

資料3. 基盤的な調査・研究

1. 社会環境システム研究

研究の概要

人間活動と自然環境との関わりや社会経済システムと環境問題との関わり等の解明、環境と経済の調和した持続可能な社会のあり方の研究を進め、安全・安心・快適な社会環境(地域規模、都市規模、身近な生活環境)を創造するためのビジョンを示すとともに、それらを実現するためのシナリオや方策を提示し、持続可能な社会を構築するための具体的な政策提言に結びつく研究を行った。具体的には、第2期中期計画期間においては、以下の課題を中心とした研究を実施した。

[1]環境研究・政策研究に資する統合評価モデルや環境経済モデルなどの手法開発研究

[2]持続可能な社会を実現するビジョン・シナリオ作成に関する研究

[3]国民のライフスタイルのあり方とその実現・誘導方策に関する研究

[4]安全・安心・快適な地域・都市環境の創造と管理に関する研究

構成するプロジェクト・活動等	研究成果目標	研究成果の概要
[1] 環境研究・政策研究に資する統合評価モデルや環境経済モデルなどの手法開発研究		
(1) 統合評価モデルの開発	①国レベルおよび県レベルの統合評価モデルを開発する。 ②世界を対象とした統合評価モデルを開発する。	①応用一般均衡モデルをベースに経済活動と環境の関係を明示的に取り込んだ日本モデルを開発した。 ②さらに、国レベルのビジョン・シナリオと整合的な地方レベルのビジョン・シナリオを定量化するためのツール開発を行った。具体的には、都道府県を対象とした応用一般均衡 (CGE) モデルを開発し、その結果をメッシュデータにダウンスケールするための手法を開発した。 ③世界を対象とした応用一般均衡モデルを開発・改良した。RCP (代表的濃度経路 ; IPCC第5次評価報告書に向けた気候モデルへの入力となる濃度シナリオ) における放射強制力が $6W/m^2$ の排出経路の導出、EMF (エネルギー・モデリング・フォーラム) や AME (アジア・モデリング・エキササイズ) に対して温室効果ガス排出量等の結果を提供した。
(2) 全球水資源モデルの開発・改良	全球水資源モデルの改良とサブモデル (工業用水、生活用水、農作物貿易モデル) を開発する。	将来の長期にわたる世界水資源評価を実施するため、既存の全球水資源モデルのソースコードの大規模な整備と改良を行った。このソースコードはオープンソースとして全世界に公開される。また、同モデルに加えるサブモデル (工業用水モデル、生活用水モデル、農作物貿易モデル) のフレームワークを検討し、開発のためのデータ収集を行い、予備的なモデルを開発した。

<p>(3) ゴミ排出モデルの開発とゴミ処理手数料有料制効果の分析</p>	<p>①家計のゴミ排出モデルを開発する。 ②政策シミュレーションを実施する。</p>	<p>①家計のゴミ排出モデルのパラメータを推計し、ゴミ排出モデルを開発した。 ②政策シミュレーションとして、ゴミ処理手数料の10%引き上げは、ゴミ排出量を2.08%削減する効果があることがわかった。(ゴミ排出の価格弾力性は、0.208) ③資源ゴミの戸別回収の実施、紙類などの資源回収の充実化、小さいサイズ(15ℓ以下程度)のゴミ袋の利用で、ゴミ処理手数料有料化のゴミ削減効果は大きくなることが明らかとなった。資源ゴミ回収品目数を1品目増やすことでゴミ排出の価格弾力性は0.04、紙類ゴミ収集の収集頻度を引き上げることで価格弾力性は0.024、小さい袋(15ℓ以下)の設定は、価格弾力性を0.177引き上げる。 本研究の成果は、環境省廃棄物会計基準・廃棄物有料化ガイドライン策定検討委員会および牛久市廃棄物減量等推進審議会に提供した。特に牛久市審議会では市長への答申の一つとして、設定すべき手数料水準の範囲を決める際に、研究成果に基づいて実施した試算が参考にされた。</p>
<p>(5) 企業の環境パフォーマンスに関する市場評価に関する研究</p>	<p>①企業価値決定モデルを開発する。 ②ヘドニック地価モデルを開発する。</p>	<p>① 企業価値関数(企業価値決定モデル)を構築し、企業レベルの化学物質排出量に関するデータ、企業の株価、経営情報などのデータを用いて、モデルのパラメータ推計をした結果、金融市場は企業の排出量を評価していない、すなわち企業の排出量が増加しても企業価値は低下しないことを明らかにした。 ②ヘドニック地価関数を構築し、地価データ、立地情報、事業所レベルの化学物質排出量などのデータを用いて、モデルのパラメータを推計し、事業所の排出量(化学物質のリスク)が土地市場で評価されており(住民に認知されており)、排出量の増加は周辺の地価の低下を招くことがわかった。 得られた研究成果は、2010年にLand Economics(環境経済学分野のトップジャーナル)、2011年にJournal of Environmental Managementで掲載された。</p>
<p>[2] 環境の中長期ビジョン・シナリオに関する研究</p>		
<p>(1) 持続可能な社会ビジョン・シナリオの構築に関する研究</p>	<p>①統合評価モデルを用いた日本及び地域レベルの持続可能な社会ビジョン・シナリオの定量化を行う。</p>	<p>①低炭素社会、循環型社会、自然共生社会、快適生活環境社会の見地から目指すべき2050年の環境像と社会・経済活動を定量的に明らかにした。モノの消費を志向する社会では、環境負荷は大きくなり、消費構造の変化も持続可能な社会の構築には重要であることがわかった。また、茨城県を対象に水質や二酸化炭素排出量を対象に分析を行い、住民行動(太陽光発電の導入や浄化槽の設置等)により2030年のこれらの環境負荷がなりゆきシナリオ(BaU)と比較して10%以上低減することを示した。 また、シミュレーション分析の結果、2020年の温室効果ガス排出量を1990年比25%削減させることは可能であるが、中期目標検討会で想定された社会・経済の前提では、達成は困難であり、技術選択モデルにおいては20%削減までしか対策技術を積み上げることはできないため、社会・経済の前提の変更</p>

	<p>②IR3S における世界長期シナリオを構築する。</p> <p>③国際的な依存関係の進展（特に、貿易の自由化）が環境汚染に及ぼす影響を明らかにし、将来の貿易自由化が及ぼす環境汚染への影響に関してシナリオを構築する。</p>	<p>（たとえば、炭素税の導入などの政策手段の導入など）構造の変が必要なことを明らかにした。</p> <p>さらに「低率の炭素税+税収の温暖化対策への還流」施策の導入により、光熱費の低減やGDP、所得の回復につなげることが可能であり、このような賢い温暖化対策によって経済影響は低減できることがわかった。また、国内対策費用が非常に高い場合、海外での削減を検討することも重要であり、今後、新たな技術開発やGHG削減のインセンティブをどう活かすかが重要な課題となることがわかった。</p> <p>②開発した世界モデルを使い、2050年の世界において現状と比較して温室効果ガス排出量を半減することで、資源生産性（物質投入あたりのGDP）は向上するものの、森林面積を維持することは困難で、自然共生社会に向けて追加的な対策が必要であることを示した。また、世界の物質投入量（砂利等を除く）の約半分が2050年にはアジアに集中する結果となり、アジアにおける持続可能な社会の形成は地球規模での持続可能な社会の構築に寄与することを示した。</p> <p>③開発した計量経済モデル（汚染物質排出モデル）を用いて、シミュレーション分析をした。その結果、(a)貿易の自由化は、先進国では、SO₂とCO₂排出量を減少させる効果を持つが、発展途上国では、むしろ増加させる効果があること、(b)その効果は、短期的には小さいが、長期的には大きなものとなることを定量的に明らかにした。</p> <p>本研究によって得られた成果は、当該分野の国際的なトップジャーナル（J. Environ. Econ. Manag.、European J. Operational Research、Land Economics、Environ. Econ. Policy Stud.など）に掲載された。また、本研究の成果は、環境省の超長期ビジョン作成やIPCCの新シナリオの構築に対して貢献している。本研究成果（地球環境研究センターとの共同成果）による科学的知見は、政府の地球温暖化問題に関する懇談会、中期目標検討委員会、地球温暖化問題に関する閣僚委員会 タスクフォース会合等で京都議定書以降の温暖化対策（特に2020年削減目標設定）に関する政府検討に提供され、政府の政策決定を支援し、環境政策研究において中心的役割を果たしている。</p>
<p>(2) 世界水資源評価に関する長期シナリオ研究</p>	<p>世界を対象とした水逼迫の評価やバーチャルウォーターを推計する。</p>	<p>全球水資源モデルを利用することで、世界のバーチャルウォーターの輸出入を4つの水源別（降水・河川水・貯水池貯留水・持続可能性の低い水源）に求めることに成功し、成果が当該分野の国際的なトップジャーナル（J. Hydrol.）に掲載された。また地球温暖化が世界の水循環・水利用に及ぼす影響を定量的に評価する研究を実施し、第一段階の成果が国内誌（土木学会水工学論文集）に掲載された。</p>
<p>[3]安全・安心な地域・都市環境の創造と管理に関する研究</p>		

<p>(1) 微小粒子・二次生成物質の影響評価と予測に関する研究</p>	<p>①車載計測や低公害実験施設を用いて、後処理付ディーゼル自動車の実使用条件下における排出特性を明らかにする。</p> <p>②二次粒子を含む微小粒子の大気動態を明らかにする。</p> <p>③モデルシミュレーションによりPM2.5成分の寄与を明らかにする。二次生成物質や自動車排気に起因する高レベル曝露の実態把握を行う。</p>	<p>①最新ディーゼル車から排出される大気汚染物質の排出特性を実使用条件で評価し、粒子状物質は大幅に低減する一方、NO₂排出量の増加やコールドスタート時の排出寄与が大きいこと、車種によっては1年程度で排気後処理装置が劣化し、排出量が大幅に増加する可能性があることなど、新たな課題があることを明らかにした。</p> <p>②2007年夏期に実施した観測結果を解析し、有機二次粒子(SOA)と考えられる含酸素有機粒子の寄与が日中に増加し、有機粒子の70~80%を占めることや騎西や前橋では粒子中炭素に占める生物由来炭素の寄与が約40~60%と大きいことを明らかにした。粒子成分分析結果を用いたケミカルマスバランス法(CMB法)による発生源推定により、自動車とバイオマス燃焼の寄与が大きいことや自動車の寄与が減ってきていることなどを明らかにした。</p> <p>③化学輸送モデルのPM2.5成分に対する予測性能を評価し、関東の内陸部において生物起源SOAの寄与が大きいこと、粒子の由来がCMBの結果と整合することなどを確認した。モデルの問題点とされるSOAの過小評価は、メカニカルモデルの導入で40~80%改善したが、さらに半揮発性VOCからのSOA生成のモデル化などが必要であることがわかった。上記の研究の独創的な研究成果に対して、日本エアロゾル学会2009年度論文賞が授与された。</p> <p>④つくば市居住者の長期の乗用車利用実態データを元に、家庭充電のみを利用した場合の市販電気自動車の代替可能性を検討した。その結果、軽乗用車で電池容量が9kWhの場合、18台中1台、16kWhでは5台、小型乗用車(電池容量24kWh)の場合、5台が現在の電気自動車で完全に代替できることを明らかにした。さらに、月に1ないし2日の急速充電の利用もしくは従来エンジン車の利用を代替手段として想定すれば、17台までが十分に代替可能であることを示した。</p>
<p>(2) 自動車交通における二酸化炭素削減方策に関する研究</p>	<p>①名古屋市、豊田市、つくば市を対象とした車載機器を搭載した一般車両による路上走行実態調査を行い、細街路を中心とした身近な交通における自動車の使用実態を明らかにし、自動車の使用状況とCO₂及び汚染物質排出量との関係を解明する。</p> <p>②エコドライブによるCO₂削減効果</p>	<p>①車載器を用いた自動車の使用実態と環境負荷の評価</p> <p>(a) 地域によって、休日の利用頻度や通勤での利用頻度に多少違いが見られたが、いずれの地域においても、短距離の走行が多く、30km未満のトリップ頻度とそのCO₂排出量は、全体のそれぞれ、90%、60%を超えている。</p> <p>(b) 道路交通センサス対象道路(幹線道路)以外の道路、いわゆる細街路走行は、道路交通センサスを使った既存推計では走行距離の31%であったが、つくば市における本調査の結果では、走行距離の約37%、走行時間の約50%、CO₂排出量の約44%を占めることがわかった。また、細街路走行の速度は、これまで狭幅員幹線道路の速度分布を根拠に設定されていた値とほぼ同じ約20km/hであった。細街路走行の排出係数は、幹線道路の1.34倍と大きく、細街路走行部分の寄与が高い短距離の移動は、</p>

	<p>を明らかにする。</p> <p>③自動車の使用形態別や輸送品目別のCO₂排出インベントリを構築する。</p> <p>④モデル地域を対象とした運輸部門の環境改善シナリオを作成する。</p>	<p>環境負荷が高い傾向にあることを明らかにした。</p> <p>②エコドライブによる環境負荷低減効果に関する研究</p> <p>(a) 26人の被験者による公道走行試験を実施して、燃費に及ぼす運転要因を解析した結果、最高速度を抑えて無駄な走行エネルギー消費を抑える効果が燃費低減の約7割を占めることを明らかにした。このようなエコドライブを行うことで、平均12%の燃費改善が可能である。</p> <p>(b) エコドライブが周辺車両に与える影響を交通流シミュレーションを用いて評価し、CO₂削減効果は交通流全体に波及することを明らかにした。なお、信号が系統制御されている区間で効果が大きく、渋滞している区間では効果が小さい傾向を明らかにした。(記者発表 2010年11月1日)</p> <p>③自動車の使用形態別や輸送品目別のCO₂排出インベントリの構築</p> <p>(a) 車載器による調査と並行して、全国の自動車の利用状況を把握するため、道路交通センサスの個票データから、時間帯別の乗用車利用目的別トリップ数を独自に集計した。</p> <p>(b) 10km未満のトリップの頻度は全体の約66%と多い一方、CO₂排出量の寄与は全体の約28%であることを明らかにした。</p> <p>(c) トリップ距離帯が短いと、平均速度が低く排出係数が大きい傾向があり、排出係数は、10~29km帯で全距離帯平均と等しく、3~9 km帯で平均の17%増し、1~2 km帯では平均の44%増しとなることを明らかにした。</p> <p>(d) 市町村別に、自動車からのCO₂排出量を推計した。自動車CO₂表示システムを構築し、2008年温対法改正で義務化された特例市以上の環境省地球温暖化対策地方公共団体実行計画策定に役立てるため、この成果に基づく推計結果をウェブ上で公開した。(実行計画策定の際に必要なデータとして本推計は利用されている。)</p> <p>④自動車運輸部門の環境改善シナリオの作成</p> <p>モデル地域としてつくば市を選定し、自動車の使い方による環境負荷を明らかにするとともに、2050年頃のCO₂大幅削減に向けた地域の特性を考慮した環境改善シナリオを提示し、短期的にはエコドライブや公共交通利用促進が重要な対策となるものの、中期的には小型軽量かつ低燃費車への買い替えや公共交通等の利用しやすい場所への住み替え等が効果的であること、さらには、制度やまちづくりの方針を見直すことも身近な交通の見直しから 2050年CO₂半減等の大幅削減につながる対策であることを示した。</p> <p>上記の研究の独創的な成果に対して、日本エネルギー学会論文賞、環境科学会奨励賞が授与された。</p>
--	---	---

<p>(3) 低炭素型都市づくりに関する研究</p>	<p>①建物形状を考慮した建物用途別エネルギー消費量推定手法を開発する。</p> <p>②開発した手法にもとづく都市類型別対策オプション導入可能性を提示する。</p> <p>③都市環境モニタリング手法を開発する。</p> <p>④都市環境モニタリング等にもとづく低炭素型街区設計プランを提示する。</p>	<p>① GIS等による地域別エネルギー消費量推定値のデータ解析を行い、建物形状を考慮した建物用途別エネルギー消費量推定手法を開発し、名古屋都心部における商業建築エネルギー消費量について、GIS等での計算結果と実測データとの高い整合性を確認した。</p> <p>② 都市部におけるエネルギー削減手法を検討し、それを評価するための都市環境評価手法（道路幅と建物高さ（建物密度）から屋外の熱環境を快適性指標（PMVやSET）で評価）を開発した。一般に、道路幅が大きい街区ほど天空率は大きくなる傾向があり、街区における屋外熱環境がPMV3.0を超えると熱中症対策が必要になる。今回、道路幅や建物高さや街路樹をパラメータとして、屋外環境を天空率50%以下の街区とすることにより、風速が見込めない街区においてもPMVは3.0程度に抑えられることが明らかとなった。また空調負荷削減の観点から、自然通風が有効な街区を形成できれば、さらなる空調負荷削減に結びつくと考えられる。</p> <p>③ 都市気温とエネルギー消費の関係については、エネルギーの使用用途によって気温の変化に対する応答（気温感応度）が異なり、都市構造に依存する部分も少なくないことや、ヒートアイランド対策と低炭素化対策が両立するケースばかりではなく、トレードオフの関係にもなりうることが明らかとなった。</p> <p>④ 中国の中緯度地域におけるメガシティを対象に、街区形態など都市の類型別に屋内空調エネルギー使用量の数値計算を行い、空調エネルギー消費量を最適化する街区形態の提示をおこなった。内陸地域では夏季対策（日射遮蔽）の重視、沿海地域では落葉樹の導入による夏季の日射遮蔽と冬季の太陽熱利用の両立を提案した。</p> <p>⑤ モバイルモニタリング技術を応用し、街区スケールでの高解像度な都市環境モニタリング手法を開発した。</p> <p>⑥ 武漢市において将来の再開発が見込まれる老朽市街地を対象に、屋内外エネルギー・温熱環境の観測および数値計算を行い、その結果をもとにマルチステークホルダー会合を開催し、都市の通風と日照確保を両立する低炭素型街区設計プランの提示を行った。</p>
<p>(4) 東京都温暖化影響の評価に関する研究</p>	<p>影響評価に向けたモデル開発およびデータ・情報を収集・整理を行う。</p>	<p>① 内外の既存研究の整理および海外の適応策検討事例の調査を行った。</p> <p>② 地域レベルの気候シナリオ開発のための予備的検討および地域レベルの影響評価に必要な気候パラメータの整理を行った。</p> <p>③ 将来の東京に関する社会経済シナリオ作成のために、予定されている都市計画や防災計画、様々な将来ビジョンを収集・整理した。さらに、現状の都市計画や防災計画、様々な将来ビジョンがどの程</p>

		<p>度適応策の基礎となりうるか整理した。</p> <p>④ 脆弱性把握のための観測データを整理、温暖化影響評価モデル開発のためのデータを収集した。さらに、様々な分野・指標を対象とした温暖化影響評価モデルの構築を試みた。</p>
(5) 気候変動緩和・適応型の人口分布シナリオに関する研究	<p>①全国メッシュ人口の推移と要因を分析する。</p> <p>②人口分布が気候変動緩和・適応に与える影響を評価する。</p>	<p>① 1980～2005年における全国メッシュ人口社会増減数を詳細推計し、限界集落やスプロールの進行状況を明らかにした。また、増減要因の分析作業に着手した。</p> <p>② 同時期における自動車からのCO₂排出量を全国市町村に推計し、市町村の温暖化対策立案の参考とすべく公開準備を行っている。また、エネルギー需給マップとハザードマップに関するデータ収集を行った。</p>
[4]国民のライフスタイルのあり方とその実現・誘導方策に関する研究		
(1) ライフスタイル変革のための有効な情報伝達手段とその効果に関する研究	<p>生活様式変革のための有効な情報伝達手段とその効果について、マスメディア（テレビ、新聞など）の報道内容や、インターネット、口コミなどが市民の態度形成と行動変化（世論調査による）に与える影響を明らかにする。</p>	<p>①1997年、2002年実施の無作為抽出された全国成人男女2000名を対象とした調査では、「ごみ・廃棄物問題」が「最も重要な環境問題」の第一位であったのに対し、2006年3月実施の調査では、「地球温暖化・気候変動」が僅差で第一位となり、気候変動への関心が急速に高まっていることがわかった。</p> <p>②2007年1月実施の同様の調査においては、「最近の地球上の気候が変わってきているか」に対して、95%が「そう思う」と回答し、そのうち60%が「地球が温暖化しているから」と回答し、地球温暖化が実感として捉えられていることがわかった。</p> <p>③毎月実施している「世界で重要な問題」の結果（無作為抽出された全国成人男女4000名を対象とした調査）において、「世界で最も重要な問題」として「地球環境問題（地球温暖化）」「環境問題一般（自然保護など）」が毎月20%程度の回答を得ており、さらに、2008年の洞爺湖サミットの頃には50%近くに上った。国際的な問題として環境問題は非常に重要な位置を占めていることがわかった。さらに2008年の金融恐慌以降、数字は低下したが、2009年の中期目標の議論以降再度高まり、2010年中は景気などの経済問題を押さえて最も高い回答率を得ている。</p> <p>④2009年には温室効果ガス削減中期目標の設定についての追加的な世論調査を実施したが、EU並の目標値設定について国民の多くからの支持が確認された。</p> <p>本研究成果は新聞報道された。また、Global Environmental Change（気候変動関係のトップジャーナル）にも掲載された。</p>

<p>(2) 市民理解と対応についての調査分析および文化モデルの構築</p>	<p>気候変動問題に関してフォーカス・グループ・インタビュー調査の実施する。</p>	<p>①気候変動問題についての市民の理解と対応についての調査分析および文化モデルの構築として、社会人を対象として映像とレクチャーを用いたフォーカス・グループ・インタビュー調査を実施した。内容としては、インタビューの前半で既存の知識の確認を行い、後半で編集映像を見せての議論を実施することにした。</p> <p>②これまでの調査において、知識および理解に欠如（知識がない、もしくは間違った知識を持ったまま修正されていない・修正のチャンスがない）が多く観察されたため、気候変動問題の「科学的側面」、「対策的側面」に関するレクチャーを追加して調査を実施した。レクチャーの効果は大きく、調査対象者の自己評価での「理解度」、「対策行動やる気度」のいずれも大きな上昇を示した。このことから、継続的に市民に情報提供し、専門家のもつ情報とのやりとりを維持できるような環境を作ることが、温暖化対策の効果を引き上げる上で重要な意味を持つことが明らかとなった。</p> <p>③映画を見ることを想定して「映像を1～2時間程度みること」の可能性については、「日常では1～2時間、集中して見る時間を確保するのが難しい」との回答が多く、15分程度に編集した映像であっても十分に効果を上げられることが分かった。</p>
--	--	--

2. 化学環境研究

研究の概要

(1)高感度かつ迅速な有機化学物質一斉分析手法、(2)吸着剤利用技術等に基づく高頻度、広域モニタリング手法、(3)放射性炭素 14C を含む元素の同位体比精密測定手法、(4)化学物質生体影響の非破壊計測技術、等の分析/モニタリング手法の開発や高度化を中心的な柱に据えながら、他のユニット、或いは所外研究者とも連携しつつ、(A)残留性有機汚染物質 POPs や揮発性有機物質 VOC を含む様々な有機汚染物質のモニタリングと発生源、環境動態の解明、(B)同位体比や元素組成を指標とする大気微粒子、大気・室内汚染物質、重金属などの主な発生源とその寄与率の推定、(C)地球規模の炭素循環の精密化や過去の環境変動の解明、(D)化学物質生体影響評価のための基礎情報取得、などの研究を推進するとともに、ストックホルム条約等への国際貢献、国内化学物質関連施策への貢献等の活動を行った。

構成するプロジェクト・活動等	研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
特別研究:残留性有機汚染物質の多次元分離分析法の開発に関する研究（H18～H20年度）	現在の残留性有機汚染物質（POPs）分析法の課題を解決するため、多次元ガスクロマトグラフィと高分解能飛行時間型質量分析法を応用した、ダイオキシン類やPCB等POPsやその類縁汚染物質の迅速・高精度・高感度分析法を開発する。	<p>多次元ガスクロマトグラフと高分解能飛行時間型質量分析計の組み合わせを中心とする多次元分離分析法を世界で初めて開発し、各種媒体中のダイオキシン類をはじめとする POPs 類の高精度・高感度・迅速・多成分同時分析を実現した。特に、排ガスおよび飛灰抽出液の直接測定では、従来法では不可欠であった前処理を全く省略したサブピコグラムという超微量のダイオキシン類の高感度測定を可能にし、公定法と同等の定量値を得ることに成功した。また、POPs やその類縁化合物について、加熱脱着法を用いた試料全量導入を組合わせた迅速・高感度分析法を開発し、従来法の数百分の一の試料量（大気や水質の場合）で同等の定量性能を達成した。</p> <p>さらに、微量大気粒子中-アルカンやPAHとその類縁体等各種炭化水素定量の高感度化、フルオロテロマーアルコール類の多成分同時測定、水酸化PCB異性体の高分離分析法の開発など、これまでは、分離不能や感度不足のため困難であった分析を本研究により可能にした。</p>
特研； 多次元分離分析法による有機ハロゲン系化合物等の微量有機汚染物質の	多次元ガスクロマトグラフィとMS/MSを応用して、実用的な一斉・高感度・迅速かつ正確な有機ハロゲン系化合物等の定量法を開発する。同時に、広範な有機ハロゲ	上記特研成果を受け継ぎさらに発展させ、ダイナミックレンジの狭さなど残された課題を克服するため、世界で初めて多次元ガスクロマトグラフ（GCxGC）とタンデム型質量分析計（MS/MS）を組合わせた分析法を開発し、大気粒子やディーゼル排気中粒子に含まれるPAH16化合物とその類縁化合物（ニトロ体14化合物、オキシ体10化合物、メチル体4化合物）の高感度・一斉定量を可能にした。従来のGC-HRMS法と比較して、1～2桁程度の感度向上を達成した。

<p>網羅分析 (H21～H23 年度)</p>	<p>ン系化合物の検索と半定量を行う網羅分析法を開発する。</p>	<p>また、GCxGC-MS/MS によるフライアッシュ抽出液や底質抽出液の測定を行い、多数の塩素系化合物、臭素系化合物、フッ素系化合物とみられるピークを検出した。それらの一部の保持時間はダイオキシン類、PCB 類と重なるが、多くの未知成分の存在が 2 次元クロマトグラム上で確認された。さらに POPs の多くについて従来の GC/HRMS より 1 桁弱高感度化を達成した。</p> <p>この手法と別途奨励研究で開発した熱脱離型吸着管による大気 POPs 自動採取装置を組み合わせ、従来法との比較評価を進めて信頼性と実用性を確認することができた。</p>
<p>「ナノ粒子、微小粒子の組成分析と動態解明に関する研究」(特研:H18～20;H21～23)</p>	<p>ディーゼル排気や大気中に存在するナノ粒子や微小粒子について、先端的な成分測定法の開発、これら粒子の組成の把握、得られた組成に基づく動態解明手法の開発を行う。</p>	<p>高感度な加熱脱着 GC/MS 法により粒径 30 nm 以下の極微量ナノ粒子の有機成分測定を初めて実現した。ディーゼル排気中ナノ粒子、エンジンオイル、沿道大気中ナノ粒子などに含まれる <i>n</i>-アルカン、PAHs、ホパン等の測定によって、エンジンオイルがディーゼル排気や沿道大気中ナノ粒子に大きく寄与すること、大気中での成分の揮発がナノ粒子の大気中での速やかな消失の要因であることなどを初めて実験的に示した。また、酸化触媒付 (2005 年式) ディーゼルトラックの排気粒子を加熱脱着 GC/MS 法で測定し、oxy-PAHs や nitro-PAHs が PAHs と同等以上の高濃度で従来のディーゼル排気粒子と大きく組成が異なり、注意を要することを明らかにした。</p> <p>東京郊外の夏季の大気中微小粒子について、世界初となる全炭素¹⁴Cの日中変化のモニタリングを、微小試料¹⁴C測定法を用いて実施した。¹⁴Cに昼間低くなる傾向があることを明らかにすると共に、同時に測定した元素組成、イオン、EC/OCと組合わせたCMB解析を行い、日中は化石燃料由来の1次有機粒子及び2次生成有機粒子が大きく増えること、生物由来粒子は大きくは変動しないことなどを実験的に明らかにした。さらに、精華大との共同研究で北京の大気粉じん中¹⁴Cの日中変化を解析し、同様に日中は化石燃料由来の有機炭素が増加し、夜間はバイオマス燃焼由来の元素炭素割合が増加することを見出した。さらに、植物起源物質(ピネン等)を組み合わせ、CMB法の改良を進めた。</p>
<p>「東アジア地域における POPs (残留性有機汚染物質)の越境汚染とその削減対策に関する研究」</p>	<p>POPs 等の残留性有機汚染物質に関する汚染状況の変化、越境汚染の把握などのためのモニタリング手法の確立と、東アジア地域における監視ネットワークの確立。</p>	<p>太平洋等で採取されたイカ、日本周辺の離島沿岸で採取されたムラサキガイやオハグロガキに含まれる、トキサフェン、マイレックスを含む POPs の分析を行い、過去の保存試料との比較を行った。トキサフェンは沿岸どこでも同等の低レベルで国内発生源は認められず、二枚貝に認められた過去四半世紀の減少傾向は日本近海の全体的な傾向を反映するものと考えられた。また、世界の半分を生産した中国の生産終了に対応するように、HCH は日本近海では 1980 年代半ばから 90 年代半ばの 10 年間に激減した様子も明らかとなった。一方、北太平洋では HCH は他の POPs と逆の分布傾向を示し高緯度ほど高く、大気経由の輸送の大きいことが推察された。</p>

		波照間において大気 POPs の毎月測定を継続しデータを蓄積するとともに、沖縄辺戸で1週間単位の通年測定を実施した結果、冬季の前線通過に伴う水銀の一過性上昇や春季の黄砂到来と同時期に POPs の一部の濃度が上昇する傾向を認めた。
特研;化学物質の動態解明のための同位体計測技術に関する研究 (H18～H20年度) 奨励研究:水銀同位体の分析法開発と水銀の長距離輸送特性解明への応用 (H20)、科研費:人間が歴史的に利用してきた水銀の産地特定に関する研究 (H22～H24) など	<p>(1) 金属元素の同位体計測に関する研究:同位体測定用誘導結合プラズマ質量分析装置を用いて、環境中の鉛など有害元素の動態(発生源)を明らかにするための、試料前処理を含めた実用的計測手法を確立する。</p> <p>(2) 有機化合物の放射性炭素同位体計測に関する研究:加速器質量分析装置を用いた放射性炭素同位体比 ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$) 測定技術と分取精製技術の発展により、化合物選択的$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$測定技術を完成させる。</p> <p>(3) 室内環境中の有害金属とアルデヒドの動態解明:本研究により確立された同位体計測技術を応用して、室内環境中の鉛やアルデヒド類など有害物質の起源などその動態を明らかにする。</p> <p>(4) 鉛とともに健康影響の懸念される水銀について、同位体比を活用した新たな起源推定法を開発する。</p>	<p>(1) 金属元素の同位体計測に関する研究: 環境中の有害元素、鉛の発生源推定を目的として、同位体測定用誘導結合プラズマ質量分析装置を用いた鉛の安定同位体比を正確、かつ精密に測定するための計測手法を確立した。生体試料、水試料についてはキレート樹脂法、地質試料、粒子状試料、廃棄物試料については陰イオン交換法、尿についてはクラウンエーテル法を適用する前処理法を確立した。典型的な同位体比測定精度は、$\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{206}$ で 0.015 %、$\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$ で 0.08 %であり、10 ng程度の鉛量で環境試料の同位体変動の測定が可能となった。</p> <p>(2) 有機化合物の放射性炭素同位体計測に関する研究: 様々な改良により、通常測定より2桁少ない10 μg 炭素における測定精度を1%以下にできた。また、分取液体クロマトグラフと分取キャピラリーガスクロマトグラフを用いた試料前処理法を確立し、室内空気からホルムアルデヒド、アセトアルデヒドを98%並びに93%の純度で精製できることが示された。</p> <p>(3) 室内環境中の有害金属とアルデヒドの動態解明: 本研究で確立した空気中アルデヒド類の$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$測定法を適用し、一般家庭の室内空気中のアルデヒド発生源を$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$比で調べた結果、ホルムアルデヒドの8割以上が接着剤、防腐剤など化石燃料由来であるのに対し、アセトアルデヒドは現生生物由来(木材などからの寄与)が平均すると7割程度であることがわかった。本結果から、室内空気中アルデヒド類による健康リスク軽減のためには、建材としての木材などからの放散も減じなければならないことが示された。また、日本人小児の鉛暴露源探索のため、小児の血液中鉛同位体比と各家庭とその周辺から採取した室内塵、土壌、食物等の鉛同位体比を比較検討した。その結果、鉛摂取源として、食物以外に室内塵や土壌の寄与も大きい場合があることが示された。</p> <p>(4) マルチコレクター型ICPMSを用いた水銀同位体比の精密測定手法の開発を開始した。また、考古遺物中の水銀の同位体比から産地を探る可能性を検討し、中国産と日本各地の辰砂の水銀同位体比にわずかな差のあることを見出した。また、摩周湖をフィールドとした水銀環境動態研究を開始し、炭素・窒素同位体と水銀濃度の関係から食物網における濃縮傾向を認めた。</p>
地域一括:摩周湖の透明度低下の	かつて世界一の透明度を誇った摩周湖の近年の透明度低下の原	摩周湖の季節毎の調査を行うとともに、係留計を設置してクロロフィル量や光散乱の様子を連続的に観察した。その結果、夏から秋にかけて植物プランクトンの増殖を示すクロロフィル濃度

<p>原因解明と総合的環境保全に関する研究 (H20～H22 年度)</p>	<p>因を明らかにし、対策可能性についての検討を行う科学的基盤を整備する。</p>	<p>の上昇が特定の深度で認められ、それが透明度低下の原因の一つと推定された。一方、春季・秋季循環期の透明度は高く、プランクトン種のサイズの変化などが、光吸収や散乱に影響していることが明らかになった。</p>
<p>特研;日本における土壤炭素蓄積機構の定量的解明と温暖化影響の実験的評価 (H21～H23 年度); 科研費基盤 B:実測可能な滞留時間別コンパネメントからなる土壤炭素動態モデルの構築 (H21～H23 年度) その他、北極圏土壤炭素循環研究 (科研費)、海洋炭素循環・気候変動関連研究 (科研費、日米共同研究等)、等</p>	<p>地球規模の炭素循環の定量的理解のために、土壤や海洋における炭素循環を正確に測定するための手段として¹⁴Cを含む同位体測定技術を精緻化し応用する。このうち特研においては日本の代表的な土壤試料を採取し、土壤炭素蓄積に関する基礎データを得るとともに、分解率の異なる土壤画分に分離する手法を検討する。加速器質量分析計 (AMS) による¹⁴C分析によって土壤分画毎の滞留時間を定量化することで、日本の土壤炭素蓄積・分解特性を評価する。</p>	<p>土壤の物理特性を破壊すること無く、最長 50cmまで連続的に試料を採取するため、可動性の高い電動式土壤コアサンプラーの試作を行い、土壤炭素蓄積量および土壤炭素の滞留時間を高分解能 (1cm毎) で得ることが可能となった。この手法を用いて、針広混合林および落葉広葉樹林 (北海道大学手塩研究林)、カラマツ林 (国環研・苫小牧サイト)、ブナ林 (苗場山標高 1500m、700m) で土壤コアを採取した。針広混合林以外の森林土壤では、深度が深くなるとともに、炭素・窒素含有率は低く、仮比重は高くなる傾向が見られた。針広混合林では、炭素含有率は深さ 14cmから増加し、深さ 30cmでも 20%と高かった。単位面積あたりの土壤炭素量は、針広混合林で最も高く、またブナ林 (標高 700m、標高 1500m) でもほぼ同等であった。また¹⁴C分析の結果から、針広混合林土壤は他の森林よりも堆積速度が早いことが分かった。より深層まで土壤を連続的に採取するためクローラー式土壤コアサンプラーを使用し、国環研富士北麓サイトにおいて最長 175cmまで連続的な土壤採取を成功させた。これらのサンプルについても、炭素・窒素含有率および¹⁴C分析を進めている。</p> <p>土壤を 1) 比重分画法と、2) 物理的方法 (比重や粒径) と化学的方法 (アルカリ・酸処理) を併用した手法で分離した試料の¹⁴C分析を行い、有機物の分解過程を考慮した分離法を検討した。比重分画法を用いて褐色森林土壤を 6 画分に分離し¹⁴C分析をおこなった結果、A層 (深さ 5～15cm) でも滞留時間が 150～350 年の炭素が全体の約 3/5 を占めていることが明らかとなった。また、欧米の耕作土壤で提唱された 2) 物理的方法と化学的方法を併用した手法を用いて、耕作土壤 2 種類 (黒ボク土・非黒ボク土) を 4 画分に分離し¹⁴C分析をおこなった結果、日本のように火山灰の影響を受けた土壤にも有効な分離方法であることが示唆された。有機物投与をコントロールした畑地についてこれらの方法を適用してその評価を行うとともに、温暖化の易分解性と難分解性炭素の滞留時間への影響解析を実験的に進めた。一方、温暖化により炭素循環に大きな影響を受けると予想される北極圏の土壤炭素循環を明らかにするため、アラスカ大学と共同で調査地域を設定してアラスカ縦断調査を実施し、土壤ガスなどの試料を採取した。</p>

<p>海洋炭素循環 (ないし気候変動) 関連 科研費基盤B: 近未来予測のための古海洋学: 温暖化に伴う気候モードジャンプの可能性 (H18~H22年度)</p> <p>科研費基盤B: 北極海の定量的環境復元とグローバルな気候変動との関連性解明に関する研究 (H20~H22年度)</p>	<p>北極海において採取した海底堆積物コア試料や海水試料に対して、最新の古海洋復元プロキシを駆使し、古海洋データの空白域である北極海において、現在よりも2℃温暖であったと推定されている最終間氷期の古海洋記録を定量的に復元する</p>	<p>ベーリング海陸棚斜面により採取したピストン・コアを用いて、浮遊性・底生有孔虫化石の放射性炭素年代を測定し、それらの年代差より見かけの中深層循環変動を復元して表層水温変動記録、生物生産記録などと対比することにより、最終退氷期ベーリング海の気候変動を明らかにした。また、北半球亜熱帯から中高緯度域におけるアジアモンスーン強度とグローバルな気候変動との関連性を解明するために、東シナ海、日本海、十勝沖、オホーツク海、ベーリング海などにおいて計 20 地点以上でピストン・コアを採取した。さらに、ベーリング海で中層水形成の有無や形成速度の時代変動を復元するために、アルケノン古水温、TEX86 水温温度計、浮遊性・底生有孔虫炭酸カルシウム骨格の炭素・酸素安定同位体比、放射性炭素年代測定、陸源有機物指標バイオマーカ等の分析を実施した。これらの研究により、北半球における偏西風-夏季モンスーン-河川流出量-縁海の海洋環境、および偏西風-冬季モンスーン-海氷・ポリニア-北太平洋中層水のリンケージが解明されると共に、それらが、どの様にして急激な気候変動の増幅、伝播に拘っていたのか、現在より温暖な気候モードでは、こうしたリンケージがどう機能するのかが明らかになるものと期待される。</p> <p>海洋研究開発機構の海洋地球研究船「みらい」の北極海研究調査 MR09-03「北極海における総合観測航海」(H21.8.28-10.25)に参加し、5本のピストンコア、4本のマルチプルコアの採取に成功した。また約800時間にわたる海底地形探査を実施し、チャクチ海陸棚斜面域における地形情報の詳細をえることができた。優先順位高位のコアについて、有機炭素含有量、C/N比、炭素、酸素安定同位体比(有孔虫、堆積物中バルク有機物)、放射性炭素(有孔虫)、微化石群集解析(珪藻、有孔虫、放散虫)、バイオマーカなど、総合的な古環境分析を進めた。加えて、浮遊性有孔虫・底生有孔虫の放射性炭素年代測定を行ない、中深層での循環変動の歴史変化を復元し、表層と深層での温暖化や深層水循環変動のタイミングを検討した。</p>
<p>その他の地球科学系共同研究(産総研)</p>	<p>東京近傍の沖積層で掘削されたロングコア試料に対して最新の古海洋プロキシを駆使し、縄文海進から平安海進にかけての東京湾における水温を復元する</p>	<p>東京近傍(川口、浦和等)で沖積層を対象として掘削されたロングコア試料中から、長期的に保存される微生物膜脂質を抽出・生成し、LC/MSを用いて古東京湾の水温を算出した。この結果、縄文海進から平安海進にかけての東京湾の海水温の変動が再現され、近未来温暖化における海水準変動と温暖化による地域的な影響について定量的なデータの取得が可能となった。</p>

<p>環境-地球推進費:汚染起源関連アジアにおける多環芳香族炭化水素類(PAHs)の発生源特定とその広域輸送 (H21~H23)</p> <p>環境-地球推進費:東アジアと北太平洋における有機エアロゾルの起源、長距離大気輸送と変質に関する研究 (H21~H23)</p> <p>共同研究(東京都):放射性炭素同位体測定に基づく微小粒子状物質の起源に関する研究 (H21)</p>	<p>多環芳香族炭化水素類(PAHs)のアジア諸国大気・水圏における分布解明並びに放射性炭素を指標に用いた発生源特定を行なう</p> <p>中国エアロゾル中有機物の越境汚染と揮発性有機物の酸化によるエアロゾル二次的生成の様子を明らかにし、中国から我が国への有機物汚染の影響を評価する。</p> <p>都内各所の大気及び発生源の微小粒子状物質について、放射性炭素同位体 (^{14}C) の分析により、都内大気微小粒子状物質の発生源解析を行う</p>	<p>アジア諸国(インド、中国、ベトナム等)で採取されたエアロゾル試料からPAHsを抽出し、それらの分子レベル放射性炭素同位体比 ($\Delta^{14}\text{C}$) の測定から、東アジアにおけるPAHsの分布およびその起源並びに発生源解明に関する研究を行った。また、中国(西部、南部、北部)、日本(沖縄辺戸岬、札幌)、および、西部北太平洋(濟州島、小笠原諸島父島)のエアロゾル観測から得た試料を用いて、エアロゾル中の黒色炭素・有機炭素および主要有機化合物(シュウ酸など)の放射性炭素分析を進めた。この結果を基に、中国から西部北太平洋への有機物を中心とした化学物質の越境大気汚染と輸送における有機エアロゾルの変質の実体について検討した。</p> <p>東京都環境局との共同研究において、都内各所に設置している一般局、自排局からサンプリングしたPM2.5フィルター並びに都内各所の発生源候補(火力発電所、ごみ焼却場など)について放射性炭素同位体分析を行い、PM2.5粒子の発生源に関する検討を行い、PM2.5粒子の発生源解明と起源に関する解析結果を報告した。</p>
<p>地球一括計上:アジアにおけるハロゲン系温室効果気体の排出に関する観測研究 (H17-20) 東アジア</p>	<p>波照間ステーションと落石ステーションにおけるハロカーボン類の高頻度モニタリング観測を継続し、HFC類、PFC類、SF₆、CFC類、HCFC類の季節変動・経年変動を明らかにする。モデルを活用し</p>	<p>フッ素系温室効果気体の高頻度モニタリング観測を波照間島と落石岬で継続し、詳細な濃度変動データを得た。多くのHFC類、HCFC類とSF₆が経年増加を続け、HFC-134aは4年で約40%増え、HFC-152aとHFC-32はほぼ倍増したことなどが明らかになった。また、波照間におけるハロカーボン濃度の季節変動(冬>夏)は北半球低緯度~中緯度の濃度分布を反映したものであることが分かった。短期間の汚染イベントを利用した周辺地域からの排出量解析を行い、中国から排出されるHFC-23(HCFC-22製造の副産物)は年間約10Gg/yに上り、中国起源ハロカーボン類の中で温暖</p>

<p>アにおけるハロカーボン排出実態解明のための高頻度・高精度モニタリング研究 (H21-23) (温暖化 PGPJ 1 の成果概要にも記載)</p>	<p>て、東アジアにおけるハロカーボン排出状況の特徴を解析する。</p>	<p>化に対する寄与は約 40%に上っていることなどを明らかにした。波照間の観測結果を用いたタグ付きシミュレーションの解析結果から、2005 年～2007 年における中国からの HCFC-22 年間排出量は 32(±5) Gg、HFC-134a 年間排出量は 3(±1) Gg に上るという結果が得られた。さらに、国際共同研究として、欧米豪の観測ネットワークと連携し、HCFC-22、HFC-134a、HFC-152a のグローバルな地域別排出量をモデル計算により推定するとともに、韓国、中国での観測結果とあわせて逆解析によって東アジア地域の HCHC-22 インベントリの精密化を進めて国際誌に発表した。多次元 GC/MS/ECD によるハロカーボン類一斉分析法の精緻化を進めるとともに、森林 CO₂ 固定のトレーサーとして注目される硫酸カルボニルの連続測定を開始し、春季に最大となり夏季、秋季に最小となる年変動の様子を明らかにして大気寿命の推定を行った。</p>
<p>特研;北九州北部地域に発生した光化学大気汚染エピソード原因解明のための観測 (H20～H22) (アジア G 関連 PJ の成果概要にも記載)</p>	<p>春季に高濃度の越境光化学オゾンが発生する長崎県福江島において、光化学オゾン前駆体である非メタン炭化水素類 (NMHC、NO_x) 及び二次生成粒子の長期連続・集中観測を実施する。これによって、中国や韓国から九州北部に輸送されるオゾン前駆体の実態を把握するとともに、汚染イベント時の光化学反応履歴を解析する。また、モデル計算によって光化学大気汚染の全体像 (鉛直構造、粒子状物質の越境汚染など) を把握する</p>	<p>平成 20 年 11 月、長崎県福江島に長期連続観測を行うための観測小屋を設置した。オゾン計、NO_x 計 (いずれも Thermo 製モデル 49、42 シリーズ)、大気濃縮装置とガスクロマトグラフを組み合わせて NMHC 測定システムを設置し、長期連続観測を実施している。大阪府立大学と協力し反応性窒素酸化物 (NO_y) およびガス状硝酸 (HN03) と粒子状硝酸 (N03) の連続観測を、改良 NO_x 計で行っている。NMHC についてはディーンズスイッチを利用したマルチカラム方式により炭素数 2～8 の 20 成分を対象に毎時間測定を行い、後方流跡線解析を行った結果、発生源からの経過時間により高反応成分が急速に減少する様子を捉えることができた。</p> <p>平成 21 年春季にオゾンなどの測定と同期して、二次粒子測定のためのエアロゾル質量分析計を用いた集中観測を行った。その結果 4 月 8 日、5 月 9 日前後に 100ppbv を超えるオゾンを観測し、同時に高濃度の粒子状硫酸塩や有機エアロゾルを観測した。長崎福江島のようなリモートな地域においても高濃度オゾンのイベントがあることを観測から明らかにした。また、NMHC 組成比の解析によって観測された高濃度オゾンイベント毎の光化学反応履歴の違いを示した。</p> <p>東アジアスケールモデルによる長期シミュレーション計算を実施し、福江の観測データなどを使用して検証するとともに、日本、中国、韓国の各地域を対象としたゼロエミッション実験を実施し、各地域からの寄与率を評価した。その結果、春の高濃度オゾン観測時における中国の影響は大きい、二次粒子、NMHC 成分の一部、NO_y などについても高濃度となり、いずれも中国の影響が大きいこと、二次粒子は主に中国から輸送されていること、NMHC に対する中国の寄与率も大きい成分によって異なること、モデルは、NMHC 類の多くの成分を過小評価していることから、排出量が過小である可能性が高いこと、オゾンに対する中国影響は、粒子や NO_y に較べると低く、</p>

		中国・日本・韓国以外の影響が大きいこと、などが明らかとなった。
<p>科研費特定領域 「海洋表層・大気下層間の物質循環リンケージ」 計画研究 03) : 海洋起源ハロカーボン類のフラックスと生成過程に関する研究 (H18~22 年度)</p>	<p>海洋からのハロカーボンフラックスとその変動要因を明らかにすることを目的として、大気・海水中ハロカーボン分圧の高精度・高頻度観測を実施する。</p>	<p>シリコンメンブランチューブを利用した気液平衡器を製作し、海水中のハロカーボン類を毎時間自動測定するシステムを開発した。西部北太平洋域において、大気中と海水中のハロカーボン分圧を連続測定した。生物生産の高い親潮-黒潮混合域では海水中の塩化メチル、ヨウ化メチル、臭化メチル、ジメチルサルファイド(DMS)の濃度が上昇すること、塩化メチルとヨウ化メチルは水温の上昇とともに濃度が急激に上昇することなどを見出した。海水中の鉛直分布並びに太陽光照射実験から、ヨウ化メチルは光依存性で生物生産されるのに対してCH_2ClIは紫外線で、CH_2I_2は紫外+可視光でそれぞれ分解されることを見出した。</p> <p>北極~熱帯海域~南極において大気中ヨウ化メチル濃度の変動を解析し、極域で低く、熱帯特に太平洋東部の沿岸域で高濃度となる傾向を示した。また、波照間島における大気中揮発性有機化合物の高頻度 GC/MS 測定によって、海洋起源揮発性有機化合物濃度の日変化を調べた。</p>
<p>科研費基盤B: 熱帯林発生源調査と安定同位体比測定による大気中塩化メチルの収支バランスの解明(H18-19); 熱帯・亜熱帯林生態系による自然起源オゾン破壊物質のガス交換過程の解明 (H21~H22 年度)</p>	<p>自然起源の成層圏オゾン破壊物質である塩化メチルの収支における熱帯植物の役割を把握するため、安定同位体比を用いた収支解析と熱帯林における発生源解析により熱帯林からの塩化メチル放出量の推定を行う。</p> <p>安定同位体を用いて、熱帯・亜熱帯林の微生物によるハロゲン化メチルの吸収量を推定する。</p>	<p>塩化メチルの炭素安定同位体比を用いた塩化メチルの収支解析を行い、熱帯植物からの塩化メチル発生量を年間約 150-300 万トンと推定した。また、マレーシア熱帯林の樹幹上における塩化メチルの高度分布から、単位面積当たりの塩化メチル放出量を推定し、これをグローバルな熱帯林に外挿することで、熱帯林による塩化メチル放出量を約 120 万トンと見積もった。</p> <p>土壌や葉によるハロゲン化メチルの放出量および吸収量を測定するため、一定流量で外気を通気させることで気温や湿度の変化を抑えることが可能なダイナミック型チャンバーの製作を行った。また、ppm レベルの塩化メチルおよび臭化メチルの安定同位体を含む標準ガスを調達し、これを用いた測定法の検討を行った。</p>
<p>環境技術開発等 推進費: 大気中非メタン炭化水素</p>	<p>自動大気濃縮装置とキャピラリーGC を組み合わせて、非メタン炭化水素の成分別連続(毎時間)測</p>	<p>遠隔制御が可能な自動非メタン炭化水素(エタン~トルエン)測定システムを開発し、自動データ処理機能を付加して観測結果の即時解析を可能にした。さいたま市内の常時大気観測局において本システムによる非メタン炭化水素の無人連続観測を実施し、19 成分の非メタン炭化水素に</p>

<p>の成分別リアルタイム測定システムの開発 (H18～H19年度)</p>	<p>定システムを構築する。GCデータの経験的解析手法を数式化し、C2～C7炭化水素の同定・定量ソフトを作製する。さらに、インターネットを介したデータ転送とリモート制御の機能を付加して、観測値の即時解析を可能にすると共に長期間の安定運転を確保する。</p>	<p>について6000組を上回る実大気の実データセットを得た。各成分の保持時間の変動(1ヶ月間の相対標準偏差)は0.5%以内であり、標準ガスに対するレスポンスにも十分な安定性が確認された。観測された炭化水素濃度は成分によってその日変動・季節変化パターンに大きな違いがあり、オキシダントや窒素酸化物の変動と深く関わっていることが分かった。ブテン類などのオレフィン炭化水素類の中には高反応性にも関わらず夏期に高濃度となるものが見られた。さらに、2種のカラム(アルミナプロットとメチルシリコン系カラム)の切り替えによって、キシレン以上の高沸点成分の測定も可能とする拡張型自動非メタン炭化水素測定システムを構築した。これにより、光化学オキシダントの解明、予測に必要な成分別非メタン炭化水素の測定を常時監視レベルで行うことが可能になった。</p>
<p>商船による北太平洋¹⁴Cマッピング(地球センターモニタリング)</p>	<p>日米を往復する貨物船を利用し、北太平洋上の表層海水の放射性炭素濃度をモニタリングする。まず海洋表層が成層化する夏季に採取した試料の測定を行い、各海域の特徴を把握する。</p>	<p>2003年から開始した北太平洋上における海洋表層の放射性炭素(¹⁴C)濃度測定を継続した。測定された時系列の傾向は、核実験停止条約締結以降の長い減少傾向と比べて相対的に減少が止まっているように見える。これは大気中の¹⁴C濃度の減少速度の鈍化に対応するものと考えられるが、カリフォルニア沖では大気中濃度に比べても海洋濃度の方が低くなっており、大気との交換のほか、表層海流や海水の上下混合の仕方の大きな変動が表れていることも考慮すべきと考えられ、各海域における季節変動の把握を含め、今後の観測の充実化をはかる予定である。</p>
<p>日本海深層の無酸素化に関するメカニズム解明と将来予測(推進費:H22～H24年度)</p>	<p>日本海深層水の溶存酸素量の減少傾向と地球温暖化との関係を明らかとし、温暖化による地球環境変動予測並びにその影響予測の向上に資する。また、新たな環境トレーサーの開発を進める。</p>	<p>日本海深層水の溶存酸素濃度が過去100年間の間に減少し続けているのは、温暖化の進行により表層水の冬季の冷え込み、密度上昇の度合いが減って深層水の供給が減少したためではないかとする仮説を検証するため、日本海における海水、物質循環を解明するための観測研究を推進する。調査船に同乗して試料採取をすすめる傍ら、海水循環の指標(トレーサー)として、放射性核種以外にCFCなどの人為起源化学物質の大気中濃度変動を利用した新たな手法を考案し、分析法の開発を進めた。</p>
<p>ナノテクノロジーを活用した環境技術開発推進事業:新たな炭素材料を用いた環境計測機器の開発(H16～H20年)</p>	<p>新材料(カーボンナノチューブなど)を利用した新しい電子線源、X線源を開発し、それを装備したフィールドで使用可能な小型のエアロゾル分析装置を開発する。</p>	<p>炭素ナノ材料系の電界放出型電子源を利用した小型X線源と大気放出型電子線源を開発、作製した。これらのX線源、電子線源を装着した、長時間の現場測定が可能な小型のエアロゾル分析装置のプロトタイプを製作し、性能試験を行った。なお、関連する特許が成立している。</p>

<p>ナノテクノロジーを活用した環境技術開発推進事業:環境汚染修復のための新規微生物の迅速機能解析技術の開発 (H16~H20 年度)</p>	<p>生態系における微生物を対象とする活性測定のために、マイクロ・ナノテクノロジー等を活用した迅速な測定解析手法の開発を行う。</p>	<p>環境中の微生物研究においては、微生物の迅速単離・特性解析を行うマイクロデバイスについて研究開発を行った。その結果、電気泳動による細胞操作システムを開発し、有毒藍藻や大腸菌、酵母などの単一細胞の移動とトラップ、さらに、高感度マイクロ電気化学センサーによる藍藻の単一細胞の光合成活性、および酵母の単一細胞の酵素発現活性の定量測定を実現した。また、分子系統解析のための単一細胞レベルでの 16SrDNA の PCR とシーケンスにも成功した。ここで開発した要素技術は、マイクロデバイスによる環境微生物研究のためのプラットフォームの構築につなげることができる。</p>
<p>科研費基盤B:高磁場 MRI による含鉄タンパク質フェリチンの定量化と分子イメージングへの適用研究、H19~H21 年度);ジフェニルアルシン酸研究班 (H15~:環境省)、同科研費等</p>	<p>ヒト脳の形態、代謝、機能のモニタリング手法を整備するため、磁気共鳴断層撮像法 (MRI) を用いる無侵襲でのヒト脳の定量分析法の開発を実施する。また、有機ヒ素中毒等に関連して動物行動試験法の最適化と化学分析手法との連携強化をはかる。</p>	<p>MRI を用いるヒト脳の形態、代謝、機能の無侵襲計測法の開発として、in vivo 脳において、形態情報 4 項目、代謝情報 14 項目を定量的に解析する技術の開発を行い、これらの方法を用いて 20~75 歳の男女健常被験者 200 名のデータ集積を、幼児の生育環境のアンケート調査と一緒にを行った。この結果、脳灰白質、白質、脳脊髄液領域の年齢変化、性差を明確にとらえることができた。</p> <p>脳内鉄濃度を MRI 画像コントラストから正確に定量する方法を開発した。この結果、組織レベルで~20 ug [Fe]/g wet wt までの定量が可能となり、これまで死後脳で分析された鉄濃度ときわめて良く一致する定量値、年齢依存変化がとらえられた。高齢化に関係するアルツハイマー病等の 90%以上は環境要因が関係するとされるが、発症の引き金となるアミロイド β のオリゴメリゼーションに鉄の酸化還元反応が関わるとする発表が相次ぎ、画像法による鉄の画像化を神経変性疾患の診断、予防に利用できる可能性が開かれたことから、浜松医科大学との共同研究を計画している。また、脳内において情報伝達に重要な役割を果たすグルタミン酸、γ-アミノ酪酸等も定量可能となり、環境との関わりが疑われる自閉症等の発達障害について筑波大学医学部との共同研究を開始しデータの蓄積をはじめた。</p> <p>実験動物行動試験法について毒性 (ジフェニルアルシン酸 DPAA) 並びに精神薬理学 (メントール、アロマなど) の研究を進めた。母獣に投与した DPAA は仔獣に移行し、子供の行動に影響を及ぼすことが確認された。協調運動に特に影響を及ぼすことがわかったが、関連する神経伝達物質 GABA の生産に関わるグルタミンナーゼの活性、量には変化がなかった。飲水後すぐに DPAA が腸管、血液脳関門を通過して脳内に入る様子をマイクロダイアリシス+ナノ LCMSMS により観察することに成功した。また、筑波大学と共同でマウス、サルへの DPAA 投与実験後の体内分布測定を実施</p>

		し、反復投与によって脳および神経組織の DPAA 濃度が最も高くなり、また投与終了後の残留も最も長いこと、脳内レベルはマウスよりサルの方が高くなり、種差が大きい様子などが明らかになった。一方、現地の地下水から既知の物質以外のヒ素化合物が検出され、LC-TOF による精密質量数から組成を推定して合成し、DPAA 並びにフェニルが一つメチルに置き換わった PMAA のそれぞれヒ素につく酸素がイオウに置き換わった化合物であることを明らかにした。
科研費基盤 B : 生体試料中化学物質プロファイリング手法開発 (H19～H21 年度)	血液、尿などの生体試料中の化学物質一斉分析とそのプロファイリング解析手法の開発により、健康状態把握やリスク評価の高度化に資する。	特別研究として開発してきた化学物質網羅分析法の応用の一つとして、H22 年度から開始された小児環境疫学調査への科学的な貢献を視野に入れつつ、人生体試料の化学物質一斉分析手法開発を進めた。従来法の改良、迅速化を委託し、国環研では揮発性物質は GCxGC と TOF か MSMS を組み合わせ、不揮発性物質は LC-TOF によってそれぞれ一斉分析を行う方針をたて、基礎的検討を進めた。LC-TOF においては正イオン検出にはギ酸系が、負イオン検出には酢酸アンモニウム系が、それぞれ最も多くの物質を検出できることがわかった。一部 (有機ヒ素など) についてはシュウ酸系が高感度化に適当なことも明らかとなった。尿の測定では小型の LC-TOF でも数千ピークを検出できた。一方、採血管や採尿容器の管壁に様々な物質 (ポリエトキシレート構造物、アルキルフェノール類、フッ素系界面活性剤、フタル酸エステル類など) が意図的、非意図的に存在することもわかり、目的物質の測定にあたってこれらが妨害や吸着などをしないかどうか、十分な検討が必要なことが明らかとなった。
環境研究技術推進費: フッ素系界面活性剤の汚染実態、発生源解明 (H20～H21、H22～H23 年度)、地環研との共同研究、奨励研究 (H21) など	環境試料保存と連携し、生物モニタリングに適した生物種の開発、利用を念頭に、ストックホルム条約に追加された PFOS などフッ素系界面活性剤の汚染実態と主要発生源を地方自治体研究機関と共同で解明し、対策促進に貢献する。	地方自治体環境研究機関と共同で、新たな環境汚染物質として着目される PFOS 並びに関連フッ素系界面活性剤についての汚染実態と主要発生源に関する研究を推進した。国環研と地環研との共同研究で情報共有並びに手法の共通化、精度管理に努めつつ、H20 年からの環境省研究では国環研並びに東京都に保管されていた二枚貝試料を使って汚染の時間経過をたどり、80 年代半ばからの四半世紀の間に日本各地でこれらの物質濃度が上昇してきた様子を明らかにした。一方、陸域においては昆虫、特にトンボがこれらのフッ素系界面活性剤の汚染実態把握のための生物モニタリングに適切なことを奨励研究で明らかにし、H22 年度からの環境省研究で市民に広く呼びかけながら全国各地のトンボによる内陸部の汚染実態の解明と汚染源の探索を継続している。これまでに、フッ素系薬剤やポリマーの製造工場以外に、繊維衣料関連、消火剤製造、材木関連、さらには廃棄物の処理、処分に関わる場所の周辺で比較的高いレベルの汚染が見つかった。

3. 環境健康研究

研究の概要

環境化学物質や大気汚染物質等の環境ストレスが及ぼす健康影響を的確かつ速やかに評価することをめざし、影響評価の実践と、適切かつ新たな影響評価手法、疫学手法・曝露評価手法、高感受性要因も対象としうる適切な動物モデルや培養系等の開発を進める。影響評価の実践、応用、検証とともに、影響発現のメカニズムを解明し、得られた知見を影響評価手法の開発・改良にフィードバックする。これらの研究を通じ、環境ストレスの影響とその発現機構を明らかにするとともに、簡易・迅速で、かつ、感度と特異度に優れた曝露・影響評価系の開発を進め、健康影響の未然防止をめざした施策に資する科学的知見の蓄積をめざす。また、2010年3月に環境省が作成した「子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）」基本計画に基づき、全国15の地域で10万人の子ども及びその両親についてのコホート調査を行う。

構成するプロジェクト・活動等	研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
I. 環境ストレスの影響評価と分子メカニズムの解明に関する研究（主として分子細胞毒性研究室が担当）	<p>（1）環境リスク研究プログラム関連プロジェクト・特別研究「トキシコゲノミクスを利用した環境汚染物質の健康・生物影響評価法の開発に関する研究」（平成18年度、1700万円）：環境汚染物質のヒトの健康や生物に対する効率的な影響評価・予測法の開発をめざし、環境研の複数の領域の研究者が連携し、近年めざましく進歩しているトキシコゲノミクス技術を利用した健康影響や生物影響検出法の開発・有効性について検討する。</p> <p>（2）環境省委託「DNAチップを用いた有害化学物質の健康影響評</p>	<p>（1）各種の化学物質の免疫毒性に関してトキシコゲノミクスを用いてそれぞれ原因遺伝子や影響経路を明らかにすることに成功し、トキシコゲノミクスが極めて有効であることを示すことができた。またダイオキシン類曝露による遺伝子発現変動解析を集積し、外部閲覧者が容易に実験データを検索できるシステムのダイオキシン応答性遺伝子データベースを作成した。上記の成果に加えてトキシコゲノミクスを用いた生物影響研究の結果も合わせ、成果を公開するWebサイトを作成し一般に公開した。このサイトは、環境汚染物質の健康影響と生物影響の両方に関してトキシコゲノミクス研究の成果を紹介した世界に先駆けるユニークなサイトであり、より広範囲に研究結果を紹介することを可能とした。以上の結果を得、当初の目標を達成することができた。</p> <p>（2）環境からの影響を受けやすい代表的な免疫臓器である胸腺に着目し、胸腺での遺伝子発現変化によって免疫系への悪影響を検出するチップの開発をめざした。胸腺萎縮作用をもつことが</p>

<p>価手法の開発」(平成 18~19 年度、450 万円×2 年) : サブ. テーマとして、環境化学物質の免疫系への悪影響を簡便に検出・予測する方法を開発することをめざし、免疫影響を検出するための遺伝子の選抜と、それらを用いた DNA チップの作製について検討する。</p> <p>(3) 科研費「ヒ素の転写因子調節作用に着目した免疫細胞特異的作用メカニズムと免疫毒性の解明」(平成 19~20 年度、210 万円、150 万円) : ヒ素の免疫細胞特異的な作用メカニズムを明らかにすることをめざし、遺伝子発現変化を手掛かりとして転写因子を介した影響経路について検討する。</p> <p>(4) 環境リスク研究プログラム関連プロジェクト・特別研究「エピジェネティクス作用を包括したトキシコゲノミクスによる環境化学物質の影響評価法開発のための研究」(平成 19~21 年度、2000 万円×3 年) : 近年、ジェネティクスと並んで遺伝子発現を調節するメカニズムとして重要であるという認識が急速に高まった「エピジェネティクス作用」に着目し、環境</p>	<p>報告されている種々の化学物質をマウスに曝露し遺伝子発現変化を調べた結果や、他の研究結果を利用して、悪影響を検出する候補遺伝子 215 遺伝子を選抜した。これらの遺伝子の発現変化を検出するためのオリゴヌクレオチドプローブを搭載した DNA チップの試作品を作製し、性能試験を行った。さらに安定性よく遺伝子発現変化を検出できるプローブを精査することによって 84 遺伝子を選抜し、当初の計画通り免疫毒性検出チップを完成した。このチップを完成させることによって、トキシコゲノミクスによる簡便な影響検出が可能であることを実践的に示した。</p> <p>(3) ヒ素が免疫細胞特異的に、細胞周期進行に関与する転写因子 E2F の標的遺伝子群の発現を抑制し、それによって細胞増殖を抑制することを明らかにした。さらにその原因として、ヒ素が E2F の機能を調節するポケットプロテインを安定化し、E2F 標的遺伝子群のプロモーター領域での転写抑制複合体の形成を促進する、というヒ素によるユニークな転写抑制のメカニズムを明らかにした。この研究で免疫細胞におけるヒ素の標的反応が絞られたことによって、影響検出や予防法を考えるための重要な基礎的知見を提供した。</p> <p>4) 化学物質に対する感受性が高い胎児期における曝露や、また長期曝露の実験系において、性差・臓器特異性や後発・経世代影響に注目してエピジェネティクス変化を明らかにし、生体影響との関連に関しての考察を行った。その結果、従来の仮説と異なる結論に至るデータを含め、ヒ素のエピジェネティック作用の性質に関して当初の予想を上回る多くの知見を得ることができた。本研究で得られた成果は、化学物質の生体影響評価に今後エピジェネティクスからの視点を加える上で重要な科学的知見を提供するものと考えられる。5 メチルシトシンの精密分析法を確立し、エピジェネティクス研究に技術的にも貢献した。その他、化学物質のエピジェネティクスに関して、招待講演 5 件を含むシンポジウム講演や、世界最大の毒性学会である米国毒性学会大会、および環境エピゲノミクス研究会定例会でシンポジウムセッションを企画・進行し、新たな研究分野の重要性の普及に貢献した。</p>
---	--

<p>化学物質のエピジェネティクス作用を明らかにすることをめざし、各種実験系においてヒ素を中心にエピジェネティクス作用の検討を行う。</p> <p>(5) 環境省環境技術開発等推進費「グローバルな DNA メチル化変化に着目した環境化学物質のエピジェネティクス作用スクリーニング法の開発」(平成 20~21 年度、435 万、650 万円)：環境化学物質のエピジェネティクス作用を効率的に検出する方法を開発することをめざし、代表的なエピジェネティクス作用の一つである DNA メチル化について、グローバルな DNA メチル化変化のスクリーニング法について検討する。</p> <p>(6) 所内・奨励研究「マイクロ RNA を用いたヒ素の健康影響検出法の開発」(平成 20 年-21 年度、185 万×1 年、115 万×1 年)：ヒ素の毒性の早期影響検出や影響予測をめざし、遺伝子発現を調節する機能性分子である「マイクロ RNA(miRNA)」に着目し、ヒ素曝露した実験動物の肝臓における miRNA の発現変化及び miRNA が標的とする遺伝子につ</p>	<p>(5) グローバルな DNA メチル化変化の検出法として、最新の手法である MeDIP-Seq (Methylated DNA immune-precipitation-sequencing)法による検討を、またゲノムワイドな DNA メチル化プロファイリング法として MS-AP-PCR(Methylation-sensitive arbitrarily primed PCR)法の検討を中心に行い、各方法の至適実験条件の確立や有効性の検討、データの解析法の検討を行っている。この他、グローバルな DNA メチル化量を LC/ESI-MS 法で測定する実験条件を確立した。</p> <p>(6) 当初の計画通り、環境化学物質であるヒ素を投与した実験動物の肝臓における miRNA 発現の網羅的な解析から、ヒ素により 2 倍以上発現が増加した miRNA が 13 種類、2 倍以上発現が減少した miRNA が 4 種類存在することが明らかになった。さらに、遺伝子発現の網羅的解析をおこない、miRNA の網羅的解析結果と比較することで miRNA 発現変化と対応する発現変化を示す遺伝子を明らかにした。これらの成果から、ヒ素の影響検出に miRNA を利用できる可能性があることを明らかにした。</p>
--	--

<p>いて検討する。</p> <p>(7) 文部科学省 科研費 若手研究(B)「臓器特異的な TCDD 反応性の AhR 依存的な遺伝子発現調節メカニズムからの解析」(平成 21 - 22 年度、120 万×1 年、200 万×1 年) : ダイオキシンの毒性は転写因子 AhR が仲介する。ダイオキシンの毒性発現の臓器特異性の解明をめざし、AhR 依存的に誘導される代表的な遺伝子 CYP1A1 を指標にして、低用量の TCDD を曝露したマウスの肝臓、脾臓において CYP1A1 の臓器特異的な発現調節メカニズムを検討する。</p> <p>(8) 環境省受託「ジフェニルアルシン酸等の標的分子種と薬剤による毒性修飾作用に関する研究」(平成 16～22 年度) : ジフェニルアルシン酸の毒性発現機構の解明をめざし、分析毒性学的手法を用いて、ジフェニルアルシン酸の体内動態について調べた。</p> <p>(9) ナノテクノロジーを活用した環境技術開発推進事業「環境負荷を低減する水系クロマトグラフィーシステムの開発」(平成 17～21 年度) : 環境に優しい環境分析技法を確立することをめざし、本技術をハ</p>	<p>(7) CYP1A1 遺伝子を指標にし、肝臓と脾臓における AhR 依存的な遺伝子発現調節メカニズムについて検討をおこなった。その結果、AhR repressor の発現量及び、抑制型ヒストン修飾のレベルが脾臓で高いことが明らかになった。脾臓においては AhR 依存的に CYP1A1 プロモーター領域がヘテロクロマチン化される可能性も示唆された。以上の結果から、ダイオキシンの毒性の臓器特異性には、エピジェネティクス作用が関与することが示唆された。また、ダイオキシン曝露したマウス肝臓において、ChIP on chip 法により AhR が結合する領域を網羅的に検出した。遺伝子プロモーター領域での AhR 結合および XRE 配列の有無について解析をおこない、それらの情報をまとめたエクセルファイルを作成し、ダイオキシン毒性の臓器特異性に関連する基礎的知見を得た。</p> <p>(8) ジフェニルアルシン酸の体内動態について、カニクイザルとラットを用いて明らかにした。ジフェニルアルシン酸は、体内で 3 価に還元されることが明らかとなり、この 3 価ヒ素化合物がヒ素の毒性に関与する可能性が示唆された。生理食塩水あるいは γ-GTP 活性阻害剤を前投与したラットにジフェニルアルシン酸を投与した際の、尿中ヒ素の化学形態別分析の結果から、生理食塩水+ジフェニルアルシン酸投与群では未変化のジフェニルアルシン酸、γ-GTP 活性阻害剤+DPAA 投与群では DPAA-GSH 抱合体として排泄されていることが分かった。γ-GTP 活性阻害剤による GSH 濃度の上昇が、DPAA-GSH 抱合体の安定性に重要な働きをしていると推測され、γ-GTP 活性阻害剤による効率的な GSH 濃度の上昇は、ヒ素の毒性軽減に寄与する可能性が示唆された。</p> <p>(9) 水系移動相を用いて、環境に優しい環境分析技法を確立することをめざし、環境試料・生体試料分析へ応用することを検討した。結果、水系移動相で血清蛋白中のトランスフェリンの温度応答的分離が可能となった。</p>
--	---

<p>イスループトな環境試料・生体試料分析へ応用することを検討した。</p> <p>(10) 所内奨励研究「生体内におけるヒ素の酸化還元と解毒機構」(平成18年度、200万円):ヒ素の毒性発現機構および解毒機構をヒ素の酸化還元という観点から解明することをめざし、分析毒性学的手法を用いて、胆汁中ヒ素代謝物の安定性を検討した。</p> <p>(11) 財団法人日本科学協会 笹川科学研究助成金「生体内におけるヒ素の酸化還元と解毒機構の解明」(平成20年度、55万円):ヒ素の解毒機構をヒ素の酸化という観点から解明することをめざし、分析毒性学的手法を用いて、ヒ素の酸化に関する過酸化水素の役割について検討した。</p> <p>(12) 文部科学省科研費 若手研究(B)「ヒ素の体内動態に関する分析毒性学的研究」(平成20-22年度、合計300万円):ヒ素の毒性軽減および毒性発現機構について、生体内におけるヒ素の酸化還元状態とメチル化という観点から解明することをめざし、分析学的、毒性学的手法を用いてヒ素の代謝と体内動態</p>	<p>(10) 胆汁中ヒ素代謝物の安定性を検討した結果、胆汁中へのヒ素の排泄と同時に排泄されるグルタチオンによって、ヒ素-グルタチオン抱合体が安定化し、毒性の高いヒ素化合物への分解を抑制していることが示唆された。</p> <p>(11) ヒ素を投与した際の胆汁中の過酸化水素を測定した結果、ヒ素の排泄と同時に、過酸化水素も排泄され、この過酸化水素による、3価ヒ素化合物の5価への酸化がヒ素の解毒に関与する可能性が示唆された。</p> <p>(12) ヒ素代謝における γ-glutamyl transpeptidase (GGT) の役割について検討した結果、GGTはヒ素の排泄量に関してはあまり影響を与えないが、体内におけるヒ素-GSH抱合体の安定性には密接に関係していることが示唆された。赤血球への取り込みは、ジメチルヒ素およびモノメチルヒ素のGSH抱合体が無機ヒ素のGSH抱合体と比較し、迅速におこっていることが分かった。As-GSH抱合体の腸管からの取り込みは、無機ヒ素のGSH抱合体がモノメチルヒ素のGSH抱合体と比較し、吸収率が高い傾向にあったが、個体差が大きかった。このことから、ヒ素の吸収はヒ素の化学形のみならず、腸内細菌によるヒ素の代謝も関与することが示唆された。</p>
--	---

	を明らかにする。	
<p>II. 環境ストレスに対する影響評価の実践、応用、検証と新たな影響評価手法の開発に関する研究（主として生体影響評価研究室が担当）</p>	<p>1) 特別研究「環境化学物質の高次機能への影響を総合的に評価する <i>in vivo</i> モデルの開発と検証に関する研究」(平成 17-19 年度、2000 万円×3 年): 環境化学物質の免疫系を含む高次機能への影響を評価できる <i>in vivo</i> モデルの開発をめざし、マウスのアレルギー疾患モデルを用いて、当該物質による免疫応答の変動を検討する。</p> <p>(2) 環境省委託業務「DNA チップを用いた有害化学物質の健康影響評価手法の開発」(平成 15~19 年度、800 万円(分担金)×5 年): アレルギー疾患に対する有害化学物質の影響を検知する環境ストレス DNA チップの作成をめざし、DNA マイクロアレイを用いて、増悪影響のバイオマーカーとなる遺伝子の選定を行う。</p> <p>(3) 環境省委託業務「自動車排出ガスに起因する環境ナノ粒子の生体影響調査」(平成 16~20 年度、450 万円(分担金)×5 年): 環境ナノ粒子が免疫・アレルギー、呼吸器系に及ぼす影響を評価することを</p>	<p>1) 環境化学物質の免疫・アレルギーへの影響を簡易に評価できる <i>in vivo</i> モデルの開発・確立に成功し、数種の化学物質がアレルギー病態(喘息、皮膚炎)を増悪することを明らかにした。当初の計画を上回り、上記 <i>in vivo</i> 評価系を一部再現しうる <i>in vitro</i> 評価系の開発も行え、免疫修飾のメカニズムを一部解明できた。この成果は、急増するアレルギー疾患等現代病への環境ストレスの関与を感知できる評価系として有用であり、アレルギー制圧に貢献すると考えられた。</p> <p>(2) アレルギー疾患に対する有害化学物質の影響を予測・検知可能とする環境ストレス DNA チップの作成を検討し、簡便で安価な DNA チップの作成に成功した。従来品と比較し、より少ない遺伝子数で、効率よくアレルギー疾患に対する有害化学物質の影響を評価する上で有用であり、アレルギー疾患増悪の影響指標の探索や予防対策の確立に貢献すると考えられた。</p> <p>(3) マウス疾患モデルを用いて、ナノ粒子の健康影響を検討し、ある種のナノ粒子の曝露が免疫・アレルギー、呼吸器系に悪影響を及ぼすことを明らかにした。当初の計画を上回り、曝露チャンバーを用いた世界初のディーゼル排ガス由来ナノ粒子曝露による肺炎症への影響評価を行うことができた。この成果は、ナノ粒子の生体影響のデータベースの一部として有用であり、PM 対策・環境対策に貢献すると考えられた。</p>

<p>めざし、マウス疾患モデルを用いて、当該物質による病態パラメーターの変動を検討する。</p> <p>(4) 環境リスク研究プログラム関連プロジェクト「環境中におけるナノ粒子等の体内動態と健康影響評価に関する研究」(平成 18～22 年度、500 万円(分担金)×5 年) : ナノ粒子が免疫・アレルギー、呼吸器系、凝固・線溶系、皮膚等に及ぼす影響を評価することをめざし、マウス疾患モデルを用いて、当該物質による病態パラメーターの変動を検討する。</p> <p>(5) 文科省科研費・基盤(B)「高感受性要因に配慮したナノマテリアルの健康影響評価とメカニズムの解明に関する研究」(平成 18～20 年度、530 万円、650 万円、507 万円) : 高感受性要因に着目したナノマテリアルの健康影響を評価することをめざし、マウス疾患モデルを用いて、当該物質による病態パラメーターの修飾を検討する。</p> <p>(6) 文科省科研費・若手(B)「ナノ素材が凝固線溶系に及ぼす影響とそのメカニズムの解明に関する研究」(平成 17～18 年度、170 万円</p>	<p>(4) マウス疾患モデルを用いて、ナノ粒子等の健康影響を検討し、ある種のナノ粒子の曝露が免疫・アレルギー、呼吸器系、凝固線溶系等に悪影響を及ぼすことを明らかにした。当初の計画を上回り、曝露チャンバーを用いた世界初のディーゼル排ガス由来ナノ粒子曝露による肺炎症の増悪影響もとらえることができた。この成果は、ナノ粒子の生体影響のデータベースの一部として有用であり、PM 対策・環境対策に貢献すると考えられた。</p> <p>(5) マウス疾患モデルを用いて、ナノマテリアルの健康影響を検討し、ある種のナノマテリアルの曝露が免疫・アレルギー疾患、皮膚疾患を増悪しうることを明らかにした。当初の計画を上回り、<i>in vitro</i> 実験で増悪メカニズムも一部解明できた。この成果は、ナノマテリアルの生体影響を示唆する資料として有用であり、一般及び労働環境でのナノマテリアル対策の必要性等につながり、今後の環境対策に貢献すると考えられた。</p> <p>(6) ナノ素材の経気道曝露が血液凝固線溶系に及ぼす影響を検討し、ある種のナノ素材の曝露が凝固線溶パラメーターを攪乱しうることを明らかにした。当初の計画を上回り、<i>in vitro</i> 実験で増悪メカニズムも一部解明できた。この成果は、ナノ素材と動脈硬化をはじめとする循環器疾患との関連を示唆する根拠資料として有用であり、一般及び労働環境でのナノマテリアル対策の必要性等につなが</p>
---	--

<p>×2年): ナノ素材の曝露と血液凝固線溶系攪乱の関係を明らかにすることをめざし、マウスを用いて、当該物質の曝露による凝固線溶パラメーターの変動を調べる。</p> <p>(7) 文科省科研費・若手(B)「ナノ素材が皮膚炎に及ぼす影響とそのメカニズムの解明に関する研究」(平成18~19年度、180万円、160万円): ナノ素材曝露による皮膚炎への影響を評価することをめざし、マウス皮膚炎モデルを用いて、アレルギー存在下、非存在下におけるナノ素材の影響を検討する。</p> <p>(8) 文科省科研費・基盤(C)「ナノ素材がアレルギーに与える影響とメカニズムの解明に関する研究」(平成19~20年度、234万円、208万円): ナノ素材の経気道曝露がアレルギー疾患に及ぼす影響を評価することをめざし、マウス喘息モデルを用いて、当該物質による気道炎症、免疫応答の変化を検討する。</p> <p>(9) 奨励研究「ランゲルハンス細胞を用いた皮膚免疫に対する環境汚染物質の影響解析」(平成19年度、300万円): マウス末梢血からランゲルハンス細胞への分化培養系を確</p>	<p>り、今後の環境対策に貢献すると考えられた。</p> <p>(7) 環境中に存在するナノ素材が皮膚疾患に及ぼす影響を検討し、当該物質がアレルギー存在下、非存在下において皮膚炎を増悪することを明らかにした。この成果は、従来毒性が低いとされているナノ素材でも、皮膚の状態、あるいは曝露状況によって皮膚炎を増悪する可能性があることを示唆する知見であり、一般及び労働環境でのナノマテリアル対策の必要性等につながり、今後の環境対策に貢献すると考えられた。</p> <p>(8) ナノ素材の経気道曝露がアレルギー疾患に及ぼす影響を検討し、ある種のナノ素材がマウスのアレルギー性気道炎症を増悪しうることを明らかにした。当初の計画を上回り、<i>in vitro</i> 実験で増悪メカニズムも一部解明できた。この成果は、粒子状物質のアジュバント効果を指示する根拠資料として有用であり、一般及び労働環境でのナノマテリアル対策の必要性等につながり、今後の環境対策に貢献すると考えられた。</p> <p>(9) マウス末梢血細胞より樹状細胞への分化培養法の確立、環境化学物質であるフタル酸エステルが末梢血由来抗原提示細胞に与える影響を検討し、マウス末梢血細胞から樹状細胞への分化培養法の適正化およびフタル酸エステルが抗原提示細胞の分化・成熟化に変化をきたすことを明らかにした。この成果は、末梢血を用いることで将来的にマウスからヒトへの応用が可能であり、様々な環境化学物質がアレルギー・免疫系に与える影響を、ヒトにおいて評価することができると期待される。</p>
---	--

	<p>立し、<i>in vivo</i> で免疫毒性を示す環境化学物質が抗原提示細胞の機能に与える影響を調べる。</p> <p>(10) 環境省・環境技術開発等推進費「アトピー素因を有する高感受性集団に環境化学物質が及ぼす影響を簡易・迅速に判定する抗原提示細胞を用いた評価手法の開発」(平成19～20年度、1857万円、1910万円)：アレルギーを修飾する可能性が高い環境化学物質を簡易・迅速に判定する <i>in vitro</i> 評価系の確立を目指し、環境化学物質がアトピー素因を持つマウスの抗原提示細胞に対する修飾作用を検討する。</p> <p>(11) 文科省科研費・若手(B)「樹状細胞による環境化学物質のアレルギー増悪メカニズムの解明に関する研究」(平成20～21年度、195万円、234万円)：環境化学物質によるアレルギー増悪メカニズムの解明を目指し、当該物質がマウスの骨髄由来樹状細胞のフェノタイプや機能に対する修飾作用を検討する。</p> <p>(12) 文科省科研費・若手(B)「食品中の残留農薬曝露が若齢期のアレルギー疾患に及ぼす影響に関する研究」(平成20～21年度、234万</p>	<p>(10) <i>in vivo</i> でアレルギー増悪影響が認められた環境化学物質について、<i>in vitro</i> で、マウスの抗原提示細胞に対する修飾作用を検討し、CD86 やケモカインレセプターの発現増加など、アレルギー/アトピー反応に関連する修飾作用を示すことを明らかにした。当初の計画を上回り、<i>in vivo</i> でアレルギー増悪影響が認められないものも含む多くの環境化学物質について検討を行い、当該 <i>in vitro</i> 評価系の精度を向上させることもできた。この成果は、アトピー素因を有する高感受性集団に健康影響をきたしやすい環境化学物質の絞り込みに有用であり、それらの物質による環境健康リスクを低減するための施策に貢献すると考えられた。</p> <p>(11) フタル酸エステル等の環境化学物質がマウスの骨髄由来樹状細胞に及ぼす影響を検討し、アレルギー増悪作用を持つ物質は、骨髄由来樹状細胞の分化・成熟・活性化および機能を増加することを明らかにした。当初の計画を上回り、活性化マーカーの発現と機能の関連性や化学物質による影響の差異を明らかにすることもできた。この成果は、環境化学物質によるアレルギー修飾作用の評価に有用であり、アレルギー増悪メカニズムの解明に貢献すると考えられた。</p> <p>(12) 食品中に残留している可能性がある農薬の若齢期における経口曝露がアレルギー疾患に及ぼす影響を検討し、ある種の農薬がアレルギー性気管支喘息モデルにおいて、雌性マウスの気道炎症を増悪することを明らかにした。また、農薬の影響には、アレルギー病態や性別により相違があることが分かった。この成果は、近年若年層を中心に急増しているアレルギー疾患の原因解明や予防対策に</p>
--	---	--

<p>円、182 万円) : 食品中の残留農薬がアレルギー疾患に及ぼす影響を評価することをめざし、マウスアレルギー疾患モデルを用いて、農薬の経口曝露が及ぼす影響を検討する。</p> <p>(13) 文科省科研費・萌芽「環境化学物質による脂肪肝の増悪とその機構解明に関する研究」(平成 20～21 年度、160 万円、150 万円) : 環境化学物質が肥満に伴う脂肪肝の増悪に及ぼす影響とその機構の解明をめざし、マウス肥満モデルを用いて、当該物質を腹腔内曝露し、脂肪肝に及ぼす影響を検討する。</p> <p>(14) 民間委託「げっ歯類肺傷害モデルにおける肺機能及びサイトカイン変動と環境汚染物質の影響に関する研究」(平成 20～21 年度、総額 1411 万円) : げっ歯類の慢性閉塞性肺疾患における詳細な肺機能・炎症反応の解析と粒子状物質の影響評価をめざし、ラットとマウスの肺気腫モデルを用いて、肺機能、肺炎症、サイトカイン量等の変化を検討する。</p> <p>(15) 文科省科研費・新学術領域「東アジアにおけるエアロゾルの植物・人間系へのインパクト(エア</p>	<p>貢献すると考えられた。</p> <p>(13) 環境化学物質曝露が肥満に伴う脂肪肝に及ぼす影響を検討し、ある種の化学物質が濃度依存的に脂肪肝の病態を軽減することが明らかとなった。当初の計画を上回り、ある種の化学物質は、高脂血症や糖尿病も軽減し、その作用機構についても一部明らかにすることができた。この成果は、環境化学物質の生活習慣病への関与を示唆する知見であり、予防対策の確立に貢献すると考えられた。</p> <p>(14) ラット及びマウスの肺気腫モデルを用いて、気道過敏性を含む肺機能、肺炎症、サイトカイン量等を詳細に検討し、それらパラメーターの誘発物質(ブタ膵臓エラストラーゼ)用量依存的な増加・増強を確認し、相関性を明らかにした。併せて環境汚染物質であるディーゼル排気微粒子の同モデルへの影響についても検討し、微弱な悪影響を確認した。本バイオアッセイは、環境ストレスによる慢性炎症性呼吸器疾患への微弱な影響も感知しうる評価系として有用と考えられた。</p> <p>(15) 微小粒子・エアロゾルの含有化学物質である多環芳香族炭化水素類が、マウスの免疫担当細胞やヒト気道上皮細胞に及ぼす影響を検討し、当該物質が抗原提示細胞やリンパ球、気道上皮細胞の傷害や炎症に関わる反応を誘導することを明らかにした。当初の計画を上回り、物質によって標的と</p>
---	---

<p>ロゾルによる生体影響の評価に関する研究」(平成 20～24 年度、1326 万円×1 年、1716 万円×2 年) : 微小粒子・エアロゾルの健康影響とバイオマーカーの同定を目指し、当該物質が呼吸器・免疫系に及ぼす影響を明らかにするため、<i>in vitro</i> でマウス免疫担当細胞やヒト気道上皮細胞に対する影響を検討する。</p> <p>(16) 理事長枠「ディーゼル排気微粒子 (DEP) による脂肪肝の増悪機構に関する追加研究」(平成 20 年度、220 万円) : ディーゼル排気微粒子 (DEP) 曝露による脂肪肝増悪の作用機序の解明と早期バイオマーカーの探索を目指し、DNA マイクロアレイを用いて肝臓における網羅的に遺伝子発現変動を解析する。</p> <p>(17) 理事長枠「iPS 細胞由来心臓細胞を用いたディーゼル排気微粒子の <i>in vitro</i> 影響評価の検討」(平成 21 年度、300 万円) : マウス人工多能性肝細胞 (iPS 細胞) から心筋への分化培養系を確立し、心血管系への影響が報告されている化学物質の毒性影響を評価する。</p> <p>(18) 環境省・循環型社会形成推進科研費「廃棄物リサイクル制度展</p>	<p>なる細胞や反応性が異なることを明らかにすることもできた。この成果は、微小粒子・エアロゾルの構成成分と健康影響の相関性の解明に有用であり、健康影響を規定する要因とバイオマーカーの探索や予防対策の確立に貢献すると考えられた。</p> <p>(16) DEP の経気道曝露が肥満マウスにおける脂肪肝増悪に及ぼす影響を検討し、当該物質が脂肪肝の病態初期から肝臓における遺伝子発現に影響を及ぼすことが明らかとなった。また、DEP 曝露は、糖・脂質代謝、あるいは炎症に関わる遺伝子発現を変動させることにより、脂肪肝の病態進展に寄与している可能性を示すこともできた。この成果は、大気汚染物質曝露による肥満や関連病態の発現・進展への関与について、実験的論拠を与えるとともに、予防対策の確立に貢献すると考えられた。</p> <p>(17) マウス iPS 細胞から心筋への分化培養法を検討し、高効率で iPS 細胞から心筋に分化する培養系を樹立し、心血管系に悪影響を及ぼすことが疫学的に報告されているディーゼル排気微粒子の成分が心筋への分化に影響を及ぼすことを明らかにした。当初の計画を上回り、遺伝子発現やタンパク発現など、複数の定量的な指標を用いた毒性評価系を構築することができた。今後、iPS 細胞から心血管系以外の分化培養を行うことにより、様々な生体機能をターゲットとした <i>in vitro</i> での毒性評価系への応用も期待できる。</p> <p>(18) 代表的な室内残留化学物質である臭素系難燃剤がマウスの免疫担当細胞に及ぼす影響を検討し、当該物質が脾細胞の細胞傷害性や活性化マーカーの発現に与える影響は弱い、物質によっては</p>
--	--

<p>開の国際比較と化学物質管理の統合システム解析（室内環境の物質影響に関するスクリーニング）に関する研究」（平成 21～23 年度、450 万円×2 年）：家庭系有害廃棄物の健康リスクと有効な管理方策の確立をめざし、当該物質が呼吸器・免疫系に及ぼす影響を明らかにするため、<i>in vitro</i> でマウス免疫担当細胞やヒト気道上皮細胞の傷害や活性化に対する修飾作用を検討する。</p> <p>（19）環境省・環境研究・技術開発推進費「ディーゼル排気ナノ粒子の脳、肝、腎、生殖器への影響バイオマーカー創出・リスク評価」（平成 21 年度、2300 万円）：ディーゼル排気ナノ粒子の吸入曝露による影響を体系的に評価することをめざし、ラットおよびマウスを用いて、当該物質曝露後の各臓器への影響を検討する。</p> <p>（20）文科省科研費・基盤(B)「環境ナノ粒子が高感受性呼吸器疾患に及ぼす悪影響に関する研究」（平成 21 年度、455 万円）：環境中のナノ粒子が炎症性呼吸器疾患に及ぼす影響を評価することをめざし、マウスや培養細胞を用いて、当該粒子</p>	<p>脾細胞の増殖やサイトカイン産生を増加する傾向があること、樹状細胞への直接的な影響は弱いことを明らかにした。また、ヒト気道上皮細胞に対する影響も検討し、当該物質が炎症性サイトカインの産生を増加することを確認した。当初の計画を上回り、複数の臭素系難燃剤の影響を検討し、免疫担当細胞への直接的な影響よりも上皮細胞等を介した間接的な影響を検討する必要性があることも確認できた。この成果は、家庭系有害廃棄物の健康リスク評価に有用であり、家庭系有害廃棄物の由来、影響、制御を念頭においた管理方策の確立に貢献すると考えられた。</p> <p>（19）ディーゼル排気ナノ粒子の吸入曝露による影響を体系的に検討し、当該物質の曝露は、脳、肝、生殖器、ホルモンに影響を及ぼすことを明らかにした。この成果は、ナノ粒子の生体影響のデータベースとして有用であり、PM 対策・環境対策に貢献すると考えられた。</p> <p>（20）環境中ナノ粒子の経気道曝露が炎症性呼吸器疾患に及ぼす影響を検討し、当該物質がマウスの肺気腫を増悪することを明らかにした。この成果は、ナノ粒子の生体影響のデータベースとして有用であり、PM 対策・環境対策に貢献すると考えられた。</p>
---	---

	<p>曝露後の肺での炎症反応や細胞形態・活性等を検討する。</p> <p>(21) 環境省・環境研究総合推進費「環境化学物質による発達期の神経系ならびに免疫系への影響におけるメカニズムの解明に関する研究」(平成22～25年度、1160万円)：環境化学物質が発達期の免疫系に及ぼす影響を評価することをめざし、マウスアレルギー疾患モデルを用いて、環境化学物質の経気道曝露が及ぼす影響を検討する。また、DNAマイクロアレイを用いて、環境化学物質が免疫担当細胞の遺伝子発現に及ぼす影響について検討する。</p> <p>(22) 日本学術振興会科研費・基盤A「細胞間・細胞内ネットワークに注目した環境汚染物質によるアレルギー増悪機構の解明」(平成22～25年度、1040万円) 環境汚染物質によるアレルギー増悪影響のメカニズム解明をめざし、アトピー素因を持つマウスの免疫担当細胞を用いて、アレルギー増悪に寄与する細胞および細胞内分子とそのネットワークを系統的に解析する。</p>	<p>(21) 環境化学物質が発達期の免疫系に及ぼす影響において、ある種の環境化学物質の経気道曝露が、アレルギー性喘息マウスの肺炎を増悪することを明らかにした。また、免疫担当細胞の遺伝子発現の変化について、DNAマイクロアレイを用いて解析し、バイオマーカー候補を見出した。今後、さらに詳細な検討を進め、環境化学物質がアレルギー疾患に及ぼす影響のメカニズムの解明とスクリーニング手法を確立することにより、小児アレルギー増加との関連を優先的に調査すべき対象物質とバイオマーカーを提案し、影響の未然防止にも貢献すると考えられた。</p> <p>(22) 環境汚染物質がマウス脾細胞から分離した特定の細胞種の活性化に及ぼす影響を検討し、ある種の化学物質は脾細胞中のT細胞の活性化マーカーの発現を促進するが、単離したT細胞に対してはその作用が弱まることを明らかにした。今後、さらに詳細な検討を進めて種々の環境汚染物質の標的細胞を特定することにより、環境汚染物質の影響に寄与する細胞間・細胞内ネットワークを明らかにし、アレルギーの増悪を規定する要因や予防対策の確立に貢献すると考えられた。</p>
--	--	--

<p>Ⅲ. 環境ストレスの体系的、総合的影響評価に関する研究（主として総合影響評価研究室、主席研究員（室）が担当）</p>	<p>（１）特別研究「都市大気環境中における微小粒子・二次生成物質の影響評価と予測」（平成 18-20 年度）：沿道歩行中の曝露実態調査を実施し、短時間高濃度曝露の評価手法を検討する（分担課題約 100 万円×3 年）。</p> <p>（２）環境省（水・大気環境局）「微小粒子状物質等曝露影響調査」（平成 12-19 年度）：PM2.5 環境基準設定に向けて、全国での曝露実態調査の実施などを通じて情報を収集整理する。</p> <p>（３）環境省（環境保健部）「局地的大気汚染による健康影響に関する疫学調査（そらプロジェクト）（平成 17～22 年度）」：学童コホート調査の実施、並びに小児症例対照調査の計画・実施に関する各種検討会に全面的協力を行なう。</p> <p>（４）環境省（地球環境局）推進費「健康面からみた温暖化の危険性水準情報の高度化に関する研究」（平成 17-21 年度）：温暖化に伴うオゾン濃度上昇による死亡リスクの推定並びに温暖化と熱中症・熱ストレスに関する影響関数を作成し、リスクマップ作成手法</p>	<p>（１）当初の計画通り、サブテーマ「都市環境における大気汚染高レベル曝露と健康影響予測」に関連して、東京都内で一般住民の幹線道路沿道歩行中の自動車排ガスへの高曝露実態解明の予備調査を実施し、ナノ粒子、NOx などの高濃度曝露状況の抽出、曝露調査手法の提案を行った。</p> <p>（２）当初の計画通り、各種調査業務へ参画・協力を行った。特に全国 7 地区における微小粒子状物質の家屋内外濃度および個人曝露濃度の調査研究は、一般大気測定局データを健康影響を評価する疫学的指標として採用することの妥当性を検証し、その後の「局地的大気汚染による健康影響に関する疫学調査（そらプロジェクト）」における曝露濃度推定における科学的根拠を提供した。</p> <p>（３）当初の計画通り、自動車排気由来の大気汚染影響を評価する学童コホート調査、小児症例対照調査、成人調査などの計画・実施に関する各種検討会に全面的協力を行ない、最終報告の作成に貢献した。</p> <p>（４）当初の計画通り、温暖化と熱中症・熱ストレスに及ぼす影響、温暖化に伴う大気汚染のリスクに関する感度関数の構築を行った。熱中症については、病院を対象とした熱中症患者実態調査に基づき救急搬送患者を基に熱中症の温度・影響関数を作成し、14 政令市で救急搬送患者数の 2.2 倍であることなどを明らかにした。また、属性別にみると、男性（>女性）、高齢者、中高生の発生率が高いことを明らかにした。大気汚染への影響については、気候変動に伴う光化学オキシダントの増加分について RCM20 を用いて、国内 5 地域について 2031～50 年、2081 年～2100 年の夏季の推定をし、これに対する過剰死亡を推定した。関東地域では北西部で将来も高濃度出現頻度が高く、ほぼ関東全</p>
---	--	---

	<p>を検討する（分担課題約 1000 万×5 年）。</p> <p>（5）環境省（水・大気環境局）「熱中症予防情報提供並びに暑熱環境観測ネットワークの構築と観測実況値提供システムの開発業務」（平成 17-22 年度）：熱中症予防情報提供システム（HP）の構築と WBGT 観測、及び全国規模での暑熱環境観測ネットワークの在り方について検討する。</p> <p>（6）環日本海都市の多環芳香族炭化水素／ニトロ多環芳香族炭化水素の発生と曝露の国際比較（平成 18～20 年度、1000 万円×3 年）：大気汚染が顕在化する環日本海諸国に焦点を合わせ、浮遊粒子状物質（SPM）中の多環芳香族炭化水素（PAH）及びニトロ多環芳香族炭化水素（NPAH）の濃度と組成を分析し、エネルギーと交通事情の違いと寄与について解析する。さらに、尿を用いた PAH/NPAH 曝露量測定法を検討する。</p> <p>（7）日本と中国における自動車排出ガスの健康影響の国際比較に関する疫学研究（平成 20～22 年度、</p>	<p>域でオゾン濃度が上昇するという結果が得られた。その他、関西、東海では、2031～2050 年のほうが 2081 年～2100 年がより増加傾向が大きいという結果になった。オゾン濃度による過剰死亡リスクを推定し、リスクマップを作成したが、低濃度域では閾値の存在が考えられたため、これを考慮した検討も行った。これらの成果は、温暖化への適応策を検討することにも貢献する。</p> <p>（5）当初の計画通り、熱中症予防を目的に、予防情報の提供、全国 6 箇所での WBGT 温度観測システムの構築、熱中症患者速報、からなる熱中症予防情報提供システム（HP、携帯サイト）の運用を平成 17 年 7 月より開始し、毎年初夏から熱中症予防に対する警鐘を発信した。この HP へのアクセス数は毎年 200 万件近く（平成 19 年度は 237 万件）に及び、マスコミ等での照会や引用も多く、有効に活用されている。なお、平成 21 年度からは、担当研究室を環境疫学研究室に移動した。</p> <p>（6）当初の計画通り、中国（上海、瀋陽）および金沢などにおいて浮遊粒子状物質（SPM）を定期的に捕集し、SPM 中の多環芳香族炭化水素（PAH）及びニトロ多環芳香族炭化水素（NPAH）濃度と組成を分析し、組成の違いから季節的なエネルギー（暖房）と交通事情の違いと寄与について明らかにした。さらに、上海、瀋陽では小学生の尿を収集し、金沢大学において PAH/NPAH の代謝物を分析することにより曝露量測定法の精緻化を行った。</p> <p>（7）当初の計画通り、日本（東京）と中国（北京、武漢）で自動車交通量の多い幹線道路周辺で生活する人を対象に、家屋内外の PM2.5 濃度など大気汚染物質への曝露評価と肺機能検査を各季節に繰り返して実施した。特に北京では 2008 年のオリンピック期間における大幅な大気汚染状況の改善を</p>
--	---	--

	<p>700 万円×3 年)：日本と中国で自動車交通量の多い幹線道路周辺で生活する人を対象に、大気汚染物質への曝露評価と肺機能検査を各季節に繰り返して実施して大気汚染物質への曝露実態を解明するとともに、大気汚染物質が高齢者の呼吸器系に及ぼす影響を検討した。</p> <p>(8) 特別研究「胚様体を用いた発生分化毒性学に最適化したマトリックスの開発に関する研究」ES 細胞から神経組織に分化誘導させる最適なマトリックスを開発し、毒性評価系として利用できるようにする。</p> <p>(9) 環境省委託研究「人工組織ナノデバイスセンサー複合体を活用した多角的健康影響評価システムの開発に関する研究」バイオモニタリングに応用可能な健康影響評価システムを、バイオナノ協調体を用いて構築する。</p>	<p>我々の測定でも確認した。また、その他の時期においては、大気汚染が北京在住の健常高齢者の肺機能に影響していることを明らかにした。引き続き武漢市において、健常大学生における調査を継続中である。武漢では PM2.5 濃度について屋外と屋内との高い相関が確認でき、炭素成分濃度の季節変化についても把握した。肺機能検査結果と併せた影響評価を検討中である。</p> <p>(8) マウス ES 細胞から作成した胚様体を用いて、神経組織への分化誘導を劇的に促進するマトリックスを創製した。毒性研究への応用を想定し、ES 細胞から胚様体を経ずに直接神経組織に分化誘導する培養系を、引き続き検討する。</p> <p>(9) 表面弾性波 (SAW) を利用したナノデバイスセンサー上に、上皮組織を再構築し、両者が機能統合したバイオナノ協調体を開発した。性能の高感度化と安定性を目指し、櫛形電極の設計を改良した。また、SAW チップを収納する微小流体デバイスを試作した。</p>
<p>IV. 環境ストレスに対する疫学的影響評価に関する研究 (主として環境疫学研究室が担当)</p>	<p>(1) 所内特別研究「都市環境における大気汚染高レベル曝露と健康影響予測」(平成 18-20 年度)：「都市大気環境中における微小粒子・二次生成物質の影響評価と予測」のサブテーマに関連して、粒子状</p>	<p>(1) 全国 20 地域全体の結果を統合したところ、日死亡との関連性は微小粒子成分により異なっており、特に、呼吸器疾患による死亡と硫酸塩濃度との関連が大きかった。一方、循環器疾患による死亡とは、各種成分濃度との有意な関連はみられなかった。この 20 地域における日死亡と微小粒子状物質濃度との関連性に関する知見は H21 年度 9 月に告示された微小粒子状物質の大気環境基準の検討において重要な知見として取り上げられたものであり、その成果を成分別の健康影響の観点からさらに検討を加えた。</p>

	<p>物質の健康影響の不均一性と成分別濃度との関連性を検討するために、全国 20 地域において大気中粒子生成モデルを用いて推定した PM2.5 の主要成分濃度を用いて、その経日変動と日死亡率変化の関係を検討する。</p> <p>(2) 環境省委託業務「微小粒子状物質等曝露影響調査」(平成 13～18 年度、総額 6,700 万円):PM2.5 の健康リスク評価のための最も基盤となる知見を提供し、大気環境行政の展開において重要な資料とするために環境省(水・大気環境局)が実施したにおける各種疫学調査研究のデータの取りまとめを行い、疫学的な解析を実施した。</p> <p>(3) 環境省委託業務「局地的大気汚染による健康影響に関する疫学調査」(平成 17～21 年度、総額 2997 万円):環境省(環境保健部)が実施している「局地的大気汚染による健康影響に関する疫学調査(そらプロジェクト)」の円滑な実施のためのバーチャル組織である疫学調査オフィスの運営・管理を行うと共に、調査対象者から継続的な協力を得られるような各種調</p>	<p>(2) 微小粒子状物質等曝露影響調査報告書は平成 19 年度に公表された。このうち、呼吸器症状に関する長期影響および日死亡や医療機関への受診などとの関連性に関する短期影響の解析や調査結果の取りまとめについて中心的な役割を果たした。その成果は平成 21 年 9 月に公示された微小粒子状物質の環境基準設定において、その科学的根拠を与える知見の一つとなった。これらの成果については逐次学術雑誌に投稿し、数編の論文として公表された。</p> <p>(3) 環境省そらプロジェクトの学童コホート調査は平成 17 年度から毎年全国の小学校で健康調査を実施してきたが、調査対象者の同意率を確保するためにパンフレット及びポスターを作成・配布、保護者等からの電話による問い合わせに対する対応、協力小学校に対する説明などを継続して行い、調査目標達成のために十分と考えられる同意率が得られた。</p>
--	--	---

	<p>査業務を実施した。また、詳細な曝露評価モデルを用いた曝露量推計を行った。</p> <p>(4) 文部科学省科研費若手研究(B)「生活の質(QOL)に影響を及ぼす環境因子に関する研究(平成17~18年度、120万円×2年): 全国から無作為抽出した成人約3000人を対象に(健康関連QOLの代表的指標であるSF-36と大気汚染濃度との関連性を検討する。</p> <p>(5) 所内奨励研究「急性冠症候群発症リスクにおける環境因子と個人レベルの修飾因子に関する疫学的検討」(平成20~21年度、総額212万円): 大気汚染物質や気象条件が血管疾患発症に与える影響についてこれまで多くの疫学研究が実施されてきた。これらの影響を修飾する因子を検索するために、茨城県内の主要病院における急性冠症候群発症に関するデータを用いて検討した。</p> <p>(6) 環境省環境技術開発等推進費「大気中粒子状物質等が循環器疾患発症・死亡に及ぼす影響に関する疫学研究」(平成20~21年度、689万円、670万円): 我が国にお</p>	<p>(4) 全国から無作為抽出した成人約3000人を対象に健康関連QOLの代表的指標であるSF-36と大気汚染濃度との関連性を検討し、光化学オキシダント濃度といくつかのQOL指標との間の関連性を見いだした。この研究成果は欧文誌に発表した。</p> <p>(5) 急性冠症候群による入院と大気汚染物質との関連性を検討した結果、浮遊粒子状物質やオキシダントとの正の関連が認められた。気温と負の関連が認められた。また、性、年齢、既往疾患の有無などにより、大気汚染物質による影響が修飾される可能性があることを見いだした。</p> <p>(6) 既存の循環器疾患コホート調査データならびに特定地域での循環器疾患発症・死亡データと新たに構築する大気汚染物質曝露データベースを結合して疫学的な解析を行った。これらの成果の一部は平成21年9月に公示された微小粒子状物質の環境基準設定にかける中央環境審議会専門委員会に参考資料として提出され、微小粒子状物質の健康影響評価において我が国と欧米諸国との相違点、類似点を議論する際の重要な知見となった。</p>
--	--	---

	<p>ける微小粒子状物質が循環器疾患に及ぼす影響に関する疫学知見を得るために、既存の循環器疾患コホート調査データならびに特定地域での循環器疾患発症・死亡データと新たに構築する大気汚染物質曝露データベースを結合して、疫学的な解析を行なう。</p> <p>(7) 文部科学省科学研究費補助金新学術領域(公募研究)(平成21～22年度、187万円、270万円)「黄砂エアロゾルが救急外来受診に及ぼす影響の疫学的検討」:黄砂の救急外来受診に対する急性影響を評価するために、黄砂飛来日と非飛来日におけるSPM濃度と救急外来受診との関連性を検討する。さらには、救急受診の原因疾患別の検討により、各疾患に対する影響評価も行う。</p> <p>(8) 民間受託費(平成22年度、500万円)「20都市研究(微小粒子状物質暴露影響調査)の拡張解析に関する業務」:</p>	<p>(7) 黄砂の救急外来受診に対する急性影響を評価するために、複数の曝露指標を用い、黄砂飛来日と非飛来日における救急外来受診との関連性を検討し、黄砂日には救急搬送リスクが上昇することを見出した。さらには、救急受診の原因疾患別の検討を実施し、各疾患に対する黄砂の影響の大きさが異なることを見出した。</p> <p>(8) 微小粒子状物質およびガス状汚染物質の健康影響を評価するために、環境省が実施した「微小粒子状物質等曝露影響調査」について、調査期間を延長した再解析を行い、それらの結果を取りまとめた。</p>
--	--	--

4. 大気圏環境研究

研究の概要

気候変動やオゾン層破壊問題、越境広域大気汚染、更には都市における大気環境問題など、地球規模から局所的な大気環境に係る課題について、2つの重点プログラム（温暖化研究プログラム、アジア自然共生研究プログラム）や他研究領域ならびに外部研究機関とも連携しつつ研究を進めた。特に、エアロゾルの物理化学的な性状の識別と時空間分布の観測を可能にする高スペクトル分解ライダーの開発、O₂/N₂比の観測などに基づく全球的な炭素収支や地域スケールでの温室効果気体の発生源推定、数値モデルを用いた地球環境（気候変動やオゾン層破壊）の将来予測と環境問題間の相互作用ならびに過去の環境変化の検出と変化要因の推定、対策立案などの視野に入れた将来予測などにおける不確実性評価、有機化合物の多成分同時リアルタイム分析法の開発と自動車排気ガス中の有害有機物質の排出特性の計測への応用、などの研究を推進した。

構成するプロジェクト・活動等	研究成果目標	研究成果の概要
「オゾン層変動の再現性と将来予測精度の評価に関する研究」	<ul style="list-style-type: none"> • CFCなどのオゾン層破壊物質の規制によるオゾン層の将来変動予測を行う。 • 今後のCO₂の増加がオゾン層の長期変化に及ぼす影響を評価する。 • オゾン層将来予測に用いる数値モデルによるこれまでの成層圏の変化の再現性を評価する。 • 成層圏オゾン層破壊が対流圏の気候変動に及ぼす可能性を評価する。 • 極域でのオゾン層破壊と関連する極成層圏雲の生成機構やオゾン分解に及ぼす影響を明らかに 	<ul style="list-style-type: none"> • 極域オゾン層破壊の予測精度の向上で不可欠となる極成層圏雲（PSC）生成ならびにPSC上での不均一反応の影響について、ILAS-II衛星観測データの解析から、PSCのタイプ識別と粒径分布情報を引き出す事に成功した。 • ILAS/ILAS-IIデータを利用した、PSCによる可逆的な窒素酸化物の吸収と放出、塩素系のリザーバー分子間の分配と不均一反応の影響に関する解析も行い、極域オゾン層破壊におけるPSCの役割を明らかにした。 • 赤外吸収分光法を用いたPSCのタイプ識別手法を地上からのFTIR観測にも応用し、南極成層圏で出現するPSCのタイプ識別と気象要素との比較を行い、PSCタイプ識別手法が有効であることを確かめた。 • バックグラウンドに落ち着いた成層圏エアロゾルの光学的に見た濃度（extinction）の季節変動を解析した結果、亜熱帯に対応する緯度で北半球と南半球に特徴の違い—南半球では、成層圏の中部（30km）付近の季節変動が有意に大きいものに対し、北半球では下部成層圏／上部対流圏での変動が大きい—があることを見出した。南半球の有意な変動は子午面循環の季節変動に対応するもので、北半球の下部成層圏／上部対流圏のものは、水平方向の拡散が効いていることが分かった。 • 成層圏化学気候モデル（CCM）を用いた長期のオゾン層変動の数値実験を実施、オゾン層破壊物

	<p>する。</p>	<p>質ならびにCO₂などの温室効果気体の今後の排出シナリオの基で行われた数値実験からは、オゾン層破壊が最も顕著な南極オゾンホールについて、21世紀初頭は大規模なオゾンホールの出現が繰り返されるが、2020年以降になるとオゾンホールの縮小傾向が認められるものと期待される結果を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ オゾンホールが小規模に留まった2002年のケースに対応する事例を、CCMを用いた長期積分実験でも捉え、大規模なオゾンホールが繰り返される時期においても、成層圏の気象条件などにより、オゾンホール規模が極めて限定的なサイズに留まるケースが存在し得る可能性とその要因分析がなされた。 ・ 南極極渦崩壊時期の高度依存性や特定高度での極渦の持続時期が1980-2000年の期間で長期化する観測結果を、CCMを用いた過去再現実験が良く再現している事を確かめた。また成層圏気温の長期変化についても、CCMは観測結果を十分に再現する事が確かめた。 ・ CCMを用いて、今後のCO₂の増加の有無が成層圏オゾン層の回復時期に及ぼす影響についての数値実験を行い、南極オゾンホールをはじめとする中・高緯度でのオゾン層の回復時期がCO₂の増加によって早まる傾向にあることを見出した。これは成層圏CO₂の増加による成層圏の低温化がオゾン生成速度の加速を促した結果として説明できる事が分かった。 ・ CCMによるオゾン層回復時期に対するCO₂増加の影響の内、低緯度域のオゾン層については、上部成層圏でのオゾン生成の加速と対流圏界面高度の上昇による下部成層圏での実質的なオゾン量の減少が競合する結果、低緯度域でのオゾン全量の長期変化は他の緯度帯での振る舞いと様相を事にする可能性が高い事を明らかにした。 ・ 北半球の中緯度の下部成層圏でのオゾンの増加が対流圏での気温の低下をもたらす可能性を観測データならびにCCM数値実験から見出した。これは、成層圏オゾンの増加による対流圏からの波動の吸収の増加に起因する力学的な要因で引き起こされている可能性が高いことを見出した。 ・ CCMを用いた数値実験と今後のオゾンホールの縮小を考慮に入れない気候モデルとの比較から、オゾンホールの縮小が、南極大陸近傍の偏西風の風速を減速する方向に働き、結果として南極大陸への熱輸送に影響を及ぼす可能性があることを見出した。 ・ 成層圏化学気候モデル（CCM）を用いて太陽活動11年周期と成層圏内のオゾン分布の変化の影響を調べ、太陽活動の活発化の直接的な影響（上部成層圏でのオゾンの増加と高温化）に加え、大気の循環への影響を介した赤道下部成層圏域でのオゾン量の増加と高温偏差の存在を明らかに
--	------------	--

		<p>した。</p> <ul style="list-style-type: none"> • IPCCのアセスメントレポート（AR4）で用いた大循環モデルをベースにした新たな化学気候モデルを開発した。これまでのCCMにおいて存在していた、熱帯対流圏界面近傍での低温バイアスの存在ならびに上部成層圏でのオゾン濃度の過大評価の改善を調べた結果、新たなCCMでは、放射コードの改良などにより、低温バイアスが改良されたことが確認された。その結果、成層圏水蒸気量の過小評価が改善され、オゾン分解に対するHO_xオゾン分解サイクルの寄与がこれまでに比べて適切に評価されるようになり、上部成層圏でのオゾン濃度の過大評価についても十分に抑えることが可能になった。 • 極域でのオゾン層破壊として、北極域でのオゾン層破壊に関する観測を欧州の研究グループと協力して進めた結果、2010年冬／2011年春に北極域で大規模なオゾン層破壊が進行していることを明らかにした。これは、今冬の北極圏上空で異常低温が継続していることが原因であり、今冬初めから3月下旬までの北極上空におけるオゾン全量の破壊量は40%に達し、過去最大の破壊量であることを見出した。
<p>能動型と受動型リモートセンサーの複合利用による大気汚染エアロゾルと雲の気候影響研究</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 東アジア域に展開するライダーネットワークから種別ごとのエアロゾルの空間分布情報を抽出する。 • ライダーデータを活用したエアロゾルの種別判別手法の高度化を図る（エアロゾル導出アルゴリズムの高度化）。 • 吸収性エアロゾルの鉛直分布の導出を可能にする観測システムを構築する。 • 次世代のライダーシステムの構築に向けたライダーシステムの高度化を推進する。 	<ul style="list-style-type: none"> • エアロゾル高度分布の自動観測可能な連続観測小型ライダーを用いた黄砂ネットワークを日・中・韓・モンゴル・タイなどに展開、（一部の中国国内のいくつかの観測点を除き）観測データをインターネット経由でリアルタイムに国立環境研に転送し、一括処理するシステムを構築した。 • ライダー観測データからエアロゾルを種別に選別するためのデータ解析手法の開発として、偏光特性を識別因子として2種類のエアロゾル分布（球形の小粒子+ダスト）または（球形の小粒子+海塩粒子）の高度分布を推定する手法を確立した。 • 2波長偏光ライダーを活用したエアロゾル導出手法の高度化として、ダストの非球形散乱効果を考慮したダスト光学特性値の計算を実施、その結果を活用した全3チャンネルの測定データによる波長・偏光特性を同時活用したエアロゾルの鉛直分布の同時抽出プログラムを作成した。導出された3種エアロゾル（ダスト・海塩粒子・水溶性粒子）の532nmでの消散係数の鉛直分布を数値実験や実測値（スカイラジオメータのデータ）との比較からその精度検証を実施、良好な結果を得た。 • ライダーと分光放射計（直達分光放射計ならびに全天分光放射計）によって得られるデータからエアロゾルの物理量を推定するためのアルゴリズムを開発した。実測データに適用し、ダスト、煤、水溶性粒子の高度分布を抽出した。

		<ul style="list-style-type: none"> ・ ラマンチャンネルを付加したライダーシステムを開発した。ラマンチャンネルが加わる事により、煤の様な吸収性のエアロゾルの分布を抽出する事が可能となった。開発したライダーシステムを北京での通年観測に応用し、ライダー観測をもとに北京のエアロゾル分布が季節ごとに異なる特徴があることを確かめた。また東アジアに展開中のライダーネットワークの内の主要な5地点のライダーについてラマン散乱受信系の設置を行った。 ・ 次世代のライダーシステム構築の第一歩として、ヨウ素セルを用いた532nmの高スペクトル分解ライダー開発に取り組み、2波長の後方散乱データとレイリー散乱信号を活用した、3チャンネルライダーを開発した。得られた3チャンネルのライダー信号の解析から、ダストと水溶性粒子に加え、吸収性の粒子（煤）の情報を同時抽出するためのプログラムを作成し、3種類の粒子の鉛直分布の抽出を可能にした。 ・ 多波長多チャンネルライダーの開発として、532nmならびに355nmレーザーを用いた高スペクトル分解ライダーの開発を進め、532nmではヨウ素吸収セルを、355nmではエタロンを用いた高いスペクトル分解能でのライダーの開発に実験室レベルで成功、532nmライダーについては、実大気での実証試験を実施した。532nmと355nmの高スペクトル分解ライダーを組み合わせることで、7チャンネルのライダーデータを取得出来ることになり、その結果、ダスト、水溶性粒子、ブラックカーボン、そして海塩粒子の濃度を推定できる。更に、ダスト、水溶性粒子、海塩粒子の大きさ（粒径）も推定できる。
<p>「現在の大気環境の把握や過去からの大気環境の変動の理解」</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全球的な炭素収支に関する新たな推定手法として、酸素濃度の変化を利用した推定法を確立する。 ・ 酸素濃度の短時間変動の観測を可能にし、海洋での生物生産性の推定や地域スケールでのCO₂などの温室効果気体の発生源推定に応用する。 ・ 反応性の有機化合物の動態解明を目指した多成分リアルタイム 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地球環境センター（CGER）のモニタリングの一環として、日本-オセアニア間を航行する貨物船に大気中の酸素濃度（O₂/N₂比）測定装置を設置し、西部太平洋域における酸素濃度の連続測定を可能にした。 ・ 日本-オセアニア間を定期運航する貨物船を用いた酸素/窒素比の観測を継続するとともに、観測データの解析を行った。観測データをもとに、大気-海洋間の二酸化炭素ならびに酸素の交換を反映するトレーサーである大気ポテンシャル濃度（APO）の緯度分布ならびにその経年変化を調べた結果、年平均のAPOの緯度分布は赤道付近にピークを持ち、北半球中緯度付近に極小値を持つような分布を示すことが分かった。数値モデルとの比較から、赤道付近でのピークは海洋の酸素ならびに二酸化炭素のフラックスの緯度分布を反映していることが分かった。一方、北半球中緯度域でのAPOの極小の存在はモデルでは再現できておらず、同緯度帯付近に酸素または二酸化炭素の相対的な吸収が存在している可能性が示唆された。

	<p>計測手法を確立する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 過去の気候変動（特に気温の変化）に対する人間活動の影響を評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> CGERのモニタリングステーションである波照間・落石岬でのO₂/N₂比モニタリングならびに貨物船を用いて採取した大気試料からのO₂/N₂比のモニタリングデータと同時に観測されたCO₂濃度から、地球規模でのCO₂の吸収源強度を定量的に示し、1999年から2008年の9年間に大気中に放出された化石燃料起源のCO₂についての年平均の吸収量として、海洋が1.9~2.3 PgC/yr、陸域生物圏が0.9~1.4 PgC/yrと推定された。 短い時間スケールでのO₂/N₂比を測定可能な計測装置を開発した。開発した装置はO₂/N₂比を10分おきに分析可能であり、また測定精度は1時間値に対して6 per meg（1.2ppmに相当）であることを確かめた。これにより短時間スケールでのO₂/N₂比の変動が十分に追跡可能である事を確かめた。開発した装置を落石ステーションに設置し、O₂/N₂比の現場連続観測を実施、その観測データの解析から海洋における生物一次生産性に関する知見が得られた。 波照間島における大気モニタリングデータを用いて、1996年から2007年における冬季6カ月（11月から4月）の大気中CO₂およびCH₄濃度の日平均値の解析から、シノプティックスケールの変動成分を取り出し、毎年の変動量（標準偏差）の年々変化を調べた。その結果、CO₂およびCH₄の変動量の比に着目すると、1996~2002年にゆっくりと増加し、2002年以降の急激に増加することが分かった。この変化傾向はCDIACによって推定された中国における化石燃料起源のCO₂放出量の変化傾向とよい一致を示した。 波照間島でしばしば観測される汚染イベント時（CO₂やCOの大気中濃度が上昇しO₂濃度が減少する）のCO₂に対するO₂およびCOの大気中濃度の変動比（$\Delta O_2/\Delta CO_2$比および$\Delta CO/\Delta CO_2$比）を解析したところ、$\Delta O_2/\Delta CO_2$比および$\Delta CO/\Delta CO_2$比の間には正の相関関係が見られた。また、6日間の後方流跡線解析を行って汚染イベントのエアマス起源を国別（中国・韓国・日本）に分類し、汚染起源と$\Delta O_2/\Delta CO_2$比および$\Delta CO/\Delta CO_2$比との関係を明らかにした。 一次排出される揮発性有機化合物（VOC）およびその大気反応生成物の実時間計測を目標に陽子移動反応—飛行時間質量分析装置（PTR-TOFMS）を開発した。芳香族炭化水素類やVOCの光化学反応の代表的な生成であるアルデヒド類の検出の選択性やその感度を調べた。また最も代表的なアルデヒドであるホルムアルデヒドの実大気中での実時間計測が可能である事を示した。 PTR-MS法において、陽子移動反応を利用して一次イオンであるH₃O⁺を一旦別の有機化合物をイオン化させ、生成した陽子付着した有機イオン新たな一次イオンに用いる二段式PTRイオン化法を開発した。その結果、H₃O⁺イオンを一次イオンに用いてきた従来のPTR-MS法では分離が不可
--	---	---

		<p>能であった同一質量数を持つ異性体を区別して測定する事を可能にした。</p> <ul style="list-style-type: none"> 海水中の微量成分を連続的に気相抽出できる平衡器とプロトン移動反応質量分析計を組み合わせた溶存揮発性有機化合物の連続定量法を開発し、2008年夏に西部北太平洋亜寒帯で行なわれた研究航海での観測に応用した。連続定量測定から、従来見逃されていたと思われる小さい空間スケールにおける硫化ジメチルや揮発性有機化合物の濃度変動の存在を明らかにした。 大気海洋結合モデルを用いて過去の気候変動に対して、太陽活動、火山活動、人間活動に伴う温室効果気体の放出ならびにエアロゾル量の変化、に対する気候応答の感度試験を行った。特に人為起源の炭素性エアロゾルの影響評価からは、従来の気候モデル実験では考慮されてこなかったプロセスが観測された気温上昇に対する各要因の寄与率推定に大きく影響する可能性がある事を示した。 雪氷の融解などにより、地球温暖化のシグナルが強く現れると考えられているものの、人間活動により温暖化が引き起こされているかについて十分に示されてこなかった北極や南極などの高緯度地域における温暖化について、最新の陸上気温の観測データと複数の気候モデルシミュレーション結果を用いた解析を進め、北極および南極の温暖化が人間活動により引き起こされていることを示した。
<p>「将来の大気環境変化の推定と大気環境変化の予兆の検出」</p>	<ul style="list-style-type: none"> 過去の観測データに見られる気候の変化に対し、変化を引き起こした要因分析を行うための手法を開発し、過去の気候変化(特に降水量の変化)の要因分析を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 領域規模での気候変化シグナルの検出として、米国西部(乾燥地域であり今なお成長を続ける人口密集地域)における水循環に見られる明瞭な変化の中から気候変化シグナルの検出を、大気海洋結合モデルを用いた数値実験を通して試みた。その結果、過去50年間の河川流量や冬季気温、積雪量の長期変化が主として人間活動に起因する事が分かった。 熱帯北アフリカ領域の夏季陸域降水量に関する観測データから過去約100年間に平均の降水量に明瞭な減少トレンドがあることが知られているが、気候モデル(MIROC)を用いた20世紀再現実験においても、数値モデルが降水量の減少トレンドを再現していること、また年々変動幅も観測の変動幅をほぼ再現されていることを明らかにした。更に気候変動要因の切り分け実験を行った結果、熱帯北アフリカ域の夏季降水トレンドが自然強制力(太陽活動や火山噴火)では説明できず、人為的な強制力の変化(温室効果ガス、対流圏オゾン、人為エアロゾル)に起因している事を明らかにした。 観測データの解析から過去約100年間に減少トレンドの存在が指摘されている熱帯北アフリカ領域の夏季陸域降水量について、温室効果ガスならびに人為エアロゾルの変化が力学的効果ならび

		<p>に熱力学的効果を通して降水量の長期変化に及ぼす影響の寄与評価を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> 異なる気候感度を持つ大気海洋結合モデルを用いて、気候感度に不確実性をもたらす要因を調べた。その結果、高い気候感度を持つモデルでも低い気候感度を持つモデル間で、対流圏調節放射強制力に有意な差は認められず、気候感度の差は長波+短波のフィードバックの違いが影響を及ぼしていることを見出した
<p>「大気環境アセスメントや大気環境の改善に資する手法開発ならびに基礎データの蓄積」</p>	<ul style="list-style-type: none"> 沿道域での大気汚染物質の拡散を推定するための簡便な大気汚染予測モデルを開発する。 健康影響が懸念される有害物質の排出源の特定と排出強度見積もりを行うための手法を開発する。 大気微粒子の発生量推定に必要な基礎データを蓄積する。 地球環境問題（地球温暖化など）の適応策・緩和策などの立案で必要となる気候変化の推定手法の妥当性や問題点を明らかにする。 都市域での大気汚染物質のきめ細かな監視を可能にするための小型環境監視装置を開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> 健康影響が懸念されるニトロ有機化合物について、PTR-MS法を用いてディーゼル車の排気ガス中のニトロ有機化合物の検出を試みた。その結果、シャーシダイナモを用いた走行試験中の排気ガス中に、ニトロメタンやニトロフェノール類が存在していることを見出した。 ディーゼル排気ガス中のニトロ化合物のリアルタイム計測について、シャーシダイナモを用いた走行時の各種ガス成分—特に代表的なニトロ化合物であるニトロメタンとニトロフェノール—について、他の放出物質との相関を調べた結果、ニトロメタンでは、CO、ベンゼン、アセトンの放出と相関があることを、またニトロフェノールではアセトニトリルやフェノールなどの放出と緩やかな相関があることを見出し、2種類のニトロ有機化合物の生成機構が異なっている可能性があることを見出した 複雑街区に対応可能でかつ簡便な大気汚染予測モデルの開発として、渦拡散係数を使用した数値モデルの開発を行った。都市キャノピー内の渦拡散係数は風洞実験を基に建蔽率や建物高さ・幅の関数として決定、建物高さ以上では風速スペクトルを利用した渦拡散係数の見積りを行った。両者を組み合わせたモデルを開発し、一様街区に応用、過去の野外観測や風洞実験との比較から予測モデルの検証を行った。 都市の高層・高密度化による風速の低下と温熱環境や空気環境悪化との関連性やその改善のために、風の道を考慮した街づくりへの指針が必要である。そこで道路空間の通風換気指標の決定や英学調査との連携を念頭に、単純形状模型ならびに実市街地模型を用いた大気大型風洞実験を実施した。その中で、ストリートキャニオン内の3次元的な通風経路の形成と建物の高さや配置との関連を明らかにした。その例として、道路沿いの建物高さを変化させることにより、道路内部の大気汚染濃度の低下がもたらされることなどを実験的に示した。 植物起源の揮発性有機化合物（VOC）の大気反応による二次的なエアロゾル生成について、その生成収率やエアロゾル成分の反応条件依存性について調べた。その結果、放出量が最も大きいイソプレンの酸化反応によるエアロゾル生成において、非NOx存在下でのOHラジカルによる酸化

		<p>反応系でエアロゾル生成収率が 10%程度に達することを見出した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 都市域での代表的な人為起源 VOC の一つである芳香族炭化水素の光酸化反応からの有機エアロゾル生成が紫外線の強度や波長分布の変化によって影響を受け、紫外線強度の増大や UV-B 領域での紫外線量の増加によりエアロゾルの生成量が大きく増加することを見出した。 個人、家庭などのレベルでの大気汚染の把握を可能にするための小型環境監視装置の開発として、化学センサ類（エアロゾル、オゾン、NO₂、VOCセンサなど）の開発を行い、都市域の様々な場所に設置可能な各種センサがプラグインされたセンサボックスのプロトタイプを作成した。 将来の気候変化（例えば降水量変化）に対する適応策や緩和策の立案と評価では、温室効果気体等についての様々な排出シナリオを想定し、その時の気候変化を推定する手法（例えばパターンスケーリング）がとられているが、その推定手法の妥当性について、気候変動予測に用いられた多くの気候モデルの数値実験結果を解析した結果、特にエアロゾルの排出シナリオに依存した誤差が生じる事を明らかにした 地域スケールでの大気質の変化が日本国内の大気質に及ぼす影響の例として、アジア自然共生研究グループと共同で、2011年2月上旬に西日本域で継続的に観測された視程低下（煙霧の発生）について、ライダーネットワークのデータ、全国の大気常時監視局での浮遊粒子状物質濃度や光化学オキシダント量の測定結果ならびに大気輸送モデルの解析から、その主因は大陸からの人為起源粒子の越境輸送によると考えられること、冬季であるにも関わらず、越境汚染による光化学スモッグも影響していた可能性が高いことを見出した。
--	--	--

5. 水圏環境研究

研究の概要

水環境保全及び流域の水圏環境を適正に管理するため、閉鎖性の高い水域の富栄養化に起因する湖沼の有機汚濁機構を明らかにする研究や東京湾で夏期に観測される底層の貧酸素化の機構解明を目的とした研究を実施した。流域における環境修復・改善技術開発のため、省エネルギー型水・炭素循環処理技術を改良し実証実験を実施した。地下に漏出した有機溶剤を浄化する技術の有効性と安全性を評価する研究を実施した。また、長期的な影響が懸念される事象について、例えば、森林生態系における窒素飽和現象や、陸域から海洋へ運ばれる珪素の減少による海洋生態系への影響が指摘されている課題、さらに沿岸域の海水温に上昇傾向が見られる問題について、モニタリングを中心とした調査研究を継続している。

構成するプロジェクト・活動等	研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
1. 「水環境保全及び流域環境管理に関する研究」		
1.1. 「有機物リンケージに基づいた湖沼環境の評価および改善シナリオに関する研究」（特別研究）平成 16～18 年度	湖水有機物の化学的組成情報から分解性や起源を評価する手法を開発・確立し、湖水や底泥での溶存有機物(DOM)の特性と起源、生産や分解性、および微生物群集との連動関係を評価する。さらに湖沼での難分解性 DOM の動態、蓄積メカニズムおよび主要発生源を数値モデル解析により検討して、最終的には対策の費用対効果算定から発生源対策に係る具体的な方向性を提言する。	<p>目標を十分に達成し、湖水や底泥の溶存有機物（DOM）の特性に関して、新規性の高い知見を得ることができ、また対策効果について検討した。成果の主な具体例を次に記す。</p> <p>霞ヶ浦湖水中の糖類組成を月別・地点別に詳細に検討し、また、優占する藍藻類 3 種の生分解前後の培地の糖類組成を分析して糖類組成および難分解性糖類組成に関する学術的に高いレベルの結果が得られた。関連の報告に対し平成 20 年日本水環境学会論文奨励賞（廣瀬賞）が授与された。</p> <p>霞ヶ浦湖水および流入河川水DOMに対し、その起源に関する情報を得るために放射性および安定炭素同位体比 ($\Delta^{14}\text{C}$と$\delta^{13}\text{C}$) を測定した結果、重い (-212‰～-13‰; 新しい) 値の湖水と、軽い (-212‰～-13‰; 古い) 値の河川水とに識別可能であり、同位対比はDOMの起源推定に有効な指標であると示された。本成果は、我が国では初めての報告例で、最初に発表した平成 18 年度日本陸水学会年会において最優秀ポスター賞を受賞した他、当該テーマに係る査読付論文は既に 3 編掲載された。この他、雨水中DOMの特性や分解性、分子生物学的手法（制限酵素断片長多型 [RFLP] 解析）を用いて明らかにした底泥に棲息する微生物群集構造の季節変動、底泥コアサンプルを毎月採取して測定して得られた経年的・季節的変動、長期的にモニタリングしたDOMの分解・分子サイズの推移などに新規性の高い知見が得られた。</p>

		<p>霞ヶ浦湖内3次元流動モデルを使って、下水処理場放流水の放流先変更等の対策を実施した場合のDOM湖内濃度分布を計算して対策効果を評価した。湖尻へ放流すると湖内DOMに対する下水処理水の寄与は著しく減少し、放流先変更に伴う費用は湖周ルートでは446百万円/年、湖底ルートでは620百万円/年と算定された。下水処理場に高度処理を導入した場合についてもモデル計算を実施してその効果を検討した結果、難分解性DOM濃度の低減効果を持つ高度処理導入に係る年価は1,054百万円/年と推算された。湖内モデルを使った本研究のアプローチは、その後、滋賀県や琵琶湖環境研究センターによって採用され、現在、琵琶湖に対して同様な研究が進展されている。</p>
<p>1.2.「湖沼における有機物の循環と微生物生態系との相互作用に関する研究」(特別研究)平成20～23年度</p>	<p>湖沼において有機物と微生物生態系(バクテリア)等の相互作用を評価する。長期モニタリングデータ(組成、分子サイズ、同位体比等)解析から、湖沼流域における有機物の循環とDOMの難分解性メカニズムを明らかにする。流域・湖内モデルによるDOMの発生源負荷のピクポイント算定を行う。</p>	<p>霞ヶ浦湖水を対象として、溶存有機物(DOM)の難分解性メカニズムを評価するために、室内分解実験(20℃)を実施した。分解実験過程において、バクテリアの数密度及び2次生産速度(放射性同位体を使わないプロデオキシウリジン法を採用、陸水では我国初)、DOM濃度とアミノ酸組成等を測定分析した。初期のバクテリア2次生産速度は約30$\mu\text{gC}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$であり、外洋(5)や沿岸域(10)よりも顕著に高く河口域(30)に匹敵することがわかった。分解実験における全アミノ酸濃度は60日間の分解実験期間において約50%(5711nM→2643nM)と顕著に減少した。同期間中のDOMの減少率が約15%でありアミノ酸が選択的に分解されていることがわかった。アミノ酸(アスパラギン、グルタミン、セリン、アラニン)のD/L(光学異性体の)比が分解に伴い漸増する傾向を示した。D-アミノ酸の存在比の増大は難分解性DOMへのバクテリアの寄与が大きいことを示し、さらにバクテリアの細胞壁のコンポーネントであるD-アラニンの挙動は、バクテリアの自己分解が2段階で生起していることを示唆した。</p> <p>アオコを形成する代表的な藍藻類 <i>Microcystis aeruginosa</i> (M.A.) に対する特異的なプライマーを用いて、M.A.の数密度を16SrRNA遺伝子の定量PCRによる計測で高感度に測定した。1997年～2007年において、M.A.数密度は3月～8月に増大して8月～3月にかけて減少することがわかった。夏季におけるM.A.の増殖速度は、光の吸収係数と日平均日射量と相関があることがわかった。M.A.による藻類ブルームは透明度や太陽光放射量によって予測できる可能性が示された。</p>

<p>1.3.「貧栄養湖十和田湖における難分解性溶存有機物の発生原因の解明に関する研究」(環境省-公害一括) 平成19～21年度</p>	<p>十和田湖では1986年以降COD濃度が漸増しており、難分解性溶存有機物(DOM)の漸増・蓄積が懸念される。本研究では、十和田湖の湖水や流入河川水等を精力的に採取して、DOM分画手法やモデル解析等を適用してDOMや難分解性DOMの起源・特性を評価する。</p>	<p>溶存有機物(DOM)を5つに分画する樹脂分画手法により、十和田湖湖水ではフミン物質の存在比が、琵琶湖、諏訪湖、霞ヶ浦、手賀沼よりも低く、降雨の存在比に近いことから、湖面への直接降雨の影響が大きいことが明らかになった。</p> <p>十和田湖水DOMの放射性同位体比($\Delta^{14}\text{C}$)を測定した結果、その年代が1万年を越えるとても古いものであることが明らかとなった。また、$\Delta^{14}\text{C}$と$\delta^{13}\text{C}$および分解実験データから、過去最悪の水質汚濁となった2004年につき、4月は逆送水DOM、9月は逆送水として流入した栄養塩増加によって増殖した植物プランクトン(珪藻)由来のDOMが原因であると示唆され、逆送水の適切な管理の必要性が明らかとなった。</p>
<p>1.4.「湖沼における溶存鉄の存在形態分析と鉄利用性がアオコ発生に及ぼす影響」(文科省・科研費) 平成17～19年度</p>	<p>本研究の目標は、湖水中の溶存鉄やその存在形態を定量的に測定する分析手法を開発して、湖水(霞ヶ浦)や流入河川水等の溶存鉄濃度とその存在形態を定量すること、そして実際の湖水を用いた室内培養実験でアオコを形成する藍藻類の増殖が生物利用可能鉄濃度によって規定されるか否かを明らかにすることである。</p>	<p>霞ヶ浦や流入河川における溶存鉄濃度およびその存在形態を新たに開発した手法で分析した。湖水溶存鉄濃度は35–254nM、河川水溶存鉄濃度は47–2910nMの範囲にあり、水の流れ方向に沿って明らかに低減していたことから、湖水に対する鉄の主要な供給源は河川であることが明らかになった。また、アオコを形成する藍藻類 <i>Microcystis aeruginosa</i> の増殖に対する鉄や栄養塩(窒素、リン)の影響を、新しいタイプの藻類増殖能(AGP)試験や連続培養試験を使って評価した。溶存有機物(DOM)の存在を考慮したAGP試験は国内外で初めての報告例である。</p> <p>本研究に係る成果は、Limnology 誌、Aquatic Microecology 誌、Water Research 誌、Aquatic Sciences 誌等に掲載された他、平成18年日本陸水学会優秀ポスター賞、平成20年日本水環境学会年会クリタ賞、平成19年日本水環境学会論文奨励賞(廣瀬賞)、平成19年日本陸水学会論文賞(吉村賞)を受賞した。</p>

<p>1.5. 「貧酸素水塊の形成機構と生物への影響評価に関する研究」(所内特別研究) 平成 19～21 年度</p>	<p>東京湾における有機物分解機構を把握するため、季節毎に懸濁態の有機物分析を行うと共に酸素消費能を評価する。また、下水処理水と降雨時の越流により未処理下水等についても同様の試験を行う。さらに、底泥酸素消費について、酸素消費速度測定などからその機構を明らかにする。</p>	<p>東京湾における有機物分解性評価を行ったところ、主に植物プランクトンに由来する懸濁態の有機物は陸起源のものより分解率が高いことが示され、それらの海域内部生産・陸域流入の組成および炭素安定同位対比と分解性の関連が示された。底泥の酸素消費速度測定から、水塊中の有機分解に伴う酸素消費より底泥の酸素消費の方が貧酸素水塊形成への寄与が大きいことが明らかとなった。</p> <p>これらの観測・実験データを3次元内湾流動・生態系モデルに適用し、高精度で東京湾の貧酸素水塊の分布を再現することが可能となり、水質環境基準値設定に貢献するものと考えられる。また、劣悪化が顕著な運河部の人工干潟で二枚貝の生存現場試験を行ったところ、アサリ・シオフキは貧酸素水塊で死滅する一方、ハマグリや外来種のホンビノスガイの生残率は高かった。また近接していながら異なった箇所での二枚貝の生残率が異なることから、二枚貝の生息環境には貧酸素水塊のみならず硫化物の発生状況等も影響すると推測された。</p>
<p>1.6. 「森林域での窒素飽和現象の解明」(平成 18～19 年度：経常研究、平成 20～21 年度：奨励研究)</p>	<p>都市部周縁山地の森林生態系における窒素過剰状態(窒素飽和現象)を明らかとする。特に、窒素飽和が森林域からの汚濁負荷流出量増加に及ぼす影響を明らかとするとともに、高大気降下物由来の高窒素負荷環境下においても、適切な森林管理に基づく林内環境の改善が、窒素流出抑制に及ぼす効果を定量評価する。</p>	<p>筑波山をフィールドとした調査から、人為影響により大気降下物経由での窒素負荷は慢性的に高く、特に、人工林(スギやヒノキの常緑針葉樹林)の林内雨としての負荷が非常に高いことを確認した。また、ほとんどの源流域渓流水で平水時に 1ppm を越える硝酸態窒素が検出されており、筑波山の森林生態系において窒素が過剰状態にあることを明らかとした。さらに、人工林の荒廃(林分の過密化)が、土壌生態系内で窒素過剰状態への移行や系外への窒素溶脱を促進させていることを示唆する結果を得た。また、窒素過剰状態(窒素飽和)に陥った森林域では、大気降下物を由来とする流入負荷量に比べ流出負荷量が 1.5 倍以上となる流出過多状態であることが確認された。</p> <p>硝酸態窒素発生日原単位を算定したところ、対象とした2つの内で相対的に低濃度な集水域(平水時硝酸態窒素濃度 0.5ppm)においても、霞ヶ浦湖沼水質保全計画での山林の全窒素発生日原単位 16gN・ha⁻¹を大きく上回る 39 gN・ha⁻¹(高濃度集水域(同 1.3ppm)では 65 gN・ha⁻¹)となった。以上から、大都市周縁の山地森林域が、閉鎖性水域に対する窒素負荷発生源として作用しており、今後、湖沼水質保全計画等においては、その前提に立った負荷削減計画の策定が求められること、一方で積極的な森林施業の実施等、人工林の適正管理による林内環境の改善によって窒素流出負荷量の削減が図られる可能性が高いことが、それぞれ示された。</p> <p>また、過去からの窒素飽和の推移について、筑波山森林試験地を対象とした平水時渓流水質調査結果から、硝酸態窒素濃度は 80 年代の同一地点での観測値に比べほとんどの点で上昇(最大で 2.7 倍)していることが確認された。</p>

<p>1.7. 「流下栄養塩組成の人為的变化による東アジア縁辺海域の生態系変質の評価研究」(環境省・地球推進) 平成18～20年度</p>	<p>瀬戸内海においてフェリーを利用した N、P、Si 各栄養塩の時系列モニタリングを継続するとともに、珪藻、非珪藻の増殖過程を反映する海洋生態系モデルを発展させる。このモデルを長江河口域等に適用し、陸域影響の推定を行う。</p>	<p>瀬戸内海におけるフェリー観測により、N、P、Si の経年・周年変動と植物プランクトン組成の関連を明らかにした。またこの結果に基づいてケイ藻の挙動を反映させた生態系モデルを発展させ、長江の N 栄養塩増加・Si 栄養塩減少が長江河口域に及ぼす影響を推定した。すなわち、晩春に Si が枯渇するとケイ藻が自律沈降してしまうことで、上層の栄養塩を有機物として下層に引き落とす機能を果たす植物プランクトンが希薄になる。このため、上層の浮遊生物および有機物が増大し、クラゲの餌料の増大につながる。</p>
<p>1.8. 「水質環境基準(生活環境項目)等設定基礎調査」(環境省・請負) 平成17～20年度</p>	<p>水質環境基準の生活環境項目の各項目について、現状の課題について整理し、見直しの必要性を検討する。</p>	<p>生活環境項目である BOD、COD、pH、溶存酸素(DO)、大腸菌群数等の問題点を整理した。自治体へのアンケート調査や公共用水域調査結果の整理等から、現状の水利用上の障害との関連性が低い点や、科学的な課題が多いことから COD や大腸菌群数には見直しの必要性が認められた。海域については、底層の貧酸素化が大きな問題であり、これと透明度に新たな指標としての可能性が認められた。本課題で取りまとめた報告書は、現在、環境省で進められている見直しに関する各種検討会にて議論の骨格として引用されているなど、行政へ大きく貢献している。</p>
<p>2. 「流域における環境修復・改善技術に関する研究」</p>		
<p>2.1. 「省エネルギー型水・炭素循環処理システムの開発」(所内特別研究) 平成18～20年度</p>	<p>本研究は左記の他、「嫌気性生物膜の高度利用による排水処理技術」(NEDO) 平成18～20年度などにより実施した。嫌気性排水処理(メタン発酵)による低有機物濃度排水の省・創エネ処理法開発のため、ラボスケール実験による排水有機物濃度低下の影響評価を行う。また、都市下水を対象とした嫌気性排水処理システムの開発及び実証実験を民間企業との連携(NEDOプロジェクト)において行う。</p>	<p>生物膜流動型リアクター(グラニュール汚泥床法)による低濃度排水の連続処理実験(図2.1)を行い、処理水循環無し(UASBモード、ワンパス処理)と処理水循環有り(EGSBモード、循環処理)との組み合わせによる運転と、流入水のORP制御により低濃度排水(400mgCOD/L以下)の効率を飛躍的に向上(COD除去率60%→90%以上)させることが出来た。最終的にメタン発酵処理可能な排水の有機物濃度、水温の下限を大幅に改良出来、技術の実用化を見据えた検討を民間企業と連携して行っている。現在、関連特許の成立に関わる作業を進めている。都市下水を処理対象とした省エネ・低コスト型排水処理装置(UASB法とDHS法の組み合わせ)のパイロットスケール実験を鹿児島県霧島市クリーンセンターで実施し(NEDOプロジェクト:民間企業との共同研究)、UASB保持汚泥の性状評価とエネルギー削減効果に関する検証を行った。その結果、保持汚泥の沈降性改善により低水温期においてもメタン生成活性を十分に維持出来ることを明らかにした。またトータルシステムとして既存の好気性処理と比較して同等の水質を得つつ、消費エネルギーを70%以上削減することが出来た。</p>

<p>2.2.「資源作物由来液状廃棄物のコベネフィット型処理システムの開発」(所内特別研究)平成21～23年度</p>	<p>高有機物濃度対応型のメタン発酵槽を開発・作製し、糖蜜系廃液(糖蜜、バイオエタノール廃液)の処理試験で、その廃液処理性能を把握する。また、処理後の廃液の液肥としての利用を検討する。</p>	<p>高濃度廃液の処理に対応可能なメタン発酵処理システムを独自に設計・作製し、糖蜜系廃液の処理試験(国内:糖蜜廃液、タイ:バイオエタノール蒸留廃液)を行っている。酸生成槽との組み合わせおよび気・固・液分離装置の多段設置により、効率的な処理に必要な菌体保持と硫化物除去が可能となり、現時点で、有機物負荷 30 kgCOD/m³/dの条件下で有機物除去率 90%、メタン回収率 80%の安定した処理性能を発揮している。また、廃液に多く含まれるカリウムがメタン生成微生物群の活性に及ぼす影響評価を行い、微生物種により感受性が大きく異なること等を明らかにした。</p> <p>また提案処理技術により処理を行った廃液を、サトウキビ栽培のための肥料(灌漑用水)として利用試験(サトウキビの成長に及ぼす効果、畑地からの温室効果ガスの発生量把握)をタイの精糖企業と連携して行った。</p>
<p>2.3.「地下に漏出した有機溶剤の洗浄剤注入による回収効率と下層への汚染拡散に関する研究」(科研費)平成19～23年度</p>	<p>左記の他、「洗浄剤注入による土壌汚染のレメディエーション技術の効率と安全性に関する基礎的研究」(科研費)平成15～18年度等で実施した。実用化に向けた研究が進んでいる本技術による土壌・地下水中の有機塩素系溶剤の除去回収法について、迅速処理への有効性と汚染の拡大に関する安全性に関する評価基準を作成する。</p>	<p>クロロエチレン類は溶剤として広く使用されており、漏出等による地下水の汚染が顕在化している。このような汚染の迅速な除去法として、地下水中に界面活性剤を注入して溶解度を上昇させる方法が検討され、アメリカなどでは実用化されている。本研究では、この手法の安全性と有効性の評価を行った。様々な界面活性剤の水溶液へのテトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、cis-1,2-ジクロロエチレンの飽和溶解度はミセル可溶性により上昇するが、界面活性剤の種類によって効果は異なった。ガラスビーズカラムを用いた下方浸透速度の検討でも、界面活性剤の種類と下方浸透性の増加効果は異なった。鉄粉による化学的脱塩素分解速度への洗浄剤の影響の検討では、脱塩素化がβ-脱離と水素化分解の異なる2つの反応機構の競争反応で進行すること、溶液に溶存する水素ガス濃度が高く、且つ鉄粉表面へのクロロエチレン類の吸着量が大きいほど、水素化分解反応の寄与が高まり、毒性の強いクロロエチレン類が分解生成物として生成するようになることが明らかとなった。この知見は、鉄粉を利用した透過性浄化壁による地下水浄化の効率化と安全性確保に有効と考えられる。</p>
<p>2.4.「微生物の環境利用およびその影響評価に関する研究」(経常研究)</p>	<p>本研究では、1)有機塩素化合物、油、重金属等の環境汚染物質を分解・除去する微生物の探索を行い、その機能の解明および強化を試み、環境保全に有用な微生物を開発する、2)有用微生物あるいは組換え微生物の微生物生態系への</p>	<p>1)揮発性有機塩素化合物による汚染の浄化技術として、省エネルギーかつクリーンなバイオテクノロジーを活用した技術の開発を目指し、ジクロロメタン(DCM)を唯一の炭素源として増殖・分解が可能な新規微生物 <i>Hyphomicrobium</i> sp. DN58 株の分離に成功した。既報の DCM 分解菌よりも分解活性が高く、環境浄化に向けて有用であると考えられる。また、植物とその根圏微生物による油汚染浄化技術を開発した。実汚染現場から得られた地下浸出油を用いて、3種の草本類、2種の木本類を選抜した。一方、油汚染土壌における根圏微生物の解析手法を検討し、最近注目を集めているアーバスキュラー菌根菌などの真菌叢も解析可能なマーカー等の条件を開発した。さらに新たに</p>

	<p>影響を分子生物学的手法により解析するとともに新たな評価手法の開発を目指す。</p>	<p>芝の油分解に及ぼす効果を検討し、高濃度の油汚染土壌においても非常によく生育し、また油分解活性も高いことが確認された。これまでに得られた分解曲線から予想すると、5,000ppmの油汚染土壌ではおおよそ2年ほどで1,000ppm以下まで浄化できることが認められた。</p> <p>2) 遺伝子組換え生物の環境中での利用を念頭に、その微生物多様性に及ぼす影響について分子生物学的手法を用いた詳細な解析を実施した。霞ヶ浦湖水を対象として環境中に広く存在している <i>Pseudomonas</i> 属細菌の組換え微生物及びその宿主（非組換え微生物）を接種した結果、組換え微生物接種直後に多様性が若干かく乱されるが、試験終了時にはいずれの実験系でも対照系と同様の微生物多様性を示し、組換え微生物による影響が固定されることは認められなかった。また、新規な実験手法（Plate-Wash PCR-DGGE）を開発し、組換え微生物の接種直後に優占化の認められた <i>Sphingomonas</i> sp. GE 株の分離に成功した。本菌株は高い凝集性を示しており、微生物生態学的に非常に興味深い菌株であることが確認された。こうした組換え微生物の影響評価に関する研究者は非常に少なく、本研究の成果は国の審議会等において活用されている。</p>
<p>2.5. 「ヒ素による汚染土壌の微生物を利用した環境浄化技術の開発に関する研究」(科研費) 平成18～19年度、(科研費) 平成20～21年度</p>	<p>微生物による腐植物質還元作用を利用した新たなバイオスティミュレーション戦略のための基礎データ取得、及び微生物とメディエーターを併用した汚染土壌からの経済的ヒ素除去を可能とする新規技術開発のための基礎データ取得を目標とする。</p>	<p>国内の複数のサイトから採取した土壌・底泥サンプルを植種源として、腐植物質還元細菌を分離し、詳細な系統解析を行った結果、<i>Enterobacteriaceae</i> 科、<i>Bacillus</i> 属、<i>Paenibacillus</i> 属、<i>Clostridium</i> 属に分類されるものが多かった。分離菌株はすべて、フミン酸及びそのキノン部分のモデル物質である anthraquinone-2, 6-disulfonate(AQDS)の安定した還元能を有しており、フミン酸もしくはAQDSをメディエーターとして共存させることで浄化能力を発揮できることが示唆された。</p> <p>異化型ヒ酸塩還元細菌によるヒ素可溶化反応に対して、合成メディエーターであるAQDSの代替となり得る天然由来物質を選定するため、ビタミンB₂やB₁₂などの計10種類を用いて検討した。結果、ビタミンB₂やその補酵素型であるFMN及びFADの添加によって、AQDSと同程度の大幅なヒ素可溶化の促進が確認された。中でも比較的安価なビタミンB₂が、実用に有望であることが明らかとなった。また、ビタミンB₂によるヒ素可溶化促進メカニズムや最適なビタミンB₂濃度など、実用に向けた最適条件が明らかとなった。本研究の結果から、土壌からのヒ素の効率的な可溶化・除去には、微生物によるヒ酸塩の還元が必須であり、異化型ヒ酸塩還元細菌とビタミンB₂の併用で、経済的浄化プロセスが構築可能であることが示された。</p>
<p>2.6. 「水系溶存有機物の特性・反応性を</p>	<p>溶存有機物(DOM)の分子サイズを正確に測定するために、存在量を定</p>	<p>2年間に渡る研究開発により、全有機炭素(TOC)検出による分析的SECシステムの開発に成功した。開発したシステムは、既存のシステムよりもはるかに高感度であり、溶存有機物(DOM)</p>

<p>評価するための有機炭素検出クロマトグラフィーシステムの開発に関する研究」(環境省・環境技術推進費)平成18～19年度:</p>	<p>量的に表せる全有機炭素(TOC)で検出するサイズ排除クロマトグラフィー(SEC)システムを開発・確立する。さらに当該システムを用いてDOMの特性について分子サイズをパラメータとして評価する。(株)島津製作所との共同研究。</p>	<p>に対する最適な分子量スタンダードであるポリスチレンスルホン酸(PSS)について線形の校正曲線を得ることができた。これは筆者の知る限り国内外で初めての報告といえる。</p> <p>本システムを使って実際の水環境に存在するDOM(湖水、底泥間隙水等)の分子サイズおよびその特性を評価した結果、UV吸収で観察されたDOMのピークとしては分子量1,000～3,000程度のものがほとんどであったが、TOC検出で見るとこれ以外に分子量1,000以下に卓越するピークを発見した。これは、従来の定説を覆す新知見であり、DOM対策に貢献すると考えられる。</p> <p>本SECシステムは、島津製作所により受注製作することが決定した。</p>
<p>3. 流域における生態系保全のための現象把握・現象解明に関する研究</p>		
<p>3.1. 「霞ヶ浦エコトーンにおける生物群集と物質循環に関する長期モニタリング」(奨励)平成15～19年度</p>	<p>エコトーンに対する長期的モニタリングを行い、生物群集と物質循環の把握を行う。さらに、沿岸植生について細菌群集構造解析、安定同位体比解析を行い、再生事業の影響などを明らかにする。</p>	<p>ヨシ帯の物理的・生態学的な維持機構にバンクの有無が大きく影響することを明らかにした。測量の結果や過去の航空写真の調査から、バンク無しのヨシ帯のほうが侵食されやすかった。バンク有りのヨシ帯内部では栄養塩(特に窒素)の供給が制限され、ヨシの成長が抑制されると共に陸生の植物の侵入が認められた。一方、バンク無しでは、ヨシ帯内部に向かって、ヨシの草丈は漸減傾向にあるものの、ヨシは全体に良好な成長を保っていた。水位制御や護岸整備等がヨシ帯にあたえる影響評価を可能にしたことで、今後の保全・管理に必要な基礎情報が整備された。</p>
<p>3.2. 「有明海等における高レベル栄養塩濃度維持機構に関する研究:適正な浅海域管理をめざして」(所内奨励)平成14～18年度</p>	<p>本研究では、有明海において5年間にわたり現場の化学・生物環境をモニターし、これらの問題を解決するための基礎的な知見を得ることを目指し、(1)特に赤潮の発生機構と(2)底生生物による水質浄化能力に焦点をあわせて研究を展開する。</p>	<p>(1) 秋から冬に、大型の渦鞭毛藻 <i>Akashiwo sanguinea</i> が赤潮を形成する。観測と実験から、その形成機構に関し以下の点を明らかにした: 本種の競争相手である珪藻は濁った有明海で増殖の光制限を受けるが、本種は表層に遊泳でき光制限を受けない。また、小型鞭毛藻類(遊泳できる)に比べ捕食されにくい。こうした利点が <i>A. sanguinea</i> を赤潮状態に導いている。(2) 有明海北部に多産するサルボウガイによる生物量あたりの水質浄化能力はアサリと同程度であった。本種の現存量が極めて高い事を考慮すると、北部海域での水質浄化に重要な役割を果たしていることが示された。有明海環境の特徴の一部を明らかにしたことで、その保全対策に貢献すると考えられる。</p>
<p>3.3. 「GEMS/Waterによる霞ヶ浦モニタリング」(CGERモニタリング経費)</p>	<p>霞ヶ浦湖水、底泥、間隙水および流入河川水を毎月1回採取し、栄養塩(窒素とリン)、DOM、難分解性DOM等の長期的トレンドをモニタリングする。</p>	<p>GEMS/Water霞ヶ浦トレンドモニタリングの一環として霞ヶ浦湖水や底泥・底泥間隙水を毎月採取し、また別途、流入河川水を毎月採取して、栄養塩、クロロフィ a、溶存有機物(DOM)、懸濁態有機物(POM)、マクロイオン、フミン物質、難分解性DOM等のモニタリングを実施した。当該データの質・量に匹敵するデータは国内外で報告された例がなく非常に貴重である。得られたデータは国環研HP上にある霞ヶ浦データベースとして公開されている。上記のモニタリングデータに基づいた研究成果は、湖沼・河川、さらに海域における環境基準の在り方等、国・県等の水環境行政</p>

		<p>および指定湖沼の湖沼水質保全計画の策定に大いに貢献した。また、我々の開発した研究アプローチについては、多くの大学・地方環境研究所の研究者がこれを取り入れた研究を実施している。</p>
<p>3.4. 「森林土壌炭素蓄積量の推定精度向上に向けた研究」 （文科省・科研費：平成 17～19 年度）他</p>	<p>地形、表層地質などが異なる幾つかの森林地帯において、土壌構成成分の組成・蓄積量に関する空間的特徴を検証する。森林の土壌炭素蓄積量の推定手法として有効な分類体系の検証を行う。</p>	<p>荒川源流域奥秩父山地帯における土壌調査および採取試料の理化学分析結果を用いて、土壌炭素蓄積量を推定するとともに、数種の土壌分類体系による比較を行った結果、火山噴出物由来の成分（Al、Fe 成分）を多く含む土壌で土壌炭素蓄積量が高いことが示された。また、土壌炭素蓄積量を空間上で推定する際、火山噴出物を由来とする成分量や組成を土壌分類上の高次カテゴリーの要件として活用する推定ツールの妥当性が高いと考えられた。現在、全球的な炭素循環に関する研究で、土壌中の有機物が重要なポイントと捉えられており、本研究は国内のより正確な推定に貢献する。</p>
<p>3.5. 「大気降下物を由来とする有害金属による都市土壌汚染に関する研究」 （平成 18～21 年度：経常研究）</p>	<p>首都圏を対象に、広域的に土壌を採取、分析することによって、レアメタルを主とした有害金属の土壌中蓄積状況を把握するとともに、その起源（天然の地質・土壌種の影響、人為由来の各種汚染源の影響）について検討を行う。</p>	<p>大気汚染状態を指標として設けた 3 地点のモニタリングサイト（重汚染、中汚染、軽汚染の各 1 地区）で土壌中現存量および降下物負荷量の定期観測を実施し、分析手法の最適化を図った。これらにより、大気経由の人為汚染が疑われる金属元素を特定し、それらが、アンチモン(Sb)、ビスマス(Bi)、鉛(Pb)、銀(Ag)、スズ(Sn)、タングステン(W)、モリブデン(Mo) の 7 元素であることを明らかとした（図 3.1.）。特に、アンチモンの場合、土壌表層では、天然存在量の 10 倍以上に濃度が上昇しており、その負荷機構に関して、湿性沈着だけでなく、乾性沈着（樹木葉表面に沈着したのち、林内雨および落葉として土壌に負荷する）の寄与が大きいことを明らかとした。さらに、つくば市内ならびに筑波山のスギ林における調査で、大気降下物由来と考えられる元素は、銅、亜鉛、砒素アンチモン、鉛であることが確認された。</p>

6. 生物圏環境研究

研究の概要

生物圏環境研究領域では、生物多様性を構成するさまざまな生物の保全に関する研究、および多様な生物からなる生態系の構造と機能の保全に関する研究を実施する。第2期中期計画期間においては、(1) 生物多様性の保全に関する研究、(2) 地球温暖化・大気汚染・水質汚染などの環境変動やストレスが生物と生態系に及ぼす影響に関する研究、(3) 外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態の把握と対策に関する研究、(4) 生態系の構造と機能の解析およびその保全に関する研究を中心に進める。

構成するプロジェクト・活動等	研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
絶滅が心配される生物の保全に関する研究	航空機リモートセンシングと地上調査を連携することで、湿地に分布する絶滅危惧植物等の分布を効果的に推定する手法を開発する。	植物の成長状態の季節的变化を考慮し、時期を変えて航空機から撮影した画像情報に基づいた植物種の分布予推定モデルを作成した。予測には、植物種の分布の空間的な不均一性を考慮した条件付自己回帰モデルが有効であった。複数時期の撮影が多数の種の分布推定を行うためには有効であることが明らかになった。
	近年劣化の著しい湿地に生息する代表的な生物群であるトンボ目昆虫をモデルとして、絶滅リスクを高めるプロセス・要因を明らかにする。	全国スケールでのトンボ過去 50 年間での生息地数の減少にもとづく絶滅リスクと、種毎の生態的特性との関係を解析するとともに、生態的特性にもとづいて絶滅リスクの予測を行った。このような方法によれば、減少率などの時間的なデータが十分に得られないものも含めた幅広い種を対象に、絶滅リスクの信頼性の高い予測が可能になることが期待できる。
	母島のサンゴ礁海域に生息する甲殻類十脚目（エビ・カニ類）について種のリストを作成する。	未調査域の母島サンゴ礁海域に複数種のサンゴガニが生息していること、ハナヤサイサンゴやミドリイシに共生するエビなどが生息していることがわかった。これらの種については保全すべき種のリストに入り、将来的には国立公園内の海中公園地区において捕獲が制限される種に指定される可能性がある。
	阿寒湖におけるマリモ个体群を識別できる分子マーカーを作成し、遺伝的多様性を解明する。	阿寒湖のマリモのDNAの多型を調べた結果、生育場所によるわずかな遺伝的分化を見出した。また、球状体一つの遺伝子型の糸状体が成長したものではなく、複数の遺伝子型の糸状体が絡み合って成長するものであることを示すなど、保全に必要な基本情報を得ることができた。

	<p>絶滅危惧種であるシャジクモ類の生育の有無と環境要因との関係を明らかにする。</p>	<p>香川県のため池での調査により、車軸藻類の衰退には、富栄養化あるいは腐植質等の増加による透明度の低下によるものと、水草の繁茂による相対的な光環境の悪化によるものがあることを明らかにし、今後の保全施策の立案の基礎となる知見を得た。</p>
	<p>小笠原諸島のユスリカ相を詳細に検討し、固有種、移入種を明らかにする。</p>	<p>小笠原諸島の父島・母島から小笠原初記録の3種を含む17種のユスリカを採取した。このうち半数の8種が現時点で小笠原固有種と考えられた。また、固有種5種を含む9種の幼虫の生息場所が明らかになり、固有種保全のために重要な情報が得られた。さらに、父島のダム湖で採取した柱状底泥標本の解析により、ハイイロユスリカの遺骸のみが表層の泥に偏って分布することが分かり、このユスリカが最近小笠原に現れた種、すなわち移入種である可能性が高まった。</p>
	<p>小笠原諸島の陸水水生生物固有種を記載し分布域を把握するとともに、レッドリストに掲載すべき種を明らかにする。</p>	<p>固有種として、十脚目甲殻類のオガサワラヌマエビ、端脚目甲殻類のオガサワラコツブムシ、トビケラ目昆虫のオガサワラニンギョウトビケラの3種を新種記載した。これらの生息地点数や生息密度などから近年の減少傾向を明らかにした結果、環境省版レッドデータリストでは、オガサワラヌマエビとオガサワラコツブムシが絶滅危惧 I 類、オガサワラニンギョウトビケラが絶滅危惧 II 類に指定された。</p>
	<p>生物多様性指標の開発と検証を行うために、土地利用の不均一性と生物の分布との関係を示す。</p>	<p>里山環境の土地利用のモザイク性は、分析に供した多くの分類群の出現に対して正の効果を及ぼすことが明らかとなった。また、指標を算出する単位としては6km四方が最適なスケールであることを示した。数kmスケールでの土地利用のモザイク性は里地里山の水辺の生物の分布ポテンシャルの有効な指標となるとともに、里地里山における生物の生息適地予測や土地利用変化が生物多様性に及ぼす影響の予測などに活用できるものと期待される。</p>
	<p>土地利用の変化に対する生物多様性の応答を予測するモデルを開発するため、土地被覆、地形、気候情報、保護区に関するデータを収集し、GISデータ化を行う。</p>	<p>日本全国を対象として、2次メッシュ（約10kmグリッド）ごとに、土地被覆、地形および気候情報の整備を行った。また、自然公園や自然環境保全地区など国内の保護区に関するデータを収集し、GISデータ化を行った。これらのデータにより、絶滅危惧植物を対象に今後の土地利用の変化に対する応答を予測する分布推定モデルが構築できた。</p>

	大都市に点在する緑地を生物の生息環境として評価し、効率的な緑化計画や都市における生態系保全法の立案に貢献する情報を得る。	東京都心の大小の公園におけるチョウ種の調査の結果、各公園における種数や多様度は緑地面積に単純には比例せず、食草の有無が出現種数に影響するが、園内に食草がなくても、近隣にある緑地によって種数が影響されることを示した。これらの結果は、緑の回廊（コリドー）の重要性を含め、緑地デザインにおける生物多様性配慮の基礎となる。
環境の変動やストレスが生物と生態系に及ぼす影響に関する研究	植物のオゾンストレスを遺伝子発現によって診断する手法を開発する。	アサガオのオゾンストレスを診断する指標と成り得る遺伝子を見出した。また、モデル植物シロイヌナズナのオゾン感受性・耐性の突然変異体を多数単離した。このうちオゾン感受性系統の一つでは、気孔開閉制御が植物のオゾン感受性に関与することを確認し、気孔開閉制御に関わる新規トランスポーター様タンパク質を世界で始めて明らかにした。さらに、日本各地からのアサガオ葉試料を用いてマーカー遺伝子の発現解析を行い、遺伝子発現によるストレス診断が実際の植物被害調査に利用できることを確認した。
	イネの収量・品質・バイオマスへの高温・オゾン影響に関係する分子マーカーを探索し、それを利用した影響評価手法を開発する。	オゾンによるイネの収量低下に関与する遺伝子、またはオゾン暴露に対するイネの感受性の品種間差に関与する遺伝子の単離を行い、DNA マクロアレイを作製した。また、また、オゾンによる収量影響を受けやすい品種の幼苗ではファイトアレキシンの一種であるサクラネチンのオゾンによる誘導がほとんど起こらないことが明らかになり、これを利用してオゾンによる収量影響に関するイネ品種の感受性を幼苗の段階で評価する方法の特許出願した。
	チベット高原地域の近年の気象条件と生態系の変化を、標高との関係も踏まえて明らかにする。また、放牧が植物の種多様性に及ぼす影響を明らかにする。	チベット高原での柵の設置により放牧圧をコントロールした実験では、植物の多様度指数は柵内で大きく、放牧による植物種多様性への影響が認められた。また、植物地上部のバイオマスは、標高とともに指数関数的に減少する傾向が見られた。 高山斜面で生態系光合成・呼吸の測定と検討を行った結果、低標高より高標高の地点で生態系呼吸速度の温度依存性が高い可能性が示唆された。これら、今後の温暖化の進行が生態系の炭素収支に与える影響は高標高ほど大きいことを意味する。
	わが国の高山帯での温暖化影響の有無を明らかにする。	わが国の高山域での定点観測地のデータから、高山植物の開花時期の早まり、越年性雪渓の越年規模の縮小傾向を見出した。

	セレン耐性・高蓄積性を示す植物におけるセレン耐性・高蓄積性に関与する遺伝子の特定を行う。	アブラナ科の1種で、植物ホルモンがセレン耐性・高蓄積性に関与していることが示唆された。この成果は、セレン汚染土壌の修復が可能な植物の育種に生かされることが期待される。
	温暖化の指標となり得る造礁サンゴの白化に関し、水温変化に鋭敏に反応する共生藻を探索してその遺伝子型とサンゴ種との対応関係を明らかにする。	造礁サンゴの共生藻を対象として水温変化への反応を解析するための温度勾配培養装置とサンゴから分取した共生藻の活性の解析法を確立できた。これを活用し、共生藻の水温変化に対する反応の違いと遺伝型をタイプ別に整理することができた。
外来生物・遺伝子操作作物の定着・分散の実態の把握と対策に関する研究	遺伝子組換え農作物及び移殖淡水魚について、在来生物との遺伝的相互作用の実態把握をおこなう。	遺伝子組換え(GM) セイヨウアブラナ、輸入昆虫や寄生ダニ類及び移殖淡水魚について、在来生物との遺伝的相互作用の実態把握をおこなった。その結果、一般環境でのGMセイヨウアブラナはこぼれ落ち種子に由来することを明らかにした。また、淡水魚では有用魚放流による同種内外来遺伝子の浸透が在来遺伝子との混在を広域で生じていることを明らかにした。
	種子輸送道路沿いで遺伝子組換え個体の出現状況とその影響をを長期にわたってモニタリングする。	セイヨウアブラナ分布の周年変化を明らかにするため、国道3号線、国道51号線および国道23号線について長期モニタリングを開始した。組換え体の比率は国号23号および博多港で極めて高く70%程度になっていた。これらの地域では、2種類の除草剤耐性遺伝子を保有する個体も低頻度ながら見つかり、除草剤耐性の組換えセイヨウアブラナ同士が日本国内で交雑している可能性が明らかとなった。
	遺伝子組換えダイズと在来種の交配実験により、組換え遺伝子の潜在的な影響を評価する。	人工交配により遺伝子組換えダイズとツルマメの雑種及びその自殖後代を作成し、組換え遺伝子の影響の有無を調べた。その結果、いずれの世代においても組換え遺伝子の影響は検出されなかった。この結果は、遺伝子組換えダイズの安全性に関する基礎情報を提供するものである。
	淡水魚オイカワについて、琵琶湖系統の関東地方における定着頻度を明らかにするとともに、定着頻度に	関東地方河川採集と琵琶湖採集のオイカワの遺伝子解析を行なったところ、琵琶湖由来と関東在来の両系統を発見し、関東地方河川にアユ放流に伴い琵琶湖由来のオイカワが定着していることが判明した。国内外来種の防止には、まず放流制限の必要性があるが、放流先河川の環境に依存するこ

	影響する要因を明らかにする。	とも示唆された。
	バラスト水および船体付着による生物移入を定量的に把握する手法を開発する。	リアルタイム PCR 法により、有害植物プランクトン種 4 種を数細胞であっても検出する手法を確立した。本法は、バラスト水を介した海洋生物の動態把握や定着の初期過程の解析等に有効な手段となることが期待された。
	数値モデルにより、外来生物の侵入に弱い生態系の成立過程、および侵入先の生態系に大きな影響を与える生物の特性を明らかにする。	二つの生態系を融合させると生物の相互侵入の結果、個々の生態系の多様性は大きく増加するが、全体的な多様性は大きく減少することが示された。また、島の生態系のように、外部から隔離されて進化した生態系は、特に侵入に弱いことが示された。これらは特に島の生態系と生物多様性の保全上の留意点を示すものである。
生態系の機能の保全に関する研究	湿原泥炭地における土砂の流入、富栄養化、pH の上昇などの自然的、人為的環境変化が湿原の生態系機能へ及ぼす影響を明らかにする。	北海道、釧路湿原において、堤防道路の構築が湿原土壌の理化学性と機能に及ぼす影響について調査を行った結果、堤防から 200m 近くまで土砂の流入が認められ、それにともない、pH や Ca、Mg、Si、P などの元素含量の増加が認められた。また、土砂の混入量の多い地点でリン酸の無機化活性も高くなるなど、土壌の生態系機能への影響も認められた。
	自然条件下にある干潟底質の有機物分解速度を酵素活性から推定する手法を確立する。	東京湾小櫃川河口干潟において底質の分解量と酵素活性の変動を調べた結果、ヘミセルロース分解酵素は細粒画分に存する比率が高いなど、粒径により化学性、分解性が異なることが示された。酵素活性から有機物分解速度を推定するためには、これらの要因を考慮することが必要となる。
	富栄養化した浅海域の干潟で問題となっている浮遊アオサ類によるグリーンタイドが生態系機能へ及ぼす影響を定量的に評価する。	グリーンタイドを形成するアオサ類が大量に枯死、分解する夏期に底質の還元化が進み、底質内の生物は斃死するが、アオサの上を新しい生息場として底生生物の種数、個体数ともに増加すること、また系内での一次生産を通じて干潟に対する有機物供給源として機能することが明らかとなった。
	小笠原諸島の生態系を再現する数	小笠原諸島の重要な侵入種であるヤギとネズミが生態系の状態に与える影響をシミュレーション

	理モデルを開発し、外来種が在来生態系に与え得る影響を示す。	モデルにより検討したところ、これらの食害により植物体量が減少するとともに、無脊椎動物の多様性が減少すること、肉食性の動物はほとんど存在できなくなること、海鳥のバイオマスも減少し、生態系で循環する栄養塩の量は大きく減少することなど生態系機能への顕著な影響が予想された。
その他の研究	種特異的分子マーカーを DNA アレイ法を用いて効率よく多数取得する技術を開発する。	種特異的分子マーカーは強力なツールであるが、遺伝子情報が少ない植物種で SSM を作製することは煩雑な作業を伴う。これを DNA アレイ法を用いて効率よく取得する方法を開発した。DNA アレイを用いることで、これまでの約 50 倍の効率でマーカーを取得できるようになった。この成果はさまざまな応用が可能である。
	オイル生産藻類 <i>Botryococcus</i> の炭化水素生産時に発現している遺伝子の解析と遺伝子導入技術の開発を行う。屋外大量培養に適した培養株の選抜・高機能性変異株の作成を行う。	オイル生産藻類 <i>Botryococcus brunii</i> 70 のオイル代謝に関わっている遺伝子の発現量を調べ、合成の代謝経路を明らかとした。また、発現量が多い遺伝子のプロモーターを単離し、遺伝子組換え実験用のベクターを 4 種類開発した。国内外のダム、湖沼、沿岸環境で採取した試料から、8 時間に 1 回の細胞分裂と高速で増殖する高オイル産生株を特定できた。さらに、栽培の実用化にむけて、変異源処理により除草剤耐性株を得ることができた。これらの成果は、今後の藻類による石油代替燃料生産の実用化に向けて重要なステップとなる。
	博多湾などの内湾で確認されている円石藻のブルームの発生機構を解明する。	円石藻 <i>Gephyrocapsa</i> の遺伝子の多型解析から博多湾のブルーム時の集団の多くが黒潮及び対馬暖流起源の培養株と近縁であることなどが判明した。博多湾外から海流によって運ばれた円石藻が、博多湾内の植物プランクトンの季節的な遷移の移行期に繁殖することでブルームが形成されると考えられた。また円石をもたない細胞ステージがブルーム形成に関わることが示唆され、福岡県の関連研究機関と共同で継続してモニタリング調査を行うことになった。
	藻類・ユスリカ等、環境モニタリング等に有用な生物を、遺伝子情報により正確かつ効率的に同定するための技術基盤を確立する。	アオコ形成藻については 20 種 48 株の種判別法を開発した。また、陸水棲ユスリカ 17 種の遺伝子塩基配列を決定し、遺伝子による種の判別が有効であることを示した。

7. 地球環境研究

研究の概要

基盤的な調査研究としての「地球環境研究」として、(1) 地球環境の監視・観測技術及びデータベースの開発・高度化に関わる研究に関して、「衛星利用の温室効果ガス全球分布観測に関する先導的研究」、「分光法を用いた遠隔計測に関する研究」などを、また、(2) 将来の地球環境に関する予見的研究、環境研究技術の開発などの先導的・基盤的研究に関して、「グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究」、「大気・陸域生態系間の炭素収支研究における化学トレーサの利用に関する研究」などを実施した。

構成するプロジェクト・活動等	研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>ア) 衛星利用の温室効果ガス全球分布観測に関する先導的研究 (H18-19)</p>	<p>2008 年度打上げ の GOSAT 衛星運用終了 (2013 年頃) 以降の衛星利用の温室効果ガス全球分布観測について、科学的・政策的要求を明らかにした上で、具体的な観測シナリオの策定と、それを実現するための技術課題の抽出と解決に向けた道筋の検討を行い、GOSAT 後継衛星計画の立案に資する事を目標とする。</p>	<p>本研究では、GOSAT (温室効果ガス観測技術衛星、2008 年度中に打上げ予定) の運用終了後にあたる Post-GOSAT 時代の衛星からの全球温室効果ガス観測のシナリオを作成すると同時に、その実現に必要な技術的課題と解決への展望を示し、Post-GOSAT 時代の衛星観測計画策定に資することを目的とした。</p> <p>炭素収支に関わる研究者らにヒアリング等を実施した結果、a) GOSAT と同様の成功基準をより 確実にかつより小さいメッシュサイズ及び短い平均時間で達成できる仕様のセンサ/観測と、b) 地域レベルの炭素収支/ポイントソースの評価に利用出来るデータの取得に関する要望がある事が分かった。</p> <p>また現在世界各国で開発が進められている CO2 用差分吸収ライダ (DIAL) の技術動向を調査し、さらにそのうち日本が国際競争力を持つ 1 つの方式について、衛星に搭載した場合のリソース検討を行った。その結果、現時点または近い将来に利用可能な技術により GOSAT を上回る性能を実現できる観測シナリオがある事が分かった。</p> <p>一方 衛星による全球温室効果ガス観測データと二酸化炭素フラックス推定精度の関係をインバースモデル等を用いて評価した既往研究を、特に GOSAT 仕様決定後に発表されたものを中心に精査し、その結論を取りまとめた。データ点数が多くなるためランダム誤差の影響は大幅に低減される一方、バイアス誤差の影響が支配的になる事が分かった。また 22-分割モデルで 0.8ppm、66-分割モデルで 1.5ppm 程度の二酸化炭素濃度推定精度になる場合、衛星データを単独でインバース モデル解</p>

		<p>析に利用しても、地上観測データを使った場合と大きくは変わらない事が示唆された。</p> <p>GOSAT プロジェクト期間終了後の、衛星による温室効果ガス全球分布測定に対する要望調査と、将来型のセンサーについての検討結果は、今後の衛星開発計画に資するものである。さらに地域レベル（数十～数百 km）の二酸化炭素フラックス推定を地点間の二酸化炭素濃度差 観測から行う場合についても検討した。日本の都市域で見られる濃度差の場合には、GOSAT では検出出来ない可能性のある事が示された。一方 DIAL は十分な精度を持つ事が可能であるが、対象地域によっては DIAL が最も高い精度を実現する夜間には濃度差が解消されるケースがあることも分かった。</p>
イ) 分光法を用いた遠隔計測に関する研究 (H15-20)	<p>温室効果ガスを中心とした大気微量成分の実験室分光測定と分光パラメータ導出・評価を行う。</p> <p>大気観測用フーリエ変換赤外分光計による測定スペクトルのリトリバル解析を継続し他の観測値と比較を試みる。</p> <p>分光法を用いた遠隔計測に有効な手法の開発及び実証的研究を行い、「光通信用波長可変光学フィルタを用いた大気微量成分の高精度分光装置の開発」に発展させる。</p>	<p>二酸化炭素、メタン、水蒸気、一酸化窒素、一酸化二窒素の数本の吸収スペクトルを実験室レーザー分光法により測定し、スペクトル解析により分光パラメータの決定と分光パラメータの精度評価を行った。更に、GOSAT 搭載フーリエ分光計(TANSO-FTS)の Band 2(短波長赤外領域)では、1.67 μm 帯の測定からメタンの存在量を導出することになっているが、分光パラメータの精度が悪く、導出精度に影響を及ぼす可能性がある。このため実験室フーリエ分光法により、数千本のメタンの吸収スペクトルを測定し、スペクトル解析により分光パラメータを決定した。更にこの結果をもとにメタンのスペクトル線リストを作成した。このメタンのスペクトル線リストを用いることにより、GOSAT をはじめとする分光観測から導出されるメタン存在量の誤差軽減化が期待される。</p> <p>大気観測用高分解能フーリエ分光計を用いて測定した二酸化炭素に関する大気吸収スペクトルのリトリバル解析を、6年間の観測データにまで拡張した。季節変動及び経年変動を導出し、この結果を他の観測値やモデル計算値と比較した。更に、メタンやオゾン層破壊関連の物質であるフッ化水素、塩化水素を行った。フッ化水素や塩化水素はモデル計算値と比較を行った。</p>
ウ) Intracavity レーザー吸収法と結合した時間分解フーリエ分光法の開発と応用 (H18-20)	<p>時間分解フーリエ変換型分光器に Intracavity 吸収セルを組み合わせた高感度時間分解赤外分光装置の開発を行い、弱い吸収線スペクトルの検出を目指す。</p>	<p>YLF レーザー励起パルスチタンサファイアレーザー(繰り返し周波数 1.3 kHz)の発振に成功した。ガス(水蒸気)を満たした共振器セルにそのレーザー光を導入させ、その出力を時間分解高分解能フーリエ分光計で測定する装置を組み立て、その動作試験を行った。また、今回開発したチタンサファイアレーザーの励起レーザーである YLF レーザー励起パルスレーザーをアブレーションに用いて、Fe、Mg、Ca、Na、CO 等の発光スペクトルの時間分解スペクトルの測定に成功した。</p> <p>これらの結果から、時間分解フーリエ変換型分光器と Intracavity 吸収セルを組み合わせた高感度時間分解赤外分光装置の開発が完了し、ユニークな微量成分分光法の一つが実験室で実現できたと言える。(研究代表者：岡山大学自然科学研究科川口建太郎教授)</p>

<p>エ) 光通信用波長可変光学フィルタを用いた大気微量成分の高精度分光装置の開発 (H19-20)</p>	<p>光通信用に開発された安価、高精度、高安定な波長可変光学フィルタ装置を用いた大気微量成分の分光測定装置を開発する。太陽直達光の測定スペクトルを取得し、分光装置自身の評価と野外観測装置値としての可能性を探る。</p>	<p>本研究で導入する波長可変光学フィルタ装置の仕様を決定し、仕様の波長可変光学フィルタを購入し、入射光学系、光ファイバの整備、装置の制御・データ取得系の立ち上げを行った。さらに試験観測を実施し、分光装置の改良、測定制御プログラムの改良、パワーメータのソフトウェア更新、波長可変光学フィルタ装置の光学部の改良を行った。改良した分光装置を用いて太陽直達光による大気微量成分の吸収スペクトルを観測した。取得したスペクトルのデータ解析を行い、大気微量成分の吸収スペクトルが測定することに成功した。</p> <p>野外観測装置値としての可能性を検討した結果、価格的には可能性があるが、更なる基礎的研究を継続し測定精度や感度を定量化する必要があると結論づけた。</p>
<p>オ) 遠隔計測データ中の地形及び分光特徴の自動認識に関する研究 (H17-22)</p>	<p>衛星や航空機から取得された遠隔計測データから、地形及び分光特徴を自動的に認識・抽出する技術を開発する。特に衛星画像中のクレータ等の環状地形や雲、航空機画像中の野生動物やその足跡の自動抽出や、衛星搭載連続分光データの校正及び特徴抽出処理に重点を置く。</p>	<p>全球を高頻度で観測する衛星センサのデータから作成される「雲マスク」の精度を同時に取得された高分解能画像を用いて検証する方法について検討し、いくつかの事例に対して検討した手法を適用した。その結果、地表面被覆が植生以外である場合に、赤外域を用いた雲判定アルゴリズムが陸域を雲と誤判別しやすい傾向があることを明らかにした。</p> <p>雪原のリモートセンシング画像に映っている野生動物の足跡を自動抽出するアルゴリズムを開発した。さらに抽出された足跡の総延長より対象動物の生息密度の推定を行うアルゴリズム及び足跡の間隔、幅等から動物種を推定するアルゴリズムを完成させた。また連続／重複して撮影された航空写真より移動体を直接検出するアルゴリズムの開発を開始した。</p> <p>月探査周回衛星に搭載された可視近赤外分光計による連続分光データに対する校正および鉱物分光特徴抽出手法を確立し、実際のデータに適用して月裏面のクレータ中央丘において斜長石やマグネシウムに富む輝石を大量に含む岩体等を発見した。さらに土壤反射率モデルを用いた解析も行い、月面にほぼ純粋な斜長石からなる岩体が多数分布すること、及び月面のSPAと呼ばれる領域の地下にマグネシウムに富む斜方輝石からなる地層があることを明らかにした。加えて上記のデータの校正及び大量自動処理を実行するシステムと同システムにより得られた成果に関する研究、及び衛星画像の幾何補正／オルソ補正システムに関する研究をそれぞれ実施した。またリモートセンシングデータによる湖沼環境監視手法の開発を行った。</p> <p>いずれの研究とも、地球環境のリモートセンシングを進める上での基礎的な手法研究と位置づけられ、将来の地球環境研究に有効に使われることが期待される。</p>

<p>カ) 分光法を用いた大気計測に関する基盤的研究 (H21-25)</p>	<p>分光パラメータに関する研究動向の把握、必要に応じて分光パラメータ取得及び評価を行う。分光法を用いた遠隔計測や直接測定に有効な手法の検討、開発及び試験的研究を行う。</p>	<p>GOSAT TANSO-FTS Band 2 の 1.67 μm 帯の測定からメタンの存在量を導出するために用いる分光パラメータについて、これまで作成したスペクトル線リストを文献値等と比較したところ、バイアスのある部分が存在することが明らかになった。このため、今まで実験室測定したフーリエ分光スペクトルデータのスペクトル解析を行い、文献値等の違いを定量的に見積もった。更に、実験で用いたメタンサンプルの燃焼分析を行い、この違いの原因の検討を行っている。</p> <p>大気観測用高分解能フーリエ分光計を用いて、GOSAT の検証作業に適した観測モードでの通常観測を開始し継続した。本装置の検定のために、平成 21 年 1 月 7、15 日に実施した航空機同期観測で取得したデータの解析を行ったところ、大気観測用高分解能フーリエ分光計と航空機観測の結果は、これまでの他の観測地点の結果に対して直線上に乗った(検定に成功した)。その結果を受けて TCCON(※)に正式に加入が認められた。また、メタンやオゾン層破壊関連の物質であるフッ化水素、塩化水素の観測及び解析を継続した。</p> <p>(※Total Carbon Column Observing Network、GOSAT 等の温室効果ガス観測衛星データを検証するための最も有効な地上設置高分解能フーリエ分光計観測網。)</p>
<p>キ) グローバルな森林炭素監視システムの開発に関する研究 (H20-23)</p>	<p>合成開口レーダー等を用いた森林減少や森林劣化を定量的に把握して、長期的な炭素収支動態についてモデルシミュレーションを実施して、森林減少の防止活動に伴う CO₂ 排出削減量を推定するシステムを構築する。</p>	<p>人工衛星による観測、現地のインベントリ情報、そして生態系モデルを融合した炭素アカウンティング手法の開発を行った。ボルネオ島を対象として衛星画像解析による森林被覆率の時系列データから森林減少域を抽出し、陸域生態系モデルによる森林減少後の炭素放出・吸収パターンを適用することで、炭素収支マッピングを試行した。その結果、1982 年から 2008 年にかけて、南西部を中心に森林減少が発生したことが示唆された。森林減少が顕著に進行してきた南東部は、年間 5 トン/ヘクタール以上の強い炭素放出源になっている可能性が示された。これらの結果を踏まえて、発展途上国を含む広域により高信頼度で温暖化抑制策にも応用可能な、炭素アカウンティング手法について総合的な検討を行った。また、森林の炭素収支だけでなく、様々な生態系サービス(環境ベネフィット)に対する影響評価システムへの拡張について検討した。</p> <p>土地利用変化に伴う炭素収支を様々な条件下で長期的に推定するため、プロセスベースの陸域炭素循環モデルの高度化を行った。これまでは土地利用変化の前後を通じて一定値に設定していた土壌組成、圃場含水量、比容重などの土壌パラメータの変化をモデル中で考慮できるよう改良を行った。また、農地における作物残渣の持ち出しなど土壌炭素動態に影響を与える他の要因も導入した。その結果、土壌水分推定がより現実的になり、モデルで推定された土壌 CO₂ 放出はより観測データに近づいた。</p>

<p>ク) 大気・陸域生態系間の炭素収支研究における化学トレーサーの利用に関する基礎的研究 (H20-22)</p>	<p>大気・陸域生態系間の炭素収支および炭素循環プロセスの研究をCO₂の同位体や他の微量成分を指標(化学トレーサー)として利用して高度化することを目標として、大気・陸域間のこれらの化学トレーサーの交換を群落スケールで観測する技術を開発すると共に、土壌での交換を高い信頼性で観測するためのチャンバー観測システムを開発作成する。</p>	<p>大気・陸域生態系間の炭素収支および炭素循環プロセスの研究をCO₂の交換と連動して変動する成分を指標として利用することで高度化することを目的とした技術開発を行った。対象成分として呼吸や光合成に伴い組成の変化するCO₂の安定同位体比や硫化カルボニルなどに注目した。</p> <p>群落スケールでの各種微量ガス成分のフラックスを定量する手段として微気象学的手法である緩和渦集積法(REA法)と呼ばれる手法に着目し。これを応用した観測システムの開発・評価を行った。研究所内で試作したシステムを評価した上で、多様な環境での観測を想定して耐候性や汎用性を高めたシステムを作成し、実際の森林生態系内でのサンプリングを試験的に開始し、採取された試料の分析を行った。</p> <p>この測定システムは通常CO₂やH₂Oのフラックス観測で用いられる渦相関法(EC法)に比べ、分析計の時間応答性に対する要求が低く、現時点で分析計の性能や設備的な制約から渦相関法が適用できない成分についての観測を可能とすると期待できる。また、このシステムは多くの微量ガス成分に対して、電力要求量の小さな分析システムでの群落スケールフラックス観測を可能とするため、観測システムの設置環境に対して施設的な要求を低く抑えることが出来るので、より広範な対象地域へ観測の展開を容易にする。</p> <p>また、群落スケールでのガス交換量評価手法の開発と併せて、大気・陸域生態系間のガス交換において大きな要素である土壌による各微量ガス成分の吸収・放出を評価するための大型チャンバー観測システムの開発・作成を行った。特に、近年、既往のチャンバーを用いた土壌でのガス交換観測について、土壌・大気界面の拡散構造の定常性への攪乱の影響が指摘されているため。その影響を可能な限り低く抑えるデザインとした。</p>
<p>ケ) 環境試料を用いた物質循環の変動や汚染の指標に関する研究 (H21-25)</p>	<p>隠岐の島におけるエアロゾルの継続採取と各地域での環境試料採と鉛など金属析分析並びに発生源解析</p>	<p>隠岐の島におけるエアロゾルの採取とその保存を長期的に行っている。エアロゾルサンプルは83年12月から採取が継続されており25年のレコードを持つことになった。試料は、-20℃の試料庫ならびに-80℃のタイムカプセル棟に保存されている。順次分析を行う準備を行った。</p> <p>地方の環境研究所との協力により(長野、京都、富山、名古屋、宮城、北海道、群馬)各地のエアロゾルと降水中の鉛同位体比、硫黄同位体比、イオン、金属、カーボン、などの分析を行い、その起源などについて解析を行った。鉛同位体比の近年の結果から、中国での鉛の同位体比が有鉛ガソリンの中止により変化していることが、各地の鉛同位体比の変化として現れてきていることがわかった。同時に、鉛や硫酸などの濃度は、いまだ中国では相対的に高くその指標性はまだ失われていないことが分かった。</p>

<p>コ) 指標生物群を用いた生態系機能の広域評価と情報基盤整備 (H21-23)</p>	<p>PEN で共通して用いている分光魚眼カメラや環境省のモニタリング1000 調査区の樹種判別を自動化するための気球カメラを北海道大学苫小牧研究林に導入し、現場で直接観察されている植物機能やフェノロジーとの対応関係を解析する。</p>	<p>フェノロジー観察に必要となるカメラの諸元を検討するとともに、解析手法の開発を目的として、衛星リモートセンシングによる植生観測にて一般的な植生指数 NDVI(正規化差分植生指数) を算出できる近赤外+赤・緑の三波長カメラ(ADC3)と、可視から近赤外域を連続分光撮影するハイパースペクトルカメラを落葉広葉樹林の樹冠上に装着し、展葉前の春先から落葉期まで連続撮影を継続した。同時に撮影個体の枝のフェノロジー (展葉時期、黄葉・紅葉、落葉時期) の観察を行い、分光反射率の変動によりフェノロジーを判定する手法を開発した。加えて、JaLTER サイト数カ所に市販カメラをベースとしたフェノロジーカメラの設置を進めた。温暖化の生態系影響を把握するモニタリングのための有効な手段として今後の活用が期待される。</p>
---	--	---

8. 資源循環、廃棄物管理研究

研究の概要

今後の循環型社会構築に向けて、わが国の循環型社会の近未来像、資源性・有害性をもつ物質の管理、バイオマス系廃棄物の資源化技術、資源循環・廃棄物管理の国際的側面、という切り口から、4つの「中核研究プロジェクト」において重点的に取り組むとともに、他の研究ユニットの研究者が主体となる「関連研究プロジェクト」4課題を実施した。また、廃棄物管理の政策課題に直結した調査・研究にも重点的に研究資源を配分するとともに、本分野の中長期的な問題への対応、解決に資する研究能力の向上を図るための基盤的調査・研究や知的研究基盤整備についても、本重点研究プログラムと一体的に推進した。

(基盤的な調査・研究：資源循環・廃棄物管理研究)

構成するプロジェクト・活動等	研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>廃棄アスベストのリスク管理に関する研究</p>	<p>①廃棄アスベストの無害化処理技術の評価方法として、TEM法による確認試験方法を開発し、クロスチェックや実試料への適用により評価する。また、実処理モニタリングに適用できると考えられる位相差顕微鏡法(PCM法)や分散染色法について、繊維計数基準等について検討し、クロスチェックにより評価する。</p> <p>②アスベスト標準熱処理物をX線回折法やTEM法により分析し、繊維数や繊維形態、結晶構造、化学組成の変化について評価するとともに、in vitro 及び in vivo 試験により毒性を</p>	<p>①無害化処理物の確認試験法として、試料を水中に分散して繊維状物質を取り出す水分散法とTEM法による測定を組み合わせた方法を考案した。クロスチェックにより評価では、アスベスト標準や熱処理物(スラグ)では分析結果はよく一致したが、マトリックスの多い試料ではばらつきが見られた。この種の試料の前処理方法として、低温灰化と酸処理が有効であることを集塵ダスト試料への適用により確認した。この確認試験法は環境省の石綿含有廃棄物の無害化処理の大臣認定で活用された他、環境省の通知に反映された。PCM法や分散染色法、走査型電子顕微鏡法(SEM法)に関して、繊維の計数基準を統一した上でクロスチェックを実施した。その結果、アスベスト標準ではμg、スラグ試料では0.01%オーダーのアスベストが光学顕微鏡で定量でき、実処理モニタリングに適用できると考えられた。一方でばらつきは大きく、適切な分析精度管理の必要性が示唆された。</p> <p>②5種のアスベスト標準熱処理物を調製してX線回折法とTEM法で分析し、処理温度の上昇に伴い結晶構造(鉱物種)が変化し、繊維数濃度が減少することを確認した。アスベスト繊維数濃度が土壌レベルまで低下するのに、クリソタイルやクロシドライトは1000℃以上、アモサイト等角閃石族アスベストでは1400℃以上での処理が必要であった。毒性評価においては、in vitro 試験ではクリソタイルとクロシドライトでは800℃以上、アモサイトとアンソフィラ</p>

	<p>評価する。以上より、処理温度と各種物性や毒性の変化との関係について検討する。</p> <p>③廃棄アスベストの無害化処理レベル検討のため、土壌や底質等一般環境試料中のアスベストを TEM 法や PLM 法等により分析し、国内のデータを集積する。</p> <p>④廃棄物処理施設でのアスベストの飛散実態の把握のための調査を行う。また、建材や廃棄物等固体試料中のアスベスト分析法の検討を行うとともに、分析精度管理に係るクロスチェックを行う。</p>	<p>イトでは 1100℃以上、トレモライトでは 1200℃以上で顕著な細胞毒性の減弱が見られた。in vivo 試験では、クリソタイルでは 600℃以上、クロシドライトでは 800℃以上、アモサイトでは 1300℃以上で処理した試料で炎症誘導能の低下が認められた。以上の結果から、熱処理に基づく無害化処理技術評価においては、高温まで繊維数濃度や毒性が低下しないアモサイト等についても確認を行う必要性があることを示した。</p> <p>③旧石綿製品製造工場周辺で土壌や底質を採取し、TEM法によりアスベスト繊維数濃度を分析したところ、土壌は 44～62Mf/g (Mf=10⁶ 本)、河川・港湾表層底質は 17～25Mf/g、海域底質コアは不検出～68Mf/gであった。蛇紋岩地域及び対照地域の土壌調査では、PLM法により蛇紋岩地域土壌からクリソタイルやトレモライトを検出した。蛇紋岩露頭土壌や旧石綿鉱山から流出する河川堆積物で 10%超と比較的高濃度であった。</p> <p>④廃棄物処理施設で採取した破碎排ガス集塵ダスト等を TEM 法により分析し、アスベスト繊維を検出した。酸処理による濃縮と PLM によるポイントカウント法を組み合わせ、固体試料中 0.1%レベルのアスベストを定量できる方法を考案し、土壌試料分析により評価した。分析精度管理として、リロケータブルスライドを用いた PCM 法のクロスチェックを進め、アモサイト試料では良好な結果を得た。また、TEM 法及び SEM 法についても、アスベスト標準や集塵ダストを共通試料としてクロスチェックを行った。</p>
<p>資源循環に係る基盤的技術の開発</p>	<p>①廃棄物資源化および環境保全技術動向の調査に関しては、技術を幅広く情報として収集し、各技術の特徴や性能、実廃棄物への適用性、生成物の特質や資源としての流通性等の評価を行う。また、新規技術の動向に関し、内容を詳細に整理する。</p>	<p>①18 年度は、バイオガス化および焼却プラントを同一施設内に配置した廃棄物処理資源化施設、廃塩化ビニルの回収施設等を調査した。19 年度は、木質バイオマスのガス化-改質/ガスエンジン発電プロセスの適用を山村部で実証している施設等を調査した。20 年度は、アンモニア合成用の水素回収に応用されたガス化-改質プラント、エコセメント化施設等を調査した。21 年度は、調理残さ等のバイオガス化・利用例、過熱水蒸気 (230℃) による廃棄物の質変換/燃料化施設を調査した。22 年度は、比較的新しいエネルギー回収システムとして、韓国ソウル市街地に設置された一般廃棄物中厨芥類等を対象とした乾式メタン発酵施設を調査し、性能および課題等について把握した。さらに、一連の調査活動によって蓄積された技術情報に関し、キーワード等による検索が可能なデータベースとして整備した。</p>

	<p>②シーズ技術としての高温・高圧流体抽出技術に関し、おから試料からのビタミンE成分の抽出特性に対する温度および圧力等の影響を明確にする。電磁波を利用した資源化技術では、高周波誘導加熱による樹脂材料の分離特性等を明確にする。炭化技術に関しては、炭化を適用した廃棄物処理施設の実態評価、炭化物の市場調査等を通じた現状評価によって、技術の将来性を評価する。また、実験によって、木質ほか試料の特性とガス、炭化物、タール分間の物質収支や熱量特性等を明らかにする。</p>	<p>②高温・高圧流体を用いた、おから試料からのビタミンE成分の抽出特性に関しては、温度・圧力として50℃、20MPaといった領域が適切であること、共存する脂肪成分との選択的分離を可能とする経時的抽出パターン等を明確にした。また、既往の研究文献等を広範に調査し、その情報整理に立って高温・高圧流体の適用の方向性を展望論文で主張した。</p> <p>電磁波利用の資源化技術では、金属メッキ加工樹脂に対し高周波誘導加熱により金属・樹脂接合面を選択的に軟化・熔融もしくは熱分解し、金属・樹脂を分離回収するプロセスの確立のための要素技術開発を行った。様々な複合材料を対象として高周波誘導加熱実験を行った結果、樹脂全体の熱分解が進行してしまうケースも確認されたが、樹脂がとくに熱可塑性の場合、金属・樹脂接合面が容易に分離することが確認された。</p> <p>炭化適用技術のうち、既存施設の実態調査から、炭化物製造に要するエネルギー投入量において施設間の違いがかなり大きいこと等を明らかにして、収支解析等の内容を含めて論文化した。実験においては、いずれの炭化試料も高温になるほど炭化物の回収率が小さくなり、とくに水蒸気を混在させると、高温条件(700および900℃)での回収率が低くなること、RPFを原料にするとタール生成のため回収率が低いこと等を明らかにした。</p>
<p>その他の主な課題</p> <p>1) 臭素系難燃剤等の物性の測定・推定手法</p>	<p>・臭素系難燃剤および芳香族リン酸エステル難燃剤の物理化学パラメータ(水への溶解度、オクタノール/水分配係数、蒸気圧等)を測定する。また、パラメータのpH依存性の数式化を行うとともに、測定ができないパラメータに対しては、推算モデルの評価を行いつつ、適切な推算モデルを用いてその値を推定する。</p>	<p>・ヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)を中心に臭素系難燃剤の物理化学パラメータ、つまり、水への溶解度(S_w)、オクタノール/水分配係数($\log K_{ow}$)、蒸気圧を測定した。HBCDについては、異性体別に測定を行い、異性体別のパラメータ値を初めて明らかにした。また、HBCD以外にも、テトラブロモビスフェノールAや2,4,6-トリブロモフェノールのS_wと$\log K_{ow}$のpH依存性を実験的に求め、そのpH依存性を数式化した。これらの研究成果より、臭素系難燃剤については、異性体別やイオン形態別に環境動態予測が可能となった。一方、芳香族リン酸エステル難燃剤についても同様に、S_wと$\log K_{ow}$および蒸気圧を測定した。ただし、値が低く測定ができないパラメータに対しては、本実験データと定量的構造物性相関からそれらの値を推算した。特に、縮合型のリン酸エステル難燃剤については、それらの物理化学パラメータを初めて明らかにできた。</p>
<p>2) リデュース・リユースの分析・評価</p>	<p>・我が国の3Rならびに3R研究の現状について、過去の廃棄物処理の</p>	<p>・3R研究レビューにおいては、近年の3R・廃棄物研究が学際的かつ多彩な傾向を強めてきていることを確認するとともに3R研究にはいくつかの種類(リデュース研究:廃棄物発生要</p>

<p>評価手法の体系化とその適用研究</p>	<p>歴史をたどりながら、どのような視点での研究が進められてきたかを整理するとともに、俯瞰的に課題を整理し、今後の研究展望を行う。また、海外の3R調査研究のレビューを行う。</p> <p>省エネ製品の買替に関して、消費者が直面する様々な買替条件に対応でき、かつ買替判断における規範的指針を示すことができる評価手法を提案し、テレビ、冷蔵庫、エアコンについてデータの収集を行い、評価の適用を行う。</p>	<p>因、対策効果、対策設計。リユース研究：技術、品質確保、意識・行動などといった6つの研究群。リサイクル研究：技術開発、制度実態、制度設計などといった4つの研究群。）があることを把握し、今後は、例えば、政策的にはビジョン提示型やマネジメント、参加型アプローチといった研究、技術的には高度化、低コスト化、システム志向といった研究が重要になると考えられた。また、リデュース・リユース（2R）研究が進みにくい理由として7点を指摘するとともに、2R研究分野の進展には2R行動の整理が必要とのもと、その分類を行い、13分類を得た。</p> <p>消費者が直面する様々な買替条件でも規範的な行動指針等を示すことができる等環境負荷線を用いた prescriptive LCA 手法を提示し、大型化等の買替はエネルギー消費を増大する傾向があるが、冷蔵庫については大型化しても省エネ効果が得られることや、テレビとエアコンについては年間使用時間が買替に大きく影響することを提示し、使用時の省エネが進んでも買替すべきでない条件があることを確認した。</p>
<p>3)国際サプライチェーンを含む生産消費システムを対象とした環境負荷分析の理論と実践</p>	<p>・わが国の生産消費システムと国内外で生じる環境負荷や資源消費を定量的に把握するための産業連関モデルを設計し、モデルの実行に必要な経済、環境および資源データ整備を行う。また、環境負荷、資源消費の観点から、わが国の国際貿易の構造的特徴を分析する手法論の開発を行う。</p>	<p>・わが国の産業連関表の特徴を活かして日本の生産消費構造を詳細な部門分類で記述し、それと国際サプライチェーンとの接続を体系的に表現するモデルとして、Global Link Input-Output (GLIO) モデルを開発した。従来、一国経済が誘発する国外での環境負荷量の同定には、多地域間産業連関分析 (MRIO) が利用されてきたが、データ整備の困難さから部門解像度の低さが問題であった。GLIOの新しいモデル構造により、分析の中心となる国の部門解像度を高めながらも、国際サプライチェーンを整合的に記述することが可能となった。また、モデル実行のために世界230カ国の経済データを収集し、国別のエネルギー種別CO₂排出量データを整備した。</p>