

気候変動の将来予測分析のためのシナリオ枠組 (SSP × RCPシナリオ枠組)

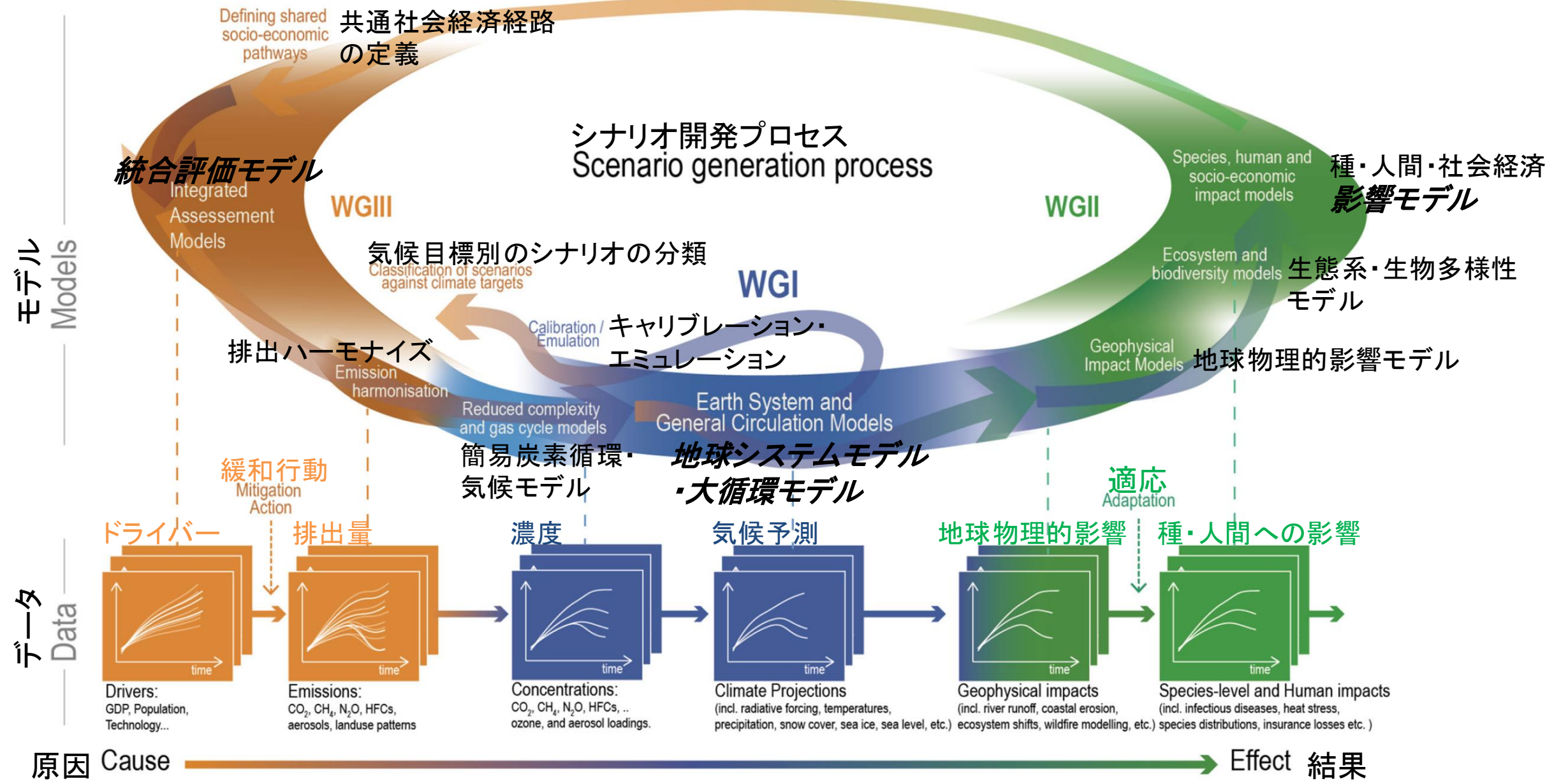
国立環境研究所 社会システム領域

高橋 潔

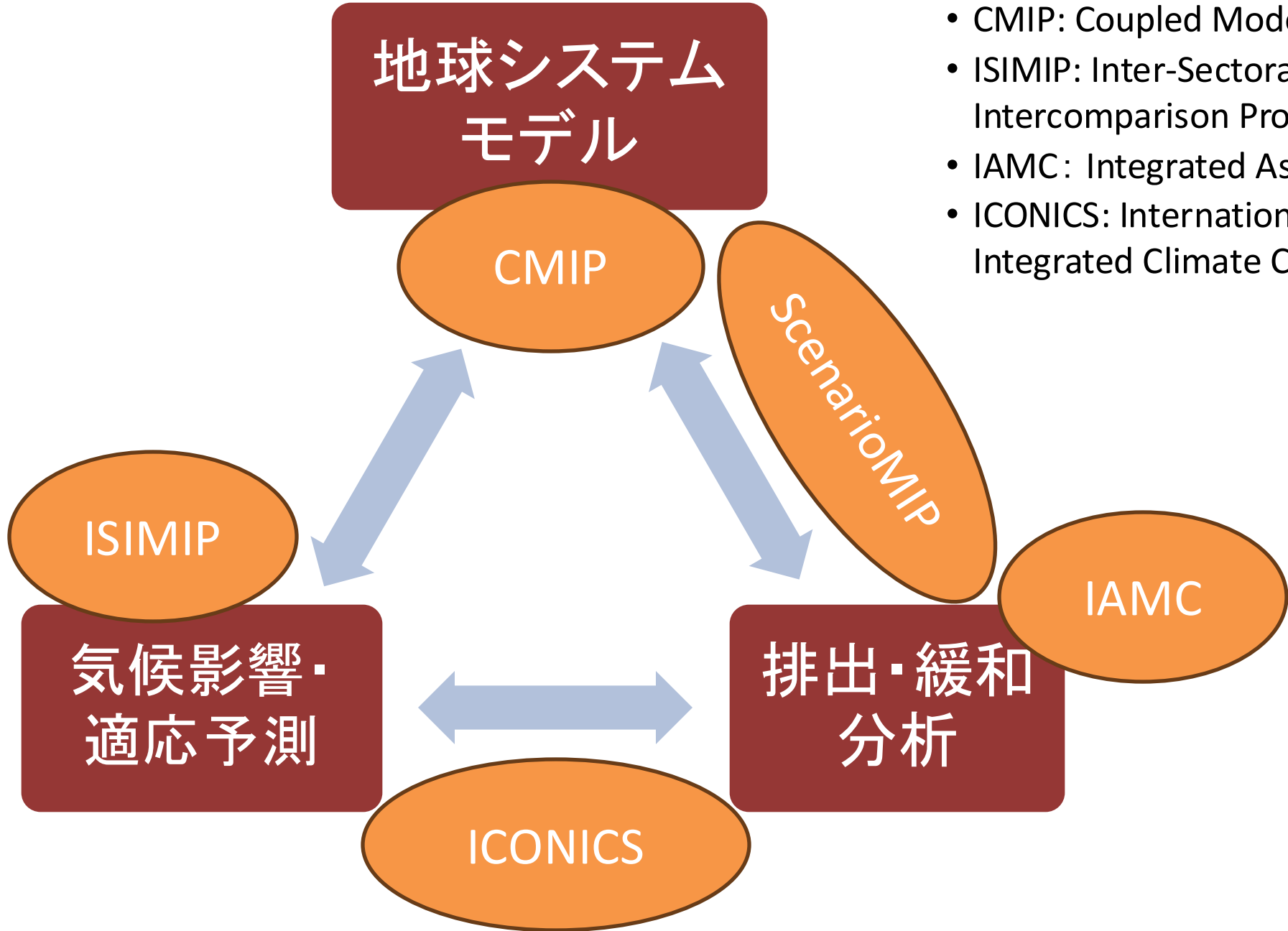
シナリオ枠組(コミュニティ共有シナリオ)の狙い

- 研究コミュニティ全体で気候変動関連研究を世界的に支援し、多様なスケール、セクター、問題分野に拡張可能であること。
- 影響、適応、緩和研究へのインプットデータとして、より詳細な社会経済的および政治的条件を提供することにより、気候と社会の未来を統合的に評価する研究を促進すること。
- 幅広いもっともらしい（起こりうる）未来を説明することにより、将来の気候と社会状況の不確実性の検討を促進すること。
- 科学文献における気候と社会の仮定の一貫性を向上させることにより、科学的アセスメントでのより一貫した統合を促進すること。
- 政策に情報を提供するための調査と分析を支援すること。

研究コミュニティの連携により実現される統合的な気候変動シナリオの分析



気候変動コミュニティシナリオの国際的なコーディネーション機関



- CMIP: Coupled Model Intercomparison Project
- ISIMIP: Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project
- IAMC: Integrated Assessment Modeling Consortium
- ICONICS: International Committee on New Integrated Climate Change Assessment Scenario

気候変動シナリオ分析の枠組みの発展

- SRES (Special Report on Emissions Scenarios)
 - 2000年公表 (主としてIPCC-TAR~AR4で活用)
 - 「グローバル化 or 地域ブロック化」 「経済成長重視 or 環境保全重視」 の2軸
 - 気候政策を考慮しない「非政策シナリオ」
- SSP (Shared Socioeconomic Pathways) -RCP枠組み
 - 2010年頃から開発開始；2014年叙述公表；2017年定量公表
 - AR5向け気候予測 (CMIP5；~2013年) では、(SSPに基づかない) 「RCP排出シナリオ」を使用。(RCP: Representative Concentrations Pathways)
 - AR6向け気候予測 (CMIP6；~2021年) では、SSPベースラインに緩和策を加えて作る「SSPX-Y排出シナリオ (例：SSP1-2.6)」を使用。
 - AR7向け気候予測 (CMIP7；~2028年) でも、同様のシナリオ枠組みを活用し、新規に6つの排出シナリオ (H/M/ML/L/VLHO/VLLO) が作成・使用される予定。

適応・緩和の困難度の2軸で特徴づけられた5つのSSP

緩和の困難度

SSP5(在来型発展)

気候政策の無い状態では、エネルギー需要は高く、またその需要の多くは炭素系燃料で満たされる。代替エネルギー技術への投資は低く、緩和のために利用可能な選択肢も限られる。それにも拘わらず経済発展は比較的早く、またその経済発展は人的資本への大きな投資によって推進力を得る。人的資本の改善は同時に、資源のより公平な分配、頑健な制度、緩やかな人口増加をもたらし、結果的に気候影響により良く適応可能な脆弱性の低い世界となる。

SSP2(中間的シナリオ)

SSP1とSSP3の中間的なケース。

SSP1(持続可能)

持続可能な発展が適度に早いペースで進む。不平等は減少。技術進歩は速く、かつ低炭素エネルギー源や土地生産性向上などの環境配慮の方向を向く。

SSP3(分断)

緩やかな経済発展、急増する人口、遅いエネルギー部門の技術進歩に起因して、温室効果ガス排出量は大きく、結果的に緩和が困難な状況になる。人的資本への投資は低く、不平等は大きく、地域化された世界で貿易フローは減少、制度面の発展は望ましくない方向に向かう。結果的に、多くの人々が気候変化への脆弱性の高いまま、また世界の多くの地域が適応能力の低いまま、取り残される。

SSP4(格差)

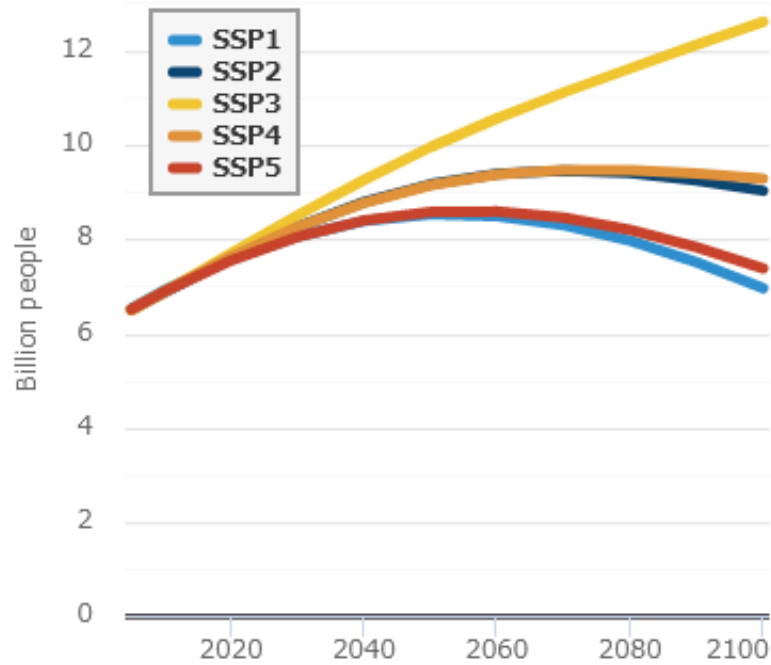
入り混じった世界。主要な排出地域で低炭素エネルギー源の比較的急速な技術進歩があり、高い排出削減能力が期待できる。一方で、発展が緩やかにしか進まない地域も存在。それらの地域では、不平等は高いままで、経済は相対的に孤立したものとなり、結果的に低い適応能力のために気候変化への脆弱性が高いままとなる。

適応の困難度

5つのSSPベースラインシナリオ

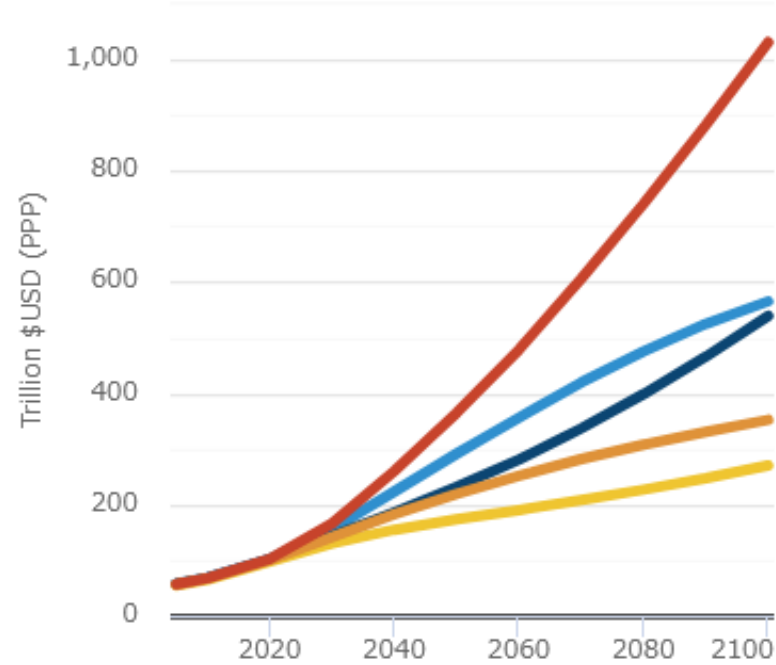
世界人口(10億人)

Global population



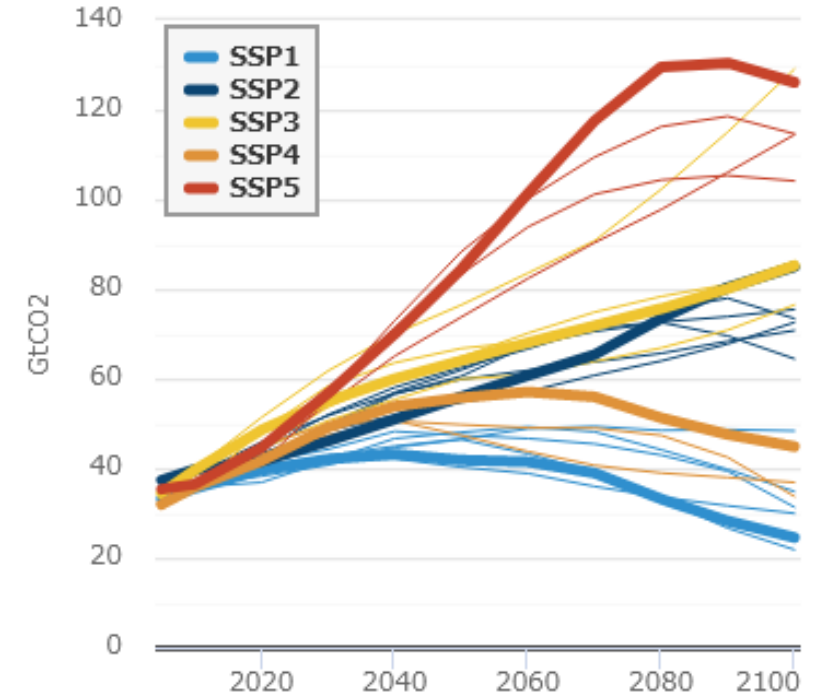
世界GDP(兆ドル)

Global GDP



CO2排出(GtCO2)

CO2 emissions for SSP baselines



AR6で共通的に用いられた将来シナリオ: SSPX-Yシナリオ

【注意】影響予測に際しては、曝露・脆弱性(社会経済想定)としていずれのSSPとも組み合わせ得る。

Indicator for warming 温暖化の大きさ
2100年時点のおおよその放射強制力(W/m²)

共通社会経済経路

Shared socio-economic pathways



追加的気候政策無しのリファレンス
No additional climate policy reference scenario

緩和の大きさ
Mitigation

緩和シナリオ
Mitigation scenarios

SSPX-Y
Five main SSP scenarios investigated in WG1

SSPX-Y
Additional SSP scenarios

RCPY
Previous RCP scenarios

SSP1-1.9: 温暖化を「わずかなオーバーシュートの後」2100年に1850-1900年比で約1.5°Cに抑制し、今世紀半ば頃にCO₂を正味ゼロにすることを想定している。

SSP1-2.6: 温暖化を2°C未満に抑制し、今世紀後半にはCO₂排出量を正味ゼロにする。

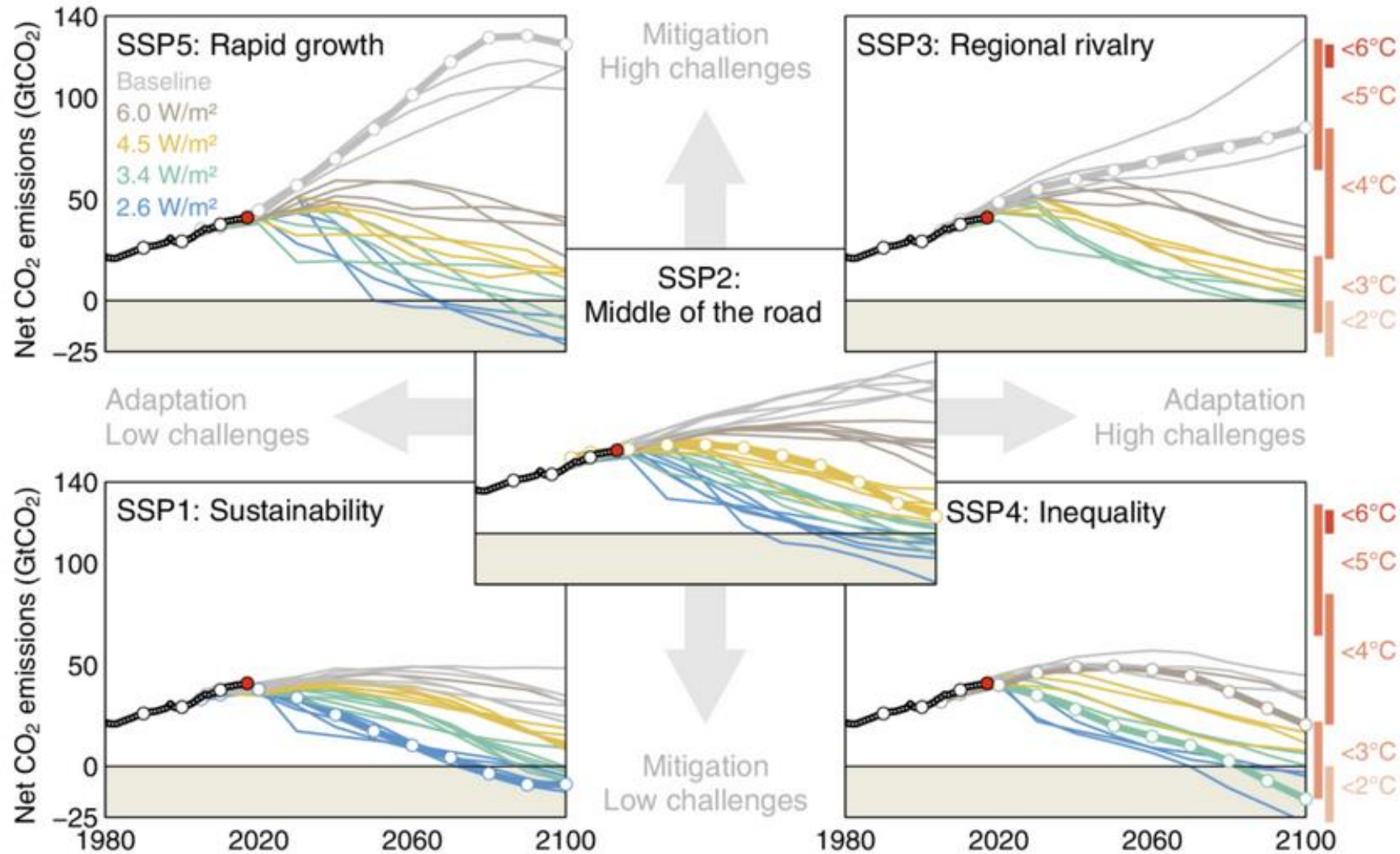
SSP2-4.5: パリ協定に基づく削減目標の上限にほぼ一致する。このシナリオは、「気候政策の追加なし」の参照シナリオから穏やかにそれており、その結果、最良の見通しでは21世紀末までに約2.7°Cの温暖化が起こる。

SSP3-7.0: 追加的な気候政策を行わなかった結果、「高いエアロゾル排出を含む、特に高い非CO₂排出」を伴う中位から上位の参照シナリオ。

SSP5-8.5: 追加的な気候政策を実施しない場合の高水準の参照シナリオ。SSP5-8.5のような高い排出量は、化石燃料を使用するSSP5の社会経済発展経路においてのみ達成される。

- ・AR5では、4種類のRCPシナリオ(代表的濃度経路)が使用された。
- ・AR6では、5種類の共有社会経済経路(SSP1~5)と2100年時点のおおよその放射強制力y(W/m²)を組み合わせたSSPX-Yシナリオが使用された。

2°C達成には21世紀後半に負のCO2排出



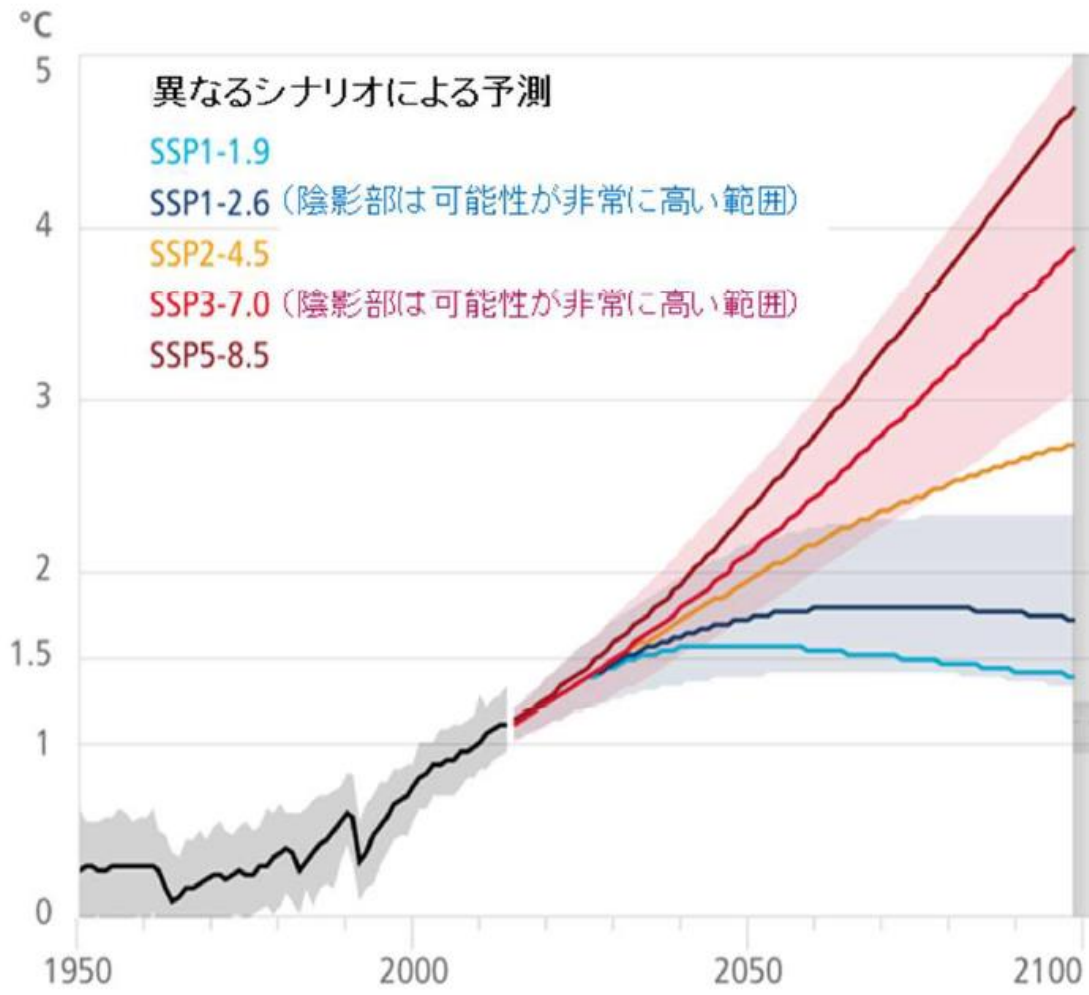
Global Carbon Project

SSPデータベースに登録されているすべてのIAMランのグローバルCO₂排出量 (GtCO₂) をSSPごとに分けたもの。グラフは Glen Peters、Robbie AndrewおよびGlobal Carbon Projectによるもの。

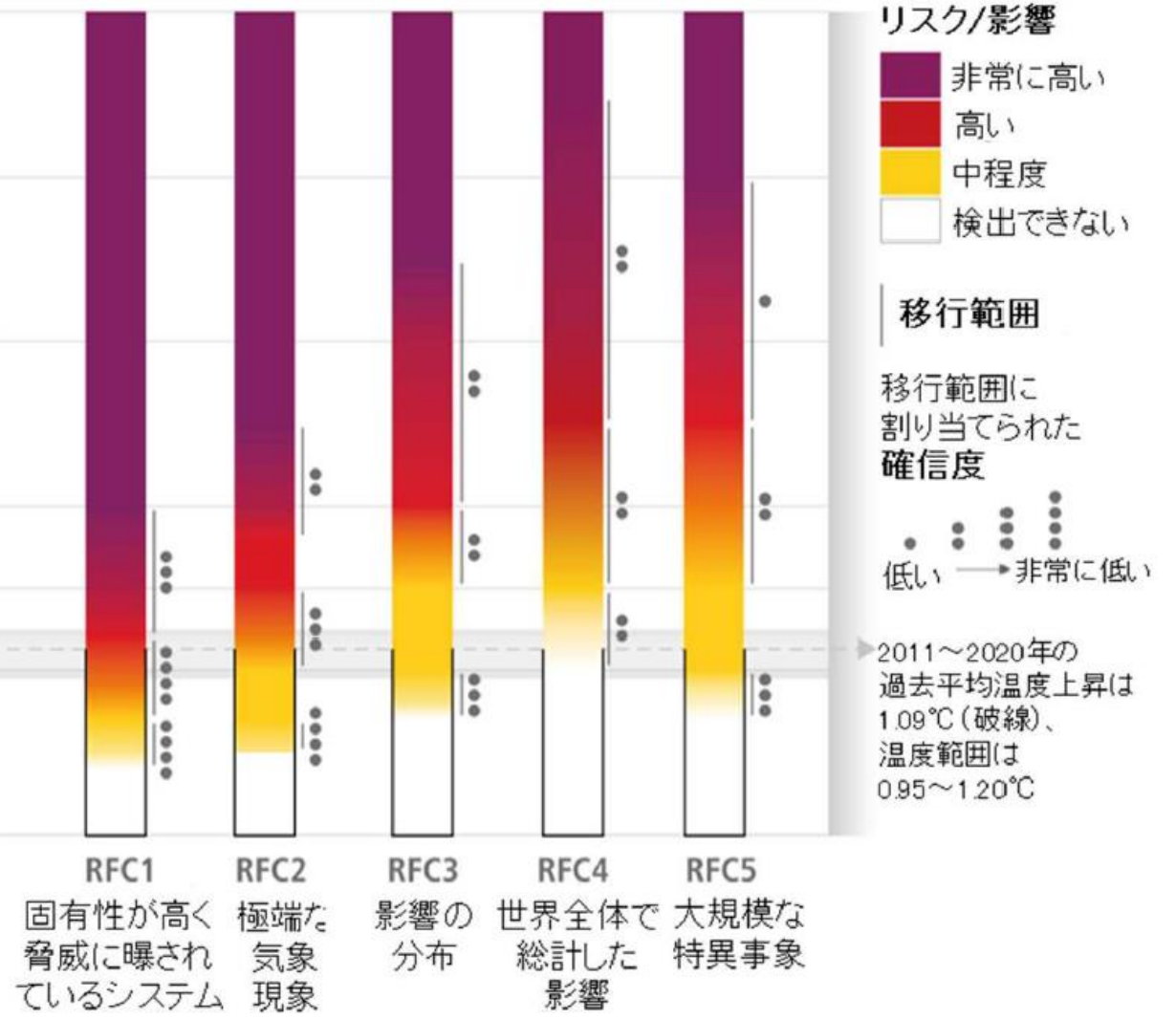
<https://www.carbonbrief.org/how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change-japanese/>

地球温暖化の水準によるリスク

(a) 世界平均気温の変化
1850～1900年比の上昇



(b) 懸念材料 (RFC)
適応が低い又は適応がないと想定した場合の影響及びリスク評価



IPCC-AR7に向けて: ScenarioMIP (plausibleなGHG等排出と土地利用の将来変化を想定した地球システムモデルによる予測実験の相互比較)

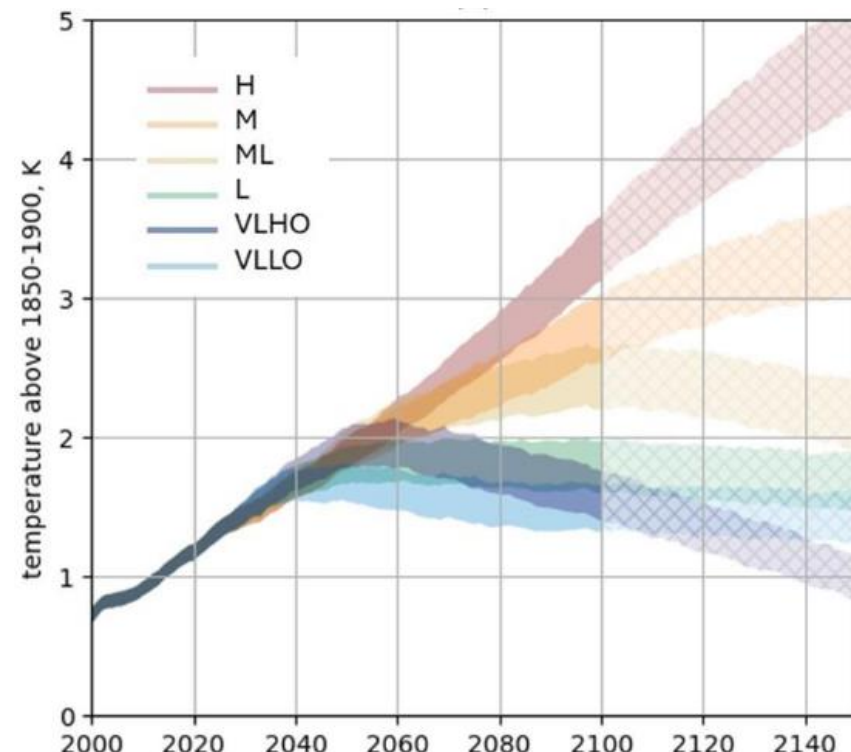
概要

- 目的: シナリオモデル相互比較プロジェクト(ScenarioMIP)は、結合モデル相互比較プロジェクト (CMIP)において、地球システムモデル(あるいはGCM,SCM,CMIC)に入力される排出シナリオセットを提供することを目的としている。CMIPの目的を達成するため、妥当であると考えられる範囲で広範なシナリオを提供する。
- 参加モデル: AIM, COFFE, GCAM, IMAGE, MESSAGEix, REMIND, WITCH

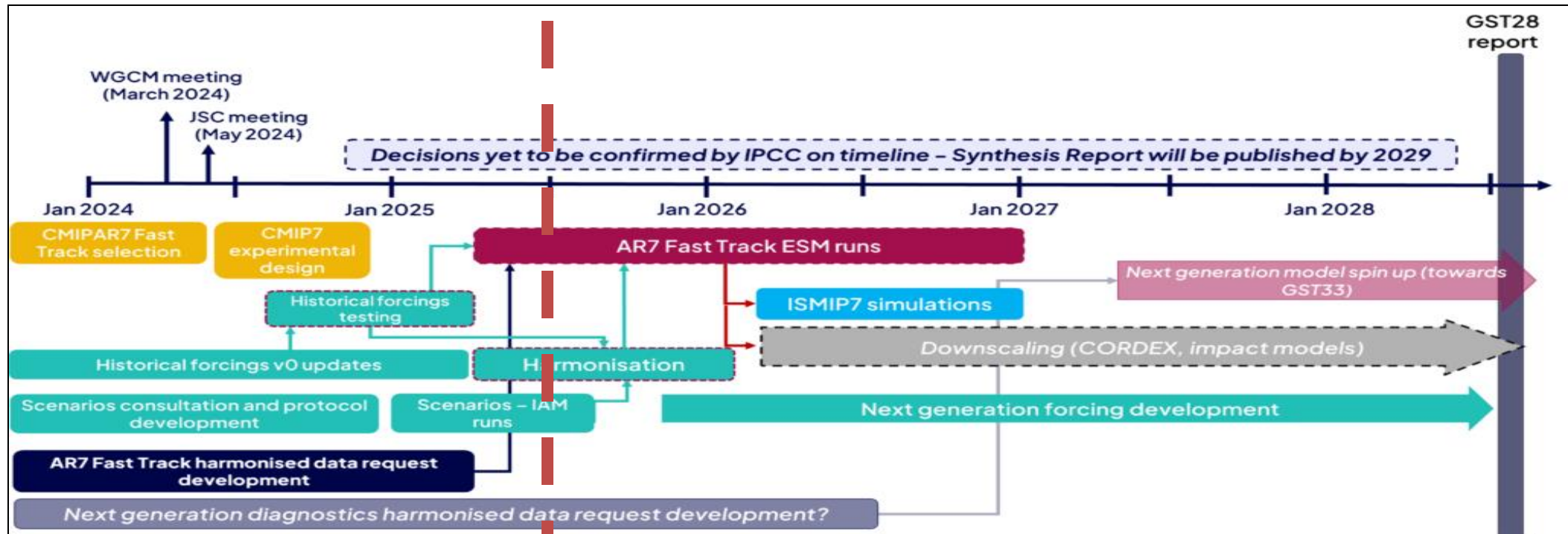
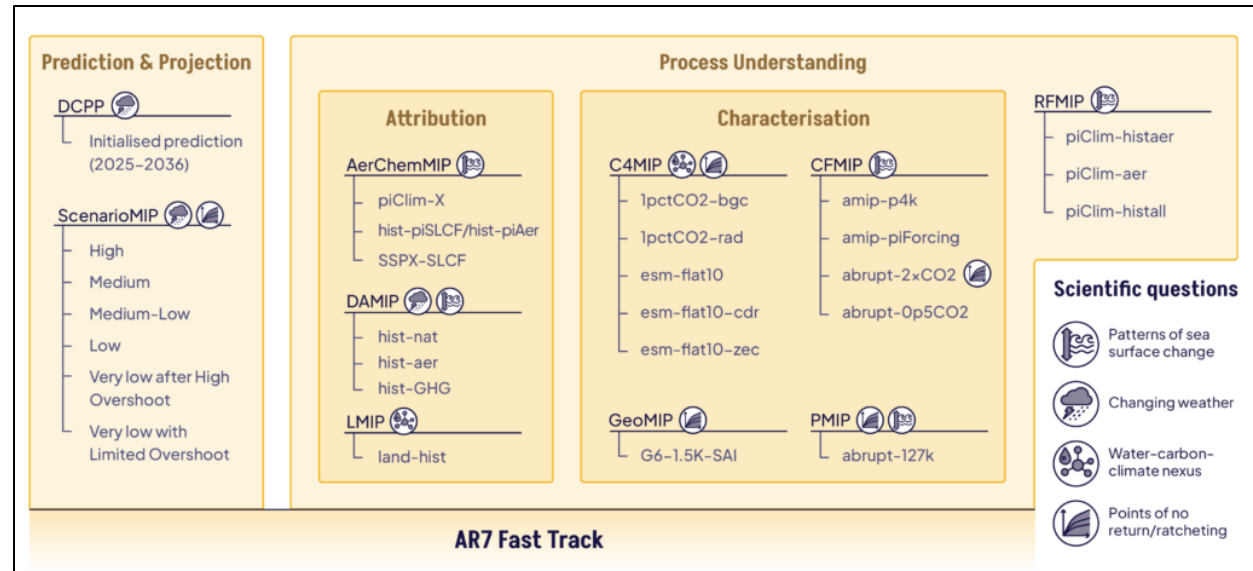
提出プロセス

- シナリオ: 高排出3シナリオと、長期気温目標を考慮した低排出3シナリオの合計6シナリオを提出する。
- シナリオの検証: モデル間の比較と地球システムモデルへの入力を行うため、特に過去から2030年ごろまでのエネルギーや土地利用の結果について現在の傾向との比較を地域別で行う。

Scenario name	Brief description
High	最悪ケースの帰結を見るための高排出シナリオ
Medium	現状政策の延長の帰結を見るための中庸シナリオ
Medium Low	今世紀前半はMedium。今世紀半ばからは、オーバーシュート有で2°C目標に整合させるための急激な排出削減
Low	高確率で2°C以下抑制できるシナリオ
Very Low after High Overshoot	21世紀末の気温としてはVery Low with Limited Overshootと同等だがより大きなオーバーシュートを含むシナリオ
Very Low with Limited Overshoot	限定的なオーバーシュートで1.5°C以下抑制できるシナリオ

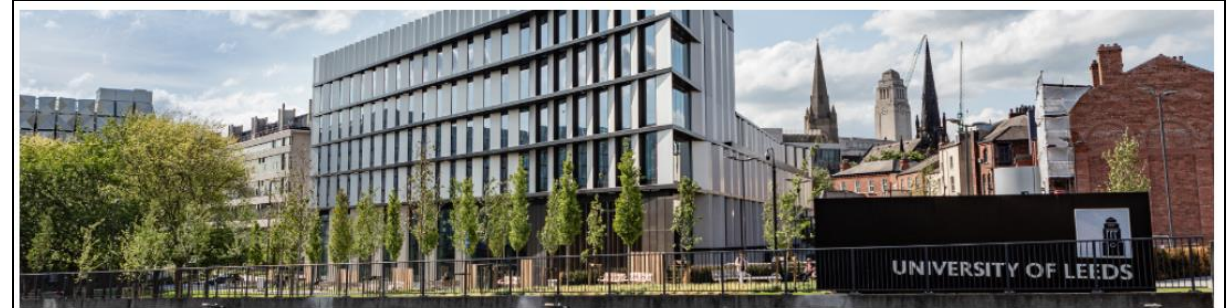


IPCC-AR7に向けたモデル比較計画CMIP7のタイムライン



Scenarios Forum 2025

- 会期：2025年7月16日 – 18日
- 会場：リーズ大学 (英国)
- 主催・共催
 - Priestley気候将来センター
 - ICONICS
 - 緩和と適応の学際的な研究及び評価の促進を目的として、社会経済シナリオの開発プロセスを組織化
 - IIASA (国際応用システム分析研究所)
 - IAMC (統合評価モデルコンソーシアム)
- 主要テーマ
 - 人間の健康をいかに気候シナリオに組み入れるか
 - 気候シナリオ枠組みの今後の方向性



The Forum on Scenarios for Climate and Societal Futures (Scenarios Forum 2025) is an influential multi-disciplinary conference organised by the Priestley Centre for Climate Futures and the University of Leeds, building on the successes of previous forums in [Denver \(2019\)](#) and [IIASA \(2022\)](#).



The purpose of the Scenarios Forum

Climate scenarios illustrate hypothetical climate futures dependent on the different amounts of greenhouse gases (GHGs) released into the atmosphere and investigate effectiveness and risks of mitigation (reducing the flow of GHGs) and adaptation (anticipating the adverse effects of climate change and taking action to reduce these) responses.

The forum gathers experts from around the world to share knowledge, foster collaborations, and reflect on the use of climate scenarios, with a focus on identifying future research needs.

<https://scenariosforum.org/>

【会合の目的】 気候・持続可能性分析のためのシナリオ開発や利用に携わる多様な分野の研究者の参加を得て、経験・知見・構想の共有、連携機会の模索、研究課題の検討などを行うこと。

Achievements and needs for the climate change scenario framework

Brian C. O'Neill^{1,2,3,4}, Timothy R. Carter⁵, Kristie Ebi⁶, Paula A. Harrison⁷, Eric Kemp-Benedict⁸, Kasper Kok⁹, Elmar Kriegler¹⁰, Benjamin L. Preston¹¹, Keywan Riahi¹², Jana Sillmann¹³, Bas J. van Ruijven¹⁴, Detlef van Vuuren¹⁵, David Carlisle¹, Cecilia Conde¹⁶, Jan Fuglestedt¹⁷, Carole Green¹, Tomoko Hasegawa¹⁸, Julia Leininger¹⁹, Seth Monteith²⁰ and Ramon Pichs-Madruga¹⁷

1. 気候と社会の統合（気候リスク評価での曝露と脆弱性に関する社会変化想定 of 精緻化を支援するSSPの拡充）
2. 地域規模での適用可能性（一方で、一体性をどう維持するか？）
3. 気候以外の問題との関連性（例：SGDs分析への拡大応用）
4. 政策研究での活用（政策無し参照シナリオとしてのSSPをベースに、政策込み参照シナリオを目的別にどう作るか？）
5. 関連する視座や大局の把握（疫病や戦争；不確実性のカバー域）
6. シナリオの定期更新（現実とのズレの解消と共通利用シナリオとしての安定性の間のバランス）
7. 利用者のニーズへの適合性（例：新たな金融セクターのニーズ；気象・気候サービスの延長としての気候変化シナリオサービス）

共通シナリオの4レベル改訂戦略 (van Vuuren@SF2022)

1. 基準年の更新(将来経路は保持)
2. 予測の更新(モデル式やパラメータ更新)
3. 叙述シナリオの更新とそれに基づく予測の更新
4. シナリオの開発・利用枠組の刷新

- 国別の人口シナリオと経済発展シナリオについては、基準年変更ならびに過去約10年間の趨勢変化に基づくモデルパラメータ変更を行った改訂版SSPが2024年1月に公開された。
- 基準年変更に伴いCOVID-19とウクライナ侵攻の効果が部分的に反映された。

- 2025.7.16-18のScenarios Forum 2025にて、シナリオ枠組みの刷新の取組みについて初めて提案があった。

気候変動シナリオの「開発・利用枠組の刷新」の動機

- 気候変動の枠を超えた広範な問題での利用ニーズ
 - 生態系・生物多様性
 - より広範な持続可能性に係る問題との同時解決
- 政策無し・気候影響無しのベースライン想定、現実との乖離
- シナリオのコミュニケーションの難しさ（専門家と利用者）
- 公平性が十分明示的に考慮されていない
- 探索的シナリオと目標達成のための規範的シナリオの融和
- 全球規模の叙述と地域コンテクストの連結の困難性
- 国レベルのシナリオの可用性の向上

国内でのシナリオ枠組（コミュニティ共有シナリオ）利用の課題

- コミュニケーション
 - 目的に応じた、シナリオの選び方・作り方・使い方がある。
 - 分析結果だけでなくその前提条件の説明も重要。
- 国内での政策・対策分析に適したシナリオの開発
 - 日本を対象とした共通シナリオの開発・更新・配信
 - 日本特有の問題に係るシナリオの扱い方（例：少子高齢化/過疎）
 - 利用者と開発者の共同作業の促進
- 世界的なシナリオ枠組の構築への貢献
 - 研究力・国際的プレゼンス向上を通じ、国際動向の後追いからリードする側へ
 - モデルエミュレータ、フィードバック、オーバーシュート、ティッピングといった新規あるいは高次の課題への対応
 - 枠組更新への速やかな対応のための実務的工夫
 - Philanthropistの存在感（国際会合の支援等）