

# 地球温暖化の

# 日本への影響

（現状と将来予測、その対策と賢い適応へ向けて）



平成20年

日時

10月30日 木 16:00~20:00

会場

ニッショーホール (消防会館内)  
東京都港区虎ノ門2丁目9番16号

R100

古紙配合率100%再生紙を利用しています

主催



環境省



みんなで止めよう温暖化  
チーム・マイ+ス6%

# 地球温暖化の日本への影響

～現状と将来予測、その対策と賢い適応へ向けて～

## ごあいさつ



毎年9月は北極海の海水面積が最小となる月です。10月2日、米国立雪氷データセンターは今年の9月前半における平均海水面積が467万km<sup>2</sup>で、1979年に米航空宇宙局（NASA）が人工衛星による観測を開始して以来、2番目に小さくなったと発表しました。米コロラド大学は、数年かけて形成された分厚い多年氷が減り、薄い1年氷が増えたため、体積では最小だった可能性を指摘しています。温室効果ガスの増加による気温と海水温の上昇が海氷減少の原因と考えられ、地球温暖化による気候や生態系に与える影響が懸念されています。

現在の地球の平均気温は14℃前後ですが、二酸化炭素などの温室効果ガスが全く存在しなければ、地表面から放射された熱は地球の大気を素通りし、その場合の平均気温は-19℃になるといわれています。18世紀半ばに始まった産業革命以降、人類は化石燃料を大量に燃やしてエネルギーを得る生活を現在まで続けていますが、この人間活動により、二酸化炭素などの温室効果ガス排出量は1970年から2004年の間に約70%も増加しました。そのため、現在の大气中の温室効果ガス濃度は、過去何千年にもわたる水準を大きく超えており、温室効果が強まって地表面の温度が上昇しているのです。

このような温暖化による影響について、我が国及びアジアを対象として予測するとともに、それに基づく温暖化の危険水準を明らかにすることを目的として、環境省の地球環境研究総合推進費では、「温暖化影響総合予測プロジェクト」を2005年度から実施しています。

このプロジェクトは、全体で5年間の研究期間のうち前期（3年間）を終え、現在は後期に入ったところですが、前期においては今世紀中頃（2050年頃）までに重点をおきつつ今世紀末までを対象として、我が国の水資源、森林、農業、沿岸域、健康といった主要な分野における温暖化影響予測及び経済評価に取り組み、さらに、影響・リスクを総合的に解析・評価するための統合評価モデル開発を行いました。また、その成果を報告書にとりまとめて公表し、我が国のみならず世界的にも最先端といえる温暖化の危険な水準に関する総合的な知見を提供しています。

推進費は、オゾン層の破壊や地球温暖化、越境汚染や生物多様性など、様々な地球環境問題を解決に導くため、研究活動による科学的知見の集積や科学的側面からの支援を行うこと等を通じて、政策への貢献・反映を図ることを目的とした競争的研究資金です。本シンポジウムは、この資金による研究の成果を広く一般の方にお知らせするために毎年度開催しており、一般公開形式での開催は今回で11回目となります。

今年のシンポジウムでは、温暖化影響総合予測プロジェクトの各テーマのリーダーで、この分野の第一線で御活躍されている研究者の方々に、水災害、森林影響、農業影響、沿岸域災害、健康影響の5つの観点から最新の研究成果を紹介していただきます。

このシンポジウムを一つの契機として、地球温暖化の現状と将来予測について理解を深めるとともに、私達が賢く適応していくためにはどうすればよいのかを話し合うきっかけにいただければ幸いです。

環境省地球環境局長  
寺田 達志

GLOBAL ENVIRONMENT RESEARCH FUND  
\*\*\*\*\* PROGRAM \*\*\*\*\*



16:00 開会挨拶 … 環境省地球環境局長

**第1部：講演（前半16:05～17:05 後半17:20～18:35）**

16:05 本シンポジウムの目的と内容の紹介 … 脇岡 靖明 (国立環境研究所 主任研究員)

16:15 水災害 –洪水氾濫と斜面災害の増加– …………… 風間 聡 (東北大学 准教授)

16:40 森林影響 –ブナ林の分布適域の減少、マツ枯れ地域の拡大–

… 田中 信行 (森林総合研究所 主任研究員)

————— 休憩 (17:05～17:20) —————

17:20 農業影響 –コメ収量変動の推計と適応–

… 横沢 正幸 (農業環境技術研究所 主任研究員)

17:45 沿岸域災害 –高潮浸水と液状化現象の増加– …… 安原 一哉 (茨城大学 教授)

18:10 健康影響 –熱ストレスによるリスクと熱中症の増加–

… 小野 雅司 (国立環境研究所 総合影響評価研究室長)

————— 休憩 (18:35～18:55) —————

**第2部：パネルディスカッション（18:55～20:00）**

**「温暖化影響への対策と賢い適応への取組み」**

◎コーディネータ／原沢 英夫 (内閣府政策統括官付参事官)

◎パネリスト／枝廣 淳子 (環境ジャーナリスト)

第1部講演者6名 (脇岡 靖明、風間 聡、田中 信行、横沢 正幸、安原 一哉、小野 雅司)

小野 洋 (環境省地球環境局総務課 研究調査室長)

20:00 閉会





# 本シンポジウムの目的と内容の紹介

## — 温暖化影響総合予測プロジェクト —



(独)国立環境研究所 社会環境システム研究領域  
主任研究員 脇岡 靖明

- ・1971年鹿児島県生まれ
- ・現在、(独)国立環境研究所 主任研究員
- ・専門は環境システム工学(温暖化影響評価など)、衛生工学
- ・東京大学にて博士(工学)を取得後、温暖化影響評価に関するモデル分析を中心に、影響から考える温室効果ガス安定化レベルの検討に取り組んでいる。

### 1. シンポジウムの目的

温暖化影響は長期にわたる地球規模の問題であり、予想される深刻な影響は我々の生活基盤を脅かすものと考えられるが、国や地域、影響を受ける分野ごとの異なる特徴を示す温暖化影響を考慮して、回避すべき危険な水準に関する明確な知見はまだ得られていない。短期、中期に加えて、長期も含めた世界共通の具体的な温室効果ガス削減目標を設定し、気候安定化に向かって世界全体で協調して努力していくことが求められている今、温暖化の危険な水準及び安定化濃度に関する科学的検討が緊急かつ重要な課題になっている。

そこで、日本およびアジアにおいて、将来どのような温暖化の影響が現れるか具体的な将来の環境像を示すために、環境省地球環境研究総合推進費プロジェクトS-4「温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究(温暖化影響総合予測プロジェクト)」が平成17年度より開始されている。

このシンポジウムでは、温暖化影響総合予測プロジェクト(第I期:H17~19、第II期:H20~21)の前期三年の研究成果を中心に、分野別影響に関する最新の知見を総合的に報告することを目的としている。

### 2. 温暖化影響総合予測プロジェクトの概要

温暖化影響総合予測プロジェクトは7つのサブ課題により成り立ち、14の研究機関とその44名の研究者が参画している。この研究プロジェクトの目的は、以下の2点である。

- 1) 2050年頃までに重点をおきつつ今世紀末までを対象として、我が国及びアジア地域の水資源、森林、

農業、沿岸域・防災、健康といった主要な分野における温暖化影響についてできるだけ定量的な知見を得ること。

- 2) 我が国への影響を総合的に把握し、温暖化の程度との関係を示すこと。

平成20年5月29日に報告された“地球温暖化「日本への影響」-最新の科学的知見-”は前期三年の研究成果を取りまとめたものである(以下、報告書。参考文献1)、2))。

報告書では、以下の成果が示されている。

- ①分野別の定量的評価手法を開発し、我が国への影響を予測して、影響の程度と地域分布を示すリスクマップ(全国及び地域評価)
- ②温暖化の進展と影響量の関係を示す温暖化影響関数を開発し、気候シナリオに沿って温暖化が進行した場合、全国的な影響がどのように拡大するかを検討した総合評価

### 3. 分野別影響予測

報告書における分野別影響評価では、分野別・指標別に、様々なモデル(物理学的モデル、プロセスタイプモデル、統計モデル、経済モデルなど)を用いて、温暖化が生じた場合の将来影響を推計している。また、本プロジェクトでは、気候安定化目標を達成するために必要な排出削減量ならびにその安定化目標下で生ずる影響・リスクを統合的に解析・評価するため、統合評価モデルの開発に取り組んでいる。この統合評価モデルでは、報告書の分野別影響評価に用いられた詳細な影響評価を行うモデルの一部を用いて、気温・降水量等の主要因子を感度解析的に変化させた多数回シミュレーションを行い、その出力を地域別に平均



集計することで「影響関数」を開発し、その影響関数を統合評価モデルに実装することで、複数分野における影響を統合的に評価することを可能としている。

報告書では、温暖化影響評価の入力データとなる将来の気候変化に、MIROC3.2 (hires) (東京大学気候システム研究センター、(独)国立環境研究所、(独)海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターが共同開発した全球気候シナリオ)と、RCM20 (気象庁・気象研究所が日本域を対象として開発した地域気候シナリオ)を採用している。

分野別影響評価および統合評価モデルを用いた影響評価より、以下のような知見が得られた。

- 1) 水資源、森林、農業、沿岸域、健康の5分野における温暖化影響評価によって、影響量と増加する割合は地域ごとに異なり、分野毎に特に脆弱な地域があることが明らかとなった。また、これらには地域差がある一方、我が国全体として見ると厳しい影響となるものがあることがわかった。
- 2) 我が国に対する影響がどのように拡大するかを統合的に検討した結果、我が国にも比較的低い気温上昇で厳しい影響が現れることが明らかとなった。

#### 4. 今後の温暖化対策のあり方

温暖化影響総合予測プロジェクトでは、我が国に対する気候変動の影響をこれまでになく詳細に明らかにした。温暖化に対する対策には温室効果ガスの排出削減を行う緩和策と悪影響に備える適応策の2つがあるが、今後数十年間にわたって温暖化の進行が避けられない以上、適応策の導入が必要である。しかし、適応策だけで影響の全てを抑制できるわけではないため、緩和策と両方実施することが不可欠である。このように、温暖化の悪影響を一定範囲以内に抑えるためには、適応策と緩和策の最適な組み合わせが必要なのが世界の一致した見方になってきている。

適応策には、政策的・制度的対策、技術的対策、社会的対策など幅広い対応策が考えられる。我が国では、長く防災や環境管理、食料生産、国民の健康の確保を行っており、施策や技術ツールは多くの実績がある。気候変動への適応策では、将来の気候予測に合わせて、これらをいかに組み合わせて、効果的・効率的な気候変動への適応策を計画するかが課題である。その際、副次的効果の検討や新たな環境負荷を生み出さない配慮も必要である。

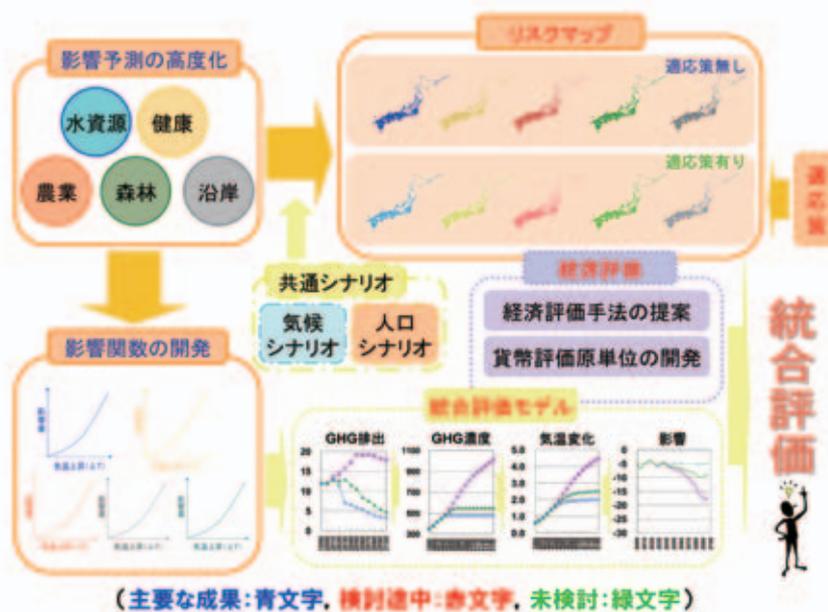


図 温暖化影響総合予測プロジェクトにおける研究の進め方

#### ☆参考文献

- 1) 温暖化影響総合予測プロジェクト(2008):温暖化影響総合予測プロジェクト報告書の概要 <http://www-cger.nies.go.jp/climate/rpj-impact-s4report/20080815outline.pdf>
- 2) 温暖化影響総合予測プロジェクト(2008):温暖化影響総合予測プロジェクト報告書 『地球温暖化「日本への影響」—最新の科学的知見—』 <http://www-cger.nies.go.jp/climate/rpj-impact-s4report/20080815report.pdf>

# 水災害 — 洪水氾濫と斜面災害の増加 —



東北大学 大学院環境科学研究科  
准教授 風間 聡

- ・1966年生まれ
- ・専門は水文学、水資源工学(博士(工学))
- ・筑波大学、タイ国アジア工科大学院等を経て現職
- ・地球温暖化下での水に関連する研究を、国内外を対象に行っている。

## 1.気候変動による水災害

温暖化によって雨の降り方が変化すると考えられている。コンピュータによる予想(大気循環シミュレーション)によると、将来の降雨パターンのメリハリはより強くなると考えられている。これは、降る時は強く降り、雨の降らない期間は長くなることを意味している。急峻な地形と火山性の地質を持つような地域は、水災害に対してより大きな危険にさらされることになる。水災害は、洪水や土砂災害のような直接的な被害から、それらに伴う感染症の流行や水質悪化など副次的な被害へと拡大する。日本において温暖化の影響は、ゆっくりと全域に広まっていくと考えられているため、その適応策については、早くから手を打つことが重要である。洪水と斜面災害の脆弱な地域がどこであり、その適応策としてどのような方法があるのかについて考えてみる。

## 2.浸水被害の増加

豪雨を表現する方法として確率降雨を考える。これは再現期間で表したものであり、30年確率降雨量が300mmとは、およそ30年に一回生じる豪雨が300mm以上であることを意味する。ここでは24時間に降る雨を対象とし、確率は現在気候の統計値から得られた。この降雨のデータを日本全国で作成し、豪雨が日本中

で24時間継続した場合に治水対策を全くとらないと仮定して、氾濫シミュレーションを行う。この洪水氾濫による経済損失を、国土交通省が示している治水経済マニュアルに基づいて計算する。このマニュアルは、洪水時の被害金額の推測に利用されるものである。

図1はおよそ30年から50年後にかけて増加する被害額を地図で表記したものである。この計算は、この時期になると、現在100年に1回の確率の豪雨が、50年に1回の確率で降るようになる、という気候シナリオに基づいている。全国一律に50年確率降雨の対策が

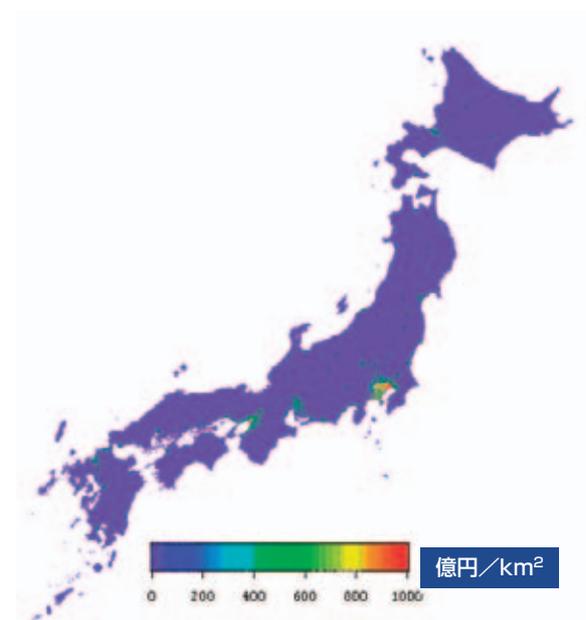


図1 豪雨が増えた際の被害額分布



済んでいると仮定し、100年確率降雨と50年確率降雨による被害額の差を求めた。この差額は100年降雨に対する洪水対策の便益（洪水対策によって得をする金額）と同じである。図1によれば、都市域には資産が集中しているため被害額が大きく増加することが予想されている。100年確率降雨と50年確率降雨の差における年期待被害額累計（1年間に予想される平均的な被害額）は全国で約1兆円ほどであり、これは現在の治水対策費用に匹敵する。現在の治水対策を進めるとともに、気候変動後の対策も望まれる。

### 3. 斜面災害の増加

同様に確率降雨を用いて、斜面災害の被害についても評価することができる。ここでいう斜面災害とは、がけ崩れや土石流などを指している。斜面災害を、降雨により生じる地下水水位の勾配、起伏度、地質を変数とした関数を確率によって表現するモデルを構築する。このモデルは過去の斜面災害の記録から作成されている。図2は浸水被害と同様に50年確率降雨から100年確率降雨に変化した際の斜面災害の発生確率の変化を地図で表記したものである。幾つかの都

市近郊に発生確率の増加の大きい地域が存在する。斜面災害は山岳域に多く発生するため、その直接被害は大きいものではない。しかし、幹線道路や送電施設の被害リスクが上昇するので、安全性を維持するような対策が必要である。

### 4. 適応策の考え方

温暖化に対する水災害の適応策について、国や地方自治体は、将来の社会基盤整備のあり方を議論している。その多くが従来の治水対策の枠を出るものではないが、設計基準や計画洪水量の見直しを検討している。図1で見ると被害額は地域によって大きな差があり、地域特性に応じた適応策を考える必要がある。都市では構造物を用いたハード対策が、地方では早期警戒システムのようなソフト対策が中心になる場合もある。こうした政策は水災害対応だけでなく、再開発や農村振興などの地域計画に含めて議論されるべきである。

水災害は渇水問題も含んでおり、貯水施設（ダムやため池等）の建設や水利用のあり方（節水活動や水利用の法律改正）等の見直しも考慮するべきである。水災害や水資源のリスクが、気候変動によって徐々に上昇するとともに、治水レベルも上昇させることが、現在の安全性を維持することとなる。

この要旨集では平易に書くよう試みているため、厳密でない表現が含まれている。詳しくは参考文献を参照されたい。

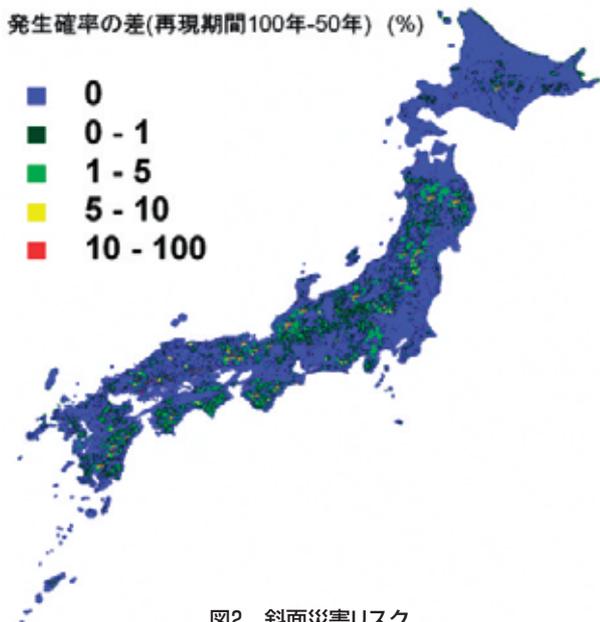


図2 斜面災害リスク

#### ☆参考文献

佐藤歩,川越清樹,風間聡,沢本正樹,降雨極値データを利用した気候変動に伴う全国浸水被害額評価,水工学論文集,第52巻,pp.438-443, 2008.

川越清樹, 風間聡, 沢本正樹, 数値地図情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築, 自然災害科学, 27巻, 1号, pp.69-83, 2008.

# 森林影響

## — ブナ林の分布適域の減少、マツ枯れ地域の拡大 —



(独)森林総合研究所 植物生態研究領域  
主任研究員 田中 信行

- ・ 1955年生まれ
- ・ 専門は森林生態学。熱帯造林、日本の天然林管理などの研究をしてきた。農学博士(東京大学)
- ・ 温暖化影響総合予測プロジェクトの森林生態系の責任者

### 1. ブナ林への影響予測

日本の植生帯は気候に対応しており、亜熱帯林、暖温带照葉樹林、中間温带林、冷温带落葉広葉樹林、亜高山帯針葉樹林、北方林、高山植生などに区別されている。温暖化に伴い植生帯は北方や高標高に移動する。しかし、温暖化の影響による植物の分布変化は、種ごとに温度や降水量に対する反応が異なるので、種ごとに予測することが必要である。

ブナ林は、日本を代表する天然林で、水源涵養機能や野生生物の生息地として特に近年重要性が認められている。ブナは北海道南部の黒松内から鹿児島県高隈山まで分布し、その面積は日本の天然林総面積の17%にあたる23,000km<sup>2</sup>である。白神山地は、世界的に稀有の大面積のブナ林が保存されている点から、1993年に世界自然遺産に登録された。

気候変化が日本のブナ林の分布に及ぼす影響を評価するために、3次メッシュ(約1km×1km)の空間解像度で、4つの気候変数と5つの土地変数を説明変数とし、ブナ林の分布の有無を目的変数として、統計モデルの一つである分類樹解析(Classification tree analysis)を行い、ブナ林の分布を予測する分類樹モデル(ENVIモデル)を全国スケールで作成した(Matsui et al. 2004)。ENVIモデルに現在の気候(気象庁2002)と2つの気候変化シナリオRCM20(気象庁、

気象研究所)とMIROC(東京大学、海洋研究開発機構、国立環境研究所)を組み込み、現在と将来のブナ林の分布確率を予測した。年平均気温は現在の気候に比べると、RCM20(2031-2050年と2081-2100年)が2.1、2.7℃、MIROC(2031-2050年と2081-2100年)が2.3、4.3℃上昇している。

現在ブナ林が分布する地域における分布適域(分布確率が0.5以上)は現在に比べて、2031-2050年にはRCM20とMIROCで65%と44%に、2081-2100年には31%と7%に、それぞれ減少すると予測された(図1)。いずれの場合でも、分布適域がほとんどなくなる西日本や本州太平洋側におけるブナ林は脆弱であると考えられる。

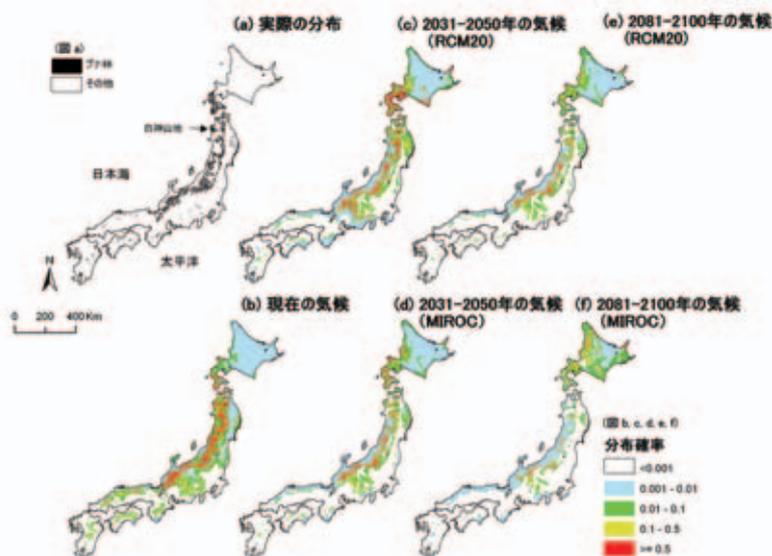


図1 (a)実際のブナ林の分布、(b)～(f)は各気候条件におけるブナ林分布確率の予測



温暖化に伴い低標高域はブナ林の成立に適さなくなり、ブナは低標高域に分布する他の樹種に置き換えられる可能性がある。本州日本海側の低標高域ではコナラ、ミズナラ、クリが、九州・四国・本州太平洋側ではこれらの樹種に加えてカシ類、モミが、ブナに置き換わる可能性がある。ブナの寿命は200～400年であり、温暖化により枯死することはないだろうが新しく生える可能性が減るので、ブナの老齢木の枯死に伴い、徐々に樹種の交替が進むと考えられる。ブナ枯死後に、高木種の交替がスムーズに進行するか、今後、監視（モニタリング）していくことが重要である。

## 2. マツ枯れへの影響予測

温暖化が生物被害を通して森林に顕著な影響を与える例としては、マツノザイセンチュウ病が挙げられる。マツノザイセンチュウによるマツ枯れは冷涼な気候条件では発生しないことが知られており、温暖化がマツ枯れ危険域を拡大することが懸念される。

温暖化のマツ枯れへの影響を評価するために、メッシュ気候値（気象庁2002）の月別気温データを元に、マツ枯れのリスクの指標として用いられる、15℃を閾値とする積算温度（MB指数：月平均気温が15℃を超える月について月平均気温から15℃を差し引き、残差を年間で累積した値）を気温上昇量1℃毎に求めて、現在の土地利用形態を考慮したうえで、温暖化時のマツ枯れ危険域の分布を計算した。

MB指数が22以上の地域はアカマツ林のマツ枯れ危険域、19以下の地域は被害拡大の自然抑制域、19～22は両者の移行域に区分される。現在のマツ枯れ被害は、日本海側平野部では秋田県八峰町（青森県境）まで、北上低地帯では岩手県紫波町まで、三陸沿岸部では大船渡市まで確認されている。

温暖化は、マツ枯れ被害リスクの拡大をもたらす（図2）。1～2℃の気温上昇によって、現在被害が及んでいない青森県の平野部にまで危険域が拡大すると予想される。また、気温上昇が2℃を超えると、岩手県内陸部のアカマツ林業地帯やマツタケ生産地に壊滅的な被害が及ぶことが懸念される。津軽平野のように、気温条件ではマツ枯れのリスクが予想されるが、被害がまだみられない地域もあり、被害域の北上が懸念されている。

2005年夏の秋田県北限部でのマツノザイセンチュウ病発生を受け、青森県では日本海沿岸部の南北6kmに渡って集中的な監視を行い、さらにその南北両端部各2kmに渡ってマツ生立木を伐採して感染可能な木をなくしてしまう「防除帯」の設置が断行された。このような防除策を通して得られた経験は、温暖化時の適応策を考える上で参考になる。

## 3. その他

このほか、チシマザサ（ブナ林の林床優占種）、ハイマツ（高山帯の優占種）、シラベ（亜高山帯林の優占種）について温暖化の影響予測を行った。また、過去の暖冬・少雪に伴う山地湿原の面積の縮小の事例を明らかにした。

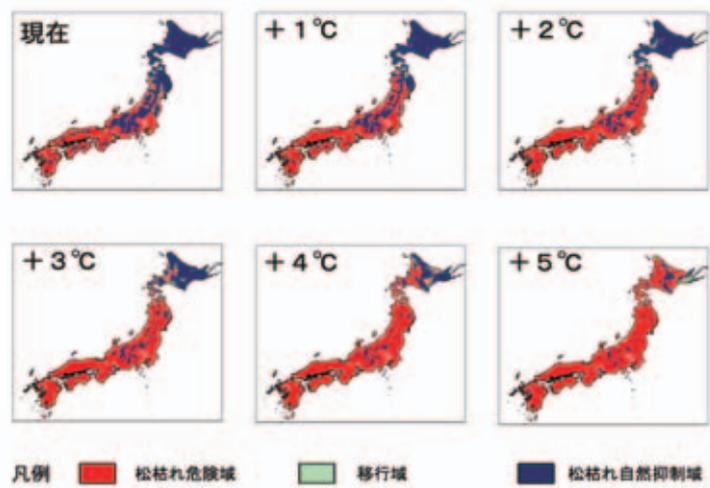


図2 現在と温暖化時（+1～+5℃）におけるマツ枯れ危険域の予測

### ☆参考文献

温暖化影響総合予測プロジェクトチーム（2008）地球温暖化「日本への影響」—最新の科学的知見—，環境省，94pp.  
<http://www-cger.nies.go.jp/climate/rrpj-impact-s4report/20080815report.pdf>

# 農業影響 — コメ収量変動の推計と適応 —



(独)農業環境技術研究所 大気環境研究領域  
主任研究員 横沢 正幸

- ・1959年生まれ
- ・専門は生態系のモデル解析
- ・気候変化による農業影響・適応評価に関する研究を担当
- ・今後は病害虫などの影響をも取り込んだ農業生態系としての影響推計を行いたい。

## 1.はじめに

昨年発表されたIPCC第4次評価報告書の第2作業部会報告書は、地球温暖化が農業へ及ぼす影響に関して、中緯度、高緯度地域は、熱帯などの低緯度地域に比べて比較的小さいと指摘している。とりわけ、現在に比べて2~3℃程度の気温上昇であれば、中高緯度地域では温暖化による好影響を受けて、農業生産性はむしろ向上すると予測している。しかし、IPCCの報告書は、影響が及ぶ時期、地域およびその程度の詳細には触れていない。ここでは、わが国の主食であるコメの生産を対象として、温暖化、気候変化が及ぼす影響を定量的に評価した結果とそれに基づいた適応策について紹介する。

## 2.わが国のコメ収量変動への影響推計

大気中のCO<sub>2</sub>濃度の上昇によりイネの光合成速度は増加する。一方、気温の上昇により出穂までの期間は短くなる。適度な環境条件では、高CO<sub>2</sub>濃度条件は、バイオマスと同程度に収量も増加させる効果を持つが、出穂し開花する時期に高温に遭遇すると受粉ができなかったり、子実であるコメが育たなかったりする、いわゆる高温障害を受けて、収量は激減する可能性がある。様々な気象環境条件に応じたコメ収量の年次変動、地域差を説明するために、発育、バイオマス生産、葉面積生長、子実形成などの環境応答に関するサブモ

デルを積み上げた生育・収量-環境応答モデルが開発されている。

本研究で使用したモデルは、温暖化のコメ収量への影響を推計するために、CO<sub>2</sub>濃度の直接的効果や高温障害過程も考慮している。また、本モデルは日本全国の影響を見積もるために、県別の平均気象環境と平均収量との関係を説明できるように設計した。

このモデルに気候変化シナリオを入力して、わが国のコメ収量に関する影響評価を行った結果を図1に示した。

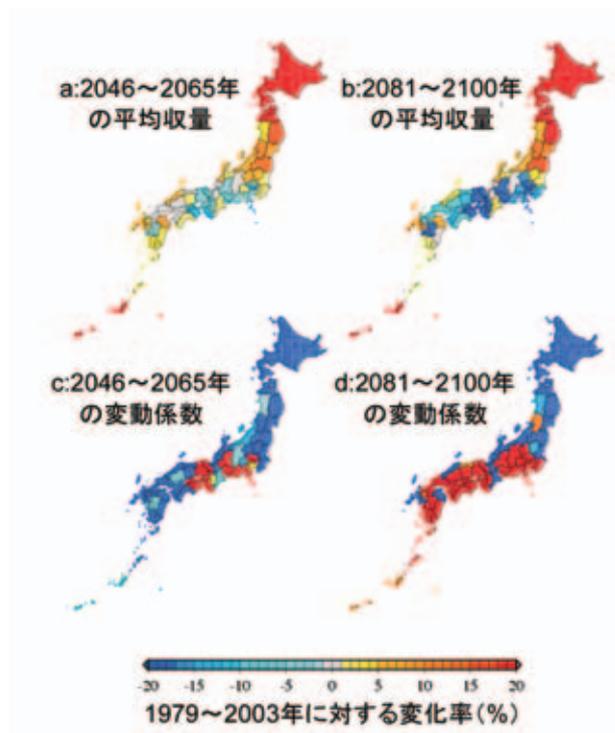


図1 県別コメ収量の変化:a, b: 平均収量;c, d: 変動係数



図1は、2046～2065年および2081～2100年に想定される気候条件でのコメ収量の平均と変動係数(平均値の異なる変動を比較するための指標で、標準偏差を平均で除したもの)の分布を、現在(1979～2003年)の値に対する変化率として表したものである。ここでは、東京大学、海洋研究開発機構および国立環境研究所が開発し、地球シミュレータを用いて計算したモデル(MIROC)による出力を気候変化シナリオデータとして使用した。なお、イネの移植日、品種や管理は現在のままで変えないと仮定した場合の推計である。それによると、温暖化によって東北、北海道では増収、中部、西日本では減収する傾向が見られる。さらに、減収する場所とほぼ同じ地域を中心として、収量の変動も大きくなることが推定された。このことは、年ごとの豊凶の差が大きくなることを意味し、生産および食料供給が不安定になると推定された。

図2は全国平均収量の変化を世界および日本の平均気温の変化、その気温上昇が起きると推計された年代(MIROCを用いた気候シナリオによる)との関係を示す。はじめに述べたように、2.5℃くらいまでの気温上昇では、全国平均収量は増加するが、その後は減

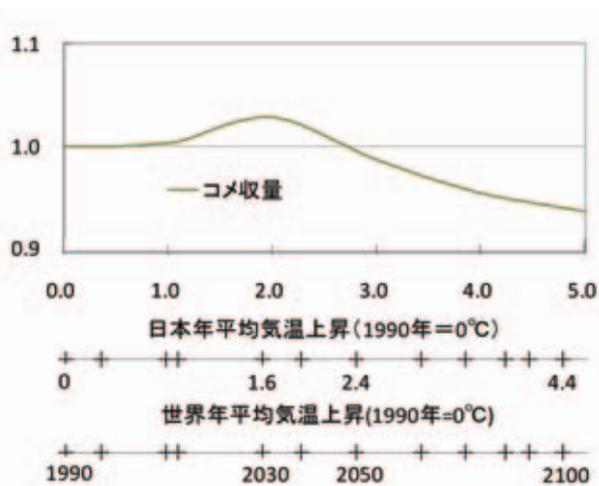


図2 全国平均コメ収量の変化:1979～2003年の平均収量に対する変化率  
気温の変化と年代は気候変化シナリオ(MIROCを用いた排出シナリオA1B)に基づく

少することが推計されている。

### 3.適応に向けて

以上のような気候変化が及ぼす影響評価の結果を踏まえて、その適応策についても解析、検討が行われている。気候変化の影響に対して、現在、農業分野で適応策として考えられている方策は、主に1)移植日の移動、2)品種改良、3)施肥管理である。しかし、農業の場合、緩やかに変化する環境にはこのような適応策が有効であるが、急激な変化については、収穫までの期間が長い作物、特に果樹などでは対策が難しい。

### 4.今後の課題

将来推計には、モデルや環境の設定などに多くの不確実性が含まれている。したがって、単一のモデル、気候シナリオの結果だけでなく、できるだけ多くのモデル、シナリオに基づく予測結果を総合して解析ならびに評価を行う必要があることに注意すべきである。

本評価では、コメ生産に関係する気象環境として、気温、日射および大気中の二酸化炭素濃度のみを考慮し、降水量は入力として取り入れなかった。なぜなら、過去のわが国のコメ生産において、とりわけ降水量不足に起因する被害は報告されておらず、モデル構築に利用すべきデータがないためである。また、将来の気候変化シナリオにおいても、わが国のコメ生産に対して降水量が総量的に不足するという推計はないが、例えば、降雪が減少し田植え時期に水不足が起きる可能性は指摘されている。水資源量の変化を考慮した気候変化影響の評価は、今後の課題である。

また、本モデルは県平均の生育、収量の変動を対象としているため、特定の品種に対する影響を表しているわけではない。本モデルは対象とする県でこれまで用いられてきた品種の平均特性を反映している。品種ごとの検討も今後の課題といえる。

# 沿岸域災害 — 高潮浸水と液状化現象の増加 —



茨城大学 工学部都市システム工学科  
教授 安原 一哉

- ・1944年生まれ
- ・専門は土木工学、特に、地盤工学
- ・近年は、環境負荷低減と災害低減の関連性に関する研究に従事

## 1. 沿岸域における複合災害

温暖化によって人間が居住する地域として最も影響を受けるのは沿岸地域と考えられる。その影響も要因が重なり合うと、起きる災害が大きくなる。このように要因が重なり合って生じる災害をここでは、複合災害と呼んでこのことを重視している。図1はこのような複合災害を模式的に示したものである。これによると、ここでいう複合災害は、水にかかわる災害(水災害)と土や地盤にかかわる災害(地盤災害)に大別されることがわかる。



図1 温暖化によって引き起こされる複合災害の概念図

このような複合災害は図2に示すように、温暖化の要因が重なり合って起きるものと、温暖化にかかわる要因と温暖化に関係しない現象が重なり合って生じる災害に分けられることも分かる。したがって、ここでいう複合災害の事例としては、以下のようなものが考えられる。

- ①海面上昇を受ける沿岸域に大きな台風が襲ってきたために、高潮氾濫が拡大するというように、温暖化による複数の現象が重なり合って生じる大きな災害

- ②温暖化によってもたらされる海面上昇や集中豪雨と、温暖化とは無関係の地震などの変動が重なったときに起きる災害

とくに、わが国の多くの大都市は沿岸域の低平地に立地していることなどもあって、自然の脅威には脆弱である。したがって、これらがもたらす災害影響評価と経済的損失評価について予測したうえで、適応策とその経済的効果を考えることが重要である。これまでの研究によって以下のようなことが明らかになっている。

- ①温暖化が進んだとき、三大湾(東京湾、伊勢湾、大阪湾)奥部では、古くに開発された埋立地とその周辺で高潮による浸水の危険性が高くなる(鈴木,2007)。
- ②気候変動による海面上昇と降雨特性の変化によって、液状化の危険性が大きいエリアが沿岸域で拡大する(Murakami et al., 2005)。
- ③海面上昇によって消失する砂浜や干潟の経済的価値は相当大きい。
- ④海面上昇に伴い河川に塩水が遡上することによ

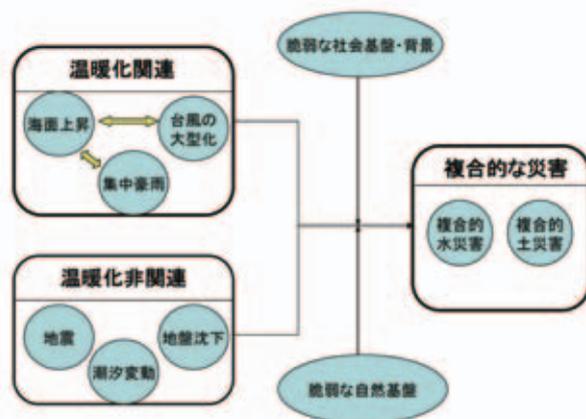


図2 温暖化によって引き起こされる複合災害のまとめ



て河川堤防が劣化や損傷する可能性がある。

- ⑤温暖化に伴う豪雨を受ける可能性のある沿岸域に隣接する斜面では災害が起きる危険性が大きくなる。したがって、斜面復旧計画ではリスクを示す指標による検討が重要である。

本講演ではこのような自然災害のうち、典型的な水災害として高潮浸水、地盤災害として液状化災害に焦点を当て、その影響評価、経済的損失評価、および、適応策について得られた成果の概要を紹介する。

## 2.高潮浸水へ及ぼす影響

日本は、海に面する市町村に人口の46%、工業出荷額の47%、商業販売額の77%が集中し、沿岸域は社会・経済活動にとって重要な地域になっている。温暖化が進行した場合、陸上雪水の融解や海水の膨張等で海面が上昇し、海水温の上昇等により台風が大型化すると考えられる。こうした変化により、沿岸域では高潮による浸水の危険度が高まる。そのため、それを評価するための指標として高潮による浸水が生じる地域の面積とそこに居住する人口を予測した。

解析結果によれば、2000年には、三大湾奥部と西日本（中国地方、四国地方、九州地方）で高潮によって浸水する危険がある面積が20,000ha、その範囲に居住する人口が29万人であるが、2030年には浸水面積が29,000ha、浸水人口が52万人となり、さらに2100年には浸水面積が58,000ha、浸水人口が137万人となる。温暖化による海面の上昇と台風の大規模化による高潮偏差の増大で、2000年から2100年にかけて、高潮に脆弱な地域の面積が38,000ha増加し、浸水人口が108万人増加する。

高潮による浸水面積や浸水人口は、ある海面上昇、ある台風の大規模化の水準で急激に大きくなることはなく、全体として直線的に増加する。そのため、高潮に対する対策はある水準までは様子を見、その水準に近づいたときに対策を講じるというのではなく、どのような水準であっても状況に合わせて適切な対策を連続的に取ることが重要になる。

## 3.地震時液状化へ及ぼす影響

地震時液状化は地下水位の影響を強く受ける。

近年、大都市においては地下水位が上昇する傾向

にあるが、これは、主として、1970年頃から地盤沈下を抑制するために地下水のくみ上げを規制した結果である。これらに加えて、温暖化による海面上昇や気候変動に伴う集中豪雨が地下水位を上昇を大きくするとともに、加速させると予測されている。とくに、海面上昇と集中豪雨による地下水位の上昇が地震時の液状化にどのように影響するかを検討し、結果をGIS（地理情報システム）を用いて可視（電子地図）化した。

現状における液状化ハザードマップ（危険地帯を示した地図）と海面上昇を考慮した液状化ハザードマップによれば、海面上昇に伴う海岸線付近の液状化危険度が増加するとともに、河川沿岸域でも液状化危険度が増加することが分かった。このことから、海面上昇により沿岸域地盤が影響されるエリアは、海岸線付近だけでなく、潮汐変動を受けるような河川下流域沿岸部まで及ぶと考えられる。

一方、降雨についても考慮した場合の液状化ハザードマップによれば、海面上昇のみの場合より、河川沿岸域においてより内陸に向かって液状化危険度が増大することが分かった。すなわち、気候変動による海面上昇では海岸・河川沿岸域において、降雨特性の変化によっては内陸部において、それぞれ異なる影響が現れる結果になっている。このように、海面上昇と降雨特性の変化によって、液状化に及ぼす影響の様子が異なることが分かった。

## 4.適応策と今後の課題

具体的な適応策の評価に向けては技術水準や情報インフラ・能力などを採り入れた分析や地域を限定した分析を行う必要がある。また、温暖化に起因する個別の複合的災害に対する適応策を提案するとともに、それぞれの経済評価を行うことが重要である。

### ☆参考文献

- 1) 鈴木武: 三大湾奥部における温暖化による高潮浸水領域の変化の予測, 地球環境シンポジウム講演論文集, Vol.15, pp.167-170, 2007.
- 2) Murakami, S., Yasuhara, K., Suzuki, N., Ni, Wei and Komine, H.: Vulnerability Assessment to Liquefaction Hazard Induced by Rising Sea Levels due to Global Warming, Proceedings of International Conference on Geotechnical Engineering for Disaster Mitigation & Rehabilitation, 2005.

# 健康影響

## — 熱ストレスによるリスクと熱中症の増加 —



(独)国立環境研究所 環境健康研究領域  
総合影響評価研究室長 小野 雅司

- ・1948年生まれ
- ・専門は環境疫学
- ・熱中症関連HPを運用

### はじめに

IPCC第4次評価報告書によれば、地球温暖化による健康影響は直接的な影響、間接的な影響、そして、社会・経済システムの崩壊による影響に分けて考えられている。具体的には、低栄養に起因する疾患の増加、熱波、洪水、暴風雨、火災や干ばつによる死亡、疾病の増加、下痢性疾患の増加、光化学オキシダント濃度の上昇による心臓・呼吸器系疾患の増加、そして、動物媒介性感染症の増加等が指摘されている。ここでは、温暖化(高温)による影響のうち、熱ストレスによる死亡リスクと熱ストレスの典型である熱中症リスクについて紹介する。

### 1.熱ストレスによる死亡リスク

#### 1) 至適気温

年間の死亡者を日最高気温別に集計し、各最高気温1日当たりの死亡率を算出すると多くの場合V字型(ある気温で死亡率が最低になり、それより気温が低くても高くても死亡率は高くなる)を示す。わが国だけでなくヨーロッパや米国でも同様で、またその関係は気候によって異なり、至適気温(死亡率が最低となる気温)は寒冷な気候では低く、温暖な気候では高くなる(図1・左)。

#### 2) 85パーセントイル仮説

全死亡についてみると、都道府県ごとの至適気温は日最高気温の85パーセントイル(年間の日最高気温の低い方から数えて85%となる値)とほぼ一致する(図1・右)。

#### 3) 温暖化による死亡リスク

温暖化(高温)による超過死亡を表す方法としては平年死亡からの偏りが一般に用いられるが、ここでは

至適気温よりも気温が高い日と至適気温日の死亡率の差を考える。上記85パーセントイル仮説を用い、地域メッシュごとの人口、年間の総死亡率、予測された気象データから、将来の熱ストレスによる超過死亡リスクマップを作成した。図2に、現在の気候(左)および100年後に全球温度が約3℃上昇した気候(右)での、わが国における熱ストレスによる単位面積あたり超過死亡数を示した。暑い日の増加に伴い、人口の多い首都圏から東海地方にかけて大きな影響を受け、全国平均すると現状に比べて約270%増加すると見積

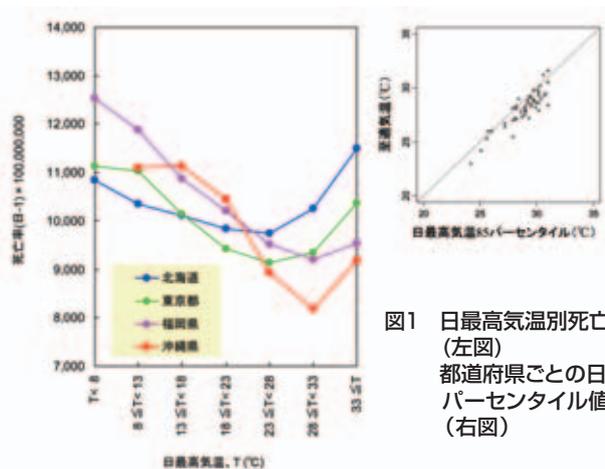


図1 日最高気温別死亡率(左図) 都道府県ごとの日最高気温85パーセントイル値と至適気温(右図)

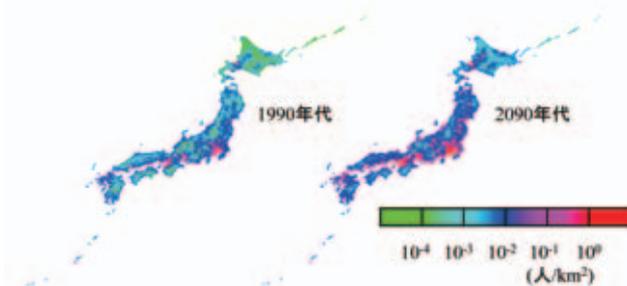


図2 気候変化した場合の熱ストレスによる超過死亡数の変化の予測 両図とも、各年代の気候値を用いて計算した死亡数



もられた。ただし、推計にあたって、適応策（環境の変化に応じた影響軽減のための対策）が全く期待できないと仮定しており、その点でリスクを過大評価していること、人口は将来にわたり不変と仮定していることには注意が必要である。

なお、ここで死亡リスクとは高温が原因で生じる全ての死亡を意味しており、後述の熱中症はその一典型例であるが、熱ストレス影響に占める割合は必ずしも多くない。

## 2.熱中症

人口動態統計（厚生労働省統計情報部）によれば、熱中症による死亡者は増加傾向にあり、2007年の死亡者は904名で過去最多の1994年（579名）の1.6倍であった。救急搬送データをもとに、熱中症患者は増加傾向にあり（図3）、2007年夏には東京都及び17政令市で5千名を超える熱中症患者が救急車により搬送されている。以下、救急搬送患者データを用いて、どのような時に、どのような人が熱中症に罹るのか、そしてどうすれば熱中症を予防できるのかについて考える。

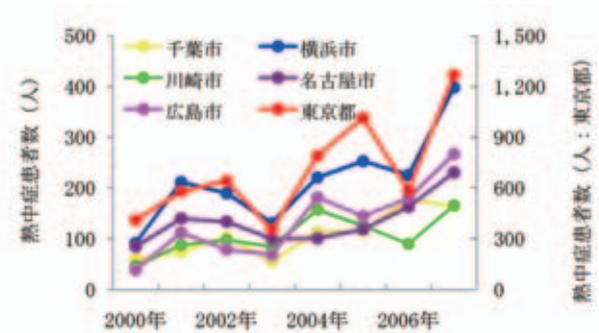


図3 熱中症患者数の年次推移  
(6都市における2000～2007年救急搬送数)

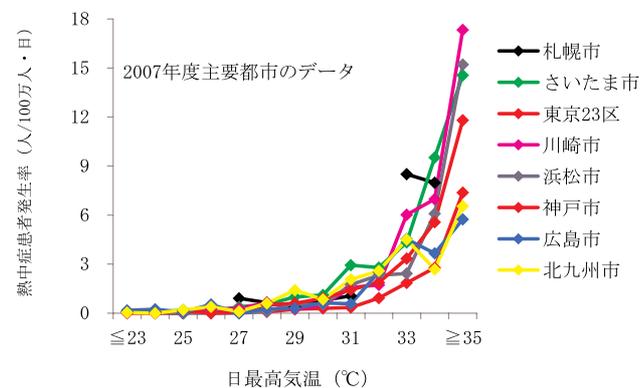


図4 日最高気温別熱中症患者発生率

### 1) 救急搬送患者データ

国立環境研究所では、2004年より全国の主要都市消防局の協力を得て、救急搬送された熱中症患者情報を収集し、HPから随時情報提供を行っている（2007年：東京都及び17政令市）。

### 2) 性別・年齢階級別患者数

男性が全体のおよそ2/3を占める。男性では19～39歳、40～64歳、65歳以上がそれぞれ25～30%を、女性では65歳以上が半数を占める。人口当たりの患者数は、65歳以上が最も高く、7～18歳（小中高生）がそれに次いで高い。

### 3) 発生場所

19～39歳、40～64歳では作業中を中心に比較的多様な場所で発生しているが、7～18歳では運動中、学校、65歳以上では自宅（居室）での発生が特徴的である。

### 4) 日最高気温別発生率

同じ日最高気温1日当たりの患者数を見ると、日最高気温28℃あたりから患者が発生し、31℃を超えると急激に増加する（図4）。

これを年齢別にみると、7～18歳、19～39歳、40～64歳では、35℃あるいは36℃を超えると、わずかではあるが発生率の上昇が鈍る。激しい運動や作業を控える、作業中の休憩を普段より多くとる、など自発的な対策の結果と考えられる。一方、高齢者ではそのような傾向は見られず気温の上昇に伴って発生率も単調に上昇する。高齢者の多くは1日の大半を自宅で過ごしているため、35℃あるいは36℃を超える高温でも普段と同じように過ごし、その結果、より大きな影響を受けると考えられる。

## 3.熱ストレス死亡、熱中症の予防へ向けて

熱中症に代表される熱ストレス影響は、高温に曝されることにより引き起こされるが、それに加えて高齢者、小中高生の運動、青壮年の激しい作業、などによりリスクが高まる。このような高リスク集団に対して適切な対策（高齢者に対しては予防情報の適切な伝達と居住環境の適正化が、小中高生の運動については学校の指導者、青壮年の激しい作業については職場の管理者、による指導・管理）が重要である。また、今後予想される寒冷地での暑熱日への対応（ルームエアコンの普及あるいはその代替策）が急がれる。

# 温暖化影響への対策と 賢い適応への取組み

## コーディネータ



**原沢 英夫**（内閣府政策統括官（科学技術政策・イノベーション担当）  
付参事官（環境・エネルギー担当））

### ◆プロフィール

- ・埼玉県出身 東京大学工学部都市工学科卒業 工学博士
- ・1978年 国立環境研究所の前身である国立公害研究所に入所
- ・1992年 国立環境研究所地球環境研究センター研究管理官（データベース担当）
- ・1994年 同研究所社会環境システム部環境計画研究室長
- ・2005年 同研究所社会環境システム研究領域長
- ・2008年4月より現職
- ・専門は環境工学（温暖化の影響評価など）
- ・IPCC（第2作業部会）第3次評価報告書、第4次評価報告書（2007年公表）のアジア地域への影響のとりまとめを担当

## パネリスト



**枝廣 淳子**（環境ジャーナリスト）

### ◆プロフィール

- ・東京大学大学院教育心理学専攻修士課程修了
- ・2つの企業の代表、NGOの共同代表を務める傍ら、環境ジャーナリストとして執筆・翻訳・講演活動を行う
- ・2002年 日本の環境活動を世界に英語で発信するNGOジャパン・フォー・サステナビリティ（JFS）を立ち上げ、共同代表に就任
- ・2004年 有限会社イーズ設立
- ・2005年 有限会社チェンジ・エージェントを設立
- ・アル・ゴア氏の「不都合な真実」の翻訳をおこなう
- ・2008年より首相の「地球温暖化問題に関する懇談会」メンバーを務める



**小野 洋**（環境省地球環境局総務課 研究調査室長）

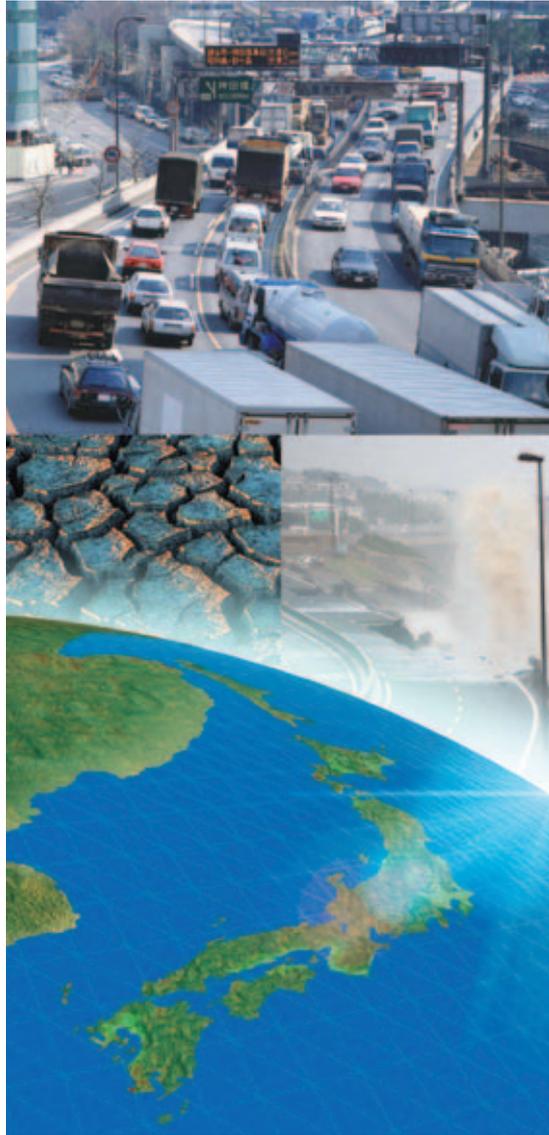
### ◆プロフィール

- ・岡山県出身
- ・1987年 環境庁（当時）に入庁  
大気・水質保全、廃棄物管理、地球環境問題等を担当
- ・2005年より世界銀行にて、東アジア途上国の開発プロジェクトの環境アセスメント、大気汚染対策、CDM事業、適応調査研究等を担当
- ・2008年7月より、地球環境局研究調査室長

## 第1部講演者

脇岡 靖明、風間 聡、田中 信行、横沢 正幸  
安原 一哉、小野 雅司





GLOBAL ENVIRONMENT RESEARCH FUND

※表紙及び裏表紙の高波の写真は、国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所HPより転用しています。

主催  環境省

お問い合わせ先

社団法人 国際環境研究協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13

TEL:03-3432-1844 FAX:03-3432-1975

E-mail:airies@airies.or.jp

<http://www.airies.or.jp/suishinhi/>