

気候変動による影響と適応

中央環境審議会地球環境部会
気候変動に関する国際戦略専門委員会(第2回会合)

平成16年5月31日

国立環境研究所 原沢英夫

気候変動による影響と適応

1. 気候変動の影響の現状

顕在化しつつある温暖化の影響

2. 気候シナリオ

影響予測の前提

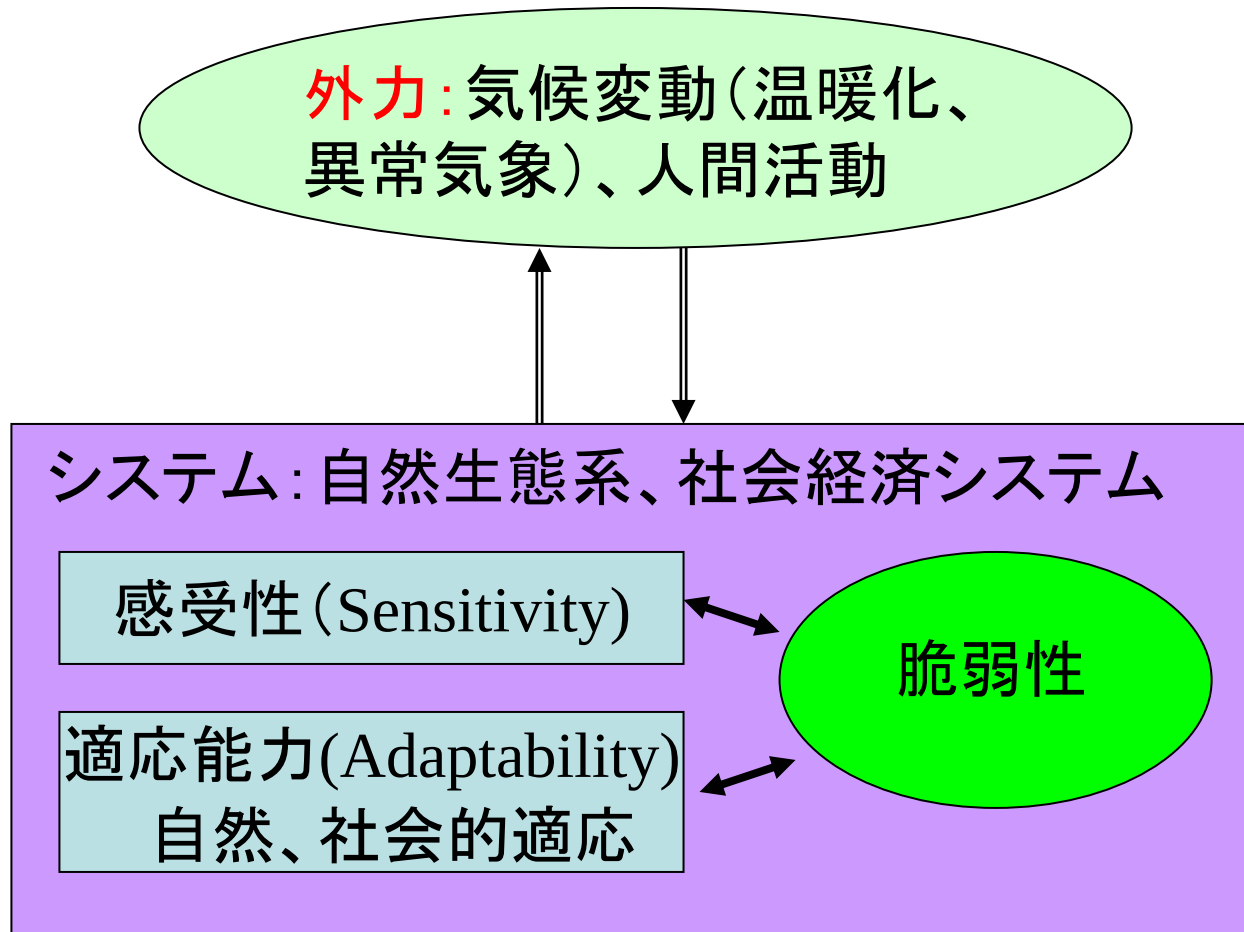
3. 気候変動の影響予測

- ① 脆弱なシステム : 自然生態系の影響予測
- ② 極端な気象 : 異常気象の予測
- ③ 悪影響の分布 : (1)農林水産業、(2)水文・水資源への影
(3)海面上昇、沿岸域への影響、(4)人間の健康への影響
- ④ 世界経済への影響
- ⑤ 破局的事象

4. 影響の閾値とは？

5. 緩和策 (Mitigation) と適応策 (Adaptation)

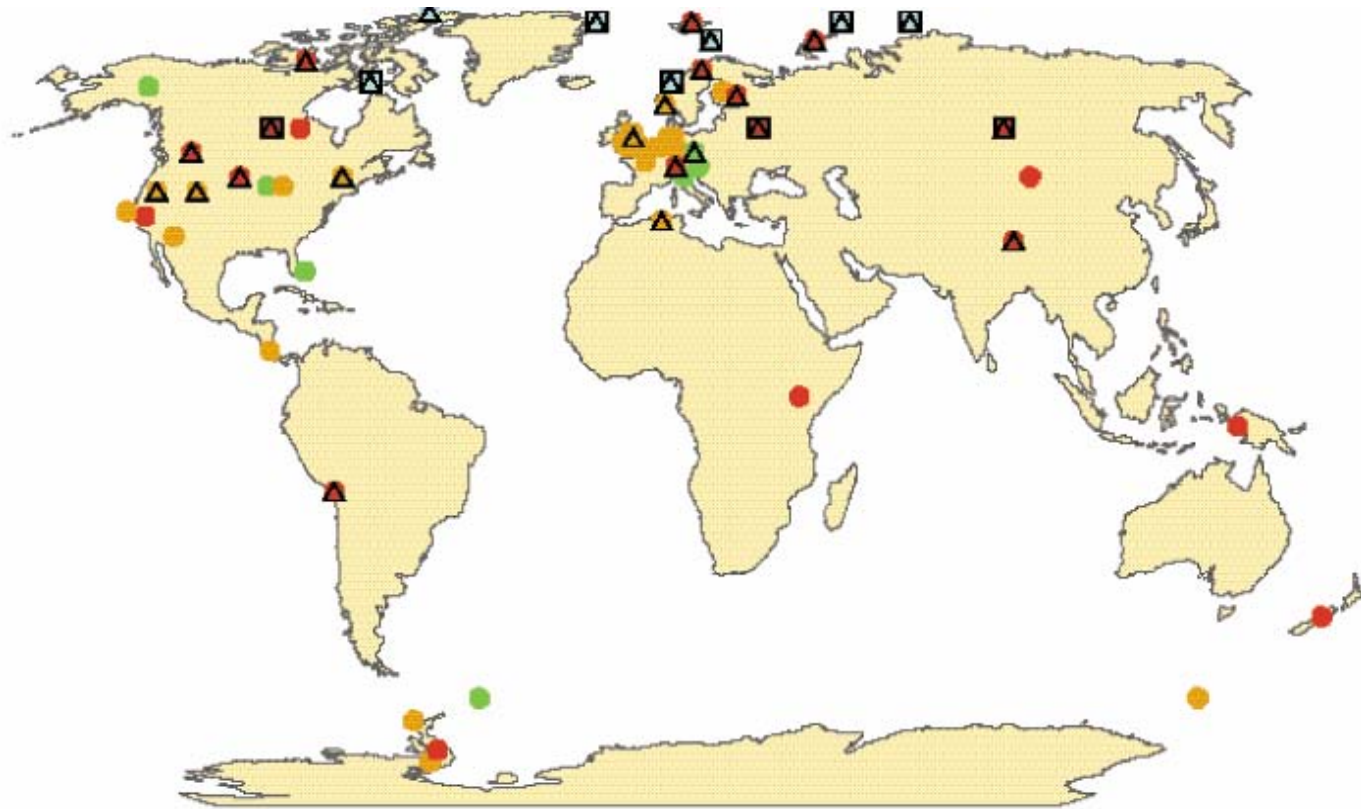
影響、適応、脆弱性評価



1. 気候変動の影響の現状

顕在化しつつある温暖化の影響

温暖化の影響が現れている 生態系や氷河等



● 水文
氷河

● 海水

● 動物

● 植物

△ 広域
研究

□ リモセン
研究

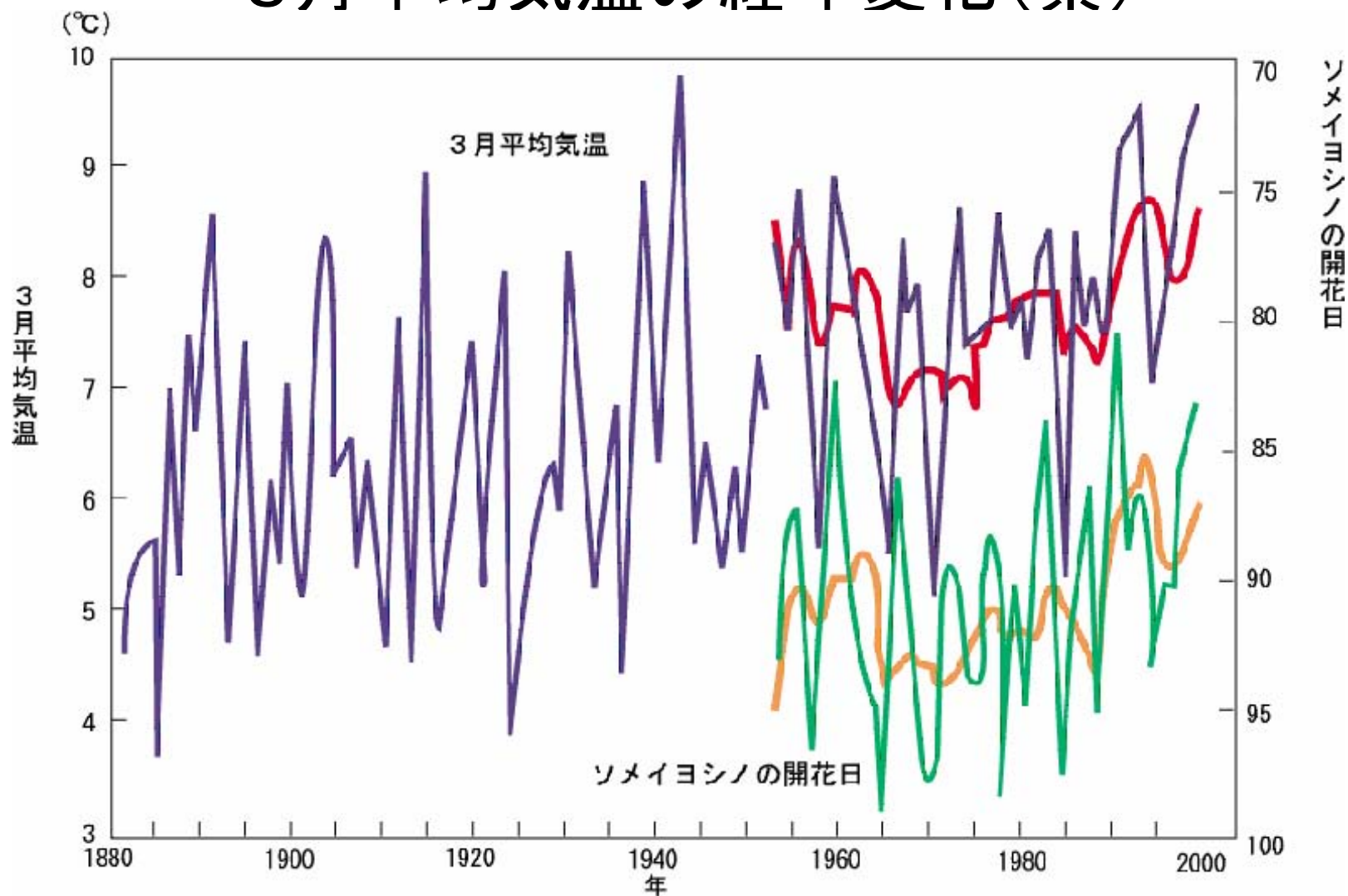
近年の地域的な気候変化により 多くの影響が既に観測されている

- ・ 氷河の縮小
- ・ 永久凍土の融解
- ・ 河川、湖沼の氷結期間の短縮
- ・ 中・高緯度地域の生長期間の延長
- ・ 植物、動物生存域の極方向、高地への移動
- ・ 植物、動物種の生育数の減少
- ・ 開花時期、昆虫の出現、鳥の卵生の早期化

日本の影響検出事例

- ・ ソメイヨシノ(サクラ)の開花日がここ50年に5日早まっている
- ・ 北海道での高山植物の減少と木本植物分布の拡大
- ・ 内陸部におけるシラカシなど常緑広葉樹の分布拡大
- ・ チョウ・ガ・トンボ・セミの分布域の北上と南限での絶滅増加
- ・ 本来九州四国が北限のナガサキアゲハが90年代には三重県に上陸
- ・ 1970年代には西日本でしかみられなかった南方系のスズミグモが80年代には関東地方にも出現
- ・ マガンの越冬地が北海道にまで拡大
- ・ 熱帯産の魚が大阪湾に出現

京都のソメイヨシノ開花日(緑)と 3月平均気温の経年変化(紫)



出典: 地球温暖化研究イニシャティブ気候変動研究分野
報告書(地球温暖化研究の最前線)、2003.

2. 気候シナリオ 影響予測の前提

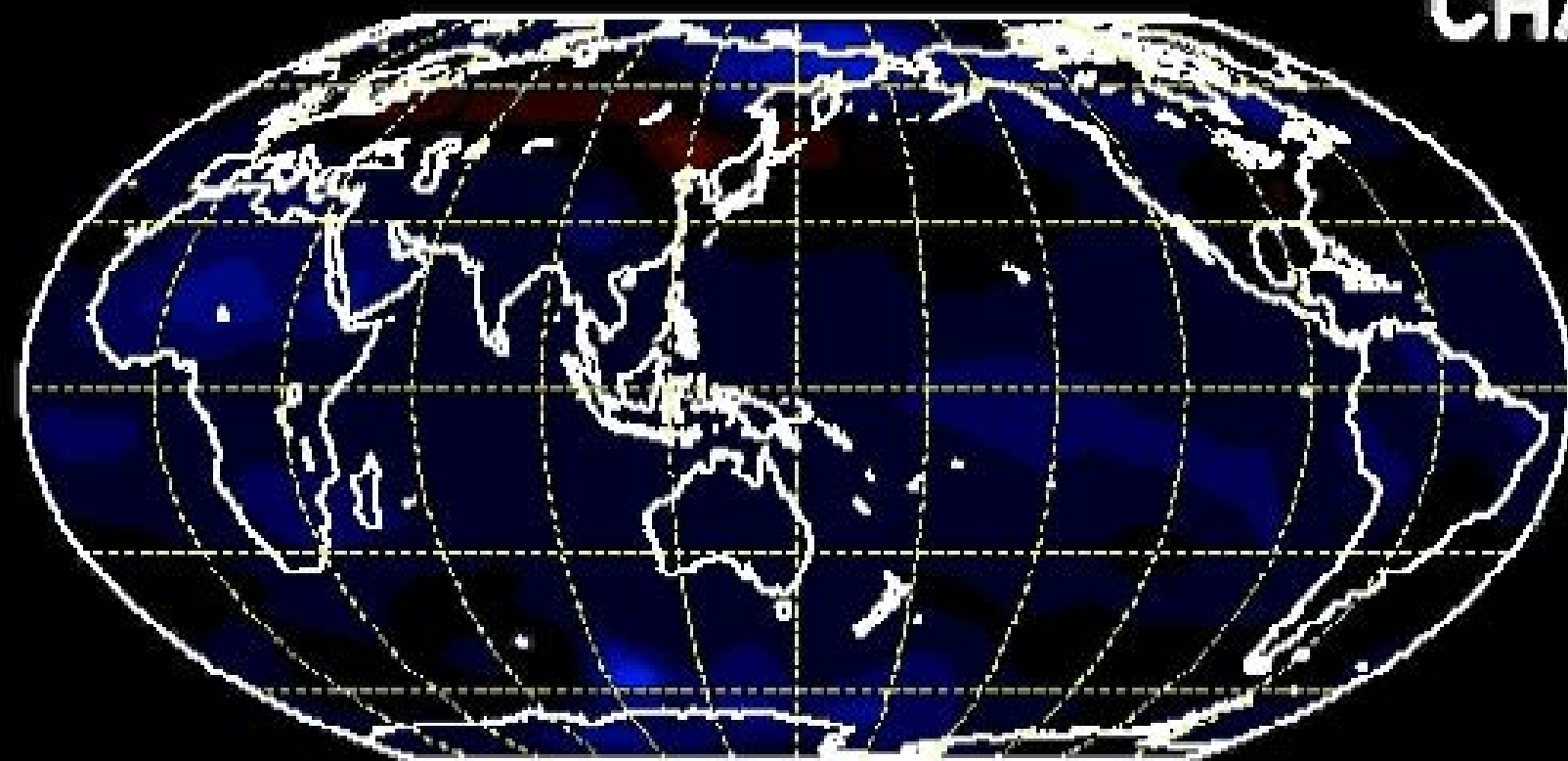
排出シナリオー気候モデル(GCM)ー 影響研究の推移

年 代	IPCC報告書	GCM実験	影響評価に用いた GCM実験	排出シナリオ
		(第1作業部会)	(第2作業部会)	(第3作業部会)
1988～1990	第1次評価 報告書 (1990)	高分解能A-GCM CO ₂ 倍増平衡実験	低分解能GCM CO ₂ 倍増平衡実験	シナリオA-D (A: な りゆきシナリオ)
1990～1992	補足報告書 (1992)	A0-GCM・漸増実験 Cold Start GHGのみ (IS92a シナリオ)	低分解能GCM CO ₂ 倍増平衡実験	IS92a-f (IS92a: なり ゆきシナリオ)
1993～1996	第2次評価 報告書 (1996)	A0-GCM・漸増実験 Warm Start, GHG+エ アロゾル (0.5%或い は1%/年)	低/高分解能GCM CO ₂ 倍増平衡実験 Cold Start漸増実験	IS92a-f (改良版)
1997～1998	地域影響の 特別報告書 (1998)	A0-GCM・漸増実験 アンサンブル/多世紀 基準実験	低/高分解能GCM CO ₂ 倍増平衡実験 Cold /Warm Start 漸増実験	IS92a-f (改良版)
1999～2001	第3次評価 報告書 (2001)	A0-GCM・漸増実験 CO ₂ 安定化: SRESシ ナリオ	Warm Start漸増実験 アンサンブル/数世紀 基準実験	SRESシナリオ 安定化シナリオ (ポス トSRES)

1960

TEMPERATURE CHANGE

A2ケース



$[^{\circ}\text{C}]$

6

4

2

0

2000

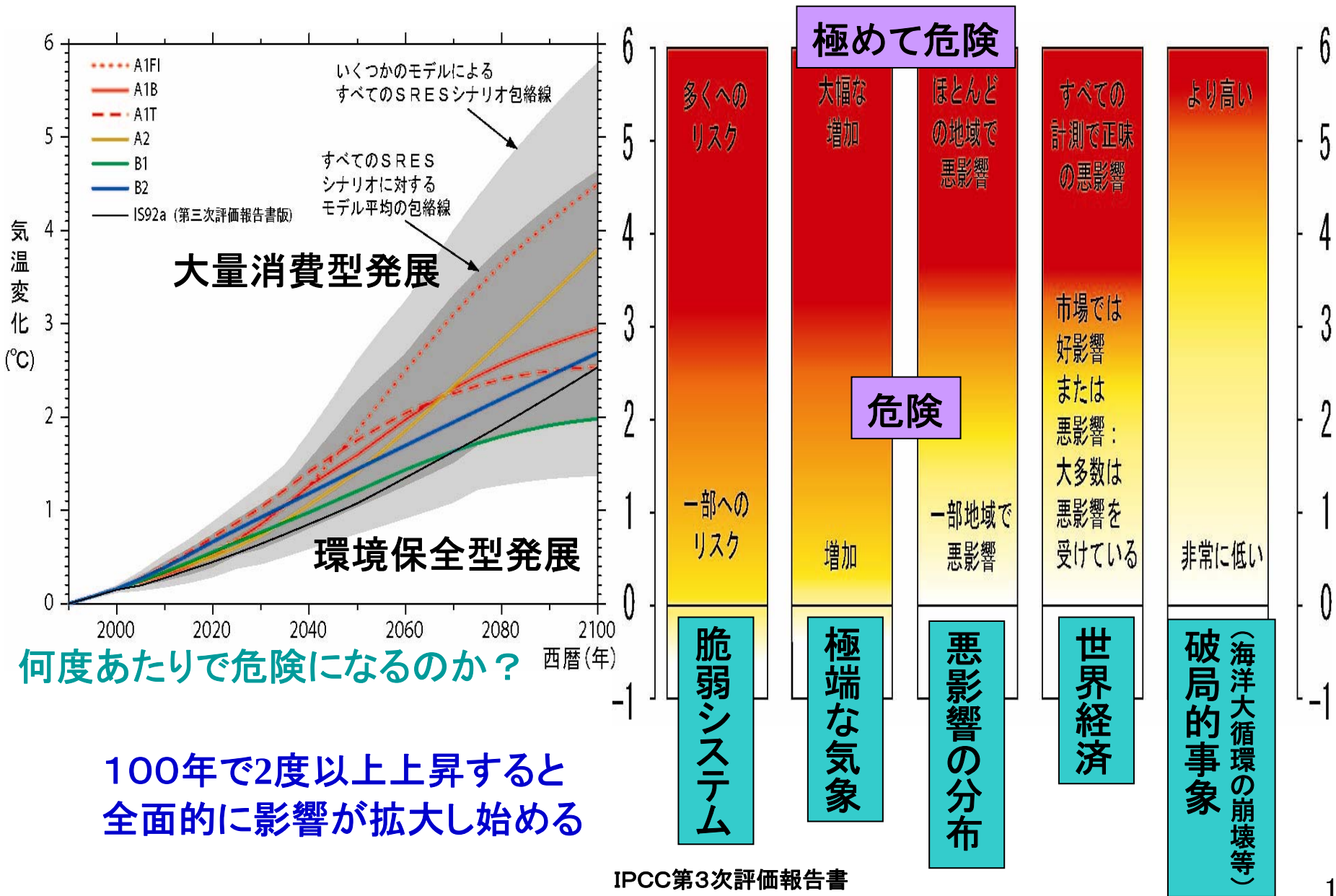
2050

2100

3. 気候変動の影響予測

今後の気候変化は緊急で大きな悪影響をもたらすか？/対策の目標はどのようなものか？

気候変動によるリスクは気温の上昇とともに増加



CO₂安定化濃度と影響

CO2濃度	気温予測の下限での影響	気温予測の上限での影響
450ppm	・ 1.5°Cの全球平均気温上昇 ・ 特異で危機に曝されているシステムに影響 ・ 異常気候現象の増加 ・ 悪影響を受ける地域がある ・ 市場影響は良いものも悪いものもある ・ 大多数の人が悪影響を受ける ・ 不確実だが大規模影響のリスクは低い	・ 4.0°Cの全球平均気温上昇 ・ 特異で危機に曝されているシステムの多くに深刻な影響 ・ 異常気候現象の大増加 ・ 大半の地域で悪影響 ・ 農業を含む全セクタで悪影響 ・ 大多数の人が悪影響を受ける ・ 大規模影響のリスクは中程度
550ppm	・ 2.0°Cの全球平均気温上昇 ・ 特異で危機に曝されているシステムへのより多い影響 ・ 異常気候現象の増加 ・ 悪影響を受ける地域がある ・ 市場影響は良いものも悪いものもある ・ 大多数の人が悪影響を受ける ・ 不確実だが大規模影響のリスクは低い	・ 5.0°Cの全球平均気温上昇 ・ 特異で危機に曝されているシステムの多くに深刻な影響 ・ 異常気候現象の激増 ・ 全セクタが深刻な悪影響を受ける ・ 大多数の人が悪影響を受ける ・ 大規模影響のリスクは高い
750ppm	・ 3.0°Cの全球平均気温上昇 ・ 特異で危機に曝されているシステムに中程度の影響 ・ 異常気候現象の中程度の増加 ・ 悪影響を受ける地域と影響を受けない地域がほぼ半々 ・ 市場影響は良いものも悪いものもある ・ 大多数の人が悪影響を受ける ・ 不確実だが大規模影響のリスクは中程度	・ 7.0°Cの全球平均気温上昇 ・ 極度の悪影響が様々な形で発現

3. 気候変動の影響予測事例①

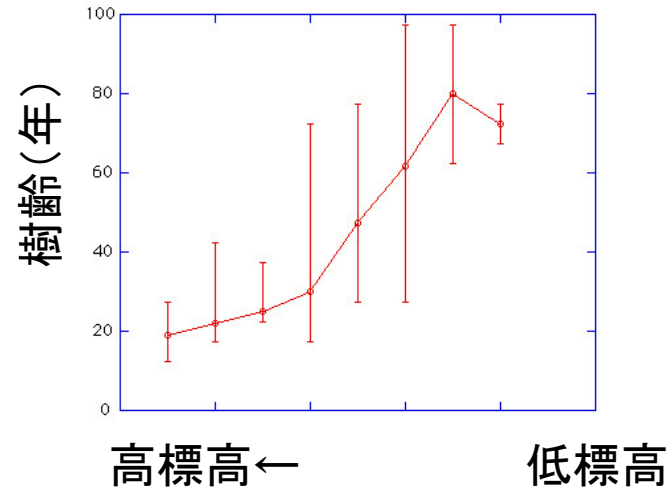
脆弱なシステム 自然生態系の影響予測

アポイ岳(811m)とヒダカソウ

ハイマツが上昇(0.4~2m/年)、
高山草原から稜線まで30~40m
なので、早ければ30年後にヒダ
カソウが消滅。

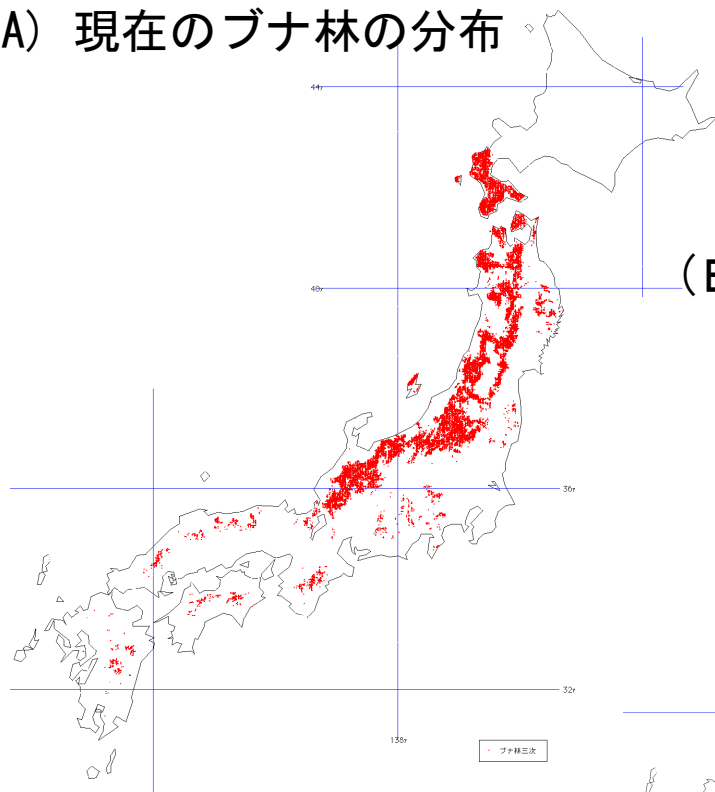


ハイマツの樹齢と標高

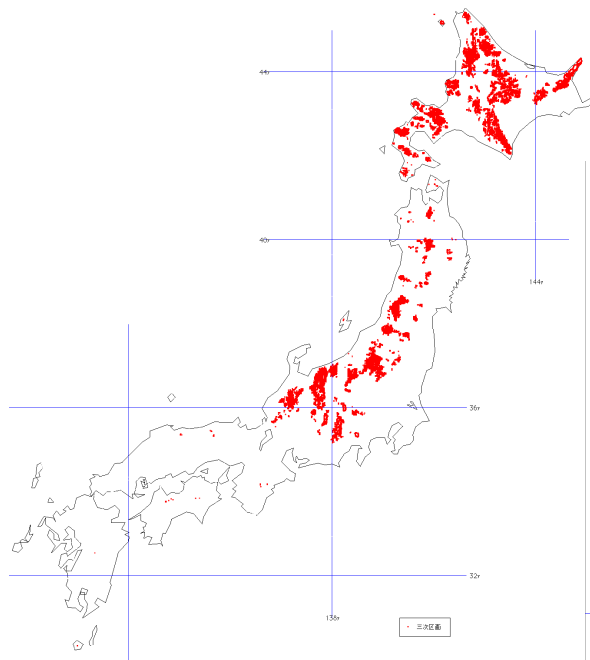


ブナ林への影響

(A) 現在のブナ林の分布



(B) 気温が2℃上昇した場合



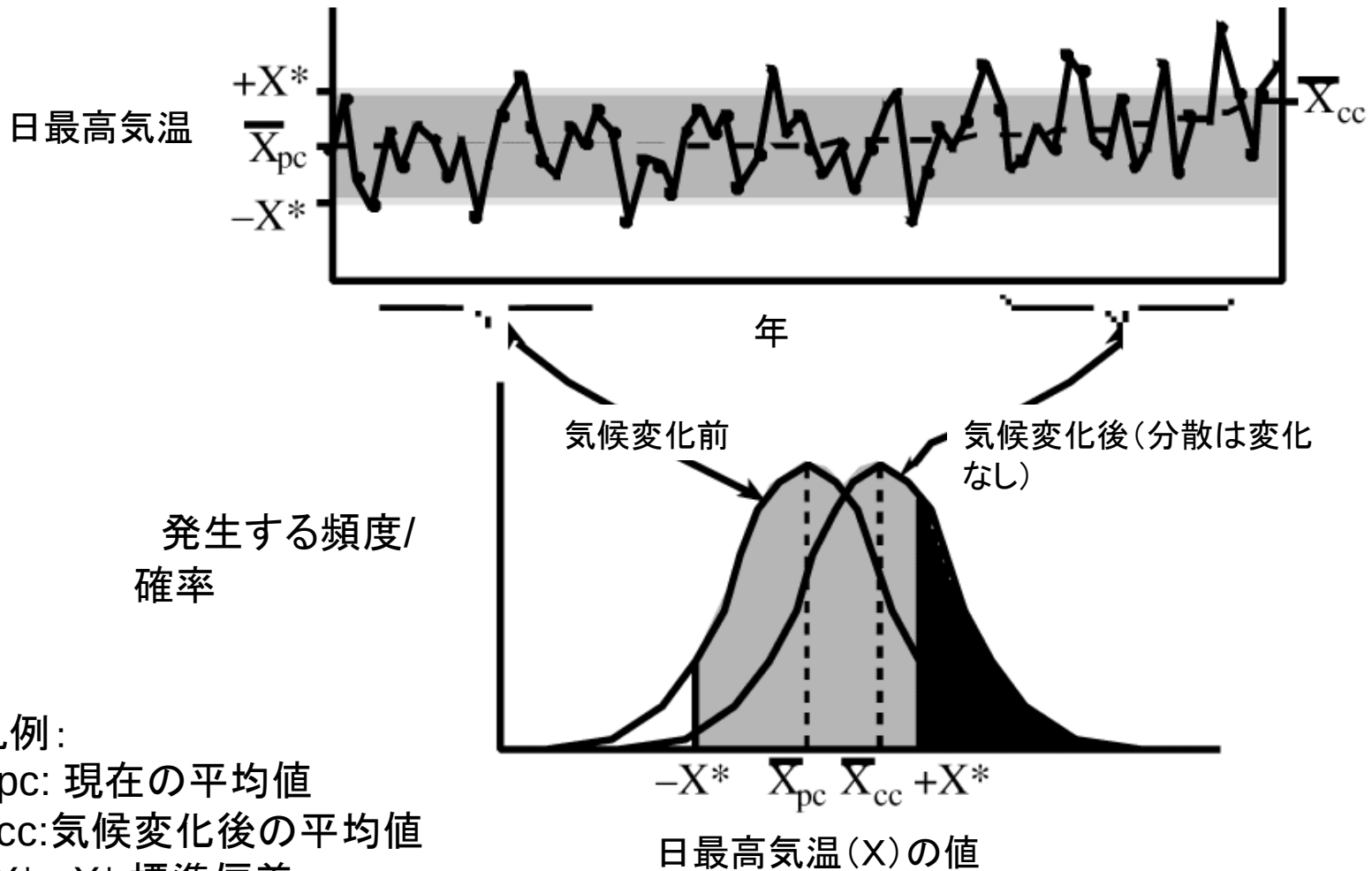
(C) CCSR/NIES-GCM・
1%漸増実験による2090
年の気候を前提とした
場合



3. 気候変動の影響予測事例②

極端な気象：異常気象の予測

気候変動と異常気象の考え方



凡例:

$\bar{X}_{pc}$: 現在の平均値

$\bar{X}_{cc}$: 気候変化後の平均値

$+X^*$, $-X^*$: 標準偏差

異常気象の変化とその信頼度

(観測／予測)

観測された変化の信頼度 (20世紀後半)	現象の変化	予測される変化の信頼度 (21世紀)
可能性が高い	ほとんど全ての陸域で最高気温が上昇し、暑い日が増加する	可能性がかなり高い
可能性がかなり高い	ほとんど全ての陸域で最低気温が上昇し、寒い日、霜が降りる日が減少する	可能性がかなり高い
可能性がかなり高い	大部分の陸域で気温の日較差が縮小する	可能性がかなり高い
多くの地域で可能性が高い	陸域で熱指数 (heat index) が大きくなる	ほとんどの地域で可能性がかなり高い
北半球の中・高緯度の陸域の多くで可能性が高い	強い降水現象が増加する ^(a)	多くの地域で可能性がかなり高い
可能性が高い地域もある	夏の大陸で乾燥しやすくなり、干ばつの危険性が増加する	中緯度の大陸内部の大部分で可能性が高い (その他の地域では、一致した予測となっていない)
入手可能なわずかな解析では観測されていない	熱帯低気圧の最大風速が増大する ^(b)	いくつかの地域で可能性が高い
評価するに十分なデータが存在しない	熱帯低気圧の平均降水量と最大降水量が増加する ^(b)	いくつかの地域で可能性が高い

a その他の地域では十分なデータが存在しないか矛盾した解析結果が出ている。

b 熱帯低気圧の位置や発生頻度についての、過去や将来の変化は不確実である。

欧州の熱波は過去500年でみても 最大規模の熱波であった

— 2003年6月、7月の欧州大陸の気温は40°Cまで上がった。

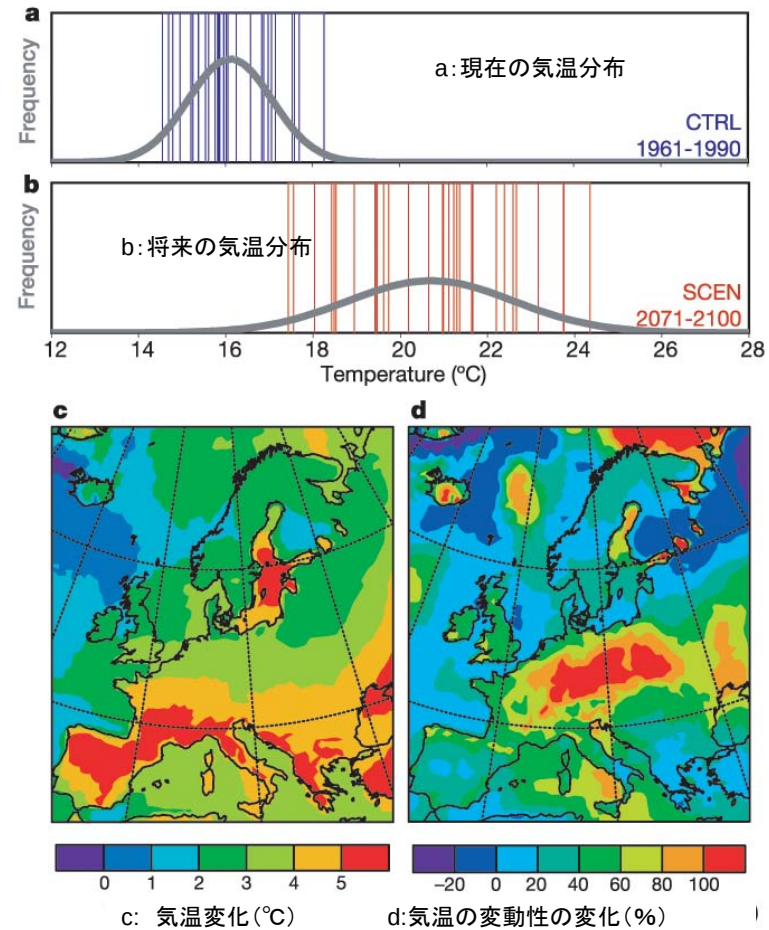
— 過去の観測値の確率分布より、2003年の熱波は46000年に1度しか生起しない非常に稀なものであると見積もられる。

— 気候モデル研究では、将来に極値的気象が起きやすくなる変化(分散の増大)が欧州で予測されている。この分散変化が既におきつつあると考ええると、2003年の熱波も説明がつく。

— 温暖化は気温上昇をもたらすだけでなく、気象の変動性(すなわち異常気象の発生)を増す可能性があることに、より注意を払っていく必要がある。

a, b: スイス北部、夏の月平均気温

c, d: 欧州の気温変化と変動性の変化



気候変動性及び極端な気候現象の例、及びその影響の例

21世紀中に予測される極端な気候現象の変化とその可能性	予測される影響の代表的な事例 (一部地域の発生について全て確信度が ^d 高い)	
極端な単純現象		
ほぼ全ての陸域における最高気温の上昇、暑い日や熱波の増加 ^d (可能性がかなり高い)	・	高齢者や都市の貧困者の死亡や重病発生の増加
	・	家畜や野生生物の熱ストレスの増加
	・	観光目的地の変更
	・	多くの農作物の被害のリスクの増大
	・	冷房による電力需要の増大とエネルギー供給の信頼性の低下
ほぼ全ての陸域における最低気温の上昇[増加]、寒い日、霜の降りる日、寒波の減少(可能性がかなり高い)	・	寒さに関連した人間の罹病率や死亡数の減少
	・	多くの農作物の被害のリスクの減少、及び他の農作物のリスクの増加
	・	一部の害虫や媒介生物の範囲や活動の拡大
	・	暖房エネルギー需要の減少
降水現象の強度の増大(多くの地域で可能性がかなり高い)	・	洪水、地滑り、雪崩、泥流といった被害の増加
	・	土壌浸食の増加
	・	洪水流量の増加とそれによる一部の氾濫原帯水層の涵養の増加
	・	政府や民間の洪水保険システムや災害救援への圧力の増大

気候変動性及び極端な気候現象の 例、及びその影響の例(続)

極端な複雑現象		
中緯度大陸内部のほぼ全域における夏季の乾燥とそれに関連した干ばつのリスクの増加(可能性が高い)	・	農作物生産の減少
	・	地面の収縮による建築物基礎への被害の増大
	・	水資源量の減少や水質の低下
	・	森林火災のリスクの増加
熱帯低気圧の最大風速、平均・最大降水強度の増大(一部地域で可能性が高い)	・	人命へのリスク、感染症の流行のリスク、その他、数多くのリスクの増大
	・	沿岸浸食や、沿岸の建築物やインフラへの被害の増加
	・	珊瑚礁やマングローブのような沿岸生態系への被害の増加
多くの異なる地域におけるエルニーニョ現象に関連した干ばつや洪水の強度の増大(可能性が高い)	・	干ばつや洪水の多い地域における農業及び放牧地生産の減少
	・	干ばつの多い地域における水力発電ポテンシャルの減少
アジアの夏季モンスーン降水変動性の増大(可能性が高い)	・	温帯・熱帯アジアにおける洪水や干ばつの規模の増大と被害の増加
中緯度の暴風雨の強度の増大(現在のモデル間での一致はほとんどない)	・	人命や健康へのリスクの増加
	・	財産やインフラの損失の増加
	・	沿岸生態系への被害の増加

異常気象の予測

- ・ 台風の数は減るが、中心の風力等は増大する可能性がある
- ・ エルニーニョが発生すると各地に異常気象をもたらす。エルニーニョに似た現象が気候モデルによる実験で再現できた事例が増加
- ・ 洪水の頻度、規模が増大
- ・ 異常高温の頻度、規模が増大

3. 気候変動の影響予測事例③－1

悪影響の分布： 農林水産業

農林水産業への影響

○世界

- 中緯度地域では、2～3℃以下の気温上昇では農作物の収量は増加し、それ以上では減少
- 熱帯地域では、高温障害、水不足により生産量が減少するおそれ
- 地球規模での食糧供給の遅れ、価格上昇など飢餓の危険に直面する人々が増加

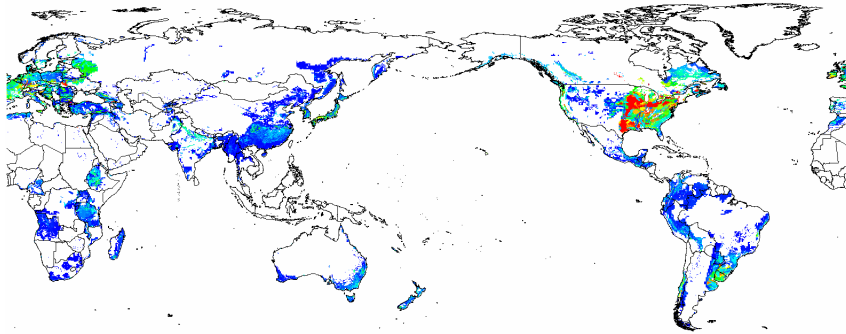
○日本

- 水稻は北日本で増産、他地域では高温により生育障害のおそれ
- CO₂による施肥効果※は高温による不稔などで相殺される
- 食糧需給：食糧自給率が低く、他国の農業生産の影響を受けやすい

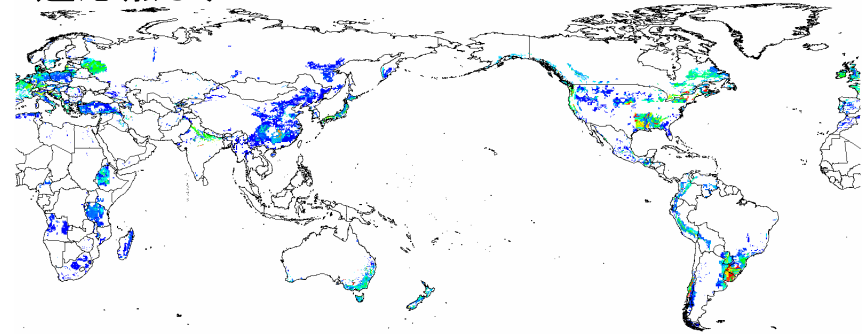
(注)施肥効果：CO₂濃度の上昇によって、植物の光合成を活発化し、生長を促す効果

気候変動がコムギ潜在生産性に 及ぼす影響(2050年)

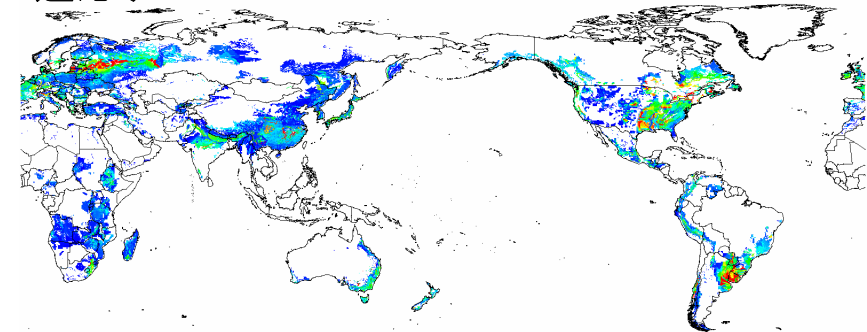
現状



将来
適応無しケース



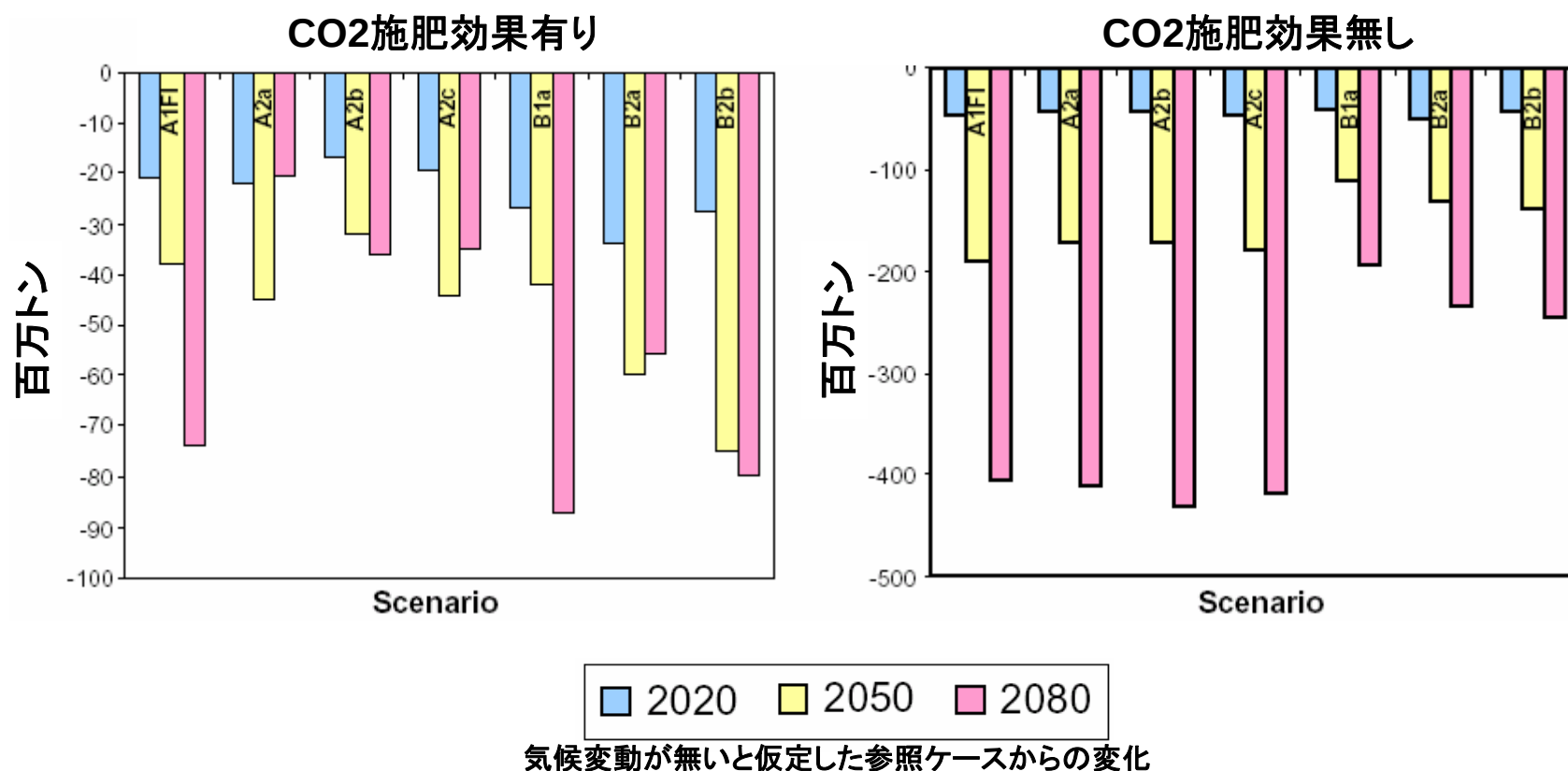
適応ケース



0 1 2 3 4 (t/ha)

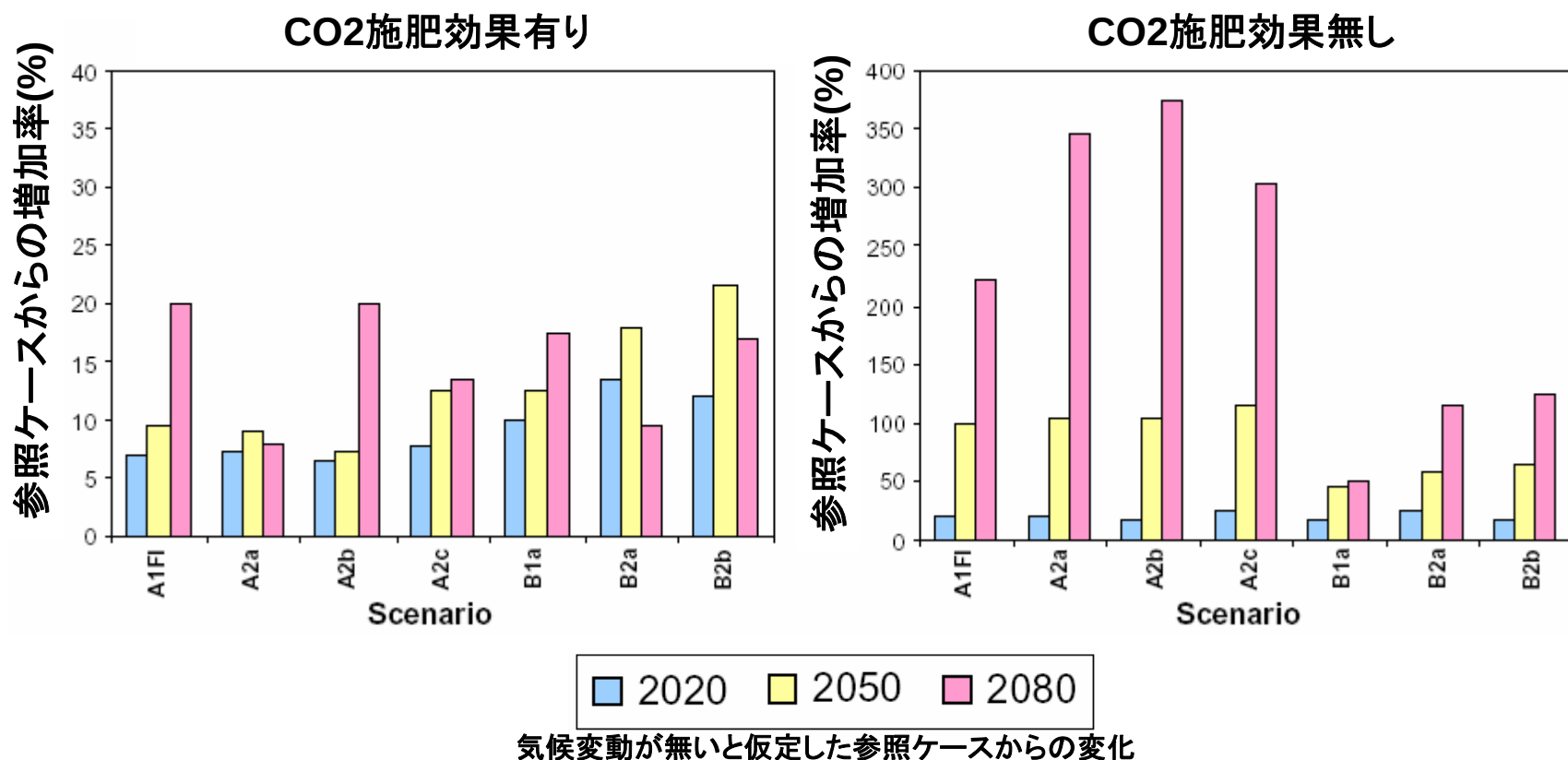
- 左上: 現状の気候条件を前提として推計した
コムギの生産性
- 右上: 将来の気候条件下においても、現在栽培されている作物品種を継続的に栽培し、かつ現状と同時期に植付けを行うケース(適応無しケース)
- 右下: 気候条件に応じて適宜作物品種・植付け時期の変更を行うケース(適応ケース)

各SRESシナリオ下における 気候変動による穀物生産量への影響



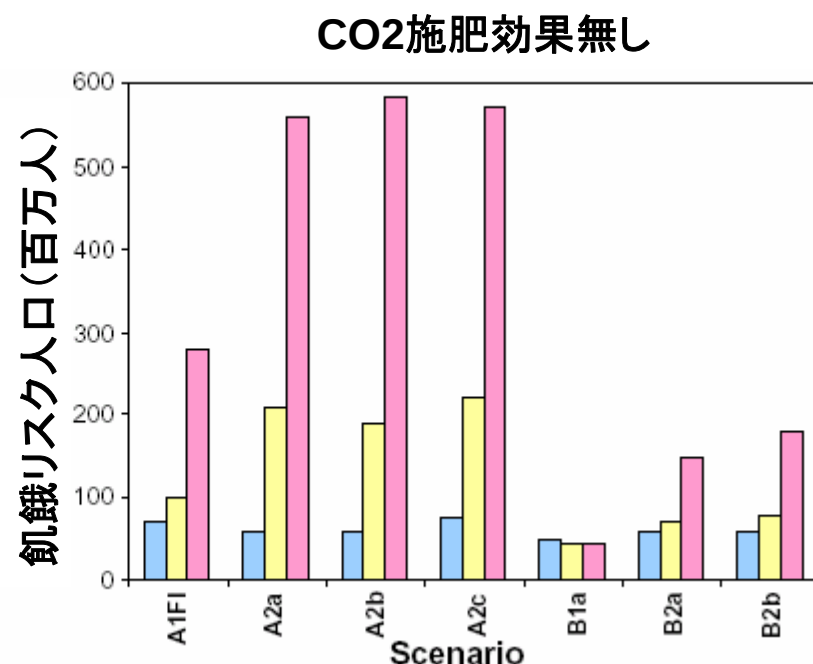
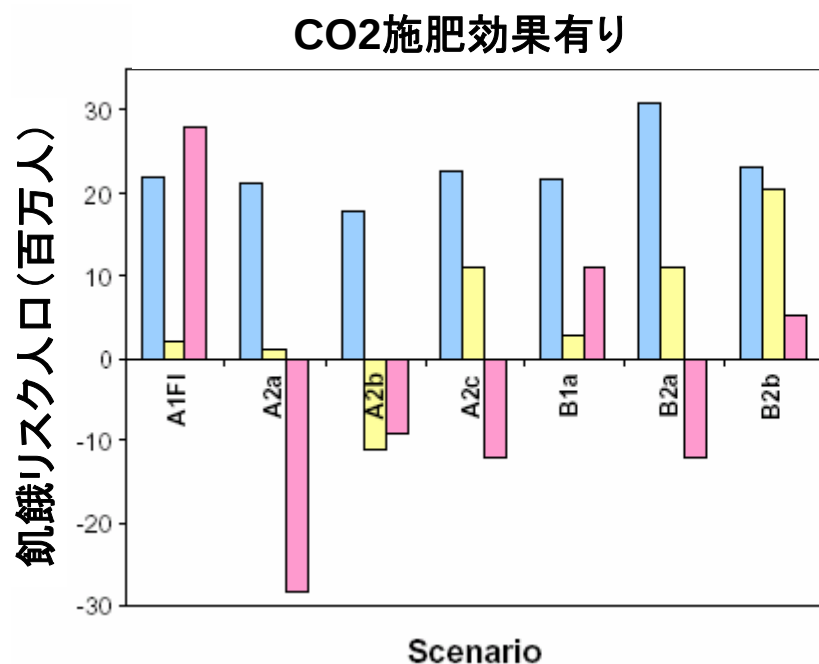
出典: Parry et al. (2001): Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios, Global Environmental Change, 11, pp.53-67.

各SRESシナリオ下における 気候変動による穀物価格への影響



出典: Parry et al. (2001): Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios, Global Environmental Change, 11, pp.53-67.

各SRESシナリオ下における 気候変動による飢餓リスク人口への影響



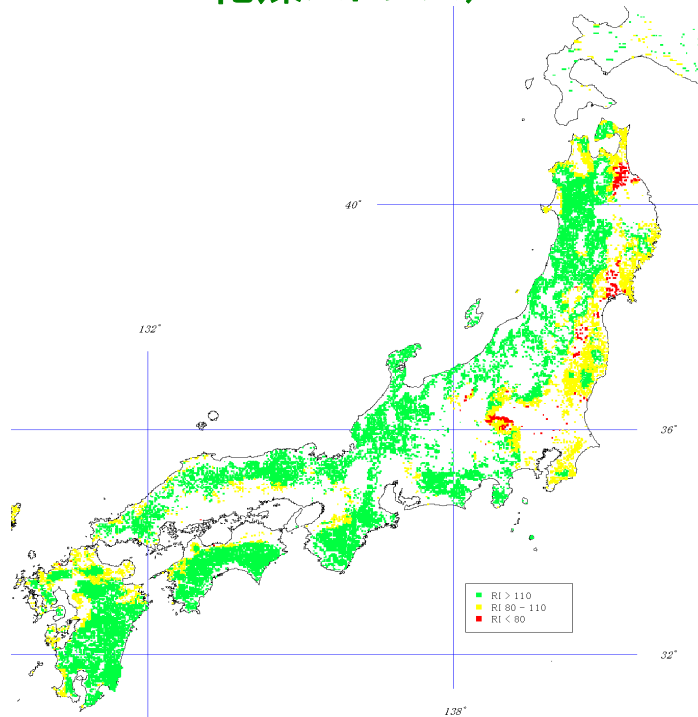
2020 2050 2080

気候変動が無いと仮定した参照ケースからの変化

出典: Parry et al. (2001): Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios, Global Environmental Change, 11, pp.53-67.

人工林(スギ林)への影響 乾燥・高温ストレス、昆虫被害

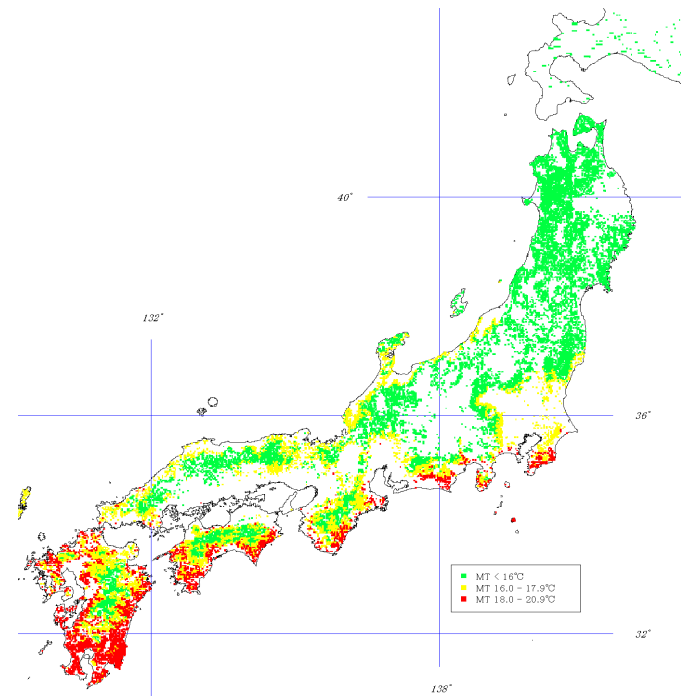
スギ林衰退危険予測図(
乾燥ストレス)



スギ林所在地の2090-99年の予測雨量係数(予測シナリオ CCSR CGCM の雨量を70%とする)

雨量係数100以下(スギ林衰退)約1%→
約10%(2090年)

スギ林衰退危険予測
図(高温ストレス)



スギ林所在地の2090-99年の年平均気温(予測シナリオ CCSR CGCM)

高温による消滅、衰退全森林面積の約10%(スギ林の50%)

3. 気候変動の影響予測事例③－2

悪影響の分布： 水資源への影響

水文・水資源への影響

- 世界

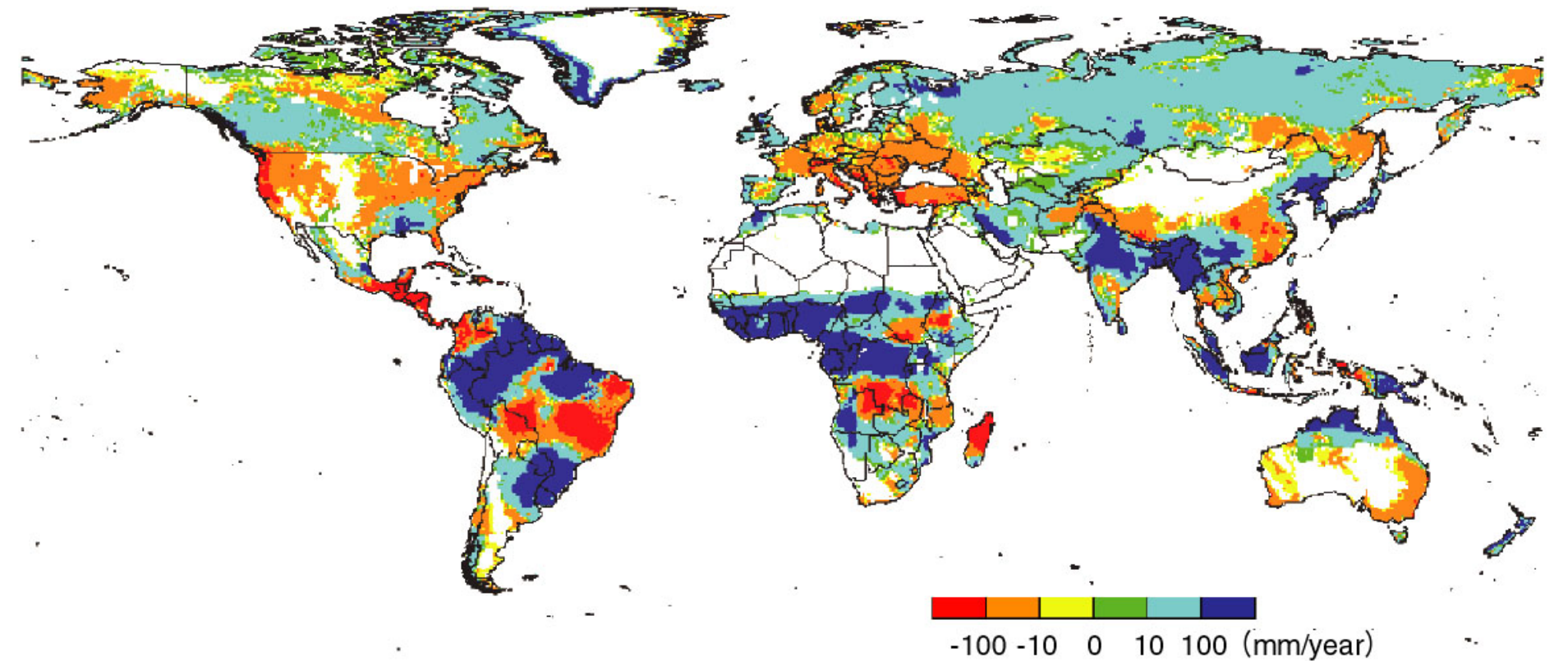
- 高緯度地域や東南アジアでは河川流量が増加
- 中央アジア、地中海沿岸、南アフリカ、オーストラリアで減少
- 水不足の人口が17億人から50億人に増加(2025年)

- 日本

- 気温上昇より降水量変動が河川流況に影響
- 雪解けの早期化による流況変化(1 ～ 3月流量増、4 ～ 6月流量減)
- 降雪量の減少
- 3℃気温上昇すると、上水需要が1.2～3.2%増加

水資源への影響： 河川流出量の予測結果の例

1980年代から2050年代の変化



気候変動パターンにはNIES/CCSR気候モデル出力を使用

出典： Harasawa H. et al. (2002): Potential impacts of global climate change, In Climate Policy Assessment (eds. Kainuma M. et al.), Springer.

3. 気候変動の影響予測事例③－3

**悪影響の分布：海面上昇、沿岸域への
影響**

海面上昇、沿岸域への影響

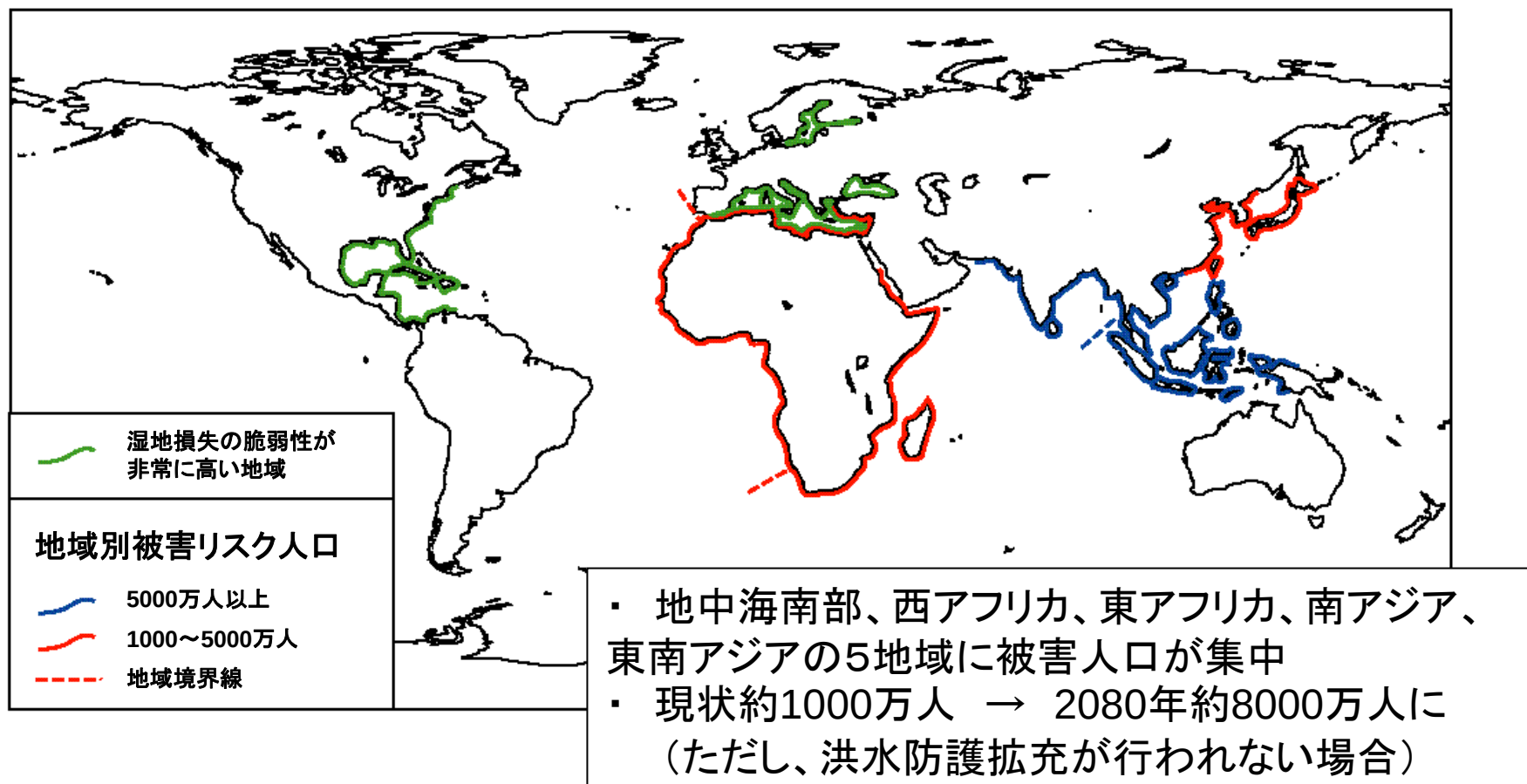
○世界

- 2080年までに約40cm海面上昇すると、被害人口は7500万人から2億人(適応策による)。
- エジプト、ポーランド、ベトナムでは、社会基盤施設の損害が数百億ドルと予測

○日本

- 1m上昇すると、砂浜面積の90.3%が消失。渡鳥の餌場となっている干潟なども消失する
- 1mの海面上昇に対して、港湾施設の対策に7.8兆円、海岸構造物の対策に3.6兆円必要、対策費用の合計は、11.5兆円

沿岸洪水による被害リスク人口 (2080年・44cm海面上昇ケース)



3. 気候変動の影響予測事例③－4

悪影響の分布： 人間の健康への影響

人間の健康への影響

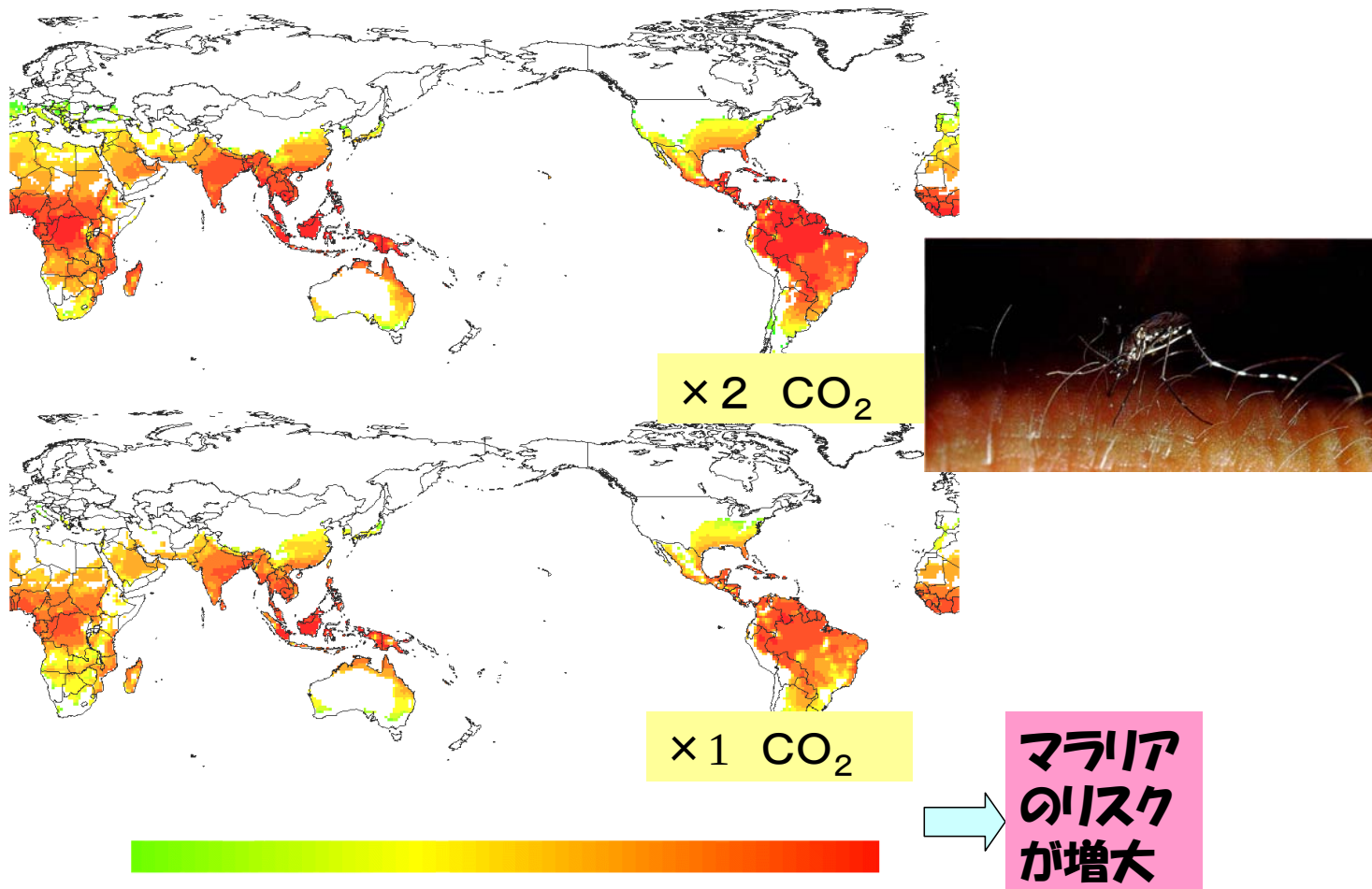
○世界

- 熱波による健康影響が増大
- マラリア患者が5000万～ 8000万人増加
- コレラなどの感染症の増加
- 大気汚染、アレルギーなどの複合影響の増加

○日本

- 熱波の影響による熱中症患者の増大、とくに高齢者（高齢化とあいまって社会問題化）
- マラリアの潜在地域が西日本まで広がる可能性がある

マラリアの潜在的繁殖地域が 南北に拡大



出典: Matsuoka, Y. and K. Kai (1994): An estimation of climatic change effects on malaria. Journal of Global Environment Engineering, 1, 1-15.

3. 気候変動の影響予測事例④

世界経済への影響

温暖化の世界経済影響評価の事例

	(10億USD)						
	Nordhaus (1991) ¹⁾	Cline(a) (1992)	Cline(b) (1992) ²⁾	Titus (1992)	Tol (1994)	Fankhauser (1995)	Eyre et al. (1997)
	(3°C)	(2.5°C)	(10°C)	(4°C)	(2.5°C)	(2.5°C)	(2.5°C)
農業	1.1	17.5	95	1.2	10	8.4	-31.2
森林喪失	小さい	3.3	7	43.6		0.7	
希少種削減		4.0+	16.0+		5	8.4	0
海面上昇	12.2		35	5.7	8.5		3.4
・海岸防御		1.2				0.2	
・湿地喪失		4.1				6.4	
・乾燥地喪失		1.7				2.4	
電力消費	1.1	11.2	64.1	5.6			
非電力暖房		-1.3	-4				
アメニティ		+	+		12	7.7	
人命		5.8	33	9.4	37.4	11.4	233.9
病気		+	+			+	
移住		0.5	2.8		1	0.6	
ハリケーン		0.8	6.4		0.3	0.2	9.2
建設活動		+	+				
レジャー活動		1.7	4				
水供給			56				
・利用可能性		7		11.4		15.6	
・水質汚濁				32.6			
都市建設		0.1	0.6				
大気汚染						7.3	
・オゾン層破壊		3.5	19.8	27.2			
・その他		+	+				
自動車冷房				2.5			
合計	55.5	61.6	335.7	139.2	74.2	69.3	215.3
GNP比率(%)	1	1.1	6	2.5	1.5	1.3	1.1

出典：植田ら(2003), 気候変動による損害費用, (「地球温暖化と日本」古今書院に収録)

日本における貨幣的評価事例

研究者	温暖化	分野	結果
Kane et al. (1992)	CO2濃度倍増時、全球平均気温2.5℃上昇	農業影響に伴う損害の貨幣的評価額	価格上昇が小さい場合は12億US1986ドル (1986年、GDPの0.062%) 価格上昇が大きい場合は56億US1986ドル (GDPの0.29%)
Takahashi et al. (1999)	全球平均気温2℃上昇	農業影響にともなう価格、生産量、純福祉効果の一般均衡分析	コメの国内価格はほぼ変化なし、コムギ価格は4.9%上昇。世界的な農業影響を勘案すると、他地域との生産競争力が相対的に上昇することで一人当たり収入が増えるため、純福祉効果は+0.022%。
Kitajima et al. (1993)	1mの海面上昇	海面上昇影響への総対策費用	総対策費用11.5兆円(1992年価値)、うち3.6兆円が海岸構造物、7.8兆円が港湾施設の嵩上げに必要
Fankhauser (1995)	1mの海面上昇	海面上昇影響による損害費用(=対策費用+喪失費用)	1990年～2100年までの総費用を割引現在価値として推定し、総額1414億USDドル。うち、対策費用が68億USDドル、湿地喪失0.8億ドル、乾燥地喪失1345億USDドル。

温暖化影響の経済評価の問題点

- 方法論
 - 環境価値評価：直接支出法、旅行費用法、ヘドニック法、仮想評価法（CV M）、コンジョイント分析
 - 経済評価：一般均衡：部門間を考慮、市場に存在しない部門は難しい
部分均衡：部門毎に推計して、足し合わせて総額を見積もる
- 社会的費用の推定
 - 割引率（将来の損害を現在価値に割り引く）
 - 計測対象や計測法に種々の不確実性
- 影響の推定や解釈
 - 影響に関する科学的な予測の差
 - 予測された影響の解釈の違い（例、被害人口の見積もり）
 - 影響に対する貨幣的な評価額の差
 - 非市場的な影響評価（生態系（種、多様性）、人命）
 - 適応行動の考慮によって被害が異なる
 - 副次的便益（二次的便益）の推定

3. 気候変動の影響予測事例⑤

破局的事象

長期的にみて起こりうる破局的事象

① 海洋・生物圏に吸収されている温室効果ガスの急激な排出

- 海洋・生物圏の炭素シンクからの急激な温室効果ガスの放出
- 永久凍土の急激な融解によるメタンの放出
- 海洋、湖沼深層、極域堆積物の天然ガスハイドレートからのメタン放出
- ハイドレート堆積物の下に閉じ込められている温室効果ガスの放出

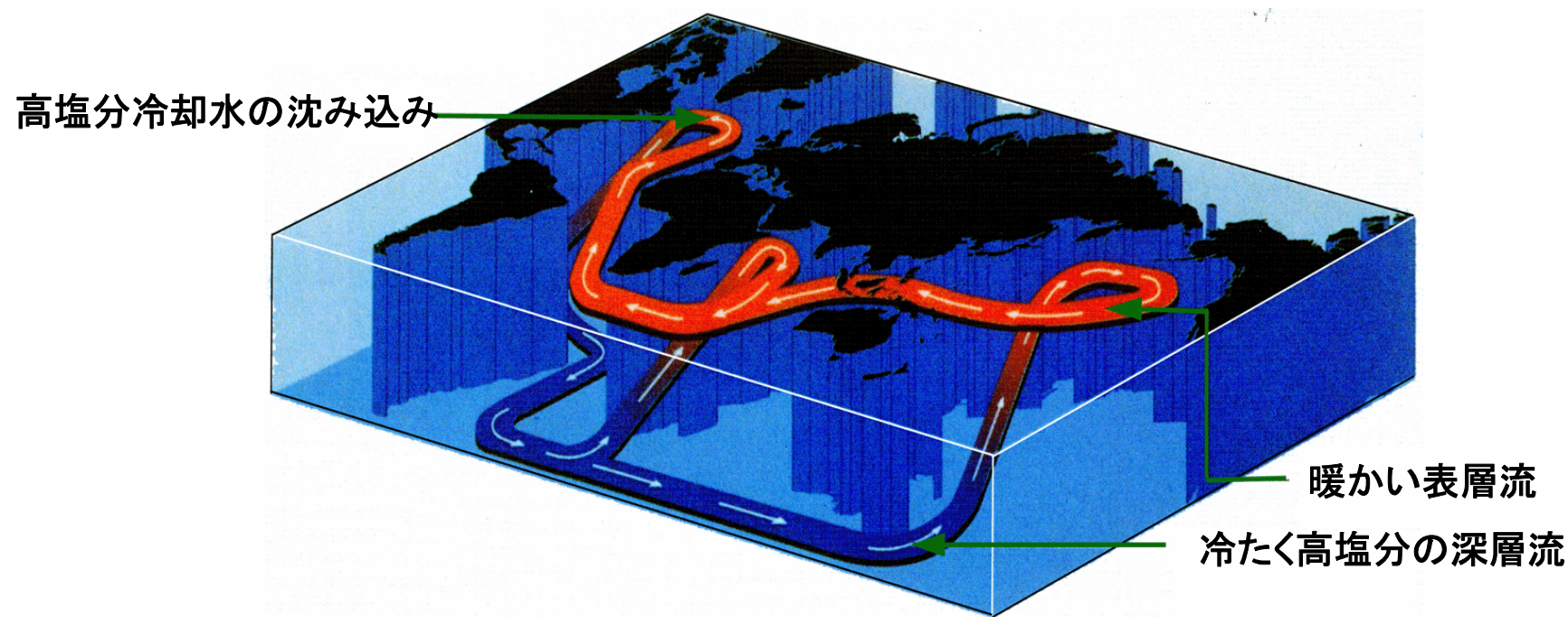
② 南極及びグリーンランド氷床の融解による海面水位の大幅な上昇

- 周辺気温が3℃上昇することによりグリーンランド氷床の融解が始まると考えられており、気候が安定化した後も数千年間にわたって海面水位上昇の一因となり続けると見込まれる。
- WAIS(西南極氷床)が不可逆的に崩壊した場合には、4～6mの海面上昇と見込まれる。

極端な温暖化による破局的事象例

③海洋大循環の崩壊

メキシコ湾流(暖流)の速度・方向が変化し、ヨーロッパが寒冷化する可能性



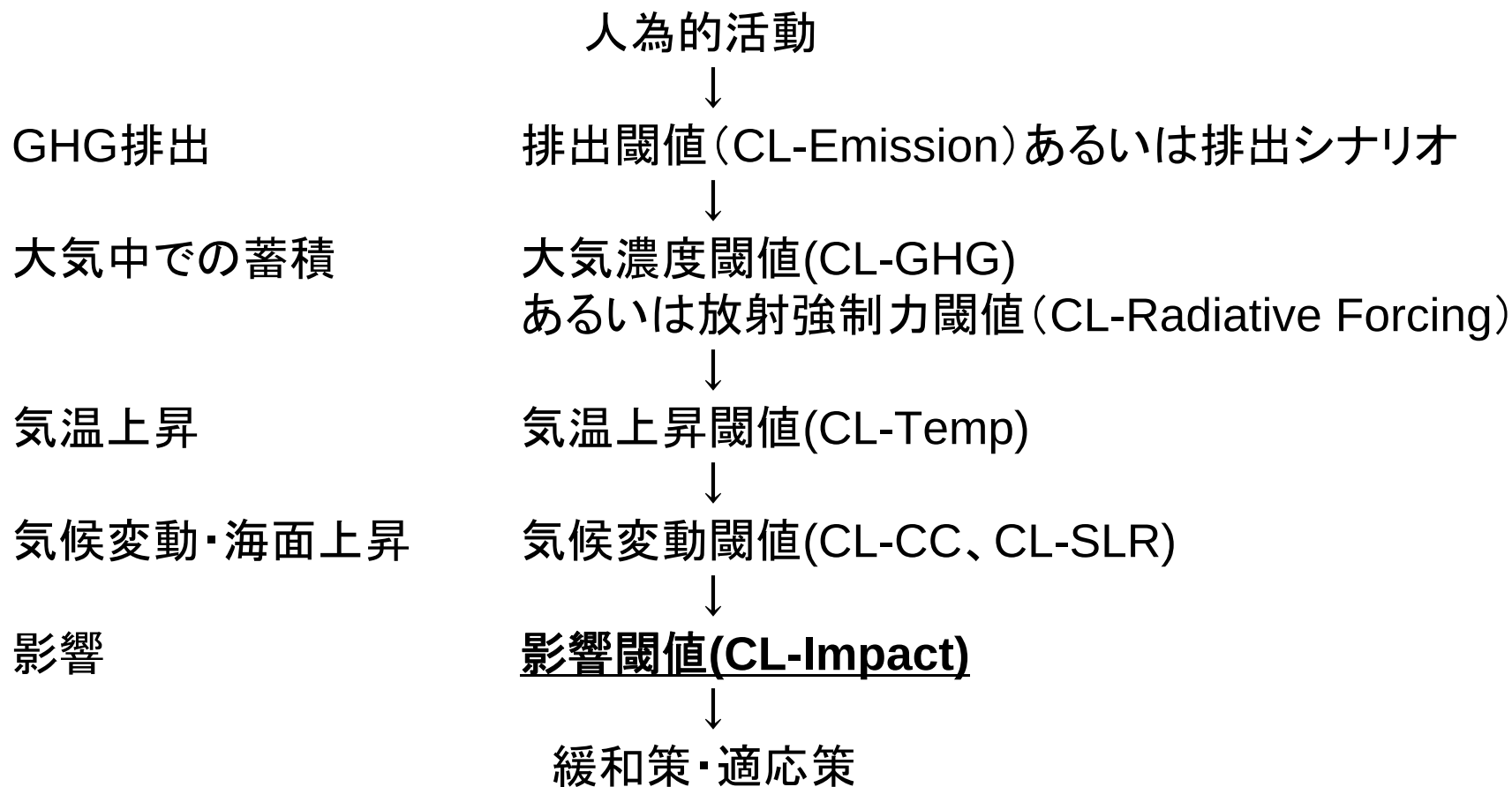
海流は2000年周期で循環し、
大きな熱容量で気候を維持

気候変動影響の現状と予測(1～3)のまとめ

- ① 温暖化の影響がすでに検出されている。とくに温暖化に対して脆弱な雪氷、自然生態系。
- ② 温暖化の影響は、気温上昇が小さい段階では、一部の地域や分野に好影響をもたらすことがあるが、ある温度以上では、悪影響が卓越する。とくに熱帯・亜熱帯の途上国では影響は深刻である。
- ③ 温暖化は中長期的な影響を与えるとともに、短期的にも異常気象の発生頻度や規模が変化する可能性が高い。
- ④ 破局的事象が21世紀中に発生する確率は小さいと見積もられているが、速い温暖化はそうした現象の発生確率を高める可能性がある。

4. 影響の閾値とは？

温暖化の危険な水準のとらえ方



ステップ毎にそれぞれの閾値 (critical limit, CL または threshold) が考えられる。

鍵となる脆弱性・影響閾値を巡る論点

- **鍵となる影響分野**

- 5つの懸念分野(第三次評価報告書)
- 極端な気象現象、大規模現象(海洋大循環の停止や西南極氷床の崩壊)

- **どの指標をどう定量かするか**

- 市場影響、人命損失、生物多様性、収入、生活の質(Schneider)
- Millions at Risk (Parry, 世界規模の影響)

- **危険な水準の判定は価値判断を含む**

- 価値判断を含む問題と科学的知識の関係
- 価値判断に対して判断材料を与える点で、科学的なアプローチが可能であるとの指摘

- **影響閾値が適応によって変わる**

- 先進国で適応能力高く、途上国で低い
- 影響の議論では、適応策の検討を全面に出すという指摘あり(ただし、影響閾値と適応の関係の研究は十分でない)

- **閾値は国や地域毎によって異なる**

影響閾値＝気候システム への危険な人為的干渉

危険な人為的干渉

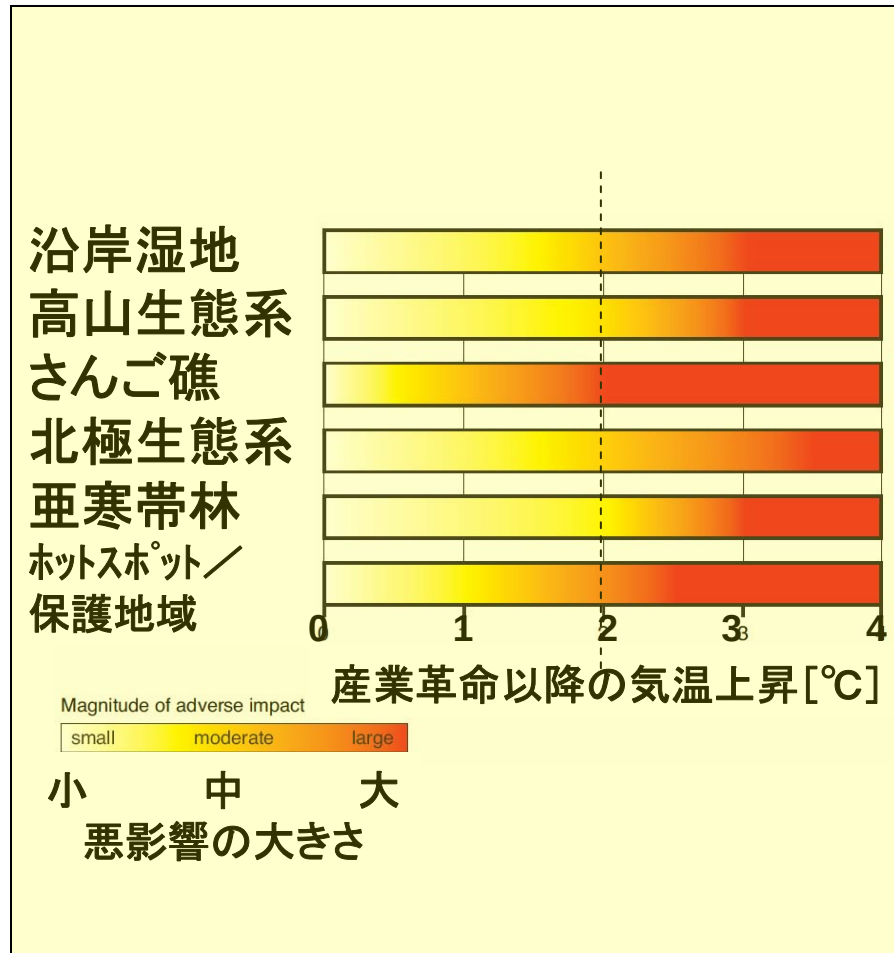
= F(影響の大きさ, 影響の許容度)

- 悪影響をどの程度受け入れられるかは、意思決定者の価値判断に依存。
- IPCC-TARでは何が危険な人為的干渉であるかは示していないが、代わりにその判断に際して有用な影響の大きさに関する知見を示している。

「危険な人為的干渉」の定義の例

- **ドイツ連邦政府気候変動諮問委員会 (2003)**
 - 本審議会では、(1) 広域にわたる深刻な影響もしくは(2) 全球的観点からみて重大な地域影響の蓄積を引き起こす気候システムへの人為的干渉を「危険な人為的干渉」と定義する。
- **スウェーデン環境保護庁 (2002)**
 - 閾値は、変化が不可逆なものとなる点かもしれないし、極端な気候現象の発現の引き金となる点かもしれない。

WBGU(2003)における生態系影響に基づき判断した影響閾値



- WBGUが考える「危険」な生態系影響

- 20-30%の生態系シフトが発生すること
- 湿地等の保全価値の高い生態系地域の損失



- 「危険」な気候変化

- 産業革命以前に比べた全球気温が2°C以上になる場合

出典 German Advisory Council on Global Change (2003): Climate protection strategies for the 21st century: Kyoto and beyond.

WBGU(2003)における食糧生産影響 に基づき判断した影響閾値

$\Delta T < 2^{\circ}\text{C}$

- 多くの途上国で農業に悪影響
- 中高緯度にある多くの先進国では好影響

$\Delta T > 2^{\circ}\text{C}$

- 全球集計で生産に純悪影響
- 気候変化により追加的に飢餓にさらされる人口が5千万人を超す

• WBGUが考える「危険」な農業影響

- 世界全地域での作物単収減少
- MDG達成への努力の障害となる飢餓人口増



• 「危険」な気候変化

- 産業革命以前に比べた全球気温が 2°C 以上になる場合

出典 German Advisory Council on Global Change (2003): Climate protection strategies for the 21st century: Kyoto and beyond.

WBGU(2003)における水利用可能量に基づき判断した危険な気候変化

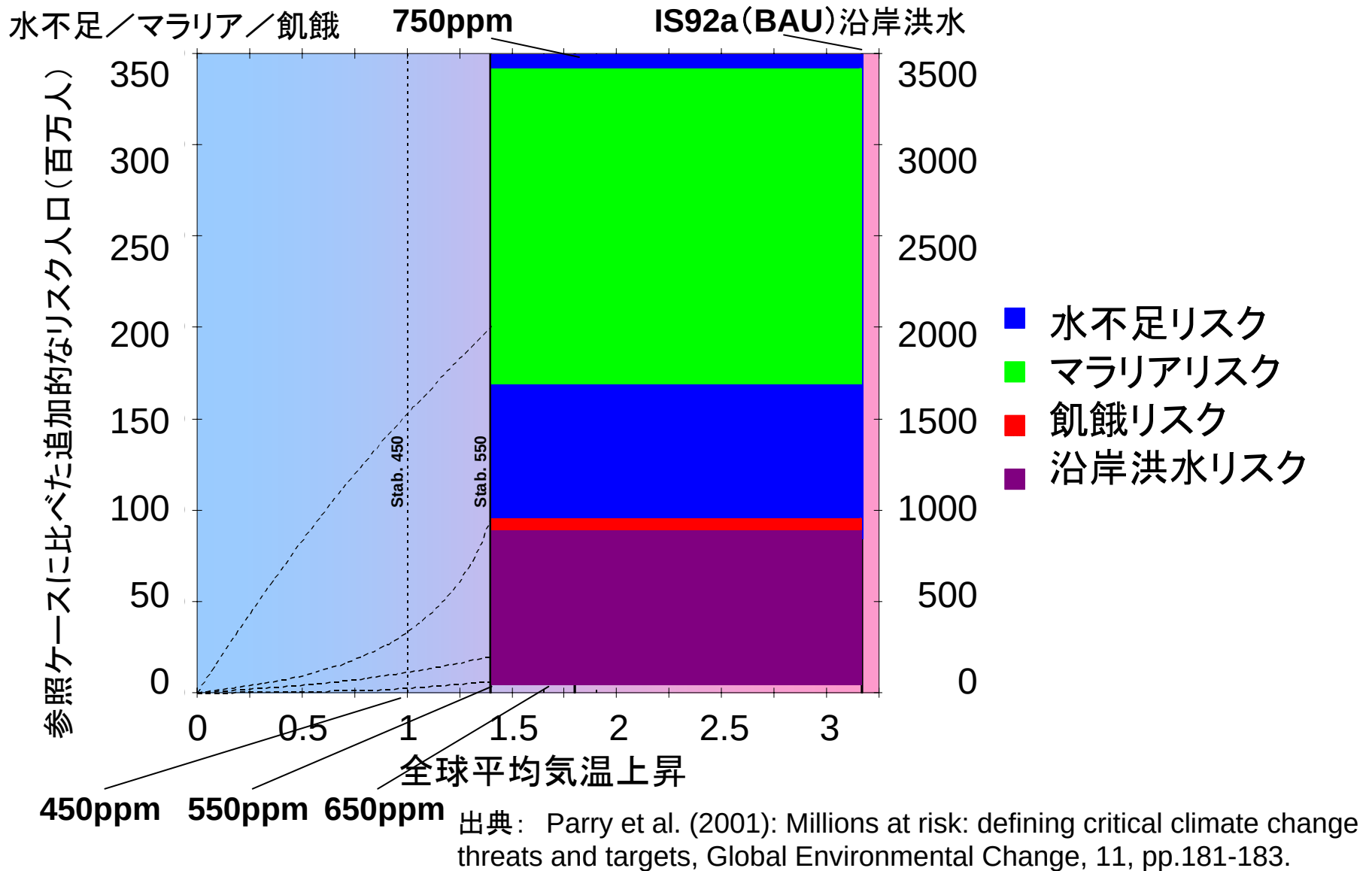
- $\Delta T > 1.5 \sim 2^{\circ}\text{C}$
 - 気温上昇がこのラインを超過すると、水不足の影響を受ける人口が6億人から20億人に急増する。
 - 急増の主たる原因は、アジア途上国の大都市における影響が深刻化するため。

- WBGUが考える「危険」な水資源影響
 - 海水淡水化・長距離輸送といった適応策が施せないほど急激な水ストレス増加



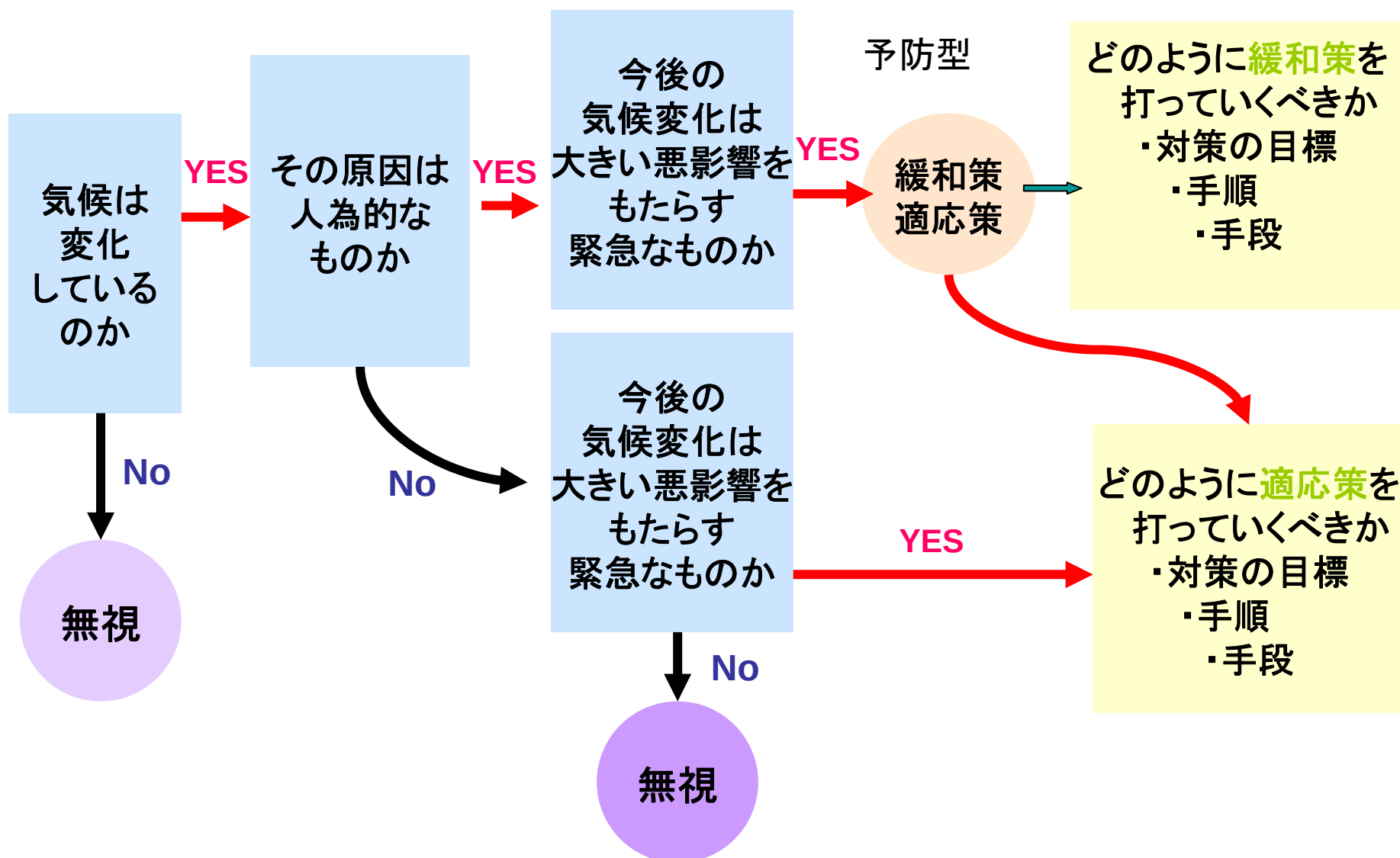
- 「危険」な気候変化
 - 産業革命以前に比べた全球気温 ΔT が $1.5 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 以上になる場合

2080年におけるリスク人口



5. 緩和策(Mitigation)と適応策(Adaptation)

気候政策検討に必要な科学的知見



緩和策(Mitigation)と適応策(Adaptation)

○緩和策(温暖化の原因物質の排出量を削減する対策)

- ・省エネルギー
- ・温室効果ガス排出の少ない、又は排出しないエネルギー源や代替材の開発・利用
- ・温室効果ガスの吸収・固定又は破壊
- ・経済的な措置

○適応策(温暖化の影響を軽減する対策)

- ・地域の知恵や経験を活用
- ・防災や都市政策などとの上手い組み合わせ
- ・ライフスタイルの変更による対応

○緩和策と適応策の組み合わせ

適応策(Adaptation)について

○事前的／計画的(anticipatory)適応の重要性

- 事後的／自動的(reactive)適応のみに依存した場合、生態学的、社会的、経済的コストは大きくなる。
- 適切に計画すれば、多くの適応戦略は短期的及び長期的に多くの利益をもたらす。
- 一般的に、適応により、将来の気候変化による悪影響のみならず、現在の気候関連リスクも軽減される。

○適応の限界

- 適応戦略の実施と有効性には限度があり、適応力を強化するための施策が必要である。
- 地域社会は、平均的な気候変化に比べ、気候変動性や極端な現象に対する適応可能性は低い。

適応の種類と事例

○水資源

- － 水利用の高効率化
- － 貯水池等の建設による水供給量の増加
- － ダム、堤防等の設計基準の見直し

○食料

- － 植付け・収穫等の時期を変更
- － 土壌の栄養素や水分の保持能力を改善

○沿岸地帯

- － 沿岸防護のための堤防や防波堤
- － 防砂林の育成による沿岸の保護

○人間の健康

- － 公共の健康関連インフラ(上下水道等)を改善
- － 伝染病の予想や早期警告の能力(システム)を開発

○金融サービス

- － 民間及び公共の保険及び再保険によるリスク分散

4. 影響閾値、5. 緩和策と適応策 に関するまとめ

- ①どの濃度／気候安定化目標を選択しても、目標達成のためには、早急に大規模な排出削減努力が必要である。
- ②ただし、排出削減努力を推し進めても、ある程度の影響は不可避である。(特に、脆弱性の高い自然生態系など)
- ③よって、排出削減対策による気候変動・影響の緩和と同時に、適応対策による被害軽減を行うことも重要