

(資料 1 1) 重点研究プログラムの実施状況及びその評価

1. 地球温暖化研究プログラム

1.1 研究の概要

本プログラムでは、二酸化炭素等の温室効果ガスや関連気体等の空間分布とその時間変動の観測とデータ解析に関する研究、人工衛星を利用した温室効果ガスの測定データ処理解析手法の開発、二酸化炭素濃度分布等の観測データと大気輸送モデルに基づく二酸化炭素収支の解析手法に関する研究を行った。また、気候・影響・陸域生態・土地利用モデルの統合によるシミュレーションモデルの開発及び将来の気候変化予測と影響評価に関する研究、将来の脱温暖化社会の構築に係るビジョン・シナリオ研究、気候変動に関する国際政策分析、気候変動対策に関する研究等を行った。

観測・解析を中心とする研究においては、地上ステーション、民間船舶、民間航空機、人工衛星などを活用した観測研究により温室効果ガスの動態把握を進め、長期的な二酸化炭素のグローバルな収支が導出され、陸上生態系による吸収の増加トレンドが指摘された。また、海洋における二酸化炭素フラックス観測データをもとに、海洋による吸収量をニューラルネットワークを用いて解析し、北太平洋における二酸化炭素吸収マップを作成した。温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT（通称：いぶき）については、データの hoch 処理、高次プロダクトの検証、データの定常処理・配布などを順調に進めるとともに、検証結果としてプロダクトのバイアスとばらつきの評価を行った。

温暖化リスク評価・温暖化対策評価に関する研究においては、IPCC の第 5 次評価報告書作成に向けた次世代気候モデル実験を実施するとともに、気候モデルの性能と予測の信頼性を結びつける統計手法についての解析や気候シナリオの不確実性を考慮した農業影響評価の改良を行った。また、政府の温暖化対策中期目標の策定に向けて、わが国の温室効果ガス排出量 25%削減、2050 年 80%削減を実現する方策の整合性を一連のモデルを用いてシミュレーションし、政府の委員会等に報告した。また、アジアの主要国などを対象とした低炭素社会シナリオの構築に着手したほか、世界規模での温室効果ガス半減目標における経済影響の評価や、国際制度のあり方の検討を行った。

なお、本プログラムは次の 4 つの中核研究プロジェクトの他に関連研究プロジェクト（開始当初 8 件、本年度は 5 件）、地球環境研究センターが実施する「知的研究基盤の整備」のうち地球温暖化に係るモニタリングなどの事業から構成されている。

1.2 研究期間

平成 18～22 年度

1.3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	累計
運営費交付金	832	1,026	862	850	877	4,447
その他外部資金	788	719	671	552	428	3,158
総額	1,620	1,745	1,533	1,402	1,305	7,605

1.4 平成 22 年度研究成果の概要

(1) 中核研究プロジェクト 1：温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① 温室効果ガス（CO₂、CH₄、N₂O、フッ素系温室効果ガス等々）や関連するトレーサー物質の広い観測網による大気観測として、JAL や太平洋上の定期船舶のプラットフォームの利用を継続しつつ、特に船舶の東南アジア航路での展開に重点をおく。同時に、東南アジアの地上サイトの観測を行う。
- ② 日本やアジア各地の陸域生態系における二酸化炭素等の吸収量の観測及び収支推定と、気候変動影響についての研究を行う。西太平洋地域及び日本—北米間の北太平洋における海洋の二酸化炭素分圧観測を継続する。
- ③ 同時にこれまで開発してきた結合型モデルを各データに適用し、大気データの解釈などを行う。

サブテーマ（1）：アジア-太平洋域での広域大気観測による温室効果ガスの収支や地域的特性解析

- ① JAL や船舶、地上ステーションを用いて高頻度測定により、濃度分布や時系列濃度変動パターンを抽出する。その結果から、大気の混合を含めたグローバルな変動の解析のための情報を整理することに加え、急激に変化する最近5年程度のアジア特有の地域別のフラックス変動の特徴を検出する。

サブテーマ（2）：太平洋域のCO₂ 海洋吸収、アジアの陸域生態系のCO₂ 吸収フラックス変動評価に関する研究

- ① 新ラインである西太平洋でのpCO₂ データの継続的採取を行うとともに、北太平洋で得られた二酸化炭素分圧データを用いて、北太平洋での海洋からの二酸化炭素長期フラックスを変動の地域特性を求める。また、その変動気候について検討する。
- ② CGER 事業でデータが採取されている国内の森林フラックスサイトのデータを解析し、気象変動との直接影響を調べると同時に、アジアのフラックスサイトでのフラックス変動要因について解析する。また、土壌呼吸の温暖化影響についての実験や実測を行う。

サブテーマ（3）：温室効果ガスの動態のモデル的評価に関する研究

- ① NIES 結合モデルを改良し本プロジェクトで得られた大気データと組み合わせることによって、大気濃度変動要因について評価する。特に、二酸化炭素や、メタン、CO についての検討を行う。

平成22年度の研究成果

全体

- ① ア JAL による広域的な高度分布測定によりCO₂の南北半球間の立体的な輸送現象がデータを持って解明された。太平洋域でのCO₂、CH₄の長期変動について収支や気象変化の観点から解析が行われた。グローバルには、二酸化炭素の吸収がここ最近強くなっているように見えるが、酸素や同位体からの観測によると陸域の吸収量が増加していることなどがわかった。
- ① イ アジア域での特に東南アジア定期船舶航路でのメタンやブラックカーボンの連続観測から森林燃焼による温室効果ガス発生が確認できた。地上点としては、高い富士山頂での二酸化炭素測定の試みや、海外サイトとしてインド、マレーシアなどの観測点による測定が行われた。これらは、航空機、定期船舶、地上の観測ステーションに加えて有効なデータとして採取できた。また、波照間島などでの観測から中国などの影響を強く観測できるフロン類や酸素、二酸化炭素の比などに加え、COなども地域的指標性があることが示された。モデルを用いて、これらの中国での発生量の推定も行われた。

- ② ア 陸域の二酸化炭素吸収量のパターンが日本のフラックスサイトで詳しく検討された。湿潤、温暖なカラマツでは二酸化炭素吸収量が相対的に大きく、気象条件に左右されるもののその吸収量は湿潤なまま温暖化だけが起こると、吸収量の増加に働くであろうと予測された。アジア全体に広げると、南部では温暖化時に乾燥する地域もあり、吸収量の変動は地域性が大きく働くことが示唆された。
- ② イ 温暖化に対して、フィールドではどのように土壌呼吸速度が影響されるかが、国内で実験が行われ日本の土壌の呼吸のQ10の指標は、これまでの報告値より50%大きいことがわかった。これをそのまま適用すると、温暖化によるフィードバックはかなり多きことになるが、長期的な応答に対しては場所ごとに異なっていることが分かった。
- ③ イ 海洋の吸収量をニューラルネットを用いて解析予測しCO₂吸収マップを作製する方法について検討を開始し、これまでの気候値再現できるような結果を得た。また、海洋トレーサー輸送モデル（OTTM: Ocean Tracer Transport Model）と生態系モデルを使用し、1980年から2008年までの大気-海洋間の月平均二酸化炭素フラックスを作成した。
- ④ 大気の結合型循環モデルを用いて、インバース計算を行えるようにチューニングした。これを用いて、波照間や落石の細かいデータをモデルに導入できることになり、それによるインバース計算結果に与える精度向上性を評価したところ、アジア域の精度が格段に向上することがわかった。

サブテーマ(1)

- ① ア 二酸化炭素同位体比のグローバルな観測を継続し、二酸化炭素の陸域吸収量の近年の見かけの増加がここ数年に見られた。この解釈として森林火災などの寄与がここ数年少なかったことに加え、二酸化炭素濃度の増加が吸収量増加に大きく影響していることなどが推定できた。
- ① イ 並行して観測されている大気中CO₂濃度を用いて計算される大気O₂濃度の海洋成分（APO=O₂+CO₂）の年平均緯度分布にははっきりと赤道付近でのピークが見られた。APOの緯度分布は海洋の物質循環モデルから予想されるにおける酸素循環と整合的であった。
- ① ウ 東南アジア航路上でメタンの連続測定を行う手法として、キャビティリングダウン方式の測定装置の性能を評価し、試験観測を行った。また、二酸化炭素、一酸化炭素、ブラックカーボン等の連続観測データと併せて、東南アジアの人為起源・森林火災起源による影響などを観測した。また、マレーシア気象局との共同観測をボルネオ島のダナンバレーサイトで開始した。また、インドの観測サイトでの連続二酸化炭素観測も開始した。富士山では2年にわたり冬季のデータを採取し、航空機やハワイのデータとの比較より、3,000mの高度の中緯度の濃度として代表性などを確認できた。
- ① エ 東アジア、南アジア、東南アジア、オセアニア、ヨーロッパ、北米、中米上空の対流圏における高度別のCO₂濃度の立体的な解析を季節ごとに行い、北半球から南半球への上空を通しての大気の輸送について検討した。これにより、夏季に北半球から南半球への数キロ以上の高度で輸送される現象が明らかになった。これにより、南半球の高度分布が北半球と異なる理由などが明らかになった。
- ① オ 観測されたエアマス起源ごとの $\Delta O_2 / \Delta CO_2$ 比および $\Delta CO / \Delta CO_2$ 比は国別の化石燃料使用統計やCOの国別発生量から予想される値と整合的であった。

- ① カ 大気輸送モデルを用いて、メタンと放射性炭素同位体比(^{14}C)のシミュレーションを行った。メタン濃度は、1997年のエルニーニョ時の全球的な増加を再現したものの、2007-08年の再増加は再現されず、この再増加には何らかの放出の増加が必要であることが示唆された。また、経度毎にメタンの増加速度が異なる傾向があることと、それが気象要因によることなどが明らかになった。 ^{14}C の再測定などを行い、これまでのデータの精度管理について検討した。
- ① キ 波照間観測ステーションで得られた大気サンプルの ^{14}C 測定を開始した。一部のデータを分析し、定期船舶で得られたほぼ同緯度における ^{14}C 観測値と比較した結果、波照間での ^{14}C データは定期船舶の観測値の検証にも利用できることが確認できた。
- ① ク 波照間・落石におけるハロカーボン連続観測から、フッ素系温室効果気体の観測と解析について、PFC類(PFC-116、PFC-218、PFC-318)のベースライン濃度が、年1-3%程度で増加していることを明らかにした。観測値を基に、粒子拡散モデルに基づく逆問題手法と大気輸送モデルを用いて、東アジア(中国、日本、北朝鮮、韓国、台湾)におけるPFCsの排出量を推定した。その結果、中国は東アジアにおけるPFCs排出量の半分以上を占める最大の放出国であり、日本がそれに続くことが示された。東アジア域におけるPFCs排出量は、PFC-116: 0.859 Gg/yr, PFC-218: 0.310Gg/yr, PFC-318: 0.562 Gg/yrと推定された。

サブテーマ(2)

- ① ア 観測によって得られた CO_2 データセットを用い、Neural Networkと呼ばれる新しい CO_2 Mappingの手法を用いてより高解像度な北太平洋全域の CO_2 分圧推定に取り組んだ。この手法は、人工衛星やモデルで得られる海洋パラメータ(表面水温(SST)や混合層深度、クロロフィル濃度)と CO_2 分圧データを非線形かつ不連続な関係でマッチングさせ、その関係を用いて CO_2 分圧の時空間分布を再現するものである。北太平洋で CO_2 分圧の時空間分布推定を試みたところ、Takahashi et al. (2009)が示した CO_2 分圧気候値に近い分布が得られただけでなく、海流や渦などの物理構造を反映した CO_2 分圧分布が再現された。
- ① イ 酸素の海洋からの発生特性を調べるために、観測協力船Trans Future 5に開発した同位体比質量分析計システムを設置し、Voyage No. 27の航海にて、ニュージーランドから大阪まで観測を行った。また表層海水をボトルに採取し、同位体比質量分析計を用いて O_2/Ar 比および N_2/Ar 比を測定し、EIMSの結果と比較した。 O_2/Ar 比は良く一致し、 N_2/Ar 比は1%以内の範囲で一致した。
- ② ア AsiaFlux ネットワーク活動を通してアジア各地の森林生態系における二酸化炭素フラックスのデータを収集し、二酸化炭素収支各項(光合成総量、呼吸総量、正味炭素吸収量)を求め、それぞれの時系列を比較した。特に、欧州で記録的な熱波が観測された2003年において、欧州のみならずシベリアから東アジアに至るユーラシア大陸北部の広い地域において、光合成有効放射量と気温に顕著な時空間偏差が観測されたことを明らかにした。しかし、東アジア南部では光合成量と放射量が負の相関を持ち、その原因として、暖温帯から亜熱帯にかけての森林では、夏の高い日射量が高温・乾燥を引き起こし、その地域の森林に強い乾燥ストレスを与えることが関係していることを示した。
- ② イ 富士北麓アジアフラックスネットワークに登録されたカラマツ林生態系としては最も年平均気温が高いサイトであり、他のサイトと比較すると呼吸・光合成ともに大きいことが分かった。これは、気温が高いことにより、展葉期が早く落葉期がおそいため、光合成活動期間が長いことが大きな要因であると推測された。落葉針葉樹林であるカラマツ林においては、展葉期の急激な CO_2 吸収量の増加と落葉期の

吸収量の低下が特徴的な季節パターンを作り出しているが、年間の吸収量の積算値は、展葉・落葉のタイミングと、活動期の気象条件により年により異なることが観察により明らかとなった。この落葉・展葉のタイミングは温度環境に強く依存していると推測され、光合成生産量については温暖化により増加する可能性が示唆される。

- ② ウ 日本の各地の森林土壌を採取しインキュベーションにより温度特性や、土壌呼吸の長期変化を測定した。これによると日本の土壌のQ10は2.9程度と考えられ、従来のモデルの値よりも50%も大きいことがわかった。日本の土壌は高温域にも乾燥化がそれほど進まないことで土壌呼吸量は増加することがわかった。

サブテーマ(3)

- ① ア 観測データとモデル計算値から二酸化炭素のフラックスを推定する新規のインバースモデルを開発し、同モデルを使用して亜大陸スケールで（全球を64地域に分割して）月平均フラックスの季節変動を計算した。インバースモデルにオイラー型大気輸送モデルとラグランジアン型大気輸送モデルを組み合わせた大気輸送モデル（結合モデル）を導入することで、観測地周辺からの影響による汚染イベントもフラックスの推定に考慮することが可能となった。観測データは、米国海洋大気庁（NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration）の地球システム研究所（ESRL: Earth System Research Laboratory）が提供しているフラスコデータのほか、東アジアのフラックス解析の精度を高めるため、本プロジェクトで実施されている波照間及び落石岬の連続観測データを併せて使用した。こうした、大量のデータを使用し、限られた計算資源でフラックスの推定を行うために、“fixed-lag Kalman smoother technique”のアルゴリズムをインバース計算に適用した。その結果、波照間・落石岬の連続観測データを使用した場合と、使用しない場合と比べて、特にアジア地域のフラックス推定の不確実性が大幅に減少する結果が得られた。
- ① イ 海洋トレーサー輸送モデル（OTTM: Ocean Tracer Transport Model）と生態系モデルを使用して、1980年から2008年までの大気-海洋間の月平均二酸化炭素フラックスを作成した。海洋の二酸化炭素分圧（ $p\text{CO}_2$ ）の観測値を4次元変数法にモデル値と同化させ、より信頼性の高いフラックスを1996年から2009年の期間に関して算出した。これにより、全海洋のフラックス分布や季節変化などをモデル的に再現した。

(2) 中核研究プロジェクト2：衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① より精度の高い二酸化炭素・メタン濃度の導出のため、導出アルゴリズムを改良し、それに基づくデータの定常処理結果の評価と改良の検討を行う。
- ② また、処理されたプロダクトの検証を行い、データ質を評価する。
- ③ さらに、二酸化炭素の解析結果と地上データとを併せてもちいる炭素収支推定モデルを開発整備し、実観測データを用いて平成21年の炭素収支の予備結果を算出する。

サブテーマ(1)：衛星観測データの処理アルゴリズム開発・改良研究

- ① GOSATの短波長赤外波長域での実観測データを用いて、二酸化炭素・メタンのカラム量導出手法の精度向上を目的とした研究を進める。導出された二酸化炭素・メタンのカラム量の時空間分布・変動に関して評価を行う。

サブテーマ(2)：地上観測・航空機等観測実験による温室効果ガス導出手法の実証的研究

- ① GOSAT 観測データから導出される二酸化炭素とメタンのカラム量に関するプロダクト及びその導出誤差に直接関連する巻雲・エアロゾル情報についての検証・比較のため、地上設置の高分解能フーリエ変換分光器、ライダー、スカイラジオメーター等による検証観測を行い、それらのデータ解析により検証データを作成する。得られた検証データを用いて GOSAT データプロダクトのデータ質の評価研究を行う。

サブテーマ(3)：全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究

- ① GOSAT 観測データから二酸化炭素とメタンのカラム量を導出する際に必要な先験情報を求めるための大気輸送モデル(NIES08モデル)の改良と、GOSATの二酸化炭素カラム量と地上観測データとを利用して全球の炭素収支分布を推定するインバースモデル解析システムの高精度化を行う。平成21年に取得されたGOSATの解析データと地上観測データとを併せて利用し、インバースモデルによる全球の地域別炭素収支の推定を試みる。

平成22年度の研究成果

全体

- ① ア GOSATにより取得された実観測の短波長赤外波長域の晴天域の輝度スペクトルから二酸化炭素・メタンのカラム量を導出する改良手法を開発した。改良されたアルゴリズムでは、より精度の高い巻雲の検知、および酸素の吸収帯を利用した実効的な光路長補正が取り入れられ、当初のアルゴリズムで見られていた極端な濃度バイアスが概ね解消された。
- ① イ 約2年間の実観測データの解析により、二酸化炭素カラム平均濃度とメタンカラム平均濃度のそれぞれについて、地域別の季節変化や年度間濃度差などの特徴が得られた。
- ② ア 地上設置の高分解能フーリエ変換分光器の観測ネットワークの測定データと、航空機観測データを用いて、改訂版アルゴリズムに基づくGOSAT TANSO FTS SWIRのL2標準プロダクトであるXCO₂、XCH₄の検証を行った。その結果、XCO₂の場合は2.3%程度低く、XCH₄の場合は1.1%程度低いことが明らかとなった。また、ばらつきは、XCO₂、XCH₄ともに1%程度であった。
- ② イ 平成22年2月及び平成23年1月～2月につくばにおいてGOSAT検証のための同期観測キャンペーンを実施し、平成22年に取得したデータの解析結果が得られ、巻雲やエアロゾルによって生じるGOSATの温室効果ガス濃度データのバイアスが実観測データより明らかになりつつある。
- ③ ア インバースモデル解析により二酸化炭素の収支を推定する際に必要となる、化石燃料燃焼由来の人為的排出量先験データの更新と、生態系プロセスモデルVISITが推定する各種植生の活動に関する主要なパラメータを二酸化炭素濃度やバイオマス量などの地上測定データを元に最適化するスキームの構築を行った。
- ③ イ すでに構築・運用している全球1kmの高空間解像度で排出量分布の導出が可能なモデルシステムを、最新の夜間光衛星観測データや月ごとの排出量データを活用できるように改良し、月変動を考慮した人為的排出量先験データを準備した。
- ③ ウ これまで整備を進めてきた地表面収支先験データを使用し、TANSO-FTS SWIR L2のXCO₂データと地上

測定値の予測データを用いて、平成 21 年について全球 64 の各領域における二酸化炭素収支の暫定値を求めた。

- ③ エ GOSAT による観測データを加えることにより、南米やアフリカ等の地上測定点の乏しい地域における収支量の不確実性が、地上測定値のみで推定した場合に比べ最大で 3 割程度（暫定結果）低減することが判明した。

サブテーマ(1)

- ① ア 以前の導出結果に見られていた「ダスト等に起因する極端な高濃度バイアス」と「巻雲等に起因する極端な低濃度バイアス」を低減することを目指して、GOSAT により取得された実観測の短波長赤外波長域の晴天域の輝度スペクトルから二酸化炭素・メタンのカラム量を導出する改良手法を開発した。
- ② イ 改訂されたアルゴリズムでは、より精度の高い巻雲の検知、および酸素の吸収帯を利用した実効的な光路長補正が取り入れられ、当初のアルゴリズムで見られていた極端な濃度バイアスが概ね解消された。
- ③ ウ 約 2 年間の実観測データの解析により、二酸化炭素カラム平均濃度とメタンカラム平均濃度のそれぞれについて、地域別の季節変化や年度間濃度差などの特徴が得られた。

サブテーマ(2)

- ① ア 地上設置の高分解能フーリエ変換分光器の観測ネットワークである TCCON (Total Carbon Column Observing Network) の測定データと、航空機観測データである CONTRAIL (Comprehensive Observation Network for TRace gases by AirLiner)、NOAA (National Ocean and Atmosphere Administration) の観測データを用いて、改訂版アルゴリズムに基づく GOSAT TANSO FTS SWIR の L2 標準プロダクトである XCO₂、XCH₄ の検証を行った。GOSAT のカラム量およびカラム平均濃度は検証データに比べて低めであり、XCO₂ の場合は 2.3 % 程度低く、XCH₄ の場合は 1.1 % 程度低いことが明らかとなった。GOSAT のデータのばらつきは、検証データのばらつきに比べて大きく、XCO₂、XCH₄ とともに 1 % 程度であった。
- ② 平成 22 年 2 月につくばにおける同期観測キャンペーンで取得したデータの解析結果が得られた。巻雲やエアロゾルによって生じる GOSAT の温室効果ガス濃度データのバイアスについて実観測データより明らかになりつつある。
- ③ 平成 23 年 1 月～2 月につくばで GOSAT 検証のための同期観測キャンペーンを実施した。観測に使用した機器は、航空機 (CO₂ 直接測定及びサンプリング)、地上設置高分解能 FTS、ライダー、スカイラジオメーター、全天カメラ等である。これらのデータは、今後解析する予定である。

サブテーマ(3)

- ① ア インパースモデル解析により二酸化炭素の収支を推定する際に用いる陸域植生一大気間収支の先験データの精度向上と、化石燃料燃焼由来の人為的排出量先験データの更新を行った。
- ② イ 陸域植生一大気間収支の先験データは生態系プロセスモデル VISIT によって与えられるが、このモデルが推定する各種植生の活動に関する主要なパラメータを、二酸化炭素濃度やバイオマス量などの地上測定データを元に最適化するスキームを構築した。

- ③ ウ 化石燃料燃焼由来の人為的排出量先験データの作成のために、すでに構築・運用している全球 1km の高空間解像度で排出量分布の導出が可能なモデルシステムを、最新の夜間光衛星観測データや月ごとの排出量データを活用できるように改良し、月変動を考慮した人為的排出量先験データを準備した。
- ④ エ これまで整備を進めてきた地表面収支先験データを使用し、TANSO-FTS SWIR L2 のXCO₂データと地上測定値の予測データを用いて、平成 21 年について全球 64 の各領域における二酸化炭素収支の暫定値を求めた。なお、TANSO-FTS SWIR L2 のXCO₂データは、サブテーマ(2)の検証結果に基づいて一律にバイアス補正を施し、月平均値(5度×5度格子)に変換したものである。
- ⑤ オ GOSAT による観測データを加えることにより、南米やアフリカ等の地上測定点の乏しい地域における収支量の不確実性が、地上測定値のみで推定した場合に比べ最大で 3 割程度(暫定結果)低減することが判明した。

(3) 中核研究プロジェクト3：気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① IPCC第5次評価報告書に向けて、新しい気候モデル実験を実施、解析するとともに、影響・適応モデル、陸域生態・土地利用モデルについて、モデル間の結合を進め、実験、解析を行う。

サブテーマ(1)：気候モデル研究

- ① 国内他機関と連携し、IPCC第5次評価報告書に向けた新しい気候変化予測実験を実施するとともに、その実験結果の初期的な解析を行う。また、予測の不確実性を定量化する手法の改良を行う。さらに、IPCCの新しいシナリオ開発プロセスに対応して、気候シナリオと社会経済シナリオを結びつける分析を開始する。

サブテーマ(2)：影響・適応モデル研究

- ① 農業モデル・水文モデル・土地利用モデルの統合利用により、将来の水・土地制約が世界規模の食料供給に与える影響を分析するとともに、影響の不確実性定量化の手法を高度化し、水文および健康影響の不確実性を定量化する。また、専門家とメディアとの意見交換等を通じ、地球温暖化リスクの全体像の把握と伝達に関して検討する。さらに、世界規模の適応策のあり方についての検討を行う。

サブテーマ(3)：陸域生態・土地利用モデル研究

- ① 陸域生態モデル及び土地利用モデルの高度化を進めるとともに、IPCCの新シナリオに対応する、詳細な空間分布を持つ土地利用変化シナリオの開発に着手する。さらに、気候、水文、農業モデルとの連携を通じて、陸域生態系に対する温暖化影響を評価するとともに、土地利用分野における緩和・適応政策について検討を開始する。

平成22年度の研究成果

全体

- ① ア サブテーマ1の気候モデル研究、サブテーマ2の影響・適応モデル研究、サブテーマ3の陸域生態・土地利用モデル研究により、モデルの開発・改良を行うとともに、それを用いた将来予測およびその不確実性評価の研究を総合的に推進した。特に、IPCC-AR5に向けた気候気候モデル実験の実施と、その結

果を用いた不確実性評価、影響評価、シナリオ分析を中心的に行った。

- ① イ 気候変化予測と影響評価にまたがる不確実性を評価する研究はサブテーマ1と2が協力して行った。また、気候モデルと影響評価モデルの結合作業は3つのサブテーマが協力して行った。

サブテーマ(1)

- ① ア 国内他機関と連携し、IPCC AR5に向けた次世代気候モデル実験を実施し、これをほぼ完了した。この結果の初期的な解析を行い、新旧のモデルの気候感度が異なる原因等について調査を行った。異なるモデル間で、異なる高度の雲の変化がフィードバックに違いをもたらし、気候感度の違いに寄与していることが示唆された。
- ① イ 気候モデルの不確実性についてより包括的に研究を行うため、新気候モデルに基づき、雲、境界層、雪氷などの不確実なモデルパラメータを様々に変化させた物理パラメータアンサンブルの構築を開始した。
- ① ウ 前年度までに開発した気候変化予測の不確実性を定量化する手法を応用して、全球の気温変化パターンの予測を観測データにより制約する研究を行った。複数のモデル結果における現在の気候の再現と将来予測を統計的に結び付け、観測データによる制約をかけたところ、複数モデルの単純平均は北半球高緯度の気温上昇割合を過小評価していることが示唆された。
- ① エ 気候シナリオと社会経済シナリオを結び付けるための手法の検討を行った。気温上昇パターンのシナリオ依存性について調査したところ、北半球中緯度と北極域で大きな依存性が見出された。中緯度についてはエアロゾル排出シナリオの違い、高緯度については海水減少などの非線形的な応答により依存性が生じていることが示唆された。また、社会経済モデルに組み合わせて用いられる簡易気候モデルの改良を行うとともに、不確実性を定量化して示す手法を開発した。

サブテーマ(2)

- ① ア 作物成長・農業灌漑取水モジュールを含む統合水資源モデル H08 を用いて、気候予測情報の不確実性を考慮した、水文・水資源影響評価を実施した。また、健康影響に関しては、至適気温の変化を通じた適応の効果を新規に考慮しながら、気候モデル不確実性を明示的に考慮した気候変化による人間健康影響（熱ストレスによる超過死亡）の確率的な影響評価を実施した。さらに、専門家やメディアとの意見交換等により地球温暖化リスクの全体像の整理を進めた。また、適応策費用推計の調査を中心に、世界規模の適応策のあり方についての検討を実施した。
- ① イ 作物成長・農業灌漑取水をシミュレートするモジュールを含む統合水資源モデル H08 について、国際的なモデル比較評価への参加を通じて、統合水資源モデル自体の持つ不確実性の把握に努めるとともに、モデルソースコード・マニュアルの整備・公開を進めた。また、同統合水資源モデルを用いて、気候予測情報の不確実性を考慮した、水文・水資源影響評価を実施した。
- ① ウ 健康影響に関しては、至適気温の変化を通じた適応の効果を新規に考慮しながら、IPCC-AR4 で評価対象となった14の気候モデルによる最新の将来気候予測を用いて気候モデル不確実性を明示的に扱い、世界全域を対象地域として、気候変化による人間健康影響（熱ストレスによる超過死亡）の確率的な影響評価を実施した。今世紀中の気温上昇に合わせて適応が完全に行われると仮定した場合、全球的には

熱ストレスによる超過死亡が大幅に抑えられるものの、地域的に見た場合には、中国東部、インド、チベット、地中海周辺、アフリカ大陸南部では、熱ストレス死亡リスクの増加が予想された。

- ① エ 温暖化リスク情報の伝達については、専門家から情報を提供し、メディア関係者の意見を収集しつつ、一般市民への情報伝達のあり方について議論することを目的として、メディア関係者・研究者合わせて50名程度を集め、東京大学と共同で「第3回温暖化リスク・メディアフォーラム」を実施した（2011年2月23日・東京）。IPCC第5次評価報告書に向けた温暖化予測を行う21世紀気候変動予測革新プログラムと連携し、温暖化予測の数値計算結果を的確に伝える方法について議論を実施した。
- ① オ 世界規模の適応策のあり方の検討については、全球を対象地域とした適応策費用推計に関する既存研究の調査を実施するとともに、その既存推計値をもとに地域別の適応費用負担に関する予備的検討を実施した。

サブテーマ(3)

- ① ア 陸域生態モデルVISITを用いて、過去の気候変動・土地利用変化に伴う陸域炭素収支変動を、1901～2010年の期間について解析した。土地利用変化については、耕作地・放牧地面積の時系列データと、転換面積の時系列データを用いた推定を行った。過去約100年の土地利用変化および火災により炭素が正味で放出された一方、自然生態系では大気CO₂増加による施肥効果や気候変動の影響により正味固定が起こっていたことが示唆された。このモデル計算では、表土流亡や揮発性有機物質の放出も考慮されるが、それら微少なフローも長期炭素収支を詳細に検討する上では無視できない可能性が判明した。また、東アジア特有の攪乱プロセスとして、台風による落葉が森林に与える影響に関する解析を実施した。モデル推定の妥当性を検証するため、東アジア地域を対象にして陸域フラックス観測データおよび他のモデルによる結果と比較を実施した。各種観測データとの比較検証を通じて、温暖化への生物的フィードバックとなり得る炭素収支に関する推定精度の向上を図った。
- ② イ 既存の気候・生態系・水資源・土地利用・農業モデルを結合させる方法を検討した。土地利用モデルでは、すべての土地利用要素（森林、農地、都市など）が相互作用して影響を与えあう。一方、土地被覆の物理状態は、気候に影響を与え、同時に、気候の変化によっても人間による土地利用は大きく変化する。また、土地利用の変化は生態系に影響を与え、気候変化を通して、人間による土地利用は大きく変化する。さらに、人間による土地利用に応じて、水や農作物の供給量が変化し、同時に、それらの重要な空間分布も大きく変化する。このような複雑な陸域システムを統合的にモデル解析することによって、地球温暖化や持続可能性の問題に関する検討を実施することが課題となっており、より現実的な土地利用シナリオを構築するためにも必要となる陸域統合モデルの開発に関する検討を実施した。

(4) 中核研究プロジェクト4：脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価

平成22年度の研究成果目標

全体

- ① 低炭素社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価。

サブテーマ(1)：脱温暖化（低炭素社会）ビジョン・シナリオ作成研究

- ① アジアを対象に日本、中国、インド、タイ、インドネシア、マレーシア、ベトナムの国レベルおよびインドのアーメダバード、マレーシアのジョホールバルを中心とするイスカンダール地域およびプトラジ

ヤ、タイのラチャブリといった地域レベルの低炭素社会シナリオ研究を続ける。具体的には、国や地域の実情を反映したビジョン・シナリオを作成し、実現に資する方策を提言する。

サブテーマ(2)：気候変動に関する国際政策分析

- ① 次期国際枠組みに関する交渉が、COP16に向けて継続することになったことを踏まえ、米国、欧州、新興国、ロシアにおける交渉におけるポジションや国内政策決定の分析を実施する。また、より長期的な視点からは、アジア太平洋地域における低炭素社会あるいは持続可能な発展に至るための道筋を検討するために、同地域の多様な国際協力機関等の国際協調について検討する。

サブテーマ(3)：気候変動政策の定量的評価

- ① わが国の2020年の排出削減目標である1990年比25%削減に向けた温暖化対策の実施の効果とその影響を分析する。IPCC第五次評価報告書への入力を目的とした新シナリオ作成のために、世界経済モデルや世界技術選択モデルを用いて、長期排出シナリオの作成作業を行う。さらに、トレーニング・ワークショップを開催し、アジア各国のモデル開発・政策分析のための人材育成を行う。

平成22年度の研究成果

全体

- ① わが国の2020年温室効果ガス排出量25%削減、2050年80%削減を実現する方策の整合性を一連のモデルを用いてシュミレーションし、中央環境審議会地球環境部会中長期ロードマップ小委員会において報告した。アジアの主要国または都市を対象とした低炭素社会シナリオ作りを進めた。2050年世界半減目標を実現する排出経路を計算し、主要国における技術導入や経済影響を評価した。また、国際交渉に影響を及ぼす米国や欧州、新興国等の国内意思決定過程を調査し、これらの国が合意しうる国際制度のあり方について検討した。

サブテーマ(1)

- ① ア 日本を対象とした低炭素社会シナリオの分析：中央環境審議会地球環境部会中長期ロードマップ小委員会第14回（2010年10月15日）および第19回（2010年12月21日）において、2009年8月に作成した報告書「低炭素社会に向けた道筋検討」をベースに、最新の知見を報告した。2050年80%削減などを目標とし、実施に要する総費用最小化の観点からその道筋を定量的に検討したところ、2020年における削減量はシナリオAでは90年比16%削減、シナリオBでは90年比21%削減。また、2030年、2040年の削減幅はそれぞれ▲30%～▲36%、▲51%～▲56%となった。・目指す社会像の想定（シナリオ）やケース分類によって80%削減を実現するための最適パスは異なるが、2020年▲15%～▲25%削減を通過して、2050年80%削減を実現することは十分に可能であることがわかった。
- ① イ アジアにおける低炭素社会シナリオの構築：中国、インド、韓国、タイ、マレーシア、インドネシア、ベトナム、カンボジアの大学・政府系研究機関の研究者と共同して、日本低炭素社会研究を通じて開発してきた各種定量評価モデルを用いて、各国あるいは地域レベルでの低炭素社会シナリオを検討し、アジアにおける低炭素社会シナリオを開発した。2010年8月に国立環境研究所にて中国、インド、韓国、タイ、マレーシア、インドネシア、ベトナムから研究者を招へいし、低炭素社会研究の手法を伝えるトレーニング・ワークショップを開催した。今年度は研究者だけでなく政策決定者にもトレーニング・ワークショップに招聘し、シナリオ作りを共同で進めることで低炭素社会に向けた政策立案づくりに役立てた。また、2010年11月にバンコクでタイの中央および地方行政担当者らを含めた80人規模のモデル・キャパシティービルディングワークショップを主催し、簡易モデルの実習を通じてシナリオ作りを体験

し政策立案に役立てるプロセスを行った。

- ① ウ 世界における低炭素社会研究の推進：日本低炭素社会研究やトレーニング・ワークショップの成果も合わせて、2010年12月にはCOP16/CMP6（カンクン、メキシコ）でアジアの低炭素社会づくりをテーマとしたサイドイベントを開催し、日本、インド、中国の長期シナリオが短期の国際交渉にどのような影響を与えるかを中心に議論した。また、2011年2月には東京で「アジア低炭素社会に向けて」と題したワークショップを行い200人以上の参加者を得て、国立環境研究所および共同で研究を進めている国内外のグループとともにアジア低炭素社会研究の最前線を報告し活発な議論を受けた。
- ① エ 研究成果の普及：研究成果を直接にステークホルダーに伝えるために、一般の講演を多数行うとともに、雑誌、新聞、テレビなどのメディアにおいても広く紹介された。また、政策立案についても有用な情報を提供した。

サブテーマ(2)

- ① ア 気候変動に関する主要国の意思決定に関する分析：国際交渉に影響を及ぼす主要国として、米国、欧州、新興国、ロシアを取り上げ、それらの国の主張が国際交渉の内容に及ぼす影響を分析した。その結果、それぞれの国内政治経済情勢が、国のポジションに大きく影響を及ぼしており、それが国際交渉の動向にも影響を及ぼしていることが明らかとなった。中でも、米国内の気候変動に対する消極性は、欧州の態度に影響を与えており、欧州の消極性への転換は、ロシアにも影響を及ぼしている。他方、中国は、原単位目標を掲げて経済発展を目指している。このような状況により、少なくとも今後数年は新議定書等の新たな国際制度は構築されないと予想され、各国内の自主的な取り組みへの比重が増えていることが指摘できた。
- ① イ アジア地域での中長期的な低炭素社会構築を目指し、重層的な国際協調のあり方を検討した。特に技術移転に関して課題を整理したところ、技術の諸段階（研究開発・開発・実用化・販売・普及）及び技術の種類（インフラ・素材・最終消費財）によって、適切な制度は異なってくると想定されることを指摘できた。
- ① ウ 政策貢献への一環として、気候変動枠組条約第16回締約国会議（COP16）及び生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）での政府代表団に対して後方支援を実施した。

サブテーマ(3)

- ① ア 日本の2020年の削減目標の対策評価：日本を対象としたAIM/Enduse（技術選択モデル）を用いた削減ポテンシャルの分析により、修正されたマクロフレーム（経済成長率や活動量）や技術普及を前提にすると、2020年に温室効果ガス排出量を1990年比25%削減することは技術的に可能であることを示した。温室効果ガスを25%削減するためには、追加費用として年間9.5兆円が必要となるが、これらは単なる費用ではなく、国内で供給できる技術があれば内需拡大のための支出となる。こうした産業を育成することは、該当分野における雇用を創出しさらなる技術発展が見込まれる。また、こうした対策の導入はエネルギー費用の削減につながり、導入される機器の耐用年数を考慮すれば、導入に必要となる追加費用以上のエネルギー費用の節約が見込まれる。さらに、温暖化対策は世界の潮流であり、こうした産業の育成は国際的な競争力の強化にもつながる。但し、経済モデルの分析から、追加費用をどのように調達するかについては配慮が必要である。全てを事業者に負担させ、本来の生産投資が目減りするようになると、経済発展にも影響が出る可能性がある。技術の普及促進を実現するために炭素税の導入を考え、

税収を温暖化対策に充当することを想定すると、必要な税率は低く抑えられ、かつ、経済活動への影響も小さいことが示唆された。

- ① イ IPCC 第五次評価報告書に向けた社会経済共通シナリオ（SSP シナリオ）の検討：IPCC 第五次評価報告書に向けて、温暖化影響の評価の基礎となる社会経済シナリオ開発に向けた検討を開始した。代表的な濃度経路シナリオ（RCP）に対応する社会経済シナリオにおいて提示すべき指標の設定、将来シナリオの背景等について議論を行い、目的に対応したモデルの改良に着手した。
- ① ウ 世界への情報発信および人材育成：エネルギーモデリングフォーラムやアジアモデリングエクササイズ等の国際モデル比較研究プロジェクトに参加し、情報提供を行った。また、アジア各国の温暖化対策を手量的に評価することを目的として、技術選択モデル（AIM/Enduse）に関するトレーニング・ワークショップを開催し、世界の温暖化対策シナリオを作成するための人材育成を行った。

（5）関連研究プロジェクト

平成22年度の研究成果目標

関連PJ(1)：過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定

- ① 気候モデルによる20世紀気候再現実験の出力データを、大気中の水収支式に基づく手法を用いて解析し、緯度帯ごとの長期降水量変化の発生メカニズムを解明する。また、複数の気候モデルによる様々な数値実験のデータ解析を通して、自然起源の気候変動要因に対する気候応答の不確実性に関する知見を得る。

関連PJ(2)：太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価

- ① 太平洋の島嶼国を対象として、適応策を整理するとともに、地形変化、水資源変化、社会変動の復元結果と、地形・水資源変化モデルに基づき、具体的な適応策を提案する。また、現地ワークショップ等でこうした成果を普及する。

関連PJ(3)：温暖化に対するサンゴ礁の変化の検出とモニタリング

- ① サンゴ分布及びその変化の解析を継続してデータベース化するとともに、それらと周辺環境の対応を検討する。

関連PJ(4)：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

- ① 核実験起源放射性炭素同位体をトレーサーに用い、土壌有機炭素の分解速度を表す滞留時間の観測を行う。これにより、黒ボク土を初めとする日本特有の火山灰性土壌における炭素蓄積機構を解明する。

平成22年度の研究成果

関連PJ(1)

- ① 気候モデルによる20世紀気候再現実験結果を大気中の水収支式に基づいて解析し、熱帯域での陸域降水量減少には人為起源のエアロゾル増加や温暖化に伴う鉛直循環の変化が、北半球高緯度域での陸域降水量増加には水平移流や地表面熱バランスの変化が、それぞれ大きく影響していることを明らかにした。
- ① 複数の気候モデルによる20世紀気候再現実験結果を解析し、大規模火山噴火に対する気候応答の相違について調べた結果、大気中CO₂濃度の経年変化を濃度データで与えた場合と、排出量データから内部で予報した場合とで、ピナツボ火山噴火に対する気候応答に違いのある可能性が高いことが示唆された。

関連PJ(2)

- ① ア 環境変動に対する適応においては、グローバル（地球温暖化）な影響の低減、ローカル（人口増加）な影響の低減に加え、水タンクの設置など自然の状態では活用されていなかった資源の活用を行う、未利用資源の開拓が重要であると考えられた。
- ① イ 重点対象地域のツバルにおいては、要因において重要なものが、グローバルな要因である海面上昇と降水量変動、ローカルな要因である人口増加にともなう土地利用変化と汚染にあることが示された。適応策としては、元湿地帯を示したハザードマップによる都市計画の立案、海浜植生やサンゴ・有孔虫の保護区域の設定とともに、汚染の低減やサンゴ・有孔虫の増殖によって生態系を積極的に回復させて砂生産を増大させること、タロイモ畑における淡水保水力のある土壌を導入すること、環礁間や島外のネットワークを促進する運輸手段の増強を行うことなどが考えられた。

関連PJ(3)

- ① ア 空中写真と衛星画像を用いて、過去数十年の流域の土地利用の復元を行い、沖縄復帰後の土地改良、減反政策によるサトウキビへの転換、牧畜の増加による変化が土砂や栄養塩の流出を起こしている可能性を示した。
- ① イ 日本全国のサンゴ被度データベースを整備し、土地利用との対応を検討した結果、河川流入と水温上昇の複合影響がサンゴ被度低下をもたらしている可能性を示した。

関連PJ(4)

- ① ア 前年度に引き続き、土壌コアサンプラーを用いて筑波山等で土壌試料の採取を行い、深度別に、仮比重、炭素・窒素含有率、14C分析を行っている。また、これらの試料中の土壌有機炭素の分解特性を調べるために、比重選別を行い、炭素・窒素含有率および14C測定を実施した。
- ① イ 温暖化によって分解が促進される有機炭素の量とともにその起源を調べるために、室内での培養した土壌から放出するCO₂の14C測定を行うシステムの開発をおこなった。通気法で採取したガス中から14Cを測定可能な量の炭素（CO₂）を回収することができ、現在14C分析を進めている。
- ① ウ 培養実験の結果と野外での結果を比較するために、野外温暖化実験サイトにおいて土壌ガスおよび土壌呼吸CO₂の採取を行った。採気管付近の少ない土壌空壁からガスを真空ボトルに採取するための自動採取システムの開発を行い、非常にゆっくり（～10cc/min）とガスを採取することが可能となった。このシステムを使用し、対照区に対して表層5cmの温度を2℃上昇させた加温区と、対照区での土壌ガス採取を実施し、14C分析を進めている。

(6) GOSAT データ定常処理運用システム開発・運用事業（その他の活動）

平成22年度の研究成果目標

- ① 実際のGOSAT観測データに基づいて、着実な定常処理の実施、システムの管理、プロダクトの検証支援、保存、データポリシーに則った配信・提供を行う。
- ② 定常処理のための関係機関とのデータ授受及び観測要求の受付と整理を行う。さらに当システムで導出されるプロダクトの検証作業を支援する。

③ 炭素収支インバースモデルによる処理の準備を進める。

平成22年度の研究成果

- ① ア 観測データを用いた定常処理運用システムの調整と改良、データ処理・開発用機器の補強などシステムの追加、保守、運用を行った。
- ① イ データ処理アルゴリズムの改訂事項のシステムへの反映とデータの再処理を行った。
- ① ウ データポリシーに則ったプロダクトの配信を行った。
- ② エ 当計算機システムの運用管理、関係機関とのデータ授受、システムへのユーザ登録・管理とユーザへの情報発信、ユーザからの観測要求の受付・整理を行った。
- ② オ プロダクトの検証作業支援を行った。
- ③ カ 炭素収支推定のためのインバースモデル計算を行うシステム開発を進めた。
(7) 知的研究基盤の整備事業
資料12を参照。

1.5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
事後評価	8	11				
(平成23年3月)	42	58				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 4.4点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

研究の全体目標に対応するための組織作りが功を奏し、4つの中核プロジェクトがそれぞれ期待以上の成果を上げ、社会や行政に対しても十分貢献できたと思う。特にGOSATは、米国のOCOがうまくいかなかったこともあり、世界的にも誇れるユニークなデータを提供している。

[今後への期待・要望]

今後は中核P4を中心にシナリオ作成と国際政策分析を進めて頂きたい。

長期的にどのような政策を選択するかシナリオ策定やその実現のための科学技術の確立へのロードマップのような具体的な成果が生まれるような今後の研究展開を期待している。

(3) 対処方針

第2期中期計画期間に引き続き、第3期中期計画期間における地球温暖化研究プログラムにおいても、「低炭素社会に向けたビジョン・シナリオ構築と対策評価に関する統合研究」プロジェクトとして、シナリオ策

定、その実現のための政策オプションの提示、国際政策分析などの研究を展開する。また、「温室効果ガス等の濃度変動特性の解明とその将来予測に関する研究」プロジェクト、および「地球温暖化に関わる地球規模リスクに関する研究」プロジェクトを実施し、総合的な地球温暖化研究を推進する。

2. 循環型社会研究プログラム

2.1 研究の概要

今後の循環型社会構築に向けて、わが国の循環型社会の近未来像、資源性・有害性をもつ物質の管理、バイオマス系廃棄物の資源化技術、資源循環・廃棄物管理の国際的側面、という切り口から、4つの「中核研究プロジェクト」において重点的に取り組むとともに、他の研究ユニットの研究者が主体となる「関連研究プロジェクト」4課題を実施した。また、廃棄物管理の政策課題に直結した調査・研究にも重点的に研究資源を配分するとともに、本分野の中長期的な問題への対応、解決に資する研究能力の向上を図るための基盤的調査・研究や知的研究基盤整備についても、本重点研究プログラムの一部として一体的に推進した。

循環型社会構築に結びつく主な成果として、1)複数の社会シナリオと数量モデルに基づき、物質フローに大きな影響を与える社会変化や効果の高い対策を同定したこと、2)いくつかの製品群の事例研究をもとに、資源性・有害性の面からの物質の管理方策、再生品の環境安全品質の試験・確認、資源回収・適正処理におけるトレーサビリティの情報などを提示したこと、3)熱分解ガス化改質及び水素-メタン二段発酵により、バイオマス系廃棄物から高収率で水素ガスを回収できることを示すとともに、地域に適した要素技術を適用した地域循環圏の計画手法を構築したこと、4)家電・パソコン等の国内・国際フローを明らかにし、付随する環境影響等の問題点や改善の方向性を示す一方、タイで準好気性埋立の性能を評価する実証実験の段階に達したこと、などがあげられる。

また、廃棄物行政が直面する種々の課題の解決を支援するため、施設の維持管理、廃棄物管理システムの再編、試験評価等の分野で技術上の基準、指針値、公定法等の制定や改訂につながる知見を提供するとともに、堆積廃棄物火災、廃 PCB 処理、POPs 埋設農薬などの一連の負の遺産問題に対しても、調査手法、マニュアル制定等の知見を提供した。

さらに、現在から将来にわたる中長期的な問題への対応、解決に資する研究能力の向上を図るための基盤的な調査・研究、廃棄物分野のデータベース整備等の知的研究基盤整備に取り組んだ。

2.2 研究期間

平成18～22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
運営費交付金	463	497	530	528	505	2,523
その他外部資金	561	322	226	271	208	1,588
総額	1,024	819	756	799	713	4,111

2.4 平成22年度研究成果の概要

(1) 中核研究プロジェクト1：近未来の資源循環システムと政策・マネジメント手法の設計・評価

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① これまでに検討してきたモデル、シナリオの妥当性を高め、総合的な成果としてまとめる。

サブテーマ(1)：物質フローモデルに基づく資源利用・廃棄物等発生の将来予測と近未来ビジョンへの転換シナリオ評価

- ① これまでに検討してきた対策リストをもとに、近未来における循環型社会のビジョンを作成する。
- ② ビジョンにおける天然資源消費抑制および環境負荷低減効果を推計する。

サブテーマ(2)：近未来の循環型社会における技術システムの設計と評価

- ① より効果的な対策が望まれる食品廃棄物、廃プラスチック、廃家電、および建設廃棄物に関する対策シナリオを提案し、その効果を前述モデルを用いて分析する。また、資源の利用効率を評価する「資源のLCA」を提案し、素材間の代替効果を分析する。

サブテーマ(3)：循環型社会の形成に資する政策手法・マネジメント手法の設計・開発と評価

- ① 回収インセンティブを与える施策の導入可能性や有効性を明らかにする。
- ② リデュース・リユース（2R）研究の体系化を行い、その効果把握を行う。
- ③ 対策パッケージの作成に向けた概念等を整理する。

平成22年度の研究成果

全体

- ① ア これまでに検討してきたモデル、シナリオの妥当性を検討するため、食品、容器包装、耐久消費財、耐久財の分野ごとに専門家を招聘してのヒアリングを実施した。上記の分野ごとに、個人主義・技術志向・速い社会変化等で特徴付けられる社会シナリオ A と共生主義・自然志向・遅い社会変化等で特徴付けられる社会シナリオ B を設定し、それぞれ天然資源消費抑制や環境負荷低減対策を講じない場合と講じた場合の試算結果を示し議論を行った。これらの結果をもとにモデル及びシナリオの改善を行い、近未来の対策パッケージとしての2つのシナリオを提示した。22年度には循環型社会の中長期グランドデザインの検討等が始まっており、構築したモデルの分析などが今後の検討に役立つものと考えられる。
- ① イ 上記の社会シナリオも考慮しながら、廃棄物の循環利用に関しても新規技術開発志向と既存技術普及志向の2種類の対策シナリオを提案した。対象とする廃棄物も、上記の生産・消費の分析と対応して、食品廃棄物、廃プラスチック、廃家電、および建設廃棄物とした。代表的な循環利用技術のデータ整備を完了させ、対策シナリオを表現する技術データや物質フローパラメータを上記モデルに入力して、対策シナリオを実現した場合の効果を分析した。さらに、その結果を上記モデルの改良に反映させるとともに、技術システムの観点からのシナリオの妥当性を向上させた。
- ① ウ 政策・マネジメント手法に関しては、デポジット制度の対象物を廃棄物・有価物・有用物・有害物に区分し、それぞれへのデポジット制度の適用性検討や経済理論的説明を行った。これらと前年度までの国外のデポジット制度調査や資源回収ポイント制度の検討結果を加えて、研究所のRシリーズ報告書として刊行した。また、EUにおけるリデュース・リユースの取組の最新情報を収集・整理するとともに、これらの取組を類型化しながら、効果把握の指標群を精査した。さらに、各分野での対策や自治体の施策を1)各シナリオに向かうための対策と2)各シナリオにおいて講じなければならない対策などに区別しながら、その背後にある基本的考え方をふまえて、概念等を整理した。

サブテーマ(1)

- ① これまでに類型・リスト化してきた天然資源消費抑制や環境負荷低減につながる対策を、主として技術やシステムの変更に関わる対策とライフスタイルの変更に関わる対策とに分け、前者の対策を中心とするビジョン A、後者の対策を中心とするビジョン B としてパッケージ化した。具体的には、リスト化さ

れた対策の性質に応じて、対策ごとに各ビジョンにおける対策導入量等のパラメータを設定した。これらのビジョンは脱温暖化 2050 におけるビジョンとの整合性を意識したものであり、低炭素社会と循環型社会に対する統合的アプローチへの発展が期待できるものであるが、設定した各対策の導入量の妥当性と相互関係、脱温暖化 2050 ビジョンとの整合性などについて今後詳細に検討していく必要がある。

- ② これまでに開発してきたモデル（各種の社会変化や対策導入がもたらす製品・サービス需要への影響、天然資源消費量・環境負荷発生量への影響を推計するモデル）を用いて、上記①により設定した各ビジョンについての試算を行い、近未来の物質フローに大きな影響を与える社会変化や効果の高い対策の一次同定を行った。例えば、今後の公共投資の動向によっては、セメント需要量が大幅に減少することが推計され、それにより各種環境負荷は削減されるもののセメント産業における廃棄物利用の制約になること、今後の食糧自給の動向によっては、国内の農畜産物系の廃棄物発生量が大幅に増加することなどが示唆された（本成果は環境・循環型社会・生物多様性白書にも掲載予定）。現時点では暫定的なパラメータ設定に依っており、今後一定量の天然資源消費抑制、環境負荷低減を達成するためのビジョンについてより詳細に検討していく必要がある。

サブテーマ(2)

- ① より効果的な対策が望まれる廃棄物を対象とした事例分析の結果、食品廃棄物については、排出源の種類別（家庭、卸売・小売業、外食産業など）の品質区分が提案され、それに応じた循環技術システムを設計・評価した結果、近未来ビジョンとして下水汚泥や家畜ふん尿などの循環利用や畜産業などとの連携システムが提案された。プラスチックについては、食品関連、薬品・化粧品関連、耐久財関連などの区分が提案され、それに応じた循環技術システムを設計・評価した結果、現行より効率的なプラスチックリサイクルシステムが提案された。廃家電については元となる家電製品の機種変化の状況を考慮し、建設廃棄物については再生製品の受入先であるセメント産業の状況を考慮して、各々の状況に応じた循環技術システムを設計・評価した。また、資源の利用効率を評価する「資源の LCA」を提案し、事例分析を実施した結果、用途と素材の組み合わせによって、二酸化炭素排出量が大きく変化し得ることが明らかとなった。

サブテーマ(3)

- ① デポジット制度の対象物を廃棄物・有価物・有用物・有害物に区分し、それぞれへのデポジット制度の適用性検討や経済理論的説明を行った。これらと前年度までの国外のデポジット制度調査や資源回収ポイント制度の検討結果を加えて、研究所の R シリーズ報告書として刊行した。
- ② EU におけるリデュース・リユースの取組の最新情報を収集・整理するとともに、これらの取組を類型化しながら、「活動量」、「製品使用活動量」、「製品量」、「新規製品製造量」に着目した効果把握の指標群を精査した。また、前年度に引き続き POS データを用いた廃棄物発生抑制効果の把握手法についての検討を進め、効果把握の可能性と課題を提示した。
- ③ サブテーマ 1 における対策パッケージ作成のために、各分野での対策や自治体の施策を 1) 各シナリオに向かうための対策と 2) 各シナリオにおいて講じなければならない対策などに区別しながら、その背後にある基本的考え方をふまえて、概念等を整理した。

(2) 中核研究プロジェクト2：資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① 製品を対象に物質の有害性・資源性の管理について総合的に考察を進める。

サブテーマ(1)：プラスチックリサイクル・廃棄過程における化学物質管理方策の検討

- ① プラスチック中難燃剤のライフサイクルにおけるリスク評価と制御対策検討を行う。

サブテーマ(2)：資源性・有害性を有する金属類のリサイクル・廃棄過程の管理方策の検討

- ① 金属資源評価指標の開発、潜在的資源の探索と回収性の評価を行い、金属回収性向上のための方策を検討する。

サブテーマ(3)：再生製品の環境安全品質管理手法の確立

- ① 再生製品の環境安全管理手法を確立し、環境安全品質評価事例を蓄積する。

サブテーマ(4)：物質管理方策の現状及び将来像の検討

- ① 適用されうる物質管理方策を抽出し、その適用性や有効性などを確認する。

平成22年度の研究成果

全体

- ① パソコン等の電気・電子製品に着目して、製品ライフサイクルを通じた臭素系難燃剤等の有害物質の挙動や曝露に関するリスク関連情報と、資源性物質（有価金属等）の含有量、資源価値、回収性に関する研究成果情報を同時に睨みつつ、併せて、物質管理の既存方策の学術的レビューを行って、包括的な物質管理方策の基本モデルについて検討、提案を試みた。

サブテーマ(1)

- ① ポリエステル繊維製品を対象に BFR の含有量分析のみならず、その放散挙動や光分解挙動等、使用時挙動実験を実施し、曝露・リスク評価を行う上で直接的に重要な BFR 放散量、光分解産物である PBDF 生成量を得ることができた。プラスチック再生材料の品質管理上、問題となっている成形品の表面不良や射出成形における金型腐食の改善について取り組みを試行実施した。ABS 樹脂と再生ポリオレフィン系樹脂について、金型表面の付着物を除去しないで長期間にわたり成形作業を行った場合には、付着物中の硫酸化合物及び塩化物により金型表面に低温腐食が発生することが推察できた。廃プラスチック類の圧縮梱包施設の安全性を確保する観点から、実際の一般廃棄物データから得られた組成をもとに調製した廃プラスチック試料を用いて、圧縮工程の模擬試験を実施し、そこで放散される化学物質の定量分析を行い、実施における挙動解析に活用すべく排出原単位を算定した。

サブテーマ(2)

- ① 王水および塩酸溶解で溶解困難なタンタル等の元素についてフッ酸溶解を検証、追加し、基板等の複合素材に含まれる金属分析のための試料分解方法を確立した。一般廃棄物処理における物質挙動調査結果から調査対象自治体における電気・電子製品含有物質のフローを推計し、多くの金属が最終処分等へ回り、未回収であることを明らかにした。全国自治体における使用済み電気・電子製品の収集・処理方法をアンケート調査し、国内の処理フローの実態をとりまとめた。業務用電気・電子製品について、前年度整備した情報から二次資源としての性質を家庭用製品と比較考察し、いくつかの製品・金属は家庭用製

品と同等以上の重要性を持つことを示した。熱力学解析に基づいて、乾式製錬(鉄、銅、鉛、鉛・亜鉛)および再溶解プロセス(アルミニウム)における金属回収・不純物除去可能性を明らかにするとともに、温度・酸素分圧などのパラメータの変化に伴う元素の分配挙動への影響を明らかにした。また、同様の手法を用いて、焼却灰の溶融プロセスにおける元素の分配挙動の解析を実施した。

サブテーマ(3)

- ① 本サブテーマで開発した環境安全品質試験評価法を、ケーススタディとしてフェロニッケルスラグ、製鋼スラグ、再生石膏等へ適用し、これらの環境影響に関するデータを蓄積した。循環資材の環境安全品質評価と管理に関する「基本的考え方」をとりまとめた。コンクリート用及び道路用スラグ JIS への環境安全品質導入のための指針検討委員会、及び、石炭灰混合材料の港湾工事利用ガイドライン検討委員会において「基本的考え方」が採用され、これに基づき「最も配慮すべき暴露環境に基づく試験」等が導入された。

サブテーマ(4)

- ① 前年度までに整備した物質管理規定のレビューを継続実施した。資源管理に係る法制度をレビューし、前年度のレビューで不足している視点を追加することができた。その上で、物質管理の変遷を、物質管理対象物(対象リスク)の変遷、物質管理の保護の対象の変遷、物質管理の対象ライフステージの変遷、物質管理手法の変遷の4つの変遷に整理し、大きな流れとして、ハイリスク物質の管理からミドルリスク物質の管理、チェックゲート管理から情報管理への流れがあることを確認した。これに前年度までの基本管理方策の特徴等をふまえて、例えば電気電子機器類における物質管理方策パッケージとして、曝露・被害防止：リスク同定、基板破碎時の粉じん対策、クローズド化：使用済み製品の回収方式と回収率向上方策の検討、情報管理：製品中含有物質情報の整備、国内フローの推計方法の開発等の方向性を提示することができた。

(3) 中核研究プロジェクト3：廃棄物系バイオマスのWin-Win型資源循環技術の開発

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① 各要素技術の最適化など技術およびシステムの完成に必要な事項を実験により明確にするとともに、循環システム化を最終目標に、システム化に必要な条件や相互の関係性等に関する課題を明らかにすることを目標とする。

サブテーマ(1)：エネルギー/マテリアル循環利用技術システムの開発と評価

- ① ガス化-改質プロセスの開発では、タール成分の低減と触媒耐久性向上を目的とした改質触媒・触媒補助材料の併用について検討し、その最適条件の指針を確立する。
- ② 水素-メタン二段発酵プロセス開発では、ガス回収率の向上を図ると同時に、発酵残液処理における栄養塩類除去を効率化し、全体としてのエネルギー回収効率を評価し、全体のシステム構築を図る。
- ③ 開発したBDF製造技術の高度化および省資源化を評価する。第二世代BDFの前処理技術の開発を進め、地域循環シナリオを設定する。
- ④ リン回収では、処理対象規模等に対応した要素技術開発を進めると同時に、回収リンの活用方法に照らしたリン形態、純度などを評価し、回収技術の費用対効果等について検討する。

サブテーマ(2)：動脈-静脈連携等を導入したバイオマス地域循環圏の設計と構築

- ① 「地域循環圏」の事例研究を通じてシステムを改善するとともに、設計・構築手法を確立する。開発技

平成22年度の研究成果

全体

- ① ア エネルギー物質の回収を目指す要素技術研究においては、中核的なプロセスである、ガス化プロセス、水素およびメタン発酵プロセスに関する技術的因子は前年度までにほぼ明らかにしたことから、ガス化-改質においては副成するタール分等の発生特性とその制御、発酵においては、プロセスから排出される高濃度の残液(脱離液)の高度処理等システム全体での環境負荷の低減に実験研究として注力した。その結果、さらに効率向上の余地は残すものの、次段階の技術開発に生かせる技術要素すなわち有効な触媒や充填材等のもつ効果を明らかにすることで成果を得た。一方、要素技術の確立を踏まえて、システムの適用、および経済性等の実用化において重要なパラメータを加味した成立要件等を明確にするため、システムインテグレーションに係るシミュレーションを実施した。
- ② イ サブテーマ2では、サブテーマ1で開発した3種類の要素技術を導入した統合システムを提案し、企業への聞き取り調査などを通じて技術やコストのデータを収集・整理した。また、関東圏の都県を各種バイオマス発生比率で類型化し、プロセスシミュレーターを活用して各類型に対応する統合システムを設計・評価することによって、地域循環圏の適合性を確認した。

サブテーマ(1)

- ① エネルギー物質回収の要素技術研究のうち、ガス化-改質プロセスの開発においては、ガス化工程で生成するタール分、硫化水素およびアンモニア等の低濃度負荷物質の生成に対する温度条件、炭素/水蒸気注入量比および理論空気比条件等の影響と関係性を詳細に解析した。また、低コストであることが見込める新規触媒としてステンレス鋼合金を基材とする触媒を用いてガス化ガスに対する改質性能を試験し、適用性評価と将来的な実用性の一次的評価を行った。水素および一酸化炭素の生成に有効であるが、炭素の表面析出が課題であることを見いだした。さらに、基礎実験装置でほぼ確立したガス化条件をもとに、外部機関保有の処理量500kg/日規模のパイロット規模試験装置を用いて試験・評価し、木質系バイオマスおよび廃棄紙およびプラスチックからのRPF試料を用いた排出ガス特性、タール分解性およびメタノール合成の実績等を把握した。
- ② 水素-メタン発酵プロセスに関する前年度までの研究において、食堂残飯の滞留時間は37.5日が最短であった。このことは、最低でも1日に処理する食堂残飯の約37倍容量の装置が必要であることを意味しており、従来技術としての生ごみのメタン発酵における標準的滞留時間20~30日と比較して、開発プロセスは処理効率の点で課題を残していた。本年度は、まず食堂残飯を対象としたメタン発酵プロセスの連続実験を行い、発酵槽内ではメタン生成菌に必須である栄養塩の溶存態としての濃度が不足する環境にあり、それがメタン生成速度を制限していることを突き止めた。処理原料への微量の栄養塩添加により、水素-メタン二段発酵プロセスの食堂残飯滞留時間9日での安定した連続運転を実現し、装置規模を少なくとも前年度までのその約4分の1に縮小できることを示した。一方、開発した水素-メタン発酵プロセスに対して適用可能なバイオマスの選別指針の構築を目的として、異なる組成の各種生ごみ・食品廃棄物のガス生成ポテンシャル検証実験から、食品標準成分とガス生成ポテンシャルおよび水素発酵適性の定式化を行い、食品標準成分に基づくバイオマスの炭水化物含有率(g -炭水化物/ g -VS)を変数とした水素発酵適正の判別式を示し、本プロセスへの適用バイオマスの選別指針を構築した。
- ③ 第一世代BDF製造技術開発については、共溶媒による均一合成系に固定化酵素を適用し、高収率化を検

討した。共溶媒の添加は酵素凝集を防止し、高い収率（95%）が得られるのと同時に、グリセリンの相分離を促進させる効果があることを示した。また、プロセスシミュレータにより開発した技術が従来法よりも投入エネルギーが 35%低減できることも確認した。第二世代 BDF 製造技術開発では、低品位な廃熱で低品質廃油脂類から燃料成分を回収できることを示すとともに、燃料成分の性状評価と更なる高品位化を進めた。さらに、低品質廃油脂類の収集-前処理-残渣処理-製油所へ運搬という循環シナリオを設定するとともに、そのシステムの経済性や環境負荷を評価するための方法を構築した。

- ④ リン回収に関しては、主に鉄電解脱リン装置について実験的・理論的に検討を行い、簡易な維持管理で高度なリン除去が達成可能であり、かつ分散型処理地域におけるリン資源の循環を面的・効果的に進め得ることから、本技術の導入は費用対効果として高いものと考えられた。また、家庭から排出されたリンの 9 割程度がリン酸鉄等として浄化槽内に貯留され、汚泥とともに引き抜くことにより、新たな追加システムを要さずにリンを収集可能であること、鉄電解脱リン汚泥は、アルカリ溶出による効率が高く、リン溶出技術を最適化することにより、汚泥に対して 90%程度と高効率にリンを回収可能であること等の回収ポテンシャルを明確にした。さらに、回収リンの利用者側から見た要求品質の主要な検査項目について調査を進め、回収リンの形態および共存物質の影響が重要な因子になると考えられた。

サブテーマ(2)

- ① 3 つの要素技術を導入した統合システムを提案し、技術やコストのデータを収集・整理した。また、関東圏の都県を各種バイオマス発生比率で類型化し、プロセスシミュレーターを活用して各類型に対応する統合システムを設計・評価することによって、地域循環圏の適合性を確認した。

シミュレーションでは、物質・エネルギーの投入・産出データから、地域循環圏を都市、都市近郊および農村に大別し、湿潤系である食品廃棄物、廃食油および乾燥系である木質系バイオマス、RDF、RPF の排出量を設定した。要素技術であるガス化改質、水素メタン二段発酵および BDF 製造のパラメータを設定し、プロセス設計を構築し、各技術の転換効率、スケールメリット、熱収支の観点から地域別の特異性を明らかにした。さらに、この 3 技術を複合した場合のシステム解析も行い、余剰熱源を排水処理において発生する汚泥の乾燥に利用することで、複合システムの総合エネルギー効率の改善が期待できることを見いだした。最終的に、単独プロセスおよび複合システムの経済性および事業性を評価できた。

(4) 中核研究プロジェクト 4：国際資源循環を支える適正管理ネットワークと技術システムの構築

平成 22 年度の研究成果目標

全体：

- ① アジア地域における廃棄物の物質フローデータの充実と処理技術の類型化、有害物質や温室効果ガスの環境排出調査、環境負荷低減方策の検討によって、総合的な解析と評価や排出低減策につなげる。

サブテーマ(1)：アジア地域における資源循環システムの解析と評価手法開発による適正管理ネットワークの設計・評価

- ① アジア地域における E-waste などの物質フローデータの充実と処理技術の類型化、環境負荷低減方策の検討によって、国際資源循環に関する総合的な解析と評価につなげる。

サブテーマ(2)：アジア諸国における資源循環過程での環境影響把握

- ① アジア途上国における E-waste の循環・廃棄過程における作業環境曝露、環境排出を調査し、曝露、排出を低減するための対応策の検討につなげる。

サブテーマ(3-1)：途上国における適正処理・温暖化対策両立型技術システムの開発・評価（固形物）

- ① アジアの都市における廃棄物の組成ごとのフローを捉える手法を提示する。また、埋立地からの温室効果ガス排出係数を求めるとともに、排出源別や準好気性埋立等の削減対策の導入因子や制御因子を明らかにする。

サブテーマ(3-2)：途上国における適正処理・温暖化対策両立型技術システムの開発・評価（液状物）

- ① アジア途上国における汚水処理の現状調査を進めるとともに、処理技術の制約条件を整理し、現地適合理化のための基盤を構築する。

平成22年度の研究成果

全体

- ① ア 国際共同研究によってアジア各国内における E-waste のリユース・リサイクルの実態を調査し、類型化を試みた結果、各国のインフォーマルリサイクル現場をはじめとするリサイクル技術の概要や特徴を把握し、金属回収や有害物質汚染の状況及び対策を検討する情報を入手できた。また、ベトナム、フィリピン及びインドネシアの複数のリサイクル現場において、作業環境や人の健康試料を採取・分析し、POPs や重金属による汚染、貴金属回収における金属拡散事例、ならびに新技術由来とみられる有害金属曝露の可能性を確認した。国内外の携帯電話のリサイクル制度を比較検討し、回収率向上などに向けた課題を指摘した。
- ① イ 日本から輸出される金属スクラップについては、国内取引や火災発生状況を調査し、国内取引、輸出関連規制や安全管理にかかる適正管理方策を示した。
- ① ウ アジア諸国における廃棄物対策シナリオ設定に向けて、中間処理の導入途上にある近年の欧州諸国をレビューした結果、都市ごみのストリームでは、まず生物処理が導入され、同処理率が4割程度に達すると焼却処理が導入され始めるというパターンを示した。
- ① エ 準好気性埋立の効果を実証するために設置したテストセルにてモニタリングを行い、埋立初期の発生ガス量等のデータを取得した。周波数を調整したレーザーメタン検出器を超音波3次元風向風速計と同期させる手法を示した。好気及び嫌気が共存する条件下の有機物分解パラメータのオーダーを把握した。埋立地内における保有水の挙動把握のため、水みちを亀裂性岩盤モデルによって表現し、水の流れや溶出、有効間隙率の影響の程度を把握した。
- ① オ 液状廃棄物については、地域特性に応じた汚水処理のための小規模分散型の人工湿地システム、浄化槽、傾斜土槽法等の温度条件、負荷条件等に対する処理機能解析を実施し、地域の差、人口密度・気候条件・経済発展レベル等の要因と技術の適合性に大きな差があることを明らかにした。また、人工湿地システムにおいて、流入方法の改変による高度処理の最適条件の確立に目途をつけた。様々な処理技術の制約条件の調査を進め、地域特性に応じた最適な液状廃棄物処理システムを開発した。
- ① カ 以上について、ワークショップの開催や国際研究協力の実施により研究者ネットワークの構築に努めるとともに、関連する各種行政支援も行った。

サブテーマ(1)

- ① ア アジアの途上国の研究機関と国際共同研究によって、各国内における E-waste のリユース・リサイ

クルの実態を調査した結果、中国では Guiyu 鎮をケーススタディとして従来の手解体に加えて銅製錬と貴金属回収プロセスが導入されたこと、フィリピンでは多くはインフォーマルセクターでリユース・リサイクルされていること、ベトナムでは金属回収プロセスの多くを中国に依存していることを把握した。リサイクルの国際分業も視野に含めて、使用済み製品等のリサイクル・有害物質管理のための最適プロセスの選定手法開発を検討し、回収困難な金属の事前選別の有効性を指摘した。

- ① イ 日本から輸出される金属スクラップについては、国内取引や火災発生状況を調査し、国内取引、輸出関連規制や安全管理にかかる適正管理方策を検討した。
- ① ウ 途上国の E-waste 管理制度設計に向けて、インフォーマルセクターのフォーマル化などの必要性を指摘した。
- ① エ 以上の E-waste に関する成果は、国内外の専門家を招いて 12 月に開催した第 6 回国立環境研究所 E-waste ワークショップにおいて議論するなかからも得られた。

サブテーマ(2)

- ① 途上国での不適正リサイクルにおける各種環境汚染物質の排出挙動を把握するために、海外での現地調査を実施した。ベトナム、フィリピン及びインドネシアの処理工程の異なる複数のリサイクル現場において、有害物質の発生原単位的な情報取得のために場内大気・ダスト、周辺土壌などの環境試料、ならびに人の血液・尿・毛髪試料を採取・分析するなど、人へのハザードレベルを解明するための調査を実施した。また、国内火災現場で収集した金属スクラップ燃焼物のダイオキシン類分析を行った。

サブテーマ(3-1)

- ① ラムチャバン（タイ）の都市ごみ埋立地内で、東南アジアにおける準好気性埋立の効果を実証するために設置したテストセルにおいて、埋立初期の発生ガスモニタリングを実施した。傾度法・渦相関法を用いた全放出量計測手法の開発に着手した。埋立地からのメタン放出量推計モデルを改良するため、好気及び嫌気共存する条件下での有機物分解パラメータを実験的に検討した。埋立地内における保有水の挙動把握のため、水みちを亀裂性岩盤モデルによって表現し、水の流れや溶出、有効間隙率についてパラメトリックスタディを行った。

サブテーマ(3-2)

- ① 地域特性に応じた汚水処理のための小規模分散型の人工湿地システムの高度処理化と温室効果ガス排出特性の関係解析を進め、システム設計のための基盤情報を得ることができた。また、自然的・社会的制約条件と技術・システムの持つ制約条件の調査を進め、浄化槽、傾斜土槽法等の温度条件、負荷条件等に対する処理機能解析を実施し、インフラ整備・人口密度・気候条件・経済発展レベル等の要因と技術の適合性解析を行った。中国における分散型排水処理マニュアル作りについて、中国農村汚水処理技術北方センターとの連携強化を図った。

(5) 関連研究プロジェクト

平成 22 年度の研究成果目標

関連 PJ3：特定地域における産業間連携・地域資源活用によるエネルギー・資源の有効利用の実証

- ① 地理情報システムを活用した地域の循環代謝の空間情報データベースを開発し、多層的な循環圏形成の拡大シナリオを評価するガイドラインシステムを構築する。

関連PJ4：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

- ① 資源作物（サトウキビ等）由来液状廃棄物（廃液）の適正処理法の開発を行い、コベネフィット型処理技術の確立を目指す。

平成22年度の研究成果

関連PJ3

- ① 「東京圏域（1都3県）」を対象として、都市活動集中や先進的産業集積、農地緑地などの「循環資本」を活かす循環圏形成のプロセスを構築した。また、環境技術の開発と政策、循環ビジネスの展開軸を明らかにし、産業間の副産物連携拡大や都市・産業連携などの循環形成方策を設計・評価するシステムを構築した。

関連PJ4

- ① 不適切処理により水環境汚染や温室効果ガスの発生要因となっている資源作物（サトウキビ、アブラヤシ等）由来液状廃棄物（廃液）の適正処理法の開発を行った。具体的には、糖蜜系の高濃度廃液（エタノール蒸留廃液）の創エネ型処理に対応可能なメタン発酵技術の開発と、処理液のサトウキビへの液肥としての循環利用の検討と環境影響評価（温室効果ガス排出等）を行った。

(6) 廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究（その他の活動）

平成22年度の研究成果目標

- ① 廃棄物の適正管理に関し、国・地方自治体等が実施する政策・対策現場に必要な知見や改善案を提供し、社会への安全・安心を確保するため、埋立廃棄物識別・選択技術、熱的処理技術、および最終処分技術等の廃棄物処理・処分技術やシステムの開発・評価を行う。
- ② 循環資源・廃棄物を対象として、有害物質の挙動把握、簡易測定技術の最適化、処理プロセスからの事故の未然防止等の各種目的に応じた試験分析方法の整理、開発を進め、標準規格化、包括的な適用プログラムとして、試験評価・モニタリング手法の高度化・体系化を図る。
- ③ 有機性廃棄物の適正処理技術および廃棄物処理全体を捉えた効率的な処理・資源化システムを確立するため、し尿、生活雑排水、生ごみ、汚泥等の高度処理化・資源化のための技術開発およびシステム構築を行い、地域特性に応じた環境低負荷・資源循環技術システムによる液状廃棄物の適正管理手法の構築を図る。
- ④ 廃棄物の不適正管理に伴う環境汚染の修復事業を支援するため、廃PCB処理技術、同事業のフォローアップ、無許可輸入されたPCNの処理に係るフォローアップ、POPsや埋設農薬の適正処理および管理方策の調査を実施するとともに、不適正処分場や不法投棄による堆積廃棄物に対して、社会的な影響の大きい火災問題に着目して、出火メカニズムならびに防止対策のプロトコルを提案する。

平成22年度の研究成果

- ① 新埋立類型への埋立後の安定化挙動を予測するため、現場と同等の熱環境を再現する室内カラム試験装置を開発した。覆土中の埋立地ガスの挙動を再現する数値埋立モデルのモジュールを開発し、閉鎖型チャンパー内のフラックス測定誤差を評価した。また、平衡と物質移動を表現可能な数値埋立モデルのプロトタイプを構築した。破碎選別施設を経由する産業廃棄物の地域物流を費用の空間分布より表現するモデルの再現性の検証を進めた。RO膜を用いた浸出水処理の現場実験では所定の条件下で原水ホウ素濃度30 mg/Lの約80%が除去可能であった。海面最終処分場の集排水設備の能力と保有水水質への影響を

長期的な溶出挙動を組み込んで数値解析によって評価し、廃止基準の阻害要因が pH となる可能性を示唆した。21 年度までの調査結果をもとに選定した資源化・熱回収等の面できくに優れた焼却施設を対象とした詳細な実運転データ調査等によって、施設の物質収支および熱収支等を解析し、適正管理指標の改良をはかった。最新の廃プラスチック類圧縮中間処理施設において、VOC 等の低濃度有機汚染物質を測定し排出実態を明らかにするとともに、光触媒および活性炭吸着に基づく新規処理設備の特性評価を行った。

- ② 実製品に使用されている化学物質として臭素化難燃剤の代替物質である有機リン系難燃剤について、熱処理プラント実験により廃棄物処理過程（焼却）における分解挙動を把握し、それらの制御性について考察した結果、親化合物の十分な分解性を確認した。絶縁油中の微量 PCB に関する簡易測定法、特に陰性判定を行うための迅速判定法についての導入検討を行った。迅速判定法は、絶縁油中の PCB が基準値以下であることを迅速に判定する方法であり、検討成果は環境省マニュアル第 2 版に反映された。また、多種類の核内受容体（ダイオキシン受容体、エストロゲン受容体、アンドロゲン受容体、甲状腺ホルモン受容体、グルココルチコイド受容体、プロゲステロン受容体、ペルオキシゾーム増殖剤応答性受容体）結合／レポーター遺伝子アッセイを底質、大気粉塵やハウスダスト等の試料へ適用し、得られた活性結果から、ハザードの類型化を行った。その結果、ハザード評価指標として、ダイオキシン様活性、エストロゲン活性、抗アンドロゲン活性、抗プロゲステロン活性について各媒体で共通して検出された。また、これらのハザード評価指標はサンプリング地域によらず普遍的に検出される傾向にあった。
- ③ 生ごみディスポーザ排水を生活排水と併せて処理するベンチスケール試験により、小規模浄化槽における生ごみの可溶化・資化特性、汚泥発生量および有機炭素成分の貯留期間に応じた変化を解析し、現行法で定められた年 1 回の汚泥清掃頻度においては通常浄化槽と質的な差が見られず、同等に扱うことが可能であることを明らかにした。汚泥減量化については、実用化に向けたパラメータとしてのコスト等の技術比較・評価を行うとともに、通常排水処理性能の高度化を付加する技術基盤を構築した。また、低炭素社会におけるインフラ構築を進めるため、実規模の浄化槽をバイオエコ施設において稼働し、温室効果ガス排出量の算定および削減のためのメカニズム解明を図った。その結果、一日の流入汚水量の変動に対して、CH₄、N₂O が大きく影響を受けるとともに、維持管理において、嫌気・好気循環運転を適正に行うことで、排出量を大幅に削減可能であることを明らかにした。さらに、ライフサイクルにおける温室効果ガス排出量の精緻化を進めるとともに、実現場の浄化槽等の液状廃棄物処理施設における温室効果ガス排出量の調査を進めており、国家インベントリへの貢献がなされる見込みである。これらの液状廃棄物適正処理・温暖化対策については、所期の目標を概ね達成することができた。
- ④ PCN 原体の処理に関してジオメルト法による分解処理実証試験をベンチスケールで実施し、処理物や排ガス等の PCN の分析を行い、PCN が完全分解したと系外への移行がないことを確認した。また、PCN のメカノケミカル法による分解処理に関して原体及び 8 塩化ナフタレンを用いた実験的検討を行い、PCN の分解を確認した。これまで実施してきた堆積廃棄物の火災の研究成果を報告書としてとりまとめた。

(7) 基盤的な調査・研究活動：資源循環・廃棄物管理研究

平成 22 年度の研究成果目標

① 廃棄アスベストのリスク管理に関する研究：

無害化処理における各媒体、処理過程に適用可能な電子顕微鏡と光学顕微鏡を併用した分析法を検討する。分析精度管理に関して、クロスチェックを実施する。廃棄物処理・再資源化施設において、石綿飛散実態調査を行う。

② 資源循環に係る基盤的技術の開発：

- ・廃棄物資源化技術動向の調査に関して、内外から数十件を情報として収集し、さらに新規性のある実施調査等を通じて各技術の特徴と性能、実廃棄物への適用性、生成物の特質等に対する評価を行う。また、蓄積した情報をデータベースとして活用可能とする。
- ・低炭素社会形成とエネルギー回収に関するシンポジウムを開催し、幅広く状況把握を行い課題等を明らかにする。

その他の主な課題：

1) 臭素系難燃剤等の物性の測定・推定手法

前年度に製作した蒸気圧装置（気体流動法）を用いて、芳香族リン酸エステル難燃剤の蒸気圧の測定を試み、安定したデータが得るために試料の調整法を改善する。また、得られたデータから蒸発のエンタルピーを求める。

2) リデュース・リユースの分析・評価手法の体系化とその適用研究

3 R研究の体系化を目指し、英国の関連分野の調査研究の情報を整理する。テレビ、冷蔵庫、エアコンの製品データ・使用時間データを収集・整理し、prescriptive LCA 手法をこれら製品の買替判断に適用する。

3) 国際サプライチェーンを含む生産消費システムを対象とした環境負荷分析の理論と実践

設計した産業関連モデルを用いたCO₂排出量に関する事例研究を行い、モデルの特性とカーボンフットプリント算定への利用における有効性を確認する。また、CO₂以外の温室効果ガス、エネルギー資源、レアメタル資源への分析に向けたデータ整備を行う。

平成22年度の研究成果

① 廃棄アスベストのリスク管理に関する研究：

排ガスや作業環境空気等の電子顕微鏡分析の検討を進め、特殊なろ過器を使用して集じん物を濃縮することにより、電子顕微鏡法においても低濃度のアスベスト繊維を定量できた。分析精度管理に関し、PCM 法ではクリソタイル標準を用いたクロスチェックを行った。1 回目のクロスチェックで確認された誤差要因をフィードバックすることで、2 回目のクロスチェックで成績が向上することを確認した。また、電子顕微鏡法でもアスベスト標準の熱処理物を共通試料としてクロスチェックを行い、繊維同定の機関毎の違いが誤差要因であることを確認した。一般廃棄物処理施設において、アスベスト含有家庭製品の排出状況の調査、また不燃ごみ破碎時のアスベスト飛散状況調査を実施し、TEM 法による分析で破碎排ガス集塵ダストや破碎残渣からアスベストを検出した。

② 資源循環に係る基盤的技術の開発：

ア 内外の資源化技術を調査して情報を集積した。とくに調査対象として廃棄物処理・資源化技術に加え、内外のエネルギー回収または資源化技術を調査し、実証または実用運転に関する情報を集積した。廃棄物からのエネルギー回収システムとして比較的新しい事例として、韓国ソウル市街地に設置された一般廃棄物中の厨芥類等を対象とした乾式メタン発酵施設を調査し、性能、実績および課題等について把握した。

イ 平成18年度以降調査活動の上蓄積された技術情報に関し、キーワード等による検索が可能なデータベースとして整備し、ホームページ上への設置に向けて進捗を図った。

ウ 環境技術情報を広く社会に発信するため、平成 21 年度に引き続きシンポジウムを実施し、低炭素社会形成に役立つ廃棄物等からのエネルギー回収技術およびシステムの位置づけで、高効率な熱回収技術・システム、水処理システムにおけるエネルギー回収、さらに太陽熱エネルギーの利用技術等を取り上げ、異なる要素技術間での連携の方向性を示した。

その他の主な課題：

1) 臭素系難燃剤等の物性の測定・推定手法

臭素系難燃剤等の物性の測定・推定手法については、気体流動法を用いて常温で高粘性の芳香族リン酸エステル系難燃剤（臭素系難燃剤の代替物）の蒸気圧を測定するため、従来法に対してサンプルの低粘性化による試料導入法の改良や試料導入量の最適化を行った。その結果、今まで未測定であった芳香族リン酸エステル系難燃剤に対しても再現性のよい蒸気圧データを取得することができ、さらに、蒸気圧の温度依存性も明らかにすることができた。

2) リデュース・リユースの分析・評価手法の体系化とその適用研究

リデュース・リユースの分析・評価手法の体系化とその適用研究では、EUにおけるリデュースの取組の調査・検討を行うとともに、国際的なリユースに伴う環境負荷を低減する方策についての経済理論的知見を得た。EUの取組をみてもリデュースに単一の有効な施策はないことに加え、取組のデータベースの作成や業界との協定締結という点が我が国には見られない特徴であることを確認し、日本でも情報的手法と自主的手法の検討を深めるべきと考えられた。さらに、国際的なリユースに伴う問題については、輸出国側の廃棄物税や回収への補助金等の経済的手法で世界全体の厚生水準を効率的な水準にしうることを示した。

3) 国際サプライチェーンを含む生産消費システムを対象とした環境負荷分析の理論と実践

2005 年産業連関表を基に部門別の内包型グローバル GHG 排出原単位（t-CO2eq/百万円）（原単位）を GL10 より算定した。国外商品の GHG 排出データを各国の産業連関表を用いて整備することで、原単位の精度向上を図った。日本が国内外に誘発する総 GHG の定量化に加え、加工度の異なる国産品のグローバルな GHG 排出構造を解析し、商品需要の適切な将来見通しが国内外の効率的な GHG 削減において需要と指摘した。また、GL10 への接続を意識し、日本の輸出入に伴う資源フローを効率的に推計する方法論を提示した。

（8）知的研究基盤の整備事業：資源循環・廃棄物処理に関するデータベース等の作成

平成 22 年度の研究成果目標

前年度までのデータ整備を引き続き実施する。とくに、平成 17 年産業連関表対応環境負荷 DB、一般廃棄物実態調査アーカイブ DB、建設系再生製品の環境安全性 DB、製品・ストックの使用年数 DB の構築を今年度の優先事項として実施し、順次公開する。

平成 22 年度の研究成果

平成 22 年度は前年度までのデータ整備を引き続き実施した。なかでも建設系再生製品の環境安全性 DB、明治以降の日本の資源投入時系列 DB、一般廃棄物実態調査アーカイブ DB、国外のデポジット・リファンド制度の情報源情報 DB により重点をおいて検討を進めた。

2.5 外部研究評価

（1）評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
事後評価	12	7				

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 4.6 点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

個々の中核プロジェクトは各々一定以上の成果を上げるとともに、重点プロジェクト全体として総合的に進展しており、政策に適切に活用されているものも多い。

研究では多面的な観点から多くの研究成果をあげ、また環境政策の形成にも貢献している点は高く評価したい。

[今後への期待・要望]

廃棄物処理処分研究のイメージが強い。循環型社会を目指して製品さらには産業構造のあり方に関する研究を強化してほしい。将来の循環型社会形成に向けたビジョンを示せるようになるとよい。

(3) 対処方針

第2期中期計画期間の重点研究プログラムの目標は概ね達成し、総合的にみて高い評価を得たと理解している。しかし、現状からのフォアキャスト的な発想や、廃棄物処理というエンドオブパイプからの発想で研究が組み立てられているとの印象を与えている点は、中核プロジェクト間で共有できるコンセプトと将来のシステムを再検討し、第3期中期計画期間の研究プログラムにおける課題としたい。その際には、国内の地域からアジア圏までの空間スケールで、モノやカネ、技術や情報の移動、循環を捉え、総合的な製品政策や産業構造の在り方を含めた将来ビジョンを検討し提示することが目標であると考えている。

3. 環境リスク研究プログラム

3.1 研究の概要

化学物質の地域から地球までの空間規模を網羅する階層的 GIS モデルとして、POPs や水銀の地球規模モデル、日本全国の地域規模 GIS モデル、農薬類の時間変動を有する排出推定手法と流域規模モデルを完成した。化審法や水環境基準の予備検討などいくつかの政策課題や国際協調を通じた多くの場面で活用される成果となった。トルエンをVOCのモデル化合物として免疫過敏を引き起こす素因を検討し、病原体を感知するトール様受容体が高感受性を決める遺伝的素因の一つであり、免疫系と神経系に連携した過敏反応に関与していることを初めて示した。また、脳の性分化や骨形成・代謝の研究など、発達段階と臨界期の関係およびそのメカニズムの取りまとめを行った。ディーゼルエンジンから排出されるナノ粒子の挙動と成分を明らかにし、ナノ粒子を曝露した実験動物における肺の炎症、酸化ストレス、心血管系への影響や発がん性について明らかにした。また、細胞毒性が極めて高いカーボンナノチューブについて、その細胞障害性と細胞膜との反応性を示した。野外調査に基づき生物多様性の減少や初期生活史の減耗要因を解明するとともに、多数のため池を有するモデル地域において生物多様性統合指標を開発した。群集レベルの形質の変化を予測するための形質動態モデルを作成し、生態系機能の評価法として提示した。また、外国産クワガタムシやセイヨウオオマルハナバチによる交雑リスクや寄生物持ち込みリスクを明らかにし、カエルツボカビの起源がアジアにあることを示した。さらに、既存知見を活用した新たな影響評価手法の開発やリスク評価に必要な知的基盤の整備をすすめ、化学物質の評価および侵入生物に関する実践的な課題に対応した。

3.2 研究期間

平成18～22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	371	429	410	445	404	2,059
その他外部資金	608	472	542	523	481	2,626
総額	979	901	952	968	885	4,685

3.4 平成22年度研究成果の概要

(1) 中核研究プロジェクト1：化学物質曝露に関する複合的要因の総合解析による曝露評価

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① 時空間変動を有する曝露評価のための動態モデル、排出推定および関連手法の開発と評価事例の提示を目指す。

課題1：曝露評価のための地域規模および地域規模 GIS 詳細動態モデルの構築

- ① 地域レベルからPOPs等の地球規模に至る階層的な動態把握と曝露解析のための手法をGISデータ基盤上において開発する。地球規模では海洋輸送モデルを組み込んだモデルの開発、また、水環境からの生物移行の定式化など曝露モデルの整備を進める。

課題3：農薬類の時間変動を含む排出推定手法の確立と、関連する流域モデル開発の課題

- ① 農薬類について、週程度の時間変動情報を含む排出推定手法の確立を目指し、除草剤を主な対象として、手法の改良を進め、生態影響の検討を行う。
- ② また、一般化学物質の排出推定に関して、既に公表した排出推定ツールの改良を進める。

*課題2は当初の目標を達成したので平成20年度で終了。

平成22年度の研究成果

全体

アウトプット

- ① 多種多様な化学物質の環境経由の人と生態系への曝露評価の確立を目指し、化学物質の曝露に関する複合的な諸要因を総合的かつ効率的に考慮した環境中の動態を時空間スケールで階層化したモデルに基づく曝露評価手法を提案する。具体的には、中期計画に示す通り3つの研究成果目標に従い、本年度は主要目標を達成した課題2を除き、以下の目標の課題1および3について検討を行い、調査結果の取りまとめを行った。

課題1

- ① 流域、地域から地球規模に至る階層的なGIS多媒体モデル群の開発として、流域スケール、地域スケール、地球スケールの3階層GIS多媒体モデルの構築と検証を行った。流域、地域スケールでは既存の多媒体モデルとGISを基盤とする地理情報を組み合わせ、また、過年度実施の下水道モデル・水道取水点データの成果をあわせて日本全土で1-5km程度の空間分解能と河川・流域等の地理属性を正確に反映するモデルとして完成させた。
- ① 地球規模モデルとしては高解像度海洋輸送モデルを組み込んだ全球多媒体モデルFATEをベースに新たに構築した。
- ① 小児の曝露ファクター、水生生物への移行など曝露評価を構成するサブモデルの研究として、フィールド観測と実験に基づく環境における生物移行のモデル化を行った。小児の曝露因子の解析を行った。

課題3

- ① 農薬および一般化学物質の排出推定手法の開発として、既存の統計、資料等に基づき、全国の農薬排出量を流域単位で日差変動を推定する手法の開発を進め、現在までに新たに16農薬について最大予測濃度と最大実測濃度が約7割の地点-農薬の組み合わせで1オーダー以内に収まることを確認した。また、昨年度からの継続調査により河川水中農薬濃度の日差変動が高い再現性を有していることを確認した。除草剤以外の一般化学物質の排出推定への拡張として、既存MuSEMに基づく推定ツールの改良を行った。

(2) 中核研究プロジェクト2：感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① 低用量の化学物質曝露により引き起こされる免疫過敏、神経-免疫クロストークへの影響とその遺伝的背景について検討する。発達段階における化学物質に対する感受性期の特定を行う。

課題1：化学物質曝露により免疫過敏を誘導するメカニズムの研究

- ① トルエン曝露による免疫過敏の成立に関与する因子を同定する。

課題2：発達段階における化学物質に対する感受性期の特定に関する研究

- ① 化学物質による脳形成における神経細胞の新生と移動、神経変性、血管形成障害の発生メカニズムお

よび用量反応関係を明らかにする。

課題3：感染要因と化学物質との複合的要因の影響評価に関する研究

- ① 自然免疫系で化学物質曝露に対して鋭敏に反応する時期を同定し、感染関連因子と化学物質曝露との複合的影響を明らかにする。

平成22年度の研究成果

アウトプット

全体：

- ① 低濃度トルエン曝露に対して免疫過敏を引き起こす遺伝的素因を検討し、最も感受性が高いマウス系統では、体内に侵入した病原菌を感知するたんぱく質トール様受容体活性化経路や神経栄養因子の遺伝子が感受性遺伝子候補であることを明らかにした。発達期の脳形成、神経新生、血管形成における感受性期の特定とメカニズム解明を行った。

課題1

- ① 免疫過敏誘導とトルエン曝露の影響について免疫制御に関わる転写因子 NF- κ B サブユニット活性についてタンパクレベルで解明した。

課題2

- ① 発達期における化学物質曝露に対する臨界期の検討では、海馬での乳仔期曝露におけるグルタミン酸経路の活性化、多動性障害発生をもたらす感受性期の特定と分子機構の解明、脳における血管形成期での異常分枝を指標にしたときの感受性の高い時期の特定を行った。具体的には、ロテノンによる行動異常の分子機構を明らかにするためにDNAアレイ法を実施した。また、ペルメトリンの量反応関係を妊娠10日目の母親で調べ2 mg/kg 投与群でも異常な血管分枝が認められた。

課題3

- ① 自然免疫系の発達過程においても、他の発達ステージに比べ乳仔期の影響が顕著であることを明らかにし、感染因子との複合曝露での影響について相互作用を解析した。

(3) 中核研究プロジェクト3：環境中におけるナノ粒子等の体内動態と健康影響評価

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① 細胞を用いた *in vitro* 研究を継続し、また、実験動物を用いた *in vivo* 吸入実験によるナノ粒子の毒性評価を実施する。

課題1：環境ナノ粒子の生体影響に関する研究

- ① ディーゼル排気ガス中に含まれる環境ナノ粒子の慢性吸入影響実験を進める。

課題2：ナノマテリアルの健康リスク評価に関する研究

- ① カーボンナノチューブの吸入曝露装置を用いた *in vivo* 毒性研究を行う。

課題3：アスベストの呼吸器内動態と毒性に関する研究

- ① 加熱処理に伴うアスベストの形状変化と毒性との関係を調べる。

平成22年度の研究成果

全体

アウトプット

- ① 自動車排ガス中に含まれる環境ナノ粒子に関しては、慢性吸入実験を終了し生体サンプルの処理、ならびに生体影響を把握するためのパラメータの測定を実施した。また、ナノマテリアルの安全性評価に関しては、吸入実験を進めたほか、トランスジェニックマウスも用いた実験に着手し、粒子の表面活性と毒性との関係について解析を進めた。

課題1

- ① 環境ナノ粒子の生体影響に関する研究では、清浄空気曝露群、低濃度曝露群、高濃度曝露群、除粒子成分曝露群のほかに、飼育室群の5群に分けた肺腺腫高発症マウス(A/J系)を用いて慢性曝露を行い、炎症などに関与する遺伝子・蛋白の発現レベルの解析を行った。環境ナノ粒子曝露による肺腺腫発症の有意な上昇、心臓疾患マーカーの心筋型クレアチニンキナーゼの変化を認めたほか、酸化ストレス応答に関する遺伝子発現の上昇が認められた。

課題2

- ① ナノマテリアルの健康リスク評価に関する研究では、カーボンナノチューブが、p38MAPキナーゼを活性化し、転写因子であるNF- κ Bを介して細胞内に酸化ストレスを与えることを明らかにしたほか、エアロゾル化したカーボンナノチューブを吸入曝露したマウス肺において、粒子がマクロファージ内へ取り込まれていることを明らかにした。

課題3

- ① アスベストの呼吸器内動態と毒性に関する研究では、クロシドライトにおいて加熱処理の温度の上昇に伴い酸化鉄が遊離し、それに伴い毒性が低下することなどを明らかにした。

(4) 中核研究プロジェクト4：生物多様性と生態系機能の視点に基づく環境影響評価手法の開発

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① 生物多様性と生態系機能の視点に基づいた生態影響評価手法の開発、個別の事例で生態影響評価の完成度を高める。

課題1-1)：東京湾における底棲魚介類の個体群動態の解明と生態影響評価

- ① シャコやマコガレイの初期生活史に着目し、その減耗要因の影響評価を実施する。

課題1-2)：淡水生態系における環境リスク要因と生態系影響評価

- ① 豊かな里地・里山、多数のため池を有する兵庫県南西部をモデル流域として、ため池の生物多様性を減少させている要因を特定し、広域で適用可能な生物多様性評価手法を開発する。

課題2：侵入種生態リスク評価手法の開発に関する研究

- ① 侵略的外来生物の侵入ルートおよび分布拡大プロセスの解明と分布拡大予測、非意図的外来生物における随伴移送ルートの解析と侵入生物持ち込みリスクの評価手法を検討、及びカエルツボカビなど侵略的野生生物感染症と宿主生物の共種分化解析とリスク評価方法の検討をおこなう。

課題3：数理的手法を用いた生態リスク評価手法の開発

- ① 形質ベースの生態系機能解析を長期モニタリングデータに適用し、生態系機能に基づく生態リスク評価が具体的な生態系で可能かどうかを調べる。理論的枠組みへのフィードバックをおこなう。

平成22年度の研究成果

全体

アウトプット

- ① 東京湾と兵庫県南西部のため池地域について、おのおの有用底棲魚介類個体群の再生産の阻害と生物多様性の減少をエンドポイントとして生態影響評価を実施した。マコガレイでは水温や貧酸素が主たるリスク因子と推定された。ため池の生物多様性の低下の主因は富栄養化、護岸率およびブルーギルの侵入であることが明らかにされた。
- ① 新興感染症のカエルツボカビについては分子系統遺伝学的手法によりアジア起源説を提示した。非意図的随伴種（アルゼンチンアリ、カワヒバリガイ）の防除手法のリスク評価を進めた。
- ① 生態系機能の低下（例えば、物質循環効率など）をエンドポイントとした評価については、数理モデルの枠組みをモデル生態系にて検証し、既存の生物モニタリングデータを用いて評価した。
- ① 生物多様性評価のための統合指標を開発するとともに、生態系機能に基づいた新しい環境影響評価手法の枠組みを提示した。

課題 1-1)

- ① 東京湾におけるマコガレイ個体群の増殖阻害因子の解明
マコガレイの産卵量、仔魚密度及び稚魚密度の時空間分布データ（2006年～2010年）を解析した。受精卵及び孵化仔魚の水温耐性を調べる再実験を実施した。マコガレイ当歳魚の貧酸素耐性も実験で調べた。それらの結果と、2006年及び2007年の東京湾における水温と溶存酸素濃度の実測データを基にマコガレイの初期生活史における斃死率を試算し、マコガレイの浮遊仔魚及び着底稚魚の分布密度に関する観測データとの比較を行った。

課題 1-2)

- ① ため池の生物多様性評価手法の開発として、兵庫県南西部のため池の野外調査データに基づき、在来の動物群集（魚類、昆虫類、甲殻類、貝類、ミミズ類）に対する計52項目の環境因子の影響を統計解析により評価した。その結果、これらの動物群集の種多様度は、外来魚の侵入（ブルーギル、ブラックバス）、殺虫剤濃度（BPMC）、コンクリート護岸率の3つの環境ストレス要因の影響を受けることが示された。特に、外来魚と殺虫剤については、大型昆虫類の種多様度が強い負の影響を受けた。

課題 2

- ① カエルツボカビ・アジア起源説の検証を進めるため、国外（オーストラリア、アメリカ合衆国）のサンプルの分析を進めるとともに、ヨーロッパ・アメリカの研究グループに技術提供を行い、世界各地域における分布実態およびDNA変異分析を実施する体制を整えた。感染実験によって、日本のカエルツボカビは南米産両生類には高い毒性を示すが、在来両生類に対しては毒性を示さず、在来両生類は抵抗性を有していることが判明した。国内分布データと海外分データをもとに世界レベルでの本菌の分布予測地図を作成した。
- ① アルゼンチンアリが京都市および東京都にも新たに侵入していることを発見し、環境省関東地方事務所と共同で防除事業を開始することとした。アルゼンチンアリ防除剤の選定および感受性試験を行い、在来種と比較してアルゼンチンアリは10～100倍感受性が高いことを明らかとした。この感受性差により、外来種防除と在来種復元が効率的に実行できると考えられた。

課題 3

- ① 生態系機能に着目した生態リスク評価のためにこれまで開発した形質動態モデルと生態系モデルについて、再解析を行ない、解析結果を誌上発表した。

(5) 関連研究プロジェクト：エピジェネティクス作用を包括したトキシコゲノミクスによる環境化学物質の影響評価法開発のための研究

平成22年度の研究成果目標

- ① ヒ素胎児期曝露によるDNAメチル化変化の網羅的解析及びエピジェネティクス作用・関連因子の検討

平成22年度の研究成果

- ① 15ヶ月令ヒ素曝露群のオスF1マウスで、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、癌を発症していない肝臓においてヒ素曝露群で対照群に比べて12ヶ月令以降に後発的に発現が低下または増加する遺伝子がそれぞれ2種類ずつあることをみだし、このうちの2種類の遺伝子ではエピジェネティック修飾であるヒストン修飾変化を伴うことを明らかにした。これらの遺伝子のヒ素曝露による発現変化はメスでは認められずオス特異的であること、次の世代(F2)には伝わらないことが明らかとなった。このうちの1種類は細胞増殖への関与が報告され、またもう1種類は脂質代謝に関与する遺伝子で、それぞれ癌の増加や前糖尿病段階との関連についての詳細な検討が重要であると考えられた。またメチル欠乏食および/またはヒ素投与によるマウス肝臓の酸化的DNA損傷とDNAメチル化変化の関連について検討した結果、酸化的DNA損傷のマーカである8-OHdGの量とエピジェネティックマーカである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。

(6) 基盤的な調査・研究活動

平成22年度の研究成果目標

- ① 化学物質リスク総合解析手法と基盤の開発
ア 化学物質環境調査等の測定データの蓄積とシステム構築
イ 同GIS表示システムの公開
- ② 化学物質の環境調査による曝露評価の高度化に関する研究
ア 曝露評価の高度化のために有効と期待できるバイオアッセイ法の構築
- ③ 生態影響試験法の開発及び動向把握
ア ミジンコ繁殖試験法改定案の検討
イ 簡易法の検討
- ④ 構造活性相関等による生態毒性予測手法の開発
ア 部分構造によるドメイン判定の改良または別な判定の導入を検討する
イ 生態毒性の予測法を開発する。
- ⑤ 発がん性評価と予測のための手法の開発
ア 化学物質の発がん性と体内変異原性の相関性の解析
- ⑥ インフォマティクス手法を活用した化学物質の影響評価と類型化手法の開発
ア ゲノム情報、化学物質の毒性情報、メカニズム分類、疾患情報等に基づく生体影響の類型化
- ⑦ 化学物質の環境リスク評価のための基盤整備
ア 化学物質情報の集積
イ リスクコミュニケーション手法の検討
- ⑧ 化学物質の定量的環境リスク評価と費用便益分析
ア 合理的な比較評価に基づく最適管理手法のための生態リスク解析法を考案する

平成22年度の研究成果

- ① ア 公開ツールの英語化を進め、より広範なユーザーへの展開を進めた。

イ GIS表示システムを引き続き公開した。

- ② ア 様々な環境ホルモン作用が懸念されている PCB 及びその代謝物である水酸化 PCB についてホルモン受容体に対するアゴニスト活性をエストロゲン受容体 (ER、メダカ ER)、甲状腺ホルモン受容体 (TR)、レチノイド X 受容体 (RXR)、レチノイン酸受容体 (RAR)、構成的アンドロスタン受容体 (CAR)、アリルヒドロカーボン受容体 (AhR) の 7 種類の受容体導入酵母を用いてスクリーニングを行い、特に、水酸化 PCB ではすべての受容体でアゴニスト活性 (20%以上) が認められ、ほとんどの受容体において親化合物である PCB よりも強い活性を示すことが示された。
- ③ ア ミジンコ繁殖試験 (OECD-TG211) の改訂提案については OECD の専門家グループの会合で日本での検討結果も用いられて論議された。
- ③ ア ユスリカライフサイクル試験 (OECD-TG233) に日本産セスジユスリカが適用できるかどうか予備的検討を行った。その結果、現在のところ繰り返し間でのバラツキが大きく試験手順の改良が必要ではあるが、概ね同試験の妥当性基準を満足することが明らかになった。
- ③ イ 生物微弱発光を利用した化学物質の藻類への毒性影響試験とともに、環境水の生物検定への適用を検討した。その結果環境水によっては毒性影響を示すもの、さらに栄養塩などの不足と見られる影響を検出できることが明らかになった。
- ③ イ 生物応答を利用した水管理手法に関連した生物検定手法の開発および内分泌かく乱作用影響試験のための新規 OECD 試験ガイドライン策定に当たった。関連して、魚類試験の枠組みに関するガイダンス文書策定のための OECD ワークショップに参加し、ゼブラフィッシュ胚毒性試験等についても検討を行った。
- ④ ア 新たな毒性データをもとに構造分類のルールの見直しと構造ドメインの判定フラグメントの再設計を行った。新たに皮膚感作性を考慮に入れた構造判定を導入した。
- ④ イ 構造活性相関式の変量化に向けたシステムの再設計と、オクタノール/水分配係数 ($\log P$) 以外の QSAR 記述子として、生態毒性予測システム KATE に適用可能な化学物質の原子と結合様式 (2次元構造) から計算できる電荷情報 PEOE の検討とプログラム開発を実施した。
- ⑤ ア 実験動物で得られた化学物質の発がん性の知見から人への外挿が可能であるかを検証するために、塩化ビニルモノマー、1,3-ブタジエンなどについて動物実験と人の疫学から得られた 10-5 発がんレベルを比較したところ、両者にはよい一致が見られた。同じ標的臓器を比較する限り、実験動物の発がんリスクレベルから人におけるリスクレベルの予測が可能であることが示唆された。
- ⑥ ア 化学物質の統合的な影響予測システム構築のため、毒性遺伝子データ収集システム ChemToxGen 及び化学物質の類型化システム pCEC、マルチプロファイリング解析システム MulCEH を構築し、既存の化学物質マイクロアレイ実験データベースと統合してヒールズ (HEALS, Health Effects Alert System) を構築した。
- ⑦ ア 化学物質の環境リスク評価のための、化学物質の生態毒性及び環境曝露に関する知見の集積を進め、環境省が行った「化学物質の環境リスク初期評価 (第 9 次とりまとめ)」の刊行に主導的な役割を果たした。
- ⑦ イ リスク評価等の動向を把握のため、OECD が進める高生産量化学物質初期評価会合や曝露評価タスクホース会合に参加し情報の収集に努めた。環境省が化学物質管理のためにリスク評価手法を利用している各種制度・事業に参画し管理手法の違い踏まえつつ、それぞれの目的に対応したリスク評価手法の検討を行った。
- ⑦ イ リスクコミュニケーションに関しては、リスクとしての認知度が低い生物多様性について、自然と人との関わりが深い農業用ため池を対象として、主に社会的な視点から研究分析を進め「環境価値」と個人の行動について分析を行った。その結果、人々の身近な環境資源の管理行動に至る意思決定プロセスにおいても社会的な行動理論が適用できること、“社会規範”(他者の動向)が環境配慮行動に与える影響は有意に大きいことなどが明らかになった。これらは、生物多様性を主流化するという愛知目標

達成のための制度設計に活用できる

- ⑧ ア 化学物質により影響を受ける生物の割合に重み付けをしたもの（生態系の価値）と化学物質を減らす事に伴うコストの和を全コストと定義し、Information-Gap 理論を用いて不確実性に頑健な化学物質の排出規制値を導き出すための手法を考案した。

（7）知的研究基盤の整備事業

平成22年度の研究成果目標

- ① 化学物質データベースの構築と提供
 - ア 化学物質に関する最新情報の収集とアップデートの継続
- ② 生態系評価・管理のための流域詳細情報の整備
 - ア リスク要因の解明と総合管理のための流域情報の利用
- ③ 侵入生物データベース管理
 - ア 侵入生物に関する最新情報の収集とアップデートの継続
 - イ 英語版ページの増設

平成22年度の研究成果

- ① ア リスク評価関連文書の情報源情報、化審法告示数量や法規制情報、農薬出荷量、環境中濃度などの年度更新・追加を実施した。
- ① ア 環境省化学物質審査室で進められている全景表示システム（Chemi COCO）や経済産業省で進められている安全性情報基盤システムなど、データベース連携の取り組みに参加した。
- ② ア 豊かな里地・里山およびため池を有する兵庫県南部をモデル地域とし、自然環境（地形、植生、土壌など）、社会環境情報、基盤情報（空中写真、衛星画像、地形図）、さらに、現地での聞き込み調査によって使用農薬に関する情報などをGISデータとして収集・整備した。
- ② ア 2000年以降ため池調査研究で得た生物情報のメタデータ集を報告書として出版するとともに、これまで整備した空間データと調査研究で得た生物の情報共有・公開に向けたWEBGISサイトを構築した。
- ③ ア 管理システム・検索システムともプログラムの作成を終了した。
- ③ イ セキュリティチェック、英語版の作成を含むウェブサイトの更新を完了し、最新情報の入力を進めた。

3.5 外部研究評価

（1）評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
事後評価	4	14	1			
（平成23年3月）	21	74	5			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 4.2点

（2）外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

個別の研究課題については、行政ニーズに応えて的確に実施されている。また、20～21年度に研究計

画の見直しを行い、適切に研究を進捗させたことから、開始当初と比較して4つの中核プロジェクトが環境リスクという傘の下でまとまりをもって遂行されたと評価されるが、その成果がわが国や世界的な化学物質管理にどのように貢献しているかをもっと明確にして欲しかった。

[今後への期待・要望]

プログラムの中のそれぞれの研究が、どのようなリスク管理課題の解決を目指しているのか、リスク評価のどのような場面でどのように役立つことを目指しているのかについて、より具体的で明確な目的意識を持って研究が行われる必要があるように感じる。

(3) 対処方針

第2期中期計画期間の環境リスク研究プログラムでは、従来のリスク評価を精緻化し、さまざまな環境管理の目標に幅広く対応できる評価手法を提示することを目標として、評価対象を健康リスクと生態リスクに限定し、化学物質の空間、時間的な曝露分布の把握、高感受性、ぜい弱性要因の解明、および生物多様性、生態系機能といった諸事象の評価手法の提示に焦点を定めて中核プロジェクトを構成した。20～21年度に研究計画を見直し、環境リスク評価の精緻化を目指した。環境リスク研究プログラムは、化学物質のみを対象としたプログラムではなく、化学物質、ナノ粒子、侵入生物、低酸素等の二次的要因までの広範囲な課題に対してリスク評価手法の提示を目標とした。そのため、その成果がわが国や世界的な化学物質管理にどのように貢献しているかを十分に説明するに至らなかったが、例えば化学物質のプロジェクトで作成された日本全国の地域規模GISモデルは、化審法や水環境基準の予備検討などの政策課題や曝露評価の国際協調を通じた場面で活用されており、また生態影響のプロジェクトではカエルツボカビの起源がアジアにあることを示すなど、それぞれの中核プロジェクトの課題でリスク管理に貢献してきた。化学物質の各種データベース、モデルツールの公開、セミナーの開催による関係者への情報提供も化学物質管理に対して一定の貢献があったと考えている。

第3期中期計画期間においては、プログラムではナノマテリアル等の形状と物性の影響評価法、生態影響として種個体群の存続可能性とその評価法、化学物質の曝露予測の高度化によって、化学物質の環境リスク管理に対して新たなリスクの評価軸を提案することを目指したい。

4. アジア自然共生研究プログラム

4.1 研究の概要

「アジアの大気環境管理評価手法の開発」については、観測と数値モデルを統合した解析が、アジア大陸における大気汚染物質や黄砂の発生源分布の推定の精度の向上、その結果としての越境大気汚染の予測の精度向上にのっての強力なツールであることを実証すると共に、解析に用いるデータとしての衛星データや東アジアライダーネットワークの有効性、辺戸岬スーパーサイトのポテンシャルを明らかにし、更に北半球規模のソース・レセプタ関係を含めて成果をとりまとめた。「東アジアの水・物質循環評価システムの開発」においては、衛星観測と地上観測を組み合わせた観測システムによって得られるデータと汚濁負荷に関する現地調査、水・物質循環モデルを組み合わせた評価システムの有効性を実証し、更に、政策効果に関連した数値実験を行った。また、東シナ海の長江起源水が流入する海域において赤潮の原因となる植物プランクトンの出現を再確認すると共に、長江起源水と低層水の役割についての解析を行った。更に、中国の拠点都市瀋陽市における実証研究として、都市環境のデータを統合的なGISデータベースとして整備し、水・物質・エネルギー統合型モデル研究を推進すると共に、中国拠点都市における実証研究を展開した。「流域生態系における環境影響評価手法の開発」では、メコン河流域全体の自然環境と社会経済を把握することの出来る高解像度の地理空間データベース(MGDB)を完成させると共に、ダム建設が年間の氾濫動態や淡水魚類の回遊に及ぼす影響を評価した。また、メコンデルタのマングローブ林の生態系機能と汚濁負荷の関係についての解析を進めた。これらの成果に基づき、タイ、ウボンラチャタニ大学と共催し、国際ワークショップを開催し、情報の共有と国際ネットワークの展開を進めた。

4.2 研究期間

平成18～22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	197	220	230	241	242	1,130
その他外部資金	234	308	301	376	338	1,557
総額	431	528	531	617	580	2,687

4.4 平成22年度研究成果の概要

(1) 中核研究プロジェクト1：アジアの大気環境評価手法の開発

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① 東アジアを中心としたアジア地域について、国際共同研究による大気環境に関する科学的知見の集積と大気環境管理に必要なツールの確立を目指して、観測とモデルを組み合わせ、大気環境評価手法の開発を行い、成果をとりまとめる。

サブテーマ(1)：アジアの広域越境大気汚染の実態解明

- ① 越境大気汚染の実態を解明するために、沖縄辺戸岬ステーションでの多成分・連続観測を継続するとともに、長崎県福江島での地上観測を充実し、東シナ海沿岸部でのデータを蓄積する。越境大気汚染の実態についてまとめると共に、データを集積し、データベースを完成させる。

サブテーマ(2)：アジアの大気環境評価と将来予測

- ① アジア地域の排出インベントリと領域大気質モデルを用いた広域大気汚染の空間分布、過去四半世紀における大気質の経年変化、越境大気汚染による日本へのインパクトを評価する研究、全球化学気候モデルを用いた東アジアにおける対流圏オゾンの発生源地域別寄与率の評価、衛星観測データをもとにした排出量逆推計モデルによる排出インベントリによる NOx 排出量の検証・修正手法に関する研究をとりまとめる。

サブテーマ(3)：黄砂の実態解明と予測手法の開発

- ① 東アジア地域に構築した黄砂モニタリングステーション(20地点)における観測機器の精度管理を実行し、データの取得、解析、及び観測データベースの整備を継続すると共に、観測データと化学輸送モデルを用いた黄砂の発生、輸送、沈着の定量的評価および、輸送過程における大気汚染との相互作用に関し成果をとりまとめる。

平成22年度の研究成果

全体：

- ① 大気汚染物質と黄砂の地上観測、航空機観測、ライダーネットワーク観測等を国際的・国内的な連携のもとで拡充して実施するとともに、モデルと排出インベントリの精緻化を進めることにより、広域大気汚染と越境大気汚染の両面から科学的知見の蓄積とツール開発を、以下の3つのサブテーマにおいて推進し、成果をとりまとめた。

サブテーマ(1)：アジアの広域越境大気汚染の実態解明

- ① 沖縄辺戸岬ステーション、長崎福江観測所での多成分・連続観測を実施した。そして、これまで蓄積した観測データを用いて、越境輸送される汚染物質の空間分布、経年変動、組成変化などを分析し、越境大気汚染の実態をまとめた。また、観測データベースを完成させた。

サブテーマ(2)：アジアの大気環境評価と将来予測

- ① 排出インベントリ、化学輸送モデル、地上・衛星観測データを使用して、東アジア地域における広域大気汚染の空間分布、過去四半世紀における大気質の経年変化、越境大気汚染による日本へのインパクト、全球化学気候モデルを用いた対流圏オゾンのソース・リセプター関係を評価する研究をとりまとめた。また、関東地域に加えて、関西、中部、九州を対象とした大気汚染予報結果を、環境GISサイトから公開し運用した。

サブテーマ(3)：黄砂の実態解明と予測手法の開発

- ① 北東アジア地域に構築した黄砂モニタリングステーション(20地点)における観測機器の精度管理を実施し、データを取得、解析し、観測データベースを整備するとともに、リアルタイムで黄砂飛来情報を提供した。また、観測データと化学輸送モデルを用いて、黄砂の発生、輸送、沈着の定量的評価および、輸送過程における大気汚染との相互作用に関し成果をとりまとめた。

(2) 中核研究プロジェクト2：東アジアの水・物質循環評価システムの開発

平成22年度の研究成果目標

全体：

- ① 東アジア地域の流域圏について、国際共同研究による水環境に関する科学的知見の集積と持続的な水環境管理に必要なツールの確立を目指し、観測とモデルを組合せ、都市、流域圏および海洋生態系の水・物質循環評価システムの開発を行い、成果をとりまとめる。

サブテーマ(1)：流域圏における水・物質循環観測・評価システムの構築

- ① 広域的な水・物質動態の計測手法による観測継続し、流域の開発により、河川を通じて流入する汚濁物質等の陸域からの環境負荷の量・質的变化への影響についての推定・解析を進める。また、水・物質循環を評価できる統合型モデルを用いた数値実験により、退耕環林政策や南水北調などの流域改造活動の影響評価を行う。

サブテーマ(2)：長江起源水が東シナ海の海洋環境・生態系に及ぼす影響の解明

- ① 東シナ海陸棚域の航海観測、長江河口沿岸・東シナ海陸棚域の環境変遷データの解析、および流動生態系モデルの開発を進め、長江淡水および陸域負荷の量・質の変化が東シナ海の海洋環境・低次生態系に及ぼす影響を確認すると共に、そのメカニズムの解明を進める。

サブテーマ(3)：拠点都市における技術・政策インベントリとその評価システムの構築

- ① 拠点都市と流域圏での都市・地域スケールの水・エネルギー・物質フローの解析を進めると共に、川崎市においてモデルの検証と政策シミュレーションを行い、中国の拠点都市である瀋陽市に適用する。

平成22年度の研究成果

全体：

- ① 東アジア地域の流域圏について、国際共同研究による水環境に関する科学的知見の集積と持続的な水環境管理に必要なツールの確立を目指し、観測とモデルを組合せ、都市、流域圏および海洋生態系の水・物質循環評価システムの開発を行い、成果をとりまとめた。

サブテーマ(1)：流域圏における水・物質循環観測・評価システムの構築

- ① 中国長江水利委員会との共同で設置した自動水質観測を継続し、時系列データを取得した。また、最新の衛星データ、GISデータ、社会経済統計データを収集し、東アジア水環境情報データベースを拡充した。これらのデータを用いて、これまでに開発した評価モデルの検証と較正を行い、陸域から河川への環境負荷の量と質的变化を推定し、数値実験によって退耕環林政策や南水北調などの流域改造活動の影響評価を行った。その結果、退耕環林政策は漢江下流域の水量よりも水質に大きな影響を与えるが、南水北調は漢江下流域の水量にも水質にも大きな影響を与えることが示された。

サブテーマ(2)：長江起源水が東シナ海の海洋環境・生態系に及ぼす影響の解明

- ① 陸棚域調査によって、着目する渦鞭毛藻が長江希釈水域において優占的に観測される測点を確認すると共に、初夏の陸棚域の低次生態系における当該渦鞭毛藻優占が常態化しつつあることを再度確認した。また、一昨年度から導入し観測を行ってきた微細乱流構造プロファイラーによる乱流構造と渦鞭毛藻の鉛直分布の関係の調査、藻類増殖に直接関与する硝酸濃度の鉛直分布、栄養塩の摂取動態を把握するための船上安定同位体トレーサー培養実験を実施した。さらに、3次元流動モデルを用いた長江起源水の冬期から初夏にかけての分布解析により、長江由来の汚濁負荷が浙江省沿岸における冬期から春季の渦

鞭毛藻赤潮形成に影響を及ぼしている可能性、春季から初夏にかけては沿岸水が北上し陸棚域に到達する可能性が示された。

サブテーマ(3) : 拠点都市における技術・政策インベントリとその評価システムの構築

- ① 統合型陸域生態系モデル(NICE)モデルと都市産業の資源循環算定モデルの構築を進めて、拠点都市と流域圏での都市・地域スケールの水・エネルギー・物質フローの解析研究の推進体制を構築した。モデルの検証を行うために、国内の代表的産業都市である川崎市について、水・エネルギー・物質解析モデルの検証と政策シミュレーションを試行した。物質循環の評価については、都市内物質循環から地域循環の政策を含む技術・政策インベントリの構築と、循環圏評価モデルの開発を進めた。水・エネルギー・物質の都市解析モデルを街区・建物のエネルギー制御に適用する、クラスタリングネットワーク制御システムについて、川崎市での具体的な実証実用研究を開始した。以上の成果を基に、中国拠点都市の実証研究を展開した。具体的には、産業中心都市である瀋陽市と遼寧省に焦点を置いて研究を進めた。

(3) 中核研究プロジェクト3 : 流域生態系における環境影響評価手法の開発

平成22年度の研究成果目標

全体 :

- ① 主にメコン河の淡水魚類相の実態解明、流域の土砂堆積・河岸浸食等の環境動態の解明を行うこと等により、ダム建設等の生態系影響評価を進め、成果をとりまとめる。

サブテーマ(1) : 流域生態系・高解像度土地被覆データベースの構築

- ①流域データベース(MGDB)を構築し、メコン流域全体の土地区分図を作成する。

サブテーマ(2) : 持続可能な流域生態系管理を実現する手法の開発

- ①河川地形要素のマッピング手法の開発を継続すると共に、主題図整備手法を確立する。また、耳石とレーザーアブレーション(ICPMAS)による魚類の回遊履歴評価手法を確立する。

サブテーマ(3) : 持続可能な流域生態系管理を実現する手法の開発

- ①メコン河流域諸国及び国際組織が参加するワークショップを通じて、持続可能な流域生態系管理に必要なネットワークを強化する。

平成22年度の研究成果

全体 :

- ① 主にメコン河の淡水魚類相の実態解明、流域の土砂堆積・河岸浸食等の環境動態の解明を行うこと等により、ダム建設等の生態系影響評価を進め、成果をとりまとめた。

サブテーマ(1) : 流域生態系・高解像度土地被覆データベースの構築

- ① 空間単位として、流域全体を約1万(約9x9km)の小流域に分割し、流域データベース(MGDB)を構築し、1)メコン河流域全体の概況把握、2)水系や地理的に伝搬する各種開発行為の影響評価、3)研究成果の蓄積、管理、を可能にするメコン流域データベースを完成させた。このデータベースを活用し、メコン流域全体の自然環境と社会経済状況を把握して、メコン流域全体の土地区分図を作成した。

サブテーマ(2) : 持続可能な流域生態系管理を実現する手法の開発

- ① 河川に生息する生物の環境利用と密接な関係がある河川地形要素のマッピング手法を開発し、河川とその周辺の地形と土地利用に関する主題図整備手法を確立した。メコン河上流域での水質モニタリングを継続した。メコン河流域に既存するダムによる回遊魚とそれに依存した漁業への影響を明らかにするために、耳石とレーザーアブレーション ICPMAS を用いた評価技術を確立し、メコン河流域に計画されたダムによる回遊魚と漁業に対する生態リスクを評価した。

サブテーマ(3) : 持続可能な流域生態系管理を実現する手法の開発

- ① メコンデルタの主要なマングローブ域3地域におけるマングローブ生態系における水質と生態系機能の関連に関する解析を進めた。また、タイ、ウボンラチャタニ大学と共催し、同大学において、タイ、ラオス、カンボジア、ベトナム、中国、日本の研究者、メコン河委員会、World Fish Center、メコンウォッチ等の国際組織からの参加によるワークショップを開催し、情報の共有と国際ネットワークの展開を進めた。

4.5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
事後評価	8	10	1			
(平成23年3月)	42	53	5			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 4.4点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

相手国の政治的な動きに左右される困難な状況を乗り越えて積極的に研究を展開しており、期待通りの研究成果を上げたと思う。本プログラムで構築されたアジアの研究者のネットワークは今後の新たな研究の展開に貴重な人的資源となる。

しかし、個々のプロジェクトは成果を上げているが、中核プロジェクト間あるいは中核プロジェクト内のプロジェクト間の関係が見えにくい。結果として、重点プログラム全体としての結論や政策提言等がやや不明確になり、社会への発信や影響が弱いように感じる。

[今後への期待・要望]

現地他グループとのネットワークをリーダーとして上手く確立されることを期待したい。

アジアでの研究が、日本の環境、外交政策としてどのように位置付けられるのか。またそのための研究対象、方法をどのようにすべきか、全体戦略を十分に検討してから今後を進めてほしい。

(3) 対処方針

アジア自然共生研究プログラムでは、アジアにおける大気・水環境と生態系の実態把握や政策評価等の科学的知見の集積、環境管理ツールの開発、技術・政策シナリオの構築等が進み、また、国際共同研究や研究者ネットワークへの参加が進展した。今後、これらの成果を活用して、我が国を含むアジアの持続可能な発展のための戦略的政策の策定に対して、科学面から貢献していく予定である。

一方、第2期中期計画期間中には、中核プロジェクト間の連携を十分に行うことができなかったことは否定できない。今後、アジア環境研究を戦略的に展開するために、国環研で進めるアジア研究の位置付けと戦略について、研究所全体で検討を進める予定である。

第3期中期計画期間では、アジア自然共生研究プログラムの科学的知見と研究者ネットワークの蓄積をもとにして、アジア研究の戦略的検討結果を踏まえつつ、東アジア広域環境研究プログラムを推進する。このプログラムでは、東アジアにおける代表的な広域環境問題である大気・海洋汚染を対象として、問題の発生メカニズムを解明し、環境負荷と広域環境応答の関係を定量的に評価し、更には、所内外と連携して、削減シナリオの提示及びその評価を行い、東アジアの広域環境問題の解決に資する研究を展開する予定である。また、これまでの研究の一部は、環境都市システム研究プログラム等においても引き継がれる。