

## 第4章 実測調査に用いた観測機器及び WBGT の算出について

### 4.1 実測調査に用いた観測機器の観測項目及び方法

5.1～5.4章の実測調査では、気温、相対湿度、黒球温度、風向風速、日射量、赤外放射量、地表面温度、熱画像について観測または撮影するとともに、気温、相対湿度、黒球温度の各値を用いて、WBGT(暑さ指数)を算出した。

使用した観測機器の型番、仕様及び測定間隔等を表4-1-1に示す。

このうち、気温及び相対湿度は、温度・湿度センサーを自作の自然通風式シェルターに格納し、気象庁での温度計設置の基準<sup>1)</sup>に準拠して、地表面から高さ約1.5mの位置で観測を行った。黒球温度は、温度センサーを直径約15cmの黒球の中心に格納し、地表面から高さ約1.5mの位置で観測を行った。

風向風速については、高さの規定はないが、周辺の地物の影響を受けないことが望ましいとある<sup>1)</sup>。このため、風向風速計は観測機器の近傍にある自然通風式シェルターの影響を受けないよう、三脚に取り付けたものを、地表面から高さ約1.6mの位置に設定した。日射量及びの赤外放射量は、地表面からの影響を観測することが主であるため、日射計及び赤外放射計を地表面から高さ約0.3mに設置し、観測を行った。観測機器の設置状況の一例を図4-1-1に示す。

また5.2章の実測調査では環境科学研究所が所有する観測機器のほかに、JAMSTECが所有する観測機器(気温、相対湿度、風向風速、黒球温度、日射量)も併せて使用した。JAMSTECが所有する観測機器の型番、仕様及び測定間隔等を表4-1-2に、設置状況を図4-1-2に示す。

なお、5.3章及び5.4章のうち、街路樹に観測機器を括り付けて観測した場合のみ、歩行者の通行に支障をきたさないよう、地表面から高さ約2.5mの位置で観測を行った。

表4-1-1 環境科学研究所で使用した観測機器の型番・仕様・測定間隔

観測項目	メーカー	型番	測定範囲	測定精度	測定分解能
気温・黒球温度	(株)T&D	TR-52i	-60～155℃	±0.3℃	0.1℃
相対湿度	(株)T&D	TR-72wf	10～95%RH	±5%RH	1%RH
風向風速	NIELSEN-	Kestrel	0.4～40 m/s	±3%	0.1 m/s
	KELLERMAN	4500			
日射量	Hukseflux	LP-02	0～2000 W/m <sup>2</sup>	±5%	—
	Kipp&Zonen	CMP-3E	0～2000 W/m <sup>2</sup>	±5%	—
赤外放射量	Hukseflux	IR-02	-300～300 W/m <sup>2</sup>	±10%	—
地表面温度	A&D(株)	H2630	-40～120℃	±2℃	0.03℃
熱画像	日本アビオクス(株)	R500S	-40～120℃	±2℃	0.03℃



図 4-1-1 環境科学研究所で使用した観測機器の設置状況 (5.1 章での観測より)

表 4-1-2 JAMSTEC で使用した観測機器の型番・仕様・測定間隔

観測項目	メーカー	型番	測定範囲	測定精度	測定分解能
気温	(株)フィールドプロ	複合気象センサー WXT520	-60~155℃	±0.3℃	0.1℃
相対湿度	(株)フィールドプロ	複合気象センサー WXT520	10~95%RH	±5%RH	1%RH
風向風速	(株)フィールドプロ	複合気象センサー WXT520	0.4~40 m/s	±3%	0.1 m/s
黒球温度	(株)フィールドプロ	温度センサー TPT100	-40~100℃	クラス A	—
日射量	(株)フィールドプロ	日射計 FMP3	0~2000 W/m <sup>2</sup>	±5%	—

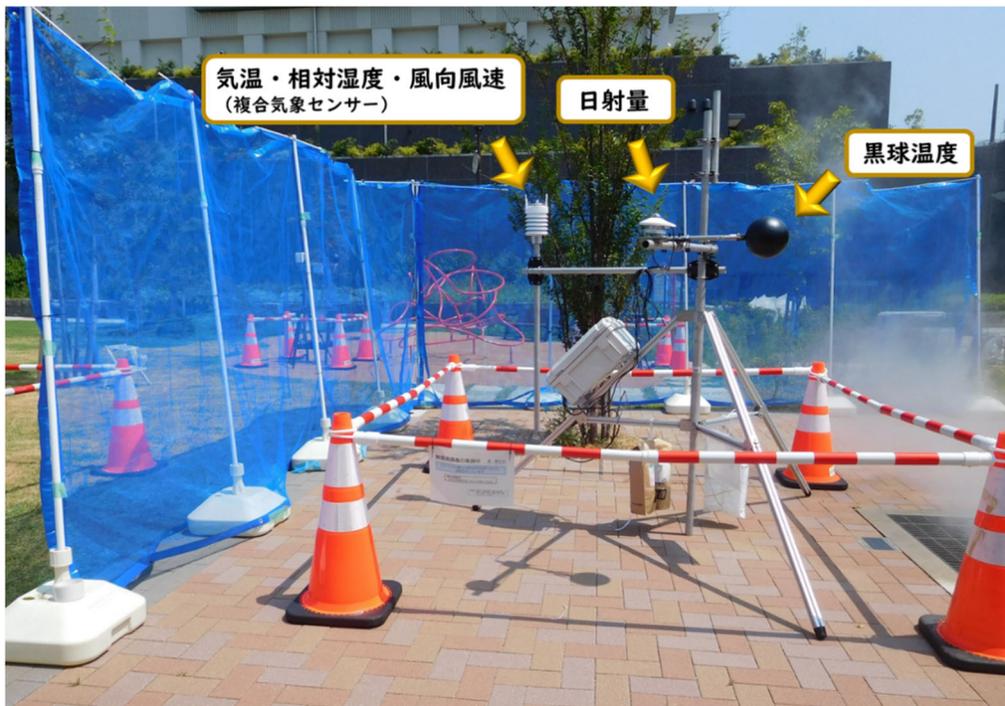


図 4-1-2 JAMSTEC で使用した観測機器の設置状況 (5.1 章での観測より)

参考文献:

- 1) 気象庁: 気象観測の手引き, 81pp. (1998)

#### 4.2 WBGT の算出について

WBGT (暑さ指数: Wet-Bulb Globe Temperature) は熱中症予防を目的として、1957 年に Yaglou<sup>1)</sup>らによって提案された指標である。これは人体と外気との熱収支に着目した指標で、人体の熱収支に与える影響の大きい湿度、日射・放射などの周辺の熱環境、温度の 3 つを取り入れたものである。WBGT は労働環境や運動環境の指針として有効であると考えられており、熱中症予防指針は日本生気象学会が日常生活について、(公財)日本体育協会が運動時について、それぞれ公表している<sup>2),3)</sup>。両指針で示されている WBGT に応じた注意事項を表 4-2-1 に示す。

また、労働環境における WBGT について、国際的には ISO 7243<sup>4)</sup>、国内では JIS Z 8504<sup>5)</sup>として規格化されている。WBGT [°C]は、湿球温度を  $t_w$  [°C]、黒球温度を  $t_g$  [°C]、乾球温度を  $t_d$  [°C]とすると、式 (1)で与えられる。

$$WBGT = 0.7 t_w + 0.2 t_g + 0.1 t_d \quad (1)$$

実測調査では、乾球温度  $t_d$  及び黒球温度  $t_g$  については実測値、湿球温度  $t_w$  については乾球温度及び相対湿度から算出した計算値を用いて、WBGT を算出した。

なお、湿球温度  $t_w$  の算出には Sprung の式<sup>6)</sup>を使用し、水の飽和蒸気圧の近似式には Tetens のパラメータ値<sup>7)</sup>による August-Roche-Magnus の式<sup>8),9)</sup>を使用した。

表 4-2-1 WBGT のレベルと対応すべき注意事項

WBGT (暑さ指数)	日常生活における注意事項	熱中症予防の ための運動指針
31℃以上 【危険】	外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。	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。
28～31℃ 【嚴重警戒】	外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。	熱中症の危険性が高いので、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。
25～28℃ 【警戒】	運動や激しい作業をする際は定期的に充分 に休息を取り入れる。	熱中症の危険が増すので、積極的に休憩をとり適宜、 水分・塩分を補給する。
21～25℃ 【注意】	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。	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。
21℃未満 【ほぼ安全】		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。

参考文献：

- 1) C. P. Yaglou and D. Minard : Control of heat casualties at military training centers, A.M.A. Arch. Ind. Health, 16, 302-316 (1957)
- 2) 日本気象学会：日常生活における熱中症予防指針 Ver.4 確定版、<https://seikishou.jp/cms/wp-content/uploads/20220523-v4.pdf> (2023年3月時点)
- 3) 公益財団法人日本体育協会：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック(平成25年度改定版)、52pp. (2013)
- 4) International Organization for Standardization : ISO 7243:1989 Hot environments—Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature) (1989)
- 5) 日本工業規格：JIS Z 8504:1999 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 (1999)
- 6) 日本工業規格：JIS Z 8806:2001 湿度—測定方法(2001)
- 7) O. Tetens: Über einige meteorologische Begriffe, Z. Geophys., 6, 297-309 (1930)
- 8) O. A. Alduchov and R. E. Eskridge : Improved Magnus form approximation of saturation vapor pressure, J. Appl. Meteor., 35, 601-609 (1996)
- 9) M. G. Lawrence : The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air, Bull. Amer. Meteor. Soc., 86, 225-233 (2005)