

**【S-10-2】気候変動リスク管理に向けた土地・水・生態系の最適利用戦略（H24～H28）**  
研究代表者 山形 与志樹（国立研究開発法人国立環境研究所）

**1. 研究実施体制**

- （1）陸域統合モデルの開発と土地、水、生態系の最適利用戦略の研究（国立研究開発法人国立環境研究所）
- （2）陸域生態系の最適利用に向けたモデル開発と分析（国立研究開発法人国立環境研究所）
- （3）水資源の最適利用に向けたモデル開発と分析（国立研究開発法人国立環境研究所）
- （4）土地利用モデルの開発と水資源・生態系との相互作用の分析（国立大学法人茨城大学）
- （5）作物モデルの開発と水資源・土地利用との相互作用の分析（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農業環境変動研究センター）

**2. 研究開発目的**

テーマでは以下の成果を目標とした研究に取り組む。まず、気候変動影響下における、生態系・水資源・土地利用・作物成長を評価できるそれぞれのモデルの開発及び改良を行う。さらに、これらを結合することで、気候変動影響下における土地・水・生態系間の相互作用を、不確実性を含めて定量的に評価するグローバルな陸域統合モデルを開発し、各種シナリオについてシミュレーション分析を行う。また、気候変動対策（緩和・適応）と持続可能性とのトレードオフやシナジー関係を、定量的かつ地理的に評価し、土地・水・生態系利用にかかわるクリティカルなリスク要因を分析し、気候変動影響下での適応的管理の視点から利用戦略について検討する。

本テーマで得られた個別モデルや陸域統合モデルのシミュレーションの結果を用いて、テーマ1におけるリスク管理戦略の構築や、テーマ3における生態系や社会の脆弱性分析に情報を提供する。また、本テーマでのモデル開発に際して、テーマ3で検討される気候変動リスク情報とテーマ4で構築される社会経済シナリオを利用する。

また、本プロジェクトの基礎となっているリスクトレードオフの枠組みに沿って、気候変動による生態系への正負の影響、そして気候変動対策実施に伴う波及影響を評価する生態系モデルを開発し、最適管理に向けた各種分析を行う。

陸域生態系、水資源などの影響を考慮した土地利用の最適戦略を検討するために、土地利用モデルの開発を行うとともに、その土地利用モデルと他の陸域モデルの統合を行うように改良を行う。また、様々なケースにおいて土地利用の不確実性や影響を検討や、最適戦略検討の土地利用シナリオの提供を行う。

**3. 本研究により得られた主な成果**

**(1) 科学的意義**

気候・陸域生態系・水資源・作物・土地利用のモデルを結合した「陸域統合モデル」の開発によって、これまで独立にモデル開発され分析されてきたプロセスに関し、様々な相互作用を考慮可能な新たなモデルを完成させることができた。

人口・GDPのダウンスケールに関しては、人口・GDPの分布を説明しうる多数の補助的データを活用しながら、空間効果を考慮して、かつ各SSPの仮定にも整合的に人口・GDPを推計する統計的ダウンスケール手法の開発に成功した。また開発した手法を実データに適用することで、既存のグリッド別推計よりも直観に整合的であり、かつ高精度なグリッド別人口・GDPシナリオ（2010～2100年）の推計に成功した。さらに推計データを、ウェブページを通して一般に公開した。空間詳細人口・GDPシナリオは気候変動への適応・緩和を都市・地域のスケールで議論する上で重要なデータであり、今回公開したデータセットは、今後幅広い研究者に利活用されることが期待できる。

陸域生態系モデルを用いた分析により、大気 CO<sub>2</sub> 濃度の上昇、気候変動、土地利用変化の複合的な影響に関する系統的な解析を行うことに成功した。気候変動の正負の影響に加えて、対策実施に伴う影響を評価することで陸域最適利用の検討に有用な成果をもたらした。推定不確実性に関する詳細な解析を行うことで、排出と気候のシナリオ、生態系モデルによる寄与を分離し、今後の推定精度向上に資する重要な示唆をもたらした。複数の生態系指標について影響を比較検討することで、注目する要素や視点によって気候変動影響の評価結果が変わりうることを示した。影響評価モデルに関する国際相互比較プロジェクトに参加し、計算結果を提出しただけでなく、主著論文を執筆することで解析を主導し独自の貢献を果たした。

自然水循環と人間水利用を統合的に計算することのできる全球水資源モデルに、あらたに工業用水、生活用水、包蔵水力、バイオ燃料作物の灌漑需要を計算する機能が加わり、より総合的に地球水循環のシミュレーションをすることができるようになった。

土地利用に関するシナリオの提供を他の研究者に行い、その利用により気候変動の影響を考慮した研究の発展に寄与したことである。また、土地利用モデルの不確実性分析により、どのような地域で不確実性が大きいか示されたため、研究を重点的に行う地域への指摘を行うことができた。

気候変動が作物生産に与える影響について、さまざまな適応策を用いた場合の将来変化を示した。特に品種改良による増収可能性や、一般に増収効果があるとされた灌漑適応におけるその限界を示したことに本研究の特徴がある。

## (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>

特に記載すべき事項はない。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project (ISI-MIP) : 複数セクター影響モデル相互比較プロジェクトでは、様々なセクターに関わる気候変動影響を評価することが目的であるが、ISI-MIP 推進事務局との共同研究を通して、本研究で開発した人口・GDP のダウンスケール手法を活用し、ISIMIP に貢献するための方法を検討している。

本研究で作成した気候変動リスクの包括的な一覧表（気候変動リスクインベントリ）およびリスク連鎖のネットワーク図は、デザインの専門家と協力することで、直感的でわかりやすい図にすることを心がけた。これらの情報を提供することで、多くの人々が気候変動リスクの全体像を把握する上で役立つことが期待できる。

サブテーマ 2 で開発された陸域生態系モデルを用いて、全球およびアジア地域の炭素収支に関する広域評価が行われ、それはグローバル炭素プロジェクト (GCP) への貢献を通じて、IPCC 第 5 次評価報告書に引用される成果をもたらした。また、気候変動影響評価モデルの相互比較プロジェクトへの参加を通じて、複数モデルによる推定不確実性を考慮した影響評価に貢献し、同じく IPCC 第 5 次評価報告書に引用される成果となった。

本研究により開発され、国際的な研究枠組みである農業モデル比較改良プロジェクト (AgMIP) にも採用された全球作物モデル等により、食料生産分野における適応策の有効性と限界を定量的に評価できるようになり、食糧増産が急務となる発展途上国などに対する適応策立案の支援に資することが可能となった。

本研究が直接貢献した 9 編の論文が IPCC 第 5 次評価報告書から引用された。

## 4. 委員の指摘及び提言概要

全体として、これまでの研究蓄積をベースに、着実に解析作業を進めたと言える。気候変動のシナ

リオ別に全世界の土地利用、生態系、農作物生産、水文・水資源、その他のデータベースを着実に改善し、各要素の相互関連・フィードバックをモデルに組み込んでいくという膨大な作業を実行し、優れた研究成果をあげている。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ので、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