

## (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

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

(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	832	1,026	862			2720
その他外部資金	788	719	671			2178
総額	1,620	1,745	1,533			4898

#### 1. 4 平成 20 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 20 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解析) 民間の航空機 (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。
- ② (太平洋域の CO<sub>2</sub> 海洋吸収フラックス変動の評価) 新ラインである西太平洋での pCO<sub>2</sub> 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。  
(アジアの陸域生態系の CO<sub>2</sub> 吸収変動の評価) 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。
- ③ (モデルによる変動評価) フォワード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 20 年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア JAL 旅客機の観測から成層圏と対流圏との季節変化に明確な違いがあることがわかった。気象学的に成層圏と対流圏を分離する手法を用いて、対流圏界面付近での濃度と渦度などの関係を調べたとこ

ろ、春季には対流圏界面が大気拡散のバリエーションになっていること、夏は圏界面はバリエーションにならず低緯度から高緯度へ圏界面を横切る動きがあることが推察された。このような季節的な混合の仕方の違いが、特徴的な成層圏の季節変化を作っていると考えられた。一方、自由対流圏での濃度は比較的均一であることがわかった。

- ①イ アジア、ヨーロッパ、オセアニア、太平洋、北アメリカ地域での高度方向の季節変動の特徴を抽出した。北半球の自由対流圏の濃度変化は似通っていたが、境界層内のデータは北ヨーロッパやアメリカ、バンコクなどでは夏により低い値を示した。熱帯は季節変化は小さかったが、境界層内に春に高い値を示すことがあった。これは、熱帯における燃焼起源のCO<sub>2</sub>によるものであることが推察された。
- ①ウ 太平洋を航行する船舶によって日本-北米、日本-オセアニアラインでの大気のサンプリングを行い、緯度方向の各種濃度や同位体分析を継続した。二酸化炭素濃度増加率はここ1年では2ppm以下であり、平年程度かそれ以下の大きさであった。これは2008年のラニーニャの影響で、気温が比較的高くないことと関係していると考えられる。亜酸化窒素は依然年に0.5%程度の増加傾向が続いていた。
- ①エ 一方、2000年以降これまでメタン濃度はすべての緯度帯での濃度増加が見られなくなっていたが、2007-2008年に97年のエルニーニョによる変動以来のグローバルな濃度増加が見られた。濃度増加は熱帯域に小さく、緯度別に変化があった。これらの変動は、CO<sub>2</sub>などの緯度別変動パターンと逆の関係にあることがわかった。
- ②ア 民間船舶を用いたアジア路線での観測を開始した。中国南部から、タイ、インドネシア、シンガポールにかけてのサンプルを太平洋の同緯度帯のデータと比較すると、明らかにアジアの発生源の影響を受けていると思われるCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>濃度などが観測された。COの変動やエアロゾル、黒色炭素成分などアジア地域の森林燃焼などの影響を検出できるか、航空機などのデータを含めて解析を進める。
- ②イ オ船舶を用いた緯度別サンプリングや波照間、落石の酸素や二酸化炭素の安定同位体比の観測から、二酸化炭素の収支の年変動について検討を行った。観測期間(1993-2009)の全体的な傾向は、これまでの観測結果を踏襲するものであったが、相対的に海洋の吸収量の増加が示唆される結果が得られた。平均して、海洋の吸収は2.4Gt-Cになり、陸域の二酸化炭素吸収は、0.9Gt-C程度になった。4Gt-C程度が毎年大気に蓄積したことになる。
- ②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継続した。依然HFC-22やHFC-23の寄与が大きいことが分かったが、SF<sub>6</sub>の発生量の増加など寄与の比率が変わってきていることが観察された。波照間で観測される中国起源のフロン類を合計して推計すると、CO<sub>2</sub>相当量に直すと0.2Gt-C/y程度になり、中国のCO<sub>2</sub>排出量の10%を超えることがわかった。中国でのCO<sub>2</sub>発生量増加に伴い、波照間での冬季のCO<sub>2</sub>の相対濃度が増加していることが明らかになってきた。
- ②エ アジアでの大気の特徴を調べるため、インドや中国・貴陽の大気サンプルを分析した。インドにおける夏季から冬季にかけてのCO<sub>2</sub>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と考えられる。
- ②オ シベリアにおけるタワーでの観測データを解析し、CO<sub>2</sub>やメタンの濃度トレンドを検出した。メタンの濃度は増加傾向にあったが、グローバルな増加よりも大きく、シベリアの天然ガス生産やパイプラインからの漏れの大きさが大きく観測データに影響していることが考えられた。
- ②カ 北太平洋での観測を継続し、ここ10年程度の年間吸収量の変動や、吸収の地域性をまとめた。これによると2005年の北太平洋(22.5-55度間)のCO<sub>2</sub>吸収量は1995年に比べて、西部では30%程度の吸収の増加、東部では逆に30%の吸収の減少が起こっていることがわかった。全体としては、ここ10年で吸収量が大きく変動していない。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を継続し、季節変化などを求めた。なかでもタスマン海の吸収は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考えられる。

- ②キ 海洋表層の放射性炭素の濃度を北太平洋上で測定した。これまでの長い減少傾向と比べて、測定された時系列の傾向は相対的に減少が止まっているように見える。大気中の  $^{14}\text{C}$  濃度に比べても海洋の  $^{14}\text{C}$  濃度が低くなっており、大気との交換による影響も推察された。また一方で、カリフォルニア沖の  $^{14}\text{C}$  濃度の方が上昇傾向が強いので、海流や混合の仕方の大きな変動が表れていることも考慮すべきと考えられ、今後の観測の充実化をはかる予定である。同様に北極海での表層の海水の  $^{14}\text{C}$  濃度の測定も試みている。
- ②ク 海洋から各種のプロセスによって放出される酸素が海域ごとにどのように異なるかなどを調べる目的で、酸素/アルゴン比などの測定装置の開発を行った。
- ②ケ 苫小牧、富士北麓のフラックス観測サイトにおいて取得したカラマツ林のフラックスを比較検討し、その特徴を抽出した。吸収量は気象的要因によって変化することが明らかであり、特に光の要因が大きいことがわかった。両者の純生産量 (NEE) を比べると、北にある苫小牧の方が富士北麓より少し高い傾向にあった。両者とも樹齢 45 年程度の林であるが、温暖な富士北麓の方が老齢化が進んでいるように見えた。植物の量の大きさや呼吸量からも、富士北麓の林分密度が小さいことがわかった。
- ②コ 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、大型自動開閉チャンバーを用いてその寄与を評価するなどの調査を全国 5 か所で継続している。1 度 C の加温に対して 5-19% 程度の  $\text{CO}_2$  量の増加が認められた。北海道での増加量が他のサイトより多いという特徴が見られた。温度と呼吸反応曲線から見積もると、多くの場合は  $Q_{10}$  は 3 程度の値となり、欧米の値に比べ温度応答が高いことが予想されたが、加温によって呼吸速度の  $Q_{10}$  はむしろ下がる傾向もあり、そのため増加割合が小さめに出る可能性もあることが示唆された。
- ②サ 各地から採取した土壌サンプルをインキュベーションして、土壌毎の温度反応曲線を求める実験を開始した。
- ②シ プロジェクトで行っている中国の青海省での草原でのフラックス観測を含め、アジアでの森林フラックス観測サイトの共同研究によって、アジアでのネットの森林吸収フラックスが毎年の気象変動によってどのように応答するかを解析し、北緯 30 度以北のサイトは気温や光量に正に相関すること、南のサイトはむしろ気温、光量が多いときに乾燥化が働くために逆に応答することなどがわかった。
- ③ア  $\text{CO}_2$  やメタンなどのモデルシミュレーションのために、オイラー型の NIES 輸送モデルにラグランジアン型のモデル FLEXPART を結合した結合モデルを開発した。これを用いて、プロジェクトで観測している地上観測点、船舶観測、飛行機観測点などのデータをシミュレーションすることによりモデル改良をした後に、インバース計算が行えるように改良を予定している。本年はまず、インド、中国などを含む地上観測点でのデータのモデル計算を行った。波照間などを含めて、概ね良好な比較ができることがわかったが、人為発生量の与え方や、地上の植生フラックスの与え方を改良することでさらに精度があがるものと考えられた。
- ③イ  $\text{CO}$  に関するモデルシミュレーションを行いアジアでの各地のデータと比較することにより、発生量データを逆算すると、中国中部の  $\text{CO}$  発生量が、推計値より大きいであろうことが推察された。また、 $\text{CO}$  とオゾン濃度の解析から、オゾンの増加に関して、アジアの影響やシベリアの森林火災の影響があることなどが示唆された。

## (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20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） GOSAT 観測データの定常処理システムに必要な処理アルゴリズムを完成し、データプロダクトの誤差評価手法を確立する。また、偏光観測データの利用手法の高度化を図る。
- 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） 衛星打ち上げ後のプロダクト検証の準備として、地上・航空機実験を実施して地上検証装置の校正と誤差評価を行う。また、偏光データの利用手法等の妥当性の確認と評価を行う。
- ③（全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究） 大気輸送フォワード計算手法の調整と精緻化を進める。また、濃度導出に必要な温室効果ガスの地表面フラックスのデータセットを整備する。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を定常処理システムに構築するための研究を進め、テストを行う。

## 平成20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア 衛星打ち上げ後の定常処理に向けて、使用するアルゴリズムを完成させるとともに、データプロダクトの誤差評価手法を確立した。また、衛星打ち上げ後6ヶ月間の初期機能確認及び校正・検証期間中に必要な事項の確認と整備を行った。
- ①イ 今後のアルゴリズム改良に向け、偏光がどの程度カラム量の導出に影響するかを、偏光を考慮する放射伝達コード Pstar2b を用いて評価した。海上では鏡面反射点に近い領域（サングリント領域）を観測することで高い信号対雑音比（SNR）の信号が得られるが、偏光度が非常に大きい信号となる。エアロゾルなどによる散乱過程を経ることで、偏光度は小さくなるものの、完全には解消されないことが数値シミュレーションから示された。このことは、偏光を考慮しない放射伝達コードを用いて全く補正を行わずに偏光を含む信号を解析したときに、解析結果には大きな誤差が含まれることを示唆している。
- ②ア 衛星打ち上げ後、独立の観測装置によって取得されるより不確かさの小さい検証データを用いて、定常処理により衛星観測データから作成されるデータプロダクトのバイアスやばらつきを評価することが、衛星からのデータプロダクトを科学利用するためには必須である。そのため、衛星打ち上げ後の検証に関する研究を進めた。
- ②イ 地上設置の高分解能フーリエ分光計を用いた太陽直達光観測による大気中温室効果ガスカラム量の導出法が、主要な検証観測手法の一つである。当研究所では地上設置の高分解能フーリエ分光計により定常的に観測を行っている。本装置で観測されたスペクトルを過去6年間に拡張して解析した。この結果を、地上観測データや観測に基づく大気輸送モデル計算値（NOAA CarbonTracker）と比較した。その結果、モデル計算値とよい一致が見られた。
- ②ウ より小さな不確かさで確実な検証を行うためには検証観測装置そのものの検定作業は非常に重要である。平成21年1月に、高分解能フーリエ分光計の観測に合わせて、航空機搭載測定装置による直接測定およびサンプリング測定、GPS ゾンデ観測などを実施した。
- ③ア 大気輸送フォワードモデルとして、質量フラックス形式の線型モデル（NIES08）を開発した。このモデルでは、全球の温室効果ガス分布に地域フラックスの寄与を重ねて正確にシミュレートすることができる。このモデルを用いた観測値の季節変化を考慮したインバース解析により、全球22分割で月別の炭素収支を推定でき、これまでのNIES輸送モデルと比べて北半球でより現実に近いと考えられる陸域吸収源の推定結果が得られた。インバースモデルで推定される地域別の吸収排出分布は、モデルの中の下部対流圏の二酸化炭素濃度の鉛直勾配と鉛直混合速度とに関係することが分かった。
- ③イ 生態系モデルVISIT（Vegetation Integrative Simulator for Trace gases）を利用して、全球陸

域生態系の炭素収支推定用にモデル（時空間分解能：1日，0.5度メッシュ）の開発を行った。更に、観測値に基づく二酸化炭素フラックスの日変動を考慮した経験的なモデルの開発を行った。

### （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20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世代モデル実験の準備をほぼ完了するとともに、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を進める。また、極端現象の発生メカニズムおよび土地利用変化・灌漑が気候に与える影響を調査する。
- ②（影響・適応モデル研究） 影響モデルについて、影響評価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、水資源および農業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。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る。
- ③（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、陸域生態モデルの高度化および土地利用変化モデルの開発を進めるとともに、IPCCの新しいシナリオ開発プロセスに対応して、次世代気候モデル実験の入力条件となる詳細な空間分布を持つ排出・土地利用変化シナリオの開発を行う。

#### 平成20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア 気候モデルの雲スキームの改良を行った。大気中水蒸気量の不均一性の予測と雲氷の予測の計算を整合的に結合したところ、対流圏上層の雲量、雲水量の変化過程が従来よりも現実的に再現されるようになった。
- ①イ 日英の気候モデルの相互比較により、気候感度の推定に不確実性をもたらす要因の解析を行った。日英の気候モデルそれぞれについて、物理パラメータをさまざまに変化させたモデルアンサンブルの結果を解析したところ、モデルの低層雲の再現性が気候感度の推定において重要であることが示唆された。
- ①ウ 多様な排出シナリオに対応する気候シナリオを作成するスケーリング手法の観点から、降水量変化のスケーリング可能性について解析を行った。異なる排出シナリオに基づく気候変化予測の間で単位気温上昇量あたりの降水量変化がどのように異なるかを解析したところ、エアロゾルの排出量が大きいシナリオほど降水量増加量が小さいという関係が有意に見られることが分かった。
- ②ア 水資源影響モデルの信頼性を高めるため、その多角的検証を行った。本プロジェクトにおいて気候モデルとの結合作業を進めている全球水資源モデルH08を、世界的に有力な他の水資源モデルと比較するため、国際モデル相互比較プロジェクトEU-WATCHに参加し、予備実験と第1実験の結果を提出した。
- ②イ 気候モデルとの結合作業を目指した農業影響モデルの高度化を行った。従来手法に比べてより多くの因子・プロセスを考慮しつつ広域（全球・大陸スケール）の農作物収量予測を高精度に実施するための新モデルを開発し、過去の統計情報を用いて検証した。
- ②ウ 温暖化のリスクについて、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、メディア関係者約50名・研究者約20名を交え、環境省、東京大学と共同で「第1回温暖化リスク・メディアフォーラム」を実施した（2009年3月11日・学会館（東京））。
- ③ア 陸域生態系モデルVISITに火災発生とバイオマス燃焼のスキームを組み込み、気候変化が自然火災に与える影響を評価した。気候予測の不確実性を考慮して15シナリオで予測実験を行ったところ、CO2、

CO<sub>2</sub>、ブラックカーボンなどの火災起源排出は将来的に大幅に増加する可能性が高いことが示された。

- ③イ ○IPCC 新シナリオの一つ (RCP 6W) に対応した土地利用と、人口・GDP の空間詳細シナリオの作成を行った。従来は農地と森林のみであったが、牧草地や都市も含めたシナリオに拡張した。また、人口・GDP の空間詳細シナリオは、従来のシナリオよりも合理的な傾向を示すとともに、都市地域の面積的な拡大とも連動した新規的なものが開発できた。

#### (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20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) 低炭素社会を実現するための具体的な方策や対策を組み合わせた一連の施策群を収集し、誰がいつどこで何をすればよいかのヒントを与えるパッケージ集を作成する。また、目標達成にどの施策・施策パッケージを実施するのが適当かを提示するため、従来のバックキャストモデルを改良し、低炭素社会への道筋を検討する。さらにアジアの新興国・途上国や欧米の研究機関と協力して低炭素社会づくりの政策対話を推進する。
- ② (気候変動に関する国際政策分析) これまでの研究成果をふまえ、次期国際枠組みに関する具体的かつ詳細な制度提案をまとめるとともに、COP13 バリ会合 (2007 年 12 月) 以降本格化した次期枠組み交渉における、我が国の政策決定に資する情報を提供する。また、次期枠組みに関する第4回アジアワークショップ会合を開催し、アジア諸国にとってはいかなる国際制度が望ましいのか、を中心に議論する。同時に、アジア各国内の能力増強の具体的方策を検討する。
- ③ (気候変動政策の定量的分析) IPCC 第4次評価報告書の成果をもとに、簡易気候モデルである AIM/Climate のパラメータの調整、新たなモジュール (炭素循環フィードバック) の付加、分析対象年次の延長 (IPCC 新シナリオの想定に基づいて 2300 年まで) などの改良作業を行う。また、世界経済モデルの改良と、AIM/Climate との連携を通じて、IPCC の第5次評価報告書に向けた新シナリオの開発に着手する。さらに、これまでに開発してきた国別モデルや世界技術選択モデルを対象に、データの更新や温暖化に関する既存の政策課題を評価することが可能となるようにモデルの改良を行い、わが国における温暖化対策の評価を行う。

##### 平成20年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 日本を対象に 2050 年に想定されるサービス需要を満足しながら、CO<sub>2</sub> 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ためには、どの時期に、どのような手順で、どのような技術や社会システムを導入すればよいのか、それを支援する政策にはどのようなものがあるかを示す、整合性を持った方策を検討した。対策モデルと組み合わせるそれぞれの方策の削減効果を定量的に分析し、2008 年 5 月に 12 の方策としてまとめ、G8 環境大臣会合などの国際会議や、講演会などを通じて普及を図った。G8 環境大臣会合では、これらの研究を推進するため、低炭素社会研究ネットワークの必要性が採択された。
- ①イ 方策を有効に活用するには、実施するための地ならし期間、社会に浸透する期間、社会に定着するまでの期間が必要である。また、技術的あるいは社会システムとして克服すべき障害がある。これらを組み合わせ、目標達成にどの施策・施策パッケージを実施するのが適当かを提示するバックキャストモデルの開発に取り組み、道筋を検討した。
- ①ウ 2008 年 10 月 27 日から 31 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、ブラジル、南アフリカからの若手研究者に対して、低炭素社会に向けたシナリオおよび方策をどのように構築したかやバックキャストモデルの説明をしながら、各国のシナリオ、対策について検討し、若手研究者のキャパシティビルディングを行った。また、2009 年 2 月 15 日から 17 日に AIM 国際ワークショップを開催し、トレーニング・ワークショップの成果をもとに、各国のシナリオについて検討した。

- ①エ アジアを対象とした低炭素社会の研究成果をもとに、COP14/CMP4（2009年12月ポズナニ）において「持続可能な低炭素アジア」と題する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。参加者は100名を超えた。
- ①オ 2009年2月12日に東京にて、「低炭素社会への道筋：日本とアジア」と題して、低炭素社会作りに影響力を持つステークホルダーの参加を得て、アジア諸国の低炭素社会シナリオ研究の進展を紹介するシンポジウムを開催した。また、2月13日につくばにて、「低炭素社会に向けて：日本の経験、アジアの挑戦」と題してワークショップを開催し、日本のシナリオ研究成果がアジア諸国に対してどのような適用可能性があるかについて検討した。
- ①カ これらの研究活動は、直接にステークホルダーに研究の中身を伝えるために、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 昨年度に作成した次期枠組みに関するディスカッションペーパーを国内外に配布し、関係者と意見交換を進めて最終的な制度提案に仕上げた。本提案では、次期枠組みの構成要素として、①地球全体としての長期目標、②先進国の約束、③途上国の約束、④約束実施を促進するための諸制度、の4本柱を提示している。また、次期枠組みに関する他の諸提案と大きく異なる点として、上記4本柱が構築されるべきフォーラムに焦点をあてており、例えば①長期目標についてはG8のような政治的リーダーシップが求められる場やCOP決定として議論されるのが望ましい、③途上国の約束については、一部は条約改正、一部は国連の外部で進展している複数の国際協力合意の下で進められるべきだとしている。この提案を踏まえて、実際の国際交渉や国内協議の場にて、政策立案のための情報を提供した。
- ②イ 上記の作業と並行して、次期枠組みの構成要素となっている諸概念（セクター別アプローチ、長期目標、炭素市場、等）の整理・分析を行い、次期枠組みにおけるあり方について検討した。特に「セクター別アプローチ」という用語は、日本政府提案の中でしばしば用いられつつもその意味に混乱が生じていたことから、その用語説明を国外に発信し、問題の解決に糸口を見出すことができた。
- 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4回）を2008年10月に京都で開催し、アジア地域として今後検討すべき課題について検討した。また、これまでの検討結果をまとめた成果を、書籍「Climate Change in Asia: Perspectives on the Future Climate Change (2008, UNU Press)」として出版し、これをCOP14等で配布し研究成果を広く伝えた。
- ②エ 以上の成果は、COP14および2008年7月の洞爺湖サミット前後の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 IPCC第5次評価報告書に向けたシナリオ開発のために、AIM/Impact[Policy]、AIM/CGE[Global]、AIM/Enduse [Global]などの改良を行った。AIM/Policyに組み込まれている簡易気候モデル(AIM/Climate)については、第4次評価報告書の成果をもとにパラメータの調整を行った。また、炭素循環フィードバックのモジュールを追加した。AIM/CGEについては、2300年までの予測が行えるよう改良を行った。
- ③イ IPCCの新シナリオ専門家会合で4つの代表的濃度パスが採択されたが、(産業革命以前からの放射強制力と比較した放射強制力の増加が2.6/2.9W/m<sup>2</sup>、4.5W/m<sup>2</sup>、6W/m<sup>2</sup>、8.5W/m<sup>2</sup>)、そのうち、6W/m<sup>2</sup>シナリオを提供するとともに、2.6W/m<sup>2</sup>のシナリオのロバストネスについても検討した。
- ③ウ 2008年10月20日から24日に国立環境研究所にて、中国、インド、タイの若手研究者を対象にAIM/CGEモデルのトレーニングを行った。AIM/CGEモデルは、長期世界シナリオを分析する際の核となるモデルである。本モデルを利用して、新興国・途上国の視点からの社会・経済シナリオを用いて

長期シナリオを開発し、今後の IPCC の活動に貢献することが期待できる。

- ③エ 中国の温室効果ガス排出量について、基準ケース、低エネルギー政策、低炭素社会、世界半減シナリオのそれぞれの場合について検討した。基準ケースでは、2020 年以降、伸び率は減少するが、2040 年まで温室効果ガス排出量は上昇して、それ以降減少に転じる。低エネルギーシナリオでは、2030 年以降、ほぼ横ばいであり、低炭素社会シナリオ、世界 50%削減シナリオでは 2030 年以降減少傾向となる。基準ケースの伸びと、2030 年以降減少傾向とするシナリオのギャップを埋めるためには、産業構造の転換などの経済政策、環境税や省エネ産業への投資戦略などの金融政策、再生可能エネルギーの普及戦略などが必要である。
- ③オ インドの 2050 年までの温室効果ガス排出シナリオについて、通常的发展パスを考慮した場合と、持続的发展パスを前提とした場合について、国の发展目标を満足する対策について検討した。持続的发展目標としては、ミレニアム開発目標である水資源の確保、食料生産、貧困人口の削減を検討した。通常的发展パスからの主要な削減オプションは、炭素隔離貯留や、発電部門での燃料転換である。持続的发展パスからの削減オプションには、発電部門での対策も含まれるが、持続可能都市の設計、リサイクリング、物質転換など、生活スタイルに関連したものが多く含まれている。
- ③カ タイにおける交通部門からの 2050 年までの CO2 発生量について、基準ケース、ERT10 (2015 年までに基準ケースに比べて 10%以上 CO2 を削減するケース)、ERT20 (2015 年までに基準ケースと比べて 20%以上 CO2 を削減するケース) について、燃料タイプ、交通手段、必要とされる技術などについて検討した。ERT10 では、CNG への転換、車の燃費改善、ハイブリッドディーゼルバスの導入などが主要な対策である。ERT20 では、ERT10 の場合の 2 倍程度のハイブリッドディーゼルバスの導入、また、3 倍程度の LPG タクシーからハイブリッドガソリンタクシーへの置き換えが必要となるとともに、2035 年以降に、燃料電池車の導入が必要である。
- ③キ AIM/Impact[Policy]、AIM/Enduse、AIM//CGE を組み合わせて、2020 年の削減ポテンシャルおよび経済に与える影響について分析し、日本の中期目標の検討に情報を提供した。AIM/Impact[Policy]は 動学的最適化モデルであり、様々な制約条件下(気温、放射強制力)における長期の世界全体の GHG 排出経路、将来の気温上昇とその影響を推計するものである。AIM/Enduse[Global]を用いて、世界の削減ポテンシャルとコストとの関係を分析した。日本を対象としたモデルを用いた削減ポテンシャルの分析では、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、また、30%を超える削減の場合、活動量を対象とした対策が必要であることが示された。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 5.7~6.9 兆円は必要となるが、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。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、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ると、本来の生産投資が目減りし、経済発展にも影響が出る可能性があり、追加費用の負担を支援できるような仕組みの必要性が示唆された。
- ③ク AIM/Enduse[Global]を用いた限界削減ポテンシャルは、2008 年 5 月、10 月の日本国主催のワークショップ、6 月の日本国主催の UNFCCC SB28 サイドイベントなどで発表するとともに、世界のモデルグループと比較検討を行った。

#### (5) 関連研究プロジェクト

##### 平成 20 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、観測された陸域降水量の長期変化の原因について調査する。また、様々な気候変動要

因を仮想的に与えた実験等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。

- 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） 日本の高山帯での気温および雪環境の長期変化、温暖化影響指標の長期についてまとめる。さらに、日本の高山帯で認められる温暖化影響の可能性のある現象についてもまとめる。そして、それらを総合して日本の高山帯での温暖化影響について判定する。
- ③（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、これまでに作成した地形図・土地利用図・ハザードマップに基づいて、現地政府と協働して温暖化に対する適応策を立案するとともに、適応策を立案するための新たな課題である水資源問題に関する検討を開始する。
- ④（温暖化に対するサンゴ礁の変化の検出とモニタリング） 広域かつ継続的なサンゴ礁のモニタリングの実施に資するため、衛星データを用いた最新のサンゴ礁分布図の作成を開始し、広域的に現地データの効率的な収集を行い、分布図の検証と精度向上を行う。また、これまでに得られた白化情報に基づき、白化の地域性を明らかにする。
- ⑤（温暖化の危険な水準と安定化経路の解明） 複数の国別・分野別影響関数（世界）を実装した、温暖化抑制目標と影響・リスクを総合的に解析・評価するための統合評価モデルを用いて、不確実性も考慮した影響評価を実施し、目指すべき気候安定化レベルを検討する。さらに、適応策についても考慮可能な影響関数を試作する。

#### 平成20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア さまざまな条件下での20世紀気候再現実験結果から、20世紀に観測された陸域降水量の長期変化は人為起源の気候変動要因によりもたらされており、陸域降水量が増加傾向である高緯度域では人為起源の温室効果ガス濃度の増加が、陸域降水量が減少傾向である低緯度域では人為起源のエアロゾル濃度の増加が、それぞれ主たる原因と考えられることを示した。
- ①イ 火山性エアロゾルの光学的厚さの鉛直分布や有効半径をパラメータとして、ピナツボ火山を対象とした感度実験を行い、火山性エアロゾルの光学的厚さの鉛直分布を考慮することにより、大規模火山噴火に対する気候応答の再現性が向上することが分かった。
- ②ア 富士山頂での気温は世界の年平均地上気温と同様に20世紀後半から上昇傾向となっていた。また、日本の各地の高山帯の気温変化の傾向は富士山頂とほぼ同様であった。一方、雪環境については、尾瀬のように例外はあるものの、春先の積雪深の減少、最大積雪深の減少などの傾向が認められた。
- ②イ これらの気候の長期変化に対応した温暖化影響指標の変化が認められ、尾瀬以外の場所で、近年の開花時期の早まり、越年性雪渓の越年規模の減少傾向が認められた。その他、温暖化影響の可能性が推定し得る多くの現象が認められた。これらを総合し、日本の高山帯で温暖化影響が顕在化し始めている可能性が高いと判定した。
- ③ア マーシャル諸島共和国及びツバル共和国の沿岸管理政策に成果の一部が採用され、有孔虫による砂生産の重要性が認識された。
- ③イ 有孔虫による砂生産増大に関して予察的な現地調査を行い、分布状況を明らかにした。
- ③ウ 水資源問題に関し、過去からの降水量変動を復元するためのサンゴコアの採取を行った。
- ③エ 現在の水資源評価のための地下水の観測を開始した。
- ④ア 市民参加型のサンゴ分布データ収集に関するウェブサイトを立ち上げ、データの収集を行った。
- ④イ 日本のサンゴ分布図の作成を行い、上記のデータとあわせて現在のサンゴの分布状況を明らかにし、白化の影響を評価した。

- ④ウ 地球温暖化の影響を顕著に受けると考えらえる北限域におけるサンゴの分布状況に関する検討を開始し、緯度勾配に沿ったサンゴの種構成に基づき、温暖化影響の検出に適切な種を明らかにした。
- ⑤ア 統合評価モデル（AIM/Impact[Policy]）を用いて、あるレベルの温室効果ガス濃度安定化シナリオにおける空間的気候パターンの不確実性を考慮した影響評価するために、複数の GCM 結果を適用する仕組みを完成させた。
- ⑤イ 適応策を考慮した影響関数開発方法について検討し、統合評価モデルに適応を考慮した影響関数の実装を可能とした。

(6) GOSAT 定常処理運用事業（その他の活動）

平成20年度の研究成果目標

- ①定常処理運用システムの開発を完了する。定常処理に必要な計算機システムの三次導入を行い、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フェース調整と取り決めを行う。処理結果の検証のための準備を進める。

平成20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と衛星打ち上げ前のシステム試験を完了し、平成20年12月に衛星打ち上げ前システム開発完了審査会を実施した。
- ①イ 定常処理に必要なサーバ、テープ装置、ディスク装置・ファイル管理システムを導入した。
- ①ウ システムの運用体制を整備し、運用を開始した。
- ①エ 宇宙航空研究開発機構（JAXA）等の外部機関とのインタフェース調整を行い、取り決め文書を締結した。
- ①オ 衛星打ち上げ後のデータ処理結果の検証のための準備を進めた。

(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

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
年度評価	7	11				18
（平成21年4月）	39%	61%				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 4.4点

(2) 外部研究評価委員会の見解

[現状評価]

民間航空機などを用いて観測されたCO2濃度分布とその変化、リスク評価、低炭素社会ビジョン・シナリオに係る政策ニーズに応える研究などについて大きな進展が認められる。またそれらを積極的に公表・提言している点も高く評価できる。中国も含めたアジアでの研究ネットワーク・観測ネットワーク構築など、着

実な努力も見逃せない。その一方で、全体としての目標が見えにくいという点が指摘される。

[今後への期待、要望]

アジア域、太平洋洋上、陸上生態系、衛星利用による炭素循環の総合的な観測を用いて全球的なモデルの開発を行っており、これらの成果は IPCC AR5 への貢献として大いに期待できる。

本格的な GOSAT 衛星観測の実施（含む、データの質の評価と向上についての重点化）と、グローバルな共同研究の進展に大いに期待している。

IPCC AR5 に向けて産業界を含めわが国の実態を把握し、より具体的な緩和策、適応策が提案できると、さらに社会的貢献度が増すと期待される。

なお、中核プロジェクト間の連携を強め、全体としての目標とその到達度や、国内外で進められている類似研究に対する先導性や優位性等をより意識して研究を進められたい。

### （3）対処方針

各種の観測やモデル研究を進め、成果を学術論文として公表することにより、IPCC 等への貢献を目指したい。また、GOSAT についてはプロジェクトの共同実施パートナーの協力のもとに観測を実施し、データ質の評価と向上に向けた取り組みを進めるとともに、研究公募や共同研究に基づき国際的に研究を展開したい。なお、より具体的な緩和策、適応策の提言については、今後の研究計画の立案の過程で研究推進方を検討したい。また、全体としての目標とその到達度や、国内外で進められている類似研究に対する先導性や優位性等を意識して、中核プロジェクト間の連携を強め今後の研究を進めたい。

## 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」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ている。

- ・ 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。

### 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			1490
その他外部資金	561	322	240			1123
総額	1,024	819	770			2613

### 2. 4 平成20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20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の変化シナリオを描き、物質フローとの因果関係に関するモデルを基に、主要な資源についての近未来の物質フローの予測を行うモデルを作成する。ビジョン実現のために有効な対策を挙げて、天然資源消費等削減効果を予測するモデルを構築する。
- ② 個別の対策について、その実効性に関する具体的な状況分析と評価を、技術システムと社会経済システムの両面から行う。技術システム評価においては、投入・産出に関する物質のインベントリデータ整備とライフサイクルアセスメント等の手法を用いた評価を実施する。
- ③ 廃棄物等の効果的な回収施策としてデポジット制度の特徴や適用性を具体的に検討するとともに、3Rのなかでも取組が遅れているリデュース・リユースに着目した指標の開発を行う。一方、既存の政策理念を超えた大きな視点から3R政策を再考するトップダウン型の制度研究を進める。ベンチマーキング手法を活用した自治体のマネジメント手法の研究を進める。

##### 平成20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 昨年度までに試作した投入・産出型の定量的な物質フローモデルに、物質ストックを表現するサブモ

デル、将来の人口・世帯数等をベースに資源需要を推計するサブモデルを追加した。ケーススタディとして、建築物を対象に将来の資源需要や廃棄物発生などの物質フローの変化と、木材による炭素蓄積などの物質ストックの変化を推計した。加えて、今後の世帯数や構成の経年的な変化を勘案して、近未来における家計消費の財やサービスの需要量を種類別に推計し、需要に伴う将来のエネルギー資源量やCO2 排出量の算定を行った。また、生活レベル（活動量）を本質的には低下させることなく、枯渇性資源の消費量を削減するための方策を検討するために要因分解を行い、(A) 活動量あたり新規製品量、(B) 新規製品量あたり原燃料使用量、(C) 枯渇性資源投入率の3つの因子を抽出し、これらに照らした3R 対策効果を検討できるようにモデルの改良を行った。

- ② 既存の統計を用いて、日本全体の廃棄物等のフローについて、個別のモノ毎に発生から処理処分、循環利用までを整理し、フロー中の技術プロセスとして、投入・産出データの整備及び循環利用における天然資源との代替関係を設定し、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリカバリーによる国全体での天然資源消費抑制、温室効果ガス排出抑制、エネルギー消費量低減、埋立処分量削減の効果を試算できる情報基盤を整備した。循環利用を行わなかったケースをベースラインとして、2000～2005年度のそれぞれの効果を試算した。温室効果ガスの排出削減効果の結果については、循環基本計画の補助指標として反映された（その他の試算の結果についても、中央環境審議会において報告）。将来の新たな資源循環技術システムの導入を想定したシナリオ解析も併せて実施し、ポテンシャルを把握した。
- ③ 前年度調査して得られた国内外のデポジット制度の情報をもとに、デポジット制度の対象物を、廃棄物・有価物・有用物・有害物の4つに区分し、また、制度におけるモノや金銭の流れに着目して、「Uターン方式」、「Jターン方式」、「Lターン方式」、「Iターン方式」という類型化を行い、それぞれの特徴や適用性を明らかにした。また、3R指標の開発研究の一環として、リデュース・リユースに着目した指標の検討を行い、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」に着目した指標群を提示できた（中央環境審議会において報告）。具体的な適用事例として、詰替商品の利用による廃棄物削減効果を定量化した。一方、トップダウン型の制度研究については、既存の国内外の3R政策における対象物選定の着眼点を整理するとともに、関係者の責任分担については、応益負担主義に基づいた3R政策上の新たな責任論として、「使用者責任」という考え方を着想することができた。新自治体経営に基づく一般廃棄物処理事業改善に向けたベンチマーキング手法を活用した住民等との情報共有手法について検討した。三都市におけるアンケート調査によって、ベンチマーク指標に基づく自治体間比較分析結果等の情報共有による意識変化を確認し、3Rへの行動変容の可能性を示唆した。

## (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20年度の研究成果目標

- ① プラスチックリサイクル過程におけるプロセス挙動、環境排出量調査、リサイクルに関連するリスク低減対策技術について調査を行う。また、製品や廃棄物、環境媒体などにおける代替難燃剤の存在量調査を行う。異なる難燃剤使用に伴う製品間の有用性、有害性の得失評価に向けた基礎検討を行う。
- ② 資源性・有害性を有する金属類について、国際物質循環も考慮してサブスタンスフローを精緻化するとともに、素材、製品中の含有情報を集積しつつ、リサイクル方法に応じた金属資源の回収可能性について、指標化の方法論を検討する。
- ③ 再生製品の評価試験群のフレームを再整備し、ケーススタディを行う。発生モデルと移動モデルを接合させ、再生製品利用場と周辺環境における有害成分挙動の評価手法を検討する。

## 平成20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 代替難燃剤としてのリン酸エステル類の物理化学パラメータ（水溶解度、オクタノール／水分配係数）を測定し、芳香族縮合型エステル類については、水、土壌、生物への分配ポテンシャルが、BFRと同様の性質を有することが示唆された。パソコンや液晶テレビ等の新製品について、主要部品に含まれるBFRやリン酸エステル類、重金属類の含有量を調査し、プラスチックケーシングや基板において、従来型のBFRではない代替物質としてのBFRや有機リン系難燃剤の含有を確認した。BFR等への曝露低減方策として、モデルルームにおける家電及び繊維製品負荷実験時の換気や空気清浄機の効果について定量的な検証を行った。PBDEを含有するTVカバーを対象とした種々のリサイクル・処理方法に対するLCA評価を行った。CO<sub>2</sub>排出、PBDE曝露、埋立地消費を評価項目とし、対策コスト法、または、被害評価法による重み付けを行った場合、コークス炉原料化、マテリアルリサイクルシナリオが優れると評価された。RPF製造施設において施設改修前後で調査を行い、局所排気により作業環境大気的大幅な改善が見られたこと、また、排ガス処理の効果があることを確認した。環境省化学物質審査室より依頼を受け、製品からの化学物質情報伝達の国際統合化・国際協調を目指して開催される「製品中の化学物質に関するワークショップ」に参加し、PJ2（主にサブ1）の成果を発表し、国際的な動向を収集した（ジュネーブ、2009年2月）。
- ② 金属フローについて、11の金属元素のメゾマテリアルフローの推計を行い、WIO-MFA表への接続により、約60製品の11元素の組成を上流側から推計した。使用済み製品の発生量や製品中金属量をもとに、金属の二次資源として注目すべき製品、金属のスクリーニング的な評価の検討を行い、小型家電等の家庭用製品だけでなく、産業用製品の情報蓄積の必要性があることを指摘した。パソコンをケーススタディとして行った製品中の金属量把握試験法を、他の製品にも適用しうよう一般化した。実測や文献調査により、小型家電及び中型家電の素材構成、金属含有量情報の収集、蓄積を行い、個別製品における金属賦存量の試算を行った。また、パソコン基板中の金属量について、ノート型とデスクトップ型の違いについて、金は製品重量によらず1台中の使用量が同じであることが分かった。有害性金属の水銀については、国際的に管理すべき対象物質となり、回収後動脈側で利用できなくなることを想定し、長期保管のあり方検討の第一歩として、合金を含む水銀化合物の環境中での安定性を、熱力学的手法により推定した。
- ③ 大口集中利用や小口分散利用等に応じた環境安全性管理と評価試験の考え方を提案した。前年度からの引き継ぎ課題とした「環境最大溶出可能量試験」は、精度評価を踏まえ、廃棄物学会へ規格原案として提出した。カラム通水試験を開発し、室間精度等の評価した。道府県リサイクル認定製品を中心に30種の建設系再生製品を収集し、環境安全性試験データを蓄積した。鉛を高濃度で含むブラウン管ガラスをケーススタディとして、最終処分と有効利用を想定した環境安全性評価を実施した。試験データに基づく数値計算モデルを用いて、非鉄スラグを例に有害物質挙動の評価を行った。

また、①～③と併行して、物質管理方策の理論的な検討を実施した。チェックゲート、トレーサビリティ、フローのクローズド化、曝露防止の4方策について、それら各方策の構成要素や要件などの特徴を整理した。

### （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20年度の研究成果目標

- ① ガス化-改質プロセス開発において、改質触媒高度活用のための補助材料の有効性について実験的検討を行い、より低温における触媒耐久性・再生利用特性の向上を図るための評価を行い、性能維持に不

可欠な技術的知見を得る。バイオマス廃棄物を対象とした水素・メタン2段発酵プロセスに関しては、エネルギー効率を踏まえた窒素除去プロセスの解析・評価を行う。また、開発した阻害アンモニアの制御技術の評価する。

- ②食品残さの乳酸発酵畜産飼料化システムの実証試験を行い、実用化に向けた条件を整理する。生活系排水処理を対象とした高効率リン回収のための結晶化プロセスの再検討を進めると同時に、リン濃度等に応じた吸着・脱離の技術因子を明らかにする。また、貯留汚泥からのリン回収方法の選定を進める。
- ③首都圏を対象に、食品及び木質系バイオマスについて近未来の循環システムビジョンを描き、2030年までシナリオ分析による時系列的なシステム整備の考え方を示す。バイオフェューエル製造技術については、泥状のトラップグリースから原料抽出後の前処理技術に関する技術特性を明らかにするとともに、超高速BDF合成技術の省資源化を行う。

#### 平成20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

##### 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

低温（750～850℃）の条件において、廃木材および紙・プラスチック固形化燃料を原料とした水蒸気ガス化・改質試験を実施し、Ni-Ca系改質触媒に多孔質シリカを併用することにより、検出下限以下までナフタレンの排出を抑制できること、多環芳香族炭化水素を含むタール成分をコーキングカーボンとして多孔質シリカ表面上に蓄積すること、これらの機能には最適な細孔構造があること等を見出した。また、触媒の耐久性向上については、改質温度750℃においても多孔質シリカの併用により十分な耐久性を保持すること、同温度において空気酸化により触媒再生を行った場合、触媒活性が十分回復することを実験的に明らかにした。

バイオマス廃棄物としての食堂生ごみの水素・メタン連続2段発酵システム等の検討により、基質の成分特性を評価し、システム全体の高いエネルギー効率を維持する窒素除去プロセスの基盤を構築した。養豚事業施設のミートメタン発酵脱離液を用いたMAP-ANAMMOXアンモニア除去システムの実証実験を行い、MAPによるアンモニア除去・再溶解・部分亜硝酸化・ANAMMOXの各リアクターおよび全システムの処理性能および環境負荷評価を行い、本システムの優位性を実証した。

##### 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

高温乳酸菌を利用した非殺菌乳酸発酵実験を行い、中温殺菌乳酸発酵システムとの比較評価を行った。食品廃棄物の回分方式の乳酸培養実験成果をベースに、LCAにより本ゼロエミッション型乳酸発酵システムを評価した。また、乳酸発酵畜産飼料化システムの実証実験を行い、LCAおよびコスト評価を行い、持続可能性を評価した。

生活系排水処理過程に由来するリン資源の回収技術として、処理対象規模、リン濃度等に応じた吸着法の適正活用条件を明らかにするとともに、鉄電解法における汚泥からのリン回収方法の具体的な条件の選定を進め、リン回収プロセスの基盤を構築できた。

##### ③ 動脈-静脈プロセス間連携/一体型資源循環システムの開発と実証評価

首都圏を対象に、食品及び木質系バイオマスを対象として、2030年頃までの需給特性を予測した。木質系資源の供給は、間伐率の変化によって大きく変動する。需要は、大型の素材産業施設を中心に拠点型の熱電利用の割合が大きいと考えられるが、紙ごみのエネルギー利用については、分散型システムとして機能する可能性がある。食品系バイオマスは、茨城県県南地域での検討によって、供給について、新たな鉄道沿線の開発に伴う空間的な発生特性の変化、及び郊外型のショッピングセンター等からの事業系の増加が予想される。需要については、茨城県の農業への利用の観点から、飼料化、肥料化、下水汚泥等他の汚泥系とのメタン発酵、さらに、ごみ焼却施設とのコンバインドシステムなど様々なエネル

ギー利用のシナリオも想定できる。それらの需給システムのシナリオを、複数のビジョンの想定に応じて整理し、温室効果ガスの排出量を大幅に低減できる効果を試算した。

泥状のトラップグリースから溶媒抽出法にて BDF 原料成分を回収し、原料中の遊離脂肪酸 (FFA) の酸エステル化処理、すなわち FFA の BDF 化を行い、その技術特性を明らかにした。最終的には、BDF への転換収率は 95%程度であった。また、前年度開発した液化ジメチルエーテル (DME) を用いた BDF 超高速合成技術に対して、相平衡をうまく利用することにより、DME および原料であるメタノールの添加量を前年度の 1/2 以下へ低減することができた。

#### (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20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フローの精緻化を継続する。アジア地域規模での関連政策の適用可能性を検討するとともに、国際資源循環の評価手法の適用と改良を試みる。
- ②アジア地域における E-waste 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・モニタリング方法の検討を継続し、資源循環過程との関係の解釈を試みる。
- ③東および東南アジアにおける廃棄物処理フローと埋立地からの温室効果ガス排出の特性を捉え、導入可能な埋立技術の機能を評価する指標を示す。
- ④中国における液状廃棄物の適正処理技術システムの開発・評価について、現地の地域特性を踏まえた汚水性状、バイオマス性状、汚濁負荷の質・量特性の調査を進め、処理技術のカスタマイズと機能解析を行う。

##### 平成20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、廃プラスチックの国内・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、2007年度で480万台程度まで増加したこと、中古テレビの輸出先が、香港などの輸入規制に応じてベトナムなどへ変化したこと、韓国でも制度内回収が排出台数の4割以下とみられること、などを明らかにした。輸出予定の金属スクラップを調査し、家電・パソコンとともに鉛バッテリーを含む有害物質や火災原因物質などが混入していることを把握した。有害物質の輸出防止、アジア地域で中古電気電子機器の貿易管理を行う必要性を指摘した。また、今年度は循環資源の輸出傾向が急速に低下したなか、廃ペットボトルについて中国での原料需要落ち込みの状況を把握するとともに、国内でのリサイクルシステム構築の必要性を示した。これらの E-waste に関する成果は、11月に開催した第5回国立環境研究所 E-waste ワークショップにおいて、各国専門家と議論をするなかからも得られた。
- ② E-waste の筐体について非制御熱負荷過程を模した 200°C以下の低温加熱実験により、難燃剤およびダイオキシン類の排出挙動を定量的に把握した。また、インド2都市の E-waste リサイクル現場において、廃製品から環境媒体の試料を採取し、E-waste に由来する環境汚染のカテゴリゼーションを行った。周辺土壌の臭素系難燃剤 (BFR) 濃度は、対照地域に比べて数桁高く、BFR 関連汚染物質である臭素化ダイオキシン類濃度の上昇も明瞭であり、毒性等量試算で 1,000 pg/g を越えるケースが見られた。
- ③ 埋立地現場において発生ガスの発生特性を捉えるため、ボーリングバー穿孔-チャンバー法を考案、国内およびタイ、マレーシアで適用し、この手法を用いた嫌気性分解率ならびにメタン酸化率の評価手法の検討を進めた。タイの埋立地の一次分解定数が、約 0.3 であることを示した。また、タイにおいて準好気性埋立の効果を検証するライシメータならびにテストセル実験のセットアップを行った。日本における分別行動の成因分析を進め、同様の手法を用いたタイとの比較研究を開始した。アジアにおける

廃棄物ストリームをパターン化するダイアグラムを考案した。さらに、ベトナムにおけるし尿・生ごみのフロー調査を開始した。第3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、分別収集の重要性ならびに廃棄物処理における持続性のあり方について議論した。

- ④ 中国を事例とした生活排水の特性調査・解析により、BOD/N 比、濃度および水量が、我が国の原単位と比較し異なる状況を明らかにしつつあり、地域特性に適合した液状廃棄物対策技術開発に向けた基礎的知見を得ることができた。また、途上国における小規模分散型処理を想定した実家庭の生活雑排水を処理する傾斜土槽法では、通年の温度変化および日間水量変動においても、有機物（特に懸濁態）の効率的な処理性能が得られた。人工湿地システムについては、汚水流下方法別に生活排水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温度変動解析を行い、四季を通しての処理特性およびCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの温室効果ガス発生特性を明らかにした。

#### (5) 関連研究プロジェクト

##### 平成20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。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) 家計のごみ排出モデルおよびリサイクルモデルを開発するためのデータベースの構築と、モデルの理論的フレームワークを検討する。
- 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) 1) 循環資源の発生と、その受け入れ施設である既存動脈産業を含む循環産業拠点のGISデータベースを構築する。2) 廃棄物の特性に合った循環圏を想定し、新規施設や拠点施設の将来の立地のあり方について、基礎的検討を行う。3) 省庁委員会や国際学会において積極的な情報発信を行う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20年度の研究成果(研究成果の活用状況を含む)

- ① 第2次循環型社会形成推進基本計画の進捗状況の点検における「取組指標」のための調査方法について、部会を担当する環境省の担当部局に、本課題実施の調査データを用いての助言を行った。この取組指標は、循環型社会形成のための市民の意識や行動に関する取組を指標化し、計画の進捗状況の把握に資するものである。(1)特定の団体へのアンケートは、代表性等に大きな問題があるため使用すべきではないこと、(2)内閣府の世論調査は、質問文と選択肢について、担当課の要望が必ずしも取り上げられるとは限らないことなどの問題点があること、(3)インターネット調査は、「国民全体の取組」という観点から、所得層と教育水準がある一定以上のサンプルに偏っていること(したがって、一般的に専門調査員を用いた個人面接による世論調査と比較すると、いくつかの取組指標の取組率に有意な差が出る)などが指摘された。(3)については、現在、特に欧米で議論されている社会的排除の問題の観点からみると、倫理的な問題(中央政府の取組が、ある一定以上の所得層・教育層を対象にしていることを意味するとも解釈されるため)をはらんでいると示唆され、持続可能性を議論した。
- ② 家計のごみ排出行動やリサイクル行動を把握するために実施した家計パネル調査(家計のごみ排出量、世帯所得、世帯人員など)について、収集したデータをクリーニングし、分析のためのデータベースを

構築した。また、家計のごみ排出行動およびリサイクル行動のモデルの理論的フレームワークを検討した。

- ③ア 東京・神奈川・千葉を中心とする首都地域において、一般・産業両廃棄物の厨芥を含むバイオマス及びプラスチックなどの有機系資源を中心とする循環資源の発生と、その受け入れ施設である既存動脈産業を含む循環産業拠点について、その分布的特性を調査した。
- ③イ 廃棄物の特性に合った循環圏を想定し、圏域の一部については、調査により求められた発生・受け入れ双方の分布や制約条件（地価や交通網など）との比較を行って、新規施設や拠点施設の将来の立地のあり方について基礎的検討を行った。この際必要となる循環技術の評価には、従来の相対的评价によるものではなく、資源の効果的な活用方法であるかを絶対値としても判断できる手法を検討している。また、循環資源の広域移動を促進するために、各ステークホルダーにそれぞれメリットがある制度・システムとなるための基礎的な枠組みを検討した。
- ③ウ 環境省エコタウン展開検討研究会、経済産業省全国エコタウン大会、環境省エコタウン担当者全国連絡会議において、研究の進捗、方向性を報告するとともに、国内外の学会で情報発信を行った。特に、平成20年12月に、川崎市で産業エコロジー国際学会のアジア太平洋会議を主催して、研究成果についての発信と交流を積極的に行った。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CO<sub>2</sub>の排出が50%近く削減できることが明らかになった。

#### (6) 廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究

##### 平成20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） 廃棄物・循環技術・場を特性化し、埋立廃棄物の質に対応した新規埋立処分類型を提示し、カラム試験に着手する。また、最終処分場の早期警戒、ライフサイクル型保有水制御・管理、品質管理・保証システムの試案を提示する。処分場跡地利用促進のための技術評価に着手し、処分場ガスの発生源モニタリング方法を確立することで、施設の総合的な適正管理方法の適用性を検証する。さらに、焼却等の熱処理施設からの排ガス発生源モニタリング方法を改良するとともに、適用例の蓄積を進め、ばいじん等残さの制御を含む総合的な施設の運転管理方法に関し適用性の検証を継続する。
- ②（試験評価・モニタリング手法の高度化・体系化） 次期POPs候補物質について、前年度までに開発した分析方法を適用し、廃棄物処理施設等において各種媒体（廃棄物、焼却残渣等）中の測定を実施するとともに、その現場適用の結果から、主に前処理方法に係る分析方法の最適化を進める。また、ダイオキシン類の公定法アッセイに関して、他媒体（汚泥、排水等）への適用性について検討を行う。新規アッセイ系については、検出系の最適化、前処理法の検討を進める。さらに、循環資源及び廃棄物試料に対する簡易分析法や新規分析法に関し、廃棄物処理施設等の現場適用を行い、その有用性について検討する。
- ③（液状・有機性廃棄物の適正処理技術の高度化） 生活排水等の浄化槽等における処理機能改善、適正化システム技術等の開発を進めると同時に、污水处理装置の製造・運転・廃棄等、ライフサイクルにおける温室効果ガスのインベントリを作成する。事業場排水等の汚水及びこれらの処理過程で発生する汚泥等については、生物・生態工学的技術及び物理化学的技術の最適組み合わせによる効率的な処理技術開発と資源化のための機能解析を行う。

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処分場への適用性を検討し、必要な改良を行うとともに、関連修復サイト及び POPs 廃棄物処理施設でのフォローアップを実施する。また、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進める。さらに、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、その現場適用の結果から、分析方法の最適化を進める。

平成20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① わが国の埋立処分の課題を抽出し、循環型社会に求められる埋立処分ビジョンとそこに到達するためのシナリオ構築を進めた。まず、エンド・オブ・パイプ制御から入り口制御への転換として、発生源まで遡上し、埋立廃棄物を利用可能性と埋立適格性で分類し、再生資源の拠点となる中間処理プロセスにおける物質分配と埋立廃棄物性状を評価した。次に、現在の埋立処分場の3類型（安定型・管理型・遮断型）から新規埋立3類型（土地造成型・備蓄型・安定化促進型）を提案し、シナリオ構築のための大学、地方研究機関、民間、および学会との必要な研究体制を構築した。また、各新類型で想定される埋立廃棄物の安定化パラメータを把握するカラム実験、膜分離を主プロセスとした浸出水処理システムの実証実験に着手するとともに、アスベスト埋立跡地の形質変換ガイドライン案を提示した。海面最終処分場の廃止基準適合へ向けた維持管理手法について、浸出水水質に着目して集排水設備の機能評価を数値解析によって実施し、ポンド型集排水設備に比較して、排水暗渠の集排水機能が優位であることを確認した。焼却処理施設適正管理手法の構築に関しては、従来方式の炉に加え、ガス化熔融炉での排ガス及びばいじん中ダイオキシン類（DXNs）と排ガス中有機ハロゲン濃度（OXs）の測定を行った。DXNs 再合成挙動のほか、排ガス及びばいじん中 DXNs と OXs との相関等に関する特性を解析し、ダイオキシン類のモニタリング制御手法の確立に向けた課題を抽出した。
- ②ア 新規 POPs 物質として2009年に規制対象物質となる予定のペンタクロロベンゼンについて、廃棄物処理過程（焼却）における発生・分解挙動を把握するため、熱処理プラントにて一般廃棄物の燃焼実験を行った。クロロベンゼン類は燃焼過程で非意図的に生成するが、二次燃焼、ガス急冷、バグフィルターによるばいじん除去等の排ガス処理設備により、ダイオキシン類同様除去されることを確認した。
- ②イ 一般廃棄物及び産業廃棄物焼却施設において通年に及ぶ排ガス及び焼却灰試料のサンプリングを行い、化学分析とバイオアッセイを適用した。化学分析では、ダイオキシン類の組成や毒性等量の年間変動について考察を行い、簡易法として適用したバイオアッセイでは、適用したアッセイ種（細胞、酵母、抗体、抗体センサー）によるダイオキシン類の検出特性について考察を行ったほか、各アッセイによる毒性等量推定値と化学分析値との符合について検討した結果、適切な前処理法と組み合わせることで、確度の高い毒性等量推定値が得られることが分かった。また、新規アッセイ法として、各種の核内受容体結合／レポーター遺伝子アッセイを導入、国内外の港湾底質試料に適用し、得られる毒性のキャラクタリゼーションを行った。
- ③ウ 一般廃棄物焼却施設におけるPbの管理のため、オンサイト分析が可能なカートリッジ式ボルタンメトリー装置を用いて実施での調査を行い、熔融スラグや施設内の水試料に適用して良好な結果を得た。また、同装置を用いてAs分析を検討した。陰イオン交換樹脂膜カートリッジで1ng/Lの定量限界を得、共存陽イオンが多い場合には、ジルコニウム共沈法を併用することで対処可能であることを確認した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。

③ 生活排水、汚泥、生ごみ等の液状廃棄物処理プロセスの高度化のため、排水中の有機炭素成分分析等に基づく生ごみ可溶化特性および生物資化特性解析、有機物、窒素、リン等のパラメータ解析を行い、これらを基盤としたディスポーザ排水等を導入したベンチスケール試験を基に、小・中・大規模処理施設における生ごみ貯留・可溶化特性を評価し、高度処理化のための運転操作の適正化条件の検討を行った。また、「浄化槽ビジョン」における今後の課題としての発生汚泥量の抑制や異なる排水負荷特性に対する浄化槽処理性能等、高度化技術の基盤を明らかにした。さらに、インベントリ解析による基礎的な検討により、生活排水処理施設における温室効果ガスの排出量に関する現状把握を進め、汚水処理装置の製造・運転、発生汚泥の収集、運搬・廃棄等を含めたトータルシステムにおける温室効果ガス削減対策の基盤を構築した。

④ア 建設系解体廃棄物ならびに木くず堆積現場にて発生した無炎燃焼火災の挙動を評価し、有炎燃焼となることを未然に防止するため、堆積廃棄物中の温度分布やその変化、気象条件の連続モニタリングを実施した。深度分布では、地表面から2m程度の深度の温度が最も高くなり、1m付近の温度が急激に増加するなど、無炎燃焼時には層内温度の変化が不安定であることが確認された。また、米国で堆積物の火災基準となっている一酸化炭素1,000ppmに相当する濃度は検出されず、火災が発生した場合でも数百ppmに留まる傾向を確認した。

④イ POPs 廃農薬の処理に関する技術的留意事項は、発出後4年が経過し、その間、バーゼル条約締約国会合において技術的ガイドラインが採択され、また、国内でも埋設農薬調査・掘削等マニュアルがまとめられるなど、情勢の変化が生じたことから、実際に運用するに当たっての課題等も踏まえ、排出指針値や適正処理方法の評価を行い、技術的留意事項の改訂案を作成した。英国から無許可輸入されたPCNを使用した製品については、焼却処理時のモニタリングを行い、99.999%以上の分解率をもってPCNが分解処理されたことを確認した。また、PCN含有製品生産設備については、高圧洗浄水を用いた徐染作業において、周辺環境モニタリングや徐染後のモニタリングを行い、洗浄が完了したことを確認した。

#### (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20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として、「資源循環・廃棄物処理技術データ」、「物質フローデータ」及び「循環資源・廃棄物データ」に大別し、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・整備を促進する。

##### 平成20年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

① 各中核PJ、廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究等の一環で、「資源循環・廃棄物処理技術データ」、「物質フローデータ」及び「循環資源・廃棄物データ」について個別にデータの集積を図った。特に、循環基本計画の進捗管理のための評価手法構築に関する検討を環境省の検討会と連携して行う中で、今後改善の余地は多くあるものの、循環利用の効果を全国ベースで試算できる情報基盤を整備した。また、我が国の一般廃棄物処理の実態を明らかにしてきた環境省の一般廃棄物処理実値調査については、過去の調査データが散逸するおそれがあるとともに、様々な調査項目について過去からのトレンドを詳細に解析できるようにしておくことが研究基盤上重要であると判断し、昭和47年以降の調査データを、環境省、全国都市清掃会議などの協力を得ながら収集した(現在、データの精査中)。また、新たに東

南アジア諸国の廃棄物管理に関する法的事項、廃棄物フロー、組成等のデータベース作成に着手し、本年度は8カ国の政府及び主要都市に対するアンケート調査を行い、データを整備した。

## 2. 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	1			18
(平成21年4月)	17%	78%	6%			100%

注) 上段：評価人数、下段 [%]

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

外部研究評価委員会による年度評価の平均評点 4.1点

### (2) 外部研究評価委員会の見解

#### [現状評価]

前年の評価で出された意見を踏まえた研究計画に基づき、ものの流れ、リスク管理、社会システム研究など、他機関にはない強みを持って多様な課題に対して積極的に取り組んでおり、それぞれ質の高い研究成果が得られている。例えば、循環型社会構築に向けて建築物など数々の対象についての物質フローモデルが開発されて有用な研究成果が挙げられている。また、パソコンを例とした資源循環研究は、緊急性のある課題で、その研究価値は高い。但し、戦線が拡大気味であり、どこまで国環研が個々の問題解決のための技術開発を行うべきかの見通しはあまり明確になっていない。

#### [今後への期待、要望]

全ての研究を自前でやる必要はなく、我が国全体として循環型社会を達成する上でのコーディネーター(オルガナイザー)あるいは情報集約拠点としての役割に力を置いて欲しい。

多様な技術・システムに対して、現場のデータ・情報を用いた評価や、地域適合性などの評価(方法)について他者にはない取り組みが期待される。また、生産部門にまで踏み込むことも念頭に入れたパラダイム変化を主導することも期待される。

循環型社会に誘導する上での社会的インセンティブ等の検討が求められる。

### (3) 対処方針

前年度評価に基づく対処方針を踏まえ、今回、各課題の成果の羅列とならないまとめ方を意識した対応を行い、プログラムを構成する各課題の相互関係について理解を深めていただくことができた。また、前年度の個別の指摘事項に対する対応についても一定の評価をいただいた。当初の計画に沿ったプログラムの進行管理については、今後とも着実に進める。

人的資源が限られている状況にあって、多岐にわたる研究を全てカバーすることが困難であることは自明であり、とくに技術開発分野の課題に対する指摘を踏まえ、コーディネーターや情報集約拠点としての役割を強化していきたい。一方で、現場のデータ・情報に根ざした研究も重視し、地域特性に応じた循環システムの設計・評価などにおいて、他者にはない強みをより明確に活用していきたい。

資源消費のリデュースに着目することで、動脈も含めた生産・消費システムの転換に一定程度は踏み込んでいるが、さらに上位のパラダイム変化や社会の誘導策にまで踏み込むには、低炭素社会づくりとの協調をはじめとする横断的検討や社会科学分野の人材補強を要するため、今後に向けた全所的な課題と受け止めたい。当面は、経済的インセンティブに関する外部専門家との共同研究の実施や、近未来の循環型社会のビジョンとくに地域循環圏の検討において、社会的側面も重視していくことで対処したい。

### 3. 環境リスク研究プログラム

#### 3. 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。

#### 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			1210
その他外部資金	608	472	542			1622
総額	979	901	952			2832

#### 3. 4 平成20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20年度の研究成果目標

- ① (動態モデル群) 1) 地域規模 GIS 多媒体モデルについて排出シナリオの検討など多重曝露推定の実行のための検討を行う。2) 地球規模動態モデルについては、POPs を主な対象に大気モジュールの改良・開発を進める。3) 水環境からの残留性物質の生物移行のモデル化の検討を進める。4) 小児の曝露特性把握の調査を実施する。
- ② (バイオアッセイと包括的測定) 1) 環境・生態系に対する曝露計測を目標に河川水、大気の全国調査を可能な地点に拡大しつつ行い、バイオアッセイによる多重的な曝露把握の解析をすすめる。2) 日本版 WET 構築のための検討としてケーススタディーの実施とともに、国際的な試験法開発等に関する検討を継続する。
- ③ (総合解析による曝露評価) 1) 不検出値を含むモニタリングデータに対する評価手法等の統計手法は継続。2) 曝露総合化のためのデータ蓄積、方法の検討を行い、多重曝露の把握手法と解析の方向性を検討する。

##### 平成20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

- ①ア 「地域 GIS 詳細モデルの開発」では、本年度は G-CIEMS モデルのプログラムおよび代表データ、インターフェイスの Web 公開を行い、モデルの広範な利用を可能にした。また、農薬類の時空間変動を

含む濃度変動予測手法の開発を進めている。日本全国で使用される水田農薬を主な対象とし、出荷量、使用時期予測、流出モデルを組み合わせた日変動に対応した排出推定手法の開発を進め、予備的な検証を行いながら手法の検討を行った。

- ①イ 地球規模多媒体モデルの開発においては、昨年度までに仮構築したモデル改良に基づき、発生源と影響地域の関連性の Source-Receptor (S-R) 関係の解析を行った。地球全体を 3×6 の発生源地域に区分し、各地域から他全地域への汚染寄与到達状況を検討した。この結果から S-R 行列を用いる逆解析手法により排出量の地域寄与を推定する手法について検討を行った。
- ①ウ 「水環境からの残留性汚染物質曝露のフィールド・実験的検討と動態パラメーターの取得」のテーマについては、底質およびその懸濁粒子の存在下での PCB のマコガレイへの移行状況を 28 日間次いで 84 日間の水槽実験で検討し、魚体中濃度の観察結果から移行モデルを構築した。この結果から同族体ごとの曝露経路の解析を行った。速度定数の解析を進め、移行モデルの構築を行った。
- ①エ 小児の曝露特性把握については日本の小児の行動パターンと呼吸量の関係を実地調査をもとに示した。
- ②ア 河川水の検討においては、より多試料の測定検証によりと年変動を把握すべく、16 都道府県 108 河川水試料について、計測を進めた。全国 108 河川の平均で年度による差違を比較するとほとんどのバイオアッセイ項目において明らかな違いは認められなかった。同じ試料について、一斉分析用データベースを用いた GC/MS 分析を行なった。下水処理場排水や都心部河川から PPCPs 類が検出されるなど、試料間の特性を反映した結果が得られた。
- ②イ 大気の検討においては全国で夏季及び冬季に同時サンプリングした試料の変異原性、PAH 濃度などの測定を 11 地点で行った。今年度は発がんプロモーター活性の測定も行い、冬季の粉じん状試料で高いプロモーター活性が認められた。また PAH の発生源の検討のため光分解物である 1,8-naphthalic anhydride や 5H-phenanthro(4,5-bcd)pyran-5-one の LC-ECD による測定法を作成した。
- ②ウ in vivo 試験関連課題においては、のべ 11 か所の工場排水および環境水のサンプリングおよびそれぞれについての in vivo バイオアッセイ（ミジンコ繁殖試験、ゼブラフィッシュ胚発生阻害試験、藻類繁殖阻害試験、発光バクテリア発光阻害試験）を行った。その中から影響の高かった工場排水 1 工場において、毒性削減評価/毒性同定評価手法 (TRE/TIE) の適用可能性の検討を進めた。
- ③ア 「新規物質を含む多重曝露の評価と新規物質の評価手法」として課題を設定し、地理的分布を持って出力される地域 GIS 詳細モデルの出力と、食品流通を考慮した曝露評価の経験を結合するための準備作業を行った。また、課題 1 での物質ベースの多重曝露推定検討と課題 2 のバイオアッセイの結果を比較するための方法について検討を行った。

## 成果のアウトカム

おおそ計画に従って進行しているが、いくつかの課題で政策的な課題において活用されるアウトカムを得た。モデル開発については、モデルシステムの公開を行った。また、本モデルおよびデータは、環境省環境保健部また水環境部などでの新規化学物質の審査や評価等に係る曝露分布の推定やモニタリング優先順位の検討などに活用されている。水生生物の試験法について引き続き 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おり、また、日本版 WET 試験についても環境省での検討との連携が図られつつある。環境水・大気の全国調査の結果と解析については、全国規模の調査の結果と、地方環境研究所の協力体制の確立により、科学技術的な成果とともに、地方環境研究所への技術移転、研究体制の支援など将来の環境科学研究の体制作りにも貢献してきたものと考えている。小児の曝露評価、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貢献を与えるものと期待される。

## (2) 感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価

### 平成20年度の研究成果目標

- ① (遺伝的感受性要因) トルエンの曝露に対して感受性の高い免疫過敏マウスモデルを用いて神経—免疫間での修飾メカニズムを解明し、また、同コンジェニックマウスにトルエンを曝露したときの感受性について検討する。
- ② (時間的感受性要因) 胎児、小児等における発達期の違いによる化学物質の影響を、脳形成、免疫・感染、内分泌、行動、循環に関するエンドポイントで検討する。
- ③ (複合的感受性要因) In vivo アトピー性皮膚炎モデルでのこれまでの検証でより低濃度で影響を示したフタル酸類に焦点を絞り、雌雄差、および小児期曝露と成体期曝露の影響を比較し検討する。

### 平成20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

- ①ア これまでの研究で、マウスの系統間でのトルエン曝露による影響の違いについて検証し、過敏な免疫反応を示した系統を選抜した。組織適合抗原は免疫応答制御で重要な役割を果たすが、選抜した系統の組織適合抗原遺伝子はH-2kであったため、H-2 遺伝子以外はまったく同じ遺伝的背景をもつマウス、いわゆるコンジェニックマウスの系統間でトルエン曝露に対する感受性を比較することで、過敏な免疫応答のメカニズムを検討した。免疫系と中枢神経系との間には密接な関係があり、H-2k 遺伝子産物である Toll 様受容体 (TLR) が自然免疫の成立に重要な役割を担うと同時に、中枢神経系である脳の発達に関与することが最新の研究により明らかになりつつある。免疫過敏症モデルマウスでのトルエンへの高感受性メカニズム解明と感受性を規定する遺伝子を検索することを目的として、Toll 様受容体の一つである TLR4 (主要な自然抗原であるリポ多糖 (LPS) の受容体) が正常な C3H/HeN マウスと TLR4 が欠損したコンジェニックマウスである C3H/HeJ マウスの間で、低濃度トルエン吸入曝露が胸腺の細胞内シグナルトランスダクションに及ぼす影響について比較した。脾臓細胞の細胞増殖反応についてみると、5ppm のトルエンを曝露した C3H/HeN では免疫担当細胞の増殖作用を有するタンパク質である ConA による増殖反応が増強したが、その他の反応はトルエン曝露による有為な影響を受けなかった。TLR4 が欠損した C3H/HeJ では、総じて C3H/HeN に比べ免疫応答が低く、トルエン曝露による影響は認められなかった。C3H/HeN の胸腺細胞を *in vitro* で培養し、培養上清中のサイトカイン量 (IL-2) を測定したところ、5ppm 及び 50ppm のトルエン曝露により恒常的な IL-2 産生が観察された。また、ConA で胸腺細胞を刺激すると IL-2 産生量がさらに増加した。また、トルエン曝露した C3H/HeN マウスでの免疫応答制御に働くシグナル転写遺伝子 (STAT) の発現には、サブセットによる違いが認められ、卵白アルブミン抗原 (OVA) の感作は、より低濃度のトルエン曝露でも遺伝子発現の増強を引き起こすことを見出した。今回、C3H/HeJ の胸腺細胞ではこれらの転写因子の誘導パターンが、C3H/HeN とは異なることが観察された。TLR4 は LPS の受容体であり、アレルギー反応などへの関与が指摘されている分子である。今回、TLR4 変異マウスを用いてトルエン曝露の影響への TLR4 の関与を検討した結果、我々がトルエン曝露の影響指標としてきた STAT 系活性化の様式が TLR4 変異マウスでは TLR4 正常マウスと異なることが示唆された。
- ①イ 神経—免疫軸での影響について評価するため、これまでの研究でトルエンに対する感受性が高いことが明らかになったマウス C3H/HeN と TLR4 が欠陥したコンジェニックマウスである C3H/HeJ を用いて、低濃度トルエン曝露による海馬と嗅球における影響の違いについて検討した。TLR4 が正常な C3H/HeN マウスの海馬では、トルエン曝露により神経栄養因子 (NGF) 遺伝子の発現増強が誘導された。また、抗原刺激により低濃度のトルエン曝露で NGF 発現増強の誘導がみられるようになった。一方、C3H/HeJ マウス海馬では、トルエン曝露による NGF 遺伝子発現増強の傾向はみられたが、抗原刺激に

より NGF 遺伝子発現を有意に抑制された。このように、TLR4 経路のシグナル伝達の有無は、抗原感作とトルエンの脳内への反応に影響を与えることが示された。さらに、免疫応答を制御している H-2 遺伝子と神経情報伝達を担っている神経伝達物質との関連を解析する必要がある。そこで、C57BL/10 (H-2b) と B10. BR/Sg (H-2 k) マウスにトルエンを投与してグルタミン酸、タウリン、グリシンなどの神経伝達物質をマイクロダイアリシス法で脳内より採取し、HPLC で定量した。その結果、マウスの系統間でグルタミン酸量に差が見られたが、トルエン曝露は影響を与えなかった。一方、マウスの系統間でタウリン量に差が認められたが、トルエン曝露は両系統でタウリン量を抑制した。グリシン量は、C57BL/10 (H-2b) マウスで多く、トルエン曝露により有意に増加した。H-2 遺伝子の違いが、神経伝達物質およびトルエン曝露に対する反応の差異の原因である可能性が示唆された。

- ② 化学物質の影響が惹起される曝露の臨界期を特定し、胎児期から成熟期での化学物質に対する感受性の変化を明らかにすることを目的として、脳形成、免疫・感染、内分泌、行動、循環系を対象にした研究を継続している。
- ②ア 脳形成に関する研究では、妊娠後期のトルエン曝露（妊娠 15-19 日の 5 日間、90 分/日、0.9-9 ppm）が脳の性分化に重要な作用を有する雄胎仔ラットの血中テストステロン濃度を低下させることが既に明らかになっていたことから、テストステロン濃度低下を引き起こすトルエンの影響メカニズムについて検討した。その結果、血中テストステロン濃度の低下とともに胎仔精巣のテストステロンの産生に関与する酵素（ $3\beta$ -HSD）の発現もトルエン曝露により低下することが明らかになった。このことから、トルエン曝露による精巣でのテストステロン産生の低下が血中テストステロン濃度低下の一因であると考えられた。妊娠後期を含む周生期はテストステロンの作用により脳が性分化する重要な時期であることから、脳構造の性差形成に対する周生期トルエン曝露（胎生 17 日から生後 6 日、50 ppm、8 時間/日）の影響の解析を進めた。その結果、成熟したラットの性的二型核 SDN-POA と呼ばれる雌に比べて雄が優位な構造をもつ神経核の体積が、周生期トルエン曝露によって雄では縮小することが明らかになった。一方、雌の SDN-POA に対するトルエンの影響はみられなかった。以上のことから、周生期のトルエン曝露は、テストステロン分泌やテストステロンの作用に依存した雄個体の脳発達に影響を及ぼす可能性があると考えられた。
- ②イ 免疫・感染に関する研究では、幼若マウスを用いて発達期の免疫パラメーターを把握するとともに、免疫系の発達に対する胎仔期、新生仔期および乳仔期での低濃度トルエン吸入曝露の影響を検討した。胎仔期、新生仔期あるいは乳仔期にトルエンを 1 週間曝露した結果、曝露影響の程度は曝露した時期や濃度、エンドポイントによって異なっていたが、乳仔期に曝露したトルエンの影響は胎仔期や新生仔期に曝露した影響に比べて顕著であった。
- ②ウ 内分泌に関する研究では、ダイオキシンの腎発育毒性に関するメカニズムを明らかにするため、マウスの腎臓の発生・分化過程における器官形成、細胞周期、アポトーシスに関連する遺伝子発現を組織学的および分子生物学的に調べるとともに、ダイオキシンによって活性化された核内受容体 (AhR) の分化制御メカニズムを解析した。腎臓の発生・分化過程におけるアポトーシス細胞の組織内分布を経時的に調べた結果、生後 2 日目における髄質内層の腎乳頭および皮質最外層の nephrogenic zone の尿細管にアポトーシス細胞が観察された。ダイオキシンによって生後 7 日目の腎臓で細胞増殖に抑制的作用を持つトランスフォーミング成長因子 (TGF- $\beta$ ) 遺伝子発現が増加することが明らかになったことから、細胞周期に関与するサイクリン依存性キナーゼ阻害活性に及ぼす TCDD の影響を生後 3、7、14 日目の腎臓を用いてさらに検討した。その結果、阻害因子 P27kip1 は生後 7 日目で、阻害因子 P57kip2 は生後 3、7 日目でダイオキシンにより有意にその遺伝子発現が増加した。TGF- $\beta$ 、WT1、IGF は生後初期腎臓の発生・分化、特に間葉-上皮転換に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。また、細胞増殖の G1 期から S 期への移行阻止がダイオキシンによる腎臓発育毒性につながる可能性が示唆さ

れた。

- ②エ 行動に関する研究では、ラットの自発運動量に対するp-ニトロトルエン曝露の影響を検討した。p-ニトロトルエン (12-60 mg/kg) を生後5日齢のラットに経口投与すると、4～5週齢における自発運動量が増加することが示された。さらに、ラットの黒質におけるドーパミン神経を組織学的に解析した結果、p-ニトロトルエンを曝露したラットの黒質に観察されたドーパミン神経は対照群に比べて少なかった。次に、p-ニトロトルエン (3 mg/kg/day) を7週齢のラットに曝露して自発運動量を測定した。その結果、生後5日目で曝露した影響とは反対に、生後7週でのp-ニトロトルエンの曝露はラットの自発運動量を低下させた。以上のことから、ラットの自発運動量に及ぼすp-ニトロトルエンの影響は曝露時期により異なることが示された。ドーパミン神経毒性作用をもつ化学物質は曝露時期により動物の行動特性を多様に変化させる可能性があると思われる。
- ②オ 循環に関する研究では、胎仔マウスにおいて脳底動脈形成障害を引き起こすことが確認されたペルメトリンの行動に対する影響について検討した。妊娠10日目のマウスにペルメトリン (2および50 mg/kg) を経口投与し、8週齢および12週齢における産出仔の行動を解析した結果、ペルメトリン (50 mg/kg) を曝露した8週齢雄において探索行動および自発行動に関する指標数値の低下がみとめられた。12週齢では、ペルメトリン (2 mg/kg) によって雄では探索行動および自発行動の活性低下が観察された一方、雌ではペルメトリン曝露により行動活性の増加がみとめられた。さらに、12週齢に達した仔マウスの脳底動脈長を測定した。その結果、脳底動脈長に対するペルメトリン (妊娠10日目のラットに2あるいは50 mg/kg を経口投与) の影響はみられなかった。胎仔期に観察された脳底動脈形成に及ぼすペルメトリンの影響は生後回復するものと考察されるが、発達過程での血管と脳の形成の協調がペルメトリンにより阻害されることが行動への影響に繋がるのではないかと考えられた。
- ③ア これまでに開発した *in vivo* スクリーニングモデルを用い、曝露の次世代影響、あるいは性差に着目して、環境化学物質の影響を評価した。これまでの検討でアトピー性皮膚炎の増悪影響が明らかとなっている、フタル酸ジエチルヘキシル (DEHP) を対象化学物質として用い、胎仔期、および授乳期での DEHP 曝露が仔のアトピー性皮膚炎に与える影響について検討した。DEHP の胎仔期曝露により、雄仔マウスでは、Dp 群に比し、DEHP の低濃度曝露 (0.8  $\mu$ g、あるいは4  $\mu$ g) により皮膚炎症状が抑制傾向を示し、雌仔マウスでは、DEHP 20  $\mu$ g 曝露群において増悪傾向を認めたが、いずれも有意ではなかった。授乳期に期 DEHP 100  $\mu$ g を曝露した雄仔マウスでは、Dp 単独群に比較して、顕著な皮膚炎症状の増悪を認めた。一方、雌の仔マウスにおいては、DEHP 0.8  $\mu$ g の曝露で耳介腫脹が上昇傾向を示したが、顕著な影響は認められなかった。以上のことから、DEHP 曝露が次世代のアレルギー疾患に与える影響は、その曝露時期、あるいは性差によって異なることが示唆された。

## 成果のアウトカム

免疫過敏動物モデル、免疫疾患動物モデルを用いた低濃度トルエン曝露実験によりモデルの有用性、信頼性を確認した。さらに、影響指標として適切な因子の解明を進めており、ヒトでの疾患解明に向けた有用な知見の提供と学術貢献が考えられる。発達期の違いによる感受性を左右する要因として臨界期の同定とメカニズムの解明を進めている。内分泌グループや性分化のグループではほぼ目標達成に近づいており、化学物質に対する子供の脆弱性の解明に貢献できる段階にある。これまでの成人の生理学に基づいた評価法から感受性の高い小児などを対象とした評価法へと改訂する必要性が提言できると考えている。

- (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20年度の研究成果目標

- ① (環境ナノ粒子) 1) 長期連続運転によるディーゼル排気中ナノ粒子の安定条件を検討し、排出粒子のナノ粒子のキャラクタリゼーションを行う。2) 自動車排ガス由来の環境ナノ粒子を曝露して、環境ナノ粒子の呼吸器内動態と、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の影響を調べ、また吸入曝露実験の条件を決定する。
- 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においてアンソフィライト熱処理物の *in vitro* 毒性評価とアモサイトとアンソフィ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20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

- ①ア 長期連続運転による排出粒子のナノ粒子の曝露条件の検討が終了し、曝露実験が進行中である。H19年度まで行ってきた急性影響の曝露条件をもとに、必要なパラメータの測定を行った。
- ①イ アイドリング、運転では、大きな粒子 (いわゆるスス粒子) に比べてナノ粒子よりが発生しやすく、個数ベースで見ると、ナノ粒子の寄与が大きい。平成20年度前半までは、主として急性影響を調べるための曝露実験を行ってきたが、慢性曝露実験のためにエンジンオイルのロットをそろえるなどの準備を進めてきた結果、現在、長期実験が可能となっている。希釈トンネル中の全粒子濃度、粒子のモード径に加え、NO<sub>x</sub>やCO等のガス成分についても連続測定し、今のところ安定した曝露が継続していることが保証されている。
- ①ウ 本年度は、ディーゼル排ガス由来環境ナノ粒子のマウスへの慢性吸入曝露 (最長1年) を開始し、これまで3か月曝露マウスについて呼吸器免疫系への影響を中心に血液、肺、脾臓などを採取して炎症性サイトカイン・ケモカインの産生やmRNAの発現等について調査した。その結果、高濃度曝露群のマウス肺において、サイトカイン・ケモカインmRNA発現の増加傾向や酸化ストレスマーカーであるHO-1のmRNA発現の増加が観察された。また、ディーゼル排ガス由来環境ナノ粒子曝露は気管支肺胞領域への好酸球浸潤を濃度により中等度増強させる好酸球遊走に関わるメディエーターの肺での発現を濃度により中等度増強させることがわかった。ディーゼル排ガス由来環境ナノ粒子の曝露濃度でマウスに4ヶ月間曝露すると、ラットの様な異常心電図は発現しなかった。しかし、心拍変動解析では、心循環機能を示すとされるSDNN (心拍間隔の標準偏差) の有意な低下が高濃度のNR-DEP曝露で認められ、HF成分も有意な増加を示した。したがって、ナノ粒子DEP曝露は、マウスの4か月曝露では異常心電図を発現させないが、心・循環器系の機能に影響することが示唆された。肺腺腫自然発生マウスであるAJ雌マウスを用いて、アイドリング状態で発生させたナノ粒子を多く含むディーゼル排気の曝露による発ガン実験を継続中である。曝露は清浄空気群 (C)、約30 $\mu$ g/m<sup>3</sup> (CH11)、約100, 100 $\mu$ g/m<sup>3</sup> (CH12)、除粒子100 $\mu$ g/m<sup>3</sup> (CH13) の4群で通常飼育室 (Room) 動物も同時に経過観察をおこなっている。体重増加や死亡率に変化はなく、現在のところ、途中死亡例に肺ガンによるものはみられていない。
- ②ア 多層カーボンナノチューブを用いて、サイクロンに凝集体破碎ボール入れを一定の振動を与えることにより吸入性のカーボンナノチューブを安定して発生させることが可能となった。ナノサイズの粒子径は測定方法により異なることが知られているため、SMPSやAPSなどナノ粒子の測定機器を駆使してそのキャラクタリゼーションを行っている。発生した粒子の空力学径は4ミクロン以下であった。現在、小動物を用いた鼻部曝露の準備を進めている。
- ②イ 多層カーボンナノチューブ (MWCNT) の胸腔内中皮腫発ガン性の簡易影響評価のために、ICR雄マウス

を用いて胸腔内投与をおこなった。昨年は多層カーボンナノチューブを2 $\mu$ gまたは10 $\mu$ g胸腔内投与した群で、代表的なアスベストであるクロシドライト10 $\mu$ gの胸腔内投与と同程度の死亡率を示すことを報告した。本年度は投与18ヶ月後に組織標本を作製し、現在結果を解析中である。多層カーボンナノチューブを10 $\mu$ g胸腔内投与した群では、臓側胸膜や心臓外膜肥厚がみられ、一部には腫瘍の発生が観察された。上皮細胞を用いた *in vitro* の実験では、カーボンナノチューブが炎症性サイトカインの産生をを昂進させることがわかった。

- ③ア *In vitro* 実験において、アンソフィライト熱処理物の毒性評価をおこなった。J774.1マウスマクロファージ細胞株とMet-5Aヒト中皮細胞株を用いた細胞毒性試験では、1100 $^{\circ}$ C以上のアンソフィライト熱処理物では細胞毒性は顕著に減少した。また、重量あたりの細胞毒性は他のアスベストと比較して弱かった。J774.1細胞株からのサイトカイン(MCP-1)放出量を指標とした毒性試験でも、1200 $^{\circ}$ C以上のアンソフィライト熱処理物投与でサイトカイン放出量増加が認められなくなった。これらのことよりアンソフィライトは1100 $^{\circ}$ C以上の熱処理により毒性軽減されると思われる。
- ③イ *In vivo* 実験において、アモサイト熱処理物の毒性評価をおこなった。昨年行ったアモサイト熱処理物の細胞毒性試験では、1100 $^{\circ}$ C処理から顕著に細胞毒性が減少した。一方、1000 $^{\circ}$ C処理のアモサイトでは繊維として存在するもののアスベスト繊維ではなくなっていた。細胞毒性としては、1000 $^{\circ}$ Cアモサイト熱処理物は250 $^{\circ}$ C処理のものと同程度であった。アモサイト熱処理物の腹腔内投与と気管内投与を行ったところ、250 $^{\circ}$ C、400 $^{\circ}$ C、800 $^{\circ}$ Cの処理のアモサイトの炎症誘導能(細胞数、白血球浸潤率、IL-1 $\beta$ やMCP-1などのサイトカインの測定)は同程度であったが、1000 $^{\circ}$ C処理のアモサイトの炎症誘導能は250 $^{\circ}$ C処理のものより減少した。粉体状の1300 $^{\circ}$ C処理のアモサイトでは顕著に炎症誘導能が減少した。繊維形状をとっていることがアスベストの組織刺激性につながるものと考察される。

## 成果のアウトカム

ディーゼル排ガス由来環境ナノ粒子の生体影響研究に関しては、2年間弱を目処にした長期吸入曝露が開始され、途中経過ではあるが、慢性影響につながる可能性のある重要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ているところであるが、繊維状粒子の吸入も可能となったこと、胸腔内や腹腔内投与実験結果がではじめたことにより、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20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、底棲魚介類の個体群減少に寄与する因子の解明を目指す。
- 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、野外調査に基づき解明する。
- ③(侵入種) 1) 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。2) 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。3) 非意図的随伴侵入生物の生態リスク評価について、侵入ルートを明らかにして、今後の分布拡大を予測するとともに、検疫・防除手法を検討する。
- ④(生態系モデル) 1) 生態系機能を左右する種の機能形質に関する情報を文献および実験によって収集し、整理する。2) 形質ベース群集モデルを野外生態系へ適用する。3) アクアリウム生態系による検証実験を実施する。

## 平成20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

- ①ア 【シャコ】2004～2008年に湾全域に設定した定点において、底曳網（目合1.8cm）により成体と稚シャコを毎月採集した。同期間に、NORPAC ネット（目合0.33mm）の鉛直曳網により幼生を採集した。CTD/D0 ロガーによる底層溶存酸素（D0）の観測も行った。産卵量、および幼生と稚シャコの密度の指数を算出し、経月・経年変化を調べた。また、各指数の月平均値の間で相関係数を算出した。稚シャコと貧酸素水塊（D0濃度<2ml/l）の空間分布を各月について調査した。その結果、産卵量と幼生密度は同様の経年変化を示し、2004、2007、2008年に高かった。一方、稚シャコ密度は2007年のみ高く、産卵量および幼生密度とは異なる経年変化を示した。産卵期は5～9月で、7～8月の産卵量とそれ由来の幼生密度が高かった。稚シャコ密度は12月にピークを示し、これは10月の着底に由来するものと推察された。産卵量と幼生密度の間には有意な正の相関がみられたが、幼生と稚シャコの密度の間に有意な相関はみられなかった。稚シャコは湾全域に出現したが、貧酸素水塊が存在する水域の分布密度は著しく低かった。以上より、現在の資源は夏生まれの個体に支えられていること、親の資源量水準が産卵量と幼生密度の水準を決定すること、幼生～稚シャコ期の間の生残率に年変動があり、それが当歳の加入量を規定していること、および貧酸素水塊が稚シャコの分布を制限していることが示唆された。
- ①イ 【マコガレイ】2006年11月～2008年6月に試験底曳および買い取りにより採集した成魚を用いて再生産特性（生殖腺体指数[GSI]の経月変化、組織学的観察による生殖腺の発達と退行、生殖周期）を調査した。また、横浜市漁業協同組合柴支所のマコガレイ漁獲統計資料を用いて産卵量指数を推定した。仔魚は2006～2008年1～3月に内湾域の10定点において、マル稚ネットの傾斜曳網により採集した。また、同年3～10月に、ソリネット及び桁網により稚魚を採集した。仔稚魚の調査定点ではCTD/D0 ロガーによる水温とD0濃度の観測も行った。産卵量指数、仔稚魚の個体数密度、および底層の水温とD0濃度について、経年変化、経月変化および空間分布を調査した。成魚のGSIの経月変化および生殖腺の組織学的観察の結果から、産卵盛期は12月と推定された。産卵量指数および仔魚と稚魚の密度は各年とも同様の経年変化を示し、2007年において著しく低かった。ふ化時期および浮遊仔魚出現期における2007年の底層水温は2006年、2008年と比べて高く、このことが生活史初期のマコガレイの生残に悪影響を及ぼした可能性が示唆された。仔稚魚の空間分布について、密度の低かった2007年には明瞭な傾向は認められなかった。一方、2006年と2008年において、仔魚は湾全域に出現し、湾奥部において高密度であった。また、稚魚は、4月から5月に千葉県沿岸部に分布量が多かった。夏期においては貧酸素水塊の出現・拡大により稚魚の分布域は湾南部に制限され、密度の低下もみられた。以上より、冬期の水温と貧酸素水塊の存在が当歳の加入量に影響する可能性が示唆された。
- ①ウ 【化学分析】2007年8月の東京湾20定点調査で採取された底質試料を用いてガスクロマトグラフ質量分析計（GC/MS）による一斉分析を行い、942種の化学物質の同定と定量を行なった。その結果、120物質を検出した。総検出濃度は、乾重量換算で5.22～49.9mg/kg dry wt（平均20.8mg/kg dry wt）と地点間で最大10倍の差があり、湾口において低かった。検出濃度とTOCには正の関係がみられ、TOC換算では661～2108mg/kg TOC（平均1031mg/kg TOC）と地点間の差は3倍まで縮まったが、東京港から袖ヶ浦にかけて高い傾向が見られた。検出物質を発生源分類した結果、主要な発生源は家庭や商業活動によるもので、工業由来の寄与率は1～2割であった。特に、高濃度で検出されたのはステロイド類であり、湾周辺の人口の影響を強く反映した結果と考えられた。一方、米国のNOAAが公表している底質ガイドラインを用いて、検出濃度の底棲生物への影響評価を試みた結果、PAHsは底棲生物に悪影響を与えている可能性が低いと推察された。PCBに関しては、本調査ではPCB#28のみが検出されたため、市販PCB中のPCB#28の比率（約7%）から総PCBsの濃度を推定して底質ガイドライン

と比較した。その結果、DDT 類と PCB 類の影響は少ないと考えられた。しかしながら、PAHs だけでなく、DDE、総 DDT 及び総 PCB に対するガイドラインの信頼性が他の物質より低いとされているため、さらに精査する必要があるかもしれない。

- ①エ 【貧酸素 - 有害物質流水式連続曝露試験】貧酸素 - 有害物質流水式連続曝露試験装置を用いて致死及び忌避行動開始の溶存酸素(DO)濃度の推定に向けて、マコガレイ稚魚の致死 DO レベルを推定するための実験を始めた。
- ②ア これまでに実施したため池約 300 池の水生植物の調査データから池の植生を類型化したところ、4 つの群集タイプに分かれた。各群集タイプの成立を説明する変数(TWI:Topographic Wetness Index、池面積、護岸率、池周辺の土地利用率)を一般化線形モデルで解析したところ、Type I, II, III は、TWI の値により特徴付けられることがわかった。すなわち、山間の谷池、平地の皿池、そしてその中間の池といった地形要素が群集タイプを規定していることがわかった。Type IV はヒシの純群落で、市街化面積と強い正の相関を示した。そのため、地域の水生植物の多様性を保全するためには、地形的な景観に配慮すること、さらに周辺の市街化に留意しながら行う必要があることが示された。
- ②イ すでに隔離水界を用いた我々の実験から、ブルーギルとアメリカザリガニは、生態系のカタストロフィック・レジームシフトを促進することがわかっている。兵庫県南西部のため池では、ブルーギルとアメリカザリガニの個体密度が多く、これら 2 種は排他的な分布パターンを示すことがわかった。決定木などの統計モデルを用いて、2 種の外来動物の分布を制限する要因を解析した結果、ブルーギルは、ダム水を主要な水源としている池で出現する一方で、アメリカザリガニは、池干しが実施されている池において出現することが示された。池干しは 1 時的には外来魚の駆除に効果的であることから、行政の施策にも取り入れられているが、ブルーギルの出現は池干しの有無によっては説明されなかった。このことから、ブルーギルは、池干しが実施される冬の間だけ姿を消すものの、ダム水から再供給されることにより、池干しの効果が打消しされている可能性がある。一方、アメリカザリガニが池干しする池で出現するのは、冬の間ブルーギルが不在になるためと推察された。ブルーギルはまた、ため池周囲(半径 4 km)の農地面積ならびに淡水面積がやや大きいところで出現することから、農業用水路がこれらの分布拡大に寄与している可能性がある。
- ②ウ アオコ発生を引き起こす要因を明らかにするために、アオコの出現を従属変数として、上と同様の統計モデルで解析したところ、栄養塩濃度が高い池のほかに、全窒素量(富栄養化の指標)が 0.5mg/L 以下と少ないところでも、ブルーギルの生息個体数の多いところでアオコが出現することが示された。
- ③ア 独自に開発した高感度 PCR-Sequence 分析により日本全国のカエル野生個体(2,500 検体)および施設飼育個体(500 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、26 もの ITS-DNA ハプロタイプ系統が確認された。特に、オオサンショウウオやシリケンイモリ等、日本の特定地域に固有な両生類から高い確率で、特異的なカエルツボカビ系統が発見され、従来のカエルツボカビ-アフリカツメガエル起源説を覆すアジア起源説の提唱に至った。
- ③イ パナマおよび韓国のカエルツボカビサンプルを収集し、ITS-DNA ハプロタイプを解析した結果、パナマでは 2 タイプしか確認されなかったのに対して、韓国では高い遺伝的多様性が示唆された。これらのデータは上記のカエルツボカビ-アジア起源説を支持するものと考えられた。
- ③ウ 特定外来生物アルゼンチンアリの侵入ルート解明のため、国内外の侵入個体群の DNA 変異の解析を行った結果、日本に侵入している個体群は、アメリカ本土、ハワイ、およびヨーロッパに侵入している個体群と同一の DNA 配列を示した。敵対性試験から、お互いの個体群間で敵対性が低いことから、広域で巨大なスーパーコロニーを形成していることが示唆された。

- ③エ アルゼンチンアリの世界各地における侵入発見年代と過去の輸送航路を照らし合わせた結果、南米原産の本種は 19 世紀に南米・北米・ヨーロッパ間を結ぶ航路の発達に伴って大西洋周辺で分布を拡大し、20 世紀以降、北米・オセアニア・アジアを結ぶ航路の発達により太平洋沿岸諸国に分布を拡大したものと推測された。
- ③オ 東アジア原産の特定外来生物カワヒバリガイの分布拡大ルート解明と今後の分布拡大予測のため、関東および関西周辺で急速に分布拡大している個体群を採集し、DNA 分析を実施した結果、関東と関西の個体群間には遺伝的分化が認められ、侵入経路および起源が異なることが示唆された。また特に霞ヶ浦周辺の個体群の DNA 変異を調べた結果、水路の水流の方向によって分布拡大が進行していることが示唆され、ソースとなる個体群の侵入定着位置と水流データが重要であると考えられた。
- ③カ 2008 年夏に瀬戸内地方から北九州にかけて急速に分布拡大した特定外来生物セアカゴケグモの発生分布状況を調査するための情報ネットワークを構築してサンプル収集を開始した。原産地であるオーストラリアからもサンプルを採集し、DNA マーカーの開発を行った。
- ④ア 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。昨年度は、生産者（植物プランクトン等）、1 次消費者（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によって、生態系内の栄養転換効率のためには、植物プランクトンの摂食耐性、1 次消費者の同化効率、捕食耐性などが重要であることを明らかにした。今年度は、日本の湖沼に生息する主要な動物プランクトン（甲殻類枝角目、ワムシ類、カイアシ類）について、体サイズ、内的自然増加率、摂食能力（濾水速度、最大摂食率、閾値餌濃度）、摂食ニッチ、水温適応性（活性化エネルギー係数）などの機能形質に関する情報を文献および室内実験によって収集・整理し、それらの相関構造などを解析した。その結果、いくつかの欠測データについては、形質間の回帰式から推定できること、体サイズの大きな種が一般的に同化効率の高い傾向があることなどが明らかになった。
- ④イ 種の機能形質のデータベースと、霞ヶ浦長期モニタリングデータから、動物プランクトン群集の種構成変化が、群集における機能形質の長期的変化にどう影響を及ぼしているかを推定した。その結果、動物プランクトン群集の平均同化効率は季節的な変動が大きい、長期的な年変動も検出された。1980 年から 1995 年までと 1996 年以降を比較した場合、平均同化効率は 13.6%減少し、生態系機能の低下が示唆された。また、平均活性化エネルギー係数（高いほど高温適応を示す）も有意に増加し、温水性の種が出現する頻度が高くなっていることが示唆された。
- ④ウ 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作成し、1 次消費者（ミジンコ類）の種構成が生態系栄養転換効率に与える影響に関する室内実験を実施した。栄養転換効率は、添加した植物プランクトンバイオマスと、メダカバイオマスの増減から推定できること、ミジンコ群集の共存が実験系でも可能なことが確認できた。

## 成果のアウトカム

東京湾については生態リスク因子となる底泥中の化学物質について検討した。導水や池干しなどのため池の管理が淡水生態系に大きな影響を及ぼす外来生物（例えばブルーギル）の分布に与える影響が明らかになった。心配されていた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科学的な知見を提供できた。生態系機能をエンドポイントとする評価手法については、実験生態系での検証と実際のフィールドの事象への適用の検討が進展した。

- (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20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） 有機リン化合物等を曝露した実験動物を用い、血中及び尿中の曝露物質及びその代謝物濃度測定法を確立する。また両者の経時的な関係の把握を試みる。
- ③（生態影響試験法） 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。藻類生態毒性試験法と代替法として、遅延微弱発光測定法の試験を行い、その有効性を検討する。
- 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20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- 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進めている。そのうち、本年度はデータベースの基盤として市区町村別データを有効に用いるために、2000年以降の市区町村合併の履歴を整理し、様々な年のデータへの対応を可能にした。
- ①イ データ蓄積としては、市区町村別作物別作付面積や土地利用データ、G-CIEMSによるモデル予測結果、また、社会基盤情報として人口密度等のメッシュデータなどのデータベース蓄積を継続した。
- ①ウ Web インターフェイスの開発のため、情報（平均値などの基礎統計情報やヒストグラム）表示機能の拡充と、任意の河道 ID に対する集水流域検索機能の開発を行った。また、様々なデータ形式間の相互比較に必要な県別や市区町村別の統計量（化学物質使用量など）を空間に按分するなどの地理区分の変換とデータ解析機能の開発を進めた。
- ②ア 化学物質環境調査による曝露評価の高度化のため、農薬等の代謝物など曝露マーカー分析法開発の一環として、クロロピリホスとその代謝物（クロロピリフォスオキソン体、TCP）の一斉分析法を作成した。即ち、LC-MS/MSによるMRMモードで2pgで十分なS/N比を得られること、0.2ng/mL~50ng/mLの範囲で直線性が認められることを確認した。サロゲータの選定や固相抽出法による前処理に際し、前処理中の分解抑制や回収率の向上などの課題も明らかとなった。
- ②イ 続いてクロロピリホス曝露動物の尿を一定時間、低温で保存する採取方法を検討し、代謝ケージから得られる尿を12時間の採取間隔で4℃以下に保つ保冷器材を作成した。
- ②ウ 更に、実際にクロロピリホスを腹腔内投与したラットの尿を投与後120時間まで12時間間隔で採取し、現在分析中である。

- ③ア 生態系機能として重要な栄養転換効率に対する影響が大きい、ミジンコ類の同化効率（摂食したバイオマスを個体群のバイオマス増加に転換する効率）に関して、化学物質（殺虫剤カルバリル）との相関関係を主要な動物プランクトン種間で推定した。
- ③イ 湖沼の一次生産力にとって植物プランクトン（藻類）は最も重要である。藻類の成長阻害試験法に代替しうる簡易な生態毒性試験法として、藻類遅延微弱発光試験法を開発し、従来の試験法による毒性データとの比較試験を行った。その結果、多くの化学物質（約 100 物質）において、微弱発光阻害と成長阻害とは線形の関数関係を示すことが判明し、成長阻害率への外挿推定が可能であることが示唆された。
- 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。
- ⑤ア 米国カリフォルニア大でデータベースが構築されている 50%発がん率投与量（TD50）と、OECD で集積されているデータベースから算定した遺伝子動物の体内変異原性（総投与量/突然変異頻度の上昇）を、両者のデータベースに共通の化学物質について、動物種、投与経路、標的臓器ごとに比較し、TD50 と体内変異原性との相関性を検討した。その結果、肝臓と肺では TD50 と体内変異原性の間には高い正の相関性が認められた。
- ⑤イ 化学物質の体内変異原性のデータから発がん性の予測が可能であることが示唆された。
- ⑥ア ChemToxGen（毒性大量データ収集システム）に関しては、化学物質リストの精査と毒性文献のテキストマイニングによる分類の改良を行った。
- ⑥イ pCEC（化学物質の影響類型化システム）は、遺伝子発現プロファイルに加え、化学物質構造式による分類表示機能を追加した。さらに、現段階で可能な肝毒性、生殖・発生、神経毒性及び胚毒性に関する化学物質のデータを格納し、一般公開に適合するシステムの整備を行い、一般に公開した（平成 21 年 1 月 19 日）。
- ⑦ア OECD（経済協力開発機構）化学品プログラムの HPV 化学物質の初期評価会合（SIAM）、ばく露評価専門家会合等への参加を通してリスク評価に国際的な動向の把握に努めた。
- ⑦イ 環境行政分野における統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、これに必要な情報の整理を開始した。
- ⑦ウ 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、アンケート調査結果を踏まえニーズ等を把握するとともに、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をまとめた。
- ⑦エ 環境保全の分野におけるリスクコミュニケーション手法の検討のため、東播磨地域における農業用

ため池の「池干し」に関する調査を行った。

- ⑦オ 「池干し」に着目し、その意義と再開のための社会的な条件について調査を行った。具体的には、兵庫県東播磨地域・北播磨地域の 64 池のため池管理者を対象に、聞き取り調査を行った結果、ため池を冬季に減水させる慣行は約半数ほどに減少したこと、また、池干しの実施理由は、従来からの防災目的・生物資源利用から、特に池干しを再開したところでは、外来魚駆除などの環境保全目的に変化していたこと、外来魚駆除は政策的裏づけのもとに開始されていたが、その背景には、「釣り人の排除」という生活者の論理が、実態的な再開の根拠の一つとなっていることがわかった。
- ⑦カ 環境保全という新しい価値（環境価値）が、ため池の保全行動に関する地域住民の意思決定にどのような影響を及ぼすか、環境配慮行動の意思決定に関する社会心理学的モデルに基づいて検討した。解析の結果、ため池に対する農業・環境の価値観は、人々のため池保全の態度や行動にそれぞれ異なる要因を介して関連していることが示された。特に保全のための行動と強い相関がみられたのは、社会規範評価「周りの人がやっているから参加する」の要因だった。このことは、集落内での他者との調和や連携といった意識が、ため池の環境保全の行動にも影響を与えていることを示す。しかし、今回の調査では人々のため池保全の態度と行動の間には連関がみられなかった。態度と連関していない行動は長期的には持続しない可能性があるため、今後は、これまでの活動を持続していくことで態度を喚起するとともに、農業・環境の価値観の双方を活かした活動を行うことがため池の保全に有効であることが示唆された。

#### （6）環境リスクに関するデータベース等の作成

##### 平成20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20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア 大幅な機能と掲載データの大幅な更新を行い、リスク評価書などへの外部リンクの作成・更新、リンク集を整備するとともに、データセットごとに最終確認日を登録した。
- ①イ 詳細な絞り込み検索機能、カテゴリ間の集計機能、簡易検索機能、カテゴリ分類の見直しを行い、検索の充実を図った。
- ①ウ 登録化学物質数のCAS番号の総データ数が利用規約による制限を越えるため、生態毒性データに関しては米国EPAより提供を受けていたAquireデータベースを当面停止し、環境省等が実施する生態毒性試験結果のデータベース化のためテーブル設計などの作業を行い、データ入力を開始した。
- ①エ 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2006年のエコ調査結果のうち、初期環境調査、詳細環境調査、モニタリング調査の個別データを入力した。
- ①オ 農薬データベースに農薬要覧（2008年版）をもとに再集計した2007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2007年に新規登録された商品名を追加した。
- ②ア 対象域の最新のため池のポリゴンデータを作成した。これにより対象域に含まれるすべてのため池

の形状と面積の把握が可能となった。ポリゴンデータと昨年度撮影した空中写真を用い、水生植物の被度面積の定量化や、アオコ発生池の抽出などのための手法検討を行なった上で、実作業を実施中である。

- ②イ ため池に生育する水生植物は生物多様性や生態系機能の指標として優れる。そこで、ため池を生育する水生植物によって類型化し、各グループの規定要因の把握を行い、これらの成果を用い、調査対象域全域における水生植物の種多様性のポテンシャルマップを作成（試作）し、本年度新たに整備した。さらに市街化区域データ等とオーバーレイすることで、水生植物を保全する際、優先的に保全すべき地域の候補を抽出した。
- ②ウ 対象域の3年代（1985年、1995年、2005年）における、対象域の衛星画像を、利用可能な共通フォーマットとして整備した。また、これを用い、各年代における対象域の土地被覆を定量的に把握し、GISデータとして整備中である。
- ②エ 同様に、3年代対象域の旧版地形図（縮尺：1/25000）を、利用可能な共通フォーマットでデジタル化した。これを用い、各年代におけるため池の該当スケールにおけるポリゴンデータをGISデータとして作成中である。
- 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 カエルツボカビ全国調査のサンプル採集協力に対応するために、採材マニュアルを製作して公開するとともに、拡散防止のための普及啓発を行った。
- ③エ 外国産クワガタムシ、セイヨウオオマルハナバチおよび外国産クワガタムシ等、国民的関心の高い題材について、これまでに得られた研究成果を一般向けに解説したページを開設した。

### 3. 5 外部研究評価

#### (1) 評価の結果

	5	4	3	2	1	合計
年度評価		8	9			17
(平成20年5月)		47%	53%			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 3.5点

#### (2) 外部研究評価委員会の見解

##### [現状評価]

中核研究プロジェクトの個々の研究課題について、それぞれはレベルの高い研究がなされている。環境リスク研究プログラムは、多岐にわたる研究対象・研究手法を持つ幅広い領域であり、各課題と環境リスクの低減を目指す、という全体像との関連が見えにくい。また、全体として、各研究領域における各課題の成果がどのレベルにあるのか、その研究領域における本研究での成果のインパクトはどれほどかわかりにくい。

##### [今後への期待、要望]

環境リスクは多岐に亘り、各分野の研究とのインターフェースが必要になるとと思われる。例えば、どのようなリスク評価、リスク低減に資するために曝露評価および曝露評価手法を開発しているのか明確にしてほしい。地球規模での化学物質の輸送モデルなどは、アジア自然共生研究プログラムなどの大気輸送モデルと連

携が望まれる。今後ともリスクは多様化していくことが予想され、リスクと共存していく社会を構築していくという視点で、全体をまとめていくような枠組みづくりを考える必要がある。また、生物多様性と生態系機能の視点に基づく研究は非常に複雑で困難な問題に挑戦するものであり、一朝一夕には成果が出ないと思われるが、環境研としてふさわしいテーマであり、今後の進展に大いに期待している。

### (3) 対処方針

プログラムの中核プロジェクトで実施している研究領域は、関係者の多様な価値観をふまえ、従来のリスク評価を精緻化するために、化学物質の空間、時間的な曝露分布の把握、生命の高次機能への影響を視野に入れた高感受性、ぜい弱性要因、あるいは生物多様性、生態系機能といった諸事象を解明することを通して、さまざまな環境管理の目標に幅広く対応できる環境リスク評価手法を提示することを目標に置いている。今後は、総体としての環境リスクにおける各課題の成果の重要性が分かりにくいと指摘されたことをふまえ、各研究領域がどの環境リスクを問題とし、環境リスク評価での位置づけと、問題解決にどのように貢献するのかをさらに明確にして研究をすすめていきたい。また、所内外との連携を今後ともさらに推進し、指摘された大気輸送モデルには、研究計画に記載したようにアジア自然共生研究プログラムの輸送モデルと基本的に同じアルゴリズムを導入し研究を進める予定である。生物多様性と生態系機能の視点に基づく研究は、社会・経済的な要因がもたらす環境リスクについても評価しようとするプロジェクトであり、社会の中での位置づけや役割を同様に意識し、着実に研究を進めていきたい。

## 4. アジア自然共生研究プログラム

### 4. 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。また、持続可能な都市に向けた技術・政策シナリオの構築に関する研究を行う。

#### (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
- ・九州北部地域における光化学越境大気汚染の実態解明のための前駆体観測とモデル解析

#### (関連するその他の活動)

- ・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

### 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	155	158	262			575
その他外部資金	286	341	355			982
総額	441	499	617			1557

### 4. 4 平成20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20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長崎県福江島での地上観測を充実し、東シナ海上空での航空機観測を実施する。国内外の観測データを集積した沖縄辺戸岬ステーションで取得された観測データを集積し、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) 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する。全球化学気候モデルを用いた解析、排出量の逆推計手法の開発を継続する。
- ③ (黄砂の実態解明と予測手法の開発) 前年度に観測を開始したモンゴル国内4地点の黄砂モニタリングステーションを含め、黄砂のモニタリングネットワークを更に整備し、データの取得、解析、及び観測データベースの整備を行う。

## 平成20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。具体的にはアンモニア計の導入、NO<sub>y</sub>計の改良(デニューダの導入)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、バンコクで開催されたサイトマネージャーの会合に出席した。国内においても引き続き、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21年度の我が国における地球観測の実施方針」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ている。
- ①イ 平成20年春に東シナ海上空で航空機観測を行い、アジア大陸から移流してくる空気塊の空間分布、鉛直分布の観測を実施し、SO<sub>2</sub>などの濃度が空間的に不均一であることを明らかにした。また同時期に、辺戸岬ステーション、福江島の観測施設で地上の集中観測を行い、微粒子と放射、雲生成に関する観測を行った。航空機観測や地上観測についてデータ検討会を開催し、一部は国内外の学会で成果を発表した。
- ①ウ 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、UNEP—ABCアジア地区と連携し大気環境データベースのフォーマット作成を行った。辺戸ステーションホームページを作成し公開した。
- ①エ 粒子状PAHおよびアルカンに関して、4月、6月および10月に各々2週間程度の集中観測を行った。4月の観測は、航空機観測と同時期に行われた。分子レベルの有機エアロゾルの観測結果から、航空機観測期間に辺戸で観測された有機エアロゾルは、主に人為起源であり長距離輸送を経たものであることが示された。
- 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。
- ②イ 地上観測データ、衛星観測データ及び化学輸送モデルデータを統合的に解析し、シベリアの森林火災が日本の大気質に及ぼす影響を解明した。
- ②ウ 全球化学気候モデル(CHASER)を用い、日本の対流圏オゾンに対する全球からの地域別寄与を評価した。
- ②エ 東アジアにおける最近のCO排出量とオゾン生成の変化を、地上観測、逆推計モデル及び衛星観測から診断し、中国のCO排出量は2001年以降微増であり、NO<sub>x</sub>ほど大きく増加はしていないことを明らかにした。また、対流圏衛星データを用いてNO<sub>x</sub>排出量を逆推計する手法を開発した。
- ②オ 排出インベントリの改良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カ 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継続した。また、環境情報センターと協力して、東アジア、日本全域、及び関東地域の  
大気汚染予報結果を、環境 GIS から公開する試験運用を開始した。
- ③ア モンゴル NAMHEM（モンゴル国気象水文研究所）との共同研究によりモンゴルの 4 局のネットワーク  
観測網による連続観測を行った。また、北京の日中友好観測保全センターにおける観測を再開し、黄  
砂期間のデータが準リアルタイムで入手可能となった。さらに、大阪、東京など国内の観測網を整備  
した。
- ③イ モンゴル 3 局、中国 1 局、韓国 1 局、日本 12 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 次元的に継続的に観測した。また、自動データ解析システムを完成し、観測  
結果をモデル検証、同化等にリアルタイムで利用することが可能となった。環境省の黄砂飛来情報ホ  
ームページに黄砂データを提供するとともに、環境 GIS において、黄砂と大気汚染性エアロゾルの高  
度分布データをリアルタイムで表示するためのシステムを整備した。
- ③ウ ライダー観測網のデータを用いた輸送モデル (CFORS) のデータ同化手法の精緻化を進め衛星搭載ライ  
ダー CALIPSO と同化モデルの比較検証を行った。

(2) 東アジアの水・物質循環評価システムの開発

<p>平成 20 年度の研究成果目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

平成 20 年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ① 長江水利委員会と共同で漢江に設置している観測システムが正常に運行し、連続的な水質モニター  
リングデータの取得が可能となった。同時に、高精度の衛星データを用いて、漢江流域の 90m メッシ  
ュの地形デジタルデータを作成、それによって、流域の水系図、傾斜・傾向図などを完成した。さら  
に、MODIS 衛星データを用いて、流域の 1km メッシュの表面温度、植生指数、葉面積指数、土地被覆  
図などのデータセットも作成した。漢江流域で、人間生活や経済活動が水環境に及ぼす影響に関する  
現地調査を実施し、アンケート調査データ等を回収し、解析を開始した。また、SWAT モデルをベー  
スに改良した流域水・物質循環評価モデルに必要となる、漢江流域に適応した主な作物の生育期、栽培  
時期、土壌の土質、有機物含有量、栄養塩などのパラメータを整理し、モデルに結合した。このモデ  
ルを用いて、漢江流域の面源汚染の推定が可能となった。これらの成果を踏まえて、2008 年 10 月 21  
日、中国科学院と長江水利委員会の共同で、南水北調の影響評価特別セミナーを国立環境研究所で開  
催した。また、中国科学院と共同で南水北調受水域である海河流域について研究調査を行い、平成  
20 年 12 月 26 日に中国石家荘で「南水北調海河受水域水資源持続可能な管理」国際ワークショップを  
開催し、研究交流を行った。更に、環境省の事業への協力については、日中水環境パートナーシップ  
において農村地域等に適した分散型生活排水処理技術の導入実証モデル事業に参加し検討を行って  
いる。

- 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： 2008年10月、中国沿岸域の富栄養化等の環境変遷の把握のため浙江海洋大学等との国際共同研究の基盤となる共同利用研究室を大学に設立し、長期・中期・短期スケールでの研究課題およびそれらの実施方法に関する議論を進めた。この枠組み等を活用し、長江河口浅海域の水質浄化機能の定量的評価や東シナ海流動モデル開発に必要な中国海域の基礎的データの収集を継続した。2008年6月、中国沿岸環境の変化が東シナ海に及ぼす影響の解明を目的とした東シナ海陸棚域航海調査を実施した。栄養塩類の藻類群集による取り込み過程の解明を目的とした安定同位体比トレーサ実験の他、微細乱流構造プロファイラーによる物理場が藻類鉛直分布に及ぼす影響把握のための観測を行った。陸棚域調査結果を海洋生態系モデルを用いて解析したところ、陸棚域の藻類鉛直分布が乱流強度に強く支配されることが示唆された。また過去3ヶ年の陸棚域調査における藻類種の分布を三次元的に解析したところ、渦鞭毛藻が植物プランクトンクロフィルの50%以上を占め、陸棚域の生態系構造の遷移（珪藻から渦鞭毛藻への変化）が示唆された。
- 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：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をもちいて、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・物質解析研究の推進体制を構築した。解析モデルの検証を行うために国内の拠点都市である川崎市との包括的な環境協定を締結して連携を進めて、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の試行を進めた。統合的都市解析モデル（NIECE-Urban）についてモデルの構築を完了して、川崎市との連携で都市スケールの環境観測ネットワーク実験を行い、モデルの検証とともに、試行的な政策シミュレーションを行い自治体への情報発信を行った。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ており、これは環境省の地域循環圏政策担当部局への定期的な情報提供を行っている。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てその成果を環境省、内閣府の低炭素都市実行計画検討等への研究発信を行っている。中国拠点都市の実証研究として、国家の産業中心都市である瀋陽市と遼寧省との研究連携に焦点を置き、瀋陽市環境保護局、遼寧省環境保護局との研究連携とともに、中国科学院循環経済研究センター、遼寧省の環境科学院との研究協定を通じて研究を進めた。都市の上下水道、河川、沿岸域、および地下水位水質分布、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データベースとして整備をすすめ、拠点都市・地域スケールの、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研究を推進している。都市・地域スケールの環境データベースの構築とモデルの適用研究を進めた。5月に瀋陽市、9月に川崎市で国際ワークショップを主催し、12月に国際学会、2月に国連環境計画と共催の国際会議の開催を共催し、2月より日中友好環境センターとJICAが中国国家環境保護局と連携して開始した循環研究経済プロジェクトへの正式な参加を通じて研究成果の発信と国際研究ネットワークの形成を進めている。中国の複数の都市とのアジア都市研究ネットワークの構築を進めて、EMECS国際会議の会議開催を支援した。

### （3）流域生態系における環境影響評価手法の開発

#### 平成20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20年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 空間データベースの構築と応用。 広大なメコン流域の自然環境および社会経済特性に関する基礎データを、空間データベースとして一元管理・分析する仕組みを構築した。1) 基礎データの収集、2) メコン流域全体の水文学的な接続関係を維持した小流域に区分し、この小流域単位で、地域の自然環境と社会経済属性を集計した。3) 小流域単位で集計したデータに対して、情報量規準に基づいたクラスタ分析を適用した。
- ② 栄養塩濃度の流域各国の地理的分布と各種自然環境・人間活動との空間的対応から、タイのコーラート高原の米作地帯から高濃度の硝酸塩とアンモニウムが検出された。元素濃度について例えばストロンチウムでは地域によって広い変動幅 (0.024ppm~0.221ppm) を示すことが分かった。マングローブ林を形成する主要樹種3種 (A. marina、R. stylosa、B. gymnorrhiza) について、根圏酸化機能を測定した。3種共、根からの酸素漏出速度には個体差がみられ、暗条件下に比べて明条件下の方が高い酸素漏出速度を示した。
- ③ メコン河流域におけるダム建設が下流域に与える影響をみるため、自然河川の持つ「氾濫」と「物質輸送」という季節的な流域動態の変化に関して定量化を試みた。メコン上流のダム建設 (Wanman Dam) による下流の北タイへの影響について年間の河川流量と土砂移動量の変化を推定した。ASTER 画像を現地河川調査に活用し、流出モデルを構築しダム建設前後での年間を通しての土砂収支計算を Chiang Sean 付近にて行った。日本、タイの環境 NGO 等とメコン河流域住民との環境影響に関するヒアリングを行い問題点の抽出を行った。

#### (4) 関連研究プロジェクト等

##### 平成20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) 本年度は、提案するメタン発酵プロセスによる実排水 (産業排水、都市下水など) 処理試験を行い、プロセスの排水処理性能や余剰汚泥発生量等を把握して、省エネルギー効果に関する知見を収集する。また、ラボ実験により、排水処理の高効率化のための運転操作条件の検討を行う。さらに、装置の運転条件 (排水温度) と有機物分解を担う微生物群集との関連を調査する。
- 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) 航空写真と地上での調査にもとづく湿原の植生のタイプ分けと希少植物種の分布確率推定モデルの精度・特性を明らかにする。特に、どのような場合に空間自己相関の効果が大きいのかを詳細に検討する。植生図情報と航空写真情報から、湿原に生息する鳥類の分布密度推定モデルを開発する。航空写真から河川内の瀬・淵の分布を推定する統計モデルを開発する。
- ③ (九州北部地域における光化学越境大気汚染の実態解明のための前駆体観測とモデル解析) 春季に高濃度の越境光化学オゾンが発生する長崎県福江島において、光化学オゾン前駆体である非メタン炭化水素類 (NMHC)、窒素酸化物 (NO<sub>y</sub>) の観測を立ち上げる。
- ④ (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<sub>x</sub>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20年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 本研究で開発した間欠処理水循環型グラニューール汚泥床法 (生物膜メタン発酵処理) と無曝気型的好気性ろ床 (下降流懸垂型スポンジろ床:DHS) との組み合わせにより、実低濃度産業排水 (精製糖排水: 0.4-0.5 gCOD/l, 固形有機物含量少ない) の20°C条件下における連続処理試験を行った結果、処理時間3時間 (嫌気2時間、好気1時間) で、既存好気処理システムと同等の水質を安定的に達成した。現在、低濃度食品製造排水処理 (4,000 m<sup>3</sup>/day規模) への開発技術 (グラニューール汚泥床) 導入に関

する検討が行われている。本研究をベースにした技術の導入が図られれば、低濃度産業排水処理分野での技術普及と省エネルギー化が期待出来る。

- ①イ 嫌気性処理(上昇流嫌気性汚泥床:UASB)と無曝気型の好気性処理(DHS)の組み合わせによる都市下水(0.3-0.4 gCOD/l, 固形有機物を多く含む)の実証処理試験を鹿児島県霧島市において行った(処理時間:前段 9.6時間, 後段2.5時間)。冬期間(水温16-18°C)における嫌気槽の安定運転のためには、鉄塩の添加等による保持汚泥沈降性の改善が有効であり、汚泥沈降性向上後は常時安定したメタン生成能と処理水質を維持した。後段好気処理(DHS)を含めた水質は、年間を通じて安定しており、既存好気性処理と同等の排水処理性能を発揮した。同処理システムは、曝気動力のゼロ化、余剰汚泥の大幅削減(7-8割減)により、都市下水の無加温処理において、小規模好気性下水処理施設(処理量10,000 m<sup>3</sup>/日規模)と比較してエネルギー消費7割削減を実現した。当該技術は、消費エネルギーが少なく、運転管理も比較的容易なため、開発途上国への技術普及が期待できる。
- ①ウ ラボスケールでの模擬産業排水処理実験の結果、生物膜汚泥の植種、排水循環付与によるガス分離促進等により汚泥滞留時間を十分に維持することで、増殖速度が遅く保持が困難であった低温対応のメタン生成細菌等(Methanospirillum 属細菌)を集積化でき、10°Cという低水温下においても安定した排水処理性能を発揮した。また、極低濃度(0.3-0.4 gCOD/l)の有機性排水処理では、間欠的な排水循環(微生物活性維持と生成ガス分離を両立:特開 2008-036529)により有機物除去効率を飛躍的に向上(COD 除去率 60%→90%以上)出来ることが明らかになった。
- ②ア 渡良瀬遊水池の湿原で撮影したデジタル航空写真から、地上解像度50cmという高解像度で火入れによる攪乱の強度と面的な広がりや植生高の空間的な不均一性を広域推定する事に成功した。主要な植生タイプであるオギ群落, ヨシ群落および両種が混在した群落の空間的な分布を、地上解像度20cmで正答率73%(4種類の植生区分)で推定することができた。分類では夏期の植生高が特に有効な情報であることが判明した。
- ②イ 空撮画像から導かれた情報は、植物や鳥の分布予測モデルのパラメータとして有効であった。分布推定を行った12種の植物すべてで、単純なロジスティック回帰モデルに比べ、空間構造(なんらかの理由で近くの点での分布確率に正の相関があること)を考慮したCARモデルの予測精度は著しく高く、このモデルが分布予測のために有効な手法であることが明らかになった。また、すべての種で分布に影響を与える要因についての回帰係数の推定値がモデルによって変化し、空間構造を考慮することが、これらの推定にも重要であることが明らかになった。
- ②ウ 絶滅危惧植物の1種(イヌセンブリ)の生活史特性の調査の結果、厳密な二年草という稀な生活史を持つこと、草丈の低い草地のように明るい環境で春先に発芽すること、遷移が進んで他種に被陰されるようになると種子は土壤中で休眠することが示唆された。野外での個体数は安定しており、遷移の進行によって衰退する傾向は認められなかったが、以前はより広い面積に分布していた可能性が高く、今後の生育可能環境の消長に注意が必要である。
- ②エ 鳥類の調査では、4種の絶滅危惧種を含む43種類を確認した。出現した種の分布パターンを解析したところ草地種, ヨシ・灌木帯の種, 林縁種などのグループ分けをすることができた。出現種数を決める要因を解析するために統計モデルを作成したところ、地盤高が低くて、起伏に富んでいて灌木林がある場所で繁殖鳥種数が多くなるという結果がえられた。また、個々の種の分布密度予測モデルでは、植生図から読み取った情報のほか空撮データから得られた情報も組込むことで密度分布の推定が向上した。
- ②オ 航空写真から河川の屈曲構造を求め、これにもとづいて淵の存在を予測したところ、42%では正しく推定できたか、それ以外に倒流木に起因するもの、河床材の違いに由来するものな、成因不明のものが58%を占めた。リモートセンシングデータに基づいて信頼性の高い瀬淵分布推定を行うために

は、屈曲特性以外の特徴量にも着目する必要があると言える。

- ③ 福江島の大気環境観測施設（総合地球環境学研究所／千葉大学が管理）内に観測小屋を建て、マルチディメンションガスクロマトグラフをベースとした非メタン炭化水素（エタン～キシレン、20成分）測定システム、およびNOx計、NOy計とオゾン計を設置した。H20年11月末から、非メタン炭化水素成分、NO、NO2、NOy、トータルナイトレート、オゾン濃度の自動連続観測を進め、各前駆体物質濃度と排出源との関連について解析を始めた。また、春季の高濃度オゾン発生に備えて、集中観測の準備を整えた。
- ④ O<sub>x</sub>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O<sub>x</sub>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。

#### 4. 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	11	4			16
（平成20年5月）	6%	69%	25%			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 3.8点

##### (2) 外部研究評価委員会の見解

###### [現状評価]

プロジェクト全体としてのコンセプトや方向性はやや不明確であるが、東アジアを中心とした物質循環と生態系の関わりを大気、陸、河川を中心に取組み、それぞれ独立したプロジェクトとして成果を上げている。大気モデリングに関しては、達成度も高く、衛星観測や逆推計も交え、現場観測ができない地域でのエミッションインベントリーなども実現化している。しかし、プログラム全体に共通するが、特に中国を相手に、何を問題として、何を解決しようとしており、それが、なぜ、我が国の研究として必要なか戦略が十分に示されていない。

###### [今後への期待、要望]

本プログラムのプロジェクトは、関係諸国の協力なしには実現が難しいものが多い。そのため、関係諸国での研究の取組みや共同研究、キャパシティービルディングも視野に入れて、将来のプログラムを見据えた対応を期待する。

国際河川の問題では、科学的な研究に基づいた管理手法を実現するために更なる取り組みが必要である。

我が国としてアジアにどのような貢献をすることが必要なのか、骨太の方針を策定しておくことが望ましい。

##### (3) 対処方針

関係諸国の協力を得るために、各国の事情や共同研究の内容に応じて、協定・MoUの締結や共同観測、デ

一々の共同利用等、様々な形で取り組みを進めている。更に、研究拠点の確立やキャパシティービルディングの面での協力を深め、共同研究の典型的な成功例をつくって行きたい。

国際河川の問題では、メコン河流域の調査対象域のデータやサンプルを蓄積してきていることから、その解析やモデル化を通して、科学的な知見に基づいた管理を実現する手法の開発を進める。

第2期中期計画開始時と比較して、アジアと日本の関係が更に重要になってきている。アジアの持続可能な発展に貢献することが我が国の健全な発展に必須であることを認識し、そのために必要な環境の評価、予測、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を基本コンセプトとして研究を実施しているが、より統合的な展開を図る事を含め、次期中期計画に向けて骨太の方針を策定するための論議を深める所存である。