

# 熱中症が発生する仕組みと それに基づく有効な対策

独立行政法人労働者健康安全機構  
労働安全衛生総合研究所  
環境計測研究グループ 上席研究員  
上野 哲, 斎藤宏之

# 本日の構成

---

1. 熱中症の発症するしくみと症状
2. 熱中症を防ぐために必要な対策（概要）
3. 熱中症防止対策(1)－WBGTの測定と作業環境管理  
（概要）  
熱中症防止対策(2)－作業管理
4. 熱中症防止対策(3)－健康管理と緊急時の措置
5. 熱中症の災害事例と予防対策の例

# 1. 熱中症の概要

---

1. 熱中症の概要（しくみと症状，発生状況）
  1. 熱中症の症状と分類
  2. 熱中症の発生状況
2. 熱中症を防ぐために必要な対策（概要）
3. 熱中症防止対策(1)－WBGTの測定と作業環境管理（概要）
4. 熱中症防止対策(2)－作業管理
5. 熱中症防止対策(3)－健康管理と緊急時の措置
6. 熱中症の災害事例と予防対策の例

# はじめに・・・熱中症とは？

---

## □ 熱中症の定義

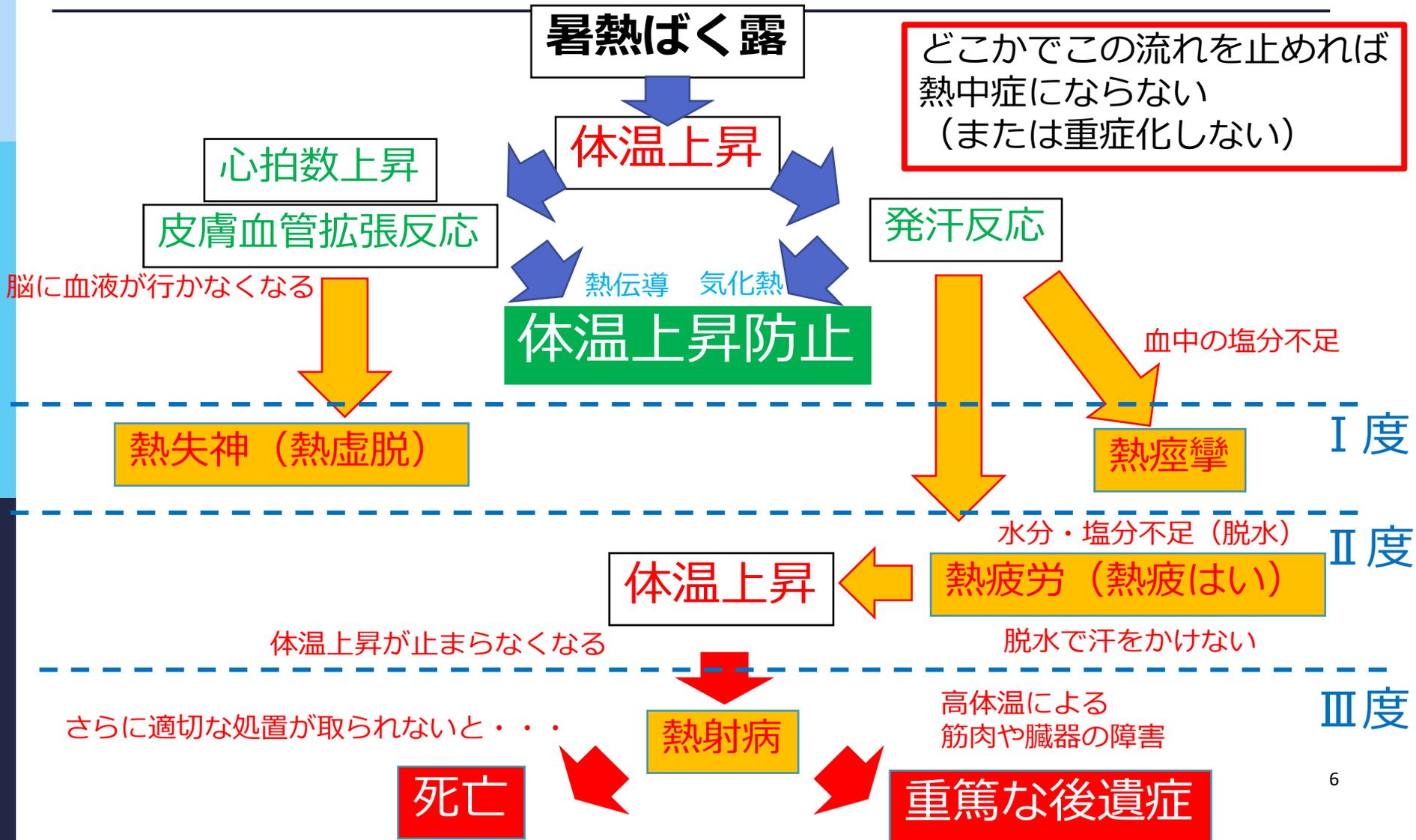
- 高温多湿な環境下において，
  - 体内の水分・塩分のバランスが崩れたり，
  - 体内の調整機能が破綻するなどして発症する障害の総称。
- 熱失神，熱痙攣，熱疲労，熱射病などを含む。
- 重症度によってⅠ度，Ⅱ度，Ⅲ度に分類。



# 熱中症の症状と分類

	症状	重症度	治療	臨床症状からの分類	
I度 (応急措置と見守り)	めまい、立ちくらみ、生あくび 大量の発汗 筋肉痛、筋肉の硬直(こむら返り) 意識障害を認めない(JCS=0) ※JCS(ジャパン・コーマ・スケール、日本で主に使用される意識レベル分類)		通常は現場で対応可能 →冷所での安静、 体表冷却、経口的に水分とNaの補給	熱けいれん 熱失神	I度の症状が徐々に改善している場合のみ、現場の応急処置と見守りでOK
II度 (医療機関へ)	頭痛、嘔吐、倦怠感、 倦怠感、虚脱感、 集中力や判断力の低下(JCS≦1)		医療機関での診察が必要→体温管理、 安静、十分な水分とNaの補給	熱疲労	II度の症状が出現したり、I度に改善が見られない場合、すぐ病院へ搬送する(周囲の人が判断)
III度 (入院加療)	下記の3つのうちいずれかを含む (C)中枢神経症状(意識障害(JCS≧2)、 小脳症状、けいれん発作) (H/K)肝・腎機能障害(入院経過観察、 入院加療が必要な程度の肝または腎障害) (D)血液凝固異常(急性期DIC診断基準(日本救急医学会)にてDICと診断) =>III度の中でも重症型 ※DIC(播種性血管内凝固症候群)		入院加療(場合により集中治療)が必要 →体温管理 (体温冷却に加え体内冷却、血管内冷却などを追加) 呼吸、循環管理 DIC治療	熱射病	III度か否かは救急隊員や、病院到着後の診察検査により診断される

# 熱中症のメカニズム (概略)



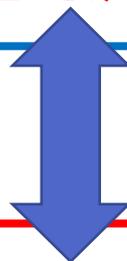
# 熱中症は「必ず防げる災害」

---

## □ 熱中症は

- きちんと対策を行い
- 適切な処置を行えば

必ず防止，あるいは軽症で済ますことができる災害である。

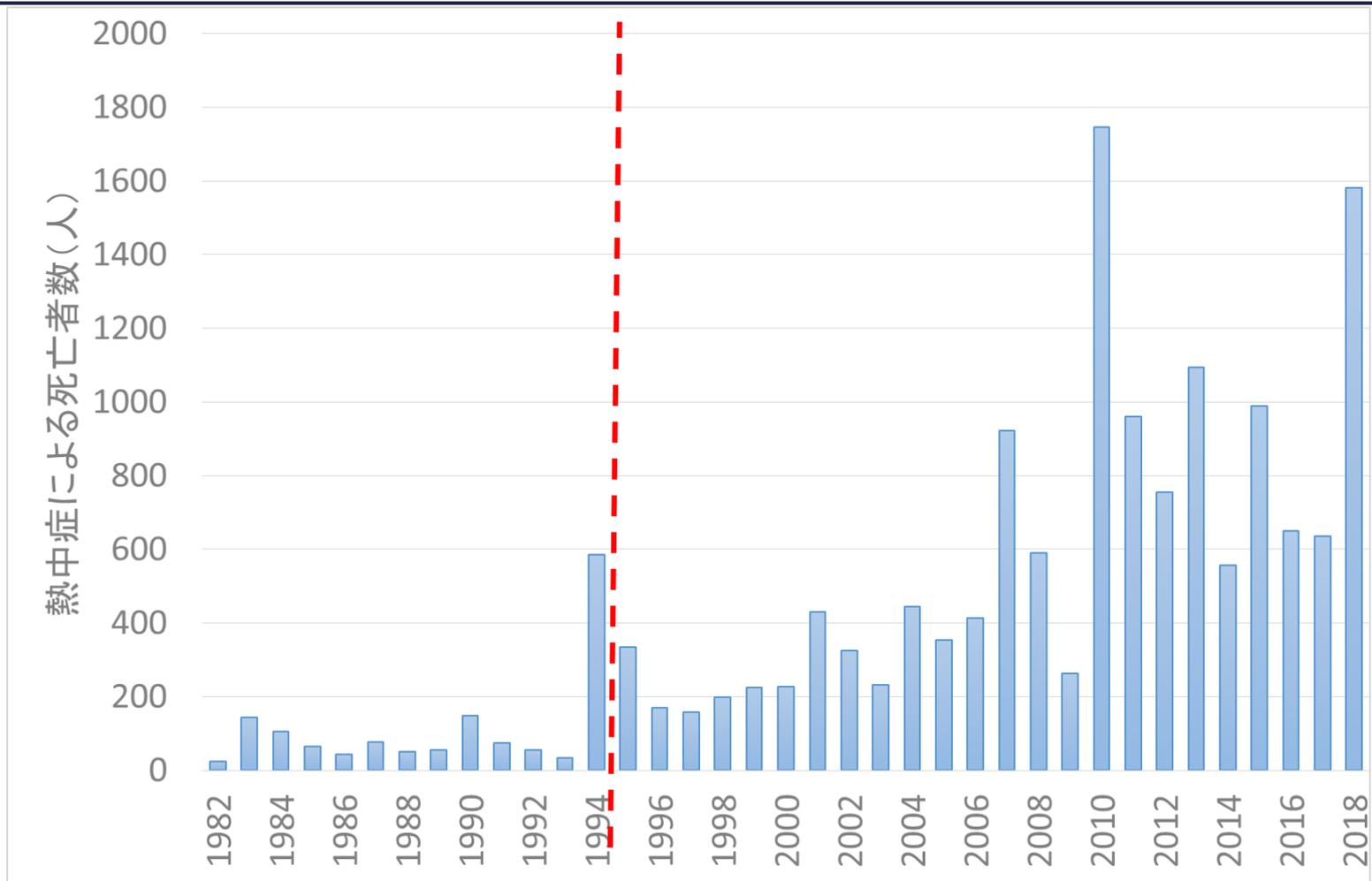


## □ その一方で

- 対策を怠ったり
- 適切な処置を行わなければ

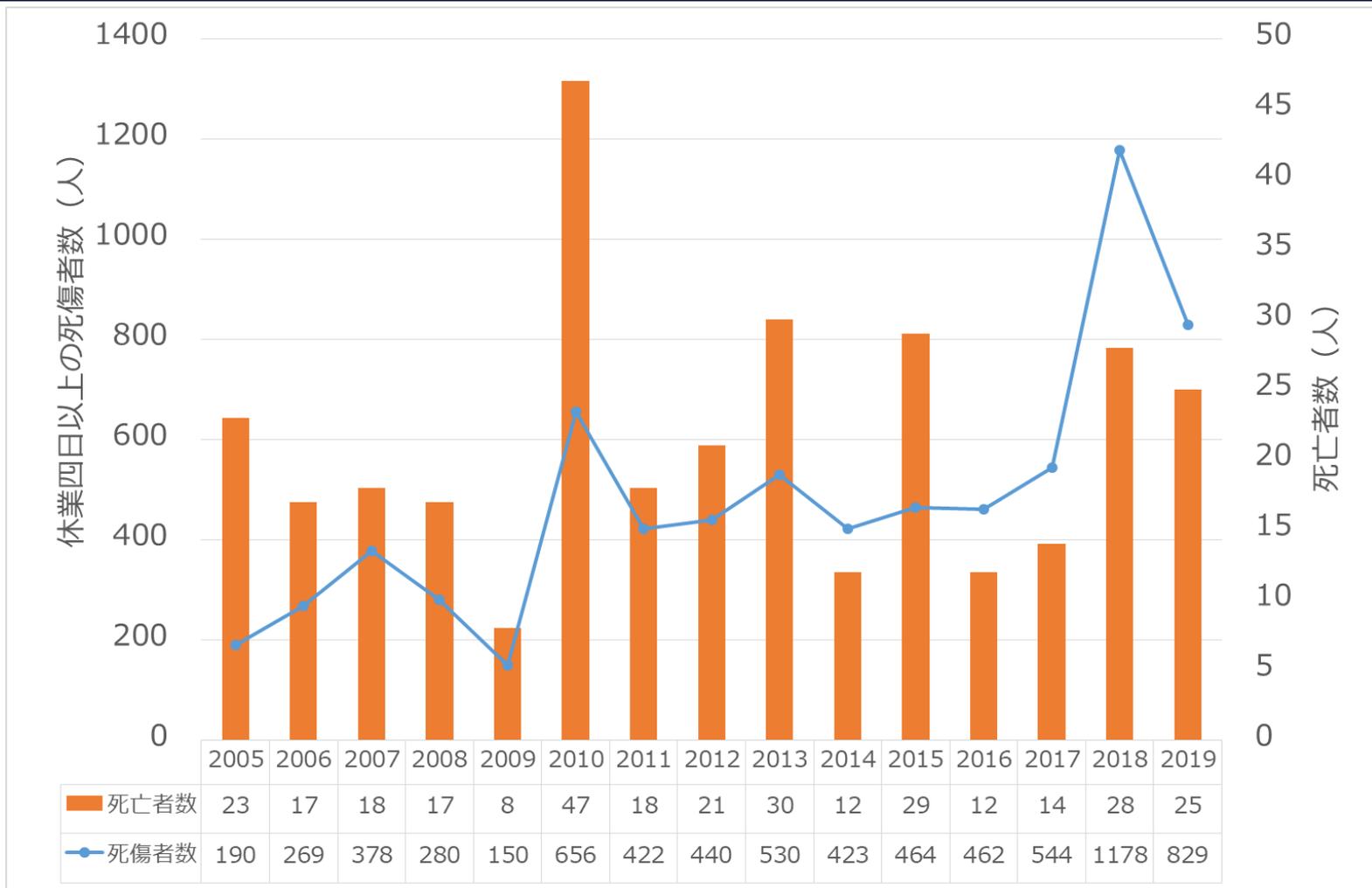
現代の最新医療でも救えない，非常に重篤な災害となりうる。

# 熱中症死亡者数の推移 (一般環境を含む)



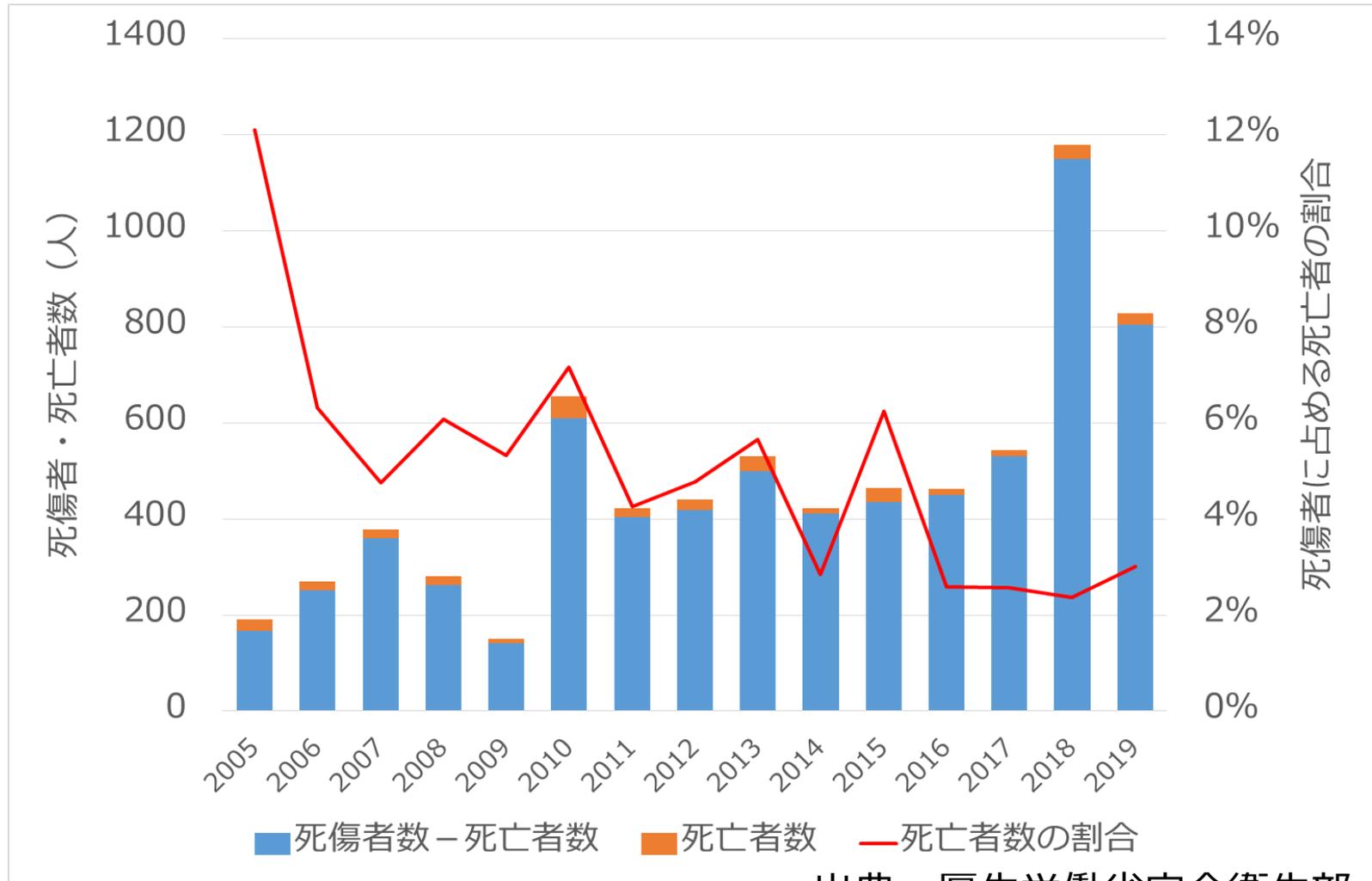
(厚生労働省人口動態統計による。1995年を境に死亡分類の取り方が異なる点に注意。)

# 職場における熱中症 (死傷者数および死亡者数)



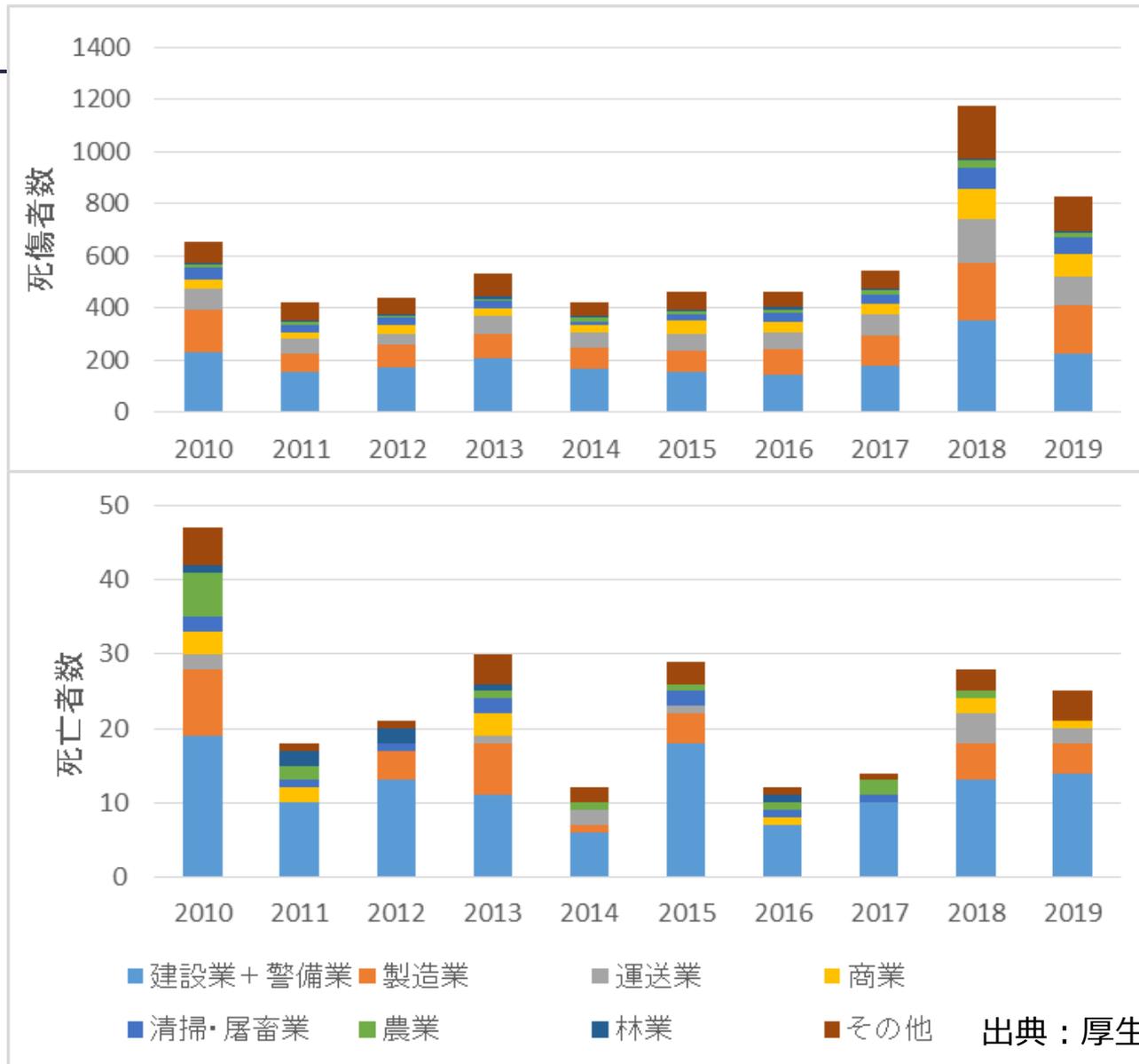
出典：厚生労働省安全衛生部

# 死傷者に占める死亡者の割合の推移



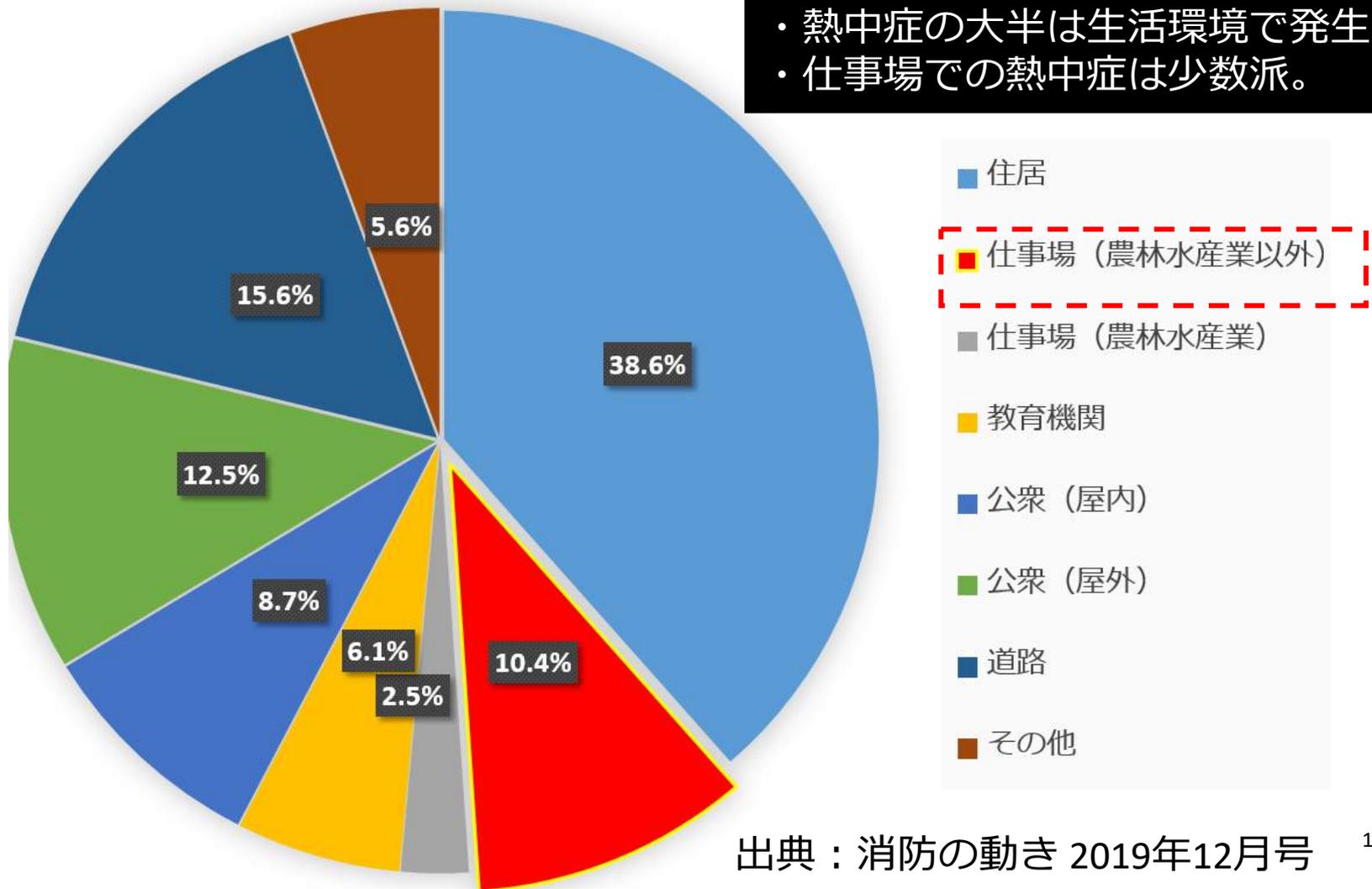
出典：厚生労働省安全衛生部

# 業種別の死傷者数・死亡者数の推移



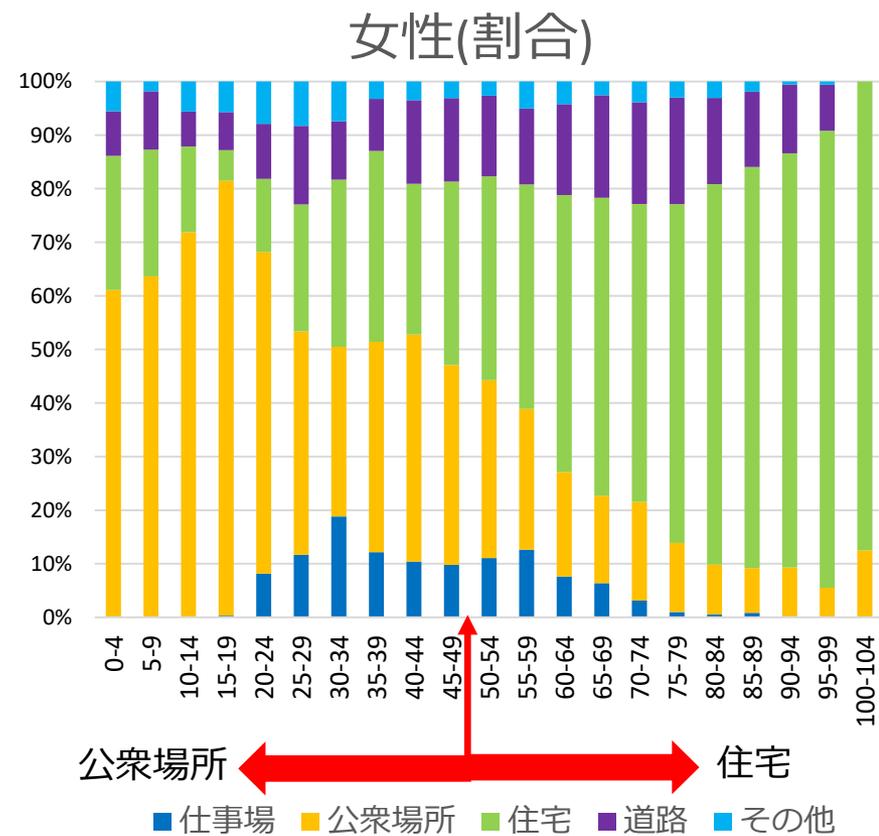
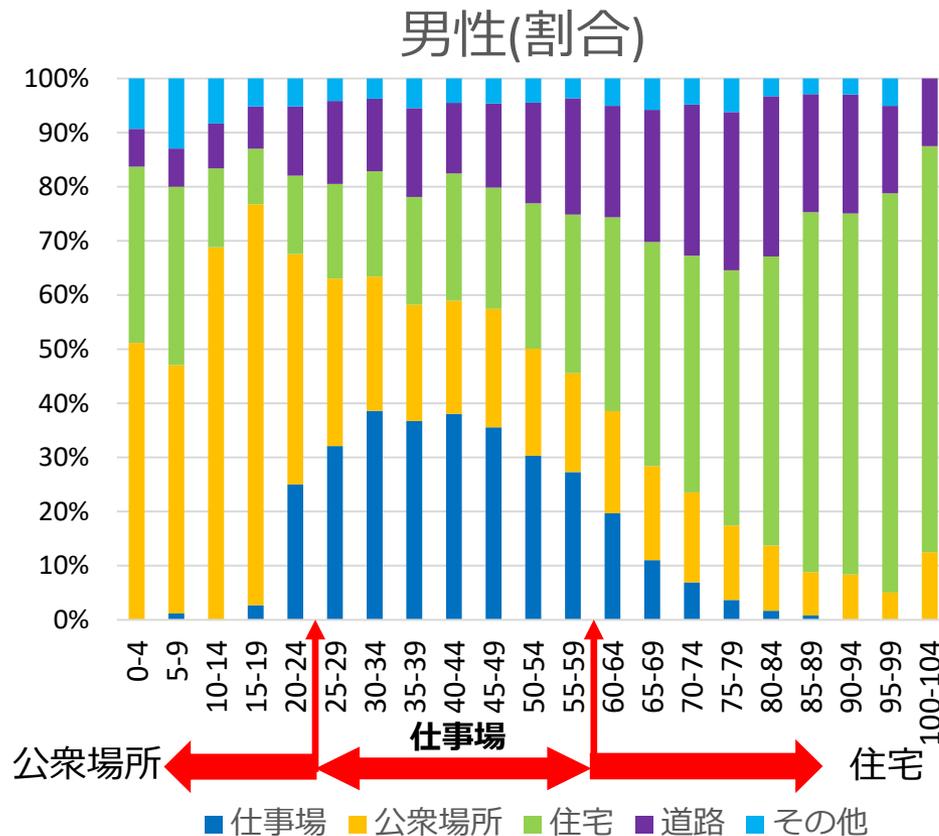
# 熱中症の発生場所（令和元年度）

- ・ 熱中症の大半は生活環境で発生。
- ・ 仕事場での熱中症は少数派。



出典：消防の動き 2019年12月号

# 場所別年齢別性別での熱中症による救急搬送の分析



男性25～59歳では仕事場  
が最多で全体の約1/3

## 2. 熱中症を防ぐために必要な対策 (概要)

---

1. 熱中症の概要（しくみと症状，発生状況）
2. 熱中症を防ぐために必要な対策（概要）
  1. 熱中症に関する法規制
  2. 厚生労働省における通達
  3. STOP!クールワークキャンペーン
3. 熱中症防止対策(1)－WBGTの測定と作業環境管理  
(概要)
4. 熱中症防止対策(2)－作業管理
5. 熱中症防止対策(3)－健康管理と緊急時の措置
6. 熱中症の災害事例と予防対策の例

# 我が国における熱中症対策(1)

## 熱中症に関連する法規制

---

### 労働安全衛生法

第二十二條 **事業者は、次の健康障害を防止するため必要な措置を講じなければならない。**

二 放射線、**高温**、低温、超音波、騒音、振動、異常気圧等による健康障害

### 労働安全衛生規則

(発汗作業に関する措置)

第六百十七條 **事業者は、多量の発汗を伴う作業場においては、労働者に与えるために、塩及び飲料水を備えなければならない。**

# 我が国における熱中症対策(2)

## 厚生労働省における通達

平成21年6月19日 基発第0619001号  
「職場における熱中症の予防について」

- 作業環境管理
  - WBGTの測定・評価
  - WBGT値の軽減等
  - 休憩場所の整備等
- 作業管理
  - 作業時間の短縮等
  - 熱への順化
  - 水分及び塩分の摂取
  - 服装等
  - 作業中の巡視
- 健康管理
  - 健康診断結果に基づく対応等
  - 日常の健康管理等
  - 労働者の健康状態の確認
  - 身体の状態の確認
- 労働衛生教育
- 救急措置
  - 緊急連絡網の作成及び周知
  - 救命措置

# 我が国における熱中症対策(3)

## STOP!熱中症 クールワークキャンペーン

※平成29年度（2017年度）から実施

# STOP! 熱中症

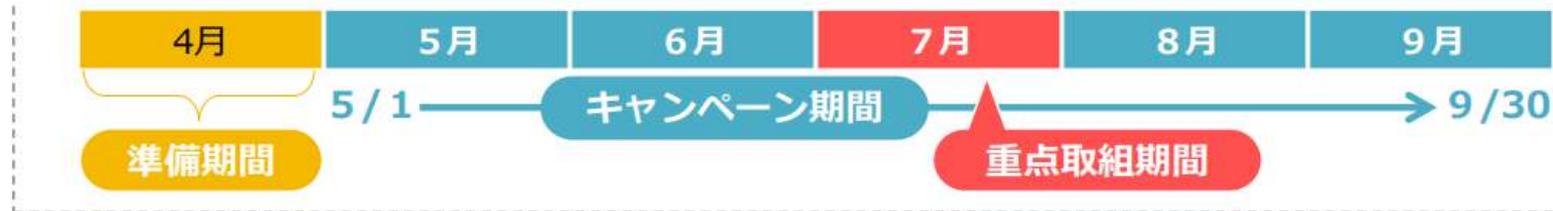
令和2年5月～9月

# クールワークキャンペーン

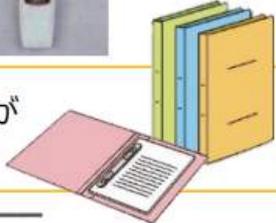
— 熱中症予防対策の徹底を図る —

職場における熱中症で亡くなる人は、毎年全国で10人以上にのぼり、4日以上仕事を休む人は、400人を超えています。厚生労働省では、労働災害防止団体などと連携して、「STOP!熱中症クールワークキャンペーン」を展開し、職場での熱中症予防のための重点的な取組を進めています。各事業場でも、事業者、労働者の皆さまご協力のもと、熱中症予防に取り組みましょう!

●実施期間：令和2年5月1日から9月30日まで（準備期間4月、重点取組期間7月）



# クールワークキャンペーン (準備期間)

準備期間（4月1日～4月30日）		
<input type="checkbox"/>	<u>暑さ指数（WBGT値）の把握の準備</u>	JIS規格「JIS B 7922」に適合した <b>暑さ指数計</b> を準備しましょう。 
<input type="checkbox"/>	<u>作業計画の策定など</u>	暑さ指数に応じて、作業の中止、休憩時間の確保などができるよう <b>余裕を持った作業計画</b> をたてましょう。 
<input type="checkbox"/>	設備対策・休憩場所の確保の検討	簡易な屋根の設置、通風または冷房設備やミストシャワーなどの設置により、 <b>暑さ指数を下げる方法</b> を検討しましょう。また、作業場所の近くに <b>冷房</b> を備えた休憩場所や <b>日陰</b> などの涼しい休憩場所を確保しましょう。 
<input type="checkbox"/>	服装などの検討	<b>通気性のいい作業着</b> を準備しておきましょう。 <b>身体を冷却する機能をもつ服</b> の着用も検討しましょう。 
<input type="checkbox"/>	教育研修の実施	熱中症の防止対策について、 <b>教育</b> を行いましょう。 
<input type="checkbox"/>	労働衛生管理体制の確立	<b>衛生管理者</b> などを中心に、事業場としての <b>管理体制</b> を整え、必要なら <b>熱中症予防管理者の選任</b> も行いましょう。 
<input type="checkbox"/>	<u>緊急事態の措置の確認</u>	体調不良時に搬送する病院や緊急時の対応について確認を行い、周知しましょう。

STEP 1

☐ **暑さ指数（WBGT値）の把握**

JIS 規格に適合した暑さ指数計で暑さ指数を測りましょう。



STEP 2

準備期間中に検討した事項を確実に実施するとともに、測定した暑さ指数に応じて次の対策を取りましょう。

<input type="checkbox"/> 暑さ指数を下げるための設備の設置	
<input type="checkbox"/> 休憩場所の整備	
<input type="checkbox"/> 涼しい服装など	
<input type="checkbox"/> 作業時間の短縮	暑さ指数が高いときは、 <b>単独作業を控え</b> 、暑さ指数に応じて <b>作業の中止</b> 、 <b>こまめに休憩をとる</b> などの工夫をしましょう。
<input type="checkbox"/> 熱への順化	暑さに慣れるまでの間は <b>十分に休憩を取り</b> 、 <b>1週間程度かけて徐々に身体を慣らし</b> ましょう。
<input type="checkbox"/> 水分・塩分の摂取	のどが渇いていなくても <b>定期的に水分・塩分</b> を取りましょう。
<input type="checkbox"/> 健康診断結果に基づく措置	①糖尿病、②高血圧症、③心疾患、④腎不全、⑤精神・神経関係の疾患、⑥広範囲の皮膚疾患、⑦感冒、⑧下痢などがあると熱中症にかかりやすくなります。医師の意見をきいて人員配置を行いましょう。
<input type="checkbox"/> 日常の健康管理など	前日の飲みすぎはないか、寝不足ではないか、当日は朝食をきちんと取ったか、管理者は確認しましょう。熱中症の具体的症状について説明し、早く気付くことができるようにしましょう。
<input type="checkbox"/> 労働者の健康状態の確認	作業中は管理者はもちろん、作業員同士お互いの健康状態をよく確認しましょう。

STEP 3

熱中症予防管理者等は、暑さ指数を確認し、巡視などにより、次の事項を確認しましょう。

- 暑さ指数の低減対策は実施されているか
- 各労働者が暑さに慣れているか
- 各労働者は水分や塩分をきちんと取っているか
- 各労働者の体調は問題ないか
- 作業の中止や中断をさせなくてよいか

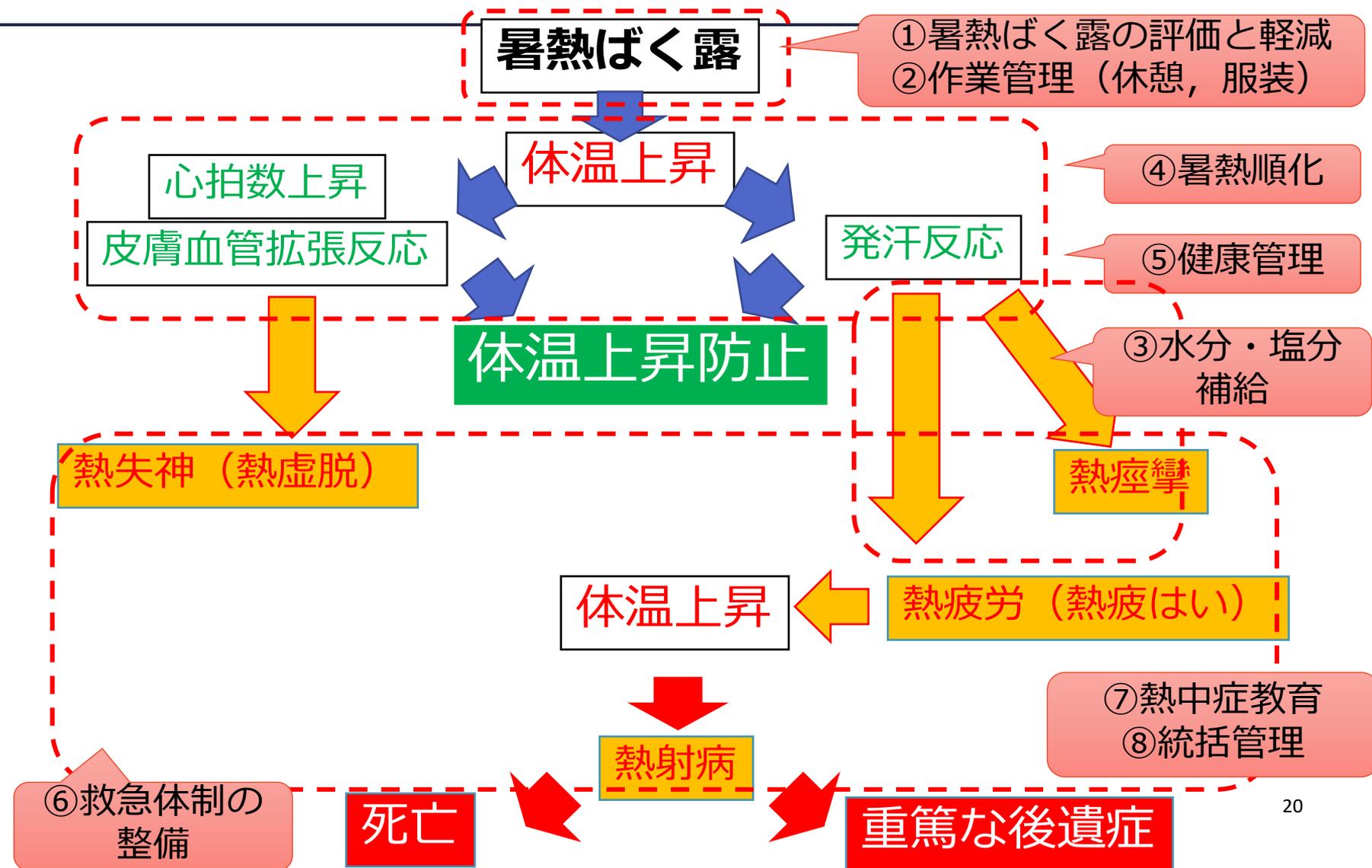
☐ **異常時の措置**

～少しでも異変を感じたら～

- ・一旦作業を離れる
- ・病院へ運ぶ、または救急車を呼ぶ
- ・病院へ運ぶまでは一人きりにしない

クールワークキャンペーン（キャンセル期間）

# 熱中症のメカニズムと 熱中症対策（概要）



# 3. 熱中症防止対策(1)

## WBGTの測定と作業環境管理

---

1. 熱中症の概要（しくみと症状，発生状況）
2. 熱中症を防ぐために必要な対策（概要）
3. 熱中症防止対策(1)－WBGTの測定と作業環境管理
  1. WBGTの測定・評価
  2. WBGT値の軽減等
  3. 休憩場所の整備等
4. 熱中症防止対策(2)－作業管理
5. 熱中症防止対策(3)－健康管理と緊急時の措置
6. 熱中症の災害事例と予防対策の例

WBGTの測定・評価に関しては  
岩城講師より詳しい説明があります  
ので，概略のみ説明します。

# 人体と環境間の熱収支(追加)

$$S = M - W - K - C - R - E - C_{res} - E_{res}$$

S; 逐熱量、M; 代謝量、W; 仕事量、K; 熱伝導、

C; 対流熱伝達、R; 輻射熱、E; 蒸発熱、

$C_{res}$ ; 呼吸による対流熱伝達、 $E_{res}$ ; 呼吸による蒸発熱

- ① 作業強度が高い： 代謝率(M)↑
  - ② 厚着をする： 対流熱伝達(C) ↓, 蒸発熱(E) ↓
  - ③ 気温が高い： 対流熱伝達(C) ↓, 呼吸対流熱( $C_{res}$ ) ↓
  - ④ 屋外で日射： 流入のため輻射熱(R)はマイナス値
  - ⑤ 湿度が高い： 蒸発熱(E) ↓, 呼吸蒸発熱( $E_{res}$ ) ↓
  - ⑥ 弱い風： 対流熱伝達(C) ↓, 蒸発熱(E) ↓
- 蓄熱量 (S) ↑**

# 熱収支に影響する6要素(追加)

- ① 活動状態：代謝量[met]
- ② 着衣状態：着衣量[clo]

---

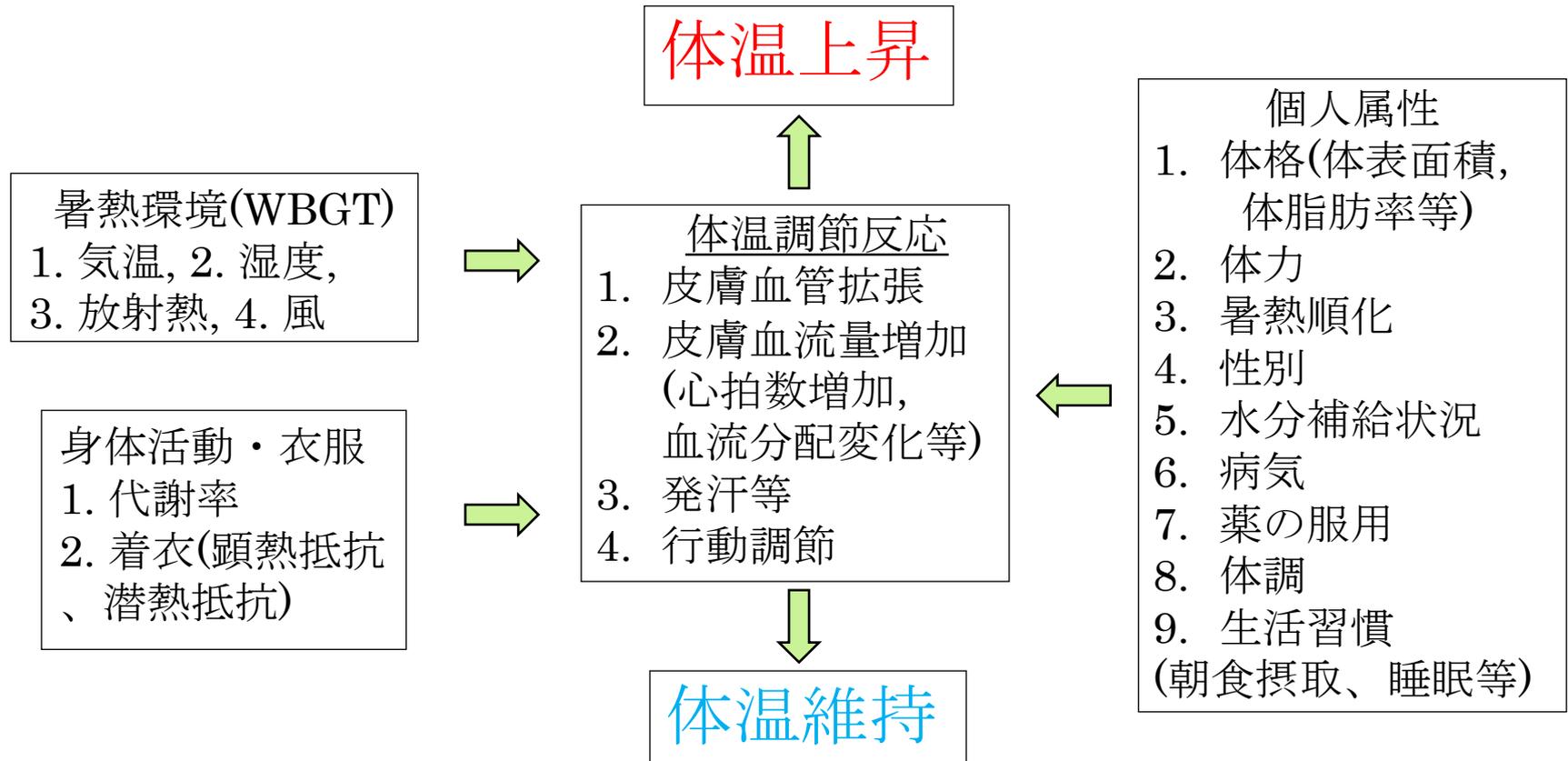
- ③ 気温：空気温度[°C]
- ④ 放射：平均放射温度[°C]
- ⑤ 湿度：相対湿度[%]
- ⑥ 気流：風速[m/sec]

人体側の要因

環境側の要因

WBGTで評価

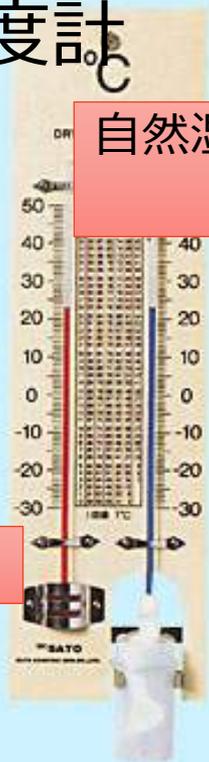
# 暑熱ストレスに対する体温調節 反応と影響を与える個人属性



上野 哲(2016)年齢と体温調節機能との関連性.  
日本職業・災害医学会誌. 64巻, pp. 308-18.(改変)

# WBGT（湿球黒球温度）の原理

## 乾湿温度計



自然湿球⇒湿度  
⇒気流（気化しやすさ）

乾球⇒気温

+

## 黒球温度計



黒球⇒輻射熱（日射）  
⇒気流（冷めやすさ）

### 「日射あり」の条件での算出式

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

### 「日射なし」の条件での算出式

$$\text{WBGT}(\text{°C}) = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$$

# 様々な市販WBGT測定器

黒球あり・自然湿球型

150mm  
黒球

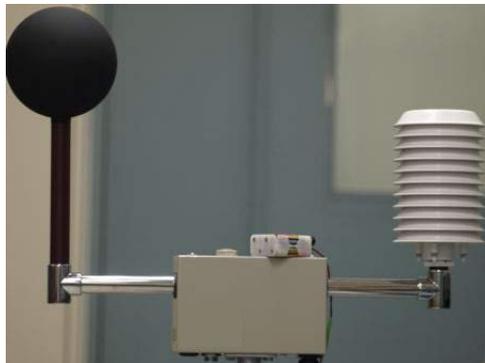


ISO 7243 / JIS Z8504

小型  
黒球



黒球あり・  
湿度センサー型

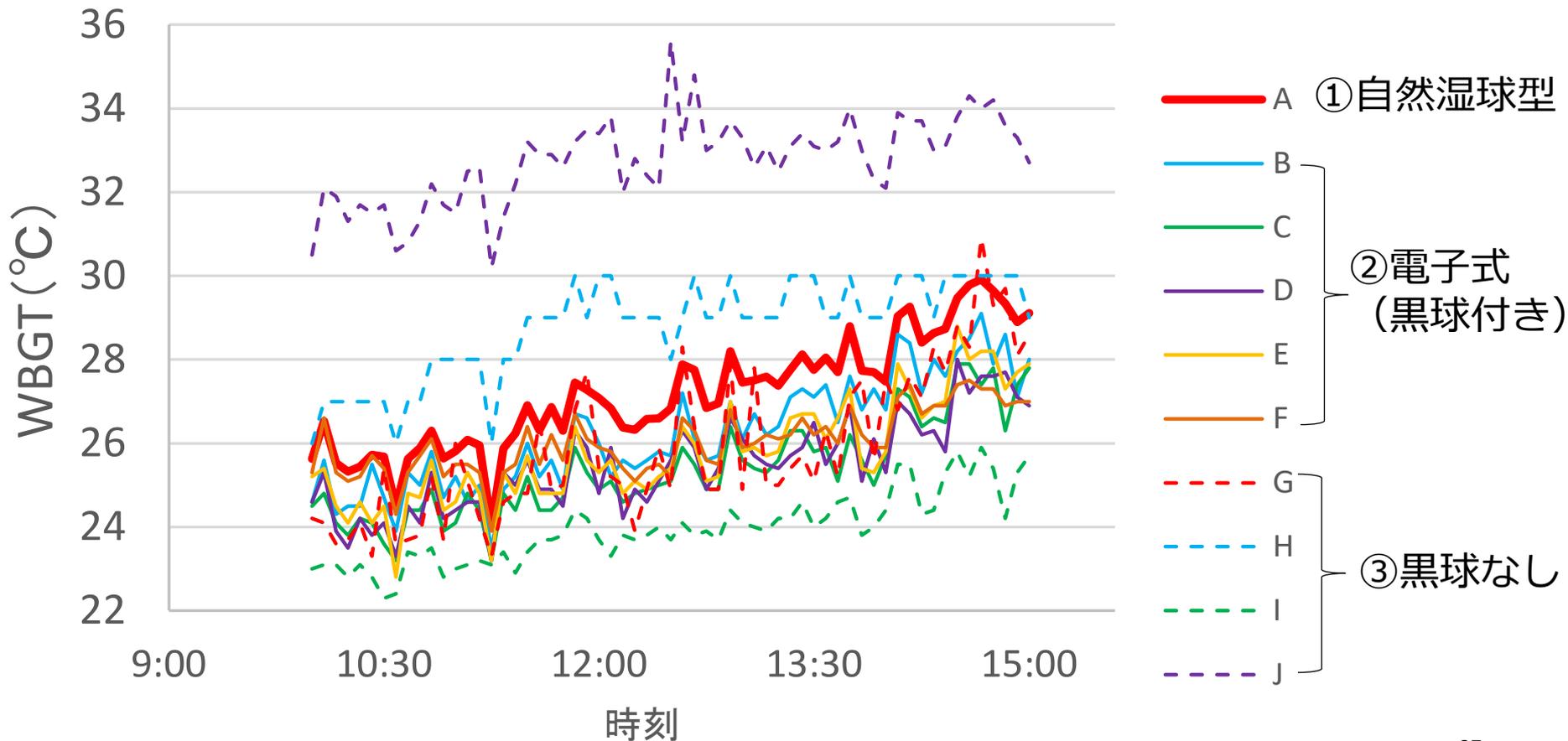


JIS B7922



黒球なし

# WBGT計の種類によって 測定値に差があるのだろうか？



出典：齊藤宏之，澤田晋一（2015）

# WBGTに基づく評価 (労働環境向け)

区分	身体作業強度(代謝率レベル)の例	WBGT基準値				
		熱に順化している人(℃)		熱に順化していない人(℃)		
0 安静	・ 安静	33		32		
1 低代謝率	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 楽な座位</li> <li>・ 軽い手作業(書く、タイピング、描く、縫う、簿記)</li> <li>・ 手及び腕の作業(小さいペンチツール、点検、組み立てや軽い材料の区分け)</li> <li>・ 腕と足の作業(普通の状態での乗り物の運転、足のスイッチやペダルの操作)</li> <li>・ 立位</li> <li>・ ドリル(小さい部分)      ・ フライス盤(小さい部分)</li> <li>・ コイル巻き                      ・ 小さい電気子巻き</li> <li>・ 小さい力の道具の機械</li> <li>・ ちょっとした歩き(速さ3.5km/h)</li> </ul>	30		29		
2 中程度代謝率	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 継続した頭と腕の作業(くぎ打ち、盛土)</li> <li>・ 腕と脚の作業(トラックのオフロード操縦、トラクター及び建設車両)</li> <li>・ 腕と胴体の作業(空気ハンマーの作業、トラクター組立て、しっくい塗り、中くらいの重さの材料を断続的に持つ作業、草むしり、草掘り、果物や野菜を摘む)</li> <li>・ 軽量の荷車や手押し車を押したり引いたりする</li> <li>・ 3.5~5.5km/hの速さで歩く</li> <li>・ 鍛造</li> </ul>	28		26		
3 高代謝率	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 強度の腕と胴体の作業</li> <li>・ 重い材料を運ぶ</li> <li>・ 大ハンマー作業</li> <li>・ 草刈り</li> <li>・ 硬い木にかなをかけたりのみで彫る</li> <li>・ 5.5~7.5km/hの速さで歩く</li> <li>・ 重い荷物の荷車や手押し車を押したり引いたりする</li> <li>・ 鋳物を削る</li> <li>・ コンクリートブロックを積む</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ シャベルを使う</li> <li>・ のこぎりをひく</li> <li>・ 掘る</li> </ul>	気流を感じないとき	気流を感じるとき	気流を感じないとき	気流を感じるとき
		25	26	22	23	
4 極高代謝率	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 最大速度の速さでとても激しい活動</li> <li>・ おのを振るう</li> <li>・ 激しくシャベルを使ったり掘ったりする</li> <li>・ 階段を登る、走る、7km/hより速く歩く</li> </ul>	23	25	18	20	

WBGT測定値がこの値を超えている場合



何らかの対策が必要

# 暑熱環境の評価（一般環境）

## ● 日常生活に関する指針

温度基準 (WBGT)	注意すべき 生活活動の目安	注意事項
危険 (31℃以上)	すべての生活活動で おこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が大きい。 外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
嚴重警戒 (28～31℃※)		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 (25～28℃※)	中等度以上の生活 活動でおこる危険性	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 (25℃未満)	強い生活活動で おこる危険性	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。

※ (28～31℃) 及び (25～28℃) については、それぞれ28℃以上31℃未満、25℃以上28℃未満を示します。  
日本気象学会「日常生活における熱中症予防指針Ver.3」（2013）より

# 暑熱環境の評価（運動環境）

WBGT ℃	湿球 温度 ℃	乾球 温度 ℃	評価	説明
31	27	35	<b>運動は 原則中止</b>	WBGT31℃以上では、特別の場合以外は運動を中止する。特に子どもの場合には中止すべき。
▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼	<b>嚴重警戒</b> (激しい運動は中止)	WBGT28℃以上では、熱中症の危険性が高いため、激しい運動や持久走など体温が上昇しやすい運動は避ける。運動する場合には、頻りに休息をとり水分・塩分の補給を行う。体力の低い人、暑さになれていない人は運動中止。
28	24	31	<b>警 戒</b> (積極的に休息)	WBGT25℃以上では、熱中症の危険が増すので、積極的に休息をとり適宜、水分・塩分を補給する。激しい運動では、30分おきくらいに休息をとる。
▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼	<b>注 意</b> (積極的に水分補給)	WBGT21℃以上では、熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに、運動の合間に積極的に水分・塩分を補給する。
25	21	28	<b>注 意</b> (積極的に水分補給)	WBGT21℃以上では、熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに、運動の合間に積極的に水分・塩分を補給する。
▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼	<b>ほぼ安全</b> (適宜水分補給)	WBGT21℃未満では、通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水分・塩分の補給は必要である。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意。
21	18	24	<b>ほぼ安全</b> (適宜水分補給)	WBGT21℃未満では、通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水分・塩分の補給は必要である。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意。

- 1) 環境条件の評価にはWBGTが望ましい
- 2) 乾球温度を用いる場合には、湿度に注意する。湿度が高ければ、1ランク厳しい環境条件の運動指針を適用する。

# 現場でのWBGT測定に 求められるもの

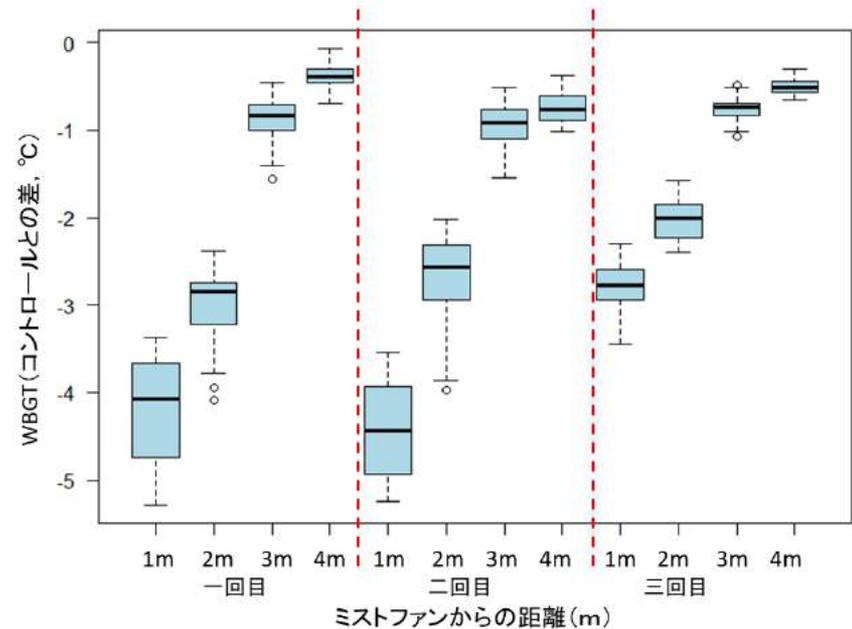
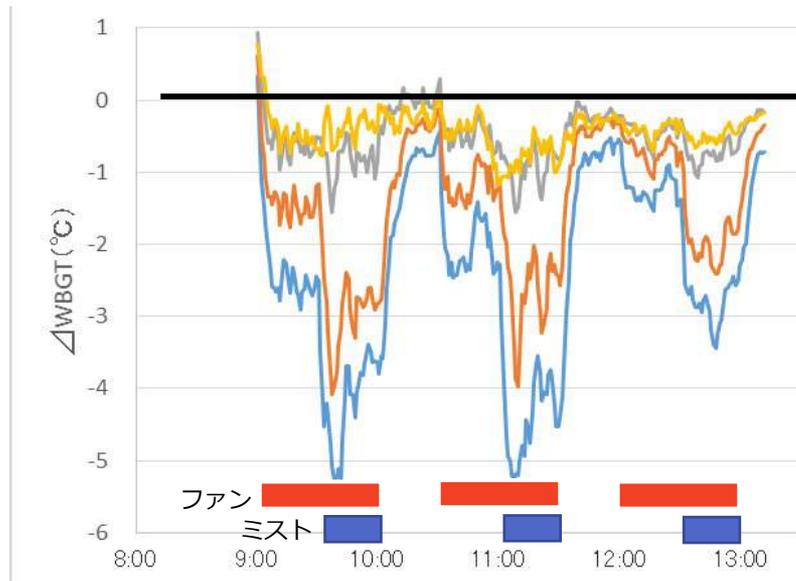
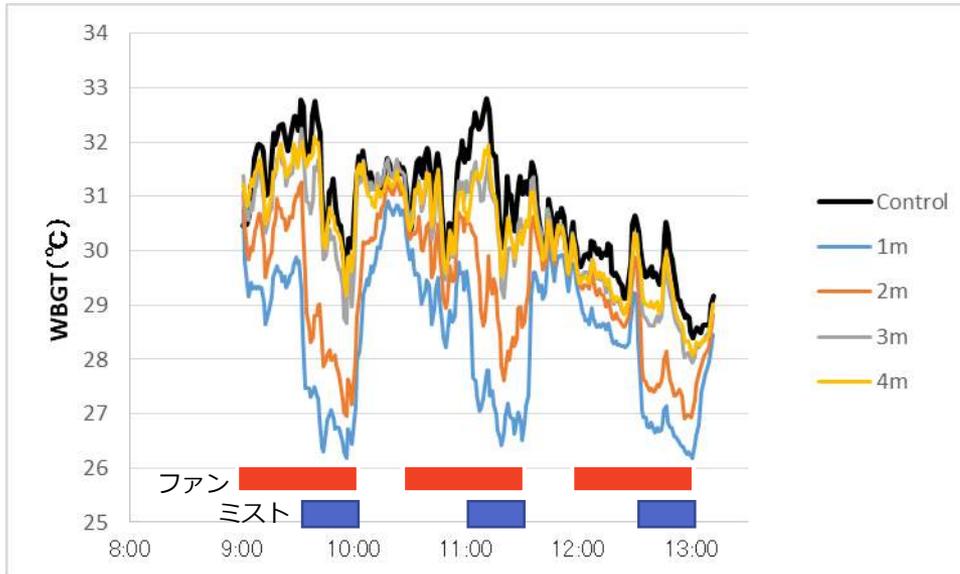
- 最低でもJIS B7922準拠のWBGT測定器を用いて、現場で実際に測定する
  - 黒球なしの測定器は屋外ならびに発熱源のある屋内では使えません。
  - 温度・湿度からの簡易換算表も同様です。
  - 環境省の公表値はあくまでも目安として考えてください（無いよりはずっと良いです）。
  - 湿度センサーは劣化しやすいので、精度管理に気を付けてください。
- できれば複数箇所で測定する
  - 毎回は無理でも、一度いろいろな場所で測定して傾向を把握しておくこと、傾向が把握でき、熱中症リスクの高い場所が把握できるほか、代表地点での測定結果からの補正が可能になります。
- 測定値を作業者がわかりやすいところに掲示する
  - WBGT値が基準値を上回る場合は、休憩時間の延長、休憩サイクルの増加や、作業規制を含む対策を検討する必要があります。

# 暑熱ばく露の軽減対策 (作業環境管理)

- WBGTの低減対策
  - 冷房 (スポットクーラー)
  - 日よけの設置
  - ミストファンの活用
- 休憩所の整備



# WBGT低減対策の一例 (ミストファンによるWBGT値の低減効果)



## 4. 熱中症防止対策(2)－作業管理

---

1. 熱中症の概要（しくみと症状，発生状況）
2. 熱中症を防ぐために必要な対策（概要）
3. 熱中症防止対策(1)－WBGTの測定と作業環境管理
4. 熱中症防止対策(2)－作業管理
  1. 作業時間の短縮
  2. 定期的な水分・塩分の摂取
  3. 熱への順化
  4. 適切な作業着の選定
5. 熱中症防止対策(3)－健康管理と緊急時の措置
6. 熱中症の災害事例と予防対策の例

# 作業管理の例（1）

## 作業時間の短縮

---

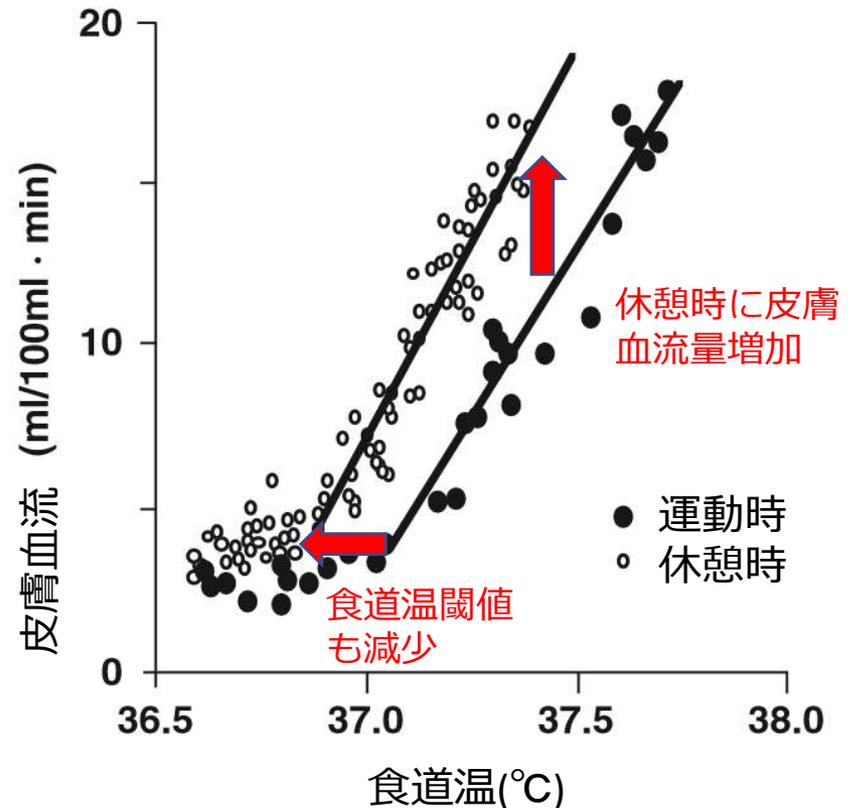
- WBGT値が基準値を大幅に超過しているとき，以下のような対策の検討を考慮。
  - 休憩間隔の短縮，休憩時間の延長
  - 暑さのピーク時間帯の作業中止
  - 早朝，夜間などへのシフト（周辺対策上，困難な場合も）

# 活動時と休憩時の血流配分

## 血流分配

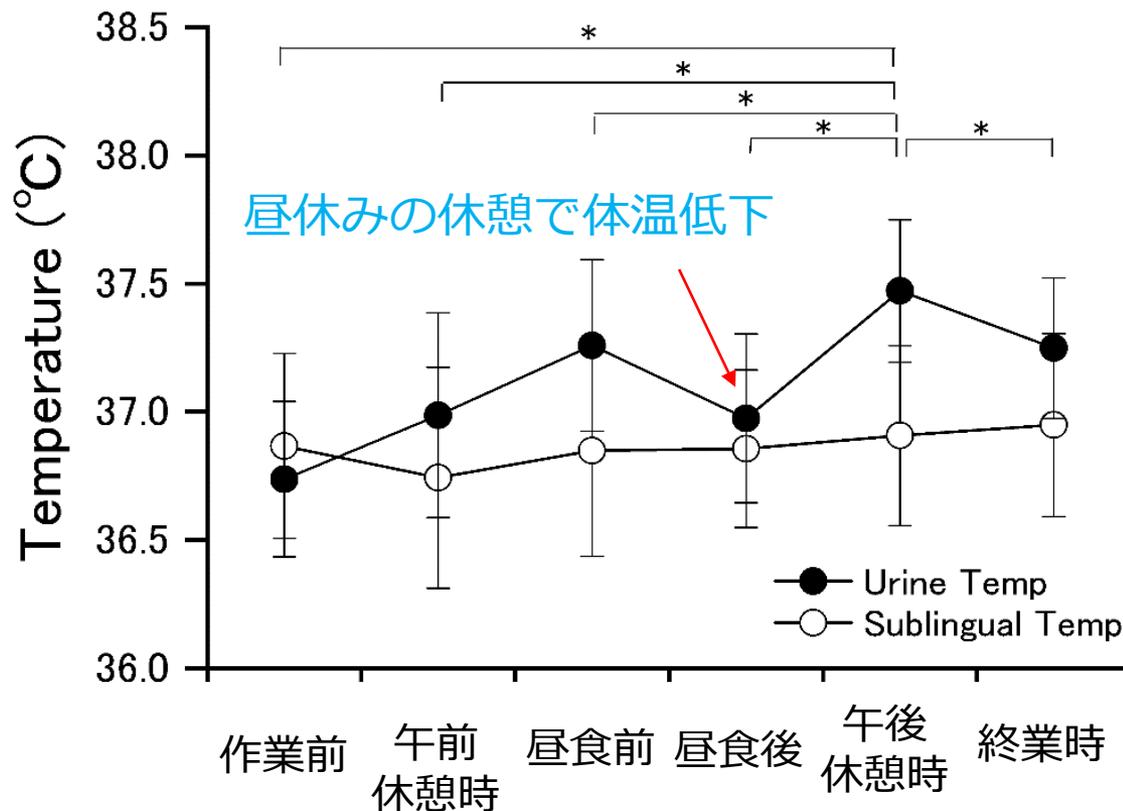
	活動時	休憩時
心拍出量	↑↑	↓↓
筋肉へ	↑↑	↓↓
皮膚へ	↓	↑
腎臓へ	↓	↑
他臓器へ	↓	↑

活動時は、筋肉への血流が優先され皮膚や腎臓、その他の臓器への血流が減少。筋肉では熱が発生するが、放熱のための皮膚血流量は減少。休憩時は、筋肉への血流は必要でなく皮膚への血流が増加。



Johnson JM (2010) Scand J Med Sci Sports 20: 29-39.

# 作業中の体温変化



Ueno, Sakakibara, Hisanaga et al. (2018) Heat Strain and Hydration of Japanese Construction Workers during Work in Summer. *Ann. Work Exp. Health* 62: 571-82.

# (対策例) WBGT超過度に応じた休憩サイクルの設定

- WBGT値が基準値を超過している場合、その超過度に応じた対策が求められる。
- 超過度に応じた休憩サイクルをあらかじめ決めておくことが有効。

WBGT基準値からの超過	1時間あたりの休憩の目安
基準値～1℃	15分
2℃	30分
3℃	45分
4℃以上	作業中止を検討

出典：厚生労働省「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」

※熱に順化した健康な労働者の場合。

熱に順化していない場合は休憩をさらに多めに取る必要がある。

# WBGT値と推奨される作業時間 (ACGIH TLV and AL)

TABLE 2. Screening Criteria for TLV<sup>®</sup> and Action Limit for Heat Stress Exposure

Allocation of Work in a Cycle of Work and Recovery	TLV <sup>®</sup> (WBGT values in °C)				Action Limit (WBGT values in °C)				
	Light	Moderate	Heavy	Very Heavy	Light	Moderate	Heavy	Very Heavy	
75 to 100%	31.0	28.0	—	—	28.0	25.0	—	—	
50 to 75%	31.0	29.0	27.5	—	28.5	26.0	24.0	—	
25 to 50%	32.0	30.0	29.0	28.0	29.5	27.0	25.5	24.5	
0 to 25%	32.5	31.5	30.5	30.0	30.0	29.0	28.0	27.0	

暑熱順化あり

暑熱順化なし

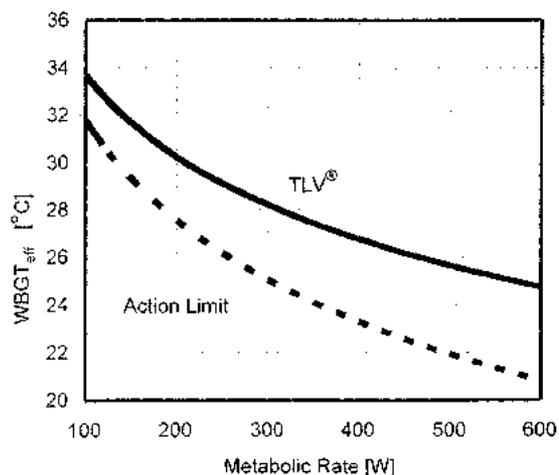
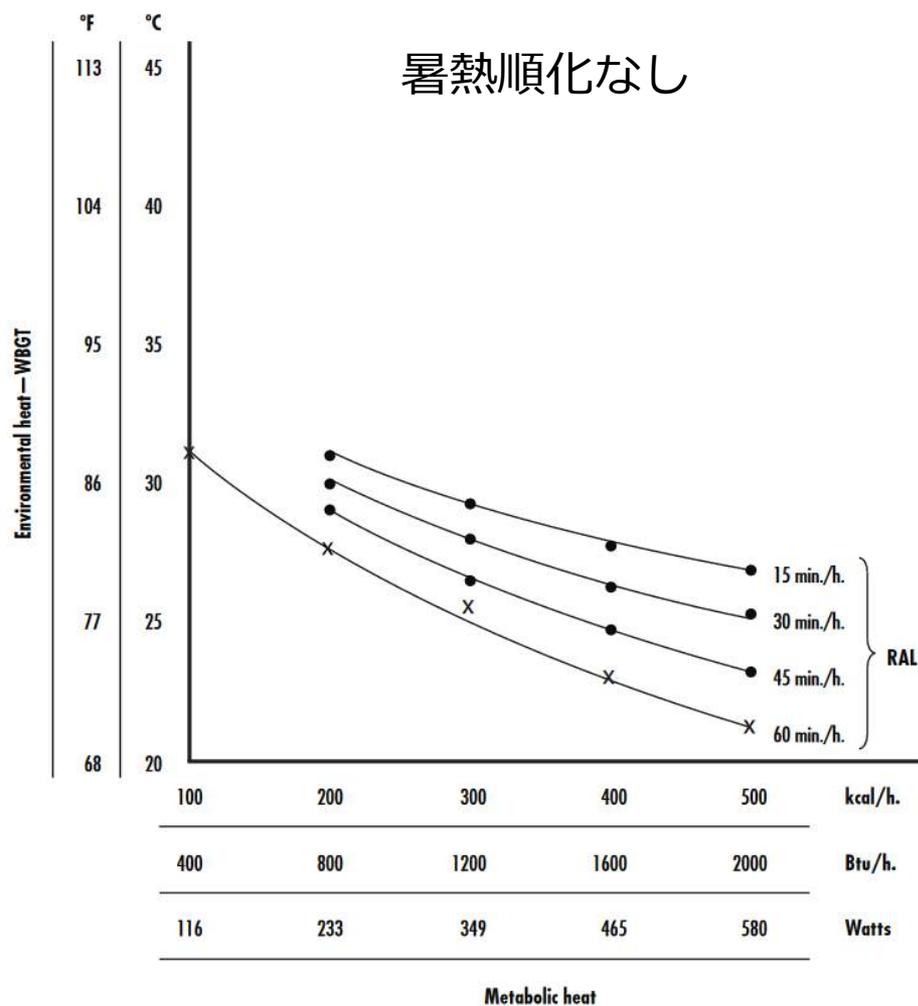
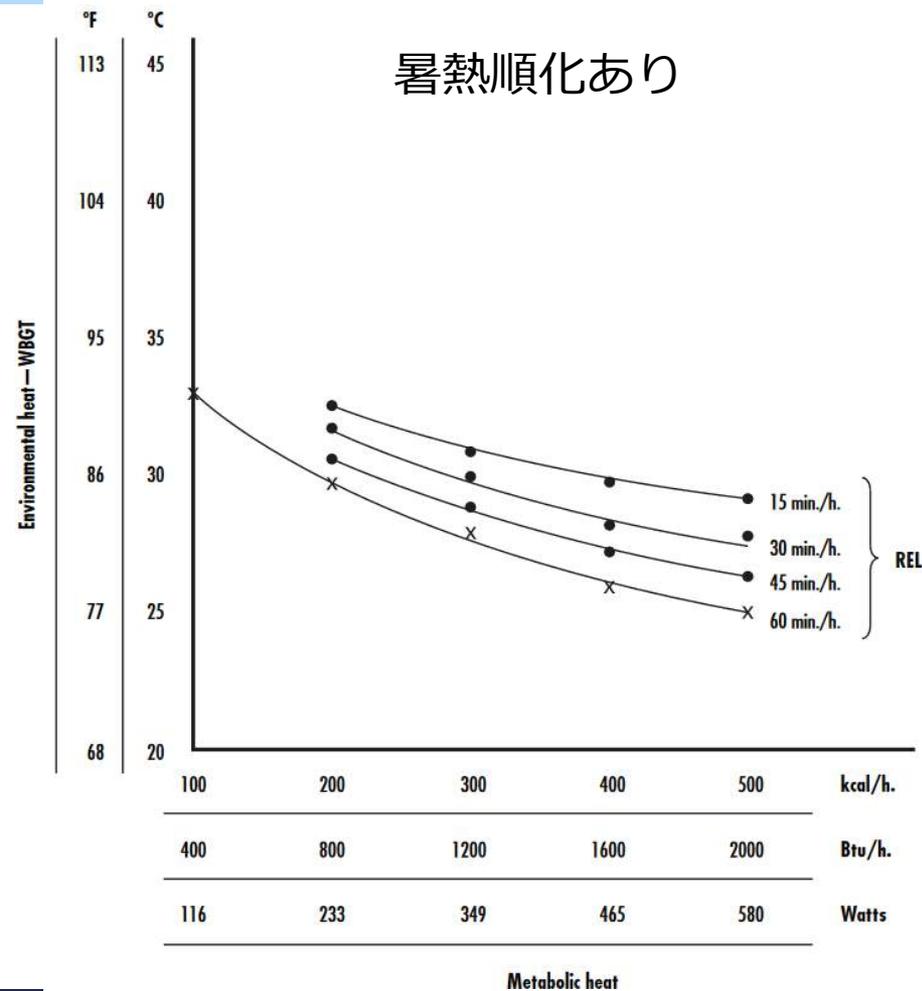


FIGURE 2. TLV<sup>®</sup> (solid line) and Action Limit (broken line) for heat stress. WBGT<sub>eff</sub> is the measured WBGT plus the Clothing-Adjustment Factor.

# WBGT値と推奨される作業時間 (米国NIOSH-RALs)



RALs: Recommended heat stress alert limits

出典 : NIOSH (2016) Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Heat and Hot Environments

# 作業管理の例（2）

## 定期的な水分・塩分の摂取

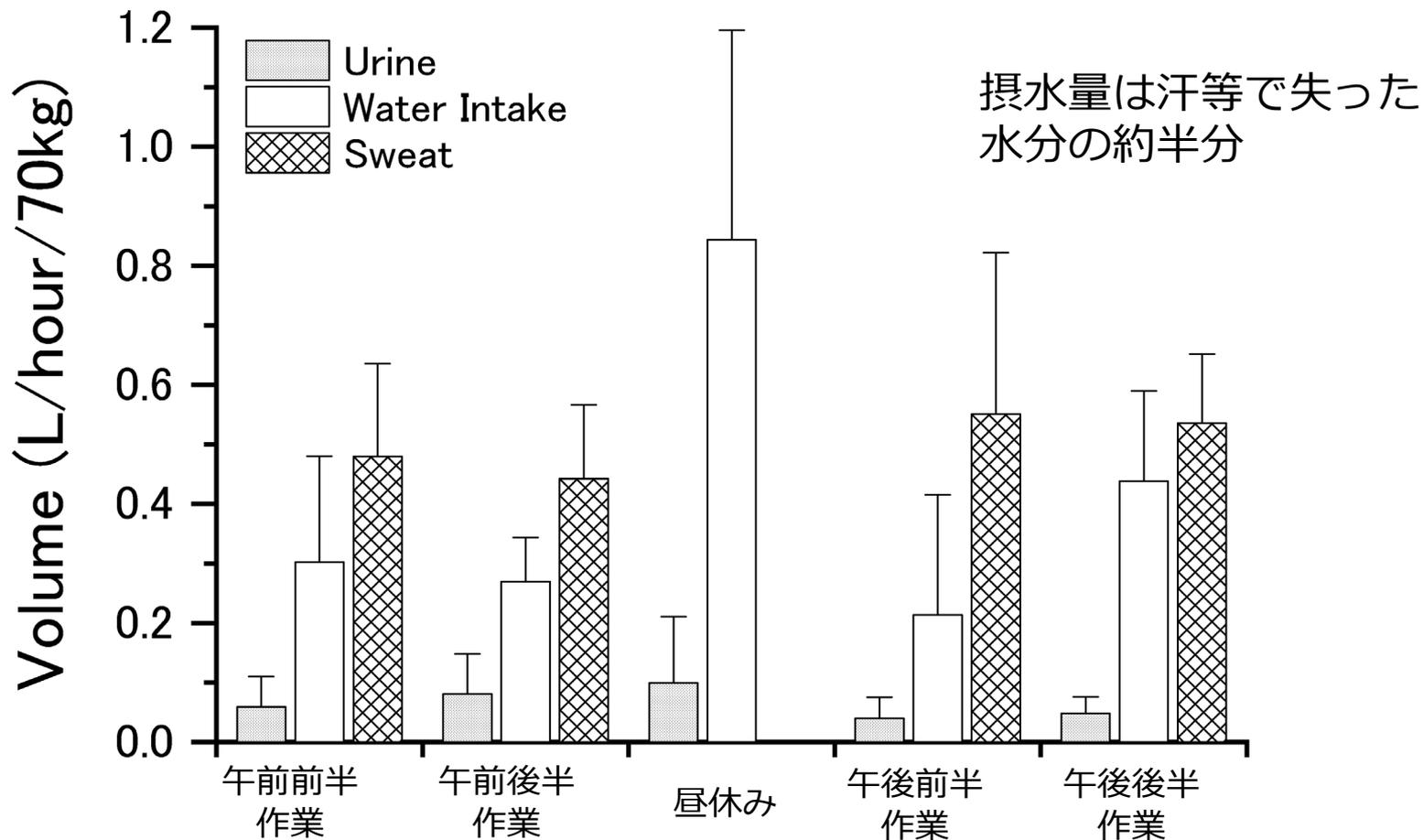
---

- 厚生労働省は、0.1～0.2%の食塩水（Naとして40～80mg/dL）を20～30分おきにコップ1～2杯摂取することを推奨。
  - 市販のスポーツドリンクが便利だが、糖分のとりすぎに注意！
  - 高血圧症の人は、塩分の摂取が適切かどうか主治医に確認すること。
- のどが渴いてからではなく、定期的に摂取することが重要。
  - 作業者任せにせず、摂取状況をチェック表などで確認する。
  - 摂取しやすい環境を整える。

# 実際の現場における対策 (水分・塩分の摂取)

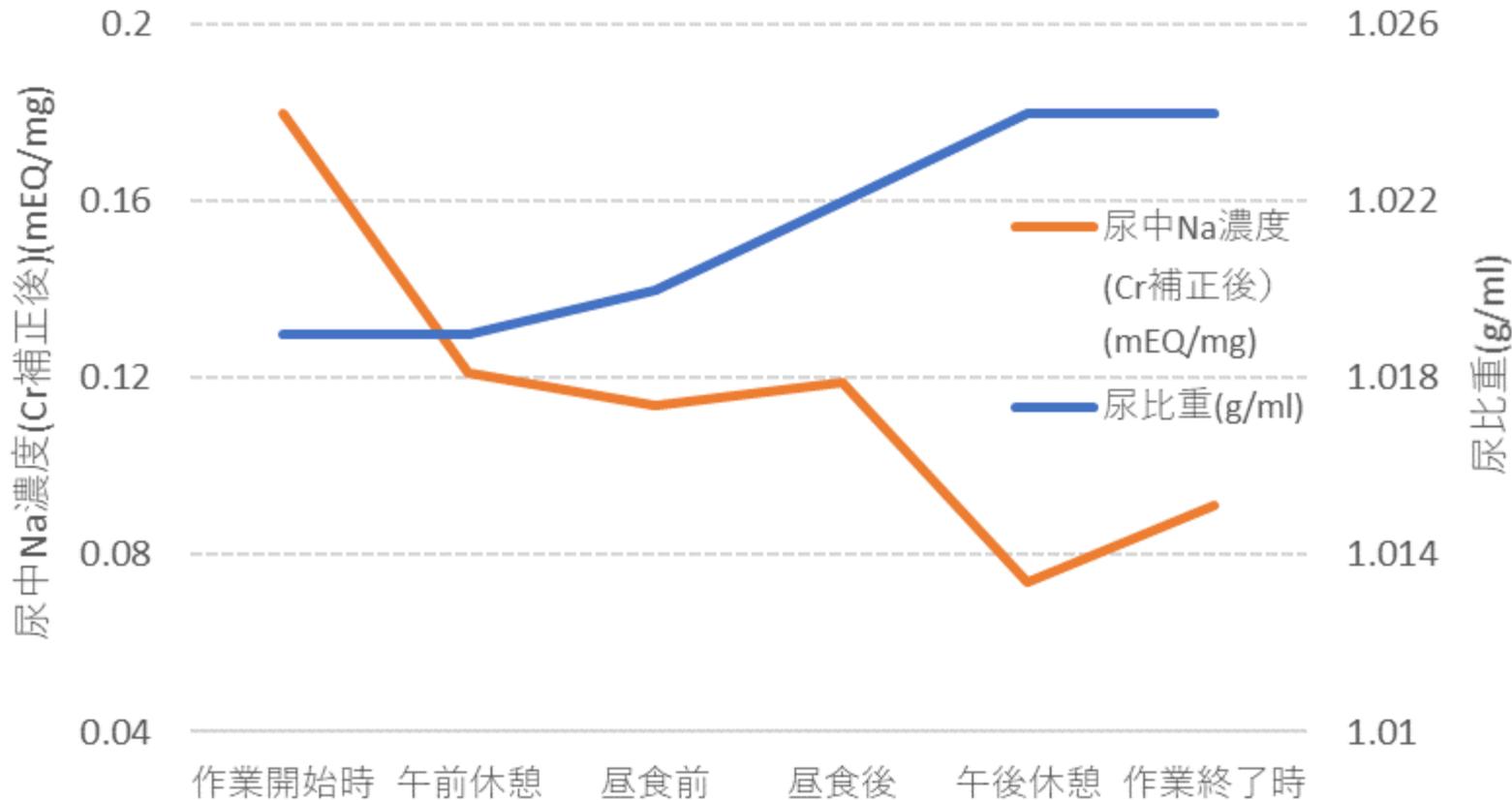


# ある工事現場での作業者の摂水量



Ueno, Sakakibara, Hisanaga et al. (2018) Heat Strain and Hydration of Japanese Construction Workers during Work in Summer. Ann. Work Exp. Health 62: 571-82.

# 尿比重、尿浸透圧の変化



作業開始時に脱水になっていると、作業中に脱水がさらに進む可能性がある。

Ueno, Sakakibara, Hisanaga et al. (2018) Heat Strain and Hydration of Japanese Construction Workers during Work in Summer. Ann. Work Exp. Health 62: 571-82.

# 脱水時の皮膚血流量減少

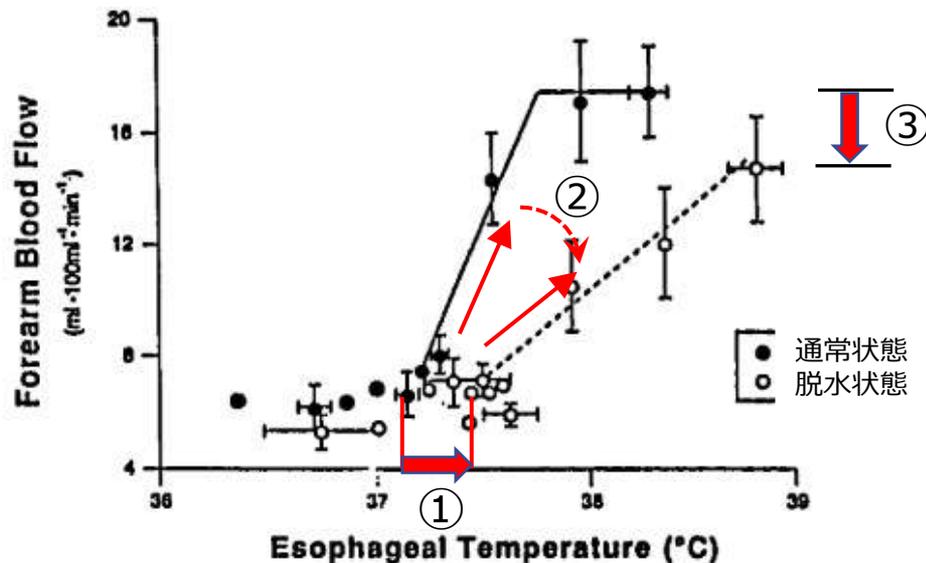


Figure 5—Forearm blood flow vs esophageal temperature for seven young men exercising at 40–45%  $\dot{V}O_{2\max}$  in a hot, dry environment. Each point represents the mean data from the seven subjects; bars represent  $\pm 1$  SEM. The open circles show mean responses after a period of 18 h of fluid restriction (hypohydrated), while the filled circles represent the euhydrated condition (no prior fluid restriction). The effects of hypohydration are to shift the threshold to a higher core temperature and to decrease the slope of the response. Redrawn from data published in reference 29.

脱水による血液高浸透圧状態と血液量が減少している状態が重なると、左図のように

1. 血管拡張の食道温度閾値上昇
  2. 食道温度に対する皮膚血流増加の傾きが減少
  3. 最大皮膚血流量の減少
- が生じ、皮膚血流量が減少する。そのため、体からの放熱量も減少する。

Kenney WL, Johnson JM(1992)  
Control of skin blood flow during exercise.  
Med. Sci. Sports Exer. Vol24, pp. 303-12.

# 脱水がもたらす影響

体重の1%の脱水につき、直腸温度の0.3°Cの上昇、5-10拍/分の心拍数の増加するとされる。

脱水 (体重比)	症状
2%	持久的運動能の低下、のどの渇き
3%	食欲不振、無酸素性運動能の低下、強いのどの渇き
4%	皮膚紅潮、疲労困憊、尿量減少、体温上昇
5%	よろめき、頭痛、めまい、足取り遅延
6%	呼吸困難
8~10%	身体動揺、けいれん

(参考)

# 米軍における休憩・水分補給の基準

## Work/Rest Times and Fluid Replacement Guide

Heat Category	WBGT Index (°F)	Easy Work Walking on hard surface, 2.5 mph, <30 lb. load; weapon maintenance, marksmanship training.		Moderate Work Patrolling, walking in sand, 2.5 mph, no load; calisthenics.		Hard Work Walking in sand, 2.5 mph, with load; field assaults.	
		Work/Rest (minutes)	Fluid Intake (quarts/hour)	Work/Rest (minutes)	Fluid Intake (quarts/hour)	Work/Rest (minutes)	Fluid Intake (quarts/hour)
1	78° - 81.9°	NL	½	NL	¾	40/20 (70)*	¾ (1)*
2 (GREEN)	82° - 84.9°	NL	½	50/10 (150)*	¾ (1)*	30/30 (65)*	1 (1¼)*
3 (YELLOW)	85° - 87.9°	NL	¾	40/20 (100)*	¾ (1)*	30/30 (55)*	1 (1¼)*
4 (RED)	88° - 89.9°	NL	¾	30/30 (80)*	¾ (1¼)*	20/40 (50)*	1 (1¼)*
5 (BLACK)	> 90°	50/10 (180)*	1	20/40 (70)*	1 (1¼)*	10/50 (45)*	1 (1½)*

NL = No limit to work time per hour.

\*Use the amounts in parentheses for continuous work when rest breaks are not possible. Leaders should ensure several hours of rest and rehydration time after continuous work.

This guidance will sustain performance and hydration for at least 4 hours of work in the specified heat category. Fluid needs can vary based on individual differences ( $\pm \frac{1}{4}$  qt/hr) and exposure to full sun or full shade ( $\pm \frac{1}{4}$  qt/hr).

Rest means minimal physical activity (sitting or standing) in the shade if possible.

Body Armor - Add 5°F to WBGT index in humid climates.

NBC (MOPP 4) - Add 10°F (Easy Work) or 20°F (Moderate or Hard Work) to WBGT Index.

**CAUTION:** Hourly fluid intake should not exceed 1½ qts. Daily fluid intake should not exceed 12 qts.

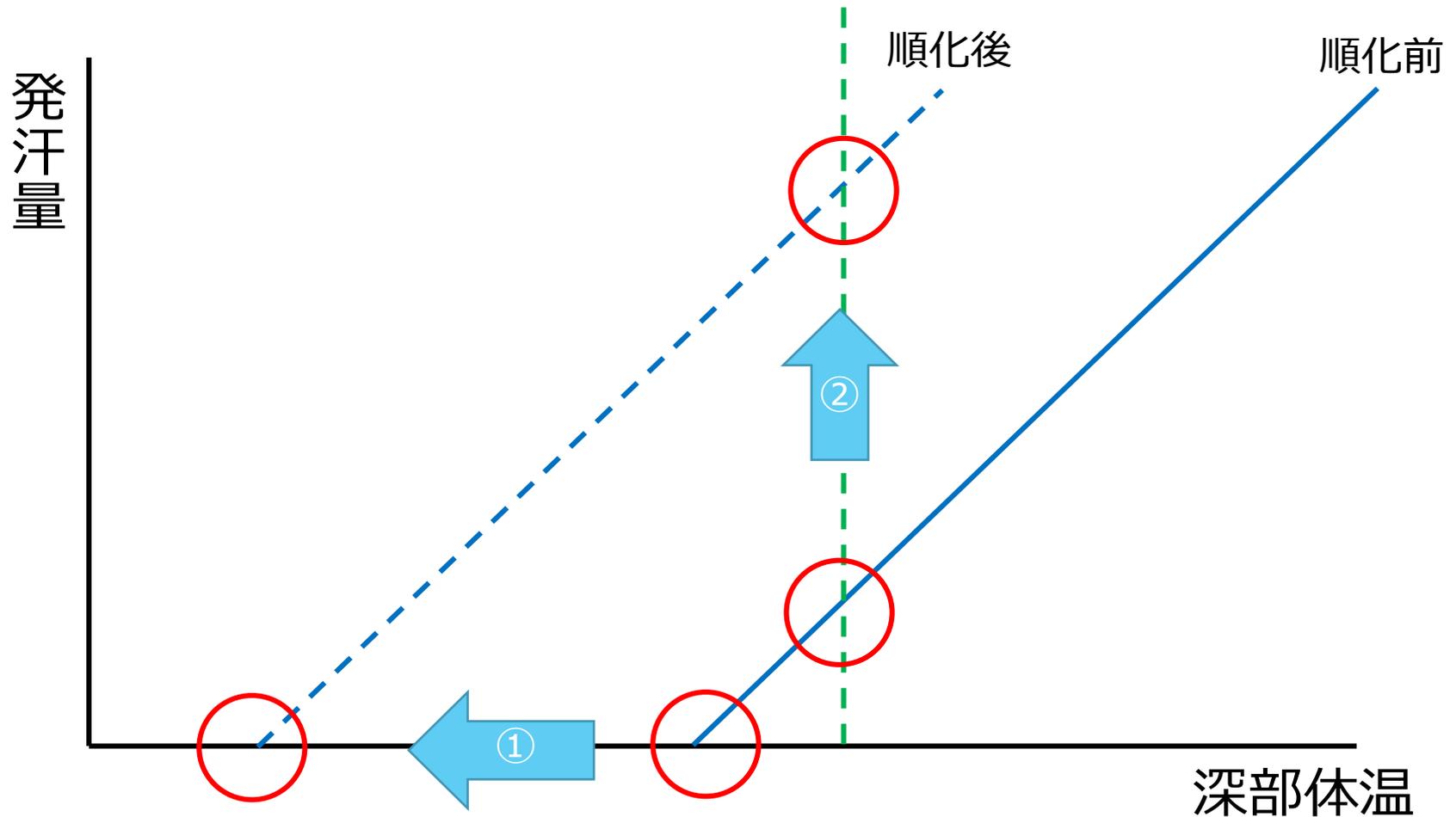
# 作業管理の例（3）

## 熱への順化

---

- 熱への順化（暑熱順化）とは？
  - 熱に慣れ，当該作業に適応すること。
  - 計画的に順化させること
- 熱に慣れることにより，2～3日で自律神経が変化し，少しの熱でも下記の反応が起きやすくなる。
  - 第一段階：皮膚血管拡張反応
  - 第二段階：発汗反応
- 4～5日で内分泌系（ホルモン系）が変化
  - 塩分の損失を抑える効果
  - 汗がサラサラになり，蒸発・気化しやすくなる効果

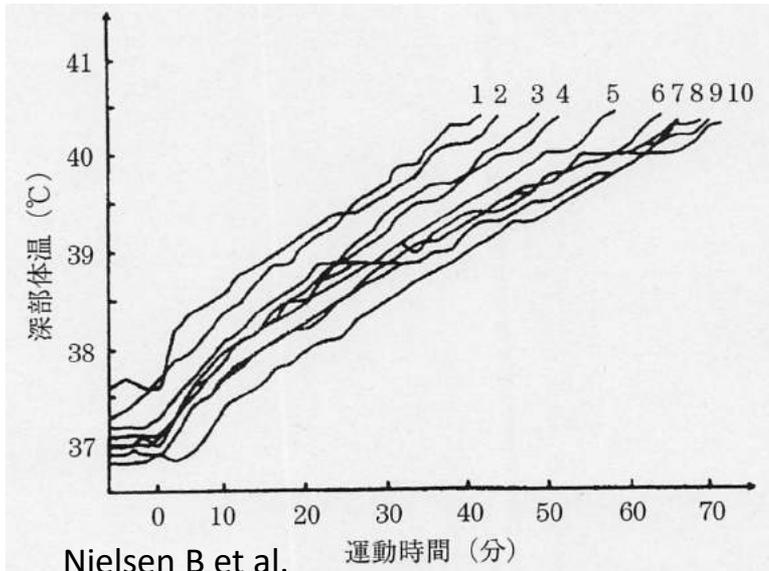
# 暑熱順化による体温と発汗量の関係



- ①：汗のかき始めが早くなる
- ②：同じ体温でもかく汗の量が多くなる

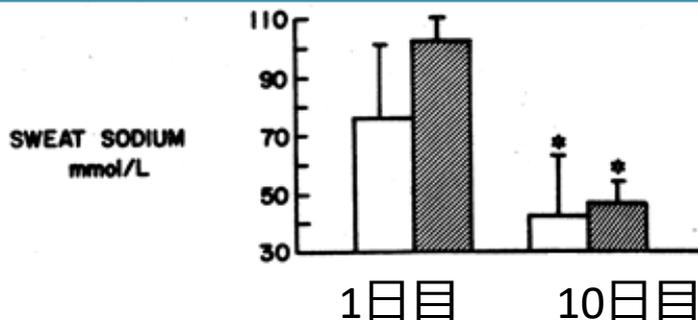
# 暑熱順化の効果 (研究結果の紹介)

## 暑熱順化と深部体温の変化



J Physiol 460: 467-485, 1993.

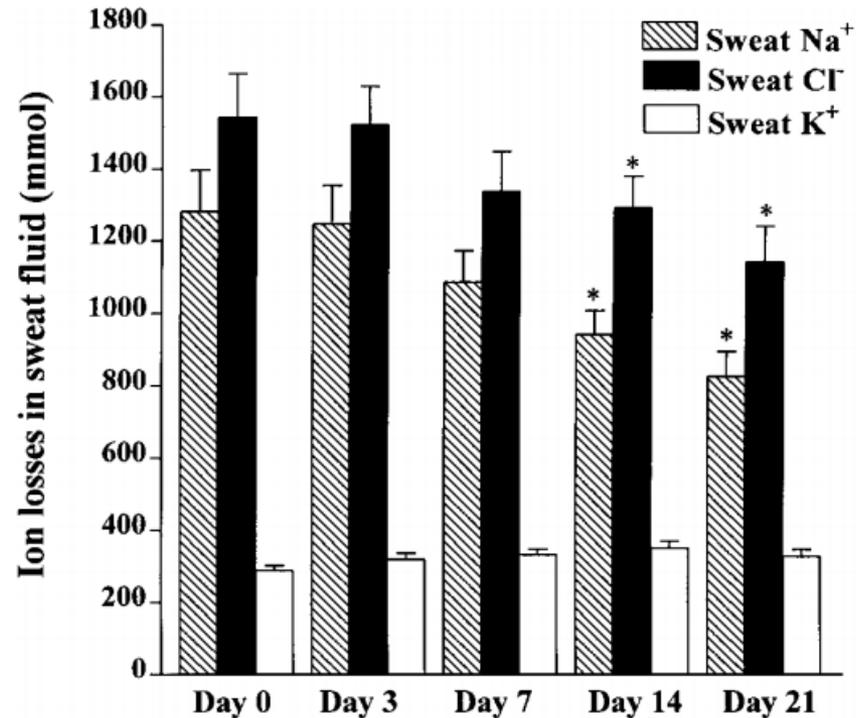
## 暑熱順化と汗中ナトリウム濃度



CR Kirby, VA Convertino

Journal of Applied Physiology, 61(3) 967-970

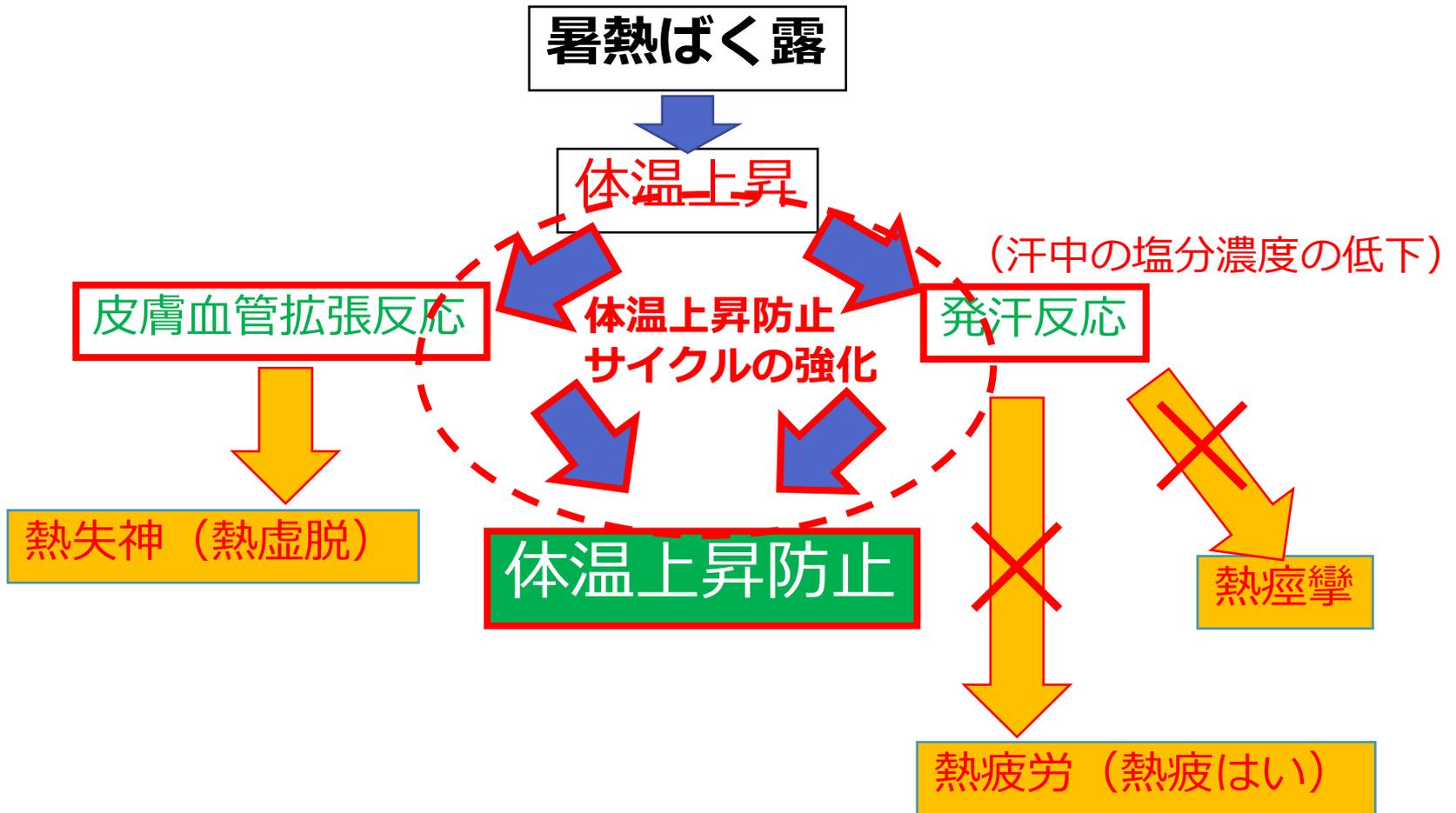
## 暑熱順化と汗によるミネラル損失



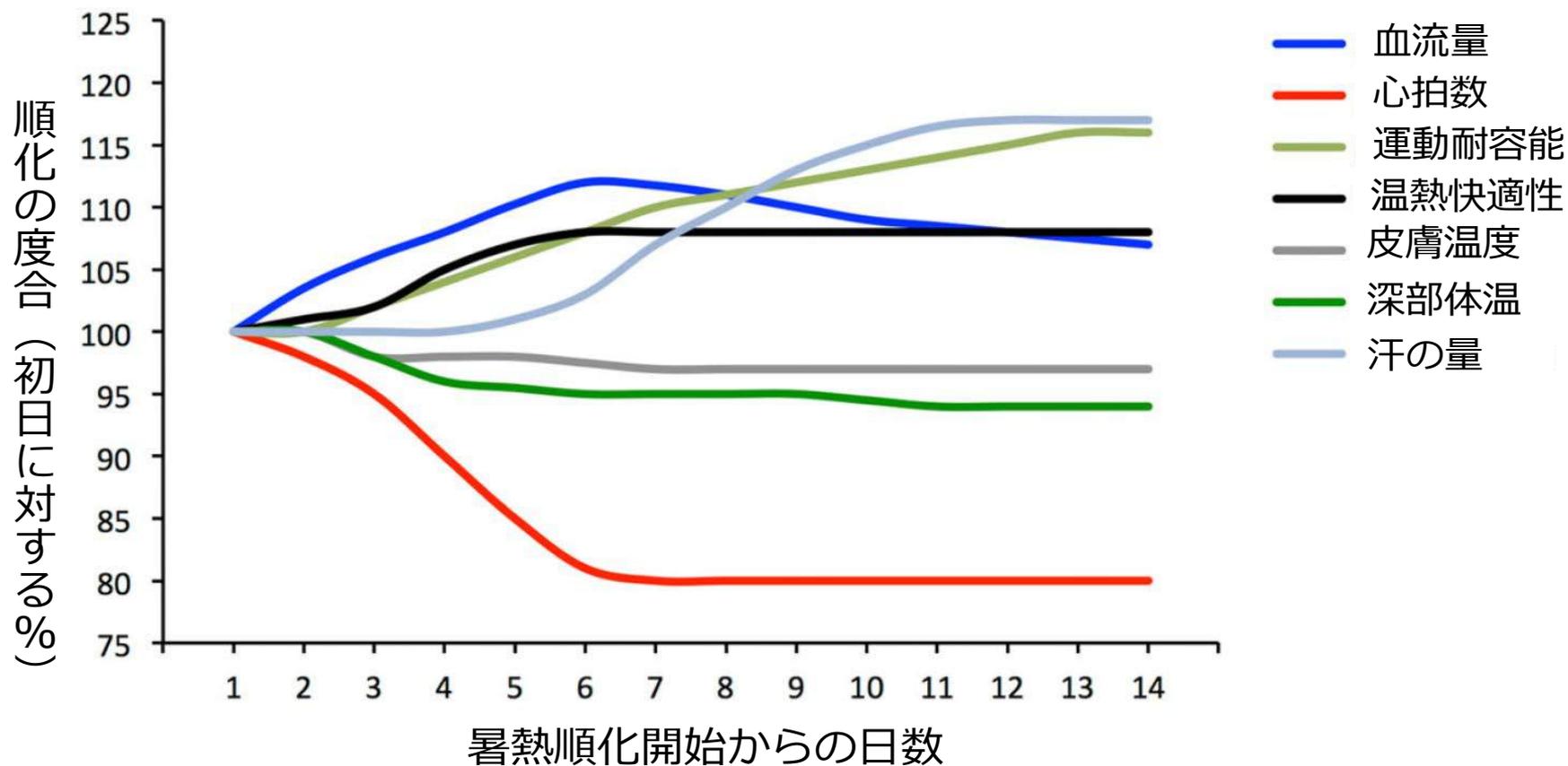
McCutcheon LJ et al.

J Appl Physiol 1999 87(5):1843-51, 1999.

# 暑熱順化の効果



# 暑熱順化の実際



J. D. Périard, S. Racinais, M. N. Sawka  
*Scand J Med Sci Sports* 2015; 25 (Suppl. 1): 20–38

# 暑熱順化するとどうなるのか？

暑熱順化していない場合



皮膚の血流量が増えにくい  
汗で排出されるナトリウム量が多い  
体温が上がりやすい  
水分補給で体液量が回復しにくい

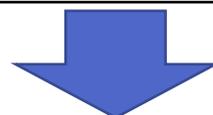


熱中症になりやすい

暑熱順化している場合



皮膚の血流量が増加しやすい  
汗の中に出るナトリウムが減る  
体温が上がりにくい  
水分補給で体液量が回復しやすい



熱中症になりにくい

- 暑さに順化するには約 1 週間かかる
  - 計画的に順化させることが必要。
- 数日間暑さから遠ざかると、順化がなくなってしまう
  - 初夏の暑い日、新規入職者、梅雨明け、お盆明け等に注意が必要。 53

# 暑熱順化の例

- 汗をうまくかいて体内の熱を放出する働きを、暑くなる前、暑熱作業する前に目覚めさせることが必要。
  - 仕事後にジムで一汗かく
  - ウォーキングやジョギング，自転車などでしっかりと汗をかく
    - 帰宅時にひと駅分歩くだけでも効果的
  - 半身浴やサウナで汗をしっかりとかく
  - 冷房は控えめにする
  - 順化していないまま作業に入る場合は，無理をせず（させず）に一週間くらいかけて徐々に暑い場所で作業するようにする
- これを「計画的」に行うにはどうすればよいかを考える。



# 作業管理の例（４） 適切な作業着の選定



- ❑ 業種・職種によっては長袖，手袋，保護具などの着用が必要なケースも多い（建設業等）
- ❑ 可能な限り，通気性の良い服や，空調服等の活用が望まれる。

# 作業管理の例（４）適切な作業着の選定 （衣服によるWBGTの影響）

厚生労働省通達（原典：ACGIH TLV）

衣服	WBGT補正值（℃）
作業着（長袖シャツとズボン）	0
布（織物）製つなぎ服	0
二層の布製つなぎ服	3
SMSポリプロピレン製つなぎ服	0.5
ポリオレフィン布製つなぎ服	1
限定用途の蒸気不透湿性つなぎ服	11

ISO7243: 2017（現在，JIS Z8504の改定中）

衣服	WBGT補正值（℃）
織物製の作業服	0
織物製のつなぎ服	0
単層の不織布製のつなぎ服	0
単層のポリオレフィン素材からなる不織布製つなぎ服	2
長袖と長い布カバーオールを備えた不透湿性エプロン	4
二層織物のカバーオール	3
フードなしの単層の不透湿カバーオール	10
フードありの単層の不透湿カバーオール	11
服の上に着たフードなし不透湿のつなぎ服	12
フードがある場合の加算	+1

# 衣服の熱特性(顕熱抵抗, 潜熱抵抗)を定量的に計測可能なサーマルマネキン(追加)

---



Tyvex



夏スーツ



化学防護服



作業服



ニッカポッカ

# 市販暑熱対策グッズの効果

---

- 防暑対策ヘルメット
- 空気循環型防暑ジャケット
- クールベスト
- 電動ファン（フードマスク）
- 水冷下着
- クールビズポロシャツ

• • • • • • • •



果たして、効果は確かなのだろうか？？？

# 防暑対策グッズの熱中症防止効果

対策グッズの種類	深部体温低減	皮膚温度低減	心拍数抑制	体重減少抑制	心理的負担軽減	その他の効果
アイスパック	○～×	○	○	○～×	○	作業時間の延長
空調服	×	○	×	×	○	
PCM (相変換物質)	○～×	○	×	○～×	○	
アイスベスト	△～×	○～×	×	×	○	

参考： 澤田晋一：セイフティダイジェスト 59(5) 2-10, 2013.

- 防暑対策グッズの多くは、皮膚温度低減や、心理的負担軽減は期待できるものの、熱中症発症に直接関係のある「深部体温低減」の効果は期待できないものが多い。
- 効果がないものを、効果があると思って使った場合、逆効果になる可能性がある。
- 導入する場合は、効果があるかどうかを確認した上で使うことが望ましい。
- 効果を過信しないことが重要。

# 5. 熱中症防止対策(3)

## 健康管理と緊急時の措置

---

1. 熱中症の概要（しくみと症状，発生状況）
2. 熱中症を防ぐために必要な対策（概要）
3. 熱中症防止対策(1)－WBGTの測定と作業環境管理
4. 熱中症防止対策(2)－作業管理
5. 熱中症防止対策(3)－健康管理と緊急時の措置
  1. 健康診断結果に基づく対応等
  2. 日常の健康管理等
  3. 労働者の健康状態の確認（職場巡視）
  4. 緊急時の措置
6. 熱中症の災害事例と予防対策の例

# 持病による熱中症リスクの増加

## □ 糖尿病

- 血糖値が高い血液を薄めるために水分が必要となり、それを排出するために脱水になりやすい

## □ 高血圧症

- 降圧利尿剤を服用していることが多い
- 塩分制限を受けているため、定期的な塩分摂取が難しい

## □ 心疾患

- 降圧利尿剤を服用していることが多い

## □ 慢性腎不全

- 水分塩分のコントロール不全により電解質代謝が阻害され、水分塩分不足になりやすい

## □ 皮膚疾患

- 汗をかきにくい

## □ 自律神経機能に影響がある薬剤の使用

- 発汗機能や体温調節機能が阻害される可能性

定期健診や入職時に持病を確認し、必要によって措置を行うことが重要。  
産業医や主治医に対応を確認すること。

# 体調不良や不摂生のリスク

---

- 風邪, 発熱
  - 初期では熱放散反応が抑制, 体温上昇が加速
  - 解熱期は汗を大量にかき, 脱水
- 下痢・嘔吐
  - 脱水
- 飲酒, 二日酔い
  - 利尿作用, 脱水
- 朝食の未摂取
  - 食物からの水分・塩分摂取の不足
- 睡眠不足
  - 体温維持能力の低下
  - ヒューマンエラーの増加

朝礼時や巡視時, 休憩時に健康状態を確認することが重要。

熱中症に関する健康状態自己チェックシート

工事名：	所属会社：
	氏名：
<ul style="list-style-type: none"> <li>●この「チェックシート」は、作業員の方が各自で毎日体調をチェックするための「チェックシート」です。</li> <li>●朝礼時と休憩時に、体調をチェックしてください。</li> <li>●休憩時のチェックで症状が認められる方は、すぐに職長又は職員に申し出てください。</li> <li>●職長は各作業員の方のチェックシートを見て、早目の対応に努めてください。</li> </ul>	

区分	No.	チェック項目	/		/	/	/	/
朝礼時 チェック		以下の人は熱中症にかかりやすい人です。						
	1	高齢者（65歳以上の人）である。						
	2	心筋梗塞、狭心症などにかかったことがある。						
	3	これまでに熱中症になったことがある。						
	4	高血圧である。						
	5	ふとっている。						
	6	風邪を引いて熱がある。						
	7	下痢をしている。						
	8	二日酔いである。						
	9	朝食を食べなかった。						
	10	寝不足である。						
休憩時 チェック		以下の人は熱中症にかかっている人です。						
	重症度Ⅰ	11	めまい、立ちくらみがある。					
		12	ふいてもふいても汗が出てくる。					
		13	手足や体の一部がつる。					
	重症度Ⅱ	14	頭がズキンズキンと痛い。					
		15	吐き気がする。					
		16	体がだるい。					
		17	判断力・集中力が低下する。					
	重症度Ⅲ	18	意識が無い。					
		19	体がけいれんする。					
		20	体温が高い。					
		21	呼び掛けに反応していない。					
22		まっすぐに歩けない。走れない。						

活用

健康状態チェックシートの

# 暑熱負担の警戒信号

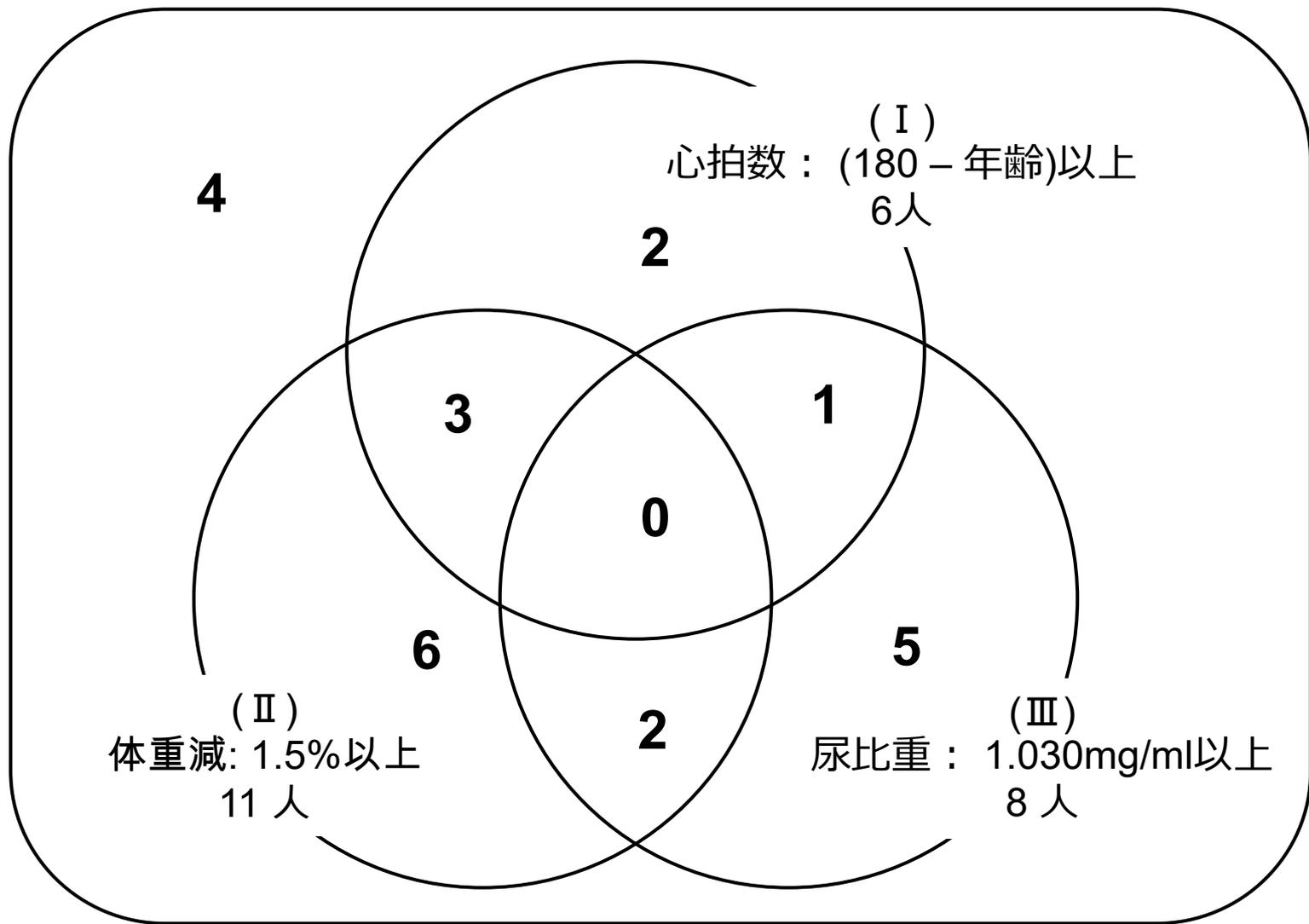
以下の5つの状態のいずれかが認められたら、暑熱負担が増大しており、このまま作業を継続すると熱中症の危険性が高いとされている。

- 1分間の心拍数が数分間継続して（180—年齢）を超過
- 作業強度ピークの一分钟后の心拍数が120を超過
- 作業中の体温が38℃を超過
- 体重が作業前から1.5%以上減少
- 激しい喉の渇きや疲労感の症状が発現

果たして、このような状態を作業中に把握できるのかどうか？

⇒ 「無理」、 「難しい」ではなく、できることから。

# 調査した建設業従事者の生理指標

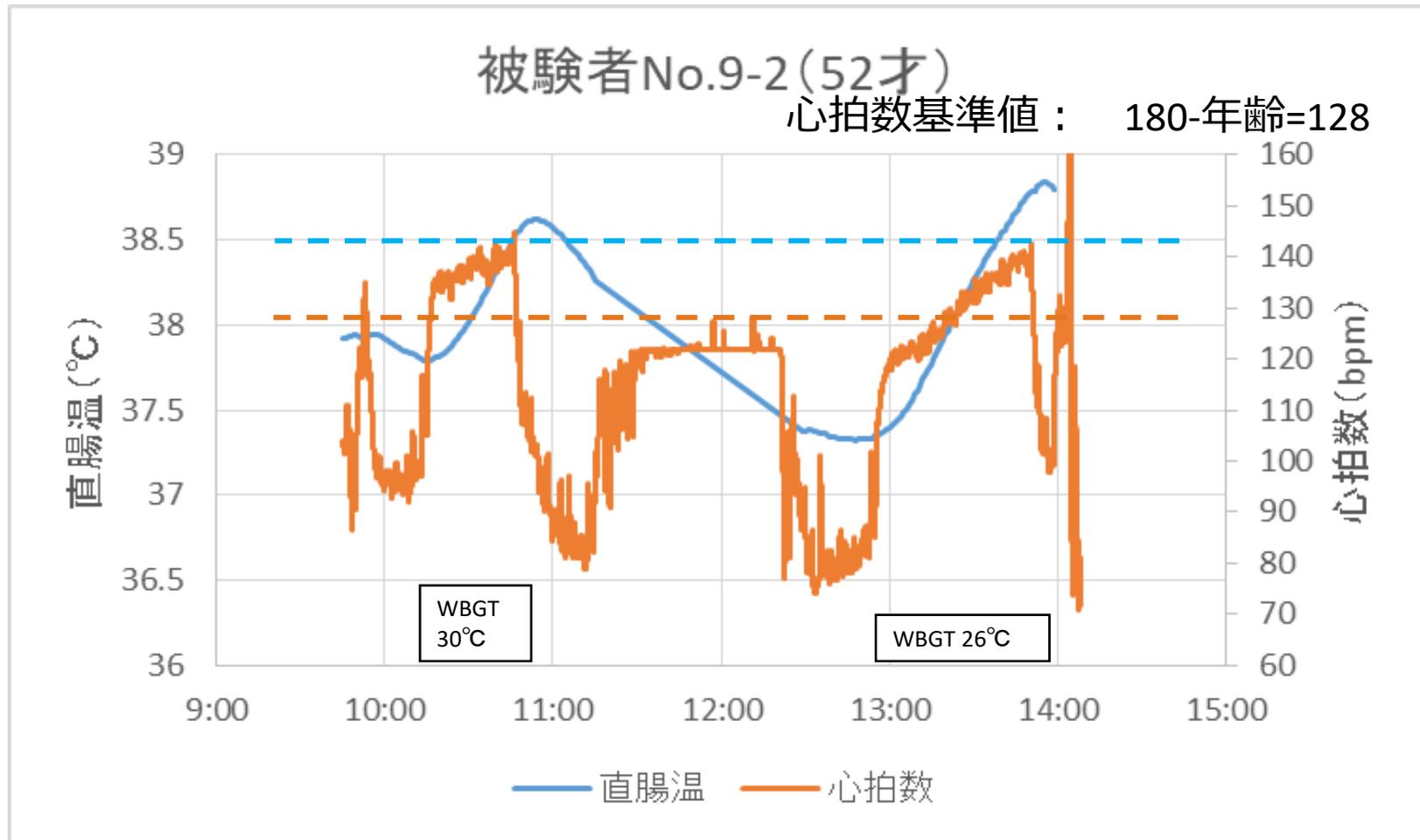


# (例) 心拍数の把握など

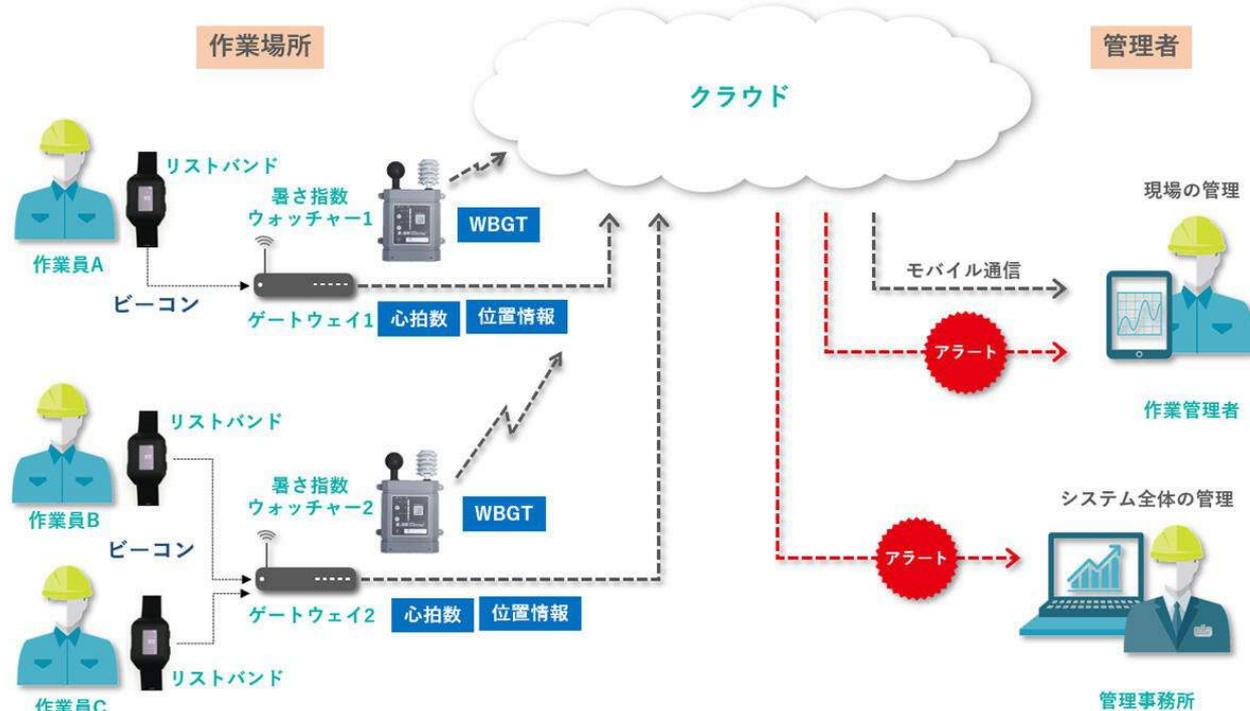
---

- 脈拍数による心拍数の把握
  - 一定時間（例：10秒間）の脈拍数から心拍数を把握
    - 10秒で20回なら120bpm, 25回なら150bpm
- 最近普及してきたリストバンド型心拍計や、スマートウォッチを活用。
  - リスクの高い職場では、IoT技術を用いた集中管理システムの導入も一考。
- まずは休憩場所に体重計，血圧計，体温計を置くだけでも良い。

# (例) 心拍数による熱中症管理



# 心拍数による熱中症防止対策の 先進事例



出典：Envital<sup>®</sup>，大林組

着衣型の心拍数センサーにより、  
作業者の心拍数を集中管理。

⇒ 熱中症の危険を察知、  
対策に繋げる。

ここまでは無理な場合でも、  
休憩所に

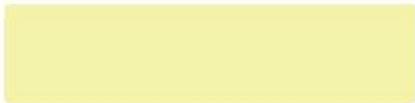
- ・体温計
- ・血圧計
- ・体重計

を置いて、作業者に測定してもらう、  
などの対策は可能。

# 尿の色による脱水状況の把握

## 尿の色で脱水状態をチェックしましょう！

このカラーチャートは、あなたの脱水レベルを尿の色によって判定し、どの程度、水分補給すれば通常の状態に戻るかを示したものになります。熱中症予防のため、セルフチェックを行いましょう。



正常です。  
いつもどおりの水分補給を心がけましょう。



問題ありませんが、コップ1杯程度の水分補給をしましょう。



軽度の脱水症状が認められます。  
1時間以内に250mlの水分補給をしましょう。  
屋外にいる場合や汗をかいている場合は、500mlの水分補給をしましょう。



脱水症状が認められます。  
今すぐに250mlの水分補給をしましょう。  
屋外にいる場合や汗をかいている場合は、500mlの水分補給をしましょう。



危険な状態です。  
今すぐに1,000mlの水分補給をしましょう。  
この色より濃い場合や赤/茶色が混じっている場合は、脱水症状以外の問題が考えられますので、病院で受診しましょう。

出典：Dehydration Urine Color Chart

# 熱中症の重症度と対応



- 手足がしびれる
- めまい、立ちくらみがある
- 筋肉のこむら返りがある(痛い)
- 気分が悪い、ボーっとする

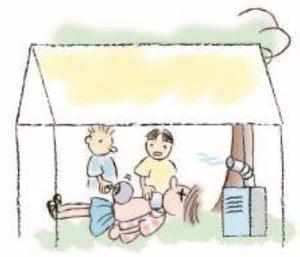
涼しいところで一休み。冷やした水分・塩分を補給しましょう。誰かがついて見守り、良くならなければ、病院へ。



- 頭ががんがんする(頭痛)
- 吐き気がする・吐く
- からだがだるい(倦怠感)
- 意識が何となくおかしい

I度の処置に加え、衣服をゆるめ、体を積極的に冷しましょう。

現在では、II度でも医療機関への搬送が推奨されています



救急車を呼び、最寄りの病院に搬送しましょう。



- 意識がない
- 体がひきつる(けいれん)
- 呼びかけに対し返事がおかしい
- まっすぐ歩けない・走れない
- 体が熱い



# 熱中症の救急措置



## 6. 熱中症の災害事例と予防対策の例

---

1. 熱中症の概要（しくみと症状，発生状況）
2. 熱中症を防ぐために必要な対策（概要）
3. 熱中症防止対策(1)－WBGTの測定と作業環境管理
4. 熱中症防止対策(2)－作業管理
5. 熱中症防止対策(3)－健康管理と緊急時の措置
6. 熱中症の災害事例と予防対策の例

# 熱中症の典型的事例（架空）

- 梅雨明けの急に暑くなった7月のある晴れた日の午後4時ごろ、蒸し暑く粉じんの舞う建物解体工事現場において、朝からあまり休憩もせず、がれき撤去作業に忙殺されていた58歳の作業員が、気分が悪いとって突然倒れた。
- 意識が朦朧としていたので、同僚はすぐに救急車を呼び、冷房の効いた部屋に運んで休ませた。
- 救急車が来るまでの間、保護帽、防塵マスク、保護手袋、安全靴、防護服をやや肥満気味の身体から脱がせて薄着にしたが、皮膚に触ると乾いておりとても熱く、体温を測ったら40℃を超えていた。
- ほどなく救急車が到着し病院に搬送されたが、治療の甲斐なく午後8時頃に死亡した。
- 同僚の話だと、本人は以前経理の仕事をしていたが会社が倒産し、半年ほど失業していた新入作業員で、当日は作業を始めて2日目であった。
- 前日は深酒をして十分睡眠をとらないまま、朝食抜きで作業をしていたが、とにかく暑かったのでのどが渴いたら水を適宜飲んでいたという。
- さらに血圧が高く降圧剤を飲んでいたらしい。

- この架空の事例で、熱中症のリスクとなる項目はどのくらいあるか？
- どのようなことをしていれば防げた可能性があるか？

# 架空の事例の分析（原因と対策）

問題箇所	原因	対策
梅雨明けの急に暑くなった・・・	体が暑さに慣れていないので熱中症になりやすい。	急に暑くなった時は一層注意する／暑熱順化
朝からあまり休憩もせず	休憩しないで連続作業をすると熱中症になりやすい	適切に休憩を取る必要。作業－休憩サイクルを設定。
防護服，防じんマスク，保護手袋，安全靴，防護服	暑熱負荷が高くなっていた可能性。	熱中症リスクが高まるという認識を持つ。
やや肥満ぎみ	肥満は熱中症リスクの一つ。	入職時に確認。
以前経理の仕事をしていた／新入作業員／作業を始めて2日目	暑熱作業に慣れていない，暑熱順化が不十分。	暑熱順化が不十分な場合は休憩を多めに取るなどの配慮が必要。
前日は深酒／十分睡眠をとらないまま／朝食抜きで	深酒，睡眠不足，朝食抜きは熱中症のリスクが高くなる。	毎朝の体調確認。
血圧が高く降圧剤を飲んでいました	高血圧，降圧剤の服用は熱中症のリスクが高くなる。	入職時に確認。
同僚の話だと／～という／～らしい	全て伝聞であり，現場責任者が把握していない。	入職時，作業開始時，作業中の巡視等で確認。

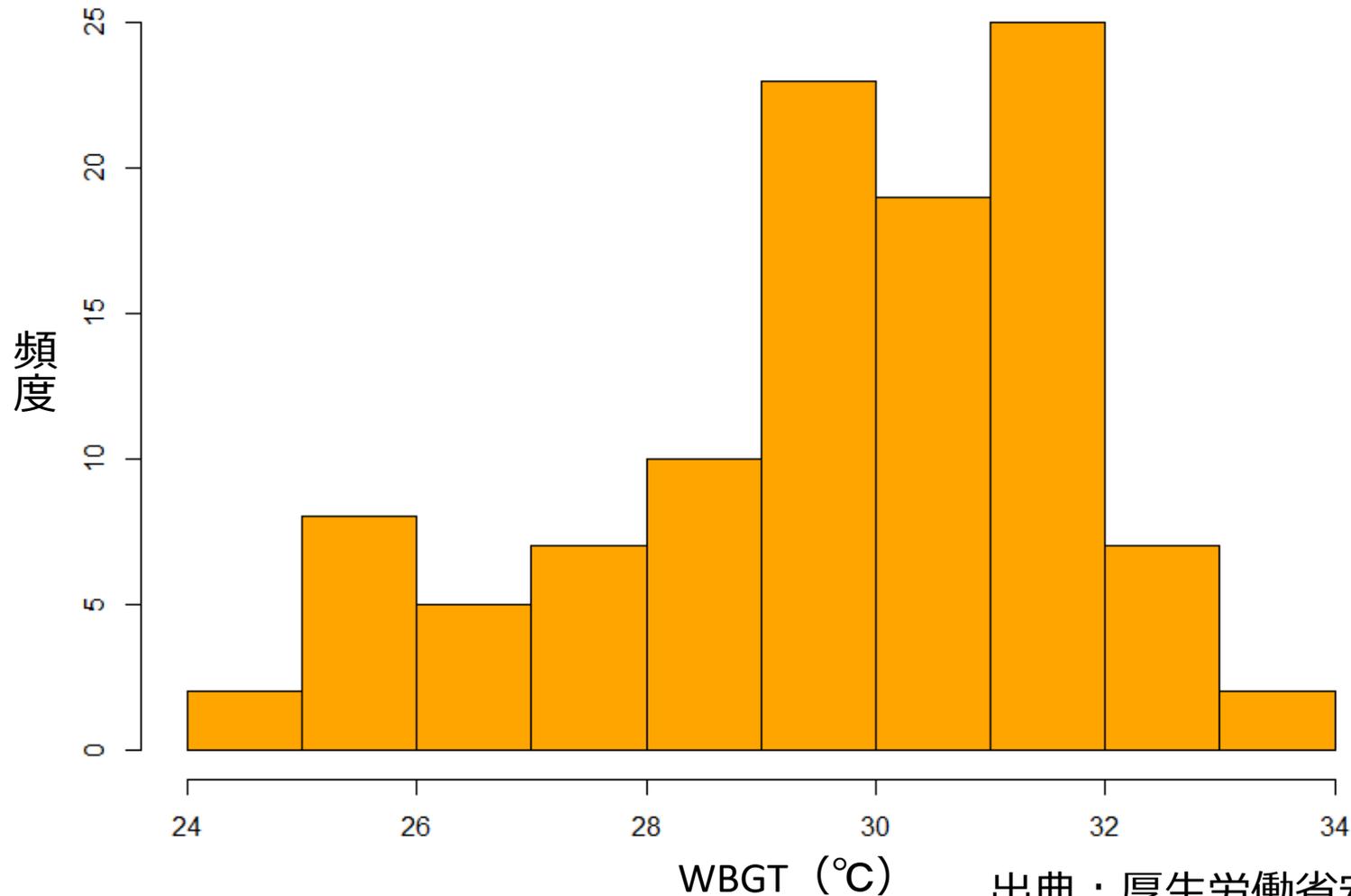
# 熱中症死亡者数とその原因

	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	合計	比率 (%)
全死亡者数	8	47	18	21	30	12	29	12	177	100.0%
WBGT測定せず	7	45	17	18	28	11	28	12	166	93.8%
計画的な熱の 順化期間なし	8	33	13	21	30	10	26	9	150	84.7%
定期的な水分・ 塩分摂取せず	8	39	15	18	14	8	17	8	127	71.8%
健康診断実施なし			10	11	16	7	13	5	62	35.0%
熱中症に影響する 疾患あり	4	17	4	9	14	4	4	3	59	33.3%
単独作業			5	8	11	5			29	16.4%
休憩場所設置せず					15	5	2		22	12.4%
体調不良，食事抜き 前日の飲酒あり	2	4	1	2	4	1	1		15	8.5%

出典：厚生労働省安全衛生部

# 熱中症死亡事例におけるWBGT値

2015~2020年, n=109



出典：厚生労働省安全衛生部

# 熱中症による重大災害を防止するために

---

- 昨今の夏の暑さを考えると、完全に熱中症を防止することは難しい。
    - 夏の間、作業停止というのは現実的ではない。
    - ただし、重症化させない、死亡災害を出さないということは可能なはず。
    - 熱中症による重大災害を防止するために、官民が力を合わせて対策を考えていく必要がある。
- ⇒出来ることから確実に！

ご清聴ありがとうございました



今年も猛暑が予想されていますが、  
協力し合って熱中症を防止しましょう！