

(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、大気圏環境研究、水圏環境研究、生物圏環境研究、資源循環、廃棄物管理研究であり、委員会の評価結果及び見解、及び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。

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

(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	118	152				
その他外部資金	169	155				
総額	287	307				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

<p>平成19年度の研究成果目標 (環境の中長期ビジョン・シナリオに関する研究)</p> <p>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。</p> <p>① 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」の定義について検討し、具体的な指標を検証し、全所的な環境ビジョンの作成にとりくむ。</p> <p>② 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）：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</p>
--

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。

- ③ 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。自主的アプローチとは、政府が主導し、企業の自主的な取組を促進するような政策プログラムの実施などを意味している。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。特に、今年度は、環境負荷の低減に貢献する可能性のある企業の自主的な取組として期待されている制度として、ISO14001などの環境マネジメントシステム認証制度を対象に、製造業を対象とした実施された事業所レベルの環境マネジメントに関するサーベイデータを利用して、次の点について分析する。

- (1) ステークホルダーを13タイプに分類し、その中で、事業所の環境保全活動に重要な影響を及ぼすステークホルダーを明らかにし、それらが、EMS導入とどのような関係があるか
- (2) 市場構造(市場における企業競争の程度)が事業所の意思決定にどのような影響を与えるか
- (3) 制度導入初期時点と比較して、どのようにインセンティブが変化したか

(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。

- ④ 特別研究「身近な交通の見直しによる環境改善に関する研究」(平成17～19年度)：車載機器により得られたデータをもとに、自動車の使用方法や適切な自動車技術の導入、運転方法改善による環境負荷削減効果を予測するとともに、つくば市をモデル地区として、特に通勤交通と買い物交通に着目し、バス運行への補助や購買行動の最適化促進など、モデル地域における政策オプションを評価し、実現性の高いシナリオを構築する。
- ⑤ 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。
- ⑥ 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)：電気駆動系は、車両におけるエンジン駆動系に対して環境負荷が小さい駆動系である。それら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。
- ⑦ 文部科学省科研費「都市内大規模河川(ソウル市清溪川)の復元による暑熱現象改善効果の実証」(平成17～19年度)：2003年度と2006年度の比較により、今年度はこれをもとに清溪川復元に伴う大気環境への影響評価を取りまとめる。またCFDモデルなどによる数値シミュレーションにより、復元河道上を吹走する冷気が河道に直交する街路へ南北同時に進入する様子を計算し、その結果を補完するため、昨年度より精緻な機材の利用と条件設定による、昨年度たてられた仮説の検証試験(熱収支観測による冷氣生成メカニズムの検証など)を行う。さらに、従来解析の遅れていた、ソウル市政府が観測している大気汚染物質濃度の時系列解析を進めるとともに、一昨年度購入した光学的大気汚染濃度高精度観測装置による窒素酸化物濃度のモニタリングを行い、復元工事が大気質に与えた影響についても明らかにする。
- ⑧ 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

らす原因を明らかにし、環境対策を考える時の基盤を明らかにする。

(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。

- ⑨ 地球環境研究総合推進費「ライフスタイル変革のための有効な情報伝達手段とその効果」(平成17～19年度): 生活様式変革のための有効な情報伝達手段とその効果について、マスメディア(テレビ、新聞など)の報道内容や、インターネット、ロコミなどが市民の態度形成と行動変化(世論調査による)に与える影響を明らかにする。このために、成人男女の環境に関する意識、生活様式、社会資本にかかる調査を実施し、分析を行う。
- ⑩ 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): 社会人を対象として、環境に関する情報の与え方の程度の異なるグループにわけ情報の与え方、情報の種類の差が意識や知識の変化に及ぼす影響について調査分析を行う。

(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。

- ⑪ 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年度～20年度)、奨励研究「非競争的市場を仮定した経済モデルの開発と環境税制度の定量評価」(平成19年度)、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。また、これまでに開発してきたモデルを拡張、改良するにあたっての参考事例として、これまでに世界の様々な研究機関で開発されている統合評価モデルを収集し、各種モデルの構造について相違点やモデルの活用事例を分析する。
- ⑫ 経常研究「環境問題に現れる拡散現象に対する数値シミュレーション手法の開発」(平成19年度): 種々の環境問題において現れる拡散現象の効率的な数値シミュレーション手法の開発を目指す。流れ場における拡散を扱う移流拡散問題の数値シミュレーションでは、計算精度の観点から、計算コストの負担が多い陰解法が多く用いられているため、大規模な数値シミュレーションにおいては計算容量、計算時間の面で効率性に難点がある。本研究では、このような陰的解法の短所を克服するために、格子ボルツマン法を用いた陽的な手法の開発を行う。

平成19年度の研究成果(なお、番号は、上記の計画の番号に対応している。)

(環境の中長期ビジョン・シナリオに関する研究)

- ① (1)各国等が策定する持続可能性指標をレビューし、持続可能性の要素として計測されている項目を把握するとともに、既存の指標の問題点を指摘した。また、指標の比較および問題点をまとめるとともに、新たな指標の概念設計を行った。(2)環境・社会ビジョン作成の方法論を開発し、定量的に検討できるモデルを開発および超長期ビジョンのバックキャスト手法を検討した。これまでレビューしたビジョン・シナリオ作成手法について、今回対象とする問題に適切なものにアレンジし、全所的な環境ビジョンの作成に取り組んだ。
- ② ボランティア参加の動機について合理的選択理論とは異なるボランティア機会理論を提案し、これをWEB調査を用いて検証した。この理論では、機会に触れることがボランティア参加をもたらすと仮定した。ボランティア参加に関する要因を解析したところ、関心事の多さや地域や特定の活動に関係する個別的な情報などの参加機会に関する要因が正に有意であるなど、この理論に基づく仮説が支持された。また利己的動機に関する要因は、有意でないか負に有意であり、経済モデルは支持されなかった。さ

らに、ボランティアを効果的に募集するための方法について分析した。ボランティアを効果的に募集するためには、その活動に応じたアプローチが必要であるが、ボランティア活動の種類や種類による参加動機の差異については十分に検討されてこなかった。本研究では、経験に関する趣味および性別などの個人属性と参加したいボランティア活動の種類との関係を、WEB調査のデータを用いて解析した。ボランティア活動ごとに関係する趣味や個人属性は異なった。この関係はボランティア機会理論を支持したが、Dominant status model では説明できなかった。これらの結果を利用して、各ボランティア活動に合ったボランティア募集方法を見いだすことができた。

- ③ 製造業を対象とした実施した事業所レベルの環境マネジメントに関するサーベイデータの分析結果から、次のような知見を得た。(1) 行政当局、得意先、近隣住民あるいは地域コミュニティ、管理職や従業員が事業所の環境に対する取り組みを推進させる上で重要なステークホルダーになっていた。(2) 意外にも環境NGOや環境NPOは事業所の取り組みに対してあまり重要な役割を果たしていなかった。日本では、環境NGOやNPOは、その規模が社会的な影響力を持つほど大きくなく、また、企業活動を監視する役割を十分果たしていないことによるものではないかと推察される。今後、企業や事業所の自主的行動を促進する上で、環境NPOやNGOは重要な役割を果たす必要がある。政府は、環境NPOやNGOがこのような社会的役割を十分に果たせるような施策を検討する必要がある。(3) 環境への取り組みに対して強い影響度をもつステークホルダーがEMS導入に与える影響について検討したところ、得意先、管理職、一般従業員は導入を促進する傾向があった。その一方で、行政当局、近隣住民等からの影響は導入に大きな役割を果たしていなかった。(4) 市場(製品市場と株式市場)の役割や市場の性質(競争市場かどうか)に焦点を当て、それらが事業所レベルのEMS導入に果たす役割について考察した。その結果、国際的なマーケットに製品を供給する事業所は、EMS導入の初期時点から事業所のEMS導入の重要な要因となっていることが明らかとなった。また、市場の競争度や株式市場での投資家の評価が事業所あるいは企業戦略に重要な影響を及ぼす結果、EMS導入のインセンティブを強める要因となっている点も明らかとなった。これらの点はこれまで既存研究では明らかにされてこなかった点である。

(安全・安心な地域・都市環境の創造と管理に関する研究)

- ④ 車載機器を用いて路上走行実態(交通特性)調査を行い、身近な交通の実態を明らかにした。特に、従来の統計で正しく把握されていなかった短距離トリップの頻度およびCO₂排出寄与が高いことを明らかにした。また、26人を対象とした路上試験により、エコドライブで平均12%の燃費改善となること、エコドライブのポイントは、1) 最高速度を抑えた走行、2) 前方の交通状況をよく見て早めのアクセルオフを行い無駄な走行エネルギーを消費しないことの2点で、改善効果の内訳は走行エネルギーを抑える対策が約7割を占めることを明らかにした。さらに、実使用時の車両技術を車載機器やシャーシダイナモ設備によって調査した結果、市販の小型電気自動車は平均速度の低い領域でも効率が45%(走行エネルギー/充電量)以上と高い反面、エアコン等の使用により効率が約半分に低下するなど性能悪化が大きいことを確認した。バッテリー性能と価格を考え合わせると、当面、電動車両は、エアコンを使わず容量の小さいバッテリーで駆動できる超軽量の車両(例えば、電動アシスト自転車、電動カートなど)に適しているものと考えられた。一方、温暖化に関する身近な交通対策を削減可能性と実現可能性の観点から整理し、1) 短期的にはエコドライブや公共交通利用促進、2) 中期的には小型軽量かつ低燃費車への切り替えや公共交通等の利用しやすい場所への住み替え、3) 長期的には制度やまちづくりの見直し等が大幅削減につながる一連の対策であることを示した。また、購買行動に着目し、物流センターから各戸までの範囲で、宅配利用とショッピングセンター利用等の買い物によるCO₂排出量を交通特性調査のデータを取り入れたシミュレーションで分析した結果、寄与の大半は自家用車利用によるもので、商業施設と住戸との距離や購入物数によって差はあるが、宅配利用によるCO₂削減余地が大きいことを明らかにした。最後に、公共交通等の利用しやすいまちづくりの将来像

について議論する材料とするため、中心市街地、住宅地、農村等の土地利用状況に適した交通システムをイメージ図として作成した。

- ⑤ 発生源に関する研究では、低公害車実験施設を用いて、最新の排気後処理装置付ディーゼル車及びバイオディーゼル燃料の排出ガス評価を実施し、排気後処理装置付ディーゼル車のNO₂/NO_x比が従来車に比べて高く、NO₂排出量が増加していることを明らかにした。さらに、自動車や固定発生源からの汚染物質排出量を推計するシステムを整備し、汚染物質の排出インベントリ改善策に関する検討を実施した。大気質予測モデル及び二次粒子の動態解明については、モデリングに関する既存研究をレビューするとともに、2007年7月～8月に、地方自治体や大学、民間の研究機関の協力を得て、関東地域を対象としたフィード観測を行い、有機二次粒子(SOA)の動態把握とモデル検証のためのデータを取得した。さらに、得られたデータを用いて、SOA予測モデルや都市大気汚染モデルを検証した。また、風洞実験データを活用し、道路沿道の高濃度汚染を対象にした簡略型数値モデルの開発を進めた。

健康影響に関する研究では、一般住民の幹線道路沿道歩行中の自動車排ガスへの高曝露実態解明を目的として、東京都内の幹線道路沿道および後背地区を歩行しながら大気中浮遊粒子状物質濃度とナノ粒子を含む微小粒子数(個数濃度)を測定し、沿道および後背地域歩行中の短時間の曝露濃度変化状況とそれに関わる要因について検討した。

- ⑥ 環境研で過去に開発した電気自動車Lucioleおよび2005年から開始した特別研究「身近な交通の見直しによる環境改善に関する研究」で購入した車両Revaを用いて、軽乗用車の利用実態調査から抽出した走行パターンによるエネルギー消費量(電費)をシャーシダイナモ試験により求め、市販されている電気自動車の性能の実態を把握した。未だ11年前に開発したLucioleの方が電費、加速性能ともによい性能であることがわかった。また、RevaにGPS記録装置を取り付けた走行実態調査を行い、駅までの往復や日常的な使用における走行性能について確認した。これらの結果から、軽乗用車の日常使用における市販電気自動車への代替可能性について、電気自動車の一充電走行距離と軽乗用車の一日当たり使用距離を考慮した結果、現在市販されている電気自動車の性能でも導入可能な量は、頻度で半数、距離で2割弱、Revaの最高速度がさらに10km/h高まるとその比率はほぼ倍増することがわかった。ただし、車両の安全性、騒音等の検討が必要である。一方、車両の低コスト化について、車両の価格は電池価格に大きく支配されており、低コスト化のためには、電池価格の低減、たとえば電池容量の削減もしくは電池をリース等の方法で供給することにより実質的な初期コストを下げる等の方策が必要と考えられた。電池容量の削減は走行距離の低下に直接関係するため、乗用車の使用実態に関するデータ収集がより重要と考えられた。
- ⑦ 夏季に、清溪川の河川中ほどと南北川岸にポールを立て、鉛直(高さ別)に気温や湿度の連続測定を行った。清溪川の河川水による冷却効果については、川面に近い高度ほど気温が低く、水蒸気密度(絶対湿度)が大きい傾向が見られた。また、南側の鉛直分布に関しては、北側より相対的に気温が低い傾向が見られた。また地表面に近いほど気温が低くなっている傾向が見られた。一方、北側では日中地表面に近いほど気温が高くなっているのがしばしば観測されている。それらの要因としては南側沿道の地表面には植物が繁茂しているのに対し、北側の地表面はコンクリート面がむき出しになっていることが考えられる。以上の結果から南側河岸の方に冷気が輸送されている可能性が示唆されるが、海風吹走時における乱流の可能性については、さらに検討が必要である。
- ⑧ 気候風土の異なる地域で戶外活動を比較するため、公園利用者数の調査を行った。この利用者数と気温、湿度、風速、降雨量、日照などの気象データとの関連を分析した。その結果文化的背景が異なっても、気象データの影響は似ていることが分かった。また同じ日本でも気象条件の違いにより、人々の戶外活動は影響を受けていることが分かった。このような行動量の分析に林の数量化理論I類は有効な結果を導いた。そしてこの分析手法は冷温帯と亜熱帯の差のような大きな違いだけでなく、樹林の多い公園と少ない公園におけるミクロな気象条件の影響の違いについても分析できることが分かった。

(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)

- ⑨ 本年度は、環境に関する情報源に関する全国調査と時系列調査、マスメディアの内容分析を実施した。情報源に関する全国調査の結果、テレビは気候変動問題に関する「関心」の喚起に効果があり、さらに新聞は「理解」に効果があるらしいことが判明した。さらに、気候変動問題およびその関連事項に関する報道の量は、世界および日本全体での様々な社会問題の中での環境問題の位置づけに大きく影響し、報道量が増えるほど、環境問題の位置が上昇することがわかった。また、報道の内容についてみると、前年冬から春にかけて数度に亘って報道されたIPCCの第4次報告書は、第3次報告書に比べるとマスメディアでの扱いが飛び抜けて大きく、報道の内容が「科学的事実」へと大きくシフトしている様子が観察された。さらに細かく見ると、クールビズ、ウォームビズなどの温暖化対策に関するキャンペーンについての報道が必ずしも気候変動問題と結びつけては取り扱われておらず、人々の温暖化問題の理解にズレを生じさせていることもわかった。
- ⑩ 社会人を対象として調査を実施した。映像としては、テレビ放映映像を編集して用いることにした。内容としては、第2年次の内容を受け継ぎ、フォーカスグループインタビューの前半において、既存の知識の確認を行い、後半で編集映像を見せての議論を実施することにした。さらに、第3年次までの調査において、かなり知識および理解に欠如（知識がない、もしくは間違った知識を持ったまま、修正されていない、修正のチャンスがない）が観察されたため、レクチャーを追加することとし、気候変動問題の「科学的側面」および、「対策的側面」に関する2つのレクチャーを追加しての調査を実施した。手順としては、1) 導入 → 2) 気候変動問題についての関心・知識・理解について把握 → 3) DVD映像視聴（気候変動のメカニズムおよび影響について日本・海外の実態をまとめた編集映像）および映像についての議論 → 4) レクチャー1（気候変動問題の「科学的側面」に関するレクチャー）および議論 → レクチャー2（気候変動問題の「対策的側面」に関するレクチャー）および議論 → 総括議論、という手順で実施した。レクチャーの効果は大きく、調査対象者の自己評価での「理解度」「対策行動やる気度」のいずれにおいても大きな上昇を示した。映画を見ることを想定しての、「映像を1～2時間程度みること」の可能性について聞いたが、「日常では1～2時間、集中してみる時間を確保するのが難しい」との回答が多く、15分程度に編集した映像であっても十分に効果を上げられることが分かった。

(統合評価モデルや環境経済モデルなどの手法開発研究)

- ⑪ 環境ビジョン・シナリオの作成方法として定量的なシナリオに関する方法を検討し、統合評価モデルを活用したシナリオ作成・評価の枠組みを開発した。これらを用いて環境省の超長期ビジョンの持続可能な社会ビジョンおよび環境及び社会経済の側面から定性的シナリオを作成し、統合評価モデルにより定量的に分析、評価する方法の妥当性を検討した。また、IPCC新シナリオ作成を支援することを目的として、世界経済モデルを改良するための情報収集（LINKAGE、EPPA、GTAP-EG、SGM、MiniCam、WorldScan等）とデータの準備（様々なガスの排出係数の収集とモデルへの入力）を行った。
- ⑫ 種々の環境問題の現象解明において重要な役割を演ずる拡散現象に対する数値シミュレーション手法の基礎研究を行った。既存の市販されている解析パッケージの多くは陰的解法と呼ばれる手法に基づいている。これは多様なパラメータ設定に対して安定な解を得ること（実際の現象から大きくかけ離れた無意味な数値が出力されないこと）を重視しているためである。しかしながら実際の現象解明を陰的解法でシミュレーションするためには膨大な計算時間と計算資源（メモリ容量）が必要であり、パソコンレベルで手軽に計算を行うことは困難である場合がほとんどである。本研究では、少ない資源（計算時間と容量）で安定な解を得ることができる数値計算手法の陽解法の開発を行った。そこでは、従来のパッケージなどでは用いられていない格子ボルツマン法を適用した。この手法の計算精度と安定な解を得るためのパラメータの条件（安定性条件）を実証的、理論的に解析した結果、伝統的な陰解法である有限

要素法、差分法と同程度の信頼度で数値計算が行えることがわかった。

(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、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）を準備している。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を用意する予定である。
- 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。

化学環境研究

1. 1 研究の概要

化学的見地にとって環境問題に取り組み、汚染状況の把握、化学物質の環境動態解明、さらには環境或いは個々の生物のシステムとしての理解と人間活動のインパクトに対する応答の計測を目的として、新たな計測技術や環境モニタリング手法の開発、既存の分析法の高度化、体系化、並びにこれらの応用に関する研究を行う。平成19年度には、領域プロジェクトに位置づけられる2つの特別研究のほか、ナノ粒子計測研究、ナノテク利用による新分析法開発並びに微生物評価手法の開発、宇宙線起源放射性核種を用いた炭素循環や地球環境変動、環境化学物質の起源の解明、揮発性有機化学物質や残留性有機汚染物質の高頻度高感度モニタリング、磁気共鳴イメージングによる脳神経系への環境ストレス研究、化学物質影響の動物行動学的研究、そのほか環境試料の長期保存事業、精度管理に関わる研究、国際条約や国内の汚染事例への対応、そのほか関連する環境行政支援業務を実施する。

1. 2 研究期間

平成18年度～

1. 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
運営交付金	99	184				
その他外部資金	281	289				
総額	380	473				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

- ①領域研究プロジェクトである2つの特別研究のうち、多次元分離分析特研では、二次元ガスクロマトグラフシステム GCxGC と高分解能 TOFMS との結合による新たな装置開発を継続し、種々の化学物質に関する測定結果を蓄積しつつ共同研究先にフィードバックして新たな装置開発に反映させる。特に、分離能の格段の向上に伴い、分析のための前処理法の簡略化あるいは省略に関して検討を行い、従来法とのデータの比較により手法の適用性の評価を行う。
- ②もう一つの領域プロジェクトである同位体特研では、室内塵中の鉛並びにアルデヒド中放射性炭素の測定を継続し、データの蓄積を図る。特研の初年度にあたる18年度にはアセトアルデヒドの単離、精製、¹⁴C測定による発生源推定手法を開発し、データの蓄積を進めたが、今年度はもう一つの主要なアルデヒドであるホルムアルデヒドの同時捕集、精製、¹⁴C測定を実施できる手法の開発、確立と実試料の測定を行うことを目標とする。
- ③環境技術開発費によるナノ粒子計測手法の開発研究に関連して、開発されたレーザーTOFMS装置の性能評価のための比較データの蓄積を進める。特に、大気粉じんの粒径別有機組成分析を行うため、加熱脱着法と小型セクター型MSを組み合わせて分析手法の高感度化を図り、ナノ粒径サイズの粒子の分析を進める。このほか、同じく継続課題であるナノテクノロジーを利用した電子線源、X線源の開発、微生物活性計測手法の開発研究を継続する。
- ④また、二酸化炭素以外の温室効果気体として注目されるハロゲン化炭化水素等の高頻度高感度連続自動測定の継続と拡大、並びに自然起源のこれらの物質の発生源、発生量の見積もりに関する研究の推進、

海洋起源の測定のための海水中 VOC 測定装置の開発、これ以外の非メタン炭化水素等の自動分析装置の開発を行い、あわせてデータの蓄積を図る。

- ⑤MRI を用いたヒト脳に対する化学物質や物理的要因などの影響解明に関する研究、並びにその基礎となる正常人の形状データの蓄積に関する研究を継続するとともに、ジフェニルアルシニン酸による実験動物の行動影響研究、ナノ LCMSMS の開発研究と、これらを組み合わせたジフェニルアルシニン酸の脳内移行の検出に関する研究を継続する。
- ⑥上記特別研究におけるアルデヒド類の発生源に関する研究のほか、加速器質量分析法を用いた宇宙線起源放射性同位体測定による過去の太陽活動の変化に関する研究、炭素循環に関する研究、古環境・古気候の解明に関する研究、大気粉じん中炭素成分の発生源の探索に関する研究などを継続する。その他、地球温暖化プログラムにおける中核研究支援や基盤技術ラボラトリーにおけるタイムカプセル事業の支援、標準物質作製支援などの継続推進、地下水有機ヒ素汚染事例、残留性有機汚染物質 (POPs) に関する国際 (ストックホルム条約) 対応並びに関連国内事業の支援、その他ダイオキシン類を初めとする化学物質の管理にかかわる環境行政支援などを継続する。なお、2007 年 9 月に東京で開催される第 27 回ハロゲン化残留性有機汚染物質に関する国際会議 (ダイオキシン 2007) の開催を支援するとともに関連研究報告を行って、国環研における POPs 関連研究活動の成果発信並びに情報交換に努める。

平成 19 年度の研究成果

- ①特別研究の課題の一つとして、GCxGC と高分解能 TOFMS を結合した新たな装置を用いてダイオキシン類の測定を行うための基礎的な条件検討を進めた。特に、データの解析について、測定で得られるギガバイト単位の膨大な情報の中から毒性を有するダイオキシン異性体だけを正確に拾い出して定量するためのソフトウェアを自主開発し、試料中のダイオキシン分析に適用して前処理の有無や簡略化の影響を確認した。その結果、飛灰クラスの比較的ダイオキシン濃度の高い試料については、前処理を省略しても毒性を有するダイオキシン異性体の検出、定量が可能であることを確認し、従来の煩雑な前処理手法と高分解能 GCMS を用いた精密測定法とデータを比較して、結果が整合的であることを確認した。この結果は、GCxGC/高分解能 TOFMS による世界で初めてのデータであり、その高い環境分析ポテンシャルを示す結果として海外の一流の学術雑誌に原著論文が受理、掲載された。
- ②同位体特研では、日本においても室内汚染で注目されている鉛の同位体比精密測定手法について、マルチコレクター型 ICPMS の精度を犠牲にすることなく環境試料測定が可能ないように前処理方法の検討を進めた。高感度化、高精度化の結果、存在比が少ないが他の同位体との質量差が大きく、放射性核種の崩壊によらないため変動要因がほとんどなく基準として意味の高い ^{204}Pb を分母として、0.02~0.09%の精度で測定が可能で高精度高分解能同位体比測定法を確立した。国立環境研究所でこれまで作製した分析精度管理用の一連の環境標準物質を、同位体比の精度管理にも使うことを念頭において鉛同位体比の測定を進め、データを蓄積した。一方、シックハウス症候群に関連の深いホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの同時捕集、 ^{14}C 測定法を開発、確立し、新築家屋のデータの蓄積を進めた。後者は論文を投稿し、受理に至っている。
- ③沿道で粒径別に捕集した大気粉じん中の有機炭素成分を高感度に測定できる熱脱離 (TD) -GC/小型高分解能 MS の系を新たに確立して 30nm 以下のナノ粒子画分までの測定に成功し、二次生成粒子の発生源に関する議論を深めた。同様に TD-GC x GC/TOFMS による多環芳香族炭化水素 (PAHs) の測定法を開発を進め、従来の高分解能 GCMS 分析結果との整合性を確認した。これらのデータを用いて、環境技術開発費研究で作られたレーザーTOFMS の性能評価を進めた。ナノテクノロジー応用研究である新炭素材料を用いた電子線/エクソ線源の開発では、プロトタイプでの技術評価を進めるかたわら、当初目標であった特許の取得に至った。また、微生物活性評価法の開発においても、細胞 1 つずつの活性測定を行うための流路制御のための要素技術の開発を進め、酵母 1 細胞の呼吸代謝の電気化学的検出に成功した。さらに、測定中に流路

を閉鎖できる新たなシステムの開発に成功した。

④ハロゲン化 VOC モニタリングにおいては、波照間に続いて北海道落石の地球環境研究センターモニタリングステーションでも自動連続測定が開始され、日本の両端でデータの信頼性確保に努力しつつ連続測定データの蓄積が進められている。また、これらのうち自然起源の寄与を明らかにするため、マレーシアの熱帯林での観測研究を実施し、フラックスの推定を行った。さらに、安定同位体を指標とした環境動態追跡手法の開発を進め、論文を投稿、受理された。一方、海洋起源物質の量的な見積りのため、海水中のハロゲン化 VOC を連続的に測定するシリコン膜平衡器を用いた新たな分析手法の開発に成功し、深層水の採取地点等での試運転を行ってデータの評価を進め、信頼性を確認した。さらに、環境技術開発費で作製を行った非メタン炭化水素等の自動連続測定装置が完成し、所定の性能を発揮することが確認された。これを用いた離島での連続モニタリングに関する H20 年度開始特別研究を提案し、採択された。

⑤MRI を用いた正常人の脳の形態に関する情報の蓄積を継続した。また、活性酸素の体内における生成に関与する因子として注目される生体内の鉄代謝に関する研究に着手し、横緩和時間 (T2) を利用して鉄貯蔵蛋白であるフェリチンの脳内各部濃度を精度よく測定できる新たな手法の確立に成功した。奨励研究として継続されているジフェニルアルシン酸による行動影響研究並びに科研費研究の成果を応用し、投与マウスの脳内の DPAA をマイクロ透析法で採取しナノ LCMSMS で測定する、極めて高感度な測定手法を確立して、DPAA 含有水を飲用したマウスの脳内に一過性に出現する DPAA を捉えることに成功した。

⑥加速器質量分析法を用いた放射性炭素 ^{14}C 測定を様々な環境試料に適用し、成果を得た。陸水系の溶存有機炭素画分の測定から、その水の起源の違いや陸域起源の古い炭素成分が河川を通じて海洋に流れ込んでいる様子をとらえることができた。その他、大気粉じん中 ^{14}C 測定結果から、ディーゼル規制前後での炭素成分の発生源の変動を解析したり、海洋微生物 (特に古細菌) の炭素源を明らかにし海洋における炭素循環の定量的理解を深めるための試料採取方法の開発、微量試料の前処理技術の改良などを進めた。さらに、貨物船を用いて採取された太平洋上の海水中に含まれる溶存無機炭素の ^{14}C 測定を行い、大気・海洋間の二酸化炭素のやりとりに関するパラメータの精密化を目指して解析を行った。環境タイムカプセル事業においては定点採取地点のほか、本州太平洋沿岸を中心に移動採取地点を設定して二枚貝の採取などを進め、試料保存を継続した。また、対馬に漂着した油成分の分析を継続し、その発生源に関する考察を行った。その他、地下水有機ヒ素汚染事例に関する環境省からの請負事業や研究班活動の推進、ストックホルム条約 16 条に規定されている条約有効性評価を行うためのアジア太平洋地域 Regional Organization Group、並びに全球報告書作成のための Coordination Group 等の国際条約関連活動への参画や関連国内事業への貢献を行った。

なお、9 月に東京で開催されたダイオキシン 2007 国際会議の運営に領域内の複数の研究者が中心メンバーとして関わり、会議成功に貢献するとともに、関連する研究発表を行い、化学領域を含めた国環研におけるダイオキシン、POPs 関連研究の成果を広く発信した。さらに、東南アジアから研究者を招へいし、POPs 汚染状況やその監視方法などに関する情報交換を進め、今後の有効性評価をはじめとする POPs 汚染への取り組みに対する準備を進めた。

以上の研究成果は学術論文、或いは学会での発表に加えて、環境省をはじめとする各種委員会活動や請負事業などを通じた行政貢献、一般公開日での施設説明或いはマスコミを通じた広報活動などによる社会、一般市民への還元を行っている。また、特に技術開発研究を中心に特許として成立を目指すことで知財としての確保を図っている。また、残留性有機汚染物質に関連する国際条約 (ストックホルム条約) への貢献を通じた国際貢献の努力も継続している。

1. 5 今後の展望

ストックホルム条約においては、現在対象となっている12物質（群）に加え、5物質から最大9物質の新たな化合物について、早ければ来年にも条約対象物質になりそうな勢いで専門家会合（POPRC）の審査が進んでいる。また、日本の化審法第1種特化物などのように、相当する性質を持ち個々の国の規制対象となっているもので、国際的な議論の俎上に上っていない物質も少なくない。化学物質の適正な管理と利用を図る上で定常的なモニタリングの対象となる化学物質数は今後も増え続ける可能性が高く、このような監視対象物質の増加にあわせて屋上屋の積み重ねではない新たな分析手法開発の必要性が高まっている。現在開発中のGCxGC/HRTOFMSのように、極めて高い分離能、分解能を組み合わせることで前処理を省いた高分離能一斉分析法を開発、確立していくこと、また放射性炭素を含む同位体情報を用いて個々の物質の発生源の寄与の見積もりを行う手法を開発、確立していくことが、以上の要請に応えるための、今中期から来期にかけての最重要課題の一つと考えており、関連する特別研究の成果のとりまとめと発信、次期研究展開の方向性の提示を目指して研究を進めていきたいと考える。また、地球環境変動をより詳細にとらえ、より信頼性の高い将来予測を行い、その結果を施策や研究に生かすための基礎分析技術開発も重要な課題と認識しており、自動化、高感度化、高精度化に加え、あらたな指標の開発も視野にいれて研究の推進、活性化を図っていきたいと考えている。

環境健康研究

1. 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、「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」、「環境化学物質の高次機能への影響を総合的に評価する in vivo モデルの開発と検証」、「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」、「大気中微小粒子状物質の健康影響に関する疫学的評価手法の体系化」、「健康面からみた温暖化の危険性水準情報の高度化」、「モデル細胞を用いた遺伝子機能等解析技術開発」に重点を置いた。

1. 2 研究期間

平成18年度～

1. 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
運営交付金	69	168				
その他外部資金	148	155				
総額	217	323				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

平成19年度の研究成果目標

(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)

- ①-1 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)：無機ヒ素のエピジェネティクス作用を検討するための実験系を確立し、無機ヒ素のDNAメチル化への影響を検討する。
- ①-2 環境省委託「DNAチップを用いた有害化学物質の健康・生態影響評価手法の開発」(平成15～19年度)：各種環境汚染物質の免疫毒性および呼吸器系への影響を検出するための指標遺伝子を選抜し、これらの遺伝子を搭載したマイクロアレイの性能試験を行い、完成品を作成する。
- ①-3 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19～22年度)：無機ヒ素の免疫細胞特異的な作用メカニズムに関して、転写因子や転写因子の一種である核内受容体への作用に着目して検討する。
- ①-4 環境省受託「ジフェニルアルシン酸等の標的分子種と薬剤による毒性修飾作用に関する研究」(平

成15-19年度)：ジフェニルアルシン酸の胆汁排泄と腸肝循環阻害に関する研究を行う。

- ①-5 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システムの開発」(平成17-21年度)：生体試料をポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)のポリマー鎖をナノ制御することにより分離するシステムの開発を行う。

(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)

- ②-1 特別研究「環境化学物質の高次機能への影響を総合的に評価する in vivo モデルの開発と検証」(平成17-19年度)：アレルギーの増悪が認められた化学物質について、増悪メカニズムを検討する。当年度の in vivo スクリーニングモデルの対象物質は、可塑剤、樹脂原料、などの中から選択する。さらに、より簡易なスクリーニング手法の開発、(①DNAマイクロアレイを用いた短期スクリーニング手法の開発、②培養細胞系を用いた簡易スクリーニング手法の開発)についても検討を進める。関連成果の英文論文発表をめざす。
- ②-2 環境省委託「DNAチップを用いた有害化学物質の健康・生態影響評価手法の開発に関する検討」(平成15-19年度)：アレルギー疾患に対する有害化学物質の影響を検知可能とするDNAチップを作成するため、適切な遺伝子を選抜する。
- ②-3 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。
- ②-4 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。
- ②-5 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。
- ②-6 文部科学省科研費 若手研究(B)「ナノ素材が皮膚炎に及ぼす影響とそのメカニズムに関する研究」(平成18-19年度)：各種ナノ素材の皮膚炎への影響を評価するため、マウス皮膚炎モデルを用い検討を進める。
- ②-7 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。
- ②-8 奨励研究「ランゲルハンス細胞を用いた皮膚免疫に対する環境汚染物質の影響解析」(平成19年度)：アトピー性皮膚炎などのアレルギー疾患の増悪に関与する化学物質による影響を、in vitro で構築した末梢血細胞からランゲルハンス細胞への分化培養系でマウス系統ごとに解析を行う。

(環境ストレスの体系的、総合的影響評価に関する研究)

- ③-1 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。
- ③-2 環境省委託「バイオナノ協調体による有害化学物質の生体影響の高感度・迅速評価技術の開発」(平成15-19年度)：PMP complex 上に構築した血管内皮組織のNO分子センシングを完成、表面弾性波(SAW)素子上の上皮組織における細胞-細胞/基質間結合のセンシング原理を確立、半導体素子上の上皮組織におけるイオン輸送のセンシング方法に目処を付ける。
- ③-3 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/サルE S細胞が機能の上でも 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の基底膜固相環境を作製・提供する。

- ③-4 文部科学省科研費・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。

(環境ストレスに対する疫学的影響評価に関する研究)

- ④-1 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調査の準備を行う。
- ④-2 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5カ年のデータを併合して疫学的解析を実施する。
- ④-3 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、曝露量についてのモデルを開発して推計作業を行う。また、新たに開始する成人調査に関する計画立案を行う。

平成19年度の研究成果

- ①-1 マウス各種臓器におけるエピジェネティクス修飾の検討のため、遺伝子プロモーター領域DNAメチル化解析およびグローバルDNAメチル化解析の至適実験条件を決定した。無機ヒ素のDNAメチル化への影響を検討するために、無機ヒ素を胎児期曝露した仔における後発影響を検討する実験系、および無機ヒ素の長期曝露の影響を検討する実験系を立ち上げ、経時的な観察を含めた検討を開始した。
- ①-2 免疫毒性および呼吸器系への影響を検出するそれぞれのDNAチップについて、昨年度作製した試作品の性能試験を行い、完成品を作製した。これらのチップを用いることによって、大気中粒子状物質や各種環境化学物質の悪影響を検出できることが確認された。
- ①-3 マウスの各種臓器への影響を検討したところ、無機ヒ素は胸腺と脾臓で特異的にE2Fファミリーの機能を変化させることが示され、E2Fへの影響を介してリンパ球特異的に細胞増殖を抑制することが示唆された。さらにそのメカニズムとして、E2F4と相互作用するポケットプロテインに影響を及ぼすことが示唆された。
- ①-4 排泄促進剤混餌食群において、対照群と比較し、投与後2日目以降で尿中排泄が有意に低下したことが明らかとなったことから、胆汁へ排泄されたヒ素を腸管内で吸着、糞への排泄を促進した為に尿中への排泄が低下したと示唆された。
- ①-5 血清および肝臓上清を前処理することなく、直接カラムに導入し、有機ヒ素化合物を測定する条件を確立した。
- ②-1 当研究室が確立したin vivoスクリーニングモデルにより、複数の環境化学物質のアレルギー増悪影響を効率よく評価できた。数種の化学物質(ベンゾ[a]ピレン、キノン系化合物など)に関しては皮膚炎病態を増悪することを明らかにし、関連成果の英文論文を投稿した。
- ②-2 アレルギー病態の潜在期から病態完成期における経時的、網羅的な遺伝子解析により、環境ストレスDNAチップを作製し、既製のDNAチップとの整合性が確認でき、異なるアレルギー疾患モデルにおける環境化学物質の影響についても予測・検知が可能であることを示した。
- ②-3 デイゼルエンジン由来ナノ粒子が、細菌成分に関連する気道炎症を増悪することを明らかにし、その増悪メカニズムを解明し、関連成果の英文論文を発表した。
- ②-4 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、関連成果の英文論文を投稿した。

- ②-5 ある種のナノマテリアルの経気道曝露が、アレルギー性喘息を増悪することを見出した。
 - ②-6 ある種のナノ素材が、バリア機能破綻時にアトピー性皮膚炎を増悪することを明らかにし、そのメカニズムにはサイトカイン等のタンパク発現増強が関与していることを示した。
 - ②-7 in vivo における皮膚炎症状の増悪影響が観察されているフタル酸ジエチルヘキシルおよびフタル酸ジイソノニルが、骨髄由来抗原提示細胞を用いた in vitro 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た。
 - ②-8 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を促進することを明らかにした。
-
- ③-1 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。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。
 - ③-2 血管内皮組織のNO分子センサーのプロトタイプを作製・論文発表を行った。特許申請は、既に昨年度済ませてある。表面弾性波（SAW）センサーに関しては、細胞の接着シグナルを検知することが出来るようになり、先ず特許申請した。2DEG-FET 半導体素子を作製し、その特性について論文発表を2報行った。以上、上記バイオナノ協調体を用いることで、従来の個々の化学物質単独の影響探索研究ではなく、これらが複合的に与えるストレスを、人工組織の応答をモニターすることで評価することが原理的に可能であることを示した。公開の成果発表会を、東大・山上会館で年度末に開催した。
 - ③-3 基底膜基質の設計と創製が良くかみ合って研究が遂行できた。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ことに成功した。この基底膜基質を、遅滞無く参加メンバー提供でき、プロジェクトが順調に遂行できた。
 - ③-4 平成19年3月及び9月に、中国瀋陽市、上海市の小学校などにおいて測定を実施。捕集大気試料や尿の分析中。
-
- ④-1 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、東京都内で一般住民の幹線道路沿道歩行中の自動車排ガスへの高曝露実態解明のための調査を複数の季節について繰り返し実施し、予備的結果について学会発表を行った。
 - ④-2 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、報告書を公表した。この成果は微小粒子状物質健康影響評価検討会（環境省水・大気環境局）において我が国の疫学知見の中心的な資料となり、大気環境行政の展開において重要な資料となった。また、微小粒子の健康影響評価の考え方に関する論文を発表した。
 - ④-3 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た。また、詳細な曝露評価モデルを用いた曝露量推計を行った。

1. 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

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、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。

大気圏環境研究

1. 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（図1）。19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。

1. 2 研究期間

平成18年度～

1. 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
運営交付金	64	57				
その他外部資金	153	126				
総額	217	183				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

平成19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19年度の研究成果

- ①ア 波照間・落石岬の地球環境研究センター（CGER）モニタリングステーションにおける酸素 / 窒素（ O_2/N_2 ）比のモニタリングデータの解析から、地球規模での CO_2 の吸収源強度を定量的に示し、1999年から2005年の6年間に大気中に放出された化石燃料起源の CO_2 のうち、30%が海洋に、14%が陸域

生物圏に吸収されていることが分かった。

- ①イ 短い時間スケールでの O_2/N_2 比を測定可能な計測装置を開発した。開発した装置は O_2/N_2 比を 10 分おきに分析可能であり、また測定精度は 1 時間値に対して 6 per meg (1.2ppm に相当) であることを確かめた。これにより短時間スケールでの O_2/N_2 比の変動が十分に追跡可能である事を確かめた。開発した装置を落石ステーションに設置し、 O_2/N_2 比の現場連続観測を実施、その観測データの解析から海洋における生物一次生産性に関する知見が得られた。
- ①ウ 波照間モニタリングステーションにおける大気微量気体成分の観測データから、 CO_2 、 CH_4 、 CO 、 N_2O などの大気変動成分に着目し、観測される濃度変動比の時系列解析を行った。濃度変動の相関性の高いものを利用して、濃度変動比の季節変動や発生強度比についての解析を行った。
- ①エ 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ネットワークを展開した。
- ①オ リモートセンシング手法を用いたエアロゾル観測データから、エアロゾルを種別に選別し、その時空間分布を得るためのデータ解析手法を開発した。特に衛星観測データの活用の点からは、海洋上でのエアロゾル種毎の分布の導出に加え、GOSAT 観測のための基盤的研究として、陸上エアロゾルの導出アルゴリズムも開発した。ライダーデータの活用からは、多波長ライダーデータからのエアロゾル種別判定のための解析手法を開発した。
- ①カ 大気海洋結合モデルを用いて過去の気候変動に対して、太陽活動、火山活動、人間活動に伴う温室効果気体の放出ならびにエアロゾル量の変化、に対する気候応答の感度試験を行った。特に人為起源の炭素性エアロゾルの影響評価からは、従来の気候モデル実験では考慮されてこなかったプロセスが観測された気温上昇に対する各要因の寄与率推定に大きく影響する可能性がある事を示した。
- ②ア 成層圏化学気候モデルを用いた長期のオゾン層変動の数値実験を実施、オゾン層破壊物質ならびに CO_2 などの温室効果気体の今後の排出シナリオの基で行われた数値実験からは、オゾン層破壊が最も顕著な南極オゾンホールについて、21 世紀初頭は大規模なオゾンホールの出現が繰り返されるが、2020 年以降になるとオゾンホールの縮小傾向が認められるものと期待される結果を得た。また大規模なオゾンホールが繰り返される時期においても、成層圏の気象条件などにより、オゾンホール規模が極めて限定的なサイズに留まるケースが存在し得る可能性についても数値実験を基に解析した。これはオゾンホールが小規模に留まった 2002 年のケースに対応する事例が長期積分実験でも出現したもものとして捉えることが出来る。
- ②イ 極域オゾン層破壊の予測精度の向上で不可欠となる極成層圏雲 (PSC) ならびに PSC 上での不均一反応の影響について、ILAS-II 衛星観測データの解析から、PSC の組成情報と粒径分布情報を引き出す事に成功した。また ILAS/ILAS-II データを利用した、PSC による可逆的な窒素酸化物の吸収と放出、塩素系のリザーバー分子間の分配と不均一反応の影響に関する解析も行い、極域オゾン層破壊における PSC の役割を明らかにした。
- ②ウ 領域規模での気候変化シグナルの検出として、米国西部 (乾燥地域であり今なお成長を続ける人口密集地域) における水循環に見られる明瞭な変化の中から気候変化シグナルの検出を、大気海洋結合モデルを用いた数値実験を通して試みた。その結果、過去 50 年間の河川流量や冬季気温、積雪量の長期変化が主として人間活動に起因する事が分かった。
- ②エ 非球形の黄砂と球形の大気汚染エアロゾルの分離を視野に入れた二波長偏光ライダーによる通年連続観測態勢を整備し、同時に二波長偏光ライダーネットワークから得られる波長依存性と非球形性の情報を最大限に利用する解析手法を開発して黄砂と水溶性エアロゾルおよび海塩の分布のより正確な分布の導出を可能にした。
- ②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陽子移

動反応—飛行時間質量分析装置を開発、人間活動起源が主である芳香族炭化水素類やVOCの光化学反応の代表的な生成であるアルデヒド類の検出の選択性やその感度を調べた(図7)。また最も代表的なアルデヒドであるホルムアルデヒドの実大気中での実時間計測を実施、実大気中での計測が可能である事を示した。

- ③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の開発として、渦拡散係数を使用した数値モデルの開発を行った。都市キャノピー内の渦拡散係数は風洞実験を基に建蔽率や建物高さ・幅の関数として決定、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。両者を組み合わせたモデルを開発し、一様街区に応用、過去の野外観測や風洞実験との比較から予測モデルの検証を行った。
- ③イ 都市の高層・高密度化による風速の低下と温熱環境や空気環境悪化との関連性やその改善のために、風の道を考慮した街づくりへの指針が必要である。そこで道路空間の通風換気指標の決定や英学調査との連携を念頭に、単純形状模型ならびに実市街地模型を用いた大気大型風洞実験を実施した。その中で、ストリートキャニオン内の3次元的な通風経路の形成と建物の高さや配置との関連を明らかにした。その例として、道路沿いの建物高さを変化させることにより、道路内部の大気汚染濃度の低下がもたらされることなどを実験的に示した。
- ③ウ 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。その結果、二次エアロゾル生成収率はVOCの大気酸化を引き起こす酸化剤や大気酸化反応中でのNO_xおよびRO₂/HO₂ラジカル比に依存すること、また幾つかのVOC反応系ではエアロゾル組成がOHラジカルの存在の有無によって影響を受ける事を見出した。
- ③エ 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の小型環境監視装置の開発に取り組んだ。監視装置開発は化学センサ類の開発、センサ・ステーションの開発、ネットワークシステムの開発に分類されるが、このうち特に化学センサ類の開発とその試験を、エアロゾル、オゾン、NO₂、VOCセンサなどに対して実施した。

1. 5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	1	14				15
(平成20年5月)	6.7%	93.3%				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]

本研究では、大気圏環境についての守備範囲を明確にした上で、計測・分析手法およびモデルの開発など多岐にわたる研究を高いレベルで進められていると評価できる。国環研としての独自性が良く現れ、それぞれの研究課題は明確かつ的確であり、限られた資源が有効に活用されている。

一方で、温暖化重点プログラムとの間の相互的な連携関係がもう少し明確な方が良い。また、それぞれの研究課題がどのような経緯で開始され、今後どこまで進めていくのかが見えにくいという印象を受けた。

[今後への期待、要望]

今後、未解明な大気環境問題の発掘などを含む、中長期的な研究プロジェクトを検討して戦略的に研究を

推進して頂きたい。また、次期重点プログラムのシーズを育てるような研究環境作りにも十分に配慮して欲しい。国内外の大学や研究機関との連携を積極的に進めながら、国内のキーポイントとなって頂きたい。限られた資源を有効に活用して基盤的研究を進めていく上で、今後問題となってくる大気環境問題を先取りして行政支援的な研究に取り組むというアプローチの方向性も探ってはどうか。

(3) 対処方針

大気圏環境研究領域のメンバーの多くが重点研究プログラム（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）を構成する中核プロジェクトと係わりを持って研究を進めている。今後は、現在取り組んでいるプロジェクトの基盤となる課題やプロジェクトの次の展開を図るための課題の一層の推進を心がけたい。また重点プログラムとの連携ではその母体となるセンターやグループの有する施設、設備、ならびに組織力における強みを活用することをより積極的に行っていききたい。

一方でご指摘のとおり、現在の研究課題やプロジェクトの進展のみならず、今後問題となってくるあるいは未解明な大気環境問題の発掘を行っていくこともまた基盤研究部門に課せられている。人間活動や生物活動の今後の変化ならびにその変化によってもたらされる大気への負荷の変化、大気への負荷の変化が引き起こす可能性のある様々な影響、大気環境の影響研究側から求められる現象や原因の推定、そして複数の大気環境問題間の相互関係、と言った視点からの取り組みが必要であろう。個別の研究ユニットのみで閉じている問題は問題発掘や研究の新展開は困難である。研究所の中の他の研究ユニットや所外の様々な研究分野との交流、更には行政を含む環境問題の現場とのつながりを意識した取り組みとして、どの様な取り組みが可能か模索していききたい。

現在実施している研究の展開から中長期的な戦略に基づいた研究の推進を、現在の10数名の研究員だけで行っていくことが不可能であることは自明である。そのためにも、海外研究機関も含めた所内外の研究機関（大学を含む）との連携—特にハブ機能を有した連携—を如何に進めていくか、研究ユニットの枠に拘ることなく、より良い形を見出し、また実現に向けた歩みを目指したい。

水環境環境研究

1. 1 研究の概要

水環境保全及び流域の水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。

1. 2 研究期間

平成18年度～

1. 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
運営交付金	127	119				
その他外部資金	199	194				
総額	326	313				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

平成19年度の研究成果目標

① (水環境保全及び流域環境管理に関する研究)

ア 「水系溶存有機物の特性・反応性を評価するための有機炭素検出クロマトグラフィーシステムの開発に関する研究」、イ 「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」、ウ 「貧酸素水塊の形成機構と生物への影響評価に関する研究」、エ 「流下栄養塩組成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」、オ 「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発、サブテーマ3」、カ 「森林土壌炭素蓄積量の推定精度向上に向けた日本の統一的土壌分類案の適用に関する研究」、「森林域での窒素飽和現象の解明」、キ 「水質環境基準（生活環境項目）等設定基礎調査」

② (流域における環境修復・改善技術に関する研究)

ア 「省エネルギー型水・炭素循環処理システムの開発」、イ 「嫌気性生物膜の高度利用による排水処理技術」、「無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発、無加温嫌気処理における有機物分解特性の評価」、ウ 「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」、エ 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」、オ 「腐植物質還元微生物の特性の把握と環境浄化への応用に関する研究」（文科省-科研費）、カ 「湖沼における溶存有機物の起源と特性を明らかにするための分析手法開発に関する研究」（経常他）

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 「霞ヶ浦エコトーンにおける生物群集と物質循環に関する長期モニタリング」、イ 「湖沼におけ

る溶存鉄の存在形態分析と鉄利用性がアオコ発生に及ぼす影響」、ウ 「水士環境における微生物群集構造及び活性評価に関する基礎的研究」、エ 「東アジアの環境中における放射性核種の挙動に関する研究」、オ 「大気降下物を由来とする有害金属による都市土壌汚染に関する研究」、カ GEMS/Water による霞ヶ浦モニタリング

平成19年度の研究成果

- ①ア TOC 検出分析的 SEC システムの開発を完了した。開発したシステムは、既存のシステムよりもはるかに高感度であった。本システムを使って実際の水環境に存在する DOM (湖水、底泥間隙水等) の分子サイズおよびその特性を評価した結果、UV 吸収で観察された DOM のピークとしては分子量 1,000~3,000 程度のものがほとんどであったが、TOC 検出で見ると DOM ピークとしては分子量 1,000 以下が卓越するという新しい知見を得た。本システムを発展させて、多目的検出 (UV 吸収、蛍光強度、TOC) SEC システムを構築し、下水処理水等の DOM について分子サイズをパラメータとして評価したところ、下水処理によって分解される DOM は主に UV 吸収能の低い低分子であること等が観察された。
- ①イ 十和田湖湖心における水サンプルを採取して、凍結濃縮操作によって 2~3 倍濃縮した後、溶存有機物 (DOM) を 3 種類の樹脂によって 5 つに分画する樹脂分画手法に供した。十和田湖湖水ではフミン物質の存在比が、琵琶湖、諏訪湖、霞ヶ浦、手賀沼よりも低く、降雨の存在比に近かった。
- ①ウ 東京湾における有機物分解性評価を行ったところ、植物プランクトン由来の有機物は陸起源のものより分解率が高いことが明らかになり、さらに、起源の異なる試水中の有機物ごとに懸濁態有機炭素の組成や炭素の安定同位対比が異なり、分解性との関連性が示された。底泥の酸素消費速度の実験から、浅場で酸化状態の砂質箇所より深く還元状態にある泥質箇所の方がより速く酸素を消費すること、酸素消費機構として、2つの消費パターンがあることが新たに確認された。CIP-FEM を用いた準3次元内湾流動モデルを構築し、湾内の流動を解析した。
- ①エ フェリー観測により、N、P、Si の経年・周年変動と植物プランクトン組成の関連を明らかにするとともに、生態系モデルを発展させた。瀬戸内海においては Si が回復傾向にあることが判明した。また、植物プランクトン粒子と無機懸濁物質の共凝集による沈降促進効果をモデルに取り入れ、上層からの有機物の沈降に果たす役割を明らかにした。
- ①オ 数値標高モデル、水系図、土壌図、植生分類図等の自然環境情報と、人口分布、生産活動等の社会環境情報を地理情報システム (GIS) 上で統合化した流域環境情報データベースの開発を進めた。陸域生態系が浅海域環境に及ぼす影響と干潟創出技術の開発モデルとして、湾内流動モデルと生態系モデルの開発を進めた。
- ①カ 荒川源流域奥秩父山地帯における土壌調査および採取試料の理化学分析結果を用いて、土壌炭素蓄積量を推定するとともに、数種の土壌分類体系による比較を行った結果、火山噴出物由来の成分 (Al、Fe 成分) を多く含む土壌で土壌炭素蓄積量が高いことが示された。また、土壌炭素蓄積量を空間上で推定する際、火山噴出物を由来とする成分量や組成を土壌分類上の高次カテゴリーの要件として活用する推定ツールの妥当性が高いと考えられた。
- 筑波山をフィールドとして、林外雨ならびに林内雨調査から、大都市部での自動車排ガス等による窒素酸化物と、周辺農地、畜舎から発生するアンモニアの影響によって、森林域に対する大気降下物経由での高窒素負荷の実態を明らかとした。源流域渓流水を対象に実施した水質調査から、筑波山森林域は、ほぼ全般に亘って、窒素飽和状態にあることを明らかとした。また、窒素飽和状態にある森林小集水域での降雨時流出観測から、渓流水中の硝酸態窒素濃度が、従前の認識よりも森林域の窒素負荷発生源として寄与している可能性が高いことを明らかとした。
- ①キ 生活環境項目である BOD、COD、pH、溶存酸素 (DO)、大腸菌群数等の問題点を整理した。自治体へのアンケート調査や公共用水域調査結果の整理等から、現状の水利用上の障害との関連性が低い点や、科学的な課題が多いことから COD や大腸菌軍数には見直しの必要性が認められた。海域については、底層

の貧酸素化が大きな問題であり、これと透明度に新たな指標としての可能性が認められた。

②ア 生物膜流動型リアクターによる低濃度排水の連続処理実験を行い、処理水循環無し (UASB モード、ワンパス処理) と処理水循環有り (EGSB モード、循環処理) との組み合わせによる運転と、流入水の ORP 制御により低濃度排水 (400mgCOD/L 以下) の効率を飛躍的に向上 (COD 除去率 60%→90%以上) させることが出来た。また、200 日以上 of 長期間、保持生物膜の物性は良好に維持され、高い活性を有する生物膜の高濃度保持を達成した。ろ床を密閉容器に設置した DHS リアクター (cDHS) によるメタン発酵処理水からの溶存メタン回収を試み、溶存メタンの約 80-90% を回収することが出来た。

都市下水を処理対象とした省エネ・低コスト型排水処理装置 (UASB 法と DHS 法の組み合わせ) のパイロットスケール実験を鹿児島県霧島市クリーンセンターで開始し (NEDO プロジェクト: 民間企業との共同研究)、UASB 保持汚泥のメタン生成活性を定期的に測定した。その結果、消化汚泥植種直後の UASB 汚泥はある程度高い活性を示したが、運転の継続と水温の低下 (冬季の外気温低下) に伴い活性が低下する傾向にあった。また、冬期間は余剰汚泥量が増える傾向にあったが、UASB 法 (嫌気槽) の排水処理性能は、著しく悪化することなく安定的な運転が可能であった。

②イ 6 種類の界面活性剤をモデル洗浄剤として、3 種の有機塩素系溶剤の水への飽和溶解度の変化を測定した結果、いずれの系においてもミセル可溶化による溶解度の上昇が観察された。また、粒径の異なるガラスビーズを充填した水飽和カラムを利用して、洗浄剤無添加の場合の TCE の通過可能な空隙サイズの推定を行った。18 年度までの科研費による類似の課題で明らかになった、鉄粉による TCE の化学的脱塩素分解速度への洗浄剤の影響についての検討を継続し、脱塩素化が β -脱離と水素化分解の異なる 2 つの反応機構の競争反応で進行することを明らかにした。この知見は、鉄粉を利用した透過性浄化壁による地下水浄化の効率化と安全性確保に大きく寄与すると考えられる。

②ウ 室内試験により、サハリン産原油中に含まれる炭化水素は、中東産の原油のものより早く分解されたことが判った。現場試験では、サハリン産原油中に含まれる比較的易分解性とされる炭化水素については 90% 近く分解したのに対し、分子量が大きい難分解性の芳香族炭化水素に関しては 40% の分解にとどまった。これらの個々の炭化水素の分解に対する栄養塩添加効果は顕著ではなかったが、原油全体量の減少に対しての効果は明確だった。

②エ 本研究の実施により、腐植物質還元細菌は環境中に普遍的に存在していることが明らかとなり、その積極的な活用によって、効率の良いバイオスティミュレーションプロセスを構築できる可能性が示された。また、その礎となる同細菌の特性・系統学的分布に関する知見を得ることができた。

②オ 藍藻類由来の溶存有機物 (DOM) 中の糖類組成を高速液体クロマトグラフィー・パルスドアンペロメトリー法 (HPLC-PAD 法) により従来法よりも約 100 倍高感度で分析が可能になり、霞ヶ浦で優占する藍藻類について増殖定常期に排出する糖類組成を調査した (水環境学会誌投稿中)。

湖水、河川水、流域水について 3 次元励起蛍光スペクトル法を用いた解析を行い、特にフミン物質量のモニタリングを行う上で有用なツールになり得るとされている EEM 上の特定ピーク (Peak 4) について検証を行った結果、湖水、河川水では全ての試料において Peak 4 が検出され、同ピークの由来物質は、樹脂分画を行った後のフミンと非フミン画分の測定結果から、これまでの定説とは異なり 3~5 割が非フミン画分に含まれていることが分かった (水環境学会誌印刷中)。

霞ヶ浦湖水と流入河川水 DOM の炭素放射性同位体比 ($\delta^{14}\text{C}$) は、約 -200‰ を境にして湖水と河川水とで明白な違いを示し DOM の起源を推定する上で、とても有効な指標であることが示された。一方、DOM の炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) については、湖水と河川水とでは有意な違いが認められなかった。この結果は、湖水の ^{13}C 値を決定する要因が湖内由来や河川水 (陸起源) 由来 DOM の違いによると単純に帰結できないことを示している (Radiocarbon 誌に掲載)。

- ③ア ヨシ帯の物理的・生態学的な維持機構にバンクの有無が大きく影響することを明らかにした。測定の結果や過去の航空写真の調査から、バンク無しのヨシ帯のほうが侵食されやすかった。バンク有りのヨシ帯内部では栄養塩（特に窒素）の供給が制限され、ヨシの成長が抑制されると共に陸生の植物の侵入が認められた。一方、バンク無しでは、ヨシ帯内部に向かって、ヨシの草丈は漸減傾向にあるものの、ヨシは全体に良好な成長を保っていた。水位制御や護岸整備等のヨシ帯への影響評価に必要な基礎情報が整備された。
- ③イ 霞ヶ浦や流入河川における溶存鉄濃度およびその存在形態の分析を実施した。湖水溶存鉄濃度は 35–254nM、河川水溶存鉄濃度は 47–2910nM の範囲にあった。溶存鉄濃度は水の流れ方向に沿って明らかに低減していた。このトレンドは、湖水に対する鉄の主要な供給源は河川であることを示した。本研究で、湖沼において、溶存鉄濃度および存在形態の水平方向および季節的変動を初めて明らかにした。以上の成果は Water Research 誌に掲載された。また、アオコを形成する藍藻類 *Microcystis aeruginosa* の増殖に対する鉄や栄養塩（窒素、リン）の影響を、新しいタイプの藻類増殖能 (AGP) 試験や連続培養試験を使って評価した。連続培養実験の成果は Limnology 誌に掲載され、AGP 試験の結果は Aquatic Microbial Ecology 誌に掲載、また水環境学会年会でクリタ賞を受賞した。
- ③ウ 湖沼内部での湖水の浄化に重要な役割を果たしている微生物群集の構造解析のため、全域調査による採水、河川水採水及び湾部を含む沿岸湖水 15 地点を毎月採水し、栄養塩の分析と微生物群集構造の解析を実施した。長期、多地点の湖水中の微生物群集の解析の結果、河川水、河口部、湖内それぞれに季節毎に特有の微生物が存在し、物質循環の役割を担っていることが明らかとなった。また、特に河口部に於いては、群集構造の変化、微生物存在量の変化が大きく、河川からの有機物、栄養塩類の供給との関連が示唆された。
- ③エ 冬季の中国で採取されたエアロゾルは筑波で採取されたエアロゾルと比較して土壌粒子が多く、²¹⁰Pb 比放射能が低かった。中国の砂漠土壌と土壌標準試料の ²¹⁰Pb 比放射能測定から、冬季の中国のエアロゾル中 ²¹⁰Pb 比放射能の減少は土壌粒子の混入が原因と考えられた。
- ③オ 3 地点のモニタリングサイトで土壌中現存量および降下物負荷量のモニタリングを実施し、分析手法の最適化を図った。これらにより、大気経由の人為汚染が疑われる金属元素はアンチモン (Sb)、ビスマス (Bi)、鉛 (Pb)、銀 (Ag)、スズ (Sn)、タングステン (W)、モリブデン (Mo) の 7 元素であることを明らかとした。特に、アンチモンの場合、土壌表層では、天然存在量の 10 倍以上に濃度が上昇しており、その負荷機構に関して、湿性沈着だけでなく、乾性沈着（樹木葉表面に沈着したのち、林内雨および落葉として土壌に負荷する）の寄与が大きいことを明らかとした。
- ③カ GEMS/Water 霞ヶ浦トレンドモニタリングの一環として霞ヶ浦湖水を毎月採取し、また別途、流入河川水を毎月採取して、DOM 分画手法に供した。DOM（溶存有機炭素 DOC として）に関しては 20 年間、難分解性 DOM としては 15 年間、湖水底泥からの DOM 溶出フラックスについては 10 年間に渡るデータが蓄積された。当該データの質・量に匹敵するデータは国内外で報告された例がなく非常に貴重である。上記のモニタリングデータに基づいた研究成果は、湖沼・河川、さらに海域における環境基準の在り方等、国・県等の水環境行政の大いに貢献した。また、我々の開発した DOM 分画手法については、多くの大学・地方環境研究所の研究者が取り入れ研究を実施している。

1. 5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	1	13	1			15
(平成 20 年 5 月)	6.7%	86.7%	6.7%			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 4.0 点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

水圏環境の研究に関して、基盤的で、かつ社会的に着目すべき研究項目を取り上げ、複数のコンセプト毎に連携させながら研究を進めることで、例えば生物群集の長期間モニタリング、微生物群集の年間遷移などの興味深く、新規性のある成果を挙げている面も見られる。環境基準の見直しのベースとなるような科学的知見の集積を含め、環境行政との連携も保ちながらその存在価値を示しており、高く評価できる。また、流域という言葉でうまくまとめながら多様な研究を実施しようとしており、環境修復技術にも取り組んでいる点は評価できる。

少数のスタッフで多岐にわたる研究が行われており、各研究者への負担が過大になり過ぎないかとの懸念が感じられる一方で、国環研ならではのテーマが少ないように見受けられる。また、流域としての統合という中期計画への方向性がわかりにくいという印象を受けた。

[今後への期待、要望]

今後、国土設計に携わる、土壌、地下水などに関してもっと根本的な研究課題の設定が出来ないかを検討し、国環研ならではの研究を進めて頂きたい。この一例として、EPA の EMAP のような将来の水環境の在り方、可能性を示すような国としての水環境の将来像を見据えるような研究の実施も期待したい。同時に、研究テーマ間で互いに連携・リンクができるようなテーマの設定が望まれる。また、他機関との連携を含め、国環研として主導的に研究分野の開拓を行うような努力も行っていって欲しい。また、個々の研究者からのボトムアップによる研究シードの汲み上げや、トップダウン型研究とボトムアップ研究とを上手く組み合わせた若手の意欲を引き出すような仕組みづくりにも期待したい。また、水質汚濁に関しては、有機、無機に関する複合的な研究も重要であり、組織的な研究の推進を検討して頂きたい。

(3) 対処方針

当研究所ならではの研究課題として、水質汚濁に係る環境基準及び土壌の汚染に係る環境基準の在り方やその適用に関する検討を国環研の重要な役割の一つであるとの認識の下に実施中であり、評価頂いたが、今後さらに、ご指摘の水環境の将来像を見据えるような課題を視野に入れつつ、環境省を初めとする行政側との連携をとり研究を展開させていきたい。流域としての統合、あるいは、互いに連携・リンク可能なテーマ設定の例として、今年度から、流域スケールでの炭素、窒素動態と生態系への影響という観点で、筑波山を対象とした森林生態系における炭素、窒素動態、及び、霞ヶ浦を対象とした有機物の循環と微生物生態系との相互作用、さらに、それぞれの研究課題においてデータの相互利用を含めた連携を開始している。また、今年度から、国環研が主導的立場で自治体の環境研究所等との連携をとった課題を開始しており、ここでは海域モニタリングデータの解析を目的としている。これまでも、所内外の競争的資金の提案では、トップダウン型研究の形を取りつつ、若手研究者の成果をコアとした総合的研究というボトムアップによる研究シードの汲み上げにより、若手の意欲を引き出すよう研究設計の段階から研究環境整備も含め組織的な取組を進めてきたが、今後も一層の充実を図りたい。水質汚濁機構の解明では、有機、無機に関する複合的な研究が

必須であり、当ユニット外の研究者も含む所内の多くの研究者が参画する今年度開始の特別研究では、この観点に基づく研究を開始している。

生物圏環境研究

1. 1 研究の概要

生物圏環境研究領域では、生物多様性を構成す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の構造と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) 絶滅が心配される希少動植物・固有種等の保全に関する研究、(2) 生態系の機能の解析と保全に関する研究、(3) 地球温暖化・大気汚染・水質汚染などの環境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、(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。

1. 2 研究期間

平成18年度～

1. 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
運営交付金	107	159				
その他外部資金	121	96				
総額	228	255				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

平成19年度の研究成果目標

① (絶滅が心配される生物の保全に関する研究) ア 湿原で撮影した航空写真と地上踏査による調査データから、希少植物の分布確率を推測する統計モデルを開発する。また、植物群落の構造に対応した、湿原で繁殖する鳥類の生息確率モデルを開発する基礎として、鳥類のセンサスを行う。イ 海洋島である小笠原諸島の河川の生物種についての分布調査を行い、絶滅の危惧される固有種がレッドリストに掲載されるべきかどうかを明らかにする。ウ 国の特別天然記念物であるが生活史も明らかではない阿寒湖のマリモを絶滅地において再生するための基礎として、マリモの個体群識別用分子マーカーを作成する。エ 再導入が予定されているトキの個体群の存続可能性分析を放鳥前に行なうため、トキにとって必要な生息環境条件の解析を行う。

② (生態系の機能の保全に関する研究) ア 環境変動下における湖沼など止水域生態系の変化とその仕組みを解明するため、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を調べる。イ 干潟は陸域や海域から運ばれてきた種々の懸濁物質が沈殿・堆積し、分解される物質循環の場である。しかし、干潟底質中での微生物による有機物分解量に関しては、信頼できる評価手法はいまだ確立されていない。本研究では、自然条件下にある干潟底質の有機物分解速度を酵素活性から推定する手法を確立するための予備実験を行う。

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 温暖化の影響が検出しやすい敏感な生態系であるチベット高原において、既存の研究成果と観測システムを活用しつつ、新たに同高原の代表的な生態系に観測システムを設置し、それぞれの環境変動と生態系の構造および機能の反応のモニタリングを行う。イ 国内の高山植生において温暖化影響の検出・把握を行う。ウ 2007年の春には我が国の広い範囲で光化学オキシダント(オゾン)の近年例を見ない発生があり、今後も同様の傾向が続くことが懸念されている。オゾンにより植物の受けるストレスを迅速かつ適確に診断するシステ

ムを作成するため、オゾンのストレスで特異的に発現する遺伝子の特定を行う。また、イネの品種間のオゾン感受性の違いに対応するタンパク質の特定を行う。

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 輸入されているセイヨウアブラナの種子に混在する除草剤耐性遺伝子組換えセイヨウアブラナが一般環境中に生育しているかどうかの調査をおこない、遺伝子組換え植物の拡散状態の現状把握を行う。イ 遺伝子組換え(GM)ダイズを一般環境中で栽培することにより自然生態系に影響がないかを調べるため、除草剤耐性GMダイズと、近縁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環境適応度に関する性質を閉鎖系温室における栽培実験等により調べる。ウ 国際条約の基で対策と規制が整備されたバラスト水による生物移入と現時点では法的な規制が策定されていない船体付着による生物移入の動態について、その現状を定量的に把握し、船舶による生物移入防止対策の策定に科学的な根拠を与える。エ 淡水魚オイカワの琵琶湖系統は近年琵琶湖産アユ放流が盛んになるにつれて、全国的に分布するようになった。関東地方河川では琵琶湖系統定着以前からオイカワの生息が確認されているため、在来系統と琵琶湖由来系統が混在している可能性が高い。そこで、遺伝子情報にもとづいて両系統を判別し関東地方河川における分布実態を明らかにする。

平成19年度の研究成果

- ①ア 渡良瀬遊水地での航空写真と植生調査のデータから、絶滅危惧種を含む草本種の分布推定を行った。単純なロジスティック回帰モデルと、種子散布などの影響で分布が集中しやすくなる「空間自己相関」を考慮した条件付き自己相関モデルを用いた結果を比較したところ、ほとんどの種で空間自己相関を考慮したほうが説明変数が絞りこまれるとともに、モデルの当てはまりの良さを向上させることができた。生息確率推定モデルは、効果的な保全施策の立案に役立つことを目指しており、その方向にむけて着実に進展している。鳥類センサスでは、遊水池およびその近傍で繁殖している種 37 種が記録された。観察ポイントの近傍 500mの灌木林面積が大きいほど多くの種が見られた。
- ①イ 小笠原諸島の父島と母島の陸水域において調査を行い、得られた標本に加えて、昨年度までに採集した標本を用いて、等脚目などの甲殻類・ユスリカ類などの水生昆虫について分布および分類学的な研究をすすめたところ、数種について生息地点の減少などが認められた。本研究の調査結果を受けて、オガサワラニンギョウトビケラは環境省レッドリスト改訂版において絶滅危惧Ⅱ類に指定されたことはアウトカムとして特筆される。
- ①ウ シラルトロ湖産のマリモを材料として、マリモのDNAのマイクロサテライト領域の塩基配列を決定した。単離したマイクロサテライト領域を増幅するためのPCRプライマーを235セット作成し、これを用いて52個のDNA断片を増幅に成功した。個体識別まで可能になれば、生活史の全体を明らかにすることや、絶滅個体群の再生のためにどの個体群を使うべきかの指針が得られるなど、保全上の応用が期待される。
- ①エ 佐渡島においてサギ類の分布調査、およびトキが最後まで生息していた環境調査を行ない、試験放鳥にむけての準備を行った。本年秋の放鳥後はモニタリングを続け、個体群の存続のための順応的管理に役立てる予定である。
- ③ア 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発生量を継続調査した結果、かつて大発生していた霞ヶ浦において発生量がほぼ0に近いことがわかった。いっぽう、他の調査水域では同じ期間にある程度の発生量を維持しているため、霞ヶ浦での発生減少は広域の環境変動よりも水域生態系の変化によるものと推察された。
- ③イ 東京湾小櫃川河口干潟において、バッグに入れた底質の分解量と酵素活性の変動を調べたところ、その結果、細粒画分の底質粒子では粗大画分よりも有機物含量が高かった。また、ヘミセルロース分解酵素は細粒画分に存する比率が高いなど、粒径により化学性、分解性が異なることが示された。

- ③ア チベット高原北限の海北で異なる標高 6 地点、高原中南部の当雄で異なる標高 9 地点で、温暖化モニタリングのために従来から行っている微気象観測を継続した。また、温度環境の変化が高山生態系の群落構造と生態系機能に及ぼす影響を予測するため、これらの観測点間での群落の移植実験を開始した。また、チベット高原北東部において植生調査を行い、各種の垂直分布パターンを調べた。群落の構成種は標高とともに変化し、400 m の標高差で半数以上の種が入れ替わっていた。従来、チベット高原での植物の分布情報はごく限られたものであり、本調査結果は重要な 1 次情報を提供するものである。
- ③イ 自然環境の特徴から我が国の高山域を大きく 3 つに分け、それぞれの地域から選んだアポイ岳（北海道）、白山（石川県）、北岳（山梨県）の定点観測地の高山植物の開花日、及び千蛇ヶ池雪渓（白山）の越年規模の観測調査を継続した結果、高山植物の開花時期が早くなる傾向が認められた。また、雪渓の越年規模が減少していることを確認した。
- ③ウ 野外で栽培したアサガオを材料とし、オゾンストレスを受けた葉（オゾンによる可視傷害の見られた葉やオゾン濃度の高いときに採取した葉）で高発現している防御系遺伝子を見出した。この遺伝子により作られるタンパク質に反応する免疫クロマトグラフを作成できれば、市民レベルでも利用可能な試験紙が作成でき、アウトカムとしての期待が大きい。また、イネの実験では、オゾンの可視障害の程度と負の相関のある含有量を示す分子マーカーが二つ見出された。
- ④ア 関東地方の幹線道路沿いに生育している GM セイヨウアブラナの調査を行った結果、国道 51 号線沿いに生育していた 278 個体のセイヨウアブラナのうち 5 個体からグリホサート（商品名：ラウンドアップ）耐性遺伝子が検出された。
- ④イ GM 及び非 GM ダイズ、ツルマメ、これらの F2 雑種を温室内で育て、それらの性質を調べた結果、F2 雑種は両親系統の中間的性質を示し、組換え遺伝子の有無による特段の影響は認められなかった。
- ④ウ 日本に入港中の鉄鉱石運搬船のバラストタンクおよび船体付着生物の調査を行ったところ、バラストタンク内のバラスト水および堆積物から少なくともプランクトン性の微細藻 16 種、付着性種 10 種の生息を確認した。船体付着試料からは、少なくとも 21 種の付着性微細藻種を確認した。また船体付着試料からは熱帯・亜熱帯域に生息する種が認められた。バラストタンク内の堆積物中から有害藻類種を特異的に検出する方法について検討した結果、分子遺伝学的手法により、4 種の有害藻を数細胞のオーダーで検出できる実験系を確立できた。
- ④エ 関東・琵琶湖両系統は、ミトコンドリア DNA 塩基配列を用いて区別できることが確認され、関東地方の河川で両系統が認められた。両系統がどの程度交雑しているかを確かめるために、仔魚の系統判別により両系統の繁殖時期を調べた結果、系統の出現頻度に季節的な違いはなく、両系統が交雑している可能性が高まった。

1. 5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価		14				14
(平成 20 年 5 月)		100%				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 4.0 点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

本研究では、科学としても環境問題としても端的かつ重要な数多くの研究テーマを明確な使命感を持って展開しており、興味深い研究成果をあげており、評価できる。個別のテーマとしては、特定の種の保存策に関する研究が評価できる。また、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として、オゾンと地球温暖化とを取り上げていることが評価できる。

一方で、広い分野で何を取り上げるのかという優先度の考え方を判り易く示す必要がある。従来研究の継続という印象で、新規性・独創性があまり見られない、国際的な視点・貢献が十分でないという指摘もあった。また、GMOの例で見られるように、研究成果と実際の政策との間の結び付け方がわかりにくい状況となっている。

[今後への期待、要望]

生物圏環境研究は、性格上、極めて多くの分野を対象とする必要があることは理解できるが、今後、国環研としての独自性を発揮する分野(必ずしも行政との連携を意味するのではない)を定め、環境系の生物学、生態学研究のリーダーとなるような研究の方向性や思想を示すことを期待する。

(3) 対処方針

今後、国環研としての独自性を発揮する分野を定めて研究の方向性や思想を示すことを期待するとの指摘については、重要な指摘であると受け止め、今年度中に方向性の検討を行うとともに、次期中期計画において大きく発展するための土台作りを今中期計画中に進める。環境省の研究所として特色を出すべき点、研究のキャパシティとして中心的な存在となるべき分野、両方の視点から今後の方向性を検討する。すでに現在、生物系の研究者がこれまでに取り組んできた課題とその成果の総括を行っており、現在の社会的ニーズにも鑑みながら今後の方向を考える(今年度)。それを踏まえて新たな展開の一步となるような研究課題を立て、競争的研究資金を獲得して展開する(今中期)。

上記と関連し、広い分野で何を取り上げるのかという優先度の考え方を判り易く示す必要があるという指摘については、今後の方向性や思想を検討するなかでおのずと対応できるものと考ええる。

また、研究成果と実際の政策との間の結び付け方がわかりにくい状況となっているとの指摘については、テーマによって、直接結びつくもの、短期的には結びつきが明確でないものがあるのは確かであるが、基盤領域の性質を考えると、すべて直接結びつける必要はないものと考ええる。

地球環境研究

1. 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、衛星利用の温室効果ガス全球分布観測に関する先導的研究、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、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、分光法を用いた遠隔計測に関する研究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を実施した。また、次世代アジアフラックスへの先導研究、を行った。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、海洋生物資源情報と地球環境研究情報の統合化に関する基礎的研究を行った。

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、東シベリアにおける森林火災による大気環境影響とその日本への越境大気汚染の解明、大気―陸域間の生物地球化学的相互作用を扱うモデルの拡張と温暖化影響評価への適用、アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究、上部対流圏から下部成層圏における水蒸気分布の変動要因の解明と気候に及ぼす影響評価、台風 18 号による自然攪乱が北方森林の炭素交換量及び蓄積量に与える影響の評価に関する研究を行った。

1. 2 研究期間

平成 18 年度～

1. 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
運営交付金	1 1	1				
その他外部資金	1 5 6	3 7				
総額	1 6 7	3 8				

1. 4 平成 19 年度研究成果の概要

平成 19 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
(1) 衛星利用の温室効果ガス全球分布観測に関する先導的研究
2008 年打ち上げ予定の GOSAT 衛星運用終了後 (2013 年頃) 以降の衛星による温室効果ガス観測について、想定した時期に利用可能となる観測技術とその精度を調査・検討した上で、衛星の主目的とそれに合わせた観測シナリオを複数例取りまとめる。
(2) 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。太陽直達光を用いた室内試験測定により、スペクトルを取得し、分光装置自身の評価を行う。
(3) 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法により、Intracavity レーザー吸収を観測する高感度赤外分光システムの開発を行う。中間赤外領域における強い赤外レーザー、量子カスケードレーザーの共振器内に吸収セルを設置して、数 km の有効光路長を実現し、分子、分子イオンの弱い吸収スペクトル線を検出できるようにすることを目標とする。

(4) 分光法を用いた遠隔計測に関する研究

人工衛星、地上等からの分光遠隔計測によって地球大気中の微量成分の存在量及びその変動を把握するとき、より精度良く必要な情報を得るためには、遠隔計測法、放射伝達の取り扱い及びデータ解析法に関する検討と微量成分の分光パラメータの高精度化が重要である。本研究では分光学の視点に立って関連する研究を行い、高精度化に貢献することを目標とする。

(5) 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

衛星や航空機から取得された遠隔計測データから、地形及び分光特徴を自動的に認識・抽出する技術を開発する。特に衛星データを用いた陸域/水域/雲域手法や得られた画像からの野生動物の痕跡抽出に関する検討や分光データの校正に関する研究を行う。

(6) 次世代アジアフラックスへの先導研究

アジア地域の陸域炭素フラックス観測ネットワークとして、我が国と韓国の主導で立ち上げた AsiaFlux の活動を発展させるため、国際会議、専門家派遣、技術研修等を通じて、アジア諸国の当該分野の技術の向上を図る。

(7) 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、草地、湖沼など全く異なった生態系で共通した景観スケールでの観測とそれを視覚的な形で提供できるデータベース開発を行い、各生態系に共通した劣化現象と、ある生態系に特有の危機的崩壊を明確に区別することを目指す。

(8) 海洋生物資源情報と地球環境研究情報の統合化に関する基礎的研究

国際的な海洋生物のデータベースプロジェクトである Ocean Biogeographic Information System (OBIS) のポータルシステムの開発を継続するとともに、指標性の高い生物種と生息域に影響を与える環境要因を明らかにする。また国内の海洋生物情報保持機関との情報共有をすすめる。

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

(1) 東シベリアにおける森林火災による大気環境影響とその日本への越境大気汚染の解明

東シベリア地域イルクーツク市近郊のサンプリング地点において、10 ライングローバルサンプラー (GS10-GP) を用いて、暖候期に大気汚染物質 (二酸化硫黄、エアロゾル) を高時間分解能 (1 日単位) の連続大気汚染物質捕集により測定し、その局地的な大気環境インパクトを求めると同時に、バックトラジェクトリー計算による解析により越境大気汚染として日本に及ぼす影響を調査する。

(2) 大気-陸域間の生物地球化学的相互作用を扱うモデルの拡張と温暖化影響評価への適用

陸域生態系における温室効果ガス・微量物質交換を統合的にシミュレートするモデル VISIT を開発し、気候システムにおける陸域の役割を定量的に評価する。代表的な観測サイトにおいてガス交換観測データと比較しモデル検証を実施する。

(3) アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究

国内のタワーフラックス観測サイトと連携して、観測解析の標準共有化、可搬型測器による比較（検定）観測を実施し、国内・アジア地域の観測地点における観測データの信頼性の確保と品質管理された観測データの蓄積を目指す。比較観測によってアジア地域の観測体制を整備する。

(4) 上部対流圏から下部成層圏における水蒸気分布の変動要因の解明と気候に及ぼす影響評価

上部対流圏における水蒸気の気候への影響評価に関し、衛星観測データとゾンデを用いた現場観測データとを組み合わせるにより、科学的に有効な水蒸気データの解析から、上層の水蒸気の気候への影響をより定量的に評価する。

(5) 台風 18 号による自然攪乱が北方森林の炭素交換量及び蓄積量に与える影響の評価に関する研究

台風 18 号で被災した北海道樽前山麓のカラマツ林において、集中的な野外観測を行い、自然攪乱が森林生態系の炭素循環に与える影響を明らかにする。また、得られた結果をモデル化し、リモートセンシングや GIS を活用して広域化する。

平成 19 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

(1) 衛星利用の温室効果ガス全球分布観測に関する先導的研究

CO₂用差分吸収ライダーの技術動向を調査し、実現可能性の高い方式について衛星搭載時のリソース検討を行った。また衛星データをインバースモデルによる全球 CO₂ フラックス推定に用いるだけでなく、地点間の CO₂ 濃度差から地域レベル（数十～数百 km）のフラックス推定を行う場合についても検討し、衛星観測に必要な条件を明らかにした。

(2) 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

本研究で導入する波長可変光学フィルタ装置の仕様を決定するために、デモ機による太陽直達光や人工光源の観測を行った。デモ機を用いた実験結果を基に購入する波長可変光学フィルタの仕様を決定し、仕様の波長可変光学フィルタを導入し、入射光学系、光ファイバの整備、装置の制御・データ取得系の立ち上げを行った。

(3) 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

近赤外領域のチタンサファイヤレーザーの開発を行い、レーザー光のパルス発振に成功した。時間分解フーリエ変換型分光器にレーザー光を入射させ、レーザー光の性能を評価した。また、レーザーアブレーション実験を行い、鉄原子や一酸化炭素のスペクトルを、時間分解フーリエ変換型分光器を用いて観測した。

(4) 分光法を用いた遠隔計測に関する研究

温室効果ガスであるメタンや水蒸気、一酸化窒素に対して実験室分光測定を行い、測定スペクトルの解析と決定した分光パラメータの評価を行った。大気観測用高分解能フーリエ分光計を用いて測定した大気吸収スペクトルのリトリバル解析は、3年間観測したスペクトルの二酸化炭素の吸収線に対して行った。季節変動及び経年変動の導出に成功した。この結果を他の観測値やモデル計算値と比較した。

(5) 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

雪原のリモートセンシング画像に映っている野生動物の足跡を自動抽出するアルゴリズムを開発した。さらに抽出された足跡の総延長より対象動物の生息密度の推定を行った。また衛星搭載可視近赤外連続分光計の校正データを定期的に取得し、同分光計の校正手法の検討を行った。またその検討結果を受けて、ユーザが自分でデータを処理するために必要な関数群のコーディングを進めた。

(6) 次世代アジアフラックスへの先導研究

アジアの陸域生態系の炭素収支観測の拡充と連携強化を促進するため、観測ネットワーク (AsiaFlux) におけるデータセンターおよび事務局機能の強化を進めた。アジア地域の炭素フラックス観測の現状把握と、既存の研究成果・観測データの集約を促進するために、国際会議 (AsiaFlux Workshop 2007) 及び専門家会合を開催した。参加拠点の基盤情報・観測データを集約し、統合データベースシステム構築を進めた。

(7) 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

森林など自然植生に対する気候変動や人間活動の影響等のモニタリング手法の確立のため、植生の季節応答を簡便に評価することを目指した分光画像センサーの開発に着手した。野外において地温上昇処理実験を行っている落葉広葉樹 (ミズナラ) を対象とした樹冠表面の分光反射率を連続観測し、汎用型の野外モニタリングセンサーの開発に必要な計測波長域や解析手法を明らかにした。

(8) 海洋生物資源情報と地球環境研究情報の統合化に関する基礎的研究

国際的な海洋生物のデータベースプロジェクトである Ocean Biogeographic Information System (OBIS) のポータルシステムの日本語版の開発を継続するとともに、沿岸生物観測国際プロジェクト NaGISA の参画研究者間のデータ共有及びその一部の OBIS ポータルから公開について関係者と検討を行った。

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

(1) 東シベリアにおける森林火災による大気環境影響とその日本への越境大気汚染の解明

東シベリア地域イルクーツク市近郊のサンプリング地点において、SO₂ やエアロゾルを継続して測定した。解析によれば、2005年には、周辺の森林火災によると思われる影響がSO₂ やエアロゾルのカリウム濃度増加として観測された。日本への直接の影響を北海道の酸性雨局での影響として検索したが、この期間の影響はそれほど定かではなく、2003年のときのような大きな火災の影響は見られなかった。

(2) 大気-陸域間の生物地球化学的相互作用を扱うモデルの拡張と温暖化影響評価への適用

既存の炭素循環モデルを拡張して統合モデル VISIT を開発した。陸域窒素循環を組み込むことで亜酸化窒素放出の評価が可能になった。バイオマス燃焼に伴う放出および揮発性有機物質 (VOC) の放出プロセスを組み込んだ。陸域の温室効果ガス・微量ガス交換のグローバルなモデル評価に先鞭をつけた。

(3) アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究

新たに開発した可搬型の二酸化炭素フラックス観測システムを用いた比較観測に向けて、富士北麓フラックス観測サイト (山梨県富士吉田市) において、既存の観測システムの調整・準備を行った。また、富士北麓サイトにおける炭素収支特性の解析を進め、渦相関法による二酸化炭素フラックス観測の特性、限界を抽出した。

(4) 上部対流圏から下部成層圏における水蒸気分布の変動要因の解明と気候に及ぼす影響評価

対流圏から成層圏への水蒸気の主要な流入の一つとして考えられているバングラディッシュにおいて、プ

レモンスーン期(3-5月)とモンスーン期(6-8月)に高精度湿度計を用いたゾンデ観測を世界で初めて実施した(計9回)。対流圏界面直下の巻雲内で過飽和が確認されたが、巻雲以外の中上層は20%以下であった。衛星観測データとの比較では、巻雲内を除き10%以内でよく一致し、衛星観測データの質の高さが確認された。

(5) 台風18号による自然攪乱が北方森林の炭素交換量及び蓄積量に与える影響の評価に関する研究

2004年9月の台風18号により全壊した苫小牧カラマツ林で、森林生態系の炭素循環過程を中心とした諸過程(被災林のCO₂交換過程、バイオマスの変化、残置バイオマスの分解過程、森林の再生過程、土壌呼吸速度・土壌炭素蓄積量の変化など)に及ぼす自然攪乱の影響を総合的に観測調査した。自然攪乱後3ケ年で、炭素の放出源であった森林跡地が、森林の下層植生の成長に伴い、次第に吸収源に移行するのが確認できた。

1. 5 今後の展望

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

(1) 衛星利用の温室効果ガス全球分布観測に関する先導的研究

本研究は19年度で終了するが、GOSAT後継機に関する調査検討を適宜進める。

(2) 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

分光装置の改良を行い、野外観測のための準備を行う。野外観測行い、データ解析を実施する。更に、本装置の発展性の検討を行う。

(3) 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

昨年度開発したチタンサファイアレーザーを用いたIntracavity吸収セル、及びレーザーアブレーション装置と時間分解フーリエ変換型分光器を組み合わせた分光法により、星間分子関連の分子種の分光を試みる。

(4) 分光法を用いた遠隔計測に関する研究

温室効果ガスに重点を置いて大気微量成分の実験室分光測定を継続して行う。測定データの解析を行い、決定したパラメータの評価を行う。大気観測用フーリエ変換赤外分光計により取得した測定スペクトルのリトリーバル解析をつめ、他の手法による観測値やモデル計算値と詳細な比較をおこなう。

(5) 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

19年度で本研究は終了するが、これまでに開発された動物の痕跡を抽出するアルゴリズムを応用し、動物の種別及び生息環境に関する情報抽出について検討を引き続き行う。また分光データの反射率変換及びPhotometric補正の検討を行い、対象の組成情報を抽出する手法の研究を進める。

(6) 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

森林樹種や装置など、分光観測の対象生態系を広げると共に、試作した野外モニタリングセンサーによる試験的なデータ取得を行い、観測システムとしての完成を行う。

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

(1) 東シベリアにおける森林火災による大気環境影響とその日本への越境大気汚染の解明

19年度で本研究は終了するが、今後、酸性成分の輸送現象ばかりでなく火災や、気候変動による炭素循環変化および、CO₂の発生について検討する必要がある。

(2) 大気―陸域間の生物地球化学的相互作用を扱うモデルの拡張と温暖化影響評価への適用

過去から将来にかけての気候変動が陸域生態系のガス交換に及ぼした影響をシミュレートし、その潜在的なフィードバック効果を推定する。モデルの拡張を継続し、湿原におけるメタン生成などのスキーム再検討と地点検証を実施する。特に土地利用変化や農耕地など人為プロセスに重点を置く。

(3) アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究

長期・短期の気候変動による陸域生態系の炭素循環の応答を定量的に検出するために、各種環境要素の測定データの精度検証と観測プロトコルの確定作業を進めるとともに、内外の研究機関と技術情報を共有する。これにより、アジア域でのデータの流通性を確保し、統合的解析に資するデータ共有体制の確立を目指す。

(4) 上部対流圏から下部成層圏における水蒸気分布の変動要因の解明と気候に及ぼす影響評価

モンスーン期に上層の水蒸気測定の不確実性が高まったことの原因の一つとして、下層で多量の水蒸気が湿度計に付着したことが考えられ、今後は付着予防の対策が必要である。ゾンデ観測と衛星観測間で巻雲内の過飽和度に最大 100% 以上の差が生じた。過飽和形成過程(雲微物理)の研究による原因究明が必要である。

資源循環・廃棄物管理研究

1. 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19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

なお、平成20年5月12日に開催された国立環境研究所外部研究評価委員会全体会合において、循環型社会研究プログラムに属する「廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究」は基盤的な調査・研究の区分で評価が行われたので、本調査・研究については課題名のみ再掲する（詳細は資料11を参照）。

- ・循環型社会に適応した安全・安心な適正処理・処分技術の確立
- ・試験評価・モニタリング手法の高度化・体系化
- ・液状・有機性廃棄物の適正処理技術の高度化
- ・廃棄物の不適正処理に伴う負の遺産対策

1. 2 研究期間

平成18年度～

1. 3 研究予算（*「廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究」の予算を含む）

（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	230	194				
その他外部資金	561の一部*	322の一部*				
総額	791の一部*	516の一部*				

※：他の研究区分の課題に係る予算と区別できないため、「一部」とした。

1. 4 平成19年度研究成果の概要

平成19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分析法を確立し、土壌・底質・廃棄物への適用性を検討しデータを取得する。TEM分析法と位相差顕微鏡分析法を比較照合する。アモサイト及びアンソフィライトの熱処理物の細胞毒性試験及びクロシドライト及びクリソタイルの熱処理物のラットへの気管投与実験による毒性評価を行う。
- ②（資源循環に係る基盤的技術の開発）エネルギーおよびマテリアル回収技術等について、有望な技術の絞り込みを行い、将来の技術開発基盤として蓄積する。これに基づき具体的な技術シーズを選択し、要素技術としての実験研究に着手する。

平成19年度の研究成果

- ①ア アスベストの透過型電子顕微鏡(TEM)による高感度・高精度分析法の開発に関して、粗大ごみ破碎集じん物やハウスダスト等の前処理法として、低温灰化とギ酸処理を組み合わせた方法を考案した。これにより、ろ過時の繊維の凝集を抑えられること、集じん物では繊維計数値が増加することを確認した。また、日常モニタリング法の開発に関して、位相差顕微鏡、偏光顕微鏡(PLM)、走査型電子顕微鏡とTEMの各方法で試料の作成方法や結果の報告様式を統一し、アスベスト標準及びスラグ溶出物

試料を用いた共同分析を実施した。

- ①イ 処理レベル設定に必要な環境試料中アスベスト濃度の把握に関して、旧アスベスト製品工場周辺の土壌やハウスダスト、河川・海域底質の採取と TEM 法によるアスベストの分析を実施した。また、一般環境試料として蛇紋岩地域や非蛇紋岩地域で土壌を採取し、PLM 法と TEM 法によるアスベストの分析を行い、蛇紋岩地域土壌からトレモライトやクリソタイルを検出した。
- ①ウ アモサイト及びトレモライト標準の熱処理物を X 線回折法と TEM 法により観察した。アモサイトの X 線回折パターンは 900℃で消失し、1100℃以上でクリストバライトやマグネタイトのそれに変化した。トレモライトも同様に 900℃以上で回折パターンが消失・変化した。TEM 法による観察では、アモサイトは 800℃までは繊維数濃度がほぼ一定であり、繊維構造が保持されるものと考えられた。
- ①エ アモサイト及びトレモライト標準の熱処理物について、マウス肺胞マクロファージ等の細胞生存率による in vitro での毒性評価を行った。その結果、アモサイトでは 1100℃以上、トレモライトでは 1200℃以上で毒性が失われることが分かった。また、マウス腹腔内投与によるフォルステライト(クリソタイル熱変成物)の炎症誘導能は、800℃で熱処理したクリソタイルよりも低いことが分かった。クロシドライト熱処理物を用いて in vivo 投与経路(腹腔内、気管内)による違いを比較したところ、腹腔内投与は急性炎症誘導能に対する感度が高く、一方気管内投与では組織の線維化が確認できた。
- ② 民間の環境プラントメーカー数社と研究会組織を設けて連携し、廃棄物処理・資源化および環境保全技術に関する調査を文献、施設調査等に基づいて行い、開発、導入および稼働状況等にわたる情報を収集し、集約した。調査施設は、バイオマスガス化-発電システム、一般廃棄物炭化施設等であり、発電によるエネルギー利用およびマテリアル回収の実際例を評価した。また、今後の技術的課題について、各メーカーからの情報を収集し、整理した。

1. 5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価		14	3			17
(平成 20 年 5 月)		82.4%	17.6%			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 3.8 点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

循環型社会の実現のために不可欠な重要課題の基盤的研究が的確にデザインされ、着実に進められている。例えば、安全安心に処理した多量の建設廃棄物の処理過程における物質フローが明らかになった。この成果は、建築・建造物の解体手法に対する提言などにも活用できると期待できる。また、これらの研究成果により、わが国の廃棄物分野での存在感の高さをアピールできている。中核研究プロジェクトや重点研究プログラムとの関係が難しいように思われるが、現状の進め方で継続してよいのではないかと考えられる。

一方で、多くの技術分野の中で、国環研として担当すべき分野についての検討が若干不明瞭であるように見受けられた。

[今後への期待、要望]

今後、次期重点研究プログラムのための作成準備として、シーズを育てる研究環境づくりにも一層配慮して、資源循環・廃棄物管理に関する国環研として独自性のある重点目標を明確に打ち出して頂きたい。同時

に、インパクトのある市民社会への呼びかけが望まれる。

基盤的な調査・研究は、その時々で問題となっている個別課題を適宜解決する研究であるべきか否かについて再度検討して頂きたい。この上で、基盤研究として廃棄物研究をどのように組織化・体系化するのかを明確にしていくことが望まれる。その際、各地域における具体的な循環システム開発や設計手法開発といった、個別技術を超えた分野に対して、国環研が果たすべき役割についても整理してはどうか。また、廃棄物処理による新たな環境問題の発生について多様な角度からの予測についての検討を行って頂きたい。産官学の協力体制についても考え方をまとめて頂きたい。

(3) 対処方針

わが国の廃棄物研究の中心としての存在感を示すべきことは、本ユニットの基本方針として掲げているところであり、その面で一定の評価をいただいたことに感謝したい。当分野では依然として解決を求められる目の前の問題が多く、それらに対してかなりの研究資源を割いていることから、具体的な廃棄物問題への対処として実施してきた研究課題の成果を中心に提示したが、一方で、中核研究プロジェクトの基盤となる手法論の研究や、個別課題への対応から見通される将来的課題に関する研究など、循環型社会研究におけるシーズを重視した基盤的な調査・研究も一定規模で実施していることを、現中期計画の構成と今回の評価対象の関係上、十分に整理して示せなかった。今回のご指摘を踏まえ、基盤研究としての本分野の研究の組織化・体系化については、次期を見据えて再整理していきたい。その際、過去からの残された問題、発生しつつある新たな問題、将来起こりうる問題など、時間スケールや地域スケールを十分に意識した上で、産官学の協力や市民社会との関わりなども含めた国環研の役割を再確認し、基盤的調査研究に反映させるだけでなく、重点研究プログラム全体の今後の運営にも反映させていきたい。