

## 気候変動に関する政府間パネル 第2作業部会により受諾された報告書(但し、詳細は未承認)

作業部会あるいはパネルの会合における IPCC 報告書の「受諾」とは、文書が一行ごとの議論及び合意を必要とはしなかったことを意味するが、それでもなお、対象とする主題に関して、包括的、客観的で、且つバランスのとれた見解を提示している。

# 技術要約

### 注意

この資料は、IPCC第4次評価報告書第2作業部会報告書技術要約(Technical Summary)を、環境省が翻訳したものである。この翻訳は、IPCCホームページに掲載されている報告書：  
<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-ts.pdf>  
をもとにしている。

国連機関であるIPCCは、6つの国連公用語のみで報告書を発行する。  
そのため、IPCC報告書「気候変動2007－影響・適応・脆弱性」技術要約の翻訳である本書は、IPCCの公式訳ではない。  
本書は、原文の表現を最も正確に表すために環境省が作成したものである。

*As a UN body the IPCC publishes reports only in the six official UN languages.*

*This translation of Technical Summary of the IPCC Report "Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability" is therefore not an official translate by the IPCC.*

*It has been provided by the Ministry of the Environment, Japan with the aim of reflecting in the most accurate way the language used in the original text.*

### 総括執筆責任者：

Martin Parry (UK), Osvaldo Canziani (Argentina), Jean Palutikof (UK)

### 執筆責任者：

Neil Adger (UK), Pramod Aggarwal (India), Shardul Agrawala (OECD/France), Joseph Alcamo (Germany), Abdelkader Allali (Morocco), Oleg Anisimov (Russia), Nigel Arnell (UK), Michel Boko (Benin), Timothy Carter (Finland), Gino Casassa (Chile), Ulisses Confalonieri (Brazil), Rex Victor Cruz (Philippines), Edmundo de Alba Alcaraz (Mexico), William Easterling (USA), Christopher Field (USA), Andreas Fischlin (Switzerland), Blair Fitzharris (New Zealand), Carlos Gay García (Mexico), Hideo Harasawa (Japan), Kevin Hennessy (Australia), Saleemul Huq (UK), Roger Jones (Australia), Lucka Kajfež Bogataj (Slovenia), David Karoly (USA), Richard Klein (The Netherlands), Zbigniew Kundzewicz (Poland), Murari Lal (India), Rodel Lasco (Philippines), Geoff Love (Australia), Xianfu Lu (China), Graciela Magrín (Argentina), Luis José Mata (Venezuela), Bettina Menne (WHO Regional Office for Europe/Germany), Guy Midgley (South Africa), Nobuo Mimura (Japan), Monirul Qader Mirza (Bangladesh/Canada), José Moreno (Spain), Linda Mortsch (Canada), Isabelle Niang-Diop (Senegal), Robert Nicholls (UK), Béla Nováky (Hungary), Leonard Nurse (Barbados), Anthony Nyong (Nigeria), Michael Oppenheimer (USA), Anand Patwardhan (India), Patricia Romero Lankao (Mexico), Cynthia Rosenzweig (USA), Stephen Schneider (USA), Serguei Semenov (Russia), Joel Smith (USA), John Stone (Canada), Jean-Pascal van Ypersele (Belgium), David Vaughan (UK), Coleen Vogel (South Africa), Thomas Wilbanks (USA), Poh Poh Wong (Singapore), Shaohong Wu (China), Gary Yohe (USA)

### 執筆協力者：

Debbie Hemming (UK), Pete Falloon (UK)

### 査読編集者：

Wolfgang Cramer (Germany), Daniel Murdiyarso (Indonesia)

### 本技術要約の引用時の表記方法：

Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof and Co-authors 2007: Technical Summary. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 23-78.

## 目次

主要な結論の要約.....	3	Box TS.5. システムと分野に予測される主要な影響.....	22
<b>TS.1 第2作業部会の評価の範囲、 アプローチ、方法.....</b>	<b>4</b>	TS.4.2 地域ごとの影響、適応及び脆弱性.....	26
<b>TS.2 自然システムと人為システムへの観測された 影響に関する現在の知見.....</b>	<b>4</b>	Box TS.6. 地域ごとの主要な予測される影響.....	37
Box TS.1. 本技術要約の出典.....	5	TS4.3 気候変動の変化量による影響の程度.....	42
Box TS.2. 第2作業部会第4次評価報告書における 不確実性の表現方法.....	5	TS4.4 極端現象の変化の影響.....	42
Box TS.3. 主要な用語の定義.....	5	TS.4.5 特に影響を受けるシステム、分野及び地域.....	42
Box TS.4. 気候変動の原因と物理・生物システムで 観測された影響との関連付け.....	7	TS.4.6 大きな影響を及ぼす現象.....	42
<b>TS.3 方法及びシナリオ.....</b>	<b>9</b>	TS.4.7 気候変動の影響のコスト計算.....	42
TS.3.1 気候変動の影響、適応、脆弱性に関する 研究者が利用可能な方法の発展.....	9	<b>TS.5 気候変動に対する対応についての現在の知見... 43</b>	
TS.3.2 IPCC第2作業部会第4次評価報告書における 「将来」の特徴解析.....	10	TS.5.1 適応.....	43
<b>TS.4 将来の影響に関する現在の知見.....</b>	<b>13</b>	TS.5.2 適応と緩和の相互関係.....	48
TS.4.1 分野別の影響、適応、脆弱性.....	13	Box TS.7. インドにおける複合的ストレス要因への 適応能力.....	49
		TS.5.3 主要な脆弱性.....	51
		TS.5.4 気候変動と持続可能性に関する展望.....	53
		<b>TS.6 知識の進展と将来的な研究のニーズ..... 54</b>	
		TS.6.1 知識の進展.....	54
		TS6.2 将来的な研究の必要性.....	55

## 主要な結論の要約

- すべての大陸及びほとんどの海洋で観測によって得られた証拠は、多くの自然システムが、地域的な気候変動、とりわけ気温上昇の影響を受けつつあることを示している。
- 1970年以降のデータの地球規模での評価は、人為起源の温暖化が多くの物理・生物システムに対して識別可能な影響を既に及ぼしている可能性が高いことを示している。
- 多くは適応や非気候動因のために識別することが困難であるものの、地域的な気候変動が自然・人間環境に及ぼすその他の影響が現れている。
- 前回の評価に含まれなかったいくつかの分野を含む、広範囲なシステムと分野にわたって、将来影響の性質に関するより明確な情報が、現在入手可能である。
- 将来影響の性質に関して、過去の評価ではカバーされていなかったいくつかの地域も含む、世界の各地域におけるより具体的な情報が、現在では利用可能である。
- 影響の程度を、世界平均気温の起こりうる上昇幅に対応してより系統的に推定することが、今日では可能である。
- 気象、気候及び海面に関する極端な現象の頻度及び強度が変わることによる影響は、変化する可能性が非常に高い。
- いくつかの大規模な気候現象は、特に21世紀以降に、非常に大きな影響を引き起こす可能性がある。
- 気候変動の影響は、地域により異なるが、それらを集計し現在に割り引いた場合、世界気温の上昇につれて時とともに増加する正味の年間コストを課すことになる可能性が非常に高い。
- 観測された気候変動及び将来の気候変動予測に対して、現在行われている適応もあるが、それらは限定的である。
- 適応は、過去の排出により既に避けられない温暖化がもたらす影響に対処するために必要である。
- 広い範囲の適応オプションが利用可能であるが、将来の気候変動への脆弱性を軽減するためには、現在行われているよりも一層幅広い適応が必要である。障壁、限界及びコストが存在するが、これらは十分には理解されていない。
- 気候変動に対する脆弱性は、他のストレスの存在によって一層悪化し得る。
- 将来の脆弱性は、気候変動のみならず、開発経路にも依存する。
- 持続可能な開発は気候変動に対する脆弱性を低減することができるが、気候変動は持続可能な開発経路を達成するための国家の能力を妨害し得る。
- 多くの影響は、緩和によって回避、減少又は遅延され得る。
- 適応策と緩和策のポートフォリオは、気候変動に伴うリスクを縮小できる。

## TS.1 第2作業部会の評価の範囲、アプローチ、方法

第4次評価報告書 (AR4) 作成の決議は2002年4月に気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第19回会議で採択された。

第2作業部会の報告書は20章で構成されている。中心となる章 (第3章から第16章) では、気候変動が各分野や地域に将来及ぼす影響、適応可能性、持続可能性を論じている。第1章では観測された変化を概観し、第2章では新しい方法論と将来の状況の特徴解析を評価している。第17章から第20章では、適応を通じた影響への対応 (第17章)、適応と緩和の相互関係 (第18章)、主要な脆弱性とリスク (第19章)、最後に気候変動と持続可能性に関する展望 (第20章) を評価している。

第2作業部会第4次評価報告書は、IPCCの全ての報告書と同様、公開及び専門家間の査読プロセスを経て作成された。それは過去の評価とIPCC特別報告書に基づいており、気候変動の影響、適応、脆弱性に関する研究の過去5年間の結果を取り込んでいる。各章では、第3次評価報告書<sup>1</sup> (TAR) 以降に発表された文献の、英語以外の言語並びに適切な場合には「grey」literature<sup>2</sup>も含めて、均衡のとれた評価を行っている。

本評価報告書は、気候変動の影響、適応、脆弱性に関する現在の知見を記述することを目的としている。特に次の5つの点を論じる：

- ・ 現在観察可能な、気候変動の影響に関する現在の知見は何か (本技術要約のTS.2節で論じる)。
- ・ 第3次評価以降、どのような新しいシナリオと研究方法によって知見が進歩したか (TS.3節)。
- ・ 気候変動が様々な分野と地域に及ぼす将来的な影響に関する現在の知見は何か (TS.4節)。
- ・ 適応、適応と緩和の相互関係、主要な脆弱性、及び気候変動という状況下で持続可能な開発が果たす役割に関する現在の知見は何か (TS.5節)。
- ・ 現在の知見にはどのような欠落があるか、それを埋める最善の方法は何か (TS.6節)。

第2作業部会第4次評価報告書の20章の各々には、最低2名の総括執筆責任者、6名の執筆責任者、2名の査読編集者が携わった。IPCC事務局がWGII共同議長と副議長の推薦に基づいて執筆チームと査読編集者を任命した。彼らは、該

当分野で活躍している科学者の国際的コミュニティと協議の上、専門性と経験を考慮して、候補として推薦された専門家の集まりの中から選出された。第2作業部会第4次評価報告書には、合計で70カ国から48名の総括執筆責任者、125名の執筆責任者、45名の査読編集者が参加した。さらに、執筆協力者は183人、専門査読者は910人であった。

本技術要約は第2作業部会評価報告書全体の中で最も重要な科学的側面を把握するためのものである。800ページから成る情報を50ページにまとめるにはかなり圧縮しなければならなかったため、この要約に含まれた個々の記述には第4次評価報告書における出所を示し、読者が詳細を参照できるようにしてある。出典に関する情報は、本文中では角括弧で表されている (BOX TS.1を参照)。不確実性に関する情報は丸括弧で示されている (不確実性の定義に関してはBOX TS.2を参照)。主要な用語はBOX TS.3で定義されている。

## TS.2 自然システムと人為システムへの観測された影響に関する現在の知見

すべての大陸及びほとんどの海洋で観測によって得られた証拠は、多くの自然システムが、地域的な気候変動、とりわけ気温上昇によって影響を受けつつあることを示している (確信度が非常に高い)。1970年以降のデータの地球規模での評価は、人為起源の温暖化がすでに多くの物理・生物システムに対して識別可能な影響を及ぼしている可能性が高いことを示している。

IPCC第2作業部会第3次評価報告書は、最近の地域的な気候変動、特に気温上昇がすでに物理・生物システムに影響を及ぼしているという証拠を見出した [1.1.1]<sup>3</sup>。第4次評価報告書は、主に1970年から2005年までの物理、生物及び人間システムの変化を気候的動因との関係で示している、第3次評価報告書以降の研究を分析し、より確かな定量的証拠を見出した [1.3, 1.4]。その主な焦点は、地球規模及び地域的な地上気温の上昇である [1.2]。

システムや分野で観測された反応は、他の多くの要因の影響を受けているため、気候変動に関連する観測された変化の証拠の評価は困難である。非気候的動因が、太陽放射の反射や蒸発などの気候変数への影響を通じて、直接的かつ／又は間接的に、システムや分野に影響を与え得る [1.2.1]。土地利用の変化 (例えば、農地から市街地への変化)、土地被覆の改変 (例えば、生態系の劣化)、技術の変化、汚染、外来種の侵入を含む、社会経済のプロセスが、いくつかの重要な非気

1 McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White, Eds., 2001: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1032pp

2 「Grey」literatureとは、研究報告書、政府の報告書や学位論文などのように、従来の商業出版流通経路では入手できない文献を意味しており、入手が困難なものもある。

3 Box TS.1を参照。

### Box TS.1. 本技術要約の出典

例えば、[3.3.2] は第3章3.2節を指す。Fは図 (Figure)、Tは表 (Table)、BはBox (囲み記事)、ESはExecutive Summary (要約) を意味する。(【訳注】本書ではF, Tをそれぞれ図、表と記載している。)

第1作業部会第4次評価報告書を参照している場合、例えば、[WGI AR4 SPM] は第1作業部会第4次評価報告書の政策決定者向け要約、[WGI AR4 10.3.2] は同じく第10章3.2節、[WGI AR4 Chapter10] では第10章全体が参照先となる。(【訳注】本書ではChapter x を第x章と記載している。) 第1作業部会と第2作業部会双方の第4次評価報告書を参照している場合は、例えば[WGI AR4 10.2.1; 2.1.4]のように、セミコロンで分けて示す。第3作業部会を参照する場合も同様に扱う。

### Box TS.2. 第2作業部会第4次評価報告書における不確実性の表現方法

IPCC第4次評価報告書の全編にわたり、現在の知見の不確実性を表現するために共通の用語が用いられている。これは、2005年7月にIPCCにより作成された「IPCC第4次評価報告書における不確実性の表現に関する執筆責任者向け手引き」<sup>4</sup>に基づくものである。

#### 確信度の表記

執筆者は、文献の包括的な読解と専門的判断により、現在の知見の評価に基づき、技術要約の主な記述に対して、確信度の度合いを次のように割り当てている。

用語	正しさについての確信度
確信度が非常に高い (Very high confidence)	10のうち少なくとも9が正しい
確信度が高い (High confidence)	10のうち約8が正しい
確信度が中程度 (Medium confidence)	10のうち約5が正しい
確信度が低い (Low confidence)	10のうち約2が正しい
確信度が非常に低い (Very low confidence)	10のうち1未満が正しい

#### 可能性の表記

「可能性」は、ある特定の結果が起きている、あるいは将来起きる可能性の評価を示しており、定量的分析もしくは専門的見解からの論理的帰結に基づいている。「技術要約」においては、執筆者がある結果の可能性を評価する際、それぞれの用語の意味は次の通りである。

用語	発生する可能性
ほぼ確実 (Virtually certain)	99%を超える確率
可能性が非常に高い (Very likely)	90%を超える確率
可能性が高い (Likely)	66%を超える確率
どちらも同程度 (可能性がおおよそ五分である) (About as likely as not)	33-66%の確率
可能性が低い (Unlikely)	33%未満の確率
可能性が非常に低い (Very unlikely)	10%未満の確率
ほぼあり得ない (Exceptionally unlikely)	1%未満の確率

### Box TS.3. 主要な用語の定義

IPCC が用いている「気候変動 (*climate change*)」は、自然の変動性あるいは人間活動の結果のいずれが原因であるかに関わらず、時間の経過に伴うあらゆる気候の変化を指している。この用法は、気候変動枠組条約における用法と異なっており、条約で用いられる「気候変動」は、地球規模の大気組成に変化をもたらす人間活動に直接あるいは間接に起因する気候の変化であって、その期間において観測される自然の気候変動性に対して追加的に生じるものをいう。

「適応 (*adaptation*)」とは、現在起きている、あるいは予想される気候による刺激もしくはその影響に対して、被害を和らげる、あるいは有利な機会を利用する自然もしくは人間システムの調整をいう。

「脆弱性 (*vulnerability*)」とは、気候変動性や極端な現象を含む気候変動の悪影響によるシステムの影響の受けやすさ、または対処できない度合いのことである。脆弱性は、システムが曝される気候変化及び変動の特徴・大きさ・速度と、システムの感度、適応能力の関数である。

4 <http://www.ipcc.ch/activity/uncertaintyguidancenote.pdf>. 参照。

候的動因となっている[1.2.1]。

過去5年間に、上述の諸影響が温暖化の人為起源の要素に結びついていることを示すさらに多くの証拠が蓄積された<sup>5</sup>。以下の3つの証拠をあわせて考慮することで、この結論を支持することができる[Box TS.4を参照]。

1. 観測されたトレンドを、自然の強制力と人為的な強制力を明確に分離してモデル化したトレンドと比較することによって、いくつかの物理・生物システムの反応を温暖化の人為起源の要素に結びつけた研究がいくつか存在する[1.4]。
2. 多くの物理・生物システムで観測された変化は、世界の温暖化と整合的である。これらのシステムにおける変化の大部分(29,000を超えるデータセットの89%超で、図TS.1にその場所が示されている)は、温暖化に対する反応として予想される方向への変化であった[1.4]。
3. 本評価報告書における諸研究の地球規模での統合は、地球全体でみて有意に温暖化している地域と、多くのシステムで温暖化と整合した有意な変化が観測されている場所との空間的な一致が、気温の自然変動性あるいはシステムの自然変動性のみ起因しているという可能性が非常に低い<sup>6</sup>ことを強く示している[1.4]。

**物理システムに関しては、(i) 気候変動が、雪氷及び凍土地域の自然・人間システムに影響を及ぼしており、(ii) 水文と水資源、沿岸域や海洋への影響の証拠が現在存在する。**

雪氷及び凍土地域で見出される主な証拠は、永久凍土地域における地盤の不安定化、岩なだれ、北極圏の凍結路面上の車両での旅行日数の減少、氷河湖の数の増加と拡大及び氷河湖を堰き止める氷堆石(モレーン)の不安定化とそれに伴う決壊洪水のリスクの増加、北極や南極半島における海氷生物相、食物連鎖上位の捕食者を含む生態系の変化、低標高の山岳地域での山岳スポーツの制限、である(確信度が高い)<sup>7</sup>[1.3.1]。このような変化は、北極の海水、淡水の氷、棚氷、グリーンランドの氷床、高山と南極半島の氷河と氷冠、積雪面積や永久凍土層の更なる融解が地球温暖化に応じて進んでいることを示す豊富な証拠に対応している(確信度が非常に高い)[WGI AR4第4章]。

水文と水資源における最近の証拠は、雪解けの影響で河川での春の流量ピークが早まっていることを示し、また熱帯アンデスとアルプスで氷河の融解が進んでいるという証拠が存

在する。世界中の湖沼や河川の水温は、熱構造と水質に影響を及ぼしながら、上昇している(確信度が高い)[1.3.2]。

海面上昇と人間による開発の双方が、沿岸湿地とマングローブの消失を引き起こし、多くの地域における沿岸洪水による被害を増加させている(確信度が中程度)[1.3.3.2]。

**第3次評価報告書で報告されているよりも幅広い陸域生態系の種と生物群集において、最近の温暖化が自然界の生物システムに既に大きな影響を与えているという、さらに多くの証拠が存在する。海洋・淡水システムの変化を温暖化に関連づける相当多くの新しい証拠がある。これらの証拠は、陸域と海洋両方の生物システムが、観測された最近の温暖化によって、今まさに強い影響を受けていることを示している。**

地域的な気候が陸域種に与える影響についての圧倒的多数の研究が、植物・動物相の極地及び高標高方向への移動を含む、温暖化トレンドに整合的な反応を明らかにしている。北半球における温暖化への陸域種の反応は、成長時期の変化(すなわち、生物季節的な変化)、特に春季現象の時期の早まり、渡り、及び成長期間の長期化として、十分に文書で立証されている。1980年代初期以降の衛星観測によると、多くの地域において、春季の植物「緑化」時期の早まり<sup>8</sup>と成長期間の長期化に伴う第一次産業産品の正味生産量の増加の傾向が見られている。少数の局地的消滅に関する限定的証拠を含む、特定の種の存在量の変化及び過去数十年の生物群集構成の変化は、気候変動に起因している(確信度が非常に高い)[1.3.5]。

生物季節及び海洋・淡水種の分布において観測された多くの変化は、水温の上昇と、氷による被覆、塩分濃度、酸素濃度及び循環におけるその他の気候に起因した変化と関連している。高緯度の海洋においては、生息範囲の極方向への移動と、藻類、プランクトン及び魚の存在量の変化が起こっている。例えば、北大西洋のプランクトンは40年間で極方向に10°(約1,000km)移動した。また、高緯度や高地の湖沼における藻類と動物性プランクトンの存在量増加や、河川における魚類の回遊時期の早期化と生息範囲の変化が文書で立証されてきている[1.3]。気候変動のサンゴ礁への影響についての証拠は増えているが、気候に関連したストレスとその他のストレス(例えば、乱獲や汚染)の影響を区別することは困難である。1750年以降の人為起源の炭素の吸収は、海洋をより酸性化し、pHは平均で0.1ユニット低下した[WGI AR4 SPM]。しかしながら、観測された海洋の酸性化が海洋生物圏へ及ぼす影響については、まだ文書で立証されていない[1.3]。湖沼と河川の水温上昇が、淡水生物種の存在量と

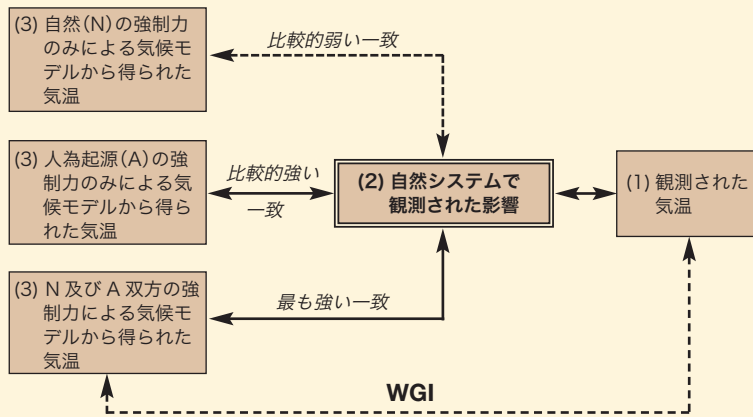
5 大陸規模での過去50年間にわたる温暖化は、人為起源の影響に起因している[WGI AR4 SPM]。

6 Box TS.2を参照。

7 Box TS.2を参照。

8 正規化差植生指数(NVDI- Normalised Difference Vegetation Index、衛星画像での植生の緑色の相対的尺度)による測定。

### Box TS.4. 気候変動の原因と物理・生物システムで観測された影響との関連付け



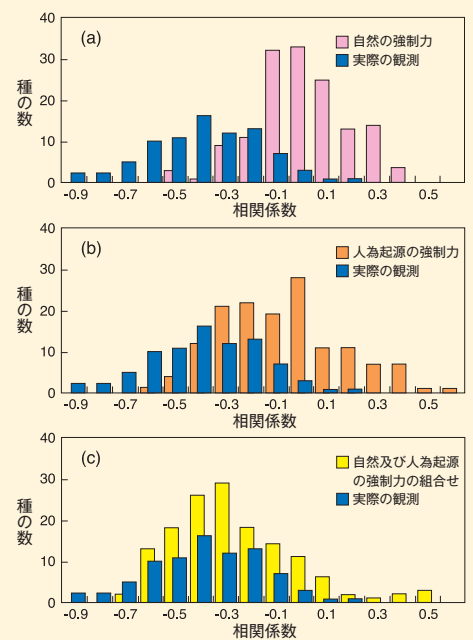
左の図は、(1) 観測された気温及び(2) 自然システムへの影響と、(3) 自然(N)の強制力、人為起源(A)の強制力、及びその両方を組み合わせた強制力による気候モデルのシミュレーションから得られた気温の関連性を示したものである。これらの関連性は、観測された影響の検知・原因特定研究に2通りの方法で利用されており、それらは以下に示す。

#### 1. 気候モデルの利用

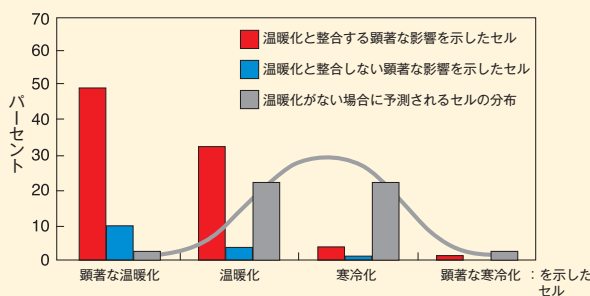
自然の強制力と人為起源の強制力を分離して行った因果関係の研究(前ページの証拠1)では、観測された動植物の時間的な変化を、観測された気温の同時期における変化、及び(i) 自然の気候強制力のみ、(ii) 人為起源の気候強制力のみ、(iii) 両方の強制力の組合せを考慮したモデルから得られた気温と比較している。

次ページのグラフは、この方法論を用いた研究の結果を示している<sup>9</sup>。モデルによる気温の地点は、動植物の研究が実施された地点と時期に対応するグリッド上の個々のマス目である。

観測されたプロット(青色)とモデルから得られたプロットとの(重なり及び形状における)一致度は、自然の強制力のみを考慮した場合が最も低く、人為起源の強制力のみの場合ではこれより高く、両方の組合せの場合において最も高い。したがって、観測された動植物の変化は、自然及び人為起源の気候への強制力の両方に反応している可能性が高く、直接的な因果関係を示している[図1.7, 1.4.2.2]。



#### 2. 空間分析の利用



空間分析による因果関係の研究(前ページの証拠3)は、以下の3つの段階を踏んで行われる。(i) 地球全体において、「顕著な温暖化」、「温暖化」、「寒冷化」、及び「顕著な寒冷化」を示す緯度5°×経度5°単位のセルを特定する。(ii) 自然システムにおいて、温暖化と整合する顕著な変化が観測された5°×5°のセルと、温暖化と整合しない顕著な変化が観測された5°×5°のセルを特定する。(iii) これら2組のセルの空間一致度を統計的に決定する。この評価報告書では、空間的一致が1%水準で有意であること、そしてそれが気候又は自然システムの自然変動性のみ起因する可能性が非常に低いことが結論づけられた。

南極大陸を除く各大陸にわたって平均した過去50年間の顕著な人為起源の温暖化の証拠を併せて考えると[WGI AR4<sup>10</sup> SPM]、この結果は多くの自然システムの変化に対する識別可能な人為的影響を示している[1.4.2.3]。

9 図で示されているのは、145の生物種の特性における変化(例えば、産卵の早期化)のタイミングと、各生物種が調査されたグリッドのマス目についてのモデル(HadCM3)春季気温との相関係数(関連性)の頻度である(次頁図TS.1の後に続く)。

10 IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 996 pp.

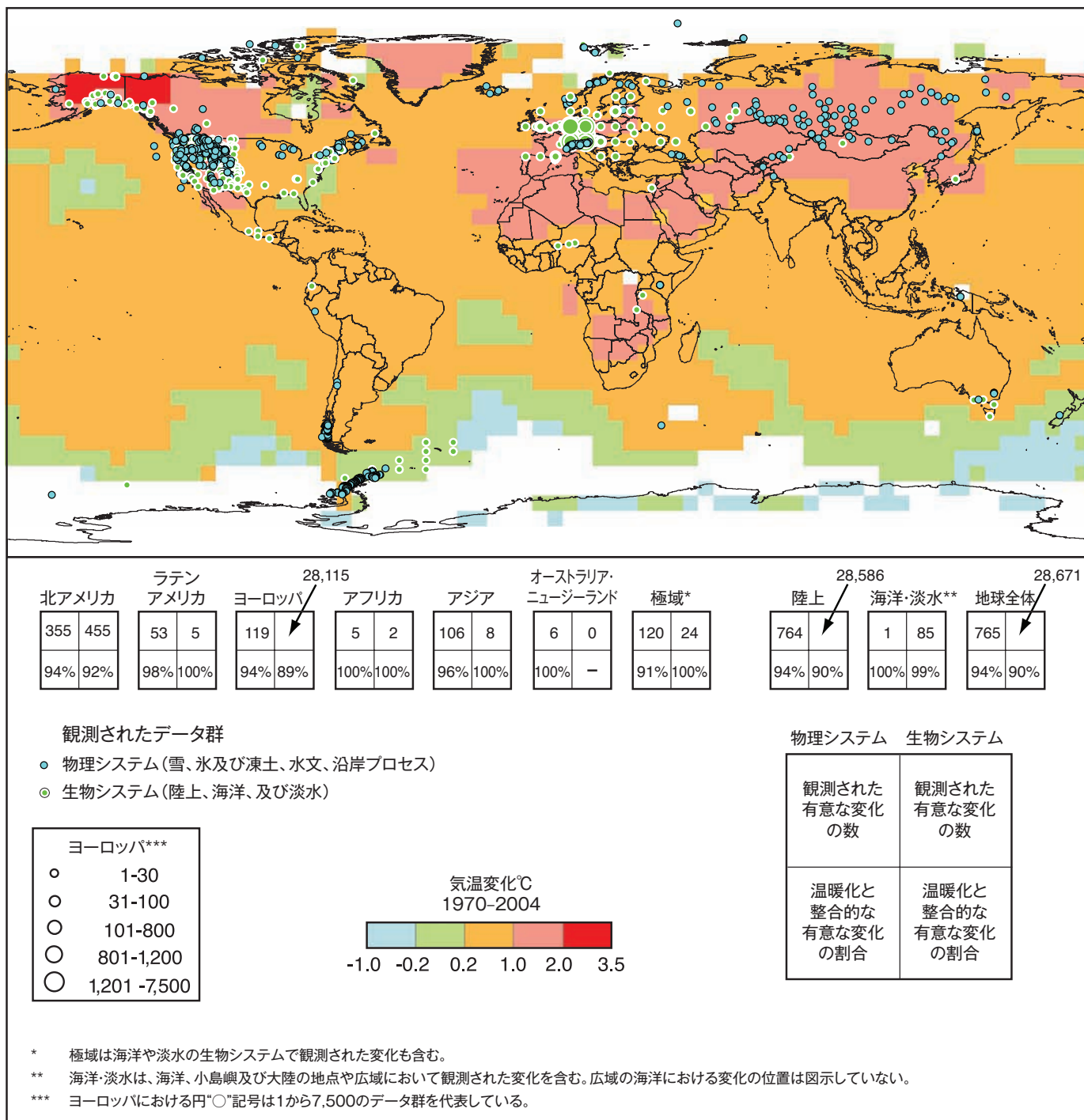


図 TS.1. この図は、物理システム(雪氷、凍土、水文及び沿岸プロセス)及び生物システム(陸域、海洋及び淡水の生物システム)のデータ群における有意な変化があった地点を、1970年から2004年の間における地上気温の変化とともに示している。577の研究による約80,000件のデータ群から約29,000件のデータ群が選ばれた。これらは、以下の基準に合致するものである：(i) 1990年からそれ以降まで続く；(ii) 少なくとも20年間は継続している；(iii) 各研究における評価で、いずれかの方向に有意な変化を示している。これらのデータは約75の研究(うち約70件は第3次評価報告書以降の新しい研究)から引用されており、約29,000件のデータ群を含み、うち約28,000件はヨーロッパの研究によるものである。空白で示された地域は、気温のトレンドを推定するに足るだけの気候観測データを有していない。2×2ます目のボックスでは、有意な変化を示したデータ群の総数(上列)とそれらのうち温暖化と整合するものの割合(下列)を以下の地域について示している、(i)大陸域：北アメリカ、ラテンアメリカ、ヨーロッパ、アフリカ、アジア、オーストラリア・ニュージーランド、及び極域、(ii)地球規模：陸域、海洋・淡水、及び全世界。7つの地域ボックスの研究数の合計は、地球全体の数に満たないが、これは極域以外の地域の数には海洋・淡水システムに關するものが含まれていないためである。広域にわたる海洋変化の地点は地図上には示されていない。[図1.8, 図1.9; WGI AR4 図3.9b]



生産性、群集構成、生物季節や分布や移動に影響を及ぼしている(確信度が高い)[1.3.4]。

**人為・人間システムへの影響は、適応や非気候動因のため、自然システムへの影響より識別が困難ではあるが、地域的な気温上昇のいくつかの人為・人間システムへの影響が現われている。**

影響は、農業及び林業システムにおいて既に検知されている[1.3.6]。人間の健康システムのいくつかの側面における変化が、近年の温暖化に関連づけられている[1.3.7]。近年の温暖化への適応が体系的に文書で立証され始めている(確信度が中程度)[1.3.9]。

他の要因と比較すると、近年の温暖化は農業・林業分野に限定的な結果しか与えていない。しかしながら、北半球の大部分では、農業と林業に関して生物季節の大幅な早期化が観測されているが、北方の高緯度地域での春の作付けの早期化などの作物管理への対応は限られている。より温暖で乾燥した条件が、北米と地中海沿岸域における森林の生産性低下や森林火災の増加の一因となっている一方で、成長期間の長期化が、多くの地域において、観測された森林の生産性向上に寄与している。農業と林業の両方が、熱波、干ばつ、及び洪水における最近の傾向への脆弱性を示している(確信度が中程度)[1.3.6]。

最近の温暖化に関連して観測された健康影響に関する研究はわずかであるが、極端な高温現象の増加がヨーロッパにおける過剰な死亡率に関連付けられ、それに対する適応策が促された。ヨーロッパとアフリカの一部において、人間の感染症媒介生物の分布が変化しているという証拠が現れている。北半球の中・高緯度地域では、アレルギー誘発性花粉の季節的生産の始まりの早期化と増加が起きている(確信度が中程度)[1.3.7]。

社会経済活動と温暖化を含む気候変動への人間の対応方法の変化については、体系的に文書で立証され始めている。雪氷及び凍土地域においては、先住民グループの対応は、彼らの生計や文化的アイデンティティの拠り所である移動パターン、健康、動植物の分布範囲における変化と関係している[1.3.9]。反応はコミュニティごとに異なり、固有の歴史、変化と分布範囲に関する認識、利用可能な選択肢の実行可能性に左右される(確信度が中程度)[1.3.9]。

現在、南極大陸を含むすべての大陸及びほとんどの海洋で観測された物理・生物システムの変化についての有意な証拠

が存在するが、大半の研究は北半球の中・高緯度地域から得られたものである。熱帯地域や南半球で観測された変化に関する証拠文書はわずかである[1.5]。

## TS.3 方法及びシナリオ

### TS.3.1 気候変動の影響、適応、脆弱性に関する研究者が利用可能な方法の発展

第3次評価報告(TAR)以来、決定分析を改善する必要性が、気候変動の影響、適応及び脆弱性(CCIAV)評価に使用するアプローチ及び方法の数を増やす動機となった。科学研究が不確実性の縮小を目指す一方で、意思決定は、利用可能な知見を考へる最適な方法で使用するによって、不確実性に対して何とか対処することを目指す[2.2.7,2.3.4]。これには通常、研究者とステークホルダー(関係者及び関係団体)の密接な協力が必要となる[2.3.2]。

したがって、本報告書で記述されている評価の大部分においては標準的な気候シナリオ主導のアプローチが使用されているものの、その他のアプローチの使用も増加している[2.2.1]。これらには、気候の変動性及び変化に対する現在及び将来の適応[2.2.3]、適応能力、社会的脆弱性[2.2.4]、複合的なストレス、及び持続可能な開発の文脈での適応の評価が含まれている[2.2.5, 2.2.6]。

リスク管理はこれらの文脈の全てで適用できる。それは不確実な状況での意思決定のために設計されており、CCIAV評価のためにいくつかの詳細なフレームワークが開発され、その利用は急速に広まっている。リスク管理の長所には、不確実性を管理する形式化された方法の利用、ステークホルダーの関与、政策慣例的にならずに政策オプションを評価する方法の利用、異なる学問的アプローチの統合、気候変動に係る考慮事項をより広い意思決定文脈において主流化することが含まれる[2.2.6]。

ステークホルダーは、リスクの範囲及びその管理について重要なインプットをCCIAV評価に与える。特に、あるグループ又はシステムが現在の気候リスクに対してどのように対処するかは、将来のリスクの評価にしっかりとした根拠を提供する。ステークホルダーが関与する、又はステークホルダーによって実施される評価の数は増加している。このことは、信頼性を確立し、結果に対する「オーナーシップ」を付与す

脚注9 Box TS.4の後から続く。各地点は全て北半球に位置しており、変化した特性は、(a)自然の強制力(ピンク色)、(b)人為起源の(つまり人類による)強制力(オレンジ色)、及び(c)自然及び人為起源の強制力の組合せ(黄色)によるモデル気温と比較されている。これに加えて、各グラフでは、各研究期間に記録された実際の気温と、83生物種の特異性(145の生物種のうち、地域気温のトレンドが報告されているもののみ)の変化の間の相関係数の頻度が示されている(濃青色)。生物種が研究された期間は平均約28年であり、開始年と終了年の平均は1960年から1998年である。a)自然の強制力モデルと実際の観測との間の一致度( $K=60.16$ ,  $p>0.05$ )は、b)人為起源の強制力モデルと実際の観測との間の一致度( $K=35.15$ ,  $p>0.05$ )より低いが、b)の一致度は、c)自然と人為起源の強制力の組合せによるモデルと実際の観測との間の一致度( $K=3.65$ ,  $p<0.01$ )より低い。まとめて考えると、これらの図は、生物種が反応している地域的気温上昇の重要な部分は人類に帰せられ得ることを示しており、従って(自然・人為起源による)両方の組み合わせに起因することを示している(第1章を参照)。

るのに役立つが、これは、効果的なリスク管理にとって必要条件である[2.3.2]。

### TS.3.2 IPCC第2作業部会第4次評価報告書における「将来」の特徴解析

通常、CCIAV評価では気候、社会・経済開発、及びその他の環境要因などの条件が将来どのように変化すると予想されるかという情報を必要とする。これには通常、しばしば地域的又は局地的規模に細分化された、シナリオ、筋書き(ストーリーライン)又は将来についてのその他の特徴解析の開発が不可欠である[2.4.1, 2.4.6]。

シナリオは、可能性の程度に帰することなしに、世界の起こりうる将来の状況をもっともらしく記述したものである。筋書きとは、将来がどのように展開するかについての、定性的で、内部的に矛盾のない叙述であり、しばしば、筋書きと共にシナリオを構成する将来の変化に関する定量的な予測を裏打ちする[B2.1]。2000年に発表された排出シナリオに関するIPCC特別報告書(SRES)は、CCIAVの研究で使用することができる、社会・経済・技術開発の筋書きを伴った将来の温室効果ガス排出量に係るシナリオを提供した(図TS.2)。これらのシナリオは、その適用(例えば、人口及び国内総生産(GDP)の予測を、4つのSRESの世界の大きな地域区分から国家規模又は準国家規模へ規模を縮小する)に方法論的な問題が生じ得るが、それでもなお、社会経済発展、温室効果ガス排出量、及び気候の、一貫性のある地球規模の定量化を与え、CCIAV研究者が現在利用可能な最も包括的なシナリオのいくつかを代表している。将来の特徴解析を採用した、本書で評価されている影響研究のうちかなりの数が、SRESシナリオを利用した。その他のいくつかの研究、特に適応及

び脆弱性に関する経験的分析では、シナリオは妥当性に限界があり採用されなかった[2.4.6]。

将来的には、気候関連のシナリオと他の国際機関によって広く採用されているシナリオのより適切な統合(主流化)が行われることが望ましく、研究コミュニティと政策コミュニティの間の情報交換が強化されることで、シナリオの利用と受諾が大きく改善されるだろう。将来の技術や適応能力といったあまり明確でない指標にとつては、改善されたシナリオが必要であり、変化の鍵となる動因の相互作用がより明確に示される必要がある[2.5]。

#### 将来気候の特徴解析

##### 感度研究

本報告書で評価された、モデルに基づくCCIAV研究のうちかなりの数が、重要な駆動変数を、任意に、通常は規則的な間隔で変化させてみて、システムの挙動を調べるといような感度分析を用いている。ある範囲の変化を与えると、影響応答予測面を構築することができ、将来の気候に関する確率的な表現と組み合わせ、影響のリスク評価にこの方法が利用されることが増加している[2.4.3, 2.3.1, 2.4.8]。

##### アナログ(類似現象・類似地域)

洪水、熱波、干ばつなどの歴史的に極端な気象現象は、その影響及び適応反応に関してますます多くの分析が進められている。このような研究は、適応反応の計画を立てる上で有用であり、特に、将来これらの事象がより頻繁に及び/又は猛烈になった場合に有用である。地域的なアナログ(研究対象地域で将来に予想される気候と類似した現在の気候を有する地域)は、経済的影響、適応の必要性、生物多様性へのリスクを分析するための発見的な手段として用いられている[2.4.4]。

##### 気候モデルデータ

第4次評価報告書で評価された定量的なCCIAV研究の大部分は、前提とする気候変動のシナリオを作成するのに、気候モデルを使用している。いくつかのシナリオは、IS92aといったSRES以前の排出シナリオ、又は平衡気候モデル実験に基づいている。しかし、最も大きな割合を占めているのはSRES排出シナリオに由来するものであり、初期のSRESに基づく気候モデル実験の大部分が行われたA2シナリオ(高い排出量を想定)に由来するものが主である。少数のシナリオ主導の研究では、北大西洋深層循環(MOC)の急停止のような、広範囲に影響を及ぼす特異事象を調査している[2.4.6.1, 2.4.7]。

第2作業部会第4次評価報告書(WGII AR4)で評価されたCCIAV研究は、一般的に第3次評価報告書(TAR)で第1作業部会(WGI)が評価した気候モデルシミュレーションに基づいている。第3次評価報告書以来、SRESの排出量を仮定した大気海洋結合大循環モデル(AOGCM)で新しいシミュレーションが実施された。第1作業部会第4次評価報告書ではこれらが評価されたが、そのほとんどは第2作業部会第4次

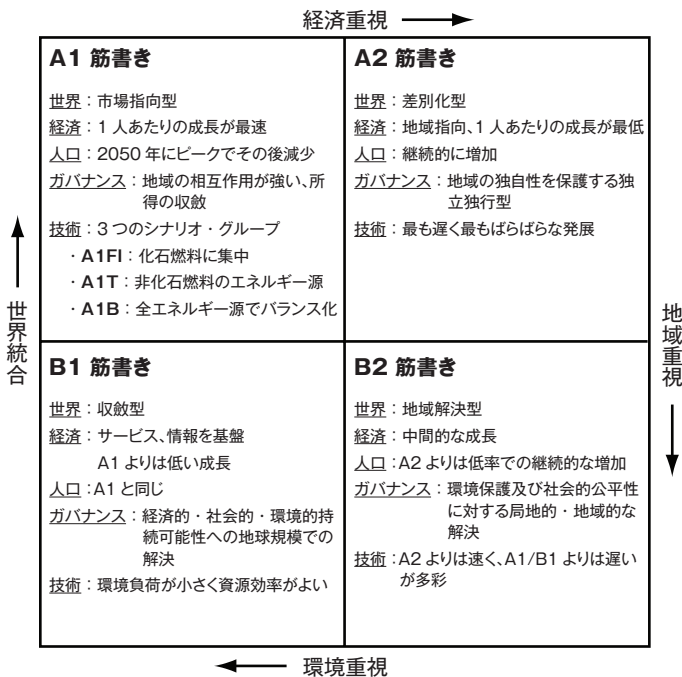


図 TS.2. 4つのSRES筋書きの特徴解析の要約[図2.5]

評価報告書において評価されたCCIAV研究には利用できなかった。図TS.3では、地域の気温と降水量の予測範囲について、最近のA2シナリオを組み込んだAOGCMシミュレーションから得られた結果(第1作業部会第4次評価報告書：赤い線)と、第1作業部会第3次評価報告書で評価され、第2作業部会第4次評価報告書のために評価された多くのCCIAV研究におけるシナリオ構築に利用された、初期のA2シナリオ

を組み込んだシミュレーションから得られた結果(青い線)を比較している。この図は、予測された温暖化の基本傾向は以前の評価からほとんど変化していない(青線と赤線の位置に注意)という第1作業部会第4次評価報告書の結論を支持しているが、地域的予測における確信度は、気温についてはほとんどの地域で、降水量については一部の地域で、現在の方が高い(つまり、赤線が青線より短い場合がそうである)[B2.3]。

(a) 気温上昇(°C/100年)

(b) 降水量変化(%/100年)

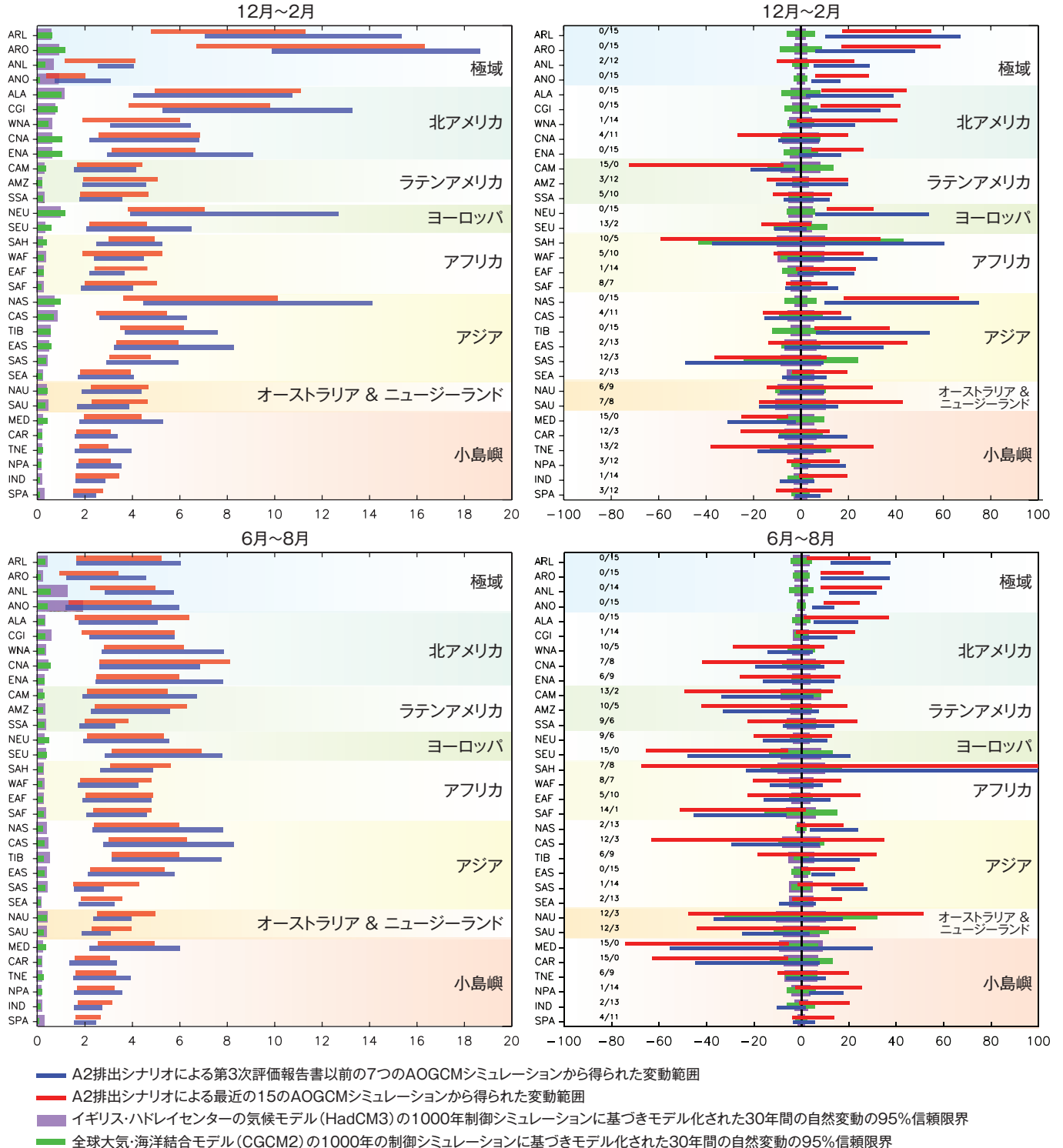


図 TS.3. 世界の32の地域について、SRES A2排出シナリオに基づいた、最近(15モデル：赤線)及び第3次評価報告書以前(7モデル：青線)のAOGCMの予測結果による、21世紀末までの冬季・夏季の気温及び降水量の変化の幅を、1世紀あたりの変化率で表している。薄紫色及び緑色の線は、モデル化された30年間の自然変動性を表している。降雨量のプロットに付いている数字は、負/正の降水量変化を与えた最近のA2シナリオによるシミュレーション実施数(15モデルの内数)を表す。[図2.6：32地域の地図を含む]

気候以外のシナリオ

第3次評価報告書で報告されているCCIAV研究は、概して、一つ又は複数の気候シナリオを適用しているが、同時に起こっている社会経済変化、土地利用変化、その他の環境変化のシナリオを適用したものはほとんどない。適用した研究は、研究を展開させるために様々な情報源を利用した。他方、SRESの仮定を含んだ第4次評価報告の研究では、異なる筋書きを考慮したいくつかの推定値を既に持っていると思われる。研究の中には、結果を特定する上で、技術変化や地域の土地利用政策のような非気候的動因の役割の方が、気候変動よりも重要であると示しているものもある[2.4.6]。

二酸化炭素の濃度上昇は海洋の酸性度及び多くの陸上植物の成長と水利用に影響を及ぼし得るため、いくつかの研究においては二酸化炭素濃度のシナリオが必要とされている。2005年に観測された二酸化炭素濃度は約380ppmであり、ベルン炭素循環モデルを使用した第3次評価報告書では、SRESのマーカーシナリオに対して2100年までに次の水準まで上昇すると予測された—B1：540ppm(486～681ppm)、A1T：575ppm(506～735ppm)、B2：611ppm(544～769ppm)、A1B：703ppm(617～918ppm)、A2：836ppm(735～1,080ppm)、A1FI：958ppm(824～1,248ppm)。SRESを基にした影響研究では、通常これらの水準に近い数値が採用されている

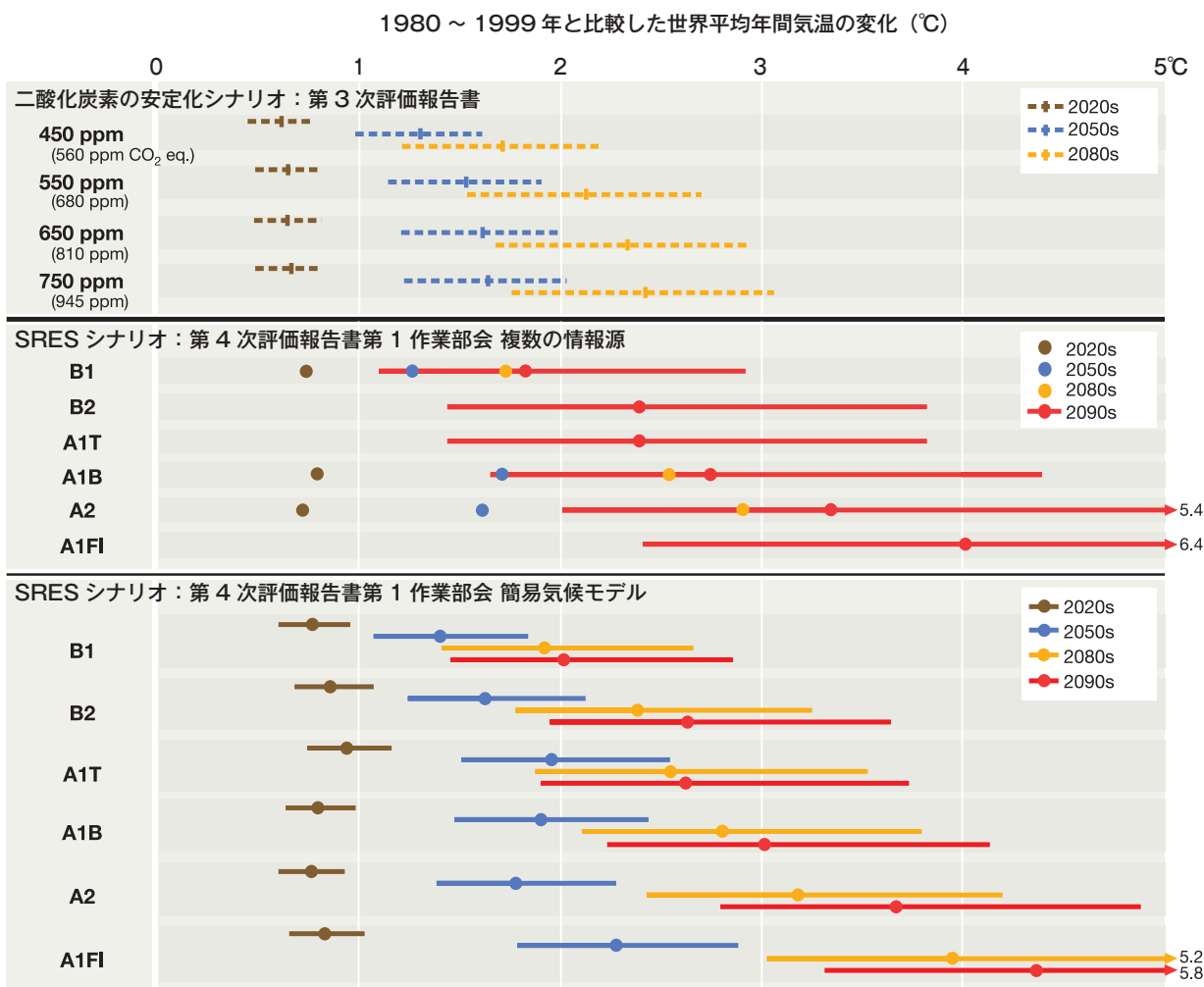


図 TS.4. 1980～1999年と比較した、SRESシナリオ及び安定化シナリオの予測で選ばれた期間における世界気温の変化。1850～1899年と比較した気温変化を表すためには0.5°Cを加える。より詳細な内容は第2章に示されている[Box2.8]。推定値は2020年代、2050年代、2080年代(IPCCデータ配信センターで使われている期間で、故に、多くの影響研究においても使用されている)及び2090年代に対するものである。SRESに基づく予測は2つの異なるアプローチを用いて示されている。**中央のパネル**：複数の情報源に基づく第1作業部会第4次評価報告書政策決定者向け要約からの予測。最良の推定値はAOGCMに基づいている(色付けされた点)。2090年代のみに適用されている不確実性幅は、モデル、観測上の制約、専門家の判断に基づいている。**下段のパネル**：簡易気候モデル(SCM)に基づいた最良の推定値と不確実性幅で、第1作業部会第4次評価報告書(10章)からとられている。**上段のパネル**：SCMを用いた、4つの二酸化炭素濃度安定化シナリオに対する最良の推定値と不確実性幅。第4次評価報告書では21世紀について比較可能な予測が得られないため、結果は第3次評価報告書からのものである。しかし、二酸化炭素換算濃度の安定化時の平衡状態における気温上昇の推定値は、第1作業部会第4次評価報告書で報告されている<sup>11)</sup>。温室効果ガスが安定化した後、何十年、何百年後まで、平衡温度に達することはないであろう点に留意しなければならない。不確実性の範囲：中央のパネル、「可能性が高い」範囲(66%を超える確率)；下段のパネル、低い炭素循環フィードバック(平均-1標準偏差)と高い炭素循環フィードバック(平均+1標準偏差)を仮定して計算されたそれぞれ19の推定値間の範囲；上段のパネル、中程度の炭素循環の設定に対する7つのモデルをまたがる範囲。

11 第1作業部会第4次評価報告書からとられた、7種類の二酸化炭素換算濃度の安定化水準に対する、平衡状態における気温上昇の最良の推定値及び「可能性が高い」不確実性幅は、350ppmで1.0°C(0.6～1.4°C)、450ppmで2.1°C(1.4～3.1°C)、550ppmで2.9°C(1.9～4.4°C)、650ppmで3.6°C(2.4～5.5°C)、750ppmで4.3°C(2.8～6.4°C)、1000ppmで5.5°C(3.7～8.3°C)、1200ppmで6.3°C(4.2～9.4°C)である。

[2.4.6.2]。さらに、複合ストレス要因アプローチによって、動因とその影響の間の重要な地域的な依存関係(例えば、極端な気象現象と大気汚染現象が人間の健康に及ぼす複合的影響)を明らかにすることができる。このようなシナリオ範囲の拡大やその適用により、将来起こりうる影響の範囲の広さとそれに伴う不確実性が明確になってきた[2.2.5, 2.5]。

### 緩和/安定化シナリオ

SRESの筋書きでは、温室効果ガス排出量を削減(すなわち緩和)する具体的な気候政策は実施されないと想定している。第1作業部会第4次評価報告(第10章)で報告された、2つの異なる手法を用いた6つのSRESシナリオに対する21世紀中の世界平均の気温上昇の予測は、図TS.4の中段及び下段のパネルに表現されている。明白な気候政策を想定しなくても、幾通りかの排出シナリオに対する世紀末までの温暖化の予測の違いは2°Cを超え得る[B2.8]。

緩和策がとられる未来を想定したCCIAV研究は、気候政策決定による(影響の改善・回避を通じての)便益を評価し始めている。安定化シナリオとは、温室効果ガス濃度、放射強制力又は世界平均気温の変化が定めた限界値を超えないように排出量削減が実施される場合の将来を描く、緩和シナリオの一種である。安定化を想定した上での気候変動の影響に係る研究はほとんど行われていない。その理由の一つは、状況が急速に変化しているにもかかわらず、今のところ比較的わずかしかAOGCMの安定化シナリオに対するシミュレーション実験が完了していないことにある[2.4.6]。

温室効果ガスの緩和は、ベースライン排出量と比較して世界平均の気温上昇を低下させると予想され、その結果、気候変動によるいくつかの悪影響が回避されるだろう。21世紀中の気温に対する緩和の予測効果を示すため、第1作業部会第4次評価報告書には最近の比較できる推定値がないので、簡易気候モデルを用いた第3次評価報告書の結果が図TS.4の上部パネルに再現されている。これらは、4つの二酸化炭素安定化シナリオに対する気温応答を、21世紀初期(2025年)、中期(2055年)、後期(2085年)にあたる3つの時期で表している<sup>12</sup> [B2.8]。

### 大規模な特異事象

大規模な特異事象(北大西洋深層循環の突然の停止や南極及び/又はグリーンランド氷床の融解による地球規模の急速な海面上昇などのような、地球システムにおける極端で時に不可逆な変化)の影響に関する研究はほとんど行われていない[2.4.7]。これら事象の基礎にあるメカニズムやその可能性への理解が不十分なため、試験的な研究のみが実施されてきた。例えば、突然の海面上昇における最悪のシナリオの調査に関しては、沿岸域に対して、2100年までに5m、2.2m

の海面上昇がある場合についての影響評価が実施された[2.4.7]。これらのシナリオが第2作業部会の評価に含まれるのはこれが最初であり、将来の評価のために、より多くのこのような研究が利用可能となることが期待される。

### 確率的な特徴解析

将来の気候及び気候以外の条件に関する確率的な特徴解析が、ますます利用可能になってきている。気候システムに焦点を置いた多くの研究は、選択した排出シナリオ、あるいは確率的な排出シナリオを条件として、後者はかなり議論の対象ではあるが、確率的な気候変動推定をおこなってきた[2.4.8]。確率的な将来は、あらかじめ定められた影響の閾値を越えるリスク及びその時期を推定するために、いくつかのCCIAV研究において適用されてきた[2.3.1]。

## TS.4 将来の影響に関する現在の知見

本節では、人間と環境への関連の観点から判断して、今世紀<sup>13</sup>中に各システム、分野(TS.4.1節)及び地域(TS.4.2節)において予測される主な影響をまとめる。気候変動は緩和されず、適応能力は気候政策によって高められないと仮定する。すべての世界気温変化は、別途記述がない限り、1990年との比較で表されている<sup>14</sup>。影響は、世界気温変化に伴う気候変動と海面水位変化に由来し、しばしば気温に加えて降水量及びその他の気候変数における変化予測も反映している。

### TS.4.1 分野別の影響、適応、脆弱性

各分野において予測される影響の要約をBox TS.5に示す。

#### 淡水資源とそれらの管理

**気候変動が淡水システムとそれらの管理に及ぼす影響は、主に温度、蒸発、海面水位、降水量の変動性において観測された、また予測される増加に起因する(確信度が非常に高い)。**

世界の人口の6分の1以上が氷河又は雪解け水が流れ込む河川流域に居住しており、氷河と積雪に蓄えられる水量の減少、年間流量に対する冬の流量の比率の上昇、及び氷河の広がりや雪解け期の積雪水量の減少に起因して起こりうる低水期の流量減少による影響を受けるであろう[3.4.1, 3.4.3]。海面上昇は地下水や河口の塩性化地域を拡大させ、その結果、沿岸域において人間や生態系が利用できる淡水が減少する[3.2, 3.4.2]。降水の強度と変動性の増大は、多くの地域で洪水と干ばつのリスクを増大させると予測される[3.3.1]。世界の人口の最大20%が、地球温暖化の過程で2080年代までに洪水の危険性の増大によって影響を受ける可能性が高い河川流域に居住している[3.4.3]。

12 WRE安定化プロファイルは第3次評価報告書で使用され、第3次評価報告書の統合報告書に説明が示されている。

13 別途記述がない限り。

14 気温変化を工業化以前(1750年頃)のレベルと比較するには、0.6°Cを加える。

**SRES A2シナリオでは、厳しいストレスを受ける河川流域の居住者数が1995年の14億～16億人から2050年には43億～69億人へと著しく増加すると予測される(確信度が中程度)。**

すべてのSRESシナリオにおいて、増大する水ストレスのリスクに曝される人口は、2020年代には4億～17億人、2050年代には10億～20億人、2080年代には11億～32億人になると予測されている[3.5.1]。2050年代には(A2シナリオ)、2億6,200万～9億8,300万人が水ストレスを受ける範疇に移動する可能性が高い[3.5.1]。2050年代までに世界の陸域の20～29%で水ストレスが減少し(2つの気候モデルとSRESシナリオA2及びB2を考慮)、世界の陸域の62～76%で増加すると予測される[3.5.1]。

**半乾燥地域及び乾燥地域は、気候変動が淡水に及ぼす影響に、特に曝される(確信度が高い)。**

これらの地域(たとえば、地中海沿岸、米国西部、アフリカ南部、ブラジル北東部、オーストラリア南部・東部)の多くは、気候変動に起因する水資源の減少を被る(図TS.5参照)[3.4, 3.7]。すでに水ストレスを受けているいくつかの地域においては、地下水涵養が大幅に減少するであろうという事実によって、降水量変動性の増大に起因する地表水利用可能量の減少を(地下水利用で)相殺する努力が妨げられるであろう[3.4.2]。また、これらの地域では、人口と水需要の急速な増加によってしばしば脆弱性が一層悪化している[3.5.1]。

**より高い水温、降水強度の増大、低水期の長期化が、生態系、人間の健康、水システムの信頼性、運営費用への影響と共に、いろいろな形の水質汚染を一層悪化させる可能性が高い(確信度が高い)。**

これらの汚染には、堆積物、栄養塩、溶存有機炭素、病原体、殺虫剤、塩類、及び熱汚染が含まれる[3.2, 3.4.4, 3.4.5]。

**気候変動は既存の水インフラの機能と運営、水管理慣行に影響を及ぼす(確信度が非常に高い)。**

気候が淡水システムに及ぼす悪影響は、人口増加、経済活動の変化、土地利用の変化、都市化など、その他のストレスの影響をさらに悪化させる[3.3.2, 3.5]。地球規模では、主に人口増加と豊かさの増大により、水需要は今後数十年間増加するだろう。地域的には、気候変動の結果として、灌漑用水の需要が大幅に変化する可能性が高い[3.5.1]。現行の水管理慣行は、気候変動が水供給の信頼性や洪水リスク、健康、エネルギー、水域生態系に与える悪影響を低減するためには不十分である可能性が非常に高い[3.4, 3.5]。現在の気候変動性を水関連管理により良く組み込むことは、将来の気候変動への適応をより容易にする可能性が高い[3.6]。

**予測される水文変化の不確実性を認識する一部の国と地域(たとえば、カリブ海地域、カナダ、オーストラリア、オランダ、英国、米国、ドイツ)では、水分野に関する適応の手順とリスク管理の慣行が開発されてきている(確信度が非常に高い)。**

IPCC第3次評価報告書以降、不確実性が評価され、それらの解釈が向上してきており、それらの特徴解析のために新しい手法(たとえば、アンサンブル手法によるアプローチ)が開発されてきている[3.4, 3.5]。それでもなお、降水、河川流量、河川流域規模での水位の変化に関する定量的予測は依然として不確実なままである[3.3.1, 3.4]。

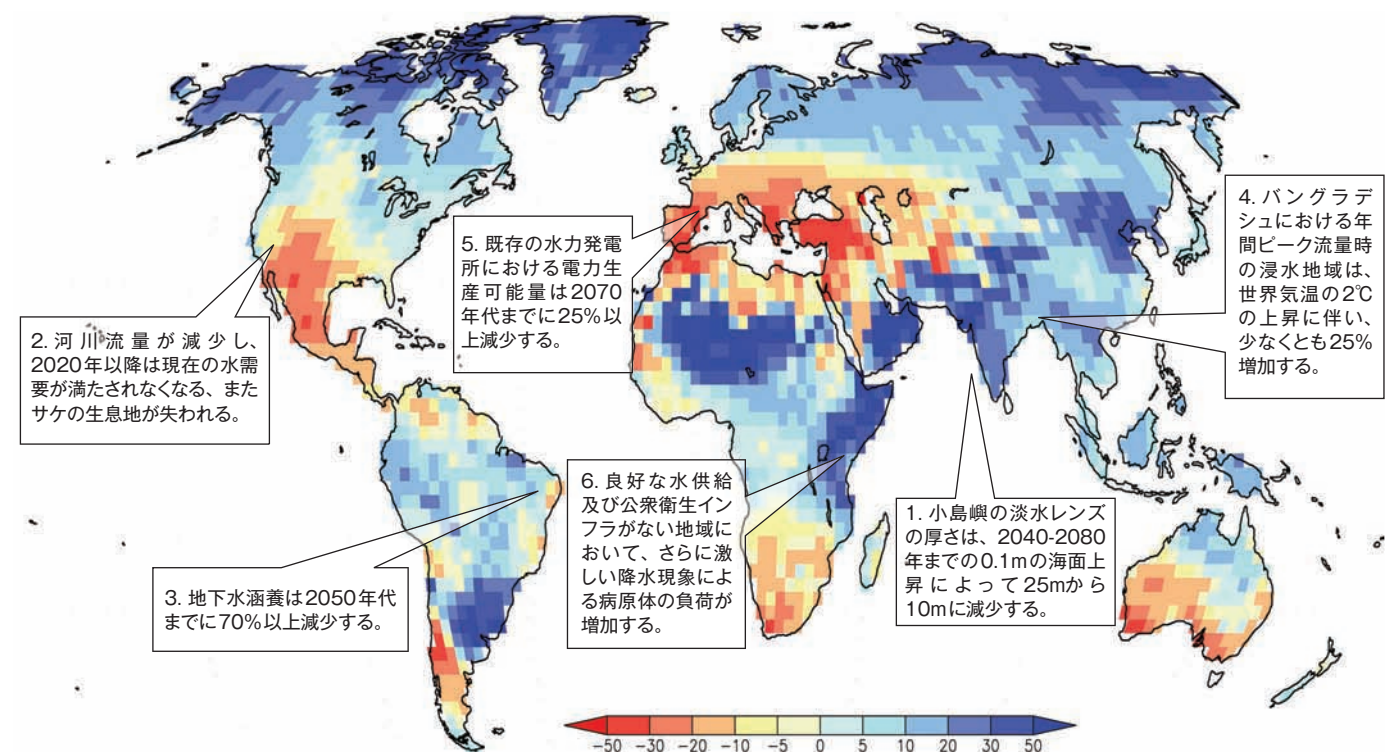


図 TS.5. 被影響地域の持続可能な開発に対する脅威となる、将来の気候変動が淡水に及ぼす影響を示す図解地図。図中の色は、現在(1981～2000年)とSRES A1B排出シナリオによる2081～2100年との間の年間流出量のアンサンブル平均の変化をパーセントで示している。青は流出量の増加、赤は流出量の減少を意味する。基になっている地図はNohara et al.(2006)から引用[図3.2]。

気候変動が淡水システムに及ぼす負の影響はその便益を上回る(確信度が高い)。

すべてのIPCC対象地域において、気候変動が水資源と淡水生態系に対して全体として正味の負の影響を与えることが示されている。流出量の減少が予測される地域は、水資源によって提供されるサービスの価値の低減に直面する可能性が高い。その他の地域における年間流出量の増加による便益のある影響は、いくつかの地域においては、降水量変動性の増大と季節的流出量の変化が水供給、水質、洪水リスクに及ぼす負の影響によって抑制される可能性が高い(図TS.5参照) [3.4, 3.5]。

## 生態系

地質学的な過去の記録は、生態系には気候変動に自然に適應する能力が多少備わっていることを示している[WGI AR4 6章; 4.2]が、この回復力<sup>15</sup>は、これまで、地球規模の大きな人口や、その生態系からの多面的な要求及び生態系への圧力という難題に直面したことはなかった[4.1, 4.2]。

多くの生態系の回復力(生態系が自然に適應する能力)は、

気候変動、それに伴う攪乱(例えば、洪水、干ばつ、森林火災、害虫、海洋酸性化)、及びその他の地球全体の変動動因(例えば、土地利用変化、汚染、資源の過剰開発)のかつてない併発によって、2100年までに追いつかなくなる可能性が高い(確信度が高い)。

生態系は過去65万年間よりはるかに高い大気中のCO<sub>2</sub>レベル、及び少なくとも過去74万年間にあったのと同様の高い世界平均気温に曝される可能性が非常に高い[WGI AR4 第6章; 4.2, 4.4.10, 4.4.11]。2100年までに、海洋のpHが過去2000万年間よりも低くなる可能性が非常に高い[4.4.9]。野生の生息地からの採取利用やその分断化が種の適應を損なう可能性が非常に高い[4.1.2, 4.1.3, 4.2, 4.4.5, 4.4.10]。生態系の回復力を超える事象は、閾値を有する反応によって特徴付けられる可能性が非常に高い。その反応の多くは、絶滅による生物多様性の損失、種の生態学的相互作用の崩壊、生態系構造と攪乱レジーム(特に森林火災や害虫)における大きな変化など、人間社会に関わるタイムスケールでは不可逆的である(図TS.6参照)。主要な生態系の特性(たとえば生物多様性)又は調節サービス(たとえば炭素吸収)が損なわれる可能性が非常に高い[4.2, 4.4.1, 4.4.2から4.4.9, 4.4.10, 4.4.11, 図4.4, 表4.1]。

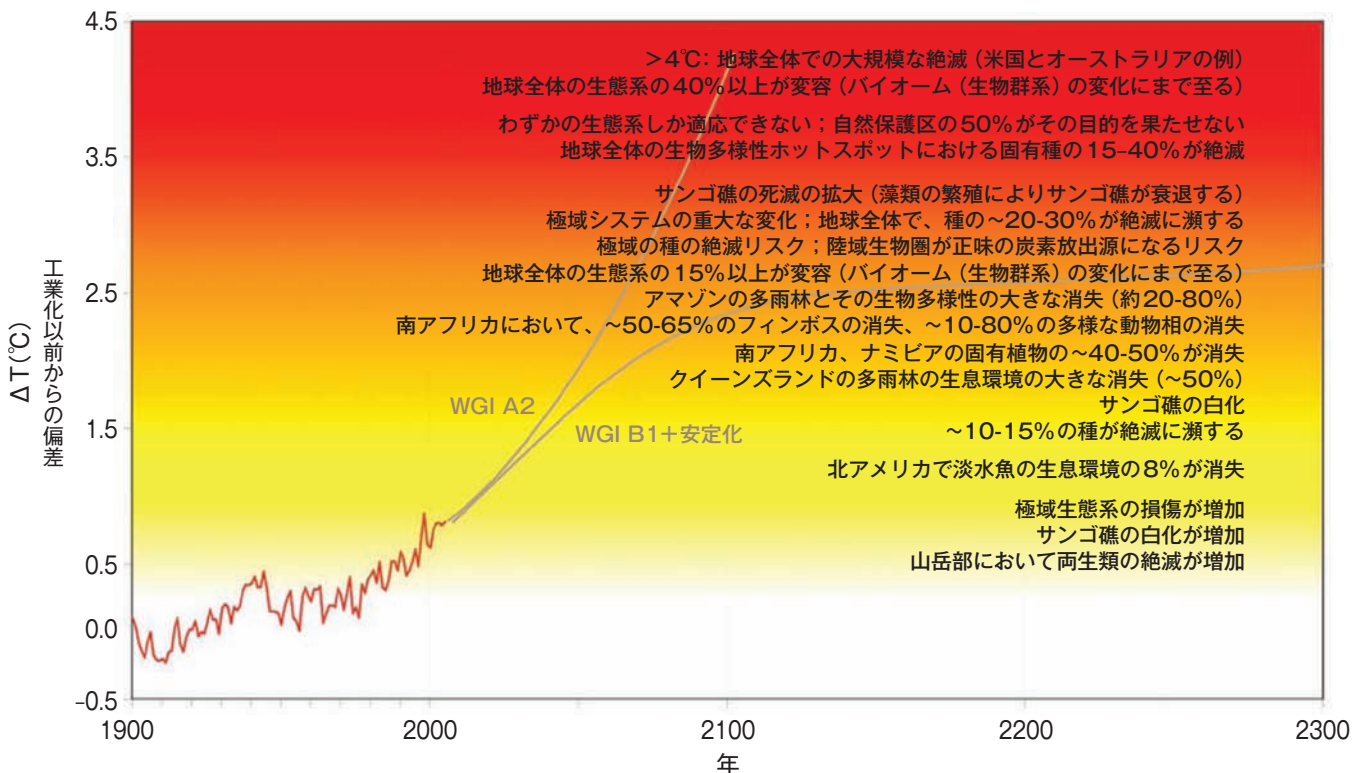


図 TS.6. 気候変動の代わりに用いた、工業化以前の気候と比較した世界平均年間気温上昇(ΔT)のさまざまなレベルにおける、気候変動が生態系に及ぼす重大な影響のために起こり得るリスクの概要。赤の曲線は、1900年～2005年の期間に観測された気温偏差を示す[WGI AR4 図 3.6]。2本の灰色の曲線は、2100年以降の放射強制力が2100年の値で維持された場合の[WGI AR4 図 10.4, 10.7]、(i) A2放射強制力シナリオ(WGI A2)及び(ii) 拡大B1シナリオ(WGI B1+安定化)に対する第1作業部会でシミュレートした複数モデルの平均応答で例示された、時間経過に伴う世界平均気温変化(ΔT)の将来ありうる進展の例を示している[WGI AR4 図 10.4]。白の部分は、影響やリスクがないか、わずかにマイナス又はプラスであることを、黄色の部分は、あるシステムにとってはマイナス影響又は低いリスクがあることを、赤の部分は、より広範囲及び/又はより強度の大きいマイナスの影響又はリスクがあることを示している。ここに示された影響は気候変動の影響のみを考慮しており、土地利用の変化、生息環境の分断化、過剰収穫、汚染(たとえば窒素の降下物)の影響は考慮されていない。しかし、森林火災レジームの変化を考慮した影響も少しはあり、いくつかの影響は大気中のCO<sub>2</sub>濃度の上昇によっておこる可能性が高い生産性向上の効果を考慮しており、緩和の効果を考慮しているものもある[図4.4, 表4.1]。

15 回復力は、ある社会システム又は生態システムが、基本的構造と機能方法、自己組織力、ストレスや変化に自然に適應する能力を保ちながら、攪乱を吸収する能力と定義される。

陸域生物圏は2100年までに正味の炭素放出源になる可能性が高く、温室効果ガスの排出が現在又はそれ以上の割合で引き続くことや、土地利用変化のような他の地球規模の変化が緩和されないことを仮定すれば、気候変動を増幅する(確信度が高い)。

主な陸上の炭素蓄積には、気候変動及び/又は土地利用の影響に対して脆弱なものがいくつかある[図4.1, 4.4.1, 図4.2, 4.4.5, 4.4.6, 4.4.10, 図4.3]。海洋の緩衝能力が飽和し始めている一方で[WGI AR4, たとえば7.3.5]、陸域生物圏は、現在は(CO<sub>2</sub>の施肥効果、さほどひどくない程度の気候変動、及びその他の効果のために)変動はあるが、全体的には増大しつつある炭素吸収源として働いている。しかし、これは21世紀半ばまでにはピークに達し、その後正味の放出源に向かう傾向にあり、気候変動を増幅させる可能性が高い[図4.2, 4.4.1, 4.4.10, 図4.3, 4.4.11]。このことは、温室効果ガスの排出が現在と同程度又はそれ以上の割合で継続し、かつ土地利用変化、特に熱帯林減少を含む、緩和されない地球規模の変化動因を仮定すると、2100年以前に起こる可能性が高い。ツンドラからのメタン排出は、加速する可能性が高い[4.4.6]。

**世界平均気温が工業化前の水準を2~3°C超えた場合、(無作為のサンプリングで)これまで評価された種のおよそ20~30%(その地域の生物相によって1%から80%まで異なる)で、絶滅のリスクがますます高まる可能性が高い(確信度が中程度)。**

地球規模の生物多様性の消失は、不可逆的で、重要な関連性がある[4.4.10, 4.4.11, 図4.4, 表4.1]。その地域に固有の種は、地域的な古気候変化が弱かった場所で最も豊富であり、このことは、固有種が地質学的過去を上回る絶滅のリスクにある可能性が高いことを示している[4.4.5, 4.4.11, 図4.4, 表4.1]。海洋の酸性化は、広範囲のプランクトンと浅海の底生海洋生物において、アラゴナイトを基にした殻形成を損なう可能性が高い[4.4.9, B4.4]。自然保護の慣行は、一般に気候変動に対しては不備であり、効果的な適応策は実施コストが高くなる可能性が高い[4.4.11, 表4.1, 4.6.1]。生物多様性が損なわれていないことと生態系サービスとの関連はまだ定量的には不確かであるが、この関係が定性的には肯定的である確信度が高い[4.1, 4.4.11, 4.6, 4.8]。

**工業化以前の水準を2~3°C超える地球温暖化とこれに伴う大気中のCO<sub>2</sub>の増加によって、陸域及び海洋生態系の構造と機能に相当な変化が起きる可能性が非常に高い(確信度が高い)。**

財とサービスに圧倒的に悪影響を及ぼす、新しい生物相の出現を含む主要な生物相の変化や種間の生態学的相互作用の変化は、この程度の気温上昇によって起こる可能性が非常に高く、それ以上の気温上昇ではほぼ確実に起こる[4.4]。以前見落とされていた大気中のCO<sub>2</sub>の増加に起因する海洋酸性化の進行は、海洋性殻形成生物(例えばサンゴ)やこれらに依存する種に対してマイナスの影響をもつことが予想される[B4.4, 6.4]。

#### 食料、繊維、林産物

中緯度から高緯度の地域では、さほどひどくない程度の温暖化

は穀物や牧草の収穫に便益をもたらすが、乾季のある熱帯地域では、わずかな温暖化でさえも収量を減少させる(確信度が中程度)。

さまざまな場所に関するモデリングの結果は、温帯地域では、局地的平均気温のさほどひどくない程度から中程度の上昇(1~3°C)とこれに伴うCO<sub>2</sub>の増加及び降雨の変化が作物の収量に良い影響を少し与え得ることを示している。より低緯度の地域、特に乾季のある熱帯地域では、さほどひどくない程度の温度上昇(1~2°C)であっても主要な穀物の収量に悪影響を及ぼす可能性が高く、それによって飢餓のリスクが高まるだろう。さらなる温暖化はすべての地域において一層の悪影響を与える(確信度が中程度から低い)(図TS.7参照)[5.4]。

**社会経済的開発により全体的に大幅に飢餓は減少するが、気候変動は飢餓リスクにある人々の数をわずかに増加させる(確信度が中程度)。**

現在の栄養不良者数8億2,000万人に対して、気候変動を伴わない社会経済開発のSRESシナリオは、2080年にはSRES A1、B1、B2シナリオでは栄養不良者が1億~2億4,000万人(A2シナリオの下では7億7,000万人)になると予測している(確信度が中程度)。気候変動を伴うシナリオは、2080年にはSRES A1、B1、B2シナリオで1億~3億8,000万人(A2シナリオの下では7億4,000万~13億人)になると予測している(確信度が低いから中程度)。ここでの数値の幅は、シナリオにCO<sub>2</sub>による効果を含めない場合と含める場合の効果の範囲を示す。気候変動と社会経済が組み合わさって飢餓の地域的分布を変え、サハラ以南のアフリカには大きな悪影響を及ぼす(確信度が低いから中程度)[5.4, 表5.6]。

**予測される平均的気候の影響に加えて、極端な気候現象の頻度と深刻さに予測される変化は、食料と林産物の生産及び食料不安に重大な結果をもたらす(確信度が高い)。**

最近の研究は、熱ストレス、干ばつ、洪水の頻度の増大は作物の収量と家畜に平均的気候変動の影響を超える悪影響を及ぼし、平均的変数の変化のみを用いて予測するよりも、より大きく、より早期に起こる影響によって、予期しない事態を生む可能性がある[5.4.1, 5.4.2]。これは、特に低緯度地域の自給分野でそうである。気候の変動性と変化はまた、森林火災、害虫、病原体発生リスクを変化させ、食料、繊維、林業に悪影響を及ぼす(確信度が高い)[5.4.1~5.4.5, 5.ES]。

**温暖化が進むにつれて、適応は水資源や環境資源にストレスを与えるかもしれないが(確信度が低い)、シミュレーションは、低度からさほどひどくない程度の温暖化に伴う適応の相対的便益の上昇を示唆している(確信度が中程度)。**

食料、繊維、森林に関わる活動について、ある場所で実施されている慣行の変更から、活動の場所の変更まで、コストの異なる複数の適応の選択肢がある[5.5.1]。適応の効果は、悪影響をわずかに低減するだけのものから、悪影響を望ましい影響に変えるものまで、さまざまである。平均的には、穀作システムでは、品種と播種時期の変更などの適応によって、1~2°Cの局地的気温上昇に対応する10~15%の収量の減少を回避することができる。適応がもたらす便益は、気候変動の度合いに伴い増大する傾向がある[図5.2]。適応を促進す



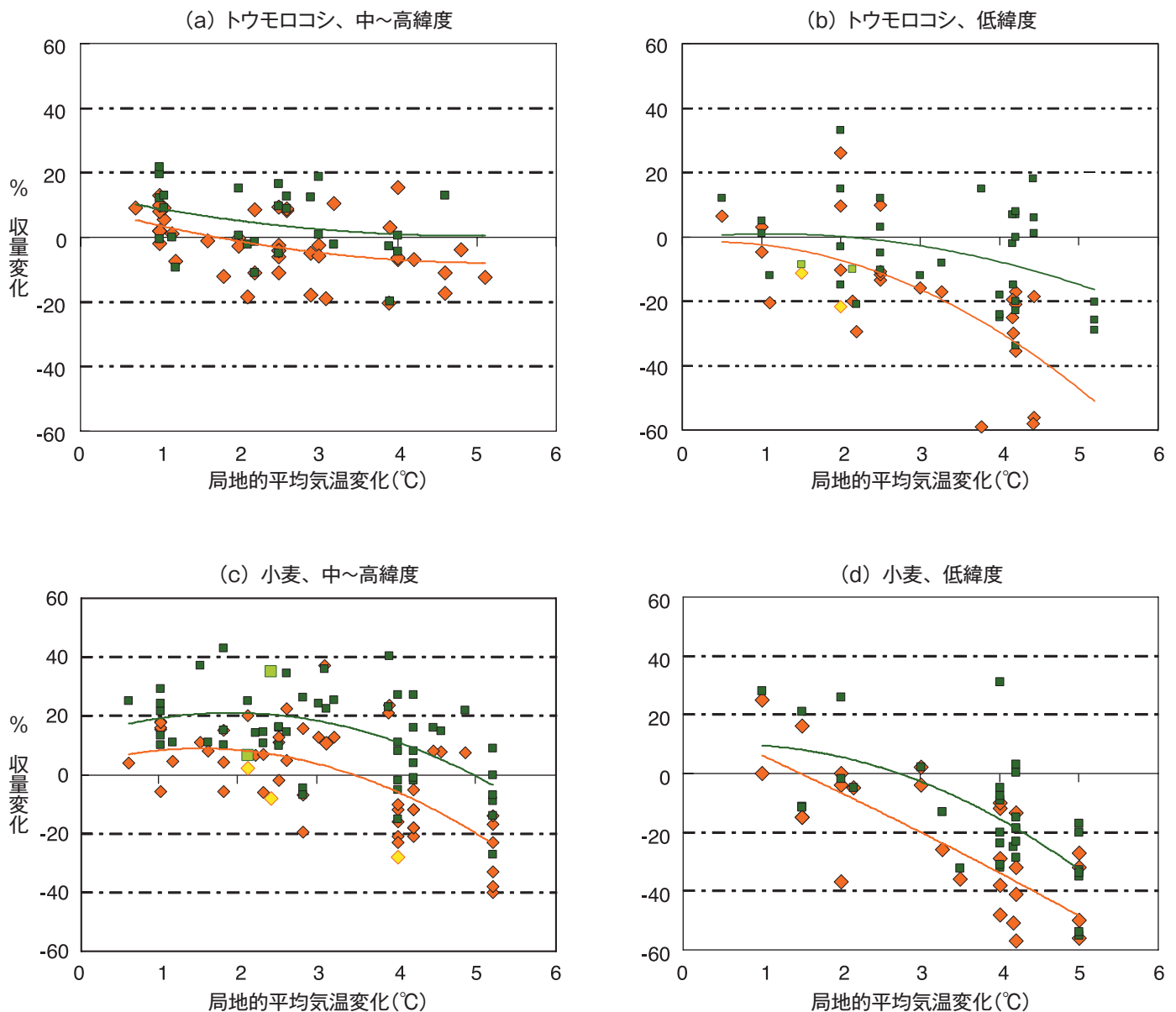


図 TS.7. トウモロコシと小麦に関する気候変動への穀物収量の感度。反応は、適応のない場合(オレンジの点)と適応のある場合(緑の点)を含む。本図の基となる研究は、幅のある降水量変化とCO<sub>2</sub>濃度にわたるものであり、それらは、気候変動性の将来的変化の表わし方が異なる。たとえば、(b)及び(c)の薄い色の点は、降水が減少する気候シナリオの下での天水依存作物の反応を表している。[図5.4]

るためには、政策と制度の変更が必要である。余儀なく生産力が小さい土地で耕作したり、持続可能ではない耕作慣行を採用したりすることが、土地の劣化と資源利用を増加させ、野生種と栽培種双方の生物多様性を危うくするかもしれない[5.4.7]。適応策は、開発戦略及びプログラム、国家プログラム、貧困削減戦略と統合されるべきである[5.7]。

#### 小規模農家と自給農家、牧畜民、零細漁民は、気候変動の複雑で局地的な影響を被る可能性が高い(確信度が高い)。

適応能力が制約されるこれらのグループは、極端現象への高い脆弱性と相まって、熱帯作物の収量に対する悪影響を経験する可能性が高い。より長期的には、特にインダス・ガンジス平原における(【訳注】源流の)積雪の減少、海面上昇、農業労働力の供給に影響を及ぼす人の病気の流行の広がりなどの、他の気候関連プロセスの追加的な悪影響が生じる可能性が高い(確信度が高い)[5.4.7]。

#### 地球規模では、林業生産は、短中期的には、気候変動に伴って小規模に変化すると推測される(確信度が中程度)。

地球規模的林業生産の変化は、地域的・局地的な変化は大きい可能性が高いが、小規模な増加からわずかな減少までの幅がある[5.4.5.2]。生産の増加は短期的には低緯度地域で生じ、長期的には高緯度地域に移動する可能性が高い[5.4.5]。

#### 特定魚種の局地的な絶滅が、分布範囲の端において生じると予想される(確信度が高い)。

特定魚種の分布と生産性の地域的な変化が継続し、特に淡水魚類と淡水・海水間を移動する魚類(例えばサケ、チョウザメ)では、分布範囲の端において局地的な絶滅が生じる可能性が高い。ある場合には、分布範囲と生産力が増大する可能性が高い[5.4.6]。新たな証拠は、深層循環が、漁業に重大な結果をもたらす可能性を伴いながら、減速しているという懸念

を示唆している[5.4.6]。

**食料と林業の貿易は、大半の開発途上国の食料輸入依存度を高めつつ、気候変動に応じて増加すると予測される(確信度が中程度から低い)。**

食料の購買力は2050年までの期間には実質価格の低下により強化される可能性が高いが、2050年から2080年までは気候変動に起因する食料の実質価格の上昇によって悪影響を受けるだろう[5.6.1, 5.6.2]。温帯域から熱帯域諸国への食料の輸出は増加する可能性が高いが[5.6.2]、林業では短期的にはその逆になる可能性が高い[5.4.5]。

**上昇したCO<sub>2</sub>濃度に対する作物の応答に関する実験的研究は、第3次評価報告書のレビューを裏付ける(確信度が中程度から高い)。新たな結果は、森林の応答がより低いことを示唆している(確信度が中程度)。**

開放式CO<sub>2</sub>増加実験(FACE)研究の最近の再分析は、CO<sub>2</sub>濃度550ppmでは、ストレスのない条件下でのC3作物の収量が、現在の濃度下より10~20%増加し、C4作物は0~10%増加することを示唆している(確信度が中程度)。CO<sub>2</sub>濃度の上昇下での作物モデルシミュレーションはこれらの幅と一致する(確信度が高い)[5.4.1]。近年のFACEの結果は、成熟した森林では著しい応答がないことを示唆し、若い樹木では成長が促進されることを確認している[5.4.1]。作物と森林の双方において、オゾン曝露がCO<sub>2</sub>への応答を制限する[B5.2]。

## 沿岸システム及び低平地

第3次評価報告書以降、気候変動と沿岸システム及び低平地(以下「沿岸域」と言う)との関係についての我々の理解は大幅に進展し、政策に関わる6つの重要なメッセージが浮かび上がっている。

**沿岸域は、気候と海面水位に関連した災害による悪影響を経験している(確信度が非常に高い)。**

沿岸域は暴風雨などの極端現象に非常に脆弱であり、このような現象は沿岸域の社会に多大なコスト負担を強いている[6.2.1, 6.2.2, 6.5.2]。毎年1億2,000万人ほどの人々が熱帯低気圧の危険に曝されている。これにより、1980年から2000年までの間に25万人が死亡した[6.5.2]。20世紀を通して、地球規模の海面水位の上昇は、沿岸地域の浸水、侵食、生態系の喪失の増加をもたらしたが、他の要因による地域間や場所ごとの変動が大きいことから、海面水位の上昇が果たす正確な役割をはっきりさせることは困難である[6.2.5, 6.4.1]。20世紀末の温度上昇の影響には、海水の喪失、高緯度地域での永久凍土層の融解とこれに伴う海岸の後退、及び低緯度地域でのより頻繁なサンゴの白化と死滅がある[6.2.5]。

**多くの複合的な気候変動要因のため、今後数十年間、沿岸域はリスクの増大に曝される可能性が非常に高い(確信度が非常に高い)。**

予想される気候関連の変化には次のものがある：2100年までに海面水位が0.2~0.6mあるいはそれ以上に加速的に

上昇すること；海面水温がさらに1~3°C上昇すること；熱帯低気圧及び温帯低気圧がさらに強大化すること；異常波浪と高潮の全般的な大型化；降水量／流出量の変化；海洋の酸性化 [WG1 AR4 第10章；6.3.2]。これらの現象は地域的、局所的な違いがかなり大きい、圧倒的にマイナスの影響を及ぼすのはほぼ確実である[6.4, 6.5.3]。塩性湿地やマングローブなどの沿岸湿地の生態系は、堆積物が不足している場合や陸側の縁辺部に制約がある場合、脅かされる可能性が非常に高い[6.4.1]。沿岸生態系、特に湿地とサンゴ礁の劣化は、財とサービスを沿岸生態系に依存している社会の福祉に重大な関わりがある[6.4.2, 6.5.3]。洪水の増加及び淡水、水産、その他の資源の劣化は数億人に影響を及ぼすであろうし、気候変動の結果、沿岸域が負う社会経済コストが段階的に増大するのはほぼ確実である[6.4.2, 6.5.3]。

**気候変動が沿岸域に及ぼす影響は人為的な圧力の増大によって一層悪化する(確信度が非常に高い)。**

沿岸域の利用は20世紀中に劇的に増加したが、この傾向が21世紀も続くことはほぼ確実である。SRESシナリオのもとでは、沿岸方向への移住の将来的傾向に応じて、沿岸域の人口は12億人(1990年)から2080年代までには18億~52億人に増加するだろう[6.3.1]。沿岸域でリスクに曝されている数億人の人と主な資産は、沿岸域への堆積物の供給を減らすダムを含む、集水域における土地利用と水文的变化によって、追加的ストレスを受けている[6.3]。社会的脆弱性に関する3つの主要なホットスポット地域(危険をはらんだ地域)は(i)デルタ(図TS.8を参照)、特に総人口が既に2億人を超えているアジアの7箇所のメガデルタ、(ii)低平な沿岸都市地域、特に沈下傾向にある地域、(iii)小島嶼、特にサンゴ環礁である[6.4.3]。

**適応が、開発途上国の沿岸域にとって、先進国の沿岸域におけるよりも困難であることはほぼ確実である(確信度が高い)。**

開発途上国は、既に、現在の沿岸域の危険による最も深刻な影響を経験している[6.5.2]。最適な適応が行われるとしても、気候変動のもとでこの状況が続くことはほぼ確実であり、アジアとアフリカが最も影響に曝される[6.4.2, B6.6, 図6.4, 6.5.3]。開発途上国はその開発状況のために適応能力がさらに限定され、最も脆弱な地域は、小島嶼やデルタのような、既に影響に曝されているか、又は影響を受けやすい境遇にあるところに集中している[6.4.3]。開発途上国での適応はこれらの脆弱な「ホットスポット」で最も困難になるであろう[6.4.3]。

**脆弱な沿岸域が負う適応コストは、無対策の場合のコストよりはるかに少ない(確信度が高い)。**

大半の先進国の沿岸域においては、気候変動の適応コストは、財産の損失と人命の喪失のみを考慮しても、適応が行われない場合に受ける損害コストよりはるかに低くなることはほぼ確実である[6.6.2, 6.6.3]。現象が起きた後に沿岸域の企業、人々、住宅、公共・民間の社会制度、自然資源、環境が受ける影響は、一般に災害コスト勘定では認識されないため、適応によりもたらされる便益の総和がさらに大きくなるのはほぼ確実である[6.5.2, 6.6.2]。対策がとられない場



図 TS.8. 沿岸デルタの相対的脆弱性を、2050年に向けての現在の海面水位（【訳注】上昇）の傾向によって移動を強いられる可能性がある人口の推定値で示した（極端100万人超；高100万～5万人；中5万～5千人）[B6.3]。気候変動はこの影響を一層悪化させるであろう。

合、他の気候変動（例えば、暴風雨の強大化）と組み合わせられた海面水位上昇が最も大きいシナリオでは、いくつかの低平な島々とその他の低平地（例えば、デルタやメガデルタ）が2100年までに居住できなくなる可能性はおよそ五分である[6.6.3]。気候変動への効果的な適応は、より幅広い沿岸管理と統合でき、その便益はいくつかあるが、特に実施コストを削減することができる[6.6.1.3]。

**長期的にも海面水位上昇が避けられないことは、今日の間による開発のパターンや傾向としばしば矛盾する（確信度が高い）。**

海面上昇には相当の慣性があり、2100年以降も何世紀にもわたり上昇し続ける[WG1 AR4 第10章]。西南極及び／又はグリーンランドの氷床の崩壊は、この長期的な水面上昇を大幅に増大させるであろう。グリーンランドの場合、崩壊の温度閾値は、今日の世界平均気温より約1.1°C～3.8°C高い温度であると推定される。A1Bシナリオでは、この気温上昇は2100年までに起きる可能性が高い[WG1 AR4 第10章]。このことは、地球規模の多くの沿岸域の居住地とインフラ（例えば、原子力発電所）の長期的な存続可能性と、沿岸域方面への大幅な移住を含む、人間による沿岸域の利用の増大という最近の傾向の両方に疑問を投げかける。この問題は、長期的な沿岸域の空間利用計画における課題を提示している。気候の安定化は氷床の崩壊の危険性を減じ、熱膨張による海面上昇を止めることはないが抑制する可能性が高い[B6.6]。したがって、IPCC第3次評価報告以降、沿岸域の海面上昇に対する最も適切な対応は、避けられない海面上昇に対処する適応と長期的な海面上昇を対処可能な水準に抑える緩和の組み合わせであることが、ほぼ確実となっている[6.6.5, 6.7]。

## 産業、居住及び社会

世界のほぼすべての人々が定住して生活し、多くの人々が

産業、サービス、仕事・福祉・移動のためのインフラに依存している。これらの人々にとって、気候変動は、地球規模での社会における持続可能な開発を確保する上で新たな課題を課す。この課題に伴う影響は、主に今後数十年の人間システムの傾向がどうなるかによって決まる。それは、気候条件が気候以外のシステムに伴うストレスを一層悪化させたり改善したりするためである[7.1.1, 7.4, 7.6, 7.7]。

数十年にわたる技術や制度の変化経路と社会経済開発の傾向の予測には、内在する不確実性があるため、気候変動が比較的小さい場合の見通しから、気候変動が相当大きい場合の産業、居住及び社会に関する将来見通しを予測できる可能性は制限される。したがって、多くの場合、これまでの研究は、変動が及ぼす影響の予測よりも影響に対する脆弱性に焦点を当てる傾向があった。すなわち、起こると予想されることよりも、起こり得ることに焦点をあててきた[7.4]。

産業、居住及び社会の主要な脆弱性は、しばしば、(i) 気候変動の速度や規模、特に極端な気象現象及び／又は急激な気候変動と関連した、適応の閾値を超える気候現象、及び(ii) 開発状況の問題に根ざした、対処のための資源（財政的、人的、制度的）への限られたアクセス、に関係している（表TS.1を参照）[7.4.1, 7.4.3, 7.6, 7.7]。

脆弱性評価の状況に関する研究の成果は次のとおりである。

**漸進的な変化は、それを超えると影響が重大になる閾値を伴い得るが、産業、居住、社会の気候変動に対する脆弱性は、漸進的な気候変動への脆弱性よりも、主に極端な気象現象に対する脆弱性である（確信度が高い）。**

平均気温上昇などの漸進的気候変動の重大性は、主に変動性と不安定さにあり、これには極端現象の強度と頻度の変化が含まれる[7.2, 7.4]。

気候による現象	現在の影響／脆弱性の証拠	他のプロセス／ストレス	予測される将来の影響／脆弱性	影響を受ける地域、グループ
<b>a) 極端現象の変化</b>				
熱帯低気圧、高潮	洪水と風による犠牲者と損害；経済損失；運輸、観光；インフラ（例：エネルギー、運輸）；保険 [7.4.2, 7.4.3, B7.2, 7.5]。	洪水が起きやすい地域の土地利用／人口密度；洪水防護；制度能力。	暴風雨が起きやすい沿岸地域の脆弱性の増大；居住、健康、観光、経済・輸送システム、建物、インフラへの影響の可能性。	沿岸域、居住及び活動；能力と資源が限られた地域及び住民；固定インフラ；保険分野。
極端な降雨、河川の洪水	侵食／地滑り；陸地の洪水；居住；輸送システム；インフラ [7.4.2, 地域別の章]。	沿岸暴風雨＋排水インフラに類似。	沿岸暴風雨＋排水インフラに類似。	沿岸暴風雨に類似。
熱波または寒波	人間の健康への影響；社会の安定；エネルギー、水及びその他のサービスの要求（例：水や食料の貯蔵）；インフラ（例：エネルギー輸送） [7.2, B7.1, 7.4.2.2, 7.4.2.3]。	建築デザインと内部温度管理；社会的背景；制度能力。	一部の地域と住民の脆弱性の増大；健康への影響；エネルギー需要の変化。	中緯度地域；高齢者、非常に若い及び／または非常に貧しい住民。
干ばつ	水の利用可能量；生活、エネルギー生産、移住、水運 [7.4.2.2, 7.4.2.3, 7.4.2.5]。	水システム；水利用の競合；エネルギー需要；水需要の制約。	影響を受ける地域の水資源の課題；人及び経済活動の場の移動；水供給への追加的投資。	半乾燥地域及び乾燥地域；貧しい地域及び住民；人為起源の水不足が起きる地域。
<b>b) 平均値の変化</b>				
気温	エネルギー需要とコスト；都市の大気質；永久凍土の融解；観光・娯楽；小売消費；生活；融水の喪失 [7.4.2.1, 7.4.2.2, 7.4.2.4, 7.4.2.5]	人口動態・経済の変化；土地利用の変化；技術革新；大気汚染；制度能力。	エネルギー需要のシフト；大気質の悪化；融水に依存する居住及び生活への影響；一部の地域での融解した永久凍土による居住／インフラへの脅威。	非常に多様だが、適応の能力と資源が限られている場所と人ほど高い脆弱性。
降水量	農業生活；塩水の進入；水インフラ；観光；エネルギー供給 [7.4.2.1, 7.4.2.2, 7.4.2.3]。	他の地域／分野との競合；水資源の割り当て。	地域により異なり、ある地域では降水量増加の影響に対する脆弱性（例：洪水、ただしプラスになる場合もある）、他の地域では降水量減少の影響に対する脆弱性（上記干ばつ参照）。	貧しい地域及び住民。
海面水位上昇	沿岸域の土地利用；洪水リスク、浸水；水インフラ [7.4.2.3, 7.4.2.4]	沿岸域の開発、居住及び土地利用の傾向。	低平沿岸域の脆弱性の長期的な増大。	同上。

表 TS.1. 現在及び予測される気候変動が産業、居住、社会に及ぼす影響、並びにそれらと他のプロセスとの相互作用の事例の抜粋[全文は7.4.3、表7.4を参照]。橙色は一部の地域及び／又は分野で影響が非常に重大であることを示している；黄色は影響が重大であることを示している；薄茶色は重大性がそれほど明確に立証されていないことを示している。

主要な極端現象を別として、持続可能性に対するストレスの検討において、気候変動が主な要因となることはほとんどない(確信度が非常に高い)。

気候変動(プラス又はマイナス)の重大性は、変化とストレスに関する他の原因との相互作用にあり、気候変動の影響は、このような複数の要因のある状況を踏まえて検討されるべきである[7.1.3, 7.2, 7.4]。

気候変動に対する脆弱性は、地理的及び分野ごとの比較的固有の状況に相当左右される(確信度が非常に高い)。

これらの状況は、大規模な(集計的な)モデルや見積もりでは信頼できる推定がなされない[7.2, 7.4]。

気候変動の影響は、広範かつ複雑なつながりを通じて、直接影響を受ける地域及び分野から他の地域や分野へと広がる(確信度が非常に高い)。

多くの場合、直接的な影響のみを考慮するのでは、全体の影響を十分に推定することはできない[7.4]。

### 健康

気候変動は現在、地球規模の疾病と早死の負担に加担している(確信度が非常に高い)。

人類は気象パターンの変化(例えば、より強く頻繁な極端現象)を通して、また間接的には、水・大気・食料の質と量、生態系、農業、経済の変化を通して気候変動に曝されている。この初期の段階では影響は小さいが、全ての国と地域で次第に増大すると予測される[8.4.1]。

人間の健康にとって重要な気候変動に関連する曝露の予測される傾向は、重大な結果をもたらすであろう(確信度が高い)。

予測される気候変動に関連する曝露は、以下のことを通じて、数百万人、とりわけ適応能力の低い人々の健康状態に影響を与える可能性が高い。

- ・ 子供の成長と発育に関係がある、栄養不良とその結果として生じる疾患の増加
- ・ 熱波、洪水、暴風雨、火災、干ばつによる死亡、疾病、傷害の増加
- ・ 下痢性疾患による負担の増加
- ・ アフリカのマラリアの発生範囲(増加と減少)や感染の可能性への混合した影響
- ・ 気候変動に関連した地表面オゾン濃度の上昇による心臓・呼吸器系疾患の発生頻度の増加
- ・ いくつかの感染症媒介生物の空間的分布の変化  
この状況は図TS.9に示されている[8.2.1, 8.4.1]。

あらゆる場所で適応能力が改善される必要がある(確信度が高い)。

近年のハリケーンや熱波の影響は、所得の高い国々でさえも極端な気象現象への対処の備えが十分ではないことを示している[8.2.1, 8.2.2]。

	マイナスの影響	プラスの影響
<b>確信度が非常に高い</b> マラリア：縮小と拡大、感染期の変化	←	→
<b>確信度が高い</b> 栄養不良の増加	←	
極端な気象現象による死亡、疾病、傷害を被る人の数の増加	←	
大気の状態の変化による心臓・呼吸器系疾患の頻度の増加	←	
感染症媒介生物の分布域の変化		→
寒さに関連する死亡者の減少		→
<b>確信度が中程度</b> 下痢性疾患による負担の増加	←	

図 TS.9. 気候変動の健康への影響例の変化の方向と大きさ

健康への悪影響は低所得国で最大になるであろう(確信度が高い)。

温帯地域(主に先進工業国)における研究は、気候変動が、寒冷曝露による死亡の減少など、いくつかの便益をもたらすと予測されることを示した。総体的には、世界全体の、とりわけ開発途上国における、気温上昇による健康への悪影響が、これらの便益を上回るであろうと予想される。プラスとマイナスの健康影響のバランスは場所によって異なり、気温が上昇し続けるにつれて時とともに変化するであろう。全ての国において、より高いリスクにさらされる人々には、都市の貧困者、高齢者と子供、伝統的社会、自給農家、沿岸域の住民が含まれる[8.1.1, 8.4.2, 8.6.1, 8.7]。

気候の影響を受けやすい健康決定要素と結果の負担の低減を目的とする、現行の各国及び国際的なプログラムと措置は、改訂、方針変更、さらに地域によっては、気候変動の追加的圧力に対処するために拡大する必要があるかもしれない(確信度が中程度)。

これには、疾病のモニタリング・監視システム、保健システム計画、準備において、気候変動に関連したリスクを考慮することが含まれる。健康に関する結果の多くは、環境の変化を通してもたらされる。水、農業、食料、建設の分野で実施される措置を、人間の健康に便益を与えるように設計することができる[8.6, 8.7]。

経済開発は適応の重要な要素であるが、それ自体は世界の人々を気候変動による疾病や傷害から遮断することはできないだろう(確信度が非常に高い)。

経済成長がどのように起きるかということ、経済成長をもたらす便益の分配、そして、教育・保健医療・公共医療施設等の人々の健康を直接的に形作る諸要素がきわめて重要になるであろう[8.3.2]。

Box TS.5. システムと分野に予測される主要な影響<sup>16</sup>

## 淡水資源とそれらの管理

- ・ 氷河と積雪に蓄えられている水量が減少する可能性が非常に高く、現在世界人口の6分の1以上が居住している地域において、夏と秋の流量を減少させる。\*\* N [3.4.1]
- ・ 流出量及び水の利用可能量は、東アジアや東南アジアの人口の多い地域を含む、より高緯度の地域及びいくつかの熱帯湿潤地域で増加する一方、現在水ストレスを受けている中緯度地域及び熱帯乾燥地域の多くで減少する可能性が非常に高い。\*\* D [図3.4]
- ・ 干ばつの影響を受ける地域はおそらく増加し、頻度と強度が増す可能性が高い極端な降雨現象が洪水リスクを増加させるであろう。洪水と干ばつの頻度と深刻さの増大は、持続可能な開発と密接な関係があるだろう。\*\* N [WGI AR4 SPM; 3.4]
- ・ 世界の人口の最大20%が、地球温暖化の過程で2080年代までに洪水の危険性増大による影響を受ける可能性が高い河川流域に住んでいる。\* N [3.4.3]
- ・ 多くの半乾燥地域(たとえば、地中海沿岸、米国西部、アフリカ南部、ブラジル北東部)は、気候変動に起因する水資源減少の被害を受けるだろう。\*\*\* C [3.4, 3.7]
- ・ A2シナリオでは、厳しいストレスを受ける河川流域の居住者数が1995年の14億~16億人から2050年には43億~69億人へと増加すると予測される。\*\* N [3.5.1]
- ・ 海面上昇は地下水と河口の塩性化地域を拡大させ、その結果、沿岸域において人間や生態系が利用できる淡水が減少するであろう。\*\*\* C [3.2, 3.4.2]
- ・ すでに水ストレスを受けているいくつかの地域で地下水涵養が大幅に減少するであろう\*\* N [3.4.2]。これらの地域では人口と水需要の急速な増加によってしばしば脆弱性が一層悪化している。\*\*\* C [3.5.1]
- ・ より高い水温、降水強度の増大、低水期の長期化が、多様な形の水質汚濁を一層悪化させるが、このことは生態系、人間の健康、水システムの信頼性及び運営費用への影響を伴う。\*\* N [3.2, 3.4.4, 3.4.5]
- ・ 不確実性が評価され、それらの解釈が向上してきており、また、それらの特徴解析のための新たな手法(たとえば、アンサンブル手法によるアプローチ)が開発されてきている\*\*\* N [3.4, 3.5]。それにもかかわらず、降水量、河川流量、河川流域規模での水位の変化に関する定量的予測は依然として不確実なままである。\*\*\* D [3.3.1, 3.4]
- ・ 気候変動は既存の水インフラと水管理慣行の機能と運営に影響を及ぼす\*\*\* C [3.6]。予測される水文変化の不確実性を認識するいくつかの国と地域では、水分野に関する適応の手順とリスク管理の慣行が開発されてきている。\*\*\* N [3.6]
- ・ 気候変動が淡水システムに及ぼす悪影響は、その便益を上回る。\*\* D [3.4, 3.5]
- ・ 流出量の減少が予測される地域は、水資源によって提供されるサービスの価値の低減に直面するであろう\*\*\* C [3.4, 3.5]。その他の地域における年間流出量の増加による便益のある影響は、降水変動性の増大と季節的流出量のシフトが水供給、水質、洪水リスクに及ぼす悪影響によって軽減されるだろう。\*\* N [3.4, 3.5]

## 生態系

- ・ 以下の生態系は最も脆弱であると特定されたものであり、種の絶滅と生物相の大幅な変化を含む、生態系への最も深刻な影響を受けるのはほぼ確実である：大陸では、ツンドラ、北方林、山岳及び地中海型生態系；沿岸域では、マングローブと塩性湿地；海洋では、サンゴ礁と海氷バイオーム。\*\*\* D [4.4, 第1,5,6,14,15章も参照；WGI AR4 第10,11章]
- ・ サバンナや生息種の貧弱な砂漠のように、最も脆弱性が小さいと特定された生態系では、当初は、正味の一次生産力(NPP)の増加など、生態系へのプラスの影響が生じる。しかし、これらのプラスの影響は、持続的なCO<sub>2</sub>の施肥効果と、攪乱レジーム(たとえば森林火災)や極端現象(たとえば干ばつ)が中程度の変化のみであることを条件とする。\*D [4.4.1, 4.4.2, B4.2, 4.4.3, 4.4.10, 4.4.11]
- ・ 2°C<sup>17</sup>までの世界平均気温の上昇では、低緯度地域では正味の一次生産力が減少(海洋及び陸地)する可能性が高いが、高緯度地域では幾分か増大が予測される(木本植物の実移動に大きく依存する)。\*\* D [4.4.1, 4.4.9, 4.4.10]

16 Box TS.5とBox TS.6の文章中では、次の取り決めが用いられている。

## 第3次評価報告書記述との関係

C 確認された  
D 進展した  
R 改定された  
N 新たな知見

## 記述の確信度

\*\*\* 確信度が非常に高い  
\*\* 確信度が高い  
\* 確信度が中程度  
・ 確信度が低い

17 生態系セクション(限定)では、気温の閾値/感度は工業化以前の気候との比較で表されており、降水量変化を含む気候変動の代用である。他のセクションでの気温変化は、TS.4節のはじめの段落で示したように、1990年との比較である。

- ・ 極地方向へのタイガの拡大により予測される炭素の吸収・D [4.4.5, 図4.3]は、アルベドの変化、森林火災、タイガの赤道境界での森林の減少\*\* N/D [4.4.5, 図4.3]、及びツンドラからのメタンの消失による相殺と可能性が同程度だろう\* N [4.4.6]。
- ・ 熱帯林による炭素の吸収は、近年生産性の増大が観測されているにもかかわらず、土地利用の変化傾向に依存する可能性が非常に高い\*\*\* D [4.2, 4.3, 4.4.10]、しかし、2100年までに、特に乾燥した地域において、気候変動の影響に支配される可能性が高い\*\* D [4.4.5, 4.4.10, 図4.3]。
- ・ アマゾンの森林、中国のタイガ、シベリアとカナダのツンドラの多くは、世界平均気温が3°Cを超えると大きな変化を示す可能性が非常に高い\*\* D [表4.2, 4.4.1, 図4.2, 4.4.10, 図4.4]。北米とユーラシアでは2°C未満の温暖化で森林の拡大が予想されるが [4.4.10, 図4.4, 表4.3]、熱帯林は、生物多様性の消失を含む深刻な影響を経験する可能性が高い\* D [4.4.10, 4.4.11, 表4.1]。
- ・ 世界平均気温の上昇がおおよそ1.5~3°Cの場合、亜熱帯海洋の低生産性地域が約5% (北半球)及び約10% (南半球)拡大する可能性が高いが、生産力の高い極域の海氷バイオームは約40% (北半球)及び約20% (南半球)縮小する可能性が非常に高い。\*\* N [4.4.9]
- ・ 海氷バイオームが縮小すると、ペンギン、アザラシ、ホッキョクグマなどの捕食動物を含む、このバイオームに依存する極域の種は、生息地の劣化と消失を経験する可能性が非常に高い。\*\*\* D [4.4.6]
- ・ 今後50年間に白化によりサンゴが失われる可能性が非常に高い\*\*\* C [B4.5, 4.4.9]。とりわけグレートバリアリーフでは、気候変動と汚染や採取などの直接的な人為的影響により毎年白化が起き (2030年から2050年頃)、サンゴが大量に死滅することが予想されている\*\* D [B4.4, 4.4.9]。
- ・ 脆弱な炭素貯蔵、特に泥炭地、ツンドラ凍土 (「yedoma」)、永久凍土、北方林・熱帯林の土壌から炭素が加速的に放出されるのはほぼ確実である。\*\*\* D/N [図4.1, 4.4.1, 4.4.6, 4.4.8, 4.4.10, 4.4.11]
- ・ 気温が上昇し、乾季の頻度が増大してより長期化するにつれ、森林火災の激化と拡大が地球全体で生じる可能性が高い。\* D/N [4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5]
- ・ 降雨変動性の拡大は、(【訳注】水のある)時期、期間、水深の変化を通して、内陸と沿岸の湿地に生息する種を危うくする可能性が高い。\* D [4.4.8]
- ・ A1FIシナリオ下で予測される大気中のCO<sub>2</sub>の増加により、海洋表面のpHは2100年までに0.5ユニットさらに低下する可能性が非常に高い。このpHの低下は、炭酸カルシウムを必要とする海洋生物 (たとえばサンゴ、カニ、イカ、海カツムリ、二枚貝、カキなど)の殻又は外骨格の形成を損なう可能性が非常に高い。\* N [4.4.9, B4.5]

### 食料、繊維、林産物

- ・ 中緯度及び高緯度の地域では、中程度の温暖化が穀物や牧草の収量に便益をもたらすが、乾季のある熱帯地域では、わずかな温暖化でさえ収量を減少させる\*。さらなる温暖化は、すべての地域において一層の悪影響を与える [図5.2]。短期的な適応によって10~15%の収量減少を回避できるかもしれない。\*/D [図5.2, 5.4]
- ・ 社会経済開発による飢餓の全体的な大幅減少にかかわらず、気候変動は飢餓リスクにある人々の数を僅かに増加させる。\* D [5.6.5, 表5.6]
- ・ 予測される平均的気候の影響に加えて、極端な気候現象の頻度と深刻さにおいて予測される変化は、火災、害虫、疾病発生リスク増大とともに、食料と林産物及び食料不安に重大な結果をもたらすであろう。\* D [5.4.1から5.4.5]
- ・ 小規模農家と自給農家、牧畜民、零細漁民は気候変動が及ぼす複雑で局地的な影響を蒙るであろう\*\* N [5.4.7]
- ・ 地球規模の食料生産力は、世界平均気温の上昇が約3°Cまでは増大する可能性が高いが、これを超えると減少する可能性が非常に高い。\* D [5.6]
- ・ 地球規模では、林業生産は、短中期的には、気候変動に伴い中程度に変化するのみと推測される。生産の増加は、短期的には低緯度地域で起きるが、長期的には高緯度地域に移動するだろう。\* D [5.4.5]
- ・ 特定魚種の局地的な絶滅が分布域の端において生じると予想される。\* N [5.4.6]
- ・ 食料と林業の貿易は、大半の開発途上国の食料輸入依存度を高めつつ、気候変動に応じて増加すると予測される\*/N [5.6.1, 5.6.2, 5.4.5]
- ・ 上昇したCO<sub>2</sub>濃度に対する作物の反応に関する実験的研究は、第3次評価報告書の結論を裏付ける\* C。新たな開放式CO<sub>2</sub>増加実験 (FACE)の結果は、森林の反応がより低いことを示唆している。\* D [5.4.1]

### 沿岸システム及び低平地

- ・ 沿岸域は気候変動及び海面上昇によるリスクの増大に曝される可能性が非常に高い。しかも、この影響は沿岸域に対する人為起源の圧力の増大によって一層悪化するであろう。\*\*\* D [6.3, 6.4]
- ・ サンゴは、水温上昇に起因する白化と死滅の増大により大幅に衰退する可能性が高い。塩性湿地及びマングローブは

海面上昇による悪影響を受けるだろう。\*\*\* D [6.4]

- ・すべての沿岸生態系、特にサンゴ、塩性湿地、マングローブは、気候変動と海面上昇に対して脆弱である。\*\*\* D [6.4.1]
- ・サンゴは熱ストレスに対して脆弱であり、熱に対するサンゴの適応又は順応がない限り、21世紀に約1～3°Cと予測されている海面水温(SST)の上昇によって、白化現象の頻度が高まり、広範囲で死滅する可能性が非常に高い。  
\*\*\* D [B6.1, 6.4.1]
- ・塩性湿地とマングローブを含む沿岸域の湿地は、海面上昇への感度が高く、2000年から2080年までに海面水位が36cm上昇すると、地球全体で33%の沿岸域の湿地が失われると予測されている。最も多くの湿地が失われる可能性が高いのは、アメリカ大陸の大西洋とメキシコ湾の沿岸、地中海地域、バルト海地域、小島嶼地域である。\*\*\* D [6.4.1]
- ・海洋の酸性化は新しい問題であり、沿岸域に多大な影響を及ぼす可能性があるが、詳細はほとんど分かっていない。それは、今後の研究、特に観測と計測のプログラムが急がれるテーマである。\*\* D [6.2.3, 6.2.5, 6.4.1]
- ・低平地の沿岸洪水は、相当な適応がない限り、海面上昇と沿岸域の暴風雨の強大化によって現在よりリスクの高まる可能性が非常に高い[B6.2, 6.4.2]。この洪水の影響は、海面上昇、将来の社会経済的状況、適応の度合いに左右されやすい。適応がなければ、海面上昇だけでも2080年代までに毎年1億人を超える人々が沿岸洪水を経験することになるかもしれない、影響はA2シナリオの世界で最大になる可能性が高い。\*\*\* N [図6.2]
- ・対応のコスト便益分析は、広範な適応によって潜在的影響が減じられる可能性が高いことを示している。またこの分析は、影響と防護のためのコストは開発途上国が不釣り合いに負うであろう可能性が高いことも示している。\*\* C [図6.4, 6.5.3]
- ・気候変動と海面上昇に対する主要な人間の脆弱性は、自然の低地沿岸システムへのストレスが低い人間の適応能力及び／又は高い曝露と一致する場所に存在し、次の地域が含まれる：\*\* D [6.4.2, 6.4.3]
  - デルタ、特にアジアのメガデルタ(例：バングラデシュ及び西ベンガルのガンジス・ブラマプトラ)
  - 低平な沿岸都市地域、特に自然的又は人為的な地盤沈下と熱帯低気圧上陸が多い地域(例：ニューオーリンズ、上海)
  - 小島嶼、特に低地サンゴ環礁(例：モルジブ)
- ・地域別では、脆弱性の増加が最大になる可能性が非常に高いのは、南アジア、東南アジア、東アジアと、アフリカの都市化が進んだ沿岸地域、小島嶼地域である。影響を受ける人数は、アジアのメガデルタで最大となるだろうが、小島嶼が最も高いリスク増大に直面している。\*\* D [6.4.2]
- ・海面上昇は、他の気候変動要因と比較して慣性が大きく、2100年以降も何世紀にもわたり継続することはほぼ確実である。気候の安定化は、海面上昇を軽減し得るが、止めることはできないだろう。したがって、沿岸域においては、適応へのコミットメント(履行の義務)があるが、これは長期的な空間計画と、計画的撤退対防護の必要性についての問題を提起する。\*\*\* D [B6.6]

## 産業、居住及び社会

- ・産業、居住及び社会にとっての気候変動の便益とコストは、場所と規模に応じて大幅に異なる。いくつかの影響は温帯域及び極域においてプラスとなり、その他の影響は別の場所でマイナスになるだろう。しかし、合算すれば、正味の影響は、温暖化が大規模かつ急速であるほどマイナスの度合いがより大きくなる可能性が高い。\*\* N [7.4, 7.6, 15.3, 15.5]
- ・気候変動に対する産業、インフラ、居住、社会の脆弱性は、一般に一部のハイリスクの場所、特に沿岸域と河川域、極端な気象現象が起きる傾向のある地域や、経済が農・林業、水需要、観光など気候感度の高い資源と密接に関連している地域に属する場所の方が大きい。このような脆弱性は局地的になる傾向があるが、広範であり拡大していることも多い。例えば、しばしば比較的高いリスクの地域にある大半の低・中所得国の急速な都市化は、危険に曝される経済と人口の割合を増大させている。\*\* D [7.1, 7.4, 7.5]
- ・気候変動によって極端な気象現象がより強く及び／又はより頻繁になるところでは、それらの事象による経済コストは増加し、この増加は、最も直接的に影響を受ける地域において重大になる可能性が高い。これまでの経験は、主な事象のコストが、非常に大きい経済力を持つ非常に広い地域における地域の年間GDP及び所得の数パーセントから、事象の影響を受ける比較的狭い地域での25%を超える割合にまで及ぶことを示している。\*\* N [7.5]
- ・一部の貧困コミュニティと世帯は、気候変動性と気候関連の極端現象によるストレスに既に曝されている。これらのコミュニティと世帯は、比較的高いリスクの地域に集中し、サービスや対処のための他の資源へのアクセスが限られ、地域によってはその土地の水や食料の供給など気候の影響を受けやすい資源への依存度が高い傾向があるため、気候変動に対して特に脆弱であり得る。\*\* N [7.2, 7.4.5, 7.4.6]
- ・気候関連の極端現象による経済コストの増大は、既に、効果的な経済・財政リスク管理の必要性を高めている。リス



クが高まっていて、リスク管理の主な選択肢が民間の保険である地域や場所では、価格シグナルが適応への動機付けとなり得るが、保険の適用も撤回されるかもしれない、結果として、政府を含む他の機関が担う役割が増大する。民間の保険が広く利用できない地域では、リスク管理のために他の仕組みが必要になるだろう。いずれの状況においても、より貧困な住民グループはリスク管理と適応のために特別な支援を必要とするだろう。\*\* D [7.4.2]

- ・多くの地域で、気候変動は社会的公平性についての懸念を生じさせ、政府のインフラと制度能力への圧力を増大させる可能性が高い。\*\* N [7.ES, 7.4.5, 7.6.5]
- ・気候関連のリスク管理には堅固で信頼できる物理的なインフラが特に重要である。都市の水供給システムなどのインフラは、特に沿岸域で、海面上昇と地域的な降水の減少に対して脆弱である。また、インフラを伴わない大規模な人口集中は、気候変動の影響に対してさらに脆弱になる。\*\* N [7.4.3から7.4.5]

## 健康

- ・気候変動に起因する2030年時点の予測される相対リスクは、いくつかのアジア諸国における栄養不良の増加を示している\*\* N [8.4.1]。21世紀後半には、予想される温暖化の傾向は、乾季のある熱帯地域において、作物収量の利用可能性が減少すると予測される[5.4]。このことは、とりわけ既に食料安全保障に対して最も脆弱な地域、中でもアフリカにおいて、飢餓、栄養不良、またその結果として生じる、子供の成長と発育を含む疾患を増加させるであろう。\*\* N [8.4.2]
- ・2030年までに、沿岸洪水が、死亡率の大幅増加をもたらすと予測されている。しかし、この予測される増加は小さな疾病負担に適用されるため、両者を併せた影響は小さい。全体として2080年までに洪水のリスクに曝される人口は、2倍から3倍に増加すると予想されている。\*\* N [8.4.1]
- ・暑熱による死亡のリスクに曝される人々の増加の推定値は、場所、高齢人口、実施される適応策によって国毎に異なる。全体として今世紀中に顕著な増加が推測される。\*\* D [表8.3]
- ・マラリアに関しては、色々な予測が行われている。地球規模では、新たにリスクに曝される人口は2億2,000万人(A1F)から4億人(A2)の間と推測されている。アフリカについては、アフリカ南・東部における2020年時点での感染の減少や、高地での局地的な増加を伴う、サヘル周辺とアフリカ南・中部での2080年時点での感染の減少から、すべてのシナリオにおけるマラリアに曝される人・月数の2100年時点での16~28%の増加まで、予測は色々である。英国、オーストラリア、インド、ポルトガルでは、いくらかのリスク増大が推測されている。\*\*\* D [表8.2]
- ・カナダでは、ライム病の媒介生物が2080年代までに1,000kmほど北に広がり(A2)、ダニの発生量も2080年代までに2~4倍増加すると推定されている。ヨーロッパでは、ダニ媒介性脳炎が現在の分布範囲からさらに北東に移動すると予測されているが、ヨーロッパ中・東部では2050年代までに縮小すると予測されている。\* N [表8.2]
- ・2030年までに低所得地域で下痢性疾患の負担が約2~5%増加すると推測されている\*\* N [8.4.1]。オーストラリアのアボリジニコミュニティでは2050年までに年間5~18%の増加が推測された\*\* N [表8.2]。英国では1~3°Cの気温上昇で食中毒が増えると推測されている。\* N [表8.2]
- ・北米東部では、A2気候シナリオ下で、オゾン関連の死亡が4.5%増加すると推測されている。環境基準(8時間値規制)を超えるひと夏の平均日数の68%増加は、事故以外の死亡率を0.1~0.3%上昇させ、心血管系疾患による死亡率を平均0.3%上昇させると予測されている。英国では、2050年と2080年に関して、粒子状物質やSO<sub>2</sub>濃度が高い日数大幅に減少し、また他の汚染物質濃度の高い日数も僅かに減少すると推測されてきたが、オゾンについては増加するであろう\*\* N [表8.4]。温室効果ガスの削減結果として、大気汚染物質濃度(オゾンや粒子状物質など)が低下することによる健康への至近の便益は、相当なものになり得る。\*\* D [8.7.1, WGIII AR4]
- ・2085年までに気候変動による Dengue 熱のリスクは、35億人を対象にするまで増加すると推測されている。\* N [8.4.1.2]
- ・英国では、気候変動に起因する寒さに関連した死亡の減少は、熱暑に関連した死亡の増加を上回ると予測されている。\*\* D [表8.3]

## TS.4.2 地域ごとの影響、適応及び脆弱性

各地域で予測される影響の要約をBox TS.6に示している。

### アフリカ

多くのアフリカ諸国や地域における農業生産は、気候変化と気候変動性によって著しく損なわれる可能性が高い。このことは、食料安全保障に悪影響を及ぼし、栄養不良を一層悪化させるだろう(確信度が非常に高い)。

農業収量と自然資源への依存は、すべてではないが、多くのアフリカ諸国において、地元での生計の大部分を成している。農業は、大部分のアフリカ諸国の現在の経済における主たる産業であり、国内総生産(GDP)の平均21%、10%~70%の範囲を占めるが、いくつかの国では農地以外における収入が農業全体の貢献を増加させている兆候がある[9.2.2, 9.4.4]。ある気候予測では、天水依存、乾燥及び半乾燥が混合したシステムに影響を及ぼす成長期間の長さの変化に伴われるいくつかの地域(例えば、サヘル、東アフリカ及び南部アフリカ)では、農業損失が深刻になり得ることが示されている。いくつかの国では、天水農業による収量が2020年までに最大50%まで減少し得る。地元レベルでは、気候の変化と変動性その他のストレス要素(例えば紛争)と同時に発生した場合、多くの人々は自らの生計に対し、更なる損失を被る可能性が高い[9.2.2, 9.6.1]。

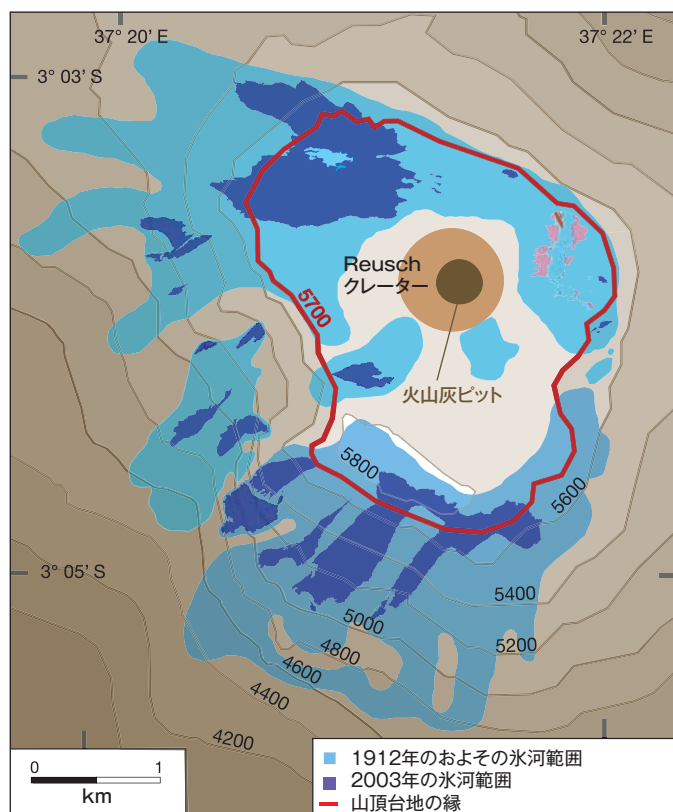


図 TS.10. キリマンジャロ山の氷冠と積雪の経時変化。1912年から2003年までのキリマンジャロ山の氷河の表面積の減少。[図9.2]

気候の変化と変動性は、結果的に種の損失、絶滅をもたらし、さらに「気候空間」や多くの動植物の生息範囲を制約することになる可能性が高い(確信度が高い)。

さまざまな生態系の変化はすでに検知されており、山岳生態系など、特にアフリカ南部の生態系では、気候の影響を含む多様な要因の結果として、予想よりも早い速度で変化が進んでいる[9.4.5, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.8]。

管理されていない環境では、気候の変化によって引き起こされるが、気候以外の要因によって一層悪化させられる、複数の、相互作用のある影響及びフィードバックが予想される(確信度が高い)。

例えば、キリマンジャロへの影響は、数多くの相互作用する要素(例えば、太陽放射、植生変化及び人間の相互作用)の結果、氷河と積雪が後退していることを示しており、1912年~2003年の間に氷河の表面積は約80%減少した。(図TS.10を参照)。火災などによる「雲霧林」の損失により、1976年以降、霧に由来する水資源が年間25%も減少する結果となっている(キリマンジャロ周辺に居住する100万人の年間飲料水供給量に相当する)[9.4.5]。

複数の要素から生じる、安全な水へのアクセスの欠如は、アフリカの多くの地域における主要な脆弱性である。この状況は気候変動によってさらに一層悪化する可能性が高い(確信度が非常に高い)。

いくつかの評価では、2020年までに、7,500万人~2億5,000万人の人々が、気候変動に起因する水ストレスの増加に曝されるとの推定を予測している。需要増と結合すると、生活に悪影響を与え、水関連の問題を一層悪化させる。例えば、いくつかの評価は、アフリカ北部及び南部の一部における水ストレスの極度な増加と干ばつリスクの増加の可能性を、また東アフリカでの流出量の増加を示している。しかし、水へのアクセスは、気候変動によるのみならず[9.4.1]、複雑な河川流域管理(アフリカの主要な河川のいくつかは、数ヶ国によって共有されている)や、水の窃取や水源の汚染による水資源の劣化によっても脅かされている[9.4.1]。

マラリアリスクの変化を気候変動によるものとするには問題が残る(確信度が高い)。

人間の健康は、多様な要因により既に悪影響をうけているが、気候変化と気候変動性によってさらにマイナスの影響を受け得る(例えば、アフリカ南部と東アフリカ高地)。マラリアの気候変動起因に関する議論は現在継続中であり、これは更なる研究を必要とする分野である[9.4.3, 8.2.8, 8.4.1]。

アフリカは、複数のストレスと低い適応能力のため、気候の変動性と変化に対して最も脆弱な大陸のひとつである。これには、多くのアフリカ人の極度な貧困、干ばつや洪水などの度重なる自然災害、及び降雨に大きく依存する農業など、全てが寄与している。しかし、複数のストレス要因に直面しても驚くべき回復力を示した事例もある(確信度が高い)。

アフリカは、極端な気候現象(例えば、干ばつや洪水)を含む多様なストレスを管理するために用いる対処・適応戦略

の事例を数多く有している。しかしながら、このようなストレスが増加する可能性があるなか、地域特有の貧困、貧弱な制度整備、データや情報へのアクセスの悪さ、及び健康負担の増大などの問題も考えあわせると、これらの戦略は、気候の変動性と変化に適応するには不十分である可能性が高い[9.2.1、9.2.2、9.2.5]。

## アジア

**観測結果は、気候変動が過去数十年間にアジアの多くの分野に影響を与えてきたことを示している。(確信度が中程度)**

第3次評価報告書で推測されたアジアにおける気候変化、変動性、極端現象の影響を示す証拠が現れてきた。アジアの大部分の国の作物の収量が、おそらくは気温上昇も一部寄与し、減少していることが観測されてきた。温暖化による可能性が高い結果として、近年の北アジアにおける氷河の後退と永久凍土層の融解は、過去に前例がない。中央アジア、東アジア、南アジア、東南アジアにおける気候が引き起こした疫病及び熱ストレスの発生頻度は、気温上昇及び降水量変動性に伴って増加している。大陸及び海洋の生態系において観測された変化は、より顕著となっている[10.2.3]。

**将来の気候変動は、生産量の減退と耕作可能地の減少によって農業に影響し、また魚類の餌の供給に影響すると予想される(確信度が中程度)。**

アジアの大部分の国において予測される地上温度の上昇及び降雨量の変化は、熱ストレスとより激しい干ばつ及び洪水の結果、農作物の生産性に著しい減退を引き起こすであろう[10.4.1]。農業生産性の減退は、既に耕作可能地不足の増大に苦しんでいる地域においてより顕著で、アジア、とりわけ開発途上国の飢餓のリスクを増大させるであろう[10.4.1]。自給農家は気候変動によって危険な状態にある。モロコシや粟など極限にある作物は、生産性の低下及び作物の遺伝的多様性の喪失によって、最も危険な状態になり得る[10.4.1]。気候変動に応じて、魚の繁殖場所及び餌の供給に変化が生じ、最終的には魚の群の数が変化することが予想される[10.4.1]。

**気候変動は、アジアのほとんどの地域において水資源ストレスを一層悪化させる見込みがある(確信度が高い)。**

アジアにおいて気候変動から生じる最も重大な潜在的脅威は水不足である。中央アジア、南アジア、東アジア及び東南アジアにおける淡水利用可能量は、特に大河川の流域において、気候変動によって減少すると予測され、それは、人口増加及び生活水準の向上による需要量の増加と相俟って、2050年代までに10億人以上の人々に悪影響を与え得る[10.4.2]。氷河の急速な融解や一部の地域では冬季の降水量の増加による流量の季節変動は、水力発電及び農作物、家畜の生産に著しい影響を与え得る[10.4.2]。

**気温の上昇が、ヒマラヤの氷河のより急速な後退やアジア北部における永久凍土層の継続的な融解といった結果を引き起こすと予想される(確信度が中程度)。**

現在の温暖化の速度が継続した場合、ヒマラヤの氷河は非常に急速に衰退し得る(図TS.11)。氷河の融解が加速する結果、今後20～30年で一部の河川系において流量が増加し、それによって洪水の増加や、不安定化した斜面からの岩なだれ、水資源の崩壊が生じる。これに続いて、氷河が後退するにつれ、流量の減少が生じるであろう[10.6.2]。永久凍土層の崩壊は、地盤沈下、排水特性及びインフラの安定度の変化、さらにメタン放出量の増加を引き起こす[10.4.4]。

**アジアの海洋及び沿岸の生態系は、海面上昇及び気温上昇の影響を受けると予想される(確信度が高い)。**

予測された海面上昇の結果、洪水被害を受ける人々は毎年何100万人も増加し得る[10.4.3.1]。海水の浸入によって、汽水域漁場は増加し得るが、養殖漁業は著しく被害を受け得る[10.4.1]。全体的に見て、海面上昇は、既に減退しているアジアの漁業生産性を一層悪化させると予想される[10.4.1]。気候変動によって、北極圏の海洋漁業は大きな影響を受け得るだろう。タラやニシンのようないくつかの種は、少なくとも穏やかな気温上昇によって便益を受けるが、アマエビなどその他の種は生産性の減退による被害を受ける[10.4.1]。

**気候変動は、アジアの大部分の地域において、土地利用／被覆の変化や人口圧の結果生じている生物多様性への脅威を一層悪化させると予想される(確信度が高い)。**

アジアにおける多くの動植物種の絶滅リスクの増加は、気候変動及び生息地の分断化の相乗作用の結果である可能性が高い[10.4.4]。アジアの各地の湿地、マングローブ、サンゴ礁の生態系の安定性に対する脅威も増加するだろう[10.4.3、10.6.1]。北アジアにおける森林火災の頻度や広がり、気候変動及び極端な気象現象によって将来増加すると予想され、森林の拡大を制限する可能性が高いだろう[10.4.4]。



図 TS.11. 2100年のSRES A2シナリオで予測される北アジアの永久凍土層の境界線の将来変化[図10.5]

### 将来の気候変動は、アジアの人間の健康に悪影響を与え続ける可能性が高い(確信度が高い)。

東アジア、南アジア及び東南アジアでは、地球温暖化に伴う水循環の予測される変化によって、主に洪水及び干ばつに伴う下病性疾患による地方特有の罹病率及び死亡数の増加が予想される [10.4.5]。沿岸域の水温の上昇は、南アジアにおけるコレラ菌の存在量及び／又は毒性を一層悪化させるだろう [10.4.5]。生物媒介及び水媒介の病気の自然分布域が拡大していると報告されている [10.4.5]。

### 気候変動によって、将来、アジアにおける複合的ストレスはより一層複合化するだろう(確信度が高い)。

アジアの大部分の開発途上国における、急速な都市化、工業化、及び経済開発に伴う自然資源の開発は、都市のインフラ、人類の福祉、文化の保全、社会経済環境に莫大な圧力を与える大気・水の汚染や土地の荒廃、その他の環境問題をもたらしてきた。気候変動は、アジア、特に南アジアや東アジアの多くの開発途上国においてこれらの環境圧力を強め、持続可能な開発に影響を及ぼす可能性が高い [10.5.6]。

### オーストラリア及びニュージーランド

#### この地域は近年の気候変動の影響を既に経験しており、一部の分野や地域では、適応を開始している(確信度が高い)。

1950年以降、この地域では0.3～0.7°C温暖化しており、オーストラリア北西部とニュージーランド南西部では熱波の増加、降霜の減少、降雨の増加が、オーストラリア南部、東部及びニュージーランド北東部では降雨の減少が、オーストラリアでは干ばつの強度の増加が、そして70mmの海面上昇が起きている [11.2.1]。その影響は、水供給と農業、自然生態系の変化、季節的積雪面積の減少及び水河の縮小において、今や明白である [11.2.2, 11.2.3]。水、農業、園芸及び沿岸域などの分野において、適応が起きている [11.2.5]。

#### 21世紀の気候は、極端現象の変化を伴い、温暖化することはほぼ確実である(確信度が中程度から高い)。

熱波と火災は、その強度と頻度が増加することがほぼ確実である(確信度が高い) [11.3]。洪水、地滑り、干ばつ及び高潮は、頻度が増し、より強烈となる可能性が非常に高く、降雪と降霜の頻度は低くなる可能性が高い(確信度が高い) [11.3.1]。ニュージーランド西部では降雨が増加する可能性が高いが、オーストラリア本土の広い地域とニュージーランド東部では、土壌水分が減少する可能性が高い(確信度が中程度) [11.3]。

#### より一層の適応がなければ、気候変動の潜在的影響は重大なものとなる可能性が高い(確信度が高い)。

- ・ 降水量の減少と蒸発量の増加の結果として、オーストラリア南部及び東部、ニュージーランドではノースランドと東部地域の一部で、2030年までに水の安全保障の問題が激しさを増す可能性が非常に高い [11.4.1]。
- ・ グレート・バリア・リーフやクイーンズランド湿潤熱帯地域を含む生態系が豊かないくつかの場所では、2020年

までに生物多様性の著しい損失が起こると予測される。危機に曝される他の地域には、カカドゥ湿原、オーストラリア南西部、亜南極域の島々及び両国の山岳地域が含まれる [11.4.2]。

- ・ ケアンズ、クイーンズランド南東部(オーストラリア)、及びノースランドからブレンティ湾に至る地域(ニュージーランド)で進行している沿岸開発と人口増加は、2050年までに海面上昇や暴風雨及び沿岸洪水の強度と頻度の増加によるリスクを一層悪化させると予測される [11.4.5, 11.4.7]。
- ・ 主要なインフラへのリスクは、著しく増加する可能性が高い。2030年までには、極端現象に対応する設計基準を超える事象がより頻繁になる可能性が非常に高い。これらのリスクには、死者の増加と停電の頻度の増加を引き起こす、洪水からの保護設備や都市の排水／下水道の破綻、暴風雨や火災による損害の増加、及び熱波の増加が含まれる [11.4.1, 11.4.5, 11.4.7, 11.4.10, 11.4.11]。
- ・ オーストラリア南部及び東部の大部分とニュージーランド東部の一部における農業及び林業の生産は、干ばつと火事の増加により2030年までに減少すると予測される。しかしながら、ニュージーランドでは、西部地域、南部地域、及び主要河川に近接する地域においては、成長期間の長期化、降霜の減少及び降水量の増加によって、当初は農業及び林業に便益がもたらされると予測される [11.4.3, 11.4.4]。

#### 多くの分野では脆弱性が高まる可能性が高いが、これは適応能力によって左右される。

- ・ ほとんどの人間システムはかなりの適応能力を備えている。この地域は、十分に発展した経済、広範な科学的・技術的能力、災害緩和戦略、及び生物保全対策を有している。しかし、適応オプションの実施には莫大な費用がかかり、制度上の制約がある可能性が高い(確信度が高い) [11.5]。一部の先住民コミュニティは適応能力が低い(確信度が中程度) [11.4.8]。水の安全保障と沿岸域のコミュニティは最も脆弱である(確信度が高い) [11.7]。
- ・ 自然システムの適応能力は限られている。気候変動の予測される速度が、多くの種における進化的適応の速度を超える可能性が非常に高い(確信度が高い) [11.5]。生息地の喪失と分断化は、気候帯の移動に対応するための種の移動を制限する可能性が非常に高い(確信度が高い) [11.2.5, 11.5]。
- ・ 極端現象の増加の結果として脆弱性が高まる可能性が高い。極端な気象による経済損失が増加し、適応に対して大きな困難を与える可能性が非常に高い(確信度が高い) [11.5]。
- ・ 特定されたホットスポット数箇所では、2050年までに脆弱性が高くなる可能性が高い(図TS.12を参照)。オーストラリアでは、これらの地域にはグレート・バリア・リーフ、クイーンズランド東部、南西部、マーレー・ダーリング流域、アルプス及びカカドゥが含まれ、ニュージーランドでは、ブレンティ湾、ノースランド、東部地域及び南アルプスが含まれる(確信度が中程度) [11.7]。

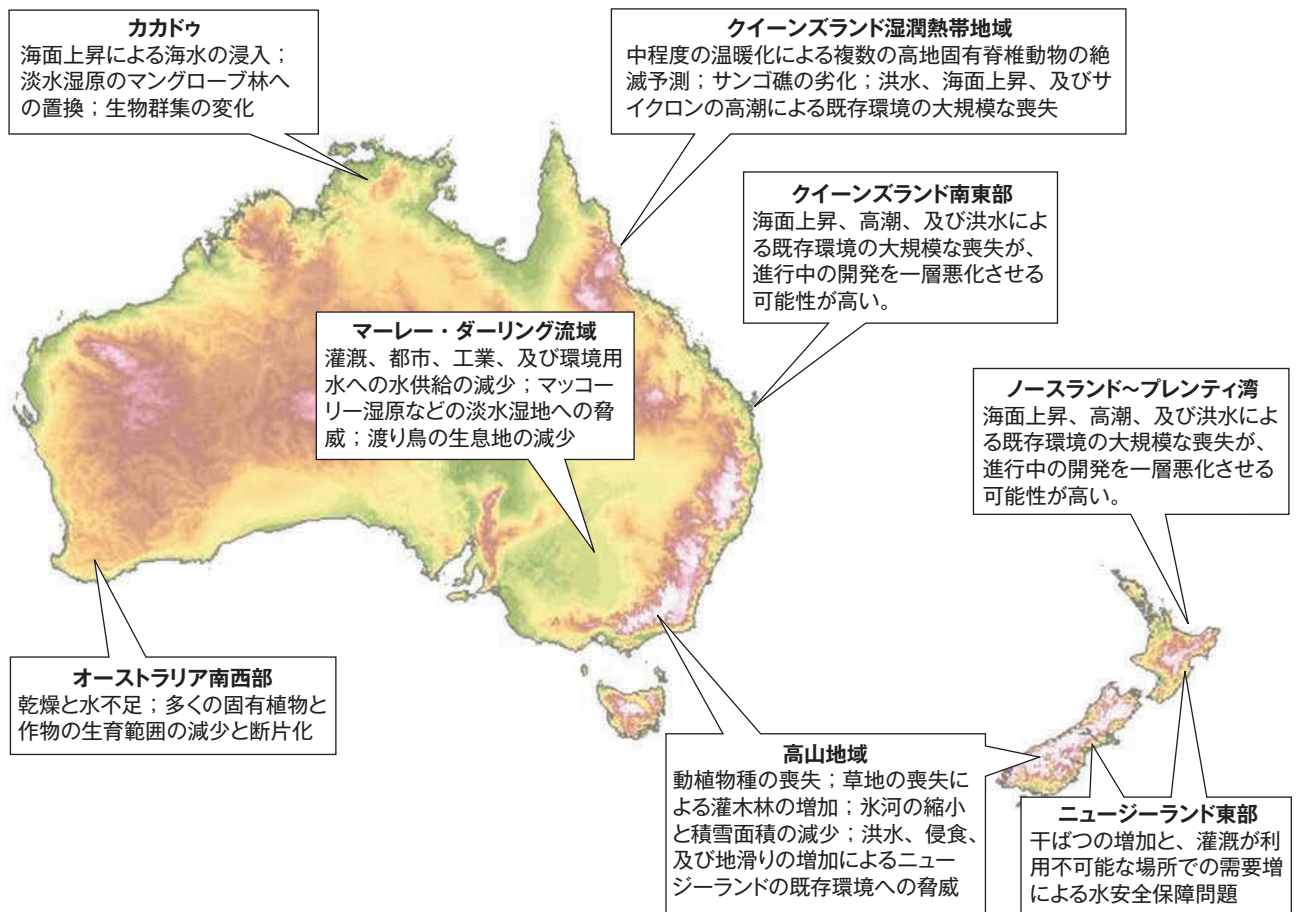


図 TS.12. 以下の基準に基づいた、オーストラリアとニュージーランドの主要なホットスポット：甚大な影響、低い適応能力、大規模な人口、経済的な重要性、影響に曝される重大なインフラ、及びその他の主要なストレス（例えば、急速な人口増加の継続、進行中の開発、進行中の土地劣化、進行中の生息地喪失、及び海面上昇の脅威）の受けやすさ[11.7]。

## ヨーロッパ

現在の気候変化の広範囲な影響が、ヨーロッパにおいて初めて文書で立証された（確信度が非常に高い）。

温暖化傾向と空間的に変動のある降雨変化は、雪氷圏の構成要素や機能（氷河と永久凍土の範囲の後退）と自然及び管理された生態系（成長期間の長期化、種の移動や、かつてない規模の熱波による人間の健康）に影響を与えている[12.2.1]。2003年のヨーロッパの熱波（図TS.13参照）は、生物物理システム及び社会に多大な影響を与えた（通常に加えておよそ35,000人の死者が記録された）[12.6.1]。観測された変化は、将来の気候変動による影響の予測と一致している[12.4]。

変化は場所によって異なるが、気候と関連した災害は、大部分の場所では増加するであろう（確信度が非常に高い）。

2020年代までに、沿海地域における冬季の洪水とヨーロッパ全域における鉄砲水が増加する可能性が高い[12.4.1]。暴風雨の増加（特に北東大西洋）と海面上昇に関連する沿岸洪水が、2080年代までに毎年新たに150万人に脅威を与える可能性が高い；沿岸侵食は増加すると予測される[12.4.2]。より温かく乾燥した状況は、干ばつの頻度増加や期間の延長（2070年代までに、南及び南東ヨーロッパにおいて、現在の100年ごとの規模の干ばつが、50年もしくはそれ未満で繰り返すであろう）と、特に地中海沿岸地域において、火災シー

ズンの長期化と火災リスクの増加を導くであろう。[12.3.1, 12.4.4]。壊滅的な火災の頻発が、中央及び東ヨーロッパの干拓された泥炭地でも予想される[12.4.5]。落石の頻度が、気温の上昇と永久凍土の融解による山壁の不安定化によって増加するだろう[12.4.3]。

冬の気温上昇により、低温に関連した死亡率の減少など、いくつかのプラスの影響があるかもしれない。しかし、すべてを考慮してみると、適応策なしでは、特に南・中央・東ヨーロッパにおける熱波の頻度増加、洪水や媒介生物及び食物媒介による疾病への曝露の増大によって、健康リスクは増加すると予期される[12.4.11]。

気候変動は、ヨーロッパの自然資源と資産の地域的な差異を拡大する可能性が高い（確信度が非常に高い）。

気候変動シナリオでは、顕著な温暖化が示されており（A2: 2.5～5.5°C；B2: 1～4°C）、北ヨーロッパでは冬季に、南及び中央ヨーロッパでは夏季により著しい[12.3.1]。年間平均降水量は、北ヨーロッパで増加し、南ヨーロッパで減少すると予測される。しかし、季節変化は、より顕著になるだろう。すなわち、夏季の降水量は、地中海沿岸全域、東及び中央ヨーロッパ全域においては最大30～45%、中央スカンジナビアまでに及ぶ北ヨーロッパ全域ではそれより少ない程度で、減少すると予測される[12.3.1]。北大西洋における海洋

漁業の雇用と生産量は増加する可能性が高い[12.4.7]。作物の適合性は、ヨーロッパ全域において変化する可能性が高く、作物の生産性は(他のすべての要因は変化しないままとして)北ヨーロッパで増加し、地中海沿岸及び南東ヨーロッパで減少する可能性が高い[12.4.7]。森林は、北部で拡大し、南部で後退することが予測される[12.4.4]。南ヨーロッパでは木の枯死率が加速する可能性が高いが、森林の生産性と総バイオマスは、北ヨーロッパで増加し、中央及び東ヨーロッパで減少する可能性が高い[12.4.4]。地域間の水利用可能量の差がより顕著になることが予測される。すなわち、年間平均流出量は北及び北西ヨーロッパで増加し、南及び南東ヨーロッパで減少する(夏季の低水流量は、中央ヨーロッパで最大50%、南ヨーロッパのいくつかの河川で最大80%減少すると予測される)[12.4.1, 12.4.5]。

#### 水ストレスと、水ストレスが高い河川流域に居住する人口が増加する可能性が高い(確信度が高い)。

水ストレスは、中央及び南ヨーロッパ全域において増加する可能性が高い。水ストレスが高い地域の割合は、2070年代までに19%から35%に増加し、リスクにさらされる人口は1,600万人から4,400万人に増加する可能性が高い[12.4.1]。最もリスクにさらされる地域は、南ヨーロッパと中央及び東ヨーロッパのいくつかの地域である[12.4.1]。ヨーロッパの水力発電能力は、2070年代までに平均で6%、地中海周辺地域においては20~50%まで減少すると予想される[12.4.8.1]。

#### ヨーロッパの自然システムと生物多様性は、気候変動によって相当影響を受けるであろうと予測される(確信度が非常に高い)。生物と生態系の大部分は、気候変動に適応することが困難になる可能性が高い(確信度が高い)。

海面上昇は、浜辺の内陸への移動と沿岸湿地の最大20%までの喪失をもたらす可能性が高く[12.4.2]、このことによって、低平な沿岸地域で繁殖又は採餌をするいくつかの種にとって、生息地が得にくくなる[12.4.6]。21世紀中に小氷河は消失し、大氷河は相当縮小するであろう(2050年までに容積にして30%~70%の減少が予測される)[12.4.3]。北極地方では多くの永久凍土地域が消失すると予測される[12.4.5]。地中海では、多くの短寿命の水生生態系が消失し、永続的な水生生態系は縮小して短寿命になることが予測される[12.4.5]。いくつかのシナリオ下では、森林の北方拡大が現在のツンドラ地域を減少させると予測される[12.4.4]。山岳地域は、高排出シナリオ下で、2080年までに種の60%に至る消失に直面する[12.4.3]。ヨーロッパの植物相の大きな割合(ある研究では50%にのぼる)が、今世紀末までに絶滅が危惧されるようになり、危機が迫り、あるいは絶滅に追いやられる可能性が高い[12.4.6]。適応オプションは、多くの生物と生態系にとって、限られている可能性が高い。例えば、分散が限られていることが、大部分の爬虫類と両生類の生息範囲を狭める可能性が非常に高い[12.4.6]。低地で、地質学的に沈下しつつある沿岸域は、海面上昇に適応できない可能性が高い[12.5.2]。ツンドラや高山植生のいずれにも、明確な気候適応オプションはない[12.5.3]。生態系の適応能力は、

人間によるストレスを減少させることで高めることができる[12.5.3, 12.5.5]。気候変動が現在の生息地にいる多くの種にとっての適合条件を変える可能性が非常に高いため、保護のための新たな場所が必要となるだろう(気候変動を考慮すると、保護目標を達成するためには、EUにおける現在の保護区は41%拡大させなければならないだろう)[12.5.6]。

#### ほぼヨーロッパ全域が、気候変動のいくつかの将来影響による悪影響を受けると予測されており、それらは多くの経済分野に課題を突きつけるだろう(確信度が非常に高い)。

南ヨーロッパでは、気候変化は、既に気候変動性に対して脆弱な地域において、状況を悪化させる(高温と干ばつ)と予測される。北ヨーロッパでは、気候変動は、初期にはいくつかの便益を含む複合的な影響をもたらすと予想されるが、気候変動が継続すると、その悪影響が便益を上回る可能性が高い[12.4]。

農業は、気候変動による南ヨーロッパにおける灌漑水需要の増加(例えば、2050年までに、トウモロコシ栽培では2~4%、ジャガイモ栽培では6~10%の水需要の増加)と、作物由来の硝酸塩溶出の増加による追加的規制に対処しなければならないだろう[12.5.7]。気候変動により、冬季の暖房

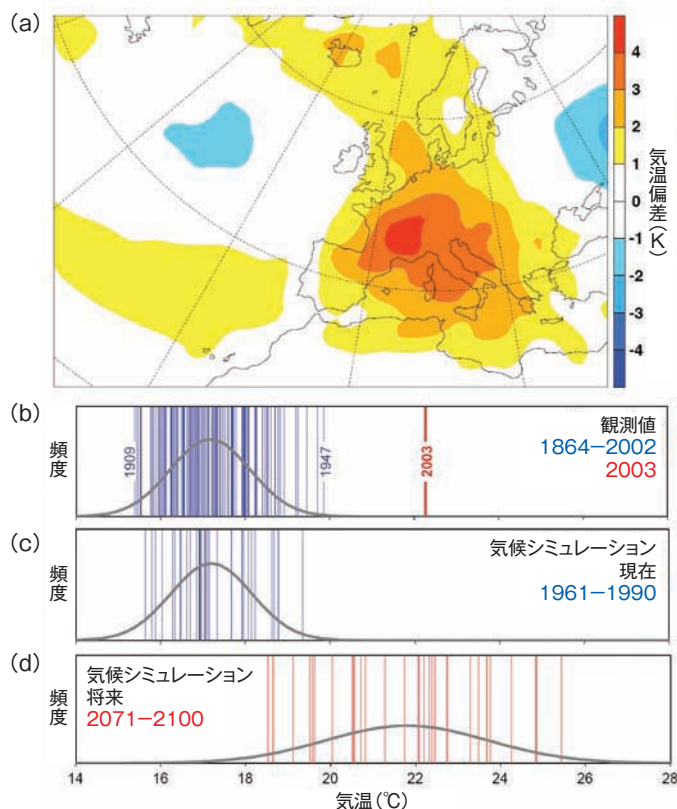


図 TS.13. 2003年夏の熱波の特徴。(a) 1961~1990年に関する6~8月の気温偏差；(b~d) スイスの6月、7月、8月の気温；(b) 1864~2003年の観測値；(c) 1961~1990年に関して地域気候モデルを用いたシミュレーション値；(d) SRES A2シナリオ下での2071~2100年のシミュレーション値。パネル(b~d)の縦棒は、考察の対象となった期間における各年の平均夏季地上気温を表す；適合するガウス分布を黒線で示している。Macmillan Publishers社[Nature]の許可で転載した(Schär et al., 2004), 著作権2004年, [図12.4]。

需要は減少し、夏季の冷房需要が増加すると予想される。すなわち、2050年までに、地中海周辺では1年のうち暖房を必要とする週が2～3週間減るが、冷房を必要とする週は今よりも2～5週間多くなるだろう[12.4.8]。電力需要のピークは、いくつかの場所では冬季から夏季に移行する可能性が高い[12.4.8]。地中海沿いの観光は、夏に減少し、春と秋に増加する可能性が高い。山岳地域における冬季の観光は、積雪の減少に直面することが予想される(アルプス地域では、1°Cの気温上昇ごとに積雪期間が数週間減少すると予想される)[12.4.9, 12.4.11]。

**気候変動への適応は、極端な気候現象への対応で得た経験から、特に事前対応としての気候変動リスク管理適応計画を実施することで、利益を得る可能性が高い(確信度が非常に高い)。**

第3次評価報告書以降、各国政府は、極端な気候現象に対処する措置の数を大幅に増やしてきた。極端な気候現象への適応に関する現在の考え方は、事後の災害救助からは離れて、事前のリスク管理へと移行してきている。顕著な例としては、数ヶ国における熱波早期警報システムの実施がある(ポルトガル、スペイン、フランス、英国、イタリア、ハンガリー)[12.6.1]。その他の措置は、長期の気候変動に取り組んできた。例えば、気候変動に適応するための国別行動計画が開発されてきており[12.5]、農業、エネルギー、林業、運輸及びその他の分野のためのヨーロッパや国別の政策の中に、より明確な計画が取り入れられてきている[12.2.3, 12.5.2]。研究もまた適応政策に新たな見識を与えてきている(例えば、研究によって、気候変動の状況下では経済性が悪くなる作物をバイオエネルギー作物に転換することで利益を得られることが示された)[12.5.7]。

適応策の有効性と実現可能性は相当に様々と予想されるが、少数の政府や機関のみが適応策のポートフォリオを体系的かつ批判的に検討してきている。例えば、降水量変動への適応策として現在使用されているいくつかの貯水池は、長期的に降水量が減少すると予測される地域では当てにならないものになるかもしれない[12.4.1]。気候変動に対処する管理オプションの幅は森林の種類で大きく異なり、種類によっては他のものより多くのオプションがある[12.5.5]。

## ラテンアメリカ

**気候変動性と極端現象は、ここ数年間にわたってラテンアメリカ地域に深刻な影響を与えてきている(確信度が高い)。**

ベネズエラの豪雨(1999年、2005年)、アルゼンチン・パンパスの洪水(2000～2002年)、アマゾンの干ばつ(2005年)、ボリビア(2002年)と大ブエノスアイレス圏(2006年)の雹の嵐、南大西洋における空前のハリケーン「カタリーナ」(2004年)、カリブ海地域における2005年の記録的なハリケーンシーズンなど、きわめて異例の極端気象現象が近年発生してきている[13.2.2]。歴史的に、気候変動性と極端現象は、影響を受けた地域の死亡率や罹患率を上昇させることで人々にマイナス影響を与えている。気象予報技術の近年の発

達は、人々の福祉や安全のために必要な情報を改善し得る。しかし、最新の観測機器や是非必要とされる高層大気情報の不足、气象台の分布密度の低さとその報告の信頼性の欠如、及び気候変動数のモニタリングの不足は、予報の質の障害となり、それによる気象サービスへの人々の評価や気候記録に対する信頼を低下させることで、公衆へ悪影響を及ぼしている。このような欠点は、早期警報や警戒勧告の質にマイナス影響を及ぼすことで、水文気象観測サービスにも影響を与えている(確信度が中程度)[13.2.5]。

**この数十年間に、降水量の大きな変化と気温上昇が観測されている(確信度が高い)。**

ブラジル南東部、パラグアイ、ウルグアイ、アルゼンチン・パンパス、及びボリビアの幾つかの地域における降雨量の増加は、土地利用や作物収量に影響を与え、洪水の頻度と強度を増加させてきた。他方で、チリ南部、アルゼンチン南西部、ペルー南部、及び中央アメリカ西部では降水量の減少傾向が観測されてきた。メソアメリカと南アメリカではおよそ1°C、ブラジルでは0.5°Cの気温上昇が観測された。気温上昇の結果として、第3次評価報告書で報告された氷河の後退の傾向が加速している(確信度が非常に高い)。この問題は、ボリビア、ペルー、コロンビア及びエクアドルで危機的であり、これらの地域における水利用可能量は、消費あるいは水力発電用のいずれにおいても、すでに危うくなっている[13.2.4]。このような供給にかかる問題は、将来増大することが予想され、適切な適応策を計画し、実施しなければ、慢性的になるであろう。今後の10年間で、アンデス熱帯山岳氷河が消失する可能性が非常に高く、水利用可能量と水力発電に影響を与えるだろう(確信度が高い)[13.2.4]。

**土地利用の変化は、天然資源の利用を強め、土地荒廃の過程の多くを一層悪化させてきた(確信度が高い)。**

乾燥地の地表のほぼ四分の三は、荒廃過程によってあまりひどくない程度の、又は深刻な影響を受けている。人為的行為と気候変動が結びついた影響は、自然の土地被覆の減退をもたらし、それはきわめて速い速度で減退し続ける(確信度が高い)。特に、熱帯森林の減少速度は、この5年間で増加している。バイオマス燃焼エアロゾルが、アマゾン南部の地域的な気温と降水量を変化させるかもしれない証拠がある(確信度が中程度)。バイオマス燃焼は地域の大気質にも影響を与え、人間の健康にも関係する。土地利用と気候変動が相乗的に作用することで、植生火災リスクがかなり増加するだろう(確信度が高い)[13.2.3, 13.2.4]。

**異なる気候モデルによると、21世紀末までに予測されるラテンアメリカの平均気温上昇は、SRES排出シナリオB2での1～4°CからシナリオA2での2～6°Cまで幅がある(確信度が中程度)。**

大部分の大気大循環モデル(GCM)予測は、ラテンアメリカの熱帯地域では異常降雨はいまよりむしろ大きくなり(プラスでもマイナスもある)、南アメリカの温帯地域では小さくなることを示している。気温と降水量の変化は、図TS.14に示した既に脆弱なホットスポットにおいて、特に深刻な影

響を与える。加えて、気象と気候の極端現象の発生頻度は、カリブ海域でのハリケーンの頻度や強度のように、将来増加する可能性が高い [13.3.1, 13.3.1]。

**将来の気候変動の下、熱帯ラテンアメリカの多くの地域では重大な種の絶滅リスクがある(確信度が高い)。**

気温上昇とそれに伴う土壌含水量の減少により、今世紀半ばまでに、アマゾニア東部やメキシコ中央部及び南部の熱帯雨林は徐々にサバンナにとって代われ、北東ブラジルの一部とメキシコ中央部及び北部の大部分では、半乾燥植物が乾燥植物に交替することが予想される(確信度が高い) [13.4.1]。2050年代までに、いくつかの地域では農用地の50%が砂漠化と塩性化にさらされる可能性が非常に高い(確信度が高い) [13.4.2]。熱帯ラテンアメリカの多くの地域において種の絶滅による重大な生物多様性の喪失リスクが存在する。固有種の集中度が高い、世界の最も重要な場所25箇所のうち7箇所はラテンアメリカにあり、これらの地域では生息地の喪失が起きている。自然生態系における生物多様性を維持するために、生物保護区や生態系回廊が設置又は計画されており、これらは気候変動に直面した生態系の保護を助ける適応策として機能し得る [13.2.5]。

**2020年代までに、気候変動により水ストレスを受ける人口の純増加数が700～7,700万人になる可能性が高い(確信度が中程度)。**

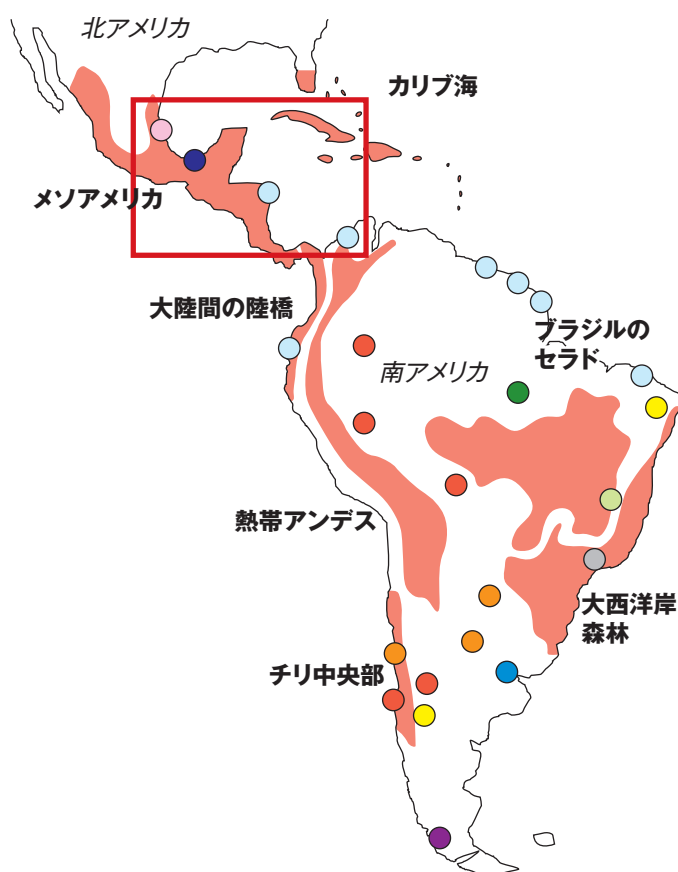
21世紀後半には、水利用可能量の起こりうる減少と地域の人口増加による需要増加のため、この数字は6,000万～1億5,000万人にまで増加するだろう [13.4.3]。

**CO<sub>2</sub>効果を考慮すると、2020年代までに米の収量の全般的減少が起こり、それと同時に温帯では大豆の収量が増加する可能性が高い(確信度が中程度)。**

その他の作物(小麦、トウモロコシ)では、気候変動への予測される反応は、選択するシナリオによってよりばらつきがある。CO<sub>2</sub>の施肥効果を低く想定した場合、A2シナリオ下では、更に飢餓リスクにさらされる人数は、2020年には500万人、2050年には2,600万人、2080年には8,500万人に達する可能性が高い(確信度が中程度)。畜産・酪農生産性は、気温上昇に応じて低下する可能性が高い [13.4.2]。

**予想される海面上昇、気象及び気候の変動性と極端現象の増加は、沿岸地域に影響を与える可能性が非常に高い(確信度が高い)。**

最近10～20年間で、海面上昇率は、南アメリカ南東部では1 mm/年から2～3 mm/年まで増加した [13.2.4]。将来、海面上昇は、低平地域における洪水のリスク増加を引き起こすと予測される。悪影響は、(i) 低平地域(例えば、エルサルバドル、ガイアナ、ブエノスアイレス地方の沿岸)、(ii) 建築物と観光業(例えば、メキシコ、ウルグアイ)、(iii) 沿岸地形(例えば、ペルー)、(iv) マングローブ(例えば、ブラジル、エクアドル、コロンビア、ベネズエラ)、(v) コスタリカの太平洋沿岸、エクアドル、及びラプラタ川河口域における飲料水の利用可能量、において観測されるであろう [13.4.4]。



- 海面水温の上昇により深刻な脅威にさらされるサンゴ礁とマングローブ林
- 最悪の海面上昇シナリオ下で、低平な海岸線から消滅する可能性が非常に高いマングローブ
- アマゾニア：21世紀末までに69の樹種のうち43%が消失；東部地域のサバンナ化
- セラド：2℃の気温上昇により、138の樹種のうち24%が消失
- コーヒー栽培適地の減少
- 乾燥と水資源の不足の増加
- 2050年までに、哺乳類、鳥類、蝶類、蛙、爬虫類の絶滅の急増
- 氷河の減少による、水利用可能量と水力発電量の深刻な減少
- オゾンの減少と皮膚ガン
- 深刻な土地荒廃と砂漠化
- 高潮の増加と海面上昇に脅かされるラプラタ川沿岸
- 極端現象への脆弱性の増加  
赤色の枠内は、生物多様性が現在深刻な脅威にさらされており、その傾向が将来にわたって継続する可能性が非常に高い地域

図 TS.14. 気候変動の影響が特に深刻になると予想されるラテンアメリカの主要なホットスポット [13.4]。



将来の持続可能な開発計画には、気候変動の開発政策への統合を強めるため、適応戦略を含めるべきである(確信度が高い)。

沿岸、農業、水及び健康分野では、いくつかの適応策が提案されてきた。しかしながら、これらの努力の有効性よりも、能力開発と適切な政治的、制度的、技術的な枠組みの欠如、低収入、脆弱な地域への居住などの問題が上回っている。観測とモニタリングネットワークの現在の開発度合いは、環境観測システムの効果的な稼働と早期警報の信頼性のある普及を可能とするためには、どうしても改良、能力開発、及びコミュニケーションの強化を必要とする。さもなければ、ラテンアメリカ諸国の持続可能な開発目標はひどく危うくなる可能性が高く、中でも、ミレニアム開発目標を達成する能力に悪影響を与える[13.5]。

### 北アメリカ

北アメリカはかなりの適応能力を有しており、それが時には効果的に展開されてきたが、この能力が、常に国民を気候変動性や極端な気象現象の悪影響から保護してきたわけではない(確信度が非常に高い)。

2005年8月のハリケーン「カトリーナ」による被害と生命の損失は、極端現象に対する既存の適応能力の限界を示している。北アメリカの伝統と制度は、地方分権化した対応の枠組みを奨励しており、適応は、事後対応や、偏りのある配分、問題を予防することより対処することに重点を置く傾向になりがちである。気候変動の問題を意思決定において「主流化」させることが、持続可能性のための主要な必要条件である[14.2.3, 14.2.6, 14.4, 14.5, 14.7]。

効果的な適応に重点を置くことが重要である。なぜなら、ますますその役割が大きくなってきている気候変動の直接的・間接的な結果と共に、極端な気象による経済的損失が増加し続ける可能性が高いからである(確信度が非常に高い)。

主にリスクにさらされたインフラの価値の上昇のため、過去数十年間にわたり、北アメリカのハリケーンによる経済的損失は4倍以上に増加した(図TS.15)[14.2.6]。北アメリカにおけるこの費用には、損失を受けた資産と減少した経済的生産性、ならびに混乱し、失われた生活における数十億米ドルが含まれる[14.2.6, 14.2.7, 14.2.8]。極端現象による困窮は、社会的経済的に不利な立場の人々、特に北アメリカの貧困層や先住民に過剰な影響を与える[14.2.6]。

気候変動は、都市中心部におけるインフラ、人間の健康、安全性に対する他のストレスを一層悪化させる可能性が高い(確信度が非常に高い)。

都市中心部における気候変動の影響は、都市のヒートアイランド現象、大気や水の汚染、インフラの老朽化、不適合な都市形態や建築物ストック、水質や水供給にかかる課題、人の移入や人口の増加、及び高齢化によって強化される可能性が非常に高い[14.3.2, 14.4.1, 14.4.6]。

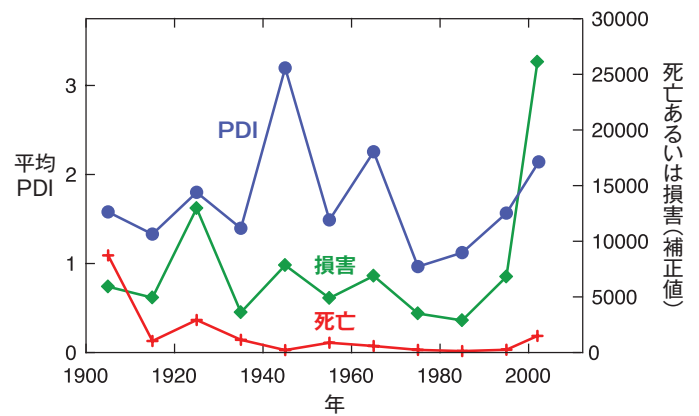


図 TS.15. 1900年以降米国大陸に上陸したハリケーンに関して、ハリケーンによる総エネルギー消費量(単位、PDI)、人命の損失、及びインフレを調整した経済的損失(単位、千米ドル)の10年間平均(2000～2005年では6年の平均)[図14.1]。

沿岸域のコミュニティと居住は、開発や汚染と相互作用する気候変動の影響により、ストレスが増加する可能性が非常に高い(確信度が非常に高い)。

多くの沿岸で海面が上昇し、将来その変化の速度は高まる可能性が高く、進行する浸水、高潮による洪水、及び海岸線の浸食の影響を一層悪化させる[14.2.3, 14.4.3]。暴風の影響は、特にメキシコ湾や大西洋沿岸でより深刻となる可能性が高い[14.4.3]。塩性湿地、その他の沿岸の生息地やそこに依存する種は、海面上昇、内陸への移動を妨げる固定構造物、植生の変化によって現在脅威にさらされており、また今後数十年のうちにますます脅威にさらされる[14.2]。沿岸域における人口増加とインフラの価値上昇は、気候変動性と将来の気候変化に対する脆弱性を増加させ、熱帯低気圧の強度が強まる場合は、損失も増加すると予測される。沿岸域の危険に対する現在の適応は一様でなく、増大する曝露に対する準備は不足している[14.2.3, 14.4.3, 14.5]。

上昇した気温と極端な気象は、既に、暑さに関連した死亡、汚染、暴風雨に関連した死亡や負傷、及び感染症によって人間の健康への悪影響を引き起しており、効果的な対応策がなければ、気候変動と共に増大する可能性が高い(確信度が非常に高い)。

医療、インフラ、技術やアクセスの進捗度によるが、気候変動は、熱波による死亡、水媒介疾病や水質の悪化[14.4.1]、花粉やオゾンへの曝露による呼吸器疾患、及び生物媒介性感染症のリスクを高め得る(確信度が低い)[14.2.5, 14.4.5]。

気候変動は、他のストレスと相互作用して、北アメリカで既に集中的に利用されている水資源に制約を与える可能性が非常に高い(確信度が高い)。

気温上昇による積雪の減少と蒸発の増加は、水の適時性と利用可能量に影響を与え、利用者間の競争を激化させる可能性が非常に高い[B14.2, 14.4.1]。温暖化は、経済開発と人口増加による需要の高まりによる影響を一層ひどくし、地下水の利用可能量に対してさらなるストレスを加える可能性が非常に高い(確信度が中程度)[14.4.1]。五大湖と一部の主要な河川系では、水位の低下が、水質、航海、水力発電、分

水、及び二国間協力の問題を一層悪化させる可能性が高い [14.4.1, B14.2]。

**森林火災や昆虫の大発生等の攪乱が増加しており、将来温暖化が進むと、土壤の乾燥化や成長期間の長期化に伴って攪乱が激化し、土地利用や開発と相互作用して野生の生態系の将来に影響を与える可能性が高い(確信度が高い)。**

最近の気候の傾向は、生態系の正味の一次生産を増加させてきたが、この傾向は次の数十年間継続する可能性が高い [14.2.2]。しかし、森林火災や昆虫の大発生は増え続けており、この傾向は、さらに温暖化する将来、激化する可能性が高い [14.4.2, B14.1]。21世紀を通じて、種や生態系が北方やより標高の高い場所へ移動する傾向は、北アメリカにおける生態系の地図を塗り替える可能性が高い。攪乱の継続的増加は、炭素蓄積を制限し、侵入を促進し、生態系サービスの変化の可能性を増幅させる可能性が高い [14.4.2, 14.4.4]。

## 極域

**気候変動による環境影響は、大きな極域内地域差と共に大きな極域間差も示している(確信度が非常に高い)。**

今後100年間にかけての北極地方における気候変動の影響は、多くの他の地域の変化予測を超える可能性が高い。しかし、生物システムと人間システムにおける反応の複雑さ、そしてそれらが追加的な複数のストレスを受けやすいという事実は、これらのシステムに及ぼす気候変動の影響が、依然として予測困難であることを意味している。南極半島、亜南極諸島及び南極海での変化も急速になってきており、将来は劇的な影響があると予想されている。南極大陸のその他の場所で進行している変化の決定的な証拠は少なく、このため、可能性が高い影響を予測することは困難である。両極域とも、利用可能な情報量が欠けているため、経済的影響を検討することは特に困難である [15.2.1, 15.3.2, 15.3.3]。

**両極域における生態系への気候変動の影響に関する証拠が増えている(確信度が高い)。**

南極半島と亜南極諸島における動植物の構成と分布域に変化が観測されている。北極地方の一部における全体的な緑の増加が文書で立証され、生物生産力の増加、種の分布域の変化(例えば、ツンドラから灌木林への変化)、樹木の北限位置の変化、及びいくつかの動物種の分布域と生息数の変化などが見られる。北極地方と南極地方の双方において、調査結果は、生物多様性や植生帯の移行におけるそのような変化が継続するだろうということを示している。在来種の極方向への移動と侵入種との競争はすでに起こっており、陸域及び水域システムでの種の構成と生息数に変化をもたらし続ける。これに伴う脆弱性は、生物多様性の消失と動物媒介性の疾病の拡大とに関係している [15.2.2, 15.4.2]。

**水文的及び雪氷的な変化が続くと、北極地方の淡水、河岸、沿岸海域システムに著しい地域的な影響を与えるだろう(確信度が高い)。**

北極海に流れ出るユーラシア河川の総流出量は1930年代

以降増加が見られ、これは、雪氷過程の変化(融雪や永久凍土の融解)が流路や季節流量を変化させていることもあるが、主に、降水量の増加と一致している [15.3.1, 15.4.1]。

**最近数10年間における北極海の海水の後退は、海洋アクセスの向上、沿岸生態系/生物生産力の変化、氷に依存する多くの海洋哺乳類への悪影響、及び沿岸の波の活動の増加を招いてきている(確信度が高い)。**

海水の継続的な消失は、地域的な好機と問題を生み出している。すなわち、淡水水の減少は湖沼及び河川の生態系や生物生産力に影響を与え、水を基盤とした輸送に変化を必要としている。多くの関係者にとっては、経済的便益が生じるかもしれないが、いくつかの活動や生計は悪影響を受けるかもしれない [15.ES, 15.4.7, 15.4.3, 15.4.1]。

**南極半島周辺では、サルパの量の増加とオキアミの量の減少が新たに文書で立証されており、これは海水の広がりや期間が地域的に減少していることに起因している(確信度が中程度)。**

海水がさらに減少すれば、オキアミもさらに減少する可能性が高く、その結果、食物連鎖の高次捕食者にも影響を及ぼす [15.2.2, 15.6.3]。

**北極海地域の温暖化は、植物プランクトンと動物プランクトンの群落組成、バイオマス及び分布にマイナス影響を与えてきている(確信度が中程度)。**

高次捕食者、魚類及び漁業に対する現在と将来の変化の影響は地域固有であり、便益をもたらす影響もあれば、有害な影響もあるだろう [15.2.2]。

**多くの北極地方の人間社会は、すでに気候変動に適応している(確信度が高い)。**

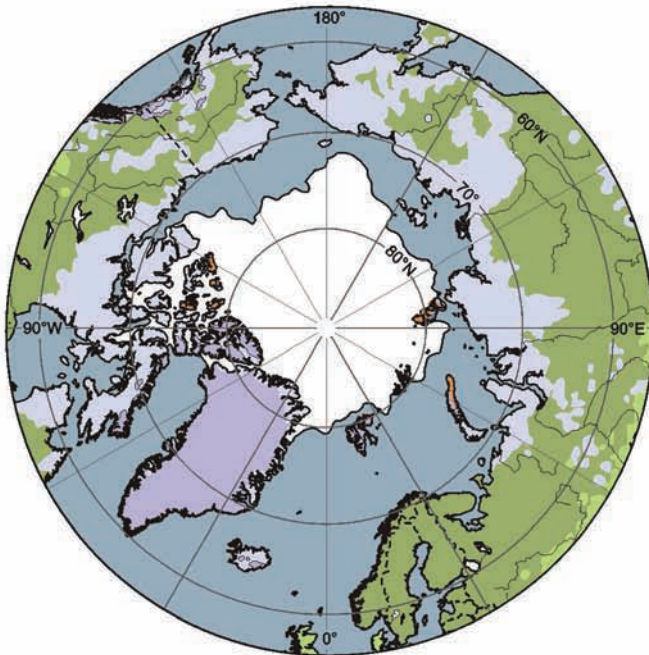
先住民は何千年の間、彼らが住む地域の環境の変化に対して、回復力を示してきた。いくつかの先住民コミュニティでは、野生動物の管理体制と狩猟習慣を変化させて適応している。しかし、気候変動に加え、小さな離れたコミュニティへの移動や、雇用経済や定住業務に取り込まれることの増加に伴うストレスは、彼らの適応能力に挑戦し、脆弱性を増加させるであろう。いくつかの伝統的な生活様式は脅かされつつあり、物理的な構造物やコミュニティを適応させたり移転させたりするためには、相当な投資が必要である [15.4.6, 15.5, 15.7]。

**北方地域で気候の厳しさが低減することは、いくつかのコミュニティにプラスの経済的便益を生み出すであろう(確信度が非常に高い)。**

便益は、個々の地域状況によるであろうが、場所によっては、暖房費の削減、農業や林業の機会の増加、北方海路における航行可能性の増加、及び海洋における資源へのアクセスを含む [15.4.2]。

**極地方における将来の気候変動の影響は、次の百年間で地球規模の重大な結果をもたらすフィードバックを生み出すだ**

現在の北極地方の状態



予測された北極地方の状態

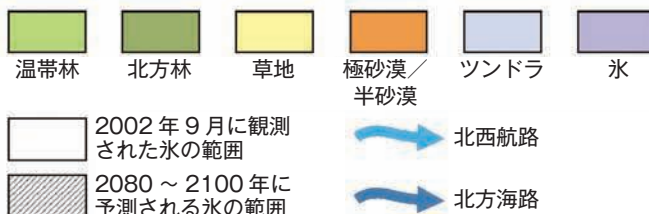
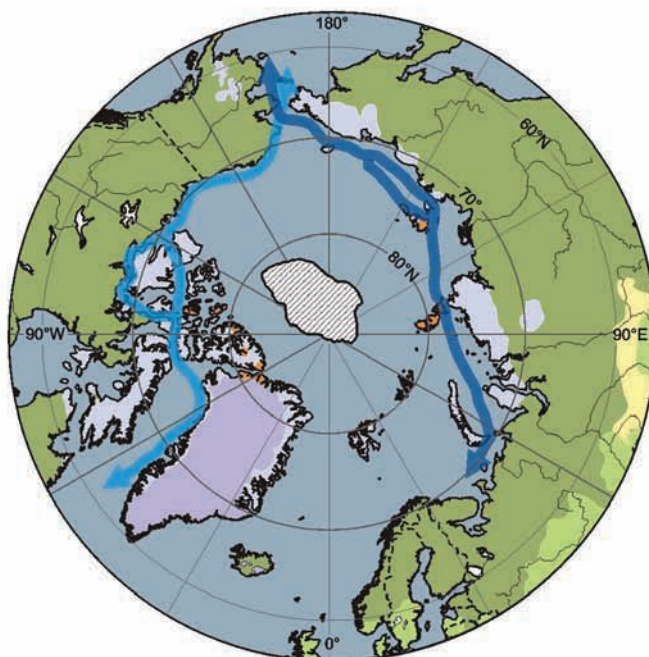


図 TS.16. 北極地方とその近隣地域の植生。上：植物相調査に基づく現状 下：IS92a排出シナリオに基づく2090～2100年のモデル [図15.2]。

ろう(確信度が高い)。

地上の水の継続的な消失は地球規模の海面上昇を増加させるだろう。主要な影響は、北極海へ流入する河川流量の正味の増加と、その結果として起こる北大西洋への淡水流量の増加に起因する熱塩循環の減退によってもたらされ得る。CO<sub>2</sub>の倍增下では、北極海への総河川流量は、最大20%まで増加する可能性が高い。温暖化は、北極地方(図TS.16)と南極半島で裸地の露出を増加させ、そこに植物群落が形成される。最近のモデルは、氷の消失と植生変化に起因するアルベドの減少と、永久凍土の融解によるメタン放出の増加は、温暖化に寄与するであろうが、ツンドラは炭素の小規模な吸収源となるであろうことを推測している[15.4.1, 15.4.2]。

### 小島嶼

小島嶼は、気候変動、海面上昇及び極端現象の影響に対して特に脆弱になるという特徴を有する(確信度が非常に高い)。

これらには、島の大きさの制約、自然災害や外的ショックの受けやすさも含まれる。小島嶼は、適応能力が低く、GDPに対する適応コストが高い[16.5]。

海面上昇は、浸水、高潮、侵食及びその他の沿岸災害を一層悪化させる可能性が高く、島のコミュニティの社会経済的福利を支える重要なインフラに脅威を与える(確信度が非常に高い)。

ある研究では、一部の島は形態的に回復力があり、存続すると予想されているものの、海面上昇が沿岸地の喪失と浸水を引き起こし得ることを示唆する研究もある[16.4.2]。カリブ海と太平洋諸島では、人口の50%以上が海岸から1.5km圏内に居住している。インド洋、太平洋及びカリブ海の小島嶼では、ほぼ例外なく、空港と海港、主要な幹線道路、通信網、公益事業、その他の重要なインフラは、沿岸地域に限定されがちである(表TS.2)。海面上昇の脅威は、熱帯低気圧の変化によって増幅される可能性が高い[16.4.5, 16.4.7]。

大部分の気候変動シナリオ下において、小島嶼の水資源はひどく悪化させられる可能性が高いという強い証拠がある(確信度が非常に高い)。

大部分の小島嶼は、水供給に限界がある。カリブ海と太平洋の多くの小島嶼は、気候変動の結果として水ストレスの増加を経験する可能性が高い[16.4.1]。すべてのSRESシナリオに基づくこの地域の予測は、夏季に降雨が減少することを示しており、降雨量の少ない時期に需要が満たされる可能性が低い。冬季の降雨量の増加も、貯蔵設備の不足と暴風雨時の高流量のため、補填できる可能性が低い[16.4.1]。

気候変動は、サンゴ礁、漁業及びその他の海洋資源に重大な影響を与える可能性が高い(確信度が高い)。

漁業は、多くの島嶼国におけるGDPに重要な貢献をしている。エルニーニョ-南方振動(ENSO)現象の発生と強度の変化は、商業漁業と零細漁業に深刻な影響を与える可能性が高い。海面水温と水位の上昇、濁度上昇、富栄養化と化学物

質汚染、熱帯低気圧による被害、及びCO<sub>2</sub>濃度上昇が海洋化学に影響し、成長速度が低下することは、サンゴ礁の白化と死滅をもたらす可能性が非常に高い[16.4.3]。

**いくつかの島嶼、特に高緯度地域の島嶼では、温暖化が、すでに一部の在来種の交替をもたらしてきている(確信度が高い)。**

中・高緯度諸島が、温度条件が適さないために以前は制限されていた非在来性の侵入種によって集落化されることはほぼ確実である(表TS.2参照)。短期間における極端現象の増加が、再生速度の遅い熱帯諸島における森林の適応反応に、影響を及ぼすことはほぼ確実である。それらの面積の小ささを考慮すれば、多くの島嶼の森林は、激しいサイクロンや暴風雨で簡単に破壊され得る。いくつかの高緯度地域の島嶼では、森林面積が増加する可能性が高い[16.4.4, 15.4.2]。

**小島嶼の自給農業と商業的農業は、気候変動により悪影響を受ける可能性が非常に高い(確信度が高い)。**

海面上昇、浸水、淡水レンズへの海水の浸入、土壌の塩性化、及び水供給の減少は、沿岸域の農業に悪影響を与える可能性が非常に高い。沿岸から離れても、極端現象の変化(例えば、洪水や干ばつ)は、農業生産性にマイナス影響を与える可能性が高い。適切な適応策がこのような影響を低減するのに役立つかもしれない。いくつかの高緯度島嶼では、農業生産性を高めるための新たな機会が生じるかもしれない[16.4.3, 15.4.2]。

**新たな研究により、観光業に対する気候変動の影響は直接的、間接的であり、主としてマイナスになる可能性が高いという以前の知見が裏付けられた(確信度が高い)。**

観光業は、多くの小島嶼においてGDPと雇用に主要な貢献をしている。海面上昇と海水温度上昇は、海岸侵食、サンゴ礁の劣化及び白化の加速に寄与する可能性が高い(表TS.2)。加えて、浸水や洪水による文化遺産の損失は、沿岸利用者にとって快適さの価値を低下させるだろう。気候の温暖化は、低緯度の小島嶼を訪れる人々の数を減少させ得るが、中緯度と高緯度の島嶼では逆の影響が現れ得る。しかし、水不足と媒介生物による疾患の発症数の増加が、観光客をためらわせる可能性が高い[16.4.6]。

**地球規模の気候変動が人間の健康に、多くの場合悪影響を与える可能性が高いという懸念が高まっている(確信度が中程度)。**

多くの小島嶼は、マラリア、デング熱、フィラリア症、住血吸虫症、及び食物媒介や水媒介疾患などの疾病の感染につながる気象条件の熱帯又は亜熱帯地域にある。気候感度が高い疾患の発生は、生活と経済的影響の観点からコストがかかり得る。気候変動による気温上昇と水利用可能量の低下は、いくつかの小島嶼国で下痢やその他の感染症の負担を増加させる可能性が高い[16.4.5]。

緯度	リスクのある地域とシステム	影響と脆弱性
高	アイスランド、スバルバルの孤立した北極諸島及びフェロー諸島：海洋生態系と植物種	<ul style="list-style-type: none"> <li>種の損失と交替の不均衡は、多様性の初期の消失につながる。矮性低木と木本優占植生が希少固有種の豊富な地域へ北方に拡大することは、それらの種の喪失を招く。</li> <li>アイスランドのカラフトシヤモ資源の大きな減少、又は完全な崩壊が、大部分の商業的水産資源、クジラ、及び海鳥に重大な悪影響をもたらす。</li> </ul>
	高緯度諸島(フェロー諸島)：植物種	<ul style="list-style-type: none"> <li>シナリオI(2°Cの気温上昇)：温暖化により最も影響を受ける種は、山岳の最上部に限定される。他の種では、影響は主に上方への移住である。</li> <li>シナリオII(2°Cの気温低下)：寒冷化により影響を受ける種は、低い標高にいる種である。</li> </ul>
中	亜南極マリオン諸島：生態系	<ul style="list-style-type: none"> <li>変化は土地固有の生物相に直接影響を与えるだろう。さらに大きな脅威は、より温暖な気候が、外来種が島に侵入することをより容易にするであろうことである。</li> </ul>
	地中海の5諸島：生態系	<ul style="list-style-type: none"> <li>気候変動の影響は、シミュレートした海洋生態系の多くで無視できる程度である。</li> <li>島嶼生態系への侵入は、ますます問題となる。長期的には、攪乱の割合にかかわらず、外来植物が生態系の優占種となるであろう。</li> </ul>
	地中海：渡り鳥(マダラヒタキ： <i>Ficedula hypoleuca</i> ) 太平洋と地中海：ヒマワリヒヨドリ( <i>Chromolaena odorata</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヨーロッパ南限の繁殖個体群2か所で、マダラヒタキの羽毛が生えそろうたばかりの巣立ち前のひなの生存率の減少。</li> <li>太平洋諸島におけるヒマワリヒヨドリ侵入のリスク。</li> <li>地中海の半乾燥気候と温帯気候は、侵入するには適さないと推測されている。</li> </ul>
低	太平洋の小島嶼：沿岸侵食、水資源及び人間の居住地	<ul style="list-style-type: none"> <li>沿岸侵食の加速、淡水レンズへの塩水の侵入、及び海からの洪水の増加は、人間の居住地に大きな影響を及ぼす。</li> <li>海面上昇の加速と組み合わさった降雨量の減少は、水資源への脅威を増加させる；2050年までの平均降雨量の10%低下は、キリバスのタラフ環礁にある淡水レンズの大きさの20%の減少に相当する可能性が高い。</li> </ul>
	アメリカ領サモア及び15の他の太平洋諸島：マングローブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>アメリカ領サモアではマングローブ地域が50%消失；15の他の太平洋諸島ではマングローブ地域が12%減少。</li> </ul>
	カリブ海(ボネール島、オランダ領アンティル諸島)：海岸侵食とウミガメの繁殖地 カリブ海(ボネール島、バルバドス)：観光業	<ul style="list-style-type: none"> <li>平均して、0.5mの海面上昇で現在の全海岸の最大38%(±24%標準偏差)が消失し得る。低地のより狭い海岸が最も脆弱となり、ウミガメの繁殖地の三分の一の減少を伴う。</li> <li>バルバドスの海岸を基盤とした観光産業とボネール島の海洋ダイビングを基盤としたエコツーリズム産業は、バルバドスでは海岸侵食によって、ボネール島ではサンゴ礁の白化によって、ともに気候変動の悪影響を受ける。</li> </ul>

表 TS.2. 小島嶼における将来の影響と脆弱性の範囲[B16.1]。これらの予測は、SRES及びIPCC第3次評価報告書の海面上昇予測を含む一連のシナリオを用いた研究から要約している。

## Box TS.6. 地域ごとの主要な予測される影響

### アフリカ

- ・ アフリカにおける気候変動の影響は、一連の他のストレス（例えば、資源への不均衡なアクセス [9.4.1]；食料不安の高まり [9.6]；健康管理体制の粗末さ [9.2.2, 9.4.3]）と同時発生することにより、最大となる可能性が高い。このようなストレスは、気候の変動性と変化で増強され、アフリカの多くの国民の脆弱性をさらに高める。\*\* D [9.4]
- ・ 一連の気候変動シナリオによると、2080年代までに、アフリカでは乾燥地と半乾燥地が5～8%（6,000～9,000万ヘクタール）増加すると予測されている。\*\* N [9.4.4]
- ・ 干ばつと土地劣化のため、特に限界地域では、農業収量が低下する可能性が高い。成長期の長さの変化が様々なシナリオの下で指摘されてきた。世界規模で均衡のとれた経済成長を重視しているA1FI SRESシナリオでは、主要な変化をする地域に南部及び東部アフリカの沿岸システムが含まれる。サヘルでは、A1とB1シナリオどちらの下でも、気候の変化によって、降雨依存・半乾燥混合システムは重大な影響をうけることが示されている。東アフリカの大湖沼地域及び東アフリカの他の地域では、降雨依存・高地多年生の混合システムもまた重大な影響を受ける。しかしながら、環境保全の枠組内での発展を仮定しているB1 SRESシナリオでは、（【訳注】気候変動の）影響は一般的には少ないが、限界地域（例えば、半乾燥システム）は、沿岸システムへの影響は中程度だが、より限界に近づく。\*\* D [9.4.4]
- ・ アフリカの多くの地域では、気候の変動性と変化によって水に関する現在のストレスが高まる可能性が高い。東アフリカにおける流量の増加（恐らく洪水）や、その他の地域での（例えば南部アフリカ）流量の減少や可能性が高い干ばつリスクの増加が、2050年代までに起こると予測されている。現在の水ストレスは、気候変動とのみ結びついているのではなく、今後のアフリカにおける水にかかる評価においては、水統治や流域管理の問題も考慮されなければならない。\*\* D [9.4.1]
- ・ 大きな湖の一次生産量のいかなる変化も、地域の食料供給に重要な影響を与える可能性が高い。例えば、タンガニーカ湖は現在、周辺諸国の人口に対し動物性蛋白質摂取量の25～40%を提供しているが、気候変動は、一次生産量を減少させ、可能な漁獲量がおよそ30%減少する可能性が高い [9.4.5, 3.4.7, 5.4.5]。魚類の乱獲を含め、人間による管理上の意思決定との相互作用は、湖からの漁獲をさらに悪化させる可能性が高い。\*\* D [9.2.2]
- ・ アフリカの生態系は、主に種の分布範囲の移動や変化と、絶滅を経験する可能性が高い（例えば、南部アフリカではフィンボス群系やカルー多肉植物群系）。\* D [9.4.5]
- ・ マングローブとサンゴ礁は、さらに劣化すると予測されており、漁業と観光業にさらなる影響をもたらす。\*\* D [9.4.5]
- ・ 21世紀末にむけて、予測される海面上昇は、人口の多い低平な沿岸地域に影響を及ぼすであろう。その適応コストは、GDPの5～10%を超えるだろう。\*\* D [B9.2, 9.4.6, 9.5.2]

### アジア

- ・ 1mの海面上昇によって、約10万ヘクタールの耕作地や養殖漁業地域が塩性湿地になる一方で、メコン川のデルタ地帯（2,500平方km）のマングローブ地域のほぼ半分が消失するであろう。\* N [10.4.3]
- ・ 沿岸地域、特に南アジア、東アジア及び東南アジアの人口が密集しているメガデルタ地帯は、海からの洪水の増加によって、またいくつかのメガデルタでは河川の洪水の増加によって、最大のリスクにさらされるだろう。1mの海面上昇によって、ホン川（紅河）デルタ地帯の5,000km<sup>2</sup>及びメコン川デルタ地帯の15,000～20,000km<sup>2</sup>が浸水すると予測され、ホン川では400万人、メコン川では350～500万人が影響を受けるであろう。\* N [10.4.3]
- ・ 長さ4km未満のチベット高原の氷河は、気温が3°C上昇し、かつ降水量の変化がないと、消失すると予測される。\*\* D [10.4.4]
- ・ 現在の温暖化速度が継続されれば、ヒマラヤの氷河は非常に急速に崩壊し、2030年代までに現在の50万km<sup>2</sup>から10万km<sup>2</sup>に縮小し得る。\*\* D [10.6.2]
- ・ IS92a排出シナリオ下における地球全体でのサンゴ礁の消失が今後30年間で18%であるのに対し、アジアでは約30%消失すると予想されている。しかし、これは複合的ストレスによるものであり、気候変動のみによるものではない。\*\* D [10.4.3]
- ・ SRESシナリオの全範囲では、2020年代までに1億2,000万～12億人、2050年代までに1億8,500万～9億8,100万人の人々が、水ストレスの増大を経験するであろうと推定されている。\*\* D [10.4.2]
- ・ インドにおける1人あたりの淡水の利用可能量は、人口増加と気候変動が組合さった影響で、現在の約1,900m<sup>3</sup>から2025年までに1,000m<sup>3</sup>まで低下すると予想される [10.4.2.3]。モンスーン期間の、より激しい雨や、より頻繁になる鉄砲水は、結果として流出量の割合を増加させ、地下水となる水量の割合を低下させるであろう。\*\* N [10.4.2]
- ・ 21世紀半ばまでに、穀物収量は、中央アジア及び南アジアでは最大30%減少し得るが、東アジア及び東南アジアでは最大20%まで増加し得ると予測される。これらと合わせて、急速な人口増加及び都市化の影響も考慮すると、いくつかの開発途上国では飢餓のリスクが非常に高いまま残ると予測される。\* N [10.4.1]
- ・ 東アジアの乾燥地域及び半乾燥地域における農業用灌漑の需要は、1°Cの気温上昇によって10%増加すると予想される。\*\* N [10.4.1]

- ・北アジアにおける森林火災の頻度と広がり、森林の拡大を制限する可能性が高い気候変動及び極端な気象によって、将来増加すると予想される。\* N [10.4.4]

### オーストラリア及びニュージーランド

- ・最も脆弱な分野は、自然生態系、水の安全保障及び沿岸コミュニティである。\*\* C [11.7]
- ・多くの生態系は、中程度の排出シナリオの下でさえ、2020年までに変えられる可能性が高い[11.4.1]。最も脆弱なものの中には、グレート・バリア・リーフ、オーストラリア南西部、カカドゥ湿原、多雨林や高山地域がある[11.4.2]。これが、外来種や生息地の喪失などの既存のストレスを一層悪化させ、種の絶滅の確率を高め、観光、漁業、林業及び水供給に関する生態系サービスの低下を招くことはほぼ確実である。\* N [11.4.2]
- ・現在進行している水の安全保障の問題は、オーストラリア南部及び東部、ニュージーランドではノースランドと東部地域の一部で、2030年までに増大する可能性が非常に高い。例えば、ビクトリア州では流出量が2030年までに0～45%低下し、オーストラリアのマーレー・ダーリング川流域では河川流量が2050年までに10～25%減少する。\*\* D [11.4.1]
- ・現在進行している沿岸開発は、海面上昇と暴風雨による生命と財産へのリスクを一層悪化させる可能性が非常に高い。2050年までに、高価値な土地の損失、道路の急速な悪化、砂浜の劣化、及び文化的に重要な財の損失が発生する可能性が非常に高い。\*\*\* C [11.4.5, 11.4.7, 11.4.8]
- ・火災の危険性は気候変動とともに増加する可能性が高い。例えば、オーストラリア南東部では、火災の危険性が非常に高く極端に危険な日の頻度は、2020年までに4～25%、2050年までに15～70%増加する可能性が高い。\*\* D [11.3.1]
- ・主要なインフラへのリスクが増加する可能性が高い。2030年までに、極端現象に対する設計基準を超えるような事態がより頻繁になる可能性が非常に高い。リスクには、氾濫原堤防や都市の排水システムの破綻及び河川に近接する沿岸都市での洪水が含まれる。\*\* D [11.4.5, 11.4.7]
- ・気温上昇と人口分布の変化は、夏季のピーク時エネルギー需要とそれに伴う停電リスクを高める可能性が高い。\*\* D [11.4.10]
- ・オーストラリア南部及び東部の大部分とニュージーランド東部の一部における農業及び林業生産が、干ばつと火事の増加によって2030年までに減少すると予測される。しかしながら、ニュージーランドでは、西部、南部、及び主要河川に近接する地域においては、成長期間の長期化、降霜の減少及び降水量の増加によって、当初は便益がもたらされると予測される。\*\* N [11.4]
- ・ニュージーランド南部及び西部では、経済的に重要な植林種(主にモンレーパイン)の成長速度が、CO<sub>2</sub>施肥効果、冬季の温暖化及びより湿潤な条件によって、高まる可能性が高い。\*\* D [11.4.4]
- ・65歳以上の人の暑熱関連死が増加する可能性が高い。2050年までに1年当たりの平均で、更に3,200～5,200人が死亡する(人口増加と高齢化は見込んでいるが、適応がなされないと想定した場合)。\*\* D [11.4.11]

### ヨーロッパ

- ・CO<sub>2</sub>が倍増すると、英国と北ヨーロッパの一部では、2080年代までに正常より2標準偏差を超える極端な冬季降水の確率が5倍にまで高まると予想される。\*\* D [12.3.1]
- ・IS92aシナリオ下では、2070年代までに、年間流出量は北ヨーロッパで増加し、南ヨーロッパで36%まで減少することが予想され、夏季の低水期の流量が80%まで減少する。\*\* D [12.4.1, 表12.2]
- ・深刻な水ストレスカテゴリー(取水量/利用可能量比が0.4より大きい)にある河川流域の割合は、現時点の19%から2070年代には34～36%まで増加することが予想される。\*\* D [12.4.1]
- ・A2及びB1排出シナリオ下のHadCM3気候モデルに基づく、2080年代までに、17の西ヨーロッパ諸国の水ストレス流域に居住する人々の数が、さらに1,600万人から4,400万人それぞれ増加する可能性が高い。\*\* D [12.4.1]
- ・A1FIシナリオ下では、2080年代まで、毎年さらに160万人が沿岸洪水による影響を受けることが予想される。\*\* D [12.4.2]
- ・2070年代までに、ヨーロッパ全体の水力発電能力は6%低下すると予想されるが、地中海地域の20～50%の減少から、北及び東ヨーロッパの15～30%の増加まで、大きな地域差がある。\*\* D [12.4.8]
- ・一連のSRESシナリオ下では、21世紀末までに、ヨーロッパ植物相の大きな割合が、絶滅が危惧されるようになり、絶滅の危機にさらされ、絶滅寸前、あるいは絶滅となり得る。\*\*\* N [12.4.6]
- ・2050年までに、作物は北方へと地域が拡大することが予想される[12.4.7.1]。気候に関連する作物収量は、南ヨーロッパでは最大の減少が予想される(例えば、小麦:2020年までに+3～+4%、2050年までに-8～+22%、2080年までに-15～+32%)、北ヨーロッパでは最大の増加が予想される(例えば、小麦:2020年までに+2～+9%、2050年までに+8～+25%、2080年までに+10～+30%)。\*\*\* C [12.4.7]
- ・森林面積は北で増加し、南で減少する可能性が高い。樹種の再配置と山岳の樹木限界の上昇が予想される。森林火災リスクは、南ヨーロッパでかなり増大することがほぼ確実である。\*\* D [12.4.4]
- ・大部分の両生類(45%～69%)と爬虫類(61%～89%)の種は、分散に制約がなければ、その分布域を拡大するのはほぼ

確実である。しかし、種が分散できなければ、大部分の種(>97%)の分布域は小さくなり、特にイベリア半島やフランスでは小さくなる。\* N [12.4.6]

- ・一連の排出シナリオ下では、2050年までにアルプスの大氷河は30%~70%の体積減少に見舞われるが、アルプスの各地にある小さな氷河は消失するであろう。それに伴って春夏には流出量が低下する。\*\*\* C [12.4.3]
- ・夏季に地中海地域の快適性が低下し、北と西の快適性が向上することは、地中海地域の夏季の観光の減少と、春と秋の増加を招き得る。\* D [12.4.9]
- ・起こる確率が低いとされてはいるが、北大西洋の深層循環(MOC)の急激な停止は、ヨーロッパ、特に西部沿岸地域で、広範囲にわたる深刻な影響を与える可能性が高い。これらには、価格上昇を伴う作物生産量の低下、寒さに関連する死亡の増加、冬季の交通網の混乱、南ヨーロッパへの人口移住、及び重要な経済の中心の移動などがある。\* N [12.6.2]

### ラテンアメリカ

- ・今後15年にわたって、熱帯山岳氷河が消失する可能性が非常に高く、ボリビア、ペルー、コロンビア及びエクアドルでは水利用可能量と水力発電が低下する。\*\*\* C [13.2.4]
- ・アルゼンチン、チリ及びブラジルの乾燥及び半乾燥地域における降雨量の将来のいかなる減少も、深刻な水不足をまねく可能性が高い。\* C [13.4.3]
- ・2020年代まで、700万~7,700万人が十分な水の供給不足に苦しむ可能性が高く、21世紀後半には、潜在的な水利用可能量の低下と、地域的な人口増加による需要の増加が、この値を6,000万~1億5,000万人にまで増加させるだろう。\* D [13.ES, 13.4.3]
- ・将来において、人為的気候変動(極端な気象の変化を含む)と海面上昇が、下記の事項に影響を及ぼす可能性が非常に高い \* N [13.4.4]:
  - 低平地域(例えば、エルサルバドル、ガイアナ、アルゼンチンのプエノスアイレス地区沿岸);
  - 建築物と観光(例えば、メキシコとウルグアイ);
  - 沿岸地形(例えば、ペルー);
  - マングローブ(例えば、ブラジル、エクアドル、コロンビア、ベネズエラ);
  - コスタリカの太平洋沿岸とエクアドルにおける飲料水の利用可能量。
- ・気候変動による海面水温の上昇は、下記の事項に悪影響を与えると予測される \* N [13.4.4]:
  - メソアメリカサンゴ礁(例えば、メキシコ、ベリーズ、パナマ);
  - 南東太平洋における水産資源の分布(例えば、ペルーとチリ)
- ・2°Cの気温上昇と土壌水の減少は、アマゾン東部やメキシコ中部及び南部の熱帯林における、サバンナによる熱帯林の交替を招くだろう。加えて、ブラジル北東部の一部、及びメキシコ中部及び北部の大部分では、半乾燥の植生が乾燥の植生に取って替わられるだろう。\* D [13.4.1]
- ・将来において、カリブ海域ではハリケーンの頻度と強度が増加する可能性が高い。\* D [13.3.1]
- ・気候変動の結果として、南アメリカ南東部では、CO<sub>2</sub>効果を考慮に入れれば、気温と降水量の上昇が大豆の収量を増やす可能性が高いが、米の収量は2020年以降減少すると予想される。\* C [13.4.2]
- ・SRESA2排出シナリオ下では、飢餓リスクにさらされる追加的な人口は、CO<sub>2</sub>効果をほとんどもしくは全く考慮に入れなければ、2020年、2050年及び2080年にはそれぞれ500万、2,600万及び8,500万人に達する可能性が高い。\* D [13.4.2]
- ・4°Cの温度上昇に対して家畜生産量が減少する可能性が非常に高い。\* N [13.ES, 13.4.2]
- ・ラテンアメリカ地域は、気候の変動性と変化の潜在的影響に関して、下記のようないくつかの適応策の実施を試みている:
  - 漁業(ペルー)や農業(ペルー、ブラジル北東部)などの分野における気候予測の活用;
  - 「Centro Operativo de Alerta Hidrológico」に基づいたラプラタ川流域における洪水の早期警報システム。
- ・この地域では、自然災害による影響を緩和・予防するための新たな機関も創設しており、それらは、ラテンアメリカ及びカリブ海地域災害情報センター、エクアドルのエルニーニョ現象国際研究センター、南太平洋常設委員会などである。\*\*\* D [13.2.5]

### 北アメリカ

- ・人口増加、資産価値の上昇及び継続的な投資は沿岸の脆弱性を高める。沿岸の暴風雨の破壊的傾向の増加は、厳しい天候と高潮による損失の劇的な増加をもたらす可能性が非常に高く、損失は、海面上昇により一層悪化する。現在の適応はまちまちで、増大する曝露に対する準備は不足している。\*\*\* D [14.2.3, 14.4.3]
- ・海面上昇とそれに関連する高潮や洪水の増加は、メキシコ湾や大西洋及び北部の沿岸ぞいの運輸やインフラに深刻な影響を与える可能性がある。ニューヨークにおける事例研究は、リスクにさらされる施設として地上道路と鉄道、橋、トンネル、港湾施設と航空施設、及び駅を特定した。\*\*\* D [14.4.3, 14.4.6, 14.5.1, B14.3]
- ・停滞した暖気団と高い最低気温の夜の連続に特徴づけられる厳しい熱波は、このような現象が既に発生している都市において、数、規模、継続期間が増える可能性が高く、健康に悪影響を与える可能性がある。高齢者人口が最もリスクにさら

される。\* D [14.4.5]

- ・ 21世紀中頃までに、米国東部全域で、日平均オゾンレベルは3.7ppb上昇すると予測され、現在最も汚染されている都市が最大の上昇を経験する。オゾン関連の死亡数は、1990年代から2050年代までに4.5%増加すると予測される。\* D [14.4.5]
- ・ 21世紀中頃までに西部山岳地域に予測される温暖化は、積雪の大幅な減少、雪解けの早期化、冬季の降雨現象の増加、冬の最高流量と洪水の増加、及び夏季の流量の減少を引き起こす可能性が非常に高い。\*\*\* D [14.4.1]
- ・ 需要の増加を伴った水供給の減少は、過剰に割り当てられた水資源をめぐる競争を一層激化させる可能性が高い。\*\*\* D [14.2.1, B14.2]
- ・ 21世紀最初の数十年間における気候変動は、森林生産量を増加させる可能性が高いが、干ばつ、暴風雨、害虫、及びその他の攪乱に対しての感度が高い。\* D [14.4.2, 14.4.4]
- ・ 今世紀初めの数十年間におけるさほどひどくない程度の気候変動は、天水農業の総生産量を5～20%増加させるが、地域間で重大な変動性があると予測される。主要な課題は、適切な生育温度範囲の高温限界に近いところにある作物や、利用度の高い水資源に依存する作物に関して予測される。\* D [14.4]
- ・ 21世紀後半までに、森林に対する最大の影響は、害虫、病気及び火災から生じる攪乱の変化による可能性が高い。夏季気温の上昇は、火災リスクの高い期間を10～30%引き伸ばし、カナダでは2100年までに焼失面積が74～118%増加すると予測される。\*\*\* D [14.4.4, B14.1]
- ・ 沿岸湿地帯の現在の喪失速度は、相対的な海面上昇の加速に伴って速まることが予測されるが、その一部は（【訳注】湿地の）陸方向への移動を妨げる構造によるものである。塩性湿地の生物多様性は、北東部の湿地で減少すると予想される。\* D [14.4.3]
- ・ 気候変動への脆弱性は、限られた資源基盤に依存する先住民やその他の人々、及び都市の貧困層や高齢者を含む、特定の集団や地域に集中する可能性が高い。\* D [14.2.6, 14.4.6]
- ・ 予測される将来の状況よりむしろ歴史的経験に応じて適応への継続的な投資をすることは、気候変動に対する多くの分野の脆弱性を高める可能性が高い[14.5]。長期の立案から実施までの期間と投資を伴うインフラ開発は、気候変動に関する情報を取り入れることで便益を得るだろう。\*\*\* D [14.5.3, 図14.3]

## 極域

- ・ 排出シナリオによっては、北極地方の海氷の年間平均範囲が今世紀末までに22%～33%減少することが予測される。そして南極大陸では、予測は、夏季の海氷の微増からほぼ完全消失まで及び。\* D [15.3.3]
- ・ 今後100年間で、気候の温暖化への直接的な反応として、北極地方の氷河と氷冠及びグリーンランド氷床の氷の厚さと広がりにより重大な減少があるだろう\*\*\*。南極大陸では、南極半島氷河の消失が継続し\*\*\*、また、海洋の変化が原因となっているであろう、西南極氷床の一部で観測されている厚さの減少も継続するだろう\*\*。これらの寄与は、今世紀中の海面上昇の相当な部分になるだろう。\*\*\* D [15.3.4, 15.6.3; WGI AR4 第4章, 第5章]
- ・ 北半球の永久凍土の広がり、2050年までに20～35%減少すると予測される。季節的な融解の深さは、2050年までにほとんどの地域で15～25%、SRESシナリオの全範囲の下で最北端の地点で50%かそれ以上、増大する可能性が高い。\* D [15.3.4]
- ・ 北極地方では、初めの永久凍土融解が排水システムを変化させ、以前は陸生種が優占していた地域で水生生物群集の成立が可能となるだろう\*\*\*。さらに融解が進むと、地表の排水と地下水がますます合体し、生態系をさらに崩壊させるだろう。沿岸侵食も増加するだろう。\* D [15.4.1]
- ・ 今世紀末までに、北極地方ツンドラの10～50%が森林に替わり、極砂漠のおよそ15～25%がツンドラに替わるだろう。\* D [15.4.2]
- ・ 両極域において、気候変動は、渡り鳥や哺乳動物の生息地（海氷を含め）の減少を招くであろうが[15.2.2, 15.4.1]、このことはアザラシや北極グマなどの捕食動物にとって、重要な関わりがある\*\* [15.2, 15.4.3]。多くの種の分布と数の変化が予想され得る。\*\*\* D [15.6.3]
- ・ これまで極域の種を競争から保護してきた気候障壁が低くなり、北極地方や南極地方の一部に外来種が侵入してくることが予想される。\* D [15.6.3, 15.4.4, 15.4.2]
- ・ 両極域において、湖沼や河川の氷冠の減少が予想される。このことは、湖沼の熱構造、氷下の生息地の質と量、また北極圏では、アイス・ジャムや関連する洪水の時期と厳しさに影響を与えるだろう。\*\*\* N [15.4.1]
- ・ 予測される水文学的变化は、水生生物、特に魚類の生産性と分布に影響を与えるだろう。淡水の温暖化は、水産資源、特に冷水を好む魚類の減少をもたらす可能性が高い。\* D [15.4.1]
- ・ 北極圏の人間社会では、特に雪氷圏の構成が変化することで、インフラと土地固有の伝統的生活様式に対してプラスとマイナス双方の影響があることはほぼ確実である。\* D [15.4]
- ・ シベリアと北アメリカでは、農業・林業活動の北限が2050年までに数百キロまで移動することで、農業と林業が増加するかもしれない[15.4.2]。このことは、一部のコミュニティには便益をもたらす、伝統的な生活様式に従うその他のコミュニティには不利益をもたらすだろう。\* D [15.4.6]



- ・温暖気候によって引き起こされる大規模な森林火災や樹木を殺す昆虫の発生は、北方林と一部のツンドラ林地域の特徴であり、増加する可能性が高い。\*\* N [15.4.2]
- ・北極地方の温暖化は、主に心血管系や呼吸器系に起因する死亡及び傷害の減少により、冬季の過剰な死亡率を下げるであろう。\*\*\* N [15.4.6]
- ・北極地方の温暖化は、ダニ媒介脳炎など、人間に感染しうる、野生生物の疫病や疾病に対する脆弱性の増加を伴うであろう。\*\* N [15.4.6]
- ・北極地方における洪水、浸食、干ばつ、及び永久凍土の崩壊の頻度と強度の増加は、コミュニティ、公衆衛生、産業インフラ、及び水供給に脅威を与える。\*\*\* N [15.4.6]
- ・降水の頻度、タイプ及び時期の変化は、汚染物質の取り込みを増加させ、北極地方の淡水システムへの汚染物質の負荷を増加させるだろう。この負荷の増加は、地球規模の汚染物質の放出から生じると予想される減少量で相殺できるよりも多いだろう。\*\* N [15.4.1]
- ・北極地方の人間社会は、すでに気候変動に適応することが必要とされている。食料安全保障、個人の安全及び生計活動に対する影響は、資源や野生生物管理体制の変化及び人間の行動(例えば、狩猟、移動)の変化を通じて対応されている。人口構成、社会経済及び生活様式の変化と組み合わせると、先住民の回復力がひどく脅かされている。\*\*\* N [15.4.1, 15.4.2, 15.4.6, 15.6]

### 小島嶼

- ・海面上昇と海水温上昇は、海岸侵食を加速させ、マングローブやサンゴ礁などの自然の沿岸防護の劣化を引き起こすと予測される。次には、このような変化が、第一等の観光地としての小島嶼の魅力にマイナスの影響を与える可能性が高い。調査によると、一部の島々では、海面水温上昇や海面上昇に起因してサンゴの白化や海岸面積減少が発生した場合には、最大80%の観光客が、同じ価格では再びそこを訪れることを望まない可能性が高い。\*\* D [16.4.6]
- ・フィジーのスパやサモアのアピアにある港湾施設は、0.5 mの海面上昇が50年に一度の確率のサイクロンに伴う波と合わさった場合、越波、埠頭の損害及び後背地の洪水を経験する可能性が高い。\*\*\* D [16.4.7]
- ・小島嶼の国際空港は、大抵は沿岸にあるか、沿岸から数キロ圏内にあり、主要な(そしてしばしば唯一の)道路網は沿岸を走っている。海面上昇シナリオ下では、それらの多くは、浸水、洪水及び沿岸浸水や浸食に伴う物理的損害により、かなり危険な状態になる可能性が高い。\*\*\* D [16.4.7]
- ・北極諸島の沿岸侵食は、永久凍土や地上氷塊への温暖化の影響を通じて、さらに気候感度を高める。このことは、侵食の加速と大量の土地喪失、及び風波エネルギー増大の可能性を招き得る。\*\*\* D [16.4.2]
- ・平均降水量の減少は、淡水レンズの大きさを減少させる可能性が非常に高い。2050年までの平均降水量の10%の低下は、キリバス共和国のタワラ環礁にある淡水レンズの大きさの20%の縮小に相当する可能性が高い。一般的に、海面上昇に伴う陸地の喪失による物理的な大きさの減少は、環礁にある淡水レンズの厚さを29%も縮め得る。\*\* N [16.4.1]
- ・適応がなければ、SRES A2(2050年まで1.3°C上昇)とB2(2050年まで0.9°C上昇)シナリオ下では、気候変動による農業の経済的コストは、標高の高い地形(例えば、フィジー)と標高の低い地形(例えば、キリバス)の島々において、それぞれ2050年までに2002年GDPの2~3%及び17~18%に達する可能性が高い。\*\* N [16.4.3]
- ・気候変動に伴い、外来種の侵入と定着の増加が、中緯度及び高緯度の島嶼で発生する可能性が高い。これらの変化は、すでにいくつかの島々では明白である。例えば、種数が少ない亜南極島生態系では、外来の微生物、菌類、植物及び動物が、地域の生物多様性の重大な喪失と生態系機能の変化を引き起こしてきている。\*\* N [16.4.4]
- ・マラリア、デング熱、フィラリア症、住血吸虫症などの気候感度の高い疾患の発生は、生活と経済的影響に費用がかかり得る。気候変動による気温の上昇と水利用可能量の低下は、一部の小島嶼国では下痢やその他の感染症の負担を増大させる可能性が高い。\*\* D [16.4.5]
- ・気候変動は、観光目的地の選択に大きな影響を与えると予想される\*\* D [16.4.6]。いくつかの小島嶼国(例えば、バルバドス、モルジブ、セイシェル、ツバル)では、現在と将来予測される水不足を補うため、淡水化を含めた適応戦略の実施に投資を始めている。\*\*\* D [16.4.1]
- ・島嶼の適応に関してこれまでに実施された研究は、適応オプションは限られており、GDPに対する費用が高額になる可能性が高いことを示唆している。最近の調査は、シンガポールの場合、沿岸保護が、3つのシナリオ下の海面上昇に対処するための最もコストが低い戦略で、その費用は2050年までの30万~570万米ドルから、2100年までの90万~1,680万米ドルまでの範囲であろうということを示した。\*\* D [16.5.2]
- ・小島嶼にとって適応の選択肢には限りがあり、また適用費用は高額であるかもしれないが、予備的な研究は、慎重な適応戦略を追求することで作り出される何らかの相互便益があることを示している。例えば、気候変動に対する回復力を強化しながら、廃棄物のエネルギー転換やその他の再生可能エネルギーシステムの利用により、持続可能な開発を促進できる。事実、多くの島嶼国はすでに、再生可能エネルギーがエネルギーの中の大きな割合を占めることを確実にするよう目指したイニシアティブに着手している。\*\* D [16.4.7, 16.6]

### TS4.3 気候変動の変化量による影響の程度

**影響の程度を、世界平均気温の起こりうる上昇幅に対応してより系統的に推定することが、今日では可能である。**

IPCC第3次評価以来、多くの研究の増加、特に以前はほとんど調査されていなかった地域で研究が行われた結果、世界平均気温の変化の量及び速度の違いに伴う、気候及び海面水位の変化が、影響が生じるタイミングや程度にどのように作用する可能性が高いかについて、より系統的理解が可能となってきた。

この新しい情報の事例は表TS.3及びTS.4に示されている。事項は、人間と環境に関係があると判断され、かつその評価において、少なくとも確信度が中程度のものが選択された。影響に関する全ての事項は本評価報告書の各章から引用されたものであり、それらの章からより詳細な情報を入手できる。状況に応じて、これら影響のいくつかは、文献中の多くの基準(大きさ、タイミング、持続性/可逆性、適応ポテンシャル、分布状況、可能性、影響の「重要性」)に基づき、「主要な脆弱性」と関連付けられ得る。潜在的な主要な脆弱性の評価は、政策決定者が気候変動のリスクに対して適切な対応を行うことを助けるために、気候変動の速度及び程度に関する情報を提供することを意図している[19.ES, 19.1]。

### TS4.4 極端現象の変化の影響

**極端な気象現象の頻度及び強度の増大によって、影響が高まる可能性が非常に高い。**

IPCCの第3次評価報告書以降、21世紀中にいくつかの気象現象及び極端な現象がより頻繁に発生し、より広範囲又はより強力になることに対する確信度が高まっており、またこのような変化によって起こる可能性がある影響について、より多くの知見が得られている。これらについては表TS.5に要約されている。

### TS.4.5 特に影響を受けるシステム、分野及び地域

**いくつかのシステム、分野、及び地域は、気候変動により特に影響を受ける可能性が高い。**

システム及び分野については、以下の通りである。

- ・ いくつかの生態系、特に；
  - 陸域：ツンドラ、北方林、山岳、地中海性の生態系；
  - 沿岸：マングローブや塩性湿地；
  - 海洋：サンゴ礁や海水バイオーム
 [4.ES, 4.4, 6.4]
- ・ 低平な沿岸域－海面上昇の脅威による [6.ES]。
- ・ 中緯度域及び乾燥した低緯度域の水資源－降雨量減少と蒸発散量増加による [3.4]。
- ・ 低緯度地域の農業－水利用可能量の減少による [5.4, 5.3]。
- ・ 特に適応能力が低い地域における、人間の健康 [8.3]。

地域については、以下の通りである。

- ・ 北極地方－自然システムにおいて予測される温暖化が急速に進むため [15.3]。
- ・ アフリカ、とりわけサハラ以南地域－現状の低い適応能力と気候変動のため [9.ES, 9.5]。
- ・ 小島嶼－住民及びインフラが海面上昇及び高潮増加のリスクに強くさらされるため [16.1, 16.2]。
- ・ ガンジス－ブラマプトラや珠江などのアジアのメガデルタ－人口の多さと、海面上昇、高潮及び河川洪水に強くさらされるため [表10.9, 10.6]。

その他の地域においても、たとえ高所得地域であっても、特にリスクにさらされる人々(たとえば貧困者、幼児、高齢者)、地域及び活動が存在し得る [7.1, 7.2, 7.4]。

### TS.4.6 大きな影響を及ぼす現象

**いくつかの大規模な気候現象は、特に21世紀以降に、非常に大きな影響を引き起こす可能性がある。**

グリーンランド及び西南極の氷床の広範な崩壊によって生じる大規模な海面上昇は、海岸線や生態系の重大な変化、及び低平地の浸水を意味しており、河川デルタに最大の影響をもたらす。住民、経済活動及びインフラの移転は、コストがかかり困難であろう。グリーンランド氷床の、そしておそらくは、西南極氷床の少なくとも部分的融解は、(1990～2000年との比較で)1～4℃の世界平均気温の上昇によって数世紀から数千年かけて進み、4～6mもしくはそれ以上の海面上昇に寄与するであろう。このことは確信度が中程度である。グリーンランド及び西南極の氷床が完全に融解すると、それぞれ最大7mと約5mの海面上昇を引き起こすだろう [WGI AR4 6.4, 10.7; WGII AR4 19.3]。

気候モデルの結果に基づくと、北大西洋の深層循環(MOC)が21世紀中に突然大きく変化する可能性は非常に低い。今世紀中に深層循環の速度が落ちる可能性は非常に高いが、それにもかかわらず、地球温暖化のため、大西洋及びヨーロッパの気温は上昇すると予測される。深層循環の大規模かつ持続的な変化による影響は、海洋生態系の生産性、漁業、海洋による二酸化炭素吸収、海洋の酸素濃度及び陸上植生への変化を伴う可能性が高い [WGI AR4 10.3, 10.7; WGII AR4 12.6, 19.3]。

### TS.4.7 気候変動の影響のコスト計算

**緩和されていない気候変動の影響は地域ごとに異なる。それらを集計し、現在に割引いた場合、はっきりした推定が不確かなため、非常に注意深く解釈されるべきではあるが、コストを負わせる可能性が非常に高い。これらのコストは、時が経つにつれて増加する可能性が非常に高い。**

本評価報告書は(表TS.3及びTS.4参照)、将来の気候変動の影響が地域によってまちまちであることを明確に示している。世界平均気温の上昇が1990年レベルと比べて1～3℃未

満である場合、いくつかの影響はある場所や分野に便益をもたらすが、他の場所や分野にはコストをもたらすと予測される。しかしながら、一部の低緯度域及び極域は、気温の上昇がわずかであっても、正味のコストを被ると予測される。気温の上昇が約2~3°C以上である場合には、すべての地域が正味の便益の減少、若しくは正味のコストの増加のいずれかを被る可能性が非常に高い[9.ES, 9.5, 10.6, 表10.9, 15.3, 15.ES]。これらの観察は、4°Cの温暖化が起これると、開発途上国がより多くの割合の損失を被ると予想されるが、世界平均損失はGDPの1~5%であろうという、第3次評価報告書で報告された証拠を再確認するものである[図20.3]。

気候変動による損失を地球全体にわたって集計した正味の経済コスト(すなわち、現在に割引かれた将来の正味の便益とコストとして表現される、炭素の社会的コスト(SCC))に関する多くの試算が、現在入手可能である。2005年におけるSCCとして、同領域の専門家たちが査読した論文内の推計を平均すると炭素1トン当たり43米ドル(すなわち、二酸化炭素1トン当たり12米ドル)であるが、この平均値からのばらつきは大きい。例えば、100件の推計を調査した結果、この値の範囲は、炭素1トンあたりマイナス10米ドル(二酸化炭素1トン当たりマイナス3米ドル)から最大で炭素1トンあたり350米ドル(二酸化炭素1トンあたり95米ドル)となった[20.6]。

SCCの大きなばらつきは、大部分が、気候感度、反応の遅れ、リスクと衡平性の取扱い、経済的・非経済的影響、可能性のある破壊的損失の含め方、及び割引率に関する仮定の違いに起因している。地球全体で集計した数値は、多くの定量化不可能な影響を含めることができないため、過小評価である可能性が非常に高い。全体としてみれば、公表されている証拠の範囲は、気候変動の正味の被害コストは甚大で、時とともに増加する可能性が高いことを示している[表20.3, 20.6, 図20.4]。

集計されたコストの推計が、分野間、地域間、国の間、及び集団の間に存在する影響の顕著な差異を覆い隠していることは、ほぼ確実である。リスクに大きくさらされ、より感度が高く、かつ/又は適応能力が低いとされるいくつかの場所や人々のグループにおいては、地球規模の集計値と比べて正味コストが著しく大きくなるであろう[20.6, 20.ES, 7.4]。

## TS.5 気候変動に対する対応についての現在の知見

### TS.5.1 適応

観測された気候変動及び将来の気候変動予測に対して、現在行われている適応もあるが、それらは非常に限定的である。

社会は、作物の多様化、灌漑、水管理、災害危機管理、保険等の様々な実践を通じて、長年、天候と気候の影響へ適応

してきた記録がある。しかし気候変動は、干ばつ、熱波、加速された氷河の後退及びハリケーン強度に関連する影響など、しばしば経験の範囲外となる新たなリスクをもたらす[17.2.1]。

第3次評価報告書以降、気候変動も考慮した適応策が、限定的ではあるが、先進国と開発途上国の両方で実施されているという証拠が増加している。こうした方策は、政策、インフラや技術への投資、行動様式の変更を通して、公共と民間の広範な関係者によって実施されている。

観測された気候の変化への適応には次のような例がある：

- ツォー・ロールパ(Tsho Rolpa)氷河湖の部分排水(ネパール)；
- 永久凍土の融解に対処するためのヌナブトのイヌイットによる生活戦略の変化(カナダ)；
- 高山のスキー産業による人工降雪機の利用の増加(ヨーロッパ、オーストラリア、北米)；
- モルジブやオランダにおける海岸防護；
- オーストラリアにおける水管理；
- 例えばいくつかのヨーロッパ諸国における熱波への政府の対応

[7.6, 8.2, 8.6, 17.ES, 16.5, 1.5]

しかし、文書で立証されている適応はすべて、気候リスクを負っており、まず第一に、実質コスト及び福利の削減を必要とする[17.2.3]。これらの例はまた、気候変動の影響における帰すべき気候シグナルの観測結果を確認している。

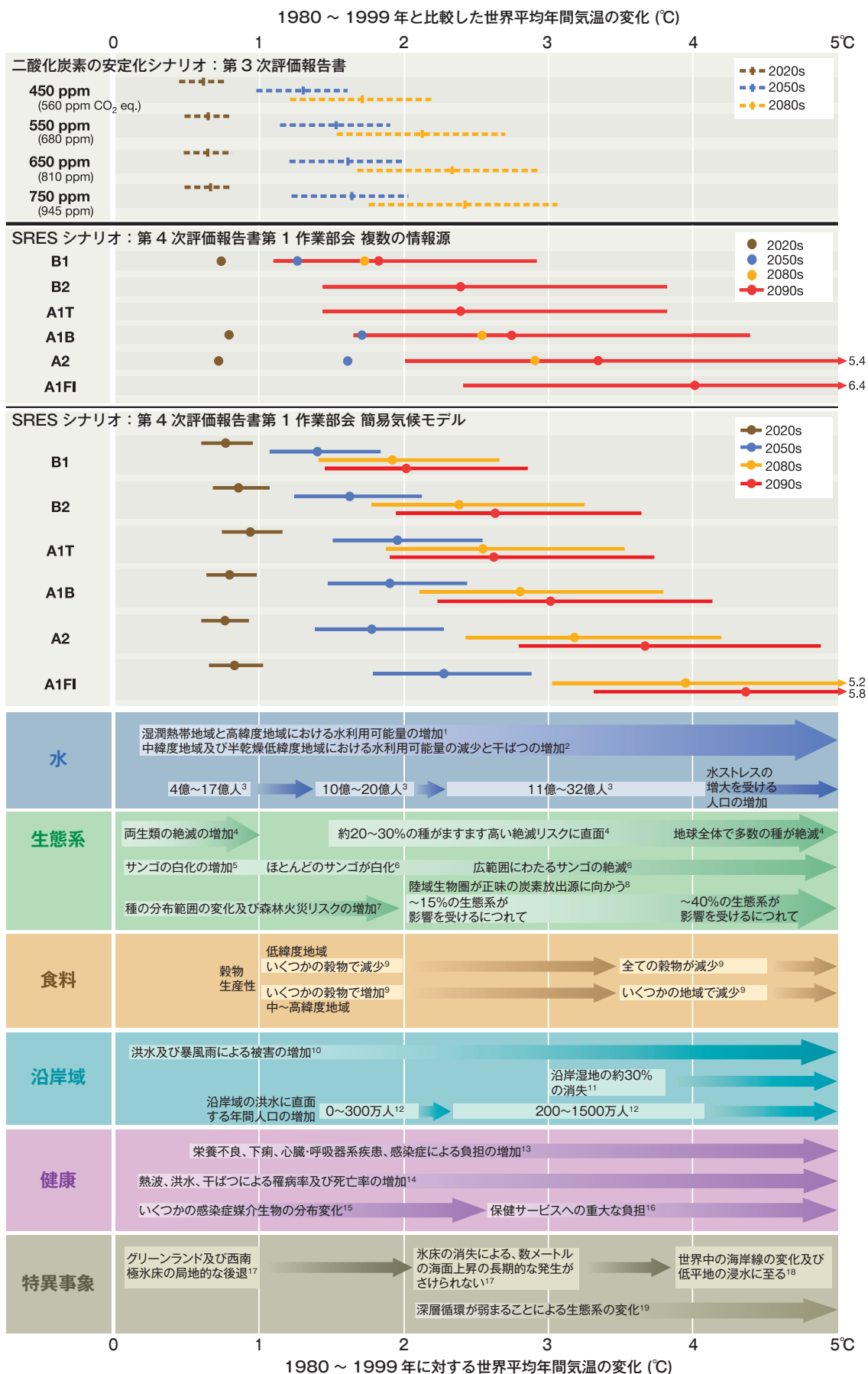
限定的ではあるが、将来の気候変動のシナリオを明示的に考慮している一連の適応策が増大している。その例には、カナダのコンフェデレーション橋やマイクロネシアの沿岸ハイウェイなどのインフラの設計や、メイン州(米国)やテムズ堤防(英国)などの海岸線管理政策や洪水対策における、海面上昇の考慮がある[17.2.2]。

**気候変動のみに対応するために適応策が取られるのはまれである。**

気候変動への適応を促進する多くの行動は、熱波やサイクロンなどの最近の極端現象に対処するために企てられている。しばしば、計画された適応のイニシアティブもまた、単独の施策として企てられることはなく、水資源計画、沿岸防護、リスク削減戦略など、より広範な分野別イニシアティブの中に組み込まれている[17.2.2, 17.3.3]。その例としては、バングラデシュの国家水計画やトンガの洪水防止及びサイクロンに強いインフラ設計における気候変動の考慮がある[17.2.2]。

**適応は、過去の排出により既に避けられない温暖化をもたらす影響に対処するために必要である。**

過去の排出は、仮に大気中の温室効果ガス濃度が2000年のレベルに留まったとしても(WGIAR4参照)、いくらかの不可避的な温暖化(1980~1999年に比べて今世紀末までに



**表 TS.3.** 21世紀の世界平均地上気温の上昇量の違いに対応した気候変動(及び関係のある場合は海面水位、大気中の二酸化炭素)から予測される地球規模の影響の例 [表20.8]。これは、現在入手できるいくつかの推定結果から選択したものである。全ての事項は、本評価報告書の各章の公表研究論文から引用している。箱の緑と記述の位置は、影響が関係する気温変化の範囲を示している。箱の間の矢印は、推定値の間で影響の度合いが増加していることを表す。その他の矢印は影響の傾向を示している。水ストレスと洪水に関する全ての項目は、SRESシナリオのA1FI、A2、B1、B2にわたって予測される条件に対応した気候変動による追加的な影響を表す。気候変動に対する適応はこれらの推定には含まれていない。絶滅に関しては、「多数」は評価された種の~40%から~70%を意味している。(表TS.4.の下に続く)

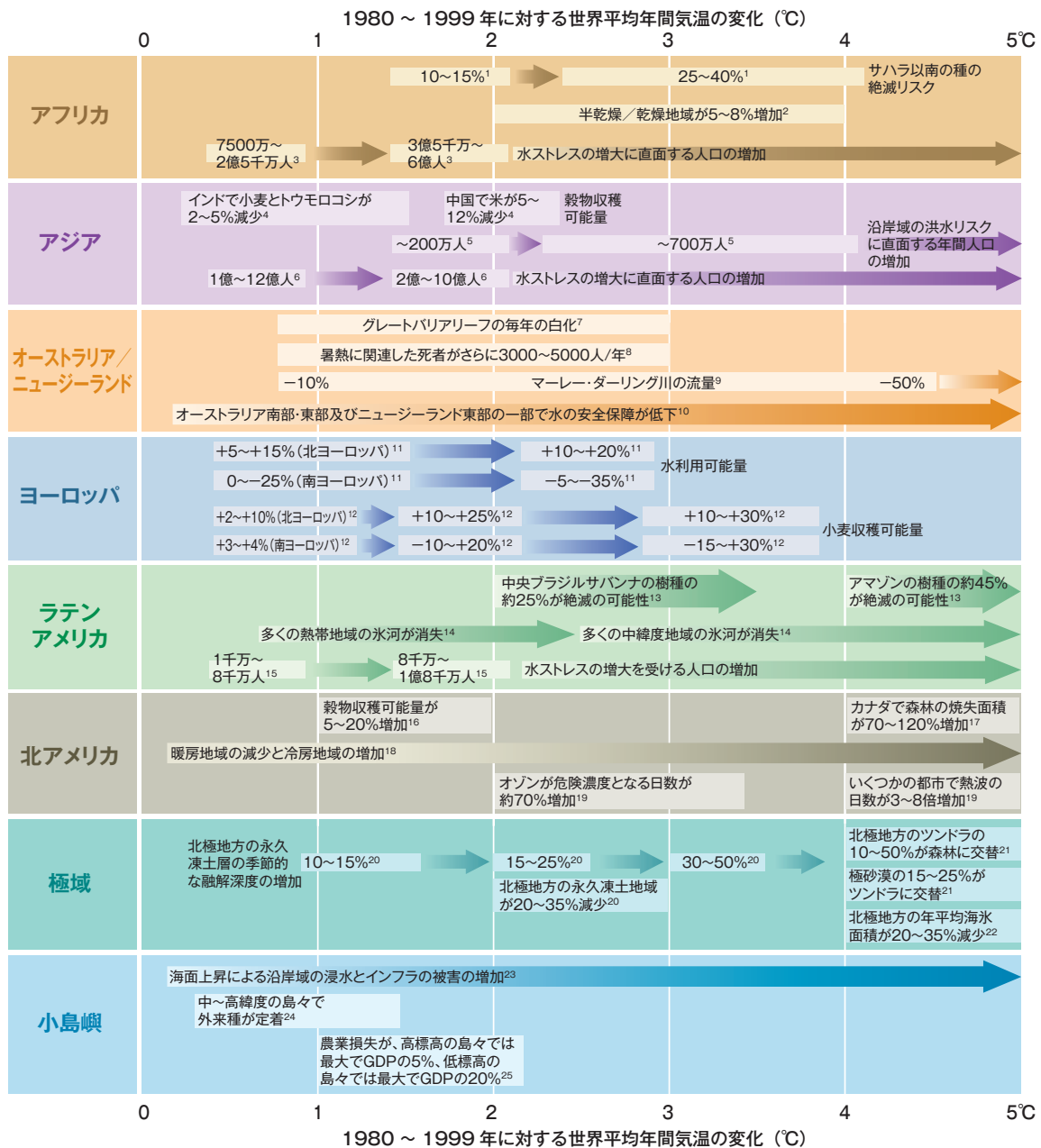


表 TS.4. 地域規模の影響の例[表20.9]。表 TS.3の説明を参照。

表 TS.3. (続き)

また表では、1980~1999年と比較した、SRESシナリオ及び安定化シナリオの予測で選ばれた期間における世界気温の変化を示している。1850~1899年と比較した気温変化を表すためには0.5°Cを加える。より詳細な内容は第2章に示されている[Box2.8]。推定値は2020年代、2050年代、2080年代(IPCCデータ配信センターで使われている期間で、故に、多くの影響研究においても使用されている)及び2090年代に対するものである。SRESに基づく予測は2つの異なるアプローチを用いて示されている。中央のパネル：複数の情報源に基づく第1作業部会第4次評価報告書政策決定者向け要約からの予測。最良の推定値はAOGCMに基づいている(色付けされた点)。2090年代のみに適用されている不確実性幅は、モデル、観測上の制約、専門家の判断に基づいている。下段のパネル：簡易気候モデル(SCM)に基づいた最良の推定値と不確実性幅で、第1作業部会第4次評価報告書(第10章)からとられている。上段のパネル：SCMを用いた、4つの二酸化炭素濃度安定化シナリオに対する最良の推定値と不確実性幅。第4次評価報告書では21世紀について比較可能な予測が得られないため、結果は第3次評価報告書からのものである。しかし、二酸化炭素換算濃度の安定化時の平衡状態における気温上昇の推定値は、第1作業部会第4次評価報告書で報告されている<sup>18</sup>。温室効果ガスが安定化した後、何十年、何百年後まで、平衡気温に達することはないであろう点に留意しなければならない。

表TS.3. 出典：1, 3.4.1; 2, 3.4.1, 3.4.3; 3, 3.5.1; 4, 4.4.11; 5, 4.4.9, 4.4.11, 6.2.5, 6.4.1; 6, 4.4.9, 4.4.11, 6.4.1; 7, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.4 ~ 4.4.6, 4.4.10; 8, 4.4.1, 4.4.11; 9, 5.4.2; 10, 6.3.2, 6.4.1, 6.4.2; 11, 6.4.1; 12, 6.4.2; 13, 8.4, 8.7; 14, 8.2, 8.4, 8.7; 15, 8.2, 8.4, 8.7; 16, 8.6.1; 17, 19.3.1; 18, 19.3.1, 19.3.5; 19, 19.3.5

表TS.4. 出典：1, 9.4.5; 2, 9.4.4; 3, 9.4.1; 4, 10.4.1; 5, 6.4.2; 6, 10.4.2; 7, 11.6; 8, 11.4.12; 9, 11.4.1, 11.4.12; 10, 11.4.1, 11.4.12; 11, 12.4.1; 12, 12.4.7; 13, 13.4.1; 14, 13.2.4; 15, 13.4.3; 16, 14.4.4; 17, 5.4.5, 14.4.4; 18, 14.4.8; 19, 14.4.5; 20, 15.3.4, 21, 15.4.2; 22, 15.3.3; 23, 16.4.7; 24, 16.4.4; 25, 16.4.3

18 第1作業部会第4次評価報告書からとられた、7種類の二酸化炭素換算濃度の安定化水準に対する、平衡状態における気温上昇の最良の推定値及び「可能性が高い」範囲は、350ppmで1.0(0.6~1.4)°C、450ppmで2.1(1.4~3.1)°C、550ppmで2.9(1.9~4.4)°C、650ppmで3.6(2.4~5.5)°C、750ppmで4.3(2.8~6.4)°C、1,000ppmで5.5(3.7~8.3)°C、1,200ppmで6.3(4.2~9.4)°Cである。

現象 <sup>a</sup> 及び傾向の方向性	SRESシナリオを用いた21世紀の予測に基づく将来傾向の可能性	各分野に予測される主な影響例			
		農業／林業／生態系	水資源	人間健康	産業／居住／社会
ほとんどの陸域で、寒い日や夜の減少と昇温、暑い日や夜の頻度の増加と昇温	ほぼ確実である <sup>b</sup>	寒冷環境での収量の増加；温暖環境での収量の減少；昆虫の大発生 の増加 [5.8.1, 4.4.5]	雪融けに依存した水資源への影響；いくつかの水供給への影響 [3.4.1, 3.5.1]	寒冷曝露の減少による死亡率の低下 [8.4.1, 表 8.3]	暖房のエネルギー需要の減少；冷房のエネルギー需要の増加；都市の大気の質の悪化；雪氷による輸送分断の減少；冬季観光への影響 [7.4.2, 14.4.8, 15.7.1]
ほとんどの陸域で継続的な高温／熱波の頻度の増加	可能性が非常に高い	熱ストレスによる温暖地域での収量の減少；森林火災の危険性の増加 [5.8.1, 5.4.5, 4.4.3, 4.4.4]	水需要の増加；水質の問題（例：藻の発生） [3.4.2, 3.5.1, 3.4.4]	特にお年寄りや慢性の病気を有する人、子ども、社会的に孤立した人の熱暑関連の死亡リスクの増加 [8.4.2, 表 8.3, 8.4.1]	適切な住居を持たない温暖地域の人々の生活の質の低下；お年寄りや子ども、貧困者への影響 [7.4.2, 8.2.1.]
ほとんどの地域での大雨の頻度の増加	可能性が非常に高い	農作物への被害；土壌の侵食、土壌への浸水による耕地の耕作不能化 [5.4.2]	地表水及び地下水の水質への悪影響；給水の汚染；水ストレスは軽減されるかもしれない [3.4.4]	死亡、怪我及び伝染病、呼吸器疾患及び皮膚病のリスクの増加 [8.2.2, 11.4.1.1]	洪水による居住、商業、輸送及び社会の分断；都市部や農村部のインフラへの圧力；財産の損失 [表 7.4, 7.4.2]
干ばつの影響を受ける地域の増加	可能性が高い	土地の荒廃；収量の低下／作物の被害及び不作；家畜の死亡の増加；森林火災のリスクの増加 [5.8.1, 5.4, 4.4.4]	より広範囲にわたる水ストレス [3.5.1]	食料及び水不足のリスクの増加；栄養不良のリスクの増加；水・食品を原因とする病気のリスクの増加 [5.4.7, 8.2.3, 8.2.5]	居住、産業、社会における水不足；水力発電能力の低下；住民移住の可能性 [表 7.4, 7.4, 7.1.3]
強い熱帯低気圧の活動度の増加	可能性が高い	農作物への被害；木々の風倒（根がえり）サンゴ礁への被害 [5.4.5, 16.4.3]	停電が公共の給水の断絶を引き起こす [7.4.2]	死亡、怪我、水・食品を原因とする病気のリスクの増加；心的外傷後ストレス障害 [8.2.2, 8.4.2, 16.4.5]	洪水及び強風による分断；民間保険会社の脆弱地域に対するリスク保障からの撤退；住民移住の可能性；財産の損失 [7.4.1, 7.4.2, 7.1.3]
極端な高潮位の発生の増加（津波を含まない） <sup>c</sup>	可能性が高い <sup>d</sup>	灌漑用水、河口、淡水システムの塩性化 [3.4.2, 3.4.4, 10.4.2]	塩水の侵入による淡水利用可能量の減少 [3.4.2, 3.4.4]	洪水による溺死及び怪我のリスクの増加；移住に関連した健康影響 [6.4.2, 8.2.2, 8.4.2]	沿岸防護コスト対土地利用の配置転換コスト；住民及びインフラの移動の可能性；また上記の熱帯低気圧の項も参照 [7.4.2]

<sup>a</sup> 定義に関する更に詳細な点については、WGI AR4の表3.7を参照

<sup>b</sup> 各年の最も極端な日中と夜間の温暖化

<sup>c</sup> 極端な高潮位は平均的な海面水位及び地域の気象システムによって左右される。これは、ある標準期間における観測地点で観測された海面水位の1時間値の上位1%の値と定義される。

<sup>d</sup> 全てのシナリオにおいて、2100年時点で予測される世界平均海面水位は標準期間よりも高い[WGI AR4 10.6]。海面水位の極端現象に対する地域的気象システムの変化の影響は評価されていない。

**表 TS.5.** 21世紀半ば及び後期までの予測に基づいた、極端な気象及び気候現象の変化によって起こりうる気候変動の影響の例。これらは適応能力の変化や発達を考慮していない。全事項の例は、評価報告書本編の各章で見ることができる(出典を参照)。表の最初の2列(黄色の網掛け)は、第1作業部会第4次評価報告書から直接引用されている(表SPM.2)。2列目の可能性の推定は、1列目に記載された現象について述べている。傾向の方向性及び現象の可能性は、気候変動のSRES予測によるものである。

さらに約0.6°C)をもたらすと推定されている。適応が唯一の可能で且つ適切な対応となる影響もいくつかある。これらの影響は、表TS.3と表TS.4に例示されている。

### 多くの適応は低コストで実施出来るが、適応のコストと便益の総合的な見積りが現在不足している。

海面上昇、農業、冷暖房のためのエネルギー需要、水資源管理及びインフラに関する、地域やプロジェクトレベルでの適応コストや便益－コストの見積りが増加している。これらの研究により、低コスト、又は高いコスト対便益比で実施できる多数の施策が特定された。しかし、一部の一般的な適応には、社会や環境面での外部性があり得る。たとえば、熱波への適応はエネルギーを大量に消費するエアコンの需要増を招いてきた[17.2.3]。

海面上昇に関する地球規模の適応コスト及び冷暖房のためのエネルギー消費に関する見積りもまた、限られてはいるが利用可能である。文献では適応コストを明示的には考慮していないが、農業分野の地球規模での適応の便益に関する見積りも入手できる。適応の地球規模のコストと便益に関する総合的かつ多分野に跨る見積りが現在のところ不足している[17.2.3]。

### 適応能力は社会間及び社会内で一様でない。

気候変動に適応する十分な能力を持たない個人とグループはすべての社会で存在する。たとえばアフリカ南部では、自給的農業コミュニティの女性たちは、干ばつからの復興コストや対策コストの不相応な負担を負わされている[17.3.2]。

適応能力は動的で、経済的資源、自然資源、社会的ネットワーク、社会保障、制度・ガバナンス、人的資源及び技術の影響を受ける[17.3.3]。たとえば、カリブ海域におけるハリケーン対策に関する調査は、将来的な気候変動への適応計画を実施するには、適切な法律の制定が必要な前提条件であることを示している[17.3]。

HIV/AIDS、土地の劣化、経済のグローバル化の趨勢、貿易障壁、及び暴力的紛争に関連する複数のストレスは、気候リスクへの曝露と適応能力に影響を及ぼす。たとえば、インドの農業コミュニティは、気候リスクに加え、輸入競争と低価格の影響にさらされている。また、グローバル化した漁業によって乱獲された海洋生態系は、気候の変動性と変化に対する回復力に乏しいことが示されてきた(Box TS.7を参照)[17.3.3]。

高い適応能力が必ずしも脆弱性を低減する行動につながるわけではない。たとえば、比較的低コストの適応による、熱ストレスに対する高い適応能力があるにもかかわらず、ヨーロッパの都市を含む世界の一部の都市地域の居住者の死亡率は高水準にあり続けている。その一例が、2003年に起こったヨーロッパの熱波関連の死亡である。もう一例は、2005年にメキシコ湾沿岸とニューオーリンズを襲い、1,000人を超える死亡者と非常に高い経済的・社会的コストをもたらしたハリケーン・カトリーナである[17.4.2]。

**広い範囲の適応オプションが利用可能であるが、将来の気候変動への脆弱性を軽減するためには、現在行われているよりも一層幅広い適応が必要である。障壁、限界及びコストが存在するが、これらは十分には理解されていない。**

人間社会が利用できる潜在的な適応反応の範囲は極めて広く(表TS.6参照)、純粋に技術的なもの(例えば沿岸防護)から、行動に関するもの(例えば食物や娯楽の選択の変更)、管理的なもの(例えば農業慣行の変更)、そして政策的なもの(例えば規制の立案)まで及ぶ。いくつかの国においては、殆どの技術と戦略は知られており、開発されている一方で、今まで評価された文献では、リスクを完全に削減する際、様々なオプションがどの程度効果的であるかを、特により高いレベルの温暖化及びそれに伴う影響に対して、また、脆弱なグループについて示していない。

気候変動の多くの初期の影響は、適応を通じて効果的に取り組まれ得るが、気候変動が増大するに伴い、成功する適応のオプションは減少し、関連コストは増加する。現時点では、我々は適応の限界又はコストのはっきりとした状況を把握しておらず、それは一部には、効果的な適応策は、個々の地理的、及び気候リスク要因、さらには制度的、政治的、財政的な制約に強く依存するためである[7.6, 17.2, 17.4]。適応策の実施にはかなりの障壁がある。これには、気候変動の速度と強度に適応するための自然システムの能力のなさ、環境面、経済面、情報面、社会面、意識面、行動面での驚くべき制約が含まれる。そしてまた、適応に関する重大な知識格差及び適応の決定に関連する知識と情報の流れの妨げもある[17.4.1, 17.4.2]。開発途上国では、資源の利用可能性や適応能力の構築は特に重要である[第3～16章の5, 6節; 及び17.2, 17.4参照]。いくつかの例と理由を次に示す。

- 気温上昇によって潜在的に危険なヒマラヤの氷河湖の数の多さと拡大。これは、この地域の諸国のこうしたリスクを管理する能力をはるかに超えている。
- 気候変動が予期されたより速い場合、多くの開発途上国は、より頻繁に／激しく発生する極端な気象現象に全く対処できない。というのは、他の目的のために予算計上した財源を使い果たすためである。
- 気候変動は、多くのインフラ・プロジェクト(海岸堤防、橋、海港など)のライフサイクル中に起こるだろう。新しい設計基準に基づいたこれらのインフラの強化には数十年かかるかもしれない。多くの場合、改修は不可能であろう。
- 物理的な制約から、適応策は多くの河口やデルタ地域での実施が不可能である。

開発途上国と先進国の双方において、新しい計画プロセスは、局地的、地域的、国家的レベルでこれらの障壁を克服することを試みている。たとえば、最貧国は国別適応行動計画(NAPA)を策定しており、一部の先進諸国はすでに国家適応政策枠組みを制定している[17.4.1]。

### TS.5.2 適応と緩和の相互関係

#### 適応と緩和は共に、気候変動による自然と社会へのリスクの低減を助け得る。

しかしながら、それらの効果は時と場所によって異なる。緩和は地球規模の便益をもつが、気候システムと生物物理学的システムにおける時間的遅延のため、21世紀半ば頃まで、その便益は殆ど認識されないであろう[WGI AR4 SPM]。適応の便益は、規模的には主に局地的～地域的であるが、特に現在の気候状況に対する脆弱性にも対処するものならば、即効性を有し得る[18.1.1, 18.5.2]。適応と緩和のこれらの違いを踏まえると、気候政策は、気候変動への適応と緩和のいずれかを選択することではない。気候変動への主要な脆弱性

に対処するのならば、適応が必要である。なぜなら、最も厳しい緩和努力でさえ、今後数十年内のさらなる気候変動を避けることは不可能だからである。緩和は必要である。なぜなら、適応のみに依存すると、いずれは、効果的な適応が非常に高額な社会的、環境的、経済的コストによってのみ可能になるほど重大な気候変動を招き得るからである[18.4, 18.6]。

#### 多くの影響は、緩和によって、回避、低減又は遅延され得る。

将来の大気中の温室効果ガス濃度を安定化させたシナリオに対して、いくつかの影響評価が現在、完了している。これらの研究は、安定下で予測される気候の不確実性—たとえば、強制力に対する気候モデルの感度—を完全には考慮していないものの、それでもなお、排出削減量の差異に応じて回

	食料、繊維、林業	水資源	人の健康	産業、居住地、社会
<b>乾燥化／干ばつ</b>	作物：新しい干ばつ耐性品種の開発；間作；作物残さの保持；雑草管理；灌漑と水耕栽培；雨水利用家畜：追加的給餌；飼育密度の変更；放牧地の変更及び牧草地のローテーション 社会：普及サービスの改善；債務救済；収入の多様化	漏水削減 計量と価格付けによる水需要管理 たとえばマルチングによる土壌水分の保全 海水の脱塩 人工的な涵養による地下水の保全 持続可能な水利用のための教育	穀物の備蓄と緊急給食所の整備 安全な飲料水と公衆衛生の整備 公的制度と保健システムの強化 国際食料市場へのアクセス	特に生活のための適応能力の改善 開発プログラムへの気候変動の組み込み 水供給システムの改善と管轄区域の調整
<b>降雨の増加／洪水</b>	作物：干拓地と排水の改善；代替作物の開発と推進；植え付けと収穫のスケジュールの調節；深水位適応型農業システム 社会：普及サービスの改善	洪水予報・警報を含む保護対策や、法律制定やゾーニングを通じた規制の実施強化；保険の推進；脆弱な資産の移転	構造的及び非構造的対策。 早期警報システム；災害準備計画；災害後の効果的な緊急救助	洪水防御インフラの改善 「洪水耐性」建築物 高リスク地域における土地利用の変更 管理的再編成と“Making Space for Water（水のためのスペースづくり）” 洪水ハザードマップ；洪水警報コミュニティ組織の能力強化
<b>温暖化／熱波</b>	作物：新しい暑熱耐性品種の開発；耕作活動の時期の変更；害虫駆除と作物の監視 家畜：畜舎や日よけの整備；暑熱耐性品種への変更 林業：林分の配置の変更による火災管理；景観計画；枯死木材の回収；下生えの除去。野焼きによる昆虫制御；非化学的害虫駆除。 社会：収入の多様化	計量と価格付けによる水需要管理 持続可能な水利用のための教育	病気の発生に対する国際的な監視システム 公的制度と保健システムの強化 国及び地域の熱暑警報システム 緑地創出による都市のヒートアイランド効果の低減対策 衣類と活動レベルの調整；水分摂取量の増加	特に脆弱なグループに対する援助プログラム 適応能力の改善 技術的な変化
<b>風速／暴風雨</b>	作物：風耐性作物の開発（たとえば、パニラ）	汚濁から水供給を防御するための沿岸防護の設計と実施	早期警報システム；災害準備計画；災害後の効果的な緊急救助	早期警報システムを含む緊急時への供え より回復力のあるインフラ 先進地域と開発途上地域の双方に対する財政的リスク管理オプション

表 TS.6. 脆弱な分野における気候変動への適応に関する現在の及び潜在的なオプションの例。全ての事項は、第4次評価報告書の本章で言及されている。生態系については、特定の適応対応よりもむしろ包括的な適応対応が必要であることに留意されたい。包括的な計画戦略は、自然に適応する能力を強化するだろう。そのような戦略の例としては、保護地域における幅広い高度勾配を含む野生生物回廊の強化がある。[5.5, 3.5, 6.5, 7.5, 表6.5]



避される被害、又は低減される脆弱性及びリスクを示している[2.4, 表20.6]。

さらに、現在では、気温上昇の範囲の中で、ある量の影響がどの時点で生じるかに関する、より定量的な情報が入手可能である。これにより、ある影響に伴う世界の気温上昇の量の推定が可能となる。表TS.3は、安定化経路のいくつかの選択肢、及び異なるSRESシナリオ下で想定される排出傾向に対して、3つの期間(2020年代、2050年代、2080年代)に予測される世界平均気温の変化を示している。表TS.3と表TS.4を参照にすることで、ある気温変化の範囲に対して、回避され得る影響の様子がわかる。

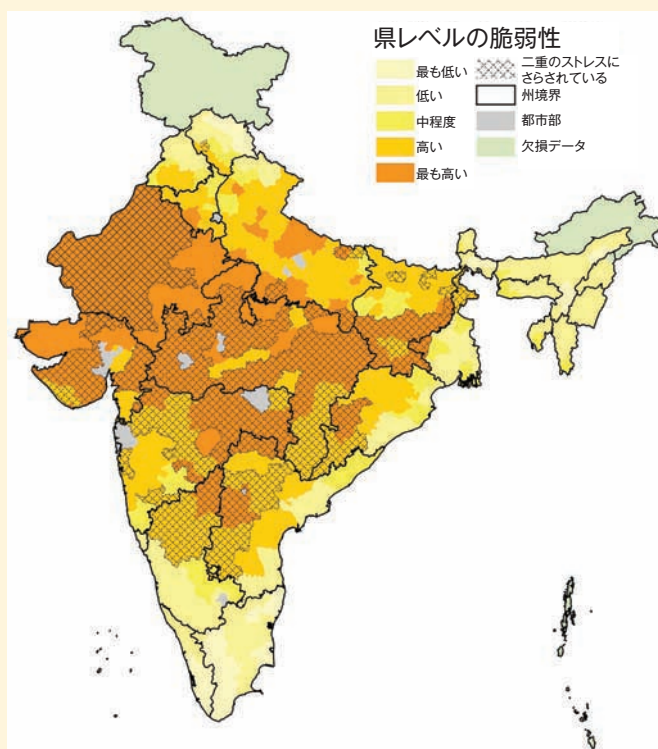
### 適応策と緩和策のポートフォリオは、気候変動に伴うリスクを縮小できる。

最も厳しい緩和努力をもってしても、今後数十年間の気候変動の更なる影響を回避することができないため、適応は、特に至近の影響への対処において不可欠となる。緩和されない気候変動は、長期的には、自然システム、人為システム及び人間システムの適応能力を超える可能性が高い[20.7]。

このことは、緩和、適応、(適応と緩和の双方を強化するための)技術開発、及び(気候学、影響、適応及び緩和に関する)研究を含むポートフォリオあるいは戦略の組合せの重要性を示唆している。そのようなポートフォリオは、インセンティブに基づくアプローチを伴う政策と、個々の市民から各国の政府及び国際機関にわたるすべてのレベルでの行動を結びつけるであろう[18.1, 18.5]。

これらの行動には、技術的・制度的・行動面のオプション、これらのオプションの利用を奨励するための経済手段と政策手段の導入、及び、不確実性を低減し、オプションの効果と効率を高めるための研究開発が含まれる[18.4.1, 18.4.2]。多くの異なる活動主体が、これらの行動の実施に関与しており、様々な空間的、制度的規模で機能している。緩和は、主として、エネルギー、運輸、産業、住宅、林業、農業分野を巻き込むが、適応に関与する活動主体は、農業、観光・レクリエーション、人間の健康、水供給、沿岸域管理、都市計画、及び自然保護を含む多様な分野の利害を代表する[18.5, 18.6]。

## Box TS.7. インドにおける複合的ストレス要因への適応能力



気候変動に適応する能力は、国家間又は国家内で均等に分布していない。たとえばインドでは、気候変動と貿易自由化の両方が、農業生産の状況を変えている。干ばつや商品価格の急激な変動など別々の事象を含んだこれらの変化する状況へ適応できる農民もいれば、そうでない農民もいる。両方のプロセスが否定的な結果をもたらす可能性が高い地域を特定することは、変化する状況への適応における選択肢と制約を特定する際の最初のステップである[17.3.2]。

図TS.17は、気候変動への曝露下において適応能力と気候感度の複合として測定された、気候変動に対する地域的な脆弱性を示している。網掛けの部分は、気候変動と貿易自由化への高い脆弱性に二重にさらされている地域を示している。このマッピングの結果は、インダス-ガンジス平原沿いの県(ビハール州を除く)と、南部及び東部の回復力が高く、インド内陸部、特にビハール州、ラジャスタン州、マドヤブラデシ州、マハラシュトラ州、アンドラブラデシ州、カルナタカ州で回復力がより低いことを示している[17.3.2]。

図 TS.17. (a) 気候変動に対する脆弱性と (b) 経済のグローバル化に伴う輸入競争によって最上位にランクづけられるインドの県は、二重のストレスにさらされていると考えられている(網掛けの部分)。O'Brien et al. (2004)より[図17.2]。

適応能力を高める方法の一つは、例えば以下のような、気候変動の影響への配慮を開発計画に導入することである [18.7]。

- ・ 土地利用計画及びインフラの設計に適応策を含める [17.2]
- ・ 既存の災害リスク削減戦略に、脆弱性を低減する対策を含める [17.2, 20.8]

**適応と緩和に関する決定は、様々な異なるレベルで下される。**

これらのレベルには、個々の世帯や農民、民間企業、国の計画機関が含まれる。大半の適応は地方及び国家レベルで実施されるが、効果的な緩和は、温室効果ガスの主要排出者の大部分が地球規模で参加することを必要とする。緩和のコストと付随的な便益は局所的に生ずるが、緩和の便益は地球規模である。適応のコストと便益は共に、ほとんどが局所的に生ずる [18.1.1, 18.4.2]。したがって、緩和は主として、国際協定とそれに続く国家の公共政策によって推進されるが、大半の適応は、影響を受ける実体の個人的な活動及び影響を受けるコミュニティの公共的な取り決めによって推進される [18.1.1, 18.6.1]。

**適応と緩和の相互関係は、意思決定の各レベルに存在し得る。**

適応行動は(しばしば意図せずに)プラス又はマイナスの緩和効果を発揮し得るが、緩和行動は(同様にしばしば意図せずに)プラス又はマイナスの適応効果を発揮し得る [18.4.2, 18.5.2]。マイナスの緩和効果をもつ適応行動の例は、エアコンの使用である(必要なエネルギーが化石燃料によって供給されている場合)。プラスの適応効果をもつ緩和行動の例は、炭素の固定だけでなく土壌侵食を防止する、荒廃した山の斜面への植林だろう。そのような適応と緩和の間の相乗作用の他の例には、再生可能エネルギー源による地方電化、ヒートアイランド効果を低減するための都市部における植樹、併農林業システムの開発が含まれる [18.5.2]。

**適応と緩和の相互関係の分析は、適応及び緩和行動の効果的な実施を推進する方法を明らかにするかもしれない。**

適応と緩和の間の相乗作用の創出は、行動の費用対効果を高め、潜在的な資金提供者とその他の意思決定者にとって、それらの行動をより魅力的にし得る(表TS.7参照)。しかしながら、相乗作用は、気候変動のリスク低減を追求する際に資源が最も効率的な方法で使用されることを保証するものではない。さらに、相乗作用の創出が優勢な意思決定基準となれば、相乗作用を伴わない必須の行動が見過ごされてしまうかもしれない [18.6.1]。相乗作用の機会が存在する分野(たとえば、農業、林業、建築、都市インフラ)もあるが、他の多くの気候と関連する分野では、相乗作用の機会はむしろ限られている [18.5.2]。適応と緩和の双方を明示的に考慮する概念的及び経験的情報の双方の不足は、気候政策における相乗作用の必要性と可能性の評価を困難にしている [18.7]。

**即時のかつ局地的な適応の便益と、長期的かつ地球規模の緩和の便益との間のトレードオフに関する決定には、時間に伴う活動のコストと便益に関する情報が必要だろう。**

たとえば、これに関する疑問として、適応への投資は緩和のための時間稼ぎになるかどうかがあるだろう。地球規模の統合評価モデルは、高度に集計したレベルでの相対的なコストと便益の概算見積を提示している。適応と緩和の相互関係の複雑さは、より詳細な分析・実施レベルで明らかになる [18.4.2]。これらの複雑さは、適応と緩和が、異なる空間的、時間的、制度的な規模で行われており、異なる利害と信条、価値体系及び所有権を有する、異なった活動主体が関与しているということを含めて、局地的な規模を超えたトレードオフの現実的な実施には課題があることを示している。とりわけ、適応と緩和の「最適な組み合わせ」があるという概念に問題がある。というのは、この概念は、適応と緩和に対するゼロサムのな予算枠が通常存在し、かつ現在と将来において気候変動の影響を受けるだろうすべての者の個々の利益を、地球規模で集計した福利の尺度に取り込むことができることを前提としているからである [18.4.2, 18.6.1]。

**人々の適応と緩和の能力は類似した一連の要素によって推進される。**

これらの要素は、適応又は緩和のいずれかのサービスに集

規模	適応→緩和	緩和→適応	適応と緩和に影響を及ぼす並行的な決定	適応と緩和のトレードオフと相乗作用
地球規模/政策	適応の限界の認識は、緩和の動機付けとなる。たとえば、ENGOsによる政策ロビー活動	CDM取引は課徴金によって適応のための基金を提供する	MEA基金又は特別気候変動基金の割当	安定化のための目標を設定する際の適応と緩和のコスト・便益評価
地域的/自然戦略/分野別計画	流域計画(たとえば、水力発電)と土地被覆は温室効果ガスの排出に影響を及ぼす	化石燃料税は、エネルギー価格の上昇によって適応コストを引き上げる	国の能力、たとえば、自己評価は、政策統合において適応と緩和を支援する	緩和政策、炭素の社会的コスト、及び気候影響に対するプロジェクトの感度を試験する
局地的/生物物理学的コミュニティと個人の行動	エアコンの使用増(家庭、オフィス、運輸)は温室効果ガス排出量を増大する	コミュニティの炭素吸収は生活に影響を及ぼす	地方の計画担当局が、土地利用計画において適応と緩和の両方に関連する基準を施行する	緩和政策と気候影響への曝露の統合評価

表 TS.7. 適応と緩和の関係 [図 18.3]。ENGO=環境系非政府組織；CDM=クリーン開発メカニズム；MEA=ミレニアム生態系評価

結され得る一般化された対応能力を意味する。対応能力は、次いで、社会の開発経路に左右される。それゆえ、持続可能な開発経路の追求を通じた社会の対応能力の強化は、適応と緩和の両方を推進する方法の一つである[18.3]。これは、両方のオプションの効果的な実施や、分野別の計画や開発におけるそれらの主流化を容易にするだろう。もし気候政策と持続可能な開発が統合的な方法で進められるべきものであれば、単に両方の目標を達成しうる特定の政策オプションを評価することのみならず、それらのオプションに内在する対応能力の決定要因を探ることも重要となるであろう。なぜなら、それらは内在する社会経済的及び技術的な開発経路に関連しているからである[18.3, 18.6.3]。

### TS.5.3 主要な脆弱性

**主要な脆弱性は、多くの社会、経済、生物、地球物理学的システムにおいて見られる。**

気候変動に対する脆弱性とは、地球物理学的システム、生物システム、社会経済システムの、気候変動による悪影響の受けやすさと、それに対処できない度合いのことである。それゆえ、「脆弱性」という語は、脆弱なシステムそのもの(例：低平な島々や沿岸域の都市)、このシステムへの影響(例：沿岸域の都市や農地の洪水、又は余儀なくされる移住)、又は、これらの影響を引き起こすメカニズム(例：西南極氷床の崩壊)を指すこともありうる。文献における多数の基準(すなわち、影響の規模、時期、持続性/可逆性、適応の可能性、分布状況、可能性、「重要性」[19.2])を基に、これらの脆弱性のあるものは、「主要な脆弱性」として特定されるかもしれない。主要な影響とこれに伴う主要な脆弱性は、多くの社会・経済・生物・地球物理学的システムの中に見られる[19.1.1]。

潜在的な主要な脆弱性の特定は、UNFCCC(気候変動に関する国際連合枠組み条約)第2条[B19.1]の用語である、気候システムへの「危険な人為的干渉」(DAI)に関連するだろう気候変動の程度と速度を特定するための意思決定者向け手引きを提供することを目的としている。最終的には、DAIの決定は、科学的議論のみに基づくことはできず、科学的知見の状況を踏まえてなされるその他の判断も取り入れる[19.1.1]。表TS.8は、選択された主要な脆弱性のリストである。

主要な脆弱性は、非線形プロセスが、あるシステムを一つの主要な状態から別の状態へと転じさせる、システムの閾値におそらく関連しているであろう(仮説上のアジアモンスーンの突然の変化、西南極氷床の崩壊、又は、CO<sub>2</sub>の吸収源から放出源へと変わる生態系からの正のフィードバックなど)。その他の主要な脆弱性は、ステークホルダーや意思決定者らによって定義された「規範的な閾値」に関連し得る(例：低平地沿岸域の住民にとってはそれ以上受け入れられないと考えられる海面上昇の規模)[19.1.2]。

**気候変動のレベルが増すことは、主要な脆弱性の数の増加を伴う影響をもたらす結果になるであろう。また、主要な脆弱性の中には、観測された気候変動に伴われるものもある。**

2006年までに観測された気候変動は、主要な脆弱性に関連づけられるいくつかの影響を伴ってきた。これらの中には、極端な気象現象における死亡者の増加、永久凍土層の融解や氷河の後退、海面上昇に伴う問題の増加などがある[19.3.2, 19.3.3, 19.3.4, 19.3.5, 19.3.6]。

世界平均気温が1990年～2000年水準より最大2°C上回る変化は、上に挙げたような現在の主要な脆弱性を一層悪化させ(確信度が高い)、また、多くの低緯度諸国における食料安全保障の低下など、その他の脆弱性ももたらすだろう(確信度が中程度)。同時に、中緯度・高緯度における地球規模の農業生産性など、一部のシステムは便益を得るであろう(確信度が中程度)[19.3.1, 19.3.2, 19.3.3]。

世界平均気温が1990年～2000年水準より2～4°C上回る変化は、主要な影響の数をあらゆる規模で増加させることになるだろう(確信度が高い)。例えば、生物多様性の広範な喪失、地球規模での農業生産性の低下、グリーンランド(確信度が高い)と西南極(確信度が中程度)の氷床の広範な後退の確実性などが挙げられる[19.3.1, 19.3.4, 19.3.5]。

世界平均気温が1990年～2000年水準より4°Cを超えて上回る変化は、脆弱性の大幅な増大をもたらす(確信度が非常に高い)、多くのシステムの適応能力を超えることになるだろう(確信度が非常に高い)[19.3.1]。

観測された気候変動性と気候変化によるリスクが既に高い地域は、予測される気候の変化と既に被害をもたらしている極端現象の規模及び/又は頻度の増大により、近い将来、悪影響を受ける可能性がより高い[19.3.6, 19.4.1]。

**第3次評価報告書で特定された「懸念の理由」は、今でも主要な脆弱性を考察するための有効な枠組みであり続け、最近の調査により、第3次評価報告書で得られた結論は更新された。**

### 特異的な、かつ危機にあるシステム

今までに観測された気候変動がいくつかの特異的な、かつ危機にあるシステムに与える悪影響について、新しく、より強力な証拠がある。世界平均気温が1990年水準よりも1～2°C上昇すると、多くの生物多様性のホットスポットを含む、多くの特異的な、かつ危機にあるシステムに重大なリスクをもたらすという確信度が高まった[19.3.7]。

### 極端現象

観測された気候変動が、熱波などの特定の極端現象のリスクを既に高めている可能性が高いという、新たな証拠がある。また、どちらかと言えば、温暖化が、熱帯低気圧の強大化に寄与してきており、気温上昇に伴って、悪影響の度合いが高まっている[19.3.7]。

リスクにさらされる主要なシステム又はグループ	「主要な脆弱性」の最重要評価基準	1990年を上回る世界平均気温の変化				
		0°C	1°C	2°C	3°C	4°C
<b>地球規模の社会システム</b>						
食料供給	分布、規模		低緯度地域で生産性が減少する穀物がある**	中・高緯度地域で生産性が増加する穀物がある**		中・高緯度で、穀物生産性が減少する地域がある**
総市場への影響と分布	規模、分布		地球規模の生産可能性が3°C前後まで増加し、3°Cを超える	と減少する * a		
総市場への影響と分布	規模、分布	多くの高緯度地域で正味の便益；多くの低緯度地域で正味のコスト * b			コストが増加する一方で、便益が減少する。地球規模での正味のコスト * b	
<b>地域システム</b>						
小島嶼	不可逆性、規模、分布、低適応能力	海面上昇による沿岸浸水とインフラへの被害の増加 **				
先住民、貧困、又は孤立したコミュニティ	不可逆性、分布、時期、低適応能力	すでに影響を受けているコミュニティもある ** c	気候変動と海面上昇が他のストレスに加わる ** 低平地の沿岸域と乾燥地域内のコミュニティが特に脅かされる ** d			
<b>地球規模の生物システム</b>						
陸域生態系と生物多様性	不可逆性、規模、低適応能力、持続性、変化の速度、確信度	多くの生態系がすでに影響を受けている ***	約 20-30%の種がますます高い絶滅のリスクにさらされる *			地球規模での重大な絶滅 **
海洋生態系と生物多様性	不可逆性、規模、低適応能力、持続性、変化の速度、確信度	サンゴの白化の増加 **	大部分のサンゴ礁の白化 **	広範なサンゴの死滅 **		
<b>地球物理システム</b>						
グリーンランド氷床	規模、不可逆性、低適応能力、確信度	局地的な氷河の融解（局地的温暖化によりすでに観測されている）。気温上昇に伴い範囲拡大 *** e	広範な ** 又はほぼ完全な * 氷河の融解が避けられない。数世紀から数千年かけて、2～7メートルの海面上昇 <sup>19</sup> * e			ほぼ完全な氷河の融解 ** e
深層循環	規模、持続性、分布、時期、適応能力、確信度	地域的な弱化を含む変動（すでに観測されているが傾向は未特定） f	かなりの弱化 **。グリーンランドと北西ヨーロッパに近い、北部高緯度地域における寒冷化の可能性を含む、大規模で持続的な変化が確実で●、気候変動の速度に大きく左右される。			
<b>極端現象によるリスク</b>						
熱帯低気圧の強度	規模、時期、分布	カテゴリ 4～5 の暴風雨の増大 **/海面上昇により一層悪化した影響を伴う		熱帯低気圧の強度がさらに強まる **/		
干ばつ	規模、時期	すでに干ばつが増大 * g 中緯度大陸域における干ばつの頻度と強度の増加 ** h		極度の干ばつが陸地の 1%から 30%に増大 (A2 シナリオ) * i 環状モードの極地方向への移動による影響を受けている中緯度地域が深刻な影響を受ける ** j		

表 TS.8. 選択された主要な脆弱性の表。主要な脆弱性は、適応能力が最も高い社会システムに関連するものから、適応能力が最も低い可能性が高い生物物理学的システムに関連するものまで及び。極端現象から生ずる主要な脆弱性に対する適応能力は、影響を受けるシステム（大半が社会経済システム）に関係する。入手可能な場合には、世界平均気温 (GMT) のより大きい上昇によって、影響がどのように変化するかについての情報が示されている。GMTの上昇はすべて1990年頃との比較である。大半の影響は、気候、気象や海面水位の変化の結果であり、気温の変化のみの結果ではない。多くの場合、気候変動の影響は、その他の既存の、またおそらくは増大しているストレスに上乗せされる、周辺の、又は相乗的なものである。主要な脆弱性の基準はTS 5.3節に示してある。詳細については、第19章内の対応する本文を参照されたい。確信度の記号の説明：\*\*\*確信度が非常に高い、\*\*確信度が高い、\*確信度が中程度、●確信度が低い。

左の欄の出典は表 19.1 である。右の欄の出典は表 19.1 及び表 TS.3 と表 TS.4 の中からも引用した。ただし次を例外とする。a: 5.4.2, 5.6; b: 20.6, 20.7; c: 1.3, 11.4.8, 14.2.3, 15.4.5; d: 3.4, 6.4, 11.4; e: 19.3.5, 表 19.1; f: 19.3.5, 12.6; g: 1.3.2, 1.3.3, 表 19.1; h: WGI 10.3.6.1; i: WGI AR4 10.3.6.1; j: WGI AR4 10.3.5.6.

19 上昇幅は、モデリングの結果と古気候データの分析の組み合わせである。

## 影響の分布

気候影響の分布が一律でなく、一般に低緯度の低開発地域が最もリスクが高いことについては、現在も確信度が高い。しかし、最近の研究は、気候変動に対する脆弱性は、個々の国内においても大きく異なることを示している。従って、先進国内であっても、かなり脆弱な住民グループもある[19.3.7]。

## 集計的な総影響

気候変動による初期の正味の市場便益は、第3次評価報告書で想定されたよりも、より小規模でより早くピークに達するであろうこと、また、世界平均気温の上昇規模が大きいほど、第3次評価報告書で推定されたよりも大きな損害を生ずるだろう可能性が高いことの証拠がある。気候変動は、沿岸域の洪水リスクの増加、水供給の減少、栄養不良のリスクの増加、気候依存型疾病への曝露リスクの増加を通じて、何億もの人々に悪影響を与えるだろう[19.3.7]。

## 大規模特異事象

第3次評価報告書以降、文献は、グリーンランドと西南極の氷床の部分的又はほぼ完全な融解に関して、適切な閾値についてより具体的に教示している。世界平均気温が1~4°C上昇(1990-2000年比)することで、グリーンランド氷床の、また多分西南極氷床の、少なくとも一部の融解が数世紀から数千年にわたる時間をかけて起き、これが4~6メートルあるいはそれ以上の海面上昇を引き起こすことについて、確信度が中程度である[WGI AR4 6.4, 10.7.4.3, 10.7.4.4; 19.3.5.2]。

## TS.5.4 気候変動と持続可能性に関する展望

**将来の脆弱性は気候変動のみならず、開発経路にも依存する。**

第3次評価報告書以降の重要な前進の1つは、予測された気候変動のみならず、予測された社会経済変化をも考慮して、多様な異なる開発経路に対応する影響研究が完了したことである。その大部分は、SRESシナリオから導かれた人口及び所得レベルの特徴解析に基づいている[2.4]。

これらの研究は、気候変動の予測された影響は、仮定された開発経路により大きく異なる可能性があることを示している。例えば、異なるシナリオの下では、地域の人口、所得及び技術開発に大きな差異が生じる可能性があり、それらはしばしば、気候変動に対する脆弱性のレベルの強い決定因子となる[2.4]。

これを具体的に示すため、図TS.18は、異なる社会経済的開発の仮定の下での、年間で沿岸洪水のリスクにさらされると予測される人数の最近の研究からの推定値を示している。この結果は、影響を受けると予測される人口数は、A2タイプ

の開発シナリオ(比較的低い1人当たり収入と高い人口増加率を特徴とする)の下では、他のSRESシナリオの下での予測よりもきわめて大きいことを示している[表20.6]。この違いは、気候変動の差異によってではなく、主として脆弱性の差異によって説明される[表6.6]。

**気候変動に対する脆弱性は、他のストレスの存在によって一層悪化し得る。**

気候以外のストレスは、回復力を低下させることにより気候変動に対する脆弱性を増大させ、競合する需要への資源配分により適応能力を低下させる可能性がある。例えば、一部のサンゴ礁に対する現在のストレスには、水温上昇や海洋酸性化と並んで、海洋汚染や農業からの化学物質の流出も含まれる。脆弱な地域は、その適応能力のみならず、曝露や感度にも影響する複合的なストレスに直面する。これらのストレスは、例えば、現在の気候災害、貧困と資源への不均等なアクセス、食料不安、経済のグローバル化の傾向、紛争、HIV/AIDSのような疾病の発生などから生じる[7.4, 8.3, 17.3, 20.3]。

気候変動の影響の物理的現れは非常に多様であるため、いくつかの場所では、気候変動そのものが独自の複数のストレスを生じさせ得る[9.4.8]。例えば、降水量の変動が大きいほど、干ばつや豪雨の事象の頻度が高くなることを意味し、一方で、海面上昇は、すでにより頻繁な暴風を経験している地域に沿岸洪水をもたらすかもしれない。このような場合において、気候変動に対する総合的な脆弱性は、一つずつ個別に考えた特定の影響に対する脆弱性の合計よりも大きくなる(確信度が非常に高い)[20.7.2]。

**気候変動が、たとえばミレニアム開発目標に向けた長期的な進捗として測られる、持続可能な開発経路を達成する国家の能力を妨げるだろう可能性が非常に高い。**

第3次評価報告書の規範に従い、本報告書は、ブルントラント委員会による「持続可能な開発」の定義、すなわち「将来世代のニーズを満たす能力を損なうことなく、現在のニーズを満たす開発」を採用した。次の半世紀のうちに、気候変動が、

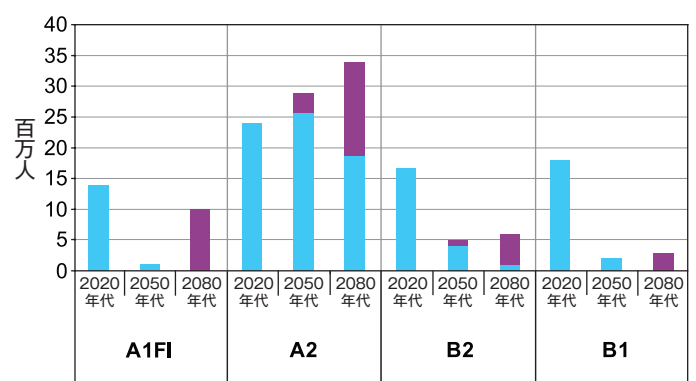


図 TS.18. 2080年代に沿岸洪水のリスクにさらされる地球全体での年間人数(百万人)の推定を示す最近の研究結果。青棒：海面上昇なしにリスクにさらされる人数 紫棒：海面上昇がある場合にリスクにさらされる人数[表6.6]

特に今世紀半ばまでのミレニアム開発目標の達成に向けた進捗で測られる、持続可能な開発をより困難にするだろう可能性が非常に高い。気候変動は、特にアフリカや、アジアの一部において、2050年までの貧困の削減、別の言い方で言えば、衡平性の向上によって測られる目標を達成するための国家の能力を削ぐだろう(確信度が非常に高い)[20.7.1]。

気候関連の極端現象が経済開発を深刻に妨げた事例はあるが、人為起源の気候変動それ自体が、2015年ミレニアム開発目標を達成しようとするほとんどの国に対して、重要でかつ付加的な障壁となるだろうことは、可能性が非常に低い。より直接の影響を有する、他の多くの障壁が立ちはだかっている[20.7.1]。

持続可能な開発は、適応の促進、適応能力の強化、回復力の増大によって、気候変動に対する脆弱性を低減することができる(確信度が非常に高い)[20.3.3]。その一方で、気候変動が、悪影響に対する曝露の増大を通じて直接的に、又は適応能力の低減を通じて間接的に、持続可能な開発へ向けた進捗速度を鈍らせ得る可能性が非常に高い。この点は、持続可能な開発との関連を論じている本報告書の分野別及び地域別の項で明確に論証されている[第3章から第8章の各章7節、及び20.3, 20.7参照]。現時点では、気候変動の影響への適応や適応能力の向上を明示的に組み入れている持続可能性の促進計画は、ほとんどない[20.3]。

**持続可能な開発は気候変動に対する脆弱性を低減することができる。**

気候変動の影響に対処する努力と、持続可能な開発を促進する試みは、次のような目標と決定要因を共有する:資源(情報と技術を含む)へのアクセス、資源分配における衡平性、人的資本・社会資本の蓄積、リスク分担の仕組みへのアクセス、不確実性に対処するための意思決定支援メカニズムの能力。とはいえ、いくつかの開発活動は、気候関連の脆弱性を一層悪化させる(確信度が非常に高い)。

開発コミュニティに気候変動問題を持ち込み、気候変動コミュニティに重大な開発問題を持ち込むことで、多大な相乗作用が生まれる可能性が非常に高い[20.3.3, 20.8.2, 20.8.3]。評価・査定・行動における効果的なコミュニケーションは、参加型評価とガバナンスの両方において、また共同学習イニシアティブにおける有意義な分野の特定において、重要なツールとなる可能性が高い[20.3.3, 20.8.2, 20.8.3]。こうした相乗作用にもかかわらず、これまで、持続可能性の推進に関する議論で、気候影響への適応、災害リスクの低減、及び/又は適応能力の向上が明示的に含められたことは、ほとんどない[20.4, 20.5, 20.8.3]。開発促進と環境の質の改善に関する議論も、気候影響への適応、及び/又は適応能力の促進が明示的に含められたことはほとんどない[20.8.3]。地方、国、地域、及び/又は地球規模のレベルで気候変動が深刻な問題であると認識している、研究者や開発の実務者のほとんどが、専ら緩和のみに注目している[20.4, 20.8.3]。

適応策と緩和策の相乗作用は今世紀半ばを通じて有効であろうが、積極的な緩和と適応能力への多大な投資の組み合わせであっても、可能性が高い開発シナリオに沿えば、今世紀末までに圧倒され得る。

表TS.3と表TS.4は、1980～1999年期からの気温上昇に対する主要な分野への主要な世界的影響を追っている。何が「危険な」気候変動であるかについてのいかなる主観的判断を伴う温度閾値も、最も厳格な緩和策による介入以外には何ものによっても回避が保証され得ないことは、確信度が非常に高い。

図TS.19に示されるように、有効な温室効果ガス濃度を、たとえば550ppmに抑えるための地球規模の緩和努力は、気候感度が高いか低いかによらず、また、とりわけ、強化された適応を伴う場合、今世紀半ばを通じて開発途上国に著しく便益をもたらす可能性が高い。先進国もまた、とりわけ気候感度が高い場合に、また、すでに脆弱性の兆候を示している分野や地域において、適応策と緩和策による介入ポートフォリオから多大な便益を得る可能性が高いだろう。たとえ積極的な緩和が、大幅に強化した適応能力と合わせて実施されたとしても、気候変動は、2100年までに地球全体にわたって多大な脆弱性をもたらす可能性が高いだろう[20.7.3]。

## TS.6 知識の進展と将来的な研究の二一ス

### TS.6.1 知識の進展

IPCC第3次評価報告書以降、次のような主な知識の進展があった:

- AIACCプロジェクト(多地域・多分野における気候変動の影響・適応評価プログラム)などの研究を通じた、気候変動が開発途上地域に及ぼす影響についての知識の範囲の大幅な改善。ただし、ラテンアメリカとアフリカでは更なる調査が必要である[9.ES, 10.ES, 13.ES]。
- 気候変動への適応に関する研究の増加。それに伴って、現行の慣行、適応能力、適応の選択肢、障壁、限界についての理解が改善した[17.ES]。
- 観測された影響についてのモニタリングの大幅な増加。それによって、気候変動が多くの自然システムに識別し得る影響を及ぼしていると認識した[1.ES, 図1.1]。
- IPCCデータ配信センター等の機関を通じた集中的なデータ提供により促進された、影響研究を支える将来の気候変動シナリオのある程度の標準化。それによって、分野間、地域間の比較が可能になった[2.2.2]。
- 地球温暖化のさまざまなレベルでの被害と、地球温暖化とさまざまなCO<sub>2</sub>安定化レベルの蓋然性との関連に関する理解の改善。その結果、被害とCO<sub>2</sub>安定化シナリオとの関連について、より理解が進んだ[20.7.2, 表20.8, 表20.9]。

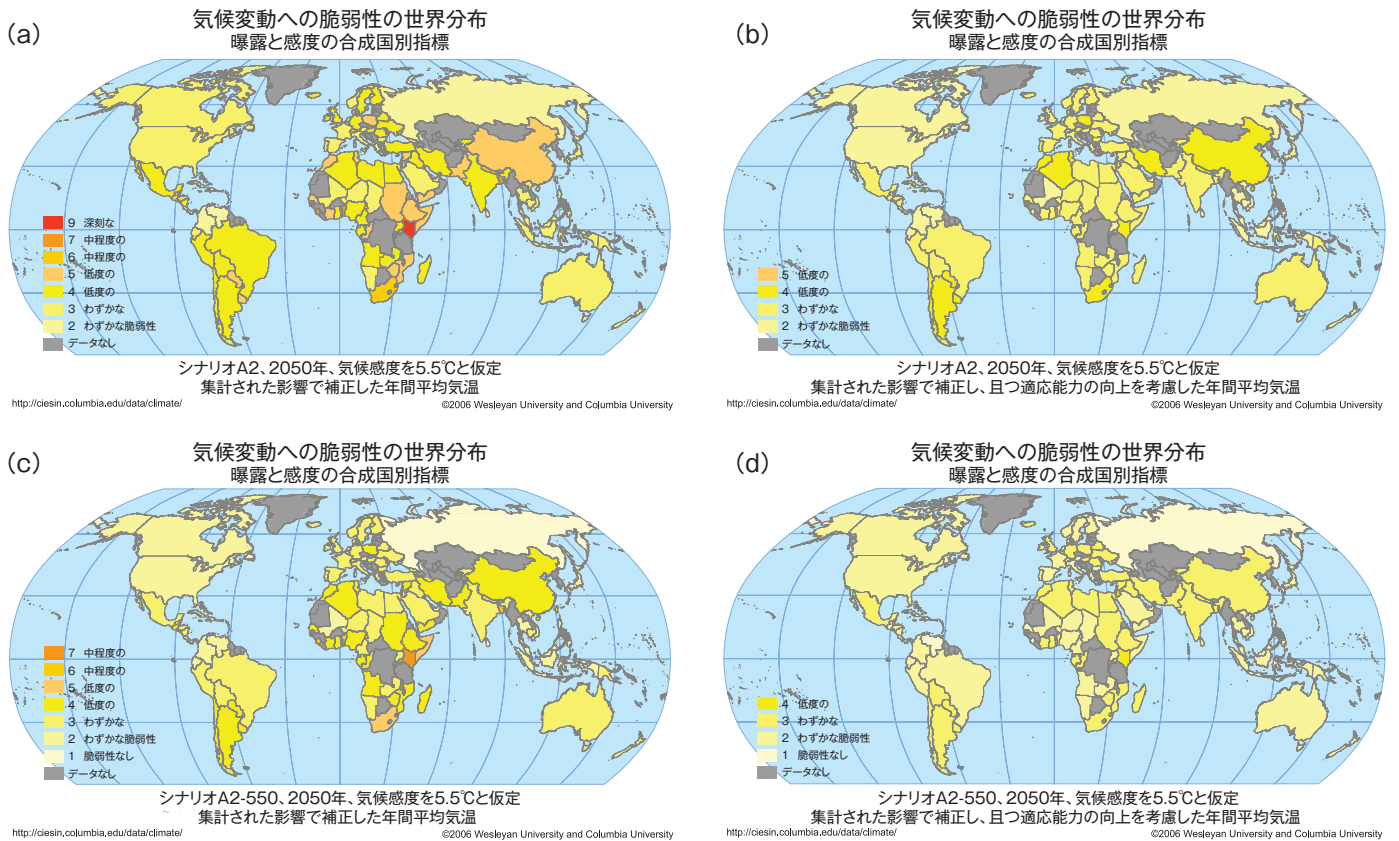


図 TS.19. 5.5℃の気候感度を仮定したSRES A2排出シナリオに沿った、緩和の有無による2050年における脆弱性の地理的分布。(a)現在の適応能力が変わらない場合の脆弱性。(b)世界中で適応能力が向上した場合の脆弱性。(c)大気中の温室効果ガス実効濃度を550ppmに抑えるよう計画した緩和の地理的影響。(d)濃度を同様に550ppmvに抑えた緩和と、適応能力の向上が組合さった補完的效果の様子 [図20.6]。

- しかしながら、次の点に関しては、ほとんど進展がなかった：
- ・ 社会、ガバナンス、技術、経済開発など、世界が将来どのように進化するかについての異なる仮定の下での影響
  - ・ 影響と対応（適応と緩和）の双方についての気候変動のコスト
  - ・ 閾値と限界点への近接度
  - ・ 気候変動とその他の人為的環境変化との相互作用に起因する影響

## TS6.2 将来的な研究の必要性

### 将来の開発経路についての異なる仮定の下での影響

将来の気候変動に関する第4次評価報告書での研究の大部分は、SRESシナリオ、特にA2、B2群を用いた少数の研究に基づいている[2.3.1]。このことは、将来おこりうる幅とその影響について、限られた対象について特徴解析を可能にしたが、不完全さが残る[中心となるすべての章の主要な将来影響に関する第4節を参照]。

シナリオには以下のことが要求される：

- ・ 社会、ガバナンス、技術、経済が将来どのように発展するかについての、異なった、幅広い仮定に基づき、世界の将来の進化を描写すること
- ・ 影響分析に適した地域的・局地的規模のものであること
- ・ 気候変動の影響推定に適応を組み込めること
- ・ 北大西洋深層循環の崩壊や氷床の融解による大幅な海面上昇など、急激な気候変動に対応すること [6.8]
- ・ 2100年以降に対応すること（特に海面上昇について） [6.8, 11.8.1]。

気候モデル作成者は、ますます、各開発経路についての不確実性範囲の特徴解析を可能にするモデルアンサンブルを動かしている。ゆえに、影響分析者は、将来の可能性のある範囲のごく一部を把握するだけでも、非常に大量のデータに直面する。これらの大量のデータを管理するツールと技術が緊急に必要とされている [2.3, 2.4]。

### 排出削減の異なるレベルによって回避される被害

排出の削減又は安定化によって回避される被害や遅延される影響についての研究は、政策決定者にとって非常に重要な課題であるにもかかわらず、ほとんど行われていない。実施

されたわずかな研究は、本報告書の第20章でレビューされており[20.6.2]、排出の緩和によって達成され得る被害の大幅な削減を明確に示している[表20.4]。既存の調査は、地球規模に重きを置いており、地域レベル、さらには局所的規模に分けられた研究が緊急に必要である。

### 気候科学関連研究の必要性

最も重要な必要条件と特定されている二つは、気候変動科学の研究に関連するが、これらは、明らかに、影響、適応、脆弱性の研究の障害になると確認されている。

- ・ 1点目は、気候変動による、可能性が高い将来の影響についての我々の理解が、将来の変化の性質に関する知識の不足、特に地域規模での変化、また特に降水変化とそれによる水資源への水文学的帰結、及び極端現象の変化に関する知識の不足によって妨げられていることであり、これは必要とされる空間規模での既存の気候モデルが不十分であることも一因である[表2.5, 3.3.1, 3.4.1, 4.3]。
- ・ 2点目は、急激な気候変動に関連している。政策決定者は、北大西洋深層循環の崩壊などの事象による影響の理解を必要としている。しかし、このような事象の影響が地域規模でどのように発現する可能性が高いかをよりよく理解しなければ、影響評価を実施することは不可能である[6.8, 7.6, 8.8, 10.8.3]。

### 観測、モニタリング、原因特定

人為システム、非人為システム、及び人間活動に対して、気候変動が及ぼす観測された影響を評価するには、広い地域での、長期にわたる野外研究が必要である。これによって、どこで、いつ影響が検知できるようになるか、ホットスポットはどこにあるか、なぜある地域は他の地域よりも脆弱なのか、についての理解が改善されるであろう。原因の完全な理解のため、また現在の傾向が気候変動を原因とするのかを明確にするためには、質の高い観測が不可欠である[1.4.3, 4.8]。

深刻な閾値(急激な気候変動の閾値など)に近づく速度を、適時にモニタリングすることが必要である[6.8, 10.8.4]。

### 複数のストレス、閾値、脆弱な人々と土地

気候変動の影響は、それが、たとえばグローバル化、貧困、貧弱なガバナンス、低平な沿岸域の居住などの影響から生じる複数のストレスの状況で起きる場合に、最も大きな被害を

与えることが、第4次評価報告書で明確になった。どの人々、どの土地が、気候変動の負の面によって不相応に影響を受けると予想されるかの理解に向けて、大きな進展があった。どのような特徴が脆弱性を増大させるか、どのような特徴が人々や土地の適応能力を強化するか、どのような特徴が物理・生物・人間システムを、気候やその他のストレスへの曝露の結果として、不可逆的变化にしむけるのかを、理解することが重要である[7.1, B7.4, 9.1, 9.ES]。不可逆的变化のリスクを最小限に抑えるには、システムをどのように管理することができるだろうか。現在我々は、アマゾンの熱帯雨林などの自然生態系に関する限界点/閾値にどの程度近づいているのだろうか。その限界点に達したら、どのような正のフィードバックが現れるのだろうか。

### 気候変動、適応、持続可能な開発

第4次評価報告書は、適応能力と持続可能な開発の間に相乗作用があること、また、持続可能な開発経路を辿る社会は、気候変動の影響に対してより回復力がある可能性が高いことを認識した。この相乗作用に寄与する要因や、適応能力を高める政策がどのように持続可能な開発を強化できるか、またその逆に、持続可能な開発を高める政策がどのように適応能力を強化できるかを決定するには、さらなる研究が必要である[20.9]。

適応をさらに理解するには、実行を通して学ぶアプローチが必要である可能性が高く、このアプローチでは実践的経験の蓄積によって知識の土台が強化される。

### 影響と対応(適応と緩和)の両方についての気候変動のコスト

- ・ 気候変動の影響のコストに関する文献で、評価のために使えるものはわずかしかなかった[5.6, 6.5.3, 7.5]。議論は、影響をどのように測定するか、また、比較可能性を保証するにはどの測定基準を用いるべきか、に関する話題をいまだ巡っている[2.2.3, 19.3.2.3, 20.9]。
- ・ 適応のコストと便益に関する文献は、限られており、また断片的である[17.2.3]。それは海面上昇と農業に集中しており、エネルギー需要、水資源、運輸についての評価はより限られている。また、米国と他のOECD諸国に力点があり、開発途上国に関する研究はごくわずかである[17.2.3]。

気候変動の影響と適応の相対的コストをよりよく理解することにより、政策決定者は、適応政策実施のための最適な戦略、特にその量と時期を検討することができる[17.2.3.1]。