

Environment Research and Technology Development Fund

環境省環境研究総合推進費終了研究等成果報告書

地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究  
(S-10)

平成24年度～平成28年度

A Comprehensive Research on the Development of Global Climate Risk Management Strategies

国立研究開発法人国立環境研究所  
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  
国立研究開発法人海洋研究開発機構(平成24年度～25年度)  
茨城大学  
大阪大学  
上智大学  
筑波大学  
東京大学  
東京工業大学  
東京理科大学  
北海道大学  
一般財団法人エネルギー総合工学研究所  
公益財団法人地球環境戦略研究機関(平成24年度～25年度)  
株式会社野村総合研究所  
三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

平成29年5月

環境省  
総合環境政策局総務課環境研究技術室  
環境保健部環境安全課環境リスク評価室  
地球環境局総務課研究調査室

地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究

(S-10)

I. 成果の概要	.....	i
1. はじめに (研究背景等)	.....	i
2. 研究開発目的	.....	ii
3. 研究開発の方法	.....	ii
4. 結果及び考察	.....	iv
5. 本研究により得られた主な成果	.....	vi
6. 研究成果の主な発表状況	.....	vii
7. 研究者略歴	.....	viii
II. 英文Abstract	.....	x

課題名 S-10 地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究

課題代表者名 江守 正多（国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター  
気候変動リスク評価研究室 室長）

研究実施期間 平成24～28年度

累計予算額 1,420,193千円（うち平成28年度：257,527千円）  
予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード 気候変動リスク、影響評価、統合評価、パリ協定、リスク判断の社会的側面

#### 研究体制

- (1)地球規模の気候変動リスク管理戦略の総合解析に関する研究（国立研究開発法人国立環境研究所、国立大学法人東京大学、株式会社野村総合研究所）
- (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（国立研究開発法人国立環境研究所、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構、国立大学法人茨城大学）
- (3)クリティカルな気候変動リスクの分析に関する研究（国立大学法人東京工業大学、国立大学法人東京大学、国立大学法人筑波大学、国立大学法人北海道大学、国立研究開発法人海洋研究開発機構）
- (4)技術・社会・経済の不確実性の下での気候変動リスク管理オプションの評価（学校法人東京理科大学、国立研究開発法人国立環境研究所、上智大学、一般財団法人エネルギー総合工学研究所、公益財団法人地球環境戦略研究機関）
- (5)気候変動リスク管理における科学的合理性と社会的合理性の相互作用に関する研究（国立大学法人東京大学、国立大学法人大阪大学、三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社）
- (6)プロジェクト全体の管理（国立研究開発法人国立環境研究所）

#### 研究概要

##### 1. はじめに(研究背景等)

本研究開始時点(2012年)の状況として、気候変動枠組条約 COP16 カンクン合意により世界全体で平均気温上昇を工業化以前と比べ「2℃」以内に押さえるという目標のもと様々な行動が実施されていた。カンクン合意では、この目標について、気候変動枠組み条約第2条との関係から十分であるか、また、目標達成に向けた国際的な緩和行動や緩和行動を進める枠組みについて、2013年～2015年の間にレビューを行うとした。さらに、「2℃」目標達成に向け、国際的に大幅なGHGの削減が必要となるが、大幅削減に向けた国際的な合意は停滞し、大幅削減に必要な時間が刻々と失われているという認識があった。(図1)

#### 背景

気候変動枠組条約 COP16 カンクン合意：  
平均気温上昇「2℃」以内目標に言及（「1.5℃」目標の可能性にも言及）

しかし...

- 現状の各国目標の積み上げでは「2℃」を超えそう
- 「2℃」等の科学的根拠は絶対的でなく、価値判断も入る
- 「2℃」等と排出削減目標の関係に科学的不確実性がある
- 水、食料問題等と気候変動影響・対策との関連性が検討不十分

➡ 長期を見据えて、不確実性のある気候変動リスクに対応する合理的な戦略の再構築が必要（地球規模の気候変動リスク管理戦略）

図1 研究開始時点の問題認識

その後、5年の研究期間の間に、気候変動問題をめぐる状況は大きく進展した。2015年末に、国連気候変動枠組条約の第21回締約国会議（COP21）がパリで開催され、2020年以降の気候変動対策の新しい国際枠組である「パリ協定」が採択された。パリ協定には「世界的な平均気温上昇を工業化以前に比べて 2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求する」こと、そのために「今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成する」ことが長期目標として盛り込まれた。パリ協定は2016年11月に国際条約としては異例の早さで発効し、国際社会がこの長期目標を目指す体制が整った。

## 2. 研究開発目的

本プロジェクトでは、「クリティカルな気候変動リスクの分析」、「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の分析」、「幅広い気候変動リスク管理オプションの評価」、「気候変動リスク管理問題への科学技術社会論の適用」により、制約条件、不確実性、リスク管理オプション、社会の価値判断を網羅的に考慮した、地球規模での気候変動リスク管理戦略を構築・提示することを目的とした。これにより、国際的合意形成への寄与、日本の交渉ポジション・国内政策立案の支援、国民の気候変動問題への理解の深化に貢献することを目指した。

パリ協定採択前まで、本プロジェクトでは、世界が1.5℃、2℃、2.5℃といった異なる長期目標を目指したそれぞれの場合の、避けられるリスク、残留するリスクは何か、対策に伴うコストや副作用のリスクは何か等を整理し、人類が気候リスクに対処する方針の「選択肢」を示すことに努めてきた。しかし、パリ協定で長期目標が合意されたことにより、人類の「選択」はすでに成されたとみることができる。そこで、パリ協定採択以降は、プロジェクトの研究成果に基づき、パリ協定の長期目標の含意をリスクの観点から解釈するとともに、残された課題を議論した。

## 3. 研究開発の方法

本プロジェクトでは、制約条件、不確実性、リスク管理オプション、社会の価値判断を網羅的に考慮した、地球規模での気候変動リスク管理戦略を構築・提示するため、以下の(1)～(5)の個別テーマにおいて研究を実施するとともに、各テーマの結果を統合する議論を行う総合化会議を運営し、また、テーマ横断のタスクグループを必要に応じて設置して検討を進めた。(図2)

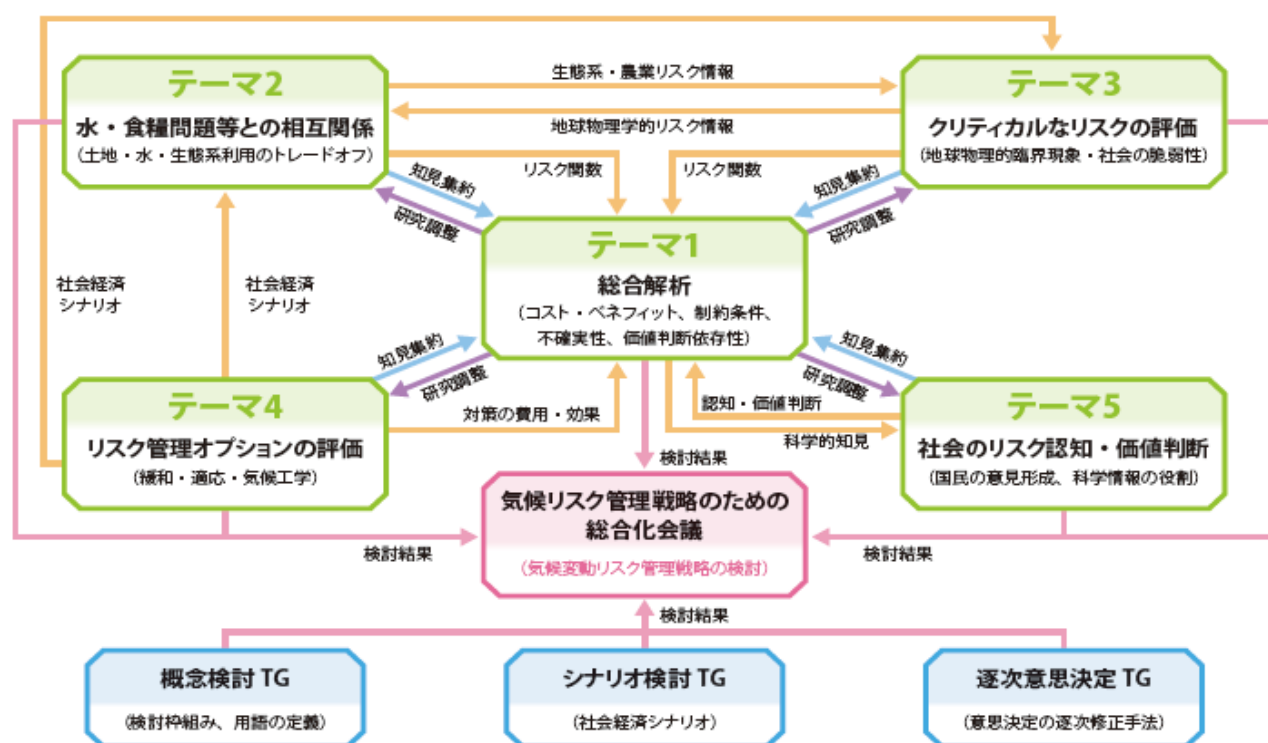


図2 プロジェクトの構成

#### (1)地球規模の気候変動リスク管理戦略の総合解析に関する研究【S-10-1】

戦略課題全体の司令塔(総括班)として、テーマ間の研究調整・連携促進ならびに課題全体の進行管理の役割を担いつつ、各テーマが生み出す研究知見を総合化し、リスク管理戦略の解析の枠組みを定め、地球規模の気候変動リスク管理戦略の解析を実施する。このため、各テーマが提供する気候変動リスクおよび対策に関する知見を、統合評価ツールへの組み込みを通じて定量的に、知見集約と議論を通じて定性的に総合化し、リスク管理戦略について解析を実施する。また、意思決定理論の数理的応用、実践を通じたリスク伝達の研究成果をふまえ、リスク管理戦略解析の枠組みを研究実施期間内に定期的に見直す。

#### (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【S-10-2】

気候変動が食料・水・エネルギー利用可能性および生態系に対して与える影響を総合的に評価し、将来の土地・水・生態系の利用制約、温暖化対策と食料生産・水資源・生態系とのトレードオフ関係・コベネフィット関係を定量分析し、温暖化影響下での温暖化対策のクリティカルなプロセスやポイントを特定する。このため、土地・水・農業・生態系を記述する陸域統合モデルを開発し、温暖化の影響や温暖化対策の要求の下で、持続可能性の観点から望ましい土地・水・生態系の利用の用途・方法・程度を地理的な分布を併せて検討し、水資源セキュリティや生態系サービスなどの各種持続可能性指標を設定して評価を試みる。また、陸域統合モデルを構成する生態系・水資源・土地利用・農業生産の各モデルを高度化するとともに、それらの間の相互作用についての分析も実施する。

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

リスク分析を担当する。リスク分析は気候変動によって生じ得る事象の特性評価とそれがもたらす社会への影響の推計からなる。気候変動リスクの特性評価研究では、気候変動によって生じ得る事象の中でも、特に、海洋の熱塩循環(THC)の変化、グリーンランドなど極地の氷床の大規模融解等、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。気候変動リスクの推計研究では、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。

#### (4)技術・社会・経済の不確実性の下での気候変動リスク管理オプションの評価【S-10-4】

地球温暖化対策に関する様々な中長期エネルギー経済モデル開発と評価が行われているが、これまでの多くのモデル開発は完全予見型の合理的行動を前提とすることが多く、理想的状況におけるポテンシャルの評価に主眼が置かれてきたため、具体的行動に移す際、現実の意思決定行動と理論的な結果の間の乖離の評価や、乖離の縮小という問題に十分応えられてはいない。本研究では、従来のモデル方法論と現実的な行動の間を結ぶアプローチの現状の調査を行い、さらに現実的な政策決定に寄与するためのモデル方法論の拡張を試みる。さらに、モデル評価への考慮がなされていない適応策とジオエンジニアリングについてメタ分析を行い、これらも考慮し、技術・社会・経済の多面的不確実性を加味したモデル方法論の開発と対策ポートフォリオの提示を行う。

#### (5)気候変動リスク管理における科学的合理性と社会的合理性の相互作用に関する研究【S-10-5】

地球規模の気候変動リスク管理の問題は、不確実性をふくむ問題でありながら、社会的意思決定が必要な課題である。科学者にも予測がつかない要素を含む問題を公共的に解決しなくてはならないときは、科学的合理性に加えて、公共の合意、公共の意思決定の根拠となる「社会的合理性」を、公共のメタ合意として作っていく必要がある。社会的合理性が担保されるためには、意思決定主体の多様性、情報開示及び選択肢の多様性の保証、意思決定プロセス及び合意形成プロセスの透明性・公開性の保証と手続きの明確化が必要とされる。その際、意思決定の主体となる国民のリスクの受け取り方、リスク認知、理解、といった科学コミュニケーションあるいは科学の公共理解、およびそれに基づく価値判断、といった課題は避けて通れない。本テーマでは、気候変動リスク管理の問題について、社会的合理性担保に必要なリスク認知、コミュニケーション、価値判断を視野に入れ、各テーマからの科学的研究知見を総合化し、地球規模での気候変動リスク管理戦略について社会的合理性の視点からの分析を行う。また、分析結果をテーマ1から4へ還元し、リスク管理戦略の解析の枠組みの定期的な見直しに役立てる。

なお、プロジェクトの愛称を「Integrated Climate Assessment-Risks, Uncertainties and Society (ICA-RUS)」と名付け、ギリシア神話のイカロスが高く飛んでも低く飛んでも墜落するリスクがあったのと同様に、気候問題の難しいリスクトレードオフ状況の中で人類がどのような選択をするかを議論したいという意味を込めた。

#### 4. 結果及び考察

ここでは、本プロジェクトが研究終了時点でインターネット上に公開した報告書である「地球規模の気候リスクに対する人類の選択肢最終版 概要版 (ICA-RUS Report 2017)」(<https://www.nies.go.jp/ica-rus/report/version2/index.html>)のエグゼクティブサマリーに基づき、すべてのテーマの結果を統合して得られた知見を記述する。知見の全体像を図3に示す。

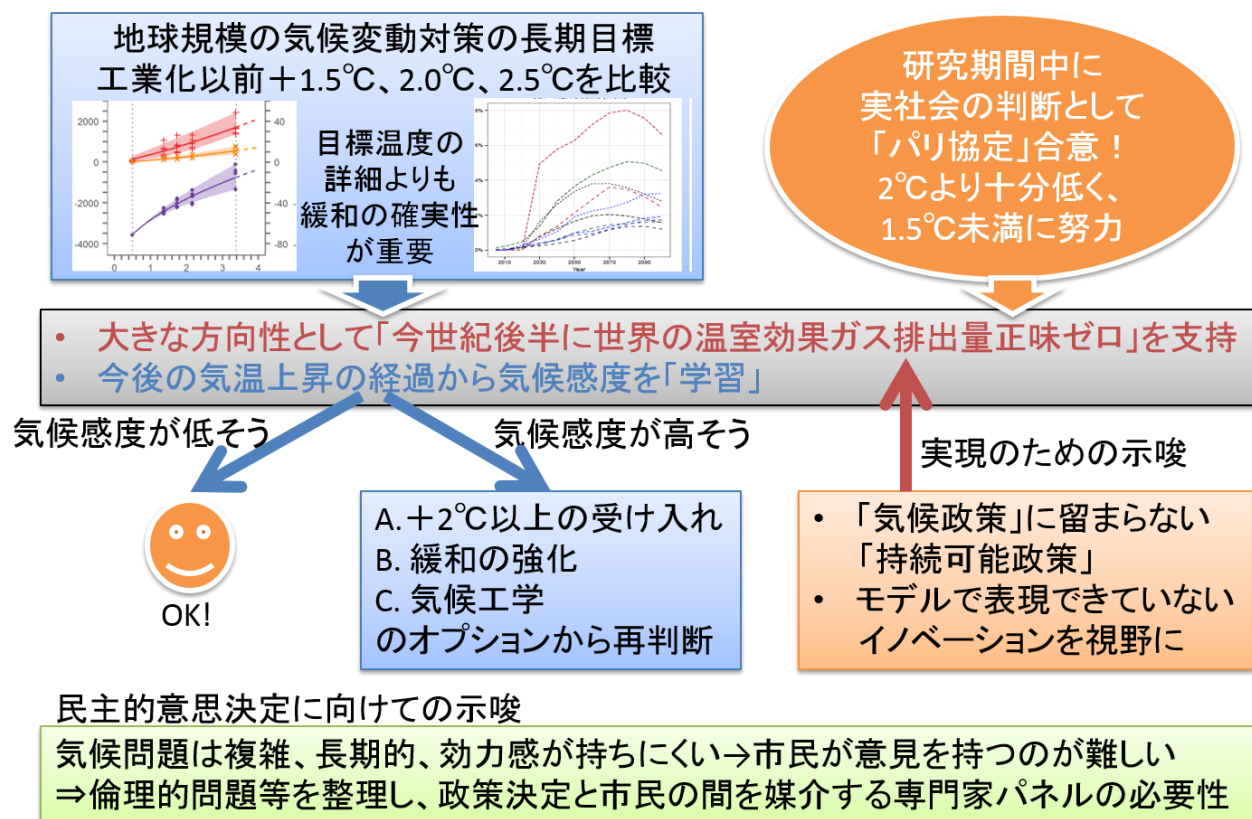


図3 本プロジェクトで得られた知見の全体像

工業化以前からの世界平均気温の上昇を66%程度の確率で1.5°C、2.0°C、2.5°C以下に抑えるための排出経路を緩和目標として掲げること、それぞれT15、T20、T25という3つの「戦略」として設定した。その上で、影響評価と対策評価の両面から、不確実性を考慮しつつ、地球規模における各「戦略」の帰結を比較することを試みた。

#### 影響評価

農業、生態系、水資源、洪水、健康、ティッピングエレメントの各項目について影響評価を行った結果、一般的傾向として、「戦略」間の差は、各「戦略」とBaU(気候変動対策無しの場合)との差に比べて小さく、かつ気候不確実性の幅と比べても小さいことが示された。一部の項目(農業、健康)については適応策の効果を評価したが、同等なレベルの適応策実施を想定した「戦略」間を比較した場合も上記の傾向は変わらなかった。このことから、地球規模リスクの観点からは、1.5°C、2.0°C、2.5°Cのいずれを目指すかという選択よりもむしろ、大きな方向性としてそのいずれかに確実に向かっていくこと、および気候不確実性への対処を考えることが重要であるという示唆が得られた。

ただし、本研究では影響評価項目の包括性に限界がある上に、市場価値のような統合指標への換算ができておらず、項目間の比較や対策評価との比較にも限界があることに注意を要する。また、特定地域における特定項目の影響では「戦略」間の差が小さいとはいえない可能性がある。

さらに、ティッピングエレメントに注目すると、「戦略」間の差が重要な意味を持つ可能性がある。本研究では、既存の知見を基に簡便な仮定を置いて、グリーンランド氷床融解の不安定化と北極海の夏季海氷の消滅について、閾値(ティッピングポイント)を超える確率を「戦略」毎に試算した。T15では、2100年までに閾値を超える確率がT20に比較して半分前後に抑えられる結果となり、閾値現象を考慮することにより「戦略」間に顕著な帰結の違いが認識される可能性が例示された。



## 対策評価

各「戦略」の緩和目標を達成するために必要な緩和策および経済損失等を、複数の統合評価モデルを用いて見積もった結果、「戦略」間の差は顕著であった。特にT15は、本研究で用いた対策評価モデルの範囲では、よほど楽観的な条件の下でないと実現しないか、モデルによっては実行可能解が得られなかった。

また、社会経済発展経路としてSSP1(持続可能社会)、SSP2(中庸)、SSP3(分断社会)のそれぞれを用いた場合の結果を比較すると、SSP2、SSP3と社会経済発展経路が持続可能性から遠ざかるにつれ、「戦略」が必要とする排出削減によって生ずる経済損失は明瞭に拡大した。T15については、SSP1ではどのモデルでも実行可能解を描きうるが、SSP3では実行可能解を示せないモデルが増えた。

これらの「戦略」の緩和目標を達成するための技術オプションの選択は、モデルによって大きく異なり、原子力の大規模な導入により達成する方法も、再生可能エネルギーの大規模な導入により達成する方法もあることが示された。一方で、CO<sub>2</sub>隔離貯留(CCS)はどのモデルに従ってもある程度大規模な導入が必須である。尚、バイオマスエネルギーに大きく依存する対策を想定した場合、大規模バイオマス生産のための農地需要により、食料生産との競合、水資源の逼迫、生態系サービスの損失といった波及的な影響も懸念されることが、食料・水資源・生態系モデルを用いた追加分析により示唆された。

一般に、統合評価モデル分析では、世界全体での経済合理的な最適行動を前提としているため、コスト等の見積りが楽観的になる傾向がある。しかし一方で、技術体系や社会経済体系を大きく変えるような未知のイノベーションを表現することはできないため、現実より悲観的な面があると見ることもできる点に注意を要する。

## パリ協定の長期目標の含意と残された課題

パリ協定の長期目標として「世界的な平均気温上昇を工業化以前に比べて2°Cより十分低く保つとともに、1.5°Cに抑える努力を追求する」こと(温度目標)、そのために「今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成する」こと(排出経路目標)が国際的に合意された。

### 1) 大きな方向性としての排出経路目標

このうち排出経路目標は、上述した「大きな方向性として1.5°C、2.0°C、2.5°Cのいずれかに確実に向かっていくこと」の指針となる行動目標として評価できる。一方、排出経路目標が実現した際に温度目標が実現するかどうかは現実の気候感度等に依存し、不確実性がある。例えば、T20の排出経路(RCP2.6相当)が実現した場合に、約33%の確率で現実の気候感度が低く1.5°C未満の目標が達成できるが、同じく約33%の確率で現実の気候感度が高く2°C未満の目標も達成できない。

### 2) 不確実性への対処

この不確実性に対処するために、第一に、「学習」による不確実性の低減に期待することができる。本研究では、今後の気温上昇の推移を監視することによって、今世紀末の気温上昇予測の不確実性を今世紀半ばまでに半分程度まで減らせる可能性を示した。

第二に、この「学習」の結果、将来の気温上昇が高い(～気候感度が高い)ことが判明した場合に取りうるオプションとして以下の3つが考えられる。

- A. 温度目標を超える気候状態の受入れ(適応を含む)
- B. 緩和の強化による温度目標達成の追及
- C. 気候工学(特に太陽放射管理)による気温制御

Bについて、本研究の分析では、例えば気候感度3.65°Cを仮定して気温上昇2°C未満を目指す緩和経路に沿った後、今世紀半ばに気候感度が4.5°Cと判明して2°C未満を目指す為に緩和経路を強化した場合、T15を超える大きな経済損失が生じるという結果を得た。

Cについて、本研究では、太陽放射管理の代表的アイデアである成層圏エアロゾル注入の実施コストが従来の想定よりも数倍以上大きいことを示すとともに、気候工学をめぐる倫理的な課題の検討を行った。

A、B、Cのいずれを(あるいはそのどのような組み合わせを)選択したとしても、パリ協定の排出経路目標の実現により温度目標を達成できた場合に比べて、追加的なリスクを引き受ける必要があることに注意を要する。

パリ協定における温度目標の合意は、BまたはCのリスクを引き受けてまで温度目標を追及するという判断を意味しているわけではないであろう。従って、もしも気候感度が高く、パリ協定の排出削減目標が実現したとしても温度目標が実現しない見通しとなった場合には、気温上昇が2°Cまたは1.5°Cを超えてはいけない理由を国際社会が深く再検討し、A、B、Cの選択に伴うリスクを比較した上での再判断が必要になると考えられる。

### 3) 排出経路目標達成の考え方

ここまでは排出削減目標達成を前提に議論したが、実際にはその達成自体が人類にとって壮大な挑戦である。

これについて本研究からいえることは、第一に、社会経済発展経路(SSP)が持続可能なものから遠いほど、緩和目標の達成が困難になる傾向が明瞭であった。このことから、緩和目標達成のための政策は、社会経済発展経路を所与として低炭素化の技術や制度を導入する狭い意味での気候政策に限定されず、社会経済発展経路をより持続可能な方向にシフトさせるための幅広い「持続可能性政策」を含むべきである。

第二に、モデルは現時点で予見できない社会経済や技術のイノベーションを表現できないのであるから、数十年より先を考える上では、モデルにより導かれる制約(膨大な対策コスト等)を必ずしも絶対的なものとみなさず、むしろモデルの前提を変化させるにはどうしたらよいかを柔軟かつ創造的に発想する必要がある。

## 民主的な意思決定

最後に、一国における気候問題の対処方針を民主的に意思決定するにはどうすべきか。気候リスクの問題は、複雑、長期的、効力感が持ちにくいなどの特徴があり、市民の多くは自分の意見を述べるのが難しいと感じる傾向がある。しかし、専門家に判断を完全に委任したいわけでもない。社会の判断を代行するのではなく、多様な観点から課題の整理等を行い社会の議論を手助けする媒介専門家を組織することが有効と考えられる。

## 5. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

本プロジェクトでは、地球規模・長期の気候変動問題に関する目標設定を不確実性下の意思決定の問題として捉え、気候変動の悪影響リスクと対策コストだけでなく、各種対策が波及効果としてもたらすリスクや機会等も包括的に捉えたうえで、リスク対応戦略の検討を行った。気候変動をこのような枠組みで捉えた包括的な検討はこれまで行われたことが無く、大きな科学的意味がある。

テーマ1-5を含むプロジェクト全体として、以下の意義を持つ成果が得られた。

- 複数の対策長期目標に対応した統合的なシナリオに基づき、気候予測の不確実性を考慮した、多数分野(水害、水資源、食料、生態系、健康等)の気候変動影響評価を実施し、その結果を包括的に分析した。
- 厳しい対策目標を目指した場合に必要な、「負の排出」を実現するバイオマスCCS技術の大規模導入に伴う、土地、水、食料、生態系とのトレードオフを分析した。
- 複数の対策長期目標に対して、複数の統合評価モデルを用いて、必要となる緩和オプションと導入量、コスト等の評価を行い、包括的に分析した。
- 気候変動のリスク問題としての特徴を整理し、国民の考え方を調査するとともに、社会的合理性の高い意思決定のあり方を検討した。

### (2) 環境政策への貢献

本研究開始時点では、気候変動枠組条約における国際交渉の過程で2013~2015年に行われる長期目標のレビューおよび2015年の合意を目指して交渉が行われる新しい国際枠組の議論において、リスク管理の観点から各種提案の合理性を評価するなどの形で国内外の政策立案に貢献することを目指してきた。

2015年のCOP21においてパリ協定の長期目標が合意されたが、これを受けて、その実現に向けて政策的に取り組む上での指針となる考え方を、リスクの観点から提示した。

また、COP21前後から、メディア等を通じて2°Cや1.5°C目標の意味を一般社会に向けて解説する機会を多く得た。これによって、気候変動政策目標についての国民の理解促進に寄与し、環境政策に貢献したものとする。

### <行政が既に活用した成果>

- 2013年3月18日(国立環境研究所訪問時)と4月3日に石原環境大臣へのレク、3月27日に自民党環境部会でのレクを行い、地球規模・長期の視点から見た気候変動のリスクに関して国会議員へ知見の提供を行った。また、同年10月30日には自民党の環境部会、環境・温暖化対策調査会合同会議において、IPCC AR5 第一作業部会の報告書をもとに、知見の提供を行った。
- 2013年10月25日に環境省国際地球温暖化対策室ならびにこのテーマを交渉官として担当するIGESの吉野研究員に対して、COP19に先立ち、本プロジェクトの内容を踏まえ、知見の提供を行った。
- 2014年9月25日にIPCC報告書および環境研究総合推進費を含む気候変動に関する研究活動について、環境省事務次官・審議官等の省幹部の理解を深めるための勉強会に講師として出席し、IPCC WG1報告書と本研究プロジェクトの内容を基に知見の提供を行った。
- 2014年9月29日に経済産業省政策審議室において検討中の2050年のあるべき日本の姿を念頭においた直近の10年間の政策策定のために、気候変動の現状と将来予測、異常気象や気候変動が経済や社会に与えるであろうインパクト等について、本研究プロジェクトの内容を基に知見の提供を行った。



- 2014年10月17日に「第1回環境省・文科省連携懇談会」に出席し、両省の連携のためにIPCC AR5 第一作業部会の報告書や気候変動の現状と将来予測、および本研究プロジェクトの内容に関連した知見の提供を行った。
- 2016年7月22日に環境省地球環境局長をはじめとする省職員に対し、本研究プロジェクトの内容を基に知見の提供を行った。
- 2016年9月15日に環境省の中央環境審議会長期低炭素ビジョン小委員会における有識者ヒアリングで、本研究プロジェクトの成果に基づき発表を行い、2050年の国内排出量80%削減に向けた議論に貢献した。

#### ＜行政が活用することが見込まれる成果＞

- IPCCの1.5°C目標に関する特別報告書の引用に間に合うように論文を執筆する予定であり、同報告書ならびにAR6の内容への貢献が見込まれる。
- 今後、NDCの深堀り、2050年に国内80%削減といった議論の中で「なぜ/本当に1.5°C/2°Cか?」という疑問が繰り返し再燃することが予想される。その際に、本研究で提示したような考え方が指針として役立つことが見込まれる。

## 6. 研究成果の主な発表状況

### (1) 主な誌上発表

#### ＜査読付き論文＞

- 1) T. Iizumi, H. Sakuma, M. Yokozawa, J.J. Luo, A.J. Challinor, M.E. Brown, G. Sakurai, and T. Yamagata: *Nature Climate Change*, 3, 904–908 (2013)  
“Prediction of seasonal climate-induced variations in global food production”
- 2) Y. Hirabayashi, R. Mahendran, S. Koirala, L. Konoshima, D. Yamazaki, S. Watanabe, H. Kim and S. Kanae : *Nature Climate Change*, 3, 816–821 (2013)  
“Global flood risk under climate change”
- 3) E. Kato and Y. Yamagata: *Earth’s Future*, 2, 421–439 (2014)  
“BECCS capability of dedicated bioenergy crops under a future land-use scenario targeting net negative carbon emissions”
- 4) K. Nishina, A. Ito, D.J. Beerling, P. Cadule, P. Ciais, D.B. Clark, P. Falloon, A.D. Friend, R. Kahana, E. Kato, R. Keribin, W. Lucht, M. Lomas, T.T. Rademacher, R. Pavlick, S. Scaphoff, N. Vuichard, L. Warszawski, and T. Yokohata: *Earth System Dynamics*, 5, 197–209 (2014)  
“Quantifying uncertainties in soilcarbon responses to changes in global mean temperature and precipitation”
- 5) Y. Honda, M. Kondo, G. McGregor, H. Kim, Y.-L. Guo, Y. Hijioka, M. Yoshikawa, K. Oka, S. Takano, S. Hales and R.S. Kovats: *Environmental Health and Preventive Medicine*, 19(1), 56–63 (2014)  
“Heat-related mortality risk model for climate change impact projection”
- 6) H. Ishida, S. Kobayashi, S. Kanae, T. Hasegawa, S. Fujimori, Y. Shin, K. Takahashi, T. Masui, A. Tanaka and Y. Honda: *Environmental Research Letters*, 9, 9 (2014)  
“Global-scale projection and its sensitivity analysis of the health burden attribution to childhood undernutrition under the latest scenario framework for climate change research”
- 7) A. Tanaka, K. Takahashi, Y. Masutomi, N. Hanasaki, Y. Hijioka, H. Shiogama and Y. Yamanaka: *Scientific Reports*, 5 (14312) (2015)  
“Adaptation pathways of global wheat production: Importance of strategic adaptation to climate change”
- 8) H. Shiogama, D. Stone, S. Emori, K. Takahashi, S. Mori, A. Maeda, Y. Ishizaki and M.R. Allen: *Scientific Reports*, 6 (2016)  
“Predicting future uncertainty constraints on global warming projections”
- 9) S. Mori: *Journal of Economic Structures*, 5(5), 1–22 (2016)  
“A new approach of carbon emission allocation among stakeholders: an expansion of Multiregional and Multisectoral Dynamic Energy Economic Model THERESIA”
- 10) R. Moriyama, M. Sugiyama, A. Kurosawa, K. Masuda, K. Tsuzuki and Y. Ishimoto: *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, DOI: 10.1007/s11027-016-9723-y (2016)  
“The cost of stratospheric climate engineering revisited”

- 11) 江守正多: 環境経済・政策研究, 9, 1, 75-78 (2016)  
「パリ協定における 1.5°C および 2°C 目標の科学的・政策的含意-ICA-RUS プロジェクトの成果より-」
- 12) B.C. O'Neill, M. Oppenheimer, R. Warren, S. Hallegatte, R.E. Kopp, H.O. Poertner, R. Scholes, J. Birkmann, W. Foden, R. Licker, K.J. Mach, P. Marbaix, M.D. Mastrandrea, J. Prce, K. Takahashi, J.P. van Ypersele and G. Yohe: Nature Climate Change, 7, 28-37 (2017)  
“IPCC reasons for concern regarding climate change risks”
- 13) A. Arneeth, S. Sitch, J. Pongratz, B. D. Stocker, E. Kato et al.: Nature Geoscience, 10, 79-84, doi:10.1038/ngeo2882 (2017)  
“Historical carbon dioxide emissions caused by land-use changes are possibly larger than assumed”

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 藤垣裕子、草深美奈子、山内保典、兪石洪他「不確実性の評価: ポスト・ノーマル・サイエンスとNUSAP」(2013)  
翻訳論文を中心として、ポスト・ノーマル・サイエンスとNUSAPを紹介する冊子として編集、作成。S10主催で開催した国際ワークショップの参加者に配布。

#### (2) 主な口頭発表(学会等)

- 1) Y. Goto-Maeda, S. Emori, K. Takahashi, M. Aoyagi-Usui, Y. Tanaka, H. Fukuda, K. Fukushi and M. Kawamiya: AGU Chapman Conference, Colorado, USA (2013)  
“Enhancing Communication between Journalists and Scientists on Climate Change in Japan”
- 2) M. Kiguchi, Y. Iseri, R. Tawatari, S. Kanae and T. Oki: AGU fall meeting, San Francisco, USA (2015)  
“Uncertainty of tipping elements on risk analysis in hydrology under climate change”
- 3) S. Mori, T. Washida, A. Kurosawa and T. Masui: Our Common Future under Climate Change, Paris, France (2015)  
“Pathways to be Opened towards Low Carbon Society; Findings on Multi-model Comparison in ICA-RUS Project”
- 4) 宗像慎太郎、高橋 溪: 第 14 回科学技術社会論学会 (2015)  
「気候変動に係るトレードオフに関する意思決定パターンの研究」
- 5) K. Takahashi, S. Emori, Y. Yamagata, S. Kanae, S. Mori and Y. Fujigaki: 1.5 Degrees: Meeting the challenges of the Paris Agreement, Abstracts, 77-78, Oxford, UK (2016)  
“Comparing risks for aiming at 1.5°C, 2.0°C and 2.5°C degree targets with climate uncertainties”
- 6) A. Yamamoto, A. Abe-Ouchi, M. Shigemitsu, A. Oka, K. Takahashi, R. Ohgaito and Y. Yamanaka: AGU fall meeting, San Francisco, USA (2016)  
“Multimillennium changes in dissolved oxygen under global warming: results from an AOGCM and offline ocean biogeochemical model”
- 7) 桑田学、草深美奈子: 第 15 回科学技術社会論学会 (2016)  
「気候変動問題をめぐる社会的合理性と倫理」

#### 7. 研究者略歴

課題代表者: 江守 正多

東京大学教養学部基礎科学科第二卒業、博士(学術)、現在、国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター気候変動リスク評価研究室 室長

研究分担者

- 1) 高橋 潔  
京都大学工学部衛生工学科卒業、博士(工学)、現在、国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム研究センター広域影響・対策モデル研究室 室長
- 2) 山形 与志樹  
東京大学教養学部基礎科学科第二卒業、博士(学術)、現在、国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター気候変動リスク評価研究室 主席研究員
- 3) 鼎 信次郎  
東京大学工学部土木工学科卒業、博士(工学)、現在、東京工業大学環境・社会理工学院 教授

4) 森 俊介

東京大学工学部電子工学科卒業、工学博士、現在、東京理科大学理工学部経営工学科 教授

5) 藤垣 裕子

東京大学教養学部基礎科学科第二卒業、博士(学術)、現在、東京大学大学院総合文化研究科 教授

## **A Comprehensive Research on the Development of Global Climate Risk Management Strategies**

Principal Investigator: Seita Emori

Institution: National Institute for Environmental Studies (NIES)  
16-2 Onogawa, Tsukuba-City, Ibaraki 305-8506, JAPAN  
Tel: +81-29-850-2724 / Fax: +81-29-850-2960  
E-mail: [emori@nies.go.jp](mailto:emori@nies.go.jp)

Cooperated by: Tokyo Institute of Technology, Tokyo University of Science, The University of Tokyo

[Abstract]

**Key Words:** Climate change risks, Impact assessment, Integrated assessment, Paris agreement, Social aspects of risk decisions

We have assessed risk implications of setting a 1.5, 2.0 or 2.5 degrees C temperature goal in a comprehensive manner. Process based impact models for multiple sectors are used for future projections of impacts, while multiple integrated assessment models are employed for assessing the portfolios of mitigation options and associated economic impacts for achieving emission pathway for each goal.

Results suggest the following two major implications for ways to pursue Paris agreement goals. Firstly, given the uncertainties in climate sensitivity, “net zero GHGs emission in the second half of this century” is a more actionable goal for society than the 2 or 1.5 degrees C temperature goal itself. If the climate sensitivity is relatively high, the temperature goals wouldn’t be met even when the net zero emission goal is achieved. If it is proven (through “learning”) to be the case, the options left are: A. accepting/ adapting to a warmer world, B. boosting mitigation, C. climate geo-engineering, or any combination of them. In this case, decision should be made based on a deeper discussion of risks associated with each option in society with the latest knowledge on scientific and moral aspects of those risks.

Secondly, the net zero GHGs emission itself is obviously not an easy goal to achieve. We need to consider a wider range of policies: not only climate policies (represented in IAMs by introducing more expensive mitigation options due to higher carbon pricing given a fixed socio-economic scenario), but also a broader “sustainability policies” (policies to shift the socio-economic scenario toward a more sustainable one). We need to be aware that IAMs cannot represent innovative changes in technological and socio-economic systems that we are not able to foresee so far. The limitations for net zero emission scenarios (e.g., extremely high cost) would not be an absolute one. We can envisage more innovative solutions than IAMs can illustrate currently.

Based on a consideration of social aspects of risk decisions, we also recommend the establishment of “intermediate layer” experts, who support both decision making by citizens as well as social and ethical thinking by policy makers.