

資料2 重点特別研究プロジェクトの平成13～17年度研究成果の概要

1. 地球温暖化の影響評価と対策効果プロジェクト

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
炭素循環 と吸収源 変動要因 の解明	温室効果ガス 等のモニタリ ングデータを 駆使して、グロ ーバルな陸 域・海洋の二酸 化炭素吸収を 評価する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 二酸化炭素の吸収量を求めるために、精密な大気中の酸素濃度測定法や炭素同位体比の精度の良い測定法を開発することができた。 ・ 酸素や炭素同位体比を用いて、大気中の二酸化炭素のグローバルな収支を求めるために、波照間島で1997年7月から、落石岬で1998年12月から大気試料のフラスコサンプリングを継続した。また、日米間および日本-ニュージーランド間を航行する貨物船を利用して、太平洋上大気の広い緯度範囲(南緯30度から北緯55度まで)でのサンプリングによる観測を行うためのプラットフォームの整備などを行った。特に酸素用に開発したガラスフラスコによる船上サンプリングも2001年から可能になった。 ・ 波照間・落石の酸素濃度の観測結果から1998年から2005年までの7年間の平均的な炭素収支を見積もると、陸域生物圏の炭素吸収量は1.1 ± 0.6 GtC/yr、海洋の炭素吸収量は2.0 ± 0.5 GtC/yr となった。(なお、温暖化に伴う海洋からの酸素フラックスを考慮すると、陸域生物圏および海洋の炭素吸収量はそれぞれ若干下方修正および上方修正されるものと考えられる。) ・ 船舶による広範囲の緯度毎に観測された炭素同位体比によって、陸域吸収量の変動がエルニーニョもしくはその直後のグローバルな気温上昇と良く対応することが明らかとなった。同時に、海洋側の変化も観測され、エルニーニョ時には吸収量の増大、ラニーニャ時期には吸収量の減少傾向が明らかとなった。しかし、この5年間の急激なトレンドの変化は検出されなかった。 ・ 大気中酸素濃度をモニタリングステーションで現場観測を実施するための、自動連続分析システムを開発し、波照間島および落石岬のモニタリングステーションにおいて連続観測を行った。その結果、フラスコサンプリングでは捕らえることのできない酸素濃度の詳細な変動を検出することができるようになった。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 窒素・酸素・アルゴン・二酸化炭素の重量を測定しながら高压容器に充填する方法（重量充填法）によって大気中酸素濃度測定のための標準ガスの調製を試みた。その結果、酸素濃度をおよそ 3 ppm の精度で標準ガスを調製することに世界で初めて成功した。この標準ガスを用いて大気主成分の濃度をこれまでよりもずっと高い精度で再評価することができた。2000年の波照間での平均濃度は、窒素が 780, 876 ± 2 ppm、酸素が 209, 392 ± 3 ppm、アルゴンが 9, 333.2 ± 2 ppm であった。 ・ 二酸化炭素の同位体比参照物質を 2 種類作製し、世界の関係機関との共同比較実験を行った。その結果、この参照物質を用いることで、各機関で出されているデータの整合性や各機関の基準スケールに関して有益な情報を与えることが分かった。 ・ 船舶を利用した西部太平洋上における酸素濃度の観測から、大気中酸素濃度の緯度分布が明らかになった。これまで赤道域は観測の空白域であったが、本研究により赤道域の分布を世界で初めて明らかにすることができた。特に、酸素 + 二酸化炭素として定義されるとレーサ、A P O (Atmospheric Potential Oxygen ; 大気 - 海洋間のガス交換のみを反映するトレーサー) の緯度分布について、これまでのモデル研究では赤道域に高まりがあることが予想されていたが、それを実証することに初めて成功した。これらの研究結果は海洋の循環モデルや生物地球化学モデルの検証に非常に役立つものである。
	<p>温室効果気体の吸収・排出を地域規模で評価するために、観測によって各種変動要因を解析する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 西シベリアの森林地帯におけるタワーを利用し、CO₂濃度の連続観測とタワー上空における小型航空機を使った高頻度定期観測によってパイロット観測を行い、タワーを使った観測が日中のデータを抽出することによって境界層内の大気を代表できることを明らかにした。 ・ 小型航空機を使った高頻度定期観測から、森林地帯上空の大気境界層内におけるCO₂濃度の季節振幅が、直上の自由対流圏における振幅の2倍以上になっていることがわかった。また、この詳細な観測値を使って3次元輸送モデルの鉛直輸送過程の評価を行い、環境研で開発したモデル(NIES05モデル)が現実的な境界層過程を表現出来ていることが確認できた。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 小型航空機を使ったCO₂鉛直分布の日変動観測を行い、CO₂濃度の変動が大気の鉛直混合だけでなく、水平方向の移流や前線活動による気団の移動にも大きく影響されていることを明らかにした。 ・ 小型航空機を用いてCO₂の炭素同位体比の鉛直分布について日変動を観測した。CO₂濃度と同位体比の関係は光合成のみを仮定した両者の関係とは有意に異なっており、大気境界層内における光合成フラックスおよび呼吸フラックスを分離して推定できる可能性を見いだした。 ・ トップダウンアプローチで500km規模の分解能で炭素収支を推定するため、シベリアでのタワー観測ネットワーク構築を目指し、小型・省電力のCO₂濃度連続観測システムを開発した。 ・ H17年度までに西シベリアの5ヶ所、東シベリアの1ヶ所におけるタワーを利用してCO₂濃度連続観測ネットワークを構築した。冬季のCO₂濃度数百km離れた観測地点でもほぼ同じ濃度を示していたが、夏季の濃度は時間的にも空間的にも変動が大きく、CO₂収支が地域的に不均一であることを示唆する結果となった。 ・ タワー観測網の結果を利用してCO₂収支の分布を推定するために、地域規模のインバースモデルを開発した。モデルをより精緻化するために地表データの収集とデジタル化、大気輸送モデルの高分解能化、大容量データの計算手法の改善を行い、亜大陸規模のCO₂収支推定の準備を整えた。
	<p>森林の二酸化炭素フラックス観測、モデル開発により、森林生態系の二酸化炭素吸収を総合的に評価する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ リモートセンシング・フラックス・インベントリーデータ等、多様な観測データを融合的に同化して、炭素吸収量評価モデルの推定精度を向上した。 ・ 植生タイプの変動の予測や、気候変動に伴う環境ストレスの植生影響評価を視野に入れた新たな遠隔観測・解析手法の開発を実施した。 ・ 生態学的なアプローチによる森林炭素吸収量を推定するモデルの開発を進め、森林や気象環境に関する地理情報を整備して入力データとして、わが国の森林吸収量推定に適用した。 ・ 開発されたモデルのキャリブレーションを、高山と苫小牧のフラックス計測データを用いて実施し、モデルによるフラックスの推定が高精度で可能であることが示された。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域レベルでの吸収源活動に伴う炭素吸収量の認証手法の確立に向けて、リモートセンシングと吸収量推定モデルを組み合わせた評価手法を開発した。 ・ 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、中長期的な陸域生態系炭素収支の変動予測を実施した。 ・ リモートセンシングによる植生群落の分光情報をもとにした炭素吸収量推定モデルを構築し、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。
	<p>観測と解析により太平洋の二酸化炭素吸収フラックスの変動と、グローバルな炭素収支における太平洋の寄与を明らかにする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北太平洋の海洋表層二酸化炭素観測データ解析からその時空間変動、年々変動を明らかにした。35N以北の北太平洋では、年間の二酸化炭素吸収量は約0.24Gtであったが、この年々変動の大きさを見積もったところ、ベーリング海では pCO_2 の15 μatm 程度の減少がエルニーニョ時期に見られたが、他の海域では10 μatm 以下の小さい変動しか見られなかった。観測から、このような年変動を正確に評価できたのは世界でも数少ない。 ・ 海洋表層二酸化炭素測定装置の国際統一精度実験を行い、NIESのタンDEM型平衡器が世界の基準となりえることがわかった。 ・ 海洋表層CO₂観測に関する国際ワークショップを開催した。 ・ ドイツとの共同研究による北大西洋の海洋表層CO₂観測データの解析、太平洋との比較を開始した。 ・ 西部太平洋の海洋表層二酸化炭素観測を開始するために、必要な協力商船を確保することができた。これに、海水観測装置を設置し、次年度からの測定が開始できるように準備を整えた。 ・ 太平洋の中緯度域の表層海水観測を継続し、広い範囲での太平洋の二酸化炭素分圧のデータベースを作製した。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
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	アジア全域及 び主要国に適 用できる環境 - 経済統合モ デルを開発し、 シナリオ分析 を基に環境対 策分野のイノ ベーションに よる温暖化対 策実現を評価 する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ A I M/技術選択モデルを地域、都市レベルに適用できるように汎用化し、二酸化炭素以外の温室効果ガスの評価モジュールを開発するとともに、対策の国間比較分析やC D Mの効果分析に適用した。本モデルは中国、インドなどにおいても政策分析に適用された。I P C C 第4次評価報告書に情報を提供した。 ・ 日本、インド、中国、タイ、韓国の経済・マテリアル統合モデルの基本モジュールを各国の研究者と共同で開発し、温暖化対策の経済影響について分析した。また、大気汚染による経済影響を分析できるモジュールを追加した。これにより、温暖化対策の健康影響緩和などの副次効果を分析できるようになった。 ・ 簡略型統合モデルを開発してアジア42カ国に適用し、さらに世界に拡張・汎用化を実施した。アジア版の結果についてはU N E P / G E O 3 に引用された。 ・ 多地域多部門一般均衡モデルを開発し、技術発展を内生化したシミュレーションを行い、技術発展と温暖化対策費用の関係について分析した。 ・ A I M/技術選択モデル、経済・マテリアル統合モデル、応用一般均衡モデルを適用して、日本の炭素税の影響について分析した。結果は中央環境審議会の専門委員会で引用された。 ・ 戦略的データベースの設計を行い、交通部門、家庭部門のエネルギー消費削減やバイオマスの導入可能性などについて分析した。また、将来シナリオと対応させたイノベーションの効果进行分析した。結果はエコ・アジアに提供した。 ・ アジア地域を中心としたエンド・ユースモデルを世界21地域に拡張し、地域の削減ポテンシャルについて分析した。 ・ 日本を対象とし、2050年までの温室効果ガス削減にいたる道筋を検討し、日本を対象とした2020年の温室効果ガス削減シナリオと2050年の排出シナリオを作成した。 ・ 長期的な温室効果ガス削減目標と経済発展および、短期的な地域環境目標を考慮した温室効果ガス削減対策についてアジアの主要国と共同で検討した。ミレニアム開発目標の分析結果などをN U E P / G E O 4 に提供した。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
	大気海洋結合 気候モデルの 高精度化、並び に地域気候モ デルの開発・高 精度化を図る。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 旧モデルで行った過去の気候再現実験結果について検討し、その問題点を明らかにした。 ・ エアロゾル輸送モデルを簡略化して気候モデルと結合し、エアロゾル - 気候相互作用を陽に考慮することが可能となった。 ・ 気候モデル計算のため、過去150年程度の期間について硫酸エアロゾル前駆物質および黒色炭素の排出量データを構築した。 ・ 様々な気候変動要因（太陽定数変動、火山噴火、温室効果気体増加、オゾン変動など）のデータ整備およびそれらを数値気候モデルに導入するためのプログラム開発を行った。 ・ モデルによる気候再現性を比較・検討するための気象データの整備やエアロゾル特性に関する長期解析に着手した。 ・ 現状で考慮し得るほぼすべての気候変動要因を考慮した過去の気候再現実験を行い、20世紀に観測された地上気温の長期変化を尤もらしく再現した。 ・ 炭索性エアロゾル排出量の経年変化を考慮することにより、地上気温変化の地理的な分布の再現性が向上することが確認された。 ・ 人為起源および自然起源の気候変動要因を切り分けた実験を行い、20世紀前半の昇温は自然起源の気候変動要因に起因すること、20世紀最後の30年程度の昇温は人為起源の気候変動要因に起因することが示唆された。 ・ 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。 ・ 観測された地上気温変動の要因別の寄与率を統計的手法に基づいて推定した。 ・ 気温以外の物理量についても過去の長期変動要因推定を試みた。また、地域的な気候変動についても、特にアジア域に着目して、同様の解析を行った。 ・ 高解像度気候モデル等の結果を用いて、豪雨等の極端な気象現象に関する将来予測とメカニズムの解明を行った。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 気候感度の異なる2つのモデルバージョンを用いて大規模火山噴火に対する応答のテストを行い、気候感度の不確実性に関する検討を行った。
	<p>水資源や農業等への影響モデルの開発・改良を行うとともに、気候変動に対するアジア地域の適応可能性を検討・評価する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気候シナリオデータの開発：IPCCに基づく気候シナリオデータを作成し影響評価へ適用できるようにした。 ・ 水資源影響モデルの開発：水資源影響モデルを開発し、それを適用して、全球を対象地域として、流域別に水需給・渇水リスク推計を行った。 ・ 適応投資政策分析モデルの開発：短期の気候変動性（異常気象等）への脆弱性の軽減と、長期の気候変化への脆弱性の軽減を、同時に勘案して効率的な適応政策を提案するため、適応投資政策分析用モデルを開発して、中国の河川投資評価に適用した。 ・ 影響モデルの技術移転：影響モデルの普及を図るために、既開発の農業モデルならびに気候シナリオ開発ツールを各国研究者が利用できるようなパッケージ化をはかった。また実際に韓国に技術移転し、影響評価を行った。 ・ 水資源管理モデルの開発とアジア地域への適用：給水・衛生設備導入にかかる費用とその効果に関する分析を行った。費用データを収集・整備し、アジア全域についての評価を行った。 ・ 健康影響モデルの開発と適用：気候変化ならびに公衆衛生環境から下痢発症数を推計する健康影響モデルを開発し、社会経済発展による公衆衛生環境改善を考慮した地域別の健康影響評価を行った。 ・ 適応策の検討：予測される温暖化影響を低減するための適応対策の評価に関する既存情報のデータベース化を行った。また、農業影響について、適応策を勘案した影響評価を行った。 ・ 影響閾値の検討：影響知見の統合化による影響閾値検討のためのツール開発と、それを用いた閾値検討と気候抑制目標提案を行った。

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

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
オゾン層 の監視	<p><u>衛星モニタリング</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ I L A S データの検証と提供 ・ I L A S - 観測データの取得・解析・検証とデータの提供 ・ I L A S - による極域オゾン層の変動実態の監視 ・ 新たなデータ解析手法の開発とその検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・ I L A S version 5.20 の検証結果をアメリカ地球物理学会誌 (Journal of Geophysical Research) に発表、特集として掲載された。 ・ I L A S version 5.20 プロダクトを国内外の一般ユーザーに向けて提供した。 ・ I L A S version 6.0 プロダクト (登録研究者に提供) で C I O N O₂ など I L A S の計画時に想定していなかった化学種の高度分布の導出にも成功した。 ・ I L A S - によるオゾン層の観測を実施 (2003.4 - 2004.10) し、観測スペクトルデータの運用・処理を行った。 ・ I L A S - 観測スペクトルデータの処理アルゴリズムの改良とそのデータ検証に務めた。オゾン、硝酸、亜酸化窒素、メタン、エアロゾルなど各観測化学種に対して検証解析 (version1.4) を実施し、その精度評価を行った。その成果はアメリカ地球物理学会誌 (Journal of Geophysical Research) に特集として発表 (2006年6月)。 ・ I L A S - version 1.4 プロダクトを国内外の一般ユーザーに向けて2006年2月に提供した。 ・ プロジェクトの最終データプロダクトの提供に向けた I L A S - version 2.0 アルゴリズムを開発、最終プロダクトをサイエンスチームメンバーへ提供した。 ・ P S C イベント時のデータ解析手法として、ガス - エアロゾル同時算出法を開発した。 ・ ガス - エアロゾル同時算出手法を I L A S データに適用し、N₂O, C H₄, H₂O, O₃ 間の相関を利用してその手法の有効性を実証、また極成層圏雲 (P S C) の組成判別への応用の可能性も示した。
	<p><u>地上モニタリング</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ オゾンレーザーレーダーデータを再解析 	<ul style="list-style-type: none"> ・ オゾンレーザーレーダーの全観測データの再解析を終了し、再解析データを衛星データ (S A G E) などと検証比較し、その精度を確かめた。 ・ 再解析・検証済みのオゾンレーザーレーダーによるオゾン高度プロファイルデータを N D S C に登録した。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	<p>後、国際観測ネットワークNDS Cに登録</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ミリ波分光計による中層大気オゾン観測データのNDS Cへの登録 ・ ミリ波分光計を用いた中層大気におけるオゾンモニタリング手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ミリ波分光計によるオゾンのモニタリングをつくばならびに陸別（北海道）で実施。 ・ 陸別のミリ波オゾンデータをNDS Cに登録した。 ・ 下部成層圏オゾンデータの取得のため、つくばミリ波分光計に対しハード面（1GHz帯域分光計の導入と新たな光学システムの開発、広帯域/狭帯域分光計の併用による不安定要因の解決）およびソフト面（オゾンの高度分布データの導出アルゴリズムの開発）の改良を実施。下部成層圏から中間圏におよぶ高度領域でのオゾンモニタリング手法を確立した。
オゾン破壊機構解明	<ul style="list-style-type: none"> ・ I L A S、I L A S - データ活用による極域オゾン層変動に関わる物理・化学的なプロセスの解明 ・ I L A S と I L A S - の比較から、南北両半球高緯度でのオゾン層破壊機構の共通性と相違点の 	<ul style="list-style-type: none"> ・ I L A Sデータ解析をもとに、北極で「気温の低下 P S C生成 脱窒プロセスの進行 オゾン破壊速度の増加」のメカニズムが機能している事を実証した。 ・ I L A Sデータから、北極域での脱水現象の存在を衛星観測として始めて実証した。 ・ I L A S - メタンをトレーサーとした極渦内での大気の下降速度を決定した。 ・ I L A S - データを利用したP S C出現頻度と最低気温や硝酸混合比との相関の有無を明らかにし、バックグランドエアロゾル（成層圏硫酸エアロゾル）量もP S C出現頻度の因子である事を示した。 ・ 極渦生成期や北極夏季などの期間のオゾン濃度の変動原因をI L A S / I L A S - データや3次元化学輸送モデル（C T M）から化学的なオゾン破壊の寄与と力学的な影響に分離して説明できた。 ・ トレーサー相関法を用いて南極オゾンホール期間のオゾン分解速度の見積もりを行った。 ・ 衛星データ（I L A S）を利用した化学的オゾン破壊速度の導出（衛星 Match 解析）に世界で初めて

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	<p>明確化</p> <ul style="list-style-type: none"> 極域オゾン破壊が中緯度オゾン分布に及ぼす影響の定量的評価 	<p>成功し、北極域でのオゾン分解速度を決定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星 Match 手法を応用して南極オゾンホール内でのガス状硝酸と成層圏エアロゾルとの相関から脱硝酸過程の時間変化を明らかにした。 CTMを用いて北極極渦崩壊後の空気の混合過程を数値シミュレーションで再現した。 CTMによるトレーサー分子 (N_2O) 分布の解析から、北極極渦崩壊時期の成層圏子午面循環の年々変動と極渦崩壊時期との相関を明らかにした。 極渦内オゾン破壊の極渦外のオゾンへの影響を定量化するための手法として、時間閾値解析法とCTMを併用した手法を開発。ILASデータとの比較もあわせて北半球中高緯度でのオゾン分布への極域オゾン破壊の影響を定量化した。 ミリ波オゾン分光計を用いたつくばでのオゾンモニタリングの結果、60 km 以上の高度領域でこれまでに知られていないオゾン濃度の新たな季節変動を発見した。 陸別上空での下部成層圏での短周期振動を発見し、垂直および水平方向の大気の運動との関連性を明らかにした。
オゾン層 のモデ リング	<ul style="list-style-type: none"> 成層圏化学気候モデル (CCM) ならびに化学輸送モデル (CTM) を開発する。 CTMを用いた中低緯度オゾンの長期変動の解析を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> CCMおよびCTMを開発し、オゾン分布の再現性などをチェックし、更なる高精度化に向けて、臭素化学系の導入や大気球面効果の導入、更には空間分解能の向上などを行った。 西太平洋亜熱帯域に存在するオゾンホールレベルの低オゾン濃度領域の年々変動についてCTMを用いた再現実験を行い、その変動要因として力学過程と化学過程の寄与を分離し、力学的な要因が支配的である事を明らかにした。 CCMとCTMに球面大気の効果を導入し、2つのモデルでの比較実験を実施した。オゾンホールの規模に対する光化学的オゾン分解と力学的要因が影響を及ぼす時期を明らかにし、特にオゾンホール生成そのものがオゾンホールの持続期間に影響を及ぼしている事を明らかにした。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
	<ul style="list-style-type: none"> ・ C C Mを用いたオゾン層の長期変動数値実験を行い、オゾンホールの将来予測を行う。 ・ モデルの高精度化に向けた改良を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ C C Mを用いてCO₂増加条件下でのオゾンホールの長期変動数値実験を実施し、今後のオゾンホールは主として塩素負荷量に依存して変化する事を示した。 ・ 更に臭素化学反応系を含んだ改良版C C Mでの過去のオゾン層変動再現実験および将来予測実験を実施、最新のWMOオゾン科学アセスメント2006へインプットした。

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

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
分 析 法・試験法 (a)化学 計測法	高感度、高精度或いは簡易迅速な測定方法の開発を行い、それを用いた環境汚染状況の把握や汚染の改善に資することを目標としている。また、環境省の公定法等として広く用いられることを通じて、監視手法の確立に結びつける。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 質量分析法を中心として、高感度高精度微量分析法の開発をすすめ、環境調査への適用をはかった。 ・ 環境ホルモンの分析においては、高感度、高精度化を達成した。ダイオキシン類の分析については、微量分析のための前処理法をはじめとする各種検討を行い、公定法化を進めた。また、リアルタイム、オンサイトモニタリングのための測定装置を開発し、実証試験を行った。 ・ LC/MS/MS法を用いビスフェノールA、ノニルフェノール或いはエストラジオール等の女性ホルモン作用を有する物質の抱合体を含む一斉高感度分析法を開発した。 ・ LC/核磁気共鳴法を用いた未知のホルモン様物質の手法の評価を行った結果、μgレベルでの同定が可能となった。 ・ ジフェニルヒ素を含む有機ヒ素の化学形態別分析法の開発をLC/ICP/MS, LC/MS/MSを用いて行った。またNMRを用いてフェニル、ジフェニルヒ素のみならず、それらのメチル化体等の存在を確認した。 ・ ダイオキシンについては10ml 血液の超微量の測定法の公定法化をすすめた。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。血中微量ダイオキシン分析のための抽出法として、従前の有機溶媒を用いた抽出をオクタデシルシリル基(ODS)を持つカートリッジカラムに切り替える検討を行った結果、迅速かつ簡単な方法となりうることが明らかとなった。また土壌底質試料からの抽出法として高温溶媒抽出法(ASE)を検討した。その結果、効率よく且つ迅速に抽出されるが、一部の異性体が分解することも明らかとなった。またダイオキシン類の簡易分析法の評価を行った。 ・ ダイオキシン類のリアルタイムモニターの製作とその評価を行った。具体的には、レーザー光イオン化、TOF質量分析を用いて、排ガスの中の微量PCBの測定装置開発及び吸着/熱脱着IT/MSによる排ガス中の微量PCB測定装置を開発し、実証試験を行った。 ・ 煙道排ガス中のダイオキシン濃度のオンサイト測定装置の開発、改良を行った。低分解能MS条件での測

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
		<p>定であるが、良好なクロマトグラムが得られ、感度もサブp gが測定可能であった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 臭素化ダイオキシン、臭素化難燃剤等の臭素系化合物の統合的な微量分析法を確立した。
(b) 生 物検定法	<p>化学物質の内分泌かく乱作用の有無強弱を評価するための生物検定法を確立することを目標とし、それにより、環境の状況の把握に資する。国際的に調和された評価法として位置づけると共に、化学物質の安全性(あるいは危険性)を判定することに役立つ。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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揃え、環境試料への適用をはかった。酵母ツーハイブリッド法のハイスループット化を達成した。甲殻類における内分泌攪乱化学物質試験法を構築し、OECDの試験法としてバリデーションを行った。 ・ 酵母ツーハイブリッド法とELISA法の組み合わせがもっとも適用性が高いと判断し、迅速化、高感度化への改良を行い、ヒトエストロゲン受容体(hER)、メダカエストロゲン受容体(mER)、ヒトアンドロゲン受容体(hAR)、ヒト甲状腺ホルモン受容体(hTR)、ヒトレチノイドX受容体(RXR)を導入した酵母アッセイ系を構築し、多くの化学物質についてスクリーニングを行った。hER導入酵母アッセイでスクリーニングした291種類の化学物質についてS9代謝試験も含めて、アゴニスト活性及びアンタゴニスト活性のデータをホームページ上に掲載した。 ・ 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hER、hTR、及びhRXR酵母アッセイでスクリーニングを行い、27種類(30%)からエストロゲン活性が、24種類(26%)から甲状腺ホルモン活性が、4種類(4.4%)から甲状腺ホルモンアンタゴニスト活性が、20種類(22%)からレチノイドX受容体結合活性が認められ、構造活性相関について検討した。 ・ 酵母アッセイ法を用いて実際の環境水等の評価を行い、霞ヶ浦などの湖水、都市河川、東京湾などにおけるエストロゲン作用の強さについての知見を得た。メダカエストロゲン受容体(mER)酵母アッセイを併用する事により汚染源の推定に有効であることを示した。 ・ メダカ、ヌカエビ、ミジンコを用いたin vivoの評価法を確立し、それらを用いた内分泌かく乱物質の評価をいくつかの化学物質について行った。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 小型甲殻類の仲間であるオオミジンコ (Daphnia magna) は通常単為生殖によってメスだけを産む。研究の結果、あらたな知見として、昆虫や甲殻類の幼若ホルモン (ジュベニールホルモン I、 、メチルファネソエート) およびそれらの類似化学物質として知られている幼若ホルモン様昆虫成長制御剤 (フェノキシカルブ、ピリプロキシフェン、メトプレン、キノプレン、エポフェノナン、ヒドロプレン) への曝露によってオオミジンコのオス仔虫生産の誘導が起きることを明らかにした。このオス仔虫の誘導をエンドポイントとして、ミジンコを用いた甲殻類における内分泌かく乱化学物質試験法を構築し、OECDに正式提案を行い、世界各地のオオミジンコの感受性を調べ試験法のバリデーションを行った。 ・ メダカの試験系において精巣卵形成および性転換に関する基礎的研究を行い、暴露濃度だけでなく、暴露期間も重要な因子であることを見いだした。メダカの卵黄タンパク質の前駆体であるピテロジェニンのELISA法による測定の標準化、バリデーションをメダカピテロジェニン標準タンパク (NIESスタンダード) を作成して行った。 ・ 鳥類における内分泌かく乱作用検出法として、ウズラ受精卵への化学物質投与による発育試験法システムを構築した。DES及び水酸化PCBの投与により、内分泌かく乱作用の指標となりうる成熟ウズラにおける輸卵管の異常、卵殻の菲薄化が検出され、内分泌かく乱作用検出法として優れていることを示した。 ・ 複合影響をエストロゲン活性及び甲状腺ホルモン活性について酵母アッセイ法を用いて検討を行い、相加的であることを確認した。 ・ 内分泌攪乱化学物質の試験法開発における国際協力 (OECD、日韓、日米) を行った。
環境動 態の解明 (a)室内実 験	フィールド調査での 内分泌かく乱物質の 分布状況の把握や室 内での分析試験等の	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内分泌かく乱物質の環境動態の解明については、フィールド調査及び実験室内におけるメカニズム研究を含めて行い、東京湾におけるノニルフェノール分布、地球規模のダイオキシン・POPsの分布を明らかにした。 ・ 底質中には、エストロンの蓄積がみられるが、室内実験によりエストロンの嫌気分解を検討した。東京湾

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
(b) 東 京 湾・霞ヶ浦 フ ィ ー ル ド 研 究 (c) 地 球 規 模 の 動 態 解 明	実験を通じて、内分 泌かく乱物質の環境 汚染の状況を地域レ ベルであるいは地球 規模レベルで明らか にする。また、これ らの情報を環境基準 値等の数値目標設定 に活用する。	<p>の海水/底質系においてエストロンの一部は嫌気条件下でエストロジオールに変換されることが明らかになった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 界面活性剤ノニルフェノールエトキシレートは分解してノニルフェノールになると考えられている。東京湾内湾及び流入河川、下水処理放流水中のこれらの物質の分析を行い、分布の状況等についての知見を得た。 ・ 有機塩素系農薬類（DDT、クロルデン、トキサフェン）の蓄積をオーストラリア州オード河で調査し、ワニに高濃度で蓄積していることを明らかにした。 ・ 臭素化ダイオキシンおよび臭素化難燃剤について、分析法を確立し、底質コアや生物体の分析を行ってきている。人体脂肪組織中或いは野鳥カワウに存在し、これらの物質の生物蓄積がすすんでいることを明らかにした。またカワウにおいて甲状腺の過形成が進んでいることを明らかにした。関連する汚染物質の分布情報の集積を始めた。霞ヶ浦においては、環境データの蓄積を行った。 ・ 東京湾の稚シャコ中のダイオキシン類の水域間の比較を行った。PCDDsとPCDFsは湾北東部で高く、コプラナーPCBsは湾北西部で高かった。コプラナーPCBs濃度が高いため、ダイオキシン類の総量では湾の北西部で高い結果となった。 ・ 地球規模のダイオキシン類およびPOPs汚染を解明するために1995年から97年に捕獲されたイカの肝臓を用い、外洋におけるダイオキシン類の分布と発生源の推定を行った。その結果、北部太平洋周辺、ことに日本付近の海域で高く、それと比べて南半球では低く、赤道付近では検出できないレベルであった。また、発生源は多くが燃焼起源であると推定された。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
<p>生物影響の解明 (a)野生生物への影響の解明 (b)人体影響の解明 (哺乳動物)</p>	<p>野生生物や人において内分泌かく乱によって引き起こされると疑われる生物影響を詳細に調べ、化学物質との関連を明らかにとする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ イボニシのインポセックス発症における R X R の関与、ダイオキシンによる水腎症発症における腎イオンチャンネル関連遺伝子の変動など、遺伝子レベルでメカニズム解明を進めた。特に水腎症という病態と遺伝子発現の変動の関係を明らかにした点は画期的な成果である。ヒトにおける影響では、出生年代別の精巣重量変化を明らかにした。 ・ 霞ヶ浦におけるヒメタニシ、東京湾におけるマコガレイを対象として内分泌攪乱影響の調査を行った。東京湾における内分泌攪乱の実態解明のため定点観測による生物量把握、生物サンプルの分析、過去データとの比較を行い、サメ、エイ類が増加していることを明らかにした。 ・ 巻貝類におけるインポセックスと有機スズ汚染に関する全国的な調査、アワビ類の内分泌攪乱に関する全国規模の実態調査を行った。有機スズ化合物のアワビ類に対する流水連続曝露試験を実施し、神経節や生殖巣での組織変化を観察した。 ・ 巻貝におけるインポセックスの発生メカニズムにおける Retinoid X receptor (R X R) の関与を明らかにし、R X R 遺伝子及びタンパクの発現、R X R 標的遺伝子、ペニス及び輸精管の分化と増殖(成長)について検討した。しかし、卵巣の精巣化では、R X R とは異なるメカニズムの存在の可能性を示唆した。 ・ 甲状腺ホルモン阻害剤、環境ホルモン、有機ヒ素化合物の脳神経系、行動への影響を実験動物を用いて行った。多動症モデル実験を行い、生後5日齢のラットへの大槽内投与により、ビスフェノールA、p-オクチルフェノール、トリブチルスズで多動症が起きることを示した。また、ビスフェノールA、p-オクチルフェノールについては、ラット新生仔への経口投与によっても多動症が起きることを示した。 ・ ダニアレルゲン誘発アトピー性皮膚炎マウスモデルを構築し、フタル酸エステルDEHPが皮膚炎症状を増悪させることを見いだした。 ・ ダイオキシンの授乳期曝露による水腎症は尿管の閉塞を伴わないこと、尿細管の特定部位においてイオンチャンネル関連の遺伝子が増動していることを見いだした。すなわち、AhRを介して起こる腎臓COX2

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
		<p>の発現上昇に伴うNKCC2およびROMK遺伝子発現の抑制により、腎尿細管のNa、K、Clイオンチャネル関連遺伝子発現が変動していることを明らかにした。コプラナーPCB114、PCB118について甲状腺ホルモン低下作用のメカニズムを検討し、PCB118の作用機序にはTTRが関与し、AhRは関与しないことを示した。ダイオキシンの毒性評価にAhRを介さない毒性を考慮する必要性を示唆した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ヒト用超高磁場NMRの脳測定を行い、ボランティアの脳形態画像の集積と、脳機能画像測定のための基盤整備を行った。ヒト脳内のグルタミン酸、GABAの同時検出を可能とし、脳局所スペクトルによる代謝解析の手法を確立した。 ・ 母乳中のダイオキシン類を測定するとともにダイオキシン類曝露の生体影響指標として、母乳細胞のCYP1Aの有用性を検討した。また、CYP1A1の多型が感受性要因として機能しているかどうかを検討した。 ・ ヒトの剖検データから精巣重量の出生年別経年変化を解析し、出生年が新しいほど、最大精巣重量に達する年齢が若く、また、精巣重量が17gを切る年齢も早まる傾向があることが示された。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
<p>総合対策の研究 (a)分解処理技術 (b)総合的情報システムの研究</p>	<p>内分泌かく乱化学物質による汚染や影響を未然に防止するための情報とリスクの管理手法を提示すると共に、汚染の修復に貢献しうる技術の萌芽的な開発を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 分解技術についてはバイオ技術を中心に展開した。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についてはGIS上の高詳細環境モデルを完成させ、ダイオキシン類やP R T R対象物質に対するケーススタディとモデルの検証を実施した。 ・ P C B分解について光増感光分解の有効性を検討した。また光分解反応プロセスの量子化学的解析を行った。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ので、有用な植物種の選抜を行った。微生物分解については、P C B、フタル酸エステル類、dioxaneの分解菌を分離して、その有効性を検討した。dioxane分解菌を用いてダイオキシンの分解産物の同定と分解経路の推定を行い、応用に向けた知見を得た。 ・ 高温・高圧の熱水により土壌のダイオキシン類を効率よく除去できることを示した。 ・ 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、システム基盤の整備とモニタリングデータのGIS上における解析手法の検討を行いGIS多媒体モデル(G - S I E M S)を開発した。このモデルを用いて、ダイオキシン類やP R T R対象物質に対するケーススタディとモデルの検証を実施した。また、P O P s輸送モデルに対する複数の国際比較共同研究に参加し、性能比較研究を行った。

4. 生物多様性の減少機構の解明と保全プロジェクト

サブ テーマ	研究成果目標	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	流域ないし地域スケールでの生物多様性の変動を予測できる二次元空間モデルの開発を行う。野生生物の地理的分布の文献・フィールド調査を行い、地図情報化する。土地改変や気候変動の歴史的情報から野生生物の分布変化を把握する手法を開発する。	<p>(1) 環境省の生物多様性情報などを用いた昆虫類の生息適地モデルの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 生物分布データベースから、生息種リストがほぼ完全なグリッドだけを抽出することに成功した。その結果を用いてトンボの種ごとの生息適地モデルを構築した結果、種ごとの生息地選好性と生息適地の面的推定の精度が格段に向上した。 環境省生物多様性センターの所有するトンボの分布記録をもとに、120種の地理分布について気温、傾斜角による説明を試みた。10kmグリッドをベースにした場合、ほぼ100%気温だけで説明できる種からほとんど説明できない種までさまざまであることがわかった。
	流域を構成する様々なランドスケープを客観的に定義し、その質、量、および配置と生物多様性との関係を導き出すことによって、人為的改変が生物多様性におよぼす影響を評価する。そして生態系保全を流域レベルの空間スケールで行うための生物多様性予測モデルの開発を行う。	<p>(2) 淡水魚類の生息適地モデルの開発と保全地域の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> 北海道全域を対象に、種ごとの生息適地モデルを開発して解析した結果、種の多様度、種の生息確率ともにダム上流において著しく低下していることが分かった。 魚種ごとの生息適地モデルを用いて、淡水魚類保全地域の評価を行った結果、保護水面で有意に生息密度が高い魚種がある一方で、27種もの淡水魚類が保護水面で生息密度が有意に低いことが明らかとなった。 河川地形の多様度を定量化する指標を開発して解析した結果、最近の半世紀の間に、北海道の河川地形の多様度が平均して73%程度低下していると推定された。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	<p>生物多様性減少の現状を淡水魚を材料に多角的に把握する。その際には、1)土地利用変化、2)個体群孤立化、3)生物導入、に注目し、減少が進行する上でどの魚種でどの要素が貢献しているかを評価する。その上で、生物多様性の減少予測やそれに対する保全を進める上で、どのような生物多様性の要素に着目していくべきかを把握する。</p>	<p>(3) <u>淡水魚の分布の縮小/拡大過程の評価</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 水資源・土地利用変化による水域とその周辺の環境変化によって淡水魚の生息範地の縮小・孤立化が引き起こされていることがわかった。これは、従来の生息域が広範な種（メダカ）にも、限られた種（イトヨ）にも生じている。 マイクロサテライトマーカーおよびミトコンドリア遺伝子座を用いて、遺伝的多様度・系統解析を実施し、取扱う対象生物・課題に適した遺伝マーカーを利用あるいは開発することができた。本来の系統地理分布の情報がないと、現時点での系統分布の解析が十分には出来ないため、系統地理分布情報の分析・収集・蓄積を進めた。
	<p>生物多様性の変遷の解析し、オオヨシキリの地理的な分布要因を解明し、ハビタット消失にする反応を個体群存続可能性分析から予測する。さらに、自然環境保全基礎調査データを用いた複数種へのモデル拡張を行う。</p>	<p>(4) <u>鳥類の生息適地モデルの開発</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 湿地性鳥類の指標種であるオオヨシキリの生息確率を予測するロジスティック回帰モデルを構築した。オオヨシキリの生息確率は、0.5 ha 以上の大きいヨシ原の分布と標高の2つの変数で説明可能なことが明らかになった。 自然環境保全基礎調査のデータをもとに全国規模の繁殖鳥類の生息予測モデルを作成した。変数増減法によるロジスティック回帰モデルによって繁殖鳥類79種のモデルを構築し、このうち7割以上で実用可能なモデルが得られた。
	<p>流域の様々な人間活動が生物多様性に及ぼす影響と、その生態学的なメカニズムの解明を行う。さらに、現実に急速にいなくなっていく身近な水生生物の生息域を保全するための具体的なシナリオを作る</p>	<p>(5) <u>ため池/湿地の生物多様性の減少機構の解明</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 兵庫県のため池をフィールドに、トンボ群集を支配する環境要因を調べた。近くの森があり、池の水生生物相が豊かで、護岸をしていないため池で多種のトンボ成虫が見られた。また、幼虫に対してはアメリカザリガニの影響が大きいことが示唆された。同様の解析を魚群集、底生動物群集、プランクトン群集について行ったところ、それぞれ重要な環境変数が異なり、微小な生物ほど広い空間スケールの景観変数が選ばれ

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
		<p>る傾向を示した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 釧路湿原達古武沼で大型生物種の窒素・炭素安定同位体比を測定した結果、定住性のある魚種の食物網中の栄養的地位は、水生植物群落が残存する水域で高いことが明らかになった。
	<p>種構成の空間的相補性を考慮した保全重点地域の選定手法の開発</p>	<p><u>(6) 種多様性によって保全の重点地域を抽出する手法の開発</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 生息域の狭い種や希少種の存在を敏感に反映する指標である「置換不能度」をパソコンで短時間に計算するアルゴリズムを開発するとともに、全種出現組合せの考え方を拡張し、複数回出現の場合の組合せ算出法を開発した。 ・ 生物の分布情報にもとづいて効率的かつ柔軟に保護区のデザインを行うアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムでは、近似的に最適なデザインの多数の候補を高速に算出する。提示された多数の候補デザインから、その他のさまざまな制約条件などを考慮して採用するデザインを選択するという手順を提案した。
<p>2. 侵入生物・遺伝子組換え生物の生態系影響</p>	<p>侵入生物の侵入経路、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を行い、分布拡大の原因を分析する。</p>	<p><u>(1) 侵入生物に関するデータベースの構築</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既往の文献から移入種の一覧を作成し、ほ乳類26種・鳥類27種・は虫類14種・両生類3種・魚類32種・昆虫246種・維管束植物1,336種を記録した。このうち生物多様性への影響の大きい種を中心にデータベース化を行った。侵入種名・侵入特性・生態特性・影響・文献の項目と国内分布地図からなるデータ構造を設定し、収集したデータの入力を行った。各項目の入力仕様を整備し、国内初の侵入種生態データベースの基礎が完成した。完成した初版データベースの一般への公開を開始した。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	農業資材としての輸入生物による遺伝的攪乱、在来生物への影響、寄生生物の随伴に関する実態調査を行い、生態系への影響を評価する。	<p>(2) セイヨウオオマルハナバチなどの侵入種生態リスク評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ セイヨウオオマルハナバチと在来マルハナバチの野外における種間交雑の実態および外来寄生生物の持ち込みの実態を解剖生理学および分子遺伝学的手法を駆使して明らかにした。 ・ マルハナバチ生態リスク管理に関する初の産官学共同プロジェクトとして農林水産研究高度化事業課題を立ち上げ、本課題のリスク評価データは、本種の特定外来生物指定へとつながった。
	輸入ペットによる遺伝的攪乱、在来生物への影響、寄生生物の随伴に関する実態調査を行い、生態系への影響を評価する。	<p>(3) 外国産クワガタムシの生態リスク評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 分子遺伝解析からアジア域に分布するクワガタムシ個体群の進化的重要単位を明らかにした。500万年以上前に分化して隔離されていたと考えられる侵入種と在来種の間でも妊性のある雑種が生じ、種間交雑による遺伝的浸食のリスクがあることが示された。クワガタムシと寄生性ダニの分子系統比較を行った結果、宿主の系統分化と地理的分布拡大に合わせて、寄生性ダニも宿主特異的に分化するとともに、宿主転換をして分布拡大してきた歴史的背景が明らかとなった。
	ブラックバスの侵入起源、国内での分布拡大を遺伝的解析によって再構築する	<p>(4) ブラックバスなど外来魚の分布拡大過程の把握</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国内各地よりブラックバス標本を収集して、ミトコンドリア遺伝子の解析から系統群を推定した結果、オオクチバスについて3系群が確認され、うち2群が国内定着していた。そのうち、1系群はミネソタ産由来のハプロタイプが含まれるので1972年導入のミネソタ産・ペンシルベニア産個体に由来する可能性が高い。 ・ 関東地方河川のオイカワを対象に琵琶湖由来の遺伝子型を探索した結果、当該遺伝子型の定着を確認した。琵琶湖からの放流魚が国内の生物多様性に攪乱を与えている場合のあることを確認した。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	外来ザリガニの分布規定要因を生息環境の解析によって明らかにする。	<p>(5) <u>釧路湿原の湖沼とその流出入河川における外来ザリガニの分布モデル</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 釧路湿原達古部沼とその流出入河川において、侵入種シグナルザリガニの除去活動を効果的に行う基礎として、分布特性の調査を行った。分類木を用いてザリガニの分布を予測したところ、岸直下のえぐれの体積がシグナルザリガニ出現の有無を規定していた。
	侵入鳥類が在来鳥類に与える遺伝的・寄生生物の影響を分析する。日本産メジロと外国産メジロのサンプルを収集し、その遺伝的変異および鳥マラリアへの感染率を明らかにする。	<p>(6) <u>大陸からの輸入ヒメメジロが日本固有のメジロに与える影響評価</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 鳥マラリアとトリパノゾーマの寄生率を解析する生化学的手法を確立した。これにより、血液寄生虫の寄生率は過去の報告よりも高いことを明らかにした。また、過去大量に輸入されたヒメメジロは、日本産メジロとは別種の可能性が高いことを明らかにした。
	GMダイズとツルマメを開放系で栽培し交雑率を求める。GMダイズとツルマメの雑種を人工交配によって作成し、後代における除草剤耐性遺伝子の挙動を調べる。	<p>(7) <u>GMダイズとツルマメの雑種作成と除草剤耐性遺伝子の世代間挙動</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ GMダイズをツルマメと近接して開放系で栽培して3,000粒のツルマメの種子を採取し、除草剤耐性試験を行ったが、除草剤耐性個体は得られなかった。
	野外におけるGMセイヨウアブラナの分布を調べる。 アブラナ科植物の野外における遺伝子流動を調べる。	<p>(8) <u>GMセイヨウアブラナの野外における遺伝子流動調査</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一般環境中におけるGMセイヨウアブラナの生育の現状、導入遺伝子の拡散状況等の調査をおこなった。関東地方の主な河川敷と輸入港及びその周辺国道の状況を調べた結果、鹿嶋港およびその周辺国道でGMセイヨウアブラナの生育を確認した。国道51号線（佐原 成田間約25km）の調査では、除草剤耐性遺伝子を持つ遺伝子組換えセイヨウアブラナが少なくとも35地点で確認された。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	<p>遺伝子組換え植物の環境中での挙動を簡便に調査する方法を確立するために、葉の形態異常や色の変化を引き起こす可視的マーカー遺伝子の開発を行う。</p>	<p>(9) 組換え植物の環境中での挙動調査マーカーの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 遺伝子組換え植物の環境中での挙動を簡便に調査する方法を確立するために、葉の形態異常や色の変化を引き起こす可視的マーカー遺伝子の開発を行った。その際に用いる候補の遺伝子として、葉の形態変化を付与するタバコホメオボックス遺伝子(<i>NTH</i>)及び葉の色の変化を付与する2種類の遺伝子(<i>GFP</i>及び<i>R-gene</i>)を用いた。これらを導入した遺伝子組換えシロイヌナズナ及びタバコはいずれも非遺伝子組換え植物と可視的に区別することが出来た。この遺伝子を導入した組換え体と野生型との間の交雑率を検証したところ、交雑率は0.24%であった。またこの値は隣接した植物間の距離が離れるほど低下していった。この組換え体を用いてシロイヌナズナの近縁種であるミヤマハタザオとの間の交雑率も調べることが出来た。
	<p>cDNAアレイ法を用いた遺伝子組換え植物の発現遺伝子プロファイリングを行うことにより、遺伝子導入による内生遺伝子発現の攪乱についての予備的な研究を行う。</p>	<p>(10) cDNAアレイ法による組換え遺伝子の内生遺伝子発現への影響</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ DNAマイクロアレイ法により組換え遺伝子の導入による他の内在性遺伝子の発現が変化するかどうかについての調査を行った。その結果、遺伝子導入が内在性遺伝子発現に及ぼす影響は、品種の分化よりも大きいことが明らかになった。 ・ 同じ遺伝子(アスコルビン酸合成酵素)を突然変異および遺伝子組換えにより欠失させた植物と野生型との間の遺伝子発現変化を調べた結果、従来育種法に比べて遺伝子組換えによる育種は内在性遺伝子発現に対する影響が大きいことが示された。
	<p>環境中でのモニタリングあるいは影響評価のための遺伝的マーカーの検索を行い、それを導入した組換え微生物を作成する。次いで、環境中でのモニタリング手法の開発をするとともに微生物</p>	<p>(11) 組換え微生物の生物多様性への影響評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 定量的PCR法による特定微生物の検出法を開発した。反応液中に1細胞でもあれば検出することができる、従来法と比較して迅速、簡便かつ高感度の定量法が開発できた。さらにこの手法を発展させて有用微生物の特定遺伝子mRNAの定量法も開発した。 ・ 分子生物学的手法を基盤とした組換え微生物の微生物多様性に及ぼす影響を評価し

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	物の生残性やその遺伝子の挙動に及ぼす環境因子を解析し、環境中で組換え微生物の状態を支配する機構の解明を行う。さらに組換え微生物の生物多様性への影響を評価するための適正なモデル実験生態系の設計を試みていく。	<p>た。組換え微生物あるいはその宿主である非組換え微生物の接種によって微生物多様性が大きく変動することは観察されなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 遺伝子組換え微生物の生残性に影響を及ぼす環境因子について調べたところ、特別な選択圧のない条件では、微生物の環境中での生残性に、遺伝子操作の影響は認められなかった。
3. 数理モデルによる多種共存メカニズムの分析	個体群動態と遺伝子地図のデータを組み込んだ個体ベースモデルを開発し、サラソウ個体群の存続可能性を評価できるようにする。これを利用して、サラソウ個体群の適切な管理・保全方法を提案する。	<p>(1) サクラソウの遺伝・個体群動態モデルによる、個体群の存続性評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 個体群動態と遺伝子地図のデータを組み込んだ個体ベースモデルを開発した。また、遺伝解析により個体間の花粉のやりとりを求め、群落の空間構造から相対的な送粉量を推定するモデルを開発した。 ・ 遺伝解析による花粉散布範囲の推定から、同じ花型内では交配できないサラソウでは異なる花型がごく近距離に存在しなければ著しく種子生産が低下することが明らかになった。また、花粉媒介昆虫の行動に基づいたモデル予測により、和合性タイプの偏りが非常に重要な要因となる可能性が示唆された。
	森林動態の個体ベースモデルを開発し、森林を構成する多数の樹種の共存メカニズムに関する研究を行う。このモデルを用いて種の絶滅の過程を調べ、どのような条件が絶滅を加速し、どのような条件が共存を促進するのかについて予備的な検討を行う。	<p>(2) 森林の個体ベースモデルなどによる多種の樹木の共存メカニズムの研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 樹木の個体ごとの生死、成長、繁殖を明示的に表現する個体ベースモデルを開発し、森林での種個体群の存続メカニズムの研究を行った。繁殖の時間変動や、種特異的な死亡要因の強さと、多種共存促進効果との関係を示した。また、少数者や競争弱者の存続を促進するメカニズムは、気候の変動に対する植生帯の反応のしかたにも影響することを示した。一方、森林の構造のデータから、その森林で多種の共存を促進しているメカニズムを特定するのは困難だという予測を得た。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	<p>長期間の進化の結果形成された群集は、外部から加えられる刺激（人間が加える刺激）に対してどのような反応をするかを明らかにする。具体的には、仮想的な生物群集に 1)外部からの生物の侵入、2)群集内の種の除去を起こしたとき、群集の構造、多様性がどのように変化するかをコンピュータシミュレーションを用いて明らかにする。また、侵入して定着しやすい生物、影響を受けて絶滅しやすい生物の性質を明らかにする。</p>	<p>(3) <u>生物群集への侵入生物の影響に関するシミュレーション実験</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 種間の被食・捕食関係に基づく仮想的な生態系モデルを構築した。モデルを構成するそれぞれの種が、固有の性質を持つとともに、漸進的に進化する。このモデルは、実際の食物網によく似た性質を持つ食物網を再現できた。また、「生きた化石」など、従来のモデルでは再現できなかった多様性変動パターンを再現できた。 ・ 頻繁に侵入を受けながら進化した群集と、全く侵入を受けずに進化した群集をモデル上で構築してから、外部から生物を侵入させるシミュレーションを行った。侵入を受けずに進化した食物網は少数の種類植物が多く動物を支えており、下位種が侵入したときの影響が大きいことがわかった。

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

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
衛星データ を利用した アジア・太 平洋地域の 統合的モニ タリング	<p>(1)東アジアにおける生態系機能を科学的に解明し、環境の時系列変化を継続的に追跡・把握するために国環研と中国科学院が共同で衛星MODISの受信局を北京とウルムチに設置し、東アジアの観測ネットワークを構築する。</p> <p>(2)衛星データ及び地上観測により、陸域における水・物質循環にとって重要なパラメータ(植生分布、地表面温度、積雪量、降雨分布、土壌水分量、等)の計測手法を開発するとともに、水動態フラックス及び陸域の生物生産量の推定手法を開発する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ウルムチと北京に高機能地球観測センサMODISの受信局を開設した。シンガポール、オーストラリアの受信局とのネットワーク体制を組み、5つの検証用地上観測点と2つのデータ解析よりなるアジア太平洋モニタリング体制を確立した。 ・ 5つの生態機能観測点の地上観測データを用いて、畑、水田、草原と塩類土壌地域の水文プロセス、炭素フラックス、純一次生産性などを解析した。 ・ 高頻度衛星センサによって得られるNDVI時系列データセットを用いた土地被覆変化を検知するための手法を開発した。 ・ 衛星による光合成能と反射スペクトルの計測に基づく乾燥地・半乾燥地植生の植物生産量の推定手法を開発した。 ・ MODISによる実水位データと湖底地形のDEMとを組み合わせた湖沼の貯水量を推定する手法を開発した。 ・ 河川水面幅を衛星観測することで、リアルタイムの流量推定手法を開発した。
長江・黄河 流域におけ る水循環変 化による自 然資源劣化	<p>(1)中国における人為的な水循環変動が水資源保全能力、農業生産能力等の生態系機能に与える影響を予測するための陸域環境統合モデルの確立を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水田からの流出特性を表現したモデルを組み込んだ降雨流出モデルを開発し、長江全流域における水文事象の再現が可能となった。また、流域土壌水分の時系列変化も表現可能となった。 ・ 洞湖庭と長江本流との相互作用をモデル化することで、三峡ダムの洪水制御機能評価を可能とした。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
の予測とその影響評価	(2)ダム建設,長江・黄河流域間水輸送等の電力・水資源開発や,植林,節水型農業,工場・生活排水処理等の環境保全対策オプションが流域圏の生態系機能に与える影響評価を行い,流域圏の持続発展のための環境管理計画を提示する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 洪水氾濫モデルを開発した。 ・ 大流域スケールの降雨による表面土砂の侵食モデルを開発し,降雨流出モデルと組み合わせて,年間および月単位での土砂生産量の推定が可能となった。 ・ 地表流・土中水・地下水流を統合し衛星データの使用により植生の季節変化を考慮したグリッド型水循環・熱収支モデルの開発をした。 ・ 長江本川に適用可能な環境負荷と流量との相関式を確立した。 ・ 産業連関アプローチによる長江流域水需要及び汚濁負荷発生インベントリモデルの開発を行った。 ・ 1998年の長江大洪水に対する三峡ダムの洪水制御機能を,想定ダム水位シナリオに基づいて検討した。 ・ 流域洪水対策として中国で実施されている退耕還林政策の土砂力学的検討を可能とした。 ・ 三峡ダム湖の富栄養化の可能性を検討し,上流域での汚濁負荷制御の必要性を示した。 ・ 華北平原の地下水利用灌漑農業の持続的利用性を可能とする灌漑方法の検討を可能とした。
東シナ海における長江経路の汚染・汚濁物質の動態と生態系影響評価	長江流域起源で東シナ海に流入する汚濁物質の海洋生態系内での物質循環を河口域における流入物質の定量と河口域生態系の遷移機構調査や東シナ海での拡散輸送過程調査の実施により明らかにする。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長江経路で東シナ海に流入する汚濁負荷量の回帰モデルを確立した ・ MODIS等を用いた懸濁物質濃度分布推定手法の枠組みを確立した。 ・ 長江河口域および東シナ海において航海調査を実施し,河口から外洋域にかけての生態系構成種の遷移,長江起源希釈水の関与等を検討した。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
沿岸域環境 総合管理	陸域からの汚濁負荷や開発等人為的 変化にともなう底生生態系を含む沿岸 海域生態系の変動予測手法と海域環境 管理モデルを開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東京湾に設置した人工干潟を用いて、二枚貝の生残や成長を検討し、その浄化機能評価モデルを開発した。 ・ 人工干潟における底生生物生息場保全のための曝気等の外的操作技術の開発とその効果の評価手法を開発した。

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

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
P M 2.5 ・ D E P 発 生源の把 握と対策 評価に関 する研究	トンネル調査や沿道調査の手法を用いて、実走行状態での発生源特性を明らかにする。これとともにシャーシダイナモ実験を実施し、ディーゼル排気成分の排出特性を明らかにする。また、固定発生源からの粒子状物質発生量を調査し、固定・移動発生源からの都市・沿道 P M / D E P 発生量を明らかにする。さらに P M / D E P 対策の視点からの交通・物流システムの改善策とその効果を、大都市圏を対象に検討する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ シャシダイナモ及び車載計測装置による実験により、粒子及びガス状大気汚染物質の実使用条件下における排出特性やナノ粒子と呼ばれる微少粒子の排出特性を把握した。さらに、道路沿道及び都市大気中における微小粒子の長期間モニタリングや粒径別組成分析を行い、沿道及び一般大気中における微小粒子の動態、物理化学特性を明らかにした。 ・ 車載計測装置による実使用条件下における排出特性研究の成果は、環境省水・大気環境局の自動車排出ガス原単位調査や使用過程車の N O x ・ P M 低減対策調査等に活用されている。また、微小粒子に関する研究の成果は、粒子状物質の粒子数規制導入について検討を行っている国連欧州経済委員会 W P 2 9 / G R P E の P M P - W G に報告され、将来規制の検討に活用された。 ・ D E P 排出量の地域分布推計手法をベースとした削減シナリオ評価ツールを開発し、ディーゼル車規制やロードプライシングシナリオを例にして、曝露評価モデルとも組み合わせて、その効果を評価した。 ・ この研究に関連して開発された排出量推計手法は、平成 1 7 年度大気環境学会論文賞を受賞した。評価ツールは、環境省水・大気環境局の自動車交通抑制策にかかるインパクト調査等に活用された。
P M 2.5 ・ D E P の 環境動態 に関する	風洞実験，航空機観測，モデル解析，データ解析手法を確立し，沿道スケールから地域スケールの環境大気	<ul style="list-style-type: none"> ・ 風洞実験，航空機観測，モデル解析，データ解析をもとに，沿道スケールから地域スケールにおける粒子状物質の動態を総合的に把握するとともに，対策評価手法を開発した。 <p>風洞実験により，道路沿道の大気汚染高濃度地区における大気汚染対策手法を提案・評価し，関係自治体に提言した。</p>

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
研究	<p>中における二次生成粒子状物質を含む粒子状物質の動態を立体的に把握する。具体的には広域PM/D E Pモデル、及び都市・沿道PM/D E Pモデルを検証し、都市・沿道大気汚染予測システムを構築する。このモデルを用いて発生源と環境濃度の関連性を定量的に明らかにする。</p>	<p>航空機観測を含む野外観測を関東と関西で実施し、都市域におけるPM動態を立体的に把握した。この結果は、都市域におけるPM汚染機構の解明に寄与するものである。</p> <p>全国のSPM濃度データを解析して、全国分布や経年変化を把握した。その結果、SPM環境基準の達成/非達成は、春季の黄砂による影響が大きいことを明らかにした。</p> <p>PMの発生源と環境濃度の定量的関係を把握するために、大気質モデル(風洞実験に基づく沿道大気汚染モデル、越境汚染影響を考慮した都市大気汚染モデル)を開発した。これらのモデルは、行政等における対策評価ツールとして活用可能である。</p> <p>地方環境研究所との共同により、都市大気汚染予報システムを構築した。テスト運用後、大気汚染予報情報の提供を開始する予定である。</p>
PM2.5・D E Pの測定に関する研究	<p>ガス状成分、粒子状物質計測のための各種測定手法を比較評価し、発生源と環境における粒径別粒子状物質やガス状物質の組成や濃度を把握する。特に、PM2.5計測手法の比較検証にあっては、公定法であるSPMデータからの推算の可能性についても検討を加える。また、</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ PM2.5自動計測器の並行稼働試験：平成14年の冬季と夏季にPM2.5自動計測器の並行評価試験を行った。対象にした機器は米国EPA認証のFRM式ローポリウムサンブラとの比較を行った。各測定器とも濃度の変動は一致したが、ピーク時の濃度、ベースラインの変動の幅は異なった。また、夏季にはどの計測器もFRMより高い値を示し大気湿度の影響が大きいことが示唆された。 ・ ブラックカーボン(BC)モニタリング装置の並行試験：平成15年の初冬季にBCモニタリング装置の並行試験を行い、光学補正をした熱分離炭素分析結果と比較した。その結果、濃度変動は同様であったが濃度の絶対値は最大で6倍程度の差があった。BCモニタリング装置の測定値はフィルタ分析値と比べ20%から70%低かった。炭素分析法の検討：熱分離法および熱分離・光学補正法による炭素分析結果の比較検討を行った。元素状炭素、有機系炭素は測定法により明確な差が見られた。検討の結果、適切に補正を施せる採取方法・条件を明らかにした。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	PM2.5粒子の中で、主成分を占める炭素成分について、従来の熱分離分別測定法に科学的な検証を加え、炭素成分に関する精度の高い測定手法を提言する。	<ul style="list-style-type: none"> PM2.5自動計測器の測定値に大気湿度が影響することを見出し、今後のモニタリングの注意点を明らかにすることができたほか、ベータ線式SPM計を改良したPM2.5測定機も一般環境において対応可能なことも明らかにした。BCモニタリング装置については研究によって明らかになった問題点を製造元の改良点に反映させることができた。また炭素分析法の検討を行い、今後の分析手法として期待される光学補正法の注意点を学会発表により周知させることができた。
PM2.5・DEPの疫学・曝露評価に関する研究	曝露量・健康影響評価のために地理情報システムを運用し、PM/DEPの地域分布の予測を行う。この結果を統計解析し、それぞれの地域における曝露量を予測する。さらに、GISを利用した全国・地域PM/DEP曝露量予測結果と疫学データとの関連性を解析し、健康リスク評価に資する資料を提供する。	<ul style="list-style-type: none"> 交通システム対策評価モデル、排出係数式推計モデル、DEP排出量の詳細推計・地域分布予測モデル、交通流モデルからなる削減対策シナリオ評価ツールを構築した。これと共に、このモデルシステムにリアルワールドの排出係数を与える事が出来る車載型計測システムを開発利用し、様々な走行状態でのデータを取得した。 一方、GISを利用して曝露量推計の為に当該地域に居住する人に対する全生活時間帯の曝露量評価システムを独自に開発した。更に、削減対策シナリオ評価ツールと組合せ、各種の対策を実施した時の環境DEP濃度分布および曝露人口分布を推計した。 PMの急性影響に関する検討を行い、国内の大都市部でSPMと日死亡との関連性を明らかにするとともに、そのリスクの大きさが欧米での報告と類似していることを示した。また、SPM高濃度出現日における死亡リスクの増加について検討を行った。 これらはPM2.5の健康影響評価において重要な疫学的知見となりうるものである。
PM2.5・DEPの毒性・影響	実験的研究を実施して、PM特にDEPの健康影響に関する知見を集積する。デ	<ul style="list-style-type: none"> 循環系への影響を検討し、全排気と除粒子排気曝露で異常心電図や心拍変動が生じること、作用はガス状成分またはフィルタで除去されない粒子成分にある可能性、DEP中の成分の一つであるニトロフェノール類が影響の一因になる可能性を明らかにした。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
評価に関する研究	ディーゼル排気全体の呼吸・循環系への影響を明らかにし、次にディーゼル排気中成分の曝露実験を行い、排気中の粒子あるいはガス成分の呼吸器系への影響並びに循環器系への影響を順次解明する。これらの結果をもとに、ディーゼル排気曝露の動物への濃度・影響関係の解析を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ D E P の血管平滑筋細胞と血管内皮細胞への影響を解析し、肺高血圧等の循環器系への負担を増加させる要因になる可能性を明らかにした。 ・ 呼吸・免疫系への影響を検討し、感染性肺傷害では粒子成分、アレルギー性気道炎症では有機成分が病態を増悪することおよびその要因として D E P 有機成分の抗原提示機能増幅作用があることを見いだした。 ・ 呼吸・免疫系に影響を及ぼす成分は病態によって異なる可能性と成分の共存により影響が増幅される可能性を明らかにした。 ・ 自動車排出ガスに起因するナノ粒子曝露の生体影響解明のため、模擬ナノ粒子を用い酸化ストレス作用、自然免疫応答、抗原提示機能、グラム陰性菌毒素やグラム陽性菌毒素による肺炎症状、凝固・線溶系、循環機能に及ぼす影響を検討し、細胞に酸化ストレスを誘発し、免疫系や循環系に影響を及ぼす可能性を明らかにした。 ・ P M 2 . 5 ・ D E P の毒性・影響評価に資する成果が得られた。また、中期目標設定以降に開始したナノ粒子の影響評価研究においても成果が得られた。