

高校野球夏季公式戦期間中の温熱指標測定

加藤 貴英¹⁾ 寺田 和寿²⁾ 刑部 純平²⁾ 小西 駿斗²⁾ 松本 孝朗²⁾

KATO Takahide¹, TERADA Kazutoshi², OSAKABE Jumpei², KONISHI Hayato², MATSUMOTO Takaaki²:
Thermal index measurements during the official summer season high school baseball games

和文抄録：

高校野球の夏季公式戦期間中に3球場のバックネット裏観客席最前列部に携帯型WBGT(Wet-bulb Globe Temperature)計を設置し、温熱指標であるWBGTを測定した。WBGT 31℃オーバー発生日を確認し、梅雨時と梅雨明け後のWBGT値の日内変動を球場間で比較した。また、梅雨明け後のWBGT値を環境省がWeb上で公開している値と比較した。結果、WBGT31℃オーバー発生日率は梅雨明け後に全球場で増加した。球場によってWBGT31℃オーバー発生日率は異なり、8時から17時のWBGT値の日内変動パターンも異なった($p < 0.05$)。また、Web上で公表している参考値よりも高いWBGT値を示す球場があれば($p < 0.05$)、参考値よりも低いWBGT値を示す球場もあった($p < 0.05$)。熱中症対策として、試合中のWBGTを球場毎で測定し、実測値を確認しながら大会運営することを推奨する。

Key words: WBGT (Wet-bulb Globe Temperature), ballpark, heat stroke

キーワード: WBGT, 野球場, 熱中症

1. 緒言

今後も猛暑が続くと予想される我が国において、熱中症対策は大きな社会課題の1つである。特に、平成30年(2018年)は、1946年の統計開始以来7月としては、東日本で第1位、西日本では第2位の高温であった(気象庁, online1)。暑熱環境下において、より安全に運動・スポーツを行うための普及啓発資料として熱中症予防ガイドブック(川原ほか, 2019)やパンフレット(独立行政法人日本スポーツ振興センター学校安全部, 2019)等が発行され、熱中症に対する認知度は年々高まってきている。しかし、熱中症による6月から9月の救急搬送者数(総務省, online)は、

平成28年(2016年)が47,624人、平成29年(2017年)が49,583人、平成30年(2018年)が92,710人、令和元年(2019年)が66,869人、令和2年(2020年)が64,869人で、特別に暑かった平成30年(2018年)を除き、平成29年(2017年)以前と比較して減少していないのが実情である。

学校管理下の熱中症死亡事故に関する調査データによると、部活動中に死亡事故件数が最も多かった種目は野球である(独立行政法人日本スポーツ振興センター学校安全部, 2019)。夏の風物詩ともいえる高校野球は炎天下での大会開催を余儀なくされるため、大会運営者はより一層の注意を払い、熱中症予防のための具体的かつ適切な対策・対応を講じなければならない。そのため、

1) 豊田工業高等専門学校一般学科
〒471-8525 愛知県豊田市栄生町2-1

2) 中京大学大学院スポーツ科学研究科
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立101

1. Department of General Education, National Institute of
Technology, Toyota College

2-1 Eisei, Toyota, Aichi 471-8525

2. Graduate School of Health and Sport Sciences, Chukyo
University

101 Tokodachi, Kaizu, Toyota, Aichi 470-0393

熱中症予防の温熱指標として有用である湿球黒球温度（WBGT: Wet-bulb Globe Temperature）を現場で実測し、実情を十分に把握する必要がある。各都道府県高等学校野球連盟が独自に夏季選手権予選大会中のWBGT値を基に様々な対策を講じていることが新聞紙上およびWeb上で紹介されている。具体的には、山梨県高等学校野球連盟が環境省熱中症予防情報サイトによるWBGT値を基に給水や散水等の指針を打ち出しており、その事例を含めた「熱中症への注意を」と題した文書を、朝日新聞社と日本高等学校野球連盟は各都道府県高等学校野球連盟に送付し、万全を期して大会運営に臨むよう呼び掛けている（朝日新聞DIGITAL, 2018）。岐阜県高等学校野球連盟は決勝戦の開始時間を午後1時から10時に変更する他、WBGTの計測値から試合中の給水タイムの回数を決めている（岐阜新聞Web, 2019）。大会中に実測したWBGTデータについては学術集会で研究発表された事例（小原ほか, 2014）があるが、近年において公式戦期間中に実測したWBGTデータを学術論文として公表しているものはない。

上述した山梨県高等学校野球連盟の事例にもあるとおり、近年、環境省熱中症予防情報サイトから1時間毎のWBGT値が確認できるようになった。しかし、観測点のWBGT値はあくまでも参考値であり、スポーツ競技現場のWBGT値（実測値）とでは観測・計測環境が異なるため、参考値と実測値との間には当然ながら乖離が生じる（長尾ほか, 2020）。WBGTは気温、湿度、輻射熱、気流の4因子を反映した指標であるため（川原ほか, 2019；独立行政法人日本スポーツ振興センター学校安全部, 2019）、日照状況や降雨によって大きく変動する。また、球場が位置する標高（高木ほか, 2011）や周辺の建物密度が気温や風向きに影響する（三坂・成田, 2012）他、選手がプレーするグラウンド表面の形状が土であるのか天然芝であるのか、あるいは人工芝であるのかによって輻射熱に影響し（羽鳥ほか, 1985）、WBGT値は変動する。そのため、可能な限り複数の球場で連続的にWBGTを実測し、日照状況や降雨等の影

響を確認しながらWBGTの日内変動を比較・検討する必要がある。しかしながら、公式戦中に選手がプレーするグラウンド表面レベルでの連続したWBGT計測となると、様々な制約から限界がある。その中で、選手のプレーに支障を来さないバックネット裏観客席最前列部での連続的なWBGT測定を、愛知県高等学校野球連盟の許可を得て、夏季公式戦期間中に複数の球場で実施することができた。

本研究では、得られたデータを高校野球における熱中症対策のための学術的資料として公表するとともに、球場毎の実測値の比較、梅雨前後での比較、さらには実測値と環境省がWeb上で公表している参考値との比較をし、検討することを目的とした。

II. 方法

1. WBGT測定データの公表について

本研究は、愛知県高等学校野球連盟の協力のもと実施した。データの公表については、愛知県高等学校野球連盟、ならびに実測した球場の管理・運営を行う公益および一般財団法人を通じて所管となる各行政からの承認を得て実現した。

2. 測定場所・期間

2020年夏季愛知県高等学校野球大会で使用された10球場のうち、3球場（A球場、B球場、C球場）に携帯型WBGT計（無線黒球式熱中症指数計、TG-310、タニタ社製）を設置した。設置期間は、大会開幕前日の2020年7月3日17時から決勝戦当日の8月10日16時であった。携帯型WBGT計の回収の関係上、B球場のみ、8月7日15時までの記録となった。

携帯型WBGT計の設置場所については、プレーに支障が出ないことを前提に大会運営責任者と協議し、投手がマウンドから投球する過程で視野に入らないバックネット裏の観客席中央最前列部に2台設置した。グラウンド表面からの高さはA球場が3m30cm、B球場が3m75cm、C球場が3m65cmであった。バックネット裏観客席最前列

の正面に設置されている鉄柵にそれぞれカラビナで引っ掛けて設置し、盗難防止対策としてカラビナの上からワイヤーを巻き付けた。

3. 大会期間中の WBGT

携帯型 WBGT 計に 5 分毎で記録されたデータは CSV ファイルとして解析用パソコンに取り込み、バックネット裏の 2 台の WBGT 値を平均化した。その後、日毎の WBGT のピーク値が可視化できる様に折れ線グラフ化した（巻末の付録図を参照）。加えて、梅雨明け前後の WBGT の変動が可視化できる様、グラフ内に梅雨明け日をマーキングした。尚、計測が行われた東海地方の梅雨明けは、気象庁発表データによれば 2020 年 8 月 1 日で、平年と比較して 11 日遅い梅雨明けであった。

日本生気象学会（2021）による「日常生活における熱中症予防指針」では、WBGT 値が 31℃ を上回った場合を「危険」段階としている。加えて、日本スポーツ協会（川原ほか、2019）による「熱中症予防運動指針」においても、日最高 WBGT 値が 31℃ を上回った場合に「運動は原則中止（特別の場合以外）」としている。従って、ここでは WBGT 値が 31℃ よりも高値の場合を「WBGT31℃ オーバー」と定義し、WBGT31℃ オーバーを記録した日数を計測日数で除して、WBGT31℃ オーバー発生日率を算出し、その発生日率を 3 球場で比較した。

$$\text{WBGT31℃オーバー}^* \text{発生日率}(\%) = \text{WBGT31℃オーバーを記録した日数} \div \text{計測日数} \times 100$$

※ WBGT31℃オーバー：WBGT31℃より高値を記録

4. WBGT 値の日内変動

本研究で調査した 3 球場は公式戦で 1 日に 3 試合行われた日もあり、開始予定時刻は第 1 試合目が 8 時 30 分、第 2 試合目が 11 時 30 分、第 3 試合目が 14 時 30 分であった。そのため、試合中の WBGT 値の変動を想定し、8 時から 17 時の 1 時間毎の WBGT 値の変動を球場間で比較した。5 分毎で記録されたデータは 3 項移動平均化し、定時刻のデータを抽出して時間軸に表した。すなわち 8

時のデータであれば、7 時 55 分、8 時、8 時 5 分の 3 点のデータを平均して示した。データは梅雨明け前（7 月 4 日～31 日）と梅雨明け後（8 月 1 日～6 日）に分けて WBGT 値の日内変動を比較した。

梅雨明け前（7 月 4 日～31 日）においては、天候に依存して WBGT 値が乱高下するので、天気の影響を確認するために 12 時の WBGT 値を雨天時、曇天時、晴天時に群分けし、球場毎でそれぞれ比較した。群分けについては気象庁（online2）12 時発表の降水量や日照時間等を参考にし、以下に示す定義で群分けした。

雨天時：降水量あり，日照時間なし

曇天時：降水量なし，日照時間なし

晴天時：日照時間あり

梅雨明け前および梅雨明け後の WBGT 値の日内変動を確認する中で、B 球場の 13 時から 14 時の変動が他の 2 球場と異なって低下を示し、特に梅雨明け後の低下は顕著であった。本研究で用いた携帯型 WBGT 計は WBGT の因子となる気温、黒球温度、湿度も同時に測定・記録できることから、WBGT 値同様に 3 項移動平均した梅雨明け後（8 月 1 日～6 日）の 13 時と 14 時の気温、黒球温度、湿度を抽出して確認した。そして因子ごとの 13 時から 14 時の変化量（ Δ ）を算出し、球場間で比較した。

5. 環境省による公表データの活用

環境省（online1）が Web 上で公表している 1 時間毎の WBGT データを参考値とし、本研究データである実測値と比較するため、A 球場がある AX 市と C 球場がある CX 市のそれぞれの観測点データを活用した。時系列で折れ線グラフ化して WBGT31℃ オーバーの発生状況を確認し、3 球場の WBGT31℃ オーバー発生日率の算出同様に、AX 市と CX 市の観測点データによる WBGT31℃ オーバー発生日率も算出し、参考値および実測値の WBGT31℃ オーバー発生日率を比較した。

さらに、梅雨明け後の 9 日間（8 月 1 日～9 日）の 8 時から 17 時の 1 時間毎の WBGT 値の変動を、AX 市のデータは A 球場のデータと、CX 市のデー

タはC球場のデータと、それぞれ比較した。B球場があるBX市内には観測点が無いため、参考値と実測値の比較はB球場を除いた2球場とした。

6. 統計処理

全ての結果は平均値±標準偏差で示す。球場間での梅雨明け前と梅雨明け後のWBGT値の日内変動の比較、WBGT値の参考値と実測値の日内変動の比較は、二元配置分散分析（場所×時間）、およびボンフェローニの多重比較検定を行った。梅雨明け前の天気別の12時のWBGT値の比較と、球場間での梅雨明け後の13時から14時のWBGTならびに各因子の変化量の比較は、一元配置分散分析、およびボンフェローニの多重比較検定を行った。

一連の分析は統計解析ソフト（IBM SPSS Statistics 25）を用いて行った。有意水準は5%とした。なお、使用した統計ソフトでは、一元配置分散分析の場合、効果量の指標となる η^2 が結果に表示されないため、以下の公式で算出した。

$\eta^2 = \text{要因変動（要因による変動の平方和）} / \text{総変動（全変動の平方和）}$

III. 結果

表1にWBGT31℃オーバー発生日率を示す。全日程を通して、C球場のWBGT31℃オーバー発生日率が、他の2球場よりも低値であった。3球場で共通していたことは、梅雨明け後にWBGT31℃オーバー発生日率が急上昇したことであった。参考値である観測点のWBGT値と比較すると、A球場のWBGT31℃オーバー発生日率はAX市の参考値よりも高値を示し、C球場のWBGT31℃オーバー発生日率はCX市の参考値よりもやや低値を示した。

図1に梅雨明け前（7/4～31）の3球場のWBGT値の変動を示す。球場間の比較において、C球場がA球場よりも有意に低い値（ $p < 0.05$ ）を示す時間が複数あった。B球場が、14時～16時でA球場よりも有意に低い値を示した（ $p < 0.05$ ）。C球場とB球場の比較では、C球場の方が8時（ $p = 0.068$ ）と9時（ $p = 0.065$ ）で低い傾向を示したが有意差は無かった。

図2に梅雨明け前（7/4～31）の天気別の12時のWBGT値を球場毎で示す。3球場とも晴天時が、雨天時および曇天時よりも有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。A球場のみ、曇天時が雨天時よりも有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。

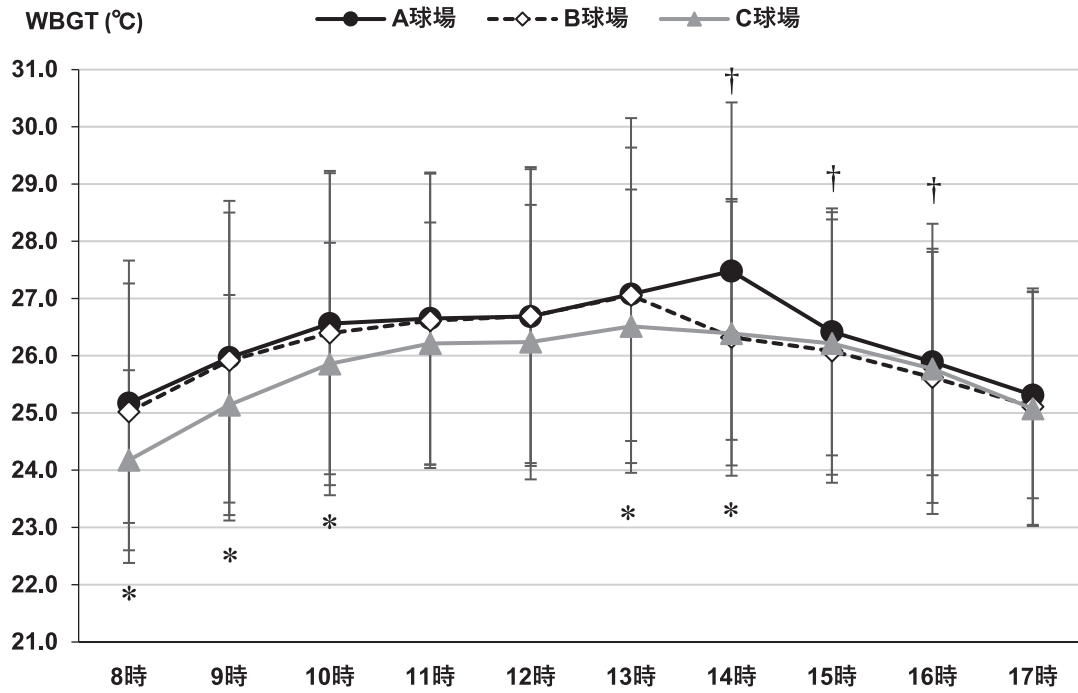
表1. 球場および観測点のWBGT31℃オーバー発生日率の比較

	全日程 (35日間)	梅雨明け前 (28日間)	梅雨明け後 (7日間)	8/8～8/10 追加 (3日間)
A 球場	13日, 37.1%	6日, 21.4%	7日, 100%	3日, 100%
B 球場	13日, 37.1%	6日, 21.4%	7日, 100%	—
C 球場	6日, 17.1%	3日, 10.7%	3日, 42.9%	3日, 100%
AX 市観測点	6日, 17.1%	2日, 7.1%	4日, 57.1%	2日, 66.7%
CX 市観測点	8日, 22.9%	5日, 17.9%	3日, 42.9%	3日, 100%

WBGT: Wet-bulb Globe Temperature

WBGT31℃オーバー^{*}発生日率(%) = WBGT31℃オーバーを記録した日数 ÷ 計測日数 × 100

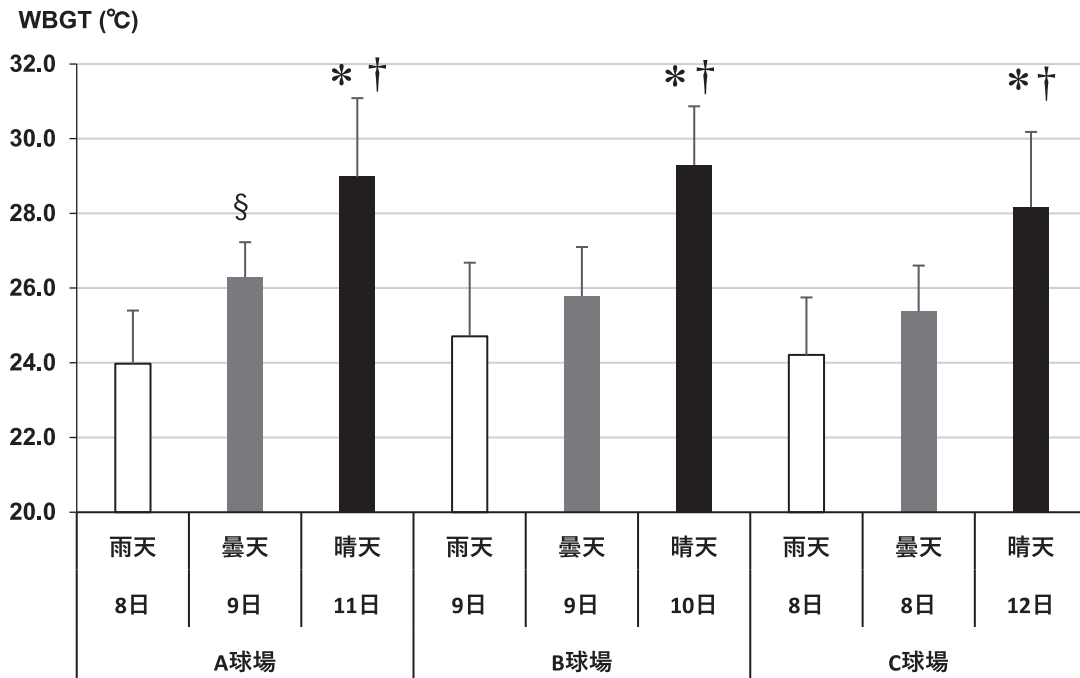
^{*}WBGT31℃オーバー: WBGT31℃より高値を記録



WBGT: Wet-bulb Globe Temperature
 交互作用: $F_{(18, 486)} = 2.974, p < 0.001, \text{Partial } \eta^2 = 0.099$
 主効果 (球場): $F_{(2, 54)} = 11.073, p < 0.001, \text{Partial } \eta^2 = 0.291$
 主効果 (時間): $F_{(9, 243)} = 15.642, p < 0.001, \text{Partial } \eta^2 = 0.367$

* $p < 0.05$, A 球場 vs. C 球場
 † $p < 0.05$, A 球場 vs. B 球場

図1. 梅雨明け前の3球場のWBGT値の変動



WBGT: Wet-bulb Globe Temperature
 A 球場: $F_{(2, 25)} = 22.474, p < 0.001, \eta^2 = 0.643$
 B 球場: $F_{(2, 25)} = 20.619, p < 0.001, \eta^2 = 0.623$
 C 球場: $F_{(2, 25)} = 14.516, p < 0.001, \eta^2 = 0.537$

* $p < 0.05$, 晴天 vs. 雨天
 † $p < 0.05$, 晴天 vs. 曇天
 § $p < 0.05$, 雨天 vs. 曇天

図2. 梅雨明け前の天気別12時のWBGT値の比較

図3に梅雨明け後(8/1~6)の3球場のWBGT値の変動を示す。球場間の比較において、C球場がA球場とB球場よりも有意に低い値($p < 0.05$)を示す時間が複数あった。B球場が14時でA球場よりも有意に低い値を示した($p < 0.05$)。事例として、A球場とB球場で8時の段階で既にWBGT値が31℃を超えている日があった。

表2に梅雨明け後(8/1~6)の3球場の13時から14時のWBGT値、気温、黒球温度、湿度の変化量を示す。B球場のWBGT値の変化量と黒球温度の変化量が、A球場とC球場よりも有意に大きかった($p < 0.05$)。

図4に梅雨明け後(8/1~9)のA球場とAX市観測点のWBGT値の変動を示す。A球場での実測値は、AX市観測点の参考値よりも有意に高い値($p < 0.05$)を示す時間が複数あった。

図5に梅雨明け後(8/1~9)のC球場とCX市観測点のWBGT値の変動を示す。C球場での実測値は、CX市観測点の参考値よりも有意に低い値($p < 0.05$)を示す時間が複数あった。

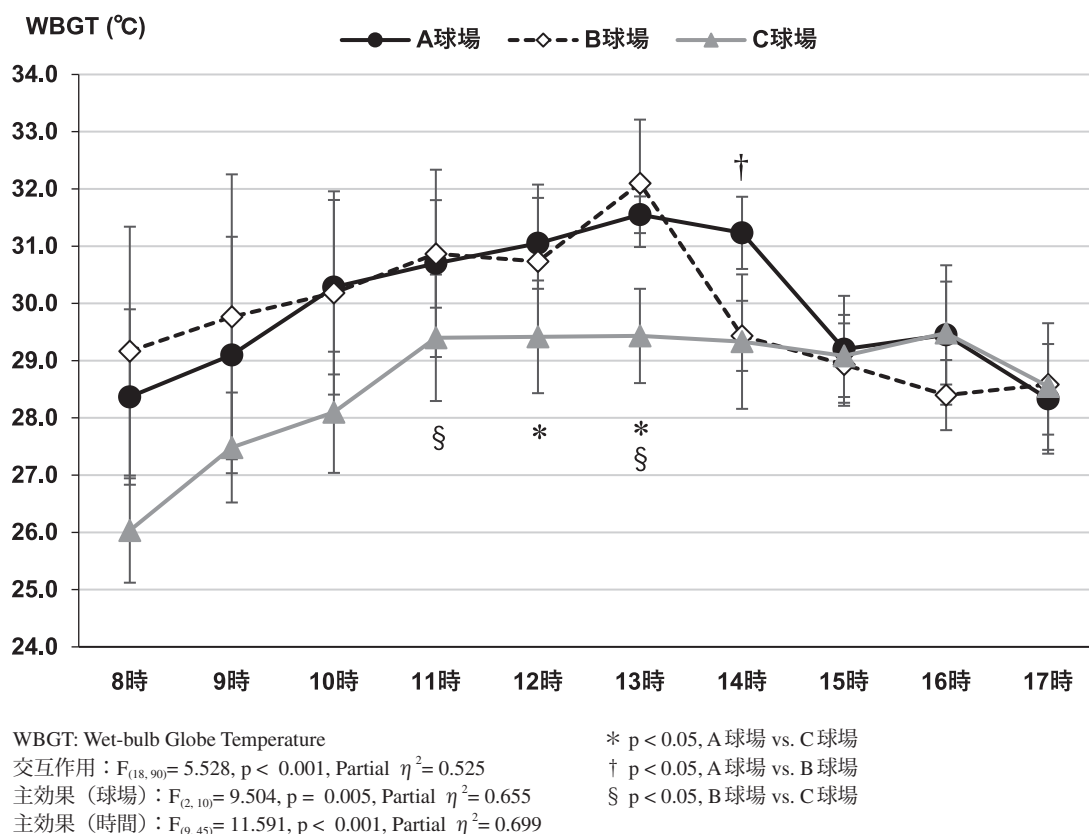


図3. 梅雨明け後の3球場のWBGT値の変動

表2. 梅雨明け後の3球場の13時から14時のWBGT値, 気温, 黒球温度, 湿度の変化量

		A 球場	B 球場	C 球場
WBGT (°C)	13 時	31.6 ± 0.3	32.1 ± 1.1	29.4 ± 0.8
	14 時	31.2 ± 0.2	29.4 ± 0.6	29.3 ± 1.2
	Δ (13-14)	0.3 ± 0.6	2.7 ± 0.6^{†§}	0.1 ± 0.8
気温 (°C)	13 時	39.6 ± 1.3	39.2 ± 1.7	35.6 ± 2.2
	14 時	37.9 ± 1.6	37.6 ± 1.4	34.6 ± 1.8
	Δ (13-14)	1.7 ± 1.4	1.6 ± 1.3	1.0 ± 1.9
黒球温度 (°C)	13 時	40.4 ± 1.1	41.9 ± 1.8	36.2 ± 1.9
	14 時	39.7 ± 2.2	37.7 ± 1.3	35.4 ± 1.7
	Δ (13-14)	0.7 ± 1.7	4.3 ± 1.1^{†§}	0.8 ± 1.9
湿度 (%)	13 時	41.6 ± 4.3	40.2 ± 4.9	51.0 ± 8.4
	14 時	44.0 ± 6.4	43.1 ± 4.2	54.9 ± 5.0
	Δ (13-14)	-2.4 ± 4.5	-2.9 ± 3.5	-3.9 ± 5.9

WBGT: Wet-bulb Globe Temperature

Δ WBGT : $F_{(2,17)}=26.732, p < 0.001, \eta^2=0.781$

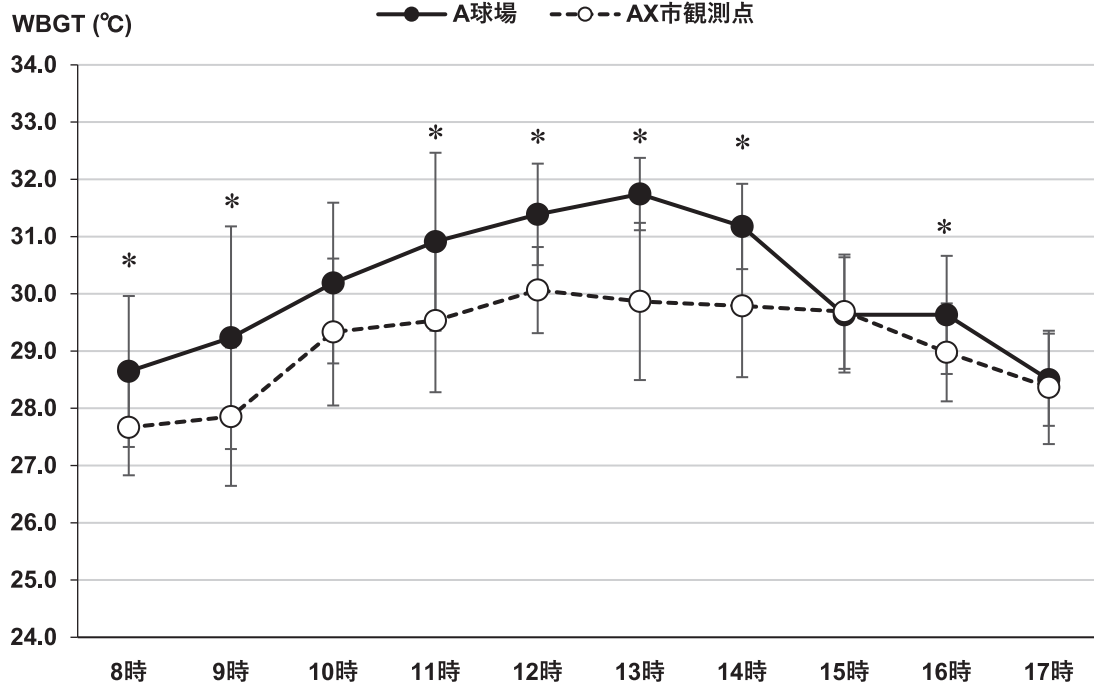
Δ 気温 : $F_{(2,17)}=0.348, p = 0.712, \eta^2=0.044$

Δ 黒球温度 : $F_{(2,17)}=9.161, p = 0.003, \eta^2=0.550$

Δ 湿度 : $F_{(2,17)}=0.144, p = 0.867, \eta^2=0.019$

† $p < 0.05, A$ 球場 vs. B 球場

§ $p < 0.05, B$ 球場 vs. C 球場



WBGT: Wet-bulb Globe Temperature

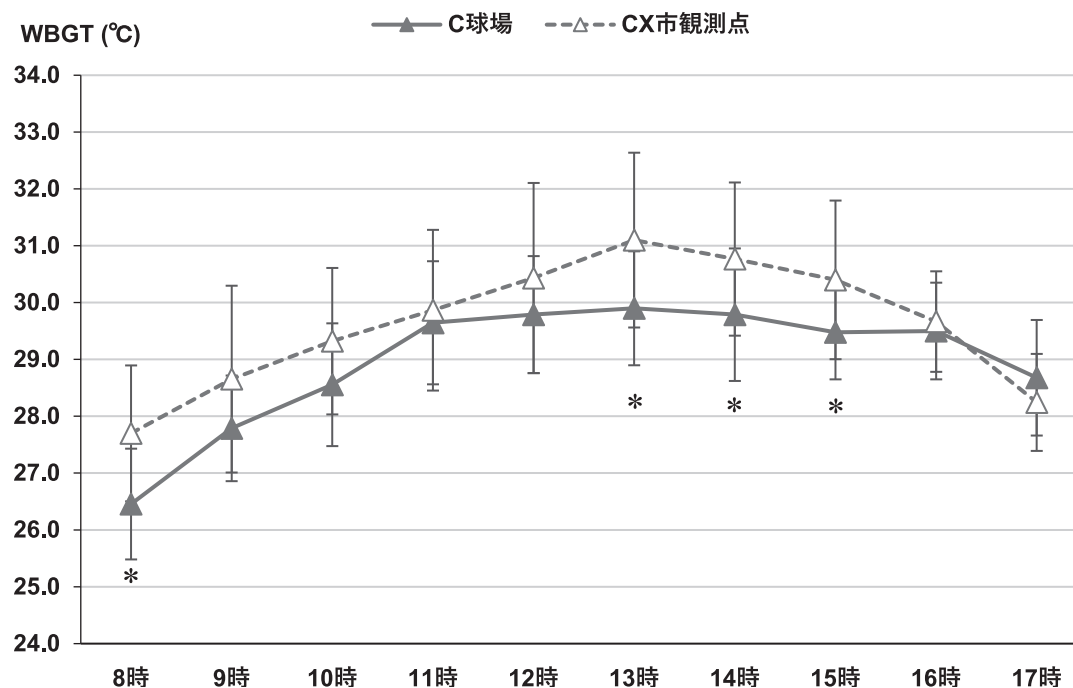
* $p < 0.05, A$ 球場 vs. AX市観測点

交互作用 : $F_{(9,72)}=2.910, p = 0.005, \text{Partial } \eta^2=0.267$

主効果 (場所) : $F_{(1,8)}=37.175, p < 0.001, \text{Partial } \eta^2=0.823$

主効果 (時間) : $F_{(9,72)}=12.502, p < 0.001, \text{Partial } \eta^2=0.610$

図4. 梅雨明け後のA球場とAX市観測点のWBGT値の変動



WBGT: Wet-bulb Globe Temperature

交互作用: $F_{(9, 72)} = 2.522, p = 0.014, \text{Partial } \eta^2 = 0.240$

主効果 (場所): $F_{(1, 8)} = 10.631, p = 0.012, \text{Partial } \eta^2 = 0.571$

主効果 (時間): $F_{(9, 72)} = 25.119, p < 0.001, \text{Partial } \eta^2 = 0.758$

* $p < 0.05$, C球場 vs. CX市観測点

図5. 梅雨明け後のC球場とCX市観測点のWBGT値の変動

IV. 考 察

本研究では2020年夏季愛知県高等学校野球大会の開催期間中に複数の球場で、選手のプレーに支障が無いバックネット裏観客席最前列部のWBGTを連続的に実測し、WBGT31℃オーバー発生日率を確認した。また、公式戦が行われていた時間帯(8時~17時)のWBGT値の日内変動を、梅雨明け前と後で、それぞれ球場間で比較した。加えて、球場で実測した梅雨明け後のWBGT値と環境省がWeb上で公表している参考値との比較を行った。その結果、WBGT31℃オーバー発生日率は梅雨明け後に一気に増加した。球場によってWBGT31℃オーバー発生日率は異なり、8時から17時のWBGT値の日内変動パターンも異なることが明らかとなった。また、観測点を示す参考値よりも高いWBGT値を示す球場がある一方、参考値よりも低いWBGT値を示す球場があることもわかった。バックネット裏観客席最前列部のデータではあるが、我々の知る限り、本研究

は高校野球公式戦中に連続的に実測したWBGT値を学術的資料として公表した最新の事例であろう。

1. 大会期間中のWBGT

WBGTが高くなるほど熱中症の発生リスクは増加する(川原ほか, 2019; 日本生気象学会, 2021)ため、暑熱環境下で開催される大会現場でのWBGT測定は安全管理の観点から重要な意味を持つ。学校管理下における熱中症発生件数の調査では、7月下旬から8月上旬にかけての発生件数が圧倒的に多く(独立行政法人日本スポーツ振興センター学校安全部, 2019)、高校野球の甲子園選手権予選はまさにこの時期に実施されるため、本研究で調査した大会期間中のWBGTのデータは価値あるものと言えよう。WBGT値が31℃を超えた場合、日本生気象学会(2021)が示す指針では「危険」段階とし、日本スポーツ協会(川原ほか, 2019)が示す指針では「運動は原則中止(特別の場合以外)」としているため、大会期間中

の日最高 WBGT が 31 °C を超えた日が何日あり、その発生日率がどの程度なのか確認した。その結果、WBGT 31 °C オーバー発生日率は梅雨明け後に一気に増加し、球場によっては日最高 WBGT が測定期間終了時まで毎日 31 °C 以上を記録した(表1)。WBGT 31 °C オーバー発生日率は梅雨明け日や大会スケジュールによって変化する可能性が考えられる。今大会は、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で大会日程は例年と異なり、試合は土日と祝日に限られた。また雨天順延等によって最終的に決勝戦は8月10日となった。2020年の東海地方の梅雨明けは8月1日で、その日はトーナメントで4回戦が行われた。5回戦が8月2日、準々決勝が8月8日、準決勝が8月9日、そして8月10日に決勝戦が行われた。一方、東海地方の平年の梅雨明けは7月20日前後で、愛知大会の日程は、2018年の100回記念大会(東愛知と西愛知に分かれての開催)を除き、例年7月の第1週目の土曜日(もしくは6月の第5週目の土曜日)に開幕し、夏休み前までは土日と祝日で試合が行われ、7月20日前後で4回戦、7月23日に5回戦、7月25日と26日で準々決勝、7月28日に準決勝、そして7月29日に決勝戦が行われており、梅雨明けから決勝戦までの試合数は今大会と例年とでは大きな違いは無かった。しかし、大会実施月は異なっていたため、今後改めて平年通りの大会日程で大会期間中の WBGT を計測し、WBGT 31 °C オーバー発生日率を確認する必要がある。

梅雨明け前の WBGT 値は日照状況や天候に起因して乱高下し、例えば、試合直前まで低値を示していた WBGT が試合中に一気に 31 °C を超える場合もあるため、現場での WBGT 測定は選手の体調管理の観点から必要不可欠と言えよう。梅雨明け後においても、本研究結果から WBGT の変動が球場毎で異なり、それぞれの球場に特性があることが明らかとなった。本研究で測定した以外の球場においても、WBGT の変動に特性を持つ可能性があることから、各球場の WBGT の変動特性を認識するため、さらにはその特性を情報共有して選手の体調管理に活かすためにも、大会期間中は各球場で WBGT を実測することを推奨す

る。

C 球場について、WBGT 値が他の2球場や環境省(online1)が発表している参考値よりも低値であった要因はC球場が位置する周辺環境にあると考えられる。なお、C球場の詳細発表については所管となる行政から承諾を得たことで、考察が可能となった。地理院地図(online)で確認したC球場の標高は127.9mで、周囲は森林である。標高が100m上昇するごとに気温は0.6°C低くなる(日本生気象学会編集, 1992)。また、緑化や水面の創出が昼間の地表面温度を下げ、WBGT を低減させる効果がある(伊東ほか, 2014)。梅雨明け後は拍車をかける様に暑さが増して WBGT が高値となるため、梅雨明け後の試合運営においては、C球場の低 WBGT は熱中症対策の観点から好都合と言えよう。

B 球場の WBGT 値が14時に急速に低下していた要因については、日照が影響したものと考えられる。WBGT の因子となる気温、黒球温度、湿度の13時から14時の変化量を確認した結果、B 球場の黒球温度の変化量が他の2球場よりも有意に大きかった(表2)。すなわち、B 球場の黒球温度が13時から14時に一気に低下していた。黒球温度の低下は、WBGT 計の設置場所に原因があったのかもしれない。本研究の WBGT 計の設置場所は、プレーに支障が出ない様、グラウンドではなくバックネット裏の中央最前列部に設置した。球場によってはバックネット裏の観客席に大きな屋根がある。今回測定した3球場には全てバックネット裏の観客席に屋根があった。バックネット裏の屋根構造(張り出し、幅など)は球場によって異なり、B 球場においては、バックネット裏の屋根構造が影響して日差しを遮り、14時時点の黒球温度の低下に繋がったのかもしれない。この結果は、グラウンドレベルでも同様の結果になるとは限らない。従って、日照状況の確認とともにグラウンド表面レベルでの検討が必要である。

環境省(online1)はWeb上で1時間ごとに観測点の WBGT 値を発表している。その値はスマートフォンやタブレット端末で簡単に確認できるので、多くの人々が観測点の参考値をスポーツ現場

で活用しているであろう。しかしながら、観測点の参考値と現場での実測値とではWBGT値が異なる場合がある（濱口・上岡, 2013; 長尾ほか, 2020）。本研究結果から、球場によっては観測点の参考値よりも高いWBGT値を示したり、低いWBGT値を示したりすることがわかった。観測点の参考値と現場での実測値との間には乖離が生じる場合があるので、暑熱環境下で運動・スポーツ活動を実施する場合は可能な限り現場でWBGTを実測することを推奨する。近年では携帯型WBGT計が比較的安価で購入できるため、公式戦を運営する団体は試合が行われる会場・球場数分の携帯型WBGT計を用意し、各試合の開始1時間前、試合開始直前、インニング間等のWBGT値を確認・記録すれば、球場毎で、また試合毎で現場に即した熱中症対策を講じることが可能となる。間欠的な計測であればグラウンド表面レベルでの測定も十分可能である。運営団体のみならず、各チームでも可能な限り携帯型WBGT計を用意し、日々の練習や練習試合中のWBGT値を確認・記録することを推奨する。

2. 本研究の限界点と今後の展望

本研究では、試合の妨げにならない事を前提に公式戦期間中の野球場のWBGT値を計測した。そのためWBGT計の設置場所はグラウンド表面レベルではなく、バックネット裏の観客席最前列部となった。選手が実際にプレーするグラウンド表面レベルでのWBGTの実測が理想であるが、公式戦ではそうはいかない。従って、グラウンド表面レベルで連続したWBGTの実測となると、練習試合中、もしくは試合が無い日に限定される。グラウンド表面の形状はWBGTに影響し、人工芝の場合、土や天然芝よりも輻射熱は高くなるため（羽鳥ほか, 1985）、人工芝ではWBGTが高くなる（濱口・上岡, 2013）。そのため、今後は様々なグラウンド形状の球場で比較・検討する必要がある。いずれにせよ、公式戦が行われる球場で本格的にWBGTの測定を実施するには、大会主催者の協力に加え、球場を管理する団体および所管となる行政の協力も不可欠である。

高校野球の現場における熱中症対策としては様々な取り組みが講じられている。スポーツドリンク・経口補水液、経口塩分タブレットを各チームに配布する他、独自のガイドラインを作成している地方高等学校野球連盟もある（朝日新聞DIGITAL, 2018）。また、これまでスパイクシューズは黒色に限定していたが、白色にすることでスパイクシューズ内外の温度上昇を防ぐとの観点から、近年では白色も許可されるようになった（朝日新聞DIGITAL, 2020）。

選手同様に気を配らなければならないのが審判と観客である。選手は、暑熱環境下での日々の練習によって暑熱順化してくるが（川原ほか, 2019）、審判や観客はそうでない場合がある。事実、熱中症で審判や観客も救急搬送された事例がある。試合中、選手は攻守交替の際にダッグアウトに戻って能動的に水分補給できるが、審判はそうはいかない。そこで、近年では熱中症対策として大会主催者側が定めたインニング間（例えば、3回終了時、5回終了時、7回終了時等）で審判も球場控室に一旦入って休息し、水分補給する様にしている。WBGTが高い環境下で運動すると、翌日に熱中症リスクが高くなる（Wallace et al., 2005）。従って、1日に複数試合、あるいは連日に亘っての審判は可能な限り避けるべきであろう。

観客については、球場の構造上、バックネット裏の観客席には屋根がついているが、いわゆる応援席（両ベンチの上からそれぞれ両翼に向かった観客席）や外野席には屋根がついていない球場が多く、試合中はずっと炎天下での観戦・応援となる。暑熱順化していない中での観戦・応援となれば熱中症のリスクは当然高まるため、観客への対策も必要である。日本高等学校野球連盟は夏の選手権大会を実施する甲子園球場と協力して、観客席の通路にエアコンを増設したり、入口ゲートにテントを張って扇風機を設置したり、あるいは観客席の床を遮熱塗装したりする等、様々な対策を講じている（朝日新聞DIGITAL, 2019）。競技種目が異なるが、我々のグループでは屋根付きテニスコートが屋外コートよりもお盆期間中の晴天日

のWBGTが4~5℃低値であったことを報告している(加治木ほか, 2020)。この結果は、日射の遮りがWBGTを低値に抑える、すなわち熱中症予防に繋がることを示唆している。従って、地方大会では簡易に日陰を作るという観点から、他者の観戦を妨げない事を念頭に、観戦者一人ひとりが間隔を空けて日傘をさして観戦するのも1つの方策であろう(環境省, online2)。また、傘をさすことで、昨今のコロナウイルス感染症対策であるソーシャルディスタンス、フィジカルディスタンスにも繋がるであろう。

例年、夏の選手権予選(甲子園予選)後、お盆期間から県大会をかけた新チームの地区大会が始まるが、WBGT値がさらに高くなると予想される。熱中症発生件数の報告では、学年別で見ると熱中症発生件数が一番多いのは高校1年生である(独立行政法人日本スポーツ振興センター学校安全部, 2019)。新チームでは多くの1年生が試合に出場するであろう。加えてWBGT値が高くなることから、選手だけでなく審判も、より一層注意する必要がある。

大会主催者は、既に取り組んでいる様々な熱中症対策に加え、各球場のWBGTの特性を認識しておけば、例えば、梅雨時期は人工芝の球場を主にし、梅雨明け以降はWBGT値がより低値を示す球場を主にし、さらにはWBGT値が高値となる球場については、WBGT値が特に高くなる時間帯だけ試合を外す等、試合スケジュールを管理することで熱中症対策に繋げることができる。さらに、大会期間中の各球場における熱中症発生件数(疑いも含め)と合わせて検討することで、熱中症予防に対するWBGT測定の効果がより明確になるであろう。その意味で、本研究が熱中症対策の一助となれば幸いである。

V. 結論

本研究では高校野球の夏季公式戦期間中に複数の球場で、選手のプレーに支障が無いバックネット裏観客席最前列部でWBGTを連続的に実測し、各球場のWBGT値の変動特性を確認した。その

結果、WBGT31℃オーバー発生日率は梅雨明け後に全球場で増加した。球場によってWBGT31℃オーバー発生日率は異なり、8時から17時のWBGT値の日内変動パターンも異なることを確認した。また、環境省がWeb上で公表している参考値よりも高いWBGT値を示す球場があれば、参考値よりも低いWBGT値を示す球場があることも確認した。

謝 辞

コロナ禍において大会運営が困難を極める中、貴重な場となる公式戦でのWBGT測定に御理解ならびに御協力頂いた愛知県高等学校野球連盟の関係者の皆様、ならびに各球場の関係者の皆様に衷心より御礼申し上げます。

文 献

- 朝日新聞DIGITAL (2018)：地方大会の熱中症対策呼びかけ 朝日新聞社と日本高野連。
<https://www.asahi.com/articles/ASL7M5V69L7MPTQP00M.html>, (参照日2021年2月22日)
- 朝日新聞DIGITAL (2019)：夏の甲子園、新たな熱中症対策 エアコン増設や床の遮熱。
<https://www.asahi.com/articles/ASM4H4G9MM4HPTQP004.html>, (参照日2021年2月22日)
- 朝日新聞DIGITAL (2020)：白色スパイク解禁、球児に好評 表面温度20度低下とも。
<https://www.asahi.com/articles/ASN8K5TPBN8GPTQP00F.html>, (参照日2021年2月22日)
- 独立行政法人日本スポーツ振興センター学校安全部 (2019) 熱中症を予防しよう一知って防ごう熱中症一。
https://www.jpnsport.go.jp/anzen/Portals/0/anzen/anzen_school/H30nettyuusyyouPamphlet/h30nettyuusyyou_all.pdf, (参照日2021年1月22日)
- 岐阜新聞web (2019)：高校野球岐阜大会は午前

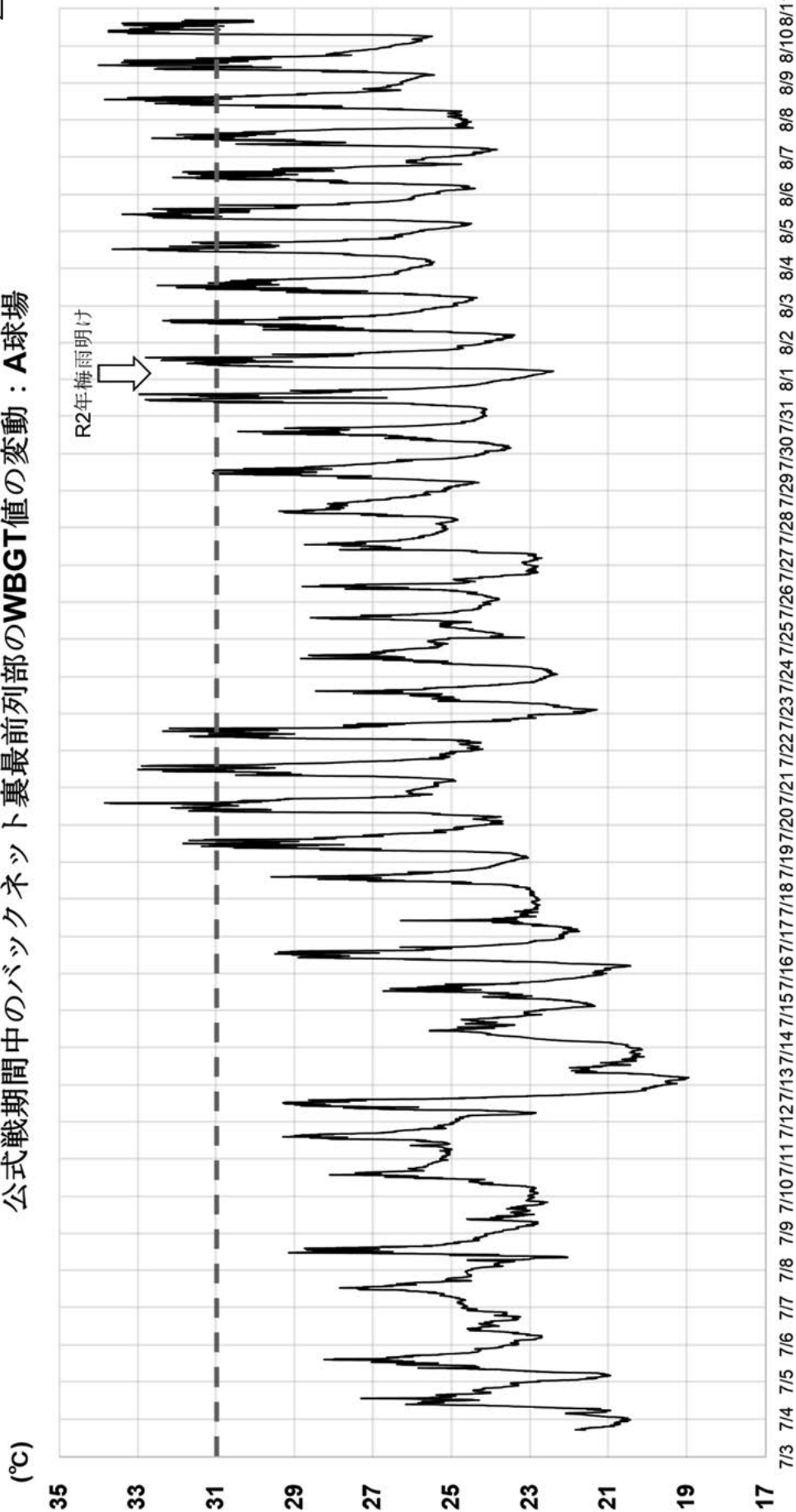
- 決勝 10時開始, 熱中症対策強化.
<https://www.gifu-np.co.jp/hsb/highschool/2019/20190606-2335.html>, (参照日 2021年2月22日)
- 羽鳥好夫・鈴木路子・新井豊・林徹・高橋勝彦・丸石淳一・高崎康行・大音備・浜田克利・木村康一・高島二郎 (1985) 土, 人工芝および芝生の運動場の微気候条件と運動選手の耐暑性に関する環境生理学的研究—とくに野球選手を対象として—. *デザートスポーツ科学*, 6: 113-128.
- 伊東大悟・森田真一・田中勝哉・後藤圭二・清水桐郎・三笹晶子 (2014) 熱画像データを用いた地表面温度と暑熱環境に関する分析. *日本ヒートアイランド学会論文集*, 9: 23-31.
- 加治木政伸・山下直之・稲葉泰嗣・中野匡隆・渡辺新大・刑部純平・松岡大介・松本孝朗 (2020) 屋根付きテニスコートのWBGT測定—日射遮蔽効果の検証—. *日本生気象学会雑誌*, 57(1): 17-23.
- 環境省 (online1): 熱中症予防情報サイト
https://www.wbgt.env.go.jp/record_data.php,
 (参照日 2020年10月2日)
- 環境省 (online2): 報道発表資料 令和元年5月21日 日傘の活用推進について～夏の熱ストレスに気をつけて!～.
<http://www.env.go.jp/press/106813.html>, (参照日 2021年2月22日)
- 川原貴・伊藤静夫・井上芳光・田中英登・中井誠一・長谷川博・松本孝朗・安松幹展 (2019) スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック (第5版). 公益財団法人日本スポーツ協会
- 気象庁 (online1): 報道発表 平成30年8月1日7月の天候.
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko1807.pdf>, (参照日 2021年2月22日)
- 気象庁 (online2): 過去の気象データ・ダウンロード. <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>, (参照日 2021年1月9日)
- 濱口雄悟・上岡洋晴 (2013) ロングパイル人工芝グラウンドにおける暑熱環境とサッカー・プレーヤーの脱水との関連. *身体教育医学研究*, 14(1): 17-25.
- 三坂育正・成田健一 (2012) 熱中症リスクから見た都心部の街路空間気温特性. *環境情報科学 学術研究論文集*, 26: 231-236.
- 長尾茉珠・田村達也・片岡悠妃・岡室憲明・遠藤俊典・安井年文・宮崎純一・今川正浩・井上直子 (2020) 暑熱環境下における大学体育授業実施時の生理指標の調査. *日本アスレティックトレーニング学会誌*, 5(2): 185-189.
- 日本生気象学会 (2021) 「日常生活における熱中症予防指針」 Ver.3. 1. <https://seikishou.jp/cms/wp-content/files/yobousis/in210603/20210604-114336.pdf>, (参照日 2022年2月22日)
- 日本生気象学会編集 (1992) 生気象学の事典. 南江堂.
- 小原智永・山崎一史・鈴木啓介・廣野文隆・小林敦郎・甲賀英敏・岡部敏幸 (2014) 全国高等学校野球選手権静岡大会における暑熱環境と熱中症罹患の傾向の実態調査 静岡県メディカルサポートによる熱中症予防対策の啓蒙活動. 第49回日本理学療法学会大会抄録集, 41 suppl. (2): 1458.
- 総務省 (online): 令和2年(6月から9月)の熱中症による救急搬送状況. https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/items/heatstroke_geppou_2020.pdf, (参照日 2021年1月22日)
- 高木祐介・河野友志・瀬戸香菜美・林聡太郎・小野寺昇 (2011) 夏季登山時の地理的環境の変化に伴う気象条件の変動からみた熱中症予防のための温熱指標に関する調査 (第一報). *野外教育研究*, 14(1): 37-43.
- 地理院地図 GSI Maps 国土地理院 (online)
https://maps.gsi.go.jp/index_m.html, (参照日 2020年10月3日)

(2021年6月14日受付)
 (2022年4月6日受理)

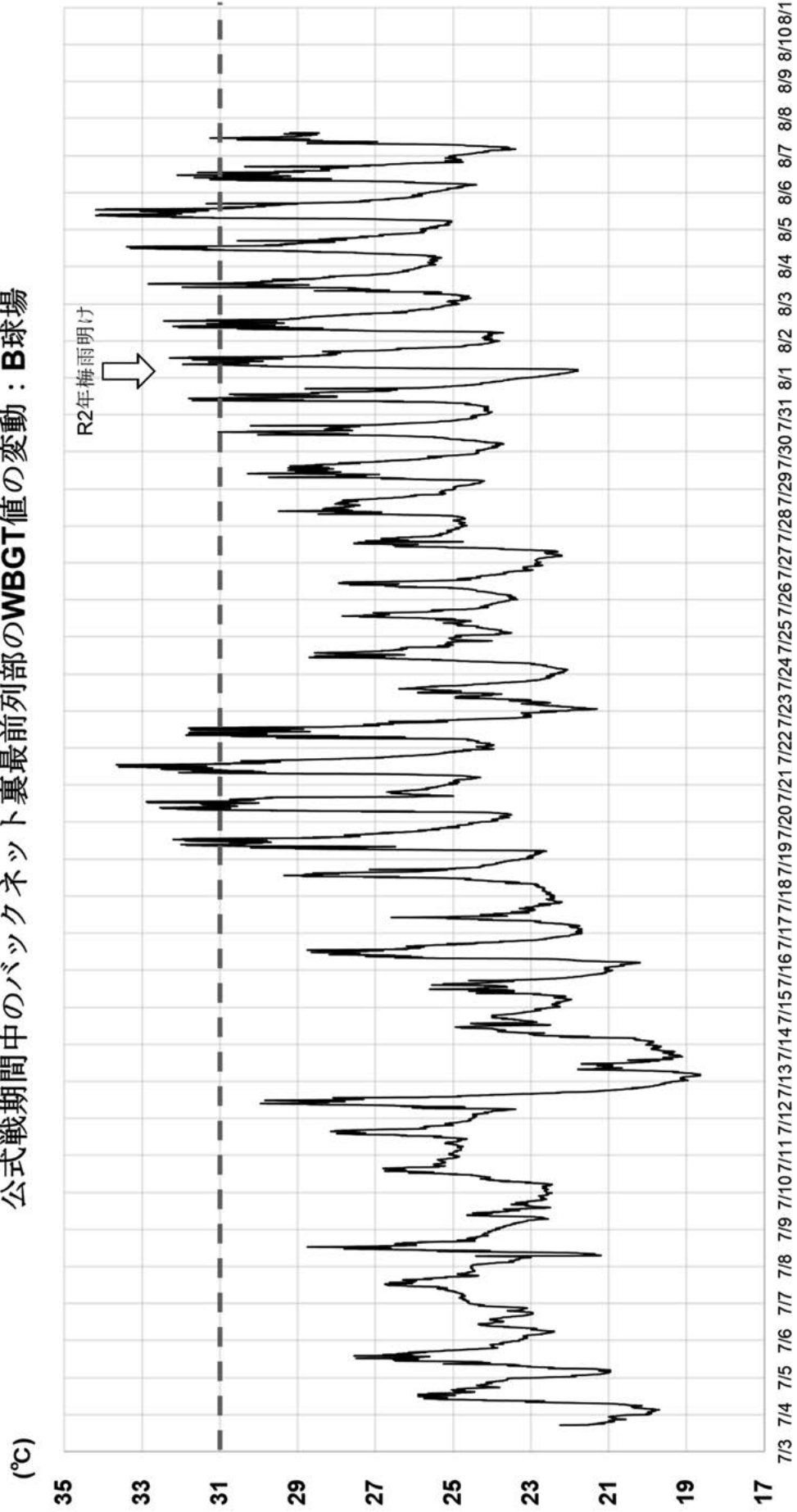
英文抄録 (Abstract):

The Wet-bulb Globe Temperature (WBGT) is useful as a thermal index for preventing heat stroke. We measured WBGT during the official summer high school baseball tournament at three ballparks by placing portable WBGT meters in the front row behind the backstop. The occurrence of WBGT above 31°C was confirmed, and the diurnal variation (8:00 am to 5:00 pm) of WBGT values during and after the rainy season was compared between the ballparks. Furthermore, the WBGT values after the rainy season were compared with the values provided on the website of the Ministry of the Environment (Japan). Our results showed the occurrence rate of WBGT above 31°C and the diurnal variation pattern of WBGT differed according to the ballpark ($p < 0.05$). It was also revealed that one ballpark showed higher WBGT values than those provided by the Ministry of the Environment ($p < 0.05$), while another one showed lower WBGT values ($p < 0.05$). Based on our results, we recommend measuring WBGT during baseball games at all ballparks to protect against heat stroke.

公式戦期間中のバックネット裏最前列部のWBGT値の変動：A球場



公式戦期間中のバックネット裏最前列部のWBGT値の変動：B球場



7/13 7/14 7/15 7/16 7/17 7/18 7/19 7/20 7/21 7/22 7/23 7/24 7/25 7/26 7/27 7/28 7/29 7/30 7/31 8/1 8/2 8/3 8/4 8/5 8/6 8/7 8/8 8/9 8/10 8/11

公式戦期間中のバックネット裏最前列部のWBGT値の変動：C球場

