

## 労働現場における熱中症対策

堀江 正知

産業医科大学産業生態科学研究所産業保健管理学教室

(平成 28 年 5 月 23 日受付)

**要旨**：熱中症とは高温環境下での脱水やうつ熱による症状の総称であり、熱失神、熱けいれん、熱疲労、熱射病を含み、重症度は三段階に分ける。急に蒸し暑くなった日に患者が明らかに増加する。労働災害の死亡者数は 2006～2015 年の平均で年 22 人に達し、建設業が過半数で、作業開始後 3 日間で約半数を占める。地球温暖化や人口の高齢化で増加が懸念されている。人間の体温は、体表面の血管拡張と発汗により平衡が維持される。暑熱順化すると発汗速度は上昇する。汗腺がナトリウムを再吸収するので、その汗中の濃度は血清より低いが、発汗速度が増すと濃度が高くなる。暑熱順化がさらに進むと汗中のナトリウム濃度が低下する。水だけを大量に摂取していると血清浸透圧を維持する機能によって尿量が増えて自発的脱水を生じるが、ナトリウムを含む飲料を摂取すれば抑制できる。労働現場の熱中症リスクには、①高温多湿な環境、②高負荷作業、③連続作業、④汗が蒸発しにくい服装がある。高齢、肥満、高血圧、糖尿病等の個人差も影響する。学術団体による熱中症予防の指針は、いずれも WBGT を指標として採用し、28℃ を超える環境では全身負荷のある連続作業は概ね 1 時間以内にするよう勧奨している。労働法令は、暑熱職場における 2 時間超の時間外労働を禁止し、半月毎の作業環境測定、冷房の設置、通風の確保、塩及び飲料水の準備、半年毎の特定業務従事者健康診断の実施等を義務づけている。熱中症予防をめざす労働基準局の通達を参考に、作業環境管理(WBGT 値の低減、休憩場所の整備)、作業管理(作業時間の短縮、暑熱順化の促進、水分及び塩分の摂取、服装の改善、作業中の巡視)、健康管理(健康診断結果に基づく個別対応、生活習慣の保健指導、作業を中止すべき生体指標、作業前の健康確認)、労働衛生教育、救急処置(水分付与、蒸散冷却)のうちから現場で実施可能なあらゆる事項を現場で推進することが勧奨される。

(日職災医誌, 64 : 301—307, 2016)

### —キーワード—

熱中症, 産業保健, 汗

### 1 熱中症の概念

わが国の夏は湿度が高く、近年は体温を超える環境も生じている。都市部においては、自動車や空調設備等の人工排熱、舗装道路やコンクリート構造物の蓄熱、大気汚染による温室効果、高層ビルによる海風の遮断によるヒートアイランド現象も加わるので、職場の気温は最寄りの気象官署の測定値より高いことが多い。そして、将来は、人口の高齢化も相まって熱中症の増加が懸念されている<sup>1)</sup>。

熱中症 (heat-related illness) は、高温な環境を主因とする多彩な症状の総称であり、①脱水に伴う症状〔めまい、頭痛、吐き気、失神 (熱失神, heat collapse)、筋けいれん (熱けいれん, heat cramp)、食欲低下、全身倦怠

感 (熱疲労, heat exhaustion) 等〕と②うつ熱による体温上昇に伴う臓器不全〔熱射病, heat stroke〕の両者を含む。ただし、熱帯地域では高温が常態であり熱中症の概念が存在しない。日本救急医学会は、水分の自力摂取で症状が回復する状態を I 度、血管内への補液が必要な状態を II 度、臓器障害 (肝臓、腎臓、脳等の障害, DIC) が生じて集中治療を要する状態を III 度に分類している<sup>2)</sup>。

厚生労働省は、第 12 次労働災害防止計画において熱中症対策を初めて特筆し、屋外作業で必要な措置の義務化や熱中症対策製品の評価等を推進する予定である。なお、暑さによる脱水で狭心症、脳梗塞、腎不全等が増悪しても熱中症とは呼ばず、業務上疾病としても認定していない。

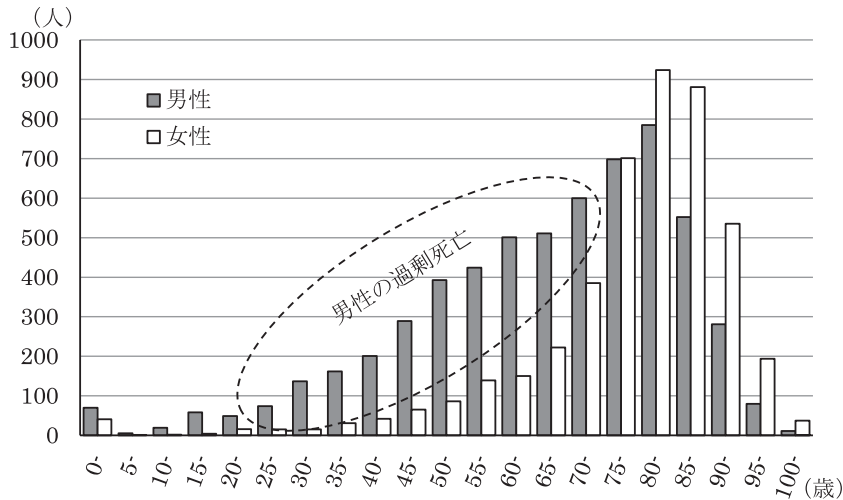


図1 熱中症による死亡者数、年代・性別 (1995～2014年の累計10,412人) 資料：人口動態統計

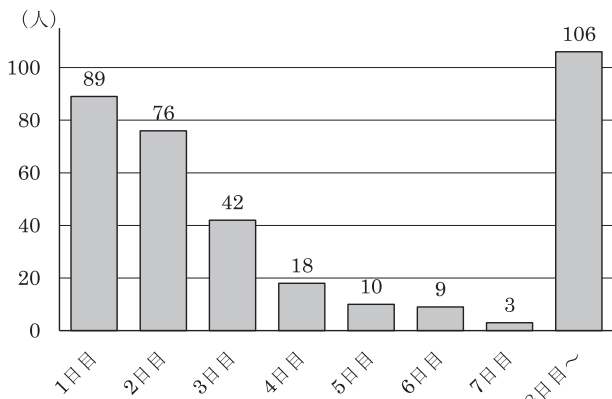


図2 業務上疾病としての熱中症による死亡者数、作業開始後日数別 (1997年～2015年の累計386人) 資料：厚生労働省労働基準局

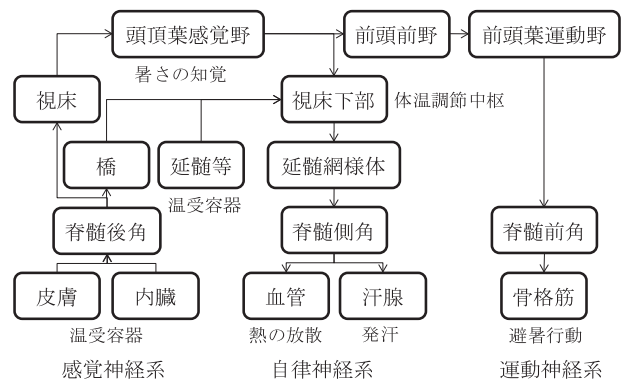


図3 体温調節の仕組み

2 熱中症の統計

1) 人口動態統計

人口動態統計の死因統計によれば、熱中症は高齢者に多い。20～60歳代では、身体活動が盛んな世代は男性が女性と比べて過剰に死亡している(図1)。熱波と言われた1994年に熱中症の社会的な認知が進み、死亡診断書にも熱中症の記載が増え、その後は夏が暑い年に死亡数が増える傾向がある。救急搬送者数の統計によれば、梅雨明け等で急に蒸し暑くなった日に急増する。

2) 労災統計

業務上疾病の統計によれば、年間約20人が死亡している。業種別では、圧倒的に建設業に多く、就業人口の割合からみれば林業、警備業等も多い。8月よりも7月のほうがやや多く、時間帯別では14～17時に約半数が集中する。また、暑熱な現場での作業を開始後3日間で約半数を占める(図2)。休業4日以上災害は死亡災害の約15～20倍発生している。

3 体温の調節

1) 体温平衡

食事や運動等で発生した体内の熱は、体表面からの赤外線輻射(放射)、物体や空気等への伝導と対流、汗の蒸発といった物理的な仕組みで体外に放散されて体温は約37℃に維持される。細胞は42℃以上で蛋白の不可逆的変性により細胞死に至る。細胞障害から脳、肝臓、腎臓等の臓器が機能不全に陥ると、生命維持が困難になる。皮膚、腹部内臓、腹腔壁、大血管壁等には35℃付近で興奮が最大になる神経の自由終末(温受容器)があり、視床から頭頂葉感覚野に至る伝導路と橋から視床下部の体温調節中枢に至る伝導路がある(図3)<sup>3)</sup>。頭頂葉に伝わった知覚は前頭前野で判断されて前頭葉運動野が「服を脱ぐ」「うちわで扇ぐ」等の避暑行動を促す。体温調節中枢は、延髄網様体を刺激して皮膚血管を拡張させて体表面からの輻射等を促す。やがて汗腺からの発汗も促され、30～35℃の皮膚表面では1mL当たり0.58kcalの蒸発熱を奪う。人体の比熱は約0.83なので、体重が70kgならば

100mLの蒸発で体温が約1℃下がる。

## 2) 発汗

エクリン汗腺は、温熱やカプサイシン等の刺激を受けて血清中の水と電解質から汗を生成する。この時、汗管からナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )等を再吸収するので、汗の電解質は血清より低濃度になる。発汗を4~7日間続けると能動汗腺数が増えて発汗量が多くなり、第一段階の暑熱順化が達成される(図4)<sup>4)</sup>。発汗量が増加すると $\text{Na}^+$ の再吸収が追いつかなくなり、汗の $\text{Na}^+$ 濃度は上昇する。汗を分泌できる能動汗腺が多いほど体温調節には有利であるが、それだけ水分と $\text{Na}^+$ を喪失しやすい。1時間の発汗量が1リットルに至ることもある。その後も発汗を2~3週間続けると、 $\text{Na}^+$ の再吸収がやや効率化して $\text{Na}^+$ の喪失を抑制されるようになり、第二段階の暑熱順化が達成される。逆に、汗をかかない生活を数日続けていると暑熱順化の作用は徐々に失われる。

## 3) 体液平衡

細胞外液の浸透圧は $\text{Na}^+$ 濃度にほぼ依存している。大

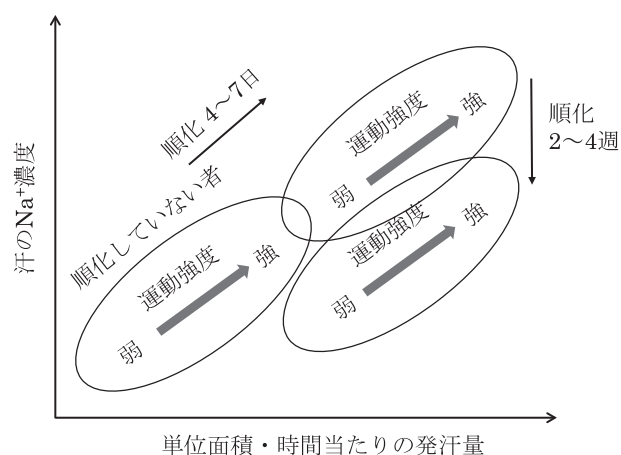


図4 発汗量と汗のナトリウム濃度

量発汗により血清 $\text{Na}^+$ 濃度は一旦上昇する。ここで、浸透圧が上昇するので水分が細胞間質から血液に移動し、尿量が減るとともに、口渴感を知覚して飲水し、浸透圧を維持しようとする。この時、水分だけを摂取していると、遅れて消化管から吸収されてくる水分は浸透圧の維持には不要なので尿に排泄され、水分と $\text{Na}^+$ がともに不足して脱水が残ったまま口渴感が消失する(図5)<sup>3)</sup>。この脱水は自覚しにくく自発的脱水と呼ばれる。 $\text{Na}^+$ を含むスポーツ飲料や経口補水液を飲めば自発的脱水の発生量を抑制できる<sup>5)</sup>。

## 4 熱中症の発生

熱中症の発生しやすさは、①暑熱な環境(高温・多湿・無風・輻射熱)、②身体負荷の高い作業、③長い連続作業時間と不十分な休憩時間、④通気性や透湿性の悪い服装の4つが総合的に関係する(図6)<sup>3)</sup>。さらに、飲料水を摂取しにくい状況、安全衛生保護具の着用、順化していない者による就業が熱中症の発生を助長することもある。皮膚血管の拡張、水分や $\text{Na}^+$ の喪失は、多彩な症状を生じるが、それらが重症化に先行するとは限らず、早期発見に有用な特異的な症状もない。運動や仕事に没頭しているうちに体温が上昇して、正常な判断ができずに意識を失うという経過をたどる例はしばしば報告される。ミスが発生、生産性や業務の質の低下、事故等を招くこともある<sup>6)</sup>。そして、個人差も影響し、高齢者ほど神経系の反応鈍化、体内の水分減少、末梢血管の動脈硬化等により健康影響を生じやすいほか、肥満、高血圧、糖尿病、喫煙習慣、神経作用薬の内服歴がある者は、皮膚血流の減少、血管拡張能の低下、血管内の脱水、発汗作用の抑制等から熱中症を生じやすいと考えられる<sup>7)</sup>。

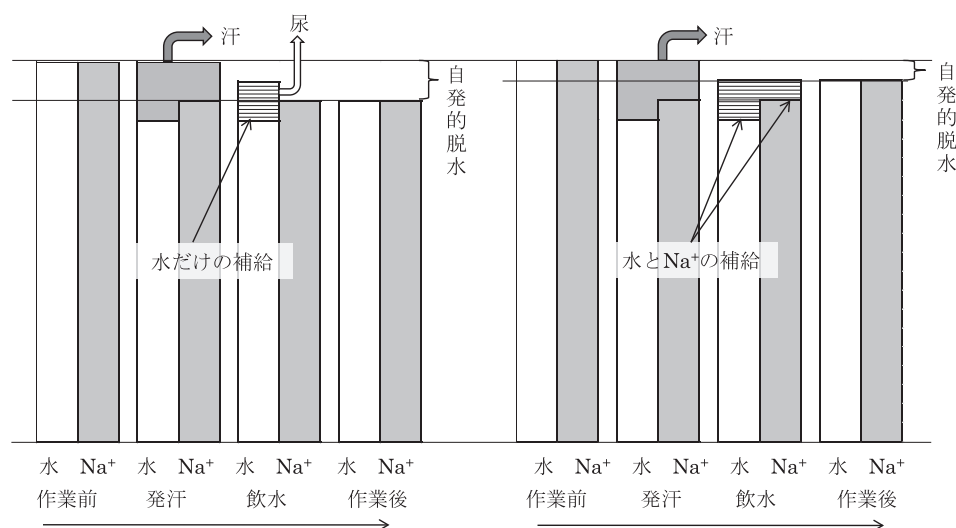


図5 発汗による脱水と水分補給

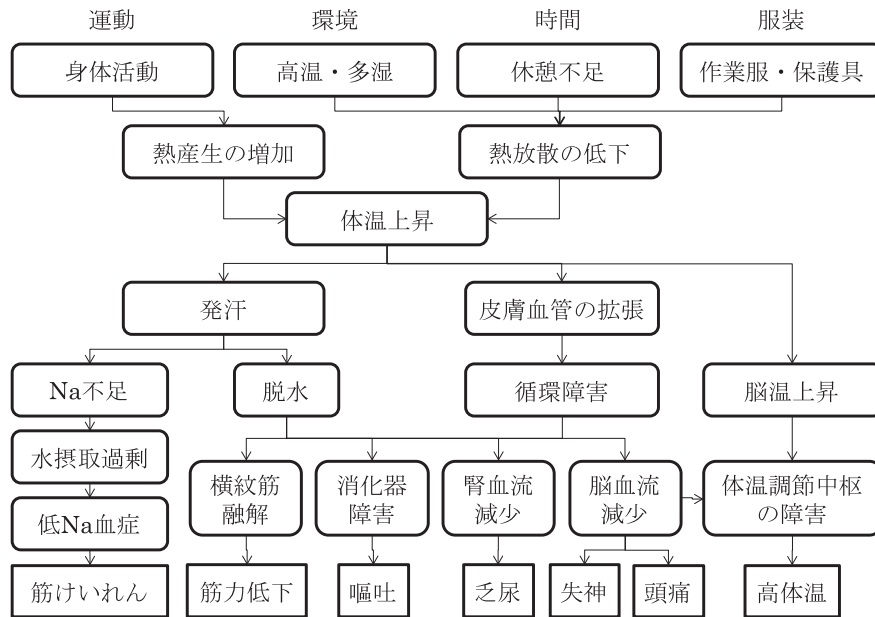


図6 熱中症の発生機序

表1 ACGIHのTLVとアクションリミット(2012年)

作業と休憩の割合	WBGT値							
	TLV <sup>®</sup> 作業強度				Action Limit 作業強度			
	軽度	中等度	重度	最重度	軽度	中等度	重度	最重度
75%～100%	31.0	28.0	—	—	28.0	25.0	—	—
50%～75%	31.0	29.0	27.5	—	28.5	26.0	24.0	—
25%～50%	32.0	30.0	29.0	28.0	29.5	27.0	25.5	24.5
0%～25%	32.5	31.5	30.5	30.0	30.0	29.0	28.0	27.0

作業強度(体重70kgの者の代謝量)と作業例

軽度(180W) 座位で軽度の手・上肢の作業, 運転, 立位で軽度の手作業と時々の歩行

中等度(300W) 継続した中等度の上肢作業, 中等度の手と下肢・体幹の作業, 通常の歩行

重度(415W) 強度の手と体幹の作業, 運搬, 掘る, のこ引き, 速いペースでの歩行

最重度(520W) 最大ペースでの非常に強い活動

## 5 熱中症の予防

### 1) 高温環境の基準

人間が体感する暑さは, 気温のほか相対湿度, 輻射熱, 風速が関与し, これらを総合した指標である WBGT (wet bulb globe temperature: 湿球黒球温度, 暑さ指数) が熱中症の予防のために国際的に広く使用され, これが 28℃ を超えると熱中症が増加する傾向がある。

環境省は, 熱中症予防情報 (<http://www.wbgt.env.go.jp/>) により全国の主な気象観測所における WBGT の速報値や予報値を発信している。日本体育協会は, WBGT が 28℃ 以上では「激しい運動の中止」, 31℃ 以上では「運動の原則中止」を勧告し, 日本生気象学会は, 室内で過ごす高齢者に対して同 28℃ 以上では「炎天下への外出の回避」, 31℃ 以上では「涼しい屋内への移動」を勧告している。日本産業衛生学会は, 高温環境に適応した男性が連続 1 時間又は断続 2 時間の作業ができる許容

基準を作業強度ごとに WBGT 値で示し, 最高強度では 26.5℃ 以下にするよう勧告している。ISO7243 (JIS Z8504) は, 熱に順化した者の上腕作業は 30℃ で, 全身作業は 28℃ が限界と勧告しており, 労働基準局の通達<sup>8)</sup> はこれらの値を「WBGT 基準値」として引用されている。また, アメリカ産業衛生専門家会議 (ACGIH) は, 作業強度及び作業と休憩の割合ごとに作業環境の許容限界値 (TLVs<sup>®</sup>) と職場改善の検討を始めるべき値 (Action Limit) を WBGT 値で示し (表 1), 通気性や透湿性の悪い服装の一部については補正值を示しており, 熱中症予防通達はこの補正值を引用している。その他, 熱中症を予防するための指標として, PHS (Predicted Heat Strain) や UTCI (universal thermal climate index) という指標も規格化されている。

### 2) 作業時間の基準

各学術団体の指針はいずれも WBGT を指標として採用し, 28℃ を超える環境では全身負荷のある作業を概ね

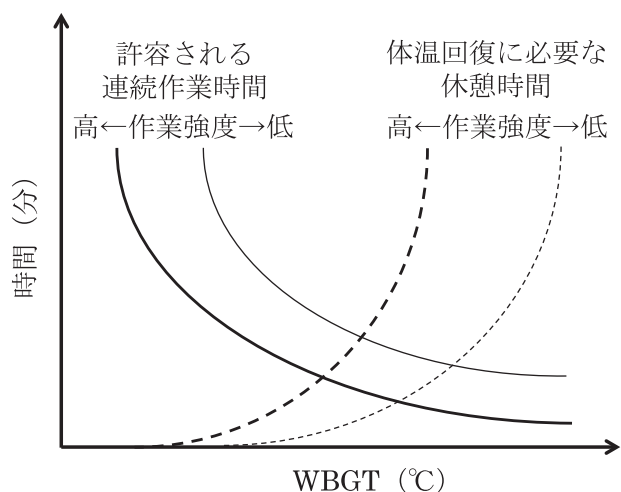


図7 WBGT及び身体負荷の強さに応じて許容される連続作業時間と必要な休憩時間の関係

1時間以内に制限するよう勧奨している。WBGT, 作業時間, 作業強度, 休憩時間の関係は図7のようにまとめられる<sup>29)</sup>。本来, ここに服装の要因も追加すべきであるが, 服装の通気性や透湿性を数値化してWBGTを調整する手法は確立していない。実際の現場では, 温熱環境や作業条件は刻々と変化し, 理論的に許容作業時間を求めるのは難しく, 経験のある作業員による現場での判断のほうが的確である。

### 3) 労働法令と行政指導

労働法令は, 暑熱な職場等では, 2時間を超える時間外労働を禁止し, 半月毎の作業環境測定(気温, 湿度, 黒球温), 冷房の設置又は通風の確保, 塩及び飲料水の準備, 半年毎の特定業務従事者健康診断の実施等を義務づけている。また, 空調のある事務室では, 気温17~28℃, 湿度40~70%に維持する努力義務を課している。また, 熱中症予防通達は, WBGT基準値を超えるおそれのある職場で行うべき作業環境管理(WBGT値の低減, 休憩場所の整備), 作業管理(作業時間の短縮, 暑熱順化の促進, 水分及び塩分の摂取, 服装の改善, 作業中の巡視), 健康管理(健康診断結果に基づく対応, 生活習慣の保健指導, 作業を中止すべき生体指標, 作業前の健康確認), 労働衛生教育, 救急処置(水分付与, 蒸散冷却)について具体的な事項を列挙している。

## 6 熱中症予防対策の実際

### 1) 作業環境

暑熱な職場では, 屋根やブラインド等で遮光し, 発熱体を隔離し, 通風を確保し, スポットクーラーや扇風機の使用を促す。空調(エアコン)は, 設定温度に頼らず作業位置で気温を実測する。熱気は, 自然上昇を利用して上方から換気扇で排気する。打ち水は蒸し暑くない朝のうちにやる。休憩場所は風通しの良い日陰に設置する。ベランダの植栽, 窓の遮光フィルム, 建物外壁の熱交換

塗料, 微細な水蒸気ミストの噴出なども利用して, WBGTを低減する<sup>3)</sup>。

### 2) 作業方法

作業の身体負荷と連続時間を減らすよう工夫し, なるべく1時間ごとに5~10分程度の休憩を入れる。特に, 作業開始後4~7日間は作業量を抑えた工程とし, 頻繁に休憩させ, 複数の者で作業を分担させる。近年, 安全衛生分野の対策として推進されているリスクアセスメントによる複合的な対策を実施する<sup>10)</sup>。

### 3) 服装

服装は, 化繊よりも羊毛を混ぜた素材がよく, 吸汗速乾とされる縫製で, 赤外線を吸収しない白色系のものを選択する。安全上の問題がなければ血流の多い四肢の表面はなるべく露出させ, 体表面と衣服の間に風が通る隙間を確保し, 襟元を開放したクールビズ用の服装を許可する。屋外では日よけ付きの帽子, 日傘, 濡らしたタオル類を使用させる。

### 4) 熱中症対策用品

熱中症予防の保護具として, 送風式の呼吸用保護具やヘルメット, 送風機付き作業服, 保冷剤, 相変化素材を利用した吸熱剤, 水分蒸散式や冷水循環式の保冷服, 圧縮空気を断熱膨張させて冷気を供給する方式の保冷服等の利用を検討する。

### 5) 水分・塩分

作業開始前から20~30分おきにこまめに水分を摂取させ, 大量発汗時は消化管吸収を促すブドウ糖と $\text{Na}^+$ の入った飲料を摂取させる<sup>11)</sup>。熱中症の予防には0.1~0.2%( $\text{NaCl}$  1g/1L=17mEq= $\text{Na}^+$ 濃度40mg/100mL)の食塩水や経口補水液が推奨されており<sup>8)12)</sup>, 食塩を200mg含む飴を服用する場合は200mLの水分と併用させる。食塩や食事の一日摂取量を制限されている者であっても, 発汗で失った水分や食塩に相当する量を補給させる。また, 汗の代わりに頭や四肢に水をかけて体表面からの蒸発熱で体温低下を促す。

### 6) 休憩

休憩室には, エアコンをかけ, 扇風機, 飲料, 冷水機, 冷蔵庫, 長いす, タオル等を用意する。体温計を共用する場合はスプレー式の消毒液等も用意する。可能であれば, 作業着や靴下を脱がせ, 体温, 心拍数, 体重を測定させて作業開始前の状態に回復するまで風を送りながら水分を補給させる。

### 7) 健康管理

日常生活では, 睡眠不足, 飲酒, 不規則な食事(欠食)を避けるよう指導する。また, 暑熱作業に就く前に汗をかく習慣を体得しておくように促す。始業前に, 個人ごとに暑熱順化の有無, 飲酒等による脱水, 欠食, 睡眠不足, 発熱疾患等を正直に申告させ, 必要であれば体調の回復を優先させる。また, 作業員お互いの顔色や様子を観察して声をかけ合うよう促し, 予め, 熱中症の診療

ができる救急部門のある医療機関の連絡先を調べておく。特定業務従事者の健康診断で産業医として事業者から意見を求められた場合は、職場の上司からの説明や職場巡視等を通じて作業の実態を確認したうえで、なるべく具体的な意見を述べ、労働者に保健指導を行う。

### 8) 救急処置

熱中症を疑う場合は、風通しの良い日陰で脱衣させ体表表面を濡らして風を送って体温を下げ、経口補水液を与えて脱水の回復を図る。飲料水を自力で摂取できていて明らかに回復する場合を除いて医療機関に救急搬送するよう指導する。

## 7 おわりに

熱中症の予防には、その原因として暑熱環境、作業強度、服装、連続活動時間があることに加えて、順化の有無や持病といった個人差も関わる。職場では、管理監督者が職場の実態を把握し、労働者とともに正しい知識を修得し、日常生活面の注意も促すことによって、実施可能な対策を複合的に推進する。

利益相反：利益相反基準に該当無し

## 文 献

- 1) Meehl GA, Tebaldi C: More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century. *Science* 305: 994—997, 2004.
- 2) 安岡正蔵：熱中症 III 度症候群：重症型熱中症の診断基準。日神救急会誌 16：5—9, 2003.
- 3) 堀江正知：熱中症を防ごう—熱中症予防対策の基本。第3版。東京，中央労働災害防止協会，2016, pp 1—162.
- 4) Hamouti N, Del Coso J, Ortega JF, et al: Sweat sodium concentration during exercise in the heat in aerobically trained and untrained humans. *Eur J Appl Physiol* 111 (11): 2873—2881, 2011.
- 5) Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, et al:

American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Med Sci Sports Exerc* 39 (3): 556—572, 2007.

- 6) Pilcher JJ, Nadler E, Busch C: Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics* 45 (10): 682—689, 2002.
- 7) Kenny GP, Stapleton JM, Yardley JE, et al: Older adults with type 2 diabetes store more heat during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 45 (10): 1906—1914, 2013.
- 8) 厚生労働省労働基準局：職場における熱中症の予防について。平成 21 年 6 月 19 日付け基発第 0619001 号。2009, pp 1—13. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000029dal-att/2r98520000029dcb.pdf>
- 9) Rowlinson S, Yunyan AJ: Application of the Predicted Heat Strain model in development of localized, threshold-based heat stress management guidelines for the construction industry. *Ann Occup Hyg* 58: 326—329, 2014.
- 10) 堀江正知：暑熱，衛生管理者のためのリスクアセスメント。第3版。中央労働災害防止協会編。東京，中央労働災害防止協会，2016, pp 45—58.
- 11) Wendt D, van Loon LJ, Lichtenbelt WD: Thermoregulation during exercise in the heat: strategies for maintaining health and performance. *Sports Med* 37 (8): 669—682, 2007.
- 12) 日本救急医学会熱中症に関する委員会（委員長 三宅康史）：熱中症診療ガイドライン 2015。東京，日本救急医学会，2015, pp 10—11. <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10800000-Iseikyoku/heatstroke2015.pdf>

別刷請求先 〒807-8555 北九州市八幡西区医生ヶ丘 1—1  
産業医科大学産業生態科学研究所産業保健管理学教室  
堀江 正知

### Reprint request:

Seichi Horie  
Department of Health Policy and Management, Institute of Industrial Ecological Sciences, University of Occupational and Environmental Health, Japan, 1-1, Iseigaoka, Yahatanishiku, Kitakyushu, 807-8555, Japan

## Prevention of Heat-related Illnesses at Workplace

Seichi Horie

Department of Health Policy and Management, Institute of Industrial Ecological Sciences,  
University of Occupational and Environmental Health, Japan

Heat-related illness is a term used to describe various symptoms arising from both dehydration and heat accumulation. These symptoms include heat collapse, heat cramps, heat exhaustion, and heat stroke; their severity is classified according to three stages. The number of cases of heat-related illness increases markedly in a hot and humid ambient environment. The average work-related mortality reached 22 cases during 2006–2015. Most cases are reported in the construction industry, and about half occur within 3 days of beginning work in a hot environment. The urban heat island effect and an aging working population may further increase the incidence of heat-related illness in populated cities in Japan. Equilibrium of human body temperature is maintained by vasodilation at the skin surface and sweating. The sweating rate increases after acclimatization to heat. Sodium is reabsorbed by sweat ducts, with a lower sodium concentration in sweat than in serum; however, this increases as the sweating rate increases. Additional acclimatization accelerates the reabsorption and further reduces the sodium concentration of sweat. Ample intake of plain water results in spontaneous dehydration through urination to balance serum osmotic pressure; intake of beverages containing sodium may prevent this. Risks of heat-related illness at work include a hot and humid environment, high levels of physical exertion, continuous work with infrequent breaks, and wearing work apparel that interferes with sweat evaporation. Additional risks are present for individuals with older age, obesity, high blood pressure, and diabetes, among others. Guidelines for preventing heat-related illnesses compiled by many academic bodies have adopted use of the wet-bulb globe temperature (WBGT) to evaluate working environments. These guidelines recommend not exceeding 1 hour of continuous work that requires whole body movement in environments with WBGT of 28°C or more. In extremely hot working environments, Japanese labor law prohibits more than 2 hours of overtime work and requires measurement of workplace environmental conditions semimonthly, installation of air conditioners, adequate maintenance of ventilation systems, providing workers with salt tablets and drinking water, and performance of health examinations every 6 months for workers engaged in specific types of work. Promoting measures applicable in the actual workplace is recommended; these are listed in the governmental notice for preventing heat-related illness issued by the Japan Labour Standards Bureau. Such measures include environmental controls (reduction of WBGT, properly equipping rest area facilities), work controls (shortening working hours, encouraging worker acclimatization, ensuring proper intake of water and sodium by workers, improving work apparel, conducting walk-through surveys during working hours), health controls (accommodating individual work based on health examination results; encouraging lifestyle improvement; monitoring body weight, heart rate, and body temperature to indicate when to stop working; conducting health checkups before beginning work), health education, and emergency response (emergency rehydration, evaporative cooling techniques).

(JJOMT, 64: 301–307, 2016)

### —Key words—

heat-related illnesses, occupational health, sweat