

【S-14】 気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究 (H27～H31)
プロジェクトリーダー 沖 大幹 (東京大学)

1. 委員の指摘及び提言概要

気候変動をめぐる戦略研究のこれまでの流れを、適切に発展させていて、成果が期待できる。全体としては、計画通りに進んでいるものの、テーマ間の関係性については留意して進めて欲しい。例えば、テーマ3及びテーマ5でやれないことを、テーマ1で何をどこまでやるのか、検討が必要である。テーマ2に関してはアウトプットの方向がやや不明確で、他のテーマとの関係や相互のデータ等のやりとりなどが、効果的に結びついていない感がある。各研究テーマを最終的にどの様に統合的に評価するか、トップダウンでの統合を期待したい。

2. 評点

総合評点：A

【S-14-1】全体の総括と統合的戦略評価（H27～H31）

サブテーマリーダー 沖 大幹（東京大学）

1. 研究開発目的

本テーマの最終目標は、プロジェクト全体を通して、主にグローバルを対象とし、緩和策と適応策のバランスを、国や地域のまとまりごとに評価することである。利用可能な CMIP5 の気候変動シナリオのうち、主に RCP8.5 と RCP2.6 の利用を念頭に置いている。また、研究成果を速やかに国際社会に発信するとともに気候変動政策に生かせる形での取りまとめも行う。これにより、気候変動対策における車の両輪と位置付けられている緩和策と適応策を同一の指標を用いて包括的に評価することで、両者の統合的な実施による効果的で効率的な気候変動対策の計画立案支援、ならびにカンクン合意に基づく発展途上国向けの気候変動適応計画の策定に関わる国際交渉に資することを可能とする。その全体の一翼を担うため、統合的戦略評価を行う。被害額や投資額といった従来の経済的指標に加えて、主観的幸福度や生計資本といった指標なども勘案して多面的に評価し、緩和策と適応策の効果的で効率的な実施策に関する知見を提供する。

次にサブテーマ間の連携について述べる。テーマ1では、戦略課題全体の総括として、テーマ間の研究調整、連携の促進、ならびに課題全体の進行管理の役割を担い、各テーマの成果を統合し、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する（サブテーマ(1)）。また、そうした統合的な評価にあたっては、テーマ2やテーマ3の知見を集約化し、ライフサイクルアセスメント(LCA)の枠組みで人間健康や生物多様性といったエンドポイントでも気候変動対策の効果を明らかにできるようにする（サブテーマ(2)）。さらに、サブテーマ(2)とも連携しつつ主観的幸福度や障害調整生命年(DALY)などの指標も用いた気候変動の影響評価、すなわち緩和策や適応策の費用便益分析手法を開発し、サブテーマ(1)の統合評価で利用可能とする（サブテーマ(3)）。

2. 研究の進捗状況

サブテーマ(1)では、平成27年度は、IPCC AR5を中心に論文渉猟し、その統合的多面的評価の手法整理とその類型化を実施した。更にその結果を統合し、既存手法による統合的戦略評価の現状と限界を評価した。なお、ライフサイクルアセスメントの枠組みを用いた気候変動対策の効果の評価手法の知見はテーマ1サブテーマ(2)から、統合的戦略における主観的幸福度や障害調整生命年などの指標も用いた費用便益分析手法の知見はテーマ1サブテーマ(3)から、そして主要セクターならびに生態系サービスにおける既存の被害関数、適応関数の知見は、テーマ2及び3から提供された。

平成28年度は、類型化された統合的多面的評価の手法を統合し、既存手法による統合的戦略評価の限界を踏まえた評価を実施した。なお、ライフサイクルアセスメントの枠組みを用いた気候変動対策の効果の評価手法はテーマ1サブテーマ(2)から、統合的戦略における主観的幸福度や障害調整生命年などの指標も用いた費用便益分析手法はテーマ1サブテーマ(3)から、そして主要セクターならびに生態系サービスにおける既存の被害関数、適応関数は、テーマ2及び3から提供された。上記のとおり、計画通り順調な進捗となっている。

サブテーマ(2) SSPシナリオに応じた健康影響の被害係数をはじめ開発した。テーマ3との連携を通じて気候変動と健康被害の最新の知見を導入した分析が可能となった。SSP1とSSP3間で、同じCO2排出量であっても、その影響は3割程度異なることがわかった。緩和策の導入と合わせて、社会経済的な対応を整備することが気候変動による被害を軽減するうえで効果があることが定量的に示された。気候変動による絶滅リスクの被害係数を開発では、世界を対象に、かつ、生物種ごとに気候条件の変化による生息分布の変化を得た後、絶滅リスクの変化まで算定することができた。テーマ2による成果を活用することで、数千の生物種を対象とした分析と被害係数の開発が可能となった。なかでも、世界各地域に分類し、各地域の特徴を反映した評価結果を得たのは世界で初めてである。今

回の研究を通じて、維管束植物を対象として評価の実施可能性を検証することができたので、今後は哺乳類、鳥類など他の生物種に注目した評価へと展開する予定である。緩和策のライフサイクルアセスメントでは、電力と自動車に注目したメタ分析を行って、それぞれの環境技術の導入による GHG 削減効果を算定することができた。代表性も高く、世界への活用は可能と考えられるが、一方で GHG 以外の影響に関する評価は限定的であった。今後調査件数を増やしたり、LCA データを活用した補完的な検討を通じてコベネフィットやトレードオフに関する分析へと展開することが今後の課題である。適応策の LCA では、浄水器や海洋淡水化といった具体的な技術に注目したライフサイクル評価を行った。特に気候変動に脆弱な地域に浄水器を導入することで、健康影響の大幅な削減が可能であることを確認することができた。今後は、防潮堤など S14 の他テーマで検討している適応策を取り上げて LCA を行うとともに、他の緩和策との関係について比較評価することで、S14 全体の評価を補完、検証する成果を得る予定である。

サブテーマ(3)平成27年度は、データ収集規模を定め、データの集約を開始した。本研究における最小規模として、個人の集合体としての県レベルで、人工資本、人的資本、自然資本、社会関係資本、主観的福祉(幸福度)に関するデータを集め、日本に焦点を置いた研究に取り組んだ。平成28年度は地域レベルに加え国レベルの便益を算出した。日本以外の国における主観的幸福度指数の推計・データベースの構築を開始した。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

サブテーマ(1)では、下記のような貢献があった。

- 1) 日本産業連関表及び SSP シナリオ (GDP) を用いて環境負荷原単位の将来推計を行った。これにより、環境省が進める低炭素社会実現に必要な環境負荷の将来予測に貢献すると期待される。具体的には将来提供される製品やサービスを含めたケーススタディ等の評価を行う際、汎用的なデータベースとして活用することができる。また、サブテーマ2の影響評価係数と並行して用いることにより将来の被害算定や統合化まで評価可能となる。
- 2) 日本を対象とした主観的幸福度指標を開発したが、経済や環境負荷、健康や生物多様性、社会資産の損失といった側面に加えて、これまで検討されていなかった主観的幸福度という側面を考慮した検討が可能となった。
- 3) 2011年タイ洪水による全球被害の算定では、洪水による直接的な被害(家やビル、部品など)を100%復元した場合の環境負荷由来の内部コスト及び外部コストを推計した。しかし、今までは単純な被害推計のみが行われており、環境負荷由来の内部コストを含めた検討はほとんど行われていない。本研究の手法を用いることにより、内部コストを含めた検討が今後可能となった。また、これまで、全球を網羅した被害算定は行われておらず、またどの国のどの産業が特にリスクを持つのかは明らかにされてこなかった。本研究結果を用いることで、各産業はリスクに対する検討が可能となった。また洪水リスクシミュレーションなどと結合することで他国や地域でのケーススタディの検討が可能となった。
- 4) SSP シナリオ別将来予測型産業連関表の開発のために Eora と AIM/CGE の結合作業を行った。これまで LCA 分野では将来推計等は基本的に現在または過去の技術を基に検討が行われてきたが、本研究を活用することで、将来の緩和策及び適応策の評価が可能となった。
- 5) LCA 手法を用いた生物多様性評価を行った。本研究では世界各国の土地改変と生物多様性の劣化の関係及び関係国、部門までを推計した。これにより、生物多様性のホットスポットが分かりかつ影響を与える産業やリスクとしてのホットスポット分析が可能となる。また、SSP シナリオと結びつけることで将来の土地改変による影響を推計・分析することが可能となる。それらの結果は政策考案の一資料として利用することができると考えられる。

サブテーマ(2)では、G8 環境大臣会合において、UNEP 国際資源パネルによるマテリアルフットプリントの報告を取り上げ、気候変動や水、生物多様性、資源循環などの側面についてライフサイクルや

サプライチェーンに注目した対策実施の重要性を指摘した。本研究の成果は、気候変動の緩和と適応をライフサイクルの視点に注目した結果を示すもので、燃料電池車や太陽光発電といった日本の代表的な環境技術の優位性を包括的に検証しつつ、世界的普及を支援するものとして活用が期待される。適応策のLCAは気候変動の被害軽減と同時に、水ストレスの緩和など他の被害の削減に貢献することが示された。SDGsでは気候変動に加えて、水、生物多様性、エネルギーなどが含まれるように、これらの相互の関係を考慮しつつ、複数の目標達成に貢献する事例を示すことができるものと考えられた。

サブテーマ(3)では、環境省の第四次環境基本計画点検指標検討会における次期環境基本計画策定の検討において、本研究成果である自然資本と新国富の試算結果を提示し、基本計画議論の作成に貢献した。

4. 委員の指摘及び提言概要

難しいタスクに取り組んでいるが、明確な方向性をもった研究として進められている。CO₂健康被害係数、種絶滅リスク係数など、個々の要素については、一定の成果が上がっている。一方で、テーマ3、テーマ5に加えて、このテーマとして何を出力するのが曖昧である。特にLCA、SWB(主観的幸福度)をどう分析に取り入れるのか、これからの課題である。また、適応と緩和の統合的扱いのトップダウンについての枠組みに硬直性がみられる。

5. 評点

総合評点：A

【S-14-2】生態系保全による緩和策と適応策の統合 (H27～H31)

サブテーマリーダー 松田 裕之 (横浜国立大学)

1. 研究開発目的

生態系はそれ自体が炭素蓄積や気候調整などの機能を持つと同時に気候変動がもたらす気温上昇、海面上昇、高波、山火事等の自然災害リスクの削減効果を持つ。そのため、生態系の保全は、気候変動問題に対する緩和策と適応策の両者に有効になりえる。他方、人間活動による現世代の経済利益と、生物多様性および生態系サービスの喪失がもたらす将来世代も含めた生態リスク増大との間にはトレードオフが存在する。複数の政策シナリオによる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することが、統合策への一助となる。

そのため、陸域生態系の強靱化または脆弱化がもたらす災害リスクへの影響を明らかにし (サブテーマ 2)、沿岸生態系の分布情報整備と緩和適応策に資する生態系サービスを評価し (サブテーマ 3)、沿岸生態系の緩和・適応機能の応答を定量的に予測し経済的に評価し (サブテーマ 5)、森林生態系における生物種間相互作用と生態系サービスへのマクロスケールの影響予測にもとづいた緩和策と適応策の統合評価を行い (サブテーマ 4)、これらを統合した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を明らかにする (サブテーマ 1)。

2. 研究の進捗状況

サブテーマ 1: 将来の森林面積減少による鳥類種の絶滅リスク評価と、気候変動に対する生物自身の「適応の失敗」の理論的可能性としての、虫媒植物—訪花昆虫モデル分析については、予定どおり進捗した。今後は計画通り、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を進めて行く。以上のように、当初計画どおり進捗している。

サブテーマ 2: 生態系改変に伴う自然災害リスク評価、生物多様性—機能性の安定化検証のための野外調査区設定、解析に必要なデータ収集の継続、自然撓乱と気候変動のデータベースを用いた解析、および野外調査区における早魃操作の実施については予定通り進捗した。生態系改変と自然災害リスクの関係性については、災害タイプごとの詳細な解析を実行中である。なお、これまでに得られた成果について論文が 1 件公表済み、1 件査読中である。以上のように、当初計画通り課題を遂行している。

サブテーマ 3: 提出した実行協議資料のとおり順調に進行している。沿岸生態系の分布情報整備として、全球統一海岸線データの整備、生態系分布 GIS データの整備を予定通りに進めた。また、緩和機能としての炭素貯留機能について、マングローブ生態系の全球実測マップと推定マップを作成して国際会議にて報告した。今後は計画通り沿岸保護機能の評価を進めて行く。生態系の類型化および現地調査についても問題なく進行している。なお、これまでに得られた成果について論文が 1 件投稿中、2 件執筆中である。

サブテーマ 4: 森林生態系の分布情報、環境情報のデータ収集および整理、マツ枯れ情報の収集、ニホンジカの分布規定要因の解明、分布情報予測モデル構築、およびシカの温暖化影響予測については予定どおり進捗した。なお、シカの温暖化影響に関する論文 1 本、および中国雲南省の森林分布予測について温暖化影響論文を 2 本公表した。分布情報予測モデルについてはさらに種数を増やして生物多様性への影響を解析中であり、マツ枯れについては研究対象範囲を全球に拡張して温暖化被害予測の解析中である。以上のように、当初計画どおり進捗している。

サブテーマ 5: 代表的な沿岸生態系 (サンゴ礁、マングローブ、海草藻場、干潟、砂浜など)、もしくは複合生態系 (景観) として、モデル生態系を設定するための、文献調査や資料整理を中心とした作業を実施した。また、各数理モデルや社会経済モデルで必要とする既往データを収集し整理した。さらに、気候変動や緩和・適応策に対する生態系の緩和・適応機能の応答を検討するうえで鍵となる生態系の要素 (地形、外力、炭素、生物量など) や過程 (移流拡散、生成消費など) を抽出し、各数理モデルの基礎式を検討し、モデル構築をすすめた。以上のように、当初計画どおり進捗している。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

- 1) 生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム (IPBES) において、2016年のレポート「生物多様性と生態系サービスに関するシナリオ及びモデル方法論的アセスメント (IPBES Deliverables 3c)」において主執筆者 (Lead author) として貢献した。国内での IPBES 関連の連絡協議会にも順次参加し貢献している。(ST2)
- 2) 熱帯・亜熱帯沿岸生態系ポータルサイト (<http://www.nies.go.jp/TroCEP/index.html>) を開設し、S14(2)-3 で作成した生態系分布マップと生物情報の国別データを公開することで、環境政策における沿岸生態系情報活用の推進に貢献した。なお同サイトは環境省ホームページ「我が国の環境政策に関するポータルサイト、日本の環境政策」からもリンクされて発信している。(ST3)
- 3) 生物多様性国家戦略 2012-2020 の国別目標 B-5 に関する関連指標群から「日本のサンゴ礁、藻場、干潟等における各種指定区域の面積」について、サンゴ礁の面積は S-14(2)-3 「沿岸生態系分布図 (2016)」を使用し算出された(平成 20 年以來の更新となった)。(ST3)
- 4) 環境省のサンゴの大規模白化現象に関する緊急宣言(平成 29 年 4 月発表)において、本研究で得られた沿岸域の総合的管理の視点の重要性について報告し、サンゴ礁生態系保全行動計画 2016-2020 の重点課題に関する地域の取組強化として、「沿岸域の総合的管理の視点を踏まえ、農業者や漁業者、市民団体、民間企業、行政機関を含む多様な主体が連携・協働し、陸域と海域を一体的に捉えた取組を推進すること」と記載された。(ST1)
- 5) 総合海洋政策本部に設置された参与会議の「総合的な沿岸域の環境管理の在り方 PT」において、沿岸域総合管理の考え方について説明し、2017 年 3 月発表の PT 報告書にその内容が反映された。(ST1)
- 6) IPBES 第 5 回総会の日本代表団として、生物進化の重要性と評価の困難性について意見を述べた。(ST1)
- 7) 環境省、琉球大学とともに Environmental Scientists Network for Asia-Pacific Islands (ESNAP) 会合を開催し、太平洋島嶼国における沿岸生態系を活用した緩和適応策の重要性について S14(2)-3 研究成果の講演を行い、今後の ESNAP の方向性の検討に貢献した。(ST3)
- 8) UNFCCC 2013 年湿地ガイドラインへのインプット適用に関する日本政府サブミッション案 (SB46 の論点) に対し、ブルーカーボンに関する最新の知見や、日本における現状や今後の望ましい姿勢について環境省担当官と協議し、その内容がサブミッションに反映された。(2017 年 2 月) (ST5)
- 9) 横浜市「平成 27~28 年度横浜市ブルーカーボン検討委員会」の委員として、横浜市で社会实践されている海域を活用したカーボンのセットについて、その科学技術的根拠や望ましい進め方について助言し、その内容が採択され実践された。(ST5)
- 10) 環境省が作成した「生物多様性及び生態系サービスの総合評価報告書」(JBO2: Japan Biodiversity Outlook 2) に関して、本課題で得られた知識や経験にもとづいて、意見を提出した。(ST2)
- 11) 環境省「適応策に資する吸収源検討会」の委員として平成 28 年度委員会に出席し、マングローブ生態系炭素貯留推定モデルの結果を示し、今後の緩和適応策に関する検討に貢献した。(ST3)
- 12) 環境省の中央環境審議会気候変動影響評価等小委員会「気候変動影響評価等小委員会の中間取りまとめ骨子(案)」の検討において、本研究で得られた知識や経験に基づき、意見を述べた。(ST4)
- 13) 農林水産省の平成 28 年度農林水産分野における地域の気候変動適応計画調査・分析委託事業の委員会において、本研究で得られたシカの生育域将来変化予測等に基づき意見を述べた。(ST4)
- 14) 国立環境研究所「気候変動適応情報プラットフォーム構築に関するワーキンググループ」の委員として、本研究結果に基づき、気候変動適応情報プラットフォームに関する議論で意見を述べた。(ST4)
- 15) 環境省「平成 27 年度、森林等の吸収源問題に関するワーキング・グループ」の委員として、沿

岸や水産に関する吸収源の現状や課題について情報を提供し、とりまとめ資料に対し助言した。
(ST5)

- 16) 環境省「平成 27 年度適応策に資する吸収源検討会」の委員として、ブルーカーボンによる緩和効果と適応効果の最新情報を提供し、とりまとめ資料に対して助言した。(ST5)
- 17) 環境省「平成 28 年度適応策に資する吸収源検討会」の委員として、本推進費 (S14) で取り組んでいる沿岸生態系の緩和・適応の経済評価研究の概要を説明した。(ST5)
- 18) 世界遺産気候変動の影響のモニタリング検討委員会、および屋久島世界遺産科学委員会において、世界自然遺産地域の気候変動の影響に関する長期展望について意見を述べた。(ST1)
- 19) ユネスコ MAB 計画の 2015-2025 年戦略およびリマ行動計画の委員として、気候変動対策を SDGs に向けた行動全般の中で位置づけ、各行動の実施主体を明記するよう意見を述べた。(ST1)
- 20) 長野県高山村の環境審議会座長として、ユネスコエコパークおよび首長誓約を含む環境条例策定と行動計画 (案) の取りまとめに貢献した。(ST1)

4. 委員の指摘及び提言概要

気候変動の生態系への影響について面白い成果が出ており、テーマ 1 への情報提供、機能は果たせていると思われる。ただし、既知の成果を超えるものがなく、トピックス的な研究成果を説明する点では良いが、地球レベルの気候変動と地域レベルの生態影響の関係、これを地球全体にどう統合するのか、費用曲線はどうなるのかなど、総合研究としての検討が必要である。気候変動による生態系の変化の良い事と悪い事を明らかにしたうえで、適応策に活かしていくことを考えてほしい。また、調査対象域に水田や畑地を入れてほしい。

5. 評点

総合評点 : A

【S-14-3】気候変動に対する地球規模の適応策の費用便益分析 (H27~H31)

サブテマリーダー 平林 由希子 (東京大学)

1. 研究開発目的

本研究開発では、地球規模の気候変動適応策に関する費用と便益の推定に挑戦する。対象とする領域は、気候変動に対する適応費用の大半を占めると考えられる、水関連災害、穀物生産、健康、沿岸地域の4領域である。これら4領域を対象に、1)過去の気候変動由来の被害額の整理、2)実施可能な適応策オプションの単価費用の調査、3)適応策オプションごとの適用便益の算定、4)温暖化レベル・適応策オプションごとの地球規模の気候変動による影響とその被害額の推計を行う。平成28年度は、気候変動による地球規模の被害額および適応費用の第一次推計を行うことを目指す。最終的には、それらの適応費用と便益の総和を求め、地球規模の緩和策と比較が可能な、地球規模の適応策に関する科学的定量的な基礎情報を創出することを目標とする。

2. 研究の進捗状況

複数の気候シナリオ、社会経済シナリオとの組み合わせに対する全球の気候変動由来の被害ならびに適応費用が算定されており、いくつかの要素についてはテーマ5との連携で一般均衡モデルを介して世界経済への影響まで推計されるなど、当初の予定を上回る進捗が見られる。

- 水関連災害に関しては、全球規模で自律的適応による洪水被害の低減効果を検討し、その将来シナリオを踏まえた河川洪水によるポテンシャルの死者数と被害額を推計した。更に、文献調査から求めた費用便益比を用いて、全球の適応費用の第一次推計を行った。これらの成果は *Scientific Reports* や *Environmental Research Letters* などの著名な欧米雑誌に掲載されており、順調な進捗である。
- 穀物生産に関しては、全球農業気象被害データベースの開発を継続しつつ、主要穀物の生産性に対する干ばつ等、気候変動と極端現象の影響を検出した。また全球作物モデルによる主要穀物の適応関数のプロトタイプを開発し、例えば最悪シナリオ (RCP8.5/SSP3) を想定した場合の、今世紀末における世界のトウモロコシ生産に対する適応コストの第一次推計を行った。更に、S14 内で共通に利用できる気象外力データセットを開発し、その精度を検証した。これらことから、本サブテマの研究は、当初の予定を上回って進捗していることが明らかである。
- 健康に関しては、費用便益分析に重要となる、熱関連超過死亡、低栄養、マラリアの将来予測を終えた。熱関連超過死亡に関しては、自動的適応、熱波対策などによる政策的適応を組み込んだモデルによる計算も終了した。なお、河川洪水の影響はサブテマ(1)で行われた。
- 沿岸地域に関しては、適応策の中で防護に焦点を当てた影響評価モデル、費用便益分析のパイロットモデルを構築した。具体的には、全球の沿岸域の浸水影響、適応効果の第一次推計、適応防護費用データベース構築とその将来推計を提示し、全球規模の堤防データ抽出プロセスを開発した。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

- 洪水に関しては、経済発展の進展に伴う自律的な適応の効果を定量化し、その分を除いた追加的な適応策が必要な被害額の増分を推計した。これは、今後の災害マネジメントと気候変動適応策を策定するために重要な科学的定量的情報である。また、1.5°Cと2°Cでは洪水による潜在的な死亡数は有意に異なっていることを示した。このような情報は、IPCCの1.5°C特別報告書を通じて将来の緩和策達成目標を決定するための重要な判断材料となり、環境政策への貢献が大きい。
- 穀物生産に関しては、本サブテマで可能となった将来の農業生産コストの推計を、適応コストおよび残余被害コストに分離した上で緩和策のコストと比較することで、発展途上国のみな

らず先進国における気候変動対応政策への貢献が期待できる。また、土地利用変化の推計結果やテーマ5で行われる応用一般均衡モデルによる貿易量と併せることにより、世界の食料安全保障政策への提言も可能となる。

- 健康に関しては、今回の計算は、政策オプションごとの影響を提示できる内容を含んでおり、特に熱関連死亡の成果は、2016年にはUNFCCCとWHO（世界保健機関）とのプロジェクト、WHO UNFCCC Climate and Health Country Profilesにも用いられて、結果がWHOから公表されている（<http://www.who.int/globalchange/resources/countries/en/>）ほか、既に活動が開始されているIPCCの1.5°C特別報告書とともに、近く開始される都市の特別報告書にも直接貢献するものである。他の健康影響に関しても、世界に先駆けてRCP&SSPをベースにした幅広い政策オプションに対応した結果が出されているので、環境政策への貢献は大きい。
- 沿岸地域に関しては、これまで海面上昇等に伴う潜在的浸水面積、影響人口、被害額の予測結果、更に堤防嵩上げ効果を提示した。今後は堤防嵩上げ以外にも養浜やマングローブ等の適応策オプションも検討予定であり、沿岸地域における気候変動適応政策の科学的な判断材料が提供できる見込みである。更に、国内外への成果の発信も積極的に行っている。例えば、ベトナム沿岸域での影響と適応策の研究成果は、マスメディアにて発信されて広く世間に周知された。2015年11月に実施したベトナムのメコンデルタやハイハウ海岸での現地調査には、朝日新聞が一部同行取材し、同紙「地球異変」シリーズ（12/9）および科学面での続編（12/17）に掲載されている。パリでのCOP21の期間中にベトナムでの気候変動の現況と適応策の重要性を一般に伝える意義があった。加えて、2016年9月にベトナム社会科学院東北アジア研究所(INAS)主催の国際シンポジウムで講演を行った様子が現地新聞等で報道され、ベトナムでも本サブテーマの成果を発信した

4. 委員の指摘及び提言概要

個別テーマについてのデータが着実に入手され、各サブテーマとも順調に年次目標を達成しており、期待されたレベルの成果を挙げている。中間評価時点で全体のバランスの良い費用勘定を実行しているが、そのうちで健康の部分はこれまでの分担研究者の成果を延長した性格がみられ、新規性が弱い。また、全球的比較を行う際に一人当たりGDPより、一人当たり政府支出額を用いる方が、原データの信頼性が高まるのではないかと思われる。今後被害の地域集中、弱者への集中などの観点からの解析を期待する。

5. 評点

総合評点：A

【S-14-4】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 (H27~H31)

サブテーマリーダー 神田 学 (東京工業大学)

1. 研究開発目的

発展著しくマルチストレスに曝されるアジアのメガシティ(インドネシア・ジャカルタ)において緩和を考慮した適応策の事例研究を実施し、プロジェクト全体の中のグローバルな評価における地域検証研究としての役割を担う。その中で、緩和・適応統合実施の基本シナリオを考慮した上で、最先端の数値予報技術を駆使して都市気候変動の予測を行い(サブテーマ1)、水災害や健康影響の総合評価(それぞれサブテーマ2、3)に資する基礎物理データを提供する。単純な物理的ダウンスケーリングではなく、都市シナリオ・物理モデルを介在させヒートアイランド寄与を考慮している点が大きな特徴である。

サブテーマ2では、水災害被害に対する緩和・適応策の効果を費用・便益分析によって検討する。

サブテーマ3では、障害調整生存年(DALY)、ライフサイクルアセスメント(LCA)などを用いて、暑熱健康影響に対する緩和策・適応策の費用便益分析を実施する。

2. 研究の進捗状況

(サブテーマ1) グローバル温暖化シナリオとローカルな都市化シナリオを両方考慮して、将来の都市気候変動を予測する手法を開発した。成果の一部は、全球人工排熱データ一般公開、2017年土木学会水工学講演会で Best International Paper Award 受賞など、評価を得ている。ジャカルタをケーススタディとしているが、発展途上国など現地データの入手困難なメガシティに応用可能であり、ローカル研究であった都市気候学をグローバルに展開する足掛かりを作った。

(サブテーマ2) ジャカルタの洪水被害のメカニズムを明らかにすることが出来た。地盤沈下および土地利用・被覆の変化が洪水氾濫に与える影響を評価し、これらの影響が2050年には極めて深刻な状況になることを示した。また、高精度洪水氾濫モデルを開発した。洪水に伴う経済損失を抑えるため、効果的な洪水対策を考察するための基礎資料の提供がこのモデルによって可能となる。このモデルにより洪水被害金額ならびに対策の便益を計算することが可能となった。本手法は数値地図情報と経済情報から洪水被害のハザードとリスクの推定が可能であり、他都市への適用も可能である。

(サブテーマ3) メソ気候-都市気候-ビルエネルギー連成モデルを改良することで、夏季のエネルギー需要を適切に表現できるようになった。屋上緑化の費用便益分析の研究は、中高緯度に位置する先進国を対象に実施されており、低緯度に位置する新興国における実施例はなかった。今回、屋上緑化の費用便益分析を試算し、東京とは異なり、空調需要の削減効果が非常に大きいため、導入コストをペイするだけの環境改善効果が得られる可能性が高いことがわかった。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

- ・サブテーマ1で開発した都市気候変動予測手法は、ジャカルタを対象としているが、現地でのデータ取得が困難な発展途上国のメガシティへの応用を前提に設計されたものであり、今後、他国への環境政策支援のツールとして活用できる可能性がある。
- ・インドネシア バンドン工科大学と共同で設置したタワー観測サイトは、グローバル研究に使用可能な精度・設置条件・観測項目を備えており、同大学が継続的にメンテナンスと運用を行っている。今後、インドネシア気象局(BMKG)も含めて、質の高い気象観測データとして、各種政策決定の基礎データとして使用可能である。
- ・環境省が予定されている気候変動研究情報のデータベース化、とりわけ、東南アジアのメガシティを対象としたコンテンツ(数値予測データ・現地観測データ)の提供が可能である。

4. 委員の指摘及び提言概要

各サブテーマとも順調に進められており、当初期待した以上の成果が出ている。かなり先進性が高

い研究を含み、都市に焦点を当てた研究として高く評価したい。本課題内の研究テーマ毎の成果（計算結果など）が他の研究課題へそのまま適用可能なレベルに達していると評価される。これは、メガシティとしてジャカルタを事例として採用した結果の良い面が顕れた結果と考えられる。他都市への橋渡しの要因は未だ提案されていないので、残された期間に努力を集中してほしい。

5. 評点

総合評点：S

【S-14-5】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 (H27～H31)

サブテーマリーダー 肘岡 靖明 (国立研究開発法人国立環境研究所)

1. 研究開発目的

本研究では、(1)世界全体を対象として、気候変動による今世紀中の影響金額、適応策費用を推計し、緩和策の情報を統合して示すこと、(2) その情報を環境政策で実施するための制度設計、資金メカニズムを提案すること、を目的とする。対象とする部門は、水資源、生態系（森林管理を含む）、農業、エネルギー、健康、防災とする。また本研究内ではS-14の他テーマの情報を統合して示すため、特定分野の推計手法を先駆的に行いパイロットスタディとして示し、他テーマとの連携を促進する。

2. 研究の進捗状況

1) 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

緩和策として排出権取引の有効性、影響として低栄養による健康影響、適応策として冷暖房需要の変化、を題材として応用一般均衡モデルによる分析を行なった。また、直接費用と間接費用の扱いや、現状の資本ストックの見積もり方法など、応用一般均衡モデルによる分析の課題を整理した。

2) 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

水資源モデル (H08) と一般均衡モデル (AIM/CGE) を連携させる方法論を確立し、モデル拡張における課題も明らかにした。また、水力発電賦存量変化による影響、および、冷却用水利用可能性の変化による火力発電への影響を対象として統合的な分析を実施した。

3) 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

健康被害モデル、および農業経済モデルを構築し、気温上昇による影響の分析と、応用一般均衡モデルで用いるパラメータの抽出を行なった。また、固定価格買取制度を対象として制度設計上の問題についての分析を行なった。

4) 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

パリ協定の交渉過程の分析を行い、合意に至った要因を明らかにした。また、適応のための資金メカニズムの衡平性についての分析と、適応基金理事会で承認されたプロジェクトの分析を行なった。

5) 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

ドナーに焦点を置いた地球環境ファシリティーの森林関連プロジェクトの分析と、受益国に焦点を置いた森林関連プロジェクトの特徴の分析を実施した。また、サブテーマ(1)と連携し、インドネシアを事例としたモデルを活用した制度研究にも着手した。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

- ① IPCCにおいて、Special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty のスコーピング会合に2名招聘され、S-14の研究で得られた知識や経験に基づき章構成の作成に貢献した。また、この特別報告書の第三章 (Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems) 主執筆者にも選ばれ、本研究の成果も踏まえてゼロ次報告書を作成した。
- ② IPCC 第六次評価報告書のスコーピング会合に1名招聘され、S-14の研究で得られた知識や経験に基づき章構成の作成に貢献した。
- ③ 気候変動への対策を支援するため、緩和策と適応策に関する情報提供と国家間の対話を通じて国レベルでの影響を世界的に認識することを促進するためのプロジェクト「国レベルでの気候変動

影響 (Country-Level Impacts of Climate Change : CLICC)」主催のワークショップに専門家として参加し、S-14の研究で得られた知識や経験に基づき CLICC の活動の進め方などについて助言を行った。

- ④ 各国の政府や機関を支援する目的で 2017 年 2 月にオランダで設立されたグローバル適応センター (Global Centre of Excellence on Adaptation : GCEA) は、適応に関する政策や事業から得られる教訓を集約して適応策推進の指針を示すことを目的としている。S-14 の研究で得られた知識や経験を活用し、国立環境研究所は、国連環境計画およびオランダ等と共に同センターの設立に協力している。
- ⑤ 「気候変動の影響への適応計画」の“第 3 節 基本戦略、(3) 気候リスク情報等の共有と提供を通じた理解と協力の促進、(4) 地域での適応の推進”に基づき、S-14 の研究で得られた知識や経験を活用して、気候変動適応情報プラットフォームを構築すると共に、同ワーキンググループの幹事を務めた。
- ⑥ 平成 28 年度パリ協定の実施に向けた適応に係るルールに関する検討会委員として、S-14 の研究で得られた知識や経験を活用して、適応に係るルールに関して提言を行った。
- ⑦ 地球にやさしい温室効果ガス排出在り方検討会委員として、S-14 の研究で得られた知識や経験を活用して、緩和と適応に係るルールに関して提言を行った。
- ⑧ 平成 28 年度アジア太平洋地域等における適応計画策定プロセス・事業実施に関するケーススタディの作成及び普及にかかる検討会委員として、S-14 の研究で得られた知識や経験を活用して、適応に係るルールに関して提言を行った。
- ⑨ 九州・沖縄地方における地球温暖化影響・適応策検討会検討員として、S-14 の研究で得られた知識や経験を活用して、適応に係るルールに関して提言を行った。
- ⑩ COP21 で合意された +2℃ 目標を実現するためには水力発電をはじめとする再生可能エネルギーを大規模に利活用していく必要がある。その際には、温暖化により変動する包蔵水力など、エネルギーの資源的制約について精査・検討していく必要がある。本研究は資源的制約を踏まえた実効性のある緩和策を提案していくための基礎技術となるものと考えられる。また、火力発電所の冷却用水の不足は欧州西部や米国西部などで実際に起きており、温暖化によるさらなる悪化が強く懸念される。物理的な影響に加え、エネルギー生産における水制約の経済的な影響の伝播に関する知見は、将来的には対策・評価に関する環境政策立案における基礎的情報提供へとつながる可能性がある。

パリ協定とその交渉経緯の分析を COP21 終了後いち早く行い、気候変動分野の研究者や市民に共有したことにより、今後の気候変動対策強化に向けた合意形成の基礎固めに貢献した。

4. 委員の指摘及び提言概要

各サブテーマとも実行協議書に沿った成果を出しており、着実に進んでいる。残り期間についても結果の適用限界を提示しながらプロジェクト全体に貢献してもらいたい。AIM/CGE 計算結果は従来の知見を補完するレベルとなっており、評価できるが、サブテーマ 2 の研究方法をサブテーマ 1 全体に拡大することが期待される。また、このテーマを最終的にどのように全体の統合的評価に生かすかが問題である。

5. 評点

総合評点：A