

## 研究課題名 地球温暖化研究プログラム

### 実施体制

代表者： 地球環境研究センター センター長 笹野泰弘

分担者：

#### 【地球環境研究センター】

炭素循環研究室	野尻 幸宏 (副センター長) 向井 人史 (室長)、高橋 善幸、梁 乃申、寺尾由希夫 (研究員)、 下山 宏、山岸 洋明、津守 博通 (NIES ポスドクフェロー)、 橋本 茂 (NIES アシスタントフェロー)
衛星観測研究室	横田 達也 (室長)、山野 博哉 (主任研究員)、 青木 忠生 (NIES フェロー)、Sergey Oshchepkov (NIES フェロー)、 Andrey Brill、江口 菜穂、吉田 幸生、太田 芳文、田中 智章、 齊藤 龍 (NIES ポスドクフェロー)
主席研究員	Shamil Maksyutov (主席研究員)、 Anna Peregon、Claire Carouge、古山 祐治、Vinu Valsala、 Nikolai Kadygrov (NIES ポスドクフェロー)、 中塚 由美子 (NIES アシスタントフェロー)
温暖化リスク評価研究室	江守 正多 (室長)、高橋 潔 (主任研究員)、 小倉 知夫、伊藤 昭彦 (研究員)、 横畠 徳太、岡田 直資、塩竈 秀夫、長谷川 聡 (NIES ポスドクフェロー) 長友 利晴 (NIES アシスタントフェロー)
主席研究員	山形 与志樹 (主席研究員)、 木下 嗣基、岩男 弘毅 (NIES ポスドクフェロー)
温暖化対策評価研究室	甲斐沼 美紀子 (室長)、亀山 康子、藤野 純一 (主任研究員)、 花岡 達也 (研究員) Lee Huey-Lin (NIES フェロー)、 芦名 秀一 (NIES ポスドクフェロー)、 酒井 広平 (アシスタントフェロー)
大気・海洋モニタリング推進室	町田敏暢 (室長)、白井知子 (研究員)
陸域モニタリング推進室	藤沼康実 (室長)、小熊 宏之 (主任研究員) 武田知己、中路達郎、平田竜一 (NIES ポスドクフェロー) 犬飼 孔、油田さと子 (アシスタントフェロー)
地球環境データベース推進室	松永恒雄 (室長)、志村純子 (主任研究員)、Georgii A. Alexandrov、 曾 継業 (NIES フェロー)、開 和生 (NIES ポスドクフェロー)
GCP つくば国際オフィス	Shobhakar Dhakal (NIES フェロー)
温室効果ガスバリエーションオフィス	相澤 智之 (NIES フェロー) 梅宮 知佐 (アシスタントフェロー)
国環研 GOSAT プロジェクトオフィス	渡辺 宏 (高度技能専門員)
地球温暖化観測推進事務局	藤谷 徳之助 (高度技能専門員) 宮崎 真 (NIES フェロー)

【循環センター型社会・廃棄物研究センター】

森口 祐一 (センター長)

【アジア自然共生研究グループ】

広域大気モデリング研究室 谷本 浩志 (主任研究員)、永島 達也 (研究員)  
流域生態系研究室 島崎 彦人 (NIES ポスドクフェロー)

【社会環境システム研究領域】

環境経済研究室 原沢 英夫 (領域長)  
統合評価研究室 日引 聡 (室長)、久保田 泉 (研究員)  
増井 利彦 (室長)、肱岡 靖明 (主任研究員)、花崎 直太 (研究員)  
Xu Yan (NIES ポスドクフェロー)、  
増富 祐司 (NIES アシスタントフェロー)  
交通・都市環境システム研究室 小林 伸治 (室長)、松橋 啓介 (主任研究員)

【化学環境研究領域】

動態化学研究室 横内 陽子 (室長)、荒巻能 史 (研究員)

【大気圏環境研究領域】

大気物理研究室 野沢 徹 (室長)、日暮 明子 (主任研究員)  
遠隔計測研究室 森野 勇 (主任研究員)  
大気動態研究室 遠嶋 康徳 (室長)

【生物圏環境研究領域】

生理生態研究室 唐艶鴻 (主任研究員)

※所属・役職は年度終了時点のもの。また、\*)印は過去に所属していた研究者を示す。

## 研究の目的と今年度の実施概要

[本プログラム全体の目的、目標、構成等]

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。

このため本プログラムでは、温暖化とその影響に関するメカニズムの理解に基づいた、将来に起こり得る温暖化影響の予測のもとに、長期的な気候安定化目標及びそれに向けた世界及び日本の脱温暖化社会のあるべき姿を見通し、費用対効果、社会的受容性を踏まえ、その実現に至る道筋を明らかにすることを全体目標とした。また、以下のサブ目標を置いた。

サブ目標 1 温室効果ガス濃度予測の高度化や排出インベントリの検証のため、温室効果ガスのグローバルな長期的濃度変動のメカニズムや地域別収支、温暖化影響を解明する

サブ目標 2 衛星観測により二酸化炭素及びメタンのカラム濃度のグローバルな時間・空間変動を把握し、二酸化炭素の収支変動を高精度で推定することにより、温室効果ガス削減戦略に貢献する

サブ目標 3 極端現象を含む将来気候変化とその自然生態系・人間社会への影響を高精度で予測できる気候モデル・陸域炭素モデル・影響モデルの開発と統合利用を行い、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評価する

サブ目標 4 脱温暖化社会の実現に至る道筋を明らかにするために、ビジョン・シナリオ作成、国際政策分析、対策の定量的評価の連携による温暖化対策を統合的に評価する

サブ目標 5 IPCC 等への参画を通じて国際貢献を図るとともに、アジア太平洋の発展途上国における人材育成と対策強化を支援するため、プログラムで開発した観測・評価手法等のノウハウを提供する。

本プログラムは、研究部分として 4 つの中核研究プロジェクト、8 つの関連研究プロジェクトから構成される。さらにその他の活動として、地球環境研究センターが知的研究基盤の整備事業の一環として行う地球温暖化関連のモニタリング、データベース、研究の総合化・支援に係る事業が、本プログラムを構成する。

### <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
- (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
- (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
- (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
- (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
- (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
- (4) 太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価
- (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
- (6) 温暖化の危険な水準と安定化経路の解明
- (7) 温暖化政策を評価するための経済モデルの開発
- (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

<地球環境研究センター事業 知的研究基盤の整備>

- (1) 地球温暖化に係る地球環境モニタリング
  - 大気・海洋モニタリング
  - 陸域モニタリング
- (2) 地球温暖化に係る地球環境データベースの整備
- (3) GOSAT データ定常処理運用システム開発・運用
- (4) 地球温暖化に係る地球環境研究の総合化・支援
  - グローバルカーボンプロジェクト事業支援
  - 地球温暖化観測連携拠点事業支援
  - 温室効果ガスインベントリ策定事業支援

本プログラムの実施に当っては、地球環境研究センターの4研究室が4つの中核研究プロジェクトの実施主体として中心的な役割を担う。これに、地球環境研究センター及び関係ユニットの研究員がプロジェクトメンバーとして参画している（下表を参照）。また、関連研究プロジェクトについては、地球環境研究センターの研究員、関係ユニットの研究員が課題を担当している。地球温暖化に関わる地球環境研究センター事業は3つの推進室を中心に、関係ユニットからの兼務研究員の協力を得て実施している。いずれの研究プロジェクト・事業においても、NIBS フェロー、ポスドクフェロー、アシスタントフェローの寄与は大きい。また、高度技能専門員、アシスタントスタッフなどの支援を得ている。

なお、地球環境研究センター事業については、別途、「知的研究基盤の整備」として年度評価資料が作成されるので、重複を避けるため本報告の本文中には含めない。

表 中核研究プロジェクト実施体制

プログラムリーダー	笹野泰弘
副リーダー	野尻幸宏
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	
炭素循環研究室	向井 人史、高橋 善幸、梁 乃申、寺尾 由希夫
CGER 職員	町田 敏暢、白井 知子、S. Maksyutov
CGER 外職員	遠嶋 康徳、横内 陽子、谷本 浩志、荒巻 能史、唐 艶鴻
ポスドクフェロー	下山 宏、津守 博通、山岸 洋明、斉藤 拓
アシスタントフェロー	橋本 茂
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	
衛星観測研究室	横田 達也
CGER 職員	S. Maksyutov、松永 恒雄、小熊 宏之
CGER 外職員	森野 勇、日暮 明子
フェロー	青木 忠生、S. Oshchepkov
ポスドクフェロー	江口 菜穂、太田 芳文、Andrey Bril、吉田 幸生、Anna Peregon、 Claire Carouge、Vinu Valsala、Nikolay Kadygrov、古山 祐治、田中 智章、斉藤 龍
アシスタントフェロー	中塚 由美子
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	
温暖化リスク評価研究室	江守 正多、高橋 潔、小倉 知夫、伊藤 昭彦
CGER 職員	山形 与志樹
CGER 外職員	野沢 徹、日暮 明子、永島 達也、原沢 英夫、肱岡 靖明、花崎 直太
ポスドクフェロー	木下 嗣基、岩男 弘、横畠 徳太、岡田 直資、塩竈 秀夫、長谷川 聡、Florian Kraxner
アシスタントフェロー	長友 利晴、増富 祐司
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	
温暖化対策評価研究室	甲斐沼 美紀子、亀山 康子、藤野 純一、花岡 達也
CGER 外職員	増井 利彦、久保田 泉、原沢 英夫、肱岡 靖明、日引 聡、森口 祐一、小林 伸治、松橋 啓介
フェロー	Lee, Huey-Lin
ポスドクフェロー	芦名 秀一、Xu Yan
アシスタントフェロー	酒井 広平

[中核研究プロジェクトの目的と今年度の実施概要]

(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)

二酸化炭素を始めとする大気中の温室効果ガスの多くは、人為的な寄与によってここ 200 年間、その濃度が増加している。このまま温室効果ガスが増加し続けると、地球の気候は今後 100 年程度の間大きく変化し、人類や地球の生態系にとって危険をもたらしかねない状況にある。それを防止するためには温室効果ガスの発生量抑制が必須であり、その目標設定に科学的な根拠を与えるためには、将来の大気中濃度の変化をより正確に予測しなければならない。そのためには、大気と陸域及び海洋の各圏の間での生物的過程あるいは物理的過程による二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素等の温室効果ガスの循環や移動の実態と濃度変動メカニズムを解明し、地球規模での収支を定量化する必要がある。

本プロジェクトでは、地球温暖化研究プログラムの中で、他のプロジェクトで行われる温暖化リスクの予測と評価や、対策の統合評価に資するため、将来の温室効果ガスの濃度増加に関するより精度の高い知見を与えることを目的に、温室効果ガスの各圏間の循環や移動、蓄積等のメカニズムとその地域特性に関して研究を行う。特に今後大きな経済成長を遂げると見込まれるアジア・オセアニア域に着目し、これらの地域での大気、海洋、陸域の濃度やフラックス観測に基づき、1990 年代以降に見られる世界的な温暖化傾向が濃度増加、物質循環過程に及ぼす影響を解明する。その方法として、酸素濃度や同位体濃度などの新たな指標成分の活用方法を検討し、大気中の温室効果ガスの収支、またその変動を引き起こす人為的寄与や自然における変動メカニズムを長期的見地から明らかにする。同時に、それらの地域的な分布や特徴を明らかにし、アジア・オセアニアにおける将来の人為的な温室効果ガス発生抑制に係る目標設定のための情報を与える。

18 年度は以下により、研究を実施した。

- 1) 航空機観測において、新たに日本からアジア、アメリカ、ヨーロッパなどへ飛ぶ JAL の旅客用航空機 5 機を用いた二酸化炭素連続観測を立ち上げ、各地での鉛直分布や高高度での水平分布などの観測を始めるとともに、同位体比などの多成分の観測をするために、日本-オーストラリア間ではボトルサンプリングによる観測を充実させる。
- 2) 定期貨物船を利用した海洋大気観測として、日本とカナダを結ぶ定期航路や日本とニュージーランドとの間の定期貨物船 (トヨフジ海運所属) の協力を得て、緯度や経度毎にボトルにサンプリングを行い、大気中の多成分 (CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、同位体比、ハロカーボン、酸素、水素、CO 等) の分析や CO<sub>2</sub>、オゾン、CO などの連続測定から、グローバルな緯度分布などを求める。

- 3) 波照間及び落石ステーションでの観測として、二酸化炭素、酸素、同位体比、ハロカーボン等各種の項目について高頻度観測を行う。ハロカーボンに関しては、新たに落石ステーションでの観測を開始する。これら高頻度測定とトラジェクトリー解析から地域別特徴を抽出する。また、シベリアにおけるタワー観測においては、二酸化炭素の連続観測を7箇所で行い、シベリアの地域的フラックス評価法をインバースモデル等から検討する。
- 4) 北太平洋での海水の二酸化炭素フラックスの観測を継続すると共に、西太平洋(日本-オセアニア路線)での海洋中の二酸化炭素分圧観測を新たに開始し、北太平洋と共に地域分布や時系列変化を調査する。これにより海洋フラックスの地域別特色や長期変化を捉える。海洋での植物生産などに関する解析を目的とした、西太平洋路線での酸素の連続観測の立ち上げの検討を行う。
- 5) 陸域観測として、苫小牧、天塩などの森林において、森林の攪乱後の二酸化炭素フラックス変動などの観測を継続する。また、富士北麓での土壌呼吸、森林内の二酸化炭素蓄積などの観測を開始する。中国の青海省での草原の二酸化炭素吸収フラックス観測を継続するとともに、チベットでの観測について検討を行う。これら森林フラックスにおける光合成及び呼吸過程の寄与分離のために、同位体や微量ガス成分を使った新たな観測手法の開発を開始する。土壌呼吸に関しては、温暖化の進行による炭素循環の変化を調べるために、温暖化操作実験手法を検討する。

## (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)

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%の精度で観測する。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)を目標としている。

本プロジェクトではこの目標達成に向けて、種々な観測条件下において取得されたデータに対して、雲・エアロゾル・地表面高度などの誤差要因を補正し、高精度で二酸化炭素・メタンのカラム濃度を導出することを目的に、衛星観測データの定常処理アルゴリズムを開発する。衛星打ち上げ前には、数値シミュレーションに基づいてデータ処理アルゴリズムを開発し、航空機や地上で取得する擬似データや直接観測データによりアルゴリズムの精度を評価し改良する。また、衛星打ち上げ後は、データ処理の結果(データ質)を直接測定・遠隔計測データを用いて評価・検証し、データ処理アルゴリズムの更なる改良を行う。また、この衛星観測データと地上での各種の直接測定データとを利用して、全球の炭素収支推定分布の時空間分解能と推定精度を向上することを目的にインバースモデルを開発し、データ解析を行う。

18年度は、データ解析アルゴリズムの開発、地上・航空機実験によるアルゴリズム検証、インバースモデル開発に関し、プロジェクト内の三つの担当グループにより、以下の研究を実施した。

- 1) GOSATの観測するデータを処理して二酸化炭素及びメタンのカラム濃度を導出するためのアルゴリズムの開発研究として、処理フローの確定、巻雲・エアロゾルの影響と各パラメータ推定の可能性の検討、放射伝達計算上の問題点の調査等を、計算機プログラミング及びシミュレーションを中心に実施する。
- 2) 地上観測・航空機等観測実験による温室効果ガス導出手法の実証的研究として、地上(山頂)や航空機に搭載した機器により、GOSATの観測する信号(太陽の地表面反射光及び直達光の分光スペクトル)を模擬的に取得し、同時に直接測定などにより二酸化炭素濃度の参照データ(in situ データ)を取得して、両者の解析結果を比較することによりデータ処理アルゴリズムの妥当性を評価する。
- 3) 全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究として、従来の地上測定局データを用いたインバースモデル解析に、衛星観測データを付加し適用するために、モデルの時間・空間分解能の向上とフォワードモデル計

算手法の改良、関連データベースの整備を、計算機プログラミング、シミュレーション、現地調査等により実施する。

### (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)

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する。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する。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。

18 年度は、気候モデル、影響・適応モデル、陸域生態・土地利用モデルの各サブテーマについて、各モデルの開発・改良ならびに各モデルを用いた将来予測実験およびその解析を行うとともに、モデル間の結合もしくは統合利用に向けての準備作業を進めた。また、サブテーマ間の連携を密にするため、サブテーマを横断する主要な研究項目を以下のように 3 つ設定して研究を進めた。

- 1) 極端現象の確率的予測・影響評価 (気候/影響) について、特に 20~30 年後の近未来に注目して、気候の自然変動の不確実性を考慮した極端現象の確率的予測を行うとともに、それに基づいた風水害などの影響評価を行う。
- 2) 人間活動を含む水資源モデルと気候モデルの結合 (影響/気候/土地利用) に関して、ダム、灌漑などの人間活動を含む水資源モデルに気候モデルの結果を入力して水資源影響評価を行うとともに、この水資源モデルと気候モデルの相互作用を実現する結合の準備を行う。
- 3) 土地利用変化モデルの開発・気候モデルの土地利用変化実験 (土地利用/気候) について、経済原理等に基づき土地利用変化を予測するモデルを開発するとともに、土地利用変化が気候に及ぼす影響を気候モデル実験により評価する。

### (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)

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する。既に温暖化影響が多くの場所で現れていることから温暖化対策の実施に向けて京都議定書以降の枠組について国際的に合意し、世界各国と共同して対策を実施することは必須の課題である。本プロジェクトでは、広範囲に及ぶ温暖化技術の評価や対策実施に向けた合意形成のための方法論を確立すること、実現性・実効性・説得性のある環境政策シナリオ作成のための研究手法を確立することを目指している。

平成 18 年度は以下により、研究を実施した。

- 1) 脱温暖化社会シナリオに関し、我が国を対象として、複数のモデルによる定量的な分析を行うことで、2050 年の日本において、主要な温室効果ガスである CO<sub>2</sub> を 1990 年に比べて 70%削減するような低炭素社会を

実現できる技術的なポテンシャルが存在することを示す。まず、今後、半世紀の間に社会が変化することを考慮して、日本社会経済が 2050 年に向けてどのような方向に進むかについて、幅を持った将来像（たとえば経済発展・技術志向のシナリオ A、地域重視・自然志向のシナリオ B）を想定し、専門家のブレインストーミングによって、それら二つの社会を定性的に描き、シナリオ A、B それぞれの社会像での低炭素社会実現の方策を検討する。また、中国、インド、タイ、ブラジルの研究者と低炭素社会実現に向けた共同研究を開始し、各国における 2050 年の将来像を検討する。

- 2) 気候変動に関する国際政策分析に関して、京都議定書下での各国の取り組みを整理するとともに、京都議定書発効後に提案された将来枠組み提案をレビューし、京都議定書と気候変動枠組条約との関係、条約・議定書を取り巻く多様な関連活動と温暖化対策に係わる国際的取り組みとの関係について考察する。
- 3) 気候変動対策の定量的評価に関する研究として、アジア主要国を対象とした温暖化対策評価モデル（AIM）の改良を行い、日本、中国、インド、タイ、インドネシアなどを対象として温暖化対策の効果分析を行う。日本については、革新技术に関する情報を集約してモデルを改良し、短期的な対策と長期的な対策の両面から費用・効果分析を実施する。また、中国を対象として技術選択モデルと応用一般均衡モデルを統合し、エネルギー集約度の改善目標について分析を行う。インドを対象として天然ガスにシフトした場合の費用・効果の検討、タイを対象として交通部門におけるバイオエネルギーの導入効果の検討、インドネシアを対象として CO<sub>2</sub> 削減目標を設定した場合のエネルギー構成の変化の検討を行う。また、大気汚染や水資源などの地域の環境を分析するモデルを開発・改良し、温暖化対策の副次的効果を推計する。

#### 〔関連研究プロジェクトの目的と今年度の実施概要〕

##### （1）過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定

近年の温暖化傾向が人為起源の気候変動要因に起因することの、より確度の高い情報を提供することを目的として、自然起源の気候変動要因に起因する気候変化の不確実性の幅を定量的に評価するとともに、観測された長期気候変化の原因を推定する。18 年度は、既存の気候モデルシミュレーション結果と長期観測データとを多変量統計解析することにより、総合的な長期気候変化シグナルの検出と要因推定を行うとともに、解析結果の統計的信頼性を高めるためのデータを収集した。

##### （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

IPCC 第 3 次報告書で行われた地球温暖化影響検出手順を参照し、都市化の影響が比較的少ない我が国の高山植生を指標として、温暖化影響検出のモニタリングを行うことを目的としている。18 年度は、選出した指標の長期変動を推定するため、キタダケソウ（北岳）とヒダカソウ（アポイ岳）、ミズバショ（尾瀬）、クロユリ（白山）の開花時期や千蛇ヶ池雪渓の越年規模（白山）などの指標と主な気象要因との関係を求めた。また、地球温暖化の影響が確実に視されているシカによる高山植生の変化について、対象域を聖平（南アルプス南部）にまで広げて調査を実施した。さらに、衛星データを活用し高山帯の雪環境を把握するため、推定精度が他のエリアに比べて悪かった森林エリアについて雪の有無の判定方法を確立した。

##### （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

炭素吸収量を生態学アプローチで算定するモデルを開発することを目的とし、生態モデル、林業モデルの精緻化を行い、両者を結合することで吸収源活動の評価に利用できる吸収量算定モデルの高度化を実施した。18 年度は、日本全国の人工林の生態情報、林業情報を収集して、高知県他での吸収量算定結果をインベントリーデータと相互検証した。また、生態モデルの吸収量算定値の不確実性の検討を実施した。

##### （4）太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価

環境変動に対する脆弱性が極めて高いと考えられる太平洋の島嶼国を対象として、マッピング及び地形形



成維持過程に基づいて、現在及び将来の環境変動と経済システムの変化による応答を予測し、持続可能な維持のための方策を提案する。18年度は、地形図や土地利用図の作製を行い、ツヴァルを対象として過去から現在にかけての土地利用、地形変化を明らかにし、現在の脆弱性が、人口増加ともなう元湿地への居住地拡大という地域的な要因に規定されていることを示した。また、全球の島嶼を対象として、島の分布と形成維持要因との関係を解析し、島嶼の形成に、波のエネルギーと潮位差が重要であることを示した。

#### (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

サンゴ礁の衰退を起こす地理的要因を明らかにするため、現地観測データや航空機、衛星センサー等リモートセンシングデータを用いた、サンゴ礁の変化の監視のためのアルゴリズム開発を行い、広域かつ継続的なサンゴ礁のモニタリングの実施に資する。18年度は、新たに打ち上がった ALOS ANVIR2 のデータを収集し、分類を開始した。また、地形情報を用いたサンゴなど底生生物の分類精度向上を目的として、浅海底地形のマッピング手法を開発した。

#### (6) 温暖化の危険な水準と安定化経路の解明

地球温暖化を防止するために、温室効果ガスをどの程度に安定化させるべきか、いまだ確固たる知見は得られておらず、安定化濃度と影響からみた危険な水準の関係について科学的に明らかにすることが、緊急課題となっている。本プロジェクトは、濃度安定化等の温暖化抑制目標とそれを実現するための経済効率的な排出経路、および同目標下での影響・リスクを総合的に解析・評価するための統合評価モデルを開発することを目的とする。18年度は、「危険な影響」を如何に決定すべきかについて議論する際の科学的情報提供に向けて、気温上昇と既存の温暖化影響知見を格納したデータベースを構築した。また、水資源、健康などの分野について、全球規模の影響評価モデルを開発・改良し、国別の気温・降水量変化を説明変数とする分野別影響関数（世界）を開発するとともに、目標とする安定化濃度別の影響を定量的に評価した。

#### (7) 温暖化政策を評価するための経済モデルの開発

温暖化対策の効果と温暖化の経済活動への影響を定量的に評価することを目的として、これまで開発してきた統合評価モデル（AIM モデル）の改良や新たなモジュールの開発を行い、世界及びアジアの主要国を対象として、温室効果ガス排出量の削減ポテンシャルや温室効果ガス削減による経済活動への影響について分析し、温暖化政策の評価を行う。また、将来ビジョン・シナリオの定量的な分析に資するモデルの開発を行う。18年度は、温暖化対策の効果と温暖化の影響を経済的な視点から評価するための多時点の経済モデル（動学的最適化モデル）を対象に、温暖化対策の視点から技術開発への投資とその効果を総合的に評価するためのモデルへの拡張、さらには適応策と緩和策を簡易的に評価することが可能となるようなツールへの拡張を行った。

#### (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

アジア太平洋地域における環境負荷・資源の現状を包括的に把握し、将来の変化をシナリオを用いて分析し、環境悪化を抑えるための対策として環境分野へのイノベーションの導入とその実現のための種々の方策について、経済面も考慮して評価することを目的とする。18年度は、アジア各国を対象とする環境－経済統合モデルに、各国で特徴ある環境問題を表現するモジュールを加え、戦略的データベースとリンクさせてシナリオ分析を行った。

#### [GOSAT 定常処理運用事業（その他の活動）の目的と今年度の実施概要]

温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT, 平成 20 年度に打ち上げ予定）の観測データを定常処理（受信、処理、再処理、保存、処理結果の検証、提供）することを目的に、定常処理運用システムを開発・整備し、運用す

る。これは環境省・国立環境研究所・宇宙航空研究開発機構の三者により推進されている GOSAT プロジェクトにおける国立環境研究所の主要な役割分担の一つである。18 年度は、定常処理運用システムの基本設計と一部詳細設計を完了した。また、GOSAT の定常処理に利用する計算機システムの一次導入を行った。GOSAT 観測データの一次処理（レベル 1）データの入手元である宇宙航空研究開発機構とのインタフェース調整を行った。

## 研究予算

### [中核研究プロジェクト・関連研究プロジェクト]

(実績額、単位：百万円)

	平成 18年度	平成 19年度	平成 20年度	平成 21年度	平成 22年度	累計
運営交付金	231					
受託費						
地球環境研究総合推進費	421					
地球環境保全試験研究費 (一括計上)	155					
文部科学省	68					
民間	1					
環境省請負費	14					
文科省科研費	10					
総 額	900					

(「その他の活動 (知的研究基盤の整備のうち温暖化関連事業)」に係る予算を除く)

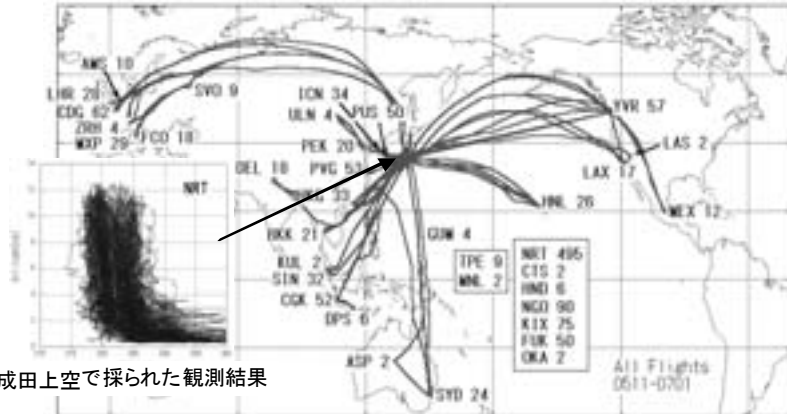
### [その他の活動のうち GOSAT 事業]

(実績額、単位：百万円)

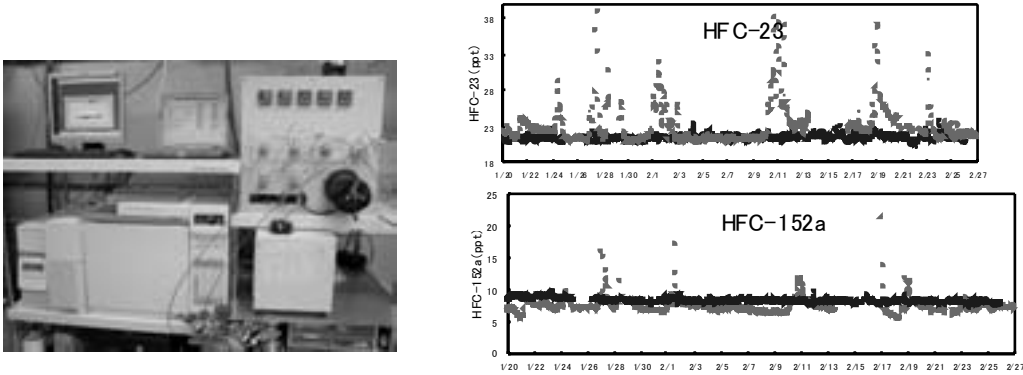
	平成 18年度	平成 19年度	平成 20年度	平成 21年度	平成 22年度	累計
運営交付金	423					
石油特別会計	98					
環境省請負費	36					
総 額	557					

平成18年度研究成果の概要

(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)

サブテーマ	平成18年度の研究成果目標	平成18年度の研究成果 (成果の活用状況を含む)
<p>アジア-オセアニアを中心とした大気中の温室効果ガスの広域分布及び長期的変動観測</p>	<p>航空機、定期船舶を用いた温室効果ガス観測網を整備する。航空機では定期路線を用いたアジア、ヨーロッパへ航路上の二酸化炭素観測を開始し、オセアニアラインでの大気サンプリングを開始する。民間船舶では日本-オセアニア、日本-北アメリカに加え、アジア路線の準備を行う。</p>	<p>○これまで開発してきた航空機搭載用二酸化炭素測定器を JAL の旅客機 5 機に搭載しアジア、ヨーロッパでの主要都市での鉛直二酸化炭素分布観測を開始することができた。これにより、各都市で地域的に特徴ある鉛直分布が観測できることがわかった。これらのデータは、世界的にもこれまでにないデータセットである。</p>  <p>成田上空で採られた観測結果</p> <p>図1 二酸化炭素測定用機器を搭載した航空機による観測ルートと観測数、成田上空の二酸化炭素濃度の鉛直分布の例</p> <p>○航空機での観測に際し、いくつかの問題点が発生したが、プログラムの改良、システム運用上の改善を行い、安定した観測体制が確立されてきた。</p> <p>○航空機、及び船舶を用いて、日本-北米、日本-オセアニアラインでの大気のサンプリングを行い、水平方向、緯度方向のデータの採取を行い、二酸化炭素や亜酸化窒素の緯度別増加傾向が確認できたことに比べ、メタン濃度は各緯度帯での濃度増加がほとんどゼロになっている</p>

		<p>ことがわかった。オゾン濃度の緯度分布の観測を行い、北半球中緯度での高濃度に加え、南半球中緯度での濃度にもピークが観測された。これらはいずれも温暖化ガスそれぞれの発生量吸収量分布について科学的に有用な情報を与える。</p> <p>○民間船舶を用いたアジア路線への観測の展開のために、関係船舶会社との連絡をとり調整を図った。</p> <p>○アジアでの大気の地域特性を調べるべく、インドにおける大気サンプリングを開始した。</p>
<p>大気中指標成分の観測による温暖化ガスの地球的及び地域的規模の収支特性の解明</p>	<p>観測網を利用しトレーサーとなり得る酸素や同位体等を長期的に観測することにより、温室効果ガスのグローバルな収支変化と気象との関連を考察する。定点でのフロン等の観測も立ち上げる。</p>	<p>○沖縄の波照間島や北海道落石岬での大気中酸素濃度の長期観測を継続した。これにより、ここ8年程度の平均した二酸化炭素のグローバルな収支を求めることができた。それによると、海洋の酸素の出入りを考慮した場合、約1.8Pg-Cの二酸化炭素が海洋に吸収されていることが推定された。推定精度の検討を行い、発生源インベントリや酸素の海洋収支の不確実性を始めとするいくつかの問題点を整理することができた。これにより、大枠での二酸化炭素収支が押さえられた。</p> <p>○船舶を用いて、緯度別の二酸化炭素の安定同位体比の観測を行い、二酸化炭素の収支の年変動について検討を行った。陸域の二酸化炭素吸収は、温度偏差と良く相関し、エルニーニョ直後の温度上昇に合わせて、二酸化炭素の放出源になっていること、2002年、2006年の放出も陸域で起こっていることが推定できた。海洋は2001年に吸収量の微増が観測された。これらのデータはグローバルな変動メカニズムの検討するために有効である。</p> <p>○北海道の観測点である落石でのGC-MS設置を行い、フロン等の観測を立ち上げた。北海道の悪天候による停電の頻発などにより機器の不良が発生したが、順次システムの改良を重ねてデータの取得が可能になってきた。</p>

		 <p style="text-align: center;"><b>図2 落石ステーションに設置したGC-MSとハロカーボン濃度の連続観測の例</b></p>
<p>海洋と陸域生態系のCO<sub>2</sub>フラックス観測の高度化と変動特性の評価に関する研究</p>	<p>西太平洋における海洋の二酸化炭素分圧観測やアジアやシベリアの陸域生態系におけるプロセス毎の物質移動速度の観測を行う。これにより、年毎の収支の変動現象を観測する。</p>	<p>○新たに日ーオーストラリア航路を航行する民間船舶トランスフューチャー（トヨフジ海運所属）に設置した観測装置により、西太平洋での海洋二酸化炭素観測を開始した。観測システムの安定運用のために乗船を何回か行い改良などを加えた。同時に、大気、海洋の酸素の連続測定法の開発も行った。将来的にこれらの海洋フラックスの地域分布がどのように変化するかが非常に重要であり、北太平洋のこれまでのデータとともに貴重なデータセットになる。</p> <p>○シベリアにおける5箇所タワー観測をもとに、大気輸送モデルに基づく逆計算により、シベリアの森林地帯の二酸化炭素吸収フラックスの季節変化を求める試みを行った。この結果、陸域生態系モデルによる計算結果との間に良い一致が見られた。これにより、タワー観測と逆計算によるフラックス推定がかなり有効であることが実証された。</p> <p>○陸域生態系の総生産量などを、これまでの純一次生産と呼吸量の合計で求めるのではなく、COSなどのフラックス測定より求める方法を提案し、測定機器の開発を行った。</p> <p>○土壌呼吸量増加に対する温暖化による寄与を見積もるために、年間を通して土壌を人工的に加熱し、その寄与を大型自動開閉チャンバーを用いて評価するなどの予備調査を研究所内林地で行い、方法論等について検討した。</p>

(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)

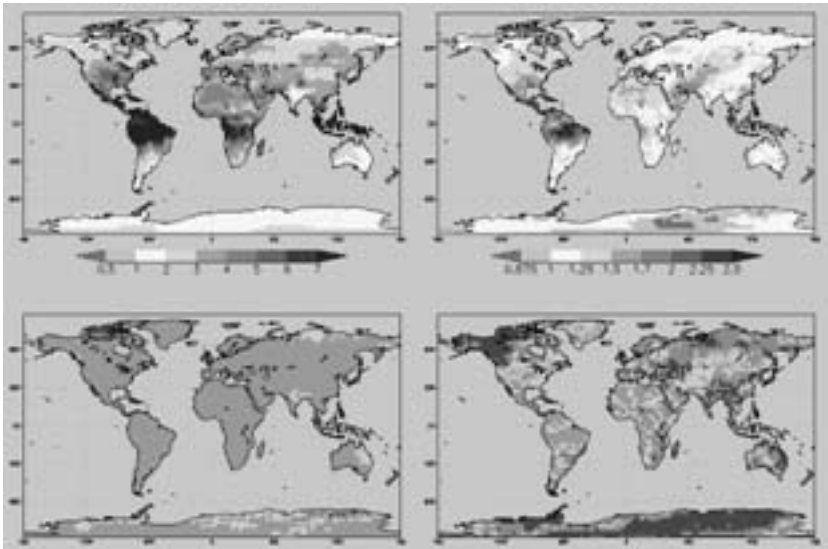
サブテーマ	当年度の研究成果目標	当年度の研究成果 (成果の活用状況を含む)
衛星観測データの処理アルゴリズム開発・改良研究	短波長赤外波長域での測定に関して、巻雲やエアロゾルの存在する大気条件下での取得データに対応可能なデータ処理手法を研究開発し、数値シミュレーションにより精度評価を行う。	<p>○短波長赤外波長域での測定に関して、様々な大気条件下での取得データに対応可能なデータ処理手法を確立するため、データ処理フローを作成した。これらは定常処理プログラム開発に反映され、国立環境研究所の実施する定常データ処理の基幹となる。</p> <p>○巻雲の存在する大気条件下での処理のため、一部の緯度経度・期間において巻雲パラメータ(緯度別の発生高度、光学的厚さ)統計量データベースを作成した。完成後にはデータ処理の際の初期値データベースとして活用される。</p> <p>○様々な観測条件におけるエアロゾルの影響を整理し、フーリエ変換分光器情報からエアロゾルパラメータの同時推定の可能性について整理した。</p> <p>○衛星から観測する際のフーリエ変換分光器の視野の揺らぎが、カラム濃度導出に及ぼす影響を評価し、その補正手法を開発した。本手法は特許申請中である。</p>
地上観測・航空機等観測実験による温室効果ガス導出手法の実証的研究	衛星搭載センサーと類似仕様の地上モデルセンサを用いて、飛行体または高所からの太陽の地表面反射光を測定する実験を実施し、取得されたデータから二酸化炭素のカラム濃度を導出する。同時に観測時の大気パラメータを直接測定などによって取得し、地上モデルデータからの解析結果と比較して解析精度の検討を行う。	<p>○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、類似センサー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。</p> <p>○GOSATに搭載されるフーリエ変換分光器センサーと類似の仕様の地上モデル(BBM)から求めた二酸化炭素カラム濃度と、直接測定データから求めた濃度を比較した結果、BBM解析の際の二酸化炭素の吸収波長帯を適切に選定すれば、両者は2%の範囲で一致することがわかった。また、エアロゾルを考慮することによって、5ケースのうち3ケースはBBMから求めたデータがin situのデータに0.2～0.4%ほど近づくことがわかった。基本的にデータ処理手法に大きな誤りのないことが実証された。</p>
全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究	インバースモデルの時間・空間分解能を月別・全球64分割等に向上するため、フォワード計算手法の開発と必要な関連データベースの整備を行う。更	<p>○インバースモデルの月別・全球64分割への向上については、一部のモデルについて完了した。これにより、現実的な衛星観測データの利用に一步近づいた。</p> <p>○全球レベルの衛星観測データの利用を目的として、インバースモデルの高速逐次処理アルゴリズムを、時刻に依存した月平均フラックスのインバージョン(22地域×15年)によりテス</p>

	<p>に、このフォワードモデルデータと衛星データを利用して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プロトタイプをシミュレーションレベルで確立する。</p>	<p>トした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○インバースモデル推定における現実的な領域のサイズと時間分解能を検討するため、空間的フラックスの空間的な相関解析を実施した。</li> <li>○観測された大気中 CO<sub>2</sub>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、生態系モデルパラメータの最適化を行った。更にそれに基づきインバースモデルを設計した。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。</li> <li>○全球炭素収支推定のためのインバースモデルのプロトタイプを、全球 22 地域のレベルで確立した。</li> </ul>
--	--	---

(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)

サブテーマ	当年度の研究成果目標	当年度の研究成果 (成果の活用状況を含む)
気候モデル研究	<p>気候モデルについて、気候変化に伴う極端現象の変化メカニズムの解析を進めるとともに、20 世紀中における極端現象の変化傾向のモデルによる再現性を検討する。また、モデルの不確実性と自然変動の不確実性の両方を考慮した確率的予測について検討を行う。</p>	<p>○年々の自然変動の不確実性を考慮した近未来の気候変化予測のための予備的解析として、初期条件の異なる 10 本の近未来予測実験を行い、特に極端現象の出現頻度に注目して解析を行った。この結果、大規模な火山噴火が無いなどの条件下で、気候の自然変動の不確実性を考慮しても、今後 25 年程度の近未来に陸上のほぼ全域において夏季の極端に暑い夜の日数が増えることなどが予測された。この成果は、自然変動の不確実性を定量的に考慮した近未来の気候変化予測として世界初の試みである。</p>



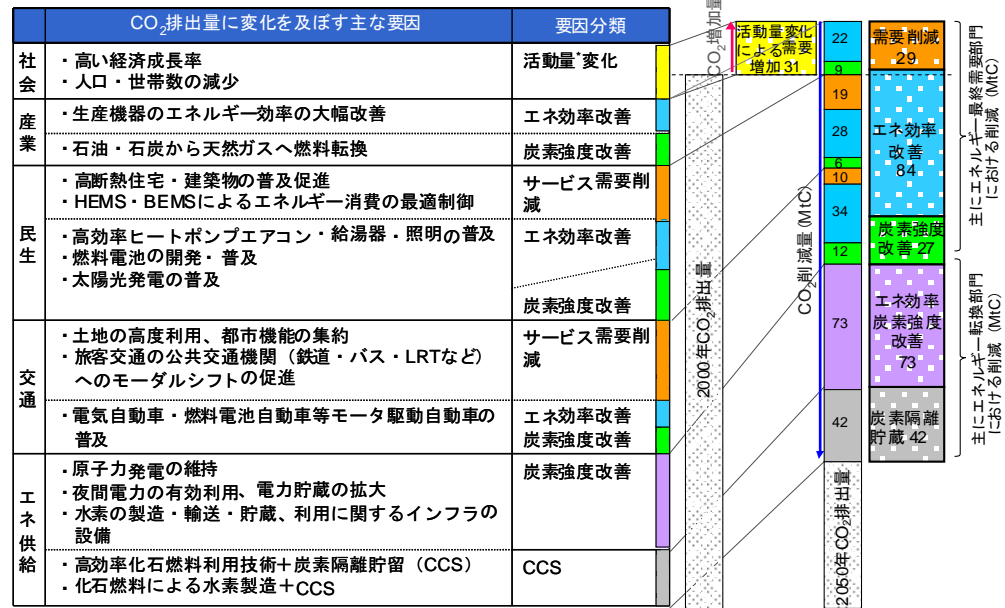
		<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> <span>2011-2030</span> <span>1981-2000</span> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; margin-bottom: 10px;">アンサンブル平均</div>  </div> <p>図3 初期値の異なる 10 メンバーのアンサンブル実験より得られた「暑い夜」(95 パーセンタイル夏季日最低気温) の発生頻度変化。</p> <p>1951～1971 年を基準期間とした。左列は 2011～2030 年の予測。右列は 1981～2000 年の再現。上段は発生頻度比 (1 より大が増加を表す) のアンサンブル平均。下段は発生頻度が増加すると予測したアンサンブルメンバーの数 (メンバー間の一致度)。</p> <p>○長期の気候変化の主要な不確実性の要因である雲のフィードバックについて、気候モデル間の違いを詳細に比較する手法を開発するとともに日英のモデルに適用し、日英のモデル間で雲フィードバックに違いを生じさせる仕組みを明らかにした。</p> <p>○土地利用変化が気候に与える影響を評価する実験の準備を行った。</p>
影響・適応モデル研究	影響モデルについて、極端現象の変化を考慮した水資源・健康・農業影響の評価を行うとともに、気候モデルによる確率的予測と連携して影響評価結	○ダム、農業、灌漑といった人間活動を結合した全球水資源モデルを用いて、高解像度気候モデルによる日単位の気候変化予測シナリオに基づく、将来 100 年の水資源予測実験を行った。これを将来 100 年の人口等の変化から予想される水需要変化と組み合わせて、将来 100 年の水需給バランスの評価を行った。この成果は、水需要と水供給の季節的なミスマッチを考慮に入

	果の不確実性を明示的に表現するための手法を検討する。また、水資源影響モデルと気候モデルの結合のための準備作業を行う。	れた世界初の全球規模影響評価である。 ○この水資源モデルの改良作業および気候モデルとの結合のための準備作業を行った。 ○年々の自然変動の不確実性を考慮した近未来の気候変化シナリオに基づき、社会が実感しやすい影響評価を行うために、気候モデルの結果から水害の被害額を大まかに推計する推計式の開発作業を進めた。
陸域生態・土地利用モデル研究	陸域生態・土地利用モデルについて、今後 50 年スケールでの気候変化に伴う農業生産性の変動と、社会経済の発展シナリオを考慮して、陸域生態・土地利用変化を予測するプロトタイプモデルを開発するとともに、土地被覆情報等のモデル入力情報の整備を行う。	○陸域生態系モデル (Sim-CYCLE) を用いて、IPCC-AR4 に含まれる各種の気候変化予測シナリオに基づく off-line 実験を行った。生態系モデルの改良点としてエロージョンによる土壌流失を加え、降水量変動や土地被覆変化に伴う土壌炭素収支の予測精度向上を図った。 ○森林減少の将来予測に重点をおいたモデルの開発を行った。食糧経済と林産経済の結合によって森林面積の減少の推定を行いつつ同時に、土地利用変化に起因する温室効果ガスの排出を全球規模で推定を行った。 ○既存の複数の土地被覆図を独立で検証する新たな手法を開発した。複数の土地被覆図の精度検証を行なった。また、複数の土地被覆図からより高精度の新土地被覆図を開発した。新土地被覆図は、生態モデルや土地利用モデルなどに利用され、予測精度の向上に貢献した。

(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)

サブテーマ	当年度の研究成果目標	当年度の研究成果 (成果の活用状況を含む)
脱温暖化ビジョン・シナリオ作成	脱温暖化社会を実現するための 2050 年における我が国の排出レベルとその社会像を描き、温室効果ガス排出構造に影響を及ぼす要素についての定量化を行う。また、他国の脱温暖化シナリオ構築との連携を図り、世界全体の脱温暖化社会について検討する。	○2°C目標に対応する全球での許容可能な排出経路を同定し、2050年における日本の排出削減目標値が、概ね 60-80%に含まれることを確認した。日本を対象に、複数のモデルによる定量的な分析を行うことで、2050年に想定されるサービス需要を満足しながら、主要な温室効果ガスである CO2 を 1990年に比べて 70%削減する技術的なポテンシャルが存在することを明らかにした。本成果を環境省と共同で記者発表を行うことで、脱温暖化社会の必要性について内外に広くアピールした。

シナリオ A : 2050年



\*活動量:エネルギーサービス需要を起因する社会・経済活動の指標。

図4 2050年に日本の二酸化炭素排出量を2000年に比較して70%削減するための対策オプションの例

○中国、インド、タイ、ブラジルの研究者と2050年脱温暖化シナリオ構築のための共同研究を開始した。日本脱温暖化社会を分析するために構築した定量化モデルを、各国に適応することで、それぞれの国の2050年シナリオ構築をサポートした。

○2006年2月に開始した日英共同研究プロジェクトでは、6月に19ヶ国・地域から54人の専門家と6つの国際機関が参加したワークショップを東京で、11月にインド、日本、イギリス、南アフリカ、ドイツ、中国の専門家によるCOP12のサイドイベントをナイロビで、12月にモデル会合をオックスフォードで開催した。低炭素社会は、そこに至る道筋は異なるものの、先進国と途上国が共通に目指すゴールであるとの認識が共有された。

<p>気候変動に関する国際政策分析</p>	<p>炭素市場メカニズム等の各種制度を評価し、問題点の整理を行うとともに、諸制度の動向調査を行い実効性について分析する。また、2013年以降の枠組みについて、特に京都議定書発効が同課題に関する国内政策に与えた影響の調査等を実施する。</p>	<p>○次期国際枠組みの制度提案に関する論文をレビューした結果、京都議定書発効前に実施したレビュー結果とは傾向が大きく変わり、近年の提案では京都議定書と気候変動枠組条約の二本立てとなっている現状をふまえた提案が急増していることが把握できた。</p> <p>○上記条約・議定書を取り巻く多様な関連活動（G8, APP, EU/ETS, 米国内排出量取引等）が条約・議定書プロセス、および国際的取り組みそのものに対して及ぼす影響について検討した。このような多様な活動は10年前の京都議定書交渉時には存在しなかったことを鑑みると、今後は必ずしもすべての交渉要素を条約・議定書で対象としなくてもよい可能性が指摘される。</p> <p>○現在多くのアジア諸国は、次期国際枠組みによって社会経済的影響を受ける可能性が高いにもかかわらず、交渉に建設的に参加するための能力を十分に保持していないという課題を抱えているためその能力を増強する必要があるとの認識に基づき、昨年度から開始したアジア政策ワークショップの第2回会合をジャカルタにて開催し、国内の政策決定過程の比較分析等を実施した。</p>
<p>気候変動対策の定量的評価</p>	<p>我が国を対象とした温暖化対策の費用・効果分析、アジア主要国を対象とした緩和・適応策と各国のミレニアム開発目標の実現可能性の分析、世界のエンドユースモデルを用いた排出削減ポテンシャルの推計を行うとともに、中国、インド、タイ等のアジア主要国を対象として、シナリオ開発のためのモデル開発支援を行う。</p>	<p>○我が国を対象とした温暖化対策の費用・効果分析のために、革新技術の情報を集約してモデルを改良し、短期的な対策と長期的な対策の両面から費用・効果分析を行った。</p> <p>○アジア各国の温暖化政策評価支援のために、中国、インド、タイ、韓国、インドネシア、マレーシアから研究者を招聘しトレーニング・ワークショップを開催し、各国モデルを開発・改良し、各国の問題に対応した分析を行った。</p> <p>○中国では2005年から2010年までに対 GDP のエネルギー効率を20%改善するという目標を掲げており、その現実性を評価するため中国を対象にエンドユースモデルと応用一般均衡モデルを統合して、分析を行った。インドを対象に石炭から天然ガスにシフトした場合の費用・効果、タイを対象に交通部門におけるバイオエネルギーの導入効果などを検討した。</p> <p>○大気汚染や水資源などの地域の環境を分析するモデルを開発・改良し、温暖化対策の副次効果としてミレニアム開発目標達成について検討した。</p> <p>○これまでCO<sub>2</sub>排出量の分析が中心であった世界のエンドユースモデルについては、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、Fガスのモジュールを追加し、温室効果ガスの削減ポテンシャルを推計した。</p> <p>○AIMモデルの結果はモデル比較プロジェクトや各国のシナリオ分析を通じて、IPCC第4次評価報告書に情報提供した。</p>

(5) 関連研究プロジェクト

テーマ	当年度の研究成果目標	当年度の研究成果（成果の活用状況を含む）
1) 過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定	<p>様々な気候変動要因を切り分けた場合の 20 世紀気候再現実験のアンサンブルメンバー数を増やし、地上気温に加えて対流圏中・上層の気温や海洋表層の平均水温などについて解析を行う。また、異なる気候感度を持つ複数の気候モデルによる同一設定の実験結果を解析し、自然起源の気候変動要因に対する気候応答の不確実性に関する知見を得る。</p>	<p>○一部の 20 世紀気候再現実験について、アンサンブルメンバー数を 10 まで追加した。これに基づく統計解析を海洋表層水温や極端な気象現象などにも適用した。熱帯夜や冬日などは 20 世紀後半の 50 年間で有意に変化（熱帯夜は増加、冬日は減少）しており、温室効果ガスによる変化傾向の一部をエアロゾルが相殺していることなどを示した。これらの成果は、いずれも、近年の温暖化が人間活動に起因することを支持するものであり、温暖化対策の必要性を説く根拠の一つとなり得る。</p> <p>○気候感度の異なる気候モデルを用いて、超大規模（ピナツボ火山の 100 倍）火山噴火を想定した実験を行い、噴火に伴う気温低下は気候感度に関係ないものの、気候感度が大きいほど、気温低下からの回復の緩和時間が長い（回復に時間を要する）ことを示した。今後も解析を継続することにより、自然要因に対する気候応答の不確実性に関する新たな知見が得られることが期待される。</p>
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	<p>選出した温暖化影響指標の過去長期変動を推定するため、指標と主な気象要因との関係を求める。また、高山植生の変化について、調査対象域を拡大する。さらに、衛星データを活用し高山帯の雪環境を把握するため、推定精度が悪かった森林エリアについて判定方法を確立する。</p>	<p>○選出した指標であるキタダケソウ（北岳）とヒダカソウ（アポイ岳）、ミズバショ（尾瀬）、クロユリ（白山）の開花時期や千蛇ヶ池雪溪の越年規模（白山）などの指標と主な気象要因との関係を得た。これを用いることにより、既存の過去の気象データから、指標の過去の長期変動が推定できる。</p> <p>○聖平（南アルプス南部）においても、地球温暖化の影響が確実に視されているシカによる高山植生の変化が認められた。これは、モニタリングとしての重要性ばかりでなく、自然保護の観点での重要性も指摘できる。</p> <p>○森林エリアについて雪の有無の判定方法を確立した。これにより、衛星データを活用した高山帯の雪環境把握のための方法がほぼ満足できる精度で準備できた。</p>

<p>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</p>	<p>間伐や伐採の人為的な影響を考慮した地上部バイオマス量の推定手法を開発し、日本におけるCO2吸収量の算出を行う。</p>	<p>○陸域生態モデルの拡張を行い、間伐及び伐採を考慮可能なモデルの開発を行った。このモデルでは、生理学的なパラメータの他に林学的な経験パラメータを導入した。本モデルを用いて愛媛県を対象として計算を行ったところ、森林簿と蓄積表を用いた推定の10%過小評価となった。この要因を分析したところ、既存の方法は間伐の影響が過小となっていると推定された。</p>
<p>4) 太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価</p>	<p>島嶼国のマッピング技術に関して検討し、地形図、土地利用図などの作製を行う。全球規模での島嶼の形成維持要因の解析を行う。</p>	<p>○空中写真測量を用いた地形図作製、衛星データを用いた土地利用図の作製、海岸線抽出を行い、精度評価を行った。 ○ツヴァルを対象として、これらに基づいて過去から現在にかけての土地利用、地形変化を明らかにし、社会経済的な要因とあわせて、現在の脆弱性が、人口増加にともなう元湿地への居住地拡大という地域的な要因に規定されていることを示した。また、島の形成に、波のエネルギーと潮位差が重要であることを示した。</p>
<p>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</p>	<p>サンゴ礁のマッピングに対する衛星センサの分類精度評価を行うとともに、分類精度向上のために新たな解析手法を開発する。</p>	<p>○新たに打ち上がったALOS ANVIR2のデータを収集し、分類を開始した。 ○地形情報を用いたサンゴなど底生生物の分類精度向上を目的として、多時期の画像の汀線を用いた潮間帯地形のマッピング方法と、写真測量を用いた浅海底地形のマッピング手法を開発した。</p>
<p>6) 温暖化の危険な水準と安定化経路の解明</p>	<p>「危険な影響」を如何に決定すべきかについて議論する際の科学的情報提供に向けて、気温上昇と既存の温暖化影響知見を格納したデータベースを構築する。水資源、健康などの分野について、全球規模の影響評価モデルを開発・改良し、国別の気温・降水量変化を説明変数とする分野別影響関数(世界)を開発するとともに、目標とする安定化濃度別の影響を定量的に評価する。</p>	<p>○温暖化の危険な影響のレベルを科学的知見に基づいて検討するために、「温暖化影響データベース」を開発した。このデータベースには、①異なる影響分野を全球平均気温上昇などの共通軸で整理することで、統合的評価を可能とし、②膨大な影響知見を政策決定者が容易に確認でき、③シナリオや時間変化、GMTIによる影響の将来予測の幅を明示することができる、などの特徴がある。 ○全球規模の影響評価モデル(水資源、健康、農業)を開発・改良し、国別の気温・降水量変化を説明変数とする分野別影響関数(世界)を開発した。また、開発した影響関数を、濃度安定化等の温暖化抑制目標とそれを実現するための経済効率的な排出経路、および同目標下での影響・リスクを総合的に解析・評価するための統合評価モデル(AIM/Impact[Policy])に組み込み、各種の温暖化抑制目標の下での影響の定量的検討を行った。</p>

7) 温暖化政策を評価するための経済モデルの開発	これまでに開発してきたモデルの改良、データ更新と、改良したモデルを用いた様々な温暖化政策の定量化	<p>○環境税の導入による影響、道路特定財源の税率変更時における自動車起源の大気汚染物質の排出変化の定量化を行った。</p> <p>○脱温暖化研究（中核4サブ1）で使用する動的的最適化モデルを開発した。また、世界経済モデルに温暖化によるコメ・コムギの生産性の影響・適応策を評価するモジュールの組み込みを行った。</p> <p>○超長期ビジョン研究で活用する日本を対象とした温暖化とその他の環境問題の総合的な解析のためのモデルを、社会環境システム研究領域と連携して開発した。</p>
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	環境イノベーションオプション（定量的なアジア各国のデータを含む）を整備し戦略的データベースの拡充を図りイノベーション戦略を検討する。UNEP/GE04での将来シナリオをベースとして、アジア主要国を対象として、温室効果ガス排出量、土地利用変化、大気汚染物質排出量などの環境指標の変化を推計する。	<p>○技術、制度、管理に関する環境イノベーションオプションについて、アジア各国における定性的および定量的な情報を収集・整理し、戦略的データベースを拡充した。</p> <p>○戦略的データベースと、環境-経済統合モデルとのインタフェースを改良することにより、インドにおける気候変動対策シナリオとして、炭素制約シナリオと技術推進シナリオの2つを取り上げ、CO2排出量と対策の経済影響について推計した。</p> <p>○UNEP/GE04の4つのシナリオ（市場優先シナリオ、政策導入シナリオ、防衛シナリオ、持続可能シナリオ）を取り上げ、それぞれのシナリオ下での、温室効果ガス排出量、土地利用変化、大気汚染物質排出量、安全な水にアクセスできる人口比率などを推計し、UNEP/GE04（国連環境計画が発行する地球環境白書）に情報提供した。</p>

(6) その他の活動

テーマ	当年度の研究成果目標	当年度の研究成果（成果の活用状況を含む）
GOSAT 定常処理運用事業	<p>計算機システムの導入に関する基本設計と一部詳細設計を実施する。また、定常処理運用システムの一次導入を。更に、研究により開発されたデータ解析手法（アルゴリズム）に基づいて、計算機のプログラム開発とシステム開発を開始する。</p>	<p>○定常処理運用システムの開発に関する担当業者を選定し、基本設計と一部詳細設計を完了した。定常処理運用システムのための計算機設備の一次導入を行った。これに基づいて今後の当システムが具体的に開発されることになる。</p> <p>○○研究開発されたデータ解析アルゴリズムを本システムに反映するための調査を行い、アルゴリズム基準書として基本事項を整理し、システム開発を開始した。</p>

## 平成19年度の研究展望

### (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)

大気観測では、航空機(5機)でさらに安定的にデータを取得できるように観測体制を維持する。また定期船舶によるアジア路線での観測を新たに開始する。インドに地上ステーションを設置しデータが取得できる体制となってきたが、特に *El Nino* の際に炭素循環に影響を受けやすい赤道域の観測がさらに必要と考えられる。海洋フラックス観測では、今年度開始した西太平洋域での二酸化炭素分圧観測を今後安定的に継続できるようにし、西太平洋域での季節変化データを取得する。陸域のフラックスの観測は、日本では富士吉田、天塩など整備しつつあるが、これらを用いてフラックスと気候変動との対応をモデルとして解析する。また同時に、日本で行われている他の陸域フラックスの研究機関と連携しながら研究を進める。また来年に向けてさらに熱帯のサイトなどの整備や土壌呼吸の温暖化影響実験などを始める。観測データに基づいたモデルによる二酸化炭素収支の変動や分布の推定も、グローバルな推定の継続に加え、シベリアやアジアでの地域的なターゲットを対象とした展開について検討する。

### (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)

必要なデータ処理アルゴリズム開発をGOSAT打ち上げ前に完成させることを目標に研究を実施する。特に偏光計算に関する研究を進め、偏光データの利用方法を確立する。また、アルゴリズム検証のための地上・航空機実験も継続実施し、観測ケースを増やして、アルゴリズムの妥当性と改良すべき点について明確な情報を得る。更に、炭素収支推定に関する研究として、フォワード計算モデルの改良・衛星データの同化手法の精緻化を進め、それらのインバースモデルへの反映についての研究を進める。

### (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)

19年度より開始される環境省推進費戦略研究(S-5)として気候変化シナリオに関する研究課題が立ち上がり、本プロジェクトはそこで中心的な役割を担うため、この分野の全日本的な視野での研究の促進を十分に意識しつつ、プロジェクト研究を進める。また、IPCC第5次報告書に向けた気候モデル実験計画ならびに新シナリオの開発促進に関する国際的な議論が進展することが予想されるため、それに対応したモデル改良、実験準備等を進める。

### (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)

2008年6月に我が国で開催される先進国首脳会議(G8)へのインプットとするべく、低炭素社会へ導くための早期の国家目標の共有、削減計画設定と、温室効果ガス排出の外部不経済が内部化された社会の実現に向けた対策経路の検討を早急に行う。また、UNEPの「持続可能な発展、エネルギーと気候プロジェクト」に参加して、UNEPと共同で途上国の人材育成を実施する。さらにIPCC第5評価報告書で分析される予定の気候安定化シナリオを開発するために各種モデルを改良する。

### (5) 関連研究プロジェクト

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」については、中核研究プロジェクト4のサブテーマ(3)との関係が強いことから、19年度より、中核研究プロジェクト4のサブテーマ(3)に組み込み、一体として研究を進める。

### (6) GOSAT 定常処理運用事業 (その他の活動)

中核研究プロジェクト2のサブテーマ(1)及び(3)による研究成果を適宜、GOSAT 定常処理運用シス



テムに組み入れることを検討する。19年度は計算機システムの二次導入を行う。詳細設計を完了し、プログラミング等による定常処理運用システムの開発を進める。宇宙航空研究開発機構とのインターフェース調整を進めるとともに、ネットワークを介してのデータ授受に関するインターフェース試験を一部、実施する。