

(資料 1 1) 重点研究プログラムの実施状況及びその評価

プログラム名：地球温暖化研究プログラム

1. 1 研究の概要

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。

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
運営交付金	832	1,026				
その他外部資金	788	719				
総額	1,620	1,745				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

(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19年度の研究成果目標

- 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に関する研究) 1) 航空機、定期船舶を用いた温室効果ガス観測網を整備する。航空機では定期路線を用いたアジア、ヨーロッパへの航路上の二酸化炭素連続観測を安定的に継続し、採取された大気試料の分析を行う。民間船舶を用いた大気観測では日本-オセアニア、日本-北アメリカに加え、アジア路線の観測を開始する。波照間、落石の観測ステーションではフロン等を含め高頻度観測を継続する。2) トレーサーとなり得る酸素や同位体等を長期的に観測することにより、温室効果ガスのグローバルな収支変化と気象との関連を考察する。また、大気輸送モデルを用いて各地の観測データを解析し、発生源と観測値の関係を検討する。
- ② (太平洋域のCO₂海洋吸収の変動特性評価に関する研究) 太平洋域のCO₂海洋吸収の変動特性評価として、西太平洋及び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 (陸域生態系のCO₂フラックス変動特性の評価に関する研究) 陸域生態系のCO₂フラックス変動特性の評価に関する研究として、二酸化炭素等の吸収量の観測及び収支推定の方法論の研究やアジアの熱帯域での陸域フラックス観測を検討する。土壌呼吸速度の温暖化影響の観測的研究に関する検討を開始する。

平成19年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 昨年度から本格的に始動した二酸化炭素測定器を搭載したJALの旅客機5機によって、アジア、ヨーロッパでの主要都市での鉛直二酸化炭素分布観測を約2000プロファイル採ることができた。さら

に日ーオーストラリアの間を飛行する2機の機体によってボトルサンプラーで大気の採取を行い、CO₂、メタン、N₂O、CO、に加えて炭素同位体（安定、放射性）の分析を開始した。各地の鉛直分布のデータが蓄積することによって、高さ毎の時系列変化を調べることが可能となった。これにより、日本を含むアジア大陸の東側にある地点の4 km以下の高度の濃度は相対的に他の地域より高くなっていることがわかった。これは、西側に発生源がある東アジア地域での鉛直分布は低い高度で、より高い濃度を示すことが多いことがわかった。一方、ハワイでは鉛直分布がほとんどなく、1 kmも4 kmの高度も同じ濃度を示すことがわかった。これらのデータは世界でも類を見ない貴重なデータセットであり、モデルパラメータチューニングやそれを用いるGOSATの濃度計算過程にも大きく寄与することが期待できた。

- ①イ 定期航路をもつ商船を用いて、日本ー北米、日本ーオセアニアラインでの大気のサンプリングを行い、緯度方向、経度方向のデータの採取を継続的に行った。どの緯度帯でも二酸化炭素や亜酸化窒素は年に0.5%程度の増加傾向が続いていることが検出された。一方メタン濃度は依然各緯度帯での濃度増加がほとんどゼロになっていることがわかった。メタン濃度は亜熱帯域に減少傾向が強いことが示唆された。基本的にはメタン発生量の頭打ちによって、濃度の停止が起こっていると考えられた。
- ①ウ 沖縄の波照間と北海道の落石観測所でのGC-MSによるフロン等の観測を継続し、ハロカーボン類の高頻度観測を行った。波照間での多くの代替フロンは増加がつづいていた。HCFC-141 bには若干の減少が観測された。
- ①エ アジアでの大気の大気地域特性を調べるべく、インドや貴陽の大気サンプリングを分析した。インドにおける夏季のCO₂の濃度は同じ緯度帯でのデータより低い特徴があり、この地域の特性が現れているかもしれない。
- ①オ 民間船舶を用いたアジア路線での観測を開始した。初期段階として、CO₂やオゾン観測、大気ボトルサンプラーなどによる採取を開始した。
- ①カ 船舶を用いた緯度別の二酸化炭素の安定同位体比の観測から、2007の始めまでの二酸化炭素の収支の年変動について検討を行った。陸域の二酸化炭素吸収は、温度とよく相関しており2005年ー2006年にも吸収量の減少がみられた。逆に海洋側はむしろ増加しているように見える。海洋の吸収量のこの時期の増加は、北太平洋でも見られておりその傾向が一致した。
- ①キ 沖縄の波照間島や北海道落石岬での大気中酸素濃度の長期観測を継続し、ここ最近までの平均した二酸化炭素のグローバルな収支を求めた。それによると、海洋の酸素の出入りを考慮した場合、約2Pg-Cの二酸化炭素が海洋に吸収されていることが推定された。これにより、正味の森林吸収は1Gt-Cであり、森林破壊1.6Gt-C（AR4）であるとする、2.6GtがトータルなCO₂吸収であるということがわかった。これは、世界の他の地点で計測された値とほぼ整合的であった。
- ①ク 放射性炭素の分析がすすみ、緯度別の時系列解析を開始した。これにより、炭素循環過程の変化の検出を試みた。
- ①ケ HCFC-23はHCFC-22製造の副産物であるが、その年増加率が波照間では30%と非常に高いことが観測された。波照間での大陸起源の気団には、このHCFC-22, 23が高く発生量の大きさを示していることがわかった。
- ①コ 波照間の二酸化炭素の濃度データで特に大陸からの影響が大きい冬季の濃度をハワイなどと比べるとその差がだんだん大きくなってきていることや、メタンとの比率から見ても中国の二酸化炭素の発生量の急増がアジアでの二酸化炭素濃度分布を変えつつあることが示唆された。
- ①サ シベリアのタワーでの観測データも蓄積しており、NIESのトランスポートモデルなどでシミュレーションを行い、それによってモデルに使っている陸域吸収モデルであるCASAモデルでのパラメータのチューニングを行なった。これによると、地表面の濃度でCASAモデルのパラメータを調整する場合、大気の混合の強さをどのように取るかによってばらつきが大きくなることや、カラム濃度量で調

整するほうが少しは良い結果を与えることがわかった。この他モデル研究によって、大気観測のシミュレーションから、発生源に関する情報を抽出する試みが、二酸化炭素やCO、ハロカーボンに関して行われた。

- ②ア 北太平洋での観測を継続し、ここ10年程度の年間の吸収量の変動や、その吸収の地域性をまとめた。これによると10年の間の平均の北太平洋(22.5-55度間)のCO₂吸収量は0.48PgC/yであった。これは、全海洋吸収の25%程度を占めている。年々変動は98年に増加、99年に減少したあと、2005年に向かって吸収量の増加が観測された。その変化の大きさは10%(0.05PgC)程度でありそれほど大きな変化ではなかった。このような詳細な観測結果をまとめられることは世界的にも無く貴重なデータセットとなった。
- ②イ オセアニア航路を航行する民間船舶トランスフューチャー(トヨフジ海運所属)に昨年度新たに設置した観測を定常化するために、装置の定期的メンテナンスを行い、配管などの不良箇所を修理した。これにより西太平洋での日本-オーストラリア-ニュージーランドの間の海洋二酸化炭素観測が継続した。これによると、オーストラリア-ニュージーランドの間のタスマン海の吸収が一年中大きいことがわかった。今後継続することで、その大きさと変動が観測できると思われた。
- ③ア 日本のフラックスサイト(天塩、苫小牧、富士北麓)のフラックスを比べると苫小牧や富士北麓の吸収量は年間200gC/m²程度になっているが、天塩の実験サイトではあまり大きくない吸収量であった。天塩や苫小牧の森林部が消失した場合のフラックスの変化を見たところ、3年間はまた吸収量が回復せずに大きな発生源となることが確認された。アジア地域のフラックスで、日本域以外での吸収量が大きい熱帯や、炭素蓄積量が大きいチベットの草原でのフラックス観測を継続した。
- ③イ 土壌呼吸量増加に対する温暖化によるフィードバックの寄与を見積もるために、年間を通して土壌を人工的に加熱し、その寄与について大型自動開閉チャンバーを用いて評価するなどの調査を研究所内林地で行なってきたが、これを北海道の天塩、広島大学などに展開し、計測を開始した。データはまだ開始されたばかりでありあまりそろっていないが、つくばのデータによると、加温している方のチャンバーでは20-30%程度のCO₂放出の増加が認められた。温度と呼吸反応曲線から見積もると、加温によって呼吸速度のQ₁₀はむしろ下がっているような傾向もあり、そのため増加割合が小さめに出る可能性が示唆された。しかし、乾燥の度合い等などその他の要因も複雑に絡むことがわかった。
- ③ウ 陸域生態系の総生産量などを、COSなどのトレーサーのフラックス測定より求める方法を提案しているが、本年度に分析用の測定機器の開発を行い、精度の向上などが結果として得られたため、今後実測のためのシステム作りに取り掛かる予定である。

(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19年度の研究成果目標

- ①(衛星観測データの処理アルゴリズム開発・改良研究)短波長赤外波長域での測定に関して、巻雲やエアロゾルの存在する様々な大気条件下での取得データに対応するデータ処理手法を開発し、それらにより導出される二酸化炭素カラム濃度値の誤差評価を行う。また、偏光データの利用手法を確立する。
- 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)衛星搭載センサーと類似仕様の地上モデルセンサーを用いて、飛翔体または高所からの太陽の地表面反射光及び太陽直達光を測定する実験を実施し、取得されたデータから二酸化炭素のカラム濃度を導出する。同時に観測時の大気パラメータを直接測定などによって取得し、地上モデルセンサーデータからの解析結果と比較して解析精度の検討を行う。これにより、地上モデルセンサーデータの解析手法の妥当性・問題点を

確認する。

- ③（全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究）大気輸送計算によって地上測定データ及び関連データベースから二酸化炭素の空間分布を求めるフォワード計算手法を改良し、その時間・空間分解能を精密化する。更に、このフォワード計算結果と衛星データ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手法のシステム化を行う。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア クリアスカイを含む様々な巻雲・エアロゾル状態に対して同一の処理手法（2ステップ法）による導出性能を評価し、導出誤差が大きくなるのは黄砂などの高々度にエアロゾルが存在する場合と、黒色炭素を多く含むダストの場合であることが判明したが、ほとんどの観測条件で目標精度が達成されることが確認できた。
- ①イ 偏光を計算する放射伝達コード（Pstar2b）を完成し、関係者に公開した。複雑な偏光の放射伝達計算を、従来のコードの2倍程度の計算時間で実現することができる。なお、定常処理では偏光データを合成して無偏光データとして処理し、その改良版として偏光データを独立情報として利用する手法に切り替えることとした。
- ②ア 当初は衛星搭載センサーと類似仕様の地上モデルセンサーを用いて、飛行体または高所からの太陽の地表面反射光及び太陽直達光を測定する実験を実施し、取得されたデータから二酸化炭素のカラム濃度を導出する計画を立てたが、18年度に実施した実験データの解析を通してデータ処理手法の妥当性・改良すべき点などを確認できたので、データ処理手法の検証の観点から今後実験により押さえるべきパラメータの優先度を整理した。
- ②イ 衛星打ち上げ後のデータプロダクトの検証に必要な実証手段を検討し、地上設置の高分解能フーリエ変換分光計によるカラム量推定精度を評価するとともに、航空機等による直接測定の準備を行った。
- ③ア 航空機観測データを用いて、陸域生態系モデルを最適化することにより、大気中二酸化炭素の季節変動をより正確に再現するフォワードモデルを完成した。また、大気のトレーサー輸送の結合モデルの計算の効率化を図り、いくつかの観測サイトデータに対して適用した。高い分解能のモデルは計算時間を要するが、GOSATの観測する空間分解能で全球に対して計算が可能と見込まれる。
- ③イ GOSATの陸域観測データを用いることで、インバースモデルによる炭素収支推定誤差が地域別にどの程度低減するかをシミュレーション計算により解析した。その結果、特に地上の観測局の少ないアフリカや南アメリカ大陸で誤差の低減率が大きい（30～50%程度ある）ことが解った。また、これらの手法のシステム化に着手した。

（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19年度の研究成果目標

- ①（気候モデル研究）気候モデルについて、モデルの改良ならびに次期モデル実験の準備を進めるとともに、予測の不確実性を考慮した確率的気候変化シナリオの開発に取り組む。また、土地利用変化が気候に与える影響を調査する。
- ②（影響・適応モデル研究）
- ③影響モデルについて、気候モデルによる確率的予測と連携して影響評価結果の不確実性を明示的に表現するための手法の開発を進める。また、水資源影響モデルを高度化するとともに、気候モデルとの結合作業を進める。

④（陸域生態・土地利用モデル研究）陸域生態・土地利用モデルについて、気候変化に伴う陸域生態系における炭素収支変動とIPCCシナリオの社会経済発展に対応する土地利用変化を予測するモデルの開発に取り組む。また、モデル入力情報として空間詳細な社会経済シナリオを構築するための情報解析を実施する。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア 今後25年程度の近未来に、地球温暖化に伴って年平均降水量と極端な降水の強さがどのように変化するかを予測した。その結果として、高緯度と熱帯では、温暖化シグナルが数十年規模の自然変動によって覆い隠される可能性は低いことがわかった。一方、亜熱帯では、数十年規模自然変動によって降水量変化の符号も代わり得ることが示された。
- ①イ モデルによる気候変化予測の不確実性の定量化に向けて、複数のモデルによるデータを用いて、モデル間の気候変化予測パターンと現在気候の再現性の関係を定量的に評価した。その結果として、熱帯域の夏季降水量および高緯度域の冬季地表気温に関する、現在気候の再現性と気候変化予測パターンの間に高い相関が得られた。すなわち、これらの要素に関して、現在気候の再現性が類似しているモデルほど、気候変化予測パターンも類似する傾向にあることが分かった。
- ①ウ 森林伐採などによる土地被覆変化条件を与えて大気-陸域生態系モデル実験を行った。現在気候条件の下、土地被覆のみ将来シナリオにおいて予測される分布をモデルに与えて実験を行ったところ、耕作地面積が増加している領域の付近で気温の上昇が見られた。
- ②ア IPCC-AR4で評価対象となった約20の気候モデルによる最新の将来気候予測を用いて、アジア域の水稻を対象作物として取り上げ、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収量減少のリスク評価（確率的な影響評価）を行った。その結果、品種変更・植え付け日の変更による適応が、現在の栽培地域での灌漑割合の拡大による適応に比べ、高いリスク軽減効果を持つことを示した。
- ②イ ダム、農業、灌漑といった人間活動を結合した全球水資源モデルと気候モデルのプログラムコードを結合した。この結合モデルを用いて、灌漑が気候システムに与える影響を予備的に評価した。その結果、灌漑のタイミングや供給水量に着目した、先行研究を大幅に上回る高度な解析を行う用意が整った。
- ③ア 陸域生態系モデルの高度化を進め、炭素-窒素循環およびバイオマス燃焼や生物起源揮発性有機炭素といった微量物質交換プロセスを組み入れた改良モデル（VISIT）を開発した。土地利用変化の影響を調べるため、過去の耕作地面積または土地利用転換データを用いて予備的なシミュレーションを実施した。温室効果ガス収支のモデル推定を検証するため、いくつかのサイトにおいてCO₂、CH₄、N₂O交換の観測データと比較を行った。
- ③イ 森林面積と農地面積の将来予測に重点をおいたモデルの開発を行った。食糧経済と林産経済の結合によって土地利用変化の推定を行いうと同時に、農産物、林産物需要の予測も同時に行った。さらに、全球土地被覆図を用いた、都市サイズに関するランクサイズルールの適用性について検討を行い、従来の行政区域の人口によるランクサイズルールと同等もしくは有利であることを示した。

（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19年度の研究成果目標

- ①（脱温暖化（低炭素社会）ビジョン・シナリオ作成）2050年に向けて脱温暖化社会へ至るための実現可能な発展経路を同定し、必要となる対策オプションを提示し、政策措置に必要な情報を提供する。また、中国、インド、タイ、ブラジルと協力して、途上国、経済移行国の脱温暖化シナリオ

を描くとともに、日英共同プロジェクトを推進し、低炭素都市に向けた取組みについて検討する。

- ② (気候変動に関する国際政策分析) 日本にとって望ましい温暖化対策のための将来枠組みを提示する。また、望ましい枠組みを検討するための国内ステークホルダー会議を開催する。さらに、次期国際枠組みによって社会的影響を受ける可能性が高いアジアの途上国を対象として、交渉に建設的に参加するための能力を増強するために第3回アジアワークショップを北京で開催する。
- ③ (気候変動政策の定量的分析) アジア主要国を対象として各国のニーズにあった分析を強化するためにモデルを改良し、技術リストを見直すことにより、対策オプションによる温室効果ガス削減効果と対策による経済影響を分析する。世界エンドユースモデルの各国の技術リストを精査して改定するとともに、エネルギー・サービス需要についても、経済モデルと結合して、革新技術が普及した場合の需要の変化に対応できるようにモデルを改良する。引き続きトレーニング・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19年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 2007年2月15日に記者発表した、2050年の日本のCO₂排出量を1990年に比べて70%削減するような低炭素社会を実現する戦略を具体的に示すため、複数の対策と政策を組み合わせた施策パッケージ(注)を約20個選定した。そして、それぞれの施策パッケージに対して、目指すべき姿、目指すべき社会像を実現するための障害と施策、それらを組み合わせた実現戦略を叙述的、また可能な限り定量的に記述した。(注)「低炭素社会」実現の目的をもつものの、より具体的な方針(例えば、高断熱住宅の普及、バイオ燃料自動車の普及等)を目的とする関連活動(行政、技術開発、産業化、国民啓発)のまとめ。一群の個別施策を組み合わせ、そのパッケージが、他のパッケージとはある程度の独立性を持って低炭素社会へのトレンドブレイクとなるようにしたもの。パッケージ全体としての目標、性格、時間スケール、政策・管理体制、現時点での実行容易性が付与されている。
- ①イ 施策パッケージに示された、政策・対策群の組み合わせたときに、需給の調整や導入タイミングをチェックする選択モデルをデザインした。また、前期3年で開発した経済モデルに基づく第1次バージョンと結合して、施策パッケージを最適に導入する様子を分析する第2次バージョンのバックキャストモデルのフレームワークを構築した。これにより、施策パッケージの定量データが整い次第、約20の施策パッケージが整合的に導入される様子を分析することができるようになった。
- ①ウ 日英低炭素社会研究プロジェクトの活動を発展させた。第2回国際ワークショップを2007年6月13日から15日にロンドンにて行い、約20カ国60名の専門家が集まり、国だけでなく都市や交通セクター、民生セクターさらには、人々のライフスタイルをどのように変更すれば低炭素社会が実現できるか議論を行い、要旨にまとめた。その成果について、2008年12月にバリで行われたCOP13/CMP3にてサイドイベントを行うとともに(12月10日)、日英環境大臣のサインの入ったペーパーを国際交渉関係者に配布し活動を広く知らしめた。
- ①エ 2007年10月22日から26日に国立環境研究所にて、トレーニング・ワークショップを行った。中国、インド、タイ、韓国、マレーシア、ロシア、ブラジル、南アフリカ、デンマークから若手研究者に対して、日本低炭素社会シナリオの構築に用いたモデルを供与して、特に家庭部門と運輸部門を対象に、どのように日本低炭素社会シナリオを構築したかを説明しながら、彼ら自身でデータを入力し、シナリオを構築するようキャパシティビルディングを行った。それらの成果をホームページに掲載するとともに、COP13/CMP3(2008年12月、バリ)にて「低炭素アジア(Low Carbon Asia)」と題するサイドイベント(12月8日)を開催し、日本、インド、中国、タイ、インドネシアの低炭素社会シナリオについてその実現戦略とともに報告・議論し、100名を超える観衆を集めた。
- ①オ 2008年2月13日から15日に東京にて第3回日英低炭素社会研究プロジェクトの国際ワークショップを行い、約20カ国70名以上の専門家により、個人のライフスタイル変更とその影響、持続可能な発展と低炭素社会の両立の可能性、低炭素社会を実現する投資、セクター別に見た低炭素社会に向け

た障壁およびチャンスの4つのテーマについて議論を深めた。

- ①カ これらの研究活動は、年間100件ほどの講演を行い、直接にステークホルダーに研究の中身を伝えるとともに、雑誌、新聞、テレビなどのメディアに広く紹介された。また、政策立案のための有用な情報を提供した。
- ②ア 昨年度の成果をふまえて、国内の専門家・産業関係者・環境保護団体関係者30数名を招致したワークショップを開催し、次期国際枠組みに関するグループワークを実施した。また、同会合と前後してアンケート調査を実施した。前者のグループワークの目的は、次期国際枠組みに関連する議論の構造を図示化して参加者の認識を共有し、課題等を明らかにすることにあつた。同テーマを3つの側面（炭素市場を最大限に利用した国際制度とは？セクターアプローチを中心に国際制度を構築した場合とは？途上国の参加を最優先に考えた場合の国際制度とは？）から、3グループが各々1課題ずつ議論した。そのアウトプットとして、3つの観点から議論した次期国際枠組みの構造が図示され、その中での課題も明らかとなった。また、後者のアンケート調査の目的は、上記ワークショップ参加者を中心とする我が国での次期国際枠組み問題に関する専門家がいかなる将来を予想して議論しているのか、という点を明らかにし、それらの専門家が念頭におく国際交渉の将来シナリオを描くことにあつた。デルファイ法の手法を参考にし、ワークショップの前後でアンケート調査を実施することにより、2回のアンケート回答結果の違いにも注目した。その結果、いくつかの側面（例：米国は次期大統領の政権下でより対策に積極的になる等）では大半の回答者の予想が一致している反面、いくつかの側面（例：欧州は最後まで2013年から第2約束期間を開始することに拘る等）では、回答にばらつきがあることが分かった。また、この回答のばらつきと、回答者のグループワークにおける発言を組み合わせることにより、将来予想の違いが、回答者が「望ましい」と考える次期国際枠組みのあり方にも影響を及ぼしていることが判明した。
- ②イ 上記で得られた結果をふまえて、次期枠組みに関する考え方のディスカッションペーパーを作成し、国内外の関係者に配布した。このディスカッションペーパーでは、将来枠組みを規定する構成要素の主要な部分である「各国の約束（コミットメント）」と「参加」のあり方について分析の軸を提示し、箇々の分析軸ごとに既往提案の長所短所を客観的に評価した後、2050年までに半減、といった長期目標と整合性がとれ、なおかつ制度としての観点から最も評価される次期国際枠組み案を提示している。
- ②ウ アジア太平洋地域の専門家を招致した次期枠組みに関するワークショップ（第3回）を2007年8月に北京で開催し、アジア太平洋地域として望ましいと考えられる次期枠組みについて検討した。またその検討結果をカントリーペーパーとしてとりまとめ、COP13にて配布した。同時に、COP13開催中にラウンドテーブル会合を開催し、プロジェクト参加者が自国の気候変動に関する意思決定について発表し、議論する場を提供した。
- ②エ 以上の成果は、COP13および2008年7月の洞爺湖サミットに向けた国内の多様な議論の場において情報をインプットする形で貢献した。
- ③ア 中国では、技術選択モデルと経済モデルを統合した上で、中国のエネルギー効率改善目標（2005年から2010年までに20%改善する）の実現可能性とその経済影響について定量的に評価した。その結果、エネルギー効率改善目標は既存の対策メニューだけでは達成できず、さらなる革新的技術の導入が必要となることを明らかにした。
- ③イ インドでは、温暖化対策と経済発展の関係を明らかにするために、将来の発展の経路の違いによる温室効果ガス排出量の変化を技術選択モデルを用いて分析するとともに、将来の社会経済にあつた温暖化対策による二酸化炭素排出削減量をそれぞれの社会において評価した。
- ③ウ タイでは、2050年の二酸化炭素排出量をBaUと比較して15%削減するような対策を2015年以降に

導入する場合について評価した。発電部門では、CCS 付きの石炭火力発電、コンバインドサイクル発電が二酸化炭素排出量の削減に貢献し、産業部門や運輸部門においてもエネルギー最終需要が減少するとともに、運輸部門ではバイオディーゼル車、アルコール混合燃料、ハイブリッド車の寄与が大きい。また、その結果、副次効果として大気汚染物質の排出量も大きく削減された。

- ③エ 日本を対象とした経済モデルをもとに、将来の経済成長の最新の想定や近年の原油高騰等の影響を組み込むとともに、ガソリンおよび軽油に科されている道路特定財源の暫定税率を廃止した場合の二酸化炭素排出量の変化について試算を行った。その結果、暫定税率が廃止されることで社会全体の二酸化炭素排出量の増加は、第一約束期間平均で 800 万トン CO₂ となり、運輸起源の排出量の増加はそのうち 520 万トン CO₂ であった。
- ③オ 世界エンドユースモデルでは、各国の技術リストを精査して改定するとともに、二酸化炭素の限界削減費用曲線を 21 地域別に定量化するとともに、各地域の削減ポテンシャルを明らかにした。2020 年に 100\$/トン CO₂ 以下の費用で削減が可能な二酸化炭素は、世界全体で 87~113 億トン CO₂、Annex I で 26~38 億トン CO₂、Non Annex I 地域で 60~75 億トン CO₂ と試算された。国別では、中国、インド、米国における削減ポテンシャルが高い。
- ③カ 世界経済モデルでは、エンドユースモデルとのリンクが可能となるように地域の統合やデータの更新などのモデル改良を行い、2 つのモデルを統合した予備的なシミュレーションを行った。
- ③キ IPCC 新シナリオにおいてアジアの途上国の視点からの世界シナリオを提供することを目的として、世界経済モデル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 19 年度の研究成果目標

- ① (過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定) 気候モデルによる 20 世紀気候再現実験の出力データを活用し、様々な気候学的な物理量に対して、気候変化シグナルの検出とその要因推定を行う。エアロゾルの取り扱いの違いに起因する不確実性についても調査する。また、様々な気候変動要因を仮想的に与えた実験結果から、それぞれに特徴的な時空間変化パターン抽出や、その発現メカニズムに関する考察を行い、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。
- ② (高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究) 18 年度で求めた指標と気象要因との関係及び既存の気象資料から、選出した温暖化影響指標の長期変動を推定する。また、我が国高山帯南限域において植生調査を行う。さらに、衛星画像を活用して高山帯の消雪時期を把握する方法を確立する。
- ③ (京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究) 温暖化対策として認められた森林管理活動を含め吸収源活動の評価に利用できる吸収量算定モデルとして、生態学的アプローチによる日本の森林における炭素収支を評価できるモデルを開発する。また、森林インベントリ情報(森林材積量や土壌炭素ストック量)を用いて、モデルを検証する。
- ④ (太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価) 太平洋の島嶼国を対象として、リモートセンシングデータを活用した地形図・土地利用図・沿岸環境に関する基本的なインベントリマップを作製し、現地に提供を行うとともに、脆弱な地域の抽出を行う。また、州島の形成維持要因との対応に基づき、気候変動に対する州島の変化予測を行う。
- ⑤ (温暖化に対するサンゴ礁の変化の検出とモニタリング) リモートセンシングを用いたサンゴ礁環境のマッピング方法、変化の検出方法を確立し、サンゴ礁のマッピングを開始するとともに、現地モニタリングデータの収集を行う。
- ⑥ (温暖化の危険な水準と安定化経路の解明) 統合評価フレームワークに適した独自の評価基準・手法

を検討する。全球を対象とした影響関数を完成させ、統合評価モデルに提供する。影響関数（世界・日本）を連結した統合評価モデルを試作し、各種の温暖化抑制目標の下での影響の定量的推計を全球・日本について行えるようにする。また、抑制目標の評価基準・手法を用いて、温暖化の危険な水準および温暖化抑制目標に関する検討を行う。

- ⑦（アジア太平洋地域における戦略的データベースを用いた応用シナリオ開発）アジア太平洋地域における環境負荷・資源の現状を包括的に把握し、将来の変化をシナリオを用いて分析し、環境悪化を抑えるための対策として環境分野へのイノベーションの導入とその実現のための種々の方策について、経済面も考慮して評価することを目的に、戦略的データベースをアジアに適応した分析を行う。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア 20世紀後半に中国で観測された地表日射量の減少傾向が人為起源エアロゾルの増加に起因しており、その多くはエアロゾル直接効果によりもたらされるものの、場所によってはエアロゾル間接効果の影響も無視できないことを明らかにした。人間活動の影響がさまざまな気候学的な物理量に及んでいることを示す結果であり、地球環境保全の観点からエアロゾルの排出抑制の必要性を説く根拠の一つとなり得る。
- ①イ 炭素性エアロゾルの排出増加を考慮した場合と考慮しなかった場合の20世紀気候再現実験結果から、炭素性エアロゾルの増加を考慮した場合には、人為起源の温室効果ガスの増加による気温上昇と人為起源エアロゾルの増加による気温低下（の絶対値）が上方修正されることが分かった。この結果は、従来の気候モデル実験では考慮されてこなかったプロセスが、観測された気温上昇に対する各要因の寄与率推定に大きく影響する可能性を示唆しており、地球システム統合モデルによる研究の必要性を説く根拠となり得る。
- ①ウ 二酸化炭素が倍増した場合と同等の放射量変化を太陽エネルギーにより与えた場合の理想実験を行い、気候応答の相違について調べた結果、一部地域においては、降水量変化などに違いのあることが分かった。今後も解析を継続することにより、自然要因に特徴的な気候応答に関する知見を得ることができると期待される。
- ②ア 選出した温暖化影響指標であるキタダケソウ（北岳）、ヒダカソウ（アポイ岳）、クロユリ（白山）などの開花時期は、程度の差はあるものの、近年早まる傾向が認められた。また、千蛇ヶ池雪渓の越年規模は、減少傾向であった。○我が国高山帯の南限域である池口岳のハイマツが、消滅していた。この原因の一つとして、キタゴヨウの生育高度の上昇と推定した。
- ③ア 愛媛県での、人工林の森林生態・林業情報を収集して、生態モデルによる吸収量算定結果をインベントリーデータによる推定値と比較検証した。また森林管理に伴うバイオマス利用ポテンシャルの評価を実施した。生態系モデルによる推定では間伐による排出量をカウントできるため、インベントリーによる吸収量評価が10%程度の過大評価になっていると分析された。
- ③イ 国家森林資源データベース（林野庁）が公開され次第、全国レベルの評価を実施するが、2012年以降の次期枠組では、植林、森林管理に加えて、森林保全（森林減少・劣化の防止）が重要になる。森林管理コストや生態系サービスも含めて、日本全国の木質バイオマス利用ポテンシャルを評価も重要である。
- ④ア マーシャル諸島共和国とツバル共和国を対象として、地形図・土地利用図・沿岸環境に関する基本的なインベントリーマップを作製し、現地を提供を行った。
- ④イ ツバル共和国を対象として、上述の地形図と過去からの地図や空中写真を解析して現在の洪水の要因を明らかにし、浸水予測を行い、ハザードマップを作成して現地政府に提供した。

- ④ウ 環境省と JICA が計画しているツバルを対象とした支援策の立案に際し、情報提供を行った。
- ④エ 全球の島嶼を対象とした解析により、州島の維持に重要な物理要因の寄与の定量化を行った。さらに、州島の維持には地域での適切な管理計画が重要であることを示した。
- ⑤ア 夏に起こった白化現象に関して、市民と協働して現地データを収集し、環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンターにて公開を行った。また、この成果に基づいて白化以外の現地データの収集に関して、市民参加型の広域におけるデータ収集方法を立案した。
- ⑤イ 収集した白化データを検証データとして、衛星データによる白化の検出の可能性を検討した。
- ⑤ウ 衛星データによるサンゴ礁のマッピングに関して、種々の衛星センサーの性能を比較し、最適なセンサーの提案を行った。
- ⑥ア 温暖化の危険な影響のレベルを科学的知見に基づいて検討するために、昨年度に引き続き「温暖化影響データベース」を開発・改良した。
- ⑥イ 全球規模の影響評価モデル（水資源、健康、農業）を改良し、国別の気温・降水量変化を説明変数とする分野別影響関数（世界）を開発し、その再現性を検証した
- ⑥ウ ○濃度安定化等の温暖化抑制目標とそれを実現するための経済効率的な排出経路、および同目標下での影響・リスクを総合的に解析・評価するための統合評価モデル（AIM/Impact[Policy]）に国別・分野別影響関数を実装した。また、日本を対象とした影響関数の開発・実装にも取り組んだ。さらに、得られた影響評価結果に基づき温暖化の危険な水準および温暖化抑制目標に関して議論するための結果表示機能について検討した。
- ⑦ア イノベーション技術導入による温室効果ガス排出量の抑制や環境負荷の効果を定量的に分析できる AIM モデル対策技術オプションデータベースについて、国連の持続的開発委員会の学習センターで講義し、モデルの普及を行った。
- ⑦イ イノベーション技術導入が国連のミレニアム開発目標である貧困や教育レベル改善に与える影響について分析した。
- ⑦ウ 戦略的データベースのインターフェースを改良して、インドの民生部門でのバイオマスストーブ、太陽光発電、CFL 照明などの導入による二酸化炭素削減効果と室内大気汚染の改善効果について分析した。また、運輸部門を対象として、電気自動車、バイオ燃料、交通信号の効果について推計した。
- ⑦エ UNEP/RISO との共同研究を開始し、持続的発展指標について検討した。

(6) GOSAT 定常処理運用事業（その他の活動）

平成19年度の研究成果目標

- ①定常処理運用システムの開発（プログラミング）、及び計算機システムの二次導入を行う。導入した計算機システムの運用管理を行う。関係機関とのデータ授受に関するインターフェース調整及び試験を実施する。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア 定常処理運用システムの開発（プログラミング）を進めた。
- ①イ 計算機システムの二次導入を行った。これにより、定常処理に必要なサーバ類の導入がほぼ終わり、残るはディスクとバックアップ媒体（テープ等）の装置となった。
- ①ウ 昨年度までに導入した計算機システムの運用管理を行った。これらの計算機を用いてシステム開発が進行している。
- ①エ ○関係機関（JAXA）とのデータ授受に関するインターフェース調整及び試験を実施した。

1. 5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	3	14				17
(平成 20 年 5 月)	17.6%	82.4%				100%

注) 上段：評価人数、下段 [%]

年度評価基準 (5：大変優れている、4：優れている、3：普通、2：やや劣る、1：劣る)

外部研究評価委員会による年度評価の平均評点 4.2 点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

本プログラムは、広範な問題に対しての多くのアプローチが必要とされる分野であり、独立行政法人の研究機関ならでのスケールの大きな研究が展開されている。目標設定が適切であり、課題に対して真正面から取り組み、非常に精力的に研究が実施されることで、CONTRAILをはじめとした高い科学技術レベルの研究成果が得られている。これ等の研究成果を政策貢献にまで有機的に結びつけて研究が展開されていることも評価できる。IPCCなどの国際的な場を利用してわが国の戦略を広め、同時にアジア各国への展開を図っていくという本プログラムのアプローチは、総合科学技術会議が唱えている「環境外交」とも合致しており、わが国におけるグローバルな環境問題への対応の一つのモデルになると考えられる。

[今後への期待、要望]

今後、GOSAT プロジェクトなどをはじめとして、本プログラムがグローバルな炭素循環の研究に大きく貢献することが期待される。この際、膨大な観測データを適正に処理、解析し、十分な科学的成果を引き出せるような研究組織のマネジメントが重要となろう。

政策提言に関しては、さらに全体像を見渡し、2050年に世界全体で50%（日本では80%程度の）削減を目指したライフスタイル、社会システム形成の指針を示し、脱温暖化に向けたより一層の具体的な提言をして頂きたい。また、提言に留まらず、政策の具体化、実施の段階においても、科学的側面でリーダーシップを発揮することを期待する。

低炭素社会への移行過程で、対応を迫られる課題に対する国民とのリスクコミュニケーションについての研究についても検討して頂きたい。

諸外国も含めた外部機関、特にアジア諸国の研究者との積極的な連携を一層促進して欲しい。

(3) 対処方針

地上サイト、船舶・航空機利用、GOSATなどの各種プラットフォームから得られる観測データをグローバルな炭素循環研究に有効に活用できるよう、本プログラム内のみならず、所外を含めたデータ利用の研究協力体制の強化を図りたい。政策提言に関しては、温室効果ガスの大幅削減を前提とした将来社会像（低炭素社会）を見通しつつ、そのような社会の形成に向けた具体的な提言に関する研究を進めるとともに、政策の具体化・実施の段階において必要とされる科学的知見の提供につながる研究に取り組むたい。また、低炭素社会への移行段階における諸問題の国民とのコミュニケーションについての研究については、今後検討を進めたい。これまで実施してきたアジアを含む諸外国の研究機関・研究者との連携を強め、また新たな連携の可能性について検討を進める。

プログラム名：循環型社会研究プログラム

1. 1 研究の概要

今後の「循環型社会」を形成していくうえで達成目標を明らかにして集中的に取り組む必要のある目的指向型の研究課題として、重点研究プログラムのいわば顔となる「中核研究プロジェクト」（以下「中核PJ」）を次のとおり編成した。

- ・近未来の資源循環システムと政策・マネージメント手法の設計・評価
- ・資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価
- ・廃棄物系バイオマスのWin-Win型資源循環技術の開発
- ・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

また、循環型社会・廃棄物研究センター以外の研究ユニットの研究者が主体となって実施する「関連研究プロジェクト」として、“循環型社会形成のためのライフスタイルに関する研究”をはじめとする3課題を実施する。さらに、中核PJ以外の研究活動として、廃棄物の適正な管理のための研究を着実に進めるため、「廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究」という区分を本プログラムに設け、“循環型社会に対応した安全・安心な適正処理・処分技術の確立”などの4課題を位置付けているほか、廃棄物管理分野の「基盤型な調査・研究」として、“廃棄アスベストのリスク管理に関する研究”等の研究課題に取り組む。

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	463	497				
その他外部資金	561	322				
総額	1,023	819				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

(1) 近未来の資源循環システムと政策・マネージメント手法の設計・評価

平成19年度の研究成果目標

- ①近未来の物質フロー予測のベースとなる社会条件等の変化と物質フローとの因果関係に関するモデルの網羅性を高め、メインとなる複数の因果関係の道筋をシナリオ化し、近未来の物質フローの予測を定量的に行うためのモデルづくりに着手する。
- ②鉱物系循環資源、バイオマス系循環資源、プラスチック系循環資源を対象に、近未来の資源循環技術システムを具体的に設計し、LCAの手法を用いて評価する。
- ③国の個別リサイクル制度について、その効果を検証し課題を整理するとともに、制度から抜け落ちてしまう「見えないフロー」への対応を検討するために収集・回収の制度のあり方について、拡大生産者責任（EPR）の概念などを踏まえて検討する。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 近未来の循環型社会ビジョンについて、専門家を集めたシナリオワークショップを開催し、2030年頃までに予想される社会変化とそれらの物質フロー及び循環・廃棄物管理システムへの影響を網羅的に整理した。近未来の物質フロー及び循環・廃棄物管理システムに影響を与える社会の変化として22の項

目を抽出し、特に重要かつ不確実な影響を及ぼす要因項目として「国際市場・貿易体制の変化」、「資源価格の変化」、「技術の変化」が同定された。これらの社会変化を中心として、これらと一体的に取り扱える項目について考察し、シナリオ作成のための2軸「貿易体制・規制の変化」、「資源価格・技術の変化」を設定した。また、この2軸をもとに4つのシナリオを暫定的に描いた。それぞれのシナリオにおける近未来の物質フローを予測するモデル作成に着手し、まずは社会変化がもたらす製品・サービス需要への影響や天然資源消費抑制や環境負荷低減対策としての社会・技術システムの設定を外生的に与え、物質フローの将来予測と対策による効果を予測するための投入・産出型の定量的なモデルを試作した。主要な循環資源として土石系、鉄系、木質系循環資源を対象にした分析から、対策効果の評価あるいは設定目標から必要とされる対策の水準を評価できる手法を提示した。社会システム変革の対策効果については、特に消費形態の変化の影響に着目し、特定の循環資源というよりは消費システム総体としての変化があらゆる循環資源のフローに与える影響、効果の分析に適していると考えられる産業連関分析モデルの作成作業に着手した。

- ② 上記の近未来における対策の実効性や具体的なシステムを検討するために、個別の循環資源や技術システムを対象としたLCA評価を行った。まず昨年度の成果もベースにしながら、含炭素循環資源（バイオマス系及びプラスチック系）については、エネルギー需要を対象にインベントリーデータの情報基盤整備インベントリーデータ品廃棄物や下水汚泥をケーススタディとして、技術システム開発に関する中核研究プロジェクトとも共同で、動脈・静脈連携循環システムを設計し評価した。これらの循環資源については、バイオガス化や燃焼発電を組み合わせることが有効であり、また静脈プロセスだけで閉じるのではなく、系統電源や都市ガス導管との接続や燃料化による火力発電所石炭代替利用など、高効率な動脈プロセスとの連結が温暖化ガス排出量削減に有効であることを明確にした。また、鉱物系については、廃棄物溶融技術と非鉄製錬プロセスを結合させたシステムや、鉄鋼、非鉄、セメントの三大素材産業を中核とした動脈・静脈連携による産業システム形成の効果を評価した。システム分析には、産業連関を考慮したLCAの新たな手法も一部提案、適用した。
- ③ 容器包装リサイクルについては、法の見直しにおいて費用の問題が大きかったことから、今年度も引き続き費用情報を収集するとともに、費用対効果の把握に用いる未分別品の処理フローの調査・推計を行った。併せて、一般廃棄物実態調査の調査票の変更を環境省に要望し実現された。「見えないフロー」が問題となった家電・PCリサイクルについては、法施行前後でのフロー変化の推計と解析を行い、輸出が増加している状況などを定量的に明らかにするとともに、EUの政策実態を調査して、リサイクルはEPR（生産者責任）に基づいてなされるものの、家庭等からの排出品回収における責任・役割分担はEU内でも様々な責任分担の形態があることを明らかにした。回収インセンティブを付与する施策として、諸外国のデポジット制度を調査した。建設リサイクルについては問題指摘検証型の実態評価を行い、対象工事規模の引き下げ、有害物質対策、届出・通知制度の有効化、費用徴収において政策課題があることを指摘した。リデュース・リユース研究については、引き続き乗用車の長期使用の影響評価研究を行うとともに（国際産業連関分析学会レオンティエフ賞を受賞）、家電リサイクル法の小売業者ルートでのリユース基準についての検討を進め、施策貢献を果たした。

(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19年度の研究成果目標

- ① プラスチック添加剤等の物性、毒性データを整備しリスク評価及び得失評価に用いる。再生プラスチック製品における臭素系難燃剤等、混入化学物質の調査を行い、従来製品との有用性、有害性の両面からの比較考察を行うとともに化学曝露メカニズムについて一定知見を得る。

- ②水銀のサブスタンスフローを精緻化し、資源性金属類のフローに着手する。リサイクル・廃棄過程における有害性金属類の環境排出量、動脈系への移動について実験的検討、フィールド調査によりデータ集積を行う。国内及び国際資源循環に対応して移動する金属類の推定手法に着手する。
- ③建設資材系再生製品からの有害成分の挙動について、各種試験を再現し実際挙動を表現できる発生源モデルと、評価試験データを発生源情報とする移動モデルを設計する。従来型特性評価試験の精度を評価し、標準化を完成させる。環境曝露促進試験、新規特性評価試験の原案を設計する。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 製品、再生製品を構成するプラスチック部材中の化学物質情報を明らかにするため、製品（テレビケース等）や再生製品（ビデオカセット等）中の臭素系難燃剤を対象とした分析を実施し、製品、再生製品中の含有レベルを把握した。調査した再生製品中には難燃剤が高々6,000 mg/kgまでの濃度でしか含まれておらず、難燃剤としての使用（含有率が%オーダー）ではなく、再生により非意図的に混入したものと示唆された。このことから、臭素系難燃剤は再生プラスチックの混入率の指標物質になりうると思われた。製品使用時における化学物質の室内負荷に関し、一般家庭や事業所の室内空気、ハウスダストの分析を行った結果、難燃剤を含む多くの有機臭素化合物（TBP、HBCD等）、PCBについては室内空気やダスト中の濃度が有意に高く、室内に発生源があることが示唆された。発生源について検証するために、モデルルームにおける家電及び繊維製品の負荷試験を行い、室内空気について分析した結果、製品負荷に伴う顕著な濃度上昇を確認し、製品からの放散速度、排出係数など曝露リスク算定に有用なパラメータを求めることができた。廃プラスチックリサイクル7施設（破碎、圧縮・梱包、RPF製造施設等）における調査を実施し、有害化学物質（添加剤、VOC、樹脂分解物、有機ハロゲン化合物等）の一斉モニタリングを行って、プラ選別室や圧縮・梱包機周辺等における作業環境の安全性、集塵機や活性炭処理装置を配した排ガス処理プロセスにおける制御性の評価を行い、最終排ガスデータから大気経由の環境排出量の試算を実施した。施設間のデータの比較評価を通じて、投入物やリサイクルプロセスと、発生化学物質との関連性について考察できた。
- ② 廃パソコンについて、40種の金属量を把握し、解体段階における素材及び部品の回収性を評価した。廃パソコンの金属量に流通フローを組合せて、資源性・有害性金属（銅、鉛、貴金属類4元素）の潜在回収可能量及び国内・国外移動量を求めた。多種・多量の部品を含む基板について燃焼実験によるマスバランスにより得た金属量の代表値は、積み上げ方式による値とほぼ一致した結果を得た。製品に含まれる金属の資源性評価指標を新たに提案し、パソコン基板に適用し、経済的価値から優先される貴金属類のみならず銅やアルミニウム等も重要であることを指摘した。水銀の大気排出インベントリーを精緻化し、年間24~28トンを得た。結果は環境省を通じてUNEPへ提出された。実験的検討及び発生源調査により形態別水銀の排出インベントリーを整備した。フィールド調査により家電製品、自動車等の破碎過程における原子状水銀の発生に留意すべきことが示唆された。
- ③ 建設資材系再生製品からの有害物質の発生挙動モデルについては、環境最大溶出可能量試験データを用いて、溶解度曲線を推定する方法を開発し、pH依存性試験の結果と概ね一致することを確認できた。溶液を一部のみ置換する方式のシリアルバッチ試験を新規に設計し、産廃スラグ、銅スラグなどの再生材料とそのコンクリート供試体に対して試験法の適用性を確認できた。これらの試験結果から得た放出パラメータを用いる移動モデルを試作し、長期的な放出と地盤環境中での移動を予測する手法を示した。前年度からの課題であった環境最大溶出可能量試験について、条件を再検討し精度向上を図った結果、試験法として十分な精度であることがクロスチェックにより確認され、廃棄物学会標準規格の原案として提出した。リサイクル製品認定等での判断材料提供を目的に、各種再生製品の収集と試験データ蓄積を進めることができた。環境曝露試験では浸漬式の乾湿サイクル試験を設計・試行し、浸漬液の交換と乾燥温度の高温度化によって溶出が大きく促進されることを見いだした。

(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19年度の研究成果目標

① (炭素サイクル型エネルギー循環利用技術システムの開発と評価)

- ガス化・改質プロセス開発において、改質触媒の高度活用技術開発を進めるとともに、触媒の長時間耐久性試験評価および再生による繰り返し利用試験評価を行い、ガス化性能維持のための知見を得る。・未利用の低品質廃油脂類からバイオディーゼル燃料を製造するための製造技術を開発し、その技術特性を明らかにする。
- 2相式酸発酵プロセスを水素発酵との共存型にすることによりエネルギー回収効率の向上を図ると同時に、脱離液処理を一体化したプロセス技術の開発を行う。

② (潜在資源活用型マテリアル回収利用技術システムの開発と評価)

- 既設のセミパイロット装置による食品廃棄物の乳酸発酵試験に基づき、乳酸回収性能の向上と発酵分離ケーキの飼料としての品質の最適処理条件について検討を行うとともに、これらの発酵製品を用いた地域循環システム作りを推進する。
- 液状廃棄物中リンに対する吸着/脱離/資源化/吸着剤再生の技術因子を求めるとともに、リン酸鉄含有汚泥からの回収効率向上、汚泥減容化とのハイブリッド化における最適運転条件の確立を図る。

③ (動脈-静脈プロセス間連携/一体化資源循環システムの開発と実証評価)

- 関東エリアを中心にして廃棄物系バイオマスの需給状況をデータベース化し、特定の地域を想定したシステム設計を行い、ライフサイクルアセスメントの手法により評価を行う。

平成19年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

①ア 18年度の検討よりさらに比較的低温 (650-850℃) の条件まで幅を広げ、主に木質バイオマスを原料とした水蒸気ガス化・改質試験を実施し、Ni-Ca系改質触媒の適用により40%以上の水素濃度と2,000 kcal/m³N (8.4MJ/m³N) 以上の発熱量を有する燃料ガスを得ることに成功し、カーボンガス化率95%以上を達成した。また、触媒にカルサイトを原材料とする酸化カルシウムを併用することで、タール成分の分解を促進し、酸化カルシウムの炭酸化反応に基づくCO₂吸収による水素組成または発熱量・燃焼特性制御が可能となることを明らかにした。一方、触媒の耐久性向上については、改質温度850℃において十分な耐久性を有すること、同温度において空気酸化により触媒再生を行った場合、触媒活性が十分に回復することを実験的に明らかにした。15kg/h規模のベンチスケール流動層によるガス化-改質実験の結果から、酸化カルシウムの使用量の増大に比例して水素濃度が増加しタール成分濃度が減少することを明らかにし、生成ガスの選択的制御に関する技術的要件を取得した。

①イ 未利用の低品質廃油脂類であるトラップグリースや廃食用油固化物に液化ジメチルエーテル (DME) を抽出溶媒として添加し、それらの廃油脂類からバイオディーゼル燃料 (BDF) 原料成分を選択的に99.9%以上抽出できる技術を新たに開発した (特許出願)。また、液化DMEを用いたBDF超高速合成技術を新規に開発し (特許出願)、従来法の1/2の温度においても、新技術は従来法の100倍以上の反応速度を有することが明らかにされ、本技術が小型かつ高効率なBDF製造技術へ展開できる可能性が得られた。

①ウ 食堂残飯 (TS10%程度) を対象とした水素/メタン二段発酵プロセスにおいて、水素発酵槽の微生物濃度を高く維持し、pHを5.5に制御する等の適正条件の把握により、長期間の連続水素発酵が可能となり、酢酸、酪酸を主な中間代謝産物とする発酵パターンの有機物負荷特性、温度特性に応じた変化をモニタリングすることができた。水素発酵槽では41kg-CODCr/m³・dの負荷条件においても発酵効率が高く維持されており、更なる高負荷運転が可能であると同時に、メタン発酵槽との二段発酵システム化の設計に資する成果が得られた。また栄養塩類除去機能等の解析を実施し、発酵阻害物質であるアンモニアの酸化プロセスにおいて、通常の微生物保持担体としてのプラスチック担体と比較して、

硝化細菌を高濃度に固定化したゲル担体を用いることで、硝化効率が著しく向上可能であるなど、発酵プロセスと一体化したシステムとしての最適運転条件の基盤を構築することができた。

- ②ア 循環資源としての食品残さに排出段階でL-乳酸菌を植種することで、腐敗菌や常在ラセミ乳酸菌による原料劣化を防止することにより生成乳酸の品質保全を確保できるようになり、生成L-乳酸の品質を98%以上のレベルで維持できることを示した。また、オートクレーブ代替殺菌法として安価な過熱蒸気噴射法を検討し、蒸気温度150℃、接触時間5分の最適殺菌条件を実験的に明らかにした。さらに、18年度の予備実験を踏まえて肉用鶏への発酵残さ飼料の飼養実験を行い、発酵残さ飼料の鶏へのプロバイオティック効果や遊離グルタミン酸の増加による旨味成分の増加および鶏肉中の抗酸化ペプチドの増加ならびにコレステロールの低下などの高付加価値鶏肉生産効果を検討し、食品残さを原料としたゼロエミッション型乳酸発酵技術が実用性の高い循環技術であることの評価を前進させた。
- ②イ 分散および集中処理に対応したリン除去・資源回収技術として、吸着法、鉄電解法が実過程における分散型処理システムとして安定なリン除去を行い得ることの長期モニタリングを実施すると同時に、リン含有汚泥からの効率的リン回収技術要素開発を行い、0.05M程度の硫酸により数十分で80%程度のリンを溶出させることができた。各処理プロセスにおける物質収支解析の結果、投入リン量に対する68%程度（汚泥に対して77%程度）の回収が見込まれることが明らかとなった。中規模浄化槽（30人槽）との組み合わせによるリン回収ミニパイロットシステムにおいては、物質収支解析を進めるとともに、吸着帯と飽和帯の解析に基づく吸着効率化試験等を行い、2系連結運転等の最適条件の確立に目処をつけた。これらの結果を基に、詳細設計因子の抽出およびコスト試算等を進める段階にある。また、活性汚泥プロセスにおける微生物解析に基づき、汚泥転換率が低く、リン含有率の高い複数の微生物群が検出されたことから、有用微生物を活用した運転条件確立のための汚泥濃度条件等に関する基礎的知見を得た。
- ③ 動脈-静脈プロセス間連携のパターンを類型化し、類型ごとの既存システムについて実態調査を行い、地域の需給特性に応じたシステムの技術的、社会経済的な成立条件を整理した。エネルギーの需要特性から見た場合、需要側のポテンシャルは膨大であり、鉄鋼や製紙などの産業プロセスが一つあれば広域的に存在するバイオマス資源を一挙に受け入れ可能である一方、発電による電気エネルギーの系統との接続は分散型でも対応可能であるが、バイオガスのガス導管との接続はガス製造設備の立地特性に依存することが明確になった。また、熱需要は温度や時間的な特性がさまざまであり、エネルギー供給側との相互受容性について十分に検討する必要がある。それらの知見を基に、有効利用が十分に進んでいない湿潤系バイオマス（下水汚泥、食品廃棄物、廃油脂等）を対象として、主要な連携システムを設計し、評価のためのインベントリーデータの収集および関東エリア内特定地域での二酸化炭素削減効果を試算し、従来型の処理処分システムに対する優位性を確認した。バイオマス存在量については、NEDOのデータベースに加えて、新たに関東エリアにおける市町村別の廃油脂存在量のデータベースを構築した。LCAによる二酸化炭素削減については、例えば下水汚泥については、バイオガス化による都市ガス利用と残さの炭化燃料化を組み合わせたケースが最も効果が高くなることを明らかにした。

(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19年度の研究成果目標

- ①国際資源循環及び関連する国内資源循環の現状把握について、物質フローを精緻化するとともに、フローと政策との関係を整理しながら各国における関連政策の調査を継続する。また、評価手法の開発に着手する。

- ② アジア地域における E-waste などの資源循環過程からの POPs などの残留性有機汚染物質や、水銀などの無機汚染物質の発生状況について、土壌などの試料の採取・測定分析・毒性評価・モニタリング方法を検討する。
- ③ 既存の埋立技術に対する影響因子を考慮して、技術導入の最適化を図るための検討をラボスケールで実施する。気象学的手法を用いて、埋立地全体からの温室効果ガス排出量観測法を検討する。
- ④ 生活雑排水・し尿などの汚水処理のための植生・土壌浄化、浄化槽、傾斜土槽法等の温度条件、負荷条件等に応じた処理機能解析による高度化およびバイオマス廃棄物の嫌気発酵エネルギー回収技術等の廃棄物性状・発生特性に応じた機能解析による資源化技術の効率化を行う。

平成 19 年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 国際資源循環の物質フロー分析として、家電・パソコン、廃プラの国内・国際フローについて、物質フローの精緻化を行った。家電は 4 品目の推定中古輸出台数が 460 万台程度あること、アジア諸国での排出台数の増加傾向、中古品輸入国での残渣発生率、ベトナムでの解体調査から廃基板が中国へ集中していることなどを示すとともに、財務省の輸出品目分類改定（中古品目新設）にも貢献した。パソコンについては国内フローを精査の上、中古輸出が 200 万台程度まで伸びていることを明らかにした。日本・アジア・欧州の家電リサイクル制度について、生産者の責任範囲が一般に引取り以降に限定されることを把握した。廃ペットの輸出要因と中国でのリサイクルの特徴を整理し、貿易統計や国内リサイクルの課題を示した。有害性の視点からの評価手法の試算をパソコンなどの事例で行い、評価手法ごとに多様な結果が得られることを示した。以上の E-waste に関する成果は、11 月に開催した第 4 回国立環境研究所 E-waste ワークショップにおいて、各国専門家と有益な議論をするなかからも得られた。
- ② 途上国で適用可能な試料採取・測定分析法などを開発して資源循環過程での環境影響把握につなげるために、アジア-太平洋地域の都市ゴミ投棄場や港湾・沿岸域から採取した土壌・底質試料を対象にバイオアッセイ（DR-CALUX 法）によるモニタリングを実施した。前処理の自動化等により迅速にダイオキシン類縁化合物の測定ができ、化学分析による毒性等量値を精度良く予測できることを示した。廃パソコンの詳細解体・化学分析を行い、基板などに含有される Ag、Au、Cu、Pb などの金属量を求めるとともに、年間の国内資源化量を Au について最大 0.21t などと推定した。臭素系難燃剤等が含まれる基板の燃焼実験を行い、非制御の不完全燃焼条件下では PBDEs 等の排出が制御燃焼に比べ大幅に増加することを示した。また、太陽光によるプラスチック中臭素系難燃剤の分解実験を行い、プラスチック中での BDE209 の分解半減期が約 50 日と求められ、また、PBDFs が二次生成されることが明らかとなった。
- ③ アジア諸国の廃棄物処理フローをパターン化し、分別収集、資源化処理施設導入、準好気性埋立の技術導入による環境負荷変動を評価する LCA モデルを作成した。温室効果ガス排出量を抑制し、浸出水処理負荷を軽減することが可能な準好気埋立という埋立技術の効果を評価するパラメータとして、保有水分分布と埋立地ガスのメタン比の関係を明らかにする試みに着手した。これらの検討を効果的に実施するために、第 2 回アジアにおける廃棄物管理の改善と温室効果ガス削減に関するワークショップを開催し、アジア諸国の廃棄物専門家と議論を行い、廃棄物管理、廃棄物排出量、温室効果ガス排出量などに関する信頼あるデータ収集と評価を行うための研究連携体制について確認を行った。
- ④ 中国の生活排水事例についての調査を実施し、我が国の生活排水原単位と比較して、BOD/N 比が低いこと、濃度が高く・水量が小さいことなどの特性を解明し、アジア地域に適合した液状廃棄物対策技術開発の重要な基礎的知見を得ることができた。また、途上国におけるし尿と生活雑排水の分離処理（コンポストトイレ等）のケースを想定し、アジア地域に適応可能な省エネ・省コスト・省メンテナンス型の液状・有機性廃棄物対策技術の開発を進めた。また、国内の実家庭の生活雑排水を処理する傾斜土槽

法を構築し、これまでに、日間水量変動（ピーク）の解析を進めるとともに、SS、BOD 等の効率的な処理性能を確認することができた。有機性液状廃棄物処理技術としての植栽・土壌浄化法等については、生活雑排水・し尿などの処理機能および処理過程で発生する温室効果ガスの発生特性の季節変動解析を行い、通年での処理特性および CH₄、N₂O の温室効果ガス発生抑制効果を踏まえ、汚水流下方法としての浸透流方式および垂直流方式との組合せが有望であることが示された。

(5) 関連研究プロジェクト

平成19年度の研究成果目標

- ①（循環型社会形成のためのライフスタイルに関する研究）循環型社会の形成のための市民の意識や行動に関する研究を実施する。特に、エネルギー消費や廃棄物問題等市民の行動が必要不可欠な分野に焦点をあて、持続可能な消費形態のあり方や社会全体の持続可能な消費への移行についての方策を探る。
- ②（循環型社会実現に資する経済的手法、制度的手法に関する研究）循環型社会実現のための政策手法、特に経済的手法、制度的手法に関する研究を実施する。特に、家計からのごみ排出を対象にごみ処理手数料有料化が、家計のごみ排出行動やリサイクル行動に及ぼす影響の分析、その有効性の検証等を行う。
- ③（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）エコタウン等の拠点都市を対象に、動脈産業、静脈産業間の連携や、バイオマス資源・廃棄物等の地域資源活用による水・エネルギー・資源の有効利用の研究を自治体・企業との連携で行う。特に、地域GISデータベースを構築することによって、産業集積地区での廃棄物の受け入れと水・物質・エネルギーフローの空間分布の特性を解析する。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア ライフスタイル変革のための有効な情報伝達手段とその効果に関する研究として、環境に関する情報源について全国調査と時系列調査、マスメディアの内容分析を実施した。情報源に関する全国調査の結果、テレビは気候変動問題に対する「関心」の喚起に効果があり、新聞は「理解」に効果があるらしいことが判明した。また、気候変動問題およびその関連事項に関する報道の量は、様々な社会問題の中での環境問題の位置づけに大きく影響し、報道量が増えるほど環境問題の位置が上昇することがわかった。さらに、報道内容についてみると、IPCCの第4次報告書は第3次報告書に比べるとマスメディアでの扱いが飛び抜けて大きく、報道内容が「科学的事実」へと大きくシフトしている様子が観察された。クールビズ、ウォームビズなどの温暖化対策に関するキャンペーンについての報道が必ずしも気候変動問題と結びつけて取り扱われておらず、人々の理解にズレを生じさせていることもわかった。
- ①イ 気候変動問題についての市民の理解と対応についての調査分析および文化モデルの構築として、これまでの2年間の成果を踏まえ、社会人を対象として映像とレクチャーを用いたフォーカス・グループ・インタビュー調査を実施した。内容としては、インタビューの前半で既存の知識の確認を行い、後半で編集映像を見せての議論を実施することにした。これまでの調査において、知識および理解に欠如（知識がない、もしくは間違った知識を持ったまま修正されていない・修正のチャンスがない）が多く観察されたため、気候変動問題の「科学的側面」、「対策的側面」に関するレクチャーを追加して調査を実施した。レクチャーの効果は大きく、調査対象者の自己評価での「理解度」、「対策行動やる気度」のいずれも大きな上昇を示した。映画を見ることを想定して「映像を1～2時間程度みること」の可能性については、「日常では1～2時間、集中して見る時間を確保するのが難しい」との回答が多く、15分程度に編集した映像であっても十分に効果を上げられることが分かった。

- ② 平成 20 年度以降、ごみ処理手数料有料化が家計のごみ排出行動やリサイクル行動に与える影響を分析するために、今年度は、家計のごみ排出量、リサイクル活動、ごみ袋の価格、家計が居住している自治体のごみ処理事業の取組（回収頻度、資源ごみの分別数、ごみ袋のサイズなど）、家計属性（家計所得、世帯人員、世帯平均年齢、住居床面積、環境意識など）に関する家計調査を実施し（サンプリングされた同一家計を対象に平成 19 年 12 月から平成 20 年 3 月までの計 4 回の繰り返し調査）、分析に必要なデータを収集した。
- ③ア 地域循環の拠点基盤としてエコタウンに注目し、川崎エコタウンを対象として難再生古紙循環利用の製紙工場、廃プラスチックの高度還元剤利用施設、循環型セメント工場、バイオマス循環施設を用いた都市産業共生型の廃棄物政策シナリオについて、資源循環の GIS データベースと資源移動解析モデル、および、地域空間 LCA 評価システムを構築して将来的な環境負荷の削減可能性を定量的に評価した。天然資源の代替効果も含むと、循環型産業施設の活用により廃棄物処理に起因する CO₂ の排出が 50% 近く削減できることが明らかになった。
- ③イ その一環として、リサイクルが持つ資源代替性を評価するために、資源代替によって代替された新規資源の有効利用までを考慮した評価範囲対象の設定プロセスを構築した。リサイクル資源によって節約された資源の利用を範囲に加えた評価システムを提案し、廃プラスチックのガス化アンモニアとセメント焼成の再資源化技術を対象に、従来の技術との比較を行った。その結果、提案する評価システムによる算定結果としてガス化アンモニアでは 1.16kg-CO₂、セメント焼成では 2.31kg-CO₂ の環境改善効果が得られた。セメント焼成の削減が 1.15kg-CO₂ 多く、ガス化アンモニアとの比較では資源利用の面では有効であることが明らかとなった。
- ③ウ エコタウンおよび周辺地域において、事業所レベルでの環境配慮型経営や資源循環の取組みの実態や管理・評価の体制、さらには事業者間の循環連携の障害を明らかにすることを目的に、国内有数の産業集積都市である A 市に立地する大規模事業所を対象としたヒアリング調査を実施した。環境配慮型経営への積極性や資源循環行動は、個別企業・事業所内部に留まる取組みに比して、外部主体との連携・協力が必要となる取組みは相対的に低調であることがわかった。

(6) 廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究

平成 19 年度の研究成果目標

- ① (循環型社会に適応した安全・安心な適正処理・処分技術の確立) 各種廃棄物等における埋立適格性の把握と生態毒性や生分解性の評価手法の開発を進め、有害性・汚濁性のレベルと適正に処理・処分するための技術・方策と費用を調査する。破碎・選別過程における破碎・剥離メカニズム解明や流動層分離法等の開発を進める。また、処分場の類型化を進め、埋立処分方法が安定化進行に及ぼす物理的要因を明らかにして数値モデルの構築に着手する。排ガス等の発生源モニタリング手法を要素に含む熱的な処理施設の適正管理方法についての概念設計を進める。
- ② (試験評価・モニタリング手法の高度化・体系化) 次期 POPs 候補物質、残留性有害物質等について、循環資源や廃棄物等への負荷量の考察と、これら物質の分析方法の検討及びプロセス挙動の把握を進める。既存分析法の現場モニタリングへの適用性について検討し、簡易分析法の検討を開始する。製品中の有害物質について、複合素材・混合系試料の分析法を確定し、データを取得する。ダイオキシン類の公定法アッセイのフォローアップスタディー等を実施し、現場での運用法構築のための支援を行う。
- ③ (液状・有機性廃棄物の適正処理技術の高度化) 浄化槽維持管理の高度化のための試験研究、単独処理浄化槽処理水と生活雑排水を処理対象とする変則合併処理浄化槽の設計因子の抽出および窒素等の除去機能向上を目途とした C/N 比を考慮した処理システム設計を行う。また、これらの生物処理シ

システム、生ごみ処理システムと植栽・土壌生態工学システムの高度化技術開発と同時に、浄化槽ビジョンの実現を目指した維持管理特性等についての検討等を行う。

- ④（廃棄物の不適正処理に伴う負の遺産対策）不適正最終処分場等の最適修復技術選定プログラムの実施処分場への適用性を検討し、必要な改良を行う。PCB、廃農薬のモニタリング手法に関しては、実施での適用による評価を開始する。POPs廃棄物処理施設等において各種媒体中のPOPs様物質の測定を実施し分析方法の最適化を進める。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア 産業廃棄物物流の形成要因を明らかにするため、廃棄物／循環資源の到達点である資源引き取り価格と最終処分料金を把握すると共に、物流の分岐点である中間処理の技術コストを評価した。また、廃プラスチックと木くずを材料品質に応じて整理した。
- ①イ 最終処分場におけるアスベスト含有廃棄物の存在位置と状態を把握するため、現場で小口径打撃式削孔機による簡易削抗を試みた結果、アスベストの再飛散は観測されず、約7m深までの廃棄物が採取可能であったが、削抗時間など作業性に課題が残された。一方、アスベストの廃棄物層中移動を表す数値モデルにおける濾過と剥離の表現方法をパラメトリックに解析した。
- ①ウ 化学物質含有固体廃棄物に対応した生態毒性評価手法を開発するため、2種のトビムシとシマミミズへの試験試料（埋立対象廃棄物）の直接曝露毒性試験を実施した。その結果、トビムシに対する致死毒性は主に高塩濃度が、シマミミズに対する忌避性には高塩、有機化合物および重金属が関与していることを示し直接暴露法の有用性が示唆された。
- ①エ ごみ質が異なる処分場浸出液(n=26)のホウ素濃度についてデータを収集し、ごみ質とホウ素濃度の関係を整理した結果、産廃、一廃不燃物からの特異的な溶出（それぞれ平均30mg/L、3.7mg/L）が示され、ごみ質による類型化の可能性が示唆された。
- ①オ 既存の埋立層反応モデルに覆土からのガス交換モデルを組み込み、埋立模擬実験から得られたパラメータを適用し、内部反応と流出成分に関する数値解析を行った。浸出液のTOCが60mg-C/L以下となるのに必要な時間は、覆土の拡散係数が1000倍で1/10に、廃棄物の初期有機物含有量が1/4で1/5以下に短縮され、覆土の物質移動性と廃棄物初期成分含有量の両者が早期安定化に有効であることが示された。
- ①カ 海面埋立処分場における内部保有水水位の管理方法を二次元断面飽和・不飽和移流分散解析により検討した結果、廃棄物埋立層の透水係数や不均一性、降雨量等の因子の中で、降雨量（浸透量）は浸出液水質の低下を最も早めるが、埋立層内の水平難透水層は遅らせることを明らかにした。
- ①キ 有機性ハロゲン濃度の連続的測定装置を用いて、廃棄物焼却炉2施設について排ガス濃度の測定と同時に排ガスおよびばいじん中のDXNs濃度測定を行った。その結果、集じん装置の入口側DXNs濃度と高沸点有機ハロゲン濃度との相関、および集じん装置内でのDXNs再合成濃度と低沸点有機ハロゲン濃度の相関等から、本濃度指標の測定は排ガス中およびばいじん中のDXNs濃度の変化を迅速に検知可能であり、焼却施設の燃焼制御と運転管理に有効であることを示した。
- ②ア プラスチックに汎用されるベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤7物質について、気体試料からのミニカラムによる捕集方法を確立した。アミノシリカカラムによる精製、GC/HRMSを用いた高感度分析手法を確立し、実施調査に適用した。廃棄物処理・リサイクル過程で放散が予測されるニトリル類など約100物質の有機窒素化合物について、GC/MSとGC/FTDのデュアル検出手法を用いた一斉スクリーニング/半定量分析方法を検討した。
- ②イ 廃棄物の処理過程及び資源循環過程における有害物質の把握のために必要な試験法・分析法を網羅し整理した。簡易法開発にあたり、適用範囲を明確にして利用すべきであるという観点から、「規制試験の代替目的」、「分析化学という標準試験法の標準操作の効率化を図る目的」、「日常モニタリング」、

「スクリーニング法」、「現場分析法」、「ガス試料の現場濃縮法」、「その他毒性総合指標等」に分類することを提案した。

- ②ウ ダイオキシン類の生物検定法は規制試験法代替法として精度管理が必要であることから、その一貫として、食品、飼料を対象とした国際相互検定に参加し、結果を解析評価した。化学物質標準品、底質および飼料／食品の精製済抽出液、及び参加機関の調製した魚油および飼料抽出液の3フェーズの試料の試験結果の解析によれば、生物検定法そのものの誤差よりも前処理の熟練度がデータのばらつきに大きく影響することが示唆された。
- ②エ 現場分析及びスクリーニング分析として開発したカートリッジ式ボルタンメトリーを用いて、連続採取した溶融スラグのPbについて適用し、良好な結果を得た。またAsについての基礎実験を進めた。
- ②オ 複雑素材かつ多種の部品を搭載した基板に含まれる金属類の含有量の代表値を求める方法として、各部品の量から積み上げる方式を提案した。その妥当性を検証するために、多量の基板破砕物を燃焼し、発生した焼却残渣と排ガスを分析しマスバランスから得た含有量と比較した。48元素のうち2元素を除きよい一致をみた。
- ③ 生活・事業場排水等の污水、生ごみおよびこれらの処理過程で発生する汚泥、植物残渣等の液状・有機性廃棄物に対し、浄化槽の機能改善・強化、生態工学技術システム開発、汚泥量・発生負荷量等に基づく適正処理・再資源化物のリサイクル技術等の有機性廃棄物対策による地域特性に応じた環境低負荷・資源循環技術システムの開発・評価を行った。すなわち、浄化槽技術の高度化のための試験研究、生ごみ処理システム、植栽・土壌生態工学システムの高度化技術開発と同時に、浄化槽ビジョンの実現を目指した維持管理特性等についての検討等を行った。また、生ごみディスポーザ排水等を導入した総合排水処理システムの解析を行い、ディスポーザ排水の導入によりBOD/N比が上昇すること、個別分散型の処理では生ごみを貯留するため、破砕粒度にかかわらず1~2ヶ月で可溶化が進行すること、生ごみ破砕物の導入により有機物負荷が上昇するため、処理水BOD 10mg/L以下を確保する上では、循環比を考慮し、好気槽での適切な滞留時間を確保する必要があること、BOD/N比が高くなり効率的な脱窒反応が促進され、循環比を調整することで処理水T-N 10mg/L以下を達成可能であることがわかった。有機性廃棄物に含有される炭水化物、蛋白質、脂質についての生物処理特性を検討した結果、中規模以上の処理システムにおいては溶存性の炭水化物、蛋白質、脂質の資化性が重要であること、循環比を増加させる等の運転操作条件の適正化により有機物および窒素除去率を向上可能なことなどがわかった。また、循環比の増加により汚泥転換率が抑制される傾向も見られたことから、汚泥発生抑制効果も期待できることがわかった。さらに、LCCO₂解析による基礎的な検討により、生ごみを可燃ごみとして排出し、生活排水を浄化槽で処理するケースと、生ごみをディスポーザで破砕し、生活排水と合わせてディスポーザ対応浄化槽で処理するケースの比較解析を行い、地域特性に応じたネットでのCO₂排出量を考慮した技術システムの構築に資する知見を集積することができた。
- ④ア 正規の廃棄物フローから外れた不法投棄や不適正保管などの課題の一つである堆積廃棄物の火災問題に対応するため、発熱した堆積廃棄物の出火危険性を把握する現場調査法と評価法に関する検討を開始した。現場調査法として地表面調査と物理探査のクロスチェックにより、連続モニタリングを必要とし、発火が疑われる重点調査地点の抽出法フロー（ガス温度、ガス成分、沈下速度に着目）を提案した。
- ④イ 微量のPCBが混入した廃電気機器が多量に存在するため、低濃度のPCBを測定する方法を検討した。前処理方法と測定機器との組合せが重要であり、油成分を完全に除去するか、測定機器に検出器の選択性を持たせることで定量可能であるとの結果を得た。また、撥水材等に使用されたパーフロロオク

タンスルホン酸の廃棄過程での挙動把握のため、熱処理プラントで実験を行い適正処理方法の検討を行った。

(7) 基盤的な調査・研究

資料13を参照。

(8) 知的研究基盤の整備

平成19年度の研究成果目標

①(資源循環・廃棄物処理に関するデータベース等の作成) データベース全体、及び個別テーマ(「資源循環・廃棄物処理技術データ」「物質フローデータ」及び「循環資源・廃棄物データ」)のデータベースの枠組みの設計を具体化させるとともに、データの収集・整備を促進させる。

平成19年度の研究成果(研究成果の活用状況を含む)

① 各中核PJおよび「廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究」における情報基盤として価値の高いデータベースを、「資源循環・廃棄物処理技術データ」、「物質フローデータ」、「循環資源・廃棄物データ」に類型化し、それぞれのデータベースの枠組みとデータの収集・整備方針のもとに、前年度に引き続きデータの収集・整備を進めた。食品廃棄物の市町村別賦存量については、まずは埼玉県の調査に基づいたデータベースが構築され、全国の市町村別推計作業に着手した。廃棄物系バイオマスの循環利用プロセスに関わる物質の投入・産出量データについては、一部のプロセスを除いてシステムを評価可能なデータが収集できたので、次年度の公開に向けて公開形式等の検討を開始した。全国道府県リサイクル製品認定制度認定製品のライフサイクルインベントリーデータおよび各種溶出試験値のデータベース化については、全国の数百の製造事業者へのアンケート調査を実施するとともに、30程度の製品サンプルの溶出試験を実施し、データ整備を図った。これらのデータは、順次公開の予定である。

1.5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価		15	2			17
(平成20年5月)		88.2%	11.8%			100%

注) 上段: 評価人数、下段 [%]

年度評価基準 (5: 大変優れている、4: 優れている、3: 普通、2: やや劣る、1: 劣る)

外部研究評価委員会による年度評価の平均評点 3.9点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

雄大なプログラムを推進している本重点研究プログラムでは、近未来としての重要な課題を扱い、それぞれにおいて多様なモデルが考えられている。4つの中核研究プロジェクト全てにおいて、信頼度の高いデータが提示され、多岐にわたる十分な研究成果が上げられていると評価できる。例えば、物質の国際フロー分析は、このテーマの端緒を切り開く研究として独自性が高く評価できる。あるいは、“Win-Win型資源循環技術の中の、例えば、リン回収技術システムは水環境改善にも大きな貢献をなすものである”というように、実用化が望まれる課題に精力的に取り組まれている。また、関連研究プロジェクト3課題についても興味あるテーマ設定となっている。

一方、研究の多くが個別の問題解決のレベルに留まっており、循環型社会への在り方に対する示唆が与えられるように整理されていないように思える。また、円滑な循環システムには不可欠と考えられる経済評価

に関する研究が少ないように見受けられる。バイオマス利用にもう少し肯定的に取り組む姿勢が望まれる。

[今後への期待、要望]

今後、一步引いて全体像を眺め、循環型社会の構築を達成するという大きな課題解決のための提言や示唆が与えられるような組み立てと整理を期待したい。東アジアをめぐる物質循環の拡大の中、全てのプロジェクトで国際性ある対応策、国際的な技術移転や国際貢献のあり方といった、国際性の観点を念頭において研究を進めて頂きたい。また、一層の研究成果の普及に努め、社会からのフィードバックに対しての分析も期待したい。

さらに、この循環型社会研究プログラムは地球温暖化、環境リスク研究プログラムとも関連する分野であり、相互の結果が他の制約になることも多いと思われる。次期中期計画以降に対する期待ではあるが、他のプログラムとの相互関連を考慮して、将来的に接点を求める方針、あるいは現行通り独立を保つ方針で進めるべきかを今後検討して頂きたい。

(3) 対処方針

研究対象が多岐にわたる中で、各課題の優先度を明確にし、研究プログラム全体のロードマップの中に位置づけることの重要性については前年度以来指摘いただいております。各課題のボトムアップにとどまらない進行管理、各課題の成果の羅列とならない成果のまとめ方に一層留意する。国際性の観点の強化については、国際資源循環をテーマとする中核プロジェクトを核としながら、アジアという対象地域を共有する所内の他の研究や国内の他機関との連携も図りつつ、プログラム全体において取り組む。当プログラムが他の重点研究プログラムと関連を持つことは当初から強く意識しており、現中期計画上は独立性を保った研究計画としているが、プログラム間の接点に位置する領域で新たなプロジェクトを創出することも含めて、将来の計画検討につなげていきたい。たとえば、バイオマス利用は廃棄物系に焦点をあてて中核プロジェクト3で既に取り組んでいるが、より広義の「循環」概念のもとでのバイオマス利活用についても、地球温暖化対策との協調の中で組みあわせる課題と考えている。経済評価など社会科学的側面については、人材面での対応も必要であり、当面は関連研究プロジェクトの一層の活用により対処したい。多様なニーズに応えた研究成果の発信、普及に引き続き努める。

プログラム名：環境リスク研究プログラム

1. 1 研究の概要

様々な環境要因による人の健康や生態系に及ぼす環境リスクを包括的に評価できる手法を見いだすため、中核プロジェクト（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、感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価、環境中におけるナノ粒子等の体内動態と健康影響評価、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）を実施するとともに、「環境政策における活用を視野に入れた基盤的な調査研究」として、化学物質の高感度・迅速分析法の開発、新たな生態毒性試験法の開発、発がんリスクを簡便に評価するための手法開発、バイオインフォマティクスの手法を活用した化学物質の類型化手法の検討、生態毒性に関する構造活性相関モデル作成など既存知見を活用した新たなリスク評価手法の開発を進める。また、「知的基盤の整備」として、化学物質データベース、侵入生物データベースなどの構築・更新を実施する。リスク管理政策における環境リスク評価等の実践的な課題に対応するとともに、環境リスクに関する情報・知識の提供を行う。

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
運営交付金	371	429				
その他外部資金	608	472				
総額	979	901				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

(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19年度の研究成果目標

- ①（動態モデル群）地域GIS多媒体モデルから全球多媒体動態モデルに至る複数の空間規模階層をもつ動態モデル群を構築し、また小児の曝露特性に関する検討及び水環境におけるPCB、PFOS等の残留性物質の移行特性の把握を行う。
- ②（バイオアッセイと包括的測定）環境水および環境大気の*in vitro*試験のための濃縮・分画法を確立し、全国多数の環境水・大気試料への適用性の検討を開始、また各種*in vivo*水生生物試験法を用いWET概念の包括的影響把握の検討を実施する。
- ③（総合解析による曝露評価）モニタリングデータの統計解析手法の開発および曝露の総合解析の方向性について考察を行う。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

研究のアウトプット

地域GIS詳細モデルおよび複数の空間規模階層を持つ動態モデル群の総合的構築

- ①ア 地域レベルにおけるGIS（地理情報システム）に基づく動態モデルの構築課題では、昨年度に引き続き3流域での流域動態の計算による解析と観測値との検証による改良を行った。また、プログラムのより広範な利用のため入力データに対する動的なデータ構造への改善、エラー耐性の強化等のプロ

グラム改良とモデル計算システムの公開準備のための改良を達成した。

- ①イ POPs等の地球規模の動態解析モデルの構築課題では、昨年度に構築した全球2.5度分解能でのデータセットに基づくグローバルG-CIEMS多媒体モデルの開発を継続し、また、国際比較研究の中で長距離移動特性等の検証を得た。水銀等の複数の化学形態を有する有機・無機化合物の形態変化を多媒体過程の中で推定するモジュールの導入を行った。
- ①ウ 水環境における、特に底質を含む水環境における化学物質の動態解析課題では、PCBおよびPFOS等の東京湾におけるフィールド観測を継続して水平・鉛直分布の詳細な調査結果を得て解析を行った。底質から魚類（マコガレイ）への移行モデルの予備的構築によって底質由来のPCB、POP類の経路別移行特性についての推定結果を得た。
- ①エ 小児における経気道曝露量の推定に必要な換気量に関する知見について、幼稚園・保育所での110名を対象にした調査の結果から、三次元加速度計を用いた活動強度の推定手法の確立と、活動量と肺換気量の関連性を明らかにした。また、この結果より幼児の実際の活動量を反映した肺換気量の推定値を得た。

バイオアッセイと包括的測定との総合による環境曝露の監視手法の検討と曝露評価

- ②ア 環境水の*in vitro*バイオアッセイによる環境曝露モニタリングの検討においては、H18年度の検討で確立した濃縮・調製法を用いて地方環境研究所との共同研究による全国13都道府県80検体の環境水試料に対するhER、medER、hRAR、AhRの各レセプター結合性試験、発光*umu*試験および汚濁成分の分析結果を得るところまで達成し、曝露モニタリングの観点から考察を行った。
- ②イ 大気中の*in vitro*バイオアッセイによる環境曝露モニタリングの検討においては、これまでに構築した半揮発性物質を含む濃縮法を実大気試料に適用し、大気中の変異原性やPAH、AhR活性また指標成分のつくばでの年間変動および全国10地点同時サンプリングの結果を順次得つつある。これより半揮発性画分での変異原性や季節変動特性等の解析を進めている。
- ②ウ 水生生物を用いた環境毒性の観点からの環境曝露の包括的視点からの監視手法の検討においては、セリオダフニア繁殖阻害試験他の必要な試験体制をほぼ確立し、工場排水での予備的検討の結果を得て、日本国内におけるWET (Whole Effluent Toxicity) 概念の導入を意図しての考察を進めた。また、農業用ため池関連試料の調査結果を得た。OECD等での国際的検討に貢献した。

モデル推定、観測データ、曝露の時間的変動や社会的要因などの検討とこれらの総合解析による曝露評価手法と基盤の整備

- ③ア 曝露評価手法として特に課題となる検討の一つとして、H18年度に構築した不検出値を含むモニタリングデータから統計的代表的推定を行う手法に基づく事例的研究を実施し、異なる不検出割合と試料数が実際にどのように統計的代表的推定の信頼性を規定するか、また、信頼性の高い代表値を推定するモニタリング設計の考察結果を得た。
- ③イ 曝露の総合解析に関しては、まず多数の物質による複合的な曝露状況を明らかにすることを一つの目標とし、今後の多数化学物質による複合影響を解析するための準備としてまとめる可能性を考察した。検討中の動態モデル推定、*in vitro*および*in vivo*バイオアッセイの結果を用い、GIS的な最終出力を得る可能性も考察し、今後の検討の方向性を見出した。

19年度成果のアウトカム

計画に従って進行しているが、いずれの課題も検討途中であるため、現時点で大きなアウトカムは確立されていない。その中で、モデル開発については、モデルシステムの公開に向けた検討を行い、また、本モデルによる行政的な曝露評価が実施されつつあること、水生生物の試験法については、OECD

等の国際的枠組みにおける試験法確立のためにバリデーション等で指導的役割を果たしてきていることなどのアウトカムが得られつつある。環境水・大気の全国調査の結果と解析については、現時点では濃縮・調製等の手法や調査結果 1 次データの解析により科学技術的な成果は既に多く得られつつあるが、研究終了時までには結果と総合化の解析もあわせて、将来の複合曝露や複合影響を含めた有効なスクリーニング手法の体系として実用的にも提案できるものと考えている。モニタリングデータの統計手法、小児の曝露評価への貢献、水生生物からの移行特性などはそれぞれの曝露・リスク評価の応用と科学の双方に対して今後の成果により有効な貢献を与えうるものとする。

(2) 感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価

平成 19 年度の研究成果目標

- ① (遺伝的感受性要因) 低用量の化学物質曝露により引き起こされる神経系、免疫系、及びその相互作用における有害性を評価するモデル作成のため、嗅覚閾値の検出、免疫過敏、神経過敏にかかわるサイトカイン、転写因子、記憶関連遺伝子などの情報伝達遺伝子の発現について検討する。主に、平成 19 年度 C57BL/10、B10. BR マウスを用いた研究を実施。
- ② (時間的感受性要因) 胎児、小児等感受性の時間的変動の程度を把握し、発達段階に応じた影響解明のため、1. 脳形成、2. 免疫、感染、3. 内分泌、4. 行動、5. 循環に関する検討を行う。
- ③ (複合的感受性要因) 化学物質曝露に脆弱な集団の高感受性要因解明のため、in vivo アトピー性皮膚炎モデルでの検証、及びアレルギー増悪影響のより簡易なスクリーニング手法の開発を行う。

平成 19 年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

研究のアウトプット

遺伝的感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価

- ①ア 本年度は、BALB/c と C57BL 系統のマウスでトルエンを用いて嗅覚検知閾値を調べた結果、いずれの系統においても、5 p p b のトルエン・ガスの正答率が 80% 以上に達した。すなわち、系統に関わりなく、マウスのトルエンに対する嗅覚検知閾値は 5 p p b 以下であることがわかった。
- ①イ 免疫過敏モデル作成のため、本年度は C57BL/10 と B10. BR マウスを用いて免疫情報関連遺伝子を調べたがいずれも変化がみられていない。しかしながら、IL-2 の産生及び T 細胞の活性化を示唆する転写因子 STAT5 の活性化をゲルシフト法により調べると、いずれの系統でも活性化が観察された。低濃度トルエン曝露は種々の指標に影響を及ぼす事が示唆された。またゲルシフト法の結果からトルエンは細胞レベルで作用する事が示され、このことから、STAT5 などの細胞内分子をトルエン曝露に対するバイオマーカーとして用いる事ができる可能性が示唆された。
- ①ウ 19 年度は C57BL/10、B10. BR マウスを用いた実験を行い昨年度の 2 系統を含め 4 系統のマウス海馬および匂い情報の入り口である嗅球における記憶関連、神経成長関連遺伝子の発現への影響について比較検討した。神経-免疫クロストークのかく乱が感受性要因なのかを明らかにするため、化学物質による海馬での神経炎症におけるリンパ球の役割についても検討した。その結果、低濃度トルエン曝露は、C57BL/10、B10. BR マウスの海馬では記憶関連遺伝子にほとんど変動はみられず、免疫刺激が加わってもトルエン曝露と対照群との間に差はみられなかった。嗅球における記憶関連遺伝子の発現では、低濃度トルエン曝露で C3H マウスのグルタミン酸受容体 NR2A、NR2B mRNA 発現の抑制が認められ、抗原刺激との併用で NR1 mRNA も抑制された。BALB/c マウスでは抗原刺激とトルエン曝露により NR2A、NR2B mRNA のみならず D1、D2 ドーパミン受容体遺伝子発現の抑制がみられた。C57BL/10 マウスにおける NR2A mRNA の発現抑制と B10. BR マウスでの D1 mRNA 発現の亢進がみられた。4 系統におけるトルエン及び抗原刺激に対する反応に明らかな違いのあることが検証できた。これらの結果は、低濃度、長期のトルエン曝露が嗅球や海馬において記憶形成機構に過敏な状態を生じることを示唆しており、抗原刺激による免疫系の活性化も神経-免疫クロストークを通じてそこに参与していることが推測

され、免疫した C3H/HeN マウスを用いた VOC 曝露モデルは神経、免疫の過敏状態を解明する新たな実験モデルとして有用と考えられる。

時間的感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価

- ②ア 19 年度では、性分化において性ステロイドが脳に作用する臨界期である周生期でのトルエン曝露 (50 ppm) による新生仔の脳の構造形成およびその性差に関与する脳内アポトーシスへの影響を検証した。その結果、成熟期に構造的差がみとめられる SDN-POA と呼ばれる脳領域において、新生仔期のアポトーシスがトルエン曝露によって促進し、死滅細胞が増加することが明らかになった。また、新生雌ラットでは、SDN-POA の周囲領域におけるアポトーシスもトルエン曝露によって促進し、細胞死に対する広範囲な影響があることも分かった。以上のことから、発達期のトルエン曝露が脳形成に影響を及ぼし、その影響と作用機序が性別によって異なることが考えられた。不可逆的な発達期のアポトーシス細胞死への影響は成熟期まで持続することから、成熟期において性別によって異なる脳機能への影響として顕われる可能性がある。
- ②イ 19 年度は、胎児、小児等の時間的変動による化学物質曝露に対する感受性の差異を Th1/Th2 バランスの発達や感染抵抗性を指標に定量的に明らかにすることを目的とし、胎児期のみ、および胎仔期から乳仔期にかけてのトルエンのみの吸入曝露を行って Th1/Th2 バランスの形成を調べた。胎児期からのトルエン曝露は Th1 および Th2 の両方の反応を高める傾向を示した。胎児期から乳仔期にかけてのトルエン曝露は、Th1 反応を抑えて Th2 反応を高める傾向を示した。また、トルエン曝露と BCG との併用は、トルエンのみの曝露によって高まった Th2 反応の抑制傾向を示した。このことから、免疫系発達期において Th2 反応の抑制を引き起こす細菌として BCG が有用である可能性が示唆された。免疫系への影響はトルエン曝露の時期 (免疫系の発達時期)、および細菌刺激によって異なることが示唆された。
- ②ウ 活性型ビタミン D (1, 25-dihydroxyvitamin D₃) はビタミン D 受容体 (VDR) のリガンドとして多くの遺伝子の発現を制御している。19 年度は TCDD による骨形成への影響およびその毒性発現メカニズムについて検討を行った。その結果、小腸においては Ca 吸収関連遺伝子の発現を TCDD は促進した。骨形態計測結果から、TCDD による脛骨の骨密度、骨塩量の減少が認められた。骨代謝の代表的マーカーである血中オステオカルシン濃度の低下、および骨中オステオカルシン mRNA 発現を TCDD は有意に低下させた。TCDD の骨毒性は類骨の増加と骨の石灰化の阻害による骨形成障害によることが明らかとなった。本研究により、授乳期低用量 TCDD 曝露は、腎臓におけるビタミン D 代謝および Ca²⁺ 輸送の攪乱作用をもたらすことが明らかとなった。
- ②エ これまでに新生期のラット脳がビスフェノール A に曝露すると、運動を司るドーパミン神経の発達障害をきたし、多動性障害をおこすことを明らかにしている。19 年度は神経系毒性を有する化学物質としてのロテノンにより新生児曝露を行い、学童期及び成熟期での行動影響を評価した。その結果、自発運動量は投与用量、投与回数によって異なることが判明した。また、ロテノン曝露による成熟パーキンソニズムラットは、固縮、無動、平衡障害、歩行障害を示し、自発運動量は対照ラットのそれと比較すると約 49% の寡動を示した。以上の結果から、本研究で用いたウイスター系ラットではロテノンに対して新生期から成熟期までその感受性を有していることが示され、同一化学物質が曝露時期により、全く異なる行動影響をおよぼすことが明らかになった。
- ②オ 19 年度は、化学物質の血管新生・形成過程に及ぼす影響の評価のため、妊娠正常動物にサリドマイドとペルメトリンを投与し、胎仔の血管に及ぼす影響を血管の距離や分岐数で調べた。その結果、ペルメトリンは胎仔の脳底血管の形成異常を引き起こした。正常妊娠動物への単回投与実験では、慢性毒性試験 NOAEL (4.8 mg/kg/day) より低い用量 (2 mg/kg) で、血管の分岐数に変化がみられ、妊娠時期は化学物質への感受性が高いことを示唆するデータが得られた。

複合的感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価

- ③ア *In vivo* スクリーニングモデル(アトピー性皮膚炎様病態を発症するマウスモデル: NC/NgaTndCr1j(NC/Nga)を用い化学物質のアレルギー増悪影響を検討した。19年度は、さらに多くの対象化学物質について検討した。その結果、ベンゾ[a]ピレン、ナフトキノ、フェナントラキノ、スチレンモノマー処置群において、対照群、およびDp 単独投与群に比し、化学物質の濃度、あるいは病態の進行段階によって有意な耳介腫脹の変化を認めた。また、症状変化も同様の傾向を示した。4-ノニルフェノール、フタル酸ジブチルについては、増悪傾向を示した。一方、アクリルアミドは、Dp 単独群に比し、有意な耳介腫脹の抑制を認めた。
- ③イ 細胞培養系を用いた簡易スクリーニング手法の開発では、免疫担当細胞を用いて、*in vivo*の結果を反映するより簡易な *in vitro* スクリーニング手法について検討した。DINP、BPA はいずれも、脾細胞の TCR の発現および IL-4 産生を濃度依存的に増加させた。また、これらの化学物質は抗原刺激による細胞増殖も増強させた。この作用は、BPA は 0.1・M 以下、DINP は 1・M 以下といずれも低濃度域で観察された。今回の結果で特に、IL-4 産生と細胞増殖に対する影響が顕著であったことから、*in vitro* スクリーニングの指標として有用である可能性が示唆された。

19年度成果のアウトカム

高感受性動物モデル開発に向けた取り組みで成果が得られている段階である。現在のアウトカムとしては論文発表や学会参加をとうした学術貢献が考えられる。低濃度曝露による神経過敏、免疫過敏のモデルの有用性の検証やメカニズム解明、発達期の曝露による臨界期の特定、およびモデル化、用量-反応関係の新たな知見を蓄積し学術貢献のみならずリスクの低減化のための知見の提供で行政施策や社会的な貢献に近づける予定である。

(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19年度の研究成果目標

- ① (環境ナノ粒子) 過渡運転による排出粒子のナノ粒子の曝露条件を検討する。過渡運転による排出粒子のナノ粒子のキャラクタリゼーションを行う。自動車排ガスナノ粒子自動車排ガスナノ粒子を曝露して、環境ナノ粒子の呼吸器内沈着を明らかにする。環境ナノ粒子の吸入曝露実験を行い、環境ナノ粒子が呼吸器の免疫・炎症応答に及ぼす影響、ならびに循環器や生殖器など、呼吸器以外の臓器の機能に及ぼす影響を明らかにする。
- ② (ナノマテリアル) カーボンナノチューブの毒性評価胸腔内投与と気管内投与による急性 *in vivo* 曝露実験を行う。
- ③ (溶融アスベスト) 熱分解処理後のアスベストの毒性評価アモサイトとトレモライトの熱処理物の *in vitro* 毒性評価とクロシドライト熱処理物の腹腔内投与と気管内投与による *in vivo* 毒性評価の比較を行う。

平成19年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

研究のアウトプット

環境ナノ粒子の生体影響に関する研究

- ①ア 過渡運転による排出粒子のナノ粒子の曝露条件の検討を行い、曝露実験に供する準備
- ①イ ができた。
- ①ウ 一般的に過渡運転では、ナノ粒子より大きな粒子(いわゆるスス粒子)が発生しやすく、重量ベースで見ると、ナノ粒子の寄与がほとんど無い。また、過渡運転の排出粒子による吸入曝露実験はほとんど行われていない。従って、吸入実験の為のナノ粒子のみの発生を念頭においた過渡運転の条件設

定はこれまで行われていない。本研究では、比較的大きな粒径の粒子の発生を抑え、ナノ粒子のみが発生する過渡運転条件を見いだした。平成 18 年度と同様の手法を用いて、ほぼエンジンオイル由来のナノ粒子が発生していることを確認した。

- ①エ マウスにアイドリング状態で発生したディーゼル排気ナノ粒子とナノ粒子を HEPA フィルターで除去した除粒子排気の亜急性曝露を行い、STEMを用いて呼吸器内に沈着した粒子の元素分析と形態解析を行った。20~30nm のディーゼル排気ナノ粒子は高沸点炭化水素、塩、元素状炭素から成るが、100 μ g/m³ のディーゼル排気ナノ粒子曝露で認められた呼吸器内沈着粒子は鉄を含む元素状炭素のみであることをあきらかにした。
- ①オ 19 年度は、モード走行時の実車由来ナノ粒子の吸入曝露を行う予定であったが、モード走行時のナノ粒子の安定した発生が難しいこと、およびこれまで行ってきたアイドルリング運転時のナノ粒子の影響を確実に把握することが優先される事項と考え、昨年に引き続き、アイドリング運転を行い、除粒子群(ガス成分曝露)と全成分曝露群(ガス成分+粒子成分)の比較検討を行った。3ヶ月曝露では、異常心電図の発現率は除粒子群より全成分曝露群で大きく、正常心電図の心拍変動から計算したHFの増加やSDNNの減少は除粒子群より全成分曝露群で大きかった。発現する異常心電図の種類でそれぞれの異常心電図の出現率を比較すると、ナノ DEP 曝露では心房と心室間の電気伝導障害を示唆するA-Vブロック等の異常心電図が観察されなかったことから、心臓内の電気刺激伝播障害は発生しないと考えられ、ナノ DEP の異常心電図の発現のメカニズムは、これまでの DEP 曝露と異なる事が示唆された。除粒子群のガス濃度は全粒子曝露群とほぼ同じ濃度にしたので、異常心電図の発現や自律神経系の緊張の変化、そして心拍変動の変化は、全成分曝露、特に、発生粒子の影響に起因するものと推察された。即ち、ディーゼル排気由来の粒子成分、特に、ナノ粒子成分が循環機能に影響すると考えられ、曝露影響評価には長期曝露が必要と考えられた。また、実車排気ナノ粒子曝露により、エンドトキシンで惹起した肺での炎症性サイトカイン発現が増強する傾向があったが、アレルギー性気道炎症を有意には増悪させなかった。

ナノマテリアルの健康リスク評価に関する研究

- ② マウスにカーボンナノチューブを腹腔内投与あるいは気管内投与後、白血球浸潤とサイトカインの増加を測定して急性炎症反応の誘導能を検討することで毒性を評価した。カーボンナノチューブは炎症誘導能が高く、同量のアスベスト(クロシドライト)より炎症誘導能が強いことを明らかにした。平成 18 年度からの多層カーボンナノチューブをマウス胸腔内投与実験は経過観察中であるが、多層カーボンナノチューブ 2 μ g、10 μ g 投与群とともにマウスの生存率が低かった。

アスベストの呼吸器内動態と毒性に関する研究

- ③ア アモサイト標準試料(UICC)とトレモライト標準試料((社)日本作業環境測定協会)を100 $^{\circ}$ Cおきに400~1300 $^{\circ}$ Cで2時間熱処理したものを用い、in vitro 毒性評価を行った。繊維曝露後の細胞生存率での評価では、アモサイトは1100 $^{\circ}$ C以上、トレモライトは1200 $^{\circ}$ C以上の熱処理で無害化されることを明らかにした。
- ③イ 市販フォルステライト(クリソタイル熱処理物)のin vitro 毒性評価と腹腔内投与によるin vivo 毒性評価を行い、市販フォルステライトはほぼ毒性がないことを明らかにした。
- ③ウ In vivo 毒性評価は、マウスにクロシドライト熱処理物を腹腔内投与あるいは気管内投与後、白血球浸潤とサイトカインの増加を測定して急性炎症反応の誘導能を検討することで毒性を評価した。In vivo においても800 $^{\circ}$ C以上の熱処理でクロシドライトの毒性は激減すること、急性毒性では腹腔内投与評価法が大変感度がよいこと、気管内投与法では亜急性毒性以上の炎症の持続を検出できることを明らかにした。

- ③エ 以上の結果は、アモサイトやトレモライトを含む廃棄物の処理は溶融温度に近い熱処理（1200℃以上）が必要であることを示している。

19 年度成果のアウトカム

環境ナノ粒子の生体影響研究に関しては、大気中微小粒子状物質の健康影響を評価する上において、超微小分画であるナノ粒子成分が浮遊粒子状物質全体のどの程度の割合を占めているか半定量的な情報が得られている。 ナノマテリアルやアスベストの生体影響に関しては、ナノ構造を有する繊維状粒子の安全性評価に関して、基本データを収集しつつあるところであるが、近い将来安全性テストガイドラインの作成、ナノマテリアルの表面構造と毒性との関連性評価に貢献できるものと期待される。

(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19年度の研究成果目標

- ① (底棲魚介類) 東京湾において野外調査を実施し、底棲魚介類及びベントス群集の種構成とバイオマスの動態解析を行う。
- ② (淡水生態系) 淡水生態系の生物多様性と生態系機能の低下を引き起こすリスク因子を解明するため、野外調査を実施する。キーストーン種などの生物間相互作用を介した生態系影響を明らかにするため隔離水界等を実施する。分子系統地理解析を通じて外来キーストーン種の起源と分散パターンを明らかにする。
- ③ (侵入種) 定着・分布拡大リスクについて、分布規定要因を明らかにし、分布拡大予測を図る。種間交雑リスクについて、生物系統地理の解析を進めて、進化生態学的観点からリスク評価を検討する。外来寄生生物の侵入リスク評価について、両生類の病原体であるカエルツボカビの侵入実態を解明する。
- ④ (生態系モデル) 形質ベース群集モデルを野外生態系へ適用する。生態系モデルによる有効な機能形質を特定する。化学物質の集団遺伝学的モニタリングのための感受性個体群間変異を検出する。アクアリウム生態系による検証実験の予備的データを取得する。

平成19年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

研究のアウトプット

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ア 【底棲魚介類群集】 東京湾における底棲魚介類群集の空間分布と水質の季節変化を明らかにし、両者の関係を多変量解析で調べた。底棲魚介類の種数、個体数、重量、多様性指数の全ての変数は、2月から5月にかけて高く8月に低下した(5月と8月の間で個体数と重量が、それぞれ、 $P < 0.05$ と $P < 0.01$)。2月と5月には湾全域に生物が出現したが、8月には、貧酸素水塊が形成されて湾北部が無生物域となった。10月には湾北部に生物が出現するが、湾南部に比べ個体数は少なかった。多次元尺度法+クラスター解析の結果、東京湾の底棲魚介類群集は、大きく見て湾の南北で異なるグループが形成された。湾北部に出現する種は、主として遊泳力のある魚類や、貧酸素に比較的耐性のある二枚貝類であった。生物の空間分布に影響する環境因子について、BIO-ENV 解析により、生物データと同様のエリア区分が得られるような環境データの組み合わせを探索した。また、CART 解析により、生物が存在する底層酸素濃度の閾値を推定した。BIO-ENV 解析の結果、生物と同様の空間分布を示す環境因子として、8月においては底層 DO、10月には底層塩分、底層 DO、水深が抽出された。CART 解析の結果、生物が存在する底層 DO 濃度の閾値は、8月には 1.7 ml L^{-1} 、10月には 1.2 ml L^{-1} と推定された。
- ①イ 【マコガレイ】 耳石による年齢査定と胃内容物の観察から成長曲線を推定し、摂餌生態を明らかにした。精度の高い年齢推定が可能である横断切片観察法に基づいて得られた年齢と標準体長のデータに von Bertalanffy の成長曲線を適用し、次の成長式を得た。雌： $L_{\infty} =$

359.2(1-exp[-0.043{t+2.592}]); 雄: $L_{\infty} = 311.3(1-\exp[-0.046\{t+2.530\}])$ 。雄より雌で成長がよく、寿命も長いと考えられた(最高齢は雄5歳、雌10歳)。資源が低水準の2000年代は、80年代の資源高水準期より成長がよくなった。一方、近年の胃内容物重量指数は、80年代よりも有意に低下していた。空胃率に有意差はなかった。摂餌生態の指標である%W、%FならびにRIについて、80年代と顕著な差が見られた。80年代には環形動物が優占したものの軟体動物や棘皮動物も観察されたが、近年はほとんど環形動物のみで占められた。これは、80~90年代にかけての餌環境の変化を反映したと考えられる。

- ①ウ 【シャコ】生殖器官の組織学的観察を行い、雌雄の生殖周期および交尾期を明らかにした。成熟を開始する体長および時期は雌雄で異なった。雄は着底後体長4 cm以上に達した当歳の個体から成熟を開始した。一方、雌は産まれた翌年に体長7 cm以上に達した個体から成熟を開始した。精巣内において精細胞または精子が産生されている個体の輸精管およびペニス内に精子の存在が認められた。精巣内の精子産生は1-9月に活発だが、輸精管およびペニス内には精子が周年存在していた。一方、雌の成熟個体および受精嚢内に精子が存在する個体の出現時期には明瞭な季節性がみられ、体長 ≥ 10 cmでは5-6月、7-10 cmでは7-8月にピークとなった。11-4月の期間には全ての雌個体の受精嚢内において精子は存在しなかった。以上より、雄は周年成熟状態にあるが、交尾は雌が成熟して産卵可能となる期間にのみ行われることが示唆された。
- ①エ 一方、新規加入の成否を規定する生活史段階を明らかにすることを目的として、初期生活史(産卵、幼生、着底)に関するフィールド調査を実施した。成体の個体数密度は2005年に著しく減少したが、2007年には増加する傾向がみられた。産卵盛期に年変化はみられず、大型個体は5~6月、小型個体は7~8月であった。幼生の個体数密度は2005~2006年において著しく低く、2007年に増加した。一方、稚シャコの個体数密度は、2004~2006年において低く、2007年に増加した。幼生および稚シャコの個体数密度の双方において、2005~2006年と2007年の間に有意差が検出された。しかし、2004年と2007年の間において、幼生個体数密度には有意差は認められなかったのに対し、稚シャコ個体数密度には有意差が検出された。以上の結果から、浮遊幼生期から着底までの間の生残が、着底量を規定すると示唆された。
- ①オ 【化学分析】2007年8月の東京湾20定点調査で得られた底質試料についてGC/MSによる中揮発性物質など888物質の一斉分析による同定と定量を進めた。
- ①カ 【貧酸素-有害物質流水式連続曝露試験】ハタタテヌメリ稚魚の予備飼育実験を実施し、実験室内での長期飼育が可能であることを確認した。

淡水生態系における環境リスク要因と生態系影響評価

- ②ア ハビタットの連続性の遮断は、生物多様性の保全にとって大きなリスク因子になる。連続的に重なっているため池(重ね池)を調査対象として、池に出現する水生植物の種多様度が、生育地の連続性と池の水質悪化のどちらの影響をより強く受けるかについて検討した。沈水植物は水質の悪化による影響を大きく受けたが、浮葉植物は生育地の連続性の低下の影響を大きく受けた。
- ②イ ため池の生態系機能の多少とそれに関係する要因を、底泥の有機物分解機能の指標となるセルロース分解酵素活性、リン酸無機化酵素活性およびタンパク質分解酵素活性で評価した。いずれの酵素活性も周辺の土地利用に関係なく、浮葉植物群落が発達する池で有意に高くなった。
- ②ウ 除草剤については、6月にbromobutideが8池で10~100ng/mLのオーダーで検出された。
- ②エ 都市域のため池を、地域の水辺として存続させる仕組みを明らかにするために、ため池の水管理組織と所有形態について、ため池管理者への聞き取り調査を実施した。その結果、農業振興地では、集落と一体的な管理であるのに対し、市街化地域では、水利用と池敷の土地所有の権利が明確にわかれ、より重層的な管理形態をとっていることがわかった。ため池の存続条件として、ため池の改修事業の

費用負担に、池敷の所有主体である財産区からの抛出の可否が影響している可能性が示唆された。

- ②オ 侵略的外来種であるコイとザリガニの生態系影響の比較を行った。両種は世界中で導入されているにもかかわらずレジームシフトとの関係を調べた研究はほとんどない。本研究では隔離水界実験とメタアナリシスを通して、コイとザリガニが、沈水植物、植物プランクトン、水質、栄養塩、動物プランクトン、底生無脊椎動物へ及ぼす影響を比較した。実験では、それぞれの種の密度を自然界の密度内で操作し、密度にともなう生態系影響がどのように変わるかを調べた。その結果、低密度であっても、コイは懸濁物量、植物プランクトン、栄養塩、底生無脊椎動物に影響を与えた。一方、ザリガニは沈水植物に強い影響を及ぼし、その影響はコイよりも大きかった。またメタアナリシスの結果から、コイもザリガニも沈水植物、植物プランクトン、水質、栄養塩、底生無脊椎動物に影響を及ぼすことが明らかになった。さらに沈水植物への影響は、ザリガニのほうが大きかった。したがって、メタアナリシスの結果は、隔離水界の実験結果を支持した。コイとザリガニは、底泥攪乱、栄養塩排出、捕食やエンジニアリング効果を通して、生物群集や生態系プロセスに大きな影響を及ぼすことが考察された。また沈水植物への影響の違いは、コイとザリガニのエンジニアリングの形式の違いが影響することが示唆された。以上より、今後侵略的外来種であるコイやザリガニの管理を行う上で優先順位が必要な場合は、沈水植物に強い影響を及ぼすザリガニを優先的に駆除することが望ましいと考えられた。
- ②カ 国内外から広く2種の外来ザリガニのサンプルを収集し遺伝子型を調べた。その結果、シグナルザリガニでは、原産地の異なる複数地域の遺伝子型が混ざり合っており、少なくとも、国内3地域（北海道、長野県、滋賀県）に異なる遺伝子型構成となっており移入されたこと、そして、近年、急速に分布を拡大しているのは北海道由来の遺伝子型であることが明らかとなった。また、シグナルザリガニの地域個体群間では形態変異が著しく、分布拡大に成功している北海道由来の遺伝子型は、全身の棘が鋭く発達するなど、天敵に捕食されにくい性質を持っていることが分かった。
- ②キ 一方、アメリカザリガニでは、原産地の遺伝子型構成が多様であったのに対し、国内の侵入個体群は単一の遺伝子型から構成されていたことから、移入に伴って遺伝的ボトルネックの影響を受けた、もしくは選択圧が働いて「強い」遺伝子型のみが残った可能性が示された。
- ②ク これらのことから、シグナルザリガニでは遺伝的多様性が高いことが様々な天然水域への侵入成功につながっていること、そして地域個体群によって生態特性が異なる可能性があることが示唆された。一方、アメリカザリガニでは遺伝的多様性の低下を克服するような生態特性を持つ可能性が示唆された。

侵入種生態リスク評価手法の開発に関する研究

- ③ア セイヨウオオマルハナバチの分布規定要因について、侵入源となる商品コロニーの使用量および広域スケールでの植生環境から解析した。
- ③イ セイヨウオオマルハナバチの訪花によって、在来植物の繁殖が阻害されることが明らかとなった。
- ③ウ セイヨウオオマルハナバチと在来マルハナバチの種間交雑により産出された雑種卵の胚発育を細胞組織レベルで観察した結果、産後5日までに全ての卵の細胞分割が停止して溶解することが明らかとなった。
- ③エ ヒラタクワガタの交尾後生殖隔離の進化について、中国も含めたアジア地域個体群のmtDNA系統解析と交雑実験データを追加して解析した結果、遺伝的系統として100万年以上分化した個体群間では生殖隔離が働かないことが示された。このことから地理的に近い個体群でも遺伝的に長時間隔離されていた個体群であれば、移送によって容易に雑種が生じる可能性が示された。
- ③オ 日本全国のカエル野生個体および施設飼育個体（総計1700検体）より皮膚サンプルを採集してカエルツボカビ菌の感染状況を調査した結果、施設内のみならず野外からも菌が検出されるとともに、

宿主や地域によって菌に高い遺伝的変異が存在することが明らかとなり、従来のアフリカツメガエル起源説をみなおす必要があることが示された。

- ③カ カエルツボカビ菌の高感度・低コスト PCR 検出法を開発した。
- ③キ カエルツボカビの検査結果を受けて、環境省では飼育個体の遺棄防止等注意喚起のキャンペーンを行った。

数理的手法を用いた生態リスク評価手法の開発

- ④ア 形質ベースモデルに関して、仮定を単純化してより一般的な群集に適用できるようにするとともに、いくつかの異なる機能形質が同時に変化する場合にも拡張した。さらに、野外生態系（湖沼）で観察された群集攪乱のデータに適用し、環境の変化による生態系変化が、形質ベースモデルで解析しうることがわかった。
- ④イ 環境汚染、生息地の攪乱などの人為的影響の生態系影響を定量的に評価するためには、生態系機能を左右する機能形質が何であるかがわからなくてはならない。数理モデルによるアプローチとして、栄養塩類プール、自立栄養者（植物プランクトン等）、消費者（動物プランクトン等）および捕食者（魚類等）からなる3栄養段階生態系モデルを作成し、生態系内の栄養素転移効率を評価基準としたときに重要な機能形質の特定を行った。その結果、植物プランクトンの摂食耐性、1次消費者のバイオマス転換効率、捕食耐性などが重要であることがわかった。
- ④ウ 化学物質の野外生物への影響を直接検出する1つの方法として、汚染地域の個体群における耐性遺伝子の増加に基づくリスク評価法の研究をおこなった。カブトミジンコの野外個体群の間でフェンバレート耐性を比較したところ、急性毒性値で最大数十倍の変異が存在し、マイクロサテライト DNA による遺伝的距離とも関係があることが判明した。同様の解析をタマミジンコでも実施するために、PCR法の基礎となるプライマーの設計をおこない、遺伝的解析に最低必要な5座位の遺伝子を特定することができるようになった。
- ④エ 形質ベース群集モデルおよび3栄養段階生態系モデルの予測を実験的に検証する系として、藻類、動物プランクトン類、魚（メダカ）からなるアクアリウム生態系を計画し、実験装置等の設置、予備的データの取得をおこなった。既存データがほとんどないタマミジンコの生命表データを収集した。ユスリカ、イトミミズ等の成長速度、繁殖能力、最適水温、世代時間などの基礎的データを取り、底生生物のモデルとしての有効性を検討した。

19年度成果のアウトカム

- ア 外来生物法については、ペットとして東南アジアから大量に輸入されるヒラタクワガタについては、本研究で在来種との雑種形成が明らかになったため、環境省で小池環境大臣（当時）とともに、野外への放出をしないように日比谷公園でキャンペーンを実施した。また、セイヨウオオマルハナバチが特定外来生物の第二次指定を受けたのは、野外で在来種との交雑が確認され、生殖攪乱の可能性を示唆した本研究成果を受けたものである。カエルツボカビについては、日本のカエルの保菌状況を精査することで、カエルツボカビによる日本のカエルへのリスクについて一定の科学的な知見を提供できたと考える。特定外来生物第二次指定に際して、ウチダザリガニ（シグナルザリガニ）の淡水生態系への悪影響の大きさなどについて科学的情報を提供した。今後は、外来生物法から漏れている随伴侵入種のリスクについて研究面からその実態を明らかにする。
- イ 東京湾の漁業資源量の低下とその要因の解明では、東京湾の環境を再生するために、一定の科学的知見が提供できるものと考えている。兵庫県ため池などの二次的自然の保全については、今後、生物多様性を効果的に保全することができる具体的な地域の提示を行なうほかに、池干しなどの池管理方法の有効性について科学的知見を提供できるようにする。さらに、ため池が、灌漑用水の確保という

役割に加え、身近な自然とふれあう場として地域の共有資源として位置づける試みに成功した事例調査などから、生物多様性の保全のために、保全する側の地域コミュニティにどのような支援をすればいいかについて、地域行政に資する知見を提供できると考えている。数理モデルを活用した研究では、モデルが実際のフィールドの事象に適用できるかの検証をうまく進めることができれば、新しい評価手法として提案できると考えている。

(5) 環境政策における活用を視野に入れた基盤的な調査研究の推進

平成19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) 化学物質環境調査等の測定データ、また、モデル解析結果や排出源情報などリスク解析において必要とされる情報蓄積とシステム構築、解析手法の検討を行う。
- ② (化学物質環境調査による曝露評価の高度化) 農薬等毒性物質の代謝物など、曝露マーカーの簡易一斉分析法の開発を進める。ヒト曝露評価への適用を視野に入れ、血液や尿など生体試料の前処理法と適用性を動物実験によって検証する。
- ③ (生態影響試験法) 3栄養段階生態系モデルを開発する。食物連鎖による生態系機能への影響を簡便な計算法により開発する。アクアリウム生態系を作成し、数理モデルの結果を実験的に検証する方法を検討する。土壌・底生生物の生態毒性試験法に関するOECDテストガイドライン等の動向を把握するとともに、底生生物の繁殖試験法の検討、イトミミズ2種を用い生物蓄積性試験法の開発を行う。
- ④ (定量的構造活性相関) 構造分類と分配係数を記述子とする魚類致死毒性および甲殻類遊泳阻害の構造活性相関予測システムを公開する。重回帰予測モデルを検討する。スタンドアロン版の開発を継続し、WEB版との統合を進める。
- ⑤ (発がん性評価と予測のための手法の開発) 化学物質曝露による発がん作用等の有害作用のリスクを、トランスジェニック動物、バクテリア、動物培養細胞等を用いた変異原性試験やプロモーション活性測定などの簡便な測定法を活用することにより予測できるかどうかについて、代表的な汚染物質を例に検討する。
- 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) 化学物質の生体影響予測のため、ゲノム情報、化学物質の毒性情報、メカニズム分類、疾患情報の情報等に基づき、バイオインフォマティクス等の手法を活用して生体影響に関する化学物質の類型化を行う。
- ⑦ (化学物質の環境リスク評価のための基盤整備) 環境リスク評価の実施に向けて、化学物質の毒性及び生態毒性に関する知見の集積を進める。内外のリスク評価等の動向を把握し、リスク評価手法の総合化のための検討を行う。環境リスクに関するコミュニケーションの実施に向けてリスク評価結果の解説情報を作成する。

平成19年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

化学物質リスク総合解析手法と基盤の開発

- ①ア データベースの基礎設計として、化学物質の実測調査結果・モデル予測結果や気象情報・社会基盤情報など多岐に渡る形式を有するデータを効率的に蓄積するためのデータベースの基礎設計を実施し、実際のデータを蓄積しつつデータベース設計の改良を進めた。
- ①イ データ蓄積としては、魚介類経由の曝露評価を実施することを目的として、計算に必要な海水中の残留化学物質実測結果やG-CIEMSによるモデル予測結果の一部をデータベースへ蓄積した。また、曝露評価全般に必要な社会基盤情報として人口密度等のメッシュデータをデータベースへ蓄積した。
- ①ウ Web インターフェースの開発のため、蓄積したデータベースに関して、必要な情報(平均値などの基礎統計情報やヒストグラム)を表示する機能と、様々な形式のデータの解析に必要な地理区分

変換機能を構築した。魚介類経由での曝露評価を実施するためフローに沿ったインターフェースの開発を進めている。

化学物質環境調査による曝露評価の高度化に関する研究

- ②ア 化学物質(トルエン)曝露量評価の手法開発として、羊水中当該物質の代謝物濃度の測定を行った。まず、ヒトにおいてトルエンの職業曝露等の指標に用いられている代表的な代謝物である馬尿酸を LC/MSMS によって定量する方法を確立した。初年度と同様に、妊娠ラットにトルエンを鼻部曝露(90分間/日×5日間)し、最終日の曝露終了約20分後に各胎仔ごとに全羊水を採取した。トルエンの曝露濃度をコントロール、0.09ppm、0.9ppm、9ppmおよび90ppmとしたが、測定の結果、羊水中の馬尿酸量は曝露濃度には依存していなかった。
- ②イ トルエンの代謝物には、馬尿酸の他にクレゾールが知られているため、羊水中o-クレゾールおよびm/p-クレゾール測定を GCMS で試みており、胎仔1匹分の羊水から検出するための条件検討を進めている。
- ②ウ また妊娠ラットへのVOCの長時間曝露実験の準備も進めた。即ち、鼻部曝露よりも物理的なストレスが少ない全身曝露チャンバーの開発を進め、試作品を製作した。1日あたり8時間、50ppm濃度のトルエン連続曝露を試行した結果、比較的安定した曝露濃度を保つことが可能であった。現在チャンバー内濃度均一化等の改良を進めているところである。

化学物質管理のための生態影響試験法および生態リスク評価法の検討

- ③ア 化学物質の生態系への影響を評価するために、1次生産者(藻類)、1次消費者(ミジンコ類)、2次消費者(魚類)から成る3栄養段階モデルを作成し、淡水生態系における観測データをもとにモデルのカリブレーションをおこなった。評価すべき生態系機能として、藻類が生産したバイオマスが魚類にまで利用される栄養転移効率を取りあげ、生態系機能に対する感度の高いモデルパラメータ(ミジンコの転換効率、最大摂食率など)を特定した。これらのパラメータに対する化学毒性の効果を推定することにより、生態系機能への毒性影響を評価できることが示唆された。
- ③イ 化学物質に対する耐性遺伝子の集団間変異を利用した遺伝モニタリング手法の開発のため、霞ヶ浦および大膳池(北浦に隣接するため池)に生息するカブトミジンコ(<I>Daphnia galeata</I>)のフェンバレート感受性の集団間比較、およびマイクロサテライトDNAによるマーカー遺伝子変異の解析を行った。その結果、集団間で数倍から十数倍の感受性差が検出され、遺伝マーカーからも有意な遺伝的分化(分化指数Fst)が検出された。これらの結果は、同一水系内でも、環境汚染の局所の変異と遺伝子流動の制限により、耐性獲得に集団間差異が生じ、遺伝的モニタリングによって環境負荷の推測を行うことが可能であることを示している。
- ③ウ 河川や湖沼の底生生物は生態系の主要な分解者を構成し、生態系機能の保全のために欠かせない。本研究は、これらの生物群に対するOECDテストガイドライン策定の動向をふまえ、化学物質の底生生物に対する生態毒性試験法を確立するために、オヨギミズ、イトミミズ、ユスリカ2種を対象として、標準飼育法の調査、試験環境中での成長速度などの基礎的な生活史データの収集を行った。

定量的構造活性相関による生態毒性予測手法の開発

- ④ア 魚類致死毒性および甲殻類遊泳阻害についての構造活性相関モデルについて、部分構造フラグメントの取扱方法、分類ルールの改善、および他の要修正点について検討をすすめ「KATE」モデルとしてインターネット上で一般に公開した。
- ④イ スタンドアロン版の開発を継続し、Web版と同等の機能をもつ部分構造の解析ソフトを完成させ、「KATE」モデルの移植を開始した。藻類成長阻害に関するモデルの構築を進めた。甲殻類遊泳阻害に

ついて非線形手法を用いたグローバルモデル構築を試行した。

- ④ウ 藻類成長阻害に関するモデルの構築を進めた。
- ④エ 甲殻類遊泳阻害について非線形手法を用いたグローバルモデル構築を試行した。
- ④オ 構造活性相関式の多変量化に向けたシステムの再設計を実施した。

発がん性評価と予測のための手法の開発

- ⑤ア Ames 試験で強い変異原性が確認されている新規化学物質について、変異原検出用のトランスジェニック動物を用いて、in vivo での変異原性の検出を試みた。Ames 試験では 1,6-ジニトロピレン (1,6-DNP) と同等以上の強い変異原性を示す 3,6-DNBeP もトランスジェニックマウス を用いた変異原性試験 (gpt アッセイ) では 1,6-DNP のように用量に依存した変異頻度の有意な上昇は観察されなかった。
- ⑤イ 3,6-DNBeP により gpt delta マウスの肺に誘発された突然変異のスペクトルを解析した結果、G:C から A:T への転移と G:C の欠失変異が多く観察されたが、対照と異なる特徴的な変異は認められなかった。
- ⑤ウ 河川水中で検出されたアゾ色素由来の化合物群のひとつ、PBTA-6 も Ames 試験で強力な変異原性を示すことが分かっている。魚個体に曝露したときの變異原性を變異原検出用のトランスジェニックゼブラフィッシュを用いて調べた。ベンゾ[a]ピレン (B[a]P) について調べた結果と比較すると、PBTA-6 は Ames 試験では B[a]P よりはるかに強い変異原性を示すが、Tg-ZF アッセイでは変異を誘発しなかった。

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

- ⑥ア これまでに、生体影響に関する化学物質の類型化を行うための毒性情報及び遺伝子発現情報を大量に取得するためのシステム ChemToxGen (<http://idenshi.nies.go.jp/cgi-bin/mdcs/index.cgi>) を構築した。本年度は、さらに、大量データ取得の効率化を図るため、20 個程度の化学物質について一括して自動取得できるように改良した。
- ⑥イ この ChemToxGen を用いて、国内外の 7 種のデータベース及び化学物質リストに搭載されている計 21214 物質をリストアップし、遺伝子発現情報の有無を調査した。その結果、化学物質の曝露による毒性情報があり、且つ遺伝子発現情報が利用できる物質は、259 物質であった。また、21214 物質のうち一部については、構造、毒性、遺伝子発現に関するマルチプロファイリングデータベースを作成した。
- ⑥ウ 化学物質の類型化システム pCEC (<http://idenshi.nies.go.jp/eCA/cgi-bin/index.cgi>) についても、入力データの多重性に対応するためにシステムの多重化および異質なデータに対するメタ解析を可能とする改良のために、対応分析やクラスター解析など多変量解析の機能を充実させた。この pCEC の機能を確認するため、肝毒性を示すことが知られている 102 個の化学物質について、化学構造に関する情報を整備し、生殖・発生毒性を示す報告のある化学物質 6 個、及び神経毒性を示すことが知られている化学物質 5 個について、pCEC に格納し、影響の類型化を調べた。

化学物質の環境リスク評価のための基盤整備

- ⑦ア 化学物質の環境リスク初期評価を始めとするリスク評価の実施に向けて、化学物質に関する基本的事項 (物理化学的性状、環境運命に関する基礎的事項等)、環境中の存在状況及び生態毒性に関する情報を収集し、その知見の集積を進めた。
- ⑦イ OECD (経済協力開発機構) 化学品プログラムにおける化学物質のリスク評価に関する検討の動向の把握に努めた。

- ⑦ウ 環境行政分野における総合的な生態リスク評価の実施に向け、化学物質の環境リスク初期評価における生態リスク評価手法の見直しの方向性について検討を行うとともに、これに必要となる情報の整理を開始した。また、環境リスクの評価と管理の接点としての環境基準の体系の検証として、平成10年に改定された騒音に係る環境基準を対象として、基準の体系の整理、基準改定に係る課題の抽出に着手した。
- ⑦エ 地域における化学物質環境リスク関連施策の推進において重要な役割を担う地方公共団体の行政部局及び研究機関を対象として、アンケート調査の実施を通じて化学物質のリスク評価への対応状況、ニーズ等を把握するとともに、これらを主たる想定読者としてリスク評価の方法及び結果をわかりやすく解説するためのガイドブック（仮称）の作成に着手した。

(6) 環境リスクに関するデータベース等の作成

平成19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）化学物質データベース、農薬データベース、生態毒性データベースの更新を継続する。物質特定のための検索システムを高度化するとともに、さらにわかりやすく内容を表示するよう改良を進める。
- ②（生態系評価・管理のための流域詳細情報の整備）生態系の現状把握、これに影響を及ぼすリスク要因の解明及びその総合管理に資するため、多数のため池を有する流域を対象として土地被覆、標高、植生、人間活動、水生生物などに関する詳細情報をGISデータ基盤として整備する。
- ③（侵入生物データベースの管理）情報ネットワークを活用し侵入生物データの収集をより網羅的に推進する。侵入年、地理的情報を追加登録するとともに、既存データの更新を行う。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

化学物質データベースの構築と提供

- ①ア 化学物質データベースシステムのオラクルへの移行を実施し、法制度、リスク評価、曝露情報などのカテゴリーより検索が可能とした。
- ①イ PRTR データ、環境省で実施されているモニタリングデータの整備をエコ調査を中心に進め、最新の報告である2005年のエコ調査結果のうち、初期環境調査、詳細環境調査、曝露量調査、モニタリング調査の個別データ約32000件を入力した。
- ①ウ 農薬データベースに農薬要覧（2007年版）をもとに再集計した2006年（農薬年度）の県別の農薬出荷量を追加した。利用者の利便性を考慮し2006年に新規登録された商品名約200件を含む過去の商品名約15000件と農薬名の登録コードの対応を追加した。
- ①エ 生態毒性データベースを更新すると共に、環境省で実施されている生態毒性試験を本データと統合するためのデータベース設計とデータ入力を行った。

生態系評価・管理のための流域詳細情報の整備

<空間情報の整備>

- ②ア 対象域の環境情報のベースマップとして385枚の航空写真を撮影した。航空写真は撮影後、デジタル画像化し、国土地理院発行のDEMに基づくオルソ補正処理を施し地理座標を与えた。これにより各種地形図、GPS計測による現地観測点データ、衛星画像の重ね合わせを可能とした。
- ②イ ため池の位置・形状に関しては、各自治体が発行する2500分の1の縮尺の地形図および補正処理を行った航空写真を元にデジタル作業を行い、対象域のおよそ25%の面積に存在する、ため池のポリゴンを約2000点作成した。
- ②ウ 対象域の全ため池の分類手法を検討する目的で、現地観測がなされている地域の航空写真データにため池のポリゴンを適用し、ため池以外の土地被覆をマスク処理し、主成分分析、クラスタリング等

の画像処理を試行したところ、ため池を特徴あるクラスに分類することが可能であること、ため池の内部を複数カテゴリーに分類できることが分かった。

〈生物分布情報の整備〉

②エ 1980年代から2000年代にかけて、10年間に一度計3回の水生植物の調査を109地点で実施したデータを入手し、それらを本データベースで利用できるようGISデータとして整備した。水生植物の出現の年変化を検討するため、昨年度、分布情報を収集した調査した327箇所のため池を再調査した。また、新たに山間部を中心に、63の箇所のため池の水生植物の調査を実施した。

侵入生物データベースの管理

③ア 環境省指定の特定外来生物および要注意外来生物のうち、本データベースに未登録の種について優先的にコンテンツを整備した。

③イ 在来種に影響を与える可能性のあるものおよび侵略的になるとと思われる種について優先的に生態学的特長や分布情報を収集し、それらの特徴から生息可能地域の推定を進めた。

③ウ アルゼンチンアリの侵入危険地域予測については港湾の種類など新たなパラメータを加えることで、静岡、千葉の港湾など、より詳細な危険地域を網羅することが可能となった。

1. 5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価		14	2			16
(平成20年5月)		87.5%	12.5%			100%

注) 上段：評価人数、下段 [%]

年度評価基準 (5：大変優れている、4：優れている、3：普通、2：やや劣る、1：劣る)

外部研究評価委員会による年度評価の平均評点 3.9点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

様々な視点から環境リスクを具体的に指摘し、社会に対して警鐘を発することが重要な目的である本プログラムは、研究対象、研究手法が多岐にわたって展開される性質のものである。従って、プログラム全体のまとまりというよりも、個々の研究要素の先見性が重視されるべきであり、この点で、ナノ粒子の影響評価法をはじめとして興味深い研究成果を着実に挙げていると評価できる。また “フィールド研究と数理モデルを組み合わせた環境影響評価手法の研究開発” は、今後の発展を期待できる。リスク情報の発信や、政策貢献についても積極的である。

一方で、上記プログラムの性質上やむを得ない面もあるが、プログラム全体としての最終成果が見えにくいと感じられた。また、作業仮説が若干見えにくいプロジェクト(中核プロジェクト1～3)が見受けられた。

[今後への期待、要望]

今後、多岐にわたる研究要素の中で、限られた資源で何をどのように達成すべきかを絞り込む必要があると思われる。その際、長期的目標と、5年間の中期計画での達成目標との関連を明確に示して頂きたい。次期中期計画を検討する際に以下の点に留意して頂きたい。すなわち、細胞レベル、遺伝子レベルでの進歩が著しい生物毒性試験法を用いたリスク評価法の早期確立、この新しいリスク評価法に基づく化学物質に関する環境基準などの見直しに資する研究と、代替試験法開発という意味ではなくリスク評価の省力化に向けた研究である。

(3) 対処方針

今期中期計画では、化学物質の曝露評価法、高感受性要因、ナノ粒子及び生態影響評価に関する4つの課題を、今後の環境リスク評価において確立が必要な要素と特定し、中核研究プロジェクトとして先見性を重視した研究を実施している。各プロジェクトの作業仮説は、①多種類の化学物質による複合的な曝露による影響の存在、②神経系、免疫系等の生体高次機能の恒常性や、胎児、小児等発達期には脆弱性が存在、③微小な粒子の物理的性状と有害性との関連性、④生物多様性や生態系機能の低下をエンドポイントとする自然生態系の環境影響評価手法の提示が可能、である。長期的目標は、開発された新たなリスク評価手法を社会的なニーズを受けて実施されるリスク評価に体系的に組み入れることにより、将来にわたる環境の安全性の確保に資することである。中期計画での達成目標は、①バイオアッセイとモデル推定手法を活用し複合的な曝露の現状を把握しこれを提示する。②影響の臨界期を特定し低濃度曝露に有効な動物モデルを開発する。③ナノ粒子の健康影響評価法を提示する。④具体的な生態影響評価の事例を提示し、新たな評価手法を実験系で検証する、である。*in vitro* 試験法など革新的技術を活用したリスク評価法は、国際的な状況を把握しつつ、引き続きその実現の可能性を検討したい。

プログラム名：アジア自然共生研究プログラム

1. 1 研究の概要

現在急速に発展しつつあるアジア地域が持続可能な社会に移行できるか否かは、我が国及び世界の環境の持続可能性の鍵を握っている。そのアジア地域において、環境の現状が、持続可能な社会に向けたシナリオに沿って推移しているか否かを評価するとともに、持続可能な社会を実現するために必要な技術・政策等の評価を行い、政策提言の科学的基盤を築くことが不可欠である。アジア自然共生研究プログラムにおいては、下記の中核研究プロジェクトを中心に、関連プロジェクト等と連携しつつ研究を推進する。

(1) アジアの大気環境評価手法の開発

東アジア地域を対象に、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行い、国内外の観測の連携を進めるとともに、数値モデルと排出インベントリの精緻化を進める。これらの観測データ、数値モデル、排出インベントリ、更に対流圏衛星観測データを活用して、アジア地域の広域大気汚染と日本への越境大気汚染の全体像を把握し、科学的知見を蓄積する。日本国内を含むアジア地域の大気環境施策立案に必要な科学的知見とツールを提供する。

(2) 東アジアの水・物質循環評価システムの開発

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、水・物質循環評価システムの開発を行う。

(3) 流域生態系における環境影響評価手法の開発

東南アジア・日本を中心とした流域生態系における環境影響評価手法の開発を行い、特に、メコン河流域の持続可能な発展に必要な科学的知見を提供する。主にメコン河の淡水魚類相の実態解明、流域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実施する。

(関連プロジェクト)

- ・省エネルギー型水・炭素循環処理システムの開発
- ・湿地生態系の時空間的不均一性と生物多様性の保全に関する研究

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
運営交付金	155	158				
その他外部資金	286	341				
総額	441	499				

1. 4 平成19年度研究成果の概要

(1) アジアの大気環境評価手法の開発

平成19年度の研究成果目標

- ① (アジアの広域越境大気汚染の実態解明) 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を充実させ、多成分・連続観測を継続するとともに、中国等の研究機関と共同して中国沿岸地域での地上観測と、東シナ海上空での航空機観測を実施。国内外の観測データを集積したデータベースの構築に向けた作業を開始する。

- ② (アジアの大気環境評価と将来予測) アジア地域の排出インベントリと大気質モデルを開発し、観測データを用いて検証し、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を継続。アジア地域の気候・大気質変動を評価するために、全球化学気候モデルを用いた解析を継続。大気質モデルと観測データを用いて、排出インベントリを検証・修正する手法の開発を継続。
- ③ (黄砂の実態解明と予測手法の開発) ライダーを中心とする黄砂のモニタリングネットワークを更に整備すると共に、観測データベースの設計を継続。特に、モンゴル国において J I C A との連携によるモニタリングステーション 4 カ所の完成。

平成 19 年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 沖縄・辺戸ステーションを整備し測定機器を拡充して通年観測を実施した。具体的には MAXDOAS の導入 (JAMSTEC)、水銀観測の本格的稼動 (環境省)、エアロゾルインレットおよび関連する測定機器の整備 (文科省 GEOS5、千葉大) などがあげられる。対外的には UNEP の ABC プロジェクトにおいて、「スーパーサイト」と認められた。国内においても、文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会地球観測推進部会がとりまとめた「平成 20 年度の我が国における地球観測のあり方 (H19.7.23)」において分野間・機関間連携を図る具体的施策のひとつとしてあげられるなど高い評価を受けた。
- ①イ 平成 19 年春に中国環境科学院と共同で中国渤海湾にある長島での集中観測を行い、辺戸ステーション、福江島の観測と同期して気塊の移流経路に沿った観測を行った。この結果などを用いて気塊の移流距離に応じて、硫黄化合物や有機化合物の酸化が進行していく過程を定量的に解析した。
- ①ウ 平成 20 年春に東シナ海上で航空機観測を行い、これに同期して辺戸ステーションにおいて大学や研究機関と協力し集中観測を行う準備を進めた。
- ①エ 辺戸ステーションにおいて蓄積された観測データをもとに、硝酸塩の変質過程に関して定量的に解明した。また、これまでに実施した中国での観測の解析を進め、衛星データやモデル結果と比較し、観測とモデルの差異を明らかにした。PAH 観測データを解析し、中国大陸からの輸送影響が冬春季に強まること、辺戸で観測される PAH は長距離輸送のために酸化が進行していることを明らかにした。
- ①オ 辺戸ステーションで得られた結果をデータベース化するため、学術会議 IGAC 小委員会と連携して、大気環境データベースの作成、辺戸ステーションホームページの作成について検討した。
- ②ア アジア地域の排出インベントリと化学輸送モデルを用いて、過去四半世紀の大気質の経年変動を計算し、既存の観測データを用いて検証するとともに、対流圏オゾン・酸性沈着量の空間分布や越境大気汚染による日本へのインパクトの変化を評価する研究を、前年度から継続して進めた。その結果、(1) 中国における大気汚染排出量が 1980 年以降増加し、特に最近、急増していること、(2) 大気汚染排出量の増加に伴って東アジアにおける対流圏オゾンが増加し、それに伴って日本のオゾン濃度が経年的に上昇していること、(3) 大気汚染排出量や対流圏オゾンの将来変化は排出シナリオに強く依存するが、最近の衛星観測や燃料消費動向によると最悪ケースで推移している可能性が高いこと、などが明らかとなった。これらの研究成果は、国際的な「大気汚染の半球規模輸送に関するタスクフォース」(TFHTAP) の中間報告書、環境省「光化学オキシダント・対流圏オゾン対策検討会」の中間報告書に取り込まれた。
- ②イ アジア地域の気候・大気質変動を、地域外の影響も含めて評価するために、全球化学気候モデル (CHASER) を用いた解析を進め、日本の対流圏オゾンの発生地域別寄与を評価した。
- ②ウ 対流圏衛星データを用いて NO_x 排出インベントリを検証・修正するインバースモデルの開発を進めた。また、排出インベントリに関する中国との共同研究を前年度に継続して実施した。
- ②エ 2007 年春季に西日本地域などで発生し大きな社会問題となったオゾン高濃度現象の発生メカニズ

ムをモデル解析によって明らかにし、オゾンの越境大気汚染が顕在化し始めていることを指摘した。

- ②オ 全国の地方環境研究所との共同研究により、対流圏オゾンと粒子状物質の広域的・地域的特性を解明する研究を開始した。東アジア、日本全域、及び関東地域の大气汚染を短期予報するために大気汚染予報システムを開発し、研究グループ内で試験運用するとともに、公開のための準備を進めた。
- ③ア JICA の協力のもと、モンゴルにおいて4局のネットワーク観測網を完成させた。黄砂発生源である砂漠地帯に2局（サインシャンド、ザミンウード）と都市大気汚染および観測機器の精度管理のために1局（ウランバートル）にライダーシステムを設置したほか、砂漠地帯1局（ダランザトガド）を含めた全4局に黄砂モニター（PM10 および TSP あるいは PM_{2.5} を対象）を設置した。
- ③イ モンゴル NAMHEM（モンゴル国気象水文研究所）との共同研究を開始し、モニタリング観測結果がリアルタイムで入手可能となった結果、北東アジア地域におけるモンゴル3局、韓国1局、日本10局のライダー観測網によって、発生源から日本に長距離輸送される黄砂を3次元的に把握することが可能となった。
- ③ウ これらの観測データをモデルに同化させる技術手法を開発し、輸送モデル(CFORS)の精緻化を進めた。
- ③エ 黄砂と都市大気汚染の混合状態を把握するための化学判定手法として炭素安定同位体比を利用する方法を検討した。

(2) 東アジアの水・物質循環評価システムの開発

平成19年度の研究成果目標

- ①（流域圏における水・物質循環観測・評価システムの構築）陸域生態系の水・物質循環のメカニズムの現状把握及び水・物質循環を評価できるモデルの統合化を行う。
- 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）長江起源水が東シナ海の海洋環境・生態系に及ぼす影響を検討するため、東シナ海陸棚域で航海調査を行い、また、海洋流動・低次生態系モデルに必要な環境情報データを整理する。
- 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）拠点都市域の環境負荷・技術インベントリを構築し、水・物質・エネルギー循環に及ぼす影響のアセスメントモデルを構築し、シミュレーションのテストを行う。

平成19年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 衛星データ、GIS、観測データおよび現地調査等に基づく、長江、淮河など、特に南水北調の水源である漢江流域における水・物質循環情報データベースの構築を継続し、気象、地形、土地利用のデータのほかに、水文、水質および人間生活や社会経済的なインベントリデータを収集し入力した。また、気象・地形・土地被覆などの自然条件と人間活動の相互関係について検討し、水・物質循環を評価できるモデルの統合化を行った。モデルの検証や適用を含めた共同研究体制を確立するために、長江水利委員会と共同で漢江流域において栄養塩の自動観測システムを設置した。さらに、共同研究体制を強化するため、H19年5月に第二回日中流域水環境技術交流会を日本で開催した。
- ② 浅海域の水質浄化機能の定量的評価のため、長江河口域及び沿岸域の漁獲量の経年変化、埋め立て面積等のデータ収集を行った。また、沿岸域の富栄養化等の実態理解のため、浙江海洋大学等との共同調査の可能性の検討を行うとともに、長期・中期・短期スケールでの研究課題を設定し、その実行工程に関する詳細な議論を進めた。さらに、初夏の東シナ海陸棚域における航海調査を本年度も継続し、長江起源水により輸送される栄養塩類の藻類群集による取り込み過程及びその行方に関する検討を行った。最後に、東シナ海における栄養塩の輸送過程を評価するための海洋流動・低次生態系モデ

ルに必要な環境情報データを手、整理し、データベース化した。

- ③ 統合型陸域生態系モデル (NICE) モデルを基に、都市スケールの水・物質・エネルギー解析の鉛直一次元建築・都市・土壌連携モデルのプロトタイプを構築し、シミュレーションのテストを行った。また、循環形成の産業システムの環境フラックス分析の方法論を開発することにより、都市と産業を包括する環境技術・政策・ビジネスのインベントリを定量的に評価し、さらに、共同研究を推進している大連理工大学環境計画研究所等との連携を活用して、都市の上下水道、河川、沿岸域、および地下水水位水質分布、降水量、都市排熱、気温等の都市環境のデータを統合的な GIS データを手・整備するとともに、拠点都市を対象として、陸域統合型モデルに新たに都市モデルを結合した水・物質・エネルギー統合型モデルを構築するためのフレームワークを作成した。中国大連市・遼寧省 (H19 年 5 月)、中国武漢市・湖北省 (H19 年 12 月)、国連環境計画と川崎市 (H20 年 1 月) と連携する産官学連携の国際専門家ワークショップ・フォーラムを開催するとともに、中国環境科学院および日中友好環境センターと循環経済研究についてのワークショップ (H20 年 2 月) を開催し、共同研究のフレームを構築した。EMECS 国際会議準備会合を H19 年 11 月に開催している。

(3) 流域生態系における環境影響評価手法の開発

平成 19 年度の研究成果目標

- ①流域生態系及び高解像度土地被覆データベースの構築
- ②人間活動による生物多様性・生態系影響評価モデルの開発
- ③持続可能な流域生態系管理を実現する手法開発

平成 19 年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ① メコン河流域全体を網羅した自然環境 (地質、土壌、植生、気候、水文など) および人文社会 (行政界、人口、交通網、産業統計など) に関する空間データを整備するとともに、各要因の類似性に基づいた地域の類型化を行った。今後、類型地域ごとに、人為による環境影響の特性を整理、検討し、現地調査やモデルシミュレーションで得られた知見を一般化する。
- ②ア 北タイ地域のメコン河本流および支流における河岸・河床地形、流速、水質、魚類相の現地調査を実施し、硝酸濃度が高くタイ支流からの流入と地形変化により pH や濁度が変動することを明らかにした。定期採水委託により水質のモニタリングを開始した。
- ②イ タイ、ウボンラチャタニ大学と連携し、メコン河支流ムン川の魚類相調査、水質調査、魚類の耳石解析を開始した。同大学との間で委託契約を結び、魚類採集をともなう定期モニタリングを行っている。
- ③ア 多岐にわたる海外現地調査活動を通し、モデルシミュレーションに資する一次データ取得を始め、継続的なデータサンプル輸入体制・研究組織間のネットワーク等を構築した。
- ③イ 日本、タイの環境 NGO 等とメコン河流域住民との環境影響評価に関するヒアリングを行い問題点の抽出を行った。メコン河上流の中国国内で環境ジャーナリスト、研究者による現地視察を行った。

(4) 関連研究プロジェクト等

平成 19 年度の研究成果目標

- ① (省エネルギー型水・炭素循環処理システムの開発) 省エネルギー型排水処理・炭素循環システム開発のために、メタン発酵プロセスによるラボスケール実験により排水処理の高効率化や菌体の高濃度

保持を実現するための、リアクター運転操作条件の検討を行う。また、省エネルギー型水処理システムの安定運転、高効率運転のための基礎的知見収集のために有機物分解を担う微生物群集の解析を進め、主要細菌群を同定する。

- ② (湿地生態系の時空間的不均一性と生物多様性の保全に関する研究) 前年度に撮影した航空写真に加え、数回の写真撮影をおこない、地上での調査と対応させて植物群落のタイプの識別法を開発する。さらに、群落の分布パターンと、土壌条件・微地形等との関係を解析する。また、植物群落の季節的な構造変化及び湿地を生育場所とする鳥類の分布パターンの概要を明らかにする。
- ③ (光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究) O_xに加え SPM も対象にした基本解析を実施すると共に、地域特性の検討等を進める。

平成19年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 低濃度産業排水の資源循環処理法の開発を目標に、生物膜を利用したメタン発酵法の開発を行った。生物膜流動型リアクターによる低濃度排水の連続処理実験を行い、処理水循環が排水処理性能や、生物膜の性状等に及ぼす影響を評価した。その結果、処理水循環無し (UASBモード、ワンパス処理) と処理水循環有り (EGSBモード、循環処理) との組み合わせによる運転と、流入水のORP制御により低濃度排水 (400 mgCOD/L以下) の効率を飛躍的に向上 (COD除去率 60%→90%以上) させることが出来た。また、200日以上の特長期間、保持生物膜の物性は良好に維持され、高い活性を有する生物膜の高濃度保持を達成した。ろ床を密閉容器に設置したDHSリアクター(cDHS)によるメタン発酵処理水からの溶存メタン回収を試み、溶存メタンの約80-90%を回収することが出来た。ろ床型のメタン発酵法については、スケールアップを考慮した担体 (ランダムパッキング) を利用した装置を作成し、実下水処理実験を行った。その結果、既存処理法と同程度の性能を示したが、短絡流が生じると処理性能が悪化する傾向にあった。
- ①イ 都市下水を処理対象とした省エネ・低コスト型排水処理装置 (UASB法とDHS法の組み合わせ) のパイロットスケール実験を鹿児島県霧島市クリーンセンターで開始し (民会企業との共同研究)、UASB保持汚泥のメタン生成活性を定期的に測定した。その結果、消化汚泥植種直後のUASB汚泥はある程度高い活性を示したが、運転の継続と水温の低下 (冬季の外気温低下) に伴い活性が低下する傾向にあった。また、冬期間は余剰汚泥量が増える傾向にあったが、UASB法 (嫌気槽) の排水処理性能は、著しく悪化することなく安定的な運転が可能であった。
- ②ア 渡良瀬遊水地での航空写真と植生調査のデータから、絶滅危惧種を含む草本種の分布推定を行った。予測には、単純なロジスティック回帰モデルと、種子散布などの影響で分布が集中しやすくなる「空間自己相関」を考慮した条件付き自己相関 (CAR) モデルを用いた。その結果、ほとんどの種で空間自己相関を考慮したCARモデルのほうが影響の大きな説明変数の数が少なくなり、モデルの当てはまりの良さを向上させることができた。
- ②イ 渡良瀬遊水地では、ヨシの優占する群落、オギの優占する群落が主要な構成要素となっている。デジタル航空写真を用いて渡良瀬遊水地におけるオギとヨシの分布域の推定や草丈の推定を行ったところ、ヨシの分布の推定精度は80%近い正解率となった。一方、オギの分布の推定精度は50%強にとどまった。航空写真から推定される群落の高さは、植物の葉の先端の高さではなく葉の密度が最大になる高さとして一致することが明らかとなった。
- ②ウ 渡良瀬遊水池の91地点においてポイントカウント法による鳥類センサスを行なったところ、渡良瀬遊水池およびその近傍で繁殖している種37種が記録された。そのなかにはサンカノゴイ、サシバ、オオタカ等の希少種も含まれていた。統計解析の結果、観察ポイントでの出現種数は、近傍500mの灌木林面積が大きいほど多数であることは明らかとなった。
- ②エ 絶滅が危惧されるサケ科の回遊魚イトウの日本における分布・絶滅要因の解析を行った。現存する

12の個体群中の7つの安定した個体群は、いずれも下流域に海跡湖を持つ湿原河川に分布するものであった。また5つの安定個体群は農地面積の割合が低い河川に分布していた。イトウ個体群が絶滅せずに存続する条件として、海跡湖の残る湿原が保全されていることの重要性が示された。

- ③ 0xに加えSPMも対象にし、これまでの共同研究で作成してきた集計解析プログラムを使用して基本解析を実施すると共に、選定5局（一般局）の見直しを行い、各機関で実施した基本解析結果を各地域グループに持ち寄り、地域内比較を行うことにより地域特性の検討を進めた。また、平成19年春～夏に発生した0xとSPMの高濃度汚染について、参加機関を対象にした緊急アンケート調査を実施し、その結果をもとに高濃度日の抽出と汚染状況の解析を進めた。大気汚染予測システムの改良・検証を進めた。

1. 5 外部研究評価

(1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価	1	12	3			16
(平成20年5月)	5.9%	75%	19%			100%

注) 上段：評価人数、下段 [%]

年度評価基準（5：大変優れている、4：優れている、3：普通、2：やや劣る、1：劣る）

外部研究評価委員会による年度評価の平均評点 3.9点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

本プログラムでは、データに基づきモデル化を通して、中国を中心とするアジアの大気・水環境を評価しており、今後の環境保全のための国際的取り組みに貢献が期待できる成果が得られている。大気質の問題については研究の達成度は目標を上回っているが、プロジェクトによって達成度がかなり異なる。海外を対象とした研究が主体となるプログラムであるため、他のプログラムとは異なる困難度があることを考慮すれば、得られる成果は貴重である。

一方で、アジア地域の持続可能な社会構築に向けた、総合的な考え方・戦略が明確ではなく、政策立案を含めた研究方法の具体的な提示が行われていない様子である。

研究の相手国における環境研究対応の能力開発についても検討が必要と見受けられた。

[今後への期待、要望]

今後、一層、国環研の独自性を念頭において、問題解決に向けて進めて欲しい。

アジア統合モデルに関しては、内容を詰めることによって、アジアをどのように理解していくのかの検討を進めて頂きたい。このモデルおよびシナリオは日本発となる訳だが、さらに発展させ、関係諸国の合意を得るプロセスを具体化して頂きたい。この点においても、現実的に利用価値と信頼性のあるモデルの完成が望まれる。

これらを達成するためには、アジア諸国の研究者への、育成を含めた一層の協力、連携が必要である。IGESとの連携も研究の一助となる可能性があると思われるので、検討頂きたい。日本および対象地域への研究成果の還元方法についても検討頂きたい。

次期中期計画への期待となるが、自然共生にどのようにつなげるのかに対する明確な方針を立てた上で研究を進めて頂きたい。

(3) 対処方針

第2期中期計画期間においては、政策提言の科学的基盤を確立するために、観測・調査及びモデリングを通じてアジアの環境の評価手法を開発することに重点を置いている。同時に、アジア地域の持続可能な社会構築に向けたシナリオ作成とそれを可能にする技術、政策・社会システムの評価が戦略的に重要であると認識しており、今後、次期中期計画における展開を目指して具体化し、総合的な考え方・戦略をより明確にして行きたい。

アジア統合モデルについては、アジアを対象とした、大気環境、水環境及び生態系のモデル研究の相乗効果と相補性を高めること、及びシナリオ研究等について国環研におけるこれまでの集積を踏まえ、連携を進めることを通じて国環研の強みを生かした独自性のある研究展開が可能になると考えている。その際、既に形成しているアジア諸国の研究パートナー及び行政担当者等との連携を活用することにより、関係諸国の合意が得られる現実的で利用価値と信頼性のあるものにしたい。

アジア諸国との協力・連携、IGES等との連携については、中核PJ1、中核PJ2、中核PJ3のそれぞれにおいて具体的に進め成果を挙げているところであるが、更に充実させたい。