

研究動向：環境研究総合推進費 1-2307

「極端高温等が暑熱健康に及ぼす影響 と適応策に関する研究」

令和5年度第2回気候変動適応セミナー，熱中症対策シンポジウム2023
2023年6月28日@オンライン開催（WebEX）

国立環境研究所 気候変動適応センター
気候変動適応戦略研究室 岡 和孝

1. 熱中症の現状

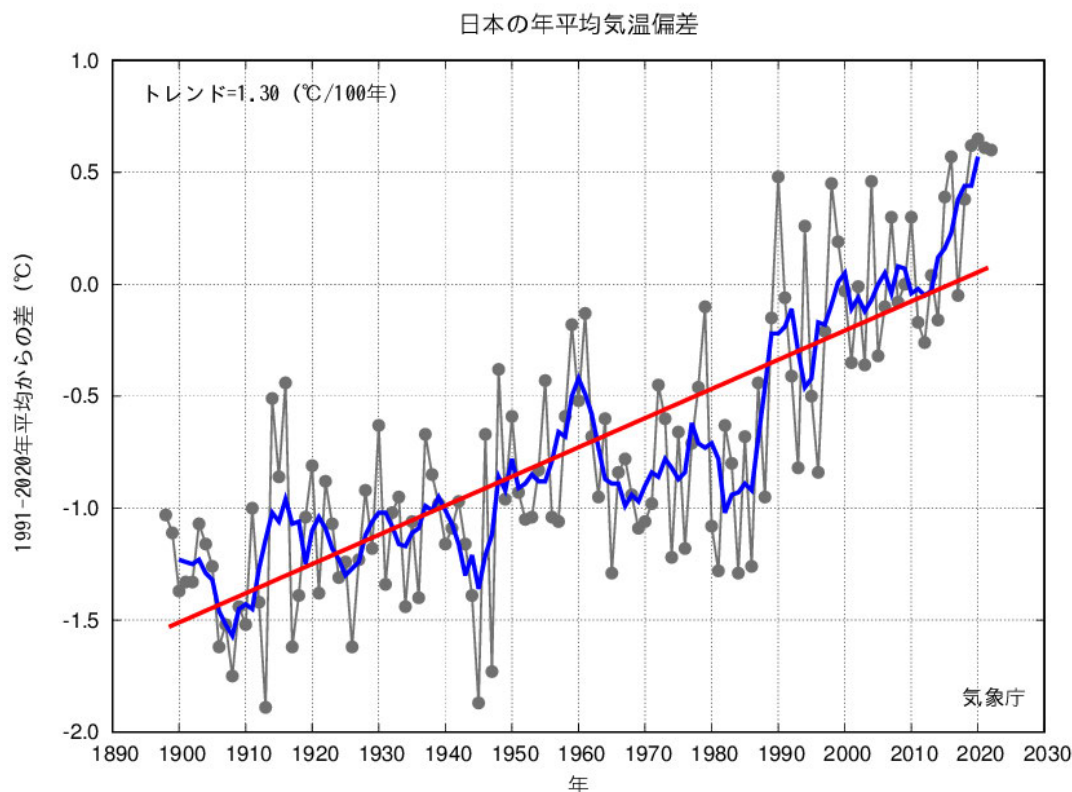
■ 日本における気温の変化

- 統計開始（1898年）以降，**最も暑い年は2020年**

- ✓ 年平均気温は**100年**あたり約**1.30℃**の割合で上昇
- ✓ 特に1990年以降，高温となる年が頻出

日本で暑かった年

- ①**2020年 (+0.65℃)**
- ②**2019年 (+0.62℃)**
- ③**2021年 (+0.61℃)**
- ④**2022年 (+0.60℃)**
- ⑤**2016年 (+0.58℃)**

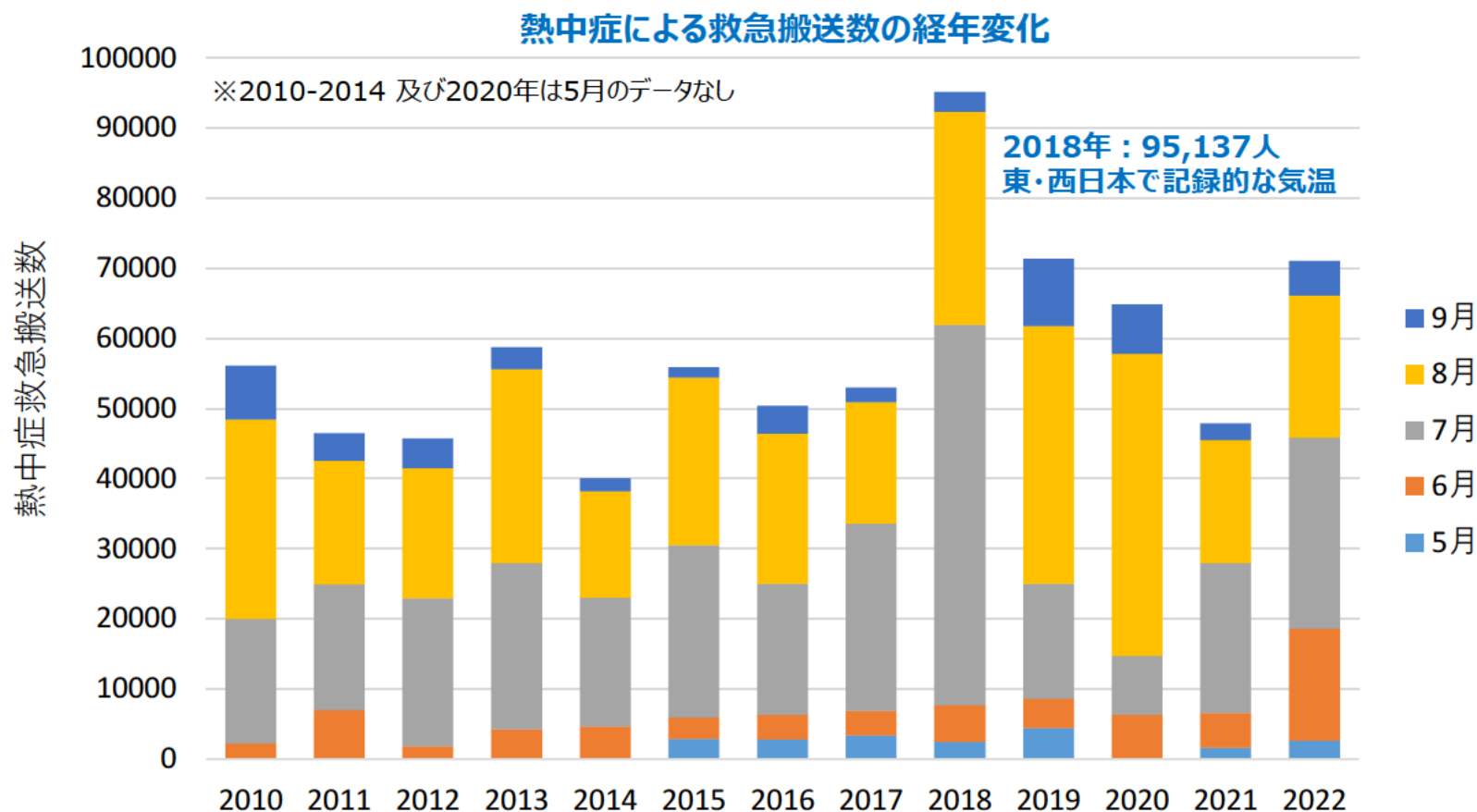


出典：気象庁HP 日本の年平均気温 http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html

1. 熱中症の現状

■ 熱中症救急搬送数

- 熱中症により毎年4万人以上の搬送者数が発生

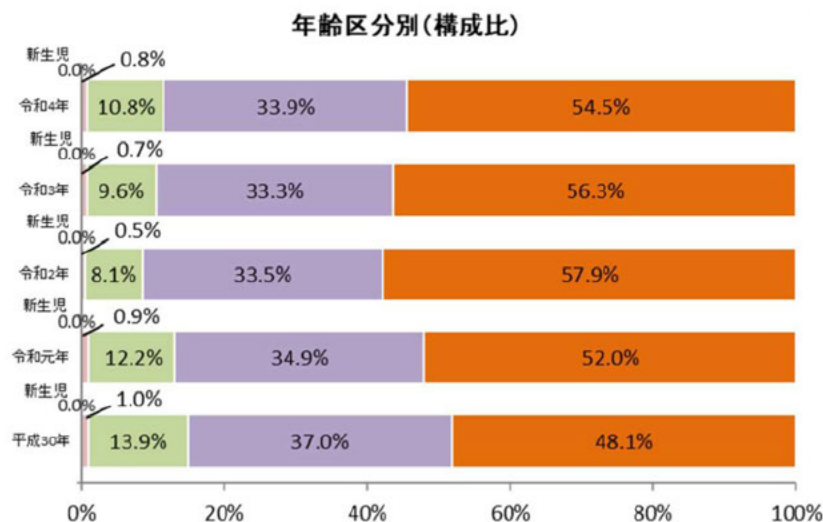


出典：総務省消防庁資料（<https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke>）をもとに国立環境研究所が作成

1. 熱中症の現状

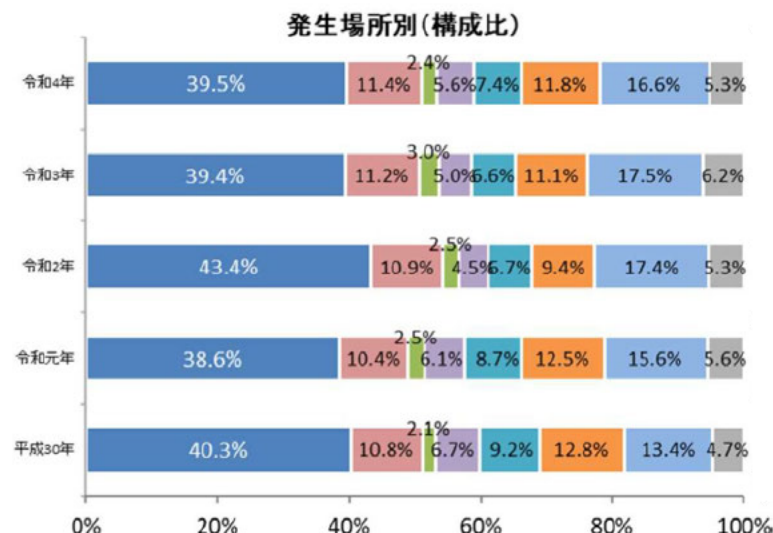
■ 熱中症救急搬送数

- ・ **高齢者が半数**を占める. ⇒ **高齢者対策が重要に**
- ・ **住居が発生場所の4割**を占める. ⇒ **住居での対策が重要に**



- 新生児: 生後28日未満の者
- 乳幼児: 生後28日以上満7歳未満の者
- 少年: 満7歳以上満18歳未満の者
- 成人: 満18歳以上満65歳未満の者
- 高齢者: 満65歳以上の者

出典: 総務省消防庁「令和4年(5月から9月)の熱中症による救急搬送状況」



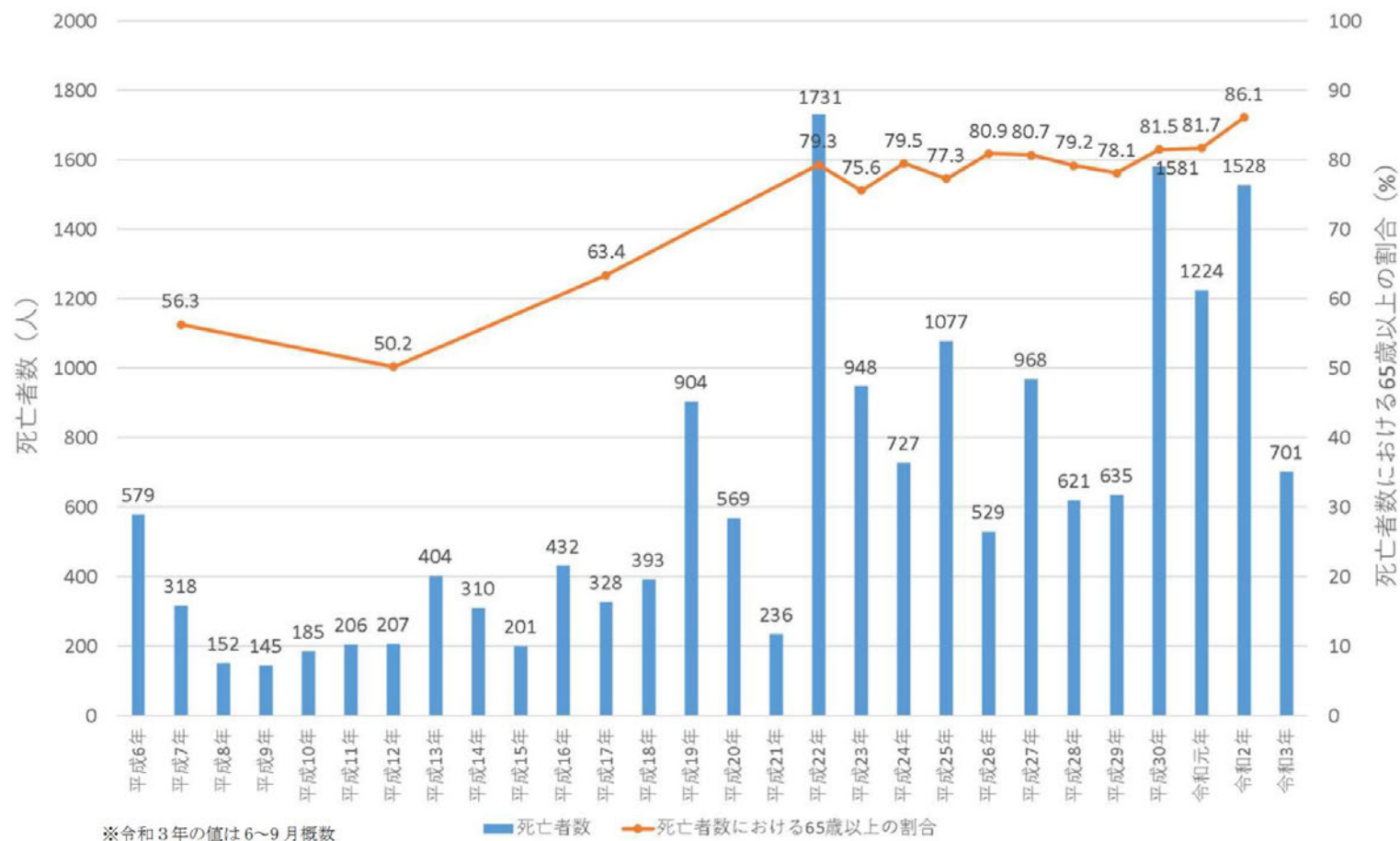
- 住居(敷地内全ての場所を含む)
- 仕事場①(道路工事現場、工場、作業所等)
- 仕事場②(田畑、森林、海、川等 ※農・畜・水産作業を行っている場合のみ)
- 教育機関(幼稚園、保育園、小学校、中学校、高等学校、専門学校、大学等)
- 公衆(屋内) 不特定者が出入りする場所の屋内部分(劇場、コンサート会場、飲食店、百貨店、病院、公衆浴場、駅(地下ホーム)等)
- 公衆(屋外) 不特定者が出入りする場所の屋外部分(競技場、各対象物の屋外駐車場、野外コンサート会場、駅(屋外ホーム)等)
- 道路(一般道路、歩道、有料道路、高速道路等)
- その他(上記に該当しない項目)

出典: 総務省消防庁「令和4年(5月から9月)の熱中症による救急搬送状況」

1. 熱中症の現状

■ 熱中症による死亡

- 熱中症による死亡者の**8割**を**高齢者**が占める。⇒ **高齢者対策が重要に**

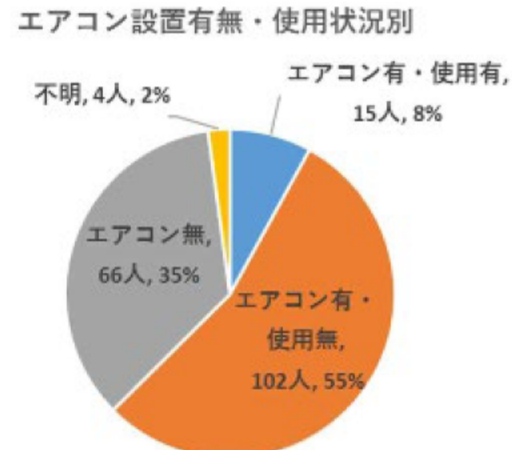
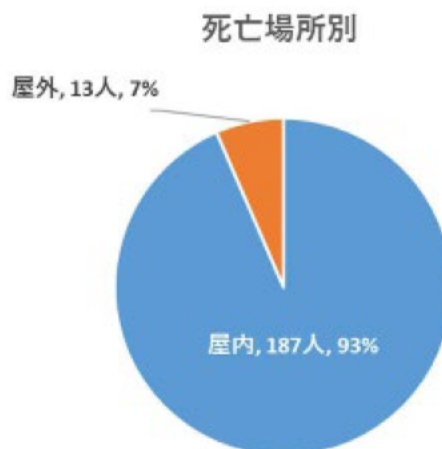
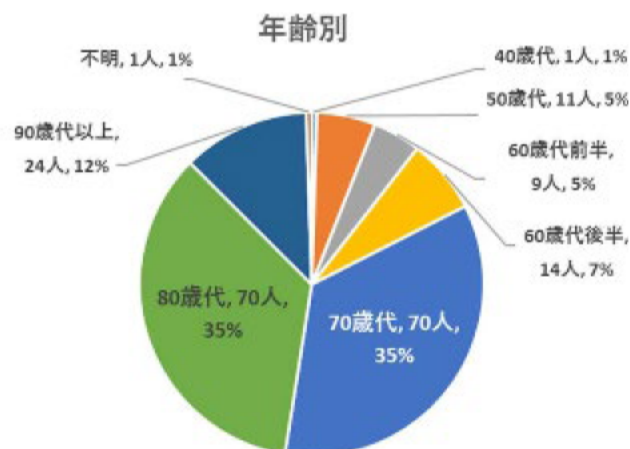


出典：熱中症対策推進会議「熱中症対策行動計画」（令和4年）

1. 熱中症の現状

■ 熱中症による死亡（東京23区，令和2年夏）

- 熱中症による死亡者（200人）の内訳をみると，**9割が65歳以上**の高齢者
- 9割が屋内**で亡くなっている．⇒ **高齢者対策が重要に**
- 屋内で亡くなった方のうち**9割がエアコンを使用していなかった**（屋内で亡くなった方のうちの約7割は**単身者**）．⇒ **エアコンの適切な利用が重要に**



出典：熱中症対策推進会議「熱中症対策行動計画」（令和3年）

2. 熱中症対策

■ 熱中症警戒アラート (気象庁・環境省)

- 熱中症の危険性が極めて高くなると予測された際に、危険な暑さへの注意を呼びかけ、予防行動を促すための情報

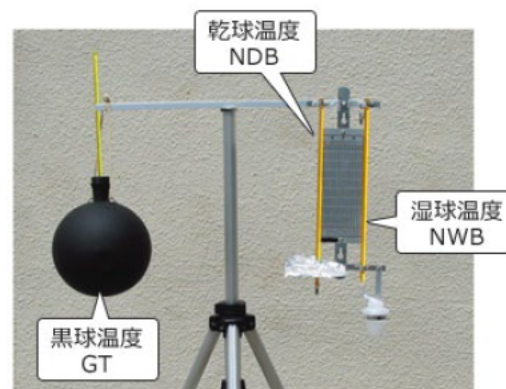
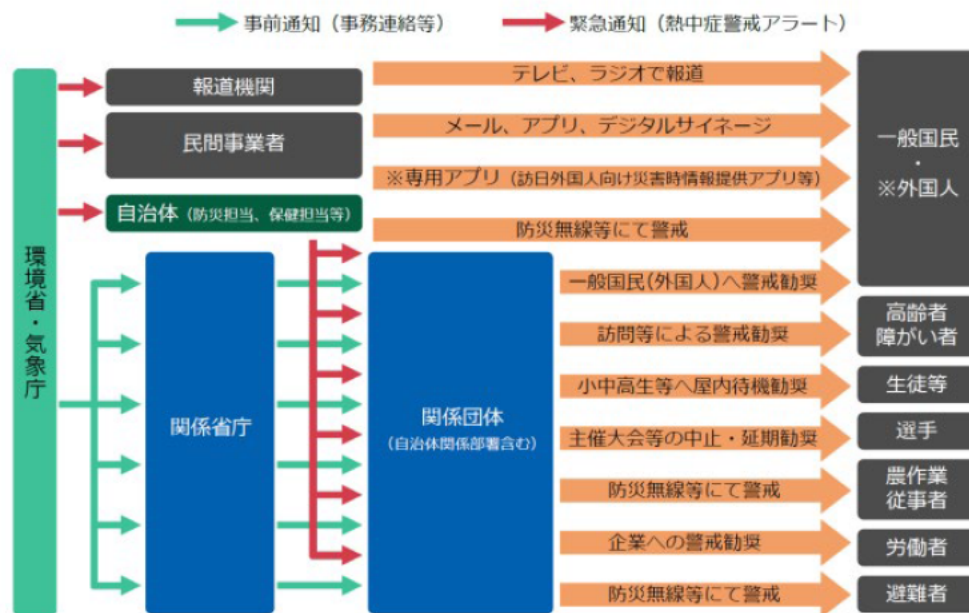
➤ 翌日もしくは当日の**暑さ指数(WBGT)**が**33℃以上**になると予想される場合に発令

● 対象地域

- 2020年度は関東甲信のみ
- 2021年度から全国に拡大

- 熱中症警戒アラート → **熱中症警戒情報** 及び **熱中症特別警戒情報**に

出典：環境省HP（熱中症予防情報サイト）

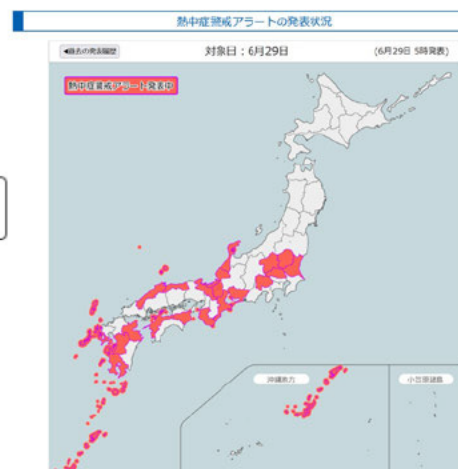


暑さ指数(WBGT)測定装置

屋外の場合

$$WBGT = 0.7T_w + 0.2T_g + 0.1T_d$$

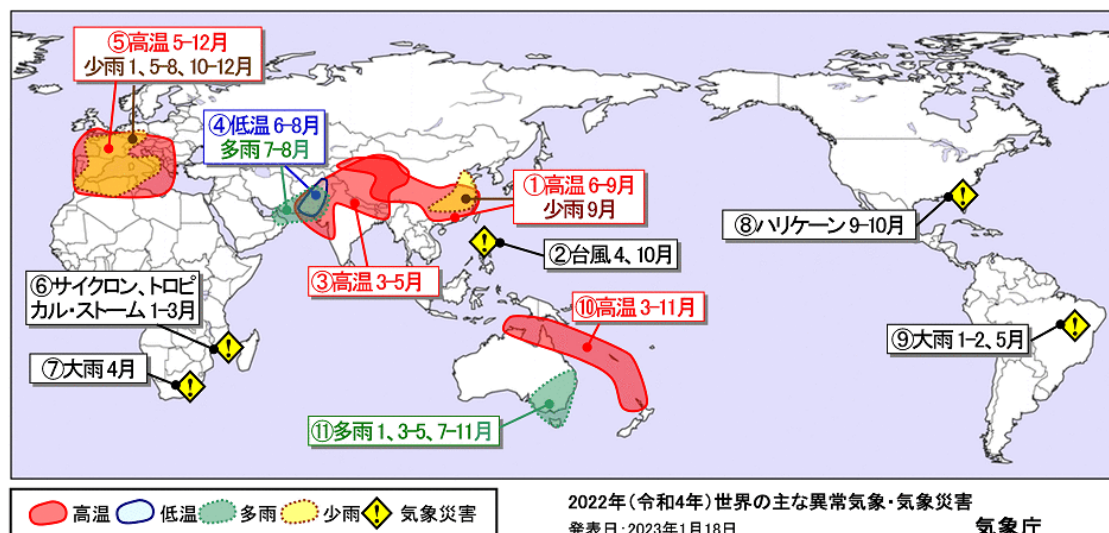
T_w : 湿球温度, T_g : 黒球温度, T_d : 乾球温度



3. 極端高温と健康影響

■ 極端高温がますます深刻に

- 2021年6月29日, **カナダ**のブリティッシュコロンビア州で**49.6℃**を記録, **熱波**により1週間で**500人以上が死亡**
- 2022年に世界中で極端高温が発生. **ポルトガルとスペイン**では, 7月の1週間に**熱波**で**2,000人以上が死亡**
- **日本**では2022年6月下旬から7月上旬にかけて**猛暑日** (35℃以上) が**連続発生**
- 2023年も既に**世界中**で**熱波**が発生



4. 研究の背景・目的

■ 背景

- **熱中症**による救急搬送数や死亡者数が**高い水準**で推移。 **高齢者**が救急搬送の50%、死亡者の80%を占める。
- **熱中症警戒アラート**がスタート（2021年に全国展開）
- 近年、世界各地で**極端高温**が発生。状況はより深刻に。
 - カナダ：2021年6月に49.6℃を記録、500人以上が熱中症で死亡
 - 日本：2022年6月下旬から7月上旬に猛暑日が続発
- **気候変動**により今後さらに**極端高温**が**深刻化**、**多発化**する可能性
⇒ 甚大な**熱中症被害**の発生や**医療・介護供給体制の崩壊**が危惧
- **環境省**が**極端高温**時も見据えた**対策強化**の検討を開始



極端高温下における対策が急務。現状では知見が殆どない

4. 研究の背景・目的

■ 目的（全体）

- 極端高温下における**対策の検討・導入**に資するための研究立案と実施
- 以下の**行政ニーズ**も満たした研究立案と実施
 - a. 熱中症警戒アラートの**導入効果**、**運用方法の改善**の検討
 - b. **高齢者等**の熱中症弱者が**エアコン**を使用しない**生理学的要因**の解明
 - c. 極端高温下における**熱中症被害の解明と予測**



多層レベル（社会，集団，個人）の視点で上記課題に対する科学的回答の創出と
その活用を目指す

⇒ **極端高温下における社会，集団，個人のレジリエンス向上に向けた提言**

4. 研究の背景・目的

ST: サブテーマ

ST1: 過去及び将来の極端高温等の発生に関する気候研究
(東京大, 海洋研究開発機構, 産業技術総合研究所, 岡山理科大)

- ・ 日本・都市スケールでの極端高温等の発生に着目

研究
成果

因果関係探索の
ためのフィードバック

極端高温等の気候予測情報等

因果関係探索の
ためのフィードバック

ST2: 集団レベルにおける暑熱健康影響・適応策研究
(東京大, 長崎大, 筑波大)

- ・ 熱中症警戒アラートの導入効果の定量化, 将来予測 等

ST3: 医療・介護供給体制（社会レベル）における暑熱健康影響・適応策研究
(北海道大, 小樽商科大)

- ・ 医療・介護への影響とレジリエンス 等

研究
成果

研究
成果

暑熱健康影響の低減に向けた在り方の検討
(熱中症警戒アラート, エアコン利用等)

ST4: 個人レベルにおける暑熱健康影響・適応策研究
(国立環境研究所, 九州大, 北海道大)

- ・ 高齢者のエアコン不使用の生理学的背景と使用促進 等

レジリエンス
向上
への提言



- 環境省
- 気候変動適応情報プラットフォーム (A-PLAT)
- 地方公共団体, 地域気候変動適応センター, 他

5. 研究内容 (ST1)

■ 研究目的

① 日本スケールでの極端高温等の発生

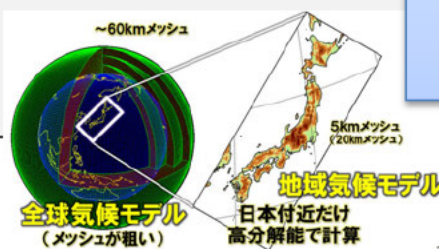
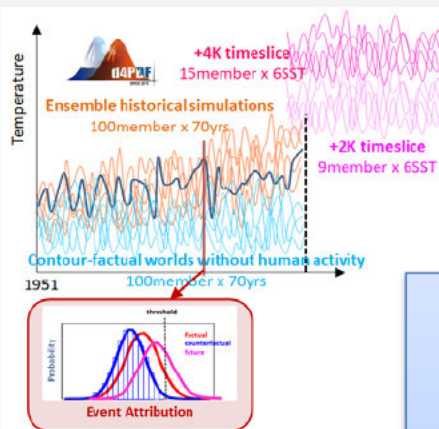
気象研究所

- 最新の大規模アンサンブル気候予測データ (d4pdf等) の整備・追加実験実施
- 気温・日射量・風速・湿度・暑さ指数 (WBGT) 等の過去・現在・将来の確率的評価

境界データ

海洋研究開発機構 (JAMSTEC)

- 日本域の力学的ダウンスケーリング (d4pdf 20km → 5km)
- フェーンを考慮した暑さ指数の極端事例の要因分析



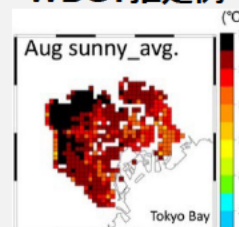
極端シナリオ

② 都市スケールでの極端高温等の発生

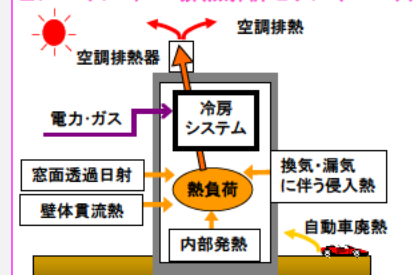
産業技術総合研究所 (AIST)・岡山理科大

- 都市キャンपी・建物モデルを用いた都市街区スケール (1km程度) での屋外温熱環境・室内気温・室内温熱指標の評価
- エアコン使用による影響・エネルギー消費量等の影響評価

街区スケールの WBGT 推定例



ビルエネルギー・排熱解析モデル (BEM)



建物の階層構造や空調部・非空調部を考慮して室内の温熱指標 (WBGT等) を推定

5. 研究内容 (ST2)

■ 研究目的

① 暑熱健康影響対策（熱中症警戒アラート）の導入効果の評価

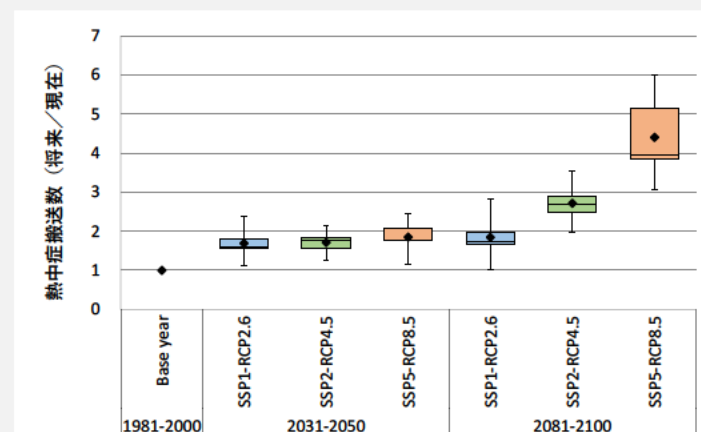
- 熱中症警戒アラート発令前後での時系列ヘルスアウトカムデータ（熱中症救急搬送数等）の変化を **difference in difference(DID)法**等により評価

② 地域の実態にあわせた熱中症警戒アラートとリスク管理の有り方の検討

- 熱中症救急搬送数や死亡データと日最高WBGTとの関連等を分析することにより、地域の実態にあわせて熱中症警戒アラート**発令基準の有り方**を分析

③ 極端高温下における熱中症救急搬送数および死亡者数の将来予測

- サブテーマ1が提供する気候予測情報等を用いて、暑熱による超過死亡および救急搬送数の将来予測を行う。また**熱中症警戒アラートの効果**を考慮した**将来予測**を行う。



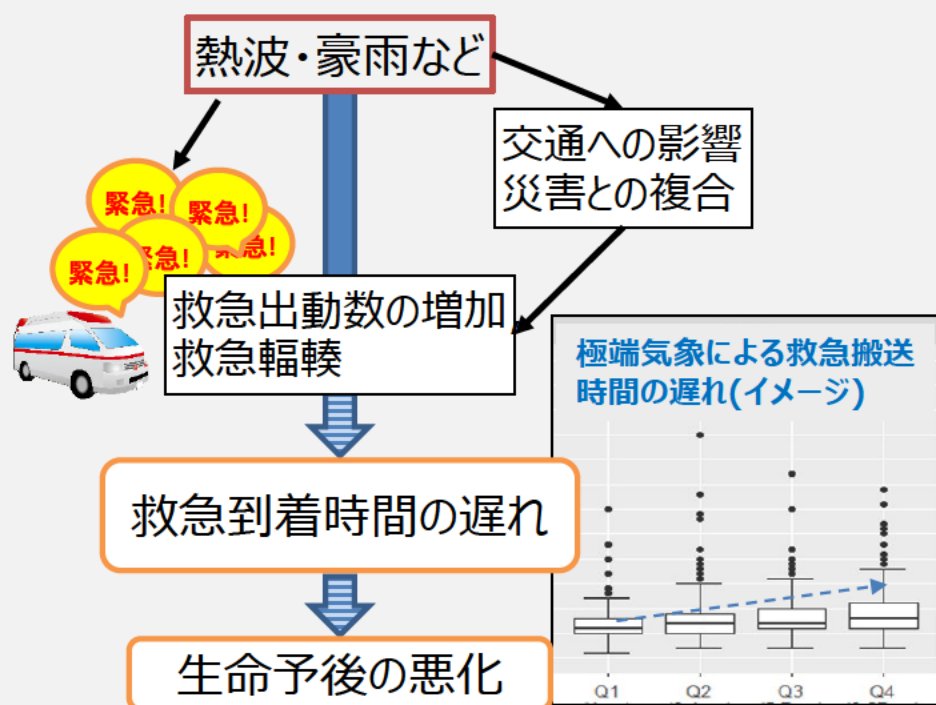
熱中症救急搬送の将来予測結果のイメージ
(現在=1)

5. 研究内容 (ST3)

■ 研究目的

① 医療供給体制における極端高温等の影響評価

全国の救急救助統計の時間情報を用い、極端高温等による救急搬送数・出動から治療に至るまでの時間への影響を定量的に評価



② 介護供給体制における極端高温等の影響評価

複数地域（北海道，関東，沖縄等）の介護施設を対象として，

・ 質問票調査

過去の極端高温等に対する準備・対応に関する情報の収集

・ 準備状況に影響する要因の分析

- 介護施設・職員の特性
- GISで得られる施設周辺の地理的環境要因
- 熱中症アラートに関する知識・対応

サブテーマ 1 からの極端事例のアウトプット情報と合わせた将来予測と適応策の検討

5. 研究内容 (ST4)

■ 研究目的

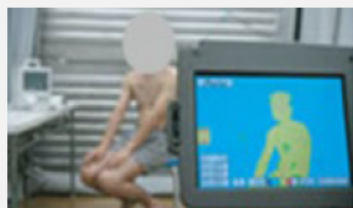
① 高齢者のエアコン不使用の要因・対策の検討

- ・ 熱中症による死亡の多くは高齢者が屋内でエアコンを使用しない状況で発生
- ・ 温度感受性の低下(暑くても暑いと感じない)がエアコン不使用の原因？

⇒ 実証および対策の検討を実施

【実施する調査・実験の概要】

- ・ エアコン使用者・不使用者を各数十名を被験者として選抜
- ・ 温度感受性や温度感受性に影響しうる生理的な指標(産熱量や皮膚表面温度等)を測定
- ・ エアコン不使用や温度感受性の差異をもたらす要因を分析



皮膚表面温度の測定

② 熱中症警戒アラートの個人レベルの行動に対する効果検証

- ・ 個人の行動レベルの観測により、効果のメカニズム(具体的な行動変容)検証を通じて、より有効性の高いアラートのあり方を検討

【実施する調査・実験の概要】

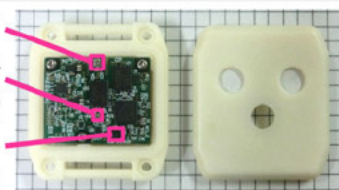
- ・ 一般家庭にエアコンの稼働状況や予防行動を記録できるセンサを配布
- ・ アラート有無による予防行動の実施に差が生じるかを統計的因果推論により検証
- ・ アラートに対する対応差がどのような要因で生じているかも検証

腕時計型熱中症
予防行動記録センサ
(国環研で独自開発)

温度・湿度・気圧センサ

照度センサ
(日射の有無)

3軸加速度センサ
(運動の強度)



6. 研究成果

■ 長期的な暑熱適応効果を考慮した熱中症救急搬送数の将来予測

【背景と目的】

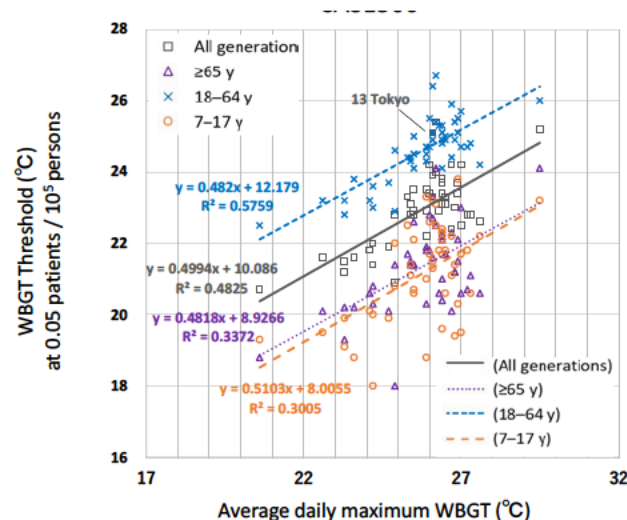
- これまでの熱中症救急搬送数の予測では、長期的な暑熱適応の効果が考慮されていなかった。
- 「地理的な暑熱適応」を「時間的な暑熱適応」に読み替えることにより、熱中症救急搬送数の将来予測を行った。

【研究成果】

- 長期的な暑熱適応の効果を考慮しても、気候変動の進行により熱中症搬送率が増加
- 更なる熱中症対策の必要性が示唆

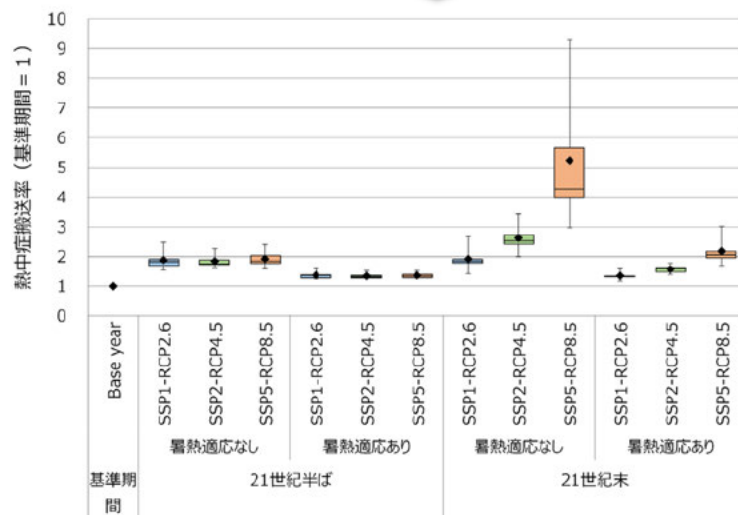
2023年7月5日 プレスリリース！

<https://www.nies.go.jp/whatsnew/2023/20230705/20230705-2.html>



熱中症救急搬送数が増加し始めるWBGT値の地域性

(Oka et al, 2023a)



長期的な暑熱適応効果を考慮した場合としない場合の熱中症救急搬送数予測(対象世代:65歳以上)

(Oka et al, 2023b)₁₅

7. まとめ

- ヒートアイランドや気候変動による気温に伴い**既に多くの熱中症**が発生
- 気候変動により今後さらに**極端高温**が**深刻化**，**多発化**
 - ⇒ **甚大な熱中症被害**の発生や**医療・介護供給体制の崩壊**が危惧
- 極端高温等が暑熱健康に及ぼす影響の解明：
 - ✓ 将来どの程度**極端高温**等が**深刻化**，**多発化**する？
 - ✓ **熱中症警戒アラート**の**効果**は？ 効果を考慮した際の**将来の熱中症リスク**は？
 - ✓ 極端高温等が**医療・介護供給体制**に及ぼす**影響**は？
 - ✓ 高齢者の**エアコン使用**が**進まない理由**は？ アラートが**個人の行動**に与える**効果**は？
 - ⇒ **研究成果にもとづく熱中症対策の在り方を提案**
- 国立環境研究所は，関連機関との連携のもと，**熱中症リスク低減**に資する**研究活動**を推進していきます。

ご清聴ありがとうございました