



# 国立環境研究所

# 二一七

Vol. 29 No. 4

平成 22 年 (2010) 10 月



水環境保全再生研究ステーション全体 (中央) と、バイオ・エコエンジニアリング研究施設 (左上) および生活排水高度処理実験用浄化槽 (右上) [詳しくは 3 ページからの記事参照]

## [目次]

Behavioral Teratology から小児の環境保健疫学調査 (エコチル調査) へ .....	2
アジア地域の環境再生を目指したバイオエコシステム技術の展開 .....	3
消えるナノ粒子: その由来と大気中でのふるまい .....	5
リデュースとリユース ~リサイクルよりも優先すべきこと~ .....	8
「子どもの健康と環境に関する全国調査」が始まります .....	9
天皇后両陛下の国立環境研究所ご視察について .....	11
「サマーサイエンスキャンプ」開催報告 .....	12

【巻頭言】

## Behavioral Teratologyから 小児の環境保健疫学調査（エコチル調査）へ

参与 佐藤 洋

2010年度から環境省の事業として開始されている「子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）」は、我が国でははじめての大規模出生コホート調査\*です。胎児期・出生直後の化学物質へのばく露を中心として、環境が子どもの発達・発育におよぼす影響を明らかにしようとするものです。環境と健康に関心のある分野の人々からだけでなく、産業界も含めて各界から注目され、成果への期待も大きいと考えられます。そのためか、昨秋の事業仕分けも、予算を減額されることも無く通りました。

この調査の背景にある大きなフレームワークは、胎児期ばく露の影響が、出生後の発達・発育段階に応じて出現すると言う **Behavioral teratology**（「行動奇形学」と和訳される）の考え方です。

近年「胎児期に低栄養状態であることが成人期における心血管障害のリスク因子である」という「バーカー（Barker）仮説」が、「**Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD)** 学説（人の健康および疾患の素因の多くは、受精卵環境、胎内環境、乳児期環境にある）」として拡大・発展しています。これらに先立つこと20年以上も前に、動物実験の結果から提唱されていたのが、**Behavioral teratology**という概念です。妊娠した母ラットに投与した向精神薬が、発達中の胎内の子ラットの脳に作用し、出生後に行動上の異常として出現することが示されました。行動上の異常は、薬が代謝され直接的な影響が無くなった後観察されました。形態学上の奇形も化学物質や放射線等原因となる因子が無くなっていても、目に見えて残っています。同様に原因の消失後も行動の異常が残存するので、行動奇形と呼んだと考えられます。

この行動奇形は、1970年代初頭にメチル水銀に妊娠中にばく露した動物実験でも明らかにされました。スパイカー（Spyker）らは、一見異常なく出生した個体が、成長後強制的に泳がせたりオープンフィールドと呼ばれる四角な箱の中に入れたり、通常とは異なる環境のもと（負荷をかけた状態）で行動の異常をもたらすことを示しました。メチル水銀は、水俣病の原因物質でもあり、生態系で生成され、生物濃縮されるので、現代でも代表的な環境汚染物質と考えられている物質です。

胎児は子宮内で羊水や胎盤に守られて環境の影響

をあまり受けないだろうと考えられていました。しかし、実際にはメチル水銀のように胎盤を簡単に通過してしまい、形成されている途中の胎児の臓器等に作用してしまう物質があるのです。完全に体の組織が出来上がっていないので、そのような物質の作用を受けてしまうと、流産や死産、奇形等がおこります。しかし、ばく露される濃度や量が比較的低かったり少ないと、出生した後に何らかの負荷をかけた時にその影響があらわれることがあるのです。

出生した後も子どものリスクは続きます。出生直後の子どもが摂取する食物は母乳やミルクに限られるので、これらに化学物質の混入・汚染があると重大な事態になります。新生児期から乳児期までは、移動の範囲が限られているので、室内や寝具・ベッドが汚染されていれば、ばく露は大きくなります。また、ハイハイや指しゃぶりによって、ハウスダストや土壌の摂取量が成人より多くなります。背が低いために床や地面に近く、ダストや重い気体を吸入しやすく、熱せられた地面に近いことは、熱中症の発生とも関連します。

このように胎児期を含めて子どもは成人と大きく異なり、環境の影響を受けやすい高感受性や脆弱性が存在します。そう言う意味で、環境と子どもの健康に関する調査は、注目されているのでしょう。しかし、手間ひまのかかる調査研究であり、大規模であることは、さらにそれらに拍車をかけることになります。国の事業として、しっかりやらなければいけない所以です。（さとう ひろし）

\*出生コホート調査：コホート調査とは、観察する対象集団（コホート）を定めて、長期的に健康状態を観察すること。生まれて来る子どもを妊娠中にコホートに登録し、出生時から発育・発達や健康を追跡調査することを特に出生コホート調査と呼ぶ。

執筆者プロフィール：

2010年4月に参与に就任すると同時に、エコチル調査のコアセンター長に指名されました。東北大学教授（医学系研究科）として、専門の環境中毒学の中でも、胎児期ばく露の出生後の影響に興味を持ち続けてきました。コアセンター長の仕事の外にも環境省や厚労省の審議会や委員会、食品安全委員会でのリスク評価の仕事で、忙しい毎日を送っています。



【シリーズ重点研究プログラム：「循環型社会研究プログラム」から】  
**中核研究プロジェクト4「国際資源循環を支える適正管理ネットワークと技術システムの構築」より**  
**アジア地域の環境再生を目指したバイオエコシステム技術の展開**  
**徐 開 欽**

1. はじめに

国際社会におけるアジア地域の重要性を考えると、先進国である日本がアジア地域の環境問題の解決に果たすべき役割は今後ますます大きくなります。例えば、アジア地域の大国の一つである中国では、かつての日本や他の工業国が経験したような深刻な環境汚染が問題視されています。水環境問題について、太湖（たいこ）、巢湖（すこ）、滇池（でんち）のいわゆる“三湖”でアオコ大量発生が挙げられます（写真1）。水不足と水環境汚染は、中国における経済および社会の持続可能な発展の重要な制限因子となっておりつつあります。今後、都市化、経済発展に伴い、生活排水や工業排水による水質汚濁が深刻化する恐れがあり、これらの排水の適正な処理と水質汚濁防止対策が急務となっています。このような背景から、私たちは、アジア地域での適正な資源循環の促進に貢献すべく、有機性廃棄物（液状のものを含む）の適正処理と地球温暖化対策とを両立するシステム設計および政策提言を行うため、開発途上国に適合したコベネフィット型バイオエコシステム技術開発を進めています。



太湖（2007.5） 巢湖（2007.6） 滇池（2007.6）

写真1 中国“三湖”で発生したアオコの様子

2. バイオエコシステム研究の取り組み

バイオエコシステム技術とは、水処理工学技法としての生物処理によるバイオエンジニアリングと、生態工学技法としての水生植物・土壌等を活用したエコエンジニアリングを組み合わせた、地域で発生した汚濁物をその地域内で循環させる環境再生保全技法です。この基盤となる研究ステーションが、日中韓三カ国環境大臣会合（TEMM）の合意に基づいて設置されたバイオ・エコエンジニアリング研究施設（図1）です。

本研究施設では、生活系および産業系排水の高度処理技法、生ごみ・污泥・植物残渣等のア

ルコール発酵や水素・メタン発酵等のバイオマス資源循環有価物回収技法、水生植物活用水質浄化・温室効果ガス抑制技法等について、実用化を目指した開発が実施されています。また、これらバイオ・エコエンジニアリングを物理化学的処理法である水熱反応技法と組み合わせ、浄化と資源回収の高効率化を検討しています。開発されたシステム技術は日本と韓国の国際協力機構（JICA、KOICA）合同研修プログラム、JICA太湖水環境修復モデルプロジェクト、TEMMで合意された淡水（湖沼）汚染防止プロジェクト等で発信され、国内外に認識されつつあります。こうした私たちの経験をベースとして、2006年には、中国環境科学研究院（北京）においてアジア向けの

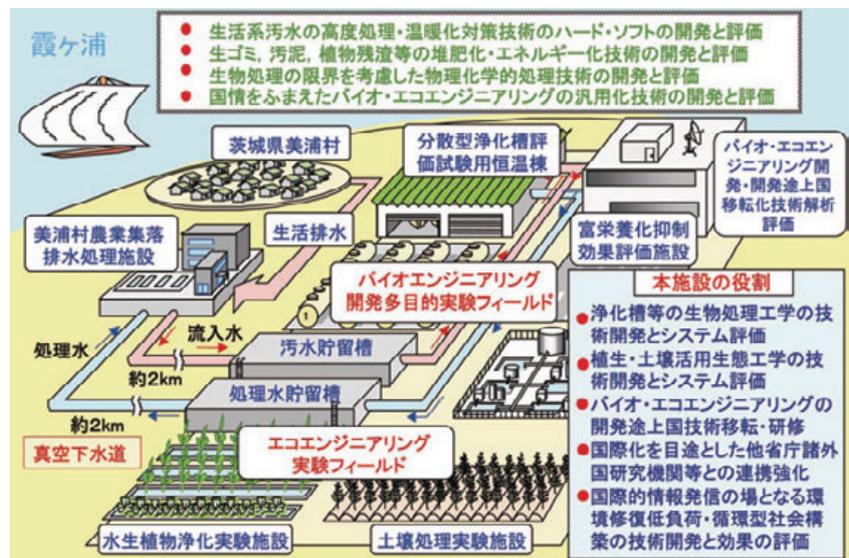


図1 アジア地域における水環境改善技術システム開発と国際的ネットワーク創りを目指したバイオ・エンジニアリング研究施設

高度処理浄化槽などの污水処理システムの性能評価装置が導入され、ETV（Environmental Technology Verification：環境技術実証）の取り組みがはじめられており、その展開が期待されています。

特に、近年、アジア地域の中小都市や農村地域などにおいては、生活雑排水・し尿などの液状廃棄物の適正処理が遅れている状況にあり、その対策が必要とされています。ここでは、アジア地域で適用可能な分散型で低コストの液状廃棄物対策技術としての傾斜土槽法を用いた実証試験結果を紹介します。

### 3. アジア地域に適用可能な分散型排水処理システムー傾斜土槽法

傾斜土槽法は、バイオトイレと組み合わせ、生活雑排水を処理する表層土壌の自浄作用を応用した新しいタイプの水質浄化技術です。本法は、底に傾斜がついた薄い箱型の容器に土壌を充填し、排水を土壌内に浸透・流下させて浄化する方法です。通常、土壌微生物の活性は土壌の表面付近で一番高いので、その機能を効率的に活用するため、箱の中の土壌は10cm程度に薄く敷かれています。箱の底には、滞留時間の確保と偏流（水流れの不均一と偏り）防止のために遮水板が設けてあり、遮水板の高さを変えることによって土壌の湿潤・乾燥や、好気・嫌気の度合いを調節することができます。傾斜土槽に充填された土壌はフィルターの役目を果たし、汚濁物質をろ別し、吸着作用します。さらに、こうして土壌に捕捉された汚濁物質は微生物により分解されます。

生活雑排水浄化の実証試験を、実際に生活している霞ヶ浦周辺的美浦村にある3家庭においてし尿と分離して実施しました（図2）。各家庭では、生活雑排水を、汚濁の程度（汚濁負荷）の高い台所排水

と水量が多い洗濯・風呂等の二種類に分け、それぞれに5段積みの傾斜土槽を設置しました。排水は傾斜土槽の最上段から導水し、最下段から処理水を得るようにしました。

台所排水の処理に用いた傾斜土槽では、高い汚濁負荷にもかかわらず、懸濁物質（SS）、有機性汚濁の指標であるBOD、CODの除去率がそれぞれ87%、88%、73%と高く、良好な処理性能が得られました（図3）。これは、台所排水中の有機物の多くは溶けているのではなく粒子として存在しており、効率的に土壌により捕捉・酸化分解されているためです。水量が多い風呂、洗濯等の生活雑排水の処理に用いた傾斜土槽は、台所排水の場合とは異なり、有機物が溶けて存在しているため、SSの除去率は80%と高い一方で、BODとCODの除去率がそれぞれ59%、52%と低くなりました。これらを除去するため、処理水を再度循環させる等の運転方法の工夫が必要であるという重要な知見を得ました。富栄養化の原因となる全窒素（T-N）、全リン（T-P）については、生活排水処理に現在用いられている高度処理型の合併処理浄化槽の処理水質を満足しました。全窒素は45～67%程度の除去率でした。リンについては、約50～81%の除去率を達成しており、土壌による吸着および土壌微生物によるリンの吸収による除去の効果が大きいことがわかりました。

なお、実証試験期間を通して処理水は、透明度が高く、色・臭いもないことから、洗浄水等の中水として十分に利用可能であることも明らかとなりました。

以上の実証試験で、傾斜土槽法は流入水の質や量の変動に対応可能であることがわかり、処理性能と

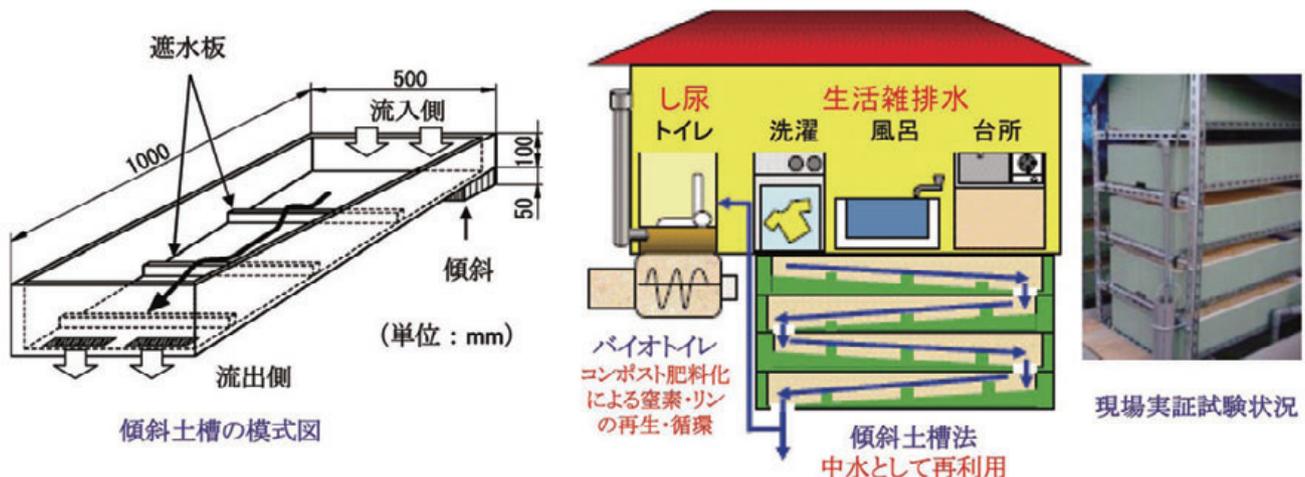


図2 アジア地域に適用可能な分散型排水処理システム

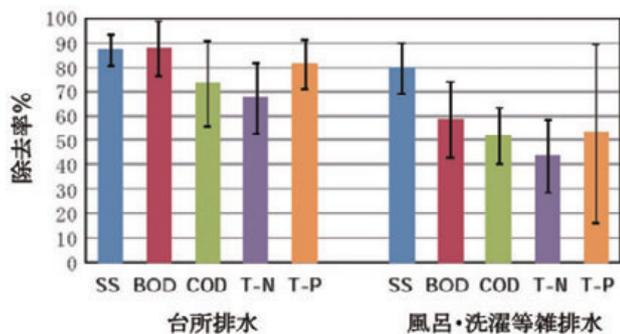


図3 傾斜土槽システムによる生活雑排水の除去特性 (実際の3家庭に設置した実験現場の平均値)

エネルギー・コスト面で次の優位性が示されました。1) 簡易な装置で浄化が可能で、設置のための費用は安価であること、2) 浄化に要するエネルギーや浄化に伴って発生する余剰汚泥(廃棄物)が少ないこと、3) 有機性汚濁(BOD・COD)と栄養塩類(T-N・T-P)の同時浄化が可能であること、4) 排水分離によってし尿の混入がないため、処理水の再利用が容易であること。

このように、この技術は、費用対効果の高い生活雑排水浄化技術であり、特に費用面で対策がとられにくい未処理の生活雑排水や小規模事業場排水への適用が期待できます。

#### 4. 流域水環境再生のための対策のあり方と展望

水質汚濁がますます深刻化するアジア地域の開発途上国に対し、技術援助および研究協力を積極的に

行い、日本の水環境再生対策の国際化を図ることが極めて重要です。流域管理方策として土地利用の制限、市街地や農業からの面源負荷削減、小規模発生源を含めた生活排水および工場・事業場排水の窒素・リン除去の実施、および水辺帯(エコトーン)の修復が、これからは我が国のみならずアジア地域においてますます重要になるといえます。また、バイオエコシステム技術は、水質浄化だけでなく、水環境の再生に繋がらなければなりません。そのためには流入水域の状況、生物の生息状況等を含め、地域住民の協力や参加を得て環境監視、環境把握等の体系を拡充し、流域水環境保全に対する理解を深め、産官学民一体となって本技法をはじめとして展開し、水環境の再生を図っていくことが必要不可欠となります。

(じよ かいきん、循環型社会・廃棄物研究センター  
バイオエコ技術研究室長)

執筆者プロフィール:

84年10月に中国政府派遣の留学生として東北大学研究生、87年同修士、90年同博士課程を修了。東北大学助手・助教授を経て、97年9月から国立環境研究所主任研究員、現在循環型社会・廃棄物研究センターバイオエコ技術研究室長。趣味は旅行・囲碁・卓球・水泳等。最近髪の毛に白いものが目立つようになってきたのが気になります。



### 【研究ノート】

## 消えるナノ粒子：その由来と大気中でのふるまい

伏見 暁 洋

大気中には埃や塵など目に見える粒子だけでなく、目に見えない小さな粒子がたくさん浮かんでいます。大気中の浮遊粒子は人の健康に悪影響を及ぼすと考えられ、1970年代から日本や諸外国で環境基準が定められてきました。1990年代になると、特に粒径 $2.5\mu\text{m}$ (図1の説明を参照)以下の微小粒子(PM<sub>2.5</sub>)の影響が強いと考えられるようになり、米国などで環境基準が定められ、日本でも2009年9月に基準が定められました。

一方、粒径100nm以下の粒子(超微小粒子)や50nm以下の粒子(ナノ粒子、図1)の毒性(例えば気道の炎症反応)が、同じ重さのより大きな粒子

に比べ強いことが1990年代に動物実験で示され、ナノ粒子に関する研究が世界中で盛んに行われるようになりました。また、花粉のように比較的大きな粒

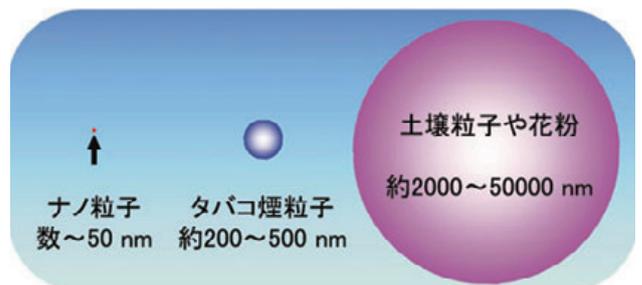


図1 ナノ粒子の大きさ(イメージ)。1nm(ナノメートル)は千分の $1\mu\text{m}$ (マイクロメートル)。 $1\mu\text{m}$ は千分の1mm(ミリメートル)。

子は人が吸い込んでも鼻や喉より奥にはほとんど行きませんが、微小粒子は呼吸器の奥まで入り込み、ナノ粒子は肺の末端にある肺胞に多く沈着し、血管などに侵入して肺以外の臓器にも影響を及ぼす可能性が指摘されています。1998年には、個数ベースでみると、ナノ粒子がディーゼルエンジンから高濃度に排出されることが報告されました。そのため、道路上やその周辺で人がナノ粒子の曝露を受けることが懸念されました。

そこで我々は、2001年頃からナノ粒子関連の研究を開始しました。路上での走行を実験室内で再現できるシャシーダイナモメータを使って自動車からのナノ粒子の排出特性を調べたり(写真1(a))、大型チャンバーに排気ガスを導入して粒径分布の時間変化を調べたりしました。また、大型車の交通量が非常に多い幹線道路沿いに観測小屋を設置し、ナノ粒子の個数濃度を連続監視してきました(写真1(b))。その結果、車両や運転条件によってナノ粒子の出方が大きく異なること、沿道では粒径20nm付近のナノ粒子のピークが顕著であるものの200m程度離れた場所(後背地)ではそのピークが観測されないこと(図2)、250℃の加熱吸着管を通すとナノ粒子のピークが消えること、夏より冬の方がナノ粒子が高濃度になることなどが明らかになりました。これらのことから、ナノ粒子は揮発性が高く、大気中での

寿命が短いことが推測されました。

このように突如姿を消す気まぐれなナノ粒子の由来(どこから来たか)や大気中での動態(ふるまい)を把握するため、我々は低圧多段インパクターという装置を用いて、粒径30nmから10μmまでの粒子をサイズ別に採取した後、各種の化学組成(炭素成分、元素、イオン、有機成分)を測定することを試みました。このうち、私は有機成分測定を主に担当しました。自動車から排出される粒子の成分の大半は、燃料とエンジンオイルという有機物に由来しているため、有機成分を測定することで粒子の由来や動態を把握できるのではないかと考えました。

この目的のため、最初には有機成分の測定によく用いられてきた有機溶媒(アセトンやトルエン等)で粒子中の有機成分を抽出した後、ガスクロマトグラフ/質量分析計(GC/MS)という装置で測定する方法を検討しました。ところが、ナノ粒子は試料量が数十μg程度と非常に少ないため、この手法では感度が足りず、また分析操作に由来するシグナルが問題となり、うまくいきませんでした。そこで次に、溶媒を用いず、試料を直接加熱して揮発した成分をGC/MSで測定する方法(加熱脱着GC/MS)を検討しました。この検討には、所内で他の目的に使用されていたGC/MS用熱分解装置を借りて加熱脱着に用いました。まず、加熱脱着の温度や時間などについて検討し、測定条件を最適化しました。その結果、ごく僅かな試料でもその有機組成を測定できることが確認できました。そしてこの手法をナノ粒子試料に適用したところ、ディーゼル車から排出されたナノ粒子の有機組成がエンジンオイルの組成によく似ていることがわかりました。そしてナノ粒子は、元素状炭素を主成分とする粒径100~300nm程度の煤(スス)とは異なり、元素状炭素の含有量が少なく



写真1 (a)シャシーダイナモメータを用いたディーゼル車試験の様子(ディーゼル車試験は、ダイナモの上に車輪を載せて行います)、(b)沿道観測地点(神奈川県「川崎臨港警察署前」交差点)。

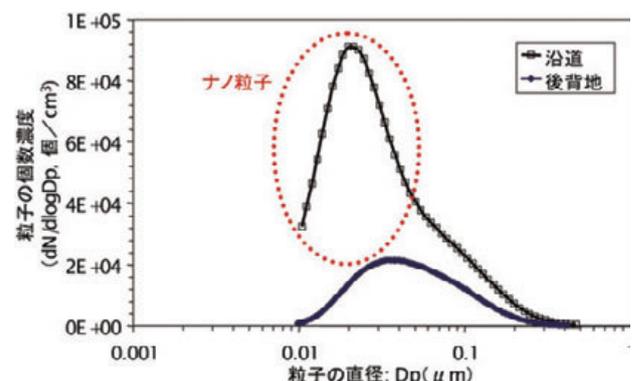


図2 粒子個数の粒径分布(沿道と後背地)。2004年12月22日~2005年1月19日の平均。神奈川県川崎市。

エンジンオイルが大きく寄与した粒子、つまりオイルの液滴のようなものだと考えられました。また、沿道大気中のナノ粒子は、エンジンオイルの寄与が大きいもののディーゼルナノ粒子に比べると成分の揮発が進んでおり、後背地ではさらに揮発が進んでいることがわかりました(図3)。これらのことから、ナノ粒子が後背地で観測されないことに対して、成分の揮発が大きな役割を果たしていると考えられました(揮発して測定できないほど小さくなるか、揮発して小さくなった後、他の大きな粒子にくっつき見かけ上消える)。

その後、最小粒径10nmまでの粒子をサイズ別に採取できるインパクターを新たに導入し、試料採取と組成分析を進めました。また、加熱脱着装置や質量分析計の変更、測定条件の変更・最適化によって加熱脱着GC/MSの測定感度を向上させるとともに、対象成分を増やしました。その結果、ディーゼル排気中と大気中の粒径10~30nmの粒子の組成を把握することに初めて成功しました。そして、粒子個数でナノ粒子の大部分を占める粒径30nm以下の粒子

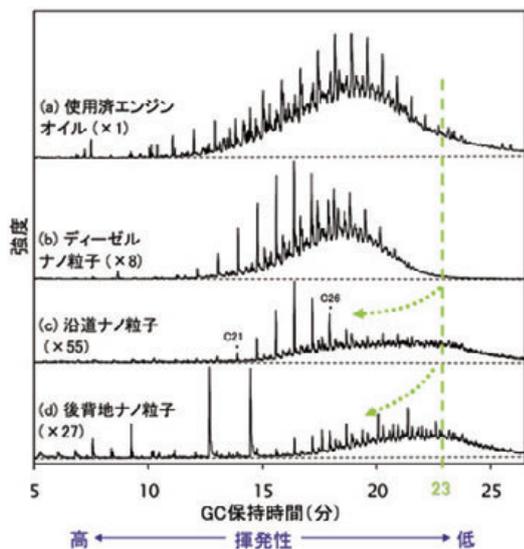


図3 エンジンオイルとナノ粒子のGC/MSマスキロマトグラム ( $m/z$  57; 炭化水素の指標)。(a)使用済エンジンオイル、(b)ディーゼル排気ナノ粒子(排気後処理装置の装着されていない3Lディーゼル貨物車)、(c)沿道大気ナノ粒子、(d)後背地大気ナノ粒子。ナノ粒子の粒径は30~60nm。(c)と(d)は神奈川県川崎市内の2004年12月の試料。C21とC26はそれぞれ炭素数21と26のn-アルカンという成分のピーク。エンジンオイル由来と考えられる成分の強度が保持時間23分以降で概ね一致するよう各クロマトグラムの強度を定数倍(括弧内の数字)して表示。沿道ナノ粒子と後背地ナノ粒子は、保持時間23分以前のクロマトグラムの強度がエンジンオイルに比べ相対的に弱くなっており、揮発により成分が失われたことが示唆されます。

に対してもエンジンオイルの寄与が高いことや、30nm以上の粒子に比べさらに揮発が進んでいることがわかりました。また、エンジンオイルに含まれるホパンという有機成分を解析に使うことでエンジンオイルの寄与率を定量的に推定することも可能になりました。二次元ガスクロマトグラフィー(GC×GC)という新しい測定技術を適用することで沿道ナノ粒子中の微量成分の同定にも成功しました。さらに現在は、GC×GCとMS/MSを接続した世界に先駆けた手法を用いて、さらなる高感度化と対象成分の拡張を目指して検討を進めています。

このように、分析技術の高度化に伴い、ナノ粒子の有機組成や由来・動態が大分明らかになってきました。最近我々はナノ粒子の研究だけでなく、大気中での反応によって二次的に生成される「二次生成粒子」の研究にも力を注いでいます。二次生成粒子は、例えば関東郊外では年平均で微小粒子の重量の約7割と大きな割合を占めますが、二次生成粒子の4分の1程度を占める二次生成有機粒子の由来や動態はよくわかっていません。また、粒子として直接大気中に放出される一次生成有機粒子の由来や動態も完全には解明されていません。一方、放射性炭素( $^{14}C$ )の測定結果などから、都心でも大気中炭素成分へのバイオマスの寄与が4割程度あることが明らかになってきました。そこで我々は、植物由来の二次生成有機粒子、野焼きなどの植物燃焼、調理など、理解が遅れている発生源についての研究が必要だと考えています。我々は、毒性・健康影響、大気反応、大気シミュレーションモデルなど様々な分野の研究者と協力し、大気の測定だけでなく、発生源における測定や毒性に関する研究を進めています。私は発生源の指標となる有機成分の測定やそれに基づく解析などを通じて、浮遊粒子による大気汚染の現象解明やその健康リスクの低減に貢献したいと考えています。

(ふしみ あきひろ、化学環境研究領域有機環境計測研究室)

執筆者プロフィール:

趣味はテニス、サッカー、宴会、バイクツーリング。つくばに来てからテニスに夢中です。社会人になっても上達できることがわかりました。二児の父になり、一人の時間は少なくなりましたが、おやじライダーとしての現役復帰を密かに夢見しています。



【環境問題基礎知識】

## リデュースとリユース ～リサイクルよりも優先すべきこと～

田 崎 智 宏

この10年は様々なリサイクルの取り組みが進展した10年でした。法律に基づいて進められてきている取り組みだけを挙げてみても、容器包装のリサイクル、家電製品・パソコンのリサイクル、自動車のリサイクル、建設廃棄物のリサイクル、食品のリサイクル、二次電池のリサイクルがあります。しかし、その一方で現在リサイクルを行っているいくつかのモノについては、リサイクルしてはいけないという意見も出てきています。ここでは、リサイクルの是非については解説しませんが、リサイクルをすべきという意見においても、リサイクルをすべきではないという意見においても、ごみとなるものを減らす取り組みが大切であるという点は一致しています。

このようなごみとなるものを減らす取り組みが、リデュースとリユースです。リサイクルなどの取り組みはそれぞれの取り組みの頭文字をとって「3R」と呼ばれていますが、例外的な状況を除いて、リサイクル（Recycle）よりもリユース（Re-use：再使用する）、リユースよりもリデュース（Reduce：発生するごみを減らす）を優先して取り組みを進めるべきということが世界的にも共通的な認識となっています。我が国では、2000年に成立した循環型社会形成推進基本法でこのことが述べられています。リデュースには、具体的には、ごみとなるようなものを買わない、買ったものは長く・有効に使う、同じ製品でも投入する原材料が少ない製品を作るなどの取り組みが含まれます。ごみを減らすといえば、焼却などによって埋立処分を行うごみの量を減らす「減量化・減容化」を含むか疑問に思うかもしれませんが、通常、発生するごみを減らすことのみを「リデュース」と呼んでいます。紛らわしいので、英語ではwaste prevention（廃棄物の発生抑制）と呼ばれることが多いです。ところで、EUの廃棄物の法律（2008年改正廃棄物指令）では、廃棄物の量だけでなく、発生した廃棄物による環境や人の健康への悪影響を減らすことや、材料や製品中の有害物質を減らすことも発生抑制に含めることとしています。我が国の法律が廃棄物の量に着目しているのとは大

きな違いがあります。我が国では最終処分場の逼迫問題があったために、量的側面が重視されているという歴史的経緯はありますが、有害性などの質的側面についても注意を払わなければならないという点は今後の我が国でも重要な視点となるでしょう。

ただ、このリデュースとリユースについては、1990年代前半頃から取り組むべきことが言われ続けてきています。それにもかかわらず、一般廃棄物についても産業廃棄物についても、リサイクル量は増えて、最終処分量は大幅に減少していますが、廃棄物の発生量は概ね横ばいの状況です。リデュースとリユースは「言うは易く行うは難し」という取り組みといえるでしょう。しかし、循環型社会基本計画のフォローアップにおいても、リサイクルよりもリデュースとリユースへの関心が高まってきているところで、これからの取り組みの進展が期待されている分野です。「行うは難し」という理由はいくつかあると考えられますが、その一つに取り組みが見えにくいという難しさがあることを指摘できます。例えば、ごみの分別行動については、近所の目を気にするがゆえにきちんと分別するというようなルールを守るという意識構造が影響を及ぼしていることが研究で明らかにされています。一方、発生抑制については、周囲の人の目につきにくく、先ほどのような人目を気にするという意識構造が認められなかったという研究報告があります。また、リデュースを行ったとしても、どれだけ効果があったかは、リデュースを行わなかった場合のごみの発生量と比較することでしか把握できませんが、このような量を直接目にすることがないため分かりにくいという問題があります。このようなこともあり、EUでは、きちんとしたベンチマーク（ここでは達成しなければならない目標値ではなく、参照とする値を意味します。）を設定して、そのベンチマークと現状をもとに取り組みを総合的に進めていこうというアプローチを採用することとしています。EU加盟諸国は2013年12月までに、このようなベンチマークの設定を内容に含む、発生抑制プログラムを策定すること

となっています。我が国でも、リデュースやリユースの取り組みにおいて、ベンチマークを設定して取り組みを進めていくことが求められるようになるでしょう。このような問題意識から、国立環境研究所での研究においても、リデュースやリユースにどのような種類の取り組みがあって、どのようにその効果を計測するかの研究を着実に進めているところです。表1はその概念整理を行った成果の一つです。研究面でも実践面でも、リデュースやリユースの重要性は増していくと思われます。できることに着手するとともに、多少難しくとも、効果的な取り組み

を着実に進めていくことが期待されます。

(たさき ともひろ、循環型社会・廃棄物研究センター  
循環技術システム研究室主任研究員)

執筆者プロフィール：

研究所に来てほぼ10年が経ちました。第一人者と自負する研究テーマも増えてきましたが、あまり詳しくないところを尋ねられたり、自信のあるところには他の人に問い合わせがあったりと、研究者と社会・マスメディアとのつなぎは難しいなど感じることもしばしばです。いいコラボをしたいですね。



表1 リデュースやリユースの取り組みとそれを計測する指標

項目	指標	指標内容	具体例
活動量の適正化	生活活動量	生活充足度を確保しつつ、生活活動量の適正化を図る。	過剰消費活動の抑制
ものに依存しない生活	$\frac{\text{製品利用量}}{\text{生活活動量}}$	生活活動を物質非利用活動やより資源消費の少ない製品利用活動へ転換する。	製品代替サービス、自然利用(天日干し等)
	$\frac{\text{製品量}}{\text{生活活動量}}$	不必要に製品を保有しない。	製品購入の適正化
ものを大切に・有効に使う生活	$\frac{\text{製品利用量}}{\text{製品量}}$	既存の製品ストックや保有品を有効に使う。	シェアリング、リース、レンタル、既存設備の利用
	$\frac{\text{製品量}}{\text{新規製品量}}$	1つの製品を有効に使う。	長期使用、修理、アップグレード、製品リユース
資源を使わない製品づくりと社会	$\frac{\text{資源使用量}}{\text{製品利用量}}$	複数の活動等で資源使用量を削減する。 使用時エコ製品を使う。	多機能製品、標準化 省エネ製品
	$\frac{\text{資源使用量}}{\text{新規製品量}}$	1つの新規製品に用いる資源使用量を減らす。	軽量化、小型化、詰替商品
より持続可能な資源利用への転換	$\frac{\text{天然資源量}}{\text{資源使用量}}$	循環資源を活用して、天然資源への依存度を下げる。	部品リユース
	$\frac{\text{再生不可能資源量}}{\text{天然資源量}}$	再生可能資源を活用して、再生不可能資源への依存度を下げる。	バイオマス利用

【研究施設、業務等の紹介】

## 「子どもの健康と環境に関する全国調査」が始まります

新田 裕史

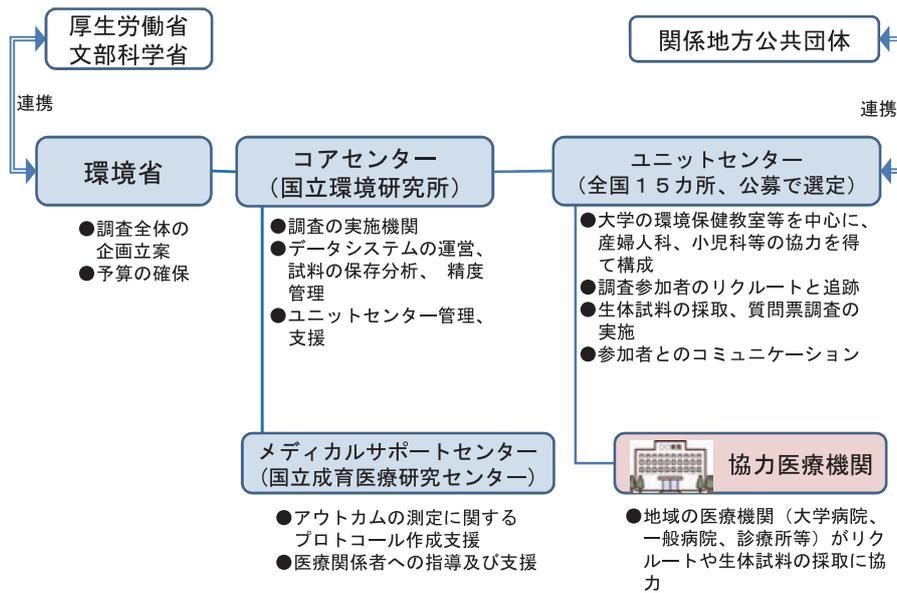
子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）は、環境要因、特に化学物質の曝露や生活環境が胎児期から小児期にわたる子どもの健康に与える影響を明らかにすることを目的として、2011年1月から参加者の募集をスタートする予定の全国規模の疫学調査です。

子どもの健康については胎児から出生後の成長過程の時期によって環境に対する感受性が異なり、さらにこのような感受性は身体のさまざまな器官の構造や機能によっても異なることが知られています。そのため、子どもの健康と環境との関連性を明らかにするためには、胎児期から成人に至るまでの成長

発達過程の時間軸に沿った継続した調査が必要です。エコチル調査では、妊娠・生殖、先天異常、精神神経発達、免疫・アレルギー、および代謝・内分泌の各分野について、環境要因との関係を調べます。また、子どもの健康には環境要因だけではなく、遺伝的背景や社会経済的、および生活習慣などが大きく関わるために、それらの要因も含めた調査を行います。

エコチル調査は環境省が企画・立案したものです。全国で15地域の大学や研究機関等が中心となってユニットセンターと呼ばれる各地域の調査実施機関を立ち上げ、地方自治体と連携しつつ地域内の協力医

■ 調査研究の実施体制 ■



療機関と緊密に連携して、参加者の募集やフォローアップを実施することになっています。国立環境研究所は研究実施の中心機関であるコアセンターとして、調査の総括的な管理・運営を行うことになり、担当する2室を新設しました。また、独立行政法人国立成育医療研究センターにはメディカルサポートセンターとして臨床医学の専門的立場からコアセンターを支援していただくことになっています。

調査の対象者は全国15地域のあらかじめ指定された市区町村に住んでいる妊婦さんと生まれてくるお子さん、加えてそのお父さんです。全国で10万組の親子が調査に参加することを目標に募集を行うこととなります。参加者の募集は2011年1月から開始して3年間実施し、フォローアップは子どもが13歳に達するまで行う予定です。

本調査では調査対象者全員に対して統一した方法で実施する「全体調査」、全対象者から抽出した一部対象者（数千人規模）に対して詳細な医学的検査などを実施する「詳細調査」、及び各地域での調査を担当するユニットセンター等が独自の企画で行う「追加調査」の3種類の調査を実施する予定です。全体調査では、妊婦さんを対象とした質問票調査、診察記録などの医療情報の収集を行います。このような調査は出産後から6ヵ月おきに継続して実施する計画になっています。また、妊婦さんやお父さんからの採血・採尿、出産時には臍帯血の採取、生後1ヵ月には母乳の採取などをさせていただいて、それぞれの生体試料中の化学物質などの濃度を測定し、環境汚染物質への曝露指標とします。これらの生体試

料の一部は遺伝子解析や新たな物質の測定のために長期保存を行います。

エコチル調査は20年にもわたる長期の大規模疫学調査であり、調査対象者の理解を得て継続的に調査に参加していただけるように、調査実施組織体制、研究倫理、情報セキュリティなど、種々の問題を解決しつつ、調査を実施していかなければなりません。

エコチル調査の第一の目的は子どもの健康と環境の関わりを解明することです。エコチル調査に関わる多くの研究者と協力しながら、国立環境研究所は調査データを随時とりまとめて、その成果を参加者ならびに国民に向けて発表していくこととなります。一方で、調査の成果は環境に関わることに限定されるものではなく、妊娠、出産、子どもの成長発達などに関わる多くの知見が得られることが期待され、疾病予防や福祉の向上に寄与するものと考えられます。さらには、本調査を研究プラットフォームとして、独創的なアイデアに基づく追加的な調査研究によって、ライフサイエンスの様々な領域の進展に寄与するものと信じます。

(にった ひろし、エコチル調査コアセンター次長)

執筆者プロフィール：

約30年間の研究者生活のほとんどを大気汚染の疫学に携わってきて、昨年、念願の微小粒子状物質の環境基準設定に関わることができました。しかし、その達成感に浸る間もなく、エコチル調査の開始に向けた準備に忙殺されています。最近の夢は、エコチル調査の完了まで、老後を健康で長生きをすることです。



【研究所行事紹介】

## 天皇皇后両陛下の国立環境研究所ご視察について

企画部 広報・国際室

天皇皇后両陛下は、第21回IUPAC化学熱力学国際会議開会式ご臨席および地方事情ご視察のため茨城県に行幸になられ、その一環として、8月2日(月)に国立環境研究所を視察されました。

当研究所の前身である国立公害研究所を視察されて以来、実に20数年ぶりとなる今回の国立環境研究所へのご訪問では、研究所の多様な研究分野のうち、生物多様性に関連する研究や施設を中心に視察されました。

天皇皇后両陛下は同日午前10時前に国立環境研究所に到着され、大垣理事長および安岡理事、鎗木理事、環境省白石総合環境政策局長のお出迎えににこやかに応えになり、地球温暖化研究棟に最初にお入りになりました。

同研究棟では、交流会議室において、大垣理事長による研究所概要の説明および竹中生物圏環境研究領域長による生物多様性に関する研究概要説明を聴取され、続いて、クワガタ、カブトムシやカエル等の生体標本や生物のグラフィックパネル等をご覧いただきながら、生物多様性と外来生物の問題について五箇環境リスク研究センター主席研究員の説明を聴取されました。両陛下とも、熱心に標本を観察されつつ説明に聴き入れ、外国産クワガタなどの侵入生物の繁殖状況や在来種との交雑の問題についてご質問をされました。また、生物グラフィックパネルについても関心を抱かれたご様子で、特にマルハナバチのCGをご覧になった際には、マルハナバチやミツバチ等の農業利用や野生化についてご質問をされるなど、生物に対する関心の深さを示されました。

次に両陛下は、環境試料や絶滅危惧種の細胞を冷凍保存している施設である「環境試料タイムカプセル棟」に移動され、環境試料タイムカプセル化事業の概要とその成果について、桑名環境研究基盤技術ラボラトリー長からの説明を聴取されました。その後、さらに同棟内の環境試料長期保存室に移られ、液体窒素資料保存タンクをご覧になりました。保存タンク内にはトキ、ヤンバルクイナ等の細胞をはじめとした各種環境試料が氷点下165℃で冷凍保存されており、桑名ラボラトリー長が実際にタンクを開けると、のぞき込むようにタンクの中をご覧になりながら、保存状況についての説明を聴取されておられました。

2箇所の施設でのご視察を終えられた両陛下は、研究本館で休憩された後、多数の職員がお見送りする中、職員に手を振られて応えになりながら国立環境研究所を出発されました。



五箇主席研究員による、生体標本を用いた説明の様子



桑名ラボラトリー長による、液体窒素試料保存タンク前での説明の様子

【研究所行事紹介】

## 「サマーサイエンスキャンプ」開催報告

国立環境研究所では、7月28日(水)～30日(金)、8月17日(火)～19日(木)の各3日間、高校生を対象とした科学技術体験合宿プログラム「サマー・サイエンスキャンプ2010」が開催されました。このキャンプは、文部科学省の後援のもと、(独)科学技術振興機構が実施しているもので、当研究所では1999年から毎年参加してきました。今年は4つのコースを開催し、多数の応募者の中から選ばれた32名が参加しました。

『私たちの生活が湖に与える影響とは』コースでは、霞ヶ浦で調査用の船に乗り、水、プランクトンおよび湖底泥の採集や各種の計測に関する見学を行い、実際に起こりつつある湖の環境変化を科学的な側面から捉えて解析する方法を学びました。

『生物と環境：植物コース（大気汚染の影響を観察しよう）』は、実験用植物に光化学オキシダントの原因物質であるオゾンを暴露したときの様子を観察し、可視障害が品種によって大きく異なることを観察しました。

『生物と環境：微生物コース（微生物の多様性を覗いてみよう）』は、様々な環境から採取した土壌にどのような微生物がいるのかを調べ、環境の違いによる生物相の違いを比較しました。

『東京湾の魚介類と環境を調べてみよう～東京湾の本当の姿を実体験！～』コースでは、調査用漁船に同乗し、水質観測や底曳き網による魚介類採集を行い、採集された魚介類の種類や量（個体数と重量）を調べることで、現在東京湾で進行中の“生態系の変化”を体感しました。（詳しくは次の記事を参照）

参加した高校生たちは、打ち解けるのが早く、熱心で目的意識を持っており何事にも積極的でした。研究者から直接指導を受け、学校の実験室にはない最先端の装置を使った実験を行うなど、貴重な体験となったようです。高校生はもとより、講師、スタッフにとっても短い期間でしたが、実り多き3日間となりました。今後とも、本プログラムへの参加を通して、より多くの高校生に科学や環境問題について興味をもってもらえる機会を提供していきたいと思っております。



### 『東京湾の魚介類と環境を調べてみよう～東京湾の本当の姿を実体験！～』

今年も「サマーサイエンスキャンプ」が開催されました。このうち、『東京湾の魚介類と環境を調べてみよう～東京湾の本当の姿を実体験！～』は、8月17日(火)～19日(木)の2泊3日の日程で全国からの応募で選ばれた8名の高校生（男女各4名）が参加して実施されました。この東京湾プログラムは、参加者が漁船で東京湾に出かけて実際に調査を行い、自分の目で東京湾の“本当の姿”を確かめ、事実を基にその背後にある問題を自分の頭で考えて探り出すことを目標に、実施されました。

初日、午前10時に横浜・柴漁港に現地集合し、開講式の後、早速、5トンの小型底曳網漁船2隻に4名ずつが分乗して出港しました。東京湾の北部と南部の2地点で、それぞれ、水質観測と30分間の底曳き調査を行いました（写真1）。溶存酸素濃度（DO）が高いくろいろな種類の魚介類が獲れた南部と違って、北部の観測地点では海底付近を貧酸素水塊（魚介類が生きていけないほどDOが低くなった海水の塊）が覆い、1隻では底曳きを行っても“生きたまま”獲れた魚介類は3尾のみでした。もう1隻では、貧酸素水塊が覆う場所とともにほんの少し酸素が



写真1 東京湾の北部の観測地点にて、水深別の水温や塩分、溶存酸素濃度（DO）を測定する水質観測機器の説明。「今、この船の真下の海底付近には酸素がほとんどない。これでは、魚介類が生きていけない。」

ある水域も底曳きしたので、“生きたまま”の魚介類が、一見、随分獲れましたが、死んだカニなども多数、獲れました。これが、現在の東京湾を象徴する姿です。それが何を意味するのか？（答えは後述。）彼らの眼には驚きや戸惑い、真剣さが浮かんでいました。当日は、気温35℃を超える猛暑日で、漁船を操る漁業者も「こんなに暑いことは今まで無かった」と言い、調査慣れしているはずの環境研スタッフにとっても苛酷でした。底曳網で獲れた魚介類を選別する際、揺れる船上で下を向いて作業したために船酔いで気分が悪くなる子もあり、とにかく暑い日でしたので皆グロッキー気味でしたが、操舵室や船上の日陰で水分補給を行いながら休息し、お互いを気遣う優しさも見せてくれました。幸い、熱中症で倒れる子もおらず、午後2時40分頃、全員が無事に帰港しました。

2日目は、午前9時から、前日の底曳きで獲れた魚介類の名前（種名）と、種類別の個体数及び重量を調べました（写真2）。検索図鑑により種名を決めるため、皆、一生懸命に魚介類の外部形態（体形や色・模様、



写真2 底曳きで獲れた魚介類の名前（種名）を、その体形や色・模様、棘や鰭条（きじょう）の数、吸盤や軟甲などの特徴を観察し、検索図鑑と照合しながら、調べる。

棘や鰭条（きじょう：魚類のひれを構成する硬い棘や柔らかい筋（軟条）を指す）の数、吸盤や軟甲など）の特徴を観察し、検索図鑑と照合して種名を決定していきました。一方、前日の東京湾調査で使用した水質観測機器から、内部に記録されていた水深別の水温や塩分、DOのデータをパソコンのソフトウェアで読み取りました。こうして、前日の調査で得られた全てのデータが揃いました。そこから何がわかるか、その晩、彼らは宿舎で午後11時30分過ぎまで皆で意見を述べ合っていたそうです。

3日目は、午前9時から、水質・魚介類データを高校生が改めて整理し、両者の間にどのような関係があるのかを皆で考えました。パソコンを使ってデータを図示し、その解釈について感想や意見を述べ、話し合いました。途中、質問タイムを設けて、彼らが自分の頭で考えて結論を導き出すヒントを与えるべく、彼らの質問に環境研スタッフが答えました。この後、高校生が今回の東京湾調査の結果、わかったことを取り纏めて発表しました。皆、よく考えて、自分の言葉で発表してくれました。時間が少なかったため、彼らの発表結果を受けてさらに質疑を行ったり、環境研スタッフが感想を十分に伝え切れなかったことが心残りでした。もう1日、キャンプの開催期間があれば、と感じたものです。

この後、環境研スタッフがこれまでの東京湾における調査結果（夏期を中心に東京湾の湾奥から中央部にかけて広範囲に貧酸素水塊が発生し、そこで暮らしている魚介類を死に追いやるなどの悪影響を与えてきたこと）を話しました。そして、質・量の両面で魚介類が豊かな東京湾に再生・回復させるためには何が必要か（干潟や藻場の再生を含む浅場造成などの必要性）を述べました。その上で、改めて初日の調査結果を思い起こせば…貧酸素水塊がやってくると魚介類は逃げようとするかもしれないが、逃げ遅れたものは死んでしまう。そこで底曳きするとほとんど何も獲れないか、死んだものが多数揚がってくる。酸素を求めて魚介類は移動するので、貧酸素水塊の縁（境界付近）には魚介類が多数集まっています、そこで底曳きすれば、たくさん獲れる。魚介類は、現在の東京湾がそのような劣悪な環境であっても、そこで生きていくしかない…。

最後に、閉講式で大垣理事長から参加者一人一人に修了証が手渡され、全員で記念写真を撮影して、キャンプの全日程が終了しました（写真3）。「もう1週間、1ヵ月でもここ（環境研）で皆と一緒にいたい」と言ってくれる子もいました。彼らの心に何かを残すことができたら、望外の喜びです。彼らは皆、素直で熱心で、互いに仲良く、目をきらきらさせていました。私たち環境研スタッフも、高校生から元気の素をもらった気がしました。事前準備から当日の運営まで、苦労もありましたが、彼らを見ていて、全て吹き飛びました。本当に、充実した3日間でした。



写真3 閉講式を終え、全員で記念撮影。充実した3日間でした。

（環境リスク研究センター 堀口敏宏）

## 新刊紹介

国立環境研究所研究報告 R-205-2010「経済的インセンティブ付与型回収制度の概念の再構築 ～デポジット制度の調査と回収ポイント制度の検討から～」(平成22年10月発行)

本研究報告書は、効果的な回収制度と考えられるデポジット制度と回収ポイント制度に着目して、それらの概念を再構築した研究成果をとりまとめたものです。リサイクルを進展させるにしても、適正処理を確保するにしても、モノが回収できることが前提となります。回収を促進する有効な手段としては、経済的インセンティブを与えることが考えられ、実際、諸外国においてはそのようなインセンティブを与えるデポジット制度が様々な対象物に適用されています。廃棄物だけでなく、有価物や有害物にデポジット制度を適用するうえで、どのような制度設計上の留意点があるのか、理論的にどのような違いがあるのかなどを、既存文献のレビュー、制度調査、理論的考察をもとに整理しました。また、我が国に特徴的な民間業者が行っているポイント制度を回収制度に適用した回収ポイント制度にどのような特徴や可能性があるかを考察しました。これらの検討は、経済的インセンティブ付与型回収制度のよりの確な設計と導入につなげることをねらいとしています。本報告書が、我が国における制度の導入検討にあたってお役にたてば幸いです。(循環型社会・廃棄物研究センター 田崎智宏)

環境儀No.38「バイオアッセイによって環境をはかるー持続可能な生態系を目指してー」(平成22年10月発行)

化学物質は、毎年**1000**種以上が新たに作られ、実際の環境には多くの化学物質が排出されてしまいます。河川や湖沼の水質を確保するためには、1つ1つの化学物質を調べる方法では不十分で、もっと実際的な管理法が必要になります。その最も有望な管理法として、排水をそのまま生物検定にかけられる**WET(Whole Effluent Toxicity)**システムが挙げられます。また、様々な化学物質が作られる中で、これまでの実験方法では毒性の影響がわからない化学物質も出てきました。内分泌かく乱化学物質は、生物の生殖機能、発生・分化、性発現などに影響するため、生物が死亡するかどうかだけを観ていたこれまでの毒性試験では影響が確かめられません。

環境リスク研究センターの鎌迫典久主任研究員は、これらの問題を克服することを目指して、化学物質の内分泌かく乱作用によるミジンコの性比かく乱を利用した試験法の開発や、排水中に含まれる化学物質の毒性を総合的に評価するバイオアッセイ法の研究を続けてきました。それらの研究成果は、**OECD**テストガイドラインや、**WET**システムの導入へ向けた国内の動向に大きな影響を与えました。本号では、その成果と今後の課題、見直しなどについて紹介しています。

(環境儀No.38ワーキンググループリーダー 田中嘉成)

## 表彰

受賞者氏名：松橋啓介

受賞年月日：2010年9月16日

賞の名称：2010年度環境科学会奨励賞(社団法人環境科学会)

受賞対象：持続可能な都市交通システムからみた低炭素都市構築に関する分析

受賞者からひとこと：受賞対象となった研究業績は、主に地球環境研究総合推進費**S-3**「脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト」の**(5)**「技術革新と需要変化を見据えた交通部門の**CO<sub>2</sub>**削減中長期戦略に関する研究」および科学研究費補助金(基盤研究**B(2)**)「持続可能な交通の実現に向けた革新的政策の策定の道筋の開発に関する研究」に関連して取り組んできたものです。自動車起因の大気汚染物質排出インベントリを構築した経験をもとに全国市区町村の自動車**CO<sub>2</sub>**排出量マップを作成するとともに、共同研究者との議論や有識者へのグループインタビュー、ワークショップ形式のステークホルダーダイアログ等で得られた知見を取り込み、低炭素社会の実現に向けた**2020年**、**2050年**の交通とまちづくりのシナリオを検討してきました。今後は、地球温暖化対策に係る中長期ロードマップの検討や地球温暖化対策地方公共団体実行計画(区域施策)の策定を通じてシナリオのさらなる具体化を図り、持続可能な交通と都市の実現に貢献したいと考えています。

## 編集後記

国立環境研究所の東隣、西大通りをはさんで向かい側にある気象研究所の気象観測鉄塔は、赤白に塗り分けられた高さ**200**メートル以上の塔です。つくばのどこからでもよく見えて、方向を確かめるよい目印となります。四半世紀近く前、私がつくばに引っ越してきたばかりのころは、夜は今よりもずっと暗く、自転車で裏道を走っていると、どこに向かっているのか分からなくなることもありました。そんなときはまずこの鉄塔を探し

たものです。また、常磐道を走る高速バスでの東京からの帰り道、この塔の航空障害灯の光が遠方で点滅するのが目に入ると、ああ、つくばに帰ってきたなと思います。その鉄塔が今年度中に撤去されることになり、解体作業が進んでいます。寂しい限りですが、もはやその使命を終えたのでしょうか。背が高くて見つけやすいというところで鉄塔に親近感を感じてきた私ですが、さて、私の運命はいかに？ (T.A.)

編集 国立環境研究所 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

連絡先：環境情報センター情報企画室

☎ 029 (850) 2343 e-mail pub@nies.go.jp

無断転載を禁じます

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可  
本冊子は、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したがい、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。