

筑波大学内の避難場所における 停電発生時の 熱中症リスクの評価

PBL9班：

植野旬真 渡邊海斗 鷺尾友康 山本太一

アドバイザー：遊佐暁

スーパーバイザー：木下陽平



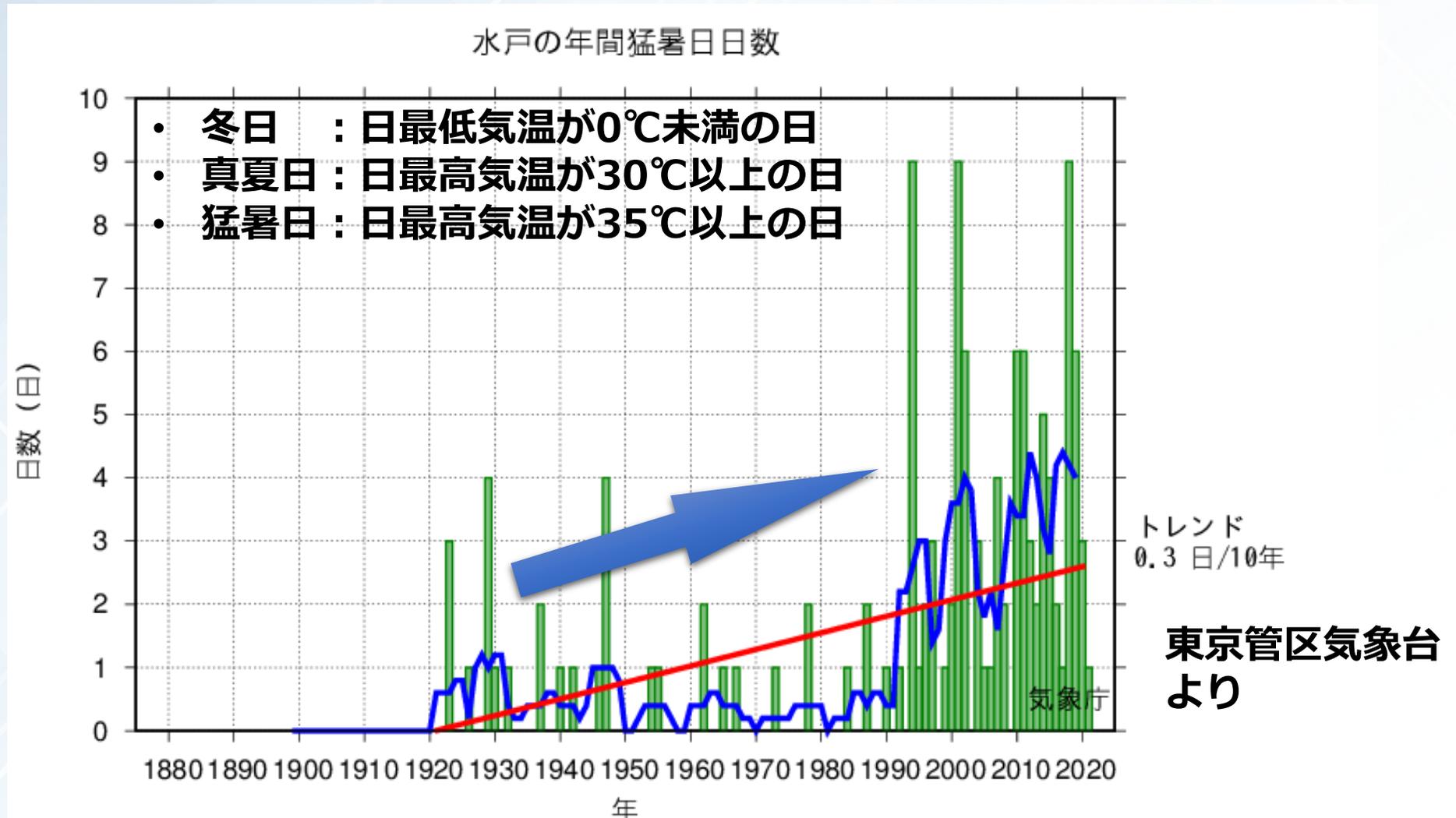
目次

- 研究背景
- 現状分析
- 研究目的
- 実験
 - 実験方法
 - 実験環境
 - 実験結果
- 考察
- 今後の研究方針
- 具体的な対策
- まとめ



研究背景①

■ 茨城県（水戸）の猛暑日日数のこれまでの変化



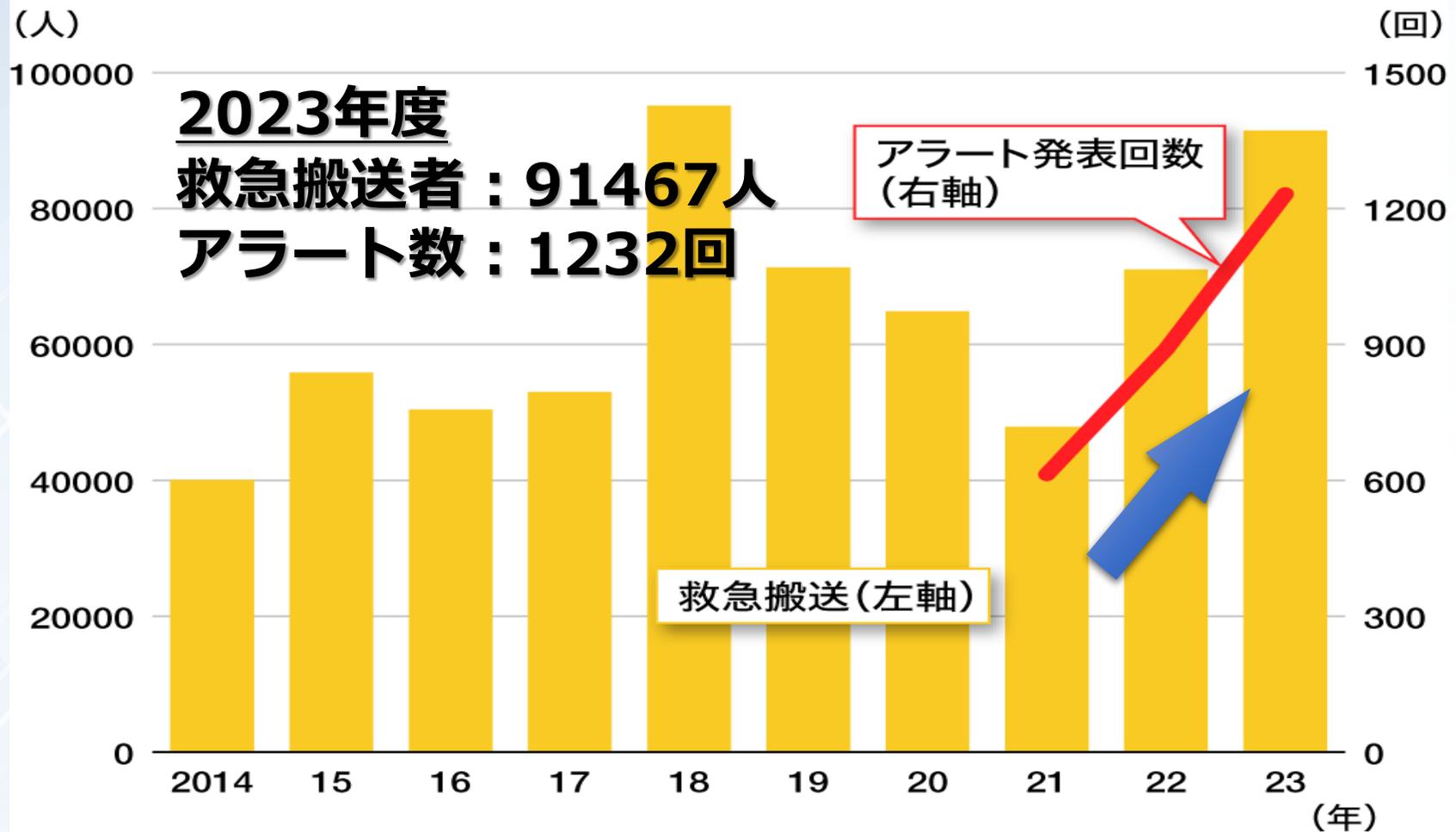
緑色 … 年ごとの観測値, 青色 … 5年移動平均
赤色 … 線形回帰で求めた長期変化傾向



研究背景②

■ 熱中症患者数・熱中症警戒アラート数の変化

熱中症による救急搬送人員・警戒アラート発表回数の推移



出所：総務省資料

nippon.com

引用：<https://www.nippon.com/ja/japan-data/h01977/>

関連事例

■ 災害時の熱中症予防ガイドライン

1. 熱中症を予防するためには…

① 暑さを避けましょう

涼しい服装、日傘や帽子、また、在宅避難等の場合はクーラーの積極的な活用を。停電が長引く可能性がある場合、特に高齢者、子ども、障害者の方々は、冷房設備が稼働している避難所への避難も検討しましょう。



② のどが渴いていなくても **こまめに水分・塩分をとりましょう**

③ **暑さに関する情報**を確認しましょう

身の回りの気温・湿度・暑さ指数 (WBGT) ^(※) の確認を。
「熱中症警戒アラート」(令和3年度から全国展開) も活用を。



引用：環境省熱中症予防情報サイトより

対処療法が多い

- 停電発生時は、冷房機器が使えないため、熱中症リスクが高まる
- 避難所は人が密集しているので湿度・温度が上昇しやすい
- 災害発生時は温度を下げるなどの根本的な対策を取りづらい



現状分析①

学内の避難場所の調査

筑波大学安全管理室のWebサイトを参考に、学内の指定避難場所の位置を確認した。

結果、学内には25か所の屋外避難場所と、9か所の屋内避難場所があることが分かった。

右図に中地区の避難場所のマップを示す。



現状分析②

大学への聞き取り調査

筑波大学 総務部リスク・安全管理課に対して、避難場所の熱中症についての聞き取りをメールにて行った。

聞き取りを行った項目

1. 筑波大学は、地震発生時の避難場所における暑熱対策として、何か具体的な取り組みを行っているか。
2. 学生や教職員に対して、暑熱対策に関する情報が周知されているか。

回答

1. 暑熱対策に焦点を当てた取り組みは行われてないが、防災用品として飲料水が備蓄されている。また、避難場所によって、通常の建物設備として冷暖房設備が設置されている。
2. 避難場所における暑熱対策の周知は行われていない。

研究目的

調査の結果分かったこと

学内の指定避難場所には冷暖房設備が備わっているが、停電時には冷暖房設備は使えない。

想定されるリスク

学内の避難場所で熱中症患者が発生する可能性がある (特に停電時に) 。



研究目的

- 学内の避難場所における熱中症リスクを定量的に評価する。
- 学内に避難場所における暑熱対策について、具体的な解決策を提案する。

実験方法～WBGTについて①～

◎本研究では、評価指標として**暑さ指数（WBGT）**を用いる

Wet Bulb Globe Temperature（湿球黒球温度）

使用理由

- ・ 熱中症を予防することを目的として提案された
- ・ 暑熱環境の指針として認められ、国際的に規格化されている

算出方法

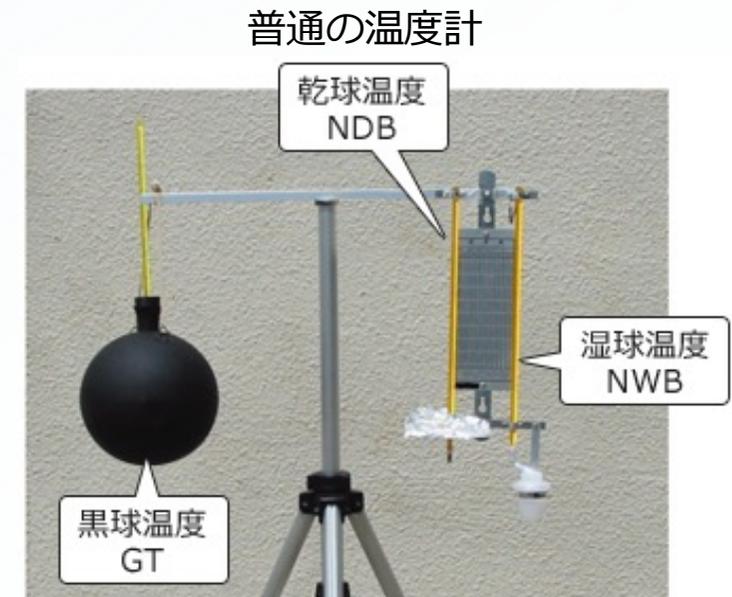
（屋内）WBGT=

$0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$

（屋外）WBGT=

$0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$

- ・ 右図のような測定装置が必要
- ・ しかし、**用意が難しい...**



暑さ指数(WBGT)測定装置

引用元：

https://www.wbgt.env.go.jp/doc_observation.php

実験方法～WBGTについて②～

◎ 下記の近似式によって、**暑さ指数 (WBGT)** を算出する

(屋内) : $WBGT = 0.866 \cdot T + 0.1152 \cdot RH - 6.8569$

(屋外) : $WBGT = 1.0577 \cdot T + 0.1066 \cdot RH - 11.5011$

(T: 気温, RH: 相対湿度)

(埼玉県環境科学国際センター, 2012)



気温と湿度が分かれば
簡易的に算出できる



温度計・湿度計を用いて
気温と湿度を測定し、
WBGTの推定を試みる



実験方法～WBGTについて③～

- 算出されたWBGTの値の大きさによって、各測定場所における熱中症リスクを右図の様に定量的に比較・評価
- どのような場所に避難すべきか、どのような要因が熱中症リスクを増加させているかを考察

日常生活における熱中症予防指針

WBGTによる 温度基準域	注意すべき 生活活動の目安	注意事項
危険 31°C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高い。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
厳重警戒 28°C以上 31°C未満		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°C以上 28°C未満	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十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。

日本生気象学会より

引用:<https://seikishou.jp/cms/wp-content/uploads/20220523-v4.pdf>

実験環境

- 測定場所：※筑波大学の避難場所から選出
屋内⇒1H棟、第3体育館
屋外⇒石の広場
- 測定日：9/1, 9/7
- 測定頻度：1時間ごと/計10回
(9時～18時)
- 天候条件：曇・雨(9/1)
晴天(9/7)
- 使用器具：湿温度計



□ 以上の条件のもと、気温・湿度を測定し、WBGTを算出



引用元：

<https://www.tsukuba.ac.jp/campuslife/support-campus/pdf/campusmap.pdf>

実験環境

• 実験日の気象データ

時	気温(°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	天気
9	28.1	84	1.1	曇
10	29.2	82	1.8	曇
11	30.5	76	1.7	曇
12	31.0	72	2.1	曇
13	30.1	81	1.3	曇
14	31.5	73	2.3	曇
15	28.3	80	3.1	雨
16	28.5	83	1.9	雨
17	28.2	87	0.7	雨
18	28.4	86	1.2	曇

9/1

時	気温(°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	天気
9	28.4	77	1.0	晴れ
10	29.9	69	1.0	晴れ
11	31.0	68	1.3	晴れ
12	32.7	64	1.1	晴れ
13	32.5	58	1.5	晴れ
14	33.0	58	1.8	晴れ
15	33.7	48	3.0	晴れ
16	32.8	49	3.2	晴れ
17	31.4	51	2.4	晴れ
18	29.8	62	1.8	晴れ

9/7

気象庁より



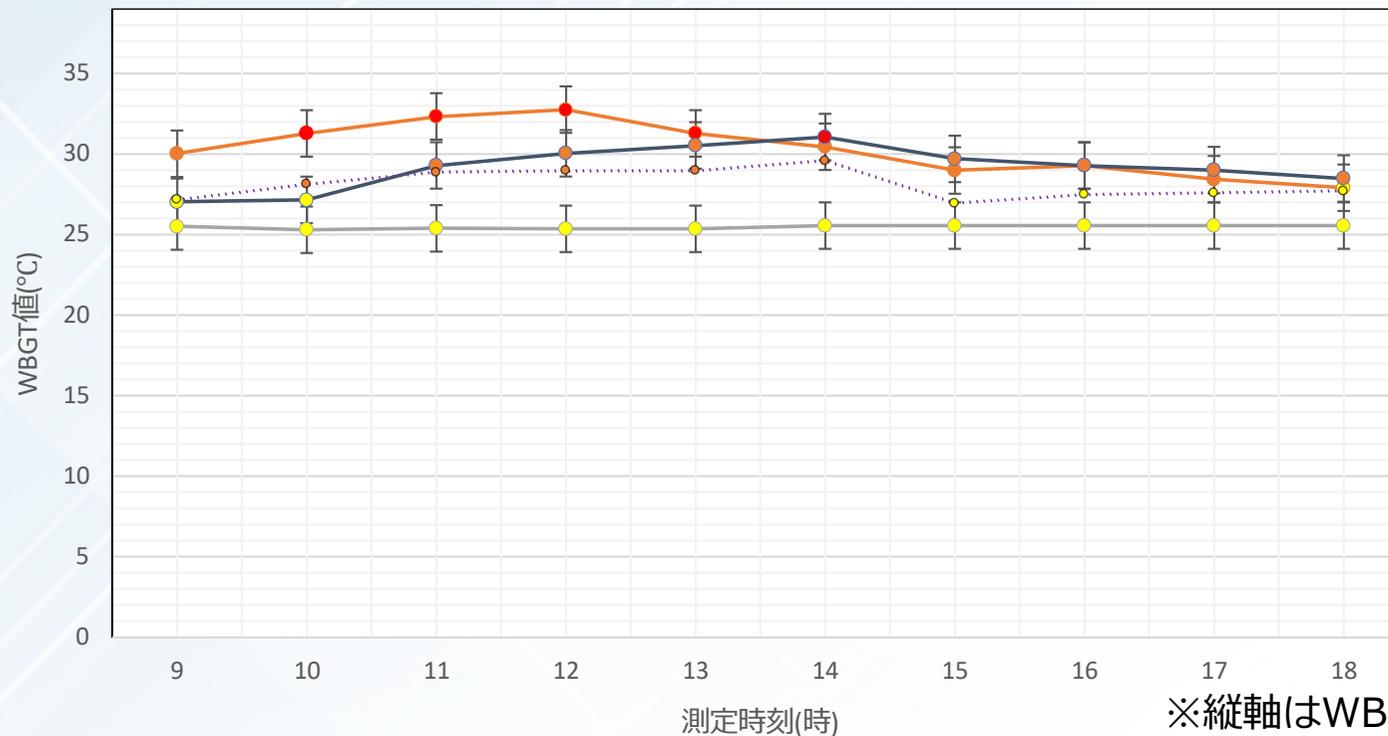
実験結果①

・晴天条件下(9/7)

全ての時間において

石の広場 > 第3体育館 > 1H棟

—●— 石の広場 —●— 第3体育館 —●— 1H101 ...●... つくば市



※縦軸はWBGTによる温度
※第3体育館: 卓球部による空調の影響あり
※石の広場: -13時 日向 14時- 日陰

実験結果②

・ 非晴天条件下(9/1)

- 13時

石の広場

> **第3体育館**

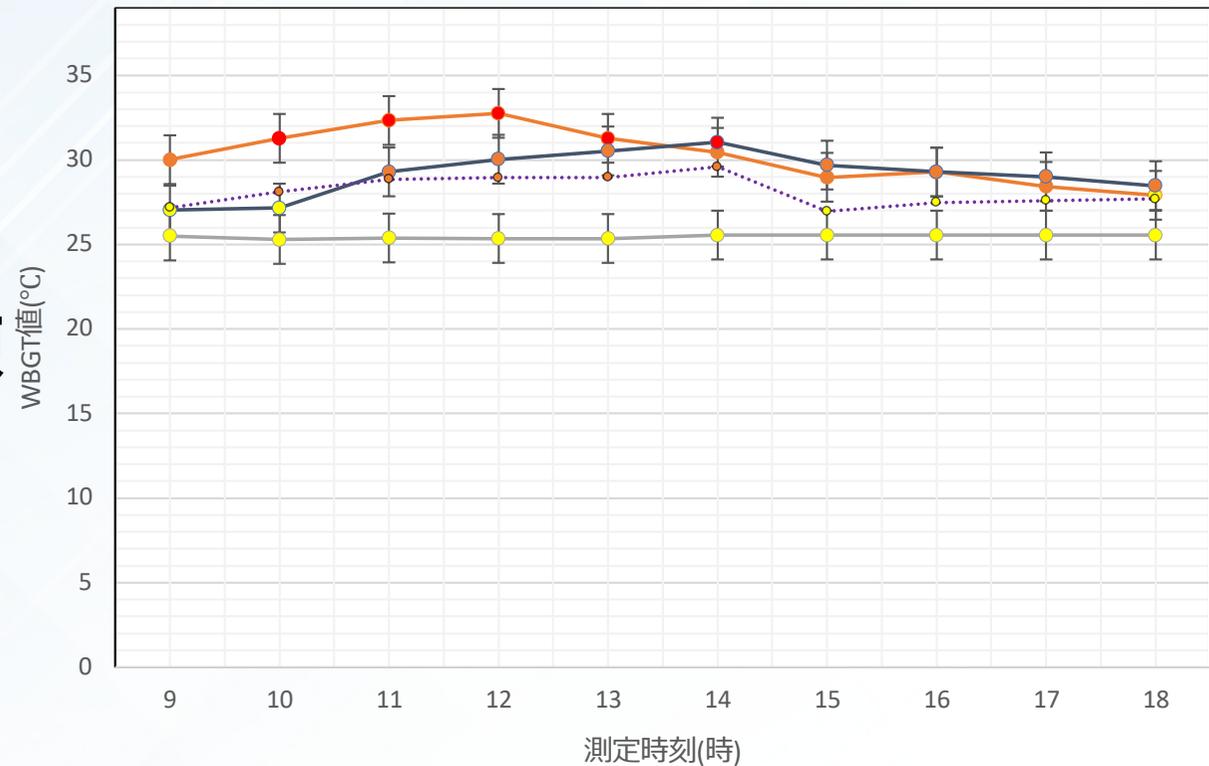
> **1H棟**

14時-

第3体育館

> **石の広場** > **1H棟**

—●— 石の広場 —●— 第3体育館 —●— 1H101 ...●... つくば市



※縦軸はWBGTによる温度
 ※石の広場: -13時 日向 14時- 日陰



実験結果③

・晴天条件下・非晴天条件下

- **石の広場**における**WBGTの時間的変化**は、屋内の第3体育館および1H棟に比べて**顕著**
- **1H棟**における**WBGTの時間的変化**は、石の広場や第3体育館に比べて**小さい**傾向が見られた
 - 1H棟は空調は効いていないものの、涼しく感じた
- **晴天時**と**非晴天時**のWBGT値の変動には**顕著な差**があり、特に**屋外と屋内の環境差が大きく現れた**



考察①

各観測地点についての考察

- 石の広場のWBGT値が最も高くなった理由
 - 日当たりが良い.
 - アスファルトで舗装されている.
- 第三体育館でWBGT値が比較的高くなった理由
 - 周囲に遮蔽物がなく、日射の影響を受けやすい.
 - 熱気や湿気がこもりやすい.
- 1H棟でWBGT値が最も低くなった理由
 - 周囲の建物と外壁により日射が遮断される.
 - 池が近くにあることで、周辺温度が安定しやすい.



考察②

この考察から言えること

- 晴天時には、熱を蓄積しにくい舗装や外壁を備えた屋内を避難場所とすべき。
- 非晴天時には熱気や湿気がこもりにくい場所を避難場所とすべき。

ただし、今回の測定結果は、9/7の第三体育館以外、ほぼ無人の環境で測定されたものであることに注意。

→ 実際に災害が発生した場合、避難場所に人々が集まることでWBGTが今回の測定結果よりも上振れることが予想される。



今後の研究方針

- 全ての屋外および屋内避難場所における暑熱環境の詳細な調査を行う。
- それぞれの避難場所に集まることが予想される人数の概算を行う。



具体的な対策

- 各避難場所の付近に倉庫を設置し，人数概算に基づいた適切な量の飲料，食料，経口補水液などを備蓄しておく．
- 屋内避難場所に関しては，体調不良者のために収容人数に余裕を持たせるなど，避難誘導時の対応策も検討する．
- 冷房機器が設置されている場合には，停電時でも利用可能な発電機や燃料の準備を行い，熱だまりを防止するために送風機を活用する．



まとめ

- 本研究では、複数の気象条件下で3つの避難場所を選定し、時刻ごとの暑さ指数（WBGT）を観測し、熱中症発生リスクを評価した。
- その結果、直射日光が当たる屋外避難場所や、熱や湿気がこもりやすい体育館での熱中症リスクが非常に高いことが判明した。
- 今後は、全ての避難場所に対する詳細な調査に加え、想定される避難者数の概算や、具体的な熱中症対策の考案が求められる。

ご清聴ありがとうございました