

気候変動による暑熱・健康等への影響に関する研究（第2報）

Study on the effects of climate change on heat and health (2nd Report)

藤田 哲也 岡本 一真*
Tetsuya FUJITA Kazuma OKAMOTO

要 旨

地域における熱中症リスク管理手法の検討を目的とした気象学的特徴等を把握するため、高松市内の小学校33地点で、夏期における温湿度の測定を行い、温湿度から換算した各地点の暑さ指数（以下、WBGT）の比較を行った。

日最高WBGTの月別平均での比較では、ヒートアイランドの影響が大きいとされる沿岸部の市街地の地点よりも比較的標高の高い内陸部の地点や沿岸部でも周辺が山で囲まれている地点においてWBGTが高い傾向を示した。夜（18:00～翌6:00）については、沿岸部の地点で月別平均WBGTが高く、1日のWBGTの変動を見ても沿岸部の市街地では下がりにくい傾向であった。

また、全国的に熱中症救急搬送者数と日最高WBGTには相関があるとされていることから、香川県における状況について解析を行ったところ、日最高WBGTが約29℃を境に熱中症救急搬送者数が増加する傾向が確認された。

キーワード：気候変動 WBGT 熱中症搬送者数

I はじめに

気候変動による気温の上昇に伴い、香川県内における熱中症搬送者数は増加傾向にあり、気象庁による将来予測でも猛暑日や熱帯夜日数の増加が予測されている¹⁾。

このことから、熱中症リスクは今後さらに高まると考えられ、早急な対策が求められる。

一方、熱中症の発生傾向は地理的条件や気象学的条件により大きく異なるため、リスクをもたらす要因となる気象学的特徴を有する地域における現状の把握及び分析が、効果的な適応策の検討につながると期待される。

また、第1報²⁾では、気温と湿度を測定できれば、近傍の風速等の気象データをもとにWBGTを算出することが可能であることが示されている。

本調査では地域における熱中症リスク管理手法の検討を目的とした気象学的特徴等を把握するため、北は瀬戸内海から南は讃岐山脈に至る広範な市域を有する高松市内の小学校33地点において、夏期における温湿度の測定を行い、温湿度から換算した各地点のWBGTの比較を行った。また、WBGTについては、日最高WBGT（1日の中で最も高いWBGT）と熱中症搬送者数との相関が確認されて

いることから³⁾、本調査では日最高WBGTの比較により、その傾向を調査することとした。

II 方法

1 設置

高松市内の小学校で測定機器の設置の協力を得られた33校において、温湿度・WBGT等の測定を実施した。

測定機器の温湿度計については、小学校の百葉箱内に、WBGT計については、百葉箱付近に設置した。



図1 測定地点の位置図

*香川県環境森林部環境管理課

測定期間は令和4年7月1日～10月31日とし、その期間の測定データについて解析を行った。

2 測定項目

- ・乾球温度 (°C)
- ・湿度 (%)
- ・黒球温度 (°C)
- ・WBGT (°C)

3 使用機器

- ・温湿度計 1校につき1台 計33台
- ・150φWBGT計 2校のみ 計2台
※WBGT計の数字は黒球部の直径(mm)である。

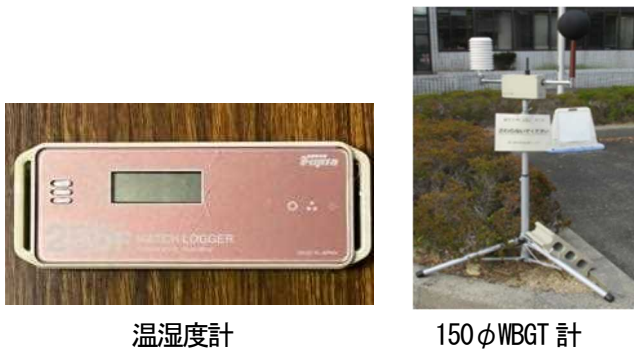


図2 使用機器

表1 測定可能範囲

	WBGT(°C)	気温(°C)	相対湿度(%RH)	黒球温度(°C)
温湿度計	—	-30~70	0~99	—
150φWBGT計 (クラス1.5)	0~60	0~60	10~90	0~80

表2 測定精度

	WBGT(°C)	気温(°C)	相対湿度(%RH)	黒球温度(°C)
温湿度計	—	±0.3 (-10~50)	±5	—
150φWBGT計 (クラス1.5)	±1.5 (15~40)	±0.5 (20~50)	±3 (30~90, at 25°C)	±0.5 (20~60)

III 結果及び考察

1 温湿度計

温湿度計による測定結果を示す。温湿度計による評価については、測定した温湿度からWBGTを換算して行った。温湿度からWBGTへの換算については、

$$WBGT=0.735*Ta+0.0374*RH+0.00292*Ta*RH+7.619*SR-4.557*SR2-0.0572*WS-4.064$$

の式により与えられるものとする⁴⁾。

ここで、Ta：乾球温度 (°C)

RH：相対湿度 (%)

SR：全天日射量 (kW/m²)

WS：風速 (m/s) である。

ただし、全天日射量SR及び風速WSの項は0として計算した。

(1) 日最高WBGT

各地点のWBGTを比較するため、日最高WBGTの月平均を求め、これを図3～図6に示す。今回の調査では、比較的標高の高い内陸部の地点でWBGTが高い傾向にあり、また、沿岸部では、周辺が山で囲まれている地点でWBGTが高い傾向を示した。陸地は海と比べ気温が上昇しやすく、内陸ほど海風の影響も受けにくくなること、また、周辺が山で囲まれていることで平地に比べて空気が悪く、暖かい空気が滞留しやすいことなどが、WBGTが高くなる要因として考えられる。

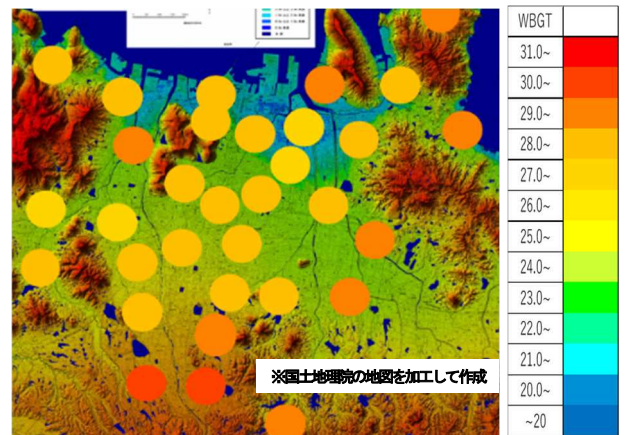


図3 日最高WBGTの月平均(7月)

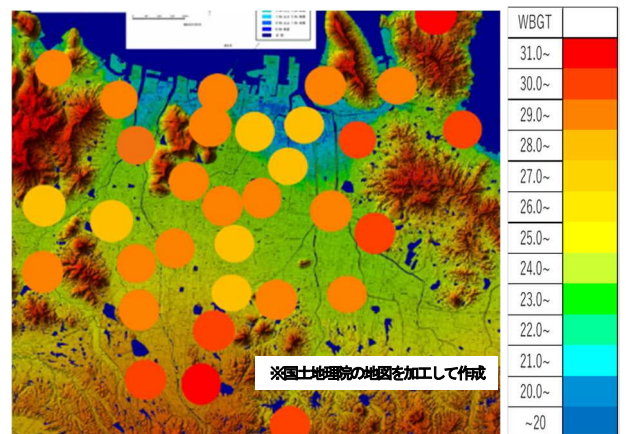


図4 日最高WBGTの月平均(8月)

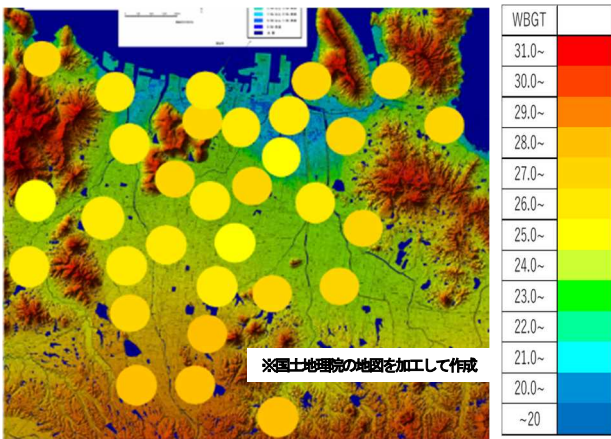


図5 日最高WBGTの月平均(9月)

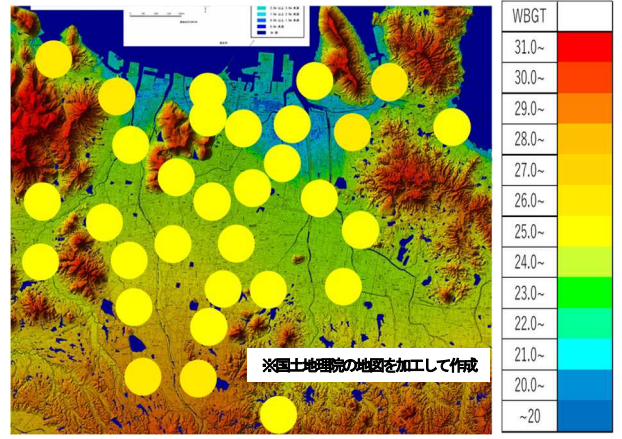


図7 夜平均WBGTの月平均(7月)

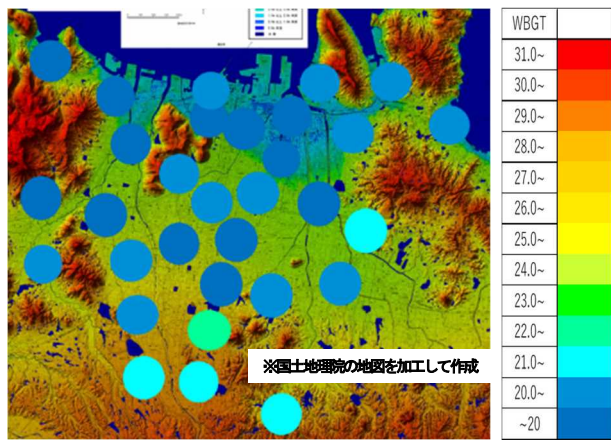


図6 日最高WBGTの月平均(10月)

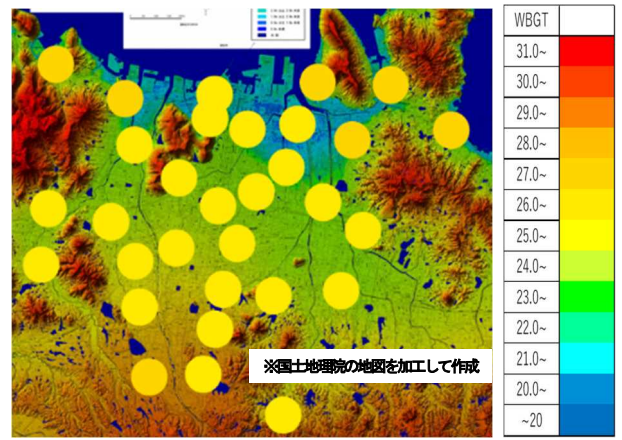


図8 夜平均WBGTの月平均(8月)

(2) 夜(18:00～翌6:00)平均WBGT

夜(18:00～翌6:00)についても夜平均WBGTの月平均を求め、これを図7～図9に示す。夜においては沿岸部でWBGTが高い傾向を示した。これは、沿岸部は一日を通して温度の変動が少ない海に近く、内陸部に比べて気温が下がりにくいことや、風の影響で暖かい空気が滞留しやすいことなどが要因として考えられる。また、沿岸部の地域は内陸部と比較して住宅や建物等が密集した市街地が多くあることから、ヒートアイランドの影響も考えられる。

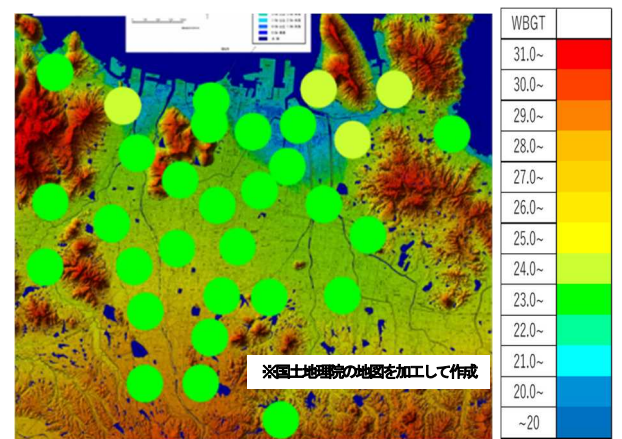


図9 夜平均WBGTの月平均(9月)

(3) 市街地と郊外の比較

ヒートアイランドによる影響を調査するため、表3のとおり市街地と郊外について、それぞれ地理的特徴の異なる分類(各2地点)、計6地点に分け、WBGTの変動を確認した結果を図10～図13に示す。

表3 比較地点一覧

分類	地点	海拔(m)	海からの距離(km)
市街地 (沿岸部)	①	2	0.6
	②	3	1.6
市街地 (平野部)	③	25	6.5
	④	21	5.4
郊外 (内陸部)	①	90	12.5
	②	88	12.3

図10の市街地(①、②)と郊外(①、②)におけるWBGTの変動を比較した結果、日中は郊外のWBGTが高いものの、夜においては傾向が逆転し、市街地のWBGTの方が高くなる傾向を示した(図11)。また、図12に示す沿岸部と平野部の市街地(①~④の地点)で比較したところ、沿岸部の市街地(①、②)で日中・夜どちらにおいてもWBGTが高くなる傾向があることが分かる(図13)。また、表4に示すとおり、1日のWBGTの変動においても沿岸部の市街地(①、②)の差が最も小さくなる傾向がみられ、夜もWBGTが下がりにくく、ヒートアイランドの影響があることが示唆された。このことから、日中においてはヒートアイランドの影響も考えられるものの、地理的な要因が気温上昇に大きな影響を与えたため、結果として標高の高い内陸部の郊外でWBGTが高くなったのではないかと考えられる。

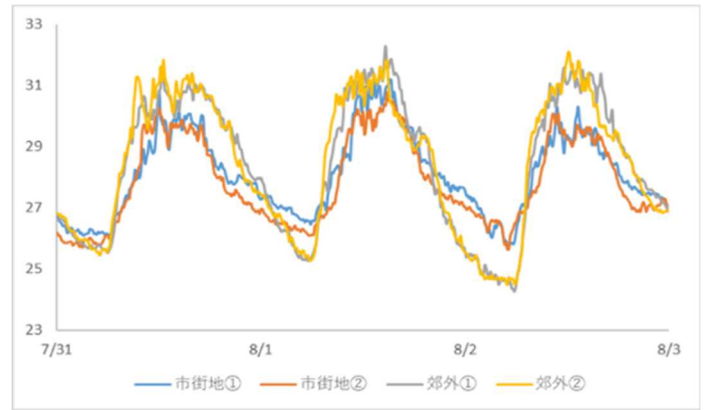


図11 市街地(沿岸部)及び郊外(内陸部)におけるWBGTの推移(令和4年7月31日~8月2日)

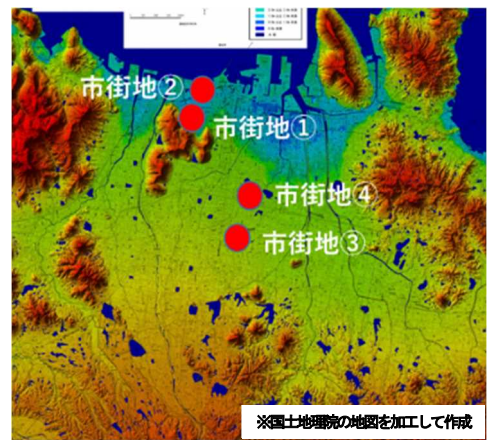


図12 比較地点の位置図(沿岸部と平野部)

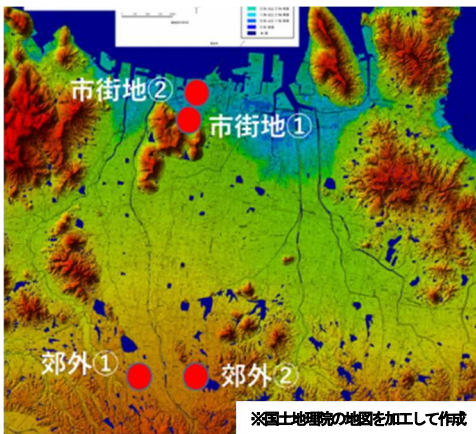


図10 比較地点の位置図(市街地と郊外)

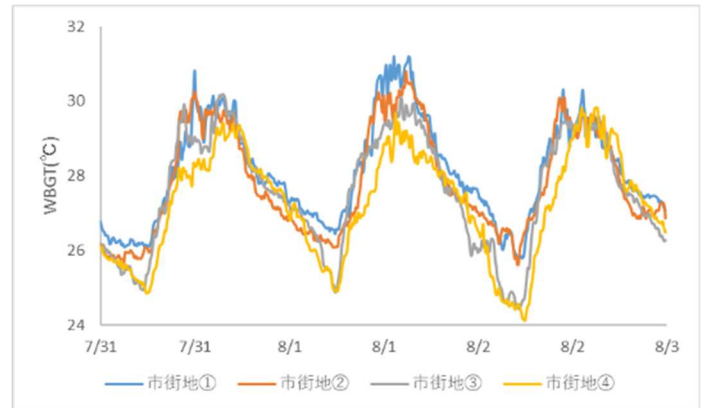


図13 市街地(沿岸部と平野部)におけるWBGTの推移(令和4年7月31日~8月2日)

表4 日最高WBGTと日最低WBGTの差(°C)

分類	市街地(沿岸部)		市街地(平野部)		郊外(内陸部)	
地点番号	市街地①	市街地②	市街地③	市街地④	郊外①	郊外②
7月31日	4.73	4.57	4.56	5.25	5.86	6.41
8月1日	4.75	4.71	4.76	5.24	7.02	6.56
8月2日	4.55	4.47	5.69	5.26	7.32	7.62

2 150φWBGT 計

沿岸部の市街地である地点 A (市街地①) と平野部の市街地である地点 B (市街地③) について 150φWBGT 計を設置し、その測定結果を図 14 及び図 15 に示す。2 地点間の WBGT にそれほど大きな差はなかったものの、温湿度計における結果と同様、より住宅や建物等が密集した沿岸部の地点 A で日中・夜いずれにおいても WBGT が高い傾向を示した。

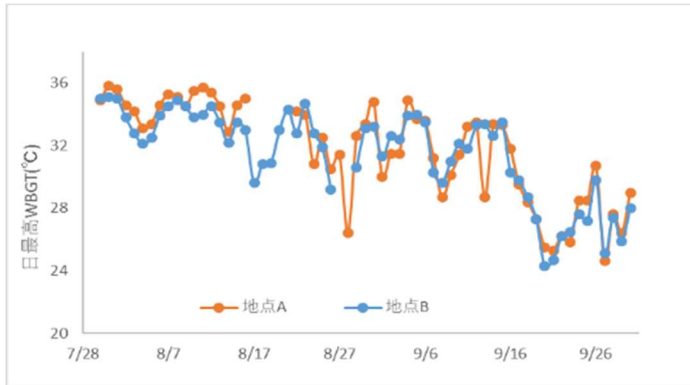


図 14 日最高 WBGT の推移 (150φWBGT 計)

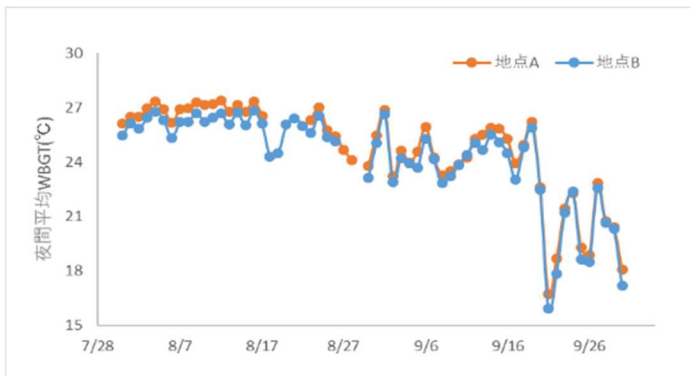


図 15 夜平均 WBGT の推移 (150φWBGT 計)

3 熱中症救急搬送者数と WBGT との関係

(1) 熱中症搬送者数データの収集 (総務省消防庁)

総務省消防庁が公開している熱中症搬送者数データ (5～9月) を収集した結果を図 16 に示す。2022 年における香川県の熱中症搬送者数は 778 人となり、前年の 2021 年と比べると約 1.8 倍もの搬送者数となった。また、消防庁において熱中症による救急搬送人員の調査が開始された 2008 年から見ても、記録的猛暑であった 2018 年に次ぐ 2 番目に多い搬送者数であった。

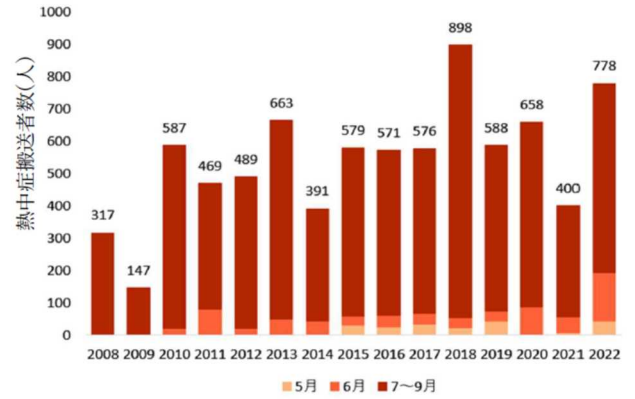


図 16 5～9月の香川県の熱中症搬送者数の推移 (2008～2022年)

総務省消防庁のデータを用いて作図

(2) 熱中症搬送者数データの収集 (高松市消防局)

高松市消防局 (高松市、三木町及び綾川町を管轄し、香川県の人口の約 50% を占める) から、2022 年の熱中症救急搬送者についてデータ提供を得て解析を行った結果を図 17～図 20 に示す。高松市消防局管内においては高齢者が救急搬送者数の約 6 割を占め (図 17)、中等症や重症になる割合も他の年齢層に比べ 2 割ほど高い結果となった (図 18)。また、発生場所別で見ると、住宅が約半数を占めており (図 19)、そのうち約 8 割が高齢者であった (図 20)。

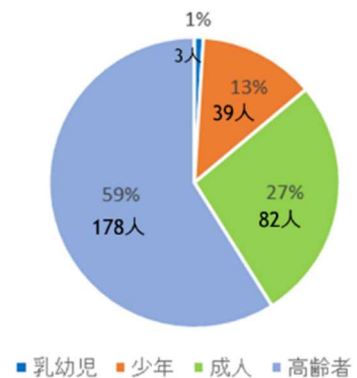


図 17 熱中症搬送者割合

高松市消防局のデータを用いて作図

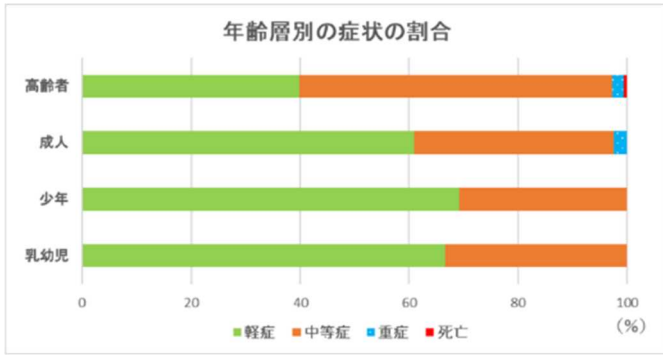


図18 年齢層別の熱中症の症状割合
高松市消防局のデータを用いて作図

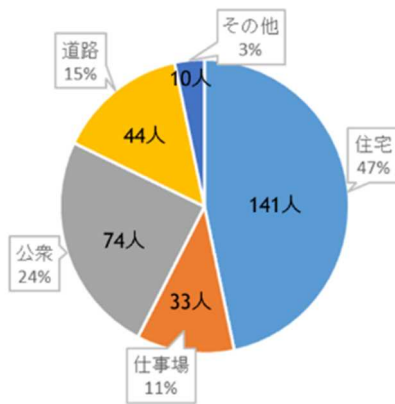


図19 熱中症発生場所割合
高松市消防局のデータを用いて作図

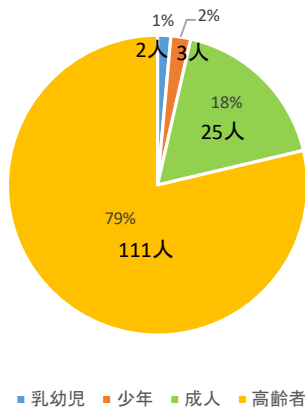


図20 住宅における熱中症の年齢層別割合
高松市消防局のデータを用いて作図

(3) 熱中症救急搬送者数と日最高 WBGT

全国的に熱中症救急搬送者数と日最高 WBGT には相関があるとされていることから、香川県における2021年及び2022年のデータをもとに解析を行った結果を図21及

び図22に示す。どちらにおいても日最高 WBGT が約29℃を境に熱中症救急搬送者数が増加する傾向が確認された。

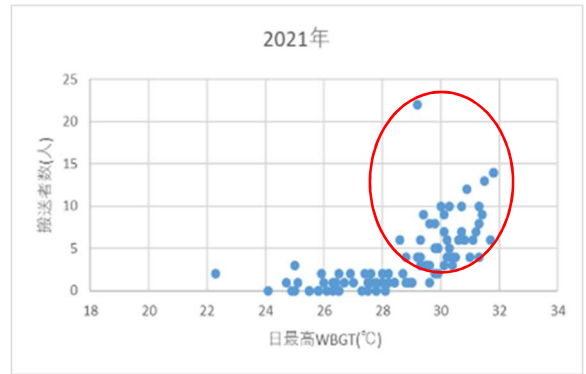


図21 熱中症搬送者数と日最高 WBGT
(2021年7月～9月)

総務省消防庁及び環境省のデータを用いて作図

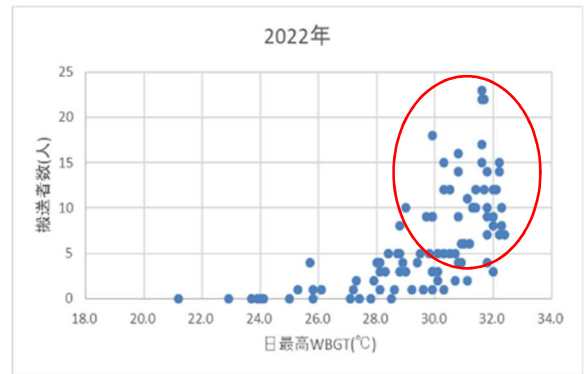


図22 熱中症搬送者数と日最高 WBGT
(2022年7月～9月)

総務省消防庁及び環境省のデータを用いて作図

IV まとめ

今回の調査では、ヒートアイランドの影響が大きいとされる沿岸部の市街地の地点よりも比較的標高の高い内陸部の地点や沿岸部でも周辺が山で囲まれている地点において WBGT が高い傾向にあったが、夜(18:00～翌6:00)においては沿岸部の市街地で WBGT が高く、下がりにくい傾向を示しており、ヒートアイランドの影響のみならず地理的条件が WBGT に与える影響は大きいことが確認できた。

また、香川県においても日最高 WBGT が高くなると熱中症搬送者数も急激に増加するという傾向がみられた。

これらのことから、日中においては、沿岸部の市街地よりも内陸部の郊外のほうが熱中症のリスクが高まるこ

とや、沿岸部の市街地においては、夜においても熱中症のリスクが下がりにくいこと、実際に香川県においてもWBGTが高くなると熱中症搬送者数も増加しているということなどを周知することで、県民への熱中症予防の注意喚起の材料や適応策の検討資料として活用することが期待できる。

謝辞

本研究は、国立環境研究所との共同研究（適応型）「気候変動による暑熱・健康等への影響に関する研究（研究代表者：岡和孝）」の一環として実施した。

本研究を進めるにあたり、機器の設置場所の提供をはじめ、ご協力いただいた小学校の皆様には深く感謝申し上げます。

また、熱中症搬送者についてのデータの提供をいただいた高松市消防局にも感謝申し上げます。

文献

- 1) 文部科学省及び気象庁:日本の気候変動2020—大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書—
- 2) 岡本一真, 鷺岡和寿:気候変動による暑熱・健康等への影響に関する研究, 香川県環境保健研究センター所報, 21, 59-65, (2022)
- 3) 小野雅司:地球温暖化と熱中症, 地球環境, 14(2), 263-270, (2009)
- 4) 小野雅司, 他:通常観測気象要素を用いたWBGTの推定, 日生気誌, 50(4), 147-157, (2014)
doi:10.11227/seikisho.50.147