

## 特集 生態リスク



生態毒性試験で広く活躍しているオオミジンコ

## Contents

- 2 生態系保全をいかに進めるか
- 4 環境汚染の生態リスクを定量的に評価する
- 8 生態影響評価におけるWET
- 10 環境汚染物質の人への曝露評価を行う方法について
- 12 ヒトの化学物質曝露を評価する
- 15 「サマー・サイエンスキャンプ2012」開催報告

## 生態系保全をいかに進めるか

堀 口 敏 宏

生態系の保全を有効に進めるためには、①その理念を具体的な視点や考え方、目標として示し、②その実現に向けた法律などを整備し、③確実に運用して、定期的にその効果を確かめつつ、適宜修正を加えながら進めていく必要があると思います。本号の2篇「環境汚染の生態リスクを定量的に評価する」と「生態影響評価におけるWET」は、①に沿ったものです。「環境汚染の生態リスクを定量的に評価する」では、生態リスクを生態学的視点（個体群と群集・生態系レベル）で捉え、数理モデルの連動による生態リスク評価モデルの作成と評価を通じて、生態系保全の価値基準からリスクを定量化し、化学物質管理手法の一層の合理化を目指すというものです。一方の「生態影響評価におけるWET」では、WETが生物応答を利用した排水管理手法であるとの説明に続いて、WETが排水の毒性影響を総体として評価するものであり、“物質規制”とは異なる“影響規制”であると、その特徴を述べます。また、米国で既に行われているWETを日本に導入する場合に必要な法的措置と運用上の問題を解説するとともに、WETを通じた、バイオアッセイと機器分析との併用による一層の水環境保全の推進の必要性が述べられています。

環境と生態系の保全を考えると、レイチェル＝カーソン女史による「**Silent Spring**（邦訳 沈黙の春）」が有名ですが、すでに言い古されてきたことながら、一般に、西洋の考え方では自然を征服し管理しようとするのに対して、東洋では自然の中に自ら（人間）を置いて考えてきました。日本では、古来、八百万の神のように自然万物に神が宿ると考えられていました。生態系の保全という理念に肉付けする場合、日本の古くからの考え方の方が適しているように思えます。しかし、最近では、例えば、“**Environmental Management**” やその邦訳である「環境管理」という表現・言葉をあちこちで眼にするように、西洋の考え方が取り入れられているように見えます。筆者はこれに違和感を覚えます。“管理”すべきは、“環境”ではなくて、“人間（とその行動）”ではないか、

と思うためです。

法律の整備など規制や保全の枠組み作りの点では、どうでしょうか。例えば、化学物質審査規制法に生態系の保全が法律の目的として明記されたのは**2003年**の法改正のときでした。チッソ水俣工場の排水に含まれていたメチル水銀による中毒事件である水俣病の歴史をたどると、人間への影響が顕在化する前に猫が狂奔するなどの前兆現象が起きていたと言われています。そこから得られた教訓は、環境中の生き物に現れた異変は人間に対する警鐘である、というものでした。すなわち、小さな生き物にある種の異変が生じた際には、可及的速やかにその原因を明らかにして取り除くべきで、それが遅れると人間にも同様の異変や悪影響が及ぶ恐れがある、ということでした。にもかかわらず、生態系の保全が法体系に明示されるまでに、長い年月を要しました。卑近な例ですが、**1997～1998年頃**、環境ホルモン問題に社会の関心が集まっていたとき、筆者は時々「インポセックス（有機スズ化合物によって生じる、雌の巻貝への雄性生殖器の形成を主な症状とする一種の奇形）となった貝を食べても人間は大丈夫ですか？」と尋ねられました。この質問の真意は、わが身（人間自身）への影響を危惧するものでしたが、翻って、今この時点で原因物質（この場合は有機スズ化合物）の製造も使用も完全になくして、巻貝がインポセックスになることを防ごう（それによって、人間への潜在的な危険性も軽減できる）という大きな社会的主張には至らなかったことを残念に思いました。人間の生命や健康とともに生態系の保全を進めるためには、私たちの意識の変化も必要で、今後の課題の一つです。

もっとも、法律を整えて規制や保全の枠組みさえ作れば、生態系の保全が図れる、というほど、単純ではないとも思います。ニホンカワウソの絶滅が、その一例であると考えためです。ニホンカワウソは、**2012年8月28日**、環境省により絶滅種に指定されました。ニホンカワウソは日本全国に広く生息していましたが、生息する河川の環境の悪化や害獣と

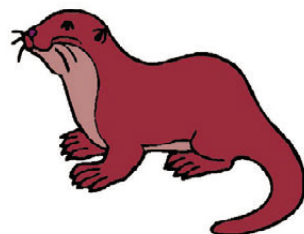
しての駆除などのため、その生息数が激減し、1965年に特別天然記念物として指定された後も有効な保護ができないまま、生息数の減少に歯止めがかかりませんでした。ニホンカワウソは1979年まで辛うじて高知県で生息が確認されていましたが、ついに絶滅しました。特別天然記念物に指定されても、あるいは強力な法規制ができたとしても、それが有効に運用されなければ、実質的な意味はありません。それにしても、一つの生物種を絶滅に追いやることは、本当に罪深いことだと思えてなりません。

生態系の保全を実質的に有効に進めるには、いくつもの課題が残されたままです。

(ほりぐち としひろ、環境リスク研究センター  
生態系影響評価研究室長)

執筆者プロフィール：

昨年から、福島県の調査にも出かけています。先日、警戒区域内で調査をしていたら、子連れのイノシシに出会いました。子どもの方に「おいで」と呼びかけたら、トコトコと近寄ってきました。学生時代のあだ名は「くま」でしたので、仲間と思われたのかもしれませんが。場所によっては空間線量率が非常に高いこの地域で暮らしている野生生物のことが気になります。避難せざるを得なくなった方々の心の中いかばかりか、とも思います。腹の底でふつふつとたぎるような想いが、調査研究の原動力となっています。臥薪嘗胆と念じる日々です。



## ●特集 生態リスク●

【シリーズ重点研究プログラムの紹介：「化学物質評価・管理イノベーション研究プログラム」から】

## 環境汚染の生態リスクを定量的に評価する

田中 嘉成

## はじめに — 生態リスクとは何か

化学物質などが自然生態系におよぼす潜在的な悪影響のことを生態リスクと言います。生態系のかく乱には、化学物質や栄養塩負荷による環境汚染だけでなく、温暖化や乱獲、生息地の破壊や分断化、外来種の侵入など様々な要因があります。多様な毒性を示す化学物質の間や、化学物質とそれ以外の要因の間で生態リスクを比較評価するためには、数理モデルの活用による定量的な評価法の開発が必要になります。環境リスク研究センターでは、化学物質管理のための規制科学的研究の一環として、生態学的な視点に基づく生態リスクのモデリング手法の開発をおこなっています（『化学物質管理イノベーションプログラム』プロジェクト1「化学物質等の生態リスク評価・管理手法に関する研究」以下、「生態リスクPJ1」）。

## 生態系へのリスクをどうやって計ればよいか？

多くの種が生物間相互作用を及ぼしあうことによって成り立っている自然生態系（ここでは、河川・湖沼や内湾など、汚染物質の影響を最も受けやすい水系生態系を念頭に置きます）への影響を評価するために、生態系に生息するすべての種の毒性データを集めることはできません。そこで、生態系を維持するうえで特に重要な種（キーストーン種）に着目し、その種の個体群（同種個体の集団）が存続できるかどうかを基準にして生態系へのリスクを計ります。湖沼生態系ではそのような種として、植物プランクトン（緑藻類）や大型ミジンコ類（甲殻類枝角目の種群）が相当します。

また、個体群のレベルで生態リスクを計ることによって、化学物質によって様々な現れ方を示す毒性影響（死亡、繁殖阻害、成長阻害、性比のかく乱など）を、個体群増加率の低下分として統一的に推定することができます。また、乱獲による個体数の減

少や土地利用による生息地の減少による生態リスクを比較することも可能になります。

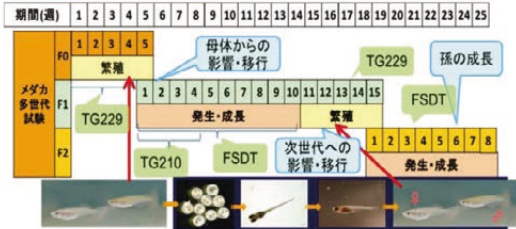
実際の生物群集は、食うものと食われるものの関係などによって種と種が結びついているので、ある種や特定の栄養段階に対する影響は、種間相互作用を介して生態系内の他の種や他の栄養段階に波及していきます。環境保全を目的に化学物質の使用規制を定めた化学物質審査規制法や農薬取締法では、生態リスク評価のために、水系生態系のキーストーン種として藻類、ミジンコ、魚（メダカなど）が、3栄養段階（1次生産者、1次消費者または植食者、2次消費者または捕食者）の代表種として選定され、試験用の生物種も指定されています。これらの種は、生態系では、食うものと食われるものの関係にあります。種間相互作用による生態系の機能の維持という観点からは、それぞれの栄養段階がバランスよく共存し、1次生産者によって生産されたバイオマスが効率よく最上位の魚にまで受け渡される必要があります。つまり、2次消費者（捕食者）の個体群増加率を指標として、生態系の健全性や機能を計ることができると考えられます。

生態リスクPJ1では、このような視点にたって、生態リスクの研究を個体群のレベルと群集のレベルに大別し、サブテーマ①「個体群レベルにおける化学物質の生態リスクに関する研究」、サブテーマ②「群集・生態系レベルにおける化学物質の生態リスクに関する研究」を計画しました（図1）。サブテーマ①では、個体群レベルの影響評価に有効な生態毒性試験法の開発と数理モデルによる解析を連携させ、サブテーマ②では、後で述べる3種系の生態リスク評価モデルの開発とともに、東京湾の底棲魚介類や霞ヶ浦の動物プランクトンの群集解析を通じて栄養塩負荷や化学汚染による生態系機能への影響評価を試みています。さらに、環境リスクを低減するための管理コストを考慮に入れた上での最適な管理

(1) 個体群レベルにおける化学物質の生態リスク

- ① 生態毒性データ解析手法の高度化と生態毒性試験法の改良
- ② 個体群の存続可能性に基づく化学物質の生態リスク評価

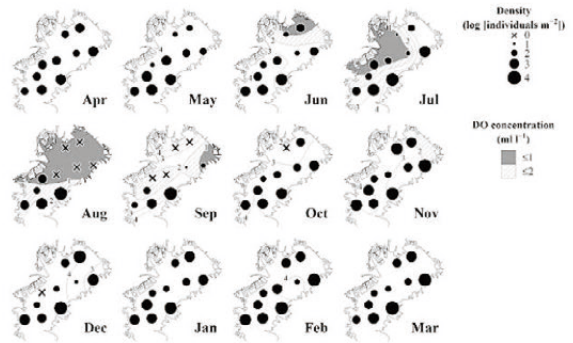
メダカ多世代試験法の開発



(2) 群集・生態系レベルにおける化学物質の生態リスク

- ① 3種系群集モデルによる化学物質の生態リスク評価
- ② 機能グループ内の種構成変化に基づく生態リスク評価

東京湾底棲生物群集の空間分布と  
負酸素水塊との関係解析



(3) 生態リスクの最適管理手法に関する研究

- ① 意思決定理論による化学物質の最適管理手法の開発
- ② 東京湾沿岸生態系の最適管理手法に関する研究

オペレーションズリサーチ理論  
の生態リスク管理への適用

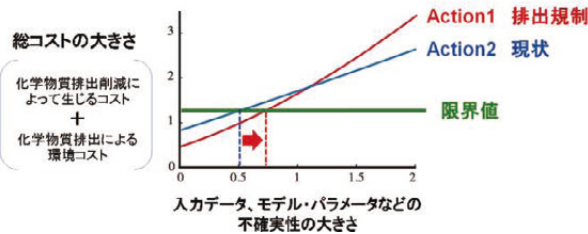


図1 化学物質管理イノベーションプログラムにおけるプロジェクト1「化学物質等の生態リスク評価・管理手法に関する研究」の概要  
化学物質や栄養塩類負荷による生態系へのリスクを、個体群レベルの解析手法で推定するサブテーマ(1)、群集・生態系レベルの視点で評価するサブテーマ(2)、さらに、それらのリスク評価に立脚して、データの不確実性や管理コストを考慮した最適管理手法を研究するサブテーマ(3)から構成される。

計画を選定する数理的な方法を、サブテーマ③「生態リスクの最適管理手法に関する研究」で開発しています。今回の記事では、サブテーマ①と②の生態モデリングに関する部分を紹介したいと思います。

個体群のレベルで生態リスクを比較する

サブテーマ①では、生態リスクを個体群レベルで評価する手法の一環として、内分泌かく乱物質(いわゆる環境ホルモン)の作用をミジンコの性比のかく乱として捉える試みを行っています。ミジンコは通常、メス親が交配せずにメスの子虫を産む単為生殖によって増殖します。しかし、メスになるべき個体が内分泌かく乱物質の作用でオス化することによって、個体群の増加率は低下します(図2)。そこで、ミジンコの性比かく乱作用と一般的な繁殖毒性(産子数の減少)のリスクを比較するために、個体群増加率の低下として統一的に内分泌かく乱物質とその他の化学物質の生態リスクを評価します。

化学物質は、性比かく乱を誘発する受容体と、胚発生における限られた感受期にのみ結合し、その複合体の密度が性転換確率を決定すると仮定した数理モデルを作成しました(図3)。事例研究として、

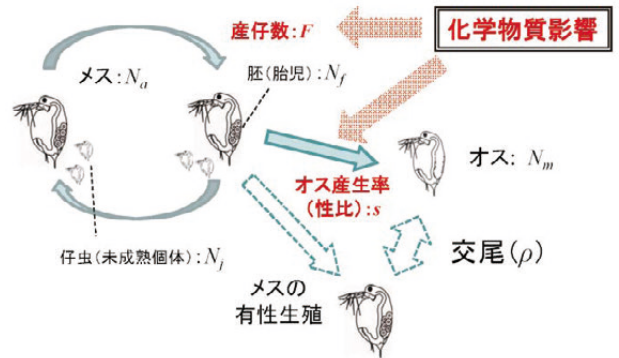


図2 ミジンコ生活環における化学物質による繁殖阻害と性比のかく乱  
単為生殖世代に内分泌かく乱化学物質の作用を受けると、メス子虫の一部がオス化する。性転換したオスがメスの有性生殖を誘発できるかは不明であり、個体群増殖にとってはコストになると考えられる。

ピリプロキシフェン(昆虫成長制御剤)に対して行った性比および繁殖阻害試験のデータにこの解析手法を適用しました。コンピュータシミュレーションでパラメータを推定した結果、感受期は分娩前5±1日であること、毒性反応の不可逆性が高く、感受期間内の最大曝露濃度に左右されることなどがわかりました。

繁殖毒性に関しては、ミジンコの体内で化学物質

●特集 生態リスク●

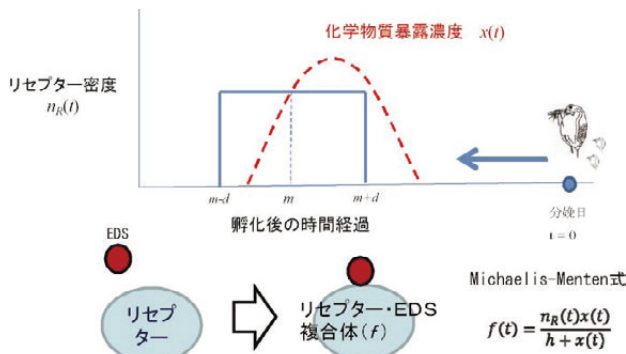


図3 性比反応モデルの概念図  
 雄性発現を支配するリセプターは、子虫の誕生前の一定期間 ( $m \pm d$  日前) 子虫体内に分布し、その期間内における内分泌かく乱物質EDSの濃度  $x(t)$  に応じてリセプター・EDS複合体を形成し、性転換を促すと仮定する。

濃度がどう変動するかを1次の毒物速度論モデルによってモデル化したうえで、繁殖影響モデルとして動的エネルギー分配モデル (DEBtoxモデル) を採用しました。DEBtoxモデルは、生物が摂食によって得たエネルギーを、繁殖、個体成長、基礎代謝などに分配するパターンを記述する生物生態学の数理モデルです。このモデルを利用すれば、化学物質の毒性による繁殖への影響を、卵細胞形成不全などの直接影響と、体成長の遅延を介する不可逆な間接影響を分けて推定することができ、化学物質の曝露濃度が時間的に大きく変動する場合でも、毒性反応をうまく再現できます。

これらの2つのモデルの結果をミジンコの個体数

変動モデル (年齢構成個体群モデル) に組み込むことによって、個体群増加率に対する毒性影響を推定しました。シミュレーション計算の結果、性比かく乱作用による個体群レベルの効果は、繁殖阻害による効果の4分の1程度であることが示唆されました (図4)。

群集のレベルで生態リスクを整理する

先にも触れたように、化学物質の生態影響を評価する目的で実施されている公定試験法は、藻類 - ミジンコ - メダカのスクリーニング毒性試験から成り立っています。これらの種は、3つの栄養段階の代表種として選定されているのですが、実際の生態系ではこれらは種間相互作用によって結びついており、その相互作用を定式化したうえで生態リスクを評価しなければ、3種に対する毒性影響の相対的な重要性を明確にすることはできません。海外で施行されている化学物質管理を含め、現行のリスク評価法ではこのような生態学的方法が確立していないために、どの種も慢性的な影響を受けない濃度に基づいて基準を策定するしかありません。つまり、生態学的知見の不確実性により、リスクを過大評価しているかもしれない、異なる化学物質で算定された生態リスクの相対的大きさも、真のリスクランキングを反映しないかもしれません。

生態リスクPJIでは、食うものと食われるものの

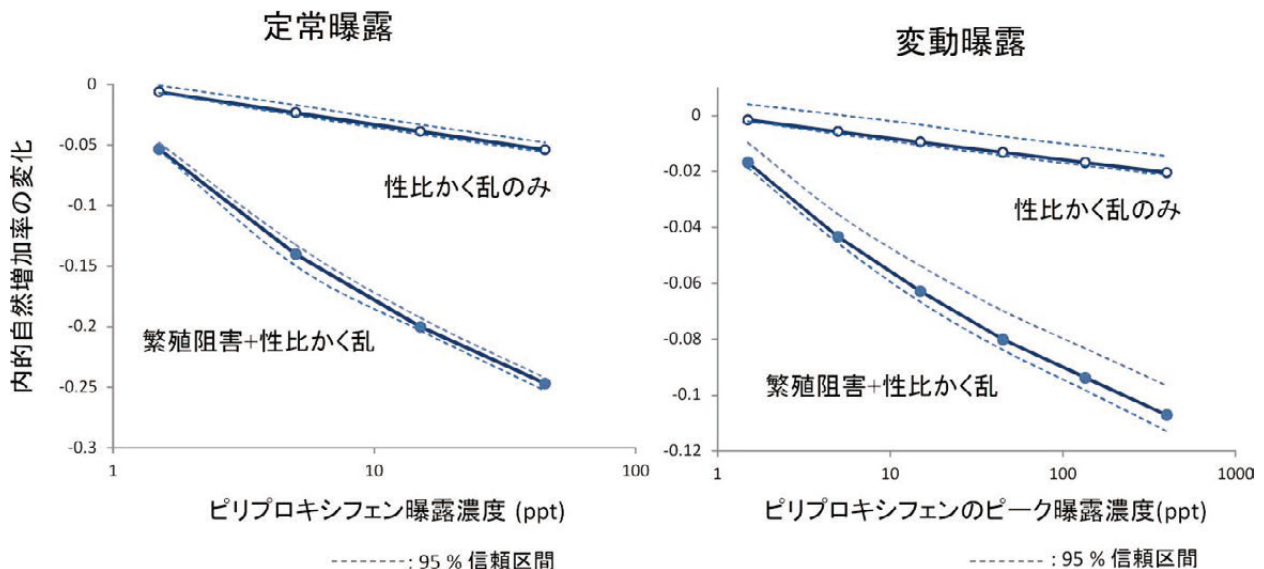


図4 ピリプロキシフェン定常曝露および変動曝露におけるオオミジンコの個体群増加のシミュレーション結果 (縦軸: 対照区に対する内的自然増加率の変化分) 初期個体数10から60日間の個体群成長を計算。変動曝露は、20日後をピークとして標準偏差5 (日) の正規分布に従って曝露濃度が変動すると仮定した。

関係で連結された、3栄養段階の生物群集を模した生態リスク評価モデル(3種生態リスク評価モデル)を作成しています。さらに、生物体内における化学物質の濃度変化を近似する毒物速度論モデル、化学物質に対する生物の毒性反応を予測する毒性反応モデル、個体の成長・繁殖を表現する動的エネルギー分配モデルなど、生態学と異分野の環境化学や生態毒性学で研究されてきた数理モデルを生態学モデルと連動させることによって、生態学的なファクターを取り込んだ生態リスク評価モデルの作成に取り組んでいます(図5)。

3栄養段階モデルは、藻類-ミジンコ-メダカの年間個体数(密度)変動を再現するもので、モデルに必要な多くの生態学的パラメータは、淡水生物学上の知見と、野外におけるメダカの生活史やミジンコの季節的な密度変化を基に設定されています。化学物質曝露などの環境要因の影響は各段階に個別に作用しますが、種間相互作用を介してボトムアップ的に上位に波及するので、最終的な生態リスクは最上位種の個体群増加率ないし絶滅リスクで評価します。

解析できる生態毒性データは、①メダカの致死効果、②メダカの繁殖阻害、③メダカの成長阻害、④ミジンコの致死効果(遊泳阻害)、⑤ミジンコの繁殖阻害、⑥藻類の成長阻害です。これらは、経済協

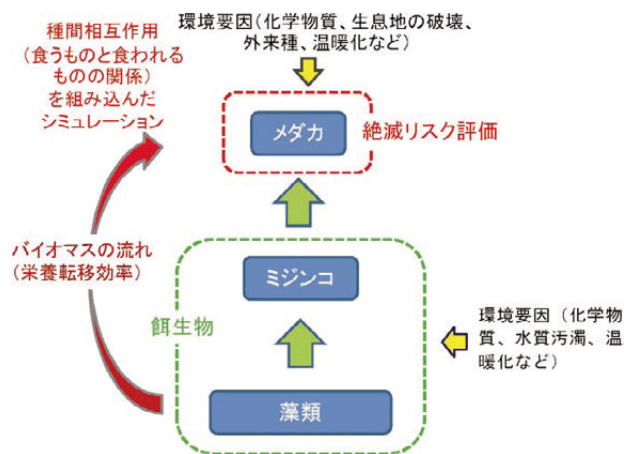


図5 3種生態リスク評価モデルの概念図  
食うものと食われるもの関係にある直鎖型3栄養段階モデル。化学物質曝露などの環境要因の影響は各段階に個別に作用するが、種間相互作用を介してボトムアップ的に上位に波及する。最上位種は化学物質の直接効果と餌生物の欠乏による間接効果の両方の影響を被る。生態リスクは最上位種の個体群増加率ないし絶滅リスクで評価する。

力開発機構(OECD)が定めている水生生物の生態毒性試験テストガイドライン(TG203魚類急性毒性、TG229魚類繁殖阻害、TG221ミジンコ繁殖阻害、TG201藻類増殖阻害など)をほぼ網羅しており、どんな毒性データも入力できます。通常(新規化学物質登録時)の、3種スクリーニング試験からは、①④⑥のみが得られます。詳細データが揃う場合と3種スクリーニング毒性試験しかない場合の推定リスクレベルの調整に必要な、①④⑥以外の毒性値のカタログ値の設定(外挿係数)も研究課題となります。

目下、主要な農薬(殺虫剤、除草剤)、界面活性剤、重金属から試算を始め、環境省が実施した生態リスク初期評価対象物質を含む多くの化学物質を網羅する予定です。

おわりに

登録されているものだけで何千種類にも及ぶ化学物質のリスク評価は、簡便で公平でなければなりません。実際の公的規制の場面(平成23年度に改正施行された化学物質審査規制法、農薬取締法など)では、藻類、ミジンコ、メダカなどの標準的試験生物を使った毒性値(急性もしくは慢性毒性値)と、環境中に存在すると予測される化学物質濃度との比率(ハザード比)に基づいたリスクベースの管理手法に改正されています。しかし、現時点では、リスクが危惧される化学物質に対して生態リスクを詳細に評価しなければならない場合にすら、十分に生態学の知見やモデリング手法が活用されているとは言えません。今後、生態リスク評価に生態学的手法や考え方を取り入れ、化学物質の管理手法をより合理的なものにすることが期待されます。

(たなか よしなり、環境リスク研究センター 生態リスクモデリング研究室長)

執筆者プロフィール:

趣味は写真(風景・昆虫)と音楽(クラシックギター)です。そもそも小さいころから生き物(昆虫)が好きで昆虫学者を夢見て研究の道に入ったのですが、どう道を踏み外したか、学生のころは虫唾が走るほど嫌いだった数式をいじって過ごしている毎日です。研究の上では、基礎研究と応用研究とのバランスに腐心しています。



## ●特集 生態リスク●

## 【環境問題基礎知識】

## 生態影響評価におけるWET

鑑 迫 典 久

我が国の事業所の排水には水質汚濁防止法によって、COD (BOD)、SS、pH、大腸菌数、窒素、リンなどの生活環境項目（水の汚染状態を示す項目）と、カドミウム、クロム、ヒ素、水銀などの健康項目（人の健康に係る被害を生ずるおそれがある物質）の測定が義務づけられています。さらに自治体によっては上乘せ規制によるさらに厳しい基準が設けられています。一方、我が国に流通している化学物質は数万以上とされていますが、農薬取締法や化学物質審査規制法で製造・輸入時に生物試験を用いた生態系への影響が審査されており、生態影響を有する物質が環境中にみだりに流出しない様に配慮されています。ただし現行の排水規制の中には、水生生物に対する直接的な影響評価に関する記載は存在していません。年々新たに製造される化学物質に対して逐次監視を行っていくためには測定項目数を増やしていく必要がありますが、新たな測定項目の選定、改定、合意にかなりの時間を要しますし、自治体や事業所の負担が益々増加するという懸念があります。さらに現行法では少量で排出される物質、事業所内で非意図的/意図的に作られた副生成物、環境中での変化物および複数物質による複合効果を生じる物質などを必ずしも全て捉える仕組みにはなっていません。

既存の規制を補完しつつも国民にもっと分かりやすく、しかも科学的に普遍性のある安全基準に従いながら総体的に排水を管理する手法はないでしょうか。

環境省では、環境保全上の目標やリスク管理の在り方を含め、新たな施策の展開を求めて「今後の水環境保全に関する検討会」を立ち上げ、今後の水環境保全の在り方について検討を行い、平成21年12月に中間とりまとめを行いました。その中で、水環境への影響や生態毒性の有無を総体的に把握・評価し、必要な対策を講じるために「新たな排水管理手法の導入」として、「生物応答を利用した排水管理

手法（Whole Effluent Toxicity：WET）などの有効性について検討すべき」としました。

WET規制は米国で1995年より施行されており、事業所排水を一つ一つの化学物質の濃度ではなく、藻類、ミジンコ、魚類などの生物への毒性影響を通して総体として評価し、必要に応じて対策を要求します。つまりこの手法は、バイオアッセイの結果を数値化して評価を行う“影響規制”のシステムであり、物質を特定した上でその物質の濃度規制を行う現行の“物質規制”とは異なる概念です。バイオアッセイは適切な方法と技術を用いれば、試験の再現性や結果の妥当性及び普遍性が担保されます。排水等の複合物質（群）にも生物影響がある場合には、有害な原因物質（群）の存在が推察されますが、たとえそれらが特定されなくても、その生物影響を除去または削減するための方策を立てることは可能です。それが米国WETで用いられているTRE（Toxicity Reduction Evaluation）/TIE（Toxicity Identification Evaluation）手法と呼ばれているものです。具体的には、TRE/TIE手法では、排水に対してまず何らかの処理を行い、その処理後に生物影響が削減されたなら、その処理によって削減（または変化）された物質の中に有害物質が含まれていたと考えます。この時に効果的だった影響の削減方法は、とりもなおさず排水改善のヒントになります。例えばキレート（金属除去）処理によって毒性が削減されたならば、原因物質（群）は金属の可能性が高いので、金属を除去するような排水処理を導入すれば毒性が低減される可能性が高い、となるわけです。同様に、例えば排水のpHを一度アルカリ側にして、もう一度中性に戻した時に毒性が削減されたなら、アルカリ側で分解または沈殿する物質群に原因物質の可能性があります。現実原因物質を除去するためにどのような手法を選択するかはTIEの結果を参考にした上でBAT（Best Available Technology/Technique）によって事業者が判断します。



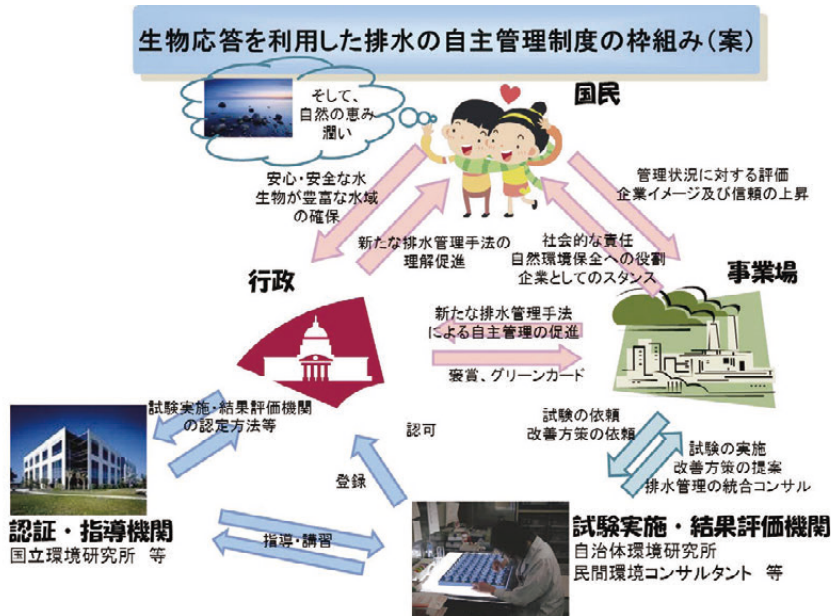


図1 生物応答を利用した排水の自主管理制度の枠組み

WETシステムを日本に導入しようとする場合、試験法や科学的な根拠は米国WETと大きく変わらないと考えられますが、法的な措置や運用面では日本に適した変更が必要となるでしょう。制度のあり方については、現在、環境省の「生物応答を利用した水環境管理手法検討調査」委員会で検討中ですが、仮に社会で必要とされる役割分担の全体予想図を図1に示します。まず、試験に関する認証機関を何れかの公的機関が担う必要があり、実際にバイオアッセイを実施する上では地方環境研究機関、地方衛生研究所および民間の環境コンサルタント会社などがその公的な認可を受けることとなります。バイオアッセイ技術の標準化および高度化の教育機関も重要です。また米国では州の法律によってWETが強制的に施行されており、罰則規定もありますが、日本では社会的なインフラ整備と国民の理解を得てからでないと性急に罰則を伴う規制を作るのは困難だと思われる。事業者がWETを導入するメリットとしては、生物影響の大きい排水を公共用水域に放出せずに生態系を保全するという社会的責任の遂行や、排水の環境汚染事故の未然防止または影響があった場合の原因追究などが考えられます。工場の新設や増改築の際の環境アセスメントや製造工程・排水処理の変更にとともなう排水質の変化予測などにも応用可能です。またバイオアッセイを用いた排水管理手法は米国、カナダ、韓国など世界各国で既に

われており、世界標準になりつつあるという点からも国際競争力の一つとしてこのシステムを取り入れるのは事業所にとっては決して不利にはならないでしょう。当面は各種産業界の自主行動計画や自治体の推奨基準として使われる可能性が期待されます。

生物応答を利用した水環境管理手法を導入し、仮に悪い結果を示した場合に、通常はTRE/TIE手法による調査が行われますが、その実行可否の判断は事業者者に委ねられます。事業所は信頼のおける地方環境研究機関や民間環境コンサルタントにTRE/TIEを依頼すること

になると思われますが、依頼を受ける側は、生物、化学、物理および水処理技術等の高度な知識と経験を持ち合わせていることを要求されます。国民はより良い水環境を目指すため、事業所や行政の動きをチェックし、常に動機づけを行っていかねばなりません。

バイオアッセイは必ずしも簡単に誰にでもできるとは限らず、決して安価ではありません。そして厳密にバイオアッセイを行えば再現性も高く、結果の信頼性もあります。バイオアッセイは機器分析の代替法ではなく、機器分析では得られない情報を得ることができる独立した手法であることを認識し、機器分析と両立させながらお互いを補完していく技術だと思われます。WETシステムを通じてバイオアッセイの理解と普及が進み、より良い水環境の保全が推進されることを望みます。

(たたらざこのりひさ、環境リスク研究センター  
環境リスク研究推進室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

通常は内分泌かく乱化学物質、ナノ粒子、化粧品・医薬品、農薬などのメダカ、ミジンコへの影響を調べています。特技は、2分でひよこを解剖。メダカの肝臓を30秒で摘出。バドミントンの意図的？フレイムショット。志賀高原スキー場の全リフト73基を一日半で制覇。



【シリーズ先導研究プログラムの紹介：「小児・次世代環境保健研究プログラム」から】

## 環境汚染物質の人への曝露評価を行う方法について

新田 裕史

人は空気、水、食物など種々の媒体・経路から、多種多様な環境汚染物質を取り込んでいます。これを曝露といいます。環境汚染物質の曝露量は、媒体中の汚染物質濃度と媒体の取り込み量によって決まりますが、両者には個人個人の生活行動、居住環境など多くの要因が関わっていると同時に、各要因は空間的にも時間的にも変動します。環境汚染物質の人への曝露評価にはこのような複雑なシステムに関する理解が必要となります。

環境汚染の問題において曝露評価が必要とされる場面には2つの場合があります。ひとつは環境汚染物質の健康影響との関連性を検討する環境疫学研究における曝露評価で、もうひとつはリスク評価・管理の枠組みにおける曝露評価です。前者の環境疫学研究は人の集団を対象として環境要因と健康影響との関連を調べなければなりません。調査対象者は相当な数の人々（場合によっては、10万人規模）にな

ることは当たり前であり、調査対象者個々の曝露量を評価しなければなりません。リスク評価・管理においては、必ずしも個人個人の曝露量が必要ではなく、対象人口における平均曝露量や曝露レベル別の人口数（割合）を知ることが重要です。そのため、環境疫学研究における曝露評価はリスク評価・管理における曝露評価に比べて、手法の実行上の制約や困難度は大きくなります。どのような手法を採用するとしても、曝露評価に大きな不確実性が入り込むことは避けられませんが、不確実性の大きさを把握できるように、手法を選択する必要があります。

「小児・次世代環境保健プログラム」のプロジェクト1「環境汚染物質曝露による健康影響評価に係る疫学調査手法の高度化に関わる研究」（下図参照）では、環境疫学の観点から、環境汚染物質の曝露評価に関わる手法上の課題の中から重要なものを選択して、検討を行っています。環境健康研究センター

### 環境汚染物質曝露による健康影響評価に係る疫学調査手法の高度化に関わる研究

#### サブ1：曝露評価手法の高度化・効率化に関する研究

- 経路別曝露モデルの構築



疫学研究に応用可能な地域の環境汚染物質濃度分布予測モデルの開発と高度化

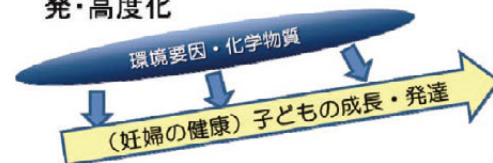
- 多成分一斉分析法・マーカー抽出手法  
ヒト試料分析を用いた化学物質曝露評価

#### サブ2：疫学調査手法・解析手法の高度化に関する研究

- 小児の疫学研究に関連するデザイン、手法の構築

食物中の環境汚染物質含有量の評価方法の開発  
食環境の評価方法の開発（妊娠時の母、および幼児期の児）

- 成長発達を考慮した統計モデルの開発・高度化



環境疫学研究に関連するデータベースの整備  
高度化された曝露評価手法、影響評価手法の適用によるエコチル調査の補完。

は環境省事業「子どもの健康と環境に関わる全国調査（エコチル調査）」の中核機関となっているため、子どもに重点をおいて研究を進めて、研究成果がエコチル調査に活かせるように目標を設定しています。

第一の課題は乳幼児を対象とした食事経由の環境汚染物質の曝露評価手法を確立するための基礎的な検討です。食事は栄養摂取という子どもの成長に必要な要素を取り入れることであるとともに、環境汚染物質の曝露経路としても重要です。ここでの課題は数万人以上の規模の調査でも適用可能な、乳幼児を対象とした食事調査のツールを開発するための検討です。成人を対象とした疫学研究では、食物摂取頻度調査（FFQ）と呼ばれる質問票を用いた標準的な調査がすでにあります。食品の摂取頻度（例えば、1週間に何回程度）と1回当たりの目安量を質問して、その回答から回答者の平均的な食品摂取量と総カロリーや各種栄養素の推計を行うものです。この方法は食事とがんなどの疾患発症を調べる栄養疫学の分野で確立したものです。FFQの妥当性を検証するためには、実際の食事内容とFFQの結果を照らし合わせる作業が必要であり、乳幼児を対象としたFFQの方法を確立することが目標となります。また、ある種の環境汚染物質は特定の食品や食品群に多く含まれていることが知られており、それらの食品・食品群の摂取量を把握するための手法を検討することも目標としています。摂取される食品には地域差があり、また季節による差もあります。そのために、全国各地で乳幼児がどれくらいの頻度でどのような食品を摂取しているかを把握するために、季節毎に数日から1週間にわたる食事内容の調査を行うことを計画して、季節別の調査を開始しています。調査結果に基づいて、FFQで取り上げるべき食品をリストアップするとともに、食事量に関する調査結果とつき合わせて、乳幼児を対象とした環境汚染物質の曝露評価を含むFFQの妥当性について検討を進める予定です。

環境汚染物質の曝露評価手法は他に、環境試料や生体試料を直接分析する方法があります。エコチル調査では10万組の母子から血液・尿などの生体試料を採取して、環境汚染物質濃度を測定する予定です。また、環境試料についてもエコチル調査の一部対象者の家庭内でハウスダストや室内空気の採取を行う計画があります。しかしながら、環境汚染物質の種類は数多く、限られた量の試料を用いて分析を行う

ためには、多成分を一度に分析する方法を開発しなければなりません。そこで、健康影響との関連性を評価するうえで重要な汚染物質を選択したうえで、多成分一斉分析を行う測定手法を検討して、エコチル調査の分析に適用することを考えています。

一方、生体試料中の濃度測定によって曝露評価ができる環境汚染物質は、生体内に長期にわたり蓄積されるものや、曝露量の時間変動が小さく、かつ代謝速度が比較的遅いなどの特性を持つ物質に限られます。ある時点で採取した環境試料中の分析によって、曝露評価が可能となる環境汚染物質は、対象とする環境媒体中の濃度の時間変動がそれほど大きくないことなどの条件が必要です。例えば、大気汚染のように時間変動が大きいもの場合は、ある一時点の濃度では曝露評価の意味は薄く、長期にわたり連続的に環境中濃度を測定することが必要となります。しかしながら、長期連続測定を、疫学調査の対象者が生活する空間のすべてで実施することは不可能です。

このようなさまざまな制約のもとで曝露量の推計を行う方法の一つとして、物理モデルや統計モデルを用いた、もしくはそれらを組み合わせた曝露評価モデルに基づくアプローチがあります。大気汚染物質では大気拡散モデルによる空間濃度推計と人の生活時間とを組み合わせた時間加重モデルによる曝露量推計モデルがあります。これまで、環境汚染物質の曝露評価モデルは主として大気経由などの曝露経路毎に検討されてきました。しかしながら、曝露経路が複数にわたる物質についてのモデル化については十分な検討が行われていませんでした。本プロジェクトでは、このような曝露実態がある汚染物質を選んで、各環境媒体における実測を行いながら、モデルの基本構造に関する検討やシミュレーションによる感度解析などを行いながら、モデル構築を進めています。

（にった ひろし、環境健康研究センター長）

執筆者プロフィール：

現在、環境健康研究センター長とエコチル調査コアセンター長代行を兼務しています。約30年前に大気汚染物質であるNO<sub>2</sub>の個人曝露評価に関して博士論文を書きましたが、30年経っても、曝露評価の困難さは克服できていないと感じます。



## 【研究ノート】

## ヒトの化学物質曝露を評価する

高木 麻衣

## はじめに

私たちは多種多様な化学物質の恩恵を受けている一方、その中にはヒトや生態系への悪影響が懸念されているものも多く存在します。欧州連合（EU）で電気・電子機器における特定有害化学物質使用制限（RoHS指令）が2006年に施行、化学物質の安全性の評価を義務付ける新化学品規制（REACH）が2007年に施行される等、世界的に化学物質の使用および輸出入に関する規制が強化される傾向にあります。一般に、有害な化学物質からヒトの健康を守るためにはリスク評価を行うことが重要ですが、そのためには化学物質の曝露評価が不可欠です。曝露評価とは、ある化学物質をどのくらい摂取しているのか（曝露量）や、どのような経路で摂取しているか（曝露源）を明らかにすることです。また、曝露源の解析はその後の対策へ有用な情報を与えます。

曝露評価の際は、環境試料や生体試料中のその化学物質を“測る”ことが必要ですが、近年はppb（ $10^9$ をあらわす単位）あるいはppt（ $10^{12}$ をあらわす単位）レベルの曝露の議論が必要な化学物質も増えてきており、より高感度、高精度な分析法が求められています。今回は、小児の鉛曝露について研究した例を紹介します。

## 高精度鉛同位体比分析を用いた小児の鉛曝露源の解析

鉛は延性、耐腐食性、低融点など、工業的に優れた性質を持つため、おしろい、塗料、鉛水道管、缶詰めのはんだ、ガソリン等、古くから身近なところで使用されてきました。それゆえ、環境や健康影響に関する研究の歴史も比較的長い物質です。近年では、より低レベルの鉛曝露における小児の認知機能発達への影響が懸念され、世界的にも大きな関心事項となっています。日本人小児の血中鉛濃度は、諸外国と比較しても低いレベルにありますが、小児の認知機能発達への影響に対する閾値（いきち；影響がみられる最低の曝露レベル）が不明確であること

から、可能な限り曝露を減らすことが望ましいとされています。曝露を低減化するためには、曝露源の解析が必要ですが、私たちは鉛の同位体比という指標を用いて解析を試みました。

鉛には $^{204}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}$ の4種類の安定同位体が存在します。鉛鉱石ができる場所（鉱床）や、採掘された年代によってその組成が異なることが知られています。 $^{206}\text{Pb}$ は $^{238}\text{U}$ （ウラン）、 $^{207}\text{Pb}$ は $^{235}\text{U}$ （ウラン）、 $^{208}\text{Pb}$ は $^{232}\text{Th}$ （トリウム）からといった、それぞれ異なる親核種から放射壊変という過程を経てできており、その親核種の含量が鉱床によって異なるため、鉱床特有の同位体組成を持つことになります。いったん採掘された鉛鉱石の同位体組成は、その後の加工、燃焼、ヒト体内代謝など、さまざまな物理・化学・生物的過程を経てもそのまま保持されます。起源の異なる鉛が混合した場合、同位体組成はその混合比に従って変化します。たとえば、2つの別の起源の鉛が同量混合した場合は、その中間の組成を持つことになります。このような特徴を使って、環境の分野では、鉛の同位体比を汚染源の解析によく利用しています。

本研究の鉛曝露解析においては、小児の血中鉛と、曝露媒体中鉛の同位体比を測定することによって、小児の血中鉛に、想定される複数の曝露媒体中の鉛



図1 マルチコレクター型ICPMSの写真

がそれぞれどの程度寄与しているのかを推定しました。一方、現在環境中の鉛濃度が比較的低いこと、同位体比の差が非常に小さいことが予想されたため、複数の検出器を備えた、高精度に同位体比の分析が可能であるマルチコレクター型誘導結合プラズマ質量分析計（MC-ICPMS、図1）が有効な手段となります。採血ができた小児のうち、調査協力の得られた数名の小児の家庭を訪問し、曝露源として想定される家の周辺や学校の土壌、食事（1日分の飲食物を混合したもの）、ハウスダスト（掃除機塵）を採取しました。試料からヒト体内の胃液と成分を似せた“疑似消化液”で鉛を抽出した後、クリーンアップ等の前処理を行い、血液試料とともに、鉛同

位体比と濃度の測定を行いました。

ある女児のケースにおける、採取した試料と血液の鉛同位体比（ $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ）の分布を図2に示します。血中鉛の同位体比は、ハウスダスト、食事、土壌のおよそ中間的な値を示しました。食事と学校土壌とハウスダストの鉛同位体比と鉛濃度、血中鉛同位体比と鉛濃度を用いて、それぞれの寄与率を算出すると、食事、土壌、ハウスダストの寄与率は、それぞれ15%、34-39%、42-47%となりました。他の小児についても同様の解析をおこなったところ、ハウスダストの寄与が半分程度あることがわかり、ハウスダストへの対策を行うことが鉛曝露の低減化に結びつく可能性を示すことができました。

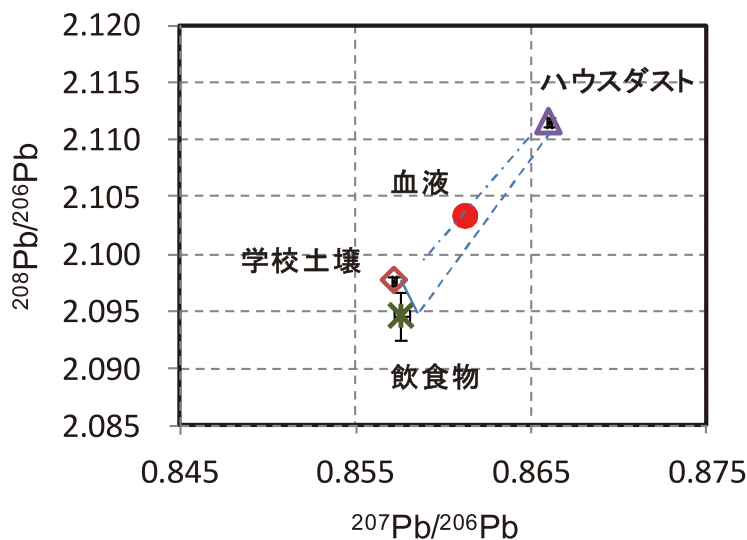


図2 ある女児の曝露媒体試料中および血中の鉛同位体比分布  
エラーバーは測定値のばらつきを示します。△：ハウスダスト、●：血液、◇：学校土壌、\*：飲食物

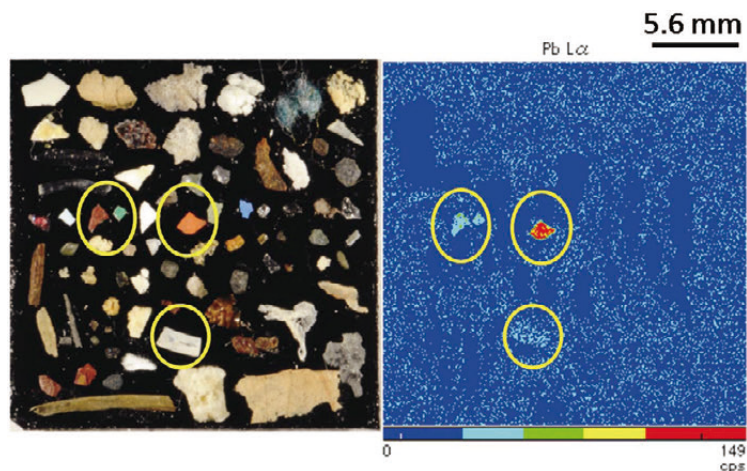


図3 掃除機塵中より選択した粒子を並べた写真（左）と蛍光X線マッピング画像（Pb Lα、右）  
黄色く囲った物体から鉛が検出されました。Pb Lαとは、X線の照射を受けた鉛原子から発生する、鉛固有の蛍光X線のひとつです。右図の赤色は蛍光X線の強度が高いことを示します。

さらに、本方法を用いることにより、実測が非常に難しいハウスダストや土壌の非意図的摂食量を逆に推定することができます。本研究で推定することができた小児のハウスダスト摂食量は40-100 mg/日程度でした。これは、今後の曝露評価においても非常に有用な情報となると考えられます。

#### ハウスダスト中の鉛の起源について

さらに私たちは、様々な家から掃除機塵を採取し、ハウスダスト中の鉛の起源について調査を行いました。収集した試料のうち、鉛濃度が高かった家庭の掃除機塵中の0.25-2 mmの大きめの粒子を対象に、蛍光X線分析（XRF）を用いて鉛含有物の探索を行ったところ、複数の試料から、図3に示すような鉛を高濃度に含む薄片や薄膜が見つかりました。その粒子の元素組成や色や形状などから、鉛含有物は塗料片や塩化ビニル膜などであると推定されました。これらの由来をさらに特定し、削減することが小児の鉛曝露の低減対策の1つとして考えられます。なお、小児の鉛曝露源解析およびハウスダスト中鉛の起源に関する研究は、東京大学と共同で行いました。

#### さいごに

今回紹介した研究では、鉛の同位体比の高精度分析により、小児の鉛曝露にと

ってハウスダストが重要な曝露源となるケースがあることを示すことができました。最近では、プラスチックの可塑剤（柔らかくするための添加剤）として使用されているフタル酸エステル類や、カーテンや電化製品などに使われる臭素系やリン酸エステル系の難燃剤（ものを燃えにくくするための添加剤）などもハウスダスト中に比較的高濃度に含まれているという報告も相次いでおり、ハウスダストの化学物質曝露源としての重要性への着目度は増していると言えます。幼児や小児は脳や体の器官が発達する重要な時期であるとともに、室内の床付近で過ごす時間が長いことや、手や物を口に運ぶという行動的性質を持っており、ハウスダストを介した化学物質の曝露を一層考慮する必要があると考えられます。

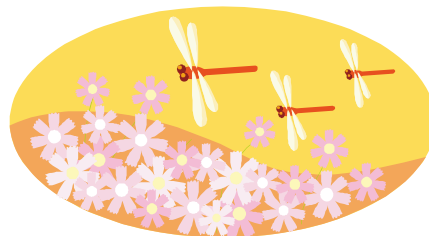
現在私は、鉛などの金属類のみならず、内分泌かく乱物質等の有害な有機化合物の曝露についても研

究の対象を広げています。主に、ヒトの尿の有機化合物や代謝物の多成分分析法の開発に関する検討を行っています。今後も、ヒトの化学物質曝露評価、さらにはリスクの低減という視点で環境分析技術の高度化とその応用について研究していきたいと考えています。

（たかぎ まい、環境計測研究センター）

執筆者プロフィール：

スポーツ（オリエンテーリングやテニスなど）と美味しいものを食べるのが好きです。ヒトの化学物質曝露の探索とともに、つくばの美味しいもの探索が目下の課題です。写真はベトナムのおみやげ帽子をかぶって、所内の池付近で研究につかうトンボを採集している時に撮影したものです。



【行事報告】

「サマー・サイエンスキャンプ2012」開催報告

企画部広報室

今年も夏休み期間中に高校生を迎えて、サマー・サイエンスキャンプ2012を開催致しました。サイエンスキャンプは文部科学省の後援、独立行政法人科学技術振興機構の主催のもと、日本科学技術振興財団および受入研究機関が実施している高校生のための科学技術体験合宿です。国立環境研究所では1999年から毎年参画しておりますが、今年も2つのプログラムを開催し、7月25～27日の3日間は「環境と生物」に10名、8月20～23日の4日間は「東京湾の魚介類と環境を調べて見よう～東京湾の本当の姿を実体験！～」に12名の生徒たちが参加しました。いずれのコースも国内外から定員を上回る応募のため、講師による厳正な選考により選ばれた生徒たちです。

「環境と生物」では、世界の遺伝子研究で用いられている実験を体験しました。つくば市内の公園で採取した土の中にどのような微生物がいるのか遺伝子増幅装置（PCR）および電気泳動装置（DGGE）を用いて測定し、環境によって異なる土壤細菌相があることを確認しました。初めて使うマイクロピペットや測定装置などに最初は慣れない手つきでしたが、ティーチングアシスタント（TA）の筑波大学院生のお手本のもと作業を進めていました。また講師の岩崎一弘主任研究員から遺伝子研究や研究者になるための話を熱心に聞く姿も大変印象的でした。TAも後輩に教える体験、また学外の研究者と交流できる機会になったことと思います。

「東京湾の魚介類と環境を調べて見よう」では、横浜市漁業協同組合の協力のもと、横浜市柴漁港から東京湾で漁をしている漁船2隻に乗り込み、東京湾の北部と南部の2地点で底曳き網と水質観測を行いました。本プログラムでは、講師の堀口敏宏室長と児玉圭太研究員のもとに海や魚に興味のある生徒が集まっており、アカエイやアナゴ、カニ、シャコなどがかった網が揚がるたびに目を輝かせていました。また持ち帰ったサンプルは翌日、研究所内の環境試料タイムカプセル棟にて種類ごとに重さと個体数の計測を行い、網を揚げた地点によってどのような差があるのか、水温や溶存酸素などの水質の違いも考慮し、最終日には班ごとに考察を発表しました。

サイエンスキャンプを通して研究機関で最先端の科学体験をすることは、高校生たちにとって学校では体験できない貴重な経験であり、また同じく科学を志す仲間を作る場にもなっておりました。国立環境研究所では、このような青少年の育成にも引き続き取り組んで参りたいと思います。



実習風景



東京湾での生物、水質調査



DGGE法についてのレクチャー



持ち帰った魚介類の仕分け

表彰

受賞者氏名：鈴木剛、染矢雅之、滝上英孝

受賞年月日：2012年7月28日

賞の名称：京都大学環境衛生工学研究会優秀プロジェクト賞【京都大学環境衛生工学研究会】

受賞対象：発表内容の社会的貢献等

受賞者からひとこと：京都大学環境衛生工学研究会のシンポジウムで発表した研究「野生高等動物組織抽出物の抗アンドロゲン活性に対する毒性定量評価」（主著者 三崎健太郎 現京都大学研究機関研究員）が社会的貢献について優れた内容をもつと評価されて、愛媛大学沿岸環境科学研究センター等の研究者との共同受賞となったものです。製品や廃棄物からの化学物質の環境排出があり、それを受容する環境生態系での実影響が定量的にどのようであり、影響に寄与する物質は一体何かということまで一貫して見るというアプローチを進めております。脂肪や臓器組織といった生体に蓄積している残留性有機汚染物質を抽出して、細胞を用いた核内受容体レポーター遺伝子アッセイで評価を行うと抗アンドロゲン活性が卓越する傾向がみられ、この活性が内分泌攪乱作用の本態ではないかというデータが得られ始めています。今後も研究所内外との連携を保ちつつ、媒体横断的な環境汚染の評価とそのコントロールについて考察を進めたいと思っています。

受賞者氏名：藤谷雄二、古山昭子、平野靖史郎、高見昭憲

受賞年月日：2012年8月29日

賞の名称：ベストポスター賞【日本エアロゾル学会】

受賞対象：細胞曝露装置内における粒子沈着率の評価（第29回エアロゾル科学・技術研究討論会予稿集, 49-50, 2012）

受賞者からひとこと：第29回エアロゾル科学・技術研究討論会における若手ポスターセッションの中から、優れた発表に授与される「ベストポスター賞」を頂きました。培養細胞を用いた粒子状物質（PM）の毒性スクリーニング手法の一つに、気液境界においてPMを細胞に曝露させて毒性評価を行うことができる気液界面細胞曝露手法があります。この手法ではヒトの肺の中と同様の現象により細胞に対するPMの沈着が可能となり、現実的な曝露ができるという利点があります。一方で、その沈着効率が定量的に明らかになっていないため、実際の用量反応関係が得られないという問題がありました。そこで気液界面曝露装置内の流体・粒子軌跡のシミュレーションと実測の両面から、粒径別PMの沈着効率を明らかにしました。共同発表者である菅谷裕氏、橋口真宜氏（計測エンジニアリングシステム（株））、および関係者の皆様に深く感謝します。この受賞を励みに、エアロゾル工学と毒性学の学際的な分野で活躍できるよう、精進していききたいと思います。

受賞者氏名：小林拓朗、徐開欽

受賞年月日：2012年9月3日

賞の名称：環境技術学会論文賞【環境技術学会】

受賞対象：生ごみ嫌気発酵によるメタンおよび水素生成ポテンシャル-食品標準成分に基づく分類と特性評価（J. Environ. Conserv. Eng., 40(3), 31-38, 2011）

受賞者からひとこと：当該論文は、環境省「地球温暖化対策技術開発事業」「カーボンフリー-BDFのためのグリーンメタノール製造及び副産物の高度利用に関する技術開発」の一環としてまとめたものであり、改めてご協力いただきました関係者に深く感謝申し上げます。今回の論文は、京都市の分別回収生ごみを実験材料として、家庭系および事業系生ごみの細品目ごとに栄養成分と嫌気発酵による水素およびメタンガス生成ポテンシャルをそれぞれ測定し、成分組成と水素・メタン生成ポテンシャルとの関係を体系的にまとめました。近年、水素とメタンの混合ガスであるハイタンが燃料として実用化され、生ごみからの水素とメタンの同時生成がバイオハイタン生成プロセスとして新たに位置づけられ、注目されるようになってきました。従来、バイオハイタン生成に関して様々な原料を用いた事例研究がほとんどであった中で、栄養成分に基づいて適切な原料選択の方向性を示せたことが有意義であったと考えています。今回の受賞を励みにして、微力ながら本研究分野の発展に尽力していきたくております。

受賞者氏名：小林拓朗、徐開欽

受賞年月日：2012年9月10日

賞の名称：平成23年年間優秀論文賞（メタウォーター賞）【日本水環境学会】

受賞対象：循環式水素・メタン二段発酵プロセスにおける消化液返送方法が水素発酵に及ぼす影響（J.Jpn.Soc. Water Environ., 34(11), 161-171, 2011）

受賞者からひとこと：この度の受賞論文は、新規開発した生ごみを原料とするバイオハイタン生成のための循環式水素・メタン二段発酵プロセスが有する技術特性の解明を目的として、ミニ試験プラントで実施した連続実験内容をまとめたものです。従来、嫌気性水素生成プロセスは複合微生物系の代謝パターンの長期安定維持が最重要な課題であり、本循環プロセスは二段発酵後の



消化液の返送によるpHと微生物相の安定化によって、2年ほどにおよぶ安定した連続水素生産を達成しました。本論文では、さらに消化液返送が水素生成プロセスにおよぼす影響として、生物利用可能な形態の窒素源の供給による水素生成微生物活性の促進と、高活性な消化液を返送することで生成水素の消費が促進され回収率が減少するリスクを新たに明らかにしました。今後も実用的資源循環技術を目指して、技術アイデア提案を行っていきたくと考えています。

受賞者氏名：高橋克行、伏見暁洋、森野悠、長谷川就一、田邊潔、小林伸治

受賞年月日：2012年9月13日

賞の名称：大気環境学会誌 平成23年論文賞（学術部門）【大気環境学会】

受賞対象：北関東における微小粒子状物質のレセプターモデルと放射性炭素同位体比を組み合わせた発生源寄与率推定 (J.Jpn. Soc. Atmos. Environ., 46(3), 156-163, 2011)

受賞者からひとこと：本論文では北関東で夏季に捕集された大気中の微小粒子状物質の成分データにケミカルマスバランス法（統計的手法の一種）を適用して微小粒子の発生源推定を行い、さらに放射性炭素（<sup>14</sup>C）同位体比の測定結果に基づき炭素成分の起源を一次生成および二次生成の化石燃料起源と生物起源とに分離しました。そして、大気中の元素状炭素の大半はディーゼル自動車排出ガス由来（化石燃料起源）であるが、有機炭素のほとんどは二次生成であること、二次有機炭素は日中には化石燃料起源と生物起源の比が約1：2であるが、夜間には化石燃料起源の割合が低下してこの比が約1：10になることなどを初めて明らかにしました。詳細は当該論文（高橋克行、伏見暁洋、森野悠、飯島明宏、米持真一、速水洋、長谷川就一、田邊潔、小林伸治：2011）をご参照下さい。この研究は、多くの研究機関との共同での集中観測と組成分析に基づくケミカルマスバランス解析と、国立環境研究所における微量<sup>14</sup>C測定技術を活かした測定結果を組み合わせた新しい発想により生まれた成果です。今後も所内外の方々との連携を大事にして環境改善に貢献する研究を行っていきたくと考えています。

受賞者氏名：高見昭憲

受賞年月日：2012年9月13日

賞の名称：論文賞（学生・若手部門）【大気環境学会】

受賞対象：東アジアから輸送される汚染大気中の炭素質エアロゾルの変動と発生源推定 (J.Jpn. Soc. Atmos. Environ., 46(1), 1-9, 2011)

受賞者からひとこと：論文題目「東アジアから輸送される汚染大気中の炭素質エアロゾルの変動と発生源推定」において、公益社団法人大気環境学会より論文賞をいただきました。本論文は、観測と解析の例を報告した論文でありこのような評価を受けたことを大変うれしく思います。今後も大気環境研究の発展に貢献するため研究を進めて参ります。

受賞者氏名：江守正多

受賞年月日：2012年10月4日

賞の名称：日本気象学会2012年度堀内賞【日本気象学会】

受賞対象：地球温暖化問題に関する科学者と社会のコミュニケーションについての科学技術論の展開とその実践に関する研究

受賞者からひとこと：2006年ごろまでを中心に、地球温暖化の将来予測の研究に取り組んできましたが、その後は予測研究そのものよりも、むしろそのような予測情報と社会との関係に強い関心を持つようになりました。予測情報が社会において本当に役立つためには、予測の不確実性について社会に理解してもらうことが必要だというのが一つの問題意識でした。一方で、地球温暖化問題をめぐって根強く存在する「懐疑論」に対応するため、予測が政治的で恣意的なものではないことを社会に理解してもらうことがもう一つの大きな課題でした。このような課題に向き合ううちに、自分の関心が「科学技術社会論」という分野で議論されている問題に近いことがわかり、その分野と交流を持つようになりました。この度、この一連の自己流な試行錯誤の様子を、日本気象学会が気象学と科学技術社会論の境界領域における研究活動と認めてくださり、堀内賞を頂くことになりました。今回の受賞を励みに、今後もこのような問題に精一杯取り組んでいきたくと思います。

受賞者氏名：伊藤昭彦

受賞年月日：2012年10月4日

賞の名称：日本気象学会2012年度堀内賞【日本気象学会】

受賞対象：陸域生態系モデルを用いた気候と生態系の相互作用に関する研究

受賞者からひとこと：この賞は気象学の境界領域や隣接分野での研究による貢献に対して与えられるものです。私の場合、専門は生態学ですが、陸域生態系モデルを用いた大気-陸域間の温室効果ガスや微量ガスの交換に関する研究を続けてきたことを評価していただいたのだと思います。全球スケールのCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oフラックスの推定は現状把握だけで無く温暖化の予測と対策を実施する上で不可欠ですので、各種観測グループとの協力の下、モデルの高度化を進めてきました。最近では、生態系サービス評価に向けた詳細マッピングにもモデルの応用分野を広げつつあります。今後も生物圏の基礎的理解を深めることに加え、実社会の環境問題解決に貢献できるようなモデル研究を発展させていきたくと希望しています。

## 新刊紹介

環境儀No.46「ナノ粒子・ナノマテリアルの生体への影響—分子サイズにまで小さくなった超微小粒子と生体の反応—」

粒径100nm（1mmの1万分の1）以下の粒子を総称してナノ粒子と呼びます。ナノ粒子には、大気化学反応により生成する微小粒子のほか、カーボンナノチューブに代表されるようなナノテクノロジーによって生み出された新素材（ナノマテリアル）も入ります。その工業製品は、医薬品や塗装、化粧品など日常生活の中で普通に見かけるようになってきたにもかかわらず、ナノ粒子に関する安全性評価の研究は始まったばかりです。ナノ粒子は、アスベストと同じく粒子の大きさや形状によって毒性が変わる物質と考えられており、化学物質の毒性評価とは異なる新しい安全評価手法の確立が求められています。国立環境研究所の平野靖史郎博士のチームは、このナノ粒子の安全性評価につながる研究（ナノトキシコロジー）に精力的に取り組んできました。本号では、彼らの研究成果を元に、ナノ粒子やナノトキシコロジーに関する科学的解説を平易に紹介しています。

（環境儀No.46ワーキンググループリーダー 西川雅高）

## 人事異動

（平成24年7月11日付）

笠井 俊彦 辞 職 総務部長（環境省大臣官房付）

（平成24年7月12日付）

坂本 文雄 辞 職 監査室長（環境省大臣官房参事官）

（平成24年7月13日付）

大庭 一夫 任 命 総務部長（環境省大臣官房参事官）

高木 治夫 任 命 監査室長（環境省大臣官房秘書課調査官）

（平成24年9月11日付）

村上 正吾 任 命 審議役（環境省大臣官房付）

（平成24年10月1日付）

住 明正 任 命 理事（東京大学サステイナビリティ学連携研究機構・教授）

## 編集後記

暑さ寒さも彼岸までとは、ほんとうによく言ったもので、長かった今年の残暑も暦通りにおさまりました。しかし問題はそのプロセスです。世間では多くの場面で、スピード感のある変動をとめないながら物事が進んでいます。せめて夏から秋への移行期間くらいじっくり味あわせてもらいたいものです。ところで、研究の進捗状況は日々じっくりと味わえない場合が多いと思います。長期間地道にコツコツとデータを集めて分析して

も、結論への出口が見えず、もうダメかと諦めかけた瞬間パッと光が見えて、目標に向かってばく進する。また、長年同じ方向性に基づいて研究し、種々の成果が出ていても、何か気になる部分を残したままだったところ、あるきっかけで自分の誤解に気付き、研究の全体像が一変して見えてくる場合もあります。本号で紹介された研究のさらなる進展を期待します。

(S.S.)

国立環境研究所ニュース Vol.31 No.4 (平成24年10月発行)

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

TEL : 029-850-2343 (環境情報部情報企画室)

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。