

# 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5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)

2024年3月12日

東京大学 井原 智彦

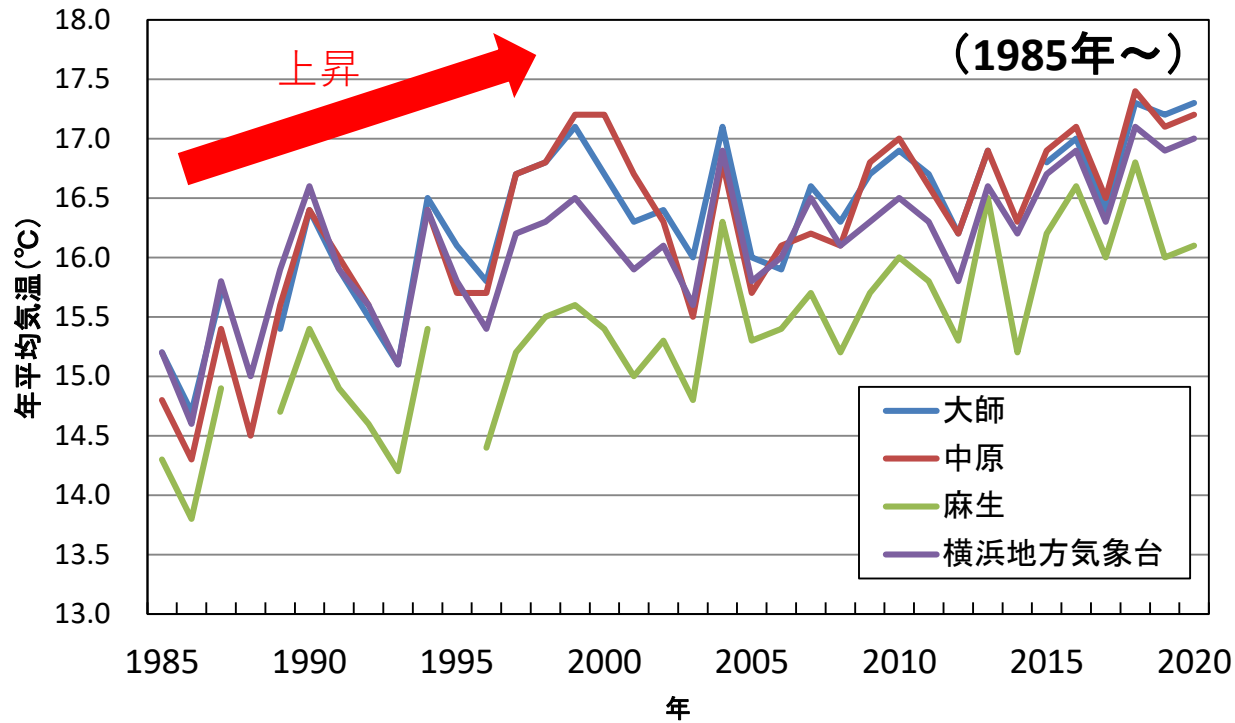
[ihara-t@k.u-tokyo.ac.jp](mailto:ihara-t@k.u-tokyo.ac.jp)

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

# 1 研究の背景・意義

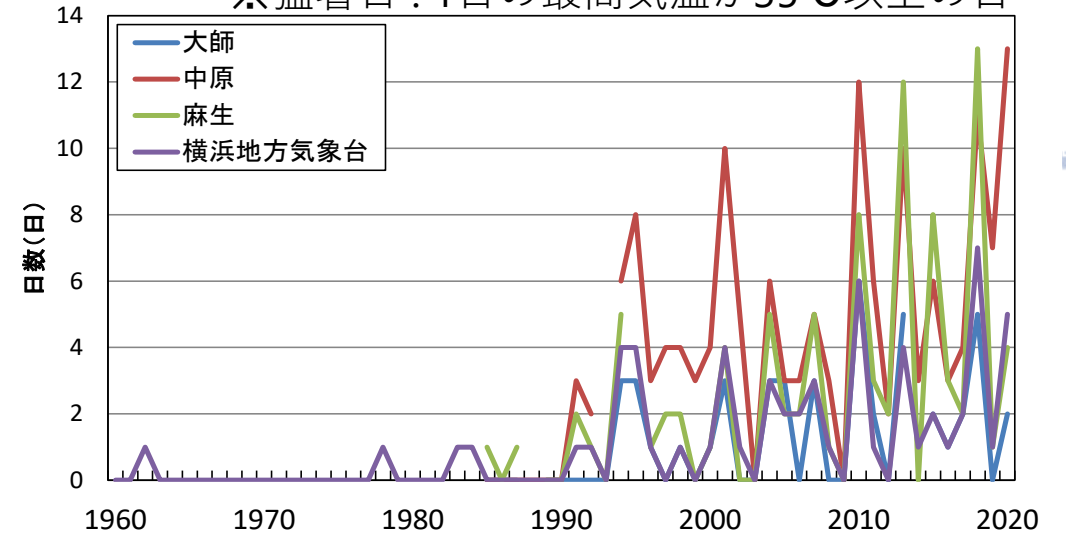
## 気候変動

### 年平均気温の変化

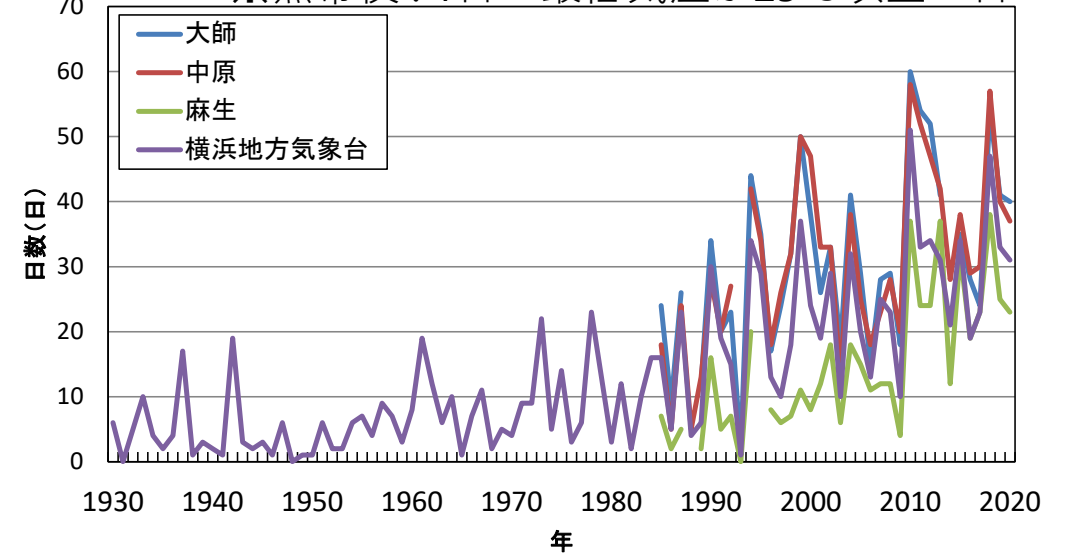


- 10年間で $0.47\sim 0.54^{\circ}\text{C}$ の上昇。
  - 世界では、100年間で $0.74^{\circ}\text{C}$ 上昇。
  - 日本では、100年間で $1.24^{\circ}\text{C}$ 上昇。

### ※猛暑日：1日の最高気温が $35^{\circ}\text{C}$ 以上の日



### ※熱帯夜：1日の最低気温が $25^{\circ}\text{C}$ 以上の日

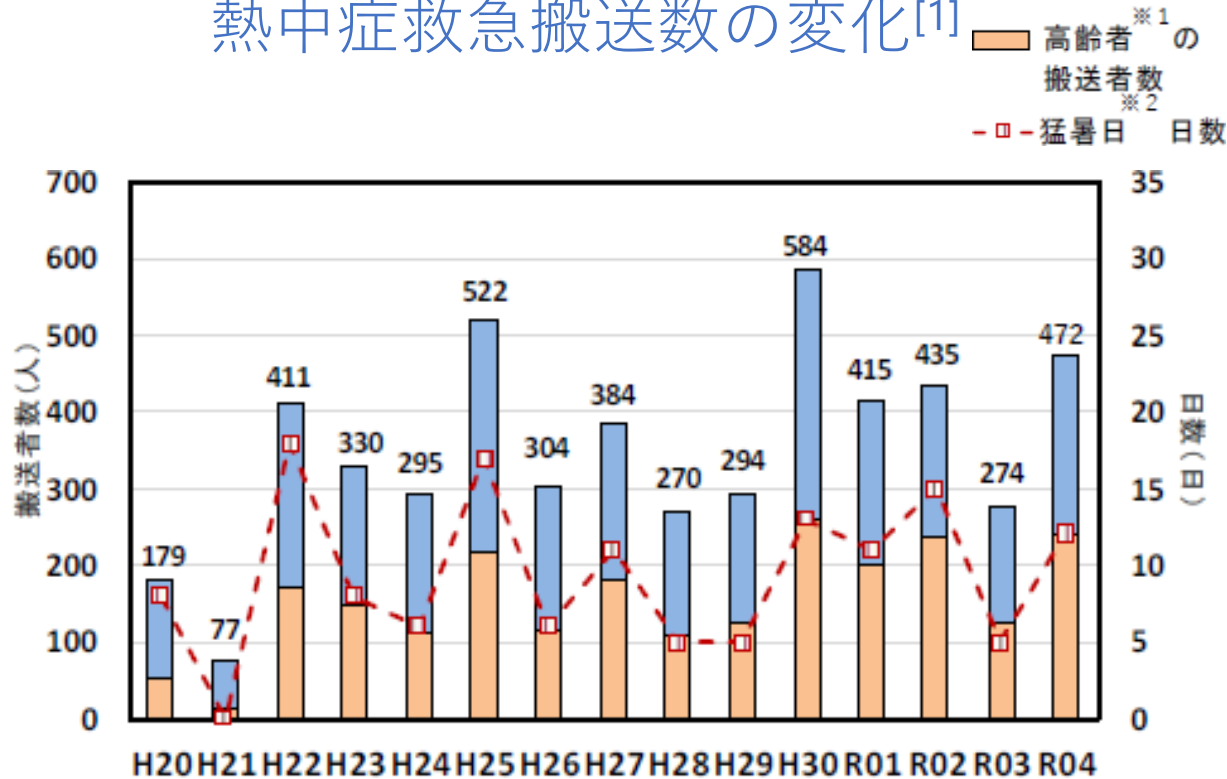


- 猛暑日や熱帯夜の日数が増加。

# 1 研究の背景・意義

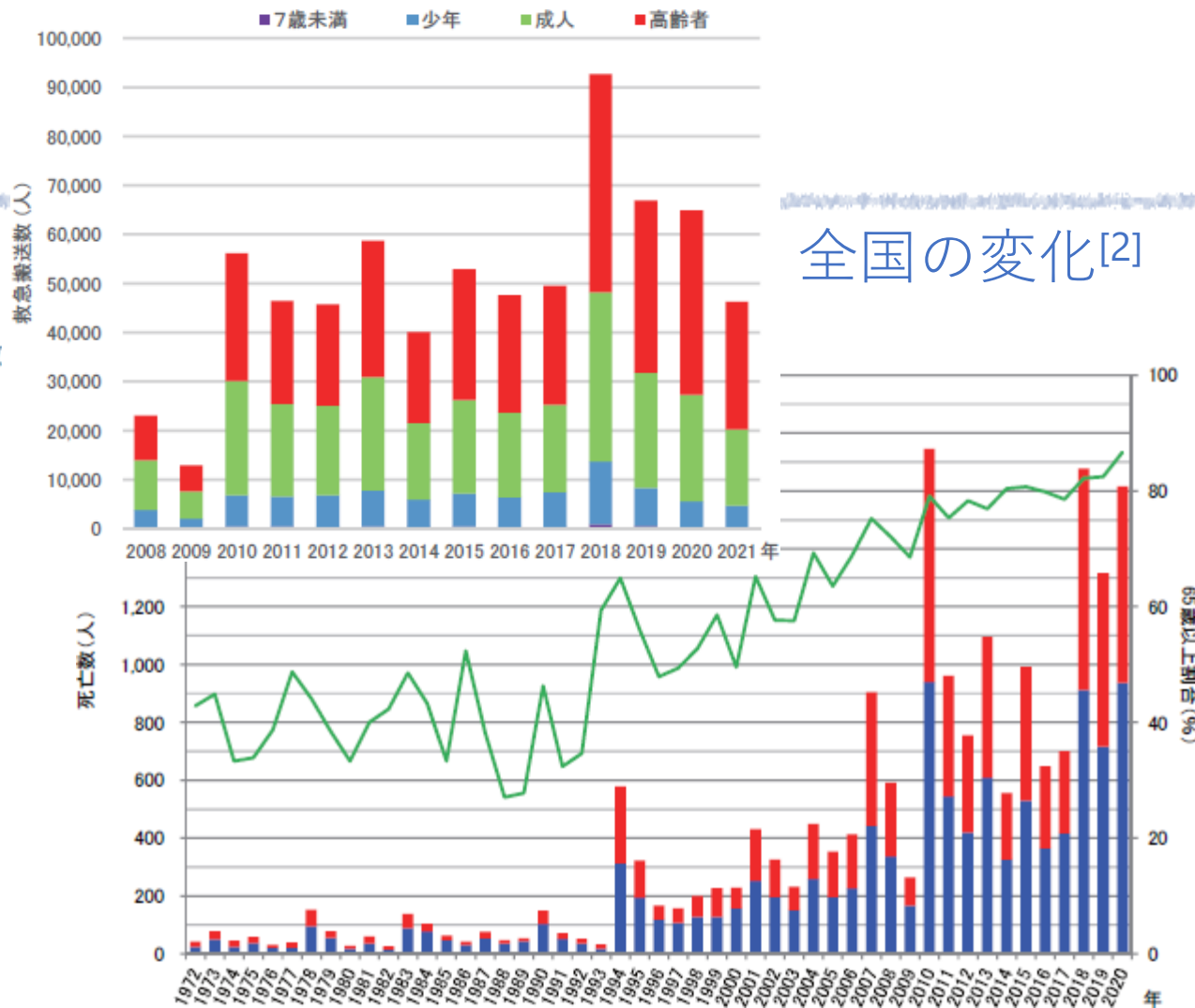
## 熱中症

### 熱中症救急搬送数の変化<sup>[1]</sup>



- 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<sup>[2]</sup>



- 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<sup>[3]</sup>。

[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](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<sup>[1]</sup>

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<sup>[2]</sup>

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

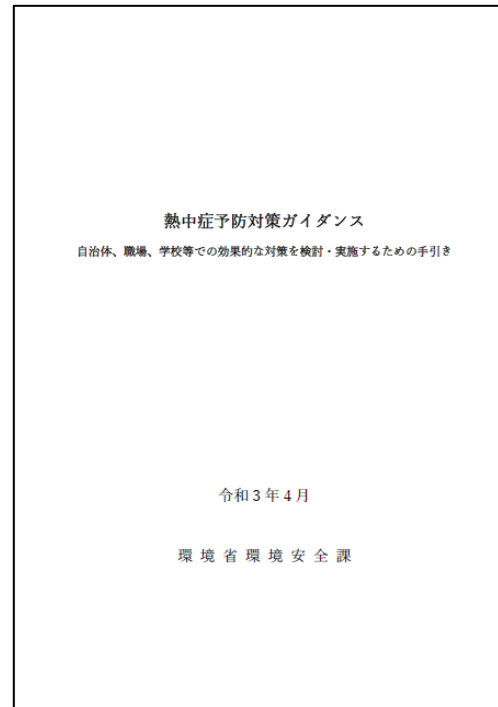
- 中期的な目標（2030年）として、熱中症による死亡者数が、現状から半減することを目指す。
  - 5年移動平均死亡者数を使用、令和4年（概数）における5年移動平均は1,295名。

#### • 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](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](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
- エアコン購入費・電気代補助

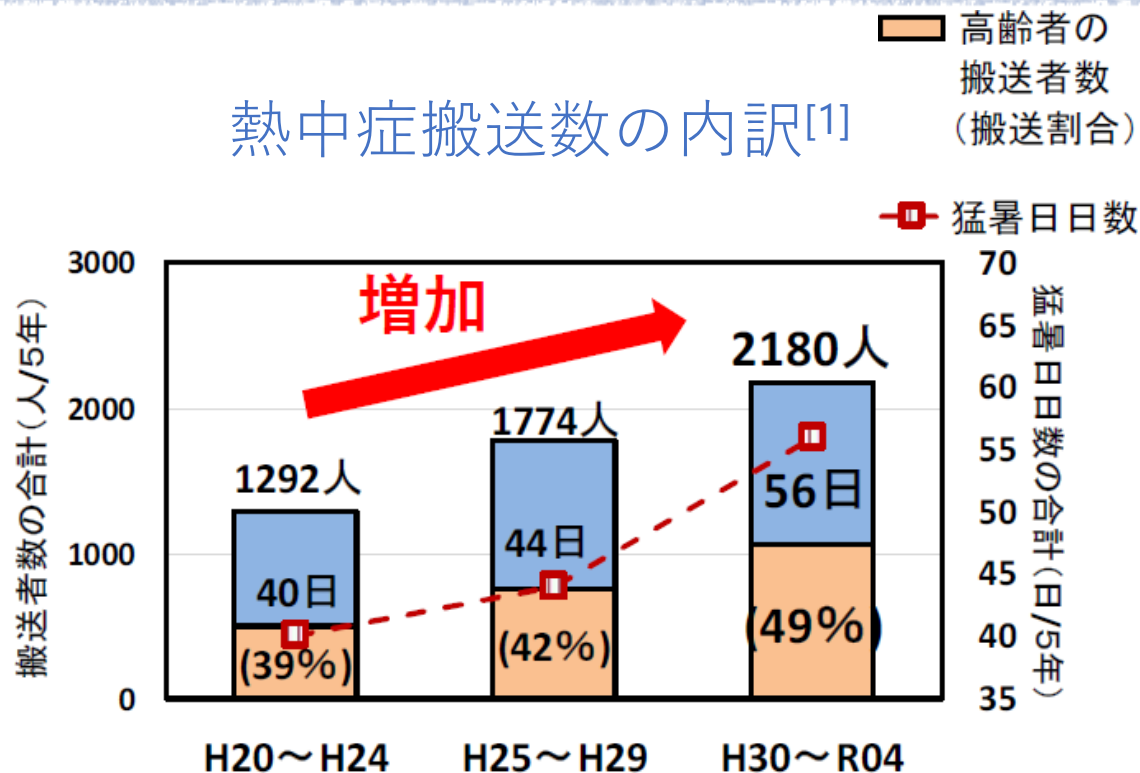
## • 効果は？

- 熱中症減少が検証された例は、ほぼ皆無。

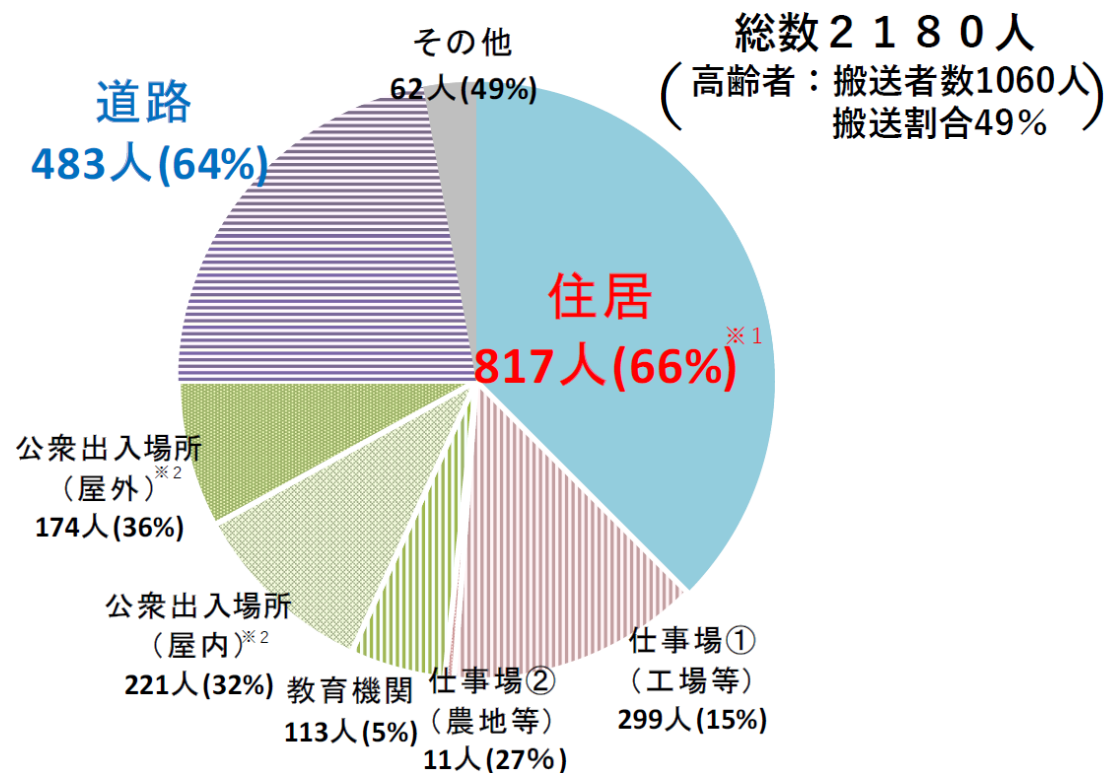


# 誰が、どこで、熱中症対策を必要としているのか？

熱中症搬送数の内訳<sup>[1]</sup>



熱中症の発生場所<sup>[1]</sup>



- 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<sup>[1]</sup>)

### • 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。

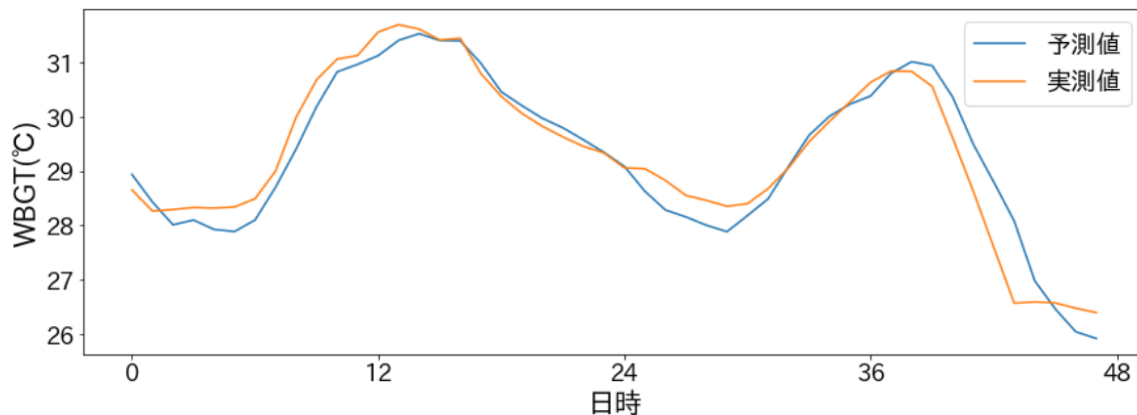
[1] 環境省(2021): 令和3年度地方公共団体における効果的な熱中症予防対策の推進に係るモデル事業の公募結果について。

<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<sup>[1]</sup>

## • 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

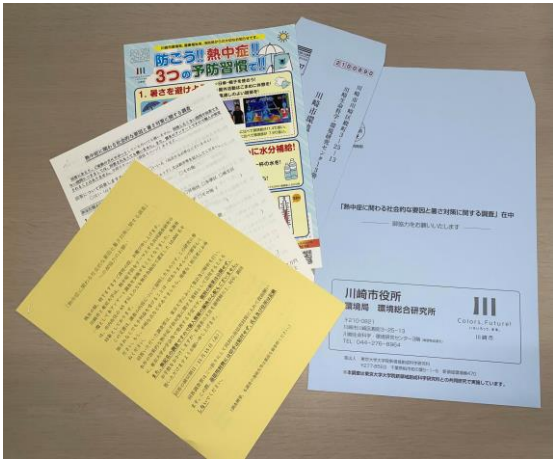
- 令和6年度

- (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）

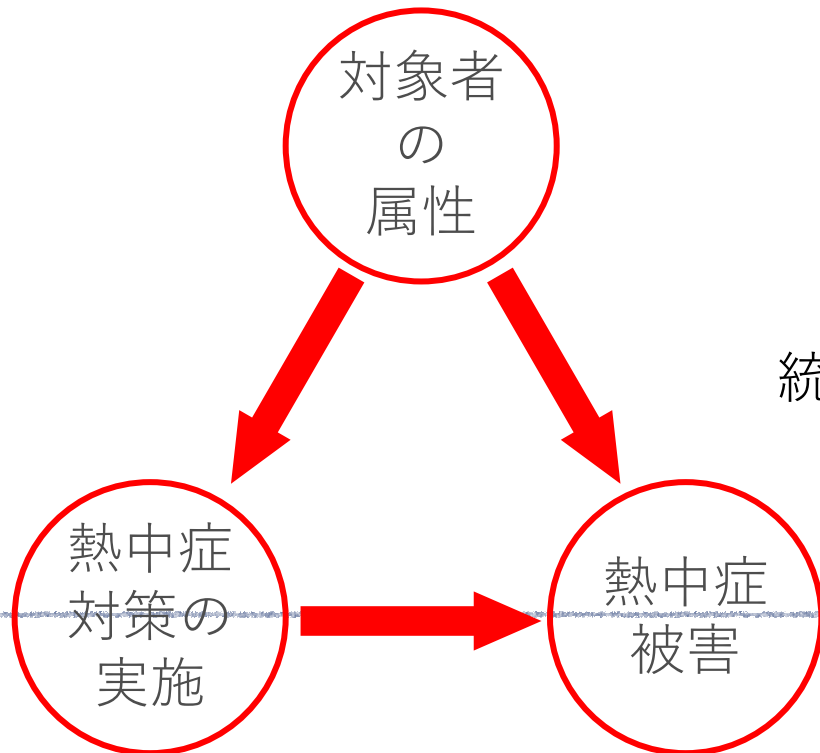
### b. 統計解析

- 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<sup>[1]</sup>。

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



計測

## a. 住宅内熱環境の実測

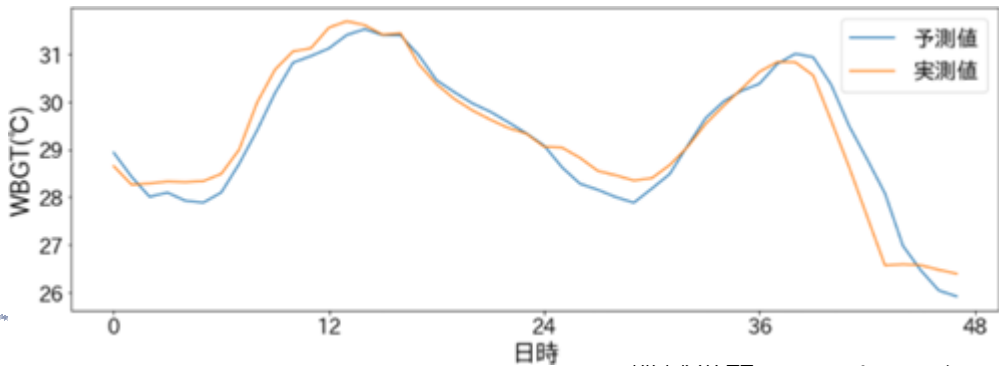
- エアコン使用室と非使用室に1セットずつ小型気象センサーを設置し実測。
  - 室温・湿度・黒球温度など
  - 住宅の構造、築年数、エアコン使用状況
- 最寄りの大気環境常時監視測定局の計測データ（気温や湿度など）も活用。

## 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<sup>[1]</sup>。
- 2018年に東京都大田区で実施<sup>[2]</sup>。



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.

# 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,使用状況,機種,断熱
- 各種の暑さ対策に関する知識,実施状況

### • 調査対象者

- 住民基本台帳から無作為抽出した70歳以上10,000名  
（70代5,000名、80歳以上5,000名）
- 市営団地居住者3,600名

#### （配付数と回答数）

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

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。

## 4 今年度の成果

# 属性(1) → 熱中症罹患（暫定版、抜粋）

- 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	
世帯人数	1人以下	12	764	0.61 (0.33 – 1.13)	17	462	1.25 (0.65 – 2.40)
	2人以上	83	3,237		21	715	
年齢(1)	75歳以上	54	2,027	1.28 (0.85 – 1.93)	27	749	1.40 (0.69 – 2.86)
	75歳未満	41	1,974		11	428	
<b>年齢(2)</b>	<b>80歳以上</b>	<b>38</b>	<b>1,187</b>	<b>1.58 (1.04 – 2.40)</b>	21	474	1.83 (0.96 – 3.51)
	80歳未満	57	2,814		17	703	



#### 4 今年度の成果

### 属性(2) → 熱中症罹患（暫定版、抜粋）

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	
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	
要介護レベル(1)	1以上	16	236	3.15 (1.81 – 5.48)	10	65	6.86 (3.12 – 15.09)
	その他	76	3,528		22	981	
要介護レベル(2)	3以上	8	81	4.33 (2.03 – 9.24)	1	22	1.50 (0.20 – 11.50)
	その他	84	3,683		31	1,024	
過去1年間のボランティア活動やクラブ活動への参加	あり	28	961	1.31 (0.83 – 2.05)	7	296	0.66 (0.28 – 1.52)
	なし	63	2,825		28	779	
1週間の外出頻度	4回以上	51	2,369	0.80 (0.52 – 1.24)	21	682	0.81 (0.40 – 1.65)
	3回以下	35	1,306		13	344	
AD8Jによる認知症判定	認知症	44	1,630	1.26 (0.83 – 1.93)	17	443	1.72 (0.81 – 3.63)
	なし	43	2,014		12	537	

#### 4 今年度の成果

### 対策(1) → 熱中症罹患（暫定版、抜粋）

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	
熱中症アラートの認知	あり	73	3,298	0.56 (0.33 – 0.95)	16	860	0.71 (0.26 – 1.97)
	なし	18	457		5	192	
天気予報や熱中症アラートによる暑さ情報を収集する	する	65	2,747	0.90 (0.56 – 1.43)	14	710	0.89 (0.36 – 2.23)
	しない	25	949		7	316	
「喉が渇かなくてもこまめに水分補給をする」の認知	あり	91	3,776	0.76 (0.18 – 3.15)	22	1,059	0.75 (0.10 – 5.70)
	なし	2	63		1	36	
ほぼ毎日喉が渇かなくてもこまめに水分補給をする	する	61	2,854	0.65 (0.42 – 1.00)	17	843	0.84 (0.33 – 2.15)
	しない	32	973		6	250	
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	
ほぼ毎日起床後・就寝前コップ一杯の水分補給をする	する	63	2,737	0.83 (0.54 – 1.30)	16	788	0.86 (0.35 – 2.10)
	しない	30	1,088		7	295	

#### 4 今年度の成果

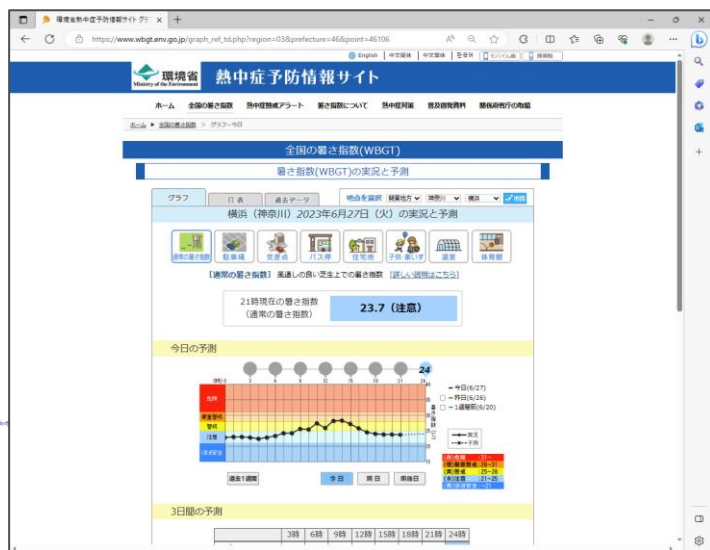
### 対策(2) → 熱中症罹患（暫定版、抜粋）

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	
X（旧Twitter）で情報収集する	する	2	93	0.90 (0.22 – 3.72)	0	37	#NUM!
	しない	93	3,908		38	1,140	
メールで情報収集する	する	10	278	1.58 (0.81 – 3.07)	3	71	1.34 (0.40 – 4.45)
	しない	85	3,723		35	1,106	
<b>ウェブサイトで情報収集する</b>	<b>する</b>	<b>7</b>	<b>660</b>	<b>0.40 (0.19 – 0.87)</b>	1	121	0.24 (0.03 – 1.73)
	しない	88	3,341		37	1,056	
市や県の広報紙で情報収集する	する	40	1,539	1.16 (0.77 – 1.76)	16	547	0.84 (0.44 – 1.61)
	しない	55	2,462		22	630	
ラジオで情報収集する	する	26	804	1.50 (0.95 – 2.37)	7	248	0.85 (0.37 – 1.94)
	しない	69	3,197		31	929	
テレビで情報収集する	する	91	3,728	1.67 (0.61 – 4.57)	36	1,144	0.52 (0.12 – 2.25)
	しない	4	273		2	33	

## 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、エアコンのサブスクリプションによる提供など



暑さ指数の実況と予測<sup>[1]</sup>

[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](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。