

日本の安全保障における 気候転換リスクの包括的評価

ポイント

- 気候転換リスク＝気候転換現象を含む気候変動全般にかかわるリスク
- 日本の安全保障に対する気候転換リスクを包括的に推計する
 - 気候転換現象を含む様々な将来気候シナリオ、各国の経済成長や人口動態、技術革新と制度改革および、緩和策・適応策に伴う社会変容シナリオを考慮
- 様々なレベルの適応主体を科学的に支援するための仕組み作り
 - 高解像度での将来予測・影響評価結果を統合し、アジア太平洋気候変動適応情報プラットフォーム（AP-PLAT）を通じた政策ツールの公開により政策決定を支援

プロジェクトリーダー候補：東京大学 大学院工学系研究科
社会基盤学専攻 沖 大幹

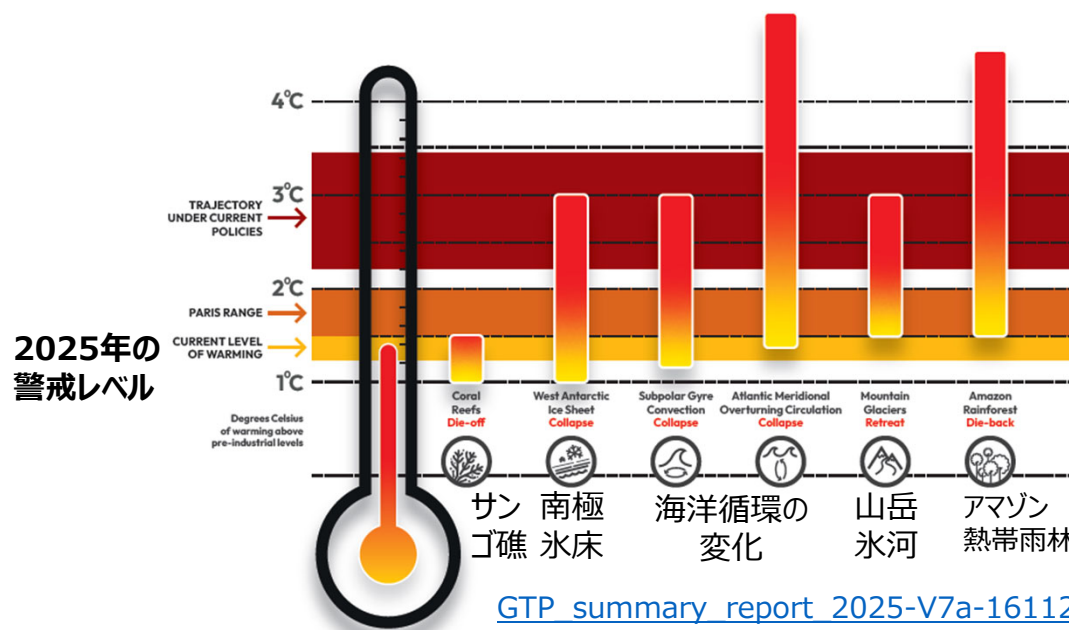
研究の背景

- 気温上昇、豪雨、熱波、干ばつ、熱帯低気圧など極端現象の頻度及び強度が世界的に増加し（IPCC AR6 WGI, 2021）、その影響として**地域的な食料・水資源の不足が国際的な紛争・移民問題を引き起こす可能性がある。**
- さらに、気候変動に伴う平均気温の上昇があるしきい値 **（気候転換点：ティッピングポイント）** を超え**自然システムに急激で不可逆的な変化をもたらす「気候転換現象」が生じる可能性**が指摘されている（IPCC WGII AR6, 2022）。
- **気候転換現象**は食料・水資源の不足、風水害リスクの増加など生活への影響から、国際的な移民・紛争の誘発に至るまで**「気候安全保障（Climate Security）」に直結する問題**

気候転換現象の概念図



地球システムにおける地球温暖化に伴う様々な気候転換現象



研究の必要性

- **気候変動は安全保障・経済・外交を横断する国家的課題。**
 - 気候変動適応計画「気候変動が我が国の安全保障に及ぼす影響等について調査を実施」
- 気候転換現象は、**国際的に議論の重要項目**になる可能性がある喫緊案件
 - IPCC AR7 WG1 にも、気候転換点（ティッピングポイント）に関する章が新設
- 気候転換現象を含むリスクを**体系的に評価した研究は国内で行われていない**
 - 環境研究総合推進費の戦略課題
 - S-5/10/14 (2007-12/12-16/15-19) グローバル気候リスク包括的研究
 - S-4/8/18/24 (2005-09/10-14/20-24/25-29)：日本の気候変動影響評価
 - SⅡ-11(2023-25)：気候転換現象・影響の取り扱いは限定的
 - 文科省気候変動予測先端研究プロジェクト
 - 気候転換現象の影響評価や安全保障は対象になっていない

**気候転換現象を含む気候変動リスクに関する科学的知見を獲得し、
日本の安全保障に及ぼす作用を総合的に評価して、
今後の政策立案に資する科学的基盤を提供する必要性がある**

目的・目標

「気候転換リスク」＝「気候転換現象を含む気候変動リスク」の評価

- 気候転換現象が生じた場合の気候シナリオの作成 《気候転換リスク評価の基盤》
- 日本の気候安全保障への影響の体系的評価 《各テーマ統合》
- 政策立案に資する科学的基盤の整備と将来シナリオ群 《気候変動適応計画・国家戦略》
- 最先端の科学的知見の獲得と国際発信 《UNFCCC・IPCC・IPBES・国際交渉》

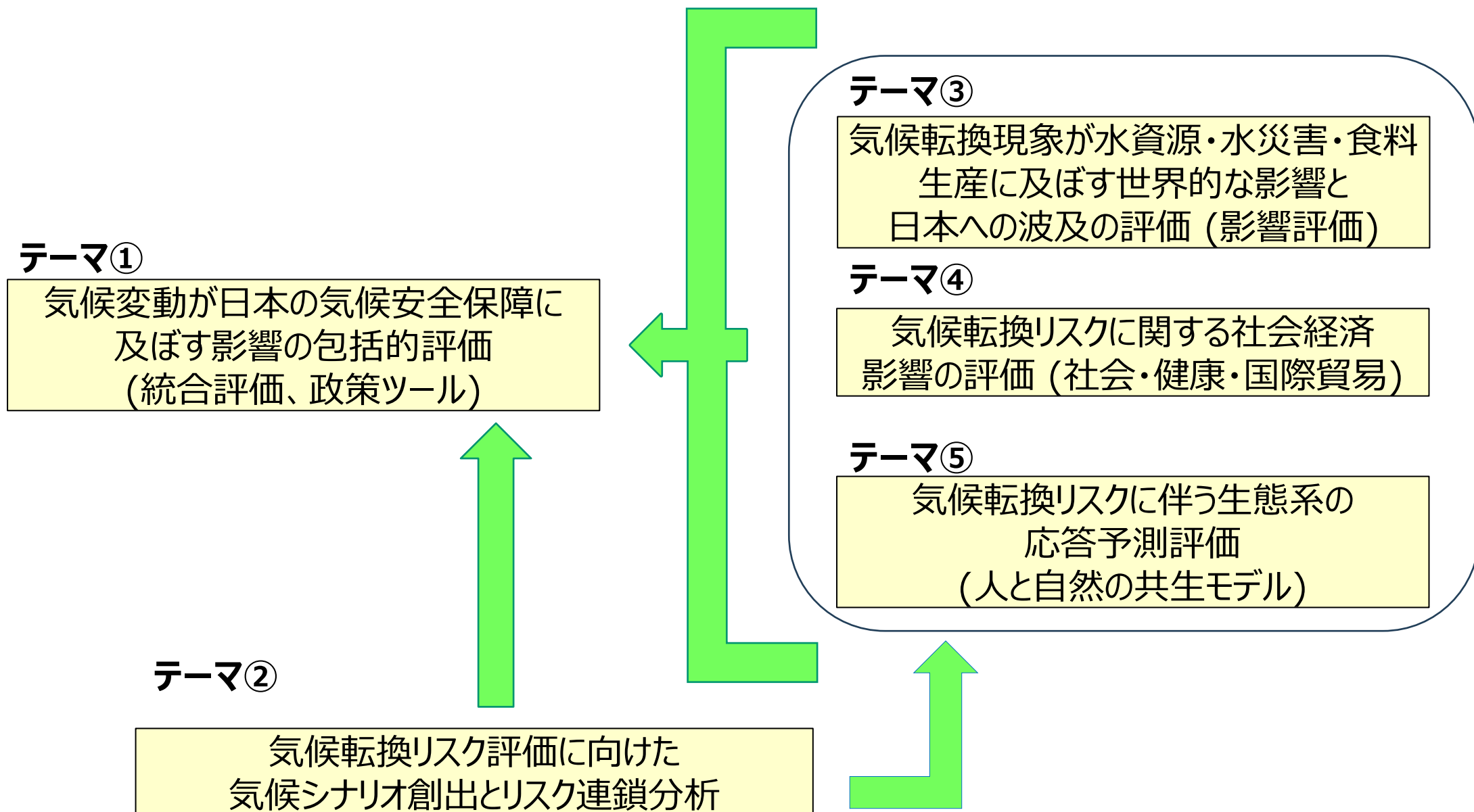


統合的な「気候安全保障の政策評価ツール」をAP-PLATに実装

- 気候・資源・経済・生態・社会を連関的に評価する統合評価フレームワーク構築
 - (1) 気候シナリオとリスク連鎖分析 (テーマ①・②)
 - (2) 水資源・水災害・食料生産・社会経済に及ぼす影響評価 (テーマ③・④)
 - (3) 生態系リスクアトラスと早期警戒指標 (テーマ⑤)
- シナリオ分析・定量モデル・リスクマトリクス・空間データ可視化を統合
- 各テーマの成果をAP-PLAT等で可視化と公開

食料、水資源、生物多様性、経済など多様な政策論点に寄与

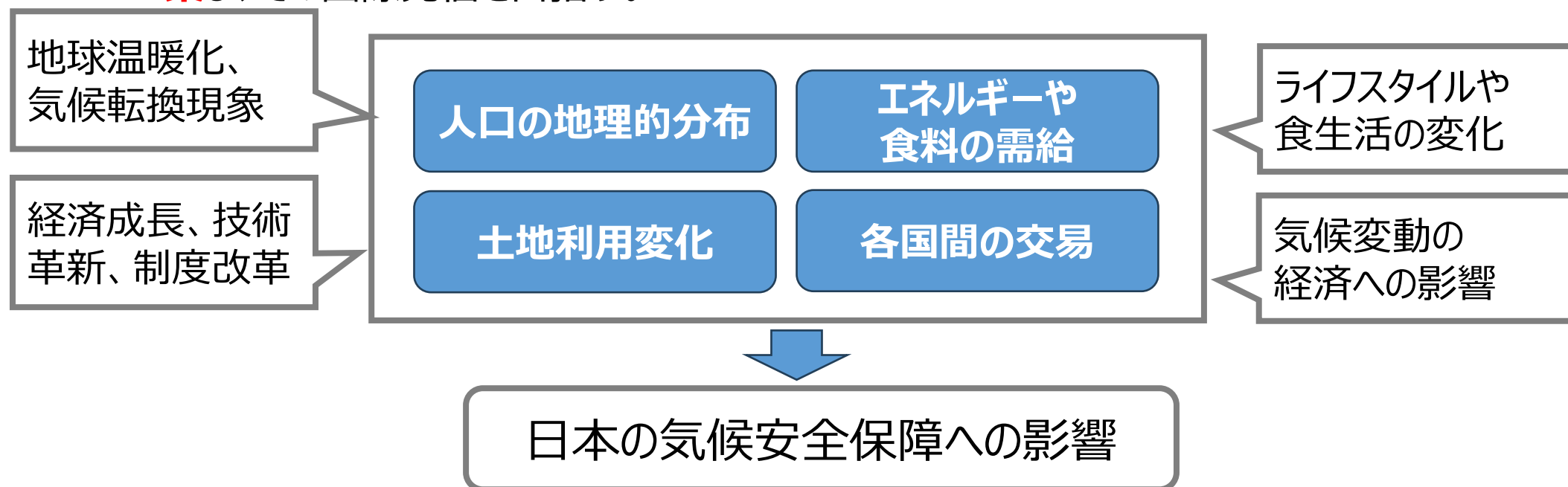
研究構成の考え方



テーマ①：気候変動が日本の気候安全保障に及ぼす影響の包括的評価

目標：気候転換現象が生じた際の、日本の国家安全保障に気候変動が及ぼすリスクを包括的に評価する

- 気候転換現象を含む気候変動に伴い移住を余儀なくされる人口増大などが、我が国の社会安定、統治能力、外交・国際協調に及ぼす制度的影響を分析し、他テーマで扱われる自然科学的・経済的・生態的知見を統合する「**気候安全保障の政策評価ツール**」を構築する。
- さらに、分野横断の対話と知の翻訳を通じ、気候転換現象のリスクを内包した気候安全保障・政策体系の再設計を行い、**持続可能かつ包摂的な気候安全保障の枠組みを提案**し、その国際発信を目指す。



テーマ①：気候変動が日本の気候安全保障に及ぼす影響の包括的評価

テーマ③

水資源・水災害・
食料生産への影響

テーマ④

人間健康や社会・
経済への影響

テーマ⑤

生態系への影響

(3) 気候変動に伴う国際 人口移動推計とその影響評価

インフラ・都市発展を考慮した
人口重力モデル

$$v_i = l_i \sum_{j \neq i}^n A_{ij} P_j^\alpha e^{-\beta d_{ij}}$$

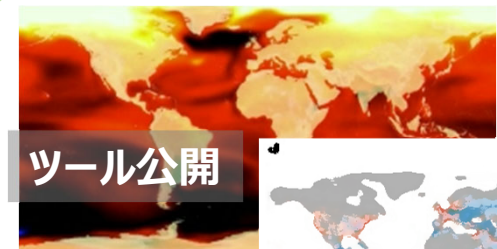


(2) 日本の外交・安全保障への 気候変動リスク評価



資源争奪・健康・経済減退・
多国間枠組の不安定化・移民

(1) 気候安全保障の 政策評価ツールの構築



ツール公開



AP-PLAT

テーマ②

気候転換シナリオと影響の連鎖

もし現在、2050年、2100年に気候
転換現象が生じたらどのような影響？

テーマ②：気候転換リスク評価に向けた気候シナリオ創出とリスク連鎖分析

目標：気候転換リスク評価のための気候シナリオを創出する。気候転換リスクの全体像を示し、リスク連鎖の分析を行う。

- 全球気候/地球システムモデルなどによる「気候転換現象が生じた場合のシミュレーション」
- 全球シミュレーションのバイアス補正とダウンスケーリングにより、全球・日本域の気候シナリオを作成し、テーマ①、③、④、⑤に提供
- 文献調査なども含めて研究知見を統合し、問題の全体像を把握しリスク連鎖を分析

【気候シナリオの開発】

- IPCC 評価報告書で使われる2100年までの温室効果ガス排出・濃度シナリオを利用
- 氷床融解、深層循環の停止、熱帯林や北方林の枯死：「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」を実施
- バイアス補正とダウンスケーリングによって「全球0.5度/日本域1km」の気候シナリオを作成

【知見の統合による全体像の提示とリスク連鎖分析】

- 最先端の文献調査も含めて知見を統合
- 問題の全体像を理解＋リスク連鎖の分析

気候シナリオ
を提供

知見の統合

テーマ①：日本の
気候安全保障

テーマ③：水資源・
水災害・食料

テーマ④：経済・
健康・サプライチェーン

テーマ⑤：生態系・
生物多様性

テーマ②：気候転換リスク評価に向けた気候シナリオ創出とリスク連鎖分析

サブテーマ(1)（総括）：気候転換リスク評価に向けた気候シナリオ創出

- ・ IPCC 評価報告書で使われる2100年までの温室効果ガス排出・濃度シナリオを整備
- ・ 地球システム・全球気候モデルによる「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」の設計・実施
- ・ バイアス補正 + ダウンスケーリング：全球 0.5度 / 日本域 1km の気候シナリオを作成

サブテーマ(2)：気候転換リスク評価に向けた海洋・氷床変動の分析

- ・ 地球システム・氷床モデルによる「気候転換現象が生じた場合のシミュレーション」
- ・ 南極・グリーンランド氷床の不安定融解と海氷の急激融解
- ・ 海洋循環・海洋物質循環の変動

サブテーマ(3)：気候転換リスク評価に向けた大気・海洋・陸域変動の分析

- ・ 地球システム・全球気候モデルによる「気候転換現象が生じた場合のシミュレーション」
- ・ アマゾン熱帯雨林や北方林の移動や枯死と地球システムの変動
- ・ 海洋深層循環の弱化と停止、大気循環・水循環の変動

サブテーマ(1)/(2)/(3)・他のテーマとの連携：全体像の理解・リスク連鎖分析

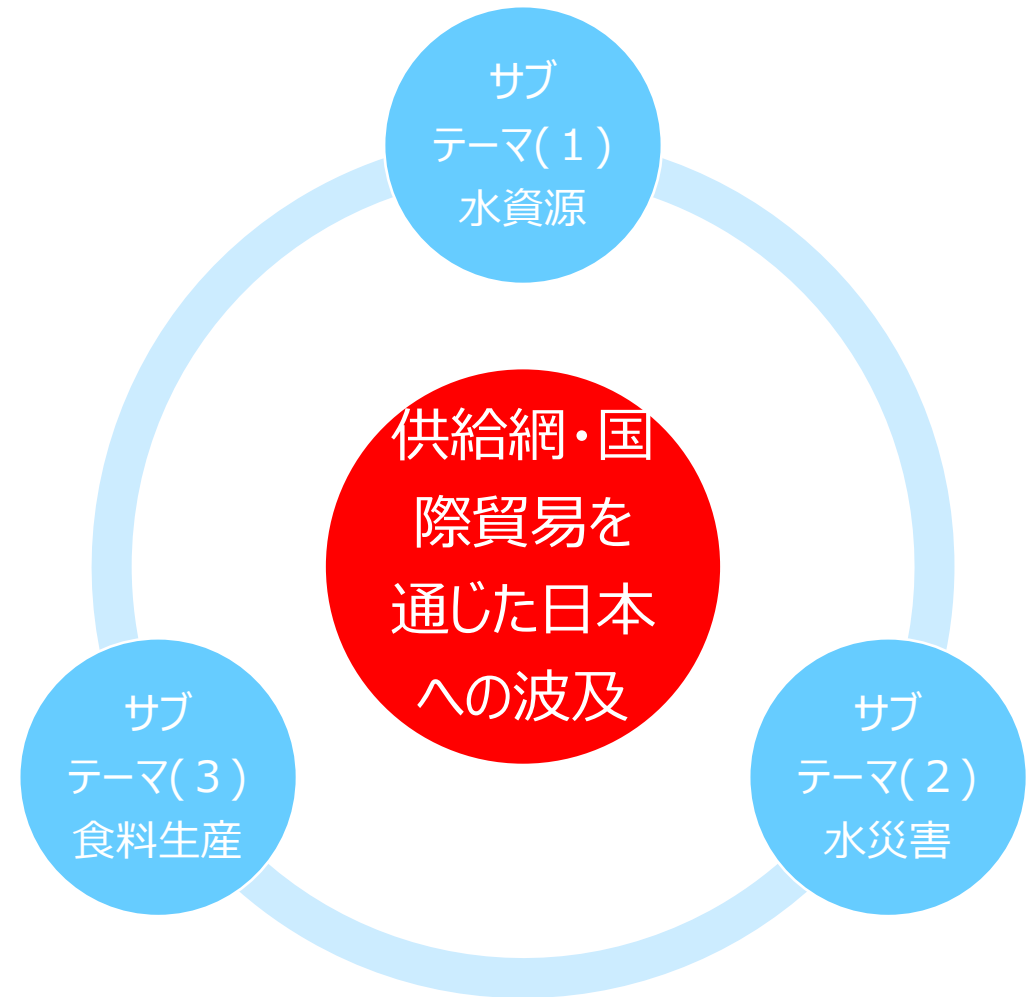
- ・ 研究プロジェクトの知見に加えて文献調査を行い、気候転換リスク連鎖について分析
- ・ 気候転換リスクの全体像を明らかにし、脱炭素社会の重要性を示す

テーマ③：気候転換現象が水資源・水災害・食料生産に及ぼす世界的な影響と日本への波及の評価

概要：気候転換現象が生じた場合の、水資源・水災害・食料生産への世界的な影響と、供給網・国際貿易を通じた日本への波及を総合的に評価

目標：

- 生物物理過程や統計的手法に基づくモデルの開発・整備
- 水資源・水災害・食料生産に関する気候転換リスクデータセットの構築
- 供給網・国際貿易を通じた日本への波及をまとめた資料の作成
- 経済的な分析、特に重要な地域（ホットスポット）の評価、気候変動適応策の効果の評価等



テーマ③：気候転換現象が水資源・水災害・食料生産に及ぼす世界的な影響と日本への波及の評価

気候転換要素



海洋深層循環
停止



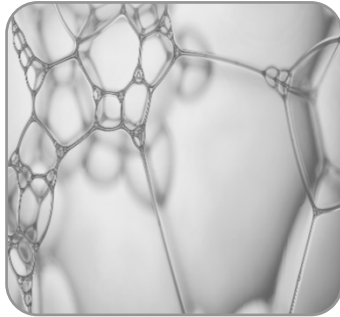
熱帯雨林
枯死



氷床氷河融解



地下水位低下



サブテーマ(1)：水資源

- 生物物理過程あるいは統計的手法による水資源の定量的評価
- 氷河消失や地下水位低下による揚水コスト上昇なども考慮
- 都市スケール評価：都市の水資源量・水利用量とその変動
- 3つのサブテーマの成果の統合と総括



サブテーマ(2)：水災害

- 生物物理過程あるいは統計的手法による水災害の定量的評価
- 直接被害額と適応策による被害軽減効果の推定
- 都市スケール評価：浸水期間と間接被害額の推定



サブテーマ(3)：食料生産

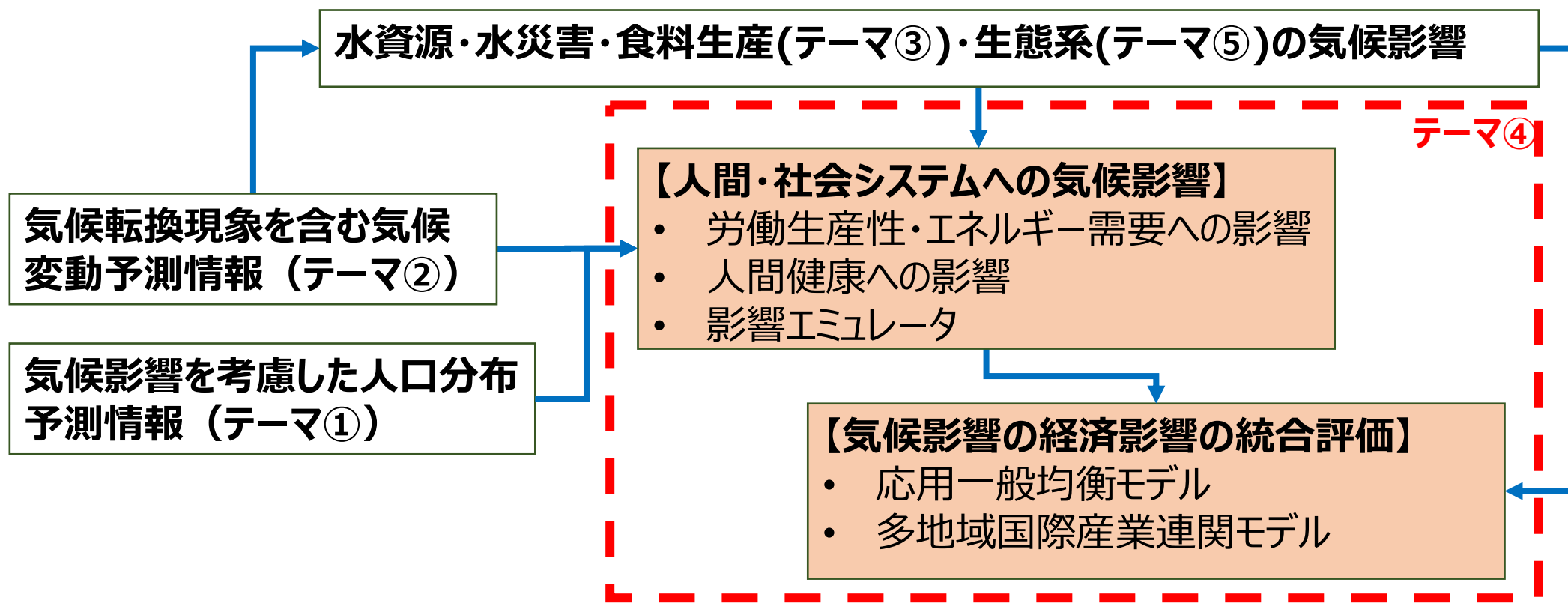
- 生物物理過程あるいは統計的手法による生産性の定量的評価
- 極端現象による生産量の減少の評価
- 貿易モデルを利用した日本への影響の波及の評価

我が国への影響の波及・含意
供給網・国際貿易を通じた

テーマ④：気候転換リスクに関する社会経済影響の評価

目標：気候転換現象を含む気候変動がもたらす人間健康や社会経済への影響を統合的に評価し、経済的側面から気候安全保障を論じる科学的基盤を構築する。

- ・経済・社会・環境影響の統合的評価に基づく気候変動の社会的費用の推計
- ・気候変動による資本減耗、生産性低下、経済成長の変化等を考慮したマクロ経済影響の評価
- ・暑熱ストレス、感染症等による死亡・疾病負荷、労働生産性、医療需要への影響予測
- ・物流拠点やインフラ機能の低下によるサプライチェーン途絶の影響評価



テーマ④：気候転換リスクに関する社会経済影響の評価

サブテーマ(1)：気候転換リスクの経済的費用の統合評価

- ・ 人口分布の将来変化を考慮した気象災害の経済影響評価
- ・ 労働生産性・エネルギー需給に関する気候影響予測
- ・ 既存の影響予測出力（ISIMIP等）も併用した気候経済影響の簡易評価手法の開発

サブテーマ(2)：応用一般均衡モデルによる気候転換リスクの経済影響評価

- ・ 応用一般均衡モデル（世界多地域経済モデル）での気候影響表現の拡充
- ・ 気候変動に伴う適応・被害対応が経済成長に及ぼす蓄積的影響の評価
- ・ 気候影響と気候対策の地域間・世代間公平性への影響評価

サブテーマ(3)：気候転換リスクの健康影響評価

- ・ 気候転換現象を含む気候変動下での暑熱ストレスによる人間健康影響の予測
- ・ 気候転換現象に伴う気温・降雨パターン変化による感染症等健康影響の予測
- ・ 健康リスク管理や適応政策の立案に資する知見の提供

サブテーマ(4)：気象災害に伴うサプライチェーン途絶による経済影響の評価

- ・ 多地域国際産業連関表の拡張による気候影響によるサプライチェーン途絶評価
- ・ 気候変動により脆弱化する物流経路の指摘と対応策の提案
- ・ 気候影響と気候対策が国際交易に及ぼす影響の評価

テーマ⑤：気候転換リスクに伴う生態系の応答予測と評価

気候変動が陸域から沿岸海洋までの生態系に及ぼす帰結を一貫評価し、状態変化・臨界遷移を早期検知

国内	海外
● 森林の植生転換 植物群集の好熱化・分布シフト ● 里地里山の攪乱体制の変化 伝統的管理の衰退と生態系機能への波及 ● 藻場・干潟・沿岸の劣化 海洋熱波と水産資源の応答変化	● 熱帯林の劣化 サバンナや草原化、炭素吸収源の喪失 ● 北方林・ツンドラの枯死・山火事レジーム変化 永久凍土融解を伴う大規模な生態系転換 ● 海域レジームシフト 水産資源の崩壊リスクと食料安全保障への影響

炭素吸収・水循環調整・沿岸防護・食料生産基盤など、生態系機能を社会的影響(NCPs)と結びつけ包括評価

NCPs: Nature's contributions to people (自然の恵み)

長期観測・モデル解析を統合した多層的风险評価の実施



- 統合可視化された生態系リスクアトラスの公開 《海・森林・高山帯》
- 地域社会への影響定量化と優先的適応策の提示 《観光・農林水産業・文化・地域経済》
- アダプティブマネジメントのモデル事例と国際展開 《保全・再生・モニタリング》
- 「地球生態安全保障」の新政策概念の提示 《気候×生態×社会の統合》

気候変動時代における「人と自然の共生」ビジョンの科学的基盤提示

政策へのインプット

- 環境省気候変動影響評価報告書2030、生物多様性及び生態系サービスに関する総合評価2028
- GEO、IPCC、IPBES、IPBES-IPCC合同作業、Future Earth

テーマ⑤：気候転換リスクに伴う生態系の応答予測と評価

サブテーマ(1)：生態系の気候変動応答予測と統合評価

- ・ 陸域生態系の植生転換・攪乱体制の変化をプロセスモデルで予測
- ・ 生物多様性、炭素吸収など生態系機能への帰結を定量化
- ・ テーマ成果を共通の評価軸で接続する統合解析基盤を整備

サブテーマ(2)：生物多様性変化の社会への波及評価と適応・再生策の提示

- ・ 生態観測データに統計モデルを適用した生物多様性・群集構造変化の推定
- ・ NCPs（自然の恵み）への波及と地域社会への影響を関連統計と突合して定量化
- ・ 影響の大きさと対策可能性に基づく優先度評価と地域に即した適応・再生策の提示

サブテーマ(3)：生態系の臨界遷移と崩壊リスク評価

- ・ 海洋生態系・水産資源など、生態系の臨界遷移（レジームシフト）が懸念される事象を対象
- ・ 理論と早期警戒指標を長期モニタリングデータと結びつけ
- ・ 生態系レジリエンスと崩壊リスクを定量的に評価
- ・ 可逆的応答を前提とした従来の資源管理に臨界遷移のリスクを考慮した管理概念を導入



長期生態観測からプロセスモデル・統計モデル・数理モデルを統合した3サブテーマ構成のリスク評価

「気候×生態×社会」を統合する「地球生態安全保障」の提唱と国際発信

期待される成果・政策貢献

- **「気候変動適応計画」や、「気候変動影響評価報告書」の科学的根拠**
 - S-24などのIPCC評価報告書の貢献に向けた研究プロジェクトと連携しつつ
 - ✓ 国内向けには「気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)」、
 - ✓ 国際的には「アジア太平洋気候変動適応情報プラットフォーム(AP-PLAT)」による情報公開。
 - 「気候変動適応地域づくり推進」や「アジア・ゼロエミッション共同体構想」等、国内外に向けた環境省の諸政策の根拠
- **「気候変動を安全保障問題として扱う知的・政策的リーダーシップ」の基盤整備。**
 - 2028年に公開を目指しているIPCC第7次評価報告書への貢献
 - 2030年過ぎには開始が見込まれるIPCC第8次評価報告書作成活動
 - 「気候転換点を含めた気候安全保障の日本モデル」の世界への発信。
- **日本の気候安全保障戦略への科学的基盤提供**
 - IPCC WGI-WGII-WGIIIの横断的な取り組みの実践

新規性・独自性

- これまで十分に扱われてこなかった気候転換現象を中核に据え、その発生メカニズムと影響を、自然科学・経済・社会・政策を横断して統合的に評価する。
- 以下を一体的に実施する。
 - ① 気候転換現象を明示的に組み込んだ気候シナリオ開発
 - ② 水資源・水災害・食料生産・経済・生態系への影響の定量評価
 - ③ 国際貿易やサプライチェーンを通じた波及影響の解明
 - ④ これらを統合した「気候安全保障」の政策評価枠組みの構築
- 従来の漸進的な気候変動影響評価から、非線形かつ不可逆的な変化を前提としたリスク評価へとパラダイムを転換し、気候変動を安全保障・経済・外交を横断する国家課題として扱う新たな学術的・政策的基盤を提示する。