

社会調査と環境実測による 熱中症発生要因の特定と エアコンを含む実効的な対策の設計

川崎市 令和6年度第3回環境セミナー
(産学公民連携共同研究事業 研究成果報告会)

2025年3月12日

東京大学 井原 智彦

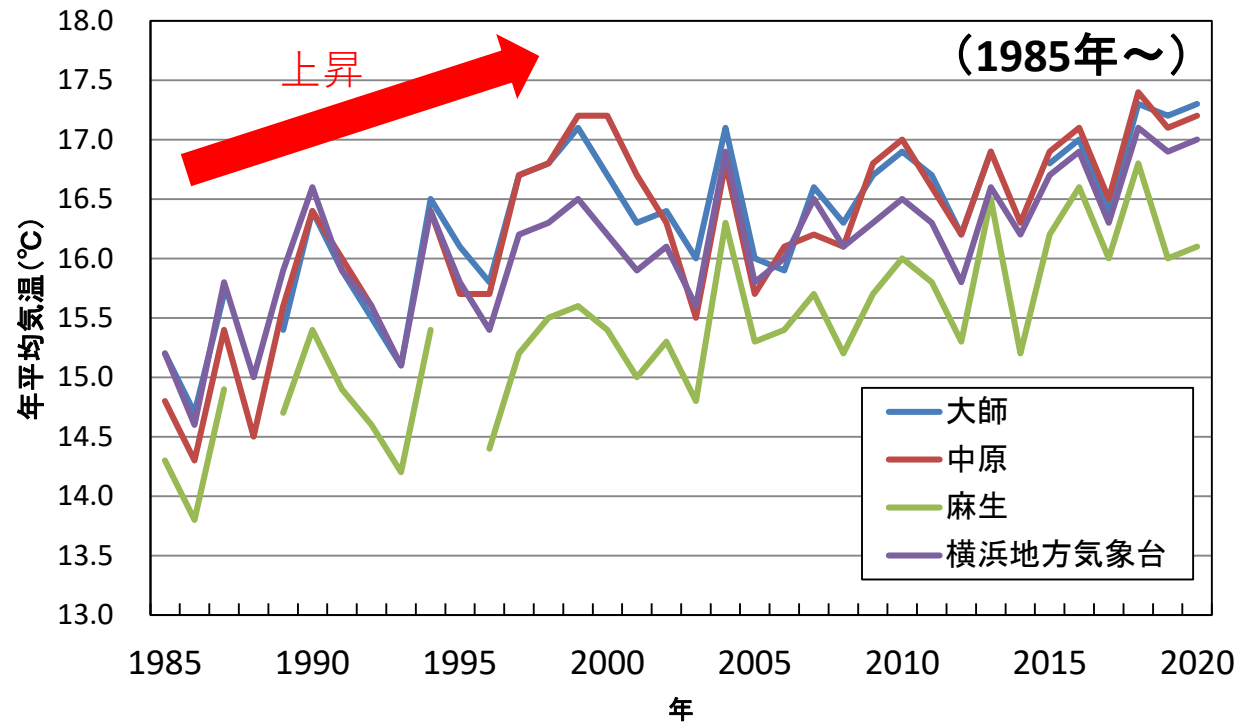
ihara-t@k.u-tokyo.ac.jp

<https://www.lct.k.u-tokyo.ac.jp>

1 研究の背景・意義

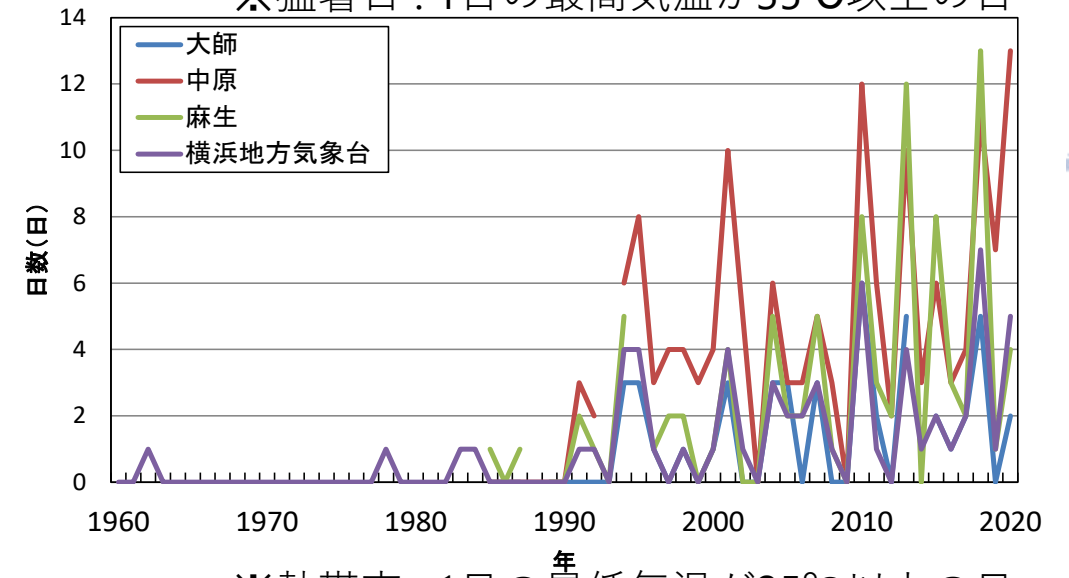
気候変動

年平均気温の変化

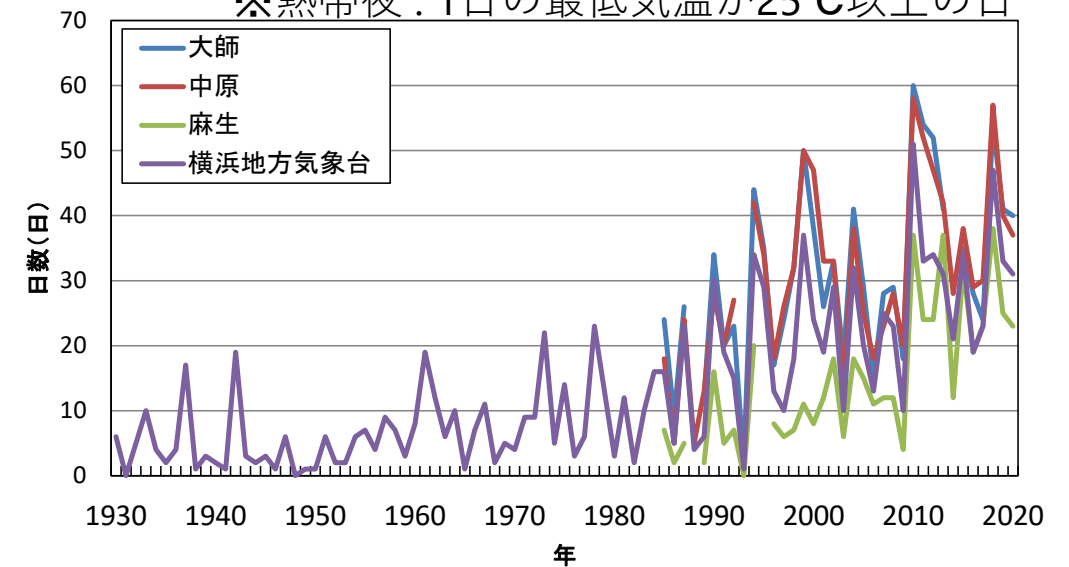


- 10年間で $0.47 \sim 0.54^{\circ}\text{C}$ の上昇。
 - 世界では、100年間で 0.74°C 上昇。
 - 日本では、100年間で 1.24°C 上昇。

※猛暑日：1日の最高気温が 35°C 以上の日



※熱帯夜：1日の最低気温が 25°C 以上の日

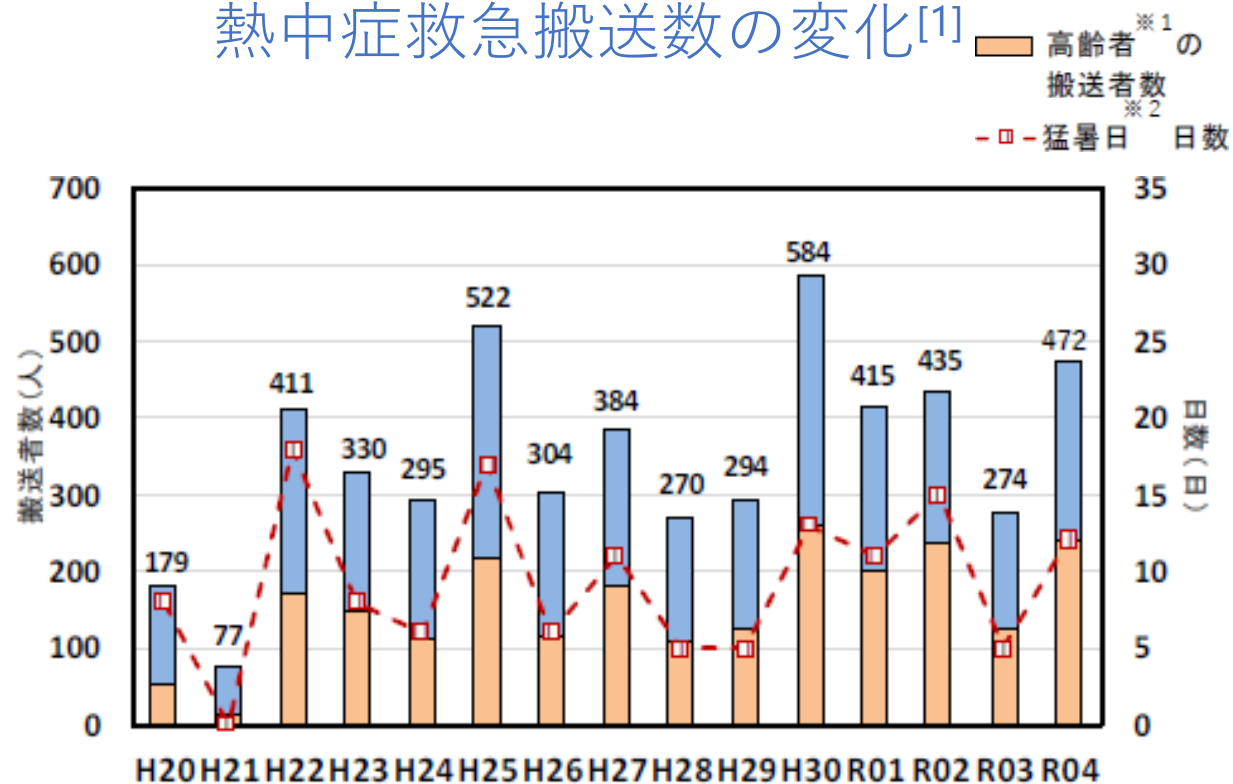


- 猛暑日や熱帯夜の日数が増加。

1 研究の背景・意義

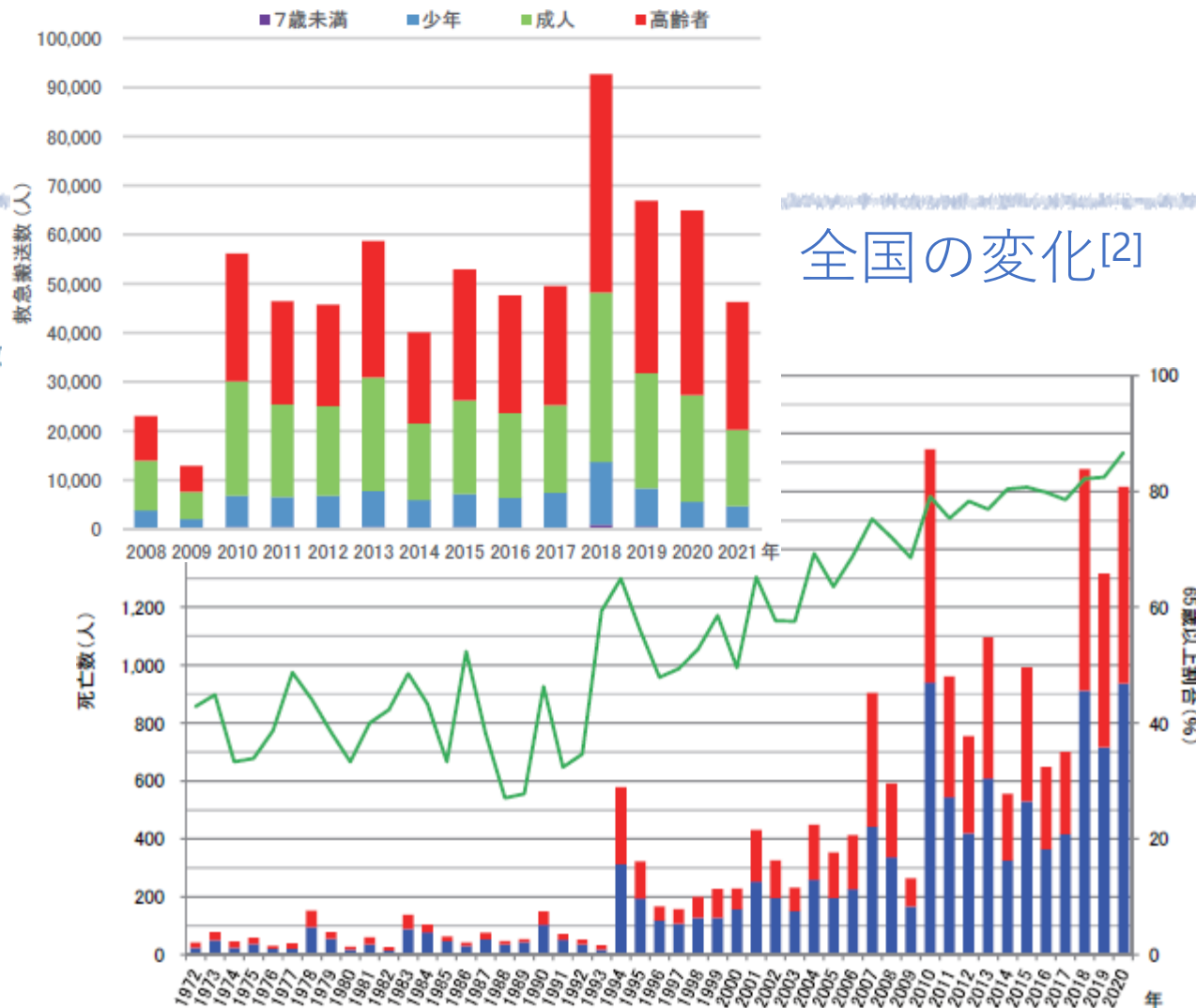
熱中症

熱中症救急搬送数の変化^[1]



- 10年間で1.7倍に。
 - 2008-2012年平均: 259人
 - 2018-2022年平均: 436人

全国の変化^[2]



- 全国では50,000～90,000人が毎年救急搬送。
- そして、1,000人が毎年死亡。
 - 水害では、平均100人弱が毎年死亡^[3]。

[1] 川崎市環境局環境総合研究所(2023): データに基づく熱中症予防について. <https://www.city.kawasaki.jp/300/page/0000082028.html> [2] 環境省(2022): 熱中症環境保健マニュアル2022. https://www.wbgt.env.go.jp/heatillness_manual.php [3] 国土交通省(2022): 平成28年～令和2年水害統計調査. *集計結果.

熱中症に対する政府の認識

気候変動適応計画^[1]

令和3年10月22日閣議決定、
(令和5年5月30日閣議決定（一部変更）)

熱中症対策実行計画^[2]

令和5年5月30日閣議決定

・ 影響

- ・ 現在の状況「救急搬送人員、医療機関受診者数、熱中症死亡者数の全国的な増加傾向が確認されている」
- ・ 将来予想される影響「2050年代に、2000年代と比較して熱中症リスクが2.4倍増加」
- ・ 重大性：●、緊急性：●、確信度：●

・ 適応策の基本的考え方

- ・ 「個人が取るべき対策についての普及啓発等と組み合わせた施策実施が有効」

・ 目標

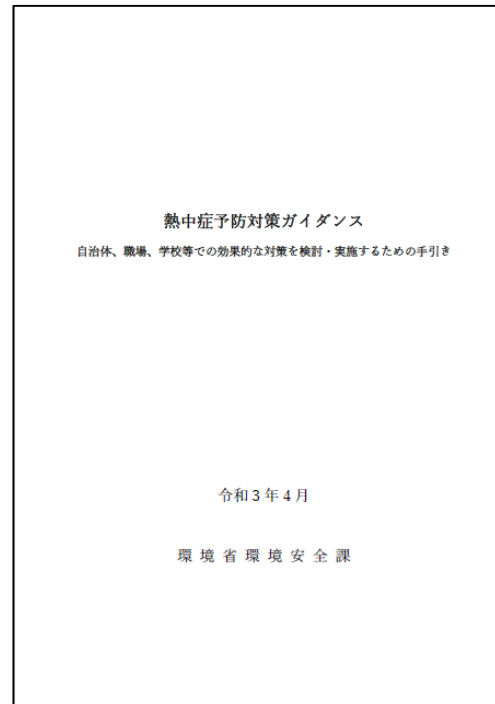
- ・ 中期的な目標（2030年）として、熱中症による死亡者数が、現状から半減することを目指す。
 - ・ 5年移動平均死亡者数を使用、令和4年（概数）における5年移動平均は1,295名。

・ 計画期間

- ・ おおむね5年間

[1] 環境省(2023): 気候変動適応計画. https://www.env.go.jp/earth/earth/tekiou/page_00004.html [2] 環境省(2023): 熱中症対策実行計画. https://www.env.go.jp/press/press_01675.html

熱中症対策の現状



• 熱中症対策の事例

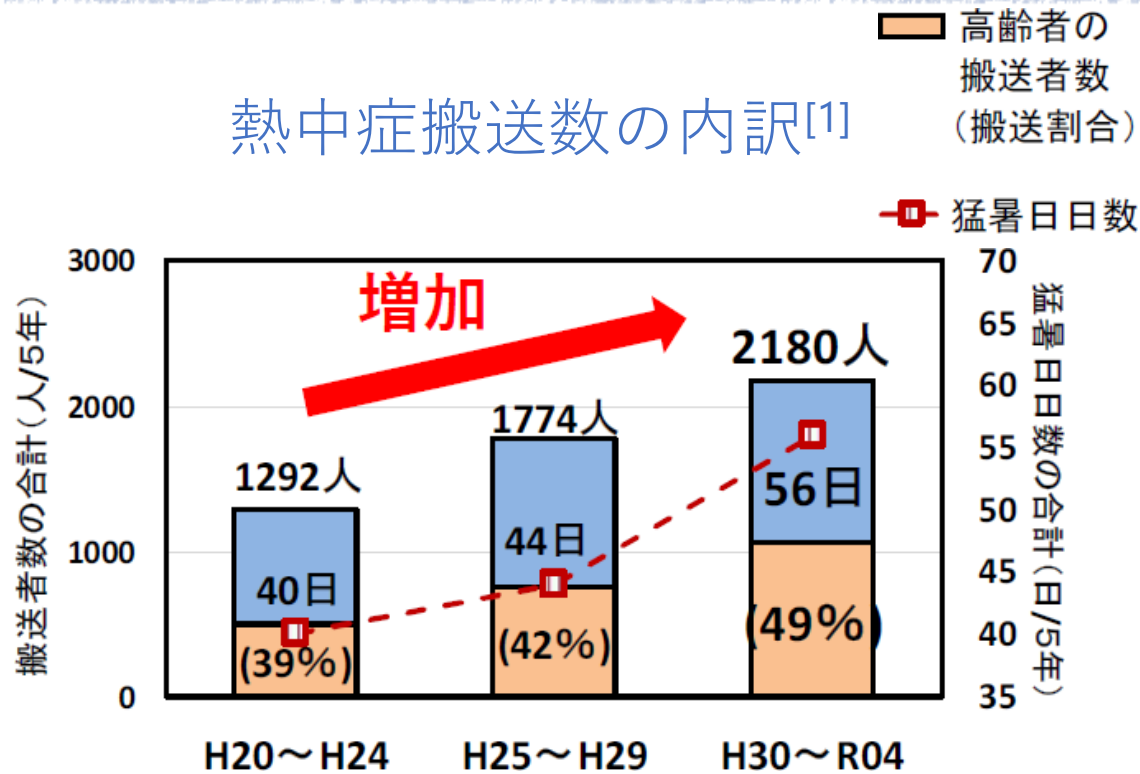
- 暑さ指数の予報、熱中症警戒アラート
- 暑さ指数(WBGT)計の貸し出し
- 熱中症予防の啓蒙活動・情報発信
- 熱中症グッズの配布
- クールシェルターの設置
- 緑のカーテンなどの設置

• 効果は？

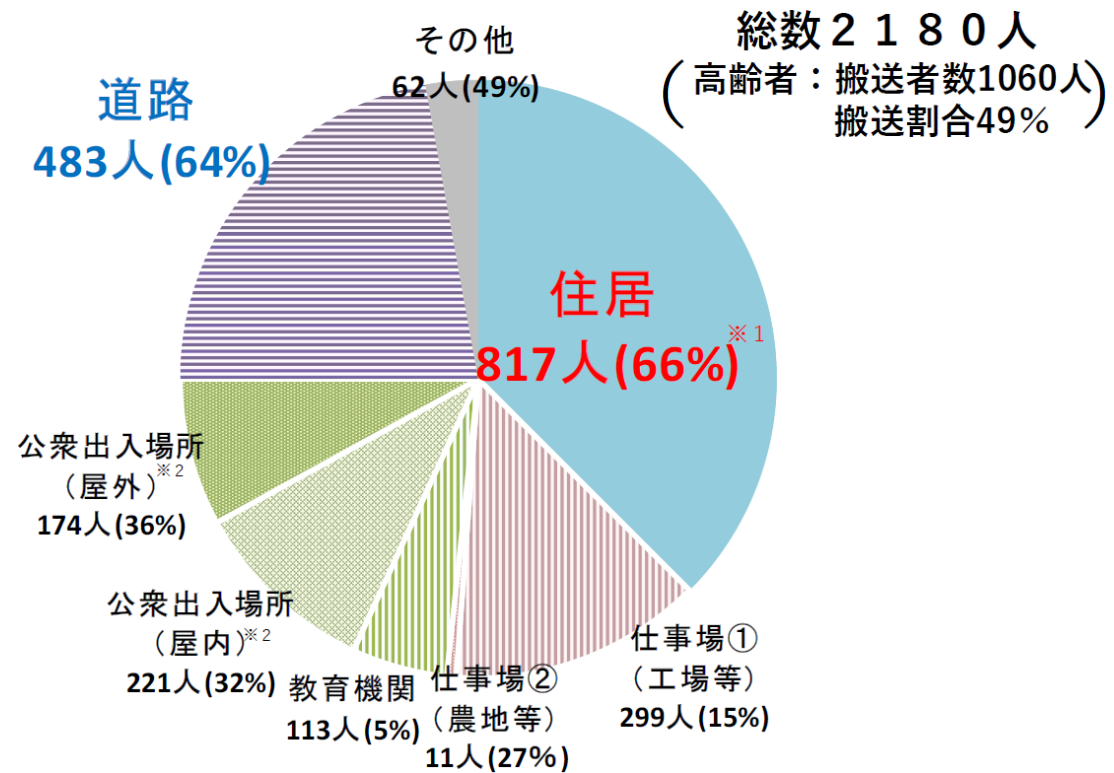
- 熱中症減少が検証された例は、ほぼ皆無。

誰が、どこで、熱中症対策を必要としているのか？

熱中症搬送数の内訳^[1]



熱中症の発生場所^[1]



- 高齢者が半分。
→ 高齢者が実施可能な対策が必要。

- 住居が4割弱、道路が2割強。
→ 住居や道路での対策が必要。

[1] 川崎市環境局環境総合研究所(2023): データに基づく熱中症予防について. <https://www.city.kawasaki.jp/300/page/0000082028.html>

研究の目的

• なぜ、川崎市？

- 川崎市は人口が多いだけでなく、工業地域から住宅地域まで抱え、多様な環境で多様な属性の人々が住む特徴を有する。
- また、熱中症対策に関する先進的な取り組みをおこなってきた土壌もある。
(令和3年度環境省熱中症予防対策の推進に係るモデル事業^[1])

• 研究の目的

- そこで、社会調査や環境実測を通じ、熱中症に脆弱な人々や環境を特定し、そのような対象に対して実効的な熱中症対策を見出し、気候変動への適応に貢献する。
- 同時に、エアコンの適切な導入・運転を見出し、脱炭素にも貢献する。

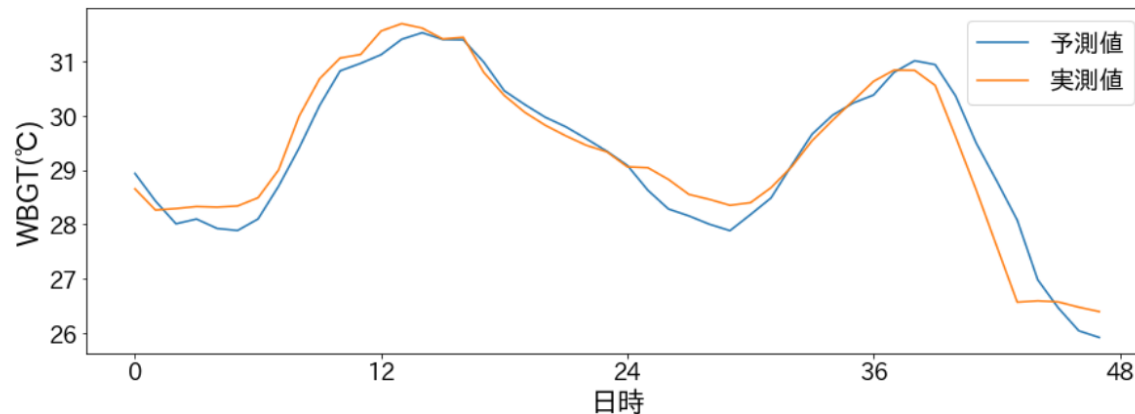
[1] 環境省(2021): 令和3年度地方公共団体における効果的な熱中症予防対策の推進に係るモデル事業の公募結果について.

<https://www.env.go.jp/press/109380.html>

研究の意義



広く一般の対策を啓蒙するのではなく
高リスク要因保有者にあった実効的な対策へ



機械学習による室内の暑さ指数の予測^[1]

• 得られる成果

- 住居内・屋外の熱中症発生リスクの高い要因、実効的な熱中症対策が把握可能。
- 住宅の特性（戸建・集合住宅、築年数、階数など）と気象データより室内熱環境が予測可能に。

• 環境改善への還元

- 川崎市庁内の関係部局と連携し、高リスク要因となる環境や住民を対象に、効果的な情報発信をおこなうことにより、実効的な熱中症対策の推進、そして熱中症発生の軽減を期待。
- 同時に、適切なエアコン使用の実施で脱炭素の推進を期待。

[1] 李禕鳴(2019): 東京大学卒業論文. [1'] 李禕鳴(2021): 第16回日本ヒートアイランド学会全国大会.

2 研究の概要

- 事業名

- 社会調査と環境実測による熱中症発生要因の特定とエアコンを含む実効的な対策の設計

- 令和5年度

- (1) 住居内の熱中症被害およびエアコン使用など対策実施の実態調査・解析

- 令和6年度

- (2) 屋外も含めた熱中症被害および対策実施の実態調査・解析
- (3) 住居内の暑熱環境の予備実測

- 令和7年度

- (4) 住居内の暑熱環境の実測および適切なエアコン使用に向けた解析

(1)(2) 熱中症被害とエアコンなど対策の実態調査・解析



質問票調査

a. 質問票調査

- 回答者の属性（社会経済因子など）
- 熱中症罹患の有無
- さまざまな熱中症対策の実施の有無
- エアコンの使用状況（設定室温など）

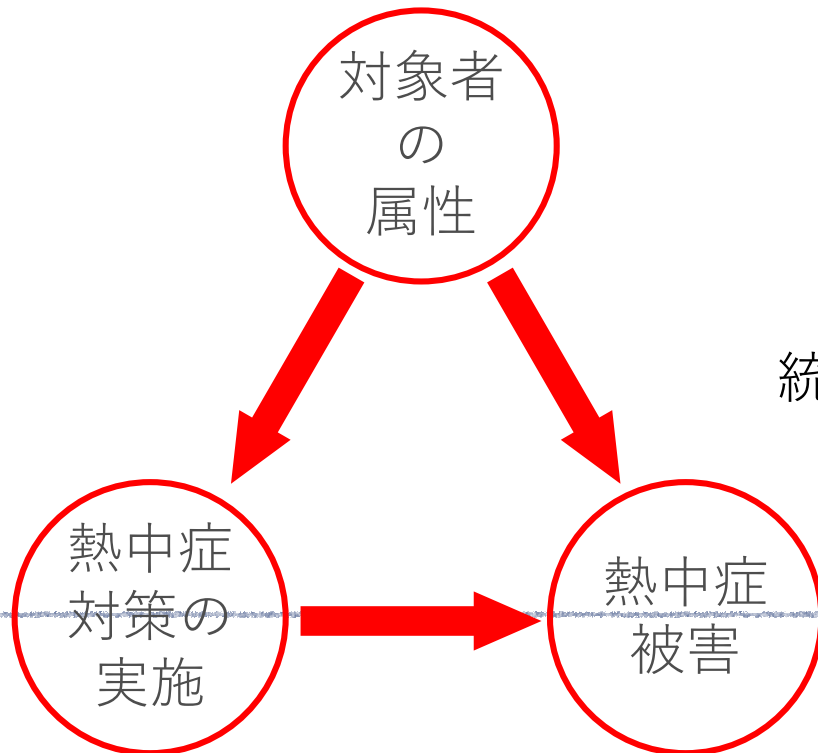
b. 統計解析

- 質問票の回答を解析し、実効的な対策（対象者が導入可能かつ熱中症予防に有効）を見出す。

• 過去の事例

- 2017年に柏市で実施^[1]。

統計解析



[1] Ogusu T et al (2023): The 11th International Conference on Urban Climate.

(3)(4) 住居内熱環境の実測・エアコン使用に向けた解析



a. 住宅内熱環境の実測

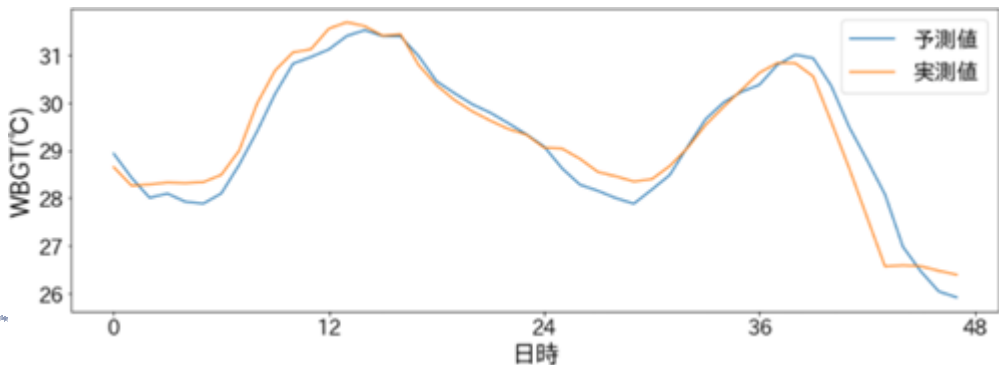
- エアコン使用室と非使用室に1セットずつ小型気象センサーを設置し実測。
 - 室温・湿度・黒球温度など
 - 住宅の構造、築年数、エアコン使用状況
- 最寄りの大気環境常時監視測定局の計測データ（気温や湿度など）も活用。

b. データ解析

- 夏季の住居内温度の形成要因を定量化。
- 効率的なエアコン使用条件を抽出。
- 機械学習を用いて予測モデルを構築。

• 過去の事例

- 2017年に大阪市・堺市で実施^[1]。
- 2018年に東京都大田区で実施^[2]。



データ
解析

機械学習: コンピューターが自動で学習し、
ルールやパターンを発見する手法

[1] 橋本侑樹ほか(2018): 第13回日本ヒートアイランド学会全国大会.
[2] 李禕鳴ほか(2021): 第16回日本ヒートアイランド学会全国大会.

4 これまでの成果

社会調査の概要

• 質問票の概要

- A4 10ページ（フォントサイズ14 pt以上）

（回答者の属性）

- 性別,年齢,最終学歴,自宅の構造,世帯人数,世帯の年間収入など
- 熱中症に関する知識,基礎疾患,要介護,認知症など

（熱中症の罹患歴）

- 救急搬送歴,医療機関の受診歴

（住居内の暑さ対策）

- エアコン使用,機種,断熱（令和5年度）
- 屋外の暑さ対策（令和6年度）
- 各種の暑さ対策に関する知識,実施状況

• 配付数と回答数

（令和5年度）

	無作為抽出	市営団地	計
配付数	9,990	3,523	13,513
回答数	4,095	1,215	5,310
有効回答数*	3,989	1,163	5,152

（令和6年度）

	無作為抽出	市営団地	計
配付数	5,050	-	5,050
回答数	2,289	-	2,289
有効回答数*	2,253	-	2,253

設問ごとに有効回答数が異なるが、
ここでは、最も重要である熱中症の罹患歴への有効回答を
「有効回答数」として示す。

属性/対策 → 熱中症罹患（抜粋）（令和5年度）

- 熱中症罹患: 5年以内に熱中症が原因で救急搬送されたか、あるいは医療機関を受診したか
- オッズ比: 対照群に対する熱中症の罹患しやすさ（5%有意水準）、1超が**リスク因子**・1未満が**保護因子**
- 解析対象数: 有効回答のみ対象（質問ごとに有効回答は異なる）

因子	種類	無作為抽出 (n=3,989)			市営団地 (n=1,163)		
		熱中症罹患		オッズ比 (95%信頼区間)	熱中症罹患		オッズ比 (95%信頼区間)
		あり	なし		あり	なし	
性別	男	54	1,952	1.41 (0.93 – 2.13)	18	473	1.32 (0.69 – 2.53)
	女	40	2,041		20	695	
年齢	80歳以上	38	1,187	1.58 (1.04 – 2.40)	21	474	1.83 (0.96 – 3.51)
	80歳未満	57	2,814		17	703	
要介護認定	あり	22	426	2.44 (1.49 – 3.97)	11	144	3.17 (1.50 – 6.67)
	なし	71	3,348		22	912	
ほぼ毎日1.2リットル程度の水分補給をする	する	53	2,699	0.59 (0.38 – 0.90)	10	767	0.35 (0.15 – 0.81)
	しない	37	1,108		12	320	

属性/対策 → 熱中症罹患（抜粋）（令和6年度）

- 熱中症罹患: 5年以内に熱中症が原因で救急搬送されたか、あるいは医療機関を受診したか
- オッズ比: 対照群に対する熱中症の罹患しやすさ（5%有意水準）、1超が**リスク因子**・1未満が**保護因子**
- 解析対象数: 有効回答のみ対象（質問ごとに有効回答は異なる）

因子	種類	無作為抽出 (n=2,253)		
		熱中症罹患		オッズ比 (95%信頼区間)
		あり	なし	
同居相手	配偶者	31	1,239	0.46 (0.25 – 0.85)
	それ以外	16	295	
基礎疾患として心臓疾患	あり	15	226	2.93 (1.60 – 5.38)
	なし	41	1,811	
(外出時) 経口補水液	あり	12	128	3.80 (1.97 – 7.32)
	なし	50	2,027	
(室内) 冷たいタオル	あり	11	170	2.57 (1.31 – 5.02)
	なし	50	1,983	

熱中症罹患に脆弱な人ほど
これらの熱中症対策を
実施していた可能性あり。

4 これまでの成果

熱中症対策（無作為抽出、抜粋）（令和5年度）

対策	種類	5年以内に搬送/受診歴		オッズ比
		あり	なし	
1日1.2Lの水分補給	時々以下	27	846	1.61*
	毎日	51	2,567	
湿度計の使用	いいえ	80	2,848	3.46**
	はい	6	738	

*p<0,1 **p<0.05, ***p<0.01

1日1.2Lの水分補給の頻度が時々以下

因子	種類	オッズ比
性別	男性	1.98***
要介護認定	要介護3以上	2.32***
認知症	有り	1.65***
外出頻度	週1回以下	1.79***
最終学歴	短大未満	1.25***

湿度計を使用しない

因子	種類	オッズ比
性別	男性	1.36***
世帯年収	150万円未満	1.33**
糖尿病	有り	1.35**
要介護認定	要介護1以上	1.59**
認知症	有り	1.30***

4 これまでの成果

熱中症対策（市営団地、抜粋）（令和5年度）

対策	種類	5年以内に搬送/受診歴		オッズ比
		あり	なし	
意識的でこまめな水分補給	時々以下	14	222	2.71**
	上記以上	18	774	

*p<0,1 **p<0.05, ***p<0.01

意識的でこまめな水分補給の頻度が時々以下

因子	種類	オッズ比
性別	男性	1.93***
認知症	有り	1.37***
外出頻度	週1回以下	1.69*
最終学歴	短大未満	1.21***

4 これまでの成果

もし対策を実施できたら救急搬送数は？（令和5年度）

対策	因子	該当者数 (人)	罹患減少数 (人/年)	救急搬送 減少数 (人/年)
1日1.2Lの水分補給を毎日実施	男性	141,528	96.9	39.9
	要支援1以上	62,764	95.9	39.4
	要介護1以上	46,839	119.8	49.3
	要介護3以上	22,100	93.0	38.2
	認知症	70,855	50.5	20.8
湿度計を使用	男性	141,528	248.7	102.0
	要支援1以上	62,764	205.2	84.4
	要介護1以上	46,839	209.2	86.1
	認知症	70,855	117.7	48.4

特に特定の属性の対策実施率を向上できれば、救急搬送数が減らせる可能性がある。

4 これまでの成果

睡眠薬の服用と対策実施の関係（令和5年度）

対策	種類	睡眠薬の服用		オッズ比
		あり	なし	
エアコン保有	有り	382	144	5.26
	無し	2	4	
1日1.2Lの水分補給	おおむね補給	245	78	1.61
	上記未満	117	60	
睡眠前後の水分補給	おおむね補給	271	79	2.26
	上記未満	91	60	

睡眠薬の服用タイミング、睡眠時の環境整備への意識が結果的に熱中症対策を実現している可能性がある。

住居内の暑熱環境実測の概要

• 実測の概要

(非空調室/空調室)

- 温湿度
- 黒球温度（許可を得られた住宅のみ）
- 窓の開閉
- エアコンの動作

(屋外)

- 温湿度
- （他に近傍の常監局データを使用）

(その他)

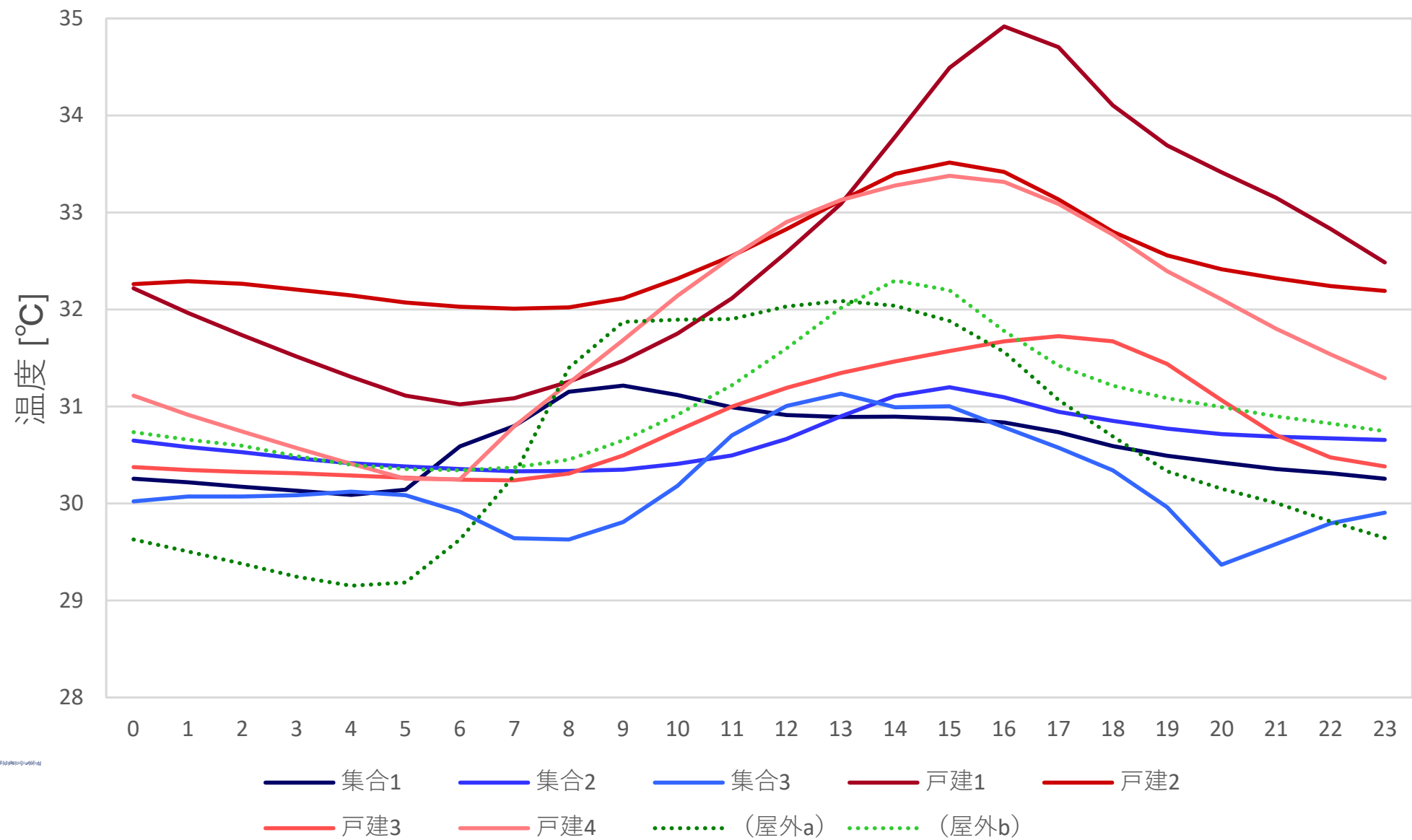
- 住宅の築年数

• 実測数

	戸建住宅	集合住宅	計
幸区河原町	0	16	16
幸区古川町	4	0	4
高津区津田山町	2	3	5
計	6	19	25

4 これまでの成果

非空調室の温度（暫定版）（2024年7月27日-9月16日平均）

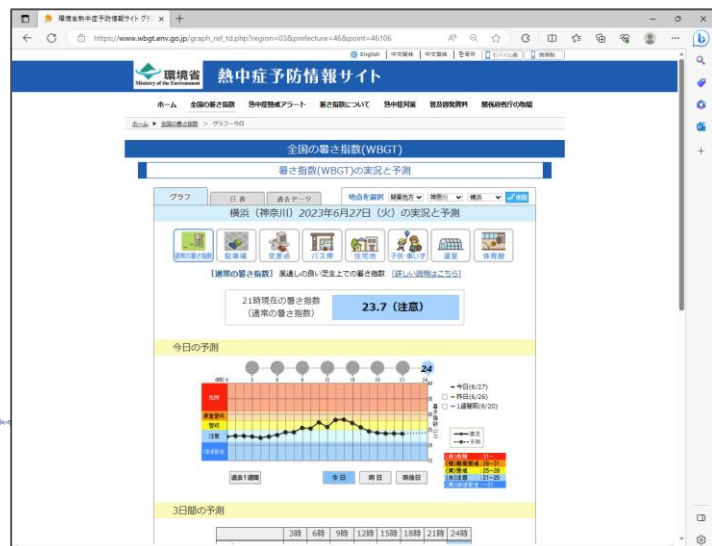


5 今後の展望

熱中症対策の社会への展開



- 新規機器が不要な対策は、熱中症・脱炭素施策にすぐにも導入可能。
 - 室温を意識したエアコン使用、住宅性能を考慮したエアコン導入、個人属性に応じた既存の熱中症対策の推進など
- 個人負担で導入できない対策は、社会的便益を評価した上で、施策反映を検討。
 - 高価なエアコン・熱中症対策、屋内の暑さ指数を予測するシステムなど



暑さ指数の
実況と予測^[1]

[1] 環境省: 暑さ指数(WBGT)の実況と予測

https://www.wbgt.env.go.jp/graph_ref td.php?region=03&prefecture=46&point=46106

ご清聴有り難うございました。