

長崎県における熱中症発生と気象との関連性 (2020-2022 年度)

横田 哲朗, 古賀 康裕, 福田 祥一

気候変動の影響の中でも熱中症による健康影響については、長崎県内でも死亡者が出ており対応は急務である。そこで、熱中症の地域特性を把握するため、気象庁観測地点よりも細かい地域ごとに、2020 年から 2022 年までの 3 年計画で気温および湿度を測定できるデータロガーにより気象観測を実施した。3 年間観測した気象データより熱中症発生リスクの指標となる暑さ指数 (WBGT: Wet-bulb globe temperature) (以下「WBGT」という。) を推計したが、WBGT が高い地域が必ずしも熱中症による救急搬送者が多いわけではないことが判明した。この要因として、高齢者は熱中症の発症リスクが高いため、高齢者の割合が多い地域において、熱中症による救急搬送者が多い傾向にあることと、WBGT が高い地域では暑熱順化が比較的進みやすいため、WBGT が低い地域と比べると熱中症の発症が抑えられている可能性が示唆された。しかし、特に WBGT が高い傾向を示した島原地域では他の地域と比較して熱中症による救急搬送者の症状程度が重くなる傾向にあることが判明したところであり、特に注意すべき地域であることが示された。2021 年からは WBGT が 31 以上になると予想される日に、国が熱中症警戒アラートを発出しており、また、令和 5 年 2 月には既存のアラートの一段上の熱中症特別警戒アラートが創設されることが盛り込まれた気候変動適応法の改正案が閣議決定されている。長崎県においても、熱中症の発生を抑えるために効果的な普及啓発手法について検討していく必要がある。

キーワード: 熱中症、暑さ指数 (WBGT)、気象データ

はじめに

世界の年平均気温は 100 年あたり 0.73°C の割合で、日本の年平均気温は 100 年あたり 1.28°C の割合でそれぞれ上昇している¹⁾。世界中で温室効果ガスの排出を抑制する対策 (緩和策) に取り組んでいるが、最も厳しい温暖化対策を取ったとしても、世界の平均気温は上昇し、21 世紀末に向けて気候変動の影響のリスクが高くなると予想されている。このようなことから、緩和策を講じて回避できない気候変動の影響を予防・軽減するための対策 (適応策) の必要性が世界的に強調されている。

長崎市 (長崎地方気象台) においても年平均気温が 100 年あたり 1.50°C の割合で上昇しており²⁾、長崎県では、「第 2 次長崎県地球温暖化 (気候変動) 対策実行計画」を策定し、必要な取組を推進中である。環境保健分野では、自然生態系、健康影響などの分野で、より地域の実情に応じた対応が望まれているが、健康影響のうち特に熱中症に関しては、死亡者も出ており対応は急務であると考えられる。ここ 10 年の熱中症による救急搬送者数の推移を図 1 に示す。

熱中症の危険性は県内一様ではなく気象条件等による地域ごとの特性があるものと考えられるが、気象庁による長崎県内の観測地点は、気温が 18 地点 (本土

10 地点、離島 8 地点)、湿度が 6 地点 (本土 4 地点、離島 2 地点) であり、このうち環境省により WBGT が公表されている地点は 14 地点である。熱中症発生の地域特性の分析には、より地域に密着した気象観測を実施する必要があると考えられるため、2020 年から 2022 年までの 3 年計画で、気温および湿度を測定できるデータロガーを用いた気象観測を実施した。

本稿では、2020 年から 2022 年にかけて実施した気象観測結果および熱中症発生状況、それらの関連性について報告する。

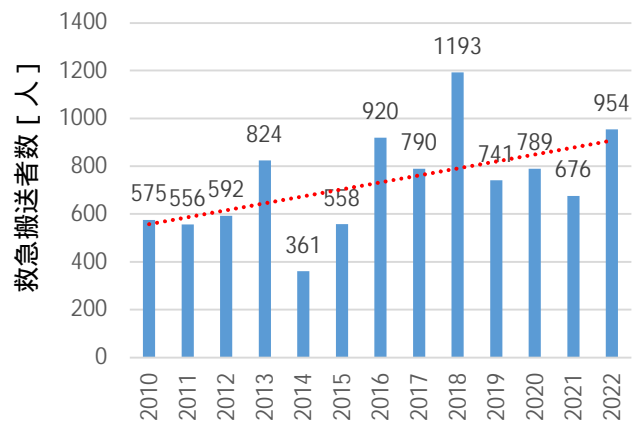


図 1 長崎県における熱中症による救急搬送者数

調査地点および方法

1 気象(気温および湿度)の観測

図 2 に示す各観測地点において、データロガーを用い気温および湿度を観測した。各観測地点は小学校であり、各校が所有している百葉箱もしくは当センター所有の小型百葉箱を設置し、その中にデータロガーを設置した。データロガーの設置状況を図 4 に示す。基本的に各地点 3 か年継続して調査を行っているが、一部の地点は令和 3 年度から追加(五島市: 福江小学

校、新上五島町: 有川小学校、対馬市: 鶏鳴小学校) している他、百葉箱の劣化等により別の小学校に地点を変更したケース(諫早市: 真津山小学校は 2021 年度より観測開始)がある。

- ・観測機器: おんどり RTR-507S, RTR-507B (株ティアンドデイ)
- ・地点数: 県内 40 地点
- ・観測年: 2020 年-2022 年
- ・観測月: 7 月 ~ 10 月

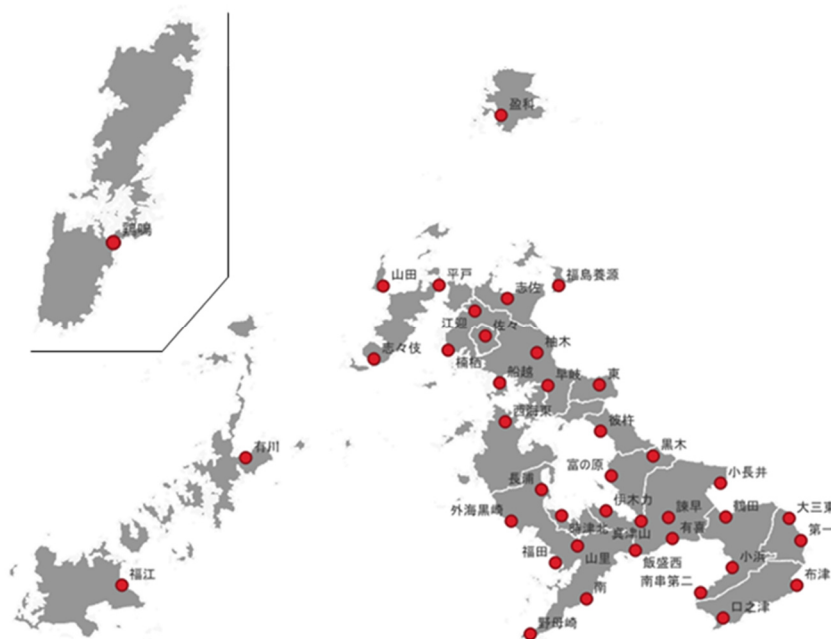


図 2 データロガーによる気象観測地点(図中の標記は小学校名)



図 3 環境省による WBGT の公表地点(図中の標記は気象庁観測地点名)



図4 データロガーの設置状況

2 WBGT の推計

気温および湿度を観測した 40 地点について、以下の式³⁾を用いて WBGT の推定値を計算した。

$$\begin{aligned} \text{WBGT} = & 0.735 \times \text{Ta} + 0.0374 \times \text{RH} + 0.00292 \times \text{Ta} \\ & \times \text{RH} + 7.619 \times \text{SR} - 4.557 \times \text{SR}^2 - 0.0572 \\ & \times \text{WS} - 4.064 \end{aligned}$$

Ta: 気温 (°C)、RH: 相対湿度 (%),
SR: 全天日射量 (kW/m³)、WS: 風速 (m/s)

観測した気温および湿度に加え、直近の気象庁観測地点における風速および全天日射量を用いた。直近の気象庁観測地点で全天日射量の観測が無い場合は、以下の式⁴⁾を用いて日照時間から全天日射量の推定値を計算した。

$$\text{SR}/\text{SR}_0 = 0.198 + 0.537 (n/N)$$

SR₀: 大気外水平面日射量 (kW/m³)、
n: 日照時間 (hour)、N: 可照時間 (hour)

3 熱中症発生状況の確認

熱中症の発生状況については、県消防保安室がとりまとめている熱中症による救急搬送者数に加え、県内 10 消防局・消防本部から提供を受けた熱中症による救急搬送者の詳細データを用いた。

結果及び考察

1 WBGT の推計値に基づく地域の暑熱環境

始めに、熱中症発生の地域特性を把握するために注意すべき点として解析に用いたデータ数が挙げられる。仮に、市町単位では人口にかなりの差が

生じることから、解析は消防局又は消防本部管轄区域単位とし、さらに一部地域を統合することで、県内を 7 地域に区分した。これにより、全ての地域が地方自治法に基づく「市」の要件である人口 5 万人を超えた。7 地域の区分について、図 5 及び表 1 に示す。以降の解析はこの 7 地域を基本単位として行った。

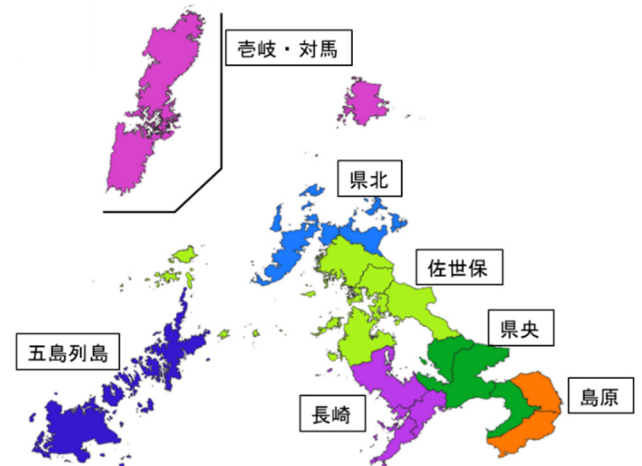


図5 解析した地域単位 (7 地域)

表 1 解析地域 (7 地域) の内訳

地区名	管轄する消防局 (本部)	地区内の市町
長崎	長崎市消防局	長崎市、長与町、時津町
佐世保	佐世保市消防局	佐世保市、西海市、川棚町、東彼杵町、波佐見町、佐々町、小値賀町
県中央	県中央地域広域市町村圏組合消防本部	大村市、諫早市、雲仙市 (一部を除く)
県北	平戸市消防本部、松浦市消防本部	平戸市、松浦市
島原	島原地域広域市町村圏組合消防本部	島原市、南島原市、雲仙市の一部
五島列島	五島市消防本部、新上五島町消防本部	五島市、新上五島町
杬岐・対馬	杬岐市消防本部、対馬市消防本部	杬岐市、対馬市

WBGT は熱中症発生リスクの指標となり、WBGT の値が 31 以上は熱中症発生のリスクが「危険」⁶⁾とされ特に注意が必要となる。地域の暑熱環境の特徴を探るために、WBGT 31 を基準として各地域の日最高値が 31 以上となった頻度について解析を行った。気象観測を行った地点の 2020-2022 年:7 月-10 月の間に WBGT 日最高値が 31 以上となった日の出現頻度を算出した。これを 7 地域ごとに平均したものを図 6 に示す。本解析には気象庁観測点の WBGT 公表データも使用した。ただし、周辺より極端に標高が高い地点である雲仙岳のデータは最終的な地域平均値の過小評価に繋がることが予想されたため除外している。なお、データロガーのセンサー不具合により一部データを除外した地点があるほか、データロガーの設置時期の関係から 7 月の一か月分のデータが欠測している地点があるが、除外又は欠測した部分に同時期の他地点のデータ(除外又は欠測した地点周辺で WBGT 日最高値 31 以上の出現頻度が最も頻度が多い地点、少ない地点それぞれのデータ)を代入しても最終的な地域別の平均出現率にほとんど影響しなかったため、そのまま解析を進めた。解析の結果、島原地域の WBGT 日最高値 31 以上の出現頻度が特に多く、同地域は県内でも暑熱環境が厳しいことが判明した。一方、壱岐・対馬地域では最も少なかった。

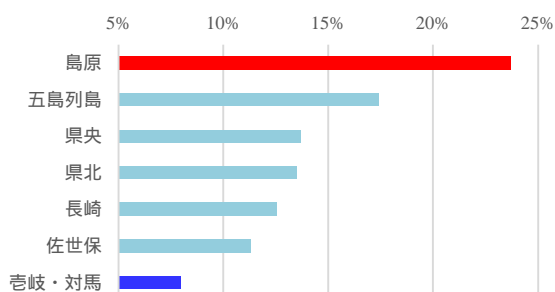


図 6 WBGT 日最高値 31°C 以上の出現頻度 (2020-2022 年:7-10 月)

4 熱中症発生状況

2020-2022 年の熱中症救急搬送者数は 2,419 人であり、この 3 年間では 2022 年が最も多かった。3 年間の熱中症救急搬送者数について、表 2 に示す。

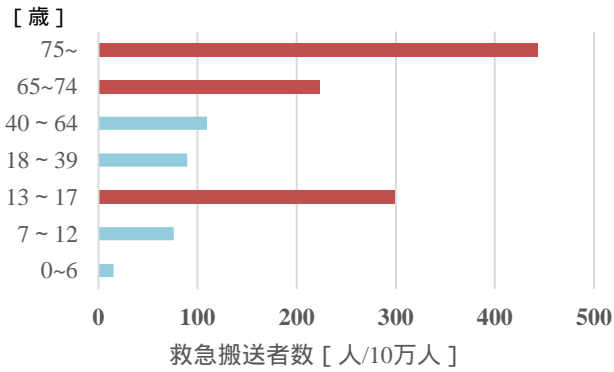
表 2 2020-2022 年の熱中症救急搬送者数(人)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合計
2020年			79	116	515	79		789
2021年		25	88	272	237	54		676
2022年	2	21	129	425	308	63	6	954

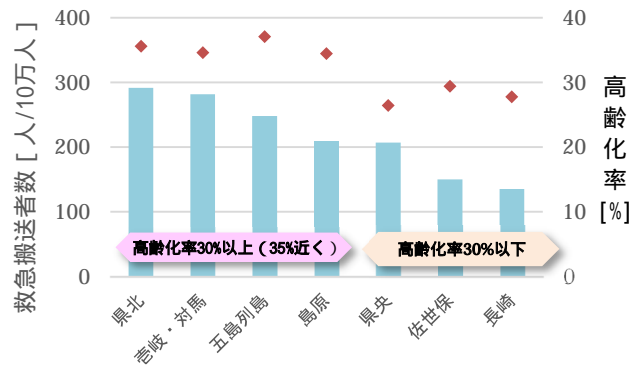
このうち、発生場所が不明の事例や、発生場所が海上といった特殊な事例を除いた 2,399 人分のデータを用いて、年代、地域、高齢化率、発生場所等について解析を行った(図 7)。図 7 (a) は人口 10 万人あたりの年代別救急搬送者数を示す。基本的に年齢に比例して熱中症による救急搬送者数は増える傾向にあるが、中高生世代(13-17 歳)では特異的に増加していた。図 7 (b) は地域別の高齢化率と人口 10 万人当たりの救急搬送者数を示す。高齢化率が高い地域ほど、救急搬送者が多くなる傾向が見られた。また、図 7 (c) は、年代別の発生場所を示しており、発生場所の詳細については消防庁の分類による。救急搬送者数が多い 65 歳以上の世代では、半数以上が住居での発生となっていた。年代特異的に救急搬送者数が多くなっていた中高生世代では、教育機関と公衆(屋外)での発生が約 7 割を占めているが、この要因として部活動等の課外活動の影響があると推測される。

図 6 で示したとおり、島原地域は高温となりやすい地域であるため、熱中症の発生リスクは高い地域であると予想していたが、図 7 (b) に示すとおり、単位人口あたりの熱中症救急搬送者数は多いわけではなく、むしろ高齢化率の高さを考えると少ないと考えられる。逆に、高温の発生頻度が少なかった壱岐・対馬地域は島原地域と逆の傾向を示した。この要因として、地域により暑熱順化の進行に差があることが考えられる⁷⁾ 他、高温になりやすい地域では住民が何等かの暑熱耐性を獲得していることが考えられる。一方、熱中症による救急搬送後の初診時の診断結果では、島原地域は要入院となる割合が他の地域よりも多く、熱中症による死亡者数を減少させることを考えた場合には、注意すべき地域であることが判明した。地域ごとの初診時の症状程度について図 8 に示す。初診時の診断により軽症と判断された場合は入院の必要はなく、中等症及び重症と診断された場合は要入院となる。また、重症は 3 週間以上の入院であり中等症は重症以外の期間の入院である。本稿では、中等症以上を基準に解析したところ、県内全体では中等症以上の割合が約 44%であるのに対し、島原地域は 58.3%と地域間で最も多い結果となった。対象的に、壱岐・対馬地域では中等症以上の割合が 25.5%と最も少なかった。なお、図 7 において死亡はないが、これは初診時の診断に基づくものであることに起因する。厚生労働省公表のデータによれば、熱中症を原因とした死亡者は、2020 年及び 2021 年にそれぞれ 17 人と 10 人発生している(2022 年の a データは本稿執筆時点で未公表⁸⁾)。

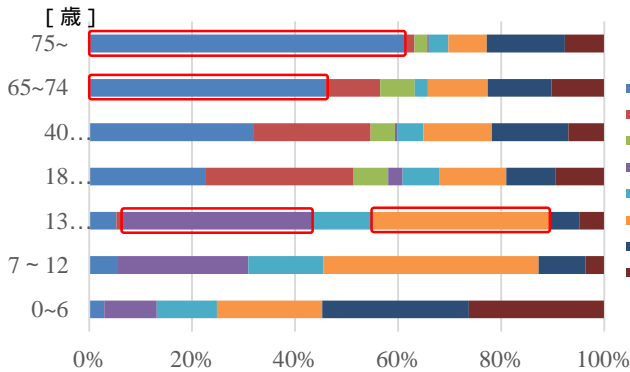
(a) 年齢別の救急搬送者数



(b) 地域別の高齢化率と救急搬送者数



(c) 年齢別の発生場所の種類と割合



- 住居 : 敷地内の全ての場所を含む。
- 仕事場 : 道路工事現場、工場、作業所等。
- 仕事場 : 田畑、森林、海、川等。農・畜・水産業を行っている場合のみ。
- 教育機関 : 幼稚園、保育園、小・中・高等学校、専門学校、大学等。
- 公衆(屋内) : 不特定者が出入りする場所の屋内部分。
劇場、コンサート会場、飲食店、百貨店、病院、公衆浴場、
駅(地下ホーム)等
- 公衆(屋外) : 不特定者が出入りする場所の屋外部分。
競技場、各対象物の屋外駐車場、野外コンサート会場、
駅(屋外ホーム)等
- 道路 : 一般道路、歩道、有料道路、高速道路等
- その他 : 上記に該当しない場所

図7 熱中症救急搬送者数に関する解析結果 (2020-2022年)

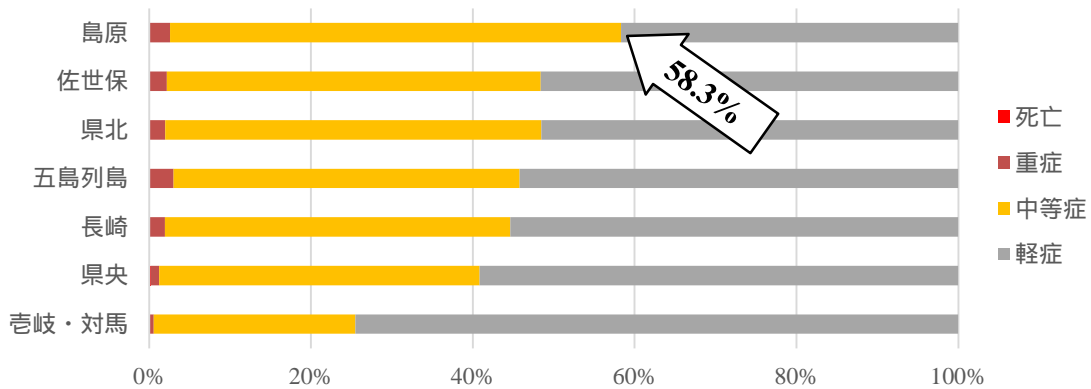


図8 各地域の初診時の症状程度の割合

5 WBGTと熱中症発生状況との関係

基本的に WBGT が高くなると熱中症救急搬送者数も増加するが、暑熱順化の進行に地域差があることが示唆されたことから、WBGT 日最高値(地点内の平均値)と、熱中症による救急搬送者数について解析を行った。救急搬送者の個別事例ごとに、その日の日最高 WBGT を求め、一定の WBGT ごと(0.2 刻み)に振り分けを行った。その搬送者数を、

振り分けた WBGT の日数で割り1日当たりの搬送者数とした。最後に、人口 10 万人あたりの搬送者数に換算した。以上のデータを表にプロットし指数関数近似を行った。また、本解析においては独自に行った気象データの観測期間の関係上、7 月から 10 月までを対象期間としたため、熱中症救急搬送者に関するデータも7月から10月分のみを解析対象(2,070 人分)とした。

解析の結果、図 9 のとおり各地域を 3 タイプに分類した。一つ目は人口が多い地域（長崎、佐世保、県央）で見られたタイプであり、図 9(a) に代表として長崎地域のグラフを示す。県全体の結果と比較すると低 WBGT 域から高 WBGT 域の全ての段階で県全体のグラフを下回っていた。この要因として、このタイプを示した地域は熱中症弱者である高齢者の人口割合が県平均を下回っていることが考えられる。これに対し、高齢化率が高い地域（県北、壱岐・対馬）で見られたタイプ（代表地域：県北）である図 9(b) では、低 WBGT 域から高 WBGT 域の全ての段階で県全体のグラフを上回っていた。比較的低い WBGT でも一定数の熱中症救急搬送者数があることが要

因であり、高齢化率が関係していると考えられる。最後に、前述のどちらとも異なるタイプを示した地域（島原、五島列島）を、島原地域を代表として図 9(c) に示す。低 WBGT 域では県全体を上回っており、これは県北地域と同様に高齢化率の高さが関係していると考えられる。特徴的なのは高 WBGT 域であり、こちらは県全体を下回る結果となった。高 WBGT 域における熱中症救急搬送者数の増加率が低い要因の詳細は不明であるが、このタイプを示した地域の共通点としては、県内でも暑い地域（図 6）であることが挙げられ、前述のとおり住民の暑熱順化が進みやすいことや何らかの暑熱耐性を獲得していることが要因の一つと考えられる。

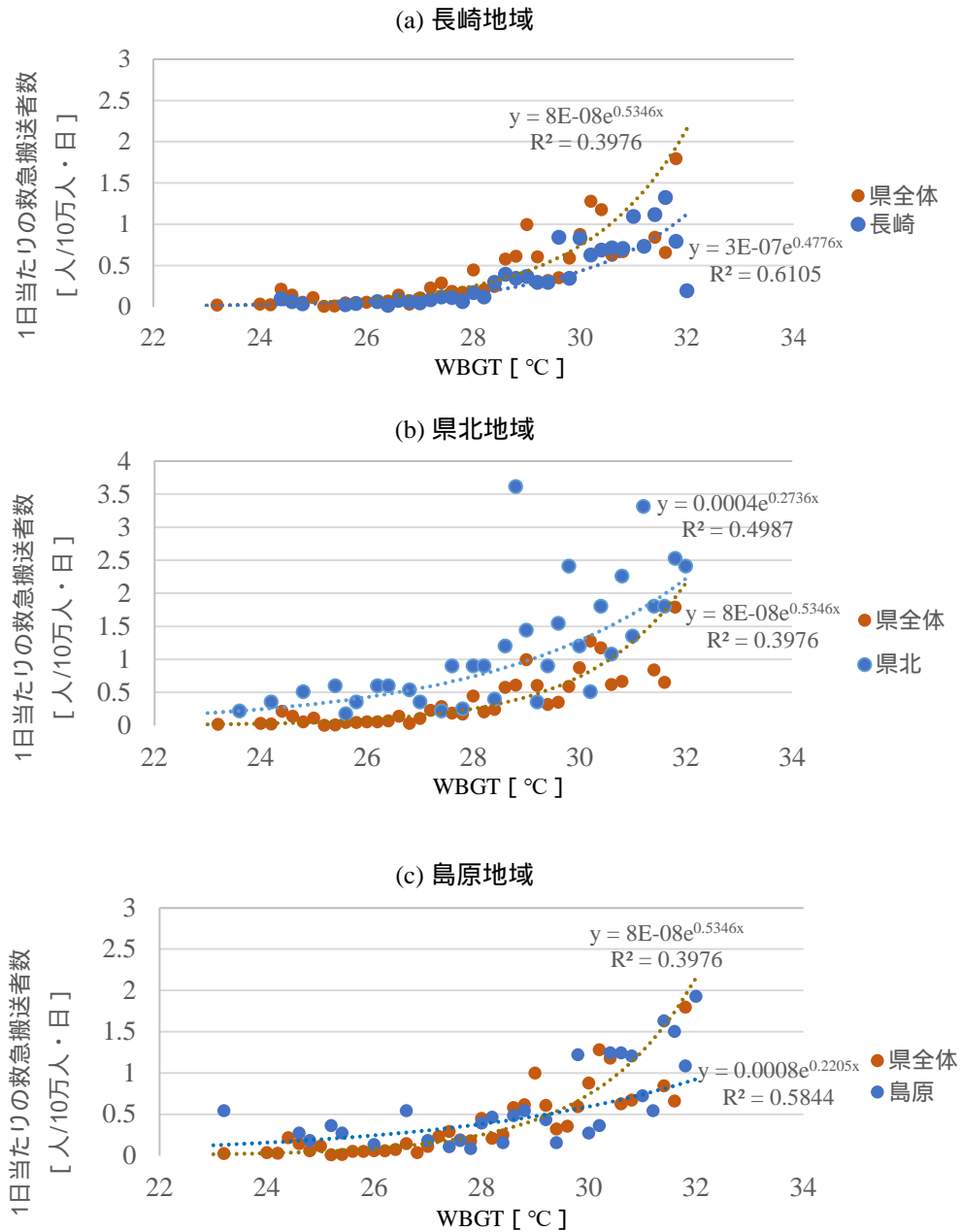


図 9 WBGT ごとの1日あたりの救急搬送者数

図 8 (c) に示したとおり、高 WBGT 域において熱中症救急搬送者数が増加しにくい地域があり、特に島原地域ではこの傾向が顕著であった。高 WBGT 域の搬送者数が少ない要因として住民の暑熱順化が進みやすいことやなんらかの暑熱耐性を獲得していることなどが考えられるが、基本的に暑熱に対する弱者である高齢者についても同様に高 WBGT 域でも救急搬送者数が増加しにくいのか確認を行った。図 10 (a) に島原地域の 65 歳以上と 65 歳未満のそれぞれについて、図 9

と同様の解析を行った結果を示す。対照として図 9 (b) に県全体の解析結果を示す。この結果、島原地域の 65 歳以上において高 WBGT 域での救急搬送者数の伸びが緩やかであることが窺え、他の地域と比較して明確な差があるとまでは言えなかったが、65 歳未満の場合は、高 WBGT 域での救急搬送者数の立ち上がりがほとんど見られず特徴的であった。なお、本解析に用いた熱中症救急搬送者数は地域間でデータ数に差がある点について留意する必要がある。

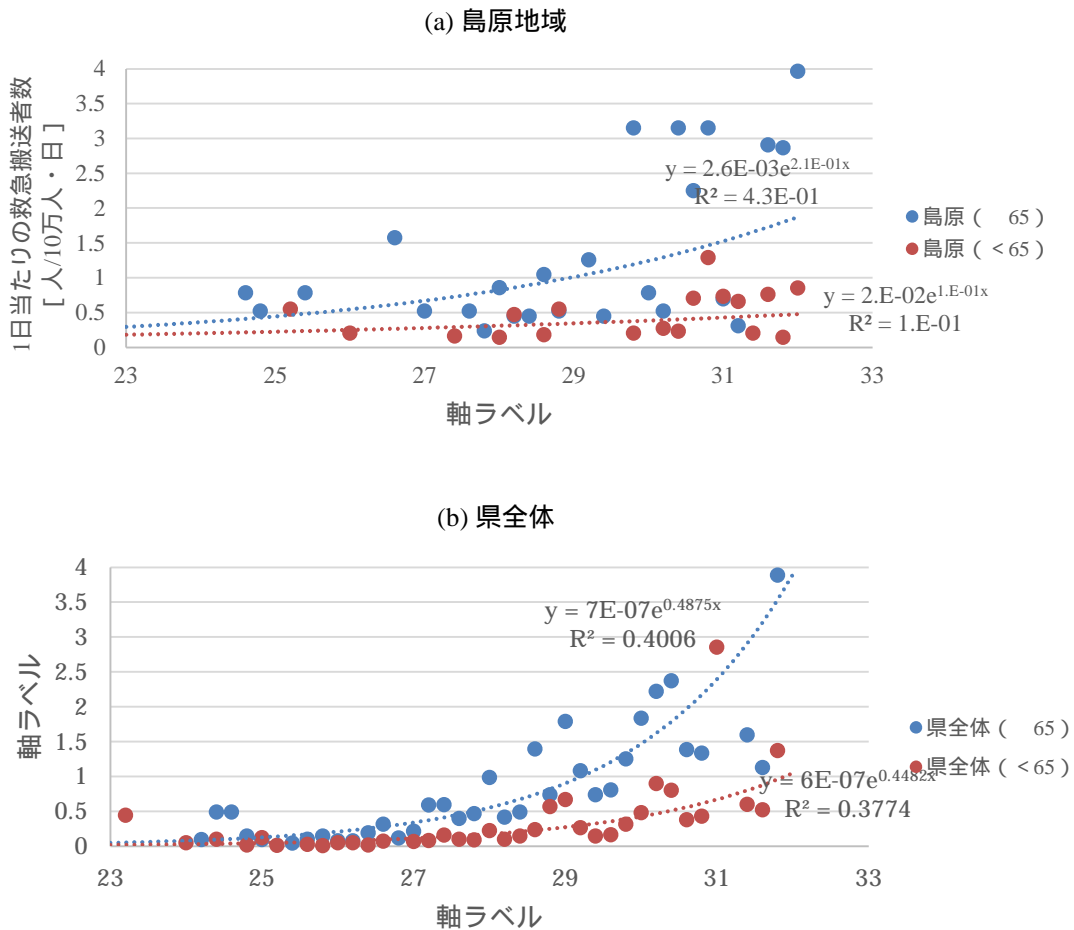


図 10 年齢別の WBGT ごとの 1 日あたりの救急搬送者数

6 局地的な熱中症発生状況の解析

これまでの解析では、消防局 (消防本部) 管轄地域ごとに解析を行ってきたが、より局所的な地域特性を把握するために、小学校区単位での解析を試みた (離島地区を除く)。結論から言うと、解析地域の単位を細かくしたことで、熱中症救急搬送者のデータが分散し、3 年間のデータでは解析を行うにあたり十分ではないと判断するに至った。しかしながら、真津山小学校区においては、明らかに他の地域とは異なる特徴が出たため結果を示す。なお、各消防局 (消防本部) から提供を受けた発生所在地の情報において、消防局 (消

防本部) 内での取り纏めの最小単位が基本的に町単位としているケースがあったことや、使用した人口統計の都合から、一部の地域は小学校区単位でまとめることが困難であった。このような場合は町単位又は複数の小学校区をまとめて整理した。各小学校区の熱中症救急搬送者数の実数を示したものを図 10 に示す。作図には国土交通省が公表している国土数値情報を使用しているが、大村市と南島原市の小学校区については解析で情報が登録されておらず、小学校区ごとの図示が困難であり、また、市単位で熱中症救急搬送者数の実数を表示することが本図ではそぐわないこと

から灰色で示している（その他の灰色の地点は小学校区が無い地域（諫早湾干拓地、雲仙天草国立公園の一部等）である。なお、大村市及び南島原市の小学校区において、熱中症救急搬送者数が特筆して多かったものは無かった（両市の小学校区における熱中症救急搬送者数の最大人数：大村小学校区（大村市）_32名、西有家小学校区（南島原市）_18名）。また、各地域の熱中症救急搬送者数を人口10万人あたりに換算したものを図11に示す。図10及び図11から、真津山小学校区の熱中症救急搬送者数が、他の地域と比較し多いことが判明した。さらに、真津山小学校区における救急搬送者の年齢別内訳を確認したところ、52名中22名（42.3%）が13-17歳の中高生世代であり、発生場所は教育機関が7名、公衆（屋外）が10名、公衆（屋内）が3名、道路、住居がそれぞれ各1名であった。このことを念頭に真津山小学校区内に存在する教育機関等を確認したところ、複数の中学校・高等学校が集中している他、諫早市の屋外スポーツ施設が設置されていることを確認した。また、県央地域内の

気象観測地点（小学校）ごとのWBGT日最高値31以上の出現頻度を比較した（図12）。なお、真津山小学校での気象観測は2021-2022年の2か年であることから、比較したその他の観測地点（小学校）についても同様の期間で解析を実施した。その結果、真津山小学校における、WBGT日最高値31以上の出現率は19.5%であり、県央地域内では最も頻度が多く、高温になりやすい地域であることが示された。高温の要因は明らかではないが、真津山小学校区は埋立地が多く周辺よりも海拔が低いため、ある種盆地のような地形であることや、交通の要所であり交通網が発達していること、工業団地・住宅地が発達していること等が関係している可能性がある。真津山小学校区は比較的高温になりやすい環境であることと、部活動等の課外活動が活発な世代を擁する中・高等学校が集中していること、加えて屋外スポーツ施設が設置されている等の条件が重なり、中高生世代の熱中症救急搬送リスクが高くなっている可能性が示唆された。

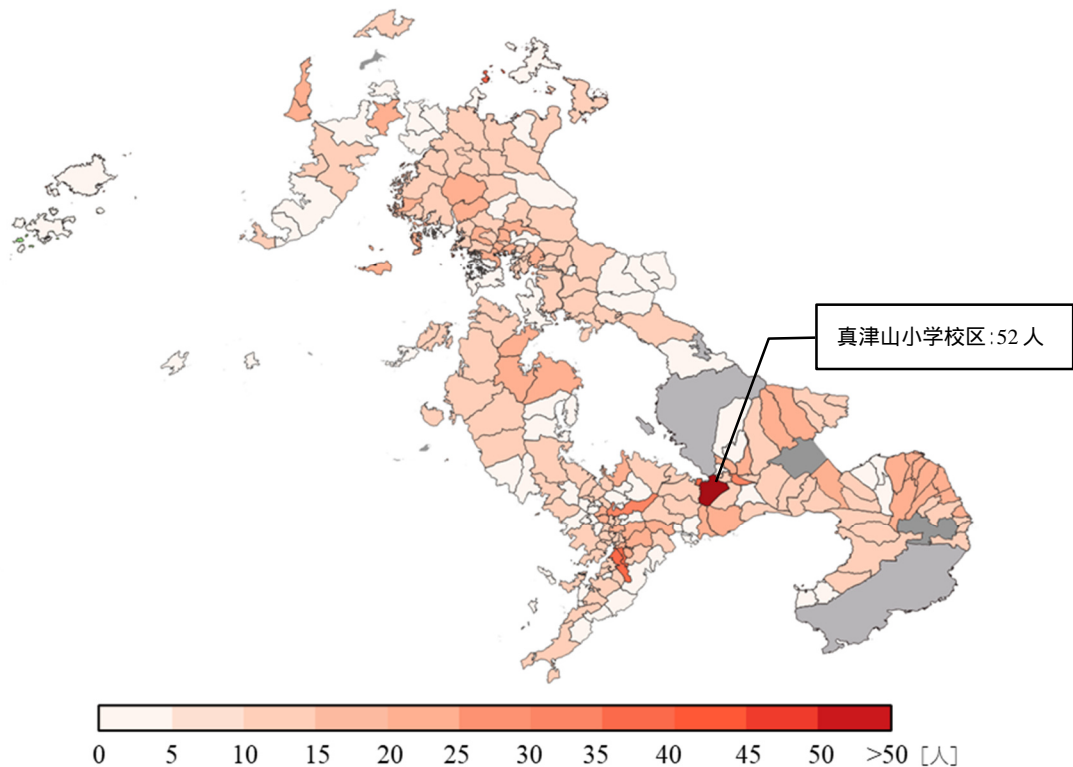


図11 小学校区ごとの熱中症救急搬送者の実数(2020-2022)

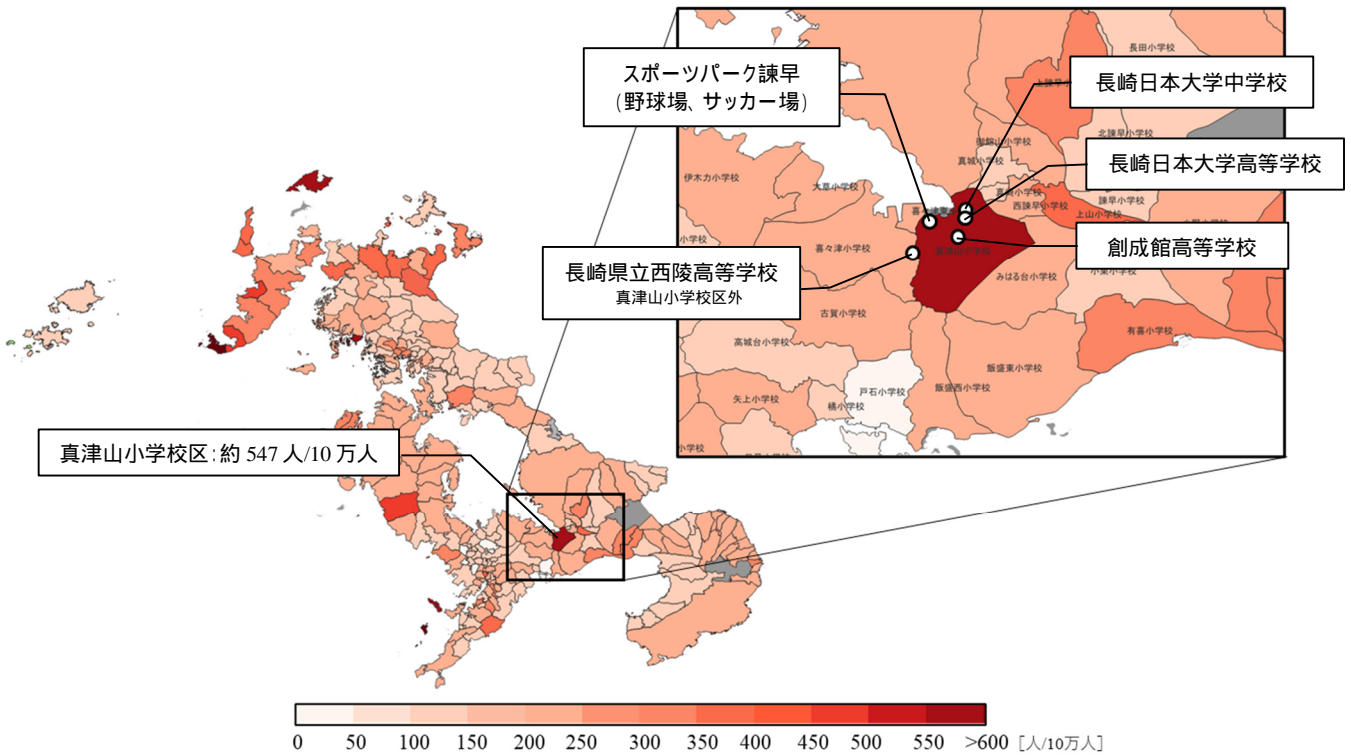


図 12 小学校区ごとの人口 10 万人当たりの熱中症救急搬送者数 (2020-2022)

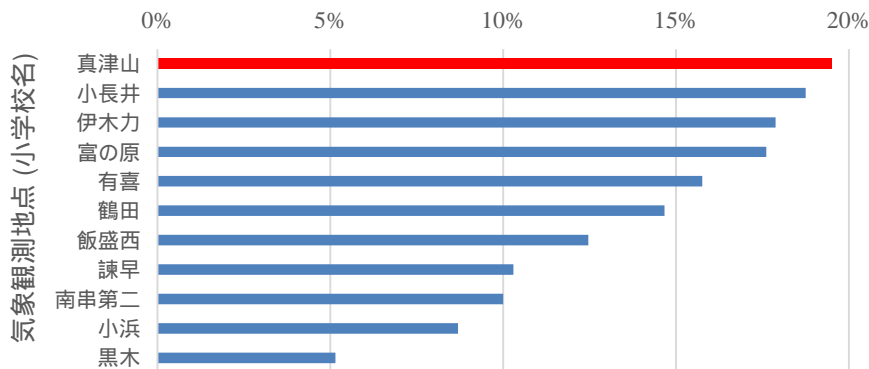


図 13 県央地域内の気象観測地点 (小学校) 別の WBGT_31°C以上の出現頻度 (2021-2022 年:7-10 月)

まとめ

2020-2022 年における県内各地点での WBGT の推計と熱中症による救急搬送者の状況調査を行った。得られた WBGT と県内の熱中症による救急搬送者数との関連性を確認したところ、WBGT が高くなるほど熱中症救急搬送者数は増加することを確認した。増加の傾向については、比較的低い WBGT から熱中症救急搬送者数が増加する地域や高い WBGT でも増えにくい地域など、地域ごとに特徴があることを確認した。また、地域の暑熱環境別では、比較的涼しい地域で熱中症救急搬送者数が多く、高温になりやすい地域では逆の傾向を示した。この要因として、地域ごとの高齢化率の違いや、暑熱環境に起因した暑熱順化の進行

程度が異なる等の要素が影響している可能性が考えられた。

熱中症による救急搬送者の初診時の症状程度に着目した場合にも地域ごとに差があることを確認した。症状程度については、高齢化率や本人体調、その時の行動等様々な要因が関係していると考えられる (症状程度に限らず熱中症全般に言える) が、少なくとも島原地域と壱岐・対馬地域を例に見ると、高温になりやすい地域ほど症状が重く、比較的涼しい地域ほど軽症で済む傾向にあることが示され、高温になりやすい地域では重点的に啓発を行う必要があると考えられる。

より狭い範囲での解析では、データ数の関係上思う

ような結果を得ることはできなかった。しかし、比較的高温となりやすい地域に多数の教育機関や屋外スポーツ施設が密集したことが要因と考えられる、中高生世代の熱中症救急搬送リスクが高い地域があることを確認した。

本調査により県内の熱中症発生の地域特性について知見を得ることができた。今後、得られた知見を活用した啓発活動等を関係機関と連携しながら効率的に実施していく予定である。

参考文献

- 1) 気象庁：気候変動監視レポート 2022, <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/> (2022.7.11 アクセス)
- 2) 福岡管区気象台：九州・山口県の気候変動監視レポート 2021, <https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/kaiyo/chikyu/report/report.html> (2022.7.11 アクセス)
- 3) 小野雅司, 登内道彦：通常観測気象要素を用いた WBGT (湿球黒球温度) の推定, 日本生気象学会雑誌, 50(4), 147-157(2014).
- 4) 紙井泰典, 藤本武志, 近森邦英：日射量の気候学的推定について, 高知大学学術研究報告 自然科学編, 50, 81-94(2001).
- 5) 環境省：平成 16 年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書, <https://www.env.go.jp/press/6226.html> (2022.7.7 アクセス)
- 6) 日本生気象学会：「日常生活における熱中症予防指針」Ver.4, <https://seikishou.jp/committee/> (2023.8.29 アクセス)
- 7) Antonio Gasparini et al 2016 Am. J. Epidemiol. 183(11), 1027-1036.
- 8) 厚生労働省：「熱中症による死亡者数 人口動態統計(確定数)より」, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyu/necchusho20/index.html> (2023.8.29 アクセス)

Correlation between heatstroke incidence and meteorological factors in Nagasaki Prefecture (2020–2022)

Tetsuro Yokota, Yasuhiro KOGA, Shoichi FUKUDA

Given the heatstroke deaths in Nagasaki Prefecture, there is an urgent need to address the health impacts of this condition, considering the effects of climate change. To investigate the regional variations in heatstroke, meteorological observations were performed using data loggers capable of measuring temperature and humidity more compressively than the Japan Meteorological Agency observation points in each region. Wet-bulb globe temperature (WBGT), an indicator of the risk of heatstroke occurrence, was calculated using observed meteorological data over three years from 2020 to 2023. Interestingly, areas with higher WBGT did not necessarily have more emergency medical evacuations due to heatstroke. The findings suggest that this is because the elderly are at an increased risk of heatstroke, resulting in more emergency medical evacuations due to heatstroke in areas with a high proportion of elderly people. Heat acclimatization may be relatively easy in areas with high WBGT, which could lower the incidence of heatstroke compared to areas with low WBGT. However, in the Shimabara area, where the WBGT was particularly high, the symptoms of emergency transporters due to heatstroke were more severe than in other areas, indicating that this area deserves special attention. In Nagasaki Prefecture, it is also necessary to consider effective dissemination and education methods to reduce the incidence of heatstroke.