

資料 1. 重点研究プログラム

1. 地球温暖化研究プログラム

研究の概要

本プログラムでは、二酸化炭素等の温室効果ガスや関連気体等の空間分布とその時間変動の観測とデータ解析に関する研究、人工衛星を利用した温室効果ガスの測定データ処理解析手法の開発、二酸化炭素濃度分布等の観測データと大気輸送モデルに基づく二酸化炭素収支の解析手法に関する研究を行った。また、気候・影響・陸域生態・土地利用モデルの統合によるシミュレーションモデルの開発及び将来の気候変化予測と影響評価に関する研究、将来の脱温暖化社会の構築に係るビジョン・シナリオ研究、気候変動に関する国際政策分析、気候変動対策に関する研究等を行った。

観測・解析を中心とする研究においては、地上ステーション、民間船舶、民間航空機、人工衛星などを活用した観測研究により温室効果ガスの動態把握を進め、また大気輸送モデルと組み合わせることで発生源、発生量の推定などを行った。特に、21年1月に成功裏に打ち上げられた温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT (通称：いぶき) については、国環研の担当となっているデータの高度処理、高次プロダクトの検証、データの定常処理・配布などを順調に進めてきた。

温暖化リスク評価・温暖化対策評価に関する研究においては、IPCC の第 5 次評価報告書作成に向けてのモデルの改良を進めた他、IPCC の新シナリオの一つ (RCP6W) の作成を担当し、同時に、RCP6W について土地利用変化の空間分布シナリオを開発した。また、政府の温暖化対策中期目標の策定に向けての将来ビジョン・シナリオに関し、「2050 年までに 70% の排出削減が可能であること」、またそれを実現するための「12 の方策」を提示した。

なお、本プログラムは 4 つの中核研究プロジェクトに加え、関連研究プロジェクト (開始当初 8 件)、地球環境研究センターが実施する「知的研究基盤の整備」のうち地球温暖化に係るモニタリングなどの事業から構成される。紙面が限られているため、本報告書では 4 つの中核プロジェクトを中心に記述する。

(中核 P J 1 : 温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明)

研究成果目標	研究成果 (成果の活用状況を含む)
アジア-太平洋域での広域大気観測による温室効果ガスの収支や地域的特性に関する研究を行い、その収支や地域特性を明らかにすると同時に、アジア太平洋領域での、海洋、陸域フラック	大気二酸化炭素のアジア太平洋地域の高度分布を含めた季節変化やトレンドなど地域特性を把握できた。二酸化炭素の長期的収支解析から、海洋と陸域の吸収量の分別比率が 1 : 0.4 程度であり、そのトレンドをみると、近年の陸域や海洋の吸収量が二酸化炭素濃度上昇に対応し増加している効果が示唆された。発生源では中国などの人為発生量の倍増が、アジア太平洋地域の二酸化炭素の濃度分布を変化させてきていることが判明した。同時に、代替フロン類等 (例えば HFC23、HCFC22) も波照間の観測から中国に世界規模での大きな発生源があることが推定できた。メタンは近年に増加が認められたが、解析の結果何らかの発生量の増加が伴っていることが示唆された。 海洋や陸上の二酸化炭素吸収量の変動が太平洋やアジア地域で調査されその変動が解析された。北太平洋で吸収量は増加していることが推定できたが、地域的に西側と東側では吸収トレンドに差があることがわかり、海洋の地球科学的な変化がゆっくり進行していることが示唆された。陸域の吸収量は短期的には湿潤なアジアでは太陽の有効放射量に対応し変動することがわかった。温度上昇に対して、土壌呼吸などの増加がどの程度起こるかを実験的に研究した結果、短期的にはこれまでのモデルが推定する以上

<p>スの地域変動を解析し、そのトレンドを求める。これらのデータを用いてモデル解析を行う。</p>	<p>の応答が日本の森林土壌ではあることがわかったが、長期的には土壌毎の炭素プールの差により場所ごとに応答が異なることがわかった。</p> <p>本プロジェクトで高頻度に観測している大気二酸化炭素の変動を説明できるような新しい結合モデルを開発した。こういったモデルを酸素などにも応用し、観測の解釈の整合性を確認した。これをインバージョンモデルにも適用し、波照間などの高頻度観測をデータとして使うことによることで、精度の改善が測れることを示した。海洋のフラックスなどを観測データから4次元同化して用いながらインバージョンモデルを適用することでグローバルなフラックスの評価精度が向上した。</p>
<p>サブテーマ (1) アジア-太平洋域での広域大気観測による温室効果ガスの収支や地域的特性解析</p> <p>JAL や船舶、地上ステーションを用いて高頻度測定により、濃度分布や時系列濃度変動パターンを抽出する。その結果から、大気の混合を含めたグローバルな変動の解析のための情報を整理することに加え、急激に変化する最近5年程度のアジア特有の地域別のフラックス変動の特徴を検出する。</p>	<p>○ グローバルな二酸化炭素収支とそのトレンド</p> <p>酸素の精密測定からの見積もりによると1999年から2008年までの9年間について、海洋および陸域生物圏の吸収量はそれぞれ2.3 PgC/yr および0.9 PgC/yr と推定された。2002年から2008年までの後半6年間では、海洋および陸域生物圏の吸収量はそれぞれ1.9 PgC/yr および1.4 PgC/yr であり、海洋の吸収量には若干の減少傾向が、陸域生物圏の吸収量には増加傾向があった。年々変動のパターンを炭素同位体比で細かく解析を行った。正味の陸域の吸収量の変動は森林火災を含めたエルニーニョによる温度変化に反応するが、森林火災の影響を考慮すると、NEPの温度応答は1度あたり1.4～4 Gt・C程度であり、世界の炭素循環モデルで想定されるNEPの減少や土壌呼吸の増加に対応するオーダーであった。また、二酸化炭素の濃度に対する吸収量の増加応答は、100ppmにあたり6.5～8Gt・Cであり、モデルと整合的であった。これらから、近年の陸域吸収量の増加は、温度が相対的に低く経過していることに加えて、二酸化炭素濃度増加が寄与していることがわかった。海洋の吸収量は、同位体比からの結果では、吸収量の微増が推定され、2.6Gt・C程度の吸収が見られた。濃度応答としては100ppmに対して2.5Gt・Cであり、これまでの吸収量をうまく整合的に説明した。温度に対しては、エルニーニョの現象による反応のため、長期的な反応の係数が導き出されなかったが、温度応答は小さいと考えられた。</p> <p>○ 定期船舶を用いた放射性炭素同位体比(14C)の観測</p> <p>観測データから、14Cの長期トレンドと季節変動に緯度別の変化があることが明らかになった。14Cの季節変動は、大気輸送モデルを用いた解析の結果、北半球では化石燃料燃焼による二酸化炭素の大気輸送によって説明できることが明らかになった。14Cの長期変動は、安定同位体(13C)の変動と位相は同じだが増減が逆の関係にあり、エルニーニョによる変動の影響を受けていることが示唆された。しかし、その変動プロセスはまだわかっておらず、14Cのシミュレーションの再現性を高め、現在進めている表層海水の14C観測の結果などを合わせて考察を進める必要がある。</p> <p style="text-align: center;">◇</p> <p>○ グローバルなメタン濃度の長期トレンド</p> <p>1994年以来の定期船舶を用いた緯度別の長期観測結果を解析した。これまで増加していた濃度は2000年以降すべての緯度帯で濃度増加が見られなくなっていた。その後2007-08年に北半球中緯度で9ppbv/年、南半球で7ppbv/年の大きな濃度増加が起こっていることがわかった。この近年の大きな濃度増加は全球で起こっているようであったが、北半球低緯度でこの増加速度が小さい緯度帯が見つかった。メタンのトレンドの変動にはエルニーニョやラニーニャに伴う大規模な大気輸送の変動を反映していると考えられた。大気循環モデルによる解析から、エルニーニョの時期や近年の濃度増加は輸送の問題ではなく北半球での発生源の増加があるとの可能性が示唆された。この解析を進めることで、年ごとの発生源の情報が得られると考えられた。</p>

○ 大気の立体的な輸送過程

JALの航空機を利用した観測によって各地の高度分布が観測された。その結果、各地で特徴的な分布と季節変化が観測された。これを解析すると上部対流圏と下部成層圏におけるCO₂濃度の季節変化の位相がまったく逆になっていることが明らかになった。客観解析データを利用して等価緯度-温位断面上でのCO₂濃度の分布を解析したところ、春季には圏界面と等CO₂濃度面が平行になっており、圏界面が対流圏と成層圏の大気輸送の障壁になっていることが示唆された。一方夏季には低緯度の高濃度のCO₂が圏界面を横切って下部成層圏に流入しており、この現象が下部成層圏におけるCO₂濃度の季節変動を作り出しているというメカニズムを明らかにした。

また、各地の高度分布からCO₂濃度の年平均値は北半球の自由対流圏では経度方向の差が小さかったが、境界層内では東アジア域の濃度がヨーロッパや北米より高い傾向を示した。インドに関しては、相対的に低い値を観測するなど各地の特徴が把握された。

○ 短寿命成分の分布

日本-オセアニア航路に加えて、日本-東南アジア航路における民間船舶を用いて、短寿命の微量温室効果ガスの多成分観測を行った。中国南部から、タイ・インドネシア・シンガポールにかけてのデータを太平洋の同緯度帯のデータと比較すると、多くの成分について、東アジアの発生源の影響が明瞭であった。例えば、北緯10度以南の熱帯域における対流圏オゾン濃度は、東南アジア航路がオセアニア航路よりも概して高い値を示していた。熱帯域では一年を通じて豊富な太陽光が得られるため、前駆物質の濃度レベルによってオゾンの生成が大きく左右されることが考えられるが、前駆物質濃度が低い場合オゾンが消失となっているオセアニア航路とは対照的に、前駆物質濃度が高い東南アジア航路ではオゾンが生成となり、全体的に高いオゾン濃度をもたらしていると推測された。東南アジア地域における一酸化炭素の高濃度イベントを詳細に解析したところ、エルニーニョによって誘発されたボルネオ島の森林火災から一酸化炭素が放出され、長距離輸送されて太平洋外洋域にも影響を及ぼしていたことが分かった。また、冬季には一酸化炭素と二酸化炭素の濃度変動が非常によく相関し、発生源からの放出比をよく反映していると考えることができたが、夏季には相関しない場合もしばしばあり、陸域生態系によって二酸化炭素が吸収されていることが示唆された。東南アジア域からの温室効果気体の排出状況をより良く推定するためには、今後の継続的な観測とともに、夏季に陸域生態系によって吸収されないメタンの連続観測の重要性が認識された。

○ 地域的なGHGの発生の把握

波照間でのCO₂およびCH₄の変動量の比を詳細に調べると、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。この変化傾向は二酸化炭素のデータバンクであるCDIACに報告されている中国における化石燃料起源のCO₂放出量変化と整合的であった。中国での発生量はここ5年間で2倍になっており、二酸化炭素とメタンの比率がそれぞれにより増加することが推定された。同時に、二酸化炭素の濃度の冬季の増加速度にも中国の発生量増加が影響していることがわかった。

酸素と二酸化炭素の比率を用いると、二酸化炭素の発生源が石油起源が石炭起源かなどを区別することができることがわかった。観測されたエアマス起源ごとの $\Delta\text{O}_2/\Delta\text{CO}_2$ 比さらに $\Delta\text{CO}/\Delta\text{CO}_2$ 比を調べると国別の化石燃料使用統計やCOの国別発生量から予想される値と整合的であり、発生源の同定に使用できることがわかった。

○ フッ素系温室効果気体の観測と解析

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行い、それらの詳細な濃度変動データを得た。多くのHFC

	<p>類、HCFC 類と SF6 が経年増加を続け、2005～2008 年にかけて HFC-134a は約 40%増え、HFC-152a と HFC-32 はほぼ倍増したことが明らかになった。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した。</p> <p>○ 海外サイトでの観測結果 アジア域の中緯度での観測地として、貴陽（中国）、ナイニタール（インド）の定期観測を共同研究として行った。二酸化炭素を始め各種ガス成分をボトルサンプリングし、季節変化の地域性などを解析した。中国での観測によると大陸内部であるため、同じ緯度帯にありながら海洋性気団で覆われる波照間との比較すると夏期にはその濃度が大陸での吸収により低いことや冬季には逆に高いことなどが示された。また、ガス成分の特徴などが抽出された。インドのサイトも同じ緯度帯でありながら、大きく季節変化は異なり、夏期の二酸化炭素濃度の低下の影響が冬季にまでおよぶことが分かった。これは、シベリアの内部での低い二酸化炭素濃度などがこの地域の冬に影響している結果であると考えられた。その結果全体の年平均濃度を下げており、平均濃度で議論するとこの地域は北半球の中でも最も二酸化炭素濃度が低い地域になっていることが分かった。</p>
<p>サブテーマ (2) 太平洋域の CO2 海洋吸収、アジアの陸域生態系の CO2 吸収フラックス変動評価に関する研究</p> <p>新ラインである西太平洋での pCO2 データの継続的採取を行うとともに、北太平洋で得られた二酸化炭素分圧データを用いて、北太平洋での海洋からの二酸化炭素長期フラックスを変動の地域特</p>	<p>○ 北太平洋での観測を継続し、13 年間の CO2 吸収量の変動や、その吸収の地域性をまとめた。これによると、1995 年から 2008 年の間に北太平洋の CO2 吸収量は約 0.08 PgC/decade の割合で増加していると推察された。この増加速度は年に 2%程度であり、これは大気中の二酸化炭素の増加速度から考えられる吸収量増加と同オーダーではあった。しかし地域的な差が見られ、太平洋に西側に顕著な CO2 吸収量の増加傾向 (+70%) が見られた。一方、北太平洋東部ではわずかながら CO2 吸収量の減少傾向が見られた。これは、なんらかの理由で太平洋の吸収の地域特性が変化していることを示唆していた。</p> <p>○ 西太平洋での日本-オーストラリア-ニュージーランドの間の海洋二酸化炭素観測を継続し、西太平洋域の年々変動とその要因について解析を行った。その結果、南緯 20 度以南のタスマン海では一年を通して大気中の CO2 分圧よりも海洋中の CO2 分圧の方が低く、強い CO2 の吸収域である事が示唆された。また西太平洋赤道域では CO2 分圧の年々変動が大きく、2006 年 7 月から 2007 年 7 月まで大気と海洋の CO2 分圧はほぼ平衡状態であったものの、2007 年 10 月から 2009 年 4 月まで海洋 CO2 分圧が増加し、大気よりも 20 - 50 μatm 高い値を示した (図)。解析の結果、このような高い海洋 CO2 分圧は、ラニーニャ時にペルー沖の高 CO2、高塩分、低水温の水塊が西方へと輸送され、ラニーニャ後期に西部に到達した水塊を捉えていた事が強く示唆された。</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) 濃度測定について、2008 年までの夏季のデータが得られた。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</p>

性を求める。また、その変動気候について検討する。

CGER 事業でデータが採取されている国内の森林フラックスサイトのデータを解析し、気象変動との直接影響を調べると同時に、アジアのフラックスサイトでのフラックス変動要因について解析する。また、土壌呼吸の温暖化影響についての実験や実測を行う。

だと考えられ、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。

○ アジアでの陸域吸収量分布と気候影響

AsiaFlux ネットワーク活動を通してアジア各地の森林生態系における二酸化炭素フラックスのデータを収集し、二酸化炭素収支各項（光合成総量、呼吸総量、正味炭素吸収量）を統合的な解析手法で求め、それぞれの時系列を比較して季節変動や年々変動の特徴を明らかにした。特に、亜寒帯林（シベリア）から東南アジア熱帯林に至る広い緯度帯の森林の炭素収支を詳細に比較したところ、炭素収支各項の季節変化パターンは気候帯と生態系タイプごとに大きく異なる特徴をもつこと、年間の総光合成量と総呼吸量は年平均気温と高相関をもつことなどが定量的に示された。また、欧州で記録的な熱波が観測された 2003 年夏に、欧州のみならず東アジアでも顕著な気象偏差が観測され、それが東アジア各地の総光合成量の時間変化と空間分布に大きな影響を与えたことを示した。

○ 富士北麓のカラマツ人工林において長期的に観測された CO₂ フラックスのデータについて解析を行った。落葉針葉樹林であるこの植生は北東ユーラシアを代表するものであり、既にデータ集積の進んでいる北米やヨーロッパの高緯度に広がる常緑針葉樹林とは異なる特徴を持っており、研究対象として重要である。このサイトでは樹木の展葉期にあたる 5 月前後に急激に光合成生産量が増加し、落葉期となる 10 月頃までの限られた期間が吸収期となる落葉性の森林に特徴的な季節パターンが観察されている。植生の活動期にあたる夏期に於いても、CO₂ の吸収の低下が頻繁に見られることが分かった。東アジアモンスーン域においては、植物の活動期には十分な降水があるため、北米やヨーロッパの森林に見られるような乾燥ストレスによる光合成の低下はあまり起こらず、むしろ低気圧や前線の通過にともなう光合成有効放射の制約の影響を受けやすいと推測された。

○ 青海の草原の温暖化影響と吸収量

青海チベット草原の炭素フラックスにどのような環境要因どのような程度で影響を及ぼすかについて、定量的な評価を行った。5 月から 9 月までの間は、NEE の日変化に対して土壌深度 5cm の地温と光環境 (PPFD) が最も大きな影響を持つことが示された。ここでの炭素蓄積に及ぼす温暖化影響を検討するため、ORCHIDEE モデルを利用し、気温が 2°C 上昇した場合の、この地域の高山草原の平衡状態における炭素蓄積変化を予測した。その結果、地域全体で植物の炭素吸収量 (NPP) が 10% 増えるにもかかわらず、土壌有機炭素の蓄積量が現在より 8.3% 低下する可能性を示した。バイオマス量が少なく土壌有機物が大きい草原では、土壌有機物の減少の寄与が大きく、チベットの草原全体では 0.7Pg-C 程度の炭素の放出に相当し、アジアの草原全体では、13Pg-C 程度に相当する。

○ 土壌呼吸の温暖化影響実験として、全国の代表的な 6 つの森林生態系において、温暖化操作実験を行うことで、対照区に比べて、温暖区における微生物呼吸速度は昇温 1・C あたり、針広混交林、ミズナラ林、ブナ林、アカマツ林、常緑カシ林、およびスダジイ林では、それぞれ平均 20%、7%、6%、4%、4%、9% 増加したことが分かった。また、微生物活性の指標である Q₁₀ が IPCC 2007 などの根拠となっているモデルに用いられている値 (1.1~2.2) より大きい、3.0 前後であることが判明し、21 世紀の半ばには森林が CO₂ の発生源になる可能性を示唆した。

○ 土壌での炭素循環の速度、北域の CO₂ 発生について土壌 CO₂ の発生源を検討すると共に土壌呼吸に占める根呼吸の割合を評価

	<p>するため、土壌呼吸CO₂の¹⁴C濃度の季節変動を調べた。土壌呼吸CO₂の¹⁴C濃度は明確な季節変動を示し、夏に低くなる傾向が見られ、その変動幅は約20%程度であった。これは、夏期には、土壌有機炭素よりも¹⁴C濃度が低い根呼吸の割合が高くなるためであると予測される。また、土壌深度10-70cmの土壌CO₂の¹⁴Cの鉛直プロファイルも季節変動を示し、CO₂の発生源が季節によって変化することが示唆された。北緯北緯60度から75度において、アラスカを代表するツンドラ生態系、ツンドラ・タイガ遷移帯、タイガ林合計5サイトにおいて、土壌炭素の鉛直プロファイルおよび¹⁴Cプロファイルを調査した。タイガ林の土壌は、表層から26cmでも炭素含有量は26%と高く、その¹⁴C年代は1820年であったことから、堆積速度が早く非常に高い炭素蓄積能が有ることが明らかとなった。一方、土壌ガスの¹⁴C濃度は、ツンドラ生態系では最も低く、これまで永久凍土中に蓄積していた古土壌がCO₂の発生源となっている可能性が示唆された。</p>
<p>サブテーマ (3) 温室効果ガスの動態のモデル的評価に関する研究</p> <p>フォワードモデルを改良し本プロジェクトで得られた大気データと組み合わせることによって、大気濃度変動要因について評価する。特に、二酸化炭素や、メタン、COについて検討を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 全球規模のオイラー(グリッド)型輸送モデルと地域的なラグランジアン(粒子拡散)型輸送モデルを組み合わせ、新たな大気輸送モデル(結合モデル)を開発した。モデル性能の検証として、二酸化炭素及びメタン濃度を計算し、本プロジェクトで実施されている、波照間、落石岬、貴陽(中国)、ウッチャランタル(インド)の大気観測データとモデル計算値を比較した。その結果、結合モデルは、オイラー型輸送モデル単独(グリッド解像度は結合モデルで用いた解像度と同じ)で計算した場合と比較して、観測値に見られる細かいピークをより精確に再現可能であることが確認された。 ○ 冬季を中心に晩秋から初春にかけては、大陸から空気塊がアジアモンスーンによって日本に運ばれてくる。波照間ステーションにおいても、同期間において大陸の発生源から影響を強く受けたと思われる二酸化炭素とメタンの濃度変動が観測されている。この大陸からの影響がどの程度であるかを検討するために、中国の温室効果ガス発生源を考慮せず(フラックデータの値をゼロにして)、結合モデルでフォワード計算を実行した。その結果、波照間でみられる、冬季の汚染イベントは、中国の発生源から強い影響を受けていることが確認された。 ○ 結合モデルをインバースモデルに導入し、亜大陸スケールで(全球を64地域に分割して)二酸化炭素の月平均フラックスを推定した。観測データは、米国海洋大気庁(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)の地球システム研究所(ESRL: Earth System Research Laboratory)が提供しているフラスコデータのほか、東アジアのフラックス解析の精度を高めるため、波照間及び落石岬の連続観測データも併せて使用した。こうした、大量のデータを使用し、限られた計算資源でフラックスの推定を行うために、“fixed-lag Kalman smoother technique”のアルゴリズムをインバース計算に適用した。その結果、波照間・落石岬の連続観測データを使用した場合、使用しない場合と比べて、特にアジア地域のフラックス推定の不確実性が大幅に減少する結果が得られた。 ○ 海洋の炭素循環を調査するために、海洋トレーサー輸送モデル(OTTM: Ocean Tracer Transport Model)を開発した。OTTMは再解析海流データを使用して、海洋中の溶存無機炭素の輸送を計算する。このOTTMと生態系モデルを組み合わせ、データ同化手法により、二酸化炭素分圧(pCO₂)の月平均値と大気-海洋間の月平均二酸化炭素フラックスを算出した。 ○ 波照間島における代替フロンHCFC-22の2005-2007年冬季の高頻度観測値を用いて、東アジアにおける放出量分布を推定した。領域気象モデルを用いて観測値を再現するためのフォワード計算を行い、得られた計算値と観測値のずれから、ベイズ統計に基づいた逆解析により排出強度を推定した。結果、中国からの総HCFC-22排出量は年間約32Ggと推定され、既存の統計値の9

	<p>倍近い量が排出されていることが示唆された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ CO に関するモデルシミュレーションを行い、アジアでの各地のデータと比較することから、発生量データを逆算すると、CO の中国の中部の発生量が、推計値より大きいであろうことが推察された。また、CO とオゾン濃度の解析から、オゾンの増加に関して、アジアの影響やシベリヤの森林火災の影響があることなどが示唆された。
--	---

(中核PJ2：衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定)

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>衛星打ち上げ前に高精度で二酸化炭素・メタンのカラム量を導出するためのデータ処理手法を開発し、その実証実験を実施するとともに、衛星打ち上げ後は実際の観測データに適用した定常処理によって作成されたプロダクトの検証を行い、有効性と問題点を確認する。さらに、そのデータと地上観測データとを用いて炭素収支の全球分布を予備的に求めるための準備を完了する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 短波長赤外波長域での測定に関して、巻雲やエアロゾルの存在する様々な大気条件下での衛星取得データに対応するデータ処理手法を開発した。 ○ 衛星打ち上げ前に、定常処理で使用するアルゴリズムを完成させるとともに、データプロダクトの誤差評価手法を確立した。 ○ 偏光を考慮する放射伝達計算コード Pstar2b を開発し公開した。 ○ 約 2 年間の GOSAT の実観測データのうち、雲がないと判断された事例を解析した結果、二酸化炭素カラム量が北半球高緯度で特に明瞭な季節変化を示すことや、メタンカラム量が 1 年を通じて北半球で南半球よりも高濃度を示すなど、従来知見に矛盾しない結果を得た。 ○ 研究期間中に開発されたアルゴリズムを改良し、より精度の高い巻雲の検知、および酸素の吸収帯を利用した実効的な光路長補正が取り入れられることにより、当初のアルゴリズムで見られていた極端な濃度バイアスが概ね解消された。 ○ 短波長赤外波長域での測定に関して、データ処理手法の妥当性を確認し、取得データのデータ質の評価・検証を行うため、類似センサを用いた高所観測実験を 2006 年 11 月～12 月に筑波山において実施し、データ解析を行った。この種の実験は、世界で唯一、当プロジェクトでのみ実施された。 ○ 実験データの解析を通して、データ処理手法の妥当性・改良点などを確認し、データ処理手法の検証及びデータプロダクトの検証手段の検討と準備を進めた。 ○ 地上及び航空機観測により取得された検証データを用いて、GOSAT TANSO FTS SWIR の標準プロダクトである XCO₂ と XCH₄ の検証を行った。GOSAT のカラム量およびカラム平均濃度は検証データに比べて低めであり、XCO₂ の場合は 2～3 % 程度低いことが明らかとなった。また、GOSAT のデータのばらつきは、検証データのばらつきに比べて大きい。帯状平均された GOSAT の XCO₂ と XCH₄ の緯度分布は、概ね検証データと負のバイアスを持って一致することが明らかとなった。 ○ つくばにおいて衛星との同期観測キャンペーンを実施し、巻雲やエアロゾルによって生じる GOSAT の温室効果ガス濃度データのバイアスについて実観測データより明らかになりつつある。 ○ GOSAT の観測データと地上観測データとを用いて炭素収支の全球分布を求めるためのモデルの整備を進めた。 ○ 観測された大気中二酸化炭素の季節変動サイクルにフォワードモデルによる計算値がうまく適合するように、生態系データベースを一部整備し、生態系モデルパラメータの最適化を行った。これにより、炭素収支の地域間の差や地域レベルでの季節変動がモデルにより再現されるようになった。

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 大気輸送フォワード計算手法を改良して時間・空間分解能を精密化するとともに、GOSAT データを利用した場合に炭素収支推定誤差が地域別に低減する量をシミュレーション計算により解析した。また、全球の炭素収支分布を推定するインバースモデル解析手法のシステム化を行った。 ○ 大気輸送フォワードモデルとして、質量フラックス形式の線型モデル (NIES08) を開発した。このモデルでは、全球の温室効果ガス分布に地域フラックスの寄与を重ねて正確にシミュレートすることができるようになった。 ○ インバース解析により、全球 64 分割で月別の炭素収支を推定できるようにシステムを改良した。 ○ GOSAT 観測から得られる二酸化炭素・メタンのカラム量全球データを用いた地表面炭素フラックスの評価の実施に向け、必要とされる地表面フラックス先験情報の整備を行った。 ○ 開発したインバース解析手法を用いて、これまで整備を進めてきた地表面収支先験データを使用し、GOSAT の二酸化炭素濃度観測データと地上測定値の予測データを用いて、平成 21 年について全球 64 の各領域における二酸化炭素収支の暫定値を求めた。 ○ GOSAT による観測データを加えることにより、南米やアフリカ等の地上測定点の乏しい地域における収支量の不確実性が、地上測定値のみで推定した場合に比べ最大で 3 割程度 (暫定結果) 低減することが判明した。
<p>サブテーマ(1) 衛星観測データの処理アルゴリズム開発・改良研究</p> <p>短波長赤外波長域での測定に関して、巻雲やエアロゾルの存在する大気条件下での取得データに対応可能なデータ処理手法を研究開発し、数値シミュレーションにより精度評価を行う。また、偏光観測データの利用手法の高度化を図るとともに、GOSAT の短波長赤外波長域での実観測データを用い</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 短波長赤外波長域での測定に関して、様々な大気条件下での取得データに対応可能なデータ処理手法を確立するため、データ処理フローを作成した。これらは定常処理プログラム開発に反映され、国立環境研究所の実施する定常データ処理の基幹となった。 ○ 上記に基づき、巻雲やエアロゾルの存在する様々な大気条件下での衛星取得データに対応するデータ処理手法を開発し、導出される二酸化炭素カラム濃度値の誤差評価を行った。 ○ 様々な観測条件におけるエアロゾルの影響を整理し、フーリエ変換分光器情報からエアロゾルパラメータの同時推定の可能性について整理した。さらに、衛星から観測する際のフーリエ変換分光器の視野の揺らぎがカラム濃度導出に及ぼす影響を評価し、その補正手法を開発した。 ○ 今後のアルゴリズム改良に向け、偏光を考慮する放射伝達計算コード Pstar2b を用いて偏光の影響の程度を評価した。海上では鏡面反射点に近い領域 (サンダート領域) を観測することで高い信号対雑音比 (SNR) の信号が得られるが、偏光度が非常に大きい信号となる。エアロゾルなどによる散乱過程を経ることで、偏光度は小さくなるものの、完全には解消されないことが数値シミュレーションから示された。 ○ 衛星打上げ後の定常処理に向けて、使用するアルゴリズムを完成させるとともに、データプロダクトの誤差評価手法を確立した。 ○ 衛星打上げ後 6 ヶ月間の初期機能確認及び校正・検証期間中に必要な事項の確認と整備を行った。 ○ 本研究で開発した手法をもとに GOSAT により取得された実観測の短波長赤外波長域の晴天域の輝度スペクトルから二酸化炭素・メタンのカラム量の導出ができることを確認した。 ○ 当初の導出結果に見られていた「ダスト等に起因する極端な高濃度バイアス」と「巻雲等に起因する極端な低濃度バイアス」を低減することを目指して、GOSAT により取得された実観測の短波長赤外波長域の晴天域の輝度スペクトルから二酸化炭素・メタンのカラム量を導出する改良手法を開発した。 ○ 改訂されたアルゴリズムでは、より精度の高い巻雲の検知、および酸素の吸収帯を利用した実効的な光路長補正が取り入れられ、当初のアルゴリズムで見られていた極端な濃度バイアスが概ね解消された。 ○ 得られたカラム量は過小評価傾向にあるものの、そのばらつきは 1~2 % 程度に収まっている。 ○ 雲がない事例を抽出するための手法に関しては、特に海上において打上げ前に検討していた手法のみでは不十分であることが判

<p>て、二酸化炭素・メタンのカラム量導出手法の確認と改良を行うとともに、導出値の誤差評価を行う。</p>	<p>明したため、新たな雲識別手法の開発・適用を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 約2年間の実観測データのうち、雲がないと判断された事例を解析した結果、二酸化炭素カラム量が北半球高緯度で特に明瞭な季節変化を示すことや、メタンカラム量が1年を通じて北半球で南半球よりも高濃度を示すなど、従来の知見に矛盾しない結果を得た。
<p>サブテーマ(2) 地上観測・航空機等観測実験による温室効果ガス導出手法の実証的研究</p> <p>衛星搭載センサと類似仕様の地上モデルセンサを用いて、直接測定などによる濃度と地上モデルデータからの解析結果と比較して解析精度の検討を行う。さらに、地上設置の高分解能フーリエ変換分光器や航空機による検証観測を行い、得られた検証データを用いてGOSAT データプロダクトのデータ質の評価研究を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 短波長赤外波長域での測定に関して、データ処理手法の妥当性を確認し、取得データのデータ質の評価・検証を行うため、類似センサを用いた高所観測実験を2006年11月～12月に筑波山において実施し、データ解析を行った。この種の実験は、世界で唯一、当プロジェクトでのみ実施された。 ○ 類似センサによる観測データの取得と同時に、太陽反射光をもたらず地表面の近傍と山頂付近に二酸化炭素の連続測定装置とスカイラジオメータを配備し、山の斜面に沿ってセスナ航空機で二酸化炭素濃度の直接測定を行った。地表面の近傍にはさらに簡易型エアロゾルライダーを配備して、雲・エアロゾルの高度分布の状況と接地境界層の時間変化をモニターした。データ解析の結果、二酸化炭素のカラム濃度が直接測定データと2%の範囲で一致した。また、エアロゾルを考慮することによって、5ケースのうち3ケースは類似センサから求めたデータが直接測定データに0.2～0.4%ほど近づくことがわかった。更なる誤差要因の追求が必要ではあるが、基本的にデータ処理手法に大きな誤りのないことが実証された。 ○ 実験データの解析を通して、データ処理手法の妥当性・改良点などを確認し、データ処理手法の検証及びデータプロダクトの検証手段の検討と準備を進めた。 ○ 衛星打ち上げ後、独立の観測装置によって取得されるより不確かさの小さい検証データを用いて、定常処理により衛星観測データから作成されるデータプロダクトのバイアスやばらつきを評価する検証に関する研究を進めた。 ○ 地上設置の高分解能フーリエ分光計を用いた太陽直達光観測による大気中温室効果ガスカラム量の導出法が、主要な検証観測手法の一つである。当研究所に設置の高分解能フーリエ分光計により定常的に観測されたスペクトルを過去6年間に拡張して解析した。この結果を、地上観測データや観測に基づく大気輸送モデル計算値 (NOAA CarbonTracker) と比較し、よい一致が見られた。 ○ 検証観測装置そのものの検定を目的として平成21年1月に高分解能フーリエ変換分光器の観測に合わせて、航空機搭載測定装置による直接測定およびサンプリング測定、GPS ゾンデ観測等を実施した。 ○ 検証データ質の確認を行った。地上設置の高分解能フーリエ変換分光器による二酸化炭素の乾燥空気に対するカラム平均濃度 (XCO₂) の不確かさは0.3% (1ppm)、メタンの乾燥空気に対するカラム平均濃度 (XCH₄) の観測精度は約0.3%であることが明らかとなった。 ○ 航空機によるCONTRAIL (Comprehensive Observation Network for TRace gases by AIrLiner)、NOAA (National Ocean and Atmosphere Administration) の測定の不確かさは0.2ppmであり、CONTRAIL及びNOAAデータからXCO₂を求める場合の不確かさは、航空機観測データのない部分を仮定して求めるため、1ppm程度であることが明らかとなった。 ○ 上記検証データを用いて、GOSAT TANSO FTS SWIRの標準プロダクトであるXCO₂とXCH₄の検証を行った。GOSATのカラム量およびカラム平均濃度は検証データに比べて低めであり、XCO₂の場合は2～3%程度低いことが明らかとなった。また、GOSATのデータのばらつきは、検証データのばらつきに比べて大きい。帯状平均されたGOSATのXCO₂とXCH₄の緯度分布は、概ね検証データと負のバイアスを持って一致することが明らかとなった。

	<ul style="list-style-type: none"> ○ つくばにおいて衛星との同期観測キャンペーンを2回実施した。観測に使用した機器は、航空機（CO₂直接測定及びサンプリング）、高分解能フーリエ変換分光器、ライダー、スカイラジオメーター、全天カメラ等である。巻雲やエアロゾルによって生じるGOSATの温室効果ガス濃度データのバイアスについて実観測データより明らかになりつつある。
<p>サブテーマ(3) 全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究</p> <p>インバースモデルの時間・空間分解能を月別・全球64分割等に向上するため、フォワード計算手法の開発と必要な関連データベースの整備を行う。さらに、フォワード計算モデルの改良、衛星データの同化手法の精緻化等を進め、それらのインバースモデルへの反映についての研究を行う。具体的には大気輸送モデル（NIES08モデル）の改良と、GOSATと地上観測データとを利用して全球の炭素収支分布を推定するインバースモデルシステムの高精度化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 全球レベルの衛星観測データの利用を目的として、インバースモデルの高速逐次処理アルゴリズムを、時刻に依存した月平均フラックスのインバージョン（22地域×15年）によりテストした。 ○ インバースモデル推定における現実的な領域のサイズと時間分解能の検討のため、空間的フラックスの空間的な相関解析を実施した。 ○ GOSATの陸域観測データを用いることで、インバースモデルによる炭素収支推定誤差が地域別にどの程度低減するかをシミュレーション計算により解析した。その結果、特に地上の観測局の少ないアフリカや南アメリカ大陸で誤差の低減率が大きい（30～50%程度ある）ことが解った。 ○ 衛星打ち上げ後に、GOSATの実観測データを用いて予備解析を行ったところ、GOSATによる観測データを加えることにより、南米やアフリカ等の地上測定点の乏しい地域における収支量の不確実性が、地上測定値のみで推定した場合に比べ最大で3割程度（暫定結果）低減することが判明した。 ○ 観測された大気中二酸化炭素の季節変動サイクルにフォワードモデルによる計算値がうまく適合するように、生態系データベースを一部整備し、生態系モデルパラメータの最適化を行った。これにより、炭素収支の地域間の差や地域レベルでの季節変動がモデルにより再現されるようになった。 ○ 大気輸送フォワード計算手法を改良して時間・空間分解能を精密化するとともに、GOSATデータを利用した場合に炭素収支推定誤差が地域別に低減する量をシミュレーション計算により解析した。また、全球の炭素収支分布を推定するインバースモデル解析手法のシステム化を行った。 ○ 大気輸送フォワードモデルとして、質量フラックス形式の線型モデル（NIES08）を開発した。このモデルでは、全球の温室効果ガス分布に地域フラックスの寄与を重ねて正確にシミュレートすることができるようになった。 ○ このモデルを用いた観測値の季節変化を考慮したインバース解析により、全球22分割で月別の炭素収支を推定でき、これまでのNIES輸送モデルと比べて北半球でより現実に近いと考えられる陸域吸収源の推定結果が得られた。 ○ インバース解析により、全球64分割で月別の炭素収支を推定できるようにシステムを改良した。 ○ インバースモデルで推定される地域別の吸収排出分布は、モデルの中の下部対流圏の二酸化炭素濃度の鉛直勾配と鉛直混合速度とに関係することがわかった。生態系モデルVISIT（Vegetation Integrative Simulator for Trace gases）を利用して、全球陸域生態系の炭素収支推定用にモデル（時空間分解能：1日、0.5度メッシュ）の開発を行った。さらに海洋輸送モデルOTTMの開発を進めた。 ○ VISITが推定する各種植生の活動に関する主要なパラメータを、二酸化炭素濃度やバイオマス量などの地上測定データを元に最適化するスキームを構築した。 ○ インバースモデル解析により二酸化炭素の収支を推定する際に用いる陸域植生－大気間収支の先験データの精度向上と、化石燃料燃焼由来の人為的排出量先験データの更新を行った。 ○ 化石燃料燃焼由来の人為的排出量先験データの作成のために、すでに構築・運用している全球1kmの高空間解像度で排出量分布の導出が可能なモデルシステムを、最新の夜間光衛星観測データや月ごとの排出量データを活用できるように改良し、月変動

<p>を行う。</p>	<p>を考慮した人為的排出量先験データを準備した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ これまで整備を進めてきた地表面収支先験データを使用し、GOSAT の二酸化炭素濃度観測データと地上測定値の予測データを用いて、平成 21 年について全球 64 の各領域における二酸化炭素収支の暫定値を求めた。なお、GOSAT の二酸化炭素濃度観測データは、サブテーマ(2)の検証結果に基づいて一律にバイアス補正を施し、月平均値 (5 度×5 度格子) に変換したものである。 ○ GOSAT データの利用により予想されるフラックス推定値の不確かさの低減率を調査した。さらに、インバースモデル解析の際に入力となる GOSAT 観測から得られるカラム量の評価・選別を行うため、アンサンブル気候値を算出するモデルシステムを構築した。
-------------	--

(中核 P J 3 : 気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価)

研究成果目標	研究成果 (成果の活用状況を含む)
<p>全体目標</p> <p>気候モデル、影響・適応モデル、陸域生態・土地利用モデルについて、各モデルの開発・改良ならびに各モデルを用いた将来予測実験およびその解析を行うとともに、モデル間の結合もしくは統合利用を行う。</p>	<p>サブテーマ 1 の気候モデル研究、サブテーマ 2 の影響・適応モデル研究、サブテーマ 3 の陸域生態・土地利用モデル研究により、モデルの開発・改良を行うとともに、それを用いた将来予測およびその不確実性評価の研究を総合的に推進した。H19 年度より、環境省地球環境研究総合推進費 S-5 課題が開始され、その 4 つのうち 2 つのテーマで本プロジェクトが中心になることで、国内の他機関を含むこの分野の研究コミュニティにおいて先導的な役割を果たした。</p> <p>サブテーマ 1 では、IPCC-AR5 に向けた気候モデルの改良ならびに次世代モデル実験を行うとともに、短中期の自然変動の不確実性と長期のモデルの不確実性にそれぞれ注目して、不確実性評価研究を行った。また、極端現象等の気候変化メカニズムの研究を進めるとともに、気候シナリオと社会経済シナリオを結び付ける方法論の検討も行った。</p> <p>サブテーマ 2 では、水資源、農業、および健康の分野について、極端現象や不確実性を考慮した影響評価研究を行った。また、水文、農業などの影響モデルを統合し、気候モデルと結合する作業に取り組んだ。さらに、東京大学等と協力してメディア関係者との意見交換会を実施し、影響知見の社会への適切なコミュニケーションについて検討した。</p> <p>サブテーマ 3 では、陸域生態系モデルを改良し、不確実性を考慮した生態系影響評価を行うとともに、過去の炭素循環の推定と観測データによる検証を行った。また、土地利用変化モデルを開発するとともに、IPCC 新シナリオの一つである RCP 6W に対応した詳細な空間分布を持つ土地利用変化シナリオを開発した。</p> <p>不確実性評価研究においては、主にサブテーマ 1 で開発した手法を用いてサブテーマ 2 の水循環影響評価に適用し、気候予測と影響評価にまたがる不確実性を評価した。IPCC 新シナリオの空間詳細化では、サブテーマ 3 が開発した人口、GDP シナリオを基に、サブテーマ 1 で排出分布シナリオを作成した。また、3 つのサブテーマで協力して、気候、水文、農業、陸域生態、土地利用のモデルの結合もしくは統合利用に取り組んだ。</p>

サブテーマ（１）
気候モデル研究

気候モデルの改良ならびに次世代モデル実験を行うとともに、予測の不確実性を考慮した確率的気候変化シナリオの開発を進める。また、極端現象の発生メカニズムおよび土地利用変化・灌漑が気候に与える影響を調査する。さらに、IPCCの新しいシナリオ開発プロセスに対応して、気候シナリオと社会経済シナリオを結びつける手法を検討する。

（１）気候モデルの改良ならびに次世代モデル実験の実施

長期の気候変化の主要な不確実性の要因である雲のフィードバックについて、気候モデル間の違いを詳細に比較する手法を開発するとともに日英のモデルに適用し、日英のモデル間で雲フィードバックの違いを生じさせる仕組みを明らかにした。また、日英の気候モデルそれぞれについて、物理パラメータをさまざまに変化させたモデルアンサンブルの結果を解析し、モデルの低層雲の再現性が気候感度の推定において重要であることを確認した。

これと並行して、気候モデルの雲スキームの改良を行った。大気中水蒸気量の不均一性の予測と雲氷の予測の計算を統合的に結合したところ、対流圏上層の雲量、雲水量の変化過程が従来よりも現実的に再現されるようになった。この新しい雲スキームの導入その他の改良を施した新モデルを旧モデルと比較したところ、気候感度に大きな違いがあることが確認された。この理由を理解するために、新旧モデルにおける雲などのフィードバックを比較する解析を行うとともに、不確実性についてより包括的な研究を行うために新モデル中の不確実パラメータを様々に変化させた物理パラメータアンサンブルの構築を開始した。

さらに、次世代モデル実験の準備として、気候モデルに火山噴火の放射強制力を与える方法を改良するとともに、IPCC新シナリオを用いた気候モデル実験のためのエアロゾル等の排出量空間分布データを作成した。このデータはサブテーマ３の土地利用変化シナリオと共に世界の研究コミュニティに提供され、利用されている。

（２）予測の不確実性を考慮した確率的気候変化シナリオの開発

年々の自然変動の不確実性を考慮した近未来の気候変化予測のための予備的解析として、初期条件の異なる10本の近未来予測実験を行い、特に極端現象の出現頻度に注目して解析を行った。この結果、大規模な火山噴火が無いなどの条件下で、気候の自然変動の不確実性を考慮しても、今後25年程度の近未来に陸上のほぼ全域において夏季の極端に暑い夜の日数が増えることなどが予測された。年平均降水量と極端な降水の強さの変化については、高緯度と熱帯では、温暖化シグナルが数十年規模の自然変動によって覆い隠される可能性は低いことがわかった。一方、亜熱帯では、数十年規模自然変動によって降水量変化の符号も代わり得ることが示された。この成果は、自然変動の不確実性を定量的に考慮した近未来の気候変化予測としてこの時点で世界初の試みである。なお、同研究に関連して公表した論文内容についてはH19年7月2日に記者発表を実施し、新聞掲載等の反響があった。

また、モデルによる気候変化予測の不確実性の定量化に向けて、複数のモデルによるデータを用いて、モデル間の気候変化予測パターンと現在気候の再現性の関係を定量的に評価した。その結果として、熱帯域の夏季降水量および高緯度域の冬季地表気温に関する、現在気候の再現性と気候変化予測パターンの間に高い相関が得られた。すなわち、これらの要素に関して、現在気候の再現性が類似しているモデルほど、気候変化予測パターンも類似する傾向にあることが分かった。さらに、気候変化予測と影響評価の不確実性を定量化する手法を開発して、南米域の水資源量変化の問題を例にとり、手法の適用を試みた。複数の気候モデルによる計算結果のばらつきのうち、影響評価の対象となる変数に最も影響を与えるパターンを統計的に抽出し、そこに観測データとの一致度による制約をかけたところ、温暖化の進行により南米北東部で顕著な乾燥が起こるパターンが最も可能性が高いことが示唆された。同様の手法を適用して、全球の気温上昇パターンの不確実性に関する解析も行った。観測データによる制約を用いると、複数モデルの単純平均は北半球高緯度の気温上昇割合を過小評価していることが示唆された。

（３）極端現象の発生メカニズムおよび土地利用変化・灌漑が気候に与える影響の解析

実験結果の解釈を用意にするために地表面から陸地を取り払った「水惑星」実験を用いて、温暖化により平均降水量と極端な降水の強さが変化するメカニズムを解析した。亜熱帯においては下降流の乾燥化とストームトラックの高緯度へのシフトにより大気下層の相対湿度が低下し、弱い降水の頻度の現象により平均降水量の低下をもたらすことが示された。一方、温暖化による飽和水蒸気量の増加により、相対湿度が低下しても絶対湿度は増加しているため、極端な降水の強さは緯度帯によらず増加することが示

	<p>された。</p> <p>また、森林伐採などによる土地被覆変化条件を与えて大気-陸域生態系モデル実験を行った。現在気候条件の下、土地被覆のみ将来シナリオにおいて予測される分布をモデルに与えて実験を行ったところ、耕作地面積が増加している領域の付近で気温の上昇が見られた。</p> <p>(4) 気候シナリオと社会経済シナリオを結び付ける手法の検討</p> <p>多様な排出シナリオに対応する気候シナリオを作成するスケーリング手法の観点から、降水量変化のスケーリング可能性について解析を行った。異なる排出シナリオに基づく気候変化予測の間で単位気温上昇量あたりの降水量変化がどのように異なるかを解析したところ、エアロゾルの排出量が大きいシナリオほど降水量増加量が小さいという関係が有意に見られることが分かった。また、IPCC 新シナリオに対応する気温上昇パターンのシナリオ依存性を解析したところ、北半球中緯度と北極域で大きな依存性が見出された。中緯度についてはエアロゾル排出シナリオの違い、高緯度については海水減少などの非線形的な応答により依存性が生じていることが示唆された。</p> <p>さらに、社会経済シナリオの不確実性を感度分析により調査する手法の検討を行うとともに、社会経済モデルに組み合わせて用いられる簡易気候モデルについて、その改良を行い、不確実性を定量化して示す手法を開発した。</p> <p>(5) 得られた科学的知見と政策的な貢献</p> <p>計画に従って、気候モデルの改良を行い、特に予測の不確実性評価の観点から、解析手法の開発と解析を行った。IPCC-AR5に向けて、国際的に議論の焦点になってくると思われる、雲のフィードバックの不確実性、極端現象の予測の不確実性、気候シナリオと影響評価を結び付けた不確実性といった点を中心に、科学的な貢献ができた。将来の気温上昇量の予測（特に気候感度）や影響評価の不確実性を評価し低減することは、政策的に議論されている温暖化対策目標（例えば「気温上昇を2℃以内に抑える」）の適切性を検討する際に極めて重要である。本プロジェクトの成果のみでこれを大きく前進させることは難しいが、国際的な科学コミュニティを通じてこれに貢献した。</p>
<p>サブテーマ (2) 影響・適応モデル研究</p> <p>極端現象の変化を考慮した水資源・健康・農業影響の評価を行うとともに、気候モデルによる確率的予測と連携して影響評価結果の不確実性を明示的に表現するための手法の検討・開発を進める。</p>	<p>(1) 極端現象変化及び気候モデル不確実性を考慮した水資源・健康・農業の影響評価</p> <p>水資源、農業および健康の各分野について、以下のとおり影響評価研究を実施した。</p> <p>水資源分野については、ダム、農業、灌漑といった人間活動を結合した全球水資源モデルを用いて、高解像度気候モデルによる日単位の気候変化予測シナリオに基づく、将来 100 年の水資源予測実験を行った。これを将来 100 年の人口等の変化から予想される水需要変化と組み合わせて、将来 100 年の水需給バランスの評価を行った。この成果は、水需要と水供給の季節的なミスマッチを考慮に入れた世界初の全球規模影響評価である。水資源を得られない地域に住む人口の推移を推定した結果、経済発展重視・グローバル化を想定した IPCC SRES A1B シナリオでは、世界の総人口は 2050 年まで増加し以降減少するが、水資源が非常に逼迫する地域に住む人口は、21 世紀前半に人口増加とともに上昇し、21 世紀の後半、世界の総人口が減少に転じた後も、すぐには減少しないことがわかった。</p> <p>農業分野については、IPCC-AR4 で評価対象となった約 20 の気候モデルによる最新の将来気候予測を用いて、アジア域の水稲を対象作物として取り上げ、気候モデル不確実性を明示的に考慮した気候変化による収量減少のリスク評価（確率的な影響評価）を行った。アジアの水稲生産量を対象に、このような統計的アプローチを用いて気候変化の影響を評価した研究は本研究が世界で初めてである。その結果、1990 年代に比べ、2020 年代には高い確率で水稲生産量が減少することが予測された。また、2080 年代には、二酸化炭素を最も多く排出するシナリオにおいて、水稲生産量の平均変化率が最も大きく減少すると予測された。この結果は、近未来（2020 年代）の影響を軽減するための適応策を早急に検討・実施する必要があること、また長期（2080 年代）の影響軽減</p>

また、水資源影響モデル・農業影響モデルを高度化するとともに、気候モデルとの結合作業を進める。さらに、専門家やメディアとの意見交換等により地球温暖化リスクの全体像の整理を進める。

に向けた二酸化炭素排出量削減による緩和策の検討が必要であることを示唆している。なお適応策に関しては、品種変更・植え付け日の変更による適応が、現在の栽培地域での灌漑割合の拡大による適応に比べ、高いリスク軽減効果を持つことも同時に示した。なお、同研究に関連して公表した論文内容については H21 年 6 月 5 日に記者発表を実施し、新聞掲載等の反響があった。

健康分野については、IPCC-AR4 で評価対象となった 14 の気候モデルによる最新の将来気候予測を用いて、世界全域を対象地域として、気候モデル不確実性を明示的に考慮した気候変化による人間健康影響（極端に暑い日の熱ストレスによる超過死亡数）のリスク評価（確率的な影響評価）に取り組んだ。適応の効果については、超過死亡が統計的に最小となる至適気温の将来変化の有無を仮定することで考慮した。前提とする気候モデルにより超過死亡数変化の推計結果に大きな差が生じることから、モデル平均した推計結果のみから対策を論ずることの不十分さが指摘された。

(2) 気候・影響モデル結合とその予備作業としての影響評価モデル改良・検証

気候モデル・陸域生態系モデルとの結合のための予備的作業として、影響評価モデルの高度化・検証に取り組んだ。例えば、本プロジェクトにおいて気候モデルとの結合を進めている、ダム、農業、灌漑といった人間活動を結合した全球水資源モデル H08 に関しては、国際モデル相互比較プロジェクト EU-WATCH に参加してモデル出力を提供し、世界的に有力な他の水資源モデルとの比較を通じて、その信頼性を高めるための多角的検証を行った。また、気候・陸域生態系モデルとの結合のため、全球水資源モデル H08 中の陸面モデル・河川モデルのベクトル化コーディング・空間解像度依存性の解決を実施した。その結果、従来からの粗空間解像度での全球領域対象の水資源評価に加え、それと整合性を維持した地域的な高空間解像度での水資源評価の実施が可能になった。

農業影響モデルに関しては、気候モデルとの結合作業を目指した高度化を行った。従来手法に比べてより多くの因子・プロセスを考慮しつつ広域（全球・大陸スケール）農作物収量予測を高精度に実施するための新モデルを開発し、過去の統計情報を用いて検証を行った。

モデル結合並びに結合シミュレーションに関しては、全球水資源モデル H08 と気候モデルのプログラムコードを結合した。その結果、灌漑のタイミングや供給水量に着目した、先行研究を大幅に上回る高度な解析を行う用意が整った。この結合モデルを用いた、灌漑が気候システムに与える影響の予備的評価からは、耕作期間中、無制限に灌漑水を利用可能と想定する実験において、灌漑を利用可能としない想定での実験に比して、全球の平均気温が 0.08K 下がり、降水量が 1.5%増えることが示された。この効果は陸域でより顕著で、平均気温は 0.17K 下がり、降水量は 3.8%増えることが示された。

以上のように、気候モデル・陸域生態モデルとの結合に関しては、水資源・農業モデルの高度化やプログラムコードの変更などを進めるとともに、全球水資源モデルと気候モデルのプログラム結合と予備的解析を実施した。

(3) 専門家・メディア関係者の意見交換会の実施

地球温暖化リスク全体像の整理については、専門家・メディア関係者の意見交換会を複数回実施し、一般市民への情報伝達のあり方について議論を続けている。具体的には、まずプロジェクト初年度に、予備的調査の位置づけでメディア関係者・研究者計約 35 名を参加者としてシンポジウム形式での意見交換を行い、各分野のリスク伝達の鍵となりうる影響について検討した。さらに、メディア関係者・研究者計約 70 名を交え、環境省・東京大学と共同で「温暖化リスク・メディアフォーラム」（第 1 回 2009 年 3 月・第 2 回 2010 年 3 月・第 3 回 2011 年 2 月）を実施した。意見交換会の取組みについては、その場で議論された内容を整理するだけでなく、そのようなコミュニケーションの場の有する可能性と課題点の検討も実施し、論文投稿を実施してきた。参加したメディア関係者の当日の反応、および事後インタビューより、ネットワーク構築の足がかりとしての有用性が期待できることが確認された。ただし対話の内容については、メディア関係者の期待する質が媒体や業務によって異なる可能性が示された。

	<p>(4) 得られた科学的知見と政策的な貢献</p> <p>研究目標に沿って気候モデルによる確率的予測と連携して影響評価結果の不確実性を明示的に表現するための手法の検討・開発を進め、水資源・健康・農業を対象分野について評価作業を実施することができた。極端現象ならびに不確実性を考慮した影響評価は、IPCC-AR5に向けた影響研究コミュニティの重要課題の一つである。本プロジェクトの成果については、国内外専門誌への論文発表を通じて学術的貢献に努めているが、加えてIPCC-AR5への貢献等を通じて間接的に温暖化政策を支援しうるものと考えている。また、メディア関係者との直接的なコミュニケーションを試みたことにより、温暖化影響に関する報道の適切性向上に貢献した可能性がある。</p>
<p>サブテーマ (3) 陸域生態・土地利用モデル研究</p> <p>陸域生態モデルの高度化および土地利用変化モデルの開発を進めるとともに、IPCCの新しいシナリオ開発プロセスに対応して、次世代気候モデル実験の入力条件となる詳細な空間分布を持つ排出・土地利用変化シナリオの開発を行う。</p>	<p>(1) 陸域生態系モデルに関する成果</p> <p>陸域生態系モデル (VISIT) を高度化することで、陸域生態系に発生する温暖化リスクを詳細に検討した。まず、IPCC-AR4に含まれる各種の気候変化予測シナリオに基づくoff-line実験を実施したが、そこでは生態系モデルの改良点としてエロージョンによる土壌流失影響を新たに導入し、降水量変動や土地被覆変化に伴う土壌炭素収支の予測精度向上を図った。続いて、炭素・窒素循環およびバイオマス燃焼や生物起源揮発性有機炭素といった微量物質交換プロセスを組み入れた改良モデルを開発し、特に温室効果ガス収支のモデル推定を検証するため、いくつかのサイトにおいてCO₂、CH₄、N₂O交換の観測データと比較を行った。全球スケールの研究として、土地利用変化の影響を調べるため、過去の耕作地面積または土地利用転換データを用いて予備的なシミュレーションを実施した。さらに、陸域生態系モデルVISITに火災発生とバイオマス燃焼のスキームを組み込み、気候変化が自然火災に与える影響を評価するとともに、IPCC AR5用の気候モデル実験のためのRCPについて陸域エミッションシナリオの構築に貢献した。気候予測の不確実性を考慮して15シナリオで予測実験を行ったところ、CO₂、CO、ブラックカーボンなどの火災起源排出は将来的に大幅に増加する可能性(リスク)が高いことが示された。プロジェクト後半では、陸域生態モデルVISITを用いて、過去の気候変動・土地利用変化に伴う陸域炭素収支変動を、1901～2010年の期間について解析した。モデル推定の妥当性を検証するため、東アジア地域を対象にして陸域フラックス観測データおよび他のモデルによる生産力・炭素収支シミュレーションの結果と比較を実施した。その過程で東アジア地域に特有な攪乱プロセスとして重要性が認識された、台風による落葉などの影響を観測データとモデル計算に基づいて解析した。このような各種観測データとの比較検証を通じて、温暖化への生物学的フィードバックとなり得る炭素収支に関する推定精度の向上を達成することができた。</p> <p>(2) 土地利用モデルに関する成果</p> <p>プロジェクト開始時点では、森林減少の将来予測に重点をおいたモデルの開発を行った。食糧経済と林産経済の結合によって森林面積の減少の推定を行うと同時に、土地利用変化に起因する温室効果ガス排出の全球規模での推定を行った。つづいて、既存の複数の土地被覆図を独立で検証する新たな手法を開発し、複数の土地被覆図の精度検証を行なった。また、複数の土地被覆図からより高精度の新土地被覆図を開発したものを入力データとして用いた。新土地被覆図は、生態モデルや土地利用モデルなどに利用され、予測精度の向上に貢献した。また、森林面積と農地面積の将来予測に重点をおいたモデルの開発を行った。食糧経済と林産経済の結合によって土地利用変化の推定を行うと同時に、農産物、林産物需要の予測も同時に行った。さらに、全球土地被覆図を用いた、都市サイズに関するランクサイズルールの適用性について検討を行い、従来の行政区域の人口によるランクサイズルールと同等もしくは有利であることを示した。特に、プロジェクト後半では、IPCC新シナリオの一つ(RCP 6W)に対応した土地利用と、人口・GDPの空間詳細シナリオの作成を行った。従来は農地と森林のみであったが、牧草地や都市も含めたシナリオに拡張した。また、人口・GDPの空間詳細シナリオは、従来のシナリオよりも合理的な傾向を示すとともに、都市地域の面積的な拡大とも連動した新奇的なものが開発できた。続いて、このRCPの空間詳細シナリオの高精度化を行った。都市分布の将来シナリオには、人口、</p>

	<p>GDP、都市化率を元とすることで高精度なものとなった。RCP 空間詳細シナリオに、バイオマスクロップのシナリオを追加作成した。また、土地利用の基準年の分布について精度を向上した。従来のマップ統合では、マップの多数決により作成したが、新たな統合マップでは、地上検証データを用いて統合を行った。</p> <p>(3) 陸域統合モデルに関する検討</p> <p>既存の自然システムを記述するモデル（気候モデル・生態系モデル）および人間活動を記述するモデル（水資源モデル・土地利用モデル・農業モデル）を結合させる方法を検討した。土地利用モデルでは、すべての土地利用要素（森林、農地、都市など）が相互作用して影響を与えあう。一方、土地被覆の物理状態は、気候に影響を与え、同時に、気候の変化によっても人間による土地利用は大きく変化する。また、土地利用の変化は生態系に影響を与え、気候変化を通して、人間による土地利用は大きく変化する。さらに、人間による土地利用に応じて、水や農作物の供給量が変化し、同時に、それらの重要な空間分布も大きく変化する。このような複雑な陸域システムを統合的にモデル解析することによって、地球温暖化や持続可能性の問題に関する検討を実施することが課題となっており、より現実的な土地利用シナリオを構築するためにも必要となる陸域統合モデルの開発に関する検討を実施した。</p> <p>(4) 得られた科学的知見と政策的な貢献</p> <p>これらの陸域生態・土地利用モデルを用いた研究成果の活用により、2050年までの温暖化対策の目標設定に関して重要な要因である、森林などの陸域炭素吸収源機能の中長期的な動態に関する科学的な知見を提供することが可能となった。特に、環境省での「土地利用、土地利用変化および森林」に関する政策検討等において、本研究の成果に基づいた貢献を行うことができた。また、国際的には、次期 IPCC の土地利用分野シナリオの構築に参加し、世界的にも先駆的な空間詳細な土地利用変化シナリオを構築することに成功したことで、気候モデルの発展や、温暖化影響評価の高精度化に貢献するとともに、陸域統合シナリオの構築に関する先駆的な検討が可能となった。</p>
--	--

(中核 P J 4 : 脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価)

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>全体目標 低炭素社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価</p>	<p>サブテーマ1のビジョン・シナリオ作成、サブテーマ2の国際政策分析、サブテーマ3の対策の定量的評価を相互に連携して行うことにより、中長期の対策目標の設定、交渉枠組みの提案と対策の定量的評価を行った。サブテーマ1では、2050年の我が国のビジョン・シナリオを作成し、2050年までに大幅な温室効果ガスを削減するための方策について検討し、ロードマップを作成した。アジア主要国の研究機関と共同して本プロジェクトで構築した手法を適用し、アジア主要国および主要都市を対象とした低炭素社会シナリオを作成した。サブテーマ2では、国際枠組みを評価するための評価軸について整理を行い、この結果を踏まえて国際制度の諸提案を分析した。また、アジア太平洋地域の国際枠組みに関するダイアログを行い、次期枠組みについて議論し、各国が望ましいと考える国際制度の概要について、共通点や異なる点などを抽出した。交渉のフォーラムとしては、多様なフォーラムがあり得ても、最終的には気候変動枠組条約で統括されるべきだという意見にまとめられた。次期枠組みにおいては、途上国も応分の行動が求められることから、途上国にとって受け入れられる国際制度の検討が今後の課題として提示された。サブテーマ3では、温暖化対策の定量的な評価のための種々のモデルを開発した。政府の中期目標検討委員会において、技術積み上げモデルを使った</p>

	<p>各国の削減ポテンシャルと削減量に応じた国内対策メニューに関する分析、及び一般均衡モデルを用いて経済分析の結果を示し、2009年6月の総理による中期目標決定に際しての科学的根拠を提供した。2009年10月からは政府のタスクフォースにおいて2020年の日本の温室効果ガス排出量を1990年時点に比べて25%削減を実現する対策について分析した。2009年12月から環境省の地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ検討会においてAIMモデルを用いて2050年大幅削減を見据えた2020年中期目標の対策分析を進め、2010年12月に成果を発表した。低炭素社会に関する国際研究ネットワークへの参画、IPCC第5次評価報告書に向けた新シナリオを提供する統合評価モデリングコンソーシアムに参加し、新シナリオを気候モデルグループ、影響グループに提供した。</p>
<p>サブテーマ1 脱温暖化（低炭素社会）ビジョン・シナリオ作成研究</p> <p>2050年における我が国の低炭素社会像やその実現に向けた発展経路を同定し、社会構造の各要素や温暖化対策の効果を定量的に評価し、低炭素社会構築にむけた温暖化政策を支援する。また、アジア諸国における脱温暖化シナリオを描くとともに、主要国との連携を図り、世界全体の脱温暖化社会について検討する。</p>	<p>（1）低炭素社会ビジョンの作成</p> <p>世界全体での気温上昇を産業革命以前から2℃までに抑制することを所与として、世界全体での温室効果ガス排出経路を検討し、2050年における日本の排出削減目標は、概ね1990年比60-80%となることを確認した。これをもとに、複数のモデルによる定量分析を実施し、2050年に想定されるサービス需要を満足しながら、主要な温室効果ガスであるCO₂を1990年に比べて70%削減する技術的なポテンシャルが存在することと、そのビジョンを定量的に明らかにした。この成果は、環境省と共同で報道発表を実施し、他国あるいは国内他機関の低炭素社会シナリオ研究とともに英語論文誌ならびに日本語論文誌の特集号として取りまとめた。また、一般向けの書籍も出版することで、専門家だけではなく市民に対しても低炭素社会への取り組みの重要性をその実現可能性についてアピールした。さらに、開発した手法と最新のデータや知見を組み合わせ、日本において1990年比で2020年までに温室効果ガス排出量を25%削減および2050年80%削減させることを念頭に置いたシミュレーション分析を進め、2009年12月から3月まで環境省で行われた「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ検討会」および2010年4月から行われた中央環境審議会地球環境部会中長期ロードマップ小委員会における定量的な議論のベースを提供した。</p> <p>（2）低炭素社会に向けた方策の提案</p> <p>日本低炭素社会を実現するためには、どの時期に、どのような手順で、どのような技術や社会システムを導入すればよいのか、それを支援する政策にはどのようなものがあるかを検討し、類似性や関連性を勘案して整合性を持つように12の方策として取りまとめた。成果は、報道発表するとともにG8環境大臣会合などの国際会議や、講演会などを通じて普及を図った。特に、G8環境大臣会合では、これらの研究を推進するため、低炭素社会研究ネットワークの必要性が採択された。また、一般向けの書籍を発行し、日本全体で社会各層それぞれが低炭素社会実現に向けてどのような行動を取ればよいかの指針の普及に努めた。</p> <p>（3）日本低炭素社会に向けた道筋の定量検討</p> <p>日本低炭素社会の実現に向けて、実施に要する総費用最小化の観点からその道筋を定量的に検討した。その結果、低炭素社会に向けた各種対策の実施は早期の対策が望ましいことが明らかとなった。その一方で、早期対策の実施には、初期段階での大規模投資が必要で、特に民生部門（家庭部門）へは2010年から2025年にかけて毎年2.5兆円、運輸部門へは2010年から2015年にかけて毎年2.5兆円の投資が必要であることを示した。さらに分析を進め、中央環境審議会地球環境部会中長期ロードマップ小委員会第14回（2010年10月15日）および第19回（2010年12月21日）において、2009年8月に作成した報告書「低炭素社会に向けた道筋検討」をベースに、最新の知見を報告した。2050年80%削減などを目標とし、実施に要する総費用最小化の観点からその道筋を定量的に検討したところ、2020年における削減量はシナリオAでは90年比16%削減、シナリオBでは90年比21%削減。また、2030年、2040年の削減幅はそれぞれ▲30%～▲36%、▲51%～▲56%となった。・目指す社会像の想定（シナリオ）やケース分類によって80%削減を実現するための最適パスは異なるが、2020年▲15%～▲25%削減を通過して、2050年80%削減を実現することは十分に可能であることがわかった。</p> <p>（4）アジアにおける低炭素社会シナリオの構築</p>

	<p>中国、インド、韓国、タイ、マレーシア、インドネシア、ベトナムの大学・政府系研究機関の研究者と共同し、各国あるいは地域レベルでの低炭素社会シナリオを検討し、いずれの国においても現状と比較して将来大幅にCO2排出量を削減できるシナリオが存在することを定量的に示した。</p> <p>(5) 世界における低炭素社会研究の推進</p> <p>毎年国立環境研究所にて中国、インド、タイ、韓国、マレーシア、インドネシアなどから研究者を招へいし、キャパシティビルディングの一環として低炭素社会研究の手法を伝えるトレーニング・ワークショップを開催した。各国の研究を主導する立場の研究者を招へいし、同様に毎年国際ワークショップを開催し、各国の低炭素社会シナリオ研究の成果を交換するとともに、アジア低炭素社会実現に向けて今後どのような研究を実施すべきかを議論した。また、2006年2月より日英共同研究プロジェクトを実施し、2006年より2008年にかけて、約20カ国・地域と複数の国際機関が参加したワークショップを、東京およびロンドンにて開催した。その一環として、2006年11月にはインド、日本、イギリス、南アフリカ、ドイツ、中国の専門家によるCOP12のサイドイベントをナイロビで、同12月にモデル会合をオックスフォードで開催した。これらの会合を通じて、低炭素社会は、そこに至る道筋は異なるものの、先進国と途上国が共通に目指すゴールであるとの認識が共有された。また、日本低炭素社会研究や日英共同研究の成果にトレーニング・ワークショップの成果も合わせて、COP11以降、低炭素社会をテーマとしたサイドイベントを開催し、アジアを対象に長期を見据えた低炭素社会シナリオが短期の国際交渉にどのような影響を与えるかを中心に議論した。</p> <p>(6) 研究成果の普及</p> <p>研究成果を直接にステークホルダーに伝えるために、毎年数回のワークショップを開催するとともに、一般の講演を多数行い、雑誌、新聞、テレビなどのメディアにおいても広く紹介された。また、政策立案についても有用な情報を提供した。</p>
<p>サブテーマ2 気候変動に関する 国際政策分析</p> <p>温暖化対策の効果と影響を定量的に評価するためのモデル開発やモデルの適用を通じて、温暖化を防止する社会の構築やそれを支える温暖化政策を支援する。また、途上国との共同作業を通じた人材育成を行うことで、アジアを中心とした途上国にお</p>	<p>(1) 将来枠組みに関する多様な提案のレビューと分析</p> <p>次期国際枠組みに関して多数の提案が論文や報告書として出版されていたため、国際枠組みを評価するための評価軸について整理を行い、その結果をふまえて国際制度の諸提案を分析した。160ほどの論文をレビューした結果、(a) 国際制度に関する提案の大半が欧米諸国の研究者・研究機関から配信されたものであること、(b) 欧米研究者による提案は、最初に前地球での総排出量を科学的知見をふまえて決定し、それを各国に振り分けることを前提とした提案と、各国がそれぞれ自国の中で経済効率的な排出削減政策を導入することを前提とした提案に大別されることが分かった。後者の方が主要国の合意を得られやすいが、科学的に求められている排出量削減幅を満たせる保証がない。(c) 途上国では、国際制度の研究を推進するための十分な能力がないことが判明された。しかし、次期枠組みにおいては、途上国も応分の行動が求められることから、途上国にとって受け入れられる国際制度の検討が今後の課題として提示された。</p> <p>(2) アジア太平洋地域の国際枠組みに関するダイアログ</p> <p>年に1度の頻度で、アジア太平洋地域諸国の政策研究者を招へいしたワークショップを開催し、次期国際枠組みについて議論した。その結果、以下のことが明らかになった。(a) アジア太平洋諸国はそれぞれ異なる国情を抱えており、したがって望ましいと考える国際制度の概要も違っている点が多かった。(b) 他方、共通点も見出された。CDMやAPPといった技術移転促進のためのメカニズムの推進、適応策に対する支援の充実、持続可能な発展に寄与する政策の実施、等が挙げられた。また、交渉のフォーラムとしては、多様なフォーラムの活用があり得ても、最終的には気候変動枠組条約（UNFCCC）で総括されるべきだという意見にまとめら</p>

<p>ける温暖化対策の促進に貢献する。</p>	<p>れた。この意見交換の成果を英字の書籍として 2008 年に出版した。</p> <p>(3) 次期国際枠組みの提案に関するディスカッションペーパーの作成 環境保全効果を持ち合意可能性があると考えられる国際制度について議論し、ディスカッションペーパーの形でまとめた。また、このディスカッションペーパーを国内外に配布し、議論のたたき台として活用した。本提案では、次期枠組みの構成要素として、①地球全体としての長期目標、②先進国の約束、③途上国の約束、④約束実施を促進するための諸制度、の 4 本柱を提示していた。また、次期枠組みに関する他の諸提案と大きく異なる点として、上記 4 本柱が構築されるべきフォーラムに焦点をあてており、例えば①長期目標については G8 のような政治的リーダーシップが求められる場や COP 決定として議論されるのが望ましい、③途上国の約束については、一部は条約改正、一部は国連の外部で進展している複数の国際協力合意の下で進められるべきだと提案した。</p> <p>(4) 次期枠組みに関する国際交渉における主要国の国内意思決定に関する分析 気候変動への対処を目的とした国際制度に関する交渉が 2007 年の COP13 以降行われているが、交渉は難航している。ここでは、国際交渉の動向に影響を及ぼす主要国として米国、欧州 (EU)、ロシア、中国、インドの 5 カ国・地域の国内意思決定について研究し、それが国際交渉の行方に及ぼす影響を調査した。その結果、特に米国内における気候変動に対する消極性が他の国にも影響を及ぼし、その結果、国際制度に関しても、今後数年間は新議定書等の法文書の採択には至らない可能性が高いことを示すことができた。また、このことから、国際合意到達まで待つよりも、各国内での自主的な取り組みが重要性を増していることも指摘できた。</p> <p>(5) 気候変動に関する国際交渉における支援 気候変動枠組条約あるいは生物多様性条約の下での国際制度に関する交渉会議への参画、及び日本としての交渉ポジションのあり方に関する後方支援を定期的に行った。</p>
<p>サブテーマ 3 気候変動政策の定量的評価</p> <p>温暖化対策の効果と影響を定量的に評価するためのモデル開発やモデルの適用を通じて、温暖化を防止する社会の構築やそれを支える温暖化政策を支援する。また、途上国との共同作業を通じた人材育成を行うことで、アジアを中心とした途上国にお</p>	<p>(1) アジア地域の温暖化対策の評価 日本で開発した各種モデルを、トレーニングワークショップなどを通じてアジアに移転し、アジアの共同研究者が各国の事情に基づいて、温暖化対策の効果について、モデル分析を行った。中国に関しては、中国政府が掲げてきた 2005 年から 2010 年までにエネルギー集約度 (GDP あたりのエネルギー消費量) の 20%改善する目標や、2005 年から 2020 年までに同 40-45%改善する目標について分析をおこなった。その結果、今後も高い GDP 成長率が続くとする、エネルギー効率の高い技術が導入されるとしても、2010 年までに 12.3%しか改善できず、さらなる技術開発や政策の組み合わせが必要であることが分かった。インドに関しては、2050 年までの通常の発展パスを考慮した場合と、持続的発展パスを前提とした場合について、国の発展目標を満足する温室効果ガス排出シナリオを検討した。その結果、通常の発展パスにおける主要な対策は、炭素隔離貯留や発電部門での燃料転換であり、持続的発展パスにおける主要な対策は、それらに加えて、都市の設計、リサイクル、物質転換など生活スタイルに関連したものが含まれた。タイに関しては、2050 年の CO2 排出量を BaU 比で 15%削減するような対策を、2015 年以降に導入する場合について評価した。その結果、削減目標の達成のためには、発電部門における CCS 付きの石炭火力発電、コンバインドサイクル発電、産業や運輸部門におけるエネルギー最終需要の削減、さらに運輸部門におけるハイブリッドディーゼル車、バイオ燃料、ハイブリッド車の寄与が大きい。また、その副次効果として大気汚染物質の排出量も大きく削減された。</p> <p>(2) 副次効果の評価 大気汚染や水資源などの地域の環境を分析するモデルを開発・改良し、温暖化対策の副次効果としてミレニアム開発目標達成について検討した。安全な水・衛生設備の普及戦略の検討については、安全な水・衛生設備の普及および運用に掛かる費用とその便益 (健康リスクの軽減) を定量的に推計するための水資源管理モデル (AIM/Water) を開発した。UNEP/GE04 で想定されている 4 つのシナリオを対象に、2015 年における安全な水、安全な衛生設備へのアクセスを評価し、環境政策が進む社会では、ほとんどの地</p>

ける温暖化対策の促進に貢献する。

域でミレニアム開発目標の目標7にある「2015年までに、安全な飲み水と基本的な衛生設備を持続可能な形で利用できない人々の割合を1990年と比較して半減させる」が達成できる一方、地域がブロック化するシナリオでは、現状と比較して後退する地域も見られる。

(3) 世界の地域別・部門別の温室効果ガス排出削減ポテンシャルの評価

これまでCO₂排出量の分析が中心であった、AIM/Enduse[Global] (世界技術選択モデル)について、エネルギー起源のCH₄、N₂O、Fガス、農業起源の各ガスの排出モジュールを追加し、京都議定書で定められている温室効果ガスの削減ポテンシャルを、地域別および部門別に評価した。その結果、中国、米国、インド、EU、ロシアの上位5地域の温室効果ガス削減ポテンシャルは世界全体の約6割を占め、アフリカ、南米、中東、ブラジル、南アジアを加えた上位10地域で、世界全体の削減量の約8割に相当することがわかった。各地域の社会・経済活動の特徴によって、対策が重要な部門の特徴も異なり、発電部門および産業部門が世界全体の削減量の約5~6割を占め、特にエネルギー効率の低い新興国・途上国において、その傾向が顕著である。民生家庭・業務、運輸部門がそれぞれ世界の約1割程度、非CO₂部門（農畜産、廃棄物、フロンガス排出部門）が世界の約2割程度を占めている。

(4) 世界の主要国の2020年の温室効果ガス排出削減目標の評価

これまでに開発してきた国別モデルやAIM/Enduse[Global] (世界技術選択モデル)を対象に、データの更新や温暖化に関する既存の政策課題を評価することが可能となるようにモデルの改良を行い、我が国と世界の主要国との温暖化対策の比較評価をおこなった。気候変動枠組み条約付属書I締約国全体の2020年の温室効果ガス排出量の目標を1990年比25%減としたときの、主要国の排出量について分析をおこなった。付属書I締約国各国の限界削減費用が均等になるように分析した場合、その限界削減費用は166ドル/tCO₂となり、日本、米国、EU25、ロシアの排出量は1990年比で5%減、24%減、27%減、32%減となる。一方で、GDP当たりの総削減費用が均等になるように分析した場合、2020年のGDPに対して総削減費用が占める割合は約1%となり、日本、米国、EU25、ロシアの排出量は1990年比で17%減、18%減、31%減、31%減となる。このように、付属書I締約国全体の排出削減目標が1990年比25%減と同じ条件でも、その評価の違いによって、各国の排出削減量の負担分担が異なることを示した。

(5) 日本の環境税の評価

日本を対象とした経済モデルをもとに、環境省が示した温暖化対策税導入によるCO₂削減効果と経済活動への影響について分析を行った。2400円/tCの温暖化対策税を課した場合、2020年のCO₂排出量は、BaUと比較して3-4%の削減にとどまり、GDPロスもBaUに対して0.002-0.04%となることを示した。また、ガソリンおよび軽油に課されている道路特定財源の暫定税率を廃止した場合のCO₂排出量の変化について試算を行った。その結果、暫定税率が廃止されることで社会全体のCO₂排出量の増加は、2009-2012年平均で720万トンCO₂となることを示した。

(6) 日本の2020年の削減目標の評価

AIM/Impact[Policy]、AIM/Enduse、AIM/CGEを組み合わせ、2020年の削減ポテンシャルおよび経済活動に与える影響について分析し、日本の中期目標や25%削減に向けたロードマップの検討に情報を提供した。日本を対象としたモデルを用いた削減ポテンシャルの分析では、マクロフレーム（経済成長率や活動量）や近年の技術の普及の動向を踏まえて試算を行い、2020年に温室効果ガス排出量を1990年比25%削減することは技術的に可能であることが示された。温室効果ガスを25%削減するためには、追加費用として年間9.5兆円が必要となるが、これらは単なる費用ではなく、国内で供給できる技術があれば内需拡大のための支出となる。こうした産業を育成することは、該当分野における雇用を創出しさらなる技術発展が見込まれる。また、対策技術の耐用年数を考慮すると、省エネによるエネルギー費用の削減は追加費用を上回る可能性があることを明らかにしている。さらに、温暖化対策は世界の潮流であり、こうした産業の育成は国際的な競争力の強化にもつながる。経済モデルによる検討から、追加費用の全てを事

	<p>業者に負担させると、本来の生産投資が目減りし、経済発展にも影響が出る可能性があるが、追加費用の負担を温暖化対策税の税収と組み合わせることで、経済影響も緩和できることが示唆された。</p> <p>(7) IPCC 第五次評価報告書に向けた代表的な濃度経路シナリオ (RCP シナリオ) の作成と共通社会経済シナリオ (SSP) の検討 IPCC第五次評価報告書にむけたシナリオ開発のために、AIM/Impact[Policy]、 AIM/CGE[Global]、 AIM/Enduse [Global]などの改良を行った。IPCC第四次評価報告書の成果をもとに、AIM/Impact[Policy]に組み込まれている簡易気候モデル (AIM/Climate) のパラメータの調整、新たなモジュール (炭素循環フィードバック) の付加、AIM/CGEについては分析対象年時の延長 (IPCC新シナリオの想定に基づいて 2300 年まで) 等の改良を作業をおこなった。IPCCの新シナリオ専門家会合で4つの代表的濃度パスが採択されたが、(産業革命以前からの放射強制力と比較した放射強制力の増加が 2.6/2.9W/m²、4.5W/m²、6W/m²、8.5W/m²)、そのうち、6W/m²シナリオにおける温室効果ガスの排出経路を提供するとともに、2.6W/m²シナリオのロバストネスについても検討した。また、各シナリオに対して温暖化影響を評価する際に基礎となる共通社会経済シナリオ (SSP) の検討を開始した。</p> <p>(8) 世界への情報発信および人材育成 AIMモデルの結果は、国際モデル比較プロジェクトや各国のシナリオ分析などの研究成果を通じて、IPCC 第四次評価報告書に情報を提供した。また、AIM/Enduse[Global]を用いた削減ポテンシャル分析は、2008年5月、10月の日本国主催のワークショップ、6月の日本国主催のUNFCCC SB28 サイドイベント、2009年3月、6月、11月のAWG-KP/AWG-LCAのサイドイベントなどで発表するとともに、世界のモデルグループと比較検討を行った。IPCC 第5次評価報告書に向けた新シナリオにおいてアジア途上国の視点から世界シナリオを提供することを目的として、AIM/CGE[Global]やAIM/Enduse[Country]に関するトレーニング・ワークショップを開催し、世界の温暖化対策シナリオの作成や各国における温暖化対策を評価するための人材育成を行った。</p>
--	---

プロジェクト・活動	研究成果目標	研究成果 (成果の活用状況を含む)
関連PJ (1) 過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定	気候モデルによる20世紀気候再現実験の出力データを活用し、様々な気候学的な物理量に対して、気候変化シグナルの検出とその要因推定を行う。エアロゾルの取り扱いの違いに起因する不確実性についても調査する。また、さまざまな気候変化実験のデータ解析を通して、自然起源の気候変動要因に対する気候応答の不確	<ul style="list-style-type: none"> ○ さまざまな条件下での20世紀気候再現実験結果から、20世紀後半における熱帯夜の増加や冬日の減少は人間活動に起因しており、温室効果ガスによる変化の一部をエアロゾルが相殺していること、20世紀後半の中国における地表日射量の減少は人為起源エアロゾルの増加に起因しており、その多くはエアロゾル直接効果によりもたらされていること、20世紀における北半球高緯度陸上の降水増加および低緯度陸上の降水減少は人間活動に起因しており、それぞれ温室効果ガスおよびエアロゾルの増加が主たる原因と考えられること、などを示した。また、大気中の水収支式に基づき、熱帯アフリカ地域での降水減少やユーラシア大陸北部での降水増加の物理的なメカニズムを解明した。これらの成果は、いずれも、近年の気候変化が人間活動に起因することを支持するものであり、温暖化対策の必要性を説く根拠の一つとなり得る。 ○ 炭素性エアロゾルの排出増加を考慮した場合と考慮しなかった場合の20世紀気候再現実験結果から、炭素性エアロゾルの増加を考慮した場合には、人為起源の温室効果ガスの増加による気温上昇と人為起源エアロゾルの増加による気温低下(の絶対値)が上方修正されることが分かった。この結果は、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を示唆しており、地球システム統合モデルによる研究の必要性を説く根拠と

	実性に関する知見を得る。	なり得る。 ○ さまざまな気候モデルによる数値実験結果を解析し、太陽変動や大規模火山噴火に対する気候応答について調べた結果、太陽変動に対する気候応答と温室効果ガスの増減に対する気候応答に差異が見られること、気候感度と噴火後の気温回復に要する時間に相関関係が見られること、気候モデルに含まれる物理過程の有無により、大規模噴火に対する気候応答に違いのあること、などが分かった。今後も解析を継続することにより、自然要因に特徴的な気候応答に関する知見を得ることができると期待される。
関連PJ (2) 高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究 (平成20年度終了)	我が国高山帯の地域の地域特性を考慮し、白山(石川県)、アポイ岳(北海道)、北岳(山梨県)に定点観測地を設定し、温暖化影響指標として選んだ高山植物の開花、越年性雪渓の越年規模の調査を行うとともに、既存の気象資料などから、過去の長期変化を推定する。また、南アルプス南部などで、冬期の積雪深などの影響を強く受けているシカの食害調査やハイマツの年枝生長調査を行った。さらに、我が国の高山帯にかかわる既存の気象資料や生物季節資料などを収集・解析する。	○ 収集した既存の気象資料から、富士山頂での年平均気温は、100年当たり1.2℃の割合で上昇してきている。 ○ 我が国の中部以北(我が国の高山帯に相当)上空3000mでの年平均気温は、検討したほぼすべての地点で、富士山頂での長期傾向と極めて似た長期変化の傾向を示していた。 ○ 定点観測地での観測や推定した温暖化影響指標から、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が認められた。 ○ 積雪深や冬期気温の影響を強く受けるシカの個体数の増加や分布範囲の拡大により、近年、特に、南アルプスでは、高山帯に進出したシカによる高山植物の食害が大きな問題となってきた。 ○ そのほか、低地性植物の高地への侵出(白山 石川県)、高山草原群落の種組成の変化(アポイ岳 北海道)、無降雪期間の長期化(乗鞍岳 長野県)などの事例が報告・収集できた。
関連PJ (3) 京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究(平成20年度終了)	京都議定書で認められた森林管理等の炭素吸収源活動に伴う吸収量評価モデルを開発する。テストサイトにおけるデータを用いて開発・検証されたモデルを用いて、最終的	○ 森林簿や蓄積表に代表される経験的な林業モデルと、生態学的な森林成長モデルを融合し、日本の各地域に合わせた森林の成長予測を行うモデルを開発した。このモデルと森林伐採モデルを組み合わせることで、2000年から2012年までの実質的な森林CO2吸収量の推定を行った。これにより、今後は吸収量が減少していくことが予想された。

	には国全体での吸収量の算定に利用可能とするための、地理情報データの整備とその精緻化も合わせて実施する。	
関連P J (4) 平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価	環境変動に対する脆弱性が極めて高いと考えられる太平洋の島嶼国を対象として、リモートセンシングデータを活用した地形及び土地利用のマッピングとともに、全球規模で州島の形成維持に関わる要因の収集及び解析を行い、地形の形成維持プロセスを明らかにする。それに基づいて、現在及び将来の環境変動と経済システムの変化による応答を予測し、持続可能な維持のための方策を提案する。	<ul style="list-style-type: none"> ○ サンゴコアを採取し、解析を行って、過去からの降水量変動を復元し、現在は1000年前、2000年前と比較して降水量が減少している可能性を明らかにした。 ○ 海面上昇の影響、砂生産変化の影響を考慮した地形変化モデルを構築した。 ○ 地下水調査を行い、地下水の動態が潮汐変動の影響を大きく受けることを明らかにし、地下水流動モデルの開発を開始した。 ○ 土地固有の知識や島嶼国の国民の居住に関する調査を行い、海岸環境の保全や人口移動による適応の可能性を検討した。 ○ 環境変動に対する適応においては、グローバル（地球温暖化）な影響の低減、ローカル（人口増加）な影響の低減に加え、水タンクの設置など自然の状態では活用されていなかった資源の活用を行う、未利用資源の開拓が重要であると考えられた。 ○ 重点対象地域のツバルにおいては、要因において重要なものが、グローバルな要因である海面上昇と降水量変動、ローカルな要因である人口増加にともなう土地利用変化と汚染にあることが示された。適応策としては、元湿地帯を示したハザードマップによる都市計画の立案、海浜植生やサンゴ・有孔虫の保護区域の設定とともに、汚染の低減やサンゴ・有孔虫の増殖によって生態系を積極的に回復させて砂生産を増大させること、タロイモ畑における淡水保水力のある土壌を導入すること、環礁間や島外のネットワークを促進する運輸手段の増強を行うことなどが考えられた。
関連P J (5) 温暖化に対するサンゴ礁の変化の検出とモニタリング	近年、サンゴ礁では、共生している藻類が放出される白化現象が多数観察され、地球規模でサンゴ礁が衰退していることが報告されており、温暖化とともに、ローカルなストレスとの複合が原因として考えられている。白化現象を起こす地理的要因を明らかにするため、現地観測デ	<ul style="list-style-type: none"> ○ ALOS AVNIR2 データを用いた東アジアのサンゴ礁分布図の作成を行った。 ○ サンゴ礁に隣接する流域の土地利用に関する調査を行い、流域からの土砂流入負荷の推定と、波当たりなど物理環境に基づいてサンゴ礁を類型化する手法を開発し、ストレスと物理量に基づくサンゴ分布の評価を行った。 ○ 空中写真と衛星画像を用いて、過去数十年の流域の土地利用の復元を行い、沖縄復帰後の土地改良、減反政策によるサトウキビへの転換、牧畜の増加による変化が土砂や栄養塩の流出を起こしている可能性を示した。 ○ さまざまデータを統合する日本全国のサンゴ礁データベースの構築を行った。 ○ サンゴ被度データベースと土地利用との対応を検討した結果、河川流入と水温上昇の複合影響がサンゴ被度低下をもたらしている可能性を示した。

	ータや航空機、衛星センサー等リモートセンシングデータを用いた、サンゴ礁の変化監視のためのアルゴリズム開発を行い、広域かつ継続的なサンゴ礁のモニタリングの実施に資する。	
関連PJ(6) 温暖化の危険な水準と安定化経路の解明	濃度安定化等の温暖化抑制目標とそれを実現するための経済効率的な排出経路、および同目標下での影響・リスクを総合的に解析・評価するための統合評価モデルを開発する。本統合評価モデルを用いて、種々の温暖化抑制目標を前提とした場合の、「危険な影響」が発生する可能性とその発生時期を提示する。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 地球環境総合研究推進費 S-4 のその他の研究課題で行われる影響予測・経済評価研究の結果を温暖化影響関数としてとりまとめ、様々な分野の影響指標を統合評価モデル (AIM/Impact[Policy]) に組み込む事に成功した。 ○ 統合評価モデルを用いて、温室効果ガス濃度を 450ppm-CO₂eq, を 550ppm- CO₂eqに安定化させるシナリオとなりゆきシナリオにおける日本への影響を物理的指標のみならず被害コストまで評価した。この結果は、日本の中期目標検討に際し目指すべき気候安定化レベルを議論するための科学的知見として大きな役割を果たした。
関連PJ(7) 温暖化政策を評価するための経済モデルの開発(平成19年度から、中核PJ4に組み込み)	地球温暖化研究プログラム中核研究PJ4で用いる統合評価モデル (AIMモデル) を改良し、温暖化政策の評価を行う。また、将来ビジョン・シナリオの定量的な分析に資するモデルの開発を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 温暖化対策税の導入による二酸化炭素排出削減の効果・経済活動への影響の評価、道路特定財源の暫定税率廃止時における自動車起源の大気汚染物質の排出変化を、日本経済モデルを用いて定量的に分析した。 ○ 脱温暖化研究(中核PJ(4)サブテーマ1)で使用するバックキャストモデルのコアになる動学的最適化モデルを開発した。 ○ 世界経済モデルに温暖化によるコメ・コムギの生産性の影響・適応策を評価するモジュールを組み込み、気候変動による農業影響とその経済活動へのフィードバックを分析した。 ○ 超長期ビジョン研究で活用する日本を対象とした温暖化とその他の環境問題の総合的な解析のためのモデルの開発した(社会環境システム研究領域と連携)。 <p>なお、本関連PJは中核PJ(4)のサブ課題(3)の研究内容と密接に関連していることから、本課題が取り組む内容については、平成19年度以降は中核PJ(4)として実施している。</p>

<p>関連PJ (8) アジア太平洋地域における戦略的データベースを用いた応用シナリオ開発 (平成20年度で終了)</p>	<p>環境イノベーションオプション(定量的なアジア各国のデータを含む)を整備し戦略的データベースの拡充を図りイノベーション戦略を検討する。UNEP/GE04での将来シナリオをベースとして、アジア主要国を対象として、温室効果ガス排出量、土地利用変化、大気汚染物質排出量などの環境指標の変化を推計する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 技術、制度、管理に関する環境イノベーションオプションについて、アジア各国における定性的および定量的な情報を収集・整理し、戦略的データベースを拡充した。 ○ 戦略的データベースと、環境-経済統合モデルとのインタフェースを改良することにより、インドにおける気候変動対策シナリオとして、炭素制約シナリオと技術推進シナリオの2つを取り上げ、CO2排出量と対策の経済影響について推計した。 ○ UNEP/GE04の4つのシナリオ(市場優先シナリオ、政策導入シナリオ、防衛シナリオ、持続可能シナリオ)を取り上げ、それぞれのシナリオ下での、温室効果ガス排出量、土地利用変化、大気汚染物質排出量、安全な水にアクセスできる人口比率などを推計し、UNEP/GE04(国連環境計画が発行する地球環境白書)に情報提供した。 ○ イノベーション技術導入による温室効果ガス排出量の抑制や環境負荷の効果を定量的に分析できるAIMモデル対策技術オプションデータベースについて、国連の持続的開発委員会の学習センターで講義し、モデルの普及を行った。 ○ イノベーション技術導入が国連のミレニアム開発目標である貧困や教育レベル改善に与える影響について分析した。 ○ 戦略的データベースのインタフェースを改良して、インドの民生部門でのバイオマスストーブ、太陽光発電、CFL照明などの導入による二酸化炭素削減効果と室内大気汚染の改善効果について分析した。また、運輸部門を対象として、電気自動車、バイオ燃料、交通信号の効果について推計した。 ○ ○UNEP/RISOとの共同研究を開始し、持続的発展指標について検討した。
<p>関連PJ (9) 日本における土壌炭素蓄積機構の定量的解明と温暖化影響の実験的評価 (平成21年度より開始)</p>	<p>核実験起源放射性炭素同位体をトレーサーに用い、土壌有機炭素の分解速度を表す滞留時間の観測を行う。これにより、黒ボク土を初めとする日本特有の火山灰性土壌における炭素蓄積機構を解明する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 土壌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方法について検討を行った。検討の結果、森林内でも比較的可動性の高い電動式土壌コアサンプラーの試作を行い、実際の現場作業での有効性が確認された。この手法を用いて、北海道天塩の針広混合林および落葉広葉樹林、苫小牧のカラマツ林、ブナ林(苗場山)等で土壌コア試料を採取した。これらのコア試料を、1cm毎に分割し、仮比重、炭素・窒素含有率、¹⁴C濃度の分析を行った。これにより、土壌の炭素蓄積能を評価するために必要な基礎データを高分解能で得ることが可能となった。これらのデータから、単位面積あたりの土壌炭素蓄積量は、針広混合林やブナ林(標高700m、標高1500m)で高い傾向が認められた。また、針広混合林の土壌については、他よりも堆積速度が早いことが分かった。 ○ さらにより深層(深さ50cm以深)まで土壌を連続的に採取する方法について検討を行った。クローラー式土壌コアサンプラーを採用し、国環研富士北麓サイトにおいて最長175cmまで連続的な土壌コア試料の採取を成功させた。これらのサンプルに関しても、炭素・窒素含有率および¹⁴C分析を進めている。 ○ 土壌を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。①比重分画法を用いて褐色森林土壌を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。 ○ 欧米の耕作土壌で利用されている②物理的方法と化学的方法を併用した手法(Zimmermann et al. 2006)についてもあわせて検討した。その結果、耕作土壌2種類(黒ボク土・非黒ボク土)を4画分に

		<p>分離し¹⁴C分析をおこなった場合、日本のように火山灰の影響を受けた土壌にも有効な分離方法であることが示唆される結果を得た。本手法は、農耕地の土壌に適応されたものであるが、森林土壌のように滞留時間が短い易分解性有機炭素が多い土壌にもこの手法が適応できるか検討を進める計画である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 温暖化によって分解が促進される有機炭素の量とともにその起源を調べるために、室内での培養した土壌から放出する CO₂ の ¹⁴C 測定を行うシステムの開発をおこなった。このシステムを用いて採取したガス中から ¹⁴C を測定可能な量の炭素 (CO₂) を回収することができ、現在 ¹⁴C 分析を進めている。 ○ 培養実験の結果と野外での結果を比較するために、野外温暖化実験サイトにおいて土壌ガスおよび土壌呼吸 CO₂ の採取を行った。採気管付近の少ない土壌空壁からガスを真空ボトルに採取するための自動採取システムの開発を行い、非常にゆっくり (〜10cc/min) とガスを採取することが可能となった。このシステムを使用し、対照区に対して表層 5cm の温度を 2℃上昇させた加温区と、対照区での土壌ガス採取を実施し、¹⁴C 分析を進めている。
--	--	---

<p>その他の活動 (1) GOSAT データ定常処理運用システム開発・運用</p>	<p>GOSAT 定常処理運用システムの開発と運用のため、衛星打ち上げ前には、システム開発（基本設計・詳細設計、プログラミング、テストラン）とシステム調達を行うとともに、関連機関とのデータ授受インタフェース試験を実施する。衛星打ち上げ後には、GOSAT 観測データの処理・再処理・保存・データポリシーに則った提供、システムの運用管理、システムの改訂・増強、ユーザからの観測要求の受付・整理、処理結果の比較検証支援を行うとともに、炭素収支インバースモデルによる処理の準備を進める。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 定常処理運用システムの開発に着手し、基本設計、詳細設計を行い、研究により開発されたデータ解析手法（アルゴリズム）に基づいて計算機のプログラム開発、プログラムの総合テスト等を完了した。 ○ GOSAT の定常処理に利用する計算機システムの一次導入～三次導入を行った。 ○ GOSAT 観測データの一次処理（レベル1）データの入手元である宇宙航空研究開発機構とのデータ授受に関するインタフェースを調整するための会議を定期的（月に1回程度）に開催し、調整を進めた。 ○ 宇宙航空研究開発機構とのデータ授受に関して、定常運用に向けてのインタフェース試験を実施した。 ○ 定常処理システムの運用を開始した。 ○ 観測データを用いた定常処理運用システムの調整と改良、データ処理・開発用機器の補強などシステムの追加を行った。 ○ 当計算機システムの運用管理、関係機関とのデータ授受及び観測要求に関するインタフェース調整及び試験、システムへのユーザ登録・管理とユーザへの情報発信、ユーザからの観測要求の受付・整理を行った。 ○ データ処理アルゴリズムの改訂事項のシステムへの反映とデータの再処理を行った。 ○ プロダクトの検証作業支援を行った。 ○ データポリシーに則ったプロダクトの配信を行った。 ○ 炭素収支推定のためのインバースモデル計算を行うシステム開発を進めた。
--	---	--

<p>その他の活動 (2) 地球温暖化にかかる地球環境研究センター事業</p>		<p>「地球環境モニタリング等」の知的研究基盤の整備として、別途報告。</p>
---	--	---

2. 循環型社会研究プログラム

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。

循環型社会構築に結びつく主な成果として、1)複数の社会シナリオと数量モデルに基づき、物質フローに大きな影響を与える社会変化や効果の高い対策を同定したこと、2)いくつかの製品群の事例研究をもとに、資源性・有害性の面からの物質の管理方策、再生品の環境安全品質の試験・確認、資源回収・適正処理におけるトレーサビリティの情報などを提示したこと、3)熱分解ガス化改質及び水素-メタン二段発酵により、バイオマス系廃棄物から高収率で水素ガスを回収できることを示すとともに、地域に適した要素技術を適用した地域循環圏の計画手法を構築したこと、4)家電・パソコン等の国内・国際フローを明らかにし、付随する環境影響等の問題点や改善の方向性を示す一方、タイで準好気性埋立の性能を評価する実証実験の段階に達したこと、などがあげられる。

また、廃棄物行政が直面する種々の課題の解決を支援するため、施設の維持管理、廃棄物管理システムの再編、試験評価等の分野で技術上の基準、指針値、公定法等の制定や改訂につながる知見を提供するとともに、堆積廃棄物火災、廃 PCB 処理、POPs 埋設農薬などの一連の負の遺産問題に対しても、調査手法、マニュアル制定等の知見を提供した。

(中核PJ1：近未来の資源循環システムと政策・マネジメント手法の設計・評価)

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>近未来における循環型社会の形成を目指し、社会条件等の変化とそれに伴う物質フローの時空間的な変化を量的・質的に予測・評価する。また、資源循環型の技術システムと社会・経済システムへの転換を図るための政</p>	<p>10～20年後の近未来における様々な社会条件の変化とそれに伴う循環型社会への影響を、ワークショップ形式での検討などシナリオプランニングの手法を援用して明らかにし、資源価格や国や地域の自立性の軸で表される複数のシナリオを描出した。一方、各種の社会変化や対策導入がもたらす製品・サービス需要への影響、天然資源消費量・環境負荷発生量への影響を推計するための、物質・フロー・ストックモデル、生産プロセスモデル、廃棄物管理プロセスモデルから構成される分析モデルを試作した。以上をもとに、個人主義・技術志向・速い社会変化等で特徴付けられる社会シナリオAと共生主義・自然志向・遅い社会変化等で特徴付けられる社会シナリオBを設定し、それぞれ天然資源消費抑制や環境負荷低減につながる対策を講じない場合と講じた場合の天然資源消費量・環境負荷量を推計した。以上をもとに、近未来の対策パッケージとしての2つのシナリオを作成した。</p> <p>シナリオプランニングの成果は、UNEP資源パネルのWSで紹介され議論に貢献した。資源循環による天然資源消費抑制量・環境負荷削減量の推計結果は、循環型社会形成推進基本計画の進捗状況の検討に活用された。成果の一部は環境・循環白書に掲載されるとともに、デポジット制度研究の成果はRシリーズ報告書として出版した。また、研究成果や研究実施過程での議論は、随時環境省「一</p>

<p>策・マネジメント手法の設計・評価を行い、近未来の循環型社会ビジョンに向けた転換シナリオを提示する。</p>	<p>般廃棄物の適切な処理システムの構築に向けた分別収集等に関するガイドライン検討委員会」「循環型社会における中長期グランドデザイン検討会」「使用済製品等のリユース促進事業研究会」等における議論に反映された。</p>
<p>サブテーマ1（物質フローモデルに基づく資源利用・廃棄物等発生の将来予測よ近未来ビジョンへの転換シナリオ評価）</p>	
<p>近未来の物質フロー推計のベースとなる社会条件の変化のシナリオを描き、資源・廃棄物フローとの因果関係に関するモデルを基に、主要な資源・廃棄物についての近未来のフローの推計を行うモデルを作成する。天然資源消費抑制や環境負荷低減に有効な対策を挙げて、その効果等を推計するとともに、一定量の効果を達成するためのビジョンを作成する。</p>	<p>① 近未来の資源・廃棄物フロー及び資源循環・廃棄物管理システムに重要かつ不確実な影響を与える因子として、「国際市場・貿易体制の変化」「資源価格の変化」「技術の変化」等が同定された。また、これらの因子を中心として、これらと一体的に取り扱える因子について考察し、近未来のシナリオ作成のための2軸として「貿易体制・地域社会の変化」「資源価格の変化」を設定した。これらの因子は近未来の資源・廃棄物フロー及び資源循環・廃棄物管理システムに大きな影響を与える可能性があり、近未来のビジョン作成にあたって考慮すべき因子と考えられた。さらに、この2軸をもとに4つのシナリオ「循環資源国際流通シナリオ」「資源国際争奪戦シナリオ」「高度技術地域循環シナリオ」「制度的地域循環シナリオ」を描き、既存の制度がこれらのシナリオによって、どのような影響を受けるかについて検討した。</p> <p>② 生活レベル（活動量）を本質的には低下させることなく、非再生可能資源消費量（ひいては温室効果ガス排出量、廃棄物最終処分量等の環境負荷）を削減するための対策を類型化するための要因分解を行い、「活動量あたり新規製品生産量」「新規製品生産量あたり原燃料使用量」「原燃料使用量あたりの非再生可能資源消費量」の3つの類型をもとに対策をリスト化した。これらの対策を、主として技術やシステムの変更に関わる対策とライフスタイルの変更に関わる対策とに分け、前者の対策を中心とするビジョンA、後者の対策を中心とするビジョンBとしてパッケージ化した。これらのビジョンは脱温暖化2050におけるビジョンとの整合性を意識したものであり、低炭素社会と循環型社会に対する統合的アプローチへの発展が期待できる。</p> <p>③ 各種の社会変化や対策導入がもたらす製品・サービス需要への影響、天然資源消費量・環境負荷発生量への影響を推計するモデルを作成した。このモデルは、耐久財フロー・ストックモデル、耐久消費財フロー・ストックモデル、消費財フロー・ストックモデル、生産プロセスモデル、廃棄物管理プロセスモデルからなる技術プロセスモデルである。上記①および②により設定したいくつかのシナリオとビジョンについて試算を行い、近未来の物質フローに大きな影響を与える社会変化や効果の高い対策の一次同定を行った。例えば、今後の公共投資の動向によっては、セメント需要量が大幅に減少することが推計され、それにより各種環境負荷は削減されるもののセメント産業における廃棄物利用の制約になることなどが示唆された。</p>
<p>サブテーマ2（近未来の循環型社会における技術システムの設計と評価）</p>	

<p>様々な廃棄物について技術的観点から対策シナリオを提案するとともに、それを実現する循環技術システムを設計し、その効果を分析する。</p> <p>収集データを用いてサブテーマ1のモデルを改良し、近未来における廃棄物管理のビジョンとそれに向けたシナリオの妥当性を向上させる。</p>	<p>近未来のビジョン提案を目指して「炭素資源」という資源区分を提案し、生物資源と化石資源の包括的な対策（資源代替など）の検討を可能とした。また、炭素資源のエネルギー利用の技術システムのインベントリデータを整備した。食品廃棄物の事例研究では、まず、循環技術システムに対する本格的なハイブリッドLCA手法を初めて構築した。同手法を用いて、食品廃棄物の技術システムの効果を分析した結果、焼却発電効率とCO₂排出削減効果との関係が示された。下水汚泥の事例研究では、「動脈静脈連携」を実践するシステムを提案・分析した結果、化石資源代替による温室効果ガス削減効果が大きいことが示された。また、鉱物系資源については、廃棄物溶融と非鉄製錬との連携や、素材産業を中核とした動脈静脈連携を提案・分析した結果、一定の効果が示された。</p> <p>2000年度から2005年度までにおける日本全体での循環利用の分析結果は、温室効果ガスの排出削減効果が循環基本計画の補助指標として反映された（その他の結果も中央環境審議会でも報告）。なお、新たな循環技術システムを想定した将来シナリオも分析した。</p> <p>より効果的な対策が望まれる廃棄物を対象とした事例分析の結果、食品廃棄物については、排出源の種類別（家庭、卸売・小売業、外食産業など）に品質区分を提案し、それに応じた飼料化と肥料化、および下水汚泥や家畜ふん尿などとの集約処理や畜産業などとの連携システムが提案された。プラスチックについては、食品関連、薬品・化粧品関連、耐久財関連という区分を提案し、それに応じたより効率的なプラスチックリサイクルシステムが提案された。廃家電については、製品の変化を考慮した循環技術システムを設計・評価した。建設廃棄物については、主な受入先であるセメント産業の状況を考慮した循環技術システムを設計・評価した。また、資源の利用効率を評価する「資源のLCA」を提案し、事例分析を実施した結果、用途（製品寿命）と使用する素材の組み合わせによって、二酸化炭素排出量が大きく変化し得ることが明らかとなった。</p> <p>上述の様々な事例分析の結果を、サブテーマ1で構築するモデルの改良に活用した。</p>
<p>サブテーマ3（循環型社会の形成に資する政策手法・マネジメント手法の設計・開発と評価</p>	
<p>①一般廃棄物行政を対象に、自治体間のパフォーマンスを比較可能にするベンチマーキング手法を構築する。</p> <p>②個別リサイクル法の施行実態を明らかにする。</p> <p>③回収インセンティブを与える施策の導入可</p>	<p>①一般廃棄物行政を対象にしたベンチマーキング手法の枠組み及び評価指標を提案することができた。この成果は、平成19年6月に公表された環境省のガイドライン作成に貢献した。また、このベンチマーキング手法を活用した住民等との情報共有手法について、情報共有による意識変化から3Rへの行動変容の可能性を確認するとともに、コミュニティレベルの優良活動事例について、環境配慮行動に関する社会心理学的分析及び価値連鎖分析による考察を行い、成功要因を同定、構造化した。</p> <p>②容器包装リサイクル法等で課題となった自治体の廃棄物処理・リサイクル費用について、ライフサイクルコストの観点から、従来あまり調査されていなかった廃棄物処理施設の建設以前にかかる各種費用や解体費用を把握した。また、「見えないフロー」が問題となった家電・PCリサイクルについて、法施行前後でのフロー変化の推計と解析を行い、輸出が増加している状況などを定量的に明らかにした。</p> <p>③諸外国のデポジット制度6制度を詳細に調査して、小売店等の手間やシステム構築の負担といった制度導入の障壁があることを明らかにし、その緩和策として、品目の絞込み、一定数以上の返却は重量計測、最小返却単位の設定などがあることを明らかにした。また、</p>

<p>能性や有効性を明らかにする。</p> <p>④ 3 R政策の対象物を明らかにするためのポジショニング解析の枠組みの構築し、現在対象となっていないモノを特定する。</p> <p>⑤国内 3 Rおよび国際循環に合致した責任論を再構築する。</p> <p>⑥リデュース・リユース（2 R）研究の体系化を行い、その効果把握を行う。</p> <p>⑦対策パッケージの作成に向けた概念等を整理する。</p>	<p>83 の国等 146 品目の制度の対象物をもとに、デポジット制度の対象物を、廃棄物・有価物・有用物・有害物に区分・特徴整理して、対象物によってデポジット制度の適用性等に違いがあることを明らかにした。さらに、新たな回収インセンティブ付与制度として資源回収ポイント制度の適用性等を検討し、本制度が事業者にとって導入障壁のより小さい回収制度であることを示した。</p> <p>④目的達成寄与度ならびに対策有効性（対策ポテンシャルと適用度）によるポジショニングを実施し、一般廃棄物においては食料品、PR に使われた紙、紙おむつ等を今後の施策対策の検討に含めるべきこと、産業廃棄物においては、セクター別に対策が進められてきたが、自らの業界における廃棄物寄与割合が小さくとも日本全体でみれば排出量の割合が大きい廃棄物種があることを確認して、このようなものが対策で看過されやすいことを指摘した。</p> <p>⑤国外（EU）の政策実態の結果から、リサイクルは EPR（生産者責任）に基づいてなされるものの、家庭等からの排出品回収における責任・役割分担は EU 内でも様々な責任分担の形態があることを明らかにした。国内 3 Rおよび国際循環における課題としては、循環資源の輸出や建物等の長期使用製品（長期のうちに製造者が不在となる）における E P R 適用の限界、消費国（廃棄物処理国）から生産国へ処理・リサイクル情報の欠如といった問題があり、E P Rならびに流通業者や消費者、自治体の責任を含めて検討を行い、応益負担主義に基づいた新たな責任論として「使用者責任」という考え方を着想した。</p> <p>⑥ 2 Rの体系化を行うとともに、2 Rの取組を類型化しながら、「活動量」、「製品使用活動量」、「製品量」、「新規製品製造量」に着目した効果把握の指標群を提示できた。具体的な適用事例として、詰替商品の利用による廃棄物削減効果を定量化し、例えばシャンプーでは7割が詰替商品で、5～6割の容器素材が削減できていることを確認した。さらに、耐久財のような効果発生に時間差を伴うモノに対する 2 R効果把握方法を整理して、長期使用の削減効果をその波及効果とともに推計した。これらの成果の一部は、平成 2 0、2 1 年度の中央環境審議会において報告・利用された。また、家電リサイクル法の小売業者ルートでのリユース基準についての検討を進め、施策貢献を果たした。</p> <p>⑦サブテーマ 1 における対策パッケージ作成のために、各分野での対策や自治体の施策を 1）各シナリオに向かうための対策と 2）各シナリオにおいて講じなければならない対策などに区別しながら、その背後にある基本的考え方をふまえて、概念等を整理した。</p>
--	---

(中核PJ2：資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価)

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>資源性・有害性をもつ物質の利用・廃棄・循環過程におけるフローや各プロセスでの挙動、環境への排出、リスクの発生、資源価値を同定、定量化し、代替物利用やリサイクル等の効果を資源性・有害性の両面から評価し、リサイクル促進や製品中有害物質規制、有用資源回収に資する科学的な根拠・知見を得る。</p>	<p>リサイクルが拡大する中で有害性と資源性の二面性をもった物質を適切に管理していくことが重要であるとの認識に立ち、物質管理の実態の把握とそのあり方について研究を進めた。特にテレビやパソコンといった資源性、有害性の観点から重要度の高い家電製品を対象に研究を進めた。実製品個別の化学物質の含有量を分析し、製品使用や廃棄／リサイクルなどの製品ライフステージの各段階での臭素系難燃剤等の環境排出、制御方策の検討やヒトへの曝露について解析を実施した。製品中でのリサイクル必要性の優先度や、製品中金属の回収性について見通しをつけるため、家電製品を対象に金属資源としての価値を相対的に評価した。また、金属製錬技術を用いた製品中の有価金属の回収可能性について熱力学的な検討を行い、貴金属、レアメタルの回収性について考察を行った。廃プラスチック再生製品について、特に有害物質混入可能性の視点から工場視察とアンケート調査を実施し、品質管理の実態を把握できた。物質管理方策の方法論あるいは管理方策の基本モデルを提示に向けた取り組みを行った。物質管理方策として、曝露・被害防止、クローズド化、チェックゲート、情報管理（情報伝達とトレーサビリティ）、管理体制の整備の5つの基本管理方策があることを抽出し、それぞれの定義、構成要素、要件を示すことができた。また、電気電子機器類における物質管理方策パッケージを提示することができた。</p>
<p>サブテーマ1（プラスチックリサイクル・廃棄過程における化学物質管理方策の検討）</p>	
<p>プラスチックに含まれる有用性、有害性をもつ物質群について、リサイクル、廃棄物処理過程におけるプロセス挙動、環境排出、排出低減対策について調査、考察を行う。さら</p>	<p>プラスチック中の添加剤、不純物（非意図的生成物）の有害性に焦点を当て、臭素系難燃剤及び有機リン系難燃剤を対象に、試料前処理及び分析法について確立し、水溶解度やオクタノール水分配係数等の物性測定を行い、挙動評価に有用な物性値を得た。携帯型蛍光X線分析計を用いて製品、再生製品のスクリーニングデータを集積し、含有量データベースを構築すると同時に精密化学分析と組み合わせた効率的な製品モニタリング法を確立した（18～21年度）。家電リサイクル施設を対象とした調査を実施し、作業環境やプロセス排ガス、残渣中の有機臭素化合物について測定を行うとともに、テレビ内部ダストの除去や集塵機の利用といった防塵技術による作業環境濃度、環境排出量の低減効果について評価し、その有効性を確認した（18年度）。製品使用時における化学物質の室内負荷に関し、一般家庭や事業所の室内空気、ハウスダストの分析を行った結果、臭素系難燃剤、PCBについては室内空気やダスト中の濃度が有意に高く、室内に発生源があることが示唆された。モデルルームにおける家電及び繊維製品の負荷試験を行い、製品からの放</p>

<p>に、プラスチック中難燃剤（及び代替物質）の製品ライフサイクルにおけるリスク評価と制御対策について考察する。</p>	<p>散速度、排出係数など曝露リスク算定に有用なパラメータを求め、換気や空気清浄機による低減効果について定量的に確認することができた（18～22年度）。廃プラスチックリサイクル7施設（破碎、圧縮・梱包、RPF製造施設等）における調査を実施し、有害化学物質（添加剤、VOC、樹脂分解物、有機ハロゲン化合物等）の一斉モニタリングを行って、プラ選別室や圧縮・梱包機周辺等における作業環境の安全性、集塵機や活性炭処理装置を配した排ガス処理プロセスにおける制御性の評価を行い、最終排ガスデータから大気経由の環境排出量の試算を実施した。施設間のデータの比較評価を通じて、投入物やリサイクルプロセスと、発生化学物質との関連性について考察できた（18～22年度）。臭素系難燃剤含有プラスチックの異なるリサイクルや処理方法に伴う環境負荷について、LCAを用いて評価した（19～20年度）。電気・電子製品の筐体や基板で用いられるプラスチック中の臭素系難燃剤に関して、製品中の含有量、使用時の室内放散量、室内空気やダストといった室内媒体濃度、ヒトへの曝露媒体としてのダスト中の存在形態についての情報が統合的に得られ、製品のライフサイクルを通じてヒト曝露を考える際に製品使用過程の寄与が高いことを、曝露解析の結果から明らかにした。また、代替難燃剤としての縮合型リン酸エステル類の使用時挙動についても光分解、加水分解、熱分解時のデータを網羅的に蓄積することができ、代替難燃剤のハザード、リスク評価に資する基礎資料が得られた（21～22年度）</p>
<p>サブテーマ2（資源性・有害性を有する金属類のリサイクル・廃棄過程の管理方策の検討）</p>	
<p>製品中金属の試験法確立、製品組成情報集積を行う。管理優先度の高い資源性金属の探索、回収可能性評価を行い、回収性向上のための方策を検討する。リサイクル・廃棄過程を含めた有害性金属の環境排出量把握を行う。</p>	<p>基板等の複合素材の高精度な金属含有量試験法を確立、パソコン基板を中心に適用し、40金属の含有量情報の集積を行った（18～22年度）。11金属のメゾ物質フローを作成し、WIO-MFAへの接続により約60製品の11元素の組成を上流側情報から推計した（20～21年度）。これらに文献等調査を加えて各種電気・電子製品の組成情報を集積しつつ、資源として着目すべき金属／製品群の評価へ展開した。まず、金属の資源性を多面的に定義し、複数の評価指標の提案と基板中金属の相互比較を行った（18～19年度）。また、金属二次資源としての使用済み製品の類型化手法の提案と類型化を行い、金属種ごとに着目すべき製品群と適する収集方法を整理した（20～22年度）。また、熱力学解析に基づき、乾式製錬・再溶解プロセスにおける金属元素の回収／除去可能性を明らかにし、基板を中心に回収し得る金属を評価した（20～22年度）。さらに、一般廃棄物中間処理を通じた金属回収性や有害性物質の環境排出量推定への展開を念頭に、破碎・選別・熱処理工程における電気・電子製品由来物質のプロセス内分配、環境排出挙動の実態調査を行った（21年度）。国際的管理対象である水銀の国内の物質フローを整備し、回収量と需要量から60～70トン/年の余剰水銀の存在を明らかにした。水銀の大気排出インベントリを作成し、結果は環境省を通じてUNEPへ提出された（18～19年度）。余剰水銀の長期保管を想定し、熱力学情報・計算に基づいて、保管環境下での安定性、水銀大気排出の視点から保管形態候補となる水銀化合物・合金を絞り込んだ（20～21年度）。</p>
<p>サブテーマ3（再生製品の環境安全品質管理手法の確立）</p>	

<p>建設系再生製品の環境安全品質評価法の開発・規格化とデータの蓄積を行うとともに、利用のための管理手法を確立する。再生プラスチック製造工程の品質管理の実態を明らかにする。</p>	<p>全発生量が年1億トンを超える建設系（土石系）の廃棄物・副産物（廃コンクリートや鉄鋼スラグなど）を安全に循環利用するために必要不可欠な、有害物質の環境影響評価試験（特に、溶出特性評価試験）の開発に取り組み、23機関参加の精度評価をとりまとめ、廃棄物資源循環学会規格案として公開できた（18～20年度）。開発した試験で得られるデータと地盤中の移行拡散モデルとを接続させた評価手法を構築し、銅スラグ中の鉛・ヒ素挙動の評価を実施でき（19～20年度）、さらに、製鋼スラグ（フッ素、高pH）、再生石膏（フッ素）、ブラウン管ガラス（鉛）等の評価へと繋げている（20～22年度）。主に県レベルの再生製品認定制度等での安全性判断材料提供を目的に、約30種類の廃棄物・副産物の収集と試験データ蓄積を進めることができた（20～21年度）。EU建設製品指令や欧州各国における有効利用の法制度について文献レビューを行い、評価・管理の枠組みを提案し（18年度）、さらに各国専門家への訪問聞き取り調査を実施して、日本における環境安全管理方策の進路を提言し、鉄鋼スラグ・非鉄スラグの道路用・コンクリート用各JISの原案にその考え方が採用された（21年度）。これら循環資材の環境安全品質評価と管理に関する「基本的考え方」をとりまとめた（22年度）。土石とは性状や利用法の大きく異なる廃プラスチック再生製品について、特に有害物質混入可能性の視点から工場視察とアンケート調査を実施し品質管理の実態を把握できた（20～21年度）。</p>
<p>サブテーマ4（物質管理方策の現状及び将来像の検討）</p>	
<p>ライフサイクル物質管理の現状ならびに将来像を提示する。適用されうる物質管理方策を抽出し、その適用性や有効性などを確認する。各サブテーマで実施している対象物（プラスチックや金属類）に対し、物質管理方策のパッケージ案を提示する。</p>	<p>物質管理のキーワードを抽出するとともに、物質管理方策の変遷を整理し、今後より重要となってくる物質管理の視点・方策、そしてライフサイクル物質管理の将来像をまとめた。チェックゲート、トレーサビリティ、サプライチェーンマネジメント（REACH対応）、リサイクルチェーン対応などのキーワードを抽出することができ、このなかでも、循環型社会においては、ミドルリスク物質への対応や、チェックゲートと情報管理にさらなる取り組みが必要であることが分かった。</p> <p>既存の物質管理規定をレビューした結果、物質管理方策として、曝露・被害防止、クローズド化、チェックゲート、情報管理（情報伝達とトレーサビリティ）、管理体制の整備の5つの基本管理方策があることを抽出し、それぞれの定義、構成要素、要件を示すことができた（例：チェックゲートはチェック項目の種類として、物質、取扱者、情報伝達という3種の基準適合があることなどを確認した）。また、チェックゲートは物質の特定性が高い場合には有効であるが、静脈フローや循環フローにおいては物質同士が混合しやすく、管理方策としての適用性が低下することなど、物質管理の有効性や適用性の知見を得ることができた。また、循環フローの最終基準としてリサイクル製品の安全確認のチェックゲートは必要であり、そのチェックゲートの有効性を高めるためにはサプライチェーンからポストコンシューマまでの物質フロー情報を活用して、チェックの負荷を低減するのが現実的であると考えられた。</p> <p>電気電子機器類における物質管理方策パッケージとして、曝露・被害防止：リスク同定、基板破碎時の粉じん対策、クローズド化：使用済み製品の回収方式と回収率向上方策の検討、情報管理：製品中含有物質情報の整備、国内フローの推計方法の開発、を提示することができた。</p>

(中核PJ3：廃棄物系バイオマスのWin-Win型資源循環技術の開発)

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>廃棄物からの高度な資源循環により、脱温暖化や他の環境対策にも資する炭素サイクル型エネルギー循環利用技術システムおよび潜在資源活用型マテリアル回収利用技術システムを開発し、さらに動脈-静脈プロセス間での連携的な資源循環システムの構築により、複合的な技術システムを確立する。</p>	<p>廃棄物系バイオマスに対する再生・資源化技術の適用において、バイオマスの性状とくに水分をどれだけ含むかが、技術の実際的な適用に際し必要とするエネルギーの点で重要かつ合理性を決める事項と考えられることから、比較的乾燥した木質系バイオマス等にはガス化-改質技術、水分の多い食品廃棄物等には水素-メタン二段発酵技術を適用するのが妥当であると判断し、他に廃食用油からのBDF製造や資源化処理等で排出される排水・廃液中のリン回収等も加えた総合的低環境負荷型の資源化技術群を開発してきた。個々の技術には触媒の適用、操作温度、最適pH、微生物汚泥の循環比等々多くの最適化すべき技術要素があり、18～21年度において、とくにプロジェクト前半の20年度までにおいては要素技術に的を絞った実験研究を継続した。</p> <p>一方、サブテーマ2と位置付けた研究においては、廃棄物系バイオマスの特性に応じた規模の循環技術システム（地域循環圏）の形成を目指し、その設計・構築手法の大枠を決定した。また、特定地域での情報基盤を整備するとともに、関係者による研究会を設立・運営して課題を抽出した。さらに、前述の手法を用いた事例研究を実施してシステム改善と手法確立を試みた。また、地域循環圏の効率向上策として、本プロジェクトでの開発要素技術を導入した統合システムを提案した。技術とコストのデータを収集した上でプロセスシミュレーターを活用しつつ具体的地域への導入を想定したシステムを設計し、物質・エネルギー収支やコストを評価した。一方、既存生産技術と循環技術の連携を「動脈-静脈連携」と定義して、その形態を整理・分類し、システム効率向上策としての定式的議論を可能にした。</p> <p>さらに、エネルギー回収技術の個別テーマに焦点を絞り、同様の研究を行う他の独立行政法人研究機関や大学との間で技術開発討論会を開催し（平成21年2月20日「「廃棄物系バイオマス利活用技術研究開発の最前線・エネルギー」）、他の機関等との研究開発の違いや特徴を明確にするとともに、一般へのアウトリーチ活動を行った。アウトリーチ活動に関しては、エコプロダクツ展への出展（平成20、21および22年度）も行い、広く国民に対し研究内容の広報・周知を図った。</p>
<p>サブテーマ1（エネルギー/マテリアル循環利用技術システムの開発と評価）</p>	
<p>①熱分解ガス化-改質プロセス開発において、ガス化率95%以上および生成ガス発熱量1000 kcal/m³以上の達成、改質触媒の耐久性向上およびタール成分</p>	<p>①ガス化-改質技術の開発においては、比較的低温（650-850℃）の条件において、建築廃材および廃プラスチック・紙固形化燃料等を原料とした熱分解ガス化・水蒸気改質試験を実施した。ニッケル（Ni）系触媒を選定・適用し水蒸気改質特性を評価した結果、主成分Niに対し、カルシウム（Ca）分を含むNi-Ca系改質触媒の適用により、ガス組成40 vol%以上の水素濃度と2,000 kcal/m³_N（8.4 MJ/m³_N）以上の発熱量を有する燃料ガスを得ることに成功し、カーボンガス化率として95%以上を達成した。また、酸化カルシウム（CaO）を併用することで、タール成分の分解を促進し、CaOの炭酸化反応に基づくCO₂吸収による水素組成または発熱量・燃焼特性制御が可能となることを明らかにした。このガス化-改質は750℃の条件を中核的操作温度として行い、CaOを併用する技術的手段に関し、特許申請を行った。そのほか、多孔質のシリカを補助材料とした場合の同様の効果についても見いだした。</p>

<p>濃度の低減に資する技術の確立を目指す。</p>	<p>一方、触媒の耐久性向上については、改質温度 850℃において十分な耐久性を有すること、同温度において空気酸化により触媒再生を行った場合、触媒活性が十分に回復することを実験的に明らかにした。また、15 kg/h 規模のベンチスケール流動層によるガス化-改質実験の結果から、酸化カルシウムの使用量の増大に比例して水素濃度が増加しタール成分濃度が減少することを明らかにし、生成ガスの選択的制御に関する技術的要件を取得した。さらに、新規触媒としてステンレス鋼合金を基材とする安価な触媒を得て性能を試験し、適用性評価と将来的な実用性の把握を行った。さらに、基礎実験装置でほぼ確立したガス化条件をもとに、外部機関保有の処理量 500kg/日規模のパイロット規模試験装置を用いて試験・評価し、木質系バイオマスおよび RPF 原料からの排出ガス特性、タール分解性およびメタノール合成の実績等を把握した。</p>
<p>②水素-メタン二段発酵技術システムと発酵残液の高度処理技術の開発において、高効率なバイオガス生成と回収率の向上を図ると同時に、発酵残液の栄養塩類の高度処理システム構築に資する設計パラメータ・運転条件等の確立を目指す。</p>	<p>②水素-メタン二段発酵技術の開発においては、未利用バイオマスの発酵プロセスへの受け入れに関して、液状廃棄物としての生ごみ等の基質特性を評価し、炭水化物、蛋白質、脂質等の割合に応じて二段発酵プロセスにおける分解率、ガス発生量、水素収率等が異なること、炭水化物分解細菌の多様性は高温発酵(55℃)の方が低いが、炭水化物を中心とする廃棄物からの水素回収においては、高温発酵が中温発酵(35℃)より効果大きいことなどを明らかにした。さらに、バイオマスの成分組成との水素およびメタン生成ポテンシャルとの関係を解析し、各種バイオマスの水素-メタン発酵プロセスへの適用性を成分組成から評価する方法を構築した。</p> <p>食堂残飯 (TS10%程度) を対象とした水素-メタン二段発酵プロセスにおいて、発酵液循環と水素発酵槽の微生物濃度を高く維持し、pHを 5.5 に制御する等の適正条件の把握により、従来技術で実現できなかった 2 年間以上に渡る長期間の連続水素発酵がはじめて可能となった。循環汚泥のアルカリ度が水素発酵の代謝パターンに対して影響を及ぼすことを明らかにし、9,000~10,000 mg-CaCO₃/l の範囲で酢酸と酪酸を主生成物とする高効率な水素発酵代謝パターンへの制御が可能であることを示し、17.2 m³-H₂/日と 69.1 m³-CH₄/日という安定的なバイオガス回収が実現できた。食堂残飯を対象とした水素-メタン二段発酵プロセスにおいては、発酵槽内の溶解性必須栄養塩が不足する環境にあり、それがメタン生成速度を制限していることを突き止めた。処理原料への微量の栄養塩添加により、単位装置容積あたりの許容原料処理速度を添加なし時のその約 4 倍である 11.6 kg-(TS 食堂残飯)/m³-reactor/d (滞留時間 9 日)まで向上させた。</p> <p>また、発酵残液の効果的処理については、栄養塩類除去機能等の解析を実施し、発酵阻害物質であるアンモニアの酸化プロセスに関し、好気タンク内で PEG (ポリエチレングリコール) 担体の硝化活性を高く維持することで、アンモニア濃度を 58mg/l 以下 (除去率: 97%) とした。発酵残液中の窒素除去において、好気タンクへの固形物流入が硝化阻害を引き起こしていることおよび脱窒素タンクにおける硝酸の残留を確認したため、前段のタンクからの流入固形物濃度抑制と脱窒素菌の滞留時間増大を行うことで、窒素除去が改善された。これにより、水素-メタン二段発酵プロセスと発酵残液処理を一体化したシステムの完成形と最適運転条件の基盤を構築することができた。</p>
<p>③BDF 製造プロセスの開発について、未利用の低品質廃油脂類から</p>	<p>③バイオディーゼル燃料 (BDF) に関する相平衡データの測定とその推算モデルの評価を行い、BDF 製造プロセスの設計に最も有用な相平衡推算モデルを選定した。未利用の低品質廃油脂類であるトラップグリースや廃食用油固化物に液化ジメチルエーテル (DME) を抽出溶媒として添加し、それらの廃油脂類から BDF 原料成分を選択的に 99.9%以上抽出できる技術を新たに開発した (特許出願)。</p>

<p>第一世代および第二世代BDF製造技術を開発し、実証へ向けた技術的課題の整理と対応策を提示するとともに、地域循環システムの設計に必要な循環シナリオを設定する。</p>	<p>また、液化DMEを用いた超高速合成技術を新規に開発し（特許出願）、従来法の1/2の温度においても、新技術は従来法の100倍以上の反応速度を達成できた（図6）。したがって、本技術が小型かつ高効率なBDF製造技術へ展開できる可能性が得られた。これらの結果の一部は、総合科学技術会議環境エネルギー技術革新計画の参考資料に利用された。さらに、今まで未利用であった原料を用いて、高転換率（99%）で第一世代BDFを製造できることを示した（図7）。ただし、廃油脂由来の不純物を低減する必要があるため、不純物を99%以上除去できる対策も提案した。また、触媒を固定化酵素へ展開し、酵素凝集を防止し、連続系で合成可能な方法を提案した。本方法は、最小限のメタノール濃度で95%の高収率を達成できた。第二世代BDF製造技術開発では、廃油油脂類の性状を明らかにするとともに、低品質な工場廃熱を用いて燃料成分を回収できることを示し、さらに燃料成分のほぼ100%をBDF化できることも確認した（図8）。また一方、開発技術を地域循環システムとして実現するための循環シナリオを設定し、その評価手法も構築した。</p>
<p>④リン回収について、液状廃棄物に関する実際の処理規模に応じたリン資源回収技術の確立を図り、地域資源循環システム実証試験を行うための基盤を構築する。</p>	<p>④液状廃棄物処理におけるリン資源の回収技術として、小規模分散型においては、吸着脱リン法の地域モデル実証から、吸着法による長期安定的なリン除去・回収が可能であることが示された一方で、吸着剤収集方法を含めたコスト削減等の課題が抽出される等、実用化に向けたシステム基盤が構築された。中・大規模処理に対応したオンサイトのリン吸着回収法としては、吸着効率化試験等により2系連結・連続運転等の最適条件の確立に目処を付けた。また、鉄電解法を導入した浄化槽では、生活排水中のリンは不溶性のリン酸鉄として貯留汚泥中に蓄積すること、鉄電解脱リン汚泥は酸溶出に比べてアルカリ溶出による効率が大きく、さらに、金属の溶出も格段に低いことを明らかにした。物質収支解析の結果、汚泥に対し90%程度の高品位なリン溶出・回収が見込まれることが明らかとなった。回収物は、副産リン酸肥料としての肥料登録基準を満たしており、植害・肥効試験においては対照系と比較しても十分な肥料効果が得られたことから、設計因子の抽出、処理スケールに応じたコスト試算等に資する基盤を構築できた。</p>
<p>サブテーマ2（動脈-静脈連携等を導入したバイオマス地域循環圏の設計と構築）</p>	
<p>廃棄物系バイオマス循環技術システムの設計・構築手法を提案し、事例研究を通じて、システムを改善するとともに、設計・構築手法を確立する。動脈-静脈連携などの効率向上策も提案・評価する。</p>	<p>廃棄物系バイオマスの特性に応じた地域規模の循環技術システム（地域循環圏）の設計・構築手法について本プロジェクト内で議論し、その大枠を決定した。また、茨城県の食品廃棄物を対象として、情報基盤を整備するとともに、関係者による研究会に参加して課題を抽出した。さらに、前述の手法を用いた事例研究を、湿潤系と乾燥系のバイオマス各々について実施した。前者に関しては、茨城県における食品廃棄物の発生量と飼料の受入可能量とのバランスを分析し、各市町村がどの循環技術に適しているかを分類することができた（図10）。後者に関しては、関東圏における廃材・残材の排出量と施設の処理可能量とのバランスを分析し、各都県での実現可能性を示すことができた。また、地域循環圏の効率向上策として、本中核プロジェクトで開発中の循環技術を組み合わせた効率的システムを提案し、基礎的な物質・エネルギーの投入・産出データを収集・整理し、開発技術のプロセス設計を完了した。これらのデータや設計を基に、プロセスシミュレーションを用いて地域循環圏における適性評価手法を確立した。さらに、開発技術の単独プロセスと開発技術を複合したシステムにおける経済性・事業性を比較した結果、余剰廃熱の有効利用による複合システムの優位性を明らかにした。</p>

(中核PJ4：国際資源循環を支える適正管理ネットワークと技術システムの構築)

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>途上国を中心とする各国での資源循環、廃棄物管理に関する現状把握を通して、アジア地域における資源循環システムの解析を行う。</p> <p>また、技術面からの対応として、液状系を含む有機性廃棄物の適正処理と温暖化対策とを両立した、途上国に適合した技術システムの開発とその適用による効果の評価を実施する。</p>	<p>家電・パソコンなどの E-waste や廃プラの国内・国際フローの分析を行った。家電は4品目の推定中古輸出台数が460～480万台程度あることや、ブラウン管（CRT）テレビの輸出先は輸入規制が緩い国へ変化していること、パソコンについては中古輸出が200万台程度まで伸びていることを明らかにした。また、適切な梱包次第で中古テレビの輸入国でも破損が低く抑えられること、中国に廃基板やCRTモニタ・テレビが周辺国から輸入されている状況を把握した。国際共同研究によって、中国、フィリピン、ベトナムで E-waste のリサイクルがインフォーマルセクタに多く依存されていることを把握した。途上国の E-waste 管理制度設計に向けて、インフォーマルセクタのフォーマル化などの必要性を指摘した。</p> <p>日本から輸出される金属スクラップについては、家電等や冷媒フロンが含まれていることなどを示し、有害物質管理や火災防止のために、国内取引や輸出にかかる適正管理方策を提示した。国内火災現場で収集した廃家電等からは、ダイオキシン類の発生特性を把握した。</p> <p>途上国での E-waste の不適正リサイクルを想定して、国内での模擬実験として、基板や E-waste の筐体の燃焼実験を行い、非制御燃焼条件下ではPBDEs等の排出が大幅に増加することや、臭素系難燃剤（BFR）およびダイオキシン類の排出挙動を把握した。途上国埋立地を模した大型埋立地シミュレーターの浸出水中臭素系難燃剤の溶出挙動解析からは、埋立槽内部の好気条件化が有害物質の流出量を削減する効果があることが示唆された。海外では、インド2都市の E-waste リサイクル現場の分析からは、周辺土壌のBFR濃度は対照地域に比べて数桁高く、臭素化ダイオキシン類濃度は毒性等量試算で1,000 pg/gを超えるケースが見られた。ベトナム及びフィリピンにおいても現地調査を実施し、リサイクル現場における人へのハザードレベルを解明するための情報を取得した。</p> <p>タイにおいて複数の埋立地で測定したメタン放出量を廃棄物量で標準化することにより、温帯域より大きい一次分解速度定数 $k = 0.3$ を求めた。Boring Barによる覆土穿孔前後の地表面ガスフラックスをChamber法で測定し、準好気性埋立のパフォーマンスを評価する嫌気性分解率（MCF）、覆土におけるメタン酸化率（OX）を現地で評価する手法を提案した。カセサート大学（バンコク）内に内部水位と充填ごみの比重を変えた4基のライシメータを設置し、また、ラムチャバン市に30m×30m×高さ5m規模のテストセルを設置し、実証施設によるモニタリングの段階に達した。</p> <p>中国における液状廃棄物の汚水性状などについて、BOD/N比が低いこと、濃度が高く水量が小さいといった地域特性を把握した。汚水処理技術としての人工湿地システムを用いた生活排水の処理特性では、低コスト型・環境低負荷型の処理技術として人工湿地の高度処理化と温室効果ガス排出特性の関係解析を進め、システム設計のための基盤情報を得ることができた。また、生活雑排水対策としての傾斜土槽法の処理機能解析を行い、効率的な処理性能を得るための運転条件を明らかにした。</p>
<p>サブテーマ1：アジア地域における資源循環システムの解析と評価手法開発による適正管理ネットワークの設計・評価</p>	

<p>国際資源循環及び関連する国内資源循環について、物質フロー分析、技術情報の整理と関連政策などの調査を通じて、国際資源循環に関する総合的な解析と評価につなげる。</p>	<p>家電・パソコンなどの E-waste や廃プラの国内・国際フローの分析を行った。家電は4品目の推定中古輸出台数が460～480万台程度あることや輸入規制が緩い国へ輸出先が変化していること、パソコンについては中古輸出が200万台程度まで伸びていること、適切な梱包次第で中古テレビの輸入国でも破損が低く抑えられること、中国に廃基板やブラウン管モニタ・テレビが周辺国から輸入されている状況を把握した。</p> <p>アジアの途上国の研究機関と国際共同研究によって、各国内におけるリユース・リサイクルの実態を調査した結果、中国、フィリピン、ベトナムで E-waste のリサイクルがインフォーマルセクタに多く依存されていることや、製錬技術を伴うフォーマルセクタが現れつつあることを把握した。</p> <p>日本から輸出される金属スクラップについては、国内で回収システム未整備の家電等が混入していることなどを示し、輸出規制を強化する必要性を指摘した。</p> <p>途上国の E-waste 管理制度設計に向けて、インフォーマルセクタのフォーマル化などの必要性を指摘した。</p> <p>以上の E-waste に関する成果は、国内外の専門家を招いて計4回開催した国立環境研究所 E-waste ワークショップにおいて議論するなかからも得られた。</p>
<p>サブテーマ2（アジア諸国における資源循環過程での環境影響把握）</p>	
<p>アジア地域における E-waste の資源循環過程に伴う環境汚染について、試料の測定分析方法の検討ならびに資源循環過程との関係の解釈を試みる。また、循環・廃棄過程における作業環境曝露、環境排出を調査し、曝露、排出を低減するための対応策の検討につなげる。</p>	<p>廃パソコンの詳細解体・化学分析を行い、基板などに含有される Ag, Au, Cu, Pb などの金属量を求めるとともに、年間の国内資源化量を Au について最大 0.21t などと推定した。有害性の視点からの評価手法の試算をパソコンなどの事例で行い、評価手法ごとに多様な結果が得られることを示した。</p> <p>途上国での E-waste の不適正リサイクルを想定して、国内での模擬実験として、基板や E-waste の筐体の燃焼実験を行い、非制御燃焼条件下では PBDEs 等の排出が制御燃焼に比べ大幅に増加することや、臭素系難燃剤（BFR）およびダイオキシン類の排出挙動を定量的に把握した。途上国埋立地を模した大型埋立地シミュレーターの浸出水中臭素系難燃剤の挙動を解析した結果、埋立槽内部への送風がこれら有害物質の流出量を削減する効果があることが示唆された。国内で発生した金属スクラップ火災現場で収集した廃家電製品等からは、ダイオキシン類の発生特性を把握した。</p> <p>海外では、インド2都市の E-waste リサイクル現場における分析からは、周辺土壌の BFR 濃度は対照地域に比べて数桁高く、臭素化ダイオキシン類濃度は毒性等量試算で 1,000 pg/g を超えるケースが見られた。ベトナム及びフィリピンにて現地調査を実施し、リサイクル現場における人へのハザードレベルを解明するための情報を取得した。</p>
<p>サブテーマ3（途上国における適正処理・温暖化対策両立型技術システムの開発・評価）</p>	

<p>①固形廃棄物について、アジアの都市における廃棄物の組成ごとのフローを捉える手法を提示する。また、埋立地からの温室効果ガス排出係数を求めるとともに、排出源分別や準好気性埋立等の削減対策の導入因子や制御因子を明らかにする。</p>	<p>①現状における都市ごみストリームを中間処理導入の程度ならびに中間処理技術によって4つのパターンに類型化した。ライフサイクルアセスメントを用いて、中間処理・埋立処分技術の導入による温室効果ガスと環境負荷削減を評価する手法を示した。タイにおいて複数の埋立地で測定したメタン放出量を廃棄物量で標準化し、埋立経過年数で整理することにより、温帯域より大きい一次分解速度定数 $k = 0.3$ が求められた。</p> <p>また、Boring Bar による覆土穿孔前後の地表面ガスフラックスを Chamber 法で測定し、メタンおよび二酸化炭素の比を用いて、同モデルにおいて準好気性埋立のパフォーマンスを評価する嫌気性分解率 (MCF)、覆土におけるメタン酸化率 (OX) を現地で評価する手法を提案した。カセサート大学 (バンコク) 内に内部水位と充填ごみの比重を変えた4基のライシメータを設置し、10月より発生ガス、浸出水、内部温度等のモニタリングの段階に達した。</p> <p>全3回のワークショップ (SWGA) において、アジアにおける廃棄物データの整備が必要であること、アジアにおける埋立地の管理戦略が必要であること、より上流側からの廃棄物の管理を導入すべきであることなどが議論された。</p>
<p>②液状廃棄物について、アジア途上国における地域特性を踏まえた汚水性状、汚濁負荷の質・量特性等の調査に基づき、液状廃棄物の適正処理と温暖化対策を両立する技術システムの現地適合化と機能解析を行う。</p>	<p>②中国における液状廃棄物の汚水性状、バイオマス性状、汚濁負荷の質・量特性の調査に基づく地域特性の調査を実施し、我が国の生活排水原単位と比較して、BOD/N 比が低いこと、濃度が高く水量が小さいといった地域特性を把握した。</p> <p>汚水処理技術としての人工湿地システムに対する生活排水では、汚水を垂直に浸透させるVF系と水平に浸透させるSF系において、有機物とNH₄-N、T-Pについて90%以上の除去率が得られた。さらに、ステップ流入による脱窒反応の効率化により、排出されるNO₃-NおよびT-N濃度と、温室効果ガスであるN₂Oガスの排出量が減少した。これにより、温室効果ガスの総発生量が少なくなり、低炭素型の排水処理技術として利用できる可能性が示された。</p> <p>生活雑排水対策の一環として、傾斜土槽法の処理機能解析を行い、SS、BOD 等の効率的な処理性能を得ることが可能な運転条件を明らかにした。さらに、様々な技術・システムの制約条件と自然的・社会的制約条件の調査を進め、管理主体、対象排水、地理的制限、文化・宗教的制限等の制約条件の中で適切な処理技術を選択するための基盤を構築できた。</p>

(重点研究プログラムのその他の活動：廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究)

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>①廃棄物の適正管理に関し、国・地方自治体等が実施する政策・対策現場に必要な知見や改善案を提供し、社会への安全・安心を確保するため、埋立廃棄物識別・選択技術、熱的処理技術、および最終処分技術等の廃棄物処理・処分技術やシステムの開発・評価を行う。</p>	<p>循環型社会の埋立処分ビジョンと到達シナリオの構築を進めた。廃プラスチック類は素材や汚れの有無等により細分化される。中間処理を経由する産業廃棄物の物流を取引先の費用分布で表現するモデルの構築を進めた。建設廃棄物破碎選別残渣から安定型埋立に不適格な木くず等を削減するためには追加の手選別と比重差選別が必要である。新しい埋立類型（土地造成型・備蓄型・安定化促進型）の社会適合性等について検討した。埋立廃棄物のライシメータ実験で中間覆土の透気性を高めると浸出水汚濁負荷の低下が加速された。膜分離による浸出水処理システムの現場実験を進めた。アスベスト埋立跡地の形質変換ガイドライン案を提示した。海面最終処分場の集排水設備の機能を数値解析で評価し、跡地利用へ向けた維持管理技術システムを提案した。焼却処理施設等に関する管理手法の構築に関しては、従来型焼却施設とガス化溶融施設を含め、実データに基づき発電・熱利用指標等の施設特性を分類可能な指標を抽出した。集じんプロセスが異なるストーカ炉およびガス化溶融炉において、DXNsの排ガス中およびダスト中挙動を解析し、さらに簡易・迅速な有機ハロゲン濃度の測定が施設管理に適用できることを示した。また、新設の廃プラスチック類圧縮工程からのVOC排出特性および光触媒技術等の適用による除去特性と課題を明らかにした。</p>
<p>②循環資源・廃棄物を対象として、有害物質の挙動把握、簡易測定技術の最適化、処理プロセスからの事故の未然防止等の各種目的に応じた試験分析方法の整理、開発を進め、標準規格化、包括的な適用プログラムとして、試験評価・モニタリング手法の高度化・体系化を図る。</p>	<p>次期 POPs 候補物質等として、ペンタクロロベンゼン、ニトロ PAH、ベンゾトリアゾール、リン系難燃剤、有機フッ素化合物(PFOS) の分析方法を検討するとともに、一部の物質について燃焼実験を行い、燃焼・分解挙動を把握した。一般廃棄物及び産業廃棄物焼却施設の排ガス及び焼却灰試料の毒性等量推定値と化学分析値との符合について検討して、適切な前処理法と組み合わせることで、確度の高い毒性等量推定値が得られることが分かった。廃棄物中のダイオキシン類や PCB の簡易測定法の公定法化に貢献し、いずれの物質についても環境省における技術評価、マニュアル策定に深く関与した。PCB については主体的にとりまとめた生化学的分析法の JIS 通則が成立した。再生製品・廃棄物のモニタリング手法として、カートリッジ式ボルタンメトリーによる溶融スラグの鉛の分析を行い、感度、精度について現場適用の目処を付け、蛍光 X 線分析法で多種廃棄物の含有組成を分析し、類似度検索機能を持ったデータベースを作成した。生殖毒性等に関連する各種核内受容体を発現するレポーター遺伝子アッセイ系の導入・確立を行い、簡易包括毒性評価システムとして提示し、底質、大気粉塵やハウスダスト等の試料への適用展開を図り、結果の類型化を行って、対象媒体やサンプリング地域で観察される共通点や差異について解析した。</p>
<p>③有機性廃棄物の適正処理技術および廃棄物処理全体を捉えた効率的な処理・資源化システムを確立するため、し尿、</p>	<p>小規模なディスポーザ対応浄化槽における汚泥の質・量が貯留期間に応じて変化し、年 1 回の汚泥清掃においては、通常の浄化槽と質的な差が見られないことを明らかにした。また、生ごみディスポーザ排水導入ケースでの高度処理化のための運転条件を見いだすとともに、温室効果ガス排出量をライフサイクルで捉えることにより、家庭生ごみを生活排水と併せて処理するシステムは、生ごみを可燃ごみとして排出する場合に比べ、社会全体としての温室効果ガス削減対策として有効である可能性が示唆</p>

<p>生活雑排水、生ごみ、汚泥等の高度処理化・資源化のための技術開発およびシステム構築を行い、地域特性に応じた環境低負荷・資源循環技術システムによる液状廃棄物の適正管理手法の構築を図る。</p>	<p>された。汚泥減量化技術については、ミル破碎等の技術比較を行い、汚泥減量化と排水処理性能の維持を両立し、かつ、リン除去・回収機能を付加する技術基盤を構築した。これらの液状廃棄物適正処理・温暖化対策について、所期の目標に向けて概ね順調に遂行できた。また、浄化槽の実規模試験をバイオエコ施設において実施し、温室効果ガス排出量の算定・削減のための基盤技術を構築するとともに、実現場の浄化槽をはじめとした液状廃棄物処理施設における温室効果ガス排出量の調査を進めており、インベントリへの貢献がなされる見込みである。今後は、既存の処理フローにとらわれず、社会全体の最適化を考慮し、地域で発生するバイオマス資源の利活用、省エネ、低炭素化および適正処理技術システムの構築に繋げる。</p>
<p>④廃棄物の不適正管理に伴う環境汚染の修復事業を支援するため、廃PCB処理技術、同事業のフォローアップ、無許可輸入されたPCNの処理に係るフォローアップ、POPsや埋設農薬の適正処理および管理方策の調査を実施するとともに、不適正処分場や不法投棄による堆積廃棄物に対して、社会的な影響の大きい火災問題に着目して、出火メカニズムならびに防止対策のプロトコルを提案する。</p>	<p>POPs 廃農薬の処理に関して、処理時の排出指針値や適正処理方法の評価を行い、POPs 廃農薬の処理に関する技術的留意事項の改訂案を作成した。また、PCN 含有製品の焼却処理や製造施設の除染に関して排ガス等や周辺環境のモニタリングを行い、PCN の完全分解及び周辺環境の汚染がないことを確認した。PCN 原体の分解処理に関してジオメルト法による分解処理実証試験を行い、PCN 原体の分解と周辺環境への汚染がないことを確認した他、メカノケミカル法による処理の可能性についても実験的検討を行い、PCN の分解を確認した。</p> <p>不法投棄・不適正処分場における堆積廃棄物火災の消火に必要な機器類や制御方法等について検討し、技術選定プロトコルを作成した。また出火危険性を把握する現場調査法と評価法を発火が疑われる重点調査地点の抽出フローとして提案した。建設系解体廃棄物と木くず堆積現場にて発生した無炎燃焼火災が有炎燃焼となることを未然に防止するため、廃棄物中の温度分布やその変化に着目することの重要性について明らかにした。</p>

(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</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</p>

	<p>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>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>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</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>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>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 1) 臭素系難燃剤等の物性の測定・推定手法 2) リデュース・リユースの分析・評価手法の体系化とその適用研究</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>・我が国の 3 R ならびに 3 R 研究の現状について、過去の廃棄物処理の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 3 R 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</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>・3 R 研究レビューにおいては、近年の 3 R ・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 3 R 研究にはいくつかの種類（リデュース研究：廃棄物発生要因、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</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>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>・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>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>・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類別CO₂排出量データを整備した。</p>
--	--	--

(関連プロジェクト等)

プロジェクト・活動	研究成果目標	研究成果 (成果の活用状況を含む)
<p>関連PJ (1) 循環型社会形成のためのライフスタイルに関する研究</p>	<p>循環型社会の形成のための市民の意識や行動に関する研究を実施する。特に、エネルギー消費や廃棄物問題等市民の行動が必要不可欠な分野に焦点をあて、持続</p>	<p>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として、環境に関する情報源について全国調査と時系列調査、マスメディアの内容分析を実施した。情報源に関する全国調査の結果、テレビは気候変動問題に対する「関心」の喚起に効果があり、新聞は「理解」に効果があるらしいことが判明した。また、気候変動問題およびその関連事項に関する報道の量は、様々な社会問題の中での環境問題の位置づけに大きく影響し、報道量が増えるほど環境問題の位置が上昇することがわかった。さらに、報道内容についてみると、IPCC の第4次報告書は第3次報告書に比べるとマスメディアでの扱いが飛び抜けて大きく、報道内容が「科学的事実」へと大きくシフトしている様子が観察された。クールビズ、ウォームビズなどの温暖化対策に関するキャンペーンについての報道が必ずしも気候変動問題と結びつけて取り扱われておらず、人々の理解にズレを生じさせていることもわかった。</p>

	<p>可能な消費形態のあり方や社会全体の持続可能な消費への移行についての方策を探る。</p>	<p>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、過年度の成果を踏まえ、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。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。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>
<p>関連PJ(2) 循環型社会実現に資する経済的手法、制度的手法に関する研究</p>	<p>経済的手法がごみ排出行動等に与える効果について行動モデルを構築するためにデータ収集、フレームワークの検討、モデルパラメータの推計を行う。</p>	<p>①家計のごみ排出行動、リサイクル行動に関する家計調査を実施し、基礎的なデータを収集した。(東京都と千葉県居住約1200家計対象。H18～20年24ヶ月毎月調査。)</p> <p>②ごみ処理手数料、ごみ回収頻度、資源ごみの分別数、個別回収カステーション回収か、家計の属性変数(家計所得、家計人員、職業など)などを明示的に考慮した家計のごみ排出行動、リサイクル行動モデルのフレームワークを構築した。また、データを使ったモデルのパラメータ推計手法についても検討した。</p> <p>③家計調査によって構築したデータベースを用いて、家計のごみ排出モデルのパラメータを推計し、各種政策変数とごみ排出行動(ごみ排出量)との関係を分析した。具体的にはごみ排出の価格弾力性(ごみ処理手数料の1%の引き上げがごみ排出量に与える影響)を算出し、政策手法(資源ごみ回収品目、収集頻度、処理手数料等)の導入効果を算出した。(例. ごみ処理手数料(ごみ袋の価格)が40円の自治体で、ごみ排出量を20%削減したい場合には、手数料を40円から80円に引き上げる必要)</p>
<p>関連PJ(3) 特定地域における産業間連携・地域資源活用によるエネルギー・資源の有効利用の実証</p>	<p>東京圏域を対象に、スケールの異なる循環圏を科学的な算定をもとに同定し、その形成支援の技術・政策システムの設計と評価のシステムを構築する。</p>	<p>東京圏域を対象に、スケールの異なる循環圏を科学的な算定をもとに同定し、その形成支援の技術・政策システムの設計と評価のシステム構築に取り組んだ。家庭ごみや廃プラスチックや緑地・農林副産物などの有機再生資源(含炭素廃棄物)の分布特性の解析に基づき、地域の循環基盤及び産業施設の分布特性を活かす「循環圏域」の設計と評価システムを構築した。「東京圏域(1都3県)」を対象として、都市活動集中や先進的産業集積、農地緑地などの「循環資本」を活かす循環圏形成のプロセスを構築した。環境技術の開発と政策、循環ビジネスの展開軸を明らかにし、産業間の副産物連携拡大や都市・産業連携などの循環形成方策を設計・評価するシステムを構築した。</p>

<p>関連PJ (4) 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</p>	<p>資源作物(サトウキビ等)由来液状廃棄物(廃液)の適正処理法の開発を行い、コベネフィット型処理技術の確立を目指す。</p>	<p>資源作物(サトウキビ等)由来液状廃棄物(廃液)の適正処理法の開発を行い、コベネフィット型処理技術の確立を目指す。高濃度有機性廃液の処理に対応可能なラボスケールメタン発酵処理システムを独自に設計・作製し、温室効果ガスの放散等の要因となっている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)を行った。酸生成槽の設置やメタン発酵槽の高さ方向に複数設置したガス分離装置の効果により、効率的なバイオガス(硫化水素を含む)の系外排出が可能になり、汚泥の高濃度保持(60 gVSS/L以上)と硫化物濃度の低減が達成され、有機物負荷 30 kgCOD/m³/day(安定化池の30倍程度の負荷)の条件下で有機物除去率85-90%(後処理含め95%)、除去有機物のメタン転換率90%の安定した処理性能を発揮している。処理後の廃液を、サトウキビ栽培のための液肥(灌漑用水)としての利用する際の影響評価をタイの試験圃場において行い、処理後の廃液の散布では畑地からのメタンの放出を低減できることが分かった。</p>
<p>知的研究基盤の整備(資源循環・廃棄物処理に関するデータベース等の作成)</p>	<p>(知的研究基盤整備のため省略)</p>	<p>資源循環・廃棄物分野における知的研究基盤として関連データの収集を継続的に実施して、データベース(以下、DBという)の整備を行った。これらは、①物質フローDB、②廃棄物・再生材の化学特性DB、③資源循環・廃棄物処理技術DBに大別することができ、①については、明治以降の日本の資源投入時系列DB、一般廃棄物実態調査アーカイブDB、平成17年産業連関表に対応させた環境負荷・廃棄物DB、製品・ストックの使用年数DB等の整備を行った。また、平成20年度からは、アジアの廃棄物フロー等のデータ収集も実施した。②については、産業廃棄物の性状データならびに溶融スラグ、焼却残渣、鉍滓等の再生製品溶出試験データを収集して、建設系再生製品の環境安全性DBとして整備を行った。また、食品残渣の性状等のDB化を進めた。③については、循環技術プロセスの投入・産出DBの整備を進めた。さらに、政策DBとして、国外のデポジット・リファンド制度の情報源情報を公開した。</p>

3. 環境リスク研究プログラム

研究の概要

曝露評価のためのGIS詳細動態モデルとして、POPsや水銀の地球スケールモデル、日本全土の河川・流域等の地理属性を反映する流域・地域スケールモデルの3階層GIS多媒体モデルを完成した。特に、農薬類の時間変動を有する排出推定手法と流域規模モデルは、化審法や水環境基準の検討などの政策課題に活用された。化学物質への感受性素因について、トルエンをモデル化合物として実験動物による経気道曝露等の結果を解析し、高感受性を決定する因子として、体内で病原菌を感知するトール様受容体(TLR)の活性化経路や神経栄養因子の遺伝子が、免疫系と神経系に連携した過敏反応に関与することを初めて示した。また、発達段階での化学物質曝露を検討し、脳の性分化や骨形成に及ぼす時期(臨界期)を特定した。ディーゼルエンジンから排出するナノ粒子の挙動と成分を明らかにし、実験動物にナノ粒子を曝露して肺の炎症、心血管系への影響、酸化的ストレスを解明した。また、細胞毒性が極めて高いカーボンナノチューブが示す細胞膜との反応性と細胞障害性の関係を明らかにし、新たに開発されたナノファイバーの吸入曝露装置により、吸入と気管内投与との結果を比較した。生態リスク評価については、野外調査に基づき生物多様性の減少や底棲魚介類の減耗要因を調査し、多数のため池を有するモデル流域において生物多様性統合指標を提示し、また、初期生活史における貧酸素との関係をなどを示した。外国産クワガタムシなど外来種による交雑リスクや寄生生物持ち込みリスクを明らかにした。また、群集レベルの形質の変化を予測する形質動態モデルを作成し、生態系機能の評価法として提示した。政策活用を視野に入れた基盤的な調査研究として、曝露評価・影響評価手法、生態毒性試験法・予測手法の開発やリスク評価に必要な知的基盤を整備し、化学物質の評価および侵入生物に関する実践的な課題に対応した。

(中核PJ1：化学物質曝露に関する複合的要因の総合解析による曝露評価)

研究成果目標	研究成果(成果の活用状況を含む)
<p>自然的な環境動態と曝露に関する複合的要因を階層的な時空間スケールにおいて総合的に把握するための曝露評価体系を提案</p>	<p>多種多様な化学物質の環境経由の人と生態系への曝露評価の確立を目指し、化学物質の曝露に関する複合的な諸要因を総合的かつ効率的に考慮した環境中の動態を時空間スケールで階層化したモデルに基づく曝露評価手法を提案する。具体的には、課題1～3について以下の①～③のように研究目標を設定し、研究を進めた。</p> <p>課題1：① 地域レベルからPOPs等の地球規模に至る階層的な動態把握と曝露解析のための手法をGISデータ基盤上において開発する。</p> <p>①-1：流域、地域から地球規模に至る階層的なGIS多媒体モデル群の開発 流域、地域、地球の3つの空間規模を同様の構造でカバーする3階層GIS多媒体モデルの構築を行った。</p> <p>①-2：小児の曝露ファクター、水生生物への移行など曝露評価を構成するサブモデルの研究 小児特有の呼吸器経由の曝露特性として肺換気量の推定、また、水生生物への汚染物質の移行モデルを精緻化した。</p> <p>課題2：② 多重的な曝露要因をバイオアッセイ手法と網羅的分析法によって把握する。</p> <p>②-1：全国110か所の河川水について新たな<i>in vitro</i>バイオアッセイ手法と網羅的分析により曝露状況を把握した。</p> <p>②-2：全国11か所でのバイオアッセイと網羅的分析の連続同時観測により、大気中化学物質の曝露状況を把握した。</p>

	<p>②-3：複数の <i>in vivo</i> 水生生物試験により水環境からの総毒性の把握手法を明らかにした。</p> <p>課題3：③ 時期特異的な曝露等、特に着目すべき要因を社会的データ等より検討し、これらの総合解析による新たな曝露評価手法を開発する。</p> <p>③-1：農薬類の週程度の時間分解能を持つ排出推定手法と予測モデルを構築し観測により検証し、生態リスク推定を示した。さらに、一般化学物質の排出推定手法を提示した。以下に課題の具体的な成果を記述する。</p>
<p>課題1</p> <p>① 地域レベルから POPs 等の地球規模に至る階層的な動態把握と曝露解析のための手法をGISデータ基盤上において開発する</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p><u>①-1：流域、地域から地球規模に至る階層的なGIS多媒体モデル群の開発</u></p> <p>本課題では、流域スケール、地域スケール、地球スケールの3階層GIS多媒体モデルを構築し、物質や排出源によって異なる影響領域をカバーする階層的モデルの構築と検証などを行った。</p> <p><u>①-1-1：地球規模モデルの開発：</u></p> <p>【グローバルG-CIEMSモデルの構築を行った】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 地域規模G-CIEMSモデルから新たにデータを構築して地球規模モデルへの拡張を行った。 ○ グローバルモデルは2つの構造で構築した。まずG-CIEMSモデルの地球規模拡張として、全球大気を2.5度分解能で作成し、あわせて、地表部を主要河川による大流域でカバーすることとした。海域については2.5度分解能で同様に作成し、これらの多媒体過程を計算した。 ○ H21年度より、大気輸送過程の精度を向上するため、大気輸送の計算にCMAQ大気モデルを組み込んだ大気-多媒体統合モデルの開発に取り組んだ。これにより、例えば東アジア域などでのより高精度の動態予測を可能とした。 ○ 地球規模の大気-多媒体結合モデルとして新たにFATEモデルの構築を進め、また高解像度海洋輸送モデルと海洋基礎生産者への生物濃縮モデルのモデル組み込みを行った。 <p>【地域間の寄与や水銀動態などモデルを用いた動態解析を行った】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ PCBの全球動態と地域からの排出の全球汚染への寄与について検討し、例えばアジア域からの排出が北極域の汚染に対し一定の寄与を示すなどの推定を示した。 ○ ケーススタディーとして水銀の形態変化と多媒体動態の導入を行った。 <p><u>①-1-2：地域規模モデルの応用</u></p> <p>【ユーザーインターフェースの構築、公開と、河川水などの空間濃度分布に基づく曝露評価への応用を進めた】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 日本全国の地域規模モデルについては、広く一般に利用可能なユーザーインターフェースを作成し、モデル本体と合わせて公開を行った。 <p>このインターフェースと関連ツール類を用いることにより、例えば全国の河川を流れる汚染物質濃度の空間分布を求めることが出来た。全国の河川水中の濃度分布の推定結果の例と、全国の濃度分布からデータを作成した主な水道取水点160地点ほどに対応する河川水のみ</p>

	<p>を抽出した際の濃度分布の例を示した。</p> <p><u>①-2：小児の曝露ファクター、水生生物への移行など曝露評価を構成するサブモデルの研究</u> 環境媒体濃度に基づく曝露評価において必要となるファクターやサブモデルの内、小児の曝露ファクターとしては肺換気量を推定し、また、水環境中の水・底質・食物連鎖などを考慮する水生生物への移行モデルの検討を行った。</p> <p><u>①-2-1：小児の曝露ファクターの研究</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 小児の曝露特性のうち、特に幼児の肺換気量推定モデルの確立を目標に検討を行い、加速度計による小児の換気率推定モデルと保育所での観察と三次元加速度計を用いた調査（小児 100 人の加速度）から 1 日換気量を確定した。 ○ 幼児（5-6 歳児）の 1 日換気量の推定は、8.2 m³/day（0.41 m³/kg/day）となり、これは文献（Brochu 2007）と同等の値であった。体重当たりの 1 日換気量は成人（0.3 m³/kg/day）に比較して大きな値であった。 <p><u>①-2-2：水生生物への移行モデルの研究</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ PCBs と POPs の底質から魚体（マコガレイ）への移行モデルを構築し、これを用いて汚染底質（懸濁態粒子を含む）からの移行実験（28 日）の結果を解析した。PCB の 13 化合物（5-6 塩化物）の濃度増加のうち約 44%が、溶存態を介さない移行と推定された。 ○ 移行モデルのパラメータのうち、ゴカイを介した PCB 以降の腸管同化効率は 21%-56%の範囲で、オクタノール-水分配係数につれて増加することを明らかにした。 <p><u>アウトカム</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 地域規模 GIS モデルによる河川水中の汚染濃度分布の推定は、化審法監視化学物質等を選定する曝露評価において広く活用されており、また、水環境監視項目等の検討においても活用され始めている。 ○ 地球規模モデルは POPs や水銀に関する UNEP 等の諸活動の中で取り上げられ、日本としての国際協調への貢献としての役割を果たしている。 ○ 小児の曝露ファクターは今後の小児を対象とする曝露評価について重要な成果である。また、水生生物への移行モデルは今後の水環境中の汚染物質対策において考慮すべき因子について情報を与えた。
<p>課題 2</p> <p>② 多重的な曝露要因をバイオアッセイ手法と網羅的分析法によって把握する。</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p><u>②-1：全国河川水の <i>in vitro</i> バイオアッセイによるモニタリング</u></p> <p>河川水中の化学物質の曝露を、新たな系を含む様々な <i>in vitro</i> バイオアッセイを用いた全国河川水の環境モニタリングにより把握し、化学物質の曝露を種々の活性のスペクトルにより、総体として把握することを目指した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 採水手法、搬送手法、前処理法などの基礎的な検討を行い、広範な地域の河川水に対応する手法を確立し、全国 110 地点において発光細菌毒性（P.B. Tox.）、ヒト・エストロゲン受容体（hER）、メダカ・エストロゲン受容体（medER）、レチノイン酸受容体（RAR）、及びアрилヒドロカーボン受容体（AhR）を導入した酵母アッセイを用いる結合活性、生物発光細菌による遺伝毒性（umu（-S9）、umu（+S9））、および、全有機炭素量（TOC）、全窒素（TN）、全リン（TP）を測定した。

- 調査した河川を汚染源別に比較すると、調査した medER 結合活性と AhR 結合活性、hER と medER 結合活性、また RAR 結合活性など汚染源の特性を反映すると思われる活性成分の相違が観察された。

②-2：全国大気の *in vitro* バイオアッセイによるモニタリング

全国の大気中の化学物質の曝露を、新たな中揮発性物質の捕集系などを用いた様々な *in vitro* バイオアッセイと分析による環境モニタリングにより把握し、化学物質の曝露を種々の活性のスペクトルにより、総体として把握することを目指した。

- 大気成分のバイオアッセイ法として、これまで欠けていた中揮発性成分を測定するために必要な捕集基材、抽出手法及び抽出溶媒の比較を行ない、ポリウレタンフォーム (PUF) を用いて捕集し、アセトンでソックスレー抽出する方法を提示した。遺伝毒性については、Ames 法より高感度なマイクロサスペンション法 (変異原性) を適用した。また、発光 *umu* 試験の導入により高速化をはかり、処理可能検体数を従来法の 4 倍にできた。一方、発がんプロモーション活性については、半揮発性物質も含めて Bhas assay が適用可能であることを確認した。
- つくば市での 1 年間の連続観測より、大気粉じんの変異原性は冬季に高く、夏季には低くなる傾向がある一方、中揮発性物質においては、逆に夏季に高くなる傾向があり、両者を合算すると明らかな季節傾向が認められなかった。
- さらに、全国 11 ヶ所の大気の観測を実施したところ、変異原性物質のガス状-粉じん状間における分布は、どの地域でも夏季にはガス状の比率が高くなることを明らかとした。
- 大気中変異原の分布は関東地方で高い傾向が認められた。また、同試料中のベンツ[a]ピレン (BaP) 濃度から変異原性に対する寄与率を求めたところ、夏季よりも冬季に高い傾向が認められたものの、高い時でも 1%程度に過ぎなかった。
- 我が国における大気中の発がんプロモーション活性の地域差を初めて明らかにした。その結果、変異原性や遺伝毒性などのイニシエーション活性の分布とは異なることが認められた。

②-3： *in vivo* バイオアッセイによるモニタリング

水環境における環境水や排水を影響の視点から把握するため、いくつかの *in vivo* 水生生物試験を用いた排水管理手法について、日本での適用可能性を検討した。

- 事業所排水、下水処理水、産廃処分水、農業排水を対象に、応用可能な短期慢性毒性試験 (short-term chronic test) として 7 日間ミジンコ繁殖毒性試験、魚類の胚・仔魚の孵化生存試験、藻類増殖阻害試験 (プレート法) などを検討した。
- 影響物質の同定 (TIE=Toxicity Identification and Evaluation) と削減評価 (Toxicity Reduction Evaluation) を試みた。

アウトカム

- 河川に流入する化学物質の曝露による総体の影響を評価する *in vitro* バイオアッセイ系は個別の化学物質規制を補完するものとして期待される。
- 有害大気汚染物質の優先取組物質である BaP について、大気試料への変異原性の寄与が小さいことが示されたこと、変異原性との挙動

	<p>の違いが示されたことは、本物質の環境指針値策定に重要なデータを提供するものと評価できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 大気抽出物中の化学分析やバイオアッセイ手法と、例えばトラジェクトリ解析を組み合わせることにより、有害化学物質の広域移動に関する知見や長距離輸送中の二次生成等のメカニズム研究への示唆が期待される。 ○ In vivo バイオアッセイによるモニタリングの成果は、成果は現在環境省で検討を始めた日本版 WET (Whole Effluent Toxicity) 導入の可能性を支持する基礎的および科学的なデータとなった。
<p>課題3</p> <p>③ 時期特異的な曝露に対する評価等特に着目すべき曝露評価手法と曝露に関連する社会的データ等を検討し、これらの総合解析による新たな曝露評価手法を開発する</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p><u>③-1：農薬および一般化学物質の排出推定手法の開発</u></p> <p><u>③-1-1：農薬類の時間変動を持つ排出推定モデルと動態予測</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 既存情報をベースに計算する農薬使用量および農薬成分の環境中への排出量の日間変動予測モデルを開発した。水田の除草剤に着目して、都道府県別農薬別の出荷量、農薬登録情報による各農薬の使用時期、都道府県別の田植期情報による農薬使用時期、農家からJAに提出された農薬使用記録の解析、さらに各農薬成分に関して水田中の農薬濃度の変動を既存のモデルで再現し、農薬の大気への排出量および河川への排出量の日間変動を予測することを可能にした。 ○ 既に公開した多媒体環境動態モデル G-CIEMS を用いて、全国の河川中農薬濃度および大気中濃度の日間変動を計算した。 ○ モデルの予測精度を検証するために、環境省が実施した農薬残留対策総合調査を利用し、最大濃度と最大濃度になった日の実測値と予測値を比較し予測精度を検証した。5種類の農薬成分（プレチラクロール、プロモブチド、メフェナセット、ダイムロン、ベンスルフロンメチル）の7観測地点（青森、秋田、茨城、埼玉、大阪、兵庫、高知）のうち解析可能な計18組の農薬原体-地点の組に関して、予測値と実測値を比較した。その結果、最大濃度の予測精度は16組が誤差10倍以内であり、ピーク日の予測精度は16組が誤差2週間以内であった。 ○ 2009年春から夏にかけて全国7箇所（茨城、宮城、群馬、栃木、静岡、鹿児島）において4月下旬から7月上旬にかけて1週間～2週間に1度程度の頻度で河川中残留農薬成分の実態調査を実施し、約30種類の農薬成分を定量した。高精度で定量できた農薬成分の内、出荷量が多い農薬成分11種（プレチラクロール、プロモブチド、メフェナセット、ダイムロン、ベンスルフロンメチル、ベクタゾン、ブタクロール、エスプロカルブ、シメトリン、イマゾスルフロン、クミルロン）に関して予測値と実測値とを比較した。最大濃度を比較した結果、77組（7地点×11農薬）中59組において誤差10倍以内、77組中31組において誤差3倍以内であった。ピーク日を比較した結果、75組中64組において誤差2週間以内、75組中47組において誤差1週間以内であった。上記11種類の農薬成分に関して日本全国の河川中の残留濃度変動予測計算を実施し、各河道（G-CIEMS内における平均約5kmの単位河川）における最大濃度を描画した最大濃度地図を作成した。 ○ リスク指標にハザード比（プレチラクロールの予測最大濃度/セレナストラム72時間EC50）を用いた生態リスクの地理分布状況をリスクマップとして示した。さらに、最大濃度とEC50という一対一の比較ではなく、より現実に近い生態リスク評価手法として、農薬濃度の時間変動下での生態影響を考慮できるDEB-toxモデルを用いて藻類の個体群動態の予測を行った。結果として、対象とし

	<p>た地点ではセレンストラムの個体数が 20 日間程度にわたりほぼゼロになることが予測された。</p> <p><u>③-1-2：一般化学物質の排出推定手法への検討</u></p> <p>○ 排出シナリオから一般化学物質の各媒体への排出量を予測することが可能な既存モデル MuSEM を利用して、複数産業や複数用途で使われる一般化学物質の排出予測計算を簡便に実施し、計算条件、計算結果をデータベースとして保持するツールを開発した。さらに、排出推定の結果を、既存の地理情報データを用いて地域配分することが可能である。本ツールはホームページにて公開中である。</p> <p><u>アウトカム</u></p> <p>○ 時空間変動を持つ農薬排出量の推定手法は、今後の農薬類のリスク解析において重要な基礎となり、現在すでに水環境中の監視項目の予備的検討に利用され始めている。</p> <p>○ 生態リスク評価手法は、単純に最大濃度を利用するリスク評価から、「農薬が藻類個体群に与える影響の時空間的な動態」を基にした定量的なリスク評価へ進めることにより、今後の農薬の影響評価の重要な基礎となると期待される。</p> <p>○ 排出シナリオツールは、今後化審法等の新規化学物質の予測的な曝露評価などで有効な推定手法として貢献することが期待される。</p>
--	---

(中核 P J 2 : 感受性要因に注目した化学物質の健康影響評価)

研究成果目標	研究成果 (成果の活用状況を含む)
PJ2 全体の体制	中核 PJ2 は、3つの課題、及びそれぞれを 3、5、および、2つの研究単位より開始したが、重点化が必要との指摘をうけたことから、20年度後半より体制を組みなおした。
<p>課題 1 :</p> <p>化学物質曝露により免疫過敏を誘導するメカニズムの研究</p> <p>○免疫過敏動物モデルを用いて、トル</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p>1. 免疫過敏 :</p> <p>○免疫過敏モデルを探索するため、トルエンの曝露が免疫応答へ及ぼす影響をマウス系統間で比較した。免疫応答系は、大きく自然免疫と獲得免疫に大別でき、マクロファージや多形核白血球などの貪食細胞による外来微生物の排除機能は自然免疫、T細胞の分化・増殖とB細胞の分化を介した抗原特異的な抗体産生機能は獲得免疫とされている。C3H/HeN、BALB/c、C57BL/10の3系統のマウスに、0ppm、5ppm、50ppm、500ppmの濃度でトルエンを3週間、6週間の全身曝露した後、獲得免疫の成立に重要な過程である脾臓内での未熟なT細胞の活性化とTh1、Th2、Treg細胞への分化にかかわる転写因子遺伝子、サイトカイン遺伝子の発現について検索した。その結果、T細胞の活性化</p>

エン低濃度曝露の影響メカニズムを解析する。
○低濃度曝露に鋭敏な指標を提示する。

を示唆する転写因子 (NF- κ B 及び STAT5) の活性化が認められた。

○卵白アルブミン (OVA) 感作によりアレルギーを引き起こしたマウス (アレルギーモデル) へのトルエンの影響をマウス系統間で比較したところ、C3H マウスでは、50 ppm 曝露で IL-4, IL-12、および転写因子の遺伝子発現の有意な上昇がみられた。BALB/c マウスでは、500 ppm 曝露で IL-4, IFN- γ , Foxp3 遺伝子発現の上昇がみられたが、C57BL/10 マウスでは変動はみられなかった。低濃度トルエン曝露に対する感受性の顕著な差が、マウスでの系統間で認められた。

○低濃度の曝露に対する免疫応答性の鋭敏な指標を開発し検証するために、トルエン曝露に対して感受性の高いC3H/HeNマウスで、蛋白、細胞、組織レベルでのどのような応答が見られるか検討した。肺胞洗浄液 (BALF) 中に浸潤した炎症性細胞の総数は、50 ppm曝露で上昇したが、特定の炎症性細胞の増加はみられなかった。肺のサイトカイン産生をBio Plexサスペンションアレイシステムで測定すると、IL-4, IL-5 が有意に増加した。脾臓におけるリンパ球亜集団の違いをFACSで解析したところ、アレルギーモデルに3週間曝露のトルエンを曝露すると、CD19⁺の増加、及びCD4⁺の低下が認められた。全身反応の指標である血漿中の抗体価は、トルエン曝露のみでは3、6週間曝露とも対照群との間に差はみられなかったが、アレルギーモデルへのトルエン曝露では、50 ppm曝露で総IgG1 抗体価の増加が認められた。

○トルエンを曝露した C3H/HeN マウスでは、遺伝子レベルのみならず、肺や脾臓における蛋白、細胞、組織レベルでも免疫応答のかく乱が認められた。

○免疫過敏のメカニズム解析のため、病原体を感知する受容体 ‘トール様受容体’ の機能を失ったマウス ; C3H/HeJ と正常の C3H/HeN マウスへのトルエン曝露の影響を肺での炎症反応を中心に比較した結果、炎症の誘導に関与する TNF- α 遺伝子の発現抑制、炎症を抑える TGF- β や IL-10 遺伝子の発現増強が HeN マウスで見られた。一方、HeJ マウスでは、そのような炎症にかかわる遺伝子の変化はみられず、‘トール様受容体’ の存在がトルエンへの高感受性を決める遺伝的素因の一つであることが示された。

○免疫過敏誘導とトルエン曝露の影響について免疫制御に関わる転写因子 NF- κ B サブユニット活性についてタンパクレベルで解明した。

2. 神経-免疫クロストーク :

○BALB/c 野生型 (WT) マウスと 無T細胞マウス (ヌードマウス) を比較して、低濃度のトルエンを曝露したマウス海馬における T 細胞の役割を検討した。その結果、BALB/c WT マウスへのトルエン曝露は、海馬における記憶関連遺伝子の発現を増強したが、ヌードマウスへの曝露では、その反応がみられなかった。

○同じ実験条件で、モリス水迷路を用いた空間学習への影響の違いについて検討したところ、ヌードマウスでは学習効果の障害が認められた。マウス個体の免疫応答を制御する組織適合遺伝子H-2 の違うコンジェニックマウスであるC57BL/10 (H-2^b) とB10.BR/Sg (H-2^k) の間で、トルエン曝露の影響を比較検討した結果、神経伝達物質レベルで異なる変動が認められたことから、トルエンの海馬への影響に免疫反応に関わるT細胞やH-2 などが関与していることが示唆された。

○C3H/HeN, BALB/c and C57BL/10マウスにトルエンを曝露し、海馬における記憶関連遺伝子へのトルエン曝露の影響をマウス系統間で比較検討した。その結果、C3H/HeNマウスは他の系統のマウスよりトルエン曝露の影響をうけやすく、海馬におけるNMDA受容体、ドーパミン受容体、核内転写因子のCREB1、CREB 2 の遺伝子発現が有意に増加した。C3H/HeNマウスの脾臓でトルエン曝露により免疫関連遺伝子が変動したのと同様に、海馬において記憶関連遺伝子が変動したことは、この系統 (C3H/HeNマウス) がトルエン曝露に対して神経-免疫

	<p>クロストークを介した影響を受けやすいことを示唆するものである。</p> <p>アウトカム</p> <p>低濃度のVOC曝露が免疫系や神経系などに影響を及ぼすメカニズムを解明にすることで、従来は化学物質の健康リスク評価のエンドポイントとして採用されてこなかったアレルギー反応や神経症状などの有害性を新たに低濃度曝露影響のエンドポイントとして低濃度曝露影響のリスクを評価することの妥当性を提示できる。また、高感受性を規定する遺伝的素因とそのバイオマーカーを同定することで、化学物質に対して高感受性の集団の特定が可能になり、高感受性集団への曝露を予め避ける化学物質管理が可能になる。</p>
<p>課題2：</p> <p>発達段階における化学物質に対する感受性期に関する研究</p> <p>○発達期における臨界期を特定し作用機構を解明する。</p> <p>○発達期影響の把握に有効な動物モデルを開発し検証する。</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p>1. 脳形成：</p> <p>○脳は胎児や小児などの発達途上に性分化する。脳の性分化とは、男女（雌雄）間で構造的あるいは機能的に異なる脳が形成されることであり、精巣から分泌されるテストステロンの作用が脳の男性（雄性）化において重要である。室内環境および作業環境における空気汚染物質の一つであるトルエンの曝露は成人男性や成熟雄ラットの血中テストステロン濃度を低下させることが報告されていた。そこで、妊娠ラットを用いて、脳の性分化の臨界期に含まれる胎生後期の胎仔血中テストステロン濃度に及ぼすトルエン曝露の影響を検討した。その結果、妊娠15日から19日の5日間、トルエン（0, 0.09, 0.9, 9 ppm、90 min/day）を鼻部吸入曝露したラットの雄胎仔の胎生19日における血中テストステロン濃度の用量依存的な低下が判明した。そして、トルエン曝露によるテストステロン濃度低下の原因を探るため、胎生19日の精巣におけるステロイド産生酵素の発現を調べた結果、テストステロン産生中間体の生合成を触媒する3β-HSDのメッセンジャーRNA およびタンパク質の発現量がトルエン曝露によって低下することが分かった。トルエン曝露による発達雄個体のテストステロン濃度の低下は脳の雄性化に影響を及ぼすと考えられた。</p> <p>○ラットの脳の性分化の臨界期にあたる周生期にトルエンを曝露した雌雄個体の脳への影響を検証した。その結果、発達期のトルエン曝露の影響には性差があり、雄ラットの脳の性分化に影響を及ぼし、その影響は成熟期に至っても顕在すると考えられた。</p> <p>○発達期の性的二型核（SDN-POA）では、アポトーシス（死滅）細胞数に性差があるため、このアポトーシスがSDN-POAの性差形成に重要であると考えられている。上記の条件で、胎生17日から出生6日にトルエンを曝露した生後7日目の雄仔ラットのSDN-POAでは、対照群よりもアポトーシスによって死滅する細胞数が多くなっていた。このことから、トルエン曝露による雄個体のSDN-POAの体積減少の直接的な原因は、新生期のアポトーシス細胞数の増加にあると考えられた。さらに、同一条件でトルエンを曝露した母親ラットのSDN-POAにはアポトーシス細胞が観察されなかった。このことから、アポトーシス細胞死を誘導するトルエン曝露の影響には時期特異性があり、未成熟な発達個体は成熟個体に比べてトルエン曝露に対する感受性がより高いと考えられた。</p> <p>2. 核内受容体：</p> <p>○本研究では、化学物質の高感受性期の乳幼児や子供への健康影響のリスク評価に資する知見を得ること目的として、毒性発現における核内受容体（ダイオキシン受容体；AhR, ビタミンD受容体：VDR）の役割に着目して研究を行った。</p> <p>（1）授乳期のダイオキシン曝露が活性型ビタミンD₃合成とカルシウム（Ca）の再吸収に影響するか否か、生育段階の異なるマウスを用いて解析した。その結果、授乳期のダイオキシン類曝露がAh受容体（AhR）依存的に腎臓遠位尿細管を特異的に障害し、成長後のカルシウ</p>

	<p>ムの再吸収と輸送の阻害やビタミンDの代謝を特異的にかく乱することを分子生物学的に明らかにした。</p> <p>(2) 乳幼児期のダイオキシン曝露が骨障害をもたらすことを見出し、そのメカニズムの解明を行った。ダイオキシンを曝露すると骨カルシウム量、骨密度共に有意に低下し、骨形成の有力なマーカーであるアルカリフォスファターゼとオステオカルシンの遺伝子発現をダイオキシンが著しく抑制することが示された。骨形成途上の組織(類骨)の特異的染色により、ダイオキシン曝露は海綿骨及び皮質骨で類骨の異常増殖をもたらすこと、および、骨の組織学的形態計測から、ダイオキシンによる骨の石灰化阻害が明らかとなった。これらの結果をまとめると、授乳期ダイオキシン曝露が血中の活性型ビタミンDの恒常的な高濃度をもたらし、この高ビタミンD血症が骨芽細胞の活性抑制と骨の灰骨の石灰化を阻害するというダイオキシンの骨毒性発現の本態を明らかにした。</p> <p>(3) ダイオキシンは生後1週間という短いスパンの中でマウスの腎臓の形態形成および機能毒性を引き起こすが、これは種々の細胞周期関連遺伝子、サイトカイン、増殖因子の発現の劇的変化が原因であることを分子生物学的および免疫組織学的に明らかにした。例えば、ダイオキシンはサイクリン依存性キナーゼ阻害遺伝子(P57kip2)をAhR依存的に発現誘導した。</p> <p>3. その他:</p> <p>○胎児期、あるいは乳児期曝露によるフタル酸ジエチルヘキシル(DEHP)のアトピー性皮膚炎への影響評価では、乳児期曝露を受けた雄の仔マウスにおいて、有意な皮膚炎症状の増悪が観察された。一方、雌の仔マウスでは、顕著な影響は認めなかった。</p> <p>○ロテノン曝露によるラット多動性障害は生後5日齢が曝露の臨界期であることが示された。また、ロテノンによる行動異常の分子機構を明らかにするためにDNAアレイ法を実施した。</p> <p>○血管形成・新生阻害作用のあることが知られているサリドマイド等を陽性対照として、ペルメトリンの胎仔期の血管形成とその臨界期について検索した結果、陽性対照のサリドマイド及び被験物質であるペルメトリンとも、胎生5日目の雄において、右前脳動脈、前交通動脈の異常分枝の発生が有意に高く、曝露の臨界期であることが示唆された。また、ペルメトリンの量反応関係を妊娠10日目の母親で調べ、2 mg/kg 投与群でも異常な血管分枝が認められた。これらの結果より、サリドマイド及びペルメトリンは、妊娠初期の影響が血管形成・新生に影響を及ぼすものと示唆され、成熟後の自発・探索行動にも影響を及ぼす可能性が示唆された。</p> <p><u>アウトカム</u></p> <p>どのような化学物質が胎生期から新生期にあたる発達期のどの時期に神経系や受容体を介した内分泌作用に影響を及ぼすかを特定し、その有害性発現メカニズムを解明することで、様々な化学物質の作用に脆弱な小児の発達段階を明らかに出来る。また、小児期に摂取や接触を避けるべき化学物質の同定が可能になる。これらの知見から、小児を対象にした化学物質管理手法の開発の必要性が明確に示される。</p>
<p>課題3: 感染要因と化学物質との複合的要因の影響評価に関する研究</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p>1. 免疫応答と発達期影響:</p> <p>○胎仔期から乳仔期における低濃度トルエン4週間吸入曝露(5 ppm, 50 ppm; 6h/日, 5日/週)、及びペプチドグリカン(PGN)刺激(経気道曝露および腹腔内投与)が獲得免疫系のTh1/Th2バランス形成に及ぼす影響を検討した。その結果、トルエン曝露はTh1反応を抑えてアレルギーに関係するTh2反応を高める傾向を示した。そこで、低濃度トルエンをマウス胎仔期、新生仔期、乳仔期にそれぞれ1</p>

<p>○アレルギー増悪因子の評価モデルを確立する。</p> <p>○複合要因による感受性を評価する。</p>	<p>週間吸入曝露し、トルエン曝露時期による違いについて検討したところ、乳仔期曝露では胎仔期や新生仔期での曝露に比べて T 細胞分化に関わる転写因子が顕著に抑制され、マウス乳仔期はトルエン曝露による T 細胞分化への影響がより鋭敏に現れる時期である可能性が示唆された。</p> <p>○マウス乳仔期でのトルエン吸入曝露と PGN 刺激によるマウス自然免疫系への影響について検討した。その結果、3 週齢時および 6 週齢時での肺および脾臓ホモジネート上清中の炎症に関わるケモカイン CCL2, CCL3, 感染防御に関わる IFN-γ 産生レベルは低値で差はみられなかった。</p> <p>2. その他:</p> <p>○<i>in vivo</i> スクリーニングモデルとして確立したアトピー性皮膚炎モデルを用いて、若齢期曝露による環境化学物質の影響評価では、DINP、BPA、BaP、NQ、PQ、ST 等、複数の環境化学物質物質はアレルギー増悪影響を示した。</p> <p><u>アウトカム</u> 確立したアレルギー反応の簡易・迅速なスクリーニング法を活用することで、アレルギー・免疫疾患を増悪する化学物質の同定が可能になる。さらに、新たな対策をとるべき化学物質を提示することで、国民の安全・安心の確保に貢献できる。</p>
--	--

(中核 P J 3 : 環境中におけるナノ粒子等の体内動態と健康影響評価)

研究成果目標	研究成果 (成果の活用状況を含む)
<p>自動車排ガス中に含まれる環境ナノ粒子、ナノマテリアル、アスベストの安全性評価のための生体影響試験を実施する。</p>	<p>本中核研究プロジェクトでは、粒子状物質の中でも超微小サイズ (50-100nm 以下) の生体影響を調べることにより、大気環境中における 2.5 ミクロン以下の粒子状物質 (いわゆる PM2.5) の中でナノ粒子分画がそのような作用を示すか、あるいは最近ナノサイズであるがゆえに組織透過性が高く健康影響を及ぼすのではないかと危惧されているナノマテリアル、さらには構造上ナノファイバーであるアスベストの 3 系統のナノ粒子健康リスクについて研究を進めてきた。特に、呼吸器から侵入する粒子状物質を主たる対象としているために、小動物実験用の吸入曝露装置の作製、ならびに粒子状物質の発生方法と粒子状物質の特性評価も含め、単に毒性学的研究にとどまることなく、総合的な環境健康影響研究を進めた。</p>
<p>課題 1 環境ナノ粒子の生体影響に関する研究: : ディーゼルエンジンか</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p>課題 1 環境ナノ粒子の生体影響に関する研究:</p> <p>○環境ナノ粒子の生体影響に関する研究 では、アイドリング時におけるディーゼルエンジンから排出する環境ナノ粒子の主成分は軽油由来であり重量の約 55%を占めていること、有機性炭素の割合が高いことを明らかにした。実際の大気環境中で測定されるナノ粒子の成分</p>

<p>ら排出する環境ナノ粒子の特性評価と急性・亜急性の影響を調べる。また、慢性吸入実験を開始する。</p>	<p>分析を行い、小動物を用いた吸入曝露チャンバー内のナノ粒子との比較を行った。</p> <p>○ナノ粒子を多く含むディーゼル排気ガスの全成分曝露実験（DEP-NP、ナノ粒子を含む全粒子+ガス成分）と、除粒子曝露実験（fDEP-NP）のラットを使用して、心電図解析及び心拍変動などの循環器系の生体指標について解析した。清浄空気曝露群と比較し、異常心電図が、3か月間の亜慢性曝露で有意に増加し、心拍変動も起こすことを明らかにした。</p> <p>○慢性曝露実験の観点から、マウスを使用して、ラットと同様な曝露を行い、循環器系の指標について比較検討したが、マウスの3か月曝露では、有意な異常心電図の増加は観察されなかったが、心拍変動解析では、自律神経の副交感神経系の優位が示され、自律神経を介した循環器影響が示唆された。したがって、ナノ粒子DE曝露が循環器に対して、直接的あるいは神経系を介した影響を示すことが明らかとなった。</p> <p>○ディーゼル排気ガス由来環境ナノ粒子の肺腺腫高発症マウス（A/J系）への慢性吸入曝露（最長1年8ヶ月、清浄空気、低濃度、高濃度、除粒子排ガス）を実施し、呼吸器免疫系への影響を中心に血液、肺、脾臓などを採取して炎症性サイトカイン・ケモカインの産生やmRNAの発現等について調査した。その結果、高濃度曝露群のマウス肺において、サイトカイン・ケモカイン mRNA 発現の増加傾向や酸化ストレスマーカーであるHO-1 の mRNA 発現の増加が観察された。</p> <p>○また、組織変化、炎症関与遺伝子・蛋白の発現レベルの解析した結果、ナノ粒子曝露で肺腺腫が有意に上昇し、心臓疾患マーカーの心筋型クレアチニンキナーゼの変化、および酸化ストレス応答に関する遺伝子発現が上昇した。また、都心部における環境ナノ粒子は吸入曝露実験のナノ粒子とほぼ同じであることを明らかにした。</p> <p><u>アウトカム</u></p> <p>本課題は、大気微小粒子状物質の環境基準設定に関して重要な意義付けを持っており、PM2.5の中でも影響が明らかでなかった超微小粒子成分の健康影響評価を可能とした。今後、最終目標である自動車排気ガス由来環境ナノ粒子の慢性影響評価に向けてさらなる期待が寄せられている。また、本サブ課題は、5人の専門家チームからなる外部評価を毎年行い、適宜、研究の方向性に関する意見を集約した形で進められた。</p>
<p>課題2 ナノマテリアルの健康リスク評価に関する研究:細胞を用いてナノマテリアルの安全性を評価し、また、吸入実験も含めたin vivo実験を行う。</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p>課題2 ナノマテリアルの健康リスク評価に関する研究:</p> <p>○カーボンナノチューブの細胞に対する影響としてマクロファージを用いた細胞障害性試験、気管支上皮細胞を用いた実験を行った。</p> <p>○<i>In vivo</i> 実験として、吸入チャンバーを作製してカーボンナノチューブの毒性を評価するシステムを作製するとともに、マウスへの胸腔内投与実験の解析を進めた。カーボンナノチューブの吸入曝露装置を作製し、また、繊維状粒子の分散性を高めたエアロゾル化に成功した。</p> <p>○カーボンナノチューブの鼻部吸入曝露実験の為に、粒子の発生条件の検討およびその物理的、化学的キャラクタリゼーションを行った。サイクロンを振動させることにより、凝集しやすい繊維状のナノ粒子を分散させるとともに吸入性の粒子（空力学径10ミクロン以下）のみを飛散させることが可能となった。</p>

	<p>○また、気管内投与したナノ粒子が、直接、あるいは炎症性細胞に取り込まれた後に肺組織から他の臓器へ一部移行していることを標識粒子を用いて明らかにした。</p> <p>○マクロファージが、カーボンナノチューブと強く反応し、細胞膜を強く傷害することを明らかにした。</p> <p><u>アウトカム</u></p> <p>本課題は、工業用ナノマテリアルの安全性評価基準に関して重要な意義付けを持っており、特に実験遂行上、困難を伴う吸入曝露試験方法を可能とした。今後、OECDのWorking Party on NanoMaterials や、ISO/TC229のWG3における安全性テストガイドライン策定において、重要な資料を提供できるものと期待される。</p>
<p>課題3 アスベストの呼吸器内動態と毒性に関する研究:細胞ならびに動物を用いた毒性実験を進め、溶融アスベストの安全性評価を行う。</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p>課題3 アスベストの呼吸器内動態と毒性に関する研究:</p> <p>○本サブ課題は、循環型社会研究プログラムと一部連携して研究を進め、溶融アスベストの表面活性と <i>in vitro</i> 毒性に関して、マクロファージ、中皮細胞を用いて調べた。</p> <p>○また、溶融アスベストの <i>in vivo</i> 毒性研究として、熱処理後のサンプルをマウスに気管内、あるいは腹腔内に投与して短期・長期試験を進めた。</p> <p>○アモサイトとトレモライト標準物の熱処理過程に伴う毒性変化を検討するために、培養細胞を用いた <i>in vitro</i> 毒性試験を行った。アモサイトとトレモライト熱処理物はそれぞれ1100℃以上、1200℃以上の熱処理で <i>in vitro</i> 細胞障害性が顕著に減少することを認めた。</p> <p>○クロシドライトやクリソタイルとその熱処理試料を腹腔内投与あるいは気管内投与して炎症反応を調べる <i>in vivo</i> の毒性試験では、<i>in vitro</i> 細胞障害性試験の場合と同様に800℃熱処理物の投与で顕著に炎症誘導能が減弱することを示した。</p> <p><u>アウトカム</u></p> <p>アスベストが天然由来のナノファイバーであることの認識から、新規ナノ粒子の陽性コントロールサンプルとしても有用であることを示してきた。段階的に溶融したアスベストサンプルの <i>in vitro</i> と <i>in vivo</i> における毒性評価手法を確立するとともに、アスベストの廃棄における安全性評価のための基礎的資料を提供した。アスベストの無害化溶融処理においては、生焼け状態の問題なども指摘されているが、これまでの試験結果において、完全溶融に至らないまでも溶融処理において急性毒性が極度に低下する温度があることを示した。また、国内における石綿健康影響検討委員会にも参画している。</p>

(中核PJ4：生物多様性と生態系機能の視点に基づく環境影響評価手法の開発)

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>生物多様性と生態系機能の視点に基づいた生態影響評価手法の開発を行い、個別の事例で生態影響評価を提示する。</p>	<p><u>アウトプット</u></p> <p>○開発庄に晒される東京湾と人の営みが縮小している兵庫県南西部のため池地域について野外調査を実施し、各々有用底棲魚介類個体群の再生産の阻害と生物多様性の減少をエンドポイントとして生態影響評価を実施した。シャコでは貧酸素、マコガレイでは水温や貧酸素が主たるリスク因子と推定された。ため池の生物多様性の低下の主因は富栄養化、護岸率（市街化率）およびブルーギルの侵入であることが明らかにされた。</p> <p>○喫緊の社会的問題となっている意図的侵入種（外国産クワガタ、セイヨウオオマルハナバチ）について、在来種との交雑リスクを示した。カエルの新興感染症のカエルツボカビについては分子系統遺伝学的手法によりアジア起源説を提示した。非意図的随伴種（アルゼンチンアリ、カワヒバリガイ）の防除手法のリスク評価を進めた。</p> <p>○生物多様性に基づいた評価では、淡水生態系をモデルに生物多様性統合指標を開発した。生態系機能（例えば、物質循環効率など）に基づいた評価では数理モデルで新しい枠組みを構築し、それをモデル生態系にて検証し、既存の生物モニタリングデータを用いて評価した。生物多様性と生態系機能に基づいた新しい環境影響評価手法の枠組みを提示した。</p> <p><u>成果のアウトカムと活用</u></p> <p>○東京湾の研究成果は、底層溶存酸素（DO）の新たな環境基準としての設定において中央環境審議会での審議に活用されることが期待される。</p> <p>○外国産クワガタの交雑リスク評価をもって、環境省は外国産クワガタムシ逃亡防止のキャンペーンを展開し、一般への普及啓発に貢献した。</p> <p>○セイヨウオオマルハナバチと在来種の交雑リスク評価をもって、環境省はセイヨウオオマルハナバチを外来生物法・特定外来生物に指定するとともに、防除事業に乗り出した。</p> <p>○爬虫類・両生類・昆虫類など、現行法上、検疫規制のない生物群の輸入による病原体生物侵入のリスクを明らかとし、新しい検疫システムの必要性を提言した。特にカエルツボカビ症の侵入をいち早く検出し、PCR検査体制を構築したことにより、流通段階における感染状況の把握を可能とした。防除ネットワークを通じて、アジア地域初のカエルツボカビ症の侵入を確認し、緊急検査体制を構築した。</p> <p>○ため池で開発した生物多様性統合評価手法は、今後、広域での評価手法の検討を経て、生物多様性条約「愛知目標」にある生物多様性保全の達成度評価に貢献できる。</p>

<p>課題 1-1) 東京湾における底棲魚介類の個体群動態の解明と生態影響評価</p>	<p><u>底棲魚介類群集並びに水質項目の時空間解析</u></p> <p>2005年2・5・8・10月の20定点調査データを用いた底棲魚介類群集並びに水質項目の時空間解析により、下記の結果が得られた:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 水質項目の多変量解析により、夏に鉛直方向の成層が発達し、湾北部において貧酸素水塊が形成されたことが示された。 ○ 底棲魚介類の種数、個体数、重量、多様度指数のクラスター解析の結果、個体数・種組成の違いから、大きく見て湾の南北で異なるグループが形成されていることが明らかになった。 ○ 生物の空間分布に影響する環境因子について、統計解析を行ったところ、底層DO濃度が底棲魚介類の空間分布に大きく寄与していることが判明した。また、底棲魚介類が存在する底層DO濃度の閾値は1~2 ml L⁻¹と推定された。
<p>1. 底棲魚介類群集の空間分布特性とそれを規定する環境因子を解明する。</p> <p>2. シャコ個体群の増殖阻害因子を解明する。</p>	<p><u>東京湾におけるシャコ個体群の増殖阻害因子の解明</u></p> <p>東京湾のシャコ個体群が1980年代以降低水準のまま推移している原因を解明するため、東京湾産シャコ <i>Oratosquilla oratoria</i> について、親シャコの性成熟、交尾、産卵から浮遊幼生、着底後の稚シャコに至る再生産過程を解析し、次の結果を得た:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 生殖器官の組織学的観察及び受精嚢内に精子を有する交尾後の雌の出現頻度の経月変化を調べた結果、雄は周年成熟状態にあるが、交尾は雌が成熟して産卵可能となる期間にのみ行われることが示唆された。成体の性成熟と交尾には特段の異常が観察されなかった。 ○ 加入の成否を規定する生活史段階を明らかにするために、初期生活史に関する野外調査を実施し、産卵量指数、幼生及び稚シャコの個体数密度を算出して経年変化を調べた結果、浮遊幼生期から着底までの間の生残が着底量を規定すると示唆された。 ○ 稚シャコの着底と貧酸素水塊の出現に関する時系列データから、貧酸素水塊が稚シャコの着底を制限し、着底量の多寡に影響した可能性がある。春~夏産卵のシャコには貧酸素水塊が重要なリスク因子であると示唆されたため、これまでの調査・解析結果と既往文献情報に基づき、貧酸素水塊が幼生と稚シャコの生残と分布に及ぼすモデルシミュレーション解析を実施した。
<p>3. マコガレイ個体群の増殖阻害因子を解明する。</p>	<p><u>東京湾におけるマコガレイ個体群の増殖阻害因子の解明</u></p> <p>マコガレイ <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i> を対象に、2002~2007年の現地調査で得られた個体を用い、増殖阻害因子の特定に取り組んだ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 従来の耳石観察法(表面観察法)より精度の高い横断切片観察法を用い年齢査定を行ったところ、雄より雌で成長がよく、寿命も長いと考えられた。また、資源が低水準の2000年代は、80年代の資源高水準期より概ね成長がよくなった。 ○ 近年の胃内容物重量指数は80年代よりも有意に低下していた。また、摂餌生態の指標が80年代とは顕著に変化し、当時は環形動物が優占したものの軟体動物や棘皮動物も観察されたが、近年はほとんど環形動物のみで占められ、80~90年代にかけての生物相の急激な変化を反映しているとみられた。 ○ 近年の雌雄における性成熟周期は80年代のそれと概ね同等で変化がなかったが、成熟開始年齢に若干の遅延が認められた。 ○ 産卵量、仔魚及び稚魚密度の時空間分布データ(2006年~2009年)を解析した結果、冬産卵のマコガレイでは胚発生~孵化仔魚まで

<p>4. ハタタテヌメリの生活史特性の変化と環境因子との関係を解明する。</p> <p>5. 貧酸素 - 有害物質流水式連続曝露試験装置を開発する。</p>	<p>の生残の寄与が大きく、冬期の水温とプランクトン密度、及び夏期の貧酸素水塊が当歳の加入量に影響する可能性が示唆された。摂餌量の減少にもかかわらず、2歳魚以上で成長が良化し、一方、性成熟に遅延傾向が認められることは奇異である。近年の東京湾におけるマコガレイの生態にこうした現象が観察される生理学的機構を、環境変化の影響なども加味して、今後さらに研究する必要がある。</p> <p><u>東京湾におけるハタタテヌメリの生活史特性の変化と環境因子との関係解析</u></p> <p>2006～2007年の現地調査で得られた水・底質、ベントス及びハタタテヌメリ <i>Callionymus valenciennei</i> の時空間データを用い、貧酸素水塊の出現・分布との関係を解析した：</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ マクロベントスの種数・豊度は湾南部で調査期間を通して高かったが、貧酸素水塊が継続的に発生した湾奥～中央部では種数が少なく、豊度は貧酸素水塊の発生に伴い激減した。特に8月と9月には湾奥～中央部は無生物域となることが判明した。 ○ ハタタテヌメリの湾内における空間分布から、貧酸素水塊がその分布を制限し、大量斃死をもたらしている可能性も示唆された。 ○ 低資源量の近年のハタタテヌメリでは、資源量の高水準期と比べ、平均体長及び初回成熟体長の低下が生じていることを明らかにした。 ○ 春～秋産卵のハタタテヌメリに夏以前の孵化個体の着底がみられない現象は、貧酸素水塊がその着底を妨げているためか、春の産卵資源量が著しく低いと推察された。 ○ ハタタテヌメリについても、マコガレイと同様に、耳石による年齢査定法(横断切片法)を確立した。 <p>今後、年齢と成長、性成熟の特性を再解析し、近年の魚体の小型化、成熟体長の低下、成熟開始時期の早まりなどを改めて確認し、食性解析も進めて、上述の生態変化の背景を探る。</p> <p><u>貧酸素 - 有害物質流水式連続曝露試験装置の開発</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ハタタテヌメリ稚魚及びマコガレイ稚魚の予備飼育実験を実施し、実験室内での長期飼育が可能であることを確認した。一方、貧酸素 - 有害物質流水式連続曝露試験装置を改良した。マコガレイ1歳魚の貧酸素耐性(致死レベル)と3歳魚の性成熟に対する低酸素水のパルス曝露の影響を予備的に調べた。
<p>課題1-2)淡水生態系における環境リスク要因と生態系影響評価</p> <p>豊かな里地・里山、多数のため池を有する兵庫県南西部</p>	<p><u>外来キーストーン種の生態系影響評価</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 底泥を攪乱するコイの導入が、沈水植物の系から植物プランクトンの系への生態系のカタストロフィック・レジームシフトを引き起こすかどうかについて、コイの有無、底泥へのアクセスの可否の2要因からなる4処理区の合計16隔離水界を用いて調べた。その結果、底泥へのアクセスの可否(ネットの有無)にかかわらず、コイがいるだけで水草は著しく減少した。沈水植物の減少は、懸濁物量と植物プランクトン量の増加による透明度の低下が要因として考えられた。底泥へのアクセスをネットで遮断しても効果がみられたことから、底泥攪乱を介した影響よりも栄養塩排出を介した影響によりレジームシフトが引き起こされることが示された。 ○ さらに、コイとアメリカザリガニの導入による隔離水界実験を実施した結果、コイが植物プランクトンや懸濁物の増加を介した透明度の低下により間接的に沈水植物を減少させるのに対し、アメリカザリガニは沈水植物を直接切断することで、生態系のカタストロフィッ

をモデル流域として、ため池の生物多様性を減少させている要因を特定し、広域で適用可能な生物多様性評価手法を開発する。

ク・レジームシフトを引き起こすことが示された。

野外調査（兵庫県）による生物多様性のリスク要因の検討

○生物多様性と生態系機能の基盤となる水生植物種に注目し、種多様度に影響する空間スケールと環境要因（土地利用、面積、水深）の解明を行った。種多様度に影響する空間スケールは、沈水植物は10-100m、浮葉植物は500m、そして抽水植物は1000mと水に依存する度合いが高い生活型ほど小さかった。ため池の周囲の土地利用は市街地が負の効果を、淡水域面積（他のため池の存在など）が正の効果を示した。ため池面積については0.6ha前後が種数のピークを示した。

○ため池約300池の水生植物の調査データから池の植生を類型化したところ、4つの群集タイプに分かれた。各群集タイプの成立を説明する変数（TWI:Topographic Wetness Index、池面積、護岸率、池周辺の土地利用率）を一般化線形モデルで解析したところ、1. 山間の谷池、2. 平地の皿池、3. その中間の池といった地形要素が群集タイプを規定していることがわかった。4番目はヒシの純群落であった。そのため、水生植物種の保全は、すべてのタイプに着目して実施する必要がある。

○兵庫県南西部のため池では、ブルーギルとアメリカザリガニの個体密度が多く、これら2種は排他的な分布パターンを示すことがわかった。池の水管理の違いがこれらの侵略的外来種の分布に及ぼす影響をみたところ、ブルーギルは、ダム水を主要な水源としている池で出現する一方で、アメリカザリガニは、池干しが実施されている池において出現することが示された。池干しは一時的には外来魚の駆除に効果的であることから、行政の施策にも取り入れられているが、ブルーギルの出現は池干しの有無によっては説明されなかった。このことから、ブルーギルは、池干しが実施される冬の間だけ姿を消すものの、ダム水から再供給されることにより、池干しの効果が打消しされている可能性がある。一方、アメリカザリガニが池干しする池で出現するのは、冬の間ブルーギルが不在になるためと推察された。

○兵庫県のため池の調査データに基づき、在来の動物群集に対する計52項目の環境因子の影響を解析し、動物群集の種多様度は、外来魚の侵入、殺虫剤（BPMC）、コンクリート護岸の環境ストレスを受けることが示された。

ため池の生物多様性評価手法の開発

○兵庫県のため池64池で実施していた野外調査データおよび収集した流域GISデータを用い、階層ベイズモデルによる定式化とパラメータ推定を行い、ため池全般に用いることができる生物多様性統合評価の手法を開発した。生物多様性の減少を引き起こす次の3つの異なるタイプの駆動因、1. 水質悪化、2. 生息地の改変、3 侵略的外来種、おのおのについて、複数のパラメータを想定し、どのパラメータが生物多様性の減少をよく説明するかを特定した。その結果、1. は夏季のクロロフィルa量、2. はため池の護岸率、3. はブルーギルの個体数となった。以上3つのパラメータを用い、ため池の「生物多様性の豊かさ」を示す統合指標を提示した。

○次に、広域に点在する数多くのため池の生物多様性評価を実施するために、リモートセンシングなどで測定可能な環境因子から生物多様性を評価することが可能かどうかを検討した。その結果、夏のクロロフィルa量と市街化率を用いるモデルが、夏のクロロフィルa量、護岸率、ブルーギルの量を用いた先のベストモデルの80%を説明することがわかった。

	<p><u>ため池の生物多様性が生態系機能に与える効果 (数理モデル)</u></p> <p>○ため池を対象とした数理モデル研究により、水生植物群落の多様性がアオコの抑制に効果的であり、淡水生態系の生態系機能を高める役割を担っている可能性を示した。本モデルの検証を兵庫県ため池の野外調査データを用いて行った結果、モデルと観測結果との間に整合性が確認された。</p>
<p>課題 2) 侵入種生態リスク評価手法の開発に関する研究 外来生物法において生態リスク評価が急がれる種を選定し、生態学的特性データ収集するとともに実験検証に基づき、進化生物学的概念を導入した生態リスク評価を行う。</p>	<p><u>意図的外来種の生態リスク評価</u></p> <p>【マルハナバチ】</p> <p>○ セイヨウオオマルハナバチおよび外国産クワガタムシの輸入数量を調査し、県別の流通量を明らかにした。特にセイヨウオオマルハナバチの分布規定要因について、侵入源となる商品コロニーの使用量および広域スケールでの植生環境から解析した。</p> <p>○ セイヨウオオマルハナバチの分布拡大に伴い、在来種の個体群密度が低下している実態をとらえた。</p> <p>○ セイヨウオオマルハナバチと在来マルハナバチの種間交雑により産出された雑種卵の胚発育を細胞組織レベルで観察した結果、産後 5 日までに全ての卵の細胞分割が停止して溶解することが明らかとなった。</p> <p>○ 野生の在来種女王蜂より受精嚢を摘出し、貯蔵精子 DNA を分析した結果、北海道において在来種エゾオオマルハナバチ女王の約 30% がセイヨウオオマルハナバチの雄と交尾していることが明らかとなった。</p> <p>○ セイヨウオオマルハナバチの訪花によって、在来植物の繁殖が阻害されることが明らかとなった。</p> <p>【クワガタムシ】</p> <p>○ 外国産クワガタムシについて、室内交雑実験により、外国産クワガタムシと日本産クワガタムシの間には高い交雑和合性があり、種間交雑リスクが高いことを示した。さらに交雑和合性が個体群間の遺伝的・地理的距離とは負相関の関係にあることが示唆された。</p> <p>○ ヒラタクワガタの交尾後生殖隔離の進化について、中国も含めたアジア地域個体群の mtDNA 系統解析と交雑実験データを追加して解析した結果、遺伝的系統として 100 万年以上分化した個体群間では生殖隔離が働かないことが示された。このことから地理的に近い個体群でも遺伝的に長時間隔離されていた個体群であれば、移送によって容易に雑種が生じる可能性が示された。</p> <p><u>非意図的外来種の生態リスク評価</u></p> <p>【ダニ類】</p> <p>○ 外国産クワガタムシに寄生するダニ類を材料として、外来寄生生物の多様性を明らかにするとともに、新種を発見して記載を行った。クワガタムシと寄生性ダニの共種分化関係を DNA 分析により明らかにした。</p> <p>○ 輸入爬虫類から多数の新型寄生性マダニを検出するとともに、その体内から新型病原微生物を検出した。</p> <p>【カエルツボカビ】</p> <p>○ 独自に開発した高感度 PCR-Sequence 分析により日本全国のカエル野生個体 (5, 500 検体) および施設飼育個体 (500 検体) より皮膚</p>

サンプルを採集してカエルツボカビ菌の感染状況を調査した結果、施設内および野外とも、外来両生類における感染率が高く、在来種の感染率は極めて低いことが明らかとなった。ただし、オオサンショウウオやシリケンイモリ等、日本の特定地域に固有な両生類が 50%以上の高い感染率を示した。

○国内で発見された菌の ITS-DNA ハプロタイプを分析した結果 50 ものハプロタイプ系統が確認された。特に、オオサンショウウオやシリケンイモリから高い確率で、特異的なカエルツボカビ系統が発見され、従来のカエルツボカビ-アフリカツメガエル起源説を覆すアジア起源説の国際誌 Molecular Ecology 発表に至った。

○パナマ、オーストラリ、アメリカ合衆国のカエルツボカビサンプルを収集し、ITS-DNA ハプロタイプを解析した結果、海外では感染率が 20-30%と高率であるにも拘らず、1-3 タイプしか発見されず、極めて遺伝的多様性が低いことが示された。これらのデータは上記のカエルツボカビ-アジア起源説を支持するものと考えられた。

○ 感染実験により、日本産カエルツボカビが海外産両生類に対して毒性を示すことが明らかとなった。

○ 本研究で開発されたカエルツボカビ DNA の Nested-PCR 検出法は、国際誌発表により、世界的に広く活用され、各国で成果が出始めている。本成果は World Organization for Animal Health (OIE)にも報告された。

【アルゼンチンアリ】

○ 特定外来生物アルゼンチンアリの侵入ルート解明のため、国内外の侵入個体群の DNA 変異の解析を行った結果、日本に侵入している個体群は、アメリカ本土、ハワイ、およびヨーロッパに侵入している個体群と同一の DNA 配列を示した。敵対性試験から、お互いの個体群間で敵対性が低いことから、広域で巨大なスーパーコロニーを形成していることが示唆された。

○アルゼンチンアリの世界各地における侵入発見年代と過去の輸送航路を照らし合わせた結果、南米原産の本種は 19 世紀に南米・北米・ヨーロッパ間を結ぶ航路の発達に伴って大西洋周辺で分布を拡大し、20 世紀以降、北米・オセアニア・アジアを結ぶ航路の発達により太平洋沿岸諸国に分布を拡大したものと推測された。

○アルゼンチンアリの防除事業を開始し、防除剤の使用が効率的であった。

【カワヒバリガイ】

○東アジア原産の特定外来生物カワヒバリガイの分布拡大ルート解明と今後の分布拡大予測のため、関東および関西周辺で急速に分布拡大している個体群を採集し、DNA 分析を実施した結果、関東と関西の個体群間には遺伝的分化が認められ、侵入経路および起源が異なることが示唆された。

○関東地方の侵入個体群について霞ヶ浦周辺の個体群の DNA 変異を調べた結果、水路の水流の方向によって分布拡大が進行していることが示唆され、霞ヶ浦がソースとなっていることを明らかにした。

○特定外来生物であるカワヒバリガイに対する最適防除戦略(除去作業および防汚剤による再付着防止という防除戦略)が求められる中、動的計画法という数理的手法を用いて、被害のコストと防除のコストの和である全コストを最小化する最適防除努力量と、その努力量の

	<p>最適な空間配分を求めた。最適防除努力量のパラメータ依存性を調べる事により、カワヒバリガイの幼生の分散能力が、最適な防除を考える上で重要なパラメータである事が示唆された。解析結果を、調査・研究にフィードバックさせ、実際の管理に役立てる試みを行っている。</p> <p>○カワヒバリガイの防除を進めた。</p>
<p>課題3) 数理的手法を用いた生態リスク評価手法の開発</p> <p>生態系機能に基づく数理的解析法</p> <p>生態系機能を定式化と生態系モデル</p> <p>形質動態モデルの開発と長期モニタリングデータの適用</p>	<p><u>数理モデル</u></p> <p>○生態系機能（栄養転換効率）を指標とした生態リスク評価のため、3栄養段階生態系モデルを作成し、栄養転換効率に対するパラメータの感度から、生物の形質の生態系機能への寄与を明らかにした。1次消費者（湖沼生態系におけるミジンコ類）の生態効率（同化効率）が生態系機能といつも比例関係にあること、富栄養かつ捕食者高密度の系では、1次消費者の捕食耐性が高いほど生態系機能が高くなること、その他の系（貧栄養状態）では、逆の傾向があることが分かった。</p> <p>○ワムシ類、枝角類（ミジンコ類）の主要な種の機能形質データを、文献検索、室内実験などで収集し、整理した。</p> <p>○群集内の形質変化と環境要因の作用を関連付ける形質ベースモデルを作成し、環境要因と形質変化を関連付ける方程式を導いた。環境変化に対する形質の変化は、形質の分散と形質間の共分散に大きく左右されることが示唆された。</p> <p><u>室内実験による検証</u></p> <p>○藻類（クロレラ）－ミジンコ類－メダカから成る3栄養段階のアクアリウム生態系を作成した。ミジンコ類には、性質の異なる種を数種用い、種組成を実験的に操作することによって、機能形質と生態系機能の関係を検出できるようにした。捕食耐性が低いミジンコは、生態系機能を低める傾向が検出され、モデルの予測と一致した。</p> <p><u>野外データへの適用</u></p> <p>○野外生態系に数理モデルを適用する試みとして、霞ヶ浦動物プランクトン群集に対する時系列データ解析をおこなった。動物プランクトンの機能形質（7形質）について、平均形質値とし、夏（5月から10月）と冬（その他の期間）に集計したうえで、年次変動を解析した。その際、環境要因として水温（年最高水温および最低水温）および水質（栄養塩類濃度、D0、pH、透明度などの物理化学的特性を集約した4因子）を同時に解析し、環境駆動因と機能形質動態との関係性を検出できるようにした。時系列データの解析法として、環境要因と機能形質の年次変動に対して、時間軸上の局所的な変動および共変動を検出できるウェーブレット解析を試みた。その結果、①冬の生態効率に関しては、過去20年間低下傾向が続いていること、②これらの変動に寄与する環境要因としては、夏は水温変動が主要であり、冬は水質の変動が水温変動と同等に重要であることがわかった。</p> <p>○自然生態系は、生態系サービスの基盤である生態系機能の点からも評価されるべきだが、その評価法は確立していない。本研究は、生態系機能の重要な要素として栄養転換効率に着目し、生物群集構成種の機能形質分布を解析することで生態系機能に対する環境変動の影響を定量化する試みをおこなった。このようなアプローチはほとんど先行研究例が無く、環境問題解明に向けた学術研究分野における先進性がきわめて高い。今後、生態系機能の他の側面（植物の1次生産性など）や、他の機能形質（捕食耐性など）に解析を広げることで、より包括的かつ実証的な生態系影響評価に発展させることができる。また、環境問題の解明において、生物モニタリングデータな</p>

	どの基礎的資料と、そのデータベース化の重要性への社会的認知にも貢献するものと期待される。
--	--

(関連プロジェクト等)

プロジェクト・活動	研究成果目標	研究成果 (成果の活用状況を含む)
<p>関連 P J (1) 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</p>	<p>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</p>	<p>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た。生物影響に関しては、植物への環境ストレスに関する影響検出指標遺伝子を搭載したアレイと微生物群集解析用 DNA アレイを作製し、トキシコゲノミクスを用いた影響検出方法は極めて有効であり、種々の応用が可能であることを示した。またダイオキシン類曝露による遺伝子発現変動解析結果を集積したダイオキシン応答性遺伝子データベースを作成し、外部から実験結果を検索できるように、Web サイトで公開した。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となっている。本研究では以上の成果を得ることができ当初の目標を達成することができた。</p>
<p>関連 P J (2) 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</p>	<p>環境化学物質のエピジェネティクス作用の解明</p>	<p>マウスへのヒ素の胎児期曝露によって、74 週令のオスの仔の肝臓でエストロゲン受容体 α (ERα) プロモーター領域の DNA メチル化低下を介した腫瘍・癌の増加が起こることが示唆されている。ところがこの実験系を追試したところヒ素胎児期曝露によっては、ERα の DNA メチル化に依存せず肝臓腫瘍・癌が増加することが明らかになった。また胎児期のヒ素曝露によってオスの肝臓で後発的に発現変化する遺伝子の存在が明らかとなり、発癌との関連を検討している。さらにヒ素による発癌に関連する DNA メチル化変化を明らかにするために、MeDIP-アレイ (Methylated DNA immune-precipitation-Microarray) 法によるゲノムワイドな検索を継続している。またマウスへのヒ素の長期投与がオスの肝臓で特定の癌抑制遺伝子の発現を抑制すること、およびその抑制に抑制的ヒストン修飾が関与することを示唆する結果を得た。ヒ素の長期投与と DNA メチル化変化量、DNA メチル基転移酵素発現量、メチル基供与体量を検討し、これらの因子に性差のあることを明らかにした。また雌雄のマウス肝臓で特異的な DNA メチル化変化に関して MeDIP-Seq (MeDIP-Next Generation Sequencing) 法によるゲノムワイドな解析を行っている。これらの知見はヒ素の影響・メカニズム解明に重要な手掛かりを与える結果である。</p>
<p>関連 P J (3) 在来生物・組換え生物による遺伝的多様性影響評価に関する研</p>	<p>在来生物との遺伝的相互作用 侵入生物の繁殖実態と外来遺伝子の浸透プロセ</p>	<p>在来生物の遺伝的多様性に影響を与える可能性がある外来生物として、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 ①一般環境で GM セイヨウアブラナ種子は輸送中にこぼれ落ち生育しているが、国道 51 号線沿道では減少傾向にある。 ②クワガタムシ、クロマルハナバチおよびオイカワの ESU を明らかにした。</p>

究	ス	<p>③外来ナミハダニの薬剤感受性変異を見いだした。</p> <p>④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た。</p>
<p>その他の活動 (1)化学物質リスク総合解析手法と基盤の開発</p>	<p>化学物質の環境リスクを総合的に把握するため、プロジェクト成果、GISデータ、曝露評価データ等を総合的に蓄積するデータ基盤を構築する。</p>	<p>排出量などの地域配分、他の統計データとの結合、河道・流域データの扱い、PEC/PNEC 比等の演算結果の扱いなど、リスク解析に必要な基礎情報の GIS 化を行い、排出推定から曝露評価に至るデータ処理を可能とした総合解析基盤システムを開発した。</p> <p>①データベースの基礎設計；化学物質の実測調査結果・モデル予測結果や気象情報・社会基盤情報など多岐に渡る形式を有するデータを効率的に蓄積するためのデータベースの基礎設計を行った。</p> <p>②データベースの基盤として市区町村別データを有効に用いるために、2000 年以降の市区町村合併の履歴を整理し、様々な年のデータへの対応を可能にした。</p> <p>③データの整備；市区町村別作物別作付面積や土地利用データ、G-CIEMS によるモデル予測結果、また、社会基盤情報として人口密度等のメッシュデータなどを整備した。</p> <p>④GIS システムとして、上記のデータやモデル予測結果を効率的に GIS 表示させる機能を構築した。</p>
<p>(2) 化学物質の環境調査による曝露評価の高度化に関する研究</p>	<p>曝露評価の高度化のために有効と期待できるバイオアッセイ法の構築</p>	<p>①アリルヒドロカーボン受容体 (AhR) の導入酵母を用いて PCB 及び水酸化 PCB の 100 種以上の化合物のスクリーニングを行った。50%以上で活性があり、特に水酸化 PCB にダイオキシンに匹敵する強い活性を示す化合物が見出された。</p> <p>②メダカ・エストロゲン受容体 (medER) 導入酵母アッセイによる環境調査を行った。河川水から特異な活性を示す物質は、工場排水からの 4-(3-phenylpropyl)phenol であり、bisphenol A に比べて 20 倍強い活性を示した。様々な受容体導入酵母アッセイは環境曝露モニタリングに有効であることが示された。</p>
<p>(3)生態影響試験法の開発及び動向把握</p>	<p>政策ニーズを見据えた新規試験法の開発・既存試験法の改良 海外の試験法開発の動向 毒性試験情報から生態系への有害性予測手法</p>	<p>①OECD 試験ガイドラインを含む海外の試験法開発の動向を把握し、国内で実施される試験の円滑の実施と信頼性の向上を目的とした検討を実施した。新たに提案されたが国内では実施経験がないウキクサ生長阻害試験や、土壌動物試験（陸生ミミズ、トビムシ、捕食性ダニそれぞれの繁殖試験法）および底質毒性試験（ユスリカ、イトミミズ類）の検討を行い、OECD の試験ガイドラインのための会合で修正コメント、事前提案を行った。また、国内での試験実施のために試験法の解説や標準試験手順書を作成した。</p> <p>内分泌攪乱作用のための試験法については国際的共同の一環として試験法開発に取り組み、魚類を用いた 2 つの新規試験ガイドラインとミジンコ試験法の改訂案の作成をリードし採択に至った。</p> <p>②効率的に標準的試験法と同様の毒性試験が可能な簡易試験法の開発を進めた。藻類生長阻害試験の簡易法として光合成過程で起こる化学反応に注目し、遮光直後から起こる逆反応を微弱な光の信号として測定する技術を用いた</p>

		手法を開発した。その結果、標準試験の3日の試験期間を1日以内に短縮でき、毒性値も標準試験のそれとよく一致していた。
(4) 構造活性相関等による生態毒性予測手法の開発	生態毒性の予測法を開発する。 スタンドアロン版の継続とNet版との統合	①魚類致死毒性および甲殻類遊泳阻害の構造活性相関モデルについて、部分構造フラグメントの取扱方法、分類ルールの変更、および他の要修正点について検討をすすめ「KATE」モデルとしてインターネット上で一般に公開した。 ②スタンドアロン版の開発を継続し、Web版と同等の機能をもつ部分構造の解析ソフトを完成させ、「KATE」モデルを移植し、配布した。 ③魚類致死毒性、甲殻類遊泳阻害および藻類成長阻害に関するQSARモデルの構築と更新を進めた。 ④多変量モデルの構築を試行し、システムの改変を行った。
(5) 発がん性評価と予測のための手法の開発	遺伝子導入動物を用いた環境中に存在する変異原物質が示す体内変異原性の解析 化学物質の発がん性と体内変異原性の相関性の解析	①化学物質の曝露により動物体内で発生する突然変異を定量的に検出するに最も優れた方法のひとつである体内変異原性検出用遺伝子導入動物を用いた試験法を、発がん性評価へ活用した。OECDで集積したデータおよび米国カリフォルニア大のデータベースから高い発がん性が懸念される化学物質を選択し、動物種、投与経路、標的臓器ごとに比較して、体内変異原性とTD50との間の相関性を検討した結果、同一の投与経路について比較した場合、マウスの肝臓と肺ではTD50と体内変異原性には高い正の相関性が認められた。その結果、ディーゼル排気を曝露したラット肺のTD50値と、我々の研究から算出した体内変異原性はこの相関性によく当てあてはまった。 さらに、実験動物で得られた化学物質の発がん性の知見から人への外挿が可能であるかを検証するために、塩化ビニルモノマー、1,3-ブタジエンなどについて動物実験と人の疫学から得られた10 ⁻⁵ 発がんレベルを比較したところ、両者にはよい一致が見られた。同じ標的臓器を比較する限り、実験動物の発がんリスクレベルから人におけるリスクレベルの予測が可能であることが示唆された。
(6) インフォマティクス手法を活用した化学物質の影響評価と類型化手法の開発	ゲノム情報、化学物質の毒性情報、メカニズム分類、疾患情報に基づく、化学物質の類型化	①遺伝子発現データをもとにした生体影響の解析手法を開発し、既存の化学物質マイクロアレイ実験データベースと統合した化学物質の類型化をシステム(HEALS, Health Effects Alert System)を構築した。化学物質約10万種について、逐次、TOXLINE/MEDLINE及びEPA/DDTOXからの全データを取得し、臓器毒性の種類、毒性メカニズムの経路ごとに、化学物質を分類する機能を有するデータベースとして完成させた。 ②平成21年1月に一般公開したpCECは、遺伝子発現データにもとづいて、化学物質を分類して表示し、肝毒性、生殖・発生、神経毒性及び胚毒性など、臓器毒性ごとに収集・整理したシステムとした。ChemToxGenは、MulCEHは、ベイジアンアルゴリズムに基づいて、バイオマーカー(遺伝子発現・細胞形態・毒性病理診断など)間の相互関係を計算し、可視化できるようなシステムで、影響の予測を可能とした。

		<p>③これらのシステムを用いて、肝毒性物質 102 個の遺伝子発現、及び毒性メカニズムの類型化を行った結果、遺伝子発現プロファイルと相似性が認められた。さらに、胚性幹細胞の胎生プロファイリングによる化学物質の類型化を行い、細胞形態と遺伝子発現プロファイルから神経毒性の影響を 3 種に分類することができた。</p>
<p>(7) 化学物質の環境リスク評価のための基盤整備</p>	<p>環境政策に向けた環境リスク評価のための知見の集積</p> <p>リスク評価及びリスク管理に関する動向の把握</p> <p>リスクコミュニケーション手法の検討</p>	<p>①環境リスク評価およびリスク管理手法の検討のため、化学物質に関する物理化学的性状、環境運命、環境中の存在状況及び生態毒性に関する情報の集積を進めた。その結果、本中期計画期間中に 1500 物質のばく露情報、約 7000 件の生態毒性 1 次データ（原著論文・試験報告書）を収集し、環境毒性信頼性評価のために 3800 件の情報シートを作成した。これらの蓄積にたつて 138 物質の初期リスク評価等の基礎データとして活用された。</p> <p>②リスク評価及びリスク管理に関する動向を把握するため OEDD（経済協力開発機構）化学品プログラムにおけるテストガイドライン、曝露評価、および高生産量化学物質のリスク評価に関する会合への参加を通して動向を把握した。この他、他の国際機関や主要国における化学物質管理制度や関連資料の収集を行った。</p> <p>③環境基準値や指針値の設定、農薬登録保留基準値の制定、化審法における化学物質管理施策および環境リスク評価の実施を念頭にリスク評価の総合化の可能性を検討してきた。</p> <p>④リスクコミュニケーションに関しては、リスクとしての認知度が低い生物多様性について、地域の農業用ため池の保全を通して環境保全に取り組んでいる、兵庫県播磨地域を対象に、主に社会的な視点から研究分析を進め「環境価値」と個人の行動について分析を行った。その結果、人々の身近な環境資源の管理行動に至る意思決定プロセスにおいても社会的な行動理論が適用できること、“社会規範”（他者の動向）が環境配慮行動に与える影響は有意に大きいことなどが明らかになった。</p>
<p>(8) 化学物質の定量的環境リスク評価と費用便益分析</p>	<p>化学物質の自然生態系への生態リスクを、遺伝子、個体群、生物群集のレベルで定量的に評価し、生態リスクを化学物質の便益と比較評価する枠組みを開発する。</p>	<p>①遺伝子・個体群レベルの生態リスク評価： カブトミジンコ (<i>Daphnia galeata</i>) の化学物質耐性の個体群間変異を利用した生態リスク評価法を考案した。フェンバレレート耐性（急性毒性値）は、霞ヶ浦個体群と汚染の少ない大膳池個体群で数倍の個体群間差異が検出された。両個体群はマイクロサテライト DNA に基づく分子遺伝学的解析でも有意な遺伝的分化が認められた。さらに各クローン集団（同一メス親系統 iso-female line）の無曝露環境下での生命表データから、耐性遺伝子の個体適応度への遺伝的コストを検出した。耐性の個体群間の差異と耐性の遺伝的コストの大きさから、環境中曝露濃度と内的自然増加率低下率としての生態リスクを推定すると、曝露濃度は約 15ppb、生態リスクは 24%と推定された。</p> <p>②群集レベルの生態リスク評価： 生態系の栄養転換効率に与える影響として、化学物質の群集レベル効果を推定する方法を研究した。藻類（植物プランクトン）-ミジンコ-メダカを想定した 3 栄養段階の数理モデルを作成し、数値シミュレーションによって、ミジンコ類の種特性（機能形質）と栄養転換効率との関係を明らかにした。生態系機能として重要な栄養転換効率への寄与が大きいミジンコ類の生態効率（摂食したバイオマスを個体群のバイオ</p>

		<p>マス増加に転換する効率) に関して、化学物質(殺虫剤カルバリル) との相関関係を主要な動物プランクトン種間で推定した。ミジンコ類数種(9種)の毒性値(メソミル)を推定した上で、藻類(1種)-ミジンコ類(2種)-メダカから成るアクアリウム実験生態系を使った群集レベル曝露試験を実施した。曝露によってミジンコの優占種が変更し、メダカバイオマスの変化として測定した栄養転換効率の減少が検出された。これらの結果は、化学物質による群集内種構成の変化を検出することにより、生態系機能を評価軸とした群集レベルの生態リスク評価への発展が期待できることを示唆している。</p>
<p>基盤的な調査・研究 (1)化学物質データベースの構築と提供</p>	<p>化学物質・農薬・生態毒性データベースの更新と統合 法規制などカテゴリからの検索機能の整理</p>	<p>①大幅な機能と掲載データの大幅な更新を行い、リスク評価書などへの外部リンクの作成・更新、リンク集を整備するとともに、データセットごとに最終確認日を登録した。 ②詳細な絞り込み検索機能、カテゴリ間の集計機能、簡易検索機能、カテゴリ分類の見直しを行い、検索の充実を図った。 ③登録化学物質数のCAS番号の総データ数が利用規約による制限を越えるため、生態毒性データに関しては米国EPAより提供を受けていたAquireデータベースを当面停止し、環境省等が実施する生態毒性試験結果のデータベース化のためテーブル設計などの作業を行い、データ入力を開始した。 ④環境省で実施されているモニタリングデータの整備をエコ調査を中心に進め、最新の報告である2006年のエコ調査結果のうち、初期環境調査、詳細環境調査、モニタリング調査の個別データを入力した。 ⑤農薬データベースに農薬要覧(2008年版)をもとに再集計した2007年(農薬年度)の県別の農薬出荷量を追加した。利用者の利便性を考慮し2007年に新規登録された商品名を追加した。 ④分析法データベース(EnvMethod)の更新を実施したうえで、化学物質データベースとの統合をはかった。 ⑤環境省表示システムなど他機関のデータベースとの連携を進めた。</p>
<p>(2)生態系評価・管理のための流域詳細情報の整備</p>	<p>生態系の現状把握、これに影響を及ぼすリスク要因の解明及びその総合管理に資するため、流域を対象として生態系、水文、土地に関する詳細情報をGIS</p>	<p>①豊かな里地・里山およびため池を有する兵庫県南部をモデル地域とし、自然環境(地形、植生、土壌など)、社会環境情報(人口、市街化区域、農業振興地域等の法的規制、ダム用水)、基盤情報(空中写真、衛星画像、地形図)、さらに、現地での聞き込み調査によって使用農薬に関する情報などをGISデータ基盤として、15項目70件以上の情報を収集・整備した。2007年夏に撮影した空中写真から約6000池のため池のポリゴンを抽出した。 ②生物多様性の指標に関する情報としては、1990年代(500地点以上)および2006年(327地点)の水生植物の分布情報を整備した。2006年については、新たな現地調査を実施した。 ③整備した情報を用い、水生植物の種多様度と池の周辺の環境情報(植生、地形、池面積)の関係をモデル化した。得られたモデルに基づき対象地域の水生植物の潜在生育地マップの作成を試みた。これと、開発リスクの高い地域である市街化区域の情報などの重ね合わせることで、水生植物の種多様度の消失リスクの高い地域の検討を行った。</p>

	データ基盤として整備する。	④中核PJ4で調査した64のため池について、その開水域を抽出し衛星画像によるアオコ発生を評価するモデルを作成し、高い一致率を得たほか、ため池の生物多様性統合指標の算出アルゴリズムを用いて、衛星画像や空中写真、土地利用などの広域で得られる情報のみを用いた広域生物多様性評価の妥当性について検討し、現地調査に基づいたベストモデルと高い一致率が得られた。
(3)侵入生物データベース管理	情報ネットワークを活用し侵入生物データの収集をより網羅的に推進する。データ解析が可能な形式に改良を加え、国際的な発信も目指す。	<p>①環境省指定の特定外来生物および要注意外来生物のうち、本データベースに未登録の種について優先的にコンテンツを整備した。また、データ解析が可能なデータベースを目指して外部構造および内部構造の改良を行った。</p> <p>②在来種に影響を与える可能性のあるものおよび侵略的になると思われる種について優先的に生態学的特長や分布情報を収集し、それらの特徴から生息可能地域の推定が可能となった。</p> <p>③外国産クワガタムシ、セイヨウオオマルハナバチおよび外国産クワガタムシ等、国民的関心の高い題材について、これまでに得られた研究成果を一般向けに解説したページを開設した。</p> <p>④データマイニングにより、日本国内の地域別の外来生物種数、分類群別の移送経路、動物および植物の外来生物の原産地などの分析を行い、侵入生物の一次リスク評価手法の検討が可能となった。</p> <p>以上の成果により、外来生物の知識を得ようとする市民に対するカタログ的機能に加えて、外来生物の特性を分析するためのデータ解析機能が付与され、今後、外来生物の最新情報の配信、一次リスク評価への活用が期待される。現在英語版の作成も進めており、Global Invasive Species Information Network (GISIN)など国際的な情報共有に大きく貢献することが期待される</p>

4. アジア自然共生研究プログラム

研究の概要

「アジアの大気環境評価手法の開発」については、アジア大陸における大気汚染物質や黄砂の発生源推定精度の向上、その結果としての越境大気汚染の予測精度向上にとって、観測と数値モデルを統合した解析が強力なツールであることを実証すると共に、解析に用いるデータとしての辺戸岬スーパーサイトや東アジア・ライダーネットワーク、衛星データの有効性を明らかにした。「東アジアの水・物質循環評価システムの開発」においては、衛星観測と地上観測を組み合わせた観測システムによって得られるデータと汚濁負荷に関する現地調査、水・物質循環モデルを組み合わせた評価システムの有効性を実証し、南水北調や退耕環林政策などの環境影響評価を行った。また、東シナ海における長江起源水が流入する海域において、赤潮の原因となる植物プランクトンの出現を見出すと共に、観測とモデリングによってその動態を把握した。更に、中国の拠点都市瀋陽市における実証研究として、都市環境のデータを統合的なGISデータベースとして整備し、水・物質・エネルギー統合型モデル研究を推進した。「流域生態系における環境影響評価手法の開発」では、メコン河流域全体の自然環境と社会経済を把握することの出来る高解像度の地理空間データベース (MGDB) を構築すると共に、ダム建設が年間の氾濫動態や淡水魚類の回遊に及ぼす影響を評価する手法を開発した。また、メコンデルタのマングローブ林の生態系機能と汚濁負荷の関係についての知見を得た。

(中核PJ1：アジアの大気環境評価手法の開発)

研究成果目標	研究成果 (成果の活用状況を含む)
大気汚染物質と黄砂の地上観測、航空機観測、ライダーネットワーク観測等を国際的・国内的な連携のもとで拡充して実施するとともに、モデルと排出インベントリの精緻化を進めることにより、広域大気汚染と越境大気汚染	<p>東アジア地域を対象に、大気汚染物質と黄砂の地上観測、航空機観測、ライダーネットワーク観測等を行い、国内外の観測の連携を進めるとともに、数値モデルと排出インベントリの精緻化を進めた。これらの観測データ、数値モデル、排出インベントリ、更に対流圏衛星観測データを活用して、アジア地域の広域大気汚染と日本への越境大気汚染の全体像を把握し、科学的知見を蓄積し、日本国内を含むアジア地域の大气環境施策立案に必要な科学的知見とツールを提供した。これらの研究成果に基づき、下記に示す社会・環境行政・科学技術・国際貢献を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境省の対流圏オゾン・光化学オキシダント対策検討会、越境汚染・酸性雨対策検討会、有害金属対策基礎調査検討会、黄砂関連委員会、PM2.5やVOCの関連委員会などにおいて多数の研究成果が活用されると共に、地方環境研究所との共同研究等を通して自治体の大気環境施策に貢献した。 ・東アジア酸性雨ネットワーク (EANET)、日中韓大気汚染物質長距離越境移動研究プロジェクト (LTP)、半球規模大気汚染輸送タスクフォース (TFHTAP)、IGBP/IGAC、Atmospheric Brown Clouds (ABC)、GEIA (Global Emission Inventories Activity)等の国際活動に参加し、HTAP評価報告書の作成、GEIAアジアセンターの立ち上げ、IGACやABCにおけるデータベース作成に貢献した。 ・東アジア域の黄砂・大気汚染分布予測を研究所のホームページで発信すると共に、環境省の黄砂飛来情報提供に貢献した。

<p>の両面から科学的知見の蓄積とツール開発を推進する。</p>	
<p>①越境大気汚染の実態を解明するために、ガス・エアロゾルなど大気汚染物質を対象として、地上観測、航空機観測を実施する。観測データの解析を行い、越境大気汚染の実態解明を行う。観測データの整備・流通を推進する。</p>	<p>① アジアの広域越境大気汚染の実態解明</p> <p>沖縄辺戸岬ステーション、長崎福江観測所での多成分・連続観測を実施した。そして、蓄積した観測データを用いて、越境輸送される汚染物質の空間分布、経年変動、組成変化などを分析し、越境大気汚染の実態をまとめた。また、観測データベースを完成させた。具体的な成果は下記の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地上観測サイト：沖縄県辺戸岬に大気・エアロゾル観測ステーションを整備し、長期連続観測が行える環境を整え観測を継続した。国内の主要機関と連携し越境大気汚染の実態解明だけでなく、気候変動に関係する放射や雲の観測も行い、「わが国における地球観測の実施方針」の中に、「具体的施策における分野間・機関間の連携」の例として「辺戸岬スーパーサイトの共同運用」が記載され、観測拠点の共同利用のモデルケースとして高く評価された。また、国連環境計画（UNEP）アジア褐色雲（ABC）プロジェクトのスーパーサイトのひとつであり、国際的な観測ネットワークの一部として認定されている。2008年春には航空機観測とも同期して関連プロジェクト（科研費 W-Pass）を含めた集中観測を行った。現在でも環境省の重金属対策の観測拠点として水銀や重金属の測定が継続され、有機化合物の観測のための推進費（C-093）などにも利用されており国内外の観測研究に大きく貢献した。長崎県福江島にも観測所を整備し、オゾン、二次粒子、前駆体の長期連続観測ができる環境を整え、2008年より観測を継続している。 ・航空機観測：2008年春には東シナ海域において航空機観測を行い、大気汚染物質の空間分布などの観測データを得た。2009年春、秋にも関連プロジェクトで航空機観測を行い（推進費 B-083、科研費 ASEPH）、それに同期して辺戸、福江での地上集中観測を実施した。 <p>国際共同観測：2006年春には中国沿岸部において中国環境科学研究院と共同で地上観測を行った。</p> <p>観測データの解析を行い以下のことを明らかにした。</p> <p>辺戸ステーションでのエアロゾル質量分析計（AMS）を用いた時間分解能の高い観測結果に基づき、1）二次粒子の主要成分であるサルフェートは高気圧の移動に伴い中国沿岸部から九州沖縄地区に周期的に輸送され、九州沖縄ではサルフェートの高濃度イベントが観測されること、2）近年排出が増加している窒素化合物の輸送中の変質を検討した結果、ナイトレートは、主に粗大粒子によって輸送されるためサルフェートと比較して大気中の寿命が短く沈着過程が重要となること、3）中国大陸において施肥に利用されるアンモニアは、サルフェートとともに粒子化し、そのほとんどが気相ではなく微小粒子として輸送されていること、4）これまで未解明であった有機エアロゾルについても解析をすすめ、越境輸送される有機エアロゾルは著しく酸化されていること、多環芳香族の観測からも輸送中に酸化がすすんでいることを明らかにした。さらに、有機物の輸送中の酸化反応の速度を求め、定量的な評価が可能となる解析を進めた。国際協力の一環として北半球における AMS によるエアロゾル観測の比較研究に参加し、沖縄辺戸や福江におけるデータなどを基に</p>

	<p>有機エアロゾルの酸化反応に関する知見を得た。これらの研究成果の一部は、国際的な「大気汚染の半球規模輸送に関するタスクフォース」(TFHTAP) の中間報告書や Science 誌に掲載された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長崎福江ステーションにおける春の高濃度オゾン、二次粒子のイベントを解析し、これまで光化学スモッグ注意報が発令されなかった福江でも 100ppbv を越えるような高濃度オゾンが大気中に存在し、同時にサルフェートなど二次生成する微粒子も高濃度に存在することを明らかにした。同じように二次生成するオゾンやサルフェートの挙動が異なる場合があることを観測結果に基づいて示し、Sub2 のモデル解析とあわせて、輸送起源の違いが反映していることを明らかにした。また福江では黒色炭素の被覆に関する研究も行い、エアロゾルの気候影響の解明に貢献した。 ・航空機観測のデータを用いて東シナ海域での越境大気汚染物質の観測結果を解析し、福江一辺戸間の観測あるいは辺戸上空での観測ではオゾンや二酸化硫黄などの濃度の空間分布が一様でないことを明らかにした。これは中国沿岸部から運ばれる大気汚染物質の輸送経路が一様でないことを示しており、たとえば、上海から沖縄にかけて帯状に伸びた大気汚染物質のプルームが存在することを観測結果により実証したと考えられる。 ・沖縄辺戸ステーションでの微小粒子の長期観測から、PM_{2.5} の重量濃度は長期間の平均値が 15・gm⁻³程度であり、リモートな地域である沖縄でも環境基準に近い値になっていることがわかった。またここ数年間の春季のサルフェート濃度を 1990 年代前半に辺戸岬で測定された結果と比較すると、濃度が増加していることが認められた。Sub2 のモデルとの比較により 1) モデルで使われた排出インベントリに基づくシミュレーション結果は観測と一致すること、2) 中国大陸からの排出の寄与が大きいことが明らかになった。 ・以上の成果は、オゾンおよび微粒子の越境大気汚染対策に貢献すると考えられる。また、沖縄辺戸ステーションのホームページを開設し、そこに観測のメタデータ(観測者、項目、方法、期間)や観測データの一部をグラフ化して掲載し、観測データの流通を促進する仕組みを構築した。国内・国際協力一環として IGAC や ABC のデータベース構築にも協力してデータ整備を推進した。
<p>② アジア地域の排出インベントリと大気質モデルを開発し、既存観測データを用いて検証し、広域大気汚染の空間分布、過去四半世紀における大気質の経年変化、越境大気汚染</p>	<p>②アジアの大気環境評価と将来予測</p> <p>アジア域の排出インベントリとマルチスケール大気汚染モデルを開発し、観測データをもとに検証・改良した。そして、排出インベントリ、化学輸送モデル、地上・衛星観測データを使用して、東アジア地域における広域大気汚染の空間分布、過去四半世紀における大気質の経年変化、越境大気汚染による日本へのインパクト、全球化学気候モデルを用いた対流圏オゾンのソース・リセプター関係を評価する研究をとりまとめた。また、関東地域に加えて、関西、中部、九州を対象とした大気汚染予報結果を、環境 GIS サイトから公開し運用した。具体的な成果は下記の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アジア地域における 1980～2020 年を対象とした排出インベントリ REAS を開発し、(1) 中国における大気汚染排出量が 1980 年以降増加し、特に最近、急増していること、(2) 最近の増加傾向は衛星観測データとほぼ一致すること、(3) 東アジアの NO_x 排出量は将来も増加し続ける可能性が高いこと、を明らかにした。対流圏衛星データを用いて NO_x 排出量を推計するインバースモデルを開発し、NO_x 排出イン

<p>による日本へのインパクトを評価。アジア地域の気候・大気質変動を評価するための化学気候モデルと大気質モデル・観測データを用いて排出インベントリを検証・修正する手法の開発。</p>	<p>ベントリによる排出量トレンドの増加率が低いことを明らかにした。東アジアにおける最近のCO₂排出量変化を、地上観測、逆推計モデル及び衛星観測から診断し、中国のCO₂排出量は2001年以降微増であり、NO_xほど大きく増加はしていないことを明らかにした。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アジア地域の排出インベントリと領域化学輸送モデルを用いて、過去四半世紀の大気質の経年変動を計算し、観測データを用いて検証するとともに、対流圏オゾンや酸性沈着量の空間分布、経年変化・年々変動、越境大気汚染による日本へのインパクトの変化を評価した。その結果、(1)大気汚染排出量の増加に伴って東アジアにおける対流圏オゾンが増加し、それに伴って日本のオゾン濃度が経年的に上昇していること、(2)対流圏オゾンの将来変化は排出シナリオに強く依存するが、最近の衛星観測や燃料消費動向によると最悪ケースで推移している可能性が高いこと、などが明らかとなった。これらの研究成果は、国際的な「大気汚染の半球規模輸送に関するタスクフォース」(TFHTAP)の中間報告書、環境省「光化学オキシダント・対流圏オゾン対策検討会」の中間報告書に取り込まれた。 ・アジア地域の大気質に与える半球スケールからの発生源影響を評価するために、(1)全球化学気候モデル(CHASER)を用いて、日本を含めた東アジアにおける対流圏オゾンの全球からの発源地域別寄与を評価するとともに、(2)地上観測データ、衛星観測データ及び化学輸送モデルデータを統合的に解析し、シベリアの森林火災が日本の大気質に及ぼす影響を解明した。 ・2007年春季に西日本地域などで発生し大きな社会問題となったオゾン高濃度現象の発生メカニズムをモデル解析によって明らかにし、オゾンの越境大気汚染が顕在化し始めていることを指摘した。また、全国の地方環境研究所との共同研究により、対流圏オゾンと粒子状物質の広域的・地域的特性を解明する研究を継続した。また、環境情報センターと協力して、東アジア、日本全域、及び関東・関西、中部、九州の各地域のマルチスケール大気汚染予報を、環境GISから公開する試験運用を開始した。
<p>③ ライダーを中心とする黄砂のモニタリングネットワーク(北東アジア全域で20局)を完成させ、そのデータ精度管理を実施。モデルへのデータ同化、輸送現象解明のための解析モデル検証、黄砂と大気汚染物質の混合に関する物理・化学的解析。</p>	<p>③黄砂の実態解明と予測手法の開発</p> <p>北東アジア地域に構築した黄砂モニタリングステーション(20地点)における観測機器の精度管理を実施し、データを取得、解析し、観測データベースを整備するとともに、リアルタイムで黄砂飛来情報を提供した。また、観測データと化学輸送モデルを用いて、黄砂の発生、輸送、沈着の定量的評価および、輸送過程における大気汚染との相互作用に関し成果をとりまとめた。具体的な成果は下記の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モンゴルにおいて4局のネットワーク観測網を完成させた。黄砂発生源である砂漠地帯に2局(サインシャンド、ザミンウード)と都市大気汚染および観測機器の精度管理のために1局(ウランバートル)にライダーシステムを設置したほか、砂漠地帯1局(ダランザトガド)を含めた全4局に黄砂モニター(PM₁₀およびTSPあるいはPM_{2.5}を対象)を設置した。 ・モンゴルIMH(モンゴル国気象水文研究所)との共同研究成果としてモニタリング観測結果がリアルタイムで入手可能となった結果、北東アジア地域でモンゴル3局、韓国1局、日本12局のライダー観測網が構築でき、発生源から日本に長距離輸送される黄砂を多面的に把握することが可能となった。 ・観測網データをモデルに同化させる技術手法を開発し、輸送モデル(CFORS)の4次元精微化の有効性を明らかにした。 ・黄砂と都市大気汚染の混合状態を把握するための化学判定手法として炭素安定同位体比、S/A1比の有効性を明らかにしたほか、多環芳香族炭化水素類の環数比変化についても検討を加えた。

(中核PJ2：東アジアの水・物質循環評価システムの開発)

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>東アジア地域の流域圏について、国際共同研究による水環境に関する科学的知見の集積と持続的な水環境管理に必要なツールの確立を目指し、観測とモデルを組合せ、都市、流域圏および海洋生態系の水・物質循環評価システムの開発を行う。</p>	<p>東アジアの流域圏について、水環境に関する科学的知見の集積と持続的な水環境管理に必要なツールの確立を目指し、国際共同研究による観測システムを構築し、観測とモデルを組み合わせることによって水・物質循環評価システムの開発および同システムによる影響評価を行った。また、長江などの陸域起源水が東シナ海の海洋環境・生態系に及ぼす影響を解明すると共に、都市、農村と流域生態系の共生の視点から、アジアの拠点都市・流域圏における技術・施策の導入についてのケーススタディの結果に基づき、適切な技術システムと政策プログラムの設計を含む流域の長期シナリオ・ビジョンを構築するための方法論の開発を行った。上記の研究成果に基づき、下記に示す社会・環境行政・科学技術・国際貢献を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・いくつかの研究活動が日中両国政府レベルの共同研究として認定された。また、日中水環境パートナーシップ事業（環境省）や地方政府を通じて、両国の水環境行政に貢献した。 ・全球地球観測システム（GEOSS）、地球全球水システムプロジェクト（GWSP）、北太平洋海洋科学機関（PICES（MEQ））、北西太平洋地域海行動計画（NOWPAP）、日中韓環境研究所長会議、国際産業エコロジー学会産業共生イニシアティブ等の国際ネットワークに研究成果を発信した。 ・流域圏に関する中国側カウンターパートの研究は、南水北調影響域の水環境統合管理に関する研究、農業生態系の炭素・窒素の循環プロセス研究等の中国国家重点プロジェクトとして認められた。 ・拠点都市に関する研究は、日中環境大臣による「環境にやさしい都市」協力、及びJICAの循環経済プロジェクトの基本フレームの一部を構成し、日中環境政策連携の枠組み作りに貢献している。また、研究を通して得られた知見は、都市環境マネジメントのガイドラインを通じて、内閣府環境モデル都市選定、環境省温暖化対策地方実行計画のマニュアル、地域循環圏政策に反映された。
<p>サブテーマ1： 広域的な水・物質動態の計測手法による観測を適用し、流域の開発により、河川を通じて流入する汚濁物質等の陸域からの環境負荷の量・質的变化への影響について推定</p>	<p>① 流域圏における水・物質循環観測・評価システムの構築</p> <p>広域的な水・物質動態の計測手法による観測継続し、流域の開発により、河川を通じて流入する汚濁物質等の陸域からの環境負荷の量・質的变化への影響についての推定・解析を進める。また、水・物質循環を評価できる統合型モデルを用いた数値実験により、退耕環林政策や南水北調などの流域改造活動の影響評価を行った。具体的な成果は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星・地上統合観測ネットワークの構築事業（環境省）を担当し、東アジア地域をカバーする高精度の地形図と水系図、時系列の表面温度、植生指数、土地被覆、植物生産量などの衛星データセットを作成した。また、長江中流域の最大の支流である漢江で連続水質モニタリングシステムを構築し、全窒素（T-N）、全リン（T-P）、化学的酸素要求量（COD）、水温、濁度（SS）およびクロロフィルa（Chl-a）などの観測データを取得した。 ・長江流域を対象とした人間生活・水需要・汚濁負荷インベントリおよび現地調査により、人々の生活パターンや農作方法の変化などといった人為活動が窒素フローに及ぼす影響を定量的に分析し、地域の特性を窒素フローモデルに取り込み、農業系及び生活系に関わる窒

<p>と解析を行う。また、水・物質循環を評価できる統合型モデルを構築し、南水北調などの利水事業、土地改変、人間生活の変化などが水環境へ及ぼす影響評価を行う。</p>	<p>素負荷源の空間的な分布を解明した。その結果、1日1人当たり各食物から摂取する蛋白質量の総平均値は107g/人/日であった。各生態系間の蛋白質摂取総量については有意な差がなかったが、各食物からの蛋白質摂取量については、卵類を除き、有意な差が見られた。その差異は経済の格差以外に、地域の特性、風土、習慣などの違いを反映していることが示された。また、都市化の進行によって、人間排泄物の土壌還元率が減る一方、水域排出率が増加していることが分かった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水・物質循環を評価できる統合型流域圏水環境管理モデルを適応し、現地観測データを用いてモデルの検証を行い、退耕環林、南水北調など流域改造活動が水環境に及ぼす影響の定量的な評価を行った。その結果、現在の漢江本流月平均流量条件でのCOD水環境容量は45.4万t/aであるが、南水北調によって水量95億m³を調整すると、COD水環境容量は33.6万t/aに減少し、損失量は11.8万t/aで、約35%減り、その他に、NH₃-N水環境容量は約30%、T-P水環境容量は約25%減ることが分かった。また、退耕環林政策が河川流量に与える影響小さいものの、土砂流失特に水質に与える影響は大きいということが定量的に分かった。 ・長江水利委員会や中国科学院の生態修復テストサイトに対して、平成21年から開発された評価モデルの適用を開始し、生態修復工事や技術対策の影響評価に着手した。さらに、技術移転の可能性を検討するため、日中水環境パートナーシップ事業（環境省）を通じた中国農村地域における分散型生活排水処理システムを設置し、その技術の適応性・普及性について検討を行っている。 <p>本研究の目的を達成するため、新たな研究展開とその成果のアジア地域への還元を目指し、長江の管理と研究をリードする中国長江水利委員会（CWRC）や中国科学院をはじめとする中国の研究者・行政担当者との連携をさらに強化した。複数の日中水環境検討会や特別セミナーを開催し、研究交流を深めた。</p>
<p>サブテーマ2： 東シナ海陸棚域の航海観測、長江河口沿岸・東シナ海陸棚域の環境変遷データの解析、および流動生態系モデルの開発を通じて、長江淡水および陸域負荷の量・質の変化が東シナ海の海洋環境・低次生態系に及ぼす影響の把握</p>	<p>② 長江起源水が東シナ海の海洋環境・生態系に及ぼす影響の解明</p> <p>東シナ海陸棚域の航海観測、長江河口沿岸・東シナ海陸棚域の環境変遷データの解析、および流動生態系モデルの開発を進め、長江淡水および陸域負荷の量・質の変化が東シナ海の海洋環境・低次生態系に及ぼす影響を確認すると共に、そのメカニズムの解明を進めた。具体的な成果は下記の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・東シナ海陸棚域において毎年航海調査を実施した結果、沿岸性渦鞭毛藻（<i>Prorocentrum dentatum</i>）が、5～6月の期間、陸棚域の広い範囲で出現することが明らかとなった。特に平成19年度6月および平成21年度6月の航海では、日本内湾における赤潮基準を超えるクロロフィル50μg/L以上の濃度での当該渦鞭毛藻の出現を確認した。2008年までの中国長江河口沿岸の環境変遷情報を解析したところ、当該渦鞭毛藻は1995年以降に出現が確認され、近年は主要な赤潮構成種となっていることが明らかとなった。また2000年以前の既往の陸棚域調査では本種の出現が一切報告されていないことから、中国沿岸の環境劣化の影響が陸棚域に及ぶ広域越境汚染の可能性が示唆された。平成19年度の当該渦鞭毛藻の出現状況について詳細解析した結果、長江希釈水の影響域およびその縁辺海域で優占する傾向が確認され、また藻類補助色素解析と夜間を含む光補償深度の推定手法の開発と適用により、調査海域の長江希釈水影響域においては有光層内クロロフィルの45%以上が当該渦鞭毛藻に由来するものであることが明らかとなった。 ・長江起源水を通じて長江から陸棚への窒素・リンの輸送動態について複数年データを解析したところ、少なくとも初夏の季節において

<p>およびそのメカニズムの解明を目指す。</p>	<p>は、調査海域に到達する前に外洋表層水との希釈あるいは藻類により消費されており、陸域からの直接的輸送は認められなかった。一方、調査海域で出現した渦鞭毛藻群集は陸棚底層水から供給される栄養塩を用いて維持されていることが強く示唆された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・調査海域から単離した当該藻類を用い高さ2mの大型培養槽で培養を行ったところ、明瞭な日周鉛直移動が観察され、その生態性質が調査海域における群集維持機能（光および栄養塩獲得）に寄与していることが示唆された。航海調査における当該渦鞭毛藻の鉛直分布を詳細に解析したところ、乱流微細構造プロファイラーで観測した乱流強度の弱い躍層付近にピークを形成する傾向があること、ならびに日周鉛直移動の形跡が認められた。 ・3次元流動・水質・生態系モデルを開発し、検証データ量が豊富な東京湾及び伊勢・三河湾を対象として再現精度の解析を行った。混合・成層期の水温・塩分の鉛直分布とその季節変動、東京湾の貧酸素水塊の形成規模、伊勢湾の底層有機物濃度の経年トレンドなど各水域における観測データをうまく再現した。本モデルを東シナ海に適用したところ、(i) 渤海の塩分濃度が過大評価され、黄海暖流がうまく再現できない、(ii) 密度躍層直下(深さ15m程度)に形成される渦鞭毛藻のブルームがうまく再現できないといった問題が明らかになった。問題(i)については東京湾・伊勢湾では考慮する必要がなかった結氷・解氷過程を流動モデルに組み込むことによって渤海の塩分・黄海暖流の再現精度が向上した。問題(ii)については、航海調査の微細乱流観測結果を踏まえて乱流強度が渦鞭毛藻の増殖速度に及ぼす影響をモデル組み込んだところ躍層周辺における藻類群集を形成・維持することが可能になった。そして、長江由来の汚濁負荷が浙江省沿岸における冬期から春季の渦鞭毛藻赤潮形成に影響を及ぼしている可能性、春季から初夏にかけては沿岸水が北上し陸棚域に到達する可能性が示された。 ・陸棚域調査によって、着目する渦鞭毛藻が長江希釈水域において優占的に観測される測点を確認すると共に、初夏の陸棚域の低次生態系における当該渦鞭毛藻優占が常態化しつつあることを再度確認した。
<p>サブテーマ 3: 都市、農村と流域生態系の共生の視点から、都市・流域圏における技術・施策の導入によるケーススタディの結果に基づき、適切な技術システムと政策プログラムの設計を含む流域の長期シナリオ・</p>	<p>③ 拠点都市における技術・政策インベントリとその評価システムの構築</p> <p>統合型陸域生態系モデル(NICE)モデルと都市産業の資源循環算定モデルの構築を進めて、拠点都市と流域圏での都市・地域スケールの水・エネルギー・物質フローの解析研究の推進体制を構築した。モデルの検証を行うために、国内の代表的産業都市である川崎市について、水・エネルギー・物質解析モデルの検証と政策シミュレーションを試行した。物質循環の評価については、都市内物質循環から地域循環の政策を含む技術・政策インベントリの構築と、循環圏評価モデルの開発を進めた。水・エネルギー・物質の都市解析モデルを街区・建物のエネルギー制御に適用する、クラスタリングネットワーク制御システムについて、川崎市での具体的な実証実用研究を開始した。以上の成果を基に、中国拠点都市の実証研究を展開した。具体的には、産業中心都市である瀋陽市と遼寧省に焦点を置いて研究を進めた。具体的な成果は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成20年度までに、統合型陸域生態系モデル(NICE)モデルと都市産業の資源循環算定モデルを用いて、拠点都市と流域圏での都市・地域スケールの水・エネルギー・物質解析研究の推進体制を構築した。解析モデルの検証を行うために国内の拠点都市である川崎市との包括的な環境協定を締結して連携を進めて、水・エネルギー・物質解析モデルの検証と政策シミュレーションの試行を進めた。統合的

<p>ビジョンを構築するための方法論の開発を実施する。</p>	<p>市解析モデル（NIECE-Urban）の構築を完了して、川崎市との連携で都市スケールの環境観測ネットワーク実験を行い、モデルの検証とともに、試行的な政策シミュレーションを行い自治体への情報発信を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・都市内物質循環から地域循環の政策を含む技術・政策インベントリの構築と、循環圏評価モデルの開発を進めており、これは環境省の地域循環圏政策担当部局への定期的な情報提供を行っている。水・エネルギー・物質の都市解析モデルを街区・建物のエネルギー制御に適用する、クラスタリングネットワーク制御システムについて川崎市での具体的な実証実用研究を開始してその成果を環境省、内閣府の低炭素都市実行計画検討等への研究発信を行った。 ・中国拠点都市の実証研究として、国家の産業中心都市である瀋陽市と遼寧省との研究連携に焦点を置き、瀋陽市環境保護局、遼寧省環境保護局との研究連携とともに、中国科学院循環経済研究センター、遼寧省の環境科学院との研究協定を通じて研究を進めた。都市の上下水道、河川、沿岸域、および地下水位水質分布、降水量、都市排熱、気温等の都市環境のデータを統合的なGISデータベースとして整備をすすめ、拠点都市・地域スケールの、陸域統合型モデルに新たに都市モデルを結合した水・物質・エネルギー統合型モデル研究を推進している。 ・都市・地域スケールの環境データベースの構築とモデルの適用研究を進めた。平成20年5月に瀋陽市、9月に川崎市で国際ワークショップを主催し、12月に国際学会、2月に国連環境計画と共催の国際会議の開催を共催し、2月より日中友好環境センターとJICAが中国国家環境保護局と連携して開始した循環研究経済プロジェクトへの正式な参加を通じて研究成果の発信と国際研究ネットワークの形成を進めている。中国の複数の都市とのアジア都市研究ネットワークの構築を進めて、EMECS国際会議の会議開催を支援した。 ・平成21年度には、日中両国環境省間での「環境にやさしい都市」連携への研究情報発信を進めて、川崎市と瀋陽市での評価システムの検証と実用的な技術政策シミュレーションの構築を進めて政策情報の出力を行った。国内都市について、①水・物質・エネルギーの統合型三次元物理解析システム（NICE-Urbanモデル）の構築をもとに川崎市との環境研究協定のもとで進めた都市街区観測実験による検証を進めて、②川崎市及び国内エコタウン都市の環境技術のLCAインベントリの蓄積を進めることに加えて、③革新的な低炭素技術である街区スケールのエネルギー制御システム技術（UCPS）の実証開発を進めた。これらの研究成果は、川崎市の政策及び環境省の地域実行計画のマニュアル、地域循環圏政策への反映を通じて国内都市への実践的発信を進めることができた。
---------------------------------	---

（中核PJ3：流域生態系における環境影響評価手法の開発）

研究成果目標	研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>国際河川・メコン河を中心に、淡水魚類相の実態解明、流域の環境動態の解明を行うこと等により、ダム建設等の生態系影響評価を実施する。</p>	<p>主に国際河川・メコン河の淡水魚類相、マングローブ生態系の実態解明、流域の環境動態の解明を行うこと等により、ダム建設や土地利用変化等による生態系影響評価を実施した。メコン河流域の自然と共生する社会を形成し、持続可能な発展の科学的基盤形成に寄与すると共に、国際研究プログラムとの連携の下で、生物・水資源及び国際河川生態系に関わる水質観測にアジアからの貢献することを目指した。そのために、(1)流域生態系及び高解像度土地被覆データベースの構築を行い、(2)人間活動による生物多様性・生態系影響評価モデルの開発を行い、(3)持続可能な流域生態系管理を実現する手法の開発を行って、ダム建設や土地利用変化による影響を評価できるように研究を推進した。上記の研究成果に基づき、下記に示す社会・環境行政・科学技術・国際貢献を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・これまで小流域毎の高解像度土地被覆データベースについて一般に利用できるものは無かったが、有用なデータベース（MGDB）を広く公開できるようにしたことにより、ダム建設が回遊魚等に影響を及ぼす範囲を建設前に定量的に把握し、ダム建設に際して生物多様性のリスクを把握できるようにした。 ・これまで回遊魚の回遊行動は採集する場所から推定した不確かな物でしかなかったが、確実に特定の種の回遊を実証できる耳石分析手法を確立し、生物多様性研究の重要な一手法の発展に貢献した。 <p>本研究で得られた知見を基盤として、水産資源確保や生物多様性保全の観点から、回遊魚の稚魚の生息地や回遊ルートや生物多様性重要湿地が戦略的に守られるようなアセスメント手法の開発へと発展させる見通しが得られた。</p>
<p>① 流域生態系及び高解像度土地被覆データベースの構築</p>	<p>広大なメコン流域の自然環境および社会経済特性に関する基礎データを、空間データベースとして一元管理・分析する仕組みを構築した。具体的な成果は下記の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メコン流域全体を、水文学的な接続関係を維持した小流域に区分し、この小流域単位で、地域の自然環境と社会経済属性を集計する手法を用いて、メコン流域の自然環境および社会経済特性に関する基礎データを空間データベースとして一元管理・分析する仕組みを構築した。 ・空間単位として、流域全体を約1万（約9x9km）の小流域に分割し、流域データベース（MGDB）を構築し、(1)メコン河流域全体の概況把握、(2)水系や地理的に伝搬する各種開発行為の影響評価、(3)研究成果の蓄積、管理、を可能にするメコン流域データベースを完成させた。このデータベースを活用し、メコン流域全体の自然環境と社会経済状況を把握して、メコン流域全体の土地区分図を作成した。 ・本データベース（MGDB）を広く公開できるようにしたことにより、ダム建設が回遊魚等に影響を及ぼす範囲を建設前に定量的に把握し、ダム建設に際して生物多様性のリスクを把握できるようにした。
<p>② 人間活動による生物多様性・生態系影響評価モデルの開発</p>	<p>河川に生息する生物の環境利用と密接な関係がある河川地形要素のマッピング手法を開発し、河川とその周辺の地形と土地利用に関する主題図整備手法を確立し、メコン河上流域での水質モニタリング、耳石とレーザーアブレーション ICPMAS を用いた評価技術を用いて、メコン河流域に既存するダムによる回遊魚とそれに依存した漁業への影響等を評価した。具体的な成果は下記の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・栄養塩濃度の流域各国の地理的分布と各種自然環境・人間活動との空間的対応から、タイのコラート高原の米作地帯から高濃度の硝酸塩とアンモニウムが検出された。元素濃度について例えばストロンチウムでは地域によって広い変動幅（0.024ppm～0.221ppm）を示すことが

	<p>分かった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タイ北部の年間流況変動・土砂移動量の年間変動と縦断的变化、および年間の氾濫動態に関して解析を行いダムの影響の評価が可能になった。また、メコン本流における ADCP、魚群探知機等を活用した魚類生息分布の HEP モデルの基礎データが収集され生物多様性・生態系影響評価のためのモデル開発の基盤ができた。 ・メコン下流域（カンボジア、ラオス、タイ）において 5 回の現地調査を実施し、耳石サンプルと河川水サンプルの採集を行い、元素濃度について、60 地点のサンプル分析結果から、例えばストロンチウムでは地域によって大きい変動幅（0.024ppm～0.221ppm）を示すことが分かり、回遊魚の耳石解析において有望な指標元素となることが明らかになった。LA-ICP-MS による耳石分析手法の確立と相まって、微量元素濃度の構成比率の違いによって支流を高い精度で判別できる見通しが得られた。 ・マングローブ林を形成する主要樹種 3 種（<i>A. marina</i>、<i>R. stylosa</i>、<i>B. gymnorhiza</i>）について、根圏酸化機能を測定した。3 種共、根からの酸素漏出速度には個体差がみられ、暗条件下に比べて明条件下の方が高い酸素漏出速度を示した。 ・マングローブ林を形成する主要樹種 3 種（<i>A. marina</i>、<i>R. stylosa</i>、<i>B. gymnorhiza</i>）について、根圏酸化機能を測定し、マングローブ地上部から根圏への酸素の輸送・漏出のメカニズムを定量的に明らかにした。また、同 3 種について根圏土壌の窒素動態を調べ、3 種の根圏では脱窒素と窒素固定が起きていることを明らかにした。
<p>③ 持続可能な流域生態系管理を実現する手法開発</p>	<p>メコン河流域におけるダム建設が下流域に与える影響をみるため、自然河川の持つ「氾濫」と「物質輸送」という季節的な流域動態の変化に関して定量化を行うと共に、持続可能な流域生態系管理の重要な要素である国際的なネットワークを強化した。具体的な成果は下記の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メコン上流のダム建設（Wanman Dam）による下流の北タイへの影響について年間の河川流量と土砂移動量の変化を推定した。ASTER 画像を現地河川調査に活用し、流出モデルを構築しダム建設前後での年間を通しての土砂収支計算を Chiang Sean 付近にて行った。日本、タイの環境 NGO 等とメコン河流域住民との環境影響に関するヒアリングを行い問題点の抽出を行った。 ・メコン河委員会、環境 NGO、各大学研究者、森林管理局等の間で情報共有ネットワークを築いた。 ・タイ、ウボンラチャタニ大学と共催し、同大学において、タイ、ラオス、カンボジア、ベトナム、中国、日本の研究者、メコン河委員会、World Fish Center、メコンウォッチ等の国際組織からの参加によるワークショップを開催し、情報の共有と国際ネットワークの展開を進めた。

資料 2. 知的研究基盤の整備事業

1. 環境研究基盤技術ラボラトリー

研究の概要

収集保存してきた絶滅危惧種を含む鳥類種の細胞保存体制を充実させると共に、微細藻類については収集を継続した。また、環境試料タイムカプセルでは、我が国のムラサキイガイ等の二枚貝試料、東京湾定期調査試料の収集・保存を行った。まず、絶滅危惧動物種では鳥類を重点的に収集し、新たに培養技術の改良と検疫手法の確立を行ったこともあって、今中期目標の当初予定を大幅に上回る細胞種数を凍結保存することができた。

更に、知的研究基盤整備のアウトプットの一環として、試験用水棲動物についてはメダカ、節足動物等の提供を行い、微細藻類及び環境標準試料に関しても継続して提供を行ってきた。また、基盤計測機器による所内依頼分析サービスによって所内の測定データの精度管理を行って、当研究所の研究レベルを維持・向上させてきた。

先端的研究開発に関しては、保存する絶滅危惧鳥類細胞の遺伝子解析を行い、発生工学的手法を用いて将来的な保存細胞の活用手法の開発を行った。

構成する課題・事業	研究成果目標	研究成果の概要
環境標準試料（環境認証標準物質）及び分析用標準物質の作製、並びに環境試料の長期保存（スペシメンバンキング）	<ul style="list-style-type: none"> ・「ホタテ」中の対象成分含有量を確定し頒布開始 ・アオコ中の対象成分含有量の確定し頒布を開始 ・茶葉中の対象成分 	<p>頒布数 H22年度：134本（5,155,500円）；H21年度：133本（5,722,500円）；H20年度：140本（5,985,000円）；H19年度：182本（7,801,500円）；H18年度：180本（7,507,500円）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「ホタテ」に関しては、対象成分（有機スズ化合物、TBT、TPT および全スズ）含有量の認証値を決定し、COMAR への認証を受け(NIES CRM NO. 15) として頒布。TBT、TPT、全スズの認証値を持つ魚介類の標準物質は、世界ではこの「ホタテ」のみ。 ・アオコについては、対象成分（マイクロシスチンおよび元素）含有率等の認証値を決定し COMAR への認証を受け (NIES CRM No.26)として頒布 ・茶葉については、対象成分含有率等の認証値を決定し COMAR への認証を受け、(NIES CRM No.23)として頒布

	<p>含有量の確定し頒布を開始</p> <ul style="list-style-type: none"> ・都市大気粉塵及びフライアッシュ試料の確定値を決定し頒布を開始 ・保存標準試料の安定性試験など品質管理 ・沿岸域汚染指標であるムラサキイガイ等の環境試料の長期的・計画的収集と長期保存事業を展開 	<ul style="list-style-type: none"> ・フライアッシュに関しては、ダイオキシン等に関する認証値を決定し COMAR への認証を受けフライアッシュ II (NIES-CRM-NO.24)として頒布 粒径 10μm以下の都市大気粉塵については、対象成分の COMAR 登録・認証を受け、都市大気粉塵(NIES CRM No.28)として頒布。現在認証されている大気粉塵（ダスト）系標準物質の中で、世界最小の粒径分布。 クロレラ(NIES CRM No.3)、魚肉粉末(NIES CRM No. 11)およびアオコ(NIES CRM No.26)について追跡調査し、変動のないことを確認した。 ・環境試料の長期保存に関しては、試料の収集、保存事業を展開 <ul style="list-style-type: none"> a) 二枚貝試料 22年度は約 80 試料を保存（18-22年度で総計約 580 試料） <ul style="list-style-type: none"> ・都市部及び離島などの遠隔地に設けた毎年採取の 定点採取地点 10 地点と日本全国の沿岸域に設けた 100 箇所以上の移動採取地点のうちの 10 地点余からイガイ科及びカキ科の二枚貝を採取した。20 年度に一巡目の全国の採取を完了し、ただちに二巡目の採取に着手した。半数以上の地点で現地でのみき身を液体窒素凍結し、液体窒素またはドライアイス凍結の状態を持ち帰り、他の地点では丸ごとドライアイスで凍結し持ち帰り、実験室で凍結粉砕した。粉砕試料は平均粒径を計測して粉砕状況を確認後、よく混合してから 50ml 容量のガラスビンに小分けして充填。元素分析により均質性を確認後、-150$^{\circ}$C前後の液体窒素上気相保存体制に入った。 b) 大気粉じん試料 22年度 12 枚 （18-22年度で総計約 60 試料） <ul style="list-style-type: none"> ・波照間観測ステーションにフィルターとポリウレタンフォームを備えたハイボリュームサンブラを設置し、2004年10月より毎月1回、24時間採取し、フリーザーなし冷凍保存室に保管中。 c) 東京湾精密調査（アカエイ並びに底質試料）22年度は 60 試料保存（18-22年度で総計約 560 試料） <ul style="list-style-type: none"> ・東京湾内に設定した 20 箇所の調査地点で毎年 8 月に表層底質試料を採取、冷凍庫に保存。また、5,8,11,2月をめどに年 4 回、同一の 20 箇所の調査地点において底曳き調査を行いアカエイを採集し、調査船上で選別・氷冷。帰港後、可及的速やかに解剖して肝臓を摘出し、凍結した。アカエイ肝臓は二枚貝と同じ手法で凍結粉砕、均質化を行い、粒径分布を確認した上でよく混ぜ合わせて 50ml のガラスビンに小分けし、重金属分析を行って均質
--	--	--

	<p>・POP s、PFO S等の化学物質を中心とした試料分析と関連データの収集</p>	<p>性を確認した後、液体窒素上気相保存体制に移行した。</p> <p>d) 母乳 22年度は56試料保存(18-22年度で総計約470試料)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自衛隊中央病院の協力を得て試料採取し、超低温フリーザーに保管中。重金属分析を実施し、汚染状況に関するデータを蓄積する作業を進めている。 <p>e) 情報収集と整備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化学物質汚染に関連する文献を情報検索をもとに収集し、スキャナーで画像として取り込んでPDFファイルとして整理、保存する作業を今年度も継続している。環境試料タイムカプセル棟の液体窒素上気相保存施設ならびに-60度冷凍保存室での長期保管試料の管理情報をデータベースシステムに蓄積すると共に、データベースの改良やマニュアルの改訂などにも着手した。 <p>f) その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試料の採取から保存に至る一連の過程で、試料に余分な汚染を付け加えることのないよう、特にプラスチック関連化学物質を中心に作業中の汚染レベルの監視を継続し、問題のないことを確認した。希少生物の生息環境保全に関わる事業では、昨年に引き続き沖縄におけるフッ素系界面活性剤汚染の調査を沖縄県研究機関と一緒に継続した結果、ヤンバル地方より南部の方がさらにレベルの高い傾向を見出し、汚染源の調査を継続した。一方、これまでの有機物質並びにバイオマーカー保存を優先した現場貝剥き・凍結方法にくわえて、重金属類の組織内蓄積状況の保存を目指して腸管からの砂抜きを実施したあと貝剥き、凍結を行う新たな採取、処理方法を検討、確立し、試行的に13地点で実施し保存した。こうした成果をドイツで開催されたスペシメンバンク国際会議で発表し、関係国際機関との研究交流のさらなる活性化を図った。なお、H22年度には化学物質環境実態調査の保存試料生物試料(27地点 524試料)および底質試料(21地点 126試料)を受け入れ、保存したほか、精度管理用生物、底質試料50試料ずつの作成を行った。
<p>環境測定等に関する標準機関(レファレンス・ラボラトリー)としての機能の強化</p>	<p>・分析精度管理手法の改善を検討するほか、必要に応じてクロスチェック等の実務的分析比較</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・PM2.5の計測に係る複数手法の相互比較測定を大気モニター棟に於いて実施。夏期と冬期において湿度影響が異なった形で表れることを確認。 ・LC-MSを用いた有機スズの高精度な迅速分析手法の開発を試みた。

	<ul style="list-style-type: none"> ・基盤計測機器による所内の依頼分析サービスの質的レベルを引き続き確保するほか、新たな分析手法に関して研究所内の意向調査を行い、必要とされる機器の導入について検討 ・保存株の分類学的信頼性を高めることを目的として、微細藻類の分類学的再検討を行い、その結果得られたDNA配列データをホームページで公開 	<ul style="list-style-type: none"> ・H22年度依頼分析件数：17,596件（898,6500円）；H21年度依頼分析件数：19,645件（9,560,800円）；H20年度依頼分析件数：21,303件（10,248,800円）；H19年度依頼分析件数：24,482件（10,842,800円）；H18年度依頼分析件数：28,618件（12,095,300円） ・供給ガスラインの清澄度・安全性の確保などインフラの整備を実施。P&T ガスクロマトグラフ質量分析装置 (P&T GC/MS)、走査型電子顕微鏡 (SEM)、ICP 質量分析計 (ICP-MS)、超伝導核磁気共鳴装置の超伝導マグネット、蛍光 X 線分光分析装置の機器更新。Web 上の基盤計測機器利用に関する案内の強化 ・ナショナルバイオリソースプロジェクトとの連携をとりつつ、NIES のホームページ上に保存株のデータを公開。保存株の分類学的信頼性を高めることを目的として、分子データのない保存株に対して 18S リボゾーム遺伝子などによる分子系統解析を行い、分類学的再評価を行っている。分子系統解析が行われる以前に寄託された株および形態形質の乏しい種を含む緑藻綱、トレボキシア藻綱、珪藻綱などの 18S リボゾーム遺伝子を解析し、DDBJ に登録し、ホームページに公開している。これまで 57 株について DDBJ に登録し、ホームページにアクセス番号を公開した。また、分類学的に多系統性が指摘されている緑藻クラミドモナス属を中心に 18S リボゾーム遺伝子の塩基配列を解析し、PhyloCode（系統樹上の位置による暫定的な分類法）を決定した。
<p>環境保全に有用な環境微生物の探索、収集及び保存、試験用生物等の開発及び飼育・栽培のための基本業務体制の整備、並びに絶滅の危機に瀕する野生生物種の細</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・環境研究およびその他の基礎・応用研究に資するため、環境微生物（微細藻類および関連原生動物を含む）の収集・保存・提供を行う。長期安定保存のため、凍結保存への移行（毎年50株程度） 	<ul style="list-style-type: none"> ・保存株は2900株（公開株2241株）。内訳は、微細藻類2576株（公開株2228株）、絶滅危惧種を主とする大型藻324株（公開株311株）。H18～22年度の5年間に総保存株数は2042株から2900株へと858株が新たに加わった。これらの株の大半は、日本における環境研究の成果として論文発表された株、日本人により新種記載された株であり、日本の中核的藻類保存機関として日本人研究者が確立した貴重な研究用培養株の寄託株の受け入れ、それらの保存、有効利用のための分譲が行われている。凍結保存株は914株であり、保存株の31%となる。H18～22年度に分譲株数は、毎年600～950株程度で推移し、漸増傾向にある。保存株の利用者は5年間で国内外350機関以上にのぼった（国内240機関, 国外30ヶ国120機関）。また、これらの保存株情報を微生物系統保存施設ホームページで公開するとともに、「NIES-Collection, List of Strains, 8th Edition」を冊子体として出版した。

<p>胞・遺伝子保存</p>	<p>を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・絶滅の危機にある水生植物（藻類）については、生育地調査およびできる限りの収集を行い、系統保存する。長期保存のため、淡水産紅藻保存株の凍結保存への移行およびシャジクモ類の単藻化を行う。 ・微生物以外の試験用生物（メダカ、ミジンコ、ユスリカ等）については、効率的な飼育体制を整備し、試験機関へ提供 ・絶滅の危機に瀕する野生生物の体細胞、生殖細胞及び遺伝子の凍結保存と保存細胞等の活用手法の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・日本における絶滅危惧種であるシャジクモ類 28 種 92 系統、淡水産紅藻 14 種 271 系統の系統保存を行っている。安定した長期保存のために淡水産紅藻株については毎年 20 系統の凍結保存を行い、これまでに 159 系統を凍結保存のみでの保存に移行している。また定法では凍結保存ができないシャジクモ類は単藻化株を確立することにより長期保存を実施し、現在 8 種 25 系統のシャジクモ類が単藻株として保存されている。特にシャジクモ類については、ため池が多数存在する香川県を中心に 200 ヶ所以上の地点で生育調査を行い、2007 年度に実施された環境省レッドリストの改定に貢献した。シャジクモ類については日本においてこれまでに報告された種の 30% 程度を収集したことになる。 ・平成 19 年度より国内外で化学物質の生態影響試験に用いられている水生生物 12 種を選んで、国内試験機関に対して実験用水生生物として有償分譲を開始した。無償で提供している教育用の譲渡を含めて、分譲件数は、H19 年 15 件、H20 年度 38 件、H21 年度 51 件であった。 ・これらの分譲に対応するため、効率的な飼育体制の検討を行い、所内研究者への試験生物の提供を円滑に進めることができるようになった。 ・平成 18 年度から平成 22 年度にかけて凍結保存した絶滅危惧動物試料は、鳥類 39 種、哺乳類 10 種、爬虫類 1 種、魚類 23 種、3,839 系統。更に、絶滅危惧動物種を収集する際に不可欠な検疫については平成 18 年度よりインフルエンザウイルスおよびウエストナイルウイルスの診断キットによる現場検疫を開始。また、タイムカプセル棟においてもリアルタイム PCR による検疫システムを導入し、検疫作業に要する時間を大幅に短縮。平成 19 年度は各協力機関への診断キットおよび検疫マニュアルの配布を徹底し、効率的な検疫を実施できる体制を構築。このため、特に代表な絶滅危惧種としてヤンバルクイナに加えてカンムリワシをモデルとして試料収集体制の構築を進めた。死亡個体
----------------	---	---

		<p>の場合は現場でNPO どうぶつたちの病院の獣医師による現場検疫の後に国立環境研究所へ国連規格容器を用いて宅急便で輸送し、研究所の野生動物検疫施設での剖検と試料採取の後に環境省やんばる自然保護事務所に死体を返送。ヤンバルクイナ、カンムリワシおよびアマミノクロウサギについては、国立環境研究所での試料採取終了後、死体を環境省生物多様性センターへ送付し、剥製や骨格標本を作製・保存する体制を平成 20 年度より開始。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成 19 年度よりロシア連邦・ボロンスキー自然保護区スタッフの協力で、極東ロシアに分布する絶滅危惧鳥類より試料（皮膚組織および血液）を採取。試料採取を実施した地域はアムルスキー自然保護区、ガヌカンスキー自然保護区、ムラヴィヨフ自然保護区、ヒンガンスキー自然保護区である。平成 19 年度から平成 22 年度にかけてコウノトリ 65 個体、タンチョウ 12 個体、オジロワシ 4 個体分の試料を受け入れ、国立環境研究所で凍結保存。 ・平成 18 年度から平成 21 年度までにヤンバルクイナ、カンムリワシおよびロシア産コウノトリについてミトコンドリア DNA を指標に遺伝的多様性を評価。その結果、ヤンバルクイナでは 4 系統、カンムリワシでは 2 系統を確認。ロシア産コウノトリでは、かつて日本国内に分布していた同一の系統と近縁の系統が現在も極東地域に分布していることを確認。平成 22 年度は新たにロシア産オジロワシ 4 個体についてミトコンドリア DNA を指標に遺伝的多様性を評価。その結果、既知の B01 タイプを 3 個体から、B02 タイプを 1 個体から確認。 ・絶滅危惧種の細胞バンク国際ネットワーク構築に関連する国際会議を企画し、平成 21 年 11 月 19 日につくば国際会議場で実施。この会議の参加者は海外から 12 名（マレーシア 2 名、タイ 2 名、韓国 3 名、ロシア 2 名、フィリピン 2 名および台湾 1 名）、国内から 34 名、合計 46 名であった。平成 22 年は 11 月 18 日に同様の国際会議をつくば国際会議場で実施。参加者は海外より 13 名（マレーシア 2 名、タイ 3 名、ロシア 2 名、ベトナム 2 名、韓国 2 名、およびインドネシア 2 名）、国内から 26 名、合計 39 名であった。
鳥インフルエンザに関するモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> ・生態系に影響する恐れのある鳥インフルエンザの感染状況把握のために、環境省委託事業として全国の野生鳥類試料の一次検査を遂行(平成 19 年度以降) 	<ul style="list-style-type: none"> ・国内で発生した高病原性鳥インフルエンザウイルス（インフルエンザ A 型ウイルスに分類される）の感染経路について調査を進めたところ、渡り鳥によりウイルス伝播が生じている可能性が高まった。高病原性鳥インフルエンザウイルスは絶滅危惧鳥類の生息状況等へ影響を与える懸念があるため、渡り鳥におけるインフルエンザ A 型ウイルスの保有状況モニタリングを平成 19 年度より開始した。平成 19 年度は西日本の 26 府県よりガン・カモ類の糞および死亡野鳥のぬぐい液、2,816 検体を受け入れた。受け入れ期間は平成 19 年 10 月から平成 20 年 3 月である。2,816 検体中 16 検体から H5 あるいは H7 亜型の遺伝子を検出した。遺伝子を検出した 16 検体についてウイルス分離を試みた結果、12 検体でインフルエンザウイルスの分離に成功した。平成 20 年度は糞検体の採取地域を全国に広げた。受け入れ期間は平成 20 年 10 月から平成 21 年 3 月である。全国よりガン・カモ類の糞および死亡野鳥のぬぐい液を合計 3,236 検体受け入れ、71 検体よりインフルエンザ A 型ウイルスの遺伝子を検出した。遺伝子を検出した 71 検体についてウ

		<p>ウイルス分離を実施した結果、14 検体でインフルエンザウイルスの分離に成功した。平成 21 年度は 1 年間を通してガン・カモ類の糞および死亡野鳥のぬぐい液を受け入れる体制となった。合計 2,739 検体を受け入れ 36 検体でインフルエンザ A 型ウイルス遺伝子を検出した。遺伝子を検出した 36 検体についてウイルス分離を実施したところ 14 検体でウイルス分離に成功した。このなかで弱毒型 H5 ウイルスを 2 検体から、弱毒型 H7 ウイルスを 3 検体から検出した。平成 22 年度も年間を通してガン・カモ類の糞および死亡野鳥のぬぐい液を合計で 6,167 検体受け入れた。LAMP 法（栄研化学株式会社）によってインフルエンザ A 型ウイルス遺伝子の検出を実施した結果、インフルエンザ A 型ウイルス遺伝子陽性反応を示したのは、6,167 検体の中で 83 検体であった。</p>
--	--	---

2. 地球環境研究センター

研究の概要

地球環境研究センターにおける知的基盤整備として、「地球環境の戦略的モニタリング」、「地球環境データベース」、「地球環境研究の総合化及び支援」の各事業を実施した。地球環境モニタリング事業では、これまでに体制を確立した大気・海洋の温室効果ガス関連観測、陸域の炭素吸収量観測など、成層圏オゾン層関連観測、陸水域観測の継続とともに、高度な観測技術導入と観測データの利用促進を進めた。地球環境データベース事業においては、データベースの整備更新とともに研究利用ツール開発を実施した。総合化事業として地球環境研究を支援するオフィス活動とともに、地球環境問題に対する国民的理解向上のための研究成果の広報・普及に努めた。主要な事業について期中間段階でその見直しを議論し、本中期計画期間で区切りをつける事業や、次期中期計画で新規に取り組む事業について検討した。その結果、成層圏モニタリング、有害紫外線モニタリングネットワークに関して大幅に縮小することとしたが、温暖化影響に関連する観測事業の開始にあたる準備を行った。

構成する課題 ・事業	研究成果目標	研究成果(成果の活用状況を含む)
1-1-1 温室効果ガス等の地上モニタリング	地上定点における温室効果ガス等の長期的高精度モニタリングを行う。研究レベルの新しいモニタリング項目も追加しつつ、大気中の微量成分の長期的変化によっておこる地球規模の環境変化を測定する。	<p>波照間ステーションでは、1993年10月以来17年間の二酸化炭素濃度観測データを蓄積し、この間33ppmの大気濃度増加がみられた。落石ステーションと共に平均濃度は393ppmになった。今中期計画の当初には二酸化炭素濃度の増加率は2ppm/年またはそれ以上であったが、2009年にはラニーニャの影響で1.1-1.3ppm/年程度にまで増加率が鈍った。しかしながら、2010年の二酸化炭素濃度増加率は1998年のエルニーニョによる大きな増加速度に匹敵するほど高く、落石では4ppm/年に達した。メタンの大気濃度は1998年に増加が見られた後は大きな経年変動がなかったが、2007年以降に両ステーション共に急激に増加が始まった。特に2009年から2010年にかけての冬の期間にメタン濃度が非常に上昇したことが分かった。一酸化二窒素濃度の波照間における増加率は1996年から2009年の平均で0.80ppb/年、落石では2000年から2009年の平均で0.80ppb/年とほぼ同じであった。波照間ステーションでは、冬から春にかけて非常に高い一酸化炭素濃度が観測され、その最大値が年々上昇していたが、ここ数年は若干低下してきた。</p> <p>高時間分解能のハロカーボン類観測を、波照間ステーションに続き2006年には落石ステーションでも開始し、ハロカーボン成分毎の季節変動と濃度増加を観測した。HFC-23、HFC-152a、HFC-32については、落石で夏季に観測される汚染イベントのレベルは低く、日本国内の排出量が相対的に小さいことが示唆された。さらに、大陸での発生源強度を見積もり、ハロカーボン類の排出量情報に不備があることを明らかにした。</p> <p>観測で得られたデータは、WDCGG や GLOBALVIEW を通して広く世界で利用されているほか、二酸化炭素濃度については準リアルタイム配信サイトの開設によって、1時間前の観測データまでデータ閲覧と利用が可能になった。</p>

		<p>両ステーションでは、エコスクール、サイエンスキャンプや施設見学を通じて環境への関心を高める活動を行ったほか、新聞やテレビなどの取材の場や環境研と地球環境研究センター(CGER)の広報にも積極的に活用された。</p>
1-1-2 定期船舶を利用した太平洋での温室効果ガス等のモニタリング	<p>海洋による二酸化炭素吸収量の時空間変動を明らかにすることを目的とし、特に太平洋での二酸化炭素吸収量の広域的な観測を行う。</p>	<p>オーストラリアーニュージーランド航路に新規就航した Transfuture 5 号に、2006 年に大気・海洋観測装置ならびに大気自動採取装置を搭載し定常的な観測体制に入った。北太平洋中緯度海域の観測には Pyxis 号を利用して、大気・海洋観測を継続的に実施した。北太平洋高緯度海域では Skaubryn 号で大気観測を継続してきたが、2010 年に船社と航路の変更に伴い終了した。2007 年からは Transworld 号で東南アジア路線の大気観測を開始し、2010 年には Transfuture 1 号を加えて観測海域の充実を図った。</p> <p>Transfuture 5 号のデータ解析から、二酸化炭素分圧差は日本南岸域では夏に高く冬に低い季節変化を示し、赤道海域では1年を通してゼロに近く、タスマン海では1年を通して低い(海洋が吸収)ことが明らかになった。タスマン海の観測値は2004年から2年弱の間 NOAA が実施した観測値と極めて良く一致していた。北太平洋航路の2008年までデータを確定し、時系列的な解析と二酸化炭素フラックスの解析を行い、気候値的の海域フラックス分布と経年変動を明らかにした。2008年頃の海洋二酸化炭素フラックスの年平均値は、1995年頃と比べて、西部北太平洋域緯度40度帯と45度帯において吸収量が70%程度増加、東部海域の40度帯では逆に20%程度低下していることが認められた。また、人工知能(ニューラルネットワーク)を用いる海洋二酸化炭素分圧推定を北太平洋海域で行い、従来より緻密な分布推定が行えるようになった。</p> <p>大気観測データからは二酸化炭素、メタンおよび一酸化二窒素について緯度別の経年変動を明らかにした。二酸化炭素と一酸化二窒素では、年々変動はあるものの、平均でそれぞれ1.8-2.0ppm/yr、0.7-0.8ppb/yrの増加率で上昇を続けている。一方メタンについては1997-1998年に大きく濃度上昇した後、2006年までほとんど増加傾向が見られなかったが、2006年以降は北緯5-15度を除いた全ての緯度帯で明らかな増加が観測された。</p>
1-1-3 シベリア上空における温室効果ガスに係る航空機モニタリング	<p>温室効果気体および関連気体の地球規模での循環におけるシベリアの陸上生態系が果たす役割を明らかにするための観測を行う。</p>	<p>Surgut 上空における二酸化炭素濃度の経年増加量は2005年に全ての高度において年あたり3ppmを上回っていたが、その後はしばらく2ppm程度になっていた。しかしながら、高度3km以下では2009年の増加率が極端に低くなる傾向が見られた。シベリア上空で観測された二酸化炭素濃度の時空間変動を、3次元炭素循環モデルのシミュレーション結果と比較した結果、Surgut 上空における年々の季節変動の違いが陸上生態系の二酸化炭素フラックスやその輸送ではほぼ説明できる可能性が示唆された。</p> <p>シベリア上空のメタン濃度は1997年から1998年にかけて全ての観測点において濃度増加したが、1998年以降は系統的な濃度変化が見られなかった。この間、全球的な濃度停滞のあり得る原因に西シベリアの湿地におけるメタン放出の減少があげられていたが、本観測はそれを支持しない結果であった。メタン濃度は2006年になると特に高高度で増加を再開し、</p>

		<p>2009年以降も増加が続いている。シベリア上空における一酸化炭素濃度は最近の2-3年は減少傾向が観測され、2006年の夏季には100ppbを下回る濃度が Surgut 上空と Novosibirsk 上空で観測された。一酸化二窒素は対流圏における滞留時間が100年ほどであるので季節変動は非常に小さいが、シベリアの上空では成層圏の影響を不規則に受ける高度7km以外で冬季から春期に極大、夏季に極小を示す明瞭な季節変動が観測されている。経年的には0.7-0.8ppb/年の率で増加が続いている。六フッ化イオウの経年変動には有意な鉛直方向の差がなく、シベリアにおける六フッ化イオウの放出が非常に小さいことが示唆される。濃度増加は2003年から2004年にかけて鈍化しかけたが再び増加に転じた。2005年以降の増加率はほぼ一定で約0.25ppt/年であった。</p>
<p>1-1-4 温室効果ガス関連の標準ガス整備</p>	<p>温室効果気体の観測における長期変動を検出するための基準を維持・管理するとともに、標準物質を新たに製造するための開発研究を行う。また、NIES 観測値を他機関の観測値と比較可能にするために、標準スケールの相互比較を行う。</p>	<p>CGER全体の二酸化炭素計測事業を長期安定的に継続するために、現行の1995年シリーズ一次標準ガスを補う一次標準ガスを2006年と2007年に一段希釈重量充填法によって調製し、既に濃度ドリフトが落ち着いたシリンダー群にそのスケールを移転した。移転後のシリンダーは濃度が非常に安定していることを確認できたので、2009年1月以降これらを新しい二酸化炭素標準(NIES09 CO₂スケール)として採用することとした。一酸化炭素の標準スケールでは高濃度標準ガスとVURF-CO計を用いて検定する手法を確立し、NIES 09 COスケールとした。大気二酸化炭素濃度測定スケールの国際相互比較プログラムである第4回Round-Robinの結果がWMOの担当事務局から公表され、NIESのスケールがNOAAに比べて0.1ppmほど低い値を示すが、濃度差の濃度絶対値依存性は小さいとされた。メタンスケールは、2005年に米国大気海洋局(NOAA)が1.0124倍のスケール変更を行った結果、21-23ppbほどの高濃度方向にスケールがシフトし、NIESスケールとNOAAスケールの差が著しく縮まったが、依然として3-4ppbの差は存在している。</p> <p>高圧大気充填装置の除湿システムの改良を行い、標準ガスとして利用できる天然大気を充填することが出来るようになった。充填した天然大気は酸素窒素比、ハロカーボン、同位体などの観測用や装置開発用標準ガスなどへの適用を検討し、酸素窒素比観測用標準ガスなどへの運用を開始した。</p> <p>二酸化炭素の炭素・酸素同位体比測定の国際比較を継続実施した。実際の大气サンプルを同時に採取して比較するという実験をNOAAの代表的観測サイトであるハワイ島のマウナロア(MLO)観測所との共同で開始した。</p> <p>日本でのオキシダントの基準を確立する検討を環境省とともに進めている。オゾン検定方法であるGPT法による検定値の不確実性には、NO標準ガスによる寄与が比較的大きいことを実験的に明らかにした。また、日本国内の35の県が所有するオゾン計とNIESが持っている標準参照光度計SRP35の比較実験を行い、測定法による感度の違いが有意に存在していることを確かめた。2009年にはこれまで日本の準基準的な意味合いで使われてきた横浜市のオゾン計測装置をNIESへ移設した。このオゾン計1101ならびに1102とNIES所有の国際標準器SRP-35の比較を行った。</p>

<p>1-1-5 成層圏モニタリング</p>	<p>成層圏オゾンを経長期モニタリングすることから、成層圏オゾンの現状を把握し、オゾン層変動要因を解明すると共に国際的なネットワーク、衛星観測センサーの検証等に貢献することを目的とする。</p>	<p>オゾンレーザーレーダーによって得られたオゾン鉛直分布データについて、NDSC への登録を行った。</p> <p>陸別のミリ波データにおいて、冷却黒体導入後の較正に関する見直し作業を進め、オゾン濃度時系列データに時折見られるギャップの原因を解明した。冷却黒体の改良を陸別、つくばについて順次実施した。旧冷却黒体では3ヶ月で最大7%の変化があったが、新冷却黒体では3ヶ月で最大2%の変化であった。これにより、冷却黒体較正の問題が本質的に改善されたことが確認された。また、ミリ波分光計のサイドバンド絶対値の測定精度を高めるため、N₂Oガスセルを用いた測定法を新たに考案し、そのためのガスセルの製作と検証実験を行った。</p> <p>つくば上空で約20年にわたって蓄積したオゾンライダーデータを利用して、フロン等とオゾンとの関係が比較的単純な上部成層圏(35km付近)についてオゾン濃度のトレンド解析を行った。1年周期、準2年周期、11年周期の変動成分を除去した後に直線回帰を行った結果、1988-1998年には10年あたり6%のオゾン濃度の減少が検出され、1998年以降には有意なトレンドのないことがわかった。</p> <p>今後も、オゾン層破壊と地球温暖化の関係、成層圏オゾンと対流圏オゾンの関係、オゾンホール将来予測等、成層圏オゾン層に関する観測とモデリング等の研究課題への取り組みは引き続き重要であるが、費用対効果の観点から成層圏モニタリング業務を第2期中期計画で終了することが合理的であると結論した。今後は、取得データのアーカイブ、再解析によるより精度・確度の高い観測データへの更新などモニタリング事業のフォローアップを一定期間行うこととした。</p>
<p>1-1-6 有害紫外線モニタリングネットワーク</p>	<p>帯域型紫外線計による紫外線観測において標準化と観測データの検証作業を行う。観測データの有効活用をはかるために、参加機関内相互利用並びにホームページ等を通じてのデータ発信を行う。</p>	<p>モニタリングネットワーク参加機関より観測データの定期的な収集を継続して行い、データベース化した。また、観測データを、ホームページより発信した。さらに、UVインデックス情報のリアルタイム提供を順次拡大して17局にすると共に携帯サイトを新たに開設し、一般への情報発信を充実させた。個別に依頼のあった機関(研究機関、民間会社、等)に対して、観測局の了解を得て、データ提供を行った。</p> <p>モニタリングネットワーク参加機関が所有する観測機器のうち、太陽紫外線による劣化の進みやすい帯域型紫外線計について、定期的な較正作業を実施した。陸別において Brewer 分光計と分光型紫外線計、帯域型紫外線計の相互比較実験を行った。この結果、分光型紫外線計が準器として使えることが確認されるとともに、機関間の相互比較にも有効であることがわかった。</p> <p>定期的にモニタリングネットワーク担当者会議を開催し、データの品質管理と収集、データ解析や観測手法について意見を交換した。</p> <p>本格的なモニタリング事業を終了し、次期中期計画期間では縮小規模の活動とするための体制移行作業を行った。</p>

<p>1-1-7 海洋モニタリング(温暖化影響)</p>	<p>日本が分布北限域にあたる造礁サンゴ分布を長期的にモニタリングすることにより、地球温暖化のサンゴへの影響を評価する。</p>	<p>2011年度からのモニタリング事業開始を目指し、サンゴおよび共生する褐虫藻に関して1)形態及び遺伝子による識別に基づく温暖化影響指標の抽出、2)過去の出現記録との比較、3)モニタリングサイトの選定と設定を行った。1)に関しては、日本の7カ所においてサンゴの分布調査を行い、特定の種が分布北限域における温暖化影響の指標となることが明らかとなった。またサンゴに加えて褐虫藻の遺伝子による識別に基づく温暖化影響指標の抽出を行った。2)に関しては、1970年代の調査報告書をはじめとする文献調査を行い、過去には報告されていない上述の指標種が検出されサンゴ分布が北上していることが明らかとなった。3)に関しては、協力機関との調整を進め、モニタリングサイトの設定を継続して行うとともに、現在までに得られたデータの整理を行い、データベース登載準備を整えた。</p>
<p>1-2-1 森林の温室効果ガスフラックスモニタリング</p>	<p>富士北麓、天塩、苫小牧のカラマツ林において、森林生態系の炭素収支の定量化とその手法の検証を行う。あわせて、アジア地域の陸域生態系の炭素収支観測ネットワーク(Asiaflux)を紹介し、アジア諸国との連携を強化する。</p>	<p>富士北麓フラックス観測サイトでは、2004年9月に全壊した苫小牧フラックスリサーチサイトではほぼ確立した森林炭素収支観測の機能を引継ぎ、2005年に観測地の整備を行い、2006年1月より連続的な観測を開始した。2006～2010年の5年間で、森林炭素収支観測の基礎データとして最も重要な一般気象観測、二酸化炭素フラックス観測、土壌呼吸観測、林冠上および林床における分光放射観測、フェノロジー観測、毎木調査に基づく林分構造観測、細根動態を含む生態学的プロセス観測などについて、ルーチン的に長期継続できる段階に至った。これまでの結果から、富士北麓サイトは苫小牧カラマツ林と比べてカラマツの立木密度が約1/2であるにもかかわらず、森林の総光合成量と総呼吸量は苫小牧カラマツ林に匹敵するほど大きく、正味の炭素収支量も年間値で比較すると苫小牧のカラマツ林より多いこと、その理由は、富士北麓サイトの方が光合成を行う生育期間(着葉期間)が長いこと、盛夏期に濃霧の発生しやすい苫小牧に比べ富士北麓の盛夏期の総光合成量が多いことに起因することなどがわかった。</p> <p>北大、北海道電力との共同研究として実施している天塩 CC-LaG サイトについては、伐採・植林後のカラマツ若年林の成長過程に伴う炭素収支・水収支・窒素等の物質収支の観測が順調に行われ、森林施業が炭素吸収能力等の機能に与える影響評価を行うために必要なデータが着実に蓄積されている。これまでの観測により、天然林を伐採した当年および翌年に大きな炭素放出が観測された後、カラマツ苗の成長に伴って森林の正味炭素収支量は徐々に増加し、植林から約5年後に吸収量と放出量がほぼ等しくなるという結果が得られた。研究成果の公開は、国内外の学術雑誌への発表、および天塩 CC-LaG サイトの観測開始10年を記念する講演会(2010年)などを通して活発に行われた。</p> <p>台風被害の後で観測規模を縮小した苫小牧フラックスリサーチサイトでは、積雪期を除く5～11月にかけて二酸化炭素フラックスとバイオマスの観測を継続し、台風による攪乱後に植生が再生する過程を把握してきた。苫小牧サイトで大規模な観測を実施したのはわずか4年間であったにもかかわらず、その後もデータ利用者による研究が数多く進められた。2010年には苫小牧フラックスリサーチサイトにおけるモニタリングデータブックを出版し、さらなるデータ利用研究の促進に努めた。</p> <p>AsiaFlux 活動では、日中韓共同研究事業のデータ収集や AsiaFlux 関係の国際会議の開催支援を行うと同時に、AsiaFlux データベースへのデータ登録作業を進め、アジアにおける国際共同研究の中核的役割を果たした。</p>

1-2-2 森林のリモートセンシング	さまざまなスケールでの遠隔計測手法による森林のバイオマス変動・植物生理活性のリモートセンシング手法の開発とモニタリングを行ない、広域炭素収支研究に向けた情報基盤を整備する。	<p>富士北麓サイトを主フィールドとして、航空機レーザースキャナや航空デジタル写真を用いた森林構造とバイオマス量の評価手法の開発を進め、手法開発を完了した。特に、航空写真を活用した森林構造変化の解析手法を完成したことにより、過去にさかのぼって樹高変動の抽出、倒木状況の把握、樹木成長量の定量的な評価を行うことが可能になった。同時に、3次元の森林構造や林木の生理活性を評価する広域リモートセンシング技術の展開に向けた基盤的データ取得を進めた。</p> <p>2006年度から2010年度にかけて、分光放射の連続観測とデジタルカメラの自動撮影を組み合わせて生態系機能とフェノロジー(生物季節)のモニタリングを行うシステム(PEN)の開発・改良を行い自動観測を軌道に乗せた。フェノロジーモニタリングについて AsiaFlux や JaLTER などの関連する陸域観測研究ネットワークとの連携体制の構築を進展させると同時に、国内の他サイトに対する技術の普及も行った。さらに、2009年度にはエアロゾルパラメータを取得するための機器であるスカイラジオメータの校正支援とスカイネットへの登録を完了した。また、これまでオフライン環境であったゆえに迅速な不具合対応が出来なかった天塩サイトをオンライン化し、リアルタイムの提供を可能とした。また、温暖化影響モニタリング「高山地域における植生変動及び積雪・融雪に関するモニタリング」のパイロットスタディーを行い、自動での画像撮影・転送装置の耐寒性や安定性を確認し、2011年度から温暖化影響モニタリングを開始するための準備を整えた。</p>
1-2-3 GEMS/Water ナショナルセンターと関連事業	GEMS/Water プログラムのわが国の事務局として、陸水の水質データを取りまとめ、国際本部のデータベースに登録する。また、当研究所が観測を継続してきた摩周湖・霞ヶ浦は当プログラムの観測サイトとして水質観測を継続する。	<p>GEMS/Water 本部との連絡調整等を行うナショナルセンター業務として、国内の各観測拠点のデータを取りまとめ、国際本部のデータベースへ継続的に登録するとともに、国際・国内活動に対する技術支援を継続的に行った。2010年には、日本のナショナルセンターは国際本部に先駆けて国内の水質モニタリングサイトのデータ(数値データ)の公開を開始した。同時に、GEMS/Water のデータ利用を希望する研究者(ユーザー)の拡大とユーザー支援を積極的に行うことにより、世界規模の淡水水質データベースとして希少な価値をもつ GEMS/Water データの研究利用促進につとめた。</p> <p>摩周湖ベースライン観測ステーションでは、夏の大規模調査に加え、年数回の現地調査を行ってきた。特に、湖水の透明度の変化に焦点をあてた調査を行い、プランクトンなどの水生生物の消長を解析した。また、微量有機化学物質の動態の解明に向けて、魚類、底泥などを含めた微量分析を行った。</p> <p>霞ヶ浦トレンド観測ステーションでは、毎月の湖沼観測と魚類捕獲調査を継続的に実施した。本調査は1977年から継続されている長期的なモニタリングであり、過去30年に及ぶ観測データと比較すると、近年には1994年頃から悪化する一方だった透明度が2005年以降に回復しつつあること、1990年代から減少が見られたクロロフィルa濃度が2005年頃から増加に転じていることなどがわかり、湖水の物理化学性が大きく変化するとともに、プランクトンなどの水生生物の種構成が変化している状況が明らかになった。</p>
2-1-1 地球環境データベースの構築と運用	CGER が行う地球環境モニタリング事業等で観測・取得される	<p>独法化以前及び第1期中期計画期間、及び第2期中期計画初年度に取得されたデータ、開発されたデータベース、ツール等の公開を継続するとともに、CGER 内の他の研究室、推進室と協力して新規データベースの開発等を進めてきた。地球環境データベースのトップページ(ポータル)を大幅に改修し、地球環境データベースの全体像と各データへのアクセスを分</p>

	データを系統的・一元的にデータベース化し、所内外の関連研究者や一般への情報提供を促進する。平易にデータ解析を行えるシステムを整備・運用する。	かりやすくした。また CGER が保有する様々な二次元データを表示する WebGIS システムを試作し、その内部公開を行った。 またこれらの開発及び公開の基盤となる各種サーバ類の維持管理・更新・運用、データ解析・可視化ツールの開発を進めるとともに、新たなアウトリーチ活動及びそのために必要な機材及び電子素材の整備を行った。また GOSAT 専用スーパーコンピュータの試験・運用も実施した。
2-1-2 陸域炭素吸収源モデルデータベース	全球を対象とした土地被覆データセットを整備し、土地被覆検証データ、陸域炭素動態評価結果と合わせてデータベースとして公開する。	吸収源情報 DB ホームページをたちあげ、関連情報の整備と公開を行い、随時更新を実施したほか、CGER レポートとして、「陸域生態系の炭素吸収源機能評価」をまとめた。また土地被覆データ検証のための DB の構築に関して、全球にわたり緯度経度整数点において4,000点の土地被覆情報を収集し、この情報を用いて既存の全球土地被覆図の精度検証を実施した。さらに 4000 点の検証情報を用いて、既存のグローバルデータセットから高精度の土地被覆図を作成する手法を開発し、NIES オリジナル土地被覆図(6 カテゴリー、森林、農地、湿地、草地、市街地、その他)を作成した。
2-2-1 温室効果ガス排出シナリオデータベース	温室効果ガスの排出予測に関するシナリオを収集し、データベース化を行う。将来シナリオの検討の基礎となる共通の情報源を提供する。	現在までに、IPCC の第2次評価報告書(SAR)、温室効果ガス排出シナリオに関する特別報告書(SRES)、第3次評価報告書(TAR)、第4次評価報告書(AR4)でレビューされている排出シナリオを中心とし、これら以外も含む数多くの排出シナリオを収集したデータベースを開発してきた。本データベースは、AR4 の作成において活用された排出シナリオの調査・収集・登録や、格納されているデータの精査・分析を実施した。またデータベースからデータの抽出を容易にするために各評価項目のコード(地域コードや変数コードなど)や単位の表記の統一を図り、データベースの利便性の向上を実現した。なお本データベースは http://www-cger.nies.go.jp/scenario/index-j.html にて公開されている。
2-2-2 温室効果ガス等排出源データベース	アジア地域の大气汚染物質や温室効果ガスに関する排出源データの整備を行う。具体的には発生源ごとのデータ積み上げに	収集したアジア各地域の発電、鉄鋼、セメント、石油精製、石油化学に関する大規模発生源データ(プラント容量、技術種、導入年、エネルギー消費量、大気汚染除去率など)について、情報の精査・更新を実施した。また、大規模発生源データが得られない部門については、地域ごとの地方行政区分別活動量を用いて排出量のダウンスケーリングを行う。地方行政区分別活動量は、各国統計局のデータや国際機関のデータなどから入手し、ダウンスケール用の地域区分と合致するよう整備を行った。 各国研究機関の協力により、発生源毎の詳細な二酸化炭素、二酸化イオウ等のデータが収集でき、最新のアジア地域の

	<p>基づく大気汚染物質・温室効果ガス排出インベントリを中国、インド、アジア諸国について作成する。</p>	<p>大気汚染排出量及びその分布図を提供できるようになった。また、中国、インドの実施協力者は UNFCCC の国別報告書、IPCC インベントリガイドラインに貢献しており、人材育成の面からも効果があった。</p>
2-2-3 炭素フローデータベース	<p>自然環境と経済社会との間での物質のやりとり及び経済社会の内部での物質の流れを把握するツールの整備によって、関連研究の実施を支援する。</p>	<p>産業連関表を用いた環境負荷原単位、資源貿易のマテリアルフロー、伐採木材のマテリアルフロー・炭素フロー、石油製品・石油化学製品のマテリアルフロー・炭素フローの4分野でのデータ整備を進めており、3 分野についてはデータブック(電子媒体つき)延べ6冊を出版したほか、Web でのデータベース公開を行っている。2000 年版産業連関表が公開されたことから、2005 年度よりこれに対応したデータの収集・加工を進め、エネルギー・二酸化炭素については2006 年度にweb 上で公開した。また、2006 年度にはホームページをリニューアルし、「よくあるご質問」欄を設けて回答するなど、利用者の利便性向上に取り組んだ。2007 年度は、家計消費に伴う環境負荷の定量化へのニーズに応え、購入者価格ベースの原単位を追加公開した。また、原単位の詳細内訳表を整備して Web での提供を行った。資源貿易のマテリアルフローデータについては、従来から蓄積してきた資源貿易に関するデータを改めて加工・集計し、2006 年には 2003 年のデータをもとに第3版(CGER-D040-2006)(平成17年度事業として実施)を出版した。</p>
3-1 グローバルカーボンプロジェクト事業支援	<p>分野横断的な炭素に関する研究を支援する国際組織GCPのプロジェクトオフィスを運営する。</p>	<p>グローバルカーボンプロジェクト(GCP)つくば国際オフィスは、GCP の炭素循環の解明と管理に関連する国際的研究活動を推進し、特に大規模炭素プールの脆弱性、全球炭素の年間放出量の算定、国際的な地球システム科学パートナーシップ計画と連携して国際研究のコーディネーションを行っている。国際的な科学コミュニティからのメディアに対する GCP 関連の国際研究成果の発表についても支援し、各種関連研究成果を公開したこと、日本の関連研究の国際的な連携の発展の支援を実施したことなどが主な成果である。また、GCP つくば国際オフィスが主導する国際研究計画「都市と地域における炭素管理(URCM)」を推進し、国内外における各種国際ワークショップを企画・開催した。成果をまとめたパンフレット「グローバルカーボンプロジェクト 過去10年間における全球炭素循環とその管理に関する知識の統合と普及」を発行した。</p>
3-2 温暖化観測連携拠点事業支援	<p>地球観測温暖化観測連携拠点事務局を運営し、連携施策推進、観測データ標準化・流通促進等に向けた基盤作りを行う。</p>	<p>総合科学技術会議による「地球観測の推進戦略」(平成16年)に基づき、環境省と気象庁によって「地球観測連携拠点(温暖化分野)」およびその活動を支える地球温暖化観測推進事務局／環境省・気象庁が設置された。連携拠点では、温暖化に関する各種地球観測に対するニーズに関する調査、情報源情報等の収集・情報発信並びに普及啓発、連携施策の推進と実施、関連国際機関との連携促進のような活動を通じ、地球温暖化観測の現状、課題、今後の展望を明らかにし、地球温暖化観測に関わる国内の機関間・分野間の連携を支援した。ワークショップ開催ならびに特定領域を議論するいくつかのワーキンググループの運営とその報告書の発行などを実施した。</p>

3-3 温室効果ガスインベントリ策定事業支援	日本国温室効果ガス排出・吸収目録(インベントリ)報告書の作成、WGIA の開催、UNFCCC 審査支援などを実施する。	「日本国温室効果ガスインベントリ(目録)報告書(NIR)」をUNFCCC 事務局へ毎年提出した。2006年8月には、京都議定書に準拠した「日本国の割当量に関する報告書」の作成・UNFCCC 事務局への提出、当該報告書に対する UNFCCC 事務局による審査への対応支援を行った。アジア地域の温室効果ガスインベントリの作成の能力向上を目指して「アジアにおける温室効果ガスインベントリ整備に関するワークショップ(WGIA)」を2003以降毎年開催した。第6回会合(2008年開催)より「測定・報告・検証可能な温室効果ガス排出削減活動」に関する発展途上国の能力向上支援を柱の一つとしてG8環境大臣会合が打ち出した「神戸イニシアティブ」の一環として本会合を開催している。2010年4月には、京都議定書第一約束期間の初年度である2008年インベントリ報告書をUNFCCC 事務局へ提出した。
3-4 UNEP 対応事業	UNEP の地球環境概況(GEO)と東アジア地域の環境問題と政策動向の情報提供に対応する。	2005年からの継続的な活動成果として、2007年にGEO-4が発行された。ドラフト作成に関しては、実質的な業務委託先の「アジア環境白書」編集委員会の協力を得た。現在はGEO-5の作成準備に入っている。また北東アジアにおけるeKHに備え、従前の資料を踏まえて対UNEP活動自身の長期戦略づくりを進めてきた。さらに、毎年バンコク市内におけるCAN会合に参加し、気候変動への地域別適応戦略、持続可能な開発戦略、低炭素社会の構築などの議論を行い、UNEPのアジア・太平洋地域における戦略作りに貢献してきた。
3-5 スーパーコンピュータ利用支援	スーパーコンピュータ利用申請事務、利用者情報管理、研究成果とりまとめなどから研究支援する。	スーパーコンピュータは平成19年3月に計算能力がそれまでの数倍の新機種を導入した。また平成18年度に実施した研究利用のあり方についての見直しに基づき、課題の公募と審査の適正化につとめるとともに、より効率的な運用を行い、地球環境研究支援の効果的な実施、支援体制の強化を図った。平成18～22年度に利用を承認した研究課題はそれぞれ13～17課題である。利用率は8割を超え、研究所内外の研究者の環境研究支援に貢献している。スーパーコンピュータシステムによる地球環境研究発表会を開催、CGER'S Supercomputer Activity Report、CGER'S Supercomputer Monograph Reportの報告書を刊行し、要旨集、発表資料、報告書をウェブサイトにも掲載して、利用成果のより広い公開に努めた。
3-6 地球環境研究の広報・普及・出版	研究者の相互理解促進、研究情報・成果の流通、地球環境問題に対する国民的理理解向上のため地球環境研究センター・国立環境研究所はもとより国内外の最新の研究成果の普及を図る。	「地球環境研究センターニュース」の月刊を継続し、内容については、新企画の開始など、常に新鮮な内容を維持するよう努めた。ニュースの記事を元にパンフレット「IPCC第4次評価報告書のポイントを読む」を作成し、書籍「ココが知りたい地球温暖化」を刊行した。書籍「ココが知りたい地球温暖化」の続刊も制作した。ウェブはコンテンツの新規作成、内容の随時更新を図るとともに、シンプルな構造への改修を行っている。パンフレット・パネル・教材・広報用グッズ等の新規作成、内容の随時更新を行った。毎年の気候変動枠組条約会合(COPI2から16)においてはブースを出展して広報活動を実施したほか、多数のイベントに積極的に取り組んだ。研究成果などの記者発表を積極的に行い、テレビ、新聞等マスコミに多く取り上げられた。見学や一般・報道機関等からの問い合わせにも可能な限り対応し、研究成果の普及と地球環境問題の理解増進に努めた。専門家向けに地球環境研究センターの最新の成果を報告するCGERレポートは、平成18～22年度に合計41冊を刊行した。国内の地球温暖化研究を行う研究機関・大学等の間の情報流通および連携促進を図るため、地球環境研究センターが事務局となってボランティアな検討会を組織し、今後の気候変動研究推進のあり方について検討を行い、参考情報として、総合科

		<p>学技術会議を始め関係府省・機関に対し提言を行った。</p> <p>地球温暖化問題に対する関心の高まりを受け、研究所への問い合わせは多く、これまでの諸活動を通じて信頼できる情報を提供してきたことが社会から高く評価されていると考えられる。</p>
--	--	--

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・シナリオと統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) ごみ排出モデルの開発とごみ処理手数料有料制効果の分析</p>	<p>①家計のごみ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家計のごみ排出モデルのパラメータを推計し、ごみ排出モデルを開発した。 ②政策シミュレーションとして、ごみ処理手数料の10%引き上げは、ごみ排出量を2.08%削減する効果があることがわかった。(ごみ排出の価格弾力性は、0.208) ③資源ごみの戸別回収の実施、紙類などの資源回収の充実化、小さいサイズ(15ℓ以下程度)のごみ袋の利用で、ごみ処理手数料有料化のごみ削減効果は大きくなることが明らかとなった。資源ごみ回収品目数を1品目増やすことでごみ排出の価格弾力性は0.04、紙類ごみ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状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イ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ート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関しても、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ー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)、バイオマーカーなど、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 に上るといった結果が得られた。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(ブタ膵臓エラスターゼ)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症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と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モ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、高大気降水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水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、大気降水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</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ス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。 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。 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>2) リデュース・リユースの分析・評価</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>・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>・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>・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>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>

資料4 第2期中期目標期間における環境政策への主な貢献事例

研究ユニット	主な貢献事例
地球環境研究センター	<p>①温室効果ガス排出量削減の中期目標の設定への貢献 地球温暖化に関する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、中央環境審議会 地球環境部会 中長期ロードマップ小委員会における温室効果ガス排出の中期目標の定量化に向けて、アジア太平洋統合評価モデル（AIM）を用いた研究成果や、温暖化影響による被害コストに係る研究成果が、将来目標の設定に活用された。</p>
	<p>②環境税の効果、影響、道路特定財源廃止による影響の定量的評価 中央環境審議会 総合政策・地球環境合同部会 グリーン税制とその経済分析等に関する専門委員会において、環境税の制定に向けた検討にあたって、アジア太平洋統合評価モデル（AIM）を用いた研究成果が環境税の税率検討や道路特定財源維持の検討において活用された。</p>
	<p>③日本の気候変動についての知見の提供 温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響」の作成にあたり、日本における過去の気候変動の解釈と将来の気候変動の予測について、研究成果に基づき適切な知見を提供し、日本の気候変動についての国民の理解向上に貢献した。</p>
	<p>④温暖化リスク評価に関するIPCCへの貢献 地球シミュレータを用いて気候モデルにより将来の気候変化シミュレーションを行い（東京大学および海洋研究開発機構と共同）、IPCC第4次評価報告書に貢献するとともに、気候変化および温暖化影響についての分析結果を記者発表等を通じて行政や市民に情報提供した。</p>
	<p>⑤環境大気常時監視マニュアルにおけるオキシダントの校正方法の改訂 第6版 環境省の環境大気常時監視マニュアルにおけるオキシダントの校正方法の30年ぶりの改定において、校正方法の改定に関与し、国立環境研究所所有のオゾン標準測定器を頂点とする国内の測定局の精度管理体系を水大気環境局とともに作成した。</p>
	<p>⑥オキシダント計測に係る校正標準の開発と精度管理 国内の自治体のオキシダント計測スケールの統一を行うために、2次標準器システムを開発し、国内スケールの統一事業を水大気局の指導の下に行い、スケールの伝播と精度管理を行った。</p>
	<p>①物質フロー分析の指標・目標設定への活用と国際機関の活動への貢献 循環型社会形成推進基本計画（循環基本計画）の第2次計画への改訂に際して、物質フロー分析に関する研究成果を提供し、物質フロー指標の拡充・強化に貢献した。また、経済協力開発機構（OECD）における物質フロー分析・資源生産性に関する検討作業、理事会勧告発出に中心的役割を果たすとともに、国連環境計画（UNEP）の持続可能な資源管理に関する国際パネルに全世界約30名の専門家の一員として参画し、国際社会に大きく貢献した。</p>

<p>②中央環境審議会における循環基本計画フォローアップと新たな政策立案への貢献 循環型社会ビジョンづくりのために開発した物質フローモデルとライフサイクル分析（LCA）手法を用いて3Rによる資源消費・GHG削減効果を計算した成果が、中央環境審議会循環型社会計画部会の資料として活用され、循環基本計画のフォローアップに貢献した。 また、研究成果や研究実施過程での議論は、随時環境省「一般廃棄物の適切な処理システムの構築に向けた分別収集等に関するガイドライン検討委員会」「循環型社会における中長期グランドデザイン検討会」「使用済製品等のリユース促進事業研究会」等における議論に反映された。</p>
<p>③プラスチック製容器包装に係る環境負荷分析、リサイクル制度の運用改善に貢献 環境省が実施したプラスチック製容器包装に係る環境負荷分析調査において、LCAに関する研究成果や技術的助言を提供して容器包装リサイクル法の下での分別、リサイクル効果を定量的に明らかにし、中央環境審議会・産業構造審議会合同による容器包装プラスチックのリサイクル制度運用の改善に関する審議においても中心的役割を果たしている。</p>
<p>④建設系廃棄物・副産物再生製品の有効利用に資する環境安全管理手法の規格化研究プロジェクトにおいて、スラグなど建設系再生製品の試験評価法を確立し、廃棄物資源循環学会規格案として公開できた。他の廃棄物・副産物（製鋼スラグ、再生石膏、ブラウン管ガラス）への同評価法の適用事例が急速に増えていることもあり、建設系廃棄物・副産物再生製品の有効利用に資する環境安全管理手法について基本的考え方を整理し、結果的に鉄鋼スラグ・非鉄スラグJISの原案として採用された。</p>
<p>⑤国内外の水銀管理方策への貢献 ・国際的管理対象である水銀の国内の大気排出インベントリの作成結果は、環境省を通じてUNEPへ提出された。</p>
<p>⑥金属スクラップの輸出における有害物質等の実態把握により適正管理方策の必要性を指摘 金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策に関する研究において、「ミックスメタル」などと称して輸出されている金属スクラップに電池類、基板、電気電子機器類が含まれていることを明らかにし、輸出前の国内取引の管理と輸出管理の徹底を行う必要性を示した。この結果は、廃棄物輸出入の適正管理を目指す日中間の関係省庁の協議においても利用されている。</p>
<p>⑦廃油脂類からのバイオディーゼル燃料抽出技術革新への貢献 ・未利用の低品質廃油脂類であるトラップグリースや廃食用油固化物に液化ジメチルエーテル（DME）を抽出溶媒として添加し、それらの廃油脂類からバイオディーゼル燃料（BDF）原料成分を選択的に99.9%以上抽出できる技術開発に関する成果の一部は、総合科学技術会議環境エネルギー技術革新計画の検討に活用された。</p>
<p>⑧石綿（アスベスト）含有廃棄物の無害化の確認試験法の公定法化 石綿含有廃棄物の無害化処理生成物中に石綿が検出されないことを確認する方法として、透過型電子顕微鏡を用いた試験法を開発した。この方法は、「石綿含有一般廃棄物等の無害化処理等に係る石綿の検定方法」として通知されたほか、石綿含有廃棄物の無害化処理に係る大臣認定の審査において利用されている。</p>
<p>⑨ダイオキシン類、PCBの公定法としての簡易測定法の導入に向けた貢献 ・廃棄物中のダイオキシン類やPCBの簡易測定法の公定法化に貢献し、いずれの物質についても環境省における技術評価、マニュアル策定に深く関与した。</p>

	<p>⑩廃棄物分野におけるコベネフィットCDM普及への貢献と温室効果ガス排出インベントリー作成への貢献 廃棄物分野においてコベネフィットCDMとして有望な国産技術である準好気性埋立技術について、その温室効果ガス排出抑制効果を検証する現場モニタリング法を示すと共に、タイにおいてテストセルによる実証実験を進めている。これらの成果は、公募技術の審査やわが国から提出するCDM方法論（NM）の作成に活用されている。また、埋立地、浄化槽等からの温室効果ガス排出量の推計に関する知見を提供し、日本国インベントリーの精緻化に貢献した。</p> <p>⑪埋立処分に関する研究成果による貢献 埋立処分場の安定化等に関する知見を提供し、廃棄物処理法改正案、海面処分場の閉鎖・廃止適用マニュアル案、大阪湾広域臨海環境整備センターの維持管理方針等に活用された。</p>
<p>環境リスク研究センター</p>	<p>①PM2.5の環境基準設定への貢献 PM2.5（2.5マイクロメートルより小さい粒子）は肺胞領域に沈着しやすく、環境基準の設定が必要とされていたが、PM2.5に含まれる超微小粒子であるナノ粒子の生体影響が不明であったため、喫緊の研究課題となっていた。このため、中核研究プロジェクト3の重要な研究テーマとして環境ナノ粒子の生体影響に関する研究を進め、平成20年9月のPM2.5の環境基準環境基準の設定に貢献した。</p> <p>②1,2-ジクロロエタンの大気環境指針値設定への貢献 1,2-ジクロロエタンの発がんユニットリスク算定に関する研究成果が、当該化学物質の大気環境指針値設定に反映された。</p> <p>③「小児の環境保健に関する懇談会の提言」の取りまとめへの貢献 化学物質が小児の健康に及ぼす影響を評価するに必要な、化学物質に対する小児の脆弱性や曝露量に関する知見を収集した。これら収集した知見を活用しつつ、小児の環境保健に関する懇談会の事務局として標記提言の取りまとめに貢献し、この提言をもとに環境省において「エコチル調査」を実施することとなった。</p> <p>④「化学物質の環境リスク評価」（初期リスク評価）の取りまとめへの貢献 生態リスク評価、健康リスク評価の取りまとめに加え、一般公開した環境動態モデル（MuSEM）が、媒体別分配割合の予測に利用されるなど、化学物質の曝露評価の効率化に貢献した。</p> <p>⑤「特定外来生物」などの指定への貢献 セイヨウオオマルハナバチ、シグナルザリガニなどの外来生物の「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」による「特定外来生物」などの指定に際し、在来生物との交雑、生態への影響等の研究成果が活用された。</p> <p>⑥今後の水環境保全政策への貢献 「今後の水環境保全の在り方について（中間取りまとめ）」（平成21年12月）及び「閉鎖性海域中長期ビジョン」（平成22年3月）に、「東京湾における底棲魚介類の個体群動態の解明と生態影響評価」の研究成果が活用された。</p> <p>⑦底層D0の環境基準値の設定に向けた貢献 底層D0ならびに透明度に関する新たな環境基準の設定の基礎資料として、東京湾における環境・魚介類調査の結果、底層D0濃度の低下や欠乏による魚介類等の海産生物への悪影響を軽減し、良好な海域環境を回復するための目標となるD0濃度の推定に際し必要な知見を提供している。</p>
	<p>①越境大気汚染に関する取組への貢献 日本におけるオキシダント濃度への中国等大陸起源汚染の寄与を定量的に明らかにするなど、越境大気汚染に関する研究結果は、環境省の対流圏オゾン・光化学オキシダント対策検討会、越境汚染・酸性雨対策検討会、有害金属対策基礎調査検討会、黄砂関連委員会、PM2.5やVOCの関連委員会などにおいて活用された。また、地方環境研究所との共同研究や講演会・委員会などを通して、地方の大気環境行政に貢献した。</p>

アジア自然共生研究グループ	<p>②黄砂に係る情報発信への貢献 近年、国民的関心事となっている黄砂について、環境省では黄砂飛来情報をHP上で、一般国民向けにわかりやすくリアルタイム配信を行っているおり、国環研では東アジア（日本、韓国、中国、モンゴル）に展開するライダーネットワークの17地点で観測された黄砂の高度分布データをリアルタイムで解析し平井情報の提供を行っている。 さらに、所内外の研究者向けに、黄砂モニタリング詳細情報を国環研HPを通じて配信している。</p>
	<p>③環境都市形成に向けた貢献 拠点都市に関する研究は、日中環境大臣による「環境にやさしい都市」協力、及びJICAの循環経済プロジェクトの基本フレームの一部を構成し、日中環境政策連携の枠組み作りに貢献している。また、研究を通して得られた知見は、都市環境マネジメントのガイドラインを通じて、内閣府環境モデル都市選定、環境省温暖化対策地方実行計画のマニュアル、地域循環圏政策に反映された。</p>
	<p>④東アジアの広域環境劣化の予防・改善手法の確立に向けた貢献 中国陸域および東シナ海の水・生態系・物質循環の現地調査・衛星観測により、陸域起源の汚濁負荷が東シナ海（日本経済水域）の生態系に影響を及ぼしていることを明らかにした。東アジアの広域環境劣化の予防・改善を目的として、中国陸域の物質循環データベース・予測モデル、東シナ海海洋生態系モデルの開発、陸域・沿岸域環境管理手法の開発を実施している。また「環境省日中水環境パートナーシップ」を通じて中国への排水処理技術の移転に貢献している。</p>
	<p>⑤国際共同研究を通じたメコン川流域の生態系管理手法の確立に貢献 日本・メコン地域諸国首脳会議（平成21年11月）で採択された「日メコン行動計画63」においては、生物多様性保全への貢献を含むイニシアティブが示されているところ。国環研では、流域諸国の研究機関と連携し、国際共同研究による取組を通じて、流域の生態系管理手法の確立のための研究・情報基盤の形成に貢献した。</p>
	社会環境システム研究領域
<p>②地方の温暖化対策実行計画等の策定への貢献 改正温対法によって新たに実行計画義務づけとなった中核市、特例市のため、交通に起因するCO₂排出量の推計に係る研究成果が、実行計画策定に活用された。具体的には、国の示した実行計画策定マニュアルにおいて、推計法の一つとして採用するとともに、八戸市、西宮市等において、活用され、温暖化対策実行計画が策定された。 また、さいたま市交通環境プラン（改訂版、2011.3公表）の策定に、車の環境負荷と利用方法に係る研究成果が活用された。</p>	
<p>③温室効果ガス排出量削減の中期目標の設定への貢献（再掲） 地球温暖化に関する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、中央環境審議会地球環境部会中長期ロードマップ小委員会における温室効果ガス排出の中期目標の定量化に向けて、アジア太平洋統合評価モデル（AIM）を用いた研究成果が、将来目標の設定に活用された。</p>	
<p>④環境税の効果、影響、道路特定財源廃止による影響の定量的評価（再掲） 中央環境審議会 総合政策・地球環境合同部会 グリーン税制とその経済分析等に関する専門委員会において、環境税の制定に向けた検討にあたって、アジア太平洋統合評価モデル（AIM）を用いた研究成果が環境税の税率検討や道路特定財源維持の検討において活用された。</p>	

環境健康研究領域	<p>①PM2.5の環境基準設定への貢献（再掲） PM2.5の環境基準設定のための科学的知見を収集するために環境省水・大気環境局が実施した微小粒子状物質曝露影響調査において、疫学調査及び動物実験の実施、データ解析ならびに結果の取りまとめを行った。また、環境基準専門委員会において環境基準設定の根拠として取り上げられた研究成果を提供すると共に、専門委員会委員として参画し、平成20年9月のPM2.5の環境基準環境基準の設定に貢献した。</p>
	<p>②局地的大気汚染の健康影響に関する疫学調査への貢献 環境省環境保健部が自動車排ガスの健康影響を解明するために平成17年度より実施してきた調査の計画立案、曝露推計モデルの構築、データ解析等について専門的観点から指導・助言を行い、最終結果の取りまとめに貢献した。</p>
	<p>③熱中症予防に係る情報発信への貢献 近年、増加傾向にある熱中症の予防に関する情報を環境省ではHP上で、一般国民向けに提供しているが、国環研では熱中症環境保健マニュアルの作成に専門的見地から貢献した。また、全国複数の都市における熱中症患者数情報の収集を行って、HP上での提供を行っている。</p>
化学環境研究領域	<p>①ストックホルム条約有効性評価への貢献 バックグラウンド地点（波照間島、沖縄辺戸岬）で実施した大気中残留性有機汚染物質（POPs）モニタリングの結果が、ストックホルム条約有効性評価のための基礎情報として東アジアPOPsモニタリング会議の枠組を通じてアジア太平洋地域レポートに掲載され、2009年5月の第4回締約国会議に報告された。</p>
	<p>②PM2.5の環境基準設定への貢献 平成22年9月9日に告示されたPM2.5の環境基準値設定の根拠の一つとして、曝露評価専門家として参加した環境省3府県コホート研究の成果が使われた。また、PM2.5の測定や組成分析に関する研究の成果・経験が検討過程で生かされた。</p>
	<p>③各種委員会への参加 ダイオキシン受注資格審査をはじめPOPsモニタリング、有機ヒ素地下水汚染、水銀条約化にむけた検討、大気・水中環境化学物質等の分析法の策定など環境政策の策定、推進に関わる各種委員会活動に専門家として参画し、貢献を行っている（H22年度実績で、延べ数として環境省関連16、その他省庁2、地方公共団体2等の本務業務を実施）。</p>
大気圏環境研究領域	<p>①成層圏オゾン層保護に関する検討会への貢献 成層圏オゾン層保護に関する検討会におけるオゾン層の状況の監視・検討に当たり、化学気候モデルを用いたオゾン層の長期変動数値実験の研究成果がオゾン層の将来変動の検討ならびに監視結果取りまとめ資料として活用された。</p>
水土壤圏環境研究領域	<p>①水質環境基準の見直しに対する貢献 河川、湖沼および海域・沿岸域における有機汚濁の動態についての研究成果は、環境省で進められている水質環境基準（生活環境項目）の見直し検討過程で、底層溶存酸素や透明度を新たな項目として追加する等に貢献した。</p>
	<p>②湖沼法・湖沼の排水規制の見直しへの貢献 霞ヶ浦における長期モニタリングデータおよび研究成果は、湖沼水質保全特別措置法の改正や湖沼の窒素含有量及びりん含有量に係る排水規制の規定の改正に貢献した。</p>
	<p>③排水・液状廃棄物の嫌気性処理技術革新による温室効果ガス削減 曝気電力を消費しない嫌気性排水処理技術の適用範囲を技術が未適用な低有機物濃度排水、高濃度有機性廃液、常温排出排水にまで拡大しつつ、排水処理に伴う消費エネルギー（=温室効果ガス排出）の6-7割削減（好気性処理との比較）を達成した。成果の一部は、総合科学技術会議環境エネルギー技術革新計画の検討に活用された。</p>

	<p>④クリーン開発メカニズムの推進に対する貢献 不適切な処理の結果、多量の温室効果ガス発生の要因となっている資源作物由来の高有機物濃度排水の適切処理法の開発を行い、開発技術の一部は、バイオエタノール蒸留排水の処理システムとして実機導入された。また、環境省コベネフィット型CDMモデル事業検討会に専門家として参加し、排水処理に関わる開発途上国でのクリーン開発メカニズムの推進に貢献した。</p> <p>⑤指定湖沼水質保全計画策定等への貢献 湖沼難分解性有機物に関する研究成果は、琵琶湖、霞ヶ浦等の指定湖沼における湖沼水質保全計画の策定に貢献した。</p>
<p>生物圏環境研究領域</p>	<p>①レッドリストの見直しへの貢献 環境省自然環境局野生生物課が担当するレッドリストの見直しに際して、小笠原諸島の無脊椎動物3種および小笠原諸島の昆虫1種についての分布調査結果が評価に利用され、うち2種が絶滅危惧Ⅰ類に、うち2種が絶滅危惧Ⅱ類として位置付けられ、平成18年12月および平成19年8月に公表された。</p> <p>②違法に輸入された遺伝子組換え生物の確認の貢献 観賞用に開発された熱帯魚（ゼブラダニオ）が遺伝子組換え生物であることを確認した。これに基づき、環境省は、「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」に基づく承認を得ずに輸入され国内で販売されていたとして、業者に対して報告徴収と文書による指導を行った。</p> <p>③世界自然遺産推薦への貢献 政府が作成する小笠原諸島の世界自然遺産推薦書の作成に協力し、オガサワラヌマエビなど固有種についての研究成果が、我が国政府が作成する推薦書の一部として記載された。</p>
<p>環境研究基盤技術ラボラトリー</p>	<p>①ヤンバルクイナ保護増殖事業への貢献 環境省のヤンバルクイナ保護増殖事業ワーキンググループにおいて、ヤンバルクイナの遺伝的多様性評価法が検討される際に、国環研が開発したヤンバルクイナ用マイクロサテライトプライマーが活用された。</p>