

## (資料 1 2) 基盤的な調査・研究の実施状況及びその評価

### 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。

#### 1. 2 研究期間

平成 18 年度～

#### 1. 3 平成 18 年度の予算額 (平成 17 年度の予算額)

運営交付金	:	118 百万円	(	36 百万円)
その他外部資金	:	169 百万円	(	286 百万円)
総額	:	287 百万円	(	322 百万円)

#### 1. 4 平成 18 年度研究成果の概要

平成 18 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)

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)」: 持続可能性を評価する指標及び統合評価モデルを活用した分析枠組を開発するとともに、これらを用いて中長期を対象とした持続可能な社会像を環境及び社会経済の側面から定性的、定量的に分析、評価する方法を開発する。

②地球環境研究総合推進費「中長期的な地球温暖化防止の国際制度を規律する法原則に関する研究」(平成 16～18 年度): 法原則を基盤とした京都議定書第一約束期間後の国際枠組みのあり方案を示すため、1) 既存の将来枠組み提案における適応策オプションをレビューし、その基盤となっている原則を同定し、その機能を明らかにすることと、2) 国際法レベルにおける諸原則の関係等について検討を行った。

(安全・安心な地域・都市環境の創造と管理に関する研究)

③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): 自家用車の利用目的別・距離帯別 CO<sub>2</sub> 排出量を明らかにするとともに、車載計測機器を用いて実使用条件下における走行状況を把握し、それをもとにシャシーダイナモ試験を行い、自動車の環境負荷を評価する。また、購買行動の違いによる環境負荷の違いについて分析する。さらに、モデル地域を設定し、地域に適した技術的、政策的オプションを検討する。

- ④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）： 車載計測機器や低公害車実験施設を用いて、今後市場に導入される新型ディーゼル車が大気環境に及ぼす影響を予測するための基礎データを得るため、後処理付ディーゼル自動車等の実使用条件下における排出特性評価を行うとともに二次粒子を含む微小粒子の大気動態計測等を行う。
- ⑤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）、「建物・街区・都市・地域の各規模にまたがる熱環境解析とアジアの巨大都市への適用」（平成15～18年度）、経常研究「山風が都市ヒートアイランドに及ぼす影響に関する研究」（平成18年度）など： 都市域の熱環境やヒートアイランド現象の現状を調査、解析するとともに、改善対策について検討する。  
(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)
- ⑥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、口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。
- ⑦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）： 専門家と一般の人々の気候変動問題をめぐる理解の違いを分析するために成人対象のグループインタビュー（男女別、年代別の6グループ）を実施し、「環境問題」の一般の人々の関心の「入り口」は廃棄物問題であること、居住地域の廃棄物収集方法が他の環境問題に対する関心に大きな影響をあたえることがあきらかになった。同様の調査を学生を対象として実施するとともに、成人を対象とした映画やレクチャーなどの「情報」を与えた場合の意識や知識の変化についてさらなる調査分析を行う。
- ⑧理事長枠研究：「市民の環境事業参加動機に関する予備的研究」（平成18年度）： 2004年に環境保全活動・環境教育推進法が施行されるなど、民間団体の環境保全活動が期待され、実際に公的に必要と思われる事業を運営するNPOも出現してきている。しかし市民団体においては、事務局スタッフやボランティアスタッフの不足が従来から指摘されており、それが活動を限定することになり市民活動の課題となっている。ボランティアを環境事業へ誘導するためには、ボランティアの参加動機を理論的に明らかにすること、およびそれを応用して効果的なボランティア獲得方法を実践することを目的とする。  
(統合評価モデルや環境経済モデルなどの手法開発研究)
- ⑨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）、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）： 環境ビジョン・シナリオの定量的な評価を行うための統合評価モデルを試作する。
- ⑩廃棄物科学研究費「廃棄物対策が家計のごみ排出削減に及ぼす影響に関する計量経済学的研究」（平成17～19年度）： 循環型社会システム構築のために、ごみ排出量の削減、リサイクル、再利用を促進するための経済的手法（有料化）の有効性を評価し、廃棄物処理費用を分析し、望ましい廃棄物政策のあり方（望ましい料金設定）に関して明らかにする。家計のごみ排出行動を分析するために、同一家計を対象としたごみ排出行動に関するサーベイ調査を実施し、分析のためのデータを収集するとともに、集まったデータを用いて分析を行う。

#### 平成18年度の研究成果

- ①持続可能な発展概念および持続可能な指標についてレビューし、環境、資源、エネルギーなどに関する専門家ワークショップを開催してビジョン作成に必要な要因の抽出と相互関連の特定を踏まえビジョ

ン案を得た。また、ビジョン案を構成する要素間の整合性を検討するための定量的な解析が可能な統合評価モデルの試作版の開発ができた。

- ②国際法原則をもとに適応に関する制度を考えた場合、原因者負担原則を直接適用することが考えられるが、温室効果ガスの排出による寄与と、被害との因果関係の証明することが最大の問題である。途上国が環境負荷発生者であった場合、それが支払えない理由は応能負担に求めるとしても、(i) その場合に先進国が肩代わりをすべきか、(ii) 被害国が自己負担をすべきか、(iii) 原因国(途上国)が将来所得水準が上がってから払うべきかは明らかではない。国際法上の国家の責任の考え方を普及できるのであれば、最終的には原因国が支払う((iii))との考え方になる。国際シンポジウム「地球温暖化防止の将来枠組と法原則」を開催し、成果の普及を行った。
- ③車載計測機器を用いて自動車の使用実態を調査し、燃費やCO<sub>2</sub>排出量等の環境負荷特性を得るとともに、使用目的や運転特性と環境負荷との関係について解析を行った。使用実態データを地図上に表示し、詳細な位置に応じた走行実態の評価を行うツールを開発するとともに、地理情報システムに茨城県内のコンビニ、SC等の集客施設、道路施設、四次メッシュ人口分布、バス停および系統別運行回数データを整備し、買い物行動が変化した場合の排出量変化を把握するシミュレーションモデルを構築した。自動車技術の評価については、小型電気自動車について、使用実態調査データをもとに作成した実走行パターンを用いて、実使用条件における環境負荷性能評価を行い、平均速度が遅い短距離の走行においても効率低下が少ないなど、身近な交通の環境負荷低減に有効であることを明らかにした。
- ④低公害車実験施設を用いて、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試験を実施した。排気後処理装置付ディーゼル車は、粒子状物質の排出は従来車に比べて、大幅に低減されているが、窒素酸化物に占める二酸化窒素の割合が20~60%と高く、二酸化窒素の排出量が従来車よりも増加する恐れのあることを明らかにした。バイオディーゼル燃料については、概ね、従来の軽油と同等の性能を示すが、車両によっては、PM中のOC(有機炭素)の排出が増加し、PM排出量が増加する恐れのあることを明らかにした。微小粒子の大気動態については、従来から実施している長期観測を継続して実施し、道路沿道における微小粒子の個数濃度が低下傾向にあることを把握した。
- ⑤長野市をフィールドに、気象観測により山風出現日における都市内の気温と風の水平分布および山風の鉛直分布を明らかにし、都市内における山風の影響範囲や山風自身の構造を解明した。これらのデータをもとにした山風再現の数値シミュレーションを実施し山風の都市ヒートアイランド緩和効果について検証を行った。また、2003年に河道が復元されたソウル市の清溪川に伴う大気環境への影響について調査を行い、河道復元の効果が現れていることが確認できた。
- ⑥1997年、2002年実施の無作為抽出された全国成人男女2000名を対象とした調査では、「ごみ・廃棄物問題」が「最も重要な環境問題」の第一位であったのに対し、2006年3月実施の調査では、「地球温暖化・気候変動」が僅差で第一位となり、気候変動への関心が急速に高まっていることがわかった。さらに、2007年1月実施の同様の調査においては、「最近の地球上の気候が変わってきているか」に対して、95%が「そう思う」と回答し、そのうち60%が「地球が温暖化しているから」と回答し、地球温暖化が実感として捉えられていることがわかった。また、毎月実施している「世界で重要な問題」の結果(無作為抽出された全国成人男女1500名を対象とした調査)においては、「世界で最も重要な問題」として「地球環境問題(地球温暖化)」「環境問題一般(自然保護など)」が毎月20%程度の回答を得ており、国際的な問題として環境問題は非常に重要な位置をしめていることがわかった。本研究成果は新聞報道された。
- ⑦首都圏在住の大学生、および首都圏在住の成人を対象としたグループインタビューを実施した。学生対象調査では、環境サークル(理系) > 理系男子 > 理系女子 > 環境サークル(文系) および文系女子 > 文系男子の順に気候変動に関する知識が豊富であった。一方、環境サークル(文・理) > 文系女子 > 理系女子 > 文系男子・理系男子の順に深刻さを捉え、対策の必要性を認識していた。文系男子には問題自体

への懐疑的な態度が強く、理系男子は当事者意識の欠落傾向が強かった。成人の調査では、教育（大学卒か否か）、年代（若年ほど関心・知識が高い）とともに情報チャンネルの多さが気候変動問題の知識の豊富さに反映し、共働き家庭の学業期子供あり主婦＞対人サービス職および環境対策あり会社勤務者＞子育て中の専業主婦の順で知識が豊富であった。成人は、一般に知識が断片的であり、単語は知っているも相互の連関が曖昧な例が多く見られた。

- ⑧ボランティア参加は、機会が提供されることによって強く促進されるかを検討するためにボランティアの動機について、従来の利己的動機によるモデルおよび利他的動機によるモデルに代わり、ボランティア機会理論を提案し、WEB調査を用いてこれを検証した。ボランティア参加に関する要因を解析したところ、関心事の多さと地域や特定の活動に関係する個別的な情報が正に有意であった。これはボランティアが参加機会の多さに関係することを意味し、ボランティア機会モデルが支持された。
- ⑨従来のビジョン・シナリオ作成時に利用されるモデルについてレビューし、ビジョン・シナリオを定量的に評価するモデルの特徴を整理した。これをもとに、環境の中長期ビジョン・シナリオに関する研究で作成しているビジョン・シナリオを構成する環境、社会、経済要素の関係性を評価できる統合評価モデルの試作を行った。
- ⑩家計調査データを用いて家計レベルのごみ排出関数を推計し、ごみ処理手数料有料化のごみ減量効果について、その価格弾力性を計測し、分析に使用したサンプルの平均まわりでの値として、 $-0.208$ という弾力性を得た（自治体レベルのデータを使った国内の先行研究と比較すると、 $2.5 \sim 3$ 倍程度大きい）。また、①資源ごみの戸別回収を実施することやごみの中に混入されやすい紙類などの資源について収集を充実させること、②小さいサイズ（15リットル以下程度）のごみ袋の利用可能にすること、によって価格弾力性は大きくなり、有料化のごみ減量効果を引き上げることができると明らかとなった。研究成果を環境省廃棄物会計基準・廃棄物有料化ガイドライン策定検討委員会委員および牛久市廃棄物減量等推進審議会に提供した。特に牛久市審議会では市長への答申の一つとして、設定すべき手数料水準の範囲を決める際に、研究成果に基づいて実施した試算が参考にされた。

## 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
(19年4月)	(7)	(93)				(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

トップダウン型とボトムアップ型のアプローチを組み合わせた総合的な研究態様を指向しており、狙いは的確で、質の高い成果が得られつつある。社会領域の研究にしてはかなり実態的なデータ収集に努めるとともに、モデル開発を目標としている点は高く評価できる。同時に、モデルの中味など判りやすく広報することも必要である。また、これに基づく「2050ビジョン」などは、早く国民に認知してもらう努力が必要である。長期モデルにおいてはエネルギー、食糧等の問題をどの様に位置づけて行くのかも不可欠となるであろう。また、研究所における4つの研究プログラムと統合的に研究を進めるとともに、各研究室の交流から共通したテーマを生みだし、社会環境システム研究の方法論、システムの解明に役立てていくことを期待する。研究テーマが社会との係わりの面が強いものであることから、国民の意見や動向をどのように吸収するかということに注意を払いつつ、行政との密な連携のもとに、国の施策を支える成果が生まれるように期

待する。

### (3) 対処方針

トップダウンとボトムアップの両者をバランス良く組み合わせてシステム分析やモデル開発・適用研究を進めるとともに、各種調査や低公害車施設を活用しデータの収集・蓄積をはかり、システム分析やモデル開発・適用のための基礎情報としていくよう努める。また、開発したモデルについては研究論文としての公表のみでなく、中味のわかるものにするための資料を作成し、広報することに努める。本年度から開始した「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を広報することに努めるとともに、重要な問題であるエネルギー、食糧等にも焦点をあてた研究を進める。社会環境システム研究の遂行にあたっては研究プログラムとの連携をさらに強めるとともに、領域の4研究室に共通した研究テーマについての議論し、研究提案するべく努力する。従来から実施してきた国民や企業の環境に対する意識調査等を継続することにより国民や企業の環境意識を把握するとともに、得られた研究成果の国民への普及や環境政策への活用を進める。

## 化学環境研究

### 1. 1 研究の概要

化学環境研究領域では、環境中の元素、同位体、化学物質、並びにこれらに対する生体応答等の精密測定技術の開発と応用を通じて、様々な環境問題、とりわけ化学物質による汚染やリスク管理、並びに地球環境問題に対する基盤的取り組みを進めている。平成18年度には、同位体測定技術の高度化に関する研究、並びに有機汚染物質の一斉分析に関する研究の二つの特別研究が採択され、研究に着手した。他に外部の競争的資金によるVOC関連研究、ナノ粒子計測技術の開発、ナノテク関連研究、有機ヒ素関連の研究並びに受託業務、POPs、重金属長距離輸送等の受託業務などを推進している。

### 1. 2 研究期間

平成18年度～

### 1. 3 平成18年度の予算額（平成17年度の予算額）

運営交付金	:	99百万円	(	89百万円)
その他外部資金	:	281百万円	(	418百万円)
総額	:	380百万円	(	507百万円)

### 1. 4 平成18年度研究成果の概要

#### 平成18年度の研究成果目標

- ①（有機分析の高度化に関する研究）残留性有機汚染物質の多次元分析法の開発に関する研究では、残留性の高い有機汚染物質並びに代謝物を対象として、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主たる目的に、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ことを目標とする。今年度はGC×GC/TOFMSシステムの構築を行い水酸化PCBの分析条件の検討、並びにフライアッシュ中のダイオキシン迅速分析条件の検討を行う。また、パーフルオロ化合物の熱分解生成物に関する検索を進める。日韓二国間協力課題として、ストックホルム条約有効性評価のための対象媒体に選ばれた大気中POPsの測定法の調和をはかり、バックグラウンド値を比較する。さらに、大気中ナノ粒子の多元素・多成分同時計測技術を用いた環境評価技術の開発において、フィールド調査を行い、装置開発へのフィードバックを行う。
- ②（無機・同位体分析の高度化に関する研究）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て重金属等元素の同位体存在度およ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。今年度はマルチコレクターICPMSによる鉛、ホウ素等の高精度同位体比測定条件の確立並びに応用を進めるとともに、室内じんのサンプリング方法の確立と構成成分のトレースキャラクタリゼーションに関する研究、アルデヒドの捕集並びに単離精製と<sup>14</sup>C分析に関する基礎検討を推進する。新たな炭素材料を用いた環境計測機器の開発においては、ナノサイズの多数の針状突起を有するカーボンナノクレーターを電子源とする新たなエックス線源を作成し、大気浮遊状粒子成分中の元素組成の連続測定にむけ評価を行う。氷床コア中宇宙線起源放射性核種の高密度高精度測定手法の開発では、3年間のまとめとして氷床コア中<sup>10</sup>Be等の測定法の確立を目指す。

- ③ (温室効果ガス等のVOC、POPs等の環境動態に関する研究) 地球温暖化に関する重点プログラムの一環として、ハロカーボン類等の温室効果ガスの離島における連続観測体制を強化し、波照間に加えて落石での自動観測を開始する。それらのデータを使い、その長距離輸送実態の把握並びに発生状況の解明を進める(地球一括:東アジアにおけるハロゲン系温室効果気体の排出に関する観測研究)。また、奨励研究費:塩化メチルの炭素同位体比測定法の開発と大気観測への応用により、ハロカーボンの一つ塩化メチルの炭素同位体比測定技術を完成させ、実測結果からその発生源に関する特徴を推測する。推進費:大気中非メタン炭化水素の成分別リアルタイム測定システムの開発に関する研究では、大気化学的に重要な非メタン炭化水素の自動測定装置の設計、開発にとりかかる。科研費基盤B:熱帯林発生源調査と安定同位体比測定による大気中塩化メチルの収支バランスの解明では、南西諸島ならびにマレーシアの熱帯林で調査を進め、塩化メチル発生量の多い樹種を探索、同定する。科研費:海洋起源ハロカーボン類のフラックスと生成過程では、海洋から生成するハロカーボン類について測定を開始する。また、これまで継続されてきた船舶を用いたPOPsの観測について測定データを整理し、結果をまとめて報告する。
- ④ (化学物質の生体機能への影響評価に関する研究) 超高磁場MRI (磁気共鳴イメージング) を用いて、人の脳に与える化学物質の影響を解析する新たな手法を開発する。そのため、科研費:超高磁場多核種MRSを用いる脳機能発現の代謝機構の研究では、プロトンの他、炭素、リンのシグナルを捉えてそれぞれ脳内代謝に関連する化合物濃度を調べて化学物質の影響を解析できる手法を開発する。同じく科研費:超高磁場MRIによる人脳内の興奮性及び抑制性神経伝達物質の無侵襲同時計測法の研究では、脳内にある興奮性のグルタミン酸並びに抑制性のGABAのそれぞれの濃度を局所的に測定可能な高感度MRI技術を開発する。また、奨励研究費:興奮性および抑制性神経伝達物質のin vivo同時濃度計測の実証に関する研究では、ネズミを用いて脳内におけるグルタミン酸、GABAのMRI測定の結果を検証するための基礎的な検討を進める。奨励研究費:ジフェニルアルシンの発達影響に関する行動学的研究では、神栖でおきた地下水有機ヒ素汚染事例の原因物質であるジフェニルアルシンの脳内への移行の検証技術の開発ならびにその行動学的な影響評価に関する研究を進める。こうした脳神経系への影響解析に加え、微生物を用いた化学物質の生命機能影響評価をナノテクノロジー技術で構築する新たな研究課題として、環境保全調査費等委託: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で半導体製造技術を活用した微生物活性評価手法の開発を進めている。また、科研費:有害藻類モニタリングのための新規計測システム開発では、アジア諸国を対象に、湖沼におけるアオコのモニタリング手法の開発を進めている。
- ⑤ (その他、精度管理、試料保存、行政支援等に関わる研究業務) 分析手法の確立並びに精度管理のための貢献として、環境省が進めるPOPsモニタリング結果の評価のための委員会を組織、運営するとともに、ダイオキシン分析技術の向上、或いはストックホルム条約の推進にむけて、各種委員会活動などへの参画を通じて貢献する。また、基盤ラボで作成される分析精度管理用の標準試料の作成に貢献するほか、環境試料の長期保存プログラム(環境タイムカプセル事業)のうち汚染に関連する試料の収集、保存に関する部分を分担し、また環境省から保管を委託されている環境モニタリング試料の有効活用に関する検討をすすめる。神栖でおきた地下水有機ヒ素汚染事例に対処し、各種試料の分析や分析結果の確認作業を請負業務として進めるとともに、研究班に参加し分析法の比較検討、標準化、精度管理のための均質化試料の作成などを進める。

## 平成18年度の研究成果

- ①企業との共同研究によりGC x GCと高分解能TOFMSシステムを結合し、各種試料の分析条件の検討を開始した。このうち、焼却場のフライアッシュ中のダイオキシン類の分析については、抽出後通常の前処理を行った場合と簡易処理しかなかった場合、さらに無処理の場合のいずれにおいても、ダイオキシン類の主要なピークを検出できる高い分離、検出能力を有することが実証できた（図1）。さらに3次元データの定量解析のためのソフトを自作して、定量化にむけた検討を進めた。パーフルオロ化合物については各種衣料品等の熱分解直接分析について基礎的な検討を進めるとともに、比較のため通常の有機溶媒抽出による含有物の分析を進めた。日韓EDCs/POPs共同研究を円滑に進めるためにワークショップ並びに政府間会合をつくばで開催するとともに、担当課題として日本側の大気試料捕集・分析手法を韓国に伝え、韓国側で主流のEPA法との比較検討を進めた。また、波照間での毎月のPOPs捕集分析結果を韓国側のバックグラウンド地点でのデータと比較し、環境省がまとめた東アジア大気POPs分析結果（ストックホルム条約の第3回締約国会議（COP3）に提出予定）に提供した。ナノ粒子に関するフィールド調査を推進し、その結果を学会報告並びに原著論文としてまとめて報告した。なお、企画部に併任となり、研究所の運営に関して様々な貢献を行っている。
- ②マルチコレクターICPMSによる分析条件検討を進めるとともに、鉛同位体比の測定結果を原著論文にまとめ発表した。家庭ゴミを集めてその中の元素濃度などの測定を開始した。微細粒子ほど鉛濃度が上昇する傾向が認められた。また新築家屋の室内空気中アセトアルデヒドを捕集してその<sup>14</sup>Cレベルを測定し、バイオマス（木材）と化石燃料（接着剤、樹脂など）の寄与がほぼ半々という結果を得た（図2：国際学会報告、投稿中）。電子線取り出し窓の構造などに工夫を凝らしながら小型電子源ならびに小型エックス線源を試作し、電流とのエックス線強度の関係等、基礎的な情報収集を進めた（図3）。結果を国際ナノテク展に報告し、またナノテク展の開催、運営に尽力した。加速器MSについては、科研費班員の協力のもと氷床コア中の<sup>10</sup>Be、<sup>26</sup>Al、<sup>36</sup>Clの測定条件をそれぞれ確立でき、学会発表並びに原著論文への投稿を進めた。なお、加速器質量分析施設の完成から10年が経過したことを記念し、この間の成果のとりまとめならびに共同研究者同士の交流の機会として10周年記念講演会並びにポスター発表会を開催した。表面分析手法の環境研究への応用に関するこれまでの研究蓄積を背景に、書籍の1章を分担執筆したほか、日本化学会がまとめた「実験化学講座」20-2巻「環境化学」でも分担執筆を行った。
- ③落石岬の地球環境研究センターモニタリングステーション内に自動分析装置を設置し、連続観測に入った（図4）。波照間での連続観測により、HFC製造過程での副生成物であるHFC-23の大半が中国から発生していることを明らかにして（図5）、原著論文として報告した。また、塩化メチルの炭素同位体比の高感度測定手法を確立し、10リットルの大気から測定を行って、北半球と南半球で大きなずれのないことを明らかにした。これらのハロカーボンモニタリングの経験と知識を生かし、現在非メタン炭化水素の自動連続モニタリング装置の制作を進めている。熱帯植物からのハロカーボンの放出については、樹種他気温や光などの影響に関する解析を行い、その一端を原著論文として発表した。また、温暖化プログラムに参画して定期航路船を用いた観測の一翼を担った。船舶によるPOPsモニタリングの一部を原著論文にまとめて発表するとともに、国際会議で報告した（図6）。なお、ハロカーボン類に対する長年の研究の積み重ねが評価され、気象学会堀内賞を受けるとともに、世界気象機構(WMO)のとりまとめたオゾン層破壊に関する報告書”Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006”の第1章の執筆を共著で行った。
- ④パルスシーケンスの改良により高感度化をはかり、各種代謝産物の測定が可能となった（論文発表）。また、正常人の脳の形態並びに各部位の定量化の作業を進めてデータベースを蓄積し、解析した結果、大脳皮質の相対サイズに加齢変化に明らかな男女差を見いだして報告した（図7）。一方、T2緩和時間から脳内の鉄の分布を調べる新たな手法の可能性を見だし、報告した。ジフェニルアルシンのマ

ウス行動への影響を多角的に検討した結果、一般的な運動活性、運動能力、課題遂行能力、情動試験に差は認められなかったが、受動的回避反応試験に用量に応じた違いが認められ、記憶・学習能力への障害が認められた(図8)。ナノテクを利用した微生物機能への化学物質影響解析システムの構築を進め、国際ナノテク展で報告するとともに、ナノテク展開催、運営に尽力した。さらに東南アジア諸国での有害藻類の現地調査を行った。なお、三森室長は今年度開催された第34回磁気共鳴医学会大会の大会長に選ばれて、つくばでの会議開催を主導した。また、日本化学会の分析化学ディビジョンレポート「磁気共鳴イメージング」を執筆した。

⑤基盤ラボ事業である環境タイムカプセル事業を分担し、環境試料の収集、保存作業を継続するとともに、環境省から継続して保存を委託されている化学物質実態調査試料の活用方策について、海外機関のヒアリングや文献情報収集、とりまとめの作業を行った。国内のPOPsモニタリングデータを検討する実務者会議を請負業務として継続開催した。入札に伴う分析機関の変更によるデータの継続性担保のために審議を重ね、問題点の抽出と外部精度管理の必要性、方策について意見のとりまとめを行った。同じく環境省の主導する東アジアPOPsモニタリングに参画し、Expert Working Group 座長として日韓共同研究のデータを含めた各国モニタリングデータの精査、とりまとめを行い、活動の成果をストックホルム条約のもとに設置された ad hoc Technical Working Group にアジア代表3カ国委員の一人として参画して報告し、全球レベルでのモニタリングデータの取得ととりまとめ、条約有効性評価(16条)の進め方などについて報告書を取りまとめた(柴田)。その他、ダイオキシン、POPs、重金属関連の各種委員会に複数の研究者が参画し、事業の推進とレベルアップに貢献した。神栖ヒ素汚染事例では生体試料、地下水、土壌の分析を継続するとともに、研究班においてジフェニルアルシン酸の実験動物体内分布データの蓄積を進め、また分析精度管理のための玄米標準試料作成並びに含有量共同分析に参画した。さらに、科研費研究でジフェニルアルシン酸分析高感度化を目指したマイクロLC/MSMSシステムの開発を進め、上記研究班研究や所内奨励研究へのフィードバックを行った。なお、こうしたヒ素の分析、並びに加速器MSを用いた長寿命放射性核種分析による環境研究推進を評価され、日本環境化学化学会から功績賞を授与され、また日本化学会の「実験化学講座」20-2巻「環境化学」の分担執筆を行った。

## 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	3	12				15
(19年4月)	(20)	(80)				(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

4.2 点

### (2) 外部研究評価委員会の見解

基盤研究であるということで、いかなるテーマ設定をし、いかなる成果を目指すのかという点で mission-oriented な重点プログラムなどとは性格を異にしている。各個研究は高度な先端計測機器の開発や精密測定技術の開発を進め、それらの技術を用いて化学物質による汚染やリスク管理、および地球環境問題に対する基礎的な研究を進めており、質の高い成果が得られつつあり、また、ナノ粒子のような新たな物質の計測にも取り組んでいることは高く評価される。モデルを用いた暴露の評価等にも実際の測定データは極めて重要である。基盤研究部門が如何なる役割を果たしていくことが適正であるのか、所全体としての考え方を整理すると共に、環境保全の観点から環境計測法の整理・分類を行い、個別的な環境問題に対する計測

戦略の体系化の検討など、ナショナルセンター的機能も考慮する必要があるであろう。他領域との共同研究を推進し、新しい分野横断型プロジェクトの展開を期することもありえよう。環境行政におけるニーズを踏まえた基盤技術研究のあり方について検討を望む。

### (3) 対処方針

学問的に高度で独創的な基礎研究を自律的に推進できる体制を構築しながら、一方で社会的・行政的ニーズ、或いは他研究分野からのニーズ情報の流通を図り、これらのたすきがけの中で効率的に研究推進を図っていくことを目指している。10数名の研究者で、基礎研究推進とニーズへの対応のバランスをうまくとり、10年、20年先の研究の柱をどうやって作り育てていくか難しいところだが、我々の使命は対象となる環境（或いは生態系、人）をシステムとして捉え、その状態を評価して必要な警告を早期に発信していくための分析体系を構築していくことだと考えており、対象のよりよい理解を絶えず念頭におきつつ、共通のかつ重要性の高い分析手法の構築、発展を目指していきたいと考えている。

温暖化など地球規模の環境問題に対しては、特にモデルへの適用を意識した時間・空間的な高頻度データの提供が最終出力として重要になるものと考えられる。一方、汚染によるリスクの削減、回避については、人間の社会経済活動に伴う物流、発生源との関連で、解析しやすい分析データを提供していくことが求められよう。これらに対してはモデルとの連携のもと、網羅的分析、自動化推進、膨大なデータの精度管理が重要なキーワードと考えられる。これに対し、人や生物、生態系の場合はその「健康度、健全性」の評価という要素が重要になろう。定量的な毒性情報がなかなか得にくい中でどう優先順位をつけて分析し、分析結果をどう評価するのか、難しい課題であるが、生物や生態系をシステムとして考えた場合、エネルギーの流れ、物質の流れに加えて「情報」の流れが重要な意義を持つことから、エネルギー代謝、物質代謝のかく乱に加えて「情報伝達システム」のかく乱を捉えるための分析体系の構築を、関係各領域などとも交流しつつ試みていきたいと考えている。また、環境中における物理化学的プロセスのより詳細な理解によって環境をよりよく理解するための新たな分析項目が見いだされる側面についても、配慮を怠らないようにし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種々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、影響評価の実践とともに、適切、かつ、新たな影響評価手法、疫学手法・曝露評価手法、及び、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、それらの手法や動物モデル、及び、培養系を用いた影響評価の実践、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る。これらの取り組みより、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。

## 1. 2 研究期間

平成18年度～

## 1. 3 平成18年度の予算額（平成17年度の予算額）

運営交付金	:	69百万円	(	100百万円)
その他外部資金	:	151百万円	(	173百万円)
総額	:	220百万円	(	273百万円)

## 1. 4 平成18年度研究成果の概要

平成18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「トキシコゲノミクスを利用した環境汚染物質の健康・生物影響評価法の開発に関する研究」（平成16～18年度）： 各種有害化学物質の影響を遺伝子発現変化として検出し、影響経路や生体影響の予測を行う方法を確立することを目指して、トキシコゲノミクスの有効性や限界に関して検討する。またヒトと実験動物におけるダイオキシン反応性の種差のメカニズムについて検討を行う。研究成果を公開するために、ダイオキシン応答性遺伝子データベースやその他の結果を掲載したウェブページを作成する。

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を効率よく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を作成する。

(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)についても検討を開始する。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する。
- 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影響とメカニズムを検討する。
- ②-5 文部科学省科研費 若手研究(B)「ナノ素材が凝固線溶系に及ぼす影響とそのメカニズムの解明に関する研究」（平成17-18年度）： ナノ素材の曝露が細菌成分の経気道曝露により誘発される気道炎症及び血液凝固異常に及ぼす影響を検討する。
- 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 環境省委託「微小粒子状物質生体影響基本調査」（平成11-18年度）： 沿道の微小粒子状物質の曝露が細菌成分に関連する気道炎症を増悪するか否かを明らかにする。
- ②-8 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体内蓄積に関して検討する。
- ②-9 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）： ヒ素アフィニティー担体の作製にあたり条件を検討する。
- ②-10 奨励研究「生体内におけるヒ素の酸化還元と解毒機構」（平成18年度）： 生体内におけるヒ素の酸化還元状態と解毒機構について検討する。  
(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 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）： 沿道歩行中の曝露実態調査を実施し、暴露評価手法を確立する。
- ③-2 環境省(水・大気環境局)「微小粒子状物質等曝露影響調査」： 各種調査業務へ参画・協力する。
- ③-3 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)」： 学童コホート調査の実施、並びに小児症例対照調査の計画・実施に全面的協力を行う。
- ③-4 環境省委託「バイオナノ協調体」(平成15-19年度)： 新たな原理に基づく人工組織バイオセンサーの確立を目指し、SAW素子を作成する。
- ③-5 NEDO「モデル細胞を用いた遺伝子機能等解析技術開発/研究用モデル細胞の創製技術開発」(平成18-21年度予定)： サルES細胞を培養するための基底膜基質を作製する。
- ③-6 環境省(地球環境局)「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」(平成17-21年度予定)： 温暖化に伴うオゾン濃度上昇による死亡リスク並びに温暖化と熱中症・熱ストレスに関する影響関数を作成し、リスクマップ作成手法の検討を行う。
- ③-7 環境省(水・大気環境局)「熱中症予防情報提供並びに暑熱環境観測ネットワークの構築と観測実況値提供システムの開発業務」(平成17-22年度予定)： 熱中症予防情報提供システム(HIP)の構築とWBGT観測、及び全国規模での暑熱環境観測ネットワークの在り方について検討する。

(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)においては最終年度のデータ取りまとめを行い、これまで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、曝露量について具体的な推計作業を行う。
  - ④-4 文部科学省科研費若手研究(B)「生活の質(QOL)に影響を及ぼす環境因子に関する研究」(平成17~18年度)においては収集されたデータの解析を行って、その成果を公表する
- (環境ストレスに対する疫学的影響評価に関する研究)
- ⑤-1 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): 肺表面活性物質を分散剤とし、鎖長の異なるアルカン類の肺胞上皮細胞の遺伝子発現への影響をDNAチップを用いて解析する。また、これまでの大気中粒子状物質が肺胞上皮細胞の遺伝子発現に及ぼす影響の結果を解析し、DNAチップに搭載する遺伝子を選抜し試作を行う。
  - ⑤-2 文部科学省振興調整費調査研究「ナノテクノロジー影響の多領域専門家パネル」(平成18年度): ナノ物質のライフサイクル管理のため、曝露評価、体内動態、曝露手法に関連する機関のパネルを設け情報の収集整理を行い、今後の課題を提言としてまとめる。
  - ⑤-3 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): ナノ粒子を多く排出する運転条件下でのディーゼル排気をラットに曝露し、包括的に影響を見る観点からDNA Chipを用い肺と心臓での遺伝子発現への影響を解析する。
  - ⑤-4 環境省委託「微小粒子状物質生体影響基本調査」(平成11-18年度): 濃縮PM2.5粒子の曝露による生体影響評価結果の統計解析、まとめの方針について議論するとともに、平成11年度から15年度までの報告のまとめを行う。

平成18年度の研究成果

- ①-1 無機ヒ素、ダイオキシン、エストロゲンによる胸腺萎縮において、それぞれ標的となる細胞を明らかにした。遺伝子発現変化から影響予測を行う場合は、これらの標的細胞に着目することが有効であると考えられた。またジチオカルバメート、トリフェニルスズなどの有害化学物質について、胸腺萎縮をおこす影響経路を遺伝子発現から検討した結果から、トキシコゲノミクスがそれぞれの化学物質特有の影響経路を明らかにする上で極めて有用であることが明らかとなった。またヒトとマウスの細胞におけるダイオキシン反応性の種差を決定する因子として、ダイオキシンレセプターである転写因子AhRの活性化後の分解と転写関連因子の挙動の差が重要であることが示唆された。NIEStキシコゲノミクスサイトというWEBサイトを作成し、近々公開の予定である。
- ①-2 今年度はメチル水銀による免疫毒性を検出するために、マウス胸腺でメチル水銀によって変動する遺伝子の検索を行った。これまでの本研究やその他の研究結果をもとに、免疫毒性作用を持つ環境汚染物質の影響を検出するための影響検出指標遺伝子を選抜し、cDNAマイクロアレイを作成中である。

- 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評価した。数種の化学物質(フタル酸ジイソニル、ビスフェノール A など)はアレルギー疾患の病態を増悪することを明らかにした。関連成果の英文論文を発表した。
- 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、アレルギー疾患に対する有害化学物質の増悪影響を検知可能と考えられる遺伝子としてケモカイン受容体遺伝子等を選抜した。
- ②-3 デイゼルエンジン由来ナノ粒子が濃度依存的に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た。
- ②-4 ある種のナノマテリアルの経気道曝露が気管支喘息を増悪することと、そのメカニズムを明らかにした。
- ②-5 ナノ素材の曝露は細菌成分の経気道曝露により誘発される気道炎症及び血液凝固異常を増悪しうること、その増悪効果は最も小さなもので顕著であるということを明らかにした。
- ②-6 ある種のナノ素材は、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た。
- ②-7 沿道の微小粒子状物質の曝露が細菌成分に関連する気道炎症を増悪する可能性があることを明らかにし、メカニズムを検討した。
- ②-8 ジフェニルアルシン酸慢性曝露により、ヒ素は赤血球中および体毛中に蓄積され、曝露終了後約200日経過しても体毛中にはさらに蓄積されていることを明らかにした。
- ②-9 ヒ素アフィニティー担体の作製にあたり条件を検討し、カラム担体に対するヒ素の収率を向上させた。
- ②-10 無機ヒ素の曝露により、過酸化水素が排泄され、毒性のより高い3価ヒ素化合物を毒性のより低い5価ヒ素化合物へと酸化・解毒していることを明らかにした。
- ③-1 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予備調査を実施した。
- ③-2 調査における各種疫学調査研究の最終的なデータの取りまとめを行い、疫学的な解析を実施した。この成果はPM2.5の健康リスク評価のための最も基盤となる知見を提供し、大気環境行政の展開において重要な資料となるものである。
- ③-3 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な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。
- ③-4 SAW素子を作製し、上皮細胞を培養してSAWの信号を観察した。
- ③-5 サルES細胞を、feeder細胞無しで培養するための基底膜基質を試作した。
- ③-6 温暖化と熱中症・熱ストレスに及ぼす影響、温暖化に伴う大気汚染のリスクに関する感度関数の構築を行った。
- ③-7 熱中症予防を目的に、予防情報の提供、全国5箇所でのWBGT温度観測システムの構築、熱中症患者速報、からなる熱中症予防情報提供システム(HP、携帯サイト)の運用を6月より開始した。
- 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予備調査を実施した。
- ④-2 調査における各種疫学調査研究の最終的なデータの取りまとめを行い、疫学的な解析を実施した。この成果はPM2.5の健康リスク評価のための最も基盤となる知見を提供し、大気環境行政の展開において重要な資料となるものである。

- 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な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。
- ④-4 全国から無作為抽出した成人約3000人を対象に（健康関連QOLの代表的指標であるSF-36と大気汚染濃度との関連性を検討し、光化学オキシダント濃度といくつかのQOL指標との間の関連性を見いだした。この研究は、J Epidemiol Community Health 誌に発表した。）
- ⑤-1 肺胞中の表面活性物質であるジパルミトイルホスファチジルコリンを分散剤として用い、鎖長の異なるアルカン類の肺胞上皮細胞の遺伝子発現への影響をDNAチップを用いて解析した。また、これまでの大気中粒子状物質が肺胞上皮細胞の遺伝子発現に及ぼす影響の結果を解析することにより、環境ストレスDNAチップに搭載する遺伝子を選抜し試作を行った。
- ⑤-2 ナノ物質のライフサイクル管理のため、曝露評価、体内動態、曝露手法に関連する機関のパネルを設け情報の収集整理を行い今後の課題としてライフサイクルの各過程での曝露や生体に取り込まれてからの動態の把握に基づく曝露手法の検討が必要なこと、中立公正な新たな専門機関によるナノテクノロジーの健康、環境、社会影響の迅速な評価が必要なことを提言としてまとめた。
- ⑤-3 ナノ粒子を多く排出する運転条件下（定常運転下）でのディーゼル排気をラットに曝露し、包括的に影響を見る観点からDNA Chipを用い肺と心臓の遺伝子発現への影響を解析した。肺では薬物代謝や細胞骨格関連、心臓では酸化ストレスや炎症や細胞増殖関連などの遺伝子の発現上昇が認められた。これらの結果の再現性を追試している。
- ⑤-4 濃縮PM2.5粒子の曝露による生体影響評価結果のデータの統計解析、まとめの方針等について議論するとともに、平成11年度から15年度までの報告のまとめを行った。

## 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	1	14				15
(19年4月)	(7)	(93)				(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

基盤研究として、それぞれの研究で取り上げている課題は、我々の生活に密着した環境と健康の問題に関するものとしての的確であり、質の高い成果が得られつつある。特に、アレルギー系の研究では興味深い成果が得られており、今後の健康影響の研究分野として優れた着眼がなされている。アトピーやシックハウス等、一般人の関心が大変高い研究なので、研究成果のアウトリーチを積極的に進めることにより貢献が期待できる。環境疫学の研究は、環境行政にとって重要な分野であり、国立環境研究所として欠くことのできない分野であると考えられる。それぞれ優れた成果を上げている4研究室であるが、環境健康研究として、今後どのようなテーマ設定をし、重点プログラム、リスク研究などどのように連携し、同時に研究室間の協力をどのように図るのかを示すことも必要である。基盤研究とプログラム、あるいは外部の研究機関における活動との棲み分けなども含み、ニーズに対する優先度の決定やシーズ探索について国立環境研究所としての考え方を明確にして戦略的研究計画を確立されることを望む。この分野での研究成果が具体的に現代人の健康問題の解決に結びつくことを期待している。

### (3) 対処方針

今後も、環境と健康に関連する基盤的研究を、生活に密着した問題意識に立ち、的確、かつ、質の高いレベルを維持して推進していく。特に、激増しつつある免疫・アレルギー・呼吸器系の研究には、これからも重点を置いてゆく予定である。また、アトピー・アレルギー疾患やシックハウス等の問題に関しては、一般人の関心が大変高い研究であることもあるため、研究成果のアウトリーチを積極的に進めることにも配慮したい。一方、環境疫学研究は、環境行政にとって不可欠であり、今後も、維持と拡充をめざしたい。12名という限られた研究者で構成されている研究領域であるため、また、重点プログラム、リスク研究などに関連する研究分野も少なくないため、これらとのより良い連携や研究室間の効率的協力を図ることにも配慮していきたい。基盤研究とプログラム、あるいは外部の研究機関における活動との棲み分け、ニーズに対する優先度の決定やシーズ探索については、国立環境研究所全体としての考え方を明確にしたうえで、戦略的研究計画の確立をめざしたい。

# 大気圏環境研究

## 1. 1 研究の概要

2つの重点研究プログラム（地球温暖化研究プログラムおよびアジア自然共生研究プログラム）とも連携しつつ、大気環境に関わる個々の物理・化学プロセスの解明に関する基盤的研究を進めた。特に大型実験施設（大気拡散大型風洞や光化学反応チャンバー）などを利用した都市大気環境に係わる物理・化学プロセスの室内実験、レーザーレーダー（ライダー）をはじめとした遠隔計測手法を用いたエアロゾル分布の観測やその分類化、化学的な高精度分析手法を用いた $O_2/N_2$ 比の測定に基づく炭素循環、大気数値モデルを用いた気候変動ならびにオゾン層変動に関する数値実験、人工衛星搭載センサー観測のための分光パラメータの測定、大気微量物質の計測技術開発に係わる研究を行った。

## 1. 2 研究期間

平成18年度～

## 1. 3 平成18年度の予算額（平成17年度の予算額）

運営交付金	:	29百万円	(	41百万円)
その他外部資金	:	217百万円	(	410百万円)
総額	:	246百万円	(	451百万円)

## 1. 4 平成18年度研究成果の概要

平成18年度の研究成果目標

### (1) 地球規模環境問題

- ・数値実験を用いて過去の気候変化を引き起こした要因分析を行う。
- ・エアロゾルの時空間分布を得るための方法論を開発する。
- ・極域オゾン層におけるオゾン分解の定量化並びに極域オゾン層の長期変化の予測数値実験を行う。
- ・酸素濃度の連続観測を可能にするために精密分析システムの構築を行う。

### (2) 越境大気汚染の監視

- ・レーザーレーダーを用いた黄砂観測ライダーネットワークの展開を図る。
- ・長崎県での水稻葉枯れ発生地域での酸性霧の計測を行う。

### (3) 都市大気環境

- ・幹線道路の沿道汚染に対する疫学調査のための大気拡散の基礎データを提供する。
- ・植物起源揮発性有機化合物からの二次エアロゾル生成量を測定する。

### (4) 計測技術

- ・揮発性有機化合物の実時間計測装置の測定感度を向上させる。
- ・パーソナルモニタリングのための計測器の性能評価を行う。

平成18年度の研究成果

### (1) 地球規模環境問題

#### (ア) 気候変動と大気放射特性

- ・大気海洋結合モデルを用いて、過去の気候変化をもたらした要因（太陽活動、火山活動、人為的な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。

- ・衛星搭載多波長放射計のデータからエアロゾルの種別を分離するアルゴリズムの改良を進め、全球衛星データから炭素タイプ、砂塵タイプ、硫酸タイプ、海塩タイプごとにその光学的厚さの全球分布を求めた。
- ・高スペクトル分解能を有するレーザーを用いたライダーにより、エアロゾルの後方散乱係数と硝酸係数を独立に得る手法を確立した。

#### (イ) 成層圏オゾン層変動

- ・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、オゾン層破壊が最も顕著である南極オゾンホール過去の拡大傾向の再現と21世紀中の変化を調べた。
- ・衛星搭載センサーであるILAS-IIによる観測データの解析を進め、オゾンホール内での特定の空気塊に着目して脱窒素量とエアロゾル消散係数の変化の関係を明らかにした。

#### (ウ) 地球規模での物質循環過程

- ・二酸化炭素観測と相補的な情報を与える酸素濃度 ( $O_2/N_2$  比) を、数時間スケールの時間分解能で測定できる連続観測システムの開発を行った。
- ・落石ならびに波照間のモニタリングステーションに酸素濃度の連続観測システムを設置して、連続運転の試験を実施、1時間程度の時間分解能での  $O_2/N_2$  比の連続観測が可能である事が確かめた。
- ・温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) の搭載センサーのための分光パラメータの評価研究として、メタンの  $1.67\text{ }\mu\text{m}$  帯の吸収スペクトルの分光パラメータを決定した。

#### (2) 越境大気汚染の監視

- ・連続観測小型ライダーを活用した日中韓モンゴルの4カ国連携で進めている黄砂モニタリングのための黄砂ネットワークの展開を進めた。
- ・中国でのライダーデータから黄砂由来と大気汚染由来のエアロゾル情報を導出するためのアルゴリズム開発を行った。
- ・長崎県に見られる水稻の葉枯れの現象について酸性霧との観点から大気中の酸性物質の計測を行った。

#### (3) 都市大気環境

- ・大気拡散風洞を用いて単純形状モデルならびに実市街地モデルを用いた実験を実施、道路空間の通風換気指標の決定や疫学調査へのデータの提供を行った。
- ・大型反応チャンバーを用いて、植物起源の揮発性有機物からの有機二次エアロゾル生成を調べた。

#### (4) 計測技術開発

- ・揮発性有機化合物の実時間同時計測手法として陽子移動反応-飛行時間型質量分析装置を開発し、人為起源炭化水素である芳香族炭化水素で検出感度が sub-ppb レベルにあることを確認した。
- ・ナノテクノロジーを活用したパーソナルモニタリングのための計測器の開発を進め、その性能試験を行った。

### 1. 5 今後の展望

2つの重点研究プログラム（地球温暖化研究プログラムおよびアジア自然共生研究プログラム）との連携を強化しつつ、大気数値モデルの一層の精緻化や新しい切り口での物質循環研究、さらにはアジア域をターゲットにした大気汚染の観点と大気放射特性の点からのエアロゾル計測を推進する。都市大気環境の問題ではエアロゾルをはじめとする汚染物質の生成とその拡散に係わる研究を他の研究領域と連携して推進する。大気微量成分の新たな計測技術の開発にも取り組んで生きたい。

# 水圏環境研究

## 1. 1 研究の概要

流域における水環境及び土壌環境を適正に管理するため、湖水中の有機物、特に難分解性有機物の挙動を解析した。東京湾・伊勢湾・瀬戸内海・有明海・霞ヶ浦等の閉鎖性水域で水質・生物調査を実施し解析すると共に、水質基準（生活環境項目）で現状で問題視される項目について見直し検討した。重金属による土壌汚染調査の一環として、射撃場における鉛弾由来の鉛の土壌中挙動調査を実施し、条件の違いによる鉛の溶解速度の変化や土壌中の移動速度を解析した。産業廃水の資源循環処理については、民間企業、大学と連携してメタン発酵排水処理技術の実証試験を行い、低温対応のメタン発酵微生物の特定に至った。また、洗浄剤注入法による土壌・地下水汚染の浄化である透過型浄化壁処理への各種洗浄剤による影響評価を行った。

## 1. 2 研究期間

平成18年度～

## 1. 3 平成18年度の予算額（平成17年度の予算額）

運営交付金	:	74	百万円（	54	百万円）
その他外部資金	:	199	百万円（	100	百万円）
総額	:	273	百万円（	154	百万円）

## 1. 4 平成18年度研究成果の概要

### 平成18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

- (1) 特別研究「有機物リンケージに基づいた湖沼環境の評価と改善シナリオ作成」(平成16～18年度): 本研究の目的は、湖水有機物(溶存有機物[DOM]と粒子状有機物[POM])等の化学組成(DOM分画分布、糖類組成、アミノ酸組成、分子量等)情報から分解状態や起源を評価する手法を開発し、湖水柱や底泥中におけるDOMや難分解性DOMと微生物群集との連動関係(リンケージ)を評価して、湖水で難分解性DOMが蓄積する仕組みや主要発生源を明らかにし、流域発生源対策の新たな提言を行うことである。
- (2) 文科省振興調整費「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発」(平成18～20年度): 流域圏の生態系サービスの劣化を水・物質循環系の変化過程の視点から検討し、水・物質・植物生態系の3者の相互作用系の理解を深めた機構モデルを構築し、生態系サービスの機能評価を行う。陸域生態系が浅海域環境に及ぼす影響と、河川河口域における塩生湿地・干潟及び藻場の水文地形学及び景観生態学的なユニット構造を抽出し、ユニット毎に一次生産や分解速度等の物質循環機能と生物分布・群集構造を明らかにして生物多様性の実態と生態系機能への人為影響を評価する。
- (3) 奨励研究「有明海等における高レベル栄養塩濃度維持機構に関する研究: 適正な浅海域管理をめざして」(平成14～18年度): 有明海の環境を再生するための基礎として、海洋生物(プランクトン、二枚貝)と環境の関連を明らかにする。
- (4) 環境省委託・請負「水質環境基準(生活環境項目)等設定基礎調査」(平成18年度): 現在の水質環境基準(生活環境項目)の体系は設定から30年以上経過しており、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。また、汚濁負荷削減対策が進み、それに伴う水質環境基準達成率は向上している一方、閉鎖性海域における貧酸素水塊の発生、水産生物を含む水生生物の生息状況は悪化の一途を辿る等、水質改善が必ずしも水環境全体の回復に反映されていない公共用水域が少なからず存在し、新しい水環境評価と改善手法の開発が望まれている。そこで、水質環境基準(生活環境項目)の見直しの必要性の検討に向けた基礎資料として、水質目標に関する新たな知見(水質指標、調査方法、河川、湖沼及び海域の水利用、水質汚濁・利水障害等のメカニズム及びに説明モデル等に関するもの)を整備し、検討することを目的とした。
- (5) 環境省地球推進費「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」(平成18～20年度): 東アジア海域で起こっている赤潮やクラゲの増大などの原因として、富栄養化に加え、陸から流下する栄養塩の組成比の変質も考えられる。すなわち、窒素(N)、リン(P)の負荷は増加するが、自然の風化溶出で補給されるケイ素(Si)は大ダム湖等でトラップされてしまい、海水のSi相対比が減少する。本研究課題ではこのような仮説的機構を複数水系についてのデータ解析・生態系モデル構築により比較検証し、当該海域の保全策への提言を行うことを目的とする。

(6) 文科省科研費「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」(平成17～19年度)： 地形、表層地質、テフラ降灰量の異なる幾つかの森林地帯において、各種土壌の空間分布的特徴、特に火山灰母材の土壌の空間分布について考察を行い、土壌炭素蓄積量など土壌構成成分の組成、蓄積量に関する空間的特徴を検証する。さらに、土壌の空間分布パターンについて幾つかの土壌分類体系を用いて土壌図を作成、森林の土壌炭素蓄積量の推定手法として有効な分類体系の検証を行う。

(7) 文科省科研費「金属水酸化物へのDOM吸着特性に基づいた最適凝集条件の検討」(平成17～18年度)： 水道水源中の溶存態有機物(DOM: Dissolved organic matter)はトリハロメタン問題など、諸問題の原因となっており除去が求められているが、我が国の浄水場で採用されている急速ろ過法では十分に除去されず大半が残存する。本研究では、DOMの特性と金属水酸化物への吸着性能の相違、またそこに働く作用について探る事で、DOMの持つ特性に対応した適切な凝集操作方法について提案を行う。

## 2) 流域における環境修復・改善技術に関する研究

(1) 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」(平成18～20年度)： 好気性微生物処理に伴う電力消費は莫大(国内総電力消費の0.6～0.8%)であり、さらに除去有機物の50%程度が産業廃棄物としての余剰汚泥となることが問題となっている。また、水を媒介とした健康被害が開発途上国において深刻な問題となっており、処理に伴うエネルギー消費が少ない(維持管理コストが安い)適切な排水処理技術の開発が求められている。以上の様な背景から本研究では、有機性排水の無加温処理に対応した省・創エネルギー型のメタン発酵排水処理技術の開発を行うことを目的とする。

(2) 環境省環境技術推進費「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」(平成18～19年度)： 水環境中の溶存有機物(DOM)の分子サイズはDOMの特性・反応性を規定する重要な因子である。一般的な分子サイズ測定法である紫外吸光度+サイズ排除クロマトグラフィー(SEC)ではDOMの分子サイズを定量的に測定できない。本研究では、DOMの分子サイズを適正に測定するために、存在量を定量的に表せる全有機炭素(TOC)で検出するSECシステムを開発・確立する。さらに当該システムを用いてDOMの特性を分子サイズをパラメータとして評価する。

(3) 文科省科研費「洗剤注入による土壌汚染のレメディエーション技術の効率と安全性に関する基礎的研究」(平成15～18年度)： 工場からの漏出や不法投棄などにより地中に浸透した有機溶剤などの有害物質による土壌・地下水汚染の修復は様々な方法が提案されているが、地中での汚染の拡がりや濃度を正確に把握することは困難なため修復も長期にわたることが多い。このような汚染物質を積極的に溶解して短期間に回収する目的で、井戸を通して洗剤液を注入する手法が検討されてきている。本研究課題ではこの洗剤注入法について、その実用性を判断するための一助として洗剤効率や環境安全性などを基礎的に検討することを目的としている。

- (4) 環境省委託・請負「射撃場における鉛弾由来の鉛の土壌中の挙動調査」(平成17～18年度) : 近年、一部の射撃場及びその周辺において、射撃場で使用される鉛弾が原因となった土壌及び水質の汚染が発見され、各々の射撃場において調査・対策が独自に行われているが、未だ統一的な調査及び対策手法は確立されていない。このような状況を踏まえ、射撃場に係る土壌及び水質などの調査方法、汚染の対策及び未然防止法についてガイドラインが求められている。そこで、ガイドライン作成に必要な科学・技術的な情報の整理を行うため、射撃場における鉛弾由来の鉛について、水相への溶解や土壌中の移動など、その挙動を明らかにすることを目的とする。
- (5) NEDO「嫌気性生物膜の高度利用による排水処理技術」(平成18～20年度) : 極低濃度(0.4gCODcr/L以下)の有機性排水の安定・高効率処理を実現するための嫌気排水処理法の開発を行い、省エネ排水処理法の適用範囲を飛躍的に拡大する。具体的には、生物膜流動型メタン発酵法における排水流入条件の最適化と、新規に考案したろ床型メタン発酵法の開発により、研究開発目標の達成を目指す。また生物膜の微生物学的知見を収集し、メタン発酵排水処理プロセスの安定化や効率化のための基礎データとする。さらに、メタン発酵処理水の後段処理法に関する開発を進め、溶存メタンを回収するための検討を行う。
- (6) NEDO「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」(平成18～20年度) : 低有機物濃度排水の無加温メタン発酵技術を確立するための基礎的知見として、常温条件下における有機物の分解特性や分解を担う微生物群に関する知見を収集する。特に、常温条件下で分解律速となりやすい、固形性の有機物の分解に関わる細菌の同定や、水温と固形性有機物の分解特性との関連評価を行う。
- 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
- (1) 奨励研究「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」(平成15～19年度) : 生物活動と物質循環の要であり、且つ人間活動の影響を受けやすいエコトーンに対する長期的モニタリングを行い、GEMS/Waterにより陸水(淡水)モニタリングステーションとして観測が続けられている湖のデータとあわせて湖全体の生物群集と物質循環の把握を行う。特に、沿岸植生について、新しい手法である細菌群集構造解析、安定同位体比解析を行い、再生事業の影響、霞ヶ浦導水路工事前の状況把握を含めた霞ヶ浦全体のトレンドを明らかにすることを目標とする。
- (2) 奨励研究「強風化型膨潤性土壌地帯におけるマメ科植生への攪乱行為が土壌C・N stockとその動態におよぼす影響の解明」(平成18年度) : フィリピンルソン島中央部の丘陵地における溜池型集水域を例に、土地利用形態、特に森林を構成するマメ科木本植生の維持管理や伐採と草地転換が土壌資源の持続性にどのような影響を与えうるかを土壌炭素・窒素蓄積量とその存在形態から検証することを目的とする。
- (3) 文科省科研費「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」(平成17～19年度) : 湖沼において藍藻類がアオコを形成し優占する要因として、鉄の利用性が重要であると認識されている。本研究の目標は、湖水中の溶存鉄やその存在形態を定量的に測定する分析手法を開発して、湖水(霞ヶ浦)や流入河川水等の溶存鉄濃度とその存在形態を定量すること、そして実際の湖水を用いた室内培養実験でアオコ形成藍藻類の増殖が生物利用可能鉄濃度によって規定されるか否かを明らかにすることである。

(4) 文科省科研費「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」(平成18～19年度): 土着の微生物の群集によって汚染地の浄化を行うバイオスティミュレーションが一部ですでに実用化されているが、分解菌の偏在などによって分解できる物質の種類や濃度が限定されることが多いため、その適用性は未だ十分とはいえないのが現状である。本研究では、従来のバイオスティミュレーションでは考慮に入れられていなかった腐植物質の還元を担う微生物群に着目し、その効果的な活用方法を提案することを目的とする。

## 平成18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

#### (1) 「有機物リンケージに基づいた湖沼環境の評価と改善シナリオ作成」

##### 課題1. 有機物組成と分解性のリンケージ評価

[溶存有機物(DOM)の放射性炭素同位体比] 霞ヶ浦湖水や流入河川水中のDOMの放射性炭素同位体比を測定した。湖水および河川水DOMの同位体比は、約 $-200\text{‰}$ を境に明瞭な違いを示した(湖水: $-212\text{‰}$ ～ $-13\text{‰}$ 、河川水: $-475\text{‰}$ ～ $-17\text{‰}$ )。すなわち、重い(若い)湖水DOMと軽い(古い)河川水DOMとに、それぞれ同位体的に識別可能であると示唆される。

[降雨時河川水DOMの特性] 降雨時の河川水DOMの特性を評価した。降雨時に河川水量の上昇とともに、DOM濃度は上昇し(2.4→3.9mgC/L)、同時にフミン物質の存在比が35%から45%に増大した。降雨イベントは、河川にフミン物質を供給することが明らかとなった。

##### 課題2. 湖水柱・底泥でのDOMと難分解性DOMの生産メカニズムの解明

[底泥微生物群集構造] 分子生物学的手法を用いて霞ヶ浦底泥の微生物群集構造の季節変動を調査した。霞ヶ浦底泥中では季節変化に伴い真正細菌群集構造が深度的に変動すること、0～15cm間の底泥中に多様な種が広く存在すること、特に夏季に細菌群集の多様性が高いことが示唆された。底泥からは硫酸還元菌に近縁なクローンが全ての月のサンプルで多数確認され、特に4～8cmにその検出が集中していた。

[分解性、サイズ、UV吸収能の関係] 霞ヶ浦湖水中のDOMは年々難分解性化しており(湖心で分解率25%→7%)、同時に低分子化(760→680g/mol)、かつUV/DOC比は漸増している(15.7→24.7abs/cm $\cdot$ L $\cdot$ g)ことが判明した。この結果は、霞ヶ浦では、低分子でUV吸収能の高いものが難分解性DOMとして残存・蓄積していることを示している。

##### 課題3. DOMの動態および発生源対策効果の評価

[モデルによる対策評価] 霞ヶ浦湖内3次元流動モデルを使って、下水処理場放流水の放流先を変更した場合に(9ケース)、環境基準点等において処理水由来難分解性DOMの濃度変化を評価した。結果、土浦入りや湖盆域に放流した場合湖心での濃度寄与は上昇し、一方、高浜入り左岸や湖尻に放流するとその寄与は低下した。ほとんどのケースで湖尻放流でその寄与は著しく減少した(湖心: $-84\%$ )。湖尻への放流先変更に伴う費用は、620百万円/年と算定された。

#### (2) 「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発」

##### ①伊勢湾流域圏のデータベース構築と汚濁負荷量推定

伊勢湾流域圏の自然環境情報数(値標高モデル、水系図、土地被覆図、土壌図、植生図等)、社会環境情報(人口、行政界、道路網、鉄道網等)を地理情報システム(GIS)上で統合化し、境情報データベースの構築を開始した。また、伊勢湾流域圏の土地利用等の流域改変に伴う水・物質循環系の経年変化を時系列的に抽出するための衛星画像を収集し、自然環境情報、社会環境情報(GIS)上で関連付ける作業を行っている。また、食料と農業生産活動との観点から伊勢湾流域圏における物質(特に窒素)の収支理解に適した検査領域についての検討を行った。さらに、伊勢湾流域圏での汚濁

負荷発生構造の特性把握のために、伊勢湾関連県水質総量規制指定地域内（岐阜県、愛知県、三重県）汚濁負荷発生量の整理に着手した。

②陸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

櫛田川・雲出川河口域の1940～2000年代の航空写真を収集し過去からの変遷を検討した。また、櫛田川・雲出川河口域に分布する塩生植物群落、底生動物相の調査を実施し、概略的な群落区分図、群集構造の検討を行っている。さらに、櫛田川・雲出川河口域に分布するハマボウ群落及び塩生植生群落の群落調査及び環境調査を行い、各植物の生育環境を把握した。浅海域での生物による水質浄化能の回復技術の検討のため、二枚貝（アサリ）に着目した現場実験と観測を継続して実施している。平成18年度は特に、ノリ網敷設による流速減衰効果に伴う二枚貝稚貝着底率の促進と生残率・成長速度の関係についての検討を進めた。

(3) 「有明海等における高レベル栄養塩濃度維持機構に関する研究：適正な浅海域管理をめざして」

①有明海で秋から冬にかけ持続的に発生する赤潮 (*Akashiwo sanguinea*) の発生機構を明らかにするために現場調査ならびに実験を行なった。*A. sanguinea* は、遊泳力により光制限を受けず、さらに、体サイズが大きいため、動物プランクトンによる捕食を殆ど受けないため、潜在的な増殖速度は競争相手に比べ小さいものの、個体群を拡大し、持続的な赤潮を形成することが明らかとなった。

②有明海の代表的な二枚貝であるハマグリを再生させるため、本種の環境耐性および劣悪環境下での成長生残を検討した。ハマグリは予想に反し、高温・低塩分に対する耐性がアサリよりも強かった。また、貧酸素水がしばしば侵入するような干潟においても、生残率はアサリ・シオフキよりも高かった。さらに、成長速度もアサリ・シオフキ・ホンビノスなど比較した貝に比べて有意に大きかった。

(4) 環境省委託・請負「水質環境基準（生活環境項目）等設定基礎調査」（平成18年度）：

日本全国の水域に関して、水環境の仕組みや問題点の把握に関連する水質項目・調査方法、水域の水質汚濁・利水障害のメカニズム等について、モデル解析、実地調査及び文献調査等の必要な調査検討を行った。公共用水域における水質汚濁機構解明と水質・生態系の変化の動向に対応するために、現行の水質環境基準（生活環境項目）において設定されている項目の精査・再検討を行い、設定されていない関連項目については、その機能や水環境管理施策のための新規指標としての導入効果を評価した。具体的には、①多様化する溶存酸素（DO）センサーの特性評価、②硝化の影響を区別するためのTOCを指標としたBOD測定法の検討、③湖水難分解性溶存有機物の特性評価、④各大腸菌関連指標の同所的・同時的データの取得と解析、⑤閉鎖性海域における易分解性・難分解性の有機炭素の評価、⑥海域における指標としての溶存各態窒素・リンの意義と内部生産による有機炭素生成能の評価、⑦湖水難分解性溶存有機物への下水処理水の寄与に係るモデル解析、⑧透明度低下因子の解析、⑨底質溶出フラックス、及び酸素消費能の評価、⑩閉鎖性海域における低・貧酸素と水生生物の感受性・生息状況との関係解析、⑪閉鎖性海域における水質分布再現モデル構築とシミュレーション、に関する調査・試験研究を行った。

(5) 「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」

平成18年度には、1) アイアンゲートダムドナウ川－黒海、2) 黄河（断流）－黄海、3) 三峡ダム－長江－東シナ海、4) 琵琶湖（仮想大ダム湖）－淀川－瀬戸内海の4水系について既存データ・知見の収集・解析を行い、レビュー論文にまとめるとともに、上記仮説に関連した科学的不確実性の部分を抽出した。また、4) については瀬戸内海を定期航行するフェリーによって栄養塩および植物プランクトンの観測を行った。さらに、これらの海域の生態系変質を推定するためのモデルの基礎を構築した。この結果、これらの4水系の陸水域では形態は異なるが共通してS<sub>i</sub>をトラップする要因があり、沿岸海域でS<sub>i</sub>相対比が減少しつつあることが確認された。

(6) 「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」

奥秩父山地帯についての土壌調査・分析結果をもとに、各種土壌分類体系を用いた土壌分類を行い、各体系の持つ特徴について考察を行った。また、今年度は本地域の土壌炭素の起源推定を試み、腐植の吸光特性などから黒ぼく土（火山灰性土壌）に分類される地域の広い範囲で草本植生履歴をもっていることが予想された。特に、地理的条件よりかつて人間活動が盛んであったと推測される場所でその傾向が強く表れていた。

#### (7) 「金属水酸化物へのDOM吸着特性に基づいた最適凝集条件の検討」

本年度は金属酸化物として酸化鉄を用い、霞ヶ浦3地点のDOMを対象に吸着実験を行った。またDOMの除去特性をXAD樹脂分画手法によって詳細に検討した。①DOMの吸着実験→残存性DOMについて樹脂分画→測定、②DOMの樹脂分画→それぞれの画分を対象に吸着実験→測定の2通りの方法で実験を行った。①の実験結果ではDOM全体としてpH=9.0で37~50%、pH=5.0で59~70%の除去率を示しており、低pHにおける除去率が高いことが分かった。②の実験結果では、DOM全体としてpH=9.0で20~40%、pH=5.0で57~62%の除去率を示しており、①と比べて特にpH=9.0において除去率の低下が顕著だった。

### 2) 流域における環境修復・改善技術に関する研究

#### (1) 「省エネルギー型水・炭素循環処理システムの開発」

平成18年度は生物膜利用型メタン発酵プロセスによる、低濃度排水の連続処理を行い、水温や排水有機物濃度の低下が排水処理性能や生物膜の物理的、生態学的構造に及ぼす影響を評価した。低濃度有機性排水の生物膜流動型リアクターによる処理実験を行い、排水の有機物濃度の低下（排水の循環の影響含む）が、排水処理性能や保持汚泥の性状に与える影響を評価した。その結果、排水有機物濃度の低下（0.8gCOD/Lより0.4gCOD/L）は、明らかに有機物除去性能の悪化を招くことが明らかになった（COD除去率75~80%より50~60%程度に低下）。現時点で、本システムは有機物濃度0.5~1.0gCOD/L程度の低濃度排水の10℃から25℃での高速（処理時間2~4時間）処理と、除去有機物の50~60%をメタンに転換し得る性能を得ており、今後、より低有機物濃度排水へ適用させるための技術開発、実排水への適用可能性評価、低温条件下のメタン生成細菌群の適用メカニズムの解析を進める。また、民間企業、大学との連携によりメタン発酵下水処理の実証実験を行う体制を整え、平成19年度より実証実験を開始する予定である。

#### (2) 「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」

サンプルおよび溶離液から無機炭酸をオンラインで除去する脱気システムを開発した。TOC検出サイズ排除クロマトグラフィーシステム用に非分散赤外線（NDIR）検出器を設計し製作した。また、過硫酸カリ溶液やリン酸溶液の導入が不安定なため、より安定な導入システムの開発を検討した。溶存有機物（DOM）のサイズ測定には最適な標準物質であるポリスチレンスルホン酸（PSS）を使って、SECシステムとして適切な実験条件を検討した結果、シリカ系カラム、溶離液のリン酸塩によるイオン強度調整等の条件を設定することで、TOC検出モードにおいて、PSSスタンダードに対して線形の校正曲線（log分子量 vs. 溶出時間）を得ることができた。

#### (3) 「洗剤注入による土壌汚染のレメディエーション技術の効率と安全性に関する基礎的研究」

平成17年度から継続して、10種の界面活性剤（陽イオン性1種、陰イオン性4種、非イオン性5種）と4種の高分子量有機物を洗剤のモデルとして、これらが共存した場合の鉄粉によるトリクロロエチレンの脱塩素還元分解反応の効率を測定した。トリクロロエチレンの分解に伴い、シス-1,2-ジクロロエチレンと1,1-ジクロロエチレンが生成したが、その生成量と分解速度は添加した洗剤の種類によって異なった。ラウリン酸ナトリウムを除く陰イオン性界面活性剤と陽イオン性界面活性剤および高分子量有機物を共存させるとトリクロロエチレンの分解速度は洗剤無添加の場合の70~

50%程度となった。非イオン性界面活性剤およびラウリン酸ナトリウムを添加した場合には30%程度まで減速した。このような分解反応性の差異を明らかにするために、トリクロロエチレンの鉄粉表面への吸着量を測定したところ、トリクロロエチレンがミセルに可溶化することで鉄粉表面との接触効率が減少し、分解反応が起こりにくくなっているものと考えられた。

#### (4) 「射撃場における鉛弾由来の鉛の土壤中の挙動調査」

環境省が管理替えの措置により防衛庁から入手した弾丸を用い、室内溶出実験、及び降雨曝露試験と土壤埋設試験から成る野外溶出実験を実施し、以下の結果を得た。散弾は、水に曝されると酸化と炭酸イオンとの反応によって比較的容易に溶解し、炭酸塩の白色沈殿が析出する。水中での溶解量は1年間に散弾1t当たり36-73kgで、溶解速度は散弾に異種金属が含まれると遅くなる。リン酸イオンは散弾表面に不溶性沈殿皮膜を生成し、溶解を抑える。土壤埋設後の散弾の溶解速度は褐色森林度で比較的速く、その要因は低いpHと豊富な水溶性有機物によると考えられた。また、降水に曝露した散弾の溶解速度に比べ、土壤に埋設した散弾の溶解速度は約6倍であった。鉛は黒ボク土で動き難く、低地土では比較的動き易い。また、褐色森林土などの有機物の多い土壤では有機物結合態で動く可能性がある。現場土壤では、全量鉛濃度がバックグラウンドレベルであっても、水抽出（公定法）濃度が基準を越す場合があり、特に、有機物が豊富で弱アルカリ性でもある土壤では鉛の溶出速度が高くなる可能性があるため、クレー落下地点は注意を要する。

#### (5) 「嫌気性生物膜の高度利用による排水処理技術」

生物膜流動型リアクターにおいて低濃度排水（0.3-0.4gCODcr/L）の連続処理実験を行い、メタン生成細菌の基質資化に必要な有機物濃度を維持しつつ、生物膜の物性維持や生成ガスの生物膜からの脱離に必要な物理的攪拌の付与が可能な、排水循環の方法を検討した。その結果、排水循環速度の増減を繰り返すことで、良好な水質（COD除去率90%以上）の達成と保持汚泥の物性維持が出来ることが分かった。低温度条件下で優占化が確認された細菌群に関して、分子生物学的解析により、詳細な種の同定を行った結果、自然環境中（水田などの常温条件下）でのみ存在が確認されている水素利用メタン生成細菌 *Methanospirillum* に分類された。

#### (6) 「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」

平成18年度は、排水中の固形性有機物の分解と、水温との関連を回分実験により評価した。具体的には、下水SS（初沈汚泥）、セルロース、タンパク質、炭水化物などの固形性有機物を炭素源に用いた20℃条件下における嫌気集積培養を行い、有機物の分解の様相を調査した。得られた集積培養体に対して、酸生成活性の温度依存性を評価したところ、20℃程度まではある程度の活性を示すが、水温が10-15℃に低下すると活性の著しい低下が見られ、低温下で固形性有機物の分解が律速となることが分かった。また、集積培養体の微生物群集構造解析を行い、主要な加水分解細菌の同定を試みた。

### 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

#### (1) 「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」

昨年度の調査の結果、ヨシ帯のヨシの成長が湖からの栄養塩供給の影響を受けている可能性が示された。そこで、本年度は、河川からの栄養塩の供給と流下による減衰、ヨシ帯の地形、水位による水と栄養塩の地下への浸透との関連に重点をおいてモニタリングを実施した。霞ヶ浦湖盆及び沿岸湖水の採水と分析の結果、霞ヶ浦湖盆と霞ヶ浦西浦右岸沿岸湖水の栄養塩濃度は、霞ヶ浦西浦右岸の流入河川、主として桜川及び小野川の影響を受けることが確認された。酸素の安定同位体比の分析から、河川水の流れ込みの影響が河口から下流に向かって減衰していく様子が明らかとなった。また、湖水と著しく酸素安定同位体比の異なる降雨をプローブとすることにより、降雨及び降雨直後の水位の上

昇による湖水越入と、ヨシ帯内表層水の地下間隙水への移動を検出することができた。ヨシ帯内部の水の地下浸透は、ヨシ帯の土質とともに、地形による水の滞留時間によっても大きく影響を受けることが明らかとなった。さらに、間隙水の栄養塩分析により、ヨシ帯内での窒素の挙動を捉えることができた。その結果、ヨシ帯の河川からの距離による供給湖水中の窒素濃度の違いと、水の地下浸透による栄養塩の移動の違いが、ヨシの成長を左右している可能性が示唆された。

(2) 「強風化型膨潤性土壌地帯におけるマメ科植生への攪乱行為が土壌C・N stock とその動態におよぼす影響の解明」

18地点における森林および草地土壌の調査分析結果より、マメ科主体の森林ではイネ科草本植生に比べ、土壌N蓄積量は高かったものの、土壌C蓄積量は必ずしも高くはなかった。この理由として、マメ科木本類の落葉はN含量が高くC/N比が低いため、土壌表面や土壌中での分解速度がイネ科草本類よりも卓越していたためと予想された。また、森林ではカルシウムなどの塩基類が落葉等を通じ土壌表面に還元されるが、草本類では土壌中下方への溶脱傾向が認められ、表層土付近での土壌pHの低下をもたらししていた。また、以上、マメ科木本からイネ科草本への転換利用は、粘土の特性から雨季の土壌流亡の助長や、土地生産性に重要な土壌窒素含量や塩基類および土壌pHの表層付近での低下をもたらす可能性があることが示唆された。

(3) 「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」

霞ヶ浦4地点および主要2河川で採水し溶存鉄および有機態鉄濃度を測定した。霞ヶ浦湖水中の溶存鉄は35-254nMの濃度範囲にあり、一方、流入河川水の溶存鉄濃度は47-2910nMの範囲にあった。湖水中の溶存鉄濃度は、明らかに、湖水の流れ方向に減少してゆく傾向を示した。この結果は、河川水が湖水溶存鉄の主要な供給源であることを示唆する。霞ヶ浦湖水の鉄錯化容量および条件安定度定数を競合的吸着濃縮ボルタンメトリーによって測定し、鉄と錯化する有機リガンドの主要な供給源は河川であることが示唆された。条件安定度定数の対数値は25.1-26.2の範囲にあり、特徴的な場地的変動は観察されなかった。化学平衡プログラム計算から、霞ヶ浦湖水の溶存鉄のほとんどが有機態として存在することがわかった。一方、河川水中では有機態鉄の割合は湖水に比較して低かった。有機態鉄の存在比は、水の流下方向に増大してゆく傾向が認められた。

(4) 「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」

本年度は、まず、自然環境中からの腐植物質還元細菌の分離を試みた。国内の複数のサイトから採取した土壌及び底泥サンプルを植種原に用いて、腐植物質のキノン部分のモデル物質であるanthraquinone-2,6-disulfonate (AQDS)を電子受容体とした無機塩培地(嫌気条件下)で集積培養を行った。結果、安定な集積培養系を構築することができ、培養試料を寒天培地に植種・培養することで、複数の腐植物質還元細菌を獲得することができた。現在、得られた単離菌株について、生化学的特性の調査や16S rDNA塩基配列に基づく系統学的解析を進めているが、腐植物質還元細菌は多様な細菌属に分布している可能性が示唆された。

## 1.5 今後の展望

### 1) 水環境保全及び流域環境管理に関する研究

- ・十和田湖等COD増加が懸念される湖沼で原因解明のためサンプリングを実施する。水域で、放射性同位体を使わない新しい細菌の2次生産測定方法開発に着手する。
- ・霞ヶ浦の湖沼底泥に堆積した生活排水由来化学物質の分布と堆積年代から周辺環境の汚染トレンドの解析するため、19年度は年代測定を完了させる。
- ・大気降下物を由来とする有害物質による都市域土壌汚染の実態を解析するため、19年度に予備調査から適切なモニタリング地点を選定する。
- ・東京湾を対象として、陸からの有機汚濁負荷および海域実態の現場調査、二枚貝の動態実験を実施する。

- ・海域における窒素：リン：珪素の栄養塩比では瀬戸内海域フェリーによるモニタリングデータ等の既存データに基づいてモデルの充実と仮説の検証をはかる。

## 2) 流域における環境修復・改善技術に関する研究

- ・下水のメタン発酵処理実証試験を開始し、主に固形性有機物の分解機構の解明を行う。産業廃水については、製糖廃水を中心に技術適用性の評価を行う。また、有機性排水からの創エネルギーに関わる微生物群集構造の解析や、有機物代謝に関する基礎的知見を収集する。
- ・腐植物質を還元する土着菌の基本的な生態の解明と環境浄化への適応性の評価を行う。
- ・ジクロロメタン分解菌を獲得し、その分解機構を解明する。
- ・洗剤注入による土壌汚染のレメディエーション技術の効率と安全性に関する基礎的研究では、洗剤の共存による有機塩素系溶剤の化学・微生物処理への影響を実験室レベルで評価する。
- ・機器の改造を含めた、様々の実験条件でTOC検出クロマトグラフィーを使った実験を行う。さらに他の検出器を直列に組み合わせて、多目的検出クロマトグラフィーシステムで水環境中の溶存有機物の特性を評価する。

## 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

- ・霞ヶ浦エコトーンにて5年間のモニタリング実施期間中に蓄積したデータを元に、霞ヶ浦湖水中の物質循環の要である微生物群集の変遷を明らかにする。また、5年間での沿岸植生帯の消長とその原因について考察を行い、沿岸植生帯の保全に資する。
- ・森林における窒素飽和・土壌汚染モニタリング対象となる森林集水域を選定、水、物質収支モニタリングを開始する。長期的あるいは広域的な研究の展開を目指す。
- ・瀬戸内海域等におけるフェリーによる海域の時系列観測、既存データ解析に基づいて、N：P：Si比が各生物の増殖に与える影響を推定する海洋生態系モデルを構築する。

## 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) 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態把握と、その対策に関する研究、2) 絶滅が心配される生物等の保全に関する研究、3) 生態系機能の保全に関する研究、4) 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を中心に進める。

### 1. 2 研究期間

平成18年度～

### 1. 3 平成18年度の予算額（平成17年度の予算額）

運営交付金	:	107百万円	(	73百万円)
その他外部資金	:	116百万円	(	262百万円)
総額	:	223百万円	(	335百万円)

## 1. 4 平成18年度研究成果の概要

### 平成18年度の研究成果目標

#### 1) 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態把握と、その対策に関する研究

- (1) 特別研究「侵入生物・遺伝子組換え生物による遺伝的多様性影響評価に関する研究（平成18～20年度）」： 千葉県内の調査地におけるGMセイヨウアブラナ分布調査をおこなう。関東地方を中心に複数の河川・池沼において、複数魚種の標本採集を実施する。それらの標本について、遺伝解析をおこない、地理的な系統分布と導入された遺伝子型を解析する。
- (2) 地球環境研究総合推進費「大型船舶のバラスト水・船体付着により越境移動する海洋生物がもたらす生態系攪乱の動態把握とリスク管理に関する研究（平成16～18年度）」： 大型貨物船を対象として、バラストタンク内の生物多様性のモニタリング調査および実験を継続して行う。
- (3) 環境省-委託請負「除草剤耐性遺伝子の流動に関する調査・研究（平成18年度）」： 引き続きGMナタネ・ダイズの一般環境中での生育状況と除草剤耐性遺伝子の拡散状況について、主として東日本地域での調査を行う。また、GMダイズとツルマメのF2雑種を作成し、グリホサート耐性遺伝子の安定性と耐性の程度を調べる。
- (4) 農水-独法「遺伝子組換えダイズから野生種への遺伝子浸透に関する研究（平成18～22年度）」： ダイズ（組換え遺伝子をもつものともたないもの）とツルマメの人工交配により作成した雑種を栽培し、その性質を調べる。

#### 2) 絶滅が心配される生物等の保全に関する研究

- (1) 特別研究「湿地生態系の時空間的不均一性と生物多様性の保全に関する研究（平成18～20年度）」： 植生の航空機計測と地上での調査を行い、植生タイプと物理環境の空間分布パターン等の関係の解析を行う。
- (2) 奨励研究「小笠原における河川環境の劣化と固有種の減少要因の推定に関する研究（平成18～19年度）」： 母島の河川では生息密度の減少が懸念されている固有種の陸水エビなど甲殻類2種の分布と、これと関連が疑われる環境要因の調査を行う。
- (3) 文科-科研費「小笠原諸島における固有水生生物の保全手法についての研究（平成17～19年度）」： 小笠原諸島のなかで兄島・弟島など水系の発達している属島を新たな調査地域に加えて水生生物の分布調査を行い、これまでの調査データとあわせて、固有水生生物の分布地域についてとりまとめる。
- (4) 環境-委託請負「絶滅の危機に瀕する藻類の収集と長期保存に関する研究（平成18～22年度）」： 絶滅危惧種藻類の多くを占めるシャジクモ類と淡水産紅藻に着目して、地域個体群に影響を及ぼさないように留意しつつ収集を行い、培養株化、系統保存を進める。

### 3) 生態系機能の保全に関する研究

- (1) 地球環境研究総合推進費「21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究～草原・農耕地生態系における炭素収支の定量的評価に関する研究：青海草原炭素収支に関する研究（平成16～18年度）」：生態系CO<sub>2</sub>フラックスの測定、特に生態系呼吸と生態系光合成の長期連続測定を行う。これと平行して、また、これまで蓄積したデータの解析と広範囲の炭素フラックスの推定とモデリングを行う。
- (2) 奨励研究「河道堰堤が河川生態系の規模・構造に及ぼす影響（平成17～18年度）」：堰堤が存在する河川としない河川の比較によって、河川流程に応じた生物体の安定同位体比の変動傾向と堰堤による影響を検出する。また、遺伝子解析によって流程内での魚類個体の移動頻度を推定する。
- (3) 奨励研究「海草藻場における根圏環境の研究（平成16～18年度）」：海草類の中でも小型であり研究対象に適している海草コアモモを用いた実験を行い、地下器官から底質への酸素放出機能の有無の確認、好氣的及び嫌氣的な根圏環境がコアモモに及ぼす影響、底質における有機物の分解速度などを調べ、海草藻場の酸化還元環境の特徴を明らかにする。
- (4) 地方環境研との共同研究「藻場の生態系機能による海域再生研究（平成16～18年度）」：中海をはじめとする全国の水域に残存する底生生物個体群、特にアマモおよびコアモモの生息地を中心とした各種の環境要因をまとめ、アマモ場構成種および競争種の生育に関する環境条件のデータベース化を進める。
- (5) 文科-科研費「泥炭湿地の環境変化が土壌微生物群集の多様性および機能に及ぼす影響（平成16～18年度）」：北海道釧路湿原および周辺の流入河川において、水分条件、栄養条件、植生の異なる調査地点を選び、植生、環境条件、泥炭中の微生物量・活性と生態系機能との関係を調査する。

### 4) 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

- (1) 環境-地球一括「チベット高原を利用した温暖化の早期検出と早期予測に関する研究（平成17～21年度）」：すでに測定システムを設置した地点で、気象環境と生態モニタリングを継続する。さらに、より標高の低い生態系にモニタリングシステムを設置する。
- (2) 環境-地球一括「高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究（平成16～20年度）」：定点重点観測地として設定した3つの山岳において、指標植物の開花時期やその場所での気温、消雪時期や積雪深などを継続調査する。さらに、ハイマツの年枝生長、低地性植物であるオオバコの分布拡大、高山植物の植生変化などについて温暖化の影響の指標化を進める。
- (3) 環境-公害一括「地衣類の遺伝的多様性を活用した大気汚染診断（平成17～19年度）」：大気汚染物質と地衣類の関係を明らかにするために、調査地点の微環境データ等を収集する。また、対象地衣種の分布限界地域や人為的影響の少ない非汚染地域での収集・調査を行い、大気汚染地域集団と遺伝的多様性を比較検討する。
- (4) 地環研「関東地方におけるオゾンによる植物被害とその分子的メカニズムに関する研究（平成18～22年度）」：植物の環境適応能の評価に有用であると思われる遺伝子をいくつか選定し、それらの構造や発現様式を調べて、従来の生理学的・生態学的方法で評価された環境適応能と比較しながら、分子生物学的手法を用いた植物の環境適応能の評価の有効性を検討する。

### 平成18年度の研究成果

#### 1) 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態把握と、その対策に関する研究

- (1) 国内での外来生物・遺伝子操作作物の逸出状況の把握に貢献する成果が得られた。国道51号線沿いに生育していた1345個体のセイヨウアブラナのうち8個体からグリホサート耐性遺伝子

が検出され、遺伝子操作作物の野外への逸出が確認された。また、淡水魚オイカワの関東地方河川における分布実態を調査したところ、アユ放流により持ち込まれたと思われる琵琶湖系統と関東系統の分布が確認された。ただし、系統の出現頻度には河川による違いが認められた。この違いは、各河川における琵琶湖産アユ放流実績の違いか、あるいは系統による河川環境適性の違いに由来するのではないかと推測された。

- (2) 大型船舶のバラスト水や堆積物の調査から、様々な種類の植物プランクトンやシスト様細胞が検出され、船舶による海洋生物の越境移動リスクの高さが示唆された。淡水処理や乾燥処理といった堆積物の処理で植物プランクトンおよび原生動物の除去が可能であることが分かった。こうした処理は既存の船でも十分に対応可能であり、海洋生物の移動のリスクの低減につながる処理方法となる可能性が考えられる。
- (3) 千葉港、清水港、四日市港及び博多港周辺地域の主要道沿い、および四日市港周辺地域の河川敷等から採集した試料にGMナタネの種子が含まれていることが確認された。また、二種類の除草剤耐性を併せ持つGM ナタネの種子が検出され、異なる遺伝子を組み込まれたGM ナタネの間で交配が起こっている可能性が示唆された。
- (4) 遺伝子組み替え大豆と野生種のF<sub>1</sub>雑種はどちらかの親系統と同様かまたはその中間的性質を示し、組換え遺伝子の有無による影響は認められなかった。

## 2) 絶滅が心配される生物等の保全に関する研究

- (1) 季節を変えて撮影した航空写真から読み取った草丈、植物の展葉パターンなどから、湿原中の絶滅危惧植物種の分布に大きな影響を与える優占種の密度分布をある程度まで推定できた。適切な保全施策を講じるうえで有用な情報を効率よく取得できる見通しが得られた。
- (2) 小笠原諸島の陸水域に生息する固有水生生物のうち、オガサワラヌマエビ、オガサワラコツブムシの2種について、母島での減少傾向が著しく、既存の生息地のうち1地点で絶滅し、もう1地点でも99%以上減少していることを明らかにした。これらの成果は、環境省のレッドリストへの登録の根拠となった。
- (3) 小笠原諸島で記録がなく移入種であると考えられる貝類のヌノメカワニナの島内分布を明らかにした。
- (4) 環境-委託請負「絶滅の危機に瀕する藻類の収集と長期保存に関する研究（平成18～22年度）」77株の培養株の確立、淡水産紅藻29株の凍結保存、シャジクモ類6株の単藻化に成功した。また、香川県のため池を中心に40地点の生育地調査を行った。

## 3) 生態系機能の保全に関する研究

- (1) 中国・青海草原において、CO<sub>2</sub>収支および水収支の年間変動についての観測とデータ解析を継続した。その結果、この草地生態系の炭素フラックスにもっとも大きな影響を及ぼすのは、光と温度環境であり、土壌水分や大気湿度の影響は少ないことがわかった。また、多数の地汚でフラックス観測を行って、測定点の植物の種組成やバイオマス等を測定したところ、フラックスは地上部および地下部バイオマスと正の指数関数的な相関が見られた。こうした成果は、草原の炭素固定機能を評価する上で重要な成果である。
- (2) 堰堤のある河川において、食物網の上位種の栄養的地位の変化と、上流・下流間の遺伝的距離の増大が認められた。つまり、河道堰堤の存在によって、食物連鎖が短縮し、一方で高次消費者の移動が阻害されたことが明らかとなり、河川生態系の構造と規模が分断化により縮小していることが示された。
- (3) 実験と野外調査を行って、藻場の優占種のひとつであるコアマモの存在が、底室の環境にどのよ

うに影響するかを調べたところ、コアマモ藻場の底質は還元化が進み、植物にとって有毒な硫化水素の発生もみられた。藻場の底質還元化の要因を解析し、酸素供給が少ない上、地下部による呼吸、枯死地下部やトラップされた有機物の分解による酸素消費が多いこと等が原因であることを明らかにした。

- (4) 優占する海産大型植物種の違いが海草および海藻藻場の生態系機能に及ぼす影響の解明に取り組んだ。海藻と異なり地下器官を持つという海草の生物学的特徴がいくつかの生態系機能の重要な要素となっていたこと、それら藻場の生態系機能により、優占種にとっての好適成育環境が形成されることを明らかにした。こうした知見は、藻場の生態系の再生を行ううえで重要なものである。
- (5) 湿原周辺からの距離と泥炭の理化学性、微生物性および植生の関係を調査したが、微生物数を規定する要因は明らかにはならなかった。

#### 4) 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

- (1) チベット高原の標高の異なる10地点に前年に設置した簡易気象観測システムは順調に稼働し、モニタリングデータを取得できた。今年度は新たに5地点に簡易気象観測システムを設置した。長期モニタリングサイトで得られたデータをチベット高原全域へスケールアップするために、チベット高原南北1400kmにわたる広域スケールで、植生調査、生態系呼吸、植物の資源分配の基礎的な測定データを得た。
- (2) 山岳地帯において、植物の開花時期や雪渓の越年規模の野外調査を着実に実施するとともに、開花時期の資料収集を継続した。また、これら選出指標の長期変動を推定するため、指標と主な気象要因との関係を求めた。
- (3) 二酸化窒素濃度が高い地域では地衣体への可視障害が観察され、清浄地域では地衣体が健全に成長することが確認された。さらに、大気汚染レベルの異なる地域におけるウメノキゴケの集団について集団遺伝学的解析を行ったところ、大気汚染が遺伝的多様性に対する選択圧となっていることが示唆された。
- (4) 千葉、埼玉、神奈川の協力研究機関及び国環研の敷地内において栽培したアサガオでは、光化学オキシダント（オゾン）によると思われる可視障害が葉に出現したが、これらの葉で防御に関わる遺伝子の発現が確認された。この結果は、野外で生育する植物において、オゾン応答遺伝子発現を用いた影響評価が可能であることを示唆している。実用化に向けての見通しが立った。

### 1. 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、また、その成果を社会に還元していくのかは、重要な課題である。

# 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、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、氷晶非球形散乱を考慮したCO<sub>2</sub>気柱量推定アルゴリズムの高精度化、根圏炭素貯留速度の解明にむけた地中分光画像計測装置の開発、Kuバンド合成開口レーダーによる国土森林バイオマスモニタリングのための基礎研究、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、次世代アジアフラックスへの先導研究等を行った。データベースの開発・高度化に関わる研究として、陸域生態系炭素収支総合データベースシステムの構築と運用にかかわる技術的検討、生物多様性情報の統合的利用に関する研究等を行った。

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、大気海洋結合系の気候感度決定メカニズムに関する研究、地球温暖化による極端現象の変化に関する気候モデル研究、熱帯森林生態系における炭素収支研究、土壌炭素収支におけるプロセスの相互作用と時空間変動に関する研究を行った。さらに、地球温暖化防止に向けた技術開発研究として、情報通信機器の消費電力自動管理システムに関する技術開発、及び建築物における空調・照明等自動コントロールシステムに関する技術開発を行った。

## 1. 2 研究期間

平成18年度～

## 1. 3 平成18年度の予算額（平成17年度の予算額）

運営交付金	:	11百万円	(	13百万円)
その他外部資金	:	393百万円	(	296百万円)
総額	:	404百万円	(	309百万円)

## 1. 4 平成18年度研究成果の概要

### 平成18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年打上げ予定のGOSAT衛星運用終了(2013年頃)以降の衛星利用の温室効果ガス全球分布観測について、科学的・政策的要求を明らかにした上で、具体的な観測シナリオの策定と、それを実現するための技術課題の抽出を行う。

##### (2) 氷晶非球形散乱を考慮したCO<sub>2</sub>気柱量推定アルゴリズムの高精度化

巻雲存在下での近赤外波長域の遠隔計測によるCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>等の気体濃度の測定に関して、氷晶の非球形散乱を考慮した気体濃度・巻雲微物理量の推定アルゴリズムの構築を行い、球形近似による影響を評価する。

##### (3) 根圏炭素貯留速度の解明にむけた地中分光画像計測装置の開発

地中の根の成長・消沈を中心とした炭素循環を明らかにするための新しい分光計測アルゴリズムと分光センサーの開発を行う。

##### (4) Kuバンド合成開口レーダーによる国土森林バイオマスモニタリングのための基礎研究

マイクロ波合成開口レーダーによる森林観測手法を開発する。

##### (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・抽出する技術の開発研究を行う。特に形状・特徴が曖昧・複雑な雲・沿岸域を主な対象とし、既存手法の評価を中心とする。

##### (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) ラジオゾンデ・ゴム気球搭載用の湿度計を用いた上部対流圏の水蒸気観測に関する研究

下部対流圏から成層圏までの水蒸気濃度測定に関して、既存の機器改良による高精度の湿度計の開発・製作と不確定性の小さい水蒸気データの取得を行う。

##### (8) 陸域生態系炭素収支総合データベースシステムの構築と運用にかかわる技術的検討

「21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究」プロジェクトの統合的推進と情報共有を図り、アジア地域での陸域生態系の炭素収支データの共有化と円滑な情報提供を可能にするために、陸域生態系の炭素収支に係わる総合データベースシステムを構築し、運用を開始する。

##### (9) 生物多様性情報の統合的利用に関する研究

生物種の生息状況の把握と環境変動の生態系への影響予測に活用するために、海洋生態系の構成生物種の観測情報を既存ネットワークより取得し、情報の全球網羅性に向けて国内機関間連携と統合データベースの管理手法を検討する。

## 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) 大気海洋結合系の気候感度決定メカニズムに関する研究

地球温暖化に対する適応策を検討する上で、温室効果気体の増加に対する大気海洋結合系の応答を定量的に把握することが重要となる。そこで本研究では特に気温の平衡応答（気候感度）に注目し、その決定メカニズムについて理解を深めると共に将来的見通しの精度向上に寄与することを目標とする。

### (2) 地球温暖化による極端現象の変化に関する気候モデル研究

人為起源の温室効果ガス等の増加により、将来の平均的な気温・降水量等の変化のみならず、高温日や豪雨などの極端現象がどのように変化するかは重要な問題である。本研究では、気候モデルを用いて、将来の極端現象変化の予測を行い、その変化メカニズムについて理解を深めることを目標とする。

### (3) 上部対流圏から下部対流圏における水蒸気分布の変動要因の解明と気候への影響評価

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。

### (4) 熱帯森林生態系における炭素収支研究

物質循環や森林動態に関する多くのデータが蓄積されているマレーシア・パソ保護林を中心に、現地調査及び既存データの収集を行い、炭素循環に関する積み上げモデルと林冠面での二酸化炭素フラックスデータの整合性などについて検討する。

### (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

森林の炭素循環過程を中心とした諸過程に及ぼす自然攪乱の影響を総合的に解析する。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。

### (6) 土壌炭素収支におけるプロセスの相互作用と時空間変動に関する研究

独自に開発した土壌呼吸測定用チャンバーシステムを用いて、陸域生態系においてCO<sub>2</sub>放出源として大きな役割を担う土壌のCO<sub>2</sub>放出プロセスを定量的に解明するとともに、極めて変異性に富む土壌環境の評価手法を開発する。

## 3) 地球温暖化防止に向けた技術開発研究

### (1) 情報通信機器の消費電力自動管理システムに関する技術開発

民生部門でのCO<sub>2</sub>排出増加要因の一つである、通信情報機器の消費電力削減を目的に、ネットワークの特性を生かして、利用者に負担の少ない、より簡易な機器構成で情報通信機器の消費電力を所望の組織単位（会社、部、課など）で把握／制御できるマネジメントシステムを開発する。

### (2) 建築物における空調・照明等自動コントロールシステムに関する技術開発

リアルタイムの熱負荷シミュレーションを建物の空調・照明の自動制御に導入することにより、個別省エネ技術、省エネ技術のポテンシャルを統合的に十分に活用する手法を開発する。さらに、開発したシステムの導入により、地域レベルでの省エネ・二酸化炭素排出削減効果を評価する。

## 平成18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

GOSAT後継機への政策的・科学的要求をヒアリング等により調査し、確認した。またその要求

を実現するための衛星観測シナリオを検討し、その技術的な妥当性に関する予備的な評価を実施した。さらにその過程で明らかになった技術的な課題に対して、理論的及び実験的なアプローチによる検討を開始した。

(2) 氷晶非球形散乱を考慮したCO<sub>2</sub>気柱量推定アルゴリズムの高精度化

氷晶非球形散乱を考慮した放射伝達モデルを作成した。氷晶の非球形性を取入れた理論輝度スペクトルに対して、球形近似の条件でCO<sub>2</sub>気柱量の推定を試みた結果、概ね2%以上の誤差を生じ、非球形性を考慮した推定法の開発が必要であることが判った。

(3) 根圏炭素貯留速度の解明にむけた地中分光画像計測装置の開発

地中の根の連続分光反射率を実験的に計測し、根の生死や成長ステージを自動で判別するための画像解析手法を検討した。根圏の分光画像を近接撮影できるセンサーを作成し、統計距離と教師分類精度をもとに有効波長と波長数を調査し、自動判別に最低限必要となる可視～近赤外波長とその波長数を決定した。

(4) Kuバンド合成開口レーダーによる国土森林バイオマスモニタリングのための基礎研究

筑波山麓の森林上空にて取得された航空機KuバンドSARデータを用い、インターフェログラム処理による森林樹木の三次元情報の抽出を行った。同時期に取得された航空機LiDARデータを用いた検証により、樹冠高の計測や林分構造の抽出など森林観測へのKuSARの有効性を確認した。

(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

衛星データによる「雲マスク」の精度を同時に取得された高分解能画像を用いて検証する方法について検討し、いくつかの事例に対して検討された手法を適用し、そのマスク作成時の土地被覆情報に関連する問題点の一部を明らかにした。

(6) 次世代アジアフラックスへの先導研究

AsiaFluxの活動の強化を目指し、News Letterの発行、ホームページ、メーリングリストの運営等を通してアジア地域の陸域フラックス観測研究の連携を促進した。その一環として、2006年11月にタイ・チェンマイで国際会議を開催し、交流・連携を図るとともに、データベースシステムを整備し、データセンター機能を強化した。

(7) ラジオゾンデ・ゴム気球搭載用の湿度計を用いた上部対流圏の水蒸気観測に関する研究

高精度湿度計を用いた高層大気観測を実施し、下部成層圏までより精度の高いデータが取得した。高精度湿度計と衛星測器との比較により、これまで評価がされていなかった衛星データは不確定性約10%以内であることがわかり、この結果は衛星観測データを評価する上で貴重な情報となった。

(8) 陸域生態系炭素収支総合データベースシステムの構築と運用にかかわる技術的検討

本研究プロジェクトの観測対象であるアジア地域の陸域生態系の炭素収支に係わるデータベースシステムの整備し、わが国の研究機関・大学などが運用する観測サイトの関連情報の登録を進め、運用を開始した。

(9) 生物多様性情報の統合的利用に関する研究

海洋生物地理情報システム(OBIS)ポータルサイトの構築し、全球規模での海洋生物観測情報取得を容易なものとし、ローカルデータベースとしてデータの再利用に有効な情報資源としての維持管理手法を開発した。同ミラーポータルサイトを用いて、ヨーロッパミドリガニ、カタユウレイボヤなどの海洋性侵略的外来種について、全球規模での侵入・拡散の記録を追跡することができた。OBISポータルの海洋生物生息域を検索・表示系の日本語化を行い、生物多様性情報を非専門家にも使いやすく、生物多様性保全への関心を高めるような情報資源として公開の準備を行った。

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) 大気海洋結合系の気候感度決定メカニズムに関する研究

大気中CO<sub>2</sub>増加に対する雲の応答を日英の気候モデルMIROC3.2とHadGEM1で比較し、両者の違いを理解するための新しい手法として雲水収支解析の有効性を示した。本手法は今後、温暖化予測結果が気候モデル間でばらつく仕組みの理解に役立つと期待される。

(2) 地球温暖化による極端現象の変化に関する気候モデル研究

水平解像度7kmの全球雲解像モデルの全球水惑星実験の結果を解析し、解像度約1100kmの気候モデルの結果との比較を行った。この結果、中高緯度については、両モデルとも温暖化により平均降水量および豪雨強度が増加し、その原因が水蒸気の増加によることが示された。

(3) 上部対流圏から下部対流圏における水蒸気分布の変動要因の解明と気候への影響評価

アジアモンスーン域における水蒸気変動に関し、衛星観測データを用いた解析の結果、プレモンスーン期(3~6月)に多く発生する擾乱現象が成層圏に流入する水蒸気量に影響を与えていることがわかった。

(4) 熱帯森林生態系における炭素収支研究

熱帯林内の炭素循環の時空間的変動について現地調査を行い、熱帯林の炭素循環プロセス間の相互関係について解析した。また、森林の炭素収支機能の評価するためのスケールアップ技術の開発を進め、その技術を用いてエコシステムサービス機能の評価を試みた。

(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

自然攪乱後の回復過程での炭素収支機能を多面的に評価するために、全壊した観測林での炭素収支機能を総合観測した。また、森林の回復過程を把握するために植生や残置された倒木・残根の腐朽プロセスの調査を進めた。

(6) 土壌炭素収支におけるプロセスの相互作用と時空間変動に関する研究

土壌呼吸測定用チャンバーシステムを用いて、富士北麓や中国・東北地方のカラマツ林、マレーシア・パソの熱帯林での土壌炭素収支の時空間変動を解析した。また、森林土壌のCO<sub>2</sub>放出源の分離(根と微生物)を試み、植物根と土壌微生物の呼吸の比率を定量化した。

3) 地球温暖化防止に向けた技術開発研究

(1) 情報通信機器の消費電力自動管理システムに関する技術開発

実証試験に基づいた動作負荷の低減、最適稼働モード判定手法の修正、中規模構成への仕様の改良など、各サブシステムを統合した消費電力自動管理ソフトウェアを開発した。また本ソフトウェアを配布し、その有効性に関する調査を実施した。普及方策を検討し、CO<sub>2</sub>削減効果およびその費用を推計した。

(2) 建築物における空調・照明等自動コントロールシステムに関する技術開発

シミュレーションシステムを導入した空調自動コントロールシステムを開発し、地球温暖化研究棟でその検証実験を行い、その省エネ性を確認した。同時に、一般オフィスに導入するための汎用型システム(BACFlex)を試作するとともに、既存/新設建築物への導入により、地域レベルでの省エネ効果が大きいことを評価した。

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

H18年度に明らかになった技術的課題について、より詳細な検討を行う。さらにその結果等に基づき、「Post-GOSAT時代の衛星からの全球温室効果ガス観測」のシナリオを取りまとめる。さらに内外の研究者と本シナリオについて議論を行い、2008年以降への展開を図る。

(2) 氷晶非球形散乱を考慮したCO<sub>2</sub>気柱量推定アルゴリズムの高精度化

氷晶非球形性を考慮した気体濃度推定法の開発が必要である。現実の測定に適用するために、より一般的な非球形モデルの模索・気体濃度と同時推定する巻雲物理量の選定等を行う必要がある。

(3) 根圏炭素貯留速度の解明にむけた地中分光画像計測装置の開発

野外で実用可能なマルチバンドセンサーの開発を視野に入れ、観測精度に影響を与えうる水分条件などの非生物要因、植物種の感度特性などの検討が必要と思われる。

(4) Kuバンド合成開口レーダーによる国土森林バイオマスモニタリングのための基礎研究

衛星搭載の合成開口レーダデータへの適用を計り、広域化を目指す。

(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

平成18年度より開始した雲識別手法の精度検証の結果を取りまとめるほか、同手法及びその他の自動認識手法の沿岸域・サンゴ礁への適用について検討を行う。

(6) 次世代アジアフラックスへの先導研究

AsiaFluxの活動をさらに強化することによって、アジア諸国の陸域生態系の炭素収支機能の観測ポテンシャルの向上を図り、京都議定書第一約束期間後のアジア地域における森林炭素収支の定量的評価に貢献する。

(7) ラジオゾンデ・ゴム気球搭載用の湿度計を用いた上部対流圏の水蒸気観測に関する研究

高精度湿度計の開発：雲層内などの相対湿度が高い領域での測定の不確定性に関する議論が不十分と考えられる。様々な環境下での観測が今後も望まれる。

(8) 陸域生態系炭素収支総合データベースシステムの構築と運用にかかわる技術的検討

本研究課題は平成18年度で終了したが、そこで得られたアジア地域の陸域生態系の炭素収支に係わるデータ・成果のアーカイブを整備したが、それらの継続的運用体制の確保が望まれる。

(9) 生物多様性情報の統合的利用に関する研究

日本沿岸の海洋生物モニタリング調査の結果を統合データベースとして検索・利用可能とするよう国内機関との一層の連携強化が望まれる。

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

(1) 大気海洋結合系の気候感度決定メカニズムに関する研究

雲水収支解析の問題点として、収支項（凝結過程）の分離方法が未確立、解析対象のモデルが少ない、の2点が挙げられる。今後は収支項（凝結過程）に影響する要素を分離して評価する方法を探ると共に、モデル間相互比較プロジェクトへの参加を通して比較対象のモデルを増やすよう働きかけを続けたい。

(2) 地球温暖化による極端現象の変化に関する気候モデル研究

本課題は今年度で終了する。本課題の成果を踏まえ、温暖化時の極端現象の変化に関する研究は地球温暖化プログラム中核プロジェクト3の中でさらに発展させる。

(3) 上部対流圏から下部対流圏における水蒸気分布の変動要因の解明と気候への影響評価

衛星観測データの解析から得られた結果を定量的に評価するために、バングラディッシュにおいて高精度湿度計を用いた高層大気観測を実施する予定である。

(4) 熱帯森林生態系における炭素収支研究

本研究課題は平成18年度で終了したが、全球的な炭素循環において焦点となる熱帯林の炭素循環プロセスの定量的評価にはまだ課題が残積しており、その手法の確立とともにスケールアップ技術の開発が急がれる。

(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

観測を継続し、森林生態系の管理手法の資するために、森林生態系の森林火災や台風などの自然攪乱後の炭素循環プロセスの再生・回復過程にかかわる知見を集積する。

(6) 土壌炭素収支におけるプロセスの相互作用と時空間変動に関する研究

本研究課題は平成18年度で終了したが、地球温暖化に伴い土壌がCO<sub>2</sub>放出の大きな放出源となることが予測され、土壌の地球温暖化に対する役割を定量的に評価する手法として、本研究の成果が貢献できよう。

3) 地球温暖化防止に向けた技術開発研究

(1) 情報通信機器の消費電力自動管理システムに関する技術開発

他の運用管理システム等との連携によるシステムの大規模化、および企業向けの実用化を検討する。また、家電製品等、制御の対象機器を拡大し、インターネットサービスプロバイダを通じた消費者向けの管理サービス、環境教育支援サービスの開発を検討し、新規市場創出による省エネ意識の向上を促進する。

(2) 建築物における空調・照明等自動コントロールシステムに関する技術開発

今回開発した居住快適性を損なわず省エネ性が高い空調制御システムを導入することによって、業務部門での省エネ対策が促進できる。また、省エネ対策のESCO事業として、採用が期待できる。

## 資源循環、廃棄物管理研究

### 1. 1 研究の概要

廃棄物研究の基盤となる調査・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、研究所内外の活動に資するための知的研究基盤の整備等についても取り組む。

今年度は、「廃棄アスベストのリスク管理に関する研究」として、アスベスト廃棄物の熱処理による無害化処理を確認するため、分析が必要な各種試料に対し試験方法の開発に着手した。「資源循環に係る基盤的技術の開発」として、各種有用マテリアルが選択的にかつ迅速・高収率で回収可能な技術に関する調査及び高圧流体応用技術の操作因子等の明確化に取り組んだ。また、「知的研究基盤の整備」として、資源循環・廃棄物処理に関するデータベース作成に取り組んだ。

### 1. 2 研究期間

平成18年度～

### 1. 3 平成18年度の予算額（\*資源循環、廃棄物管理研究は平成18年度から開始された課題であるため平成17年度の予算額は記載していない）

運営交付金	:	26百万円
その他外部資金	:	53百万円
総額	:	79百万円

### 1. 4 平成18年度研究成果の概要

平成18年度の研究成果目標

- ①アスベスト廃棄物の熱処理による無害化処理を確認するため、分析が必要な各種試料に対し、高感度・高精度の透過型電子顕微鏡／電子線回折／エネルギー分散型検出器（TEM/ED/EDS）を中心とした試験方法の開発に着手する。具体的には、熱処理から発生する排ガス及び熱処理物に適用しうる試験方法として、試料採取から前処理を経てTEMによる計数法の検討を行うとともに、熱処理過程におけるアスベスト繊維の物理形状、結晶構造、化学組成をX線回折及びTEM等で確認し、同時に熱変化を経たアスベスト繊維の毒性評価を行う。初年度はクロシドライト及びクリソタイルの熱処理物のin vitro細胞毒性試験を行う。
- ②廃棄物から各種有用マテリアルが選択的にかつ迅速・高収率で回収可能な技術的手段を広く調査しデータベース化する。要素技術開発としては、とくに有機性廃棄物を対象として、高付加価値生理活性物質に適用できる高圧流体応用技術の操作因子等を実験により明確にする。
- ③データベース全体、及び個別テーマのデータベースの枠組みを設計するとともに、データの収集・整備を開始する。個別のテーマは「資源循環、廃棄物処理の技術データ」「物質フローデータ」および「循環資源・廃棄物データ」に大別する。有機性循環資源に関しては前年度からの継続課題であり、本年度に公開する。また、地方自治体環境研究機関と連携しつつ、資源循環・廃棄物データの集積を図る。

平成18年度の研究成果

- ①アスベストの透過型電子顕微鏡／電子線回折／エネルギー分散型検出器（TEM/ED/EDS）を用いた高感度・高精度分析法の開発に関して、計数及びアスベストの判定方法を統一した上で、熱処理物や土壌、またこれらにアスベスト標準物質を添加した共通分析試料を作製し、複数機関による分析を実施することが

できた。アスベスト標準試料や熱処理物試料のアスベストの分析結果は機関間でよく一致したが、土壌試料ではばらつきが見られた。また、クリソタイル及びクロシドライト標準物質を100℃おきに温度を変化させて熱処理を行い、熱処理後物のX線回折による確認を行った。クリソタイルでは、600℃以上でX線回折パターンがフォルステライトに変化した。クロシドライトでは、800℃以上で回折パターンの変化が確認された。クリソタイルを800℃で熱処理した試料について、TEMによる繊維状物質の確認を行い、ED及びEDS測定の結果、繊維状物質がクリソタイルでないことを確認した。さらに、クリソタイル標準物質の熱処理物について、マウスとラットの肺胞マクロファージ及びラットの肺胞上皮細胞の生存率を基にした *in vitro* での毒性評価を行った。マウスのマクロファージでは、600℃以上で顕著な毒性減少が認められ、800℃以上でほとんど毒性が認められなかった。一方、ラットのマクロファージでは、未処理の試料に比べて熱処理後の試料で生存率の低下が強くなる傾向にあり、600℃で処理した試料が最も影響が強かった。ラットの肺胞上皮細胞でも同様の傾向にあった。

②高圧流体による「おから」からの高付加価値ビタミンEの選択的抽出およびそのための前処理方法を検討した。流体粘度が0.070mPa·s前後、密度が0.79g/cm<sup>3</sup>前後となる圧力・温度条件で高抽出率が得られること、粗脂肪より早く抽出されることから時間区分によって他成分との分離を図り抽出の選択性を高められることを明らかにした。前処理としての試料粉碎における粒径分画特性と抽出率との関係等諸特性を求めた。オートクレーブ/遠心分離処理により液相・固相に分離後、固相から上記条件による抽出でビタミンEが回収できること、液相成分は成分組成分析により発酵への応用が図れることを示した。一方、文献・特許調査およびバイオガス/焼却複合施設等の実機調査により環境技術の開発状況をレビューできた。

③食品産業を日本標準産業分類表にしたがい、小分類と細分類で分類した有機性廃棄物発生量原単位（従業員1人当たり1日当たり）、及び細分類事業から採取した食品廃棄物の組成データを取りまとめ、食品廃棄物の細分類業種別組成ならびに発生量原単位データベースとして公開を行った。

また、わが国の標準産業分類にしたがった食品廃棄物「物質フローデータ」については、石油製品・石油化学製品のフローに関するデータの収集・整備を進めた。マクロ統計と技術プロセス情報等をベースとした物量勘定表の推計方法による物量勘定表の試作に関して、1980年から1989年、2004年について公開済みのものと同様のデータを整備するとともに、不整合データの精査を行った。また、熔融スラグ及び土木利用される材料の無機物質に関するデータベースを整備した。

## 1. 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

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

エネルギーおよび各種有用マテリアルが高効率で回収可能な資源化技術および関連する環境保全技術として、従来技術の改良または新規原理に基づく優れた技術の発掘等を含めて調査した上で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。

### ③資源循環・廃棄物処理に関するデータベース等の作成

データベース全体、及び個別テーマのデータベースの枠組みの設計を具体化させるとともに、データの収集・整備を促進させる。個別のテーマは「資源循環・廃棄物処理技術データ」「物質フローデータ」及び「循環資源・廃棄物データ」に大別する。「物質フローデータ」については、日本全体の物質フローに関するデータ、石油製品・石油化学製品のフローに関するデータを精査し公開準備を進める。「循

「循環資源・廃棄物データ」については、前期中期計画期間中からデータの収集・整備を行ってきた有機性循環資源の組成等に関するデータベースを精査し、補充、改訂に向けての作業に着手する。また、地方自治体環境研究機関と連携しつつ、循環資源・廃棄物データの充実を図る。