

8. 環境計測研究分野

(1) 当該分野の研究活動 (研究プログラムを除く)

代表者： 環境計測研究センター
センター長 今村隆史

構成者：

センター長： 今村隆史（センター長）、瀬田孝将（特別研究員）

上級主席研究員： 柴田康行（上級主席研究員）、中宮邦近*、吉兼光葉*、苅部甚一、高木麻衣（特別研究員）、木之下彩子（準特別研究員）

上級主席研究員： 田邊潔（上級主席研究員）

環境計測化学研究室： 西川雅高（室長）、佐野友春、高木博夫*（主任研究員）

有機計測研究室： 田邊潔（室長・併任）、橋本俊次、高澤嘉一（主任研究員）、伏見暁洋、近藤美由紀（研究員）、頭士泰之（特別研究員）

同位体・無機計測研究室： 瀬山春彦（室長）、内山政弘*、田中敦、内田昌男（主任研究員）、武内章記（研究員）、星野亜季*（特別研究員）

動態化学研究室： 横内陽子*（室長）、今村隆史**（室長・併任）、荒卷能史、斉藤拓也（主任研究員）、山岸洋明*（研究員）、田中伸一、野副晋*（特別研究員）

生体応答計測研究室： 柴田康行（室長・併任）、梅津豊司、渡邊英宏（主任研究員）

遠隔計測研究室： 杉本伸夫（室長）、松井一郎、日暮明子、西澤智明（主任研究員）、原由香里*（特別研究員）

環境情報解析研究室： 松永恒雄（室長）、小熊宏之（主任研究員）、横田康弘、山本聡、加藤創史、石黒聡士、遠藤貴宏、Eric Dupuy（特別研究員）

※所属・役職は10月31日時点のもの。

*印は過去に所属していた者を示す。**)印は平成24年4月1日より。

1. 研究成果の概要

1.1 研究の概要

環境の状態の把握、状態の時間的・空間的な変化の監視、過去の変化の解明、将来の環境変化の予兆の検出、新たな環境悪化の懸念要因の発見・同定とその評価などに関する様々な環境研究を支えるための環境計測手法（計測データの分析・解析・活用手法なども含む）の開発・高度化に関する研究や計測手法の整備、体系化に関する取組を推進する。同時に、環境ストレスに対する生体影響評価のための計測手法の開発、計測データを総合的に分析するための情報解析手法の開発・高度化や計測データ質の保証と管理を目指した調査・研究を実施する。他の研究分野（研究センター）と連携しつつ、開発・改良を行った計測手法の環境研究への応用も並行して実施した。

1.2 平成24年度の実施計画概要

環境計測研究分野では、先端的計測手法の開発に関わる研究（先導研究プログラムとして実施）以外に、計測データ質の確保と管理、計測手法の整備と計測能力の向上、計測手法の応用、に関わる研究を進める。具体的な研究計画は以下の通りである。

(1) 計測データ質の確保と管理

(i) 環境分析方法の正確さと分析値の信頼性を支える取り組みとして、国際標準となる環境標準物質の作製、頒布を継続する。今年度は、カドミウム汚染玄米と黄砂を対象とした環境標準物質を完成させるほか、中長期的な視点に立って今後重点的に整備すべき分野や試料種を決定するため、都道府県の化学分析担当者へのヒアリング等を計画している。

(ii) ネットワークモニタリングなどでのデータ質の確保では、長期間での計測データ質の確保やサンプリングデータの代表性の確保、多地点での計測データの比較、他機関の計測データとの相互比較が必要である。今年度はハロカーボン類のモニタリングや東アジアライダーネット

ワーク観測を継続する。

(2) 計測手法の整備と体系化、計測体制の機動性

(i) 地方環境研究機関などとの連携による地域毎の環境監視手法の開発を進める。水質管理の計測手法の開発と活用として、アオコ毒であるミクロシスチンのモニタリング手法の検討を進める。

(ii) 環境試料の長期保存事業（タイムカプセル化事業）の一環として、既に日本全沿岸域からの試料回収を行った二枚貝試料について、今年度の北陸地方などでの二枚貝の採取・凍結保存から追跡調査を開始する。

(iii) 化学物質等の環境ストレスに対する脳中枢神経系の応答計測手法の開発と活用として、核磁気共鳴イメージング法（MRI）を用いた非侵襲計測ならびに行動試験法と化学分析を組み合わせる手法の開発ならびに活用を進める。

(iv) ヒト生体試料中の各種化学物質の迅速分析法の開発と活用として、ヒト生体試料中のヒ素化合物ならびにその代謝産物の迅速測定法などの開発を進める。

(v) 3月の震災等による環境変化の追跡として、タイムカプセル化事業と連携して、太平洋沿岸域での二枚貝の採取・保存を実施すると共に、放射性ヨウ素やセシウムならびにその他の各種の計測を行う。

(3) 計測手法の応用

(i) 放射性炭素（ ^{14}C ）を用いた分解速度の異なる炭素プールごとの土壌有機炭素の分解特性や滞留時間測定を通し、土壌圏での炭素の蓄積と動態解明につなげる。

(ii) ^{14}C を指標に日本海での水塊の動きをモニターし、表層水が海底に沈みこむ日本海底層水の形成の実態把握とメカニズムの解明を進める。

(iii) 東アジア域での人為起源ハロカーボン類の排出量変化をとらえるため、ハロカーボン類測定の高精度化を行うと共に遠隔地における連続観測を継続する。

(iv) 黄砂ライダーネットワークの高機能化ならびにライダーネットワークデータと地上観測データの相互利用による影響研究との連携の方策を検討する。

(v) 計測手法の新たな応用面の開拓を目指して、分野横断型研究「MRI画像解析と同位体解析による栄養塩や温室効果ガスの底泥からのフラックス予測」（地域センター代表）を推進する。

1.3 研究予算

（実績額、単位：百万円）

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	累計
①運営費交付金	272	278				550
②総合科学技術会議が示した競争的資金	83 (105)	83 (104)				166 (209)
③②以外の競争性のある資金（公募型受託費等）	74	26				100
④その他の外部資金	57 (62)	48 (51)				105 (113)
総額	486 (513)	435 (459)				921 (972)

注1. 括弧内は、再委託費を含めた金額。

1.4 平成24年度研究成果の概要（当該分野の研究活動：環境計測研究センター）

構成するプロジェクト・活動等	平成24年度の目標	平成24年度の成果（成果の活用状況を含む）
計測データ質の確保と管理	環境標準物質の作製・頒布状況やニーズの把握と国際標準として認められる環境標準物質を作製する	<p>①環境標準物質の NIESCRMNo.10 シリーズ「カドミウム汚染米」に新たに No.10-d を開発した。土壤汚染防止法と関連する玄米中の Cd 規制値 (0.4mg/L) と一致する標準物質を水稻栽培により完成させた。</p> <p>②我が国の越境大気エアロゾルに関するモニタリング研究の精度管理、基礎実験材料として有用されることを目的として、北東アジア地域に飛来する黄砂を対象とした標準物質 (NIESCRMNo.30「ゴビ黄砂」) をモンゴル気象水文環境研究所との共同研究によって世界で初めて完成させた。</p>
	大気成分のモニタリングを実施する。モニタリングデータ質を確保する	<p>①2011年夏季にスタートした南鳥島におけるフッ素系温室効果気体 (HFC9種、HCFC5種、PFC3種、CFC6種、SF₆) のサンプリングと分析を月2回のペースで継続した。過去1年分のデータを解析した結果、HFC、HCFC、PFC、SF₆に増加傾向が見られた。</p> <p>②東アジアライダーネットワークによる観測を継続的に行ない、データ質の確保されたエアロゾルの立体分布の連続データを取得した。</p>
計測手法の整備と体系化、計測体制の機動性	藍藻類が生産するマイクロシチンのモニタリング手法を開発する	マイクロシチンには多くの同族体が知られており、同族体毎の高精度な分析法の開発や精度管理手法の確立が必要である。地方環境研究所と共同で、 ¹⁵ N標識化マイクロシチンを利用した高精度分析法の検討を行った。
	フッ素系界面活性剤について、地方との分析法の調和、精度管理、汚染実態等の情報共有を図る	ストックホルム条約の対象となった PFOS を含むフッ素系界面活性剤の汚染実態や汚染源等に関する地方環境研究所との連携強化を目的に、分析法情報や汚染実態、汚染源等に関する情報共有を進め、共通試料の配布、共同分析を実施して結果を取りまとめた。
	北東アジアに展開するライダーネットワーク観測の高度化と観測データの活用を図る	①ライダーネットワークの主要な地点のライダーにラマン散乱受信システムを増設して連続観測を行った。エアロゾルの消散係数、ライダー比、波長比、偏光解消度を解析し観測地点毎の特徴を調べた。また、前年度までに開発した手法を用いて、4種類のエアロゾル（黄砂、硫酸塩（非光吸収性小粒子）、海塩、ブラックカーボン（光吸収性小粒子））の分布の推定を試みた。

		<p>②ライダーネットワークデータによるエアロゾル輸送モデルの同化手法の研究を継続して行なった。また、日中韓の黄砂ワーキンググループでデータ共有された主要な黄砂事例についてデータ同化を行い発生・輸送・沈着の動態を明らかにした。</p>
	<p>環境試料の長期保存（タイムカプセル化）と震災に伴う環境変化の実態把握と環境情報の保存を行う</p>	<p>①これまでのタイムカプセル化事業の試料（全国沿岸域の二枚貝、東京湾アカエイ等魚類精密調査及び底質、大気粉じん、母乳）のうち、日本全体の沿岸域の1周を超える試料（毎年採取地点）が得られている二枚貝試料を継続モニタリング試料とした。本中期計画5年間で日本全沿岸域をもう1周カバーする試料を得る目標を達成するために、今年度は中国地方など9地点の二枚貝採取と凍結保存を行った。</p> <p>②2011年3月に発生した東日本大震災による津波被災地及び福島第一原発周辺を含む東日本沿岸域（青森県から千葉県まで）で二枚貝及び海水等を採取・分析した。</p> <p>③タール等の漂着物が認められる津波被災地では、多環芳香族炭化水素類（PAHs）の分析を実施している。また、放射性セシウムの地域分布（原発南側で濃度がやや高い）と事故による影響範囲及びその経時変化等の結果を発表し、さらに、原発周辺南北域での放射性ストロンチウムの分析結果を得た。</p> <p>④東北地方および関東地方の太平洋沿岸で2005年から採取された二枚貝中の重金属濃度が震災以後減少している。その原因として、震災による生態系変化に基づく餌の変化ではないかと仮説をたて、炭素と窒素の安定同位体比分析を実施したが、震災前後で炭素と窒素の同位体比に大きな変化は見られず、餌の変化によって重金属濃度が減少したとは考えにくい結果を得た。現在、新たな原因の探索を進めている。</p> <p>⑤海外の試料長期保存グループと意見交換、情報交換を続けながら、ストックホルム条約の有効性評価のための手法を定めるガイダンス文書の改訂作業で、リードオーサーとして環境試料保存（スペシメンバンク）に関する新たな章の執筆を行った。</p>
	<p>環境と生体中の元素の存在状態と動態解明のための手法開発として、ハウスダストなどの環境試料分析法を検討する</p>	<p>微生物の鉱物形成作用により生成した、有害金属などを含有する陸生マンガンノジュールの顕微蛍光X線分析から、マンガンノジュールの生成過程や年輪構造と元素分布などに関する知見が得られ、100μm程度の不均一な構造を持つ固体試料の非破壊分析、局所分析に顕微蛍光X線分析法が有効であることを示した。また、水中金属ナノ粒子の定量分析法の確立へ向けて、単粒子ICP/MS法の開発を開始した。</p>

	化学物質等による脳中枢神経系の応答検出手法開発を進める	<p>①ヒト脳内の生体鉄濃度イメージングの基幹となる 3D T₂イメージングの開発を引き続き行った。イメージング方式の工夫などにより計測時間 33 分で、ヒト脳での 3D T₂分布画像が取得できるようになった。被殻、尾状核、視床などの部位で妥当な T₂が求められたが、短 T₂の部位では誤差が生じ、原因に関して検討を行った。提案、開発した高周波磁場分布均一化法によって生体鉄濃度イメージング高度化のもう一つの因子である高分子分画イメージングも行えるようになった。</p> <p>②有機ヒ素ジフェニルアルシン酸 DPAA の摂取に伴う脳内移行の速度等を明らかにするため、マウスの線条体にマイクロダイアリシスプローブを挿入し、リンゲル液を還流しながら DPAA 含有水を飲ませて、飲水中の DPAA が脳内に出現して変化する様子を LCMSMS で観察した。人での曝露事例に近い体重 1kg あたり 8mg の投与で、飲水後 15 分以内という早い速度で脳内に現れ始め、1 時間半程度でピークに達したあと、2 時間程度の半減期で減少していく様子をとらえることに成功した。あわせて、神経伝達物質の DPAA 摂取に伴う変動の検出について基礎的な検討を進めた。</p>
	ヒト生体試料中各種化学物質の分析法の開発を進める	<p>①定性機能、網羅性に優れた LC-TOFMS を用い、尿中代謝物の網羅分析を検討した。フラグメントが生成する条件で測定し、ニュートラルロス検索によってグルクロン酸抱合体、硫酸抱合体と思われる約 170 物質の検出に成功した。</p> <p>②人化学物質曝露の指標となる尿中化学物質代謝物の迅速分析を目指してオンライン固相抽出-LCMSMS 法の開発を進め、固相と分離カラムの組み合わせを変えながら適した組み合わせと条件の最適化にむけてデータを蓄積した。</p>
開発した計測手法や解析手法の応用	放射性炭素同位体 (¹⁴ C) を用いた土壌圏での炭素の貯留と動態評価のための検討を行う	<p>①温暖化が土壌呼吸に及ぼす影響を評価するために、泥炭土壌を含む特性の異なる土壌を用いた培養実験を実施し、Q₁₀ (分解速度の温度依存性を示す指標) を得た。¹⁴C 分析のために、培養土壌が放出する CO₂ を回収する方法を確立し、試料採取を行った。これら CO₂ 試料および培養土壌から比重選別で得た分解性の異なる炭素プールについて ¹⁴C 分析を進めると共に、土壌特性と Q₁₀ の関係について解析を進めている。</p> <p>②北極土壌炭素動態モデルの確立を目指して、アラスカのタイガ、ツンドラ生態系の中から観測サイトを幾つか選定し、各観測サイトにおいて土壌特性に関する基礎データを得た。また、特にパルサ地形が多く存在するデナリ地域においては、定点気象観測点をもうけ、微気象、土壌熱特性に関するデータ収集を開始し、土壌炭素動態モデルの開発に向けた準備を開始した。</p>

		さらに大規模な森林火災が多発するタイガ林における炭素焼失量を推定するため、火災跡地において深度別に土壌および土壌ガスを採取するとともに、それらの放射性炭素 (^{14}C) 濃度を測定し、一度の火災により約 50 年程度の間蓄積した有機物が焼失したことを明らかにした。
	過去の急激な気候変動のあった時期の北極海環境の変動実態の復元を目指し、 ^{14}C 測定を活用した有機・無機炭素の変動履歴や水温の決定のための検討を行う	①北極海ノースウインド海嶺、アラスカバロー沖で採取された海底堆積物コアの分析を開始した。これらの地域には、過去の氷床融解期における温暖化に伴っておきた大陸氷床の崩壊に関する履歴が残っていることが本研究から明らかとなった。2008 年の航海では、総延長 11533.93 km について海底音波探査を実施したが、その解析の予備的結果から、海底には多数のクレーターが見つかった。これらのクレーターの生成メカニズムについては、詳細に検討を進めているところである。 ②海洋古細菌細胞膜エーテル脂質 (GDGTs) を用いた水温決定に関する国際比較実験 (38 研究室参加) に参加し、堆積物からの GDGTs の抽出、LC/MS を使った GDGTs の分析、GDGTs の環状構造の違いに基づく水温指標 TEX86 の算出を行った。その結果、TEX86 の算出に必要な抽出法、LC/MS による GDGTs 分析ともに高い質にあることが確認された。
	日本海深層の無酸素化に関するメカニズムの解明のため、 ^{14}C をトレーサーに用いた底層水形成の解析を行う	冬季の日本海において表層水が海底まで沈み込む日本海底層水の形成という現象が温暖化の影響で停滞しているのではないかと指摘を受け、韓国の排他的経済水域に位置する対馬海盆 (別称、鬱陵海盆) の海水試料 (2001 年 4 月に採取) を譲り受け、分析を行った。特に、表層水の海底までの沈み込みイベントの有無を ^{14}C 濃度の鉛直分布から調べた。その結果、2001 年 1 月下旬に同海域の北に位置する日本海盆西部域で形成したとされる新底層水が、約 2 ヶ月で対馬海盆北側の海域にまで達していたことが確認された。先導プログラムでの CFCs をトレーサーとして用いた解析との整合性を検討中である。
	東アジアにおけるハロカーボン排出実態を明らかにするために、ハロカーボン類の高精度連続観測を可能にする	東アジア域における大気中ハロカーボン濃度の経年変化と排出量を把握するため、地上モニタリングステーションにおける大気中ハロカーボン類の高時間分解能でのモニタリングを継続して実施すると共に、昨年度落石岬に導入した改良型測定システムにより新規 PFC 類の観測を行った。
	ライダーネットワーク観測データと疫学研究をはじめとする影響研究データとの相互活用のた	①ライダーの黄砂消散係数と PM2.5 に含まれる Fe 濃度の間に高い相関があることなどが示され、黄砂消散係数が非球形小粒子の重量濃度と高い相関を持つこと (黄砂の疫学研究に黄砂消散係数を用いることの妥当性) が検証された。

	<p>めのインターフェースを確立する</p>	<p>②過去のライダーデータから地上付近の黄砂と大気汚染性エアロゾルの消散係数の長期間のデータセットを構築し疫学研究に提供した。その結果、小児の肺炎や呼吸器疾患の自覚症状などに黄砂の有意な影響が見られること、後者では大気汚染との複合的な効果も示唆されることが分かった。</p>
	<p>大量、多次元の環境計測データからの情報抽出技術開発として、衛星搭載熱赤外センサデータを用いた都市域の日向面温度の推定や画像データからの野生動物の活動情報を抽出する手法開発を行う</p>	<p>①米国における衛星同期地上観測実験を継続するとともに、地上観測で使用する放射計の校正を行った。さらに火災実験時の衛星赤外面像を入手し、画素内に高温の物質が混在する画素の放射輝度の波長依存性等の検討を行った。</p> <p>②移動体（無人GPSヘリコプター）に搭載した熱赤外カメラを用いた野生動物等の自動抽出に関する実験を実施し、そのデータ解析を進め、自動抽出が可能となる条件等の検討を行った。</p> <p>③海底地形計測用ライダーによる我が国沿岸域の海底地形観測計画を立案し、平成24年11月からの実観測に向けた準備を行った。</p>
	<p>(v) 計測手法の新たな応用面の開拓を目指して、分野横断型研究「MRI画像解析と同位体解析による栄養塩や温室効果ガスの底泥からのフラックス予測」（地域センター代表）を推進する。</p>	<p>霞ヶ浦底泥コアのMRIを用いた3次元構造可視化の可能性を探った。この結果、磁場不均一性の影響により勾配磁場エコー法では検出できず、スピンエコー法によって測定できることがわかった。測定条件の検討を行い、底生生物の巣穴の3次元構造の可視化ができた。</p>

1.5 今後の研究展望

計測データの質の確保と管理： 昨年の外部評価委員会では、環境標準物質の取り組みについて必要とご意見の他に、国際標準としての意義の点からのご指摘を頂いた。そこで、国内外のニーズ情報を的確に把握する工夫を検討すると共に、一方で、着実に標準物質の開発・作製と頒布に努めている。このほか、HFCやPFCなどのモニタリング（地球環境研究センターとの連携で実施）の実施とその精度管理、東アジアライダーネットワーク観測でのデータ質の維持・管理の点では、将来的なデータ質管理に向けた体制作りの検討を始めたい。

計測手法の整備と体系化： 昨年の外部評価委員会では、環境試料保存ならびに保存試料の分析に関して、震災・放射線研究とも関連して、モニタリングデータの公表やデータベース化が必要とご指摘を頂いた。現時点では、これまで実施してきた二枚貝の保存等を着実に進める予定だが、一方で、限られた予算内で保存試料に対する優先順位をつける等の検討も進めたい。また、過去の試料の分析も含めて、震災以降の二枚貝などの測定結果については、所内の震災対応研究の一環として、早期に分析結果等を公表する方向で検討している。一方MRIの利用研究に対しては、脳内鉄分布計測について医学系との共同研究の必要性等のご指摘を頂いた。MRI研究については、既に外部の医学系研究者との共同研究を立ち上げており、今後はその連携を強化していきたい。

開発した計測手法の応用： 昨年の外部評価委員会では、ニーズの把握や先取りの必要性、開発した手法の積極的な応用への期待などのご指摘を頂いた。ニーズの把握や先取りについては、所内の他の研究・事業（例：エコチル事業、化学物質リスク研究、地球環境研究）を応用先として位置付けながらの取り組みを進めている。一方で、他の研究センターと並列の独立した研究センターとしての位置づけが求められていることから、ニーズの把握だけでなく、方法提案型研究（評価委員の先生が計測手法開発の分類化として示して頂いた研究の一つ）の加速とその応用例のアピールにも努めたい。

1.6 自己評価

「計測データの質の確保と管理」に関わる取り組みとしては、新たに2つの環境標準物質を作製するなど、着実な取り組みが行われた。特にゴビ黄砂の標準物質の作製では、モンゴルの研究機関との共同研究によって行うことが出来た点は評価できる。「計測手法の整備、計測能力の向上、機動性を持った計測体制」に関しては、所内で進められている震災・放射線研究への対応がようやく軌道に乗りつつある。今後は所内の関係者とも連携しながら、データの公開、データセット作成等の面にも力を入れていきたい。また、地方環境研究所などと連携した取り組みも着実に進められ、特にPFOS関連の分析法情報や汚染情報の共有も進められた。更に、化学物質が脳中枢神経系に及ぼす影響研究の一環として、有機ヒ素の影響に関し、マウス脳内での有機ヒ素化合物の移行状況を把握でき、マウスの行動試験結果との比較検討の道筋を作ることが出来たと考えている。「計測手法の応用」に関する取り組みでは、放射性炭素（ ^{14}C ）計測が地球環境研究を始め、様々な分野で活用される状況ある。一方で、震災後の加速器質量分析装置の完全復旧に至っていない状況もあり、苦しい対応が迫られるなか、担当研究者の努力で一定の成果を上げてきている点は評価できる。生体応答計測に用いられているMRIを底質サンプル内の3次元構造の把握への応用研究がスタート出来、巣穴の3次元構造を明らかにする等、新たな応用面が見えてきた点は評価できる。遠隔計測関連ではライダーネットワーク観測データが疫学研究に活用可能である点を見出すなど着実な成果を上げたと考えている。また無人GPSヘリコプター搭載カメラを利用した野生動物の活動のモニタリングに向けた基礎データを取得できたなど、今後の展開に期待できる進展も認められた。

2. 誌上発表及び口頭発表の件数

(件)

誌上発表		書籍	口頭発表		特許等
査読なし	査読あり		国内	国外	
5	26	3	84	26	0

(2) 研究プログラム「先端環境計測研究プログラム」の研究活動

PJ1: 多次元分離技術による環境および生体中有機化学物質の網羅分析手法の開発

PJ2: 新しい環境トレーサーを用いた環境動態解析法の開発と計測

PJ3: 先端的分光遠隔計測技術の開発に関する研究

代表者: 環境計測研究センター

プログラム総括・上級主席研究員 柴田康行

構成者:

PJ1: [有機計測研究室] 橋本俊次[#]、高澤嘉一 (主任研究員)、伏見暁洋 (研究員)

田辺潔 (上級主席研究員兼室長)、頭士泰之 (特別研究員)

[プログラム総括兼上級主席研究員] 柴田康行 (上級主席研究員)、中宮邦近^{*}、吉兼光葉^{*}、高木麻衣 (特別研究員)

[環境リスク研究センター曝露計測研究室] 中島大介 (主任研究員)

[資源循環・廃棄物研究センターライフサイクル物質管理研究室] 滝上英孝 (室長)

[環境健康研究センター総合影響評価研究室] 中山祥嗣 (主任研究員)

PJ2: [動態化学研究室] 横内陽子^{#1} (室長、フェロー^{**})、荒巻能史、斉藤拓也 (主任研究員)、田中伸一、野副晋^{*}、荻部甚一 (特別研究員)

[同位体・無機計測研究室] 瀬山春彦^{#2} (室長)、田中敦 (主任研究員)、内田昌男 (主任研究員)、武内章記、近藤美由紀 (研究員)、星野亜季^{*} (特別研究員)

[プログラム総括兼上級主席研究員] 柴田康行

PJ3: [遠隔計測研究室] 杉本伸夫[#] (室長)、松井一郎、日暮明子、西澤智明 (主任研究員)、原由香里^{*} (特別研究員)

[環境情報解析研究室] 松永恒雄 (室長)、小熊宏之 (主任研究員)、横田康弘、山本聡、加藤創史 (特別研究員)

[生物・生態系環境研究センター生物多様性評価・予測研究室] 山野博哉 (主任研究員)

※所属・役職は10月31日時点のもの。

[#]プロジェクトリーダー

^{#1}プロジェクトリーダー (H24.3.31 まで)、^{#2}プロジェクトリーダー (H24.4.1 より)

^{*}印は過去に所属していた者を示す。^{**}印は平成24年4月1日より。

1. 研究成果の概要

1.1 研究の概要

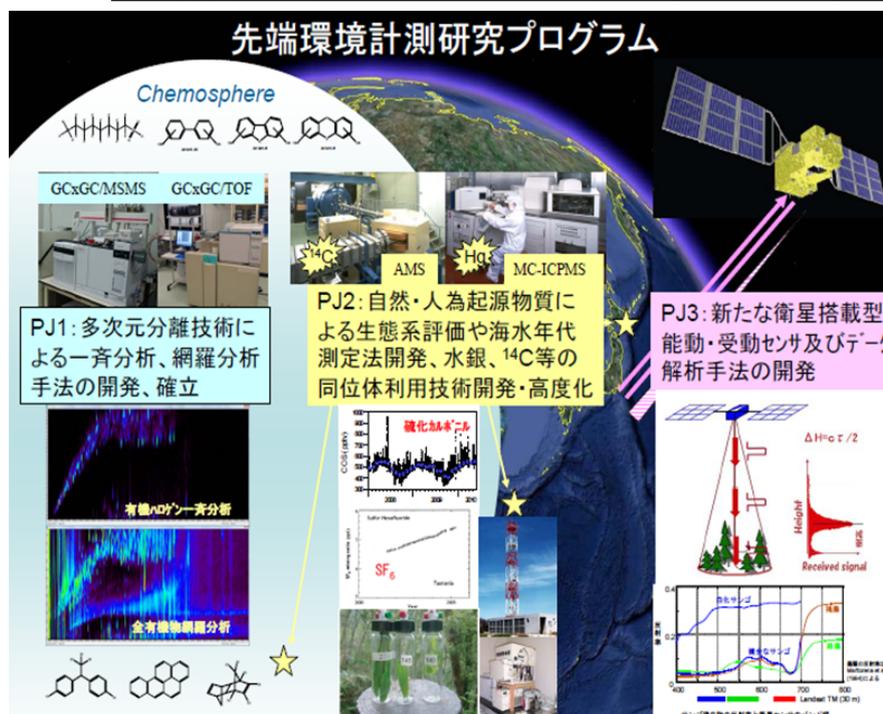
顕在化した環境問題の解決、緩和を図り、新たな問題の発生を未然に、あるいは拡大を早期に防ぐためには、問題の全体像を迅速・的確に把握し、環境の状態やその変化を詳細かつ高感度に把握、追跡、評価するための計測手法、対象をシステムとして捉え的確な将来予測や対策立案を行うためのモデルの検証やプロセスの理解などに有用な計測手法が求められる。気候変動、残留性有機汚染物質 (POPs) 対策など主要な環境問題についてはそれぞれ国際条約の下で取り組みが進められ、全球的なモニタリング、課題の抽出、有効性評価などの目的で国際的な視野にたった計測手法の開発と応用が求められる。さらに水銀条約締結への動きも進んでいるほか、化学物質の子どもの健康影響評価に関する国際的な活動の活発化と国内大規模疫学調査の開始など、早急な計測手法開発、整備を要する課題もある。

先端環境計測プログラムではこうした状況に対応しつつ、化学物質適正管理への貢献と地球規模環境変化の把握を主たる目標として、情報量を増やし包括的、網羅的計測を目指すアプローチ、知りたい情報と密接に関係をもつ特定の指標（トレーサー）を対象とするアプローチ、の2つの側面から、3つのサブテーマに分かれて研究を進めている。具体的には、

- 1) POPs を含む環境中、生体中に存在する膨大な数の化学物質の監視、解析のための、多次元分離技術による網羅的分析手法の開発と体系化、
- 2) 気候変動など環境の状態やその変化、環境中の物質動態、さらには水銀その他の汚染物質の発生源や環境動態などを把握、追跡、評価するための新たな環境トレーサーを用いた環境動態解析法の開発と体系化、
- 3) 気候変動や植生変化など全球的環境監視強化にむけた次世代環境観測衛星センサに必要な計測手法並びにデータ解析手法の開発、

の3つの主要な課題に取り組み、様々な環境研究を支える先端的な環境計測手法の研究開発を推進している。

(図2) **新規計測手法、先端的計測手法の開発**



1.2 平成24年度の実施計画概要

今年度は上記の中期計画に基本的に則しながら、昨年3月11日におきた東日本大震災の影響に対する対応（下線部）も含めて以下のような研究を継続して進めている。

- ① 多次元分離技術による網羅的分析手法の開発では、GCxGC-MS/MSによる大気や飛灰試料中のダイオキシン、PCBなどのPOPs類の迅速分析法の開発、GCxGC-MS/MSおよびHRTofMSを用いた一斉定量法の対象物質の拡大と生体試料への応用を検討する。
- ② 環境トレーサーを用いた環境動態解析法の一環として、波照間島および落石岬で観測している自然起源VOCを自然生態系トレーサーとして活用するため、硫化カルボニルをはじめとする自然起源VOCの変動要因を解析すると共に、発生から消失までのプロセスを把握する。また、前年度までに確立した海水中のハロゲン化合物多成分同時定量法を見かけの海水年齢が比較的

8. 環境計測研究分野

若い日本海水に適用して日本海深層循環の解明を目指す。さらに、水銀同位体精密測定法の確立を目指し、同位体測定用誘導結合プラズマ質量分析装置（MC-ICP/MS）を用いた同位体測定システムの確立を行うとともに、魚などに含まれる水銀の同位体測定から、環境中における水銀同位体比の変動を調べる。また、加速器質量分析計（AMS）を用いた放射性炭素測定による、環境中エアロゾル粒子の起源・動態解析のための新たな分析手法開発を進めるとともに、ヨウ素129の測定のための施設改修と条件検討を継続する。

- ③ 次世代衛星搭載センサの提案を目標として、国際宇宙ステーションへ搭載を提案中の植生ライダー（樹冠高度と植生指数を測定）について、計測手法およびシステムの検討を進める。また、2015年打ち上げ予定の EarthCARE 衛星に搭載されるライダー(ATLID)とマルチスペクトルイメージャー(MSI)を複合的に利用したエアロゾル解析手法の開発を進める。

ハイパースペクトルセンサのデータ解析手法の研究として、特に水域の利用に重点をおき、サンゴ礁の白化及び白化からの回復状況の監視を目的とした衛星または航空機データの解析を進める。また現場観測データを得る手法の一つとして船舶に搭載した各種機器の試験及びデータ解析を進める。また次期陸域観測衛星搭載（ALOS-3、2015年以降に打ち上げ予定）予定のハイパースペクトルセンサ（HISUI）による地域毎の観測頻度とデータ転送量等との関係の検討及び観測スケジューリング方法の評価を進める。ハイパースペクトルセンサのデータ解析手法の研究として、特に水域での利用に重点をおき、大気及び水面反射の影響の軽減手法の検討や藻場、サンゴ礁等の沿岸生態系の分光特徴やその測定方法に関する調査等を実施する。

1.3 研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	累計
①運営費交付金	29	30				59
②総合科学技術会議が示した競争的資金	16 (33)	16 (30)				32 (63)
③②以外の競争性のある資金(公募型受託費等)	40	83				123
④その他の外部資金	0	0				0
総額	85 (102)	129 (143)				214 (245)

注1. 括弧内は、再委託費を含めた金額。

1.4 平成24年度研究成果の概要（先端環境計測プログラム）

研究プログラム・プロジェクト・サブテーマ	平成24年度の目標	平成24年度の成果
先端環境計測研究プログラム	<p>震災の環境影響把握にも対応しつつ、化学物質適正管理のための新たな分析手法開発(PJ1,PJ2一部)、気候変動等地球規模環境問題にともなう環境、生態系変化の新たな計測手法開発(PJ2、PJ3)を中期計画に沿って推進する。</p>	<p>化学物質の網羅的分析法開発を目指す PJ1 のサブテーマ 1 では、従来法にかわる簡便、迅速で定量性の高い化学物質分析法の開発を進めた。前処理操作を大幅に省略した試料抽出液を GCxGC-HRTOFMS で測定して得た大量のデータから、POPs 等の分析対象物質の精密質量と保持時間のデータベースに基づいて、必要とされるマスクロマトグラム (EIC) を自動的、迅速に抽出して定量を行うソフトウェアを独自開発した。内標準物質を利用した保持時間変化の補正機能により、連続測定における保持時間の変化の影響を受けないようにした。大気試料について TD-GC-HRMS、TD-GCxGC-TOFMS、TD-GCxGC-MS/MS による POPs 定量値と、ハイボリウムサンプリングを用いた公定分析法による定量値の比較を進めた。</p> <p>サブテーマ 2 では、環境試料および生体試料におけるノンターゲット分析（網羅分析）を可能にするため、前処理操作を大幅に省略した試料抽出液を GCxGC-HRTOFMS で測定して得た大量のデータから、任意の化学物質情報を抽出する手法について検討した。塩素あるいは臭素のもつ特有の同位体組成を利用し、測定データのマススペクトル中から塩素（臭素）を含むマススペクトルのみを抽出するソフトウェアを独自に開発した。質量過小を利用したマスデフェクトフィルターを用いることにより、炭化水素類のデータを効率的に除去し、ハロゲン化合物のデータ抽出を容易にした。定性機能、網羅性に優れた LC-TOFMS を使い、尿中代謝物の網羅分析を検討した。フラグメントが生成する条件で測定し、ニュートラルロス検索によってグルクロン酸抱合体、硫酸抱合体と思われる約 170 物質の検出に成功した。</p> <p>新たな環境トレーサー開発を目指す PJ2 のサブテーマ 1 では、低濃度の硫化カルボニルを濃縮して GCMS に導入できる大気濃縮装置を開発した。また対馬海盆と大和海盆で 3 種類の CFCs と SF6 の海水中鉛直分布を測定するとともに、深層海水の年代を算出した。サブテーマ 2 では水銀測定技術の精密化を進め、マグロの水銀同位体の精密測定を実施した。また衛星搭載型センサ並びに解析法の基礎研究を進める。</p> <p>PJ3 では、サブテーマ 1 で衛星搭載高スペクトルライダーの基礎技術開発を進めて目標をクリアするとともに、データ解析アルゴリズムを作成して実データの解析から検証を行った。サブテーマ 2 ではハイパースペクトルセンサの基礎研究として個葉の分光計測装置を作成するとともに、得られた情報と生化学データとの比較を進めた。また、衛星搭載時の運用シミュレーションソフトの開発を進めるとともに、データマイニング手法開発として実データから特定の地質構造を探るための検討を行った。いずれの課題においても、基本的には年度当初の目標を順調にクリアして成果をあげつつある。</p> <p>被災した加速器質量分析施設の改修、再立ち上げ作業については、放射性炭素 14 の測定について、統計誤差で 0.3%を下回る震災以前の高精度測定が可能なところまで復旧し、たまった試料の測定を精力的に行っている。また、環境省請負研究業務としてヨウ素 129 測定のための改修作業を継続し、ヨウ素 129 シグナルの検出に成功したほか、環境試料の前処理装置を構築して処理条件について検討を進め、実試料のデ</p>

8. 環境計測研究分野

		<p>ータを得た。従来法にかわる簡便、迅速で定量性の高い化学物質分析法の開発（サブテーマ1）、並びに POPs として特に注目される有機ハロゲン化合物等の網羅的一斉検出方法の開発（サブテーマ2）の2つの課題について研究を進めた。</p>
--	--	--

<p>プロジェクト1 「課題名：多次元分離技術による環境および生体中有機化学物質の網羅分析法の開発」</p> <p>サブテーマ1：多次元分離技術による迅速・正確分析法の開発</p> <p>サブテーマ2：多次元分離技術による網羅分析法の開発</p>	<p>サブテーマ1：GCxGC-MS/MSによる環境試料中のPOP類の一斉定量を実現するための、試料採取法、前処理の省略、分析条件の最適化などを検討する。</p> <p>サブテーマ2：環境試料中のハロゲン系化合物を中心に、選択的かつ網羅的に検出する手法開発に必要な基礎検討を行う。</p>	<p>サブテーマ1：環境試料中のダイオキシン、PCBをはじめとするPOP類の迅速・一斉定量を行うため、前処理操作を大幅に省略した試料抽出液をGCxGC-HRTOFMSで測定して得た大量のデータから、分析対象物質の精密質量と保持時間のデータベースに基づいて、必要とされるマスクロマトグラム（EIC）を自動的、迅速に抽出して定量を行うソフトウェアを独自開発した。この分析法は、低分解能では選択性が低く妨害が多いために機能しないが、分解能5000以上では極めて保持時間が近い同族体を除いて精度良い同定・定量ができ、底質標準試料粗抽出液の分析値は保証値と良く一致した。また、内標準物質を利用した保持時間変化の補正機能により、連続測定による保持時間の変化の影響を受けることがなかった。</p> <p>サブテーマ2：環境試料および生体試料におけるノンターゲット分析（網羅分析）を可能にするため、前処理操作を大幅に省略した試料抽出液をGCxGC-HRTOFMSで測定して得られた大量のデータから、任意の化学物質情報を抽出する手法について検討を行った。塩素あるいは臭素のもつ特有の同位体組成を利用し、測定データのマススペクトル中から塩素（臭素）を含むマススペクトルのみを抽出するソフトウェアを独自に開発した。大気、底質、土壌、飛灰などの環境試料やヒト尿などの生体試料のGCxGC-HRTOFMS測定データを自作ソフトウェアで処理することにより、塩素（臭素）化合物データを抽出することに成功した。データ抽出結果は質量分解能により大きく左右され、低分解能条件下では、データ抽出がほとんど機能しなかったが、質量分解能5,000-10,000では抽出化ピーク数が数十～百程度になり、試料に含まれると予想される物質数相当であった。さらに、同ソフトウェアで質量過小を利用したマスデフェクトフィルターを用いることにより、炭化水素類がデータより効率的に除去され、ハロゲン化合物のデータ抽出が容易になった。また、今回処理した室内空気試料の場合、NIST08 マスライブラリ検索により、抽出された73のピークの中から57物質が同定されたが、未同定のものも多く、精密質量データベースの整備と検索法の開発の必要性が認められた。</p> <p>科学的意義：分析機器側の多次元化などで前処理を省略あるいは最小し、省力化、迅速化、低コスト化、さらにはより多くの種類の化学物質の一斉分析を可能にする手法の開発は、環境分析体系を一新する可能性を秘めている。これまで気づかなかった人為起源、さらには自然起源の化学物質からより多くの環境情報、生態系に関する情報を得られる可能性が広がることで、環境化学分野の大きな拡大が期待される。これまでに排ガスや焼却灰中のダイオキシン類、一般環境大気中のPOP類、農薬類、大気粉じん中のPAHs及び誘導体などについて、従来の前処理+高分解能GCMS法との比較、保証値との比較から高い適用性を持つことが示されており、今後さらに適用範囲の拡大と検証作業を続けることで上記の目標を果たせるものと期待される。</p> <p>環境政策への貢献：化学物質の適正管理を進める上で基盤的情報となる環境中の化学物質のモニタリングを根本的に変えていく可能性を秘めている。さらに、インベントリ作成や環境動態モデル研究との連携強化により管理体制の向上にも貢献できると期待される。</p>
---	--	--

プロジェクト2
「新しい環境トレーサーを用いた環境動態解析法の開発と計測」
サブテーマ1：気候変動影響を検出するためのトレーサーの開発と計測
サブテーマ2：同位体をトレーサーとした環境中化学物質の動態解析手法開発

サブテーマ1：①自然起源VOCを自然生態系トレーサーとして活用するために、それらの変動を把握し、変動要因を解析する。②製造履歴、濃度変化の異なるクロロフルオロカーボン類(CFCs)の同時高感度定量法を確立し、新たな水塊トレーサー法を開発する。サブテーマ2：誘導結合プラズマ質量分析(MC-ICP/MS)による水銀同位体高精度測定システムの確立を進め、鉱石の同位体測定から地域別(発生源別)水銀同位体比を調べる。また、大気中微量粒子エアロゾル、ブラックカーボン等の加速器質量分析計(AMS)による放

特定の化学物質の濃度や同位体比をトレーサーとする新たな環境動態の追跡手法、地球環境の状態把握手法の開発を進め、環境トレーサーの体系化を進める。

サブテーマ1：①主に陸上植物の光合成によって大気から除去される硫化カルボニル(COS)に着目し、今年度はCOSをコンタミネーションフリーでGC/MSへ導入可能な大気濃縮装置を開発した(図1)。また、簡易渦集積法に基づくフラックス測定システムを構築し、更に大気の流れ構造を維持した状態で大気をサンプリングするための条件等について検討を行った。②韓国観測船およびJAMSTEC・淡青丸による調査航海において、対馬海盆(別称、ウルルン海盆)と大和海盆におけるCFC-11、12、113およびSF₆の鉛直断面観測を実施した。また、昨年度に得られた日本海盆・大和海盆間のCFCsデータを解析し、CFC-12/CFC-113比を用いて深層水塊の見かけ年齢を算出した(図2)。



図1：新たに開発した大気濃縮装置

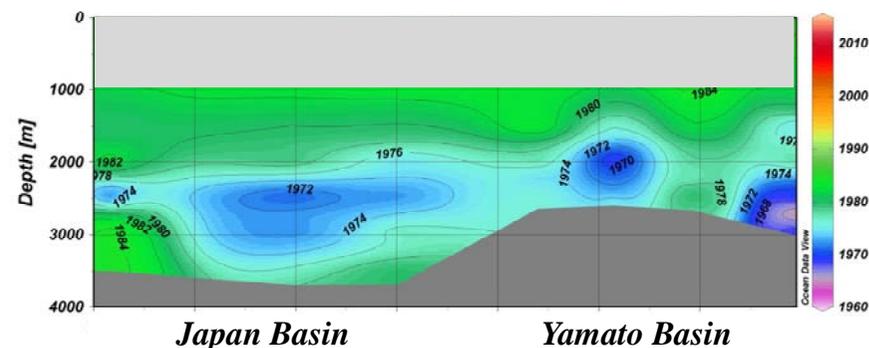


図2：CFC-12/CFC-113比から見積もられた日本海深層水塊の見かけの年齢(図中の数字は各水塊が海表面にあった時の西暦を示す)

サブテーマ2：①MC-ICP/MSに接続した脱溶媒試料導入装置のアルゴンガスと窒素ガス流量の精密調整を進め、水銀同位体測定におけるベースラインシグナルの低下とS/N比の向上を行った。その結果、水銀濃度20 ng/gの試料溶液7 mLで高精度水銀同位体分析が可能となり、微量の水銀を含有する環境試料の同位体分析が可能となった。水銀同位体比参照値があるサメ筋肉(CRM DORM-2)および内臓試料(CRM DOLT-3)を用い、試料前処理も含めた水銀同位体比計測手法について検討した。最適な試料分解・測定方法として、試料を硝酸・塩酸の混合酸溶液でマイクロ波加熱酸分解し、分解液に塩化臭素を加え、測定直前に塩酸ヒドロキシルアミンを添加、塩化スズの還元作用によって水銀蒸気を発生させMC-ICP/MSに導入する同位体計測法を確立し、マグロに含まれている水銀の同位体測定に応用した(図3)。②放射性炭素分

放射性炭素分析を目指した試料前処理法を確立する。

析では、被災した加速器質量分析施設の修理、改修を進め、放射性炭素 14 測定精度を震災前のレベルに戻すことに成功した。同じく震災の影響を受けた試料処理システムについても修理を進めるとともに、微量炭素量の試料前処理用真空ラインを用いたCO₂還元処理（グラファイト化）の最適条件を調べた。また、大気中有機エアロゾルの放射性炭素測定に関する国際共同実験に参加してデータを提出した。さらに、加速器質量分析施設ならびにICPMSによる長寿命放射性核種ヨウ素 129 の測定条件の検討を進め、原発事故で環境中に放出されたヨウ素 129 の測定のための試料前処理方法の検討を開始した。

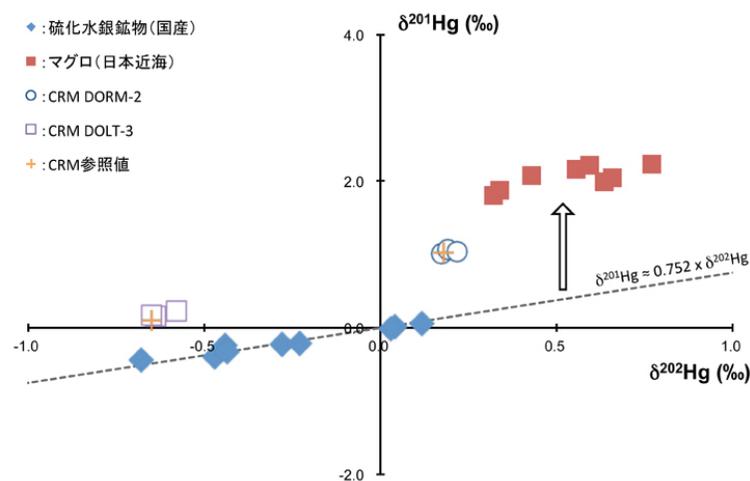


図 3：分析試料の水銀同位体組成の分布

(破線は質量の差に依存した同位体分別効果の影響のみを受けた場合の相関を示す)

科学的意義：環境トレーサーとしては生態系における物質循環を追跡する炭素、窒素などの安定同位体、人間活動のトレーサーとしての界面活性剤や医薬品関連物質、発生源の指標となるダイオキシン類やPCBなどの同族体パターン、さらには海洋循環などを追跡する¹⁴Cなど様々なものが知られているが、この体系化を図りつつ、これまでになかった新たな環境トレーサーを追加していくことは環境研究の基礎を発展させる重要な課題と考えられる。本課題の基礎をなすCOS、海水中CFCs、水銀同位体、¹⁴C測定技術はいずれも世界でもトップレベルにあるものを開発しており、あらたなトレーサーの開発により、生態系の活動度、あるいは海水の詳細な動きなどを明らかにでき、基礎研究への貢献や気候変動影響の解析などでの活用が期待される。

環境政策への貢献：水銀同位体や¹⁴Cなどによって発生源の推定が的確にできれば、よりの確な対策を策

		<p>定でき、環境政策の推進に貢献できると期待される。今後、ヨウ素 129 と健康被害の懸念されるヨウ素 131 の放出比率の信頼できる値を求め、残っているヨウ素 129 の測定からヨウ素 131 への曝露状況の推定をモデル研究者と協力して進める予定である。</p>
<p>プロジェクト3 「新しい衛星搭載型能動・受動センサおよびデータ解析手法の開発」 サブテーマ1： 次世代能動型分光センサの開発に関する研究 サブテーマ2： 分光イメージングセンサの解析手法に関する研究</p>	<p>サブテーマ1：次世代衛星搭載センサの提案を目標として、国際宇宙ステーションへ搭載を提案中の植生ライダー（樹冠高度と植生指数を測定）について、計測手法およびシステム の検討を進める。また、2015年打ち上げ予定の EarthCARE 衛星に搭載されるライダー(ATLID)とマルチスペクトルイメージャー(MSI)を複合的に利用したエアロゾル解析手法の開発を進める。 サブテーマ2：ハイパースペクトルセンサのデータ解析手法の研究として、特に水域の利用に重点</p>	<p>プロジェクト3では、衛星搭載型の新たなセンサ・データ解析手法の提案を目標として、遠隔分光計測並びにデータ解析手法の基礎技術開発を進める。</p> <p>1) 衛星搭載植生ライダーの検討 国際宇宙ステーションへ搭載を提案中の植生ライダー（樹冠高度と植生指数を測定）について、測定シミュレーションおよび技術検討を進めた。複数の受光素子を用いて樹高高度の測定時に御作要因となる地面の傾斜を推定する手法の有効性が示され、また、測定の実現性が確認された。</p> <p>2) 衛星搭載ライダー高スペクトル分解ライダーのためのアルゴリズム開発 2015年打ち上げ予定の EarthCARE 衛星搭載高スペクトル分解ライダー (ATLID) とマルチスペクトルイメージャー(MSI)のデータを複合的に利用してエアロゾル種の分布を導出するためのアルゴリズム開発を行った。</p> <p>3) EarthCARE 検証のための地上ライダーの開発と予備観測 2015年打ち上げ予定 EarthCARE 衛星によるエアロゾル、雲の観測の検証と、現在 NASA で運用されている CALIPSO と EarthCARE のデータの継続性の確率を目的に、多波長高スペクトル分解ライダーおよびラマン散乱ライダーを開発するとともに、これを用いた観測を実施した。</p> <p>サブテーマ2： 1) 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 船舶に装着したステレオカメラと GPSによりサンゴのオルソ画像及び立体画像を作成するシステムを試作し、実験水槽において撮影画像のオルソ化ができることを確認した。</p> <p>2) 衛星ハイパースペクトルリモートセンシングの活用に関する基礎的研究 ハイパースペクトルセンサのデータ解析手法の研究として、特に水域の利用に重点をおき、サンゴ礁の白化及び白化からの回復状況の監視を目的とした衛星搭載マルチスペクトルセンサ (ASTER) または航空機データ (CASI) の解析を進め、その中間成果の学会発表等を行った。</p> <p>また実際の衛星搭載ハイパースペクトルセンサの運用シミュレーションソフトに、過去3年間の衛星画像より作成した雲分布データ (日毎、全球、1km 分解能) を入力し、詳細な運用シミュレーションを実施した。その結果、観測目標を達成するために必要なリソース (1日あたりのデータダウンリンク量等) を明らかにすることが出来た。また将来の衛星搭載ハイパースペクトルセンサデータを大量に用いたデータマイニングに向けて、現在運用中の衛星搭載マルチスペクトルセンサデータから特定の地形・分光特徴を自動抽出するアルゴリズムを考案し、その適用可能性を実データを用いて評価した。</p> <p>科学的意義：ライダーの高スペクトル分解能化、多波長化は、遠隔計測手法によるエアロゾルの分離測定</p>

	<p>をおき、サンゴ礁の白化及び白化からの回復状況の監視を目的とした衛星または航空機データの解析を進める。また現場観測データを得る手法の一つとして船舶に搭載した各種機器の試験及びデータ解析を進める。また次期陸域観測衛星搭載（ALOS-3、2015年以降に打上げ予定）予定のハイパースペクトルセンサ（HISUI）による地域毎の観測頻度とデータ転送量等との関係の検討及び観測スケジューリング方法の評価を進める。</p>	<p>および光学特性測定を革新的に前進させるものであり、大気科学研究、特にエアロゾルおよび雲の大気環境や気候システムへの影響に関する研究への貢献は大きい。一方、情報量の増大にともなう解析手法の高度化によって、これまでに識別できなかったより多くの環境情報が抽出でき、環境研究の様々な側面に貢献できると期待される。</p> <p>環境政策への貢献：多波長化、高スペクトル分解能化はエアロゾル種（硫酸塩、ダスト、海塩、煤等）を識別し、各エアロゾル種の濃度やサイズの情報の抽出を可能にする。これにより、例えば、硫酸塩粒子や煤（自動車や工場から排出され、PM_{2.5}粒子として分類される）は大気汚染粒子の主要素であり、それらの常時監視や定量的なデータ提供が可能となる。ライダーをネットワーク展開や衛星搭載ライダー観測との併用から、都市大気のモニタリングとしてだけでなく、越境大気汚染粒子（硫酸塩や煤）や黄砂（ダスト）のモニタリング、地球規模でのエアロゾル分布の把握にも活用でき、環境施策に有用な基礎データを提供できる。同様に、衛星情報から生態系の状態を含むより多くの地球環境情報を引き出すことで、同じく環境施策の基礎情報の充実が図れる。</p>
--	---	---

1.5 今後の研究展望

PJ1のサブテーマ1では高い選択性と感度、定量性を両立させ、ダイオキシン類やPOPs等の優先監視化学物質に対する現在の公定法にかわる新たな迅速分析手法の確立を目指している。多次元分離技術により分析機器側での選択性をあげて面倒な前処理をできるだけ省き、省力化、迅速化、コスト削減が図れるとともに、前処理で除かれる部分がなくなることからより多くの種類の化学物質の一斉分析が可能となり、多くの化学物質に対応可能な分析手法が確立できると期待される。様々な環境媒体中の測定評価や手法開発を継続し、適用範囲を拡大して今期の終わりに新たな公定法の提案を目指している。サブテーマ2では環境中化学物質の網羅的な計測体制の確立を目指している。成果をサブテーマ1に適宜フィードバックしつつ環境化学物質を総合的、網羅的に検出、把握する体制作りを進め、インベントリ作成や環境動態モデル研究との連携強化も図りながら次世代の環境化学分析手法の体系的な整備を進めていく。

PJ2環境トレーサー研究では、気候変動による陸域生態系や海洋循環への影響、ならびに汚染物質(水銀、大気粉じんなど)の発生源や環境動態、長距離輸送実態解明等に焦点をあてて4つのサブサブテーマを設定した。サブテーマ1では現場において硫酸カルボニル計測システムの検証を行うことで、森林生態系と大気の間におけるフラックスを測定できると期待される。また、昨年度のデータ解析から、海水中CFC-12/CFC-11比およびCFC-12/CFC-113比が日本海深層水塊の流動解析に有効であることが分かってきたが、同時に測定されるSF₆を加えて詳細な解析を行い、日本海深層循環の解明に繋げられることが期待される。サブテーマ2では、底質や魚などの水銀同位体比測定手法を確立し、流入、流出河川のない摩周湖をフィールドとして水銀の生物濃縮のメカニズムとそれに伴う同位体比変動の解明を目指す。また、放射性炭素¹⁴Cの測定に加えてヨウ素129の測定技術を確立し、モデル研究者とも協力しつつ曝露推定への貢献を目指す。

PJ3は遠隔分光計測技術の高度化にむけて、より多くの環境情報を引き出せるようセンサの多スペクトル化並びにデータ解析手法開発に対する課題設定が行われているが、あわせて実際の衛星への搭載センサ並びに解析プログラム開発を念頭に基礎的研究が進められている点が特徴となっている(サブテーマ1では2015年打ち上げ予定のEarthCARE衛星搭載高スペクトルライダー、サブテーマ2では将来のハイパースペクトルセンサによる大量情報からのデータマイニング手法開発)。将来的にはエアロゾル分布の時空間的把握の高度化とともに、PJ1の微小粒子化学分析への応用やPJ2の¹⁴Cによる化石燃料寄与率推定あるいは水銀同位体比による発生源探索などと組み合わせることで、これらの汚染物質の越境移動、地域・地球規模の環境動態について、よりの確な状態把握とモデル化促進、環境政策への反映が図れるようになるものと期待される。また、植生ライダーとハイパースペクトルセンサデータ解析技術、さらにはVOCの連続測定を組み合わせ、生態系の広がりや活動状況をよりの確に把握できる手法の開発なども期待される。

1.6 自己評価

環境計測研究センターの守備範囲は、他の研究センターの所掌する数多くの研究分野に広がっている。その状況を反映して、総額の割に課題数の多いプログラム構成となっている。その中で、化学物質適正管理において重要な意義をもつPJ1の網羅的分析手法開発に当面重点をおきつつ、外部競争的資金による関連研究等との連携をできるだけ図る形でそれぞれのプロジェクト課題が推進されてきている。いずれのプロジェクトも昨年に引き続いて基本的には計画通りに研究が進められている。なお、遅れていた加速器質量分析施設の再立ち上げについては、放射性炭素14の測定に関して震災前のレベルにまで戻ったことが確認でき、たまった試料測定を現在急ピッチで進めている。さらに、震災に対応して新たに開始されたヨウ素129測定についても標準の検出に成功し、また海外研究機関と共同で実試料中のヨ

ウ素 129 測定にも成功した。

2. 誌上発表及び口頭発表の件数

(件)

誌上発表		書籍	口頭発表		特許等
査読なし	査読あり		国内	国外	
2	12	1	37	12	なし

(3) 研究分野業績リスト

1. 誌上発表(査読あり)

(当該分野の研究活動)

- 1) Fujitani Y., Kumar P., Tamura K., Fushimi A., Hasegawa S., Takahashi K., Tanabe K., Kobayashi S., Hirano S. (2012) Seasonal differences of the atmospheric particle size distribution in a metropolitan area in Japan, *Science of the Total Environment*, 437, 339-347
- 2) Maekawa F., Shimba S., Takumi S., Sano T., Suzuki T., Bao J., Ohwada M., Ehara T., Ogawa Y., Nohara K. (2012) Diurnal expression of Dnmt3b mRNA in mouse liver is regulated by feeding and hepatic clockwork. *Epigenetics*, 1046-1056
- 3) Mitsumori F., Watanabe H., Takaya N., Garwood M., Auerbach E., Michaeli S., Mangia S. (2012) Understanding transverse relaxation in human brain through its field dependence from 1.5 to 7 T, *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.*, 19, 2404
- 4) Nakayama T., Sato K., Matsumi Y., Imamura T., Yamazaki A., Uchiyama A. (2012) Wavelength dependence of refractive index of secondary organic aerosol generated during the ozonolysis and photooxidation of α -pinene. *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, 8, 119-123
- 5) Nakayama T., Sato K., Matsumi Y., Imamura T., Yamazaki A., Uchiyama A. (2012) Wavelength and NO_x dependent complex refractive index of SOAs generated from the photooxidation of toluene. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 12 (6), 14551-14589
- 6) Saghar Z., Kawachi M., Sano T., Watanabe M.M. (2012) Evidence of the existence of a toxic form of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanobacteria) in Japan. *Phycological Research*, 60 (2), 98-104
- 7) Sasai T., Nakai S., Setoyama Y., Ono K., Katoh S., Mano M., Murakami K., Miyata A., Saigusa N., Nemani R.R., Nasahara K. (2012) Analysis of the spatial variation in the net ecosystem production of rice paddy fields using the diagnostic biosphere model, BEAMS. *Ecological Modelling*, 247, 175-189
- 8) Sato K., Takami A., Kato Y., Seta T., Fujitani Y., Hikida T., Shimono A., Imamura T. (2012) AMS and LC/MS analyses of SOA from the photooxidation of benzene and 1,3,5-trimethylbenzene in the presence of NO_x: effects of chemical structure on SOA aging. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12 (10), 4667-4682
- 9) Shinohara R., Imai A., Kawasaki N., Komatsu K., Kohzu A., Miura S., Sano T., Satou T., Tomioka N. (2012) Biogenic Phosphorus Compounds in Sediment and Suspended Particles in a Shallow Eutrophic Lake: A ³¹P Nuclear Magnetic Resonance (³¹P NMR) Study. *Environmental Science & Technology*, 46 (19), 10572-10578
- 10) Takeuchi A., Shibata Y., Tanaka A. (2012) Status of red stingray (*dasyatis akajei*) livers for Japanese specimen banking at National Institute for Environmental Studies, Unscathed by the 2011 Tohoku Earthquake. *Biopreservation and Biobanking*, 10 (2), 174-177
- 11) Uchino O., Sakai T., Nagai T., Nakamae K., Morino I., Arai K., Okumura H., Takubo S., Matsunaga T., Yokota T. (2012) On recent (2008-2012) stratospheric aerosols observed by lidar over Japan. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 12, 22757-22781
- 12) Watanabe H. (2012) Investigation of the asymmetric distributions of RF transmission and reception fields at high static field, *Magn. Reson. Med. Sci.*, 11(2), 129-135
- 13) Watanabe H. (2012) Experimental demonstration of the proportionality of the RF reception field to a complex conjugate of B1-, *Magn. Reson. Med. Sci.*, 11(3), 193-196
- 14) Watanabe H., Takaya N., Mitsumori F., (2012) Highly resolved two dimensional 1H spectroscopy of human brain using ISIS CT-PRESS with resolution enhancement, *Magn. Reson. Med. Sci.*, in press

- 15) Watanabe H.:(2012): Analytical examination on asymmetric distributions of transmission and reception RF fields by a quadrature coil at high magnetic field, *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.*, 20, 2509
- 16) Watanabe H.:(2012): Experimental demonstration of the proportionality of RF reception field to B1-* in a complex vector space, *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.*, 20, 2511
- 17) Watanabe J., Tani Y., Miyata N., Seyama H., Mitsunobu S., Naitou H. (2012) Concurrent Sorption of As(V) and Mn(II) during biogenic manganese oxide formation. *Chemical Geology*, 306-307, 123-128
- 18) King J-H., Ono M., Kuroda A., Obi K., Sato K., Imamura T. (2012) Kinetic Study of the Daytime Atmospheric Fate of (Z)-3-Hexenal *Journal of Physical Chemistry A* 116(33), 8523-8529
- 19) Yokota Y., Matsunaga T., Ohtake M., Haruyama J., Nakamura R., Yamamoto S., Ogawa Y., Morota T., Honda C., Saiki K. et al. (2011) Lunar photometric properties at wavelengths 0.5-1.6 μ m acquired by SELENE Spectral Profiler and their dependency on local albedo and latitudinal zones. *Icarus*, 215 (2), 639-660
- 20) Yoshihiro Nakashima, Hiroshi Tsurumaru, Hiroshi Tsurumaru, Iustinian Bejan, John C.Wenger, Yoshizumi Kajii, Imamura T. (2012) Total OH reactivity measurements in laboratory studies of the photooxidation of isoprene. *Atmospheric Environment*, 62, 243-247
- 21) 鶴野伊津志, 板橋秀一, 山地一代, 高見昭憲, 長田和雄, 横内陽子, 清水厚, 兼保直樹, 梶井克純, 加藤俊吾, 古谷浩志, 植松光夫 (2012) 2008年 W-PASS 沖縄辺戸岬集中観測時の越境大気汚染の数値シミュレーションによる解析. *大気環境学会誌*, 47 (5), 195-204
- 22) 鶴野伊津志, 板橋秀一, 山地一代, 高見昭憲, 長田和雄, 横内陽子, 清水厚, 兼保直樹, 梶井克純, 加藤俊吾, 古谷浩志 (2012) 2008年 W-PASS 沖縄辺戸岬集中観測時の越境汚染の数値シミュレーションによる解析. *大気環境学会誌*, 47 (5), 195-204
- 23) 小林伸治, 近藤美則, 伏見暁洋, 藤谷雄二, 齊藤勝美, 高見昭憲, 田邊潔 (2012) 直噴ガソリン乗用車の粒子状物質排出特性, *自動車技術会論文集*, 43 (5), 1009-1014
- 24) 須賀伸介, 内山政弘, 松本幸雄, 藤吉康志, 川島正行, 藤原忠誠 (2012) 3次元ドップラーライダー観測データに基づいた洋上風車の最適配置. *太陽エネルギー*, 38 (3), 67-74
- 25) 鳥山成一, 近藤隆之, 木戸瑞佳, 中谷訓幸, 田中敦, 西川雅高 (2012) 立山地域における揮発性有機化合物(VOCs)調査. *日本エアロゾル研究*, 27 (2), 205-218
- 26) 牧雅康, 高橋厚裕, 岡野哲郎, 小熊宏之 (2012) 可搬型3次元レーザーキャナデータと放射伝達モデルを用いた林床光環境の推定手法の開発. *Journal of The Remote Sensing Society of Japan*, 32 (2), 77-87

(研究プログラム)

- 1) Arai M., Tayasu I., Komatsuzaki M., Uchida M., Shibata Y., Kaneko N. (2012) Changes in soil aggregate carbon dynamics under no-tillage with respect to earthworm biomass revealed by radiocarbon analysis, *Soil & Tillage Research* 126, 42-49
- 2) Fujitani Y., Saitoh K., Fushimi A., Takahashi K., Hasegawa S., Tanabe K., Kobayashi S., Furuyama A., Hirano S., Takami A. (2012) Effect of isothermal dilution on emission factors of organic carbon and n-alkanes in the particle and gas phases of diesel exhaust. *Atmospheric Environment*, 59, 389-397
- 3) Fushimi A., Hashimoto S., Ieda T., Ochiai N., Takazawa Y., Fujitani Y., Tanabe K. (2012) Thermal desorption-comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry for trace determination of polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives, *Journal of Chromatography A*, 1252, 164-170
- 4) Ijiri, A., N. Harada, A. Hirota, U. Tsunogai, N. O. Ogawa, T. Itaki, B. K. Khim, and M. Uchida (2012), Biogeochemical processes involving acetate in sub-seafloor sediments from the Bering Sea shelf break, *Organic Geochemistry*, 48, 47-55.
- 5) Ishikawa N.F., Uchida M., Shibata Y., Ichiro (2011) Natural C-14 provides new data for stream food-web studies: a comparison with C-13 in multiple stream habitats. *Marine and Freshwater Research*, 63, 210-217
- 6) Itaki, T., S. Kim, S. F. Rella, M. Uchida, R. Tada, and B. K. Khim (2012), Millennial-scale

variations of late Pleistocene radiolarian assemblages in the Bering Sea related to environments in shallow and deep waters, *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, 61-64, 127-144.

- 7) Kim, S., B. K. Khim, M. Uchida, T. Itaki, and R. Tada (2011), Millennial-scale paleoceanographic events and implication for the intermediate-water ventilation in the northern slope area of the Bering Sea during the last 71 kyrs, *Global and Planetary Change*, 79(1-2), 89-98.
- 8) Rella, S. F., and M. Uchida (2011), Sedimentary organic matter and carbonate variations in the Chukchi Borderland in association with ice sheet and ocean-atmosphere dynamics over the last 155 kyr, *Biogeosciences*, 8(12), 3545-3553.
- 9) Rella, S. F., R. Tada, K. Nagashima, M. Ikehara, T. Itaki, K. Ohkushi, T. Sakamoto, N. Harada, and M. Uchida (2012), Abrupt changes of intermediate water properties on the northeastern slope of the Bering Sea during the last glacial and deglacial period, *Paleoceanography*, 27.
- 10) Shinozaki T., Uchida M., Minoura K., Kondo M., Rella S. F., Shibata, Y. (2011) Synchronicity of the East Asian Summer Monsoon variability and Northern Hemisphere climate change since the last deglaciation *Climate of the Past Discussion*, vol7(3), 2159-2192
- 11) Sugimoto N., Huang Z., Nishizawa T., Matsui I., Tatarov B. (2012) Fluorescence from atmospheric aerosols observed with a multi-channel lidar spectrometer. *Optics Express*, 20 (19), 20800-20807
- 12) Tatarov B., Muller D., Noh Y.M., Lee K.H., Shin D.H., Shin S.K., Sugimoto N., Seifert P., Kim Y.J. (2012) Record heavy mineral dust outbreaks over Korea in 2010: Two cases observed with multiwavelength aerosol/ depolarization/Raman-quartz lidar. *Geophysical Research Letters*, 39 (L14801)

2. 誌上发表(査読なし)

(当該分野の研究活動)

- 1) Muraoka H., Ishii R., Nagai S., Suzuki R., Motohka T., Noda H.M., Hirota M., Nasahara K.N., Oguma H., Muramatsu K. (2012) Linking Remote Sensing and In Situ Ecosystem/Biodiversity Observation by "Satellite Ecology" In Site/Remote Sensing Integration Working Group of J-BON. The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region, 277-308
- 2) Saito T., Yokouchi Y., Okuda T., Philip E. (2011) A preliminary study on production and consumption of methyl halides by tropical plant samples. In: Okuda T., Yamada T., Hosaka T., Sakai S., and Funato K. eds., Progress report of NIES/FRIM/UPM Joint Research Project on Tropical Ecology & Biodiversity 2010, Organizing Committee of the NIES/FRIM/UPM Projected, 59-64
- 3) 梅津豊司 (2012) ニコチン及びメントールがうつ症状に及ぼす効果に関する神経行動学的研究. 梅津豊司著, H23 年度喫煙科学研究財団研究年報, 公益財団法人喫煙科学研究財団, 513-519
- 4) 杉本伸夫 (2012) 本だな「黄砂と口蹄疫」真木太一著(書評). 天気, 59 (8), 83-84
- 5) 高木麻衣, 柴田康行 (2012) 環境化学物質の適正管理にむけた最近の動向, 産業と環境, No. 8, 33-36

(研究プログラム)

- 1) 高澤嘉一 (2012) 香気成分の高感度分析. ぶんせき, (3), 163
- 2) 松永恒雄, 祖父江真一, 新井康平, 奥村隼人, 山本彩, 松永恒雄 (2012) -. 祖父江真一, 新井康平, 奥村隼人, 山本彩, 荒木博志, 松永恒雄著, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 JAXA-RR-11-007, , 6p

3. 書籍

- 1) 今村隆史 (2012), 5.4 環境科学における原子分子過程, 原子分子物理学ハンドブック, pp. 475-495, 朝倉書店

- 2) 西川雅高 (2012) 5.11 黄砂エアロゾル (5. 地表・大気) . 日本地球化学会編, 地球と宇宙の化学事典, 朝倉書店, 190
- 3) 渡邊英宏, (2012)磁気共鳴スペクトルの医学応用 —MRS の基礎から臨床まで—, 272-284, 第4章 4-2 二次元 MRS, 4-3 選択照射を用いるスペクトル編集法, インナービジョン

4. 口頭発表

国外:36件

- 1) Shibata Y (2012) Scientific Challenges towards Sound Chemical Management - from an analyst's point of view -, Post Dioxin Conference, Melbourne, Australia
- 2) Sugimoto N. (2012) Assimilation of lidar observations in aerosol transport models. 26th International Laser Radar Conference, Abstracts

国内:113件

- 1) Imamura T. (2012) Atmospheric Reactions of Organic Amines. 28th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Abstracts, 50-51
- 2) Shibata Y (2012) Monitoring on POPs and related chemicals in Japan, Workshop on the Persistent Toxic Substances (PTS) and Persistent Organic Pollutants (POPs) ecological issues in the NOWPAP region, NOWPAP POMRAC, UNEP, Kanazawa
- 3) 小熊宏之 (2012) 定点撮影カメラによる高山帯モニタリングとネットワーク化について. 山の自然学クラブ 講演・座談会「山から始まる自然保護 2012」, 山の自然学クラブ 講演・座談会「山から始まる自然保護 2012」プログラム
- 4) 小熊宏之 (2012) デジタルカメラを使った生態系のモニタリング. 日本地学オリンピック とっふ・レクチャー, なし
- 5) 小熊宏之 (2011) 定点撮影カメラによる高山帯観測の事例紹介とネットワーク化について. 第15回上高地談話会, 山岳科学総合研究所ニュースレター, 29, 4-5
- 6) 小熊宏之 (2011) デジタルカメラを活用した多点自然環境モニタリング. 日本写真測量学会北海道支部平成23年度春季特別講演会, 日本写真測量学会北海道支部平成23年度春季特別講演会プログラム
- 7) 橋本俊次 (2012) ダイオキシン等有機塩素化合物の GC/MS 分析の高度化. 第21回環境化学討論会, 第21回環境化学討論会～愛媛から発信する環境化学の先端研究～要旨集, 114-115
- 8) 伏見暁洋 (2012) 国立環境研究所における PM 研究 ～ナノ粒子と二次生成粒子, 高感度有機分析法の開発～. 富士通クオリティ・ラボ (株) 微小粒子状物質 (PM2.5) セミナー: 質量測定から成分分析の実際と今後の動向, 同予稿集
- 9) 伏見暁洋 (2011) ディーゼル排気中の有機ナノ粒子 (粒径 10-30nm) . 第7回日本エアロゾル学会若手フォーラム -ディーゼル排ガス微粒子を最先端計測で追う-, 第7回日本エアロゾル学会若手フォーラム -ディーゼル排ガス微粒子を最先端計測で追うプログラム

5. 特許等

(0件)

注)同一論文が、複数の項目に重複して掲載されている場合がある。