

# 技術情報

## 熱中症予防用 WBGT 暑熱環境計

ミドリ安全（株）安全衛生相談室 田中通洋  
京都電子工業（株）マーケティング室 丸山 博

### 1. はじめに

屋内の高温職場については、適切な作業環境を維持管理することを目的に、定期的に作業環境測定を実施することが義務付けられており、具体的には半月に1回、定期に気温、湿度および輻射熱の測定を行うこととなっている。しかしながら、測定結果の評価方法については示されていない。

一方、熱中症の死亡災害が多く発生する屋外作業場（平成13年度においては<sup>1)</sup>、熱中症による死亡災害発生現場の約90%を占めている）では、作業環境が天候によって日々著しく変化するため、前記したような維持管理を目的とした作業環境測定の義務付けはない。

このような中、高温職場で容易に利用できる温熱環境の評価方法が、今求められている。

日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告<sup>2)</sup>においては、温熱環境の評価に WBGT（Wet Bulb Globe Temperature Index：湿球黒球温度指標）を取り上げ、この数値で作業の強さに応じた許容基準を示している。スポーツの分野でも、日本体育協会が「熱中症予防のための運動指針」の中で WBGT を取り上げ、運動・競技の中止、あるいは水分補給管理など<sup>3)</sup>に幅広く利用されている。

本稿では、温熱環境の評価指標のひとつである WBGT 値を、職場で容易に計測することができる「暑熱環境計」について解説する。

### 2. WBGT による温熱環境評価

WBGT は、暑さが体に及ぼす負担を評価するための国際的に統一された温熱環境温度基準 (ISO 7243)<sup>4)5)</sup> で、湿球温度  $tw$  と乾球温度  $ta$ 、および黒球温度  $tg$  を測定し、次式から算出される。

屋内の場合： $WBGT = 0.7 tw + 0.3 tg$

屋外の場合： $WBGT = 0.7 tw + 0.2 tg + 0.1 ta$

2.1 日本産業衛生学会では、高温熱環境下での作業者の熱中症を予防するために、WBGT で作業環境を管理することを勧告している。なお、許容基準は継続1時間作業 (RMR1—4) および断続2時間作業 (RMR—5) で示されている<sup>2)</sup> (表1)。

2.2 日本体育協会では、熱中症を予防 (表2) するためには、環境条件を把握し、環境条件に応じた運動、休息、水分補給をすることが必要とし、環境条件を総合的に評価する指標として WBGT を用いることを推奨している<sup>3)</sup>。

2.3 中央労働災害防止協会では、例年熱中症予防

表1 高温の許容基準

作業の強さ	許容温度条件	
	WBGT (°C)	CET (°C) 換算値
RMR ~1 (極軽作業)	32.5	31.6
RMR ~2 (軽作業)	30.5	30.0
RMR ~3 (中等度作業)	29.0	28.8
RMR ~4 (中等度作業)	27.5	27.6
RMR ~5 (重作業)	26.5	27.0

※日本産業衛生学会 許容濃度等の勧告

表2 熱中症予防のための運動指針  
WBGT (°C)

—31—	特別の場合以外は、運動を中止する。
—28—	激しい運動や持久走など 熱負荷の大きい運動は、避ける。
—25—	積極的に休憩し、水分補給する。
—21—	運動の合間に、積極的に水を飲む。
	熱中症の危険は小さいが、適宜、水を飲む。

※日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会

キャンペーン活動を実施し、WBGTで、その日の暑さを管理（表3）することを推奨している<sup>6)</sup>。

### 3. WBGT 計の構造・機能

熱中症を予防するためには、WBGTで管理することが望ましいことは明らかである。これらの測定を行う場合、持ち運びが不便なさまざまな器具類をセットする必要があり、特に湿球温度測定では、たえず水の補給にも注意しなければならず、現場での測定を極めて困難にしていた。

また、測定された湿球温度と乾球温度および黒球温度から、その都度式に基づき計算し、WBGT 値を求めなければならない。このことが、WBGT での管理の重要性が認められながら、広く実用化されなかった原因と考えられる。

ここに紹介する熱中症予防用 WBGT 暑熱環境計は、これらの点を考慮し、特に現場で簡単に取り扱えるように、小形軽量でポータブルタイプとし、水の補給など、わずらわしい操作を一切なくした計測器（表

4) で、いつでも手軽に WBGT 値が表示され、気温・相対湿度および輻射温度も切換えて、表示できる。

また、その性能は、労働衛生工学、産業医学、スポーツ生理学関係の各方面において、広く認知されている。

#### 3.1 構造

本計測器（写真、図1）は、気温（乾球温度）および、輻射温度（黒球温度）のセンサとして、サーミスターを使用し、相対湿度は高分子抵抗変化型湿度センサを使用している。なお、湿球温度は、気温と相対湿度から演算して求める。気温および湿度センサは、建設土木現場など屋外での使用をも考慮して、直射日光からの遮へいを考慮した構造配置となっている。また、鉄骨や炉壁、室内壁面などが蓄熱され熱源となる

表3 作業現場の管理

**管理・監督者のみなさん** は、次のような対策を行きましょう。

- 作業前には作業者の体調を必ずチェック。
- その日の暑さを測定する。（暑さを計るには気温、湿度、風速、輻射熱を総合的に測定する“WBGT”という指数を用います。）
- 適切な作業管理を行い、十分な休憩時間をとらせる。
- 快適に過ごせる休憩場所を確保し、冷水や梅干し、スポーツドリンクなどを準備する。

※中災防 熱中症予防のポイント

表4 本計測器の仕様

形式名称	WBGT-113 暑熱環境計
測定範囲	WBGT値：0～50℃ 気温：0～50℃ 相対湿度：10～90% RH 輻射温度：0～80℃
測定精度 (微風環境 下にて)	WBGT値：±2℃ (15～35℃) 気温：±1℃ (15～40℃) 相対湿度：±5% (20～80%) 輻射温度：±2℃ (15～50℃)
電池寿命	最大連続使用時間 約70時間
電源	単4 1.5V 乾電池×2
重量	約150g
付属品	携帯用ケース …… (1個) 単4 1.5V 乾電池 …… (2本) 取扱説明書 …… (1部)

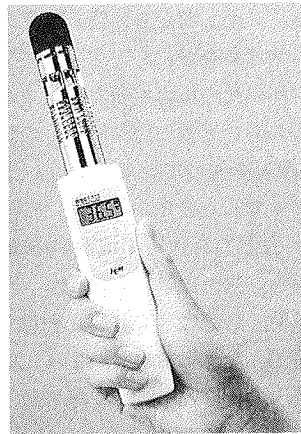


写真 外 観

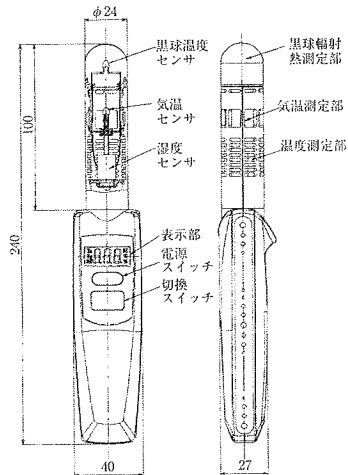


図1 構造図

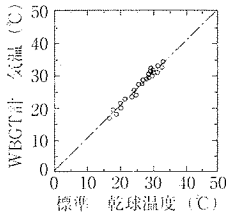


図2 気温

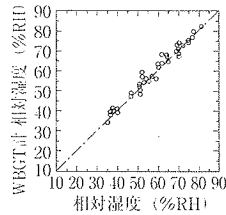


図3 湿度

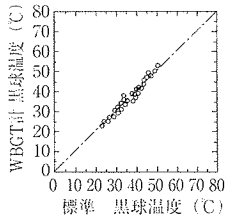


図4 輻射熱

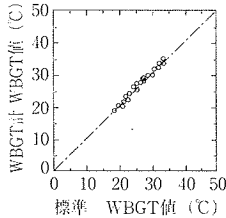


図5 WBGT

熱放射（輻射熱）の影響を防ぐため、クロームメッキが施され、換気性を考慮した枠体に収納されている。輻射温度センサは、黒球に収納され、本計測器の先端に配置して、直射日光や炉壁などからの熱放射に直接ばく露される配置構造となっている。

### 3.2 機能

本計測器を片手で持ち、センサ部をほぼ垂直に立て、腕を伸ばし、胸の高さ（地上から1.2—1.5m）で測定する。必要に応じて三脚等に固定しても良い。電源スイッチをONすると直ちにWBGT値が表示される。なお、気温、相対湿度および輻射温度（黒球温度）が切換え表示できる。

なお、測定現場にあわせて、屋内および屋外の切換えがある。炉壁の近くなど輻射熱が強く、かつ、風通しの悪い現場では、センサ近傍の環境温度を平均化するため、センサを手で持ち、数回振ってから表示を読み取ることを推奨している。

## 4. 性能評価

4.1 本計測器の性能を評価するため、ISO 7243 (JIS Z 8504) に基づき、オーガスト式吊下乾湿球計およびφ150黒球温度計を標準として、比較試験を行った。試験環境条件は、夏期の屋外直射日光下とし、地上1.2mに設置した。測定結果を図2—5に示す。

4.2 輻射熱を測定するための、標準黒球温度計（φ150）は、大きく、持ち運び設置などの取り扱いが不便であると同時に、熱応答性が遅いため、設置してか

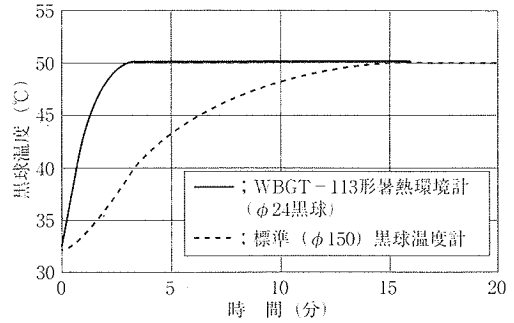


図6 黒球温度の追従性

ら温度平衡に達するまでに数10分間待たねばならない。また、熱放射が変動している現場では、正確に計測できない。本計測器の黒球温度計は、小形で高感度であり、速やかに温度平衡（約3分）に達する。したがって、熱放射が強く、短時間での計測を必要とされる溶鉱炉周辺や、輻射熱が変動し易い直射日光下の屋外での黒球温度の計測には、持ち運びが容易な小形軽量の一体形であることとあいまって極めて有効であると思われる。試験結果を図6に示す。

## 5. おわりに

熱中症予防用WBGT暑熱環境計の開発によって、従来手間のかかる測定を伴ったWBGT値の算出作業が、飛躍的に改善された。これを契機に、WBGTが法令の上でも取り上げられ、暑熱環境の評価指標としてさらに定着していくことを願う。

### 文献

- 1) 厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課長通達：「熱中症による死亡災害発生状況（平成13年分）について」、基安労第0425001号、平成14年4月25日
- 2) 日本産業衛生学会：「許容濃度等の勧告（2002）」、産業衛生学雑誌，44，141-174，2002
- 3) 川原貴，熱中症予防8か条と熱中症予防のための運動指針，スポーツ活動時における熱中症事故予防に関する研究第3報，4-5，1993
- 4) 日本工業規格 JISZ 8504：「人間工学—WBGT（湿球黒球温度）指数に基づく作業者の熱ストレスの評価—暑熱環境」
- 5) 国際規格 ISO 7243：「Hot environments—Estimation of the heat stress on working man. based on the WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature)」
- 6) 中央労働災害防止協会：「熱中症予防のポイント」、働く人の安全と健康，13，(7)，2002