

平成 29 年度厚生労働行政推進調査事業費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
『2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会に向けた外国人・障害者等に対する熱中症対策に関する研究』
分担研究報告書

WBGT を用いた熱中症リスク評価

研究分担者 登内 道彦 一般財団法人 気象業務支援センター振興部 部長

研究要旨

本研究は、2020 年東京オリンピック・パラリンピックに向けて有効となる情報リソースを選別・統合し、新たな熱中症危険度予測手法を開発すること目的としている。新たな熱中症危険度予測手法を検討するため、①全国 6 都市の集計値から推定する熱中症搬送者数と日最高 WBGT、および海外からの来訪者を想定した札幌の WBGT との関連についての分析、②熱中症搬送者数における厚生労働省と消防庁のデータの比較や年ごとの傾向の分析、③2017 年夏の暑熱度と熱中症搬送者、について調査・研究を行った。

その結果、①全国 6 都市の平均 WBGT と搬送者数の関連の分析では、5 月に全国的に急に暑くなった時に真夏の同じ WBGT に比べ約 2 倍程度の搬送者がみられ、札幌と 6 都市との比較では WBGT25℃以上でおよそ 3 倍札幌での熱中症発生リスクが高かった。②熱中症搬送者数の厚労省と消防庁のデータの比較では、厚労省データで高齢者、重症例が多くみられたが期間や地域の気象の差異により登録症例数にバラつきもみられた。③2017 年夏の暑熱度と熱中症搬送者に関しては、5～9 月の WBGT が過去 5 年平均とくらべて高低の変動が大きく、平均を大きく上回った 7 月において救急搬送者が急増した。以上のことが明らかとなった。

1. WBGT と熱中症搬送者数

1) 全国熱中症搬送者数と日最高 WBGT

環境省の WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) 観測値がある 6 都市 (東京・新潟・名古屋・大阪・広島・福岡) について、WBGT 日最高値の 6 都市平均、9 都市平均 (6 都市に加え札幌・仙台・鹿児島を追加)、加えて、6 都市の人口比に応じて加重した 6 都市加重平均、9 都市加重平均について、2015,2016,2017 年の 5～9 月の期間の相関関係を表-1 に示した。

6 都市平均 WBGT と 9 都市平均 WBGT の相関が各年とも高く、人口比による加重平均した方が

相関係数は多少良くなる傾向があるが、それほど大きな差はない。また、都市別には東京・名古屋・大阪・福岡など人口の多い年の WBGT の相関がやや高い傾向にあるが、その年の天候がほかの都市と異なる場合 (福岡および東京の 2015 年) 相関はやや低くなる。

これらのことから、熱中症搬送者数が比較的少ない北日本の地点を除いた 6 都市の平均 WBGT が全国搬送者数を推定する良い指標になっている。また、ある都市の WBGT から搬送者数を推定する場合、暑夏になっており搬送者数が多い都市 (東京・名古屋・大阪など) の WBGT 変化で、およその全国の搬送者数が推定できる。

表-1 全国熱中症搬送者数と都市別 WBGT の関係

	6都市	9都市	6都市(人口補正)	9都市(人口補正)	札幌	仙台	新潟	東京	名古屋	大阪	広島	福岡	鹿児島
2015	0.78	0.78	0.78	0.79	0.64	0.76	0.73	0.69	0.73	0.73	0.73	0.69	0.58
2016	0.80	0.79	0.81	0.80	0.60	0.67	0.65	0.73	0.74	0.77	0.76	0.77	0.68
2017	0.83	0.82	0.83	0.83	0.70	0.75	0.77	0.77	0.77	0.79	0.80	0.78	0.69

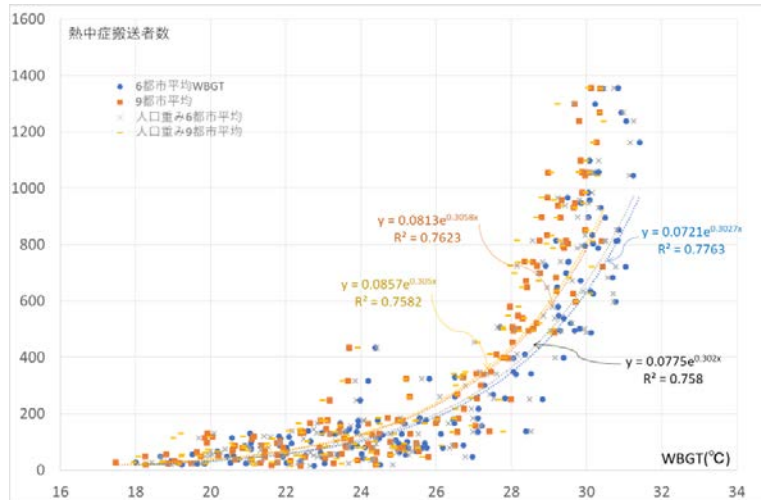


図-1 全国熱中症搬送者数と 6/9 都市平均 WBGT の比較 (2017 年)

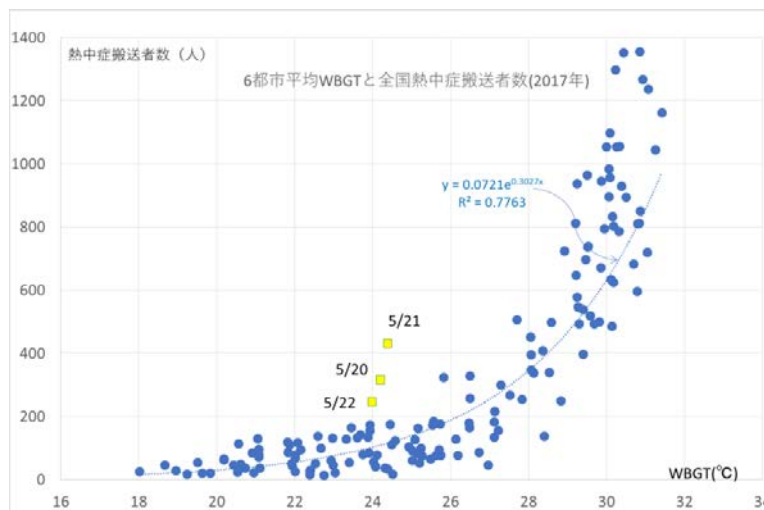


図-2 6 都市平均 WBGT と全国熱中症搬送者数 (2017 年)

図-2 は 2017 年の 6 都市平均 WBGT と全国搬送者数の関係であるが、5 月に全国的に急に暑くなった時には、真夏と同じ WBGT に比べ約 2 倍程度の搬送者 (図の黄色い口) となっており、本格的に暑くなる前の暑さに特に注意が必要である。

2) 海外からの来訪者の熱中症リスク

東京オリンピックには、海外から多くの来訪者が予想され、暑熱環境に順化するためには少なくとも 5 日前後かかることから、北欧や南半球からの来訪者は熱中症弱者と考えられる。

2015,2016,2017 年の北海道の熱中症搬送者数と全国の熱中症搬送者数について、札幌の WBGT

と6都市WBGTの関係を図-3に示した。図には、WBGT1℃ごと(例えばWBGT25℃は24.5℃以上25.5℃未満)の10万人当たりの平均熱中症搬送者数を折れ線で示し、表-2には、WBGT温度帯別の北海道と全国の搬送者数の比等を示した。WBGT25℃以上では熱中症の発生リスクは、安全サイドではおよそ3倍と見積もられる。なお、7～8月の平均気温は、札幌は21.4℃、ロンドンは18.6℃、ストックホルムは16.8℃であり、北欧や南半球からの来訪者の熱中症リスクは3倍あるいはそれを超えると推定される。

北海道と北欧や南半球の国々の気候は同じではなく、暑熱に対する反応も異なるが、これらを示す資料はなく、北欧や南半球からの来訪者の熱中症発生リスクはおよそ3倍と想定するのが、現時点では適切と考えられる。なお、同期間の6都市平均WBGTと全国熱中症搬送者数(10万人あたり)の指数関数による回帰式は式(1)のとおり。

$$\begin{aligned} & \text{熱中症搬送者数 (10万人あたり)} \\ & = 3.0 \times 10^{-5} \times \exp^{(0.3202 \times \text{WBGT})} \quad \dots(1) \end{aligned}$$

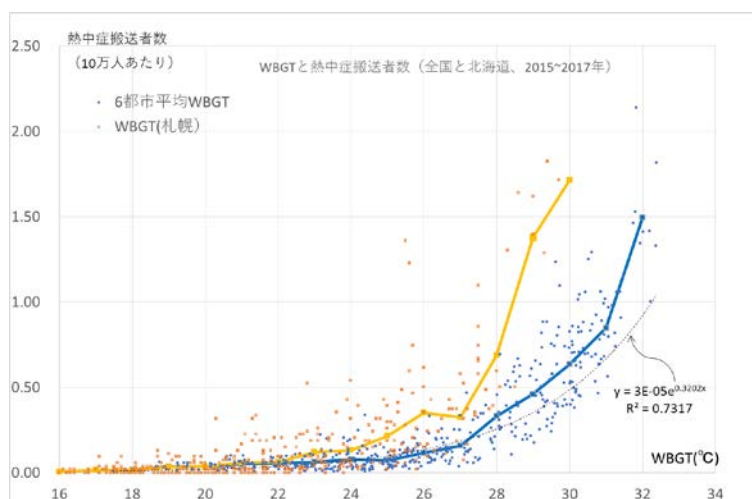


図-3 人口10万人当たりの熱中症搬送者数とWBGT(2015～2017年)

表-2 WBGT温度帯別の10万人当たりの熱中症搬送者数

WBGT(°C)	搬送者数 (全国/ 10万人)	搬送者数 (北海道/ 10万人)	リスク比 (北海道 /全国)	日数 (全国)	日数 (北海道)
15		0.01			15
16		0.01			23
17		0.02			17
18	0.02	0.01	0.95	3	46
19	0.03	0.03	0.91	11	36
20	0.03	0.03	1.01	14	44
21	0.05	0.06	1.17	29	48
22	0.06	0.06	1.13	29	37
23	0.06	0.12	1.94	37	36
24	0.08	0.13	1.68	48	31
25	0.07	0.22	3.06	48	30
26	0.12	0.35	3.04	44	25
27	0.16	0.33	2.07	36	15
28	0.33	0.69	2.07	29	12
29	0.46	1.38	3.00	37	6
30	0.63	1.71	2.70	55	1
31	0.85			30	
32	1.49			9	

2. 熱中症搬送者数の比較

1) 「消防庁データ」と「厚労省データ」の比較

熱中症搬送者数については、消防庁より1週間に1回、熱中症による救急搬送者数（http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/fieldList9_2.html、以下「消防庁データ」）が、日別の年齢階級、重症度別に報告されている。

また、日本救急医学会の「症例登録システム」により、7月1日から9月30日の間、参加医療機関から送付された熱中症患者のデータが毎日収集され、厚生労働省のホームページ（http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/nettyuu/index.html、

以下「厚労省データ」）で、公開されている。

一方、熱中症予防のための温熱指数（WBGT）は、環境省熱中症予防情報サイト（<http://www.wbgt.env.go.jp/>）で公開されており、これらの情報を収集した。

2017年夏の「消防庁データ」と「厚労省データ」による熱中症患者数について、東京・新潟・名古屋・大阪・広島・福岡の6都市日最高WBGTの平均値とともに、図-4に示した。

いずれのデータも、WBGTが高い日に多くなり、その傾向はおよそ一致している。

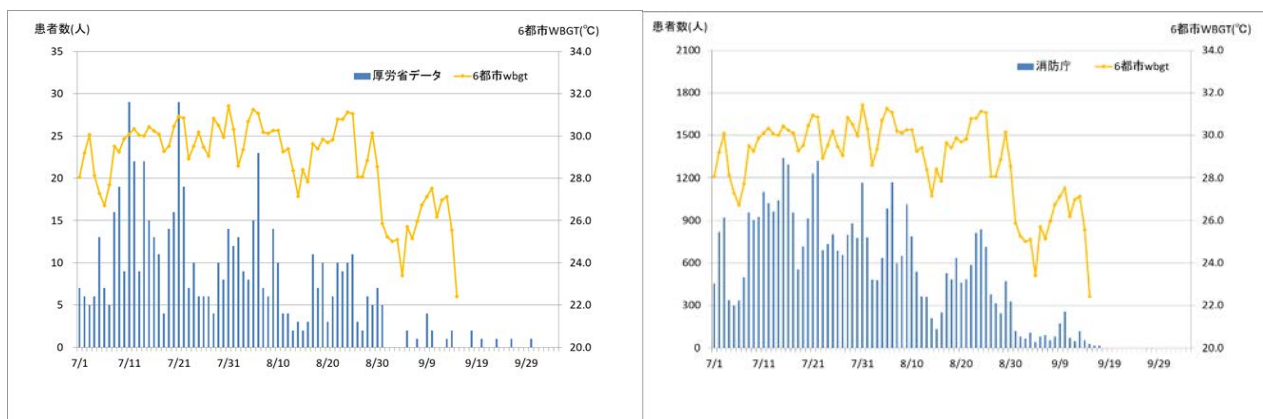


図-4 熱中症患者数と日最高 WBGT（左：厚労省データ（HS）、右：消防庁データ）
日最高 WBGT は新潟・東京・名古屋・大阪・広島・福岡の6都市平均値

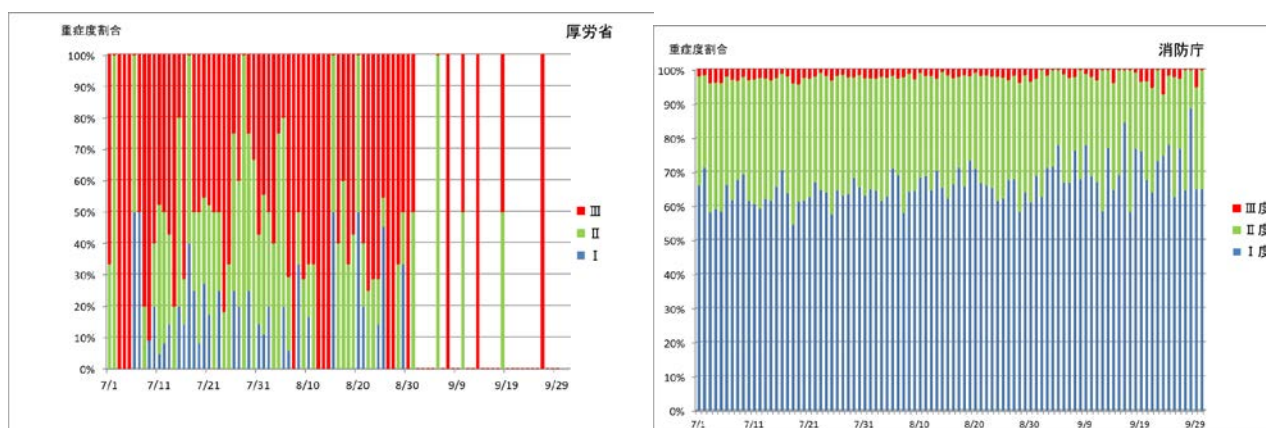


図-5 熱中症患者の重症度（左：厚労省データ、右：消防庁データ）

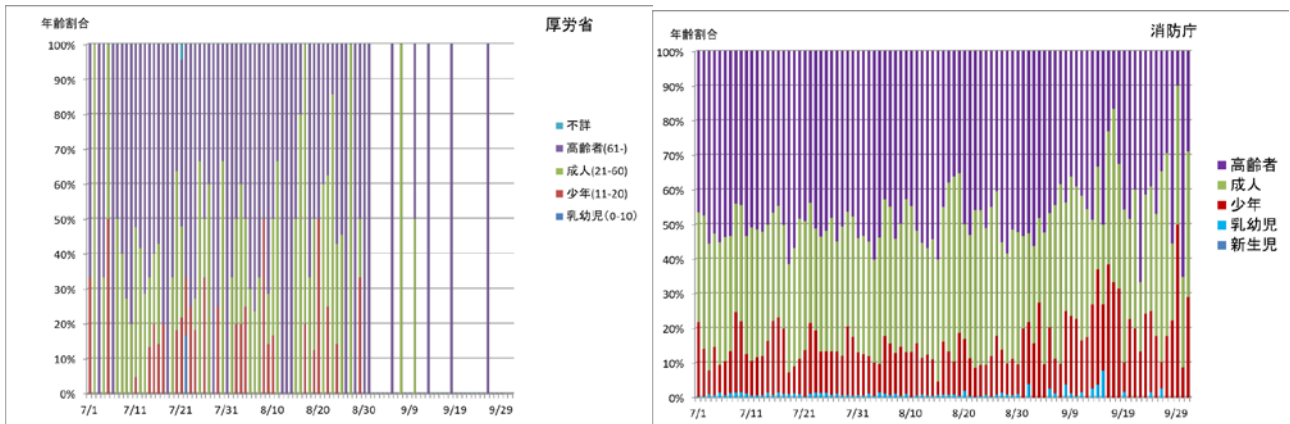


図-6 熱中症患者の年齢割合（左：厚労省データ、右：消防庁データ）

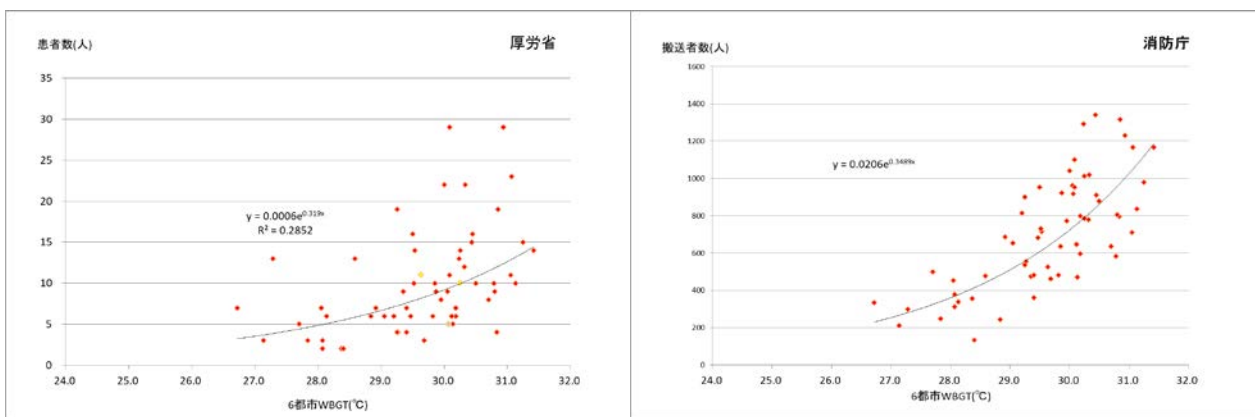


図-7 熱中症搬送者数と WBGT（左：厚労省データ、右：消防庁データ）

図-5 は、それぞれのデータの重症度の割合を示したものであるが、厚労省データでは、重症度が高い。これは、日本救急医学会の「症例登録システム」が、主に入院患者を対象として報告を依頼しているためであり、また、主な対象が救急病院であることから、入院加療が必要な重篤な患者が搬送される率が高いことによる。

図-6 に、それぞれのデータについて年齢構成を示した。「厚労省データ」では、症状の重い患者が多いこと、重篤な患者では高齢者の占める率が高いことから、高齢者の比率が「厚労省データ」で高い。

図-7 に、日別の搬送者数とその日の日最高 WBGT（6 都市平均）の散布図を示した。いずれのデータでも、WBGT が高くなると、搬送者が増加する傾向にあるが、厚労省データは 7 月前半の暑くなった期間に登録機関数が少なかったことから、登録症例数が少なくバラつきが大きい。

2017 年は、例年より早く 7 月前半に暑い日が多くなったため、WBGT がそれほど高くなっても厚労省データに現れる重症患者が多かったためと推定される。

図-8 は、厚労省データと消防庁データの日別の搬送者数の比較で、良好な相関関係にあるが、例年に比べると相関係数は高くない。前述のように 7 月前半の暑熱期間における通報機関数が少なかったこと、および、2017 年は 8 月を中心に人口の最も多い関東地方で気温はそれほど高くないが、湿度が高い状態が続き、西日本中心に搬送者数が大きかった期間で、厚労省データで重症患者が少なかったと考えられる。「厚労省データ」が速報値として熱中症の状況を把握する指標となりうるが、人口の多い関東地方がその他の地方と異なった気象条件になる場合は、誤差が大きくなる可能性がある。

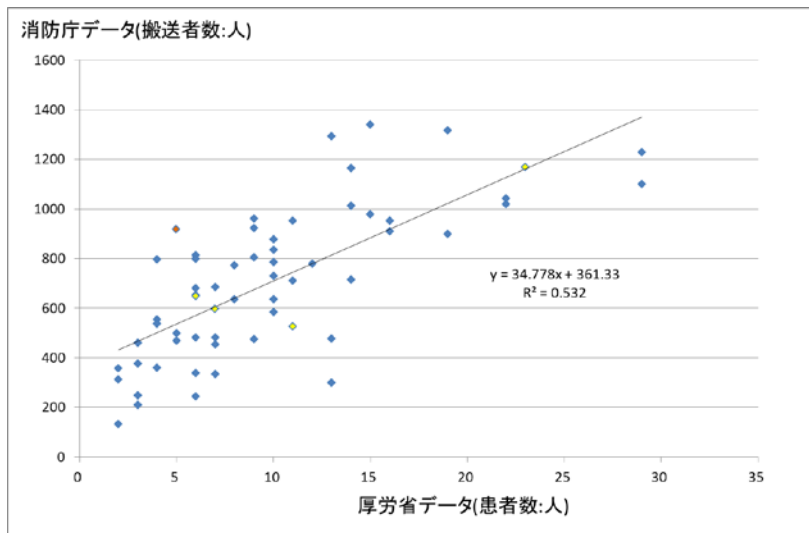


図-8 熱中症搬送者数の比較 (左：厚労省データ、右：消防庁データ)

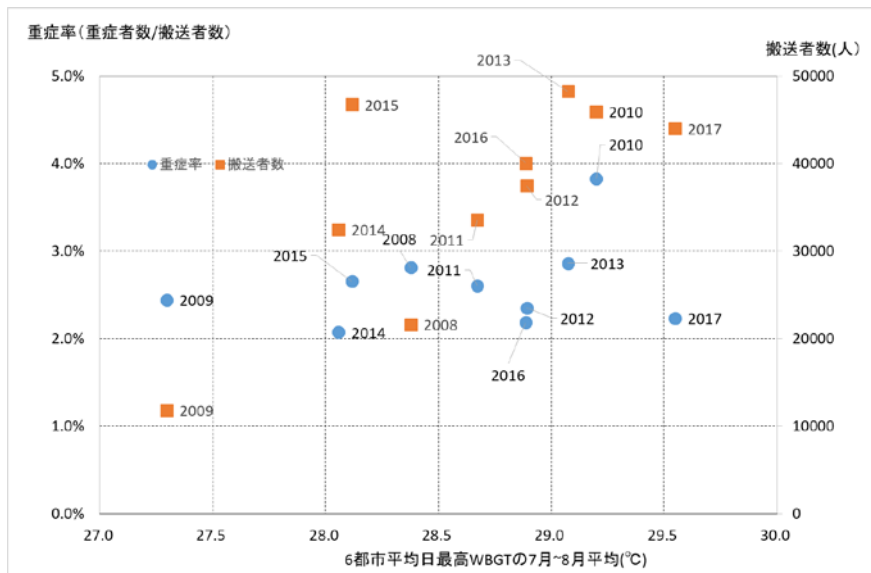


図-9 7～8月の6都市平均WBGTと熱中症搬送者数・重症率

2) 年別の特性

消防庁では、2008年から「熱中症救急搬送者数(速報)」を公表している。年毎のWBGTと熱中症搬送者数を比較するため、各年の7～8月の熱中症による総搬送者数・重症率(「死亡」および「重症」が搬送者全体に占める割合)と東京・新潟・名古屋・大阪・広島・福岡の6都市の日別最高WBGT平均値の7～8月の期間の平均値の関係を図-9に示した。

7～8月のWBGTと熱中症救急搬送者数は正の相関関係があり、WBGTが高い夏は搬送者数が多

くなる傾向にある。2017年の7～8月は、気温はそれほど高くなかったが湿度が高く、また、7月前半に暑い時期があったことから、WBGTは29.6°Cと高いが、搬送者数は2010、2013年の猛暑よりも少ない。また、重症率では、2016年に続き2%近くになり、重症者率は低下傾向にあると推定される。

3. 2017年夏の暑熱度と熱中症搬送者

1) 2017年夏の平均気温

夏(6~8月)の平均気温の地域別平年差を表-3に、2017年6~8月の平均気温と日照時間の平年

差(比)の分布を図-10に、北日本・東日本・西日本・南西諸島の4月~9月の平均気温に対する、地域別5日移動平均値の偏差を図-11に示した。

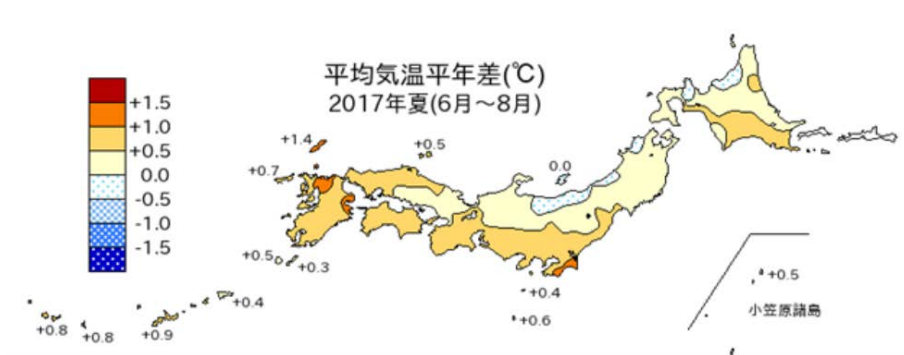


図-10(a) 2017年夏の平均気温平年差(気象庁ホームページより)

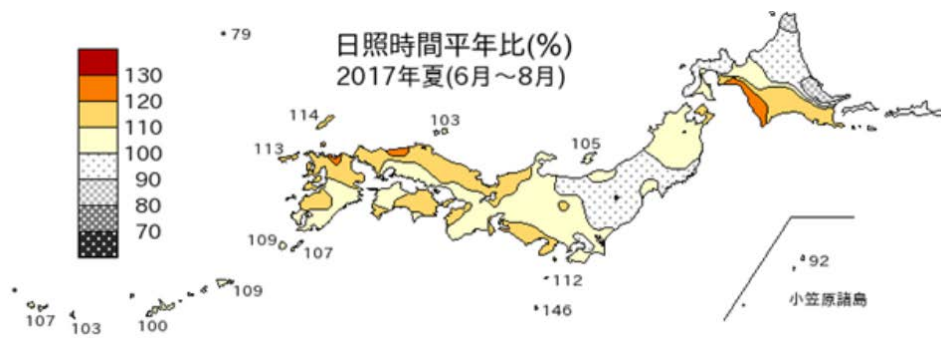


図-10(b) 2017年夏の日照時間平年比(気象庁ホームページより)

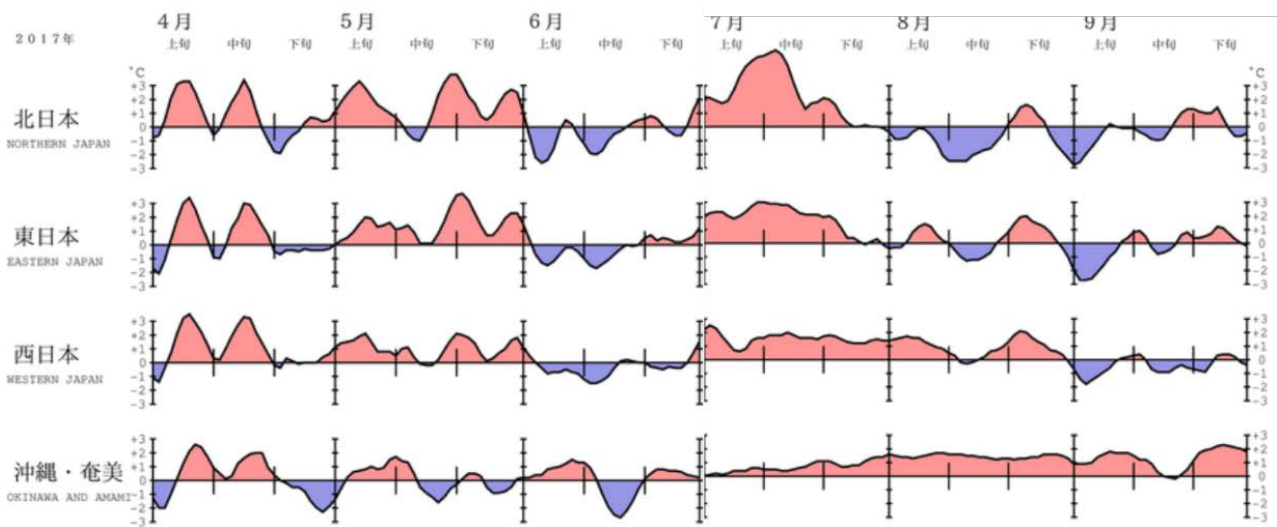


図-11 2017年の地域別平均気温平年差の推移(気象庁ホームページより)

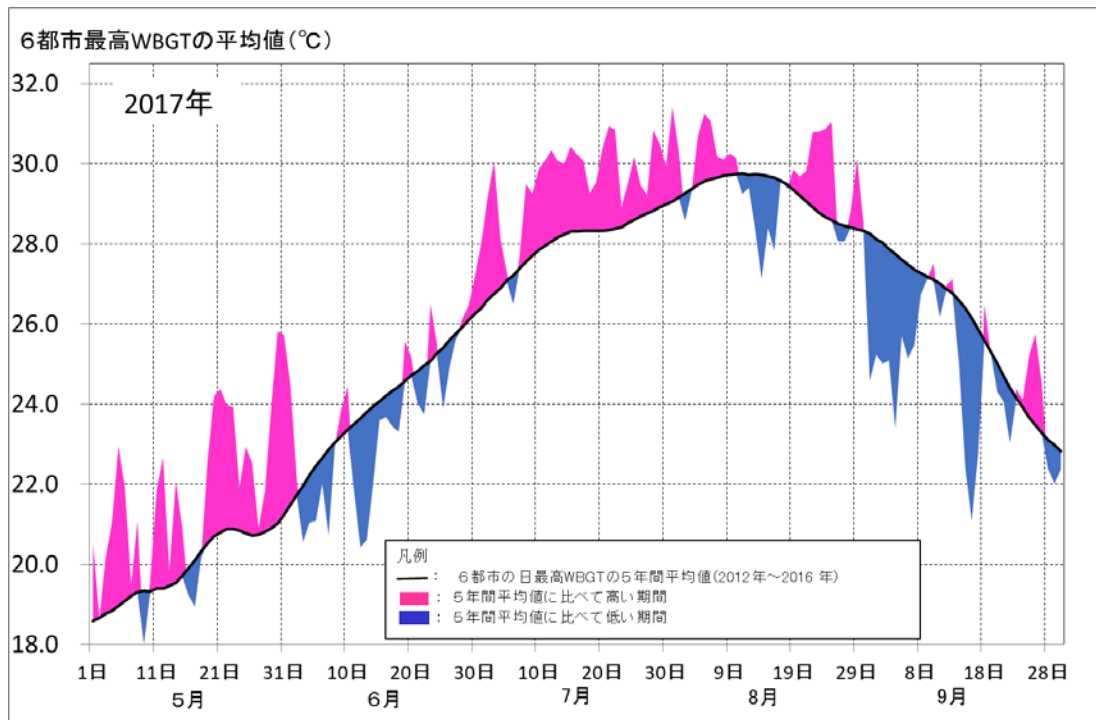


図-12 6都市平均日最高WBGTの変化(2017年と5年平均値)

2017年夏の平均気温は北日本では0.3°C、東日本、西日本、南西諸島では平年より0.6~0.7°C高かった。期間全体をとおしての特徴は以下のとおり(気象庁ホームページより転載)。

- ・日本の南海上では太平洋高気圧の西への張り出しが強く、本州付近には西よりの暖かい空気が流れ込みやすかったため、東・西日本で夏の平均気温は高かった。沖縄・奄美では太平洋高気圧に覆われて晴れる日が多かったため、夏の平均気温はかなり高かった。
- ・降水量は、北・東日本日本海側で多く、東日本太平洋側と西日本日本海側で少なかった。
- ・北・東日本太平洋側では、6月と7月は梅雨前線の影響を受けにくく月間日照時間が多かったが、8月上旬から中旬を中心にオホーツク海高気圧が出現したため、北・東日本太平洋側の8月の日照時間はかなり少なかった。

2) WBGT値から見た2017年の特徴

2017年の新潟・東京・名古屋・大阪・広島・福岡の日最高WBGTの6都市平均値と、6都市の日最高WBGTの2012~2016年の5年平均

値(以下「5年平均値」とする)との差を図-12に示した。

2017年の5月から9月にかけてのWBGTは、5年平均値と比べると、高い時期と低い時期の変動が大きかった。期間をとおしては、5年平均値との差の平均は+0.4°Cで、2012~2016年の平均よりもわずかに高くなった。このうち、5月と7月は平均値を大きく上回り、逆に6月と8月後半および9月は平均値を大きく下回り、その差が顕著だった。7月は平均値の最も高い値をさらに上回る状態がほぼ1カ月継続し、全国的に暑かった。

3) 2017年の熱中症搬送者数(消防庁救急搬送者数による)

2017年5~9月の消防庁発表の熱中症救急搬送者数(確定値)、および、新潟・東京・名古屋・大阪・広島・福岡の日最高WBGTの6都市平均の日別変化を図13に示した。なお、図中棒グラフの上に付されている数字は、死者数を示す。

2017年は7月前半に高温が継続したことから、この期間に救急搬送者が急増した。

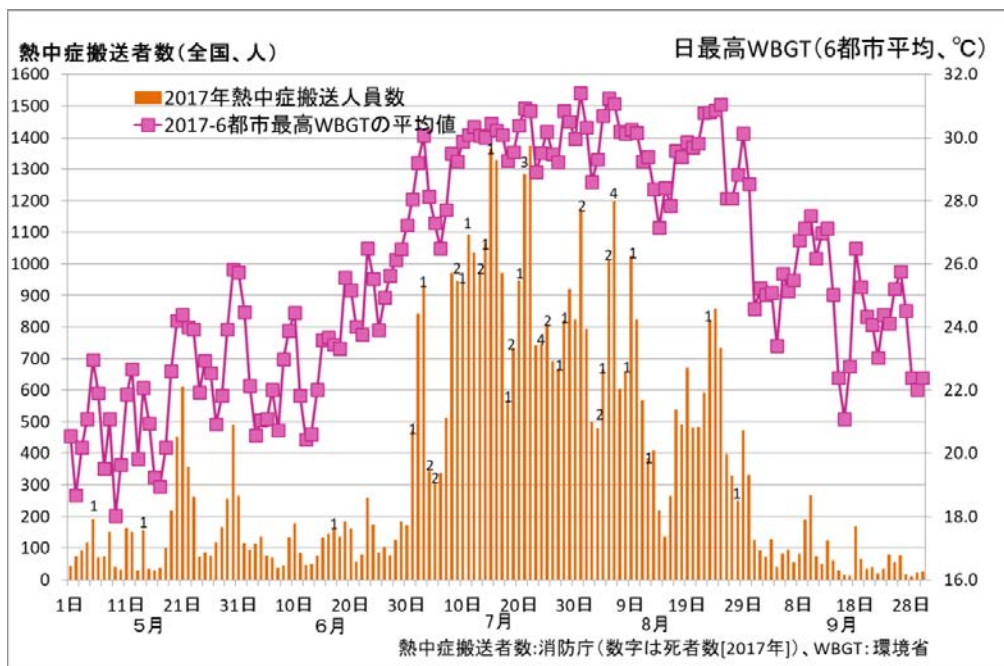


図-13 2017年の熱中症搬送者数と6都市平均WBGT

表-4 6～9月の熱中症救急搬送者数(消防庁、2010～2017年)

消防庁熱中症搬送者数(6月～9月)

	死亡	重症	中等症	軽症	その他	合計(人)	6都市最高WBGT(°C)
2010	171	1848	19608	32709	1783	56119	27.0
2011	73	1134	15240	28946	1076	46469	27.3
2012	76	980	14736	29426	483	45701	26.8
2013	88	1568	19754	36805	514	58729	26.8
2014	55	787	12860	25967	379	40048	26.9
2015	102	1291	17604	33583	368	52948	26.6
2016	58	940	15492	30726	408	47624	27.1
2017	46	1025	16221	32052	239	49583	26.9

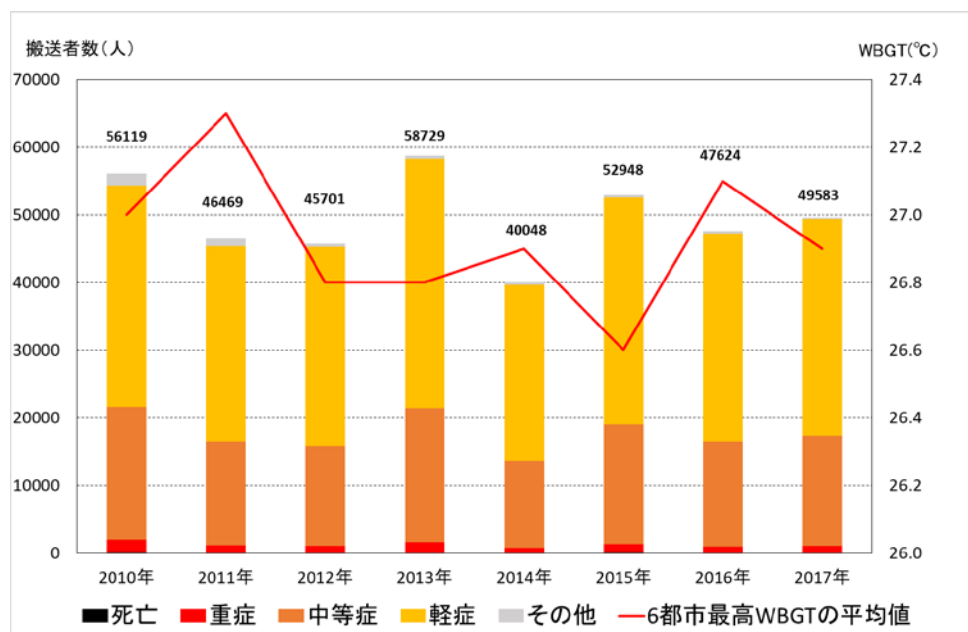


図-14 熱中症救急搬送者数の年別推移(消防庁資料利用、6～9月)

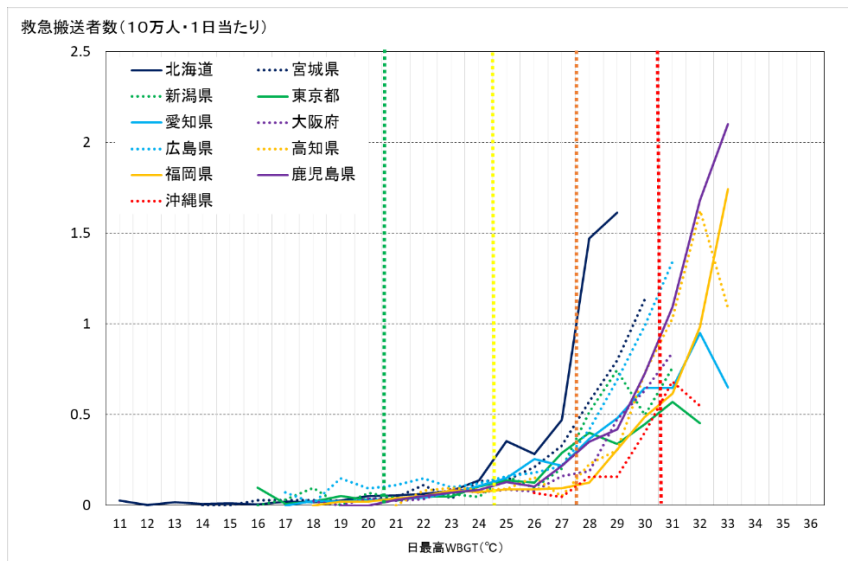


図-15 日最高 WBGT に対する救急搬送者数の分布 (消防庁資料利用、2017年5~9月)

表-4 および図-14 に、2010 年以降の 6~9 月の消防庁熱中症救急搬送者数と 6 都市平均最高 WBGT (新潟・東京・名古屋・大阪・広島・福岡の日最高 WBGT の 6 都市平均) を示した。2017 年の搬送者数は、6~9 月の期間全体では搬送者数は 2010 年以降 8 年間の中では 4 番目に多く、6 都市最高 WBGT は 26.9°C で、4 番目の高さであった。

最後に、消防庁による日別・県別の熱中症救急搬送者データ (消防庁ホームページより取得) と実況値のある 11 都市の WBGT から、各都市の日最高 WBGT1°C ごとの人口 10 万人当たりの熱中症搬送者数を図-15 に示した。北海道では WBGT25°C 前後で搬送者数が増加するが、他の地域では 28°C 前後から増加が始まる、また、そのほかの都府県はほぼ同じ傾向で、仙台・新潟はやや搬送者数が多めになる傾向にある。

