

熱中症に関するまとめ ～産業医の視点から～

執筆：阪本 直人^{1, 2, 3} / ピア・レビュー：田中 完^{1, 4, 5}、福田 幸寛^{1, 2}

1：日本製鉄（株）鹿島製鉄所 安全環境防災部 安全健康室 産業医、2：つくば家庭医・病院総合医プログラム（筑波大学 総合医コース）指導医、3：日本プライマリ・ケア連合学会 家庭医療専門医、4：日本産業衛生学会 専門医・指導医、5：鹿島社会医学系専門医研修プログラム責任者

新規作成：2018年8月7日、最終改訂：2019年7月25日

目次

Q. 職域における熱中症の予防のポイント（概要）について教えてください。	2
Q. 暑熱環境を計測する機器があるのですか？	3
Q. 熱中症発症に関与する因子には、どのようなものがあるのですか？	4
Q. 熱中症の予防や管理方法、教育項目について教えてください。	7
塩分・水分の取り方のコツ	7
健康診断、個人の疾病・治療薬等による影響を考慮した就労判断（配置も含む）	8
労働衛生教育（具体的な内容は適宜別項目に）	9
身体状況の確認	9
作業環境管理	10
身体作業強度（代謝レベル）	12
衣服の種類	12
作業開始前・作業中の巡視	13
救急処置に関する教育と普段からの訓練	13
Q. リスクアセスメントのための指標を教えてください（まとめとして掲載）	14
Q. どんな順番でリスクアセスメントしてゆけばよいですか？	14
Q. 複数あるリスク評価基準のうち、どれを優先すればよいの？	15
Q. WBGT（湿球黒球温度）について、詳しく教えてください。	15
Q. WBGT はなぜ重要な？ 気温だけではダメなのですか？	17
Q. 身体作業強度などに応じた WBGT 基準値について教えてください	18
Q. 肥満が熱中症発症リスクなのは、なぜですか？	19
Q. 黒球のない簡易熱中症計も販売されていますが、大丈夫ですか？	20
Q. WBGT の購入時に注意する点を教えてください	21
Q. JIS B 7922「電子式湿球黒球温度(WBGT)指数計」で、精度が担保されるとする風速範囲を 0.3-3 m/s、実用上使用する風速範囲を 0.3 m/s 以上となっているが具体的にどのくらい？	22

Q. 職域における熱中症の予防のポイント（概要）について教えてください。

A.

- ・各職場（作業場）・作業者における**暑熱ストレス危険因子**（湿度、風速、放射熱（輻射熱）、身体作業強度、作業服の熱特性）を考慮したリスクアセスメントを行い、対策を行います。
- ・各作業環境における **WBGT** を測定し、その値を基準に暴露時間を制限したり、WBGT 低減のための環境整備を行ったりします。

その際、各社員が、**暑熱環境への順化**ができているかどうかにも配慮します。

- ・社員に対して普段から、睡眠・体調の管理、熱中症の予防のポイントや早期発見、対処方法などを教育することも大切です。

（WBGT、順化については後述）

<コラム>

【イベントなどの人混みも、熱中症発症リスク要因】

人間の皮膚の表面温度はおよそ 32℃～33℃で、人の身体は **100W の熱に相当する発熱体**（人間の体温調節反応（近藤徳彦 1998））。このために、多くの人が集合する大規模なイベントでは、皮膚表面からの**汗の蒸発**、**人ごみによる風通しの悪化**などで、暑熱環境が悪化する。結果、**WBGT が最大 1.5℃程度上昇**したという観測も。

Cf. mass-gathering effect

Q. 暑熱環境を計測する機器があるのですか？

A. WBGT^{※1}（湿球黒球温度（Wet Bulb Globe Temperature））という計測器があります。

熱中症を予防することを目的として1954年（65年前）にアメリカで提案された指標。

気温と湿度に加え、日射や地面からの照り返しによる放射熱（輻射熱）を計測でき（一応、風速[※]も考慮されている）、その総合評価をWBGT値（暑熱評価指標）として表示できる。

☆ 注意 ☆ 気温と同じ摂氏度（℃）で示されるが、その値は気温とは異なる。

・ WBGT値をもとに、定期的な休憩時間を設けたり、暴露時間の制限を行ったりなどの対策を講じることができます^{※2}。

・ 暑熱ストレスの測定とその評価の基本：

暑熱ストレス危険因子（湿度、風速、放射熱（輻射熱）、身体作業強度、作業服の熱特性）に留意し、総合的に評価することが、大切。

<POINT> 暑熱ストレス危険因子とは・・・

気温・湿度、さらに

- ・ **放射熱**（放射温）
- ・ **風速**

も人体と環境との間の熱交換に大きく影響。

さらに、

- ・ **身体作業強度**
- ・ **作業服の熱特性**（保温力・断熱性能）にも影響を受ける。

例）防じんマスクや防護服を着用しての瓦礫撤去等の重作業：

身体作業強度と防護服・防護具着用による暑熱ストレスの評価が重要になる。

※1 WBGT詳細は、『Q. WBGT（湿球黒球温度）とは何ですか？』を参照

※2 具体的な対策は『Q. 熱中症の予防やモニタリング、予防策・対応策について教えてください』を参照

Q. 熱中症発症に関与する因子には、どのようなものがあるのですか？

A. 熱中症発症リスクに関与する因子一覧

項目	説明	関係法令
水分・塩分	・対策の項目を参照	1
暑熱環境への順化の有無	<p>・順化に約1週間かかり、暑熱暴露がなくなると3~4週間後には完全に失われる。</p> <p>・梅雨明け、お盆休み明けの作業に注意:順化が失われており、急に暑くなるため。 (夏期休業明けも注意)</p> <p><解説></p> <p>・対策:7日以上かけて熱への暴露時間を次第に長くしてゆく。</p> <p>順化すると汗腺が腎臓と同様に塩分と水分を再吸収し、必要以上に排出しなくなる。結果、汗をかきにくくなり(水分が保持される)、心拍数の増加と深部体温の上昇も抑えられる。ある施設の調査では、30分の点検作業で、新人の体重減少が平均0.5kgだったところ、中堅以上は0.2kgにとどまるという結果が得られた。</p> <p>・熱へのばく露が中断され4日経過すると、順化の顕著な喪失が始まり、 3~4週間後には完全に失われるが、有酸素運動習慣の人は、喪失が起きにくい。</p> <p>・順化していない状態の体には、急な変化に強く影響を受けるため、作業初日が熱中症の件数が最多となっている。</p> <p>(熱中症死者数は作業開始3日以内に集中し、4日以降は発症件数約1/3に)。</p> <p>・体感的にあまり暑いと感じない6月にも熱中症が発症するのも順化が関与</p>	1
作業環境	<p>・高湿度環境:湿度75%以上で発汗蒸発が不能に。 (発汗で最大600kcal/時放熱(1.7mLの発汗で1kcalの熱が消費))</p> <p>・無風、微風</p> <p>・放射熱(輻射熱):照り返し:アスファルト、グラウンドでの作業・スポーツ</p> <p><Tips></p> <p>・交通警備業にも熱中症発症件数が多いのは、放射熱(輻射熱)による影響も受けるため。</p>	1
身体作業強度(代謝レベル)	<p>・座位でタイピングを行う作業よりも、当然、シャベルを使って土を掘り起こす作業の方が、発熱量が多い。</p> <p>・身体作業強度に応じたWBGT指数による暑熱許容基準値を参考に判断する(別表を参照)</p>	1
衣類の種類	・作業服の種類によるWBGT値に補正値を加える。(別表を参照)	1

<p>個人の 疾病・治療薬 による影響</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・感染症等(感冒などによる発熱、下痢による脱水など) ・糖尿病： <ul style="list-style-type: none"> 高浸透圧→脱水傾向、糖尿病性自律神経障害による発汗及び体温調整障害 ・高血圧症及び心疾患： <ul style="list-style-type: none"> ・利尿薬は、脱水傾向だけでなく、Na 喪失も。 ・心拍出量増加を抑える機序も増悪因子：β遮断薬、利尿薬など。 ・血管拡張薬：軽度の脱水でも、起立性低血圧からの熱失神を起こしやすく。 ・腎不全：飲水・塩分摂取制限されている ・抗コリン薬(発汗抑制作用あり) パーキンソン病治療薬、頻尿治療薬、総合感冒薬などに注意 ・精神・神経関係疾患： <ul style="list-style-type: none"> ・本人の認知機能・理解力・判断力の問題 ・自律神経に影響する薬剤→発汗及び体温調整障害 ・パーキンソン病治療薬、抗てんかん薬、抗うつ薬、抗不安薬、睡眠薬等。 ・広範囲の皮膚疾患：発汗が不十分となる場合がある。 ・肥満、とくに皮下脂肪が厚い(Q&A 参照) ・運動習慣がない ・ぜんそく患者も暑熱環境に弱いとされている(NHS Heatwave Plan for England 2018) ・コカイン使用 	
<p>当日の コンディション</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・脱水傾向(欠食・不規則な食事、感冒や下痢、前日の飲酒など) ・睡眠不足：精神身体機能の疲労による体温維持機能の低下。ヒューマンエラーも。 ・その他体調不良(自律神経、体温調整能力の低下) ・高齢社員(口渇中枢機能低下・飲水行動の遅れ、発汗及び体温調整能の低下、本人の認知機能・理解力・判断力の問題) ・個人差も大きい(体温調整能力、回復力など。ただし、性差は少ないとされている) ・兆候をモニタリングすることも大切 <p>筋肉痛や倦怠感といった明らかに熱中症を疑わせる症状以外に、 下記の状態も注意</p> <p>熱へのばく露の中止が必要とされる兆候：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業強度がピークに達した時点から1分後でも120 bpm 以上が続いている ・休憩中等の体温が、作業開始前の体温に戻らない ・作業開始前と比べ、0.5～1.0℃以上の体温上昇が認められる <p>順化していない作業員：腋窩温 37.5℃(舌下 38.0℃)で暑熱作業は中止。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業開始前と比べ、1.5%以上の体重減少 ・1分間の心拍数が、数分間継続して180 から年齢を引いた値を超える場合 <p>阪本注釈：(180-年齢)bpm の頻脈が数分間にわたり持続する(心機能正常の場合で)：例：30歳だと150bpm、50歳だと130bpm</p>	<p>1, 2</p>

【関係法令】

1. 平成 21 年 6 月 19 日付け基発第 0619001 号「職場における熱中症の予防について」
2. 労働安全衛生規則（昭和 47 年労働省令第 32 号）第 43 条、第 44 条及び第 45 条に基づく健康診断の項目には、糖尿病、高血圧症、心疾患、腎不全等の熱中症の発症に影響を与えるおそれのある疾患と密接に関係した血糖検査、尿検査、血圧の測定、既往歴の調査等が含まれている。
また、労働安全衛生法（昭和 47 年法律第 57 号）第 66 条の 4 及び第 66 条の 5 に基づき、異常所見があると診断された場合には医師等の意見を聴き、当該意見を勘案して、必要があると認めるときは、事業者は、就業場所の変更、作業の転換等の適切な措置を講ずることが義務付けられていることに留意の上、これらの徹底を図ること。とされている。

【知っておくと、なにかと使える豆知識】

- ・成人（18-64 歳）に対する熱中症発症の相対リスク：**高齢者（65 歳～） 2.97**
- ・WBGT 28℃に対する熱中症発症の相対リスク：
27℃：0.74、 29℃：1.90、 30℃：3.30、 31℃：5.10
(2008-2017 年熱中症による救急搬送者数より：消防庁)
- ・『最大酸素運動能力』が『暑熱環境下における持続的身体作業能力』を決定する最重要因子。
「肥満者で中距離走が遅い」ものは、「痩せていて中距離走が早い」に比べ、熱中症発症リスク 8.8 倍。（Gardner et al: 1996）
- ・樹木域では、日なたに比べ WBGT が 2～2.5℃低い。
- ・簡易テントでも WBGT を 1℃低減可能
- ・海外のイベントでは、リスクをレベル化して対応する Event Alert System が導入され、日本のマラソン大会にも 2015 年より導入（Race-Condition Information System）された。
- ・日本サッカー協会では過去の WBGT をもとに試合スケジュール（夜間開催や日程延長）を設定。WBGT 28℃以上で Cooling Break を設けたり、31℃で試合中止を決定したりも。
- ・日本の体育・課外活動中の熱中症死亡者は、野球がダントツ TOP。
(企業だけでなく、学校教育現場も管理体制をしっかりと行うべきと指摘する専門家も)
- ・地球温暖化等で、日本の夏季（6～8 月）の平均気温は、100 年で 1.5℃上昇
- ・ヒートアイランド現象で、都心部、とくに東京は 3℃上昇

Q. 熱中症の予防や管理方法、教育項目について教えてください

A. 下記に、具体的な方法をご紹介します。

塩分・水分の取り方のコツ

- ・事前の飲水（ウォーターローディング）：100-200 cc程度（コップ一杯の水）が目安
＜エピソード＞熱中症発症が多発していた暑熱職場で、起床から作業前までに 500 ccの飲水を義務付けたところ、熱中症の発症が 0 に。
Cf. アスリートの場合：トレーニング開始 4-6 時間前より、2-3 時間毎に 360ml/60kg を水分摂取を推奨
UpToDate "Exertional heat illness in adolescents and adults: Management and prevention"
- ・作業前後および作業中は、**口渇に依存しない定期的な水分補給**※（Tips 参照）
- ・作業中における定期的な水分及び塩分の摂取については、身体作業強度等に応じて必要な摂取量等は異なる。
かいた汗の量を知るために作業前の体重を元に評価。暑熱作業では 1 時間に 2L 以上の汗をかくことも。
- ・作業場所の WBGT 値が基準値を超える場合には、
 - ・0.1-0.2%の食塩水、ナトリウム 40-80mg/100ml の経口補水液等
 - ・「カップ 1-2 杯（約 250cc）×20-30 分おき」以上を推奨。（ただし、作業強度によって異なる）
- ・体重を計ることができれば、作業前体重－作業後体重が喪失水分（その分だけ飲む）
- ・体重を計ることができなければ、尿意をもよおすまで飲むのも一つの目安

＜豆知識＞

- ・**飲水量が分からない場合：9 回ゴックンする「ゴックンルール」**を用いる。（1 回の嚥下で 20-30cc）
概算式：20-30cc／嚥下×9 回＝180-270cc

＜水分だけの飲水行動は、自発的脱水を引き起こす恐れあり＞

1. 大量発汗により血清 Na^+ 濃度上昇 ⇨ 血漿浸透圧上昇
→ 細胞間質から水が血液に移動（脱水はあるものの浸透圧は平衡に）
2. 口渇感 → 飲水行動
3. 時間差で消化管から水が吸収 →（既に血漿浸透圧は維持された後のため）
→ 血漿浸透圧低下 →（血漿浸透圧を維持するために）補給した水は尿に排泄

- ・結果的に脱水（【水】と【 Na^+ 】がともに不足）が残ったままの状態で、口渇感だけは消失（血漿浸透圧の関係）してしまう。
- ・これが自発的脱水である。

<Tips>

- ・※口渇に依存した水分補給は、後手に回るため、ダメ！

理由：口渇は血中の塩分濃度（正確には血清浸透圧）に依存する。漬物などを食べすぎると水分喪失が無くても口渇が生じるのは、これが理由。暑熱職場では、水分だけでなく塩分も喪失し、場合によっては通常より血中の塩分濃度が低下することもある。その場合、口渇を自覚せず気づかないうちに脱水が進んでしまう。

さらに、水だけの補給では、Na⁺欠乏による筋けいれんを生じさせやすくする上に、自発的脱水[※]にも陥りやすくさせる。（※脱水が残ったまま口渇感が消失する現象（前ページのコラム参照））

- ・市販されているスポーツドリンクのNa⁺濃度は、ポカリスエットが49mg/100ml、アクエリアスが40mg/100mlと厚生労働省の推奨（飲料100mlあたり40～80mg（0.1～0.2%の食塩水からの換算））を満たしている。

ただし、WHO（2015）が定める糖類摂取量の必要量（1日総エネルギー必要量の5%（飲料や菓子類などが対象））をペットボトル1本（500cc）で満たしてしまうため、スポーツドリンクばかりで水分補給をしないように指導することも大切。

健康診断、個人の疾病・治療薬等による影響を考慮した 就労判断（配置も含む）

- ・高温多湿作業場所で作業を行う労働者については、睡眠不足、体調不良、前日等の飲酒、朝食の未摂取等が熱中症の発症に影響を与えるおそれがあることに留意の上、日常の健康管理について指導を行うとともに、必要に応じ健康相談を行うこと。これを含め、労働安全衛生法第69条に基づき健康の保持増進のための措置に取り組むよう努めること。
- ・先述したリスクのある薬を内服している作業者は、管理者に認知してもらう事が望ましい。
- ・腎機能が低下し水分制限が必要な作業員、大腸・小腸機能が低下し水分吸収が低下した作業員（潰瘍性大腸炎、クローン病、消化器癌で腸管切除等）、コントロールの悪い糖尿病（HbA1c10以上、随時血糖500以上）の作業員などは、一時的・恒久的に暑熱職場から離す必要がある。
- ・順化の評価も行い、指導する。

- ・労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）第43条、第44条及び第45条に基づく健康診断の項目には、糖尿病、高血圧症、心疾患、腎不全等の熱中症の発症に影響を与えるおそれのある疾患と密接に関連した血糖検査、尿検査、血圧の測定、既往歴の調査等が含まれている。
- ・労働安全衛生法（昭和47年法律第57号）第66条の4及び第66条の5に基づき、異常所見があると診断された場合には医師等の意見を聴き、当該意見を勘案して、必要があると認めるときは、事業者は、就業場所の変更、作業の転換等の適切な措置を講ずることが義務付けられていることに留意の上、これらの徹底を図ること。と記載されている。

労働衛生教育（具体的な内容は適宜別項目に）

- ・ 普段の教育が重要

労働者を高温多湿作業場所において作業に従事させる場合、適切な作業管理、労働者自身による健康管理等が重要なことを伝える。

- ・ 作業を管理する者及び労働者に対して、あらかじめ次の事項について労働衛生教育を行う

- （1）熱中症の症状

- （2）熱中症の予防方法

健康診断結果に基づく対応、日常の健康管理、労働者の健康状態の確認、身体の状態の確認などに関する教育も併せて行う

- （3）緊急時の救急処置

- （4）熱中症の事例

※職場における熱中症の予防対策：

平成 17 年 7 月 29 日付け基安発第 0729001 号「熱中症の予防対策における WBGT の活用について」

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

身体状況の確認

- ・ 朝礼での情報共有を行う：体調不良者（下痢、二日酔い、発熱 等）の有無、天気予報（熱中症予防）など

- ・ 熱への順化の評価・対応：『A. 熱中症発症リスクに関する因子一覧』の当該項目を参照

作業環境管理

- ・「作業」自体をカイゼンできないかを常にチェックし、策を講じる：
 - ・高温多湿作業場所での連続作業時間の短縮
 - ・定期的な休憩（早く仕事を片付けようと作業を続けてしまうと熱中症のリスク上昇）
 - ・適度な通風、冷房、除湿、ミスト扇風機、スポットクーラー、送風ベストなど
 - ・身体作業強度（代謝率レベル）が高い作業を避ける
 - ・作業場所の変更
 - ・放射熱（輻射熱）対策：直射日光、周囲の壁面、地面からの照り返しや発熱体からの遮へい物等を設ける。
＜参考＞簡易テントでも WBGT を 1℃低減可能
- ・作業場や休憩室の環境改善・設備投資
 - ・クーリング手段：冷たいおしぼり、氷（冷蔵庫）
冷房、ミスト扇風機、シャワー・水風呂、局所冷却装置、
 - ・水分・塩の補給：給水所、経口補水液（スポーツドリンク）、熱中飴など
 - ・休憩・待避：作業の休止時間及び休憩時間を確保。冷房、日陰等の涼しい休憩場所。
- ・モニタリング：WBGT、体温計、体重計
必要に応じて WBGT を基に休憩時間の設定、作業の中断（ACGIH）なども考慮
なお、心拍数は容易に回復するが、“深部体温は容易に回復しない”ことを忘れないこと。

～製鉄所産業医からのコメント～

熱中症発症の原因：水分、塩分不足がほとんどです。水分は 500 cc、塩飴は 1-2 個で大丈夫と思っている人も多いですが、暑い日に肉体労働する場合、3-4L/日（塩飴 15 個ぐらい）必要になることも珍しくありません。（一般的には、水 250cc につき塩飴 1 粒を使う）

外来でもぜひ教えてあげてください。さらに同僚にも広めてもらえると助かります。

（阪本注釈：かいた汗の量を知るために作業前の体重を元に評価する。暑熱作業では 1 時間に 2L 以上の汗をかくこともある。）

【米国政府労働衛生専門家会議（ACGIH）の 暑熱作業基準（TLV とアクションリミット）】

作業と 休憩の 割合 (%) ※3	WBGT 基準値 (°C)							
	TLV※4				アクションリミット※5			
	軽作業	中等度	重作業	超重作業	軽作業	中等度	重作業	超重作業
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	3.25	31.5	30.5	30.0	30.0	29.0	28.0	27.0

(注) 作業強度（体重 70kg 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

※3 作業と休憩の割合：1 作業サイクル中の作業時間の割合

※4 TLV：夏用の軽い作業服（約 0.6clo）（clo：クロ、衣服の熱抵抗）を着用し、暑さに順応し、適度に飲水し、健康なほとんどすべての労働者が、その条件にくり返し暴露されながら働いても健康上差し支えないと考えられる高温ストレスの限界を示す指標。Threshold Limit Values for Physical Agents (TLV®-PA) Committee

※5 アクションリミット：暑熱順化していない労働者を保護する値を示す指標。

【事例：WBGT を基準とした休憩時間の設定】 ～某暑熱職場事例～

休憩頻度/作業強度	軽度	中等度	重度
1 時間超可	～29.5	～27.5	～25
45 分に 1 回	30.5	28.5	27.5
30 分に 1 回	31.5	29.5	28.8
15 分に 1 回	32.5	31	30

【ACGIH^{※6}の作業中止基準】 ※6 ACGIH：米国産業衛生専門家会議

- ①体温を測定して、外耳道温や舌下温で 38.0℃、腋下温で 37.5℃を超える場合
- ②体重を測定して、作業開始前より、1.5%を超えて体重が減少している場合
- ③脈拍を測定して、1 分間の心拍数が、数分間継続して、180 から年齢を引いた値を超える場合

(阪本注釈：(180-年齢) bpm の頻脈が数分間にわたり持続する(心機能正常の場合)：例：30 歳だと 150bpm、50 歳だと 130bpm)

これらの値を超えて作業に従事する場合は、個人ごとに体温、体重、脈拍を測定して観察する(心拍数は容易に回復するが、“深部体温は容易に回復しない”ことを忘れないこと)

身体作業強度（代謝レベル）

『Q.身体作業強度などに応じた WBGT 基準値について教えてください』を参照

衣服の種類

- ・作業服の種類により WBGT 値に、補正値を加える
- ・熱を吸収したり、保熱したりしやすい服装を避ける
- ・透湿性及び通気性の良い服装
- ・身体を冷却する機能を持つ服や装置の着用も望ましい。
- ・直射日光下では通気性の良い帽子等の着用。

【衣類の組み合わせによりWBGT値に加える補正値】

下記の衣類を着用して作業を行う場合、算出されたWBGT値に各補正値を加える。

衣服の種類	作業服 (長袖と シャツと ズボン)	布(織物)製 つなぎ服	二層の布 (織物) 製服	SMSポリ プロピレン製 つなぎ服	ポリオレ フィン布製 つなぎ服	限定用途の 蒸気 不浸透性 つなぎ服
WBGT値に 加える補正値(℃)	0	0	3	0.5	1	11

- * 補正値は、一般にレベルAと呼ばれる完全な不浸透性防護服に使用しない。
- * 重ね着の場合に、個々の補正値を加えて全体の補正値とすることはできない。

作業開始前・作業中の巡視

- ・ 定期的な水分及び塩分の摂取の実施状況の確認
- ・ 労働者の健康状態の把握・確認。適宜、心拍数、体温、体重測定の指導も。
- ・ 高温多湿作業場所の作業中は巡視を頻繁に行う

救急処置に関する教育と普段からの訓練

- ・ 普段から社員全員に教育を行い、定期的に訓練することが大切

平成 21 年 6 月 19 日付け基発第 0619001 号「職場における熱中症の予防について」では下記の通達あり：

- ・ 熱中症を疑わせる兆候が表れた場合において速やかな作業の中断、その他必要な措置を講ずる
- ・ 緊急連絡網の作成及び周知：
労働者を高温多湿作業場所において作業に従事させる場合には、労働者の熱中症の発症に備え、あらかじめ、病院、診療所等の所在地及び連絡先を把握するとともに、緊急連絡網を作成し、関係者に周知すること。
- ・ 救急措置：
熱中症を疑わせる症状が現われた場合は、救急処置として涼しい場所で身体を冷し、水分及び塩分の摂取等を行うこと。また、必要に応じ、救急隊を要請し、又は医師の診察を受けさせること。

～暑熱職場の多い事業所産業医からのコメント～

熱中症発症の原因：2 番目に多いのは、そもそも“体調不良”です。

これは作業前、作業中、作業後に体調確認させれば OK です。

ちゃんと体温も測らせます。

新人には、作業開始 30 分で体温 39℃まで上昇することもあると教えています。

Q. リスクアセスメントのための指標を教えてください（まとめとして掲載）

A.

1. 暑熱環境

WBGT

2. 作業強度 注)

メッツ (METs)、動作強度 (Af)、エネルギー代謝率 (RMR)、作業強度比較表

(筋力、取扱い重量、階段昇降回数、移動距離、動作速度、繰り返し頻度、最大心拍数、METs 時)

3. 衣服・装備

通気性の低さ、透湿性の低さ、安全衛生保護具（冷却用のものを除く）の着用

注) 作業強度に関する各指標の定義：

METs = 運動時のエネルギー消費量 / 安静時のエネルギー消費量

Af = 運動時のエネルギー消費量 / 基礎代謝量

RMR = (運動時のエネルギー消費量 - 安静時のエネルギー消費量) / 基礎代謝量

また、安静時代謝量が基礎代謝量の 1.2 倍と仮定した場合の換算式は次のとおり

METs = $RMR / 1.2 + 1$

= $Af / 1.2$

= %VO2max (最大心拍数 / 安静時心拍数 - 1) + 1 (エアロビックな活動である場合)

Q. どんな順番でリスクアセスメントしてゆけばよいですか？

A. リスクの見積りは、次の手順で行います。

- ① 暑熱環境のリスク (EL) の見積り
- ② 作業強度のリスク (ML) の見積り
- ③ 衣服・装備のリスク (IL) の見積り
- ④ 作業強度と衣服・装備を組み合わせたリスクの見積り
- ⑤ 総合リスク (RL) の評価
- ⑥ 残留リスクの修正

詳細は、『熱中症予防対策のためのリスクアセスメントマニュアル -製造業向け- 平成 27 年 3 月 中央労働災害防止協会 教育推進部』をご参照ください。

Q. 複数あるリスク評価基準のうち、どれを優先すればよいの？

A. 優先順位は、ACGIH、ISO の順。

【米国政府労働衛生専門家会議（ACGIH）の暑熱作業基準（TLV とアクションリミット）】

> 【ISO7243（JIS Z8504 暑熱環境-WBGT に基づく作業者の熱ストレス評価）】

Q. WBGT（湿球黒球温度）について、詳しく教えてください。

A. WBGT（湿球黒球温度：Wet Bulb Globe Temperature）について

- ・熱中症を予防することを目的として 1954 年（65 年前）にアメリカで提案された指標。
- ・暑熱ストレス危険因子をある程度満足し、かつ実用性、簡便性、流通性、国際性、信頼性の面からみて国際的にも現時点で最良の暑熱評価指標とされている。

☆ 注意☆ 気温と同じ摂氏度（℃）で示されるが、その値は気温とは異なる。

・メカニズムとしては、気温と湿度に加え、日射や地面からの照り返しによる放射熱（輻射熱）の影響を取り入れている。（一応、風速[※]も考慮されている）。

※ JIS B 7922「電子式湿球黒球温度（WBGT）指数計」では、精度を担保しうる風速範囲を 0.3-3 m/s、実用上使用しうる風速範囲を 0.3 m/s 以上としている。無風下、あるいは微風環境下にて使用する際には注意が必要。

・国際標準化機構（ISO7243）：

WBGT 指数を用いて作業場の暑熱環境評価を迅速かつ簡便に実施する方法を提案。

米国国立労働安全衛生研究所（NIOSH）、米国政府労働衛生専門家会議（ACGIH）等でも採用

・日本での導入：

日本産業衛生学会や日本工業規格（JIS Z8504）の高温許容基準においても評価指標として採用。

厚生労働省も**平成 17 年 7 月 29 日**付基安発第 0729001 号通達と平成 21 年 6 月 19 日付基発第 0619001 号通達で熱中症の予防対策における WBGT の活用を推奨。

<計測 (参考として) >

- ・ WBGT 指数は、図 1 のような測定器を用いて、
 - ・ 自然湿球温度 (t_{nw}) Wet
 - ・ 黒球温度 (t_g) Globe
 - ・ 気温 (乾球温度) (t_a)
- を測定し、下記の数式にて算出。

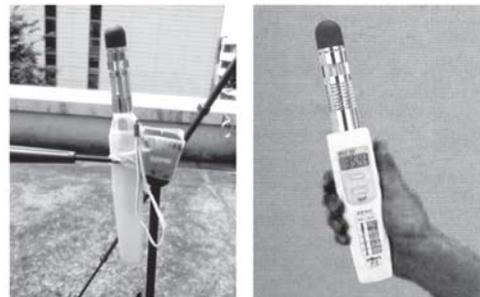
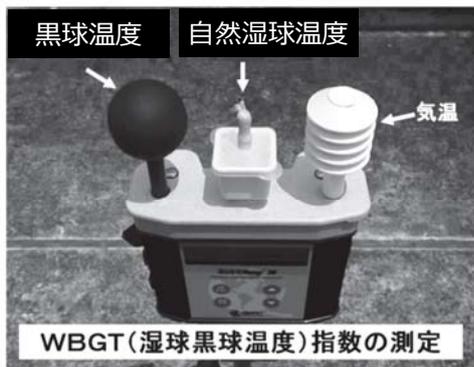


図 1

WBGT測定装置(簡易型)

澤田 晋一, 暑熱、寒冷環境下での作業に伴う健康リスクと予防方策, 安全工学, 2011, 50 巻, 6 号, p. 458-467, より

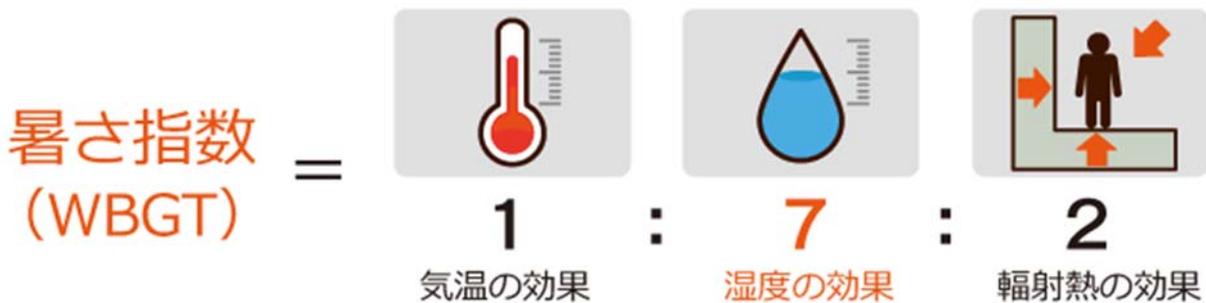
<計算式 (参考として) >

屋内や屋外で太陽照射のない場合 . . . $WBGT=0.7 t_{nw}+0.3 t_g$

屋外で太陽照射のある場合 $WBGT=0.7 t_{nw}+0.2 t_g+0.1 t_a$

(自然湿球温度 (t_{nw})、黒球温度 (t_g)、気温 (乾球温度) (t_a))

【屋外環境でのイメージとしては下記】



環境省「熱中症予防情報サイト」暑さ指数(WBGT)について学ぼう (2018年8月12日閲覧) より

<コラム：普及のきっかけとなった事例>
米国海兵隊員の訓練中の熱中症を予防するために、訓練中止の基準として気温の代わりに WBGT を採用したところ、熱中症発生数が大幅に減少。



Q. WBGT はなぜ重要な？ 気温だけではダメなのですか？

A. 湿度や放射熱（輻射熱）、風速などの因子も 熱中症発症リスクに影響するため、WBGT は必要。

～ 過去の熱中症搬送者数より考察 ～

<例 1> 2011 年 7 月 6 日と 9 日の例（東京）

	7月6日	7月9日
最高気温	32.5℃	32.5℃
最小湿度	41%	56%
日射量	24.82MJ	24.07MJ
WBGT	26.9℃	29.9℃
暑さ指数ランク	警戒	嚴重警戒
熱中症搬送数	50人	94人

9 日の方が、
湿度が高く（気温は同じなのに）、
熱中症搬送者数は、大幅に多かった。

この日の WBGT : 29.9℃

<例 2> 2011 年 7 月 18 日と 8 月 15 日の例（東京）

	7月18日	8月15日
最高気温	34.8℃	33.2℃
最小湿度	42%	54%
日射量	18.79MJ	21.85MJ
WBGT	28.6℃	30.2℃
暑さ指数ランク	嚴重警戒	嚴重警戒
熱中症搬送数	56人	100人

8 月 15 日の方が
気温は低いのに、湿度は高く
熱中症搬送者数は、大幅に多かった。

この日の WBGT : 30.2℃

* 阪本注釈：熱中症搬送者数だけの評価のため、搬送患者のうち何人が屋内での発症なのか、放射熱（輻射熱）の影響を受けた人がどのくらい居たのかについては、とくにコメントなく評価されていない様子

環境省 熱中症予防情報サイト『暑さ指数はなぜ有効なのか？』（2018 年 8 月 12 日閲覧）より

Q. 身体作業強度などに応じた WBGT 基準値について教えてください

A. 身体作業強度と熱への順化の有無、そして気流（0.5m/s 以上）の有無によって、基準値が決められています。上限を超える場合は、高温多湿作業場所での連続作業時間の制限を行うなどの対策を行う。

表. 身体作業強度などに応じた WBGT 基準値

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	熱に順化していない	
0	安静	33	32	
1 低 代 謝 率	<ul style="list-style-type: none"> ・楽な座位 ・軽い手作業(書く、タイピング、縫う) ・手と腕の作業(点検、組立て) ・腕と足の作業(普通の状態での乗物の運転) 	<ul style="list-style-type: none"> ・立位 ・ドリル(小さい部分) ・小さい電気巻き ・小さい力の道具の機械 ・ちょっとした歩き(速さ 3.5km/h) 	30	29
2 中 程 度	<ul style="list-style-type: none"> ・継続した頭と腕の作業(くぎ打ち、盛土) ・腕と脚の作業(トラックのオフロード操縦、トラクターや建設車両) ・腕と胴体の作業(空気ハンマーの作業、中くらいの重さの材料を断続的に 	<ul style="list-style-type: none"> 持つ作業、草掘り、果物や野菜を摘む) ・軽量の荷車や手押し車を押したり引いたりする ・3.5~5.5km/hの速さで歩く ・鍛造 	28	26
3 高 代 謝 率	<ul style="list-style-type: none"> ・強度の腕と胴体の作業 ・重い材料を運ぶ ・大ハンマー作業 ・草刈り ・シャベルを使う(掘る) ・のこぎりをひく 	<ul style="list-style-type: none"> ・硬い木にかんなをかけたりのみで彫る ・5.5~7.5km/hの速さで歩く ・重い荷物の荷車や手押し車を押したり引いたりする ・コンクリートブロックを積む 	気流を感じないとき 25 気流を感じるとき 26	気流を感じないとき 22 気流を感じるとき 23
4 極 高 代 謝 率	<ul style="list-style-type: none"> ・最大速度の速さでとても激しい活動 ・おのを振るう ・激しくシャベルを使ったり掘ったりする ・階段を登る、走る、7km/hより速く歩く 		気流を感じないとき 23 気流を感じるとき 25	気流を感じないとき 18 気流を感じるとき 20

・厚生労働省制作「職場の熱中症予防対策は万全ですか」パンフレット（2018年8月7日閲覧）を抜粋

(ISO7243 (JIS Z 8504 (暑熱環境-WBGT 指数に基づく作業者の熱ストレスの評価) 附属書A 「WBGT 熱ストレス指数の基準値表」を基に、同表に示す代謝率レベルを具体的な例に置き換えて作成)
・熱に順化していない人とは、「作業する前の週に毎日熱に、ばく露されていなかった人」のこと。

Q. 肥満が熱中症発症リスクなのは、なぜですか？

A. 肥満者は、暑さに弱く熱中症の発症リスクが大きいことが指摘されている。これには下記の7つの理由が考えられている。(澤田：2010)。

1. 【これが最重要とされている】

- ・肥満者は日常生活で運動不足のことが多く、結果として身体能力が低く、有酸素運動能力や心臓循環機能が低下している傾向にある。**肥満で持久走力が低いほど熱中症発症リスクが増加するという報告もある。**
- ・**太り気味の者はやせ気味の者に比べて 3.7 倍、中距離走が遅い者は速い者より 3.5 倍、太り気味で中距離走の遅い者はやせ気味で中距離走の速い者よりも 8.8 倍も熱中症のリスクが高くなる**(Gardner et al: 1996)。

2. 肥満者は、安静時や運動時の心拍数が痩せた人より高い傾向にあり、暑熱ばく露時の心拍数の許容限界である(180-年齢) bpm に達するまでの予備能力が低いことが示唆される。
3. 肥満者は体重に対する体表面積の比が小さく、体表面から外界への熱放散量が低くなることになる。
4. **汗腺の密度と体脂肪率に逆相関**が認められ、体脂肪率が多いと汗腺密度が少なくなる傾向にある。これは、肥満者が、暑さの中で汗をかく能力が劣ることを示唆する。
5. 肥満者の身体比熱が低いことである。これは、同じ暑熱ストレスが加わった時に、肥満者の人体組織温度が上昇しやすいことを意味する。
6. 肥満者は体重が重いので、同じ身体作業をするのにも余分なエネルギー消費が必要なことである。エネルギー消費量が多いことは、それだけ身体で産生される熱量が多くなり、身体加熱要因が増大することになる。
7. 皮下脂肪層が増加すると皮膚表層と皮下深層組織の断熱性が増加し、筋肉から皮膚への直接的熱伝達が減少することが考えられる。

Q. 黒球のない簡易熱中症計も販売されていますが、大丈夫ですか？

A. 黒球がない温度計による擬似的な値（WBGT 近似値）は、特に炎天下の屋外作業および、放射熱の大きい炉前作業等においては、信用に耐えない。

次の項目『Q. WBGT の購入時に注意する点を教えてください』も合わせてご覧ください。

屋外スポーツ等の目安に使用しないよう、住民健康教育の際などでも指導するようにしてください。

*メーカーによっては、『測定条件によって大きく変化します。あくまでも目安としてお使いください。』と小さく免責事項を記載しています。しかし、この記載のみでは、一般人にその意味を理解するのは、不可能です。



図1 各種市販 WBGT 測定器

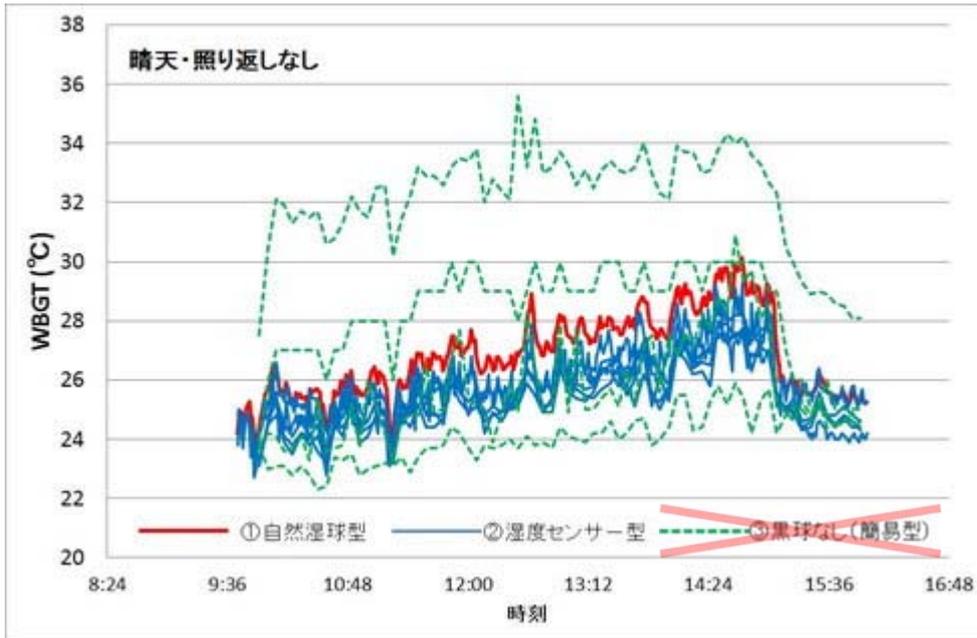
(①・・・自然湿球型, ②・・・湿度センサー型 (黒球あり), ~~③・・・黒球のない簡易型~~)

「WBGT 指数による暑熱環境評価と、電子式 WBGT 測定器の JIS 化について」より抜粋・編集して紹介：

実際に様々な市販 WBGT 測定器による並行測定を行い、それぞれの測定値の比較を行ったが、その結果、特に黒球を持たない「簡易型測定器」は測定値の正確さに問題があることがわかっています (図 2) 4)。

図中の赤線が図 1 の①で示した「自然湿球型」、青線が②で示した「湿度センサー型」による測定結果で、これらは機種間の差はありますが、概ね一致した結果を示しているように思われます。

しかしその一方で、緑の点線で示した③「黒球のない簡易型」の測定結果は大きくはずれており、屋外での WBGT 測定用としては使用に耐えないと言わざるを得ません。



このような現状から、広く普及している電子式 WBGT 測定器（黒球を持ち、自然湿球の代わりに湿度センサーを有するもの）の規格化を行い、測定器の精度を担保しようという動きが起き、

2017年3月21日、JIS B 7922「電子式湿球黒球温度（WBGT）指数計」として発行された（図3）5）。

出典：

WBGT 指数による暑熱環境評価と、電子式 WBGT 測定器の JIS 化について

https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail_mag/2017/102-column-1.html

2018年8月7日閲覧

Q. WBGT の購入時に注意する点を教えてください

A. 必ず**黒球付**のもの（JIS B 7922 準拠品であることも確認）のものを使うようにしてください。

解説は、『Q. 黒球のない熱中症計も販売されていますが、大丈夫ですか？』をご参照ください。

<注意> コスト等の問題で、黒球なしの簡易熱中症計をやむを得ず用いる場合、近似値としての数字が表示されますが、値のばらつきが大きいことに留意する必要があります。“屋内で太陽照射がない条件下”であっても計算式には黒球温度のパラメーターが組み込まれており（黒球なくして WBGT は測定できません）、黒球のない簡易熱中症計での熱中症対策は推奨されません。

（『Q. WBGT（湿球黒球温度）について、詳しく教えてください。』の計算式を参照）

Q. JIS B 7922「電子式湿球黒球温度(WBGT)指数計」で、精度が担保されるとする風速範囲を 0.3-3 M/S、実用上使用しうる風速範囲を 0.3 M/S 以上となっているが具体的にどのくらい？

A. 下記参照

日本気象協会 tenki.jp 「tenki用語辞典 風力階級表（気象庁風力階級表）」より（2018年8月7日閲覧）

風力	風速 (m/s)	陸上の様子
0	毎秒0.3未満	静穏。煙はまっすぐ伸びる。
1	0.3以上1.6未満	風向きが、煙のなびく様子からわかる。
2	1.6以上3.4未満	顔に風を感じる。木の葉が動く。
3	3.4以上5.5未満	木の葉や細かい小枝が絶えず動く。軽い旗が開く。
4	5.5以上8.0未満	砂ぼこりが立ち、紙片が舞い上がる。小枝が動く。
5	8.0以上10.8未満	葉のある灌木が揺れはじめる。池や滑の水面に波がしらが立つ。
6	10.8以上13.9未満	大枝が動く。電線が鳴る。傘がさしにくい。
7	13.9以上17.2未満	樹木全体がゆれる。風に向かっては歩きにくい。
8	17.2以上20.8未満	小枝が折れる。風に向かっては歩けない。
9	20.8以上24.5未満	人家にわずかな損害（煙突が倒れ、瓦がはがれる）が起こる。
10	24.5以上28.5未満	樹木が根こそぎになる。人家に大損害が起こる。
11	28.5以上32.7未満	広い範囲で破壊が起こる。
12	32.7以上	

JIS B 7922 では、
実用上使用しうる風速範囲を
0.3 m/s 以上としている

【参考資料】

(スペースの関係で、各ページ内でご紹介出来なかったものを列挙しています。順不同)

- Japan Advanced Information Center of Safety and Health. 熱中症を防ごう！
<https://www.jaish.gr.jp/information/nettyu.html> (2018年8月8日閲覧)
- 環境省『イベント主催者・施設管理者のための夏季のイベントにおける熱中症対策ガイドライン 2018』
- NHS Heatwave Plan for England 2018 (Ref: PHE publications gateway number 2015049)
- 改訂第2版 2017 熱中症～日本を襲う熱波の恐怖～
- 地球温暖化予測情報 第9巻 (2017) <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol9/pdf/all.pdf>
- 気象庁 気候変動監視レポート 2018
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2018/pdf/ccmr2018_all.pdf
- UpToDate “Exertional heat illness in adolescents and adults: Management and prevention”
(つくば総診の五十野博基先生、情報提供ありがとうございました)
- 日本スポーツ振興センター学校災害防止調査研究委員会：「体育活動における熱中症予防」
調査研究報告書. 日本スポーツ振興センター学校安全部, 2014, p.11, 表 2-1-5 より
- 日本サッカー協会熱中症対策ガイドライン 2016
- Abderrezak Bouchama, James P. Knochel. Heat Stroke. N Engl J Med. 2002; 46:1978-1988.