

地球温暖化による気候変動の概要とそれへの対応策について

国土交通省 国土技術政策総合研究所
気候変動適応研究本部 副本部長 大平一典

1. 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）

「気候変動に関する政府間パネル（IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change）」は、人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）により設立された組織である。IPCCは、議長、副議長、三つの作業部会及び温室効果ガス目録に関するタスクフォースにより構成され（図）、それぞれの任務は以下の通りである。

◆第1作業部会 “The Physical Science Basis”

（気候システム及び気候変化の自然科学的根拠についての評価）

◆第2作業部会 “Impacts, Adaptation and Vulnerability”

（気候変化に対する社会経済及び自然システムの脆弱性、気候変化がもたらす好影響・悪影響、気候変化への適応のオプションについての評価）

◆第3作業部会 “Mitigation of Climate Change”

（温室効果ガスの排出削減など気候変化の緩和のオプションの評価）

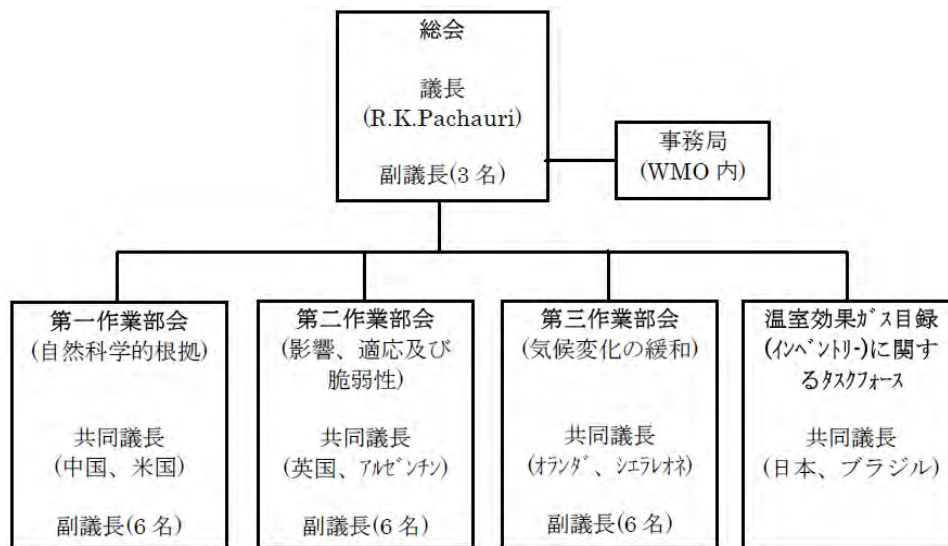


図 IPCCの組織

【部会報告の公表】

- 2007.2.2 第1作業部会政策決定者向け要約(SPM)公表
- 2007.4.6 第2作業部会政策決定者向け要約(SPM)公表
- 2007.5.4 第3作業部会政策決定者向け要約(SPM)公表
- 2007.11.16 統合報告書承認予定

2. 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^{※1)}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。

※1：「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/m²）を単位とする。

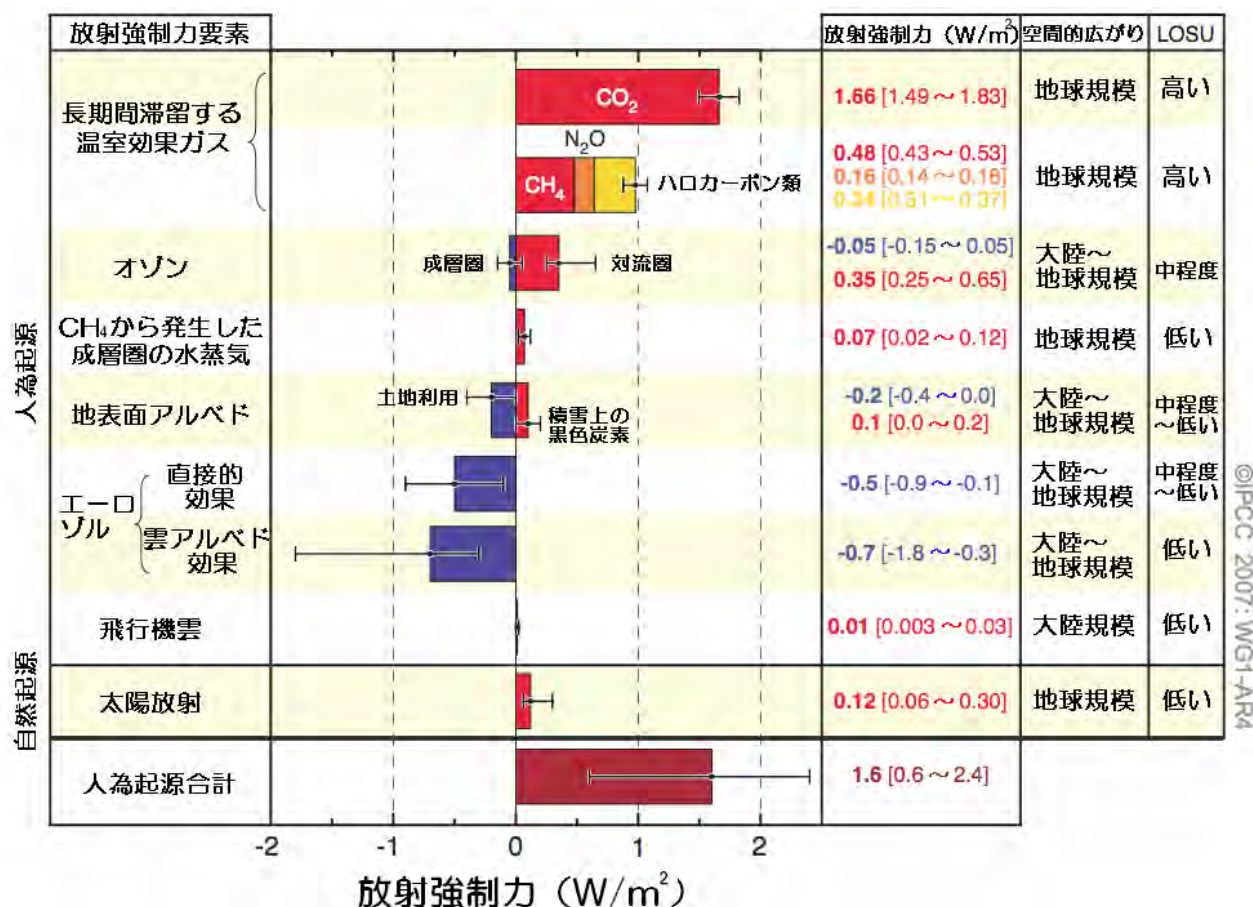
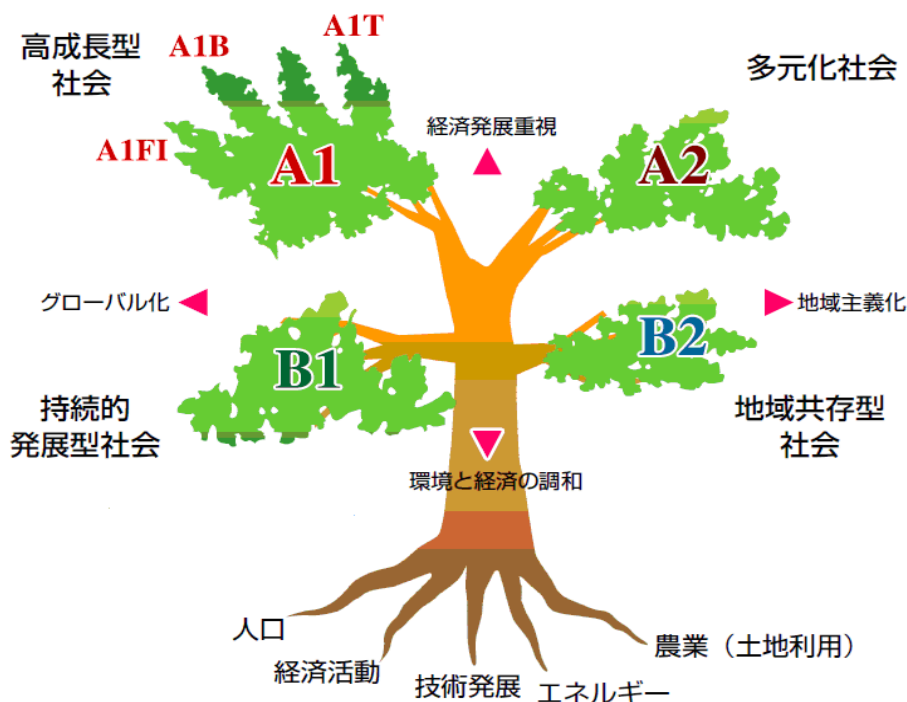


図 SPM-2：人為起源の二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）並びにその他の重要な要素及びメカニズムの、2005年時点で世界平均した放射強制力の推定値と推定幅。放射強制力の典型的な地理的範囲（空間的広がり）、科学的理解（LOSU）の水準を付記。正味の人為起源の放射強制力及びその推定幅も記載した。このためには、構成要素から非対称的に不確実性を評価する必要があり、単純な合計では求められない。ここに含まれていない、追加的な放射強制力の要素の科学的理解水準は非常に低いと考えられる。火山エアロゾルは、自然起源の放射強制力として付加的に寄与するが、影響が一時的であるためこの図には含まれていない。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。

3. 排出シナリオに関する特別報告（SRES）の排出シナリオ



排出シナリオの概念図（「STOP THE 温暖化 環境省2005」を参照）

（参考：SPM Endbox3. 日本語訳）

◆ A 1 .

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。

化石エネルギー源重視（A 1 F I）、非化石エネルギー源重視（A 1 T）、そして全てのエネルギー源のバランス重視（A 1 B）の 3 つがある。

◆ A 2 .

非常に多様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。

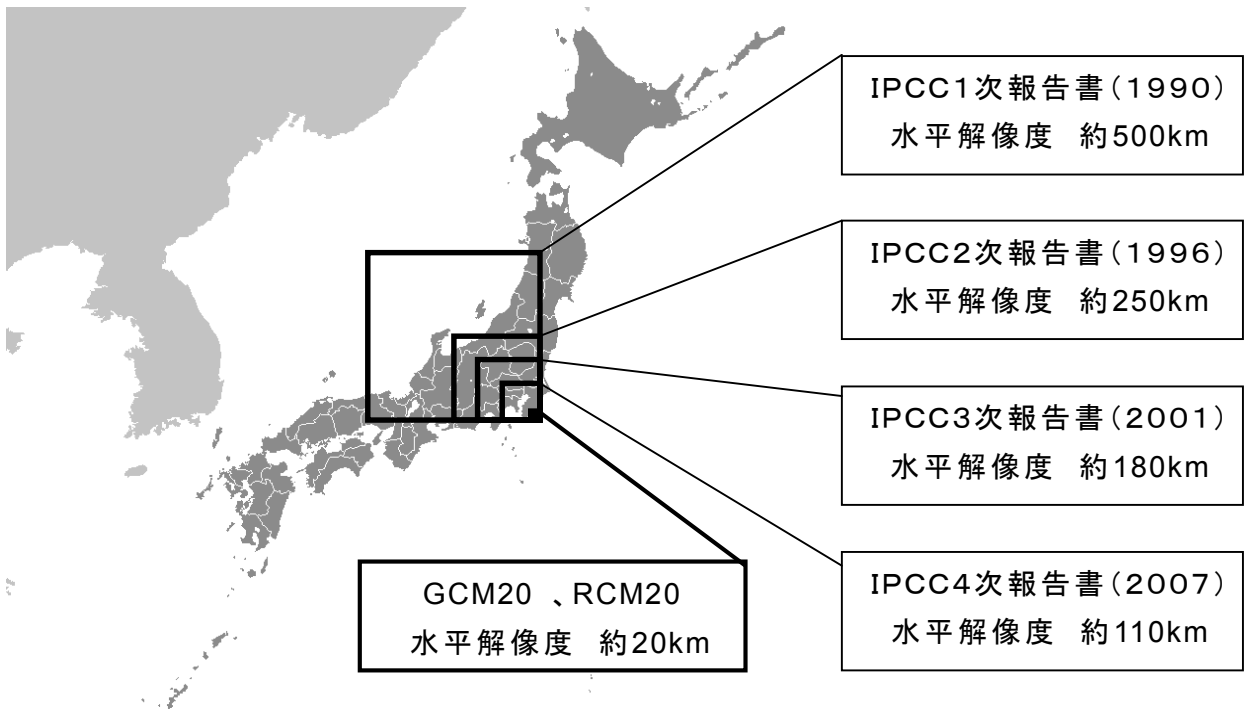
◆ B 1 .

地域間格差が縮小した世界を描いている。A 1 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。

◆ B 2 .

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 A 2 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、B 1 と A 1 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。

4. 将来の気候変化に関する予測モデル



※メッシュの大きさを表現したもので、実際のメッシュ箇所とは関係ない

	GCM20	RCM20
計算の領域	全球	日本周辺
水平解像度	約20km	約20km
	格子数 1920	格子数
鉛直層数	60層	36層
側面境界条	全球モデル	アジア域

【最新モデル (2007年10月)】

CRCM20	領域大気・海洋結合気候モデル	20km ダウンスケーリング時の中間メッシュ (60km)	1980-2000 2080-2100	現在気候 SRES-A1B、B1
--------	----------------	----------------------------------	------------------------	---------------------

5. 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次評価報告書要約

5-1. 第1作業部会（自然科学的根拠）

◆気候変化の人為起源及び自然起源の駆動要因

- ・気候システムに温暖化が起こっていると断定するとともに、人為起源の温室効果ガスの増加が温暖化の原因とほぼ断定。（第3次評価報告書の「可能性が高い」より踏み込んだ表現）

◆近年の気候変化に関する直接的な観測結果

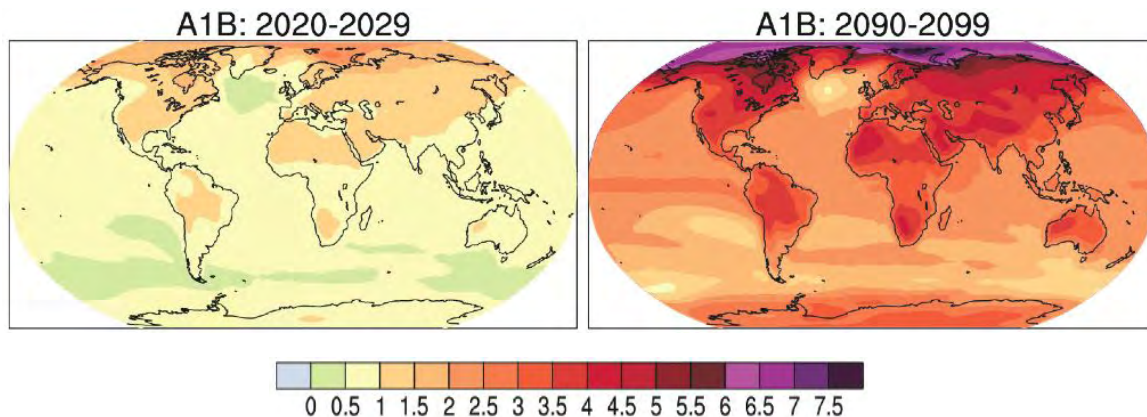
- ・過去100年に、世界平均気温が長期的に0.74℃（1906～2005年）上昇。

◆古気候的な観点

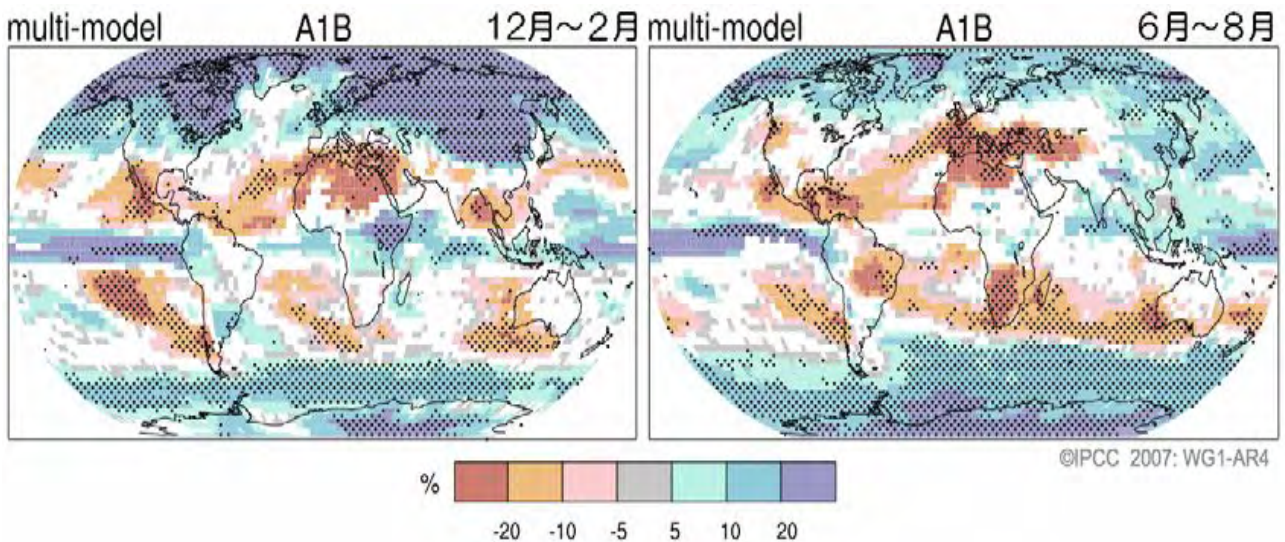
- ・20世紀後半の北半球の平均気温は、過去1300年間で最も高温である。

◆将来の気候変化に関する予測

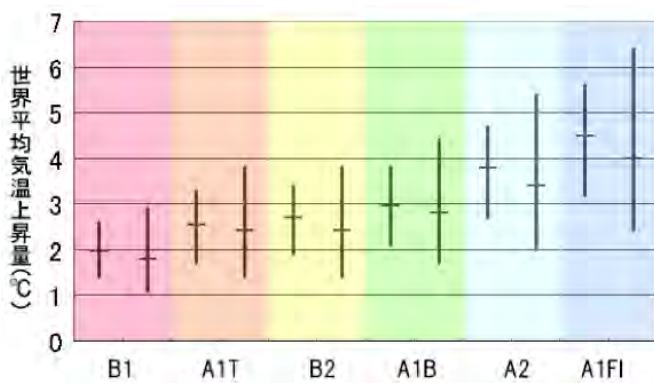
- ・1980年～1999年に比べ、21世紀末（2090年から2099年）の平均気温上昇は1.1～6.4℃（第3次評価報告書では1.4～5.8℃）
- ・1980年～1999年に比べ、21世紀末（2090年から2099年）の平均海面水位上昇は19～58cm^{*2}（第3次評価報告書（9～88cm）より不確実性減少）
　　<※2：ただし、極地の影響は見積もられていない>
- ・熱帯域の海面水温上昇に伴って、将来の台風の強度は増大し、最大風速や降水強度は増大する可能性が高い。
- ・台風の発生数は減少する（信頼性は低い）
- ・積雪面積や極域の海氷は縮小。北極海の晩夏における海氷が、21世紀後半までにほぼ完全に消滅するとの予測もある。
- ・大気中の二酸化炭素濃度上昇により、海洋の酸性化が進む。
- ・人為起源排出の大気中への残留分が増加する。



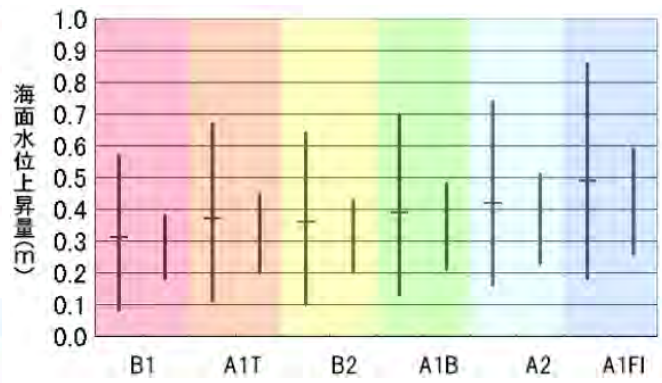
1980～1999年を基準とした、21世紀初頭及び21世紀末の世界平均気温の変化の予測。複数の大気海洋結合モデル（AOGCM）によって計算された、A1Bシナリオでの、2020～2029年及び2090～2099年の予測。



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



21 世紀末における世界平均気温の上昇量（左が第 3 次評価報告書の予測、
右が第 4 次評価報告書の予測）(SPM から気象庁作成)



21 世紀末における世界海面水位上昇量（左が第 3 次評価報告書の予測、
右が第 4 次評価報告書の予測）
(SPM から気象庁作成)

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

シナリオ	気温変化 (1980-1999 を基準 とした 2090-2099 の差 (°C))		海面水位上昇 (1980-1999 と 2090-2099 の差 (m))
	最良見積り	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	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
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

5-2. 第2作業部会（影響・適応・脆弱性）

◆気候変化が自然及び人間環境に及ぼす、観測された影響に関する現在の知見

- ・地球の自然環境は、温暖化の影響を受けている。（物理環境の94%、生物環境の90%）
- ・氷河湖の増加と拡大、永久凍土地域における地盤の不安定化、山岳における岩なだれの増加、春季現象（発芽、鳥の渡り、産卵行動など）の早期化、動植物の生息域の高緯度、高地方向への移動、北極及び南極の生態系（海氷生物群系を含む）及び食物連鎖上位捕食者における変化、多くの地域の湖沼や河川における水温上昇、熱波による死亡、媒介生物による感染症リスク

◆将来の影響に関する現在の知見

<淡水資源とそれらの管理>

- ・今世紀半ばまでに、年間平均河川流量と水の利用可能性は、高緯度域及び・熱帯湿潤地域において10~40%増加し、中緯度域の乾燥地域及び熱帯乾燥地域において10~30%減少する。
- ・干ばつの影響を受ける地域の面積が増加する可能性が高い。強い降雨現象は、頻度が増す可能性が非常に高く、洪水リスクを増加させる。
- ・今世紀の間に、氷河及び積雪に蓄えられている水供給が減少し、主要な山岳地帯から融解水の供給を受ける地域における水の利用可能性を減少させる。淡水資源については、今世紀半ばまでに年間平均河川流量と水の利用可能性は、高緯度及び幾つかの湿潤熱帯地域で10~40%増加し、多くの中緯度および乾燥熱帯地域で10~30%減少する。

<生態系>

- ・植物及び動物種の約20~30%は、全球平均気温の上昇が1.5~2.5℃を超えた場合、増加する絶滅のリスクに直面する。

<食糧、繊維、森林製品>

- ・世界的には、地域平均気温が約1~3℃の幅で上昇すると、食糧生産の潜在量が増加するが、それを超えて上昇すれば、減少に転じる。
- ・継続する温暖化に起因してある種の魚種の分布及び生産量の地域的な変化が生じ、養殖及び淡水漁業へ悪影響を及ぼす。

<沿岸システム及び低平地>

- ・2080年代までに、多数の百万人単位でより多くの人々が、海面上昇により毎年洪水に見舞われると予測される。影響を受ける者の人数は、アジアとアフリカのメガデルタで最大である。

<産業、居住及び社会>

- ・気候変化の影響に対し最も脆弱な産業、居住及び社会は、沿岸平野及び河川氾濫原に存在するもの、その経済が気候感受性の高い資源に密接に関連

しているもの、及び極端な気候現象の発生しやすい地域、とりわけ、急速な都市化が進んでいる地域である。

<健康>

- ・ 温帯において、気候変化は、寒冷暴露による死亡の減少などいくつかの便益をもたらすが、世界全体で、とりわけ途上国において、これらの便益は気温上昇による悪影響に凌駕される。

<アジアにおける将来の影響に関する予測>

- ・ ヒマラヤ山脈の氷河の融解による洪水と、その後の氷河の後退により河川流量が減少する。
- ・ 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の利用可能性は、特に大河川の集水域において、減少する。
- ・ 南アジア、東アジア及び南東アジアのメガデルタ地帯は、海・河川からの洪水の増加に起因して、最も高いリスクに直面する。

◆気候変化への対応に関する現在の知見

・ 観測または予測された将来の気候変化に対する適応が現在行われているが、それらのごく限定的である。

<気候変化を考慮した例>

- ・ モルディブやオランダでの沿岸護岸の設計
- ・ ネパールでの氷河湖の突発洪水の防止
- ・ オーストラリアの水管理にみられる政策と戦略
- ・ ヨーロッパ諸国における政府の熱波への対応 など
- ・ 過去の排出による不可避の温暖化によって生じる影響に対して、適応が必要である。
- ・ 将来の気候変化への脆弱性を低減するためには、現在行われているよりも、より広範な適応が必要である。

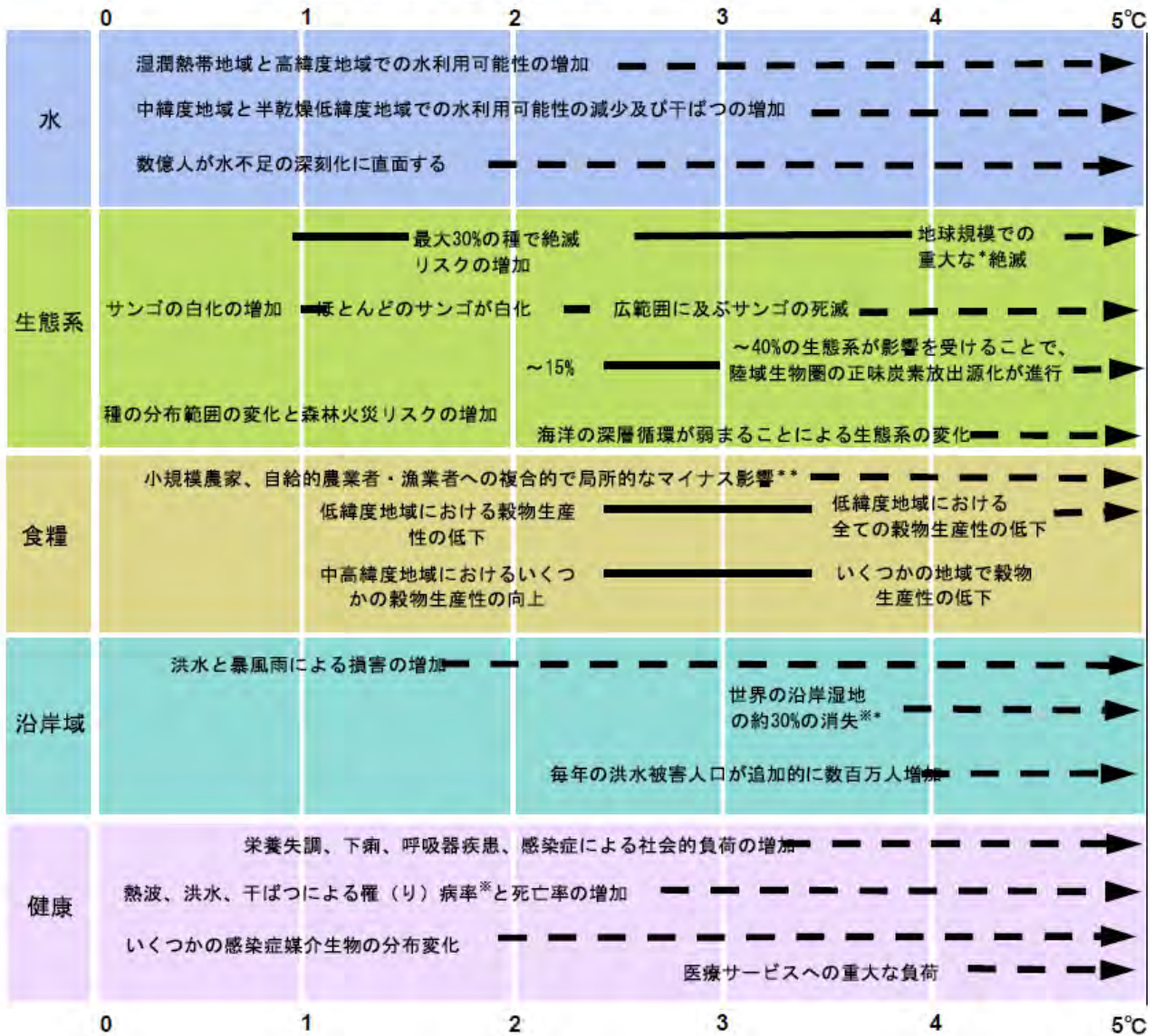
<潜在的な適応策の範囲>

- ・ 技術的なもの（たとえば海の護岸）
- ・ 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）
- ・ 政策的なもの（例えば、規制の立案）
- ・ 適応策と緩和策のポートフォリオにより、気候変化に伴うリスクを低減することができる。

<適応能力を高める方法の具体例>

- ・ 適応のための手段を土地利用計画及び社会資本の設計に含める
- ・ 脆弱性を減少させる対策を既存の災害リスク削減戦略に含める

1980-1999年に対する世界年平均気温の変化(°C)



気候変化(、海面水位及び大気中二酸化炭素濃度の変化を含む)に対して予測される、世界的な影響(21世紀における世界平均地上気温の上昇量に対して示す)の例示[T20.7]。黒い線は影響間の関連を表し、破線の矢印は気温上昇に伴って影響が継続することを示す。記述の左端は、影響が開始するおおよその位置を示す。水不足と洪水に関する量的な記述は、SRES A1FI、A2、B1及びB2シナリオの範囲で予測される条件に対する相対的な変化に対して追加的に起きる影響である。気候変化に対する適応の効果はこれらの推定には含まれていない。すべての記述は、本評価報告書の各章に記録されている、刊行された論文からの引用である。すべての記述の信頼度は高い。

5-3. 第3作業部会（気候変動の緩和策）

◆短中期的な緩和（～2030）各個別部門

- ・2030年を見通した削減可能量は、現在の排出量以下にできる可能性がある。
- ・温室効果ガス削減による大気汚染緩和の短期的な健康上の利益は、緩和のコストを相当程度相殺する。
- ・エネルギー供給：途上国へのエネルギー供給に関する新規投資、先進国におけるエネルギーインフラの改修、エネルギー安全保障関連政策によって、温室効果ガス排出削減の機会がある。エネルギー需要に対しては、供給量増加よりも、エネルギー利用効率の向上に投資する方が、費用対効果が大きい。
- ・運輸：自動車の燃費向上は、小型自動車では対策を講じたほうがコスト面で有利になることもある。
- ・建築：ビルの省エネ対策は、大幅に温室効果ガス排出量を削減できる可能性があり、コストをかけずに2030年までに予測される温室効果ガス排出量の約30%を削減可能と試算される。
- ・産業：削減ポテンシャルはエネルギー集約型産業に集中している。
- ・農業：土壌内炭素吸収量の増加や、バイオエネルギーとして排出削減に貢献できる。
- ・林業：低コストで、排出量の削減及び吸収源の増加の両方に大きく貢献できる。
- ・廃棄物：低コストでの排出削減が可能であり、持続可能な開発も促進する。

◆長期的な緩和（2031～）

- ・大気中の温室効果ガス濃度を安定化させるためには、排出量を減少させなければならない。今後20～30年間の緩和努力によって、回避することのできる長期的な地球の平均気温の上昇と、それに対応する気候変動の影響の大きさがほぼ決定される。

カテゴリー	放射強制力	二酸化炭素濃度	温室効果ガス濃度 (二酸化炭素換算)	産業革命からの 気温上昇	二酸化炭素排出がピークを迎える年	2050年における二酸化炭素排出量 (2000年比)	研究されたシナリオの数
	W/m ²	ppm	ppm	°C	Year	percent	
I	2.5-3.0	350-400	445- 490	2.0-2.4	2000-2015	-85 to -50	6
II	3.0-3.5	400-440	490- 535	2.4-2.8	2000-2020	-60 to -30	18
III	3.5-4.0	440-485	535- 590	2.8-3.2	2010-2030	-30 to +5	21
IV	4.0-5.0	485-570	590- 710	3.2-4.0	2020-2060	+10 to +60	118
V	5.0-6.0	570-660	710- 855	4.0-4.9	2050-2080	+25 to +85	9
VI	6.0-7.5	660-790	855-1130	4.9-6.1	2060-2090	+90 to+140	5

表 二酸化炭素排出量と気温上昇の関係

◆政策、措置、手法

- ・ 温室効果ガスの排出緩和を促すインセンティブを策定するため、各国政府がとりうる国内政策及び手法は多種多様であり、利点と欠点が存在する。
（規制措置、税金・課徴金、排出権取引制度、自主協定、情動的措置、技術研究開発など）
- ・ 実際の或いは隠れた炭素価格を設定する政策は、生産者及び消費者における、温室効果ガスの排出が低い製品に対する投資への顕著なインセンティブとなる。こうした政策は、経済的措置、政府の財政支援、規制的措置などを含む。