

(資料 4 0) 重点特別研究プロジェクトの実施状況

- 1 . 地球温暖化の影響評価と対策効果プロジェクト
- 2 . 成層圏オゾン層変動のモニタリングと機構解明プロジェクト
- 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プロジェクト
- 4 . 生物多様性の減少機構の解明と保全プロジェクト
- 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プロジェクト
- 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プロジェクト

1 . 地球温暖化の影響評価と対策効果プロジェクト

1) 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し、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し、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する。炭素循環のメカニズムと変動要因を大気・陸域・海洋の観測から解明する。

2) 研究期間

平成13年度～17年度

3) 16年度研究成果の概要

(1)炭素循環と吸収源変動要因の解明

波照間・落石の O_2/N_2 比の観測から陸上生物圏/海洋の過去5年間の吸収量は 0.7 ± 0.4 GtC/yr / 2.0 ± 0.7 GtC/yr と推定された。同位体の測定から平均2 GtC/yr 前後の吸収が海洋によって行われていることを明らかにした。

リモートセンシングによる植生群落の分光情報から地域森林レベルでの経時的な炭素吸収量変動の推定・検証を実施した。また、森林生態系炭素吸収量評価モデルと土地利用変化モデルとを統合化し、吸収源対策の進展に伴う陸域炭素収支の変動予測を実施した。

トップダウンアプローチで炭素収支を推定するため、 CO_2 の観測システムを4基設置し観測を開始した。メタンの連続測定器を開発し、一部配備を終えた。

貨物船を利用したフラスコサンプリングによる O_2/N_2 比の測定から、大気中の酸素濃度の緯度分布が明らかになり、太平洋赤道域から酸素が放出されている可能性を見出した。

(2) 統合評価モデルを用いた地球温暖化のシナリオ分析とアジアを中心とした総合的対策研究

社会経済モデル及び温室効果ガス排出モデルを開発・統合：AIM/技術選択モデルを世界に拡張し、各地域における温室効果ガスの限界削減費用を推計した。全球平均気温を産業革命以前と比較して2℃以下に抑えることを目標として、日本の炭素排出量を大幅に削減するための社会・経済シナリオの検討を開始した。

各種温室効果気体および各種エアロゾルソース排出データを全球大気海洋結合気候モデルに与えて、過去150年の気候の再現実験を実施し、自然要因や炭素性エアロゾルの役割を示すなど、過去の気候変動の機構の理解に資した。また、高解像度気候モデルの結果を解析し、将来の日本の真夏日や豪雨の増加に関する将来見通しを行った。

温暖化のコメ・コムギの潜在生産性モデル：コメ・コムギを対象とした潜在生産性モデルの改良を行い、現状の再現性を高めるとともに、2050年における温暖化の適応策について評価を行った。

4) 今後の課題、展望

炭素循環の分野では、大気中の酸素や炭素同位体測定からグローバルな把握、陸域の吸収に関する遠隔計測やモデル開発、大気観測ネットワークから地域規模の炭素収支の推定、海洋における炭素吸収などの観測研究が、ほぼ予定通り進んでいる。H17年度は、炭素循環モデルによる解析を中心に、それらの総合的とりまとめを行う。

気候予測モデルによる長期予測モデルの結果を検討し、地域的な影響を予測する。この成果を使って、アジア地域の水資源影響を評価する。社会経済モデル及び温室効果ガス排出モデルを適

用して、日本の炭素税の影響、アジアの経済発展との関連について分析する。

炭素循環のモデル化が進みつつあり、気候予測モデルとのリンクが可能になりつつある。また、高分解能の気候予測モデルに基づき、気候変動の影響評価が具体性を帯びつつある。このようにして、社会経済・温室効果ガス排出モデルと気候変動予測のリンクにより、社会選択 気候変動予測（炭素循環） 影響評価の流れができつつある。

5) 外部研究評価の結果

	A	A	B	C	D	E	合計
研究計画に対する評価・助言 (13年4月)	4 (36)	1 (9)	6 (55)				11 (100)
13年度成果に対する評価・助言 (14年4月)	4 (31)		9 (69)				13 (100)
中間評価 (平成15年4月)	5 (42)		7 (58)				12 (100)
15年度成果に対する評価・助言 (16年4月)	2 (14)		10 (71)	2 (14)			14 (100)
16年度成果に対する評価・助言 (17年4月)	3 (30)		6 (60)	1 (10)			10 (100)
16年度成果に対する内部評価・助言 (17年3月)	8 (57)		4 (29)	2 (14)			14 (100)

注)

上段：評価人数

下段：%

評価基準（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）

6) 評価結果の概要

研究成果に対しては概ね肯定的な評価であった。温暖化の研究は多分野の研究者の協力により可能となるので、国内外の研究者との共同研究として実施している。この中で国際協力は評価されているが、全体の中で NIES の役割や特徴点の明確化の必要性、生態系影響などの分野の充実の必要性、モデルの感度解析の必要性などの指摘があった。ミクロのプロセス研究とグローバルな把握についての関連をはじめとして、全体の研究構造が分かりにくい、あるいは、リンクが弱いという指摘があった。また、研究観測とモニタリングの関連に対する指摘もあった。

7) 対処方針

地球温暖化の課題は、その原因となる温室効果ガスの排出を伴う人為活動、その大気蓄積や森林・海洋への吸収による緩和、気候変化の予測、予測に基づく影響の評価、対策施策の効果の評価など、多くの学問分野に関わる新しい研究である。それには、それぞれの分野での研究ツール（方法論、モデル化、観測技術、データ解析手法など）の開発が必要である。また、炭素循環や気候変化などの長期のモニタリングが必要である。こうした研究を、流動研究員等を含めて 40 名余、総予算 4 億円（ほとんど競争的資金）とのリソースの制約の下で行う状況のなかでは、NIES

として重要と考えかつ得意な分野を中心としつつ、国内外の研究者と連携して研究を推進することが求められる。

国内外の研究者による研究連携を実現するため、総合科学技術会議の温暖化イニシャティブや地球観測の戦略作成に積極的に参画し、また、研究の現場では推進費など研究予算の枠組みを利用した研究者の組織化、共同研究の推進に努めている。アジア諸国を中心とする海外の研究者との協力も重要な柱と考えており、成果が生まれつつある。

しかしながら、NIES 内でも、わが国全体としても、各分野の研究が強い連携を持って進展している状況には未だ到達しておらず、4年を経てようやくリンクが強まりつつあるというのが現状である。それは、わが国ではこの十数年の経験しかないという、この分野の研究の発展段階を反映した結果に他ならない。現在の路線を強力に推進すれば、今後数年の内に総合的なものに成長、発展すると考えている。

2 . 成層圏オゾン層変動のモニタリングと機構解明プロジェクト

1) 研究の概要

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)」(運用期間：平成 15 年 4 月 - 10 月)で取得された観測データを処理・検証解析した後、オゾン層研究の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。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 (NDSC) のデータベースへの登録を通して、データを提供する。観測データの解析や数値モデルを利用して、極域オゾン層変動に係る物理・化学プロセスの解明、オゾン変動要因の割り出しとその寄与の見積もりを行う。オゾン層保護対策の有効性の評価および将来のオゾン層変動の予測を行う。また一層の予測精度の向上を目指す。

2) 研究期間

平成 13 ~ 17 年度 (5 年間)

3) 平成 16 年度の研究成果の概要

- ILAS-II データ処理アルゴリズムの開発・改良を行った。
- 新たな観測高度決定法に基づいたアルゴリズムによって処理された ILAS-II データを検証実験データと比較し、導出された微量気体濃度分布の検証を行った。
- 検証済み ILAS-II データ (version 1.4) を国内外の登録研究者に提供した。
- 新たなデータ処理手法の開発として、ガス - エアロゾル同時算出法を開発、ILAS データに適用し、PSC イベント時の解析データの信頼性の向上を確かめた。
- オゾンレーザーレーダーの再解析データ (1988-2002 年分) を、成層圏変化の検出のための国際ネットワーク (NDSC) のデータベースに登録した。
- 観測高度領域の拡張が図られたミリ波オゾン計 (つくば) による下部成層圏から中間圏にかけての試験的オゾンモニタリングを実施、その安定性やデータ質を評価した。

- トレーサー相関法を適用した ILAS-II のデータ解析からオゾンホール内での化学的なオゾン破壊量の定量化を行った。
- ILAS-II のガス状硝酸およびエアロゾルデータの解析を基に、オゾンホール生成初期のガス状硝酸濃度の増加・減少量とエアロゾル量の変化との間の相関関係を明らかにした。
- 化学気候モデルおよび化学輸送モデルに大気球面効果を導入したオゾンホール生成数値実験を行い、その比較からオゾンホールの回復期における化学 - 放射過程の相互作用の重要性を明らかにした。
- CO₂ 漸増下での今後の成層圏オゾン層の応答に関する数値実験に用いた成層圏化学気候モデルに、大気球面効果ならびに臭素化学反応系を導入した。

4) 今後の課題、展望

- ILAS-II Version 1.4 プロダクトの検証結果を特集論文として公表すると共に、データプロダクトを一般提供する。
- ILAS-II データ処理アルゴリズムの改良を行い、より信頼性の高いデータプロダクトを得る。
- ガス - エアロゾル同時算出法を ILAS および ILAS-II データに適用し、特に PSC イベント時のデータ解析を行う。
- ミリ波オゾン計によるオゾン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。
- ILAS-II データをもとに、南極オゾンホール内のオゾン破壊速度の定量的な把握を行う。
- ILAS と ILAS-II データの比較から、南北両半球極域のオゾン層破壊の類似点と特殊性を明らかにする。
- 改良を加えた成層圏化学気候モデルのチューニングを行い、新たなオゾン層破壊の将来予測実験を行う。
- 三次元化学輸送モデルを用いて、北極域でのオゾン破壊が中緯度オゾン濃度に及ぼす影響を評価する。

5) 外部研究評価の結果

	A	B	C	D	E	合計
研究計画に対する評価・助言 (13年4月)	5 (56)	4 (44)				9 (100)
13年度成果に対する評価・助言 (14年4月)	2 (15)	8 (62)	2 (15)	1 (8)		13 (100)
中間評価 (平成15年4月)	4 (31)	8 (62)	1 (8)			13 (100)
15年度成果に対する評価・助言 (16年4月)	2 (15)	9 (69)	2 (15)			13 (100)
16年度成果に対する評価・助言 (17年4月)	2 (29)	4 (57)	1 (14)			7 (100)
16年度成果に対する内部評価・助言 (17年3月)	5 (38)	7 (54)	1 (8)			13 (100)

注)

上段：評価人数

下段：%

評価基準 (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)

6) 評価結果の概要

「ILAS、ILAS-II をサポートする研究として大きな意味を持ち、貢献した点多としたい」、
「ILAS/ILAS II に関する成果は、それなりに成就されたと思う。このプロジェクトが、日本の極域の大気化学を推進したことは事実であり、評価されることと思う」、「得られたデータを解析し、モデリングに使う研究は着実に進み、成果も上がり、目標はほぼ達成したものと認められる」、「順調に推進している、特にオゾン層の変動機構は独創性が高いと評価できる」、「衛星が運用中止というハンディにもかかわらず、限られたデータを用いて、アルゴリズムの改良を行い、かなりの精度で、特に下層成層圏でのオゾン濃度動態を把握できる見通しを付けたことは高く評価されるべき。成層圏モデリングについても着実に進展していると評価します」といった肯定的な評価を頂いた。

その一方で、「衛星計画も別の課題に移ることもあり、今後の環境研としての研究をどうするか、日本の大気化学をどうするか、という点を考慮して、次期中期計画に、あるいは、次期のプロジェクトに反映してもらいたい」、「大気化学グループの今後の方向を明示しておいて欲しい」、「人為起源の塩素化合物(フロン)の供給が減少し、オゾン層破壊のドライビングフォースが減少するなかで、極域のオゾンホール形成をエンドポイントとする研究としては成熟してきている。それだけに、ILAS/ILAS-II で得られたものから次に何に向かってゆくのかの「大気化学」としてのまとめをしておくことが大事」といった(中期計画期間に止まらず)今後のオゾン層研究の方向性を議論し、示していく事の大切さの指摘を受けた。また同時に、今後のオゾン層研究について「プロセス解明研究は引き続き必要でしょう」、「温暖化とオゾン層問題のリンクは、環境研として強みのある場所であり、今後とも、積極的に進めていく方針は妥当である」、「回復の時間スケールについての判断が科学的におこなえることがアウトプットという点に焦点をあてることと、中緯度成層圏のオゾン層破壊が将来生じうるという点への科学的見通しにより強く言及することが望まれる」などの助言を頂いた。またプレゼンテーションに関して、「モデル計算など、膨大な数値実験による結果と実測の比較を示されることが多いが、どのような仮説をおいて何がわかったのかという基本的なところを明確に示していただく方が、理解しやすいのではないか」、「検討項目とされた脱窒、力学効果、プラネタリー波の下降、などなどの要因について結局オゾン層への影響、温暖化との相互作用への効果などの面でどう影響したのか、パラメトリックセンシビティも含め説明があるとわかりやすい」、「NDSC への提供には言及しているが、そこから得たデータを使っただけの研究の報告は聞かなかった」、「化学気候モデル、化学輸送モデルという用語は紛らわしい」などの指摘も受けた。

7) 対処方針

1. ILAS/ILAS-II データに関しては、より信頼性の高いデータの提供をしたい。地上モニタリングデータについても積極的に検証済みデータの提供に努めたい。

2. 今後とも観測データの解析を中心に物理・化学的なプロセスの解明に努めたい。また化学気候モデルの改良を進めると共に、改良を加えた数値モデルを用いたオゾン層の将来予測実験を行いたい。
3. 助言を頂いた「温暖化とオゾン層問題のリンク」は重要な問題だと考えており、またオゾン層研究に閉じる事の無い対応が必要と考えている。例えば、数値モデルにおける気候予測モデルとの連携など、所内外の関連する研究グループとの連携をこれまで以上に強めながら研究を推進していきたい。
4. プロジェクト最終年度に向け、プロジェクトとして何が分かったのかを明らかにすると共に、成層圏大気化学を研究しているグループとして、(本中期計画期間後の)研究の方向性や科学的な課題の明示も行いたい。また助言を頂いた問題、例えば「気候変動(成層圏寒冷化)に伴う北半球オゾン層破壊の長期化」や「中緯度オゾン層の今後の変動」をはじめ、フロン減少後の(50-100年後の)成層圏オゾン層の問題についても、(重点プロジェクト期間に拘ること無く)取り組んでいきたい。
5. 今後のプレゼンテーションでは、用語の違いのポイント部分は何が、如何なる仮説に基づいてモデリングを行っているのか、力学過程と化学過程とはどの様に相互に影響しあっているのかなどを、簡潔かつ丁寧に説明したい。

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プロジェクト

1) 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・簡易分析のため新たな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にする。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にする。vi)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。

2) 研究期間

平成 13~17 年度(5 年間)

3) 平成 16 年度研究成果の概要

1. 分析・評価技術については、煙道排ガス中 PCB のリアルタイムモニターの製作とその評価を行った。酵母ツーハイブリッド法をはじめとする各種バイオアッセイ系のラインアップをそろえ、これらを用いて環境水や化学物質のスクリーニングを行った。その中で、環境蓄積とその影響が危惧されている PCB の代謝化体である水酸化 PCB の 91 物質について女性ホルモン作用、

甲状腺ホルモン作用、Retinoid X receptor (RXR)活性を調べ、それらの活性と構造の相関性を検討した。In vivo の生物検定法として、ウズラ受精卵を用いた試験法の開発を行い、スクリーニング法としての有用性を示した。

2. 東京湾における大規模フィールド調査を実施し、生物量の把握と、ノニルフェノールの動態を調べた。巻き貝におけるインポセックス発生メカニズムにおける RXR の関与を実験的に証明した。
3. ヒト用超高磁場 MRI によるボランティア脳測定を開始し、脳形態画像の集積、脳機能画像測定のための基盤整備を行い、スペクトルからの脳代謝物の定量解析を試みた。ダイオキシン (TCDD) の妊娠ラットへの投与による仔の甲状腺ホルモン低下作用は授乳期曝露によることをクロスフォスタリング実験により明らかにした。
4. ダイオキシン類曝露の生体影響指標として、母乳中の細胞の CYP1A1 を real-time PCR で測定し、その有用性を検討した。血液中ダイオキシン類の超微量分析のための前処理法の改良を行った。
5. ヒトの疫学については、大学の医学部と協力しつつ、retrospective、prospective な研究を開始し、精巣重量の出生年代別加齢変化のデータを更新した。
6. 内分泌攪乱化学物質のリスク評価と管理のための情報システムの構築については、GIS 上の高詳細モデルの開発を行い、モデルの検証を実施した。
7. 分解技術については、しのう菌類のキノコによるダイオキシン類の分解、代謝を検討し、代謝産物の同定を行った。

4) 今後の課題、展望

内分泌攪乱化学物質に関するこれまでの研究によって、低用量効果、高感受性期・高感受性集団の存在、生殖系だけでなく神経・内分泌・免疫系などの高次機能への影響など化学物質のリスク評価における重要な知見が得られてきた。しかしながら、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多く残されており、今後とも内分泌攪乱化学物質の実態を解明するための研究が必要である。

ダイオキシン類の分析については、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したい。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したい。試験法については引き続き in vivo、in vitro の生物検定法を用いて化学物質をスクリーニングし、レセプターを介した毒性のデータベースを作成する。メカニズムについては、レセプターを介した遺伝子発現の変化に起因すると考えられることから、トキシコゲノミクス、トキシコインフォマティクス手法を活用してその解明に当たる。対策技術として、土壤汚染対策に対応するような処理技術の開発を行う。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、シンポジウムの開催、論文発表など環境ホルモン関連情報の国内外への発信に努める。

5) 外部研究評価の結果

	A	B	C	D	E	合計
研究計画に対する評価・助言	2	3	2			7
(13年4月)	(29)	(43)	(29)			(100)
13年度成果に対する評価・助言	5	8	1			14
(14年4月)	(36)	(57)	(7)			(100)
中間評価	5	7				12
(平成15年4月)	(42)	(58)				(100)
15年度成果に対する評価・助言	4	5	1			10
(16年4月)	(40)	(50)	(10)			(100)
16年度成果に対する評価・助言	4	5				9
(17年4月)	(44)	(56)				(100)
16年度成果に対する内部評価・助言	5	6	3			14
(17年3月)	(36)	(43)	(21)			(100)

注)

上段：評価人数

下段：%

評価基準（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）

6) 評価結果の概要

内分泌攪乱化学物質とダイオキシンについてのすぐれたデータが蓄積されつつあり、研究成果も数多く論文等で発表され、着実に成果が上がっているとの評価を受けた。その一方で以下のような指摘を受けた。

1. 個々の成果は分かるが、全体のゴールが見えにくい。
2. リスク評価手法、体系化、情報解析について、化学物質全体としてより総合的に検討すべき。
3. 知見を総合化してリスク評価や管理に役立てる手法の開発にも今後、力を注ぐべき。

7) 対処方針

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. 課題が多岐にわたるため、課題ごとの達成度を明らかにし、全体のまとめ方を工夫したい。
2. 化学物質全体としてのリスク評価手法、体系化、情報解析については、化学物質環境リスクセンターと連携を図りつつ進めていきたい。
3. リスク管理については、内分泌攪乱化学物質のリスク評価と管理へ向けた統合情報システムの構築と、GIS上の高詳細動態モデルの開発と適用を通して進めていきたい。

4 . 生物多様性の減少機構の解明と保全プロジェクト

1) 研究の概要

2000年にナイロビで開催された第5回生物多様性条約締結国会議において、生物多様性の保全に向けての「生態系アプローチの原則」が合意され、生物多様性の保全と持続的な利用のために、次のような目標が掲げられた。1.長い進化的歴史の中で育まれた、地域に固有の動植物や生態系などの生物多様性を地域の特性に応じて適切に保全する。2.現存の種や地域個体群に新たな絶滅の恐れが生じないようにするとともに、絶滅の危機に瀕している種の回復をはかる。3.将来世代による利用も見据えて、生物多様性の減少をもたらさない持続可能な方法により土地や自然資源を利用する。このような背景のもと、このプロジェクトでは、生物多様性減少の多くの原因のなかで、特に主要な要因とされている生息地の破壊・分断化と侵入生物・遺伝子組換え生物に着目し、生物多様性減少のパターン解析とモデルによる演繹的解析により、その機構の解明を行うとともに、その生物多様性減少の防止策と適切な生態系管理方策を講じるための定性的、定量的な科学的知見を得ることを目的とする。

2) 研究期間

平成13～17年度（5年間）

3) 16年度の研究成果の概要

1. 野生生物の保全地域設定をめざした生息適地分布モデルの開発

これまでほとんど解析に利用されることのなかった環境省の生物多様性情報（トンボ編）から、データの不完全さや不均一性を考慮しつつ種ごとの地理分布を気候・地形・植生被覆である程度説明できるようになった。その結果、過大推定の可能性はあるものの、2次メッシュ単位（10km）での潜在生息種のリストを全国にわたって作ることが可能になった。

ヨシ原に生息する鳥類に関する研究から、ハビタットの連続性や形状の影響が検出され、生息地の縮小にいくつかのパターンがあること、そしてそれが生息確率に異なった影響を与えることがわかってきた。

メダカの生息適地推定から、生息記録だけを用いる（非生息の情報がない）場合でも、ある程度の分布予測ができることがわかった。分布情報の質によって解析手法を選択し、その限界を知りつつ使うことで、情報を有効に利用する道が開けた。

北海道の淡水魚類の生息適地モデルから、淡水魚保護水面のギャップ分析を行い、保護区設定の適正を評価した結果、保護水面が漁業対象魚中心に選ばれていることがわかった。

兵庫県南西部をモデル地区として、これまで、ほとんど不明であったため池の生物群集の分布パターンの特性と人為的影響が明らかになった。こうした生態情報に基づき、ため池の生物多様性を保全するための有効な手法が提示できるようになってきた。

2. 侵入生物・遺伝子組換え生物の生態系影響

侵入種データベースはインターネット公開にまで実現できた。ただし、今後の運営管理とデータ拡充の体制作りが課題である。

セイヨウオオマルハナバチおよび外国産クワガタムシについて、在来種との交雑の可能性、寄生生物の随伴導入などの研究成果が広くマスコミにも取り上げられ、一般の侵入種に対する意識向上に大いに貢献できた。さらに行政的対応として外来生物対策法の特定外来生物種選定について研究成果が反映された。

ブラックバス由来推定については、遺伝子ハプロタイプ利用の有効性と不十分な点とがはっ

きりとしたが、国内定着群の遺伝的な類別が可能であると確認されたことは収穫であった。

遺伝子導入による宿主遺伝子発現への影響をマイクロアレイ法で評価するために、ビタミンCの合成遺伝子が点突然変異により欠失した変異体と、同じ遺伝子をアンチセンス法で抑制した組換え体との遺伝子発現プロファイルを比較したところ、組換え体の方が遺伝子発現パターンに大きな影響が出るのが明らかとなった。

組換え微生物の組換え遺伝子の発現量を評価するために、リアルタイム RT-PCR 法を用いて組換え遺伝子由来の mRNA を定量する手法を開発した。

輸入されている組換え農作物のうち、交雑可能野生種が存在する、ダイズとセイヨウアブラナについて、それらの野外での分布調査を行い一部の国道で除草剤耐性セイヨウアブラナが生育していること確認した。それらの近縁種との交雑を調べるための DNA マーカーを開発した。

3. 数理モデルによる多種共存メカニズムの分析

ある場所での種の多様性と種の共存メカニズム、種個体群の存続、種の分布範囲それぞれの研究は、本来は密接に関係しているはずだが、なかなか統合されるにはいたっていない。個体ベースのシミュレーションモデルの解析によって、種の競争排除・共存のしかたが、局所的な種の多様性にも、局所個体群の存続にも、さらには個々の種の分布範囲の決り方や気候変動への反応にも密接に関係していることを示すことができた。

食物網の進化動態を、数理モデルを用いて解析し、現実の食性の多様性に類似するパターンを再現できた。このモデルでは、狭食性の分類群が絶滅しやすいとは限らないこと、近縁種間での捕食 被食関係が成立している分類群は多様化しやすいこと、進化的に成立した食物網は撓乱に対して強い回復力を持つことがわかった。

4) 今後の課題、展望

(1) 野生生物の保全地域設定をめざした生息適地分布モデルの開発

生息適地分布モデルは、現時点では現状記述の段階にある。モデルのパラメータを変化させるには、このような記述的モデルを機構的モデルに発展させてゆく必要がある。それには生物多様性の歴史的な変化の追跡や大規模実験が必要となる。このプロジェクトでは過去の航空写真、地図、ダム工事記録、生物調査情報などを使って土地被覆変化の影響を検討する。

(2) 侵入生物・遺伝子組換え生物の生態系影響

侵入種情報の収集を継続して行い、データベースの拡充を図る。重要侵入種をリストアップし、それらの種の分布域における生物多様性の実態および植生・土地利用状況・侵入種の導入量・人為移送経路などの情報収集を行い、侵入種拡大の環境要因を解析する。これらの生態学的データおよび環境要素データに基づき、侵入種の分布拡大機構をモデル解析する。

セイヨウオオマルハナバチについて、特に野生化が進行していると思われる北海道鶴川町を中心に外来種・在来種マルハナバチ野生個体を採集し、野外において生殖撓乱が起きているかを女王体内の受精嚢内精子のDNA分析によって評価する。

輸入されている組換え作物が環境中にどの程度広がっているのか、実態調査を継続する。次期中期計画において遺伝子組換えナタネと在来野生種との間の遺伝子流動を解析する目的で、Brassica属の個体群を解析するためのDNAマーカーを開発する。組換え微生物の環境中での生残性に影響を及ぼす因子について検討する。

(3) 数理モデルによる多種共存メカニズムの分析

森林のなかでは、長年にわたり蓄積した稚樹の集団が見られ、このような稚樹集団の存在と多種の共存のしやすさとの関係を個体ベースモデルにより解析する。また、局所的な種個体群の存続・共存プロセスを、環境勾配上での種の分布範囲の動態へスケールアップする。

個別の種に加わった攪乱が、どのようなメカニズムで連鎖的な絶滅を引き起こすのかについての解析を行う。

5) 外部研究評価の結果

	A	B	C	D	E	合計
研究計画に対する評価・助言	1	4	3	1		9
(13年4月)	(11)	(44)	(33)	(11)		(100)
13年度成果に対する評価・助言	4	7	1			12
(14年4月)	(33)	(58)	(8)			(100)
中間評価	3	5	2			10
(平成15年4月)	(30)	(50)	(20)			(100)
15年度成果に対する評価・助言	2	9	3			14
(16年4月)	(14)	(64)	(21)			(100)
16年度成果に対する評価・助言	1	3	5			9
(17年4月)	(11)	(33)	(56)			(100)
16年度成果に対する内部評価・助言		7	5			12
(17年3月)		(58)	(42)			(100)

注)

上段：評価人数

下段：%

評価基準 (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)

6) 評価結果の概要

生物多様性の維持と減少のメカニズムに関する研究を、群集、侵入生物、組換え遺伝子、多様性のモデルの4つの面から遂行しており、成果をあげているとの評価を受けた。一方、次のような指摘を受けた。

- (1) 生物多様性とは何か、その価値は何かを明確にしていく必要がある。
- (2) 生物の種を全て確保するための保護区選定との問題のたてかたを検討する必要があるのではないか。保護区をつくれればよいというものではないし、地域集団、空間単位の大きさの決め方により科学的根拠が求められるのではないか。
- (3) 生態系管理の方策などを作業仮説として、その結果がどうなるのかといった論理の組み立てがほしい。

7) 対処方針

- (1) 生物多様性の価値は、生物多様性条約にもあるように直接利用価値、間接利用価値、オプション価値、存在価値の4種類が考えられる。生態系機能における生物多様性の役割を評価しようとすることは間接利用価値を基準に評価していることになる。このプロジェクトではオプション価値や存在価値を基準にしているため、どこに何が分布しているのか、あるいは分布可能なのかを推定するモデル作りが目標になっている。
- (2) ここで示した手法は、絶滅種を特定の地域から出さないという目標を置いたときに、その

中の最重要地点を抽出するためのものである。生物はある種がどこかにいればよいというメッセージに誤解されないようにしたい。すでに保全地区として指定されている場所が適切かどうかを、生物の分布から検討する解析（ギャップ分析）の手法ともいえる。選定された場所の中のどこをどう管理するかは次の段階の問題で、選定しただけでは保全できないことはご指摘のとおりである。この手法を適用する地域は任意に選べるので、どのくらいの大きさの地域を対象にすべきかが次の検討課題である。

- (3) このプロジェクトで解決しようとしている問題のひとつは、これまでのフィールド調査によって得られる生物の情報が狭い（ほとんど点に近い）空間に限られ、広域に拡張することが困難だった点である。まばらな、偏りの大きい生息情報をモデル化し、地図化することは、種の分布や生態系機能の空間的な構造およびその変化を知るために必要なプロセスである。現時点では記述モデルの段階にあり、しかもモデルの信頼性はデータの量と質に依存する。このような記述モデルを、生物多様性の変化の追跡や実験によって、個々の要因の効果を評価する機構論的なモデルに発展させてゆく必要がある。それができてはじめて、人間活動の結果として生じるランドスケープや生息場所の変化が生物に与える影響を予測できるようになるはずである。侵入生物や遺伝子組換え生物の分布拡大や在来生物への影響も、同様に地図上に表現することを目標にしている。

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プロジェクト

1) 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、こうした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が持つ受容力を観測し、モデルにより定量化された受容力の脆弱な地域の予測に基づき、環境負荷の減少、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の管理を行っていくことが必要である。本プロジェクトは、日本及び東アジアの流域圏が持つ生態系機能（大気との熱・物質交換、植生の保水能力と水循環調節、物質循環と浄化、農業生産と土地利用、海域における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。

2) 研究期間

平成 13～17 年度(5 年間)

3) 平成 16 年度の研究成果概要

1. 代表的な生態系モデルである Biome-BGC を、水循環機能、炭素循環機能、農業生産機能の評価モデルに発展させ、その検証を行った。さらに、これを用いて、平成 13～15 年のアジア地域における、植物による炭素固定量の空間分布に見られる時間的変化を推定した。
2. 中国における土砂生産抑止対策である退耕還林（急傾斜地の農耕作地を林に戻す）政策の効果を、降雨流出と土砂生産より構成される土砂動態モデルを用いて検討した。
3. 植生の季節変化及び表面流・不飽和流・地下水流・河川流間での相互作用を考慮したグリッ

ド型水循環・熱収支モデルを長江支流嘉陵江流域（16万 km²）に適用した結果、河川流量・土壌水分量の観測値が良好に再現された。また地下水位の空間分布を推定した結果は、流域の水収支において地下水の影響が無視できないことを示していた。

- 平成 14 年および 15 年に実施した東シナ海陸棚域における海洋観測結果について解析を進め、季節的な長江流量の変化（洪水時と平水時）による陸棚域水塊構造および生態系構造に及ぼす影響を明らかにした。

4) 今後の展開、展望

- 流域生態系モデル Biome-BGC を用いて長江流域の農業生産高・化学肥料施肥量・灌漑量が炭素・窒素の流域内動態に及ぼす影響評価を行う。
- 長江流域全体の水需要及び汚濁負荷発生インベントリモデルを構築し、汚濁負荷動態プロセスモデルとの結合により、長江流域からの汚濁負荷量の予測精度の向上を図る。
- グリッド型の流域管理モデルを用いて、黄河流域の灌漑水量、土壌水分量、葉面積指数(LAI)、蒸発散量、穀物生産量、河川流量、及び地下水位間の関係を明らかにする。
- 秋季に東シナ海での航海調査を行い、長江洪水期後の長江起源水の動態を把握する。また過去 3 ヶ年の航海調査試料の分析・解析を進め、長江流量の季節変化に応じた陸棚域水塊構造の変化、栄養塩の供給動態の変化、藻類種分布に及ぼす影響等の把握を行う。
- 複数懸濁物質が高濃度で混在する海域において、MODIS 等の衛星搭載光学センサを用いたクロロフィル a、無機懸濁物質および溶存有機物の濃度分布を推定する手法を確立する。

5) 外部研究評価の結果

	A	B	C	D	E	合計
研究計画に対する評価・助言	4	7	1			12
(13 年 4 月)	(33)	(58)	(8)			(100)
13 年度成果に対する評価・助言	9	4	1			14
(14 年 4 月)	(64)	(29)	(7)			(100)
中間評価	9	3	2			14
(平成 15 年 4 月)	(64)	(21)	(14)			(100)
15 年度成果に対する評価・助言	4	7	2			13
(16 年 4 月)	(31)	(54)	(15)			(100)
16 年度成果に対する評価・助言	3	6	1			10
(17 年 4 月)	(30)	(60)	(10)			(100)
16 年度成果に対する内部評価・助言	2	6	4			12
(17 年 3 月)	(17)	(50)	(33)			(100)

注)

上段：評価人数

下段：%

評価基準（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）

6) 評価結果の概要

東アジアの流域圏に起こる広汎な環境問題を解決するため、生態系機能の数理モデル化を進め、個別の課題に関しては重要な知見を得つつあるとの評価を受けた。しかしながら、プロジェクト全体を概観した場合、4つのサブテーマ間の関係性が十分に明らかにされていないこと、個々のモデル化が先行したことにより流域圏の環境管理として最終年度に向けてどのように収斂していくのか検討が必要との全般的なコメントの他、以下の指摘を受けた。

1. 生態系機能のモデルに入力するデータの信頼性の保証はどのように考えているのか。
2. データに基づく最適モデルが将来予想に使えるかについては慎重に検討すべき。
3. 人間活動のインベントリを、どの空間スケールで把握し、評価しているのかを示しておくことが、研究成果の全体をまとめる上で有効ではないだろうか。
4. 大スケールの環境系の場合、管理目的に沿う不確実性の幅の表現が必要ではないか。
5. 個別の詳細テーマについては、年限内の目標を明確にすることが必要である。
6. 最終年度を目指して持続可能な環境管理をまとめて提案してほしい。
7. 合意形成、計画見直しの方法論までを視野に入れた管理を指向すべきであろう。

7) 対処方針

1. 入力データについては、点測定に基づくことによるパラメータの代表性の問題と、文献等公表データの信頼性の問題があり、今後さらに十分な配慮を行う。また、共通分析項目に関するクロスチェックを念入りに行い、日中両国で観測方法、分析方法等についての信頼性を高める努力を行う。
2. 現状を再現するモデルの開発という目標はほぼ達成されたので、次の段階では将来予測の可能性について、入力条件、パラメータ設定等の吟味を十分に行う。
3. 平成15年度は重慶からの三峡ダムへの汚濁負荷量算定のためインベントリを作成した。16年度は長江流域への拡張を試みた。本来なら重慶のような長江に沿う大都市を中核として物・情報の流れに歴史性等加味した経済圏をスケールとするインベントリが望ましいと考えられるが、入手可能なデータの制約より省を単位スケールとするインベントリとなった。今後、人間の社会・経済活動の空間スケールと対象とする管理のスケールとの関係についての議論を、プロジェクト内で活発化、深化させる。
4. 管理においては、要素モデルのシステム化が必須で、システム化すると非線形的な動特性が顕著になり、入力条件の曖昧さによる変動が増幅される場合もある。今後は感度解析などで、出力結果の歪み、変動についても十分に考慮する。
5. 本プロジェクトの目的の一つは、海洋汚染に対して陸域由来の環境負荷をどのように制御(面源対策、修復等)していくべきかということであるが、長江開発の影響(陸域由来の環境負荷動態)をモニタリング、数理モデルにより再現し、上海沖・東シナ海での海洋調査と連動させることで海洋汚染の実態の理解が進む。また、将来の予測に占める沿岸域の修復技術の特性については、詳細な現地実験の必要性から東京湾等、日本国内に試験地を設定している。個別のサブテーマの進行に応じた形で連携させることを念頭に、最終年度では、三峡ダムを含む流域全体としての洪水防御施策、都市化に伴う水利用変化とそれへの対応策、農業用水管理、河口域浄化機能評価などに関する検討を行う予定。
6. 平成17年度の取りまとめに当たっては、4つのサブテーマの関係性を分かり易く提示する努力を行うとともに、持続可能な環境管理の基本となる駆動力(社会経済活動)-圧力-環境応答-対策の4者間に存在する利害得失を描出することを優先したいと考えている。また、個別の環境管理問題については最適な管理方法を提案できるように努力する。

7. 持続可能という意味では、合意形成論等の社会科学的側面が入っていないなければならないのはご指摘の通りである。その基礎となる人間活動と環境との間の利害得失の描出までを達成し、次の段階でご指摘の項目を反映した研究を行いたいと考えている。

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プロジェクト

1) 研究の概要：

都市大気中におけるPM2.5やDEPを中心とした粒子状物質による大気汚染の動態解明と健康影響の評価のために以下の研究を重点的に行う。すなわち、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、測定方法とくに微小粒子の物理・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閾値の推定等に関する研究等を実施する。これと共に、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を構築し、発生源対策シナリオごとの健康影響低減効果の予測手法を構築する。

2) 研究期間

平成13～17年度

3) 平成16年度の研究成果の概要

DEPの研究、環境ナノ粒子の研究、環境中のPM2.5の挙動解明を行った。平成16年度の研究のハイライトとしては；

<DEP研究> 発生源を正しく把握する為に、車載計測システムの構築とシャーシダイナモを活用してリアルワールド発生源把握を行った。これと共に、曝露量評価モデルを構築し利用した。交通流モデル、対策モデル、拡散モデル、生活パターンモデルを統合して曝露量評価モデルを完成させ対策効果の評価を行った。

<環境ナノ粒子研究> 沿道では20ナノ付近に個数濃度ピークを持つことを明らかにした。20ナノ付近にピークを持つVOC組成を把握した。20ナノの粒子の発生条件を探索した。20ナノの粒径の粒子の毒性が高いことを見いだした。20ナノの粒子は組織を通過することを見いだした。

<PM2.5研究> モニタリングにより、SPM、PM2.5などの地域的・季節的な特徴が把握出来た。OC/ECの測定方法を確立し、国際比較研究を行った。環境基準値超過に及ぼす黄砂の影響に関する新知見を得た。大阪をモデル地域として炭素成分の国外寄与を把握した。日本へのアジアからの寄与量を見積もった。沿道でのPM2.5へのDEPの寄与は大きい、一般環境では二次生成の寄与が大きいことが分かった。

4) 今後の課題、展望

<DEP研究の来年度の重点目標と今後の展望>

来年度の研究目標：曝露量予測モデルの感度解析、広域モデルとのリンク、局所モデルとのリンク等。リスク評価に必要なDEP濃度推計データベースを整備する。

将来の研究の展望：疫学調査における曝露評価への活用。

<環境ナノ粒子研究の来年度の重点目標と今後の展望>

来年度の研究目標：ナノ粒子の形態分析・組成分析の推進、曝露実験施設を利用した研究手法の構築等。ナノ粒子曝露実験は本プロジェクトにおいては、予備的に実施する。

将来の研究の展望：毒性評価データの蓄積。

<PM2.5研究の来年度の重点目標と今後の展望>

来年度の研究目標：炭素成分の評価（C14分析による発生源推計）を行う。PM2.5予測モデルの基本フレームを本プロジェクトにおいて構築する。

将来の研究の展望：予測システムの運用、自治体との協力、国際協力・比較評価。

5) 外部研究評価の結果

	A	B	C	D	E	合計
研究計画に対する評価・助言	1	4	5	1		11
(13年4月)	(9)	(36)	(45)	(9)		(100)
13年度成果に対する評価・助言	4	6	3			13
(14年4月)	(31)	(46)	(23)			(100)
中間評価	2	5	2			9
(平成15年4月)	(22)	(56)	(22)			(100)
15年度成果に対する評価・助言	3	7	1			11
(16年4月)	(27)	(64)	(9)			(100)
16年度成果に対する評価・助言	3	6				9
(17年4月)	(33)	(67)				(100)
16年度成果に対する内部評価・助言	6	4	1			11
(17年3月)	(55)	(36)	(9)			(100)

注)

上段：評価人数

下段：%

評価基準（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）

6) 評価結果の概要

1. 研究の進め方に関しては、1. 越境汚染の影響評価をより科学的に確固たるものにして、対策への裏付けとなるよう期待する。2. ナノ粒子に関する研究は、車のみならず、今後発展してくるナノ・テクノロジーに対する意味もある。従来は、問題がおきてからの対応であったが、予見して対応を考える、という良い例になる。積極的に進めてもらいたい。等の指摘を受けた。

2. 曝露評価モデル、粒子の発生機構、環境動態研究に関しては、1. 化学成分の質と量の粒径別分布は、寿命の長短、発生源の違いなどを反映している。したがって、これら化学成分の情報をうまく解析して、人為起源だけではなく自然起源のものも含めてエアロゾルに関わる知見をさらに高度なものにしてほしい。2. 微小粒子、特にナノ粒子に含まれる各種成

分とその主要発生源、地域特性環境動態など、もう少し詳細に調べる必要があるのではないかと指摘を受けた。

3. 影響評価研究に関しては、1. ナノ粒子の毒性については、その発現が粒子サイズという物理的要因で生じるのか、付着した化学的成分によるのか、あるいはその両方なのか、明らかにする必要がある。2. ナノ粒子の毒性に関して、カーボンブラックを用いた実験で毒性が高いと直ちに結論づけるのは困難ではないか。3. 影響評価、特に疫学調査研究が不足している。影響評価は動物実験と疫学のデータの組み合わせと解釈でやや貧困な状態にとどまっている。この点はナノ粒子をさらに扱う展開ではより弱点としてあらわれる可能性もあるので、連携を強化し、本研究プロジェクトとしてのとりまとめと、次への展開について区別をしてH17年度の研究のしめくりとしてほしい。その他、地方環境国立環境研究所との共同研究は高く評価でき、今後もさらに進めてほしい。等の指摘を受けた。

7) 対処方針

1. 研究の進め方に関しては、1. 越境汚染の影響評価に関する研究は、主として大気質モデルを使って現在進めている。引き続き、越境汚染影響の定量化をめざしたい。2. ナノ粒子の生体影響の研究は、現在急速に発展しつつあるナノ・テクノロジーの産物であるナノ素材全体の生体影響に関する研究の布石の役割も担っている。今後、ナノ粒子を含めたナノ素材の呼吸、循環、免疫、脳神経系への影響を中心に研究をすすめたい。

2. 曝露評価モデル、粒子の発生機構、環境動態研究に関しては、1. 都市におけるエアロゾルの挙動を解明する上で、ローカルなスケールで発生したり、広域的に輸送されてくる各種の人為起源・自然起源エアロゾルの寄与を考慮する必要がある。ケミカルマスバランス法による発生源寄与推定ではECがDEPの指標とされているが、他の発生源の炭素成分データが十分ではなく、単純なCMBによる寄与推定の精度は高くないと考える。自然起源の粒子(特に有機成分)について、詳細な組成分析による由来解析など様々な角度からの寄与推計方法が検討・報告されているが、本研究でも、現在14C測定によるバイオマス由来炭素比率の測定を寄与推定に取り入れられないか検討したい。2. 極微量しか得られないナノ粒子試料について、熱脱離GC/MSによる高感度多成分分析法を開発中であり、粒径や観測地点によってクロマトグラムが明らかに違うことなどが観察されている。現在、自動車排出物と沿道ナノ粒子の関係を組成から明らかにできないか検討中。これを交通環境の異なる地点や一般環境についても観測を行う予定であり、レセプターモデル的解析の可能性を探っていきたい。

3. 影響評価研究に関しては、1. 今後、粒子表面の化学的性状が同じで粒径の異なる粒子の毒性の解析、nm領域から μm 領域の粒径の異なる微細粒子表面の化学的性状と毒性の解析、および、粒径の異なる微細粒子に吸着している物質の化学的性状と毒性の解析、等により検討していく予定。2. カーボンブラックの毒性評価のみでナノ粒子の生体影響を結論づけることはできない。これまでに模擬ナノ粒子としてカーボンブラックや二酸化チタンを用いた実験を行ってきたが、粒径だけでなく粒子の物理的・化学的性状の違いにより、細胞や生体に与える影響は異なるという結果を得ている。今後、自動車排気由来のナノ粒子の吸入曝露装置を用いた実験を行い、その結果を含めて総合的にナノ粒子の生体影響を評価したい。3. PM2.5ならびにDEPを中心とした自動車排ガスの健康影響に関する疫学研究については環境省が実施する調査と連携しながら研究を進めてきた。環境省では、平成17年度から本格的な疫学調査を実施するので、この調査の中で疫学研究に求められている課題に応えていきたい。また、動物実験の結果からヒトへの外挿を行う際に問題となる感受性など種間差に関わる多くの解明すべき要因について検討すると

もに、動物実験と疫学研究の成果それぞれの特質を十分に生かして上で、総合的な影響評価ができるように連携を強化していきたい。