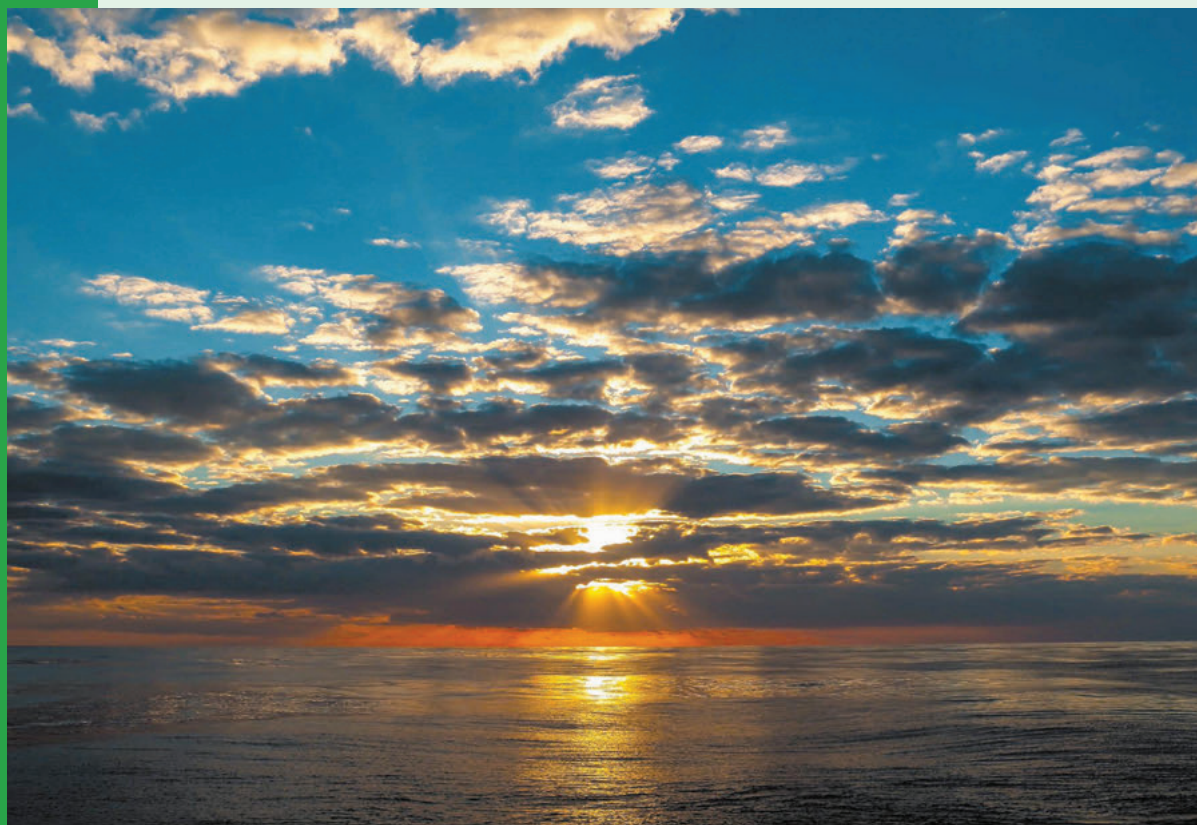


国立環境研究所ニュース

平成27年(2015)2月
Vol.33 No.6

観測船から見た日本海の夕焼け。きれいに見える日本海も、化学を駆使することで、その奥深くに忍び寄る温暖化の影響を浮かび上がらせることができます。(関連記事は3ページから。)

Contents

特集 化学で読み解く環境動態

- 2 闇夜のホタル
- 3 フロンが解き明かす日本海における温暖化影響の深刻度
- 6 水銀の化学的追跡指標の高精度分析
- 9 環境研究における自然トレーサーとしての放射性炭素 (^{14}C) の利用
- 11 気候予測の不確実性をより良く理解する
- 14 気候変動枠組条約第20回締約国会議及び
京都議定書第10回締約国会合における最新研究成果の紹介
- 17 日韓中の環境研究協力 ～三カ国環境研究機関長会合 (TPM) の推進～
- 20 平成26年度補正予算・平成27年度予算案における国立環境研究所関係予算の概要



闇夜のホタル

柴田 康行

昭和の初期に活躍した作家梶井基次郎の作品に「闇の絵巻」という短編があります。山間の療養地で暮らす間に闇を愛するようになった主人公の体験が、簡潔な文章でまとめられています。深い闇に包まれた夜道を歩く主人公が、人家の前の明るみに突如自分の前をいく人影が現れ、また闇に消えていく様を目撃して、人生になぞらえて感動するシーンなど、共感を覚える箇所も多くて好きな作品です。

その冒頭に、一寸先も見えない闇を、一本の棒を突き出し前方を探りながら駆け抜ける怪盗の話がでてきます。主人公が爽快な戦慄を禁じ得なかったというこの話、暗闇を未知の世界に置き換えれば、研究者の姿に重なるところがあるかもしれません。我々が普段行っている環境研究も、これまで積み重ねられてきた学問や知識の光に照らされた明るいところの淵にたつて、その先の闇を調べながら進むべき道を探り、続く人たちのために道しるべの灯（ともしび）をたてる作業に例えられるでしょう。手さぐりではゆっくりとしか進めない真っ暗闇でも、長い棒が手元にあれば先の方まで様子を探ることができます。強力なライトがあれば、さらに先まで探索の手を伸ばせることでしょう。そうした探索のための道具作りが、環境計測の重要な課題となっています。

環境計測研究センターでは、見逃しのない環境計測体系の構築をめざして、網羅分析、トレーサー分析、遠隔計測の3つのキーワードのもとに、様々な環境研究で活用するための新しい計測手法の開発を目指した先導研究プログラム「先端環境計測プログラム」を進めています。たとえば言えば、国立環境研究所ニュース32巻2号でご紹介した網羅分析は周囲をまんべんなく照らす照明に、遠隔計測は遠くまで照らすサーチライトに、それぞれなぞらえることができるでしょう。一方、トレーサー分析は暗闇の中で流れに沿って飛ぶホタルの光の動きを見て、川の存在や流れる経路を知るような作業に例えられるかもしれません。環境や生態系の状態、あるいは物質の動きなど特定の課題について、これさえ測れば知りたい情報が得られる、という特徴的な指標、目印を見つけ、それを系統だてて利用していく方法論を構築することがプロジェクト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」の主要な目標となっています。

ここでは、揮発性の高いVOCと呼ばれる化学物質、

ならびに元素の同位体情報を使って、地球規模の環境問題の中でも取り組み優先度の高い地球温暖化（気候変動）に関わる新たなトレーサーの開発、ならびに2013年に国際条約（水俣条約）が成立した水銀の環境動態追跡のためのトレーサーの開発を進めています。温暖化の進行に伴い、広域的あるいは地球規模の海水循環や生態系、炭素循環の変化などが懸念されており、その変化をいち早く、正確にとらえるために、人や生物が作る化学物質、あるいは同位体の中から利用可能なトレーサーの探索が進められました。海水循環については、これまで利用されてきたトリチウム（半減期12.3年）や放射性炭素¹⁴C（半減期5,730年：大気圏核実験の影響で過去数十年に大きく変動）などの放射性核種に加え、製造量の年変化の異なる複数の代替フロンとの組み合わせでさらに細かい変化を明らかにすることができました。また、生物起源のVOCである硫化カルボニルやハロゲン化メチル等の物質が生態系の活動度のよい指標となり、長周期の気候変動とも関連がありそうなことなども明らかになってきています。一方、¹⁴Cを利用した陸域、海洋の炭素循環速度とその変化に関する研究、水銀同位体を活用した環境動態研究なども推進されて情報が蓄積されてきています。本号では、トレーサーを活用した日本海の海水循環の変化、並びに水銀同位体比精密分析技術の進展について詳しくご紹介し、あわせて¹⁴Cを使った環境研究の原理と概要をご説明します。

環境トレーサーの開発には、対象となる現象に関する深い理解と、長期あるいは広域にわたる探索的、継続的なモニタリングの実施が欠かせません。闇夜を突っ走るための棒を手に入れ使いこなすには、長い準備期間が必要です。今回ご紹介する成果の背景にはそうした長い蓄積があることを、あわせて読み取っていただければと思います。

（しばた やすゆき、環境計測研究センター
上級主席研究員）

執筆者プロフィール：

さまざまな環境試料、とりわけ生物試料（動植物プランクトンからサンゴやトンボ、希少鳥類まで）や人体試料中の有害元素、有機汚染物質、放射性同位体などいろいろ測ってきました。環境という巨象をあちこち撫でる機会に恵まれましたが、その姿をなかなかうまく捉えられずにいます。

【シリーズ先導研究プログラムの紹介：「先端環境計測研究プログラム」から】

フロンが解き明かす日本海における温暖化影響の深刻度

荒 巻 能 史

日本海の海水循環が地球温暖化の影響を受けて変化しつつあることについては、国立環境研究所ニュース26巻4号の研究ノート「地球の変化に敏感に反応する日本海の姿」で紹介しました。今回はその続編として、海水に溶け込んでいるフロンの精密測定とそのデータ解析から明らかになった日本海の温暖化影響に関する最新の研究成果を紹介します。

日本海の海洋構造については前編にて詳しく解説しましたので、ここでは新しい知見を加えておさらいをしておきます。日本海は最大水深3,800m超の太平洋の縁辺海ですが、外海とつながる4つの海峡が200mにも満たないほど浅いために、ちょうど底の深いお椀に水を満たしたかのような海ということになります。表層では、南端の対馬海峡から入ってきた対馬海流が北上して大部分が津軽と宗谷海峡から太平洋やオホーツク海へと流出、一部が北端の間宮海峡から入ってきたアムール川の淡水と混ざってリマン海流を形成して北部域を循環しています。そのため、これら表層海流によってフタをされた形で、水深およそ200mから海底直上には日本海固有水と呼ばれる均質な海水が存在しています。これに似た構造を持つ海として黒海が有名です。黒海の場合は水深200mよりも深い層には酸素がほとんどありません。これは表層のプランクトンや魚などの生物が死滅して海中を沈降していくうちにバクテリアによる分解を受けるときに酸素が消費されるためです。一方、日本海固有水は同緯度、同水深の太平洋水と比べても非常に豊富な酸素を含んでいます。冬季に日本海表層には大陸からの非常に冷たい季節風が吹きつけますが、これによって酸素を豊富に含む表層水が結水するほどまでに冷やされるために日本海固有水よりも高い密度となって海底付近まで沈み込むことがその要因と考えられています。ところが、日本海固有水の水深2,000mよりも深い層では少なくとも1960年代以降は酸素濃度が1年あたり約0.8 $\mu\text{mol/kg}$ の割合で減少していることが分かりました。これは、温暖化によって冬季の表層水の冷却が弱まり、結果と

して表層の酸素が深海まで十分に供給されなくなり、バクテリアによる酸素消費が供給量を上回っているためだと推測されています。私たちの最近の詳しい調査によって、このバクテリアによる酸素消費速度は1年あたり約2.0 $\mu\text{mol/kg}$ と見積もられています。2014年時点での水深2,000m付近の平均的な酸素濃度は約195 $\mu\text{mol/kg}$ なので、冬季の表層水の深海への沈み込みが完全に停止してしまうと、今後100年以内には黒海のように日本海深層が無酸素化することになります。

冬季における日本海表層の冷却の弱化、すなわち表層水の深海への沈み込み量の低下は事実なのか？どの程度深刻なのか？この疑問を解き明かすために、私たちは海水中に溶け込んでいるフロンに注目しました。フロンは炭素、フッ素、塩素からなるクロロフルオロカーボン類(CFCs)の日本における俗称で、1920年代に家庭用冷蔵庫の冷媒として米国のメーカーによって開発された分解されにくい人工の化学物質です。開発当時は「夢の化学物質」ともてはやされましたが、オゾン層を破壊する原因物質として1987年のモントリオール議定書により製造及び輸入が禁止されました。図1はCFCsのうち比較的大気への放出量の多いCFC-11、CFC-12、CFC-113の大気中濃度の時間変動を示しています。CFC-11とCFC-12は1950年代後半より急激に濃度を増大させ、1990年代以降は製造停止の影響で横ばいか減少傾向となります。一方、CFC-113は1970年頃から大気への放出が顕著となり、1990年代以降は横ばいとなります。CFCsはそれぞれに固有の溶解度で大気と海洋表面の間のガス交換によって海水に溶け込んだ後、海水の流動とともに挙動します。海水中では分解しないので溶け込んだときの各CFCsの濃度比はその当時の大気濃度比を反映していることとなります。したがって海水中の各CFCsの濃度比が分かると、その海水がいつ頃に海洋表面にいたのか、すなわち海水の形成年代を推測することが可能となります。もちろん海水は絶えず混ざっているため、ここで計算される年

●特集 化学で読み解く環境動態●

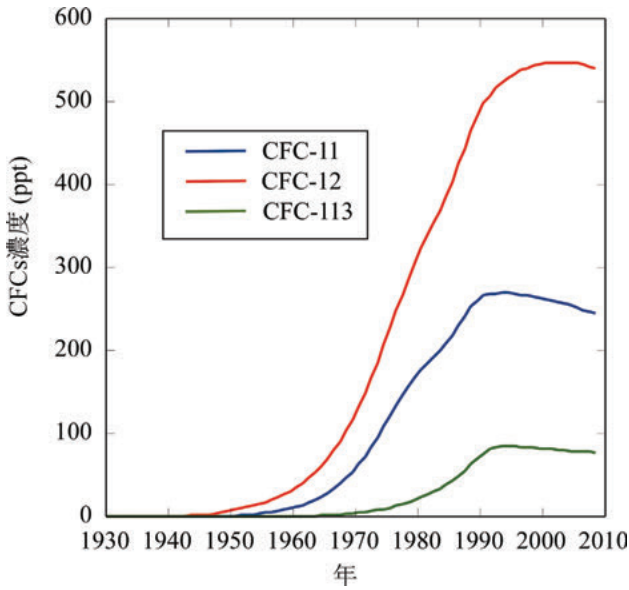


図1 1930～2010年の大気中CFCs濃度の時間変動
AGAGE (Advanced Global Atmospheric Gases Experiment) のウェブサイトからダウンロードしたデータをもとに作図した。

代は見かけ上の値になりますが、いつの時代に沈み込んだ表層水の影響を色濃く受けているのかを把握することは十分に可能です。

私たちは、2011～2012年に図2に示す日本海の水深2,000mを越す深い3つの海盆で、表層から海底直上までの海水を水深100～250mの間隔で採取して、CFC-11、CFC-12、CFC-113の精密測定を実施しまし

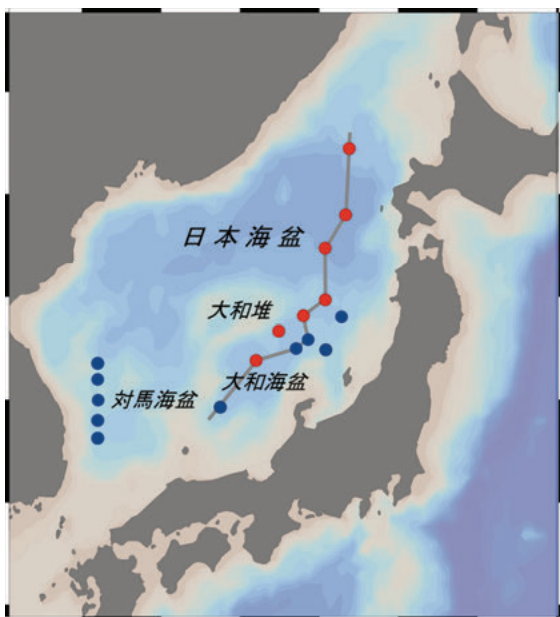


図2 2011～2012年にCFCsの精密測定を実施した観測点
赤丸は2011年、青丸は2012年に実施した観測点を示す。一部の丸印をつないだ実線は図3で使用している。

た。このうち水深の深い日本海盆と大和海盆との間で得た水深1,000m以深のCFCs濃度の鉛直断面図を図3に紹介します。水深およそ2,200mまではCFCsに水平勾配がほとんど見られず、日本海の広範囲において水平的には同じような来歴を持つ海水で占められていると考えられます。一方で、水深2,200mよりも深い層で明らかな濃度勾配が見られました。大和海盆のCFC-11濃度は日本海盆に比べて約1.6倍高く、CFC-12濃度では約1.8倍、CFC-113濃度では約1.2倍高い結果となっています。これは日本海の最も深い層の海水の来歴が海域によって異なっていることを示しています。ここで得られた濃度分布をもとにCFC-12/CFC-11比を用いて各海水の形成年代を計算しました。その結果、海域によらず水深1,000mから海底直上まで大部分の海水で1960～1970年という値が得られました。大気中のCFC-11とCFC-12濃度は1960～1970年頃に比べて現在の濃度が一桁以上高い(図1)ので、この結果は1970年以降には表層水の深層への沈み込みがほとんど停止していたことを示唆しています。一方、大気濃度が1970年代から急激に増加したCFC-113を用いたCFC-12/CFC-113比による形成年代では1985～1990年という値が得られました。これは1970年以降においても表層水の深層への沈み込みが完全に停止したわけではないことを示しています。海底直上の海水からも微量ながらCFC-113が検出されていることが動かぬ証拠です。従来の研究では比較的濃度の高いCFC-11とCFC-12のみを解析に使用していたために気付くことができなかった海水の動きが、同時にCFC-113をも高精度に測定できるようになったおかげでより正確に描き出せるようになったというわけです。そこで、大気濃度と同じCFCs濃度を持つ表層水が毎年冬季に一定量ずつ水深1,000m以下の海水(水深1,000～2,200mを深層水、水深2,200m以下を底層水と定義)に直接的に沈み込むと仮定して、CFCsの大気への放出が始まった1930年から観測を開始した2011年までの間、深層水と底層水のCFCs濃度がどのように変化するかをシミュレーション計算しました。そして、私たちの観測結果に最もフィットする「1年あたりの表層水の深層水と底層水それぞれへの寄与率(%/yr)」を海域ごとに求めました。CFC-113の大気中濃度の増加が顕著になった1975年を境に1930～1975年を「過去」、1975～2011年を「現在

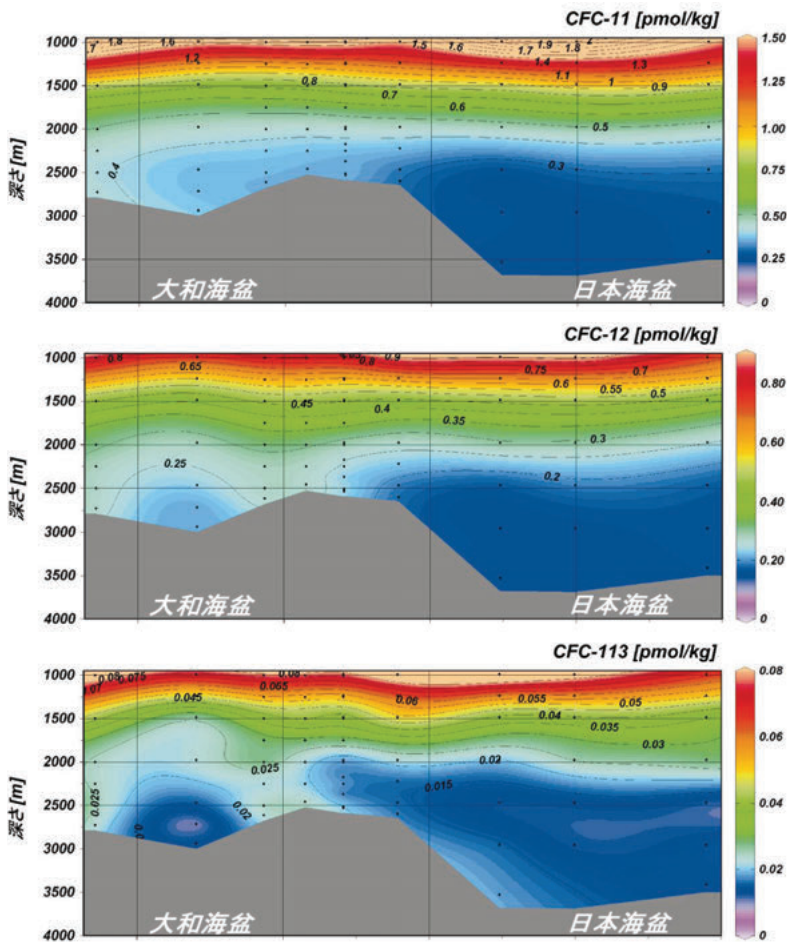


図3 大和海盆・日本海盆間におけるCFCs濃度の鉛直断面図（水深1000m以深）
 図2上の実線でつないだ観測線のCFCs濃度（いずれも単位はpmol/kg）、左が南端、右が北端を示す。

定義して比較すると、「過去」は深層水で1.10～1.48%/yr、底層水で0.31～1.04%/yrであった寄与率が、「現在」ではそれぞれ0.27～0.35%/yr、0.13～0.16%/yrまで低下していることがわかりました。これは、「現在」における表層水の深海への沈み込み量がすべての海域で「過去」の40%以下まで減少していることを示唆しています。海域ごとに比較すると最も南に位置する大和海盆南西部の底層水への影響が最も大きく、約15%にまで激減しているという結果を得ました。

温暖化が叫ばれるようになって久しい昨今、私たち日本人にとって最もなじみ深い海である日本海では確実にその影響が現れています。今回紹介したフロンの解析から、その深刻度を窺い知ることができるでしょう。今後も日本海の変化を追い続けることが重要ですが、同時に温暖化を防ぐために私たちにできることを着実に続けていかなければなりません。

（あらまき たかふみ、
 環境計測研究センター
 動態化学研究室 主任研究員）

執筆者プロフィール：

日本海は4つの国に接する“国境の海”ですので、隣国との共同研究が不可欠です。韓国船による調査機会も数多く、三食すべてで唐辛子を多用する“から～い”料理のオンパレードにはいつまでたっても慣れません。



【研究ノート】

水銀の化学的追跡指標の高精度分析

武内章記

第3期中期計画の先導プログラム「先端環境計測研究プログラム」において、「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（PJ2）」が開始されました。私たちの研究室では、「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」というサブテーマの中で、近年国際的な取り組みが進んでいる水銀の同位体を高感度、高精度に計測して、同位体比を迅速に算出できる分析システムの開発を行っています。

水銀は、環境中では滞留時間が長く、生物に蓄積されやすく、そして毒性が強いことが知られている金属の1つです。しかしながら我々人間は産業革命以後、電池や温度計などの工業製品、さらには塩化ビニルモノマー等の製造で水銀を多用してきたのと同時に、火力発電所等での化石燃料の燃焼に伴い、含有する水銀を大気中に排出してきました。2002年の国連環境計画の報告書によれば、その結果、水、大気、土壤環境中の水銀濃度は産業革命以前と比較して約3～5倍に増加したと推定されました。特に大気水銀濃度は約5倍に増加したと考えられており、大気中の二酸化炭素濃度が産業革命以前と比較して約1.4倍にしか増加していないことを考えると、環境中の水銀濃度の増加は顕著です。これまでの歴史的な水銀汚染は、汚染範囲が比較的狭く、近い場所に発生源が存在していました。反対に近年の水銀汚染は地球規模であり、排出されたガス状水銀が大気を介して地球全体に拡散し、発生源から遠く離れた場所で広範囲の汚染を引き起こすことが懸念されています。さらに、環境中全体の水銀濃度の増加による人間や野生生物への健康被害も懸念されています。

こうした水銀の環境中での挙動や動態を理解するためには、総水銀定量分析、形態別水銀定量分析、そして水銀同位体分析による実態把握が有効な手段の1つです。総水銀定量分析は、サンプル内の総水銀濃度を明らかにすることができます。そして形態別水銀定量分析は、サンプル内に存在する異なる化学形態をした水銀濃度を明らかにして、メチル水銀

のような毒性が高い水銀化合物の割合を明らかにすることができます。最後に、水銀同位体分析は、サンプル内の水銀が、発生源からどのような化学反応や状態変化を介して、そこに蓄積したかを推定することができる追跡指標として期待されています。

総水銀定量分析や形態別水銀定量分析と異なり、水銀同位体を科学的議論に耐えるものとして計測・算出するためには、今世紀まで分析技術の進歩を待たなければいけません。一般的に水銀のような比較的質量が大きい元素の自然界での安定同位体比変動は0.5%以下であるために、信頼できる同位体比を算出するためには、その同位体比の変動幅の100分の1以下の精度で測定する必要があります。現在、金属元素のこうした高精度な質量分析が可能な分析装置は、表面電離型質量分析装置と多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析装置の2種類がありますが、揮発性が高い水銀の同位体分析は、溶液の状態サンプルを導入できる多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析装置でしか測定することができません。

では、その多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析装置はどのような分析装置なのでしょう？この質量分析装置は、イオン源に約6,000-10,000K（ケルビン）のアルゴンプラズマを備え、扇状磁場によって生成したイオンビームの質量分散を行い、複数のファラデー検出器によって、各同位体を同時に測定をすることができる装置です（図1）。例えば、水銀は質量数が196の水銀同位体から、質量数が204の水銀同位体まで、7種の安定同位体が存在しています。一般的な四重極型誘導結合プラズマ質量分析装置では検出器が1個しかありませんので、各水銀同位体を計測するためには、極わずかではありますが測定条件の変更と、時間差が生じます。そしてその測定条件の変化と時間差によって、各水銀同位体の実測値から算出される水銀同位体比の精度は3～5%程度になってしまい、自然界での水銀の同位体比変動よりも大きくなります。その一方、多重検出器



還元気化・多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析装置
(水銀同位体分析システム)

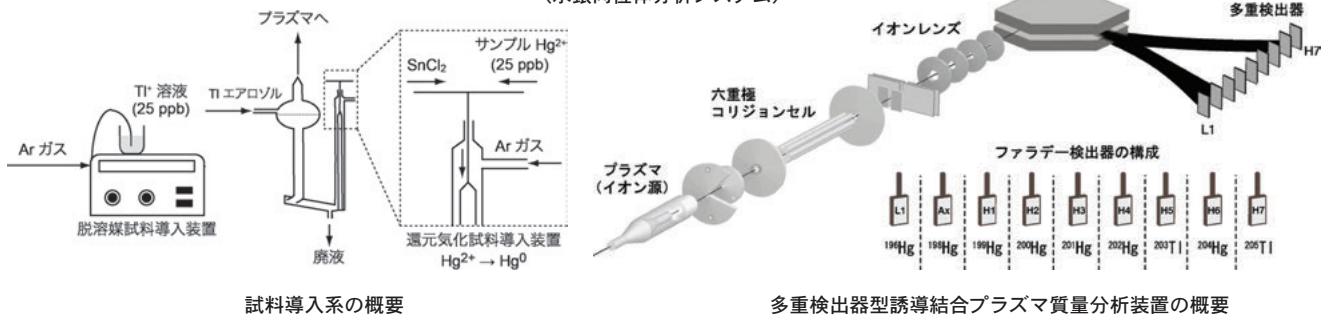


図1 還元気化・多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析装置（水銀同位体分析システム）

型誘導結合プラズマ質量分析装置では、9個の検出器が搭載されていますので、同時にすべての水銀同位体を計測し、実測値に適正なデータ処理をすることによって0.1%以下の高精度な水銀同位体比を算出することが可能です（図2）。

多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析装置では様々な試料導入系を使用することができるのも大きな特徴の1つです。環境試料などは、加熱酸分解によって溶液化して、その分解液を導入するのが一般

的ですが、水銀はイオン化ポテンシャルが比較的高い元素のために、溶液化したサンプルをそのまま導入してもプラズマ内でのイオン化率がその他の金属元素に比べて低くなります。つまり分析感度が悪くなり、様々な環境試料中の水銀同位体分析には使えなくなってしまいます。本研究課題では、そうした問題を補うために、水銀の定量分析で用いられる還元気化装置の改良を行い、試料導入系として接続しました。還元気化装置は、その名の通り、化学還元

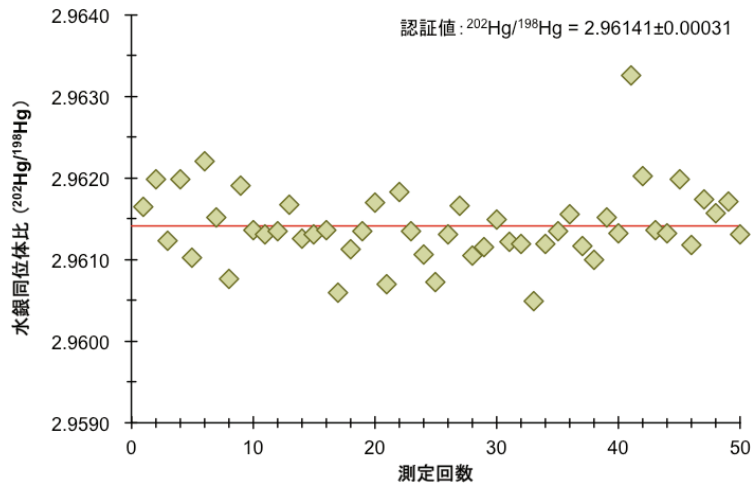


図2 分析システムの安定性、分析精度、そして確度試験のために、水銀標準溶液(25 ng/g)を繰返し測定した時の水銀同位体比変動と、複数の研究機関によって決定された水銀標準液の水銀同位体比(認証値:赤線)との比較

●特集 化学で読み解く環境動態●

反応を利用して金属元素を気化する装置です。水銀の場合は、溶液中の水銀に塩化スズ溶液を混合すると、スズイオンの還元作用により酸化水銀 (Hg^{2+}) が原子状水銀 (Hg^0) に還元されて気化されます。本研究で開発した分析技術では、この化学反応を連続的に還元気化装置内で起こし、ガス状水銀を発生させます。そして、発生したガス状水銀を連続的にプラズマに導入しているアルゴンガスに混入させて、ガス状物質だけを連続的にプラズマに導入するようにしました。そうすることによって、シグナルのバックグラウンドの低減化と感度の向上、そして安定したシグナルを連続的に得ることができるようになり、高感度化と高精度化を実現しました。

また還元気化装置によって、分析前処理方法の簡略化と、分析方法の簡易化も同時に実現することができました。一般的に、多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析装置を用いた金属元素の同位体分析では、前処理時にイオン交換樹脂を用いて、分析対象元素以外で、シグナルの妨害と成り得る元素の除去を行います。例えば、水銀同位体計測の場合では、質量数が204の同位体には水銀と鉛が存在します。そのため還元気化装置を使用しない方法で、質量数が204の水銀同位体を計測したい場合には、サンプル中に存在する質量数が204の鉛の同位体を取り除く必要があります。分析化学では、こうしたイオン交換樹脂を用いた分析前処理は日常茶飯事ですが、効率が悪く、高度な技能と経験が必要になります。その一方、還元気化装置内でスズイオンによって気化されるのは水銀イオンだけであるために、還元気化装置

内で水銀と鉛との分離が行われ、煩雑なイオン交換樹脂を用いた分析前処理を省略し、四重極型誘導結合プラズマ質量分析装置を用いた無機元素の定量分析を経験したことがある人なら誰でも実施可能な分析技術になりました。

現在、魚介類に蓄積している水銀が、どのような経路で蓄積したのかを明らかにするために、総水銀定量分析、化学形態別水銀分析、そして水銀同位体比計測を用いて研究を行っているところです。自然界に水銀は遍在しています。特に、一部の魚介類は湿潤重量で0.5mg/kg以上の水銀が濃縮されており、厚生労働省が平成17年に公表した「妊婦への魚介類の摂食と水銀に関する注意事項」に関するパンフレットのように、魚介類摂取による水銀の健康影響が無視できない場合もあります。しかしながら、我々人間にとって魚介類は良質なタンパク源であるために欠かせない食材です。今後の安心・安全な社会を形成するために、こうした計測技術を用いて実態把握を行っていきたいと思っています。

(たけうち あきのり、環境計測研究センター
同位体・無機計測研究室)

執筆者プロフィール：

分析精度管理の一貫で、時々自分の髪の毛の水銀濃度を測定しています。始めた頃は自分の髪の毛の水銀濃度が日本人の平均値（約2 mg/kg）の2倍ぐらいありましたが、特に何もしていないのに、最近は平均値ぐらいに減りました。なぜそんなに濃度が高かったのか分かれば良いのですけどね。



【環境問題基礎知識】

環境研究における自然トレーサーとしての放射性炭素(^{14}C)の利用

近藤 美由紀

^{14}C 分析というと、考古学試料等の年代測定を思い浮かべられることが多いと思いますが、環境研究分野では自然・人為起源の様々な物質の発生源探索や動態解明の自然起源トレーサーとしての利用も注目されています。 ^{14}C の特徴を上手く利用すると、同位体ラベリングのようにトレーサーを人工的に添加することなく、採取した試料中に含まれる ^{14}C 濃度を測ることで物質の移動や変遷を詳細に調べるための強力なツールになり得ます。国立環境研究所では、1996年にタンデム型加速器質量分析計が導入され、18年間に亘り ^{14}C を利用した環境研究に取り組んできました。最新の分析技術と ^{14}C 分析を組み合わせることで、過去の海水循環変動の復元や、大気粉じんに含まれる発がん性物質やシックハウス症候群の原因となる物質など環境化学物質の発生源探索など、幅広い分野での研究が行われてきました。

^{14}C の特徴の1つは、放射性同位体であり、5,730年の半減期で窒素(^{14}N)に放射壊変する性質を持つことです。地球上では、宇宙から降り注ぐ宇宙線の作用で絶えず極微量の ^{14}C が生成されます。生成した ^{14}C は、二酸化炭素 $^{14}\text{CO}_2$ に酸化され大気中に拡散した後、食物連鎖の過程で動植物の中に取り込まれ、食物連鎖を介して環境中を循環しながら半減期に従って消滅します。この減少を利用し、年代測定が実施されています。一方で、産業革命以降の人間活動は、自然の ^{14}C サイクルに変動を与えています。 ^{14}C を含まない石油や石炭などの化石燃料(^{14}C 分析の世界ではdead Cと呼ばれる)の使用は見かけの ^{14}C 濃度を減少させる一方、1950年代から約10年に亘って実施された大気圏での核実験に伴う ^{14}C (Bomb C)の生成により大気中の ^{14}C 濃度を急激に上昇させました。1950年以降に現存した生物に由来する炭素は現代炭素(modern C)と呼ばれ、化石燃料よりも何千倍も多い ^{14}C を含んでいます。現代炭素はおおよそ 1.2×10^{12} 、dead Cは 1.0×10^{16} 以下の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を持つとされていま

す。環境中の化学物質に含まれる ^{14}C 濃度を調べると、化石燃料に由来する割合と生物由来の割合を見積もることが可能なのは、2つが全く異なる $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比(^{14}C 濃度)を持つことを利用したものです。例えば、北関東で発生した大気中の微小粒子(PM2.5)の成分と ^{14}C 濃度を調べた研究から、化石燃料起源炭素の濃度は、大半の時間帯で生物起源炭素の濃度を上回り、日中に増える顕著な変動をしていることが初めて確認されました。これは、PM2.5に含まれる炭素の ^{14}C 分析を行うことで、化石燃料起源(dead C)と生物起源(modern C)の比率を推定することによって求められています(参考1)。

^{14}C による年代測定では、 ^{14}C 年代(BP: Before Present)という表記が使われます。これは、標準物質と年代測定を行う試料の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比と半減期を使って計算される値で、核実験起源の ^{14}C の影響を受ける直前の西暦1950年を基準年(AD 1950=0 BP)として報告されます。この ^{14}C 年代は、生物が取り込む大気の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比は一定であるという前提と、正しい半減期でなく ^{14}C が天然に存在することを発見したW.F.Libbyが用いた半減期(5,568年)を用いて計算するという取り決めがあるため、暦年代とは等しくなりません。 ^{14}C 年代データを暦年代に校正した年代は「校正年代(calibration age)」と言われ、cal BP、またはcal AD/BCを付けて報告されます。しかしながら、 ^{14}C 年代を測定する上での一つの仮定である、大気の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比は現在まで一定であったということは成り立たないことは分かっています。より正しい年代を求めるために、年代が既知の樹木年輪試料に残されている大気中の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を求め、正確な校正曲線(calibration curve)を作成する努力が続けられています。現時点で最新の校正曲線であるIntcal13では、13,900年前までの年輪のデータに加えて、間接/直接的に暦年代を求めた年縞堆積物や鍾乳石、サンゴ等の ^{14}C データを使って50,000年前までのデータセットが公表されています。

(参考1) 報道発表「東京近郊で発生した汚染物質が輸送とともに光化学反応をうけて北関東で微小粒子状物質が高濃度に」
<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2012/20121023/20121023.html> (2015/02/17アクセス)

●特集 化学で読み解く環境動態●

^{14}C 分析は、年代測定方法という側面と炭素循環のトレーサーとしての側面を持ち合わせており、より詳細な解析をするための ^{14}C 分析の高精度化も進んでいます。 ^{14}C 分析の高精度なデータは高時間分解能での議論を可能にするため、他の分析プロキシ（過去の気候や環境を復元する代替指標）との融合により、これまで明らかになっていなかった古環境の復元や気候変動のメカニズム解明への貢献が期待されています。その1例として、下北半島沖水深1,200mから採取された微化石（有孔虫）について、

NIES-TERRAで開発された微量年代測定を行い、12,000年前から500年前までの北太平洋中・深層水循環変動の復元に成功した研究を紹介します。この研究では、堆積コア中に極微量含まれる、海洋表層に生息する浮遊性有孔虫と、海底面に生息する底生有孔虫の ^{14}C を海水の動きを調べるトレーサーに利用しました。大気中の ^{14}C 濃度の経年変動パターン、および有孔虫の ^{14}C 分析から推定された中・深層の年代を比較し、年代差が小さければ小さいほど海水の流れが速いことを表し、すなわち海洋循環が活発になったことを意味します。気候変動と深層水循環は、常に表裏一体の関係にあることから、今後さらなる実態解明が期待される研究テーマです。この結果は、2014年にScientific Reportsに発表されております（参考2）。

^{14}C 分析は、加速器質量分析法（AMS=Accelerator Mass Spectrometry）での分析が主流となっています。AMSはイオンに高エネルギーを与えることによって、1つ1つのイオン粒子を検出することを可能にする

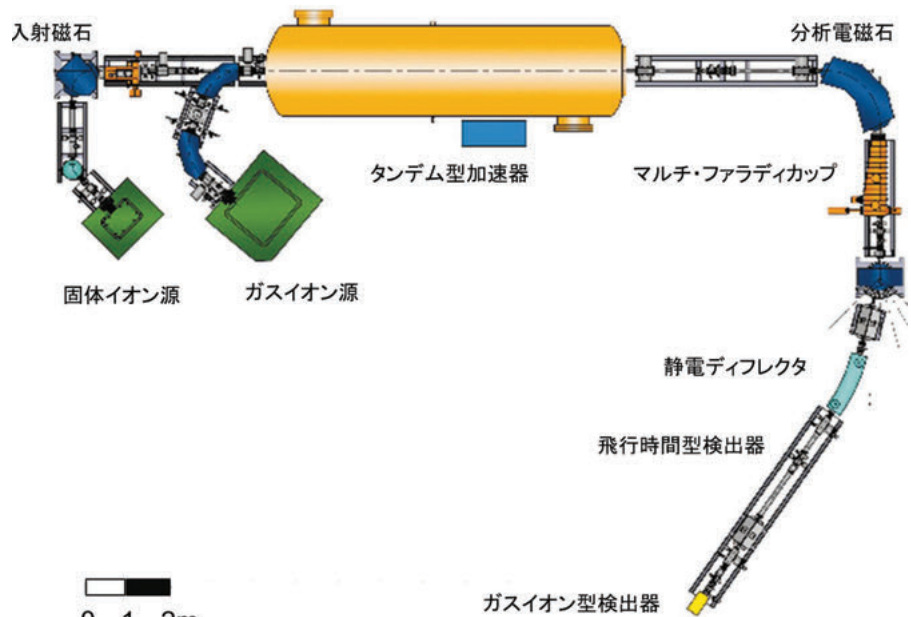


図1 NIES-TERRAの概略図

超高感度の質量分析法です。国立環境研究所には、米国NEC社製の5 MVタンデム型加速器質量分析計（NIES-TERRA）が導入されています（図1）。中央に位置する加速管の大きさは直径2.1m、長さ8.4mあり、固体イオン源から最終検出器までの全長は約38mと非常に大型の装置です。このような大型の装置を使って、環境中に極めて微量にしか存在しない放射性同位体を正確に測ることができるのです。夏の大公開の際には、施設内を一般の方にも公開していますので、興味のある方は是非一度のぞいてみてください。

（こんどう みゆき、環境計測研究センター
有機計測研究室）

執筆者プロフィール：

陸域生態系炭素循環研究の中で特に土壌圏における炭素動態に興味を持ち、主に ^{14}C を化学トレーサーに利用した研究手法の開発に取り組んできました。数年前から、北極アラスカの永久凍土地域での調査研究を行っています。



（参考2）報道発表「完新世の北太平洋中・深層水循環変動を解明～南太平洋における深層水形強化が引き金か～」
<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2014/20140225/20140225.html> (2015/02/17アクセス)

【シリーズ重点研究プログラムの紹介：「地球温暖化研究プログラム」から】

気候予測の不確実性をより良く理解する

小倉 知夫

今世紀末の世界平均気温を予測する際、その結果は「20世紀末と比べて2.6-4.8℃上昇する可能性が高い」という具合に、ある幅を持った数値で表現されることが一般的です。数値が幅を持つということは、気温の予測がそれだけの不確実性を持つということです。そして、この不確実性の幅は温暖化の社会的な影響を評価する際に無視できないほど大きいのが現状です。では、こうした不確実性の幅はどのような仕組みで生じているのでしょうか。どうかして不確実性を減らすことはできないのでしょうか。気温の予測は数値シミュレーションによって行われますので、その仕組みに基づいて考えてみたいと思います。

シミュレーションを行う際は、まず地球上の大気、海洋、海水、陸面を「格子」と呼ばれる小さな空間に分割し、各格子に変数を割り当てます。例えば大気の場合、変数は風速の東西成分 u 、南北成分 v 、鉛直成分 w 、気温 T 、水蒸気量 q などで、これらの変数の値が各格子の状態を表すと考えます。格子の大きさは水平方向におよそ100km、鉛直方向におよそ10m～1kmに設定することが現在は一般的です。次に、各格子に割り当てられた変数が満たすべき関係を方程式として表現します。再び大気の例を挙げるとエネルギー保存則、運動量保存則、質量保存則、状態方程式が当てはまります。以上の方程式を連立させて解けば全ての格子における変数の将来の値を予測できます。ただし、方程式を解く際はコンピュータプログラムを用いて数値的に解く、つまり数値シミュレーションを行う必要があります。この時に使われるコンピュータプログラムを私たちは「気候モデル」と呼びます。気候モデルには大気中の温室効果ガスとエアロゾルの濃度（または排出量）を入力条件として読み込ませます。気候予測を行う際は読み込ませる値を徐々に変化させながら数百年分の数値シミュレーションを行い、気温や降水、大気の循環等が変化の様子を観察することになります。

気候モデルで解く方程式は基本的に物理法則に基づくものですが、格子より小さな現象を表現する未

知の項を含むため、その値を推定する必要があります。具体的には積雲対流、放射、雲、乱流などの影響を表現する項が当てはまり、これらの項は「パラメータ化」と呼ばれます。一つ例を挙げて説明します。大気中の水蒸気量が増えて相対湿度が高まると、雲ができやすい環境になります。そうしてできた雲の一つ一つは格子よりはるかに小さいとしても、雲が集まった集合体を考えると、太陽光を反射したり赤外線を吸収するなどして、格子平均の気温に少なからず影響します。そこで、そうした小さい雲の集合体が格子の中で占める面積を格子平均の相対湿度の関数として表現することがあります。格子平均の相対湿度が高まると雲の集合体の面積も増加する形にします。これがパラメータ化の一例です（ここでは説明のため単純な例を示しましたが、実際のモデルでは相対湿度以外の要因も考慮して複雑な手順で雲の面積を求めます）。パラメータ化は観測データや理論的な考察から構築された数式であり、物理法則とは違い不確実性が含まれます。つまり複数の異なる数式が提案されており、どの数式を採用するかはモデル開発者の判断次第ということです。また、数式には様々な係数が含まれており、その値は多くの場合不確定です。従って係数にどの値を割り当てるかもモデル開発者の判断次第です。パラメータ化の数式や係数の値を変更してシミュレーションを行えば、変更前と比べて異なる結果が得られます。冒頭で述べたような気候予測の不確実性（数値の幅）は、多くがここから生じているのです。数式が変わることで生じる不確実性を、気候モデルの構造が変わるという意味で「構造不確実性」と呼びます。一方、係数の値が変わることで生じる不確実性は「パラメータ不確実性」と呼んで区別します。

パラメータ不確実性と構造不確実性によって気候予測にはどの程度の幅が生じ得るのでしょうか。これまで1-2個の気候モデルに注目してパラメータ不確実性を調査した研究は報告されていますが、パラメータと構造の両方の不確実性について系統的に調べた研究は世界的に見ても例がありません。そこで

地球温暖化研究プログラムでは東京大学、国立環境研究所、海洋研究開発機構で共同開発している気候モデルMIROCを用いて、パラメータと構造の両方から生まれる不確実性の評価に取り組みました。MIROCの二つのバージョンであるMIROC3とMIROC5を比べるとパラメータ化の部分に多くの違いがあります。そこで、まずパラメータ化の中から気候予測に影響が大きい積雲対流、雲、乱流の3つに注目し、MIROC5のパラメータ化をMIROC3のものに戻すことで構造の異なる8例のモデルを作成します（表1）。次に8例のそれぞれのモデルについてパラメータ化に含まれる係数の値をランダムに変更することで合計136例のモデルを作成します。最後に136例それぞれのモデルについて温暖化シミュレーションを実施し、気候感度を計算しました。気候感度とは、大気中の二酸化炭素濃度を2倍にした時の世界平均気温の変化幅であり、気候予測の不確実性を測る目安として一般的に用いられます。136例の気候モデルによる温暖化シミュレーションというのは莫大な量の計算です。これを数ヶ月間で終わらせるために、私たちは国立環境研究所のスーパーコンピュータ“NEC SX-9/A”を使用しました。

シミュレーションの結果、気候感度は2.2-10.4℃の範囲に分布することが分かり、さらに、気候感度が雲短波フィードバックと関係する様子が確認できました（図1）。雲短波フィードバックとは「気候が

変化するにつれて雲が太陽光（短波放射）を反射する強さがどれほど変わるか」という指標です。例えば、温暖化に伴い雲が減り、雲が太陽光をあまり反射しなくなる場合、つまり地球による太陽光の吸収が増える場合、太陽光の吸収増加が温暖化を促進する、という意味で雲短波フィードバックは正の値となります。そのようなモデルほど気候感度が高い傾向にある、ということを図1は示しています。

世界各国の研究機関で近年開発された気候モデルを用いて気候感度を計算すると、その値は2.1-4.7℃の範囲に分布することがIPCC第5次報告書に記されています。それに比べると2.2-10.4℃は非常に広い幅です。私たちは今まで不確実性の幅を過少評価していたのでしょうか。この問いに答えるためには、MIROC3/5から作成した136例のモデルの信頼性を検討する必要があります。そこで地球温暖化研究プログラムでは、136例のモデルを用いた現在の気候のシミュレーション結果から、気候感度や雲短波フィードバックと統計的に関係の深い変数を探し出しました。さらに、探し出した変数を観測データと比較することで、各モデルの気候感度や雲短波フィードバックの信頼性を間接的に評価しました。その結果、10.4℃のように極端に高い気候感度を示すモデルは信頼性が低いことが分かりました。そうしたモデルを棄却した場合、気候感度の上限は10.4℃から4.7℃付近まで下がります。つまり気候感度の不確実

表1 構造が異なる8例のモデルの一覧

構造が異なるモデルの名前	係数が異なるモデルの数	MIROC5から3に変更したパラメータ化		
		雲	積雲対流	乱流
CLD+CNV+VDF	18	MIROC3	MIROC3	MIROC3
CLD+VDF	15	MIROC3		MIROC3
CLD+CNV	20	MIROC3	MIROC3	
CNV+VDF	12		MIROC3	MIROC3
VDF	11			MIROC3
CNV	20		MIROC3	
CLD	20	MIROC3		
MIROC5A	20			

1 列目は8例のモデルの名前を示しており、CLDは雲 (CLoud)、CNVは積雲対流 (cumulus CoNvection)、VDFは乱流を表現する鉛直拡散 (Vertical DiFfusion) について、パラメータ化をMIROC5からMIROC3に変更したことを示す。また“MIROC5A”はMIROC5の大気部分と同じモデルを指す。2 列目はパラメータ化に含まれる係数の設定値を変えることで作成したモデルの数を示す。3-5列目はMIROC5からMIROC3に変更したパラメータ化を示しており、空欄はMIROC5のままであることを表す。(2014年塩竈ほかによる論文より改変)

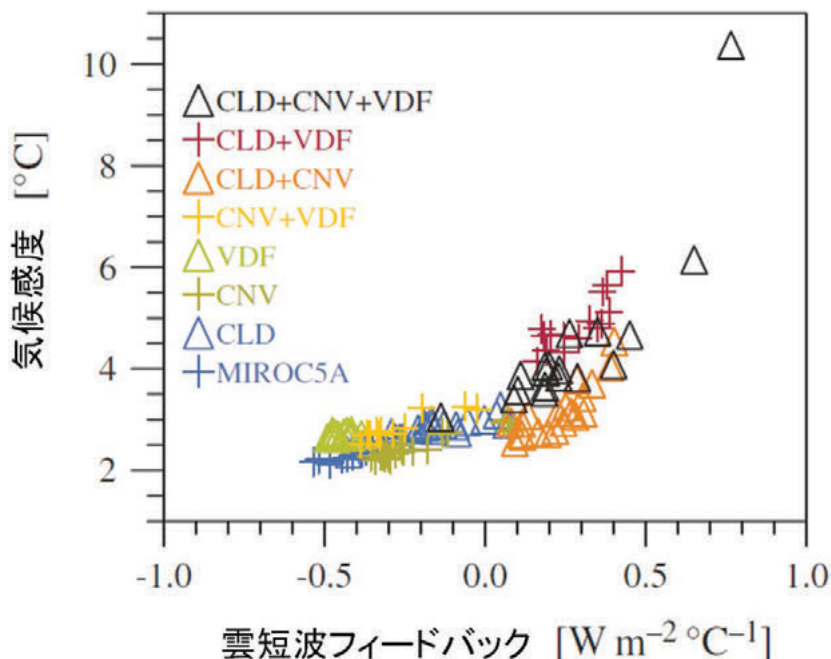


図1 136例の気候モデルを用いて計算した気候感度と雲短波フィードバック
 散布図の印の種類が気候モデルの構造の違いに対応する。同じ種類の印でも
 結果が異なるのはパラメータ化の係数の設定値が異なるため。(2014年の
 塩竈ほかによる論文より改変)

性の幅について今回の研究結果はIPCC第5次報告書の内容と概ね整合的であり、その信頼性を高める結果が得られたこととなります。

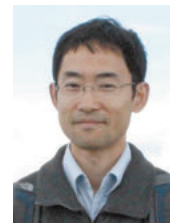
気候感度の不確実性を評価する場合、世界各国で開発された複数の気候モデルで温暖化シミュレーションを実施し、その結果がどの程度のばらつきを示すかが重要な情報源となります。不確実性が生じる原因を理解するには海外の研究者と協力し、気候モデルの細部について情報交換することが不可欠であり、今後もその必要性は変わりません。しかし、今回の研究結果は一つの気候モデル(MIROC)でシミュレーションを実施した場合でも、構造とパラメータ設定値に起因する不確実性(結果のばらつき)をある程度再現できることを示しています。自分の手元で開発/運用しているモデルから情報を得られるのですから、不確実性の理解を目指す研究者にとって朗報であり、貴重な前進です。今後は、136例の温暖化シミュレーションから得られる情報を活用し

て、雲短波フィードバックに不確実性が生じる物理的な仕組みについて理解を深める研究が重要となります。また、気候予測の信頼性を高めるために気候モデルを改良する努力も必要です。地球温暖化研究プログラムでは、このような取り組みを通して気候予測の不確実性の理解と低減、ひいては温暖化の影響評価における信頼性の向上に寄与することを目指しています。

(おぐら ともお、地球環境研究センター
 気候モデリング・解析研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

宮城県生まれ、神奈川県で育ちました。古気候への興味から研究の世界に入り、海氷、雲、気候感度に関わる仕事に参加してきました。気候モデルの改良を通して予測の信頼性を高め、不確実性を低減させることが目標です。



気候変動枠組条約第20回締約国会議及び 京都議定書第10回締約国会合における最新研究成果の紹介

朝山 由美子、PANG Shijuan

国立環境研究所は、2014年12月1日から2週間、ペルー・リマで開催された気候変動枠組条約（UNFCCC）第20回締約国会議（COP20）及び京都議定書第10回締約国会合（CMP10）に参加し、気候変動に関する最新の研究成果を紹介しました。地球環境研究センターの横田達也衛星観測研究室長、環境計測研究センターの松永恒雄環境情報解析研究室長、Pang Shijuan高度技能専門員、社会環境システム研究センターの久保田泉主任研究員、藤野純一主任研究員、朝山由美子特別研究員が参加しました。



会場入り口

1. サイドイベント

当研究所は、マレーシア工科大学（UTM）との共催で、「マレーシア及びアジア全域での低炭素社会実行計画づくりとその実践」と題するUNFCCC COP20/CMP10公式サイドイベントを12月11日に開催しました。このイベントでは、特にマレーシアのイスカンダル、プトラジャヤに焦点を当て、当研究所と京都大学が、国内外の研究協力機関との研究協力を通じ開発したアジア太平洋統合評価モデル（AIM）を用いた低炭素社会実行計画づくり、及びそれらの実践に関する最新の研究活動の成果を紹介しました。



公式サイドイベントの様子

冒頭、外務省堀江正弘地球環境担当大使、及びUTMの国際室専務理事のNordin Bin Yahaya氏が歓迎挨拶を行い、マレーシア政府エネルギー・環境技術・水省（KeTTHA）のY. Bhg. Datuk Loo Took Gee氏が、マレーシア政府のエネルギー政策に関するキーノートスピーチを行いました。イスカンダルの事例に関しては、当研究所の藤野主任研究員、及び、UTMのHo Chin Siong教授が、SATREP（国際協力機構（JICA）科学技術振興機構（JST）による地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム）のもと、UTM、当研究所、京都大学、岡山大学が現地の自治体等と協働で策定した「イスカンダル開発特区の2025年低炭素社会ブループリント」の概要、及び今年度の研究活動の成果として、イスカンダル開発特区内の5つの市レベルのLCSシナリオ、及び、「イスカンダル・マレーシア版子どもエコライフチャレンジ」について紹介しました。プトラジャヤの事例に関しては、プトラジャヤの都市計画の副部長を務めるDato' Omairi Bin Hashim氏がAIMを用いて策定した「Putrajaya Green City 2025」をもとに、「プトラジャヤ・グリーンシティイニシアティブ」を策定し、実施していることを発表しました。また、Hashim氏は、建築物のエネルギー効率改善による二酸化炭素（CO₂）の削減に向けて、AIMによるシミュレーションや、東京都による建築物分野の低炭素戦略の実施・モニタリングのノウハウをプトラジャヤの実情に合うように汎用させていく意気込みを示しました。プトラジャヤの状況に関する発表を踏まえ、東京都環境局の西田裕子氏は、東京都の低炭素戦略の実施による教訓を紹介しました。パネルディスカッションでは、会場からの質問をもとに、国や地方の政策決定者が低炭素開発計画を実施していくために、どのようにして多様な利害関係者による主体的な参加を促しているか、どう課題を克服しているのかについて議論が行われました。

登壇者による発表内容の詳細、及び発表資料はAIMホームページをご参照ください。

http://www.iam.nies.go.jp/aim/AIM_workshop/cop20_os_j.html

また、他にも国内外の研究機関と共に以下の3つのサイドイベントを主催しました。

- (1) 気候変動に関するわが国の人工衛星観測の取り組み（12月2日）
- (2) オーナーシップを持ったINDC作成に向けたアジア気候変動政策研究コミュニティの活動支援（12月8日）

(3) AIMモデルを用いた低炭素都市実行計画づくりの事例紹介と今後の展開 (12月9日)

(3) のイベントでは、望月環境大臣の挨拶がありました。

イベントの開催結果概要・発表資料は、COP20/CMP10日本パビリオンのイベントのページをご参照ください。

http://www.mmechanisms.org/cop20_japanpavilion/index.html

なお、(3)のイベントについては、下記AIMジャパンパビリオンのページからもご覧いただけます。

http://www.iam.nies.go.jp/aim/AIM_workshop/cop20_jp_j.html

2. 展示ブース

当研究所はCOP20/CMP10会場の展示ブースにて、AIM、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)及び温室効果ガス観測衛星技術衛星2号(GOSAT-2)による最新の研究成果・計画等を展示しました。

第1週(12月1日(月)～6日(土))には、「いぶき」の5年以上にわたる全球のCO₂及びメタンの吸収排出量の観測データの詳細と入手方法を紹介しました。また展示ブースのカウンターに設置したアンドロイド端末にて、「いぶき」の観測データを用いて作成した全球CO₂・メタンの濃度変化映像を流し、会議参加者の高い関心を集めました。特にアジア諸国からの参加者の中には、「いぶき」が温室効果ガスのほか、エアロゾルも観測していることから、PM2.5等の大気汚染問題への応用もできるのではないかと期待を示された方もいました。後継機のGOSAT-2については、その最新要求仕様と期待される成果について紹介しました。またAIMによる最新の研究成果のパンフレットなどをみてワーキンググループ等への参加を希望される方々もいました。

また第2週(12月8日(月)～12日(金))には、12月4日に行った報道発表「温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)による大都市等におけるCO₂観測データと人為起源排出量との関係について」の紹介も行いました。平成21年6月～平成24年12月までの3年半に大都市などとその周辺で取得された「いぶき」データを用いて、「いぶき」や将来の衛星によるCO₂濃度データを人為起源CO₂排出(インベントリ)の監視に利用できる可能性を示しました。報道発表の詳細についてはGOSATホームページをご参照ください。

<http://www.gosat.nies.go.jp/jp/related/2014/201412.htm>

なお展示ブースでは横田室長がペルーのテレビ局からインタビューを受けました。また各種電子ファイルを納めたUSBメモリとともに当研究所の研究者がデザインしたエコバッグ、間伐の樹木で作ったブックマークなども配布したところ、大変好評でした。



横田室長が研究成果を紹介している様子

3. リマ会議における活動を通じて

今年開催されるCOP21において、2020年以降すべての国が参加する新しい法的枠組みの合意に向け、各国はCOP21に十分先立って約束草案の提出を招請されています。各国が約束草案を策定するに当たり、AIMを用いた包括的な定量指標、及びその実現のための手法を提示していく必要性がこれまで以上に高まっています。また、GOSAT、GOSAT-2によるCO₂観測データと人為起源排出量との関係を示した研究成果は、各国の約束草案を集約した効果と、世界の平均気温を産業革命前の水準より2度以下で保持していくために必要な排出削減量を提示し、国際社会による更なる緩和及び適応行動を促す際にも必要な情報となってきます。私たちの研究成果が、国内外の温室効果ガス削減目標の一層の引き上げにも寄与するよう、今後も研究を進めていく所存です。



全体会議の様子
(写真提供：久保田主任研究員)

(あさやま ゆみこ、社会環境システム研究センター／ばん せけん、環境計測研究センター)

日韓中の環境研究協力 ～三カ国環境研究機関長会合（TPM）の推進～

清水 英幸

20世紀末から中国の近代化・工業化には拍車がかかり、それまで中国各地で指摘されていた環境（公害）問題が全国的あるいはアジア規模で顕在化してきました。このような中、日本、中国、韓国の環境大臣は、北東アジアの環境管理に主導的役割を果たし、地球規模の環境改善に寄与するため、「日中韓三カ国環境大臣会合（Tripartite Environment Ministers Meeting among China, Japan and Korea: TEMM）」を1999年以来開催しています。

環境問題に対処するには、政治・行政レベルの協力に加え、科学的知見の共有と研究者の協働が必要です。そこで、日本、韓国、中国の中核的環境研究機関である国立環境研究所（NIES、日本）、国立環境科学院¹⁾（NIER、韓国）、中国環境科学研究院（CRAES、中国）が北東アジアの環境問題の改善に向け、緊密に研究協力する枠組として、日韓中三カ国環境研究機関長会合（Tripartite Presidents Meeting among NIES, NIER and CRAES: TPM）が発足しました。第1回会合（TPM1）はCRAESの孟偉（MENG Wei）院長の呼びかけで3機関長が北京に集い、互いの経験・知識を共有し、研究協力を推進しようという熱意を共同コミュニケにまとめました。このとき、TPMを毎年開催することが決まり、NIESはこれまでに4回のTPMを主催しています（表1、写真1）。

TPM2では、3機関共通で関心の高い6つの重点研究分野を定め、分野毎に各機関の担当研究者を決め、情報共有と協働を開始しました。その後、研究分野の追加や名称・内容の再編があり、現在では合計9分野が設定されています（表2）。各分野の協働は担当研究者間の連絡・調整に依っていましたが、TPM9で各分野をリードする主担当機関を定め、これは原則1年で交代可能ですが、TPM11では主担当機関をもう1年継続することを決めました（表2）。現在各機関は3分野を主担当しており、分野毎に会議やワークショップを開催しています。なお、TPMの本会議時には、主担当機関の研究者が各機関の関連活動をまとめて、それぞれの分野の研究協力について発表しています。

TPM1で議論された準備会合として、TPM2の本会合の前にNIERとCRAESの担当者をつくばに招聘し、TPM関連活動の情報共有や本会合の打合せを行いました。各機関の国際関連研究者と国際室が担当し、国際ワークショップの開催を含め、スケジュール調整から報告書出版まで協力して取りまとめました。その活動は各機関長から評価され、現在では本会合の3～6カ月前に必ず準備会合を開催しています。

表1 日韓中三カ国環境研究機関長会合(TPM)の沿革

TPM	時期	場所	国際ワークショップ
TPM1	2004年 2月16-17日	中国 北京	—
TPM2	2004年 10月12-15日	日本 つくば	淡水(湖沼)汚染防止対策
TPM3	2006年 5月16-18日	韓国 済州島	北東アジア各国の 大気質管理
TEMM8 サイドイベント (TPM主催)	2006年 12月3-5日	中国 北京	地域生態とその環境影響: 砂 塵嵐の影響と緩和対策に関 する国際ワークショップ
TPM4	2007年 5月13-17日	中国 成都	車両排気を含む 大都市大気汚染
TPM5	2008年 11月25-28日	日本 北海道	有害物質による環境汚染
TPM6	2009年 11月25-27日	韓国 ソウル	気候変動適応による 低炭素社会の実現
TPM7	2010年 9月13-16日	中国 青島	生物多様性保全と 固形廃棄物管理
TPM8	2011年 11月21-24日	日本 沖縄	アジア大気汚染と 生物多様性保全
TPM9	2012年 11月12-15日	韓国 平昌	都市環境・エコシティと 気候変動の影響と適応
TPM10	2013年 11月5-7日	中国 南京	潔浄水行動に関する 国際環境保全シンポジウム
TPM11	2014年 11月11-14日	日本 川崎	エコシティと 生物多様性



写真1 TPMでの機関長達（左より、TPM2、TPM5、TPM8、TPM11）

¹⁾ 2004年当時の名称は「国立環境研究院（英文名は同一）」

また、TPM2からは重点研究分野に関連する国際ワークショップを開催しています(表1)。TPM2では3機関以外の外国人研究者が、TPM5では開催地の北海道環境科学研究センター²⁾の研究者が参加しました。TPM8では沖縄県衛生環境研究所、環境省那覇自然環境事務所、琉球大学と、TPM11では川崎市環境局、環境省地球環境局および自然環境局と協力しました。

表2 TPMにおける9つの重点研究分野と主担当機関の変遷

重点研究分野		主担当機関	
(TPM2で設定)	(TPM8で再編)	TPM9	TPM10/11
(1) 淡水汚染	(1) 淡水汚染	CRAES	CRAES
(2) 大気汚染(移動発生源を含む)	(2) アジア大気汚染	NIES	NIER
(3) 越境大気汚染	(3) 都市環境とエコシティ	NIES	CRAES
(4) 黄砂	(4) 砂塵嵐(黄砂)	NIER	NIER
(5) 有害物質汚染(内分泌攪乱化学物質・残留性有機汚染物質など)	(5) 化学物質リスク管理	CRAES	CRAES
(6) 渡り鳥と湿地 (TPM7で名称・内容変更)	(6) 生物多様性保全	CRAES	NIES
(TPM5で追加)	(7) 固形廃棄物管理	NIER	NIER
(7) 固形廃棄物管理(リスク管理や3R活動を含む)	(8) 気候変動	NIES	NIES
(8) 気候変動(適応や生態系影響を含む)	(TPM10で追加)		
	(9) 災害環境		NIES

TPM7以降のワークショップでは、原則2つの重点研究分野を選び、また一般に公開するなど、多様な環境分野の参加者が交流できるように工夫しています。

2006年12月にはTEMM8のサイドイベントとして、北京で国際ワークショップが開催されました(表1)。これは、北東アジアで懸念される環境問題の1つである黄砂に焦点を当て、半乾燥地域の砂漠化から大気環境変動までを包括したTPM主催の環境会議でした。三国の環境大臣を招き、100名以上の研究者の参加を得て、真摯な議論が繰り広げられ、モンゴルを加えた北東アジアの関係研究者間で情報が共有されました(写真2)。

TPMではスタディツアーとして各主催機関などの環境関連施設や調査地を視察しています。日本ではこれまでに、NIESの本構内施設や野外モニタリングサイト、環境省や共同研究機関の施設などを訪れました(写真3)。スタディツアーでは、実際の研究現場を視察しながら、各国で実施されている様々な調査研究活動について理解を深め、情報の共有と相互比較を行っており、関係する研究者が今後の協働を考察するための重要な機会となっています。

TPMでは重要な議論について共同コミュニケを作成し、各機関長が署名しています。この他、TPM5では「淡水汚染に関する共同研究の議事録」が3機関の間で、またTPM9では「東アジアの大気環境の実態解明と影響評価に関する共同研究についての覚書」がNIESとCRAESの間でまとめられ、研究推進に役立っています。NIESとNIER、CRAESの間では様々な共同研究が実施されていますが、TPM7での議論が端緒となり、新たに「東アジア標準化に向けた廃棄物・副産物の環境安全品質管理手法の確立」に関する研究が推進された例もあります。

災害環境研究など新しい重点研究分野もあり、研究機関間の協働のレベルには分野間で差があります。しかし、TPMでは友好、交流、協力、相互利益の原則の下で、真摯な議論と将来の研究協力が話し合われています。これまで各機関長は一貫してTPMおよび重点研究分野の重要性を指摘し、各分野の担当研究者やワーキンググループメンバーの協働を奨励しています。TPM11では喫緊の環境問題の解決に資するため、NIES、NIER、CRAESの実用的実地的な研究協力の必要性が強調され、TPMが北東アジア地域の環境保全/改善に向けた研究の有効なプラットフォームとしていっそう重要になると感じました。より多くの研究者がTPM活動に参加し、更に共同研究をリードして欲しいと思います。著者は今後も、砂漠化や黄砂、大気汚染などの環境変動と植生に関連した研究を日本やアジアで推進する予定ですが、北東アジアの環境問題解決に資するTPM活動には、研究者として今後も協力したいと考えています。(詳細は「<http://www.nies.go.jp/kokusai/tpm/index-e.html#tab1>」参照)

(しみず ひでゆき、地域環境研究センター主席研究員(企画部主席研究企画主幹))



写真2 TPM主催の国際ワークショップ(TEMM8 サイドイベント)

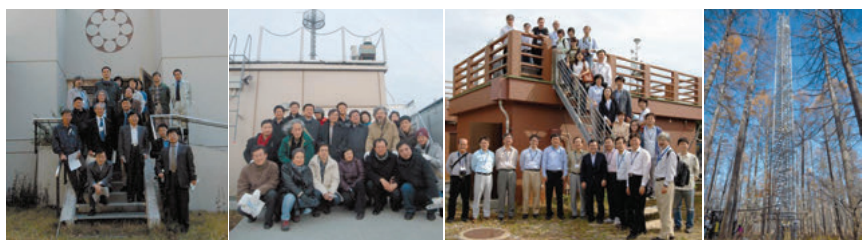


写真3 TPMスタディツアーで訪れた野外環境研究施設(左より、奥日光環境観測所、落石岬地球環境モニタリングステーション、戸田岬大気・エアロゾル観測ステーション、富士北麓フラックス観測サイト)

²⁾ 2004年当時の名称、現在の名称は地方独立行政法人北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部 環境科学研究センター



日本免疫毒性学会第21回学術大会年会賞

受賞者：小池英子、柳澤利枝、TIN-TIN-WIN-SHWE

受賞対象：ビスフェノールAの経気道曝露がアレルギー性気道炎症モデルマウスの免疫系および神経系に及ぼす影響
(第21回日本免疫毒性学会学術年会予稿集, 66, 2014)

受賞者からひとこと：本研究では、樹脂原料としてプラスチック製品等に使用されているビスフェノールAの若齢期曝露が、肺局所および所属リンパ節における免疫反応の亢進を介してアレルギー性気道炎症を増悪すること、さらに学習能力の低下など中枢神経系にも影響を及ぼす可能性を示しました。研究室での取り組みが評価され、大変嬉しく思っております。今後も、小児・次世代を考慮した環境化学物質の健康影響について、多角的な視点での解析を行っていきたいと考えております。

2014年度個体群生態学会奨励賞

受賞者：横溝裕行

受賞対象：最適保全戦略理論の展開に関する一連の研究

受賞者からひとこと：数理モデルを用いて最適戦略理論を変動環境下における保全管理の問題に適用して、保全管理政策における新たな見方を提示した点を評価していただきました。また、保全管理の上で重要であるが取扱いが難しい不確実性を取り入れた理論を展開してきたことや、これまで見過ごされてきた管理にかかるコストを明示的に数理モデルに取り入れるなど、普遍的で重要であるにもかかわらず看過されてきた扱いにくい問題に挑戦しているという点も評価していただきました。今後も理論の発展とその適用により保全管理に貢献していきたいと考えています。

2014年度日本気象学会正野賞

受賞者：塩竈秀夫

受賞対象：過去の気候変化の要因推定と気候将来予測の不確実性に関する研究

受賞者からひとこと：人間活動による温室効果ガスやエアロゾルの排出によって、過去にどれだけ気候が変化してきたかを評価すること、さらに将来変化を予測の不確実性を分析・低減することは、気候変動への対策を考える上で非常に重要です。私は、全球気候モデルを用いた数値実験と観測データの解析に基づいて、過去の気候変化の要因推定と、将来予測の不確実性に関する研究を行ってきました。今後とも研究を進展させ、社会に還元していきたいとの思いを新たにしています。

2014年度日本気象学会山本賞

受賞者：釜江陽一

受賞対象：二酸化炭素濃度上昇に対する対流圏調節過程とその気候変化への寄与に関する研究

受賞者からひとこと：複雑な地球気候システムで起きている気候の変動メカニズムを解明するために、大気中二酸化炭素濃度の上昇によって、対流圏の雲や気温にどんな変化が生じるかを調査した研究です。一般的に、地上気温が上昇するに従って進行する「フィードバック」とは別に、直接的な応答として起こる「対流圏調節」のメカニズムを明らかにし、進みゆく気候変化に果たす役割が大きいことを解明しました。専門的な研究ではありますが、二酸化炭素を含む外部強制因子に対する、地球気候システムの応答メカニズムの系統的な理解を進めていく上での重要な成果として評価していただきました。今回の受賞を励みに、今後も気候感度の不確実性低減化に資する研究を進めていければと思います。

The Award in Recognition of OVER TWO DECADES OF CONTINUOUS CONTRIBUTION TO THE SCIENCE AND APPLICATION OF UHI COUNTERMEASURES

受賞者：一ノ瀬俊明、平野勇二郎

受賞対象：Third International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island

受賞者からひとこと：私たちは90年代初頭からヒートアイランド対策の研究をはじめ、2000年代の前半から環境省等日本政府の関連政策作りに直接参画してきました。このたび、ヒートアイランド対策国際会議において、20年以上にわたる継続的な科学と応用への貢献を高く評価され、日本代表団20名が表彰されました。このメンバーに加えていただけたことを光栄に思います。ありがとうございました。

第20回「野生生物と社会」学会優秀ポスター賞

受賞者：今井葉子

受賞対象：社会的規範が市民の環境保全行動に及ぼす影響：Webアンケートを用いた分析（第20回「野生生物と社会」学会犬山大会講演要旨集, 49-50, 2014）

受賞者からひとこと：本研究は国立環境研究所 生物・生態系環境研究センターの「自然科学と人文・社会科学との連携研究」の一環で実施されました。生物多様性に配慮した行動の推進には、一般市民の認知と行動の関係性を明らかにすることや、行動に影響する要因の整理が重要となります。ポスターでは、2011年に行った全国の一般市民を対象に実施したWebアンケートの結果の一部を報告しました。4994件のデータを用い、社会心理学の分野で用いられる意思決定プロセスの観点から検討した結果、「行動意図」には「社会的規範」の影響が強く、「社会的規範」の醸成には「幼少期の自然環境の多様さ」がその他の要因（年齢や居住地の環境）よりも強く影響する可能性が示されました。今後も環境問題に対する市民活動の支援に資する調査・研究を進めて参りたいと思います。

Presentation Award for Young Researchers (IWA the international water association)

受賞者：尾形有香

受賞対象：Evaluation of Treatment Performance of a Pilot-scale Constructed Wetland treating Waste Landfill Leachate in Thailand (9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Abstracts, I, 407-413, 2014)

受賞者からひとこと：本研究は、タイ王国のカセサート大学とともに、タイ王国の実廃棄物埋立地に、パイロットスケールの人工湿地を設置し、現地の廃棄物埋立地浸出水の処理への適用性の評価を行ったものです。従来、人工湿地は、生活排水等の水質浄化に用いられてきたのですが、本研究では、蒸発散による水量削減効果にも着眼し、埋立地浸出水の水質を浄化すると同時に水量を削減可能なシステムの構築に取り組んでおります。本報告では、運転方式や雨季・乾季の季節が、人工湿地による水量削減・水質浄化能に及ぼす影響について評価しました。引き続き、研究を推進し、東南アジア諸国の埋立地管理の向上に貢献したいと思っております。

日本リスク研究学会大会優秀発表賞

受賞者：佐野和美

受賞対象：情報源と信頼度からみるリスクコミュニケーションの課題（日本リスク研究学会第27回年次大会予稿集, 27, 2014）

受賞者からひとこと：情報源としての価値を高めるためにはどうしたらよいかを考える目的で、情報源の利用度、信頼度、印象を調査したアンケート調査の結果を紹介しています。近年は、テレビやSNS、インターネットなどが情報源として利用される頻度が増していますが、信頼度はそれほど高くありません。むしろ、新聞や自治体の広報誌など、古典的な手法で、公正であると判断される媒体の信頼度が高くなっています。また、専門機関や専門家、行政の情報は、利用度そのものは低いものの、信頼度は比較的高くなっています。しかしながら、正確で科学的に正しい情報であっても利用してもらえなければ意味がありません。情報の利用頻度を上げていく取り組みが求められています。引き続き、正確で科学的な情報の信頼されうる発信源としての役割、情報発信の効果的な方法について考えていきたいと思えます。

平成26年度補正予算・平成27年度予算案における 国立環境研究所関係予算の概要

企画部企画室

平成27年2月3日に成立した平成26年度政府補正予算では、国立環境研究所の運営費交付金としてエコチル調査の10億円が計上されました。

また、平成27年1月14日に閣議決定された平成27年度政府当初予算案においては、運営費交付金全体として、一般会計分、震災復興特別会計分を合わせて121億円、平成26年度当初予算に比べて2.3%の増額となっています。このうち、震災復興特別会計の「放射性物質・災害と環境に関する研究」については前年同額の9億5千万円が計上され、一般会計のエコチル調査及び衛星観測経費については、前年度当初予算より増額してそれぞれ19億5千万円、10億2千万円が計上されています。

なお、エネルギー対策特別会計による環境省事業についても、平成26年度に引き続き、「エネルギー起源CO₂排出削減技術評価・検証事業」や「二国間クレジット制度（JCM）推進のためのMRV（測定、報告及び検証）等関連する技術高度化事業」等に研究所が一部参画予定です。

平成27年度は、第3期中期計画の最終年度に当たるとともに、独立行政法人改革に伴い、国立研究開発法人という新たな形態をとることになります。国立環境研究所では、平成28年度からの次期中長期計画に向けた検討を進めつつ、運営費交付金とともに競争的研究資金をはじめとした外部資金も活用して、環境政策への貢献を担う研究機関として、また、国内外の環境研究の中核的研究機関として、さらなる研究展開を図っていきます。

編集後記

平成26年度も残すところおよそ1か月となり、1年の仕事の締めくくりが近づいてきました。この国立環境研究所ニュースは年6回発行していますが、今年度もついに最終号を迎えました。国立環境研究所ニュースは、毎年、毎回、色々なテーマで様々な切り口から多岐にわたる環境問題について紹介・解説しています。今年度も「炭素循環を観測する」、「資源と有害物質の管理」、「リスク管理の戦略的アプローチ」、「生物多様性を見守る」、「東シナ海環境の将来予測に向けて」と

いう特集を組み、最終号は「化学で読み解く環境動態」でした。私自身、ニュース編集小委員会に携わる中で、自分の専門分野以外の記事を読み、とても勉強になった一年でした。来年度はどのようなテーマで、どのような記事に巡り合えるかを楽しみにしています。寒さの中にも少しずつ春を感じ始めるこの季節、まだ残る寒さ対策を怠らず来るべき本格的な春を楽しみに1年間の総仕上げに励みたいと思います。

(M.A.)

国立環境研究所ニュース Vol.33 No.6（平成27年2月発行）

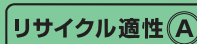
編集 国立環境研究所 編集委員会
ニュース編集小委員会

発行 独立行政法人 国立環境研究所
〒305-8506 茨城県つくば市小野川16番2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

●バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/news/>

無断転載を禁じます



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。