

令和 9 年度戦略的研究開発課題（S-26）の公募方針

1. プロジェクト名：

日本の安全保障における気候転換リスクの包括的評価

2. 研究プロジェクトリーダー：

東京大学 大学院工学系研究科 教授 沖 大幹

3. 研究予算：

年間総額 2.2 億円以内（令和 9 ～13 年度）

※サブテーマ毎の予算は「6. プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成」に記載。

4. 研究期間：

5 年間（令和 9 ～13 年度）

※研究 3 年目に中間評価を行う。

5. プロジェクトの概要

（1）背景と目的

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の最新の評価報告書で示されているように、気温や海面の長期的な上昇や、豪雨、熱波、干ばつ、台風強化などの極端現象の世界的な増加が報告されている。その影響として、地域的な食料や水資源の不足や風水害被害の頻度増加に加え、それらが国際的な紛争・移民問題を引き起こす懸念があり、「気候安全保障(climate security)」(気候変動が国家・社会・人間の安全に与える影響を包括的に捉え、そのリスクに対処するための政策的枠組み)の重要性が高まっている。

さらに、気候変動に伴う平均気温の上昇がある閾値(気候転換点:ティッピングポイント)を超えると地球システムに急激で不可逆的な変化を引き起こし、安定状態から別の安定状態へと変化する「気候転換現象」が生じる可能性が指摘されている。例えば、緯度の割には欧州を温暖に保っている大西洋の南北方向の大規模な海流の停止や、大気と陸面との相互作用によって湿潤に保たれている南米アマゾン川流域の乾燥化に伴う草原化、あるいは氷の太陽光の反射率と標高の高さで保たれている南極やグリーンランド氷床の融解が進行するといった非線形の変化には、気候転換点と呼ばれる閾値の存在が指摘されている。気候転換現象が発生した場合、その影響は社会・経済・産業の広範に及び、社会システムや生態系が期待されている本来の機能を果たせなくなる「リスクの転換点」に到達する可能性が指摘されている。このため気候転換点は、IPCCが現在進めている第7次評価サイクルでも重要な評価トピックとして各国政府が

承認した骨子案に含まれるなど、世界的に関心が高まっている。

そもそも気候転換現象のメカニズムには未解明の点が多いため、定量的・体系的な影響評価は十分に行われてこなかったが、近年、気候モデルや影響評価モデルの高度化により、一部の気候転換現象については、その発生確率と、発生した場合に生じる気候・環境への影響を、モデルを用いて一体的に評価するための科学的基盤が整いつつある。気候変動が資源・食料・災害への影響を通じて地政学的な緊張を高め、逆に地政学的な緊張が国際協調や脱炭素の推進を妨げて気候変動を深刻化させるというように、両者が相互にリスクを増幅させ、気候転換点に到達する恐れが高まる中、日本は気候変動を単なる環境問題ではなく、安全保障・経済・外交を横断する国家的課題として受け止める必要がある。そのためには、気候変動の進行と地政学的な緊張の高まりが同時に進み、資源・食料・エネルギーなどに対する国際協調の前提が揺らぐ国際環境の構造的変化（グローバルな変化）を踏まえつつ、気候転換現象とその影響に関する最先端の科学的知見を世界に先駆けて獲得し、日本の気候安全保障への影響を総合的に評価し、今後の政策立案に資する科学的基盤が必要である。

（２）研究概要

本課題では「気候転換リスク」を、気候転換現象を含む気候変動が人間社会や生態系にもたらすリスクとして定義する。発生可能性は低いが影響の大きい気候転換現象が起こった場合を想定し、気候転換リスクを評価する。気候変動適応法に基づき実施されている気候変動適応計画策定や５年ごとに公表する気候変動影響評価へのインプットを目的として、関係省庁と連携しながらこれまで考慮されていなかった気候転換リスクに伴う我が国への影響の予測や評価、ならびに対策の提案を成果とする。本研究では、極端現象の頻発・激甚化に対する社会・経済・人間健康・生態系などの機能への影響も併せて評価する。上述した研究目的を達成するため、以下の５つのテーマ構成で研究開発を行う。

なお、間接的な影響も考慮するため、気候転換リスクとその将来変化はグローバルに推計し、空間解像度は全球0.5度、都市など高解像度化が適切な地域は0.1度程度、日本などを対象とし必要な場合には1km（あるいは1/120度）程度を基本とする。また、もし現在の社会状況下で気候転換現象が生じた場合に世界がどういう事態に陥り日本にどのような直接・間接の影響が想定されるかに加えて、2050年ならびに2100年時点の気候と社会のシナリオ想定に対する影響評価をプロジェクトで共通の対象時間軸とする。

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

気候転換点を超えると生じる気候転換現象による環境変化は、社会・国家・国際秩序の前提そのものを揺るがし、従来の政策体系では十分に把握できない新たなリスクを生む。本テーマでは、気候変動により移住を余儀なくされるといった効果も考慮

した将来の人口動態が、直接・間接に我が国の社会安定、統治能力、外交・国際協調に及ぼす影響を明らかにする。すなわち、気候転換リスクにかかわる人口移動により、国内的には入管・難民認定・自治体の受入体制などの再検討が必要となる一方で、国際的には人道支援や国際的な枠組みでの協議負担が増える可能性があるなど、国内外の政策制度の運用と設計そのものに及ぶ影響を分析し、他テーマからの成果である自然科学的・経済的・生態的知見を統合して、気候変動が進行しても社会の分断や風水害の増大を抑えつつ持続可能な社会が構築できるようにするための気候安全保障の政策評価に役立つ知見をとりまとめる。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、いわゆる気候転換現象を社会不安や外交リスクを含む国家安全保障上のリスクとして位置づけ、環境・適応・防災・移民・外交政策を横断的に統合し、国際法に基づくルールベースの政策判断に活かすための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。

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

本研究課題では、気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーションにより気候シナリオを創出し、テーマ①、③、④、⑤の影響評価研究に提供する。日本への直接的な影響が懸念される、もしくは日本の社会経済活動と関連の深い地域への影響が大きいと考えられる気候転換現象として、南極やグリーンランドの氷床融解、海洋深層循環の減速や停止、熱帯林や北方林の枯死などに着目する。これらの「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」は、IPCC評価報告書において用いられる2100年までの温室効果ガス排出・濃度シナリオを利用して実施する。さらに、気候転換現象は、社会・生態系に対して複雑な「転換の連鎖」をもたらす可能性がある。このため、最先端の研究に関する文献調査を行い、気候の転換現象と影響の連鎖の全体像を明らかにする。

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

我が国の産業は供給網を通じて世界とつながっている。また、食料自給率はカロリーベースで40%弱であり、多くを海外からの輸入に頼っている。気候転換現象が生じて海外の水資源や食料生産性が激減した際、あるいは水災害の頻度や強度が激増した際には、我が国にも多大な影響が及ぶと考えられる。本テーマでは生物物理過程あるいは統計的手法に基づき、気候転換現象が水資源・水災害・食料生産に及ぼす影響（気候転換リスク）を定量的に世界的に評価する。また、供給網や国際貿易を通じた日本への影響の波及について含意を得る。世界全体の生物物理評価を主軸とするが、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

評価等も可能な限り含め、包括的な評価を実施する。

④ 気候転換リスクに関する社会経済影響の評価

気候変動が我が国の経済安定性に与えるリスクを評価する際には、国内で生じる気候影響の直接的な被害や対策費用のみならず、他国で発生する気候影響が国際貿易やサプライチェーンを通じて波及する効果を定量的に把握する必要がある。さらに、気候転換点を超えた場合には、世界各地で同時多発的に気候・気象の急変が生じ、経済活動が広域的に機能不全に陥るおそれがある。一方で、北極海の海氷の消失により新たな航路が確保され、世界の物流が劇的に変わる可能性もある。こうしたシステム変化が短期間に進行する場合、社会・経済システムの適応余地が著しく制約される可能性も懸念される。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に加え、適応・被害対応に伴うコスト増加や投資抑制による成長機会の損失、熱波や異常気象による労働生産性低下や健康障害など、多面的な経済影響を総合的に評価し、経済安全保障の確保に資する政策的対応を検討する必要がある。以上より、本研究課題では、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の構築を目的とする。

⑤ 気候転換リスクに伴う生態系の応答予測と評価

本テーマでは、気候転換現象が陸域から沿岸海洋までの生態系に及ぼす帰結を一貫して評価し、「地球生態安全保障」という新たな政策概念の提示を目指す。他テーマより提供される高解像度の気候転換現象関連シナリオを活用しつつ、気候変動が生態系に与える影響を評価する。特に、陸域生態系における植生転換や攪乱体制の変化をプロセスモデルにより予測して生態系機能への帰結を定量化し、長期生態観測データから生物多様性・群集構造の変化と自然が人間社会にもたらす恵み（Nature's Contributions to People; NCPs）への波及を推定し、適応・再生策につなげる。さらに、海洋生態系および水産資源を中心に、生態系の臨界遷移（レジームシフト）の早期警戒指標に基づきレジリエンスと崩壊リスクを評価する。これまで個別に扱われてきた生態系の予測・観測・社会経済への帰結の評価を統合解析のもとで接続し、気候転換現象から生態系機能やNCPsへの影響、さらには生態系の臨界遷移に至る因果連鎖を陸域・沿岸を貫いて追跡する。海洋・水産分野では可逆的応答を前提とする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する。国際協働を通じて、保全・再生、気候リスク低減、持続的な資源利用を両立するモニタリング設計と適応的管理のモデル事例を構築し、「地球生態安全保障」のもとに統合・発信して、気候変動時代における人と自然の共生の新たなビジョンを描く。これにより、自然に根差した解決策（Nature-based solutions; NbS）の実現に貢献する。

これらの5つのテーマにおける研究開発を通じ、理論から実践への一貫構造を目指す。具体的には、テーマ①が全体を統括し、これまでも行われてきた気候安全保障の議論を、気候転換現象の観点から深掘りする。ここで構築される理論や、各分野で得られる科学的知見や定量結果を、政策判断や社会的意思決定に結びつける。この際の共通の判断基準・優先順位の考え方である価値枠組みが他の4テーマに共通する評価軸・政策言語となり、各分野の成果を統合する基盤を形成する。

また、テーマ②～⑤が、風水害・気象災害、農林水産業、産業・経済活動、自然生態系という異なるスケールでのリスクを科学的に分析する。具体的には、テーマ②の気候シナリオは変化の引き金を特定し、テーマ③の食料安全保障は国際的依存構造の脆弱性を明らかにし、テーマ④の経済安全保障は企業活動を含む経済活動に係るリスク管理を示し、そしてテーマ⑤の生態系崩壊は地球環境と地域社会の持続性の課題を浮き彫りにする。これらが相互にフィードバックし、リスクの連鎖の包括的な把握を可能にする。

そして各テーマから得られた知見を統合し、「気候安全保障の政策評価ツール」として、気候転換現象の影響に関する知見をアジア太平洋気候変動適応情報プラットフォーム(AP-PLAT)上で公表する。本ツールは、気候・資源・経済・生態・社会の要素を連関的に評価する統合的評価フレームワークに基づき、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組み合わせた総合評価システムとして設計される。これにより、政策・外交・企業戦略への応用可能性を示す。

(3) 成果目標

1) 全体目標

本プロジェクトでは、気候転換現象を含む気候変動の世界的な影響が多様な経路で日本の国民生活・社会経済に及ぼす複合的リスクを総合的に評価し、気候安全保障に関する科学的知識基盤を構築する。気候シナリオ、水資源・水災害・食料生産、社会経済、生態系等にかかわる気候転換リスクのデータを政策決定者や関心のある内外の人々が広く利用できるようにした上で、分野横断的知見を統合し、蓋然性のある適応戦略の選択肢を、トレードオフや相乗効果についての情報と共に提示する評価ツールを構築する。その結果、気候転換リスクに関する新たな知見に基づいて気候変動科学の新たな側面を深化させると共に、適切な政策立案と国際的な政策発信を通じて持続可能かつ強靱な社会形成に貢献する。

2) 個別目標

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

- 各テーマで得られる気候転換現象が生じた場合の自然災害、農林水産業、産業・経済活動、自然生態系等への影響を社会システム全体への影響評価に翻訳し、AP-PLATを通じて「気候転換現象ならびにその影響」についてのリスク連

鎖を体系的に可視化し、評価結果の共有を可能とする。これにより、気候転換現象を含む気候変動リスクマネジメントに資する学術的な根拠を提供する。

- 気候転換現象を含む気候変動によりどのような規模の移住がどのような地域間で生じるのか、それらによって日本にどのような影響が波及すると想定されるかを体系的に明らかにし、国際人口移動の急増に対する日本の受入・統治・社会統合体制への含意を明らかにする。
- 気候転換現象が発生した場合の資源争奪や多国間枠組みの不安定化といったこれまで想定が不十分であった地政学的影響を特定し、国際秩序及び国際協調メカニズムの機能不全が、気候転換現象を含む気候変動を通じて日本の外交・安全保障に及ぼすリスクを抽出する。

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

- IPCC評価報告書において用いられている2100年までの温室効果ガス排出シナリオを利用し、南極やグリーンランドの氷床融解、海洋深層循環の減速や停止、熱帯林や北方林の枯死などに関して「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」を実施する。
- 「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」結果のバイアス補正・ダウンスケーリングにより、気候転換リスク評価を行うための気候シナリオを創出する。
- 本課題の分析によって得られた知見に加え、文献調査により最先端の知見を総合的にまとめ、気候転換リスクの全体像とリスク連鎖について示す。

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

- 気候転換現象をグローバルに分析するための生物物理過程や統計的手法に基づく水資源・水災害・食料生産モデルを開発・整備する。
- 気候転換現象に関するシナリオに基づいてシミュレーションを行い、水資源・水災害・食料生産に関するグローバルな気候転換リスクデータセットを構築する。
- 水資源・水災害・食料生産に関するグローバルな気候転換リスクデータセットに基づき、供給網や国際貿易を通じた日本への波及をまとめた資料を作成する。
- 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を行い、査読論文、IPCC等の国際的な評価報告書への知見提供、国際機関・研究ネットワークとの政策対話を通じて発信する。

テーマ④ 気候転換リスクに関する社会経済影響の評価

- 気候転換現象を含む気候変動がもたらす経済・社会・環境影響を統合的に評価し、気候変動の社会的費用を推計する。その過程において、簡易影響被害費用

評価ツールを拡充・公開する。

- 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および温室効果ガス排出の社会的費用を評価する。
- 暑熱ストレス、感染症等による死亡・疾病負荷、労働生産性、医療需要への影響を予測し、健康影響およびその経済損失を評価する。
- 気象災害による生産可能量の変化や物流障害の影響を定量化し、企業・産業・国際貿易を通じた経済的リスクを評価する。

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

- 陸域生態系における植生転換や攪乱体制の変化を、気候・土地利用シナリオを入力とするプロセスモデルで予測し、生物多様性、炭素吸収・水循環などの生態系機能への帰結を定量化する。
- 長期生態観測データに統計モデルを適用して生物多様性と群集構造の変化を推定し、自然がもたらす恵み（NCPs：食料生産基盤・水・文化的価値等）への波及を評価する。あわせて、生態系の劣化が地域社会・観光・農林水産業・文化・地域経済などに及ぼす影響を定量化し、優先度に基づく適応・再生策を提示する。
- 海洋生態系や水産資源などを中心に、生態系動態の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評価する。国際共同研究を展開し、保全・再生、気候リスク低減、持続的な水産資源利用を両立するモニタリング設計と適応的管理のモデル事例を構築する。
- 以上を統合し、気候・生態・社会を貫く「地球生態安全保障」という新たな政策概念を提示するとともに、生態系のレジリエンス指標と臨界遷移（レジームシフト）の早期警戒指標を含む実装可能な提言として国際的に発信する。

6. プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成

本プロジェクトは、以下の5つのテーマ構成とし、各テーマの下にサブテーマを設けて、各テーマ及びサブテーマ研究者が一体的に研究を実施する。課題代表者とテーマリーダーは、研究フレームワークの検討、アウトリーチ活動の推進、データの共有と相互検証など本プロジェクト全体に係る調整を行う。全体構成及びテーマ・サブテーマ間の関係については、概要資料も参照のこと。

URL : <http://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/>

研究提案の公募は、各テーマのサブテーマ(2)及び(3)（テーマによっては(4)も含む）について行う。

（留意事項）

- サブテーマのうち、各テーマの「サブテーマ(1)」は、テーマリーダーが担当し、テーマの総括を行うため公募は行わない。

- テーマリーダーが担当する【総括】サブテーマ(1)は各テーマ全体の総括班として機能し、サブテーマ間の研究調整・進捗管理を担当する。
- 研究提案は、【総括】サブテーマ及びその他の【公募】サブテーマと研究内容が連携する必要がある。
- 各サブテーマの研究代表者は、研究プロジェクトリーダー及びテーマリーダーの指示のもとで、他テーマ、サブテーマの研究者と緊密に連携し、一つの研究プロジェクトを構成する研究活動として研究を実施する。
- サブテーマリーダーは、応募したサブテーマの内容及びヒアリングの審査過程での連絡・対応について、総括的な責任を持つ。

研究提案を行う申請者は、テーマリーダーに連絡をして提案内容（申請書、ヒアリング審査資料）についてテーマに沿った内容かどうか確認できる。確認のあった提案内容（申請書、ヒアリング審査資料）について、テーマリーダーはプロジェクトリーダーと相談の上、申請者にコメントを回答する。テーマリーダーの連絡先は、下記までメールにて問い合わせること。

環境省地球環境局総務課気候変動科学・適応室（TEK10U@env.go.jp）

各テーマ及び公募するサブテーマの構成

テーマ名 及び テーマリーダーの担当するサブテーマ	公募を行うサブテーマ
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 サブテーマ(1)：気候安全保障の政策評価ツールの構築（2,379 万円以内）	サブテーマ(2)：日本の外交・安全保障への気候変動リスク評価（650 万円以内） サブテーマ(3)：気候変動に伴う国際人口移動推計とその影響評価（1,001 万円以内）
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)：気候転換リスク評価に向けた気候シナリオ創出（1,690 万円以内）	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（1,404 万円以内） 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（1,404 万円以内）
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 サブテーマ(1)：気候転換現象が水資源に及ぼす世界的な影響と日本への波及の評価（1,495 万円以内）	サブテーマ(2)：気候転換現象が水災害に及ぼす世界的な影響と日本への波及の評価（1,495 万円以内） サブテーマ(3)：気候転換現象が食料生産に及ぼす世界的な影響と日本への波及の評価（1,495 万円以内）

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（1,495 万円以内）	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（1,001 万円以内） サブテーマ(3)：気候転換リスクの健康影響評価（1,001 万円以内） 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（1,001 万円以内）
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（1,885万円以内）	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（1,300万円以内） サブテーマ(3)：生態系の臨界遷移と崩壊リスク評価（1,300万円以内）

(1) 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

テーマリーダー： 沖 大幹（東京大学 大学院工学系研究科 教授）

成果目標

本研究では、気候転換現象を含む気候変動がもたらす自然環境・経済・生態系への影響に加え、国際人口移動や地政学的変化を通じて発生する社会・制度・外交上のリスクを統合的に評価できる「気候安全保障の政策評価ツール」を開発し、科学的根拠に基づく政策立案を支援する。具体的には、気候転換リスクに関連する人口移動や国際秩序の変容が日本の行政制度、社会統合、外交・安全保障政策に及ぼす影響を定量的・定性的に評価し、複数の将来シナリオに対する気候変動リスクを明らかにする。さらに各テーマの研究成果を統合し、気候安全保障に関心のある政策担当者が気候変動予測情報や影響指標の地理空間的な可視化、さらにはシナリオ別のリスクの連鎖構造や政策介入効果の把握ができる評価基盤をAP-PLAT上に構築し、今後の気候安全保障政策の立案・評価に資する科学的知見を提供する。

研究概要

本テーマでは、気候転換リスクに伴い移住を余儀なくされる人口の増大によって、国内的には入管・難民認定・自治体の受入体制などの行政制度の見直しが求められたり、国際的には人道支援や国際的な枠組みでの協議負担が増えたりするなど、国内外の政策制度の運用と設計そのものに及ぶ影響を分析し、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、気候転換現象を含む気候変動を社会不安や外交リスクを含む国家安全保障上のリスクとして位置づけ、環境・適応・防災・移民・外交政策を横断的に統合し、国際法に基づくルールベースの政策判断に活かすための評価・意思決定の枠組みを提案し、その国際発信を目指す。

【総括】サブテーマ ①-(1)：気候安全保障の政策評価ツールの構築

本サブテーマでは、各テーマの研究の成果を統合し、気候転換現象を含む気候変動に伴うリスク連鎖などの知見を可視化する「気候安全保障の政策評価ツール」を構築する。具体的には、気候転換現象を含む気候変動の将来シナリオ、それに伴う気象災害リスクの変化や、農林水産業、経済活動、生態系等に対する影響に関する知見を統合し、AP-PLATを通じてリスク評価結果を共有・可視化するとともに、政策判断や適応戦略の策定に資する学術的知見を統合的に提供する。

【公募】サブテーマ ①-(2)：日本の外交・安全保障への気候変動リスク評価

本サブテーマでは、気候転換現象を含む気候変動による資源争奪、多国間枠組みの不安定化、国際協調メカニズムの機能低下など、従来十分に想定されてこなかった地政学的影響を分析する。特に、気候転換現象が発生した場合の資源・食料・エネルギーを巡る競争の激化や、移住を余儀なくされる人口の増加に伴う多国間枠組みの不安定化といった新たな地政学的影響を特定するとともに、国際法に基づくルールベースの国際秩序及び国際協調メカニズムの機能不全が、日本の外交・安全保障に及ぼす新類型のリスクを抽出する。これにより、日本の外交・安全保障に及ぶ新たなリスクを体系的に抽出し、政策実務の観点と最新の関連学術動向や国際秩序の変化を踏まえて、気候安全保障政策や外交戦略に資する学術的知見を提供する。

【公募】サブテーマ ①-(3)：気候変動に伴う国際人口移動推計とその影響評価

本サブテーマでは、気候転換現象を含む気候変動やそれに伴う海面上昇を考慮して世界各国における将来の人口動態を推計し、その日本への波及効果を評価する。特に、入管・難民認定、自治体の受入等への負荷を分析し、従来の災害移民想定を超える規模・速度の移住に対する制度的脆弱性を可視化して、持続可能な社会統合政策の検討に資する知見を創出する。

(2) 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 テーマリーダー： 横畠 徳太（国立環境研究所 地球システム領域 主席研究員）

成果目標

本テーマでは、気候転換リスクを評価するために必要な気候シナリオを創出する。発生確率は低いが影響の大きい気候転換現象のリスク評価に資するため、地球システムを表現するさまざまな数値モデルを利用し「気候転換現象が起こった場合のシミュレーション」を実施する。日本への直接的な影響が懸念される、もしくは日本の社会経済活動と関連の深い地域への影響が大きいと考えられる気候転換現象として、南極やグリーンランドの氷床融解、海洋深層循環の減速や停止、熱帯林や北方林の枯死などに着目する。気候転換現象が生じた場合のシミュレーション結果の誤差の補正・高解像度化（ダウンスケーリング）により気候シナリオを創出し、他テーマに提供する。さらに、気候転換リスクは、社会・生態系に対して複雑な影響の連鎖をもたらす可能性がある。このため、最先端の研究に関する文献調査を行い、気候の転換現象の全体像とリスク連鎖について分析し、結果をテーマ①に提供する。

研究概要

IPCC評価報告書で利用される2100年までの温室効果ガス排出・濃度シナリオを

利用し「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」を行う。数値シミュレーション結果のバイアス補正・ダウンスケーリングにより気候シナリオを創出し、他テーマに提供する。本研究課題で取り扱う気候転換現象は、相互に深く関連しうる。このため、関連するテーマ・サブテーマ間で連携・協働し、気候転換リスク評価に向けた気候シナリオの創出を進める。さらに、文献調査によって、気候転換リスク全体像を把握し、リスク連鎖について分析する。

【総括】サブテーマ ②-(1)：気候転換リスク評価に向けた気候シナリオ創出

「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」の実施のため、IPCC評価報告書で活用されるモデル比較プロジェクト（CMIP）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する。この温室効果ガス排出・濃度シナリオを利用した「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」の実施方法を、他のサブテーマと協力して設計する。サブテーマ②-(2)および②-(3)で得られる数値シミュレーションの結果に対するバイアス補正・ダウンスケーリングにより気候シナリオを創出し、他のテーマに提供する。さらに、最先端の研究の文献調査を行い、他サブテーマおよび他テーマと協力しつつ、気候転換リスクの全体像の把握とリスク連鎖の分析を行う。

【公募】サブテーマ ②-(2)：気候転換リスク評価に向けた海洋・氷床変動の分析

地球システムモデルや氷床モデルなどのプロセスベースの数値モデルを利用して、気候転換現象が生じる場合の数値シミュレーションを行う。この際、サブテーマ②-(1)によって提供される温室効果ガス排出・濃度シナリオを利用する。本サブテーマでは、南極やグリーンランドの氷床融解、海洋循環・海洋物質循環の変動などが関連する「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」を行う。数値シミュレーションの結果のサブテーマ②-(1)への提供により、気候転換リスクを評価するための気候シナリオの創出を行う。

【公募】サブテーマ ②-(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

全球気候モデルや地球システムモデルなどのプロセスベースの数値モデルを利用して、気候転換現象が生じる場合の数値シミュレーションを行う。この際、サブテーマ②-(1)によって提供される温室効果ガス排出・濃度シナリオを利用する。本サブテーマでは、熱帯林や北方林の枯死、海洋深層循環の弱化和停止、大気循環・水循環の変動などが関連する「気候転換現象が生じた場合の数値シミュレーション」を行う。数値シミュレーション結果のサブテーマ②-(1)への提供により、気候転換リスクを評価するための気候シナリオの創出を行う。

(3) 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

テーマリーダー：花崎 直太（国立環境研究所 気候変動適応センター 室長）

成果目標

本テーマでは、気候転換現象を含む気候変動が生じた際の水資源・水災害・食料生産に及ぼす世界的な影響と日本への波及を評価する。まず、気候転換現象をグローバルに分析するための生物物理過程や統計的手法に基づく水資源・水災害・食料生産モデルを開発・整備する。次に、気候転換現象に関するシナリオに基づいてシミュレーションを行い、水資源・水災害・食料生産に関するグローバルな気候転換リスクに係るデータセットを構築する。最後に、これらのデータセットに基づき、供給網や国際貿易を通じた日本への波及を水資源・水災害と食料生産との連関(nexus)という視点からまとめた資料を作成する。

加えて、国際的にも関心の高い当該テーマについて最先端の研究を行う。上記のモデル・データセットに関する研究に加え、開発経済的な分析、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を行い、論文等に公表する。

研究概要

日本の産業活動と消費行動は海外と密接に結びついている。また、我が国の食料自給率はカロリーベースで40%弱であり、食料の多くを海外からの輸入に頼っている。気候転換現象が生じて海外の水資源・水災害・食料生産が激変した場合は、我が国にも多大な影響が及ぶと想定される。

本テーマではあらゆる産業活動に不可欠な水資源、生活・生産の基盤を脅かす水災害、人間の生存に不可欠な食料に焦点を当て、氷床の融解・海洋深層循環停止・熱帯雨林の枯死等の気候転換現象が発生した際の世界的な影響を、生物物理過程あるいは統計的手法に基づき、定量的に評価する。また、生物物理学的な側面に加え、水災害や食料生産性の低下に対する被害額や地下水位が低下しすぎて揚水コストが見合わなくなるといった社会経済的側面も考慮し、安定的・持続的な水資源供給・水災害防御・食料生産が期待できなくなる条件等を明らかにする。さらに、世界の各地で発生した影響が供給網や国際貿易を通じてどのように日本に波及しうるかの検討を行う。

研究を進めるにあたり、関連するテーマ・サブテーマと十分に連携・協働し、総合的な解析を行う。また、得られた成果の一部は、AP-PLATに実装可能な形式でテーマ①に提供する。

水資源・水災害・食料生産のいずれにおいても、関連する要素は多数あり、気

候は一部を説明するに過ぎないため、学者・実務者等に幅広くヒアリングを行うなどして、包括的でバランスの取れた評価となるよう留意する。気候転換現象の発生については、複数のシナリオを用いる。全球規模の評価を基本とするが、特に重要な地域（ホットスポット）を設定し、地域性に着目した比較や評価の追加的な実施は妨げない。（サブ）テーマ間の連携・協働を図るため、プロジェクト初期に議論した上で、課題共通の事例研究地域を設定する可能性もある。気候転換現象はいつ、どこで、何が起こるかの予測が困難であるため、人口や土地利用等の社会経済想定については、捉え方から検討し、評価に取り入れる。

【総括】サブテーマ ③-(1)：気候転換現象が水資源に及ぼす世界的な影響と日本への波及の評価

気候転換現象を含む気候変動による表流水・地下水の変化を、生物物理過程あるいは統計的手法に基づき定量的に推定し、農業用水・工業用水・都市用水の持続的な供給可能性に関する世界的な影響評価を行う。表流水の変化には氷河や貯水池・導水などの変化を可能な限り含める。これらの水文学的持続可能性に加え、地下水位が低下しすぎて揚水コストが見合わなくなる等の社会経済的な転換現象ならびに、人口の流入に伴う都市用水の増加などについても考慮し、総合的な評価を行う。また、我が国との結びつきが強い地域・分野を特定し、サブテーマ③-(2)や③-(3)の成果と統合して水と食料の連関という視点から、気候転換リスクが日本に波及する影響を定量的、あるいは定性的に評価する。

【公募】サブテーマ ③-(2)：気候転換現象が水災害に及ぼす世界的な影響と日本への波及の評価

気候転換現象を含む気候変動（極端現象の変化ならびに海面上昇などを含む）による水災害への影響を生物物理過程あるいは統計的手法に基づき定量的に推定する。全球規模の評価では、浸水深および被害関数に基づく直接被害額の推計を含める。都市規模では、浸水深のみならず浸水継続時間等も考慮し、事業中断損失や機会損失を含む間接被害の評価まで実施する。また、水災害リスクが悪化すると予測される場合、適応策による被害の軽減が可能かどうかについても社会的・文化的な適応限界も考慮しつつ分析する。我が国との結びつきが強い地域・分野を特定することで、日本への影響の波及を定量的、あるいは定性的に評価する。

【公募】サブテーマ ③-(3)：気候転換現象が食料生産に及ぼす世界的な影響と日本への波及の評価

気候転換現象を含む気候変動が世界の主要作物の生産性に及ぼす影響を、生物物理過程あるいは統計的手法に基づき定量的に推定する。気温や降水量等の平年値の変化による生産性の変化に加えて、洪水や干ばつ等の極端現象による生産性

の変動も評価する。農産物に加え、畜産物や水産物など、食料全般についても可能な限り評価する。次に、穀倉地帯での急激な生産性の変化が予測される場合、世界の食料貿易に多大な影響が及ぶと考えられる。貿易モデルを利用して影響の世界的な伝播を評価するとともに、我が国への影響と対策に係る含意・示唆を得る。

(4) テーマ④：気候転換リスクに関する社会経済影響の評価

テーマリーダー：高橋 潔（国立環境研究所 社会システム領域 領域長）

成果目標

気候転換現象を含む気候変動の影響が国際貿易・経済を通じて各国・各地域へ波及するリスク構造を明らかにし、経済関連の安全保障に関する科学的な検討基盤を構築する。特に、異常気象による労働生産性低下、健康被害、災害損失、物流途絶等の多面的な社会経済影響を統合的に評価するとともに、適応・被害対応に伴うコスト増加や投資抑制による経済成長機会の損失を分析する。また、サプライチェーンや国際交易への波及影響を定量化し、気候転換リスクへの対応を通じた経済面での安全保障の確保に資する政策的知見を創出する。

研究概要

本テーマでは、気候転換現象を含む気候変動が社会経済に及ぼす影響について、社会システム、健康、物流・サプライチェーン等を横断した統合的評価研究を実施する。具体的には、高温化や異常気象の頻発化が労働生産性、エネルギー需給、人間健康等に及ぼす影響を評価するとともに、感染症リスクを通じた健康影響を分析する。また、気候転換現象に伴う極端気象による物流拠点やインフラ機能の低下がサプライチェーンや国際交易へ及ぼす波及影響を評価し、物流ネットワークの脆弱性や対応策を検討する。さらに、適応投資や災害復旧費用の増加、被害対応に伴う投資抑制等が経済成長や資本蓄積へ及ぼす中長期的影響を分析する。ISIMIP等の既存影響予測データや応用一般均衡モデル、世界多地域経済モデル等を活用し、多面的な気候影響の統合評価により、気候変動に伴う国際的リスク波及構造を明らかにし、経済的側面から安全保障確保に資する政策的対応の検討に貢献する。

【総括】サブテーマ ④-(1)：気候転換リスクの経済的費用の統合評価

気候転換現象を含む気候変動の経済的費用について、他のサブテーマで実施される社会・経済システム影響、健康影響、サプライチェーン影響等の研究成果を統合し、分野横断的かつ定量的に評価し、経済的観点から安全保障について論じる研究を実施する。気候変動の経済的費用の統合評価に際しては、その包括性を高めるために、他サブテーマが扱わない影響部門として、高温化や極端現象の変

化が労働生産性やエネルギー需給に及ぼす影響を含め、地域特性や産業構造を踏まえて分析する研究も担当する。また、気象災害について、人口・資産分布の将来変化を考慮しつつ、直接・間接被害を含む経済影響を評価する研究も担当する。さらに、既存の気候影響予測データやISIMIP等の国際モデル比較プロジェクトの出力も活用しつつ、好影響を含む多様な気候影響を経済影響に接続する簡易評価手法の開発にも取り組む。

【公募】サブテーマ ④-(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

気候転換現象を含む気候変動が社会・経済システムに及ぼす影響について、自然科学及び社会科学の知見を統合した定量的評価研究を対象とする。具体的には、応用一般均衡モデルや世界多地域経済モデルにおいて、労働生産性、健康、災害等の気候影響表現を拡充し、国際交易、産業構造、地域経済への波及影響を統合的に評価する研究を対象とする。さらに、適応投資や災害復旧費用、健康被害対応等が資本蓄積や経済成長に及ぼす中長期的・蓄積的影響について分析し、気候変動が経済安全保障や持続可能な発展に及ぼすリスクを評価する研究を求める。統合評価モデル、応用一般均衡モデル、統計解析等を活用し、不確実性や複合リスクを考慮した分析を通じて、気候リスク管理や政策立案に資する知見を提供する研究を期待する。

【公募】サブテーマ ④-(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が人間健康に及ぼす影響について、自然科学及び公衆衛生学等の知見を統合した定量的評価研究を対象とする。特に、高温化や極端高温の頻発化による暑熱ストレスが死亡率、疾病負荷、労働環境等に及ぼす健康影響について、地域特性や脆弱性を踏まえて分析する研究を求める。また、気温・降雨パターンの変化が感染症媒介生物の分布や感染リスクに及ぼす影響を評価し、感染症等の健康影響を予測する研究を対象とする。疫学モデル、統計解析、シミュレーション等を活用し、不確実性を考慮しながら、健康リスク管理や適応政策の立案に資する知見を提供する研究を期待する。

【公募】サブテーマ ④-(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

気象災害や気候転換現象に伴うサプライチェーン途絶が日本の経済活動に及ぼす影響について、国際的な生産・物流ネットワークを考慮した定量的評価研究を対象とする。特に、多地域国際産業連関表等を拡張し、気候影響による生産可能量の変化や物流障害が国内外の産業活動や経済に及ぼす波及影響を分析する研究を求める。また、港湾、空港、道路、海上輸送等の物流経路について、気候変動に伴う脆弱性を評価し、代替経路確保や物流構造転換等の対応策を提案する研究

を対象とする。さらに、気候影響に加え、脱炭素政策等の気候対策が国際交易やサプライチェーン構造に及ぼす影響について統合的に評価する研究を求める。経済モデル、ネットワーク分析、シミュレーション等を活用し、経済安全保障やレジリエンス強化に資する知見を提供する研究を期待する。

(5) 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

テーマリーダー：森 章（東京大学 先端科学技術研究センター 教授）

成果目標

気候・土地利用シナリオを入力とするプロセスモデルと、長期生態観測データの統計解析を統合し、陸域から沿岸海洋までの生態系の状態変化・臨界遷移を予測・早期検知する基盤を構築する。これにより、生物多様性、炭素吸収・水循環等の生態系機能、ならびに自然が人間社会にもたらす恵み（NCPs：食料生産基盤・水・文化的価値等）への帰結を一貫して定量化し、生態系の劣化が地域社会・観光・農林水産業・文化・地域経済に及ぼす影響まで接続して評価する。以上を統合して「地球生態安全保障」という新たな政策概念を提示するとともに、生態系レジリエンス指標に基づく実装可能な提言として国際的に発信し、保全・再生と気候リスク低減の両立への貢献を目指す。

研究概要

生態系の状態変化に関する予測（プロセスモデル）、観測（長期モニタリング）、社会経済への帰結の評価は、これまで個別の領域で取り込まれ、十分に統合されてこなかった。とりわけ、気候側の転換現象（気候転換現象）の地域スケールでの帰結を、陸域での植生転換・攪乱体制の変化、沿岸海洋での生態系側の臨界遷移（生態系レジームシフト）まで含めて一体的に評価する枠組みは確立されていない。また、生態系機能の劣化が地域社会・産業・文化に及ぼす影響を定量化し、優先度に基づく適応・再生策へ橋渡しする方法論も十分に確立されていない。

本テーマでは、テーマ②から提供される高解像度の気候転換現象関連シナリオデータを共通に活用し、(i) プロセスモデルによる陸域生態系の予測、(ii) 長期生態観測データへの統計モデル適用による生物多様性・群集構造変化の推定とNCPsへの波及評価、(iii) 生態系動態の理論と早期警戒指標を長期モニタリングデータに結びつけた沿岸海洋生態系のレジリエンス・崩壊リスク評価、の3本の研究柱を、総括サブテーマによる統合解析のもとで連携させる。これにより、気候転換現象由来のシナリオ入力から生物多様性・群集構造、生態系機能、NCPs、地域社会への影響、さらには生態系の臨界遷移に至る因果連関を、陸域・沿岸を貫いて定量的に追跡する。

以上の統合解析により、生態系の劣化や臨界遷移のリスクを早期に捉え、地域・分野ごとの優先度に応じた適応・再生策の提示が可能となる。あわせて、これまで十分に連携されてこなかった生態学・社会科学・気候科学の知見を横断的に統合し、「地球生態安全保障」という統一的概念のもとで国際的に発信することにより、保全・再生施策と気候リスク低減施策の同時推進に資する科学的基盤を提供する。これにより、自然に根差した解決策（NbS）の実現に貢献する。

【総括】サブテーマ ⑤-(1)：生態系の気候変動応答予測と統合評価

陸域生態系における植生転換や攪乱体制（山火事・病虫害・風倒・伐採等）の変化を、テーマ②より提供される高解像度の気候転換現象関連シナリオを入力とするプロセスベース生態系モデルにより予測し、生物多様性、炭素吸収・貯留、水循環といった生態系機能への帰結を定量化する。樹種・機能群組成の遷移、攪乱頻度・強度の変化、それに伴うバイオマス動態と機能の応答を、シナリオ間で比較可能な共通枠組みのもとに推計するとともに、全国規模の生態系モニタリングデータを用いて検証し、シナリオ依存性と構造的な不確実性を分離して提示する。本サブテーマは総括として、サブテーマ⑤-(2)ならびに⑤-(3)の成果を共通の評価軸（生態系状態・機能・レジリエンス指標）上に接続するデータ統合基盤を整備し、「地球生態安全保障」概念を支える指標体系と実装可能な提言として国際発信する。

【公募】サブテーマ ⑤-(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

長期生態観測データに統計モデルを適用し、観測努力やサンプリングバイアスを補正したうえで、生物多様性と群集構造の時空間的变化を地域性・季節性・攪乱履歴を加味して推定する。推定された生物多様性・群集変化を、自然がもたらす恵み（NCPs：食料生産基盤・水・文化的価値等）への波及として接続して評価する。すなわち、生態系機能の変化がNCPsの供給に及ぼす影響を定量化したうえで、生態系の劣化が地域社会・観光・農林水産業・文化・地域経済などに及ぼす影響を、関連統計・地域データと突合して推計する。以上を踏まえ、影響の大きさと対策可能性に基づく優先度評価のもとで地域に即した適応・再生策を提示し、得られた知見をサブテーマ⑤-(1)の統合解析、サブテーマ⑤-(3)の理論評価とも共有・連携する。

【公募】サブテーマ ⑤-(3)：生態系の臨界遷移と崩壊リスク評価

海洋生態系および水産資源など、臨界遷移（レジームシフト）が懸念される事象を対象に、生態系動態の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する。沿岸および海洋生

態系の状態変化、種組成・群集構造の遷移、海洋環境変動への応答を、水産研究機関等の長期データと理論研究の双方から解析し、複数のグローバル変化要因に対する非線形応答を捉える先行研究の枠組みを発展させて適用する。これにより、可逆的応答を前提としてきた従来の資源管理に対し、不可逆的なレジームシフトを考慮した管理概念を導入する。国際共同研究を展開し、保全・再生・気候リスク低減と持続的な水産資源利用を両立するモニタリング設計と適応的管理のモデル事例を構築し、得られた成果をサブテーマ⑤-(1)の統合解析基盤に接続する。