

IPCC第4次評価報告書 統合報告書 概要（公式版）

2007年 12月17日 version

IPCC第4次評価報告書統合報告書は、SPM(Summary for Policy-makers:政策決定者向け要約)、及び本編(Longer Report)により構成されています。

本資料は、2007年11月17日にIPCC第27回総会において正式採択されたSPM及び本編の内容をもとに作成しております。また、併せて、報告書で引用されている研究論文の図表、その他の情報源からの写真等を参考情報として使用しています。これらは、本資料作成の目的の下で使用許諾を得ていますので、使用に際しては直接引用元にご確認下さい。

資料中では、各情報の出典を明示しています。P.11以降のページでは、第4次評価報告書からの引用を主体としているスライドは背景を赤色■、それ以外の情報源からの参考情報を主体としているスライドは背景を青色■としています(1枚のスライドの中に赤色と青色の情報を組み合わせている場合もありますが、その都度、出典を記載しています)。

目次

はじめに

1. IPCCとは・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
2. 第4次評価報告書(AR4)とは・・・・・・・・6
3. 統合報告書(SYR)とは・・・・・・・・・・8
4. 統合報告書の特徴、WG1～3との違い・・9
5. これまでのWG1～WG3における主な争点・・10

1. 気候変化とその影響に関する観測結果

1. 気候システムの温暖化・・・・・・・・・・12
2. 世界平均地上気温・・・・・・・・・・13
3. 世界平均海面水位・・・・・・・・・・14
4. 温暖化影響に関する科学的知見の向上・・15
5. 氷雪圏への影響・・・・・・・・・・16
6. 事例：山岳(キリマンジャロ)への影響・・17
7. 水循環への影響・・・・・・・・・・18
8. 事例：オーストラリアの干ばつ・・・・・・・・19
9. 陸生生物への影響・・・・・・・・・・20
10. 事例：北極の海氷範囲の減少・・・・・・・・21
11. 事例：陸上生態系への影響・・・・・・・・22
12. 海洋生物、水生生物への影響・・・・・・・・23
13. 事例：極域の生物への有害な影響・・24
14. 事例：海洋の酸性化・・・・・・・・・・25

2. 変化の原因

1. 温室効果ガス排出量の経年変化・・・・・・・・27
2. 排出の大部分を占める二酸化炭素・・・・・・・・28
3. 地域別の一人あたり温室効果ガス排出量・・29
4. 地域別のGDP生産あたり温室効果ガス排出量・・30
5. 二酸化炭素、メタンの濃度・・・・・・・・31
6. 放射強制力・・・・・・・・・・32
7. 人間活動の影響・・・・・・・・・・33

3. 予測される気候変化とその影響

1. 21世紀末の気温と海面水位の予測・・・・・・・・35
2. 世界平均気温の上昇・・・・・・・・・・36
3. 平均気温の上昇の分布・・・・・・・・・・37
4. 平均値にだまされるなく参考>・・・・・・・・38
5. 海面上昇の要因・・・・・・・・・・39
6. 海面上昇予測にまだ含まれていない要素<参考>・・40
7. グリーンランドの氷床の融解<参考>・・・・・・・・41
8. 南極の氷床の融解<参考>・・・・・・・・42
9. 炭素循環フィードバックとは<参考>・・・・・・・・43
10. 降水量の予測・・・・・・・・・・44
11. 地域の予測の信頼性向上・・・・・・・・・・45
12. 予測モデルの向上<参考>・・・・・・・・46
13. 気温上昇による主な影響・・・・・・・・47
14. 異常気象による各分野への影響・・・・・・・・48
15. 特に影響を受ける分野、地域・・・・・・・・50

目次

16. 地域における影響(アフリカ).....	51
17. 地域における影響(アジア).....	52
18. 地域における影響(オーストラリア、ニュージーランド).....	53
19. 地域における影響(ヨーロッパ).....	54
20. 地域における影響(ラテンアメリカ).....	55
21. 地域における影響(北アメリカ).....	56
22. 地域における影響(極域).....	57
23. 地域における影響(小島嶼).....	58
24. 数世紀にわたり温暖化や海面上昇が続く.....	59

4. 適応と緩和のオプション

1. 計画的な適応の事例.....	61
2. 2030年の削減可能性.....	63
3. 部門別削減可能性.....	64
4. 大きな削減可能性を持つ緩和技術.....	65
5. 建築物での対策技術<参考>.....	68
6. 緩和を促す国内政策・手法.....	70
7. 気候変動枠組条約と京都議定書の功績.....	71

5. 長期的な展望

1. 気候システムへの危険な人為的干渉.....	73
2. 5つの懸念する理由.....	74
3. 適応策と緩和策の双方の重要性.....	75
4. 安定化シナリオと気温上昇、海面上昇.....	76
5. 長期的な安定化シナリオ.....	77
6. 安定化達成のための技術開発とその導入.....	78
7. 温室効果ガス濃度安定化による経済影響.....	79
8. 温室効果ガス削減にかかるコストと健康便益.....	80
9. リスク管理の反復が必要.....	81
10. 炭素の社会的費用.....	82
11. フィードバックによる一層の排出削減の必要性.....	83
<確固とした結論>.....	84
<主要な不確実性>.....	85
<可能性と確信度の表現>.....	88
<不確実性の表現>.....	89
<予測シナリオ(参考)>.....	90

はじめに

1. IPCCとは

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (気候変動に関する政府間パネル)

- **設立** 世界気象機関(WMO)及び国連環境計画(UNEP)により1988年に設立された国連の組織
- **任務** 各国の政府から推薦された科学者の参加のもと、地球温暖化に関する科学的・技術的・社会経済的な評価を行い、得られた知見を政策決定者を始め広く一般に利用してもらうこと
- **構成** 最高決議機関である総会、3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から構成

IPCCの組織

IPCC総会

議長 Rajendra K. Pachauri (パチャウリ) (インド)

第1作業部会 (WG I) : 自然科学的根拠

気候システム及び気候変化についての評価を行う。

共同議長 Dahe Qin (中国)

Susan Solomon (米国)

第2作業部会 (WG II) : 影響、適応、脆弱性

生態系、社会・経済等の各分野における影響及び適応策についての評価を行う。

共同議長 Martin. L. Parry (英国)

Oswaldo. Canziani (アルゼンチン)

第3作業部会 (WG III) : 気候変動の緩和(策)

気候変化に対する対策(緩和策)についての評価を行う。

共同議長 Ogunlade Davidson (シエラレオネ)

Bert Metz (オランダ)

温室効果ガス目録に関するタスクフォース

各国における温室効果ガス排出量・吸収量の目録に関する計画の運営委員会。

共同議長 Taka Hiraishi (日本)

Thelma Krug (ブラジル)

2. 第4次評価報告書(AR4)とは (1)

- IPCCは、これまで3回、温暖化の予測・影響・対策等に関する評価報告書を公表。
- 第3次評価報告書(TAR)完成後、2002年4月に第4次評価報告書(AR4)の作成が決定。

AR4の作成には、

- ・3年の歳月
- ・130を超える国の450名を超える代表執筆者
- ・800名を越える執筆協力者
- ・2,500名を越える専門家の査読

を経て、本年順次公開された。

これまでに公開されたIPCC評価報告書

1990年：第1次評価報告書(FAR)



1995年：第2次評価報告書(SAR)



2001年：第3次評価報告書(TAR)



2007年：第4次評価報告書(AR4)

2. 第4次評価報告書(AR4)とは (2)

- 評価報告書は、WG I、WG II、WG IIIの各ワーキンググループの評価報告書と統合報告書からなる。
- 各ワーキンググループの評価報告書はSPM※1、TS※2といった要約及び個別章から構成される。

※1: Summary for Policy-makers(政策決定者向け要約)

※2: Technical Summary

第4次評価報告書作成スケジュール

- 第1作業部会(自然科学的根拠)報告書
1月29日～2月1日
第1作業部会総会(フランス・パリ)で審議・採択
(SPMの承認と本文の受諾)
- 第2作業部会(影響・適応・脆弱性)報告書
4月2日～4月6日
第2作業部会総会(ベルギー・ブリュッセル)で審議・採択(SPMの承認と本文の受諾)
- 第3作業部会(気候変動の緩和(策))報告書
4月30日～5月4日
第3作業部会総会(タイ・バンコク)で審議・採択
(SPMの承認と本文の受諾)
- 統合報告書
11月12日～11月17日
第27回IPCC総会(スペイン・バレンシア)で審議・採択

3. 統合報告書(SYR)とは

- 統合報告書 (Synthesis Report: SYR) は、IPCCの3つの作業部会で行われた評価に基づき、AR4の最終版の一部として気候変化に関する総合的な見解を示すものである。

出典:AR4 SYR Longer Report 序章

統合報告書の構成

主題1:気候変化とその影響に関する観測結果

主題2:変化の原因

主題3:予測される気候変化とその影響

主題4:適応と緩和のオプション

主題5:長期的な展望

4. 統合報告書の特徴、WG1～3との違い

- 統合報告書は、WG1、WG2、WG3のSPMを単にそのまま足し合わせた構成とはなっていない。新たに5つの主題ごとに、各WGの内容を横断的に取り扱い、独自の視点でとりまとめられている。一連の報告書の中で、最も、政策決定者や一般の読者の目に触れる重要な位置を占めるものとなる。【解説】

統合報告書のSPMで強調・注目されている主な記載の例※

- 「特に影響を受ける分野・地域」の記載を復活させている。
(WG2のSPMから最終的に外された内容を、再び記載。) スライド50参照
- 「5つの懸念する理由」の具体的内容を記載している。
(WG2では「懸念する理由」として簡単に触れる程度であった。) スライド74参照
- 適応の必要性などを強調している。
(より強力な適応の必要性に言及し、分野毎の具体的適応策を例示。) スライド61参照
- 「気候システムへの危険な人為的干渉」の特定には、
価値判断が含まれることに言及している。 スライド73参照
- その他の記載追加、表現の変化など。 各スライドで **New!** で表示

※WG1,WG2,WG3の各SPMにおける記載との比較。

環境省作成

5. これまでのWG1～WG3における主な争点

- これまでのWG1～WG3における主な争点の例は以下のとおりである。

【解説】

いったい何が争点だったのか ～主な争点の例～

WG1では・・・

●「人為起源の温室効果ガス排出が20世紀半ば以降の世界平均気温の上昇をもたらした可能性は非常に高い」点について、モデルの不確かさが残っていることを強硬に主張した国があり、現在の方法論の不確実性を脚注に記載。

●グリーンランドの将来予測に関し、海面が4～6メートル上昇していた12万5千年前と将来を同列に記述することに強力に反対した国があった。

など

WG2では・・・

●自国の地域に関係ある記載の追加や削除を各国が主張。例えば、アジアのメガデルタでの大きな影響に関して、アフリカ諸国から強い不公平感が示され、アフリカも追加された。

●各セクターでの将来予測について、信頼性を重視し定性的な記述とするか、信頼性のレベルを明示しつつ具体的な数値を重視した記述とするかで議論が紛糾した。

など

WG3では・・・

●排出の現状についてブラジル等が「産業革命以降の歴史的な排出の事実を示すべき」と強く主張(これに沿い修正)。

●長期的な緩和策のレベルを将来の気温上昇に結びつけて議論することに一部の国が強硬に反対(あらゆる気温幅について網羅的に言及することで合意)。

●緩和策のマクロ経済影響の評価について議論が続出

など

1. 気候変化とその影響に関する観測結果

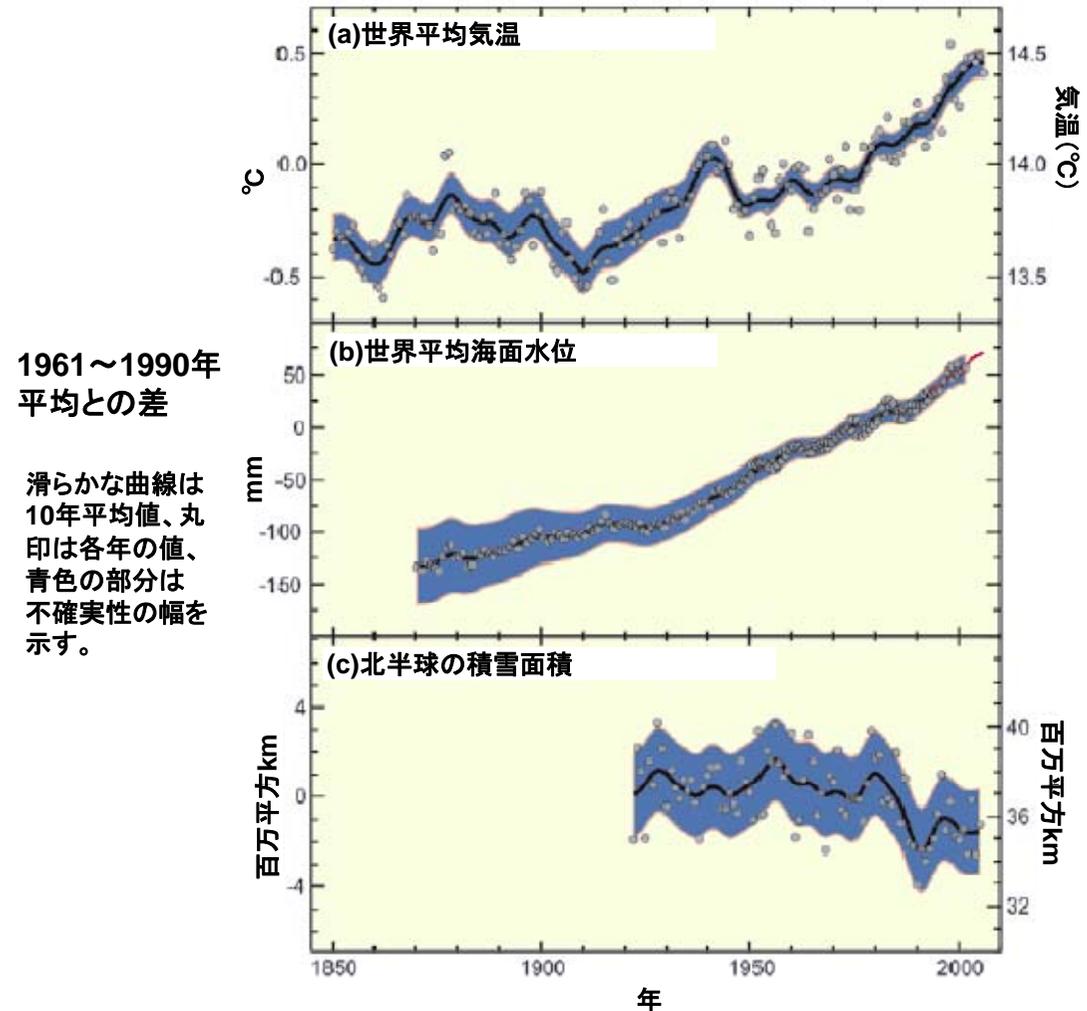
◆気候システムの温暖化には
疑う余地がない (unequivocal)

1. 気候システムの温暖化

- 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。

出典：AR4 SYR SPM

世界平均地上気温、世界平均海面水位、北半球の積雪面積



出典：AR4 SYR SPM 図SPM1

2. 世界平均地上気温

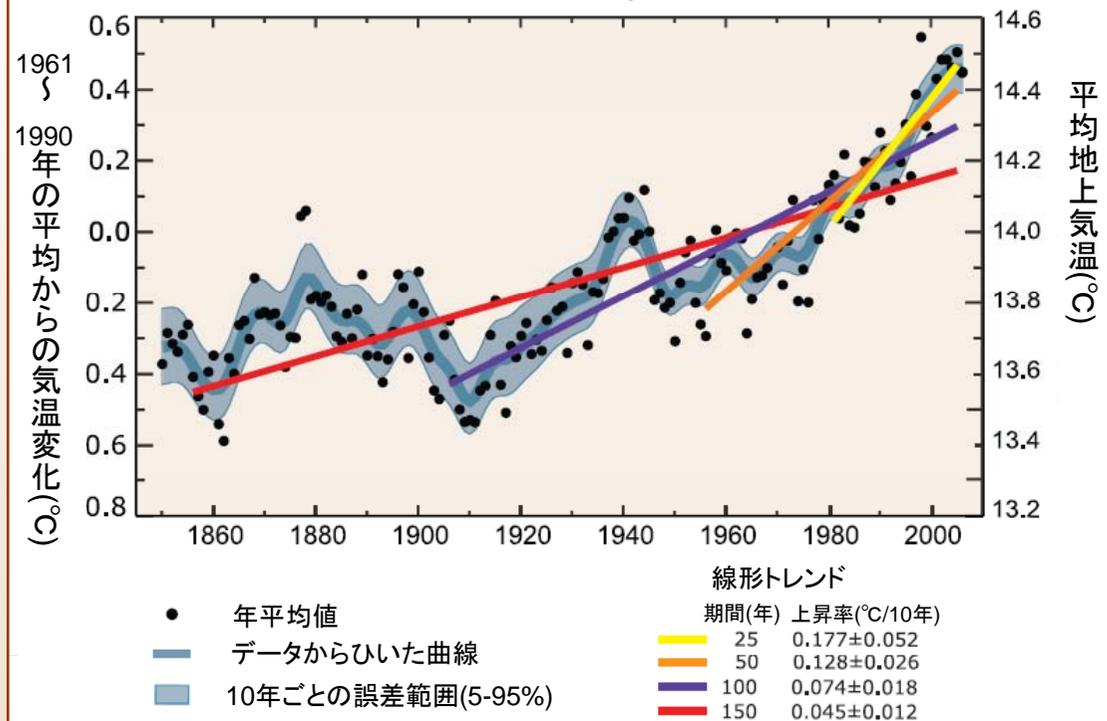
- 最近12年間のうち11年間は、1850年から現在までの間で最も暖かった。
- 1906年から2005年までに観測された100年間の気温上昇は 0.74°C で、TAR時の 0.6°C よりも大きい。この気温上昇は、特に北半球の高緯度で大きく、また陸域は海域と比べより早く温暖化している。
- 最近50年間（1956～2005年）の温度上昇の傾向は、10年間に 0.13°C 。これは、過去100年間（1906～2005年）の傾向のほぼ2倍に相当。

New !

出典:AR4 SYR SPM

出典:AR4 SYR Longer Report 主題1

平均地上気温（1961～1990年の平均気温との偏差）



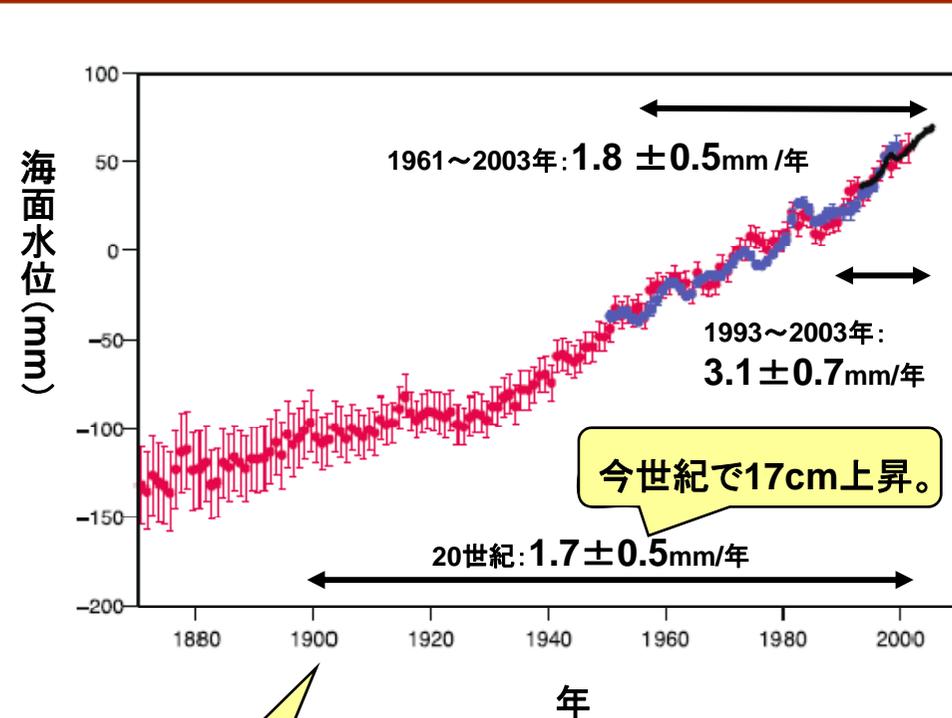
出典:AR4 WG1 第3章 FAQ 3.1 図 1

3. 世界平均海面水位

- 世界平均海面水位は、熱膨張や、氷河や氷帽の融解、極域の氷床融解により、1961年以降で年間1.8mm、1993年以降で年間3.1mm上昇した。

出典：AR4 SYR SPM

世界平均海面水位の年平均値



19世紀から20世紀にかけての上昇率の値の信頼性は高い。

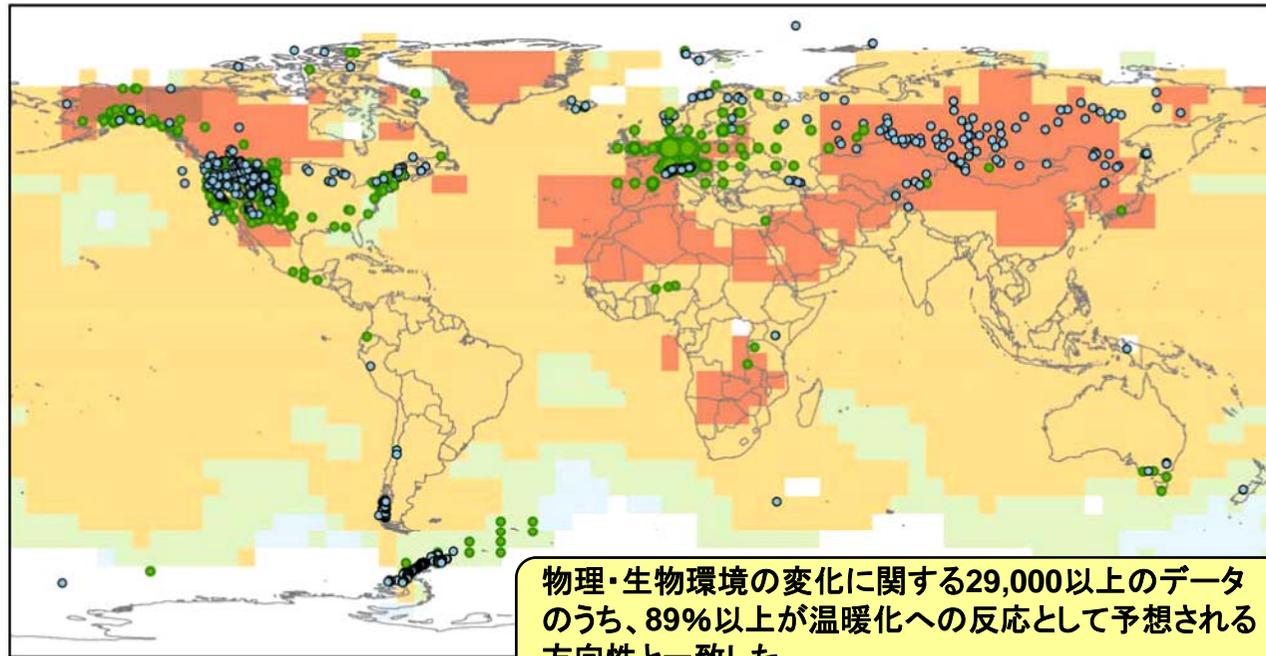
赤 : 推定された1870年以降の海面水位
 青 : 1950年以降の沿岸潮位計測
 黒 : 衛星高度測量

出典：AR4 WG1 第5章 図5.13に一部加筆

4. 温暖化影響に関する科学的知見の向上

- 全ての大陸とほとんどの海洋において、多くの自然環境が、地域的な気候変化、特に気温上昇により、今まさに影響を受けている。
- 出典: AR4 SYR SPM

世界各地で観測^{※1}された物理・生物環境^{※2}の変化と温暖化の相関

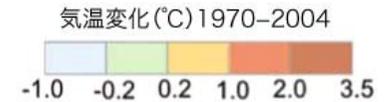


観測地

- 物理環境
- 生物環境

ヨーロッパの観測データ数表示

- 1-30
- 31-100
- 101-800
- 801-1200
- 1201-7500



物理・生物環境の変化に関する29,000以上のデータのうち、89%以上が温暖化への反応として予想される方向性と一致した。

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	極地	陸上	海洋・淡水	全球
355 455	53 5	119 28,115	5 2	106 8	6 0	120 24	764 28,586	1 85	765 28,671
94% 92%	98% 100%	94% 89%	100% 100%	96% 100%	100% -	91% 100%	94% 90%	100% 99%	94% 90%

物理環境	生物環境
有意な変化がみられた観測の数	有意な変化がみられた観測の数
温暖化と一致した有意な観測の割合	温暖化と一致した有意な観測の割合

※「極地」は海洋や淡水生物環境での観測された変化を含む。「海洋・淡水」は、海洋、小島嶼及び大陸の中の地点や広域において観測された変化を含む。広域な海洋変化の観測地点は地図上に示されていない。

※1: 観測結果は、577の研究成果の約80,000のデータ群から選ばれた、約29,000のデータ(約75の研究成果に基づく)から得られたものである。データ選出の基準は以下の3点である:(1)データが1990年以降に終了していること、(2)最低20年間継続されていること、(3)いずれかの方向に有意な変化を示していること。

※2: ここでの物理環境とは氷雪、凍土、水循環、沿岸部などに関する物理的な事象を、生物環境とは陸上、海洋、淡水における生物に関する事象を意味する。

5. 氷雪圏への影響

- 雪、氷、そして凍土における変化が以下のような変化を引き起こしている:

<影響の具体例>

- ・ 氷河湖の拡大や数の増加
- ・ 山岳や永久凍土地域での地盤の不安定さの増大
- ・ 北極及び南極のいくつかの生態系の変化

出典: AR4 SYR SPM



Copyright © Bruce Molnia, Terra Photographics
Image courtesy Earth Science World Image Bank
<http://www.earthscienceworld.org/images>

気候変化による氷雪圏への影響



環境省作成

6. 事例：山岳(キリマンジャロ)への影響

- キリマンジャロでは、氷河と積雪面積が後退していることは明らかである。
- これは、多くの要因(太陽の日射量の変化、植生変化、人間の干渉など)の相互作用による結果である。

出典:AR4 WG2 TS

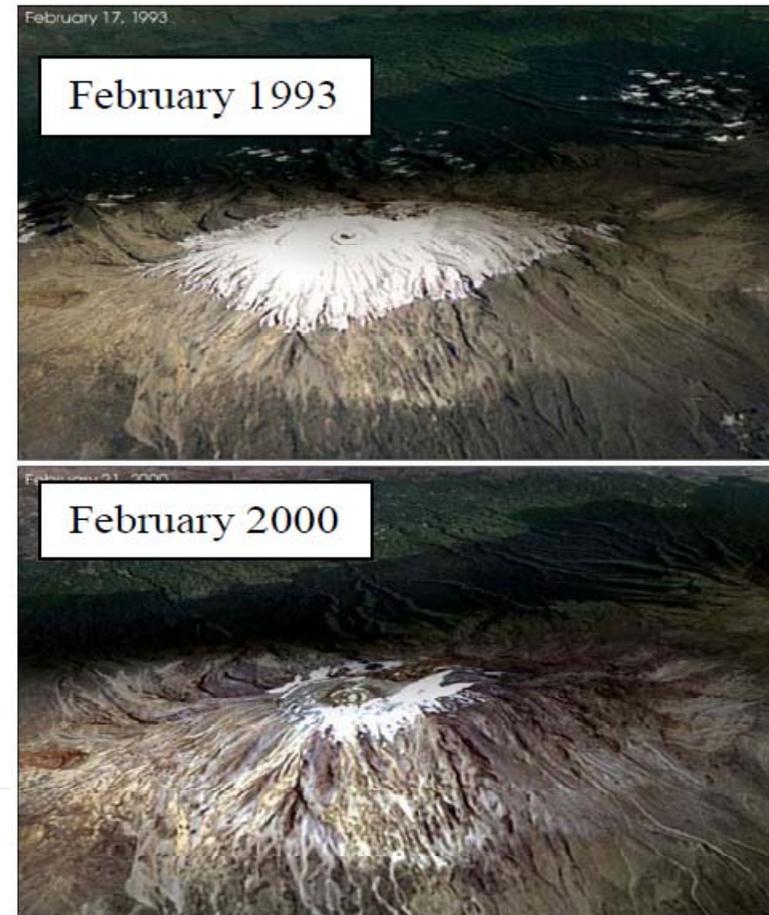
●自然環境は、気候変化による影響を受けるとともに、気候変化以外の要因による影響を受ける。つまり、これらから複合的、かつ相互作用的な影響を受けることになる。

出典:AR4 WG2 TS

残りの氷雪地域も、2015~2020年の間には、消失する可能性が高い。

(Thompson *et al.* 2002)

キリマンジャロの氷冠と積雪の変化



出典:NASA

http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=10856

吹き出しの出典:Thompson, L.G., E. Mosley-Thompson, M.E. Davis, K.A. Henderson, H.H. Brecher, V.S. Zagorodnov, T.A. Mashiotta, P.N. Lin, V.N.

Mikhaleenko, D.R. Hardy, and J. Beer. (2002) Kilimanjaro ice core records: Evidence of holocene change in tropical Africa. *Science*, 298: 589-593.

7. 水循環への影響

●いくつかの水循環システムは、以下のような影響を受けている:

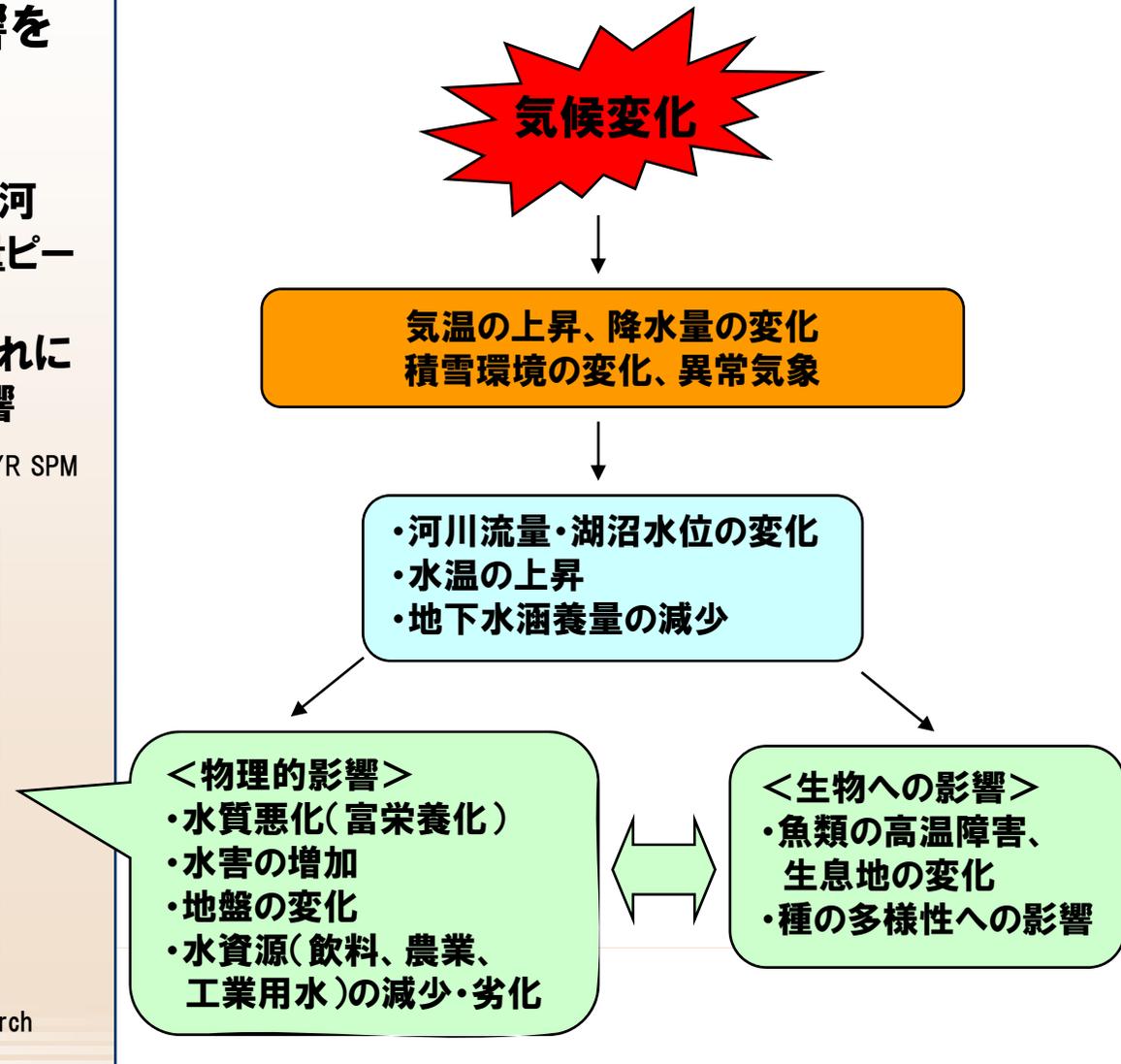
- ・氷河や雪解け水が注ぐ多くの河川で、流量増加と春先の流量ピークの早期化
- ・湖沼や河川の水温上昇と、それに伴う水の循環や水質への影響

出典: AR4 SYR SPM



© University Corporation for Atmospheric Research

気候変化による水循環への影響



8. 事例：オーストラリアの干ばつ

- 干ばつや火災の増加により、オーストラリアの南部と東部の大部分で、2030年までに農業や林業の生産量減少が予測される。

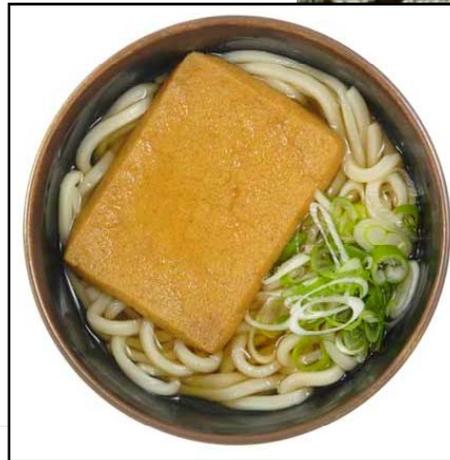
出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

<干ばつと小麦生産高>

2006-07年の小麦の生産量は9,819千トンであり、2005-06年と比べて61%の減少であった。2007-08年の生産量予測では、12,095千トンと若干持ち直すが、過去5年間の平均と比べれば44%も下回っている。

出典：Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics. 2007. Australian Crop and Livestock Report October 2007.

オーストラリアの干ばつと小麦への影響



干ばつなどの影響で、国内の製粉会社は2007年に入り小麦粉価格を値上げしており、讃岐うどんも影響を受けた。

出典：(干ばつの写真)Harden Shire Council ホーム ページ
<http://www.harden.nsw.gov.au/community/15682/15684.html>

9. 陸生生物への影響

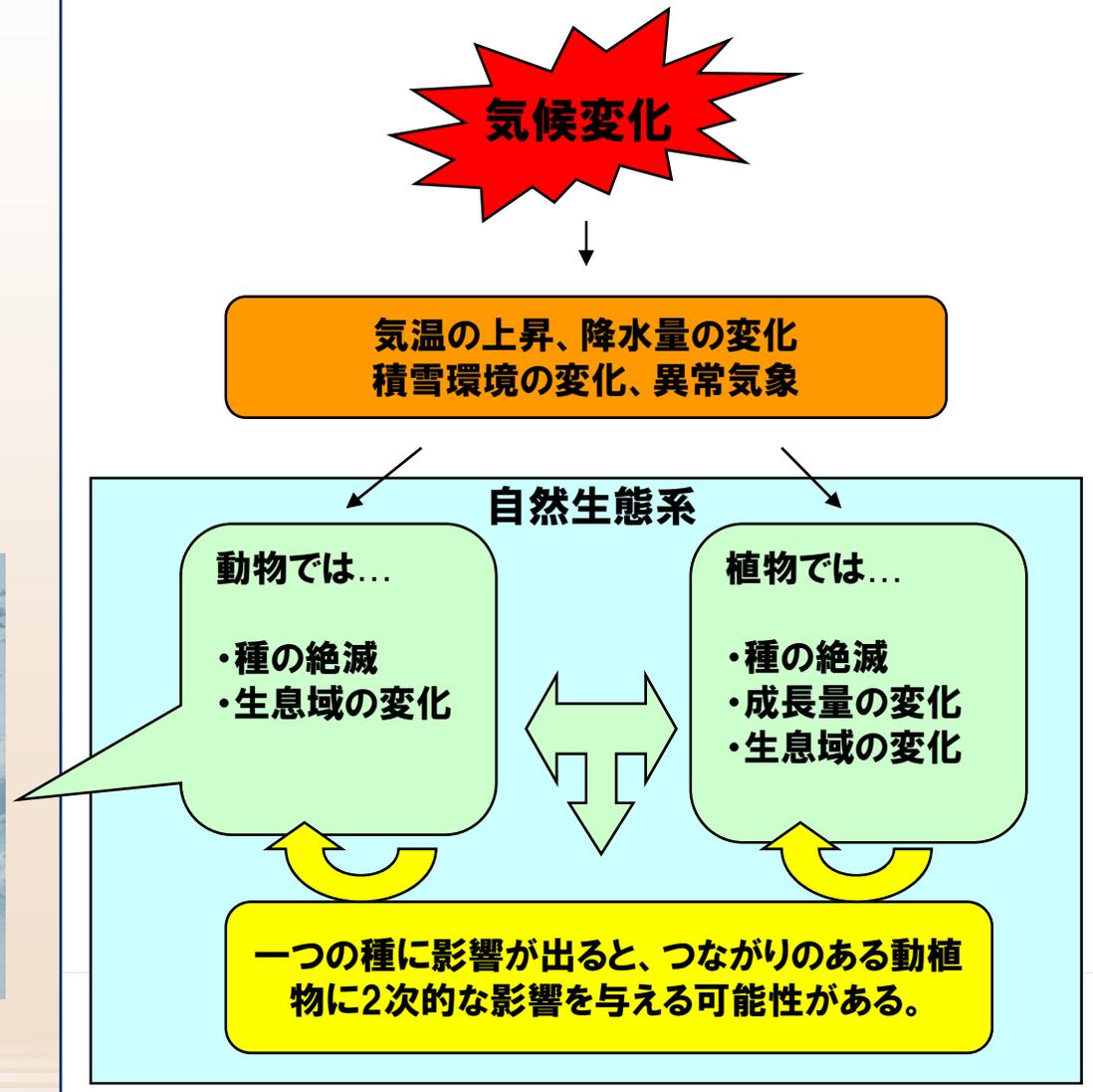
- 春季現象の早期化や動植物の生息域の極地・高地方向への移動は、近年の温暖化と関連付けられる。

出典：AR4 SYR SPM



Courtesy of the National Oceanic and Atmospheric Administration Central Library Photo Collection

気候変化による陸生生物への影響



10. 事例：北極の海氷範囲の減少

- 1978年以降の衛星データによると、北極の年平均海氷範囲(面積)は、10年間あたり2.7%減少した。
- 特に夏季においては、10年間あたりで7.4%と、より大きな減少傾向にある。

出典：AR4 SYR SPM

海氷の変化が予測どおり進むと、21世紀中ごろまでに、全世界のホッキョクグマの生息数の3分の2が失われるだろう。

出典：United States Geological Survey (2007) USGS Science to Inform U.S. Fish & Wildlife Service Decision Making on Polar Bears.

温暖化の影響を受けるホッキョクグマ



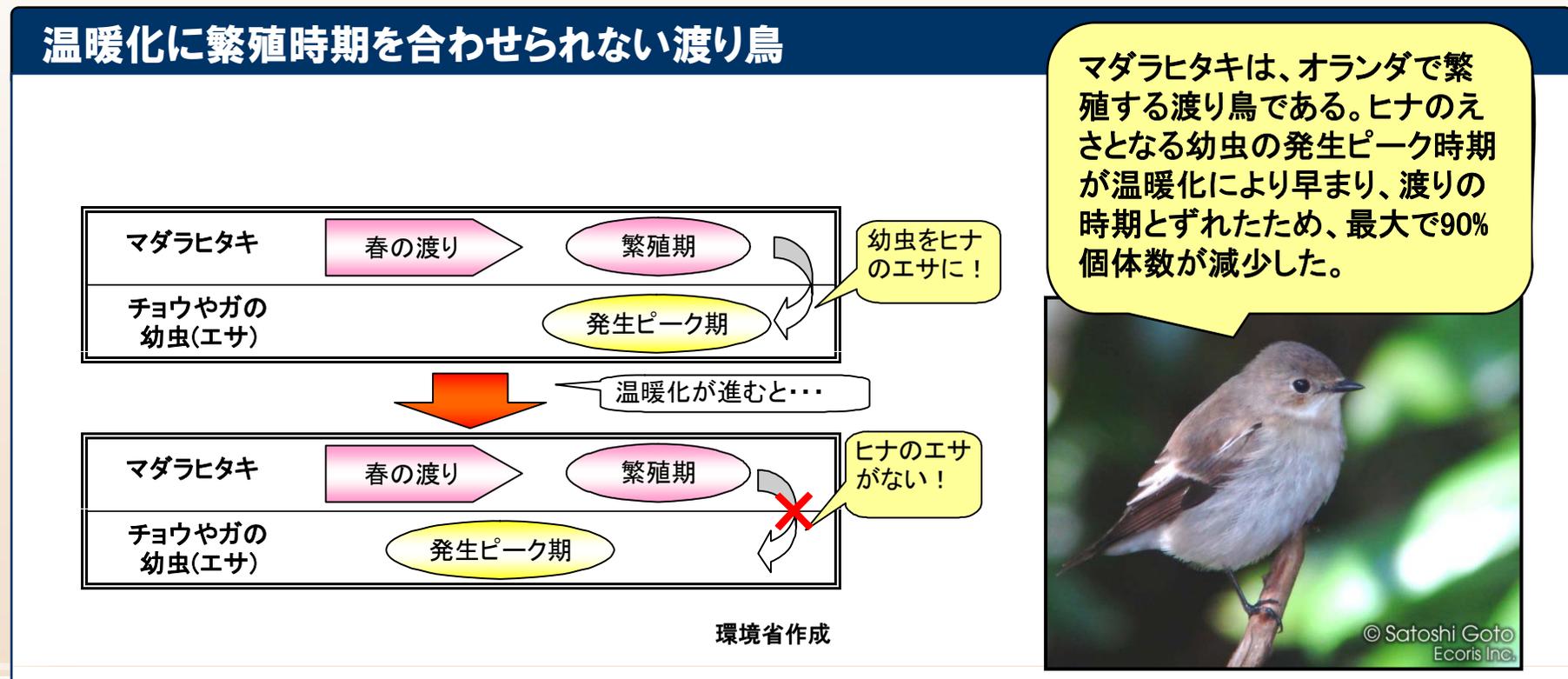
ホッキョクグマが泳ぐ能力にも、限界がある。そのため、狩りの際は海氷が必要となる。

出典：Courtesy of the National Oceanic and Atmospheric Administration Central Library Photo Collection.

11. 事例：陸上生態系への影響

- 近年の温暖化は陸上生態系に大きな影響を与えている。その影響のひとつに、新緑や鳥の渡り・産卵の時期といった春季現象が早くなり、動植物種の生育・生息範囲が極域方向へ、また、より高度の高い地域へ変化することが挙げられる。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題1



出典：Both et al, 2006; Christiaan Both, Sandra Bouwhuis, C. M. Lessells, Marcel, E. Visser Climate change and population declines in a long-distance migratory bird, Nature, Vol 441, 81-83

12. 海洋生物、水生生物への影響

- 生息域の変化、及び藻類、プランクトン、魚類の存在量の変化は水温の上昇に関連付けられる。

出典: AR4 SYR SPM

さらに、海氷の減少はペンギンの主食のオキアミを減少させる可能性があり、ペンギンへの影響も考えられる。

出典: Atkinson, A. et al. (2004) Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. Nature 432:100-103.

海氷の減少による海洋生態系への影響—南極半島のペンギンたち



オキアミを主食
としている。



アデリーペンギン
は氷縁から離れた
海氷上で越冬

ヒゲペンギンは氷の
ない外洋で越冬

温暖化による海氷の後退

生息適地が
狭まり、
個体数が**減少**

生息適地が
広がり、
個体数が**増加**

出典: Fraser, W.R. et al. (1992) Increases in Antarctic penguin populations: reduced competition with whales or a loss of sea ice due to environment warming? Polar Biology 11: 525-531.

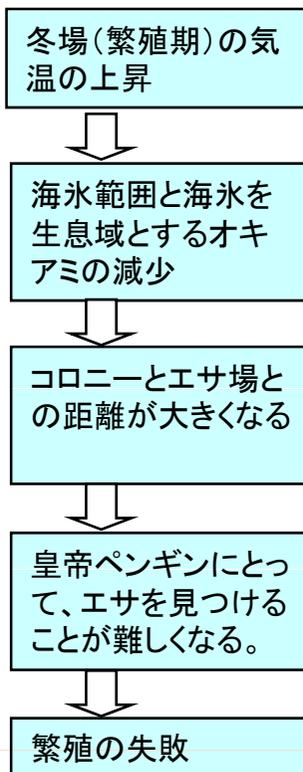
ペンギンの写真の出典: Courtesy of the National Oceanic and Atmospheric Administration Central Library Photo Collection

13. 事例：極域の生物への有害な影響

- 極域における自然生態系の変化は、主要な影響として予測され、渡り鳥、ほ乳類、高次捕食者を含む多くの生物への有害な影響を伴う。

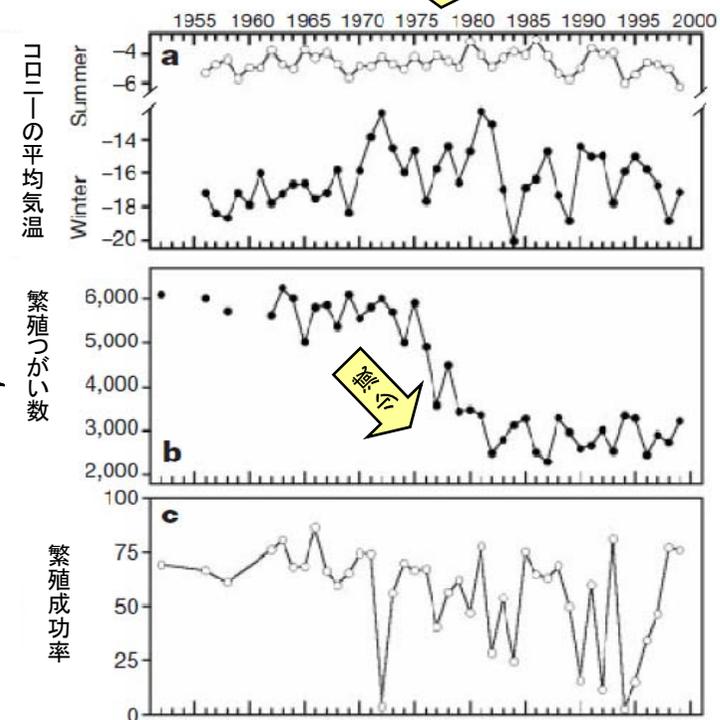
出典：AR4 SYR Longer Report 主題3

気候変化と皇帝ペンギンの生息数の変化



過去50年では、**1970年代後期**に、南極の皇帝ペンギンの生息数は、**50%減少**。

冬に高温期が続いた



14. 事例：海洋の酸性化

- 大気中のCO₂濃度増加は海洋の酸性化の進行につながる。1750年以来、海洋のpHは既に約0.1低下した。

出典：AR4 SYR SPM

高緯度の(冷たい)海では、低緯度の(温かい)海よりも酸性化しやすい。(pHの低下：高緯度の海で0.12、低緯度の海では0.06)

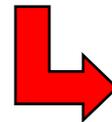
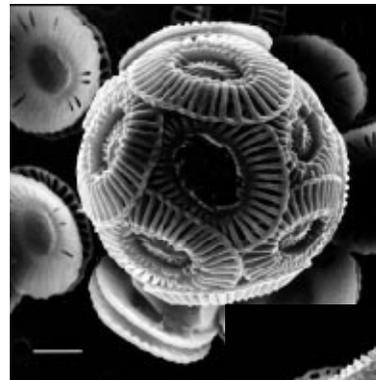
出典：AR4 WG1 第5章

- 海洋の酸性化の進行は、殻を生成する海洋生物とそれらに依存する生物に負の影響を与えると予測される。

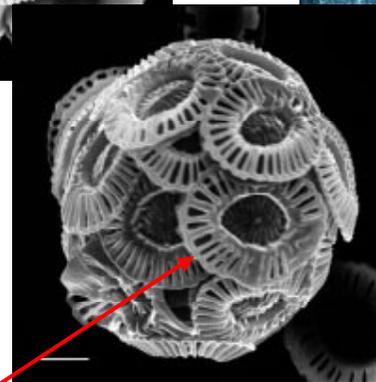
出典：AR4 SYR SPM

※炭酸カルシウムの結晶の一種。炭酸カルシウムの結晶形には、カルサイト(方解石)とより不安定なアラゴナイト(あられ石)があり、生物種によって形成する結晶が異なる。例えば、サンゴはアラゴナイトを、円石藻類や有孔虫はカルサイトを作る。

酸性化の影響を受ける可能性のある円石藻類(植物プランクトン)とサンゴ礁



CO₂濃度を上げると...



形が崩れ、円形がギザギザになっている

二酸化炭素を高濃度にした実験では、円石藻類であるEmiliania huxleyiの炭酸カルシウム形成に有意な減少が見られた。



Courtesy of the National Oceanic and Atmospheric Administration Central Library Photo Collection

アラゴナイト*を形成するサンゴや翼足類(プランクトン性の貝)は特に酸性化の影響を受けやすいだろう。

出典：AR4 WG1 第7章 Box7.3

2. 変化の原因

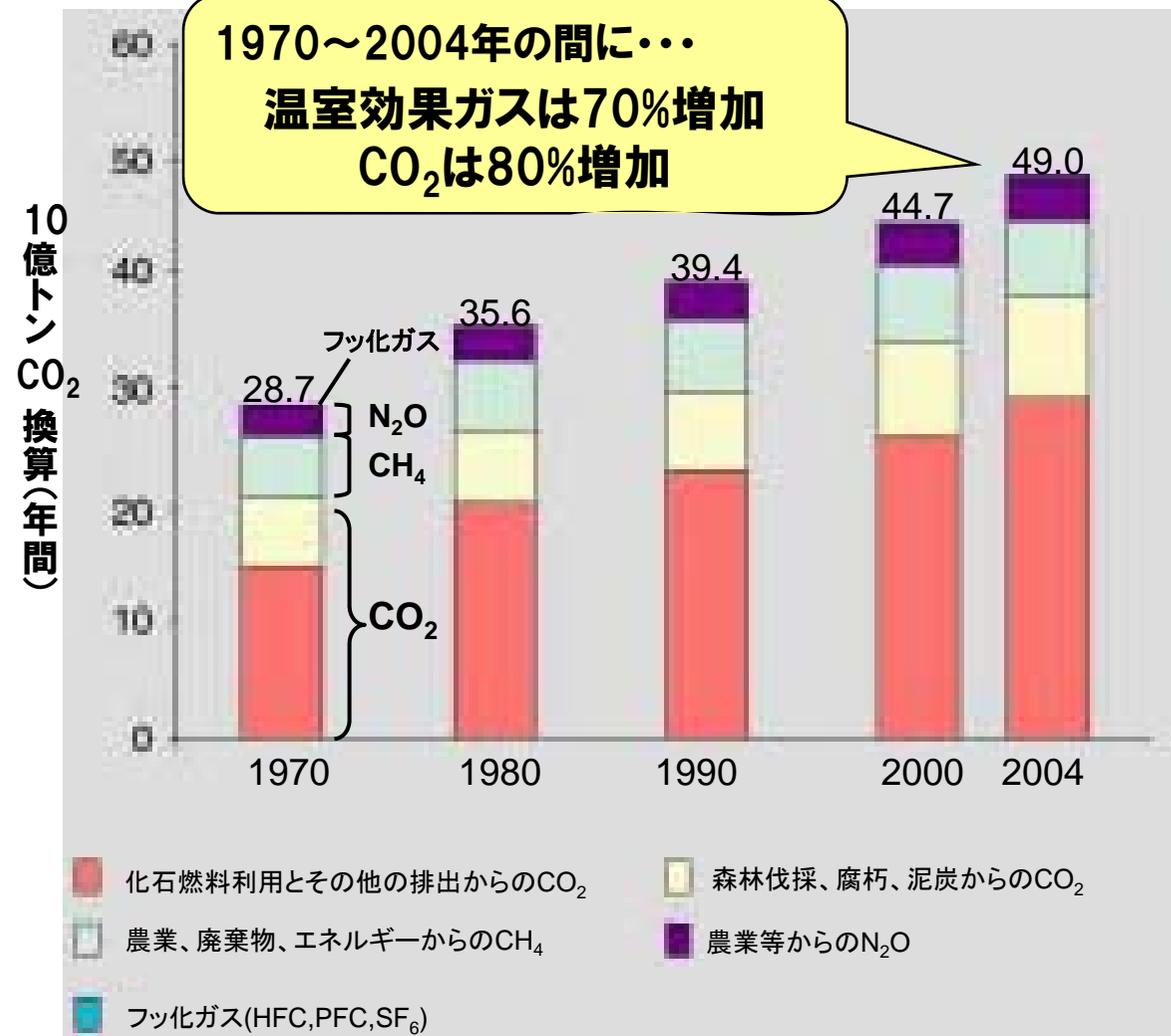
- ◆20世紀半ば以降の世界平均気温の上昇は、その大部分が、人間活動による温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性が非常に高い。(very likely)

1. 温室効果ガス排出量の経年変化

- 人間活動が原因となって排出された温室効果ガスの総排出量は、1970～2004年の間に70%増加した。
- CO₂の排出量は、1970～2004年の間に約80%増加した。

出典：AR4 SYR SPM

人為起源温室効果ガス(GHG)の排出量



出典：AR4 SYR SPM 図SPM3

2. 排出の大部分を占める二酸化炭素

- 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。

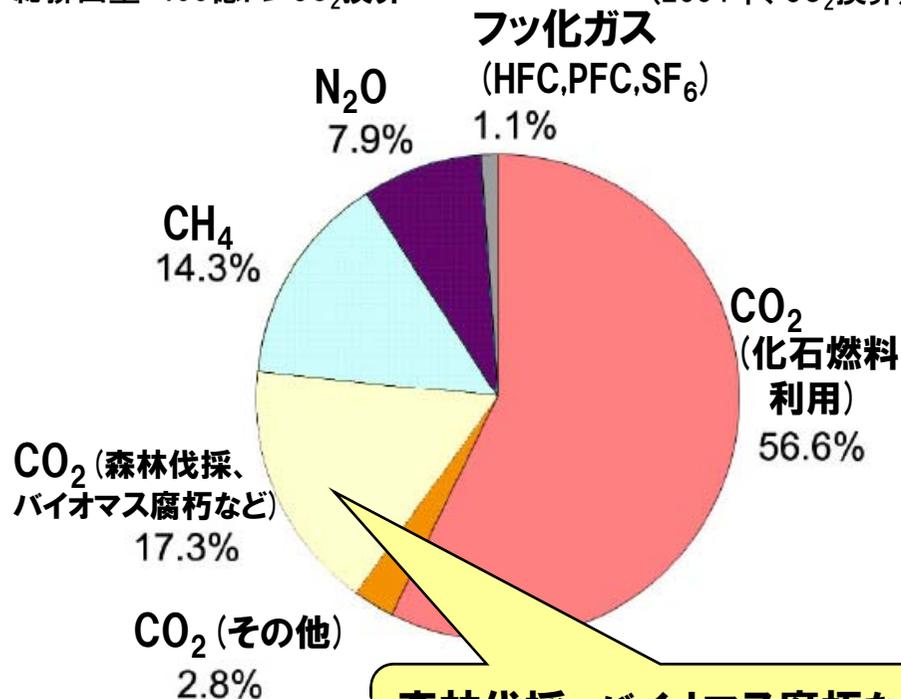
出典:AR4 SYR SPM

- 部門別では、1970～2004年の間にエネルギー供給、輸送、工業からの排出量が大幅に増加した。

出典:AR4 SYR Longer Report 主題2

人為起源の温室効果ガス (490億トンCO₂) の内訳

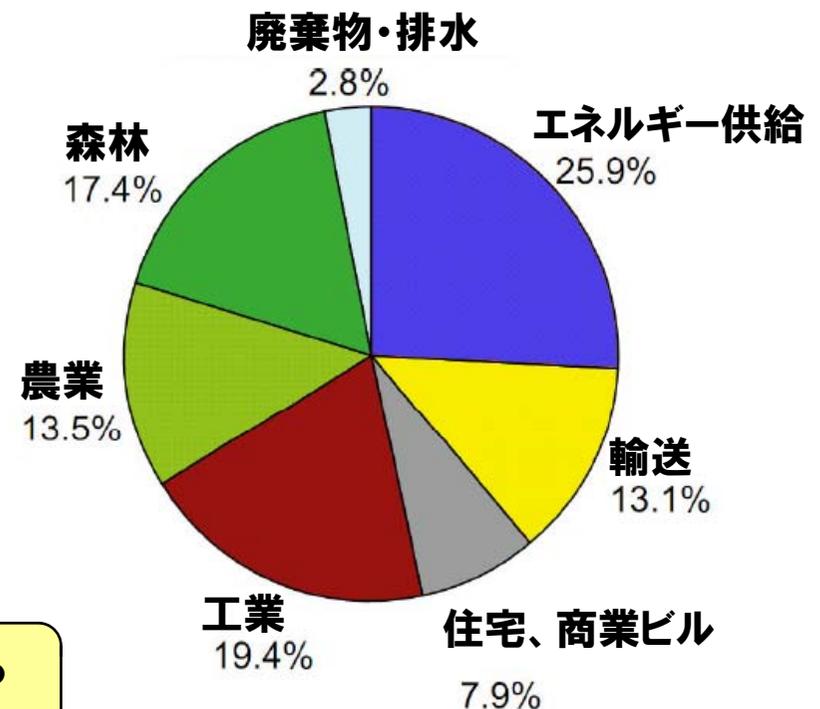
総排出量: 490億トンCO₂換算 (2004年、CO₂換算)



森林伐採、バイオマス腐朽などからも、17.3%ものCO₂排出がある。

人為起源の温室効果ガス (490億トンCO₂) の部門別内訳

総排出量: 490億トンCO₂換算 (2004年、CO₂換算)

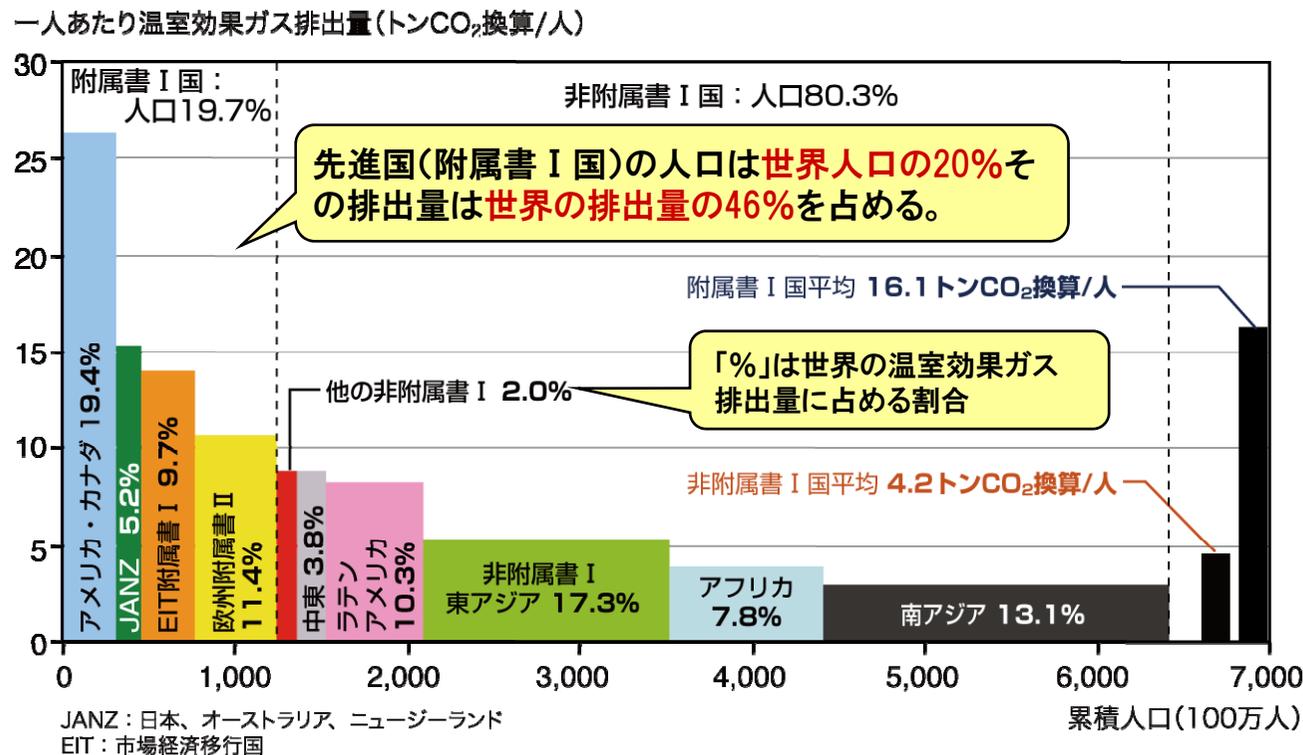


3. 地域別の一人あたり温室効果ガス排出量

- 2004年、UNFCCCの附属書I国は、世界の人口の20%、世界のGDP※生産の57%、世界の温室効果ガス排出量の46%を占めている。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題2

地域別の一人あたり温室効果ガス排出量の分布(2004年)



附属書 I 国：気候変動枠組条約を批准した国のうち、条約の附属書 I に記されている国のことで、主として先進国を指す。

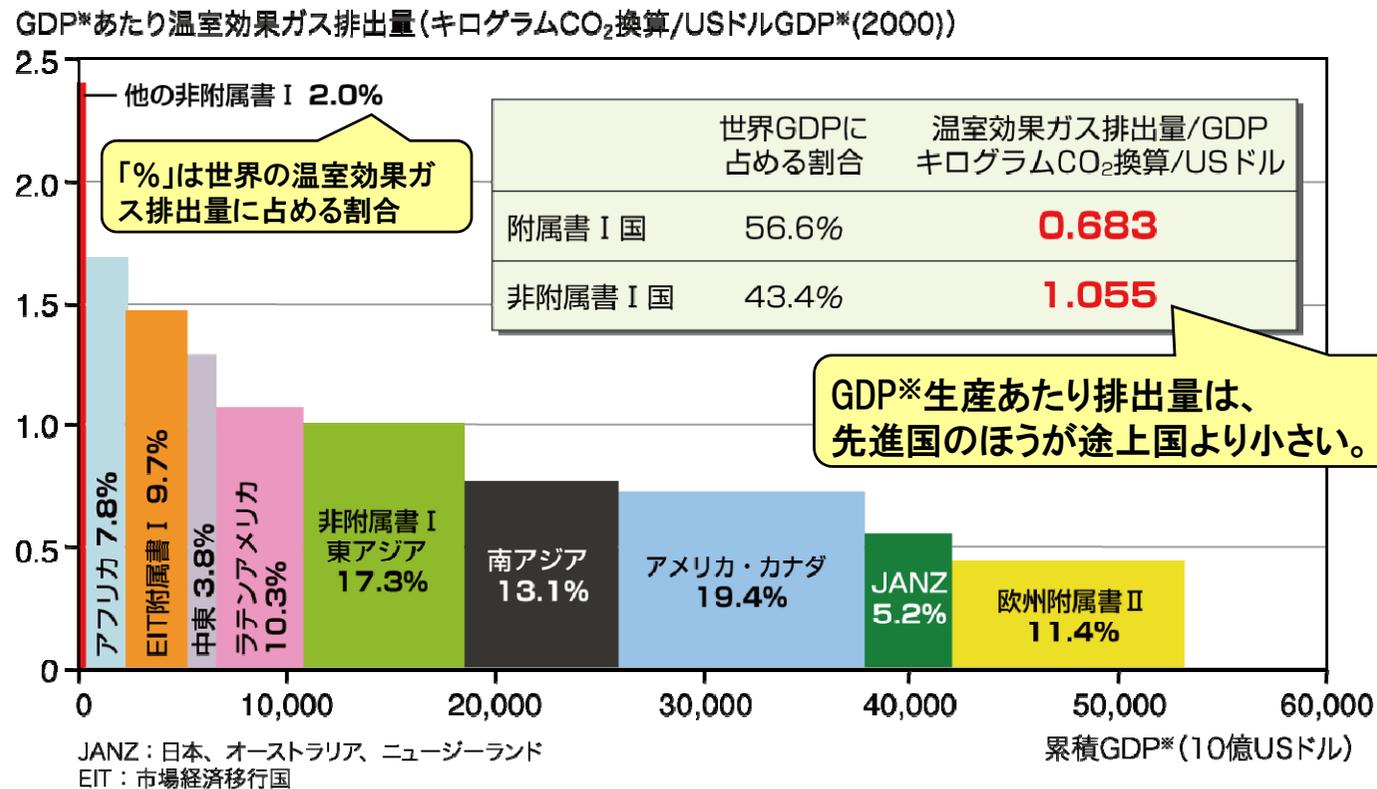
非附属書 I 国：気候変動枠組条約を批准した国のうち、条約の附属書 I に記されていない国のことで、主として途上国を指す。

4. 地域別のGDP※生産あたり温室効果ガス排出量

- 2004年、UNFCCCの附属書I国は、世界の人口の20%、世界のGDP※生産の57%、世界の温室効果ガス排出量の46%を占めている。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題2

地域別のGDP※生産あたり温室効果ガス排出量の分布(2004年)

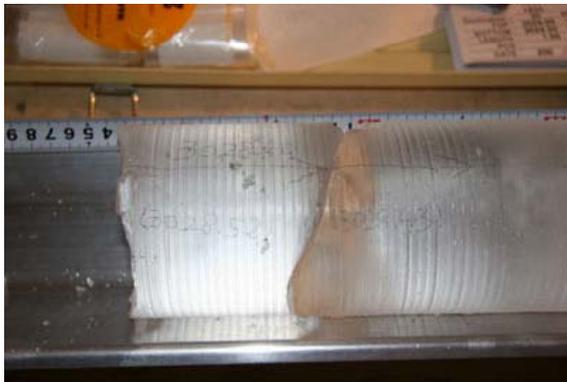


5. 二酸化炭素、メタンの濃度

- 大気中の二酸化炭素、メタンの濃度は、人間活動によって1750年以降顕著に増加し、現在では、氷床コア※1から決定された産業革命前の値をはるかに超えている。

出典:AR4 SYR SPM

南極ドームふじ基地における氷床コア採取



出典:文部科学省ホームページ
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/18/01/06022402/001/001.htm

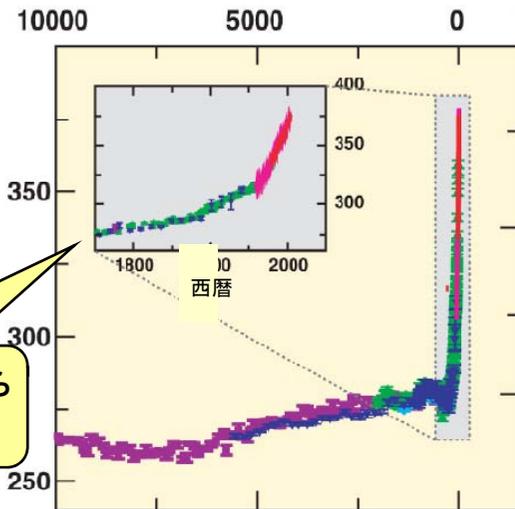
※1 南極やグリーンランドの氷床から取り出される氷。過去の大气組成や気温などを知る手がかりとなる。

※2 正の放射強制力は地表面を暖め、負の放射強制力は地表面を冷やす。地球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ことで、1平方メートルあたりワット数で表される。

氷床コアと現代のデータによる温室効果ガスの変化

二酸化炭素

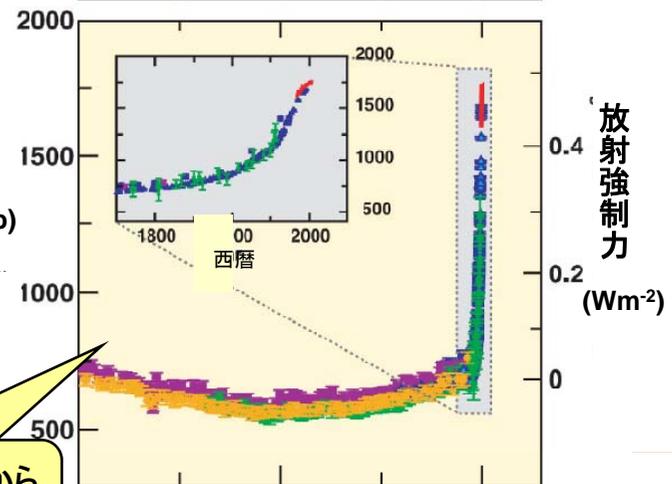
濃度
(ppm)



産業革命前 280ppmから
2005年 379ppmへ

メタン

濃度
(ppb)



産業革命前 715ppbから
2005年 1774ppbへ

出典:AR4 SYR Longer Report 主題2 図2.3

6. 放射強制力※1

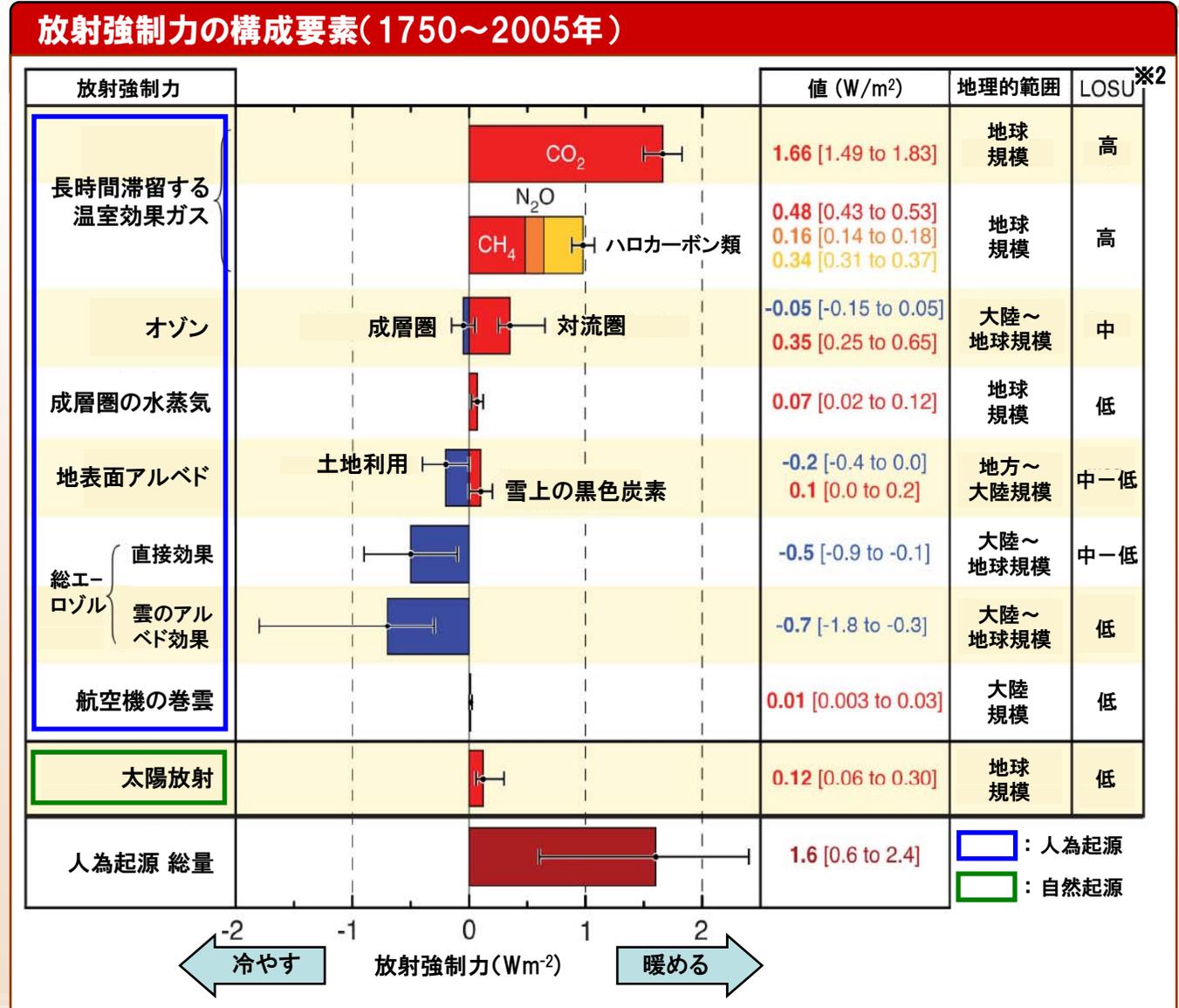
- 大気中における温室効果ガス濃度、エアロゾル濃度、又は地表面特性や太陽放射の変化によって、気候システムのエネルギーバランスは変化する。

出典:AR4 SYR Longer Report 主題2

■ 1750年以降の人間活動が、世界平均で温暖化の効果を持つことについては、確信度が非常に高い。

出典:AR4 SYR SPM

※1 正の放射強制力は地表面を暖め、負の放射強制力は地表面を冷やす。地球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ことで、1平方メートルあたりのワット数で表される。



※2 「Level Of Scientific Understanding」の略で科学的知見レベルのことを示す。

出典:AR4 SYR Longer Report 主題2 図2.4

7. 人間活動の影響

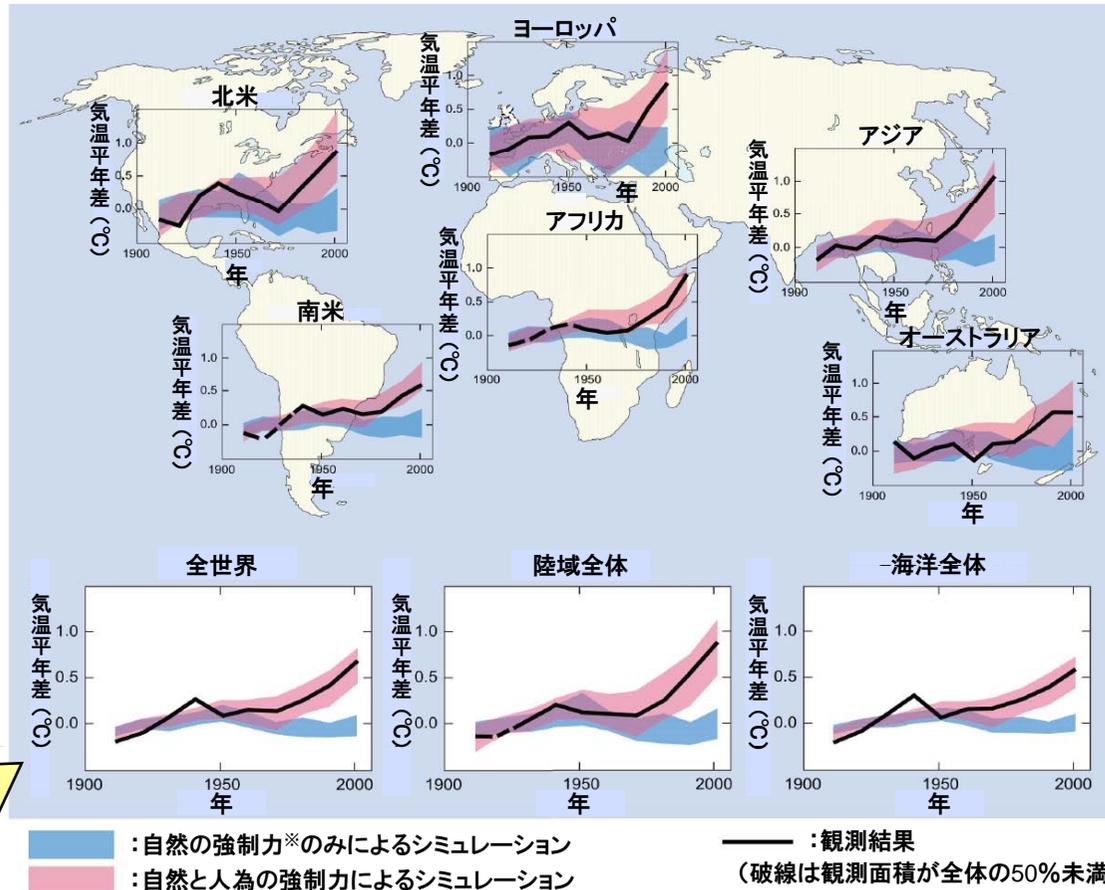
- 20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇は、その大部分が、人間活動による温室効果ガスの大気中濃度の増加によってもたらされた可能性が非常に高い(90%以上)。★

出典:AR4 SYR SPM

TARでは「可能性が高い(66%)」であったのが、さらに踏み込んだ表現となった。

自然影響に人為影響を加えたシミュレーションで、はじめて実際の観測結果が説明できる。

1906~2005年の世界規模及び大陸規模の10年平均地上気温の変化(1901~1950年の平均値が基準)とモデルシミュレーションの比較



出典:AR4 SYR SPM 図SPM4

※ 正の放射強制力は地表面を暖め、負の放射強制力は地表面を冷やす。地球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ことで、1平方メートルあたりワット数で表される。

3. 予測される気候変化とその影響

- ◆世界平均気温は2100年に1.8～4.0度上昇すると予測される。
- ◆人為起源の温暖化によって、突然の、あるいは不可逆的な（irreversible）現象が引き起こされる可能性がある。

1. 21世紀末の気温と海面水位の予測

- 現在の削減政策を継続した場合、世界の温室効果ガス排出量は、今後20～30年増加し続ける。
■ ★★★ 温室効果ガスが現在と同程度、あるいはそれ以上の割合で増加し続けると、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。その規模は、20世紀に観測されたものよりも大きくなる可能性が非常に高い。★

出典:AR4 SYR SPM

21世紀末の世界平均の地上気温上昇と海面水位上昇の予測

シナリオ	気温上昇 (1980～1999年を基準とした 2090～2099年の上昇(°C))※		海面上昇 (1980～1999年を基準とした 2090～2099年の上昇(m))
	最良の 推計値	可能性の幅	モデルに基づく範囲 (氷の流れの急速な力学的変化は除く)
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
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

※ 産業革命以前と比較した場合の気温上昇の数値は、上表の温度変化の予測幅に約0.5°C加算する。

2. 世界平均気温の上昇

- ・予測シナリオ※の範囲では、今後20年間に、10年あたり0.2℃の割合で気温が上昇すると予測される。

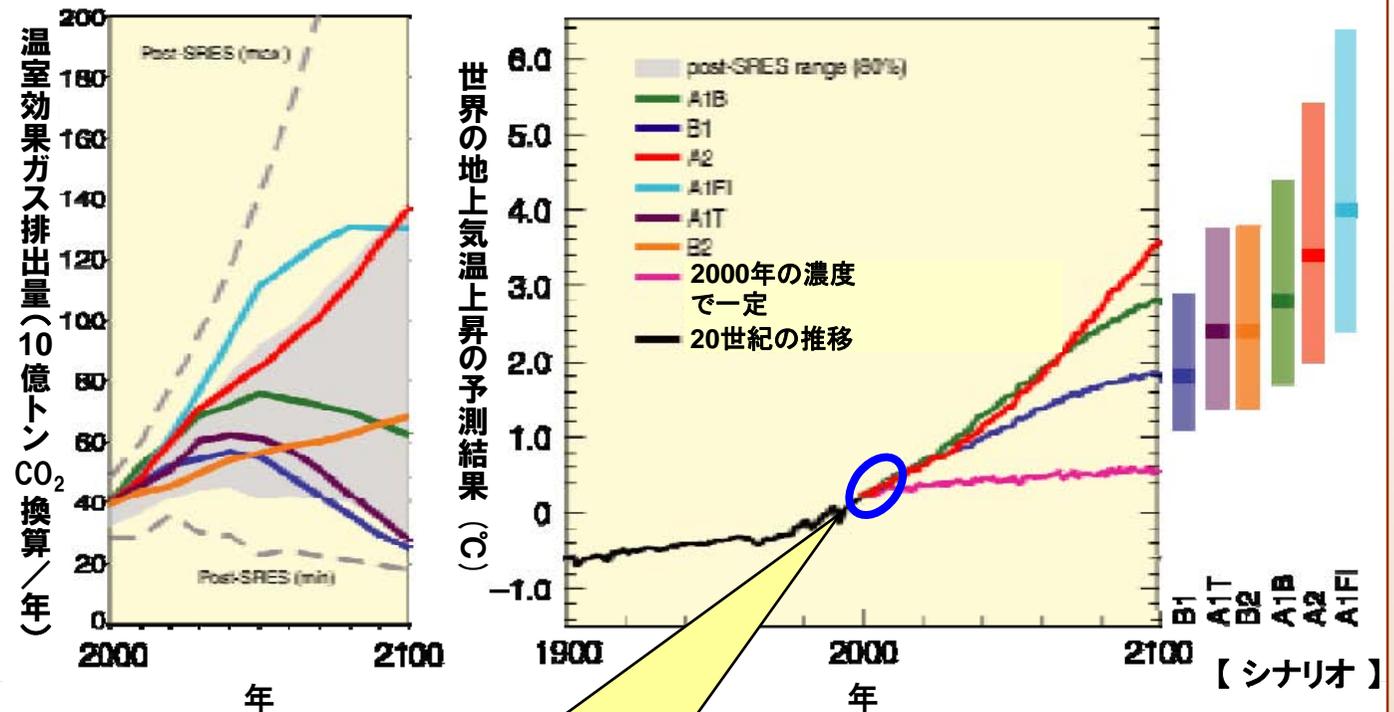
New !

- ・それ以降の温暖化の予測結果に対しては、予測シナリオの影響がより強まる。

出典：AR4 SYR SPM

左図：シナリオ別の温室効果ガス排出量の推移

右図：シナリオ別の地上気温上昇（1980～1999年との比較）



出典：AR4 SYR SPM 図SPM5

いずれのシナリオにおいても、
今後20年間で0.4℃の気温上昇
が起こる。

※ 予測シナリオについての説明は、p90参照。

3. 平均気温の上昇の分布

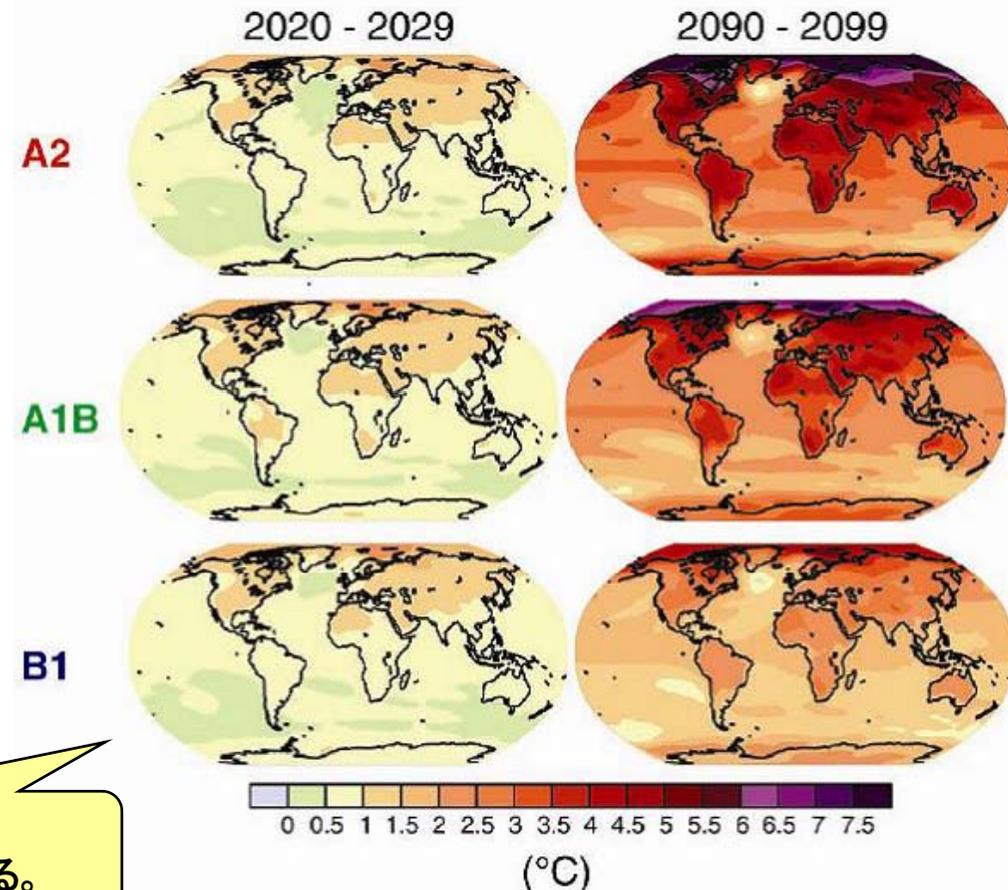
- 21世紀の温暖化予測は、シナリオ※にかかわらず、過去数十年間の観測値と似た地理的傾向を示す。

温暖化は北半球高緯度の陸上で最大となり、南洋（南極近くの海洋）及び北大西洋北部において最小となる。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題3

シナリオが違ってても
地理的傾向は共通となっている。

3シナリオによる21世紀の年平均気温の上昇
(1980~1999年との比較)



地上気温の1980-1999年と比較した上昇値

※ 予測シナリオについての説明は、p90参照。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題3 図3.2(右図)

4. 平均値にだまされるな <参考>

・平均値だけでは真の影響が見えない場合がある

～「3～4℃の気温上昇くらい大丈夫」と思っていないませんか・・・？～

- ・温暖化予測で示される予測結果(p.36参照)は、あくまで「世界平均気温」であり、この場合、以下の点に注意する必要がある。

[解説]

① 日変動の考慮が必要

2003年のヨーロッパの熱波(6～8月)における、平均気温の上昇値は、平年値(1961～1990年)に比べて3.8℃であった。

↓ しかし、より短期的な値を見ると・・・

例: フランスのパリでは・・・

- ・8月に入り、日最高気温が30℃以上となる日が頻出(平年の8月の日最高気温は23.8℃)
- ・8月12日には、気温40.0℃を記録するなど、8月10～15日の平均気温は前年よりも気温が10℃以上も高くなった。

↓ フランス全体では、
熱波による死者が約14,800人に達した。

出典: 異常気象レポート2005(気象庁)

※ 予測シナリオについての説明は、p90参照。

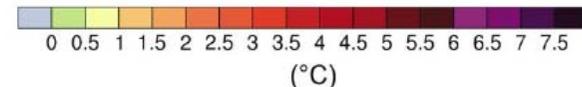
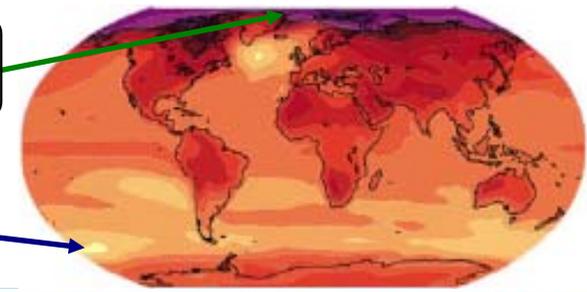
② 地域差の考慮が必要

A1Bシナリオだと、世界平均気温の上昇値は2.8℃だが・・・

2080-2099年の年平均気温の変化
～1980-1999年平均との比較 (A1Bシナリオ※)

北極域では
上昇は4℃以上

南太平洋では
上昇は2℃未満



↓ 地域によって、気温変化の程度は大きく異なる

出典: AR4 SYR Longer Report 主題3 図3.2(右図)より一部抜粋
AR4 WG1 第11章

5. 海面上昇の要因

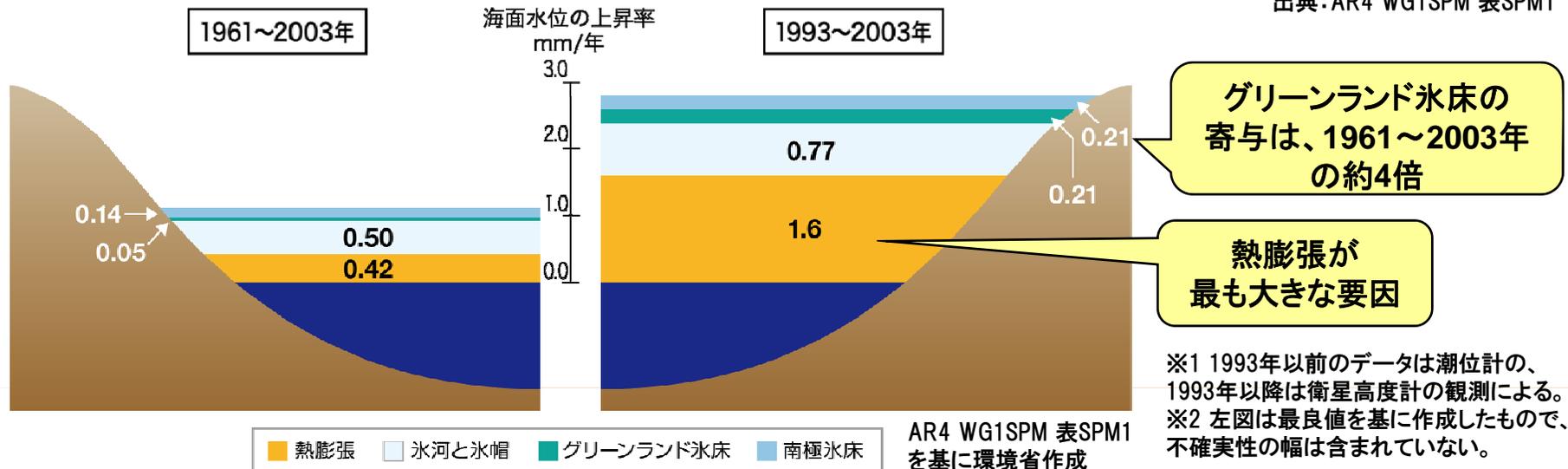
観測された海面水位の上昇率と様々な要因からの寄与の推定

・1993～2003年に気候が海面上昇に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。

出典:AR4 WG1SPM

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※1	3.1±0.7※1
差異(観測値から気候の寄与の推計値の総計を引いたもの)	0.7±0.7	0.3±1.0

出典:AR4 WG1SPM 表SPM1



6. 海面上昇予測にまだ含まれていない要素 <参考>

- 海面上昇の予測結果には、以下の要素は含まれていない。
 - 炭素循環フィードバックにおける不確実性
 - 氷床流出変化※による全ての効果
- 1993～2003年に観測されたグリーンランドと南極における氷流出の増加の影響は予測に考慮されているが、今後はそれらの流出速度が速まる可能性もあれば、遅くなる可能性もある。

出典: AR4 SYR SPM

※ 温暖化により氷床の表面が融解して湖などが形成され、その水が氷河内の割れ目を沈降して地表と氷床の隙間に流出し、その結果水が潤滑油の働きをして上にある氷が滑って動く現象のこと。

氷床の融解



グリーンランドを覆う大規模な氷床から融けだした水の流れ。

出典: ROGER BRAITHWAITE/Still Pictures

7. グリーンランドの氷床の融解 <参考>

- 最近の研究によって、グリーンランド氷床の気候変化への反応が従来考えられていたより早いことが明らかとなった。
- 重力データによれば、グリーンランドの氷床は、この4年間で明らかに容量が減少している。
- グリーンランドの氷容量の減少は1年で248立方キロメートルであり、これは0.5mmの海面上昇に相当する。

出典: Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd: Nature (Isabella, V. and John, W., 2006: Acceleration of Greenland ice mass loss in spring 2004. *Nature* 443, 329–331.), copyright (2006) <http://www.nature.com/>

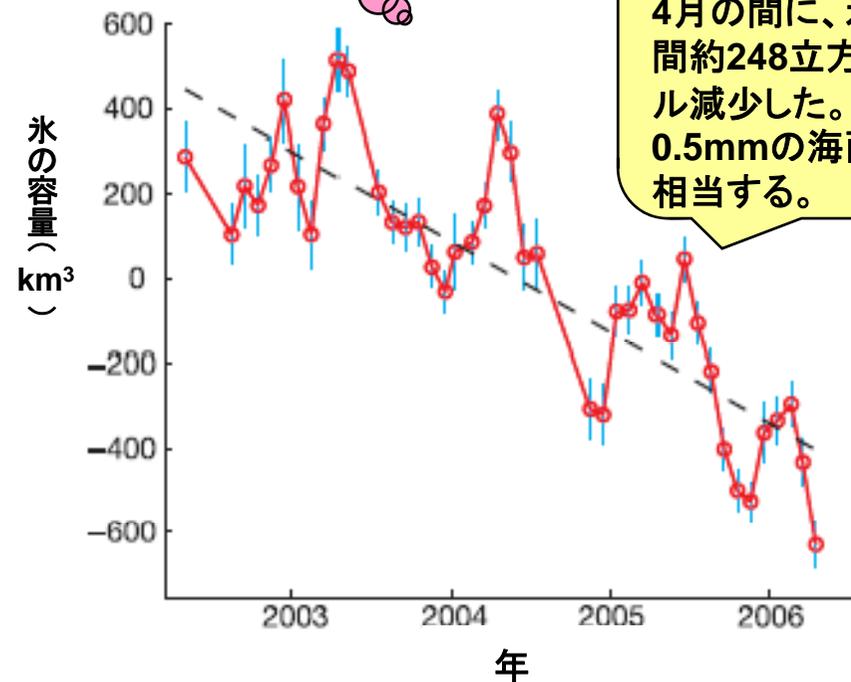
※2002年4月から2006年4月まで、衛星観測により得られた毎月のグリーンランド氷床の容積データについて、同期間の平均値を差し引いた値を示している。

グリーンランド氷床の融解 (2002年4月～2006年4月)

248 km³=

山手線内側(約62km²)×約4,000m!
富士山よりも高い氷の柱が
溶け出した!?

○: 氷の容量の平均値との差*
| : 信頼区間
---: 線形トレンド



2002年4月から2006年4月の間に、氷床は年間約248立方キロメートル減少した。これは0.5mmの海面上昇に相当する。

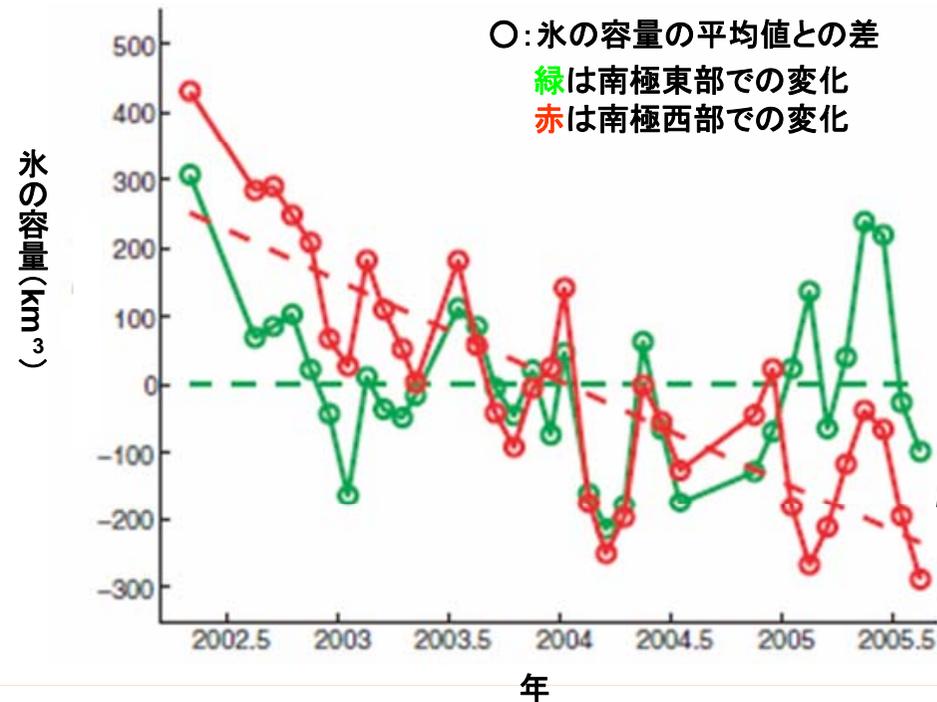
出典: Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd: Nature (Isabella, V. and John, W., 2006: Acceleration of Greenland ice mass loss in spring 2004. *Nature* 443, 329–331.), copyright (2006) <http://www.nature.com/>

8.南極の氷床の融解 <参考>

- 南極の氷床は、寒冷であるため広範囲に表面が溶けることはなく、むしろ降雪の増加により、容量の増加が予測される。
- しかし、力学的な氷の流出が氷床の容量収支を左右しているとすれば、氷床の容量の減少が生じるかもしれない。

出典：AR4 WG1 SPM

2002年から2005年までの南極の氷容量の変化



特に南極西部で氷が減少しており、全体で年間約152立方キロメートルが消失した。これは0.4mmの海面上昇に寄与したと考えられる。

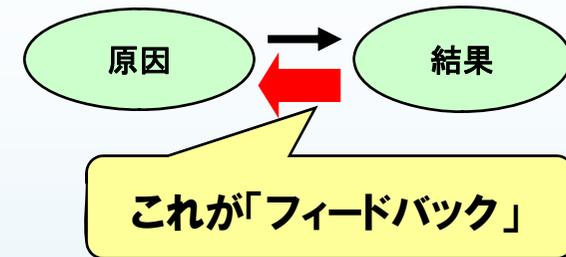
出典：Vekucigba, I. and Wahr, J., 2006. Measurements of Time-Variable Gravity Show Mass Loss in Antarctica, Science 311, 1754-1756. Reprinted with permission from AAAS. Readers may view, browse, and/or download material for temporary copying purposes only, provided these use are for noncommercial personal purposes. Except as provided by law, this material may not be further reproduced, distributed, transmitted, modified, adapted, performed, displayed, published, or sold in whole or in part, without written permission from the publisher.

9. 炭素循環フィードバックとは <参考>

フィードバックとは？

- ある事象の影響が、次々に関連する他の事象に伝播し、その結果が最初の事象に影響を与えること。
- 正のフィードバックは最初の事象を増幅させ、負のフィードバックは低減させる。

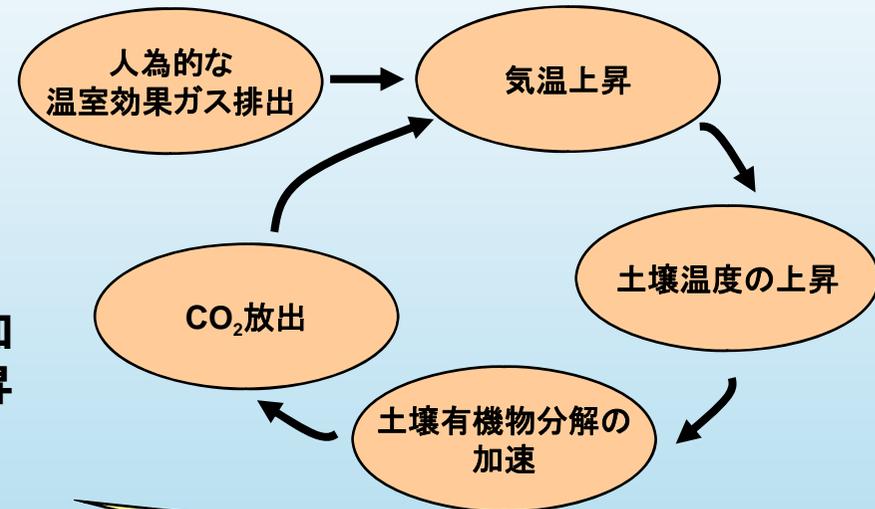
〔解説〕



炭素循環フィードバックの例

- 土壌 人為的な温室効果ガス排出の増加
⇒ 気温上昇 ⇒ 土壌温度の上昇
⇒ 土壌有機物分解の加速
⇒ CO₂放出 ⇒ **温暖化が加速**
- 海洋 人為的な温室効果ガス排出の増加
⇒ 気温上昇 ⇒ 海洋表面の水温上昇
⇒ 海洋のCO₂取り込み量の低下
⇒ 大気中に残存するCO₂の増加
⇒ **温暖化が加速**

〔解説〕



地球温暖化は、正のフィードバック・メカニズムであることが、AR4で新しくわかった。

その他のフィードバックの例

- 水蒸気も正のフィードバックに寄与。
- 永久凍土からのメタンの放出も寄与。

〔解説〕

10. 降水量の予測

- 降水量は、高緯度地域では増加する可能性が非常に高く★、一方で多くの亜熱帯の陸域では減少する可能性が高い。
最近の傾向として観測されている傾向が継続する。

出典:AR4 SYR SPM

- A1Bシナリオの場合、亜熱帯の陸域における降水量は、2100年には約20%減少する。

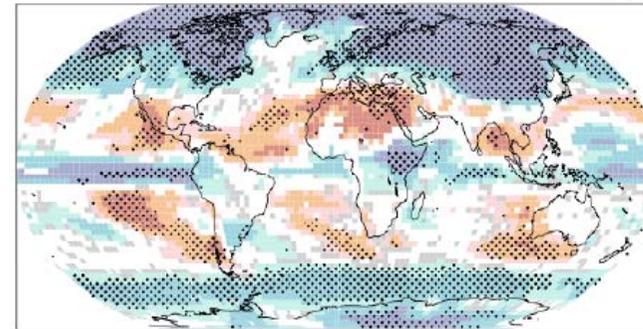
出典:AR4 SYR Longer Report 主題3

今世紀半ばまでに、ラテンアメリカでは
(例) ・アマゾン東部の熱帯雨林がサバンナに変化
・半乾燥地帯の植生が乾燥地帯の植生に変化などが生じる。

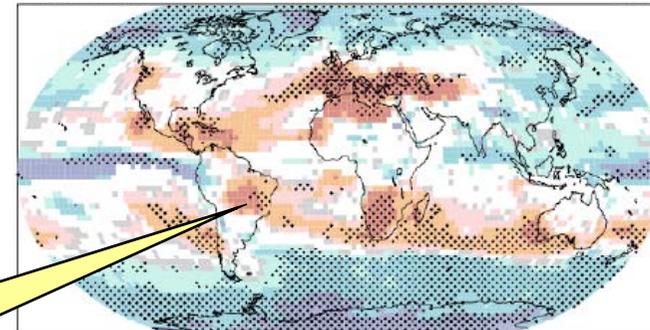
※ 予測シナリオについての説明は、p90を参照。

2090-2099年の降水量の変化割合
～1980-1999年平均との比較～ 【A1Bシナリオ※】

12-2月



6-8月



% -20 -10 -5 5 10 20

(茶は減少)

(青は増加)

- 点画の地域 : 全モデル中の変化割合の正負の一致度が90%以上
- 白色の地域 : 全モデル中の変化割合の正負の一致度が66%以下

出典:AR4 SYR Longer Report 主題3 図3.3

11. 地域の予測の信頼性向上

- ・ 昇温分布や地域レベルの特性に関する予測の信頼性はTAR時点より高まっている。

出典：AR4 SYR SPM

信頼性の高まった地域レベルでの変化予測の例

- ・ 温暖化は北半球の高緯度地域で最も進み、南大洋と北大西洋の一部では最も遅い
- ・ 積雪面積の縮小、多くの永久凍土地帯での融解深の拡大、海水面積の縮小等、最近の観測の傾向が継続する
- ・ 21世紀後半までに、晩夏に北極海の海水がほぼ完全に消滅する（SRESシナリオを利用したいくつかの予測による）
- ・ 極端な高温、熱波、大雨の頻度が増加する可能性が非常に高い★
- ・ 熱帯サイクロンの強度の増大の可能性が高い
- ・ 世界的に熱帯サイクロンの発生数が減少するという予測は信頼性が低い
- ・ 温帯低気圧の進路の極方向への移動とそれに伴う風や降水量、気温分布の変化
- ・ 高緯度地域では降水量が増加する可能性が非常に高い★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（観測された最近の傾向が続くことを意味する）

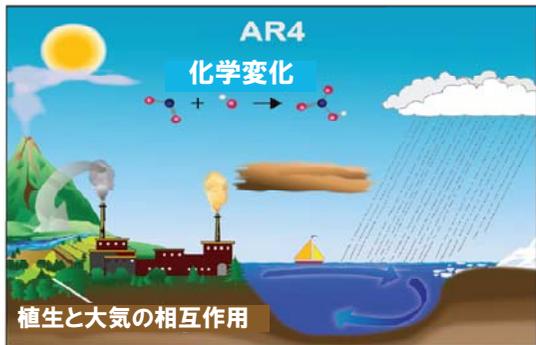
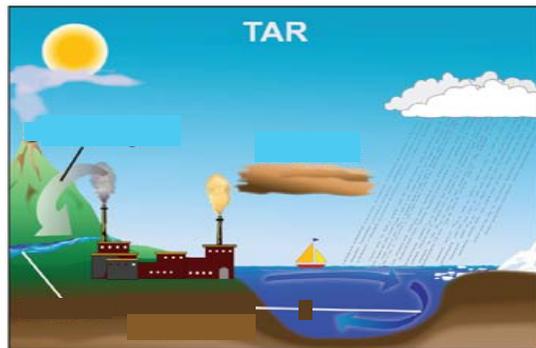
出典：AR4 SYR SPM

12. 予測モデルの向上 <参考>

- ・ TARと比較して、予測モデルは向上している。

【解説】

モデルに追加された物理式の図示
～TARとAR4の比較～



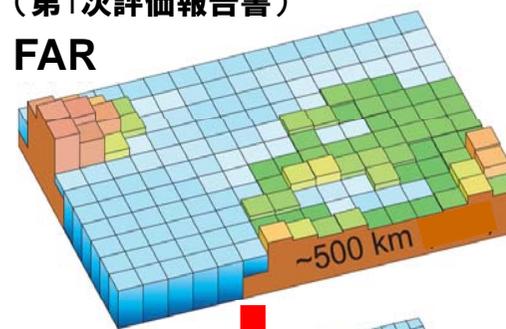
AR4の予測では、新たに
2つの物理モデルが追加された。

出典：AR4 WG1 第1章 図1.2を加工して作成

IPCC報告書が用いた気候モデルの解像度
～FAR、SAR、TAR、AR4～

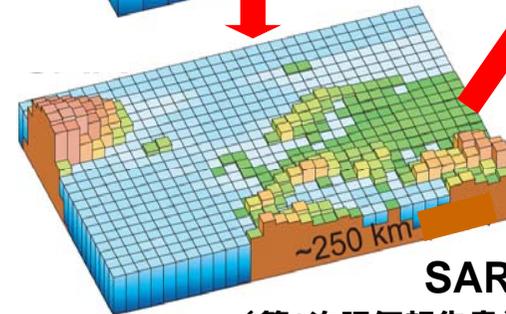
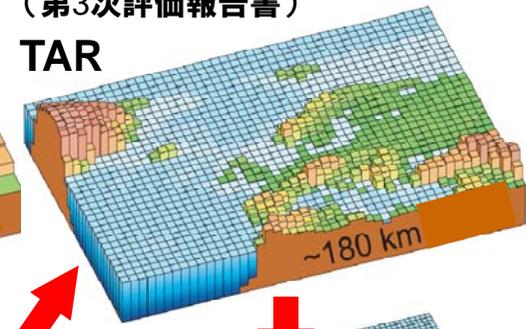
(第1次評価報告書)

FAR



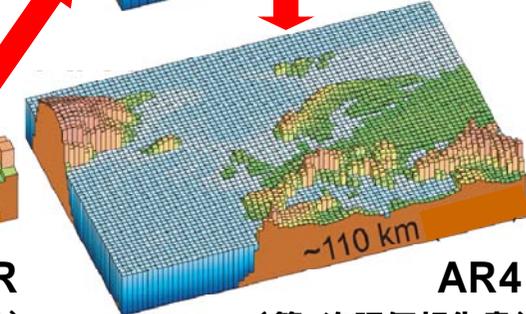
(第3次評価報告書)

TAR



SAR

(第2次評価報告書)



AR4

(第4次評価報告書)

気候予測に用いる地形情報：水平方向の解像度は次第
に向上してきた。図には示されていないが、垂直方向につ
いても、解像度が向上している。

出典：AR4 WG1 第1章 図1.4を加工して作成

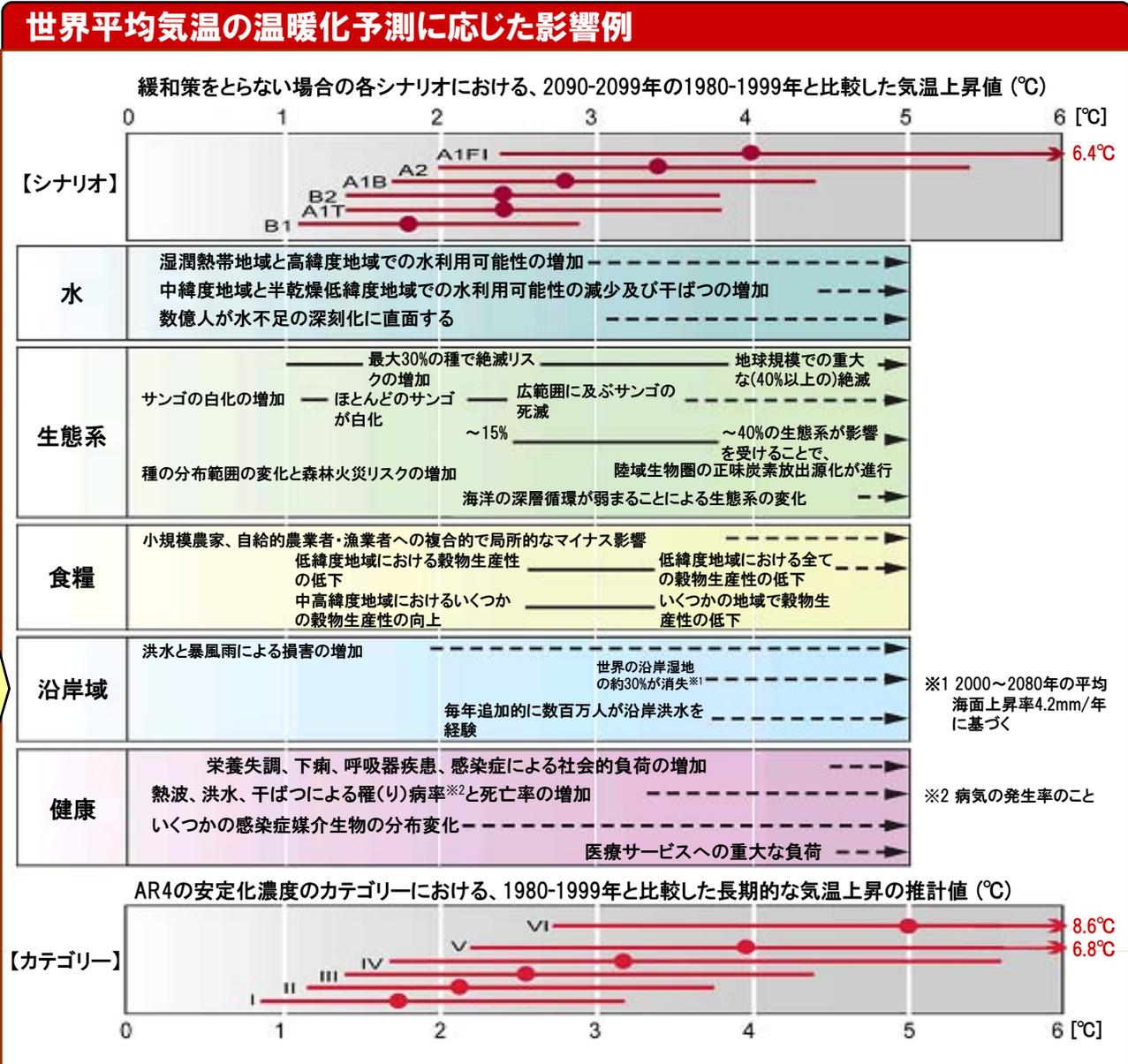
13. 気温上昇による主な影響

- TAR以降、気候変化の程度及び速度が違ふことにより、影響の生じる時期と大きさがどう変化するかについて、より系統的な理解が可能となってきた。

出典：AR4 SYR SPM

「—」は関連する影響を示し、「-▶」は気温上昇に伴って影響が継続することを示す。

- 各記述の左端は、影響が出始めるおよその位置を示す。
- 洪水に関する「数百万人」、水不足に関する「数億人」といった定量的記載は、SRES A1FI、A2、B1及びB2シナリオの範囲で予測される条件に対し追加的に発生する影響分である。気候変化に対する適応の効果はここでは見込まれていない。
- 全ての記述の確信度は高い。



出典：AR4 SYR SPM 図SPM7及び図SPM6

14. 異常気象による各分野への影響(1)

- ・ 極端な気象現象の頻度の増加及び強大化は、海面上昇とともに、自然及び人間社会に対して、多くの場合、悪影響を及ぼす。

出典:AR4 SYR SPM

極端な気象現象の変化による、分野別の影響例 (21世紀半ば～後半における予測結果に基づく)

現象及び傾向	21世紀の 予測見込	各分野の主な影響			
		農業・森林	水資源	健康	産業・居住地・社会
多くの地域での温暖化による、寒い昼夜の減少 暑い昼夜の頻出	ほぼ確実★★★	<ul style="list-style-type: none"> ・温暖(寒冷)環境下での生産量の減少(増加) ・昆虫発生の増加 	<ul style="list-style-type: none"> ・雪融け依存の水資源への影響 ・一部の水供給への影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・寒冷暴露の減少による死亡率の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・暖房(冷房)の需要エネルギーの減少(増加) ・都市の大気質の悪化 ・雪氷等の影響の減少 ・冬季の観光事業への影響
暖かい時期、熱波: 多くの地域における頻度の増加	可能性が非常に高い★	<ul style="list-style-type: none"> ・熱ストレスによる温暖地域での生産量の減少 ・森林火災の危険性の増加 	<ul style="list-style-type: none"> ・水需要の増加 ・水質の問題(例:水の華) 	<ul style="list-style-type: none"> ・熱関連の死亡率の増加(特に、高齢者、慢性病の患者、幼児など) 	<ul style="list-style-type: none"> ・温暖地域に住む空調を持たない人々の生活の質の低下 ・高齢者、乳幼児、貧困者への影響
豪雨の発生: 多くの地域における頻度の増加	可能性が非常に高い★	<ul style="list-style-type: none"> ・農作物への被害 ・土壌の侵食 ・土壌の湛水害※による耕作不能地の増加 	<ul style="list-style-type: none"> ・地表水及び地下水の水質への悪影響 ・供給水の汚染 	<ul style="list-style-type: none"> ・死亡、傷害及び感染症、呼吸器及び皮膚の疾患 	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水による居住地、商業、輸送、社会の分断 ・都市部及び農村部のインフラへの負荷

※湛水害:土地の排水能力を超える水を与え続けた結果、地下水が飽和状態に達してしまう現象

出典:AR4 SYR SPM 図SPM3

14. 異常気象による各分野への影響 (2)

- ・ 極端な気象現象の頻度の増加及び強大化は、海面上昇とともに、自然及び人間社会に対して、多くの場合、悪影響を及ぼす。

出典:AR4 SYR SPM

極端な気象現象の変化による、分野別の影響例 (21世紀半ば～後半における予測結果に基づく)

現象及び傾向	21世紀の予測見込	各分野の主な影響			
		農業・森林	水資源	健康	産業・居住地・社会
干ばつにより影響を受ける地域の増加	可能性が高い	<ul style="list-style-type: none"> ・土地の荒廃 ・生産量の低下 ・家畜の死亡数の増加 ・森林火災の増加 	<ul style="list-style-type: none"> ・より広範囲にわたる水不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・食糧不足、水不足、栄養不足、水・食糧が原因の病気のリスクの増加 	<ul style="list-style-type: none"> ・居住地、産業、社会における水不足 ・水力発電の能力の低下 ・人口移動の可能性
強大な台風活動の増加	可能性が高い	<ul style="list-style-type: none"> ・農作物への被害 ・強風による樹木の倒壊 ・サンゴ礁の被害 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力供給の停止による上下水道の分断 	<ul style="list-style-type: none"> ・死亡、傷害、水及び食物を媒介する疾患のリスクの増加 ・外傷後のストレス症候群 	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水・強風による分断 ・民間保険会社による脆弱地域のリスク適用からの除外 ・人口移動の可能性
高潮現象(津波を除く)の増加	可能性が高い	<ul style="list-style-type: none"> ・灌漑水・河口及び淡水システムの塩類化 	<ul style="list-style-type: none"> ・塩水の侵入による淡水の利用可能量の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水による溺死・傷害のリスクの増加 ・人口移動に関連する健康影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・沿岸防護コストと土地利用転換の比較 ・人口及びインフラの移転の可能性

出典:AR4 SYR SPM 図SPM3

15. 特に影響を受ける分野、地域

- いくつかの分野や地域は、気候変化によって、特に影響を受ける可能性が高い。

出典：AR4 SYR SPM

特に影響を受ける可能性のある分野、地域

<特に影響を受ける可能性が高い分野> **New !**

- **特定の生態系** – 陸域ではツンドラ、亜寒帯林、山岳地域(温暖化への感受性が高い)、地中海性気候帯の生態系(降水量の減少)、熱帯雨林(降水量の減少)、沿岸部ではマングローブや塩水性湿地(複合的なストレスにさらされる)、海洋ではサンゴ礁(複合的なストレスにさらされる)や海氷に依存する生態系(温暖化への感受性が高い)
- **中緯度地域の乾燥地域・乾燥熱帯地域の一部(降水と蒸散の変化による)、及び雪解け水に依存する地域の水資源**
- **低緯度地域の農業** – 水利用可能性の減少
- **低地沿岸部** – 海面上昇の脅威や極端な気象現象のリスク増大にさらされる
- **適応能力の低い社会における人の健康**

出典：AR4 SYR SPM

<特に影響を受ける可能性が高い地域>

- **北極** – 自然環境と地域社会が、急激に進むと予測される温暖化の影響を受ける。
- **アフリカ** – 予測される気候変化による影響を受け、かつ適応能力が低い。
- **小島嶼** – 人々やインフラの多くが影響に多くさらされる。
- **アジア・アフリカの大規模デルタ地帯** – 人口集中と海面上昇、高潮、及び河川洪水に多くさらされる。

出典：AR4 SYR SPM

北極では、アザラシなどの捕食者の生息地縮小が特に懸念される。

出典：AR4 WG2 TS



16. 地域における影響（アフリカ）

アフリカにおいて重要な将来の気候影響及び脆弱性

2020年までに、いくつかの国では**天水農業による収量が最大50%減少**する。農業生産は、食料へのアクセス性も含め多くのアフリカ諸国で非常に厳しくなると予測されている。このことは、**食料の安全保障をさらに悪化**させ、**栄養失調**の状況を悪化させる。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

気候変化が原因で**水不足の深刻化に直面**する人々は、2020年までに**7,500万～2億5,000万人増加**すると予測される。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

2080年までに、気候シナリオの範囲内で、**乾燥・半乾燥地域は、5～8%増加**すると予測される。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

21世紀末、予測される海面上昇により、低地沿岸域のかなりの人口が影響を受ける。**適応コストは、少なくともGDPの5～10%に達する。**

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

17. 地域における影響（アジア）

アジアにおいて重要な将来の気候影響及び脆弱性

気候変化は、急速な都市化・工業化・経済発展と結びついて、**自然資源及び環境への圧力を増加させる**と予測される。

出典：AR4 SYR 表SPM2

水循環の変化の予測結果によると、東アジア、南アジア、東南アジアにおいて、洪水・干ばつに関連した**下痢症による局所的な死亡率及び疾病率が増加**すると予測される。

出典：AR4 SYR 表SPM2

2050年代までに、中央アジア、南アジア、東アジア、東南アジア（特に大規模な河川流域）における**淡水の利用可能量は減少**することが予測される。

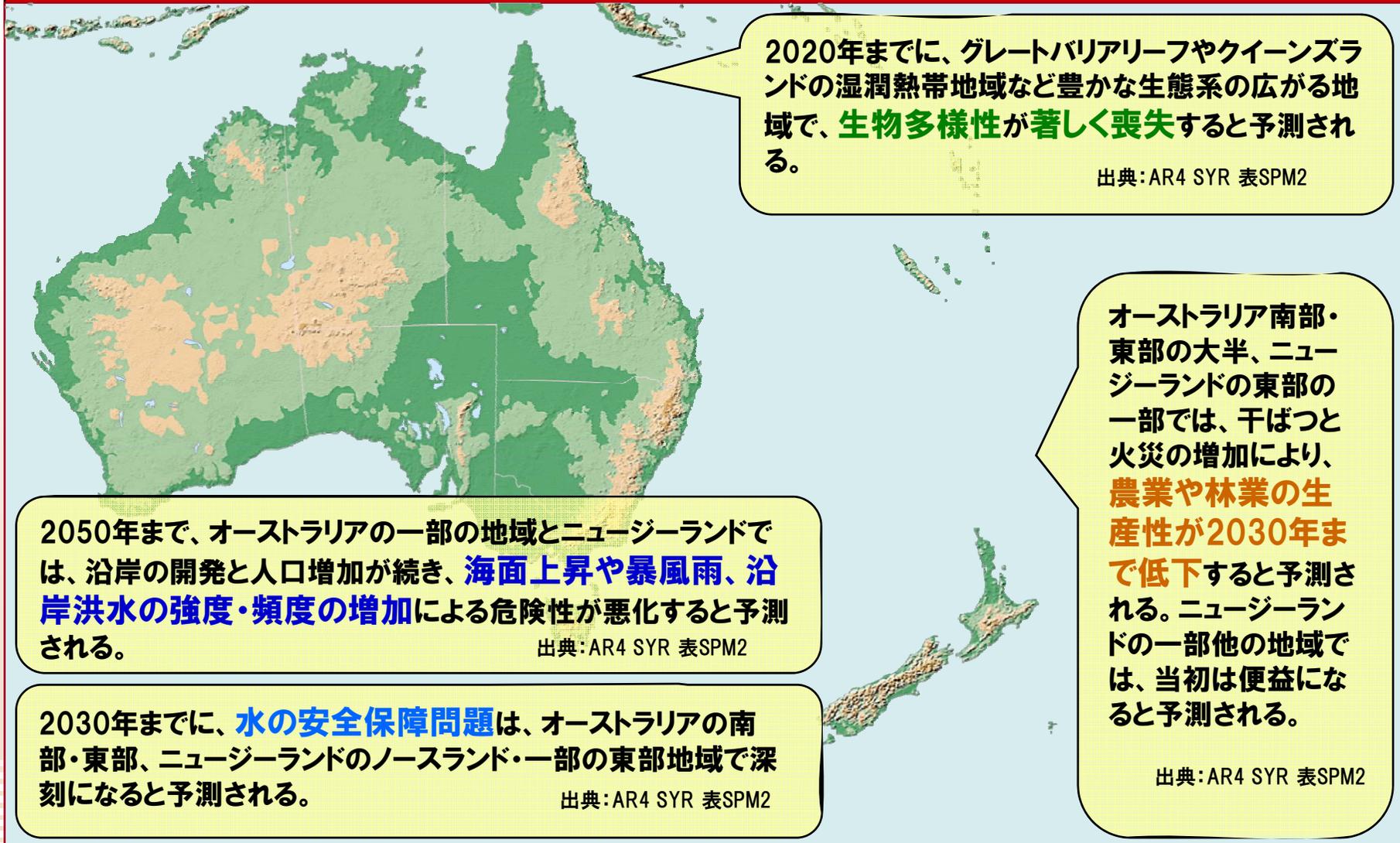
出典：AR4 SYR 表SPM2

沿岸地域（特に人口密度の高い南アジア、東アジア、東南アジアのメガデルタ地帯）では、**海からの水害、又は一部のメガデルタ地帯での河川洪水**が増加する危険性が最も高い。

出典：AR4 SYR 表SPM2

18. 地域における影響 (オーストラリア、ニュージーランド)

オーストラリア・ニュージーランドにおいて重要な将来の気候影響及び脆弱性



19. 地域における影響（ヨーロッパ）

ヨーロッパにおいて重要な将来の気候影響及び脆弱性

気候変化によってヨーロッパにおける**自然資源**や**資産**の地域的な格差が拡大すると予測される。負の影響には内陸における**鉄砲水**のリスク増加、より頻繁な**沿岸洪水**、**浸食の拡大**（**暴風雨**と**海面上昇**による）が含まれる。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

山岳地域は、**氷河の後退**、**積雪面積**と**冬季ツーリズム**の縮小、**種の喪失**の拡大に直面する（高排出シナリオの下で、いくつかの地域では**2080年までに最大60%の喪失**が予測される。）。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

気候変化は、**熱波**による**健康リスク**及び**野火の増加**を引き起こすと予測される。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

南ヨーロッパでは、気候変化に対して既に脆弱な地域の状況（**高温**や**干ばつ**）が悪化し、**水利用可能性**、**水力発電ポテンシャル**※、**夏のツーリズム**、**作物の生産性を減少**させると予測される。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

※水力発電を用いることによる温室効果ガス削減のポテンシャルのこと。

20. 地域における影響 (ラテンアメリカ)

ラテンアメリカにおいて重要な将来の気候影響及び脆弱性

ラテンアメリカの熱帯域における多くの地域で、種の絶滅により**生物多様性**が著しく喪失される危険性がある。

出典: AR4 SYR 表SPM2

一部の重要な**作物**および**家畜**の**生産性が減少**し、食料安全保障に悪影響を及ぼすことが予測される。温帯域での**大豆**の**収穫高は増加**すると予想される。

◆ **飢餓**の危険にさらされる人口が増加すると予測される。

出典: AR4 SYR 表SPM2

降水パターンの変化や小規模氷河の消滅により、生活用水、農業用水、水力発電用の水など**水の利用可能性**に重大な影響が及ぶと予測される。

出典: AR4 SYR 表SPM2

今世紀半ばまでに、気温上昇とこれに伴う土壌水分の減少によりアマゾン東部の**熱帯雨林**が徐々に**サバンナ**に変わると予想される。**半乾燥地帯の植生は、乾燥地の植生**に変わる傾向が生じる。

出典: AR4 SYR 表SPM2



アマゾンの熱帯雨林

21. 地域における影響（北アメリカ）

北アメリカにおいて重要な将来の気候影響及び脆弱性

西部山岳の温暖化によって、**雪塊の減少、冬季洪水の増加、夏季の流量減少**が引き起こされ、水資源の争奪を助長すると予測される。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

現在既に熱波を経験している都市では、21世紀中に**熱波の回数、強さ、継続期間の増加**に見舞われ、**健康への影響**が引き起こされる可能性があると予測される。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

今世紀はじめの数十年間における中程度の温暖化は、**降雨に依存する農業の総生産量を5-20%増加**させるが、**重大な地域的ばらつき**を生じさせると予測される。生産適地の限界付近で栽培されている、または高度利水による水資源に依存している作物は**重大な困難**に見舞われると予測される。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

沿岸域の群落や生息地は、開発や汚染と気候変化の相互作用によって、**さらにストレスにさらされる**。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

22. 地域における影響（極域）

極域において重要な将来の気候影響及び脆弱性

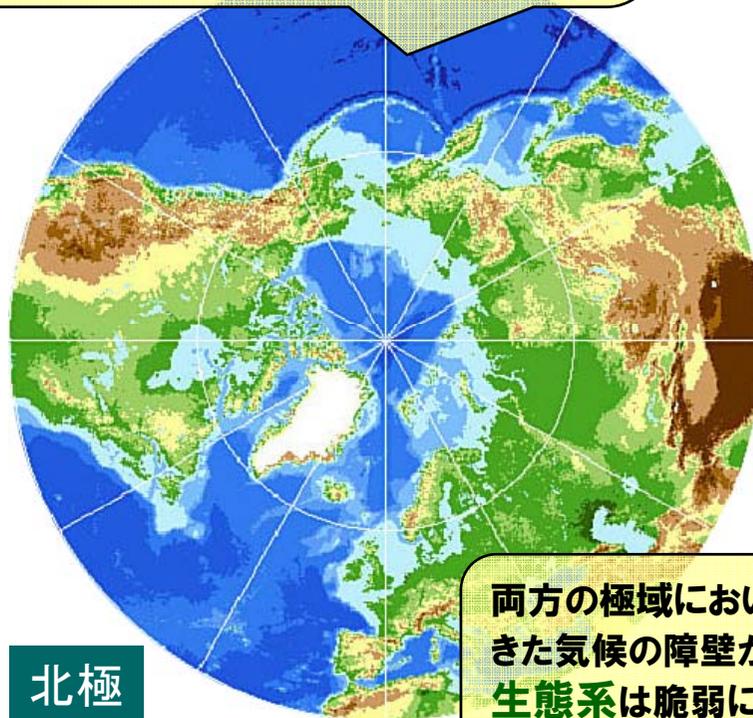
北極の人間社会では、影響、特に雪や氷の状況変化による影響は、悪影響と好影響の双方が混在すると予測される。

悪影響は、インフラや伝統的な原住民の生活様式等に及ぶ。

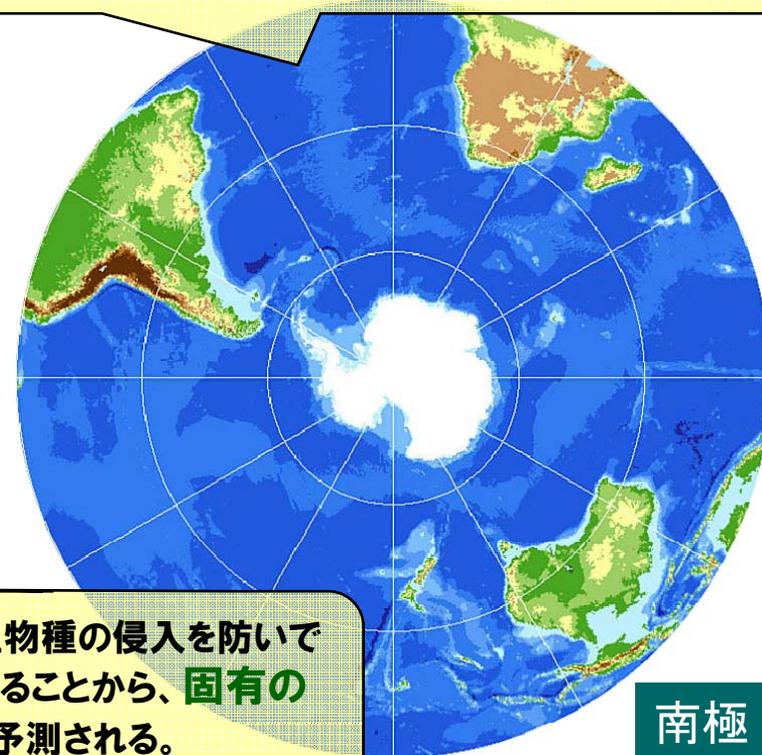
出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

主要な生物物理学的影響として、**氷河・氷床・海水の範囲及び厚さの減少**と、渡り鳥、哺乳類、高次捕食動物を含む多くの生物に悪影響を与える**自然生態系の変化**が予測される。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2



北極



南極

両方の極域において、生物種の侵入を防いできた気候の障壁が低くなることから、**固有の生態系は脆弱になると予測される。**

出典：AR4 SYR SPM 表SPM2

24. 数世紀にわたり温暖化や海面上昇が続く

- たとえ温室効果ガス濃度が安定化しても、気候プロセスやフィードバックの時間的なスケールにより、人為起源の温暖化と海面上昇はその後数世紀にわたり続く。
- 産業革命以前と比べて1.9－4.6度の気温上昇が数千年続くと、グリーンランドの氷床は完全に消滅し、約7mの海面上昇が引き起こされると予測される。

出典：AR4 SYR SPM

グリーンランドの氷表面の夏季融解面積の経年比較

1992年



2002年



グリーンランドで夏季に溶ける氷雪の面積(赤色)は着実に増加傾向にある。

出典：©2004, ACIA/ Map ©Clifford Grabhorn

4. 適応と緩和 のオプション

- ◆今後数十年にわたり、温室効果ガス排出を削減できる相当（substantial）のポテンシャルがある。

1. 計画的な適応の事例(1)

- ・ 利用可能な適応オプションは多岐にわたっている。しかし、気候変化に対する脆弱性の低減のためには、現在以上に強力な適応策が求められる。
- ・ また、適応にはまだ十分に理解されていない障壁、限界、そしてコストが存在する。出典：AR4 SYR SPM

計画的な適応策の事例

分野	適応策	基礎となる政策的枠組み	実施上の主な制約と好機(下線は好機)
水	雨水収集の拡大、水貯蔵と節水の技術、水の再利用、海水の淡水化、水利用と灌漑の効率化	国家水資源政策と水資源の統合管理、水関連の危険管理	資金、人的資源、物理的障壁、 <u>水資源の統合管理、他セクターとの相乗効果</u>
農業	作付け時期と品種の調整、作地の移動、土地管理の改善(例えば、浸食の管理と植林による土壌の保護)	研究開発政策、制度改革、土地保有権と土地の改革、研修、キャパシティー・ビルディング、作物保険、金銭的インセンティブ(補助金と税額控除)	技術や資金の制限、新品種へのアクセス、市場の存在、高緯度地域での成長適期の長期化、 <u>「新」作物からの収入</u>
インフラ・居住地	居住地の移動、護岸堤や高潮バリアの設置、砂丘の補強、土地の収用と湿地の創出(海面上昇と洪水の緩衝帯として)、現在ある自然の防護帯の保護	気候変化への配慮を設計に統合させる基準や規制、土地利用政策、建造物の規約、保険	技術や資金の障壁、居住地移動に利用可能な場所、 <u>政策と管理手法の統合化、持続可能な開発目標との相乗効果</u>
健康	暑さ対策の行動計画、緊急医療サービス、気候感度の高い病気の調査とコントロールの改善、安全な水の確保と衛生状況の向上	気候リスクを考慮した公衆衛生政策、健康サービスの強化、地域・国際的協力	人間の耐性の限界(脆弱な人々の)、知識不足、財政能力、 <u>健康サービスの向上、生活の質の改善</u>

1. 計画的な適応の事例(2)

- ・ 利用可能な適応オプションは多岐にわたっている。しかし、気候変化に対する脆弱性の低減のためには、現在以上に強力な適応策が求められる。
- ・ また、適応にはまだ十分に理解されていない障壁、限界、そしてコストが存在する。出典：AR4 SYR SPM

計画的な適応策の事例

分野	適応策	基礎となる政策的枠組み	実施上の主な制約と好機(下線は好機)
ツーリズム	アトラクションや収入の多様化、スキーゲレンデの高緯度地域や氷河への移動、人工雪の利用	統合的計画(例えば、輸送能力、他産業との結合)、金銭的インセンティブ(補助金と税額控除)	新アトラクションのアピール・販促、資金調達やロジスティクスの困難さ、他の産業へのマイナス効果(例えば、人口雪の生産はエネルギー消費を増大させる)、 <u>新アトラクションからの収入、幅広いステークホルダーの参入</u>
運輸	(輸送網の)再編成/再配置、温暖化や排水に対処するための道路・鉄道・他インフラの設計基準や計画の策定	気候変化に対する配慮の国家交通政策への統合、特殊事例(例：永久凍土地帯)に関する研究開発投資	技術や資金の障壁、より脆弱ではないルートの確保、 <u>技術の改善と主要セクター(例えばエネルギー)との統合</u>
エネルギー	高架送電や配電インフラの強化、地下ケーブルの設置、省エネルギー、再生可能エネルギーの利用、単一エネルギー源依存の低減	国家エネルギー政策、規制、代替源の利用を促進する会計・金銭的インセンティブ、設計基準への気候変化の統合	実行可能な選択肢へのアクセス、技術や資金の障壁、新技術の受容可能性、 <u>新技術のシミュレーション、地域資源の利用</u>

2. 2030年の削減可能性

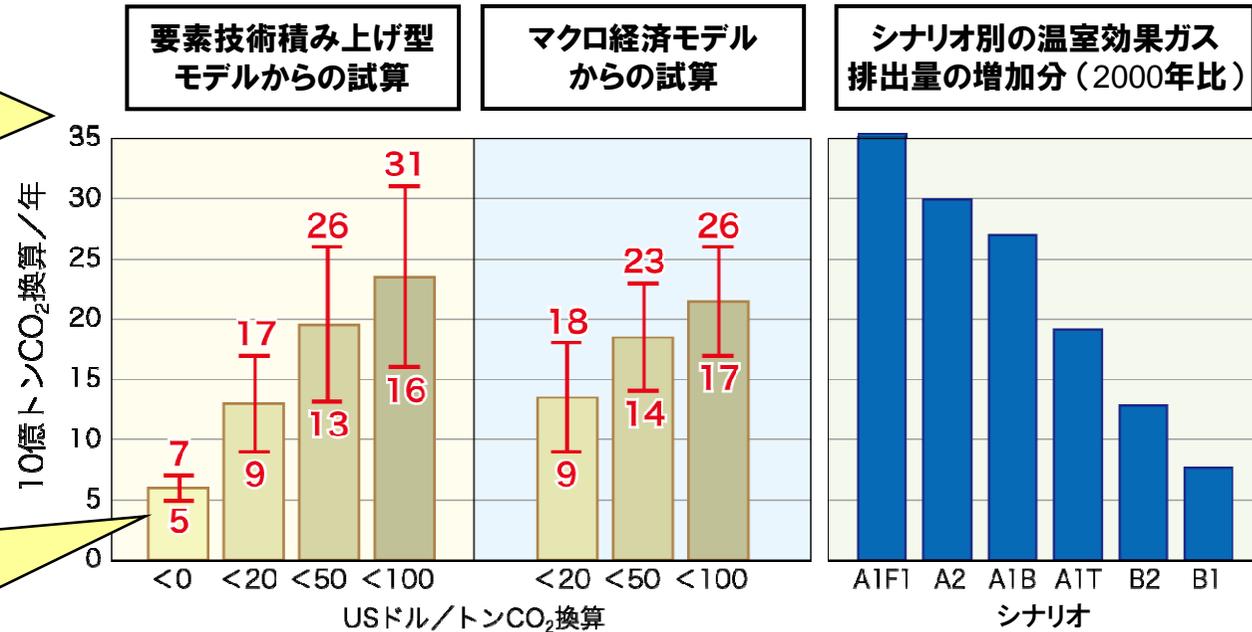
- 要素技術積み上げ型モデル及びマクロ経済モデルの試算研究によれば、今後数十年にわたり温室効果ガス排出量を緩和するだけの相当な削減可能性があり、予測される世界の排出量の伸びを相殺又は現在のレベル以下にまで削減できる可能性がある。■ ★★★

出典: AR4 SYR SPM

2030年の世界の削減可能性の推計値

二酸化炭素1トンの排出に対して100ドルのコストとなるような価格付けを行うことにより、2030年時点で世界の排出量の伸びを相殺または現在のレベル以下にまで削減できる可能性がある。

コストをかけない(利益が生じる)緩和対策によって、年間約60億トンCO₂換算の排出量を削減できる可能性を示している。



【参考】 50USドル/トンCO₂換算は ~25USドル/原油1バレル、 ~12USセント/ガソリン1リットル、 ~5USセント/石炭発電1キロワット時、 1.5USセント/ガス発電1キロワット時 に相当

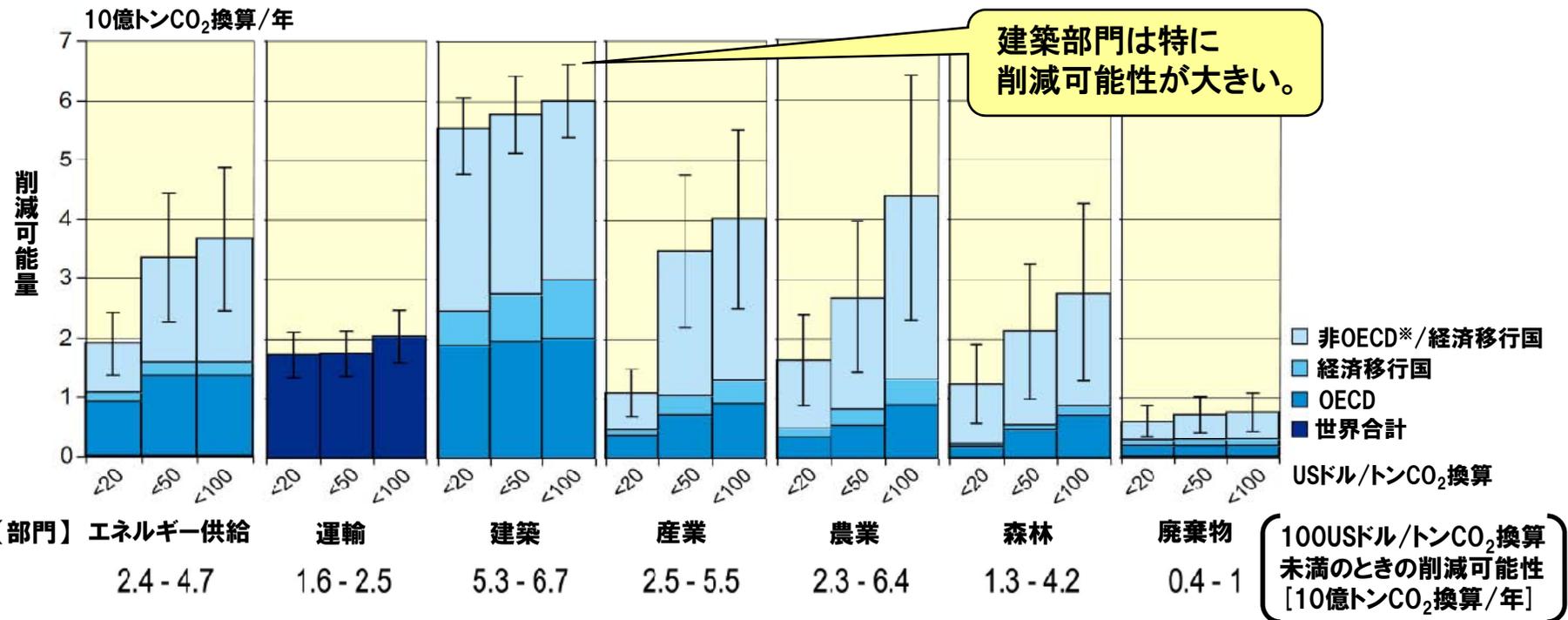
3. 部門別削減可能性

- 研究から試算される削減可能性は、世界全体では、要素技術積み上げ型モデルによるものとマクロ経済モデルによるもので値が一致するが、部門別で見るとかなりの違いが見られる。どの部門においても、単一技術で削減可能性の全量を賄うことはできず、また試算された削減可能性は、適切な政策措置が実施され、障壁が取り除かれる場合を前提としている。

New !

出典：AR4 SYR SPM

要素技術積み上げ型の研究による、2030年における各分野の削減可能性の推計値



※ (Organization for Economic Cooperation and Development) 経済協力開発機構

出典：AR4 SYR SPM 図SPM10

4. 大きな削減可能性を持つ緩和技術（1）

- ・削減行動を促すインセンティブを作り出すために、各国政府が利用可能な政策及び手法は多種多様に存在する。

出典：AR4 SYR SPM

緩和策を講じない場合と比較した2030年の世界の削減可能性の推計値及び各部門の主要な緩和技術

部門	現在商業化されている主要な緩和技術と実施方法 (下線 部は2030年までに商業化が予想されるもの)	環境に効果的な政策とその手法	主な制約条件又は機会 (下線 部は機会)
エネルギー供給	エネルギーの供給・流通効率の改善、石炭からガスへの燃料転換、原子力発電、再生可能なエネルギー(水力、太陽光、風力、地熱、バイオエネルギーなど)、コジェネレーション、CCS※の早期適用(例:天然ガスから回収した二酸化炭素の貯留)、ガス、バイオマス、石炭を燃料とする発電所でのCCS、先進的な原子力技術、先進的な再生可能エネルギー(潮力、波力、集光型太陽発電、太陽光発電)	化石燃料向け助成金の削減、化石燃料に対する課税及び炭素税	既得権者の抵抗によって実施が困難になる可能性がある
		再生可能エネルギーの固定価格での買い取り制度、再生可能エネルギー導入の義務化、生産者向け助成金	<u>低排出技術の市場を創設することが適当である可能性がある</u>
運輸	低燃費の車、ハイブリッド車、よりクリーンなディーゼルエンジン、バイオ燃料、道路輸送から鉄道及び公共輸送システムへの形態変化、動力以外の輸送(自転車、徒歩)、土地利用計画と交通計画の統合、次世代バイオ燃料、より省エネな航空機、より強力で信頼性の高いバッテリーによる先進的な電気自動車・ハイブリッド車	義務的な燃費の設定、バイオ燃料の混合及び道路交通における二酸化炭素の基準の設定	対象を一部の車両とする場合、効果が限定的になる可能性がある
		車の購入・登録・利用及び燃料に対する課税、通行料及び駐車料金	高所得になるに伴い、効果が薄れる可能性がある
		土地利用の規制及びインフラ計画による交通需要への影響、魅力的な公共交通施設、動力に頼らない交通システムへの投資	<u>特に交通システムを構築中の国に適している。</u>

4. 大きな削減可能性を持つ緩和技術（2）

- ・削減行動を促すインセンティブを作り出すために、各国政府が利用可能な政策及び手法は多種多様に存在する。

出典：AR4 SYR SPM

緩和策を講じない場合と比較した2030年の世界の削減可能性の推計値及び各部門の主要な緩和技術

部門	現在商業化されている主要な緩和技術と実施方法 (下線部は2030年までに商業化が予想されるもの)	環境に効果的な政策とその手法	主な制約条件又は機会 (下線部は機会)
建築	省エネタイプの照明・太陽光の取り入れ、省エネタイプの電気器具及び冷暖房設備、省エネタイプの調理用加熱器具、冷暖房用のパッシブソーラー・アクティブソーラー、代替冷媒の導入、フロン類の回収及び再利用、フィードバックや制御が可能な高性能の計測器を統合した商業用ビルの設計、建物内への太陽光発電の導入	電気製品の基準とラベルの表示	基準を定期的に改訂する必要がある
		建築基準及び認可制度の導入	新規のビルには魅力的である実施は困難な可能性がある
		需要側の管理プログラム	実用化によって利益が生じるような規制が必要である
		公共部門が主導のプログラム(政府調達を含む)	政府調達によって、省エネ製品の需要を拡大することができる
		ESCOへのインセンティブ	成功要因: <u>第三者からの資本提供</u>
産業	省エネタイプの電気器具、廃熱・未利用電力の回収、原材料の再利用及び代替品の活用、二酸化炭素以外の温室効果ガスの排出制御、一連のプロセス固有の技術、先進的な省エネ、 <u>セメント工業・アンモニア工業・鉄鋼業におけるCCS、アルミ工業における不活性物質</u>	基準情報の提供、性能基準、助成金、課税控除	技術導入を推進するのに適切である国際競争力の観点から安定した国内政策が重要である
		排出量取引の導入	投資側にとって、割当てが予測可能なメカニズム、安定した価格シグナルが重要である
		自主協定	成功要因: 明確な目標、ベースラインシナリオ、設計・調査・正式なモニタリングの実施の際の第三者の関与、政府と産業間の密接な協力

出典：AR4 SYR 表SPM5 を基に作成

4. 大きな削減可能性を持つ緩和技術（3）

- ・削減行動を促すインセンティブを作り出すために、各国政府が利用可能な政策及び手法は多種多様に存在する。

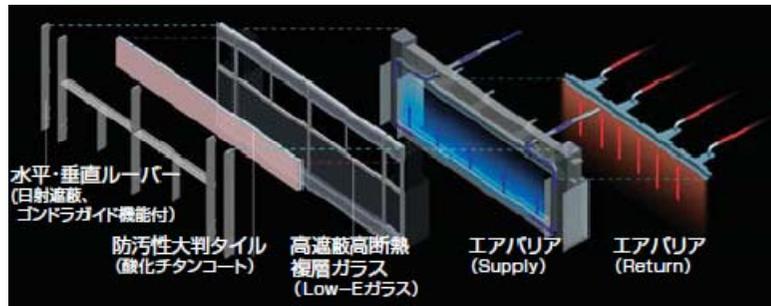
出典：AR4 SYR SPM

緩和策を講じない場合と比較した2030年の世界の削減可能性の推計値及び各部門の主要な緩和技術

部門	現在商業化されている主要な緩和技術と実施方法 (下線部は2030年までに商業化が予想されるもの)	環境に効果的な政策とその手法	主な制約条件又は機会 (下線部は機会)
農業	土壌の炭素貯留量の増加に向けた耕作地及び放牧地の管理方法の改善、泥炭の多い栽培地や劣化土壌の修復、米作技術及び畜産方法の改善によるメタン排出量の削減、窒素肥料の利用方法の改善による一酸化二窒素(温室効果ガスに含まれる)の削減、化石燃料を代替するエネルギー作物、更なる省エネ、作物収穫高の増加	土地管理方法の改善、土壌の炭素貯留量の維持、肥料及び灌漑の効率的な利用に対する金融上のインセンティブ及び規制	持続可能な発展及び気候変動に対する脆弱性の低減との相乗効果を促進することで、 <u>実行する上での障害を克服する可能性がある</u>
林業/森林	新規(再)植林、森林管理、森林破壊の抑制、伐採後の木材製品の管理、木材製品のエネルギー利用(木質バイオマス)、樹種の改良によるバイオマスの生産性及び炭素吸収量の増大、リモートセンシング技術の向上による植生・土壌の炭素貯留可能量の分析及び土地利用変化のマッピング	森林面積の拡大、森林破壊の抑制、森林の維持管理に対する金融上のインセンティブ(国内・国際)、土地利用規制とその施行	制約条件として、投資資本の不足と土地所有権の問題がある <u>貧困撲滅に貢献する可能性がある</u>
廃棄物	廃棄物埋立地から発生するメタンガスの回収、廃棄物焼却に伴うエネルギー回収、有機廃棄物の堆肥化、排水処理の管理、廃棄物の再利用・最小化、 <u>メタンを最適に酸化させるバイオカバー及びバイオフィルター</u> ※	廃棄物及び排水の管理の改善に対する金融上のインセンティブ	<u>技術の普及を促進する可能性がある</u>
		再生可能エネルギーへの金融上のインセンティブ又は義務化	各地域で低コストの燃料が利用される可能性がある
		廃棄物管理に対する規制	実施戦略をもった国別の基準によって最も効果的に適用される

5. 建築物での対策技術(1) <参考>

丸の内再構築事業の例



丸の内北口 ビル窓際システム



新丸ビルのドライミスト (適応策)

丸の内・大手町地区は、「都市再生事業を通じた地球温暖化対策・ヒートアイランド対策の展開」を行っている。丸ビルでは省エネと快適性の両立をめざし、様々な技術を導入し、通常のオフィスビルと比べ約3割の省エネ効果を見込んだ設計としている。

丸ビルに採用された主な省エネ対策

●外壁・二重窓

ひさしが飛び出た外壁で日射を遮るとともに、二重窓を全面的に採用して気密性を高める。

●コジェネレーション

ガスタービンで発電、排熱を蒸気として取り出し熱源として利用する。

●氷蓄熱システム

電力料金の安い夜間に蓄えた冷熱を昼間に利用することで、電力使用を平準化しコスト削減をはかる。

●外気冷房

通常の2.5倍の外気を取り入れることによって冷房にかかるエネルギーを削減(冬期と中間期)。

●エアバリアシステム

空調で窓ガラス沿いに空気のカーテンをつくり窓隙を過ごしやすくするとともに、局所的な熱を排気する。

●自動調光システム

窓から入る自然光に応じて照明の明るさを制御する。

●ゾーン別の空調

各フロアを6~8ゾーンに分けて空調設備を配置、可変風量装置できめ細かく温度を制御する。また、送風にかかるエネルギーを低減する。

●大温度差送水システム

空調用の冷温水の熱交換効率を高め冷温水の流量を減らし、ポンプ動力のエネルギー使用を減らす。

5. 建築物での対策技術（2）〈参考〉

省エネを考えたリフォーム

省エネを考慮したリフォームが最近注目を集めている。室内と外との熱の出入りができるだけ少ない構造とし、冷暖房機器によるエネルギー消費を減らすもので、窓やドアの断熱性向上、壁や床、天井・屋根への断熱材使用などにより対応する。



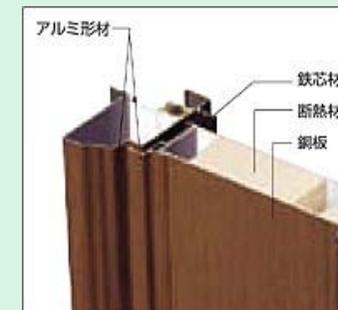
熱を伝えにくい複層ガラス

2枚のガラスの間に乾燥させた空気を封じ込め、熱を伝えにくくした複層ガラスに、断熱タイプのサッシを組み合わせることで、断熱性が大幅に高くなる。サッシまわりの目に見えないすきまから空気が漏れにくくなるため、気密性も高まる。

夏の日差しや西日対策にはオーニング（日よけテント）やサンシェードで窓の外側から光を遮る方法がある。また、ガラスに貼るだけで日射を調整できる遮熱フィルムや、遮熱タイプのガラスもある。

室内の温度を適度に保ち、快適な環境を整えるには、窓と同様にドア部分でも熱の出入りをコントロールすることが必要である。

中でも玄関と勝手口は外気が入りやすいため、熱を通しにくい素材や構造であることが望まれる。



断熱タイプのドア

6. 緩和を促す国内政策・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、各国政府がとっている国内政策及び手法は多種多様である。 ■ ★★★

出典：AR4 SYR Longer Report 主題4

国内政策・手法の利点と欠点

政策の種類	一般的な利点と欠点
広範な開発政策の中に気候政策を組み込むこと	広範な開発政策の中に気候政策を組み込むことによって、容易に実施ができ、障壁も克服できる。
規制と基準	規制と基準は、通常、ある程度確実な排出削減を可能にする。情報不足や他の障壁により、生産者および消費者が価格シグナルに反応できない場合には、他の手法よりも望ましい手法である。
税金および課徴金	税金および課徴金は、炭素価格を設定することができるが、特定の排出レベルを保証することはできない。文献では、税金は、GHG排出量のコストを内部化させるのに費用効果的な方法であるとみなされている。
排出量取引制度	排出量取引制度は炭素価格を確立する。排出枠の割当は配分上の影響を与える一方、排出枠の量が、その環境効果を決定する。炭素価格の変動は、排出枠を遵守するための合計コストの推計を困難にする。
資金インセンティブ	資金インセンティブ（助成金、税控除）は政府が新技術の開発と普及を促進するため、多く用いる政策である。通常、上記の他の手法より経済的コストは高いが、障壁を克服する上で重要な政策である場合が多い。
自主協定	産業界と政府の自主協定は政治的に魅力ある政策であり、利害関係者間の意識を向上させ、多くの国内政策の進展に貢献してきた。大半の協定は、対策を講じない場合に比べて大幅な排出削減をもたらしてはいない。しかし、数力国における最近の協定の中には、利用可能な最善の技術の採用を加速させ、明らかな排出量の削減をもたらしたものもある。
情報手法	情報手法（例えば、啓発活動）は、十分な説明をよく受けた上での選択を促進したり、場合によっては行動変化に貢献することによって、環境の質にプラスの影響を与えるかもしれないが、排出量に対する影響はまだ評価されていない。
研究開発・実証 (RD&D)	RD&Dは、技術を前進させ、コストを低減し、安定化に向けた進展を可能にすることができる。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題4を基に作成

7. 気候変動枠組条約と京都議定書の功績

- 気候変動枠組条約と京都議定書の注目すべき功績は、気候問題へのグローバルな対応の構築、多くの国家政策の促進、国際的な炭素市場の創設、及び将来の緩和策の基礎となりうる新しい制度メカニズムの設立である。 ■ ★★★

出典：AR4 SYR SPM

気候変動枠組条約及び京都議定書の批准国数

気候変動枠組条約批准国
192ヶ国・地域
(2007年10月23日現在)

京都議定書批准国
176ヶ国・地域
(2007年10月23日現在)

多くの国が、気候変動枠組条約、
京都議定書を批准している。



気候変動枠組条約第12回締約国会議(COP12)の会議風景(2006年11月)

5. 長期的な展望

- ◆世界平均気温 2～3℃の上昇で安定化させるには、今後20～30年の削減努力と投資 (investment) が大きな影響を持つ。

1. 気候システムへの危険な人為的干渉

New !

「気候システムへの危険な人為的干渉」とはどのようなものか？を特定するには、**価値判断が含まれる**。科学は、どのような脆弱性を「重要」と判断するかの基準を明確な形で提供することで、意思決定を支援することができる。

食料供給、インフラ、健康、水資源、沿岸システム、生態系、生物地球化学のサイクル、氷床、海洋の状態、大気循環など、多くの気候に敏感なシステムに、主要な脆弱性が関係しているかもしれない。

出典：AR4 SYR SPM

2. 5つの懸念する理由

New !

TARで特定された5つの「懸念する理由」は、現在も、主要な脆弱性を検討する上で有効な枠組みである。これらの傾向はより強まっており、また、小さな気温上昇幅でも大きなリスクをもたらすと評価されている。

出典: AR4 SYR SPM

5つの懸念される理由

特異で危機に曝されているシステムのリスク

これまでに評価された動植物種の約20～30%は、世界の平均気温が1980～1999年より1.5～2.5℃上昇すると、絶滅のリスクが増加する。気温上昇に伴い、サンゴ礁への被害も増大すると予測される。また、北極の先住民社会や小島嶼社会への温暖化に対する脆弱性の増加が予測されている。

異常気象のリスク

近年のいくつかの異常気象現象は、第3次評価報告書時に比べて脆弱性のレベルが高まっていることを示している。早魃、熱波、洪水及びそれがもたらす悪影響が増加するという予測にはより高い信頼性がある。

影響と脆弱性の分布

経済的に最も弱い地域は、しばしば気候変化に対して最も脆弱である。また、先進国においても、貧困層や高齢者層が脆弱である。また、低緯度や低開発地域は大きなリスクにさらされる。

集計された影響

第3次評価報告時と比べて、温暖化による初期の正味便益は、温度のより低い段階で頭打ちとなると予測されている。温暖化が進むことによる正味のコストは、時間の経過とともに増加すると予測されている。

大規模な変動のリスクの増加

何世紀という時間尺度で大規模な海面水位の上昇が起こるリスクが特定されている。

- ・熱膨張のみによる海面上昇は、20世紀に観測されたよりかなり大きい。
- ・グリーンランド及び南極氷床の融解による追加的な海面上昇(最近観測された氷床の流出過程が、現在の予測モデルでは十分に考慮されていない)

3. 適応策と緩和策の双方の重要性

- 適応策、緩和策のいずれも、単独ではすべての気候変化の影響を避けることはできない。

New !

しかし、両者を用いて相互補完的に取り組むことにより、気候変化のリスクを大きく減少させることができる。

出典：AR4 SYR SPM

適応策の具体例：モルディブ・マレ島護岸建設計画



マレ島

1987年のサイクロンによる高潮災害の際は、マレ島の1/3が冠水し、甚大な被害を受けるとともに、同国の首都機能が麻痺した経緯がある。

護岸



2004年12月の津波の後、護岸のおかげで多くの命が救われ、首都は無事だった。

出典：JICA (2001) Annual Evaluation Report.

4. 安定化シナリオと気温上昇、海面上昇

- 多くの影響は緩和により回避、遅延、低減することができる。今後20～30年での緩和努力とそれに向けた投資が、より低い安定化濃度の達成に大きな影響を与える。
- 排出削減が遅れると、低い安定化濃度の達成に制約を与え、より厳しい気候変化の影響のリスクが増大する。

出典：AR4 SYR SPM

安定化シナリオによる長期の世界平均気温上昇と熱膨張による海面上昇※1

区分	CO ₂ 濃度※2	温室効果ガス(エアロゾル含む)安定化濃度※2 (CO ₂ 換算)	CO ₂ 排出がピークとなる年※1,3	2050年のCO ₂ 排出※1,3 (2000年比、%)	産業革命前からの気温上昇※4,5	熱膨張による産業革命前からの海面上昇※6	シナリオの数
	ppm	ppm	年	%	°C	メートル	
I	350 – 400	445 – 490	2000 – 2015	-85 to -50	2.0 – 2.4	0.4 – 1.4	6
II	400 – 440	490 – 535	2000 – 2020	-60 to -30	2.4 – 2.8	0.5 – 1.7	18
III	440 – 485	535 – 590	2010 – 2030	-30 to +5	2.8 – 3.2	0.6 – 1.9	21
IV	485 – 570	590 – 710	2020 – 2060	+10 to +60	3.2 – 4.0	0.6 – 2.4	118
V	570 – 660	710 – 855	2050 – 2080	+25 to +85	4.0 – 4.9	0.8 – 2.9	9
VI	660 – 790	855 – 1130	2060 – 2090	+90 to +140	4.9 – 6.1	1.0 – 3.7	5

※1 ここで評価された緩和研究で報告されている特定の安定化レベルを満たすための排出削減は、炭素循環フィードバックを考慮に入れていないことから、過小評価である可能性がある。

※2 2005年の大気中の二酸化炭素濃度は379ppmであった。また同年の全ての長期滞留温室効果ガスの濃度の最良推計値は455ppmCO₂換算である一方、それに対応する全ての人為起源作用物質の正味の効果を含んだ数値は375ppmCO₂換算であった。

※3 TAR以降のシナリオの15%～85%信頼区間に相当する範囲。

※4 気候感度の「最良の推計値(3°C)」を利用した場合の世界平均気温の上昇幅。気候感度とは、大気中の二酸化炭素濃度が産業革命前の2倍になった場合の気温の変化のこと。

※5 平衡点における世界平均気温は、気候システムの慣性のために温室効果ガス濃度安定化時の予測値とは異なってくる。多くのシナリオにおいて、温室効果ガスの安定化は2100年～2150年の間に起こる。

※6 海面上昇は熱膨張のみによるものであり、少なくとも何世紀も安定化には到達しない。これらの数値は比較的簡易な気候モデルで推計されており、氷床、氷河、氷帽による影響を含まない。長期の熱膨張は、産業革命前の気温から一度上がるごとに0.2～0.6mの海面上昇を引き起こすと予測される。

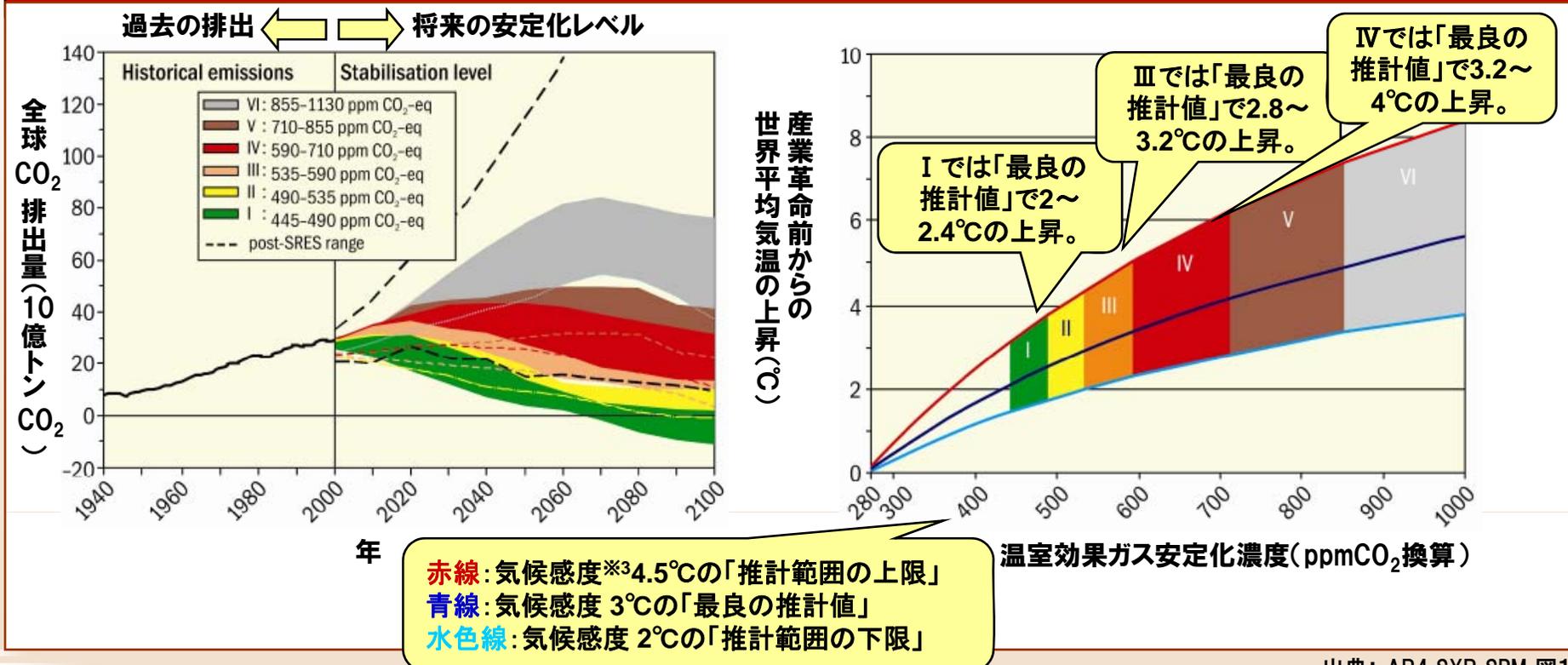
出典：AR4 SYR SPM 表SPM6

5. 長期的な安定化シナリオ

- 多くの影響は緩和により回避、遅延、低減することができる。今後20～30年での緩和努力とそれに向けた投資が、より低い安定化濃度の達成に大きな影響を与える。
- 排出削減が遅れると、低い安定化濃度の達成に制約を与え、より厳しい気候変化の影響のリスクが増大する。

出典：AR4 SYR SPM

6つの安定化目標とそれらのCO₂排出量^{※1}及び世界平均気温上昇値^{※2}との関係



出典：AR4 SYR SPM 図11

※1 左図で色づけされている安定化シナリオの範囲は、CO₂のみおよび複数ガスによるシナリオを含み、全てのシナリオによる分布の10%～90%信頼区間に相当する。

※2 平衡に達するには、特に高いレベルの安定化の場合、数世紀かかりうる。

※3 大気中の二酸化炭素濃度が産業革命前の2倍になった場合の気温の変化のこと。

※4 ほとんどのモデルでのCO₂排出は、伐木や乱伐後に放置された地上バイオマスの腐敗、泥炭火災、流出した泥炭土からの排出を含まない。

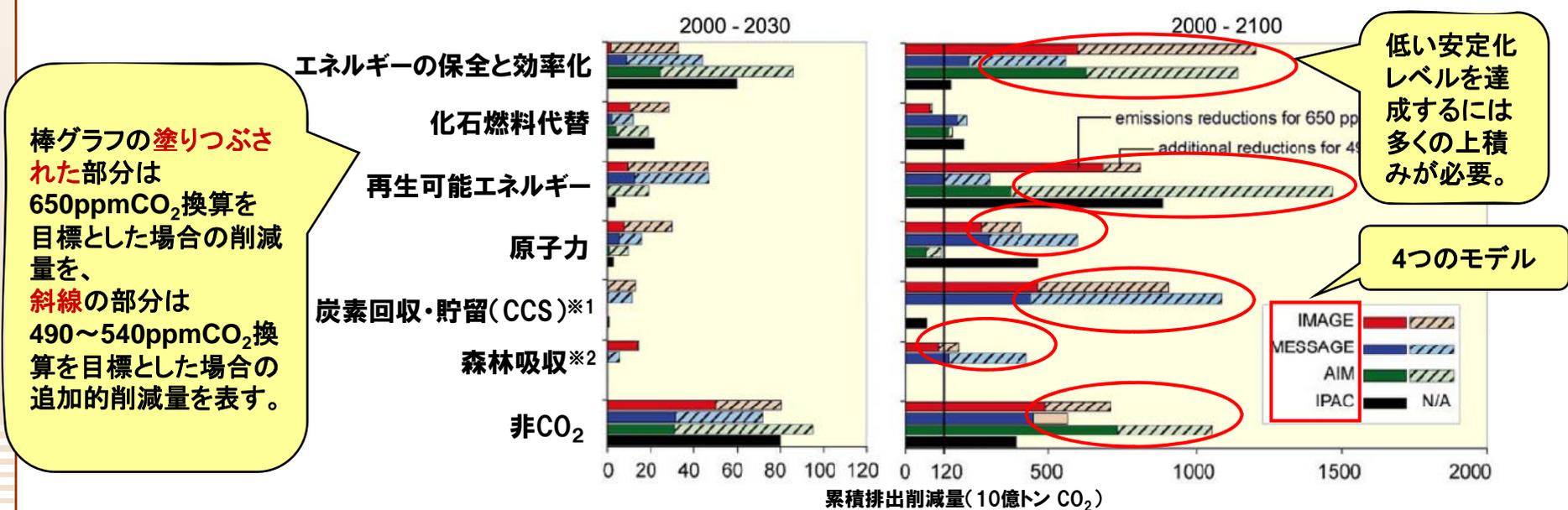
6. 安定化達成のための技術開発とその導入

- ・ 評価されたすべての安定化水準は、現在利用可能な、または今後数十年に商品化が期待される技術の組合せを展開することで達成可能である。これは、技術の開発・確保・展開・普及のための、また、関係する障壁に対処するための、適切で効果的なインセンティブが導入されることを前提としている。 ■ ★★★
- ・ 評価されたすべての安定化シナリオでは、排出削減の60～80%はエネルギー供給・利用と工業プロセスによって達成され、またエネルギー効率の向上が多くのシナリオで重要な役割を果たす。

New !

出典：AR4 SYR SPM

安定化目標達成のための、4つのモデルによる代替緩和措置での温室効果ガス累積排出削減量予測



※1 バイオマスからの炭素回収・貯留を含む。いくつかのモデルはCCSを考慮に入れていない。

※2 森林伐採回避による排出減少を含む。いくつかのモデルは森林吸収を考慮に入れていない。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題5 図5.2

7. 温室効果ガス濃度安定化による経済影響

- ・ 緩和のマクロ経済影響は、安定化目標が厳しくなればなるほど増加する。 New !
- ・ 特定の国および部門では、世界平均とかけ離れたコストになる。

出典：AR4 SYR SPM

異なる長期安定化目標に向けた排出経路における2030年及び2050年のマクロ経済影響推計値※1

安定化レベル (ppm CO ₂ 換算)	GDP※2損失の中央値※3 (%)		GDP※2損失の範囲※4 (%)		年平均GDP※2成長率 の低下※5,6 (percentage points)	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
445～535※7	—	—	< 3	< 5.5	<0.12	<0.12
535～590	0.6	1.3	0.2～2.5	ややマイナス ～4	<0.1	<0.1
590～710	0.2	0.5	-0.6～1.2	-1～2	<0.06	<0.05

※1:この影響の推計はGDP数値を提供している全てのベースラインと緩和シナリオを扱う多くの文献に基づいている。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM7

※2:市場交換レート(MER)に基づく世界のGDP。

※3:分析されたデータの中央に位置する値。

※4:10%～90%信頼区間の値を示す。マイナスの値はGDPの増加を示す。445-535ppmCO₂に関しては上限推計値のみを記載。

※5:2030年及び2050年におけるGDP損失に帰結するような、期間中の平均損失に基づき計算している。

※6:これらの値は、GDP損失の一番高い推計値に対応する。

※7:研究の数が相対的に少なく、かつそれらの研究は概して低いベースラインを使用している。高排出ベースラインは概して高額な費用をもたらす。

8. 温室効果ガス削減にかかるコストと健康便益

- 緩和策を実施する結果として得られる短期的な共同便益※（例：大気汚染の緩和による健康便益）は、緩和コストの大部分を相殺する可能性がある。■ ★★★

出典：AR4 SYR SPM

温室効果ガス緩和に関する研究に基づく、大気質との共同便益の関係

国名	対象分野	緩和コスト (ドル/トンCO ₂)	二酸化炭素排出量の削減	大気汚染物質排出量への影響	健康面での利益 (USドル/トンCO ₂)	金額以外の健康面等での利益
アメリカ	発電	7	—	—	2	大気汚染の制御コストが1~2ドル/トンCO ₂ 変化
カナダ	全分野	—	9%減	NO _x :7%減など	11	—
中国	発電	11	15%減 (無対策時と比較)	—	—	4,400~5,200人/年の早期死亡を回避
	家庭	1.4	15%減 (無対策時と比較)	—	—	12万~18万人/年の早期死亡を回避
	コ・ジェネレーション	-30(利益となる)	—	—	32	—
	洗炭の実施	22	—	—	86	—
韓国	全分野	—	10%減	NO ₂ :9.6%減など	58~76	—
EU15カ国	全分野	—	8%減	NO _x :10-15%減など	—	大気汚染の制御コストが10%減
ベルギー	全分野	—	7~15%	—	—	緩和コストが30%減

温室効果ガス緩和
対策の概要

大気汚染物質の
排出削減効果

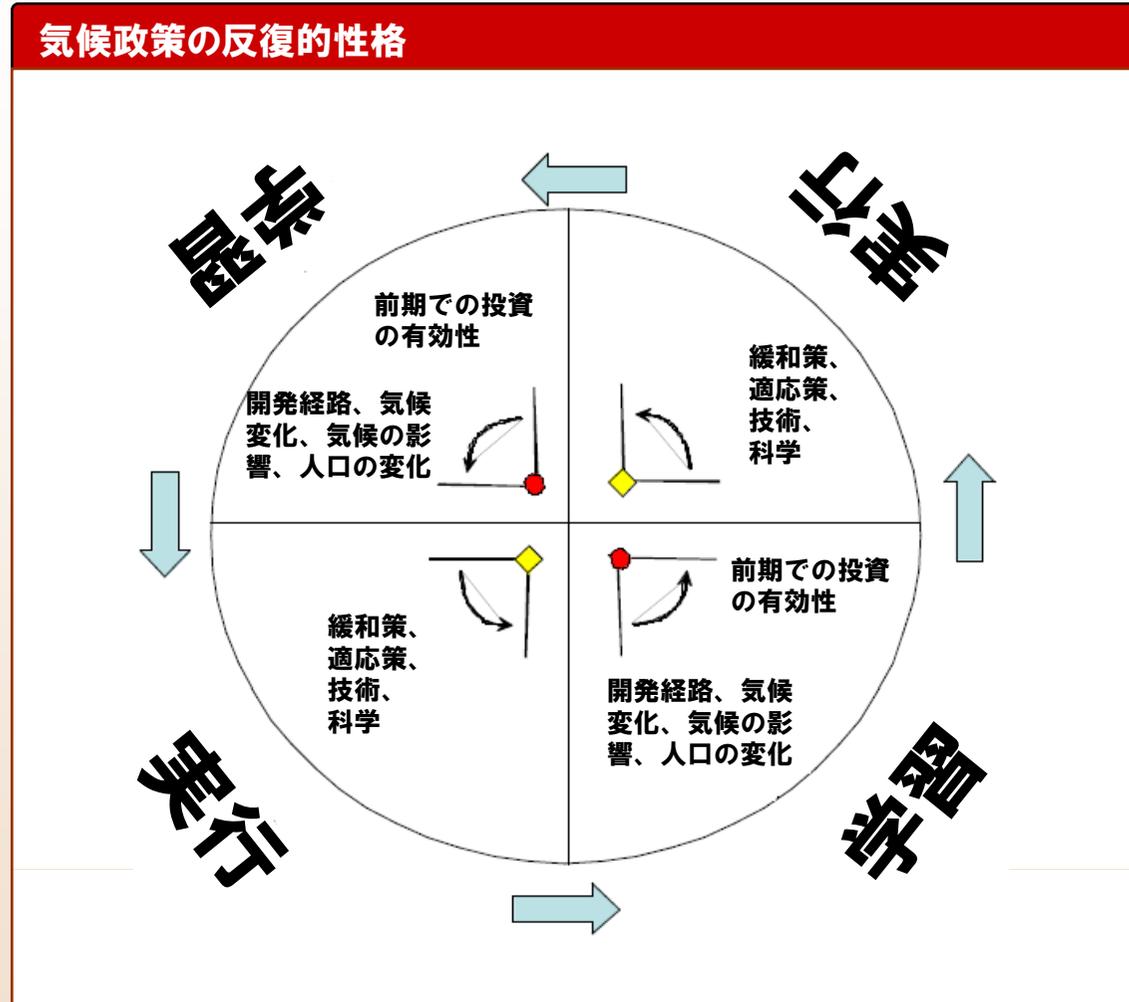
コベネフィッツ
(健康面等への便益)

温室効果ガスの排出量削減を目的とする緩和対策は、大気汚染物質(二酸化硫黄や二酸化窒素など)の削減にもつながることが多い。

9. リスク管理の反復が必要

- 気候変化への対応は、反復的なリスク管理プロセスを伴う。
- リスク管理プロセスは、気候変化による被害、共同便益、持続可能性、公平性、そしてリスクに対する姿勢を考慮し、適応と緩和を共に含む。

出典：AR4 SYR SPM



出典：AR4 WG3 第3章 図3.37

10. 炭素の社会的費用※

- 気候変化の影響は、**年間で正味のコストをもたらす可能性が非常に高く★**、そのコストは世界気温が上がるにつれて増大する。
- 2005年における炭素の社会的コストの推計値の平均は**CO₂1トンあたり12USドル**である。
- しかし、推計値の幅は広く、**-3～95USドル**である(100種類の推計からの調査による)。
- これらの推計は、分野、地域、人口による影響の差を隠してしまい、また貨幣換算できない影響を考慮に入れていないため、**コストを過小評価している可能性が非常に高い。★**

出典：AR4 SYR SPM

※ ある時期に(二酸化炭素の形で)排出された炭素1トンによって引き起こされる追加の影響を経済換算した推計値。

11. フィードバックによる一層の排出削減の必要性

緩和に関するこれまでの研究は、気候-炭素循環のフィードバックの全体像を組み込んでいない。その結果、一定の安定化レベルを実現する排出削減が過小評価される可能性がある。

出典：AR4 SYR SPM 表SPM6

- 温室効果ガスの濃度安定化には、人為排出量と自然吸収量をバランスさせる必要。（化石燃料起源の人為排出量の57%削減）。
- 正のフィードバックのせいで自然吸収量は減っていく。今なら、安定化=57%削減。でも温暖化が進むと57%削減でも足りなくなる。
- 2050年世界全体50%削減では、もはや450ppm安定化に間に合わない？
- これまで450ppmを想定していた削減パスは、550ppmに近づく。

〔解説〕

人為排出と自然吸収のバランス 安定化シナリオ※を達成するための二酸化炭素の年間排出量

現状では...

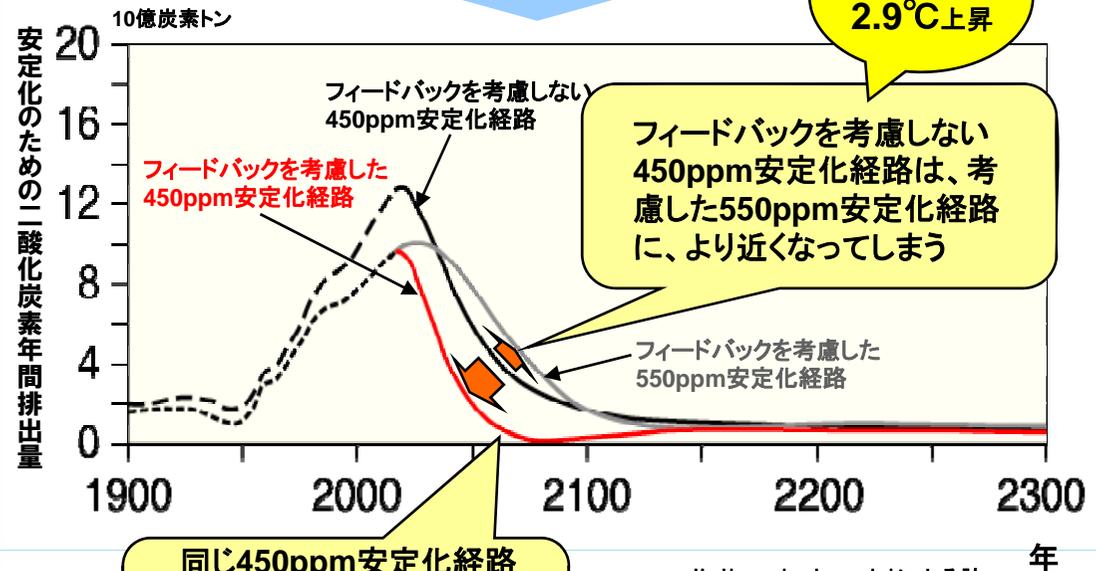
化石燃料起源の人為排出量 72億炭素トン
自然吸収量 31億炭素トン

数値は二酸化炭素の年間排出(吸収)量

地球全体

バランスさせるには、人為排出を50%削減しても間に合わない

しかも...



Hadley simple modelによる計算結果を用いている。

出典：AR4 WG1 第7章 表7.1及び第10章 図10.21より作成

＜確固とした結論※＞

※ ここでは、Longer Report 主題6 に挙げられている確固とした結論のうち、本資料の他のスライドで既に取り上げている要素は除いている。

- ・ 確固とした結論とは、アプローチ、方法、モデル、想定条件が変わっても不動であり、不確実性の影響が比較的少ないものと定義される。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題6

確固とした結論※

メタン・CO ₂ の大気中濃度	メタン・CO ₂ の大気中濃度は、いまや過去65万年間の自然変動の範囲をはるかに超えている。
人為的温暖化による影響	地球規模で、多くの物理系及び生物系で観測された変化は、過去30年間の人為的温暖化から明らかに影響を受けている可能性が高い。
温室効果ガス排出量の増加	気候変化緩和策及び関連する持続可能な開発施策が現状のままであれば、地球規模の温室効果ガス排出量は、今後20-30年間増加し続ける。
平衡気候感度	平衡気候感度が1.5℃以下である可能性はかなり低い。
より広範な適応の必要性	一定の適応計画は現在実施されているが、気候変化に対して脆弱性を低減するには、より広範な適応が必要である。
適応能力を超える影響	気候変化が緩和されなければ、長期的には、管理下にある自然や人間社会の適応能力を超える可能性が高い。
技術投資の必要性	安定化水準が低ければ低いほど、今後20-30年の間に新しい技術への投資を増やす必要がある。
より低い安定化レベルの達成	緩和により多くの影響が低減、遅延、または回避され得る。今後20~30年の緩和努力や投資によって、より低い安定化レベルの達成可能性が大きく左右される。削減の遅延は、より低い安定化レベルの達成の機会を大きく制限し、より厳しい気候変化影響のリスクを増加させる。
持続可能な開発の緩和と適応への貢献	開発を、その道筋を変更してより持続可能なものにするには、気候変化の緩和と適応に大きく貢献し、脆弱性を軽減しうる。
マクロ経済や他の政策の排出量への影響	マクロ経済及び他の政策に関する決定は、たとえ気候変化と無関係に見えても、排出量に大きな影響を及ぼしうる。

＜主要な不確実性（1）＞

主要な不確実性とは、その不確実性が軽減されれば確固とした結論が新たに出てくるものと定義される。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題6

観測された気候変化及びその影響と原因に関する主要な不確実性

データや文献の 地域的不足・偏り	一部の地域では気候データの対象範囲が限定されている。自然系及び管理されたシステムで観測された変化に関するデータ及び文献には、明らかな地域バランスの偏りがあり、特に途上国においてデータ及び文献の不足が顕著である。
異常気象の分析 の難しさ	干ばつ、熱帯低気圧、極端な気温、降水現象の頻度と強度など、異常気象変化の分析・監視は、気候の平均値を求める以上に困難である。これは高度な時空間解像度で長期間のデータを必要とするためである。
気候変化の影響の 検出の難しさ	適応や気候以外の要因を考慮すると、気候変動が人間や自然のシステムに及ぼす影響を見極めるのは困難である。
大陸規模より 小規模での シミュレーション	大陸規模より小規模においては、確実なシミュレーションや観測された気温変化の要因の見極め（自然起源か人為起源か）には問題が残る。小規模の場合には、土地利用変化や汚染などの要素も、物理系・生物系に対する人為的な温暖化の影響を複雑にする。
土地利用変化や個々の メタン排出源からのCO ₂ 排出量	土地利用変化や個々のメタン排出源からのCO ₂ 排出量は、依然として主要な不確実性である。

出典：AR4 SYR Longer Report 主題6 を基に作成

< 主要な不確実性 (2) >

主要な不確実性とは、その不確実性が軽減されれば確固とした結論が新たに出てくるものと定義される。

出典:AR4 SYR Longer Report 主題6

将来の気候変化とその影響の要因と予測に関する主要な不確実性

平衡気候感度・炭素循環フィードバックの不確実性	平衡気候感度の不確実性により、安定化シナリオでの温暖化予測に不確実性が生じる。また、炭素循環フィードバックの不確実性により、安定化水準達成に必要な排出量の軌跡に不確実性が生じる。
様々なフィードバックの不確実性の差異	気候システムの様々なフィードバックの強度の推計では、モデル間で相当な違いが生じる。特に雲のフィードバックや、海洋の熱吸収量、炭素循環のフィードバックにおいては、一定の進展が見られたものの、モデル間に大きな開きが見られる。一部の変動要素(例:温度)では他の要素(例:降水量)よりも予測の確信度が高く、また空間的規模が大きく平均をとる期間も長いほど、確信度が高くなる。
エアロゾルの影響	エアロゾルが気温の変化の幅や、雲、降水量に与える影響には、依然として不確実性が残る。
海面上昇に関する不確実性	グリーンランド及び南極の氷床量の将来変化、特に氷河の変化を原因とする変化は、主要な不確実性要素であり、海面水位の上昇予測を引き上げる可能性がある。海洋への熱浸透の不確実性も、将来の海面水位上昇の不確実性を増大させる。
海洋の大規模循環に関する不確実性	海洋の大規模循環の21世紀以降の変化を確実に評価することは不可能である。これはグリーンランドの氷床融解による融氷水供給に不確実性があり、また温暖化に対するモデル応答にも不確実性があるためである。
2050年頃以降の予測	2050年頃よりも先の気候変動及びその影響の予測は、シナリオやモデルによって大きく異なり、その予測を改善するには、不確実性の要因に関する理解を深め、体系的な観測網を強化させる必要がある。
影響研究における妨げ	影響研究では、気候変化の地域予測に関する不確実性、特に降水量に関する不確実性が妨げとなっている。
発生確率が低く影響の大きい現象	リスクに基づく政策決定手法では、発生確率が低くかつ影響が大きい現象や連続する小さい現象の累積影響の理解が必要だが、これは通常限界がある。

出典:AR4 SYR Longer Report 主題6 を基に作成

< 主要な不確実性 (3) >

主要な不確実性とは、その不確実性が軽減されれば確固とした結論が新たに出てくるものと定義される。

出典:AR4 SYR Longer Report 主題6

気候変化に対する対応に関する主要な不確実性

開発計画者の決定	開発計画者がどのように気候変動・気候変化に関する情報を決定に取り入れるか、についての理解には限界がある。これは脆弱性の統合評価の制約となっている。
適応力・緩和力	適応力及び緩和力がどう発展し、活用されるかは、その基礎となる社会経済の開発経路により異なる。
適応に対する障壁、限界、費用の理解	適応に対する障壁、限界、費用が十分理解されているとはいえない。これは、特定の地理的なリスク要因、気候のリスク要因、ならびに組織上、政治上、財政上の制約要因により効果のある適応措置が異なることが一因である。
緩和費用、緩和ポテンシャルの推計における不確実性	緩和費用及び緩和ポテンシャルの推計値は、将来の社会経済の成長、技術革新、消費パターンの想定により異なる。特に技術の普及要因や長期的な技術性能の可能性、コスト改善の想定において、不確実性が生じる。また、行動やライフスタイルの変化の影響についてもほとんど知られていない。
気候政策以外の政策の影響	気候以外に関する政策が排出量に与える影響の数量化は進んでいない。

出典:AR4 SYR Longer Report 主題6 を基に作成

＜可能性と確信度の表現＞

ここでは、第4次評価報告書統合報告書における「可能性」「確信度」に関する用語・凡例にしたがい、本資料においても以下の表示により区別しています。なお、これらの不確実性評価は、主にWG I 及びWG II において用いられているものであり、統合報告書もこれらの不確実性評価にしたがっています。

可能性(Likelihood) : ある結果が将来起きるもしくは起きつつある場合に対する確率的評価。
文末に以下の星印の数で区別して表示。

★ ★ ★	ほぼ確実である（発生確率が99%を超える） Virtually certain
★ ★	可能性が極めて高い（発生確率が95%を超える） Extremely likely
★	可能性が非常に高い（発生確率が90%を超える） Very likely

※Longer Reportにおいては、左表の用語に続けて、「可能性が高い」(実現性が66%を超える)、「どちらかといえば」(50%を超える)、「可能性が低い」(33%未満)、「可能性がかなり低い」(10%未満)、「可能性が極めて低い」(5%未満)等の区分が示されているが、本資料では、これらに該当する記載に対しては特にマークを表示していない。

確信度(Confidence) : 執筆者が文献を包括的に読解し、専門的判断を加えて、主要な記述に付記しているレベル。
文頭に以下の記号で区別して表示。

■	確信度が非常に高い（少なくとも9割正しい） Very high confidence
●	確信度が高い（約8割正しい） High confidence
◆	中程度の確信度（約5割正しい） Medium confidence

※Longer Reportにおいては、左表の用語に続けて、「確信度が低い」(約2割正しい)、「確信度がかなり低い」(1割未満)の区分が示されているが、本資料では、これらに該当する記載に対しては特にマークを表示していない。

＜不確実性の表現＞

第4次評価報告書のWGⅢでは、不確実性の扱いとして、特定の結論に対する専門家の意見の一致レベル(意見の一致度:下表縦軸)と、IPCCの規定で認められた個々の原典の数及び質(証拠の量:下表横軸)の二面的な尺度が用いられており、統合報告書もこの不確実性評価にしたがっています。これにしたがい、本資料においても以下の表示により区別しています。

↑意見の一致度
(特定の結論について)

意見の一致度は高い ■ 証拠は限定的 ★	意見の一致度は高い ■ 中程度の証拠 ★★	意見の一致度は高い ■ 多くの証拠 ★★★
意見の一致度は中程度 ● 証拠は限定的 ★	意見の一致度は中程度 ● 中程度の証拠 ★★	意見の一致度は中程度 ● 多くの証拠 ★★★
意見の一致度は小さい ▲ 証拠は限定的 ★	意見の一致度は小さい ▲ 中程度の証拠 ★★	意見の一致度は小さい ▲ 多くの証拠 ★★★

→ 証拠の量 (個々の原典の数及び質)



＜予測シナリオ（参考）＞

○ A1 「高成長型社会シナリオ」

- ・世界中がさらに経済成長し、教育、技術等に大きな革新が生じる。

A1FI：化石エネルギー源を重視

A1T：非化石エネルギー源を重視
(新エネルギーの大幅な技術革新)

A1B：各エネルギー源のバランスを重視

○ A2 「多元化社会シナリオ」

- ・世界経済や政治がブロック化され、貿易や人・技術の移動が制限。
- ・経済成長は低く、環境への関心も相対的に低い。

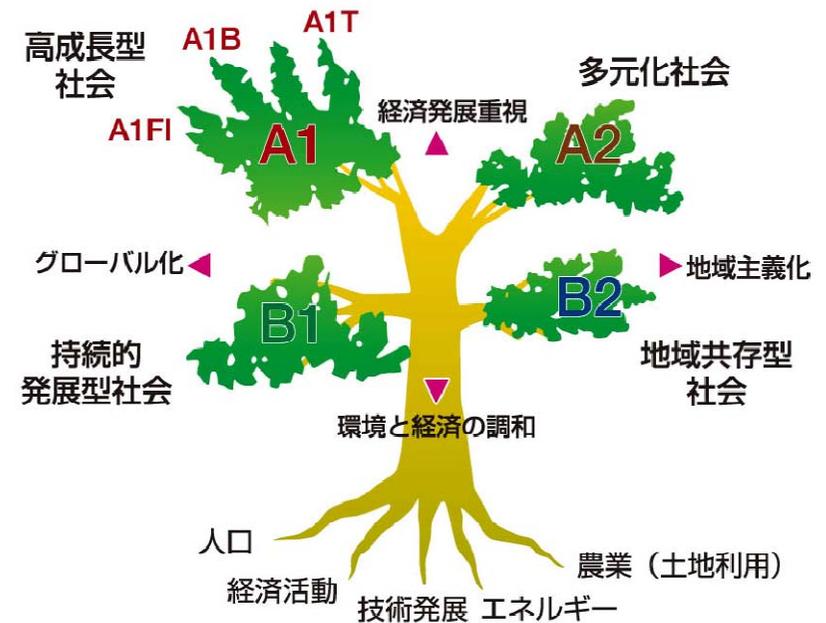
○ B1 「持続的発展型社会シナリオ」

- ・環境の保全と、経済の発展を地球規模で両立する。

○ B2 「地域共存型社会シナリオ」

- ・地域的な問題解決や世界の公平性を重視し、経済成長はやや低い。
- ・環境問題等は、各地域で解決が図られる。

◆ 排出シナリオの概念図



出所) IPCC第三次評価報告書

出典:環境省「地球温暖化パネル」

※これらのシナリオは、追加的な温暖化対策は含んでいない。