

(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、将来の低炭素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。

なお、地球温暖化研究プログラムの内容は、資料 1 1 末の参考資料に示す平成 1 8 年度外部研究評価委員会の事前説明見解とそれに対する対処方針を踏まえて確定されたものである。

1. 2 研究期間

平成 1 8～2 2 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	6 5 4					
その他外部資金	8 0 3					
総額	1, 4 5 7					

1. 4 平成 1 8 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 1 8 年度の研究成果目標

- ① (アジア・オセアニアを中心とした大気中の温室効果ガスの広域分布及び長期的変動観測) 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、ヨーロッパへ航路上の二酸化炭素観測を開始し、オセアニアラインでの大気サンプリングを開始する。民間船舶では日本-オセアニア、日本-北アメリカに加え、アジア路線の準備を行う。
- ② (大気中指標成分の観測による温暖化ガスの地球的及び地域的規模の収支特性の解明) 観測網を利用し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。定点でのフロン等の観測も立ち上げる。
- ③ (海洋と陸域生態系の CO₂ フラックス観測の高度化と変動特性の評価に関する研究) 西太平洋における海洋の二酸化炭素分圧観測やアジアやシベリアの陸域生態系におけるプロセス毎の物質移動速度の観測を行う。これにより、年毎の収支の変動現象を観測する。

平成 1 8 年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア これまで開発してきた航空機搭載用二酸化炭素測定器を J A L の旅客機 5 機に搭載しアジア、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開始することができた。これにより、各都市で地

域的に特徴ある鉛直分布が観測できることがわかった。これらのデータは、世界的にもこれまでにないデータセットである。

- ①イ 航空機での観測に際し、いくつかの問題点が発生したが、プログラムの改良、システム運用上の改善を行い、安定した観測体制が確立されてきた。
 - ①ウ 航空機、及び船舶を用いて、日本-北米、日本-オセアニアラインでの大気のスAMPLINGを行い、水平方向、緯度方向のデータの採取を行い、二酸化炭素や亜酸化窒素の緯度別増加傾向が確認できたことに比べ、メタン濃度は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。オゾン濃度の緯度分布の観測を行い、北半球中緯度での高濃度に加え、南半球中緯度での濃度にもピークが観測された。これらはいずれも温暖化ガスそれぞれの発生量吸収量分布について科学的に有用な情報を与える。
 - ①エ 民間船舶を用いたアジア路線への観測の展開のために、関係船舶会社との連絡をとり調整を図った。
 - ①オ アジアでの大気の地域特性を調べるべく、インドにおける大気スAMPLINGを開始した。
-
- ②ア 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た。これにより、ここ8年程度の平均した二酸化炭素のグローバルな収支を求めることができた。それによると、海洋の酸素の出入りを考慮した場合、約1.8Pg-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。推定精度の検討を行い、発生源インベントリや酸素の海洋収支の不確実性を始めとするいくつかの問題点を整理することができた。これにより、大枠での二酸化炭素収支が押さえられた。
 - ②イ 船舶を用いて、緯度別の二酸化炭素の安定同位体比の観測を行い、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、温度偏差と良く相関し、エルニーニョ直後の温度上昇に合わせて、二酸化炭素の放出源になっていること、2002年、2006年の放出も陸域で起こっていることが推定できた。海洋は2001年に吸収量の微増が観測された。これらのデータはグローバルな変動メカニズムの検討するために有効である。
 - ②ウ 北海道の観測点である落石でのGC-MS設置を行い、フロン等の観測を立ち上げた。北海道の悪天候による停電の頻発などにより機器の不良が発生したが、順次システムの改良を重ねてデータの取得が可能になってきた。
-
- ③ア 新たに日-オーストラリ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）に設置した観測装置により、西太平洋での海洋二酸化炭素観測を開始した。観測システムの安定運用のために乗船を何回か行い改良などを加えた。同時に、大気、海洋の酸素の連続測定法の開発も行った。将来的にこれらの海洋フラックスの地域分布がどのように変化するかが非常に重要であり、北太平洋のこれまでのデータとともに貴重なデータセットになる。
 - ③イ シベリアにおける5箇所のタワー観測をもとに、大気輸送モデルに基づく逆計算により、シベリアの森林地帯の二酸化炭素吸収フラックスの季節変化を求める試みを行った。この結果、陸域生態系モデルによる計算結果との間に良い一致が見られた。これにより、タワー観測と逆計算によるフラックス推定がかなり有効であることが実証された。
 - ③ウ 陸域生態系の総生産量などを、これまでの純一次生産と呼吸量の合計で求めるのではなく、COSなどのフラックス測定より求める方法を提案し、測定機器の開発を行った。
 - ③エ 土壌呼吸量増加に対する温暖化による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、その寄与を大型自動開閉チャンバーを用いて評価するなどの予備調査を研究所内林地で行い、方法論等について検討した。

(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18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大気条件下での取得データに対応可能なデータ処理手法を研究開発し、数値シミュレーションにより精度評価を行う。
- 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、飛行体または高所からの太陽の地表面反射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。
- ③ (全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究) インバースモデルの時間・空間分解能を月別・全球64分割等に向上下するため、フォワード計算手法の開発と必要な関連データベースの整備を行う。更に、このフォワードモデルデータ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プロトタイプをシミュレーションレベルで確立する。

平成18年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 短波長赤外波長域での測定に関して、様々な大気条件下での取得データに対応可能なデータ処理手法を確立するため、データ処理フローを作成した。これらは定常処理プログラム開発に反映され、国立環境研究所の実施する定常データ処理の基幹となる。
- ①イ 巻雲の存在する大気条件下での処理のため、一部の緯度経度・期間において巻雲パラメータ (緯度別の発生高度、光学的厚さ) 統計量データベースを作成した。完成後にはデータ処理の際の初期値データベースとして活用される。
- ①ウ 様々な観測条件におけるエアロゾルの影響を整理し、フーリエ変換分光器情報からエアロゾルパラメータの同時推定の可能性について整理した。
- ①エ 衛星から観測する際のフーリエ変換分光器の視野の揺らぎが、カラム濃度導出に及ぼす影響を評価し、その補正手法を開発した。本手法は特許申請中である。
- ②ア 短波長赤外波長域での測定に関して、データ処理手法の妥当性を確認し、取得データのデータ質の評価・検証を行うため、類似センサーを用いた高所観測実験を2006年11月～12月に筑波山において実施し、データ解析を行った。この種の実験は、世界で唯一、当プロジェクトでのみ実施された。
- ②イ GOSATに搭載されるフーリエ変換分光器センサーと類似の仕様の地上モデル (BBM) から求めた二酸化炭素カラム濃度と、直接測定データから求めた濃度を比較した結果、BBM解析の際の二酸化炭素の吸収波長帯を適切に選定すれば、両者は2%の範囲で一致することがわかった。また、エアロゾルを考慮することによって、5ケースのうち3ケースはBBMから求めたデータがin situのデータに0.2～0.4%ほど近づくことがわかった。基本的にデータ処理手法に大きな誤りのないことが実証された。
- ③ア インバースモデルの月別・全球64分割への向上については、一部のモデルについて完了した。これにより、現実的な衛星観測データの利用に一步近づいた。
- ③イ 全球レベルの衛星観測データの利用を目的として、インバースモデルの高速逐次処理アルゴリズムを、時刻に依存した月平均フラックスのインバージョン (22地域×15年) によりテストした。
- ③ウ インバースモデル推定における現実的な領域のサイズと時間分解能を検討するため、空間的フラッ

クスの空間的な相関解析を実施した。

- ③エ 観測された大気中CO₂の季節変動サイクルにフォワードモデルによる計算値がうまく適合するように、生態系データベースを一部整備し、生態系モデルパラメータの最適化を行った。更にそれに基づきインバースモデルを設計した。これにより、炭素収支の地域間の差や地域レベルでの季節変動がモデルにより再現されるようになった。
- ③オ 全球炭素収支推定のためのインバースモデルのプロトタイプを、全球22地域のレベルで確立した。

(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18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、気候変化に伴う極端現象の変化メカニズムの解析を進めるとともに、20世紀中における極端現象の変化傾向のモデルによる再現性を検討する。また、モデルの不確実性と自然変動の不確実性の両方を考慮した確率的予測について検討を行う。
- ② (影響・適応モデル研究) 影響モデルについて、極端現象の変化を考慮した水資源・健康・農業影響の評価を行うとともに、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を検討する。また、水資源影響モデルと気候モデルの結合のための準備作業を行う。
- 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、今後50年スケールでの気候変化に伴う農業生産性の変動と、社会経済の発展シナリオを考慮して、陸域生態・土地利用変化を予測するプロトタイプモデルを開発するとともに、土地被覆情報等のモデル入力情報の整備を行う。

平成18年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 年々の自然変動の不確実性を考慮した近未来の気候変化予測のための予備的解析として、初期条件の異なる10本の近未来予測実験を行い、特に極端現象の出現頻度に注目して解析を行った。この結果、大規模な火山噴火が無いなどの条件下で、気候の自然変動の不確実性を考慮しても、今後25年程度の近未来に陸上のほぼ全域において夏季の極端に暑い夜の日数が増えることなどが予測された。この成果は、自然変動の不確実性を定量的に考慮した近未来の気候変化予測として世界初の試みである。
- ①イ 長期の気候変化の主要な不確実性の要因である雲のフィードバックについて、気候モデル間の違いを詳細に比較する手法を開発するとともに日英のモデルに適用し、日英のモデル間で雲フィードバックに違いを生じさせる仕組みを明らかにした。
- ①ウ 土地利用変化が気候に与える影響を評価する実験の準備を行った。
- ②ア 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を用いて、高解像度気候モデルによる日単位の気候変化予測シナリオに基づく、将来100年の水資源予測実験を行った。これを将来100年の人口等の変化から予想される水需要変化と組み合わせ、将来100年の水需給バランスの評価を行った。この成果は、水需要と水供給の季節的なミスマッチを考慮に入れた世界初の全球規模影響評価である。
- ②イ この水資源モデルの改良作業および気候モデルとの結合のための準備作業を行った。
- ②ウ 年々の自然変動の不確実性を考慮した近未来の気候変化シナリオに基づき、社会が実感しやすい影響評価を行うために、気候モデルの結果から水害の被害額を大まかに推計する推計式の開発作業を進めた。

- ③ア 陸域生態系モデル (Sim-CYCLE) を用いて、I P C C - A R 4に含まれる各種の気候変化予測シナリオに基づく off-line 実験を行った。生態系モデルの改良点としてエロージョンによる土壌流失を加え、降水量変動や土地被覆変化に伴う土壌炭素収支の予測精度向上を図った。
- ③イ 森林減少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森林面積の減少の推定を行いうると同時に、土地利用変化に起因する温室効果ガスの排出を全球規模で推定を行った。
- ③ウ 既存の複数の土地被覆図を独立で検証する新たな手法を開発した。複数の土地被覆図の精度検証を行なった。また、複数の土地被覆図からより高精度の新土地被覆図を開発した。新土地被覆図は、生態モデルや土地利用モデルなどに利用され、予測精度の向上に貢献した。

(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18年度の研究成果目標

- ① (脱温暖化ビジョン・シナリオ作成) 脱温暖化社会を実現するための2050年における我が国の排出レベルとその社会像を描き、温室効果ガス排出構造に影響を及ぼす要素についての定量化を行う。また、他国の脱温暖化シナリオ構築との連携を図り、世界全体の脱温暖化社会について検討する。
- ② (気候変動に関する国際政策分析) 炭素市場メカニズム等の各種制度を評価し、問題点の整理を行うとともに、諸制度の動向調査を行い実効性について分析する。また、2013年以降の枠組みについて、特に京都議定書発効が同課題に関する国内政策に与えた影響の調査等を実施する。
- ③ (気候変動対策の定量的評価) 我が国を対象とした温暖化対策の費用・効果分析、アジア主要国を対象とした緩和・適応策と各国のミレニアム開発目標の実現可能性の分析、世界のエンドユースモデルを用いた排出削減ポテンシャルの推計を行うとともに、中国、インド、タイ等のアジア主要国を対象として、シナリオ開発のためのモデル開発支援を行う。

平成18年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 2°C目標に対応する全球での許容可能な排出経路を同定し、2050年における日本の排出削減目標値が、概ね60-80%に含まれることを確認した。日本を対象に、複数のモデルによる定量的な分析を行うことで、2050年に想定されるサービス需要を満足しながら、主要な温室効果ガスであるCO₂を1990年に比べて70%削減する技術的なポテンシャルが存在することを明らかにした。本成果を環境省と共同で記者発表を行うことで、脱温暖化社会の必要性について内外に広くアピールした。
- ①イ 中国、インド、タイ、ブラジルの研究者と2050年脱温暖化シナリオ構築のための共同研究を開始した。日本脱温暖化社会を分析するために構築した定量化モデルを、各国に適応することで、それぞれの国の2050年シナリオ構築をサポートした。
- ①ウ 2006年2月に開始した日英共同研究プロジェクトでは、6月に19ヶ国・地域から54人の専門家と6つの国際機関が参加したワークショップを東京で、11月にインド、日本、イギリス、南アフリカ、ドイツ、中国の専門家によるCOP12のサイドイベントをナイロビで、12月にモデル会合をオックスフォードで開催した。低炭素社会は、そこに至る道筋は異なるものの、先進国と途上国が共通に目指すゴールであるとの認識が共有された。
- ②ア 次期国際枠組みの制度提案に関する論文をレビューした結果、京都議定書発効前に実施したレビュー結果とは傾向が大きく変わり、近年の提案では京都議定書と気候変動枠組条約の二本立てとなっている現状をふまえた提案が急増していることが把握できた。

- ②イ 上記条約・議定書を取り巻く多様な関連活動（G8、APP、EU/ETS、米国内排出量取引等）が条約・議定書プロセス、および国際的取り組みそのものに対して及ぼす影響について検討した。このような多様な活動は10年前の京都議定書交渉時には存在しなかったことを鑑みると、今後は必ずしもすべての交渉要素を条約・議定書で対象としなくてもよい可能性が指摘される。
- ②ウ 現在多くのアジア諸国は、次期国際枠組みによって社会経済的影響を受ける可能性が高いにもかかわらず、交渉に建設的に参加するための能力を十分に保持していないという課題を抱えているためその能力を増強する必要があるとの認識に基づき、昨年度から開始したアジア政策ワークショップの第2回会合をジャカルタにて開催し、国内の政策決定過程の比較分析等を実施した。
- ③ア 我が国を対象とした温暖化対策の費用・効果分析のために、革新技術の情報を集約してモデルを改良し、短期的な対策と長期的な対策の両面から費用・効果分析を行った。
- ③イ アジア各国の温暖化政策評価支援のために、中国、インド、タイ、韓国、インドネシア、マレーシアから研究者を招聘しトレーニング・ワークショップを開催し、各国モデルを開発・改良し、各国の問題に対応した分析を行った。
- ③ウ 中国では2005年から2010年までに対GDPのエネルギー効率を20%改善するという目標を掲げており、その現実性を評価するため中国を対象にエンドユースモデルと応用一般均衡モデルを統合して、分析を行った。インドを対象に石炭から天然ガスにシフトした場合の費用・効果、タイを対象に交通部門におけるバイオエネルギーの導入効果などを検討した。
- ③エ 大気汚染や水資源などの地域の環境を分析するモデルを開発・改良し、温暖化対策の副次効果としてミレニアム開発目標達成について検討した。
- ③オ これまでCO₂排出量の分析が中心であった世界のエンドユースモデルについては、CH₄、N₂O、Fガスのモジュールを追加し、温室効果ガスの削減ポテンシャルを推計した。
- ③カ AIMモデルの結果はモデル比較プロジェクトや各国のシナリオ分析を通じて、IPCC第4次評価報告書に情報提供した。

（5） 関連研究プロジェクト

平成18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）様々な気候変動要因を切り分けた場合の20世紀気候再現実験のアンサンブルメンバー数を増やし、地上気温に加えて対流圏中・上層の気温や海洋表層の平均水温などについて解析を行う。また、異なる気候感度を持つ複数の気候モデルによる同一設定の実験結果を解析し、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）選出した温暖化影響指標の過去長期的変動を推定するため、指標と主な気象要因との関係を求める。また、高山植生の変化について、調査対象域を拡大する。さらに、衛星データを活用し高山帯の雪環境を把握するため、推定精度が悪かった森林エリアについて判定方法を確立する。
- 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）間伐や伐採の人為的な影響を考慮した地上部バイオマス量の推定手法を開発し、日本におけるCO₂吸収量の算出を行う。
- ④（太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価）島嶼国のマッピング技術に関して検討し、地形図、土地利用図などの作製を行う。全球規模での島嶼の形成維持要因の解析を行う。
- 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）サンゴ礁のマッピングに対する衛星センサーの分類精度評価を行うとともに、分類精度向上のために新たな解析手法を開発する。

- ⑥ (温暖化の危険な水準と安定化経路の解明)「危険な影響」を如何に決定すべきかについて議論する際の科学的情報提供に向けて、気温上昇と既存の温暖化影響知見を格納したデータベースを構築する。水資源、健康などの分野について、全球規模の影響評価モデルを開発・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)を開発するとともに、目標とする安定化濃度別の影響を定量的に評価する。
- ⑦ (温暖化政策を評価するための経済モデルの開発) これまでに開発してきたモデルの改良、データ更新と、改良したモデルを用いた様々な温暖化政策の定量化
- ⑧ (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) 環境イノベーションオプション(定量的なアジア各国のデータを含む)を整備し戦略的データベースの拡充を図りイノベーション戦略を検討する。UNEP/GE04での将来シナリオをベースとして、アジア主要国を対象として、温室効果ガス排出量、土地利用変化、大気汚染物質排出量などの環境指標の変化を推計する。

平成18年度の研究成果(研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 一部の20世紀気候再現実験について、アンサンブルメンバー数を10まで追加した。これに基づく統計解析を海洋表層水温や極端な気象現象などにも適用した。熱帯夜や冬日などは20世紀後半の50年間で有意に変化(熱帯夜は増加、冬日は減少)しており、温室効果ガスによる変化傾向の一部をエアロゾルが相殺していることなどを示した。これらの成果は、いずれも、近年の温暖化が人間活動に起因することを支持するものであり、温暖化対策の必要性を説く根拠の一つとなり得る。
- ①イ 気候感度の異なる気候モデルを用いて、超大規模(ピナツボ火山の100倍)火山噴火を想定した実験を行い、噴火に伴う気温低下は気候感度に無関係であるものの、気候感度が大きいほど、気温低下からの回復の緩和時間が長い(回復に時間を要する)ことを示した。今後も解析を継続することにより、自然要因に対する気候応答の不確実性に関する新たな知見が得られることが期待される。
- ②ア 選出した指標であるキタダケソウ(北岳)とヒダカソウ(アポイ岳)、ミズバショウ(尾瀬)、クロユリ(白山)の開花時期や千蛇ヶ池雪渓の越年規模(白山)などの指標と主な気象要因との関係を得た。これを用いることにより、既存の過去の気象データから、指標の過去の長期変動が推定できる。
- ②イ 聖平(南アルプス南部)においても、地球温暖化の影響が確実視されているシカによる高山植生の変化が認められた。これは、モニタリングとしての重要性ばかりでなく、自然保護の観点での重要性も指摘できる。
- ②ウ 森林エリアについて雪の有無の判定方法を確立した。これにより、衛星データを活用した高山帯の雪環境把握のための方法がほぼ満足できる精度で準備できた。
- ③ア 陸域生態モデルの拡張を行い、間伐及び伐採を考慮可能なモデルの開発を行った。このモデルでは、生理学的なパラメータの他に林学的な経験パラメータを導入した。本モデルを用いて愛媛全県を対象として計算を行いたところ、森林簿と蓄積表を用いた推定の10%過小評価となった。この要因を分析したところ、既存の方法は間伐の影響が過小となっていると推定された。
- ④ア 空中写真測量を用いた地形図作製、衛星データを用いた土地利用図の作製、海岸線抽出を行い、精度評価を行った。
- ④イ ツヴァルを対象として、これらに基づいて過去から現在にかけての土地利用、地形変化を明らかにし、社会経済的な要因とあわせて、現在の脆弱性が、人口増加にともなう元湿地への居住地拡大という地域的な要因に規定されていることを示した。また、島の形成に、波のエネルギーと潮位差が重要

であることを示した。

- ⑤ア 新たに打ち上がった ALOS ANVIR2 のデータを収集し、分類を開始した。
- ⑤イ 地形情報を用いたサンゴなど底生生物の分類精度向上を目的として、多時期の画像の汀線を用いた潮間帯地形のマッピング方法と、写真測量を用いた浅海底地形のマッピング手法を開発した。
- 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、「温暖化影響データベース」を開発した。このデータベースには、①異なる影響分野を全球平均気温上昇などの共通軸で整理することで、統合的評価を可能とし、②膨大な影響知見を政策決定者が容易に確認でき、③シナリオや時間変化、GMTI による影響の将来予測の幅を明示することができる、などの特徴がある。
- ⑥イ 全球規模の影響評価モデル（水資源、健康、農業）を開発・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）を開発した。また、開発した影響関数を、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]）に組み込み、各種の温暖化抑制目標の下での影響の定量的検討を行った。
- ⑦ア 環境税の導入による影響、道路特定財源の税率変更時における自動車起源の大気汚染物質の排出変化の定量化を行った。
- ⑦イ 脱温暖化研究（中核4サブ1）で使用する動的最適化モデルを開発した。また、世界経済モデルに温暖化によるコメ・コムギの生産性の影響・適応策を評価するモジュールの組み込みを行った。
- ⑦ウ 超長期ビジョン研究で活用する日本を対象とした温暖化とその他の環境問題の総合的な解析のためのモデルを、社会環境システム研究領域と連携して開発した。
- ⑧ア 技術、制度、管理に関する環境イノベーションオプションについて、アジア各国における定性的および定量的な情報を収集・整理し、戦略的データベースを拡充した。
- ⑧イ 戦略的データベースと、環境-経済統合モデルとのインタフェースを改良することにより、インドにおける気候変動対策シナリオとして、炭素制約シナリオと技術推進シナリオの2つを取り上げ、CO₂排出量と対策の経済影響について推計した。
- ⑧ウ UNEP/GE04の4つのシナリオ（市場優先シナリオ、政策導入シナリオ、防衛シナリオ、持続可能シナリオ）を取り上げ、それぞれのシナリオ下での、温室効果ガス排出量、土地利用変化、大気汚染物質排出量、安全な水にアクセスできる人口比率などを推計し、UNEP/GE04（国連環境計画が発行する地球環境白書）に情報提供した。

(6) GOSAT定常処理運用事業（その他の活動）

平成18年度の研究成果目標

- ①計算機システムの導入に関する基本設計と一部詳細設計を実施する。また、定常処理運用システムの一次導入を。更に、研究により開発されたデータ解析手法（アルゴリズム）に基づいて、計算機のプログラム開発とシステム開発を開始する。

平成18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に関する担当業者を選定し、基本設計と一部詳細設計を完了した。定常処理運用システムのための計算機設備の一次導入を行った。これに基づいて今後の当システムが具

体的に開発されることになる。

- ①イ 研究開発されたデータ解析アルゴリズムを本システムに反映するための調査を行い、アルゴリズム基準書として基本事項を整理し、システム開発を開始した。

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	5	13				18
(19年4月)	(28)	(72)				(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

4.3点

(2) 外部研究評価委員会の見解

本プログラムは目標が明確であり、中核プロジェクトの設計も適切である。IPCCレポートに多数の研究結果が取り上げられているが、今後もこの点では本プログラムの存在感をより明確にし、世界の研究をリードしていける成果を挙げられることを期待する。航空機観測、海洋観測（船舶）、地上観測の観測体制を整備して、データを積み上げていることは高く評価したい。国内の広く行われている温暖化研究において、本プログラムが拠点機能を果たし、未来の「脱温暖化社会」の姿を世界的視点で具体的に示して欲しい。すなわち、将来の国全体としての研究のセンター機能としての役割を果たすことも重要である。そのためにも、各中核プロジェクトの成果を最終的な着地点である中核PJ-4の「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」につなぐことが必要で、わが国はどうしたらよいかという問いに対する答えの道筋を用意してほしい。現在、地球温暖化は、一般市民の関心を集めている問題であり、本プログラムの成果を明快な情報として広範に発信していく努力が必要であろう。

(3) 対処方針

各中核プロジェクトの成果を最終的な着地点である中核PJ-4の「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」につなぐことに留意し、中期計画で示した方針に沿って、航空機観測、海洋観測（船舶）、地上観測、衛星観測などによる観測的研究、将来予測に基づく温暖化リスク評価研究、さらに「脱温暖化社会」構築に向けたシナリオ・ビジョン研究まで、相互の連携を図りつつ研究を進めていく。これにより本プログラムの存在感を示し、わが国の温暖化研究のセンター機能としての役割を果たすとともに、IPCC次期レポートに研究成果を提供し貢献していくよう努める。また、一般市民に向けての情報発信は重要と考えており、効果的な情報発信を行う。

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P J」）として、以下の4課題を編成した。

- ・近未来の資源循環システムと政策・マネジメント手法の設計・評価
- ・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

中核P J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。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、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”等の研究課題にも取り組む。

なお、循環型社会研究プログラムの内容は、資料11末の参考資料に示す平成18年度外部研究評価委員会の事前説明見解とそれに対する対処方針を踏まえて確定されたものである。

1. 2 研究期間

平成18～22年度

1. 3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	467					
その他外部資金	607					
総額	1,074					

1. 4 平成18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・マネジメント手法の設計・評価

平成18年度の研究成果目標

- ①様々な社会条件の変化とそれに伴う物質フローの変化に関する定性的な因果関係を網羅的に整理し、これらの変化を定量的に表現するための手法について検討する。
- ②資源循環技術システムを循環資源・廃棄物の種類、空間的特性、技術の原理などによって類型化し、国内外のレビューを行い、評価の対象とする近未来のシステムの一次的な設計を行う。
- ③国と自治体において各種法制度・政策の下で進められている取り組みの効果を計測し、国外の諸制度との比較考察などを含めて実態を明らかにする。また、循環・廃棄物マネジメントを支援するための指標・勘定体系における現状の課題を整理し、不足している事項について指標の作成や勘定項目の検討を行う。

平成18年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 様々な社会条件の変化とそれに伴う物質フローの変化に関する因果関係の第一段階のモデルを作成できた。因果関係のモデルでは、廃棄物系バイオマスやストックされている社会インフラの更新に伴う土石系循環資源、在宅介護に伴う廃棄物など、近未来の資源循環のターゲットや必要となる対応技術や政策等が抽出された。また、今後の消費は、技術革新による環境効率の向上をもたらす環境負荷の低減効果を相殺せずに成長することが重要であると考え、全国レベルの物質フロー（消費）と技術の環境面での成長速度を定義し、両速度の相対的な関係を理解するための簡易指標を提案した。さらに、事例研究として、現在のわが国の家計消費を対象にCO₂排出に関して指標の値を算定し、総じて消費の成長速度がCO₂削減の技術向上の速度より速いことを示唆した。
- ② 循環資源の需給バランスの近未来予測を踏まえて、圏域レベルとして素材産業等の動脈産業と廃棄物処理を担う静脈産業とを連携し流通における港湾機能も組み込んだ鉱物系循環資源に対するシステムと、廃棄物系バイオマスの中で主に食品廃棄物に関する地域レベルのシステムを設計・提示した。その一部として、焼却残渣や食品廃棄物についてLCAに基づくシステム評価を行い、溶融飛灰の山元還元システムや、焼却、メタン発酵、BDF化のコンバインドシステムなどの優位性を示した。また、LCAによる各種リサイクルの最適化に関する評価方法を検討・提示した。
- ③ 一般廃棄物行政を対象として、自治体間のパフォーマンスを比較可能にするベンチマーキング手法に基づくマネジメントの枠組み及び評価指標を検討し提案できた。この成果の一部については、環境省が作成しつつあるガイドライン作成に貢献した。また、従来のような廃棄物処理費用の原価計算ではなく、物質循環の各断面での発生する費用や環境保全効果を表現できる廃棄物環境会計を提案するとともに、リサイクル・処理施設のライフサイクルコストをデータベース化する調査を実施した。従来あまり調査されていなかった廃棄物処理施設の建設以前にかかる各種費用や解体費用の調査を行い、施設の全ライフサイクルにわたるデータを得ることができた。使用済み電気電子製品の発生要因の結果から、95年から約10年における廃棄台数の減少はテレビの長期使用が大きく影響していることなどを示した。なお、家電リサイクル法の実態評価の研究成果は、法の見直しを検討している環境省ならびに経済産業省からの問い合わせや相談等に活用された。

(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18年度の研究成果目標

- ① プラスチック添加剤等を安全性確保の面からレビューし、有用性・有害性をもつ物質群を選定し分析法の検討を行うとともに、製品使用に伴う臭素系難燃剤等の室内及び家電リサイクル施設における挙動、環境排出に関する実態調査を行う。
- ② 水銀等有害金属については、物質のサブスタンスフロー、リサイクル・廃棄過程を含めた環境排出量の把握に着手する一方、短期的及び中長期的に優先性の高い資源性金属群を選定し、物質フローの整備に着手する。また、複合素材中の金属の試験方法を検討し、製品・廃製品中含有量のデータ取得を開始する。
- ③ 建設資材系再生品の環境安全性評価試験系のレビューと類型化を行い、利用形態と利用環境ごとに安全品質管理に必要な情報を提示し、新規の環境曝露促進試験や特性評価試験の必要性等を抽出する。従来型の特性評価試験についても、高精度化と簡略化を図る。

平成18年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 研究対象物質として、臭素系難燃剤及びリン系難燃剤を選定し、分析法開発、水溶解度やオクタノール水分配係数等の物性測定に着手し、一部、成果を得た。プラスチック中に含まれるRoHS規制対象物質等の含有量を非破壊、オンサイトで測定できる携帯型蛍光X線分析計を用いて製品のスクリーニングに着手し、精密分析を組み合わせるにより、効率的な試料選定や調査が可能となった。また、テレビ等の解体、破碎を行う家電リサイクル施設を対象とした調査を実施し、作業環境やプロセス排ガス、残渣中の有機臭素化合物について測定を行うとともに、テレビ内部ダストの除去や集塵機の利用といった防塵技術による作業環境濃度、環境排出量の低減効果について評価し、その有効性を確認した。また、テレビ内部ダスト中の有機臭素化合物について部材含有量分析を通じて起源推定を行い、基板及びケーシング双方からの移行可能性を明らかにした。
- ② 有害性金属として、水銀のサブスタンスフローを整備し、カドミウム及び鉛についても着手した。国際的管理物質として注目される水銀の国内フローでは、製品への使用量は年間10～20トンと少ないが、最近では液晶のへの利用量の増加が大きいこと、回収された水銀量は80トンであり不定期に輸出されていることも明らかになった。また水銀の大気排出インベントリー作成に着手し、リサイクル・廃棄過程を含めた環境排出量の把握に必要な排出係数を求めるために、文献レビュー及び各種廃棄物の燃焼実験等を行った。廃棄物燃焼を中心に、主要な排出源の排出量について、全体として9～29トンと推定した。この結果は国連環境計画（UNEP）の水銀プログラムへ日本の大気排出インベントリーデータとして提出される予定である。さらに、製品、素材、廃棄物等複合素材中の有害性・資源性金属の試験法として、手解体の部品・素材の分析のみならず、基板等資源回収される部品について、その後の不適性処理に伴う影響（潜在的な水系汚染等）を推定するための試験系（溶出試験及び燃焼試験）を加えた手法を確立した。また多種・多様な基板等の代表値を求めるためには多量試料を用いた燃焼残渣・ガス分析を併用することも提案した。パソコンをケーススタディとして詳細分析し、基板については、上記試験法を用いて潜在的影響量を求めた。資源性金属については、「資源性」の定義、すなわち優先性の高い金属群を選択する条件を明確にした。
- ③ 建設資材系再生製品に関する評価方法と許容基準について、レビューと類型化を行った。欧州建設製品指令や欧州各国の評価フレームなどレビューの結果を踏まえ、本研究における環境安全性評価試験フレーム案を提示した。従来型、新規型を含む各種環境曝露試験や特性評価試験の位置づけと必要性を明確化した。欧州で既に規格化されている従来型の特性評価試験をわが国の再生製品に適用した際の、攪拌強度等、試験結果に特に影響する因子を明らかにした。その中で「環境最大溶出可能量試験」については、精度評価を実施した。その他、環境曝露試験ではモルタル供試体について、各種試験法を適用し、中性化によってヒ素等酸素酸イオンになりやすい金属類の溶出が促進されることを見いだした。特性評価試験では欧州規格のpH依存性試験と連続バッチ試験を試行し、アルカリ性の強い試料への対処等、課題点を抽出した。また、再生製品を発生源とする発生源モデル、ならびにその後の土壌地下水環境への移動モデルの原案を構築した。

(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18年度の研究成果目標

- ①バイオマス資源・廃棄物のガス化-改質から十分な熱エネルギー（発電効率・発熱量）をもつガスが得られること、触媒の長時間耐久性試験評価により触媒活用のための基礎的知見を得ること、有効なガス精製技術の開発を進めることを主な目標とする。また、バイオフィューエル製造技術の高度化等の多様な利用技術開発にも着手する。水素・メタン2段発酵プロセスに関しては、対象バイオマスの発生特性等に応じたガス発生の解析・評価を行うほか、阻害アンモニアの制御手法開発を進める。
- ②乳酸発酵残さの養鶏飼料へのカスケード利用における各種条件を整理する。高効率リン回収技術・システムの規模要件および廃液特性等に応じた現状分析を行う。
- ③廃棄物系バイオマス等の地域賦存量等を把握しデータベース化とシステム基本設計、水熱反応処理等の要素技術開発等を行う。

平成18年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 比較的低温（850℃）の操作で無触媒のガス化-改質プロセスにより、発電等のエネルギー利用が可能と考えられる発熱量（1,000 kcal（4,200 kJ）/m³）以上のガスを木質原料から高効率で得られることを明らかにした。触媒の長期性能評価について、タール模擬成分の供給試験、および大型実験プラントを用いたガス化-改質特性の経時変化特性を把握し、次段階への課題を抽出できた。また、バイオディーゼル燃料（BDF）製造プロセスの最適化のための相平衡データの測定および相平衡推算モデルの適用性の評価を行った。さらに、未利用バイオマスの発酵プロセスへの受け入れに関して、液状廃棄物としての生ごみ等の基質特性を評価し、水素・メタン2段発酵システムにおけるガス発生特性等を明らかにした。MAP-ANAMMOX アンモニア除去システムの実証実験に向けて、MAP によるアンモニア除去・再溶解・亜硝酸・ANAMMOX の各リアクターの設計・運転パラメータを決定できた。
- ② 食品廃棄物を用いた連続回分方式の乳酸培養実験において、発酵廃液を全く出さないゼロエミッション型の食品廃棄物のバイオプラスチック生産・飼料化技術システムを構築した。液状廃棄物処理システムにおける長期安定的なリン除去のための適正な維持管理技術を検討すると同時に、枯渇性リン資源の回収技術として、分散・集中のスケールに応じた吸着法、鉄電解法および汚泥減容化とのハイブリッド化等のプロセス開発を行い、処理プロセスの基盤を構築できた。
- ③ 大量に発生している下水汚泥を対象とし、バイオマス固形燃料への質転換プロセス（乾燥、水熱処理、炭化）とセメント製造プロセスを連結した動脈・静脈一体化システムを設計した。対象システムについて、物質収支、エネルギー収支、燃料の性状データ等を取得し、下水汚泥焼却システムと比較した結果、石炭代替効果等による相当量のCO₂削減効果が認められた。

(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18年度の研究成果目標

- ① アジア地域における国際資源循環及び関連する国内資源循環の現状について、製品、物質という二つの側面から物質フローの概略を把握するとともに、各国における関連政策及びその評価手法開発のために必要な調査を実施する。
- ② アジア地域における E-waste をはじめとする資源循環過程に伴う POPs や水銀などによる環境汚染の発生状況について、既存の測定分析方法と結果をレビューするとともに、予備調査を実施する。
- ③ 途上国に適した技術システムの設計開発のため、アジア諸国における廃棄物管理システムについて、現況調査と比較研究による既存技術の最適化因子を抽出する。埋立地全体からの温室効果ガス排出量観測法については、地表面法などの検討を行う。
- ④ バイオ・エコシステムを適用した技術導入に関しては、汚水性状、バイオマス性状、汚濁負荷の質・量特性の調査に基づく地域特性評価を実施する。

平成18年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 家電製品やパソコンなどの E-waste、PET などの廃プラスチックに重点を置いて、国際的なフローならびに関連する国内フローを示した。E-waste については、業者などへのヒアリング調査、物質フロー分析等によって、国内フローを推定するとともに、輸出量の多くが貿易統計によって反映されないことを明らかにした。また、アジア諸国における国内フローの概略把握も試み、インフォーマルセクタの役割や、「見えないフロー」が多いことも確認した。PET などの廃プラスチックについては、貿易統計とヒアリング調査によって、独自ルートによる輸出量の伸びと費用その他の要因を把握できた。廃プラスチックは、輸出が多い中国国内における輸入プラスチックと国内発生プラスチックのリサイクルの状況も把握した。さらに、評価手法開発のための情報入手と概念整理によって、資源性が価格のみでは不十分であることを課題とともに示した。加えて、国際循環に関連する政策については、各国の規制と施行状況の入手・整理を行い、特に家電製品のリサイクルにかかる拡大生産者責任制度の導入状況を比較し、課題を論じた。2°C目標に対応する全球での許容可能な排出経路を同定し、2050年における日本の排出削減目標値が、概ね60-80%に含まれることを確認した。日本を対象に、複数のモデルによる定量的な分析を行うことで、2050年に想定されるサービス需要を満足しながら、主要な温室効果ガスであるCO₂を1990年に比べて70%削減する技術的なポテンシャルが存在することを明らかにした。本成果を環境省と共同で記者発表を行うことで、脱温暖化社会の必要性について内外に広くアピールした。
- ② 効率的なフィールド調査に資する技術としてのバイオアッセイ適用研究を、現地で採取した土壌試料等を対象に実施した。ダイオキシン類縁化合物の毒性を検出するバイオアッセイと化学分析を実施し、測定値間の相関性や、毒性に寄与する物質のプロファイルの解析を明らかにした。また、埋立地に投棄された E-waste に含有される臭素系難燃剤に関して、その環境移行挙動メカニズムについて知見を得るための難燃プラスチックへの太陽光照射ラボスケール実験、アジア埋立地を模したシミュレーターを用いた浸出水中の臭素系難燃剤の化学分析を開始した。さらに、E-waste の国際移動に伴う金属フローの基礎情報としてパソコンをケーススタディとした存在量を把握できた。また潜在的有害性についてプリント基板の排出・蓄積量把握の試験法を確立できた。また不適切な最終処分形態による POPs 及び金属の大気系排出について、都市ごみの非制御燃焼実験により推定した。
- ③ 途上国に対する排出源分別の導入因子を抽出するため、我が国における排出源分別を成立させる歴史

ならびに社会的背景をヒアリング調査等によって検討した。有機性廃棄物埋立回避による温室効果ガス削減効果をその他の環境保全効果と同時に評価するライフサイクルアセスメント手法を、アジア数都市の事例に適用した。レーザーメタン検出器と閉鎖式チャンバー法による埋立地ガスの地表面フラックス計測法を我が国およびタイ国の処分場において検証し、新たな手法として確立できた。さらに、「第一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、アジア都市における廃棄物ストリームの特徴等について議論した。

- ④ 技術導入に関する汚濁負荷の質的・量的特性の調査として、中国との共同研究により、国内とは異なる中国の生活排水組成が明らかになり、アジア地域への展開において、地域における発生源単位特性を踏まえた技術開発・移転の重要性がわかった。また、高温短期負荷性能評価装置が整備され、施設を活用した高度分散型排水処理技術開発が可能となった。さらに、傾斜土槽法による生活排水処理技術の開発を実施し、原水流入パターン調整等の最適化によって、高度な窒素除去を可能とする運転操作条件の基盤が確立できた。また、植栽・土壌浄化技術による技術開発を行い、有機物除去能、栄養塩類除去能、 CH_4 の発生速度等と根圏部に生息する微生物群の質的量的特性との間に重要な関係があることなど操作条件の適正化要因が明らかになってきた。

(5) 廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究

平成18年度の研究成果目標

- ① (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) 有害性と汚濁性に関する埋立適格性カテゴリーの項目設定を行い、含有される有害物質の種類と含有量、ならびに埋立後の性状変化や環境放出ポテンシャルの把握を順次開始する。地域ブロック毎に産業廃棄物品目の移動状況を把握すると共に、破碎・選別技術として重金属類と有機物の高効率な分離を行う技術開発に着手する。最終処分場の安全・安心を確保するため、埋立工法、経過時間、廃棄物の質等が、浸出水や埋立地ガス等の安定化に与える影響を、現場調査および室内実験等により把握・整理するとともに、処分場の類型化に着手し、環境影響解析システムとしてGISを援用した情報の可視化を行う。また、維持管理品質に関わる検査・管理・保証システム開発に着手すると共に、埋立廃棄物の再生技術に関する過去の事例をまとめる。さらに焼却・ガス化溶解等の熱的な処理施設の実態、改善点等を明確にし、さらに炭化施設等新規施設の実態解明を進める。未規制物質を含めて排ガス・残さ等の実測調査、発生源モニタリング手法の適用可能性調査を行う。
- ② (試験評価・モニタリング手法の高度化・体系化) 次期POPs候補物質等の分析手法に着手し、循環・廃棄物処理についてモデル的なプロセスを設定及び発生状況調査を行う。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検討する。ダイオキシン類のバイオアッセイに関し、精度管理手法について検討し、そのために必要な測定データの収集を行う。また今後評価すべきアッセイエンドポイントの検討を行う。
- ③ (液状・有機性廃棄物の適正処理技術の高度化) し尿、生活雑排水、ディスプレイ排水等の処理技術の性能、維持管理状況、感染性微生物リスク等の観点を踏まえた現状分析および既設単独・合併処理浄化槽を高度処理化するシステム改変技術における改善手法、汚泥、植物残渣等の資源化技術の調査・検討を行う。また、地方自治体環境研究機関等との共同研究を活用して、浄化槽や土壌・植栽処理生態工学システム等について、ラボスケールや実際の処理装置を用いて、除去機構や処理水のアオコ増殖等に対する生態影響等を含め、解析評価を実施する。これらの処理システムの性能評価における分子生物学的解析、微生物リスク等を踏まえた適正評価手法、温室効果ガス発生抑制、栄養塩類除去機能付加等における環境改善効果の評価手法を検討する。

④（廃棄物の不適正処理に伴う負の遺産対策）不適正最終処分場や不法投棄サイトの修復対策事業において、周辺環境に適合した最適な技術選定を行うためのプログラム開発に着手する。また、廃PCB処理事業に関してフォローアップ調査を行うとともに、作業環境中PCBのモニタリング手法を検討する。さらに、今後適正管理が必要とされるPCB以外のPOPs様物質をリストアップし、その物性や製造量や使用量、用途等について調査を実施する。

平成18年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① 環境影響評価を行うための安定化メカニズムや、浸出水処理操作、底部遮水工の評価を実施し、海面処分場の維持管理技術システムを検討するため、以下のことを実施した。中間覆土の物質移動特性が安定化促進の重要な因子となることを確認するため、ライシメータに2オーダー以上の産業廃棄物4品目を混合した2本のライシメータを作成し、充上下面に設置する覆透水係数に差を与えた覆土で挟んで充填して、内部の安定化の違いをモニタリングした。高透水係数覆土では、洗い出しが大きく、好氣的であり、温度が上昇し、TOCの分解速度も高くなり、安定化が促進されることを確認した。また、海面処分場の維持管理手法として保有水の水位管理手法—暗渠を埋設した線制御と暗渠に水平排水層を併せた面制御について模型土槽実験を実施した結果、線制御では管理水位以下の保有水を吸い込み、安定水質までに長期を要すること、面制御では管理水位以下の保有水は動かず、管理水位を厳密に制御可能となり、短期間で安定水質に達することを確認した。これは、環境省の海面最終処分場の閉鎖・廃止基準適用調査報告書に反映された。さらに、熱処理プロセスにおける環境負荷性、資源化性を適切に管理する手法を提示するための要素技術としての排ガスモニタリング技術およびその適用手法を開発するため、実施において排ガス中有機ハロゲンの連続モニタリングを実施し、変動特性とプロセスデータ等との関係性データを蓄積した。
- ② 次期POPs候補物質等として、ニトロPAH、ベンゾトリアゾール、有機フッ素化合物（PFOS）等を取り上げた。排ガス中のニトロPAH36種類について数ng/m³Nレベルで検出するためGC/HRMSやGC/NCI/MSによる分析手法を確立した。ベンゾトリアゾール類はLC/MS/MSによる分析手法を確立した。また、PFOSについて光分解物のLC/MS、GC/MS分析を行い、光分解経路及び低沸点のフルオロアルカンの生成等を明らかにした。ダイオキシン類検出のためのDR-CALUXバイオアッセイを用いて食品、飼料を対象とした国際相互検定研究に参加し、結果の解析から再現性に影響する要因が抽出され、データ評価有用な情報を得た。DR-CALUXに代表される芳香族炭化水素受容体結合レポーター遺伝子アッセイの日本工業規格通則案の作成に関与し、試験方法及び精度管理方法の文案について取りまとめた。溶融スラグの鉛に対し、現場適用可能な日常モニタリング試験法として、カートリッジ式ボルタンメトリーによる溶出量・含有量試験法を検討した。定量、感度・精度に影響する因子であるpH及び共存物質の影響を調べ、妨害する銅について錯イオン形成法を採用することにより溶出量及び1N塩酸抽出による含有量の定量法として確立した。
- ③ 生活排水および生ごみ等の液状廃棄物処理プロセスの高度化のための基質特性等を評価し、排水中の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ー解析を行い、「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、植栽・土壌浄化技術についても温室効果ガス発生特性や流入パターンと酸化還元状態の解析等を踏まえ、小規模事業場や一般家庭等からの負荷低減に向けた技術基盤を構築できた。

- ④ 総務省消防庁消防大学校消防研究センター、財団法人産業廃棄物処理事業振興財団、大成建設株式会社との共同研究により、堆積廃棄物の消火技術の開発と実証実験を実施し、消火に必要な機器類の確認や、制御方法、モニタリング手法、適用限界について検討し、技術選定プロトコルを作成した。また、プラスチック添加剤である顔料に不純物として混入するヘキサクロロベンゼン（HCB）及び紫外線吸収剤等で使用され化学物質審査規制法の第一種特化物に指定される 2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ブチルフェノール含有廃棄物の廃棄過程での挙動を把握するため、熱処理プラントで実験を行い基礎情報を得るとともに、今後排出レベルの評価及び適正処理方法について環境省に提言する予定である。

(6) 基盤的な調査・研究

平成18年度の研究成果目標

- ①（廃棄アスベストのリスク管理に関する研究）アスベスト廃棄物の熱処理による無害化処理を確認するため、分析が必要な各種試料に対し、高感度・高精度の透過型電子顕微鏡／電子線回折／エネルギー分散型検出器（TEM/ED/EDS）を中心とした試験方法の開発に着手する。具体的には、熱処理から発生する排ガス及び熱処理物に適用しうる試験方法として、試料採取から前処理を経て TEM による計数法の検討を行うとともに、熱処理過程におけるアスベスト繊維の物理形状、結晶構造、化学組成を X 線回折及び TEM 等で確認し、同時に熱変化を経たアスベスト繊維の毒性評価を行う。初年度はクロシドライト及びクリソタイルの熱処理物の *in vitro* 細胞毒性試験を行う。
- ②（資源化に係る基盤的技術の開発）廃棄物から各種有用マテリアルが選択的にかつ迅速・高収率で回収可能な技術的手段を広く調査しデータベース化する。要素技術開発としては、とくに有機性廃棄物を対象として、高付加価値生理活性物質に適用できる高圧流体応用技術の操作因子等を実験により明確にする。
- ③（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、及び個別テーマのデータベースの枠組みを設計するとともに、データの収集・整備を開始する。個別のテーマは「資源循環、廃棄物処理の技術データ」「物質フローデータ」および「循環資源・廃棄物データ」に大別する。有機性循環資源に関しては前年度からの継続課題であり、本年度に公開する。また、地方自治体環境研究機関と連携しつつ、資源循環・廃棄物データの集積を図る。

平成18年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ① アスベストの透過型電子顕微鏡／電子線回折／エネルギー分散型検出器（TEM/ED/EDS）を用いた高感度・高精度分析法の開発に関して、計数及びアスベストの判定方法を統一した上で、熱処理物や土壌、またこれらにアスベスト標準物質を添加した共通分析試料を作製し、複数機関による分析を実施することができた。アスベスト標準試料や熱処理物試料のアスベストの分析結果は機関間でよく一致したが、土壌試料ではばらつきが見られた。また、クリソタイル及びクロシドライト標準物質を 100℃おきに温度を変化させて熱処理を行い、熱処理後物の X 線回折による確認を行った。クリソタイルでは、600℃以上で X 線回折パターンがフォルステライトに変化した。クロシドライトでは、800℃以上で回折パターンの変化が確認された。クリソタイルを 800℃で熱処理した試料について、TEM による繊維状物質の確認を行い、ED 及び EDS 測定の結果、繊維状物質がクリソタイルでないことを確認した。さらに、クリソタイル標準物質の熱処理物について、マウスとラットの肺マクロファージ及びラットの肺胞上皮細胞の生存率を基にした *in vitro* での毒性評価を行った。マウスのマクロファージでは、600℃以上で顕著な毒性減少が認められ、800℃以上でほとんど毒性が認められなかった。一方、ラッ

トのマクロフェージでは、未処理の試料に比べて熱処理後の試料で生存率の低下が強くなる傾向にあり、600℃で処理した試料が最も影響が強かった。ラットの肺胞上皮細胞でも同様の傾向にあった。

- ② 高压流体による「おから」からの高付加価値ビタミンEの選択的抽出およびそのための前処理方法を検討した。流体粘度が0.070mPa・s前後、密度が0.79g/cm³前後となる圧力・温度条件で高抽出率が得られること、粗脂肪より早く抽出されることから時間区分によって他成分との分離を図り抽出の選択性を高められることを明らかにした。前処理としての試料粉碎における粒径分画特性と抽出率との関係等諸特性を求めた。オートクレーブ/遠心分離処理により液相・固相に分離後、固相から上記条件による抽出でビタミンEが回収できること、液相成分は成分組成分析により発酵への応用が図れることを示した。一方、文献・特許調査およびバイオガス/焼却複合施設等の実機調査により環境技術の開発状況をレビューできた。
- ③ 食品産業を日本標準産業分類表にしたがい、小分類と細分類で分類した有機性廃棄物発生量原単位(従業員1人当たり1日当たり)、及び細分類事業から採取した食品廃棄物の組成データを取りまとめ、食品廃棄物の細分類業種別組成ならびに発生量原単位データベースとして公開を行った。また、わが国の標準産業分類にしたがった食品廃棄物「物質フローデータ」については、石油製品・石油化学製品のフローに関するデータの収集・整備を進めた。マクロ統計と技術プロセス情報等をベースとした物量勘定表の推計方法による物量勘定表の試作に関して、1980年から1989年、2004年について公開済みのものと同様のデータを整備するとともに、不整合データの精査を行った。また、熔融スラグ及び土木利用される材料の無機物質に関するデータベースを整備した。

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	15				18
(19年4月)	(17)	(83)				(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

それぞれ質の高い4本のプロジェクトが順調に研究を進めており、多数の成果も見られる。研究対象が多様な面もあり、産官学・府省連携の共同で行うべき研究開発も多いので、課題の優先度を明確にし、研究全体のロードマップの中に位置づけることが必要である。また、循環型社会形成に向けた技術開発については、資源循環を前提とするシステム作りを目指して欲しい。さらにこの分野での国際的な資源循環の視点は重要であり、特に環境に関する全体的なアジア戦略と関連して、現状調査のみではなく如何にあるべきかを議論して欲しい。本プログラムは現実の問題解決のための提言が重要であり、政策分野も視野に入れた情報発信を期待する。このような視点をプログラムに取り込むことにより、個別の研究も、より大きな意味を持ってくるであろう。

(3) 対処方針

研究の進捗状況及び成果について一定の評価をいただいたこと、また、的確な指針及び助言をいただいたことに、まず感謝したい。「現実の問題解決のための提言が重要」とのご指摘は、本研究プログラムが、前中

期計画では“政策対応型調査・研究”と位置付けられていた研究課題を継承・発展している経緯もあり、まさに従前より重要な使命として意識してきたことである。今後も、「政策分野も視野に入れた情報発信」につながる成果が着実かつタイムリーに挙げられるように努めたい。そのためにも、「課題の優先度を明確にし、研究全体のロードマップの中に位置づけること」によりプログラム全体としての所期の成果に結びつけるべく、各課題のボトムアップにとどまらない進行管理に留意したい。とくに、「資源循環を前提とする」技術開発・システム作りに各プロジェクトが一層連携し取り組むとともに他機関との連携を深めること、「国際的な資源循環の視点」を踏まえアジア各国も視野に入れた資源循環の将来ビジョンを構築していくこと、に留意しつつ取り組んでいきたい。

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。

なお、環境リスク研究プログラムの内容は、資料11末の参考資料に示す平成18年度外部研究評価委員会の事前説明見解とそれに対する対処方針を踏まえて確定されたものである。

1. 2 研究期間

平成18～22年度

1. 3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	230					
その他外部資金	608					
総額	838					

1. 4 平成18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18年度の研究成果目標

(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)

- ①-1 既存のGIS多媒体モデルや種々のモデルの階層的総合化のための基盤データ構造およびシステムの設計を行う。
- ①-2 地点個別推定精度の向上のため、フィールド調査等の結果を用いたモデルの改良を実施する。
- ①-3 地球規模動態モデルについて、GIS多媒体モデルを基盤とする拡張開発を行う。
(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)
- ②-1 河川水成分や大気中の粒子状成分及びセミボラタイル成分について化学分析法とバイオアッセイを併用したモニタリング手法に関する検討を実施する。
- ②-2 河川水や空気汚染の多面的評価に適した試料採取法・調整法の検討を実施し、手法の予備的な確立を行う。
- ②-3 メダカの初期生活段階試験などを行うために水質汚濁発生源からの試料採取法、前処理法、また毒性検出指標等の検討を行う。
(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)
- ③-1 不検出値を含むモニタリングデータに対する評価手法の開発および実測結果への適用について検討を行う。
- ③-2 残留性物質を例として東京湾におけるフィールド調査および室内実験の予備的検討を、PCB、PFOS等いくつかの物質群を対象として実施する。

平成18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

- ①-1 GIS(地理情報システム)に基づく動態計算においては、利用可能なGISオブジェクトとこれに付帯する属性データの系統的整理が必要であると考え、これまでの研究経験も踏まえて検討を行った。本年度は多摩川、大和川、日光川他数地域の都市地域における下水道処理区域、処理場および放流地点等をGIS多媒体モデルG-CIEMSにおいて利用可能なデータオブジェクトとして構築し、以下に述べる流域動態のケーススタディーの基礎として利用した。
- ①-2 上記において構築した下水道オブジェクトを利用しつつ、多摩川、大和川、日光川等の流域動態の計算を行い、環境および下水処理における分解速度、PRTTRの排出推定値、物質変換の状況、また、揮発-沈着速度など主要な動態関連要素が計算結果に及ぼす影響を検討した。同時に、この3流域において実施された詳細な物質動態の観測に基づく流域内各地点での河川断面負荷量・濃度とモデル推定値の比較を通じて、モデルの検証を実施した。モデル予測は地点精度としてほぼ全て観測値に対して10倍以内の幅に収まり、信頼性の高いモデル予測手法が確立された。また、下水道オブジェクトを通じた負荷量の集水機能を用いることで、主流部における観測精度は向上した。
- ①-3 全球2.5度分解能での地理データセットを構築し、PCB#153の地球規模動態を、グローバル化されたG-CIEMS多媒体モデルによる予測計算を行った。結果については今後さらに改良が必要であるが、まず、基本的な動態計算が可能であること、また、地域固有の寄与割合の推定などを試みた結果を学会において提示した。

研究のアウトカム

- ① 本年度はデータ構築やモデルの検証段階であり、直接的なアウトカムはまだ得られていない。しかし、本年度の成果目標はほぼ達しているため、次年度以降順次研究成果のアウトカムとしての貢献に進むことが出来るものと考えている。

研究のアウトプット

- ②-1 環境水の *in vitro* バイオアッセイによる曝露モニタリングを実施するための予備的検討として、C-18 FF 固相ディスク/メタノール溶出からフロリジルカラム分画を用いる新たな濃縮法を開発した。この予備的開発の成果を用い、地方環境研究所との共同研究により得られた全国8都道府県の環境水試料に対し、hER、medER、hRAR、hAhRの各レセプター結合性試験、および発光 *umu* 試験を適用し、これらの包括的曝露モニタリングによって環境水の特性を曝露モニタリングの観点から考察可能であることを示した。また、ウズラ卵内投与による *in vivo* 試験法により、*in vitro* の曝露モニタリングの結果から生体内への影響へ結びつける可能性を検討した。
- ②-2 大気中の *in vitro* バイオアッセイによる曝露モニタリングの予備的検討として半揮発性物質の濃縮法を検討し、指標物質の十分な回収率を得られる大気試料の濃縮法を開発した。この手法を用いて実大気数試料を濃縮し変異原性試験（マイクロサスペンション法）に供する予備的検討を実施した。この結果、従来はデータの少ない半揮発性画分から、粒子状成分の数分の一程度の変異原性が観測され、また、これらは季節により異なることが明らかとなった。
- ②-3 水生生物を用いた環境毒性の多面的評価、監視手法の確立のため、セリオダフニア繁殖阻害試験、ゼブラフィッシュ初期生活段階試験、緑藻増殖阻害試験、発光バクテリア発光阻害試験等を新たに導入するための予備的検討を行った。また、底質等の共存成分の生物試験への影響、魚類胚・子魚を用いる試験法、ケーシングによる環境水の直接監視手法、ニセネコゼミジンコを用いる試験法などいくつかの新たな試験法確立の可能性について検討を行った。

研究のアウトカム

- ② 今年度は、各試験法、試料調整、濃縮方法などそれぞれの手法確立と、これらの環境水・環境大気への予備的適用に関する予備的検討を実施した。このため、現時点で直接的な社会・政策等へのアウトカムにはまだ至っていないが、各試験の検討は計画通り進行しており、次年度以降順次アウトカムとして提供できる計画である。

研究のアウトプット

- ③-1 不検出値を含むモニタリングデータから95パーセンタイル値等の統計的代表値の統計的推定を行う手法を、ブートストラップ法を用いて構築した。既存のモニタリングデータの例を用い、実際に不検出値を含むデータから真の統計的代表値の推定が可能であることを示した。
- ③-2 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と将来の定量的把握のため、PCBおよびPFOS等の残留性物質の東京湾における水、底質および生物を含むフィールド観測、および底質から水生生物への移行に関する室内実験の予備的検討を平行して行った。この結果、東京湾内でのPCBおよびPFOSの水平および垂直分布と各物質間の相関などの特性が明らかとなった。また、底質から水生生物へのPCBの移行特性についての予備的知見が得られた。

研究のアウトカム

- ③ 不検出値を含むモニタリングデータから統計的代表値を推定する手法は、実際のデータを取り扱う環境行政の現場で必要な手法であり、今後、モニタリングデータを用いた曝露解析の行政あるいは研究的解析において広く適用しうる貢献になると考えている。

東京湾におけるPCB、PFOS等の観測結果については、まだ結果の解析を実施している段階であり直接の社会・行政へのアウトカムには至っていないが、東京湾におけるこれまでにない詳細な観測結果と解析として、環境汚染状況の的確な把握に貢献すると考えられる。また、底質から水生生物への移行実験の結果もまだ直接の成果には至っていないが、今後、残留性物質の長期にわたる生物濃縮の可能性について具体的な予測手法を与えるものと期待している

(2) 感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価

平成18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嗅覚閾値の検出、免疫過敏、神経過敏にかかわる情報伝達遺伝子の発現について検討する
- 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、脳形成、Toll様受容体発現、核内受容体遺伝子発現、神経変性疾患モデル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。また、変異原性のアッセイを用いて、発生過程での感受性の違いを評価する。

平成18年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア ヒトの生活環境中で身近に存在し、健康に悪影響を及ぼしうると考えられるVOCに関して、その嗅覚検知閾値をマウスにおいて求めるため、その実験計測系を作製した。一般的なオペラント箱に、におい嗅ぎ用鼻先挿入ポート、および2種類のガスをポートに送り込むためのハードウェア(電磁バルブ、流量計、エアポンプ)を増設し、それらを一括制御するためのプログラムを作成した。マウスでトルエン・ガスをを用いて調べた結果、ヒトでは数百ppbと報告されているトルエンの検知閾値が、マウスにおいては5ppb以下であることがわかった。実験系の作成、および嗅覚閾値の決定に近づけた。
- ①イ 免疫過敏モデル作成のため、C3HとBALB/cマウスを用いて低濃度トルエンの6週間曝露を行ったところ、抗原感作したマウスでは免疫担当細胞分画及びTh2サイトカインであるIL-4、IL-5、IL-13の産生が両系統で認められたが、トルエンによる修飾作用は認められなかった。一方、抗原感作がない状態では、C3Hマウスにおいてトルエン曝露によるTh2へシフトする傾向が観察された。脾臓細胞の細胞増殖反応においてはConA応答に対してトルエンによる修飾作用が観察された。IL-2の産生及びT細胞の活性化を示唆するSTAT5の活性化が、ゲルシフト法により観察された。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。特に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たが、系統差により全ての指標において同傾向を示すというわけではなかった。
- ①ウ 低濃度化学物質曝露と抗原刺激による神経-免疫相互作用における海馬での記憶関連および炎症関連遺伝子発現について2系統のマウスで比較検討した。その結果、低濃度トルエン曝露したC3Hマウス海馬におけるドーパミン受容体やCREBmRNA、及びTNF・の遺伝子発現は増強した。BALB/cマウスでは、CREB1mRNAとCaMKIVmRNAの抑制、及びカプサイシン受容体遺伝子発現の増加がみられるなど、

2系統におけるトルエン及び抗原刺激に対するシナプスを介する反応に明らかな違いのあることが検証できた。

- ②ア 妊娠 Long-Evans ラットにトルエンを鼻部吸入曝露し、トルエンを代謝する CYP2E1 の肝臓における発現を解析した結果、母体では発現を確認したが、胎仔の発現量は極めて少なかった。胎仔の血中テストステロン (T) 濃度は雌よりも雄において高く、明瞭な性差がみられた。雄の T 濃度はトルエンの曝露量依存的に低下し、0.9, 9, 90 ppm 曝露によって T 濃度の性差が消失した。雌の T 濃度に対するトルエンの影響はなかった。発達期のアポトーシスは脳形成および性分化に重要な現象である。そこで、性分化する脳領域である SDN-POA に着目し、SDN-POA の形成に関わるアポトーシス制御分子を検索した。生後 8 日齢では、アポトーシス実行分子である活性型カスパーゼ 3 の発現が雄に比べて雌において高かった。さらに、カスパーゼ 3 を制御する Bcl-2 および Bax の発現にも性差がみられた。以上のことから、トルエンの代謝能力が低く、代謝を母体に依存する胎仔では、低濃度でトルエン曝露による影響が認められた。
- ②イ グラム陽性菌細胞壁成分ペプチドグリカン (PGN) による経気道刺激が Th1 機能の発達またはアレルギーの抑制へと導くか否かを明らかにするために、離乳直後 (3 週齢) の BALB/c マウスに PGN $4 \mu\text{g}/50 \mu\text{l}$ を 3 日おきに計 5 回点鼻投与した後、卵白アルブミン (OVA) をアジュバントである水酸化アルミニウムゲルと共に 2 週間おきに計 4 回腹腔内投与し、トール様受容体 TLR2・TLR4 の遺伝子発現レベルなどへの PGN 刺激の効果について解析した。その結果、離乳直後からの PGN 経気道刺激は、Th1 機能発達やアレルギー抑制へと導かなかった。PGN の感作時期、感作濃度の詳細な検討の必要性が示唆された。
- ②ウ 活性ビタミン 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おり、ビタミン D 代謝ならびに C a 再吸収に関与する遺伝子発現に及ぼす TCDD の影響を発育期のマウス腎臓で調べた。その結果、TCDD が活性ビタミン D 合成と分解に関与する酵素の遺伝子発現を顕著に誘導することが分かった。また TCDD により血清中活性ビタミン D 濃度も上昇した。TCDD は C a の細胞内の輸送と排出に関与している Calbindin および NCX-1 遺伝子発現を生後 7 日目に抑制した。さらに生後 5 週齢マウスで C a およびリンの尿中排泄増加が認められた。以上の結果から TCDD がビタミン D 代謝および C a 代謝の異常を惹起する結果、骨毒性をもたらす可能性が示唆された。
- 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。こうした新生期の曝露の影響が、成熟期にも残存しているどうかを調べてみると、明らかなカテコールアミン合成酵素 (ドーパミン神経の指標) の免疫交叉性が消失していた。更に、ドーパミン神経変性疾患であるパーキンソン病の病理像の 1 つであるアルファ・シヌクレインの凝集像も観察された。次に、1 成熟期のドーパミン神経が、ビスフェノール A の曝露影響を受けるか否かを微量注入法により検討した。その結果、ビスフェノール A を微量注入した左黒質側の投射先である線条体のカテコールアミン合成酵素の免疫交叉性が消失し、退行変性が観察された。これは、ビスフェノール A によりパーキンソンモデルラットを作製できることを示している。
- 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) を用い環境化学物質のアレルギー増悪影響を検討した。今年度の対象物質は、フタル酸ジイソノニル (DINP)、アジピン酸ジイソノニル (DINA)、トリメリット酸トリス (2-エチルヘキシル) (TOTM)、フタル酸モノエチルヘキシル (MEHP)、ビスフェノール A (BPA)、ペルフルオロオクタタン酸 (PFOA)、ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)、塩化トリブチルスズ (TBT) とした。そ

の結果、DINP、BPAにおいて、対照群、あるいはダニアレルゲン(Dp) 単独投与群に比し、化学物質の濃度、あるいは病態の形成段階によって有意な皮膚炎症状の増悪、および耳介腫脹を認められた。MEHPは濃度によって増悪傾向を示した。一方、PFOAは、投与濃度によってDp単独群に比し、有意な耳介腫脹の抑制を認めた。

- ③イ トランスジェニック魚を用いたBaPの変異原性の検出について検討し、エラと腭肝臓において突然変異頻度の上昇が見られた。

(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18年度の研究成果目標

- ① (環境ナノ粒子の生体影響に関する研究; 環境ナノ粒子曝露装置) 曝露実験で用いる曝露空気質の物理的・化学的性状把握する。
- ② (環境ナノ粒子の生体影響に関する研究; 呼吸器内沈着及び体内動態) 模擬ナノ粒子や実車排気ナノ粒子の細胞内への取込みと体内挙動を明らかにする。
- ③ (環境ナノ粒子の生体影響に関する研究; 吸入曝露の影響) ナノ粒子を多く含むディーゼル排気を動物に曝露して、遺伝子の変化、炎症応答、循環器影響を調べる。
- ④ (ナノマテリアルの健康リスク評価に関する研究) ナノマテリアルの細胞毒性を明らかにし、また、吸入曝露装置の制作を行う。
- ⑤ (アスベストの呼吸器内動態と毒性に関する研究) In vitro における溶融アスベストの毒性評価を行う。

平成18年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 8Lの長期規制対応のエンジンを用いて回転数2000rpm、トルク0Nmの条件で5時間定常運転をした。トンネルの希釈流量は $7.3\text{ m}^3\text{ min}^{-1}$ 、希釈空気温度 25°C 、露点温度 14.2°C 、排気の一次希釈倍率は16.5倍となった。チャンバーの換気流量は約 $1.0\text{ m}^3\text{ min}^{-1}$ とし、CH11へのディーゼル排気の二次希釈倍率は約7倍、CH13については約2倍とした。粒径分布の測定にはScanning Mobility Particle Sizer (SMPS 3936, DMA; 3081, CPC; 3025A; TSI社製)を二台用いて、エンジン直後配管内、トンネル内、各チャンバー内において並行・順に測定し、概ね良好な曝露条件を見いだした。
- ①イ エンジン直後とトンネルにおける個数モード径、時間あたりの粒子数(流量×濃度)、同様に粒子体積を比較した。モード径は変化しておらず、個数、体積のロス割合が認められ、粒子数の減少は配管壁面への沈着が原因と考えられる。トンネルとチャンバー内の粒子を比較したところ、個数モード径が増大しており、体積のロスはなく、粒子個数のロスがみられたことより、チャンバー内で粒子の凝集成長が起こることを明らかにした。
- ①ウ アイドリング時にディーゼルエンジンから発生するナノ粒子の発生と成分を調べ、ナノ粒子は軽油が主成分であり推定で重量の55%を占めている事が分かった。また、元素状炭素やイオン、金属の割合についても定量した。
- ②ア 肺胞壁培養系において、20nmの不溶性ナノ粒子は肺胞上皮細胞にendocytosisにより取り込まれ、基底膜を通過し、air-blood barrierである肺胞壁を通過して一部血管に移行することを明らかにした。
- ②イ 肺に沈着した不溶性ナノ粒子は、微小粒子・粗大粒子と同様に肺胞マクロファージに貪食され、一部のマクロファージは血液循環に乗って肺以外の臓器に体内移行していた。ナノ粒子は細胞の

endocytosis等の物質輸送機構を介して肺胞壁を通過して血管に移行する。

- ②ウ マクロファージによるナノ粒子の取り込みにスカベンジャーレセプターが関与していることを明らかにした。また、肺表面被覆層に沈着したアルカンナノ粒子は、 pH -A 曲線を変化させ、低い表面張力においてサーファクタントのコラスプが起こることが示唆された。
- ③ア 環境ナノ粒子成分を曝露した肺上皮細胞において、薬物代謝系酵素、あるいはストレス蛋白の遺伝子発現を誘導した。
- ③イ マウスに環境ナノ粒子を5時間曝露しても明らかな気道炎症及び肺水腫は惹起されなかった。アイドリングで発生したナノ粒子を含むディーゼル排気の曝露は肺に好中球の浸潤を主とする軽度の炎症性変化を生じさせるが、炎症惹起能としてはごく弱い。しかし、グラム陰性菌由来の細菌毒素による引き起こされた肺傷害はナノ粒子曝露により濃度依存的に増悪した。グラム陽性菌の細菌毒素に対する増強作用は有意には観察されなかった。
- ③ウ 環境ナノ粒子を多く含むディーゼル排気暴露したラットにおいて、体重の減少と異常心電図の出現率の増加が認められることなどを明らかにした。特に、心室性期外収縮様の変化が見られた。
- ④ア F68を用いることにより水溶液中で凝集しやすいMWCNTの分散性を高め、*in vitro* 試験を行ったが、100mg/mL以上では細胞毒性がむしろ減少する傾向を示し、依然として凝集の問題があることを示した。
- ④イ MWCNTの LC_{50} は、24時間曝露で $26 \cdot \text{g}/\text{mL}$ と算出されたが、クロシドライトに比べても細胞毒性が高い。また、細胞毒性がNACやBSOの影響を受けなかったことから、MWCNTの細胞毒性にグルタチオンなどのチオール化合物が大きく関与していないものと推測される。
- ④ウ cDNAマイクロアレーの結果では、幾つかのサイトカイン関係の遺伝子発現が昂進していたものの、低下した遺伝子はなかったことから、遺伝子発現の低下が、直接細胞毒性に影響は与えたとは考えにくい。ウェスタンブロットでは、MAP kinase 系やCaspase-3に大きな変化は見られなかったが、MWCNTの曝露によりPARPが低下していることが認められた。
- ④エ 電顕の観察などにより、MWCNTがマクロファージの細胞膜に対して強い親和性を持ち、細胞膜を傷害させることが分かった。
- ④オ カーボンナノチューブを標的としたナノファイバーの吸入暴露装置の開発に着手した。
- ⑤ア 400度から100度単位で1000度近くまで熱処理したクリソタイルとクロシドライトを用いてマクロファージと肺胞上皮細胞に対する細胞毒性試験を実施し、加熱により水和しなくなったアスベストは繊維構造が残っていても細胞毒性が低下することを明らかにした。
- ⑤イ 熱処理したクリソタイルの細胞毒性試験の結果は、 $250 > 400 > 500 > > 600 > 700 > 800$ (処理温度) となった。一方、熱処理したクロシドライトの細胞毒性は、 $250 > 400 > 500 > > 600 > 700 > > 800$ であることを明らかにした。
- ⑤ウ 感受性の高い、安定した細胞評価系としてはマウス肺胞マクロファージ細胞株(J774.1)が、肺上皮細胞や肺胞マクロファージより有効であることを示した。
- ⑤エ 熱処理クリソタイルを腹腔内投与したところ、400°Cで処理したクリソタイルは未処理のクリソタイルより若干弱い、同程度の炎症誘導性を示した。600°C処理、800°C処理のクリソタイルは未処理の1/3程度に炎症誘導性は減少したが、無害化はしていないことを明らかにした。

(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18年度の研究成果目標

- ① (東京湾における底棲魚介類の個体群動態の解明と生態影響評価) 東京湾において野外調査を実施し、底棲魚介類の代表種及びベントスの個体群動態の解析を行う。
- ② (淡水生態系における環境リスク要因と生態系影響評価) 淡水生態系を対象として、生物多様性の減少、生態系機能の劣化、カタストロフ・レジームシフトの指標となるトンボ・水生植物・アオコなどと環境リスク要因との関係解析のため、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。
- ③ (侵入種生態リスク評価手法の開発に関する研究1) 在来種に対する競合リスクおよび種間交雑リスクについて、室内および野外レベルで検証する。
- ④ (侵入種生態リスク評価手法の開発に関する研究2) 侵入種防除システムの開発については、国内および国外(特にアジア地域)における侵入種防除研究に関する情報収集を行うとともに、実施機関との間でネットワークを構築して情報流通の促進を図る。
- ⑤ (侵入種生態リスク評価手法の開発に関する研究3) 外来寄生生物の侵入リスク評価については、輸入昆虫類・両生類・爬虫類を対象として、随伴寄生生物の侵入実態を明らかにするとともに、それら寄生生物の分類・同定を進め、生態リスクに関する研究データを収集する。
- ⑥ (数理的手法を用いた生態リスク評価手法の開発1) 生態リスク評価の基盤となる数理モデルの研究を進展させる。環境ストレスによる群集攪乱の予測モデルの基礎となる、生物群集の種構成変化を予測する形質ベース群集動態モデルの定式化を行う。
- ⑦ (数理的手法を用いた生態リスク評価手法の開発2) 浸透交雑のリスク予測手法の基礎のために、遺伝的交雑の過程を解析する集団遺伝学モデルを作成し解析する。

平成18年度の研究成果(研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 東京湾20定点調査では、2006年も、1曳網当りの魚介類の個体数が依然低水準である一方、サメ・エイ類とスズキが多いために1曳網当りの魚介類(とりわけ、魚類)の重量が大きかった。種別の経年推移の解析の結果、イッカクモガニとムラサキガイが顕著に増大し、サメ・エイ類とスズキを除くその他の種で減少が顕著であった。
- ①イ マコガレイ(2006年級群)の浮遊仔魚期の分布を明らかにし、稚魚の着底とその後の移動、成長を追跡した。マコガレイの着底稚魚の体内ダイオキシン類濃度が着底・生息場の底泥中濃度を反映するとの分析結果が得られた。
- ①ウ シャコ調査の結果、着底個体は貧酸素水塊が解消する11月以降に出現した。これらは夏(8月前後)に孵化したものと推測される。夏以前に孵化した個体の着底がみられない現象については、貧酸素水塊の存在が着底を妨げた可能性と、2006年には春(4、5月)産卵由来の幼生がみられず、春の産卵資源量が著しく低いことも大きな要因と考えられた。なお、2006年級群の着底個体数密度は2005年級群のそれよりもやや大きい(高生残率)可能性が示された。今後、シャコ資源への加入状況を見守る必要がある。2004~2006年の調査結果から、稚シャコの着底は貧酸素水塊が解消した水域でみられ、稚シャコの着底場所および時期は年によって異なることが明らかとなった。また、着底した稚シャコの個体数密度が高い水域は年によって異なっていた。親の資源量と幼生の発生量には正の関係がみられるが、稚シャコの個体数密度は親資源量・幼生発生量のいずれとも関係がなかったことから、浮遊幼生期から着底期までの間に、生残率を大きく左右する因子の存在が示唆された。
- ①エ ハタタテヌメリ調査の結果、以下の知見が得られた。①2006年には、貧酸素水塊は主として湾

奥～中央部において5～11月の期間に継続的に発生していた。②マクロベントスの種数・豊度は湾南部で調査期間を通して高かった。一方、湾奥～中央部では種数が少なく、豊度は貧酸素水塊の発生に伴い激減した。特に8月と9月には湾奥～中央部は無生物域となった。③ハタタテヌメリの湾内における空間分布を明らかにし、貧酸素水塊がこれらの分布を制限するだけでなく、大量斃死をもたらしている可能性が示唆された。④ハタタテヌメリの成長及び成熟について調べ、資源量水準が高かった時と比較した結果、資源量水準が低い近年において平均体長の低下と初回成熟体長の低下が生じていることが明らかとなった。⑤ハタタテヌメリの着底個体は貧酸素水塊が縮小・解消する11月以降に出現した。これらは夏（8月前後）に孵化したものと推測される。夏以前に孵化した個体の着底がみられない現象について、貧酸素水塊の存在が着底を妨げていた可能性もあるが、2006年には春（4、5月）産卵由来の浮遊仔魚がみられず、春の産卵資源量が著しく低いことも大きな要因と考えられる。

①オ 東京湾産ホシザメについて、資源量水準が高い近年の生活史パラメータを、資源量水準が低かった1990年代の研究報告のものと比較した結果、近年、栄養状態の指標である肝重量指数の低下が生じていることが明らかとなった。資源量増加と栄養状態低下という矛盾した現象について、他の底棲魚介類との種間関係や環境要因との関連から検討する。

②ア 本年度整備した兵庫県南西部の地理情報システム（GIS）データを用いて、ため池の種多様性に影響を与える空間スケールと環境要因の解明を行った。注目した生物種は、ため池の象徴種であるトンボ成虫と生物多様性と生態系機能の基盤となる水生植物種である。双方ともに、種多様度は、概ねため池の周囲1000mの土地利用が影響を与えており、市街地が負の効果を、ため池周囲の淡水域面積（他のため池）が正の効果を与えていた。そのため、ため池の生物多様性の保全には、ため池群を考慮する必要があることが示唆された。さらに、ため池の水深と面積は水生植物の種数に負の影響を与えていた。トンボの種数には水深が負の影響を与えていた。これは、従来、生態学の理論で一般的な「面積—種数の正の関係」と反対である。そのため、池の生物多様性の保全については、深水化・大型化がマイナスになることを示した。

②イ コイの有無、底泥へのアクセスの可否の2要因からなる4処理区の合計16隔離水界実験の結果、底泥へのアクセスの可否（ネットの有無）にかかわらず、コイがいるだけで水草は著しく減少した。植物プランクトン量と懸濁物量は、コイがいる場合に増加したが、その応答はネットの有無によって異なった。植物プランクトンについては優占種が変化した。コイのいない処理区ではクリプト藻がみられたのに対し、コイ導入区ではシアノバクテリア（アオコ）が優占した。また、底泥へのアクセスの可否にかかわらず、コイ導入両区で、動物プランクトン（主にワムシ類）が増加したが、ユスリカやイトミミズなどの底生無脊椎動物は減少した。沈水植物の減少は、懸濁物量と植物プランクトン量の増加による透明度の低下（光の減少）が要因として考えられた。底泥へのアクセスをネットで遮断しても効果がみられたことから、底泥攪乱を介した影響よりも栄養塩排出を介した影響が顕著であることが示された。すなわち、コイの栄養塩の排出は栄養塩循環や一次生産者の競争関係を改変する効果が顕著であることが示唆された。以上より、コイの導入は沈水植物の系から植物プランクトンの系へカタストロフィック・シフトを引き起こすことが示唆された

②ウ 2種の外来ザリガニ（侵入個体群および在来個体群）を対象として、ミトコンドリアDNA（16S、CO1）と核DNA（ITS）の部分塩基配列を分子遺伝マーカーに用いシーケンシング（塩基配列の読み取り）を行ったところ、これらのザリガニ類では16S領域もしくはCO1領域に多型があることが確認されたがITSでは多型は認められなかった。これまでの16Sに基づく解析結果からは、シグナルザリガニ侵入個体群間ではミトコンドリア・ハプロタイプの多様性や構成に地域変異があり、1）長野の個体群は他の地域と明瞭にハプロタイプが異なること、2）滋賀県の個体群は

ハプロタイプが多様であり、一部固有のハプロタイプを持つこと、また、3) 北海道の個体群では創始者効果の影響を受け、新しい侵入先ではハプロタイプが祖先型（摩周湖）の一部からのみ構成されていることが明らかとなった。これらのことから、シグナルザリガニについては侵入個体群の移入経路と遺伝的構造が地域ごとに明瞭に異なることが示唆された。

- ③ア セイヨウオオマルハナバチの分布拡大に伴い、在来種の個体群密度が低下している実態をとらえた。
- ③イ 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ウ 野生の在来種女王蜂より受精嚢を摘出し、貯蔵精子DNAを分析した結果、北海道において在来種エゾオオマルハナバチ女王の約30%がセイヨウオオマルハナバチの雄と交尾していることが明らかとなった。
- ③エ 外国産クワガタムシについては、室内交雑実験により、外国産クワガタムシと日本産クワガタムシの間には高い交雑和合性があり、種間交雑リスクが高いことを示した。
- ③オ 交雑和合性が個体群間の遺伝的・地理的距離とは負相関の関係にあることが示唆された。
- ③カ 種間交雑の成果は、種分化プロセスと生殖隔離機構の進化の関係に関する貴重な実証例であり、進化生態学的にも重要な知見である。(学術的貢献)
- ③キ これらの成果をもって、環境省はセイヨウオオマルハナバチを外来生物法・特定外来生物に指定するとともに、防除事業に乗り出した。(政策的貢献)
- ③ク これらの成果をもって、環境省は外国産クワガタムシ逃亡防止のキャンペーンを展開し、一般への普及啓発に貢献した。(政策的貢献)

- ④ア 特定外来生物であるアライグマ、マングース、オオクチバス、輸入両生類・爬虫類、セイヨウオオマルハナバチ、アルゼンチンアリの防除に係る研究機関と連携を図り、情報ネットワークの構築を行った。
- ④イ 特にマングースについて、琉球大学、森林総合研究所、環境省やんばる野生生物保護センターとの共同で開発した防除ネットが実用化され、2007年1月沖縄県FSラインに設置された。(政策的貢献)

- ⑤ア 外国産クワガタムシに寄生するダニ類を材料として、外来寄生生物の多様性を明らかにするとともに、新種を発見して記載を行った。
- ⑤イ クワガタムシと寄生性ダニの共種分化関係をDNA分析により明らかにした。
- ⑤ウ 輸入爬虫類から多数の新型寄生性マダニを検出するとともに、その体内から新型病原微生物を検出した。
- ⑤エ 防除ネットワークを通じて、アジア地域初のカエルツボカビ症の侵入を確認し、緊急検査体制を構築した。
- ⑤オ 以上の結果より、寄生生物にも進化的重要単位が存在することを実証した。(学術的貢献)
- ⑤カ 爬虫類・両生類・昆虫類など、現行法上、検疫規制のない生物群の輸入による病原体生物侵入のリスクを明らかとし、新しい検疫システムの必要性を提言した。(政策的貢献)
- ⑤キ 特にカエルツボカビ症の侵入をいち早く検出し、PCR検査体制を構築したことにより、流通段階における感染状況の把握を可能とした。(政策的貢献)

- ⑥ア 生物の適応形質の群集内分布に基づくモデル（形質ベース群集モデル）の基礎的な属性（形質動態の種数や種間競争に対する依存性など）を研究した。環境変化による群集の平均形質の反応は、構成

種の形質値と内的自然増加率との共分散に等しいこと、さらに、形質の群集内分散と、内的自然増加率の形質値への回帰係数（反応勾配）との積によって近似できることが示された。また、群集内の平均形質値は、群集の構成種数や種間の競争係数にはほとんど依存せず、形質の多様性（群集内のレンジ）にのみ依存するという結果を得た。これらの知見は、研究論文として国際一流誌に投稿した。

- ⑥イ 東京湾底棲魚介類の解析では、シャコの個体数変動を予測するために個体群マトリックスモデルを作成し、生活史感度解析をおこなった。その結果、幼生生残率、漁獲率、小型個体の投棄率などが個体群存続に影響することが示唆された。相対的な感度の大きさを推定する計算モデルは完成したが、実際の定量的評価のためには、パラメータの環境変動幅に関する検討が今後必要である。
- ⑦ア 浸透交雑の解析的研究を「ランダム配偶子モデル」に基づいておこない、近縁種間の浸透交雑の起こりやすさと、交配後隔離を支配する遺伝子数や組み換え率との関係を研究した。交配後隔離の破壊による浸透交雑の進行は、不和合遺伝子の遺伝子座間の組み換え率が高いほど促進され、座位数そのものには依存しないという結果を得た。
- ⑦イ 環境汚染物質の生態リスク研究の一環として、野外のミジンコ個体群における抵抗性遺伝子の個体群間変異の解析を開始した。今年度は、カブトミジンコ (*Daphnia galeata*) の野外における遺伝的変異と生息環境との関係を探るために、茨城県の霞ヶ浦、および大膳池から個体を採集し、核ゲノム上に存在するマイクロサテライト遺伝子計7座についてPCR反応条件の検討および個体変異情報を取得した。遺伝的距離に基づくクラスター解析を実施したところ、霞ヶ浦の異なる採集地点間で遺伝的組成が異なっていることが示された。

(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18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）環境リスク研究プログラムにおける各種プロジェクト間の情報交換、連携を図り、化学物質の環境リスクを総合的に把握することを目標として、本年度は、各種の基礎データの蓄積とデータおよびGIS基盤の予備的構築を行う。
- ②（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）化学物質環境調査による曝露評価の高度化のため、生体試料中有機毒性物質の簡易分析法の開発を行い、体内動態解析に適用する。また環境分析法データベースの更新および追加を行う。
- ③（生態影響試験法の開発及び動向把握）生物個体群の絶滅モデルおよび藻類-ミジンコ-魚類の3種系モデルによって、生態毒性データに基づく生態リスク評価の高精度化を試みる。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、藻類、ミジンコ試験の技術開発を継続する。
- ④（構造活性相関等による生態毒性予測手法の開発）魚類致死毒性についての構造活性相関モデルの公開に向けた検討を行うとともに、他の生物種に対する構造活性相関モデルの構築および適用可能な化学物質の拡張のための、手法の検討を行う。
- 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把握するために、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測定法を活用して、環境中の化学物質や混合汚染物質などの有害性を簡便に評価するための基礎的研究を行う。
- 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化学物質の生体影響に関する類型化を行う。

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、化学物質の毒性に関する知見の集積に着手するとともに、国内の生態影響試験結果をデータベース化する。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に活用する。環境リスクに関するコミュニケーションの実施に向けた予備的検討を行う。

平成18年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア 気象・水文関連データ、環境観測データ、排出関連情報、社会基盤・地理情報などのデータを収集し、GISまたは必要な観点から適切に構造化されたデータとして収録する。平成18年度では、収集したデータのうち、気象・地理関連情報（①アメダス、②メッシュ気候値、③土地利用データ、④USGS Global Land Cover Characteristics Data Base 及びUSGS SRTM30_PLUS のデータをSQL Server のデータベースに格納した。
- ①イ 本課題で収録するデータと動態モデル等の統一的な運用・解析を目指したGISシステム基盤となるよう、テーブルを表示するためのインターフェイスやデータ抽出条件として時間や地理範囲を指定することができるようにした。地理単位の変換処理として、緯度経度から3次メッシュコードへの変換を実装し、他の地理単位の変換処理を導入中である。
- ①ウ 化学物質によるリスクの総合把握に関する検討を行うためのデータ活用および解析基盤として、データ蓄積の実施と解析インターフェースの開発を行う。パラメータと抽出条件の指定で選択されたデータの平均値、最大値、最低値を計算し、テキストファイルへのエクスポートと折れ線グラフなどでの表示ができるようにした。
- ②ア 化学物質（トルエン）曝露量評価の手法開発として、血中当該物質濃度の測定法開発を行った。特に妊娠後期におけるトルエン曝露時の胎仔血中濃度の測定法をラットを用いて作成した。ラット胎仔から採取できる血液量は限られているため、5 μ Lの血液で測定可能なように、ヘッドスペース-SPME法を検討した。定量的な捕集率が得られ、且つバックグラウンド値が低くなるような条件を求め、0.02 μ g/mLでの胎仔血液の測定が可能となった。
- ②イ 母体および胎仔の血中トルエン濃度は曝露量依存的に増加し、母体のトルエン濃度は胎仔よりも高かった。吸入曝露したトルエンの生体内濃度は曝露直後より急速に低下するが、脂質含量が高い組織には蓄積され易い。胎仔は成体に比べて脂質量が少ないことが、母体と胎仔の血中トルエン濃度の違いの原因と考えられた。母体の肝臓ではCYP2E1のタンパク質発現が確認されたが、胎仔の発現量は極めて低レベルであり、母体との間に有意差がみとめられた曝露したトルエンを代謝する能力は胎仔では低く、その代謝は母体に依存していることが示唆された。
- ③ア OECDの生態毒性テストガイドラインにおいて、藻類、ミジンコ、魚類の生態毒性試験が求められている。本研究では、3種間の種間相互作用を組み込んだ数理生態学モデル（3栄養段階モデル）によって、生態系への影響をより高精度に予測する手法の開発を検討した。魚類のレスリー行列モデルに、下位の栄養段階の種（藻類およびミジンコ）を加え、さらに食うものと食われるものの種間相互作用をモデルに組み込むことにより、3種の個体数変動を予測するモデルを作成した。
- ③イ OECD化学物質テストガイドライン207（ミズ急性毒性試験；以下TG208）と222（ミズ繁殖試験；以下TG222）の標準試験手順の検討、およびデンマーク提案のドラフトガイドライン（トビムシ繁殖試験；以下TG トビムシ）に関する国際リングテストの実施と国内で使用されてきた種による試験可能性の検討を行った。
- ③ウ 水生高等植物に対する化学物質の生態影響試験であるウキクサ生長阻害試験TG221の策定段階であった平成16年度において国内リングテストのための手引書をまとめ、平成17年度に国内の3カ所

のGLP試験機関が参加して試験を実施した。本年度、その結果を受けて標準試験手順書（案）をまとめた。

- ③エ 国際試験法提案国のリード・ラボラトリーとしてバリデーションリングテストを企画し、実施に向けた準備を進めてきた。バリデーションリングテストでは、試験物質としてピリプロキシフェン（陽性対照物質）と3,5-ジクロロフェノール、それから試験に使用するオオミジンコとして当研究所で累代飼育している系統「NIES系統」を参加ラボに配布し、当研究所を含めて12研究機関の参加のもと試験を行った。以上の結果は、2007年1月に開催されたVMG-ecoに於いてOECDに報告された。（国際的貢献）
- ④ア ニューラルネットワーク手法によるQSARモデルを構築する手法を検討する際の、作業の枠組みと具体的な作業内容とを作成した。対象生物種は甲殻類および魚類とし、カテゴリー分類を行わないモデルの構築を試みたが、予測性の高いモデルを得ることは困難であり、分類のためのパラメーターの検討を開始した。
- ④イ OECD会合、第一回（定量的）構造活性相関についてのアドホックグループ会合（2006年6月、於イタリア、ストレーザ）に参加し、当センターで開発を進めている生態毒性予測システムの開発状況について報告するとともに、情報収集を行った。
- ④ウ 魚類致死毒性についての構造活性相関モデルの公開に向けては、フラグメントの取扱方法、システムの改善、および他の要修正点について検討が進められた。
- ⑤ア 代表的な発がん関連物質群であるいくつかの多環芳香族炭化水素について比較的簡便な *in vitro* assay 法（Bhas試験）によるピレン、ベンズ[a]アントラセン及びベンゾ[a]ピレンの発癌プロモーション活性の測定を実施した結果、ピレン及びベンズ[a]アントラセンについては、有意なフォーカス数の増大が認められたが、ベンゾ[a]ピレンについては、10・g/mLにおいても有意な増大が認められなかった。
- ⑤イ トランスジェニックゼブラフィッシュを用いた変異原性試験と発がん活性の関連を、N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG) と 7,12-Dimethylbenz[a]anthracene (DMBA) を用いて検討した結果、10%腫瘍発生を上昇させる濃度における突然変異発生頻度はいずれも約 10^{-5} であった。
- ⑥ア NCBIのTOXNETにリンクしているPubMed Tox[Sub]（2006.11のもの）の大量データなデータを取得し、化学物質と毒性の種類ごとに自動的に分類するシステム（<http://idenshi.nies.go.jp/cgi-bin/mdcs/index.cgi>）を構築した。キーワードとCAS番号による検索に対応してGEO（Gene Expression Omnibus, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/>）に搭載されている公開マイクロアレイデータとPubMedの毒性文献が自動で取得できるように構築した。
- ⑥イ 産業技術総合研究所との共同研究において、遺伝子発現情報及び毒性情報の類型を搭載する化学物質の類型化システム（仮称eCA）を構築した。本システムは、minimum spanning tree アルゴリズム、競合学習にもとづくニューラルネットワークを用いたクラス分けアルゴリズムであるself-organizing maps によって、遺伝子発現変動の特徴づけ、毒性情報の類型化を行う。このシステムに適合する化学物質の毒性影響と遺伝子発現データの整備を行った。
- ⑥ウ ベイジアンネットワークによる遺伝子ネットワーク解析システム（仮称NiesGeneNet）を構築した。遺伝子のみならず、他の分子間関係の解析にも応用可能である。
- ⑦ア 行政ニーズを受けたさまざまな場面で、それぞれのニーズに応じた形で化学物質の生態リスク評価

に関する知見が活用されている。これらを統一的に捉える視点から、化学物質の環境リスク初期評価、水生生物保全環境基準の検討に向けた有害性評価、農薬取締法に基づく水産動植物登録保留基準の設定に向けた有害性評価等に関する作業を進めるとともに、総合的な評価の実施に向けた検討を行った。環境基本法に基づき設定された環境基準の総合的かつ横断的な把握に向けて、水生生物保全環境基準の現状と課題について整理した。

- ⑦イ 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ウ 有害大気汚染物質のうち優先取組物質のうち今年度に指針値の設定を目指した4物質の健康リスク評価の中央環境審議会大気環境部会の小委員会、健康リスク総合専門委員会による検討及び4物質中3物質の指針値の設定に協力した。特にそのうちの1,2-ジクロロエタンに関しては、動物を用いた発がん実験データからの初めての指針値算出の方法について、ベンチマークドース法を中心に詳細に検討し、設定に大きく貢献した。（政策貢献）
- ⑦エ 都道府県等の地方公共団体の環境行政担当者、化学物質排出事業所等の環境保全担当者等を想定し、これら対象者に利用しやすいリスク評価に関する解説情報の作成方策についての検討に着手した。

(6) 環境リスクに関するデータベース等の作成

平成18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）化学物質の環境リスクに関するコミュニケーションの推進に向けた基盤整備のため、環境リスクに着目した化学物質データベースの構築、リスク情報を平易に伝える方法の検討等を行う。本年度は、データベースの更新・追加およびWebページの改良を行う。
- 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）侵入種の生息環境状況、個体群動態、生態系影響（被害）、駆除事業の実態などの情報の集約化のため、侵入種対策を実施している機関・団体の情報ネットワーク構築を行う。侵入種の分布域情報について、緯度、経度、標高、植生、侵入年などの地理的情報をデータベースに登録するとともに、既存データについても更新を行う。

平成18年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- 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。PRTTRデータ、モニタリングデータの整備を進めた。また、各種規制値のデータの更新を行い、農薬ADI値の追加を行った。
- ①イ 環境濃度予測プログラム（MuSEM）を公表するにあたり、バグを修正し、日本語-英語対応のインターフェイスに変更した。連動して動作するデータベースファイルとして、MuSEM本体で使用するデータのみから構成されたデータベースを新たに作成した。
- ②ア 兵庫県南西部（加東市、加西市、小野市、三木市、加古川市、明石市、神戸市、加古郡稲美町）を対象に、以下のように流域詳細情報の整備を実施した。

情報収集

対象となる紙媒体およびデジタルデータの収集は、公共機関等からの借用・購入や市販データの購入Webからのダウンロードによって実施した。情報収集の対象とした公共機関は、兵庫県庁、各市町

村、土地改良事務所、兵庫県立人と自然の博物館である。これらの機関に対しては個別訪問による保有データの聞き取りおよび、必要なデータの収集を行った。国土院発行の地形図（1/25000縮尺以上）、標高等の元データは市販されているためこれ購入した。土地被覆、過去の衛星画像情報（Landsat）は国内外のWeb siteで元データが公開されているため、これを個別にダウンロードした。これらにより土地被覆、標高、植生、人口、土壌等の情報のほか、過去の衛星画像や、詳細な地形図等、約15項目40件の環境情報を収集した。生物の分布データとしては、327箇所のため池において生育する水生植物の出現種を8月から10月にかけて現地調査した。

情報の整備

得られた情報は、必要に応じてデジタル化およびGIS情報化した。GIS情報に対しては利用するGISソフトウェアであるArcGISで利用できる形式に変換した後、投影座標系・測地系を統一した。なお本流域詳細情報で利用する投影座標系・測地系は、整備効率および将来的な解析のための利便性を考慮に入れて、日本測地系および公共座標系を採用した。

- ③ア 法適用の項目についての改定を優先的に行った。動物236種中28種、植物100種中9種についての情報を変更し、最新の分布状況も記載した。なお、これら指定種のうち分布地図については、情報の精度と根拠を明確にする必要性から、十分検討した上で順次HPに公開することとした。
- ③イ 2004年から2006年度現在までに新たに問題となった外来生物についての生態データを集積・整理を行い、特に影響の大きい種については、昆虫類から1種、維管束植物5種について新たに追加を行った。
- ③ウ 哺乳類1種、昆虫類4種、維管束植物7種についての生態写真の補充を行った。NORNAC（自然系調査研究機関連絡会議）、および千葉県立自然史博物館・国立科学博物館・大阪市立自然史博物館・徳島県立自然史博物館などの自然史系博物館学芸員等のネットワーク構築を行ったことで、情報の信頼性と品質のレベルアップに留意できた。
- ③エ 布拡大予測図作成候補種リストを作成し、侵入種、および影響を受ける在来種の分布域情報について、地質、緯度、経度、標高、植生、流域区分情報、侵入年などの地理的情報をデータベース化し、空間位置関係に基づく分布域予測アルゴリズムを定量化した。これをもとに、特定外来生物のアルゼンチンアリの分布拡大予測・防除対策マップの作成、外来ヒラタクワガタの分布拡大危険地域マップ、カエルツボカビ症対策用の在来種分布地図作成等、各種の政策用に適用した。（政策貢献）

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	8	6			15
(19年4月)	(7)	(53)	(40)			(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

3.7点

(2) 外部研究評価委員会の見解

多種多様な化学物質の、健康影響から生態系影響までを包含するプログラムであり、個別のプロジェクトでは、期待通りの研究成果が出ている。また、一般社会に向けた「化学物質データベースの構築と提供」と「侵入生物データベースの管理と提供」は、安心・安全・快適な社会を築くための基盤として高く評価できる。しかし、プロジェクトを統合し1本のプログラムとして見た場合、その総合性に欠け、今後のリスク管

理をどのように進めていくかが見えていない。プログラムのMissionを明確にし、全体としての哲学を打ち出すことが必要である。また、このプログラムに関して、国内・国際的な広がりを考慮し、国立環境研究所が取り組む意味を明確にして欲しい。本プログラムを構成する複数の中核プロジェクトの最終的な課題はヒトへの健康リスクの管理であり、研究の成果が基準等の策定にどのように貢献したかなど、積極的な情報発信が期待される。

(3) 対処方針

環境リスク研究プログラムは、環境中の化学物質に起因するリスクにとどまらず、侵入生物、遺伝子組み換え生物、生態系の攪乱等多様な環境リスクを対象としており、分野が広範囲に及ぶことから、統合性がなく分散的に見える研究形態をとらざるを得ない点が特徴である。化学物質による環境リスクについても、人の健康に対するリスクと環境中の生物に対する生態リスクの双方を視野に入れる必要があり、また人の健康に対するリスクに着目してもさまざまな環境媒体から種々の経路を経由した曝露を考慮する必要がある。このため、さまざまな環境要因が人の健康と生態系の双方に及ぼすリスクを的確に管理していくことを究極の目標としているが、今期においては、近未来の環境施策上のニーズを視野に入れ、リスク評価手法の改善に向けた研究を進めることに重点を置いている。中核研究プロジェクト4課題は、曝露評価、健康リスク評価、生態リスク評価のそれぞれの分野で、環境施策上のニーズを視野に入れて研究開発が必要な課題を同定し、この5年間でそれぞれの手法の確立を図ることを目的としている。基本的には独立した4課題が併走する形をとっているが、プログラム全体としては、今期のプロジェクトの中で可能な範囲で当該リスクの評価を試みる必要があると考えられるので、これを前提としてプロジェクト運営を進めていきたい。国際的な動向のなかで、化審法、化管法、外来生物法など環境リスク管理のための法的取り組みやその見直しが検討されている状況下において、国立環境研究所では、環境省の政策支援を意識した環境リスク評価にかかわる調査研究を推進する必要がある。知的基盤の整備については高く評価されたことを踏まえ、より社会生活に身近な情報基盤として拡充し、研究の成果が基準等の策定にどのように貢献したかなど活用についての情報とともに積極的に発信していきたい。

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

粒子状及びガス状の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て、観測データ・モデル解析の両面から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。また、長江等の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、観測と数値モデルを組合せ、水・物質循環評価システムを開発する。そして、都市・流域圏における環境管理の技術インベントリを整備し、持続性評価指標体系を構築することにより、技術導入効果に基づく適切な技術システムと政策プログラムの設計を含む流域の長期シナリオ・ビジョン構築の方法論を開発する。さらに、特定流域の高解像度土地被覆分類図・湿地機能評価図を作成し、流域生態系の自然劣化実態を把握すると共に、代表的生物の多様性・生態情報及び気象・水質等の環境データを取得し、流域生態系環境データベースを構築する。また、環境影響評価に不可欠な水環境のデータ取得とモデル化並びに好適生息地評価のための景観生態学的手法や河口域生態系への影響評価手法を開発し、流域生態系管理手法を検討する。

なお、アジア自然共生研究プログラムの内容は、資料11末の参考資料に示す平成18年度外部研究評価委員会の事前説明見解とそれに対する対処方針を踏まえて確定されたものである。

1. 2 研究期間

平成18～22年度

1. 3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	累計
運営交付金	205					
その他外部資金	267					
総額	472					

1. 4 平成18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18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整備し多成分・連続観測を実施するとともに、中国等の研究機関との共同による航空機観測を含む集中観測を実施。中国国内の汚染実態を把握するための観測計画の作成。
- 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、既存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。アジア地域の気候・大気質変動を評価するための化学気候モデルと大気質モデル・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に着手。
- 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モニタリングネットワークを整備し、観測データベースを設計。特に、ゴビ砂漠近傍のモンゴル国サインシャンドにおいてJICAとの連携によるモニタリングステーションを完成。

平成18年度の研究成果（研究成果の活用状況を含む）

- ①ア 辺戸岬ステーションの観測関連施設を整備し、多種類の測定機器を設置して、通年観測を実施した。
この結果、ABCプロジェクトのサイエンスチームにおいて、同プロジェクトの中で最も充実した観測ステーションであると認められた。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19年度の我が国における地球観測の実施計画」において分野間・機関間連携を図る具体的施策の第一としてあげられるなど高い評価を受けた。
- ①イ 観測データの解析においては、特に硝酸塩の変質過程に関して、気流に沿った経路上で、大気汚染物質を含んだ気塊の中でアンモニアや有機化合物が酸化される割合を、福江島と辺戸岬のデータを用いて定量的に解明した。また、2006年春季に、中国の北東域において航空機観測と地上観測を実施し、辺戸岬データ等と併せて、気流に沿った2次元解析を進めた。
- ①ウ 中国などの東アジアにおける汚染実態を把握するため、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した。その結果、中国における大気汚染排出量の増大によって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が示された。これらの研究成果は、欧州、米国、日本、中国等を含む国際的な「大気汚染の半球規模輸送に関するタスクフォース」(TFHTAP)による中間報告書の基礎資料として提出した。
- ②イ 全球化学気候モデルを用いて、アジア地域の気候・大気質変動を評価する研究に着手した。
- 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に着手するとともに、排出インベントリに関する中国との共同研究を開始した。

- ③ア 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については、黄砂発生源近傍における観測に必要な、ステーション及び装置についての検討、カウンターパートとの調整を行うと共に、JICAとの連携を強化、モンゴルを含む観測ネットワークの拡大のための科学的な検討を行った。これら、研究を基礎とした活動は、平成18年12月8日の無償資金協力「酸性雨及び黄砂モニタリング・ネットワーク整備計画」の決定の一助となった。これにより、中国国内の発源地域からの広範囲な地域にわたって連続的な観測データを得て、黄砂の動きをリアルタイムで捉えることにより、予報モデルの開発を促進し、黄砂対策の進展、ADB-GEF 黄砂対策マスタープランに基づくネットワークの活動に寄与する展望が切り開かれた。
- ③イ 北京における化学分析用の時間分解能の高い化学分析モニタリング装置を用いた観測によって、短時間の風向の変化によるエアロゾル量の変化をとらえ、高い時間分解能による黄砂化学分析が可能であることを示すことができた。
- ③ウ ライダーネットワークデータと化学輸送モデルを用いた4次元同化によって、黄砂の発生量マップの大幅な改善が可能であることを明らかにすることができた。

(2) 東アジアの水・物質循環評価システムの開発

平成18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・物質循環を考慮した生態系が提供する汚濁負荷緩衝容量の把握。
- 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、中国側研究機関との共同研究体制を構築に着手する。
- 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の構築に着手する。

平成18年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア 衛星データ、GIS、観測データ等に基づく、長江、淮河などの東アジアの流域圏における水・物質循環情報データベースの構造、項目及びフォーマットを確定し、気象、地形、土地利用など一部のデータを入力した。
- ①イ 気象・地形・土地被覆の条件が互いに影響し合う複雑な過程、相互関係について検討し、水・物質循環を評価できる統合型モデルを構築するため、生態系モデルである Biome-BGC と流域モデルである SWAT モデルをそれぞれ検討し、統合化する準備を行った。
- ①ウ 長江流域の開発により、河川を通じて流入する汚濁物質等の陸域からの環境負荷の量・質的变化の影響を推定するため、また、モデルの検証と、モデルの活用を含めた共同研究体制を確立するために、長江水利委員会との協議を開始し、共同研究の体制を作った。共同研究体制の構築に当たっては、平成18年6月に、理事長を団長とする代表団による長江水利委員会(武漢)訪問を行い、第一回日中流域水環境技術検討会を開催した。
- ②ア 2006年5月に東シナ海排他的経済水域にて航海調査を実施し、長江起源水の痕跡が見られる海域において、中国沿岸域の赤潮の鍵種である渦鞭毛藻類が優占していることを確認し、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を分析中である。
- ②イ 東シナ海の環境に果たす長江起源水の役割が確認され、中国沿岸域環境・生態系の理解の必要性が高まったことから、浙江海洋大学、上海水産大学等との、長江河口域から東シナ海にかけての海洋環境と生態系に関する共同研究ネットワークを構築するための協議を開始した。
- ②ウ 航海観測の結果の面的な理解を進めるため、長江から東シナ海における海洋流動・低次生態系モデルの開発に着手した。
- ③ア 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次元建築・都市・土壌連携モデルのプロトタイプを構築することができた。
- ③イ アジアへ展開しうる国内の先進的な産業共生都市として川崎エコタウンを対象にして、都市産業共生型の生産システムについて物質、エネルギーのインベントリシステムの構築に着手した。
- ③ウ アジアの拠点都市における先進研究機関として大連理工大学、武漢大学、南開大学との共同で国際ワークショップを開催し、都市活動起因の汚濁負荷分布インベントリ、水循環の地域データベースの構築に着手した。

(3) 流域生態系における環境影響評価手法の開発

平成18年度の研究成果目標

- ① (流域生態系・高解像度土地被覆データベースの構築) 高解像度土地被覆分類図・湿地機能評価図を作成し流域生態系の自然劣化実態を把握するため、メコン川特定流域の選定を行い既存のデータを収集する。
- 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) 代表的生物の多様性・生態情報及び気象・水質等の環境データを取得し、流域生態系環境データベースを構築するため現地観測網の整備を行う。
- ③ (持続可能な流域生態系管理を実現する手法の開発) 環境影響評価に不可欠な水環境の情報データの取得とモデル化並びに景観生態学的手法や河口域生態系への影響評価手法を検討し、比較対照地において評価技術を検討する。

平成18年度の研究成果 (研究成果の活用状況を含む)

- ①ア メコン河流域全体を対象とした多時期衛星観測データを整備した。さらにタイ東北部における1990-2000年の土地被覆変化に関する予察的な解析を行い、氾濫原や河川地形の現況把握を行った。
- ①イ 今後の環境問題で重要な研究重点地域を上流地域(タイ北部)、中流地域(タイ東北部及びカンボジア)、下流デルタ地域を選定して既存データの収集を行った。
- ②ア 対象河川に対して水環境シュミレーションモデルの導入と初期稼働を行い、メコン河流域全体のGIS環境に対応する形で空間情報(土地利用、流域基盤、生物捕獲等)を収集した。
- ②イ メコン河情報共有のため現地NGOにヒアリングを行い顕在化している環境問題の抽出を行うと共に、メコン河流域のカウンターパートとのネットワークを築いた。このことにより、重点的調査地の選定ができ、今後のモニタリングについての見通しが得られた。
- ②ウ 主に淡水魚類に関する既存データ、またダム建設に伴って実施されたであろう環境アセスメントの報告書などを収集し、ダムの影響評価に関する基礎的資料が整った。
- ③ア ダム建設等の環境問題で重要な研究重点地域を上流地域(タイ北部)、農地等の開発の問題となる研究重点地域として下流デルタ地域を選定し、水質・底質データの収集を行った。
- ③イ 好適生息地評価のための景観生態学的手法や河口域生態系への影響評価手法を開発するため、国内比較対照地である石垣島のマングローブ林とタイ北部及びメコンデルタにおいて予備調査を実施した。
- ③ウ メコンデルタの広範囲に生育しているマングローブ樹種の根圏酸化機能が底質中の物質代謝機構へ及ぼす影響を評価するため、国内外での野外調査および圃場での実験システムを構築した。環境影響評価に不可欠な水環境のデータを取得した。

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	1	8	6			15
(19年4月)	(7)	(53)	(40)			(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)

(2) 外部研究評価委員会の見解

三つの中核的プロジェクトにより構成されており、それぞれが観測データにモデルなどを組み合わせた検討を行うなど、一定の研究成果を挙げつつ対象国との協力関係を構築し、着実にデータ集積の成果を上げる体制が出来てきている。アジア諸国との協働研究を行うに際しては、研究機関との連携ばかりでなくアジア地域におけるわが国の果たすべき役割に関して、政治的な面も考慮してアジア各国との友好関係の進展を促進する総合的な体制作りが求められるであろう。この観点からは、未だ個別研究の集まりという段階であり、今後、わが国としてのアジアに対する環境研究戦略を考えていくことが必要となる。これによりアジア側から見たときに国環研がどのような役割を果たそうとしているのかが判りやすくなり、かつプログラムとしてのまとまりも見えてくることとなる。各プロジェクトについては、国内に対して、あるいは国際的な研究コミュニティに対する広報面での努力も必要であろう。

(3) 対処方針

アジアの環境は、アジア各国と日本にとって共通の持続的な発展の基盤である、との立場に立った協働研究を通して、環境に対する共通の認識の形成と環境改善への貢献を進める姿勢を更に強めたい。このことが、友好関係さらには政治的・経済的な波及効果を生み出すと考えている。その上で、次の二つの側面から個別研究を統合的に発展させる。第一に、研究戦略については、アジアを主対象とする国内外の環境研究プロジェクトと対比する中で、本プログラムの位置と役割を捉え直す活動を行う。そのために、個別対話やセミナー等を集中的に実施する。また、和文、英文のホームページの充実により、研究コミュニティへの広報を強化する。第二に、研究実施面では、各中核プロジェクトにおける観測・モデリング研究の成果を踏まえ、大気環境、水環境、生態系の間での相互作用に関するモデリング研究を強化し、人間活動と自然の相互作用の統合的な理解と環境管理への応用を目指す。更に、人文社会科学的な研究も含めた、具体的な都市域や流域圏における環境問題に取り組む研究を通じて、自然共生研究としての統合を進めたい。

(参考資料) 平成18年度外部研究評価委員会による見解及び対処方針

平成18年度外部研究評価委員会(平成18年5月)において各重点研究プログラムの中核プロジェクトの事前説明をおこなった。委員会できりまとめられた見解に対して対処方針できりまとめ、今後の研究の進め方等に反映させた。

1 地球温暖化研究プログラム

1. 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

(1-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

温室効果ガスの循環・収支メカニズムを解明することを目的とした研究で、地球温暖化問題に取り組む上で、基本的かつ重要な課題である。本プロジェクトでは、“温室効果ガスがどこにどれだけ吸収、蓄積され、かつ、それは温暖化により今後どう変動するか”に答えるために、地域レベルから大陸・地球レベルまでの観測を核として循環の現状と変動を捉え、さらに、モデルの改良を通じて観測とモデルの相互検証を行うことを研究内容としている。川上(観測)から川下(モデル)までをつなぐ研究課題といえる。

観測においては、同位体を用いた観測システムの構築や、定期航路を利用したグローバルな観測など、観測手法としても新たな視点を導入しており、観測プロジェクトとしても成果が期待できる。また、長期的変動と地域的特性に着目して観測システムを構築しようとしている点も評価できる。一方、モデル開発では、フォワードモデル、インバースモデルを使った地域レベルでの検証を行うなど今後の発展性も期待されるが、海洋生物プロセスが取り上げられていないことなど必ずしも全プロセスに対応できる形にはなっていない。他のプロジェクトの成果や、温暖化連携拠点としての機能などを取りこむなど、連携を志向することが望ましい。

また、本プロジェクトは、

- 1) 観測とモデルを結合する
- 2) 温暖化環境下での外挿的な評価を行う

という点に特徴があるといえるが、いずれも、温暖化研究分野における重要なテーマであると同時に難しいテーマでもあることから、研究を開始するに当たっては、予め、対応方針を明確にすることが必要と考える。

イ) 研究の進め方、組み立て

前項1)および2)に挙げたテーマに取り組むための方針、戦略を各サブ課題の関係者が共有しながら進めることが必要である。

本プロジェクトでは、観測研究とモデル研究が適度に組み合わせられているが、サブ課題間の構造が必ずしも明確になっていない部分が見られる。特に観測研究とモデル研究をどうつなげるかは明確にすべきであろう。地点の測定結果と地域・地球的な測定結果をどのように関係づけるかも重要なので、その点も意識して研究を進める必要がある。例えば、中国チベット草原での観測研究の全体の位置づけなどは明確にする必要がある。また、炭素循環メカニズムが気候変動によってどのような影響を受けるかという外挿的な問題については、具体的にどのように研究を進めるのかももう少し明確にしておく必要がある。現環境での観測データでは十分なモデル化・予測が行えない可能性があるため、温暖化環境下での観測も考慮する必要がある。

さらに、本プロジェクトがカバーする範囲は広く、単独でやるには限界があると考えられるため、外部との連携も視野に入れ、また、既存の成果との関係も明確して進めることが望ましい。

なお、本プロジェクトは、温暖化プログラムにおける他の課題やプロジェクトとも密接に関係していることから、プロジェクト間での連携を念頭において進めることが必要であろう。

(1-2) 対処方針

本プロジェクトの各サブ課題の主題は、サブ課題1で大気成分高精度大規模立体観測、サブ課題2で現場

での各プロセス・フラックス変動観測、サブ課題3で大気輸送モデルの開発・検証・応用（フォワード、インバース）となっており、サブ課題間の関係は、次の通りである。サブ課題1で広域観測を展開し、独自の高度観測技術を用い指標化学成分の観測から地域的なフラックスの分布や変動を解釈する。サブ課題3では、サブ課題1から得られた広域濃度データをインバースモデルに組み込むことで、詳細なアジア-太平洋地域の地域的なフラックスの分布や時系列を推定する。これらと、サブ課題2での現場におけるフラックス観測結果との整合性を検討する。

観測とモデルの結合については、以下の方針で取り組むこととしている。すなわち、本プロジェクトにおけるモデル研究は当面、インバースモデル（フォワードモデルを含む）の利用を基本として、二酸化炭素濃度分布の時系列観測データからフラックスの空間分布の解析を行うことから始める。この時、人為的発生量は外部から与え、自然起源の二酸化炭素収支としての正味のフラックスを求める。一方、サブ課題1からは、多様な観測をもとに、独立に陸域、海域などに分離した緯度別のフラックス変化を推定した結果が得られることから、両者を比較検討することによって、それぞれの推定方法について検討を加え、互いのフラックス推定方法を改善する。さらにサブ課題2から得られる現場でのフラックスに関する情報を加えることで、これらのフラックス推定の妥当性を検討する。当面の具体的な検討課題は以下の通りである。

- a. 熱帯アジアにおけるENSOサイクル時の陸域生態系の変化や森林火災によるCO₂フラックスの変化の評価。
- b. 同時期の赤道太平洋からのCO₂フラックス変動の大きさの評価。
- c. 温帯域や寒帯域での陸上生態系の小規模の変動と観測の整合性検討。
- d. 北太平洋のインバースモデルのCO₂フラックス計算精度の改善とフラックス変動の規模評価
- e. その他のGHGの同様な方法でのフラックス推定可能性検討。

これらの検討から、短期間でのフラックス変動の推定手法を確立した上で、中核研究プロジェクト3（気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価）と連携し、フラックスを与える陸面や海面のプロセスモデルとの対応を検討する。この際、現場でのフラックスの要素（呼吸、光合成など）に分けての観測（サブ課題2）はモデル作りに重要な情報を与えるものと考えている。

海洋生物プロセスモデルについては、海洋のモデル開発そのものを本プロジェクトの範囲とはしておらず、必要に応じて外部の研究者などとの連携を考慮する。しかし、海洋のプランクトン分布や、栄養塩、酸素（海洋酸素濃度、大気中酸素濃度）などの観測に基づく生物プロセスの寄与やその変動の研究、海洋におけるインバースモデルの検討については視野に入れている。

地点の測定をいかに地球規模の測定に関係付けるかについては、当面、シベリアでのタワーを用いたフラックス研究からスタートして、地点代表性などの検討を行うこととしている。さらに、大気観測から得られる広域のフラックスデータやインバースモデルから得られる同様のフラックス分布データと、地点のフラックスデータの比較を行い、その結果の合理性、整合性を検討し、地域レベル、地球レベルへのスケールアップを行う。この際、衛星データなどの利用も検討する。本プロジェクトでは、シベリア、温帯林、草原、熱帯林などの植生が異なる場所への観測の展開を考えている。特に、中国草原は土壌への炭素蓄積が大きいとされており、温暖化に対して森林とは異なる応答をする可能性があるため、気候変動の応答特性を調査する。温暖化環境下での炭素循環メカニズムの変化、あるいは将来への外挿可能性に関する研究については、以下の方針で進める。すなわち、長期間のフラックス観測で得られるさまざまな環境条件下でのデータの解析から、炭素循環に対する環境影響を明らかにする。中核研究プロジェクト3で検討されるプロセスモデル研究と連携し、炭素循環メカニズムの環境影響を評価し、将来の温暖化環境下への外挿を試みる。さらに、プロセスモデルによる将来予測精度を向上させるために、陸域のフラックスの要素別寄与（呼吸、光合成など）を明らかにし、モデルにおけるダイナミクスを再検討する。一方、観測によるフラックスの長期トレンド推定精度を向上させ、それにより捉えられる長期的な変動傾向を将来へ外挿することを試みる。この時、過去と現在の炭素循環の比較研究も視野に入れる。また、チャンバーを用いた人工的な温暖化実験などを通して、

温暖化影響の評価を行うことを検討する。ただし、大規模なCO₂付加実験など当面はできる状況になく、既存の観測の解析や国内外の研究成果の活用、国内での研究協力を通して検討を行う。

プロジェクト間の連携については、特に中核研究プロジェクト2（衛星による全球二酸化炭素等の観測に基づく炭素収支の高精度推定）へのデータ提供や衛星観測データの解析との比較、中核研究プロジェクト3のモデル研究との連携が重要であると認識している。また、本プロジェクトで取得される観測データは、国内外の温暖化研究にとっても貴重であり有用であるという見地から、観測データベースの整備を行い、外部のモデルグループとの共同研究も念頭に入れ研究を行う。また、共同的な観測体制をとることによって、より効率の良いデータの取得などが可能になると考えられるので、他の観測グループとの連携を図る。

1. 2 衛星による全球二酸化炭素等の観測に基づく炭素収支の高精度推定

（2-1）外部評価委員会見解

ア) 研究内容

二酸化炭素およびメタンの濃度分布を、衛星観測により、全地球レベルで明らかにしようとするもので、温暖化研究における国立環境研究所の一つの柱となる事業・研究課題といえる。

全地球レベルで炭素収支評価の精度を向上させる意味は大きく、国際的な貢献度も高い。また、共通の物差しで二酸化炭素・メタンの発生源・吸収源の分布を明らかにすることは社会・行政にとって大きなインパクトがある。さらに、地球観測が目に見える形で社会的貢献として現れることになるので、このプロジェクトの成否は研究コミュニティ全体としても重要である。一方で、観測の精度が飛躍的に上がるなどの学術的な斬新さは必ずしも明確とは言えず、得られる知見の有用性の社会的意味を十分に説明することが必要であろう。

イ) 研究の進め方、組み立て

目的が明瞭であり、着実な研究といえる。研究の進め方・組み立て方も手堅い。ただ、GOSAT事業そのものに大きな費用がかかりそうなこと、また、事業が環境研、環境省、JAXAの共同事業であることからその推進には十分な連携体制を組むこととともに、役割分担を明確にすることが必要である。このためには、GOSATの事業全体の中での、本研究プロジェクトの位置づけを明確することが必要であろう。例えば、GOSATには熱赤外線センサーが搭載され、そのデータ解析アルゴリズム開発自身はJAXAが担当することとなっているが、その課題に関してはJAXAとの連携を十分に検討することが望ましい。

さらに、GOSAT事業は、温暖化観測の大きな柱となることから、本研究プロジェクトから、GOSATからのデータを最大限に活用するような、陸・海洋・大気の観測のグランドデザインを示すことが望ましい。また、GOSAT観測により全地球レベルでの炭素収支の誤差を下げるができるのか、その道筋を明確にすることが必要であろう。

なお、温暖化中核プロジェクト1.（温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明）の研究成果は本プロジェクトにとって有用なものとなることが予想されるため、十分な連携を取って進めることが必要である。

（2-2）対処方針

学術的には、温室効果ガス分布の観測に関してこれまで地上局、航空機・船舶などを用いて点あるいは線上でのみ行われてきたのに対して、個々の測定値の観測精度はその原理的制約から劣るとは言え、全球にわたる空間分布の時間変動の把握を衛星観測により世界で初めて実現する点において、並びに、衛星観測データを用いて全球規模での二酸化炭素の正味収支分布の導出誤差を半減させる点において、それぞれ斬新性を有していると考えている。また、大気境界層内の濃度を高精度で測定する必要性から、世界で初めての新たな試みとして、地表面による太陽反射光を光源とする短波長赤外域でのフーリエ変換分光器（従来は主に熱赤外の分光装置として使われてきた）を利用することとしており、今後の発展性など測定技術の観点からも学術的価値が高い。このように京都議定書をリードする日本が率先して、衛星利用による全球の二酸化炭素

濃度観測に取り組み、炭素収支推定の精度向上に役立てようとすることに国際的、社会的に大きな意味があると考えている。なお、一般国民に対する説明責任について十分に自覚し、当研究の意義について解りやすく説明することに努めたい。

三者共同のGOSAT事業は三者間で締結された協定書により役割の分担が明確化されており、更に事業推進上新たに生じた問題については、三者で協議の上、分担について臨機応変に対処するなどの対応が図られている。例えば熱赤外センサーのデータ処理については、データ解析アルゴリズム開発担当研究者とは、地球環境研究推進費の課題における分担研究者として情報を密に交換しており、事業面では、熱赤外データの一部をJAXAで処理を行うことによって、事業全体としてより効率性が向上することを期待して、両者間で調整を行っている。

GOSATからのデータを最大限に活用するような、陸・海洋・大気の観測のグランドデザインについては、インバースモデルへのインプットデータとしての利用や、衛星データ検証サイト設定の観点から構想を立てていきたい。

炭素収支の評価誤差低減に向けての道筋については、サブテーマ3の研究において、既にシミュレーションレベルで有用性を示しているが、平成19年度以降、より具体的な道筋を明らかにする予定である。中核研究プロジェクト1との連携については、特にサブテーマ3の研究上必須であるが、サブテーマ1、2においても、観測データの検証比較などに利用するために、中核研究プロジェクト1の成果を利用するなど、必要な連携をとりつつ研究を進める予定である。

1. 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

(3-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

洪水や早魃など気候変動に伴う極端現象等の温暖化リスクを、気候モデル、影響評価モデル、土地利用モデルを統合することにより評価することを目的とした研究である。身近なテーマを複数のモデルを統合することにより科学的な裏付けをしながら明らかにしようとする意欲的かつ優れた研究であり、社会への直接的な貢献が見えやすい重要な研究といえる。これまで個別に進められてきた気候・影響・土地利用の各モデルを統合する試みは新規性が高く、大変意欲的である。また、不確実性のある現象を影響の幅をふまえた評価として確率的に定量化する点も意欲的である。

一方で、個別の気候モデル、影響評価モデル、土地利用モデルが不確実性を有し、そのレベルが同じとは限らないことも事実である。モデルを統合することの意味を明確にすると共に、不確実性の評価、結果の検証に十分な対応策の検討が必要である。個別モデルの改良と共に、統合化の問題点に留意をしつつ研究を進めることが望ましい。

イ) 研究の進め方、組み立て

大変意欲的なプロジェクトであり進める価値がある。一方で、本研究プロジェクトの成果は、

- 個別モデルをどう結合するか
- 個別モデルの完成度、不確実性のレベルの違いをどう評価し、処理するか
- 結果の検証をどう行うか

に大きく依存する。これらを念頭において研究を進めることが必要である。

例えば、モデルの完成度が揃っていないことを統合の際にどう処理するか、個々のモデルの発展度合いが影響することには十分留意すべきである。また、モデル化の妥当性や安定性についての説明が必要であろう。その意味でも、個々のモデルの検証とともに統合モデルの検証を行う必要がある。

なお、本プロジェクトは、中核研究プロジェクト1（温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明）と4（脱温暖化社会の現実に向けたビジョンの構築と対策の統合評価）とも関係することから、連携を取りながら進めることが望ましい。

(3-2) 対処方針

個別モデルの完成度、不確実性のレベルの違いについては、個別分野のモデル研究の蓄積の程度や検証データの利用可能性の程度等に依存し、相当の違いが存在するものと認識している。また、特に社会的要素を扱う部分では、普遍的法則性が高い精度で成り立つ保証が無いことから、自然システムのモデル化と比較して本質的な難しさを持っているものと認識している。プロジェクトの遂行にあたっては、これらの点に十分留意し、モデル統合の方法やモデルの検証に反映させていきたい。具体的には以下に述べる。

モデル統合の方法については、個別モデルの完成度の違いや統合モデルの高度な複雑性に鑑み、徒に全てのモデルを一度に統合するのではなく、モデル間の結合の必然性や効果を検討しながら、逐次的に統合を進める予定である。今年度は互いのモデル結果を境界条件として用いながら個別モデルによる実験を行い、それと並行していくつかの部分結合の準備作業を行う。次年度以降、部分結合モデル（例えば気候+ダム+農業）の開発を順次進め、結合によって実現するフィードバック効果等に注目した解析を行う。

結果の検証については、個別モデル毎に可能な範囲で積極的に行う予定である。具体的には以下の通り。

- 気候モデル：各種観測データ（再解析データ、衛星データ）による検証、特に20世紀の変動の検証
- 水資源モデル：河川流量データによる検証
- 農業生産性モデル：収量統計データによる検証、特に人為的投入量と気候変動の効果を分離して検証
- 陸域生態モデル：国内外の観測・モニタリングデータによる検証、特にプロセスレベルの検証
- 土地利用モデル：国内外のサイト単位の検証、オーストラリアを例にした大陸規模かつ100年程度の時系列変化に係る検証、衛星画像による全球規模の検証

不確実性の評価に関しては、今回のプロジェクト期間中に定量的な評価（確率的表現）までを現実的な達成目標とできそうなのは気候モデルについてのみであると考えている。その他の個別モデルについては、不確実性の高いモデルパラメータや入力条件に対する感度解析により大まかな不確実性評価を実施するとともに、気候モデルによる予測の不確実性の幅に対応した、影響等の不確実性の幅を求めることを目標とする。

中核研究プロジェクト1（および2）との連携については、以下の可能性があり、積極的に実施したいと考えている。

- 炭素収支の時空間変動について、大気観測に基づく推定（1、2）と陸域生態モデルによる推定（3）との相互検証を行う。
- CO₂輸送モデルのフォワード計算（1、2）に対して陸域CO₂交換量の推定データを提供する（3）。

中核研究プロジェクト4との連携については、以下の可能性があり、積極的に実施したいと考えている。

気候モデル、影響モデル等（3）を単純化したものを統合評価モデル（4）に結合することにより、気候変化とその影響の社会経済へのフィードバックを含む将来シナリオを構築する。

統合評価モデルに組み込まれているトップダウン型の土地利用モデル（4）と、本プロジェクトのボトムアップ型土地利用モデル（3）の間で基本データ等を共有し、整合性を取る。また、バイオマス資源量の推定（3）をシナリオ研究（4）へ提供する。

1. 4 脱温暖化社会に向けた対策の統合評価

(4-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

温暖化対策に向けてのシナリオの提案、その実現に向けての国際的な枠組みとプロセスの提案、具体的な対応策の評価、を行う研究プロジェクトである。具体的な温暖化対策、政策提言に関する研究であり、且つ、国際的政策立案に直接関与する研究内容であり、時宜にかなった国立環境研究所/地球環境研究センターらしい研究プロジェクトである。特に、アジア主要国も包括した研究は今後の長期的対策を考えるうえで重要

であり、社会に直結する課題といえる。

一方で、ビジョン・シナリオの作成において、シナリオの主要パラメータが何か、が判りにくく、具体的な方向が見えないという印象を受ける。パラメータを明らかにしたうえで、これらのパラメータについて各サブテーマがどのように扱うかを明確にすることが必要であろう。また、ビジョン策定には、価値や理念が深く関係することから、価値・理念についての検討が必要であろう。

イ) 研究の進め方、組み立て

これまでの研究成果に立脚した着実な研究の進め方は評価できる。一方で、サブテーマ間での具体的なパラメータや、データ、情報の流れが見えにくい点が見られるため、サブテーマ間の関連を明確にして進めることが必要であろう。例えば、サブ課題1で提案されるビジョン・シナリオをどう評価して、サブ課題2、3に提供し、それがどうフィードバックされるのか。また、サブ課題2で提案される国際的な交渉プロセスが、サブ課題1、3でどう使われるのか、を明確にする必要がある。さらに一歩踏み込んで、本研究プロジェクトから、大胆なビジョン、政策提案を行い、その具体化を各サブテーマで検討することも進め方の一案であろう。

なお、本課題は国際的な研究であることから、実際に進行している国際的な交渉を対象として研究を進めることが望ましい。研究者のネットワーク作りに留意することも重要であろう。

(4-2) 対処方針

ビジョン・シナリオ作成における主要パラメータとして人々の考え方、人口、国土・都市、生活・家庭、経済・産業に関する要素を考慮し、作成した叙事的シナリオをもとに、整合性のとれた定量的シナリオを開発することとしている。また、対象とする要素として、国内のエネルギー供給システム、都市システムから、国際貿易体制、気候変動に関する国際枠組みなどを想定している。また、社会・文化的価値や環境保全のための理念などもビジョン策定の重要な要素であることから、これらの検討を併せて行うこととしている。サブテーマ間の関連については、以下に示す連携により研究を進める。

サブテーマ1では、2050年において我が国の温室効果ガス排出量を1990年排出量から60%から80%と大幅に削減するために必要な諸施策具体的提案を行う。この際、人口・世帯構造、家庭消費構造、都市・交通構造や産業構造および国際貿易構造に関し、歴史的トレンドおよび今後50年のうちに想定しうる社会・経済・技術革新を組み合わせた複数のシナリオを構築し、サブテーマ3と協力して定量化する。作業にあたって重要となるパラメータには、社会・経済面からは、人口動態・世帯推移に係る各種のパラメータ、消費性向、トリップ発生及びその性状に関する各種パラメータ、産業部門別の技術進歩率、投入産出係数、資本・労働生産性、輸出入率といったマイクロレベルのもの、合計特殊出生率、都市化率、モーダルシェア、経済勘定に係る諸値といったマクロ的かつ演繹的なレベルのものがある。また、エネルギー技術面からは、マイクロレベルのものとして単体技術の革新、低廉化および社会受容性に関するパラメータ群が、またマクロ的かつ演繹的なレベルのものとしてエネルギー集約度、炭素集約度などがある。ビジョン・シナリオ作成にあたっては、これらのパラメータ諸値の変化特性および社会的易受容性を考慮しながら、目標ビジョンに到達可能なパラメータ値の範囲を同定・提示するとともに、その結果をサブテーマ2に引き渡す。

サブテーマ2では、京都議定書第一約束期間終了後（2013年以降）に我が国として追及すべき将来枠組み、そこに到るための必要な交渉プロセス、将来枠組み提案が実際に合意された場合に我が国が目指すべき排出量削減量や地球全体で到達できる排出抑制量、予想されるコストなどについて検討する。交渉動向等に関する最新の情報は、サブテーマ1及び3へ逐次フィードバックされ、対策の定量化に利用される。なお、サブテーマ2は、実際に進行している国際交渉の場を対象として研究を進める。

サブテーマ3の課題は、京都議定書の目標達成や2013年以降の枠組の有効性を検討するためのモデルを開発し、温暖化対策税やCDM等の対策の効果と費用ならびに温暖化抑制対策がもたらす副次効果を定量的に評価することである。サブテーマ3で推計する温室効果ガス削減ポテンシャルやアジア各国における緩和策・適応策の検討結果は、サブテーマ2において次期枠組みを検討する上で重要な情報を提供する。

研究者のネットワーク作りに関しては、日本で開発したモデルを新興国、途上国に適用するために必要な人材育成や次期枠組みの検討のための国際的な対話を実施し、これまでのネットワークを強化する。また、2006年から始まった日英共同プロジェクトを進展させ、先進国だけではなく、中国やインドを始めとする途上国と連携した脱温暖化シナリオ分析を進める。なお、今年度は、日本を対象とした脱温暖化シナリオ開発や温暖化対策の費用・効果分析、種々の将来枠組みの検討を行い、来年度以降、アジア主要国などの我が国以外の脱温暖化シナリオ開発を行うとともに、我が国として追及すべき将来枠組みを一本化する。また、アジアの貧困については直接研究対象とはしていなかったが、途上国への対応としてこうした課題は重要であるので、貧困問題も含めてミレニアム開発目標を踏まえたモデル化の拡張が可能であるかを検討する。

2 循環型社会研究プログラム

2. 1 近未来の資源循環システムと政策・マネジメント手法の設計・評価

(1-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

近未来の資源・廃棄物のマテリアルフローを予測し戦略を立てる研究であり、3R戦略・社会経済政策に貢献できる内容である。十分な範囲をカバーしている一方で、この研究体制でどこまでできるかには不安が残る。また、国民の行動様式をどう位置づけるか、金銭フローは考慮するのか、考慮するのであればどのように考慮するか、WTOなどの国際的な動向をどこまで組み込むかなど、個別の点でも不明確な点がある。研究の対象範囲を的確に設定し、それを明確にすべきだろう。循環型社会基本計画は意識されているものの、環境基本計画はあまり意識されていないようである。広範囲の内容を扱う研究であるので、環境基本計画なども念頭に入れたおいた方がよいだろう

イ) 研究の進め方、組み立て

単なる研究で終わらせないためにはどのようにビジョンを作成するか、ならびに多方面へのメッセージをどう出すかが重要であろう。その意味では、単一のビジョンを描くより複数のビジョン・シナリオを描く方がよいだろう。他のプロジェクトや他機関のノウハウ等を活かしながら、うまく共同研究を行うことが望まれる。ビジョン・予測ができたとしてその妥当性を評価する必要があるので、検証方法や基準を定めるべきであろう。産業連関は社会構造の変化によって異なるので、その点は認識して研究を進めていただきたい。

(1-2) 対処方針

研究体制については、地球温暖化をはじめ環境の長期・将来ビジョンに関わる研究を実施している所内のグループや大学等の外部機関とも連携しながら、成果を着実に挙げられる体制をつくっていききたい。また、研究の対象範囲を的確に設定すべきというご指摘に関しても、上記連携を活かして、検討を要するべき事項を適切に見定めると同時に、特に本研究で対象とするモノ、技術・社会システムを抽出整理し、研究の対象範囲が発散しないように進めていきたい。国民の行動様式については、消費行動の変化が与える廃棄への直接的影響と製品生産側への間接的影響を産業連関のモデル等により示したい。金銭フローについては、近未来の予測等は現段階では難しいと考えているが、可能な範囲で物質フローと一体的に捉えたい。また、ミクロ的にみれば、リサイクルなどに係る金銭の流れをできるだけ明らかにするとともに、適正な金銭フローを確保するための方策としての拡大生産者責任、支払い方式、廃棄物会計やそれに関連して議論がされる有料化による受益者負担のあり方やPFIによるコスト削減などの現在の問題を意識した研究展開もビジョンづくりの中で模索したいと考えている。

研究成果を効果的にメッセージとして発信することの重要性について、成果の活用としては、第一に環境省をはじめとする国、地方の行政機関等への発信による政策貢献を念頭においている。そのためには、ステークホルダーとしての産業界や一般市民との相互的な働きかけを通じて政策設計を行うことが重要と考えており、シナリオプランニング等の段階で意識していきたい。また、ビジョンとそれに向かうシナリオは、社会の価値観を伴うものとして、それぞれ複数設定するとともに、定量的な目標についてもある程度の幅を持たして設定していきたい。ビジョン・シナリオの妥当性評価については、明確な方法論は現時点で持ち合わせていないが、シナリオプランニングの方法・プロセス自体がビジョン・シナリオの妥当性を決定づけるものになると考えている。結果的には、政策サイドから評価・採用されて、政策への反映が実現できるか否かがポイントであると考えている。

2. 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

(2-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

有害性や資源性という観点から物質の利用と廃棄を統一的に把握してリスク評価や資源性評価に基づいて

包括的管理方策を確立していく研究は、社会的・行政的ニーズが高い。その一方で、研究の新規性があいまいであり、また、他機関でできるような仕事を国立環境研究所で行う必要はないと考えられる。国立環境研究所ならではの新規性のある研究は何かを見据えていただきたい。また、管理方策といっている以上、単なる目標とするのではなく、社会で実現することを本気で考えていただきたい。現時点では、管理方策へどのように統合化するかの方針が見えないが、物質の包括的情報管理の基本モデル構築という位置づけを与えて、研究を進めていただきたい。

イ) 研究の進め方、組み立て

個別の研究として、土木系スラグ利用の検討などがあるがその理由は不明確である。個別研究は、物質の包括的情報管理の基本モデル構築のケーススタディと位置づけた方がよいのではないだろうか。また、資源性と有害性とのトレードを含む課題の解決には寄与しないと思われるので、その点も研究の対象にするか検討いただきたい。研究成果として管理方策を提示するのであれば、社会への波及効果が期待される年代を何時に設定しているか明確にした方がよいだろう。物質の包括的情報管理のためには、民間企業が有しているデータベースの活用を図ることも検討すべきであろう。

(2-2) 対処方針

前段のご指摘は、日頃より十分に意識しているところであり、当プロジェクトを遂行する上で、(1) 現地調査や各種分析などによる1次データの取得やモデリング等を総合的に実施できる体制にあること、(2) 再生品の評価管理手法や測定法などに関して、国際規格との整合も意識しつつ関係団体等と調整し我が国としての提案をするのに適当な中立的機関であること、などが国環研ならではの強みであり特徴であると考えている。また、包括的な管理方策を社会で実現してほしいのご指摘は、本プロジェクトのスコープは循環・廃棄過程を起点とせざるを得ないものの、重要な視点として念頭におきたい。本プロジェクトを基本モデル構築のケーススタディと位置付けて、製品の循環・廃棄過程において高リスクが生じることのない物質管理・制御方策を社会的な取組・制度として統合化することを意識するとともに、結果的に上流側への情報管理・情報開示や製造者責任等にかかる今後の法体系の改正に反映できるよう、成果と提言をまとめるように研究を推進したい。

土木系スラグ利用等の個別研究は、特に社会的要請の強い建設資材系再生製品を対象に、安全性評価手法及び品質管理や安全性を管理するための方策を提案し、循環資源の受け皿の確保・拡大へ貢献していくために遂行したい。一方、プラスチック、金属等を対象とする個別研究は、基本モデル構築のためのケーススタディとして位置付けることとしたい。また、社会への波及効果が期待される年代については、政府による各種リサイクル法の見直しの時期に合わせ、適宜、本プロジェクトの成果・知見を反映させることが基本と考えている。なお、化学物質の包括的情報管理システム構築への波及効果は10年程度先になると想定するが、RoHS規制物質、POPs物質などの有害性が明らかな、あるいは懸念されている物質の包括的管理方策については、政府の検討に合わせ、必要に応じて所内の関連ユニットとも連携しつつ、適切な対応を図っていきたい。

2.3 廃棄物系バイオマスのWin-Win型資源循環技術の開発

(3-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

研究の意義は認めるが、要素技術の開発とビジネスモデル/地域特性評価との関連が不明確である。また、他のメーカーや大学で開発中の技術との関連性・位置づけが不明確であり、国立環境研究所ならではの研究課題を設定する必要があるだろう。基本的には、社会全体としての最適な戦略を描くことが重要なので、その点を意識して研究を進めていただきたい。ビジネスモデルについては、どのような新規性があるか分からないので、今後の研究を進めるうえで明らかにしていただきたい。Win-Winの意味が分かりにくいので、表現は検討していただきたい。

イ) 研究の進め方、組み立て

総花的になっているので、個別の研究を同じウェイトで実施するのは好ましくなく、絞り込みが必要だろう。また、社会的受容性・ビジネスモデルの評価については、研究の終了段階ではなく、早い段階から考慮する方がよい。技術開発の有効性や有用性の評価基準は明確にしておく必要があり、加えて、実用化に向けての注意点も明確にするとよい。科学技術基本研究計画で例示されている技術についても目を向けてもよいだろう。

(3-2) 対処方針

前段の指摘に関しては、要素技術開発の進捗・成果を踏まえた上で、プロジェクト後期にビジネスモデルの実証及び地域評価を行う予定である。メーカーや大学との関連性については、十分に認識して研究を進めることとするが、国環研としての強みは、自らの技術と他の技術との組合せ・システム化の視点を持ち社会ニーズと技術を繋ぐ機能を担うこと、政策への反映を念頭にいた技術開発を行うこと、にあると考えている。中核研究プロジェクト1と連携し、社会全体のビジョン及び技術システムの位置づけを考慮しながら、最適な技術開発の戦略づくりを行う予定である。ビジネスモデルの新規性のご指摘については、国環研が関与することにより、公的な安心をベースとしたリサイクルネットワークの構築が進められている点に新規性がある。また、Win-Winの表現は、複数の環境分野への貢献を想定しているためこのまま使うこととし、成果によって意味を明確にしていきたいと考える。

プロジェクトの内容が総花的というご指摘に関しては、研究計画作成段階においても研究対象の絞り込みを行ってきており、当面は全体の中での個別の技術開発課題の位置づけや課題間の関係を明瞭にしながら進めていくことが重要と考えている。今後、技術開発の進捗と成果が社会に与えるインパクト等により、さらに絞り込むことは十分ありうる。早い段階から社会的受容性等の評価が必要とのご指摘については、それらを考慮し早い段階から必要な方向性の修正を行うとともに、第3年次において計画の見直しを厳しく評価・判断し、次の段階のビジネスモデルの内容にも反映を図る予定である。また、技術開発の有効性等の判断基準については、明確にした上で本プロジェクトを進めている。実用化の課題についても、各サブテーマごとに明確に意識しており、それらを解決するための総合的戦略を考えていく所存である。

2. 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

(4-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

アジア地域での経済的一体性の深まりをふまえ、アジア地域に特化するのはいい。研究目標においては、アジア地域での経済発展に伴う物質・資源のダイナミックな変化を予測し、事前的に経済発展段階にふさわしい資源循環インフラを構築していく戦略に資することを明示すべきだろう。また、研究内容としては、国内リサイクルなどの日本の国策と国際的枠組みとの関係、廃棄物処分になるか資源化するかという選択の問題、廃棄物の資源価値は社会・経済背景によって異なること、システムやネットワークが成立する社会経済的条件があることも研究に組み入れるべきであろう。また、途上国でのインフラ構築・キャパシティビルディングという視点も重要であるので、国際協力研究をどの程度推進するのかという戦略を明確にするとともに、国際協調の成立条件を分析してみてもよいだろう。

イ) 研究の進め方、組み立て

アジア地域の範囲は定めておいた方がよいだろう。また、CDMなど、事業化まで視野に入れるのであれば、丁寧な研究展開を図るべきである。実働できるマンパワーは充分なのかが気になりである。研究を進めるうえでは、人材開発という視点も加えてほしい。

(4-2) 対処方針

前段のご指摘については、予測が必ずしも有効にできるとは限らないが、E-wasteなど一定の対象の排出量・貿易量などにおいて、ある程度の幅を持った見通しは示したいと考えている。そのような検討を通じて、

日本とアジアでの適正な資源循環戦略に資する情報を提供すべく努めたい。また、国内リサイクル法と国際的枠組みの関係については、国際貢献と国益確保の観点から、E-waste や容器包装を中心として、国内法への提言と国際枠組みの活用を行うことを考えている。廃棄物として処分するか資源化するかの選択の問題は、分析モデルにおける輸出国側の意思決定として重要な要素であり是非検討したい。リサイクルシステム等が成立する社会経済的条件のご指摘は重要であり、アジア諸国の状況の把握に務めるとともに、特に技術システム研究の中でその成立条件の検討を行いたい。国環研が行う国際協力研究として、インフラ構築についてはシステム・制度の設計・評価などのソフト面を中心に行っていきたい。キャパシティビルディングについては、アジア諸国の研究者の人材開発の分野で貢献していきたいと考えている。このほか、循環資源貿易などの課題において国際協調の成立条件を分析しながら、国環研が国内外で果たせる役割を検討し、担っていききたい。

対象とする地域は、現在の研究計画では東アジアを基本としている。しかし、必ずしも地理的範囲だけにはこだわらず、アジアの資源循環を日本から見た場合に問題となる事象が的確に検討できるよう、研究内容により柔軟に対処したい。例えば、廃プラスチックは中国、固形廃棄物の技術システムは東南アジア、E-waste の場合は南アジアまでの範囲を念頭に置いている。マンパワーの懸念については、外部調査会社への請負や、アジア諸国の研究者との研究交流も含めて対処したい。また、人材開発は重要な視点と認識しており、早ければ今年度中にも海外から若手研究者を数ヶ月間単位で招聘し、中長期的な人材開発や研究協力を行えるように努めたい。

3 環境リスク研究プログラム

3. 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

(1-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

包括的曝露評価を適切に行うためには不可欠な研究で、レギュラトリ・サイエンスとしても有意義な研究であり、環境研にしか出来ない研究といえるだろう。重点化すべき物質・複合影響・地域を明らかにすることの他、総合的な曝露評価手法のプロトコルを提言するなど、環境リスク問題の解明・解決に寄与することを大いに期待したい。個々の研究については、簡易迅速分析法やバイオアッセイ法の開発、それら情報をリスク管理に利用するための検討にも期待したい。また、食品由来の曝露・複合影響についての検討、長期モニタリングに使える指標や健康影響との関連付け、曝露量との相関を考慮した展望、化学物質の有益性の視点の追加、細胞レベルのリスク評価、親水性の化学物質の曝露評価など、さらなる発展を期待する点も多い。研究が発散しないように注意しながら、これらをふまえて研究を進めていくことが重要であろう。

イ) 研究の進め方、組み立て

研究を進める上では、ヒトの健康影響評価にどのように適用するか、G I S詳細モデルにP R T R情報とリンクを行うときのデータの精度差をどのように扱うのか、使用量≠環境放出量の物質についての曝露シナリオを考えているか、バイオアッセイデータと物質をどううまく関連づけて影響評価をするのかといった点を検討されたい。また、社会・行政へいかに貢献するかの目標が不明確である。本研究と疫学調査をうまくリンクさせないと社会・行政への発信が弱くなると思われるので、これらのことに留意して研究を進めていただきたい。一方、関連する研究分野・研究グループとの連携が必要であり、特に、他機関で蓄積されているデータと融合を検討していただきたい。また、用語・説明が難解なので、その点も注意が必要。

(1-2) 対処方針

曝露評価において多数の物質による曝露や曝露量の分布を総合的・包括的に把握することが環境リスク問題の解明と解決に重要な課題であると考えており、環境研としての成果を提出すべく努力したい。個々の研究へのご指摘のうち、バイオアッセイ法の開発については、長期モニタリングや健康影響への関連付け、細胞レベルのリスク評価などのご指摘を意識しつつ、今年度から取り組んでいく計画である。親水性の化学物質の曝露評価については、主にG I S詳細モデルの検討の中で取り組んでいきたい。また、分析とバイオアッセイの結果をリスク管理で利用するための検討というご指摘には、環境リスクセンターの別課題とも連携しつつ、当面はデータ蓄積を進める計画である。一方、本研究の中ではバイオアッセイとこれに関連する包括的曝露計測が一つの目標であり、必ずしも簡易迅速な分析法の検討は計画していないが、意識しつつ研究を進めて行きたい。食品由来の曝露評価は重要な課題と認識しているが、実施の可能性を含め3年目以降に検討したい。化学物質の有益性の視点については、まずどのような方向性があり得るか新しく検討を開始したい。

ヒトの健康影響評価にどのように適用するかというご指摘については、G I S詳細モデル等による詳細曝露評価の結果は、ヒト健康リスクの個体差を考察する際に一つの重要な要因として利用されるものとする。G I S詳細モデルとP R T R情報のリンクにおけるデータの精度差は重要であり、モデルにおける精度差への適切な配慮、またP R T Rの精度改善のための提言の双方を含めて検討したい。バイオアッセイデータと物質情報の関連付けは本プロジェクトの主要な関心の一つであり、環境リスクセンターの各課題とも連携しつつ、さらに他機関で蓄積されたデータを有効に活用・融合することを考えながら検討したい。また、これらの成果の発信を通じて社会・行政の貢献に努力したい。本プロジェクトは環境リスクプログラムの他の中核研究プロジェクト、特に中核研究プロジェクトとは既に連携を図って進めている。一方、使用量≠環境放出量の物質の曝露シナリオは重要な課題と認識しているが、3年目までにまず方針を検討したい。また、疫学調査については、本プロジェクト内部での実施はおそらく困難であり、研究所内外との連携により本プロジェクトの成果と疫学をリンクさせる可能性を3年目までに検討したい。なお、用語・説明については改善

に努める。

3. 2 感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価

(2-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

リスク評価科学の進歩に貢献する大切な研究領域であり、社会的及び学術的貢献の高い研究といえる。実験動物モデルの開発を中心した研究は基礎研究としては大変面白い一方で、成果を社会へ還元するにはヒトへの影響が重要となるので、その点に留意して研究を進めていただきたい。特に、低濃度曝露の影響を生体システムのかく乱を指標として簡便かつ短期間で評価できるシステムの開発に期待したい。国立環境研究所としての成果発信を常に意識すべきで、将来的にOECDテストガイドラインなどに採択されることを視野に入れて研究を進めていただきたい。

イ) 研究の進め方、組み立て

いくつか要望したい点がある。まず、感受性要因についての定義を明確にすべきだろう。次に、本研究プロジェクトの達成目標も明確にすべきである。実験動物モデルの開発が目標となっているが、研究課題名と一致していない印象があるので、この点も再考いただきたい。一方、対象化合物を明確にすべきであろう。対象化合物の選定の際には、具体的問題があるものやメカニズムがよく分かっているものを対象にするとよいと考えられる。

感受性因子については、その数値化を目指してほしい。それから、遺伝的要因をどのように明確にするのか、また、遺伝的要因と発育ステージ別要因をどのように整理・識別するかは重要な点だと考えられる。アトピー性皮膚炎・過食生活・生活習慣・生活行動の因子を含めた検討や、曝露量や曝露時間との関連を明確にすることが望まれる。プロジェクトの実施に当たっては、他機関との協力研究を積極的に行い、他の医学関係でのデータとカップリングを行うことも検討すべきであろう。

(2-2) 対処方針

化学物質による高次生命機能のかく乱についての研究分野は新しい研究領域であり、ヒトへの影響が重要であることを常に念頭に置き、低濃度曝露の影響を生体システムのかく乱を指標として簡便かつ短期間で評価できるシステムの開発を進めより多くの研究成果の発信に努める。

感受性要因の定義については、化学物質の曝露による影響のうけやすさに関わる生体内の要因と捉えている。達成目標として、サブ課題1は、化学物質による神経、免疫系での過敏状態を評価できるモデルの開発と検証を目標としており、サブ課題2は、胎生期や小児期での化学物質の影響評価から感受性因子の検索が目標である。サブ課題3は、アレルギー増悪影響のスクリーニングモデルや高次機能影響評価モデルを開発し、検証と評価を平行しつつ、簡便化、総合化を図るのが目標であり、ヒトへの健康影響評価に貢献すべく努力したい。対象化合物については、人での疾患との繋がりが疑われているものを選択しておりVOCs、内分泌かく乱化学物質やトリブチル錫などについて研究を進める予定である。メカニズムがよく分かっている物質は陽性物質として用いる予定である。感受性因子の数値化については、本研究の成果などを活用し、相対的評価を含む数値化の可能性などについて検討したい。遺伝的要因の明確化については、当面は、免疫系での影響を遺伝的背景の異なる系統のマウスを用いた検討より、感受性にかかわる遺伝的要因を明確にすることから検討を開始する。遺伝的要因と発育ステージ別要因の整理・識別については、サブ課題1（遺伝的要因を変化させ影響を検証）とサブ課題2（時間的要因を変えることにより影響）の連携を密にすることで対応する。アトピー性皮膚炎・過食生活・生活習慣・生活行動の因子を含めた検討については、過食生活・生活習慣・生活行動の因子は研究の焦点がぼやける可能性があり、アトピー性皮膚炎のみ研究計画に含めている。人での疾患とのつながりを重要視するために、国立病院機構相模原病院や北里研究所などと研究協力はすでに行っており、神経、免疫、内分泌の各基礎分野においても外部機関との研究協力については積極的に進めていきたい。

3. 3 ナノ粒子の体内動態と健康影響評価

(3-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

急速に応用が進んでいるナノマテリアルの健康影響を研究テーマに取り上げた重要かつ緊急性の高い研究である。研究成果が化学物質の規制法に反映されることが大切なので、その点、留意いただきたい。社会的・行政的な面で貢献できる研究成果を期待している。物性としての影響だけでなくナノ粒子に含まれる金属や化学物質の影響も見過ごすことはできないので、これらの因子についても検討すべきである。個別の粒子の組成と動態についての研究ができると面白い。また、長期影響を検討する必要があるのではないだろうか。さらに、アスベストの代替物についても意識した方がよいだろう。

イ) 研究の進め方、組み立て

実現可能性の高い研究であり、早く中間的な成果をまとめていただきたい。ナノ産業への提言に結びつけるような研究成果を期待する。一方で、長期影響を把握するためには、5年間のその先まで研究計画を見据える必要もあるだろう。

テストに用いるナノ粒子の標準化（発生方法、粒度分布など）は非常に重要であるので、その検討は十分に行っていただきたい。また、ナノマテリアルの生体影響に関する研究については具体的な進め方、特に扱うモデル（物質と影響をみる対象）についていずれ焦点を絞った方がよいと考えられる。環境研の役割としては、他の研究グループとの情報交換・連携・役割分担等も必要であるので、外部との連携をうまく図っていただきたい。

(3-2) 対処方針

ナノ粒子の物性としての影響だけでなく、含まれる金属や化学物質の影響についても検討すべきであるとの指摘をされている。ナノ粒子に関してはこれまで粒子状物質に含まれる金属や化学物質の影響に加えて、物性としての影響を中心に据えることが重要である。ただし、ナノ粒子の成分に関しても十分検討してゆく必要があると認識しており、今後検討を加えてゆく。また、長期・慢性影響研究については、平成20年度から、開始する予定である。慢性吸入実験や長期影響の把握に関しては、多くの資金とマンパワーを要する上に今回の中期計画を超えた長い視野のもとに進める必要がある、その当たりの調整については研究所の方と十分話し合う必要があると考えている。アスベスト代替品の生体影響としては、カーボンナノチューブも含めたファイバートキシコロジー（繊維状物質の毒性）という観点から前広に捉えてゆく予定である。

ナノマテリアルの安全性評価に関しては、国内外から迅速な対応を求められているところであり、環境研や環境省の枠を超えた話し合いが必要である。本プロジェクトにおいても、産総研や厚労省の各研究機関と調整しながらナノ粒子の影響研究を進めているところであり、今後もその体制を維持しながら環境研の特長を生かした貢献を続けてゆく予定である。ナノ粒子やナノマテリアルの影響研究に関しては、ご指摘の通り標準化サンプルを用いる必要がある、海外の研究機関（NIOSH、NIEHSなど）の動向も視野に入れて標準化に努めてゆく予定である。また、環境研は燃焼由来のナノ粒子研究においては先駆的な役割を果たしていることから、ナノマテリアルに関してもカーボン系を中心に研究を進めてゆく予定である。

3. 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

(4-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

多岐にわたる課題を扱う意欲的な研究プロジェクトである。環境問題の解明・解決に寄与し、科学技術・学術に対する貢献度は高いと考えられる。一方、政策への提言等の研究成果の出口が見えにくい。人間の生活とのバランスの取り方や受容しうるレベルの設定は可能かという点を含め、環境修復への提言をどのように行うかを考えていただきたい。多岐にわたるといことは、サブテーマ間の繋がりが希薄になりかねない

ことを意味するので、それを統合する数理モデルの果たす役割は非常に大きいと考えられる。その一方で、数理モデルに余りこだわり過ぎてはよくないだろう。

イ) 研究の進め方、組み立て

フィールド調査が多岐に亘るので研究が遅れないように、また、遠隔地での調査研究が負担にならないように注意して研究を進めていただきたい。また、研究組織を拡充する必要があるかもしれない。他の課題研究グループとのコミュニケーションを保ちつつ研究を展開すべきであろう。一般人へのアピールにつながる工夫も必要であろう。

(4-2) 対処方針

サブテーマ間の繋がりが希薄にならないよう、意識して連携に努めるとともに、有効な数理モデルの開発に力をいれる。本プロジェクトの研究成果は、沿岸環境（東京湾）の保全に向けた提言（新たな環境基準の設定などを含む）、ため池を含む地域環境の保全に取り組む兵庫県行政への提言、淡水域の自然再生手法への提言、外来生物法における特定外来生物の新規指定や特定外来生物の駆除法の確立など、環境政策にも十分寄与するものと考えている。

フィールド調査は、漁業者や地元の農家と良いコミュニケーションを保ち、一般人の声を研究や研究成果の発信に活かすように心がける。研究組織の拡充は視野に入れる。そのためにも、国内外の研究者との情報交換などを積極的に行うよう努力する。さらに、競争的資金の獲得を通じて、他の研究グループとの共同研究を積極的に展開する。一般人への研究情報の発信や環境リスク管理・自然環境の保全へのアピールは、シンポジウム、講演、ウェブページの活用などを通して積極的に行いたい。

4 アジア自然共生研究プログラム

4. 1 アジアの大気環境評価手法の開発

(1-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

広範囲な大気環境データベースの作成は意義があり、また大気環境管理を目指す方向に期待できる。国際的に重要なテーマであると同時に我が国としても重要なテーマといえる。また、他では実施しにくい国立環境研究所が実施すべき研究といえる。一方で、観測成果は得られるが理論的な科学的知見がどれほど得られるのか不明なので、その点には留意していただきたい。汚染物質の広域動態解析モデルの進化には期待できるが、我が国への環境影響という一方通行の影響評価モデルではなく逆方向の影響・相互依存性を考慮した統合評価モデルを基本とすべきであろう。また、輸送フラックス・沈着フラックス・化学反応も考慮できるとなお良い。排出源インベントリや社会・経済モデルとの結合が成否の鍵なので、排出源特定は可能か、政策・対策にいかにつなげるかという視点でモデルの内容を吟味していただきたい。対応国家間で合意形成ができるように、測定やモデル化等についてはできれば国際標準化を目指して欲しい。

イ) 研究の進め方、組み立て

よく計画されているが、対象汚染物質と測定精度・代表性が不明確、測定方法の改良はどの程度行うのか不明確、モデルの予測精度が不明確といった点があるので、一応の具体的な目標を設定すべきであろう。そのなかで本プロジェクトの限界も明らかにし、大風呂敷を広げることがないようにするとよい。環境影響の把握には、長期的なモニタリング観測網との連携も重要であるし、モニタリング地点の選定も重要であろう。年間を通した定期的な航空機観測や他の研究成果を活用してみてもよいだろう。モデルについては、大気汚染の気候影響予測モデルと排出源との因果関係を評価するモデルは特性がかなり異なるので統合しない方がよいかもしれない。また、中国へのモデルの適用性にも配慮すべきであろう。

研究を進める上では、アジア側の研究発展も必要であるので、我が国と他国の比較優位分野などを明確にして国際協力体制を構築し、能力向上と交流を図ることに努力していただきたい。

(1-2) 対処方針

本研究では、地上・航空機・衛星の観測データとモデルを組み合わせることにより、長距離輸送によるエアロゾル化学成分の変質過程の解明、気候変動と大気汚染の相互作用の検出、輸送・沈着フラックスや化学反応の生成消滅率などのプロセス・収支解析などを進め、東アジアの大気環境に関する理論的な科学的知見を得たい。また、本研究の対象物質は、健康影響、生態系影響、気候影響が大きいと考えられる、対流圏オゾン、エアロゾル（黄砂を含む）及びそれらの前駆物質とする。

東アジア地域の気候環境を代表するバックグラウンド地点として、沖縄本島北端の辺戸岬を選定し、ここに設置した観測ステーションを、他研究機関からの参加を含めたスーパーサイトとして運営し、長期のモニタリングも視野に入れた、エアロゾルおよびその前駆物質の観測を行う。更に、中国本土上空および東シナ海上空での航空機観測を行い、ライダーネットワークによる観測とも組み合わせることで空間分布の把握に努める。なお、長期的な環境影響を把握するために、これらの観測だけでなく、ABCやEANETのような長期モニタリング観測網との連携や衛星観測データの活用を図りたい。また、予算・人的資源の面で困難性は高いが、沖縄以外の観測拠点の設置に努力したい。観測計画作成時には、モデルや衛星データの解析に基づいて、地点選定等を行う予定である。

排出インベントリは、本研究の重要課題と位置付けており、a) 地上・航空機・衛星の観測データとモデルを組み合わせたトップダウン研究、b) 他国のインベントリ研究者と協働して各国の排出実態を反映するボトムアップ研究、を併行して進めることにより、これまでに開発してきたインベントリの精度向上を図りたい。

大気汚染の気候影響予測モデルと排出源との因果関係を評価するモデルは別のものとし、各々、化学気候モデルとマルチスケール大気質モデルを使用する予定である。しかし、大気質・気候の相互作用を

解析し、その結果を対策に結びつけるためには、両モデルを統合する視点も重要であり、その点も念頭に置いて研究を進めたい。

国立環境研究所では、国際度量衡局（BIPM）や米国標準技術研究所（NIST）との国際協調のもと、オゾンの高精度標準を維持しており、2005年以降、この標準を用いて東アジア・日本国内において国際相互比較実験を主催するなど、アジアにおけるオゾンの精度管理において主導的役割を果たしている。今後も引き続き、測定の精度向上・精度管理に努めたい。また、モデルに関しても、相互比較実験や共同解析を通して、他国と協働して研究を進める方針である。

社会経済モデルや社会・生態系影響評価モデルを含めた統合評価モデルの開発・適用は、本研究の対象外であるが、東アジアの大気環境管理を進めるためには重要であるので、それを念頭に置きつつ研究を進めたい。具体的には、社会経済モデルを利用した排出量の将来予測、農作物や水環境（「東アジアの水・物質循環評価システムの開発」プロジェクトとの連携）に対する影響評価などを実施し、統合評価モデルのための準備を進めたい。また、東アジア全体の汚染動態を解明する研究を進め、他国から我が国への一方通行の影響評価研究にならないようにしたい。なお、社会・経済の相互依存性を考慮して大気汚染の双方向性を検討する視点は、国際協力体制を構築する上でも重要と考えられるため、研究期間後半にその評価方法の検討を開始する方向で準備を進めたい。

4. 2 東アジアの水・物質循環評価システムの開発

（2-1）外部評価委員会見解

ア) 研究内容

東アジア地域の水問題は重要であり研究意義は深い。本プロジェクトは、既開発の要素モデルを組み合わせたシステム・モデルの開発であり、研究目標および目的などは明確である。環境政策に大きな視点があることは重要であり、社会・行政へのインパクトも期待できる。また、日本では既にノウハウが蓄積された研究テーマも多く、日中環境協力という観点から国際貢献が期待できるだろう。しかし、中国の研究者のニーズを把握できているか、また日本への影響は明らかになるのかといった点については更なる検討や議論が必要である。東アジアの持続可能な水環境管理というより、むしろ中国国内の水環境問題に限った内容に受け取られかねないので、研究の対象範囲を的確に設定する必要があるだろう。関連して、水循環を伴う物質循環だけではなく大気、河川、陸という全体から見た循環像を明らかにすべきかもしれない。実践的貢献のためには水質改善のための導入技術の経済性評価・社会的受容性などの視点が必要と考えられる。モデルの統合と精緻化によってどのような改善策の提言ができるのかのイメージをはっきりさせることが重要である。

イ) 研究の進め方、組み立て

ロードマップは明確であり、計画にそった成果が期待されるが、研究目標をより具体的にすべきであろう。また、広範なテーマであるため成果の統合やその科学的解析手法の妥当性の検証に懸念が残される。関係要素のオーダリングから重要な要素を抽出できているかを確認し、どのような環境改善策の提言ができるかの道筋を明確にすべきであろう。また、広範かつ高精度の観測データが必要なだけに中国側との効果的な分業・協調体制が欠かせない。若い研究者を育成する視点も重要になるだろう。各論としては、モデルの信憑性は常に検証・改善されるべき事、統合モデルの機能を明確にすべき事、既に過利用・過汚染されている黄河との比較研究も必要、既存手法の適用と自然共生・循環型流域システムへの発展とは区分して対策を提案すべき事、我が国の水質改善に関わる古い技術の総括と国内伝承と中国への移転が重要である事、などの点に配慮して、研究を進めていただきたい。

（2-2）対処方針

中国の研究者からのニーズを把握するため、本年度、長江水利委員会と連携して「第一回日中流域水環境技術研究討論会」を開催した。さらに、具体的な研究課題、期間を詳細に議論するためのワーキンググループを招集することによって、中国の研究者からのニーズを把握できると考えている。

研究の対象範囲が中国であっても、中国を典型的なモデルとしてアジア全体へ応用できるように研究対象を設定する予定である。最上位の目標としてアジアを見据えており、これまでの実績に基づき、中国で方法論を確立していきたい。

日本への影響を明らかにするため、東シナ海を通じた日本への影響を検討する。そのためには中国沿岸域の現況把握が重要となるため、共同研究実施による基盤的データの集積を図る。

水循環に伴う物質循環だけではなく大気、河川、陸という全体から見た循環像を明らかにするのは容易な事ではないが、プログラム全体として大気、水、生態系をプロジェクトとして扱っており、プロジェクト間の密接な連携を進める。

実践的貢献のためには、既存技術を含めた環境改善の導入技術インベントリを検討して、その改善効果と、経済性・社会的受容性などを評価する研究に取り組む。プロジェクトの中で代表的な地域を選択して検討し、その特性に応じた対策提案を可能にするように研究を遂行したい。

ロードマップに沿って研究を進めたい。研究目標についてはご指摘を踏まえてより具体的にしていきたい。総括的な研究目標としては、長江流域圏を中心に人間活動による土地変化や気候変化が水・物質（炭素・窒素等）循環を生態系に及ぼす影響評価、およびその対策技術システムを評価することであるが、研究目標については、研究対象地域を絞ることによってさらに具体化すると共に、成果の統合や科学的な解析手法の妥当性の検証を可能にしたい。

ご指摘に従い、関係要素のオーダリングから重要な要素を抽出し、環境改善策の提言のための道筋を明確にしたい。

モデルと必要とされる観測精度についてはこれまでも精査してきたが、今後は相互の関連性をより明確に整理する。

ご指摘に従い、プロジェクト期間には広範囲な研究者の参加が可能な研究交流の場を提供する。さらに、競争的資金を含めて、より強固な分業・協調体制を模索・構築中であり、プロジェクトの進行と共に国際共同研究としての完成度を高めていく予定である。

アジアの環境問題はいまだに公害型であるが、本プロジェクトでの共同研究を通して、若手研究者が環境問題解決への総合的な視点を持てるよう育成していきたい。

黄河は既に日本の他のプロジェクトで取り上げていた経緯もあり、比較研究に向けて検討を進める。また、既に「温故知新」のコンセプトに基づいた技術情報の整理と体系化に着手しており、その中から中国型への発展を考えていく予定である

4. 3 流域生態系における環境影響評価手法の開発

(3-1) 外部評価委員会見解

ア) 研究内容

流域圏の社会・経済開発と環境保全は重要な政策課題の一つであり、水量・水質が劣化してきているメコン流域を対象としたタイムリーな課題である。メコン流域圏のデータベース構築は意義があり、日本の貢献として高く評価される内容であろう。国際河川の管理手法の開発と提案に期待したい。その際には、これまでの国際河川の環境評価・管理に関する研究と異なるオリジナリティを提示することが望まれる。また、なぜメコン川なのかといった点についても明確にするとよい。現時点では、対策としての提言をどのようにするかが不明確であるので、今後研究を進めて行くなかで明確にされたい。政策反映は難しいかもしれないが貴重な経験になるだろう。

イ) 研究の進め方、組み立て

目標は明確である。モニタリング協力体制は先行プロジェクトで構築されており本プロジェクトでその発展をさせているので評価できる。国際的な成果利用をふまえるとデータの品質管理および標準化に配慮が必要であろう。作成するデータベースの内容は絞り込んだ方がよいが、現状のメコン川の水質・水量のデータ

や現地の古い文献の整備なども必要になってくると思われる。また、大規模河川から小規模河川の手法を適用する際の問題点を明らかにすべきであるし、生態系評価の基準は地域によって異なってしかるべきなので独自の基準が必要だろう。さらに、水量だけでなく水質の及ぼす生態系影響も考慮すべきだろう。そうでないと各国への説得力が弱くなってしまう。関係諸国の研究者との連携や養成についてどう取り組むのかは重要で、中核となるカウンターパートのさらなる強化も検討してみてもどうか。

(3-2) 対処方針

国際的研究状況等について十分把握し、国立環境研究所での研究を更に発展させ、水質・水量・生態系についての環境影響評価手法の開発やデータベース化に取り組む。メコン流域の淡水魚類の漁獲量は世界で有数の生産力の高い内水面漁業を育み、流域の国民に貴重なタンパク源と収入源を供給している。そこでの急速なダム建設は、このきわめて重要な淡水魚類資源に対して明らかな脅威であり、取戻しがつかなくなる前に、その生態系影響評価を行う必要がある。その様な重要な国際河川であること、日本政府の高い関心事であることや急速な流域の開発が進みつつあること、これまでの国立環境研究所のダム問題に対する取り組みの研究実績をふまえてオリジナリティのある研究で貢献して行きたいと考える。ダムの及ぼす淡水魚類への影響について北海道及び日本を対象に成果をあげてきたが、さらに規模の大きなメコン流域で、リモートセンシング等の最先端の科学技術を使い、広域的な生態系影響評価に応用し、国際河川の環境アセスメント手法について政策提言する。

国内外の研究者、行政機関やNGO等との情報交流のため「メコンセミナー」等を開催するなど情報ネットワークを構築して行く計画である。データベース、GISデータ等の標準的フォーマットについて、十分な検討を行って国際的な評価基準に準拠しつつ、それぞれの国事情に合わせて十分検討して行きたい。基礎的な研究データが十分整備されていない関係諸国の実情を考えると過去に遡る解析は大変困難であると思うが、メコン委員会とMOU（了解覚書）を結び既存データを入手し、様々な分野の研究者を招聘し、過去のデータについての掘り起こしをしてデータベース化して行きたい。さらに定期的な観測体制を取るよう努力し、解析が出来るようにしたい。また、日本に留学経験のある関係諸国研究者には、今後共同研究を通じて招聘や留学を促して研究者のレベルアップや解析手法の共同開発を進めて行きます。また既に連携しているMeREMのプロジェクトでのカウンターパートとの関係を継続発展させる。