

最新技術で迫る環境問題



テクノロジーで
環境を読み解く

入場無料

東京会場

6/19 金

メルパルクホール

12:00~17:30

大阪会場

6/26 金

松下IMPホール

12:00~17:30

■ ごあいさつ



国立研究開発法人 国立環境研究所

理事長 **住 明正**

従来、環境問題は科学文明を含む人間活動によって引き起こされている側面が大きいと考えられていますが、一方で人間が作った科学技術によって問題解決に向かって進んで行くこともできると考えられます。国立環境研究所では、現在明らかになりつつある身近な問題から地球規模の問題に対して、最新の科学的手法や技術(テクノロジー)を適応しつつ、問題や現象の把握、モデル化、解決への提案などの研究を行ってきています。

国立環境研究所では毎年6月の環境月間に東京と、他の地域のもう一か所で環境研究の最新成果を報告する公開シンポジウムを行っています。本年は当研究所が実施している多様な環境問題に関して、最新の技術の適用例などを通じて得られた知見等を広く皆様に報告する場として公開シンポジウム2015「最新技術で迫る環境問題—テクノロジーで環境を読み解く—」を企画いたしました。多数の皆様のご参加を心よりお待ちしております。

■ プログラム

- 12:00～13:00 ポスターセッション I
- 13:00～13:10 開会挨拶 国立環境研究所 理事長 **住 明正**
- 13:10～13:50 湖水から読み取る生き物情報
ー環境DNAとその解析技術ー
生物・生態系環境研究センター **今藤 夏子**
- 13:50～14:30 ヒ素で呼吸する微生物
ー土壌浄化技術への応用を目指してー
地域環境研究センター **山村 茂樹**
- 14:30～15:10 有害化学物質と心の発達
ー心の萌芽への影響を評価するー
環境健康研究センター **前川 文彦**
- 15:10～15:25 休憩
- 15:25～16:05 カメラがとらえた摩周湖の底
センサーがとらえた摩周湖の水
環境計測研究センター **田中 敦**
- 16:05～16:45 多媒体モデルを用いて放射性物質の動きを予測する
環境リスク研究センター **今泉 圭隆**
- 16:45～16:50 閉会挨拶 国立環境研究所 理事 **原澤 英夫**
- 16:50～17:30 ポスターセッション II

ポスターセッションの要旨は7ページより

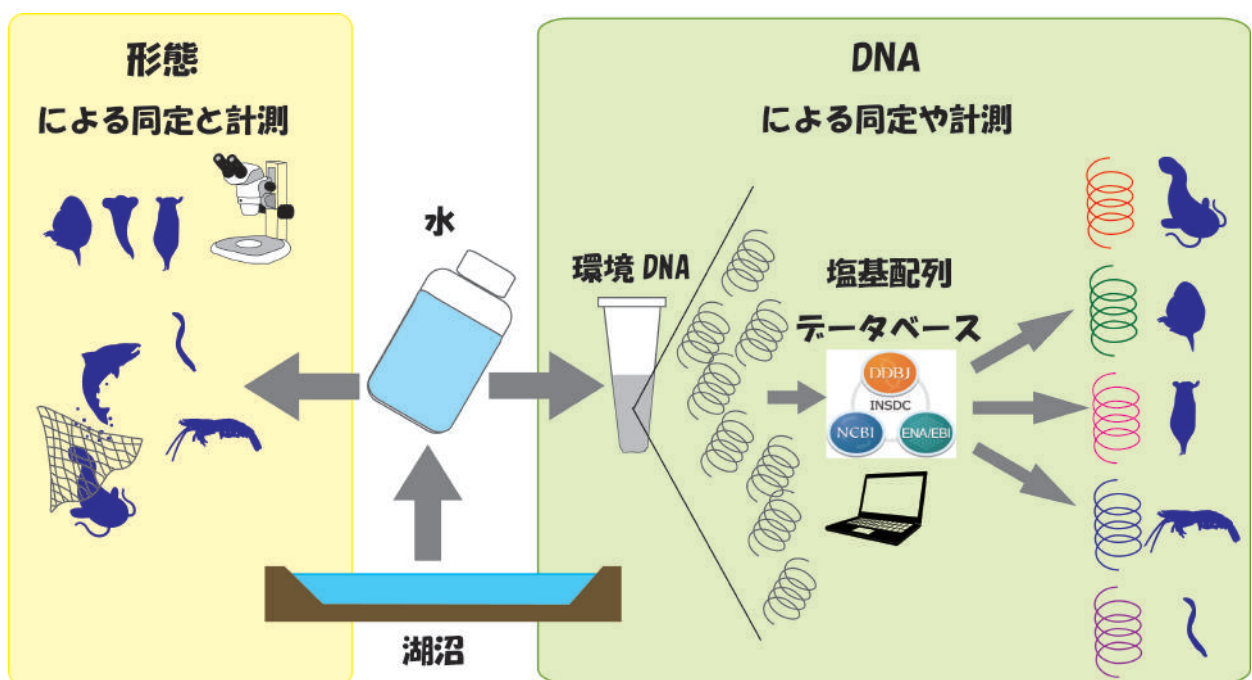
① 湖水から読み取る生き物情報 —環境DNAとその解析技術—

生物・生態系環境研究センター 今藤 夏子

湖沼の環境を保全するためには、現状を把握したり、将来を予測したりする研究が必要です。湖沼の環境を表す指標には、温度やpH、化学物質の濃度といった化学・物理学的特性だけでなく、そこに生息する生物の種類や数も重要です。化学・物理学的特性は対象とする水質項目を直接に数値化できるのに対し、生物は水質の影響を総合的に反映しているという特徴があります。一般的な湖沼の生物調査では、捕獲や目視による生物名の特定と個体数の計測を行い、定量的かつ定性的なデータが得られます。ただし、調査時にその生物がその場にはないとデータとして記録できませんし、生物の分類については専門的な知識が必要なため、大きな労力が必要です。しかし最近、湖沼の水に含まれる様々な生物のDNA(環境DNA)から生物の情報を得られることが分かってきました。環境DNAは、微小な生物の丸ごと、大きな生物の

排泄物や分泌物、組織片などに由来するDNAを含みます。湖沼水の環境DNAについて、生物の分類に適した遺伝子を選んで塩基配列を解析し、遺伝子データベースを参照することで、どんな生物が生息しているかの情報が得ることができるのです。ただし、この方法は生物の種類について網羅性がありますが、定量性はありません。その他、特定の生物種に限れば、環境DNAに含まれるかを高感度で定量的に検出する手法もあります。

国立環境研究所では、1970年代から、霞ヶ浦の水質と生物の長期モニタリングを毎月行っており、蓄積されたデータは一般に公開されています。現在、霞ヶ浦の環境DNA解析を長期モニタリングに応用できるよう、生物多様性の把握や、個体数の少ない希少生物や侵入種の検出をするための手法開発を進めています。



環境DNAを利用した生物多様性の検出

② ヒ素で呼吸する微生物

— 土壌浄化技術への応用を目指して —

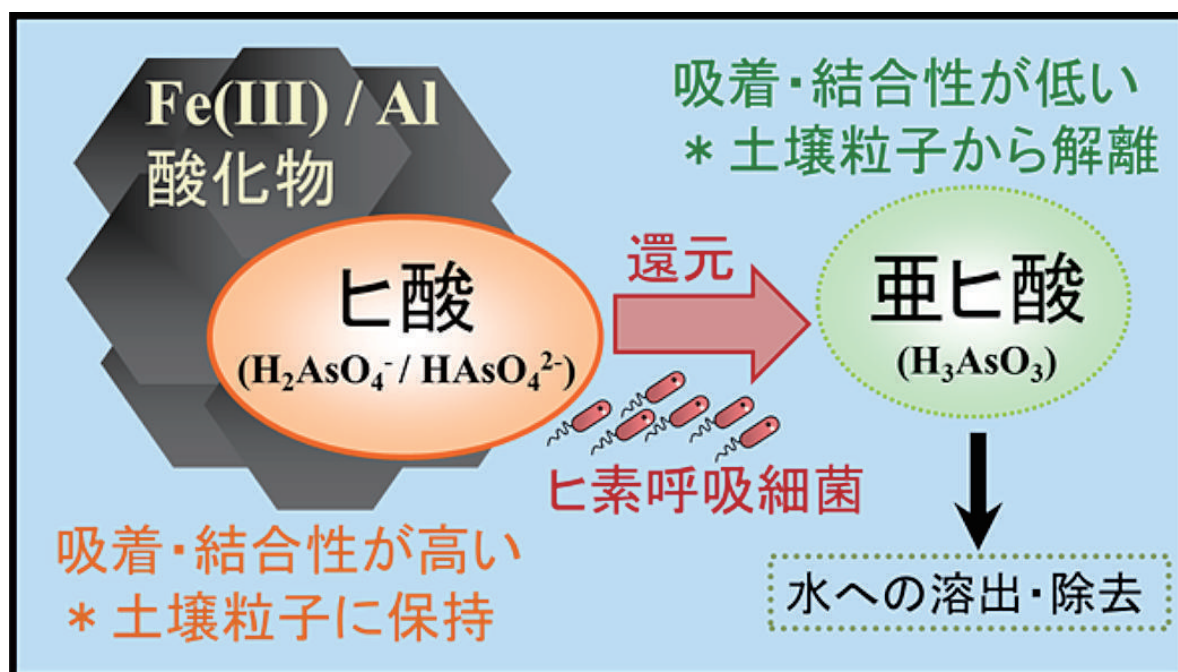
地域環境研究センター 山村 茂樹

多くの方が、「ヒ素」と聞くと「毒物」と連想されると思います。事実、ヒ素は、その化学的形態によって毒性も異なりますが、高い急性毒性及び慢性毒性、さらに発がん性を有しています。また、近年では、工場跡地の再開発などに伴う土壌汚染の顕在化が重要な社会問題となっていますが、なかでもヒ素は検出頻度の高い汚染物質の一つとして知られています。

さて、そんな毒物あるいは汚染物質として有名なヒ素ですが、実は自然環境中のいたるところに微量ながら存在します。そしてなんと、ヒ素を使って呼吸をする微生物も存在します（ヒ素呼吸細菌）。通常、ヒトを含めた高等生物の呼吸では、有機物を酸化分解してエネルギーを取り出す過程で、化学反応を効率よく完結させるために分子状酸素を利用しています。しかし、ある種の微生物は、この呼吸に酸素以外

の物質を用いることがあります。これを嫌気呼吸と呼びます。嫌気呼吸に用いられた物質は、還元されて酸化数の異なる化合物へと変化します。ヒ素呼吸細菌は、無機態ヒ素の一種であるヒ酸を使って呼吸するのですが、その過程でヒ酸は亜ヒ酸へと還元されます。

汚染土壌中でのヒ素は、多くの場合がヒ酸の形態で存在しますが、ヒ酸は吸着性が強いいため、土壌中では鉄やアルミニウム酸化物などの不溶性鉱物に保持されています。一方、亜ヒ酸になると吸着性が大幅に低くなるため、水へ溶け出しやすくなります。そのため、上述のヒ素呼吸細菌をうまく利用すれば、汚染土壌から水へヒ素を溶出させて除去できる可能性があります（図）。本講演では、ヒ素呼吸細菌を使った土壌浄化実験の結果をご紹介しますとともに、浄化技術としての展望をお話ししたいと思います。



ヒ素呼吸細菌を利用した汚染土壌浄化の概念図

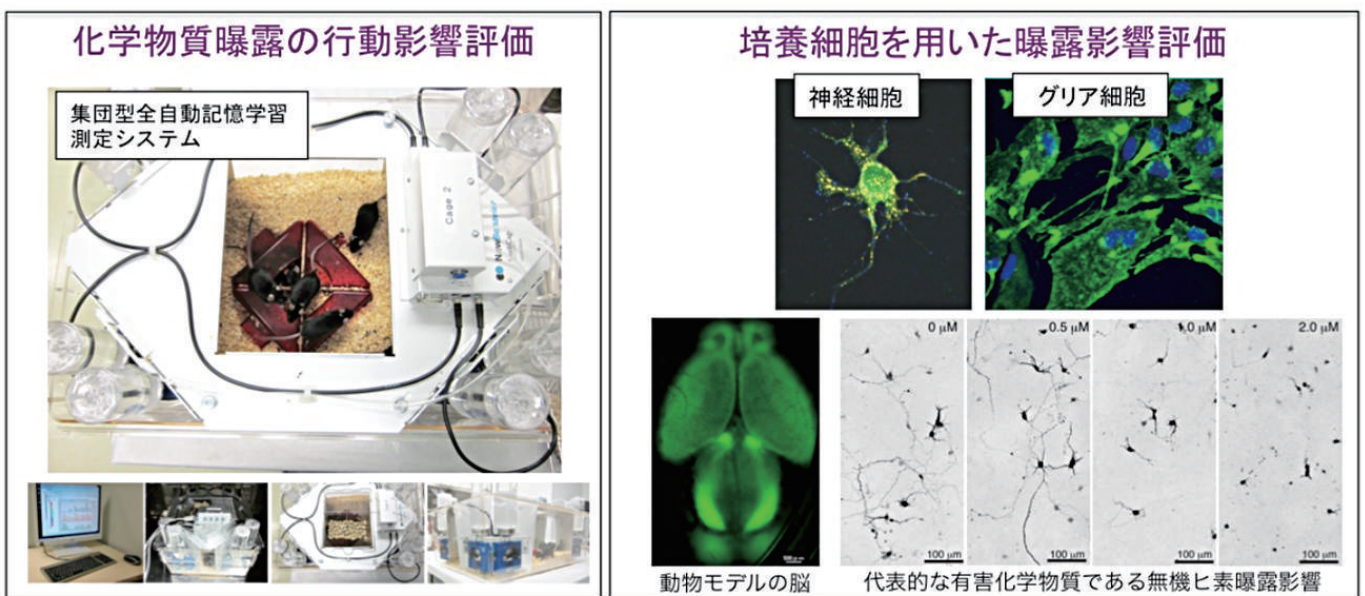
③ 有害化学物質と心の発達 —心の萌芽への影響を評価する—

環境健康研究センター 前川 文彦

自然環境中には様々な化学物質が存在しており、ヒトを含む生物はその影響を受けつつ生活しています。自然界の物質に加えて、ヒトは化学物質を自ら作り出し、豊かな社会を維持するために役立てています。一方、化学物質の一部には人体に有害な影響を示すものも含まれています。そのため、環境中の有害化学物質が人体や生態系に影響を与えないように監視する研究が必要不可欠であり、特定の化学物質の有害性を明らかにすることがその研究の第一歩です。私たちが特に注目している化学物質の有害性は脳の発達への影響です。脳は発達段階で経験に応じて働きを変える臓器であり、環境からの影響を受けやすいと考えられています。また、近年、社会性や行動柔軟性に支障をきたす発達障害などの症状を示す小児の増加が報告されており、何らかの環境要因が発症率増加に

関わっている可能性も指摘されています。

本講演では発達期の脳に影響を与える化学物質の有害性を評価する手法を構築する取り組みを紹介します。脳への直接的な影響をヒトで検討することは不可能ですので、私たちは動物にもヒトの心の萌芽ともいえるような神経回路が存在すると仮定し、化学物質を動物モデルや神経系の培養細胞に曝露した後、後発的な行動異常、脳や細胞の構造・機能異常を観察することで、ヒトへの影響予測が可能な発達神経毒性評価法の開発を試みています。社会性や行動柔軟性への影響を動物において評価する手法はまだ十分に確立されておらず、私たちは複数の評価法を開発し、それらを組み合わせることで脳・神経系の異常を総合的に評価することで有害機構を探る武器にしたいと考えています。



有害化学物質から発達期の脳を守るための有害影響評価法開発の取り組み

④ カメラがとらえた摩周湖の底 センサーがとらえた摩周湖の水

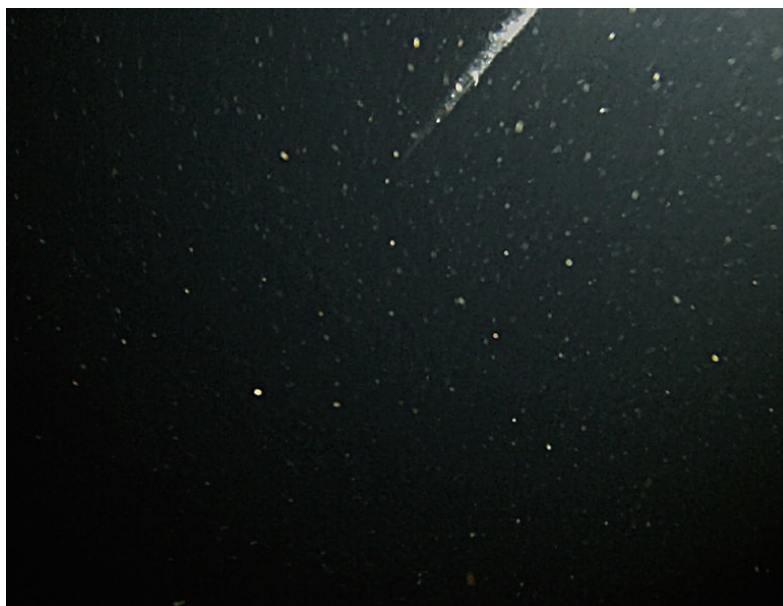
環境計測研究センター 田中 敦

摩周湖といえば深い霧が有名ですが、水の透明度の高さを思いおこす方も多いと思います。1931年には、41.6 mという世界最高の透明度を記録しています。運よく霧が晴れている日に展望台から見下ろした湖は、印象的な青い色の水をたたえています。摩周湖を除く大きな湖沼は、何らかの水利用がなされており、定期的に水質が測定されています。しかし、流れ出す河川がなく、集水域全体が阿寒国立公園の特別保護地区に指定されている摩周湖では、水利用が全く行われておらず、自治体による水質測定は行われていません。

切り立った崖に囲まれたけわしい地形や、真冬に結氷するきびしい気候といった理由から、人間がひんぱんに摩周湖に入って観測することは難しいことでした。さまざまなセンサーを備えた観測機材を使うことで、これらの課題を克服することができるようになってきています。

その1つが、民生用に開発された小型カメラです。従来は、深海調査用の潜水カメラを使わないと、水深211 mの摩周湖の底を観察することはできませんでした。それが、小型カメラと耐圧容器によって、20気圧もの高圧がかかる水中や水の底の様子が観察できるようになりました。水深200 m。水中ライトに照らし出されたのは、雪のようなたくさんの粒子でした。栄養塩濃度のきわめて低い摩周湖でも、生物の活動が湖底にまで及んでいることがわかってきました。

もう1つは、温度やクロロフィルから発生する蛍光などを感知するセンサーを備えたデータロガーです。これによって、真冬でも、大風の日でも水温やクロロフィルなどのデータを刻々ととり続けることができるようになりました。その結果、水中の植物プランクトンの年間の消長や、鉛直方向の水の動きと透明度との関係が明らかになってきました。



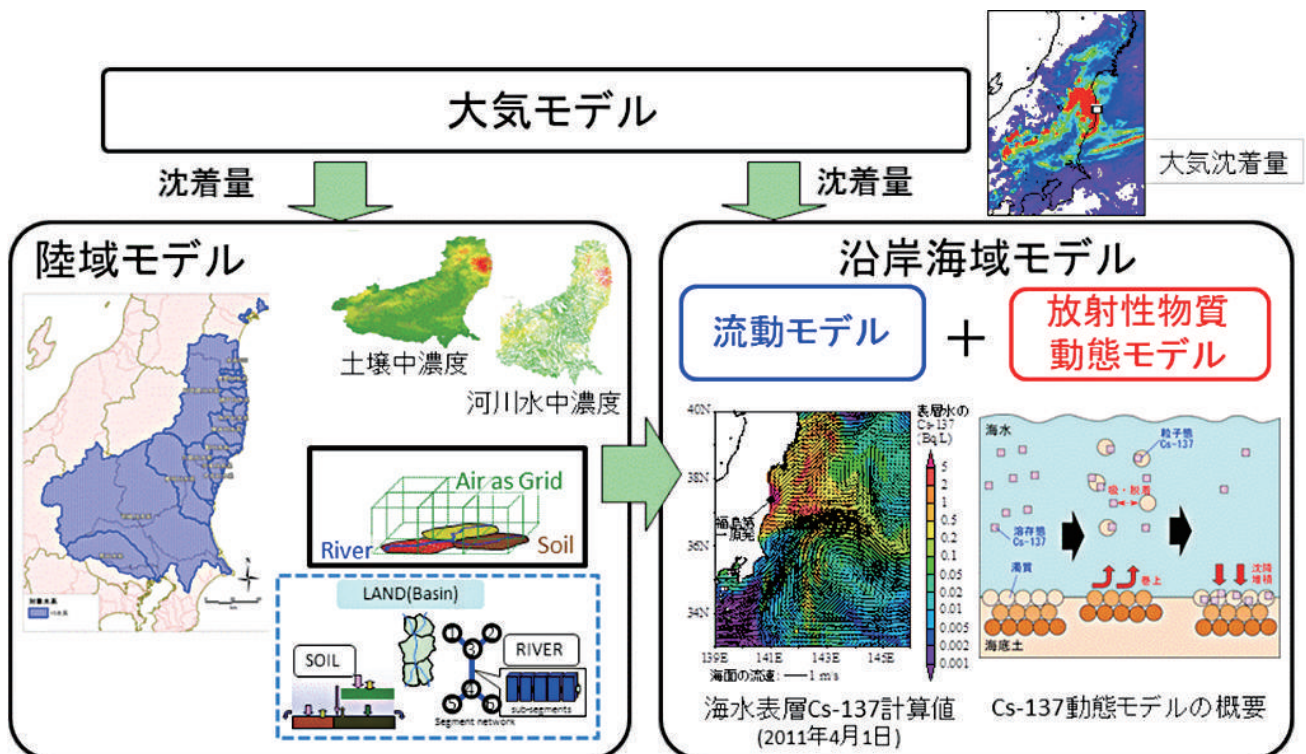
摩周湖水深200mの水中粒子
(細長く光っているのはロープの反射光)

5 多媒体モデルを用いて放射性物質の動きを予測する

環境リスク研究センター 今泉 圭隆

東日本大震災による事故に伴い福島第一原発から大量の放射性物質が放出されました。それらの一部は、大気を経由して拡散し、陸域や海域に沈着しました。汚染された地域では国や自治体によって除染作業が進められているものの、事故発生から4年を経た現在(2015年4月時点)でも、福島県東部の一部地域は居住制限区域や帰還困難区域などに指定され、居住や立ち入りなどが制限されています。事故後、様々な場所・媒体(物質が存在する場)・方法で環境実態調査や関連する研究が行われ、汚染地域において中長期にわたって環境中に残存し、空間線量率に寄与する核種は主にセシウム137だということが分かってきました。さらに、放射性セシウムには土の粒子に吸着しやすい性質があり、降雨などの際に土砂などとともに環境中を動くことが分かってきました。

化学物質の環境中の挙動を予測する場合、環境動態シミュレーションモデルは強力なツールになります。国立環境研究所では大気、陸域、海域の3グループで環境動態モデリング研究を進めています。各グループが、それまでの経験を活かして、放射性セシウムの事故直後の大気拡散を再現し、陸域・海域での挙動を予測する研究に取り組んでいます(図)。それらの研究により、陸域に沈着したセシウム137の約7割は森林域に沈着し、その大部分は地表面に長期間留まることなど、その挙動を定量的に把握することが出来るようになってきました。講演では、陸域での予測に利用している環境多媒体モデル「G-CIEMS」の構造や特徴、環境実態調査やモデリング研究から明らかになった放射性セシウムの環境中挙動についてご紹介します。



大気・陸域・海域モデリング研究の概念図

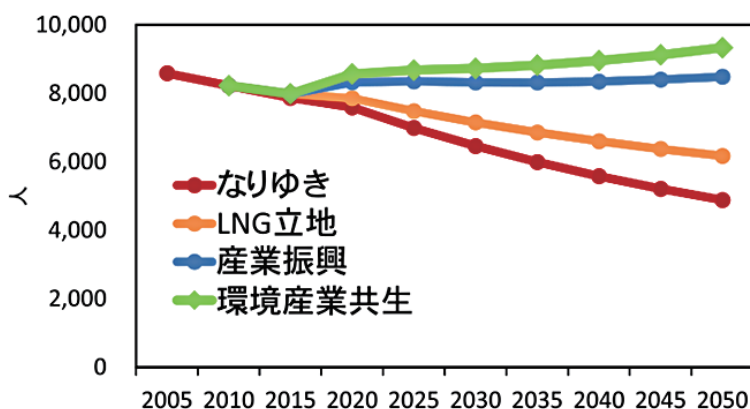
■ ポスターセッション

1. 地域スナップショットモデルによる地方自治体の将来社会・環境ビジョンの構築
2. 災害廃棄物に混入したアスベストを迅速に判定する
3. 陸域生態系の炭素収支を直接測る –環境の変化で何が変わる?–
4. 加速器質量分析装置で見る大気の炭素循環の世界
5. 地球温暖化を「見える化」する様々な方法 第2報
6. 飲食店廃グリースからのデュアルバイオ燃料製造技術の開発
7. アジア地域における使用済み電気電子機器の管理
8. 食物連鎖のシミュレーションで化学物質の生態系への影響を評価する
9. ナノ材料の2つの神経系毒性評価法
10. 水銀の全球多媒体モデルの構築と海洋生物への移行予測
–水銀に関する水俣条約の有効性評価にむけて–
11. 最先端の観測技術で越境大気汚染の問題に挑む
–北部九州におけるPM2.5の化学組成計測–
12. 霞ヶ浦の水中に存在するリンの化学組成を診る
–植物プランクトンとリンの化合物組成との関係–
13. 地域エネルギー資源を活用した復興まちづくりの計画支援に関する研究
14. ジフェニルアルシン酸を投与したラットにおけるヒ素の生体内分布と排泄
15. 子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査) –詳細調査を開始しました–
16. アジアのマングローブ湿地を対象とした自然再生に関する支援技術の開発と適用
–放棄されたエビ養殖池をマングローブの森へ–
17. 全国湖沼の漁業資源量の長期的な変化 –魚食性外来魚の侵入により資源量が減少–
18. 生態系変動を詳細に見つめる技術 –山から海まで–
19. 熱帯雨林におけるオゾン破壊物質の動きを測る技術

① 地域スナップショットモデルによる 地方自治体の将来社会・環境ビジョンの構築

社会環境システム研究センター 五味 馨

震災から地域社会が復興し発展を続けていくためには、将来の望ましい姿を明らかにして、実現の道筋を描くことが重要です。社会の人口、ライフスタイル、経済、交通、エネルギー消費、などの複雑な仕組みをコンピューター・モデルによってシミュレーションできる統合評価モデルを用いることで、地域の社会・経済状況の見直し分析や、制度・政策の影響の評価によって有用な知見を得ることができます。これまでに福島県新地町を対象として2050年までのシナリオを作成し、人口を維持しながら復興・地域発展を続けていくために必要な産業のあり方や雇用の状況、新たなエネルギー供給システムの姿を具体的・定量的に示してきました。立地する産業の種類や規模、地元雇用の割合等が違う4つのシナリオです。そのうち「なりゆき」シナリオでは、2050年頃に人口が現状の半分近くまで減少してしまいます。そこで「環境産業共生シナリオ」では、既にある産業に加えて、地域のエネルギー資源を有効に活用出来る工場や野菜工場を戦略的に誘致し、省エネ・省資源となる産業共生型のまちづくりを推進すると、戦略的な産業振興により地域経済は発展し、定住促進策によって人口を現在と同程度の水準に維持できることが分析の結果明らかになりました。さらに、環境産業共生シナリオでは 排出量削減も同時に目指し、将来のエネルギーシステム像を検討しました。環境産業共生シナリオでは人口増加や産業活動の活発化により、そのままではエネルギー需要が増加しますが、エネルギー効率の高い技術の導入、都市ガスを用いた地域熱供給の実施などによるエネルギー効率の向上と、大幅な太陽光発電の導入によりCO₂排出量は2005年比で70%減まで到達できることが示されました。



4つのシナリオの人口推計

「なりゆき」では震災以前の傾向が継続、「LNG立地」では新地町で建設中のLNG輸入基地と関連産業が立地、「産業振興」ではこれまで通りの産業誘致、「環境産業共生」では地域エネルギーを有効活用するシステムを導入し関連産業も立地する。

② 災害廃棄物に混入したアスベストを迅速に判定する

資源循環・廃棄物研究センター 山本 貴士

アスベスト(石綿)は耐熱性や断熱性等に優れた鉱物繊維であり、防火や保温等の目的で主に建築材料(石綿含有建材)として使用されてきました。しかし、過去にアスベストを大量に吸入したことによる健康被害が発生したことから、アスベストの製造や使用は2004年に全面的に禁止されました。

東日本大震災では、石綿含有建材を使用した建物が被害を受け、アスベストが災害廃棄物に混入することとなりました(写真1)。アスベストによる健康被害を防止しつつ、災害廃棄物のリサイクルや処理をすすめるには、混入したアスベストを適切に除去する必要があります。そのためには簡便、迅速にアスベストを判定する方法が必要ですが、通常の方法(公定法)では結果が出るまでに数日を要します。

そこで私たちは、鉱物の光学的特性を観察できる偏光顕微鏡を用いた迅速判定法を開発しました。判定の手順は次の通りです。①試料を採取して実体顕微鏡で観察し、繊維の有無を調べます。②繊維がある場合、ピンセット等で繊維を分取し、偏光顕微鏡で観察するための試料を調製します。③試料を偏光顕微鏡で観察し、光学的特性に基づいて繊維がアスベストかそれ以外の繊維かを同定します(写真2)。④繊維がアスベストであった場合、アスベストの種類を同定します。この方法を現場適用により評価したところ、判定時間は1試料当たり10~15分程度、公定法の結果とも94%の試料で一致し、十分に現場で活用できる方法であることが分かりました。

このような迅速判定法が、災害時はもちろん平時のアスベスト調査でも活用され、建物解体時のアスベスト飛散防止につながることを期待します。



写真1. 災害廃棄物に混入した石綿含有建材

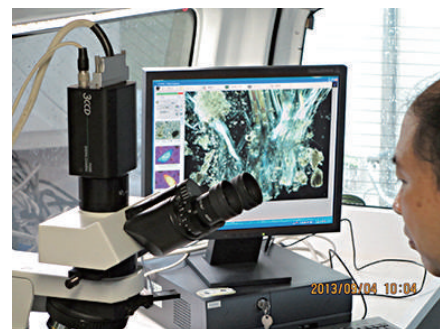


写真2. 偏光顕微鏡により繊維を観察しているところ

3 陸域生態系の炭素収支を直接測る —環境の変化で何が変わる?—

地球環境研究センター 高橋 善幸

陸域生態系では植物が大気中のCO₂を光合成により吸収し有機物をつくります。この中に含まれる炭素は、さまざまな循環過程を経て再びCO₂として大気に戻っていきます。「光合成により生態系へ吸収された炭素」から「生態系から大気へ戻る炭素」を差し引いた物が「陸域生態系のCO₂固定量」となります。実際の「陸域生態系のCO₂固定量」は植物が光合成により大気中のCO₂を吸収した量の数分の一から数十分の一に過ぎません。大気と生態系の間には、毎年膨大な量の炭素を交換しながら、わずかながら生態系中に炭素量が蓄積していくという関係があります。光合成による大気中のCO₂の固定、植物の呼吸によるCO₂の放出、土壌中の有機物分解によるCO₂の発生などは、環境の変化に対する応答が異なります。気温の上昇や降水量の変化などの気候変動は、これらのバランスを変化させ、結果的に「森林のCO₂固定量」に大きな影響を与える可能性があります。

観測技術の進歩により時々刻々と変化する大気と陸域生態系のCO₂の交換量(フラックス)を生態系の中に建設したタワーを使って渦相関法といわれる手法で観測することが出来るようになりました。現在、世界中の500箇所以上の生態系で観測が行われています。国立環境研究所では富士北麓の成熟したカラマツ林、北海道苫小牧の台風により攪乱されたカラマツ林跡地、そして北海道天塩の植林直後のカラマツ林においてタワーを用いたCO₂フラックスの観測を実施しています。これにより環境の変動や自然・人為的な攪乱が陸域生態系のCO₂交換量に与える影響を明らかにしようとしています。



国立環境研究所 富士北麓フラックス観測サイトの観測タワー

4 加速器質量分析装置で見る大気の炭素循環の世界

地球環境研究センター 寺尾 有希夫

放射性炭素同位体(¹⁴C)は、放射性崩壊をして他の元素に変化するため(5730年で数が半分になります)、炭素の年代に関する情報を含んでいます。¹⁴Cは、大気中で自然に生成されていますが、1955~63年に数多く行われた大気圏核実験により急増しました。¹⁴Cは酸化されて二酸化炭素¹⁴CO₂になって、大気~海洋~動植物に取り込まれます。植物は光合成で大気からCO₂を吸収しますが、吸収した¹⁴C量は、その時の大気中の¹⁴C量で変化します。また、動植物が死ぬと、¹⁴Cが含まれる現代の炭素を取り込むことができなくなり、¹⁴Cは放射性崩壊で減少していきます。よって、長い年月をかけて堆積した動植物の死骸である化石燃料には、¹⁴Cが全く含まれていません。これらの結果、大気・海洋・陸域生態系・化石燃料で¹⁴Cの存在比が大きく異なるため、¹⁴Cは炭素循環研究の重要なトレーサとして注目されています。大気中の¹⁴CO₂変動を高精度に観測することで、大気CO₂の濃度増加における化石燃料起源CO₂の寄与や、植物からのCO₂放出の寄与などを区分できる可能性を持っています。しかし、大気CO₂中の¹⁴Cは非常に微量のため(¹⁴Cは全炭素の1兆分の1しかありません)、その分析は容易ではありません。地球環境研究センターでは、¹⁴C測定に特化した小型加速器質量分析装置(Compact Carbon Accelerator Mass Spectrometer, CAMS)を導入し、運用を開始しました。ポスターでは、CAMSの測定原理と、沖縄県波照間島と北海道落石岬の地上モニタリングステーションで観測した大気¹⁴CO₂の濃度変化を紹介し、¹⁴Cの炭素循環研究への応用について説明を行います。



国環研の炭素専用小型加速器質量分析装置 (NIES-CAMS)

5 地球温暖化を「見える化」する様々な方法 第2報

地球環境研究センター交流推進係 広兼 克憲

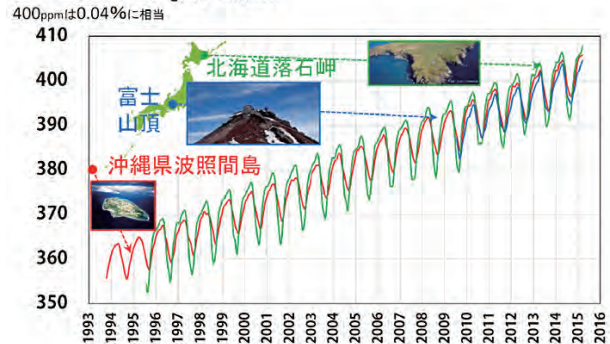
大気中の温室効果ガスが増えて、地球表面付近の気温が上昇することが地球温暖化です。すでに地球表面付近の気温は上昇しており、日本でも気象庁のアメダスの気温データを過去と比べると上昇傾向が見取れます(この気温上昇にはヒートアイランド効果も含まれています)。しかし、地球温暖化の原因とされる温室効果ガスは目で見る事ができないので、増えているのか実感がわきません。その濃度をある方法で観測して過去と比較して初めて、それが上昇していることを確認できます。また、地球温暖化は自然の揺らぎの中で非常にゆっくりと進むため、その影響も長い時間の中で現れてくると考えられます。したがって、その変化を検知するには、同じ時期(季節)・場所・方法による長期連続観測結果を複数比較することが必要です。地球環境研究センターでは、温室効果ガス濃度の地上連続観測を20年以上続けるとともに、森林など生態系の二酸化炭素吸収能力を通年観測し、さらに人工衛星や航空機、船舶などを利用した地球規模の広域濃度観測等を実施してきました。その結果は、時系列の濃度変化グラフや分布マップ等に整理され、目に見える情報として広く提供されています。

<http://db.cger.nies.go.jp/portal/ggtus/>

また、近年、地球温暖化の影響を検知する具体的な方法として、日本の高山帯の季節変化を定点カメラで長期間連続観測し、過去と比較できる画像データを蓄積しています(図参照)。地球温暖化の影響が出やすいと言われている高山帯で影響が出てきても、すぐに過去と詳細に比較できる準備を整えているのです。本ポスターでは最新の情報を紹介・解説することにより、地球温暖化の現況を視覚的に解説します。



日本の大気中CO₂濃度 (ppm)



6 飲食店廃グリースからのデュアルバイオ燃料製造技術の開発

資源循環・廃棄物研究センター 小林 拓朗 倉持 秀敏

レストラン等の業務用の厨房には、阻集器(排水中の油脂(または油脂分)をグリースとしてトラップする水槽)の設置が義務付けられています。阻集器に蓄積する廃グリースは高いエネルギーを持っているものの、汚泥処理・焼却または埋立処分され、ほとんど有効利用されていません。そこで、私たちはこうした廃グリースから、シンプルな原理でバイオ液体燃料とガス燃料を同時に回収するシステムを開発してきました。その原理は図1に示す通り、都市圏で廃棄物として回収されている廃グリースを、焼却施設等の廃熱を用いた加温によって油脂分と残さとに分離し、油脂分はA重油代替の液体燃料として、残さは発酵によりメタンガスに変換してガス燃料として回収することを想定しています。東京都内の複数の飲食店厨房から廃グリースを採取して実験に用いました。回収された油脂は店舗によって性状が異なりますが、どのようなグリースであっても50-60℃の加温によって液化し、混入している水や食品かすと分離が可能で、元の廃グリースに含有される油脂分のうち重量比90%が液体燃料として回収可能であることを確かめました。回収した油脂分はA重油規格項目を満たし、A重油代替として利用が期待できることがわかりました。一方、油脂分を回収した後の残さからは、単位有機物あたりメタンガス生成量が生ごみ以上に高いことがわかりました。安定的なメタン生産を可能とする対策を施すことで、残さ中の有機物分の70-80%をメタンガスへ変換できることを一年以上の連続運転で実証しました。

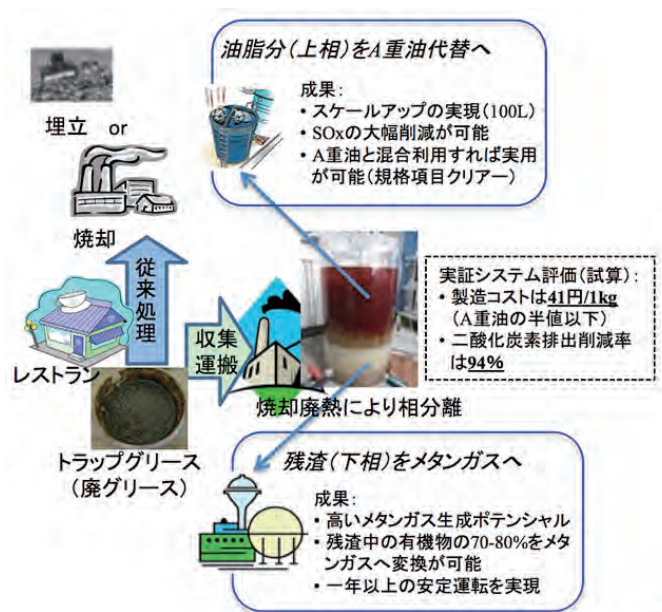
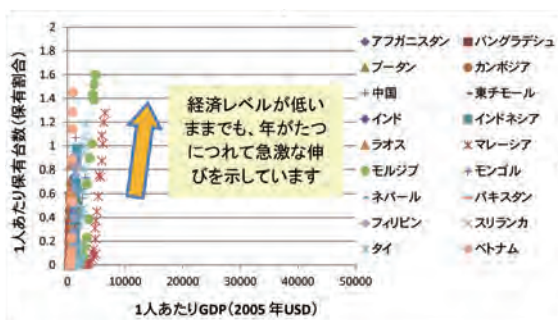


図1. 廃グリースからのデュアルバイオ燃料製造システム

7 アジア地域における使用済み電気電子機器の管理

資源循環・廃棄物研究センター 寺園 淳

2002年以降、先進国から途上国に輸入された使用済み電気電子機器の不適切なリサイクルによる環境汚染について、環境NGOの報告などによって話題になり、輸出入規制強化などの対策がとられてきました。しかし近年では、どの国においても電気製品の利用が増加しており、各国で発生する使用済み電気電子機器の適切な回収とリサイクルについても対策の重要性が増しています。そこでまず、アジアを中心とした世界の電気電子機器の保有割合（一人あたり保有台数）を調べた結果、冷蔵庫のような家電製品は保有割合と経済レベル（一人あたりGDP）との間には一定の相関関係がありました。一方、携帯電話の保有割合は国の経済レベルにほとんど関係なく年に応じて増加していることがわかり、さらに更新周期も短いため、使用済み品の発生台数は世界中で増加しています。また、フィリピンやベトナムを含むアジアの途上国では使用済み電気製品の回収・リサイクル制度が整備されておらず、十分な施設がないことも問題です。フィリピンでインフォーマルの小規模リサイクル業者による金製錬プロセスを調査した結果、健康や環境影響の面での心配だけでなく、電子部品スクラップからの金回収効率が低い可能性もあることがわかってきました。適正なリサイクル施設に集まるように日本の経験や技術を提供したり、リサイクル困難な廃棄物を日本に輸入してリサイクルするといった協力が必要と考えられます。



アジアの途上国(非OECD加盟国)における携帯電話の一人あたり保有台数(1980~2012年)

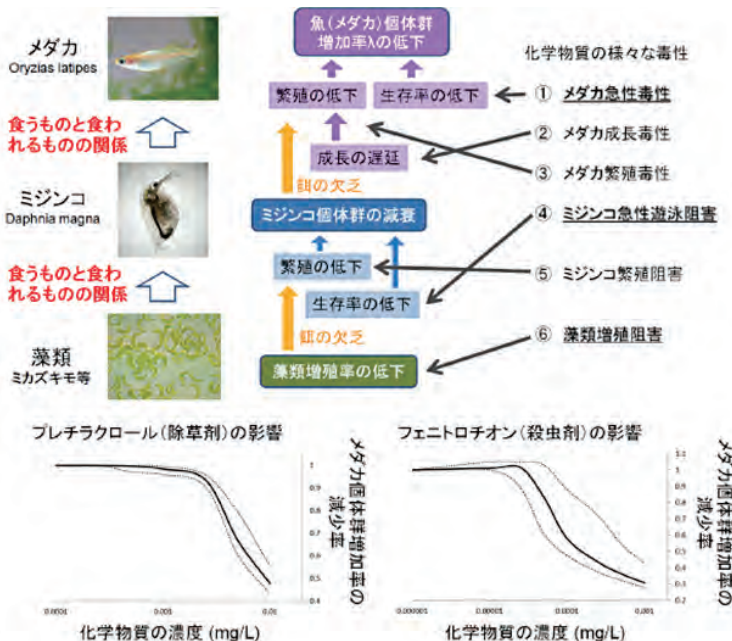


マニラ近郊における小規模リサイクル業者による金製錬プロセス

8 食物連鎖のシミュレーションで化学物質の生態系への影響を評価する

環境リスク研究センター 田中 嘉成

化学物質の生態系への影響を評価することを生態リスク評価と言います。生態リスクの方法は様々なものが提案されていますが、水生生態系を対象として、藻類、ミジンコ、メダカなどの水生生物に対する化学物質の有害性(毒性値)と環境中に存在する化学物質の濃度の比率を指標とする方法が標準的です。この段階でリスクが無視できないと判断された化学物質は、より高い段階のリスク評価に回されます。高次の生態リスク評価では、より詳細な生態毒性データとともに環境中の濃度に関する情報も収集されますが、自然環境をより正確に反映したリスク評価手法が求められています。本研究では、政策支援研究の一環として、生態系モデルの手法に基づき化学物質の生態系影響をより正確に評価するツールの開発を行いました。A-TERAMと名付けられたこの生態リスク評価モデルは、藻類-ミジンコ-魚の3栄養段階の生態系を模しており、生物の個体群の増減や食うものと食われるものとの関係などの生態学的要因が、個体に対する毒性や蓄積性などの化学的要因と相互作用をもって化学汚染の生態影響を左右する様子が再現されています。本モデルを工業化学品や農薬類などへ適用を試みた結果について紹介いたします。



生態リスク評価モデル(A-TERAM)の概念図および農薬に対する評価結果

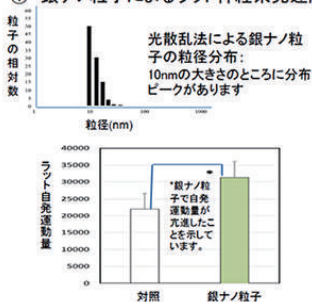
9 ナノ材料の2つの神経系毒性評価法

環境リスク研究センター 石堂 正美

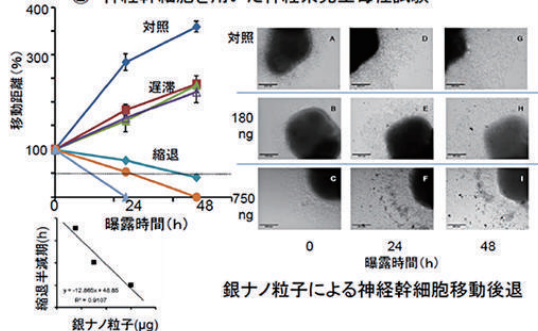
ナノテクノロジーは、これまでの科学技術基本計画や新産業創造戦略において、推進すべき重要な政策として位置づけられており、産業発展のために必須の科学技術です。ナノは長さを表し(10^{-9} m)、この領域で行われている科学技術がナノテクノロジーです。従って、その基盤となるナノ材料の健康への影響、特に次世代への健康影響を明確にして、十分な対策を構築することが極めて重要な課題です。しかしながら、ナノ材料の有害性に関する研究報告は混沌とした状況にあります。ナノ材料では結晶のサイズが小さくなることにより、電子状態が変化し、通常の大きな物質にはないような性質が現れます。化学反応は、基本的に物質の表面で起こりますが、物質がナノサイズになることにより単位質量当たりの表面積が大きくなります。この比表面積の増大が化学的反応性を高めます。その他、小さくなることにより多くの物理化学的な変化が知られてきていますが、身体の中での生物学的な作用は必ずしも明らかになっていません。そこで、本研究では神経幹細胞を用いたニューロスフェアアッセイ法と仔ラットを用いた自発運動量を指標とした2つの方法で銀ナノ粒子の生体毒性評価を行いました。

その結果、神経幹細胞を用いたニューロスフェアアッセイ法では銀ナノ粒子は神経幹細胞の移動を阻害することが明らかになりました。更に、銀ナノ粒子は移動中の神経幹細胞に接触すると縮退することも初めて明らかになりました(図②)。また、仔ラットを用いた方法では、口から銀ナノ粒子が入ると自発運動量が亢進することが明らかになりました(図①)。これは銀ナノ粒子による脳の神経系の発達障害と考えられました。なお、本研究で用いた銀ナノ粒子のサイズは光散乱法で確認してから用いています(図①上)。

① 銀ナノ粒子によるラット神経系発達障害



② 神経幹細胞を用いた神経系発生毒性試験

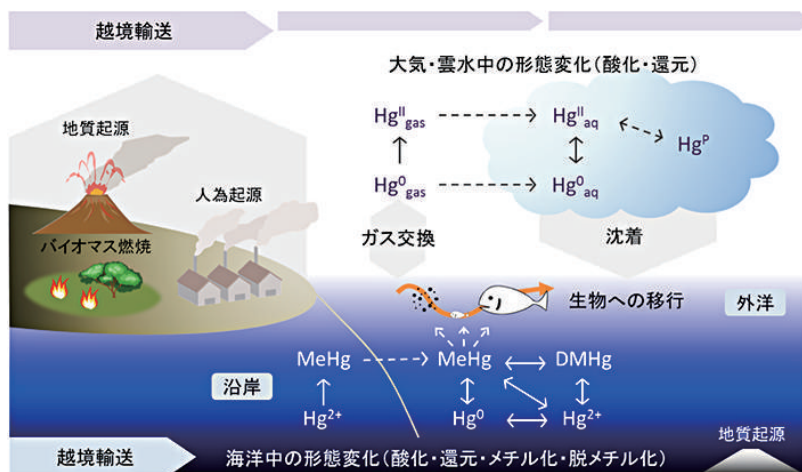


10 水銀の全球多媒体モデルの構築と海洋生物への移行予測 —水銀に関する水俣条約の有効性評価にむけて—

環境リスク研究センター 河合 徹

水銀は自然界から、あるいは人間活動を通して様々な排出源より環境中に排出され、一度環境中に排出されると大気と海洋において長距離越境輸送され、元素状、酸化体、有機体の形態をとりながら多媒体(大気、海洋、陸域、生物圏)に渡って地球規模で循環します。水銀による環境汚染を抑制するためには国際的な取り組みが必要であり、このような取り組みの一つとして、水銀の産出から使用、廃棄に至るまでのライフサイクル全体を規制する、水銀に関する水俣条約が2013年10月に採択されました。現在は128カ国により署名され、10カ国により批准されています。今後条約により講じられる対策が環境中や生物中の水銀量をどの程度減少させるのかを評価することができるシミュレーションモデルの開発が急がれています。これまで、大気における輸送や形態変化に関するモデル化は比較的進められています。一方、陸域や海洋における動態や、特に最も有害な形態であるメチル水銀の水環境中における生成過程や生物への移行に関する理解は十分に進んでいるわけではありません。

私たちは1)水銀の多媒体に渡る循環と、人への曝露経路となる海水魚への曝露量を推定することができる地球規模モデルの開発に取り組んでいます。また、大気-海洋-生物間の水銀動態を適切にモデル化し、検証するために、2)微量な水銀同位体比変動を分析して海洋・海洋生物中のメチル水銀等の水銀形態の起源を推定する研究、3)遠洋・沿岸域における大気-海洋間フラックス等の海洋動態の観測と海洋生物への生物移行に関する実験、及び4)大気中の形態別水銀濃度の連続観測と沈着量の調査を実施しています。



環境中における水銀の循環と海洋生物への移行

11 最先端の観測技術で越境大気汚染の問題に挑む —北部九州におけるPM_{2.5}の化学組成計測—

地域環境研究センター 高見 昭憲

ここ数年、日本列島の日本海側や九州地方ではアジア大陸で発生した大気汚染物質が飛来してくる現象、いわゆる越境大気汚染が問題となっています。我々のグループでは、福岡や熊本などの観測拠点に最先端の観測機器を設置して、黄砂(アジア大陸の砂漠から強風によって巻き上げられた砂ぼこり)やPM_{2.5}(空气中を浮遊する粒子状物質のうち直径が2.5 μm(マイクロメートル)以下のもの、μmはmm(ミリメートル)の1000分の1)などの越境大気汚染微粒子を観測・分析しています。

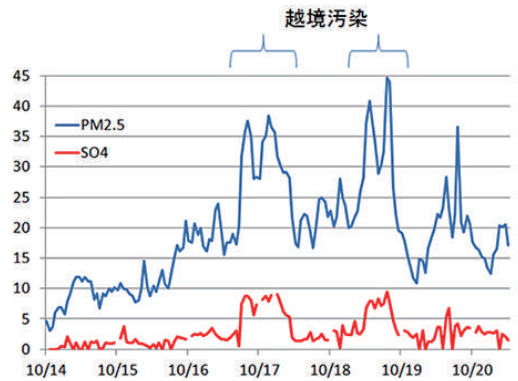
ACSA(大気エアロゾル化学成分連続自動分析装置)では1時間ごとに粒子を捕集し、自動的に分析することで粒子の量や粒子中の大まかな化学成分を調べることができます。AMS(エアロゾル質量分析計)では捕集した粒子を加熱により一瞬でガス状にして分析することで、その中に含まれる化学成分を連続的に調べることができます。ナノサンプラーでは多段階のフィルターを用いて粒子をその大きさごとに分けて分析できるだけでなく、黄砂に含まれる土壌成分や人体に有害な金属成分の量を元素ごとに分析することができます。

TOF-SIMS(飛行時間型-二次イオン質量分析)では顕微鏡のように粒子の形を観察することができ、また、質量分析により化学成分を同時に調べることができます。さらに粒子を切断してその内部の構造や化学成分の分布も調べることができます。これらの分析方法を組み合わせることで越境汚染微粒子がどこから来てどのようにできたのかを明らかにすることができます。

発表ではこれらの観測機器を用いた微粒子の観測・分析結果について紹介します。



熊本大学に設置したACSA
(大気エアロゾル化学成分連続自動分析装置)



2014年10月の熊本でのPM_{2.5}とSO₄²⁻イオンの濃度
(濃度の単位は μg/m³)

12 霞ヶ浦の水中に存在するリンの化学組成を診る —植物プランクトンとリンの化合物組成との関係—

地域環境研究センター 篠原 隆一郎

皆さんが使用する水は、湖沼・河川・ダム貯水池などから取られ、各家庭へと送られています。それらの水環境では水質管理が精力的に行われています。水中にある窒素やリンは、植物プランクトンにとって栄養素ですが、濃度が高くなると植物プランクトンの大増殖(アオコ)を引き起こします。我が国で2番目の面積を誇る霞ヶ浦でも、窒素・リンの濃度上昇が進行して、アオコが度々発生しています(図1)。アオコが発生すると、景観は悪くなり悪臭も発生します。さらに浄水処理場では発がん物質トリハロメタンの発生リスクも増大します。

植物プランクトンは、水に溶けているリン酸を摂取し、生体を構成する化合物、例えば遺伝情報をつかさどる核酸(DNA, RNA)などを合成し、増殖することが知られています。また、植物プランクトンなどに含まれるDNA, RNAは、植物プランクトンが枯死した後、分解などのプロセスを経て、再びリン酸となり、植物プランクトンに再利用されると考えられます。つまり、水中に存在するリンの化合物組成を診ることが可能になれば、水中でリンがどのような形でどのように変化しているかがわかり、ゆくゆくはアオコ発生の仕組みの解明に繋がるものと期待されています。

近年、病院のMRIにも使用されている、核磁気共鳴装置による分析方法を使って、植物プランクトン等に含まれる核酸などのリン化合物の量を測ることができるようになりました。霞ヶ浦ではRNAに含まれるリンが最も多く存在しています(図2)。今後RNAに含まれるリンからリン酸へと回帰するリスクを予測できるモデルを作成できれば、水中のリン酸濃度の予測が可能になり、アオコ発生予測が可能になると期待されます。



図1. 霞ヶ浦のアオコ現象

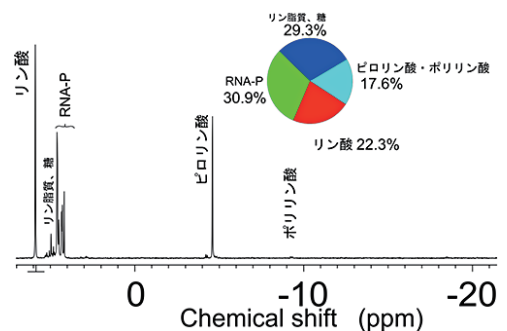


図2. 植物プランクトンのリンの化学組成

13 地域エネルギー資源を活用した復興まちづくりの計画支援に関する研究

社会環境研究センター 戸川 卓哉

東日本大震災の被災地では、住宅移転や土地利用を含む計画の検討とその実施も進み、復旧段階から復興・創生段階に入りつつあります。今後は、これまでの成果を踏まえつつ、地域内での自律的な再生プロセスへ移行していくことが求められています。したがって、震災前の状態に戻すことを基準としつつ、それに加えて、新たな成長の可能性を考慮した計画立案が必要です。そのための一つの方向性として、福島県において進められている「イノベーションコスト構想」等の大型プロジェクトの実施効果を最大限に活用し、震災前から進んでいた地域の課題（人口、経済）が進展し状況が悪化する事態を回避し、地域資源を活用し高い生活の質を持続的に提供できる都市基盤の整備が必要と考えられます。本研究では、地域のエネルギー特性に応じた復興まちづくりの計画支援を目的としています。特に浜通り北部におけるLNG（Liquid Natural GAS：液化天然ガス）基地立地計画に着目し、エネルギー需給バランスの観点から、その立地効果を評価するためのコンピュータを活用した計算ツールを開発しています。それらを実地域に適用することで、拠点地区の空間デザインやそのエネルギーシステム設計がエネルギーコストや環境負荷の増減を通じて、中長期の生活・環境・経済へ与える影響を評価し、住民が地域の将来像を選択できる基盤を提供します。これにより、復興・再生に関するこれまでの取り組みを踏まえ、その効果を持続化させるために、地域のエネルギー産業集積を活用した持続的な復興・再生シナリオの設計を支援します。



福島県内の先導開発地区における発展型創造シナリオの提示

14 ラットにおけるジフェニルアルシン酸の体内分布と排泄

環境健康研究センター 小林 弥生

茨城県神栖市の地下水から検出されたジフェニルアルシン酸(図1)は有機ヒ素化合物の一種で、通常自然界には存在しません。ジフェニルアルシン酸は旧日本軍が製造したあか剤(くしゃみ剤)に使用された有機ヒ素化合物の中間原料、あるいは分解物ではないかと考えられていますが、その毒性についてはほとんど分かっていません。ヒ素はその化学形態によって毒性が大きく異なることが知られています。このことから、ヒ素の毒性発現のメカニズムを解明するためには、体内分布だけでなく、ヒ素の化学形態も明らかにすることが重要となります。そこで本研究ではジフェニルアルシン酸を経口投与したラットにおけるヒ素の生体内分布と排泄に関して、化学形態別分析も含めて検討を行いました。

体内に摂取されたジフェニルアルシン酸の一部は胆汁排泄されることが示唆されていますが、ジフェニルアルシン酸投与後の胆汁中のヒ素の化学形態については報告されていませんでした。ヒ素の化学形態別分析の結果から、ラットにジフェニルアルシン酸を経口投与するとジフェニルアルシン酸-グルタチオン抱合体(図2)として胆汁中に排泄されることが分かりました。このことから、生体内に摂取されたジフェニルアルシン酸(5価)の一部はグルタチオン抱合体となって胆汁中へ排泄され、再吸収される際に3価のジフェニルヒ素化合物(例えばジフェニルヒドロキシルアルシン等)へと加水分解される可能性が考えられました。3価ヒ素化合物は5価のヒ素化合物と比較し、タンパク質との相互作用が強く毒性高いことから、3価ジフェニルヒ素化合物は毒性発現の原因になる可能性が示唆されました。

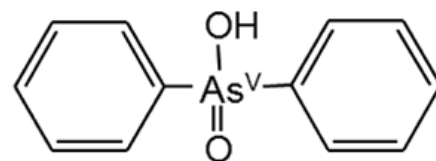


図1. ジフェニルアルシン酸の構造

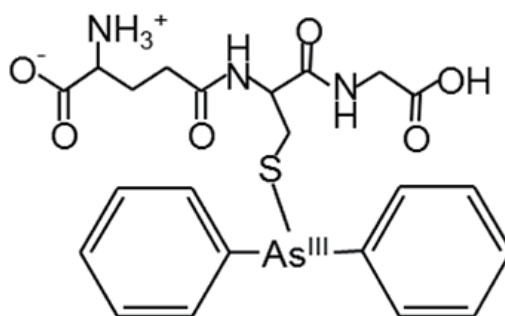


図2. ジフェニルアルシン酸-グルタチオン抱合体の構造

15 子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査) — 詳細調査を開始しました —

環境健康研究センター 磯部 友彦

「子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査)」は、子どもがお母さんのお腹にいる時から生まれて成長していく過程で化学物質にさらされる事(ばく露)が、子どもの健康にどのように影響するかを明らかにしていく事を目的とした環境省主導の研究事業です。国立環境研究所は研究のとりまとめ機関として、全国15カ所に設置された調査拠点(大学医学部など)および国立成育医療研究センターと協働して調査を進めています。2011年1月から参加者の募集を開始し、2014年3月末までに目標の10万人を越える妊婦さんの登録を終えました。

妊娠期や育児期の生活習慣や周辺環境などの背景情報については、お子さんが3歳になるまで半年ごとの質問票調査で収集しています。これまでの集計結果から、参加妊婦さんの約5%が妊娠中～後期でも喫煙をしていることなどが分かりました。また、昨年度からは提供いただいた血液中の重金属や尿中のニコチン代謝物などの化学物質の測定も開始され、子どもの健康に影響すると考えられる様々な環境要因に関するデータが集まりつつあります。

これに加えて、昨年末から実際に参加者のご自宅に調査に伺って子どもたちの生活環境や化学物質などを測定したり、成長や発達の変化について医師などの専門家が見守りながら「詳細調査」を開始しました。エコチル調査の参加者全員に対してこのような詳しい調査をすることはできないため、詳細調査では参加者の中から改めて協力をお願いし、そのうち同意していただいた5,000人のお子さんを対象として実施しています。この詳細調査についても、子ども達が13歳になるまで追跡調査を継続する予定です(図1)。



図1. お子さんが13歳になるまで、訪問調査・医学的検査・精神神経発達検査を実施して子どもの健康に影響を与える環境要因の解明を目指します

16 東南アジアのマングローブ湿地を対象とした自然再生に関する支援技術の開発と適用 — 放棄されたエビ養殖池をマングローブの森へ —

生物・生態系環境研究センター 亀山 哲

非常に多面的で豊かな自然の恵みを持つマングローブ湿地が、人為開発によってアジア各国で急激に減少している原因は、「沿岸湿地特有の高い生産性と地理的な脆弱性」にあります。木材生産や水産養殖池また埋立地としてマングローブ湿地を捉えた場合、その森は非常に魅力的な開発対象と言えます。現在経済成長の著しい東南アジアの国々では、輸出拡大のためエビ養殖が盛んに行われており、養殖施設の拡大が大きな問題となっています。

近年、生物多様性保全や気候変動に対する適応策(グリーンインフラ等)の観点から、マングローブ生態系の保全と再生は緊急の環境課題となっています。

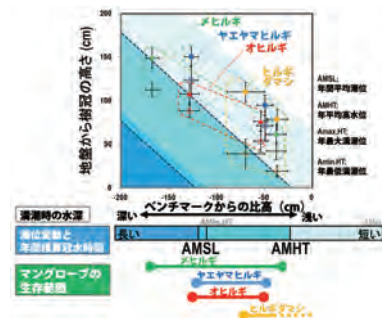
本研究の目的は、アジア沿岸域の湿地の変容解明と自然再生活動の支援です。我々は特に「生態系サービスに着目した湿地の自然再生」を中心に研究しています。ベトナム沿岸域を対象に、増加中の放棄エビ養殖池を対象としたマングローブ湿地の再生に関して支援技術の開発を進めています。具体的には、次の3点です。

- 1) リモートセンシングを用いた潜在的マングローブ生息域の抽出。
- 2) GISを用いた水産養殖池や土地利用変化に関する情報の一元的管理。
- 3) マングローブ湿地再生地における事後評価。

1)2)を通し、広範囲かつ長期間の沿岸湿地の変容を解明すると共に、より具体的な再生適地の検討を行いました。また3)において実際のマングローブ植林地の調査を行い、対象種(オヒルギ・ヤエヤマヒルギ・メヒルギ)について生残範囲、成長量、地盤高等を計測しました。結果として、個々のマングローブ種の生残範囲は地盤高と潮位変動による冠水時間によって厳密に制限されている事を明らかとしました。



潜在的なマングローブ湿地の分布(1973年)



マングローブ再生地の比高と各マングローブ種の樹高の関係

17 全国湖沼の漁業資源量の長期的な変化 —魚食性外来魚の侵入により資源量が減少—

漁業資源を持続的に利用するためには、資源量(魚の数や量)の状態や傾向を正確に把握し、それに影響を及ぼす要因を特定することが重要です。資源量の評価に関する研究の多くが海面漁業(沿岸や外洋で行われる漁業)に注目したものであり、内水面漁業(川や湖で行われる漁業)において資源量を定量的に把握した研究はこれまでほとんどありませんでした。また内水面分野では、漁獲量を用いた資源管理がしばしば行われていますが、漁獲量は努力量によって大きく変動するため、適切な指標ではありません。

そこで、本研究では、農林水産省の「漁業・養殖業生産統計」と「漁業センサス」の2つの統計資料に収集されている漁獲量(水揚げされた量)、努力量(日数×人数)、動力船・非動力船の船数(漁獲効率の指標)の3つの長期データを用いて、全国23湖沼の相対資源量(単位努力量当たりの漁獲量を指し、絶対的な資源量は評価できないが、資源量の増減を把握可能)の推定を試みました。これらの統計データには、多くの欠損値が含まれるため、これまで資源量の評価に活用されることはありませんでしたが、本研究では、欠損値を補うことが可能な状態空間モデルと呼ばれる統計手法を用いて、過去50年にわたる相対資源量の長期的な変化を明らかにしました(図1)。

解析の結果、近年多くの湖沼で資源量が減少していること、また魚食性外来魚の侵入によって資源量が減少していることが分かりました。資源量を回復するためには、外来魚の対策や管理を優先的に講じる必要があると考えられました。本研究は、湖沼の資源量の現状と傾向を定量的に明らかにした初めての研究であり、今後の資源管理に活用されることが期待されます。

生物・生態系環境研究センター 松崎 慎一郎

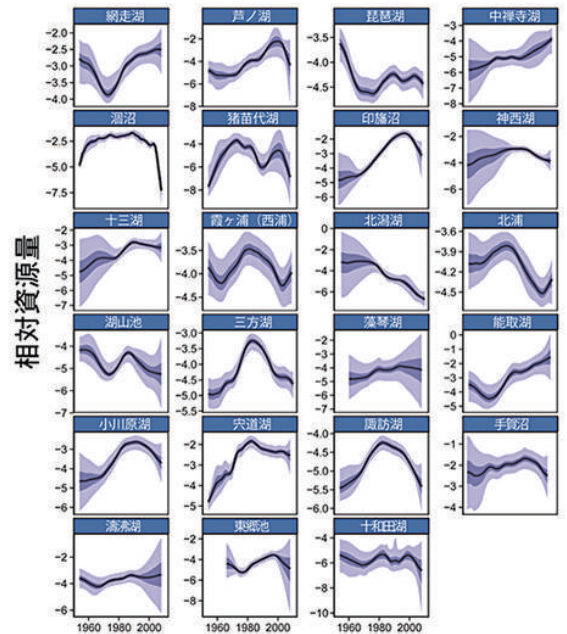


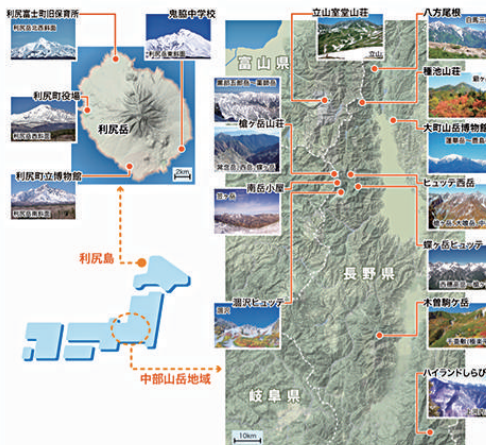
図1. 全国23湖沼における過去50年間の相対資源量の推移

18 生態系変動を詳細に見つめる技術 —山から海へ—

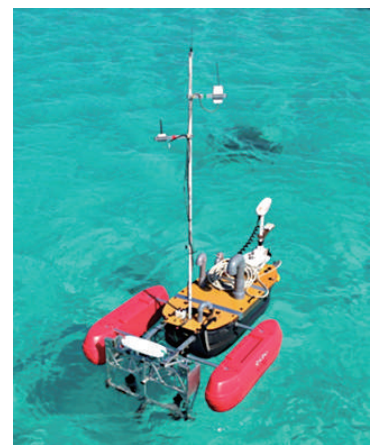
環境計測研究センター 小熊 宏之

時々刻々と変化する生態系の観測は多くの労力と危険が伴います。特に高山植物を始めとする高山帯の生態系や、サンゴ礁などの水中の生態系は、アクセスが困難であり観測範囲や頻度が限られてしまいます。一方で、航空写真や人工衛星画像によるリモートセンシングは、観測頻度や解像度、画像の購入費用が問題となります。そこで、より効率的な生態系の観測を可能とするため、市販品のカメラやビデオなどを活用した自動観測システムを開発しています。ここでは高山帯とサンゴ礁が発達する浅海域での新しい観測技術についてご紹介します。

気候変動や人的影響に対して高山帯や浅海域の生態系は脆弱であり、継続したモニタリングが必要とされています。そこで高山帯の観測は山小屋に協力してもらい、自動定点撮影カメラの設置を進めています。毎年の画像を比較することで、積雪・融雪時期や速度の違いや、高山植物が葉を展開してから紅葉するまでの活動時期を特定することができます。これを長期間継続することで、高山植物の気象応答や分布変化の把握が期待できます。次にサンゴや藻場が発達している浅海域の観測を広域かつ簡便に行うため、私たちは浅海域自動観測システムというロボット調査船を開発しました。これは市販のハイビジョン水中ビデオカメラとGPSなどを小型フロートボートに搭載したロボット観測システムと、新たに開発した画像解析手法によって構成されています。潜水による調査に代わり、予め決めておいたコースの海底地形やサンゴなどの立体的形状の計測を自動的に行うものです。



高山帯への自動カメラ設置場所



浅海域自動観測システム

No.

Date

•

•

No.

Date

•

•

■ お知らせ

国立環境研究所では、毎年6月の環境月間にあわせて公開シンポジウムを開催しています。

また、4月と7月には、つくば本構で一般公開を行い、講演、パネル展示、体験型イベントなどにより、環境問題についてわかりやすく説明します。

今年の「夏の大公開」は7月18日(土)の予定です。「夏の大公開」の情報は、国立環境研究所のホームページ (<http://www.nies.go.jp/>) で随時お知らせします。

編集:2015年度セミナー委員会

阿部 裕明	磯部 友彦	井上 智美	工藤 常男	小林 良一
斉藤 拓也	笹川 基樹	寺園 淳	林 岳彦	肱岡 靖明
宮本 哲治	向井 人史*	森野 悠		

(注) あいうえお順、*印は委員長

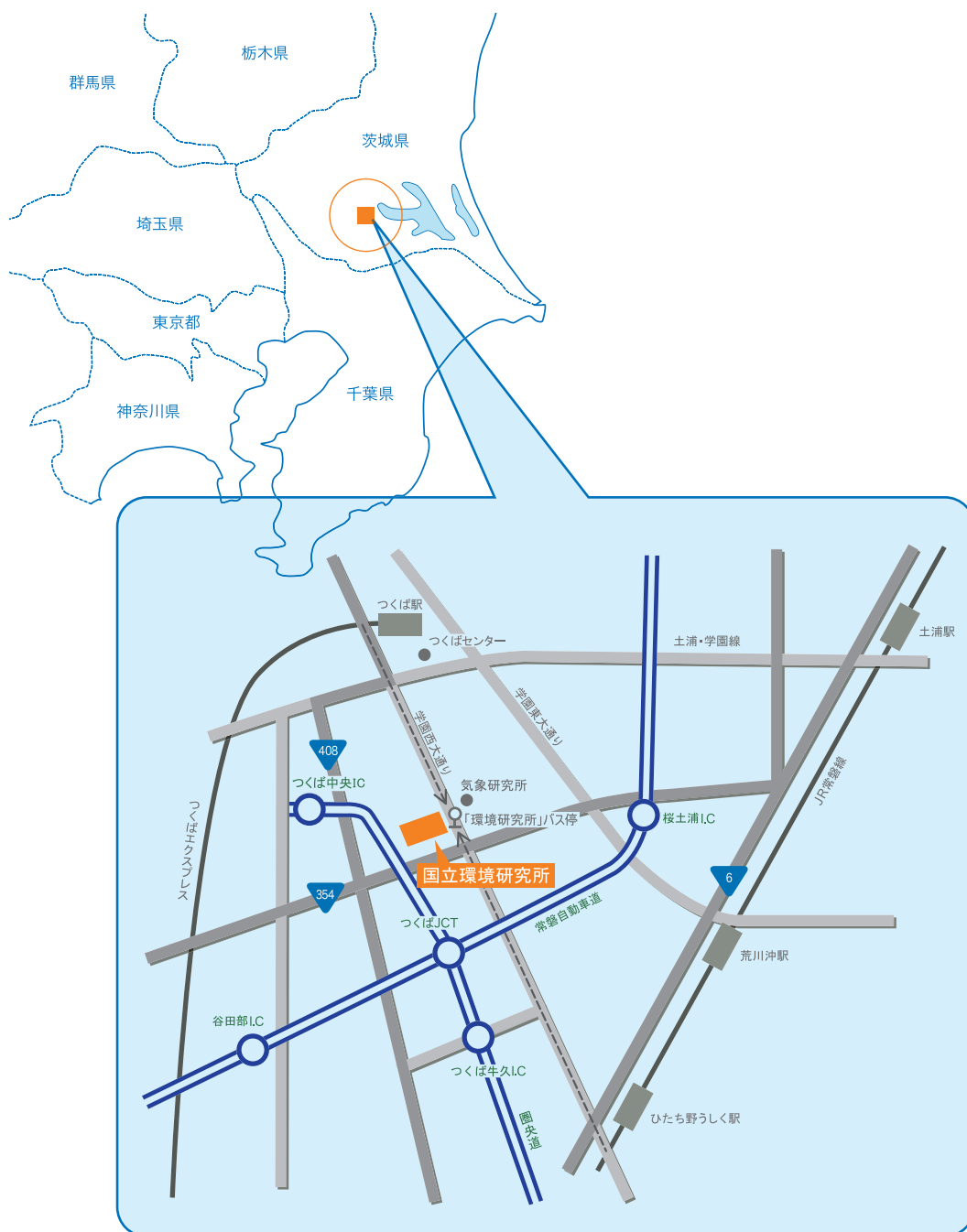
国立環境研究所 公開シンポジウム2015 要旨集

PROCEEDINGS OF PUBLIC SYMPOSIUM 2015,
NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

2015年6月19日発行

発行:国立研究開発法人 国立環境研究所

印刷:サクラインターナショナル株式会社



国立研究開発法人 **国立環境研究所**

所在地：〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

交通アクセス：つくばエクスプレス「つくば駅」よりバス10分

：JR常磐線「ひたち野うしく駅」よりバス13分

：東京駅より高速バスで65分「つくばセンター」よりバス10分

：※いずれも「環境研究所」バス停で下車

公式ホームページ：<http://www.nies.go.jp/>

E - m a i l：kouhou@nies.go.jp

お問い合わせ：企画部広報室 TEL.029-850-2309



この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料「Aランク」のみを用いて作製しています。