

1 気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究 ——総論——

環境研究総合推進費(S-14)
終了評価



PL 東京大学生産技術研究所 沖 大幹

令和2年度環境研究推進委員会S-14専門部会
2020年07月21日、環境再生保全機構東京事務所

研究の背景

💧 緩和・適応策の統合的实施による気候変動対策

❄️ 限られた人的、経済的、組織的資源を緩和策と適応策に
いかに適切に分配するのが良いのか？

➤ “最適汚染レベル”を設定できるのか？

➤ 適応策の費用便益はどうなっているのか？

2013～14年
(IPCC AR5)頃の
行政ニーズ
問題意識

❄️ “ブルーカーボン”の実効性はどうなのか？

➤ 生態系保全は新たな緩和策となり得るのか？

❄️ 地方自治体レベルでどのように実行可能か？

❄️ アジアを中心とする国々に展開可能か？

💧 緩和策と適応策の相乗効果と利害得失

❄️ 適応策と自然災害リスクマネジメントは親和するのか？

S-14の目標

💧 **緩和策と適応策との統合的实施によって復元力に富み、持続可能な社会を構築しようとする施策を国内外で実施するにあたり、投入可能な経済的、人的、制度的資源が限られている条件下で、緩和策、適応策にどのように取り組むことがもっとも効果的かつ効率的であるかに関する定量的基礎資料を整備し、リスクマネジメントとしての気候変動対策の適切な計画立案に貢献する。**

S-14 気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究プロジェクト

テーマ2：生態系保全による緩和策と適応策の統合

- 気候変動と気候変動対策の生態系サービスへの影響評価
- 陸域生態系の強靱化による緩和策、適応策の統合評価
- 緩和策と適応策に資する沿岸生態系機能とサービスの評価
- 緩和策と適応策に資する森林生態系機能とサービスの評価
- 沿岸生態系の緩和・適応策の経済評価

生態系サービスに関する被害関数、適応関数

テーマ3：気候変動に対する地球規模の適応策の費用便益分析

- 気候変動適応策の総合的な費用便益分析と水関連災害の適応策の費用便益分析
- 気候変動による穀物生産への影響評価と適応策の費用便益分析
- 気候変動による健康への影響評価と適応策の費用便益分析
- 気候変動に伴う沿岸地域の脆弱性評価と適応策の費用便益分析

主要なセクターにおける被害関数、適応関数

4：アジアのメガシティにおける緩和を考慮した適応策の実施事例研究

- 緩和・適応統合実施の基本シナリオを考慮した都市気候変動の予測
- 緩和・適応統合実施による都市水害減災評価と費用便益分析
- 緩和・適応統合実施による都市健康影響評価と費用便益分析

アジアのメガシティにおける緩和策、適応策の統合実施の先進事例

注：テーマ2～4の成果が最下段のアウトカムに直接貢献する場合もある。

テーマ1：全体の総括と統合的戦略評価

- 多様な指標による気候変動対策の統合的多面的な評価
- ライフサイクルアセスメントによる気候変動影響評価
- 主観的幸福度なども活用した気候変動対策の費用便益分析

テーマ5：気候変動に対する地球規模の緩和策と適応策の統合的なモデル開発に関する研究

- 応用一般均衡モデルを用いた気候変動緩和策・影響・適応策の経済評価
- 全球物理影響評価モデルを一般均衡モデルと連携させるための理論的・技術的基盤の確立に関する研究
- 計量経済モデルを用いた緩和策と適応策の費用便益に関する研究
- 気候変動に対する実効性ある緩和と適応の実施に資する国際制度に関する研究
- 気候変動に対する効果的な緩和と適応の実施に資するガバナンスと資金メカニズムに関する研究

多様な指標による気候変動対策の費用便益分析手法の構築

社会経済モデルにおける緩和と適応の統合実施の最適政策オプション提示

UNFCCCへの対処

緩和と適応の適切な統合実施

生態系保全による緩和と適応

IPCCへの貢献

気候変動リスク削減、経済発展、生態系サービス維持のバランスの良い達成→世界の福利厚生増進

S-14全体の特徴

- 💧 **主要なセクターの被害関数、適応関数の推計**
 - ❄️ 適応策に関する費用便益分析の基礎情報構築
- 💧 **生態系保全などnon-conventionalな緩和策の有効性、適応策としての効果の検討**
- 💧 **主観的幸福度やDALY、生物多様性や資源などの非伝統的指標による費用便益分析**
- 💧 **社会変化と相俟って深刻な気候変動影響が想定されるアジアのメガシティでの事例研究**
 - ❄️ 緩和策、適応策を考慮した将来の都市気候推計
 - AR7(≠AR6)では都市のSRが作成される方向

気候変動リスク削減、経済発展、生態系サービス維持の バランスの良い達成→世界の福利厚生増進



生態系保全による緩和と適応

緩和と適応の適切な統合実施

LCAの枠組み

主観的幸福度



多様な指標を用いた
気候変動対策の評価

T1

T5

社会経済モデルによる
最適政策オプションの提示



導入

(ジャカルタ)
アジアのメガシティにおける
緩和・適応統合実施の先進事例研究

T4

生態系サービスに関する
被害関数、適応関数

T2

主要セクターにおける
被害関数、適応関数

T3

気候変動影響評価

- 💧 **主要なセクターを網羅**
 - ❄️ **生態系分野をテーマとして独立**
 - ❄️ **水関連災害、穀物生産、健康、沿岸域(テーマ3)**
 - ❄️ **ローカルな影響評価@熱帯途上国都市(テーマ4)**
- 💧 **適応策の費用と効果の定量化**
- 💧 **LCA研究者との協働**
 - ❄️ **気候変動影響の統合化も可能に**
- 💧 **臨機応変な対応**
 - ❄️ **1.5度報告書に貢献する研究も鋭意実施中**

気候・社会経済シナリオに対応した、主要セクターのグローバルな気候変動の影響（金銭換算）と適応費用を推計

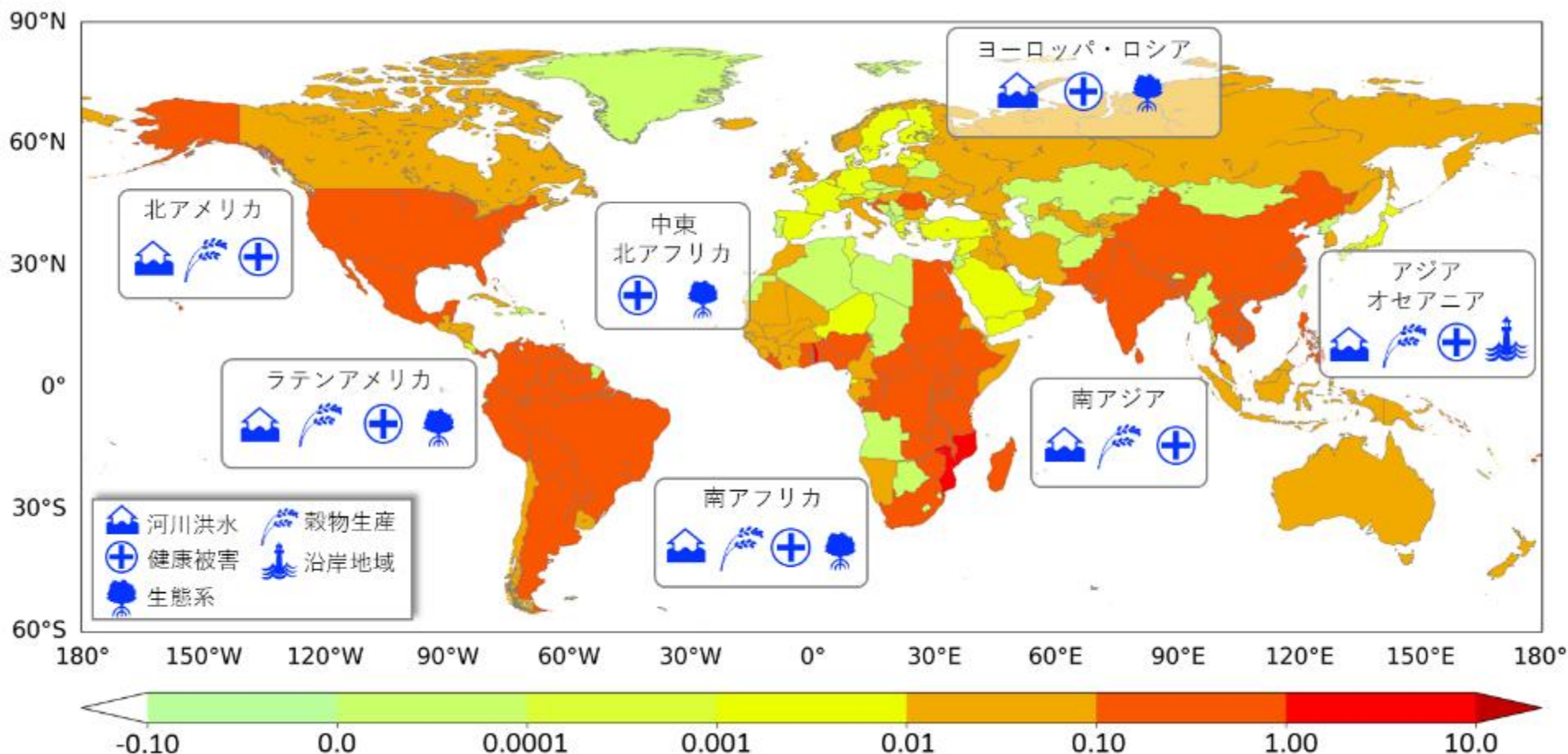
T3



- ❄ 気候変動による被害は、現在気候では年平均6606億ドル
 - ❄ 河川洪水による被害(1432億ドル)、穀物生産の損失(424億ドル)、健康被害(4325億ドル)、沿岸浸水による被害(425億ドル)
 - ❄ 温暖化が進行した将来(2020～2100)は年平均で～7兆6399億ドル
- 日本の年国家予算の1割(633～1115億ドル)を毎年適応策に投資すれば、将来増加する被害分のうち7680億ドル～1兆2845億ドルの被害を減らすことができる。
- 温暖化が進むシナリオでは、適応策が適切に実施された場合でも年平均494～1647億ドルに相当する残余被害が出る(健康以外の合計)。
- ❄ 洪水や沿岸浸水が増加するアジア、穀物収量への温暖化の影響が大きい低緯度熱帯地域に加え、ヨーロッパ、アフリカ、アメリカなどで生態系に深刻な影響が予想される
- グリーンインフラなど他の適応オプションの評価(沿岸地域)、共便益(コベネフィット)の定量化(穀物生産、健康)も実施
- テーマ3のみの適応費用と緩和費用との簡易的な比較も実施



適応を想定した場合における 気候影響のホットスポット



適応後も気候変動による被害が増加するセクター(アイコン)および極端シナリオ(RCP8.5/SSP3)下における河川洪水、穀物生産、沿岸地域分野の適応費用と残余被害の合計(GDP割合[%])

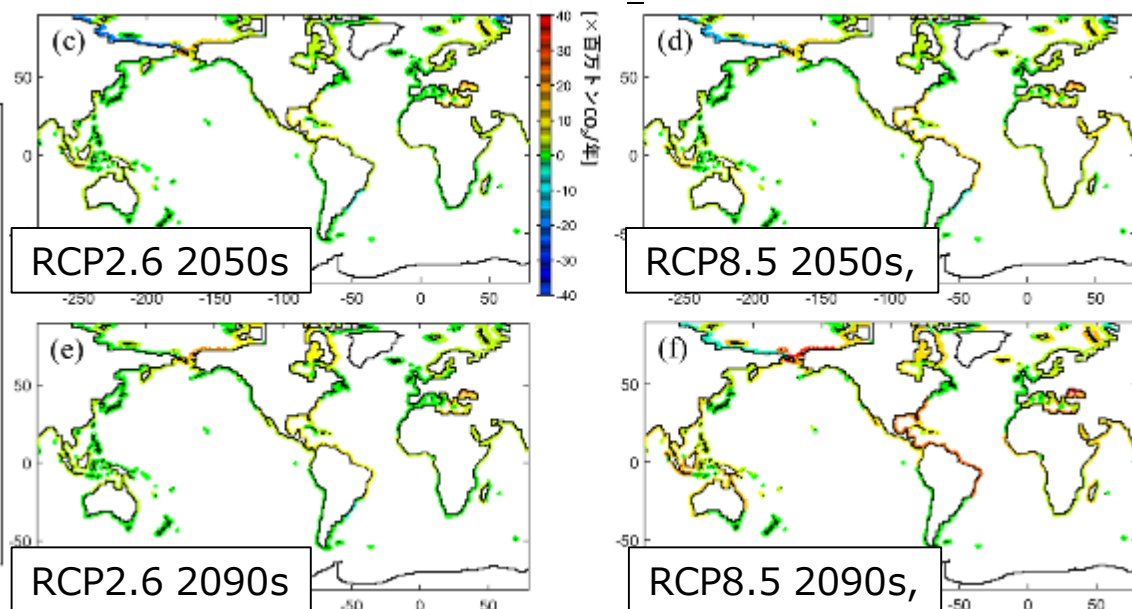
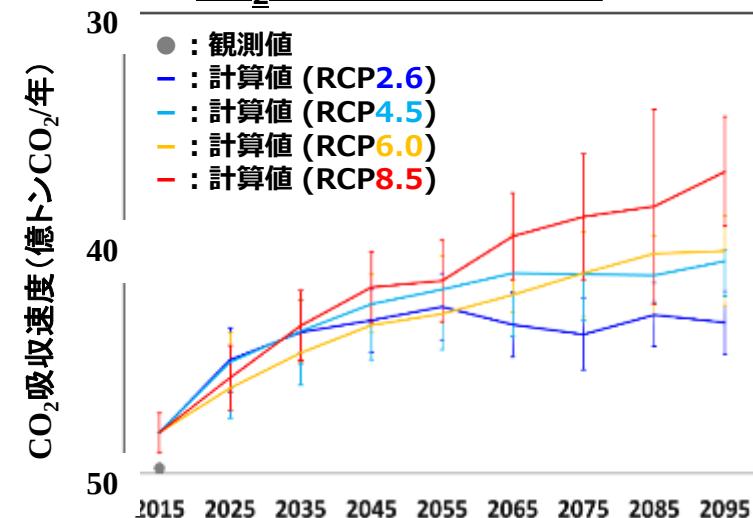
研究成果

◆ 今後の生態系サービス変化の将来予測、全球的及び局所的な緩和策と適応策の両得及び得失相反の関係を明らかにした。

- ❄ 全球の浅海生態系が年間約50億トンのCO₂を吸収する。(Kuwae & Hori (eds), 2018)
- ❄ サンゴの造礁能力が海面上昇に追従し得る。
- ❄ 土地改変による影響を考慮しても、気温上昇を 2 °C以内に抑えることが生物多様性の損失を食い止める上で有効である。(Ohashi et al., 2019, Nature Communications)

浅海生態系の大気-生態系間のCO₂フラックス変化（現在-将来）

浅海生態系の面積変化と
CO₂吸収速度の全球推計

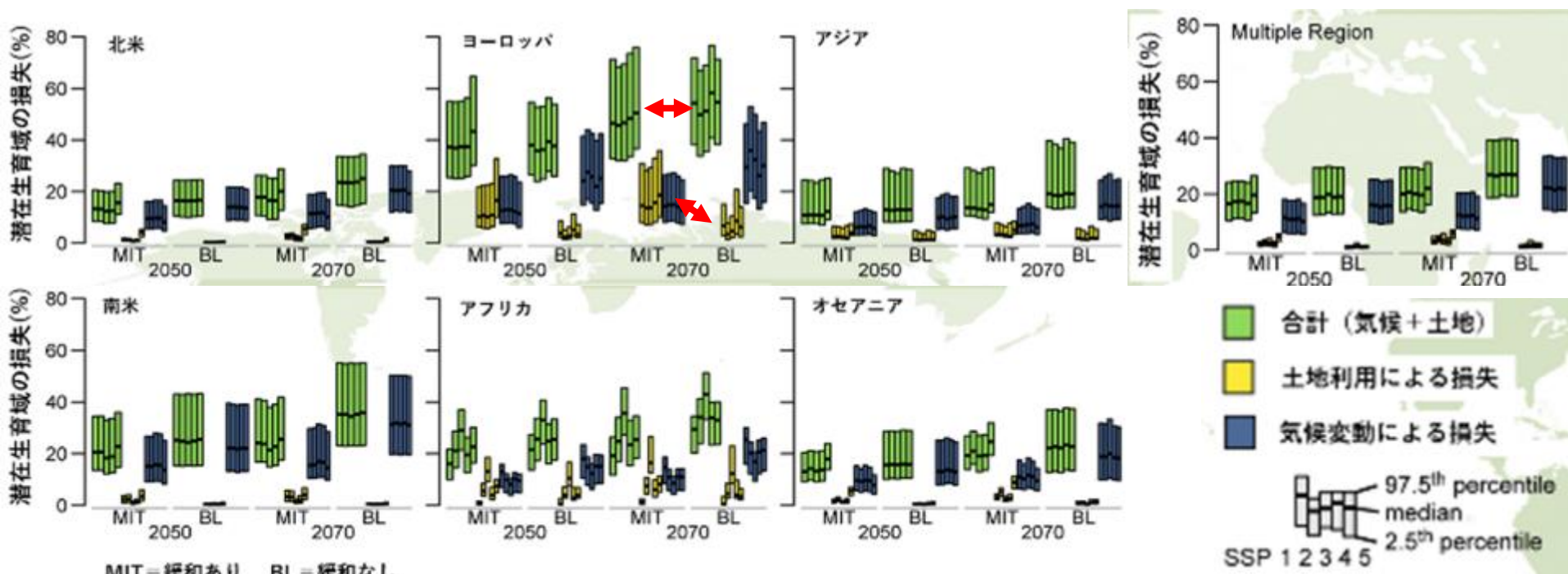




地域別の生物多様性への影響予測 結果 (Ohashi *et al.* 2019より改変)

T2

- ヨーロッパでは、気候変動対策「あり」のシナリオで土地利用による潜在生息域の損失割合が高く、土地利用と気候変動を合計した値も高い

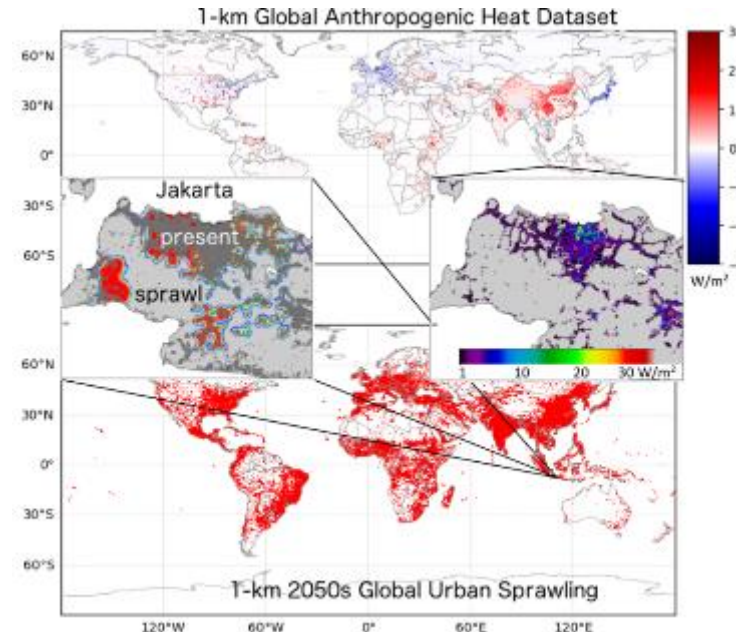




T4

研究成果

- ❖ **アジアのメガシティにおいて緩和を考慮した適応策の事例研究を実施**
- ❖ **世界の大都市における気候変動とヒートアイランドの2つの温暖化を適切に反映した都市気候変動予測を世界で初めて確立。**
- ❖ **都市特有の適応策を定量的に評価する費用便益分析の枠組みを開発。**
- ❖ **特に、これまでほとんど無視されてきた都市健康分野における具体的かつ導入しやすい適応策の、LCAも結び付けた評価を公表し、今後の合理的な適応策設計研究に繋がる道筋を示した。**



現在と2050年の人工排熱の差分の全球データ(1km解像度)

適応策としてのエアコンの導入

エアコンの使用率が低い都市では、エアコンの使用率の向上が直接暑熱影響を軽減する。

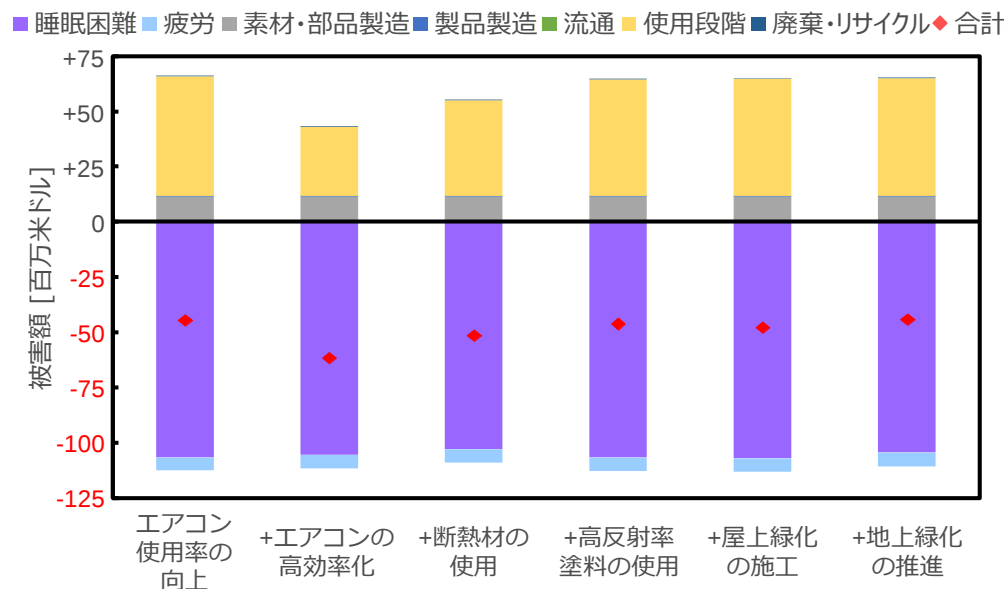
T4



LCAのひとつである被害算定型影響評価手法を用いた評価

✧ ジャカルタにおけるエアコンの使用率向上は、気候変動条件や社会経済条件によらず、エアコンによる睡眠困難や疲労の軽減といった環境影響の削減は、製造に伴う資源消費や使用（電力消費）に伴う気候変動や大気汚染といった環境影響の増大を上回り、社会全体で純便益をもたらす可能性が高い。

✧ さらに高効率エアコンを普及させれば、純便益は1.5倍に拡大。

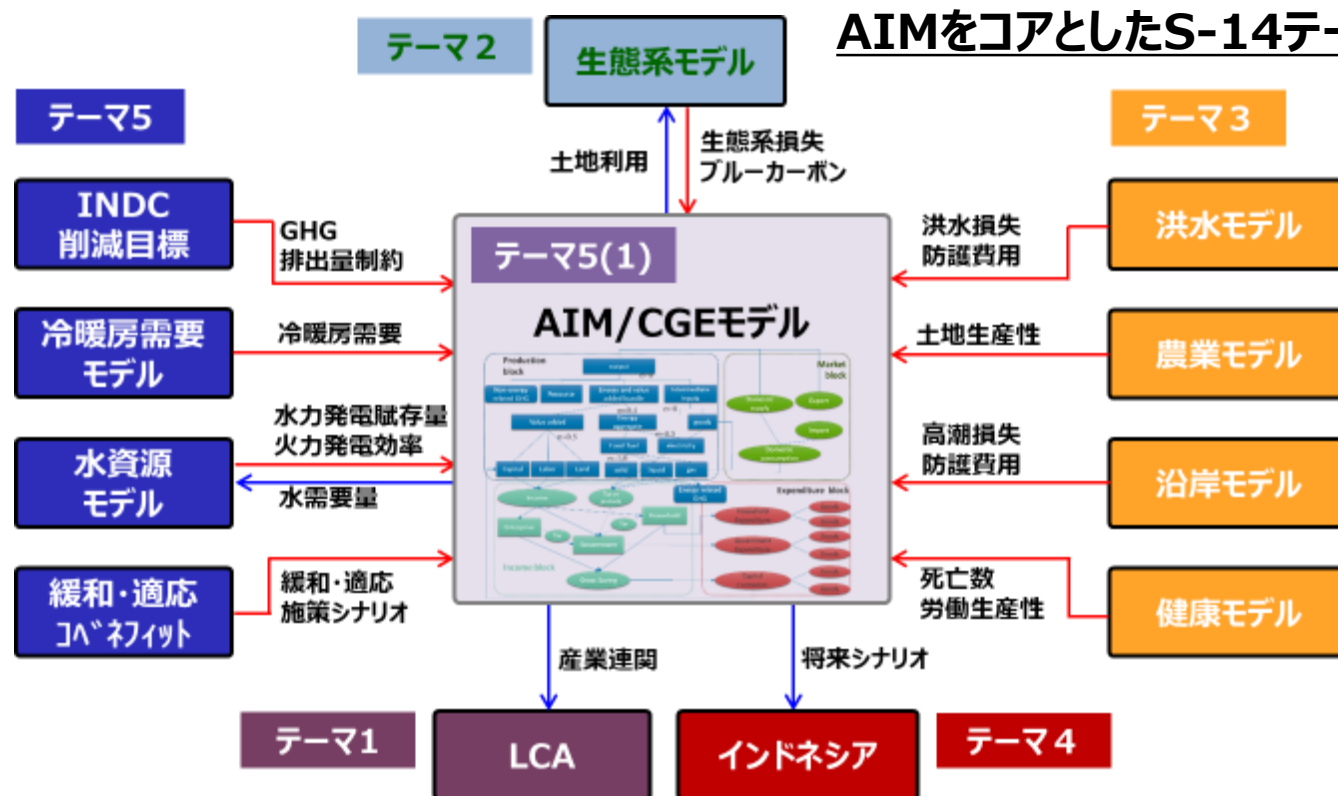


2050年代の最善シナリオにおけるエアコンがもたらす被害額の軽減。



研究成果

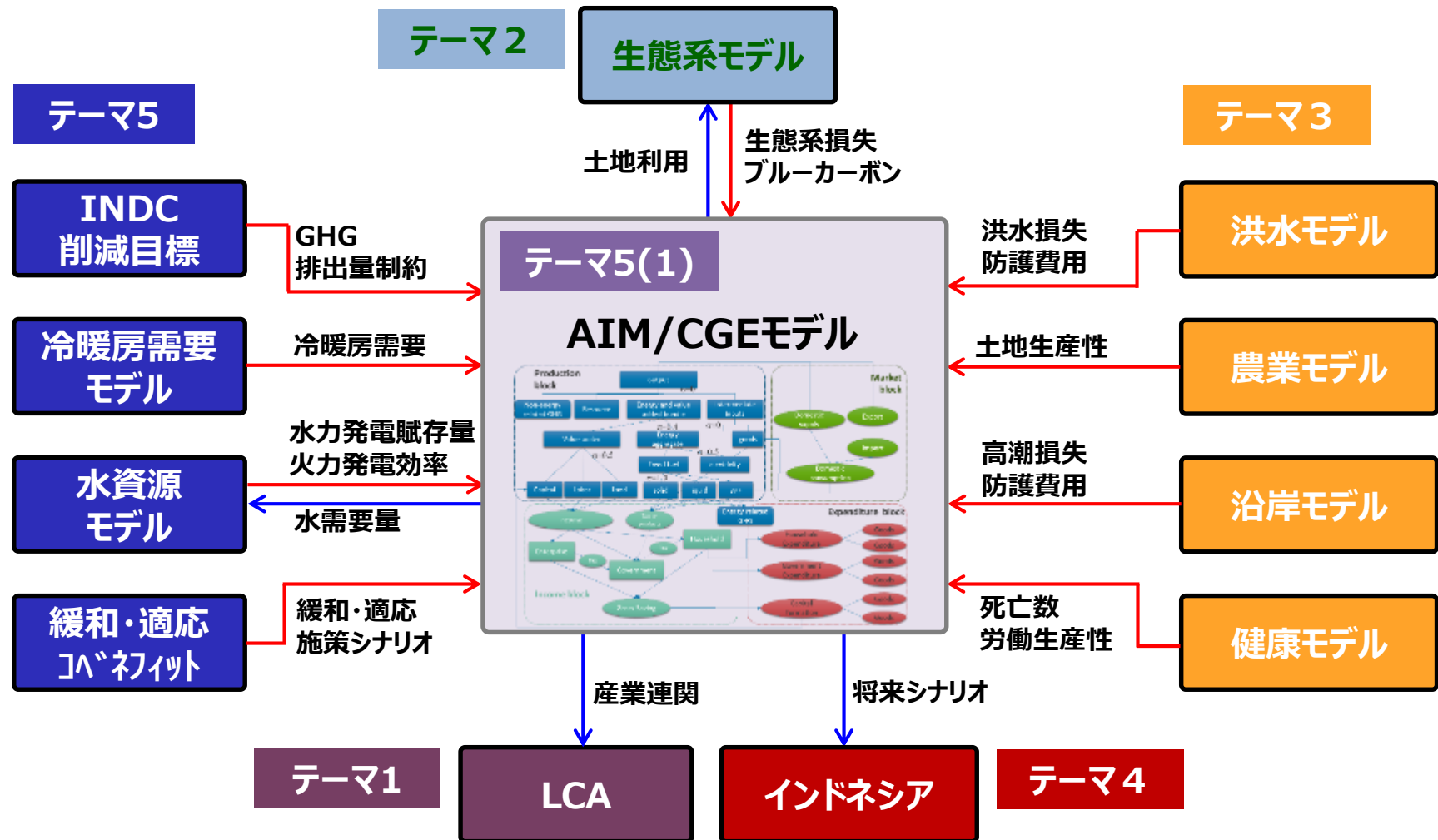
- 複数の社会経済・気候緩和シナリオの下で、複数分野での気候変動影響の評価を実施。各分野ごとに論文掲載するとともに、全体の統合論文については *Nature Climate Change* 誌に掲載された。
- 社会経済シナリオごとに緩和費用等の算出・データ整理を行い、他テーマに対してデータ提供を実施。



AIMをコアとしたS-14テーマ間の連携

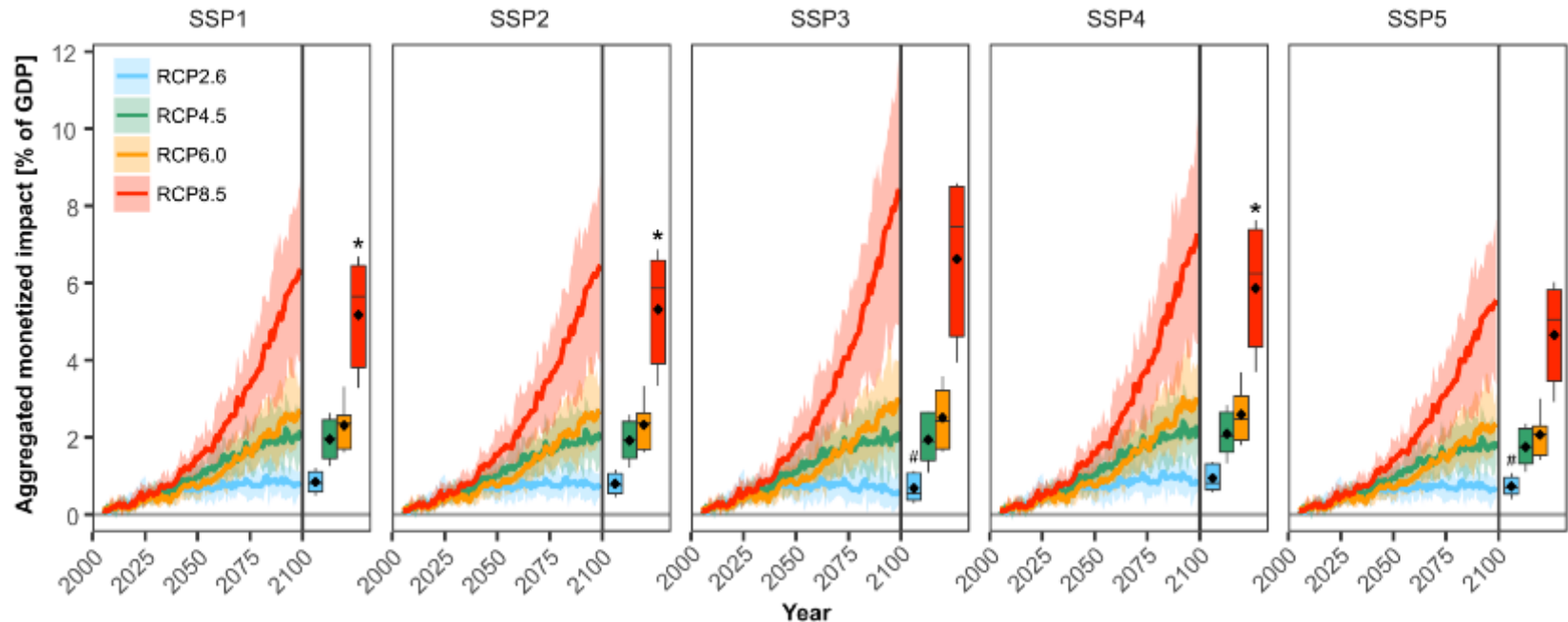
AIMをコアとしたS-14テーマ間の連携

AIM/CGEモデルを中心として、各テーマ・サブテーマからの情報を集約
あるいは、AIM/CGEから各テーマにシナリオ等の情報を提供



気候変動影響の統合的評価

T5



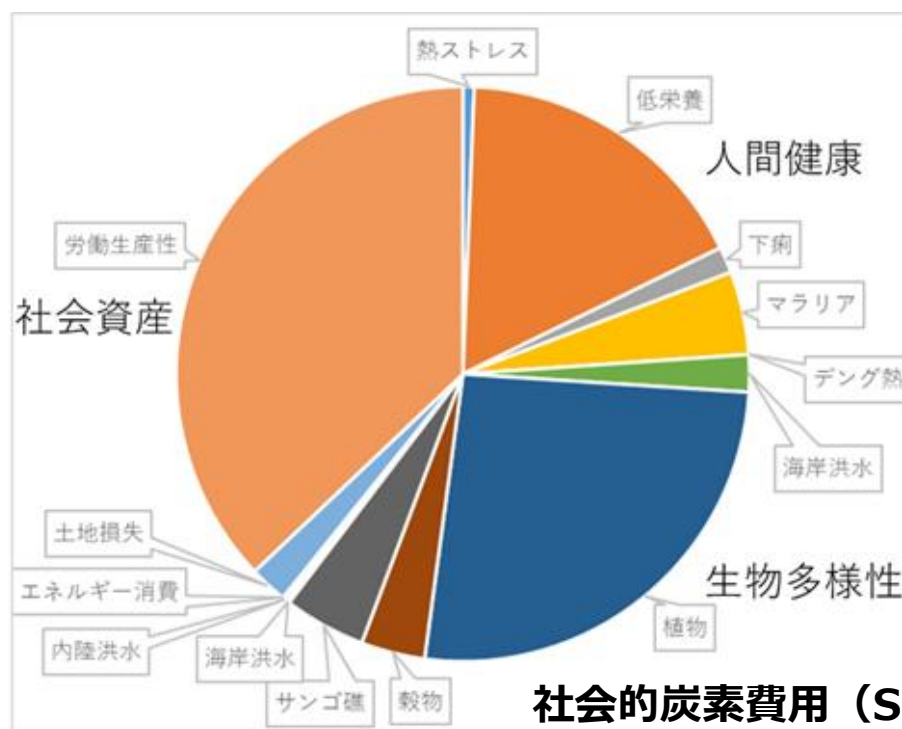
- 気候変動によって影響を受ける主要9分野（農業、飢餓、暑さによる死亡、冷暖房需要、労働生産性、水力発電、火力発電、河川洪水、海面上昇）による影響（被害）を金銭換算することで統合的に評価
- 最悪のケースでは21世紀末に全世界のGDPの6.6 (3.9–8.6)%相当の被害が生じるが、2℃目標を達成し、かつ社会経済状況が改善されれば1%程度以下に抑えられる
 - 気候変動による被害の大きさは、人類が選択しうる要因が決定する



T1

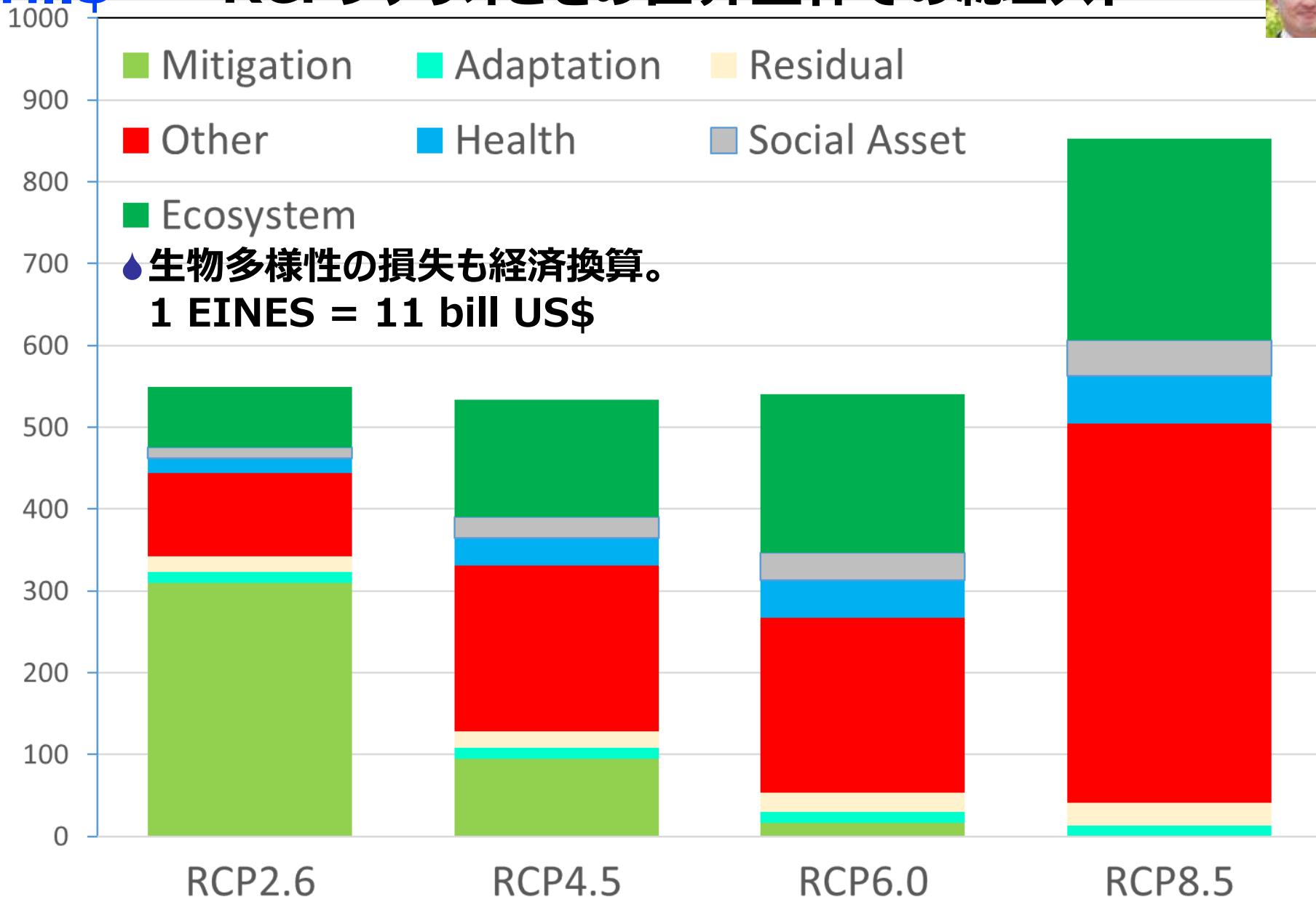
研究成果

- 世界、各国、日本、地方自治体、個人としてどのように緩和策と適応策のバランスをとりつつ気候変動対策に取り組むのが効果的であり効率的であるかを様々な指標に照らして多面的に評価。
- 各テーマの成果を統合して世界で初めて全球における適応コストを推計。AIMやLCAにおいてもこれまで考慮されていなかった部門の計算が実施されるなど、まさに最先端の結果を最終的に取りまとめられた。





RCPシナリオごとの世界全体での総コスト



- 💧 気候変動による被害の増加分を、現在の気候レベルまで低減するためには、世界全体のGDPの0.15%に相当する費用を適応策に毎年投資する必要(最も温暖化が進むシナリオ)
 - ❄️ 地域によっては適応によって被害が大幅に減らせるが適応の限界があるために気候変動による被害の増加をゼロにはできない。適応には可能性と限界がある。
 - ❄️ 気候変動の緩和策や他国の適応策推進支援、複数のSDGs達成に資する環境政策や複合災害を防ぐ政策に貢献する貴重な情報である。
- 💧 生態系サービスの一つである浅海生態系の炭素収支の定量化
 - ❄️ 今後のIPCC等でのブルーカーボンの評価基準作りへ貢献
 - ❄️ 既に本研究成果に基づいた横浜市のブルーカーボン事業をパリ協定の緩和策として評価できるようになる。
- 💧 都市域の気候変動に伴う健康影響
 - ❄️ 直接暑熱影響は経済発展に拘らず増大するが、LCA評価では、「睡眠困難の軽減等の環境影響の削減」>「製造や使用に伴う環境影響の増大」であり、エアコンは社会で純便益をもたらす可能性が高く、適応策としてのエアコンの評価が環境政策策定に貢献する。

環境政策への貢献

- 💧 **最先端の研究を組み込んだ主要9分野について、21世紀末の世界全体での温暖化による経済的影響を推計**
 - ❄ 将来の温室効果ガス排出量や社会的な状況の違いによって、世界全体のGDPの0.8%～6.6%と大きな幅を持つ。
 - ❄ GHG排出削減や社会経済状況の改善など我々人類が選択しうる要因が将来の温暖化によって生じる被害の大きさに対して、大きな影響力を持つことを意味する。
 - ❄ 温暖化による被害を最小限に抑えるには、温室効果ガス排出削減を目標とした取り組みだけでなく、包括的な社会変革が重要である。
- 💧 **日本が年間排出している約10億tのCO₂削減の効果を推計**
 - ❄ 地球全体での平均気温の上昇を約0.0005℃分抑制し、100年間で130～200万人・年分の健康需要の損失と、全世界の30万種の維管束植物のうち1～3種の絶滅を回避できる。
 - ❄ これを金銭換算すると、100年間で約5～9兆円、年間500～900億円相当の損失を回避できる。
 - ❄ このような統合的かつ定量的な評価を用いた緩和策、影響・適応策費用推計と多面的な評価は、行政が気候変動対策の適切な計画立案に際して参照することに貢献する。

活動・成果

	テーマ1	テーマ2	テーマ3	テーマ4	テーマ5	全体
誌上発表（査読有）	53	52	79	43	43	270
誌上発表 （査読に準ずる）	1	1	5	0	4	11
誌上発表 （査読なし）	3	70	14	0	33	120
口頭発表 （学会等）	30	201	120	114	96	561
国民との科学・技術 対話の実施	31	91	18	10	69	219
マスコミ等への公表・ 報道等	12	113	15	4	12	156
国際共同研究等	7	16	7	5	7	42
テーマ別会合	20	10	23	10	19	82
連携会合				行政との対話も実施→		25
全体会合						7