

川崎市における熱中症の救急搬送者数と気温、暑さ指数(WBGT)との関係について

Relation between Incidence of Heat Stroke and Air Temperature or Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) in Kawasaki City

米屋 由理 Yuri YONEYA 高垣 勇介 Yusuke TAKAGAKI 原 美由紀 Miyuki HARA

要旨

本市の熱中症による救急搬送者数と気温、暑さ指数(WBGT)との関係について調査を実施した。2010年までと比べて2011年以降の方が猛暑日数に対する熱中症による救急搬送者数が多かった。また、2011年以降について、熱中症による救急搬送者が発生した日の日最高気温、日最高WBGTをそれぞれ低い順に並べたところ、最低値はそれぞれ21.7℃、20.5℃であった。日最高気温が32℃付近、日最高WBGTが28℃付近で救急搬送者数が急激に増加した。熱中症による救急搬送者は8～9月より5～7月の方が低い日最高気温、日最高WBGTで発生した。

キーワード：熱中症、地球温暖化、ヒートアイランド

Key words : Heat stroke, Global warming, Heat island

1 はじめに

熱中症とは暑熱が原因となって発症する「皮膚の障害などを除外した暑熱障害(heat disorders)」の総称である。我が国においては、地球温暖化や都市部のヒートアイランド現象によって、熱中症予防対策が夏期における健康問題として重要な課題となっている¹⁾。また、近年では、熱中症は職場や学校、スポーツ現場での発生だけでなく、夜間や屋内も含め、子供から高齢者まで幅広い年代層で発生している。

本市では、近年少なくとも300人弱が熱中症により救急搬送されており、また、本市の年平均気温は有意な上昇傾向を示している²⁾。本市においても熱中症予防対策を講じることが必要であると考えられることから、その基礎資料に資することを目的に、熱中症による救急搬送の状況について、気温との関連を含めてデータの解析を行ってきた。

今回、主に2011年からのデータについて解析結果をとりまとめたので、その内容を報告する。

2 調査方法

調査対象期間は5月から9月までの夏季とし、2007年から2016年までの熱中症発生状況と気温、暑さ指数(WBGT)との関係について調査した。

熱中症救急搬送者数については、本市消防局の熱中症救急搬送データを使用した。熱中症救急搬送データは、傷病名(熱中症、日射病、熱疲労、熱けいれん、暑熱障害、脱水症及び熱射病)で搬送者を区別しているが、本調査においては暑熱が原因であるこれらの傷病全てを熱中症として扱った。

気温等の気象データは、本研究所地域環境・公害監視課で測定している一般環境大気測定局9局のデータ(速報値)を使用した。

人体と外気との熱収支に着目した指標として、暑さ指

数(WBGT:Wet Bulb Globe Temperature)(以下、WBGT)を使用した。WBGTは、熱中症を予防することを目的として1954年にアメリカで提案された指標である。単位は気温と同じ摂氏度(℃)で示されるが、その値は気温とは異なる。人体の熱収支に与える影響の大きい①湿度、②日射・輻射など周辺の熱環境、③気温の3つを取り入れた指標である。WBGTは労働環境や運動環境の指針として有効であると認められ、国際標準化機構(ISO)等で国際的に規格化されている³⁾。なお、WBGTの換算式は、下記に示す小野ら(2014)の式⁴⁾を用いた。

$$\begin{aligned} \text{WBGT} &= 0.735 \times \text{Ta} + 0.0374 \times \text{RH} + 0.00292 \times \text{Ta} \times \text{RH} \\ &\quad + 7.619 \times \text{SR} - 4.557 \times \text{SR}^2 - 0.0572 \times \text{WS} - 4.064 \\ \text{Ta} &: \text{気温} (\text{℃}), \text{RH} : \text{相対湿度} (\%), \\ \text{SR} &: \text{全日日射量} (\text{kW/m}^2), \text{WS} : \text{平均風速} (\text{m/s}) \end{aligned}$$

また、WBGTの指針について、下記の表1、2に示す。

表1 日常生活に関する指針¹⁾

温度基準(WBGT)	注意すべき生活活動の目安	注意事項
危険(31℃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℃以上31℃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℃以上28℃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充分に休息を取り入れる。
注意(25℃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。

表2 運動に関する指針⁵⁾

WBGT	気温 (参考)	熱中症予防運動指針	
31℃以上	35℃以上	運動は原則中止	WBGT31℃以上では、特別の場合以外は運動を中止する。特に子どもの場合は中止すべき。
28～31℃	31～35℃	厳重警戒 (激しい運動は中止)	WBGT28℃以上では、熱中症の危険性が高いので、激しい運動や持久走など体温が上昇しやすい運動は避ける。運動する場合には、頻繁に休憩をとり水分・塩分の補給を行う。体力の低い人、暑さになれていない人は運動中止。
25～28℃	28～31℃	警戒 (積極的に休息)	WBGT25℃以上では、熱中症の危険が増すので、積極的に休憩をとり適宜、水分・塩分を補給する。激しい運動では、30分おきくらいに休憩をとる。
21～25℃	24～28℃	注意 (積極的に水分補給)	WBGT21℃以上では、熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに、運動の合間に積極的に水分・塩分を補給する。
21℃未満	24℃未満	ほぼ安全 (適宜水分補給)	WBGT21℃未満では、通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水分・塩分の補給は必要である。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意。

3 結果

3.1 日最高気温と熱中症による救急搬送者数の関係

3.1.1 日最高気温と熱中症による救急搬送者数の状況

5～9月の日最高気温と熱中症による救急搬送者数の関係について、2016年のデータを例として、図1に示す。

特に7月上旬と、8月上旬から中旬にかけての期間で救急搬送者数が多くなっており、日最高気温が35℃付近まで上昇した日が集中した時期と重なる。この状況は2016年だけではなく、毎年同じ傾向を示している。

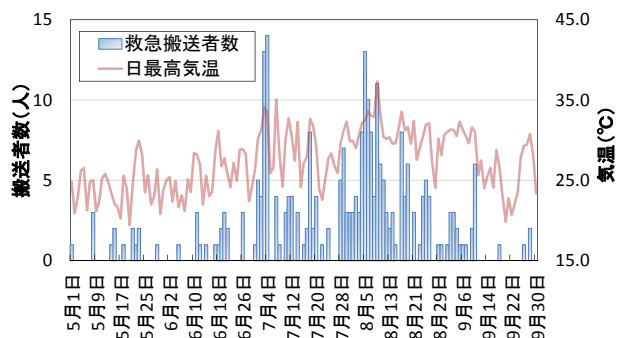


図1 5～9月の日最高気温と救急搬送者数の状況 (2016年)

3.1.2 熱中症による救急搬送者数の経年推移

熱中症による救急搬送者数の経年推移について、真夏日(日最高気温が30℃以上の日)及び猛暑日(日最高気温が35℃以上の日)の日数と併せて図2に示す。

市内の熱中症による救急搬送者数は、近年は300人弱～500人強である。また、真夏日日数や猛暑日日数と概ね連動して熱中症による救急搬送者数は増減している。

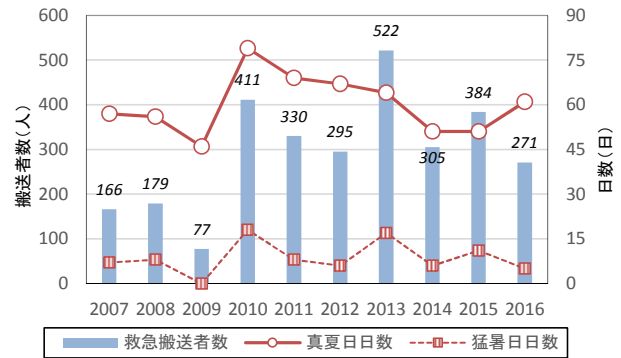


図2 熱中症による救急搬送者数の経年推移

3.1.3 猛暑日日数と熱中症による救急搬送者数

図2で熱中症による救急搬送者数とより連動性が高かった猛暑日日数について、熱中症による救急搬送者数との関係を図3に示す。

2010年までと2011年以降では傾向が異なり、同じ猛暑日日数でも2011年以降の方が熱中症による救急搬送者数が多いという結果となった。2011年3月11日に東日本大震災が発生し、複数の発電所が停止したため、供給電力の不足が生じることから、企業を中心に様々な節電施策を実施し、家庭などでも社会運動として節電が行われた。猛暑日日数に対する熱中症による救急搬送者数が多くなった理由の1つとして、節電行動により冷房機器の使用を控えていることが考えられる。

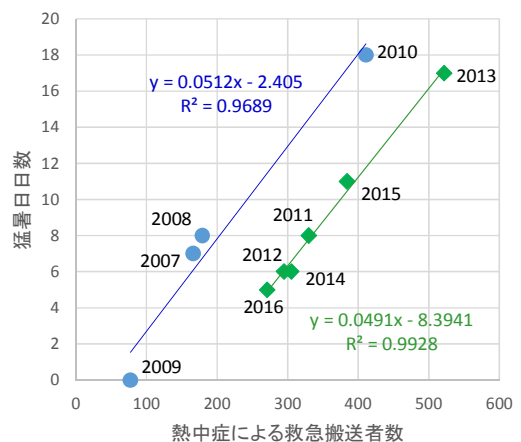


図3 猛暑日日数と熱中症による救急搬送者数

3.2 2011～2016年の気温・WBGTの度数分布と熱中症による救急搬送者数

2010年までと2011年以降で傾向が異なるため、2011年以降のデータを使用した。なお、日最高気温は市内9局のデータの市内最高値、日最高WBGTは田島局と幸局の日最高値の平均を用いた。

3.2.1 日最高気温と日最高WBGTの関係

5～9月の日最高気温と日最高WBGTの関係を、2016年のデータを例として、図4に示す。

日最高気温と日最高WBGTでは正の相関が得られた。

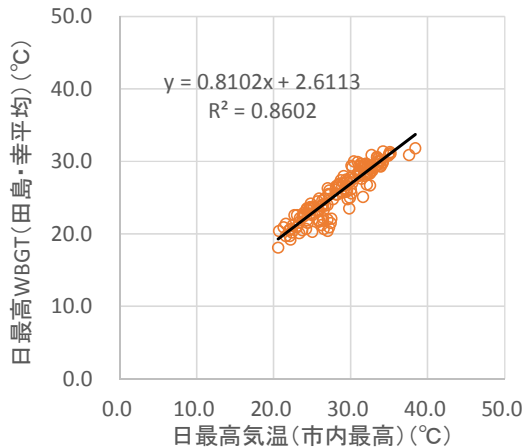


図4 5～9月の日最高気温と日最高WBGTの関係(2016年)

3.2.2 日最高気温や日最高WBGT毎の熱中症による救急搬送日数と搬送者数

2011～2016年5～9月の日最高気温や日最高WBGT毎の熱中症による救急搬送日数と搬送者数を図5、6に示す。

集計期間の日最高気温はいびつな山形をしており、29℃以上30℃未満の日数が最も多くなった。集計期間の日最高WBGTは、22℃以上23℃未満の日数と30℃以上31℃未満の日数を頂点とした二山形をしていた。熱中症による救急搬送日数は、日最高気温と日最高WBGTで集計したどちらも山形であり、日最高気温33℃以上34℃未満、日最高WBGT30℃以上31℃未満の時に1番多くなった。熱中症による救急搬送者数は、34℃以上35℃未満の日最高気温、31℃以上32℃未満の日最高WBGTの時に1番多くなった。

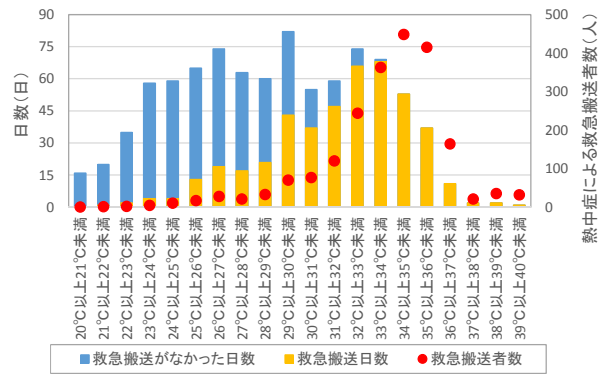


図5 2011～2016年の日最高気温毎の熱中症による救急搬送日数と搬送者数

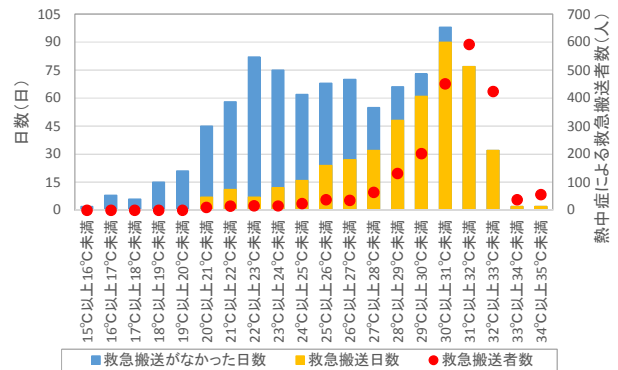


図6 2011～2016年の日最高WBGT毎の熱中症による救急搬送日数と搬送者数

3.2.3 熱中症による救急搬送日1日当たりの搬送人数と救急搬送日数割合

2011～2016年5～9月の熱中症による救急搬送日1日当たりの搬送人数と救急搬送日数割合を図7、8に示す。

日最高気温25℃以上26℃未満、日最高WBGT20℃以上21℃未満から救急搬送日数割合が増加し始め、日最高気温33℃以上34℃未満、日最高WBGT31℃以上32℃未満にほぼ100%となった。熱中症による救急搬送日1日当たりの搬送人数は、日最高気温32℃以上33℃未満、日最高WBGT28℃以上29℃未満から増加し始め、さらに高い気温、WBGTで急激に増加した。

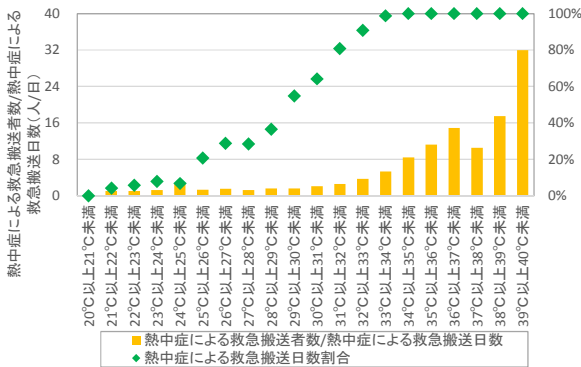


図7 2011～2016年の日最高気温毎の1日当たりの熱中症による救急搬送者数と救急搬送日数割合

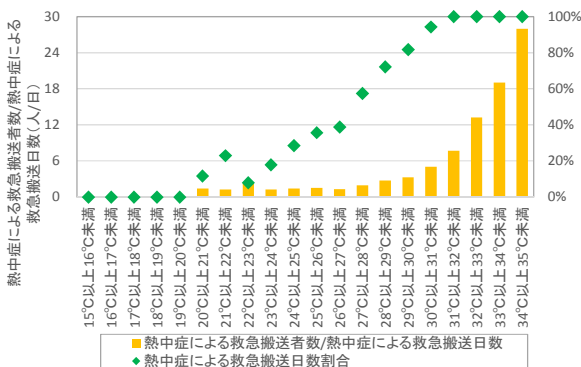


図8 2011～2016年の日最高WBGT毎の1日当たりの熱中症による救急搬送者数と救急搬送日数割合

3.2.4 日最高気温又は日最高 WBGT と熱中症による救急搬送者数の関係

2011～2016年5～9月の日最高気温又は日最高 WBGT と熱中症による救急搬送者数の関係を図9、10に示す。なお、熱中症による救急搬送者数が0人の場合の値は除いている。

熱中症による救急搬送者が発生した日の日最高気温、日最高 WBGT をそれぞれ低い順に並べたところ、最低値はそれぞれ 21.7°C、20.5°Cであった。日最高気温が 32°C 付近、日最高 WBGT が 28°C 付近で熱中症による救急搬送者数が急激に増加した。これは、「表1 日常生活に関する指針」、「表2 運動に関する指針」の「**厳重警戒**」の値にほぼ一致している。また、日最高 WBGT については環境省ホームページのデータでも 28°C を超えると熱中症患者が著しく増加しており³⁾、このデータとも一致した。

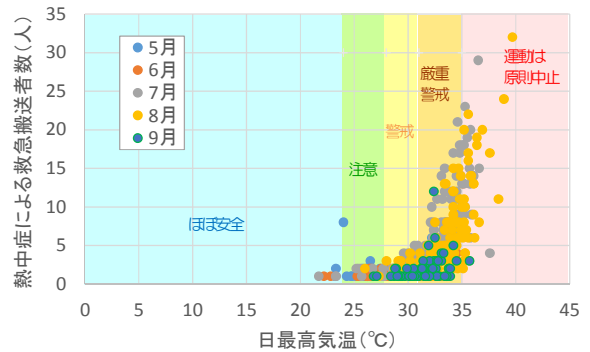


図9 2011～2016年の日最高気温と熱中症による救急搬送者数の関係

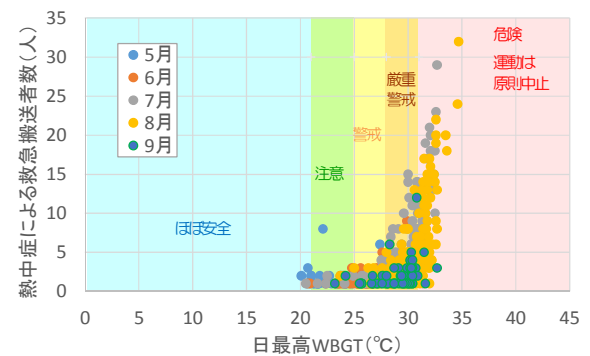


図10 2011～2016年の日最高WBGTと熱中症による救急搬送者数の関係

3.2.5 月毎の日最高気温又は日最高 WBGT と熱中症による救急搬送者数の関係

図9、10で示したデータを月毎にまとめたグラフを図11に示す。なお、熱中症による救急搬送者数が0人の場合の値は除いている。

熱中症による救急搬送者が発生した最低データは、5～7月は日最高気温が 21°C 付近、日最高 WBGT が 20°C 付近であり、8～9月は日最高気温が 26°C 付近、日最高 WBGT が 23°C 付近であった。熱中症による救急搬送者数が急激に増加したのは、日最高気温については5～7月は 30°C 付近、8～9月は 32°C 付近であったが、日最高 WBGT についてはどの月も 28°C 付近とほとんど変わらなかった。

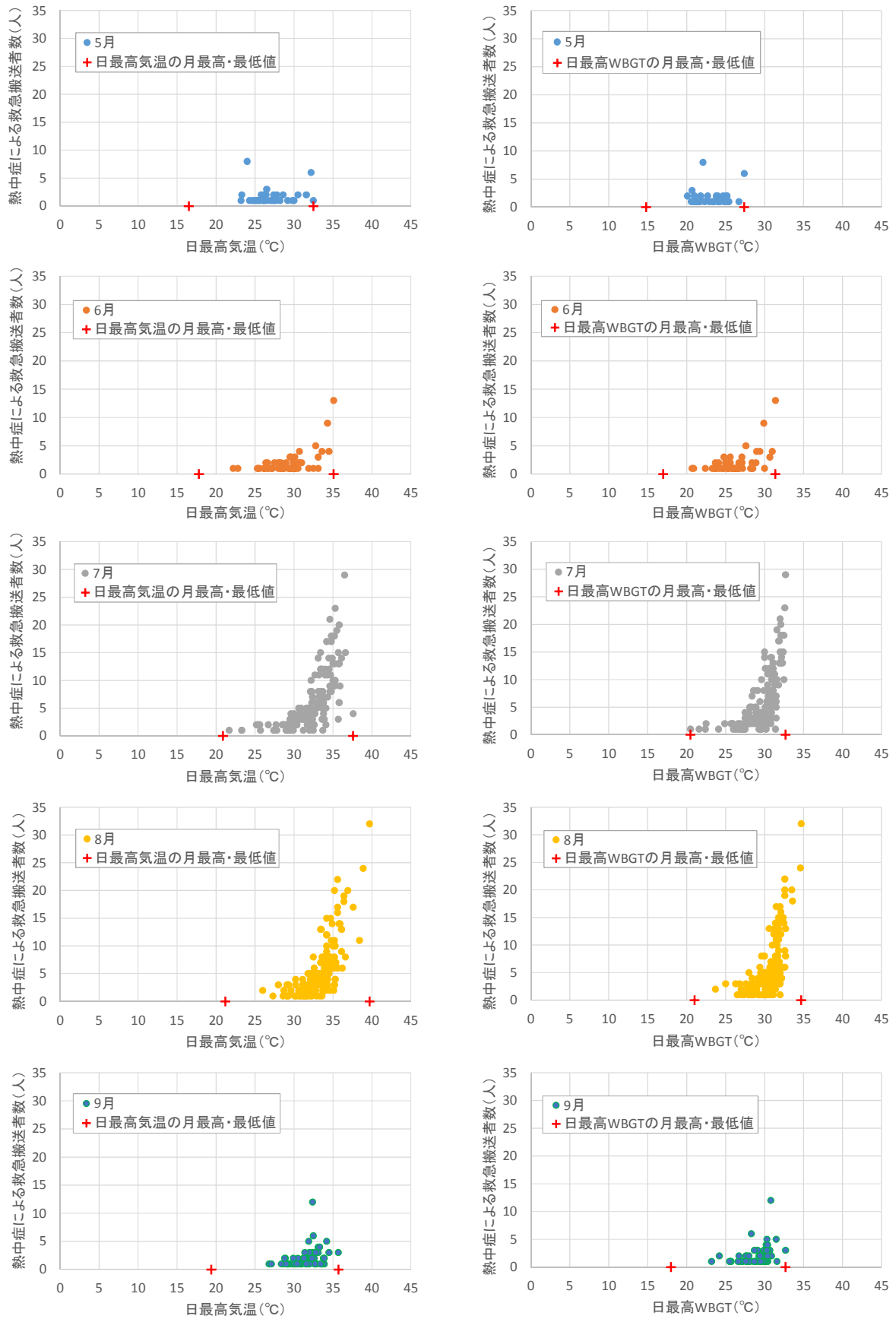


図 11 月毎の 2011～2016 年の日最高気温又は日最高 WBGT と熱中症による救急搬送者数の関係

4 まとめ

本市における熱中症による救急搬送者数と気温、WBGTとの関係について、以下の知見を得た。

- (1) 日最高気温と熱中症による救急搬送者数の関係では、日最高気温が35℃付近まで上昇した日が集中した期間で救急搬送者数が多かった。
- (2) 経年推移をみると、真夏日日数や猛暑日日数と概ね連動して熱中症による救急搬送者数は増減しており、真夏日日数より猛暑日日数の方が連動性が高かった。
- (3) 猛暑日日数と熱中症による救急搬送者数の関係を調べると、2010年までと比べて2011年以降の方が熱中症による救急搬送者数が多いということがわかった。原因の一つとして、2011年3月11日に東日本大震災が発生し、その後の節電行動により冷房機器の使用を控えていることによる影響の可能性が考えられる。
- (4) 2011年以降の熱中症による救急搬送日数は、日最高気温33℃以上34℃未満、日最高WBGT30℃以上31℃未満の時に1番多くなった。熱中症による救急搬送者数は、34℃以上35℃未満の日最高気温、31℃以上32℃未満の日最高WBGTの時に1番多くなった。
- (5) 2011年以降の熱中症による救急搬送日数割合は、日最高気温25℃以上26℃未満、日最高WBGT20℃以上21℃未満から増加し始め、日最高気温33℃以上34℃未満、日最高WBGT31℃以上32℃未満にほぼすべての日で救急搬送者が発生していることがわかった。熱中症による救急搬送日1日当たりの搬送人数は、日最高気温32℃以上33℃未満、日最高WBGT28℃以上29℃未満から増加し始め、さらに高い気温、WBGTで急激に増加した。
- (6) 2011年以降の熱中症による救急搬送者が発生した日の日最高気温、日最高WBGTをそれぞれ低い順に並べたところ、最低値はそれぞれ21.7℃、20.5℃であった。日最高気温が32℃付近、日最高WBGTが28℃付近で救急搬送者数が急激に増加した。これは、「表1 日常生活に関する指針」、「表2 運動に関する指針」の「厳重警戒」の値にほぼ一致している。また、日最高WBGTについては環境省ホームページのデータでも28℃を超えると熱中症患者が著しく増加しており³⁾、このデータとも一致した。
- (7) 2011年以降について、気温やWBGTと熱中症による救急搬送者の発生状況の関係を月別に調べたところ、5～7月と8～9月で異なる傾向が見られた。救急搬送者が発生し始めた温度は、5～7月は日最高気温が21℃付近、日最高WBGTが20℃付近であり、8～9月は日最高気温が26℃付近、日最高WBGTが23℃付近であった。

WBGTは、気温だけでなく人体の熱収支に与える影響の大きい湿度、日射・輻射等の影響を取り入れた指標である。実際に本市の2011年以降のデータで指針と照らし合わせてみたところ、「表2 運動に関する指針」の「注意（積極的に水分補給）」であるWBGT21℃付近から救急搬送者が

発生し始め、「表1 日常生活に関する指針」の「厳重警戒」、「表2 運動に関する指針」の「厳重警戒（激しい運動は中止）」であるWBGT28℃付近から急激に増加した。この結果から、WBGTは熱中症予防の良い指標であると考えられるが、市民にはなじみがほとんどなく、天気予報でも用いられないため、実際使用するのには難しいかもしれない。日最高WBGTと日最高気温の相関性が良いことも考慮すると、熱中症予防の指標としてはWBGTには劣るかもしれないが、今回気温で行った同様の解析から、救急搬送者が発生し始めた日最高気温22℃付近からは熱中症に罹る可能性がある、救急搬送者数が急激に増加する32℃付近からは多くの人が熱中症に罹る可能性があるというように、これらの気温を大まかな目安として使用してもよいと考えられる。

また、救急搬送者が発生し始めた温度は、5～7月では比較的低い気温であり、暑さに慣れたと考えられる8～9月ではそれより5℃程度高い温度であったことから、気温がそれ程高くないと思われる初夏、日最高気温が20℃を少し超えた状況であっても熱中症に罹り得るという注意喚起が必要であると考えられる。

謝辞

本研究の実施に当たり、救急搬送データを提供いただきました消防局警防部救急課に深く感謝いたします。

文献

- 1) 日本気象学会：日常生活における熱中症予防指針 Ver. 3 (2013)
- 2) 川崎市：川崎市気候変動レポート
<http://www.city.kawasaki.jp/300/page/0000075164.html>
- 3) 環境省：熱中症予防情報サイト
<http://www.wbgt.env.go.jp/>
- 4) 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、日本気象学会雑誌、50(4)、147-157(2013)
- 5) (公財)日本体育協会：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック (2013)