

(資料 19) 各研究分野の研究実施状況及びその評価(研究プログラム及び主要な基盤整備を除く)

1. 地球環境研究分野

1. 1 研究の概要

地球環境研究分野の研究として、地球環境研究センター独自のプロジェクトとして、「オゾン層変動に関する研究」プロジェクトとその関連研究、および「国環研 GOSAT プロジェクト」を行った。また、地球環境研究を進める上で基盤となる、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、2) 将来の地球環境に関する予見的研究、3) 新たな環境研究技術の開発、等の先導的・基盤的研究を「経常研究」として、研究者個々人の興味と発想を尊重し、自主的な研究として実施した。

1. 2 研究期間

平成 23～27 年度

1. 3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	累計
①運営費交付金	94					
②総合科学技術会議が示した競争的資金	175 (175)					
③②以外の競争性のある資金(公募型受託費等)	0					
④その他の外部資金	258					
総額	527 (527)					

注) 括弧内は、再委託費を含めた金額。

1. 4 平成 23 年度研究成果の概要

平成 23 年度の研究成果目標

(1) オゾン層変動に関する研究

- 1) オゾン層変動研究プロジェクト
- 2) オゾン層変動と成層圏-対流圏大気変動との間の相互作用に関する研究
- 3) オゾン層破壊に関連した極成層圏雲の特性評価に関する研究
- 4) 塩素系化学種を中心とした成層圏化学過程の研究
- 5) 化学気候モデルの長期ランを利用した、成層圏オゾンの対流圏気候への影響評価に関する研究
- 6) 化学気候モデルを用いたオゾン層破壊のハロゲン量依存性に関する研究

(2) 国環研 GOSAT プロジェクト

- 1) 「いぶき」観測データ解析により得られた温室効果ガス濃度の高精度化に関する研究

2) 温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) データ検証業務

(3) 経常研究

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

- ア) 熱帯林における土壌呼吸を中心とした炭素循環モニタリング
- イ) 海洋からの硫化ジメチルおよび関連有機化合物のフラックス実計測とガス交換係数の評価
- ウ) 北極振動によるエルニーニョの予知への挑戦
- エ) 外的な気候変動要因による長期気候変化シグナルの検出に関する数値実験的研究
- オ) 大気環境に関する次世代実況監視及び排出量推定システムの開発

2) 将来の地球環境に関する予見的研究

- ア) 対流圏オゾンライダーを用いた日本域における対流圏オゾンに関する研究
- イ) アジア・オセアニア域のモンスーンに伴う温室効果ガス濃度分布の変動
- ウ) メタエコシステム評価による環境共生型社会構築に向けた統合的手法の開発
- エ) 気候変動と水・物質循環のフィードバック機構の解明
- オ) 物質循環モデルの高精度化及び生態系への影響評価
- カ) 気候変動対策と生物多様性保全の連携を目指した生態系サービス評価手法の開発
- キ) 世界の持続可能な水利用の長期ビジョン作成
- ク) 全球水資源モデルを利用した実時間シミュレーションによる世界の旱魃・洪水リスク検出

3) 新たな環境研究技術の開発

- ア) 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
- イ) 海水中硫化ジメチルおよび関連有機化合物の高時間分解能計測手法の確立
- ウ) PTR-TOFMS を用いたディーゼル車排ガス中ニトロ有機化合物のリアルタイム計測
- エ) エアロゾル前駆体の実時間計測による二次有機エアロゾル生成過程の解明
- オ) 自動車からのガス状ニトロ有機化合物の排出に関する実大気観測
- カ) 質量分析法による大気微量成分の計測手法の開発
- キ) 分光法を用いた大気計測に関する基盤的研究
- ク) 窒素動態を取り入れた陸域生態系 CO₂ 収支の高精度評価手法の開発

平成23年度の研究成果

(1) オゾン層変動に関する研究

- 新化学気候モデルの開発・改良を目標として、既存の数値実験結果や衛星観測データなどを解析することにより、成層圏 - 対流圏相互作用やオゾン層破壊における PSC の役割などに関するさまざまな知見を得た。また、最新の気候モデルへの成層圏化学過程の導入に着手した。
- 昨年度までに開発を行った MIROC3.2 ベース化学気候モデルを用いて、温室効果気体およびオゾン層破壊物質濃度の変動シナリオ（過去および将来）に沿った数値実験を行う。このモデルで 1980 年～2050 年の計算を行い、旧化学気候モデルと同様に、1980 年頃のオゾンホールの出現とその後の急成長・2050 年頃の消滅を計算できた。また、旧モデルで問題となっていた熱帯下部成層圏の低温バイアスに伴う成層圏水蒸気量の不足を解決できた。
- 極域オゾン層破壊に関連して、南極及び北極で極成層圏雲の特性評価、オゾンとそれに関連した微量気体成分の分光観測データ、衛星観測結果、及びオゾンゾンデ観測結果から、オゾン破壊量の定量化とそのメカニズムを解明する。H23 年度は、主に 2010～2011 年に北極で得られたデータの解析を行った。
- 国際宇宙ステーションの「きぼう」搭載の大気観測センサ SMILES からの塩化水素 (HCl) 濃度の高度分布を、気象データと組み合わせた解析からそのデータ質評価を実施することを目標に、南極極渦内で取

得された HCl データを他の衛星センサと比較し、その精度・確度を評価した。

○化学気候モデル相互比較プロジェクト (CCMVA12) に参加した世界の複数のモデルを用いた感度実験により、オゾン破壊/回復と温暖化の影響を切り分け、成層圏オゾンの長期的な変化が対流圏気候に及ぼす影響評価を行った。20 世紀後半の北半球夏季のジェットの内偏トレンドに対し成層圏オゾンの現象が重要な役割を持つことがわかった。

(2) 国環研 GOSAT プロジェクト

○長期検証データの確保とそのデータ質を確認することが出来、二酸化炭素とメタンのカラム平均濃度を大気化学的視点で検証が出来る目処が立った。検証によって解析アルゴリズムの改良や初期値の改訂が期待される項目を検討した。重点サイトにおける高精度温室効果ガスと巻雲・エアロゾル光学特性の観測体制の整備が進み、検証データの取得を開始した。つくばの検証サイトにおける二酸化炭素の導出結果へのエアロゾルの影響の評価とその対処法をケーススタディとして実施した。

○地上設置及び航空機搭載検証用観測装置の運用及び検証用データ取得業務として、検証データ質の確認、整理、GOSAT プロダクトと検証データとの相関処理、図示化等の検証解析を行い、GOSAT プロダクトの不確かさ(偏りとばらつき)の評価を行った。地上設置高分解能 FTS、lidar、skyradiometer 等の検証データを継続的に取得し、そのデータ質を確認した。GOSAT により取得された二酸化炭素及びメタンを地上設置高分解能 FTS データに対して継続的に図示化し、検証解析を行った。また、GOSAT により取得された水蒸気を地上設置高分解能 FTS データに対して検証解析を行った。

(3) 経常研究

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

○熱帯林における森林経営や伐採過程に伴う地下部の炭素ストックの変動を明らかにすることを目的として、マレーシア半島部にあるパソ保護林とその周囲において土壌呼吸の集中測定を行った。天然林での総土壌呼吸に対する根呼吸の寄与は約 47.7%と推定された。また、土地利用変化が熱帯生態系を劣化させることが確認された。

○学術調査船「白鳳丸」の研究航海において、濃度勾配法を用いて海面直上大気中の硫化ジメチル (DMS) 等、揮発性有機化合物 (VOC) の濃度勾配を検出し、フラックスの導出を試みることを目標として、オンラインの質量分析計である陽子移動反応質量分析計とフラックスブイの適合などを確認した。

○領域モデルを用いた再現実験により熱帯太平洋上の西風バーストが生じるときの原因を特定し、この時の熱帯域での大気海洋相互作用について明らかにする。北極振動と強く連動するアリューシャン低気圧の強弱が、エルニーニョの開始と密接な関係のある熱帯の西風バーストの頻度に関係していることがわかった。また、線形モデルを用いてエルニーニョ開始時の熱帯海洋から中高緯度大気へのフィードバック機構を明らかにした。

○様々な気候変動要因に対する気候応答の相違に関する知見を得ることを目標として、二酸化炭素濃度の増加とそれに見合うだけの太陽放射量の減少を同時に与えた実験の結果を解析し、全球平均気温が一定であっても全球平均降水量が減少するメカニズムについて考察した。

○国立環境研究所、気象研究所、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の 3 つの化学気候モデルに共通のアンサンブルカルマンフィルタのパラメータを適用した共通実験を行って、結果の解析を行い、それぞれのモデルのもつバイアスとオゾンデータ同化性能との関係についての解析を行った。これら 3 つのモデルは、それぞれ異なるモデルバイアス (オゾン濃度等の観測値からの差) をもつが、衛星によるオゾン全量と 3 次元オゾン濃度分布の両方のデータを同時に同化すると、観測値に近くなって同化されたオゾン全量がモデルに依存しなくなり、同化性能が良くなることがわかった。

2) 将来の地球環境に関する予見的研究

- 国内における対流圏オゾンライダーの高頻度観測体制を整え予備観測を行い、観測データの処理アルゴリズムの調整を行う。予備観測の結果を解析し、他の観測データとの比較検証を実施する。さらに、モデル研究グループと協力して観測データのデータベース化を実施することを目標とした。佐賀大学に移設したオゾンライダーの送信部・受信部の調整を念入りに行った後、予備観測を開始した。オゾンライダーにより取得された観測データの予備解析を行った結果、高度 1-6km のオゾン濃度分布の観測が可能であることが明らかとなった。
- GOSAT データと観測に基づくデータを用いてモンスーン期間中の季節推移に伴う二酸化炭素及びメタン濃度の空間分布の変動を解析し、大気循環場と物質濃度変動の関係を明らかにすることを目指し、引き続き、アジアモンスーンの進行に伴う温室効果ガス濃度や風などの時空間変動を解析していく。
- 人間活動に起因する流域の水・熱・物質循環変化に伴う生態系機能への影響評価を行うという当初の目標のもとに、生態系の応答特性に関する hysteresis、及び生態学と水文学の regime に関する統一的な評価手法について検討を行った。
- regional レベルにおいて人為活動が洪水・渇水リスクへ及ぼす影響評価を行うという当初の目標に対して、アジア地域の大陸河川を対象に陸域統合型モデル NICE の開発を通して人為活動に伴う洪水と渇水への影響評価を行った。
- 物質循環・炭素循環モデルの高精度化に向けたフレームワーク構築を行うという当初の目標に対して、陸域統合型モデル NICE の開発を通して気候変動が水循環及び農業生産へ及ぼす影響評価を行った。
- 植林などの気候変動対策と生物多様性保全とで生じるトレードオフを解消するため、生態系が持つ公益的機能を総合的に評価する指標を開発し、より効果的な生態系管理を支援するためのシステム開発に関する研究を行った。
- 21世紀中の人口増加に伴う食料増産と温暖化緩和策の一つとしてのバイオマス燃料増産が水・土地利用制約の上から両立するのかを検討するため、全球水資源モデル H08 を利用した第一段階的な検討を東京工業大学の共同研究者と実施した。
- 全球水資源モデルの旱魃・洪水リスク検出能力を評価するため、過去 40 年にわたる河川流量の再現計算を実施し、主要な高水・低水イベントの再現性について検討した。

3) 新たな環境研究技術の開発

- 環境中の大気試料や降雨試料などを用いて大気成分の質的な変遷や起源などにかかわる情報を抽出する方法などを検討することを目標に、バックグラウンド地域と考えられる隠岐島において大気粉塵試料の採取を行い、その中の成分を調べるための前準備や保存方法について検討した。
- 海洋表層における硫化ジメチル (DMS) 等の揮発性有機化合物 (VOC) を高時間分解能で高感度に測定することを目標として、温度・湿度の精密な計測・制御、接ガス部に用いる材質の検討・改良、ブランクの正確な決定など、装置の高度化を行った。
- 陽子移動反応-飛行時間型質量分析計 (PTR-TOFMS) を用いて、シャーシダイナモメータ稼働下でのディーゼル車排ガス中のニトロ有機化合物の多種類をリアルタイムで検出・定量し、ニトロ有機化合物の排出特性 (種類・(全)量・性状) を把握することを目的として研究を進めており、ガス状でニトロメタン、ニトロフェノール類、ジヒドロキシニトロベンゼンが排出されていることをリアルタイム測定で捉えた。
- 二次有機エアロゾル (SOA) の化学成分を、陽子移動反応-飛行時間型質量分析計により分析する手法を開発し、植物起源揮発性有機化合物 (BVOC) からの SOA 生成経路を解明することを目標とし、代表的な BVOC の α -ピネンなどのモノテルペン類やイソプレンの気相オゾン酸化反応により、気相、粒子相それぞれで生成する化学成分を分析した。

- 環境研究総合推進費「PTR-TOFMS を用いたディーゼル車排ガス中ニトロ有機化合物のリアルタイム計測に関する研究」でのシャシーダイナモメータ実験で得られた結果を実大気で検証・確認を行うための観測を行い、シャシーダイナモメータ実験を支持する自動車からのニトロ有機化合物の排出を確認した。
- 大気微量成分の高速での測定を目的とし、化学イオン化質量分析法の開発に取り組む。揮発性有機化合物の多成分リアルタイム計測用に開発した陽子移動反応－飛行時間型質量分析計（PTR-TOFMS）の TOF 部にリフレクトロンを用いて高質量分解能化し、二次有機エアロゾル中の高質量数成分の検出を試みた
- 分光パラメータに関する大気微量成分の実験室分光測定、測定データの解析、決定した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して実施している。震災による観測装置の停止と装置に起因する問題を解決し、大気観測用高分解能フーリエ分光計の観測を再開した。GOSAT の検証作業に適した観測モード(TCCON)での通常観測と解析を継続した。精度が確認されたデータは TCCON で公開した。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(NDACC モードによる観測)を継続した。フッ化水素、塩化水素の観測結果と大気化学反応モデル計算値と比較した。
- 陸域生態系モデルを用いた森林 CO2 収支の高精度評価を目標として、森林の窒素動態とくに光合成機能の季節・年変化を現地データに基づいて把握し、必要なパラメータの収集を行っている。富士北麓サイトにおいて個葉の炭素・窒素比の測定を行い、展葉から落葉期における個葉の窒素動態の基礎データを収集した。また北海道天塩サイト、苫小牧サイトにおけるモデル検証データの収集に着手した。

1. 5 外部研究評価

評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価		11	1			
(平成 23 年 12 月)		92%	8%			100%

平均評点 3. 9 2 点

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）

2. 資源循環・廃棄物研究分野

2. 1 研究の概要

生産・消費活動の負の側面である廃棄物問題を解決し、資源の効率的な利用と健全な物質循環が確保された循環型社会への転換を進めることが、わが国のみならず世界共通の課題であり、問題解決のための科学的、技術的課題の克服が求められていることを踏まえ、廃棄物・排水等の適正処理及び汚染された環境の修復・再生のための技術・システムの開発、評価、及び将来の資源循環・廃棄物研究分野の新たな概念な研究技法に繋がる萌芽的な基盤的調査・研究、さらには研究で得られた知見を社会実装するための研究開発連携に関する活動を行った。

資源や廃棄物に関する情報取得が困難である一方で、様々な環境政策・活動への情報的手法の適用が拡大していることを踏まえ、5年、10年といった中長期視点から戦略的に我が国やアジア圏における資源循環・廃棄物研究の情報基盤構築を先導・実施した。

調査研究の実施にあたっては、地域特性に応じた環境技術の社会実装のための対外連携や、我が国の資源循環、廃棄物処理及び環境修復再生技術における国際競争力の学術的側面からの強化と普及支援、資源循環・廃棄物行政に対する科学的・技術的側面からの先導的支援を進めた。

また、平成23年3月に発生した東日本大震災は被災地各地に大量の災害廃棄物をもたらし、さらに、原子力発電所の事故により放出された放射性物質に汚染された廃棄物や土壌等が広域かつ大量に発生し、その除染や適正処理処分が危急の課題となっている。これらの課題を取り巻く状況の変化に適応しながら各課題に迅速かつ適切に対応するため、所外の関係機関との連携を図りつつ、環境省及び地方自治体からの協力依頼・要請等に対応しながら、災害廃棄物及び放射能汚染廃棄物に関する緊急的な調査研究を実施し、これらの処理の早期かつ円滑な処理の推進に貢献した。

2. 2 研究の期間

平成23～27年度

2. 3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	累計
①運営費交付金	218					
②総合科学技術会議が示した競争的資金	220 (236)					
③②以外の競争性のある資金(公募型受託費等)	13					
④その他の外部資金	13					
総額	464 (481)					

注) 括弧内は、再委託費を含めた金額。

2. 4 平成23年度の研究成果の概要

平成23年度の研究成果目標

廃棄物・排水等の適正処理及び汚染された環境の修復・再生のための技術・システムの開発、評価、及び将来の資源循環・廃棄物研究分野の新たな概念な研究技法に繋がる萌芽的な基盤的調査・研究、さらには研究で得られた知見を社会実装するための研究開発連携に関する活動を行う。また、東日本大震災に伴い発生した災害廃棄物及び放射能汚染廃棄物等の安全かつ効率的な処理処分技術・システムの確立のための調査・研究を行う。

平成23年度の研究成果

(1) 政策対応型廃棄物管理研究

《低炭素社会に適した熱的処理技術》

- ①焼却施設の低炭素社会への適合性評価指標開発の趣旨のもと、とくに大震災後の電力ひっ迫の状況を背景にごみ焼却発電と地域への電力供給の実態にも焦点をあて、東北および関東地域所在の約70の焼却施設の運転管理データに関し、アンケートに基づく調査を行った。評価指標試案として、「外部へのエネルギー供給率」と「搬出残さ量」を指標とすることで施設の持つ異なる2面性を表示可能であることを示した。
- ②ガス化改質プロセスの開発においては、経済効率性のよい合金触媒で付加的にNi等の金属種を含む試料を用いた試験を行い、 H_2 ガス等の生成に良好な初期性能を示すことを見いだした。また、生成ガスの活用を拡大するため、 H_2 共存下で特殊な触媒系を用いた CO_2 の CO 還元反応および CO 、 CO_2 のメタン化反応に関する基礎特性を探索し、メソポーラスな触媒担体の調製および反応温度制御、 H_2 濃度およびNiの量が反応効率に大きく影響することを明らかにした。

《新しい埋立・管理手法の構築》

福島第一原子力発電所事故による東日本広域に放出された放射性物質により、埋立処分を含めた廃棄物管理システム大幅な変更を余儀なくされている。したがって、本研究課題を「災害・放射能汚染廃棄物対策研究」としても位置づけ、研究の内容を「放射能汚染廃棄物に対応した廃棄物の品質管理技術システムの開発」に変更した。空間線量と廃棄物等の放射能濃度の関係を利用して、放射性物質に汚染された焼却残さの発生量の評価と予測を行った。産業廃棄物統計等を解析して放射性物質が再生利用に向かうフローを特定した。破碎選別や堆肥化など、焼却以外の中間処理技術における放射性物質の挙動把握に着手した。埋立による放射能汚染廃棄物の環境放出を制御するため、焼却灰やその固化体の溶出・吸着試験を実施して、具体的な封じ込め技術を数値埋立モデルを援用して提案し、実処分場での指導や特措法ガイドラインの科学的根拠として利用した。ゼオライトを利用したセシウム対応の浸出水処理技術を検討し、浸出水に含まれる塩類等の影響により、大量のゼオライトが必要であることを明らかにした。中型カラム通水試験において、対象物質毎に適切なカラムサイズ（高さと断面積）を室内試験により評価した。埋立類型上、複合型に分類される海面最終処分場の廃止期間同定法を提案し、実処分場への適応を進めた。

《流域内自然循環と調和した低炭素型液状廃棄物処理》

- ①水処理プロセスにおける温室効果ガス排出に係る影響パラメータ抽出を進めるため、実家庭の浄化槽に連続ガス分析計を設置し、併せて水使用量の終日試験を実施しており、今年度末までに解析を進める予定である。また、汲み取り便槽、浄化槽の現地調査を実施予定であり、その成果は、日本国温室効果ガス排出量算定方法（廃棄物分科会）へ提供される見込みである。さらに、東日本大震災以降の節水というライフスタイル変化が処理システムに及ぼす影響を解析するため、実家庭における節水機器導入前の状態での浄化槽処理性能、温室効果ガス排出特性の調査を実施しているところである。
- ②水処理プロセスにおいて、運転機器の電力を制限することにより、処理性能を維持すると同時に、消費電力を50%削減できる運転条件のモデル実験を実施している。このコベネフィット型排水処理プロセスでは、

総合的な温室効果ガスに対して20%の削減効果が得られた。汚泥や植物残渣などの環境修復から派生するバイオマスからの有用マテリアル回収技術の開発として、水熱処理プロセスにおける金属挙動の解明を進めている。閉鎖水域の環境修復に貢献する緩衝帯の機能強化として、水耕植物＋沈水植物＋水生動物との共存系の浄化性能が最も大きいことを明らかにした。

《負の遺産対策・難循環物質処理・計測手法》

- ①石綿の管理に関して、迅速判定方法について検討し、偏光顕微鏡を用いることでJIS法より短時間でがれき中の石綿含有物を判定できた。
- ②POPs類の処理技術に関して、有機フッ素含有製品の燃焼処理実験を行い、全フッ素やフッ化水素は燃焼及び排ガス処理で完全に除去されることを確認した。ブラウン管ガラスからの鉛除去技術に関して、「塩化揮発法」の基礎的検討を行い、塩素源としての塩化ビニルの活用性を確認した。
- ③不法投棄・不適正処分場の環境修復に関して、仮置場の堆積廃棄物の火災について被災3県の全件調査を行い、予防方策を取りまとめた（環境省の事務連絡に反映された）（本研究課題を「災害・放射能汚染廃棄物対策研究」としても位置付け）。

《再生製品の環境安全品質評価》

- ①製鋼スラグを用いてpHを8または9に制御した海水中での溶出試験を適用し、70日間の挙動として有害金属の溶出濃度は極めて低いことを確認した。銅スラグと再生石膏について、シリアルバッチ試験等を適用し、カラム通水試験との互換性評価のための基礎情報を得た。
- ②再生ポリエチレン樹脂の品質評価を行い、不良品において酸化劣化による極性官能基が生じていることを赤外分光法により確認し、また熱脱着分析により不良品から脂肪族アルデヒド、アルコール類が生成することがわかり、これらの分析がプラスチックの再生品質を評価する上でのツールになることが分かった。
- ③建設系の様々な循環資材・再生製品に共通の環境安全品質とその検査方法に関する基本的考え方をとりまとめ、個別の循環資材への適用法を提示した。

（2）萌芽的な基盤研究

《資源利用のライフサイクル管理に関するシステム評価と制度研究》

- ①日本の資源需給構造を動的に記述する国際サプライチェーンモデルとしてGLIO(Global Input-Output、国際産業連関)モデルの開発に着手し、日本の国際的な資源依存構造を評価するため、資源の供給国(国別埋蔵量、生産能力、政策動向等)についての調査を進めた。また、金属資源を最適(社会的厚生最大化)にリサイクルする割合の経済理論を構築し、完全代替的な循環資源を想定した場合でも、限界費用の高いリサイクルを資源枯渇前に行うことが最適となる場合があることを示した。
- ②米国カリフォルニア州におけるカーペット・リサイクル制度と建設解体廃棄物制度を調査し、両制度は州当局の関与が限定的であること、行政関与で生産者の責務が大きくなるとは限らないこと、自由裁量による柔軟性と有効性の確保の両立に課題があること等を確認した。また、製品環境政策において重要な政策の一つである製品規格に着目し、近年の製品機能の多様化がもたらす持続可能な生産・消費への影響とその規格設定の方法論を考察した。さらに海外における2R(リデュース・リユース)の政策動向をレビューし、その成果を学会誌に発表した。制度研究は、特に、センター内の研究者の専門分野ではカバーしきれない領域も多いが、センター外や所外の研究者(例えば、スウェーデン・ルンド大の研究者)との連携が増えつつある。

《資源循環・適正処理を支援する基盤技術研究》

- ①新たに導入したバイオアッセイ法を用いて、室内での製品使用時に放出する化学物質が蓄積するハウスタ

ストを評価し、製品ライフサイクルで評価対象とすべき化学物質の有害性を抽出できた。

- ②化石燃料代替利用を目標として、廃グリース中の油分に対して既存の燃料規格に関する不純物の含有量や粘性等の物性を測定し、燃料代替としての適性を評価するとともに、代替利用における課題を明らかにした。また、リン酸系難燃剤の蒸気圧データの実測を進め、環境分配特性を評価した。
- ③資源化に関するフロー整備では、一般廃棄物（主に粗大ごみ、不燃ごみ）として収集された家電の自治体における処理・資源化方法について実施したアンケート調査に基づき、フローデータの整備を行った。

（３）環境研究基盤の整備

国際貿易に伴う金属の各国間移動量に関するデータベースの構築についての具体的な調査計画を立てた。現在は、貿易統計(BACI等)から貿易量を抽出するための品目分類の検討および品目別の元素含有量に関する収集を実施している。

自治体政策情報としては、約780自治体（人口カバー率83%）の一般廃棄物として排出される代表的な電気電子機器および乾電池の分別収集区分についての情報を整理するとともに、自治体の分別収集区分の情報収集を進めている。

また、製品中の資源賦存量を把握するために、前期中期計画から実施している製品中の金属含有量調査を継続して進めている。今年度はスマートフォンなどの新製品についてもカバーできることをねらいの一つとしている。

アジアの廃棄物管理データ整備については、整備されたデータがどのように使われるかを的確に見極める必要があることから、廃棄物管理計画の策定、政策の方向性議論、廃棄物システムの評価といったことを想定し、全体の廃棄物管理におけるデータ利用の全体像を構築した。ベトナムを事例にデータ整備の有用性を確認するため、年度後半に検討を進める予定である。

（４）研究開発連携の推進

- ①アジアにおける廃棄物管理研究の拠点作りの一環として9月に1ヶ月間、東南アジア4カ国13名の修士課程以上の学生・研究者を招聘してセミナーコースを開催した。また、準好気性埋立技術研究はタイのカセサート大学、キングモングット大学と現地実験等で連携している。今後はタイにてアジアとの研究連携に関するシンポジウムを開催する予定である。アジアと英国間におけるE-waste共同研究プロジェクト（事務局：台湾国立成功大学）に参画するとともに、H24年1月にはフィリピンにおけるE-waste問題啓発ワークショップ開催を予定している。現地に適した液状廃棄物の適正処理技術の評価・普及について、中国科学院生態環境研究センター、中国環境科学研究、上海交通大学等関連機関と連携して推進している。韓国NIERと中国GRAESを訪問し、各国で発生するスラグや石炭灰等の産業副産物の利用と環境安全品質管理の課題を把握し、さらに評価法の開発・共有等でNIESと連携していくこととした。
- ②当初は関東圏域における広域的な循環型社会形成推進計画の策定指針の提案に向けて、関係する主体を集めたフォーラムを発足し、循環型社会研究プログラムと連携しながら検討を進める予定であったが、東日本大震災の関係で延期しているところである。

（５）災害・放射能汚染廃棄物等対策研究

災害廃棄物（津波廃棄物等）及び放射能汚染廃棄物等について具体的に以下の活動を主に行い、成果を環境省等に提供すること等により積極的な貢献を行った。

①津波廃棄物等への対応

1) 現場課題への技術レポート作成・情報提供支援

東日本大震災発生後の緊急時を中心に、全国の大学、国及び地方の研究機関、自治体、関連団体、民間等の知識・技能を有する方々から構成される「震災対応ネットワーク」を立ち上げ、災害で発生した廃棄

物や被災地の生活で発生する廃棄物等に関する技術的課題について、専門家の知見を収集集約し多数の技術レポートを作成発出して、環境省や被災地域自治体等による現地対応を支援した。活動にあたっては、廃棄物資源循環学会災害廃棄物対策・復興タスクチームと連携しつつ対応した。技術レポートに関しては、「水産廃棄物への対応について」、「津波堆積物への対応について」、「災害廃棄物の野焼きについて」など、これまでに15報以上を発出した。

2) 緊急的実証研究

海水被り瓦礫処理については、研究所内の小型焼却設備による試験により、適正に処理するための条件等を提示した。ミンチ瓦礫分別については、釜石市での試行事業の下で分別解体の有効性の評価やアスベストの事前スクリーニング法などについて提示した。津波堆積物処理については、廃棄物資源循環学会への環境省請負業務の下で、主に津波堆積物の性状調査や効率的な処理方法選択のための判断プログラムなどについて検討し、環境省の指針策定に貢献した。仮置場火災防止については、現地での温度等のモニタリングによる温度上昇のメカニズムや発火防止対策のための判断基準などを提示し、その成果が環境省が策定した通知に反映された。

3) 現地での助言指導

4月以降、廃棄物資源循環学会とも連携しながら被災地各地への現地調査を実施し、自治体及び現場関係者への助言を適宜実施してきた。7月からは環境省が編成する巡回チームに参画し、東北3県の各市町村における災害廃棄物処理に関する技術的助言を行った。さらには、環境省の現地支援チームと連携して、各地仮置場での火災防止に関する巡回指導を精力的に実施した。

以上の1)～3)の活動・成果は、環境省から発出された多数の通知・指針・事務連絡に反映され、現地での災害廃棄物（津波廃棄物等）の処理の推進に貢献することができた。

②放射能汚染廃棄物等への対応

1) 焼却施設における安全性評価

放射性Csの物性や燃焼時の挙動予測、文献等からの基礎的なデータ収集による排ガス処理設備での放射性Csの除去効果の評価、研究所内焼却設備及び実炉での挙動把握試験などを行い、多くの基礎的な知見を得た。

2) 安全な埋立処分方法の確立

フィールド調査、実験的検討により多くの基礎情報を得て、焼却灰等からの溶出性評価、土壌等の吸着能評価、埋立層内挙動のモデリングと予測、浸出水処理技術の評価などについて、有用な知見を得た（詳細は、先述の政策対応型廃棄物管理研究「新しい埋立・管理手法の構築」を参照）。これらの調査・実験と並行して、環境省及び自治体からの依頼や協力により、一般廃棄物最終処分場の巡回調査を実施し、焼却灰等の埋立方法に関する助言・指導を精力的に行った。

3) 調査測定分析方法の標準化

放射性物質を含む廃棄物等の調査・測定分析法に関しては、十分な知見がなく、また体系的な整理がなされていなかったことから、公的機関、民間機関のメンバーで構成される「廃棄物等の放射能調査・測定法研究会」を設けて、「廃棄物等の放射能調査・測定法暫定マニュアル」を作成、発出した。

以上の1)～3)の活動・成果は、環境省から発出される通知・事務連絡、環境省災害廃棄物安全評価検討会、放射性物質汚染対処特別措置法における省令基準などに反映され、放射能汚染廃棄物等の処理に関する技術的知見の基礎・基盤の構築に多大な貢献を果たすことができた。

2. 5 外部研究評価

評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	9	2	1			
(平成 23 年 12 月)	75%	17%	8%			100%

平均評点 4.67点

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)

3. 環境リスク研究分野

3. 1 研究の概要

環境リスク研究分野では「化学物質等の環境リスク要因の同定」「曝露経路及び動態の解明と曝露評価法」「有害性評価に資する機構解明と健康リスク評価法」「生態影響の評価に資する機構解明、試験方法及び生態リスク評価法」並びに「環境リスクの評価と政策・管理に関する調査・研究を実施し、その成果の活用を図ることで、環境リスクの評価とそれに基づく管理による人の健康の安全確保と生態系の保全に貢献した。また、環境施策上の実践的課題に対応した。

3. 2 研究期間

平成23～27年度

3. 3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	累計
①運営費交付金	171					
②総合科学技術会議が示した競争的資金	54 (89)					
③②以外の競争性のある資金(公募型受託費等)	291					
④その他の外部資金	4					
総額	520 (554)					

注) 括弧内は、再委託費を含めた金額。

3. 4 平成23年度の研究成果の概要

平成23年度の研究成果目標

(1) 環境研究の基盤整備

i) 生態影響試験に関する標準機関(レファレンス・ラボラトリー)

わが国における生態影響試験に関する標準機関となるよう機能を整備する。連携・協力活動として、生物応答を活用した排水管理手法(WET)に関するリングテストを実施し、さらに、試験法整備に関する国際協調及び協力を進める。また、普及・啓発活動として、短期実習セミナーを開催し、専門的技術の標準化を行う。生態影響試験法の精度管理を検討するほか、試験用水生生物の維持と提供を行う。

ii) 環境リスクに関する化学物質データベース

化学物質の環境リスク評価の推進に向けた基盤整備のため、環境リスクに着目した化学物質に関するデータベース等を構築し提供するために必要な更新を行う。現在公表中のデータベース; Webkis-plus、EnvMethodの更新および改良として、環境測定調査結果、製造輸入量、PRTR 排出移動量、農薬出荷量などの新規情報を追加するとともに、法令情報を適宜最新情報に更新する。

(2) 環境施策に資する基盤的な調査研究

政策ニーズを踏まえた基盤的研究として次の3課題を実施する。

i) 化学物質の環境排出の新たな推定手法の開発

PJ3 と連携しつつ、化学物質の製造、使用など様々な過程からの排出と人・生物への曝露、およびその時間変動などこれまで配慮が不十分であった諸要因を考慮した新たな排出推定手法を開発する。特に、MuSEM を基礎とする排出推定ツールを化学物質審査規制法における排出量推定へ活用していく。

ii) 化学物質の毒性予測手法の開発と活用に関する研究

PJ1 と連携しつつ、予測に必要な情報を収集し整理し、化学物質の有害性（特に生態毒性）を予測する予測手法を数理モデル等を活用して開発する。さらに、開発した毒性予測手法を化学物質審査規制法における有害性評価や水質汚濁防止法における基準策定等へ活用していく。

iii) 化学物質の作用機序に基づく生物試験手法の開発

PJ2 との連携を図りつつ、多様な化学物質の複合的曝露の影響を予測する手法の開発に資するため、作用機序に基づいて物質を類型化し、その活性を評価できる試験法を開発し、試験データを整備する。特に、環境施策に求められる実環境からの化学物質曝露によるリスクの評価に資する情報を得ていく。

(3) センター調査研究

下記の基盤研究を研究室単位で実施する。

i) 化学物質のリスク評価手法の体系化に関する基盤研究； ii) 化学物質の環境経由の曝露・影響実態把握手法の高度化に関する研究； iii) 定量的生態リスク評価の高精度化に資する数理生態学的研究； iv) 環境リスク因子の環境経由による生物への曝露及び影響実態の把握・検証手法の開発； v) 曝露形態別毒性学的知見に基づく有害化学物質の健康リスク評価手法の開発； vi) 化学物質リスク管理戦略研究のための基礎的研究

(4) 東日本大震災復興支援調査・研究

i) 津波被災地域の避難所等における環境調査（環境健康研究センターと連携）、および ii) 放射性物質の多媒体モデリングに関する研究（地域環境研究センターと連携）を実施する。

(5) 特別研究

胚様体を用いた発生分化毒性学に特化したマトリックスの開発

毒性学の立場から発生分化に対する健康影響を検討することを目的に最適化したマトリックスを開発して、分化誘導の過程を再現性良く、精密に制御することを可能にし、毒性研究に有力な手段を提供することを旨とする。

(6) 奨励研究（長期モニタリング）

東京湾における底棲魚介類群集の動態に関する長期モニタリング

生態系を構成する生物群集の時系列変化を知り、人間活動との関連を解析するためには、長期観測が必須である。東京湾の環境保全に向けて、底魚群集と共にサメ類資源の動向を長期に追跡してその要因を調べる。

総合科学技術会議が示した競争的資金による研究：

環境省・環境研究総合推進費による研究

「貧酸素水塊が底棲生物に及ぼす影響評価手法と底層DO目標の達成度評価手法の開発」「ディーゼル排気ナノ粒子の脳、肝、腎、生殖器への影響バイオマーカー創出・リスク評価」「ディーゼル起源ナノ粒子内部混合状態の新しい計測法」他分担研究1件

文部科学省・科学研究費による研究（研究代表者としての研究）

基盤A「有機スズによる腹足類のインポセックス誘導：レチノイドX受容体関与説の高度化」；基盤B「都市大気中の浮遊粒子成分が動物体内で示す変異原性と次世代影響の評価」「ヒ素結合タンパク質のキャラクターゼーションと生体影響評価への応用」「環境化学物質の高次機能毒性評価における感受性マウス系統の有用性解析」；基盤C「環境因子による多動性障害のエピジェネティック解析」「環境変化に対する生物群

集の応答と機能形質動態に関する数理生態学的研究」；若手 B 「メタ個体群の空間構造に不確実性をもつ外来種の最適管理戦略」「底棲魚介類の初期減耗要因の解明：再生産期の異なる種の比較によるアプローチ」；特別研究員奨励費「ポリ臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs) の沿岸生態系における生物濃縮機構」他分担研究 4 件

厚生労働省・科学研究費による研究

「食品添加物における遺伝毒性発がん物質の評価法に関する研究」「医薬品の環境影響評価ガイドラインに関する研究」

公募型受託費

環境省・環境保全調査等委託費「有害大気汚染物質の健康リスク評価・指針値設定に関するガイドライン策定検討委託業務」「自動車から排出される粒子状物質の粒子数等排出特性実態調査」「ディーゼル排気由来二次生成有機エアロゾルの生体影響調査委託業務」を実施する。

平成 23 年度の研究成果

【環境研究の基盤整備】

○ 化学物質データベース等の整備・提供

Webkis-plus に農薬出荷量、登録農薬有効成分、環境省化学物質環境実態調査（黒本調査）などのデータを追加し、EnvMethod に要調査マニュアル、化学物質分析法開発調査報告書の情報を追加した。平成 21 年の化審法改正情報を掲載し、改正以前の対象物質とともに改正後の対象物質を選択可能にした。EnvMethod の Web ページの遷移を一部変更し、ユーザーの利便性を向上させた。曝露情報である黒本調査を GIS を利用した地理情報として公表するための準備と、新規開発予定の生態毒性データベースのデータ構造の検討を進めた。本年度 4 月から 9 月の月平均アクセス数（ページ遷移ごとカウント）は、Webkis-plus が 16 万アクセス、EnvMethod が 12 万アクセスであった。環境研トップページの月平均 8 万アクセスと比較しても、広い情報発信を実現している。

○ 生態影響試験に関する標準機関（レファレンスラボラトリー）機能の整備

(1) 連携・協力活動

i) 生物応答による排水管理手法 (WET) の導入検討 (リングテストの実施)

生物応答を利用した排水管理手法の国内導入に向けて、生態影響試験法の検討を行うため、9 つの試験機関によるパイロット試験を実施した。現在、結果を解析しており、11 月下旬の環境省会議にて試験法の問題点の抽出や改善点の提案を行う予定である。

ii) 国際機関との連携：生態毒性試験の国際調和に関する国際会議への対応

OECD-WNT 会合（パリ）：第 23 回 OECD 試験ガイドラインに関するナショナルコーディネーター会合に出席し、生態影響試験法に関するガイドラインおよび生態リスク評価に関するガイダンス文書の検討・承認のための論議に参加し、情報の収集と世界的動向の把握に努めた。

OECD Fish Testing Framework 専門家会合（パリ）：フランスで開催された OECD Fish Testing Framework 専門家会合に参加し、魚類に関する試験法の整理について、各国で調整を行った。

OECD 金属に関する生態リスク評価会合（パリ）：金属に関する生態リスク評価におけるわが国の状況を発表し、金属の生物利用可能性を考慮した生態影響試験および影響評価についての情報収集・国際協調及び協力を進めた。

(2) 教育・啓発活動

生態影響試験に関する標準機関として、生態影響試験の基礎的な知識や技術の普及を図り、試験導入を援助するため、10月20-21日に実習セミナーを開催した（参加者人数：29名）。今回はオオミジンコの遊泳阻害試験およびニセネコゼミジンコの繁殖影響試験を取り上げ、テキストの作成、試験法の解説、飼育・試験の実習を行った。各地でWETに関する講演を学会、企業、地方公共団体で、WET手法の普及啓発に務めた。

(3) 政策貢献のための生態毒性試験：ノニルフェノールエトキシレート（NPE）の魚類に対する急性毒性についての検討

ノニルフェノール（NP）について、次期の水質目標値が検討されており、環境中でNPの前駆体となりうる、ノニルフェノールエトキシレート（NPE）の水生生物に対する毒性データを蓄積することは重要な課題である。そこで、エチレンオキサイド（EO）の鎖長の異なるNPEの毒性情報を系統的に整理するため、メダカを用いた急性毒性試験（OECDテストガイドライン「魚類急性毒性試験（TG203）」）を実施した。

【センター基盤研究】

○ 化学物質の環境排出の新たな推定手法の開発

日本の改正化審法では、化学物質の用途分類として49種類、詳細用途分類として280種類を設定し、分類ごとに大気および水域への排出係数をその物性区分に応じて設定している。一方、EUのTGD（Technical Guidance Document）では業種分類・用途分類を設定し、選択可能な業種一用途に関して、詳細条件別に排出係数を設定している。また、ECHA（European chemicals agency）はREACH規制において、化学物質の用途を特定するために5段階の分類（用途分類部門、化学製品分類、工程分類、環境排出分類、品目分類）を設定し、既定評価として、環境排出分類ごとに大気・水域・土壌への排出係数のワーストケース値を規定しており、さらに詳細評価として化学物質の総量などに応じた排出シナリオを規定している。各排出推定方法を比較するための情報整理を進めた。関連して、欧州REACHにおける化学品安全性評価の実施のために配布されているツールプログラムであるChesarについて、排出推定の観点から情報収集を進めた。

また、難燃剤等について、排出に関するマテリアルフロー構造や環境排出状況の時間変化等の知見と環境中濃度データの収集を進めた。収集した知見に基づいて、既存モデル（MuSEM）の機能を拡張するためにシステムの基本設計の検討を進めた。

○ 化学物質リスク評価・管理に資する生態毒性評価方法の開発

(1) 化学物質の構造に基づく毒性予測手法の開発

化学物質の2次元構造から計算可能なGasteigerの部分電荷PEOE（partial equalization of orbital electronegativity）を用いた急性毒性予測QSAR式を開発した。特定の部分構造を持つ物質では、オクタノール/水分配係数と相補的にPEOEを用いた記述子が活用可能である。

(2) 既存毒性データからの外挿的推定による毒性予測手法の開発

既存毒性データからの外挿的推定による毒性予測手法の開発既存のTG202、TG203等より得られた急性毒性データ、およびTG201、TG211等より得られた慢性毒性データの網羅的な統計解析を行い、現行の急性毒性/慢性毒性比を用いた外挿的推定手法の問題点を検討した。

特に、従来の外挿係数を用いるものよりも統計的により妥当な手法として、(1)回帰分析に基づく外挿法および、(2)事象の同時確率表を用いたベイジアンネットワークの方法論に基づく外挿法、の開発を行った。

○ 作用機構に基づく化学物質の生物試験手法の開発

(1) 有害大気汚染物質の変異原性・発がん性の評価手法の開発

大気浮遊粉じん抽出物の体内変異原性試験と変異原物質の分画を行った。即ち、つくば市で採取した大気浮遊粉じんをジクロロメタンでソックスレー抽出した抽出物について、i) 体内変異原性検出用遺伝子導入マウス・gpt deltaマウスの気管内に最大用量 1.2 mg投与した。肺中の突然変異頻度は用量に依存して増加し、最大用量では 1.5×10^{-5} とコントロールと比べて約4倍の突然変異頻度の上昇が認められた。肺での体内変異原性 (0.76×10^{-5} /mg抽出物重量) は、抽出物中の既知の高い活性を示す変異原物質であるベンゾ[a]ピレン (1.7×10^{-5} /mg) の値と比べても遜色なく高かった。ii) シリカゲルカラムカートリッジを用いて極性ごとに分画した。これらの変異原性をTA98株及びTA100株を用いたエームス試験に供したところ、既知のニトロアレーン、多環芳香族及びその酸化体よりも極性の強い画分から主な活性が認められた。以上の結果より、大気浮遊粉じんの変異原性には未同定の変異原物質の寄与が大きいことが示唆された。

(2) 生物試験法による内分泌攪乱物質の複合的曝露によるリスク評価手法の開発

各種受容体結合活性のうち、今年度は生体異物センサーと言われる多環芳香族炭化水素受容体 (AhR) 及び構成的アンドロスタン受容体 (CAR) を導入した酵母アッセイ法を用いて化学物質の受容体結合活性をスクリーニングし、これまでに AhR 酵母アッセイでは 578 物質中 173 (30%) から、CAR 酵母アッセイでは 575 物質中 262 (46%) からアゴニスト活性が認められた。

【センター調査研究】

○ 化学物質のリスク評価手法の体系化に関する基盤研究

量子化学計算による生体分子内のタンパク質のチオール基と化学物質との間の水の効果を考慮に入れた反応経路を考慮に入れた毒性の説明付けの研究を進めている。アクロレインとチオール基との顕著な反応性の高さに着目して結果をまとめた。

○ 化学物質の環境経由の曝露・影響実態把握手法の高度化に関する研究

気仙沼市の震災廃棄物処分場及び石巻市の仮置き場周辺の水環境について、7月下旬から多環芳香族炭化水素受容体 (AhR)、アンドロスタン受容体 (CAR) 結合活性を酵母アッセイによって調査した。7月に高い活性を示した後、低下傾向にあるが、一般的な河川の2倍程度と高い傾向を示している。また同試料はGCMS一斉分析データベースによる一次スクリーニングにより、高濃度のフタル酸エステル類、し尿由来成分が検出された。

○ 定量的生態リスク評価の高精度化に資する数理生態学的研究

(1) 霞ヶ浦に生息するカブトミジンコのサンプルを収集し、クローン系統ごとに農薬 (フェンバレレートおよびMEP) に対する耐性を毒性試験によって推定した。その結果、耐性値のクローン間分散が有意となり、遺伝分散が検出された。作用機構の異なる2化学物質に対する共耐性 (cotolerance) は検出されなかった。

(2) 外来植物であるパンパスグラス (*Cortaderia jubata*) の生存率などの生態学的パラメータが分布拡大速度に与える影響を定量化し、在来種の生息域に対する影響を推定した。

(3) 横浜市鶴見川水系 (3地点) において、月1~2回の平水時と夏期における増水時の河川水資料を用いて、オオミジンコ繁殖試験と残留農薬の分析を行い、オオミジンコに対する繁殖影響と農薬類の残留濃度との関連について検討した。複合影響を予測するための数理モデルに関する文献調査を行った。

○ 環境リスク因子の環境経由による生物への曝露及び影響実態の把握・検証手法の開発

東京湾産シャコおよびハタタテヌメリを研究対象種とし、フィールドおよび飼育下における低酸素誘導因子 (HIF) の mRNA 発現特性を調査した。夏季の東京湾で採集した個体の mRNA 発現レベルを測定した結果、いずれの遺伝子も貧酸素エリアの方が酸素濃度の高い対照エリアに比べ有意に高く発現していた。室内実験において、いずれの遺伝子も貧酸素曝露後1週間後に有意に発現レベルが上昇した。以上より、HIF の mRNA が野外で採集された個体の過去の貧酸素曝露履歴を推定するためのバイオマーカーとして有用であ

ることが示された。

○曝露形態別毒性学的知見に基づく有害化学物質の健康リスク評価手法の開発

上皮細胞等を用いて酸化ストレス応答を調べるため、NF- κ B等の遺伝子を組み込んだレポーター遺伝子アッセイ系を確立し、酸化ストレス応答性の用量依存的変化を調べた。また、細胞培養液中の増殖因子活性の変化に伴い、酸化ストレス応答性が変化するため、血清量をコントロールしながらレポーター遺伝子アッセイを進めた。一方、in vivo系において大気浮遊粒子状物質の酸化ストレス応答を調べるために、ApoE^{-/-}、NADPH oxidase^{-/-}をはじめとした高感受性のノックアウトマウスを導入して、酸化ストレス応答を測定するための基礎的データの蒐集に努めた。また、有害化学物質に対する自然免疫系・獲得免疫系に及ぼす影響評価方法や神経毒性評価モデルの開発も合わせて進めた。

○化学物質リスク管理戦略研究のための基礎的研究

数理モデル構築に資する基礎的研究として、生物移行実験に関する検討およびモデル化手法の検討を行った。生物移行実験については、水環境のさまざまな媒体から底生魚であるマコガレイへのPCB、POPs、農薬、PAH、PBDE、PFOS移行データの解析を進めた。また、底質からゴカイへの化学物質の移行にかかる実験条件の検討を行った。

【東日本大震災復興支援調査・研究】

○放射性物質の多媒体モデリングと長期モニタリングに関する研究

大気・海洋モデルと多媒体モデルを結合する課題については、地域Cの大気モデルにおいて算出される大気沈着量を多媒体モデルの土壌・河川入力値としてオフライン結合する方法で進むことを検討し、また、多媒体モデル側の予測分解能を一週間程度で集約していくことまでを検討した。

大気→水・土壌の多媒体動態のモデル化については、福島県中通り、浜通り地域を中心に、阿武隈川流域、利根川流域程度までを包含する地域を対象する地域設定を検討した。これを受けてデータ構築の準備を進めた。

○津波被災地域の避難所等における環境調査

宮城県環境生活部、保健福祉部の依頼により、津波被災地の避難所等（気仙沼市、南三陸町及び石巻市の避難所等計8ヶ所）における環境調査・健康影響調査を所内他センターと協同で実施した。避難所内空気中の調査やダストの成分分析などの他、特に環境リスク研究センターでは大気調査、震災廃棄物処分場または仮置き場周辺の環境水の生態影響調査及び津波堆積物の毒性評価を主に担当した。4月から隔週で調査隊を派遣し、16回の調査を実施した。成果、経過については逐次宮城県に報告したほか、10月26日には中間報告会を県庁において開催し、庁内他部署とも情報共有を図った。

【所内公募型研究】

○胚様体を用いた発生分化毒性学に特化したマトリックスの開発

(1) 神経系細胞への分化誘導に特化したマトリックスの開発： 神経及びグリア細胞への分化系培養において、最適な細胞外マトリックスを選定し、環境化学物質暴露の試験を実施した。

(2) 血管内皮細胞への分化誘導に特化したマトリックスの開発： 血管内皮細胞への分化及び成熟を効率よく促進する培養条件の選定及びマトリックスの選択を実施した。

ヒト胚性幹細胞試験データ適用法の標準化のため、ハイスループット画像解析装置による細胞形態変化情報を取得し、遺伝子・形態ネットワークを構築し、再現性を検証した。その結果、神経系細胞への分化誘導系では、3次元のハニカム構造を形成する細胞接着分子ラミニン511の含量の高いマトリックスが適していることが分かった。

○東京湾における底棲魚介類群集の動態に関する長期モニタリング

東京湾20定点で環境及び試験底曳き調査を2月、5月、8月及び11月に実施した。水温、塩分、溶存酸素量、

栄養塩類等を測定し、魚類、甲殻類、軟体動物及びウニ類の種組成と個体数、重量を調べ、経年変化を解析した。

【環境研究総合推進費】

○ディーゼル排気ナノ粒子の脳、肝、腎、生殖器への影響バイオマーカー創出・リスク評価
ナノ粒子曝露の脳への影響のメカニズム解明と新たなバイオマーカーの創出・リスク評価をするために、ナノ粒子を含んだディーゼル排気の学習行動とメモリ機能への影響について検討した。その結果、グルタミン酸の生体膜を介した輸送に関わるグルタミン酸トランスポーターGLT1の遺伝子発現にはNRDE曝露の影響はみられなかったが、グルタミン酸から抑制性伝達物質であるγアミノ酪酸GABAを合成するグルタミン酸脱炭酸酵素GAD1の遺伝子発現はNRDE曝露により有意に上昇していた。NRDE曝露によりグルタミン酸代謝の異常活性化を介して、神経損傷を引き起こしながら空間的学習能力に影響することが推察された。

○貧酸素水塊が底棲生物に及ぼす影響評価手法と底層D0目標の達成度評価手法の開発
初期生活史試験法に関する重要な点とそれを的確に実施するための方法論はほぼ確定し、プロトコルを今年度中に作成できる見通しとなった。特筆すべきこととして、アサリ幼生及び着底初期稚貝には、当初の予想以上に貧酸素耐性があることが分かった。

一方、底層D0目標の達成度評価手法の確立に向け、二つの課題を推進した。まず、特定の閉鎖性海域内において測定時点毎にD0基準値を満足している面積比率を推計し、それを測定時点の順序を考慮に入れずに評価する累積頻度図法の有効性や拡張性等を確認し、この解析結果を分かり易くする方法論を開発した。また、測定地点毎の基準値を満足する時間比率に着目し、上記とは異なる累積頻度図法を構築し、その有効性等を検証した。次に、D0基準値の判断に対する年間測定日数の影響を検討し、1年間のサンプリング回数とD0基準値の誤判別率の定量的評価をシミュレーションと解析的手法により行った。

○ディーゼル起源ナノ粒子内部混合状態の新しい計測法
ディーゼルナノ粒子に対して、収束イオンビーム二次イオン質量分析装置、走査型電子顕微鏡、レーザー共鳴多光子イオン化法を組み合わせた収束イオンビーム質量顕微鏡を適用し、従来の分析手法では明らかになっていない一粒子単位の化学組成（有機物・無機物）と、それらの内部混合状態の情報を獲得する為の手法の確立を進めた。吸入後の肺胞に沈着した場合の粒子を模擬的に再現するため、溶媒を静電噴霧法により捕集粒子に吹き付け、粒子が溶解する様や粒子表面を覆っていたアルカンが溶出している様子を初めて詳細な成分マッピングで明らかにした。

【科研費】

○有機スズによる腹足類のインボセックス誘導：レチノイドX受容体関与説の高度化
イボニシにおける有機スズ化合物によるレチノイドX受容体（RXR）遺伝子を介した遺伝子調節のメカニズムを明らかにするため、新規RXR遺伝子の単離を行った。その結果、2種類のRXR cDNA（*TcRXR-1*、*-2*）が得られた。これらの配列を用い、レポータージーンアッセイ法により解析を行った結果、1種類の配列（*TcRXR-1*）では9-*cis*レチノイン酸（9cRA）や有機スズによる転写活性が誘導されたが*TcRXR-2*ではほとんど誘導されず、さらに*TcRXR-2*は*TcRXR-1*の転写活性を抑制することが分かった。

3. 5 外部研究評価

評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	1	6	5			

(平成 23 年 12 月)

8%

50%

42%

100%

平均評点 3.67 点

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)

4. 地域環境研究分野

4. 1 研究の概要

地域環境研究分野では、国内及びアジアの大気、水、土壌などの環境圏で発生する、国を越境するスケールから都市スケールの地域環境問題を対象に、観測・モデリング・室内実験などを統合した研究によって発生メカニズムを科学的に理解するとともに、問題解決のための保全・改善手法の提案と環境創造手法の検討を進め、最終的にこれらを総合化することにより、地域環境管理に資する研究を推進した。

具体的には、アジアを中心とする海外及び国内の大気環境評価・大気汚染削減、陸域・海洋環境の統合的評価・管理手法、流域圏環境の保全・再生・創造手法、都市・地域のコベネフィット型環境保全技術・政策シナリオ、快適で魅力的な地域環境の創造手法などに関する研究を推進すると同時に、地域環境変動の長期モニタリングを実施した。地域環境研究センターが主担当となっている研究プログラム（東アジア広域環境研究プログラムと流域圏生態系研究プログラム）を除く研究の概要は以下の通りである。

- ①都市・地域のコベネフィット型環境技術システムを開発し、その社会実証プロセスを提示する研究を、「環境都市システム研究プログラム」（主担当は社会環境システム研究センター）において進めた。
- ②都市・地域大気環境や流域圏環境の保全・再生・創造に係る基盤的研究を、他の研究センター（資源循環・廃棄物研究センター、環境リスク研究センター、生物・生態系環境研究センター、環境健康研究センター、環境計測研究センター）や全国の地方環境研究所と連携して実施した。
- ③東日本大震災によって発生した環境放射能汚染を対象に、他の研究センター（資源循環・廃棄物研究センター、環境リスク研究センター、生物・生態系環境研究センター、環境計測研究センター）と連携して、放射性物質の環境動態研究を進めた。
- ④「環境研究の基盤整備」として、大気環境や水環境の長期モニタリングにより地域環境変動を把握した。

4. 2 研究期間

平成23～27年度

4. 3 研究予算

（実績額、単位：百万円）

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	累計
①運営費交付金	177.9					
②総合科学技術会議が示した競争的資金	174.6 (234.9)					
③②以外の競争性のある資金(公募型受託費等)	19.9					
④その他の外部資金	128.9					
総額	501.3 (561.6)					

注) 括弧内は、再委託費を含めた金額。

4. 4 平成23年度の研究成果の概要

平成23年度の研究成果目標

地域環境の保全・再生に資する研究を開始する。

- ① 都市・地域のコベネフィット型環境技術システムを開発するため、生活排水の適地処理技術に関するパイロットスケール実証試験の準備をタイにおいて行い、関連するデータベース等の構築を開始する。
- ② 都市・地域大気汚染や流域圏の物質循環に関する基盤的研究を継続もしくは新規に開始する。
- ③ 放射性物質の環境動態を把握するために、環境多媒体でのモニタリングとモデリングを実施する。
- ④ 大気環境や水環境の長期モニタリング計画を作成し、沖繩辺戸と長崎福江において大気質モニタリングを、霞ヶ浦等の湖沼や流入河川において水質・生物モニタリングを、それぞれ継続する。

平成23年度の研究成果

(1) 環境都市研究プログラムの一部

コベネフィット型環境技術システムの開発と社会実証プロセスの検討

現地における建設・運転管理コストおよび想定される処理規模の制約条件からスポンジを担体に用いた散水ろ床法を開発対象技術として、タイのバンコク都下廃水部およびキングモンクット大学との間に共同研究協定を結び、実証試験をバンコク市のThungkru 下水処理場で実施することで合意した。試験に供する排水は処理場流入原水を用い、実証試験装置の処理規模は1日あたり1m³として、装置の設計を経て、12月上旬の試験開始を目処に装置の製作および組み立てを行っている。上記の共同研究協定に基づき、タイ国内で公表されている統計資料を入手し、生活排水を含む都市排水に関連した汚濁負荷発生量のインベントリー作成を開始した。また、実証試験結果の他地域への広範な普及および適応性評価のために、コンケン大学、アジア工科大学等との研究ネットワーク作り着手した。なお、今般の洪水により、実証試験の開始には2ヶ月以上の遅延が想定される。

(2) 特別研究(継続)

1) 湖沼における有機物の循環と微生物群集との関係に関する研究

- ① BrdU 法の完全放射性同位体フリーを目指して細菌中の BrdU 濃度の定量 (LC/MS) を実施した。DNA 抽出前処理過程でかなりの量が分解することがわかった。
- ② アオコを形成する藍藻 Microcystis 属の存在密度と動態を定量 PCR によって評価した。Microcystis 属の増殖は光供給量に依存することがわかった。
- ③ 湖水分解実験における細菌2次生産速度や光学異性別アミノ酸組成の結果から、霞ヶ浦湖水の難分解性 DOM は主に細菌起源 (30-60%) であると示唆された。
- ④ モデル解析 (01-07 年) によって難分解性フミン物質の特定地点での起源別寄与を算定した。湖心での平均寄与率は、桜川 25.3%、恋瀬川 12.5%、小野川 10.2%、他河川 36.5%、下水処理水 2.7%、底泥溶出は湖心域 9.2%、土浦入り域 1.7%、高浜入り域 1.9%であった。河川水の寄与が卓越していた。湖心域の溶出寄与は特徴的な経年変動を示し、05年に急減したが06年以降は急上昇した。

2) 窒素飽和状態にある森林域からの窒素流出負荷量の定量評価および将来予測

① 窒素飽和の長期推移

1980年代の調査結果との比較から、大気降下物経由での窒素流入負荷量は減少傾向にあるものの、窒素飽和の指標となる平水時の渓流水中の硝酸態窒素濃度は、80年代に比べて試験地全体で1.4倍上昇していた。また、年間の無機態窒素収支も流出負荷量 (22kgN・ha⁻¹) が流入負荷量 (13kgN・ha⁻¹) を約1.7倍上回っていた。以上から、森林生態系における窒素過多の傾向はより顕著となり、流入量よりも流出量が明らかに上回る真の窒素飽和状態に陥っていることが明らかとなった。

② 地質的に脆弱な森林集水域におけるカルシウム起源推定

渓流水とともに集水域内の降水、土壌、樹木、母岩それぞれのストロンチウム安定同位体比やカルシウム・バリウム比の測定から、カルシウム供給源として既知の降水や地質だけでなく、新たに火山灰堆積物が極めて重要な役割を担っていることが明らかになった。

3) 都市沿岸海域の底質環境劣化の機構とその底生生物影響評価に関する研究

東京湾奥部での定点観測において、従来測定されている底泥の AVS（酸揮発性硫化物）に比べて本特研で測定している間隙水中の遊離硫化水素は明確な季節間・地点間変動を示し、底生動物の生息環境としての底質の劣化をより適性に表す指標であることがわかった。京浜運河の大井人工干潟（品川区）において底生動物の餌利用を安定同位体比から推定した。その結果、同干潟では「栄養塩→微細藻類→底生動物」という食物連鎖が重要であり、底生動物が栄養塩の一時的貯蔵体（シンク）として機能していることが示唆された。

4) 資源作物由来液状廃棄物のコベネフィット型処理技術の開発

酸生成槽と新規に開発した高負荷対応型メタン発酵槽との組み合わせによる糖蜜系廃液の連続処理試験と性能評価を行った。その結果、酸生成槽での糖成分の効率的な酸生成、気・固・液分離部を多段に設置したメタン発酵槽における効率的な硫化水素排除と菌体保持、処理水循環によるアルカリ度の供給等により、流入 COD 濃度 80-120 gCOD/l の超高有機物濃度廃液の安定処理が可能な処理システムを構築することに成功した。最終的な処理性能として、COD 容積負荷 20-25 kgCOD/m³/day を達成し、既存の安定化池処理や簡易発酵槽に比べ、5-10 倍の有機物処理速度を示した。

また有機物除去効率についても、適切な後段処理システムの採用等により、COD 除去率 95%、BOD 除去率 99% を達成した（糖蜜供給時）。糖蜜廃液に多く含まれるカリウムがメタン発酵微生物の活性に及ぼす影響を評価し、特に酢酸資化性メタン生成細菌への強い阻害性が明らかになり、安定運転のための酢酸濃度モニタリングの必要性が示された。

タイで実施した実バイオエタノール廃液処理試験の結果、安定した処理性能が発揮され、提案システムの実廃液処理への適用可能性が示された。また、処理後の廃液のサトウキビへの施肥試験を行い、その効果が認められた。加えて、処理廃液の畑地への散布は、安定化池への廃液貯留に比べ温室効果ガスの排出の点で有利であった（精糖企業, MittrPhol Sugarcane Research Center との連携）。

提案システムによる糖蜜系廃液処理では、曝気電力が不要でメタンエネルギーが回収可能なメタン発酵や省エネルギー型の後段処理法の採用と性能最適化により、電力基準で約 10 倍の高いエネルギー収率（生産/消費の割合）を発揮し、開発途上国にも適用可能で温室効果ガスの排出抑制と炭素循環に寄与出来るコベネフィット型処理技術としての可能性が示された。

5) 二次生成有機エアロゾルの環境動態と毒性に関する研究

大気中への放出量が多いキシレンから生成する二次生成有機エアロゾル（SOA）を室内チャンバーで生成し、細胞に曝露した結果、アルファピネン、トリメチルベンゼンから生成した SOA よりも酸化ストレスに対応する遺伝子が多く発現した。

大気微粒子を筑波と騎西（埼玉）で捕集し、抽出液を細胞に曝露した結果、酸化ストレスに対応する遺伝子が発現した。また、KI 法で測定した過酸化物質と酸化ストレスの発現に良い相関がみられた。これらのことから大気中で生成する SOA も酸化ストレスを発現させることが分かり、過酸化物質が酸化ストレス発現と関係することが示唆された。

(3) 奨励研究

1) 河川水の溶存無機炭素の安定同位体比による河川を含めた流域の炭素循環の解析

H₂CO₃* の濃度と δ¹³C の解析結果から、小河川では水源が池や湿地など水の滞留時間の長くなる生態系で大

気平衡の寄与の大きな水系がいくつかみられたが、それ以外の多くは土壤呼吸由来の炭酸ガスが主たるDICのソースになっていることが明らかとなった。

2) 樹木葉圏における微生物群集がアンモニア酸化に及ぼす影響

林内雨培養実験および林内雨培養液中の硝酸イオンの酸素安定同位体比の測定より、樹木葉圏に微生物活動によるものと推定されるアンモニア酸化（硝化）を確認した。また、樹木葉圏から古細菌由来のアンモニア酸化遺伝子（*amoA*）を検出した。アンモニア酸化古細菌数は、樹種間および季節により変動していることが示された。本研究により、樹木葉圏で微生物活動による硝化反応（アンモニア酸化）が起こっている可能性が高いことを、世界で初めて明らかにした。

（4）分野横断型研究

汎用IT製品中金属類のライフサイクルに着目した環境排出・動態・影響に関する横断連携研究

(1) 使用する廃IT製品の性状と調整および問題点の検討を行った。電子基板は基板を5mm片に裁断して試料とするが、現在、その不均一性が問題となっている。ブラウン管ガラスは5~10cmのガラス塊に調整した後に、さらに用途に合わせて粉碎して使用することとした。液晶画面は1.5cm角片に裁断したものを凍結乾燥により粉碎して使用することとした。液晶画面は脱泡剤としてヒ素またはアンチモンを含有していることから、種類別に調製することとした。

(2) 廃IT製品からのレアメタル元素の溶出量は、溶出試験マニュアル（環告46号法）に基づいて測定するが、試料の使用量が膨大となるため、改変法を作成することとし、現在予備試験を継続中である。

(3) 溶出したレアメタル元素の土壌内挙動は、実林内環境での降雨暴露試験、室内実験での土壌カラム試験共に準備完了し、暴露を開始した。

(4) 微生物とレアメタルとの相互影響は、溶出試験の結果を見て開始予定である。

(5) 溶出試験および微生物影響試験では、震災対応の一環として、塩化ナトリウムを添加した系での測定も今後、実施する予定である。

（5）新発想型研究

藻類由来の有機炭素濃度の算出手法の開発（特異的プライマーを用いて）

既にプライマー取得済みの藍藻類 *M. aeruginosa*, *P. agardhii* については、優占している霞ヶ浦湖水の特定種のrDNA濃度と懸濁態有機物の測定結果から、rDNA濃度から懸濁態有機物濃度への換算係数の算出を行った。現在、Thalassiosiraceae spp. 等の珪藻、緑藻類については、プライマーを設計中であり、湖水及び培養菌株を用いて換算係数を算出する予定である。

（6）震災対応研究

1) 放射性物質の多媒体移行リンクと長期モニタリングに関する研究

大気シミュレーションモデルを用いて、福島第1原発から大気中に放出された放射性物質の広域的な挙動を解析し、その沈着量の広域分布を明らかにした。この結果は世界で最初に国際学術誌に発表され、そのエッセンスがNature誌でも取り上げられた。更に、水道水や食品への影響に関する科学的知見を国・地方自治体に提供し、また、多くの報道発表・誌上発表を通して、放射能汚染に関する科学的情報を社会に発信した。一方、震災直後から、本研究所周辺、筑波山、霞ヶ浦において、大気、湖、土壌、水生生物などの放射能測定を継続的に実施し、その実態と挙動の把握を進めている。現在、大気モデルと陸域多媒体モデル、沿岸海域モデルを結合することにより、放射性物質の多媒体環境シミュレーションモデルの構築に着手しており、今後、観測データも活用して、放射性物質の動態解明と将来予測を進める予定である。

2) 大津波による干潟環境と底生動物への影響評価

2011年8月に仙台市蒲生潟内の63調査地点で震災5ヶ月後の底生動物の空間分布と底質環境を詳細に調

べた。その結果、ゴカイ類の個体群は既に回復しつつあるが二枚貝が激減したこと、津波によりヘドロが流失し底質環境が著しく改善したことを明らかにした。調査は現在も継続中である。

(7) 環境研究の基盤整備

1) 東アジアにおける大気質変化を解明するための 沖縄辺戸・長崎福江におけるモニタリング

沖縄辺戸（2004 年春から開始）と長崎福江（2008 年秋から開始）におけるエアロゾルの光学的、物理化学的性質（散乱係数、化学組成、質量濃度、鉛直分布）の測定を継続して実施している。このデータの解析により、硫酸塩に関して、中国からの越境輸送の寄与が大きいことがわかった。なお、観測データの一部は、大気汚染物質の半球規模越境輸送のアセスメント報告書（HTAP2010）に引用された。現在、中国における SO₂ と NO_x 排出量の経年動向を捉えるために、SO_y/NO_y の観測も継続している。また、環境省による辺戸での水銀観測も平成 19 年から継続して実施しており、そのデータは水銀条約締結の資料として活用されている。

2) GEMS/Water 霞ヶ浦トレンドモニタリング（霞ヶ浦全域調査）

今年度より導入した多項目水質センサーと多波長蛍光光度計についてデータの妥当性について検証を行った。多項目水質センサーについては、今年度の調査において旧センサーとのクロスチェックを行っており、各測定値について問題なく測定できることを確認できた。また、水深も同時に測定できることから、旧センサーと比べ作業時間を大幅に短縮できるようになった（1 作業地点あたり約 7 分→約 2 分へと短縮）。放射性物質のモニタリングについては、湖水から魚類にいたる様々な項目を対象に調査を開始したほか、一部を茨城県内水面水産試験場と共同で行うなど長期モニタリング体制を整えた。モニタリングを開始した放射性セシウム濃度については、特に底泥試料に関して空間的変化が見られた。

(8) 地方環境研究所との共同研究

1) PM2.5 と光化学オキシダントの実態解明と発生源寄与評価に関する研究

全国の大気環境時間値や PM2.5 測定値などのデータベース化を進め、これらのデータを解析することにより、PM2.5 と光化学 O_x の全国的な汚染実態の把握を進めている。また、PM2.5 の測定や成分分析に関する検討を進め、その知見をメンバー間で共有するとともに、PM2.5 成分と VOC 成分の観測を実施した。PM2.5 や光化学 O_x の高濃度が発生した時に速やかに情報を共有し速報的解析を行うための体制を整備した。更に、既往測定データとモデルを利用した発生源寄与率の試算を行い、また、衛星観測データの予備解析を開始した。

2) 沿岸海域環境の診断と地球温暖化の影響評価のためのモニタリング手法の提唱

全国 7 海域において、多項目水質計を用いた D0 の鉛直分布を測定し、幾つかの底層 D0 未測定海域での貧酸素水塊の発生状況を把握しつつある。COD 漸増・基準超過要因については、全国 12 海域において COD の年間最高値を示す時期の海水試料を用いて、関連項目の詳細分析を行っている。

3) ブナ林生態系における生物・環境モニタリングシステムの構築

関係機関のネットワーク化を推進し、各機関関連のブナ林において共通調査等を実施した。樹木衰退度調査に加え、一部機関では毎木調査、林床植生調査、ブナの生物季節調査を行った。また、葉緑素計測に加え、樹木水分生理活性調査を一部の地域で実施した。パッシブサンプラーによるオゾン計測に加え、一部の地域では窒素酸化物や硫黄酸化物の計測も行った。また、連続計測による植物・植生に対する基準指標（AOT40、SUM60 等）とパッシブサンプラーによる測定値との関係性を検討した。さらに、土壌の温度・水分含有量の現地計測を試行した。

4. 5 外部研究評価

評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	6	7				

(平成 23 年 12 月)

46%

54%

100%

平均評点 4.46 点

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)

5. 生物・生態系環境研究分野

5. 1 研究の概要

人間活動によって生物多様性の損失と生態系の劣化が進むとともに、将来にわたる生態系サービスの低下が危惧されている。生物・生態系環境研究分野では、地球上の多種多様な生物と、それらがくらす生態系の構造と機能に関する調査・研究に基軸を置き、長期的な視座に立ち、生物多様性と生態系の保全の実践を支える基礎研究から応用研究まで、様々な空間および時間スケールで実施した。

環境研究の基盤整備としては、**環境微生物および絶滅危惧藻類の収集・系統保存・提供事業**として、赤潮やアオコなど環境問題と深くかかわる微細藻類および絶滅危惧藻類の収集・保存・提供を行うとともに、重要種、タイプ株、レファレンス株の保存・提供をとおして、微細藻類に関する学術の発展、ならびに絶滅危惧藻類の域外保全にも貢献した。**絶滅の危機に瀕する野生生物種の細胞・遺伝子保存事業**では、絶滅の危機に瀕する鳥類等の体細胞、生殖細胞及び遺伝子を収集し長期凍結保存を行った。保存細胞等を活用し絶滅危惧種の遺伝的多様性評価や全ゲノム解析研究を推進した。**長期湖沼モニタリング**は、湖沼生態系への人為的影響の評価を霞ヶ浦で、人為の影響が極めて少ない湖沼での化学物質等の越境汚染の評価などを摩周湖で継続することで、学際的な湖沼研究の中核としての役割を維持し、GEMS/Water（地球環境監視システム/陸水監視部門）やLTER（長期生態系モニタリング）などの国際組織のネットワークへの情報提供に貢献した。**GMOモニタリング**では、遺伝子組み換えセイヨウアブラナの野生化や分布拡大を防ぐための監視モニタリングを継続し、名古屋議定書締結国に対しての情報提供を行った。**生物多様性・生態系情報の整備**では、侵入種データベースなど、すでに構築してきたものを拡張するとともに、生物多様性評価や予測研究のプロセスで得た生物多様性に係る情報を研究に活用できるように整備・提供した。

重点・先導研究プログラム以外の研究については、特に若手研究者が幅広く自由な発想で実施することができる提案型研究を設け、生物多様性を保全するための基礎研究や自然科学と人文・社会科学との連携・融合を重視した研究シーズを育てた。また、生物・生態系環境の視点から取り組むべき震災対応型研究や競争的資金による研究を奨励し推進した。そして、これらの研究による科学的な裏付けを提供することを通じて、生物多様性条約・第10回締結国会議（2010.10）で採択された愛知目標の達成や名古屋議定書締結国の責務に貢献するとともに、アジアスケールや局所的に生起する様々な環境問題、ならびに東日本大震災や福島第一原子力発電所の事故などから生起した様々な環境問題の解決のための研究に、生物・生態系環境の視点から取り組んだ。

5. 2 研究期間

平成23～27年度

5. 3 研究予算

（実績額、単位：百万円）

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	累計
①運営費交付金	204.8					
②総合科学技術会議が示した競争的資金	64 (116.6)					
③②以外の競争性のある資金(公募型受託費等)	67					

④その他の外部資金	79.3					
総額	415.3 (467.9)					

注) 括弧内は、再委託費を含めた金額。

5. 4 平成23年度の研究成果の概要

平成23年度の研究成果目標

【環境研究の基盤整備】

●環境微生物及び絶滅危惧藻類の収集・系統保存・提供：

高品質株の維持・管理、株情報の整備を継続し、一部は凍結保存による保存の効率化を図る。重要種、タイプ株、レファレンス株の寄託受入れおよび保存株の提供を行う。絶滅危機藻類については、淡水産紅藻株の凍結保存（20系統）とシャジクモ類株の単藻化（5系統）を行う。

●絶滅の危機に瀕する野生生物種の細胞・遺伝子保存：

①種の保存法により保護増殖事業計画が策定されている鳥類14種のなかで試料収集体制が構築出来ない種について試料収集体制構築に向けた情報収集を行う。②環境省版レッドデータブック掲載種の中で極東ロシアに分布している鳥類種について現地研究者と連携して試料収集を行う。③これまで収集したヤンバルクイナ試料を活用してマイクロサテライト用プライマーを設計し、それを活用して飼育下繁殖用のヤンバルクイナについて適切な繁殖計画を立てるための情報を提供する。④これまで主にヤンバルクイナとカンムリワシを対象に実施していた環境省・生物多様性センターと連携した試料保存について対象種を拡充する。

●長期モニタリング：

<GEMS/Water 事業ならびに湖沼長期モニタリング>

GEMS/Water の国際活動に協力・支援を継続しデータの利活用を推進する。霞ヶ浦長期モニタリングでは、月1回の水質・底質・生物のモニタリングを継続し、手法の開発・改良を行う。他の湖沼研究と連携を強化しデータ活用を促進する。摩周湖長期モニタリングでは、年2回の観測により、大陸規模における化学物質の長距離輸送（越境汚染）の定量的評価、水中光学的な観測及び連続的な係留観測、プランクトン群集の季節変動を通じて、透明度の長期変動とその要因を解明する。

<遺伝子組換えセイヨウアブラナのこぼれ落ちおよび拡散に関するモニタリング>

複数年にわたって GM セイヨウアブラナの生育が確認されている地域である、国道51号線と国道23号線に設定した10kmの調査区について、セイヨウアブラナおよびGMセイヨウアブラナの年1回の全個体調査を行う。また月1~2回の頻度でセイヨウアブラナの個体数を調査し、周年変化を明らかにする。

●生物多様性・生態系の情報整備：

侵入生物データベースについては、外来生物情報を広く共有・広報するためのポータルとして機能させるため、新情報を反映させてコンテンツを拡充し、特に未定着の種に関する情報を強化するなどして、アラートリストとしての性格も持たせる。また、外来生物関連情報を掲載した国内外のウェブ上情報源について網羅的に分析し、既存の情報を有効活用するための外来生物情報源データベースを構築する。淡水域の生物多様性・生態系情報整備では、新たな情報収集を開始し整備を進め、可能なものからデータベースの公開・提供を開始する。環境微生物の情報整備では、微細藻類の種特性情報（分類、形態、分布）、DNAバーコーディング情報、保存株情報を格納するデータベースを構築し、数種の情報の登録を行う。

【重点・先導プログラム以外の研究（その他の研究）】

●提案型センタープロジェクト

特に若手研究者が自由な発想で実施する提案型研究について採択した以下の12課題を実施する。

サブテーマ1) 生物多様性保全の根拠を提供するための基礎的研究

- ① 「マングローブ生態系の高い生産機構の鍵～窒素固定菌の役割とその環境応答」
- ② 「鳥類胚発生における近交退化現象の実験的解析」
- ③ 「シロイヌナズナの自然変異（ナチュラルバリエーション）を用いた環境適応遺伝子による適応的分化に関する研究」

サブテーマ2) 生物多様性・生態系への影響評価予測についての研究

- ④ 「伊豆諸島八丈島へ侵入したニホントカゲ外来個体群による在来種オカダトカゲに対する遺伝的攪乱の動態解析」
- ⑤ 「海洋島における外来生物の駆除が生態系の物質循環に与えるインパクト」
- ⑥ 「セイヨウオオマルハナバチと近縁種における種分化機構および繁殖攪乱リスクの解明」
- ⑦ 「外来種オオミノガヤドリバエの侵入によるオオミノガの絶滅可能性」
- ⑧ 「気候変動に伴う生物の分布変化が多様性と生態系の構造に与える影響の解明」
- ⑨ 「湖沼における生物多様性損失・生態系劣化への影響評価」
- ⑩ 「チベット草原生態系に及ぼす人為的攪乱の影響に関する研究」

サブテーマ3) 生物多様性の社会的な主流化の推進に貢献する自然科学と人文社会科学との連携・融合研究

- ⑪ 「農業生態系における生物多様性指標（里山指標）のグローバルパターンを規定する社会・経済要因の抽出」
- ⑫ 「生物多様性と生態系サービスに対する社会的認知の測定手法の開発と多様なアクター間での生物多様性に関する合意形成の規定要因の検証」

●震災対応型研究（運営交付金ならびに競争的資金による）

「放射性物質汚染と塩害を同時に受けた土壌からの植物による汚染物質吸収に関する予備的研究」（運営交付金）「津波に対する沿岸生態系のレジリエンスモデルの構築」（競争的資金）

●その他の競争的資金による研究

その他の研究についても、競争的資金を獲得することにより他の機関の研究者と連携して計画通り適切に実施する。

平成23年度の研究成果

【環境研究の基盤整備】環境微生物及び絶滅危惧藻類の収集・系統保存・提供

- (1) 分子系統解析、無菌化等による系統・品質管理を実施し、850種3000株の高品質の培養株を維持し、絶滅危惧種を含む2300株を研究用材料として公開した。
- (2) 新たに100株を凍結保存し（合計で約1000株、保存株の1/3）、保存の効率化を図るとともに、ナショナルバイオリソースプロジェクトで連携する神戸大にバックアップを置き災害対策とした。
- (3) タイプ株、レファレンス株、環境指標株など新たに28株が外部研究者より寄託された。
- (4) 9月末現在で、245件745株（所内23件85株、所外222件660株）を分譲した。
- (5) 淡水産紅藻およびシャジクモ類11株の培養株を確立した。一般への普及活動として絶滅危惧藻類の分類情報等をウェブサイト公開した。シャジクモ類の生育状況は本年度改定中の環境省レッドリストの基礎資料に活用される。

【環境研究の基盤整備】絶滅の危機に瀕する野生生物種の細胞・遺伝子保存

- (1) 絶滅危惧哺乳類については4種58個体より計917本の試料を採取し凍結保存した（オガサワラオコウモリ2個体、チョウセンイタチ35個体、ツシマテン2個体、ケナガネズミ19個体）。絶滅危惧鳥類については9種53個体より計1,417本分の試料を採取し凍結保存した（カンムリワシ12個体、ヤンバル

クイナ 28 個体、ノグチゲラ 3 個体、タンチョウ 4 個体、シマフクロウ 2 個体、ハイタカ 1 個体、オオワシ 1 個体、クマタカ 1 個体、オジロワシ 1 個体)。保護増殖事業計画対象種であるエトピリカの死亡個体サンプルが環境省・釧路湿原野生生物保護センターに凍結保存中であるとの情報を得た。

- (2) ロシア連邦・ボロンスキー自然保護区との間で剥製トキの試料輸入について合意を得た。
- (3) ヤンバルクイナのマイクロサテライトマーカー 20 座位分のプライマーセットを作製した。このプライマーセットを使用して、飼育個体群の遺伝的多様性が野生個体群のものと同様か評価を開始した。
- (4) 連携した試料保存先として国立科学博物館(チョウセンイタチ 35 個体、ツシマテン 2 個体)を加えることができた。

【環境研究の基盤整備】 GEMS/Water ナショナルセンター業務ならびに湖沼(霞ヶ浦・摩周湖)長期モニタリング

(1) GEMS/Water ナショナルセンター事業

ラムサール条約湿地である三方湖を、新規コアサイトとしてデータ登録できる体制を整えた。GEMS/Water プログラムに関する日本語版リーフレットを作成するとともに、学会等でポスター発表を行い、GEMS/Water の国際的なプログラムの紹介とデータの利活用の推進を行った。また国内ウェブサイトのデータを更新し、上記のリーフレットやポスターがダウンロードできるようにした。

(2) 霞ヶ浦長期モニタリング

定期調査を継続するとともに、魚類のモニタリングデータを新規項目として追加するなどデータベースをより充実させた。今年度より導入した多項目水質センサーと多波長蛍光光度計についてデータの妥当性について検証を行った。多項目水質センサーについては、旧センサーとのクロスチェックを行い、問題なく測定できること、作業時間が大幅に短縮できることを確認した。また多波長蛍光光度計については、検鏡結果と照合したところ、藍藻、クリプト藻の判別および定量化が概ね可能あることがわかった。放射性物質のモニタリングについては、湖水から魚類にいたる様々な項目を対象に調査を開始したほか、一部を茨城県内水面水産試験場と共同で行うなど長期モニタリング体制を整えた。暫定的な結果ではあるが、福島第一原発事故後、放射性ヨウ素は 4 月に湖水で数 Bq/L を示し、放射性セシウムは湖水では懸濁態で存在し、底泥に蓄積を続けていることが明らかとなった。

(3) 摩周湖長期モニタリング

水質、湖内係留観測による化学的・物理的連続的データの採取、小溪流水・大気降水物の経時的観測データを得た。滞留時間の長い摩周湖では、昨年度と有意な水質変化は見られなかった。4 月前後の大気降水物から放射性核種は検出されなかった。魚類など生物試料について、微量水銀同位体測定の開発とデータ蓄積を行った。プランクトンのサイズ変化が摩周湖の透明度の長期変化をもたらしたことを確認するため、プランクトンの組成を変化させた湖水をボトルに詰めて湖内に係留することで、生物相や透明度の応答を調べる予備実験を行った。

【環境研究の基盤整備】 遺伝子組換えセイヨウアブラナのこぼれ落ちおよび拡散に関するモニタリング

- (1) 分布の経年調査：国道 51 号線のセイヨウアブラナ総個体数は 27 個体で、昨年度より大幅に減少し、GM セイヨウアブラナの生育は確認できなかった。国道 23 号線ではセイヨウアブラナの生育個体数は昨年度の約半分にあたる 653 個体で、GM セイヨウアブラナの割合は昨年度と同様に 74%であった。2 種類の除草剤耐性形質を同時に持つ系統(スタック系統)の割合は 0.9%で、昨年度よりも大幅に低下していた。輸送種子に含まれるスタック系統の割合は変化しにくいと考えられることから、本研究で見つかったスタック系統は GM どうしの交雑の結果生じた可能性が高いと考えられた。
- (2) 個体数の周年変化：国道 51 号線、23 号線ともに 6 月～9 月が少なく 10 月から個体数が増加し、3 月～5 月にかけてピークになる傾向が確認できた。個体数の年変化は、排水施設の清掃なども関与していた。

【環境研究の基盤整備】 生物多様性・生態系情報の基盤整備

- (1) 侵入種データベース：インターネット上における外来生物情報の流通状況を分析し、多量の情報がアクセス可能になっているが、対象地域・情報の種類に著しい偏りがあるうえに形式が不統一であるため、現状では広範な情報共有が困難との結果を得た。この結果とともに、外来生物情報共有のためのシステム計画を国際会議で発表した。また、国内の活動事例について情報収集し、データベース化のためのスキーマ設計を進めている。加えて、既存のコンテンツについて資料収集を進め、データの更新・拡充を進めた。
- (2) 淡水域の生物多様性・生態系情報整備：兵庫県南部のため池について収集してきた流域・生物情報をホームページに公開するための最終準備を終了させた。所内の手続きを経て 12 月には公開できる予定。さらに、日本の湖沼やため池の生物多様性評価のための情報収集を開始した。北海道の淡水魚の分布について既存の情報を整備し、Hfish のデータベースとして提供を開始した (<http://www.nies.go.jp/biology/kiban/HFish.html>)。これは、すべての調査地点の位置情報がGISデータとして属性情報にリンクされた北海道で最大規模の地理情報データベースである。
- (3) 環境微生物の情報の整備：データベースに格納する項目とフォーマットを決めて、対象藻類種の中から淡水産種 5 種、海産種 5 種について情報収集を行い、試験的にデータ登録を行った。

【センタープロジェクト】

サブテーマ 1) 生物多様性保全の根拠を提供するための基礎的研究

- 樹木の生育ステージが進むにつれて樹木近傍の土壤窒素固定活性が高くなり、周囲と明瞭なコントラストを形成することが明らかとなった。また、植物の周囲に集まっている微生物が持つ窒素固定酵素は元々干潟土壌にあったものとは質的に異なっていることから、マングローブ植物の存在によって特有な窒素固定酵素の活性が高まる可能性が高いことが明らかとなった。
- ONIES 近交系ウズラ (L 系) の孵化率は約 40%と WE 系閉鎖集団 (約 60%) に比べて低く、発生初期での発生停止や発育異常 (頭部と体節障害、羊膜の形成不全) が認められた。近親交配による孵化率の低下は、初期胚での発生停止と形態異常に起因するものと考察できる。
- シロイヌナズナ生態型 Col-0 と Ws-2 間の乾燥・オゾン耐性遺伝子 At1g12480 (SLAC1 遺伝子) と At1g12490 のうち SLAC1 遺伝子がこの過程に関与していることが明らかになった。この遺伝子の転写が起こっている場所を調べるために、Col-0、Ws-2 それぞれから SLAC1 遺伝子のプロモーターを単離し、レポーター遺伝子との融合遺伝子を作製した。現在、これを植物に導入中である。また世界中に分布するシロイヌナズナ種子を 80 種類入手し、播種、種子の増殖を行った。

サブテーマ 2) 生物多様性・生態系への影響評価予測についての研究<侵入生物の影響>

- 現地調査により、外来ニホントカゲ集団、在来オカダトカゲ集団およびそれら 2 種間の交雑個体の生息域の特定を行った。その結果、集団間の境界領域に交雑個体が集中しており、遺伝子浸透が進行していることが示された。さらにミトコンドリア DNA および核 DNA の分析から、集団間の遺伝子流動の方向性を調査した結果、外来オカダトカゲ集団の遺伝子が在来ニホントカゲ集団に浸透していく速度の方が高いことが示された。これらの結果から、将来的には、在来オカダトカゲ集団は、遺伝子浸透によって絶滅に向かう恐れがあると考えられた。
- 感度解析の結果、生態系内のバイオマス、栄養塩量を効率よく増加させるためには、海域の魚の量を増やすこと、草食動物の摂食圧を下げる必要があることがわかった。また、外来ヤギとネズミを駆除するシミュレーションの結果、ヤギとネズミの両方を同時に駆除した方が生態系内のバイオマスが効率よく回復することがわかった。しかし、植生が回復すると森林への遷移が進むため、在来草本植物の多様性の減少に注意しなければならない。また、ネズミの駆除は根絶するまで十分に継続しないと、かえって在来植物の多様性を減少させてしまうことが明らかとなった。

- ミトコンドリア DNA 分析からセイヨウオオマルハナバチと在来種オオマルハナバチおよびノサップマルハナバチは遺伝的に近縁な種であることが判明した。女王体内の授精囊の精子 DNA 抽出を行った結果、複数回交尾が示唆された。
- 絶滅危惧種オオミノガに寄生する外来オオミノガヤドリバエは九州から関東まで広く分布しオオミノガに高率で寄生していた。日本国内のオオミノガヤドリバエには2つの遺伝的多型が存在し、両者とも中国大陸のヤドリバエ個体群に存在する遺伝型と一致することが分かった。

<温暖化影響・特定の生態系への複合影響>

- 温度の変化があった場合、生物はその場所から移動する、その場所にとどまって温度変化に耐える、自らの性質を変化させて温度変化に適応する、という3つの対応が可能である。そのため、温度変化が起こるとそれぞれの生態系には、新しい生物の移入、今までいた生物の移出や絶滅、生物の性質の変化、新しい相互作用の形成という攪乱が加わることになる。現在は、環境変化が起こった後の多様性や生態系の構造への影響を解析するためのシミュレーションモデルのプログラミング中である。
- 全国24湖沼から約50年にわたる漁獲量と漁獲努力量のデータを収集し、階層ベイズモデルにより、努力量あたりの漁獲量(CPUE)の長期トレンドを明らかにした。霞ヶ浦の長期データを活用し時間的な自己相関を補正した予備的な解析を行った結果、全リン濃度(1991年)、セストン量(2000年、2005年)、クロロフィル量(1984、1993、1999、2007年)、ワムシ類(1992、1998年)、ユスリカ密度(1993年)、繊毛虫・バクテリア(2001年)について統計的に有意な増減が検出された。
- 7月-8月にチベット高原北部の青海海北草原で、異なる標高における植物多様性に及ぼす放牧の影響を調査し、標高が高い草原では低い草原より放牧による植物種多様性の低下が大きいことが示された。高標高の高山草原では植物多様性が人為的な影響をより受けやすい可能性がある。

サブテーマ3) 生物多様性の社会的な主流化の推進に貢献する自然科学と人文・社会科学との連携・融合研究

- 里山指標は、農地を含む空間単位内の土地被覆の多様性を算出し、それに非農地の土地利用比率を乗じて求める。今年度は、詳細なデータが利用可能な福井県内における水棲生物の分布データを用いて検討した結果、少なくとも50mの解像度をもつ土地被覆データを6km四方の空間単位を用いて指標化する場合に、生物分布との適合性がもっとも高くなることが明らかになった。
- アンケート設計を実施し6443件の調査サンプルを得た。これまでのところ、2002年、2009年の環境省の調査では生物多様性という言葉の意味を知っている人が10%前後、聞いたことはあるという人が20%強であったのが、今回の調査では、それぞれ30%と50%強と、2010年のCOP10を経て大きく認知度が上昇していることが明らかとなった。

【震災対応型研究】

- 土壌中からの放射性セシウムを高濃度に吸収する植物をスクリーニングするため、別段地ほ場にて21種類、27品種の植物の栽培を行った。栽培にはほ場の表面5cmの土壌を使用した。現在の所、10種類の植物の栽培を終了し、放射線量の測定を行っている。
- 過去の植生データと比較したところ、自然度の高い海岸に比べ、人為的改変の大きい海岸ほど種組成の変化が大きいことが示された。いずれの海岸も津波後に非海浜植物種が増加(侵入)していた。

【その他の研究】

<科研費>

- 食物網混合モデルの検証を実施し、さまざまな種数(S)や結合度(C:食物網内で可能な最大リンク数に対する実在リンク数の割合)といった食物網の構造およびサンプルサイズやデータの不確実性の下でも、頑

健全な推定結果を得られることを明らかにした。

- 小笠原諸島のサンゴ礁海域の甲殻類の種のリストを作成した。全体としての種数は琉球列島と比較すると少ないが、サンゴガニ類やキモガニなど造礁サンゴと関わりの深い種が複数得られた。
- 光強度の増加に対する気孔応答が異なるポプラ2品種を異なるCO₂環境下で生育させ、光合成誘導反応を測定した。その結果、光合成誘導はCO₂濃度の上昇にともなって促進し、その効果は気孔の開閉が大きなポプラ品種で著しかった。この結果は、自然環境下で生育する多くの植物種が大気CO₂の上昇によって炭素獲得を増加させることを示唆する。
- セレンを高蓄積する植物 (*Stanleya pinnata*) に植物ホルモン合成阻害を与えるとセレンの蓄積が抑制され、セレンを高蓄積しない植物 (*Stanleya albescens*) にジャスモン酸やエチレンを投与するとセレンの蓄積性の向上が見られたため、ジャスモン酸やエチレンなどの植物ホルモンがセレン高蓄積性に関与している可能性が示唆された。
- 沖縄県石垣島を対象とし、過去からの土地利用変化とサンゴ年輪分析により、土地利用変化に伴って赤土流出量が増大し、サンゴ年輪にそれが記録されている可能性が示された。また、衛星データの解析によってサンゴ被度変化を追跡できる可能性が明らかとなった。

<クレスト>オイル産生緑藻類の高アルカリ株高度利用技術

- 変異源処理により除草剤耐性突然変異株を54株得た。エレクトロポレーション法による遺伝子導入に成功した。沖縄県、長崎県、茨城県、北海道等のダムや湖沼、沿岸環境で採取した95の試料から新たにポトリオコッカス株75株とその他のオイル産生藻類3株の単藻培養株を確立した。

<民間競争的資金>

- 土地利用情報と土砂流出モデルにより流出対策が必要な農地を抽出し、町役場とともに対策支援を行った。また、空中写真と衛星データを用いて過去から現在にかけての土地利用の変化を明らかにし、赤土流出が起こった時期とその社会的背景を検討した。これらについて、現地NPOと小学校と連携し普及啓発を行った。

<環境省受託>

- 水田メソコスム試験において、薬効・作用特性が類似しながら、化合物の物理化学的性状が異なる2剤イミダクロプリドとフィプロニルを用いて薬剤の環境中動態を調べた。その結果、水溶解度が高いイミダクロプリドは、水中における濃度が施用直後に急速に上がるが、その後、水中光分解によって、急激に濃度が下がることが判明した。一方、土壌中濃度は安定した状態であった。それに対してフィプロニルは、水中濃度は施用時から低く10日以内に検出限界以下になった。土壌吸着性が強いいため、環境中の移動は小さいことが示唆された。水中生物に対する影響にも2剤間で差が認められた。

5. 5外部研究評価

評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	1	8	2	1		
(平成23年12月)	8%	67%	17%	8%		100%

平均評点 3.75点

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)

6. 環境健康研究分野

6. 1 研究の概要

環境汚染物質等の環境因子による健康影響を明らかにするために、環境化学物質、大気汚染物質、ナノマテリアル等、環境汚染物質・環境因子の影響評価と評価手法の確立、実践、高度化、検証に取り組むとともに、ゲノミクス、エピジェネティクスに着目した環境汚染物質・環境因子の健康影響及び発現機構の解明に取り組んだ。また、環境汚染物質・環境因子による健康影響に関する曝露評価や疫学研究に取り組んだ。

6. 2 研究期間

平成23～27年度

6. 3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	累計
①運営費交付金	3					
②総合科学技術会議が示した競争的資金	47					
③②以外の競争性のある資金(公募型受託費等)	0					
④その他の外部資金	22					
総額	72					

注1. 括弧内は、再委託費を含めた金額。

6. 4 平成23年度の研究成果の概要

平成23年度の研究成果目標

- ・ 東日本大震災に伴う環境汚染が健康に与える影響を検討するために、大気粉じん等のモニタリングとバイオアッセイによる健康リスク評価を行う。
- ・ 大気中粒子状物質成分と死亡の統合データベースを用いて、各成分の死亡リスクに対する影響と発生源別の死亡リスクに対する影響を推定する。
- ・ 環境化学物質のビスフェノールAおよびベンゾ[a]ピレンの曝露による免疫担当細胞の遺伝子発現の変動について検討する。
- ・ 高濃度ディーゼル排気ナノ粒子が、脳神経系に及ぼす影響とそのメカニズムについて検討する。
- ・ 室内汚染物質のダイアジノンによる神経・免疫毒性誘導のメカニズムについて検討する。
- ・ フタル酸エステル等の化学物質を対象とし、脾細胞中の構成細胞に及ぼす影響について検討する。
- ・ 微小粒子・エアロゾルに含有される化学物質が免疫担当細胞や気道上皮細胞に及ぼす影響を検討する。また化学物質の物理化学的特性と影響の関係性を明らかにする。
- ・ 中間周波電磁界曝露が脳に及ぼす影響におけるp53の働きについて検討する。
- ・ 臭素系難燃剤を評価対象とし、免疫担当細胞と気道上皮細胞に及ぼす影響のメカニズムについて検討する。

- ・ 気道上皮細胞を用いて、黄砂およびその含有成分による健康影響を実験的に評価する。
- ・ 変異原性検出用遺伝子導入マウス (gpt delta マウス) を利用して、酸化ストレスによって誘導される DNA 損傷・突然変異、DNA メチル化変化、関連因子の変動量を明らかにする。
- ・ 視床下部に存在する NPY ニューロンの培養系を構築し、体内エネルギー状態に応じた活動変化を明らかにし、エネルギー代謝に影響を与える化学物質の影響評価に役立てる。
- ・ INK4b-ARF-INK4a locus から発現する癌抑制遺伝子の 1 つであり、様々な癌においてエピジェネティクス作用による不活化が報告されている p16INK4a がヒ素により減少する細胞株を探索する。
- ・ ヒ素化合物を安定かつ迅速に測定可能なカラムや溶離液の検索を行う。腸内細菌を低下させたラットと無処理ラットに対してジメチルアルシン酸を経口投与し、ヒ素の分布と排泄を明らかにする。
- ・ ヒ素の胎児期曝露が後発的な肥満や 2 型糖尿病発症にかかわるのか生理学的な研究により明らかにする。
- ・ 環境中化学物質が自閉症を含む広汎性発達障害の発症に影響する可能性について、汎用行動解析装置 IntelliCage に組み込める信頼性の高い行動評価法を開発する。

平成 23 年度の研究成果

(1) 所内公募型研究

○津波堆積物に由来する飛散粉塵の測定および環境・健康影響評価に向けた戦略的サンプリング

○津波堆積物を含む震災廃棄物の処理過程における健康影響評価～バイオアッセイを中心とした包括的ハザード調査～

宮城県内の 3 市町の計 7 地点において、避難所ないし廃棄物中間貯蔵施設に隣接する公共施設の屋内外の大気粉じん量の測定、ハイボリュームエアサンプラーによる大気粉じんの採取、津波堆積物の採取を概ね 2 週間おきに実施した。また、採取された試料について化学性状分析およびバイオアッセイによる評価を進めた。

○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

IntelliCage システムを用いて、空間学習・行動柔軟性測定試験法 Behavioral sequencing task が十分に機能することを確認した。観察学習試験において、学習経験群と共に空間学習を行わせることにより、顕著な学習能力の亢進は観察されなかったが、環境の変化による学習成績低下は防ぐことができる可能性が示唆された。

○地方公共団体環境研究機関等との共同研究

粒子状物質の成分と死亡との関係についての統計解析を行い、特定の成分（硫酸塩、有機炭素、元素状炭素など）と死亡との間に正の関連があることを見出し、その関連の大きさを定量的に推定した。これらの知見について、学術集会で報告した。

(2) 環境研究総合推進費

○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解明に関する研究

マウスの骨髄由来樹状細胞に、ビスフェノール A (BPA) およびベンゾ[a]ピレン (BaP) を曝露し、Gene Chip を用いて、網羅的に遺伝子発現の変動を検討した結果、BPA の影響は弱かったが、BaP は免疫・炎症反応や防御機構に関わる因子を修飾すること、フタル酸エステル曝露と共通の変動因子の存在を見出した。

○ディーゼル排気ナノ粒子の脳、肝、腎、生殖器官への影響バイオマーカー創出・リスク評価

高濃度ディーゼル排気ナノ粒子の3カ月間曝露がマウスの脳神経系に及ぼす影響について検討した結果、ディーゼル排気ナノ粒子は、海馬特定のNMDA受容体サブユニットの異常活性化を介して神経損傷を引き起こし、空間的学習能力に影響を及ぼすことを明らかにした。

○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

代表的な臭素系難燃剤であるポリブロモジフェニルエーテル製剤3種類とヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)、テトラブロモビスフェノールA(TBBPA)が、免疫担当細胞や気道上皮細胞の傷害や活性化に及ぼすことを明らかにしており、シグナル伝達系等、影響のメカニズムについて現在検討中である。これまでに、HBCDとTBBPAがEGFRの発現を増加する可能性を見出している。

○黄砂エアロゾル及び付着微生物・化学物質による呼吸器系・生殖器系・免疫系への影響とそのメカニズム解明

黄砂の*in vitro*影響評価における曝露条件等、予備的な検討を行った。今後、気道上皮細胞に黄砂やその含有成分を曝露し、細胞の形態学的な変化や毒性および活性化に関わる分子等について解析する。

(3) 科研費

○環境化学物質の高次機能毒性評価における感受性マウス系統の有用性解析

ダイアジノン投与により引き起こされる神経・免疫毒性におけるマウスの感受性要因について検討した結果、海馬の神経毒性誘導の過程に、トール様受容体4経路が防御的に関与していることを明らかにした。

○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

MACS磁気細胞分離法を用いて、マウス脾細胞から各細胞種を分離し、フタル酸エステルの影響を検討した結果、フタル酸エステルによるB細胞、マクロファージ、樹状細胞への直接影響の存在、B細胞やマクロファージを介したT細胞の活性化相互作用の存在を明らかにした。

○エアロゾルによる生体影響の評価

ニトロ基、アミノ基を持つ多環芳香族炭化水素を対象とし、免疫担当細胞と気道上皮細胞の傷害や炎症反応に及ぼす影響を検討した。これまでの結果と総合して、化学物質の影響には、官能基の有無やその種類、ベンゼン環の数等、影響を規定する要因がある可能性も示唆された。

○発達ステージにおける中間周波電磁界曝露による生体影響評価

正常マウスとp53欠損マウスを用いて、中間周波電磁界曝露による脳への影響を調べた結果、いずれも海馬内における記憶関連遺伝子発現が変化することを見出した。詳細については、現在検討中である。

○環境化学物質が酸化ストレスを介してエピジェネティック変化を誘導する機序の解明

酸化ストレスを誘導することが知られているコリン・メチオニン欠乏食または無機ヒ素を、変異原性検出用遺伝子導入マウス(gpt deltaマウス)に投与し、肝臓における突然変異および主要なエピジェネティック変化であるDNAメチル化変化について解析中である。またコリン・メチオニン欠乏食または無機ヒ素による酸化ストレス誘導性遺伝子の発現量、DNA損傷、DNA損傷修復酵素、グローバルDNAメチル化変化、DNAメチル化酵素等の発現変動の関連について検討中である。

○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

蛍光レポーターを発現するトランスジェニック・マウスを用いて、視床下部弓状核のNPYニューロンを特異

的に識別できる初代培養系を確立し、NPYニューロンのエネルギー依存的な活動を検出できる実験系を立ち上げることに成功した。

○ヒト肝癌細胞株におけるヒ素のエピジェネティクス作用を介した発癌メカニズムの解析

当初、ヒ素曝露によりp16^{INK4a}が減少するという報告があったヒト肝臓癌細胞株を用いて検討をおこなう予定であったが、再現性が得られなかったため、実験計画に合致する細胞株の探索をおこなった。その結果、ヒト尿路上皮細胞株で、ヒ素曝露によりp16^{INK4a}の発現が減少することを確認できた。さらに、この細胞株ではINK4b-ARF-INK4a locusから発現するもう2つの癌抑制遺伝子p15^{INK4b}、p14^{ARF}の発現もヒ素曝露で減少することが明らかとなった。

○ヒ素化合物の吸収および排泄に関する腸内細菌の役割

抗生物質または精製水を1週間飲水投与したラットに対し、ジメチルヒ素化合物を強制経口投与した。その結果、抗生物質投与群は対照群と比較して、体内に蓄積しにくく、尿および糞中排泄が増加する傾向がみられた。

6. 5 外部研究評価

評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価		8	4			
(平成23年12月)		67%	33%			100%

平均評点 3.67点

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)

7. 社会環境システム研究分野

7. 1 研究の概要

環境問題の根源となる人間の社会経済活動を持続可能なものとする環境と経済が両立する持続可能社会への転換に貢献するためには、人間と環境を広く研究の視野に入れて、社会経済活動と環境問題との関わりを解明するとともに、環境と経済の調和した持続可能な社会のあり方とそれを実現するための対策・施策を提示する必要がある。持続可能社会の早期実現を目指して、社会環境システム研究分野の調査・研究を実施するが、とくに社会環境システム研究センターでは、環境・社会・経済のモデル開発と改良を進め、内外の諸問題へ適用し、現状分析及び政策分析を進めるとともに、国内及び世界を対象とした持続可能性の検討、シナリオ・ビジョンの構築、持続可能な生産と消費のあり方の検討を進めた。

具体的には、1) 先導研究プログラム「持続可能社会転換方策研究プログラム」で、持続可能社会に向けた実現シナリオ・ロードマップの構築と実現方策を検討し、2) 先導研究プログラム「環境都市システム研究プログラム」で、持続可能な都市のあり方、コベネフィット型の環境都市とモデル街区のシステム設計と社会実践に関する研究を進め、持続可能な社会や都市の構築を目指した研究を推進した。

また、2つの先導研究プログラムに直接成果を活用できる研究や当該研究分野として実施すべき新たな課題研究などを、本研究センターの研究活動の一環として実施した。具体的には、当研究センター予算による基盤研究プロジェクト（センター内公募により募集、選考した6つの研究プロジェクト）、大震災後のエネルギーと温暖化防止対策の検討や電力使用制限下での国立環境研究所の節電効果評価などの大震災対応型研究、地球温暖化の影響・適応・緩和策や環境都市に関する外部競争的資金研究、経常研究など基盤的研究を進めた。これらの研究を総称して基盤的研究と呼ぶ。

7. 2 研究期間

平成23～27年度

7. 3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	累計
①運営費交付金	57.885					
②総合科学技術会議が示した競争的資金	197.1 ()					
③②以外の競争性のある資金(公募型受託費等)						
④その他の外部資金 1)民間受託研究	60.4					
総額	315.385 ()					

注) 括弧内は、再委託費を含めた金額。

7. 4 平成23年度研究成果の概要

平成23年度の研究成果目標

(1) 特別研究

- ① 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）
- (2) 震災対応型研究
 - ① 国立環境研究所における省エネルギー対策シミュレーションと事後分析に基づく持続可能なワークスタイルの実証研究（平成 23 年度）
 - ② 地理空間情報技術を活用した復興構想の検討（復興に向けた環境地域計画システム研究会）（平成 23 年度）
 - ③ 大震災後のエネルギー供給システムを考慮したシナリオ解析（平成 23 年度）
- (3) 基盤研究プロジェクト（平成 23～24 年度）
 - ① 地球温暖化問題におけるリスクアプローチの概念整理と課題検討
 - ② 気候変動と洪水リスクの経済分析～洪水被害額の推計と洪水リスクモデルの構築
 - ③ 国際レベルにおけるフロン類の排出抑制策の促進に関する研究
 - ④ 気候変動枠組条約と生物多様性条約における制度間相互作用の研究：REDD+の事例
 - ⑤ 温暖化影響・適応ならびに持続可能な開発に関する最新研究情報の収集と整理
 - ⑥ 日本の成人男女の環境問題重要度認識に関する時系列調査
- (4) 外部競争的資金による研究プロジェクト（主要なもの）
 - ① アジア低炭素社会に向けた中長期的政策オプションの立案・予測・評価手法の開発とその普及に関する総合的研究
 - ② JICA-JST アジア地域における低炭素ネットワークの構築
 - ③ 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究
 - ④ 東京都影響プロジェクト（東京都を対象とした総合的温暖化影響評価の検討）
 - ⑤ 統合評価モデルを用いた世界の温暖化対策を考慮したわが国の温暖化政策の効果と影響
 - ⑥ 気候変動の国際枠組み交渉に対する主要国の政策決定に関する研究
 - ⑦ 分かりやすさを重視したマスメディア利用型コミュニケーションに関する実証的研究
 - ⑧ 東アジアにおける広域大気汚染の解明と温暖化対策との共便益を考慮した大気環境管理の推進に関する総合的研究
- (5) 経常研究
 - ① 環境保全のための環境政策・制度設計の有効性・あり方に関する基礎的研究
 - ② 環境計画、ライフスタイルのための基礎的研究
 - ③ 持続可能社会を評価するためのモデル開発に資する情報整備。
 - ④ 低炭素社会実現に向けた緩和策のあり方に関する研究

平成 23 年度の研究成果

(1) 特別研究

世界の水資源評価に関する長期シナリオ研究

- 1) 水需要モデルを完成させた。5 カ年 77 カ国データを用い、統計的手法を用いて、水道へのアクセス率モデル、水需要モデルのパラメータ推計を行い、水道へのアクセス率や水需要を決定する要因を明らかにし、次式のようなモデルを完成させた。推計結果から、①一人当たりの所得（一人当たり実質 GDP）が高いほど、都市人口が多いほど、水道へのアクセス率が上昇すること、また②一人当たりの水需要量は、世帯人員数が多くなるほど減少し、一人当たり実質 GDP が大きくなるほど増加することが分かった。特に、一人当たり実質 GDP が大きくなることによる水需要量の増加の効果は、世帯人員の多い国ほど小さくなることが分かった。
- 2) 農作物の 2 国間貿易のデータを用い、重力モデルを応用し、農作物別に 2 国間相対貿易モデルを構築し、

経済成長、気候条件（降雨量、気温変化）が二国間貿易に及ぼす影響を分析した。その結果、①小麦、米、トウモロコシのいずれにおいても、輸出国の GDP の成長は輸出国の輸出量を増やし、輸出に対する輸出国の GDP の弾力性は 0.15~0.6 であった。②米の GDP 弾力性は、小麦やトウモロコシと比較して小さく、経済成長の影響を受けにくい。③気温や降水量は、小麦、米、トウモロコシの貿易に影響を与え、小麦では、18.9℃より気温の高い輸出国では、気温上昇は小麦の輸出を増やすが、それより気温の低い国では、気温上昇は、小麦の輸出を減らすことなどが分かった。

（2）大震災対応型研究

・国立環境研究所における省エネルギー対策シミュレーションと事後分析に基づく持続可能なワークスタイルの実証研究

本研究では、国立環境研究所をフィールドに、研究所特有の電力消費構造を明らかにするとともに、省電力目標を達成する対策を整理して実証データに基づき効果を定量的に評価した。その結果、国立環境研究所においては、人間の作業に関わる電力消費は約1/4であり、ほとんどが実験施設・機器由来の電力消費であることがわかった。特に、恒温・恒湿室の占める割合は高く、また温度・湿度への依存性が高いことから、特に夏期の省電力においては恒温・恒湿条件の見直しが大きな効果を発揮することが明らかとなった。このことから、研究所において持続可能かつ電力消費量の低いワークスタイルとは、PC等のOA機器や照明の適正利用は当然として、なにより実験条件について適切な水準のもとで研究することであり、特に他の対策と比較して電力消費量、省電力量ともに大きい恒温・恒湿室を利用する研究について、実験精度は維持しつつ可能な範囲で設定を緩和して実験することであることが示唆された。

・地理空間情報技術を活用した復興構想の検討（復興に向けた環境地域計画システム研究会）

国立環境研究所、環境省関連部局と、名古屋大学、東京大学、国際航業、および民間企業で4月より研究会を設置して調査・検討を推進した。短期的な地域需要に応じた復旧整備と中長期の地域持続性の向上を両立する復興のターゲットとそこへの道筋を提供するとともに、その中長期の効果と社会費用を定量的に「見える化」する手法の開発に着手した。

・大震災後のエネルギー供給システムを考慮したシナリオ解析

原子力発電について、継続するか廃止するかなど、複数のシナリオを想定し解析を実施した。2050年までに低炭素社会（CO₂排出量を1990年比で80%削減した社会）の実現可能性を評価した結果、今すぐに原子力発電をすべて稼働停止した場合でも日本低炭素社会へは到達しうる可能性が示された。しかし、そのためには原子力発電のない場合と比較して需要側での省エネを強化すること、炭素隔離貯留（CCS）の大規模な普及が欠かせないことが示唆された。短中期の温室効果ガス排出量目標は、原子力発電所の将来シナリオに大きく影響され、原子力発電量の逡減とCO₂排出量の大幅削減を両立させる戦略をわが国で採用することはその実現に大きな困難を伴うことが明らかとなった。これは、原子力発電所を短中期的に廃止するオプションを採用した場合、需要側の省エネ活動が社会全体へ浸透しておらず、かつCCSのCO₂削減への寄与が限定的な範囲にとどまることから、電力の安定供給を確保するためには化石燃料による発電、とくに電力価格を抑えるためには石炭火力発電に頼らざるを得ず、電力部門からのCO₂排出量増加を避けることはできないためである。

（3）基盤研究プロジェクト

・地球温暖化問題におけるリスクアプローチの概念整理と課題検討

文献収集・整理を進めるとともに、地球環境研究センター地球温暖化研究プログラムのプロジェクト2「地球温暖化に関わる地球規模リスクに関する研究」と連携して所内の多分野の研究者を集めた所内意見交換会を複数回実施した。温暖化リスク管理概念について文献が近年多く公表されているが、適応策の検討・実施に関する地域的なスケールのリスク管理について論じているものと、主として緩和策の検討・実施に関する

全球的なスケールのリスク管理について論じているものがあり、両者を区別して概念整理することの重要性が指摘される。暫定的な考え方の整理を文書化するとともに、次年度以降の修正・拡張のたたき台とする資料をまとめた。

・気候変動と洪水リスクの経済分析～洪水被害額の推計と洪水リスクモデルの構築

洪水の浸水リスクに関する地点情報の収集、地価や土地属性などのデータ整備を行うとともに、収集した情報を用いて、浸水被害額の推計を行った。また、降雨情報や浸水履歴に関する情報収集とデータ整備を行った。整備した情報・データを用いて、ヘドニック地価関数の説明変数に浸水リスク指標を加えて推計を行ったところ、浸水リスクがあることにより、地価は14.5～18.2%程度低下し、土地市場が認知している期待被害額は、141～176万円/m²程度であるという1次的な推計結果を得た。

・国際レベルにおけるフロン類の排出抑制策の促進に関する研究

国際制度の整理に主眼を置き、国内のフロン対策関連の専門家にインタビュー調査を実施した。また、温室効果ガスとしてのフロンに関する論文や報告書を収集し論点をまとめた。その結果、①現在、すでにモントリオール議定書下で規制されつつあるCFC、HCFCの生産については、予定どおり減少しているが、減少速度を速める必要がある。②過去に生産され、現在、さまざまな製品の中に残されているCFC等について、大気中に排出される前に回収・破壊する必要があるが、この手続きは国際制度では整備されていない。③本課題では必ずしも対象物質ではないが、京都議定書6ガスのHFC、PFCについては、CDM対象となっていることが、途上国で増産するインセンティブとなってしまっている、ことが分かった。

・気候変動枠組条約と生物多様性条約における制度間相互作用の研究：REDD+の事例

- 1) [国際レベル] 生物多様性条約と気候変動枠組条約・制度間の連携が実現していない現状と原因を示すため、2005年以降の気候変動枠組条約と生物多様性条約におけるREDD+の制度設計に関する交渉過程の分析、気候変動枠組条約補助機関会合（2011年4月、6月）において参加アクターへのインタビューを行った。
- 2) [国家レベル] 途上国における国家レベルでの気候変動及び生物多様性関連の制度間の連携を明らかにするため、REDD+のプロジェクトが始まったカンボジア及びブラオスにおいて、REDD+実施に関わる政府関係者、ドナー、非政府組織、民間セクター、科学者等にインタビューを行い、定性的なデータを収集した。

・温暖化影響・適応ならびに持続可能な開発に関する最新研究情報の収集と整理

まず、IPCC第5次報告書（IPCC-AR5）0次草稿（2011年7月）の執筆に関連した文献の収集・整理を実施した。さらに、8月以降、0次草稿で他執筆者らにより引用された文献について網羅的に収集・整理を進めた。また、既公表の論文からの知見整理に留まらず、IPCC第5次報告書への貢献を意図し、今後1～2年に実施される予定の研究を事前把握するための情報収集を実施した。例えば、影響研究分野におけるIPCC-AR5に向けた新たな研究活動の一つに影響評価モデルの比較評価があるが、AgMIP（農業関連モデルの比較評価）の国際集会へ参加し、比較評価作業について検討するとともに、最新の研究動向についての情報収集を実施した。

・日本の成人男女の環境問題重要度認識に関する時系列調査

本調査の主要な結果は以下の点である。①新聞はテレビよりも、関心を高めるのに効果がある。たとえば、GOP、国連の会議、IPCC報告書など、事前に解説記事が掲載されることが多いためと考えられる。②テレビ番組は、世論の動きとより密接な関係がある。テレビ放映の件数・時間と人々の関心の相関は高く、関心の高まりもその逆も非常に関連して動く。これは、テレビがより視聴率を意識した放映編成を行うことも一因と考えられる。日本においては、対照的に新聞は（諸外国に比べて）より長期の契約購読が主であることによるものと考えられる。

(4) 外部競争的資金研究

・温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究

影響・適応を扱える総合評価モデル (AIM/Impact[Policy]) の開発・改良に関しては、複数の気候モデルを用いた分析を実施し、防災の影響関数に用いる気候シナリオ作成方法について検討し、防災（土砂災害）の新しい影響関数の準備を行った。簡易推計ツールの開発に関しては、システム開発が完了し、東京都を対象として複数の指標：土砂災害、高潮浸水、ブナ林・針葉樹やスギ林の適域変化、スギ花粉量・花粉飛散日、熱ストレス・熱中症・大気汚染による死亡リスク、日本脳炎・ヒトスジシマカ分布適域を格納した。

適応策関連では、①国際枠組みにおける適応支援策に関する情報収集及び分析のために、カンクン合意までの交渉経緯及び各国ポジションの把握を行い、COP17/CMP7（南ア・ダーバン）における合意に向けての課題を抽出した。②各国の適応計画の策定・実施の比較分析のために、先進国及び後発開発途上国 (LDC) の適応計画の内容の把握及び課題の抽出を行うとともに、アジア地域における国際河川の非航行利用に関するレビューを行った。③適応策策定・実施のための資金移転を促進する方策に関する研究を推進するために、適応費用評価に関する文献を調査し、適応関連基金の配分の優先順位づけのあり方に関する比較分析を行った。

・ 東京都影響プロジェクト（東京都を対象とした総合的温暖化影響評価の検討）

21世紀気候変動予測革新プログラムで開発している将来気候予測値（20km および 5km データ）を入手し、バイアス補正を行い影響評価用の気候シナリオを作成した。これを用いて東京都の特徴を考慮して、影響分野・項目をリストアップした上で影響分野ごとに影響評価を実施した。影響分野・項目は、河川流量・水温、中小河川・内水氾濫、スギ林の花粉生産量、熱ストレス死亡リスク、熱中症搬送数、大気汚染リスクである。さらに、東京都の既存施策を対象に、適応策となり得る既存施策をリストアップした。

・ 統合評価モデルを用いた世界の温暖化対策を考慮したわが国の温暖化政策の効果と影響

世界を対象とした技術選択モデルや応用一般均衡モデルの改良を行い、EMF（エネルギー・モデリング・フォーラム）等の国際比較研究プロジェクトに計算結果を提供してきた。EMF では、再生可能エネルギーや原子力などの想定に基づいて、大気中の温室効果ガス濃度を二酸化炭素換算で 450ppm、550ppm に安定化するケースを試算している。AME（アジアモデリング・エクササイズ）では、アジアを中心とした分析を行い、結果を論文にとりまとめた。応用一般均衡モデルにおいては、SSP（Shared Socio-economic Pathway; 世界の共通社会経済シナリオ）と呼ばれる温暖化影響を評価するための社会経済シナリオ開発が国際的に進められており、本研究の成果をもとに、社会経済シナリオを計算し結果を提供した。国内モデルを用いた分析では、温暖化対策税や国内排出量取引制度の導入による効果、影響の試算を行った。また、これまで使用してきた日本モデルを、地域連関モデルに拡張するためのデータ整備を行った。

・ 気候変動の国際枠組み交渉に対する主要国の政策決定に関する研究

今年度は、最終年度であり、全体をとりまとめ、書籍として公表した（2011年11月刊行）。その主な結論は下記の通りである。①英米など5カ国の動向を総括すると、今後短期（2、3年）のうちに排出削減目標を含めた包括的な国際制度が合意される可能性は低い。その間、排出削減目標以外の補助的な制度（適応策、炭素市場メカニズム、資金メカニズム、測定・報告・検証（MRV）手続き等）に関して実施を促進するのが有用である。②包括的な国際制度を求める声が今後高まることはない、ということはいえない。中長期的（5-10年）には、再度、多国間協調への期待が高まる可能性がある。その道筋として4つのシナリオを提示した。

・ 分かりやすさを重視したマスメディア利用型コミュニケーションに関する実証的研究

気候変動リスクの評価にあたって重要なエネルギー源の評価に関して東日本大震災の影響を看過できないことから気候変動影響とエネルギー選択にかかる世論調査をイギリスの研究者の協力を得て、インターネット調査および個人面接調査方式で実施した。

①気候変動に関する現実感については、「あなた個人の考えとして、最近、地球上の気候が変わってきていると思いますか。」に対して、日本では2006年には95%、2011年には約93%、今回（2012年）は、個人面接で90.8%、インターネットでは86.3%が「そう思う」と回答した。イギリスでは、2005年に91%であった「そう思う」の回答が、78%に減少している。担当の研究者等への聞き取りによると、2008年の経済危機、2009

年の East Anglia 大学の事件などの影響と考えられる。

②気候変動の影響に関する認識については、インターネット調査と個人面接調査で数字がやや離れるが、最も多いのが、「今までより極端な気候が起きる」でそれぞれ 39%、49%であり、農業生産への影響、洪水や干ばつ、海面上昇、ヒートアイランド、今より頻繁な洪水など、農業生産への影響などがこれに続く。「このような変化は一時的なもので、長期的に見た場合、特別に深刻な影響はない」とする否定的な選択肢は 0.1% にすぎず、日本においては、ほとんどの成人が何らかの温暖化影響を懸念している状況にあると推測できる。

以上から気候変動リスクについての認知度は高く、日本においては 9 割程度の成人がそのリスクを感じている。予想される気候変動の影響については、かなり認知が進んでおり、台風、干ばつ、洪水など気候の様々な事象が今よりも極端な幅で送ることに関して、特に高く認知されていることがわかった。

7. 5 外部研究評価

評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	6	6	1			
(平成 23 年 12 月)	46%	46%	8%			100%

平均評点 4. 3 8 点

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)

8. 環境計測研究分野

8. 1 研究の概要

環境の状態の把握、状態の時間的・空間的な変化の監視、過去の変化の解明、将来の環境変化の予兆の検出、新たな環境悪化の懸念要因の発見・同定とその評価などに関する様々な環境研究を支えるための環境計測手法（計測データの分析・解析・活用手法なども含む）の開発・高度化に関する研究や計測手法の整備、体系化に関する取組を推進した。同時に、環境ストレスに対する生体影響評価のための計測手法の開発、計測データを総合的に分析するための情報解析手法の開発・高度化や計測データ質の保証と管理を目指した調査・研究を実施する。他の研究分野（研究センター）と連携しつつ、開発・改良を行った計測手法の環境研究への応用も並行して実施した。

8. 2 研究期間

平成23～27年度

8. 3 研究予算

（実績額、単位：百万円）

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	累計
①運営費交付金	241					
②総合科学技術会議が示した競争的資金	113 (157)					
③②以外の競争性のある資金(公募型受託費等)	72					
④その他の外部資金	32					
総額	458 (502)					

注) 括弧内は、再委託費を含めた金額。

8. 4 平成23年度の研究成果の概要

平成23年度の研究成果目標

環境計測研究分野では、先端的計測手法の開発に関わる研究（先導研究プログラムとして実施）以外に、計測データ質の確保と管理、計測手法の整備と計測能力の向上、計測手法の応用、に関わる研究を進める。具体的な研究計画は以下の通りである。

(1) 計測データ質の確保と管理

(i) 環境分析方法の正確さと分析値の信頼性を支える取り組みとして、国際標準となる環境標準物質の作製、頒布を継続する。今年度は、頒布状況や学術的利用状況などの解析から重点的に整備すべき分野や試料種を明らかにし、実現可能なものから順に標準物質の作製を開始する。

(ii) ネットワークモニタリングなどでのデータ質の確保では、長期間での計測データ質の確保やサンプリングデータの代表性の確保、多地点での計測データの比較、他機関の計測データとの相互比較が必要である。今年度はハロカーボン類のモニタリングや東アジアライダーネットワーク観測を継続する。

(2) 計測手法の整備と体系化、計測体制の機動性

(i) 地方環境研究機関などとの連携による地域毎の環境監視手法の開発を進める。水質管理の計測手法の開発と活用として、アオコ毒であるマイクロシスチンのモニタリング手法の確立とリスク評価手法の検討を進める。

(ii) 環境試料の長期保存事業（タイムカプセル化事業）の一環として、既に日本全沿岸域からの試料回収を行った二枚貝試料について、今年度の北陸地方などでの二枚貝の採取・凍結保存から追跡調査を開始する。

(iii) 化学物質等の環境ストレスに対する脳中枢神経系の応答計測手法の開発と活用として、核磁気共鳴イメージング法（MRI）を用いた非侵襲計測ならびに行動試験法と化学分析を組み合わせる計測する手法の開発ならびに応用を進める。

(iv) ヒト生体試料中の各種化学物質の迅速分析法の開発と応用として、ヒト生体試料中のヒ素化合物ならびにその代謝産物の迅速測定法などの開発を進める。

(v) 3月の震災等による環境変化の追跡として、タイムカプセル化事業と連携して、太平洋沿岸域での二枚貝の採取・保存を実施すると共に、放射性ヨウ素やセシウムならびにその他の各種の計測を行う。

(3) 計測手法の応用

(i) 放射性炭素（ ^{14}C ）を用いた分解速度の異なる炭素プールごとの土壌有機炭素の分解特性や滞留時間測定を通し、土壌圏での炭素の蓄積と動態解明につなげる。

(ii) ^{14}C を指標に日本海での水塊の動きをモニターし、表層水が海底に沈みこむ日本海底層水の形成の実態把握とメカニズムの解明を進める。

(iii) 東アジア域での人為起源ハロカーボン類の排出量変化をとらえるため、ハロカーボン類測定の高精度化を行うと共に遠隔地における連続観測を継続する。

(iv) 黄砂ライダーネットワークの高機能化ならびにライダーネットワークデータと地上観測データの相互利用による影響研究との連携の方策を検討する。

平成23年度の研究成果

(1) 計測データ質の確保と管理

①富栄養化した湖沼に生育する水生植物を対象とした環境標準物質「ホテイアオイ」(NIES CRM No. 29)を8月末に完成させた。国内専門委員会審査を経て、国際登録(COMAR: COde d'indexation des MAteriaux de Reference)された。

②次期標準物質の候補として、「カドミウム汚染米」を対象に決定した。国環研の管理施設内で水耕栽培に着手した。

③南鳥島におけるフッ素系温室効果気体の経年変化を調べるためのサンプリングと分析を開始した。2011年6月~10月にHFC9種、HCFC5種、PFC3種、CFC6種、SF6の測定を6回実施した。

④東アジアライダーネットワークとしてライダー観測を実施している観測地点の中で、2011年3月の震災により被害を受けた測定地点での観測の早期復旧とデータ質の確保を行った。

(2) 計測手法の整備と体系化、計測体制の機動性

①マイクロシスチンには多くの同族体が知られており、同族体毎の高精度な分析法の開発や精度管理手法の確立が必要である。福岡県と共同で、 ^{15}N 標識化を利用して、同族体を特定(NMRや質量分析法を活用)した後、毒性評価を行う手法を確立した。

②独自に開発したセンサ・ノード(PM, オゾン; 携帯電話網接続)5個を用いた試験運用を札幌市

で実施し、測定の実用化へ向けて大気汚染監視局のデータと相互比較した。ノード搭載用のNOxセンサについて、実大気での観測を実施した。

- ③ライダーネットワークの主要な地点のライダーにラマン散乱受信システムを増設し、従来の黄砂、球形エアロゾルに加えて、ブラックカーボンの分布を解析する手法を開発した。
- ④北東アジアに展開するライダーネットワーク（17局）のリアルタイム観測データを基に大気輸送モデルのデータ同化を行い、エアロゾル分布の再現性を高めると共に、黄砂の発生・輸送・沈着に関する大気動態を明らかにした。
- ⑤これまでのタイムカプセル化事業の試料（全国沿岸域の二枚貝、東京湾アカエイ等魚類精密調査及び底質、大気粉じん、母乳）のうち、日本全体の沿岸域の1周を超える試料（毎年採取地点）が得られている二枚貝試料を継続モニタリング試料とした。今後5年間で日本全沿岸域をもう1周カバーする試料を得る目標を達成するために、今年度は北陸地方など5地点の二枚貝採取と凍結保存を行った。
- ⑥2011年3月に発生した東日本大震災による津波被災地及び福島第一原発周辺を含む東日本沿岸域11地点（青森県から千葉県まで）で新たに二枚貝、海水等を採取した。
- ⑦タール等の漂着物が認められる津波被災地では、多環芳香族炭化水素類の分析を実施している。また、放射性ヨウ素、セシウム分析を行い、地域分布（原発南側で濃度がやや高い）と影響範囲及びその経時変化（7月以降の濃度減少）の結果を発表した。
- ⑧顕微蛍光X線分析法を用いたハウスダストの非破壊分析を行い、鉛など重金属を含む有害なハウスダスト構成粒子の検出、同定に顕微蛍光X線分析法が有効であることを明らかにした。また、微生物の鉱物形成作用により生成したマンガン酸化物や鉄酸化物の粉末X線回折分析から、生体鉱物の構造とその変化について調べた。
- ⑨ヒト脳内生体鉄の3次元全脳イメージング法の開発として、生体鉄イメージング法の基幹である3D T₂計測パルスプログラム開発を行った。4.7 T MRI上への実装の結果、測定プロトコル実行可能となったものの、試料イメージングによる方式評価の結果、不均一分布が認められた。この対策のため、イメージング部多セグメント対応などの工夫の結果、改善が認められ、SD~10%でのT₂分布計測が可能となった。
- ⑩高磁場MRI特有の問題である、高周波磁場分布による不均一画像補正法を提案し、開発した。この方法は、これまで取得困難であった受信分布を、測定可能な送信分布から計算する方法であり、生体鉄定量化精度向上につながる。提案法を用いてヒト脳均一補正が実証できた。
- ⑪中枢興奮作用を有するメントールにより活性化される脳部位を明らかにするために、神経活性化マーカーであるFOS蛋白の発現を免疫組織化学により検討し、定性的な分布パターンの把握並びに脳内各部位におけるFOS陽性数の定量的な計測を進めた。
- ⑫ジフェニルアルシン酸の成獣への行動影響に関して研究を取りまとめた。定性機能、網羅性にすぐれたLC-TOFMSと選択性、定量性にすぐれたLCMSMSを活用してヒト生体試料中各種化学物質の迅速一斉分析法の開発を進め、尿中化学物質代謝産物の少量迅速測定法の開発を進めると共に、ジフェニルアルシン酸投与サル血液、髄液、組織中分析法の開発と分析を進めて、PETによる脳内代謝とジフェニルアルシン酸脳内濃度との関係を解析している。

(3) 開発した計測手法や解析手法の応用

- ①放射性炭素同位体 (¹⁴C) 分析に向けた土壌培養実験を開始し、培養条件の詳細な検討を行うとともに、¹⁴C分析用のCO₂回収ラインの構築を行った。培養に用いる土壌の仮比重および水分条件の調整の検討により、採取時の物理条件により近い環境中での土壌培養が可能となり、¹⁴C分析用のCO₂の採取が進められている。

- ②北極土壌炭素動態モデルの確立を目指して、アラスカのタイガ、ツンドラ生態系の中から観測サイトを幾つか選定し、各観測サイトにおいて土壌特性に関する基礎データを得た。また、深度別に土壌および土壌ガスを採取するとともに、それらの放射性炭素 (^{14}C) 濃度を測定し、炭素プールごとに土壌有機炭素の平均滞留時間の推定、 CO_2 の発生源の検討を行った。
- ③アアラスカ沖ポーフォート海、チャクチ海陸棚から大陸斜面に至る海底に存在する大規模な大陸氷床の崩壊により削られたと考えられる削剥痕の年代を、ノースウインドリッジ海嶺から採取した海底コアの ^{14}C 解析を行った。
- ④海洋古細菌を用いた水温決定で不可欠な ^{14}C 存在量測定を目指し、2008年に北極海ノースウインド海嶺で採取した表層堆積物を用いて、海洋性古細菌（マリンクレナーキオータ）の細胞膜であるエーテル脂質の抽出法について詳細な検討を行った。その結果、試料中に微量含まれている（ $1\sim 36\ \mu\text{g} / \text{gTOC}$ ）光学異性体を含む8分子の抽出、分離に成功した。
- ⑤日本海では温暖化の影響で冬季に表層水が海底まで沈み込む日本海底層水の形成という現象が停滞していると指摘されている。2001年4月に採取された韓国の排他的経済水域に位置する対馬海盆（別称、鬱陵海盆）の海水試料を譲り受け、鉛直的な ^{14}C 濃度の測定を行った。その結果、2001年1月下旬に同海域の北に位置する日本海盆西部域で形成したとされる新底層水が、約2ヶ月で対馬海盆北側の海域にまで達していたことが確認された。
- ⑥東アジア域における大気中ハロカーボン濃度の経年変化と排出量を把握するため、地上モニタリングステーションにおける大気中ハロカーボン類の連続観測を継続する。また、遠隔地におけるハロカーボン連続観測の精度向上を目的として前年度までに開発したマルチディメンショナルガスクロマトグラフ/質量分析計/電子捕獲型検出器を落石ステーションに設置し、新システムによるハロカーボン類を開始した。
- ⑦ライダーネットワーク、データ同化モデル、および日中韓で共有された地上観測データを用いて、ライダーの黄砂消散係数とPM10、SPM、PM2.5の関係性を調べ、黄砂消散係数が非球形小粒子の重量濃度と高い相関を持つことを明らかにした。
- ⑧過去のライダーデータから地上付近の黄砂と大気汚染性エアロゾルの長期間のデータセットを構築し疫学研究に提供した。
- ⑨米国ネバダ州の塩湖について衛星同期地上観測を行い、衛星搭載熱赤外センサの輝度校正に必要なデータを得た。衛星/地上データの差は $8.3\ \mu\text{m}$ バンドを除き、 1°C 以内であることが確認できた。また都市域の熱環境評価に関して、衛星データから得た地表面温度（画素平均）と画素内陰比率データより、都市域の日向面温度の推定を初めて行った。
- ⑩移動体（飛行機等）から撮影された画像から移動中の野生動物を自動抽出するアルゴリズムを開発し、それを有人及び無人航空機から撮影された画像に適用した。また本アルゴリズムを先に開発した同様の画像から野生動物の足跡を自動抽出するアルゴリズムと合わせてシステム化する作業を進めた。

8. 5 外部研究評価

評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	2	9	2			
(平成23年12月)	15%	69%	15%			100%

平均評点 4.00点

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）