

# IPCC 第 4 次評価報告書第 1 作業部会報告書

## 政策決定者向け要約

### 注意

この資料は、IPCC 第 4 次評価報告書第 1 作業部会報告書政策決定者向け要約 (SPM) を、気象庁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 SPM :

[http://www.ipcc.ch/SPM2feb07\\_new.pdf](http://www.ipcc.ch/SPM2feb07_new.pdf)

をもとにしている。

本資料は、気象庁による翻訳の暫定版である。今後、専門家の査読を経て訳語が修正されることがある。

翻訳 気象庁

(暫定版)

平成 19 年 2 月 9 日

## 序

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第1作業部会による第4次評価報告書は、人為起源及び自然起源の気候変化<sup>1</sup>の駆動要因、観測された気候変化、気候の諸過程と原因特定及び将来の気候変化予測の推定範囲についての現在の科学的理解を記述している。本報告書は、IPCCの過去の評価報告書を踏まえた上で、過去6年間の調査研究から得られた新たな知見を取り込んでいる。第3次評価報告書以降の科学的進歩は、新しく、より包括的な多くのデータ、より洗練されたデータの解析、諸過程の理解とそのモデルによるシミュレーションの改良、不確実性の範囲についてのより広範な研究に基づいている。

この政策決定者向け要約（SPM）の各段落の内容の根拠となる本文の節を中括弧で示す。

## 気候変化の人為起源及び自然起源の駆動要因

大気中における温室効果ガスとエアロゾルの量の変化や、太陽放射や地表面特性の変化は、気候システムのエネルギーバランスを変化させる。これらの変化は、放射強制力<sup>2</sup>として表現され、人為起源及び自然起源の要素が地球の気候に引き起こす、広範な温暖化あるいは寒冷化の影響を比較するために用いられる。第3次評価報告書以降の、温室効果ガス、太陽活動、地表面特性及びエアロゾルのいくつかの特性に関する新しい観測と関連するモデリングが、放射強制力の量的な推定の改善につながった。

世界の二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素の大気中濃度は、1750年以降の人間活動の結果、大きく増加してきており、氷床コアから決定された、工業化以前何千年にもわたる期間の値をはるかに超えている（図 SPM-1 参照）。世界的な二酸化炭素濃度の増加は、第一に化石燃料の使用及び土地利用の変化に起因する一方、メタンと一酸化二窒素については、農業による排出が主な要因である。{2.3、6.4、7.3}

- ・ 二酸化炭素は最も重要な人為起源の温室効果ガスである（図 SPM-2 参照）。二酸化炭素の

<sup>1</sup> IPCC が用いている「気候変化（climate change）」は、自然の変動または人間活動の結果のどちらによるものであろうと、すべての気候の時間的変化を指している。これは、気候変動枠組条約における用法と異なっている。条約で用いられる「気候変化」は、地球の大気の組成を変化させる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、比較可能な期間において観測される気候の自然な変動に対して追加的に生じるものをいう。【訳注】 climate change は条約の名称にならない「気候変動」と訳される場合が多いが、ここでは variation（変動）と change（変化）を区別するため「気候変化」と訳した。）

<sup>2</sup> 「放射強制力」は、ある因子が持つ、地球-大気システムに出入りするエネルギーのバランスを変化させる影響力の尺度であり、潜在的な気候変動メカニズムとしてのその因子の重要性の指標である。正の放射強制力には地表面を昇温させる傾向が、負の放射強制力には地表面を降温させる傾向がある。この報告書では、放射強制力の値は工業化以前の状態（1750年）に対しての2005年の変化であり、ワット毎平方メートル（W/m<sup>2</sup>）を単位とする。さらなる詳細については用語集及び2.2節を参照のこと。【訳注】別紙1参照

世界的な大気中濃度は、工業化以前の約 280ppm から 2005 年には 379ppm<sup>3</sup>に増加した。2005 年における大気中二酸化炭素濃度は、氷床コアから決定された、過去約 65 万年間の自然変動の範囲（180～300ppm）をはるかに上回っている。二酸化炭素濃度の増加率は、年ごとの変化が大きいものの、最近 10 年間の上昇率（1995～2005 年平均：年当たり 1.9ppm）は、連続的な大気の詳細観測を開始して以来の値（1960～2005 年平均：年当たり 1.4ppm）と比べて大きい。{2.3、7.3}

## 氷床コア観測と現代の観測による温室効果ガスの変化

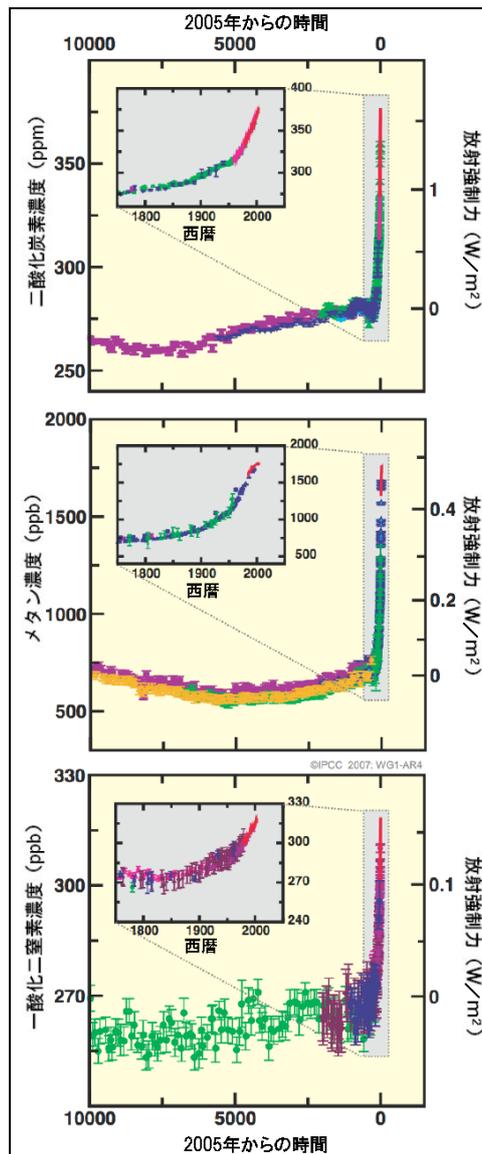


図 SPM-1：過去 10,000 年（大きい図）及び 1750 年以降（挿入された図）の二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素の大気中濃度。測定値は氷床コア（異なる色の印は異なる研究を示す）と大気中のサンプル（線）によるもの。大きいパネルの右軸は対応する放射強制力。{図 6.4}

<sup>3</sup> ppm(100万分の1)もしくはppb(10億分の1)は、乾燥空気中の全分子数に占める温室効果ガスの分子数の割合。例えば、300ppmは、100万個の乾燥空気分子のうち、温室効果ガスが300個あることを意味している。

- ・ 工業化以後における大気中の二酸化炭素濃度上昇の主要な原因は化石燃料の使用であり、土地利用の変化も重要ではあるがその影響は小さい。化石起源の二酸化炭素の年間排出量<sup>4</sup>は、1990年代の年当たり 6.4 [6.0~6.8] GtC<sup>5</sup> (23.5 [22.0~25.0] GtCO<sub>2</sub>) から、2000~2005年には、年当たり 7.2[6.9~7.5]GtC(26.4[25.3~27.5]GtCO<sub>2</sub>)に増加した(2004、2005年のデータは暫定値)。土地利用の変化に関連する、1990年代の二酸化炭素の平均排出量は、年当たり 1.6[0.5~2.7]GtC (5.9 [1.8~9.9] GtCO<sub>2</sub>) と推定されるものの、この推定には大きな不確実性を伴う。{7.3}
- ・ 世界的な大気中のメタン濃度は、工業化以前の約 715ppb から、1990年代のはじめには 1732ppb に増加し、2005年には 1774ppb となった。2005年における大気中メタン濃度は、氷床コアから決定された、過去 65 万年の自然変動の範囲(320~790ppb)をはるかに上回っている。メタン濃度の増加率は 1990年代のはじめ以降鈍化した。これは、この期間の総排出量(人為起源及び自然起源の排出量の合計)がほぼ一定であったことと整合している。観測されたメタンの増加は主として農業や化石燃料の使用といった人間活動による可能性がかなり高い<sup>6</sup>が、さまざまな排出源の相対的な寄与についてはよくわかっていない。{2.3、7.4}
- ・ 世界的な大気中の一酸化二窒素濃度は、工業化以前の値である約 270ppb から、2005年には 319ppb に増加した。一酸化二窒素の増加率は 1980年以降ほぼ一定である。一酸化二窒素の総排出量の 3分の1以上は人為起源であり、主として農業からの排出による。{2.3、7.4}

第3次評価報告書以降、人為起源の温暖化や寒冷化が気候に及ぼす影響についての理解は向上した。その結果、1750年以降の人間活動は、世界平均すると温暖化の効果を持ち、その放射強制力は+1.6[+0.6~2.4]Wm<sup>-2</sup>であるとの結論の信頼性はかなり高い<sup>7</sup>(図 SPM-2) {2.3、6.5、2.9}。

- ・ 二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の増加による複合的な放射強制力は+2.30 [+2.07~

<sup>4</sup> 化石(Fossil)起源の二酸化炭素の排出には、化石燃料の生産、流通、消費及びセメント生産の副産物として排出される二酸化炭素を含む。排出量 1GtC (【訳注】:炭素換算 10億トン)は、3.67GtCO<sub>2</sub> (二酸化炭素換算 36.7億トン)に相当する。

<sup>5</sup> 一般的に、この政策決定者向け要約で示された、成果の不確実性の範囲は、特に述べない限り 90%の信頼区間である。つまり、値が角括弧の中で与えられた範囲を上回る可能性と値がその範囲未満となる可能性がそれぞれ 5%ある。可能であれば、最良の評価が示される。信頼区間の幅は、対応する最良の評価に対して必ずしも対称とは限らない。第3次評価報告書第1作業部会報告書における不確実性の範囲は、しばしば専門家の判断に基づき、標準偏差の 2 倍 (95%) に対応することに注意。

<sup>6</sup> この政策決定者向け要約においては、成果または結果の可能性の評価を示すために専門家の判断に基づき、次の用語が用いられる。「ほぼ確実」:発生確率が 99%を超える、「可能性が極めて高い」:発生確率が 95%を超える、「可能性がかなり高い」:発生確率が 90%を超える、「可能性が高い」:発生確率が 66%を超える、「どちらかと言えば」:発生確率が 50%を超える、「可能性が低い」:発生確率が 33%未満、「可能性がかなり低い」:発生確率が 10%未満、「可能性が極めて低い」:発生確率が 5%未満。(詳細は Box TS1.1 を参照)

<sup>7</sup> 本政策決定者向け要約では、基本的な科学の信頼性に対する専門家の判断を示すため、以下の階級を使用している。「信頼性がかなり高い」は 10のうち 9 が正しいことを、「信頼性が高い」は 10のうち 8 が正しいことを示す。(Box TS-1.1 参照)

+2.53] W/m<sup>2</sup>であり、工業化時代における増加率は、過去 10,000 年以上で前例がないものであった可能性がかなり高い (図 SPM-1、SPM-2 参照)。二酸化炭素の放射強制力は、1995～2005 年の間に 20%増加した。これは、少なくとも過去 200 年間のあらゆる 10 年間における最大の変化である。{2.3、6.4}

## 放射強制力をもたらす要素

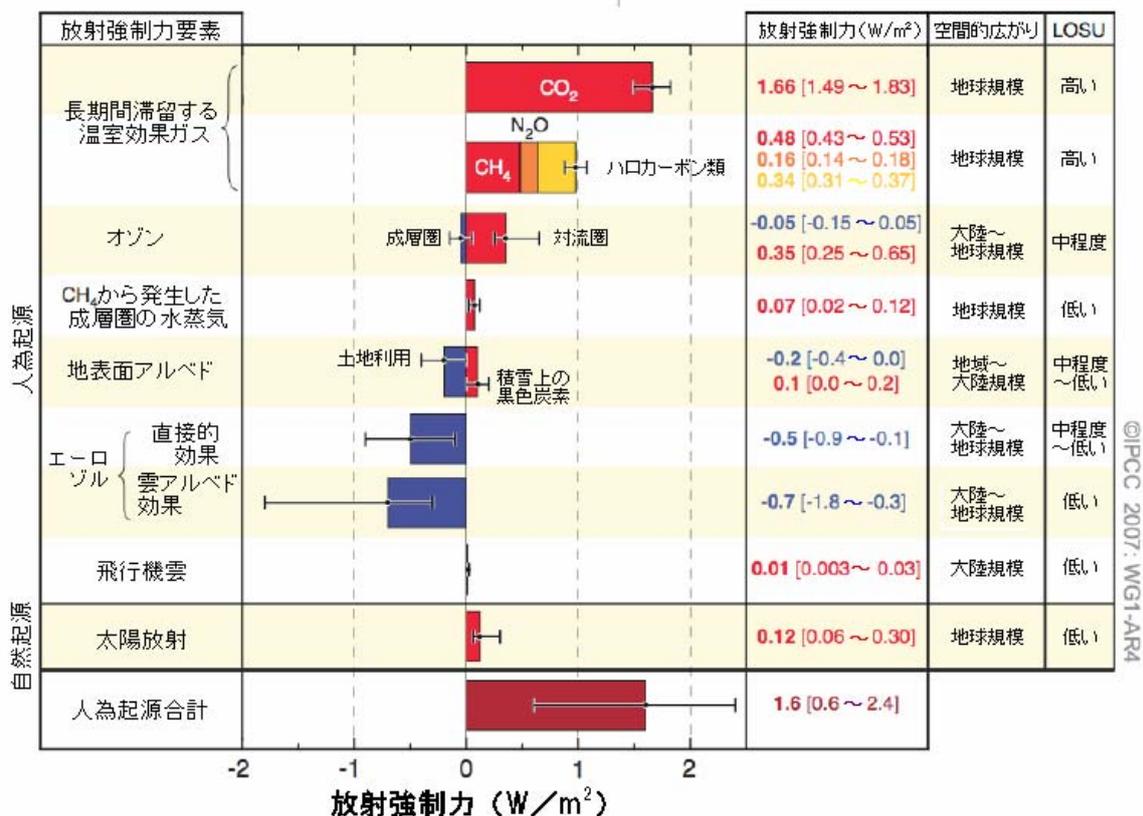


図 SPM-2：人為起源の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、メタン (CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) 並びにその他の重要な要素及びメカニズムの、2005 年時点で世界平均した放射強制力の推定値と推定幅。放射強制力の典型的な地理的範囲 (空間的広がり)、科学的理解 (LOSU) の水準を付記。正味の人為起源の放射強制力及びその推定幅も記載した。このためには、構成要素から非対称的に不確実性を評価する必要があり、単純な合計では求められない。ここに含まれていない、追加的な放射強制力の要素の科学的理解水準は非常に低いと考えられる。火山エアロゾルは、自然起源の放射強制力として付加的に寄与するが、影響が一時的であるためこの図には含まれていない。飛行機雲の推定幅には、航空が雲量に及ぼすその他の影響は含まれていない。 {2.9、図 2.20}

- ・ エアロゾル（主に硫酸塩、有機炭素、黒色炭素、硝酸塩とちり）に対する人為起源の寄与は、直接的な放射強制力 $-0.5$  [ $-0.9\sim-0.1$ ]  $W/m^2$  と間接的な雲のアルベドによる放射強制力 $-0.7$  [ $-1.8\sim-0.3$ ]  $W/m^2$  の寒冷効果を生み出す。現場観測、衛星観測及び地上観測の改善並びに、より包括的なモデル技術によって、これらの放射強制力についての理解は、第3次評価報告書の時点よりさらに改善されているが、これらは依然として放射強制力における顕著な不確実性となっている。エアロゾルは、また、雲の寿命と降水に影響を与える。{2.4、2.9、7.5}
- ・ 放射強制力に対する重要な人為起源の要因は、他にもいくつかある。オゾン生成物質（窒素酸化物、一酸化炭素、炭化水素類）による対流圏オゾンの変化は $+0.35$  [ $+0.25\sim+0.65$ ]  $W/m^2$  の放射強制力として寄与する。ハロカーボン類の変化に伴う直接的な放射強制力は $+0.34$  [ $+0.31\sim+0.37$ ]  $W/m^2$ <sup>8</sup>である。土地被覆の変化や黒色炭素エアロゾルの雪への沈着による地表面のアルベドの変化は、それぞれ、 $-0.2$  [ $-0.4\sim0.0$ ]、 $+0.1$  [ $0.0\sim+0.2$ ]  $W/m^2$  の放射強制力として働く。 $\pm 0.1$   $W/m^2$  未満の項目については、図 SPM-2 に示す。{2.3、2.5、7.2}
- ・ 1750年以降の太陽放射量の変化は、 $+0.12$  [ $+0.06\sim+0.30$ ]  $W/m^2$  の放射強制力を引き起こしたと推定されている。その大きさは第3次評価報告書の見積もりの半分以下である。{2.7}

## 近年の気候変化に関する直接的な観測結果

データセット及びデータ解析結果の改善と増加、観測領域の地理的な拡大、不確実性についての理解の向上、観測内容の拡充を通じて、気候の空間的、時間的な変化についての理解が、第3次評価報告書以降改善してきた。氷河と積雪面積に関しては1960年代以降、海面水位と氷床に関しては、過去約10年間以降、ますます包括的な観測が可能となった。しかしながら、いくつかの地域においては、データが得られる範囲は依然限られている。

気候システムの温暖化には疑う余地がない。このことは、大気や海洋の世界平均温度の上昇、雪氷の広範囲にわたる融解、世界平均海面水位の上昇が観測されていることから今や明白である（図 SPM-3 参照）。{3.2、4.2、5.5}

- ・ 最近12年（1995～2006年）のうちの11年の世界の地上気温<sup>9</sup>は、測器による記録が存在する中（1850年以降）で最も温暖な12年の中に入る。過去100年間（1906～2005）の長

<sup>8</sup> ハロカーボンの放射強制力は、IPCC オゾンと気候に関する特別報告書（【訳注】：ハイドロフルオロカーボン類とパーフルオロカーボン類に関する課題）：2005）において詳細に評価されている。

<sup>9</sup> 陸上における地表付近の気温及び海面水温の平均。

期変化傾向の最新値である 100 年当たり  $0.74 [0.56\sim 0.92]$  °C は、第 3 次評価報告書で示された 1901~2000 年の変化傾向である 100 年当たり  $0.6 [0.4\sim 0.8]$  °C よりも大きい。最近 50 年間の線形の昇温傾向（10 年当たり  $0.13 [0.10\sim 0.16]$  °C）は、過去 100 年の傾向のほぼ 2 倍である。2001~2005 年の期間における、1850~1899 年の期間からの合計の昇温量は、 $0.76 [0.57\sim 0.95]$  °C である。都市のヒートアイランド現象による効果は、実際にあるものの局地的であり、これらの値に与える影響は無視できる（陸上で 10 年あたり  $0.006^{\circ}\text{C}$  未満、海上でゼロ）。{3.2}

## 気温、海面水位及び北半球の雪氷面積の変化

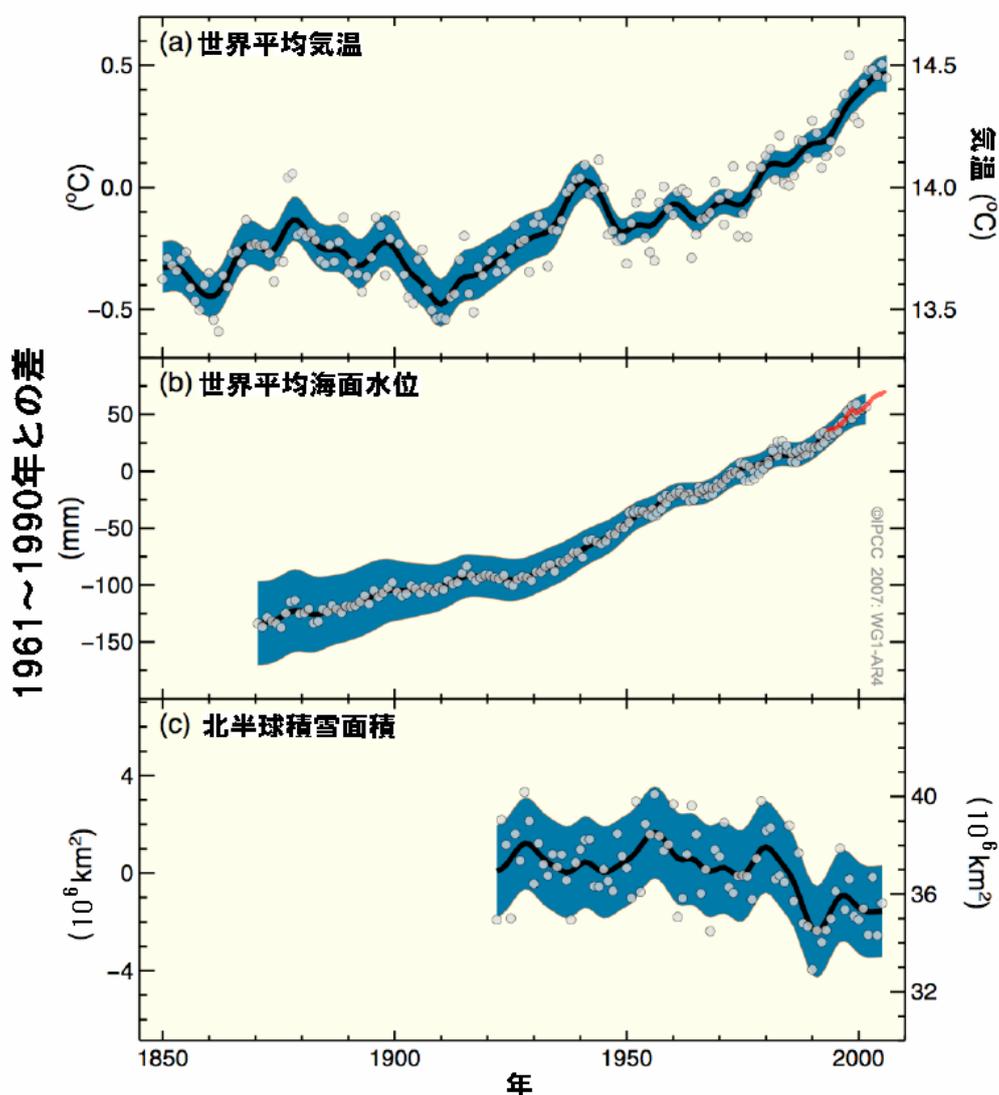


図 SPM-3 : (a) 世界平均地上気温； (b) 潮位計（青）と衛星（赤）データによる世界平均海面水位； (c) 3~4月における北半球の積雪面積、それぞれの観測値の変化。すべての変化は、1961年~1990年の平均からの差である。滑らかな曲線は10年平均値、丸印は各年の値をそれぞれ示す。陰影部は(a、b) 既知の不確実性の包括的な分析から推定された不確実性の幅、(c) 時系列から得られた不確実性の幅。{FAQ3.1 図1、図4.2 及び図5.13}

- ・ 高層気象観測用のラジオゾンデ観測と衛星観測の新たな解析によれば、下部・中部対流圏の気温は、地上気温の記録と同様の昇温傾向を示す。また、両観測の解析結果は不確実性の範囲内で一致し、その結果第3次評価報告書で指摘された不一致が大幅に軽減した。{3.2、3.4}
- ・ 大気中の平均水蒸気量は、陸域及び海洋上並びに上部対流圏で少なくとも1980年代以降上昇している。この水蒸気量の増加は、昇温に伴って空気が保持できる水蒸気量の増分とおおまかには一致している。{3.4}
- ・ 1961年以降の観測によれば、少なくとも水深3000mまでの層の全海洋の平均水温は上昇し、気候システムに加えられた熱の80%を超える部分は海洋が吸収していたことが示される。そのような昇温は海水を膨張させ、海面水位の上昇に寄与している(表SPM-1参照)。  
{5.2、5.5}

表 SPM-1：観測された海面水位の上昇率と様々な要因による寄与の見積もり {5.5、Table 5.3}

海面水位上昇の要因	海面水位の上昇率(mm/年)	
	1961～2003	1993～2003
熱膨張	0.42±0.12	1.6±0.5
氷河と氷帽	0.50±0.18	0.77±0.22
グリーンランド氷床	0.05±0.12	0.21±0.07
南極氷床	0.14±0.41	0.21±0.35
海面水位上昇に寄与する個別要因の合計	1.1±0.5	2.8±0.7
観測された海面水位上昇	1.8±0.5 <sup>a</sup>	3.1±0.7 <sup>a</sup>
<b>差異(観測値から気候の寄与の見積もりの総計を差し引いたもの)</b>	<b>0.7±0.7</b>	<b>0.3±1.0</b>

表の注釈：<sup>a</sup> 1993年以前のデータは潮位計の、1993年以降は衛星高度計の観測による

- ・ 南北両半球において、山岳氷河と積雪面積は平均すると縮小している。氷河と氷帽の広範囲にわたる減少は、海面水位上昇に寄与してきた(氷帽にはグリーンランド及び南極氷床の寄与を含まない)(表SPM-1参照)。  
{4.6、4.7、4.8、5.5}
- ・ 第3次評価報告書以降の新しいデータによると、グリーンランドと南極の氷床の減少が1993～2003年の海面水位の上昇に寄与した可能性がかなり高い(表SPM-1参照)。グリー

ンランドと南極の内陸の氷床を源とする氷河の中には、流出速度が増加したものがあり、氷床内部から氷を流出させている。それに対応する氷床減少量の増加は、しばしば、氷棚の縮小、減少または消失、或いは海上に浮かぶ氷河舌の損失に引き続いて起こった。そのような力学的な氷の減少は、南極の氷の正味減少量の大部分と、グリーンランドの氷の正味減少量のおよそ半分を説明するのに十分な大きさである。グリーンランドにおける氷の減少量の残りの部分は、降雪による蓄積を上回る融解による減少である。{4.6、4.8、5.5}

- ・ 世界平均海面水位は 1961 年から 2003 年にかけて、年平均 1.8 [1.3~2.3] mm の割合で上昇した。1993 年から 2003 年にかけての上昇率はさらに大きく、年当たり 3.1 [2.4~3.8] mm の割合であった。1993 年から 2003 年にかけての海面水位上昇率の増加が 10 年規模の変動なのか、より長期的な上昇傾向の加速なのかは不明である。19 世紀から 20 世紀にかけて観測された海面水位上昇率の値の信頼性は高い。20 世紀を通じた海面水位上昇量は 0.17 [0.12~0.22] m と見積もられる。{5.5}
- ・ 1993~2003 年に気候が及ぼした寄与の総計は、直接観測された海面水位の上昇量と、不確実性の範囲内で一致している (表 SPM-1 参照)。この見積もりは、現在利用可能となった、改良された衛星観測や現場観測のデータに基づいている。1961~2003 年の期間については、気候が及ぼした寄与の総計は、観測された海面水位の上昇よりも小さいと見積もられている。第 3 次評価報告書では、1910~1990 年の期間における同様の不一致が報告されている。{5.5}

大陸、地域及び海盆 (【訳注】ここでは“basin”を、たとえば北太平洋全体のように、陸地で囲まれたひとまとまりの海域という意味で「海盆」と訳す) のスケールで、多くの長期的な気候変化が観測された。そのような変化には、北極の気温や氷の変化、降水量、海洋の塩分、風の分布及び干ばつ・大雨・熱波・熱帯低気圧<sup>10</sup>の強度といった極端な気象現象の現れ方の広範囲な変化が含まれる。{3.2、3.3、3.4、3.5、3.6、5.2}

- ・ 北極の平均気温は、過去 100 年間で世界平均の上昇率のほとんど 2 倍の速さで上昇した。北極の気温には大きな 10 年規模変動があり、1925 年から 1945 年にかけては温暖な期間も観測されている。{3.2}
- ・ 1978 年からの衛星観測によれば、北極の年平均海氷面積は、10 年当たり 2.7 [2.1~3.3] % 縮小した。特に夏季の縮小は 10 年当たり 7.4 [5.0~9.8] % と大きい。これらの値は、第 3 次評価報告書で示されたものと整合している。{4.4}
- ・ 1980 年代以降、北極域の永久凍土の表面温度は全般的に上昇した (最大 3°C)。また、1900 年以降、北半球の地表面が季節的に凍結する領域の最大面積は約 7%減少し、特に春季における減少は 15%に達した。{4.7}

<sup>10</sup> 熱帯低気圧には、ハリケーンと台風を含む。

- ・ 陸域のほとんど<sup>11</sup>において、1900年から2005年にかけての降水量には長期変化傾向が観測された。南北アメリカの東部、ヨーロッパ北部、アジア北部と中部では降水量がかなり増加した。サヘル地域、地中海地域、アフリカ南部や南アジアの一部は乾燥化した。降水現象は空間的、時間的に大きく変動し、データが限られている地域もある。評価を行ったその他の地域<sup>11</sup>では、長期変化傾向は見いだされていない。{3.3、3.9}
- ・ 海水中の塩分が、中・高緯度において減少し、低緯度において増加していることから、洋上の降水量と蒸発量が増加していることが示唆される。{5.2}
- ・ 中緯度の西風は、1960年代以降、両半球において強まってきた。{3.5}
- ・ 1970年代以降、特に熱帯地域や亜熱帯地域では、より厳しく、より長期間の干ばつが観測された地域が拡大した。昇温や降水量の減少に関係した乾燥の強化が干ばつの変化に寄与した。海面水温（SST）と風の分布の変化、雪塊氷原や積雪面積の減少もまた、干ばつと関連付けられる。{3.3}
- ・ 大雨の頻度はほとんどの陸域において増加しており、これは昇温や観測された大気中の水蒸気量の増加と整合している。{3.8、3.9}
- ・ 過去50年間に極端な気温の広範な変化が観測された。寒い日、寒い夜及び霜が降りる日の発生頻度は減少した。一方、暑い日、暑い夜及び熱波の発生頻度は増加した（表SPM-2参照）。{3.8}
- ・ 1970年頃以降、これは熱帯の海面水温の上昇と関連して、北大西洋の強い熱帯低気圧の強度が増してきたことを示す観測事実がある。この他、強い熱帯低気圧の活動度に増加傾向が示唆される地域がいくつかあるが、データの品質にはより大きな懸念がある。数十年周期の変動があることや、1970年頃に開始された定常的衛星観測以前の熱帯低気圧データの品質は、熱帯低気圧の活動度の長期変化傾向の検出を難しいものになっている。熱帯低気圧の年間発生数に明確な傾向はない。{3.8}

気候の側面の中には変化が観測されていないものがある。{3.2、3.8、4.4、5.3}

- ・ 気温の日較差（DTR）の減少傾向が第3次評価報告書で報告されたが、当時利用できたデータの期間は、1950～1993年に過ぎなかった。その後得られた観測データによれば、日中と夜間の気温の昇温量がほぼ等しいため、日較差は1979～2004年まで変化がない。変化傾向には、大きな地域差がある。

<sup>11</sup> 評価された地域は、第3次評価報告書「地域的な予測」及び本報告書第11章で考察されたものである。

- ・ 南極の海水面積には、引き続き年々変動と局地的な変化は見られるものの、統計学的に有意な平均的傾向は見られない。これはこの地域全体で平均すると昇温が認められないことと整合している。{3.2、4.4}
- ・ 海洋の深層循環や、竜巻、ひょう、雷、砂じんあらしといった小規模な現象に、何らかの傾向が存在するかどうかを判断する十分な根拠はない。{3.8、5.3}

表 SPM-2：極端な気象現象のうち 20 世紀後半の観測から変化傾向が見られたものの最近の傾向、その傾向に対する人間活動の影響評価、及び予測 {表 3.7、3.8、9.4、3.8 章、5.5 章、9.7 章、11.2 章-11.9 章}

現象 <sup>a</sup> 及び傾向	20 世紀後半(主に 1960 年以降)に起こった可能性	観測された傾向に対する人間活動の寄与の可能性 <sup>b</sup>	SRES シナリオを用いた 21 世紀の予測に基づく傾向の継続の可能性
ほとんどの陸域で寒い日や夜の減少と昇温	可能性がかなり高い <sup>c</sup>	可能性が高い <sup>d</sup>	ほぼ確実 <sup>d</sup>
ほとんどの陸域で暑い日や夜の頻度の増加と昇温	可能性がかなり高い <sup>e</sup>	可能性が高い(夜) <sup>d</sup>	ほぼ確実 <sup>d</sup>
ほとんどの陸域で継続的な高温/熱波の頻度の増加	可能性が高い	どちらかといえば <sup>f</sup>	可能性がかなり高い
ほとんどの地域で大雨の頻度(もしくは総降水量に占める大雨による降水量の割合)の増加	可能性が高い	どちらかといえば <sup>f</sup>	可能性がかなり高い
干ばつの影響を受ける地域の増加	多くの地域で 1970 年代以降可能性が高い	どちらかといえば	可能性が高い
強い熱帯低気圧の活動度の増加	いくつかの地域で 1970 年代以降可能性が高い	どちらかといえば <sup>f</sup>	可能性が高い
高潮の発生の増加(津波を含まない) <sup>g</sup>	可能性が高い	どちらかといえば <sup>f, h</sup>	可能性が高い <sup>i</sup>

表の注釈

- (a)：定義については、表 3.7 を参照。〔訳注〕別紙 2 参照
- (b)：表 TS-4、囲み TS-3.4 及び表 9.4 を参照。
- (c)：寒い日や夜(最も寒い上位 10%)の頻度の減少
- (d)：各年の最高気温を記録した日/夜の昇温
- (e)：暑い日/夜(最も暑い上位 10%)の頻度の増加
- (f)：人間活動の寄与の大きさは評価されていない。これらの現象に対する原因特定は、正式な研究よりは専門家の判断によるものである
- (g)：高潮の発生は、平均海面水位及び地域的な気象システムに依存する。ここで高潮は、ある観測所において一定の期間に観測された一時間ごとの海面水位のうち、最も高い 1%と定義する。
- (h)：観測された高潮の変化は、平均海面水位の変化によく従っている {5.5、2.6}。人間活動が平均海面水位上昇に寄与している可能性はかなり高い。
- (i)：全てのシナリオにおいて、2100 年における世界の平均海面水位予測値は基準期間の値より高い {10.6}。地域的な気象システムの変化が高潮に及ぼす効果は評価されていない。

## 古気候的な観点

古気候的研究では、数十年から数百万年にわたる時間スケールの過去の気候変化を推測するために、気候学的に敏感な指標の変化を用いる。そのような代替データ（例えば、樹木の年輪の幅）は、局地的な気温や降水等の要素によって影響を受ける可能性があり、また、しばしば通年ではなく特定の季節を反映する。第3次評価報告書以降の研究により、データの増加に伴い、世界のさまざまな地域における、複数の指標から導かれた一貫した振る舞いに関する信頼性が高まっている。しかしながら一般的に、過去に遡るにつれて空間的な観測範囲が次第に小さくなり不確実性は増加する。

古気候に関する情報によって、過去半世紀の温暖な状態が、少なくとも最近 1300 年間に於いて普通ではないとの考察が裏付けられている。極域が、長期間にわたり、現在よりもかなり温暖だった最後の時期（約 125,000 年前）には、極域の氷の減少により 4~6m の海面水位の上昇がもたらされた。{6.4、6.6}

- ・ 20 世紀後半の北半球の平均気温は、過去 500 年間の内のどの 50 年間よりも高かった可能性がかなり高く、少なくとも過去 1300 年間の内で最も高温であった可能性が高い。最近の研究の中には、特に 12~14 世紀、17 世紀、19 世紀の寒冷な期間において、北半球の気温の変動は、第 3 次評価報告書で示唆されたものより大きかったことを示すものがある。20 世紀より前の温暖な期間は、第 3 次評価報告書で示された不確実性の範囲に収まっている。{6.6}
- ・ 最後の間氷期（約 125,000 年前）における世界平均海面水位は、20 世紀に比べて 4~6m 高かった可能性が高い。これは主として、極域の氷の後退によるものである。氷床コアのデータによれば、その期間における極域の平均気温は、地球の公転軌道の違いにより、現在より 3~5°C 高かったことが示されている。グリーンランドの氷床や北極の他の雪氷域の、観測された海面水位上昇への寄与は多くとも 4m 程度である可能性が高い。南極からの寄与もあった可能性がある。{6.4}

## 気候変化の理解と原因特定

本評価報告書では、第 3 次評価報告書以来の研究に基づき、より長期にわたる改善された観測記録、観測範囲の拡大、気候とその変動性に関する多くの側面についてのシミュレーションの改善を考慮している。本報告書ではまた、観測された変化が、外部強制力への応答として予想されたものと量的に一致するか、物理的に妥当なそのほかの説明と不整合かどうかという観点から評価を行う、新たな原因特定研究の成果も考慮している。

20 世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高い<sup>12</sup>。これは、第 3 次評価報告書での「過去 50 年にわたる、観測された昇温のほとんどが温室効果ガス濃度の上昇によるものであった可能性が高い」との結論を進展させるものである。識別可能な人間の影響が、気候の他の側面（海洋の温暖化、大陸規模の平均気温、異常高低温や風の分布）にも及んでいる（図 SPM-4、表 SPM-1 参照）。{9.4、9.5}

- ・ 火山や人為起源のエロゾルによって昇温の一部が相殺されたため、温室効果ガス濃度の上昇のみによる昇温は、観測された昇温を上回る可能性が高い。{2.9、7.5、9.4}
- ・ 雪氷の消失とともに起こった、広範囲にわたる大気と海洋の昇温についての観測結果は、過去 50 年間の世界的な気候変化が、強制力なしで説明できる可能性は極めて低く、それが既知の自然起源の要因のためだけではない可能性がかなり高いという結論を支持している。{4.8、5.2、9.4、9.5、9.7}
- ・ 地上及び大気気温、海洋の上部数百メートルの水温、及び海面水位上昇への寄与に、気候システムの温暖化が検出された。また、原因特定の研究により、これらの変化すべてに対する人為的な寄与が確認された。対流圏の昇温と成層圏の降温の観測されたパターンをもたらした要因は、主に温室効果ガスの増加と成層圏オゾンの破壊の複合的な影響である可能性がかなり高い。{3.2、3.4、9.4、9.5}
- ・ 過去 50 年にわたって、南極大陸を除く各大陸において、大陸平均すると、人為起源の顕著な温暖化が起こった可能性が高い（図 SPM-4 参照）。観測された温暖化の分布（海上よりも陸域の昇温の方が大きい）やその時間的な変化は、人為起源の強制力を取り入れたモデルによってのみ再現される。結合気候モデルが、観測された昇温を六大陸それぞれについて再現できたことから、第 3 次評価報告書よりも気候に人為的影響が及んでいることをより強く示すこととなった。{3.2、9.4}
- ・ 観測された、より小さなスケールの気温変化についての観測結果を信頼性高く再現したり、変化の要因を特定するのはまだ困難である。これらのスケールでは、自然要因の気候変動が比較的大きいため、外部強制力から期待される変化を識別するのが困難となっている。局所的な強制力とフィードバックに含まれる不確実性により、小さなスケールの気温変化の観測結果に対する温室効果ガス増加の寄与の推定が困難になっている。{8.3、9.4}
- ・ 人為起源の強制力は、風のパターン<sup>13</sup>の変化に寄与し、南北両半球の温帯低気圧の進路及び気温のパターンに影響を与えた可能性が高い。しかしながら、北半球における循環の変化

<sup>12</sup> 残っている不確実性は、現在の方法論に基づいて検討されたものである。

<sup>13</sup> 特に、北半球及び南半球の環状モードや北大西洋振動に関連した変化 {3.6、9.5、Box TS.3.1}

は、観測結果の方が、20 世紀における強制力の変化に対応したシミュレーションの結果より大きい。{3.5、3.6、9.5、10.3}

- ・ 最も暑い夜、寒い夜と寒い日の気温は、人為起源の強制力によって上昇した可能性が高い。人為起源の強制力は熱波のリスクをどちらかといえば高めた可能性がある。(表 SPM-2 参照)。{9.4}

## 世界規模及び大陸規模の気温変化

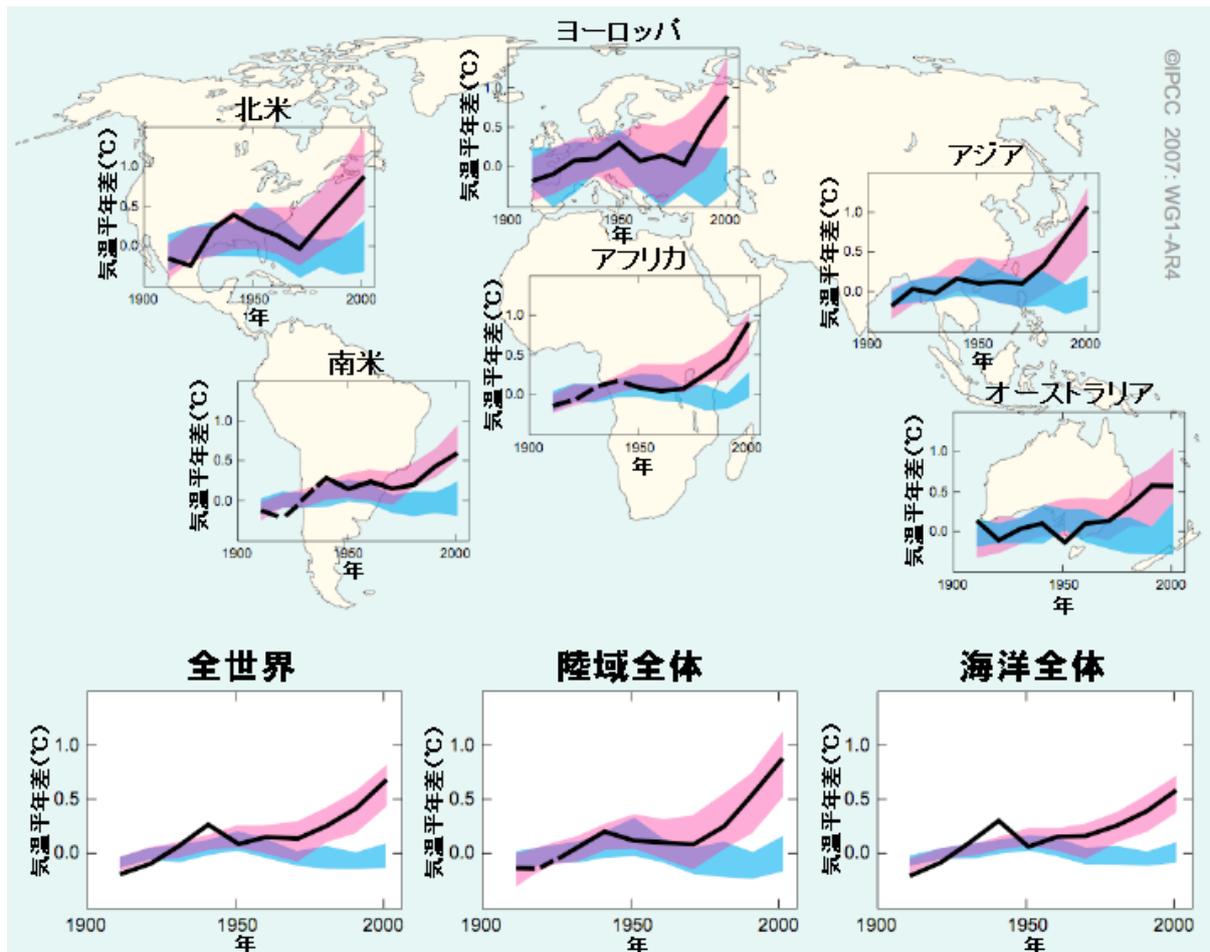


図 SPM-4: 観測された大陸規模及び世界規模の地上気温の変化と自然起源及び人為起源の放射強制力を用いた気候モデルによるシミュレーションの比較。観測された10年平均値は、1906～2005年の期間について示され(黒線)、1901～1950年の平均と比較した各10年ごとの値を年代の中央にプロットしている。観測面積が全体の50%未満の期間は破線で示す。青帯は、太陽活動と火山による自然起源の強制力のみを考慮した5つの気候モデルによる19のシミュレーションの5～95%が含まれる範囲を示す。また、赤帯は、自然起源と人為起源の放射強制力を共に考慮した、14の気候モデルによる58のシミュレーションの5～95%が含まれる範囲を示す。{FAQ9.2、図1}

気候モデルによる解析と観測結果に基づく評価を合わせることで、気候感度の範囲を評価することが初めて可能となり、放射強制力に対する気候システムの応答に関する理解の信頼性が高まっている。{6.6、8.6、9.6.Box10.2}

- ・ 平衡気候感度は、放射強制力を一定に保ったとき、気候システムの応答の尺度である。それは予測でなく、二酸化炭素濃度が倍増したときの世界平均気温の上昇量として定義される。平衡気候感度は、2～4.5℃の範囲（最良の見積りは約3℃）である可能性が高い。この上昇量が1.5℃未満である可能性はかなり低い。またこの値が4.5℃よりかなり高くなる可能性は除外できないが、その場合観測結果はモデルとあまり一致しない。水蒸気の変化は、気候感度に影響する最大のフィードバックであり、現在では、第3次評価報告書の時よりもさらに良く理解されている。一方、雲のフィードバックは依然として最大の不確実要因のままである。{8.6、9.6、Box 10.2}
- ・ 1950年までの少なくとも7世紀間の気候変化が、気候システム内でのみ引き起こされた変動による可能性はかなり低い。それらの期間について再構築された北半球気温の数十年規模の変動の主な要因が、火山噴火と太陽放射量の変化である可能性がかなり高い。また人為起源の強制力が、これらの記録で明らかになった、20世紀初頭の昇温に寄与した可能性が高い。{2.7、2.8、6.6、9.3}

## 将来の気候変化に関する予測

第3次評価報告書と比べた、気候変化予測の評価における大きな進歩のひとつは、様々なモデルによる多くのシミュレーションが利用可能となったことである。これらのシミュレーションと、観測結果から得られた追加的な情報を併用することで、将来の気候変化の多くの側面の起こりやすさを見積る量的な根拠が与えられる。モデルシミュレーションでは、仮想的な排出量や濃度に関する仮定を含む、多様な将来の可能性を取り扱っている。それらの仮定の中には、2000年から2100年を対象としたSRESシナリオ<sup>14</sup>に加えて、2000年もしくは2100年以降、温室効果ガスとエアロゾル濃度を一定に保ったときのモデル実験が含まれている。

SRES 排出シナリオの範囲では、今後20年間に、10年当たり約0.2℃の割合で気温が上昇すると予測される。たとえ、全ての温室効果ガス及びエアロゾルの濃度が2000年の水準で一定に保たれたとしても、10年当たり0.1℃のさらなる昇温が予測されるであろう。{10.3、10.7}

- ・ IPCC 第1次評価報告書（1990）以降、1990～2005年の間に世界平均気温の上昇率は、

<sup>14</sup> SRES は、IPCC「排出シナリオに関する特別報告書」（2000）を指す。SRES シナリオ群及び具体的な事例（追加的な気候変動対策は含まれない）については、本 SPM の最後の囲みに要約する。2100年における、人為起源の温室効果ガスとエアロゾルの影響による放射強制力に相当する二酸化炭素濃度は、B1、A1T、B2、A1B、A2 及び A1FI の各 SRES シナリオでそれぞれ約 600、700、800、850、1250、1550ppm である。B1、A1B、A2 シナリオは、モデルによる相互比較研究の焦点であり、これらの結果の多くは本報告書で評価されている。

10年当たり約0.15～0.3℃の範囲となるとの見通しが示唆されてきた。この値を10年当たり0.2℃という観測結果と比較すると、比較的短い期間の予測に関する信頼性が高まっている {1.2、3.2}。

- ・ モデル実験では、たとえすべての放射強制力の要因が2000年の水準で保持された場合でも、主に海洋の応答が遅いことによって、それ以降の20年間、気温は10年当たり約0.1℃の割合でさらに上昇し続けるだろう。排出がSRESシナリオの範囲であれば、その約2倍(10年当たり0.2℃)の昇温が予想される。モデルによる最良の推定では、人が居住している大陸では、10年平均の昇温は、2030年までは、選択したSRESシナリオによらず、モデルで推定された20世紀の様々な自然変動の少なくとも2倍程度となる可能性がかなり高い {9.4、10.3、10.5、11.2-11.7、図TS-29}。

温室効果ガスの排出が現在以上の割合で増加し続けた場合、21世紀にはさらなる温暖化がもたらされ、世界の気候システムに多くの変化が引き起こされるであろう。その規模は20世紀に観測されたものより大きくなる可能性がかなり高い。{10.3}

- ・ 気候変化のモデリングに見られた進展のため、現在では、それぞれ異なる排出シナリオに対する温暖化予測の、最良の見積もりと可能性が高いと評価される不確実性の範囲を与えることができるようになった。政策に関連する情報の有用性を減じないため、本報告書では、それぞれの排出シナリオに対する結果を明示的に示している。1980～1999年と比較した、21世紀末(2090～2099年)における世界平均地上気温の予測上昇量は表SPM-2で示される。この表では、SRES排出シナリオ(低排出～高排出)ごとの相違及びシナリオの違いに伴う、温暖化予測の不確実性が示されている。{10.5}
- ・ 6つのSRES排出シナリオに対する世界平均地上気温の上昇量について、最良の見積もりと可能性が高い予測幅がこの報告書で与えられており、表SMP-2に示されている。たとえば、最も排出量が少ないシナリオ(B1)に対する上昇量は、1.8℃(可能性が高い予測幅は1.1～2.9℃)と、最も排出量が多いシナリオ(A1FI)では、4.0℃(可能性が高い予測幅は2.4～6.4℃)と評価される。これらの予測は、第3次評価報告書の予測範囲(1.4～5.8℃)とおおむね一致しているが、直接の比較はできない(図SPM-5参照)。第4次評価報告書ではさらに進んでおり、それぞれのシナリオに対して最良の見積もりと可能性が高い予測幅を推定している。可能性が高い予測幅を新たに評価することができたのは、より多くの気候モデルが、より複雑で現実的なものとなったことに加えて、炭素循環フィードバックの性質や観測結果による気候応答の制約に関して新しい情報が得られたことにかかっている。

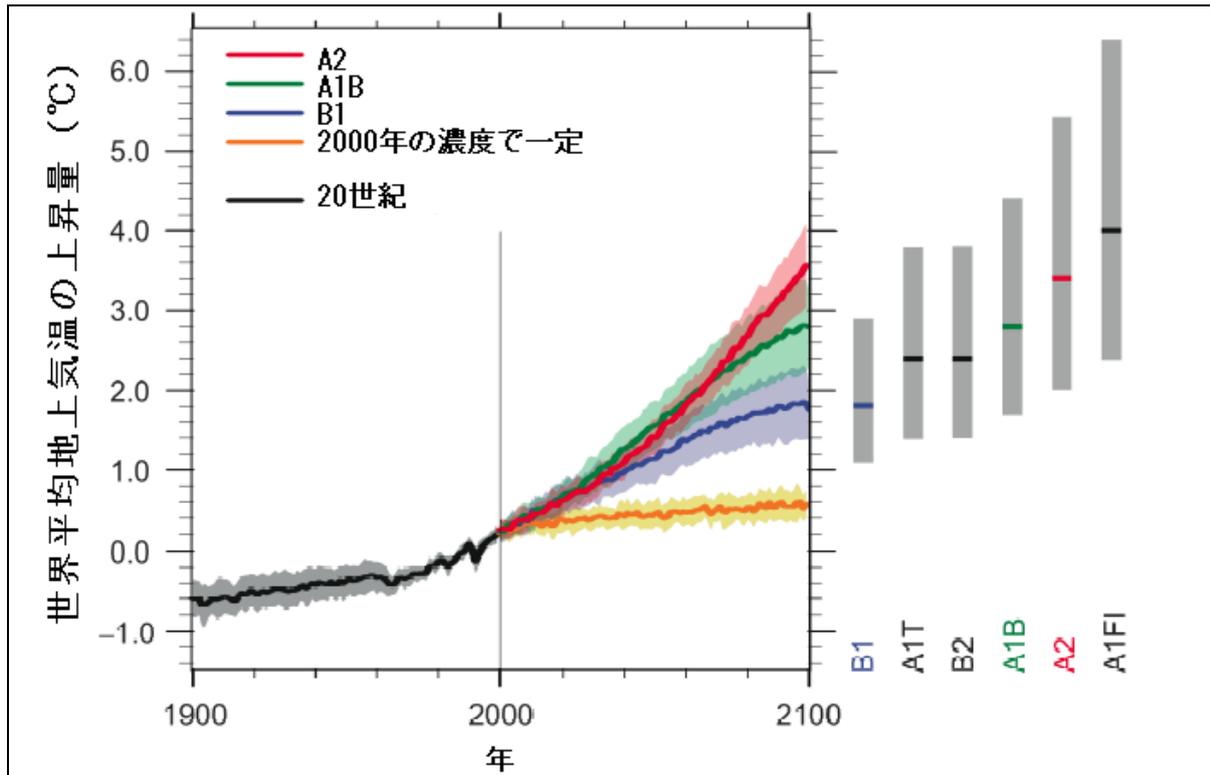


図 SPM-5 : 実線は、A2、A1B、B1 シナリオ及び 20 世紀の状態を継続した場合における複数のモデルによる（1980～1999 年と比較した）地球平均地上気温の昇温を示す。陰影部は、個々のモデルの年平均値の標準偏差の範囲。橙色の線は、2000 年の濃度を一定に保った実験のもの。右側の灰色の帯は、6 つの SRES シナリオにおける最良の見積り（各帯の横線）および可能性が高い予測幅。灰色の帯で示された最良の見積り及び可能性が高い予測幅の推定には、図の左側に示した AOGCM モデル実験に加えて、一連の階層の独立したモデル及び観測結果からの制約から得られた結果を含む。（図 10.4 及び 10.29）

- ・ 温暖化により、大気中の二酸化炭素の陸地と海洋への取り込みが減少するため、人為起源の排出の、大気中への残留分が増加する傾向がある。例えば、A2 シナリオでは、気候-炭素循環のフィードバックにより、2100 年には世界平均気温がさらに 1°C 以上上昇する。気温予測の予測幅の上限は、第 3 次評価報告書における値よりも大きい（表 SPM-3 参照）。これは主に、利用可能なより広範なモデルが、より強い気候-炭素循環のフィードバックを示唆しているためである {7.3、10.5}。

表 SPM-3：様々なモデルケースに対する、21 世紀末における世界平均地上気温の昇温予測及び海面水位上昇予測。{10.5、10.6、表 10.7}

シナリオ	気温変化 (1980-1999 を基準とした 2090-2099 の差 (°C)) <sup>a</sup>		海面水位上昇 (1980-1999 と 2090-2099 の差 (m))
	最良の見積り	可能性が高い 予測幅	モデルによる予測幅 (急速な氷の流れの力学 的な変化を除く)
2000年の濃度 で一定 <sup>b</sup>	0.6	0.3-0.9	資料なし
B1シナリオ	1.8	1.1-2.9	0.18-0.38
A1Tシナリオ	2.4	1.4-3.8	0.20-0.45
B2シナリオ	2.4	1.4-3.8	0.20-0.43
A1Bシナリオ	2.8	1.7-4.4	0.21-0.48
A2シナリオ	3.4	2.0-5.4	0.23-0.51
A1FIシナリオ	4.0	2.4-6.4	0.26-0.59

注釈：

a：これらの推定は、簡易気候モデル、いくつかの EMIC（中程度に複雑な気候モデル）、多数の AOGCM（大気海洋結合モデル）によって評価される。

b：AOGCM のみによる推定

- 21 世紀末（2090～2099 年）における世界平均海面水位の、モデルに基づく上昇予測を表 SPM-3 に示す。表 SPM-3 に示した各シナリオの予測範囲の中央値は、第 3 次評価報告書で示された、2090～2099 年のモデル予測の平均値の 10%以内に収まっている。主に予測に寄与<sup>15</sup>するいくつかの不確実性についての理解が向上したため、第 3 次評価報告書に比べ予測幅が狭まった。
- 現在までに使用されたモデルには、気候-炭素循環のフィードバックの不確実性を含んでおらず、また、公開された文献が不足しているため、氷床流出の変化の効果が全て考慮されているわけではない。本予測には、グリーンランドと南極からの氷の流出（1993～2003 年の観測から得られた流出率）が増加したことの寄与が取り入れられているが、その流出率は、将来増加する可能性も減少する可能性もある。例えば、もしこの寄与が世界平均気温の変化とともに線形に増加するならば、表 SPM-3 に示された SRES シナリオによる海面水位の予測幅の上限は 0.1～0.2m 増加するであろう。この値がより大きくなる可能性は排除できないが、これらの効果についての理解が非常に限られているため、起こりやすさを評価したり、最良の見積りや海面水位の上昇の上限を示すことは不可能である。{10.6}
- 大気中の二酸化炭素濃度の増加に伴い、海洋の酸性化が進行する。SRES シナリオに基づ

<sup>15</sup> 第 3 次評価報告書では 2100 年を対象とした予測を行ったが、本報告書では 2090～2099 年を予測対象としている。もし同じ方法で不確実性を扱っていれば、第 3 次評価報告書の予測幅は、表 SPM-3 と同程度となる。

く予測では、全球平均した海面の pH<sup>16</sup>は、工業化以前の時代から現在までの 0.1 の減少に加え、21 世紀に 0.14~0.35 減少すると予測される。{5.4、Box7.3、10.4}

昇温分布の変化や地域単位の特徴的な変化（風のパターン、降水、一部の極端現象や雪氷現象など）に関する予測の信頼性は高まっている {8.2、8.3、8.4、8.5、9.4、9.5、10.3、11.1}。

## 大気海洋結合モデルによる地上気温の予測

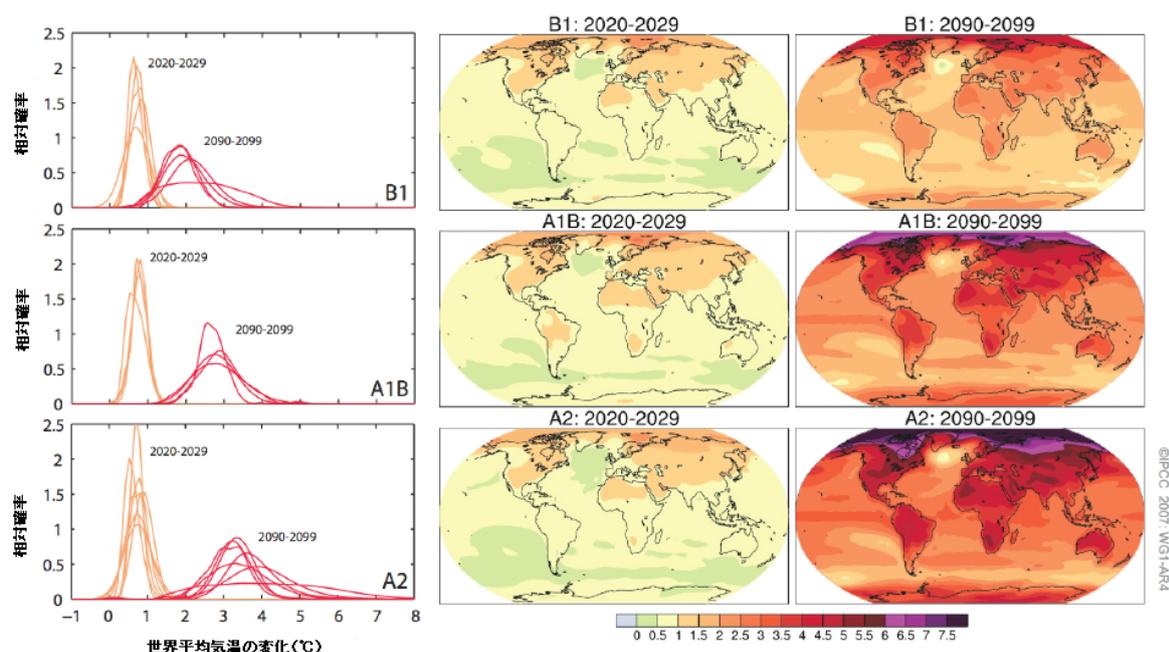


図 SPM-6 : 1980~1999 年を基準とした、21 世紀初頭及び 21 世紀末の世界平均気温の変化の予測。中央と右の図は、複数の大気海洋結合モデル (AOGCM) によって計算された、SRES シナリオ (B1 (上)、A1B (中央)、A2 (下)) での、2020~2029 年 (中央) 及び 2090~2099 年 (右) の予測。左の図は、同じ期間を対象とした複数の AOGCM 及び EMIC の研究により予測された、世界平均気温の上昇量の相対的な確率によって示した不確実性。研究の中には、SRES シナリオの一部、もしくは様々なモデルの多様性の結果のみを示しているものがある。従って、左の図に示した曲線の数の差は、利用できる結果の違いによるに過ぎない。{図 10.8、10.28}

- 予測される 21 世紀の昇温の地理的分布は、ほとんどシナリオには依存せず、過去数十年に観測された分布と類似している。昇温は、陸域とほとんどの北半球高緯度で最大となり、南極海と北大西洋の一部で最小となると予測される (図 SPM-6)。{10.3}
- 積雪面積は縮小することが予測される。また、ほとんどの永久凍土地帯において、広い範囲で融解深度が深くなると予測される。{10.3、10.6}

<sup>16</sup> pH の減少は、溶液の酸性度の増加を示している。詳細については用語集を参照のこと。{(【訳注】別紙 1 参照)}

- ・ 北極域及び南極域の海水は、すべての SRES シナリオにおいて、縮小すると予測される。北極海の晩夏における海水は、21 世紀後半までにはほぼ完全に消滅すると予測もある。{10.3}
- ・ 極端な高温や熱波、大雨の頻度は引き続き増加する可能性がかなり高い。{10.3}
- ・ 広範なモデル予測によれば、熱帯域の海面水温上昇に伴って、将来の熱帯低気圧（台風及びハリケーン）の強度は強まり、最大風速や降水強度は増加する可能性が高い。それと比べて世界的に熱帯低気圧の発生数が減少すると予測については信頼性が低い。1970 年以降、いくつかの地域で非常に強い熱帯低気圧の割合が増加しているように見えるが、この増加は、現在のモデルによる同期間を対象としたシミュレーション結果よりかなり大きい {9.5、10.3、3.8}。
- ・ 温帯低気圧の進路は極方向に移動し、それに伴い、風・降水量・気温の分布も移動すると予測される。これは、過去半世紀の間に観測された傾向の全般的なパターンを引き継ぐものである {3.6、10.3}。
- ・ 第 3 次評価報告書以降、降水の分布予測に対する理解が深まっている。降水量は、高緯度地域では増加する可能性がかなり高く、一方、ほとんどの亜熱帯陸域においては減少する可能性が高い(その大きさは、A1B シナリオによる 2100 年の予測で約 20%程度。図 SPM-7 参照)。これは、観測された分布の最近の変化傾向を継続するものである {3.3、8.3、9.5、10.3、11.2～11.9}。

## 降水分布の変化予測

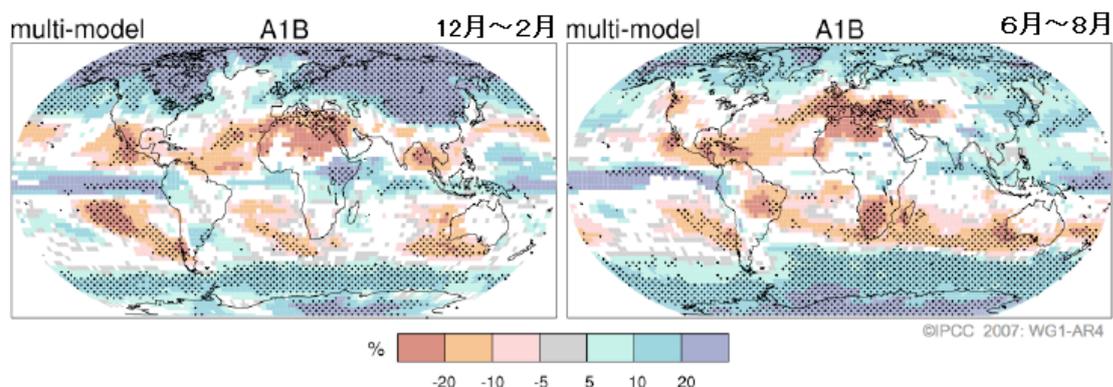


図 SPM-7：2090～2099 年を対象とする降水量変化予測（単位%）（1980～1999 年が基準）。値は、SRES A1B シナリオによる複数モデルの平均で、左図は 12～2 月、右図は 6～8 月。白色の地域は、変化の符号が一致したモデルが 66%に満たない地域、点描している地域は、90%以上のモデルで変化の符号が一致した地域。{図 10.9}

- ・ 現在のモデル予測では、大西洋の深層循環は、21 世紀中に弱まる可能性がかなり高い (SRES A1B シナリオに対する複数モデル予測の平均で、2100 年までに 25%の減少 (0～約 50%の間))。このような変化にもかかわらず、予測される温室効果ガスの増加に伴う昇温の方がはるかに大きいため、大西洋地域の気温は上昇すると予測される。深層循環が 21 世紀中に、大規模かつ急激に変化する可能性はかなり低い。長期にわたる深層循環の変化についての信頼できる予測はできていない {10.3、10.7}。

気候に関する諸過程やフィードバックに関連した時間スケールのため、たとえ温室効果ガス濃度が安定化したとしても、数世紀にわたって人為起源の温暖化や海面水位上昇が続く。{10.4、10.5、10.7}

- ・ 気候と炭素循環が結合することで、気候システムの温暖化につれ、大気中の二酸化炭素が増加することが予測されるが、このフィードバックの大きさは不確実である。このため、大気中の二酸化炭素濃度をある特定の水準に安定化させるために必要な二酸化炭素排出量変化の不確実性が增大する。気候-炭素循環フィードバックに関する現在の理解に基づくモデル研究によれば、二酸化炭素濃度を 450 ppm で安定化させるためには、このフィードバックのため、21 世紀中の総排出量を、平均値である約 670 [630～710] GtC (2460[2310～2600] GtCO<sub>2</sub>) から約 490 [375～600] GtC (1800[1370～2200] GtCO<sub>2</sub>) に削減する必要がある、1000ppm で安定化させるためには、このフィードバックのため、モデルによる平均値である約 1415 [1340～1490] GtC (5190[4910～5460] GtCO<sub>2</sub>) から約 1100 [980～1250] GtC (4030[3590～4580] GtCO<sub>2</sub>) に削減する必要がある。{7.3,10.4}
- ・ たとえ放射強制力を、2100 年時点で B1 シナリオまたは A1B シナリオ<sup>11</sup>の水準で安定化しても、主に 2200 年までに、世界平均気温が約 0.5℃さらに上昇すると予測される{10.7}。
- ・ 仮に、放射強制力を 2100 年時点で A1B シナリオ<sup>11</sup>のレベルに安定化した場合、熱膨張のみで、2300 年までに (1980～1999 年と比較して) 0.3～0.8mの海面上昇がもたらされるであろう。深層への熱の輸送に時間を要するため、熱膨張はその後数世紀にわたって継続するだろう {10.7}。
- ・ グリーンランドの氷床の縮小が続き、2100 年以降の海面水位上昇の要因となると予測される。現在のモデルでは、(工業化以前と比較して) 世界の平均気温が 1.9～4.6℃上昇すると、気温の上昇による氷の質量の減少が、降水による増加を上回り、表面の質量収支が負に転じると予測されると示唆される。質量収支が数千年間負の値であり続ければ、グリーンランド氷床は完全に消滅し、約 7mの海面水位上昇に寄与するだろう。グリーンランドにおける将来の気温は、125,000 年前の最後の間氷期の推定気温に匹敵するが、古気候の記録が示すとおり、この時は極域の雪氷面積の減少と 4～6m の海面水位上昇が起きた。{6.4、10.7}

- 現在のモデルには含まれていないものの、最近の観測結果が示唆する氷河に関係した力学的な過程によって、昇温によって氷床の脆弱性は増加し、将来の海面水位上昇をもたらされる可能性がある。しかし、これらの過程についての理解は限られており、その規模についての一致した見解は得られていない。{4.6、10.7}
- 現在の全球モデルを用いた研究によれば、南極の氷床は十分に低温で、広範囲にわたる表面の融解は起こらず、むしろ降雪が増加するためその質量は増加すると予測される。しかしながら、力学的な氷の流出が氷の質量収支において支配的であるならば、氷床質量が純減する可能性がある。{10.7}
- 過去及び将来の人為起源の二酸化炭素の排出は、このガスの大気からの除去に必要な時間スケールを考慮すると、今後千年以上の昇温と海面水位上昇に寄与するであろう。{7.3、10.3}

排出シナリオに関する特別報告（SRES）の排出シナリオ<sup>17</sup>

A1. A1 の筋書きとシナリオファミリーは、高度経済成長が続き、世界人口が 21 世紀半ばにピークに達した後に減少し、新技術や高効率化技術が急速に導入される未来社会を描いている。主要な基本テーマは、地域間格差の縮小、能力強化（キャパシティービルディング）及び文化・社会交流の進展で、1 人当たり所得の地域間格差は大幅に減少するというものである。A1 シナリオファミリーは、エネルギーシステムにおける技術革新の選択肢の異なる三つのグループに分かれる。この三つの A1 グループは技術的な重点の置き方によって以下のものに区別される。すなわち、化石エネルギー源重視（A1FI）、非化石エネルギー源重視（A1T）、そして全てのエネルギー源のバランス重視（A1B）である。（ここで、バランス重視は、いずれのエネルギー源にも過度に依存しないことと定義され、すべてのエネルギー供給・利用技術の改善度が同じと仮定している）

A2. A2 の筋書きとシナリオファミリーは、非常に多角的な世界を描いている。基本テーマは独立独行と地域の独自性の保持である。出生率の低下が非常に穏やかなため、世界の人口は増加を続ける。地域的経済発展が中心で、1 人当たりの経済成長や技術変化は他の筋書きに比べバラバラで緩やかである。

B1. B1 の筋書きとシナリオファミリーは、地域間格差が縮小した世界を描いている。A1 筋書きと同様に 21 世紀半ばに世界人口がピークに達した後に減少するが、経済構造はサービス及び情報経済に向かって急速に変化し、物質志向は減少し、クリーンで省資源の技術が導入されるというものである。経済、社会及び環境の持続可能性のための世界的な対策に重点が置かれる。この対策には公平性の促進が含まれるが、新たな気候変動対策は実施されない。

B2. B2 の筋書きとシナリオファミリーは、経済、社会及び環境の持続可能性を確保するための地域的対策に重点が置かれる世界を描いている。世界の人口は A2 よりも緩やかな速度で増加を続け、経済発展は中間的なレベルに止まり、B1 と A1 の筋書きよりも緩慢だが、より広範囲な技術変化が起こるというものである。このシナリオも環境保護や社会的公正に向かうものであるが、地域的対策が中心となる。

6 つのシナリオグループの各々について、1 つずつ例示シナリオ A1B、A1FI、A1T、A2、B1、B2 を選んだ。どれも同等の根拠を持っていると考えるべきである。

SRES シナリオは追加的な気候変動対策を含んでいない。すなわち、いずれのシナリオも気候変動枠組条約や京都議定書の削減目標が履行されることを明示的に仮定していない。

<sup>17</sup> IPCC 第 1 作業部会では、排出シナリオの評価は行われていない。この記述は、第 3 次評価報告書からの引用であり、事前にパネルで承認されたものである。

## 脚注で参照されている用語（用語集から抜粋）

### 放射強制力

放射強制力は、気候変動の外的駆動要因（二酸化炭素濃度や太陽放射など）の変化による、対流圏界面における放射強度の正味の変化（下向き放射と上向き放射の差）であり、単位は  $W/m^2$ （ワット毎平方メートル）である。放射強制力は、当初平衡状態にあった対流圏の特性にずれが生じた時、成層圏気温の影響を考慮しつつ、新たな平衡状態に調整するための量として計算される。成層圏温度の変化を考慮しない場合の放射強制力を瞬間的放射強制力と呼ぶ。この報告書では、特に注釈がない場合、放射強制力は 1750 年を基準とし、特に断らなければ世界年平均値に対する変化である。放射強制力を、雲放射強制力（雲が大気の頂上における放射強度に及ぼす影響を表す、よく似ているが別の言葉）と混同しないこと。

### 気候感度

IPCC の報告書では、平衡気候感度（ECS）は、大気中の（相当）二酸化炭素濃度が倍増した場合の、平衡状態における世界年平均気温の変化を指す。通常、計算上の制約のため、気候モデルによって求められる平衡気候感度は、海洋混合層モデルと結合された全球大気気候モデル（GCM）によって評価される。これは、平衡気候感度が主に大気の過程で決まることを反映している。効率的なモデルを使えば、変化する海洋を扱いながら平衡に至る計算を行うことができる。関連する指標として、平衡状態を必要としない実効気候感度がある。実効気候感度は、モデルによって計算された、非平衡状態における時間変化から評価される。それは、ある時点におけるフィードバックの強さの基準であり、過去の強制力の推移や気候の現状により変わり得るものである。気候感度パラメータは、放射強制力の単位変化による、平衡状態における年平均地上気温の変化を指す（単位は  $K/Wm^2$ ）。

気候の漸増応答（TCR）は、全球気候結合モデルを用いて計算した、二酸化炭素濃度倍増時（年 1% の割合で二酸化炭素を増加させた場合は 70 年目）を中心とした 20 年間にわたる世界平均気温の現在からの上昇量である。それは、温室効果ガスの強制力に対する、地上気温の応答の強度と速さの尺度となる。

### pH

pH は、水素イオン ( $H^+$ ) 濃度として与えられる水（または溶液）の酸性度の尺度である。pH は、 $pH = -\log_{10}(H^+)$  と対数表示で表現される。したがって、1 単位の pH の減少は、 $H^+$  濃度すなわち酸性度が 10 倍増加することに対応する。

表 SPM-2 で参照される異常現象の定義（表 3.7 を一部抜粋）

現象	定義
寒い日／夜及び霜の降りた日	気温（日中については最高気温、夜間については最低気温）がある基準値を超えない日数の割合。基準の温度は、降霜日については一定の値をとり、寒い日／夜については平年期間（1961～1990年）の日別気温の10パーセンタイル（補足参照）を基準とする、地域的に異なる値をとる。
暑い日／夜	寒い日／夜を参照。ただし90パーセンタイルを超えることを基準とする。
寒い期間／一時的寒波	寒い日／夜が数日間連続する現象
継続的な高温（熱波）	暑い日／夜が数日間連続する現象
大雨（毎年発生）	降水量がある基準値を超える日の割合（または日降水量）。基準値としては一定の値をとるか、平年期間（1961～1990年）の日別降水量の95パーセンタイルまたは99パーセンタイルを基準とする、地域的に異なる値をとる。
干ばつ（季節／年）	降水が不足していること；もしくはPDSIに基づく（補足参照）
熱帯低気圧（頻度、強度、経路、最大風速、最大降水量）	風速の最大値と構造から決定される、ある基準を超えた熱帯暴風。 ハリケーンは、Saffir-Simpson スケールによって、カテゴリ1から5に分類され、それぞれ、風速が33～42m/s、43～49m/s、50～58m/s、59～69m/s、70m/s以上の低気圧と定義される。NOAA（米国海洋大気庁）のACE（Accumulated Cyclone Energy、ハリケーン累積エネルギー）指数は、特定のハリケーン期における、大西洋の熱帯暴風とハリケーンについて、その強度と継続期間の累計を集計した、季節の熱帯低気圧活動を示す指標である。

## ＜補足＞

- \* パーセンタイル：ある量を小さい順に並べて累積度数をとったときの総数に対する比率を百分位で示した数値。
- \* PDSI：Palmer Drought Severity Index 土壌水分を評価するための、降水量や気温、その場所における利用可能水量を用いて計算される指標。