



## 地球温暖化とその影響

東洋大学 上野 哲

### 1. はじめに

近年、地球温暖化により熱中症や異常気象に伴う自然災害の増加及び作物の不作などが生じ社会に甚大な影響を及ぼしている。本稿では生活と関連した地球温暖化の状況や今後の予測とその影響（健康面や第一次産業）について気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第6次評価報告書<sup>1)~4)</sup>などを中心に紹介する。特に熱中症については、最近の知見<sup>5)~7)</sup>と国の対策<sup>8)</sup>について述べる。

### 2. 地球温暖化の状況

2024年、世界の平均気温は15.1℃に達し過去最高を記録した<sup>9)</sup>。1850-1900年との比較で1.6℃上昇し、気温上昇を2℃より十分低く保ち1.5℃に抑える努力をすとしたパリ協定の目標値を単年で上回った。ただし年平均気温は年によってばらつきがあるため、温暖化の水準を超えた正確な時点は20年間の世界平均気温の平均値がその水準を超えた時点とされる。IPCC<sup>1)</sup>によれば、気温上昇の幅が一時的に1.5℃を超える場合には、1.5℃以下にとどまる場合と比較して人間と自然のシステムに深刻なリスクが生じる可能性が高いとしている。この状況を国連のグテーレス事務総長は「地球温暖化の時代は終わり、地球沸騰化の時代が到来した。」と述べている。日本においても、2024年には年平均気温が平年（1991-2020年の30年間の平均）を1.48℃上回り、過去最高を記録した。陸では海よりも1.4-1.7倍の速さで温暖化が進むことはほぼ確実にされており<sup>1)</sup>、地理的に大陸に近い日本は気温上昇が地球平均よりも大きい。

温室効果ガスである二酸化炭素やメタンは、地表から発散される赤外線の宇宙空間への放出を妨げるため、熱

が地表に留まり大気温度が上昇する。大気中の二酸化炭素濃度は増加を続け、産業革命前の約280 ppmから2024年には1.5倍の420 ppmを超えた。（図1）<sup>10)</sup>。現在の二酸化炭素濃度は過去200万年の間で最も高いと考えられている（図2）。IPCC第6次評価報告書<sup>1)</sup>では、人間活動、とりわけ温室効果ガスの排出によって地球温暖化が引き起こされたことは疑う余地がないとしている。

過去の地球には、現在よりも気温が高い時代があった。約5,000万年前の前期始新世の頃は、二酸化炭素濃度が今の4~5倍ほど高く、気温も15℃ほど高かった（図2）。当時は、北極や南極にも氷がなく森で覆われていた。その後、森林の増加などによる大気中の二酸化炭素濃度の減少等により気温が徐々に下がったと考えられている。10万年周期で起きるとされる氷河期は、温暖化ガスの影響ではなく、太陽を回る地球の公転軌道が円から楕円に少しくずれること及び自転軸の傾きや自転軸の歳差運動の変化で日射量が減少することのため起きるとされる。その他の自然要因としては、火山活動、太陽の活動やエルニーニョ現象等の混沌としたプロセスも含まれる。これらの自然現象が起きれば、人間活動に起因する温暖化の影響を増幅すると予想されている。

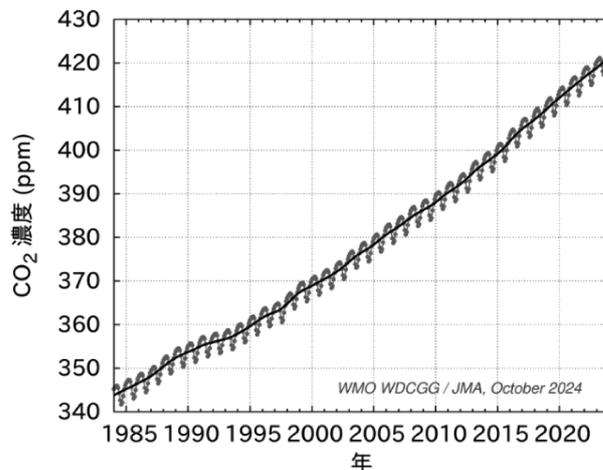


図1 大気中の二酸化炭素の世界平均濃度<sup>9)</sup>

Satoru UENO

東洋大学食環境科学部健康栄養学科/同大学院研究科 教授  
 [著者紹介] (略歴) 東京大学理学部物理学科卒業、東京大学理学系研究科物理学専攻博士前期課程修了。博士(医学)、スイスチューリッヒ工科大学留学、独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所統括研究員、東京大学客員研究員、東京大学非常勤講師、東京都広尾看護専門学校非常勤講師、労働衛生コンサルタント  
 [専門分野] 環境衛生、労働生理、公衆衛生

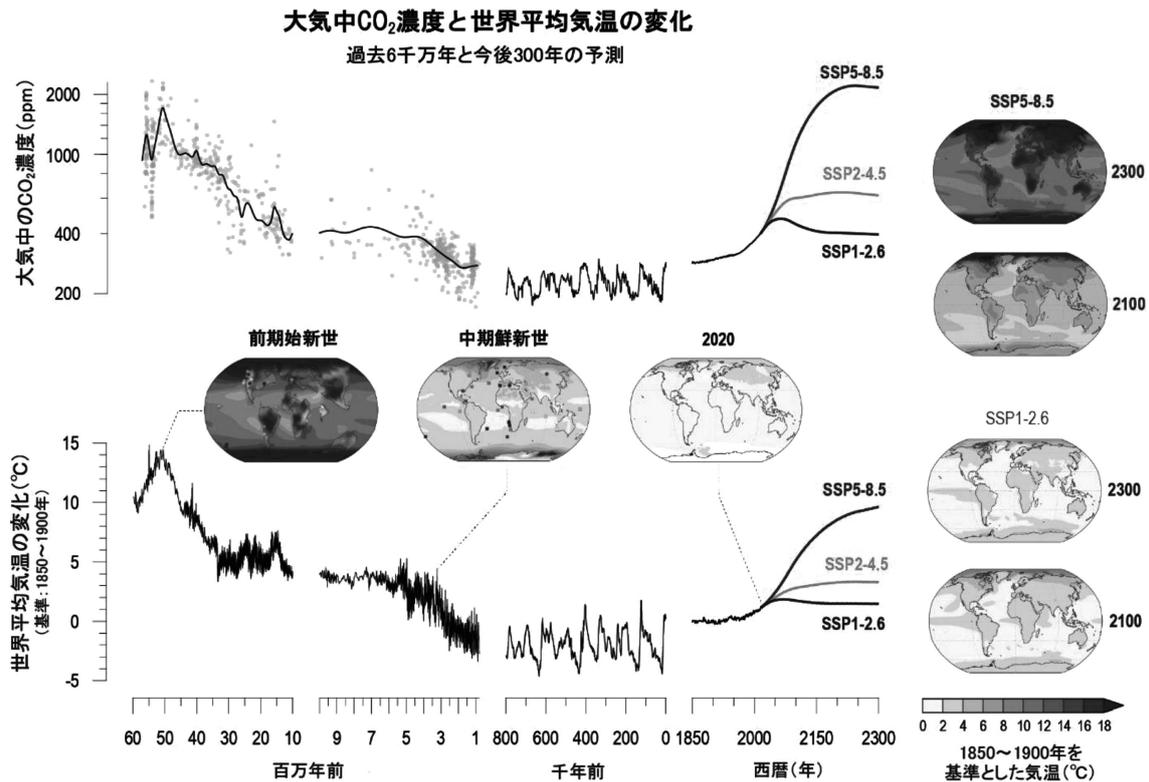


図2 大気中 CO<sub>2</sub> 濃度と世界平均気温の変化<sup>1)</sup>

### 3. 地球温暖化の将来予測

IPCC 第6次報告書では、5種類の二酸化炭素排出予測モデルに基づいて1850-1900年の気温に対する温度上昇の将来予測が行われた(図3(a)).

- ①SSP1-1.9: 21世紀半ばに二酸化炭素排出量を正味ゼロ(排出量を極力削減し、吸収量を増やすことで両者のバランスをとる)に抑えるモデルで、21世紀末までの温度上昇を現在とほぼ同じ約1.5°C以下に抑える事が可能とされる。
- ②SSP1-2.6: 21世紀後半に二酸化炭素排出量を正味ゼロとするモデルで、21世紀末の気温上昇を2°C未満に抑えることが可能とされる。
- ③SSP2-4.5: 2030年までの各国の独自の排出量目標が維持された場合のモデルで、21世紀末の気温上昇は2.7°Cと予測される。最も起こりえるモデルと考えられている。
- ④SSP3-7.0: 2100年までに二酸化炭素排出量が現在の2倍になるモデルで、21世紀末の気温上昇は3.5°Cとされる。
- ⑤SSP5-8.5: 化石燃料依存型の発展を続け、2050年までに現在の二酸化炭素排出量の2倍になるモデルで、21世紀末の気温上昇は4.4°Cと予測される。

ここで示された値は地球全体の平均であり、地域により気温上昇は異なる。特に北極では上昇幅が大きく、寒

冷期の気温上昇は世界平均の3倍と予測されている。2050年までに9月の北極海が少なくとも1度は海水が完全にはない状態となる可能性が高い(図3(b))。従って、ホッキョクグマの生息環境がなくなるのではないかと危惧されている。

極端な気象現象の発生頻度や強度も増加することが予想されている。平均気温の4°C上昇で、10年に1度発生する極端な気象現象は、気温では5.1°C上昇、干ばつは4.1倍、降水は2.7倍に強度が増すと予想されている。積雪面積の減少は、現在1%に過ぎないが、4°Cの気温上昇で26%減少する。強い熱帯低気圧の発生頻度も2割増加するとされる。日本国内でも、極端に気温が上昇する日が増加している。都市化の影響が少ない13都市における猛暑日(1日の最高気温が35°Cを超える日)の年平均日数は1910-1939年までだと0.8日だったが1993-2022年には2.7日に増加している。都市化の影響が大きい東京では、年間の猛暑日最多記録は24日(2010年)である。全国最多の年間猛暑日日数は62日(福岡県太宰府・2024年)となっている。環境省が発表している温暖化対策が進まない場合の2100年夏の最高気温は、名古屋が44.1°C、札幌は40.5°Cと予想されている。気温の上昇に伴い、大気中の含有可能な水蒸気量が増加するため基本的に降水量は減少する傾向にある。しかし、ひとたび雲が発生して雨が降ると、大気が大量に水を含んでいるため極端な大雨となりやすい。従って、干ばつと大雨のリスクが高まる

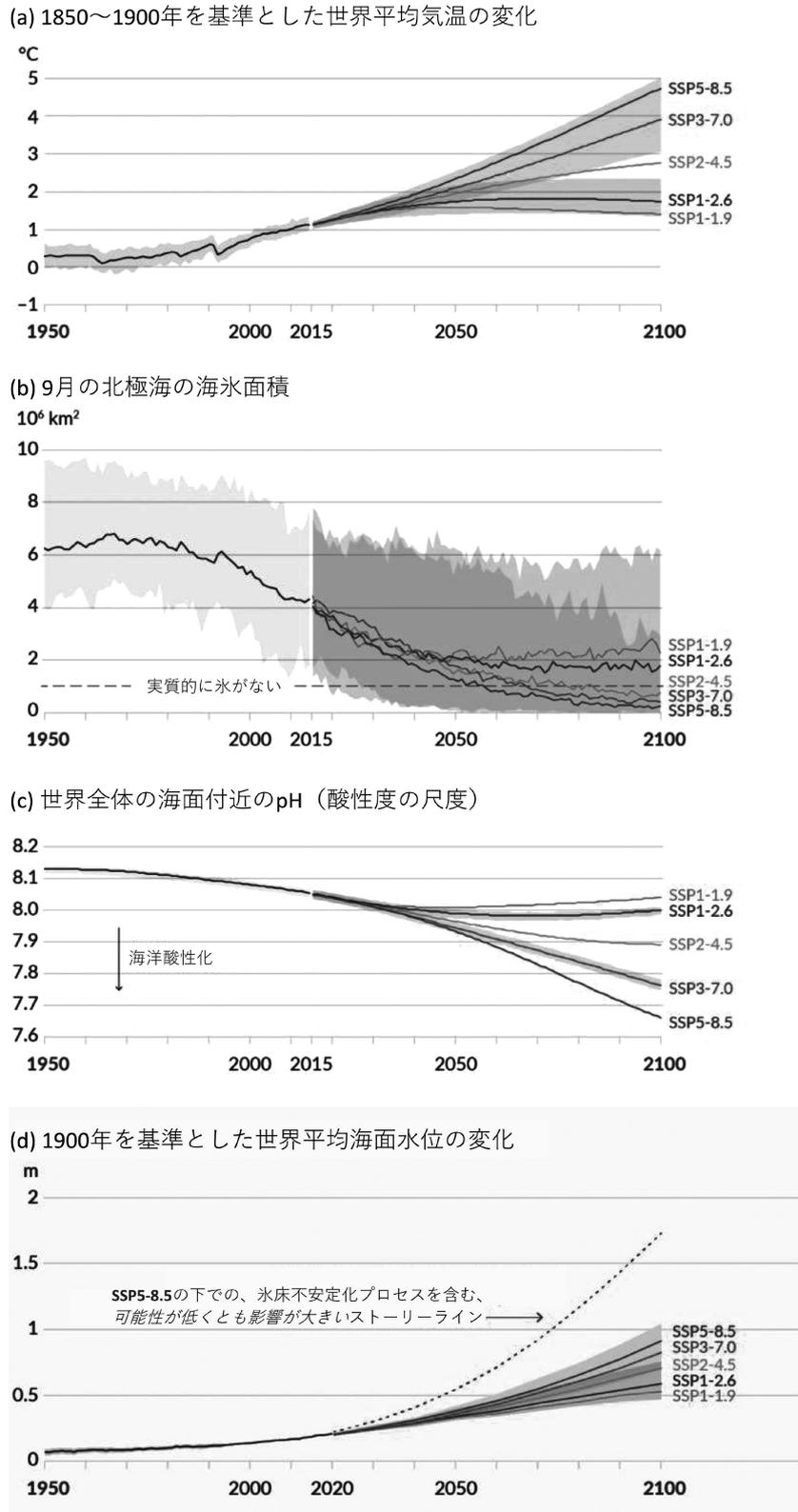


図3 5つの温暖化のシナリオの下での地球規模の気候変動に関する主な指標<sup>2)</sup>

とされる。IPCC 第6次報告書では、将来的に干ばつが常態化する地域が増えると予想している。さらに、降雪量の減少も干ばつのリスクを高めることになる。

気温上昇と共に深刻化するのは海面上昇（図3（d）、図4）である。世界平均の海面水位は、1901-2018年の間に

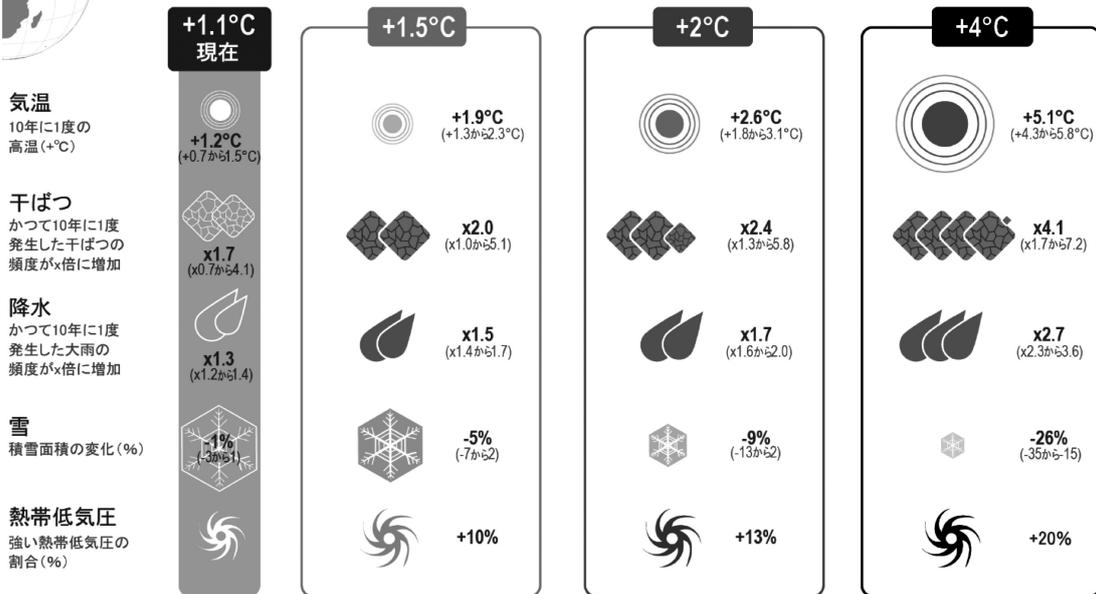
0.20 m 上昇した。その平均上昇率は、1901-1971年の間は1.3 mm/年であったが、1971-2006年の間は1.9 mm/年に増加し、2006-2018年の間は3.7 mm/年に更に増加した。最も温暖化ガス排出量が多いモデル（SSP5-8.5）では、仮に大きな氷床の流出が起きれば、今世紀末には



## 1850～1900年を基準とした気候システムの応答

気候システムの多くの側面は気温の変化に即座に反応する。

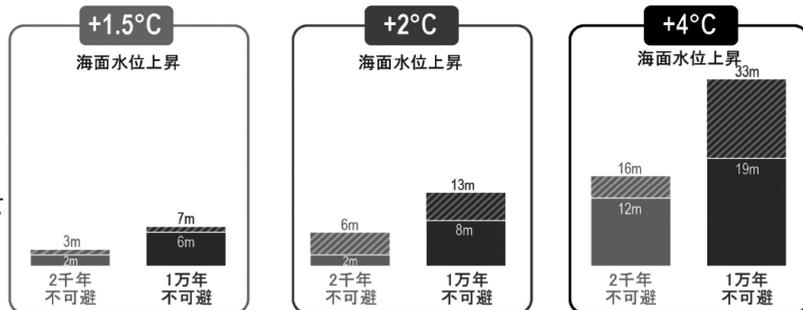
地球温暖化の水準が上昇するにつれてより大きな影響が生じる(最小/最大の範囲)



### 長期の影響：海面水位上昇

現在、海面水位は既に20cm上昇しており、将来の排出量に応じて2100年までに追加的に30 cmないし1 m以上上昇する。

海面水位は地球温暖化に対して非常にゆっくりと反応するため、一旦上昇し始めると数千年間にわたって上昇し続ける。



### 将来…

我々と若い世代が経験する気候は将来の排出量によって異なる。急速な排出削減は更なる変化を抑制するが、継続的な排出はより大きく急速な変化を引き起こし、全ての地域にますます影響を及ぼす。

一部の变化は数百年又は数千年にわたって持続するため、今日の選択は長期にわたる結果をもたらす。

図4 平均気温上昇度に応じた異常気象の程度<sup>1)</sup>

海面は2 m 上昇する可能性がある。海面上昇は非常にゆっくり進行するため、数千年にわたって継続する可能性が高い(図4)。

## 4. 地球温暖化の影響

環境省が作成したIPCC第6次評価報告書(第2作業部会)の概要<sup>3)</sup>では2040年以降の気候変動が自然と人間のシステムに対してもたらす8種類のリスクを挙げている(図5)。以下では、農業、漁業及び健康への影響について述べる。

### (1) 農業や漁業への影響

熱波や干ばつなどの極端な気象が起きれば、各地で急速に食料供給が不安定になる。気温上昇により低緯度地域では穀物の生産量が少なくなり、逆に高緯度地域では生産量が増加と言われる。低緯度及び中緯度に住む人々にとっては既に食料供給の安全性が脅かされている。FAO(国際連合食糧農業機関)のレポート<sup>11)</sup>によると、2017年以降世界の栄養不足人口は増加し、2023年には約7億3千万人と全人口の9.1%に達した。その原因は、紛争や異常気象の頻発により多くの国で食料の相対価格が上昇し続けているためとしている。熱波や干ばつは食糧



図5 地球温暖化による影響<sup>3)</sup>

生産に悪影響を及ぼすだけでなく、温帯や亜寒帯においては立ち枯れを増やし森林破壊を助長する<sup>12)</sup>。水稻では、穂が出て種子が成熟する時期に気温が高いと品質が低下するため、田植えの時期の晩期化、及び高温や病害に強い品種改良が行われている。キャベツ、大根、スイカなどの露地野菜の多くでは収穫の早期化がみられる。お茶に関しては一番茶の摘採期が早まっている。これらの作物は栽培や収穫の時期を早めることで対応できるが、リンゴやミカンなどの果樹では気候変動に対する適応性が低いと言われる。気温上昇により栽培に適した地域が北上しているが、果樹では一度植栽すると30~40年栽培することになるため、長期的な視点での対応が必要である<sup>13)</sup>。

海洋では海水温の上昇、酸性化、酸素濃度の低下が進行している。現在、日本近海の海水温は約1℃上昇しており、特に冬期の上昇が顕著である。海水温の上昇により魚の餌となるプランクトンが減少し、魚の生息域が北方にシフトしていることが報告されている。また、海水温上昇で沿岸の海藻が茂る藻場が減少し、磯焼けという現象が拡大している。藻場は魚が産卵し稚魚が育つ場所として重要なので、その減少は沿岸漁業に深刻な影響を与える。さらに、海水温度やpHに敏感であるサンゴも減少しており、それに依存する生態系への影響も懸念さ

れる。大気中の二酸化炭素濃度の上昇により海水が酸性に傾き(図3(c))、貝などの殻をもつ生物の生育が阻害されることも予想されている。また、海面表層の酸素濃度の低下も報告されている。

食料システムの脆弱化は全ての人々に影響を及ぼすが、低所得層の高齢者や子どもなど社会的弱者に対する影響は大きいとされる。

## (2) 健康への影響

中位の温暖化ガス排出予測モデルでは2050年までに暑熱、マラリア、子供の栄養不足や下痢などで年間25万人が死亡すると予測されている<sup>4)</sup>。主要な温暖化による健康影響を以下に挙げる。熱中症については後述する。

- ①動物媒介感染症：マラリアを媒介するハマダラカ、デング熱を媒介するヒトスジシマカ等の生息域が拡大し、かつ活動期間が長期化することにより感染症の拡大が懸念される。
- ②食中毒の増加：高温や高湿度によりサルモネラ、カンピロバクター、クリプトスポリジウム等の有毒な菌が繁殖しやすくなり食中毒の発生リスクが高まる。
- ③食料不足：2015-2016年に発生したエルニーニョ現象による干ばつでは、約600万の子供が低体重になったとされる。幼少期の低栄養は生理学的及び神経学的な発達

の遅延を引き起こし、生涯にわたって悪影響を及ぼす。低栄養は心の健康問題、認知・運動機能の低下にもつながる。食物供給量の減少だけでなく、栄養価の低下や食品の多様性も喪失する。さらに、農作物のみならず水産資源の減少も懸念される。

- ④水系感染症の増加：洪水の頻度増加のためコレラ等の下痢を伴う感染症が増加する可能性もある。
- ⑤非感染性疾患の増加：中程度の温暖化ガス排出予測モデルでは、心血管疾患の発生率が1980年比で18% (2020年代)、48% (2050年代)、69% (2080年代) 増加すると予想されている。大気汚染等により、空気中に浮遊するアレルゲンやオゾン等が増加し、呼吸器系疾患の発症リスクも上昇する。

## 5. 熱中症

### (1) 熱中症の疫学

近年、夏期に熱中症が増加し、深刻な社会問題となっている。2003年にヨーロッパで発生した熱波では高齢者を中心に7万人以上が亡くなった。人口動態統計によると、2010年の猛暑で国内では1,731人が熱中症で死亡した。2010年以降の熱中症による死亡者数と救急搬送者数を図6に示す<sup>14)15)</sup>。2010年に多くの死亡者が発生したため、熱中症対策が進み熱中症死亡者数は減少していたが、2018年の猛暑で再び熱中症死亡者及び救急搬送者が増加した。2023年及び2024年も記録的な猛暑だったため熱中症が頻発している。近年10年間の年齢別熱中症死亡では65歳以上が82.8%、75歳以上は63.3%を占めており高齢者に死亡者が多いのが特徴である(図7)<sup>14)</sup>。7つの政令指定都市(横浜市、新潟市、名古屋市、大阪市、堺市、神戸市、福岡市)の熱中症により救急搬送された人の

データを発生場所別性別年齢別に分析した結果(図8)<sup>5)</sup>では、男女とも10歳代と65歳以上の高齢者に多く発生していた。10歳代では、公共の場所での発症が多くスポーツ時に発症している。高齢者では住宅における発症が多くなっている。20-64歳に関しては、男性では屋外で働く肉体労働者に熱中症発症が多く、女性では仕事場での熱中症がほとんど見られなかった。

### (2) 熱中症の危険因子

熱中症発症に影響する要因は気温だけでなく多岐にわたる<sup>6)</sup>。これらの要因は、気温、湿度、放射温度、風速等の環境要因と活動量や着衣量等の個人要因の大きく2つに分類される。これらの6要因は、ISO7933<sup>16)</sup>に採用されている Predicted Heat Strain (PHS) モデルや Fiala モデル<sup>17)</sup> を使った体温や発汗量の予測及び温冷感覚の指標である PMV<sup>18)</sup> や SET<sup>\*19)</sup> の計算の際に必要な要素である。

気温に湿度、放射温度、風速を含めて総合的に環境の暑熱ストレスを評価する指標として、1954年にアメリカの Yaglou と Minard が WBGT (Wet Bulb Globe Temperature, 湿球黒球温度) を提案した。この指標は、米国海兵隊の夏期訓練時の熱中症発症を抑えるのに効果があった。現在ではISO等の国際基準に採用されている。日本においても、日本生気象学会(日常生活)(表1)<sup>20)</sup>、日本スポーツ協会(運動)(表2)<sup>21)</sup>、厚生労働省(労働)(表3)<sup>22)</sup> がWBGTを基準とした熱中症予防指針を示している。

- ①日常生活：WBGT 28以上で熱中症リスクが高まり、31以上では外出を控えることが推奨されている。
- ②運動：WBGT 31以上で原則運動を中止することが求め

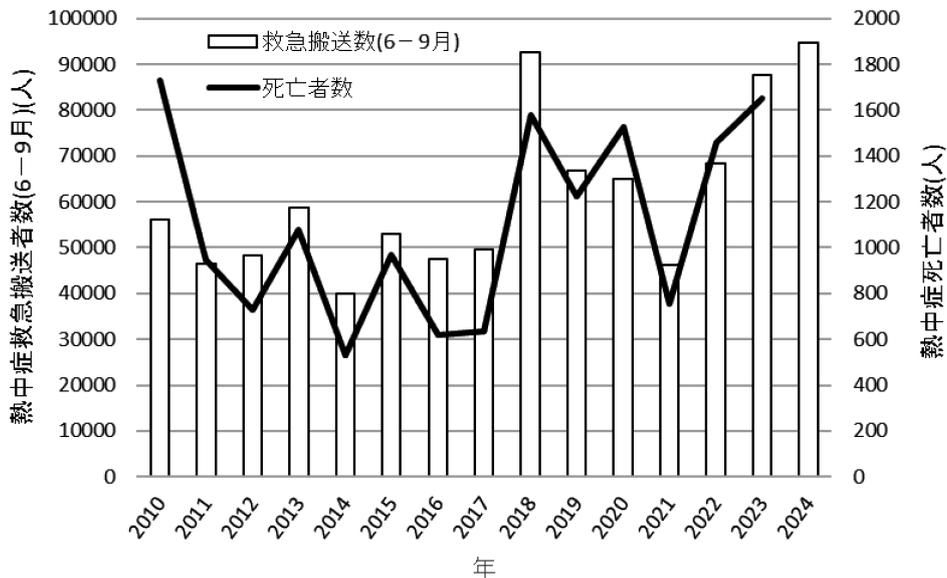


図6 熱中症死亡者数と救急搬送者数 (2010-2024)<sup>11)12)</sup>

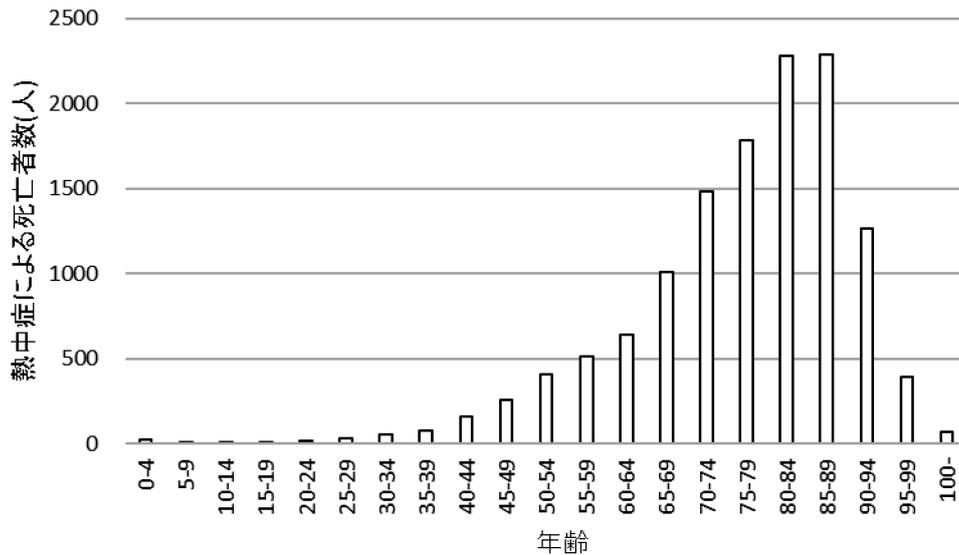


図7 年齢別の熱中症による死亡者数 (2014-2023)<sup>11)</sup>

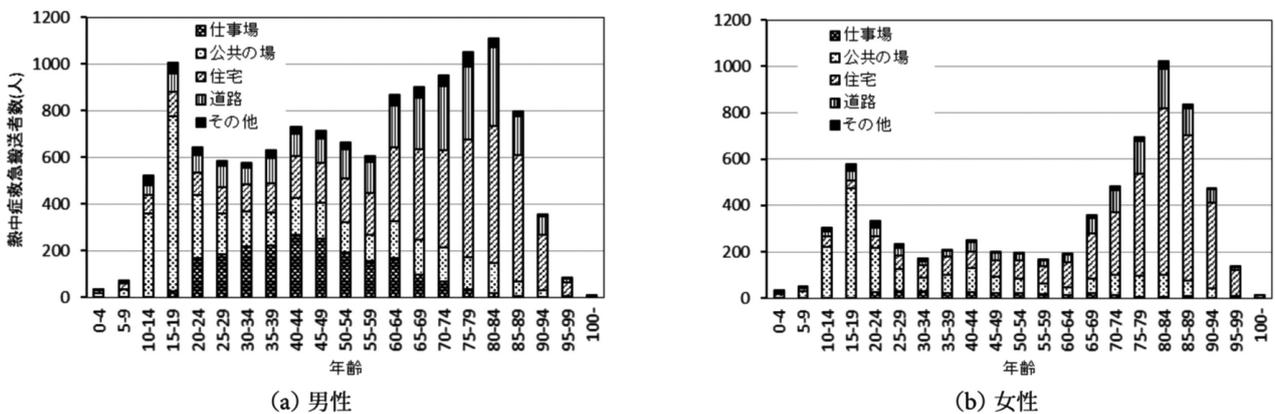


図8 年齢別場所別性別熱中症救急搬送者数<sup>5)</sup>

表1 日常生活における熱中症予防指針 Ver.4 (日本生気象学会)<sup>20)</sup>

WBGTによる温度基準域	注意すべき生活活動の目安	注意事項
危険 31℃以上	すべての生活活動で おこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が高い。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
嚴重警戒 28℃以上31℃未満		外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。
警戒 25℃以上28℃未満	中等度以上の生活活動で おこる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に充分に休息を取り入れる。
注意 25℃未満	強い生活活動で おこる危険性	一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。

られる。

- ③労働：特に就業初期（1-3日目）に熱中症の発症者が多いため、暑熱順化と熱中症発症との関係が指摘されている。このため、厚生労働省の基準では暑熱順化の有無を考慮しており、暑熱順化者が中等度の代謝強度の作業を行う際のWBGT参照値は28としている。また、着衣の断熱性（顕熱抵抗）と蒸気の透過性（潜熱

抵抗）は身体からの熱放散に影響を与えるため、厚生労働省はWBGT参照値に対する着衣補正值を示している<sup>21)</sup>。ただし、顕熱抵抗や潜熱抵抗は、風や歩行などの動作によって減少するため適用時には注意が必要である<sup>23)</sup>。

個人要因には体格（体表面積、容積、体脂肪率）、有酸素運動能力、暑熱順化度、水分補給状況、健康状態、加齢、服薬、日内変動等が挙げられる。特に肥満は熱中症の

表2 熱中症予防運動指針（日本スポーツ協会）<sup>21)</sup>

WBGT ℃	湿球温度 ℃	乾球温度 ℃	運動は原則中止	特別の場合以外は運動を中止する。特に子どもの場合には中止すべき。
31	27	35	<b>厳重警戒</b> (激しい運動は中止)	熱中症の危険性が高いため、激しい運動や持久走など体温が上昇しやすい運動は避ける。10～20分おきに休憩をとり水分・塩分を補給する。暑さに弱い人は運動を軽減または中止。
28	24	31	<b>警戒</b> (積極的に休憩)	熱中症の危険が増すので、積極的に休憩をとり適宜、水分・塩分を補給する。激しい運動では、30分おきくらいに休憩をとる。
25	21	28	<b>注意</b> (積極的に水分補給)	熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに、運動の合間に積極的に水分・塩分を補給する。
21	18	24	<b>ほぼ安全</b> (適宜水分補給)	通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水分・塩分の補給は必要である。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意。

- 1) 環境条件の評価にはWBGT（暑さ指数とも言われる）の使用が望ましい。
  - 2) 乾球温度（気温）を用いる場合には、湿度に注意する。  
湿度が高ければ、1ランク厳しい環境条件の運動指針を適用する。
  - 3) 熱中症の発症のリスクは個人差が大きく、運動強度も大きく関係する。  
運動指針は平均的な目安であり、スポーツ現場では個人差や競技特性に配慮する。
- ※暑さに弱い人：体力の低い人、肥満の人や暑さに慣れていない人など。

発症リスクを高める要因となる。脂肪の比熱（2.51 J/g）は他の組織の平均比熱（3.65 J/g）よりも低いため、同じ熱量を受けた際の温度上昇が大きくなる。脂肪の熱伝導率は低く体熱の放散を妨げる。さらに、肥満者では心肺機能の低下がみられ、これも熱中症のリスク因子となる。

暑熱順化により、身体からの放熱機能が向上し高温環境への適応力が高まる。短期的な暑熱順化では、発汗量の増加、発汗潜時の短縮、汗の塩分濃度の低下がみられ、長期的な暑熱順化では発汗量の部位差が均一化し、皮下脂肪層が薄くなる。一方、脱水は発汗量を減少させ、暑熱耐性を低下させる。

高齢者は心肺機能の低下、体脂肪率の増加、温度感受性の低下等の要因により、熱中症の発症リスクが高まる。また、地域によっても熱中症発症リスクに差がある。例えば、日最高WBGTが30の場合、予測される熱中症救急搬送者数は北海道が最も多く、次いで東北地方が多い（図9）<sup>7)</sup>。これは、夏涼しい地域では熱中症を発症する屋外WBGTの閾値が低いことを示唆している。カナダ政府では熱中症発症に関するこのような地域差を考慮し、

熱中症予防基準を作成している。

### (3) 国の熱中症の対策

地球温暖化に伴い極端な高温の発生頻度や強度が増加している。2021年6月27日、カナダのブリティッシュコロンビア州において、平年の夏の平均日最高気温が30℃に達しない地域にもかかわらず、49.6℃を記録し、一週間で500人以上が熱中症により死亡した。このような事態を受け、2024年6月に改正気候変動適応法（気候変動適応法及び独立行政法人環境再生保全機構法の一部を改正する法律）<sup>8)</sup>が施行され、熱中症対策が強化された。本法律で、以下の措置が導入された。

- ①熱中症対策実行計画：2030年までに熱中症による死亡者数を半減（約650人）させることを目標としている。気候変動に伴う高温環境への対策を強化し、国民の健康を守るための具体的な施策を進める。
- ②熱中症警戒情報の法定化：翌日・当日の日最高WBGTが33に達し、熱中症による健康被害が生じる恐れがある場合に、環境大臣が地域と期間を明らかにしたうえ

表3 身体作業強度等に応じた WBGT 基準値 (厚生労働省)<sup>22)</sup>

区分	身体作業強度 (代謝率レベル) の例	WBGT 基準値	
		暑熱順化者の WBGT 基準値℃	暑熱非順化者の WBGT 基準値℃
0 安静	安静, 楽な座位	33	32
1 低代謝率	軽い手作業 (書く, タイピング, 描く, 縫う, 簿記); 手及び腕の作業 (小さいペンチツール, 点検, 組立て又は軽い材料の区分け); 腕及び脚の作業 (通常の状態での乗り物の運転, フットスイッチ及びペダルの操作). 立位でドリル作業 (小さい部品); フライス盤 (小さい部品); コイル巻き; 小さい電機子巻き; 小さい力で駆動する機械; 2.5 km/h 以下での平たん (坦) な場所での歩き.	30	29
2 中程度代謝率	継続的な手及び腕の作業 [くぎ (釘) 打ち, 盛土]; 腕及び脚の作業 (トラックのオフロード運転, トラクター及び建設車両); 腕と胴体の作業 (空気圧ハンマーでの作業, トラクター組立て, しっくい塗り, 中くらいの重さの材料を断続的に持つ作業, 草むしり, 除草, 果物及び野菜の収穫); 軽量の荷車及び手押し車を押ししたり引いたりする; 2.5 km/h ~ 5.5 km/h での平たんな場所での歩き; 鍛造	28	26
3 高代謝率	強度の腕及び胴体の作業; 重量物の運搬; ショベル作業; ハンマー作業; のこぎり作業; 硬い木へのかな掛け又はのみ作業; 草刈り; 掘る; 5.5 km/h ~ 7 km/h での平たんな場所での歩き. 重量物の荷車及び手押し車を押ししたり引いたりする; 鋳物を削る; コンクリートブロックを積む.	26	23
4 極高代謝率	最大速度の速さでのとても激しい活動; おの (斧) を振るう; 激しくシャベルを使ったり掘ったりする; 階段を昇る; 平たんな場所でする; 7 km/h 以上で平たんな場所を歩く.	25	20

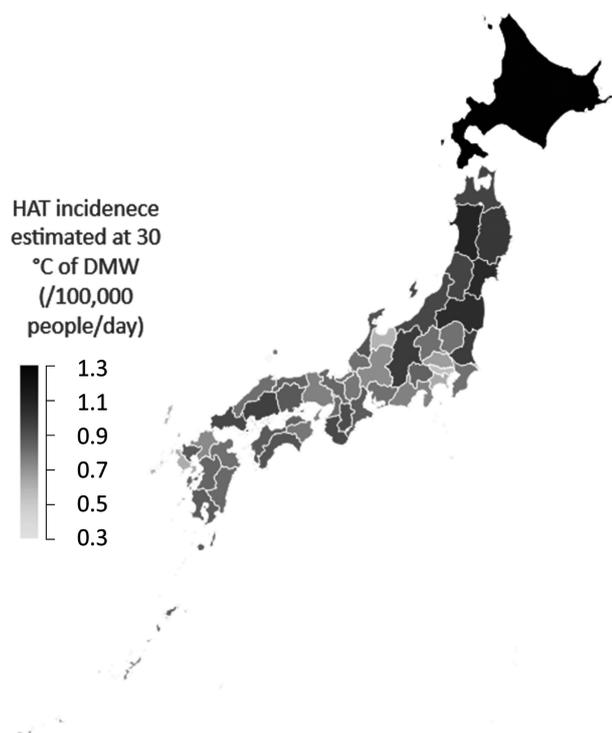


図9 日最高 WBGT30°C を仮定した場合の各都道府県での熱中症救急搬送者数の予測値<sup>7)</sup>

で一般に通知する。熱中症の危険性に対する意識を高め、対策を促すことを目的とする。

- ③熱中症特別警戒情報：翌日の日最高 WBGT が35に達すると予想され、熱中症による重大な健康被害が生じる恐れがある時に特に警戒すべきこととして発表される。発令されれば、屋外での活動を極力控え、適切な熱中症対策を講じる必要がある。
- ④指定暑熱避難施設 (クーリングシェルター)：市町村内の冷房設備を有する施設 (公民館, 図書館, ショッピングセンター等) で、熱中症特別警戒情報が発令された時に市町村長が一般に開放しなければならない施設のことをいう。
- ⑤熱中症対策普及団体の指定：市町村長は、熱中症対策について事業者及び住民に普及啓発を行い、住民からの相談に応じ必要な助言を行え、熱中症対策の推進を図るために必要な業務を行う民間団体を「熱中症対策普及団体」に指定できる。

## 6. おわりに

温暖化ガスの排出が抑えられなければ地球温暖化が更に進行し、異常気象の頻度及び強度の増加、陸や海の生

態系の変化，暑熱関連疾患や動物及び水媒介性感染症の増加，食料不足など社会に対して様々な影響が顕在化すると予想されている。熱中症は死に至る疾患であるが，適切な対策をとることで避けることが出来る。日本においても，突発的な異常気象が発生する可能性があるため，改正気候変動適応法が施行された。「熱中症警戒情報」や「熱中症特別警戒情報」を適切に活用し，クーリングシェルターの利用促進や日常の熱中症対策を徹底することが必要である。

## 文 献

- 1) 文部科学省及び気象庁. “IPCC AR6 WG1報告書 技術要約 (TS) 暫定訳 (2023年3月9日版)”. 2023. [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_TS\\_JP.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WGI_TS_JP.pdf) (閲覧 2025.2.25).
- 2) 文部科学省及び気象庁. “IPCC AR6 WG1報告書 政策決定者向け要約 (SPM) 暫定訳 (2022年12月22日版)”. 2022. [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM\\_JP.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WGI_SPM_JP.pdf) (閲覧 2025.2.25).
- 3) 環境省. “第2作業部会報告書の解説資料 (2023年8月，環境省作成)”. 2023. <https://www.env.go.jp/content/000155003.pdf> (閲覧 2025.2.25).
- 4) Intergovernmental Panel on Climate Change. “Technical summary”. *Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability*. Pörtner H-O, Roberts DC, Tignor M, et al., editors. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (UK). Cambridge University Press, 2022. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.002> (閲覧 2025.2.20).
- 5) 上野哲，早野大輔，野口英一，有賀徹. 政令指定都市の救急搬送データを用いた仕事場を中心とした熱中症の発生場所別分析. 労働安全衛生研究. 2021, 14, 119-128. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/josh/14/2/14\\_JOSH-2020-0025-GE/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/josh/14/2/14_JOSH-2020-0025-GE/_article/-char/ja/)
- 6) 上野哲. 年齢と体温調節機能との関連性. 日本職業災害医学会誌. 2016, 64, 308-318. [www.jsomt.jp/journal/pdf/064060308.pdf](http://www.jsomt.jp/journal/pdf/064060308.pdf)
- 7) Ueno, S.; Hayano, D.; Noguchi, E.; Aruga, T. Investigating age and regional effects on the relation between the incidence of heat-related ambulance transport and daily maximum temperature or WBGT. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 2021, 26, 116. <https://environmentalhealthprevmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12199-021-01034-z>
- 8) 環境省. “気候変動適応法及び独立行政法人環境再生保全機構法の一部を改正する法律”. 2023. [https://www.wbgt.env.go.jp/doc\\_ccaa.php](https://www.wbgt.env.go.jp/doc_ccaa.php) (閲覧 2025.2.20).
- 9) European Centre for Medium Range Weather Forecasts. “Global Climate Highlights 2024”. 2025. <https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/custom-uploads/GCH-2024/GCH2024-PDF-1.pdf> <https://climate.copernicus.eu> (閲覧 2025.2.20).
- 10) 気象庁. “大気中の二酸化炭素の世界平均濃度”. 2025. [https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2\\_trend.html](https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html) (閲覧 2025.2.20).
- 11) Food and Agriculture Organization (FAO). “The state of food security and nutrition in the world 2024”. 2024. <https://www.who.int/publications/m/item/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world-2024> (閲覧 2025.2.20).
- 12) 中作明彦，今井明子，葉袋摩耶，小野寺佑紀，福田伊佐央，佐藤成美，加藤まどみ. 沸騰する地球. Newton別冊. NEWTON Press, 2024.
- 13) 脇岡靖明，根本緑. アダプテーション 気候危機をサバイバルするための100の戦略. 山と溪谷社, 2023.
- 14) 厚生労働省. “人口動態統計”. 2025. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyuu/necchusho23/dl/nenrei.pdf> (閲覧 2025.2.20).
- 15) 総務省消防庁. “熱中症情報”. 2024. <https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post3.html> (閲覧 2025.2.20).
- 16) International Organization for Standardization (ISO). *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain (ISO 7933:2023)*. Geneva. ISO, 2023.
- 17) Fiala, D. Dynamic simulation of human heat transfer and thermal comfort [Doctoral thesis]. *Leicester: De Montfort University*. 1998.
- 18) Fanger, P. O. *Thermal comfort*. New York. McGraw-Hill Book Company, 1972.
- 19) Gagge, A. P.; Fobelets, A. P.; Berglund, L. G. A standard predictive index of human response to the thermal environment. *ASHRAE Transactions*. 1986, 91-A, 709-731.
- 20) 日本生気象学会. “日常生活における熱中症予防指針 ver.4”. 2022. <https://seikishou.jp/cms/wp-content/uploads/20220523-v4.pdf> (閲覧 2025.2.25).
- 21) 公益財団法人日本スポーツ協会. “熱中症予防ガイドブック”. 2013. <https://www.japan-sports.or.jp/medicine/heatstroke/tabid1437.html#guidebook> (閲覧 2025.2.25).
- 22) 厚生労働省. “職場における熱中症予防対策要綱”. 2021. <https://jsite.mhlw.go.jp/kyoto-roudoukyoku/content/contents/000857364.pdf> (閲覧 2025.2.25).
- 23) Ueno, S. Comparison of correction factor for both dynamic total thermal insulation and evaporative resistance between ISO 7933 and ISO 9920. *Journal of Physiological Anthropology*. 2020, 39, 23. <https://doi.org/10.1186/s40101-020-00235-9>