

熱中症予防のための WBGT 測定試行結果中間報告

教育研究支援センター OSHMS プロジェクトチーム

平成 25 年度校長裁量経費“より安全な実験・実習を行うための「労働安全衛生マネジメントシステム」の構築”が採択され、教育研究支援センター技術職員を核に OSHMS (Occupational Safety and Health Management System：労働安全衛生マネジメントシステム) プロジェクトチームが発足した。今期(25 年 7 月~26 年 6 月)は熱中症対策、ヒヤリ・ハット事例の公表、照度不足による事故防止および VDT (Visual Display Terminals) 作業による障害防止のための照度測定を行うとともに、マネジメントシステムのスキームを構築することを目標としている。本報では、平成 25 年 8 月から 9 月にかけて実施した WBGT (熱ストレス指数) 測定の結果を示すとともに、26 年度の熱中症予防に向けた WBGT 測定計画および熱中症予防対策について報告する。

WBGT とは

WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature：湿球黒球温度 [単位：℃]) は、労働環境において作業者が受ける暑熱環境による熱ストレスの評価を行う簡便な指標である。暑熱環境を評価する場合には気温に加えて、湿度、風速、輻射(放射)熱を考慮して総合的に評価する必要があり、WBGT はこれらの基本的温熱諸要素を総合した値となっている。

WBGT の算出法¹⁾

WBGT の値は自然湿球温度と黒球温度を測定し、また、屋外で太陽照射のある場合は乾球温度を測定し、それぞれの測定値をもとに次式により計算したものである。

(1) 屋内及び屋外で太陽照射のない場合

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

(2) 屋外で太陽照射のある場合

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

ここで、

自然湿球温度：強制通風することなく、輻射(放射)熱を遮る設備を有しない濡れたガーゼで覆われた温度計の示す値

黒球温度：次の特性を持つ中空黒球の中心に位置する温度計の示す温度

- (1) 直径が 150 mm であること
- (2) 平均放射率が 0.95 (つや消し黒色球) であること
- (3) 厚さができるだけ薄いこと

乾球温度：周囲の通風を妨げない状態で、輻射(放射)熱による影響を受けないように球部を囲って測定された乾球温度計が示す値

とし、この WBGT の値をもって、「熱中症になりやすさ」の指標としている。

作業場所での WBGT の値の測定方法

WBGT の値の測定を行うには、状況に応じて自然湿球温度計、黒球温度計または乾球温度計を使用し、それぞれの測定値をもとに上の (1) または (2) の式により計算する。なお、作業場所で WBGT の値を自動的に計算する機能を有した携帯用の簡易な WBGT 測定機器も市販されている。

作業場所において、WBGT の値の測定を行う場合に注意すべき事項は以下のとおりである。

- (1) 屋内では、熱源ごとに熱源に最も近い位置で測定すること。また、測定位置は、床上 0.5m~1.5m とすること。
- (2) 屋外では、乾球に日光が直接当たらないように温度計を日陰に置いて測定すること。
- (3) 自然湿球温度計は強制通風することなく、自然気流中での温度を測定すること。
- (4) 黒球温度は安定するまでに時間がかかるので、15 分以上は放置した後に温度を測定すること。
- (5) 事前に WBGT の値が WBGT 基準値 (次のページの注意または警戒) を超えることが予想される場合は、WBGT の値を作業中に測定すること。

平成 25 年度の測定結果

平成 25 年度は、プロジェクト経費執行の都合により 8 月 9 日以降の測定となった。使用した WBGT 測定器は、株式会社エー・アンド・デイの熱中症指数モニタ AD-5695 である。この測定器では WBGT、気温 (乾球温度)、黒球温度、相対湿度の測定をすることが可能である。測定の状況を図 1 に示す。なお、今年度購入した 4 台に関しては、WBGT 測定を行った期間の最後に整合性を確認するために恒温恒湿室内での測定を行ったが、WBGT は ±0.1℃の表示差であることが確認された。



図 1 WBGT 測定の状況

測定箇所としては主に実験や実習を行う場所を選択し、屋外 3 カ所、屋内 4 カ所の合計 7 カ所で測定を行った。それぞれの測定箇所での測定された値を表 1 および図 2、3 に示す。

表 1 各測定地点における WBGT の値

									(参考)環境省発表データ 測定地:福井				
日時	測定場所	時間	天候	WBGT(°C)	気温(°C)	黒球温度(°C)	湿度(%)	備考	時間	WBGT(°C)	気温(°C)	黒球温度(°C)	
8月9日	実習工場	9:45	晴	25.7	28.5	28.7	70.2		10:00	30.7	31.8	46.2	
	B科棟前	10:00	晴	29.9	34.0	38.1	62.0		11:00	30.6	32.6	44.7	
	E科実験室1	11:35	晴	23.3	25.9	26.6	64.1	冷房	12:00	30.6	33.2	48.9	
	創生教育ラボ	11:30	晴	22.4	26.6	26.9	58.4						
	E科外廊下	11:50	晴	28.1	32.5	33.1	60.4	陰					
	実習工場	14:30	晴	27.0	30.3	32.1	64.0		15:00	30.8	34.0	48.5	
	B科棟前	15:00	晴	28.4	33.4	33.1	57.8	陰	16:00	30.7	33.9	45.9	
	E科実験室1	14:30	晴	24.1	27.1	27.3	59.4	冷房					
8月19日	創生教育ラボ	15:40	晴	22.2	26.2	26.6	59.4	冷房					
	E科外廊下	15:45	晴	28.4	33.6	34.1	55.4	陰					
	E科実験室1	14:30	晴	26.3	30.9	31.3	57.5		15:00	31.3	36.4	53.4	
	創生教育ラボ	14:40	晴	26.1	30.6	30.6	59.2		16:00	31.0	36.3	50.8	
	E科外廊下	14:50	晴	27.6	36.1	36.8	35.5	陰					
	E科準備室	15:50	晴	20.1	25.1	25.6	48.4	冷房					
	8月23日	実習工場	10:15	曇	26.4	30.0	30.4	64.8		10:00	27.8	31.0	34.3
	B科棟前	11:00	曇	25.9	29.3	27.6	70.8		11:00	28.1	31.1	36.7	
8月29日	実習工場	14:30	曇	26.0	27.9	28.2	79.6		14:00	25.4	26.4	26.8	
	B科棟前	16:00	雨	25.1	26.1	25.8	91.7		15:00	25.4	25.5	29.7	
	E科実験室1	14:00	曇	25.3	29.5	29.7	61.0		16:00	25.0	25.8	26.6	
	創生教育ラボ	14:20	曇	24.7	28.8	28.8	60.6						
	E科外廊下	14:40	曇	25.6	27.7	28.7	76.8	陰					
	実習工場	10:25	曇	25.9	30.1	30.4	60.7		10:00	26.6	28.1	43.2	
	B科棟前	10:00	曇	27.0	31.6	34.3	55.7		11:00	27.9	31.7	47.7	
	体育館前	10:05	曇	27.1	31.6	32.6	58.0						
8月30日	実習工場	14:25	曇	27.8	31.1	31.3	68.0		14:00	27.8	32.9	49.8	
	B科棟前	14:35	曇	27.4	30.7	31.3	68.4		15:00	26.6	32.4	44.5	
	体育館前	14:40	曇	27.4	30.9	31.7	66.2						
	E科実験室1	10:20	曇	25.8	30.4	29.7	59.1		10:00	29.1	31.7	44.3	
	創生教育ラボ	10:40	曇	23.3	27.2	27.1	62.4		11:00	28.1	31.4	38.4	
	E科外廊下	10:00	曇	26.7	31.4	32.2	57.6	陰					
	E科準備室	11:00	曇	19.5	23.6	23.8	55.9	冷房					
	E科実験室1	15:00	曇	26.2	28.0	28.1	81.0		14:00	28.7	30.3	37.3	
9月4日	創生教育ラボ	14:20	曇	23.3	27.2	27.2	67.8		15:00	27.6	28.8	34.3	
	E科外廊下	14:40	曇	27.1	30.1	30.4	70.3	陰					
	E科準備室	14:00	曇	23.4	27.1	27.2	63.7	冷房					
	E科実験室1	10:20	曇	23.1	26.4	26.5	66.3		10:00	25.6	25.5	37.9	
	創生教育ラボ	10:10	曇	22.1	25.4	25.2	66.8		11:00	25.6	27.5	34.7	
	E科外廊下	10:30	曇	23.4	25.6	27.4	73.4	陰					
	E科準備室	10:00	曇	22.7	25.5	25.4	70.4						
	9月9日	B科棟前	11:00	曇	21.5	25.2	26.0	60.7		11:00	23.8	25.4	36.2
9月11日	B科棟前	15:00	晴	25.3	28.7	39.1	53.2		15:00	27.8	26.5	46.0	
	実習工場	10:45	晴	25.1	29.2	31.0	54.5		10:00	25.4	27.0	37.9	
	B科棟前	10:30	晴	26.7	30.1	41.5	49.3		11:00	27.1	29.0	44.6	
	体育館前	10:35	晴	26.7	29.7	42.0	51.1						
	E科実験室1	14:10	晴	23.1	26.4	26.5	66.3		14:00	29.9	33.5	50.2	
	創生教育ラボ	14:20	晴	22.1	25.4	25.2	66.8		15:00	29.1	33.7	48.8	
	E科外廊下	14:30	晴	23.4	25.6	27.4	73.4	陰					
	E科準備室	14:40	晴	22.7	25.5	25.4	70.4						
9月18日	B科棟前	14:30	晴	26.1	31.6	37.7	43.1		14:00	25.1	27.7	43.1	
	E科実験室1	14:00	晴	22.0	26.7	26.7	52.0		15:00	24.4	27.6	41.6	
	創生教育ラボ	14:10	晴	21.6	26.8	26.8	50.3						
	E科外廊下	14:20	晴	21.1	25.9	26.1	52.0	陰					
	E科準備室	14:30	晴	21.7	26.7	26.7	52.0						
	実習工場	10:30	晴	21.2	24.8	25.5	60.5		10:00	23.5	25.8	42.0	
	B科棟前	10:40	晴	22.8	28.7	30.6	39.8	陰	11:00	24.5	27.6	44.4	
	体育館前	10:50	晴	24.3	28.7	41.8	38.1						
9月25日	B科棟前	10:30	晴	26.7	32.7	38.8	43.0		10:00	25.7	27.8	39.6	
									11:00	26.4	28.9	45.0	
										危険 31-			
										嚴重警戒 28-31			
										警戒 25-28			
										注意 21-25			
										ほぼ安全 -21			

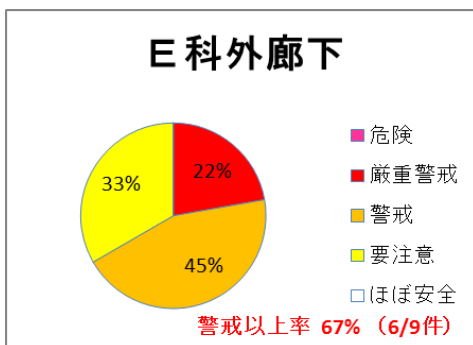
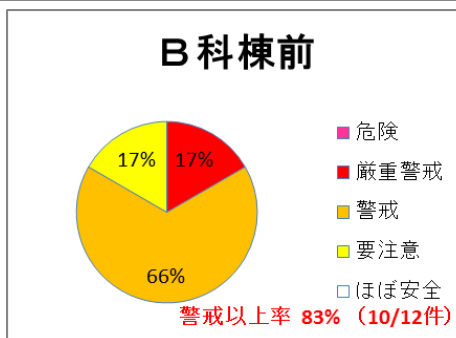
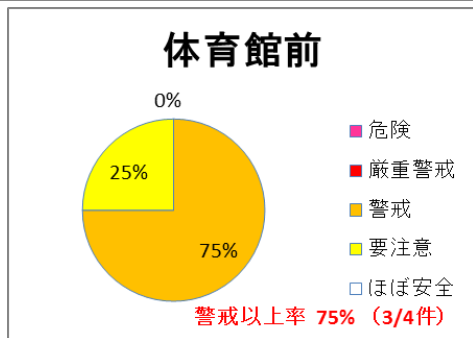
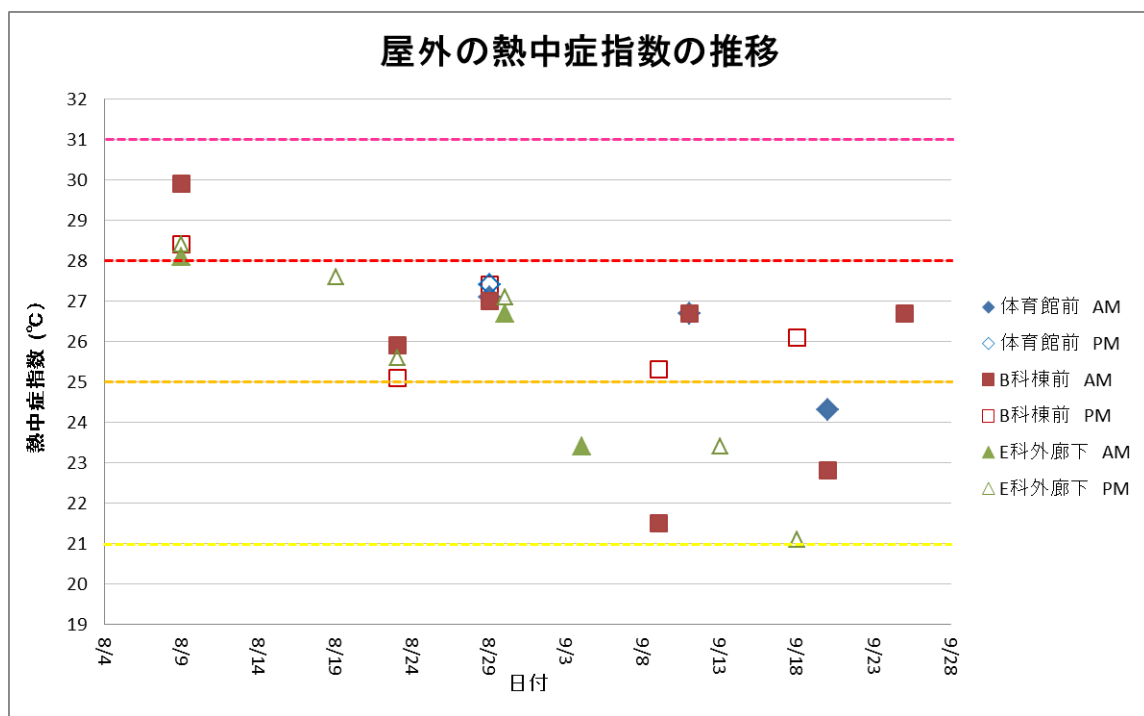


図 2 屋外における WBGT の値の推移と危険度の比率

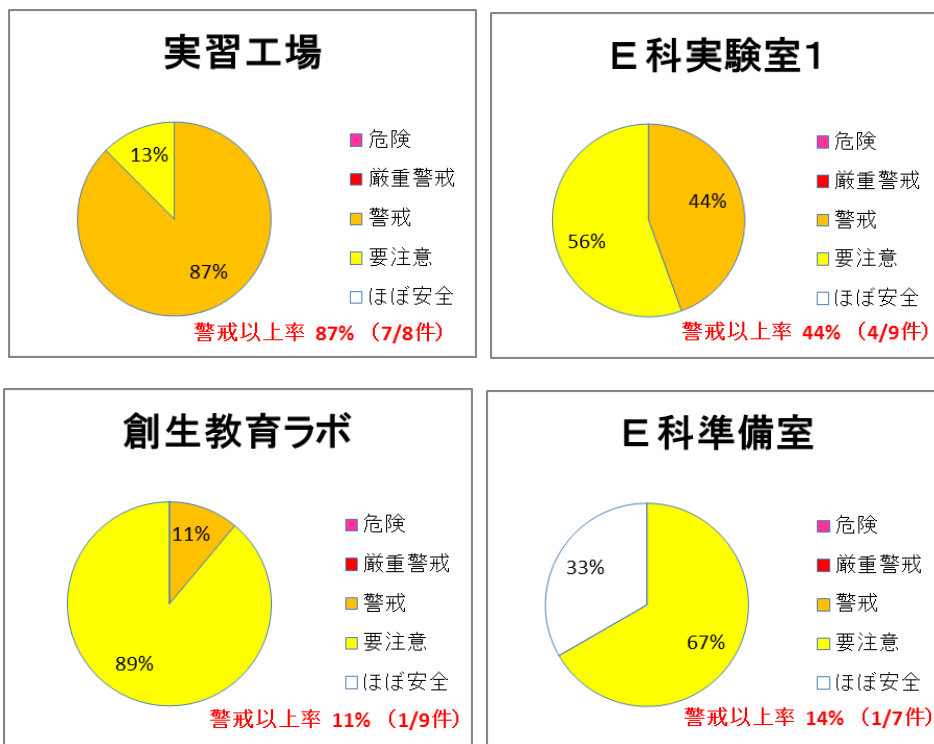
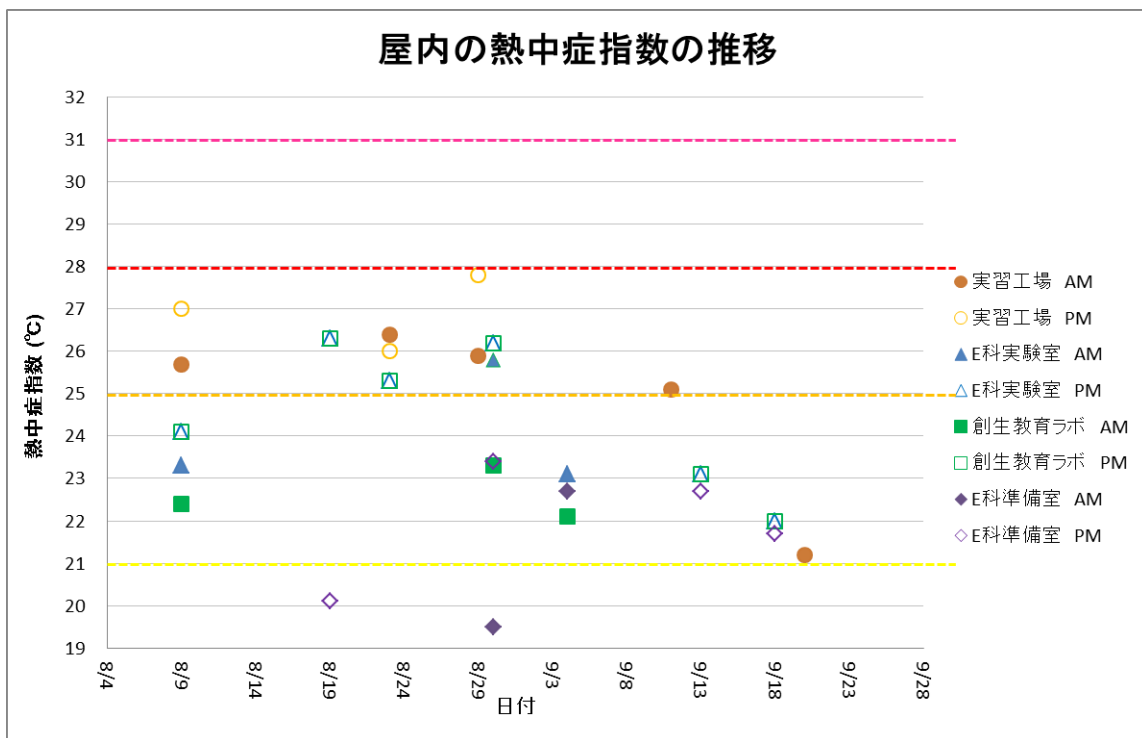


図 3 屋内における WBGT の値の推移と危険度の比率

平成 25 年度に測定された WBGT の値に関する考察

今年度は授業が行われていない時期に測定することとなったが、測定法の習得および熱中症への注意喚起として十分な効果があったと考えられる。通常、屋外における測定は 15 分間継続しなければならないが、三脚が未購入であったことから、計測器の値が約 30 秒一定した時点をもって測定結果とした。そのため、屋外（日陰を除く）における WBGT 測定結果は低い値を示している可能性があると考えられる。

表 1 および図 2、3 に示すように、今回の WBGT 測定によれば屋外測定点では 76 %、屋内測定点においても 37 %が熱中症発症に対して警戒すべきとの結果を得た。実際に、今年の 5 月に屋内作業中の技術職員が熱中症を発症したこともあり、十分に熱中症対策を施す必要のあることが確認された。

熱中症は熱順応性の乏しい時期や若年者、高齢者が発症する可能性が高い。気象庁の福井における日ごとの最高気温測定結果でも、4 月は最高気温 26.9 °C で 25 °C を超える日が 2 日、同様に 5 月 30.3 °C、14 日、6 月 32.8 °C、23 日であった。また、月平均湿度(相対値)も 4 月 66 %、5 月 64 %、6 月 74%となり、次のページの図 4 に示した生気象学会の WBGT と気温、湿度との関係²⁾によると**気温 26°C、湿度 70%で熱中症を警戒すべき値**となっている。上記のように、5~6 月は暑熱に対する順応準備期間であるにも関わらず、最高気温 25 °C を超える日数が 60%を超え、かつ平均湿度が 60 %を超えている。熱に順応していない期間は、WBGT の値が注意の範囲であっても熱中症発症の危険性が高くなる。以上の理由により、5 月からエアコン運転期間までの期間が要注意期間であると考えられる。また、実習工場や測量実習等の暑熱環境における作業については、6 月以降さらなる嚴重注意が必要である。

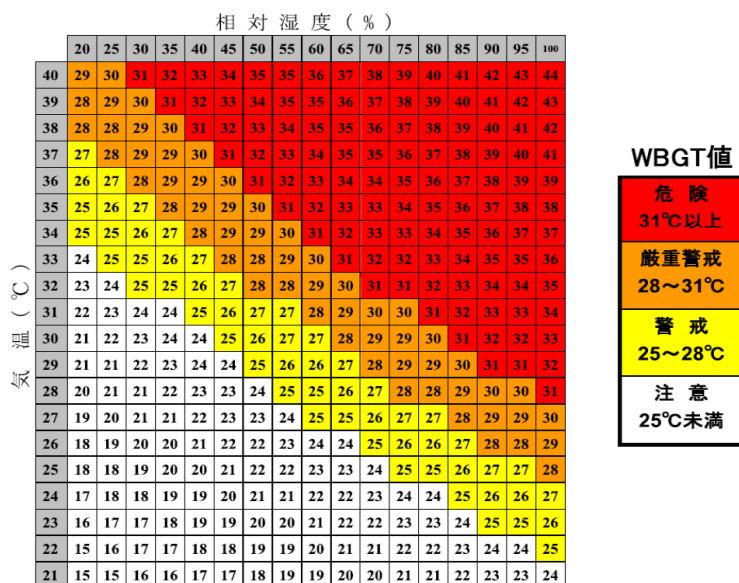
今後の測定計画および熱中症対策

平成 26 年 5 月から 9 月の期間は、OSHMS プロジェクトチームが中心となって担当する実験実習の開始前に WBGT 測定を行う。また、気象庁による週間天気予報により最高気温 25 °C を超えると予想される日には、あらかじめ定めた場所と時間に定点観測を行う。そのために測定器を支持するための三脚等の補助器具を購入する。

また、熱中症の症状が発生した場合の対策として、作業場付近に、クーラーボックスと経口補水液（水と電解質を効果的に補給できるもの）の設置を要する。

教育研究支援センターの技術職員に対する熱中症対策については、「熱中症予防インストラクター」の資格取得者の確保を目指し、さらにその資格取得者や外部から招聘した講師による熱中症予防セミナーの実施を目指す。

平成 25 年に実施した測定と、来年も継続して実施する測定およびセミナー等によって熱中症予防の効果が一層高まるものと考えている。



温度基準 WBGT	注意すべき 生活活動の目安	注意事項
危険 31度以上	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。
厳重警戒 28~31°C		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°C	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充分に休息を取り入れる。
注意 25°C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。

図 4 生気象学会の WBGT と気温、湿度との関係

参考文献

- 1)職場における熱中症の予防について 厚生労働省 Web サイト
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei33/>
- 2) 「日常生活における熱中症予防指針」 Ver.3 確定版 日本生気象学会 Web サイト
<http://www.med.shimane-u.ac.jp/assoc-jpnbiomet/pdf/shishinVer3.pdf>