

## 特集：気候変動による日常生活や健康への影響を考える

## ＜総説＞

## 公衆衛生分野における気候変動の影響と適応策

橋爪真弘

東京大学大学院医学系研究科国際保健政策学

## Public health impacts of climate change and adaptation measures in Japan

HASHIZUME Masahiro

Department of Global Health Policy, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo

## 抄録

地球温暖化は着実に進行しており、効果的な温室効果ガス排出抑制策を行わない場合、産業革命前と比べて今世紀末における気温上昇が4.3℃前後になると予測されている。地球温暖化は、平均気温の上昇だけではなく、熱波や大雨などの極端現象の増加や台風の強度にも影響すると考えられ、様々な健康影響が想定されている。環境省・気候変動影響評価報告書「健康分野」で取り上げられた「冬季温暖化」「暑熱」「感染症」「その他」の各項目について要点をまとめ、適応策について解説した。

我が国では、気候変動に伴う健康リスクとして、熱ストレスによる死亡および熱中症発症リスクが特に大きく、適応策を講じる緊急性が高いと考えられる。今世紀半ばおよび今世紀末の暑熱による超過死亡数は、適切な適応策を行わなかった場合、温室効果ガス排出シナリオによらず、すべての県において2倍以上となると推定されている。またデング熱をはじめとする節足動物媒介性感染症の国内流行リスクが特に高まり、適応策を講じる緊急性が高いと考えられるほか、水系・食品媒介性感染症の発生に対しても影響があると考えられている。

2018年（平成30年）気候変動適応法が制定され、今後気候変動による被害を回避、軽減するための適応策を社会全体で進めていくことが求められている。将来の健康影響シナリオを想定し、現状の保健医療体制で医療ニーズが充足され、健康水準を保持できるのか、不足しているリソースがないか、必要な施策は何かを地域レベルで積極的に特定していくことが必要である。また緩和策と健康増進を同時に進めるコベネフィットを追求していくことも推奨される。適応策の推進にあたっては、常にヒトの健康は優先的に考慮されるべきである。

キーワード：気候変動，地球温暖化，適応策，暑熱関連死亡，コベネフィット

## Abstract

Climate change is continuing to progress steadily, and without effective greenhouse gas emission controls, the temperature rise at the end of this century is projected to reach roughly 4.3°C, compared to before

連絡先：橋爪真弘

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan.

Tel: 03-5841-3397

Fax: 03-5841-3637

E-mail: hashizume@m.u-tokyo.ac.jp

[令和2年10月11日受理]

the Industrial Revolution. Climate change not only results in a rise in average temperature, but also causes an increase in extreme phenomena such as heat waves and heavy rains, and a variety of adverse health effects are expected. In this paper, I summarize the health chapter of the Ministry of the Environment's Climate Change Impact Assessment Report released in December 2020, and explain suggested adaptation measures in Japan.

In Japan, the risk of death from heat stress or heat stroke is particularly high as a health risk associated with climate change, and adaptation measures to meet this risk are urgently needed. Without proper measures, the number of heat-related excess deaths in the middle and end of this century is expected to more than double that in 2010 in all 47 prefectures, irrespective of greenhouse gas emission scenario. In addition, the risk of domestic epidemics of arthropod-borne infectious diseases such as dengue fever is particularly high, and adaptation measures to meet this risk are also urgently needed. The risk of increased incidences of water-borne and food-borne infectious diseases has also been projected.

The Climate Change Adaptation Law was enacted in 2018, and it will be necessary for society to promote adaptation measures to minimize associated impacts on public health. It is also critical to assess whether the current health care system will be capable of meeting the community's medical needs and maintaining health standards, even under future scenarios involving these adverse health impacts. In addition, it is also recommended to pursue co-benefits that promote mitigation measures, while simultaneously promoting health. Human health should always be prioritized in promoting adaptation measures.

**keywords:** climate change, global warming, adaptation, heat-related illness, co-benefits

(accepted for publication, October 11, 2020)

## I. はじめに

日本の年平均気温は1898年の統計開始以降、100年あたり

1.24℃の割合で上昇している。特に1990年代以降、高温となる年が頻出している[1] (図1)。温暖化が進むと、将来の気温はどうなるのだろうか。気候変動に関する

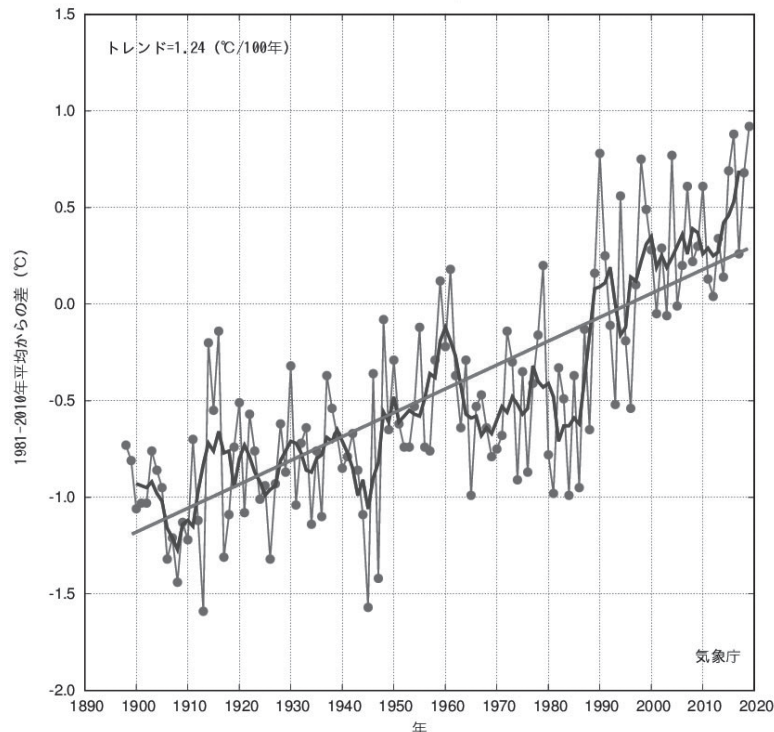


図1 日本の年平均気温偏差[1]

細線黒丸：各年の平均気温の基準値からの偏差。太線：偏差の5年移動平均値。直線：長期変化傾向。基準値は1981～2010年の30年平均値。

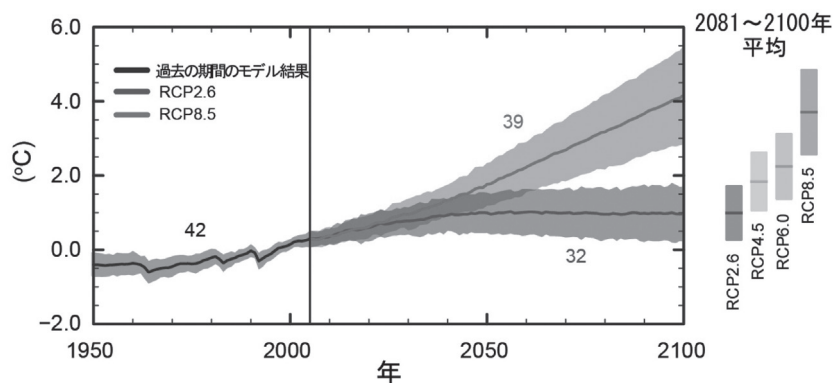


図2 世界平均地上気温の変化（1986～2005年平均からの偏差）[2]

予測と不確実性の幅（陰影）の時系列を、RCP2.6とRCP8.5のシナリオについて示した。過去のモデル結果は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した推移である。全てのRCPシナリオに対し、2081～2100年の平均値と不確実性の幅を彩色した縦帯で示している。数値は、複数モデルの平均を算出するために使用したCMIP5のモデルの数を示している。

る政府間パネル（IPCC）が2014年に公表した第5次評価報告書では、代表濃度経路（RCP）シナリオという温室効果ガス排出シナリオに基づいた将来の気温予測が報告されている。厳しい温室効果ガス排出抑制策をとり産業革命前から今世紀末までの気温上昇を1.6℃前後に抑えることを想定したシナリオ（RCP2.6）と、効果的な温室効果ガス排出抑制策を行わず今世紀末における気温上昇が4.3℃前後となることを想定したシナリオ（RCP8.5）、およびそれらの中間に位置する2つのシナリオ（RCP4.5、RCP6.0）の、合計4つのシナリオが提示されている[2]（図2）。これら複数のシナリオが提示されていることからわかるように、私たち社会の取り組みしだいで、将来の温暖化の進行度合いは変わりうる。有効な対策をとらなかった場合、東京では今世紀末に年平均気温が現在に比べて約4.4℃上昇し、真夏日が年に3か月以上になると予測されている[3]。気候変動は、平均気温の上昇だけではなく、熱波や大雨などの極端現象の増加や台風の強度にも影響すると考えられている。

2015年にパリで開かれた第21回気候変動枠組条約締結国会議（COP21）でパリ協定が採択され、世界共通の長期目標として、産業革命前からの気温上昇を2℃未満に抑えるとともに、1.5℃に抑える努力を継続することとされた。主要排出国を含むすべての国が自主的に温室効果ガス排出削減目標を策定し、国内対策の実施が義務づけられた。同年、日本政府は2030年度の温室効果ガスの排出量を2013年度比で26%削減することを目標に掲げると

ともに、中央環境審議会・気候変動影響評価等小委員会が気候変動影響評価報告書をまとめ、これをもとに気候変動への適応計画を閣議決定した。2018年（平成30年）には気候変動適応法を制定し、これにより国、地方公共団体、事業者、国民が連携・協力して適応策を推進するための法的仕組みが整備された。同法では、気候変動影響評価をおおむね5年ごとに行い、その結果等を勘案して適応計画を改定することとしており、2020年（令和2年）12月に気候変動影響評価報告書改訂版が公表された[4]。本稿では、気候変動影響評価報告書「健康分野」の解説を中心に国内での影響評価について述べた後、適応策について概説する。

## II. 影響評価

気候変動は様々なルートで我々の健康に影響を及ぼす[4]（図3）。気候変動影響評価報告書では、「冬季温暖化」「暑熱」「感染症」「その他」の各項目について、重大性、緊急性、確信度[4]（表1）の3点について評価が行われた。リスク評価の結果を図4[4]に示す。

### 1. 冬季の温暖化（冬季死亡率等）

温暖化に伴い、冬季の死亡率が低下するのではないかと議論は以前より存在したが、過去のデータからはそのような事象は観察されていない。低温による死亡者数・死亡率は、1990年代以降国内で増加傾向にあり、特に高齢者で増え、若年～中年者で減少傾向にある[5]。

表1 評価の観点[4]

●重大性：社会、経済、環境の3つの観点で評価
●緊急性：影響の発現時期、適応の着手・重要な意思決定が必要な時期の2つの観点で評価
●確信度：IPCC第5次評価報告書の確信度の考え方をある程度準用し、研究・報告のタイプ（モデル計算などに基づく定量的な予測・温度上昇度合いなどを指標とした予測・定性的な分析・推測）、見解の一致度の2つの観点で評価

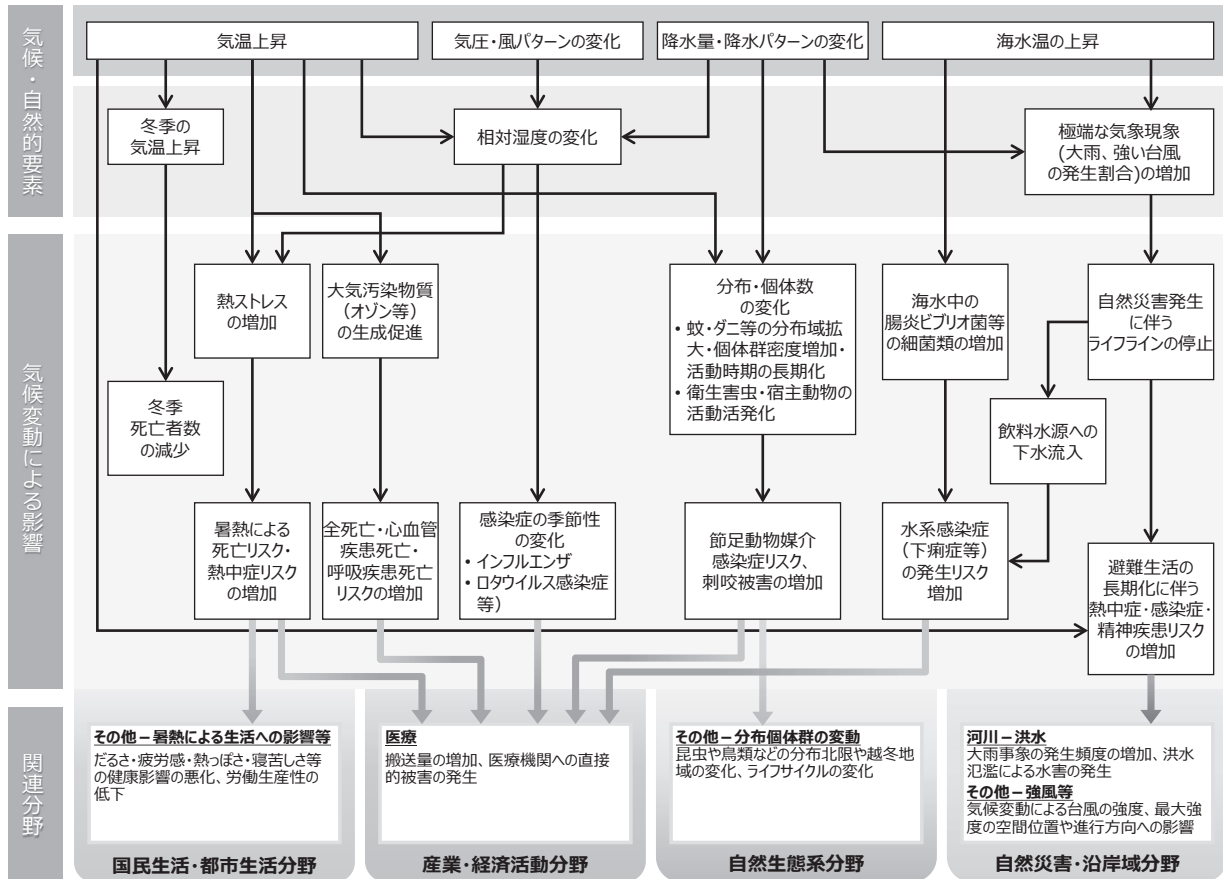


図3 気候変動による健康影響の概略図[4]

大項目	小項目	重大性	緊急性	確信度
冬季の温暖化	冬季死亡率等	◆	▲	▲
暑熱	死亡リスク等	●	●	●
	熱中症等	●	●	●
感染症	水系・食品媒介性感染症	◆	▲	▲
	節足動物媒介感染症	●	●	▲
	その他の感染症	◆	■	■
その他	温暖化と大気汚染の複合影響	◆	▲	▲
	脆弱性が高い集団への影響(高齢者・小児・基礎疾患有病者)	●	●	▲
	その他の健康影響	◆	▲	▲

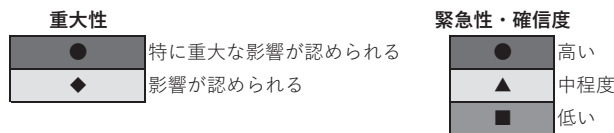


図4 健康分野における気候変動リスク評価[4]

また過去の時系列データの解析により、暑熱に対する死亡リスクは近年低下している一方、低温に対する死亡リスクは上昇傾向にあり、極端な低温環境下では、循環器系疾患(脳卒中や院外心停止、心筋梗塞)、呼吸器系疾患の死亡リスクが増加することが明らかとなっている[6-11]。将来予測に関しては、過去のデータより得られ

た気温と死亡の負の関連の係数を将来の予測気温に外挿するため、気温上昇に伴い低温による死亡者数・死亡リスクは減少するという報告が多いが[12]、上述の通りこれは過去のデータで実際観察された事象とは逆説的であり、将来冬季の死亡率が低下するかについては、更なる知見が必要である。

## 2. 暑熱(死亡リスク等, 熱中症等)

暑熱による死亡リスクおよび熱中症については、特に重大な影響が認められると判断され、緊急性、確信度についても高いと評価されている。過去の国内におけるデータから気温上昇による超過死亡の増加傾向が確認されており、特に高齢者の超過死亡、熱中症救急搬送数および熱中症死亡数が増加傾向にある[13-16]ことから、今後有効な適応策をとらない場合、高齢化の進展に伴い熱ストレスによる死亡および熱中症発症リスクが高まると予想される。実際、将来予測研究においてRCP2.6、RCP 4.5、RCP 8.5のいずれのシナリオにおいても、今世紀末にかけて暑熱による超過死亡者数が増加することが予測されている。2031~2050年および2081~2100年の超過死亡数(2010年基準)を推定した研究によれば、暑熱による超過死亡数は、将来期間、RCP、年代によらずすべての県において2倍以上となる[5]。また、熱中症搬送者数は、21世紀半ばには四国を除き2倍以上を示す県が多数となり(RCP8.5シナリオ)、21世紀末にはほぼ全県において2倍以上になる(RCP2.6以外のシナリオ)と推定されている[5]。一方で、パリ協定の目標である気温上昇を2℃未満(産業革命以前と比べて)に抑えることができた場合、暑熱による死亡を大幅に抑制できると推定されている[17]。

## 3. 感染症

感染症は水系・食品媒介性感染症、節足動物媒介感染症、その他の感染症に分けて評価された。デング熱に代表される節足動物媒介性感染症について特に重大な影響が認められ、緊急性が高いものの、確信度については中程度、水系・食品媒介性感染症およびその他の感染症についてはともに重大性について「影響が認められる」とされた[4](図4)。

水系・食品媒介性感染症の発生と気温との関連は、細菌性かウイルス性かにより異なる。例えば細菌性下痢症は夏に多く気温とは正の関連を認め、ウイルス性下痢症は冬~春に多く気温とは負の関連を示す[18]。海水温や淡水温の上昇は、海水中や淡水中の細菌類を増加させ、水系感染症のリスクを増加させる可能性がある。温暖で閉鎖性汽水域に分布し、ヒトに感染すると下痢・腹痛や皮膚疾患等を起こすビブリオ・バルニフィカス菌は海水表面温度が20℃以上になると検出数が増加するが、日本近海において20℃の北限線は近年北上する傾向にある[19,20]。また海水表面温度の上昇により、夏季に海産魚介類に付着する腸炎ビブリオ菌数が増加する傾向が日本各地で報告されている[21-23]。欧米では、気温の上昇とキャンピロバクター感染症患者数やキャンピロバクター感染プロイラー数の正の関連が報告されており[24]、気温の上昇は食品の加工・流通・保存・調理の各過程において食品の細菌汚染・増殖を通して、食品媒介性感染症のリスクを増加させる可能性が指摘されている。一方、国内の感染性胃腸炎は、今世紀末には日本全国で罹患リ

スクが低下することが予測されている[25]。これは、感染性胃腸炎の多くを占めるロタウイルスやノロウイルス等のウイルス性下痢症が気温上昇に伴い減少すると推定されるためであり、夏季の細菌性下痢症については知見が十分でない。

気温の上昇や降水パターンの変化は、感染症を媒介する節足動物(蚊やダニ等)の分布域や個体群密度、吸血行動を変化させ、節足動物媒介性感染症の流行地域拡大や患者数増加をもたらす可能性がある。デングウイルス等を媒介するヒトスジシマカの分布域は1950年代は北関東が北限であったが、年々北上し2016年には青森県で定着が認められている。今世紀末にはその分布域が国土全体の約75~96%に達すると見込まれ(RCP8.5)、現在では侵入・定着が確認されていない北海道南部においても、生息が拡大する可能性が示唆されている[26]。近年デング熱の輸入例は年300~400例前後であるが増加傾向にあり、ヒトスジシマカの生息域や個体群密度の変化を考慮すると、輸入感染症例から国内での感染連鎖の発生が危惧されている。実際、2014年夏には都内の公園を中心に一例の輸入症例から多数の人がデング熱を発症した。今後、海外からの旅行者増加にともない輸入例が増えた場合、温暖化による媒介蚊の分布拡大・密度増加が国内感染リスクをさらに高めることにつながるが、我が国において患者数の将来予測に関する知見は非常に限られており、この分野での研究進展が望まれる。

その他の感染症については、インフルエンザや手足口病、水痘、結核などの季節性の変化や、気象条件(気温・湿度・降水量など)との関連についての報告が確認され、気候変動に伴い季節性の変化や発生リスクが変化する可能性が指摘されている。

## 4. その他

温暖化と大気汚染の複合影響、脆弱性が高い集団への影響(高齢者・小児・基礎疾患有病者等)、その他の健康影響について評価が行われた。温暖化と大気汚染の複合影響については影響が認められ、緊急性・確信度は中程度、脆弱性が高い集団への影響については、特に重大な影響が認められ、緊急性が高いものの、確信度については中程度とされた[4](図4)。

温暖化と大気汚染に関しては、気温上昇による生成反応促進、その他のメカニズムにより、粒子状物質を含む様々な大気汚染物質濃度の変化が報告されている。特に光化学オキシダント及びその大半を占めるオゾン濃度の経年的増加が報告されており、温暖化が一部寄与している可能性が示唆されている[27-29]。オゾンは循環器疾患死亡・呼吸器疾患死亡との関連が示されており[30]、温暖化に伴うオゾン濃度上昇は、オゾン関連死亡を増加させる可能性がある。将来予測に関しては、温暖化に伴い2020年代までに国内でオゾンおよびPM2.5による早期死亡者数が増加することが予測されている[31]。

高齢者は暑熱に対して脆弱であり、日射病・熱中症の

リスクが高く、発症すれば重症化しやすいことや[32,33]、気温上昇により院外心停止のリスクが増すことが報告されている[16]。特に呼吸器疾患を有する高齢者は、睡眠時の暑熱環境が呼吸困難感と身体の不調に関連することが報告されている[34]。また、高齢者と比べ屋外で暑熱環境に曝露される可能性が高い20代～60代の熱中症発症リスク・熱中症死亡リスクが高いことも報告されているほか[35]、所得や社会的地位等の生活水準との関連を報告する文献も多数見られる[36,37]。小児あるいは胎児(妊婦)への影響については、米国の事例では暑熱に関連する超過死亡が高齢者と同程度であったという報告があるが[38]、国内では情報が限定的である。

### III. 適応策

地球温暖化の対策は、これまで原因となる温室効果ガスの排出を削減する「緩和策」を中心に進められてきた。しかし、世界が早急に緩和策に取り組んだとしても、地球温暖化の進行を完全に制御することはできないと考えられている。温暖化の影響と考えられる事象が世界各地で起こる中、その影響を抑えるためには、私たちの生活・行動様式の変容や防災への投資といった被害を回避、軽減するための「適応策」が求められる。例えば、環境省は熱中症予防情報サイト[39]を設けて、私たちが日々の生活や街中で熱中症を予防するための様々な工夫や取り組みを紹介したり、保健活動にかかわる人向けの保健指導マニュアル「熱中症環境保健マニュアル」を公開している。これも暑熱に対する適応策である。また上述した将来シナリオのように健康影響が生じた場合、現状の保健医療体制で住民の医療ニーズに応え、健康水準を保持できるのか、そのために不足しているリソースがあるとすれば何で、必要な施策は何かを特定することが望まれる[40]。例えば、21世紀半ばに熱中症搬送者数が2倍以上となった場合、現行の救急搬送システム(救急隊員数、救急車の数等)ですべての熱中症患者を同じ水準で搬送可能なのか、受入れる医療機関、病床、医療従事者は足りるのか、といった評価を行い、対策を立案していくことが今後求められる。また緩和策と健康増進を同時に進めるコベネフィットを追求していくことも推奨される。例えば、自動車の代わりに自転車を使うことは、自動車から排出される温室効果ガスと大気汚染物質を減らし(緩和策)、自転車を漕ぐことで心肺機能が高まり健康増進につながる[41]。肉食を減らし、野菜食を中心にするのは、家畜の飼育過程で糞尿などから大量に排出されるメタンガスなどの温室効果ガスを抑制すると同時に、健康増進につながる[42]。こうしたコベネフィットを社会全体で追及していくことは、各セクターで縦割りになりがちな適応策に横のつながりをもたらしることが期待される。

わが国では2015年(平成27年)に気候変動の影響への適応計画を閣議決定し、2018年(平成30年)気候変動適

応法を制定した。これにより国、地方公共団体、事業者、国民が連携・協力して適応策を推進するための法的仕組みが整備された。緩和策と適応策は気候変動対策の車の両輪の関係であり、同時に進めていくことが不可欠である。気候変動適応法では、適応に関する情報基盤の中核として国立環境研究所を位置付け、同研究所に気候変動適応センターが新設され、気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)[43]が運営されている。A-PLATは地域の気候変動適応計画づくりや適応施策を支援するツールの開発や技術的情報の提供を行っており、地方公共団体や事業者の利活用が求められている。気候変動の影響は地域により異なるため、地域の実情に応じた適応の取組が重要との認識のもと、同法では地域での適応の強化を求めており、都道府県及び市町村に地域気候変動適応計画策定の努力義務を課している。地域において、適応の情報収集・提供等を行う体制として、地域気候変動適応センターを確保することが求められており、地域での適応策策定、推進の中心的役割を担うことが期待されている。

### IV. おわりに

公衆衛生分野における気候変動の影響と適応策について、我が国の現状と課題について述べた。本稿で紹介した影響評価報告書に記載された内容は、疫学研究等で明らかとなっている知見を基にしているが、科学研究の常として方法論的に結果を得やすい事象のみが明らかとなっている可能性はある。気候変動の影響は農林水産業、水環境・水資源、自然生態系、自然災害、産業・経済活動、国民生活などすべての分野に及ぶものであり、これら各分野への影響は結果として我々の健康に影響を及ぼすと考えられるが、分野間の複雑な相互作用による健康影響を定量化することは、現在の科学では方法論的に困難を伴う。こうした現状において、報告されている健康影響は過小評価されている可能性があるとして筆者は考えている。気候変動適応法が制定され、国民全体で適応策の推進が求められる中、ヒトの健康は常に優先的に考慮されるべきである。

本総説について、開示すべき利益相反はない。

### 引用文献

- [1] 気象庁. 日本の年平均気温. [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_jpn.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html) (accessed 2020-10-10)  
Japan Meteorological Agency. [Nihon no nen heikin kion.] [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_jpn.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html) (in Japanese) (accessed 2020-10-10)
- [2] 気象庁. 気候変動2013:自然科学的根拠(政策決定者向け要約). [http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc\\_ar5\\_wg1\\_spm\\_jpn.pdf](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_spm_jpn.pdf) (accessed 2020-10-10)

- Japan Meteorological Agency. [Kiko hendo 2013: shizen kagakuteki konkyo (seisaku ketteisha muke yoyaku).] [http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc\\_ar5\\_wgl\\_spm\\_jpn.pdf](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wgl_spm_jpn.pdf) (in Japanese) (accessed 2020-10-10)
- [3] 環境省中央環境審議会. 日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について (意見具申). 2015.  
Ministry of the Environment. [Nihon ni okeru kikohendo ni yoru eikyo no hyoka ni kansuru hokoku to kongo no kadai ni tsuite (iken gushin).] 2015. (in Japanese)
- [4] 環境省中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会. 気候変動影響評価報告書 (詳細). 2020.  
Ministry of the Environment. [Kiko hendo eikyo hyokahokokusho (shosai).] 2020. (in Japanese)
- [5] 茨城大学地球変動適応科学研究機関 (ICAS) 独立行政法人国立環境研究所. S-8温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究2014報告書 地球温暖化「日本への影響」—新たなシナリオに基づく総合的影響評価予測と適応策—. 2014.  
Institute for Global Change Adaptation Science, Ibaraki University. [S-8 Ondanka eikyo hyoka/tekio seisaku ni kansuru sogoteki kenkyu 2014 hokokusho chikyu ondanka “Nihon heno eikyo”: aratana shinario ni motozuku sogotekiekyohokayosoku to tekiosaku.”.] 2014. (in Japanese)
- [6] Kotani K, Ueda K, Seposo X, Yasukochi S, Matsumoto H, Ono M, et al. Effects of high ambient temperature on ambulance dispatches in different age groups in Fukuoka, Japan. *Glob Health Action*. 2018;11(1):1437882.
- [7] Fukuda T, Ohashi N, Doi K, Matsubara T, Kitsuta Y, Nakajima S, et al. Impact of seasonal temperature environment on the neurologic prognosis of out-of-hospital cardiac arrest: a nationwide, population-based cohort study. *J Crit Care*. 2014;29(5):840-847.
- [8] Honda T, Fujimoto K, Miyao Y. Influence of weather conditions on the frequent onset of acute myocardial infarction. *J Cardiol*. 2016;67(1):42-50.
- [9] Yamaji K, Kohsaka S, Morimoto T, Fujii K, Amano T, Uemura S, et al. Relation of ST-segment elevation myocardial infarction to daily ambient temperature and air pollutant levels in a Japanese nationwide percutaneous coronary intervention registry. *Am J Cardiol*. 2017;119(6):872-880.
- [10] Atsumi A, Ueda K, Irie F, Sairenchi T, Imura K, Watanabe H, et al. Relationship between cold temperature and cardiovascular mortality, with assessment of effect modification by individual characteristics: Ibaraki Prefectural health study. *Circulation Journal*. 2013;77(7):1854-1861.
- [11] Onozuka D, Hagihara A. Spatiotemporal variations of extreme low temperature for emergency transport: a nationwide observational study. *International Journal of Biometeorology*. 2016;61:1081-1094.
- [12] Gasparrini A, Guo Y, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Huber V, Tong S, et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Health*. 2017;1(9):e360-e367.
- [13] Lim YH, Reid CE, Honda Y, Kim H. Temperature deviation index and elderly mortality in Japan. *Int J Biometeorol*. 2016;60(7):991-998.
- [14] 藤部文昭. 暑熱 (熱中症) による国内死者数と夏季気温の長期変動. *天気*. 2013;60(5):371-381.  
Fujibe F. [Shakunetsu (necchusho) ni yoru kokunai shibosyasu to kakikion no chokihendo.] *Tenki*. 2013;60(5):371-381. (in Japanese)
- [15] Chung Y, Lim YH, Honda Y, Guo YL, Hashizume M, Bell ML, et al. Mortality related to extreme temperature for 15 cities in northeast Asia. *Epidemiology*. 2015;26(2):255-262.
- [16] Yamazaki S, Michikawa T. Association between high and low ambient temperature and out-of-hospital cardiac arrest with cardiac etiology in Japan: a case-cross-over study. *Environ Health Prev*. 2017;22(1):60.
- [17] Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Sera F, Huber V, Schleussner C-F, Mitchell D, et al. Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios. *Climatic change*. 2018;150(3-4):391-402.
- [18] Carlton EJ, Woster AP, DeWitt P, Goldstein RS, Levy K. A systematic review and meta-analysis of ambient temperature and diarrhoeal diseases. *Int J Epidemiol*. 2016;45(1):117-130.
- [19] 文部科学省, 気象庁, 環境省. 気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』(2012年度版). 2013.  
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan Meteorological Agency, Ministry of the Environment. [Kiko hendo no kansoku/yosoku oyobi eikyo hyoka togo report “Nihon no kiko hendo to sono eikyo” (2012 nendo ban).] 2013. (in Japanese)
- [20] 山關省吾, 右田雄二, 中村まき子, 浦伸孝, 工藤由起子, 三澤尚明, 他. 長崎県沿岸におけるVibrio vulnificusの分布と環境因子. *日本獣医公衆衛生学会会誌*. 2009;62:649-655.  
Yamasaki S, Migita Y, Nakamura M, Ura N, Hara-Kudo Y, Misawa N, et al. [Effect of environmental factors on the occurrence of vibrio vulnificus in costal waters of Nagasaki Prefecture, Japan.] *Journal of the Japan Veterinary Medical Association*. 2009;62:649-655.
- [21] 有塚真弓, 関和美, 宮本孝子, 内田順子, 池本龍一. 香川県における腸炎ビブリオ消長調査について. 香

- 川県環境保健研究センター所報. 2013;12:112-114.  
 Arizuka M, Seki K, Miyamoto T, Uchida J, Ikemoto R. [Prevalence Survey of *Vibrio parahaemolyticus* in Kagawa Prefecture.] Annual report of Kagawa Prefectural Research Institute for Environmental Sciences and Public Health. 2013;12:112-114. (in Japanese)
- [22] 金谷潤一, 磯部順子, 木全恵子, 清水美和子, 佐多徹太郎, 綿引正則. 富山県における市販魚介類および漁港海水の腸炎ビブリオ菌数の推移と食中毒事例数との相関 (1979~1995, 2008~2012年). 日本食品微生物学会雑誌. 2014;31(2):93-99.  
 Kanatani J, Isobe J, Kimata K, Shimizu M, Sata T, Watahiki M. [Correlation between levels of *vibrio parahaemolyticus* detected in seawater from fishing ports and in fishes on the market and the number of cases of foodborne outbreak in Toyama Prefecture during 1979-1995 and 2008-2012.] Jpn J Food Microbiol. 2014;31(2):93-99. (in Japanese)
- [23] 後藤郁男, 中居真代, 宮崎麻由, 木村葉子, 矢崎知子, 高橋恵美, 他. 夏季に発生する腸炎ビブリオおよびサルモネラの動態について. 宮城県保健環境センター年報. 2011;29:27-29.  
 Goto I, Nakai M, Miyazaki M, Kimura Y, Yazaki T, Takahashi E, et al. [Investigation of *vibrio parahaemolyticus* and *salmonella* detected in food poisoning or gastroenteritis.] Annual Report of Miyagi Prefectural Institute of Public Health and Environment. 2011;29:27-29. (in Japanese)
- [24] Patrick ME, Christiansen LE, Wainø M, Ethelberg S, Madsen H, Wegener HC. Effects of climate on incidence of *Campylobacter* spp. in humans and prevalence in broiler flocks in Denmark. *Appl Environ Microbiol*. 2004;70(12):7474-7480.
- [25] Onozuka D, Gasparrini A, Sera F, Hashizume M, Honda Y. Modeling Future Projections of Temperature-Related Excess Morbidity due to Infectious Gastroenteritis under Climate Change Conditions in Japan. *Environ Health Perspect*. 2019;127(7):77006.
- [26] 小林睦生. 蚊媒介性感染症. 公衆衛生. 2015;79(7):449-453.  
 Kobayashi M. [Ka baikaisei kansensho.] *The Journal of Public Health Practice*. 2015;79(7):449-453. (in Japanese)
- [27] Dear K, Ranmuthugala G, Kjellström T, Skinner C, Hanigan I. Effects of Temperature and Ozone on Daily Mortality During the August 2003 Heat Wave in France. *Archives of Environmental & Occupational Health*. 2005;60(4):205-212.
- [28] Ren C, Williams GM, Morawska L, Mengersen K, Tong S. Ozone modifies associations between temperature and cardiovascular mortality: analysis of the NMMAPS data. *Occupational and Environmental Medicine*. 2008;65(4):255.
- [29] 若松伸司. 光化学大気汚染の対策と現況—近年の対策とその根拠—. 大気環境学会誌. 2013;48(3):167-170.  
 Wakamatsu S. [Kokagaku taiki osen no taisaku to genjo: kinnen no taisaku to sono konkyo.] *Japan Society Atmospheric Environment*. 2013;48(3):167-170. (in Japanese)
- [30] Fleming Z, Doherty R, von Schneidmesser E, Malley C, Cooper O, Pinto J, et al. Tropospheric Ozone Assessment Report: Present-day ozone distribution and trends relevant to human health. *Elementa: Science of the Anthropocene*. 2018;6(1):47.
- [31] Yamashita K, Honda Y. Climate Change and Air Pollution in East Asia: Taking Transboundary Air Pollution into Account. In: Akhtar R, Palagiano C, editors. *Springer Climate*. Cham: Springer International Publishing; 2018. p. 309-326.
- [32] 藤野毅, 河野和宏, 桐原啓真. 埼玉県内の熱中症搬送者の特徴と対応に関する課題. 水文・水資源学会研究発表会要旨集. 2011;24:30.  
 Fujino T, Kawano K, Kirihara K. [Saitamakennai no necchusho hansosha no tokucho to taio ni kansuru kaidai.] *Kenkyu happyo kai yoshishu, Japan society of hydrology and water resources*. 2011;24:30. (in Japanese)
- [33] 飯田涼太, 黒木尚長, 櫻井嘉信, 廣崎英和, 畑明寿, 藤谷登. 大阪市における熱中症発症の実態. 千葉科学大学紀要. 2016;(9):93-98.  
 Iida R, Kuroki H, Sakurai Y, Hirosaki H, Hata A, Fujitani N. [Heat stroke in Osaka City.] 2016;(9):93-98. (in Japanese)
- [34] 階堂武郎, 鈴木幸子, 本田靖, 本城綾子, 前倉亮治. 慢性閉塞性肺疾患患者の寝室暑熱環境と呼吸困難感に関連する気象要因. 日本健康学会誌. 2017;83(3):85-93.  
 Kaido T, Suzuki S, Honda Y, Honjo A, Maekura R. [Association between bedroom thermal environment and complaints of dyspnea in patient with chronic obstructive pulmonary disease.] *Jpn J Health & Human Ecology*. 2017;83(3):85-93. (in Japanese)
- [35] Kotani K, Ueda K, Seposo X, Yasukochi S, Matsumoto H, Ono M, et al. Effects of high ambient temperature on ambulance dispatches in different age groups in Fukuoka, Japan. *Global health action*. 2018;11(1):1437882.
- [36] Macnee RGD, Tokai A. Heat wave vulnerability and exposure mapping for Osaka City, Japan. *Environment Systems and Decisions*. 2016;36(4):368-376.
- [37] 藤部文昭, 松本淳, 鈴木秀人. 東京23区の熱中症死亡率と気温分布との関係—2013年についての解析. 日本ヒートアイランド学会論文集. 2017;12:1-8.



- Fujibe F, Matsumoto J, Suzuki H. [Relationship between heat mortality and temperature distribution in the Tokyo ward area: Analysis for the 2013 summer.] *Journal of Heat Island Institute International*. 2017;12:1-8. (in Japanese)
- [38] Sheffield PE, Landrigan PJ. Global climate change and children's health: threats and strategies for prevention. *Environmental health perspectives*. 2011;119(3):291-298.
- [39] 環境省. 熱中症予防情報サイト. <http://www.wbgt.env.go.jp/> (accessed 2020-10-10)  
Ministry of the Environment. [Necchusho yobo joho site.] <http://www.wbgt.env.go.jp/> (in Japanese) (accessed 2020-10-10)
- [40] Ebi KL, Berry P, Hayes K, Boyer C, Sellers S, Enright PM, et al. Stress testing the capacity of health systems to manage climate change-related shocks and stresses. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(11):2370.
- [41] IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; 2014.
- [42] Springmann M, Godfray HCJ, Rayner M, Scarborough P. Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2016;113(15):4146-4151.
- [43] 国立研究開発法人国立環境研究所. 気候変動適応情報プラットフォーム (A-PLAT). <https://adaptation-platform.nies.go.jp/> (accessed 2020-10-10)  
National Institute for Environmental Studies. [Kiko hendo tekio joho platform (A-PLAT).] <https://adaptation-platform.nies.go.jp/> (in Japanese) (accessed 2020-10-10)