

## ( 資料 38 )

### 重点特別研究プロジェクトの研究実施状況

- 1 . 地球温暖化の影響評価と対策効果
- 2 . 成層圏オゾン層変動のモニタリングと機構解明
- 3 . 内分泌かく乱化学物質及びダイオキシン類のリスク評価と管理
- 4 . 生物多様性の減少機構の解明と保存
- 5 . 東アジアの流域圏における生態系機能のモデル化と持続可能な環境管理
- 6 . 大気中微小粒子状物質 ( P M 2.5 ) ・ディーゼル排気粒子 ( D E P ) 等の大気中粒子状物質の動態解明と影響評価

# 1 . 地球温暖化の影響評価と対策効果プロジェクト

## 研究の概要

経済発展・気候変動及びそれらの影響を統合的に評価するモデルを開発・適用して、京都議定書及びそれ以降の温暖化対策が地球規模の気候変動及びその地域的影響を緩和する効果を推計する。そして、中・長期的な対応方策のあり方を経済社会の発展の道筋との関係で明らかにし、これらの対応方策をアジア地域の持続可能な発展に融合させる総合戦略について検討する（統合モデル研究）

また、フィールド観測、遠隔計測、統計データ等をもとに、陸域と海洋の吸収比、森林の二酸化炭素吸収/放出量・貯留量、二酸化炭素の海洋吸収とその気候変動に対する応答等を推計し、炭素循環とその変動要因を解明する（炭素循環研究）

## 研究期間

平成 13～17 年度（5 年間）

## 研究予算額

平成 13 年度：371 百万円

平成 14 年度：430 百万円

## 今までの研究成果の概要

統合モデル研究では、まず、世界多地域・他部門一般均衡モデル、経済・マテリアル統合モデル、国別排出モデル、国別影響モデル、農業影響モデル、水資源影響モデル等の主要なモデルの改良・開発が進み、最新のデータを用いたアジア及び世界の温室効果ガス排出量予測、温暖化対策に伴う経済への影響、温暖化によるアジアへの影響等、各種のシミュレーション結果を国際機関やアジア各国の政府などに提供することができた。また、気候等のモニタリングデータやエアロゾル排出量のデータベースを完備し、気候モデルについて再現実験が終了してモデルの高分解能化・高精度化への準備が整った。

一方、炭素循環研究では、地上連続観測、航空機観測、船舶による観測、衛星による観測等、モニタリングのための施設や体制を整えることができ、今までの観測をもとにして、海洋と陸域の吸収比とエルニーニョの影響、土壌呼吸と土壌水分量との関係等、炭素循環の変動過程やその支配要因に関していくつかの重要な知見を得ることができた。

## 今後の課題、展望

これまで個々の研究は順調に進んできたが、今後の最大の課題は、これらをどのように統合するかに集約される。社会経済・排出及び温暖化影響・適応モデルの統合評価モデル研究、気候モデル研究、それに炭素循環研究モニタリング研究の3つの研究を統合するため、地球規模の動学的植生モデルの開発を急ぎ、炭素循環モニタリングのデータの活用を図るとともに、陸域生態系と大気圏の相互作用を詳細に再現し、気候変動の炭素循環へのフィードバックや温暖化の影響につなげていきたい。

また、炭素循環研究では、今まで「予測」に力点を置いた研究計画を構成していたが、モニタリング研究の本来の重要な役割である「地球環境変動の早期警戒システムへの貢献」にも力点を置いた計画に修正する必要性が生じている。幸い、地球規模、地域規模、森林内部の3つのスケールで独創的な機器開発や手法開発が進んでおり、その展開により精度の高い観測データが得られると期待されることから、「早期警戒システム」での高い貢献が期待できる。

## 評価結果（参考）

|                            | A  | A' | B  | C | D | E<br>(%) | 評価者数<br>(人) |
|----------------------------|----|----|----|---|---|----------|-------------|
| 研究計画に対する評価・助言<br>(13年4月)   | 36 | 9  | 55 |   |   |          | 11          |
| 13年度成果に対する評価・助言<br>(14年4月) | 31 |    | 69 |   |   |          | 13          |
| 中間評価<br>(15年4月)            | 42 |    | 58 |   |   |          | 12          |

(A：大変優れている、B：優れている、C：普通、D：やや改善が必要、E：大幅な改善が必要、Cを基準とする)

## 評価者意見の概要

「国際的に極めて重要な課題である、着実に成果が上がっている、世界をリードするまでに成長している、重点を絞った研究推進が図られている」等、肯定的な評価を受けた一方で、プロジェクト全体として「国際的な分業方針と本研究の分担を明確にすべき」、「『統合モデル』と『炭素循環』との統合を図るため動学的植生モデルの開発を急ぐべき」、「政策や社会への反映を配慮すべき」といった指摘があった。

統合評価モデル研究に対しては、「個々のモデルについてもっと研究が必要」、「健康や人間居住への影響の検討が必要」、「フローとストックの双方の精度管理に留意すべき」との指摘があった。

炭素循環研究については、「モニタリングの精度管理の方針を検討すべき」、「新しい衛星プロジェクトとの関係も配慮すべき」、「林分から地域へのスケールアップ研究が必要」、「土壤中炭素の動態を考慮すべき」との指摘があった。

## 意見の反映

全体的には、本研究が世界の研究フロンティアのなかで特にアジアを分担し、社会科学と自然科学の統合モデリング研究とモニタリング研究が連携したユニークさを強調していくとともに、「炭素循環研究」と「統合モデル研究」との統合を図るため、ウイスコンシン大学の動学的植生モデルを早急に導入して統合モデルの拡張を図りたい。また、研究成果を速やかに政策・社会に反映していくことについても、さらに努力していきたい。

「統合モデル研究」については、引き続き個別のモデルの高度化を図り、健康や人間居住のモデルも統合モデルの中に取り込むことを検討するとともに、モデルの精度管理についてモデル横断的に検討してみたい。

「炭素循環研究」については、ご指摘の多くは今後の炭素循環モデルの高度化によって対応できると考えている。モニタリングの精度管理はモデルにより全体的な評価が可能となり、また、新たな衛星センサーが実現されれば、それから得られるデータを活用して、モデルをベースにした林分から地域へのスケールアップ研究も可能である。なお、土壤中炭素の動態については、根茎と土壌微生物の呼吸を分離する手法開発を進めている。

## 2 . 成層圏オゾン層変動のモニタリングと機構解明

### 研究の概要

平成 14 年 12 月に打ち上げられた、環境省が開発した人工衛星搭載オゾン層観測センサー「改良型大気周縁赤外分光計 II 型 (ILAS-II)」で取得される観測データを処理し、オゾン層研究、オゾン層監視等、科学的利用のためのデータプロダクトとして、国内外に向けて提供する。つくば (国立環境研究所) 及び陸別 (陸別成層圏総合観測室) における地上からのオゾン層モニタリングを継続実施し、国際的ネットワークである NDSC データベースにデータを提供するとともに、国内外に向けてデータの提供を行う。極域オゾン層変動に係る物理・化学的に重要な要素プロセスについて、その機構及びオゾン変動に対する寄与の解明を行う。また、オゾン層保護対策の根拠となったオゾン層変動予測、及び最新のオゾン層変動予測の検証を行い、オゾン層保護対策の有効性評価に係る知見を提供する。

### 研究期間

平成 13 ~ 17 年度 (5 年間)

### 研究予算額

平成 13 年度 : 843 百万円

平成 14 年度 : 731 百万円

### 今までの研究成果の概要

- ・ ILAS バージョン 6 データを公表した。その中では、硝酸塩素(ClONO<sub>2</sub>)の導出など当初予定していた以上の成果が得られた。
- ・ ILAS-II データ処理運用に係わるソフトウェアの改良 (Version 2) に着手した。
- ・ H15 年はじめの初期データチェックにおいて、ILAS-II センサー (H14 年 12 月打ち上げ) がほぼ順調にデータの取得を行っている事を確認した。
- ・ つくばでのオゾンレーザーレーダーのデータの再解析とミリ波オゾン計の広帯域化をほぼ完了した。
- ・ ILAS データの解析をもとに、北極においても南極オゾンホール内でのオゾン分解に対して考えられている「極域成層圏雲 (PSC) の生成 PSC 上での不均一反応による塩素の活性化ならびに窒素酸化物の除去 (denitrification) 大きなオゾン分解速度」という機構が働いていることを示した。
- ・ 衛星データを用いて極域でのオゾンの分解速度の見積もりを行った。
- ・ 化学輸送モデルを用いて、極渦崩壊時における極渦内外の空気塊の混合を再現した。
- ・ 化学気候モデルを用いて、CO<sub>2</sub> 漸増時における南極オゾンホールの変化を数値実験し、オゾンホールの規模がフロン・ハロン濃度により強く依存する事を確認した。

### 今後の課題、展望

- ・ 環境省が実施する ILAS-II の検証実験を支援するとともに、取得した検証データをもとに ILAS-II データ処理アルゴリズムの改良を行う。
- ・ 地上モニタリングデータを国際的観測ネットワークである NDSC のデータベースに提供する。
- ・ 3 次元化学輸送モデルを用いて、亜熱帯西太平洋域におけるオゾン極小の変動の再現とその変動要因を解明する。
- ・ オゾン層の将来予測に用いた 3 次元化学気候モデルの改良を行い、南極オゾンホール出現時期の遅れなどの問題点の解決を図る。

評価結果（参考）

|                        | A   | B   | C   | D | E<br>(%) | 評価者数<br>(人) |
|------------------------|-----|-----|-----|---|----------|-------------|
| 研究計画に対する評価・助言(13年4月)   | 5 6 | 4 4 |     |   |          | 9           |
| 13年度成果に対する評価・助言(14年4月) | 1 5 | 6 2 | 1 5 | 8 |          | 1 3         |
| 中間評価(15年4月)            | 3 1 | 6 1 | 8   |   |          | 1 3         |

(A：大変優れている、B：優れている、C：普通、D：やや改善が必要、E：大幅な改善が必要、Cを基準とする)

評価者意見の概要

「研究全体の目的、仮説がよく整理され、それぞれの目標に向かって順調な成果が上がっている」、「自己のミッションを明確に認識している」、「解決すべき疑問点を明示した上で研究計画を立てている」、「研究目的の設定が妥当であり、それに向けて研究が着々と進捗している」、「衛星と地上からのモニタリングで設定した問題点を解析している」といった肯定的な評価を頂いた。

その一方で、「衛星観測データの継続的入手は物理的、費用的にも難しく、将来を見据えて今期何をどこまで解決すべきか、将来のプライオリティは何かも考えておくべき。」、「観測や影響、規制効果の評価には長期間必要と思われるので、このプロジェクト後も含めた長期計画の立案が必要」、「地上からのモニタリングをいつまで続けて行くのか。」といった本プロジェクト以降も含めたオゾン層研究の長期計画立案の要請を受けた。また「ILAS/ILAS-II プロジェクトと本プロジェクトの仕分けや観測データの level up に伴う解析手法の更新における NIES の役割を明確にする必要がある」といったプロジェクトの役割に関する指摘や「オゾン層破壊が止まったかどうかの判断基準、温暖化との関連の評価基準はどう考えるのか」といったゴールの設定に関する質問、「Human Dimension との関わりについての研究が手落ち」、「対流圏オゾンの研究者やオゾンの生物への影響研究者との連携が必要」など、プロジェクトのカバーすべき範囲についての指摘を受けた。また、「大学では期待できない予算額に見合う成果が出ているか疑問」といったさらなる成果の発信努力が必要との指摘を受けた。

意見の反映

1. オゾン層研究の長期計画に関しては、今後のオゾン層研究における科学的な問題設定とその研究戦略を十分に検討しながら、長期計画の作成を進めたい。
2. 地上からのモニタリングに関しては、オゾン層の回復を見届ける体制の維持は必要と考えており、国際的なネットワーク観測体制や日本での観測を続ける意義を考慮しながら、モニタリングの継続期間を考えていきたい。
3. 衛星プロジェクトとの仕分けに関しては、ILAS/ILAS-II プロジェクトは本プロジェクトの中心的な課題であり、業務的な部分と研究との仕分けを行いつつ、今後も本プロジェクトに位置づけて進めていきたい。
4. 観測データの解析手法の更新に関しては、今後とも環境研が中心となって推進していきたい。
5. オゾン層破壊の拡大の有無や温暖化との関連に関しては、極域でのオゾン層破壊を中心に、これまでの単なるオゾンの気柱全量の変化とは異なる視点から、オゾン層破壊の程度を定義して、そのオゾン層破壊の拡大の有無を議論したい。また温暖化との関連は化学気候モデルを用いて異なったシナリオ下での数値実験から議論していきたい。
6. Human Dimension との係わりについての研究や対流圏オゾンおよびオゾンの生物への影

響に関しては、プロジェクト全体が総花的になる事を避けるために対象外としている。しかしご指摘に従い、今後は関連研究者との連携を常に取りつつプロジェクト内で取り扱う問題の優先度を考えていきたい。

- 7 . 成果の公表に関しては、今後ともより多くのそしてよりインパクトの大きい成果の発信に心がけていきたい。

### 3 . 内分泌かく乱化学物質及びダイオキシン類のリスク評価 と管理に関する研究

#### 研究の概要

内分泌かく乱化学物質およびダイオキシン類の総合対策をより高度に実施するため、(i) 高感度・高精度分析、迅速・簡易分析の新規の実用試験法の提案を行う。ii) 内分泌かく乱作用についての生物検定法を確立する。iii) 環境中での分布、生物濃縮、分解性をグローバルスケールを視野にいれつつ明らかとする。さらに、ヒトや生物への影響について、iv) 実験動物を用いて、発生・生殖、脳行動、免疫系への影響を調べる。v) いくつかの野生生物種について、霞ヶ浦、東京湾等をフィールドとして生物影響の状況を明らかとする。 ) 未知の関連物質の探索を行うとともに、臭素化ダイオキシン等についても調べ、データベース化を進める。vii) 統合情報システムのもとに、情報管理・予測システムの確立を目指す。viii) 処理技術として生物浄化技術等の開発により、効果的な対策に資する。

#### 研究期間

平成 13～17 年度（5 年間）

#### 研究予算額

平成 13 年度：288 百万円

平成 14 年度：291 百万円

#### 今までの研究成果の概要

- (1) 分析・評価技術については、女性ホルモン作用を有する物質の高感度分析法を開発し、霞ヶ浦や東京湾流入河川など水域のエストロゲン活性および化合物の測定を行ない、環境中の動態を明らかとした。酵母ツーハイブリッド法をはじめとする各種のバイオアッセイ系のラインアップをそろえ、女性ホルモン作用、男性ホルモン作用、甲状腺ホルモン作用の評価システムを構築した。これらを用いて実際の環境水や化学品等の評価に着手した。
- (2) 野生生物については、巻貝についての調査を行うとともに、新たにアワビ類の内分泌かく乱に関する全国規模の実態調査を実施し、神経節を含む頭部への有機スズの高濃縮と雌の卵巣内での精子形成を観察した。また霞ヶ浦のヒメタニシと東京湾のコノシロ等の雌化の現状についての知見を得た。
- (3) ヒト用超高磁場 MRI により機能 MRI の測定を可能とした。動物を用いる脳代謝試験法、甲状腺ホルモン阻害剤や環境ホルモンを投与した実験動物の行動試験、神経細胞死及び再生に関する研究を実施し、脳神経系への影響評価法を準備した。
- (4) ダイオキシン曝露の生体影響指標(例えば CIP1A1)について、ヒト血液サンプルでの測定法を確立し、またダイオキシンによって鋭敏に動く遺伝子の探索を DNA マイクロアレイを用いて開始した。また 10ml 血液の超微量の測定法を確立した。臭素化ダイオキシンについて、分析法を確立し、底質コアの分析を行うと共に人体脂肪組織中或いは野鳥に存在することを初めて明らかとした。
- (5) 内分泌攪乱化学物質のリスク評価と管理のための統合情報システムを GIS 上に構築し、内分泌かく乱化学物質の高詳細環境動態解析を可能にした。また内分泌かく乱物質の作用データベースを作成した。
- (6) 熱水による土壌中ダイオキシン類の抽出・分解についてその有効性を確認した。一方、植物はビスフェノール A をよく吸収し、不活性化させることを見いだした。

## 今後の課題、展望

内分泌攪乱作用に基づくとされる現象と原因物質との因果関係が明確になっている事例は少なく、科学的に解明されなければならない点が数多く残されている。このため、環境ホルモンの実態を解明するには、何万もある化学物質のスクリーニングという発生源側からの有害性の評価とともに、影響を受ける人や野生生物側でどのような活性が認められるのかを明らかとすること、その原因物質と思われる物質の同定・定量技術の開発を進めていく。

環境ホルモンの作用として生殖への影響が危惧されており、それについての現象解明を進めるとともに、ヒトについては脳・神経系への影響、発達への影響についての研究を強化し、また免疫影響等についても注目していく。中でもダイオキシン類については超微量分析法、簡易迅速分析法を開発してその対策に資するとともに、今後の国際的なリスク再評価に貢献するものとする。

また、発生抑制からグローバルな監視技術の開発と適用を通じて、国際条約である POPs 対策に資するものとする。

土壌汚染対策に対応するような処理技術の開発も要素技術として開発を進めていく。

また、化学物質リスク全体の管理を見据えた統合情報システムの完成をめざす。併せて、環境ホルモン関連情報を広く国内外に発信していくデータベースを整備していく。

## 評価結果（参考）

|                        | A  | B  | C  | D | E<br>(%) | 評価者数<br>(人) |
|------------------------|----|----|----|---|----------|-------------|
| 研究計画に対する評価・助言(13年4月)   | 29 | 42 | 29 |   |          | 7           |
| 13年度成果に対する評価・助言(14年4月) | 36 | 57 | 7  |   |          | 14          |
| 中間評価(15年4月)            | 42 | 58 |    |   |          | 12          |

(A：大変優れている、B：優れている、C：普通、D：やや改善が必要、E：大幅な改善が必要、Cを基準とする)

## 評価者意見の概要

環境中にごく微量で存在する内分泌かく乱化学物質及びダイオキシン類のリスク評価と管理について、総合的に研究を行う研究フレームは適切に設定されている。研究成果も数多く論文等で公表されており、社会への還元や科学の進展にも寄与しているとの評価を受けた一方、研究期間の中間であるためか、各テーマの進捗が一樣でなく、成果に格差が感じられるので、研究目標が達成できるよう、努力されたいとの指摘があった。また、個別に以下の点が指摘された。

1. 成体にとどまらず生活史で耐久性の無い世代からの曝露影響評価も試みるべき。多量生産される工業化学品の不純物、有機リン系の農薬等についても評価を行うべき。脳機能に関わる MRI 測定技術は広く共同利用を目指すべきではないか。
2. 環境動態の研究も進んできている。ダイオキシン類について、臭素化ダイオキシンを含めデータの蓄積を期待したい。
3. 生物影響についていくつかの事象がみいだされ、そのメカニズムについて興味深い仮説をだしている。その妥当性の検証はこれからの課題として重点を置くべき。
4. 統合情報システムはそれなりの研究成果が得られているが、実用化への進展を期待する。環境汚染の防止（対策技術、分解処理技術）についてはまだ初歩段階のようである、目標を明確にたてて実施すべきである。
5. 化学物質の環境存在をリスクとして表現できる指標の提案を期待したい。

## 意見の反映

指摘された点について、以下のような観点から今後の研究計画に反映させ、研究目標が達成できるよう努力していきたい。

1. 計測法、評価法について新たな手法、例えばリアルタイムモニタリングや DNA マイクロアレーの応用を強化するとともに、これらの手法の体系化に向けて努力していく。また、卵およびアーリーステージでの曝露影響評価を拡充していく。地球規模の汚染については、POPs グローバルモニタリングとの連携をはかりつつ実施していく。
2. 脳への影響研究の拡大を目指していく。MRI については共同利用を視野にいれたい。
3. 化学品の評価について、プライオリティの高いものから順次検定を進めるとともに、大量化学品の不純物、有機リン系農薬等にも拡大していく。
4. 現象の解明をフィールド観察及び動物実験を通じて拡大していく。メカニズム解明で大きな進展を期待している。
5. 統合情報システムについては、実際の汚染データ等の入力を通じて実用的な応用や有用性を示していきたい。
6. 対策処理技術については、先進的な要素技術に絞り込んで開発を進めたい。
7. 総体としてのリスク低減にむけて、総合的なリスク指標について提案を用意したい。また研究全体を通じて、国民の安全・安心にむけての考え方を整理していきたい。

## 4 . 生物多様性の減少機構の解明と保全プロジェクト

### 研究の概要

土地利用などの人為的な環境変化の生物多様性への影響を様々な空間的スケールで把握し、生物多様性減少の要因を分析する。生態系（森林、湖沼など）のスケールでは生物群集の個体ベースモデルを開発し、多種生物共存のメカニズムを探る。流域スケールでは生息地（特に河川）の分断・変化が種多様性に及ぼす影響をフィールド調査によって明らかにする。それより大きなスケールでは植生・土地利用の地図情報化を行って生物種の分布との重なりを解析することにより、種と群集の地理的分布を表現できる二次元空間モデルを開発する。また、侵入生物と遺伝子組み換え生物の生態系影響の問題を取りあげる。侵入生物の生態的特性、侵入経路、現在の分布、在来生物へのインパクトなどの情報のデータベース化と地図情報化、侵入生物による在来生物への捕食・競合・遺伝的攪乱などの影響の実態調査を行う。遺伝子組換え生物の生態系影響評価手法を開発するため、既成の安全性評価手法の再検討と分子生物学的手法による安全性検査手法の開発を行う。

### 研究期間

平成 13～17 年度（5 年間）

### 研究予算額

平成 13 年度：113,000 千円

平成 14 年度：95,000 千円

### 今までの研究成果の概要

- (1) 環境省による自然環境保全基礎調査などの資料（繁殖鳥、チョウ、トンボの3分類群）を用いて、種多様性と地域固有性を同時に考慮する指標の開発を行った。その結果、全ての分類群にほぼ共通な6つの地理区に分類できることがわかり、地理区ごとに、保全地域を設定すべき場所が特徴的に存在することが示唆された。
- (2) ランドスケープスケールでの好適生息場所の評価手法の開発を種レベル（カワトンボとオオヨシキリ）と群集レベル（ため池の生物群集）で行った。複数の生態系の組合せがしばしば生物の分布確率や種多様性を高めていることがわかった。
- (3) 重要な侵入種の生態的特性に関する情報が収集され、侵入種リストが完成した。輸入昆虫（セイヨウマルハナバチ、クワガタムシ）での実態解明が進み、在来種および外国産種のDNAデータベースが構築され、種間交雑による遺伝的浸透のモニタリングが可能となった。
- (4) 遺伝子組換えによる宿主遺伝子システムの攪乱とその評価手法の開発を行った。マイクロアレイ法の適用により、遺伝子導入は宿主の遺伝子発現量を変化させる傾向があることを確認した。
- (5) 森林動態の個体ベースモデルを用いて、同じような資源（光、水、栄養塩）を利用する樹木がなぜ森林の中で共存できるのかの説明を試みた。繁殖の時間変動が種ごとに異なることが、多種共存メカニズムとして働く可能性が示唆された。

### 今後の課題、展望

当初2年間は5つのサブテーマをたてて研究を進めてきたが、今後、研究者間の議論を重ねてテーマ間の連結性を高めるよう再編成をはかりたい。

生物多様性は遺伝子、種、生態系の3つのレベルで保全すべきであることが、生物多様性条約にも多様性国家戦略にも詠われている。しかし、生物多様性は、ある一定の空間の中に生息する生物の遺伝的変異、生物種数、生態系の種類を意味するだけではない。スケールの異なるさまざまな空間（生態系、流域、国土など）にそれぞれ固有な遺伝子、種、生態系が存在する

ことも意味している。レベルとスケールの中にこのような複雑な関係があることが、生物多様性の概念が分かりにくい原因の一つになっていると思われる。生物多様性の評価では、空間内の変異性と空間の固有性の評価は峻別するのが良いと思われ、プロジェクトではこの点を強調していきたい。

上記のような考え方をもとに、これまでの研究を「種多様性と固有性を考慮した保全地域設定手法に関する研究」、「侵入生物(含む GMO)がもたらす在来種と固有性へのインパクト」の二つのテーマにまとめ、モデル研究をそれぞれの中で機能させることを検討している。

#### 評価結果(参考)

|                        | A  | B  | C  | D | E<br>(%) | 評価者数<br>(人) |
|------------------------|----|----|----|---|----------|-------------|
| 研究計画に対する評価・助言(13年4月)   | 45 | 33 | 22 |   |          | 9           |
| 13年度成果に対する評価・助言(14年4月) | 8  | 50 | 34 | 8 |          | 12          |
| 中間評価(15年4月)            | 30 | 50 | 20 |   |          | 10          |

(A:大変優れている、B:優れている、C:普通、D:やや改善が必要、E:大幅な改善が必要、Cを基準とする)

#### 評価者意見の概要

少ない人数でポイントをおさえた研究であるとの評価をうけ、それぞれのサブテーマはさらに推進するよう激励をうけた反面、(1)生物多様性の評価尺度をより明確にすべきである、(2)生物多様性もつ様々な生態系機能の評価が切り捨てられている、(3)食物連鎖や共生関係を考慮されていない、(4)テーマが並列的であるという指摘もあった。

#### 意見の反映

(1)生物多様性を評価する尺度には「種多様性」と「固有性」の2種類がすぐれており、前者は小スケール、後者は大スケールに有効であることを指摘していきたい。(2)生態系機能の評価は重要な課題であるが、このプロジェクトでは様々な機能のうち生物の生息場所の提供・遺伝子資源の保全といった機能に注目して研究を進める。(3)食物連鎖や共生関係については、今後理論的な検討を進める予定にしている。(4)テーマ間の連結性を高めるよう、研究者間で議論してテーマの再構成をはかる。

## 5 .アジアの流域圏における生態系機能のモデル化と持続可能な環境管理プロジェクト

### 研究の概要

21世紀の日本及び東アジアにおける均衡ある経済発展にとって、森林減少、水質汚濁、水資源枯渇、土壌流出等の自然資源の枯渇・劣化が大きな制約要因となりつつある。こうした環境問題に対処するためには、環境の基本ユニットである『流域圏(山～河川～海)』が持つ受容力を科学的に観測・把握し、モデル化を行うことにより環境受容力の脆弱な地域を予測した上で、環境負荷の減少、環境保全計画の作成、開発計画の見直し、環境修復技術の適用等環境管理を行っていくことが最も必要である。本プロジェクトは、日本及び東アジアを対象として、流域圏が持つ生態系機能(大気との熱・物質交換、植生の保水能力と洪水・乾燥調節、水循環と淡水供給、土壌形成と侵食制御、物質循環と浄化、農業生産と土地利用、海域物質循環と生物生産など)を総合的に観測・把握し、そのモデル化と予測手法の開発を行うものである。

### 研究期間

平成13～17年度(5年間)

### 研究予算額

平成13年度:413百万円

平成14年度:477百万円

### 今までの研究成果の概要

#### (1) 統合環境モニタリング

- ・国立環境研究所、中国、シンガポール、オーストラリアの4ヶ国の研究機関と共同して、EOS-Terra/MODISを利用したアジア-太平洋全地域をカバーする統合的環境観測網を作り上げた。得られたMODISデータは中国国内に設置された5つの生態系観測点(草地、灌漑農地、水田、森林、半砂漠)で検証作業が進められている。

#### (2) MODIS衛星データと同化した水・熱循環プロセスモデルの開発に関する研究

- ・地下水-土壌水-植生帯-地表面流より構成される広域的な水・熱循環機構モデルが開発され、釧路流域のデータを用いてその有効性が検証された。

#### (3) 長江流域における環境負荷動態に関する研究

- ・長江の水質観測点での汚濁フラックスの推定手法が開発され、長江流域の環境負荷動態の現況把握が可能となった。

#### (4) 長江流域の水資源管理モデルの開発に関する研究

- ・長江流域の水資源管理を目的とした政策対応型水資源管理モデルが開発され、長江での検証が行われ、三峡ダムの洪水制御効果の検討などにより本モデルの有用性が確認された。

#### (5) 長江経由の環境負荷が東シナ海・長江河口域の海洋環境に及ぼす影響に関する研究

- ・長江河口域生態系の遷移機構が明らかにされたことにより、近年の長江からの栄養塩供給環境の違いによる赤潮発生の原因が推定された。

#### (6) 海域・沿岸域環境総合管理

- ・東京湾の水質調査が降雨による増水時に実施され、東京都の下水道の大部分が合流式であることから、降雨の強度・継続時間等によっては、未処理の下水がそのまま河川、海域に越流することになり、さらに汚濁負荷を増大させている可能性が示唆された。

## 今後の課題、展望

長江流域圏は中国人口の約 40%、中国 GDP の約 40-50%を担っており、近年の環境劣化に伴う洪水頻発や干ばつは、経済活動に大きな影響を与えている。一方、黄河流域は農業生産が中心で、慢性的な水不足により農業生産減少及び陸域生態系・土壌劣化が問題となっている。これら水問題は中国経済発展にとって鍵となる重要な要因であり、このため三峡ダム建設による洪水調節・電力開発を行うとともに、南水北調政策により長江の水を黄河流域・北京に運ぶための運河建設を行うところである。また、森林回復、草地再生、湿地回復など生態系回復政策を推進している。しかし、流域圏に存在する生態系機能は互いに連環しており、衛星観測による生態系機能（財とサービス）現存量推定及び統合モデルを用いた生態系機能の変化予測は、持続可能な流域環境管理のための政策提言を行う為に最も求められている。2003年6月から三峡ダムの堪水が開始されているが、ダム建設前からダム完成後までの連続した環境観測と解析を長江上流域から長江河口域まで広域に行っており、世界の流域圏環境管理研究を中心的にリードして行くことも可能であると考えられる。UNEP が主導する Millennium Ecosystem Assessment(MA)のサブ・グローバル・アセスメントとして、中国政府は『Integrated Ecosystem Assessment of Western China』を推進しているが、本プロジェクト研究はその中の『長江上流域生態系アセスメント』に参加しており、研究成果は世界の流域生態系の機能評価研究に貢献することができる。さらに、2003年3月からは China Council(中国環境と発展国際合作委員会)の中に発足した流域環境部会に参加しているが、長江流域管理が中心的課題であり、本研究成果をもとに、中国政府に持続可能な長江流域管理の政策提言を行うことが可能となっている。

## 評価結果（参考）

|                        | A  | B  | C  | D | E<br>(%) | 評価者数<br>(人) |
|------------------------|----|----|----|---|----------|-------------|
| 研究計画に対する評価・助言(13年4月)   | 33 | 58 | 9  |   |          | 12          |
| 13年度成果に対する評価・助言(14年4月) | 64 | 29 | 7  |   |          | 14          |
| 中間評価(15年4月)            | 64 | 22 | 14 |   |          | 14          |

(A：大変優れている、B：優れている、C：普通、D：やや改善が必要、E：大幅な改善が必要、Cを基準とする)

## 評価者意見の概要

アジアにおける生態系と人間活動が複雑に交錯する流域圏に起こる様々な環境問題の解決のため、衛星及び地上観測体制の整備、衛星情報と流域圏モデルとの統合化、政策シナリオ研究と政策対応型シミュレーション、国際共同研究体制等、長江流域圏を主な対象として総合的な研究を着実に進めているとの高い評価を受けた。一方、

- (1) 個別の研究は着実に進展しているので、今後は全体としての整合性に留意して、研究全体の促進に意を払って欲しい。
- (2) 微視的モデリングと大局的モデリングとの2つの異なる研究展開の相互関連性を明確にして欲しい。
- (3) 農業活動に伴う水需要変化・汚濁負荷発生等の社会生産活動をも考慮した研究が必要である。
- (4) 15年前のデータを用いてモデル定数の同定・検証が行われた長江の水収支モデルと汚濁負荷流出推定式は現在の状況を説明しえるか。

- (5) 衛星モニタリングとモデル検証のための現地観測点が5点では少なくもっと増やすべきである。  
との指摘を受けた。

#### 意見の反映

- (1) 研究対象が巨大であるため、個別の研究についての進捗状況はそれぞれ異なるが、15年度には環境データベースがほぼ出そうため、衛星モニタリング・流域圏モデル・人間活動の定量化を統合化し、相互の整合性を勘案しながら年度毎の研究計画の中で着実に研究推進を図りたい。
- (2) MODISの衛星高次情報を入力条件とする微視的モデルに関しては、まずデータの整備されている釧路川流域を対象にモデルのインターフェースの作動状況に留意した流域全体の検証を行った。その中で、小流域を対象とした微視的モデルをどのようにして大規模に up-scaling できるかの検証を行っており、流域の規模と複雑性を考慮して衛星観測情報と物理モデルの最適な統合化を図るといった基本目標は15年度に達せられると考えている。
- (3) 15年度には農業生産量モデルと水収支モデルを統合することで、農業活動に伴う水需要を含む水収支の検討を行う予定としている。さらに汚濁負荷発生インベントリーと汚濁負荷流出モデルを組み合わせることで農業活動の環境への負荷を反映させたい。
- (4) モデル検証に用いた15年前の長江河川流量とともに、1998、1999年の流量データもすでに取得している。さらに過去15年間の中国全土の土地利用変化マップを組み合わせることで、1990年代における急速な経済発展に伴う土地利用改変がもたらした水収支変動の解析を実施する予定としている。河川流量と環境負荷との相関式については、既存観測データの収集とともに、中国側との共同による長江中・下流域の定点における定期採水観測を通じてデータの集積を図り、相関式の係数の補正を行う予定である。
- (5) 中国全土に29ヶ所展開されている中国科学院中国生態ネットワークのうち、草原、畑地、水田、森林、半乾燥地の代表的な生態系を5ヶ所選定している。今後は、三峡ダム湖内や都市域なども検証対象として検討したい。

## 6 . 大気中微小粒子状物質 (PM2.5)・ディーゼル排気粒子 (DEP) 等の大気中粒子状物質の動態解明と影響評価

### 研究の概要

国際的に関心が高まっている DEP 等を含む PM2.5 を中心とした大気中粒子状物質の発生源特性や環境動態を明らかにし、発生源と環境濃度との関連性を把握する。これとともに大気中粒子状物質の一般住民への曝露量を推計し、さらに全国民の曝露量ランク別人口数の推計を行い、リスク評価に資するデータを蓄積する。また、影響評価に資するため、動物実験を中心とした毒性評価研究を行い知見の集積を図る。

### 研究期間

平成 13～17 年度 (5 年間)

### 研究予算額

平成 13 年度 : 124 百万円

平成 14 年度 : 188 百万円

### 今までの研究成果の概要

ディーゼル自動車をはじめとする都市大気汚染の発生源の実態解明、測定方法、特に微小粒子の物理・化学的性状の測定方法の開発、排出後のガス・粒子の環境大気中での挙動の解明、動物曝露実験による毒性評価研究を実施した。特に DEP に着目して、フィールド調査を重視した測定方法の高度化を進めるとともに、発生から人への曝露までを総合した評価モデルの構築に関する研究を実施した。

(1) 発生源および環境動態把握に関する研究に関しては、

- ・シャシーダイナモ実験、車載計測技術などを組み合わせて、実走行状態での発生源特性が試験モードとはかなり異なることを明らかにした。
- ・都市 SPM・沿道大気汚染の動態把握調査と解析を実施し、超微小粒子などディーゼル排気由来の成分に焦点をあてて、沿道と非沿道との特徴を明らかにした。
- ・複雑な道路構造地域における風洞実験解析を実施した。
- ・大気汚染のトレンド解析、広域・都市数値モデル解析を行った。
- ・車種別排出量・地域分布推計手法を構築して DEP に適用するとともに、対策シナリオごとの効果予測を行うシステムを設計し、その重要な要素となる動的交通流モデルの開発を進めた。

(2) 測定法の確立とモニタリングに関する研究に関しては、

- ・有機炭素成分と元素炭素成分の測定方法・データ解析方法の検討を行い、データ補正のためのアルゴリズムを構築した。
- ・PM2.5 の自動計測機器精度の検討を行い測定方法や機種による違いを把握した。

(3) 疫学・曝露評価に関する研究に関しては、

- ・地理情報システムを基に、人の行動を加味した曝露評価モデルを試作し、大都市圏では通勤・通学等による移動先での曝露が無視できないことを示した。
- ・呼吸器・循環器系に対する影響を病態モデル動物を用いて検討し、ディーゼル排気曝露により異常心電図の頻度が増加すること、肺高血圧傾向になり右心室壁が厚くなること、ディーゼル粒子に細菌毒素による肺炎を悪化させる作用のあることやその機構を見いだした。
- ・毒性スクリーニング手法の開発および毒性物質の解析に関する研究を実施し、DEP が細胞に及ぼす酸化的ストレスに鋭敏に応答する遺伝子を見だし、DEP 中の血管弛緩作用

のある物質の同定に成功した。また、血管の透過性を亢進させる作用のあることも見いだした。

#### 今後の課題、展望

平成 15 年度以降は、シャーシダイナモ実験、車載計測技術、トンネル・沿道調査などを組み合わせ、自動車等の発生源把握、ならびに固定発生源からの発生源把握に関する研究を継続し、精度を高めたい。超微小粒子の組成が大きな関心事であり、ディーゼル自動車の排気由来の 20～30 ナノメートルにピークを持つ超微小粒子の同定が必要である。特に粒径ごとの個数濃度や組成に関する計測法を検討したい。

交通流モデルと曝露評価モデルを統合して、人への曝露に基づく対策シナリオの効果予測が可能となる統合システムの開発を行いたい。

疫学研究では、大気汚染の急性影響評価が課題となっている。我が国では時間単位の常時監視モニタリングデータが得られるため、より詳細な解析が可能である。

毒性評価研究においては、ディーゼル排気が循環機能に及ぼす影響について、生活習慣病、心筋炎などの病態モデル動物を使い実験すること、アレルギー関連疾患の増悪機構の解析を行うこと、粒子状物質の毒性スクリーニングを行うこと、DEP 成分の毒性物質の解析を行うこと等が課題である。また、環境中ナノ粒子が健康に及ぼす影響評価研究のための基礎的な検討を行う予定である。研究推進に当たっては環境省、産業界、地方自治体、大学、外部関連研究プロジェクト等と連携、協力して今後の研究を実施していきたい。

#### 評価結果（参考）

|                        | A  | B  | C  | D | E<br>(%) | 評価者数<br>(人) |
|------------------------|----|----|----|---|----------|-------------|
| 研究計画に対する評価・助言(13年4月)   | 9  | 36 | 46 | 9 |          | 11          |
| 13年度成果に対する評価・助言(14年4月) | 31 | 46 | 23 |   |          | 13          |
| 中間評価(15年4月)            | 22 | 56 | 22 |   |          | 9           |

(A：大変優れている、B：優れている、C：普通、D：やや改善が必要、E：大幅な改善が必要、Cを基準とする)

#### 評価者意見の概要

##### (1) 研究の進め方に関しては、

動態解明と影響評価の関連性について緻密な関係を保つべき、発生源や動態解明で調査しているような成分・組成の研究とどのように関係づけるのかを明確にすべき。また、環境中の現存状態からスタートした研究の進め方とディーゼル排気ガスを原因とした影響のメカニズムと評価に関する研究の進め方と重ねあわせる、あるいは区別することが必要である。動態解明より影響評価に力点を置いてもらいたい。問題を絞り込むべき。

ナノ粒子への関心の傾斜がみられるが、これが SPM 一般への関心や規制から、ディーゼル排気を対象とした発生源規制へと進んだあとの第三段階と考えるのか、それともナノ粒子そのものが、PM2.5 や DEP の影響の中核的存在であると仮説をたてるかで、進め方がやや変わってくるのではないか。

等の指摘を受けた。

##### (2) 広域的な影響と地域的な影響の関連性ならびに調査・研究手法に関しては、

大域的、地域的な影響全体の中でディーゼル排気の PM2.5 をどのように位置づけているのがよく理解できない。固定発生源についても影響評価を試みる必要がないか。

風洞実験まで行ってあらためて沿道の大気汚染濃度分布に関する研究をしている意図が読みきれなかった。

微小粒子の化学反応、凝集等が重要になってくると考えられるので、湿度、紫外線強度などを設定できる実験室的研究を組み合わせるべきではないだろうか。

自動車排ガスに比べて飛行機によるものはどのくらいの割合を占めるのか。また、その影響はどうか。

等の指摘を受けた。

(3) 影響評価研究に関しては、

健康影響評価において影響があると判定されているが、肺泡マクロファージにおける抗酸化酵素の誘導以外は量一効果関係が確認できていないのが気になる。

動物実験は今後の詳細は疫学調査での指標を探る上で役立つものであるべきであろうが、ここで行われた実験からどのような示唆が得られるのか判然としない。

室内での SPM 曝露は健康影響評価において無視してよいのか。戸外濃度と室内濃度の関係についての測定を行うべきではないか。

健康影響について、自動車排ガスだけでよいのか。複合影響はどう考えるか？疫学調査とどのように関連づけていくのか。

動物の循環系器官への影響評価にほぼ限定されているが、植生など生態系評価への試みがあっても良いのではないか。

等の指摘を受けた。

## 意見の反映

(1) 研究の進め方に関しては、

成分・組成に関する知見と健康影響に関する知見を結びつけることは、今後の削減技術の方向性を定める上でも重要と考えており、毒性のスクリーニング手法の開発や疫学調査結果の解釈などに関しての研究を深めたい。また、DEP および PM2.5 の動態解明と影響評価が混在した形で研究が進められて来た面があるが、研究計画を整理して、それぞれの位置づけを明確にして研究を進めたい。

本プロジェクトでの目標は DEP と PM2.5 にあると考えており、ナノ粒子の問題は将来的な課題と位置づけている。現時点では、ナノ粒子が SPM ないし PM2.5 の健康影響の中核をなすものかどうか明確ではないが、潜在的な問題の大きさを考慮してこれまでの道路沿道等での観測や計測法の検討等は継続したい。ナノ粒子の健康影響については平成15年度から環境省で予算化し、本プロジェクトのサブプロジェクトとして別途取り組む予定である。

(2) 広域的な影響と地域的な影響の関連性ならびに調査・研究手法に関しては、

日本国内にこだわらず、PM2.5 の位置づけを東アジアの範囲で明確にしていきたい。固定発生源を含めた包括的な発生源インベントリづくりを計画中である。

各種対策効果を検討することを目的に風洞実験を実施したい。実験結果を用いて数値計算モデルの検証も行う。

自動車排ガスの排出直後の挙動については、拡散チャンバーによる研究を継続する。光化学エアロゾルチャンバーによる研究も今後の重要な課題と認識している。

飛行機の排ガス中の PM や VOC を本研究で扱うことは困難であるが、文献調査、行政における検討への参加、フィールド観測データの解析等により知見を深めたい。

(3) 影響評価研究に関しては、

細菌毒素に続いて、気管支喘息やアレルギーに関する研究、血管作用についての検討を現在進めており、早急に検討結果をとりまとめたい。

疫学研究で示されている循環器や呼吸器系への影響に対応する知見として、DEP が異常心電図の頻度上昇や細菌毒素による肺炎の増悪作用を持つ可能性が動物実験により示唆された。動物実験の成果は、疫学調査の結果に実験的な根拠を与え、増悪機構を明らかにするという側面と今後の疫学調査の指標を探るといふ二つの点から疫学研究に寄与すると考えており、今後さらに検討を加

えていきたい。

室内曝露については、環境省が実施している PM2.5 の疫学研究において、対象世帯の一部で屋内外の測定を行っており、これらの知見を一般人口集団の曝露量マクロ推計モデルの中に取り入れていきたい。

PM2.5 自身が種々の物質の混合体であり、複合曝露についても考えていきたい。また、直接的に疫学調査は実施しないが、環境省の調査研究にメンバーが多数参画しており、連携して研究を進めたい。本プロジェクトでは二次資料に基づく疫学的解析を引き続き行う予定である。

植物影響は、数値モデル研究を進める中で、検討項目の一つとして取り組んでいきたい。