

JiPFA 農業とレジリエンス(気候変動)
第1回セミナー
2022年1月21日

気候変動の農業・農村への影響

渡邊 紹裕

熊本大学 特任教授(くまもと水循環・減災研究教育センター)

京都大学 特任教授(防災研究所 気候変動リスク予測・適応研究連携研究ユニット)

京都大学 名誉教授

温州大学 学長特別顧問 (中国, 浙江省)



話題

- 地球温暖化に伴う気候変動
- 気候変動の水資源と農業・農村への影響
- 気候変動の農業・農村への影響評価と適応の取組み
～最新の研究・取組み～
- エピローグ

「気候変動」

■ 地球温暖化

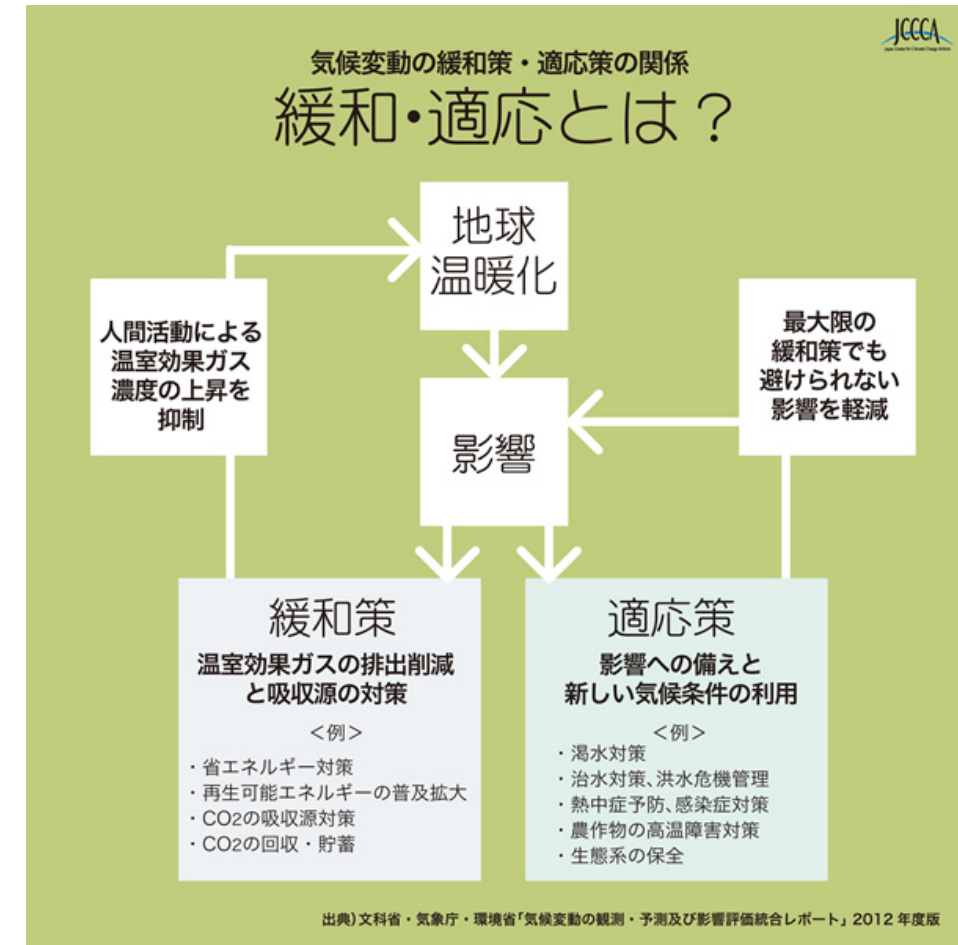
- 日常的には、人間が活動する地表面近傍の空気の温度（つまり気温）が上昇すること
- 本来、大気と海洋を含む地球全体として、平均的に気温が上昇すること
- 地表面近傍の空気が暖くなる場合、普通は上層の大気も地面や海水の温度も上昇していて、地表の気温の変化は温暖化に伴う「気温変化」（気候変化）の一部と理解するのが適当

■ 「気候変動」

- UNFCCC（気候変動に関する国際連合枠組み条約）では、気候の自然変動に加えて観測できる人為起源の変化をclimate changeと定義し、自然起源の変動climate variabilityと区別する。
- 一方、IPCCでは、自然起源・人為起源にかかわらず、長期的な気候の変化をclimate changeとしている。
- **日本**では、UNFCCCやIPCCの関係文書におけるclimate changeの公式訳を「気候変動」としている。

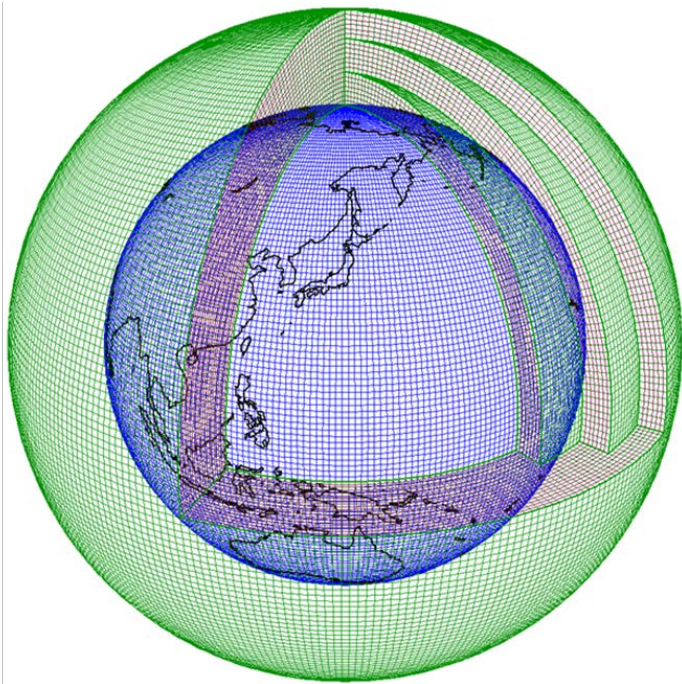
■ 「気候変動」の指す内容

- 従来から使われてきた極端現象発生などを指す「変動」
- 自然起源の「気候の変動」
- 人為起源の「気候の変化」



地球温暖化に伴う気候変動

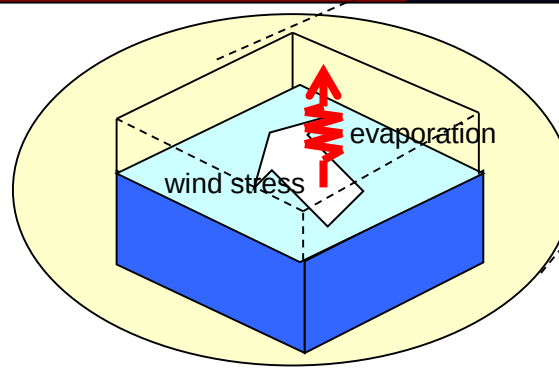
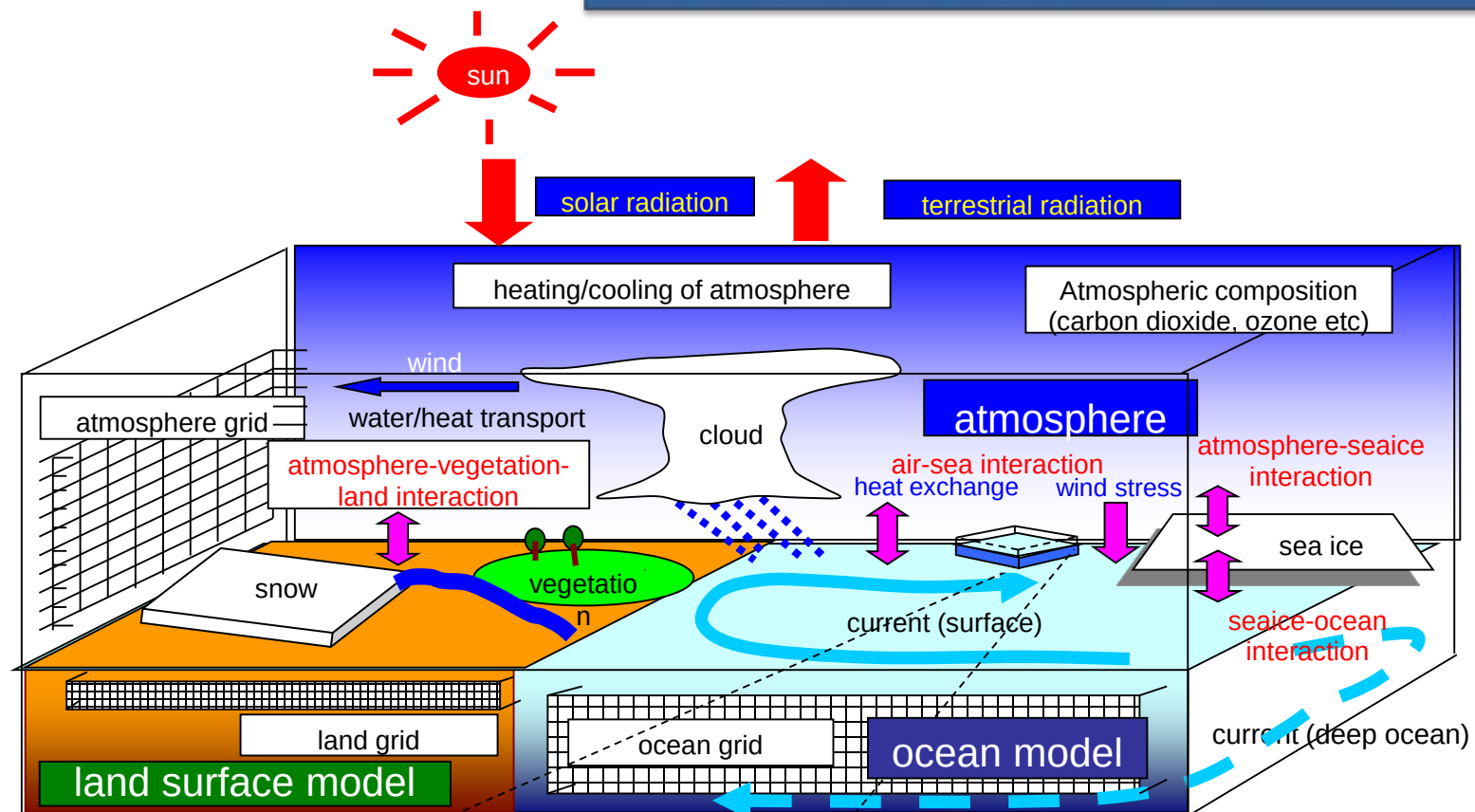




<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-1.html>

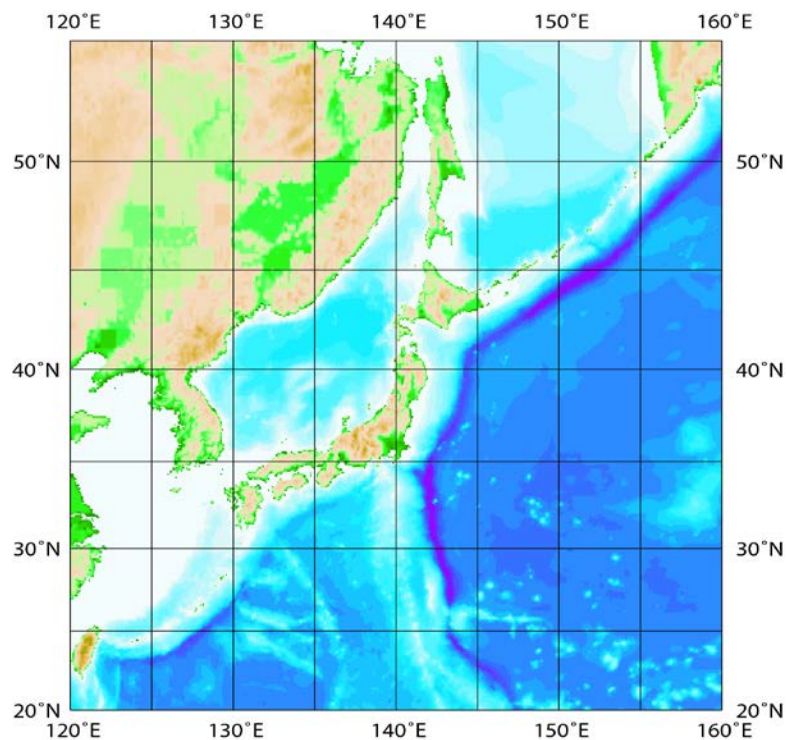
GCM General Circulation Model

大気大循環モデル

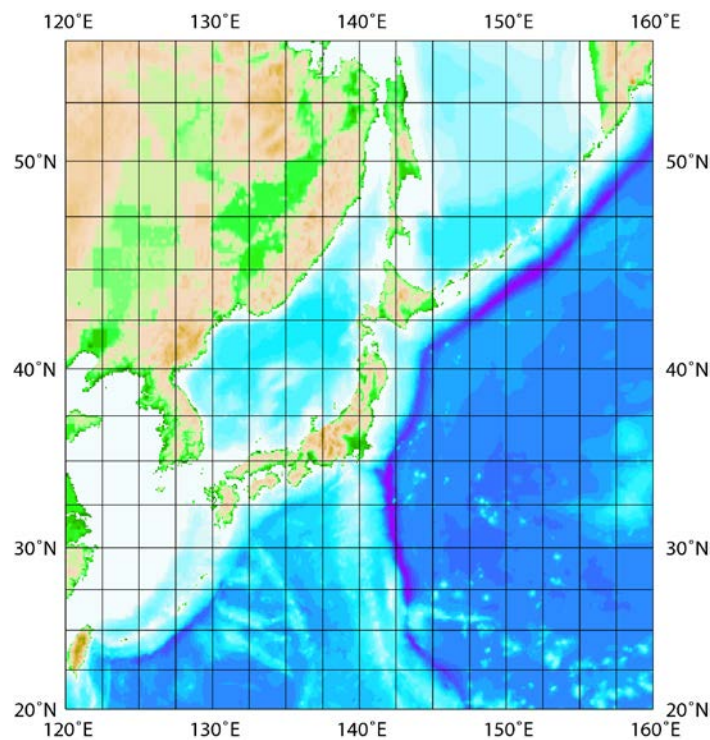


Schematic of climate model

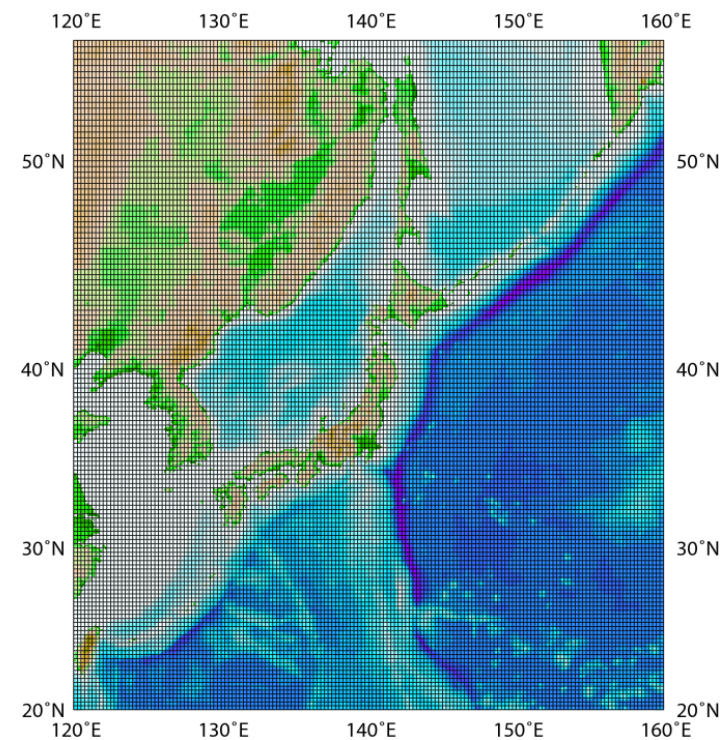
平面の解像度(格子サイズ)のイメージ



5度: 約500km



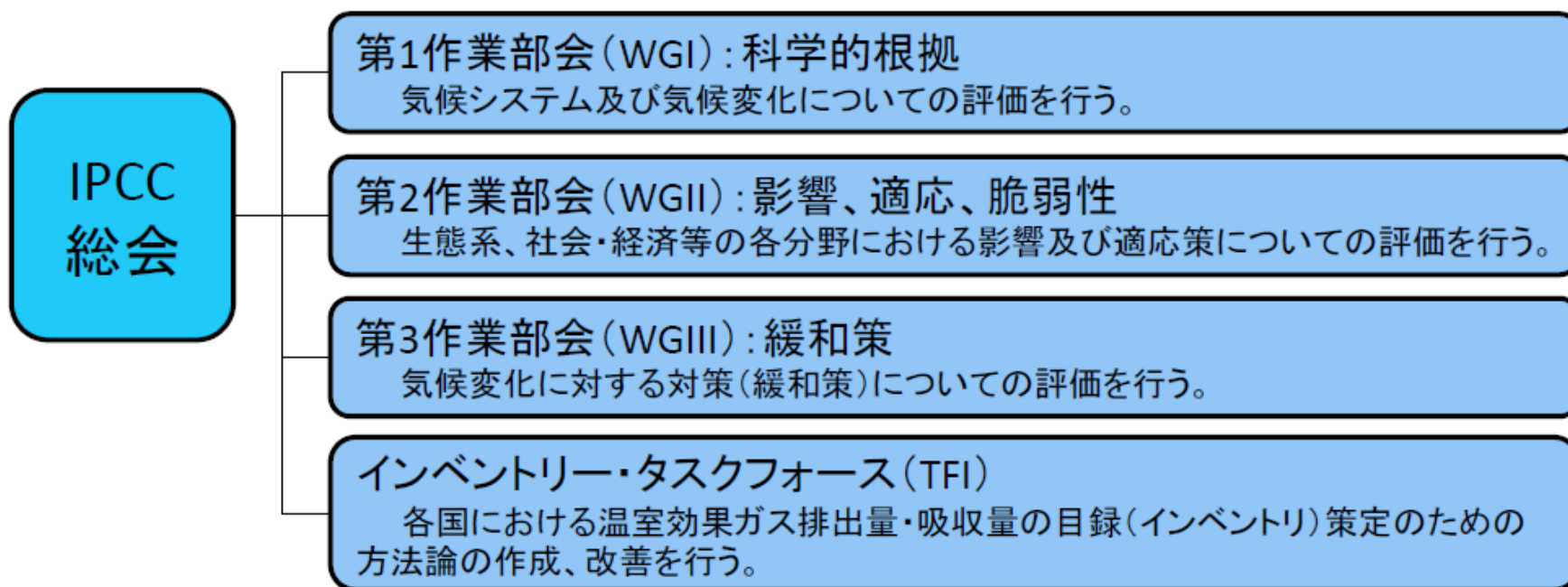
2.5度: 約250km



0.25度: 約25km

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)

- **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はじ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つの作業部会及びインベントリー・タスクフォースから構成



これまでの報告について(WGI)

報告書		公表年	人間活動が及ぼす温暖化への影響についての評価
第1次報告書 First Assessment Report 1990(FAR)		1990年	「気温上昇を生じさせるだろう」 人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせる恐れがある。
第2次報告書 Second Assessment Report: Climate Change 1995(SAR)		1995年	「影響が全地球の気候に表れている」 識別可能な人為的影響が全球の気候に表れている。
第3次報告書 Third Assessment Report: Climate Change 2001(TAR)		2001年	「可能性が高い」(66%以上) 過去50年に観測された温暖化の大部分は、温室効果ガスの濃度の増加によるものだった <u>可能性が高い</u> 。
第4次報告書 Fourth Assessment Report: Climate Change 2007(AR4)		2007年	「可能性が非常に高い」(90%以上) 温暖化には疑う余地がない。20世紀半ば以降の温暖化のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の増加による <u>可能性が非常に高い</u> 。
第5次報告書 Fifth Assessment Report: Climate Change 2013(AR5)		2013~ 14年	「可能性が極めて高い」(95%以上) 温暖化には疑う余地がない。20世紀半ば以降の温暖化の主要因は、人間の影響の <u>可能性が極めて高い</u> 。

第6次評価報告書(AR6)サイクルにおける各報告書

IPCC第41回総会(2015年2月)において、**第6次評価報告書(AR6)**は第5次評価報告書(AR5)と同様、5～7年の間に作成すること、18ヶ月以内にすべての評価報告書(第1～第3作業部会報告書)を公表することなどが決定されました。

評価報告書

評価対象により分けられた3つの作業部会による報告書から構成されます。IPCC第46回総会(2017年9月)において、評価報告書のアウトラインが承認されました。

- 第1作業部会(WG1)- 自然科学的根拠
- 第2作業部会(WG2)- 影響・適応・脆弱性
- 第3作業部会(WG3)- 気候変動の緩和

> 公表日: 2021年 8月 9日

> 公表予定日: 2022年 2月

> 公表予定日: 2022年 3月

統合報告書

評価報告書の知見を統合した報告書です。IPCC第52回総会(2020年2月)において、統合報告書のアウトラインが承認される予定です。

> 公表予定日: 2022年9月

特別報告書等

- 1.5°C特別報告書
- 土地関係特別報告書
- 海洋・雪氷圏特別報告書
- [温室効果ガスインベントリに関する]2019年方法論報告書

> 公表日: 2018年10月 8日

> 公表日: 2019年 8月 8日

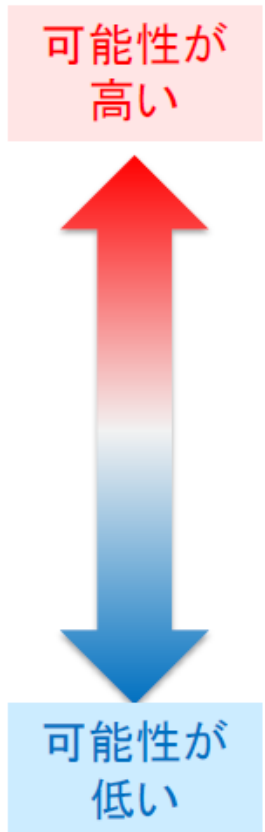
> 公表日: 2019年 9月25日

> 公表日: 2019年 5月13日

AR5における「可能性」の表現

- 「可能性」とは、不確実性を定量的に表現する用語であり、観測、モデル結果の統計的解析や専門家の判断に基づいて確率的に表現される

(参考 IPCC AR5 WG1 TS Box TS.1)

 可能性が高い 可能性が低い	原語	和訳	発生確率
	Virtually certain	ほぼ確実	99～100% の確率
	Extremely likely	可能性が極めて高い	95～100% の確率
	Very likely	可能性が非常に高い	90～100% の確率
	Likely	可能性が高い	66～100% の確率
	More likely than not	どちらかといえば	50～100%の確率
	About as likely as not	どちらも同程度	33～66% の確率
	Unlikely	可能性が低い	0～33% の確率
	Very unlikely	可能性が非常に低い	0～10% の確率
	Extremely unlikely	可能性が極めて低い	0～5% の確率
	Exceptionally unlikely	ほぼあり得ない	0～1% の確率

IPCC AR5 WG1 TS Box TS.1 から作成

AR6 将来予測シナリオ

【AR6 で使用されている主なシナリオ】

シナリオ	シナリオの概要	近い RCP シナリオ
SSP1-1.9	持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする 21 世紀末までの昇温（中央値）を概ね（わずかに超えることはあるものの）約 1.5°C 以下に抑える気候政策を導入。21 世紀半ばに CO ₂ 排出正味ゼロの見込み。	該当なし
SSP1-2.6	持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする昇温（中央値）を 2°C 未満に抑える気候政策を導入。21 世紀後半に CO ₂ 排出正味ゼロの見込み。	RCP2.6
SSP2-4.5	中道的な発展の下で気候政策を導入。2030 年までの各国の「自国決定貢献（NDC）」を集計した排出量の上限にほぼ位置する。工業化前を基準とする 21 世紀末までの昇温は約 2.7°C（最良推定値）。	RCP4.5（2050 年までは RCP6.0 にも近い）
SSP3-7.0	地域対立的な発展の下で気候政策を導入しない中～高位参照シナリオ。エーロゾルなど CO ₂ 以外の排出が多い。	RCP6.0 と RCP8.5 の間
SSP5-8.5	化石燃料依存型の発展の下で気候政策を導入しない高位参照シナリオ。	RCP8.5

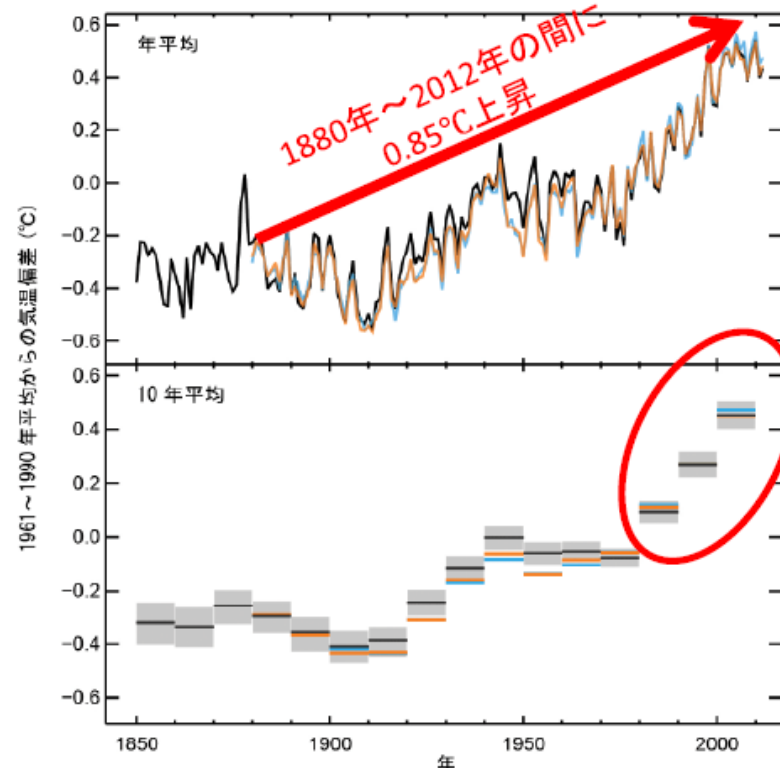
3. 将来予測シナリオ

気候変動の予測を行うためには、放射強制力（気候変動を引き起こす源）をもたらす温室効果ガスや大気汚染物質の排出量、土地利用形態の分布などが将来どのように変化するか仮定する必要があります。AR5 では、温室効果ガスが将来安定化する大気中濃度のレベルとそこに至るまでの経路を仮定した代表的濃度経路（RCP）シナリオが使用されました。RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 の 4 つがあり、RCP に続く数値は 2100 年頃のおおよその放射強制力（単位は W/m²）を表します。AR6 では、将来の社会経済の発展の傾向を仮定した共有社会経済経路（SSP）シナリオと放射強制力を組み合わせたシナリオから、下表の 5 つが主に使用されています。これらは SSPx-y と表記され、x は 5 種の SSP（1: 持続可能、2: 中道、3: 地域対立、4: 格差、5: 化石燃料依存）、y は RCP シナリオと同様に 2100 年頃のおおよその放射強制力（単位は W/m²）を表します。

世界の平均気温

- 陸域と海上を合わせた世界平均地上気温は、線形の変化傾向から計算すると、独立して作成された複数のデータセットが存在する1880年から2012年の期間に0.85[0.65～1.06]※ °C上昇している (IPCC AR5 WG I SPM p.5, 5-6行目)
- 地球の表面では、最近30年の各10年間はいずれも、1850年以降の各々に先立つどの10年間よりも高温でありつづけた (IPCC AR5 WG I SPM p.5, 2-3行目)

※90%の信頼区間の範囲は角括弧で示されており、推定すべき対象の真の値をその範囲に含んでいる可能性が90%であることを意味する (IPCC AR5 WG I SPM p.5, 脚注3)



1850年以降の
どの10年平均よりも暑い

※ 線の色の違いは、
使用している観測データの違い。

図. 観測された世界平均地上気温（陸域+海上）の偏差（1850～2012年）

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.1(a)

将来の世界平均気温

- 2081～2100年の世界平均地上気温の1986～2005年平均に対する上昇量は、濃度で駆動されるCMIP5モデルシミュレーションから得られる幅によれば、RCP2.6シナリオでは0.3～1.7℃、RCP4.5シナリオでは1.1～2.6℃、RCP6.0シナリオでは1.4～3.1℃、RCP8.5シナリオでは2.6～4.8℃の範囲に入る可能性が高いと予測される

(IPCC AR5 WG I SPM p.20, 19-21行目)

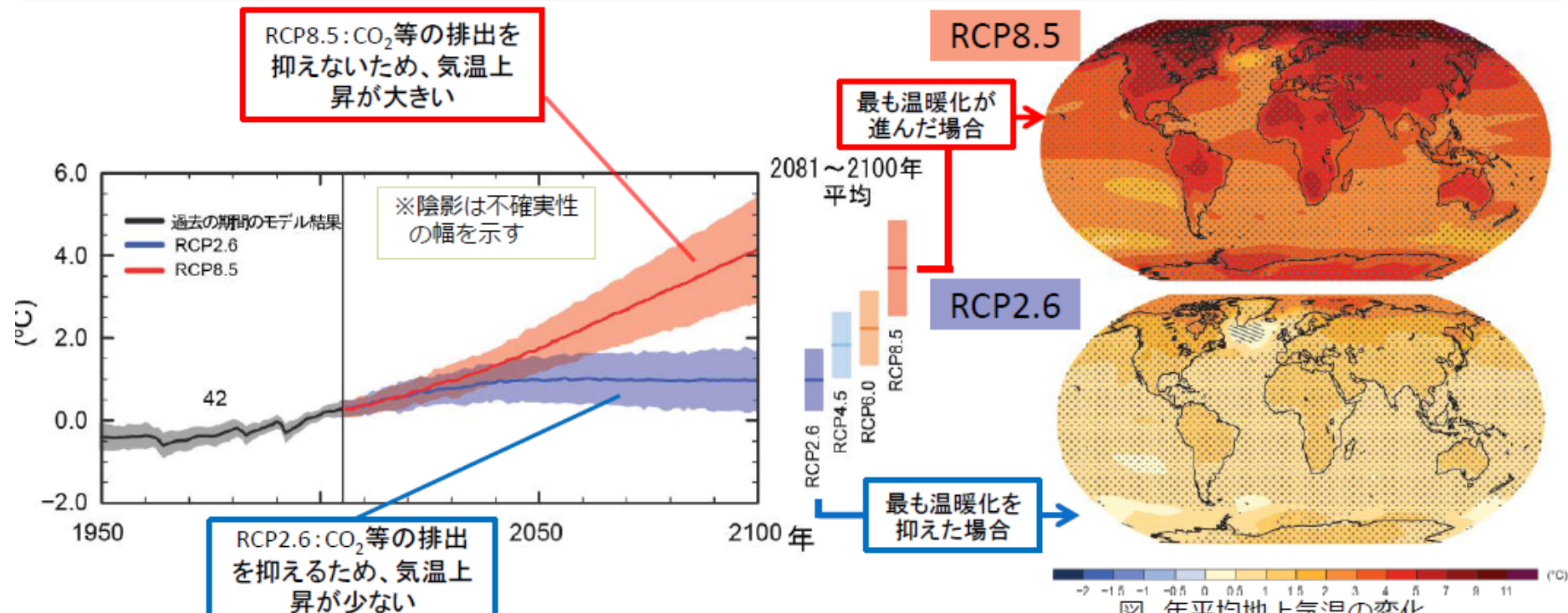


図. 1986-2005年平均に対する世界平均地上気温の変化
CMIP5の複数モデルにより
シミュレーションされた時系列(1950年から2100年)

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.7(a)

図. 年平均地上気温の変化
(1986-2005年平均からの偏差)
2081～2100 年におけるRCP2.6と
RCP8.5のシナリオによるCMIP5複数モデル平均の分布図

北極域は世界平均より速く温暖化し、陸上における平均的な
温暖化は海上よりも大きくなるだろう(非常に高い確信度)
(IPCC AR5 WG I SPM p.20, 21-22行目)

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.8(a)

将来の降水の予測

- 地域的な例外はあるかもしれないが、湿潤地域と乾燥地域、湿潤な季節と乾燥した季節の間の降水量の差が増加するだろう
(IPCC AR5 WG I SPM p.20, 34-35行目)
- 世界平均地上気温が上昇するにつれて、中緯度の陸域のほとんどと湿潤な熱帯域において、今世紀末までに極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高い
(IPCC AR5 WG I SPM p.23, 5-6行目)

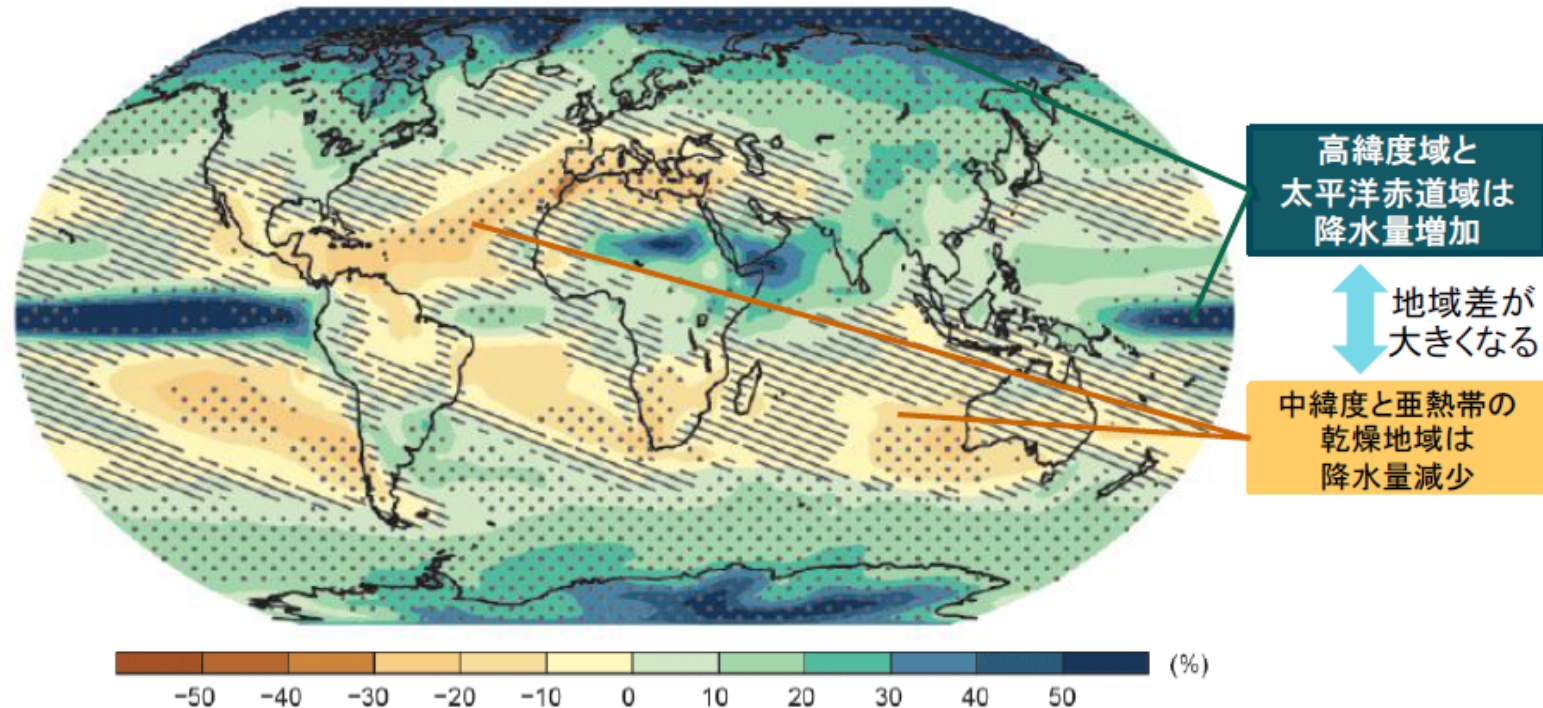
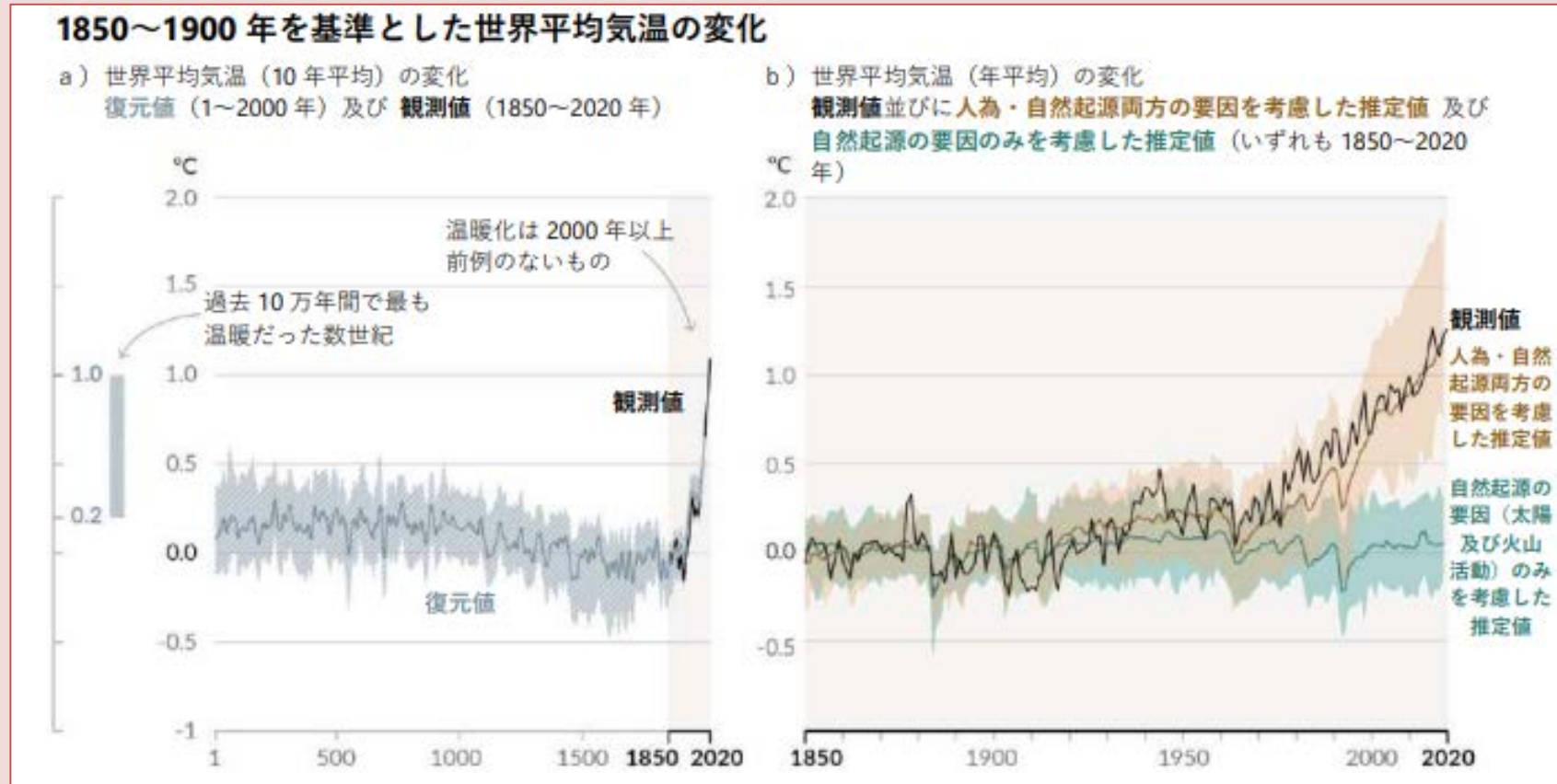


図. 年平均降水量の平均変化率 (RCP8.5)
(1986-2005年平均からの偏差)
2081~2100 年におけるRCP2.6と
RCP8.5のシナリオによるCMIP5複数モデル平均の分布図

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.8(b)

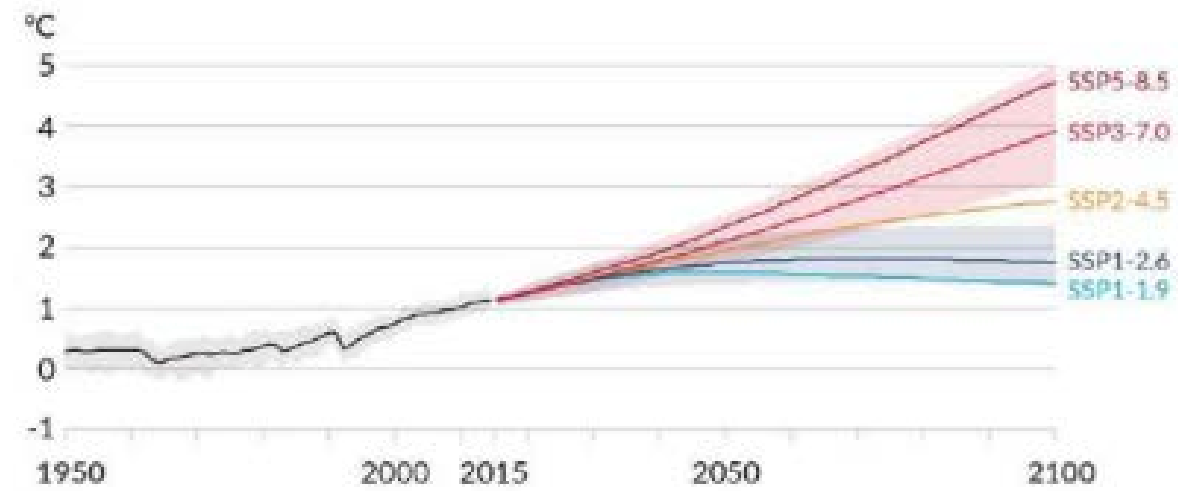
IPCC AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis

世界の気温変化の歴史と近年の昇温の原因

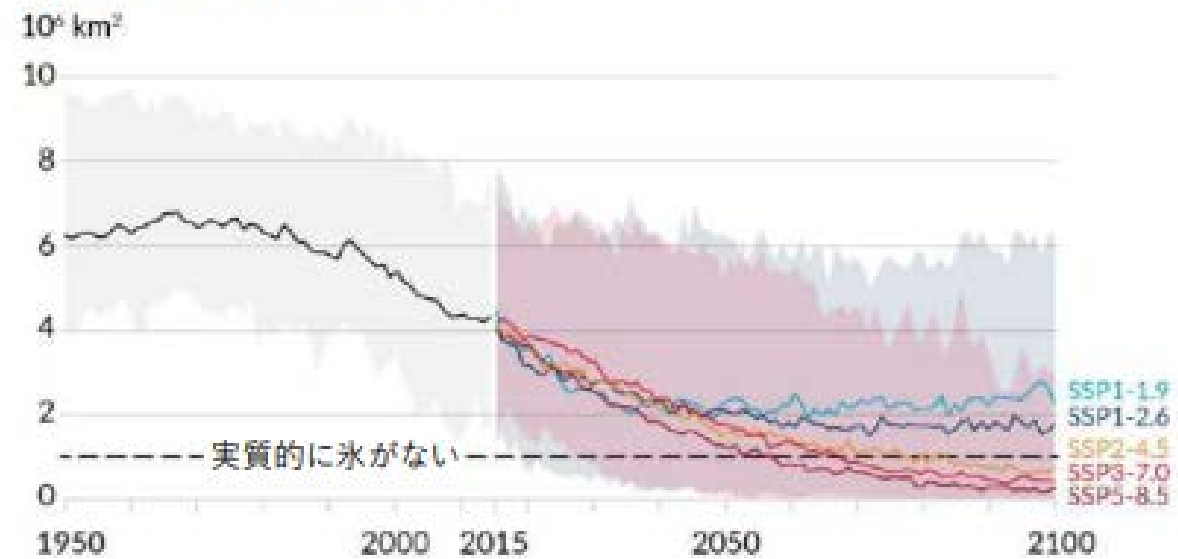


IPCC 第 6 次評価報告書 第 1 作業部会報告書 気候変動 2021: 自然科学的根拠
政策決定者向け要約 (SPM) 暫定訳 (2021 年 9 月 1 日版)

a) 1850~1900 年を基準とした世界平均気温の変化



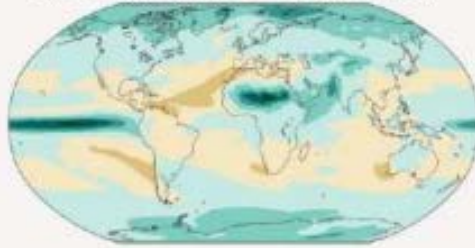
b) 9月の北極海の海氷面積



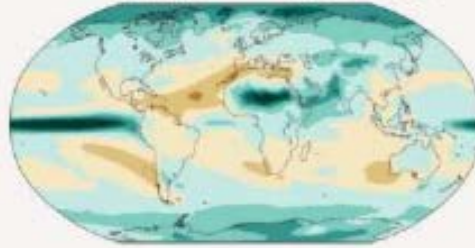
c) 1850～1900 年を基準とする
年平均降水量の変化 (%)

降水量は、高緯度帯、赤道太平洋及び一部モンスーン地域で増加するが、
亜熱帯の一部及び熱帯の限られた地域で減少すると予測される。

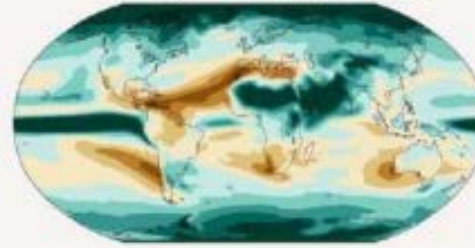
1.5°Cの地球温暖化において再現された変化



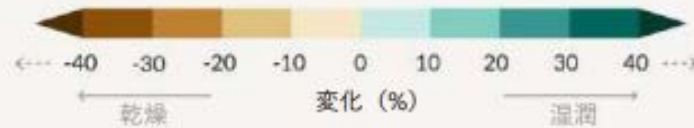
2°Cの地球温暖化において再現された変化



4°Cの地球温暖化において再現された変化



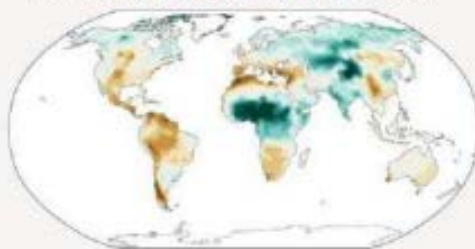
基準となる状況で乾燥している地域では、比較的小さな絶対値の変化でも、割合として見れば大きな変化として表れるかもしれない。



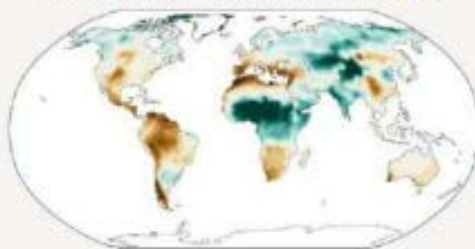
d) 年平均鉛直積算土壌水分量の変化 (標準偏差)

いずれの水準の温暖化でも、土壌水分量の変化は主に降水量の変化に従うが、
蒸発散の影響により多少の違いも見られる。

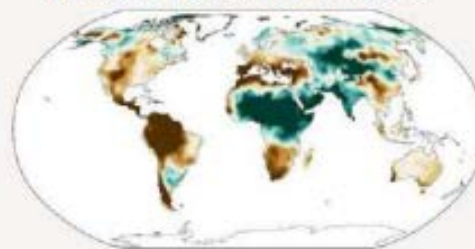
1.5°Cの地球温暖化において再現された変化



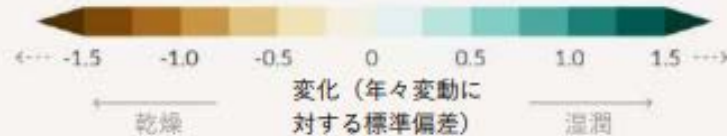
2°Cの地球温暖化において再現された変化



4°Cの地球温暖化において再現された変化



基準となる年々変動の小さい乾燥地域では、比較的小さな絶対値の変化でも、標準偏差で見れば大きな変化として表れるかもしれない。



	短期、2021～2040 年		中期、2041～2060 年		長期、2081～2100 年	
シナリオ	最良推定値 (°C)	可能性が非常に 高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に 高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に 高い範囲 (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 – 1.7	1.6	1.2 – 2.0	1.4	1.0 – 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 – 1.8	1.7	1.3 – 2.2	1.8	1.3 – 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 – 1.8	2.0	1.6 – 2.5	2.7	2.1 – 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 – 1.8	2.1	1.7 – 2.6	3.6	2.8 – 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 – 1.9	2.4	1.9 – 3.0	4.4	3.3 – 5.7

表 3 極端気象に関する IPCC 第 6 次評価報告書の評価

対象	これまでの温暖化の影響	温暖化が進んだ場合の影響
極端な高温	1950 年代以降、陸上のほとんどの地域で、極端な高温現象（熱波を含む）の発生頻度が高まり、その強度が増加していることはほぼ確実である。 - 過去 10 年間に観測された最近の極端な高温現象は、気候システムへの人間の影響なしには起こり得ない。	最も暑い日の気温が最も上昇するのは一部の 中緯度帯、半乾燥地域及び南米モンスーン地 域で、地球温暖化の約 1.5～2 倍の速度にな る。
極端な降水	豪雨の頻度と強度は 1950 年以降増加しており、 人為起源の気候変動が主な要因である可能性が 高い。	- 地球温暖化が進んでいるほとんどの地域では 豪雨が強まり、より頻繁になる可能性が非常に 高い。 - 地球規模では、地球温暖化 1°C ごとに極端な 日降水現象は約 7% 増加する。
熱帯低気圧	- 熱帯低気圧の発生の世界的な割合は過去 40 年 間に増加している可能性が高く、北西太平洋の熱 帯低気圧がピーク強度に達する緯度は北に移動 している。これらの変化は内部変動のみでは説明 できない。 - イベント・アトリビューションや物理学的な理解の進 展は、人為起源の気候変動が熱帯低気圧に伴う 大雨を増加させたことを示唆している。	非常に強い熱帯低気圧の発生割合と強度が 最大規模の熱帯低気圧のピーク時の風速は、 地球規模では、地球温暖化の進行と共に上昇 する。

(出典) 気象庁等公表資料「気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書 (自然科学的根拠) と従来の IPCC 報告書の政策決定者向け要約 (SPM) における主な評価」より東京海上研究所作成

気候変動の水資源や農業・農村への影響

IPCC AR5 第2作業部会(WGII)報告

- 過去の第2作業部会(WGII)報告書と比較して、第5次評価報告書(AR5)におけるWGIIは、関連する科学、技術及び社会経済分野の文献の極めて広範な知識基盤を評価している
(IPCC AR5 WGII SPM p.3,10-11行目)
- 文献の増加によって、より幅広いトピックや分野にわたる包括的評価が促進され、人間システム、適応、及び海洋については取扱う範囲が拡大された
(IPCC AR5 WGII SPM p.3,11-12行目)

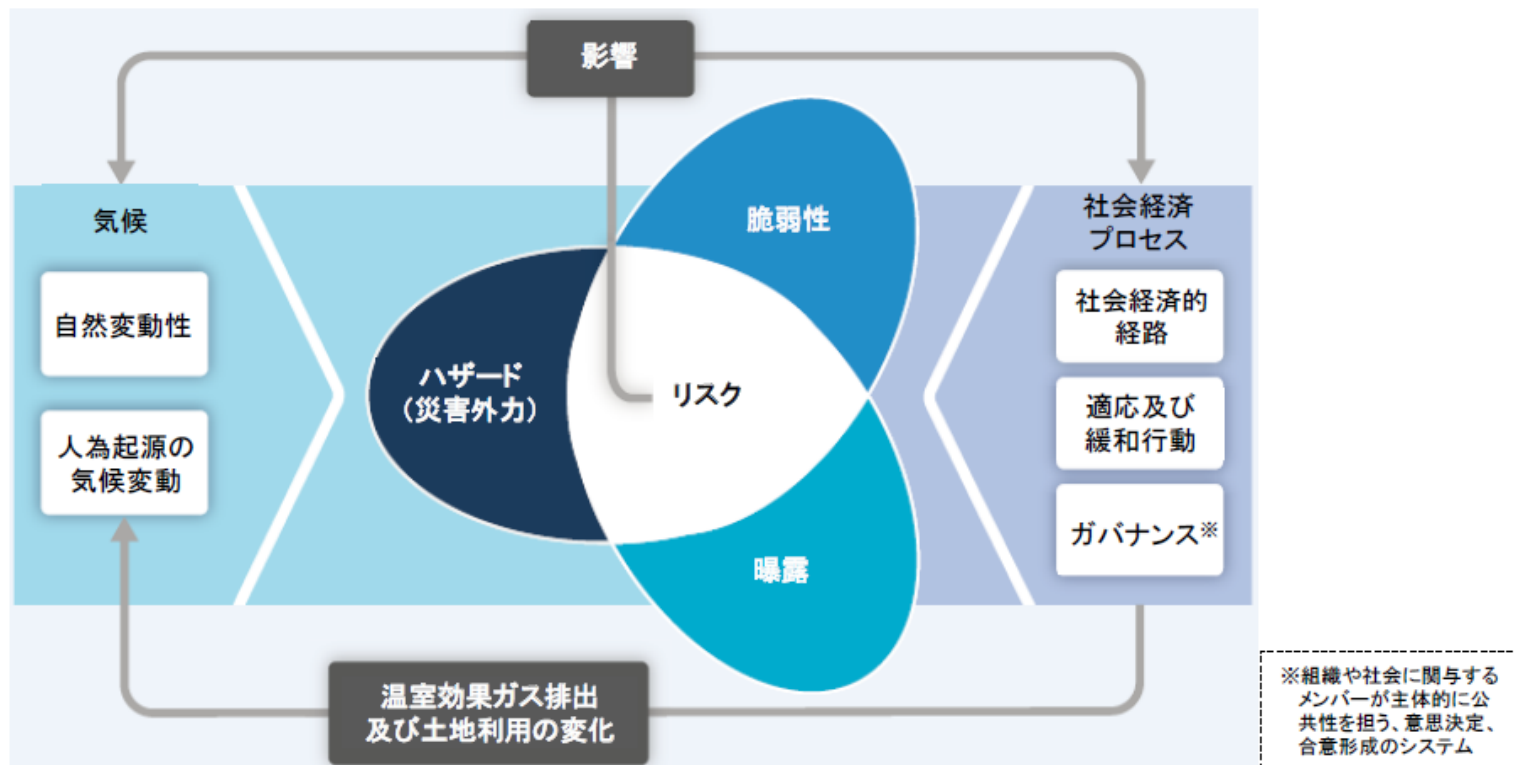


図. WGIIの中核となる概念図

気候に関連した影響のリスクは、人間及び自然システムの脆弱性や曝露と気候に関連するハザード(災害外力)(危険な事象や傾向など)との相互作用の結果もたらされる。気候システム(左)及び適応と緩和を含む社会経済プロセス(右)双方における変化が、ハザード、曝露及び脆弱性の根本原因である

出典: 図. IPCC AR5 WGII SPM Fig SPM.1

第2作業部会報告書 政策決定者向け要約（SPM）の概要

A. 複雑かつ変化しつつある世界において観測されている影響、脆弱性、適応 観測されている影響

- ここ数十年、気候変動の影響が全大陸と海洋において、**自然生態系及び人間社会に以下のような影響**を与えている。気候変動の影響の証拠は、自然生態系に最も強くかつ包括的に現れている。
 - i) **水文システムの変化による、水量や水質の観点からの水資源への影響**
 - ii) **陸域、淡水、海洋生物の生息域の変化等**
 - iii) **農作物への負の影響が正の影響よりもより一般的**
- 熱波や**干ばつ、洪水**、台風、山火事等、近年の**気象と気候の極端現象**による影響は、現在の気候の変動性に対するいくつかの生態系や多くの人間システムの**著しい脆弱性や曝露**を明らかにしている。

適応経験

- 適応は一部の計画に組み込まれつつあり、**限定的であるが実施されている適応策**がある。例として、アジアにおいては、一部の地域で、適応が、早期警戒システムや**統合的水資源管理**、アグロフォレストリー、マングローブの植林を通じて促進されている。
- 気候変動に関連した**リスクへの対応**は、気候変動の影響の深刻さや起こる時期の不確かさ、また適応の有効性の制限という**不確実性**がある中で、**変わりつつある世界において意思を決定していく**ということを含意している。

主要な8つのリスク

- 主要なリスクとは、国連気候変動枠組条約第2条で言及されている「気候システムに対する危険な人為的干渉」に関連する潜在的に深刻な影響のことである (IPCC AR5 WGII SPM p.11, 23-24行目)
- 下に挙げる主要なリスクは、いずれも確信度は高いと特定され、複数の分野や地域に及ぶ。これらの各主要なリスクは一つ又はそれ以上の懸念材料(RFC※)に寄与する(次ページ参照)

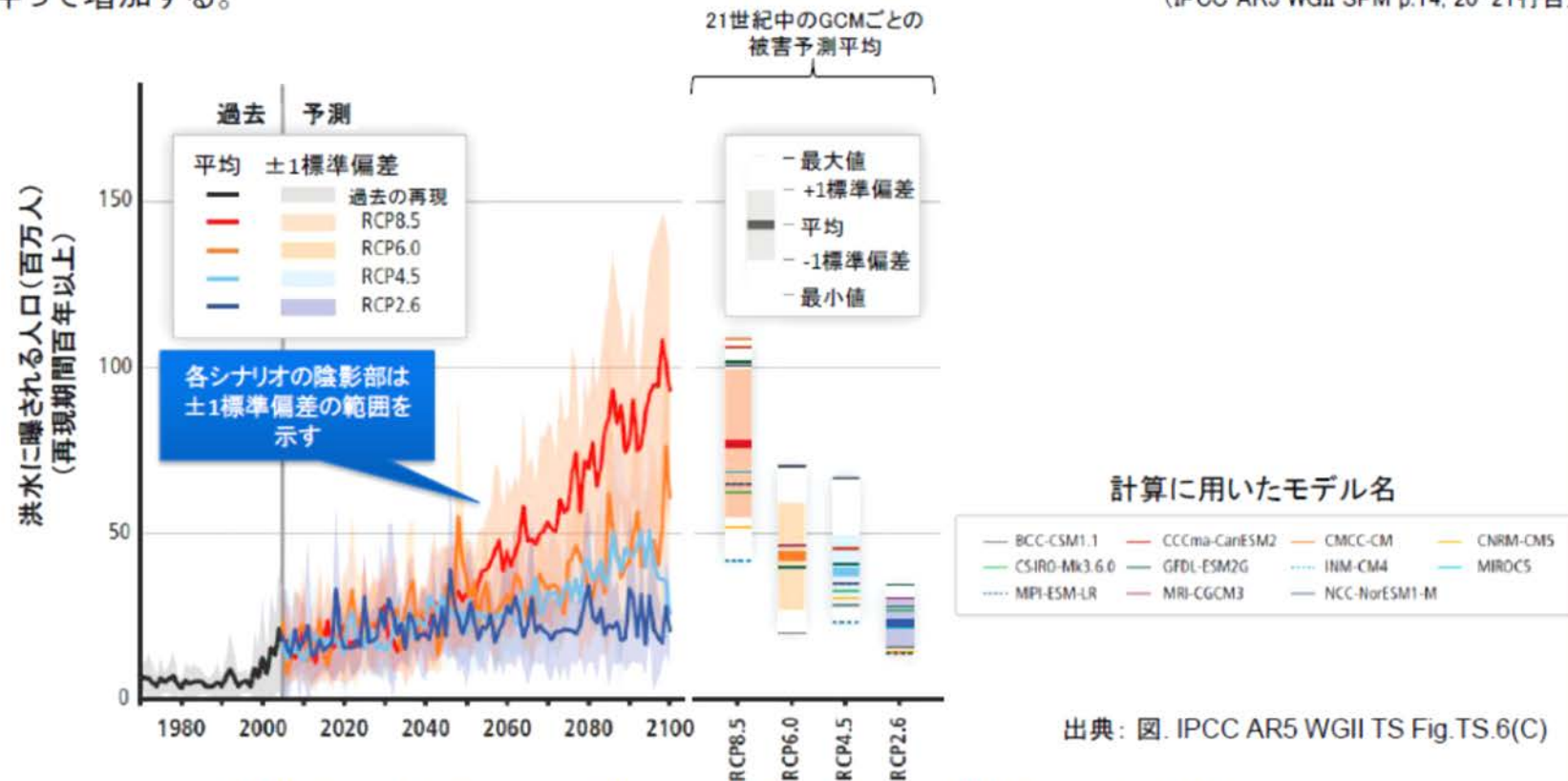
※Reasons for concern (IPCC AR5 WGII SPM p.12, 36-37行目)

- ① 高潮、沿岸域の氾濫及び海面水位上昇による、沿岸の低地並びに小島嶼開発途上国及びその他の小島嶼における死亡、負傷、健康障害、生計崩壊のリスク。[懸念材料 1-5]
- ② いくつかの地域における内陸洪水による大都市住民の深刻な健康障害や生計崩壊のリスク。[懸念材料 2 及び 3]
- ③ 極端な気象現象が、電気、水供給並びに保健及び緊急サービスのようなインフラ網や重要なサービスの機能停止をもたらすことによるシステムのリスク。[懸念材料 2-4]
- ④ 特に脆弱な都市住民及び都市域又は農村域の屋外労働者についての、極端な暑熱期間における死亡及び罹病のリスク。[懸念材料 2 及び 3]
- ⑤ 特に都市及び農村におけるより貧しい住民にとっての、温暖化、干ばつ、洪水、降水の変動及び極端現象に伴う食料不足や食料システム崩壊のリスク。[懸念材料 2-4]
- ⑥ 特に半乾燥地域において最小限の資本しか持たない農民や牧畜民にとっての、飲料水及び灌漑用水の不十分な利用可能性、並びに農業生産性の低下によって農村の生計や収入を損失するリスク。[懸念材料 2 及び 3]
- ⑦ 特に熱帯と北極圏の漁業コミュニティにおいて、沿岸部の人々の生計を支える、海洋・沿岸生態系と生物多様性、生態系の財・機能・サービスが失われるリスク。[懸念材料1、2、及び4]
- ⑧ 人々の生計を支える陸域及び内水の生態系と生物多様性、生態系の財・機能・サービスが失われるリスク。[懸念材料 1, 3, 及び 4]

(IPCC AR5 WGII SPM p.13, 1-15行目)

淡水資源のリスク

- 淡水に関連する気候変動のリスクは、温室効果ガス濃度の上昇に伴い著しく増大する（証拠が確実、見解一致度が高い）
(IPCC AR5 WGII SPM p.14, 19-20行目)
- 21世紀全体の気候変動は、ほとんどの乾燥亜熱帯地域において再生可能な地表水及び地下水資源を著しく減少させ（証拠が確実、見解一致度が高い）、（エネルギーと農業間などの）分野間の水資源をめぐる競争を激化させると予測されている（証拠が限定的、見解一致度は中程度）
(IPCC AR5 WGII SPM p.14, 22-24行目)
- 水不足を経験する世界人口の割合、及び主要河川の洪水の影響を受ける世界人口の割合は、21世紀の温暖化水準の上昇に伴って増加する。
(IPCC AR5 WGII SPM p.14, 20-21行目)



図：20世紀の100年に一度発生する洪水に曝される世界人口の予測値

気候・気象の極端現象の変化に関する予測（続き）

表.世界全体及び地域的な気候変動並びに関連するハザードの評価（続き）

現象	1.5℃の地球温暖化に関する予測	2℃の地球温暖化に関する予測
強い降水現象	- 世界全体の陸域で、強い降水現象の頻度、強度、及び／または量が増加する(H)。 - いくつかの北半球の高緯度域、及び／または高標高域、東アジア並びに北アメリカ東部において、1.5℃に比べて2℃の地球温暖化においての方がリスクが高くなる(M)。	
干ばつ・降水不足※	- 一部の地域で干ばつ・降水不足が増加する。ただし、考慮する指数や気候モデルによって大きな変動がある(M)。 - 地中海域及び南部アフリカにおいて、1.5℃に比べて2℃の地球温暖化においての方が乾燥傾向が強い(M)。	
洪水	持続型社会に関するSSP 1シナリオでは、1986～2005年を基準として、干ばつの影響を受ける世界全体の都市人口が35.02±15.88千万人になる(M)。	持続型社会に関するSSP 1シナリオでは、1986～2005年を基準として、干ばつの影響を受ける世界全体の都市人口は41.07±21.35千万人になる(M)。
	- 洪水のハザードの影響を受ける世界全体の陸域の割合は1.5℃に比べて2℃の地球温暖化においての方が大きい(M)。 1976～2005年を基準として、洪水による影響を受ける人口が100%増加する(M)。	1976～2005年を基準として、洪水による影響を受ける人口が170%増加する(M)。
熱帯低気圧	- 熱帯低気圧に伴う強い降水は1.5℃に比べて2℃の地球温暖化においての方が増える(M)。 - 証拠は限定的であるが、世界全体の熱帯低気圧の数は1.5℃に比べて2℃の地球温暖化においての方が少ない。ただし、非常に強い熱帯低気圧の数は増加する(L)	

H:確信度が高い M:確信度が中程度 L:確信度が低い

IPCC SR1.5 SPM B1.3., 211頁 第3章 表3.2, 247頁 第3章 表3.5より作成

※ SR1.5 SPM B1.3では、「干ばつ・降水不足(droughts and precipitation deficits)」と表記されているが、211頁 第3章 表3.2では、「干ばつ・乾燥(Drought and dryness)」と表記されている。

社会・経済への影響・リスクに関する予測（続き）

表. 1.5℃及び2℃の地球温暖化で社会・経済に生じるリスクの予測（続き）

リスクの種類	リスクの予測
食料安全保障への影響	2℃に比べて1.5℃に昇温を抑えると、その結果、特にサハラ砂漠以南のアフリカ、東南アジア、及びラテンアメリカにおいて、トウモロコシ、米、コムギ、及び潜在的にその他の穀物の正味収量の減少、並びにCO₂濃度に関連して生じる米とコムギの栄養の質の低下が抑えられる(H)。 1.5℃に比べて2℃の地球温暖化においての方が、サヘル、アフリカ南部、地中海、中央ヨーロッパ、及びアマゾンにおける食料の入手可能性がより減少する(M)。 - 家畜は、餌の品質、疫病の広がり、及び水資源の利用可能性の変化の程度次第で、気温の上昇に伴って悪い影響を受ける(H)。
水ストレス	- 将来の社会経済条件により、2℃に比べて1.5℃に地球温暖化を抑えることで、気候変動に起因する水ストレスの増加に曝される世界人口の割合を最大50%まで抑えうるかもしれない。ただし、地域間で大幅なばらつきがある。(M) - 多くの小島嶼開発途上国では、2℃に比べて1.5℃に地球温暖化が抑えられた場合、乾燥状態の変化が予測されるため、水ストレスは低くなりうるだろう(M)。
経済成長への影響	- 気候変動の影響による世界の総経済成長に対するリスクは今世紀の終わりまでに2℃に比べて1.5℃の地球温暖化においての方が低くなる(M)*。これは緩和のコスト、適応への投資、及び適応の便益を含まない。 1.5℃から2℃に地球温暖化が進んだ場合、熱帯域及び南半球の亜熱帯域の国において影響が最も大きくなる(M)。
複合的なリスクへの曝露	1.5℃と2℃の地球温暖化の間では、複数かつ複合的な気候に関連するリスクへの曝露が増加し、そのように貧困に曝されその影響を受けやすい人々の割合はアフリカ及びアジアにおいてより大きくなる(H)。 1.5℃から2℃の地球温暖化においては、エネルギー、食料、及び水部門にわたってリスクが空間的及び時間的に重複しうるだろう。それによって、さらに多数の人々及び地域に影響を及ぼしうるであろうハザード、曝露、及び脆弱性を新たに生むとともに、現状を悪化させる(M)。

H: 確信度が高い M: 確信度が中程度

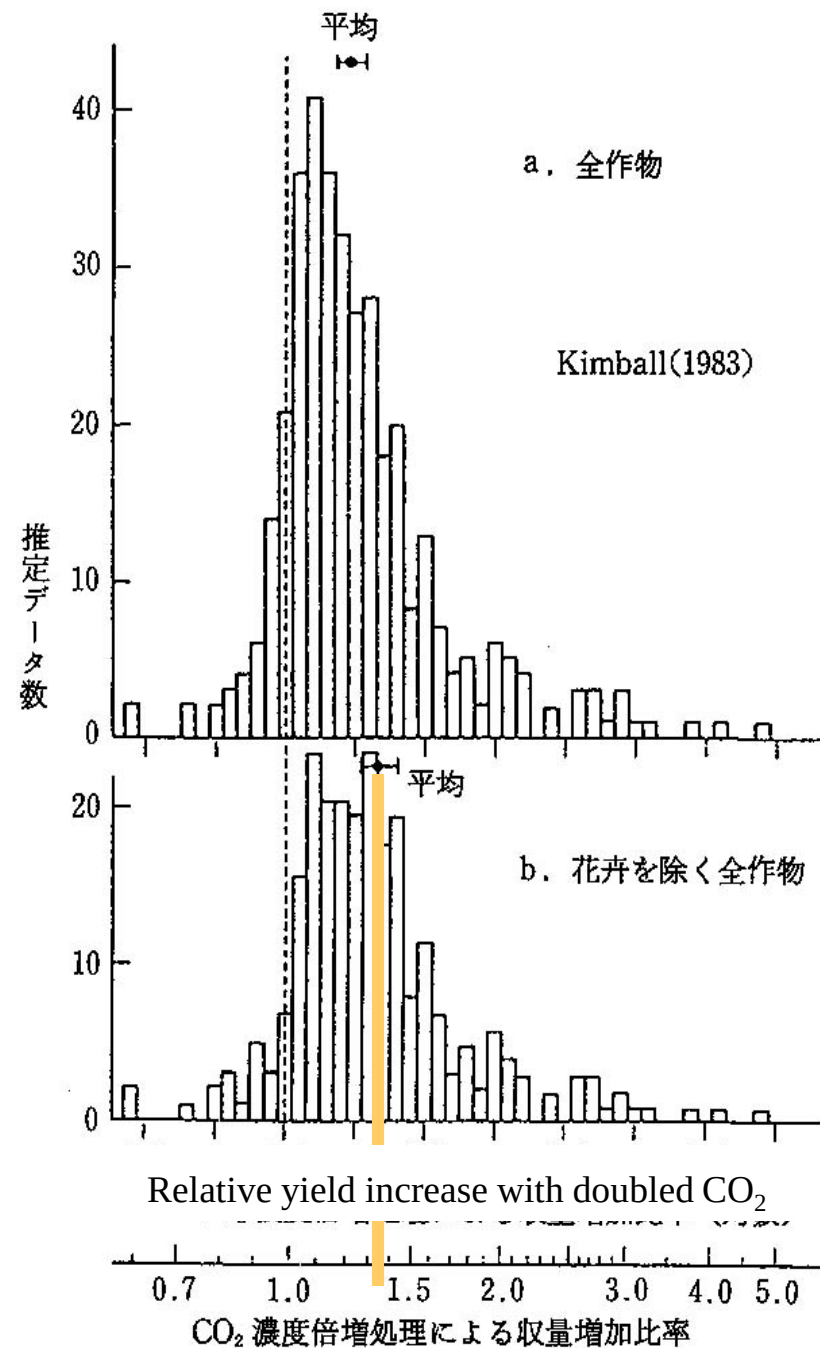
IPCC SR1.5 SPM B5.3., B5.4., B5.5., B5.6.より作成

※ ここでは経済成長への影響とはGDPの変化を意味する。人間の命、文化遺産、及び生態系サービスの喪失などの多くの影響は、評価及び金銭化が難しい。

気候変動の農業・農村への影響

CO₂濃度倍増による 作物収量の変化

Kimball [1983]
(中川・堀江[1997]から)



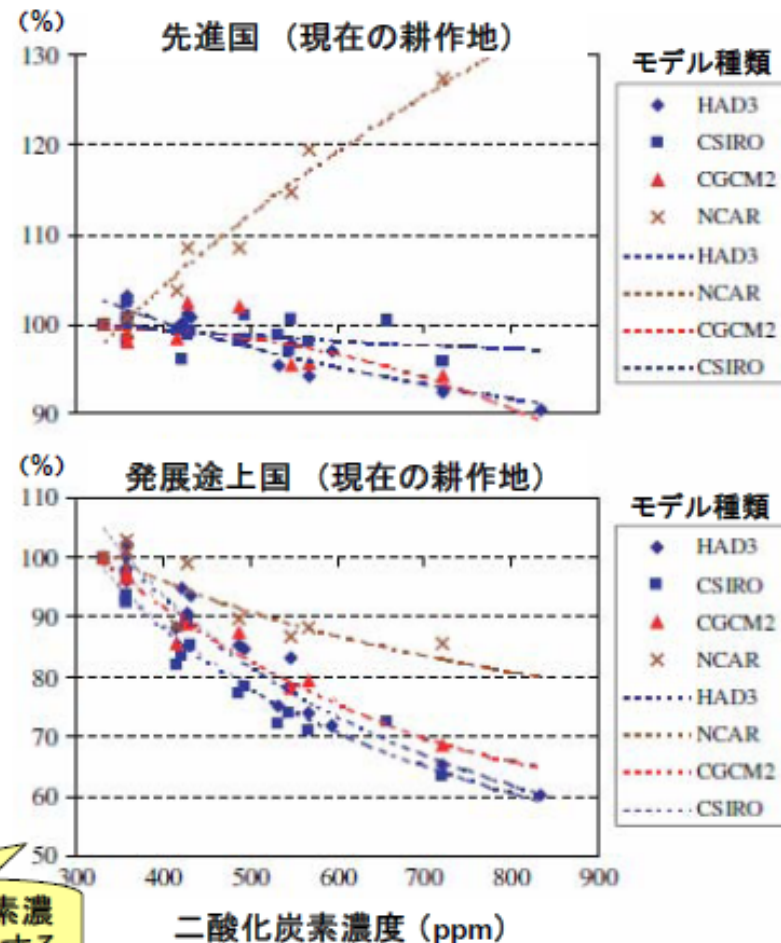
2. 作物の生産性と気温の関係

- ◆ 低緯度地域、特に乾季のある熱帯地域では、地域の気温がわずかに上昇（1～2℃）するだけでも、作物生産性が減少し、これにより、飢饉のリスクが増加すると予測される。
- ◆ 中緯度から高緯度の地域では、地域平均気温が1～3℃まで上昇する間は、作物によっては生産性がわずかに増加し、それ以上の上昇では作物生産性が減少する地域があると予測される。
- ◆ 世界的には、地域平均気温が1～3℃の幅で上昇すると食糧生産ポテンシャルが増加すると予測されるが、それ以上に上昇すると減少に転じると予測される。

出典：AR4 SPM

特に発展途上国では、二酸化炭素濃度上昇に伴い小麦生産量が減少する

小麦の生産量ポテンシャルの変化



出典：Fischer, G., M. Shah, F.N. Tubiello, and H. van Velthuisen, (2005) Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. Phil. Trans. R. Soc. B., 360: 2067-2083.

地球温暖化の日本の農村への影響

- 農村の水循環系の変化
 - 土壌生態系の変化
 - 植生への影響
 - 野生動物・昆虫の生息分布の変化, 「病虫害」 「獣害」
 - 沼地・湿原の減少
-
- 里山など周辺での変化～『山火事』？
 - 農家健康への影響（戸外労働環境）～熱中症発症の増加など



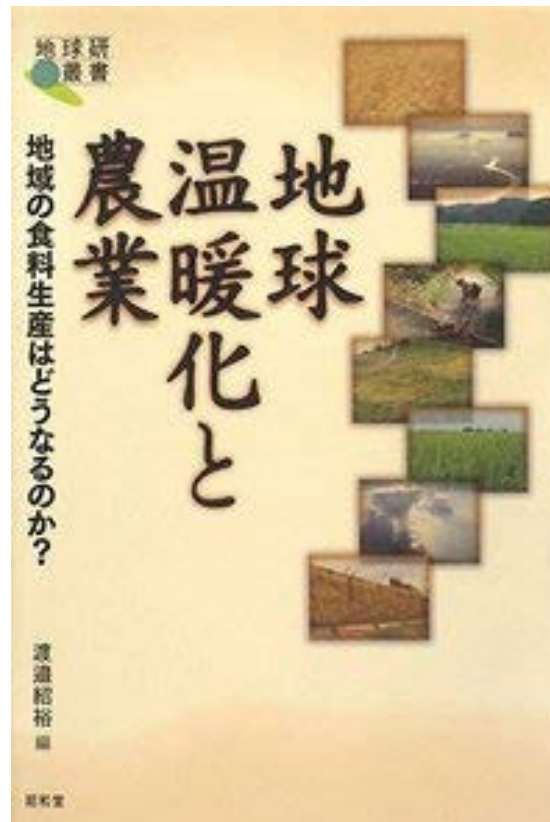
総合地球環境学研究所・乾燥地農業プロジェクト
地球研 ICCAP

乾燥地域の農業生産システムに及ぼす地球温暖化の影響

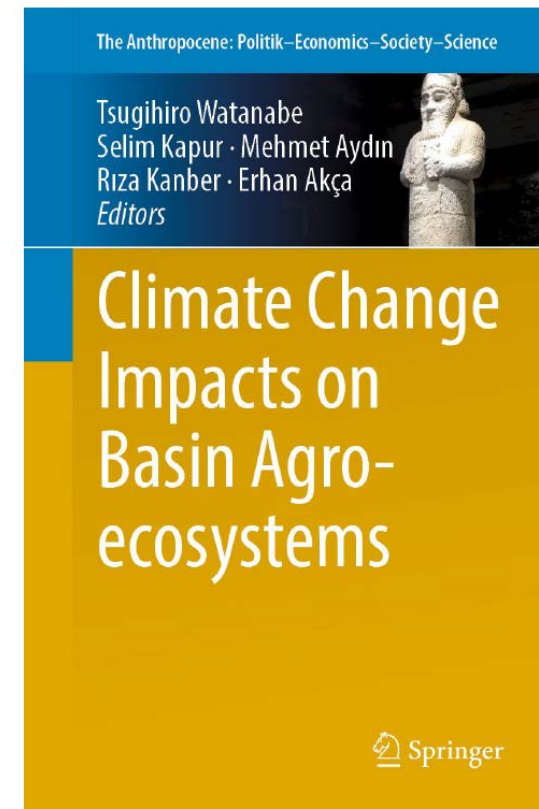
Impacts of Climate Change on Agricultural Production System in Arid Areas

ICCAP 2002～2007

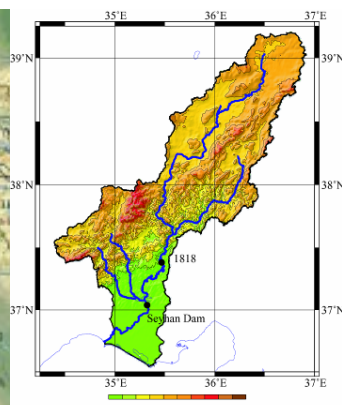
成果出版



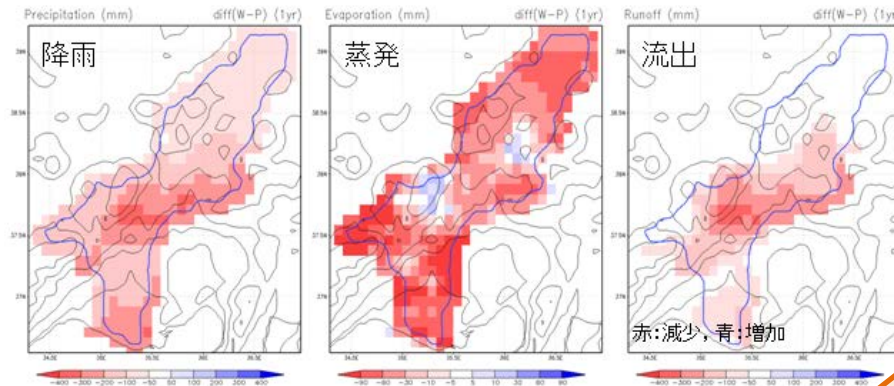
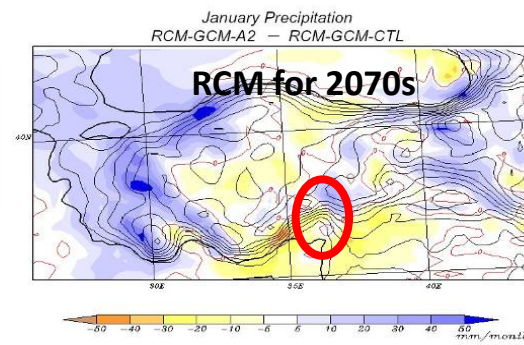
2008年



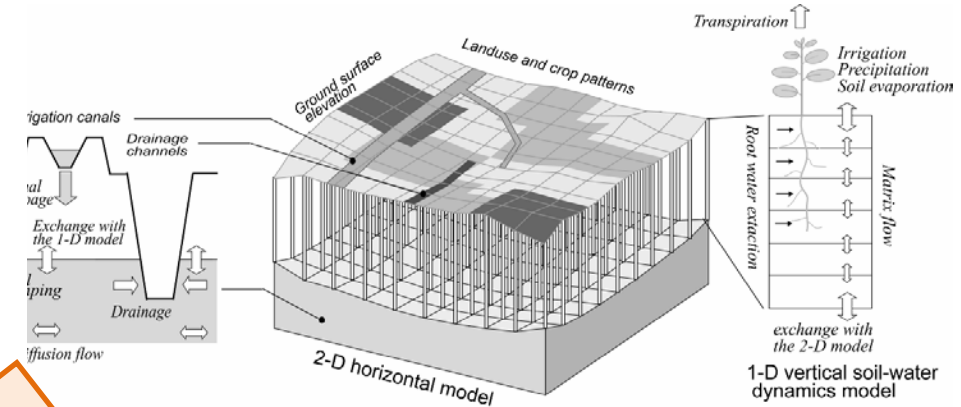
2018年



ICCAP



Prediction of changes of basin hydrology and water resources



Prediction of changes in water requirement and balance of farmland

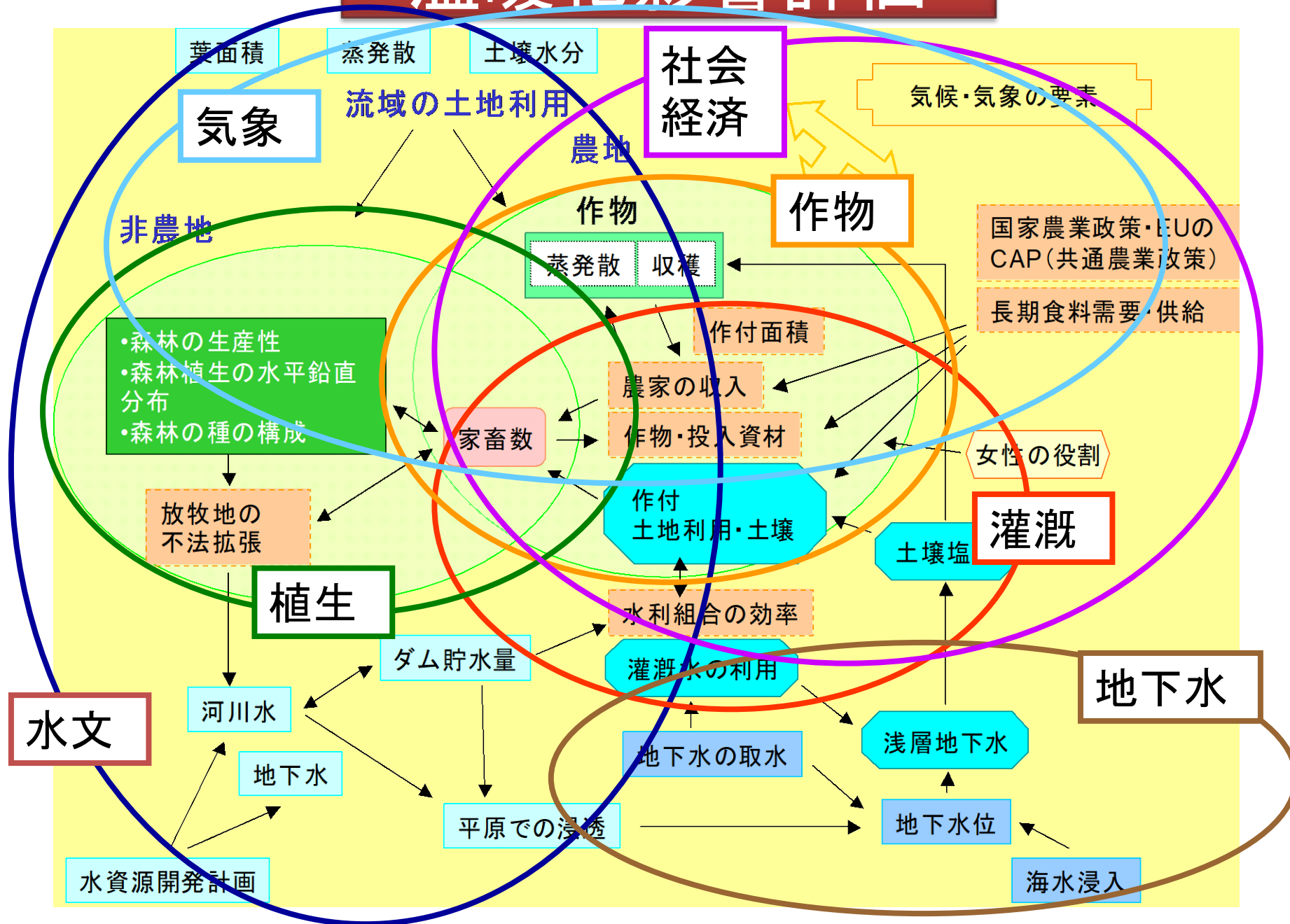
Climate change impact assessment



ICCAP: RIHN's Project (FY2002-2006) on Impact of Climate Changes on Agricultural Production System in Arid Areas

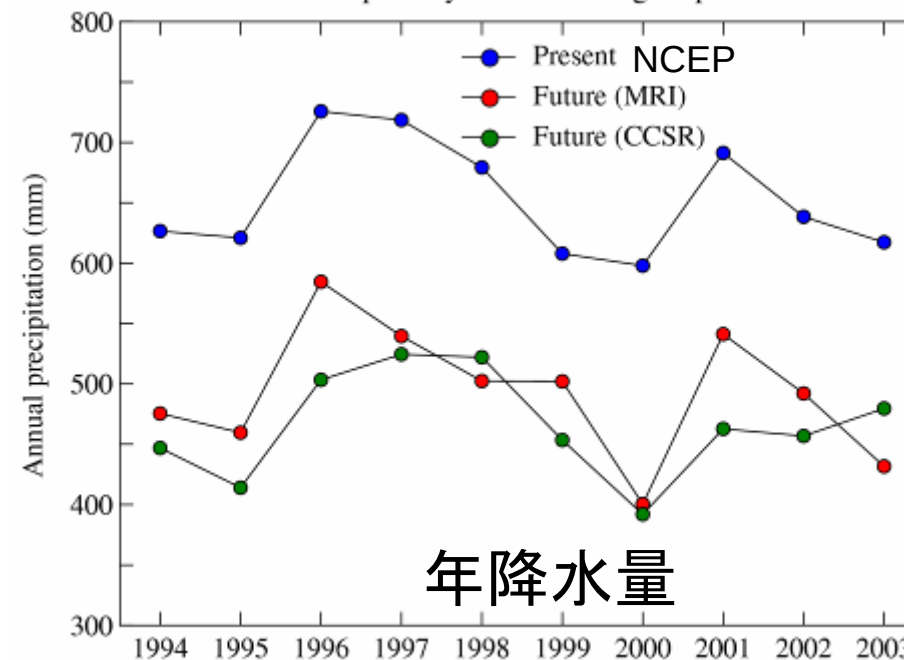
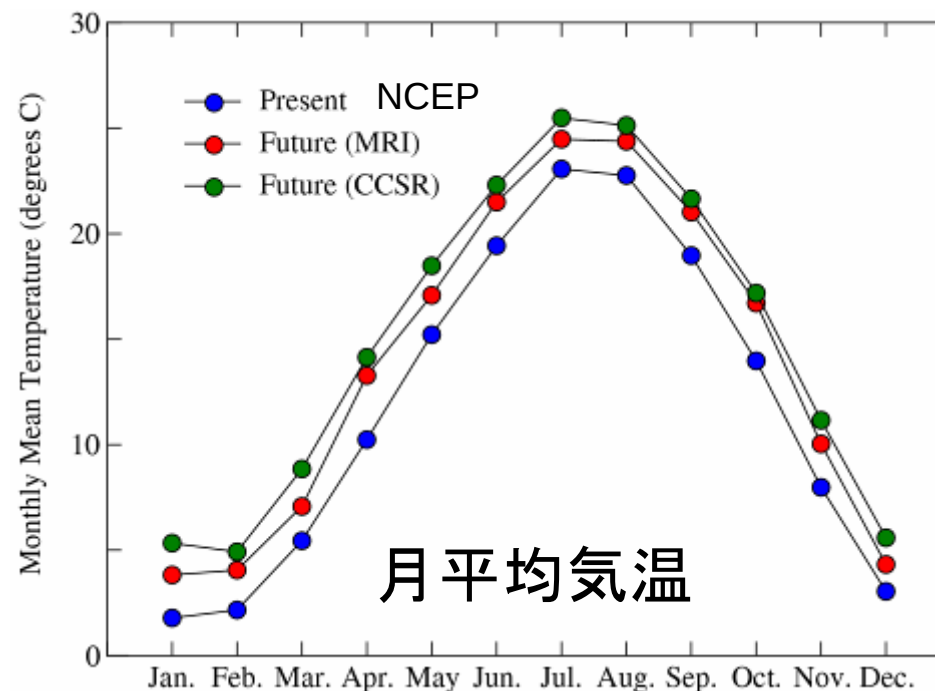


温暖化影響評価



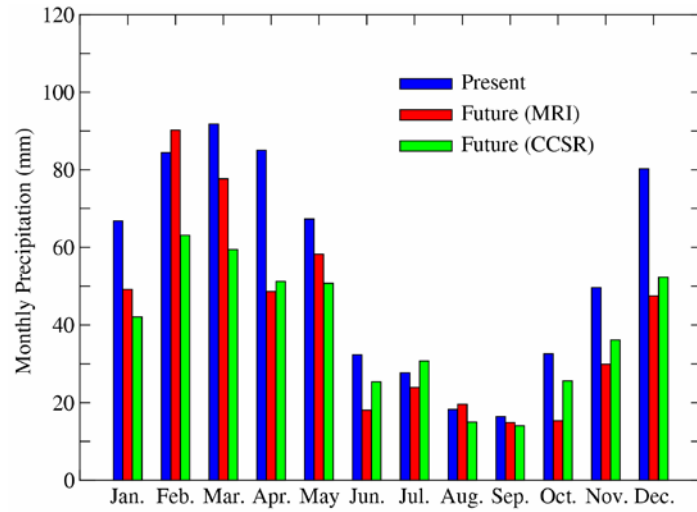
地域気候変化シナリオ

- トルコでは2070年代では、気温はどの季節でも2～3.5度上昇する。GCMにより差がある。
- セイハン川流域の降水量は夏を除いて25%程度減少する。GCMによる差は小さい。

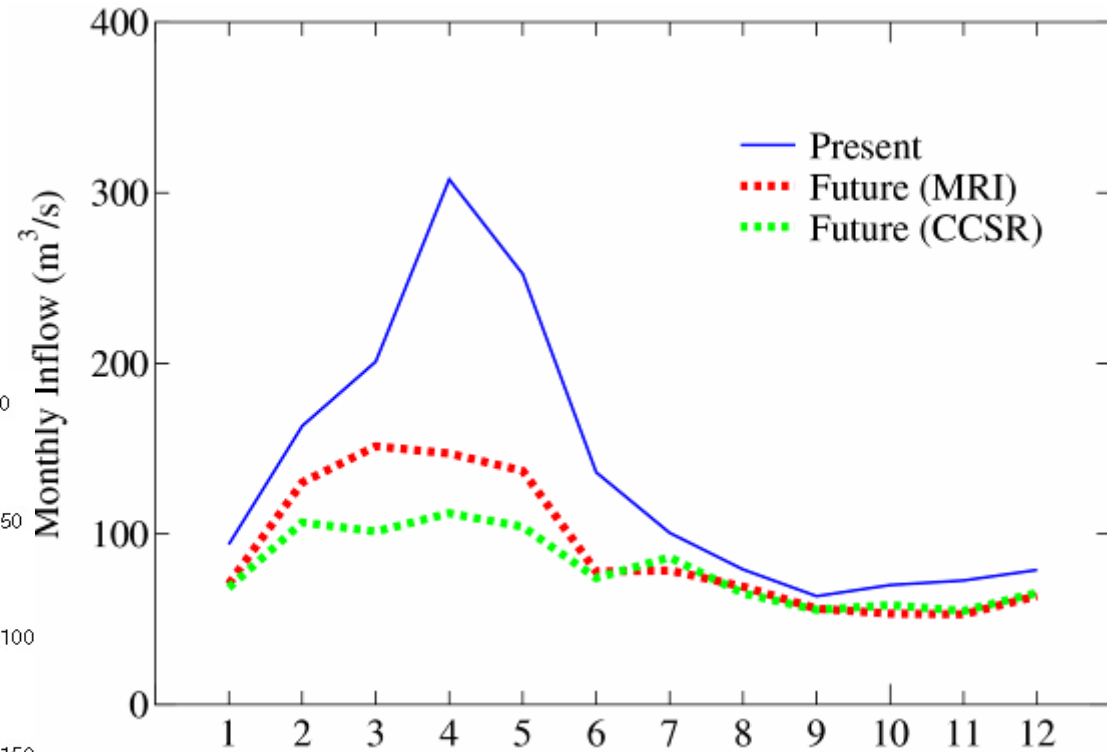


流域水文・水資源への影響

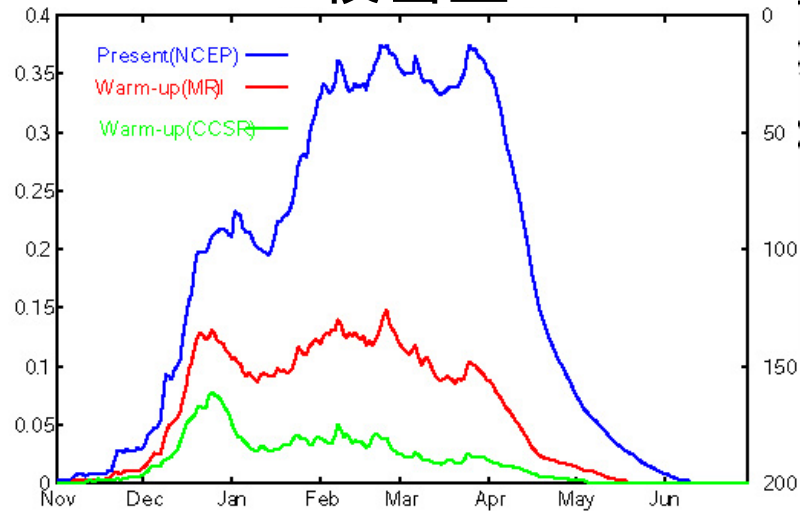
降水量



セイハダムへの流入量の減少

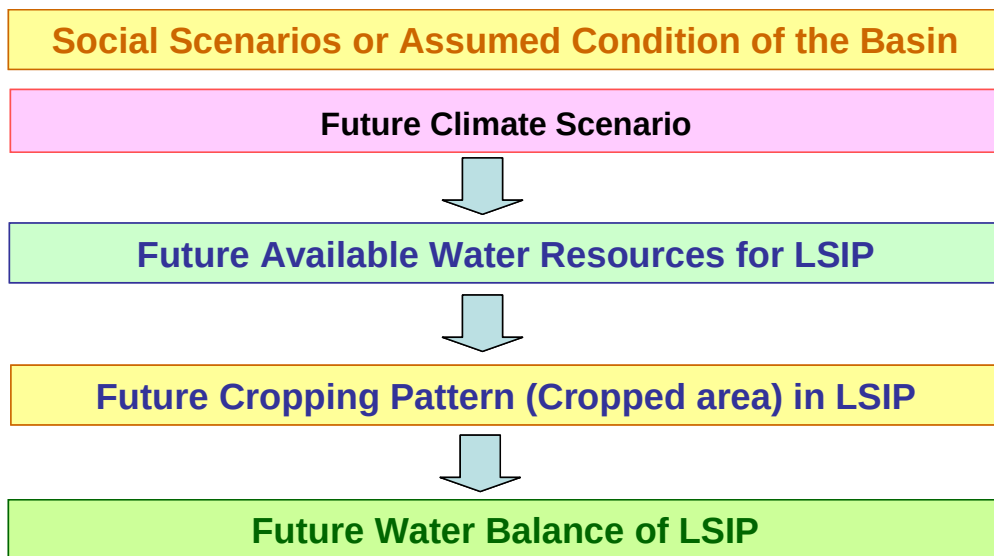


積雪量

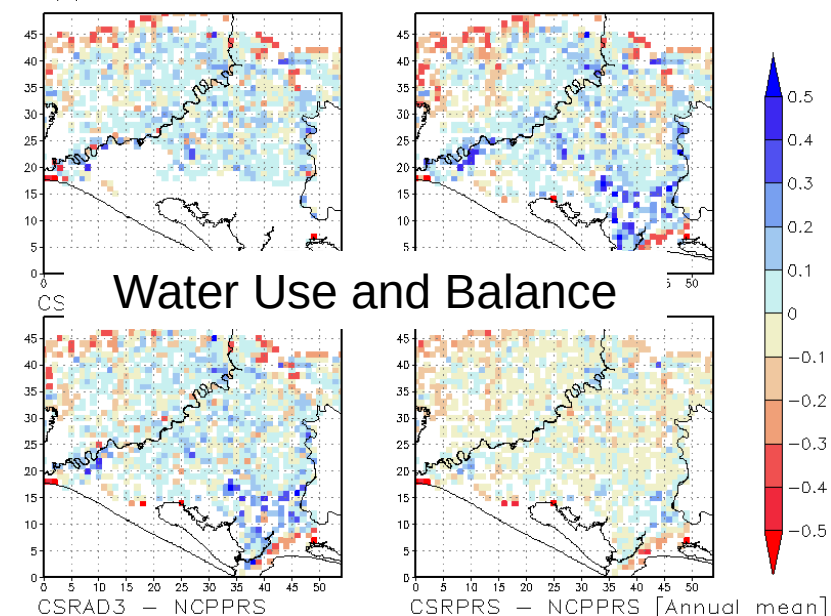
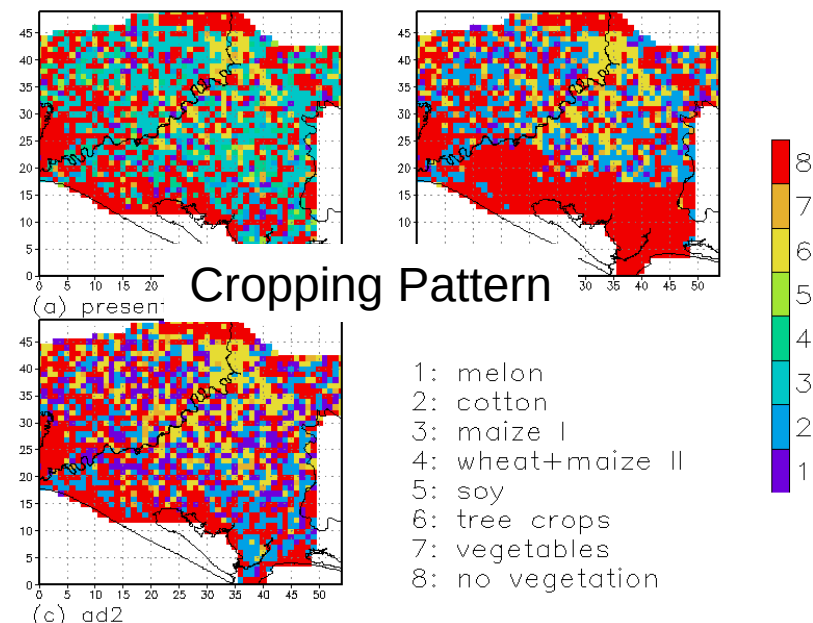
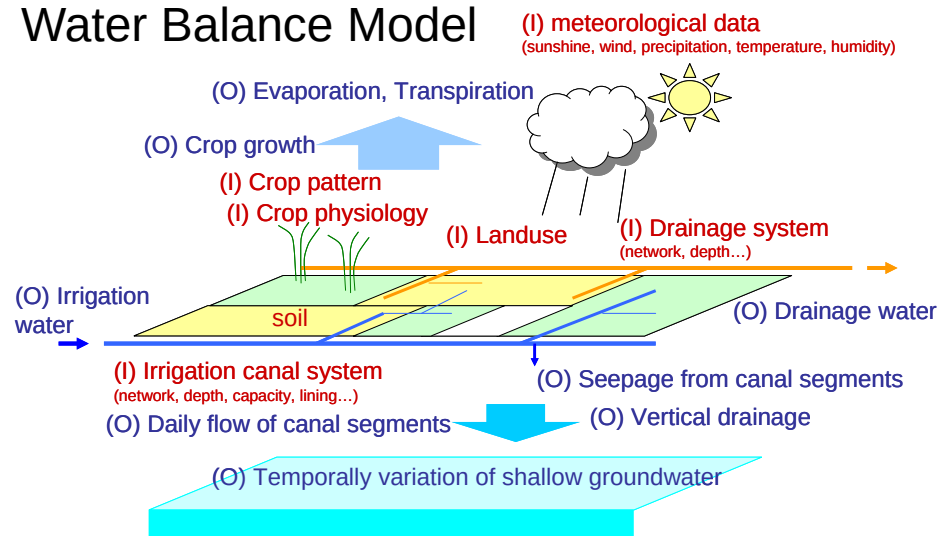




下流デルタの灌漑農業の変化見通し



Water Balance Model





下流デルタの灌漑農業の変化

- 現行の作付体系なら用水需要にほぼ対応できる.
- 上流で灌漑が拡大し, 下流で野菜・果樹栽培が拡大すれば, 用水不足が起こる.
- 用水不足に対して地下水揚水を増加させると, 地下水位低下や塩水浸入が進む可能性が生じる.

基本的な成果

- 気候変化の農業生産への影響を検討するための現時点での**最新の将来気候シナリオ**が設定できた.
- 気候変動に伴う**問題発生**の**機構・方向**をある程度明らかにすることができた.
- 現在の**灌漑システムの更新・改善**時には, **将来の作付け体系の変化**を考慮することが必要である.
- 気候変動に対しては, これまでの経験・情報に**新たな技術・観察**を活かしながら, **変化に順応する形で対応**することが有効である.

緩和策とSDGsの相乗効果・トレードオフ

- 1.5°C排出経路に整合した緩和の選択肢は、持続可能な開発目標（SDGs）全般にわたって、複数の相乗効果とトレードオフを伴う。起こりうる相乗効果の総数はトレードオフの数を超えるが、それらの正味の効果は、その変化の速度と規模、緩和[策の]ポートフォリオの構成、及び移行をどう管理するかに依拠する。（確信度が高い）

（IPCC SR1.5 SPM D4.）

緩和策とSDGsの相乗効果

- 1.5°Cの排出経路は、特にSDG3（健康）、7（クリーンエネルギー）、11（都市とコミュニティ）、12（責任ある生産・消費）、及び14（海洋）との強い相乗効果をもつ（確信度が非常に高い）。
- エネルギー需要が低く、物質消費が少なく、及びGHG集約型の食料消費が少ない1.5°Cの排出経路は、持続可能な開発とSDGsに関して相乗効果が最も顕著で、トレードオフの数が最も少ない（確信度が高い）。そのような経路はCDRへの依存度を低減させるだろう。
- モデル経路において、持続可能な開発、貧困の撲滅及び不平等の削減は、昇温を1.5°Cに抑えるのを助けうる。（確信度が高い）

緩和策とSDGsのトレードオフ

- 一部の1.5°C排出経路は、慎重に管理されなければ、SDG1（貧困）、2（飢餓）、6（水）、及び7（エネルギーアクセス）について、緩和とのトレードオフが潜在的に存在すること示す（確信度が高い）。
- 1.5°C及び2°Cのモデル経路は多くの場合、植林及びバイオエネルギー供給など土地に関連する施策の大規模な導入に頼ることが多いが、それらは管理が不十分な場合には、食料生産と競合し、その結果食料安全保障の懸念をもたらさう（確信度が高い）。二酸化炭素除去（CDR）の選択肢がSDGsに及ぼす影響は、選択肢の種類及び導入の規模に依拠する（確信度が高い）。不十分に実施された場合、BECCS及びAFOLUなどのCDRの選択肢は、トレードオフにつながるだろう。文脈に即した設計及び実施には、人々のニーズ、生物多様性、及びその他の持続可能な開発の側面の考慮が必要である（確信度が非常に高い）。

気候変動の影響評価と適応への取組み ～最新の研究・取組み～

統合的気候モデル高度化研究プログラム (統合プログラム)

統合的気候モデル高度化研究プログラム

4つの研究領域テーマを連携させた統合的な研究体制の構築

全球規模の気候変動予測と基盤的モデル開発

気候変動予測を可能とする「**全球気候モデル**」を構築し、他の研究・予測へと活用。



炭素循環・気候感度・ティッピング・エレメント等の解明

炭素・窒素の循環も含む「**地球システムモデル**」を構築。**気候感度(*)**や**ティッピングエレメント(**)**等を解明。



統合的気候変動予測

日本周辺を中心とした「**領域気候モデル**」を構築し、適応策検討に活用できるよう、高精度な予測情報を創出。



統合的ハザード予測

温暖化により激甚化が想定される**高潮・洪水**等のハザードの予測。



* 気候感度: 大気中のCO2濃度が2倍になった時の気温上昇量。

** ティッピング・エレメント: 気候変動があるレベルを超えたとき、気候システムにしばしば不可逆性を伴うような激変が生じる現象。

○前身事業以降開発しているわが国独自の気候モデルの利用数は、世界でもトップクラス。

○創出された気候変動予測情報は、気候変動の影響評価の基盤として活用。

作成: 文部科学省

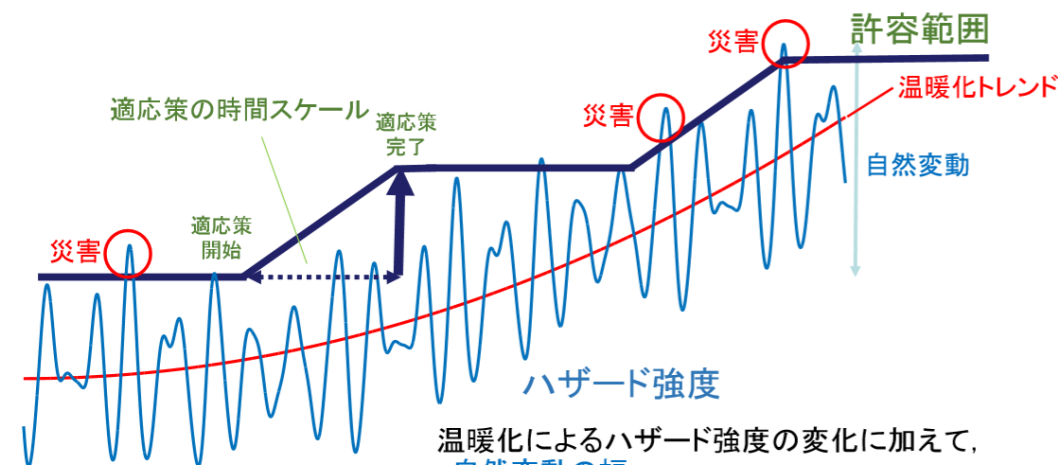
3

領域テーマD

代表: 中北英一 京都大学教授

領域テーマCの100年シームレス実験等を活用し、現在から21世紀末までに見込まれる気候の連続的な変化の中で、洪水や高潮、水資源、水循環に関連する農業、沿岸域などの様々な影響評価や気候変動適応策を検討します。

温暖化に対する順応的適応策の考え方



作図: 森信人(2015)

Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)

KYOSEI Program

- JFY 2002 - 2006



KAKUSHIN Program

- JFY 2007 - 2011
- Innovative Program of Climate Change Projection for the 21st Century



SOSEI Program

- JFY 2012 – 2016
- Program for Risk Information on Climate Change



TOHGOH Program

- JFY 2017 – 2021
- Integrated Climate Model Advanced Research Program

Sixth Assessment Report (2019?)

Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5)

Forth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)

First Assessment Report 1990 (FAR)
Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR)
Third Assessment Report: Climate Change 2001 (TAR)

IPCC
Assessment Reports

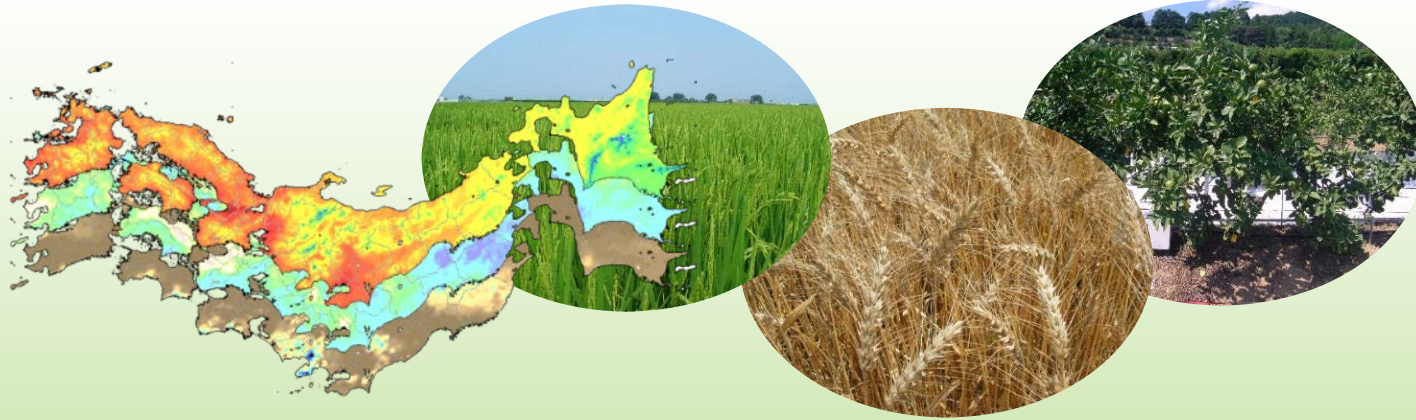
100年シームレス課題

京都大学防災研究所
水資源環境研究センター
田中賢治

環境研究総合推進費 戦略的研究開発領域
S-18 サブテーマ3-4

流域における水資源への 気候変動予測と適応策の評価

吉田 武郎・皆川裕樹・土原 健雄・吉本 周平・
高田亜沙里・丸山篤志（農研機構）・
角 哲也・堀 智晴（京都大学防災研究所）
佐藤 嘉展（愛媛大学）・工藤 亮治（岡山大学）



農研機構における気候変動に関する研究

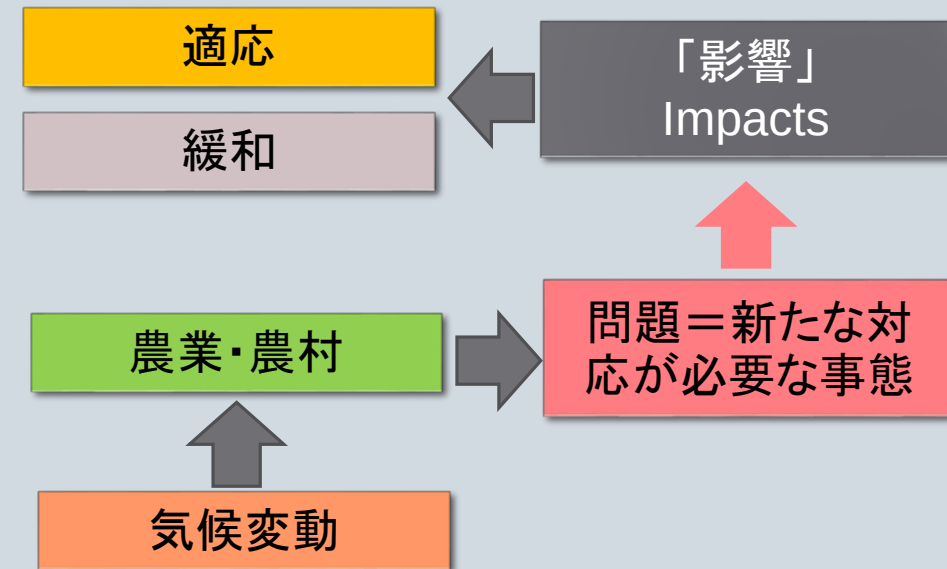
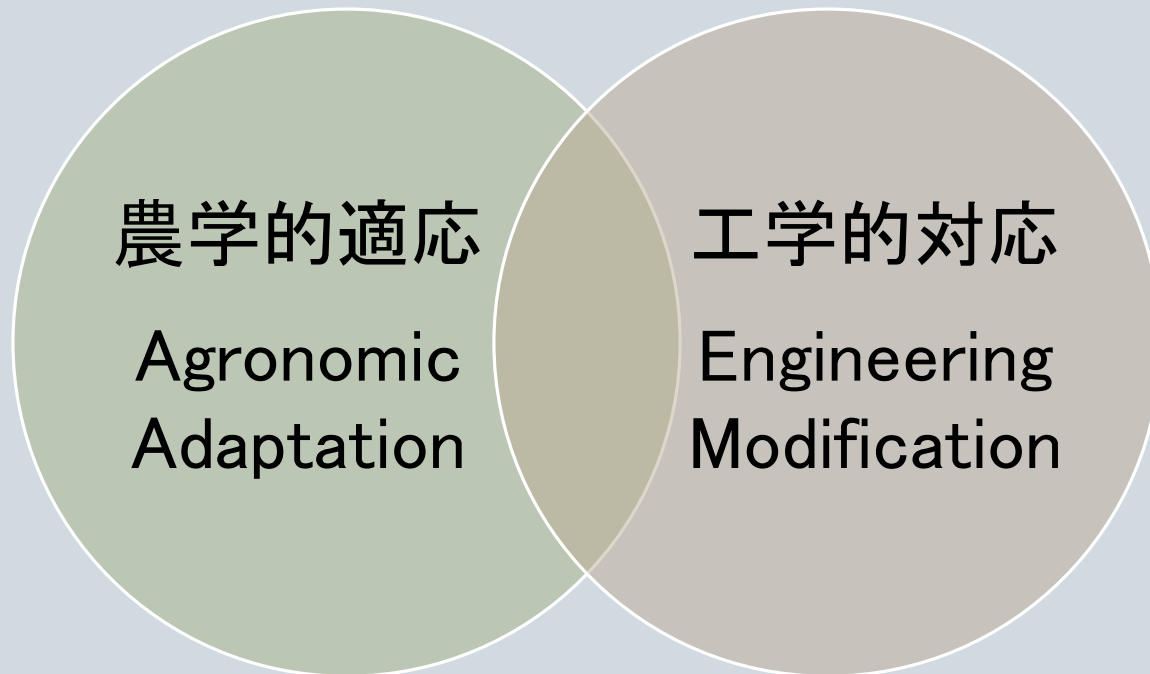
**丸山篤志（農研機構 農業環境変動部門
気候変動適応策研究領域）**

※ 農研機構（のうけんきこう）は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。

エピローグ ～ まとめ

農業開発のアプローチ

- 農作物生産=農業は、基本的に環境とその変化への「適応」
- 農業開発のアプローチの基本



農業・農村における 気候変動への対応の取組み

UN-SDGs

Paris Agreement 2015

Sendai Framework for Disaster Risk Reduction

気候変動

- 情報共有～状況・対応・経験
- 他の課題・方向とのシナジー
&トレードオフ
 - 食料・農業政策
 - SDGs
- 農村への影響と適応策

国

地方政府
国の地方機関

地方自治体
地区農家組織

集落～農家

緩和

適応

レジリエンス

影響評価

農業・農村における気候変動への「順応型適応」

Adaptive Adaptation

- 気候変動とその影響を予測・評価する方法の継続した改良.
- 利用可能な情報や考える材料の継続的に積み上げと, 段階的な対応が有用.
- 農家・農家団体を含め, 気象や農業・水資源関係者の広い参画が重要.
- 最新モデルなどによる「見通し」を活用し, 対応を見定めることが有効.
- 事態の進行を注視しながら, 順応的に農業や農村を整えることが必須. (農地・農業水利・関係施設の利用・管理も),
- 誰一人取り残さない(no one left behind)」「後悔しない(non regret policy)」

ご清聴ありがとうございました

