

2024年9月3日

第9回 Membrane Business & Technology Academy

地球温暖化とイノベーション

これから地球温暖化問題は どうなるのか？

国立環境研究所 地球システム領域
横畠徳太



National
Institute for
Environmental
Studies, Japan

自己紹介

- **地球-人間システムモデル**による研究
 - 全球・日本域数値シミュレーション
 - 気候 (大気+海洋+陸面)・生態系・水管理・作物・土地利用とティッピングポイント
 - 世界と日本の永久凍土
- **気候変動・環境複合問題の全体像**
 - 脱炭素・資源循環・生物多様性・環境汚染
- **地球温暖化問題を何とかしたい**
 - 脱炭素社会の実現が遅れると、地球温暖化は進み、大きな影響が生じる



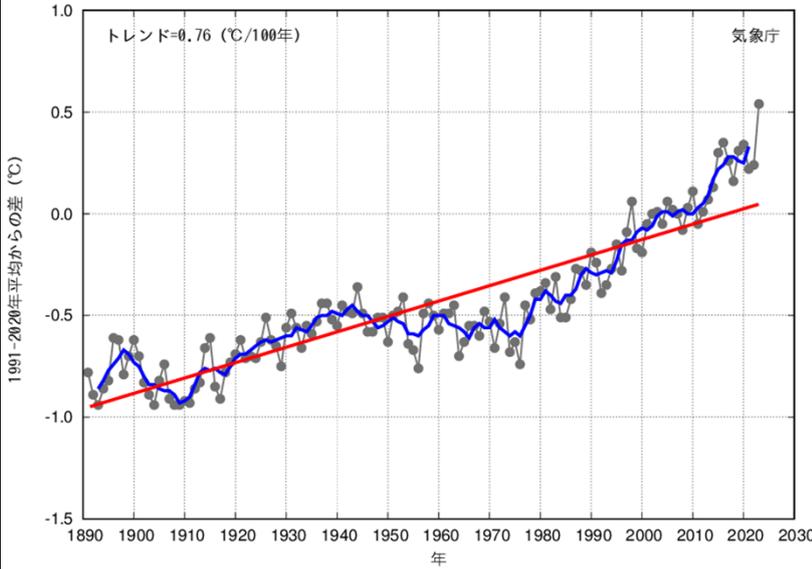
これから地球温暖化問題はどうなるのか？

- 地球温暖化の現状とメカニズム
- 将来の気候変動予測
- 気候変動が社会や自然環境に与える影響
- 地球システムの「ティッピングポイント」
- 気候変動を止めるための条件
- イノベーションとその普及の必要性
- おわりに：私たちはどうしたらいいか

途中、質問をしますので、挙手ボタンでリアクションをお願いします

地球温暖化の現状 とメカニズム

世界平均気温の長期変化傾向



政府・国際機関・NGO 公開日：2023/12/01

【国際】WMO、2023年の気温上昇暫定値発表。産業革命からすでに1.4°C上昇



<https://sustainablejapan.jp/2023/12/01/wmo-climate-record-2023/97447>

気温の仕組み (1) 太陽が地球をあたためる

惑星全体の平均気温は？

450°C !

熱したてんぷら油
(170°C) より暑い



金星

14°C !

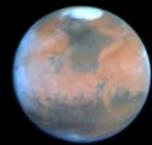
とても心地よい温度



地球

-60°C !

冬の南極点
くらいの極寒



火星

太陽

http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo_gallery/

気温の仕組み (2) なぜ人が住める星になったか



温度のある物体はエネルギーを発する
エネルギー \propto 温度の4乗 [W / m²]

地球のエネルギーの源は太陽
表面温度は約 6000℃

地球に届くエネルギーは
約 240 W m⁻²
「太陽放射エネルギー」

地球は太陽によって温められる

地球の表面温度は
約 18℃ (平均値)

宇宙に逃げるエネルギーは
約 240 W m⁻²
「地球放射エネルギー」

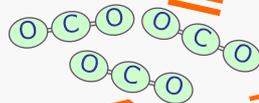
地表はエネルギーを発する

地球の温度は、
太陽放射エネルギーと地球放射エネルギーがつりあうように決まる

気温の仕組み (3) 地球から熱が逃げている



二酸化
炭素



二酸化炭素が熱を吸収し、
熱を発することで、
さらに地球が温まる

「温室効果」

空気がなければ、
地球の平均気温は
-19℃になってしまう…

太陽によって地球は温められる
同時に、地球から熱が逃げている

人間による二酸化炭素の排出：全世界では

2009-2018年平均：Global Carbon Project より



森林を伐採する
(土や切った木が分解される)
年間 60億トン



石油や石炭を燃やす
(昔の植物でできている)
年間 350億トン

世界の人口は77億人、一人あたり 5.3トン
石油・石炭 = 「化石」燃料
数億年前に植物が大量に埋没、燃える石・炭となる

問題

人間が排出した二酸化炭素は、空気に混ざり、自然によって吸収されます。



植物が光合成する
(木は二酸化炭素を吸う)

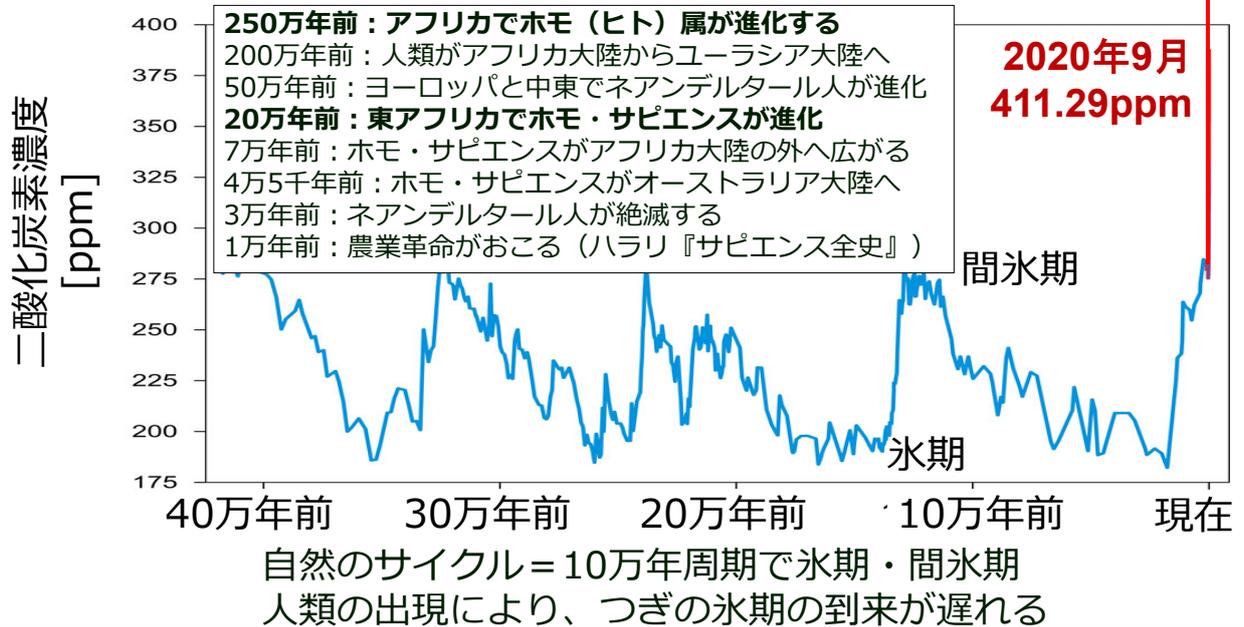


空気中の二酸化炭素が
海に融ける (炭酸水)

では、人間が排出した二酸化炭素のうち、
何パーセントが自然によって吸収される？

- ① 94% ② 74% ③ 54%

過去40万年の二酸化炭素濃度と人類



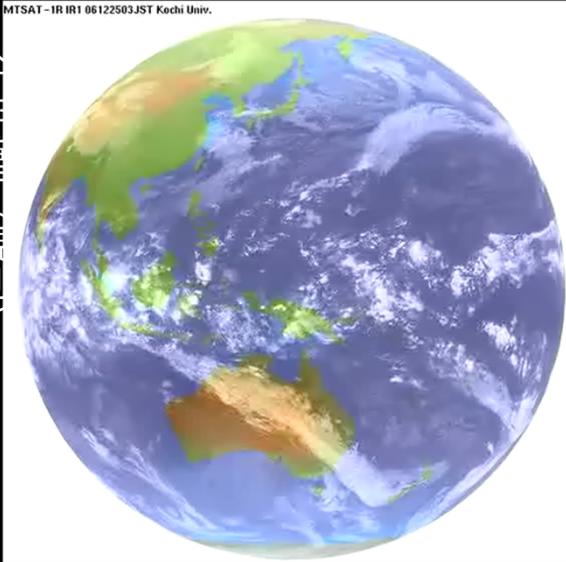
地球の気候をコンピュータに再現する
「気候モデル」による研究

人工衛星

(ブロックサイズ = 3.5 km, Miura et al. 2008)

気候モデル

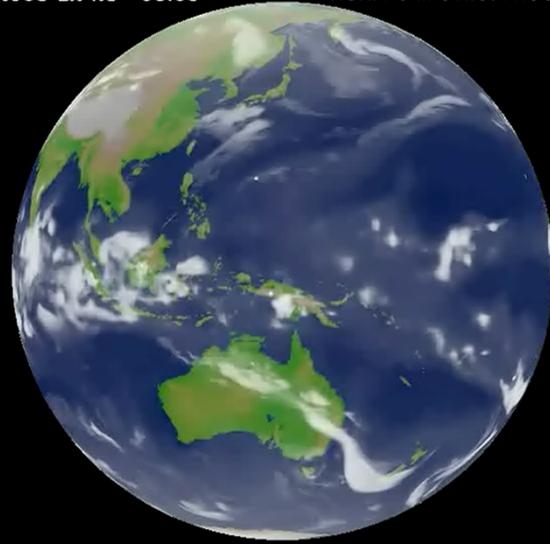
人工衛星
(観測)



2006-12-25 03:00

NICAM JAMSTEC/FRCGC

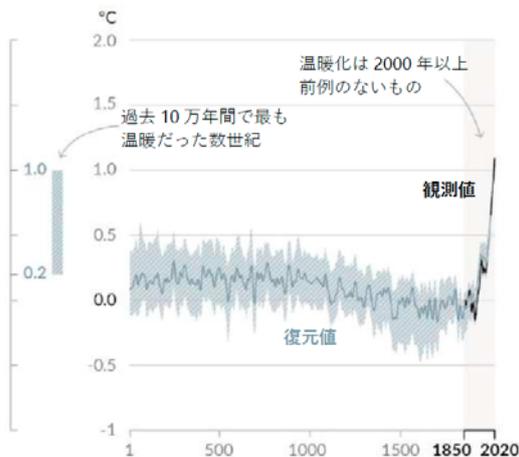
気候モデル
(計算)



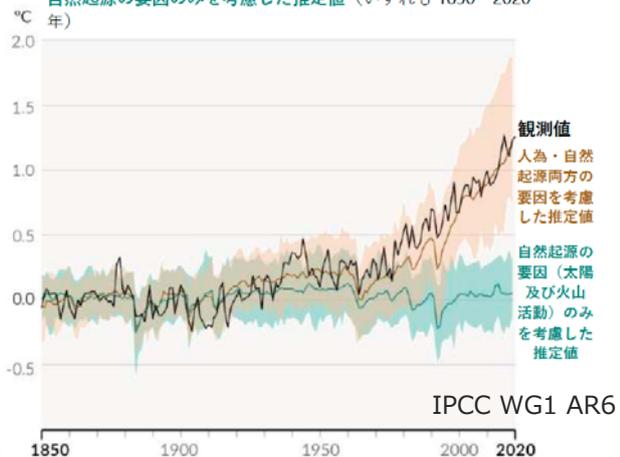
人間の影響が大気、海洋、陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない

1850~1900年を基準とした世界平均気温の変化

a) 世界平均気温 (10年平均) の変化
復元値 (1~2000年) 及び 観測値 (1850~2020年)



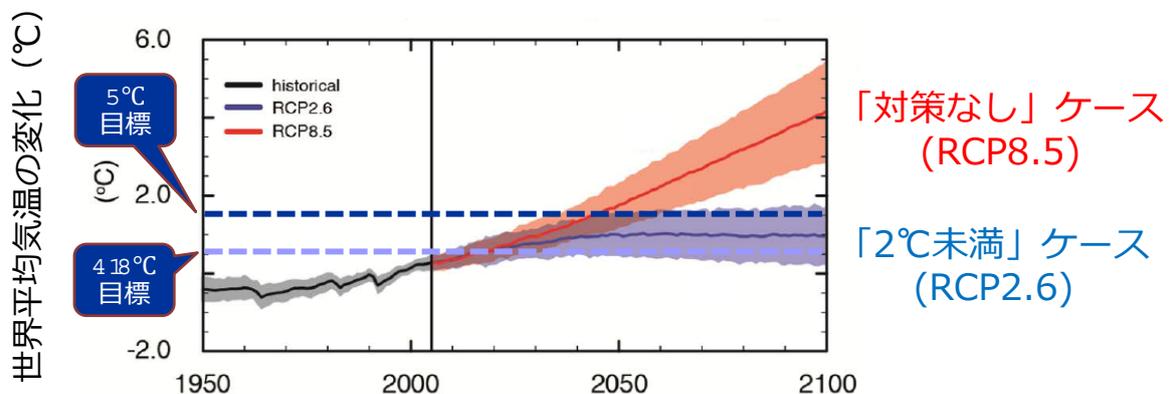
b) 世界平均気温 (年平均) の変化
観測値並びに人為・自然起源両方の要因を考慮した推定値 及び
自然起源の要因のみを考慮した推定値 (いずれも 1850~2020年)



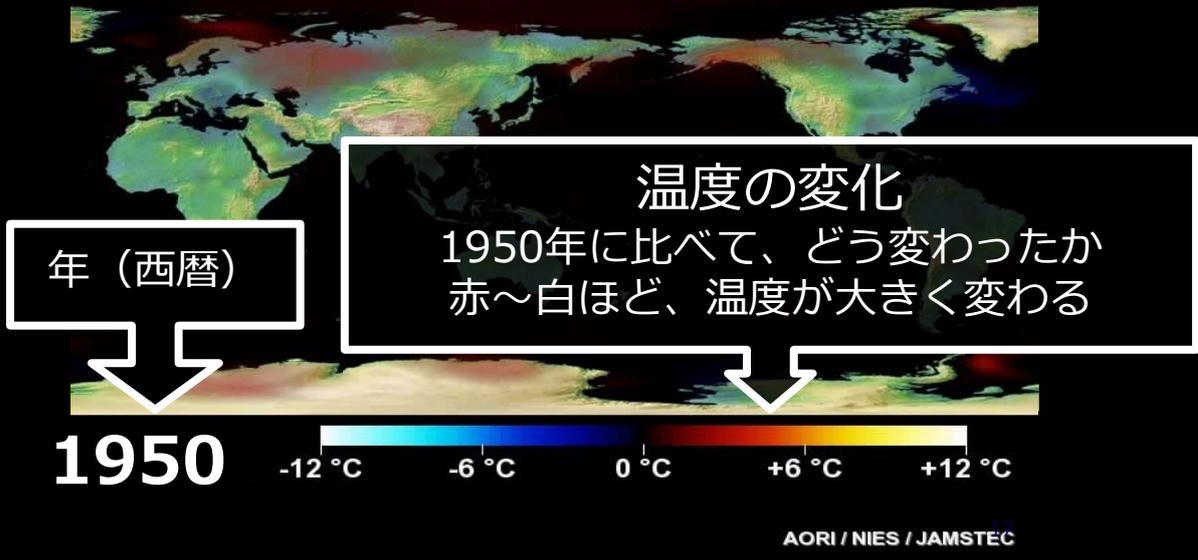
将来の気候変動予測

将来の気温上昇予測と対策の長期目標

「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2°C より十分低く保つとともに、 1.5°C に抑える努力を追求する」気候変動枠組条約 COP21パリ協定（2015年）



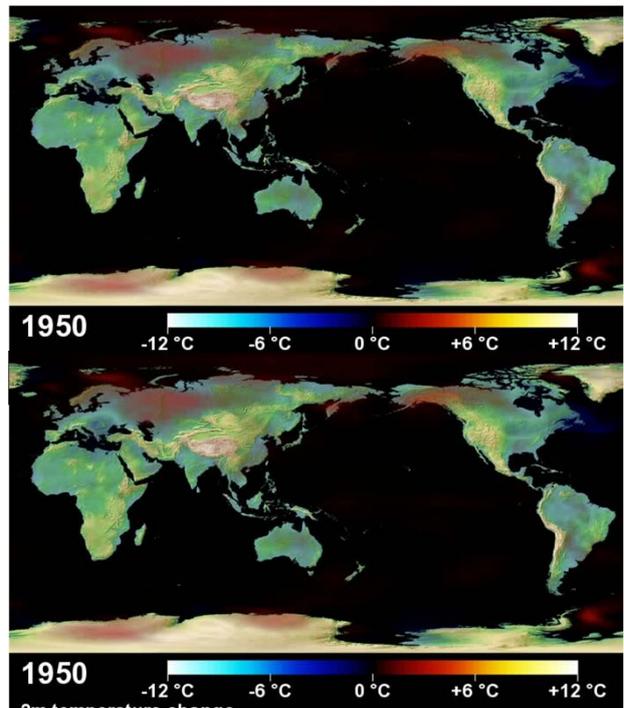
地球の気候変化：過去の再現と将来の予測 今後、二酸化炭素が増えていくと、どうなる？



気温変化
シミュレーション
P IIR F8気候モデルによる
+DR UI2Q IHV2MDP VWHF 2P H [W,

「対策無し」ケース

「2°C未満」ケース



将来予測：2040年までに1.5°Cの上昇

Scenario	Near term, 2021–2040		Mid-term, 2041–2060		Long term, 2081–2100	
	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7

1850-1900 年の平均値からの差
IPCC 第6次評価報告書 第一作業部会

IPCC AR6 では、温暖化レベルの違う5つのシナリオを仮定

気候変動が
社会や自然環境
に与える影響

すでに起こっている問題

- **健康**：暑さによる病気や死亡、労働生産性低下、森林火災による被害、生計・文化喪失によるメンタルヘルス問題、食料不足による栄養不良
- **生活**：水道・エネルギー・衛生・医療・交通・通信などのインフラ不全による被害、洪水や強風被害、極端気象による強制移住
- **食料**：農作物収量・家畜生産性・漁獲量の低下
- **水**：干ばつによる水不足、水質の汚染
- **生態系**：極方向・高い方向に移動、大量死、種の絶滅、多様性の低下

人間による生態系の破壊 = 直接的な破壊 + 温室効果ガス排出による気候変動
生態系の状態が悪化し「自然が人間を守る」機能が損なわれる = 「脆弱性」が高まる
特に発展途上国で特に脆弱性が高い：アフリカ・南アジア・中南米・小島嶼国・北極

IPCC 第6次評価報告書 第二作業部会 政策決定者向け要約

将来の問題：複数の問題が連鎖する

- **健康**：熱波にさらされる人口増加、食品/水/動物媒介性感染症の増加
- **生活**：海面上昇/高潮/豪雨による洪水被害、都市インフラの保守と再建、サプライチェーン/市場/資源の流れを通じて国境を超えた水・エネルギー・食料リスク、暴力や紛争の増加
- **食料**：暑熱や干ばつによる食料生産損失、価格上昇/収入低下による栄養不良、食品汚染による健康リスク、漁獲資源の移動→管理の対立
- **水**：農作物と発電用水の不足、海面上昇による地下水の塩水化 + 洪水や沿岸インフラへの被害、水害による文化的価値へのリスク
- **生態系**：生態系サービス劣化、多様性の喪失・固有種の絶滅

すでに生じている問題が悪化し、部門や地域をまたいで影響が連鎖する
世界全体での影響に関しては推定に幅があり大きな不確実性

IPCC 第6次評価報告書 第二作業部会 政策決定者向け要約 (2022)

地球システムの「ティッピングポイント」

地球環境の「ティッピングポイント」



気温上昇があるレベルを超えると、変化が進行し続ける
ある安定な状態から別の安定な状態に「不可逆に」変化してしまう

ティッピングポイントとは

- tip = to fall or turn over, to cause something to fall or turn over
- “**The Tipping Point**: How Little Things Can Make a Big Difference” by Malcolm Gladwell (2000) で広まる
 - 日本語版『急に売れ始めるにはワケがある』
 - 「爆発的感染」を引き起こす3つの原則
 - 原則1 = 少数者の法則：数少ない人が役割を果たす
 - 原則2 = 粘りの要素：記憶に残る情報の質
 - 原則3 = 背景の力：現象が起こる時と状態に敏感に反応する
 - **ティッピングポイント**とは：

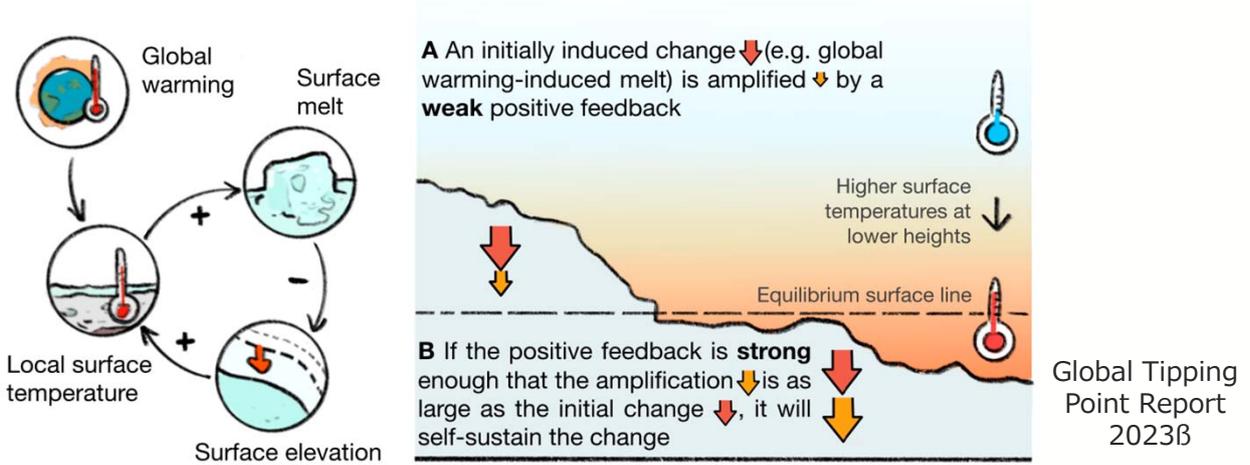
「あるアイデアや流行もしくは社会的行動が、
 敷居を超えて一気に流れ出し、野火のように広がる
 劇的瞬間のこと」



ティッピングのメカニズム

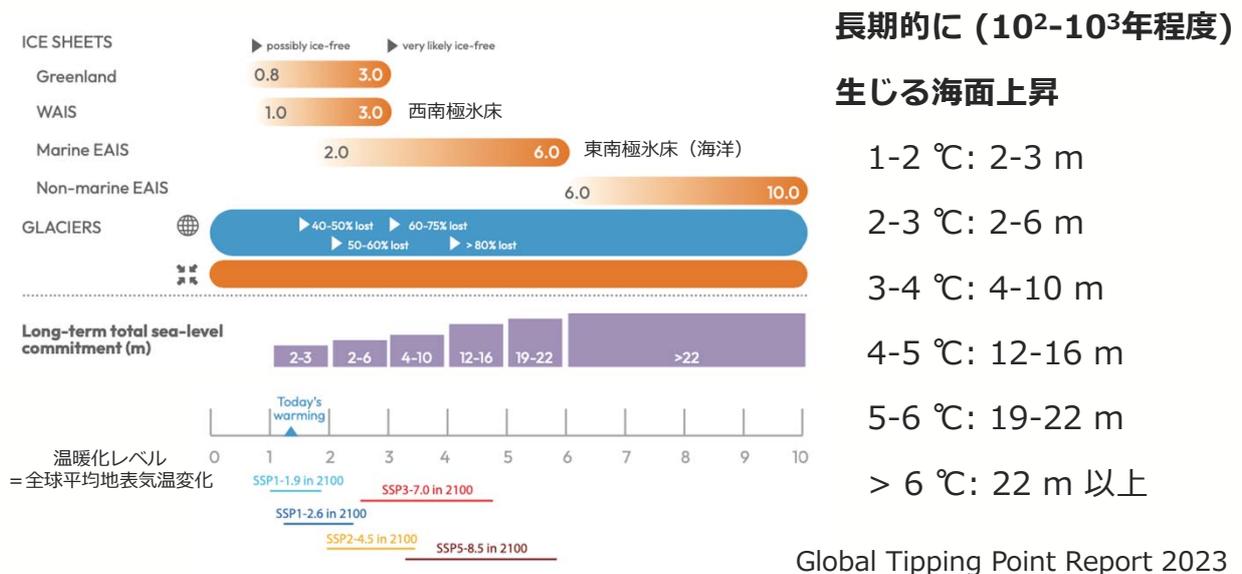
- **ティッピングポイントの特徴**
 - 急激な変化：強制力にくらべて変化が急激である
 - 自己永続性：強制力がなくなった後も変化が継続する
 - 不可逆性：変化が起こると、元に戻るのが難しい
- **ティッピングが起こるのは**
 - **フィードバック**：システムに生じる変化が、別の要素の変化によって、変化が加速させる（正のフィードバック） or 変化が減速する（負のフィードバック）
 - **変化を強化する（正の）フィードバックが、変化を抑える（負のフィードバック）** の効果を上回り、永続的な変化をもたらす

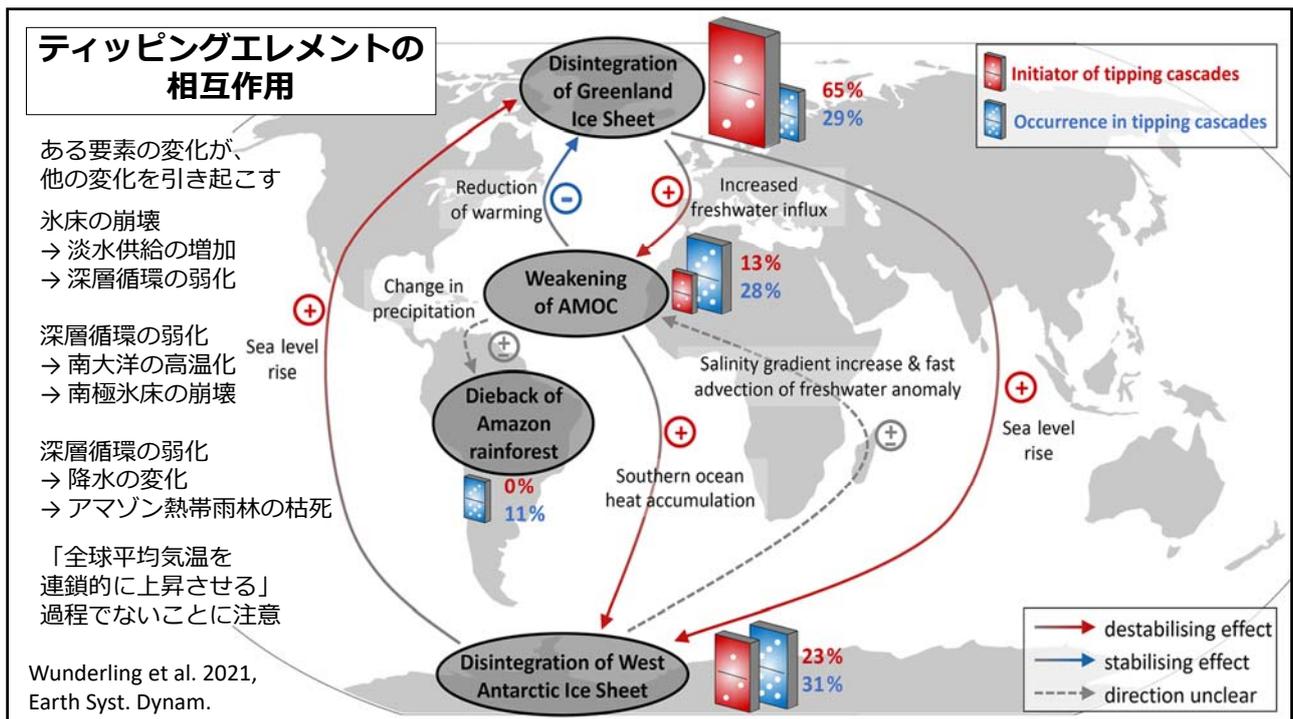
氷床の融解：正のフィードバックによる永続的変化



- 地球温暖化による気温上昇 → 氷床表面の融解 → 高度の低下 → 氷床表面気温の上昇 → 氷床表面融解：フィードバックのループが閉じる

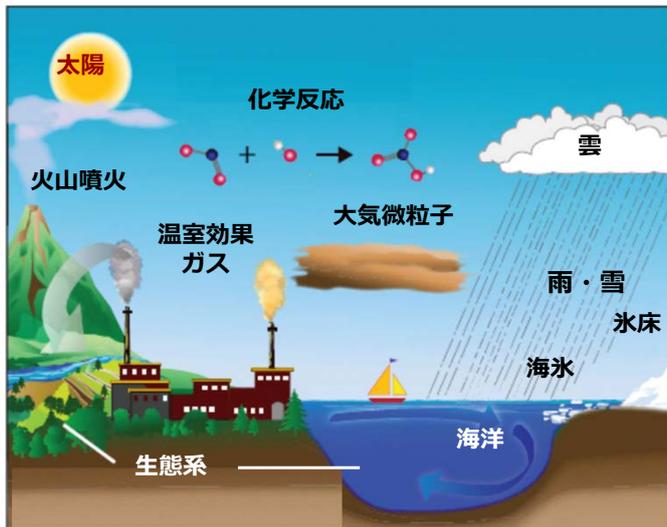
氷床・氷河に関する閾値と海面上昇





気候変動を止めるための条件

「地球システムモデル」による研究： より複雑な現象を予測する

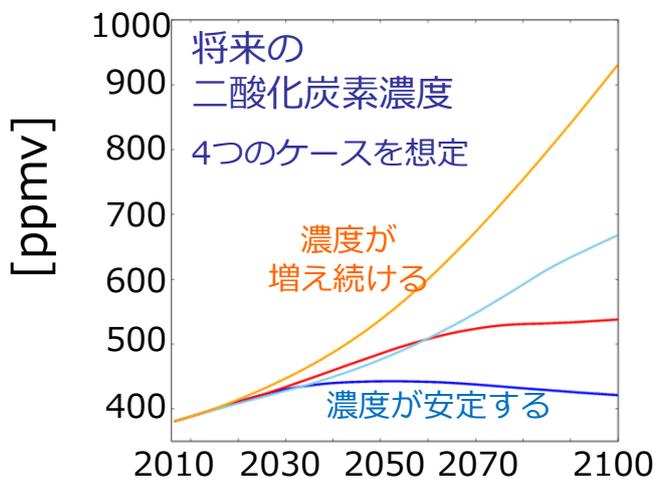


- ◆ 陸域や海洋の生態系までを数値モデルで表現
- ◆ 植物やプランクトンなどによる二酸化炭素の吸収と排出を計算
- ◆ 人間が二酸化炭素を排出することで、大気中の二酸化炭素濃度はどう変わるか？

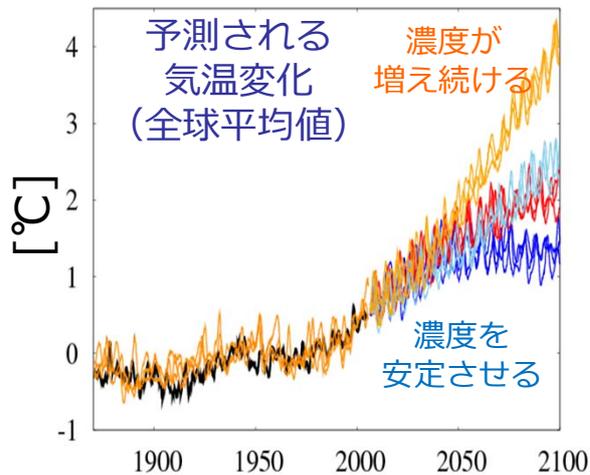
地球システムモデル：「炭素循環」を計算



将来の気温変化予測

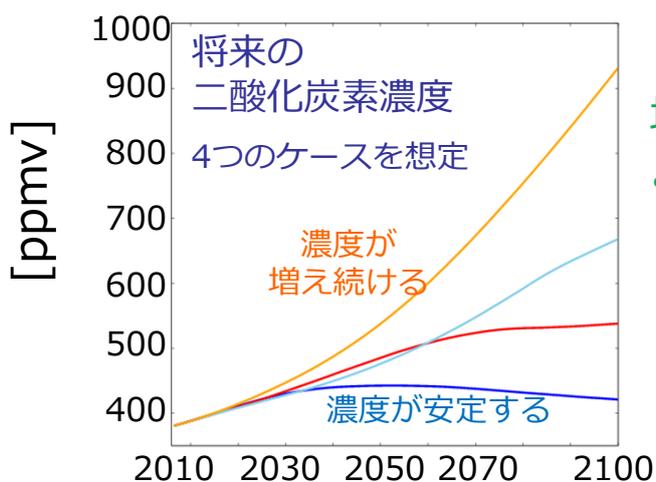


社会経済モデルにより、将来の二酸化炭素濃度を計算



将来に二酸化炭素濃度が変化したときの気温変化

将来の気温変化予測



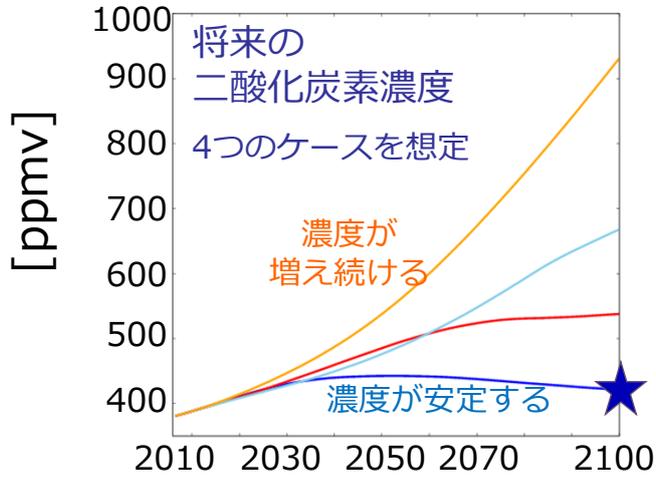
社会経済モデルにより、将来の二酸化炭素濃度を計算

地球システムモデルで自然による二酸化炭素吸収量を計算

同じ色の二酸化炭素濃度を達成するための排出量は？

問題

二酸化炭素をふやさないために、どれくらい
排出量を削減すればいいか？



青★のシナリオにする
(気候変化=2℃程度)
には、2100年頃までに、
排出量を今の〇〇%にする？

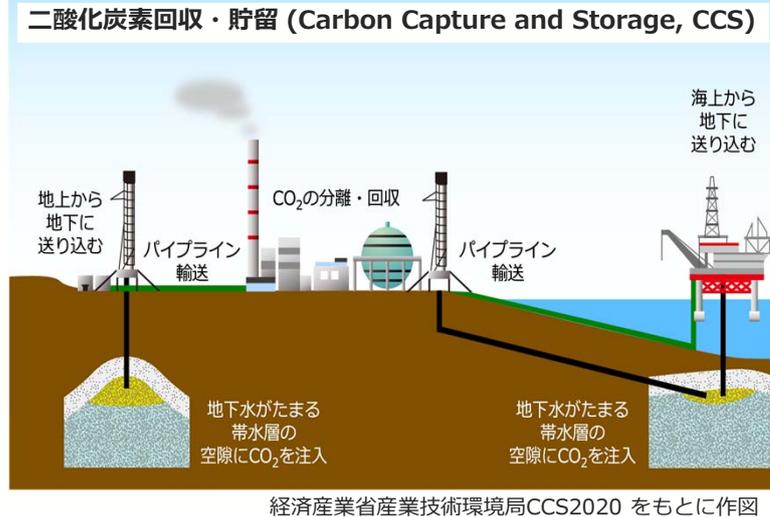
- ① 80% (20%削減) くらい
- ② 50% (50%削減) くらい
- ③ 30% (70%削減) くらい
- ④ 0% (100%削減) くらい

社会経済モデルにより、将来の
二酸化炭素濃度を計算

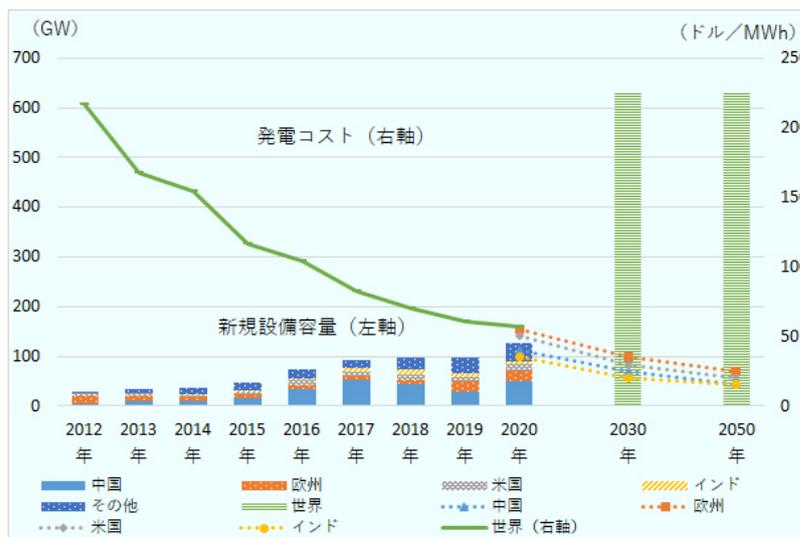
イノベーション
とその普及の必要性

二酸化炭素を「回収」する

- **二酸化炭素回収・貯留**：CO₂を集め、地中深くに貯留する。
- **空気からの二酸化炭素回収**：空気中のCO₂を分離して、回収する。
- **土壌炭素貯留**：バイオマスを土壌に貯蔵・管理する。
- **風化促進**：岩石を粉砕等して風化（化学反応）を促進し、CO₂を吸収する。



二酸化炭素排出量を減らす



二酸化炭素を排出しないエネルギーを使う必要がある

再生可能エネルギーの値段は低下し、利用は増大している

新しい技術が広まるために

• 値段

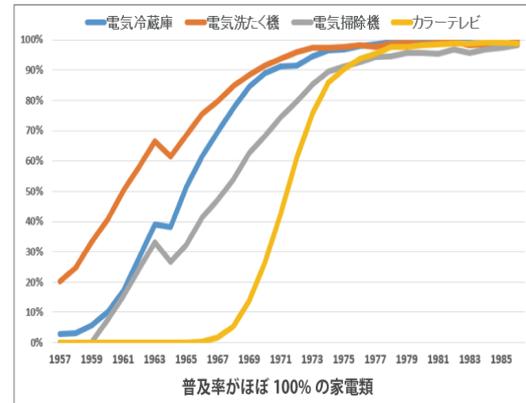
- 値段が安い → 新しい技術が
広まる → 値段が安くなる
- **広まるスピードが早まる**

• 便利さ

- これまであったものと比べて
使いやすい

• 魅力

- 「**新しい技術を使いたい**」と
思われること（温暖化を止め
ることの意義も重要な役割）



ある時点を境に、温暖化を止めるための新しい技術が急激に広まる可能性
= 「社会のティッピングポイント」

おわりに：
私たちはどうしたらいいか

エネルギーの使い方を変える

• **発電**：風力、太陽光、バイオマス(植物)、地熱、水力

• **エネルギー転換**：電気・バイオエネルギー・水素

• **効率的な照明・家電・設備**



• **燃費の良い自動車、電気自動車、公共交通、自転車**

• **リサイクルの促進**



IPCC 第6次評価報告書第三作業部会 政策決定者向け要約

自然の利用と食生活を変える

• **植林、森林の管理、生態系の回復**



• **木製製品の活用**



• **食品ロス、食品廃棄物を減らす**



• **バランスの取れた持続可能で健康的な食生活**

• **植物ベースのタンパク質（肉のかわり）**



IPCC 第6次評価報告書第三作業部会 政策決定者向け要約

「私たちにできること」は？

- ・ 関心を持つ、世界で何が起きているかを知る
- ・ **気候変動について自分なりに理解する**
- ・ **周りの人と話す、発信する**
- ・ 気候変動対策に積極的な企業や政治家を応援する
- ・ なるべくCO₂が出ない生活をする
- ・ **新しい技術を発明する/広める**
- ・ 社会を変えることに貢献する人になる



END

農業への影響：米

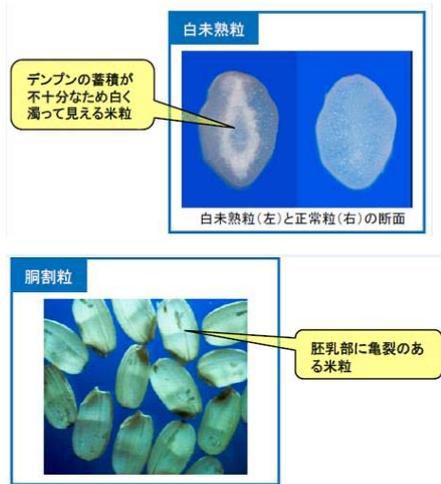


図 3.2.1 白未熟粒（上）、胴割粒（下）

日本の気候変動とその影響 2018

出典：農林水産省（2016a）

○ 現状

コメは、出穂後約 20 日間（登熟期間）の日平均気温が 26～27℃以上で白未熟粒（高温等の障害によりデンプンが十分に詰まらず白く濁ること）の発生割合が増加し、出穂後 10 日間の最高気温が 32℃以上で胴割粒（高温等により亀裂が生じること）の発生割合が増加する等、登熟期間の気温によって大きな影響を受けることが知られている（図 3.2.1）¹⁵⁵⁾。既に全国でこのような気温の上昇による品質の低下が確認されている。また、一部の地域や極端な高温年には収量の減少も見られる¹²⁷⁾。

○ 将来

多数の気候モデルと温室効果ガス排出シナリオを用いて、コメ収量を予測した研究によれば、全国的に 2061～2080 年頃までは全体として増加傾向にあるものの、21 世紀末までには減少に転じるほか、品質に関して高温リスクを受けやすいコメの割合が、特に温室効果ガス排出が多い RCP8.5 シナリオで著しく増加することが予測されている（図 3.2.2）²²⁸⁾。また、その高温リス

農業への影響：野菜と果物



図 3.2.5 裂果したトマト（左）、着色不良のトマト（中央）、炭そ病のいちご（右）

日本の気候変動とその影響 2018

○ 現状

夏季の高温・少雨が果樹生産に及ぼす影響として、強い日射と高温による日焼け果の発生、高温が続くことによる着色不良等が知られている。ぶどう、りんご、かき、うんしゅうみかんでこのような影響が報告されている（図 3.2.6）¹⁵⁵⁾

また、ももでは、特に高温になりやすく降雨の多い西日本のもも産地を中心に、外見からは区別がつかず、果実内部に「水浸状果肉褐変症」及び「赤肉症」と呼ばれる果肉障害が発生し、品質の不安定化、生産者の収益の低下が懸念されている（図 3.2.6 右下）。そのため、高温に伴う果実温度の上昇及び水分を制御できる対策を中心に果肉障害軽減技術の構築や熟期・着果を制御することによる軽減技術等が検討されている。¹⁵⁶⁾



図 3.2.6 ぶどう（ピオーネ）の着色不良（左上）、りんご（ふじ）の日焼け果（右上）、りんごの着色不良（左下）、ももの水浸状果肉褐変症（右下）

農業への影響：畜産

表 3.2.1 温暖化による主な影響の発生状況（豚）

主な現象	2012 (県)	2013 (県)	2014 (県)	2015 (県)	2016 (県)	2016における発生の主な原因 (障害発生時期)	主な影響
繁殖成績の低下	11	8	9	10	8	夏期の高温	生産量の低下
体重増加・肉質の低下	10	8	5	8	7	夏期の高温	生産量・品質の低下
斃死	5	6	5	5	10	夏期の高温	生産量の低下

出典：農林水産省（2017）を一部改変

○ 現状

夏期の高温による家畜への影響が各地で報告されている。乳用牛では、乳量・乳成分の低下、繁殖成績の低下、斃死等が報告されている。肉用牛や豚では、増体・肉質の低下、繁殖成績の低下、斃死が報告されている（表 3.2.1）。採卵鶏では、産卵率・卵重の低下や斃死、肉用鶏では、増体量の低下、斃死が報告されている。¹⁶⁰⁾

○ 将来

家畜への影響の程度は、育種や飼養形態により異なると考えられるが、温暖化とともに、肥育去勢豚、肉用鶏の成長への影響が大きくなることが予測されており、成長の低下が発生する地域が拡大し、低下の程度も大きくなると予測されている。¹²⁷⁾

また、乳用牛については、気温の上昇により乳量の低下が認められ、送風や散水等の対策による影響の低減は可能であるが、温暖化とともに生産性が低下することが予測される（表 3.2.2）。¹²⁸⁾

表 3.2.2 乳量に及ぼす気温、相対湿度及び風速の影響

温度 (°C)	相対湿度 (%)		風速 (m/秒)		
	60	80	0.18	2.24	4.02
適温	100	100	100	100	100
21	-	-	-	-	-
24	93	93	-	-	-
27	94	83	85	95	95
30	71	58	-	-	-
35	-	-	63	79	79

日本の気候変動とその影響 2018

漁業への影響

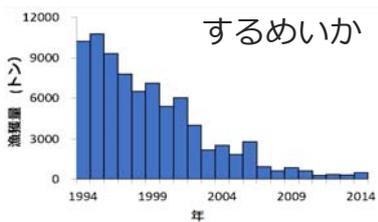


図 3.2.24 日本海沿岸域（秋田県～山口県）における 8～11 月のスルメイカ漁獲量の変化
注：漁獲量の変化には、地球温暖化以外の要因も考えられる。
出典：農林水産省（2015b）

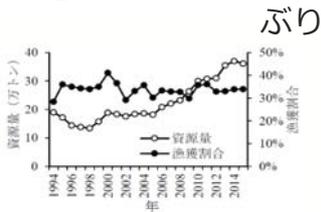


図 3.2.25 ブリの資源量と漁獲割合の推移
出典：水産庁（2017c）

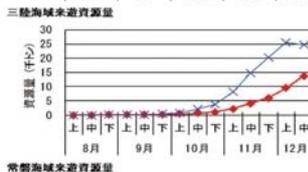
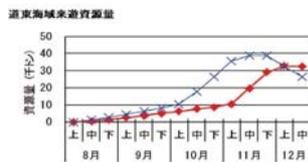
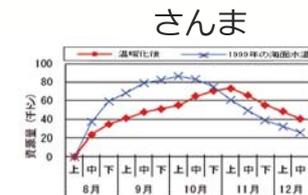


図 3.2.27 サンマの海域別資源量推定値の変化（1999年の海面水温を用いた例）

また、サンマについては、1995～2001年までの7年についてサンマ来遊予測モデルに水温予測結果を組み込んで解析した結果から、温暖化によりサンマの南下が遅くなる可能性が指摘されている。具体的には、道東海域では来遊資源量のピークが10月上旬～11月上旬に、三陸海域で11月中旬～12月中旬以降に、常磐海域では12月中旬以降に遅れることが予測されている。さらに、温暖化に伴い、サンマの来遊サンマの来遊時期が遅くなると水揚げされるサンマの体重が徐々に減少する可能性等が指摘されている。（図 3.2.27）。¹⁵⁹⁾

他にも、将来の水温予測を用いた漁獲可能域分布の予測は、ヒラメ、マダイ等で行われており、ヒラメでは北日本での漁獲の増加が、マダイでは東北太平洋沿岸域での漁獲の増加が見込まれている。ただし、漁獲量の変化や分布域の変化は、気候変動以外の様々な要因が関連することから、これらの予測には不確実性を伴う点に注意が必要である。¹²²⁾

日本の気候変動とその影響 2018

自然生態系への影響



図 3.2.33 大雪山五色ヶ原 (標高 1,750m) の湿性草原の植生変化 (左) と集中豪雨による土壌崩壊 (右)

(左) 1990 年代前半まではエゾノハクサンイチゲの群生地であったが、その後エゾノハクサンイチゲ個体群は衰退し、イネ科植物が優占する草原へと変化した。(右) 集中豪雨によりブロック状に土壌崩壊が起こり、急速な植生破壊が進行している大雪山の登山道。出典：川合ら (2014)

大雪山系：
植生や登山道への影響
花畑が消失しササが侵入
集中豪雨による登山道の崩壊



将来、ブナ林が消失する

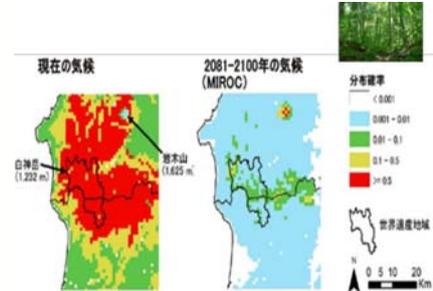


図 3.2.38 白神山地世界遺産地域とその周辺におけるブナ林の分布確率の変化予測

MIROC を使用。(左) 現在の気候下での分布確率、(右) 将来 (2081~2100 年) の分布確率。ブナ林の適域は、分布確率 0.5 以上 (赤色) の地域である。写真提供：環境省、図の出典：松井ら (2009)

日本の気候変動とその影響 2018

自然生態系への影響

サンゴの白化現象

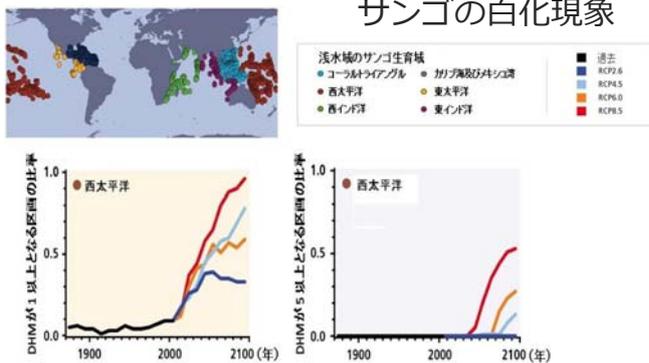


図 3.2.47 水温上昇によるサンゴ礁の白化、死滅のリスク

左上図の 6 つのサンゴ生育域のうち、下に西太平洋の予測結果のみを示す。左下図は DHM が 1 以上、右下図は DHM が 5 以上となる箇所の比率 (各 10 年の中で最大比率となる年の値)。DHM は Degree Heating Month の略で、サンゴの水温上昇影響を月平均海面水温から評価する簡易的な指標。1 DHM (°C month) は、月平均海面水温が最暖月海面水温の気候値より 1°C 高い状態を表す。黒線は、1870~2009 年の 10 年間ごとに年間比率の最大値を示す。2010 年以降は CMIP5 のデータを用いて 4 つの RCP シナリオについて予測。月ごとの海面水温の偏差の算出に用いる最暖月海面水温には、1985~2000 年の月平均の最大値を使用。出典：IPCC (2014a) Figure30-10 を改変、加筆

日本の気候変動とその影響 2018



図 3.2.45 海岸に大量に打ち上がった藻体 (2013 年)

藻体：
魚の貴重な餌資源

<藻場の代表種カジメの分布変化>

気候変動に伴う水温上昇が、藻場を形成する代表種であるカジメの分布に及ぼす影響を予測した研究がある。カジメは、多年生のコンブ類海草であり、南日本の藻場を形成する代表種で、アワビやウニ等の水産有用生物の重要な餌資源となる (図 3.2.49)。この研究によれば、RCP2.6 シナリオでは、海水温上昇によるカジメの潜在的生育域の北上・縮小は一定程度抑制されるが、カジメの生育域が藻類を食べる魚のアイゴによる通年食害域となるため、対策が必要となると予測されている。一方、RCP8.5 シナリオでは、海水温上昇によるカジメの分布域の北上が起きるが、分布北限の北上速度よりも分布南限の北上速度が速いため、結果的に生育域は減少することが予測されている (図 3.2.50) ²¹⁾。すなわち、本州~九州

沿岸のカジメでは、水温上昇によってカジメ自身が直接的なストレスを受けること、カジメを摂餌するアイゴの捕食圧が強まること、その両方の影響を受けて生息不適域が拡大する可能性が示唆されている ¹⁸⁾。



図 3.2.49 カジメ群落
出典：水産庁 (2015a)

自然災害への影響

土砂災害



図 3.2.56 2014年8月豪雨による土砂災害（広島県広島市）

提供：国土地理院

2014年8月には、広島市でバックビルディング現象⁶⁶により線状降水帯が形成され、3時間で217mmの降雨量を記録し、市街地山麓に開発された住宅地に土石流等が流下し、死者77名¹¹²⁾の甚大な被害となった(図3.2.56)。

日本の気候変動とその影響 2018

九州北部で記録的な大雨となった。最大時間雨量(毎正時)は寺内ダム管理事務所で145mm(7月5日14~15時)、最大日降雨量(7月5日)803mm(北小路公民館)¹⁶⁷⁾であり、福岡県朝倉市や大分県日田市で24時間降雨量の値が観測史上1位を更新した⁴²⁾。これにより、筑後川右岸流域において極めて多数の斜面崩壊、土石流が発生し、大量の土砂と流木が筑後川本川及び有明海まで流下して甚大な水害・土砂災害となり⁷⁹⁾、福岡県及び大分県で死者40名、住家全壊322棟¹¹³⁾等の被害が発生した(図3.2.57)⁷⁷⁾。



図 3.2.57 2017年の九州北部豪雨による被害
福岡県朝倉市の赤谷川、小河内川、乙石川合流点付近における流木による被害(7月8日撮影) 出典：国土交通省(2017d)

○ 将来

降水量や地盤情報より斜面崩壊発生確率を推計するモデルを作成し、このモデルを用いて将来の日降水量(年最大日降水量)における斜面崩壊発生確率を複数の気候モデル・シナリオ別に算定した研究がある²⁹⁾。これによれば、21世紀末のRCP8.5シナリオにおける斜面崩壊は、都市近郊の丘陵地に大きな被害をもたらすと予測されている(図3.2.59)¹⁷⁾。

降雨強度が1.2倍程度になった場合、一定区域内での斜面崩壊数は1.8倍程度に増加し、崩壊発生タイミングも早くなる。また、累積雨量が400mmを超過するケースが増えると、地下水水位上昇の影響を受けて深層崩壊発生危険度が高まることが指摘されている。土砂生産の要因や長期土砂流出傾向に関しては、現象をより激しくする作用と抑制する作用の両者が複雑に影響するため、定量的な評価は困難であるが、降雨規模の増大に応じて崩壊規模・頻度も大きくなること、危険性の高い地域が現状とは異なってくる可能性があることに注意を要する。

健康への影響

熱中症の死亡人数

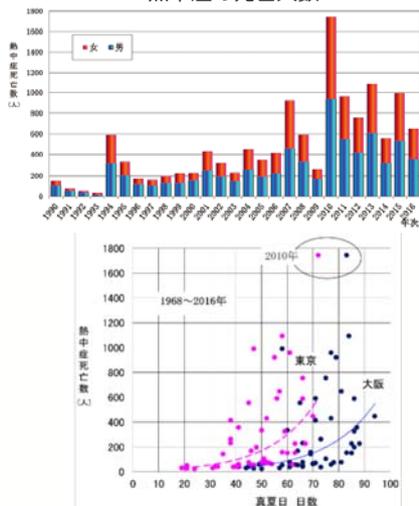


図 3.2.69 年次別男女別熱中症死亡数(1990~2016年)(上)、熱中症死亡数と真夏日数の関係(1968~2016年)(下)

熱中症による死亡者数は2倍になる(2050年、RCP8.5)

日本の気候変動とその影響 2018

デング熱を媒介する一筋しまかの生息域が拡大する

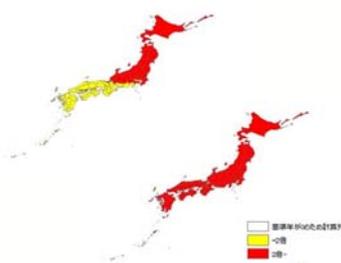


図 3.2.70 熱中症搬送者数(上)と熱ストレスによる超過死亡者数(下)の将来予測
全球気候モデルMIROC、RCP8.5シナリオを使用して21世紀半ば(2031~2050年)を予測。提供：国立環境研究所



図 3.2.71 東北地方におけるヒトスジシマカの生息域北限の推移(2017年現在)

カッコ内は幼虫が初めて確認された年。大館市では2014年、青森市では2015年に幼虫が初めて発見され、その後定着が確認された。1950年までの生息域は当時の米占領軍の調査報告から推定した。提供：国立感染症研究所

沿岸環境への影響

○ 現状

砂浜は、波浪を減衰させ、陸域への波の進入を防ぐ防災上の役割、動植物の生息・生育や人々の利用の場としての役割等を果たしているが、近年、堆積と侵食を繰り返す砂浜の自然過程が失われる等、砂浜の侵食被害が深刻なものになっている。侵食が進むと松林等の生育環境の消失、陸地への塩分飛来、越波量・浸水被害の増加、海岸保全施設の基礎の洗掘による災害時の被災の危険性増大等、様々な影響が生じる。砂浜の侵食は、異常な海象による場合に加え、土砂供給の減少、土砂移動の変化等、人為的要因も含む様々な要因で漂砂⁶⁹のバランスが崩れることによって発生する。海岸の侵食が生じている場合、一般に陸上部のみならず海域部においても相当量の土砂損失が生じており、一度、広域的な海岸侵食が発生するとその回復は極めて難しい。⁸⁰

海面上昇 60cm

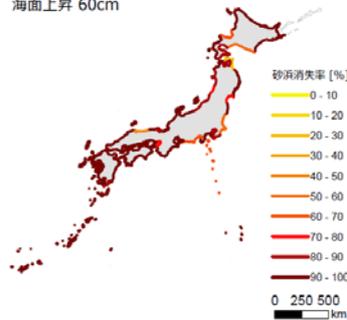


図 3.2.68 2100年頃の砂浜消失率 (2081~2100年)

IPCC AR5 で、将来 (2081~2100年) の全球平均海面上昇量を RCP2.6 シナリオで 0.26~0.55m (マルチモデル平均 0.40m)、RCP4.5 シナリオで 0.32~0.63m (同 0.47 m)、RCP8.5 シナリオで 0.45~0.82m (同 0.63 m) となる可能性が高いと報告されていることを考慮し、海面上昇量は全国一律に 0.10~1.00m まで 0.10m ごとに与えている。Bruun 則 (底質粒径 0.3mm) による海面上昇量に対する砂浜消失率を予測。出典：有働ら (2014)

砂浜の減少速度 海面上昇 60cm → 砂浜が 83% 消失

○ 将来

IPCC AR5 で予測されている 21 世紀末の全球平均海面上昇量を考慮し、全国一律に 0.10~1.00m まで 0.1m ごとに海面上昇量を与え、将来の砂浜侵食量を予測した研究がある。これによると、21 世紀末には全国的に侵食が進み、20cm、60cm、80cm の海面上昇量でそれぞれ 36%、83%、91% の砂浜が消失すると予測されている (図 3.2.68)⁶⁾。ただし、本論文においてもこの研究で用いた Bruun 則⁷⁰⁾については全国で適用できるとは限らず、また算出した消失面積については不確実性が高いため、今後 Bruun 則以外の予測手法についても検討する必要があることが明記されている。

日本の気候変動とその影響 2018