

## 追跡調査シート

重点研究プログラム名	地球温暖化研究プログラム		
プログラム代表者名	笹野 泰弘	追跡調査シート 作成者名	笹野 泰弘
研究期間	平成 18 年度～22 年度	総予算（実績額）	3,362,000（千円） 但し、その他活動 1・4 を除く
研究者数	123（人）		
重点研究プログラムの構成			
中核プロジェクト 1	温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明		
中核プロジェクト 2	衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定		
中核プロジェクト 3	気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価		
中核プロジェクト 4	脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価		
関連研究プロジェクト 1	過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定		
関連研究プロジェクト 2	高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究		
関連研究プロジェクト 3	京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究		
関連研究プロジェクト 4	太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価		
関連研究プロジェクト 5	温暖化に対するサンゴ礁の変化の検出とモニタリング		
関連研究プロジェクト 6	温暖化の危険な水準と安定化経路の解明		
関連研究プロジェクト 7	温暖化政策を評価するための経済モデルの開発		
関連研究プロジェクト 8	アジア太平洋地域における戦略的データベースを用いた応用シナリオ開発		
関連研究プロジェクト 9	日本における土壌炭素蓄積機構の定量的解明と温暖化影響の実験的評価		
その他活動 1	地球温暖化に係る地球環境モニタリング		
その他活動 2	地球温暖化に係る地球環境データベースの整備		
その他活動 3	GOSAT データ定常処理運用システム開発・運用		
その他活動 4	地球温暖化に係る地球環境研究の総合化・支援		

### 1. 研究開始時の背景と 5 年間の研究概要

#### (研究開始時の背景)

温室効果ガスによる地球温暖化の進行とそれに伴う気候変化は、その予測される影響の大きさや深刻さからみて、人類の生存基盤に関わる最も重要な環境問題の一つであり、持続可能な社会の構築のためにはその防止及び影響緩和に向けた取組が必要不可欠である。その一環として、平成 17 年 2 月に京都議定書が発効したことにより、「京都議定書目標達成計画」（平成 17 年 4 月閣議決定）の確実な実施による排出削減約束の達成が我が国の当面の重要課題となった。しかし、それに留まらず、京都議定書の第 1 約束期間以降の国際枠組みの構築、さらには将来の社会経済システムを温室効果ガスの排出の少ないものへと変革することを目指して、50 年～100 年後の中長期までを見据えた温暖化対策の検討を進め、脱温暖化社会の実現に向けた道筋を明らかにしていく必要があるとの認識のもとに、本研究プログラムが開始された。

#### (5 年間の研究概要)

本研究プログラムでは、人為起源の排出による温室効果ガスの大気中濃度の増加による地球温暖化とそれに伴う気候変化、その人類や地球の生態系に及ぼす影響について、その実態を把握し、その機構を理解し、将来の気候変化とその影響を予測する技術の高度化を図り、予測される気候変化とその影響を具体的にかつ不確実性を含めて定量的に示すと同時に、脱温暖化社会の実現に至る道筋を明らかにすることにより、地球温暖化問題の解決に資することを目的とし、4 つの「中核研究プロジェクト」を立ち上げた。また、地球環境研究センターにおける関連活動として、地球温暖化に係る地球環境モニタリングや GOSAT データ定常処理運用システム開発・運用など、「その他の活動」が実施された。この他、地球温暖化研究プログラムに関連するものとして、他ユニット等でさまざまな「関連研究プロジェクト」が、各ユニットの責任において実施された。

本シートでは、「その他の活動」である地球環境モニタリングや GOSAT データ処理運用などの事業部分については割愛させて頂き、本プログラムの中心をなす 4 つの「中核研究プロジェクト」について、平成 22 年度末までの 5 年間の研究概要と主な成果を記述することとする。

### (1) 中核研究プロジェクト1 (温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明)

アジア-太平洋域での広域大気観測による温室効果ガスの収支や地域的特性に関する研究を行い、その収支や地域特性を明らかにすると同時に、アジア太平洋領域での、海洋、陸域フラックスの地域変動を解析し、そのトレンドを求める。これらのデータを用いてモデル解析を行う。この結果、以下の主な成果を得た。

大気二酸化炭素のアジア太平洋地域の高度分布を含めた季節変化やトレンドなど地域特性を把握できた。二酸化炭素の長期的収支解析から、海洋と陸域の吸収量の分別比率が1:0.4程度であり、そのトレンドをみると、近年の陸域や海洋の吸収量が二酸化炭素濃度上昇に対応し増加している効果が示唆された。発生源では中国などの人為発生源の倍増が、アジア太平洋地域の二酸化炭素の濃度分布を変化させてきていることが判明した。同時に、代替フロン類等(例えばHFC23、HCFC22)も波照間の観測から、中国に世界規模での大きな発生源があることが推定できた。メタンは近年に増加が認められたが、詳しい解析の結果、何らかの発生源の増加が伴っていることが示唆された。

海洋や陸上の二酸化炭素吸収量の変動が太平洋やアジア地域で調査され、その変動が解析された。北太平洋で吸収量は増加していることが推定できたが、地域的に西側と東側では吸収トレンドに差があることがわかり、海洋の地球科学的な変化がゆっくり進行していることが示唆された。陸域の吸収量は短期的には、湿潤なアジアでは太陽の有効放射量に対応し変動することがわかった。温度上昇に対して、土壌呼吸などの増加がどの程度起こるかを実験的に研究した結果、短期的にはこれまでのモデルが推定する以上の応答が日本の森林土壌ではあることがわかった。長期的には、土壌毎の炭素プールの差により場所ごとに応答が異なることがわかった。

本プロジェクトで高頻度に観測している大気二酸化炭素の変動を説明できるような、大気輸送・拡散にかかる新しい結合モデルを開発した。本モデルを酸素濃度データなどに応用し、観測の解釈の整合性を確認した。この手法をインバージョンモデルにも適用し、波照間などの高頻度観測データを使うことにより、排出量推定精度の改善が図れることを示した。海洋の二酸化炭素フラックスなどの観測データを4次元同化した結果をインバージョンモデルに適用することで、グローバルなフラックスの評価精度が向上した。

### (2) 中核研究プロジェクト2 (衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定)

温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)プロジェクトは、環境省・国立環境研究所(NIES)・宇宙航空研究開発機構(JAXA)の三者共同プロジェクトである。京都議定書の第一約束期間(2008年~2012年)に、衛星で太陽光の地表面反射光を分光測定してSN比300以上を達成し(JAXA目標)、二酸化炭素とメタンのカラム濃度を雲・エアロゾルのない条件下で二酸化炭素については相対誤差1%、メタンについては相対誤差2%の精度で観測し、これら全球の観測結果と地上での直接観測データを用いることにより、インバースモデル解析に基づく全球の炭素収支分布の算出誤差を地上データのみを用いた場合と比較して半減すること(NIES目標)を目標としていた。

本中核研究プロジェクトにおいては、衛星打ち上げ前に二酸化炭素・メタンのカラム量を高精度で導出するためのデータ処理手法を開発し、その実証実験を実施した。衛星打ち上げ後は、実際の観測データに適用した定常処理によって作成されたプロダクトの検証を行い、有効性と問題点を確認した。さらに、衛星データと地上観測データとを併用して炭素収支の全球分布を求めるための準備を、第2期中期計画期間中に完了することを目標とした。これらの研究の成果として、以下の成果を得た。

短波長赤外波長域での測定に関して、巻雲やエアロゾルの存在する様々な大気条件下での衛星取得データに対応するデータ処理手法を開発し、衛星打ち上げ前に、定常処理で使用するアルゴリズムを完成させるとともに、データプロダクトの誤差評価手法を確立した。短波長赤外波長域での測定に関して、データ処理手法の妥当性を確認し、取得データのデータ質の評価・検証を行うため、類似センサを用いた高所観測実験を2006年11月~12月に筑波山において実施し、データ解析を行った。この種の実験は、世界で唯一、当プロジェクトでのみ実施された。実験データの解析を通して、データ処理手法の妥当性・改良点などを確認し、データ処理手法の検証及びデータプロダクトの検証手段の検討と準備を進めた。

2009年1月に衛星が成功裏に打ち上げられた後の約2年間のGOSATの実観測データのうち、雲がないと判断された事例を解析した結果、二酸化炭素カラム量が北半球高緯度で特に明瞭な季節変化を示すことや、メタンカラム量が1年を通じて北半球で南半球よりも高濃度を示すなど、従来の知見に矛盾しない結果を得た。研究期間中に開発されたアルゴリズムを改良し、より精度の高い巻雲の検知、および酸素の吸収帯を利用した実効的な光路長補正が取り入れられることにより、当初のアルゴリズムで見られていた極端な濃度バイアスが概ね解消された。

地上及び航空機観測により取得された検証データを用いて、GOSAT TANSO FTS SWIR(短波長赤外波

長城)の標準プロダクトである二酸化炭素とメタンのカラム平均濃度 $XCO_2$ と $XCH_4$ の検証を行った。GOSATのカラム量およびカラム平均濃度は検証データに比べて低めであり、 $XCO_2$ の場合は2~3%程度低いことが明らかとなった。また、GOSATのデータのばらつきは、検証データのばらつきに比べて大きい。帯状平均されたGOSATの $XCO_2$ と $XCH_4$ の緯度分布は、検証データに対して負のバイアスを持っているものの、概ね一致することが明らかとなった。つくばにおいて衛星との同期観測キャンペーンを実施し、巻雲やエアロゾルによって生じるGOSATの温室効果ガス濃度データのバイアスの原因が、実観測データより明らかになりつつある。

GOSATの観測データと地上観測データとを用いて炭素収支の全球分布を求めるためのモデルの整備を進めた。観測された大気中二酸化炭素の季節変動サイクルにフォワードモデルによる計算値がうまく適合するように、生態系データベースを一部整備し直し、生態系モデルパラメータの最適化を行った。これにより、炭素収支の地域間の差や地域レベルでの季節変動がモデルにより再現されるようになった。

大気輸送フォワード計算手法を改良して時間・空間分解能を精密化するとともに、GOSATデータを利用した場合に炭素収支推定誤差が地域別に低減する割合をシミュレーション計算により解析した。また、全球の炭素収支分布を推定するインバースモデル解析手法のシステム化を行った。大気輸送フォワードモデルとして、質量フラックス形式の線型モデル(NIES08)を開発した。このモデルでは、全球の温室効果ガス分布に地域フラックスの寄与を重ねて正確にシミュレートすることができるようになった。インバース解析により、全球64分割で月別の炭素収支を推定できるようにシステムを改良した。GOSAT観測から得られる二酸化炭素・メタンのカラム量全球データを用いた地表面炭素フラックスの評価の実施に向け、必要とされる地表面フラックス先験情報の整備を行った。

開発したインバース解析手法を用いて、これまで整備を進めてきた地表面収支先験データを使用し、GOSATの二酸化炭素濃度観測データと地上測定値の予測データを用いて、平成21年について全球64の各領域における二酸化炭素収支の暫定値を求めた。GOSATによる観測データを加えることにより、南米やアフリカ等の地上測定点の乏しい地域における収支量の不確実性が、地上測定値のみで推定した場合に比べ最大で3割程度(暫定結果)低減することが判明した。

### (3) 中核研究プロジェクト3 (気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価)

効果的な温暖化対策を策定するためには、近未来および長期の将来に亘って人間社会および自然生態系が被る温暖化のリスクを高い信頼性で評価することが必要である。そこで、本プロジェクトは、近未来については、将来30年程度に生起すると予測される極端現象の頻度・強度の変化を含めた気候変化リスク・炭素循環変化リスクを詳細に評価し、適応策ならびに森林吸収源対策の検討や温暖化対策の動機付けに資することを目的とした。また、長期については、安定化シナリオを含む複数のシナリオに沿った将来100年程度もしくはより長期の気候変化リスク・炭素循環変化リスクを評価し、気候安定化目標ならびにその達成のための排出削減経路の検討に資することを目的とした。地球温暖化研究プログラムにおける位置付けとしては、炭素循環観測研究から得られる最新の知見を取り込みつつ、主として自然系の将来予測情報を対策評価研究に提供することを目指した。

これらの目的を達成するため、本プロジェクトでは、極端現象の変化を含む将来の気候変化とその人間社会および自然生態系への影響を高い信頼性で予測できる気候モデル、影響モデル、および陸域生態・土地利用モデルの開発と統合利用を行い、炭素循環変動に関する最新の研究知見も取り入れた上で、多様な排出シナリオ下での全球を対象とした温暖化リスクを、不確実性を含めて定量的に評価することとした。これらの研究により以下の成果を得た。

気候モデル研究、影響・適応モデル研究、陸域生態・土地利用モデル研究により、モデルの開発・改良を行うとともに、それを用いた将来予測およびその不確実性評価の研究を総合的に推進した。H19年度より、環境省地球環境研究総合推進費S-5課題が開始され、その4つのうち2つのテーマで本プロジェクトが中心になることで、国内の他機関を含むこの分野の研究コミュニティにおいて先導的な役割を果たした。

気候モデルに関する研究では、IPCC-AR5に向けた気候モデルの改良ならびに次世代モデル実験を行うとともに、短中期の自然変動の不確実性と長期のモデルの不確実性にそれぞれ注目して、不確実性評価研究を行った。また、極端現象等の気候変化メカニズムの研究を進めるとともに、気候シナリオと社会経済シナリオを結び付ける方法論の検討を行った。影響・適応モデル研究では、水資源、農業、および健康の分野について、極端現象や不確実性を考慮した影響評価研究を行った。また、水文、農業などの影響モデルを統合し、気候モデルと結合する作業に取り組んだ。さらに、東京大学等と協力してメディア関係者との意見交換会を実施し、影響知見の社会への適切なコミュニケーションについて検討した。陸域生態・土地利用モデル研究では、陸域生態系モデルを改良し、不確実性を考慮した

生態系影響評価を行うとともに、過去の炭素循環の推定と観測データによる検証を行った。また、土地利用変化モデルを開発するとともに、IPCC 新シナリオの一つである RCP 6W に対応した詳細な空間分布を持つ土地利用変化シナリオを開発した。

不確実性評価研究においては、主に気候モデル研究で開発した手法を用いて水循環影響評価に適用し、気候予測と影響評価にまたがる不確実性を評価した。IPCC 新シナリオの空間詳細化では、陸域生態・土地利用モデル研究において開発した人口、GDP シナリオを基に、気候モデル研究に適用する排出分布シナリオを作成した。また、本中核プロジェクト全体として、気候、水文、農業、陸域生態、土地利用のモデルの結合もしくは統合利用に取り組んだ。

#### (4) 中核研究プロジェクト4 (脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価)

本プロジェクトでは、地球温暖化の防止を目的として、空間的 (日本・アジア・世界)、時間的 (短期及び長期)、社会的 (技術・経済・制度) 側面から、中長期的な排出削減目標達成のための対策の同定とその実現可能性を評価するビジョン・シナリオの作成、国際交渉過程や国際制度に関する国際政策分析、および温暖化対策の費用・効果の定量的評価を行い、温暖化対策を統合的に評価した。本プロジェクトを通して、以下の成果を得た。

ビジョン・シナリオ作成、国際政策分析、対策の定量的評価を相互に連携して行うことにより、中長期の対策目標の設定、交渉枠組みの提案と対策の定量的評価を行った。2050 年の我が国の低炭素社会のビジョン・シナリオを作成し、2050 年までに大幅な温室効果ガスを削減するための方策について検討し、ロードマップを作成した。アジア主要国の研究機関と共同して本プロジェクトで構築した手法をアジアに適用することに着手し、アジア主要国および主要都市を対象とした低炭素社会シナリオを作成した。

国際枠組みを評価するための評価軸について整理を行い、この結果を踏まえて国際制度の諸提案を分析した。また、アジア太平洋地域の国際枠組みに関するダイアログを行い、次期枠組みについて議論し、各国が望ましいと考える国際制度の概要について、共通点や異なる点などを抽出した。交渉のフォーラムとしては、多様なフォーラムがあり得ても、最終的には気候変動枠組条約で統括されるべきだという意見にまとめられた。次期枠組みにおいては、途上国も応分の行動が求められることから、途上国にとって受け入れられる国際制度の検討が今後の課題として提示された。

温暖化対策の定量的な評価のための統合評価モデル AIM の改良を行った。政府の中期目標検討委員会において、技術積み上げモデルを使った各国の削減ポテンシャルと削減量に応じた国内対策メニューに関する分析や一般均衡モデルを用いた経済分析の結果を示し、2009 年 6 月の総理による中期目標決定に際しての科学的根拠を提供した。2009 年 10 月からは政府のタスクフォースにおいて 2020 年の日本の温室効果ガス排出量を 1990 年時点に比べて 25%削減を実現する対策について分析した。2009 年 12 月から環境省の地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ検討会において、2010 年 4 月からは中央環境審議会地球環境部会中長期ロードマップ小委員会において、AIM モデルを用いて 2050 年大幅削減を見据えた 2020 年中期目標の対策分析を進め、2010 年 12 月に成果を発表した。低炭素社会に関する国際研究ネットワークへの参画、IPCC 第 5 次評価報告書に向けた新シナリオを提供する統合評価モデリングコンソーシアムに参加し、新シナリオに関する情報を提供した。

## 2. 第 2 期の事後評価結果と対処方針 (平成 23 年 3 月実施)

### [現状評価]

研究の全体目標に対応するための組織作りが功を奏し、4 つの中核プロジェクトがそれぞれ期待以上の成果を上げ、社会や行政に対しても十分貢献できたと思う。特に GOSAT は、米国の OCO がうまくいかなかったこともあり、世界的にも誇れるユニークなデータを提供している。

### [今後への期待、要望]

今後は中核 P4 を中心にシナリオ作成と国際政策分析を進めて頂きたい。長期的にどのような政策を選択するかシナリオ策定やその実現のための科学技術の確立へのロードマップのような具体的な成果が生まれるような今後の研究展開を期待している。

### [対処方針]

第 2 期中期計画期間に引き続き、第 3 期中期計画期間における地球温暖化研究プログラムにおいても、「低炭素社会に向けたビジョン・シナリオ構築と対策評価に関する統合研究」プロジェクトとして、シナリオ策定、その実現のための政策オプションの提示、国際政策分析などの研究を展開する。また、「温室効果ガス等の濃度変動特性の解明とその将来予測に関する研究」プロジェクト、および「地球

温暖化に関わる地球規模リスクに関する研究」プロジェクトを実施し、総合的な地球温暖化研究を推進する。

### 3. 学術的貢献

#### (1) 中核研究プロジェクト1 (温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明)

- 1) 大気観測では、二酸化炭素の収支を求めるために、酸素や同位体比などの精密な観測手法を完成させ、グローバルな収支の変動などを解明してきた。これは、技術的にも大きな進展であり、太平洋地域での地域的な二酸化炭素、酸素収支の新しいデータを提供できた。一方で、広域的な観測に関しては、民間航空機 (JAL) や民間船舶を用いた立体的な観測が進み、JAL 観測ではアジア付近で北半球、南半球を通じての二酸化炭素の空間分布が世界で初めて観測的に明らかになった。これにより、大気の南北輸送に関する知見が新たに得られた。
- 2) 二酸化炭素以外の温室効果ガスとして、メタンの緯度分布を太平洋上で調べ、メタンの発生量の変化が 2007 年以降に起こっていることを明らかにすると同時に、太平洋上の大気の動きの年々の変化により、地上のメタン濃度の変動に差が生まれることを示した。
- 3) 海洋の二酸化炭素吸収に関しては、これまでなかった高密度での観測が世界で初めて行ない、北太平洋の二酸化炭素吸収の長期トレンドを解析した。これによると、太平洋の西と東での吸収トレンドが異なっていることや、北太平洋域全体での吸収量が徐々に増加していることなどを解明した。これらのデータは世界的なデータベースである SOCAT などに登録された。
- 4) 陸域における二酸化炭素の吸収に関しては、アジアでの各地域のタワー観測の広域ネットワークづくりを行い、そのデータとモデルとの比較などから、広域的な吸収量算定の精度向上に関する研究を行なった。一方、土壌有機物分解の気候変化応答に関する実験的な解明を行うために、日本各地での温暖化操作実験を開始した。この方法は標準化が進み、中国、モンゴルなどの研究グループとも共同研究として観測が展開できるようになった。
- 5) モデル解析研究として、地域的な二酸化炭素濃度等のモデル推定の精度向上のために、ラグランジャンタイプモデルと通常のオイラータイプモデルを結合させた「結合モデル」を開発し、波間や落石などの観測点における時系列データに適用し、その推定精度の向上を確認した。

#### (2) 中核研究プロジェクト2 (衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定)

- 1) GOSAT 衛星観測データから温室効果ガス濃度を導出するための処理手法を開発し、その手法に基づいて実際に GOSAT データの処理を行い、導出した濃度データを一般に公開した。GOSAT データの処理結果における特徴を明らかにし、その後の処理手法の改訂に繋げた。
- 2) 衛星観測データからの導出値におけるバイアスとバラツキを評価する検証に関する研究を進め、品質評価に関する手法を開発した。
- 3) 偏光の放射伝達計算が可能な Pstar2 を開発し、偏光観測の数値計算が必要なユーザに Web を通じて提供している。

#### (3) 中核研究プロジェクト3 (気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価)

- 1) 予測の不確実性を定量化する手法の開発、気候シナリオの不確実性を考慮した温暖化影響評価研究に取り組み、IPCC 第 5 次評価報告書で焦点になるこれらのテーマにおける成果が得られた。例えば、複数の気候モデルによる現在の気候の再現性に基づいて、信頼性の高い将来予測の空間分布を推定する統計手法を開発した。
- 2) 全球を対象とした人口・GDP、エアロゾル排出、土地利用変化、及び GHG 排出量に関する 0.5° メッシュの代表的濃度経路 (Representative Concentration Pathway: RCP) シナリオへの構築・修正を実施し、第 5 次 IPCC 報告書に向けて検討されているシナリオに対応する、地理的な分布を持ったシナリオを構築した。この成果は、現在、世界中の研究グループが標準的に用いることとされている 4 つの代表シナリオのうちの 1 つ (RCP6.0) として、新しい気候変動予測計算の前提条件に用いられており、温暖化予測の空間詳細化等の精度向上に貢献した。

#### (4) 中核研究プロジェクト4 (脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価)

- 1) 「2050 年の世界の GHG 排出量を 1990 年比半減」に資するアジア各地域の排出量の目安と技術削減の可能性、経済影響について科学的に分析できるツールであるモデル開発とその普及を行った。
- 2) IPCC の第 5 次評価報告書に向けた排出シナリオ (RCP) のひとつを世界の気候研究コミュニティおよび影響・評価研究コミュニティに提供し、温暖化のシナリオ研究に貢献した。
- 3) 国際的な統合評価モデリング・コンソーシアム (Integrated Assessment Modeling Consortium) をリードし、統合評価モデル開発の進展に貢献した。

- 4) 低炭素社会シナリオ開発のための方法論を提案し、アジア各国に適用することにより、アジアでのシナリオ開発に貢献した。
- 5) 気候変動枠組条約や京都議定書といった多国間環境条約の枠組みに重点を置き続けながらも、その枠外の多様な協力を含めた国際協調レジームの可能性について、国際関係論の理論的な示唆を提示した。

#### 4. 社会・環境政策などへの貢献・波及効果

(予想したアウトカムが得られなかった場合は、その要因として考えられる点等を記載)

##### (1) 中核研究プロジェクト1 (温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明)

- 1) 観測データを世界のデータベースである WDCGG (世界温室効果ガスデータセンター) や CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center)、SOCAT (Surface Ocean CO2 Atlas)、さらには NOAA などの世界の重要機関に提供し、国内外の研究者による研究やグローバルな統計データ解析などを通して、例えば IPCC などへの情報のインプットとして貢献している。
- 2) 社会的には、二酸化炭素の発生自身が人為起源ではないとする温暖化懐疑論者の主張に反証するために、プロジェクトで得られた観測データ等を使いながら、二酸化炭素濃度変動の実態をわかりやすく解説する試み「ココが知りたい地球温暖化」などの記事を執筆し、大きな反響を得た。
- 3) 個々の観測においては民間企業とタイアップしているケースが多く、それによりタイアップ企業にも環境意識が高まっている。JAL では大気観測に使用している航空機にロゴマークを付け、日本一パリ、日本一サンフランシスコ間を就航させ、乗客等への環境意識の向上と企業としての環境保全への取り組みをアピールしている。



##### (2) 中核研究プロジェクト2 (衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定)

- 1) サブテーマとして実施した「衛星観測データの処理アルゴリズム開発・改良研究」に基づく二酸化炭素とメタンのカラム濃度の処理プロダクト (バージョン 1) を 2012 年春まで処理し、公開した。それ以降は、大幅な改良が施されたバージョン 2 プロダクトとして、過去観測分を含めて順次処理を行い、研究者と一般の登録ユーザに公開している。本プロジェクトによる研究成果は、実際の GOSAT 観測データ処理に応用され、GOSAT プロダクトとして一般社会に向けて公開された。
- 2) カラム濃度の処理結果の検証については、継続的に検証用のデータを蓄積すると共に、様々な検証方法を開発した。これらの手法による検証作業の結果に基づき、処理アルゴリズムの改良に反映するとともに、検証結果は毎年公表されている。
- 3) 全球炭素収支分布の推定については、衛星によるカラム濃度分布データを利用することによる収支推定誤差が低減されることを報告した。開発された推定モデルによる月別・領域別の二酸化炭素収支の推定結果は 2012 年度中に公表される。
- 4) 本研究成果に基づくデータプロダクトの状況について、2011 年 11 月末から 12 月初めにかけて開催された COP17 において展示するとともに、2012 年 5 月の COP/SBSTA36 の Research Dialogue において報告し、我が国の温室効果ガス観測に関する取り組みと環境行政に対する貢献について紹介した。
- 5) 諸外国の研究機関においても GOSAT データを用いた、二酸化炭素とメタンのカラム濃度の処理手法、全球の炭素収支分布の推定手法の研究が進められている。当初から予想されたことであるが、現状では各機関の結果は必ずしも一致していないため、国際的な環境行政に直接的に活用できるまでには至っていない。衛星からの温室効果ガスの観測と炭素収支分布の推定に関する研究は、世界の研究コミュニティでも最先端分野に位置しており、今後、相互比較などを進め、より確からしい結果の導出に結び付けることとする。

##### (3) 中核研究プロジェクト3 (気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価)

- 1) 地球シミュレータを用いて気候モデルにより将来の気候変化シミュレーションを行い (東京大学および海洋研究開発機構と共同)、IPCC 第 4 次評価報告書に貢献するとともに、気候変化および温暖化影響についての分析結果を、記者発表等を通じて行政や市民に情報提供した。
- 2) 温暖化影響評価の不確実性を定量化することにより、政府、自治体、企業等による温暖化への適応策の策定の上で基礎となる情報を提示した。
- 3) 温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響」の作成にあたり、

日本における過去の気候変動の解釈と将来の気候変動の予測について、研究成果に基づき適切な知見を提供し、日本の気候変動についての国民の理解向上に貢献した。

- 4) 各分野の温暖化影響評価の包括的なまとめを一般向け書籍として出版することにより、社会が温暖化の深刻度と緩和策の必要性について検討する材料を提示した。
- 5) メディア関係者と研究者の間の相互対話による信頼関係の醸成を図ったことにより、一般市民による対策の動機付けや温暖化政策への世論形成において重要な、より適切で効果的なメディア報道の増加へとつながることが期待される。
- 6) RCP は IPCC 第 5 次評価報告書に向けたベンチマークシナリオであり、その空間詳細化と温暖化影響の評価を行う研究は、国際貢献として重要な意味を持つ。また、土地利用について空間詳細化をさらに進めた都市シナリオを新シナリオと連携させることで、都市気候モデル研究者へ提供し解析した結果と併せて、世界各地の都市における温暖化影響を評価する際に有用な情報となることが期待される。これらの研究により、より詳細な気候変動影響評価や適応策の検討に資することができた。
- 7) 国際研究ネットワークを通じて収集したデータや情報は、グローバルな都市炭素収支評価計画を策定するという長期的な目標に役立つものであり、IPCC 第 5 次評価報告書や全球エネルギー評価などの主要な国際評価に貢献している。

**(4) 中核研究プロジェクト 4 (脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価)**

- 1) 中央環境審議会地球環境部会 2013 年以降の対策・施策に関する検討小委員会など、我が国の温室効果ガス削減ロードマップの構築に貢献した。具体的には、地球温暖化に関する中期目標検討委員会、地球温暖化問題に関する閣僚委員会タスクフォース会合、中央環境審議会 地球環境部会中長期ロードマップ小委員会における温室効果ガス排出の中期目標の定量化に向けて、アジア太平洋統合評価モデル (AIM) を用いた研究成果や、温暖化影響による被害コストに係る研究成果が、将来目標の設定に活用された。
- 2) 中央環境審議会 総合政策・地球環境合同部会 グリーン税制とその経済分析等に関する専門委員会において、環境税の制定に向けた検討にあたって、アジア太平洋統合評価モデル (AIM) を用いた研究成果が環境税の税率検討や道路特定財源維持の検討において活用された。
- 3) アジア各国におけるモデルの適用を目的としたワークショップを通じて、アジア各国の低炭素社会に向けた取組を支援した。特に、マレーシア・イスカンダル地域では、マレーシア工科大学、イスカンダル開発庁らとの協働の下、現地の状況に即した低炭素社会に向けた 12 の方策の構築を手がけ、タイでは、タマサート大学と協働の下、NAMA (UNFCCC の枠組みのもとに行われる国別緩和削減対策) の評価を支援するなど、開発してきたツールを適用した貢献ができた。
- 4) 本プロジェクトで開発したシナリオ分析手法は、我が国およびアジア各国における将来の様々な状況に対応した環境政策の立案に貢献することが期待される。
- 5) 実際の国際交渉がほとんど進展しない時期と重複したため、研究の成果を実際の交渉の現場に生かすことが十分にできなかったが、気候変動枠組条約や京都議定書など多国間環境条約の将来の枠組みの在り方について研究を続け、今後の研究の展開に必要な人脈作りにも生かされた。

**5. 研究成果の発表状況等**

論文数 <sup>注)</sup>	査読あり (欧文)	22 報 (和文)	7 報 (その他)	4 報
特許数	(国内) 0 件		(国外) 0 件	
シンポジウム開催	(総数) 27 件 (代表例)			
	1) 第12回国連機構変動枠組条約締約国会議/第2回京都議定書締約国会合 (COP12/MOP2) 国立環境研究所公式サイドイベント、ケニア・ナイロビ、2006. 11. 8			
	2) 日英共同低炭素社会研究プロジェクト 第3回ワークショップ/シンポジウム「低炭素社会へのロードマップ」、東京、2008. 2. 13-15			
	3) 温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) 「いぶき」 データ利用ワークショップ、東京、2008. 11. 5			
	4) 環境省地球環境研究総合推進費戦略的研究プロジェクトS-4「温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究」一般公開シンポジウム 「地球温暖化『世界と日本への影響』—長期的な気候安定			

	<p>化レベルと影響リスクの見通しー」、東京、2009.11.17</p> <p>5) 第16回AIM(Asia-Pacific Integrated Model) 国際ワークショップ、つくば、2011.2.19-21</p>
招待講演等	<p>(総数) 132 件 (代表例)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Emori S. (2010) Investigating mechanisms of future changes in precipitation extremes simulated in GCMs. WCRP-UNESCO Workshop on metrics and methodologies of estimation of extreme climate events</li> <li>2) Hijioka Y. (2010) Japan's Activities on Climate Change Impact Assessment and Adaptation. 2010 Seoul International Symposium on Climate Change</li> <li>3) Kainuma M. (2010) Roadmap toward a Low Carbon Society, 2010 International Conference, Nationally Appropriate Mitigation Action in Taiwan</li> <li>4) Machida T., Matsueda H, Sawa Y. (2010) Recent activities of Japanese airline observation project, CONTRAIL, the 3rd Pacific Greenhouse Gases Measurement International Workshop, Taipei, Taiwan</li> <li>5) Yokota T., Yoshida Y., Morino I., Uchino O., Maksyutov S., Watanabe H. (2010) Global distribution of column carbon dioxide and methane retrieved from observations of Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT). 38th COSPAR Sci. Assem.</li> <li>6) 藤野純一 (2008) 日本低炭素社会シナリオ構築と都市の役割、社団法人環境科学会 2008 年会、東京</li> </ol>
受賞	<p>(総数) 7 件 (代表例)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 江守正多、The 2009 Tison Award (International Association of Hydrological Sciences), 「Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate」、2009 年 9 月</li> <li>2) 高橋潔、平成 21 年度地球環境論文賞 (社団法人土木学会地球環境委員会), 「温暖化政策支援モデルのための県別ブナ林影響関数の開発」、2009 年 9 月</li> <li>3) GOSAT プロジェクト、平成 24 年度環境保全功労者表彰、2012 年 6 月</li> <li>4) 甲斐沼美紀子、ナイスステップな研究者 2010 (科学技術政策研究所)、2010 年 12 月</li> </ol>
主な報道	<p>(総数) テレビ報道 (取材) 136 件 ラジオ報道 (取材) 29 件 新聞掲載 (取材) 162 件 雑誌掲載 (取材) 69 件 (代表例)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) テレビ東京「仲間由紀恵の蒼い地球」、江守正多、環境破壊・地球温暖化、H19.1</li> <li>2) NHK「クローズアップ現代」、亀山康子、温暖化対策としての森林活動等、H19.12</li> <li>3) テレビ朝日「朝まで生テレビ」、江守正多、温暖化問題など、H20.1</li> <li>4) NHK「SAVE THE FUTURE ようこそ低炭素社会へ」、藤野純一、H20.12</li> <li>5) NHK「NHK ニュースウォッチ9」、横田達也、「いぶき」観測について、H20.11</li> <li>6) NHK「NHK ニュース」、増井利彦、温暖化対策税について、H22.7</li> <li>7) TBS テレビ「ウィークエンドウェザー」、町田敏暢、CONTRAIL プロジェクト、H23.2</li> </ol>

注) プログラム終了後から、本調査シート作成時点までに公表された査読あり論文数を記載し、参考資料として主要な論文リストを添付。第 2 期中期計画期間中の論文に関しては、別添報告書 (SR シリーズ, 外部研究評価委員会事前配布資料等) を参照。

## 主要な論文リスト

### 1. 欧文 (アルファベット順)

- 1) Abe M., Shiogama H., Nozawa T., Emori S. (2011) Estimation of future surface temperature changes constrained using the future - present correlated modes in inter - model variability of CMIP3 multimodel simulations. *Journal of Geophysical Research-Atmosphere-*, 116, D18104
- 2) Bril A., Oshchepkov S., Yokota T. (2011): Application of a probability density function-based atmospheric light-scattering correction to carbon dioxide retrievals from GOSAT over-sea observations. *Remote Sens. Environ.*, 117, 301-306.
- 3) Ishida H., Nakajima T.Y., Yokota T., Kikuchi N., Watanabe H. (2011): Investigation of GOSAT TANSO-CAI Cloud Screening Ability through an Intersatellite Comparison. *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, 50(7), 1571-1586.
- 4) Masui T., Matsumoto K., Hijioka Y., Kinoshita T., Nozawa T., Ishiwatari S, Kato E., Shukla P.R., Yamagata Y., Kainuma M. (2011) An emission pathway for stabilization at 6 Wm<sup>-2</sup> radiative forcing. *Climatic Change*. 109(1-2), 59-76.
- 5) Meinshausen M., Smith S. J., Calvin K., Daniel J. S., Kainuma M., Lamarque J-F., Matsumoto K., Montzka S. A., Raper S. C. B., Riahi K., Thomson A., Velders G. J. M., van Vuuren D. P. (2011) The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Climatic Change*. 109(1-2), 213-241.
- 6) Morino I., Uchino O., Inoue M., Yoshida Y., Yokota T., Wennberg P.O, Toon G. C., Wunch D., Roehl C.M., Notholt J., Warneke T., Messerschmidt J., Griffith D. W. T., Deutscher N. M., Sherlock V., Connor B., Robinson J., Sussmann R., and Rettinger M. (2011): Preliminary validation of column-averaged volume mixing ratios of carbon dioxide and methane retrieved from GOSAT short-wavelength infrared spectra. *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 1061-1076, doi:10.5194/amt-4-1061-2011.
- 7) Nara H., Tanimoto H., Nojiri Y., Mukai H., Zeng J., Tohjima Y., Machida T. (2011) CO emissions from biomass burning in South-east Asia in the 2006 El nino year: shipboard and AIRS satellite observations. *Environmental Chemistry*, 8 (2), 213-223
- 8) Oguma H., Morino I., Suto H., Yoshida Y., Eguchi N., Kuze A., Yokota T. (2011): First observations of CO<sub>2</sub> absorption spectra recorded in 2005 using an airship-borne FTS (GOSAT TANSO-FTS BBM) in the SWIR spectral region. *Int. J. Remote Sens.*, 32(24), 9033-9049.
- 9) Oshchepkov S., Bril A., Maksyutov S., Yokota T. (2011): Detection of optical path in spectroscopic space-based observations of greenhouse gases: Application to GOSAT data processing. *J. Geophys. Res.*, 116, D14304, doi:10.1029/2010JD015352.
- 10) Stott P.A., Jones G.S., Christidis N., Zwiers F.W., Hegerl G., Shiogama H. (2011) Single-step attribution of increasing frequencies of very warm regional temperatures to human influence. *Atmospheric Science Letters*, 12 (2), 220-227
- 11) Takagi H., Saeki T., Oda T., Saito M., Valsala V., Belikov D., Saito R., Yoshida Y., Morino I., Uchino O., Andres R. J., Yokota T., Maksyutov S. (2011): On the Benefit of GOSAT Observations to the Estimation of Regional CO<sub>2</sub> Fluxes. *SOLA*, 7, 161-164, doi:10.2151/sola.2011-041.
- 12) Tanaka T., Miyamoto Y., Morino I., Machida T., Nagahama T., Sawa Y., Matsueda H., Wunch D., Kawakami S., Uchino O. (2012) Aircraft measurements of carbon dioxide and methane for the calibration of ground-based high-resolution Fourier Transform Spectrometers and a comparison to GOSAT data measured over Tsukuba and Moshiri. *Atmospheric Measurement Techniques*, 5, 2003-2012, doi:10.5194/amt-5-2003-2012.
- 13) Tatsumi K., Yamashiki Y., da Silva R.V., Takara K., Matsuoka Y., Takahashi K., Maruyama K., Kawahara N. (2011) Estimation of potential changes in cereals production under climate change scenarios. *HYDROLOGICAL PROCESSES*, 25 (17), 2715-2725
- 14) Terao Y., Mukai H., Nojiri Y., Machida T., Tohjima Y., Saeki T., Maksyutov S. (2011) Interannual variability and trends in atmospheric methane over the western Pacific from 1994 to 2010. *Journal of Geophysical Research*, 116

- 15) Watanabe M., Shiogama H., Yokohata T., Ogura T., Yoshimori M., Emori S., Kimoto M. (2011) Constraints to the tropical low-cloud trends in historical climate simulations. *Atmospheric Science Letters*, 12 (3), 288-293
- 16) Watanabe S., Sudo K., Nagashima T., Takemura T., Kawase H., Nozawa T. (2011) Future projections of surface UV-B in a changing climate. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 116, D16118
- 17) Yamagishi H., Tohjima Y., Mukai H., Nojiri Y., Miyazaki C., Katsumata K. (2012) Observation of atmospheric oxygen/nitrogen ratio aboard a cargo ship using gas chromatography/thermal conductivity detector. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 117, D04309
- 18) Yoshida, Y., Y. Ota, N. Eguchi, N. Kikuchi, K. Nobuta, H. Tran, I. Morino, and T. Yokota (2011): Retrieval algorithm for CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> column abundances from short-wavelength infrared spectral observations by the Greenhouse Gases Observing Satellite. *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 717-734, doi:10.5194/amt-4-717-2011.
- 19) van Vuuren D.P., Edmonds J., Kainuma M., Riahi K., Thomson A., Hibbard K., Hurtt G.C., Kram T., Krey V., Lamarque J-F., Masui T., Meinshausen M., Nakicenovic N., Smith S.J., Rose S.K. (2011) The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*. 109(1-2), 5-31.

## 2. 和文 (あいうえお順)

- 1) 内野修, 酒井哲, 永井智広, 中里真久, 森野勇, 横田達也, 松永恒雄, 杉本伸夫, 新井康平, 奥村浩 (2011): GOSAT プロダクト検証用可搬型ライダーの開発. *日本リモートセンシング学会誌*, 31 (4), 435-445.
- 2) 江守正多 (2011) 温暖化リスクコミュニケーション. *科学技術社会論研究*, (9), 13-23
- 3) 川越清樹, 江坂悠里, 脇岡靖明 (2011) 実効雨量と地域情報を用いた東京都の土砂災害解析. *水工学論文集*, 55, S\_955-S\_960
- 4) 高橋潔, 杉山昌広, 江守正多, 沖大幹, 長谷川利弘, 住明正, 福士謙介, 青柳みどり, 朝倉暁生, 松本安生 (2011) 地球温暖化リスクの伝達の実践の試み—メディア関係者との意見交換と市民対象の双方向型シンポジウム—. *科学技術社会論研究*, (9), 40-53
- 5) 中道久美子, 村尾俊道, 義浦慶子 (2011) 転居前後の自動車利用変化とそれによるCO<sub>2</sub>排出量削減のための意識啓発を考慮した都市コンパクト化施策の検討. *土木学会論文集*, 67 (3), 300-310
- 6) 三瓶由紀, 江守正多, 青柳みどり, 松本安生, 朝倉暁生, 高橋潔, 福士謙介, 住明正 (2011) 研究者・メディア間の温暖化リスクコミュニケーション促進に向けた対話型フォーラムの可能性. *科学技術社会論研究*, (9), 54-69
- 7) 山形与志樹, 瀬谷創, 中道久美子 (2011) 土地利用モデルを用いた東京都市圏の土地利用シナリオ分析. *環境科学会誌*, 24 (3), 169-179

## 3. その他

- 1) den Elzen M., Riahi K., Hare H., Höhn N., Kainuma M., Kejun J., Taylor C, Xiusheng Z. (2010) Chapter 4 What is the emissions gap?, in *The Emissions Gap Report: are the Copenhagen Accord Pledges Sufficient to Limit Global Warming to 2°C or 1.5°C?*, UNEP, 41-46,
- 2) Hare W., Lowe J., Rogelj J., Bpsetti V., Hanaoka T., Kejun J., Matthews B., O'Neill B., Ranger N., Riahi K. (2010) Chapter2 Which emission pathways are consistent with a 2 °C or 1.5 °C temperature limit?. in *The Emissions Gap Report: are the Copenhagen Accord Pledges Sufficient to Limit Global Warming to 2°C or 1.5°C?*, UNEP, 23-30
- 3) Hare, W., Lowe J., Rogelj J., Sawin E., van Vuuren D., Bosetti V., Hanaoka T., Kejun J., Matthews B., O'Neill B., Ranger N., Riahi K. (2010) Chapter 5 Twenty-first century temperature projections associated with the pledges, in *The Emissions Gap Report: are the Copenhagen Accord Pledges Sufficient to Limit Global Warming to 2°C or 1.5°C?*, UNEP, 46-48.
- 4) Matsushashi K. 'Reducing Carbon Dioxide Emissions in the Transport Sector' "Low-Carbon Cities" Onishi T., Kobayashi H., 84-104 (2011), Gakugei Shuppan-Sha Co., Ltd.