

(資料13) 基盤的な調査・研究活動の実施状況及びその評価

本年度、外部研究評価（年度評価）を受けた基盤的な調査・研究活動は、地球環境研究のみであり、委員会の評価結果及び見解、これに対する研究所の対処方針を記載した。それ以外については、今後の展望を記載した。

1. 社会環境システム研究

1. 1 研究の概要

人間活動と自然環境の関わりや社会経済システムと環境問題との関わりを対象とし、地球温暖化などの地球環境問題から、経済と環境、人々の環境意識や活動など身近な生活環境問題まで、幅広い分野を扱う研究を進める。第2期中期計画期間においては、1) 環境の中長期ビジョン・シナリオに関する研究、2) 安全・安心な地域・都市環境の創造と管理に関する研究、3) 国民のライフスタイルのあり方とその実現・誘導方策に関する研究、および4) 環境研究・政策研究に資する統合評価モデルや環境経済モデルなどの手法開発研究を中心に進める。なお、本研究の成果に含めていないが、社会環境システム研究領域の多くのメンバーは、以下で上げる研究の他に、主に地球センターの中核プロジェクトなどに参加し、研究の一翼を担っている。

1. 2 研究期間

平成18年度～

1. 3 研究予算

(予算額、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
運営費交付金	118	152	135			405
その他外部資金	169	155	166			490
総額	287	307	301			895

1. 4 平成20年度研究成果の概要

平成20年度の研究成果目標

① 環境の中長期ビジョン・シナリオに関する研究

本研究では、環境の中長期ビジョン・シナリオを作成するために、中心的な役割を果たす特別研究とそれをサポートする基礎的な研究（市民や企業を自主的な環境保全活動に誘導するための方策に関するケーススタディ研究：科研費、経常研究）を実施した。

ア 特別研究「中長期を対象とした持続可能な社会シナリオの構築に関する研究（平成18～20年度）」

“持続可能性”の枠組みを構築し、主要な持続可能性指標を提示し、環境ビジョンの作成にとりくむ。

イ 文部科学省科研費「機会論に基づくマーケティングを応用した環境ボランティア獲得のための情報システム開発」（平成19～21年度）、経常研究「市民および企業などの自主的な環境活動の理論および効果に関する研究」（平成18～22年度）、その他公募研究「ISO14001 審査登録の環境負荷管理における継続的改善効果の検証」（平成20～21年度）：良好な環境を維持・改善していく上で、市民参加および企業の協力あるいは自主的な環境活動が重要であることは今や論を待たない。これら自主的な環境

事業への参加やボランティア参加の動機やそれを効果的に募集するための方法について明らかにする。

ウ 経常研究「自主的アプローチの評価に関する研究」(平成19～21年度): 近年、従来型の政策手段とは異なったタイプの政策手段として、自主的アプローチと呼ばれる政策が実施されるようになってきた。本研究では、いくつかの事例研究を通して自主的アプローチの有効性について明らかにする。

② 安全・安心な地域・都市環境の創造と管理に関する研究)

本研究では、自動車交通に起因する環境問題および都市のヒートアイランド問題を解決するために、問題の解明、技術的な施策による解決の可能性について検討した。

ア 特別研究「都市大気環境中における微小粒子・二次生成物質の影響評価と予測」(平成18～20年度): 車載計測や低公害実験施設を用いて、後処理付ディーゼル自動車の実使用条件下における排出特性評価を継続して行うとともに、二次粒子を含む微少粒子の大気動態計測とモデルシミュレーション、二次粒子生成モデル改良のためのチャンバー実験、排出インベントリの改良、二次生成物質や自動車排気に起因する高レベル曝露の実態把握を行う。

イ 委託請負「自動車から排出される粒子状物質の粒子数等排出特性実態に関する調査研究」(平成20年度): 道路沿道や一般環境大気における微小粒子の粒径分布や個数濃度の観測、粒径別組成分析などを行い、自動車から排出される微小粒子の排出実態を把握するとともに、その物理・化学的特性や大気中における挙動を解明する。

ウ 委託請負「酸化タングステン NO₂ センサの実用性評価」(平成20～21年度): 酸化タングステン結晶を MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 構造ダイアフラム上に形成した高感度半導体式 NO₂ センサの実用化を目的に、模擬ガスや道路沿道等の実大気を用いて、試作センサと従来測定法である化学発光式 NO_x 分析計とによる並行測定を行い、開発したセンサの精度、長期測定に対する安定性等を評価し、大気測定用 NO₂ センサとしての実用性を検証する。

エ 経常研究「電気駆動車両の普及方策に関する研究」(平成19～22年度)、研究調整費「電動パーソナルモビリティの認知度向上と評価」(平成20～21年度): 環境負荷の小さい電気駆動系の早期の普及を進めるには、現在の電気駆動系の性能に合致した利用分野の設定と、従来エンジン車に匹敵するコスト競争力を持つ必要がある。本研究は、電気駆動系車両の導入ポテンシャルの計算、車両の低コスト化のための方策について検討する。

オ 経常研究「気候風土や文化的背景による環境知覚の違い」(平成18～20年度): 気候風土や文化的背景により環境に対する知覚は異なることが予想される。このような現象を把握すると共に、違いをもたらす原因と環境対策を考える時の基盤を明らかにする。

カ 推進費「低炭素型都市づくり施策の効果とその評価に関する研究」(平成20～22年度): 名古屋市および中部圏の中都市、中国・インドのいくつかの都市を対象に、低炭素社会実現のために導入可能な施策を提示するとともに、それら施策を導入した場合の効果を明らかにする。また、地球温暖化防止計画を策定する自治体の温暖化政策の確立のため、評価手法を体系化し、データベースづくり、解析手法の標準化を行い、削減目標・シナリオ・ロードマップの合意形成・政策運営の方法を示す。

キ 文科省科研費「中国におけるクリマアトラスを通じた都市熱環境配慮型都市開発の実現」(平成20～22年度): わが国と体制・制度・自然条件の異なる中国の都市において、制度的有利性に依拠した形での、新たな都市開発の方向性を模索し、その成果を世界各国の都市開発の現場へと還元するため、中国の都市を対象としたクリマアトラスワークショップを実施し、都市の熱環境の悪化防止、あるいは改善を実現するような都市計画、さらには都市開発が具体的に都市において実現することをめざす。

③ 国民のライフスタイルのあり方とその実現・誘導方策に関する研究

本研究では、人々への情報伝達がライフスタイルの変革にどのような影響をもたらすかについて、社

会調査に基づいて分析する。

ア 科学技術振興機構社会技術開発センター（JST）「気候変動問題についての市民の理解と対応についての調査分析および文化モデルの構築」（平成17～20年度）：科学技術専門家と一般の人々の気候変動問題をめぐる理解の論理の違いをグループインタビューを用いて明らかにする。

イ 奨励研究「日本の成人男女の環境問題重要度認識に関する時系列調査」（平成20年度）：専門の世論調査会社が企画するオムニバス調査システムを利用し、世論調査形式で、「日本」および「世界」で最も重要な問題に関する調査を毎月実施し、世論における「環境問題」の重要度をマスメディアなどの影響を勘案して分析する。

ウ 地球推進費「分かりやすさを重視したマスメディア利用型コミュニケーションに関する実証的研究」（平成19～24年度）：温暖化の現状や因果関係、不確実性などを正しく認識できるようにするために、気候未来像の映像とレクチャーを合わせたセミナー形式のコミュニケーション手法の開発を行い、また、日本の地域ごとの気候未来像を用いて、インターネットなどを活用した、幅広い地域で実施可能なコミュニケーション手法の開発と評価を行う。

④ 統合評価モデルや環境経済モデルなどの手法開発研究

本研究では、さまざまな施策の分析や原因解明のための分析に用いる手法の開発を行う。

ア 推進費「統合評価モデルを用いた気候変動統合シナリオの作成及び気候変動政策分析」（平成20～22年度）：AIMのモジュールとして構築してきたモデル群を対象に、最新の科学的知見を反映するように個々のモデルを改良する作業や、複数のモデルの統合を行い、温室効果ガスの排出、気温上昇、温暖化影響に関する一貫性を持った世界シナリオの開発を行う。また、アジア主要国を対象に、世界シナリオの結果を各国別に詳細に表示する詳細化モデルの開発、大気汚染モデルの開発、及びそれらの統合化を行い、各国における温暖化対策の効果と影響について分析を行う。

イ 推進費「統合評価モデルによる温暖化の危険な水準と安定化経路に関する研究」（平成17～21年度）：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。本統合評価モデルを用いて、種々の温暖化抑制目標を前提とした場合の、「危険な影響」が発生する可能性とその発生時期を提示する。

ウ 経常研究「統合評価モデル改良のための基礎的情報収集」（平成18～22年度）：環境・社会ビジョン作成を目指し、環境と社会・経済活動を統合的に分析し、環境保全に資する施策を評価するためのツールである統合評価モデルの開発とその適用を主として行う。

エ 経常研究「環境問題に関わるデータ解析と数値シミュレーション手法に関する研究」（平成20年度）：セイリング型洋上風力発電で想定される風車を装着した浮体の運航シミュレーション解析、格子ボルツマン法による効率的な移流拡散シミュレーション手法の開発、交通流シミュレーション効率的手法の開発などを行う。

平成20年度の研究成果

① 環境の中長期ビジョン・シナリオに関する研究

ア （1）持続可能性指標の枠組みを構築し、その各要素について専門家ワークショップを開催し、各分野の知見・情報を収集し、この成果をもとに、主要な持続可能性指標を提示した。（2）国際環境条約データベースを構築し、それを用いて、各種国際環境条約の交渉過程、実効性、履行確保等の各観点からの比較及び評価を行った。（3）計量経済モデルを構築し、貿易の自由化が環境に及ぼす影響を明らかにし、将来の貿易自由化が環境負荷に与える影響を分析した。（4）超長期ビジョンのバックキャスト手法に基づいて、将来像や対策の効果を明らかにした。（5）以上の、成果を踏まえ、環境ビジョン・シナリオを

作成に取り組んだ。

イ 佐鳴湖のある浜松市周辺の一般市民を対象に WEB 調査を行い、ヨシ刈りを含む環境ボランティアに対する浜松市民の参加傾向について調べた。また、2007 年度の 2 回のヨシ刈りの参加者にアンケート調査を実施し、参加者の属性を調べた。これら結果に基づいて、どのような広報が効果的かという情報提供戦略を検討し、この情報提供戦略に基づいてボランティア獲得を支援する情報システムを構築した。また、電気機械器具製造業、精密機械器具製造業、化学工業、電気業の 4 業種についての企業サーベイの準備作業をした。

ウ 化学物質の排出量が企業価値（株価）に与える影響を分析した。その結果、日本の株式市場は、企業の化学物質の排出量を評価していないことが明らかとなった。

② 安全・安心な地域・都市環境の創造と管理に関する研究

ア 最新ディーゼル車から排出される大気汚染物質の排出特性を実使用条件で評価し、粒子状物質は大幅に低減する一方、NO₂ 排出量の増加やコールドスタート時の排出寄与が大きいこと、車種によっては 1 年程度で排気後処理装置が劣化し、排出量が大幅に増加する可能性があることなど、新たな課題があることを明らかにした。また、2007 年夏期に実施した観測結果を解析し、有機二次粒子（SOA）と考えられる含酸素有機粒子の寄与が日中に増加し、有機粒子の 70~80%を占めることや、騎西や前橋では、粒子中炭素に占める生物由来炭素の寄与が約 40~60%と大きいことを明らかにした。粒子成分分析結果を用いたケミカルマスバランス法（CMB 法）による発生源推定により、自動車とバイオマス燃焼の寄与が大きいことや、自動車の寄与が減ってきていることなどを明らかにした。

イ 長期間にわたる月別の気象、汚染物質濃度、個数濃度の関係を解析した結果、道路沿道で観察される粒径が 50nm 以下のナノ粒子は、気温や NO_x 濃度との相関が高いことが示された。このことから、これらの粒子は、ディーゼル車等から排出された凝縮性粒子が主体で、温度が低いときに生成が促進され、高濃度になるものと推察された。各測定地点における大気汚染物質や個数濃度の長期トレンドと自動車から排出される NO_x、PM の排出量の推移を比較したところ、粒径が 50nm 以上の粒子は、排出量の削減とともに、濃度が減少傾向にあるが、50nm 以下のナノ粒子の個数濃度については、排気規制に加えて、気温等の気象の影響を強く受けていることが示唆された。粒径別試料の分析結果から、道路沿道のナノ粒子（粒径 0.029~0.058 μm）は、成分的にエンジンオイルの寄与が高いことが明らかになった。また、自動車から排出されたナノ粒子は、大気中に放出された後、沿道から後背地に移流拡散する間に速やかに揮発が進み、一般環境大気中では消失していることが明らかになった。

ウ 酸化タンゲステン NO₂ センサの実用性を評価するため、大気サンプルや合成ガスを用いて、試作センサの感度や共存ガスの影響を評価し、大気中における NO₂ 濃度測定に適用した際の課題、適用性を把握した。さらに、一般大気環境中において、試作センサと化学発光式 NO_x 分析装置との並行測定を長期間連続して実施した。その結果、試作センサは、10ppb 程度の低濃度の NO₂ に感度があり、一般環境大気の測定にも適用できる可能性があることが確認されたが、数日間の測定で感度が著しく低下するなど、実用上の課題があることが確認された。また、光化学反応による生成物の濃度が高い時に、成分が特性できない干渉成分の存在が示唆された。その他の課題として、センサの初期抵抗値が不安定であり、実用化に際し問題になる可能性があったが、定期的にセンサの温度を上昇させることで、安定化が図れる可能性があることがわかった。更に、得られた結果をもとに、一般環境や道路沿道大気中におけるセンサ評価方法や装置について検討し、遠隔地におけるセンサ評価システムの基本設計を行った。

エ 乗用車から代替する小型電動車両の候補として、電動アシスト自転車を取り上げ、単位距離移動に要するエネルギー消費量を平均速度、移動距離、ギアの差違等を変えて、実際の利用状況で評価した。その結果、検討対象とした後輪ホイールインモーターがアシストする電動自転車は、14~18km/h の平均速度であれば、単位距離移動に消費するエネルギーが 3~4Wh である、小型エンジン車から乗り換えるとすると 85 分

の1のエネルギー消費になること等が明らかとなった。

身近に小型電動車両を確認できるよう、アシスト方式、電池、形態の異なる5台の電動アシスト自転車および電動原付バイクについて、つくば市街における実際の利用状況での性能評価として、一回の充電において利用できる距離を調査した。電動バイクは、車重が重く取り回しに難を感じる、一充電走行距離がカタログ値の半値以下である、車両自体とともに充電器の性能が低い、等が明らかとなった。

オ 気候風土の違いにより戸外活動の変化のパターンが異なることと、欧州とアジアという文化的背景の異なる地域でも、気候条件が似ていれば、似た戸外活動の変動を示すことがわかった。人々の環境に対する関心について調べるため、世界中の俳句愛好者から、植物の俳句について情報を得、これらをまとめた。

カ 建物形状を用いて外皮性能を考慮した、建物用途別のエネルギー消費量推定手法の開発を進めた。また、GIS等による地域別エネルギー消費量推定値のデータ解析を行い、主要なエネルギー消費部分の建築分野における詳細な検討として、建物形状と外皮性能をもとに、建物用途別エネルギー消費量推定手法の論理を開発した。さらに、アジア地域における建築物・街区構造を中心とした都市の低炭素化手法類型化のプロトタイプとして5つの類型（非蒸暑気候帯、蒸暑気候帯、乾燥地域、沿岸メガシティ、内陸盆地都市）を提示した。

キ ワークショップ対象都市に瀋陽を選定し、瀋陽において対象となりうる複数の再開発予定地域を訪問し、地理情報などを取得したほか、次年度に行われるワークショップの詳細を策定した。さらに、四川大地震の直後に慶応大学などと共同で、被災地の一つである都江堰市に対し、クリマアトラス的手法にもとづいた復興開発プランを作成し提出した。

③ 国民のライフスタイルのあり方とその実現・誘導方策に関する研究

ア 科学技術専門家と一般の人々の気候変動問題をめぐる理解の論理の違いをグループインタビューを用いて行ったこれまで3カ年の調査結果についてまとめた。①基礎となる知見や専門家としての訓練を受けていない一般の人々は個人の持つ過去の知見をもとに気候変動をはじめとする未知の問題についての理解モデルを構築するが、基本的知見の土台が異なるためにその市民の理解モデルは専門家のそれとは異ならざるを得ない、②さらに、個人の持つ過去の知見、経験を通じて気候変動問題の理解に差が生じているだけでなく、問題の対応行動・対応動機にも差が生じていることがわかった。

イ 2008年夏以降の金融ショックの影響から、9月以降、【世界で最も重要な問題】についての「環境（地球環境、公害、自然環境等含む）」回答率が急速に減少し、【経済】【景気】【雇用】等の回答率が増加した。この傾向は、【日本において最も重要な問題】については、さらに顕著にでていた。これは、マスメディア報道が減少したためではなく、経済状況の悪化によるものと考えられる。

ウ 2005年7月から2008年7月までの「世界で最も深刻な問題」に関する意識調査結果をもとに、気候変動問題への関心と変化を把握し、この変化へのマスメディア報道の影響を把握するため、気候変動問題に関連する新聞報道件数の変動との対応関係について分析を試みた。その結果、長期的な関心の高まりを促すトリガーは国際的なイベントであり、一般市民の関心喚起には、このような出来事とタイミングをそろえたキャンペーンが効果的であること、関心を高いレベルで保つには身近な出来事と結びつけた話題の増大が期待されることが示唆された。

④ 統合評価モデルや環境経済モデルなどの手法開発研究

ア IPCC新シナリオ作成に向けた世界経済モデルの改良を行った。また、平成20年度においては、AIMモデルの世界及び日本を対象とした技術選択モデル、日本経済モデルを用いて、わが国の中期目標を検討するためのワーキングに参加し、2020年を対象としたシミュレーションとその結果の提供等を行った。さらに、研究協力を行っている途上国を対象に、トレーニングワークショップを行い、各国を対象とした経済モデルの開発とそれを用いた温暖化対策シナリオの検討をはじめ、途上国の視点からの世界シナリオの開発に

向けた作業を開始した。

- イ 影響関数を組み込んだ統合評価モデルの完成・精緻化に取り組み、日本を対象とした影響関数の実装と安定化シナリオ下での影響評価を試みた。さらに、農業、水資源、健康の3分野の影響評価モデルを精緻化し、世界を対象とした温暖化影響への適応策評価を行う準備を行った。
- ウ 統合評価モデルとして開発してきた温暖化対策を分析するための世界経済モデルに、水需給及び気候変動によるその影響を評価するモジュールを組み込むための情報収集（データの収集及びデータの整理）とモデル化のための改良を行った。
- エ 複雑な空間形状内での汚染物質などの対流拡散の数値シミュレーションを行う上で、計算に必要な時間と資源（計算機の記憶容量）が少なくすむ効率的な計算手法を開発した。具体的には、非等方正移流拡散問題に関して、格子ボルツマン法に基づく計算スキームを導き、計算精度を理論的に明らかにした。

⑤ その他

社会環境システム研究領域では、上記の研究活動に加え、4名の研究員が東京大学、東京工業大学、名古屋大学などで、連携併任により教育、研究指導を行い、本研究所で得られた研究成果を社会に還元している。また、多くのメンバーが、政府の審議会、検討会などの座長・委員をつとめ、研究成果の行政への還元も積極的に行っている。

1. 5 今後の展望

- ① トップダウン的な研究（マクロな研究）とボトムアップ的な研究（ミクロな研究）をバランスよく組み合わせ、システム分析やモデル開発・適用研究を進めるとともに、これらの研究の基礎的データを提供するために、各種調査や低公害車施設を活用しデータの収集・蓄積を図る。
- ② 研究を通して得られた成果は、研究論文として公表するのみでなく、広く一般に役立つ形での発表（資料作成、啓蒙的な論文の公表、広報）することに努める。特に、昨年度（H18年度）から開始した「2050ビジョン」など中長期の社会ビジョン・シナリオ研究については成果の広報に努める。
- ③ 上記の点については、現在、ウェブを通じた情報発信に着手しており、本研究領域のHPをよりわかりやすいものに変更し、また、研究情報の発信手段として、平成20年度に領域のDP（ディスカッションペーパー）の発刊（ウェブ上で利用可能）を発刊した。このDPは、論文の種類を、3つの目的（従来の研究論文を、早い段階で公開すること、研究論文にはならない研究資料の公開（詳細なモデルの公開、実施した調査結果の詳細の公開など）、一般に対する啓蒙を意図した論文の公開）にあわせた3種類のDPを用意している。
- ④ 本研究領域は、多様な研究分野の研究者（工学から法学、経済学）から構成されており、それぞれの研究者がそれぞれ固有の研究テーマに従事し、主に外部（大学や所内の他のユニット）の同分野の研究者と連携して研究を実施する、あるいは、必要とされるプロジェクトに参加するというスタイルのやり方を行ってきた。これにより、多様な研究分野をカバーできるというメリットを生み出してきた。その一方で、お互いの研究者の連携はそれほど強くない。今後は、研究員同士の連携を深め、総合力を生かした社会独自の研究にも力を入れていきたい。

2. 化学環境研究

2. 1 研究の概要

領域研究プロジェクトである有機汚染物質の多次元分離分析研究並びに同位体利用技術研究はいずれも最終年度をむかえ、成果の取りまとめと学術的な発信を図るとともに、今後の展開について議論を進めた。光化学オキシダント原因物質の長距離輸送の監視に関わる研究が新たな領域プロジェクトとしてスタートし、福江に観測所を設けて観測を開始した。ナノテクノロジー関連研究2課題も最終年度で、成果の取りまとめ、学術的発信に努めた。その他、MRI を用いたヒト脳の研究、動物行動学的研究、宇宙線起源放射性同位体測定による炭素循環解明、温暖化影響の検出、過去の太陽活動の変化に関する研究、湖沼の環境変化に関する研究、地球センターや基盤技術ラボラトリーなどの事業推進の支援、環境行政支援などを継続した。なお、国際対応としてストックホルム条約有効性評価作業に関与し、評価書作成並びにモニタリングデータの取得などを行ったほか、水銀の長距離輸送に関連して同位体比精密測定による新たな研究手法の開発を進めた。

2. 2 研究期間

平成18年度～

2. 3 研究予算

(予算額、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
運営費交付金	100	184	170			454
その他外部資金	244	288	302			834
総額	344	472	472			1288

2. 4 平成20年度研究成果の概要

平成20年度の研究成果目標

① 残留性有機汚染物質等に関する研究

特別研究である残留性有機汚染物質の多次元分離分析法の開発に関する研究において、ダイオキシン類、PCB代謝物、パーフルオロ化合物など、毒性、残留性の面から特に懸念される有機汚染物質を対象とし、多成分同時、迅速、高分離、高精度をキーワードとする次世代分析手法の開発を目的として、多次元クロマトグラフィーと高分解能TOFMSの結合を柱とする新たな分析手法を開発する。平成20年度は、作成したGC×GC/TOFMSシステムを用いて、環境試料中の水酸化PCBs、PCBsの異性体一斉分析、吸着捕集・熱脱離による空気中のHCHs、HCB、FTAs、PFC等の高感度多成分迅速分析、排ガス・空気中の浮遊粒子に含まれるPAH等の高感度多成分迅速分析など、実試料への応用を中心に研究を進める。

② 同位体利用技術の高度化に関する研究

特別研究である化学物質の動態解明のための同位体計測技術に関する研究では、各種汚染物質の発生源探索や環境動態解明のための指標として用いることを目的とし、重金属等元素の同位体存在度及び有機化合物の放射性炭素同位体比の精密計測技術の開発、改良を行い、高精度な同位体分析システムを構

築する。平成20年度は、精密鉛同位体分析法の実試料への適用、並びに室内汚染に関わるアルデヒド等の¹⁴C測定データの蓄積を進め、これら有害物質の起源推定や動態解明についての検討を進めて研究成果のとりまとめを行う。関連して、環境及び生体中の元素の存在状態と動態解明のための計測手法に関する研究、生体鉱物形成作用により生成した金属酸化物に関する研究、日本人小児の鉛曝露とその健康リスクに関する研究、水銀同位体の分析法開発と水銀の長距離輸送特性解明への応用、などの研究を推進する。

③ 大気中 VOC の連続観測に関する研究

アジア自然共生プログラムにおける関連プロジェクトである九州北部地域における光化学越境大気汚染の実態解明のための前駆体観測とモデル解析に関する研究では、福江島に観測施設を設置し、非メタン炭化水素の自動連続観測を開始する。あわせて遠隔地におけるハロカーボン類等の連続観測、海洋起源ハロカーボン類のフラックスと生成過程に関する研究を推進する。

④ ナノテク利用技術開発並びに関連研究

5年目の終了プロジェクトである2つの研究、すなわち新たな炭素材料を用いた環境計測機器の開発、ならびに環境汚染修復のための新規微生物の迅速機能解析技術の開発に加え、H19年度から開始された高エネルギー密度界面を用いた大容量キャパシタの開発、環境微生物の特性に関わる新規計測手法の開発、有害藻類モニタリングおよび特性解析のための新規計測システムの開発、病原生物と人間との相互作用環、などの研究を推進する。

⑤ 化学物質などの脳神経系への影響に関する研究

高磁場 MRI による含鉄タンパク質フェリチンの定量化と分子イメージングへの適用研究、高磁場 MRI 法の高度化とヒトへの応用、超高磁場 MRI を用いたヒト脳の無侵襲高速高感度多次元スペクトロスコピー法の研究、環境化学物質の生体影響評価のための行動試験法の体系の確立に関する研究、有機ヒ素化合物による中枢神経系への長期影響の解明 課題2：臓器中ジフェニルアルシン酸及びその代謝物の定量分析などの研究を推進する。

⑥ 加速器質量分析法による宇宙線起源放射性核種測定研究

微細鉱物による土壌有機物の蓄積と分解の制御、土壌炭素の温暖化応答、集中豪雨により放出される懸濁粒子の特徴と沿岸生態系への影響評価、複数の化学トレーサーによる日本海深層循環の解明、アイスコア中の宇宙線生成核種による宇宙線と地球環境の変動史に関する研究、ベリリウム10と炭素14を用いた最終氷期の太陽活動変遷史に関する研究、などの研究を推進する。

⑦ そのほかの基盤的研究活動

猪苗代湖湖水のpH上昇の原因調査、摩周湖の透明度変化に関する物理・化学・生物学的要因解析、摩周湖の透明度の低下原因解明と総合的環境保全に関する研究、有機フッ素化合物の発生源、汚染実態解明、処理技術開発、東アジア地域における POPs（残留性有機汚染物質）の越境汚染とその削減対策に関する研究（4）スペシメンバンク試料を用いた汚染レベルの時系列変化の解明、並びに環境試料タイムカプセル化事業などの基盤的研究を推進する。

平成20年度の研究成果

- ① 残留性有機汚染物質の多次元分離分析法の開発に関する研究では、開発した装置の運転条件確立並びに膨大なデータの解析ソフトの自主開発により焼却飛灰中ダイオキシン類の前処理なしの直接定量分析に成功し、その成果が原著論文として昨年度報告された。引き続き試料捕集の効率化と捕集試料の全量導入系との組み合わせによって、大気中、水中のPCBやPOPs農薬類分析の省力化と必要試料量の大幅削減、実大気中の30nm以下のナノ粒子の成分分析、沿道大気中の多環芳香族炭化水素類の分析にも成功し、論文を進めている。このうち、ダイオキシン類直接定量分析の論文は、米国化学会が発行する権威ある論文誌であるAnalytical Chemistryの総説に、分析技術の注目される進歩として取り上げられ紹介された。一方、研究の過程でさらなる解析ソフト開発推進の必要性、定量分析応用におけるボトルネックとしての技術的問題点などが浮かび上がり、これらの成果の発展と問題点の解決・回避法の検討などを踏まえながら、実用性を高め公定法への適用を目指したあらたな特別研究を提案し、採択された。
- ② 化学物質の動態解明のための同位体計測技術に関する研究では、高精度安定・放射性同位体比分析装置の改良や運転条件の確立、ならびに様々な環境、生体試料で精度の高い分析を可能にする試料の前処理技術の体系化を行い、室内環境汚染への適用を進めた。新築家屋の研究から、シックハウス症候群の原因物質の一つであるアルデヒド類のうち、ホルムアルデヒドは8割が接着剤、樹脂など放射性炭素¹⁴Cを含まない化石燃料起源である一方、アセトアルデヒドは逆に7割が自然由来の¹⁴Cを含む木材等のバイオマス起源であることがわかった。小児の鉛濃度の高かった家庭では、血液中の鉛と室内塵中の鉛の同位体比が近い例が見つかった。また室内塵調査で見つかった鉛含有片の元素分析などから鉛含有塗料が有力な汚染源の一つとして浮かび上がってきた。これらの成果は今後のアルデヒド、鉛曝露の削減に向けての方向性を示す結果として意義のあるものと考えられる。また、関連して水銀の安定同位体を利用した環境中水銀動態研究手法の開発に関わる基礎的な研究を進め、海外の先導的研究機関との情報交換も進めながら、魚類中水銀同位体に関する予備的なデータの蓄積に着手した。
- ③ 九州北部地域における光化学越境大気汚染の実態解明のための前駆体観測とモデル解析に関する研究では、近年頻度を増している九州北部地域における光化学オキシダント発生の原因として注目される非メタン炭化水素類の長距離輸送実態の把握を目的として、福江島に新たに開発した自動連続測定装置を設置して運転条件を確立し、データの蓄積を開始した。また、ハロカーボン類を中心とするVOCの連続観測を日本最南端の波照間島と北海道の落石岬で継続して進め、蓄積した高頻度観測データをモデルと組み合わせてフロン関連物質の主要発生源の地理的分布を推定する国際共同研究を推進するとともに、熱帯林からの自然発生量に関する見積もり結果を査読論文として報告した。さらにハロカーボンの自然起源の発生源の一つと目される海洋からの発生量見積もりのために海水中の連続分析装置を開発し、調査航海において緯度、軽度別の濃度を測定し、生物活性との関係を解析した結果、新たに非生物的な成因の可能性を見いだした。こうしたデータは同様の先端的分析を進める海外機関と共有し、全球的なハロカーボンの収支の精密化、発生源の定量的把握と、国際協調に基づくより効果的対策推進立案への貢献が期待される。
- ④ ナノテク応用に関する2課題が最終年度を迎え、取りまとめの研究を推進した。新炭素材料に関する研究では昨年度の特許成立を踏まえ、これまでの研究成果を総合してナノスケールの構造をもつ炭素電極を用いた大気粉じんの定量・元素分析装置の試作を行った。また、ナノテクを応用した微生物機能解析装置の開発研究では、これまでに作成した1細胞毎の活性測定装置を用いて、女性ホルモンの受容体並びに活性化酵素の遺伝子を組み込んだ環境ホルモン測定用酵母（いわゆるツーバイブリッド酵母）による女性ホルモンの検出が可能であることを実証的に示すことに成功した。さらに平成19年度から新たに開始されたキャパシタ開発研究においては、ナノスケールの構造を有する絶縁膜を用いて、高い蓄電能力と放電特

性を併せ持つキャパシタ開発の基礎的検討を進めた。一方、ナノスケール物質の持つ環境や健康へのインパクトに関する研究では、環境大気中のナノサイズの微細粒子のキャラクタリゼーションを目指した研究を①に記載した新規開発装置を利用して推進し、粒径別有機成分測定に成功した。その結果 30nm 以下が主としてエンジンオイルからなること、100nm クラスでは多環芳香族炭化水素や n-パラフィン類が主体である様子が明らかにされ、削減対策への重要な基礎情報を得ることができた。

⑤ 磁気共鳴イメージング (MRI) を用いた環境因子による脳神経系への影響研究では、脳の微細構造に関する異常を解析するための正常人に関するデータ取得を継続し、通算 150 名のデータを蓄積した。また、酸化的ストレスとの関係で注目される鉄 (主としてフェリチン) の脳内分布を、T2 緩和時間を利用して精密に探る手法の確立を目指して開発研究を進めた。環境化学物質の脳神経系影響に関する動物行動学的研究では、短期記憶試験法としての自発交代反応試験、認知機能試験としての新規対象物認知試験について検討し、新たな研究提案の準備をすすめた。また、地下水汚染による中枢神経系への毒性影響が認められた有機ヒ素化合物 (ジフェニルアルシン酸 DPAA) の作用機構の解明を目的として長期暴露と行動影響解析を進めるとともに、大学との共同研究で作用部位として疑われた酵素活性の変化の有無を解析し、有意な変化が認められないことを明らかにした。一方、投与動物の組織内 DPAA の分析を継続した結果、体内組織中でも脳、とりわけ脳幹部分に最も高い濃度で蓄積される傾向が明らかとなった。

⑥ 加速器質量分析法による放射性炭素¹⁴Cの測定研究では、①の室内汚染物質の発生源探索のほか、④に関連して大気粉じん中炭素の主要発生源探索を進め、燃焼起源の元素炭素が主としてディーゼルなどの化石燃料起源 (¹⁴Cを含まない炭素) であるのに対して、大気中で反応して生成する二次有機炭素は植物やバイオマスに由来する宇宙線起源¹⁴Cを含む炭素の寄与が大きいこと、日中は二次有機炭素に対する化石燃料の寄与が大きくなることなどを明らかにした。一方、地球温暖化・炭素循環に関する研究として、日米を結ぶ定期航路船を用いた海水中CO₂の¹⁴C測定を進めてデータを蓄積し、大気中CO₂の海洋との交換速度の海域毎、季節毎の変動に関する解析を進めた。また、海洋における炭素循環の新たな影響因子としての独立栄養古細菌に関する研究、森林の炭素循環の定量的把握のための土壌炭素中¹⁴C測定、河川水中炭素の¹⁴C測定による炭素滞留時間の推定や、¹⁴Cレベルの違いを利用した淡水魚の炭素源に関する生態学的研究など多面的な環境研究を所内外の研究者とともに推進し、3年に一度開催される加速器質量分析法に関する国際会議にあわせて 16 報の研究成果を報告した。

⑦ 摩周湖における GEMS-Water 事業 (地球センター) を継続するとともに、摩周湖の透明度低下原因に関する地方自治体研究機関との共同研究を進めた。また、同じく地方自治体研究機関との共同研究として新たにフッ素系界面活性剤研究が環境省の研究課題として開始されたほか、ダイオキシン類に関する共同研究の継続、並びにフッ素系界面活性剤に関する全国環境研究協議会との共同研究立ちあげのキックオフ会合などを行い、地方環境研究機関との連携による環境研究の推進を図った。さらに、環境省請負事業の環境試料タイムカプセル化事業 (環境研究基盤技術ラボトリ主体) の環境試料収集、分析業務を分担し、全国沿岸二枚貝等の収集・保存を継続するとともに、分析結果を学会で報告する傍ら上記の地方自治体機関との共同研究の場等にも反映させてより効率的な研究推進に努めた。その他、所外の競争的資金或いは経常研究費等を用いて、環境研究推進のための様々な基礎的研究が推進された。一方、環境省等が推進する環境行政に関わる様々な事業や検討会等に参画して、各分野の専門家としての役割を果たした。このうち、残留性有機汚染物質 POPs に関わる作業としては、環境省の進める POPs モニタリング事業の円滑な推進と結果の評価に関わる事業を請け負って進めるとともに、POPs に関する国際条約であるストックホルム条約の有効性評価書作成への貢献、その基礎情報となる東アジア地域の POPs モニタリング事業の推進へ

の貢献とその一端を担う国内遠隔地での監視データの取得などの作業を進めた。

2. 5 今後の展望

化学環境研究領域では、現在の中期計画において各種環境汚染物質やそれらにさらされた生体側の応答に関する分析手法や監視技術、データ解析手法の開発などを柱とする「環境 Chemometrics の高度化」を旗印として、様々な研究活動を行っている。特に、環境残留性、生物蓄積性、毒性・有害性をもち、長距離輸送性を有する POPs に対する監視体制を強化しつつ、数万種類を超えるとされるヒトの製造・利用する様々な化学物質に対する効率的、効果的な監視のための分析手法の体系的な開発を行い、高頻度の監視を進めている。これらの分析を可能とする各種機器分析手法の開発、高度化、さらには環境中、生態系における化学物質の挙動や動態、運命、発生源探索などに欠かせない各種同位体利用技術の開発と高度化を進めて、これらを共通するツールとしながら様々な環境問題の解決を目指した研究を進めている。

こうした研究を進めるにあたっては、オゾン層破壊、地球温暖化、さらには残留性有機汚染物質規制など主要な環境問題に関する国際動向にも注意し、機会を捉えてこれらの国際的な枠組み、或いは対応する国内の施策などにおける科学的貢献を進めながら、あわせて基礎的、先導的な研究を進めて環境問題に対する取り組みの科学的基盤の強化、確立を図ることが基盤研究領域の使命と考えられる。特に POPs に関するストックホルム条約ではフッ素系界面活性剤 PFOS など規制対象物質の追加候補が提案されて審議が進んでおり、早ければ 2009 年 5 月に予定される第 4 回締約国会議で最大 9 物質が追加される可能性も出てきており、分析・監視体制の強化にあわせて国内汚染状況の把握の推進も急務となっている。他にも国内における化学物質管理体制の強化、大気環境・水環境の改善に向けた取り組みなど、化学領域の貢献すべき課題は数多い。一方、小児の健康に対する環境影響問題など、重要な環境問題として懸念され分析側からの貢献が期待されるものの、対象物質の絞り込みなどに関する基礎的な情報がまだまだ不足している分野も少なくない。こうした問題には、毒性評価など影響評価側との連携強化も重要な課題であり、すでに進められているモデルとの連携などに加えて、他分野との連携強化をさらに進めていくことが重要と考えられる。

限られた人数の研究者でより効率的に研究を進めるために、今中期では分野の近い研究者同士で集まりながら特別研究などの領域プロジェクトを立ちあげて核となる手法を開発、高度化し、それを共通のツールとしながら研究の展開を図る努力を進めてきた。3 年が経過し、有機分析、無機分析それぞれに次世代研究の核となる技術が形成されつつあり、また監視技術についても VOC 連続監視の高度化と、より揮発性の少ない POPs を含む様々な化合物への応用が立ち上がりつつある。これらを核にアジア自然共生プログラム、地球温暖化プログラムなどとの共同研究、さらには他領域との共同による大気微粒子研究等も進んできている。さらに生体応答については脳神経系を中心に基礎的な研究が進んでおり、これらをシーズとして今後のさらなる研究の推進が期待される。残りの 2 年間の間に、これらの核となる技術のさらなる確立、高度化と他分野との連携強化を進め、こうした中から次期中核プロジェクトなどへつながる研究が進むことを期待している。

3. 環境健康研究

3. 1 研究の概要

環境化学物質や大気汚染物質等の環境ストレスを対象とし、それらが及ぼす健康影響を的確かつ速やかに評価することをめざし、影響評価の実践と、適切かつ新たな影響評価手法、疫学手法・曝露評価手法、高感受性要因も対象としうる適切な動物モデルや培養系等の開発をすすめる。また、影響評価の実践、応用、検証とともに、健康影響発現のメカニズムの解明を推進し、得られた知見を影響評価手法の開発・改良にフィードバックする。これらの研究を通じ、環境ストレスの影響とその発現機構を明らかにするとともに、簡易・迅速で、かつ、感度と特異度に優れた曝露・影響評価系の開発を進め、健康影響の未然防止をめざした施策に資する科学的知見を蓄積する

当年度は、環境汚染物質による健康影響の中でも、免疫・アレルギー系や呼吸器系への影響等に重点を置き、抗原提示細胞やリンパ球等の免疫担当細胞を用いた評価手法の開発と改良並びに影響メカニズムの解明、無機ヒ素をはじめとする環境汚染物質のエピジェネティクス作用の検索と影響メカニズムの解明を推進する。また、培養細胞（擬似組織）を用いた呼吸器系を主たる対象とした影響評価手法の高度化を進め、微小粒子状物質の環境健康影響に関する疫学的評価と評価手法の体系化、温暖化の危険性水準情報の高度化とともに積極的な発信を進める。これらを通じ、環境健康影響の未然防止に資する科学的知見を蓄積する。

3. 2 研究期間

平成18年度～

3. 3 研究予算

(予算額、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
運営費交付金	69	168	152			389
その他外部資金	148	155	141			444
総額	217	323	293			833

3. 4 平成20年度研究成果の概要

平成20年度の研究成果目標
① 環境ストレスの影響評価と分子メカニズムの解明に関する研究
ア 環境リスク研究プログラム関連プロジェクト・特別研究「エピジェネティクス作用を包括したトキシコゲノミクスによる環境化学物質の影響評価法開発のための研究」（平成19～22年度）：無機ヒ素を胎児期曝露したのち長期飼育したマウスに関して、発がんへの影響やエピジェネティクス作用を検討する。またマウスへの無機ヒ素長期曝露に関して、各種臓器における遺伝子発現変化やエピジェネティクス関連因子の検討を行う。
イ 環境技術開発等推進費「グローバルなDNAメチル化変化に着目した環境化学物質のエピジェネティクス作用スクリーニング法の開発」（平成20～21年度）：環境化学物質の曝露が、生体の各種臓器においてエピジェネティクス作用を示すことを検出可能とするために、環境化学物質によるグローバルなDNAメチル化変化に着目したスクリーニング法を確立する。
ウ 文部科学省科研費基盤「ヒ素の転写因子調節作用に着目した免疫細胞特異的作用メカニズムと免疫毒性の解明」（平成19～20年度）：ヒ素がリンパ球において転写因子E2Fの機能を変化させ細胞増

殖を抑制するメカニズムの一端を明らかにする。

- エ ナノテクノロジーを活用した環境技術開発推進事業「環境負荷を低減する水系クロマトグラフィーシステムの開発」(平成17～21年度): 環境・生体試料への温度応答性クロマトグラフィーの適用を行う。
- オ 環境省受託「ジフェニルアルシン酸等の健康影響に関する調査研究」(平成20～22年度): 研究分担者としてジフェニルアルシン化合物の分析毒性学的研究を遂行する。
- カ 文部科学省科研費若手研究(B)「ヒ素の体内動態に関する分析毒性学的研究」(平成20～22年度): ヒ素の分析および代謝機構に関する研究を遂行する。
- キ 笹川科学研究助成金「生体内におけるヒ素の酸化還元と解毒機構の解明」(平成20年度): ヒ素の解毒機構に関する研究を遂行する。
- ク 奨励研究「マイクロRNAを用いたヒ素の健康影響検出法の開発」(平成20～21年度): マイクロRNAでヒ素の毒性影響を検出するために、ヒ素により発現変動するマイクロRNAがあるかどうかをC57BL/6マウスの各臓器において網羅的な解析から明らかにする。
- ケ 文部科学省科研費若手研究(B)「Ad4BP 遺伝子エンハンサーの解析を通じた生殖腺発生期の遺伝子カスケードの解明」(平成19～20年度): 複数の組織特異的エンハンサーの同定されているAd4BP遺伝子をモデルに、エンハンサー領域のクロマチン構造と遺伝子発現の関係を明らかにする。

② 環境ストレスに対する影響評価の実践、応用、検証と新たな影響評価手法の開発に関する研究

- ア 中核プロジェクト「環境中におけるナノ粒子等の体内動態と健康影響評価」(平成18-22年度): 曝露チャンバーによるナノ粒子曝露が気道炎症に与える影響を検討し、成果の誌上発表を目指す。
- イ 文部科学省科研費基盤B「高感受性要因に配慮したナノマテリアルの健康影響評価とメカニズムの解明に関する研究」(平成18-20年度): 各種ナノマテリアルが感染性傷害や喘息に及ぼす悪影響のメカニズムを解明し、成果の英文論文作成を目指す。
- ウ 文部科学省科研費 基盤(C)「ナノ素材がアレルギーに与える影響とメカニズムの解明に関する研究」(平成19-20年度): ナノ素材が喘息の各病態に与える影響を検討する。
- エ 環境技術開発等推進費「アトピー素因を有する高感受性集団に環境化学物質が及ぼす影響を簡易・迅速に判定する抗原提示細胞を用いた評価手法の開発に関する研究」(平成19-20年度): サブテーマ1: アトピー素因を有するマウスの骨髄より抗原提示細胞を分離、分化誘導する手法を確立し、先導的に選択した環境化学物質が同細胞の phenotype と機能に与える影響を検討する。サブテーマ2: アトピー素因を有するマウスの末梢血より抗原提示細胞を分離、分化誘導する手法を検討する。
- オ 文部科学省科研費 若手研究(B)「食品中の残留農薬曝露が若齢期のアレルギー疾患に及ぼす影響に関する研究」(平成20-21年度): 食品中の残留農薬曝露が若齢期のアトピー性皮膚炎に及ぼす影響について評価する。また、性差についても併せて検討する。
- カ 文部科学省科研費 若手研究(B)「樹状細胞による環境化学物質のアレルギー増悪メカニズムの解明」(平成20-21年度): アレルギー疾患を増悪させる作用を持つ環境化学物質が樹状細胞に及ぼす影響を検討することにより、アレルギー増悪影響の解明を目指す。
- キ 文部科学省科研費 萌芽研究「環境化学物質による脂肪肝の増悪とその機構解明に関する研究」(平成20-21年度): 環境化学物質の低用量曝露が、肥満、糖尿病を伴う脂肪肝に与える影響とその内在機構を明らかにする。
- ク 理事長枠研究「ディーゼル排気微粒子(DEP)による脂肪肝の増悪機構に関する追加研究」(平成20年度): 糖尿病マウスにディーゼル排気微粒子を経気道曝露した際の、肝臓での遺伝子発現パターンを解析する。

③ 環境ストレスの体系的、総合的影響評価に関する研究

- ア 環境省地球環境研究総合推進費「健康面からみた温暖化の危険性水準情報の高度化に関する研究」：地球温暖化の健康へのインパクトを評価し、その対策案を検討することを目的に死亡リスク、熱中症リスク、大気汚染（光化学オキシダント）によるリスクの検討を行う。また、研究成果はホームページ等を通じて情報発信する。
- イ 環境省委託「人工組織ナノデバイスセンサー複合体を活用した多角的健康影響評価システムの開発」（平成20～24年度）：表面弾性波（SAW）型バイオナノ協調体に関して、感度と安定性の向上のため、SAWチップを改良する。バイオナノ協調体を装着する微小流体デバイスの基本設計をする。
- ウ NEDO委託「研究用モデル細胞の創製技術開発」（平成18～21年度）：分化誘導を掛けたヒトES細胞が、機能上も hepatocyte に成熟し、モデル細胞として薬理評価及び組織構築に使える為に、基底膜培養基質を改良する。
- エ 科研費・基盤A（海外）「環日本海都市の多環芳香族炭化水素／ニトロ多環芳香族炭化水素の発生と曝露の国際比較（平成18年度～平成20年度）」：わが国及び中国、ロシア、韓国のPAHなど大気中有害成分に関する起源および、尿中代謝物による曝露評価を行う。
- オ 科研費・基盤B「日本と中国における自動車排出ガスの健康影響の国際比較に関する疫学研究（平成20年度～平成22年度）」：北京など中国大都市と東京、神戸などの沿道住民を対象に、微小粒子状物質を主とした大気汚染による肺機能影響を検討する。

④ 環境ストレスに対する疫学的影響評価に関する研究

- ア 特別研究「都市大気環境中における微小粒子・二次生成物質の影響評価と予測」（平成18～20年度）においては都市環境における大気汚染高レベル曝露の実態調査を実施するとともに健康影響予測のための解析を行う。
- イ 環境省（水・大気環境局）「微小粒子状物質等曝露影響調査」（平成13～18年度）において収集したデータの疫学的解析を実施して、成果を公表する。
- ウ 環境省（環境保健部）「局地的大気汚染による健康影響に関する疫学調査（そらプロジェクト）（平成17～22年度）」においては継続的に調査協力が得られるような体制を維持・整備するとともに、曝露量についてのモデルを開発して推計作業を行う。

平成20年度の研究成果

① 環境ストレスの影響評価と分子メカニズムの解明に関する研究

- ア ヒ素の胎児期曝露が仔マウス（オス）の成長後、癌を増加させることを確認した。しかしその原因として示唆されているエストロゲンシグナル系の亢進は認められず、他の影響経路が存在することが示唆された。またヒ素の胎児期曝露が脳の性ホルモン受容体存在量に影響を及ぼすことを明らかにした。ヒ素の長期曝露では特定の遺伝子プロモーター領域のヒストンにエピジェネティクス修飾の変化がおこることをみいだした。さらに、ヒ素投与によってメチル基供与体量やDNAメチル基転移酵素の発現量に変化がおこることが示され、これらがエピジェネティクス変化の原因となる可能性をみいだした。これら、ヒ素とエピジェネティクスとの関連について統一的な理解を目指す上で重要な結果を得た。
- イ （1）MeDIP-Seq（Methylated DNA immunoprecipitation-sequencing）法による網羅的メチル化DNA解析を行うために、MeDIP法の実験条件を確立した。マウス肝臓ゲノムからメチル化DNAを取得し、次世代シーケンサーでの読み取りおよびデータ解析を進行中である。（2）グローバルなDNAメチル化変化を簡便に検出する方法として、MS-AP-PCR（Methylation-sensitive arbitrarily primed PCR）法の実験条件を確立した。この方法でDNAメチル化パターンの臓器間の差を検出できることが確認できた。これらは化学物質のエピジェネティクス作用のスクリーニング法を可能とするために重要な方法となることが期待さ

れる。

ウ ヒ素がリンパ球においてポケットプロテイン p130 を安定化し、転写抑制複合体の形成を促進することによって細胞周期関連遺伝子の発現を抑制し、細胞増殖を抑制するというユニークなメカニズムの存在が明らかとなった。

エ 生体試料への温度応答性クロマトグラフィーの適用を行った。本年度は、血清蛋白中のトランスフェリンの温度応答的分離を検討し、生理活性を保持したままの蛋白の精製分離などにも有用であることが示唆された。

オ 精製飼料摂取により、体内ヒ素バックグランド値を予め減少させたラットを用いてジフェニルアルシン酸 (DPAA) の体内動態を調べた。また、胆汁酸排泄促進剤を用いてヒ素の排泄の変化を調べた。精製食群とコレステリド混餌食群において、糞中のヒ素排泄量に有意な差はみられなかったが、1、2日目では精製食群に比べ、コレステリド混餌群のヒ素排泄量が増加していた。また、HPLC-ICP-MS で胆汁中に排泄される DPAA の化学形態を調べたところ、DPAA と共に DPAA がグルタチオンと反応した DPAA-GSH 抱合体が検出された。この結果は学会で発表し、現在投稿準備中である。

カ ヒ素および硫黄の分析は ICP-MS と LC-MS を用いて行い、両者の感度、再現性、汎用性などを比較し、測定条件を検討した。ヒ素-グルタチオン (As-GSH) 抱合体の分解および酸化における GGT の影響を調べたところ、GGT により As-GSH 抱合体は毒性の高い 3 価ヒ素化合物へと分解することが分かった。①-6、7 の内容を合わせて学会発表を行い、国際誌に投稿した。

キ 3 価無機ヒ素の投与により、ラット胆汁中へのグルタチオン (GSH) 及び過酸化水素の排泄が促進していた。また、胆汁中での As-GSH 抱合体の安定性を調べたところ、As-GSH 抱合体は分解し、3 価ヒ素化合物へと分解した後、5 価ヒ素化合物へと酸化されていた。GSH 添加により As-GSH 抱合体は安定化した。これらの結果から、毒性の高い 3 価ヒ素化合物に過酸化水素が直接作用し、毒性のより低い 5 価へと酸化していることが示唆された。①-6、7 の内容を合わせて学会発表を行い、国際誌に投稿した。

ク マイクロ RNA の網羅的な発現解析をおこなったところ、雄の肝臓において、ヒ素により 2 倍以上発現が増加した miRNA が 10 種類、2 倍以上発現が減少した miRNA が 2 種類存在することがわかった。この結果から、ヒ素の生体への毒性影響の検出に miRNA が使用できる可能性が示唆された。

ケ Ad4BP 遺伝子エンハンサー領域の解析から明らかとなってきたクロマチン構造と遺伝子発現の関係をゲノム全体へ応用することを目的に、ChIP-Seq 法のシステム構築を行った。ChIP-Seq 法はクロマチン構造を網羅的に明らかにすることが可能なパワフルなツールであるが、得られたデータの解析が非常に困難なことが欠点であった。そこで私たちは外部の情報生物学者との共同研究により、データ解析のためのアプリケーションの開発を行った。このアプリケーションは次年度に行う予定であるゲノムワイドな DNA メチル化状態の解析に使用する。

② 環境ストレスに対する影響評価の実践、応用、検証と新たな影響評価手法の開発に関する研究

ア デイゼルエンジン由来ナノ粒子の吸入曝露が、マウスのアレルギー性気道炎症に及ぼす影響を検討した。検討した実験系では、ナノ粒子曝露による有意な悪影響は認めなかった。

イ ある種のナノマテリアルの経気道曝露が、感染性肺傷害及び血液凝固異常を増悪することを明らかにし、関連成果の英語論文を刊行した。

ウ 種々のナノマテリアルの経気道曝露が、アレルギー性喘息に及ぼす影響を検討、メカニズムを解明し、成果をそれぞれ英語論文として刊行・投稿した。

エ *in vivo*における皮膚炎症の増悪影響が観察されているフタル酸エステル等の複数の環境化学物質が、骨髄由来抗原提示細胞を用いた *in vitro* 影響評価系においてもアレルギー/アトピー反応に関連する修飾作用をもつことを発見した。また末梢血より樹状細胞へ分化誘導させる培養系を確立させ、フタル酸エステル類が末梢血単核球より由来する樹状細胞の分化および活性化に影響を及ぼすことを明らかにした。

オ 有機塩素系農薬である γ -BHC 曝露が、雌雄ともにアトピー性皮膚炎の病態に影響を及ぼさないことを確認した。

カ ディーゼル排気微粒子およびその有機抽出成分が、樹状細胞における抗原のプロセッシングや提示に関わる分子やリンパ節への遊走に関わるケモカインレセプターの発現を増加させることを明らかにした。

キ フタル酸ジエチルヘキシルの曝露は、糖尿病マウスモデルにおける脂肪肝の病態、および血中コレステロール値を濃度依存的に軽減することを明らかにした。

ク ディーゼル排気微粒子曝露による糖尿病マウスの脂肪肝増悪影響メカニズム（既報）に関して、肝における網羅的遺伝子発現解析により、病態増悪に関与していると考えられる遺伝子の発現増強を見出した。

③ 環境ストレスの体系的、総合的影響評価に関する研究

ア 国内地域別の暑熱による死亡リスク、熱中症リスク、大気汚染（とくに光化学オキシダント）発生とそのリスクについて検討を行った。また、死亡リスク、大気汚染のリスクに関して予備的なリスクマップを作成した。熱中症に関して、温度・影響関数を構築した。関連して、政令市消防局より提供された、熱中症患者情報の HP からの発信を行った。

イ 表面弾性波（SAW）チップは、反射波を拾うなどの問題があり、ノイズ図軽減のため改良設計を行った。SAW 型バイオナノ協調体を嵌め込む微小流体デバイスの基本原理としては、動作安定性と価格の点でピンによる流路の開閉を採用した。流路の基本設計も行った。

ウ 基底膜基質の創製と提供が順調に遂行できた。熊本大学との共同研究では、ヒト ES 細胞を feeder cell-free の状態で維持、その後は ES-hepatocyte に分化誘導を掛ける培養系を、ほぼ確立できた。今年度は、その期間短縮と細胞数増大のため、増強効果の望める共培養細胞を探索し、基底膜基質を作製・提供した。NPO 幹細胞創薬研究所に対しては、未成熟な ES-endothelial cells の成熟度を増すため、その培養に用いる基底膜基質を試作し、培養方法についても改良を試みた。

エ 昨年度中国瀋陽市及び上海市の小学校などにおいて捕集した大気試料や尿の分析をおこなった。これまでに測定し韓国、ロシア、日本（金沢）の大気中 SPM、PAH、NPAH 濃度と比較し、中国はロシアの都市同様日本、韓国より高濃度であることなどを確認した。また、金沢の大気中 PAH、NPAH 濃度は 1990 年代後半から PAH、NPAH 濃度が大きく減少しており、排ガス規制の効果と考えられた。瀋陽でも 2002 年に比べて冬の大気中 PAH 濃度は半分以下にまで減少し、暖房用石炭ボイラーの撤去が環境汚染対策に有効であったことが示された。

オ 5 月から北京における微小粒子濃度及びオゾン濃度の測定継続し、オリンピック期間における大気汚染状況改善を確認した。成人住民を対象とした肺機能測定の結果、オリンピック期間の前後では汚染濃度と肺機能との有意な関連が認められたが、期間中の濃度レベルでは影響が見られなかった。東京でも学生を対象に肺機能検査を継続中である。

④ 環境ストレスに対する疫学的影響評価に関する研究

ア 特別研究のサブテーマ「都市環境における大気汚染高レベル曝露と健康影響予測」に関連して、他のサブテーマで推計した粒子状物質の成分濃度と死亡率との短期的な関連性に関する検討を行った。

イ 調査における各種疫学調査研究で取りまとめられたデータについて疫学的な解析を実施して、循環器疾患等による死亡や肺機能に対する短期影響に関する成果についていくつか英文論文として公表した。これら成果は微小粒子（PM_{2.5}）の健康リスク評価のための最も基盤となる疫学知見として、現在中央環境審議会で検討が進められている環境基準の検討において重要な資料となった。

ウ プロジェクトの円滑な実施のためのバーチャル組織である疫学調査オフィスの運営・管理を行うと共に、調査対象者から継続的な協力を得られるように同意率の確保のための各種調査業務を実施し、所期の追跡率を維持することができた。また、詳細な曝露評価モデルを用いた自動車排ガスへの曝露量推計を行って、

疫学データと結合した今後の解析のための準備を行った。

- エ 循環器疾患に対する大気中粒子状物質の健康影響に関する解析を進め、日本と米国における健康影響の相違について検討を加えた。この成果は、中央環境審議会で進められている微小粒子状物質の環境基準の検討において重要な資料となった。

3. 5 今後の展望

今後も、環境化学物質や大気汚染物質等の環境ストレスを対象とし、それらが及ぼす健康影響を的確かつ速やかに評価することをめざし、影響評価の実践と、適切かつ新たな影響評価手法、疫学手法・曝露評価手法、高感受性要因も対象としうる適切な動物モデルや培養系等の開発をすすめる。また、影響評価の実践、応用、検証とともに、健康影響発現のメカニズムの解明を推進し、得られた知見を影響評価手法の開発・改良にフィードバックする。これらの研究を通じ、環境ストレスの影響とその発現機構を明らかにするとともに、簡易・迅速で、かつ、感度と特異度に優れた曝露・影響評価系の開発を進め、健康影響の未然防止をめざした施策に資する科学的知見を蓄積する。

次年度は、特に、環境汚染物質による健康影響の中でも、アレルギー・呼吸器系をはじめとする高感受性影響、エピジェネティクス作用等に重点を置き、影響メカニズムの解明とともに影響評価手法の開発と改良を推進する。また、培養細胞（擬似組織）を用いた影響評価手法の高度化を進め、微小粒子状物質をはじめとする種々の大気汚染物質の健康影響に関する疫学的評価と評価手法の体系化、温暖化影響リスク評価の高度化に関する研究とともに積極的な情報発信を進める。さらに、「子どもの環境と健康に関する全国調査」のセンター機能の一端を担い円滑な進行に寄与する。これらを通じ、環境健康影響の未然防止に資する科学的知見を蓄え役立てる。

4. 大気圏環境研究

4. 1 研究の概要

気候変動やオゾン層破壊問題、越境広域大気汚染、更には都市における環境問題など、地球規模から局所的な大気環境に係る課題について、2つの重点プログラム（温暖化研究プログラム、アジア自然共生研究プログラム）や他研究領域ならびに外部研究機関とも連携しつつ研究を進めている。20年度には、高精度化学分析手法を用いた観測による地球規模ならびに領域規模での物質循環の解明、ライダーをはじめとした遠隔計測手法を用いた大気エアロゾルの時空間分布の把握、大気数値モデルを用いた気候変動やオゾン層変動に関する変動要因の解明を目指した基盤的な研究を進めている。また大気環境の変化や変動の検出や詳細な汚染実態の把握のための新たな遠隔計測手法や大気微量物質計測手法の開発や大型実験施設などを用いた室内実験による大気物理・化学プロセスに関する基礎データの整備にも取り組んでいる。

4. 2 研究期間

平成18年度～

4. 3 研究予算

(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
運営費交付金	64	57	70			191
その他外部資金*	153	126	128			407
総額	217	183	198			598

*大学等への再委託分を含む。

4. 4 平成20年度研究成果の概要

平成20年度の研究成果目標

- ①現在の大気環境の実態や変動の把握ならびに過去の大気環境変化の帰属
 - ・地球規模／地域規模での炭素循環の現状把握とその理解
 - ・大気エアロゾルの種別識別と時空間分布の把握
 - ・過去の気候変動（特に気温の変化）に対する人間活動の影響評価
- ②将来の大気環境変化の推定と大気環境変化の予兆の検出
 - ・今後のオゾン層変動の推定
 - ・オゾン層変動予測の不確実性評価と機構解明
 - ・領域規模での気候変化の検出
 - ・大気汚染物質の新たな計測手法の開発
- ③大気環境アセスメントや大気環境の改善のための基盤研究
 - ・沿道大気汚染物質の拡散のモデル化
 - ・都市大気環境の改善に向けた基礎データの蓄積
 - ・きめ細かなモニタリングを可能にするセンサー開発

平成20年度の研究成果

①現在の大気環境の実態や変動の把握ならびに過去の大気環境変化の帰属

- ア 石炭や石油など様々な物質（燃料）の燃焼では、燃焼によって消費される酸素と生成される二酸化炭素の量比は燃料に依存して異なる値を示す。また日本、中国、韓国など、それぞれの国によって消費される燃料の形態や割合は異なる。このことを利用して、地球環境研究センター（CGER）の波照間モニタリングステーションにおける O_2 濃度（厳密には O_2/N_2 比）ならびに CO_2 濃度のモニタリングデータを O_2 濃度の変化と CO_2 濃度の変化の比（ $\Delta O_2/\Delta CO_2$ ）として解析した。さらに観測した空気塊の履歴を考慮して国ごとの人為的な CO_2 の排出量推定を試みた。
- イ 波照間ステーションでの CH_4 と CO_2 の濃度のモニタリングデータのうち、特に冬季のデータに着目して、季節変動などの要因を取り除いた上での短い時間スケールでの濃度の変動幅が年々どのように変化するかを解析を行い、地域ごとの CO_2 排出量推定を行った。
- ウ エアロゾル高度分布の自動観測可能な連続観測小型ライダーを用いた黄砂ライダーネットワークの展開として、モンゴルに新たに3基のライダーを設置した。このことにより、黄砂発生地域での黄砂のモニタリングが可能になることで、黄砂の発生強度・発生頻度の変化について、より詳細な情報を得る体制が整った。
- エ ラマン散乱光を検出するチャンネルを持ったラマンライダーを用いて、中国でのライダー観測を行った。ラマンチャンネルを利用することで、ライダー比（消散係数と後方散乱係数の比）を導出した。観測したラマンライダーデータの解析から、北京の冬季におけるダストと大気汚染粒子の光学特性を明らかにした。
- オ 雪氷の融解などにより、地球温暖化のシグナルが強く現れると考えられているものの、人間活動により温暖化が引き起こされているかについて十分に示されてこなかった北極や南極などの高緯度地域における温暖化について、最新の陸上気温の観測データと複数の気候モデルシミュレーション結果を用いた解析を進め、北極および南極の温暖化が人間活動により引き起こされていることを示した。

②将来の大気環境変化の推定と大気環境変化の予兆の検出

- ア 成層圏化学気候モデルを用いた長期のオゾン層変動についての数値実験を実施した。特に、温室効果ガスである CO_2 濃度を固定した条件での長期積分実験と今後の排出シナリオに基づいた CO_2 濃度の漸増条件での長期積分実験を行い、 CO_2 濃度の変化が今後のオゾン層の変化に及ぼす影響を評価した。その結果、成層圏での CO_2 の増加が上部成層圏でのオゾンの増加をもたらすことにより、中・高緯度でのオゾン層の回復時期が早まることが予測された。一方、低緯度域でのオゾン全量の将来変化は、 CO_2 漸増条件下では奇妙な振る舞いをする可能性があることを明らかにした。
- イ 2007-2008年の南極越冬隊に参加して実施した南極オゾン層の観測データの解析を行った。高分解能FTIRによるデータ解析からは、オゾン・硝酸・塩酸・硝酸塩素などの微量気体成分の気柱全量ならびに高度分布の年変動の様子を明らかにした。また低分解能FTIRによる観測データからは、南極成層圏におけるオゾン破壊の引き金を引くといわれている極成層圏雲に関して、そのタイプに特有なスペクトルの違いを見出した。
- ウ 全球気候モデルと領域水循環モデルを併用したシミュレーション結果に高度な統計的解析手法を援用し、米国西部における水文学量変化の原因特定を試みた。その結果、20世紀後半における米国西部の河川流量や冬季気温、積雪量の長期変化傾向の60%までが、人為的な温室効果ガスや大気汚染物質の排出増に起因する気候変化により引き起こされたと考えられるのが妥当とする結果が得られた。
- エ 次世代のライダーネットワーク構築に向けた新たなライダーシステムの開発の一環として、狭スペクトル幅のパルスレーザーを用いて散乱光を分光しエアロゾルと大気分子の散乱を分離する高スペクトル分解ライダーの開発に取り組んだ。532nmと355nmの2波長の同時測定システムを開発目標とするが、今年度はヨウ素フィルターを用いた532nmの送受信技術を確立した。

オ 一次排出される揮発性有機化合物 (VOC) およびその大気反応生成物の実時間計測を目標に開発を進めてきた陽子移動反応-飛行時間質量分析装置 (PTR-TOFMS) では、これまで同じ質量数を与える異性体の選択的検出は困難であった。そこで、二段階の陽子移動反応を活用した PTR-TOFMS の新たな手法開発を行った。その結果、VOC の大気酸化反応で生成する 2 種類の異性体を分離して検出する事に成功した。

③大気環境アセスメントや大気環境の改善のための基盤研究

ア 複雑街区に対応可能でかつ簡便な大気汚染予測モデルとして、渦拡散係数を使用した数値モデルの開発を進めた。建物高さ以下では、風洞実験を基に建蔽率や建物高さ・幅の関数として都市キャノピー内の渦拡散係数を決定した。建物高さ以上では風速スペクトルを利用した渦拡散係数の見積りを行った。さらに、従来知見を元に、大型建物の影響を組み入れることによって、実在街区に適用可能なモデルを構築し、野外観測や実在街区を対象とした風洞実験との比較を行い、モデルの検証を進めた。

イ 都市大気などでの VOC からの二次的なエアロゾル生成について、その生成収率やエアロゾル成分の反応条件依存性について調べた。特に、芝刈りや稲の収穫などで傷ついた植物から放出される VOC の大気中での酸化反応による二次有機エアロゾル生成収率を、OH ラジカル酸化反応やオゾン酸化反応ごとに決定した。

ウ 個人、家庭などのレベルでの大気汚染の把握を可能にするために進めてきた化学センサ素子の開発、センサステーションの開発の成果を纏める形で、光化学オキシダント監視を目的としてエアロゾルとオゾンと同時に計測出来る小型複合センサの開発を行った。あらかじめ携帯電話網への接続機能を持ち、ブラウザベースで大気汚染物質の監視への応用が可能であり、350 × 350 × 160 mm のサイズの複合センサを開発した。

エ リスクの大きい揮発性有機物を目的物質とした小型環境監視装置のためのセンサ素子の開発の一環として、ナノ孔硝子・固相比色法を用いたホルムアルデヒド・センサの開発を行った。また BTX (ベンゼン、トルエン、キシレン) に対してはナノ孔硝子・遠赤外法を用いたセンサ素子の開発を行った。

4. 5 今後の展望

基盤研究部門として、今後の大気環境研究を図る上で基盤となる研究手法・技術の開発ならびに基礎的なデータの蓄積を加速していきたい。大気環境に関連する温暖化研究プログラムならびにアジア自然共生研究プログラムでは取り上げられない大気環境問題についても、その現状の把握ならびに現象の解明を引き続き進めて行く。さらに、関連する重点研究プログラムの基盤となる、あるいは今後のプログラム研究の展開を図る上での新たな切り口となる研究にも取り組んでいく。

また個々の大気環境問題としての捉え方での研究のみならず、環境問題間の関連 (一例としては、対流圏での気候変動と成層圏でのオゾン層の変化の相互関係) を意識した取り組みや、現象解明から健康・生物などへの影響評価へのつながりを意識して所内の他の研究ユニットや所外の色々な研究機関との連携もより積極的に視野に入れていきたい。

5. 水圏環境研究

5. 1 研究の概要

水環境保全及び流域の水圏環境を適正に管理するため、閉鎖性の高い水域の富栄養化に起因する湖沼の有機汚濁機構を明らかにする研究や東京湾で夏期に観測される底層の貧酸素化の機構解明を目的とした研究を実施した。流域における環境修復・改善技術開発のため、省エネルギー型水・炭素循環処理技術を改良し実証実験を実施した。地下に漏出した有機溶剤を浄化する技術の有効性と安全性を評価する研究を開始した。また、長期的な影響が懸念される事象について、例えば、森林生態系における窒素飽和現象や、陸域から海洋へ運ばれる珪素の減少による海洋生態系への影響が指摘されている課題について、モニタリングを中心とした調査研究を継続している。

5. 2 研究期間

平成18年度～

5. 3 研究予算

(予算額、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
運営費交付金	127	119	119			365
その他外部資金	199	194	128			521
総額	326	313	247			886

5. 4 平成20年度研究成果の概要

平成20年度の研究目標

① 水環境保全及び流域環境管理に関する研究

ア 環境省請負「水質環境基準生活環境項目（現地調査及び機構解明）業務」では、東京湾等で夏期に発生する貧酸素水塊の発生機構を解明するため、現場調査及びシミュレーションモデルによる検討を行い、その要因を明らかにする。また、有機物指標としてのTOCの有用性を検討する。

イ 特別研究「湖沼における有機物の循環と微生物生態系との相互作用に関する研究」の一環として、湖内3次元流動モデルのバージョンアップを図る。

ウ 地球環境保全等試験研究費（地域密着）による課題「貧栄養湖十和田湖における難分解性溶存有機物の発生原因の解明に関する研究」で、透明度低下の原因を検討するため、湖内DOMの分画分布を調査する。

エ 特別研究「貧酸素水塊の形成機構と生物への影響に関する研究」により、東京湾における底泥酸素消費速度実験や有機物分解実験などから貧酸素発生機構を定量的に明らかにする。

オ 地球環境研究総合推進費「流下栄養塩組織の人為的变化による東アジア縁辺海域の生態系変質の評価研究」では、陸域環境の変動をシリカ欠損の関連及びシリカ欠損が海域生態系に与える影響を明らかにする。

カ 奨励研究で高窒素負荷を受ける森林集水域の林内環境が窒素流出抑制に及ぼす影響を調査する。

② 流域における環境修復・改善技術に関する研究

ア 嫌気性排水処理に関して特別研究「省エネルギー型水・炭素循環処理システムの開発」や民間受託研究等により、有機物濃度の低い排水や低温でも有効に排水処理が可能な、更にエネルギー消費量の少ない処理システムを開発する。

イ 環境技術開発等推進費「干潟機能の高度化システムによる水環境改善及び CO2 固定化技術の開発研究」では、実験施設の基本設計を行い設置する。

ウ 民間受託費「ジクロロメタン分解に関する研究」にてジクロロメタンを唯一の炭素源として生育可能な微生物を分離し同定する。

エ 科研費「地下に漏出した有機溶剤の洗浄剤注入による回収効率と下層への汚染拡散に関する研究」で鉄粉を利用した脱塩素反応経路を明らかにする。

オ 科研費「異化型ヒ酸塩還元細菌と天然メディエーターを併用した汚染土壌からのヒ素除去」では、メディエーターによるヒ酸可溶化・除去への影響を調査する。

カ 共同研究「オホーツク海沿岸環境脆弱域における油汚染影響評価とバイオレメディエーション実用化に関する研究」では、サハリン2産の原油を入手し、その分解特性を調査する。

③ 流域における生態系保全のための現象把握・現象解明に関する研究

ア 霞ヶ浦におけるモニタリングを GEMS/Water 等により継続する。

イ 地球環境研究総合推進費「流下栄養塩組織の人為的变化による東アジア縁辺海域の生態系変質の評価研究」の一環として、フェリー利用の海域時系列観測を継続する。

ウ 経常研究として大気降下物を由来とする都市土壌の有害金属汚染の実態把握のためのモニタリングを継続する。

平成20年度の研究成果

① 水環境保全及び流域環境管理に関する研究

ア サブテーマ(1)で、夏期に海域の下層で発生する貧酸素水塊形成のメカニズムを溶存酸素(DO)の消費に係る有機物の影響等の観点から検討した。東京湾奥部において、夏期は懸濁態の有機物が溶存性のものより優占し、その大部分は分解しやすい植物プランクトンに起因することが示された。海底泥からの栄養溶出量は砂質よりも、シルト・粘土質の地点の方が高い値を示した。観測された鉛直混合強度とSODを用いて鉛直1次元モデルによる数値シミュレーションを行ったところ、内部生産・有機物沈降等を抑制し、SODを改善することによって、秋季の底層DOは大きく改善される可能性が高いと考えられた。サブテーマ(2)では、霞ヶ浦を対象として底泥からの溶出フラックスを求めて経月・経年変化を評価した。PO₄-P溶出フラックスは1997年～2008年において漸増する傾向を示し、夏季・秋季に最大値を示した。一方、NH₄-N溶出フラックスは、1997年～2005年では減少傾向にあったが、2005年以降急減に増大し、夏季・秋季で最大値を呈した。霞ヶ浦において、底泥溶出が湖水柱N/P比に及ぼす影響は大きかった。サブテーマ(3)では、全有機炭素(TOC)が、河川、湖沼における有機汚濁指標として有効であるか否かを検証した。霞ヶ浦における長期トレンドデータ(1995年～2004年)を使った検討で、DOMの難分解性化(あるいは分解性)と分子サイズとUV吸収能(UV/DOC比)が密接な関係にあることが明らかとなった。また、十和田湖等における観測などと合わせて検討した結果、フミン物質の存在比と湖沼の栄養度に関連性が示された。これらの結果は、有機物量をTOCで定量的に把握することができれば、分解性あるいは供給源情報のようなDOMに係る重要な特性を科学的に適切に評価できることを示唆している。別の観点から、流域からの有機汚濁発生実態を把握し、TOCの管理指標としての効果を検討した。筑波山を始めとした荒廃人工林地が多くを占める霞ヶ浦集水域の森林域において、降雨出水時には多量の土砂生産を生じ、結果としてPOC流出負荷が急激に増大

することが明らかとなった。一方で、釜房ダム貯水池集水域では、天然林も多いことなどから、森林域のPOC流出負荷発生源として寄与が小さいことを示すものとなった。都市河川で高BODが観測され問題視されていることから、高BODが認められる大和川から分流した大阪市の平野川と横浜市の鶴見川水系の公共用水域調査データと夏季に連続観測を実施した。その結果、BODの環境基準が達成されていてもDOのそれは達成されない水域・時期があり得ること、高BODの都市河川においては、夏季高水温時に顕著なDO低下が生じ、再曝気が起こり難いこと、河床に水生植物や付着藻類が繁茂している箇所では、DOは光合成の影響を強く受け、日中は高く夜間には極度に低下することなどが明らかになった。

イ 長年の懸案であった光学異性体別のアミノ酸組成分析手法や全有機炭素(TOC)検出で溶存有機物(DOM)の分子サイズを分析する方法を完成した。また、霞ヶ浦を対象とする湖内3次元流動モデルで、水平方向500m×500mメッシュであったものを100m×100mメッシュとするバージョンアップを行った。さらに、特定の河川水に由来する難分解性DOMの霞ヶ浦における寄与を、日付別、場所別、深さ別に評価することを可能とするため、流入するDOMを起源別にモデル変数として組み込めるモデルを開発した。

ウ 十和田湖では、湖水COD_{mn}はほとんど難分解性のDOMに起因すると推察されるため、難分解性DOMの構成成分、起源および負荷量収支を明らかにしなくてはならない。平成20年度では、十和田湖においてDOM濃度が経年的にも深さ方向にも顕著に変動していることが確認された。さらに、十和田湖湖水DOMの分画分布が初めて明らかとなった。フミン物質の存在比がとても低く、十和田湖湖水DOMは雨水に類似した分画分布を持つことが示された。

エ 夏期に貧酸素水界が発生し海域生態系に甚大な被害を与えている東京湾にて、野外調査や底泥酸素消費速度測定の実験を行い、またこれらの結果を踏まえた数理モデルにより発生機構を明らかにすると同時に、貧酸素水界の生態系に与える影響を検討している。東京湾奥部における底泥試料の酸素消費調査を昨年度に引き続いて行った計四定点について検討を行った結果、貧酸素の顕在化が著しい水深10m以深の複数の箇所における高い酸素消費能と劣悪な底泥環境との関連が追認された。また、水塊中の酸素消費の主因と思われる有機物の分解について検討したところ、溶存性より植物プランクトン等に由来する懸濁粒子態の有機物の分解の寄与が大幅に大きいことがわかった。また、貧酸素海水が干潟の二枚貝群集の種組成に及ぼす影響を現場飼育実験により解析した。北米から東京湾の砂泥質干潟に侵入したホンビノスガイは在来種のアサリ・シオフキに比べ貧酸素水に対する耐性が強く、生残率・成長速度とも在来種を大幅に上回った。

オ フェリーによる海域時系列モニタリングと生態系モデルに基き、陸水域の窒素、リン負荷増大とダム増加の複合作用が「シリカ欠損」として沿岸海洋生態系を変質させる過程を明らかにした。流域圏全体にかかわる政策決定のための「ICSU-SCOPE シリーズ70の書籍「流域、内湾および閉鎖海域・半閉鎖海域システムの科学とマネージメント」の議論・出版に招待参加した。本書は、現在世界の閉鎖性海域システムで何が問題になっているかとともに、今後政策決定に資するためのどのような研究を行ってゆくべきかの国際的提言となる。

カ 主に筑波山森林域を対象とした窒素飽和現象の機構解明、環境影響、改善へ向けた研究に関連する筑波山での広域水質調査では、2007年夏季から2008年春季まで季節毎に晴天時の筑波山中の42地点の森林渓流水を対象とした広域水質調査を実施した。その結果、全地点、全ての季節の渓流水中の硝酸態窒素濃度平均値は1.76mgN・L⁻¹であった。欧米諸国での既往の研究事例では、晴天時の渓流水中の硝酸態窒素濃度が1mg・L⁻¹を超えている場合、既にその森林域は窒素飽和状態にある可能性が高いとされており、本結果から、筑波山の大部分の森林生態系において、窒素は適正な循環がなされず過剰状態にあることが明らかとされた。他方、集水域間での硝酸態窒素濃度のばらつきが大きいといった特徴も示された(最小0.50mgN・L⁻¹、最大4.22mgN・L⁻¹)。

② 流域における環境修復・改善技術に関する研究

- ア 嫌気性排水処理に関する研究課題では、従来の技術では効率よく処理できなかった低濃度域及び低温での処理技術を開発した。さらに、開発した省エネ排水処理技術の実下水への適用性評価を鹿児島県にて通年でを行い、既存の好気性処理と同等の水質を維持しつつ、消費エネルギーを 70-80%削減可能な処理システムを確立した。また、産業排水への技術展開を見据え、精製糖排水の嫌気処理特性の評価や排水の糖含有量が保持汚泥の維持や微生物群集構造に及ぼす影響を評価した。廃液の未処理に伴う温室効果ガスの放散防止を目的としたパームオイル廃液のメタン発酵処理に関する基礎知見の収集を開始した。
- イ 干潟の持つ自然水質浄化機能の内、二枚貝による水質浄化能を高度化・システム化することで、富栄養化した閉鎖性内湾での水環境改善対策に貢献する研究を開始した。今年度は、高機能干潟システムの基本的な施設を設計し、東京湾岸にある千葉県の研究施設に設置した。本施設では、自然光を取り入れ、富栄養化した東京湾の海水を汲み上げることが可能である。また、既存の餌料微細藻類種の大量培養による増殖特性を環境要因との関係において比較し、今後使用する培養種の選定を行った。千葉県水産総合研究センターとの共同研究により、人工増殖によって得た着底稚貝 (250 μm) を飼育し、殻長サイズが 15mm に達する期間の生残率と成長速度に及ぼす底質組成、塩分濃度、水温の影響について定量的に検討した。
- ウ 有機塩素系溶剤による地下水汚染対策に関して、ジクロロメタンの生物処理技術の開発を目指して新規な分解微生物の探索を試み、ジクロロメタンを唯一の炭素源として生育可能な微生物の分離に成功した。獲得した分解菌はその遺伝子解析及び電子顕微鏡写真から、Hyphomicrobium 属細菌であることを明らかにした。
- エ 鉄粉を利用したテトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ジクロロエチレンの脱塩素還元分解反応経路を詳細に検討し、水溶液中に水素ガスが溶存する場合には hydrogenolysis 反応の経路が発生すること、hydrogenolysis は陰イオン性界面活性剤を添加した系で起こりやすく、陽イオン性および非イオン性界面活性剤が共存すると起こりにくいことを明らかにした。
- オ ヒ素汚染土壌の浄化に関して、ヒ酸塩還元細菌による固相からのヒ素可溶性・除去に及ぼす種々のメディエーターの影響を調べた。結果、ビタミンB₂などの天然由来メディエーターによって、不溶性Fe(III)の還元・溶出が促され、それに伴ってヒ素可溶性を大幅に促進できることが明らかにした。
- カ 沿岸域の油汚染研究の一環として、サハリン2産の特殊な炭化水素組成を有する原油の微生物分解現場試験を冬期のサロマ湖において実施したところ、代表的な炭化水素の分解が栄養塩付与により促進される効果が示された。

③ 流域における生態系保全のための現象把握・現象解明に関する研究

- ア 当研究所の霞ヶ浦におけるモニタリング事業は 30 年以上継続して実施されてきており、現在は国連環境計画 UNEP のプログラムである GEMS/Water の一部として実施されている。モニタリング結果はデータベースとしてホームページ上で公開されていて、最近、その有用性が高く評価されてきている。当領域では中心的にその事業に参画している。当事業に関連し、本年度は以下の結果を得た。水環境の汚染実態の把握に関連して、湖水からの簡便な DNA 抽出法と *Microcystis aeruginosa* を特異的に検出できるプローブを用いた定量 PCR を組み合わせ、有害藻類 *Microcystis aeruginosa* の定量法を開発した。この手法を用いて霞ヶ浦に低濃度に存在し、検鏡では測定が困難な *Microcystis aeruginosa* の経年変化が測定できた。また、霞ヶ浦湖水、流入河川水中の微生物群集に対して、16S rRNA 遺伝子 (16S rDNA) 配列に基づいた群集構造解析を行い、地理環境、季節遷移により特定の微生物の存在比が増減することを明らかにした。
- イ 海洋環境研究室を中心として継続しているフェリー利用の海域時系列観測が国際的に評価され、「欧州フェリーボックスシンポジウム」で招待報告を行った。このシンポジウムの内容が 2008 年 12 月 12 日付け Science 誌 (Vol. 322, 1627-1629) で紹介された。シンポジウム開催主体は、2000 年に始まった欧州フェ

リーボックス計画であるが、当所のフェリー利用モニタリングは 1991 年に開始されており、その先見性が評価される結果となった。

ウ 自然教育園（東京都港区）、国立環境研究所（つくば市）、筑波山、大子町森林域の計 4 地域で、前年度より観測を継続している。降水負荷量調査から、年間あたりの各地域における大気降下物由来の有害金属負荷量の算定を行った結果、自然教育園と国立環境研究所における負荷量が最も高く、次いで筑波山、大子町森林域の順となった。有害金属の発生源が、主に都市域の自動車交通や産業等の人間活動によるものであり、また、輸送距離に応じた拡散と粒径に応じた輸送距離の制限等から、地域ごとに異なる負荷量となった本算定結果は、人為起源の有害金属の降下特性を如実に反映するものと言える。また、特に、重汚染地域である自然教育園のコナラ林において、主に人為影響によってこの 10 年の間に地殻物質の 100 倍近く濃縮されたアンチモンやビスマス、同じく 10 倍程度濃縮された鉛が降下し、いずれも土壌表層 0-15cm に蓄積していることを明らかとした。

5. 5 今後の展望

現在の水質環境基準（生活環境項目）の体系は設定から 40 年近く経過しており、その間に、公共用水域の保全・利用状況と水質・生態系の変化、水質分析に関する技術的な進展、国内外の諸制度の変化といった水質環境基準を取り巻く社会・自然状況は大きく様変わりしている。汚濁負荷削減対策の進展に伴い主な河川では水質環境基準達成率は向上している一方、多くの湖沼や海域では依然として環境基準達成率は低いままである。例えば、環境省が取りまとめた平成 19 年度公共用水域水質測定結果によれば、有機汚濁の代表的な水質指標である河川の BOD 又は湖沼及び海域の COD の環境基準の達成状況をみると、河川 90.0%、湖沼 50.3%、海域 78.7%（東京湾 63.2%、伊勢湾 56.3%、大阪湾 66.7%、大阪湾を除く瀬戸内海 78.0%）となっているが、これらの値は国民の生活実感と必ずしも一致しない。また、東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海などの閉鎖性海域では、貧酸素水塊の発生など水産生物を含む水生生物の生息状況は悪化している例がみられる。このような背景から、水質環境基準（生活環境項目）の見直しの必要性及び新しい水環境評価と改善手法の開発が喫緊の課題として挙げられている。当研究所では平成 17 年度から環境省の委託を受けて直接この問題に取り組んできたが、今後も、上記の研究課題を通して、科学的な知見の集積に努める。

現在、流域圏における物質循環について、湖沼における有機物の循環と微生物生態系との相互作用に関する研究や森林域での窒素飽和現象を主たる研究対象としている。ここでは、物質のストックとフローといった物質収支の観点から詳細な研究を展開してきたが、今後、環境中の物質動態に係る微生物の作用について、微生物の役割を強く意識した研究アプローチを進める。

6. 生物圏環境研究領域

6. 1 研究の概要

生物圏環境研究領域では、地球上の生物多様性を形作っているさまざまな生物の保全に関する研究、および多様な生物からなる生態系とその機能の保全に関する研究を実施する。第2期中期計画期間においては、(1) 絶滅が心配される生物のおかれた状況とその保全に関する研究、(2) さまざまな生態系の機能の理解とその保全に関する研究、(3) 環境の変動やストレスが生物と生態系に及ぼす影響に関する研究、および(4) 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態の把握と対策に関する研究を中心に進める。

6. 2 研究期間

平成18年度～

6. 3 研究予算

(予算額、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
運営費交付金	107	159	159			425
その他外部資金	121	96	128			345
総額	228	255	287			770

6. 4 平成20年度研究成果の概要

平成20年度の研究成果目標

生物圏環境領域では、生態系および生物多様性の適切な保全・管理のあり方を明らかにするため、生態系を構成するさまざまな生物・物理環境およびこれらの要素間の相互作用に関する研究等を推進する。生態系の地域的な多様性と固有性に着目しながら、さまざまな人為的要因により、生物の生活、生態系を構成する生物の種類組成、生物のあいだの相互作用、生態系のなかでの栄養塩や炭素などの物質循環、さらに、そのほかの生態系機能に現れる影響を明らかにする。

① 絶滅が心配される生物の保全に関する研究

ア 湿地生態系での航空機計測と植生調査をもとに群落タイプの判別方法を精緻化するとともに、希少植物種の分布確率の推定モデルを精緻化する。鳥類相の調査を継続し、それぞれの種の出現状況と植生との対応関係を統計的に解析する。

イ 放鳥後のトキの行動圏の詳細な情報をもとに生息地利用モデルを改善し、トキの再導入個体群を存続させるための順応的管理手法を構築する。

ウ マリモの個体群識別用分子マーカーを作成し、マリモ個体群の遺伝的多様性の解明と生活史の検証を行う。

エ 湖沼の透明度を保ち、稚魚などの成育場を提供するシャジクモの、水田やため池における衰退に除草剤などの化学物質が関与しているかを検討する。

オ ホタルの繁殖に人工的な照明が与える影響を明らかにする。

② 生態系の機能の保全に関する研究：

ア 自然条件下にある干潟底質の有機物分解速度を推定する手法を確立する。

イ アマモ場再生のため、再生植物の適正な選定を行い、残存するアマモ場と再生したアマモ場の生態系機能を比較する。

ウ 湖沼など止水域において底生のキーストーン種となりうるユスリカを対象として、その生息量変動と環境要因との関係のモニタリングを行う。

③ 環境の変動やストレスが生物と生態系に及ぼす影響に関する研究

ア チベット高原の代表的な生態系に観測システムを設置し、環境変動と生態系の構造および機能の反応を長期にわたりモニタリングする。

イ 国内の高山植生を対象に IPCC の標準手法に準じて温暖化影響の検出・把握を行う。

ウ 地方環境研究所等における植物のオゾン被害実態研究の情報を統合するとともに、分子的メカニズムに裏づけられた植物のストレス診断手法を開発する。

エ 水稻の高温・オゾン影響を反映する分子マーカーの同定とイネ品種の感受性評価、高温・オゾン耐性品種の選択や育種に利用できる分子マーカーの解明を行う。

オ 野外の河川・湖沼において底生生物の個体群動態を調べるとともに、環境水の化学分析、ならびに環境水の総合毒性の評価を行う。

④ 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態の把握と対策に関する研究：

ア 輸入昆虫や寄生ダニ類、遺伝子組換え農作物及び移殖淡水魚の遺伝的特性と在来生物との遺伝的相互作用を把握するとともに、これら生物に由来する外来遺伝子が在来生物集団へ浸透するプロセスを明らかにする。

イ 除草剤耐性遺伝子組換えダイズと在来種であるツルマメの間で人工交配により作成した雑種とその後代の適応度に関する性質を調べる。

ウ バラスト水および船体付着による生物移入の現状を定量的に把握する。遺伝子解析により、これらの大型船舶で運ばれる外来生物の多様性とその起源を明らかにする。

⑤ その他の研究

ア 炭化水素を産生する緑藻を利用した石油代替エネルギー生産の実用化をめざし、優れた培養株の探索・取得を行って、培養株及びその性質等の情報を提供する。

イ セレン耐性・高蓄積性を示すアブラナ科の植物における、耐性・高蓄積性に関与する遺伝子の特定を行う。

ウ 生物の進化を導入した生態系モデルを開発し、二つの生物群集の融合が生物群集全体にどのような影響が起こるのかを解析する。

平成20年度の研究成果

① 絶滅が心配される生物の保全に関する研究

ア 渡良瀬遊水池で撮影したデジタル航空写真から、地上解像度 50cm という高解像度で火入れによる攪乱の強度と面的な広がりや植生高の空間的な不均一性を広域推定することに成功した。その情報は、主要な植生タイプであるオギ群落、ヨシ群落および両種の分布域の識別や、希少植物種や鳥類の分布確率の統計モデルによる推定として有効であった。

イ 2008年9月25日に試験放鳥された10羽のトキの生態調査を行った。放鳥してから2ヶ月以上かかって行動圏が落ち着き、12月になって3羽が群れを形成したが、4羽の個体は単独のままであり、番いは形成されなかった。また、警戒行動に費やす時間は季節が進行するにしたがって減少し、人や車に対して馴化

してきていた。

ウ マリモの遺伝子マーカーの開発を行い、47 遺伝子座のマーカーを得た。

エ 香川県のため池でのシャジクモの調査の結果、富栄養化を示す要素および除草剤濃度は明らかにシャジクモ類のいない溜池で高かった。また、富栄養化などで透明度が下がった池における唯一の生息場となり得る浅い沿岸域は、周辺の水田から流入する除草剤の影響を直接受けている可能性が考えられた。

オ ゲンジボタルおよびヘイケボタルの成虫の産卵に対する光の影響を実験により調べたところ、光の波長によっては0.11 ルックスの光でも産卵が差外されることが明らかになった。街灯などの照明設備を設置せざるを得ない場所でホタルの生息環境を保全するためには、暗闇の環境もセットでつくる必要があるとされる。

② 生態系の機能の保全に関する研究：

ア 東京湾小櫃川河口干潟において、メッシュバッグを使った実験により底泥中の有機物の分解プロセスの調査をおこなった結果、100 μ m 程度の微小な底棲動物類が大きな役割を果たしている可能性が示唆された。

イ 潮間帯に残存するコアマモのフェノロジーとその生息環境の調査を進めるとともに、アマモ場修復に向けた実生生産実証試験を行った。

ウ 富栄養化した湖沼で優占することの多いアカムシユスリカの成虫密度を霞ヶ浦と所内生態園池で継続調査した。本調査は長期間に渡って継続している価値のあるものであり、今後の解析の結果が期待できる。

③ 環境の変動やストレスが生物と生態系に及ぼす影響に関する研究

ア チベット高原での温暖化影響の調査では、17 年間の衛星画像と気候データの解析より、春の展葉日が早期化していること、それは主に気温の変化によることが示された。植物の種多様性、種組成、バイオマスに及ぼす効果について検討したところ、放牧により種数および多様性指数とも減少した。種組成は標高とともに変化し、400m の標高差で半数以上の種が入れかわることを示した。

イ 日本各地の高山帯で、世界の年平均地上気温と同様に 20 世紀後半から気温の上昇傾向が認められた。また、近年の開花時期の早まり、越年性雪渓の越年規模の減少傾向など、温暖化影響の可能性が推定し得る現象を認めた。

ウ 地方自治体の環研研究関係機関の協力を得て行った野外でのアサガオのオゾン被害の調査では、関東地方でオゾン被害が見られるとともに、オゾンストレスの有無の診断に使用できるような遺伝子の候補が見出された。今後、遺伝子発現に注目したストレス診断法の実用化が期待できる。

エ 6 品種のイネに対する高温とオゾンの複合影響実験を行い、発現量が変化する多数の遺伝子が見出された。その中には高温による増収と相関しているマーカーもあった。また、シロイヌナズナの暴露試験により、野外条件下でオゾン及びオゾン+高温ストレスを特異的に診断できるマーカーが見出された。これらの遺伝子は、これらの条件にタイムする植物の感受性の評価に利用できるものと考えられる。

オ オオミジンコの飼育実験により茨城圏内の河川数川支流の河川水の水質の調査を行った結果、その影響には、死亡率の上昇を招くものと、成長阻害によるものの 2 つのパターンがあることが明らかとなった。

④ 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態の把握と対策に関する研究：

ア 関東地方で遺伝子操作セイヨウアブラナの生育調査を行い、幹線道路沿いでの生育を確認した。発見されたアブラナの周辺にはセイヨウアブラナの群落はみられないこと、生育している場所が毎年変化することから、これらの植物は輸送種子のこぼれ落ちに由来すると結論づけた。

イ 遺伝子操作を行ったダイズと、近縁野生種であるツルマメの交雑個体の性質を調べたところ、組換え遺伝子の特段の影響は確認されなかった。

ウ 日豪間を行き来する鉄鉱石運搬船を対象としてバラストタンク内及び船体付着生物の調査を行い、新た

に開発した高感度の藻類検出法を使って、バラスト水に特定有害藻類の細胞が含まれていることを定量的に明らかにした。

⑤ その他の研究

ア 藻類の培養実験により、炭化水素の合成にかかわる酵素の候補を絞ることができた。また、炭化水素の合成が鉄の不足により阻害されることが明らかとなった。

高濃度の塩や重炭酸を含む培地、高温、強光などの特殊な培養条件で成育するオイル産生微細藻類を自然界から探索し、重炭酸耐性株、高温耐性株などを多数得ることができた。また地理情報等を含む採取情報、スクリーニング条件、培養情報を含むデータベースを構築し、今回確立した培養株を登録した。

イ セレン耐性・蓄積性の植物のサンプルを北アメリカで採取し、その性質の検討を行ったところ、採取地による性質のきわだった違いは検出されなかった。環境中のセレンの有無による遺伝子発現の変化を解析するための準備を進めた。

ウ 長期間独立に進化した二つの生態系を融合させ、生物が相互に侵入しあうようなコンピュータシミュレーションを行った。全体的な傾向として、生態系が融合し、生物の相互侵入が起きると、個々の生態系の種数は増加するが、個々の生態系に固有な種の絶滅が起きるため、全体的な多様性は大きく減少することを示した。この結果は、生物の移入が固有の生態系に及ぼす影響を評価する際の留意点を示唆するものである。

6. 5 今後の展望

各研究課題ともほぼ着実に進展している。一方で、個々の研究で扱っている個別のケースをどのように一般化・広域化していくのかは重要な課題であり、よりいっそうの努力が必要である。2010年10月には生物多様性条約の締約国会議が日本で開かれる。これを契機によりいっそう国民の生物多様性への関心が高まるものと考えられる。国民の期待に応えられるよう、基盤研究部門として土台を固めつつ、分かりやすいアウトプットの発信も心がける。

7. 地球環境研究

7. 1 研究の概要

地球環境の監視・観測技術に関する研究として、特に、リモートセンシングに関する研究として、遠隔計測データ中の地形及び分光特徴の自動認識に関する研究、分光法を用いた遠隔計測に関する研究、Intracavity レーザー吸収法と結合した時間分解フーリエ分光法の開発と応用、光通信用波長可変光学フィルタを用いた大気微量成分の高精度分光装置の開発を実施した。データベースの開発・高度化に関わる研究として、森林・草地・湖沼生態系に共通した環境監視システムと高度データベースの構築を行った。将来の地球環境に関する予見的研究や新たな環境研究技術の開発等の先導的・基盤的研究として、グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究、成層圏突然昇温現象が熱帯対流圏に及ぼす影響、ガス交換的視点による東南アジア熱帯雨林の機能評価に関する研究を行った。また、根圏の有機物組成・分解過程の非破壊モニタリング手法の開発、大気・陸域生態系間の炭素収支研究における化学トレーサーの利用に関する基礎的研究、などを行った。

7. 2 研究期間

平成18年度～

7. 3 研究予算

(予算額、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
運営費交付金	11	1	3			15
その他外部資金	156	37	46			239
総額	167	38	49			254

7. 4 平成20年度研究成果の概要

平成20年度の研究成果目標

① 地球環境の監視・観測技術、データベースの開発・高度化に関わる研究

ア 遠隔計測データ中の地形及び分光特徴の自動認識に関する研究

2008年度は、高空間分解能航空機搭載カメラにより撮影された雪原の画像より、野生動物の足跡を抽出するアルゴリズムの高精度化を行う。また衛星搭載ハイパースペクトルデータの校正において大きな問題となる暗時レベル等の調査を行い、高精度校正アルゴリズムを開発する。

イ 分光法を用いた遠隔計測に関する研究

温室効果ガスを中心とした大気微量成分の実験室分光測定と分光パラメータ導出・評価を行う。

大気観測用フーリエ変換赤外分光計による測定スペクトルのリトリーバル解析を継続し他の観測値と比較を試みる。分光法を用いた遠隔計測に有効な手法の開発及び実証的研究を継続する。

ウ Intracavity レーザー吸収法と結合した時間分解フーリエ分光法の開発と応用

時間分解フーリエ変換型分光器に Intracavity 吸収セルを組み合わせた高感度時間分解赤外分光装置の開発を行い、弱い吸収線スペクトルの検出を目指す。

エ 光通信用波長可変光学フィルタを用いた大気微量成分の高精度分光装置の開発

光通信用に開発された安価、高精度、高安定な波長可変光学フィルタ装置を用いた大気微量成分の分光測定装置を開発する。太陽直達光の測定スペクトルを取得し、分光装置自身の評価と野外観測装置値

としての可能性を探る。

オ 森林・草地・湖沼生態系に共通した環境監視システムと高度データベースの構築

森林および草地の環境応答を監視するために、植物のフェノロジーを連続観測する装置と解析手法の開発を行う。多波長分光カメラを用いた森林表面の撮影を通じ、フェノロジー評価に有効な波長及び指標を決定する。これに基づいた簡易型自動カメラを開発し、草地および複数の森林でモニタリングを開始する。

② 将来の地球環境に関する予見的研究、環境研究技術の開発等の先導的・基盤的研究

ア グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究

衛星/現地データと生態系モデルを用いた、発展途上国における森林破壊・森林衰退に伴う炭素放出に関するモニタリングシステムを開発する。代表的サイトにおける衛星観測(JERS、ALOS/PALSAR)およびインベントリ情報を収集整備する。攪乱が長期的な炭素収支に与える影響を評価可能になるよう陸域モデルを改良する。

イ 成層圏突然昇温現象が熱帯対流圏に及ぼす影響

近年データが蓄積されつつある高精度の衛星観測データ(雲、水蒸気)を収集し、極域で発生した成層圏突然昇温(Stratospheric Sudden Warming; SSW)現象による熱帯域の積雲対流の発生・発達機構、それらの収集データを用いて明らかにする。

ウ ガス交換的視点による東南アジア熱帯雨林の機能評価

熱帯林における温室効果ガスの吸収・放出ポテンシャルを分光リモートセンシングによって評価するために、マレーシア・パソ森林保護区においてガス交換および分光反射特性の連続モニタリングを開始する。

エ 根圏の有機物組成・分解過程の非破壊モニタリング手法の開発

植物根の成長や枯死・分解による地中の炭素動態変動を明らかにするための非破壊観測手法を開発する。

オ 大気・陸域生態系間の炭素収支研究における化学トレーサーの利用に関する基礎的研究

大型土壌チャンバーを用いた土壌ガス自動サンプリングシステムを、現在、タワーを用いたフラックス観測が実施されているサイトに設置し、観測を開始することを目指す。また、緩和渦集積法によるフラスコサンプリングシステムの設置に関して、準備を行うと共に、既に取得されている関連の微気象データを用いて、手法の妥当性を評価するための予備的な解析を実施する。

平成20年度の研究成果

① 地球環境の監視・観測技術、データベースの開発・高度化に関わる研究

ア 遠隔計測データ中の地形及び分光特徴の自動認識に関する研究

雪原の高空間分解能リモートセンシング画像(10cm分解能程度)から野生動物の足跡を自動抽出し、さらに足跡の間隔、幅等から動物種を推定するアルゴリズムを完成させ、北海道猿払村で取得されたデータに適用した結果を論文として取りまとめた(2008年3月に投稿予定)。また月探査周回衛星に搭載された可視近赤外分光計による連続分光データ(2 μ mまで)に対する校正及び鉱物分光特徴抽出手法を確立し、月表面のクレタ中央丘において斜長石やMgに富む輝石を大量に含む岩体等を発見した。またその他にリモートセンシングデータによる湖沼環境(水質、波)監視手法の開発を行い、宍道湖/中海に適用した結果を論文として発表した。

イ 分光法を用いた遠隔計測に関する研究

一酸化窒素や温室効果ガスであるメタンの数本の吸収スペクトルを実験室レーザー分光法により測定し、スペクトル解析により分光パラメータを決定し、分光パラメータの精度評価を行った。更に、GOSAT搭載

フーリエ分光計 (TANSO-FTS) の Band 2 (短波長赤外領域) では、 $1.67\ \mu\text{m}$ 帯の測定からメタンの存在量を導出することになっているが、分光パラメータの精度が悪く、導出精度に影響を及ぼす可能性がある。このため実験室フーリエ分光法により、数千本のメタンの吸収スペクトルを測定し、スペクトル解析により分光パラメータを決定した。更にこの結果をもとにメタンのスペクトル線リストを作成した。このメタンのスペクトル線リストを用いることにより、GOSAT の観測から導出されるメタン存在量の誤差軽減化が期待される。

大気観測用高分解能フーリエ分光計を用いて測定した二酸化炭素に関する大気吸収スペクトルのリトリバル解析を、6年間の観測データにまで拡張した。季節変動及び経年変動を導出し、この結果を他の観測値やモデル計算値と比較した。更に、メタンやオゾン層破壊関連の物質であるフッ化水素、塩化水素を行った。フッ化水素や塩化水素はモデル計算値と比較を行った。

ウ Intracavity レーザー吸収法と結合した時間分解フーリエ分光法の開発と応用

YLF レーザー励起パルスチタンサファイアレーザー (繰り返し周波数 $1.3\ \text{kHz}$) の発振に成功した。ガス (水蒸気) を満たした共振器セルにそのレーザー光を導入させ、その出力を時間分解高分解能フーリエ分光計で測定する装置を組み立て、その動作試験を行った。また、今回開発したチタンサファイアレーザーの励起レーザーである YLF レーザー励起パルスレーザーをアブレーションに用いて、Fe、Mg、Ca、Na、CO 等の発光スペクトルの時間分解スペクトルの測定に成功した。これらの結果から、時間分解フーリエ変換型分光器と Intracavity 吸収セルを組み合わせた高感度時間分解赤外分光装置の開発が完了し、ユニークな微量成分分光法の一つが実験室で実現できたと言える。

エ 光通信用波長可変光学フィルタを用いた大気微量成分の高精度分光装置の開発

昨年度開発した分光装置を用いた取得したスペクトルの解析結果をもとに、分光装置改良を行った。つまり、測定制御プログラムの改良、パワーメータのソフトウェア更新、波長可変光学フィルタ装置の光学部の改良を実施した。改良した分光装置を用いて太陽直達光による大気微量成分の吸収スペクトルを観測した。取得したスペクトルのデータ解析を行い、大気微量成分の吸収スペクトルが測定することに成功した。より詳細な解析は継続する予定である。また、野外観測用人工光源観測光学系のための光学部品、小型太陽追尾装置を整備した。野外観測装置値としての可能性を検討した結果、価格的には可能性があるが、更なる基礎的研究を継続し測定精度や感度を定量化する必要があると考えている。

オ 森林・草地・湖沼生態系に共通した環境監視システムと高度データベースの構築

観測機器及び解析手法の開発を目的として、連続分光撮像装置による森林樹冠上の撮影を北大苫小牧演習林で行い、植生フェノロジー観測に有効となる観測波長 (中心波長、波長幅) を決定した。これに基づき、必要諸元を満たす市販カメラ (テトラカム社製分光カメラ) を用いた全天候型分光カメラを開発し、連続長期観測を草地 (那須) と森林 (天塩、苫小牧、富士北麓) で開始した。地上調査に基づき、撮影画像上に個体別・植生種別のポリゴンを設定し、その中に含まれる画素値から算出される植生指標により、個体別のフェノロジー変化の追跡が可能であることを示した。同様の観測原理により、他の生態系の定点撮影・解析法としての展開が期待される。

② 将来の地球環境に関する予見的研究、環境研究技術の開発等の先導的・基盤的研究

ア グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究

森林減少・劣化に伴う二酸化炭素放出は地球温暖化の主要原因の一つとなっており、ポスト京都議定書においても発展途上国の森林保全が排出抑制メカニズムに組み入れられることから、グローバルな森林炭素監視システムの構築は喫緊の課題である。オーストラリア CSIRO やヨーロッパ JRC といった研究機関との連携の下、森林炭素監視システムの開発を推進した。衛星観測による広域・定期的な森林バイオマスのモニタリングと、森林インベントリをはじめとする現地情報、そして生態系の炭素循環モデルを融合した評価システムを設計した。マレーシア・パソヤカリマタンといった代表的なサイト周辺の衛星観測デー

タ (JERS、ALOS/PALSAR) を時系列的に抽出し、土地利用とその変化を分析可能なよう整備した。東南アジア諸国の森林研究機関と協力し、森林インベントリ情報を収集した。陸域生態系モデル VISIT を拡張し、熱帯多雨林において森林減少・劣化の攪乱に伴う炭素放出に関する予備的なシミュレーションを実施した。

イ 成層圏突然昇温現象が熱帯対流圏に及ぼす影響

これまでの研究で、2002 年の南半球の SSW が熱帯の気象場に影響を与えることを明らかにした。本年度は、2006 年、2007 年に南極域で発生した SSW 時の熱帯域での積雲対流と巻雲の変動を、衛星観測の雲データを用いて調査した。その結果、ENSO とアジアモンスーンの影響の強い対流活発域で SSW 発生後に積雲対流や巻雲頻度が顕著になっていた。さらに SSW によって準二年周期振動 (QBO) による成層圏循環場が影響を受け、QBO が東風偏差の時 (2007 年) に熱帯対流圏界面が寒冷化し、巻雲が顕著に発生していたことがわかった。

ウ ガス交換的視点による東南アジア熱帯雨林の機能評価

2008 年 8 月に地球環境研究センターにて熱帯林の生態系機能保全をテーマにしたワークショップ「Workshop on ecosystem function and conservation of tropical forests」を行い、国内外の研究者と観測研究についての意見交換を行い、実際に現地での観測研究を行う際のカウンターパート (マレーシア森林研究所副所長 Dr. Abdul Rahim Nik) と研究内容の協議を行った。そして、熱帯林において連続分光反射計測を行うための機材開発を行い、10 月にパソ森林保護区に機材を設置して観測を開始した。

エ 根圏の有機物組成・分解過程の非破壊モニタリング手法の開発

草本や木本の陸生植物を対象に、その根の成長や植物遺体の分解に伴う地中の有機物の組成や量の変化を異なる計測手法で調査、比較した。従来の破壊的な化学分析法と、非破壊での評価も可能な分光計測法 (短波長赤外分光反射の解析) を同時に試験して分光法による推定精度を検証したところ、構成物中の全窒素、炭素、リグニン、セルロースについて比較的高い精度で推定可能であることが明らかになった。本結果は、これまで破壊的ゆえに連続観測が困難であった地中の炭素動態研究において、連続した観測を可能にする事例として新規性があり、今後のさらなる応用が期待される成果である。

オ 大気・陸域生態系間の炭素収支研究における化学トレーサーの利用に関する基礎的研究

旧年度の所内奨励研究で開発したシステムを元に、土壌有機物の分解の時間スケールの解析に関して重要な情報となりうる土壌から拡散する CO₂ の放射性炭素 (14C) を測定するための大容量サンプルを大気・土壌界面の物理的攪乱を抑制しつつ採集するチャンバーサンプリングシステムの作成を行った。また、前年度までの地球環境研究総合推進費課題にて開発を行った緩和渦集積法を応用した大気サンプリングシステムを元に、より多くの生態系観測フィールドへの普及・展開を目的として、より汎用性を高め市販化を想定したサンプリングシステムの設計を行い、外部業者による委託製作を開始した。このシステムは最近、急速に普及しつつある分光型の各種ガス分析計と組み合わせることで、比較的時間応答性の低い分析計であっても、群落スケールの微量ガス成分の長期連続観測を可能にするものである。これらの観測システムについては、観測サイトへの設置許可申請が受理されれば次年度より実際の観測に応用する予定である。

7. 5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	2	15	1			18
(平成 21 年 4 月)	11%	83%	6%			100%

注) 上段：評価人数、下段 [%]

年度評価基準 (5：大変優れている、4：優れている、3：普通、2：やや劣る、1：劣る)

外部研究評価委員会による年度評価の平均評点 4.1 点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

概ね中期計画目標に沿って的確に研究が進められている。地球温暖化に関する基盤的データを精度よく、効率的に取得するための研究が進展している。先を見据えた陸上での調査研究課題や移動体を用いたモニタリングなど、高いレベルの成果が得られており、地球環境研究の日本における高いレベルの拠点が確立されつつある。その一方で、全体としての計画の進捗状況が見えにくいという点が指摘される。

[今後への期待、要望]

研究者自身の興味を尊重し、ボトムアップの視点から地球環境問題に関する先導的な研究の芽を育てる仕組みは良く考えられており、今後もこのような研究手法を続けて行って欲しい。しかしながら、各個の研究がどのように管理され、研究成果が全体としてどのように活用されるかを見えるようにして欲しい。

(3) 対処方針

基盤的な調査・研究は研究者自身の興味を尊重した研究課題の設定を基本としていることから、研究管理や成果をどう活用するかという点について分かりにくいものとなっていると思われる。個々の研究課題について、その成果を環境研究にどのように展開・活用していくかを意識しながら研究を進め、提示するようにしたい。

8. 資源循環・廃棄物管理研究

8. 1 研究の概要

廃棄物分野の基盤となる調査・研究として、重大な環境問題に対応すべき研究、研究能力の向上を図るための研究や手法開発等を実施している。平成20年度は、下記の2課題について取り組む。

- 1) 廃棄アスベストのリスク管理に関する研究
- 2) 資源循環に係る基盤的技術の開発

8. 2 研究期間

平成18年度～

8. 3 研究予算

(予算額、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
運営費交付金	20	13	18			51
その他外部資金	53	92	42			187
総額	73	105	60			238

8. 4 平成20年度研究成果の概要

平成20年度の研究成果目標

① 廃棄アスベストのリスク管理に関する研究

TEM分析法及び光学顕微鏡分析法の結果を比較・整合させるための前処理法を開発し、廃棄アスベスト処理物のデータを取得する。また、TEM法による土壌・底質等一般環境試料のデータを集積する。アモサイト及びアンソフィライトの熱処理物の毒性評価を行う。

② 資源循環に係る基盤的技術の開発

エネルギー源となる物質及び各種の有用マテリアルが効率よく回収できる資源化技術及び環境保全技術を開発するため、既存技術の改良及び新規原理等に基づく技術開発の両面から調査を実施し、技術開発基盤としての情報蓄積を継続するとともに、これまでに収集した情報をデータベースとして利用可能なシステム作りに着手する。

平成20年度の研究成果

① 廃棄アスベストのリスク管理に関する研究

アスベスト含有廃棄物の無害化処理の確認試験法として、固体、大気、水試料について、光学顕微鏡（位相差顕微鏡及び偏光顕微鏡併用）及び電子顕微鏡（走査型又は透過型）を用いる推奨試験方法をとりまとめ、環境省に案として提出した。民間分析機関等の協力を得て、精度管理のための共同分析を実施し、位相差顕微鏡による大気試料の共同分析で良好な結果を得た。国内の蛇紋岩地域や旧石綿鉱山周辺の大気試料と土壌試料を採取、石綿分析を実施した。蛇紋岩露頭付近土壌や鉱山跡からの表流水が合流する河川の堆積物に10%を超える石綿が検出され、また、大気では5 μ m以上の繊維が数本/L（0.5 μ m以上の短繊維を含めると約100倍）検出された場所もあった。アスベスト標準の熱処理物では、アンソフィライトを対象に加熱温度に対する繊維数変化を求めた。900 $^{\circ}$ C以上で鉱物変化が生じるが、1200 $^{\circ}$ Cでは石綿が疑わ

れる繊維が検出され、1300℃で不検出となり、アモサイトと同様の傾向であった。耐熱性のアモサイト熱処理物の毒性結果（炎症誘導能）は、1300℃で顕著な低下がみられたが、繊維数濃度の変化からみると、一般土壌レベルまで減少するには1400℃以上が必要という結果を得た。

② 資源循環に係る基盤的技術の開発

平成19年度に引き続き、環境装置メーカー7社とともに研究会組織を設け、廃棄物資源化技術および関連する環境保全技術の動向等について、新規環境施設・試験プラント等の調査や各社保有技術の情報提供等を通じて基盤情報を蓄積した。特に、熱的原理に基づくガス化、生物学的発酵によるガス回収等、ガス変換技術によるエネルギー回収を将来技術の一つの焦点として情報を集約した。次に、基礎的研究開発では、破碎した電子回路基板を、電磁波に対して透明なガラスビーズと混合し、これを流動化させつつ高周波誘導加熱実験を行い、その昇温挙動を明らかにした。また、熱重量分析装置により、基板の樹脂部分の熱分解挙動を明らかにした。

8. 5 今後の展望

① 廃棄アスベストのリスク管理に関する研究

石綿含有廃棄物の処理における安全性を担保するため、石綿分析の精度管理手法を確立し、光学顕微鏡及び電子顕微鏡に適用可能な標準観察試料を作成し、共同分析を実施する。また、石綿含有廃棄物の濃度基準の強化や建設材料への非意図的な混入によって、破碎等の廃棄物処理過程における石綿飛散が新たな高リスク場と考えられることから、飛散の実態調査及び搬入物の石綿含有診断による管理、また、除塵装置の石綿除去機能の把握及び再飛散の可能性の有無等の課題に対応する実験的検討を行い、管理方策の基礎資料とする。

② 資源循環に係る基盤的技術の開発

将来的に有望と見込まれる新規資源化技術等の調査研究に関し、研究会組織を継続して実施することに加え、国内外全体に範囲を広げて、優れた研究開発を行っている機関との連携を模索する。また、高周波誘導加熱による金属・樹脂複合材料からの金属分離・回収技術について、流動化による金属の分離挙動についてさらに検討し、高周波照射時に発生する分解生成物の定性・定量を併せて行う。