

(資料13) 基盤的な調査・研究活動の実施状況及びその評価

1. 社会環境システム研究

1. 1 研究の概要

人間活動と自然環境との関わりや社会経済システムと環境問題との関わり等の解明、環境と経済の調和した持続可能な社会のあり方の研究を進め、安全・安心・快適な社会環境(地域規模、都市規模、身近な生活環境)を創造するためのビジョンを示すとともに、それらを実現するためのシナリオや方策を提示し、持続可能な社会を構築するための具体的な政策提言に結びつく研究を行った。具体的には、第2期中期計画期間においては、以下の課題を中心とした研究を実施した。

[1]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

[2]持続可能な社会を実現するビジョン・シナリオ作成に関する研究

[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

[4]安全・安心・快適な地域・都市環境の創造と管理に関する研究

1. 2 研究期間

平成18年度～平成22年度

1. 3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

課題名	社会環境システム研究					
	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	137	149	136	90	121	633
その他外部資金	106	122	118	295	406	1,047
総額	243	271	254	385	527	1,680

1. 4 平成22年度研究成果の概要

・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

(1) 全球水資源モデルの開発・改良(平成21～23年度)

全球水資源モデルのソースコードの全面的な書き換えを実施した結果、計算効率が大幅に改善し、シミュレーション実行速度が上昇し、結果の解析も容易になった。また、新規サブモデル(工業用水モデル、生活用水モデル、農作物貿易モデル)開発のためのデータ収集を行い、予備的なモデル開発を行った。

(2) 企業の環境パフォーマンスに関する市場評価に関する研究(平成19～22年度)

企業が生産活動に伴って発生する汚染物質排出量や将来の環境汚染につながるリスクのある物質の排出量に関する市場評価を明らかにするために、ヘドニック地価関数を構築し、地価データ、立地情報、事業所の化学物質排出量などのデータを用いて、モデルのパラメータを推計し、事業所の排出量(化学物質のリスク)が土地市場で評価されており、リスクの増加は地価を下落させることを明らかにした。

・環境の中長期ビジョン・シナリオに関する研究

(1) 中長期を対象とした持続可能な社会ビジョン・シナリオの構築に関する研究(平成18～22年度)

わが国における2020年の温室効果ガス排出量を1990年比25%削減するための施策の導入により生じる経

济活動への影響を、統合評価モデルで評価するとともに、経済影響を緩和させることを目的として低率の炭素税と税収を温暖化対策に活用する施策を評価した。研究成果は、中央環境審議会中長期ロードマップ小委員会において報告された。

(2) 世界の水資源評価に関する長期シナリオ研究（平成 21～23 年度）

EU の研究チームが開発した最新の気候シナリオを入手し、人間活動を考慮しないでモデルを実行し、温暖化が自然水循環に与える影響について評価を行った。次に、人間活動を考慮してモデルを実行し、温暖化が水利用に与える影響について第一段階の評価を行った。開発中の新規サブモデルを結合し、EU による最新の気候シナリオを利用した温暖化影響評価を今後実施するための成果が得られた。

・安全・安心な地域・都市環境の創造と管理に関する研究

都市域の交通や大気汚染、低炭素型都市、温暖化による都市への影響の問題をとりあげ、分析手法の開発および問題解決に向けての具体的対策を提案するために、特別研究、東京都請負業務を中心に研究を進めた。

(1) 低炭素型都市づくりに関する研究（平成 20～22 年度）

中国の中緯度地域におけるメガシティを対象に、街区形態など都市の類型別に屋内空調エネルギー使用量の数値計算を行い、空調エネルギー消費量を最適化する街区形態の提示を行った。また、武漢市において将来の再開発が見込まれる老朽市街地を対象に、屋内外エネルギー・温熱環境の観測および数値計算を行い、その結果をもとにマルチステークホルダー会合を開催し、都市の通風と日照確保を両立する低炭素型街区設計プランの提示を行った。

(2) 東京都における温暖化影響の評価に関する研究（平成 21～23 年度）

地球温暖化の影響を、小地域にダウンスケールする手法を検討し、東京都への影響（水害、健康被害、農林水産業への影響など）を明らかにするため、海外の適応策検討事例の調査、地域レベルの影響評価に必要な気候パラメータの整理、現状の都市計画や防災計画、様々な将来ビジョンがどの程度適応策の基礎となりうるか整理し、脆弱性把握のための観測データを整理し、様々な分野・指標を対象とした温暖化影響評価モデルの構築を試みた。

(3) 気候変動緩和・適応型の人口分布シナリオに関する研究（平成 22～24 年度）

全国メッシュ人口の推移と要因の分析として、1980～2005 年における全国メッシュ人口社会増減数を詳細推計し、限界集落やスプロールの進行状況を明らかにした。また、人口分布が気候変動緩和・適応に与える影響の評価として、同時期における自動車からのCO₂排出量を全国市町村に推計し、市町村の温暖化対策立案の参考とすべく公開した。

・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課題

(1) 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に関する研究（平成 17～22 年度）

時系列調査とメディア報道の分析を実施した。時系列調査内容は、毎月、「世界で重要なこと」「日本で重要なこと」の 2 問である。2010 年は環境問題が景気などの経済問題を抑えて最も高い回答率を得ている。新聞、テレビの報道量との関連を分析した結果、新聞は世論を先導していく役割、テレビは世論と関連して報道量が増えつつあるという役割の違いが見いだされた。本研究成果は新聞報道された。

(2) 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 17～22 年度実施）

平成 17～20 年度まで 5 回実施したフォーカス・グループ・インタビューの結果について、調査対象者の個人属性や情報獲得源との関連についてテキスト分析を行った。調査対象者の知識および理解の欠如を補うことで、「理解度」、「対策行動やる気度」のいずれも大きな上昇を示したことから、継続的に市民に情報提供し、専門家のもつ情報とのやりとりを維持できるような環境を作ることが、温暖化対策の効果を引き上げること

が明らかとなった。

1. 5 今後の展望

平成 22 年度は、これまで実施してきた研究のとりまとめを行うだけでなく、次期中期以降の研究への展開を考慮し、基盤ツールの整備に重点を置いた研究を実施した。すなわち、平成 21 年度から開始した全球水資源モデルの開発・改良に関する研究、世界の水資源評価に関する長期シナリオ研究（以上は、特別研究「全球水資源モデルとの統合を目的とした水需要も出る及び貿易モデルの開発と長期シナリオ分析への適用」において実施）、東京都における温暖化影響の評価に関する研究（東京都請負「東京都を対象とした総合的温暖化影響の評価の検討」において実施）に重点を置いて実施した。

前者の研究は、将来的には、地球温暖化の影響が将来の国際的な水逼迫にどのような影響を及ぼすかを総合的に分析する研究に展開していくことが期待される。また、国際的に開発されている全球水資源モデルは現在 9 モデル存在するが、当研究領域で取り組んでいる全球水資源モデルもその一つであり、今回の研究によるモデルの改良を通して、将来、この分野でリードできるモデルを開発したいと考えている。後者の研究は、将来的に、東京都を対象とした適応研究、さらには、それ以外の地域を対象にした温暖化影響研究及び適応研究に展開していくことを目指す。

さらに、平成 22 年度から特別研究で実施する「気候変動緩和・適応型社会に向けた地域内人口分布シナリオの構築に関する研究」では、気候変動による影響の緩和・適応政策のあり方を検討する上で重要な要因となる人口の移動・分布を分析するためのモデル開発に取り組み、将来の人口分布シナリオの構築を行った。この研究は、将来、東京都における温暖化影響の評価に関する研究と連携し、適応研究に展開していくことを目指している。

上記の研究成果を踏まえて、低炭素社会、循環型社会で代表される持続可能な社会のビジョン、そこにいたるロードマップを描くための研究を本格的に進める予定である。

2. 化学環境研究

2.1 研究の概要

(1) 高感度かつ迅速な有機化学物質一斉分析手法、(2) 吸着剤利用技術等に基づく高頻度、広域モニタリング手法、(3) 放射性炭素 ^{14}C を含む元素の同位体比精密測定手法、(4) 化学物質生体影響の非破壊計測技術、等の分析/モニタリング手法の開発や高度化を中心的な柱に据えながら、他のユニット、或いは所外研究者とも連携しつつ、(A) 残留性有機汚染物質 POPs や揮発性有機物質 VOC を含む様々な有機汚染物質のモニタリングと発生源、環境動態の解明、(B) 同位体比や元素組成を指標とする大気微粒子、大気・室内汚染物質、重金属などの主な発生源とその寄与率の推定、(C) 地球規模の炭素循環の精密化や過去の環境変動の解明、(D) 化学物質生体影響評価のための基礎情報取得、などの研究を推進するとともに、ストックホルム条約等への国際貢献、国内化学物質関連施策への貢献等の活動を行った。

2.2 研究期間

平成18年度～平成22年度

2.3 研究予算

(予算額、単位：百万円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	97	194	170	221	159	841
その他外部資金	104	289	277	167	232	1,069
総額	201	483	447	388	391	1,910

2.4 平成22年度研究成果の概要

平成22年度の研究成果目標

① 多次元分離分析法による有機ハロゲン系化合物等の微量有機汚染物質の網羅分析

- ・ 多次元ガスクロマトグラフィと MS/MS を応用して、実用的な一斉・高感度・迅速かつ正確な有機ハロゲン系化合物等の定量法を開発する。同時に、広範な有機ハロゲン系化合物の検索と半定量を行う網羅分析法を開発する。平成22年度は熱脱離 (TDI) - 二次元 GC (GCxGC) - 高分解能 TOFMS 並びに TDI-GCxGC-MSMS の開発と運転条件の確立を進めるとともに、これらをベースとする POPs 分析や大気二次粒子分析研究を推進する。また、これらの高感度高選択性分析装置の利用に基づき、新しい POPs 自動捕集装置を作成する。

② ナノ粒子、微小粒子の組成分析と動態解明に関する研究

- ・ ディーゼル排気や大気中に存在するナノ粒子や微小粒子について、先端的な成分測定法の開発、これら粒子の組成の把握、得られた組成に基づく動態解明手法の開発を行う。平成22年度は、昨年度に引続き大気試料の ^{14}C 測定を行うとともに、①の多次元分離分析法や植物起源物質の測定による大気微粒子のキャラクタリゼーションを進め、その生成メカニズムの解明に貢献する。

③ 東アジア地域における POPs (残留性有機汚染物質) の越境汚染とその削減対策に関する研究

- ・ 保存二枚貝やイカ肝臓試料中の POPs 分析を継続し、データをとりまとめて東アジアの POPs 海洋汚染の状況とその変化の様子を探る。

- ④ 東アジアにおけるハロカーボン排出実態解明のための高頻度・高精度モニタリング研究
- ・ 波照間ステーションと落石ステーションにおけるハロカーボン類の高頻度モニタリング観測を継続し、HFC類、PFC類、SF₆、CFC類、HCFC類の季節変動・経年変動を明らかにすると共にこれら2地点における観測データの比較により、東アジアにおけるハロカーボン排出状況の特徴を解析する。
- ⑤ 海洋起源ハロカーボン類のフラックスと生成過程に関する研究
- ・ 波照間島における大気の高頻度観測を基に海洋起源ヨウ素化合物の変動を調べると共に、北太平洋等における海水中VOCの高密度測定と光照射実験を実施する。
- ⑥ 高磁場MRIによる含鉄タンパク質フェリチンの定量化と分子イメージングへの適用研究
- ・ ヒト脳の画像データ集積をさらに進めるとともに、鉄濃度の定量について磁場強度依存性の検討、画像の均一化手法の開発などを進める。
- ⑦ 商船による北太平洋¹⁴Cマッピング
- ・ 日米を往復する貨物船を利用して得られた海水試料の試料測定を継続し、各海域の特徴を解析する。
- ⑧ 日本海深層の無酸素化に関するメカニズム解明と将来予測
- ・ 日本海深層水の溶存酸素量の減少傾向と地球温暖化との関係を明らかとし、温暖化による地球環境変動予測並びにその影響予測の向上に資する。
- ⑨ 熱帯・亜熱帯林生態系による自然起源オゾン破壊物質のガス交換過程の解明
- ・ 熱帯・亜熱帯林の微生物によるハロゲン化メチルの観測研究を継続し、発生量、吸収量の見積もりを行う。
- ⑩ 北九州北部地域に発生した光化学大気汚染エピソード原因解明のための観測
- ・ 平成20年度に立ち上げたNMHCとNO_x、オゾン観測の通年測定を継続すると共に、春に集中観測（AMSによる粒子観測）を行う。観測結果を基に、春季の光化学オゾン前駆物質の動態を解析する。また、モデルについては、通年測定及び集中観測を対象としたシミュレーション計算を行い、観測データと比較する。
- ⑪ 日本における土壌炭素蓄積機構の定量的解明と温暖化影響の実験的評価・実測可能な滞留時間別コンパートメントからなる土壌炭素動態モデルの構築
- ・ 日本の代表的な土壌試料について土壌炭素蓄積に関する基礎データを得るとともに、分解率の異なる土壌画分に分離する手法を検討する。加速器質量分析計（AMS）による¹⁴C分析によって土壌分画毎の滞留時間を定量化することで、日本の土壌炭素蓄積・分解特性を評価する。
- ⑫ 近未来予測のための古海洋学：温暖化に伴う気候モードジャンプの可能性・北極海の定量的環境復元とグローバルな気候変動との関連性解明に関する研究
- ・ 北極海において採取した海底堆積物コア試料や海水試料に対して、最新の古海洋復元プロキシンを駆使し、古海洋データの空白域である北極海において、現在よりも2°C温暖であったと推定されている最終間氷期の古海洋記録を定量的に復元する。

⑬ 北極圏土壌炭素循環研究

- ・ 温暖化により炭素循環に大きな影響を受けると予想される北極圏の土壌炭素循環を明らかにする。

⑭ アジアにおける多環芳香族炭化水素類 (PAHs) の発生源特定とその広域輸送

- ・ 放射性炭素を指標に用いて、多環芳香族炭化水素類 (PAHs) のアジア諸国大気・水圏における分布並びに具体的な発生源について特定を行なう。

⑮ 東アジアと北太平洋における有機エアロゾルの起源、長距離大気輸送と変質に関する研究

- ・ 中国の発生源における有機エアロゾルに含まれる有機物の越境汚染と汚染域から排出される揮発性有機物の酸化による水溶性有機エアロゾルの二次的生成の実体を明らかにし、中国から我が国への有機物汚染の影響を評価する。

⑯ 放射性炭素同位体測定に基づく微小粒子状物質の起源に関する研究

- ・ 都内各所において採取した大気中及び発生源の微小粒子状物質について、放射性炭素同位体 (^{14}C) を分析することにより、都内大気の大気微小粒子状物質の発生源解析を行う。

⑰ 摩周湖の透明度低下の原因究明

- ・ 現地調査とともに係留計によるクロロフィル、光散乱の連続測定を実施し、透明度低下の原因を探る。

⑱ ジフェニルアルシン酸研究

- ・ 神栖の地下水汚染事例の原因物質であるジフェニルアルシン酸の生体内並びに環境中の動態を解明する。

⑲ 生体試料中化学物質プロファイリング手法開発

- ・ 血液、尿などの生体試料中の化学物質一斉分析とそのプロファイリング解析手法の開発を行う。

⑳ フッ素系界面活性剤の汚染実態、発生源解明

- ・ スtockホルム条約に追加された PFOS などフッ素系界面活性剤の汚染実態と主要発生源を地方自治体研究機関と共同で解明する。

平成22年度の研究成果

① 特別研究：多次元分離分析法による有機ハロゲン系化合物等の微量有機汚染物質の網羅分析

ア GCxGC/MSMS 分析により、環境試料から塩素系、臭素系、フッ素系など特定のハロゲン化合物のみを選択的に一斉検出できることを明らかにし、最小限の前処理でダイオキシン類、PCB、塩素化 PAH 等を同時に分析する可能性を示した。この特定のハロゲン化合物の網羅分析に関する論文が受理された。

イ その他、大気中 POPs 自動連続捕集装置の改良を継続し、データの信頼性を従来法と比較検討した。なお、水酸化 PCB 測定法、毛糸を利用したパッシブサンプラに関する論文が受理、掲載された。

② ナノ粒子、微小粒子の組成分析と動態解明に関する研究

- ア 上記①の特別研究で開発したシステムを応用し、都市大気微粒子中の多環芳香族炭化水素並びに誘導体を一斉に分析できる新たな手法開発を行った。関東北部における有機粒子の起源・動態解析に関する論文が受理、掲載された。
- イ 放射性炭素¹⁴Cにホパン、レボグルコサン等の特定の起源マーカー分子を組み合わせて大気微粒子の発生源解析を精密化する研究を継続した。
- ③ 東アジア地域における POPs（残留性有機汚染物質）の越境汚染とその削減対策に関する研究
- ア HCHは中国の生産が終わった80年代から90年代にかけて日本近海から急減して北の海に大気輸送されて行った様子が、日本沿岸の保存二枚貝ならびに北太平洋のイカ肝臓中の分析から明らかになった。トキサフェンも過去四半世紀の日本近海の漸減傾向が二枚貝分析結果から読み取れたが、北太平洋の分布ではクロルデン他とよい相関を示す一方、HCHとは負の相関を示すことが明らかとなった。
- ④ 東アジアにおけるハロカーボン排出実態解明のための高頻度・高精度モニタリング研究
- ア 波照間・落石におけるハロカーボン連続観測データに韓国、中国のデータを加えた逆解析により、代替フロン類についてのインベントリの精密化を推進した。さらに波照間及び落石のデータに基づいたパーフルオロカーボン排出量の逆解析結果が論文として掲載された。
- ⑤ 海洋起源ハロカーボン類のフラックスと生成過程に関する研究
- ア インド洋などにおける観測航海に参加して海洋起源のハロカーボンの水平並びに海洋中の鉛直分布を測定し、物質毎に生物生成、光分解の様子が異なり特徴的な深度分布を与える様子を明らかにした。これらの結果をまとめた結果が一流誌に受理、掲載された。
- ⑥ 高磁場MRIによる含鉄タンパク質フェリチンの定量化と分子イメージングへの適用研究
- ア MRI画像データベースの拡充を継続するとともに、自閉症との関連を解析する新たな共同研究を開始した。画像の不均質性の補正法を開発し、鉄分布などのより正確な画像化を可能とした。神経変性疾患との関連研究を開始し、横緩和時間から鉄分布を導くための方程式の磁場依存性を解析した。
- ⑦ 商船による北太平洋¹⁴Cマッピング
- ア 北太平洋上における海洋表層の放射性炭素（¹⁴C）濃度測定では、各海域における季節変動の把握を目的とした試料測定に移行し分析を継続した。一方、日本-オーストラリア-ニュージーランドを航路とする商船を利用して西太平洋における海洋表層の炭素同位体比（¹³C, ¹⁴C）測定の準備を進めるとともに、試料の採取を継続した。
- ⑧ 日本海深層の無酸素化に関するメカニズム解明と将来予測
- ア 調査船に同乗して試料採取をすすめる傍ら、海水循環の指標（トレーサー）として、放射性核種以外にCFCなどの人為起源化学物質の大気中濃度変動を利用した新たな手法を考案し、分析法の開発を進めた。
- ⑨ 熱帯・亜熱帯林生態系による自然起源オゾン破壊物質のガス交換過程の解明
- ア 室内実験、観測研究を継続し、データの解析を進めた。安定度同位体利用研究などの成果が海外一流誌に受理、掲載されたほか、大気化学研究会奨励賞を受賞した。
- ⑩ 北九州北部地域に発生した光化学大気汚染エピソード原因解明のための観測

- ア 連続モニタリングを継続したほか、春の集中観測に参加して AMS などほかのデータとの比較検討を進めた。
- イ 東アジアスケールモデルの解析を進めた結果、福江で観測されたオゾン、二次粒子、NMHC 成分、NO_y のいずれについても中国の影響が大きいこと、特に春の高濃度時のその傾向が顕著であること、NMHC 類の排出量を過小している可能性が高いこと、などを明らかにした。
- ⑪ 日本における土壌炭素蓄積機構の定量的解明と温暖化影響の実験的評価・実測可能な滞留時間別コンパートメントからなる土壌炭素動態モデルの構築
- ア 日本国内の森林土壌コアサンプルの採取と土壌試料の比重などによる分画を進めるとともに、炭素・窒素含有量、¹⁴C濃度などの測定を継続し、成果をいくつかの原著論文として発表した。
- ⑫ 近未来予測のための古海洋学：温暖化に伴う気候モードジャンプの可能性・北極海の定量的環境復元とグローバルな気候変動との関連性解明に関する研究
- ア 北極海、ベーリング海などで採取された海底堆積物コアサンプルについて炭素、窒素などの各種分析を推進し、得られたデータから古海洋環境の復元を継続した。
- ⑬ 北極圏土壌炭素循環研究
- ア 温暖化により炭素循環に大きな影響を受けると予想される北極圏の土壌炭素循環を明らかにするため、アラスカ大学と共同で調査地域を設定してアラスカ縦断調査を実施し、土壌ガスなどの試料を採取した。
- ⑭ アジアにおける多環芳香族炭化水素類 (PAHs) の発生源特定とその広域輸送
- ア アジア諸国 (中国、ベトナム等) で採取したエアロゾル試料中から、抽出、分離・生成、定量し、分取キャピラリーガスクロマトグラフ (PCGC) システムでピーク単離されたPAH化合物を超低バックグラウンドでの極微量炭素のグラファイト調整用に開発した高真空グラファイト反応装置を用いてグラファイト化し、PAHの分子レベル放射性炭素同位体比 ($\Delta^{14}\text{C}$) の測定を行った。
- ⑮ 東アジアと北太平洋における有機エアロゾルの起源、長距離大気輸送と変質に関する研究
- ア 中国 (西部、南部、北部)、日本 (沖縄辺戸岬、札幌)、および、西部北太平洋 (済州島、小笠原諸島父島) における年間を通じたエアロゾル観測を行なった。これらエアロゾル中の黒色炭素・有機炭素および主要有機化合物 (シュウ酸など) の¹⁴C濃度測定を行い、エアロゾルに対する化石燃料および生物からの寄与を検討し、中国での石炭燃焼の我が国および西部北太平洋への影響について検討を進めた。
- ⑯ 放射性炭素同位体測定に基づく微小粒子状物質の起源に関する研究
- ア 都内大気中及び発生源の微小粒子状物質の発生源を明らかにするため、東京都が各所に設置している一般局、自排局からサンプリングしたPM2.5 フィルター並びに都内各所の発生源候補 (火力発電所、ごみ焼却場など) からのフィルターについて¹⁴C同位体分析を行い、PM2.5 粒子の発生源を検討して結果を報告した。
- ⑰ 摩周湖の透明度低下の原因究明
- ア 夏から秋にかけて植物プランクトンの増殖を示すクロロフィル濃度の上昇が特定の深度で認められ、それが透明度低下の原因の一つと推定された。一方、春季・秋季循環期の透明度は高く、プランクトン種のサイズの変化などが、光吸収や散乱に影響していることが明らかになった。

⑱ ジフェニルアルシン酸研究

ア LCMSMS の高感度化により、ジフェニルアルシン酸 DPAA 飲水後すぐに DPAA が腸管、血液脳関門を通過して脳内に入る様子をマイクロダイアリス+LCMSMS により観察することに成功した。筑波大学と共同でサルへの DPAA 投与実験後の体内分布測定を実施し、反復投与によって脳および神経組織の DPAA 濃度が最も高くなり、また投与終了後の残留も最も長いこと、脳内レベルはマウスよりサルの方が高くなり、種差が大きい様子などが明らかになった。

イ 現地の地下水から既知の物質以外のヒ素化合物が検出され、LC-TOF による精密質量数から組成を推定して合成し、DPAA のヒ素につく酸素がイオウに置き換わった化合物であることを明らかにした。

⑲ 生体試料中化学物質プロファイリング手法開発

ア LC-TOF においては正イオン検出にはギ酸系が、負イオン検出には酢酸アンモニウム系が、それぞれ最も多くの物質を検出できることがわかった。一部（有機ヒ素など）についてはシュウ酸系が高感度化に適当なことも明らかとなった。尿の測定では小型の LC-TOF でも数千ピークを検出できた。

イ 採血管や採尿容器の管壁に様々な物質（ポリエトキシレート構造物、アルキルフェノール類、フッ素系界面活性剤、フタル酸エステル類など）が意図的、非意図的に存在することもわかり、目的物質の測定にあたってこれらが妨害や吸着などをしないかどうか、十分な検討が必要なことが明らかとなった。

⑳ フッ素系界面活性剤の汚染実態、発生源解明

ア これらの陸域汚染の生物モニタリングに適切な生物種としてトンボに着目し、市民に広く呼びかけながら全国各地のトンボによる内陸部の汚染実態の解明と汚染源の探索を進めた。フッ素系薬剤やポリマーの製造工場以外に、繊維衣料関連、消火剤製造、材木関連、さらには廃棄物の処理、処分に関わる場所の周辺で比較的高いレベルの汚染が見つかった。

2. 5 今後の展望

第2期中期計画期間の化学環境研究領域では、分析技術、モニタリング手法やデータ解析手法の開発などを柱とする「環境Chemometricsの高度化」を領域全体に共通するテーマに据え、対象となる環境をシステムとして捉えて、それらの状態や機能を評価するための分析・モニタリング方法やデータ解析手法などの体系的な発展を目指すことをポリシーとして、多岐にわたる研究活動を行った。競争的資金を獲得しながらそれぞれの研究分野での柱となる計測手法を確立する必要性を各研究者が十分意識して努力を行った。その結果、所内特別研究5課題を始め、奨励研究、環境省地球推進費、地球一括、地域一括、環境技術開発、科研費など、様々な競争的資金を獲得しながら、(1)高感度かつ迅速な有機化学物質一斉分析手法、(2)吸着剤利用技術等に基づく高頻度、広域モニタリング手法、(3)放射性炭素¹⁴Cを含む元素の同位体比精密測定手法、(4)化学物質生体影響の非破壊計測技術、の4つのテーマのそれぞれの柱となる手法を確立、発展させ、様々な応用研究を展開することができた。この4つのテーマ同士の相互協力も始まり、また若手の創意による多くの奨励研究の採択、推進も今期のポリシーが領域全体に広く共有できた結果といえる。競争的資金の獲得や原著論文リストに見られるようにそれぞれ質の高い研究が進み、こうした研究力アップを背景に、学術的な委員会、環境行政支援、条約対応などを通じて社会貢献も活発に行われた。

第2期中期計画期間においては、基盤領域に期待される研究業務を高いレベルで推進することができ、今後の発展が期待される様々な成果を生み出すことができたと考えられる。第3期中期計画期間においては、計測技術のさらなる発展を図る中で、実用的な各方面への応用にあたってデータの解析技術、総合化の技術

の発展が大きな課題となろう。具体的には網羅的、一斉化学物質分析手法を実用的な段階まで仕上げ、各種環境モニタリングや大気微粒子、小児環境健康疫学調査などへ応用を図るとともに、同位体や特定の人為起源、あるいは生物起源化学物質を指標として環境の評価や動態解明に利用する新たな環境トレーサー開発研究を進め、毒性研究や生物、生態学的研究、リスク研究などとの連携も図りつつ環境研究をさらに推進していくことが求められよう。さらには、分光学的な手法で離れた場所から環境の概要を把握する遠隔計測技術との連携強化や、モデル研究やデータベースなどとの連携による膨大なデータの解析技術の開発も今度の課題と考えられる。

第3期中期計画期間には今期をリードした室長以上全員が退任の時期をむかえ、また加速器 MS などの主力分析施設も順次更新すべき時期を迎える。柱となる部分をしっかり継承、発展させつつ、若手研究者の活力の導入により新しい環境計測の進展が始まることを期待する。

3. 環境健康研究

3.1 研究の概要

環境化学物質や大気汚染物質等の環境ストレス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進める。影響評価の実践、応用、検証とともに、影響発現のメカニズムを解明し、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の蓄積をめざす。

また、2010年3月に環境省が作成した「子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）」基本計画に基づき、全国15の地域で10万人の子ども及びその両親についてのコホート調査を行う。

3.2 研究期間

平成18年度～平成22年度

3.3 研究予算

(予算額、単位：百万円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	96	168	152	157	164	737
その他外部資金	151	140	161	141	69	662
総額	247	308	313	298	233	1,399

3.4 平成22年度研究成果の概要

平成22年度の研究成果目標

① 環境ストレスの影響評価と分子メカニズムの解明に関する研究

ア 環境リスク研究プログラム関連プロジェクト・特別研究「エピジェネティクス作用を包括したトキシコゲノミクスによる環境化学物質の影響評価法開発のための研究」：ヒ素胎児期曝露の後発影響と、遺伝子発現変化・エピジェネティック変化との関連について検討を進める。またヒ素胎児期曝露による癌の増加に関連するDNAメチル化マーカーを検索する。低メチル食や無機ヒ素投与によるDNAメチル化変化と各種酸化ストレス関連因子の関連についての検討を行う。さらに、空間学習や高次認知機能に対する環境化学物質の影響を検出するための試験法の開発を行う。

イ 文部科学省 科研費 若手研究(B)「臓器特異的なTCDD反応性のAhR依存的な遺伝子発現調節メカニズムからの解析」：ダイオキシンの毒性は転写因子AhRが仲介する。ダイオキシンの毒性発現の臓器特異性の解明をめざし、AhR依存的に誘導される代表的な遺伝子CYP1A1を指標にして、低用量のTCDDを曝露したマウスの肝臓、脾臓においてCYP1A1の臓器特異的な発現調節メカニズムを検討する。本年度は、ChIP on chip法の実験条件を確立し、AhRが結合する領域の網羅的解析をおこなう。

ウ 環境省受託「ジフェニルアルシン酸等の健康影響に関する調査研究」：グルタチオン(GSH)及びGSH抱合体の代謝分解に係わる酵素、 γ -glutamyl transpeptidase(γ -GTP)の新規阻害剤であるGGs Top™を前投与したラットにおける、ジフェニルアルシン酸の体内動態と γ -GTP活性およびGSH

濃度について検討する。

エ 文部科学省科研費 若手研究(B)「ヒ素の体内動態に関する分析毒性学的研究」: MRP2/cMOAT を介して胆汁中に排泄されるヒ素-グルタチオン (As-GSH) 抱合体の赤血球への取り込みと、腸管からの吸収に関して研究を行う。

オ 文部科学省科研費 若手研究(B)「摂食制御を担う視床下部 NPY ニューロンのエネルギー輸送機構」: 環境栄養情報を感知し、摂食制御に中心的役割を担う視床下部弓状核神経ペプチド Y (NPY) ニューロンのエネルギー輸送機構がどのようなものであるか明らかにする。

カ 厚生労働科研費 「情動・認知機能を定量化する包括的な行動毒性試験の構築に関する研究」(分担): マウスで情動・認知機能を定量できる行動毒性試験を開発することができるか検討する。

キ 所内・奨励研究 「環境と社会性行動異常の関連を探るための新規行動評価法開発」: マウスで社会性など高次脳機能異常に由来する行動異常検出試験を開発できるか検討する。

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

ア 文科省科研費・新学術領域「東アジアにおけるエアロゾルの植物・人間系へのインパクト(エアロゾルによる生体影響の評価)」に関する研究: 微小粒子・エアロゾルの健康影響とバイオマーカーの同定をめざし、微小粒子・エアロゾルの含有成分である多環芳香族炭化水素類が呼吸器・免疫系に及ぼす影響を明らかにするため、*in vitro* でマウスの免疫担当細胞やヒト気道上皮細胞に対する影響を検討する。

イ 環境省・循環型社会形成推進科研費「廃棄物リサイクル制度展開の国際比較と化学物質管理の統合システム解析(室内環境の物質影響に関するスクリーニング)」に関する研究: 代表的な室内残留化学物質である臭素系難燃剤の室内曝露による健康影響の解明をめざし、当該物質が呼吸器・免疫系に及ぼす影響を明らかにするため、*in vitro* で免疫担当細胞や気道上皮細胞の傷害や活性化に対する修飾作用を検討する。

ウ 環境省・環境研究・技術開発推進費「環境化学物質による発達期の神経系ならびに免疫系への影響におけるメカニズムの解明に関する研究」: 環境化学物質が発達期の免疫系に及ぼす影響を明らかにすることをめざし、アレルギー性喘息モデルを用いて、環境化学物質の経気道曝露が喘息病態に及ぼす影響を検討する。また、環境化学物質が免疫担当細胞の遺伝子発現に及ぼす影響について、DNA マイクロアレイを用いて検討する。

エ 日本学術振興会科研費・基盤 A「細胞間・細胞内ネットワークに注目した環境汚染物質によるアレルギー増悪機構の解明」: 環境汚染物質によるアレルギー増悪影響において、key role を担っている免疫担当細胞および細胞内分子とそのネットワークを系統的に解析することをめざし、マウス脾細胞から分離した特定の細胞種を環境汚染物質に曝露し、その活性化に及ぼす影響を検討する。

オ 理事長枠「iPS 細胞由来心臓細胞を用いたディーゼル排気微粒子の *in vitro* 影響評価の検討」: マウス人工多能性肝細胞(iPS 細胞)から心筋への分化培養系を確立し、心血管系への影響が報告されている化学物質の毒性影響を評価する。

③ 環境ストレスの体系的、総合的影響評価に関する研究

- ア 環境省（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）」：児童コホート調査の実施、並びに小児症例対照調査の計画・実施に関する各種検討会に全面的協力を行なう。
- イ 日本と中国における自動車排出ガスの健康影響の国際比較に関する疫学研究：日本と中国で自動車交通量の多い幹線道路周辺で生活する人を対象に、大気汚染物質への曝露評価と肺機能検査を各季節に繰り返して実施して大気汚染物質への曝露実態を解明するとともに、大気汚染物質が高齢者の呼吸器系に及ぼす影響を検討した。
- ウ 特別研究「胚様体を用いた発生分化毒性学に最適化したマトリックスの開発に関する研究」ES細胞から神経組織に分化誘導させる最適なマトリックスを開発し、毒性評価系として利用できるようにする。
- エ 環境省委託研究「人工組織ナノデバイスセンサー複合体を活用した多角的健康影響評価システムの開発に関する研究」バイオモニタリングに応用可能な健康影響評価システムを、バイオナノ協調体を用いて構築する。

③ 環境ストレスに対する疫学的影響評価に関する研究

- ア 民間委託「20都市研究（微小粒子状物質暴露影響調査）の拡張解析に関する業務」：微小粒子状物質およびガス状汚染物質の健康影響を評価するために、環境省が実施した「微小粒子状物質等曝露影響調査」について、調査期間を延長した再解析を行い、それらの結果を取りまとめるとともに、平成23年度以降実施する微小粒子状物質等大気汚染物質に係る疫学調査研究の第2期計画の立案を行う。
- イ 環境省委託業務「局地的大気汚染による健康影響に関する疫学調査」：環境省（環境保健部）が実施している「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）」について各種調査業務を実施した。調査より得られたデータを取りまとめる。
- ウ 文部科学省科学研究費補助金新学術領域（公募研究）「黄砂エアロゾルが救急外来受診に及ぼす影響の疫学的検討」について黄砂の救急外来受診に対する急性影響を評価するために、複数の曝露指標についてのデータ整備を行い、それを用い、黄砂飛来日と非飛来日における救急外来受診との関連性を検討する。

平成22年度の研究成果

① 環境ストレスの影響評価と分子メカニズムの解明に関する研究

- ア 妊娠中にヒ素曝露を受けたマウスの仔(オス)の成長後に、体重増加や血糖値の上昇をみだし、前糖尿病段階を導く可能性を明らかにした。またヒ素曝露群の肝臓において、成長後に後発的に発現が変化する遺伝子をみだし、これらの中にエピジェネティック修飾によって発現制御を受ける可能性があるものを明らかにした。さらに脂質代謝に関与する遺伝子の発現変化が見つかり、前糖尿病段階との関連が示唆された。その他、MeDIP/Microarray法によって癌またはヒ素曝露特異的な癌

に関連する DNA メチル化マーカーの候補を明らかにした。酸化 DNA 損傷のマーカーである 8-OHdG の量とエピジェネティックマーカーである 5 メチルシトシンの量が負の相関を示すことを明らかにした。集団型全自動行動学習装置 IntelliCage を用いて、空間学習や高次認知機能を測定する簡便かつ再現性の極めて高い試験法を確立し、ヒ素曝露による影響の検出を行った。

- イ ダイオキシン曝露したマウス肝臓において、ChIP on chip 法により AhR が結合する領域を網羅的に検出し、遺伝子プロモーター領域での AhR 結合および XRE 配列の有無について解析をおこない、それらの情報をまとめたエクセルファイルを作成した。得られた領域に関して PCR で検証し、ChIP on chip 法の妥当性を確認した。
- ウ ジフェニルアルシン酸等の健康影響に関する調査研究では、生理食塩水あるいは γ -GTP 活性阻害剤を前投与したラットにジフェニルアルシン酸 (DPAA) を投与した際の、尿中ヒ素の化学形態別分析の結果から、生理食塩水+ジフェニルアルシン酸投与群では未変化のジフェニルアルシン酸、 γ -GTP 活性阻害剤+DPAA 投与群では DPAA-GSH 抱合体として排泄されていることが分かった。 γ -GTP 活性阻害剤による GSH 濃度の上昇が、DPAA-GSH 抱合体の安定性に重要な働きをしていると推測され、 γ -GTP 活性阻害剤による効率的な GSH 濃度の上昇は、ヒ素の毒性軽減に寄与する可能性が示唆された。
- エ ヒ素の体内動態に関する分析毒性的研究では、赤血球への取り込みは、ジメチルヒ素およびモノメチルヒ素の GSH 抱合体が無機ヒ素の GSH 抱合体と比較し、迅速におこっていることが分かった。As-GSH 抱合体の腸管からの取り込みは、無機ヒ素の GSH 抱合体がモノメチルヒ素の GSH 抱合体と比較し、吸収率が高い傾向にあったが、個体差が大きかった。このことから、ヒ素の吸収はヒ素の化学形のみならず、腸内細菌によるヒ素の代謝も関与することが示唆された。
- オ 乳酸輸送が NPY ニューロンのエネルギー代謝に重要である可能性を、乳酸輸送体の存在を in situ hybridization により調べることにより明らかにした。この結果から、環境化学物質曝露により NPY ニューロンの機能がどのように損なわれるのか解明するための手がかりとなる機構を提示することに貢献した。
- カ 集団型全自動行動・記憶学習測定システム IntelliCage を用いて、簡便かつハイスループットに行動柔軟性等、従来困難であった行動指標の定量化を行うことが可能であることを明らかにした。この結果から神経・行動毒性試験の原型を提示する端緒となることに貢献した。
- キ 集団型全自動行動・記憶学習測定システム IntelliCage を用いて、社会性など高次脳機能の異常を検出できる新規行動評価法が開発することができるかを検討し、観察学習能力等社会的な場面で要求される認知能力を簡便に検出できる試験を試作した。この結果よりマウスを用いた新たな行動毒性試験開発の可能性を広げることに貢献した。

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

- ア 多環芳香族炭化水素類は、抗原提示細胞やリンパ球、気道上皮細胞の傷害や炎症に関わる反応を誘導すること、化学物質の活性には官能基の有無やその種類と位置が大きく寄与していることを明らかにした。また、化学物質に対する反応性は、細胞種だけでなく、その分化・成熟過程でも異なる

可能性があることを示した。この成果は、微小粒子・エアロゾルの構成成分と健康影響の相関性の解明に有用であり、健康影響を規定する要因とバイオマーカーの探索や予防対策の確立に貢献すると考えられた。

イ 臭素系難燃剤がヒト気道上皮細胞に対する影響を検討し、炎症性サイトカインの産生増加を明らかにした。この成果は、家庭系有害廃棄物の健康リスク評価に有用であり、その由来、影響、制御を念頭においた管理方策の確立に貢献すると考えられた。

ウ ある種の環境化学物質の曝露は、Th2 反応を亢進することにより、好酸球性気道炎症を誘発し、喘息病態を増悪する可能性が示唆された。また、ある種の環境化学物質の曝露は、骨髄由来樹状細胞の細胞傷害に対する防御機構や免疫・炎症反応に関わる因子の遺伝子の発現を増加することを明らかにした。

エ ある種の環境汚染物質は、脾細胞中の T 細胞の活性化マーカーの発現を促進するが、単離した T 細胞に対してはその作用が弱まることを明らかにした。今後、さらに詳細な検討を進めて種々の環境汚染物質の標的細胞を特定することにより、環境汚染物質の影響に寄与する細胞間・細胞内ネットワークを明らかにし、アレルギーの増悪を規定する要因や予防対策の確立に貢献すると考えられた。

オ iPS 細胞から心筋への分化培養系において、Brachyury、Mesp1、GATA4、Troponin T 等をマーカーとして RT-PCR 法および免疫染色法で解析することにより、ディーゼル排気微粒子の成分による心筋分化抑制効果を明らかにした。

③ 環境ストレスの体系的、総合的影響評価に関する研究

ア 当初の計画通り、自動車排気由来の大気汚染影響を評価する学童コホート調査、小児症例対照調査、成人調査などの計画・実施に関する各種検討会に全面的協力を行ない、最終報告の作成に貢献した。

イ 当初の計画通り、中国の都市でも大気汚染が深刻な武漢市において、寮生活の大学生を対象に大気汚染物質への曝露評価と肺機能検査を各季節に繰り返して実施した。PM2.5 濃度について屋外濃度と屋内濃度との高い相関が確認でき、炭素成分濃度の季節変化についても把握できたが、公表されている PM10 濃度と測定濃度に大きな開きがあった。肺機能検査結果と併せた影響評価は検討中である。

ウ マウス ES 細胞から作成した胚様体を用いて、神経組織への分化誘導を劇的に促進するマトリックスを創製した。毒性研究への応用を想定し、ES 細胞から胚様体を経ずに、直接神経組織に分化誘導する培養系を引き続き検討している。

エ 表面弾性波 (SAW) を利用したバイオナノ協調体の実用化を目指し、性能の高感度化と安定性に取り組んだ。まず、楕形電極の設計を改良した。また、SAW チップを収納する微小流体デバイスを試作した。

④ 環境ストレスに対する疫学的影響評価に関する研究

- ア 微小粒子状物質およびガス状汚染物質の健康影響を評価するために、環境省が実施した「微小粒子状物質等曝露影響調査」について、調査期間を延長した再解析を行い、それらの結果を取りまとめた。また、微小粒子状物質の成分濃度の得られた地点については、成分の健康影響についても評価し、いくつかの成分においては有意な関連を認めた。さらに、平成 23 年度以降環境省が実施する微小粒子状物質等大気汚染物質に係る疫学調査研究を立案し、その準備をすすめた。
- イ 環境省（環境保健部）が実施している「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）」についての調査より得られたデータを取りまとめ、詳細な曝露量推計モデルを構築し、曝露推計量と健康影響指標との関連についての解析を行った。
- ウ 黄砂の救急外来受診に対する急性影響を評価するために、複数の曝露指標を用い、黄砂飛来日と非飛来日における救急外来受診との関連性を検討し、黄砂日には救急搬送リスクが上昇することを見出した。さらには、救急受診の原因疾患別の検討を実施し、各疾患に対する黄砂の影響の大きさが異なることを見出した。

3. 5 今後の展望

第 3 期中期計画期間で設置される環境健康研究センターでは、環境汚染物質等の環境因子による健康影響・発現機構の実験的解明と評価、簡易・迅速な曝露・影響評価系の開発、および環境が健康にもたらす影響の同定と要因の究明に関する疫学的調査・研究を実施するとともに、一連の調査・研究に関連する事業を推進する。

特に、先導研究プログラム「小児・次世代環境保健研究プログラム」を主体的に推進し、「子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）」のコアセンターとしても機能する。これらにより、環境汚染物質等の環境因子による健康影響の低減、未然防止に貢献する。

4. 大気圏環境研究

4.1 研究の概要

気候変動やオゾン層破壊問題、越境広域大気汚染、更には都市における大気環境問題など、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た。特に、エアロゾルの物理化学的な性状の識別と時空間分布の観測を可能にする高スペクトル分解ライダーの開発、船舶を利用した大気酸素ならびに二酸化炭素濃度の観測などに基づく海洋上での二酸化炭素ならびに酸素の緯度分布の把握、数値モデルを用いた地球環境（気候変動やオゾン層破壊）の将来予測と環境問題間の相互作用ならびに過去の環境変化の検出と変化要因の推定、対策立案などの視野に入れた将来予測などにおける不確実性評価、有機化合物の多成分同時リアルタイム分析法の開発と自動車排気ガス中の有害有機物質の排出特性の計測への応用、などの研究を推進した。

4.2 研究期間

平成18年度～平成22年度

4.3 研究予算

（予算額、単位：百万円）

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	64	57	69	68	65	323
その他外部資金	153	126	150	191	136	756
総額	217	183	219	259	201	1,079

4.4 平成22年度研究成果の概要

平成22年度の研究成果目標

- ① オゾン層変動の再現性と将来予測精度の評価に関する研究
 - ・ オゾン層変動の再現性の向上に向けた数値モデルの精緻化・改良を行う。
 - ・ 極域オゾン層の脆弱性を評価する。
- ② 次世代大気モニタリング用多波長高スペクトル分解ライダーの開発
 - ・ 532nmと355nmの高スペクトル分解ライダーを開発し、その性能を評価する。
- ③ 現在の大気環境の把握や過去からの大気環境の変動の理解
 - ・ 観測の時間分解能を向上させた大気酸素濃度観測データを活用して、海洋上での二酸化炭素と酸素の緯度分布の把握と数値モデルの再現性を評価する。
- ④ 将来の大気環境変化の推定と対策立案のための基礎情報の提供
 - ・ アフリカ大陸の北半球熱帯域での降水量の長期変化に対する人間活動の影響について、その要因分析と影響を及ぼすメカニズムの解明を行う。
- ⑤ 大気環境アセスメントや大気環境の改善に資する手法開発ならびに基礎データの蓄積
 - ・ ディーゼル車の排気ガスからの放出が懸念されているニトロ有機化合物について、実際の走行条件下で

のニトロ化合物の排出の有無や排出強度の走行モード依存性を計測するリアルタイム計測法を開発するとともに、計測データに基づいたニトロ化合物の発生条件を調べる。

平成22年度の研究成果

① オゾン層変動の再現性と将来予測精度の評価に関する研究

ア 成層圏化学気候モデル (CCM) を用いて太陽活動 11 年周期と成層圏内のオゾン分布の変化の影響を調べ、太陽活動の活発化の直接的な影響 (上部成層圏でのオゾンの増加と高温化) に加え、大気の循環への影響を介した赤道下部成層圏域でのオゾン量の増加と高温偏差の存在を明らかにした。

イ IPCC のアセスメントレポート (AR4) で用い大循環モデルをベースにした新たな化学気候モデルを開発した。これまでの CCM において存在していた、熱帯対流圏界面近傍での低温バイアスの存在ならびに上部成層圏でのオゾン濃度の過大評価の改善を調べた結果、新たな CCM では、放射コードの改良などにより、低温バイアスが改良されたことが確認された。その結果、成層圏水蒸気量の過小評価が改善され、オゾン分解に対する HOx オゾン分解サイクルの寄与がこれまでに比べて適切に評価されるようになり、上部成層圏でのオゾン濃度の過大評価についても十分に抑えることが可能になった。

ウ 新たに開発した化学気候モデルを用いた長期変動再現実験に着手し、オゾンホール形成時期や規模が過去に観測されたオゾンホールの発達期の変化を再現できていることを確かめた。

エ 極域でのオゾン層破壊として、北極域でのオゾン層破壊に関する観測を欧州の研究グループと協力して進めた結果、2010 年冬/2011 年春に北極域で大規模なオゾン層破壊が進行していることを明らかにした。これは、今冬の北極圏上空で異常低温が継続していることが原因であり、今冬初めから 3 月下旬までの北極上空におけるオゾン全量の破壊量は 40% に達し、過去最大の破壊量であることを見出した。

② 次世代大気モニタリング用多波長高スペクトル分解ライダーの開発

ア 多波長多チャンネルライダーの開発として、532nm ならびに 355nm レーザーを用いた高スペクトル分解ライダーの開発を進め、532nm ではヨウ素吸収セルを、355nm ではエタロンを用いた高いスペクトル分解能でのライダーの開発に実験室レベルで成功、532nm ライダーについては、実大気での実証試験を実施した。

イ 衛星搭載ライダー (CALIPSO) 観測データと NIES 地上ライダーネットワークデータの季節変動の比較から、黄砂の季節変動や年変動解析に対する CALIPSO データを評価した (整合性を確認)。更に、黄砂発生源であるタクラマカン砂漠域での春季から夏季にかけてのダスト層厚が比較的高い高度 (3 ~ 5km) まで達し、自由対流圏エアロゾルの発生源としての重要性が示唆された。

③ 現在の大気環境の把握や過去からの大気環境の変動の理解

ア CGER のモニタリングステーションで観測されている各気体成分の短期変動に着目した解析を進め、特に波照間における $\cdot O_2 / \cdot CO_2$ 比と $\cdot CO / \cdot CO_2$ 比との間に正の相関があり、観測地点に輸送されてきた空気塊の起源との間に関連性が高い事を見出した。

イ 地球環境研究センターと共同して、日本-オセアニア間を定期運航する貨物船を用いた酸素/窒素

比の観測を継続するとともに、観測データの解析を行った。観測データをもとに、大気-海洋間の二酸化炭素ならびに酸素の交換を反映するトレーサーである大気ポテンシャル濃度 (APO) の緯度分布ならびにその経年変化を調べた結果、年平均の APO の緯度分布は赤道付近にピークを持ち、北半球中緯度付近に極小値を持つような分布を示すことが分かった。数値モデルとの比較から、赤道付近でのピークは海洋の酸素ならびに二酸化炭素のフラックスの緯度分布を反映していることが分かった。一方、北半球中緯度域での APO の極小の存在はモデルでは再現できておらず、同緯度帯付近に酸素または二酸化炭素の相対的な吸収が存在している可能性が示唆された。

ウ 海水中の微量成分を連続的に気相抽出できる平衡器とプロトン移動反応質量分析計を組み合わせた溶存揮発性有機化合物の連続定量法を開発し、2008 年夏に西部北太平洋亜寒帯で行なわれた研究航海での観測に応用した。連続定量測定から、従来見逃されていたと思われる小さい空間スケールにおける硫化ジメチルや揮発性有機化合物の濃度変動の存在を明らかにした。

④ 将来の大気環境変化の推定と対策立案のための基礎情報の提供

ア 観測データの解析から過去約 100 年間に減少トレンドの存在が指摘されている熱帯北アフリカ領域の夏季陸域降水量について、温室効果ガスならびに人為エアロゾルの変化が力学的効果ならびに熱力学的効果を通して降水量の長期変化に及ぼす影響の寄与評価を行った。

イ 異なる気候感度を持つ大気海洋結合モデルを用いて、気候感度に不確実性をもたらす要因を調べた。その結果、高い気候感度を持つモデルでも低い気候感度を持つモデル間で、対流圏調節放射強制力に有意な差は認められず、気候感度の差は長波+短波のフィードバックの違いが影響を及ぼしていることを見出した。

⑤ 大気環境アセスメントや大気環境の改善に資する手法開発ならびに基礎データの蓄積

ア プロトン移動反応-質量分析法 (PTR-MS) によるディーゼル排気ガス中のニトロ化合物のリアルタイム計測について、シャーシダイナモを用いた走行時の各種ガス成分の計測に応用した。検出された代表的なニトロ化合物であるニトロメタンとニトロフェノールについて、他の放出物質との相関を調べた結果、ニトロメタンでは、CO、ベンゼン、アセトンの放出と相関があることを、またニトロフェノールではアセトニトリルやフェノールなどの放出と緩やかな相関があることを見出し、2 種類のニトロ有機化合物の生成機構が異なっている可能性があることを見出した。

イ 地域スケールでの大気質の変化が日本国内の大気質に及ぼす影響の例として、アジア自然共生研究グループと共同で、2011 年 2 月上旬に西日本域で継続的に観測された視程低下 (煙霧の発生) について、ライダーネットワークのデータ、全国の大気常時監視局での浮遊粒子状物質濃度や光化学オキシダント量の測定結果ならびに大気輸送モデルの解析から、その主因は大陸からの人為起源粒子の越境輸送によると考えられること、冬季であるにも関わらず、越境汚染による光化学スモッグも影響していた可能性が高いことを見出した。

ウ 都市域での代表的な人為起源揮発性有機化合物の一つである芳香族炭化水素の光酸化反応からの有機エアロゾル生成の収率は、NO_x 濃度レベルならびに酸化反応速度に大きく依存することを見出した。特に、非 NO_x 条件や大きな反応速度を与える条件でのエアロゾル生成実験からは、有機エアロゾルの生成収率が、一般的な実験条件に比べ著しく増大することを見出した。

4. 5 今後の展望

「現在の大気環境の把握や過去からの大気環境の変動の理解」では、新たな計測手法開発やモニタリングデータの活用研究を加速していくことが大切である。また大気質の変動把握の観点から反応性ガスならびにエアロゾルの動態把握に向けた手法開発にも着手出来たことを受け、半球規模・地球規模での動態把握研究を推進していきたい。「将来の大気環境変化の推定と対策立案のための基礎情報の提供」では、今後の大気環境変動の予測精度を向上させていくことはもちろん、今後顕在化すると予想される環境変動の影響を早期に検出しその要因分析を行う「変化の検出と帰属」研究をより発展させていきたい。同時に、検出・帰属を行う際の誤差評価ならびに検出・帰属された事象に対する合理性の検証などに注意を払うなど、基盤研究としての着実性を高める研究を推進していきたい。また環境問題に対する対策（例えば温暖化に対する緩和策や適応策）研究と関連して、対策立案サイドの研究者と連携した研究展開をより強力に推し進めていく。環境行政の現場のニーズを踏まえた「大気環境アセスメントや大気環境の改善に資する手法開発ならびに基礎データの蓄積」に繋がる研究展開を図っていきたい。

5. 水圏環境研究

5.1 研究の概要

水環境保全及び流域の水圏環境を適正に管理するため、閉鎖性の高い水域の富栄養化に起因する湖沼の有機汚濁機構を明らかにする研究や東京湾で夏期に観測される底層の貧酸素化の機構解明を目的とした研究を実施した。流域における環境修復・改善技術開発のため、省エネルギー型水・炭素循環処理技術を改良し実証実験を実施した。地下に漏出した有機溶剤を浄化する技術の有効性と安全性を評価する研究を実施した。

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、さらに沿岸域の海水温に上昇傾向が見られる問題について、モニタリングを中心とした調査研究を継続している。

5.2 研究期間

平成18年度～平成22年度

5.3 研究予算

(予算額、単位：百万円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	127	119	113	112	133	604
その他外部資金	199	194	156	140	146	835
総額	326	313	269	252	279	1,439

5.4 平成22年度研究成果の概要

平成22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 湖沼における有機物の循環と微生物生態系との相互作用に関する研究：平成22年度は、溶存有機物(DOM)の分解に伴う有機物特性の変化と細菌生産速度等の関係の評価する。放射性同位体を使わない藻類1次生産量測定法を確立する。アオコを形成する藻類の動態等につき測定し発生機構解明に資する。流域・湖内の数値モデルを精緻化し、検証する。

イ 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：東京湾における有機物分解機構を把握するため、季節毎に懸濁態の有機物分析を行うと共に酸素消費能を評価する。また、下水処理水と降雨時の越流による未処理下水等についても同様の試験を行う。さらに、底泥酸素消費について、酸素消費速度測定などからその機構を明らかにする。

ウ 1980年代に調査が行われた筑波山森林試験地を対象に、渓流水と降水の定期観測および林内環境(人工林の混み具合など)を含めた植生調査を行い、現在と過去のデータを比較することによって窒素飽和の推移を明らかにするとともに、窒素飽和の進行に及ぼす影響因子の抽出を試みる。

② 流域における環境修復・改善技術に関する研究

ア 資源作物由来液状廃棄物のコベネフィット型処理システムの開発：高有機物濃度対応型のメタン発酵処理システムの開発において、効率的な菌体保持と硫化物除去が可能な装置の開発により糖蜜系廃液(糖蜜、バイオエタノール廃液)の高効率処理方法の確立を行う。また、処理後の廃液

のサトウキビの液肥としての利用に関する検討をタイの試験圃場において実施する。

イ 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：洗浄剤注入法による土壌・地下水中の有機塩素系溶剤の除去回収法について、鉄粉による化学分解の際に発生する反応生成物の種類と濃度を洗浄剤毎に比較検討し、より安全な方法の確認を行う。

ウ 微生物の環境利用およびその影響評価に関する研究：環境保全・浄化に向けてバイオテクノロジー一特に微生物機能を積極的に活用していくために、今年度は植物の根圏微生物を活用した油汚染土壌浄化手法の開発を目指す。

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 GEMS/Water による霞ヶ浦モニタリング：霞ヶ浦湖水、底泥、間隙水および流入河川水を毎月1回採取し、栄養塩（窒素とリン）、DOM、難分解性DOM等の長期的トレンドをモニタリングする。

イ 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：霞ヶ浦湖水、底泥、間隙水および流入河川水を毎月1回採取し、栄養塩（窒素とリン）、DOM、難分解性DOM等の長期的トレンドをモニタリングする。

ウ 干潟域の物質循環過程における底生動物の寄与を解明する研究：総観的な分布把握と手法の基礎的改良をはかり、ヨシ原およびその全面に広がる干潟を含む生態系が、沿岸域の物質循環過程に果たす役割を評価する基礎をつくる。

平成22年度の研究成果

① 水環境保全及び流域環境管理に関する研究

ア a) 平成22年度は、霞ヶ浦湖水を対象として溶存有機物(DOM)の室内分解実験を実施して、DOMの細菌による分解過程においてDOM中のとアミノ酸組成や糖類組成の変化からDOMの難分解性化メカニズムを評価・検討した。DOM, アミノ酸, 糖類は分解(60日間)に伴い減少したが、DOMの減少率が約15%であるのに対して、全アミノ酸および全糖類の減少率はともに約50%であった。またDOM中に占めるアミノ酸と糖類の炭素が占める割合はそれぞれ約7%であったが60日後には各々3.4%, 4.2%に低下した。従って、アミノ酸および糖類は選択的に細菌によって分解されることが明らかとなった。

ア b) 放射性同位体を使用せずに現場において迅速に測定できるFast Repetition Rate Fluorometer (FRRF)法を用いて、霞ヶ浦において藻類の一次生産(総基礎生産)速度を測定した。当該手法で湖水に適用したのは我国初。2010年12月、霞ヶ浦湖心での一次生産速度は有機炭素換算で $1.6 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ という値が得られた。この値は安定同位体比(^{13}C 法)を用いて測定した一次生産速度の値である $2\sim 3 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ に近いものであった。今後は、一次生産速度の水深方向別、季節変化及び地点別変動の調査を実施し、さらに流入河川への適用を検討する。

イ a) 東京湾における様々な由来の有機物分解性評価を引き続き行ったところ、湾内の主に植物プランクトンに由来する懸濁態の有機物は陸起源のものより分解率が高いことが再確認された。三年間の調査研究により蓄積された測定・実験結果から、植物プランクトンの光合成作用による酸素供給を加味すると水塊中の有機分解に伴う酸素消費より底泥の酸素消費の方が貧酸素水塊形成への寄与が大きいことが明らかとなった。また、これまで得られた観測・実験データを3次元内湾流動・生

態系モデルに適用したところ、既存のモデルより高精度で夏季の東京湾の貧酸素水塊の分布を再現することが可能となった。東京湾等の閉鎖性海域における底層貧酸素の問題は、今後環境基準の項目として取り入れることも含めて議論されているところであり、本研究の成果は今までの議論の中で活用されており、さらに、今後の基準設定の課程で貢献すると考えられる。

ウ b) 本研究の結果、生物への影響は貧酸素そのものだけでなく、その結果生成する硫化水素の寄与が大きいことが明らかとなった。

エ a) 今年度の全観測期間における平水時の渓流水中硝酸態窒素濃度平均値と、過去の観測値との比較から、この25年間で、試験流域全体で 1.3 mg L^{-1} から 1.9 mg L^{-1} に上昇していることが明らかとなった。また、流域内の過去データと比較可能な13地点中11地点で硝酸態窒素濃度が上昇しており、上昇幅が最大の地点では過去に比べ2.7倍にまで達していた。一方、林外雨による無機態窒素負荷量は1980年代には $11.0 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であったのに対して、現在は $8.0 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ を観測し、降水による流入負荷は却って減少していることが明らかとなった。表層土壌中の無機態窒素含有量測定結果は、高齢化し混み合っている人工林地の表層土壌ほど硝酸態窒素を多く含有する（窒素流出ポテンシャルが高い）傾向を示したことから、人工林の高齢化と管理放棄に伴う荒廃化が森林生態系からの窒素流出促進の主たる要因と考えられた。

② 流域における環境修復・改善技術に関する研究

ア a) 高濃度廃液の処理に対応可能なメタン発酵処理システムを独自に設計・作製し、糖蜜系廃液の処理試験（国内：糖蜜廃液、タイ：バイオエタノール蒸留廃液）を行った。現時点で、有機物負荷 $30 \text{ kgCOD/m}^3/\text{d}$ の条件下で有機物除去率90%、メタン回収率80%の安定した処理性能を発揮している。

ア b) また提案処理技術により処理を行った廃液を、サトウキビ栽培のための肥料（灌漑用水）として利用の検討をタイの精糖企業と連携して行い、サトウキビの生長への効果、畑地からの温室効果ガスの発生量の測定を行った。

イ 洗剤注入法の安全性評価の観点から、鉄粉によるテトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、cis-1,2-ジクロロエチレンの分解条件と分解生成物の評価を行った。溶液中に水素ガスが溶解していることと、鉄粉表面へのクロロエチレン類の吸着量が多くなることで、毒性の高いクロロエチレン類が分解生成物として生成する水素化分解反応が進行しやすくなることを明らかにした。

ウ 安価でクリーンな技術として植物の根圏微生物による油汚染土壌の浄化手法の開発を試みた。これまでに実汚染現場から得られた地下浸出油を用いて油耐性植物の選定を行い、3種の草本類、2種の木本類を選抜した。（特許出願中）さらに新たに芝の油分解に及ぼす効果を検討し、高濃度の油汚染土壌においても非常によく生育し、また油分解活性も高いことが確認された。これまでに得られた分解曲線から予想すると、 $5,000 \text{ ppm}$ の油汚染土壌ではおおよそ2年ほどで $1,000 \text{ ppm}$ 以下まで浄化できることが認められた。

③ 流域における生態系保全のための現象把握・現象解明に関する研究

ア a) 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や底泥・底泥間隙水を毎月採取し、また別途、流入河川水を毎月採取して、栄養塩、クロロフィ a、溶存有機物(DOM)、懸濁態有機物(POM)、マクロイオン、フミン物質、難分解性DOM等のモニタリングを実施した。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。得られたデータは国環研 HP 上にある霞ヶ浦データベースとして公開されている。

ア b) 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・県等の水環境行政および指定湖沼の湖沼水質保全計画の策定に大いに貢献した。また、我々の開発した研究アプローチについては、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。

イ 調査関東地域の市街地土壌を採取して 34 元素を分析し、アンチモン、鉛、ビスマス、銀、カドミウム、タングステンが土壌表層に高濃度に濃縮されていることを明らかにした。

ウ 干潟に生息する大型底生動物（ベントス）の炭素・窒素安定同位体比を網羅的に測定した。その結果、彼らの主な餌資源は干潟や隣接海域で増殖した微細藻類（植物プランクトンや底生珪藻）であることがわかってきた。ベントスが高密度で生息する干潟の存在は、「微細藻類による栄養塩吸収」および「ベントスによる微細藻類の摂食・同化」の両方の機能で沿岸域の水質浄化（リン・窒素の除去）に貢献していることが示唆された。環境省レッドリストにおいて絶滅の危険性が指摘されている巻貝のウミナナ類・ヘナタリ類の広域分布調査では、従来の方法では小型固体の種同定が困難であったが、PCR-RFLP による遺伝子同定法によって改良した。

5. 5 今後の展望

①水環境保全及び流域環境管理

環境省では平成 25 年の水環境基準改定に向け具体的なロードマップが策定されたが、底層 D0 の発生機構や管理技術、有機汚濁指標に関する検討など残された課題も多い。当研究所の調査・研究による科学的情報が今後も益々重要になると考える。さらなる信頼性の高い情報・知見の発信を目指す。

② 流域における環境修復・改善技術

糖蜜廃液やバイオエタノール蒸留廃液など高濃度廃液のメタン発酵処理システムを設計・作製し、適切処理法確立の基礎知見を得た。一方、高濃度ゆえに阻害性が強いなどの克服すべき課題も明らかとなった。今後は当該課題を解決して処理システムの完成度をさらに高める。

③ 流域における生態系保全のための現象把握・現象解明

放射性同位体を使用せず藻類一次生産を測定する FRRF 法、硝酸イオン中の窒素と酸素の同位体比の解析、対象微生物に特異的な遺伝子解析技術など、新たなモニタリング技術を開発、駆使している。また、自治体において 30 年以上蓄積された海水温変動の重回帰分析により、多くの海域で、有意な海水温上昇が認められた。以上のように、新規性の高い測定・分析法およびモニタリング法の採用、長期モニタリングの実施、および長期データ解析というアプローチから、流域生態系に関わる現象を着実に明らかにする。

6. 生物圏環境研究

6.1 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) 生物多様性の保全に関する研究、(2) 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、(3) 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、(4) 生態系の構造と機能の解析およびその保全に関する研究を中心に進める。

6.2 研究期間

平成18年度～平成22年度

6.3 研究予算

(予算額、単位：百万円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	107	159	159	125	158	708
その他外部資金	121	96	112	112	99	540
総額	228	255	271	237	257	1,248

6.4 平成22年度研究成果の概要

平成22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 土地利用の変化に対する生物多様性の応答を予測するモデルを開発するため、土地被覆、地形、気候情報、保護区に関するデータを収集し、GISデータ化を行う。
- イ 土地利用の不均一性にもとづく里山環境の指標を開発し、生物分布推定への利用可能性を示す。
- ウ 大都市に点在する緑地を生物の生息環境として評価し、より効率的な緑化計画や都市における生態系保全法の立案に貢献する情報を得る。
- エ 国の特別天然記念物である阿寒湖のマリモの保全のため、遺伝的多様性を解明するとともに、生活史を明らかにする。
- オ 絶滅が心配される車軸藻類の存続を脅かしている要因を明らかにする。

② 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 対流圏オゾンによる中長期的な植物被害の実態を把握するとともに、遺伝子発現を用いた植物のオゾンストレス診断手法を改良する。
- イ 温暖化の指標となり得る造礁サンゴの白化に関し、水温変化に鋭敏に反応する共生藻を探索してその遺伝子型とサンゴ種との対応関係を明らかにする
- ウ 青海・チベット高原とモンゴル高原の草原生態系において、気候変動および放牧が炭素蓄積量の分布と変動パターンに及ぼす影響を明らかにする。
- エ 金属元素に対する耐性・蓄積性を有する植物による汚染土壌の浄化等への活用の可能性を示す。

③ 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 現在国内で使用されている遺伝子組換えナタネの逸出状況と在来種との交雑の状況を監視するとともに、封じ込めのエンドポイントを明らかにする。
- イ 南方からの侵入種とされているミナミアオサの分布の現状を明らかにする。
- ウ ラムサール湿地である福井県三方湖流域においてフナ類の遺伝子の解析を行い、地域個体群の現状を明らかにする。

④ 生態系の機能の保全に関する研究

- ア 小笠原諸島の生態系を再現する数理モデルを開発し、外来種が在来生態系に与え得る影響を示す。
- イ 世界各地の富栄養化した浅海域にある干潟で問題となっている浮遊アオサ類によるグリーンタイドが生態系機能へ及ぼす影響を定量的に評価する。
- ウ 安定同位体比データを利用して食物網構造を一括推定する統計モデルを開発する。

⑤ その他の研究

- ア 藻類・ユスリカ等、環境モニタリング等に有用な生物を、遺伝子情報により正確かつ効率的に同定するための技術基盤を確立する。
- イ バイオ燃料としての利用のため、藻類によるオイル生産効率の向上にむけた生物学的基盤を確立する。

平成22年度の研究成果

① 絶滅が心配される生物の保全に関する研究

- ア 日本全国を対象として、2次メッシュ（約10kmグリッド）ごとに、土地被覆、地形および気候情報の整備を行った。また、自然公園や自然環境保全地区など国内の保護区に関するデータを収集し、GISデータ化を行った。これらのデータにより、絶滅危惧植物を対象に今後の土地利用の変化に対する応答を予測する分布推定モデルが構築できた。
- イ 里山環境の土地利用のモザイク性は、分析に供した多くの分類群の出現に対して正の効果を及ぼすことが明らかとなった。また、指標を算出する単位としては6km四方が最適なスケールであることを示した。数kmスケールでの土地利用のモザイク性は里地里山の水辺の生物の分布ポテンシャルの有効な指標となるとともに、里地里山における生物の生息適地予測や土地利用変化が生物多様性に及ぼす影響の予測などに活用できるものと期待される。
- ウ 東京都心の大小の公園におけるチョウ種の調査の結果、各公園における種数や多様度は緑地面積に単純には比例せず、食草の有無が出現種数に影響するが、園内に食草がなくても、近隣にある緑地によって種数が影響されることを示した。これらの結果は、緑の回廊（コリドー）の重要性を含め、緑地デザインにおける生物多様性配慮の基礎となる。
- エ 阿寒湖のマリモは生育場所によってわずかに遺伝的に分化していることを明らかにするとともに、球状体一つの遺伝子型の糸状体が成長したものではなく、複数の遺伝子型の糸状体が絡み合って成長するものであることを示すなど、保全に必要な基本情報を得ることができた。
- オ 香川県内のため池における調査の結果、車軸藻類の衰退には、富栄養化あるいは腐植質等の増加による透明度の低下によるものと、水草の繁茂による相対的な光環境の悪化によるものがあることを

明らかにし、今後の保全施策の立案の基礎となる知見を得た

② 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 国内各地のオゾンによるアサガオの被害状況とオゾン、その他の大気・気象条件のデータを取りまとめて蓄積すると共に、オゾン濃度と植物被害の関係を確認した。また、各地方からのアサガオ葉試料を用いてマーカー遺伝子の発現解析を行い、遺伝子発現によるストレス診断が実際の植物被害調査に利用できることを確認した。
- イ 造礁サンゴの共生藻を対象として水温変化への反応を解析するための温度勾配培養装置とサンゴから分取した共生藻の活性の解析法を確立できた。これを活用し、共生藻の水温変化に対する反応の違いと遺伝型をタイプ別に整理することができた。
- ウ 青海草原における調査の結果放牧によって高山草原の植物多様性が低下し、生態系による炭素吸収量を低下させる恐れがあることを示した。また、衛星画像データから、草原炭素収支の時間変動を推定する手法を開発し、今後のモニタリングに活用する道を示した。
- エ セレン耐性・高蓄積性のアブラナ科植物について、その分子メカニズムの一端を明らかにし、遺伝子組換えによる育種の可能性を示した。

③ 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 ナタネの輸入港のうち鹿島、四日市、博多の3港湾周辺地域の主要道沿い等の調査の結果、3港湾周辺地域のいずれからも遺伝子組換え体と見られるセイヨウアブラナが検出された。組換え体の比率は国号23号および博多港で極めて高く70%程度になっていた。これらの地域では、2種類の除草剤耐性遺伝子を保有する個体も低頻度ながら見つかっており、除草剤耐性の組換えセイヨウアブラナ同士が日本国内で交雑している可能性が明らかとなった。
- イ グリーンタイドの発生が報告されている大阪湾南港野鳥園、蒲郡地区を含めた三河湾蒲郡地先、青森湾および弘前湾で採取したアオサを遺伝子レベルで解析し、前二者の干潟で採取されたものはすべて外来種とされるミナミアオサであることを明らかにした。
- ウ 福井県三方湖流域においてフナ類の遺伝子の解析から、この地域独自の遺伝子を持った地域個体群がまだ残存していることが判明した。この結果は、今後の地域個体群の保全の重要な基礎情報となる。一方、で本州（東日本）、九州ならびに中国大陸に由来する個体も混在していることも判明し、地域個体群の保全が急務であることが明らかとなった。

④ 生態系の機能の保全に関する研究

- ア 小笠原諸島の重要な侵入種であるヤギとネズミが生態系の状態に与える影響をシミュレーションモデルにより検討したところ、これらの食害によって植物体量が減少するとともに、無脊椎動物の多様性は大きく減少すること、肉食性の動物はほとんど存在できなくなること、海鳥のバイオマスも減少し、生態系で循環する栄養塩の量は大きく減少するなど、生態系機能への顕著な影響が予想された。
- イ グリーンタイドを形成するアオサ類が大量に枯死、分解する夏期に底質の還元化が進み、底質内の

生物は斃死するが、アオサの上を新しい生息場として、底生生物の種数、個体数ともに増加すること、また系内での一次生産を通じて干潟に対する有機物供給源として機能することが明らかとなった。

ウ ベイズ統計学の枠組みを利用した食物網モデルを構築し、安定同位体比のデータにより食物網内の各餌資源の貢献比率を十分な精度で一括して推定できることを示した。こうしたモデルは生態系機能の定量的な管理・保全に役立つと期待できる。

⑤ その他の研究

ア アオコ形成藻については 20 種 48 株の種判別法を開発した。また、陸水棲ユスリカ 17 種の遺伝子塩基配列を決定し、遺伝子による種の判別が有効であることを示した。

イ 日本各地で資料を採取し、選択培養条件下（高アルカリ培地、塩分含有培地、温室内で高温・高塩条件等）で培養を行った結果、増殖能とオイル生産能に優れた系統約 80 株を確立した。また、栽培の実用化にむけて、変異源処理により除草剤耐性株を得ることができた。

6. 5 今後の展望

第 2 期中期計画期間では、生態系の構成要素及びこれらの要素間の相互作用に関する研究を多面的に進めた。その成果を土台としつつ、今後は、とくに個別ケースの研究から一般化、広域化へという方向性を意識した展開を図る。第 3 期中期計画期間の重点プログラムとなっている生物多様性研究プログラムでは、生物多様性の広域的な評価・予測・保全にむけて研究を進め、生物多様性に考慮した国土利用のランドデザイン作りに貢献することをめざす。また、流域圏生態系研究プログラムにおいては、第 2 期中期計画期間での生態系機能に関する研究を生かしつつ、流域圏生態系の機能とその健全性の評価に関する研究を展開する。いずれも、保全施策への反映を明確に意識して進め、生物多様性条約・愛知目標実現に貢献する。

第 3 期中期計画期間においては、生物・生態系環境研究センターが中心となって生物多様性および生態系に関する研究を進める。また、地球環境、地域環境、環境リスク、環境計測の各研究センターとも連携し、広い視野からの研究と、社会への還元を意識した包括的なアウトプットを目指す。

7. 地球環境研究

7.1 研究の概要

基盤的な調査研究としての「地球環境研究」として、(1) 地球環境の監視・観測技術及びデータベースの開発・高度化に関わる研究に関して、「遠隔計測データ中の地形及び分光特徴の自動認識に関する研究」、「分光法を用いた大気計測に関する基盤的研究」などを、また、(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などの先導的・基盤的研究に関して、「グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究」、「大気・陸域生態系間の炭素収支研究における化学トレーサーの利用に関する研究」などを実施した。

7.2 研究期間

平成18年度～平成22年度

7.3 研究予算

(予算額、単位：百万円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	1	1	3	6	3	14
その他外部資金	5	18	46	39	36	141
総額	6	19	49	45	39	155

7.4 平成22年度研究成果の概要

平成22年度研究成果目標

① 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

- ・ 高空間分解能航空機搭載カメラにより撮影された雪原の画像より、野生動物の足跡を抽出するアルゴリズムの高精度化を行う。また衛星搭載ハイパースペクトルデータの校正において昨年度に開発した高精度校正アルゴリズムによるプロダクトの作成に取り組む。

② 分光法を用いた大気計測に関する基盤的研究

- ・ 分光パラメータに関する研究動向の把握と、必要に応じて実験室分光測定、測定データ解析、パラメータの評価を行う。地上設置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解析と評価を継続する。

③ グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究

- ・ 森林減少や森林劣化を定量的に把握する手法と、森林減少の防止活動に伴うCO₂排出削減量のアカウンティング手法に関する研究を実施する。マレーシアやインドネシアの森林を対象に炭素評価システムの検証を行う。

④ 大気・陸域生態系間の炭素収支研究における化学トレーサーの利用に関する基礎的研究

- ・ これまでに開発してきた群落スケールでの微量ガスフラックス観測システムをもとに、より多様な環境への設置と展開を想定して、耐候性と汎用性を高めたバージョンの観測システムの作成を行う。土壌呼吸成分の放射性炭素(14C)の測定を想定した大容量の試料のサンプリングに対応した大型チャンバーシステムを開発作成する。

⑤ 環境試料を用いた物質循環の変動や汚染の指標に関する研究

- ・ 隠岐の島におけるエアロゾルの継続採取と各地域での環境試料採と鉛など金属分析並びに発生源解析を行う。

⑥ 指標生物群を用いた生態系機能の広域評価と情報基盤整備

- ・ PEN で共通して用いている分光魚眼カメラやモニ 1000 調査区の樹種判別を自動化するための気球カメラを北海道大学苫小牧研究林に導入し、現場で直接観察されている植物機能やフェノロジーとの対応関係を解析する。

平成 22 年度の研究成果

① 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

- ・ 連続／重複して撮影された航空写真より野生生物等、移動体を直接検出するアルゴリズムの開発を進めた。
- ・ また、月探査周回衛星に搭載された可視近赤外分光計による連続分光データの処理に関する研究を進め、月面にほぼ純粋な斜長石からなる岩体が多数分布すること、及び月面の SPA と呼ばれる領域の地下にマグネシウムに富む斜方輝石からなる地層があることを明らかにした。さらに上記データの校正を行うソフトウェアを開発し、同ソフトウェアを用いた大量データ処理／プロダクト作成を実施した。

② 分光法を用いた大気計測に関する基盤的研究

- ・ これまでに測定したメタンの実験室フーリエ分光スペクトルデータにおいて、自己広がりスペクトル解析を行い、文献値等の違いを定量的に見積もった。更に、実験で用いたメタンサンプルの燃焼分析を行い、この違いの原因の検討を行っている。
- ・ 大気観測用高分解能フーリエ分光計を用いて、GOSAT の検証作業に適した観測モードでの通常観測と解析を継続した。また、メタンやオゾン層破壊関連の物質であるフッ化水素、塩化水素の観測及び解析を継続した。

③ グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究

- ・ 衛星観測による森林/非森林の時系列マップから、ボルネオ島における森林減少の実態を明らかにした。1982 年から 2008 年にかけて、南西部を中心に森林減少が発生したことが示唆された。ただし、衛星データには雲影響などのノイズが残っていることが考えられ、ある年に大幅な森林減少が生じた次の年に、逆に同じ地域で相当の森林増加が見られるなどの不自然な挙動が残されている。今後、衛星観測データの雲・ノイズ除去処理アルゴリズムを高度化することに加え、利用時にも何らかのフィルタをかけることで異常値に影響されない推定法を検討する必要がある。
- ・ 衛星観測による森林被覆の増減時系列データと、生態系モデルによる炭素収支パターンを組み合わせることで広域的な炭素収支マッピングが可能となった。特に、森林減少が顕著に進行してきた南東部は、年間 5 トン/ヘクタール以上の強い炭素放出源になっている可能性が示された。

④ 大気・陸域生態系間の炭素収支研究における化学トレーサーの利用に関する基礎的研究

- ・ これまでに開発してきた群落スケールでの微量ガスフラックス観測システムをもとに、より多様な環境への設置と展開を想定して、耐候性と汎用性を高めたバージョンの観測システムの作成を行った。作成した観測システムを本州中部の森林生態系のタワーフラックス観測サイトに設置し、遠隔

操作による無人動作の検証を行うと共に採取された試料の分析を行った。

- ・ 土壌呼吸成分の放射性炭素（ ^{14}C ）の測定を想定した大容量の試料のサンプリングに対応した大型チャンバーシステムを開発作成を継続した。

⑤ 環境試料を用いた物質循環の変動や汚染の指標に関する研究

- ・ 長期的に隠岐の島におけるエアロゾルの採取とその保存を行った。エアロゾルサンプルは83年12月から採取が継続されており25年のレコードを持つことになった。試料は、最近の10年については -20°C の試料庫に保存し、それ以前は -80°C のタイムカプセル棟に保存した。
- ・ 地方の環境研究所との協力により（長野、京都、北海道）各地のエアロゾルと降水中の鉛同位体比、イオン、金属、カーボン、などの分析を行い、その起源などについて検討を行った。

⑥ 指標生物群を用いた生態系機能の広域評価と情報基盤整備

- ・ フェノロジー観察に必要となるカメラの諸元を検討するとともに、解析手法の開発を目的として、衛星リモートセンシングによる植生観測にて一般的な植生指数NDVI（正規化差分植生指数）を算出できる近赤外＋赤・緑の三波長カメラ（ADC3）と、可視から近赤外域を連続分光撮影するハイパースペクトルカメラを落葉広葉樹林の樹冠上に装着し、展葉前の春先から落葉期まで連続撮影を継続した。同時に撮影個体の枝のフェノロジー（展葉時期、黄葉・紅葉、落葉時期）の観察を行い、分光反射率の変動によりフェノロジーを判定する手法を開発した。加えて、JaLTERサイト数カ所に市販カメラをベースとしたフェノロジーカメラの設置を進めた。

7. 5 今後の展望

① 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（H17-22）

地形及び分光特徴の自動認識に関する基礎技術の開発ないし習得はほぼ終了した。今後は開発した技術・手法を大量の実データに適用する際の問題点を明らかにし、技術・手法の改良を継続する。また本研究で開発した技術・手法を、遠隔計測データの実利用を行っている研究者に提供するように努める。

② 大気・陸域生態系間の炭素収支研究における化学トレーサーの利用に関する基礎的研究（H20-22）

近年、量子カスケードレーザー分光法やキャビティリングダウン吸収分光法などの新しい測定技術の進展により、温暖化ガス成分であるメタンなど多くの微量ガス成分の現場での高精度観測が可能となりつつある。本研究で開発したシステムと組み合わせることで将来的に、陸域生態系に吸収・放出活性を持つ様々なガス成分について群落スケールでのフラックス連続観測が可能になると期待している。

③ グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究（H20-23）

全球的な森林炭素管理を実現するためのモニタリングツールや手法を評価するためのデモンストレーションプロジェクトを通して、国際的な森林炭素監視システムに必要となる機能の仕様と開発手法の検討を国際的な研究ネットワークにより実施する。また、検証サイトを中心に地域から国レベルにおける国際森林炭素監視システムの検証方法を検討する。

④ 分光法を用いた大気計測に関する基盤的研究（H21-23）

メタンのスペクトル線リストについて今まで測定した実験室フーリエ分光スペクトルデータのスペクトル解析の検討を行い、スペクトル線リストの更新を行うことにより、GOSATの観測から導出されるメタン存在量の更なる誤差軽減化が期待される。大気観測用高分解能フーリエ分光計を用いた観測スペクトルから導出した温室効果ガスなどの大気微量成分濃度のデータ質の評価を行う。このデータは「いぶき」などの衛星

観測データの検証に利用が期待される。

⑤ 環境試料を用いた物質循環の変動や汚染の指標に関する研究(H21- 25)

隠岐島の長期的なエアロゾルのモニタリング研究所内でも最も長いモニタリング活動の一つであり、今後ともアジアの大気汚染の変動をモニターする貴重な環境試料となることが期待される。

⑥ 指標生物群を用いた生態系機能の広域評価と情報基盤整備(H21-23)

開発したセンサーを用いた検証実験を継続すると共に、ラジコンヘリ等の導入による広域化を図り、人工衛星によるリモートセンシングと現場観測を無理なくつなぐことを可能にする。本研究課題による生態系総合監視システムの構築によって、広域的な把握や速報性の向上をきわめて精度高く行うことができる。

8. 基盤的な調査・研究活動に関する評価結果

(平成23年3月の外部評価では全分野一括評価を行ったため、ここに取り纏め記載する。)

外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
事後評価	5	14				
(平成23年3月)	26	74				100%

注) 上段：評価人数、下段：%

年度評価基準 (5：たいへん優れている、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 4.3点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

的確に研究を進めており、質の高い成果が得られている。これらの成果の中から幾つかの研究の芽(重点研究のための先行研究も含め)が出ると予想される。重点研究との区分けは難しいと思うが、よく整理されていた。

プロジェクト研究と基盤研究のフードバック機構が必要なように思われる。

社会一般への広報を通じた成果や情報発信の点がやや不明であった。

[今後への期待・要望]

基礎研究を通じて個人の研究能力のレベルアップや分野ごとの研究の継続性を図ることも重要なので、次期に向けて配慮事項と思われる。

基盤研究は研究の継続性を担保する上では必要不可欠である。そうであるからこそ、研究成果については社会への還元、アウトリーチを期待したい。

(3) 対処方針

これまでに実施してきた研究の一部は、第3期中期計画期間において、課題対応型の研究プログラムとして展開していく。第3期中期計画期間においては、環境研究の中核的研究機関として、中長期的視点に立って将来の環境研究の課題を見通し、新たな環境研究の体系をその柱となる研究分野で構成し、基礎研究から課題対応型研究まで一体的に、分野間連携を図りつつ推進する。また、環境研究の推進とあわせて長期的な取組が必要な環境研究の基盤整備も行う。

研究成果の社会還元やアウトリーチについては、ますます求められていることを認識している。これまでの論文発表、マスメディア、インターネットを通じた情報発信の他、更に方法を工夫して、積極的な情報発信と社会貢献への推進に向けて努めたい。