意が必要である。居室の温度が 28℃を超えないよう冷房で調節する。周囲に高齢者がいる場合は、訪問や電話による安否確認を1日2回程度行う。

##### (2) 障害のある人への対応

障害のある人、特に脊髄損傷者の場合は、その損傷レベルにより体温調節障害が起こるので、健常者に比べて環境の変化に影響されやすい。熱放散機能、特に発汗機能に障害がある場合は、気温が上昇する期間は特に注意が必要である。

### (3) 幼児・学童などへの対応

乳幼児を含む子どもや肥満者、障害者は暑さに対する抵抗力が低いのが特徴である。乳幼児においては保護者が、また、その他の人においては、各自が暑さに対する特性を理解し、十分対応することが大切である。

## 2) 熱中症弱者の温度基準域

以下の項目に該当する場合は、特に注意が必要であり、一つ上の温度基準域の「注意事項」を適用する。本人のみならず、周囲の人々の注意も必要である。

- a. 幼児・学童は体温調節機能が未発達であり(井上, 2004)、保護者の対応が不適切になると発症しやすい。
- b. 65 歳以上の高齢者、特に 75 歳以上の後期高齢者は発汗能や口渇感等、体温調節機能が低下する(井上, 2004)。このために熱中症を発症しやすい。
- c. 肥満者は、より体温が上昇しやすい傾向にあるため、熱中症を発症しやすい(川原, 2002; 川原ほか, 2018)。
- d. 仕事や運動（スポーツ）に無理をしすぎる人、頑張りすぎる人は熱中症を発症しやすい(Worfolk, 2000; 川原ほか, 2018)。
- e. 基礎疾患（高血圧、心疾患、慢性肺疾患、肝臓病、腎臓病、内分泌疾患など）のある人、寝たきりの人は発症しやすい。熱中症の発症を助長する以下のような薬を服用している人も発症しやすい。

抗コリン作用のある薬（鎮痙薬<sup>\*</sup>、頻尿治療薬<sup>\*</sup>、パーキンソン病治療薬<sup>\*</sup>、抗ヒスタミン薬、抗てんかん薬、睡眠薬・抗不安薬、自律神経調節薬、抗うつ薬、 $\beta$ 遮断薬、ある種の抗不整脈薬、麻薬）は発汗抑制を来す可能性がある。利尿剤は脱水を来しやすい。

興奮剤・覚せい剤は代謝を亢進させる(WHO, 2003)。多くの抗精神病薬<sup>\*</sup>は体温調節中枢を抑制する可能性がある。

<sup>\*</sup> 医薬品添付文書に、「発汗（あるいは体温調節中枢）が抑制されるため、高温環境では体温が上昇するおそれがある」との記載のある薬品。

- f. 発熱、下痢、二日酔い、睡眠不足等、体調不良の場合は発症しやすい(Worfolk, 2000)。
- g. 農作業、安全対策作業等で厚着、安全服等で全身を覆う場合は発症しやすい(黒川ほか, 2002)。
- h. 急激に高温となった場合、例えば暑さに慣れていない 6 月以前、また、日常生活で高温暴露の経験が少ない場合、旅行や移動（涼しい場所から高温の場所へ）の場合および気象変化などで急激に高温となった場合なども発症しやすい(星と稲葉, 2004; Hoshi and Inaba, 2005)。

### 3) 乳幼児の保護

特殊な場合として、乳幼児の自動車内放置による熱中症は、保護者の不注意等の要因によって多く発症する。停車中の自動車では車内の温度は、数分で 50℃以上になることがある。エンジンをかけ、クーラーをつけていても、何かの拍子でエンジンやクーラーが切れることもあるので、季節にかかわらず、短時間であっても、絶対に車内に子どもだけを残さないことが大切である。

### 4. 発生の実態

熱中症による死亡数<sup>注1</sup>は 1972～2020 年までの 49 年間で、19,373 件（男 11,074 件，女 8,299 件）であり、年平均では 395 件である。1972～1994 年までの年平均は 89 件であるが 1995～2020 年は 666 件で、1995 年以降増加傾向にあり、2010 年は 1745 件となり著増した。

65 歳以上の熱中症死亡数が熱中症総数に占める割合は、1995 年は 56%であったが、2008 年は 72%，2015 年は 81%であり、近年増加傾向にある。65 歳以上の人口の増加も関係するが、死亡率、年齢調整死亡率による検討でも増加傾向にある。（厚生労働省, 2020）

また、高齢者の熱中症発生場所は、住宅が半数を越えており、家庭での熱中症に対する対策の必要性が高まっている。

一方、夏季の熱中症による救急搬送者数の統計では、2018 年には全国で 95,137 人が搬送され、うち 48%が 65 歳以上の高齢者であった。（総務省消防庁, 2021）

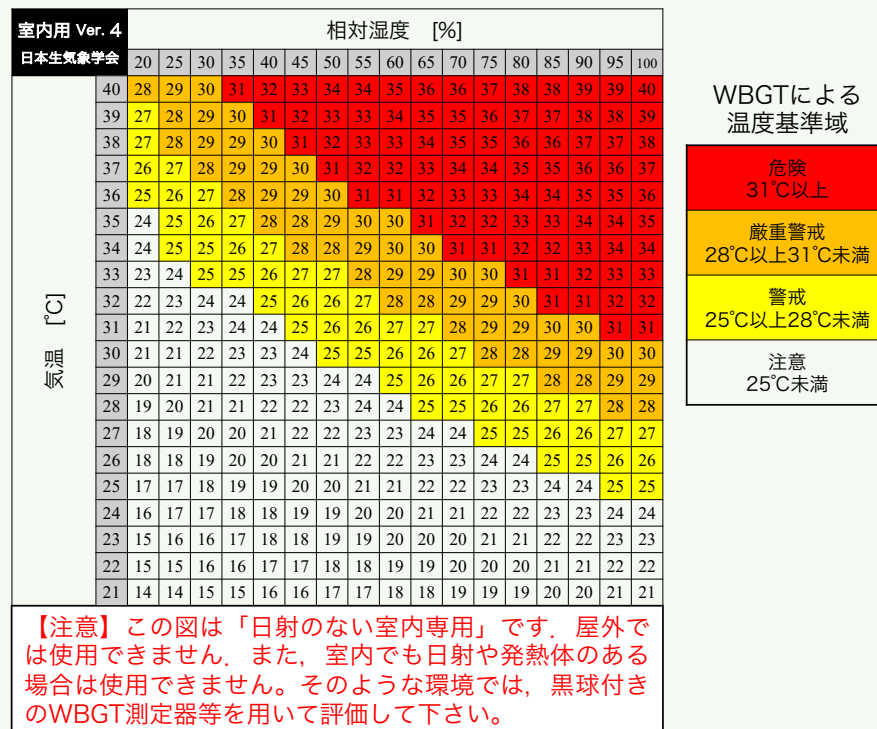
注 1: 人口動態統計の ICD-10「熱及び光線の作用(T67)」に基づく。

## <参考>「日射がない室内を対象とした WBGT の簡易的な推定」

WBGT を正しく知るためには、湿球温度、黒球温度、乾球温度の測定が必要である。労働環境やスポーツ環境等では黒球付きの WBGT 測定器を使用した測定が一般的になりつつあるが、日常生活環境ではまだ一般的とはいえず、気温と相対湿度による熱中症リスクの評価がなされている状況である。このような状況では、気温と相対湿度から簡易に WBGT を推定できる方法が求められる。

図 3 に、室内を対象とした気温と相対湿度から WBGT を簡易的に推定する図を示す。この図は、日射がなく（黒球温度が乾球温度と等しい）、かつ、温度と湿度が一様な、気流の弱い（風速 0.2 m/s 程度）室内を想定し、気温と相対湿度の組み合わせから湿球黒球温度（WBGT）を推定したものである<sup>注2</sup>。したがって、この図は屋外には適用できない。また、室内であっても日射が当たる場合には、この図を適用してはならない。さらに、直接日射が室内に入射しなくても屋根や壁に日射が当たり天井等が過熱している室内も、WBGT 値を過小に評価してリスクを見落とす可能性があるため、この図を適用してはならない。このような状況では、黒球付きの WBGT 測定器を用いて測定して、熱中症のリスクを評価しなければならない。

## 室内用のWBGT簡易推定図 Ver.4



日本生気象学会: 日常生活における熱中症予防指針 Ver.4, 2022

図 3. 室内を対象とした気温と相対湿度から WBGT を簡易的に推定する図  
(室内用の WBGT 簡易推定図)

注 2: Ver.3 以前の「日常生活における熱中症予防指針」に示した図では、室内と屋外、日射の有無、風について、条件を示していなかった。条件によっては熱ストレスを過小評価し、熱中症のリスクを見落とす可能性がある。そこで Ver.3.1 の改訂において、想定する条件を明確にしたうえで WBGT 簡易推定図を示した。本指針 Ver.4 の図 3. 室内用の WBGT 簡易推定図は、Ver.3.1 に掲載した図と内容は同一であるが、Ver.番号のみ 3.1 から 4 に変更した。

## 引用文献

- Ahmad, M., Blomqvist, C.G., Mullins, C.B., and Willerson, J.T. (1977): Left ventricular function during lower body negative pressure. *Aviat. Space Environ. Med.*, **48**: 512–515.
- Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., Strath, S.J., O'Brien, W.L., Bassett Jr, D.R., Schmitz, K.H., Emplainscourt, P.O., Jacobs Jr, D.R., and Leon, A.S. (2000): Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **32**(9 Suppl): S498–S504.
- Armstrong, L.E., Casa, D.J., Millard-Stafford, M., Moran, D.S., Pyne, S.W., and Roberts, W.O. (2007a): Exertional heat illness during training and competition. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **39**: 556–572.

- Armstrong L.E. (2007b): Assessing hydration status: the elusive gold standard. *J. Am. Coll. Nutr.*, **26**(5 Suppl): 575S–584S.
- Bouchama A. and Knochel J.P. (2002): Heat stroke. *New Engl. J. Med.*, **346**: 1978–1988.
- Burdon, C.A., Johnson, N.A., Chapman, P.G., and O'Connor, H.T. (2012): Influence of beverage temperature on palatability and fluid ingestion during endurance exercise: a systematic review. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, **22**: 199–211.
- Casa D.J., DeMartini, J.K., Bergeron, M.F., Csillan, D., Eichner, E.R., Lopez, R.M., Ferrara, M.S., Miller, K.C., O'Connor, F., Sawka, M.N., and Yeargin, S.W. (2015): National Athletic Trainer's Association Position Statement: Exertional heat illness. *J. Athl. Train.*, **50**: 986–1000.
- CDC The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Heat related illness. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/heatrelillness.html> (2022/3/1 閲覧)
- Costill, D.L. and Saltin, B. (1974): Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J. Appl. Physiol.*, **37**(5): 679–683.
- Doi, T., Sakurai M., Hamada K., Matsumoto K., Yanagisawa K., Kikuchi N., Morimoto T., Greenleaf J.E. (2004): Plasma volume and blood viscosity during 4h sitting in a dry environment: effect of rehydration. *Aviat. Space Environ. Med.*, **75**: 500–504.
- Epstein, Y. and Yanovich, R. (2019): Heatstroke. *New Engl. J. Med.*, **380**: 2449–2459.
- Fortney, S.M., Nadel, E.R., Wenger, C.B., and Bove, J.R. (1981): Effect of blood volume on sweating rate and body fluids in exercising humans. *J. Appl. Physiol.*, **51**: 1594–1600.
- Fortney, S.M., Wenger, C.B., Bove, J.R., and Nadel, E.R. (1984): Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J. Appl. Physiol.*, **57**: 1688–1695.
- Gagge, A.P. and Gonzalez, R.R. (1996): Mechanisms of heat exchange: biophysics and physiology. In: Fregly, M.J., Blatteis, C.M., eds. *Handbook of Physiology. Environmental Physiology. Vol I*, Oxford University Press (New York), pp. 45–84.
- Gamble, J.L.: 高橋忠雄, 吉利和, 北村勇, 渡辺登記. (1961): 水と電解質: 細胞外液の化学的構成, その生理及び病理. 医歯薬出版 (東京) <Gamble J.L. (1954): *Chemical Anatomy, Physiology and Pathology of Extracellular Fluid: a lecture syllabus*. Harvard University Press. Cambridge.>
- Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., Lamonte, M.J., Lee, I.M., Nieman, D.C., and Swain, D.P. (2011): American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **43**: 1334–1359.
- Gisolfi, C.V., Summers, R.W. and Schedl, H.P. (1990): Intestinal absorption of fluids during rest and exercise. In: Gisolfi, C.V. and Lamb, D.R. (eds.), *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Volume 3, Fluid Homeostasis During Exercise*, Cooper Publishing Group, Carmel, IN (USA), pp. 129–180.
- Goto, M., Okazaki, K., Kamijo, Y.I., Ikegawa, S., Masuki, S., Miyagawa, K., and Nose, H. (2010): Protein and carbohydrate supplementation during 5-day aerobic training enhanced plasma volume expansion and thermoregulatory adaptation in young men. *J. Appl. Physiol.*, **109**: 1247–1255.
- 平田耕造 (1995): 帽子・ヘルメット着用の温熱生理学—選択的脳冷却効果を中心にして—. 繊維製品消費科学, **36**(4): 314–319.



- Hobson, R.M. and Maughan, R.J. (2010). Hydration status and the diuretic action of a small dose of alcohol. *Alcohol & Alcoholism*, **45**: 366–373.
- 星 秋夫, 稲葉 裕 (2002): 人口動態統計を利用した発生場所からみた暑熱障害の死亡率. 日生氣誌, **39**: 37–46.
- 星 秋夫, 稲葉 裕 (2004): 新聞記事を用いた暑熱障害発生のリスク要因. 日生氣誌, **40(s)**: 273–283.
- Hoshi A. and Inaba Y. (2005): Different risk mechanisms of heat disorders during sports activities by season and region in Japan. *Bull. NDU*, **34**: 63–70.
- 星 秋夫, 稲葉 裕, 村山貢司 (2007): 東京都と千葉市における熱中症発生の特徴. 日生氣誌, **44**: 3–11.
- Ikegawa, S., Kamijo, Y.I., Okazaki, K., Masuki, S., Okada, Y., and Nose, H. (2011): Effects of hypohydration on thermoregulation during exercise before and after 5-day aerobic training in a warm environment in young men. *J. Appl. Physiol.*, **110**: 972–980.
- 井上芳光 (2004): 子どもと高齢者の熱中症予防策. 日生氣誌, **41**: 61–66.
- 環境省 (2018): 熱中症環境保健マニュアル 2018.
- 環境省: 熱中症予防情報サイト. <https://www.wbgt.env.go.jp/> (2022/5/1 閲覧)
- Karvonen, M.J. (1957). The effects of training on heart rate: A longitudinal study. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.*, **35**: 307–315.
- 川原 貴 (2002): スポーツの功罪・スポーツによる熱中症とその予防. 成人病と生活習慣病, **32**: 307–312.
- 川原 貴, 伊藤静夫, 井上芳光, 田中英登, 中井誠一, 長谷川博, 松本孝朗, 安松幹展 (2018): スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック 第5版. JSPO 日本スポーツ協会.
- Kenefick, R.W. (2018): Drinking strategies: planned drinking versus drinking to thirst. *Sports Med.*, **48**: S31–S37.
- 健康づくりのための運動所要量検討会 (1989): 健康づくりのための運動所要量について. 第四次改定日本人の栄養所要量. 第一出版, pp.151–156.
- Kenney, W.L., Tankersley, C.G., Newswanger, D.L., Hyde, D.E., Puhl, S.M., and Turner, N.L. (1990): Age and hypohydration independently influence the peripheral vascular response to heat stress. *J. Appl. Physiol.*, **68**: 1902–1908.
- Kenney, W.L. and Chiu, P. (2001): Influence of age on thirst and fluid intake. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **33**: 1524–1532.
- 気象庁 (1998): 気象観測の手引き. [https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku\\_guide/tebiki.pdf](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/tebiki.pdf)
- 北堂真子, 梁瀬度子, 久保博子 (2004): 暑熱環境下の夜間睡眠における微気流の冷却効果. 人間工学, **40**: 384–385.
- 国際標準規格 ISO 7243 (2017): Ergonomics of the thermal environment — Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index.
- 厚生労働省 (2020): 人口動態調査 (e-Stat より)
- 栗山欣弥, 大熊誠太郎 (1995): アルコールと身体疾患アルコールの薬理作用. 医学と薬学, **33**: 569–572.
- 黒川淳一, 井奈波良一, 井上真人, 岩田弘敏, 松岡敏雄 (2002): 建築関連作業従事者の夏期の自覚

- 症状と暑熱対策. 日本職業・災害医学会誌, **50**: 188–195.
- Lechner Norbert (2014a): Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects (4th Edition), p. 514.
- Lechner Norbert (2014b): Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects (4th Edition), p. 315.
- Lind, A.R. and Bass, D.E. (1963): Optimal exposure time for development of acclimatization to heat. *Fed. Proc.*, **22**: 704–708.
- 間瀬清美, 薩本弥生 (2015): 衣生活の科学—テキスタイルから流通マーケットへ, アイケイコーポレーション, p. 23.
- 松本孝朗 (2011): 熱中症の予防と治療. 発汗学, **18**: 34–38.
- 松本孝朗, 山下直之 (2013): 熱中症の病態と分類. 発汗学, **20**: 80–82.
- 松本孝朗 (2014): 運動と熱中症. 保健の科学, **56**: 457–463.
- 松本孝朗 (2018): スポーツにおける熱中症と現場での救急処置. 臨床スポーツ医学, **35**: 710–717.
- 美和千尋, 河原ゆう子, 岩瀬 敏, 渡辺順子 (2004): 全身入浴, 半身浴, シャワー浴がエネルギー消費量に及ぼす影響. 自律神経, **41**: 495–501.
- 三宅康史 (2019a): 医療者のための熱中症対策 Q&A, 日本医事新報社, pp.178–184.
- 三宅康史 (2019b): 医療者のための熱中症対策 Q&A, 日本医事新報社, pp.182–184.
- Morikawa, M., Okazaki, K., Masuki, S., Kamijo, Y.I., Yamazaki, T., Gen-no, H., and Nose, H. (2011): Physical fitness and indices of lifestyle-related diseases before and after interval walking training in middle-aged and older males and females. *Br. J. Sports Med.*, **45**: 216–224.
- Nadel, E.R., Fortney, S., and Wenger, C.B. (1980): Effect of hydration state on circulatory and thermal regulations. *J. Appl. Physiol.*, **49**: 715–721.
- 永島 計 編著 (2021): 体温のなぜ? がわかる生理学. 杏林書院, pp.30–31, pp.52–55.
- 中井誠一, 寄本 明, 森本武利 (1992): 環境温度と運動時熱中症事故発生との関係. 体力科学, **41**: 540–547.
- 中井誠一 (1993): 熱中症死亡数と気象条件—日本における 21 年間の観察—. 日生氣誌, **30**: 169–177.
- Nakai, S., Itoh, T. and Morimoto, T. (1998): Deaths from heat-stroke in Japan: 1968–1994. *Int. J. Biometeorol.*, **43**: 124–127.
- 中井誠一 (2007): 熱中症の発生と環境条件. 森本武利 監修, 中井誠一, 寄本 明, 芳田哲也編, 高温環境とスポーツ・運動. 篠原出版新社, pp. 66–75.
- 中山昭雄 編 (1981): 温熱生理学. 理工学社, p. 585.
- Nemoto, K., Gen-No, H., Masuki, S., Okazaki, K., and Nose, H. (2007): Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged older people. *Mayo Clin. Proc.*, **82**: 803–811.
- 日本工業規格 JIS B7922 (2017): 電子式湿球黒球温度 (WBGT) 指数計.
- 日本産業規格 JIS Z8504 (2021): 熱環境の人間工学—WBGT (湿球黒球温度) 指数を用いた熱ストレス評価.
- 日本生気象学会 編 (1992): 生気象学の事典. 朝倉書店 (東京), 森本武利: 暑熱障害, pp. 178–179.

- Nose, H., Yawata, T., and Morimoto, T. A. (1985): Osmotic factors in restitution from thermal dehydration in rats. *Am. J. Physiol.*, **249**: R166–R171.
- Nose, H., Mack, G.W., Shi, X.R., and Nadel, E.R. (1988): Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *J. Appl. Physiol.*, **65**: 325–331.
- 能勢博 (2007): 運動と体力. 本間研一, 彼末一之 編, 環境生理学, 北海道大学出版会 (札幌), pp. 361–377.
- 小川徳雄, 菅屋潤壹 (2011): 熱中症の定義, 症状, 発症機序. 発汗学, **18**: 26–33.
- Okazaki, K., Ichinose, T., Mitono, H., Chen, M., Masuki, S., Endoh, H., Hayase H., Doi T., and Nose, H. (2009a): Impact of protein carbohydrate supplementation on plasma volume expansion and thermoregulatory adaptation by aerobic training in older men. *J. Appl. Physiol.*, **107**: 725–733.
- Okazaki, K., Hayase, H., Ichinose, T., Mitono, H., Doi, T., and Nose, H. (2009b): Protein and carbohydrate supplementation after exercise increases plasma volume and albumin content in older and young men. *J. Appl. Physiol.*, **107**: 770–779.
- Okazaki, K., Goto, M., and Nose, H. (2009c): Protein and carbohydrate supplementation increases aerobic and thermoregulatory capacities. *J. Physiol. (Lond.)*, **587**: 5585–5590.
- Okuno, T., Yawata, T., Nose, H. and Morimoto, T. (1988): Difference in rehydration process due to salt concentration of drinking water in rats. *J. Appl. Physiol.*, **64**: 2438–2443.
- 小野雅司, 登内道彦 (2013): 通常観測気象要素を用いた WBGT (湿球黒球温度) の推定. 日生氣誌, **50**: 147–157.
- Rowell, L.B. (1983): Cardiovascular aspects of human thermoregulation. *Circ. Res.*, **52**: 367–379.
- 齊藤宏之, 澤田晋一 (2015): 夏季屋外環境における簡易型を含む市販 WBGT 測定器等の測定精度に関する検討. 労働安全衛生研究, **8**(1): 41–48.
- 薩本弥生, 村山周子, 竹内正顯 (2007): 暑熱環境下の衣服内気候への肌着の吸湿性の効果. 熱物性, **21**: 200–206.
- 薩本弥生 (2014): 熱中症予防に効果的な服装 ～特集：高齢者における熱中症～. 老年医学, **52**(5): 513–517.
- Sawka, M.N., Cheuvront, S.N., and Kolka, M.A. (2001): Human Adaptation to Heat Stress. In: Nose H, Mack GW, Imaizumi K, eds. Exercise, Nutrition, and Environmental Stress. Vol 3. Cooper Publishing Group (Traverse City), pp. 129–153.
- 柴田祥江, 北村恵理奈, 松原斎樹 (2018): 高齢者の夏期室内温熱環境実態と熱中症対策—体感温度の認知(見える化)による行動変容の可能性—. 日生氣誌, **55**: 33–50.
- 総務省消防庁 (2021): 令和3年(5月から9月)の熱中症による救急搬送状況.
- 杉本 侃, 吉岡敏治, 橋本公昭 (1980): 高温環境下の障害—いわゆる熱射病—. 総合臨床, **29**: 555–558.
- 彰国社 編 (2000): 自然エネルギー利用のためのパッシブ建築設計手法事典, 彰国社.
- 田村照子, 小柴朋子, 平田耕造 (2004): 衣環境の科学, 建帛社, pp. 40–41.
- 都築和代, 加来純子, 柴山依子 (2021): デシカント換気と冷房のタイマー設定が睡眠時の人体に及ぼす影響. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, **6**: 197–200.
- Vicario S. (2006): Heat illness, Chapter 139. Emergency Medicine, 6th ed., pp. 2254–2267.

- 渡辺俊行, 高口洋人, 穴井 謙, 江原幸雄, 大柿哲朗, 古賀靖子, 福岡晃一郎, 藤井 光, 藤本一壽 (2007): 健康建築学—健康で快適な建築環境の実現に向けて—. 技報堂出版, p. 26.
- WHO Regional Office for Europe (2003): The health impacts of 2003 summer heat-waves. Briefing note for the delegations of the fifty-third session of the WHO regional committee for Europe. Vienna, Austria, pp. 8–11.
- Worfolk, J.B. (2000): Heat Waves: Their impact on the health of elders. *Geriatric Nursing*, **21**: 70–77.
- Yaglou, C.P. and Minard, D. (1957): Control of heat casualties at military training. *Am. Med. Ass. Archs. Ind. Health*, **16**: 302–316.
- 山下 駿, 多胡雅毅, 織田良正, 織田正道, 山下秀一. (2020): 高齢者の熱中症が室内で発症し得る室温の IoT を用いた観察研究. 日生氣誌, **57**: 95–99.
- 寄本 明, 岡本進, 玄田公子, 佐藤尚武 (1982): 運動時の着帽効果に関する実験的研究—改良型防暑帽の効果について—. デサントスポーツ科学, **3**: 224–231.
- Yoshida, T., Takanishi, T., Nakai, S., Yorimoto, A., and Morimoto, T. (2002): The critical level of water deficit causing a decrease in human exercise performance: a practical field study. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **87**: 529–534.
- 周 南, 高 偉俊, 西田 勝, 尾島俊雄 (2004): 断熱を施した建物における屋根散水と緑化の熱的効果に関する検証研究, 日本建築学会技術報告集, **19**: 215–220.

## 指針各 Ver. の修正点

### Ver. 3 から Ver. 3 確定版への修正点

- ① 4 頁までの「本文」でページ替えをし, 5 ページ以後を「解説」とした.
- ② 文献を 5 つ追加した.
- ③ 文献を「本文」と「解説」に分けずに掲載した.

### Ver. 3 確定版および Ver. 3 訂正版 (2021/3/5 に本学会 HP に掲載) から Ver. 3.1 への修正点

- ① 「本文」に記載されていた「表 1. WBGT と乾球温度・湿球温度との関係」およびこれに関連する記述を削除した.
- ② 「本文」に記載されていた「図 2. WBGT と気温, 湿度との関係」およびこれに関連する記述を, 新たに設けた「参考」に移動した. 移動後の図名は「室内を対象とした気温と相対湿度から WBGT を簡易的に推定する図 (室内用の WBGT 簡易推定図)」とした.
- ③ 図 2 の室内用の WBGT 簡易推定図の適用条件を明記し, 日射のない室内を対象とした気温と相対湿度から WBGT を簡易的に推定する内容に変更した.
- ④ 文献を 3 つ追加した.

### Ver. 3.1 から Ver. 4 への修正点

- ① 指針内容全体を精査し, 最新の研究成果および情報を反映させた.
- ② 「3. 付録」の解説に, 実際の測定で使うことが多いと想定される 3 種の市販 WBGT 測定器

(自然湿球型 WBGT 測定器, 電子式 WBGT 測定器, 黒球を持たない簡易型 WBGT 測定器) について, その特徴や注意点を記述した.

- ③ 各記述の根拠となる文献等を, 本文中に引用箇所を明示した上で, 引用文献の情報一覧を記載した.

#### 日本生気象学会・熱中症予防研究委員会委員

(五十音順)

小野雅司 (国立環境研究所)

齊藤宏之 (労働安全衛生総合研究所)

佐古井智紀 (信州大学)

薩本弥生 (横浜国立大学)

土川忠浩 (兵庫県立大学)

都築和代 (関西大学)

時澤 健 (労働安全衛生総合研究所)

登内道彦 (気象業務支援センター)

永島 計 (早稲田大学)

永田高志 (自衛隊中央病院)

林 紀乃 (東京都監察医務院)

平田晃正 (名古屋工業大学)

細川由梨 (早稲田大学)

松本孝朗 (中京大学)

山口隆子 (法政大学)

山下直之 (京都工芸繊維大学)

- 渡邊慎一 (大同大学)

(○は委員長)

(所属は 2022 年 5 月 23 日現在)