

# 熱中症の疫学・メカニズム・予防法を知り 職場での対策に役立てよう

産業医科大学 産業生態科学研究所長  
産業保健管理学研究室 教授  
堀江 正知

職場の暑さ対策に関連して、熱中症の疫学とメカニズム、予防法についてまとめてみた。疫学とメカニズムを知ることが、熱中症への理解を深め、予防法をより有効なものとする。本稿が職場の熱中症対策に役立てば幸いである。

## 熱中症の疫学

### 急な蒸し暑さが連続した年「身体活動の強さ」も関係

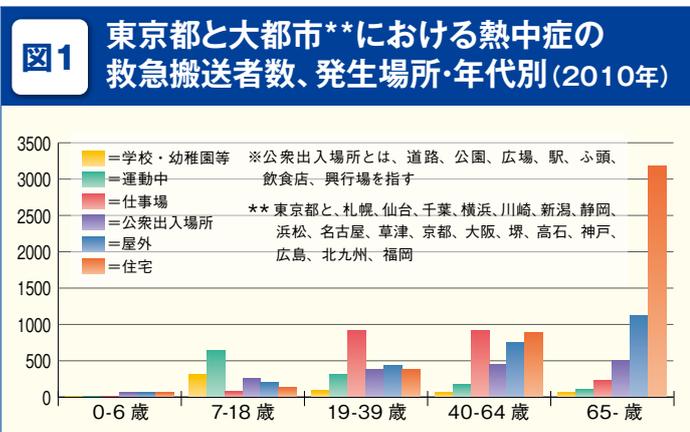
熱中症は「急な蒸し暑さ」が連続した年に増加している。近年では平成6、19、22年が多かったが、6年は空梅雨で雨の降らない暑い日が続き、19年は冷夏がお盆過ぎに一転して暑くなり8月16日に日本最高気温（岐阜県多治見市と埼玉県熊谷市で40・9℃）が記録された。22年は7月中旬までの西日本を中心とした豪雨の後から、猛烈に暑くなった年で

あった。地域別にみると、南日本や西日本で多いわけではなく、大都市部で頻発する傾向が強い。22年の死亡者数を都道府県別に調べると東京が最多で沖縄が最少である。わが国における夏季の気候条件は、もともと湿度が高いうえに、都市部の屋外では、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熱吸収、大気汚染による温室効果、高層ビルによる海風の遮断等によるヒートアイランド現象で、気象官署の測定値よりも大幅に気温が高くなっている。近年は体温を超える気温も頻発するようになり、人体の体温調節能力を超える環境がしばしば生じている。一日の最低気温が25℃以上の熱帯夜が増加していることも熱中症が発生しやすくなった一因と考えられている。

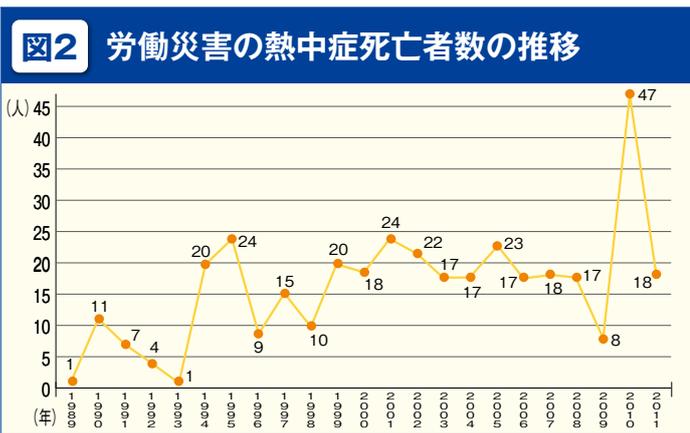
年代別にみると、男女とも高齢者に多いが、男性では15歳前後の中高生と20〜60歳代の就業者にピークがあり、スポーツのクラブ活動や競

技及び身体を使う仕事によって男性が犠牲になっている。このことから、熱中症の原因として「身体活動の強さ」も重要と言える。

暑さによる立ちくらみや足がつる症状などの軽い熱中症では医療機関を受診しない人が多く、熱中症の発生率には定説がない。しかし、近年、大都市の消防局が救急搬送した医療機関で熱中症と診断された数を集計した結果が公表されている。22年は、初めて暑くなった時期と、いったん涼しくなって暑さがぶり返した時期に、救急搬送患者数が増加している。年代別では、高齢者ほど重症の患者が多かった。また、発生場所別（図1）では、7〜18歳は運動中



(資料：国環境研究所)



(資料：厚生労働省)

が多く、19〜39歳は仕事が多く、40〜64歳は仕事と在宅中がほぼ同数で、65歳以降は在宅中が多い。都道府県別では、やはり東京が最多で、愛知、大阪、埼玉、神奈川県、兵庫、千葉、福岡の順であった。ただし、人口10万人当たりでは、鳥取が60・6人で最多となり、岡山、群馬、島根、香川の順であった。

### 労災としての死亡者は 作業に就いた初日が最多

労働災害としての熱中症による死亡者は、平成元年以降すべて男性で、やはり22年が史上最多となった（図2）。業種別では、建設業などの

屋外作業の労働者が4分の3を占めていて、就業者数がそれほど多くない警備業や林業で多いことは見逃せない(図3)。

発生時刻別では、最も気温が高くなる14～16時台に過半数が集中しており、昼休みには減少する傾向が認められる(図4)。熱中症の予防には、こまめに休憩をとって疲労を回復させることが効果的と推測される。

職場の統計で最も特徴的な事実は、暑い現場での作業に就いた初日の死亡者が最も多く、最初の3日間に3分の2が発生していることである(図5)。このことから、熱中症の発生には「暑さへの慣れ(順化)」も影響することがわかる。

### 熱中症のメカニズム

#### 体温調節に重要な発汗だが そのために体液を失う

人間の体内では、基礎代謝、食事、運動によって常に熱が生まれている。その放散は、体表からの放射(放射)、皮膚や呼吸からの水分の蒸発、皮膚に接触する物体への伝導と対流によって行われる。

人間の細胞は、約37℃で最も高い機能を発揮し、42℃を超えるとたんぱく質の不可逆的な変性で死滅する。やがてその臓器は機能不全に陥り、人間の生命は維持できない。そこで、人間は、皮膚や内臓で感じた

温度の情報を脳幹に伝えて、無意識のうちに体表面の血流を増やして熱の放散を促している。大脳にも情報が伝わり、暑さを感じて「服を脱ぐ」「うちわで扇ぐ」等の避暑行動を取る。体温は、3時～6時に下がる日リズム等の変化があるほか、感染症では少し上げて(発熱して)細菌を攻撃する仕組みもある。

これらの制御は、脳の視床下部で行われている。体温が急に上がり始めると、短時間で熱を放散させるために汗腺を刺激して発汗を促す。汗腺は、口唇等を除く全身に約300万個存在するが、順化していない人では、汗が出せる汗腺はその半分程度とされる。

汗に含まれる水分は体表面で1ml蒸発することに0.58kcalの気化熱を奪う。体温が上がって多量に発汗するようになると、熱の放散の95%を汗の蒸発に依存するようになる。人体の比熱は約0.83なので、体重70kgの人の汗1000mlがすべて気化すると体温は約1℃下がることになる。実際に、暑い職場で運動や力仕事をしていると、1時間の発汗量が500mlを超えることもある。この時、順化している人ほど、体温が上昇し始めるとすぐに汗が出始め、短時間で多量に発汗する。その結果、順化している人の体温は上がりにくい。

このように、体温調節にとって発汗は極めて重要だが、そのために体液は失われることになる。

#### 水分と同時に注意すべき ナトリウムイオンの濃度

人間の体重に占める水分の量は、細胞内に含まれるものを含めて50～60%に達する(高齢者や体脂肪率が高い人は低め)。そのうち血液中の液体成分である血清が、汗の原料となる。

環境や身体活動によるが、人間は、一日の生活で、口や呼吸等から約1.0ℓの水を蒸発させ、尿を1.0～1.5ℓ出している。食事や飲料から摂取すべき水分量は2.0～2.5ℓ程度である。一日で2.0

図3 労働災害の熱中症死亡者数割合 (1997～2011業種別)

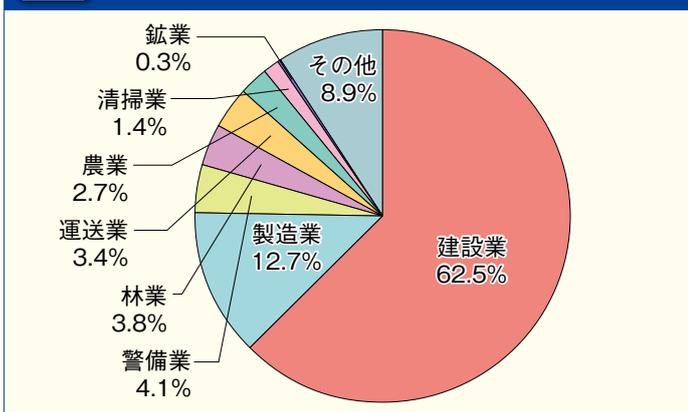


図4 労働災害の熱中症死亡者数(発生時刻別)

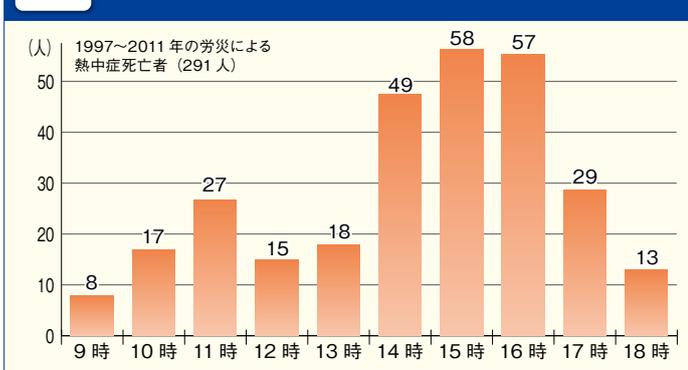
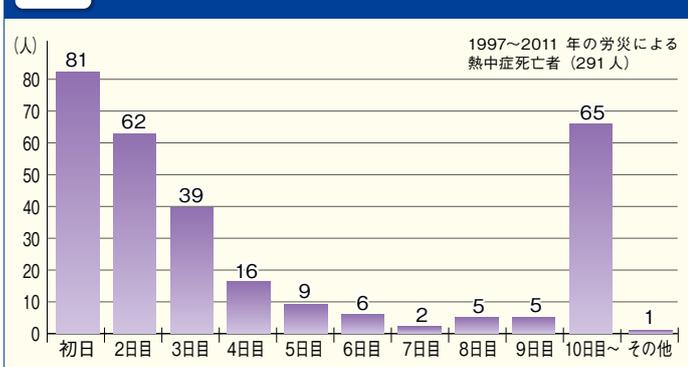


図5 労働災害の熱中症死亡者数(作業開始後日数別)



(図3～5/資料:厚生労働省)

れも発汗する生活を送れば、当然、その分の水を追加して摂取する必要があります。

血清に含まれる電解質も汗と一緒に出るが、そこに最も多く含まれているのがNa<sup>+</sup>(ナトリウムイオン)である。Na<sup>+</sup>は体温調節には無関係で、汗腺は発汗時にNa<sup>+</sup>を再吸収する仕組みを備えている。それでも、汗には血清の4分の1程度の濃度でNa<sup>+</sup>が含まれる。短時間で多量に発汗するほどNa<sup>+</sup>の再吸収は追いつかず、汗に含まれるNa<sup>+</sup>の濃度は上昇する。

じわっとかいた汗はNa<sup>+</sup>が少ないので、血清からは水が相対的に多く失われ、血清のNa<sup>+</sup>濃度と浸透圧は上昇する。これは、喉の渴きを誘い飲水行動を促すが、高齢者は口渴感を自覚しにくく飲水行動も起こしにくい。自宅で重症の熱中症に陥って救急搬送された高齢者の血液は、高Na<sup>+</sup>血症で高浸透圧の状態を呈することが多い。

逆に、若年者が水だけを飲んでいるとNa<sup>+</sup>濃度と浸透圧が回復したところで口渴感を失う。さらに水を補給しても、腎臓が余分と判断した水は尿に失われる。結果的に、水もNa<sup>+</sup>も不足した脱水状態が残る(図6)。したがって、汗で失った水分とNa<sup>+</sup>は、それに相当する量を食事や飲料で摂取することが望ましい。短時間で大量に発汗したときは、程度に応じて、スポーツドリンクや経口補水液を摂取することが勧められる。

めまいから多臓器不全まで  
多彩な症状が生じる熱中症

熱中症は、厚生労働省の通達(平成21年6月19日付け基発第0619001号)により「高温多湿な環境下において、体内の水分及び塩分(ナトリウム等)のバランスが崩れたり、体内の調整機能が破綻するなどして、発症する障害の総

図6 飲料に含まれるNaの有無と脱水量の違い

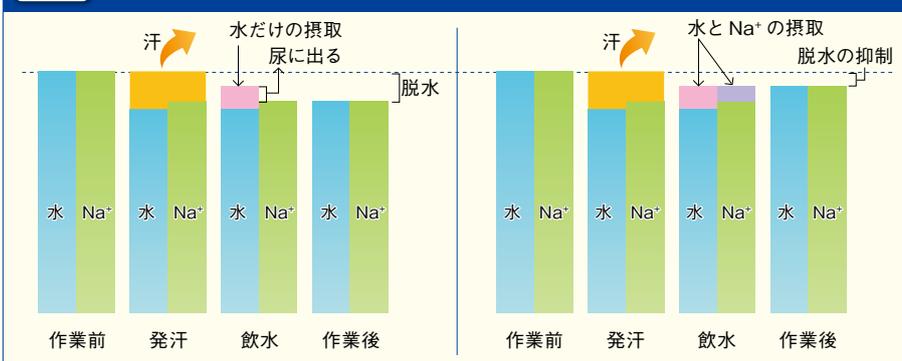
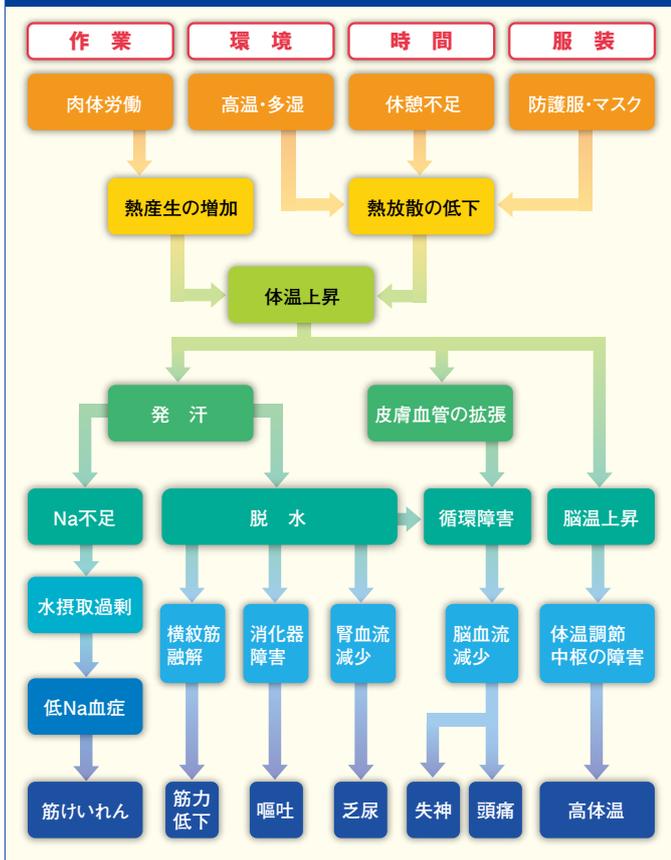


図7 熱中症が発生するメカニズム



称」と定義されている。その原因は、蒸し暑い環境とともに、作業や運動での身体活動の強さ・持続時間・服装である。発汗によって、体内の水・Na<sup>+</sup>・血圧の調節が破たんすることで、多彩な症状が生じる(図7)。水分のみの補給による血清ナトリウム濃度の低下は、手足等の筋肉のこむらがり(熱けいれん heat cramp)を生じさせる。皮膚血管の拡張、心機能の抑制、血圧の低下による脳血流の減少は、めまい、失神、疲労感、頭痛、嘔吐等の脳の症状(熱失神 heat syncope)を生じさせる。慢性的な脱水で、筋肉が衰え、消化液の分泌や消化管の動きも悪くなると、易疲労感が生じ

る(熱疲労 heat exhaustion)。これらの症状はよく混在し、運動や作業において、競技能力の低下、作業ミス、生産性や業務の質の低下、事故等も招く。人間の感覚器は刺激の変化に鋭敏だが、持続する感覚への反応は鈍く、がまんしていると暑さの感じ方が弱まる。発汗による血清の浸透圧の上昇は喉の渴きを生じるが、浸透圧が補正されると軽い脱水が残っていても口渴感は消失する。そして、いつのまにか脳の温度が上昇して体温調節の中核も障害されると、避暑行動が取れなくなり、皮膚の血管拡張や発汗等も止まる。体温が40℃以上に達して、昏睡、けいれん、シヨック、溶血、腎不全、

多臓器不全、DIC\*等を生じると致命的となる（熱射病 Heat stroke）。

救急医療では、水分を自力で摂取できて短時間で脱水状態が回復される病態をⅠ度、自力では脱水を解消できず点滴の必要がある病態をⅡ度、臓器障害（肝臓、腎臓、脳等の障害）があり生命を維持するための集中治療が必要な病態をⅢ度に分類する（表1）。熱中症により死亡した症例について、現場で訴えた自覚症状や他覚所見を調べ直しても、突然の体調不良や意識障害で始まったものが多く、早期発見に役立ちそうな特徴的なものは見当たらない。

### 熱中症の予防法

WBGT 28℃を超える現場では  
全身負荷の作業は1時間まで

熱中症は、早期発見が難しいことから、予防が大切である。疾病予防の一般原則は原因を除去することなので、暑さを改善することが最優先で考慮されるべきである。

熱中症を予防するための環境限界は、国際的に湿球黒球温度（Wet Bulb Globe Temperature、WBGT）の値で示されている。

WBGTは、運動場や職場ごとに人間がいる位置で測定することが望ましく、簡単に測定する機器も開発されている。環境省は、WBGTを

「暑さ指数」と呼び、毎年6月から「熱中症予防情報サイト」で全国の予報値や速報値を公表しているの  
で、自分が関心のある場所の実測値と近くの気象官署の測定値との差がどれくらいか予め調べておけば、暑さ指数をより有効に活用できる。また、屋内で太陽光や炉等による輻射

表1 熱中症の分類

#### ① 病態による分類

- 熱けいれん**  
大量発汗時に水だけを摂取して、ナトリウムの濃度が低下して生じる筋けいれん
- 熱虚脱**   **熱失神**  
血圧低下や脱水により脳の血流が低下して生じる一過性の意識消失
- 熱疲労**   **熱疲労**   **熱疲労**  
慢性的な脱水による筋力や消化機能等の低下
- 熱射病**  
体温上昇で体温中枢が障害されて生じる発汗停止、内臓障害、意識障害

#### ② 重症度による分類

- Ⅰ度**  
水分や塩分を自力で摂取できる状態で、短時間で回復する軽い熱けいれんや熱失神など
- Ⅱ度**  
自力では脱水を解消できず、点滴する必要のある状態で、入院する必要のある熱疲労など
- Ⅲ度**  
深部体温が39℃以上で、脳、肝、腎等の臓器障害かDICのいずれかを生じた病態

図8 WBGT値と気温、相対湿度\*との関係

\*相対湿度とは、通常の湿度計で表される湿度です。

		相対湿度(%)																
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
気温(℃) (乾球温度)	40	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
	39	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	38	28	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42
	37	27	28	29	29	30	31	32	33	35	35	36	37	38	39	40	41	41
	36	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	39	39
	35	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	38
	34	25	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	37
	33	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36
	32	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35
	31	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34
	30	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	31	32	32	33
	29	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	31	32
	28	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	30	31
	27	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30
	26	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29
	25	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28
24	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	
23	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	
22	15	16	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	
21	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22	23	23	24	

WBGT値  
  =危険…31℃以上  
  =厳重警戒…28~31℃  
  =警戒…25~28℃  
  =注意…25℃未満

(注)危険、厳重警戒等の分類は、日常生活の上での基準であって、労働の場における熱中症予防の基準には当てはまらないことに注意が必要であること。

●環境省熱中症予防情報サイト(<http://www.nies.go.jp/health/HeatStroke/index.html>)では、当日と翌日のWBGTの予測値を提供しています。

熱の影響がない事務所等では、気温と相対湿度からWBGTを推定する日本生気象学会の表を参照することもできる(図8)。

WBGTの測定結果に基づいて、日本体育協会は、激しい運動は28℃以上では中止し、31℃以上では原則としてすべての運動は中止すべきで

あると勧告している。

日本産業衛生学会は、エネルギー代謝率(RMR)で表した強度が5.0までの作業を1時間継続する場合の許容基準はWBGTが26.5℃までと勧告している。ISO7243(JIS Z 8504)では、熱に順化した作業でも全身で行う組立て

\*DIC (Disseminated Intravascular Coagulation):播種性血管内凝固症候群/出血箇所のみで生じるべき血液凝固反応が、全身の血管内で無秩序に起こる症候群のこと。

## 表2 環境改善のための対策

- 風通しの良い日陰で作業できるように、簡易な屋根、ひさし、テント等を設置する。
- 清掃工場等の屋内作業では、運転室はきちんと冷房し、工場内でも人のいるところにはスポットクーラーや扇風機を設置し使用させる。
- 給食調理等の多湿な屋内作業では、熱や蒸気の発生源の除去、密閉、隔離を検討。放射熱や熱風は衝立で遮断し、蒸気や熱気は上方から排気する。
- 建物外壁への熱交換塗料の塗布、通路への微細な水蒸気のみストの噴出、朝のうちの打ち水等を検討。
- 事務室等では、室温を空調の設定温度に頼らず作業者の場所で測定。空調と扇風機を併用して冷気を対流させる。窓にはブラインド、フィルム、すだれ、植栽を使用する。

作業等は28℃が限界と勧告している。これら国内外の団体によれば、WBGTが28℃を超える環境では、全身負荷のある作業は1時間までとすることを原則としている。

これを踏まえ、現場における実際の環境改善対策を挙げてみたのが表2である。なお、室温については、節電が要請されている場合でも、事務室内では知的生産性を維持するために28℃以下で快適な温熱条件に維持すべきである。これに関連して、日本産業衛生学会は、「節電下の事務作業において事業者が講ずべき労働の熱中症予防対策」を示し、「時間外の作業をなるべく減らすこと」

## 表3 仕事の改善のための対策

- 炉前等の暑熱作業では、複数で分担させて一人当たりの作業時間と作業量を短縮し、14時～16時は別の作業をさせることを検討する。
- 1時間ごとに5～10分程度の小休止を取らせる。
- 最も危険な「作業の初日」と「急に暑くなった日」は、休憩の回数や時間を増やして無理のない工程にする。特に、暑いところでの作業に慣れていない人は、最初の3日間は、連続して従事する時間を半分以下にすることが望ましい。
- 服装は、白色系で、汗を吸い取りやすく肌に密着せず、透湿性と通気性の良いものを選ぶ。事務作業では、襟元が開放的なクールビズ用の服装を勧める。
- ゴミ収集等の屋外作業では、日よけのついた帽子、日傘、水で濡らして首に巻くタオル類の使用、顔部や頸部の汗を吸収して気化を促すヘッドバンド等、相変換材料等の保冷剤を入れたベストの使用を検討。
- 焼却炉内の作業等で化学防護服を着用する際は、圧縮空気を断熱膨張させて冷気を作る冷却服を使用する。
- 消防士等には、冷水を体表面に循環させる保護服を使用させる。その他、呼吸用保護具が必要な作業では、電動ファン付きの保護具の使用を検討する。
- 水分の摂取は作業の前から始めるように促す。巡回車に冷水ポットやジャグ（携帯保冷容器）を備えて20～30分ごとに150～250mlずつ飲ませる。大量に発汗するような日は、Na+の入ったスポーツ飲料や経口補水液、ごま塩、塩の錠剤や飴、味噌、梅干、味付け昆布等の摂取を勧める。軽い脱水は自分でも気づかないので、暑い時期は風呂上がりなどに体重を毎日測定し記録させる。
- 休憩室を確保できる現場では、24～26℃に調節し、冷水機、冷蔵庫、長いす、タオル等を準備し、着衣や靴下を脱がして、可能であれば頭部や四肢に水をかけて体温低下を促す。
- 個人ごとの運動や作業の内容は、暑さへの順化、当日の体調や疲労感に配慮して、現場の監督者が調整する。

「作業者のいる場所を集約して冷やす空間を区切ること」「発熱量の少ない省電力型の機器を導入すること」等を助言している。

熱中症の予防には、仕事の改善も必要だ。暑いところで行う作業は、なるべく身体活動の強度や時間を減らして体熱の産生を防ぐことが基本となる。具体的対策については、表3を、また、熱中症予防のための日ごろの健康管理や救急処置については表4にまとめたので、参照していただきたい。

なお熱中症の予防に向けて、厚生労働省は行政通達を发出し、環境省はマニュアルを作成するなど、各種の公的な機関や団体が有用な情報を公表している。職場において熱中症予防対策を検討する際は、これらの資料（P20～21）を参照しながら企画し推進することが望まれる。

## 表4 健康管理・救急処置について

- 作業の前に食事を摂取していない人、前日に大量飲酒した人、睡眠不足や体調不良の人が正直に申告できる雰囲気を作る。循環器疾患や甲状腺疾患等の持病がある人や塩分摂取を制限されている人は、産業医または主治医の意見を求めておくことが望ましい。
- 暑い職場では、仲間同士で声をかけ合い、監督者は巡視する。普段とは様子が違う人、普段より心拍数が高い・体温が高い・体重や尿量が減っている人に気づいたら、熱中症を疑う。そのような人は、風通しの良い日陰で休ませ、わきの下・股の間・首回りなどを冷やす。その際、必ず誰かが同伴し目を離さないようにする。
- 自力で水分の補給ができないような場合は、直ちに救急車を要請し医療機関に搬送する。普段から、救急搬送の際の緊急連絡網を作成し現場に周知しておく。医療機関に搬送する際は状況を説明できる者が必ず同伴する。
- これらの対策について、暑い職場の管理者および労働者を対象に、産業医、看護職、衛生管理者等による教育（熱中症の症状、熱中症の予防方法、緊急時の救急処置、熱中症の事例）を実施する。

産業医科大学 産業生態科学研究所長  
産業保健管理学研究室 教授  
堀江正知（ほりえ・せいち）



昭和61年、産業医科大学医学部卒業。平成5年、カリフォルニア大学公衆衛生学大学院修士課程修了。日本鋼管（株）（現JFEスチール（株））専属産業医、京浜保健センターを経て、15年から産業医大教授。22年から同大産業生態科学研究所長。労働衛生コンサルタント。医学博士。日本産業衛生学会指導医。