

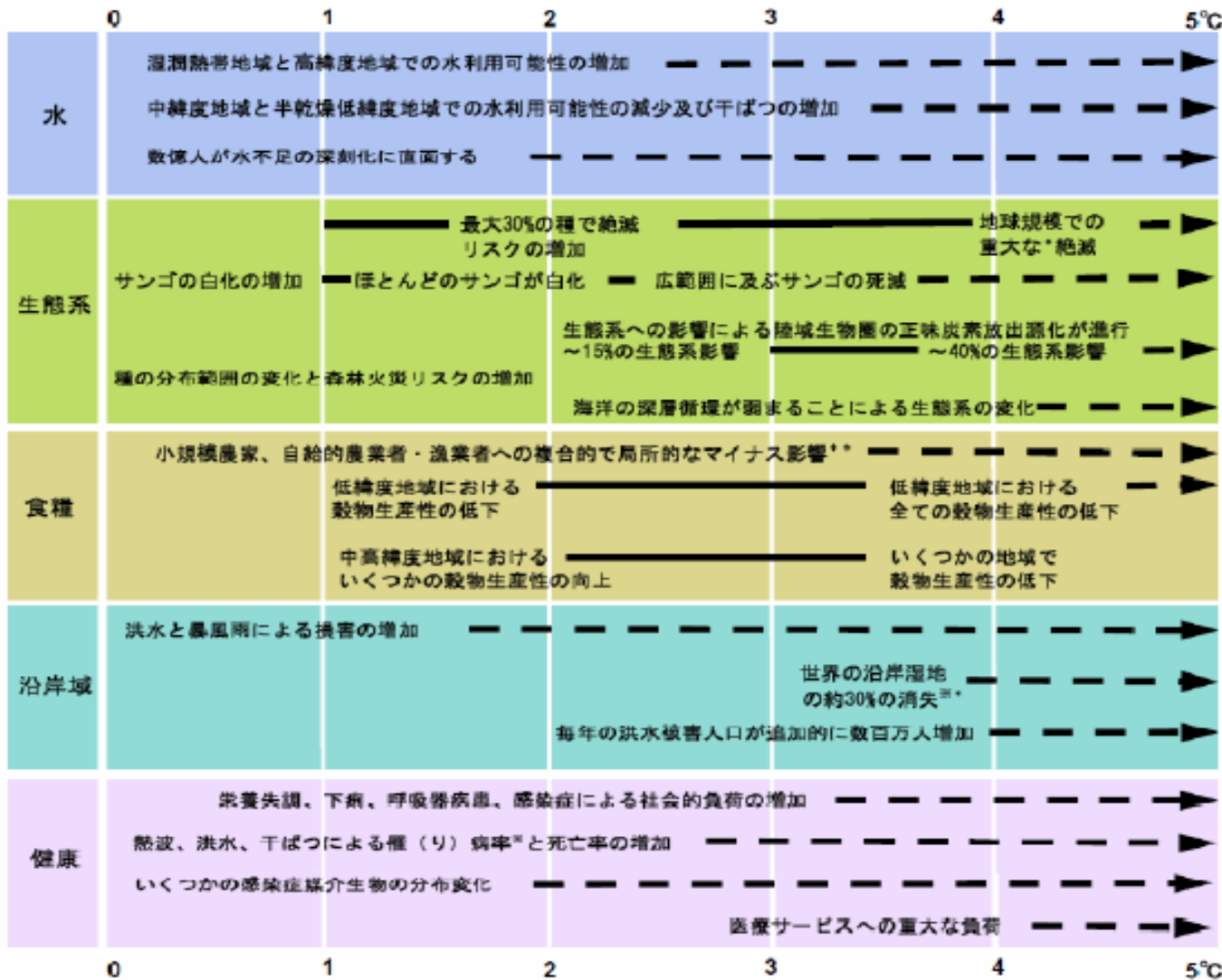
世界が温暖化対策を講じない場合 の被害コストについて

(独)国立環境研究所 AIMチーム
温暖化影響総合予測プロジェクト

第7回中期目標検討委員会
平成21年4月14日

世界的な影響と被害コスト

平均気温上昇による世界的な影響



1980-1999年に対する世界年平均気温の変化(°C)

○21世紀の世界平均地上気温の上昇量の違いに対応した気候変動(及び関連のある場合は海面水位、大気中の二酸化炭素濃度の変化)から予測される世界的な影響の例示。
○黒い線は影響間のつながりを表し、破線の矢印は気温上昇に伴い継続する影響を表す。
○文章の左端がその影響が出始めるおおよその位置を示すように、事項の記述が配置されている。

(注)この表は、「1980～1999年」に対する気温の変化を表しており、「産業革命前」からの気温の変化とは異なる。(産業革命前から1990年までに0.5°C気温が上昇)

平均気温上昇による世界的な影響

地球全体の平均気温が0℃～2℃上昇

- ▶ 全球平均気温が1990年～2000年水準より最大2℃上昇する変化は、すでに観測されている人為的な気候変動の主要な影響を一層悪化させ、また、多くの低緯度諸国における食料安全保障の低下など、その他の影響ももたらすだろう。同時に、地球規模の農業生産性など、一部のシステムは便益を得るであろう。

地球全体の平均気温が2℃～4℃上昇

- ▶ 全球平均気温が1990年～2000年水準より2～4℃上昇する変化は、主要な影響の数をあらゆる規模で増加させることになるだろう。例えば、生物多様性の広範な喪失、地球規模での農業生産性の低下、グリーンランドと西南極の氷床の広範な後退などが挙げられる。

地球全体の平均気温が4℃超の上昇

- ▶ 全球平均気温が1990年～2000年水準より4℃を超えて上回る変化は、脆弱性の大幅な増大をもたらし、多くのシステムの適応能力を超えることになるだろう。

世界の被害コスト推計（主要文献の要点1）

出典	予測年次	気温上昇*1	被害コスト	使用したモデル及びシナリオ
Stern Review (2006)	2100年	+3.9°C	GDP *2の0.9%	PAGE 2002モデル ・Baseline気候シナリオは、IPCC-SRESの A2シナリオを元に設定 ・市場影響, 破壊的リスク, 非市場影響を考慮
	2200年	+7.4°C	GDP *2の5.3%	
	2100年	+4.3°C	GDP *2の2.9%	・High気候シナリオ: 上記Baselineシナリオに、2種類のフィードバック効果(炭素吸収の減少とメタン放出の増加)を加味 ・平均気温はBaseline気候シナリオより0.4°C上昇 ・市場影響, 破壊的リスク, 非市場影響を考慮
	2200年	+8.6°C	GDP *2の13.8%	

(備考)*1:「気温上昇」は産業革命以前との全球平均気温の比較

*2:原文では“Global per capita GDP”

出典: Stern, Nicholas, (2006), The Economics of Climate Change. The Stern Review. Cambridge University Press, Cambridge and New York. 692 pp.

世界の被害コスト推計 (主要文献の要点2)

出典	予測年次	気温上昇 ^{*1}	被害コスト	使用したモデル及びシナリオ
Nordhaus (2007)	2100年	+3.1°C	GDP ^{*3} の3%	Dynamic Integrated Model of the Climate and Economy (DICE) ・予測に用いられた排出量はIPCC-SRESシナリオの中間値に近い。 ・市場影響, 非市場影響, 破壊的影響を考慮
	2200年	+5.3°C	GDP ^{*3} の8%	
OECD (2008)	2045- 2054	+2.0°C	GDP ^{*3} の 0.8% ^{*4}	AD-DICEモデル(統合評価モデルに、適応を政策変数の1つとして組み込むため、DICEを組み込んで修正したもの) ・ベースラインシナリオは、IPCC-SRESのBシナリオに近い ・考慮された影響の範囲はDICEに準じる
	2095- 2105	+3.3°C	GDP ^{*3} の 2.3% ^{*4}	
	2195- 2205	+4.3°C	GDP ^{*3} の 4.7% ^{*4}	

(備考) *3 : ここでのGDPは、世界全体の生産量(Gross World Output)を意味する。

*4 : グラフからの読み取りによる値

出典:

- ・Nordhaus, Willam D., (2007), The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy, 200 pp
- ・OECD, ENV/EPOC/GSP, (2008) 17 23-Sept-2008, Working Party on Global Structural Policies, Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modelling of Adaptation Costs and Benefits, 17 October 2008, 42 pp.

日本への影響と被害コスト

温暖化の日本への影響

日本の年平均気温の上昇量（1990年=0℃）

分野		1℃	2℃	3℃	4℃	5℃	6℃	備考
日平均降水量変化（1990年=100）		102	105	110	114	120		
食料	農業 コメ	コメ収量※の変化 ※現状を1として	1.03に向上	0.99に低下	0.95に低下			(コメ収量)CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮している。地域別に見ると、北海道、東北では気温上昇とともに増収する傾向は続くが、西日本ではおおよそ3℃を超えると減収に転じる。
	果樹	リンゴ栽培適地の変化 ウンシュウミカン栽培適地の変化		東北中部の平野や関東以南が不適地に 主要産地の多くが不適地に				(果樹栽培適地)CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮していない。気温上昇量は1980年=0℃。気温上昇に伴い新たに栽培適地となる地域もある。
	水産業	回遊魚の生息域の変化、養殖適地の北上						
水環境・水資源	河川・湖沼等 地下水	河川・湖沼・ダム湖などの水温の上昇、水質の変化 淡水レンズ(南西諸島)の縮小						(河川・湖沼・ダム湖等)過去の変化からの推定。 (淡水レンズ)定性的な推定。
自然生態系	森林生態系	ブナ林の適地の減少 マツ枯れ被害危険面積の増加	90%に減少 1.3倍	70%に減少 1.5倍	45%に減少 1.8倍	22%に減少 2倍		(ブナ林の適地)実際のブナ林分布域内における適地(分布確率が0.1以上)の1km ² 区画の割合で示している。CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮していない。 (マツ枯れ)CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮していない。
	高山生態系	高山植物群落の減少						(高山植物群落)定性的な推定。
	沿岸・淡水生態系	サンゴの白化、北方種の減少・南方種の増加						(サンゴの白化等)複数研究のレビューによる。
	生物季節	サクラの開花			2週間早まる			(サクラの開花)CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮していない。2082-2100年の予測(RCM20使用)を同期間の気温上昇量に読み替えている。サクラ開花が2週間早まる際の春季(2~4月)の気温上昇量平均値は約3.3℃。
防災・沿岸大都市	沿岸域 高潮	西日本及び三大湾における高潮浸水危険面積の増加 西日本及び三大湾における高潮浸水危険人口の増加		1.4倍	1.7倍			(全般)台風の巨大化、波浪の変化についての事象は挙げていない。 (高潮浸水危険面積)台風強度が2100年に1.3に達するよう計算している。 (高潮浸水危険人口)台風強度が2100年に1.3に達するよう計算している。
	砂浜の侵食	砂浜の消失				57%消失		(砂浜の消失)海面上昇30cmで砂浜57%を消失する。MIROCで海面上昇量30cmとなる2080年の気温上昇量に読み替えている。
	河川 洪水	洪水氾濫面積の変化			5%増加	10%増加		(洪水氾濫面積)50年に1回の確率で起こる豪雨による氾濫域を計算している。
	土砂災害	斜面災害リスクの変化	リスクは2%増加の幅に収まっている	リスクが増加傾向を示し始める			5%増加	(斜面災害リスク)50年に1回の確率で起こる豪雨による災害発生確率を推定している。
	健康	暑熱	熱ストレス死亡リスク※の変化 ※現状の暑熱による超過死亡の確率を1として、何倍になるかを示している	1.6	2.4	3.5	4.7	
	感染症	ヒトスジシマカ※の分布域の変化 ※デング熱などの媒介蚊		東北北部に拡大			東北地方のほぼ全て、北海道の札幌以南の低地に拡大	(ヒトスジシマカ)2035年、2100年の予測(MIROC使用)を同年の気温上昇量に読み替えている。
国民生活・都市生活	健康	熱中症や熱ストレス、及び感染症等への影響						(熱中症等)健康分野での知見に基づく推定。
	経済 快適	スキー場利用客の減少 真夏日日数の増加			30%以上減少			(スキー場利用客)北海道と標高の高い中部地方以外の、ほとんどのスキー場で利用客が30%以上減少すると予測されている。 (真夏日日数)全国の単純平均値。2031-2050年、2081-2100年の予測(RCM20使用)を同期間の気温上昇量に読み替えている。

図中の太字の文字で示された事象は、気候の予測結果を用いた影響予測研究を示す(気候予測には複数の気候モデルの結果を含む)。
 図中の細字グレーの文字で示された事象は、過去の変化からの推定などによる研究結果で、気候予測に基づく将来予測ではない。
 破線は、気温上昇に伴い影響が継続することを示す。

気候安定化レベルと日本への影響

- 温暖化影響総合予測プロジェクト(環境省推進費S-4, H17-21)の後期研究成果(2009年5月公表予定)を基に作成
- 研究体制
 - プロジェクトリーダー:茨城大学 三村信男教授
 - 研究期間:第Ⅰ期(H17~19)+第Ⅱ期(H20~21)
 - サブ課題数:7つ, 研究参画機関数:14機関(H20), 研究参画者数:42名(H20)
- 中期目標検討との関連
 - 本研究では、異なる気候安定化シナリオのもとで、我が国の水資源、森林、農業、沿岸域、健康といった主要な分野における温暖化影響を定量化(一部の分野では被害額も算定)
 - 世界が対策を講じない場合(BaU)および異なる対策レベルに応じた我が国への被害を定量的に推定
 - 450ppm(CO₂換算) → IPCC第4次統合報告書表SPM.5の区分Ⅰに相当
 - 550ppm(CO₂換算) → IPCC第4次統合報告書表SPM.5の区分Ⅲに相当
 - 世界の長期的GHG削減経路と我が国への影響の関係を把握

(参考) IPCC第4次評価報告書のシナリオ区分

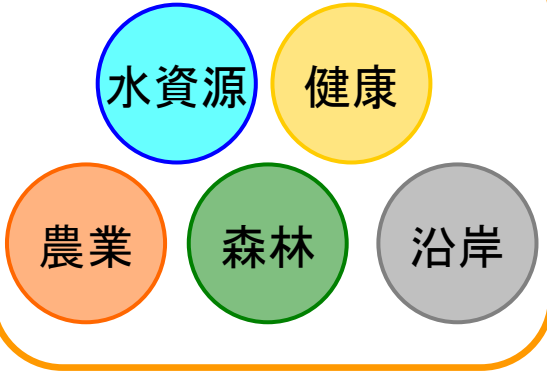
出典:IPCC第4次評価報告書統合報告書 政策決定者向け要約

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

- ◆温室効果ガスの濃度と気温上昇との関係を示す気候感度は、2°C～4.5°Cの幅をとる可能性が高いとされているが、本表においては「最良の推計値」である3°Cが用いられている。
- ◆「CO₂換算」には、その他ガスの温室効果に加えて、大気中微粒子(エアロゾル)の冷却効果が含まれる。
- ◆ここで評価された研究では、炭素循環フィードバックが考慮されておらず、気温上昇が過小評価の可能性がある。

温暖化影響総合予測プロジェクト研究のスキーム

影響予測の高度化

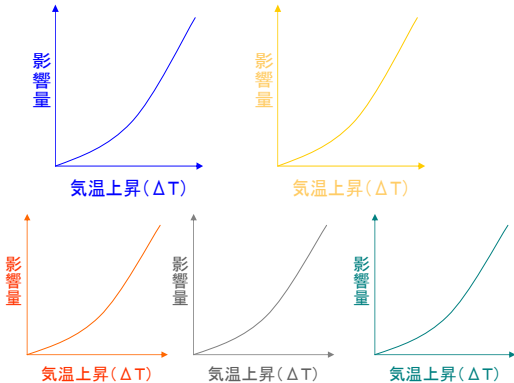


リスクマップ



適応策

影響関数の開発



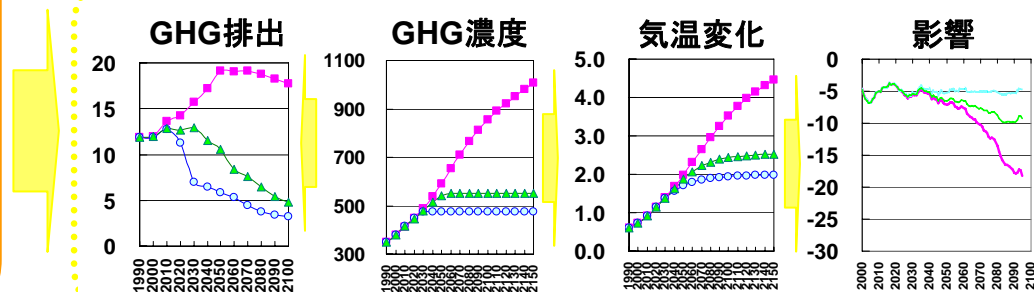
共通シナリオ

気候シナリオ 人口シナリオ

経済評価

経済評価手法の提案
貨幣評価原単位の開発

統合評価モデル

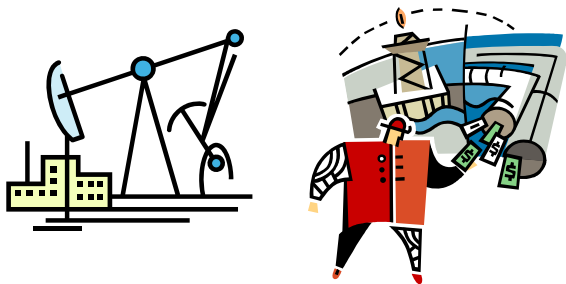


統合評価



統合評価モデルの概要

GHG排出予測パート



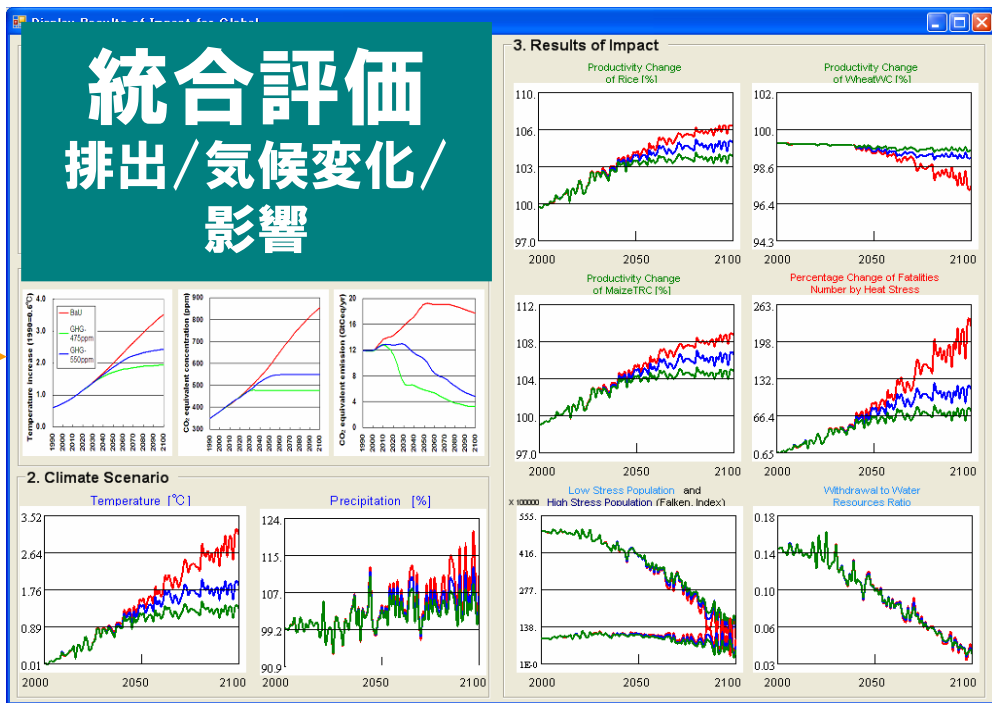
エネルギー・経済モデル

世界のGHG排出パス

簡易気候モデル



全球平均気温変化



影響・適応
評価モデル

国別・県別/分野別影響

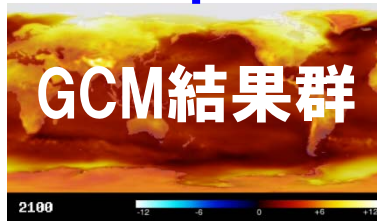
パターン
スケーリング
モジュール

国別・県
別気候
シナリオ

潜在影響
推計
モジュール

GCM結果群

温暖化影響関数 適応策



温暖化影響項目

水資源	生態系	農業(食料)	防災	健康
喝水 (都市用水)	森林生態系 (ブナ・マツ)	農業(コメ)	洪水氾濫	暑熱
喝水 (農業用水)	森林生態系 (ブナ・マツ以外)	農業 (コメ以外)	土砂災害	大気汚染
喝水 (工業用水)	高山植物	果樹	高潮浸水	感染症
積雪水資源	自然草原	茶	液状化	
水質	湿地	野菜	砂浜	
地下水	海洋	畜産		
	沿岸	水産		
	淡水			
	干潟			

青色:本報告書で物理量および経済被害を評価したもの, 緑色:本報告書で物理量のみ評価したもの
 *徐々に増加する影響が対象. 温暖化影響総合予測プロジェクトでは, グリーンランドと西南極氷床の崩壊による数mの海面上昇など破滅的な事象に関しては検討していない.

統合評価モデルおよび安定化シナリオの概要

● 統合評価モデル

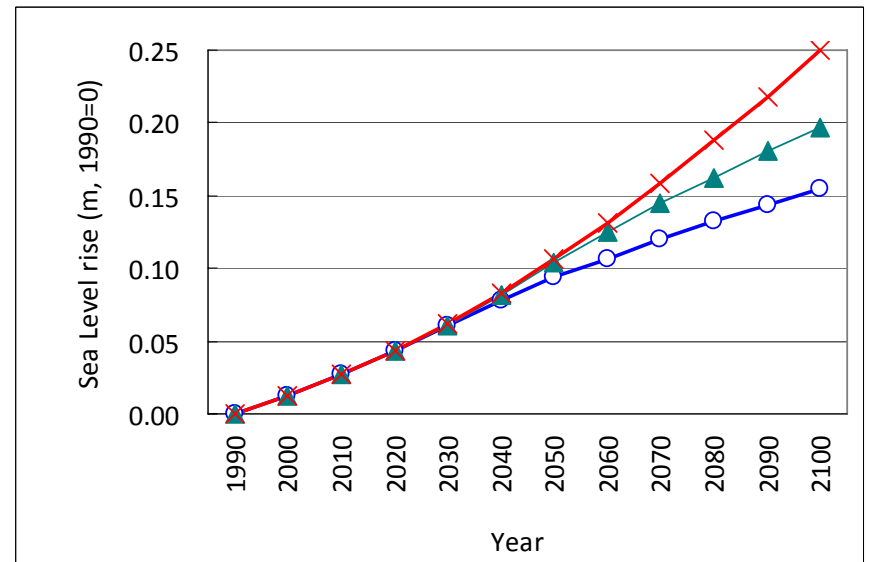
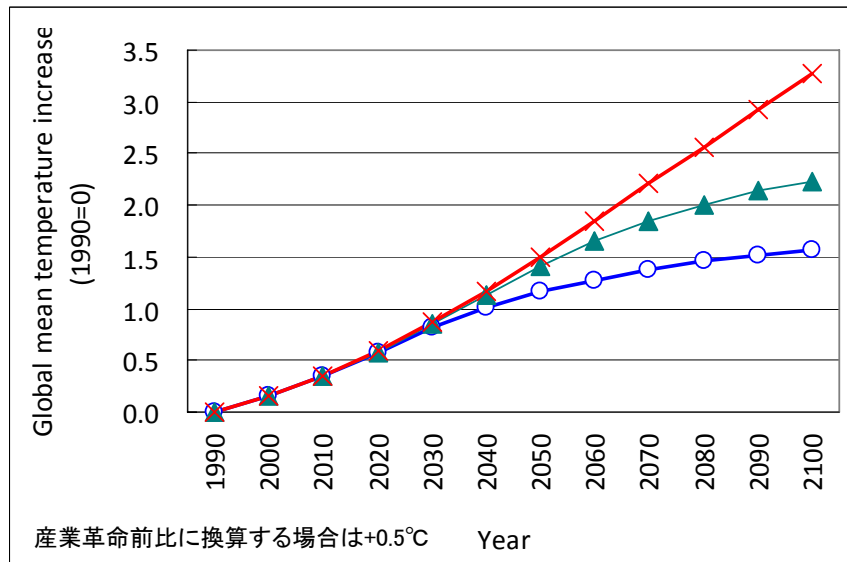
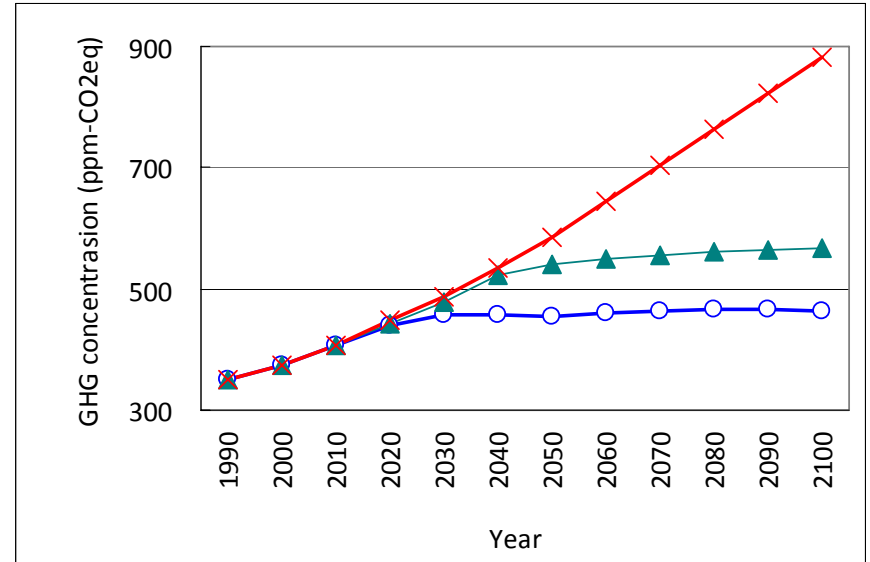
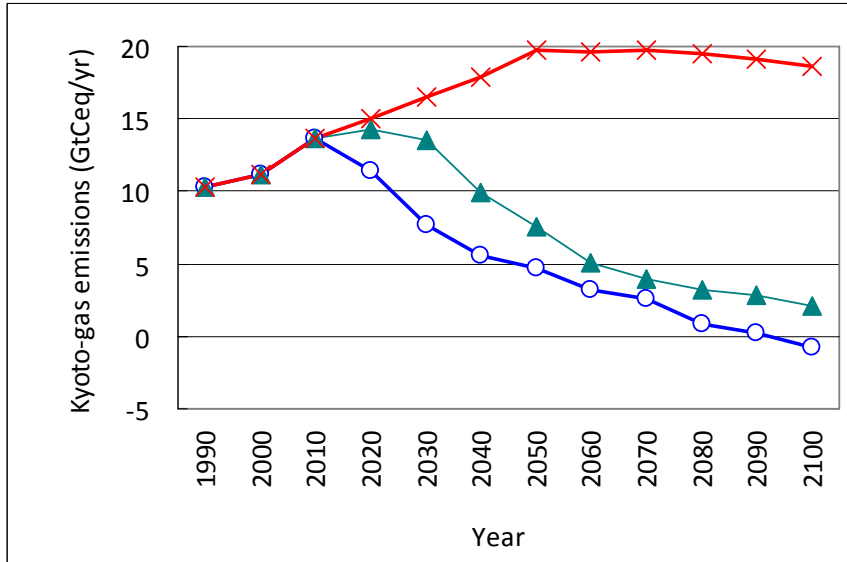
- 温室効果ガス濃度安定化等の温暖化抑制目標とそれを実現するための経済効率的な排出経路, および同目標下での影響・リスクを総合的に解析・評価するためのモデル
- 平衡気候感度: 3°C , 炭素フィードバック効果は考慮していない
- 安定化シナリオを達成する排出経路は様々ありえるがその一例を提示
- 全球平均気温変化から地域別の気候シナリオ作成(パターンスケーリング)に使用したGCM: MIROC3.2-hires
- 温暖化による悪影響は1981-2000年を基準とした場合の増加分と仮定

● 1つのBaUシナリオ(なりゆきシナリオ)と2つのGHG濃度安定化シナリオ

- GHGおよびエアロゾルの冷却効果も含む
 - ✓ 450S: GHG濃度450ppm(二酸化炭素等価濃度)安定化シナリオ
 - GHG濃度のオーバーシュート有り
 - 平衡気温上昇が約 2.1°C (産業革命前比), 1990年比は -0.5°C で換算
 - ✓ 550S: GHG濃度550ppm(二酸化炭素等価濃度)安定化シナリオ
 - GHG濃度のオーバーシュート有り
 - 平衡気温上昇が約 2.9°C (産業革命前比, 本文席による2100年時は約 2.7°C), 1990年比は -0.5°C で換算
 - ✓ BaU: なりゆきシナリオ(Business as Usualシナリオ)
 - 気温上昇が2100年で約 3.8°C (産業革命前比), 1990年比は -0.5°C で換算

GHG排出経路・GHG濃度・気温上昇・海面上昇

○ 450S ▲ 550S ✕ BaU



洪水氾濫による影響(浸水被害コスト)

降雨強度の増大と強い雨の頻度が増加することにより浸水被害コストの増加が見込まれる。最も厳しい安定化レベル(450s)の場合でも被害が大幅に増加する可能性が予想される。

■ 影響評価指標の概要

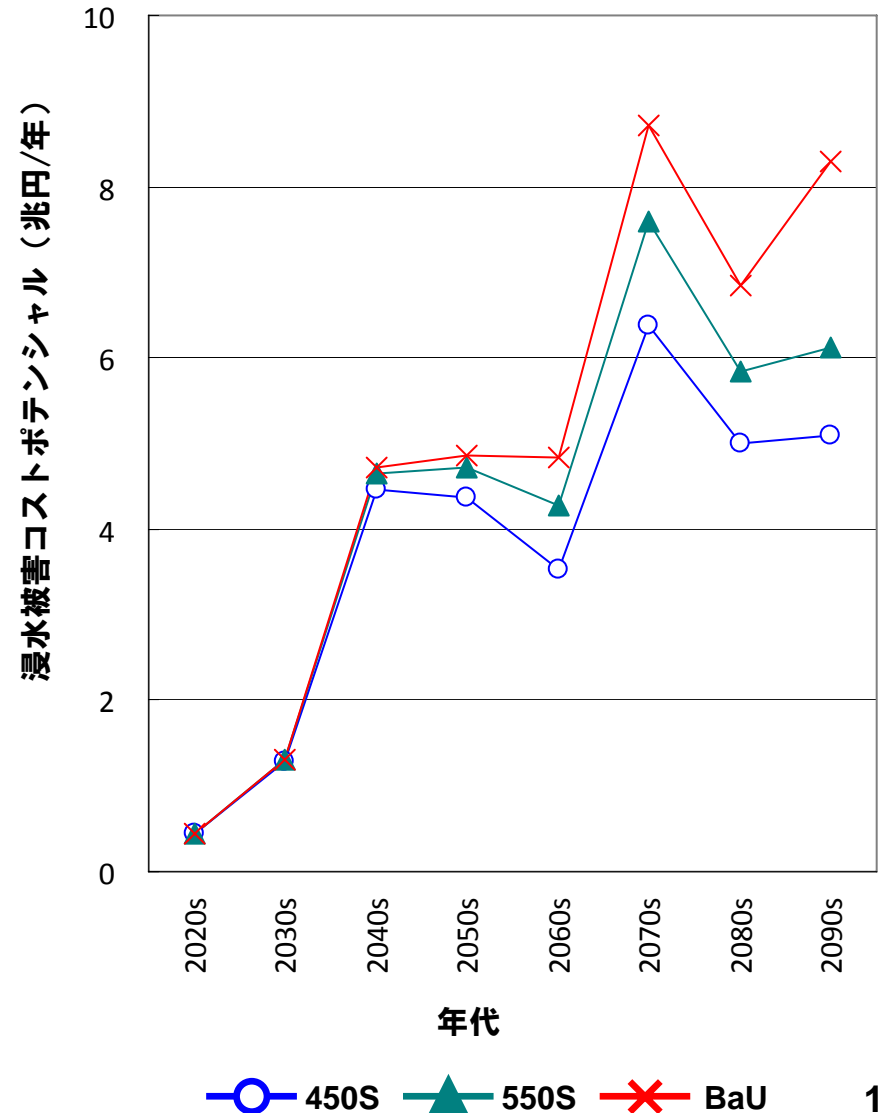
- ▶ 日本の平均的な防護レベルは、現状で50年に一回降るような雨(再現期間50年の年別日最大降雨)に対応しており、それより小さい降雨では被害が発生しないと仮定。三大都市圏の防護レベルはそれよりも高く、現状で150年に一回降るような雨に対応していると仮定し、三大都市圏とその他の地域における浸水被害コストを推定
- 2100年まで毎年の年別日最大降水量における被害コストを試算し、20年間の平均被害額の変化を算定
- 防護レベルは将来に渡って一定と仮定
- 被害による資産価値の低下は考慮していない
- 適応策は考慮していない

□ 将来影響

洪水氾濫は降雨の強度と頻度の変化に大きく影響される。気温上昇と異なり、降雨シナリオは大きな変動を示すため、浸水被害コストも年代によって大きく変化する。

450s, 550s, BaUにおける最大の被害コストは、今世紀中頃(~2050s)まではシナリオ間で大きな差が現れず、約5兆円/年弱に達すると見込まれるが、今世紀末頃(~2090s)までにはシナリオによって被害コストに大きな差が現れ、それぞれ最大で約6.4兆円/年、約7.6兆円/年、約8.7兆円/年に達すると見込まれる。

最も厳しい安定化レベル(450s)の場合でも被害が大幅に増加する可能性があり、緩和策と共に適応策の検討も重要である



森林への影響(ブナ林の適域)

温暖化の進行に伴いブナの適域は失われていく。最も厳しい安定化レベル(450s)の場合にはその喪失に歯止めがかかると見込まれるが、約35%程度の喪失は免れないと見込まれる。

影響評価指標の概要

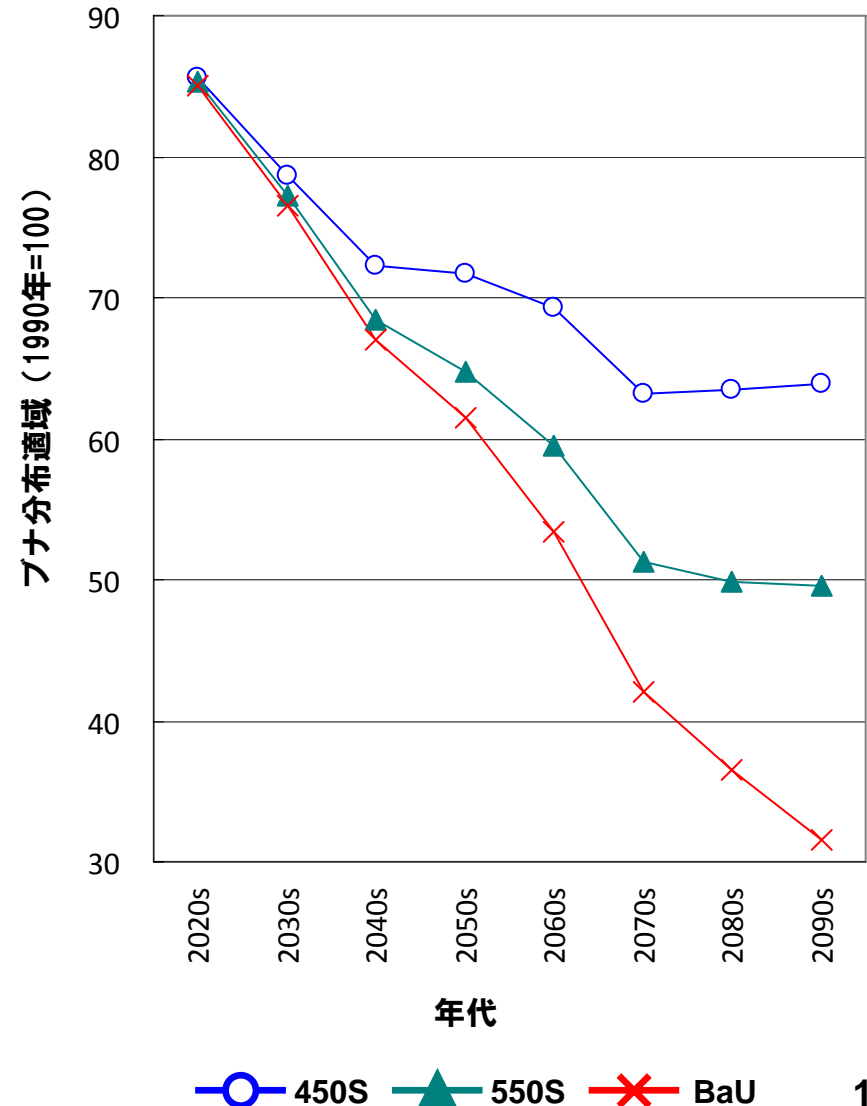
- 積算温度(暖かさの指数)変化, 冬期月最低気温変化, 冬期(12-3月)降水量変化, 夏期(5-9月)降水量変化を気候変数として推計
- 上記の気候条件の変化によってブナ林の適域(ブナ林の成立に適する地域)は決まり, スムーズに移動しうると仮定
- ブナ林の適域でなくなった地域では, ブナ林がすぐに枯れて消滅してしまうわけではないが, やがて他の樹種の林に移り変わっていく可能性が高い。
- 土地利用形態や気候変化速度によってはブナの移動が阻害される点は考慮されていない

将来影響

450s, 550s, BaUにおけるブナ林適域の減少は, 今世紀中頃(~2050s)には, 約28%, 約35%, 約39%とシナリオ間でやや差が現れるが, 今世紀末頃(2090s)までにはシナリオ間で減少割合に大きな差が生じ, それぞれ, 約35%, 約50%, 約68%に達すると見込まれる。

最も厳しい安定化レベル(450s)の場合には, 適域の喪失に歯止めがかかると見込まれるため, 保全のためのモニタリングが重要になる。

本予測では土地利用形態とブナの移動速度の遅さを考慮していないため, 実際のブナ林の面積は, この予測より少なくなると考えられる。すなわち, ブナの生育場所は自然植生域内に限られること, また, 100年程度では北方へのブナの分布拡大はほとんど起こらない。そのため, 適域から外れたブナ林が徐々に衰退し, 他の林に置き換わることが主な影響として現れると考えられる。



海面上昇による影響(砂浜喪失面積割合)

温暖化の進行に伴う海面上昇は、最も厳しい安定化レベル(450s)においても今世紀中には止まらず、砂浜は失われ続けると見込まれる

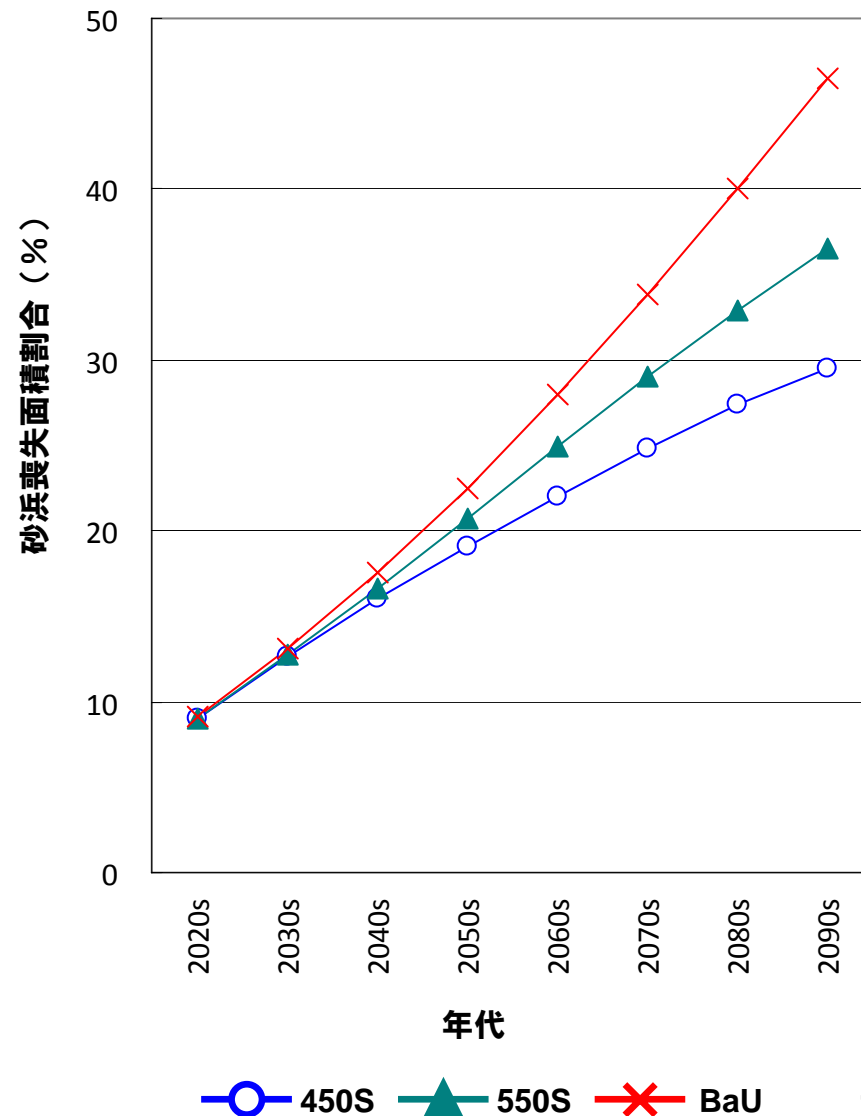
■ 影響評価指標の概要

- 将来の海面上昇量を与えて、侵食される砂浜の面積を県別に推定
- 1990年を基準とし、基準年における砂浜喪失面積をゼロと仮定.
- 海水熱膨張による海面上昇のみを考慮
- 地域間の海面上昇量の違いは考慮せず日本全体で一律に変化すると仮定
- 適応策は考慮していない

□ 将来影響

大気が平衡気温になっても、海洋の水温上昇とそれに伴う海面上昇はさらに長い時間継続する。そのため、海面上昇による砂浜侵食も長期間続くことになり、砂浜の持つ防災機能や生態系が大きく損なわれる可能性がある。

GHG安定化濃度が最も低い450sシナリオにおいても、海面上昇による砂浜の喪失面積は今世紀末頃(2090s)まで増加し続けると見込まれる。しかし、BaUと比較すると、450sシナリオには大幅な被害低減効果が期待できる。



健康への影響(熱ストレス死亡リスク)

温暖化の進行に伴い熱ストレス死亡リスクは上昇する。最も厳しい安定化レベル(450s)の場合には、リスク増加の速度が今世紀末に向かって低減していくと見込まれる。

■ 影響評価指標の概要

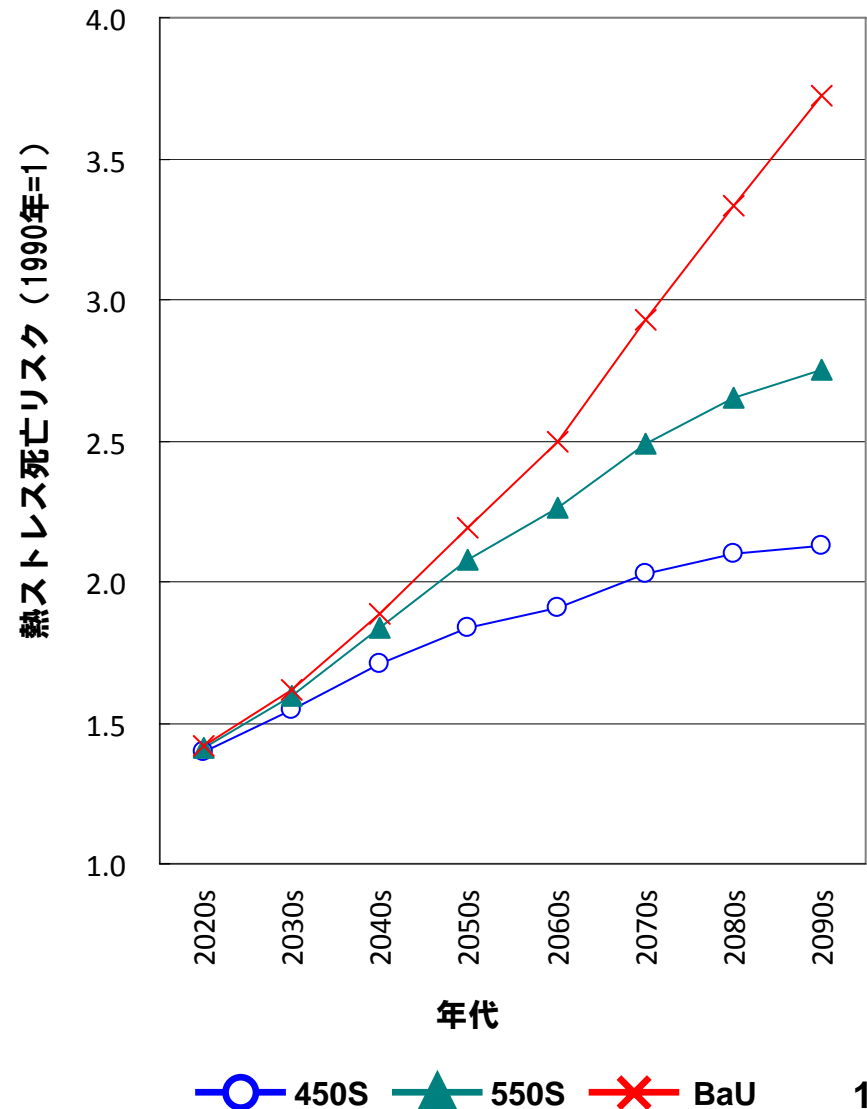
- 熱ストレス超過死亡推計モデルと日平均気温変化から一人の人間が一年間に熱ストレスにより死亡する確率を推計
- 気候パラメータ:年平均気温変化
- 人口データ:1990年の値で将来一定とし、人口構成は考慮していない
- 低気温での超過死亡の変化は対象とせず、気温上昇による高気温での超過死亡の変化のみを検討
- 適応は起こらないと仮定

□ 将来影響

低いGHG濃度で安定化させるほど熱ストレス死亡リスクは小さくなる。

450s, 550s, BaUにおける熱ストレス死亡リスクは、今世紀中頃(2050s)には、約1.8倍、約2.1倍、約2.2倍と比較的小さな差にとどまるが、今世紀末(2090s)には安定化レベルによって死亡リスクに大きな差が現れ、それぞれ約2.1倍、約2.8倍、約3.7倍に達すると見込まれる。

最も厳しい安定化レベル(450s)の場合には、死亡リスクの増加速度が今世紀末に向かって徐々に低下すると見込まれる。



予測結果の留意点

本予測結果を見る場合、以下の点に留意する必要がある。

- ▶ 本研究結果は、一つの気候予測シナリオ(MIROC3.2-hires)に基づく影響予測である。異なる気候予測シナリオを用いれば、当然影響予測の結果も異なってくると思われる。最新の気候予測結果を含めて、複数の気候シナリオを用いた影響予測は今後の重要なテーマである。
- ▶ 被害が発生し始めるタイミングや被害額の大きな増減の発生時期についても断定するものではなく、上と同様なことが言える。
- ▶ 同一のGHG濃度安定化レベルであっても、それを達成する排出経路は複数あり得る。本研究の統合評価モデルで用いた450sや550sの安定化シナリオは、それらの中の一つを想定したものである。

全体まとめ

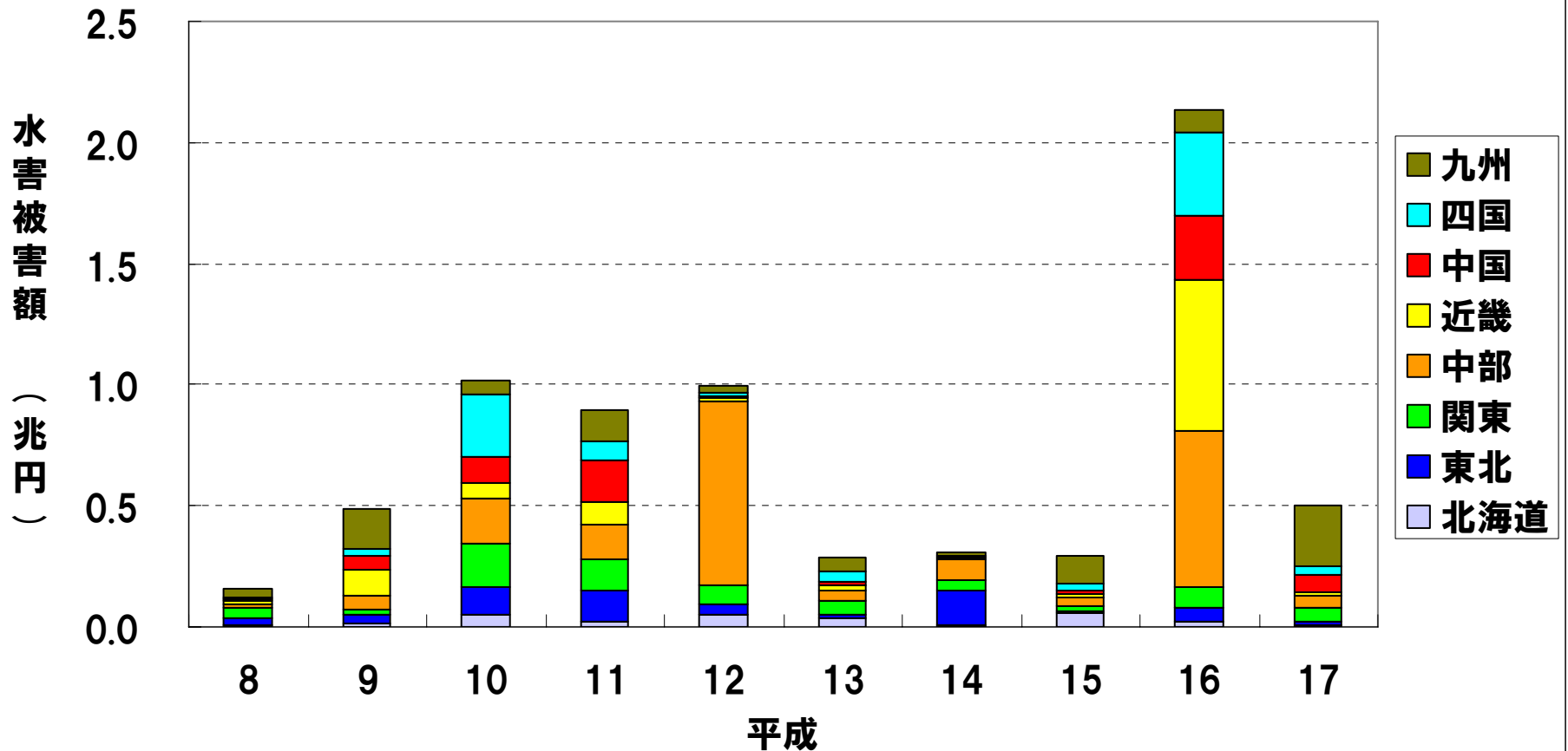
全体のまとめ

- IPCC第4次評価報告書によると、世界平均気温の上昇に伴い、水、生態系、食料、沿岸域、健康等の広範な分野で、影響が深刻化することが予測されている。
- 全世界を対象とした既存の報告によると、世界が対策を講じず21世紀末に平均気温が3.1～4.3℃上昇するシナリオでは、全世界GDPの0.9～3%に相当する被害が生じると推計されている。
- 我が国においても、今後、国民生活に関係する広範な分野で一層大きな温暖化の影響が予想される。「温暖化影響総合予測プロジェクト」の研究成果(2009年5月公表予定)によると、世界的に温室効果ガス排出が大幅に削減された場合、我が国に対する被害も相当程度減少すると見込まれる。しかし、温室効果ガス濃度を450ppmに安定化した場合でも一定の被害が生じることは避けられない。

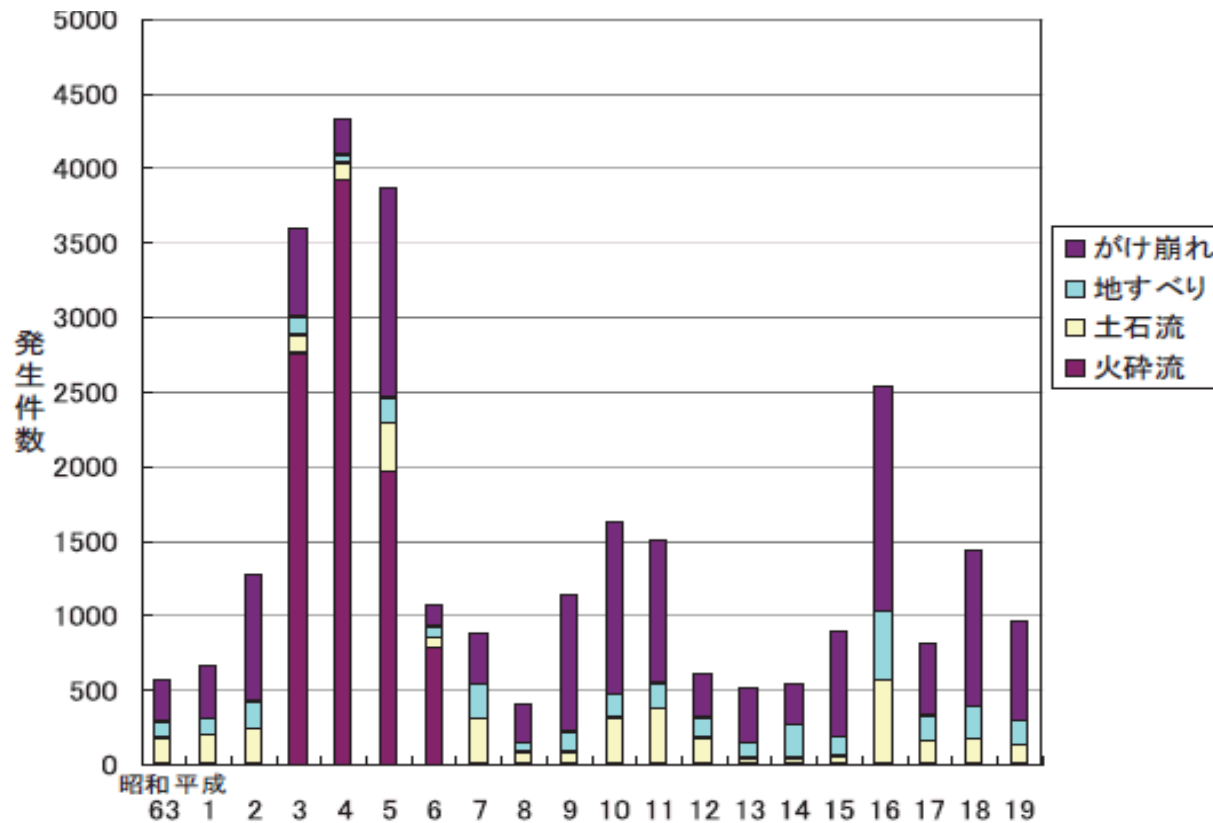
参考資料

水害被害額

全国地域別水害被害額（平成12年価格）
（平成8～17年次）



過去の土砂災害発生件数

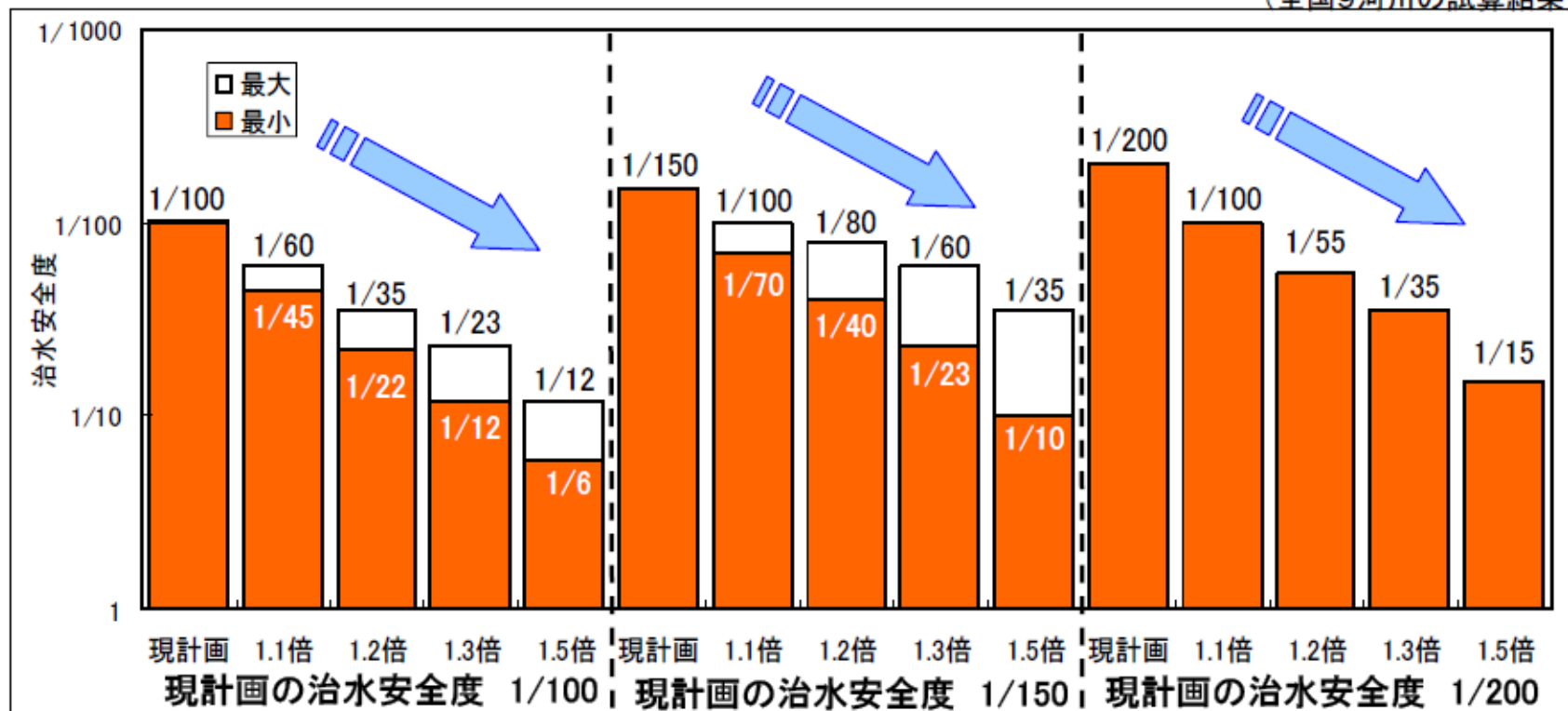


((財)砂防・地すべり技術センター「土砂災害の実態」及び国土交通省砂防部資料より内閣府作成)

将来の治水安全度の低下

100年度の降水量の変化が治水安全度に及ぼす影響

(全国9河川の試算結果)



降水量の変化によって

現計画が目標としている治水安全度は著しく低下していく