

【S-10-3】クリティカルな気候変動リスクの分析に関する研究 (H24～H28)

研究代表者 鼎 信次郎 (東京工業大学)

1. 研究実施体制

- (1) 地球物理学的な臨界現象のリスク推計 (国立大学法人東京大学)
 - (2) 水・エネルギー・食料等の分野における気候変動リスク推計とテーマ全体の総括 (国立大学法人東京工業大学)
 - (3) 健康分野における気候変動リスク推計 (国立大学法人筑波大学)
 - (4) 寒冷圏を中心とした気候変動リスクの特性評価と地球物理学的臨界現象の総括 (国立大学法人東京大学)
 - (5) 海洋圏における気候変動リスクの特性評価と推計 (国立大学法人北海道大学)
 - (6) 気候変動リスクの不確実性に関する統計学的評価 (国立研究開発法人海洋研究開発機構)
- ※サブテーマ (6) は、代表者帰国により平成 26 年度以降はサブテーマ (4) と合併した。

2. 研究開発目的

本テーマの最終目標は、人類が回避すべきと考えられる温暖化影響の候補について、それぞれが発現する温度上昇レベル、悪影響の規模や性質などを、不確実性を含めて網羅的に評価した結果を用いて気候変動リスクの特性評価研究を実施し、その上で、各気候変動リスクにおける数値シミュレーション結果と過去の気候変動リスクに関連する統計データを用いて気候変動レベルごとの影響関数を作成し、排出シナリオごとに求められる将来推計値から求められる気候変動リスクを推計・分析することである。

これにより、従来の影響評価で十分とは言えなかった将来の不確実性を考慮した気候変動リスクの特性評価研究とそのリスク推計を定量的に実施し、地球規模課題の気候変動リスクに対する行動の意思決定に資することを可能とする。具体的には、気候変動によって生じ得る事象の中でも、特に地球物理学的な臨界現象に注目し、気候モデルによる数値実験結果や古気候を参考にしつつそれらの現象を列挙し、その発生メカニズムと起こりやすさ、地球全体の気候変化との関係を明らかにする。さらに、気候モデル結果や過去の社会影響のデータを用いて、気候変動によって生じ得る海水面の上昇、各地域の気温や降水量の変化とその極端現象の発生頻度の変化等を踏まえて、全球平均気温を指標として表現されるようないわゆる気候変動レベルごとに生じ得る社会への影響を、水、食料、エネルギー、健康等の分野に関して列挙し、各分野の気候変動リスクの大きさを推計する。この結果に基づき、地球規模の気候変動レベルごとの影響関数を作成し、排出シナリオごとに求められる将来推計値から求められる気候変動リスクを制約条件や不確実性を含めて推計・分析することで、本戦略課題テーマ全体の目標である気候変動リスク管理戦略構築の一翼を担う。

次にサブテーマ間の連携について述べる。

サブテーマ (1) は、サブテーマ (4) による気候変動リスクの特性評価、特にグリーンランド氷床や西南極氷床の融解や北極海夏季海氷の消失に関する知見の総括を援用し、将来の不確実性を考慮したリスク推計を実施した。また、サブテーマ (2) と共同でリスクインベントリに関する知見の取り纏めと、さらにリスク推計情報の海面上昇による影響評価や確率情報の開発を実施した。加えて、サブテーマ (2) では、テーマ 2 より得られる生態系・農業リスク情報やテーマ 4 より得られる社会経済シナリオから、それぞれ水・エネルギー・食料等の分野と健康分野における将来の不確実性を考慮した気候変動リスクを推計した。また、平成 26 年度より、サブテーマ (1) に代わりサブテーマ (2) がテーマ 3 の総括を担った。サブテーマ (3) は、サブテーマ (2) の農業・食料分野と連携して農作物の将来予測に基づく低栄養の影響を評価した。サブテーマ (4) は、寒冷圏を中心とした温暖化に伴う長期的な地球物理学的臨界現象について影響評価を実施し、南極氷床融解、海洋深層循環、溶存

酸素などへの影響を示した。サブテーマ (5) は、サブテーマ (4) と協働して、数千年間の超長期的な海洋循環の変動に伴うリスク特性評価を実施し、メタンハイドレートの崩壊、無酸素領域の拡大、海洋生物生産への影響を示した。サブテーマ(6)は、気候変動に伴って生じ得る地球物理学的な臨界現象について、その発生の閾値、規模などの不確実性に関する統計学的評価を実施することを目的とした。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

- ・ サブテーマ (1) では、地球物理学的な臨界現象のリスク推計においては、これまでティッピングエレメントをどのように取り扱うか非常に困難であったが、この研究を通してどれくらいの不確実性をティッピングエレメントのティッピングポイントや遷移期間が取るのかを明確にし、それによって排出シナリオや戦略シナリオ (例えば、昇温量を2°Cに抑えるなど) との関連付けを可能とし、将来の影響人口などの影響評価を行うことができるようになった。
- ・ サブテーマ (2) では、将来の複数シナリオ下での全世界の洪水流量と氾濫を、世界で初めて推計した。洪水リスクを、単に物理的な水循環の量として表現するにとどまらず、洪水暴露人口というインデックスによって表現したことや、洪水リスク情報を温室効果ガス排出削減目標に組み入れるために、気温上昇と全球洪水リスクとの関係性の提示を初めて行ったことも、これまでにない特徴である。
- ・ 水分野 (水資源、熱帯低気圧、海面上昇) における気候変動の経済影響に関する文献調査を行い、それらの推計値を比較した。これにより、これらの分野における経済影響推計方法の科学的信頼性についての比較検討が進展したと共に、影響推計に用いる関数やモデル・シナリオの違いが、推計値にどの程度の差異を与えうるかが整理された。また、既存の統合評価モデルの分野別影響関数に、最新の気候シナリオ・社会経済シナリオを入力した場合、推計値にどの程度の不確実性幅が生じるかが示された。
- ・ サブテーマ (3) では、全球に適用できるモデルを作成することが求められた。これまでは気候の相違によって全球の熱関連死亡予測は困難と考えられていたが、S-4で開始され、S-8、S-10と改善が加えられたモデルにより、将来の年間死亡率と日最高気温の分布という、どの将来予測でも推計される情報のみによって熱関連死亡の将来予測を可能にしたことは、この分野における大きな進歩である。マラリア、デング熱のモデルも、気象変数と1人あたりGDPという入手可能な変数によって高い精度の予測が可能となった。
- ・ これまでGCMで考慮されていなかった棚氷底面融解について、気候変動に対する海洋循環の変化を通じた棚氷底面融解の応答メカニズムについて理解することが可能になった。簡略化モデルを用いて主に行われてきた長期実験を大気海洋結合モデルで行うことで、海洋深層循環の応答が大気CO₂濃度に対して大きく依存し、グリーンランド氷床の融解水の流入の影響も重要であることを明らかにした。また、溶存酸素についても100年スケールの変動と1000年スケールの変動が異なる可能性が示唆された。
- ・ メタンハイドレートの分解量の推定はこれまでほとんど行われておらず、本研究により、溶存酸素に対するメタン放出の影響は数千年に及ぶことが示され、特に太平洋における貧酸素水塊拡大に大きな影響があることが初めて示された。また、大西洋子午面循環が半分程度弱化したとしても、生物生産はやや弱化する程度であることが示された。

将来の気候の不確実性の減少につながった。また、過去の気候変動情報に記録されている、非常に速い (短い時間スケールの) 気候変動について、何がそれらの急激な温暖化および寒冷化を駆動しているのかは現在も未解決の課題であるが、我々の研究はその解明に貢献している

(2) 環境政策への貢献（研究代表者による記述）

<行政が既に活用した成果>

- ・ 健康分野における気候変動リスク推計においては、世界保健機関の気候変動による健康影響予測の一つとして採択された。またEU、OECDが準備している影響評価でも同モデルが用いられている。環境省「気候変動による将来影響予測等報告書（光化学オキシダント）等」に、本研究で開発された熱関連超過死亡モデルが用いられた。
- ・ 健康分野における気候変動リスク推計においては以下の貢献があった。上記WHOの報告country profilesは、WHOとUNFCCCの共同プロジェクトであり、その情報は2015年に開催されたCOP21に情報として提供された。このこともCOP21における政策合意に貢献したものである。また、環境省による政府の機構変動適応計画に向けて、気候変動分野別検討委員会において、健康に関しては、本研究成果である動物媒介感染症、下痢性疾患の結果などをもとにして検討が行われた。

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・ これまで実施したティッピングエレメントに関する包括的な知見の整理と定性的かつ定量的なリスク推計は、これまでほとんど知見が無かったため、IPCCの特別報告書や第6次評価報告書への記載が期待される。さらに今後の気候変動枠組み条約締結国会議（COP）において情報発信をすることで、日本のプレゼンスを示すとともに、合意に向けた重要な資料として採用されることが十分予想される。特に定量的評価はこれまで不可能とされてきた面もありそのため考慮の外に置かれてきたが、今後は次世代を考えた政策決定をするうえで、重要な基礎情報の一つになり得ることを示すことができた。
- ・ 水・エネルギー・食料等の分野における気候変動リスク推計では、全球平均気温上昇量と洪水暴露人口・洪水暴露GDPとの関係を領域別に分析し、洪水暴露人口・暴露GDPが将来大きく増加する可能性がある地域を示した。このような研究を通じて、将来の洪水被害軽減という観点から見た場合の緩和策や適応策の導入が特に重要となる地域を明らかにすることで、地球温暖化の緩和策や適応策に関わる政策の立案・実施へと今後役立つことが期待される。
- ・ 以前のWHO報告書がIPCCの第4次報告書に引用されたように、RCP、SSPごとに将来の予測が行われたS-10の成果は、今後IPCCの1.5°C特別報告書や第6次評価報告書などに活用され、それに基づいて行政が将来計画を立てることが期待される。
- ・ 海水準予測において不確定性の大きな原因であると考えられている南極棚氷底面融解について、モデルを用いて評価することが可能になった。また、気候システムの中核を担う海洋循環が大気CO₂濃度に対して大きく異なることを示した。これらは将来の大気CO₂濃度安定化レベルを決定する上で重要な知見を与えると考えられる。
- ・ メタンハイドレート約1000GtCの崩壊は、数千年後に起こり、人間活動が放出する分をそれだけ減らさなければならないことを意味する。温暖化やメタンハイドレートの崩壊に伴う、海洋中の酸素が現象は、貧酸素水塊の拡大を招き、海洋中層のみに生息するような希少種に対する生物多様性に深刻な影響を与える。

4. 委員の指摘及び提言概要

全体として、気候変動を臨界現象としてとらえ、これまでの研究蓄積をベースにしつつも、ティッピングエレメントの発現可能性、リスク推計・分析などについて着実に解析作業を進めた。多くの得られた知見は広く発信されて政策形成に活かされる可能性が大きいものと考えられる。一方で、類似の研究は国内外の研究機関・研究者が行っているため、どの部分でどのような改善・進歩があったのか、世界の他機関の研究成果との違いなどを、分かり易く説明して欲しかった。

5. 評点

総合評点 : A