



# 国立環境研究所

# 二一八

Vol. 28 No. 6

平成 22 年 (2010) 2 月



上：鬼怒川勝瓜頭首工。冬の状態、堤は上がっているが、下流に落差があり、魚の移動には妨げとなる。  
下：那珂川宮境橋跡。那珂川にも小さな堰はあるが、魚の移動の妨げとはならない。(5ページからの記事参照)

## 〔目次〕

環境問題の「見える化」	2
有機臭素系難燃剤を対象とした製品ライフサイクルにおける化学物質の挙動と制御に関する研究	3
堰のある川，ない川での魚の生活	5
可燃ごみをエネルギーと考える ～廃棄物発電の高効率化～	8
ベトナム，泥んこマングローブ調査	10
コペンハーゲンからの報告	12
平成22年度国立環境研究所予算案の概要について	13

## \*【巻頭言】\*

## 環境問題の「見える化」

森 口 祐 一

最近、ごみ問題と地球温暖化問題とのかかわりについて、一般の方々を対象に講演する機会が増えています。日常生活における省エネやごみの分別など、消費者の行動にかかわる対策が呼びかけられる一方で、断片的な情報が伝わり、さまざまな疑問が渦巻いていることを実感しています。レジ袋の削減で地球温暖化対策に貢献しましょう、といった呼びかけを聞くと、温暖化問題とごみ問題の両方に携ってきた立場からは、やや違和感を覚えるのです。確かに、レジ袋の削減は、容器包装分野のごみを減らすきっかけとして重要な取り組みであるだけでなく、その生産段階や使用後の焼却に伴うCO<sub>2</sub>排出削減にも寄与します。しかし、レジ袋だけを大幅に削減したとしても、温室効果ガスの削減対策という面では不十分です。

家庭でのエネルギー消費によるCO<sub>2</sub>の排出量は、家庭で直接燃焼させるガスや灯油、マイカーのガソリンなどの燃料分に、家庭での電力消費に伴う火力発電所での排出を加えると、市民1人1日あたり約5kgになります。これに対して、自治体が収集するごみは市民1人1日あたりおよそ1kgです。つまり、ごみよりもはるかに重いCO<sub>2</sub>を日々大気中に捨てている計算になります。身の回りで発生するごみには形があり、過剰な包装など無駄なものは減らし、まだ使えそうなものは分別してリサイクルしよう、といった行動につながりやすいのに対し、気体であるCO<sub>2</sub>は目に見えず、その量を実感することは難しいでしょう。このため、自動車への燃費計の装備、商品やサービスの生産段階で排出されるCO<sub>2</sub>を表示するカーボンフットプリントなど、エネルギー消費量やこれに伴うCO<sub>2</sub>の排出量を実感しやすくするための「見える化」と呼ばれる取り組みが進められています。

環境問題への取り組みにおいて、実際の現場を見ることの重要性が指摘されますが、地球温暖化や資源枯渇などの長期的、世界的な問題は、現場を基礎としてきた環境研究にとって、多くの難題を抱えた研究対象です。電子計算機による将来予測のシミュレーションは、いくら精緻に計算しても、仮想の現実であり、現場そのものではありません。予想される地球温暖化の影響の深刻さを訴えるためにマスメディアで使われる映像は、他の原因で生じている事象を映したものである場合も多く、そうした不正確

な表現への批判が、科学的な研究成果に対する信頼までも損ないかねない状況を生んでいるように思えます。目に見えないCO<sub>2</sub>の排出の見える化とともに、将来起こると予想される事象を誤解のないように「見える化」することも大切な課題です。

大量生産・大量消費・大量廃棄型の経済活動に根ざすという点で、地球温暖化問題とごみ問題には多くの共通点があります。「もったいない」という言葉に込められた、日本人のものを大切に作る心ともかかわりの深い問題です。CO<sub>2</sub>などの温室効果ガスも、家庭から出る「ごみ」もどちらも、資源を使った結果として発生する不要なものです。石油をはじめ資源の大半を輸入に頼る日本にとって、温暖化対策もごみの発生抑制も、資源消費の削減という大きな共通の利点があります。有限な資源を食いつぶしながら経済を発展させることは、「持続可能」とはいえませんが、GDPに代表される現在の経済指標では、この問題点を見せることができません。これに代わる「持続可能な発展の指標」の開発も、取り組むべき重要な研究テーマの一つです。

話が大きくなってしまいましたが、最近、地元の自治体の低炭素都市づくりの計画やごみ処理基本計画の策定に携わり、改めてThink globally, act locallyの大切さと難しさを実感しています。つくば市ではCO<sub>2</sub>排出量に占める業務部門の割合が高く、これには研究・教育機関のエネルギー消費が大きく寄与しています。国全体、あるいは全世界のCO<sub>2</sub>削減に寄与する研究を行っているのだから、自らのエネルギー消費は大目に見てほしい、という声も聞こえてきそうですが、CO<sub>2</sub>削減に役立つ研究ではふんだんにエネルギーを使ってもよいが、それ以外の研究では削減すべき、というような独善的な考えは不適切でしょう。研究という営みの必要性を「見える化」することも、私たちに課せられた重要な課題であることはいまでもありません。

(もりぐち ゆういち、循環型社会・廃棄物研究センター長)

執筆者プロフィール：

前回、センター長に着任して間もない頃に、「職責」をテーマに巻頭言を書かせていただきました。その後、連携大学院での教育・研究指導というもう一つの「職責」が加わりました。限られた時間ですが、意欲に溢れる大学院生との交わりが良い刺激になっています。

【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】  
**有機臭素系難燃剤を対象とした製品ライフサイクルにおける化学物質の挙動と制御に関する研究**  
**—中核研究プロジェクト2「資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価」から—**  
**滝上英孝**

火災時に身のまわりの製品を燃えにくくする難燃剤という化学物質があります。有機臭素系難燃剤 (Brominated Flame Retardants; BFRs) は、主にプラスチックや繊維といった可燃素材に用いられ、製品の燃焼時に生じる水素ラジカルを臭素が捕捉することで難燃効果を発揮する有用な化学物質です。BFRsには添加型と重合型(反応型)の二つのタイプがあり、この研究で対象としている残留性有機汚染物質(POPs)の仲間入りをしたポリ臭素化ジフェニルエーテル(PBDEs)や化学物質審査規制法(化審法)第1種監視化学物質であるヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)は添加型の難燃剤です(図1)。PBDEsやHBCDには環境中での残留性や生物への蓄積性があることが明らかになっており、また、いわゆる慢性毒性(例えば、甲状腺等の内分泌系や神経系への毒性)についての報告がなされています。BFRsについてもう一点、重要なことを挙げるとすれば、それは不純物のリスクです。PBDEs製剤は不純物としての臭素化ダイオキシン類(PBDD/DFs; 図1に化学構造を示す)を含みますが、さらにプラスチックリサイクルや廃棄物の野焼きといったプロセスでPBDEsに熱負荷がかかることによってPBDD/DFsの

生成が起ころうことが、研究を進めるうちに分かってきました。製品中の化学物質が、ライフサイクルにわたってもたらすリスクを考える場合、BFRsは注目すべき物質(製品中化学物質を代表するモデル物質)の一つであるといえます。

第1期中期計画期間(2001~2005年度)から現在のプロジェクトにかけてBFRs含有製品の「ゆりかごから墓場」まで、つまり、生産から廃棄に至る各種プロセス(ライフサイクル)を見渡してBFRsの環境排出について調査し、データを取得してきました。例えば、PBDEsの大気排出について、難燃剤製造、樹脂加工、室内製品使用、家電リサイクル、廃棄物焼却(高温焼却、野焼き)等といった各プロセスでの排出濃度や排出係数(PBDEs排出量/プロセスにおけるPBDEs使用量)について比較してみると、難燃剤製造や廃棄物の野焼きにおける排出係数が大きいことが分かりました。その一方で、サプライチェーン(原料から製品をつくる一連の流れのこと)側でも対策技術をしっかりとした場合や、廃棄物焼却(高温燃焼下)や溶融といったプロセスでは排出を十分に低減できることも分かりました。日本ではカーテンなどの繊維製品への使用量の多いHBCDについては、繊維加工工場からの水系排出が大きいことも分かってきました。環境に排出されたBFRsは生態系に蓄積され、食物連鎖を経て我々ヒトへは食べ物という形で曝露される経路が考えられます。一方で、既に述べたようにBFRsは家電製品や繊維製品など我々の室内生活環境で使用されており、BFRsで難燃化された製品中の含有量は%のレベルに達します。特に添加型のBFRsだと、製品表面からの放散により、空気やダストを介して体内に取り込むという、製品からの曝露(直接曝露)を受けます。BFRsの国内需要量は2007年単年だけでもざっと約7万トン、毒性も異なるので一概にPCBとは比較はできませんが、PCBの国内生産輸入総累計量(約6万トン)に匹敵する量が室内を中心に1年間で使用されている計算になります。我々の次の関心は、家庭やオフィスなどにおける製品使用

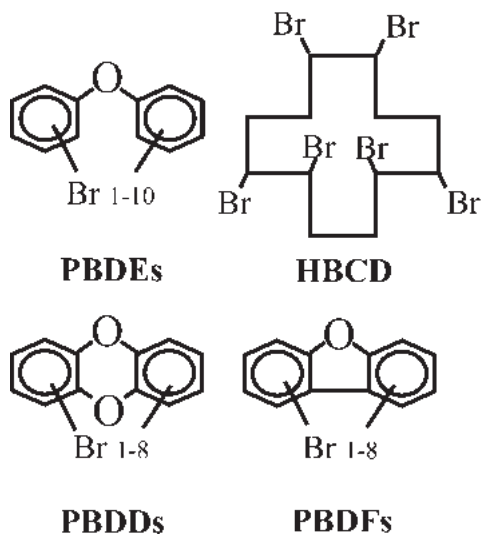


図1 有機臭素系難燃剤(PBDEs、HBCD)と臭素化ダイオキシン類(PBDD/DFs)の化学構造  
 PBDEsやPBDD/DFsは、いろいろな数の臭素原子を持ち、HBCDは変わった形の炭素骨格を有していますが、いずれも有機臭素化合物です。

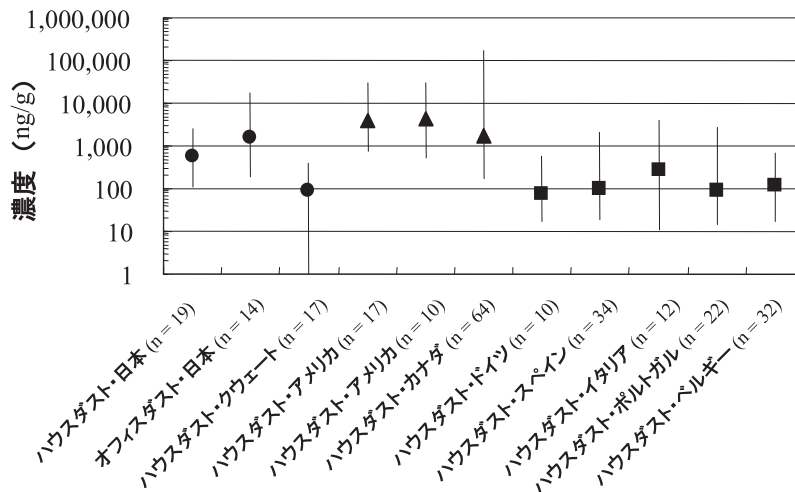


図2 日本と諸外国の室内ダスト中PBDEs濃度レベルの比較  
●はアジアのデータ，▲は北米のデータ，■はヨーロッパのデータを示します。いずれも●などの記号が中央値を表し，縦のバーで最小値と最大値を表しています。

時のBFRsの室内挙動解明の方に向きました。欧米でも、北米と欧州では、食生活にさほど変わりはないのに、ヒト血液中のPBDEs濃度レベルは北米の方が著しく高く、この差はどこから生じるのだろうかということで、ここ数年、製品からの直接曝露を疑う室内環境研究が世界で盛んに行われるようになりました。

BFRsは、サイズの大きな臭素原子を有する物質であり、その多くは製品から放散されると室内空気よりはむしろ室内の壁や床に付着し、また、ダストに吸着する傾向があります。我々は、国内の家庭や事業所で30以上のダストを採取し、分析を行ったところ、PBDEs濃度は北米と欧州での分析報告値の中間に位置していました(図2)。北米のダスト中濃度は世界で最も高く、ヒトのPBDEs負荷は、製品からダストを経由して摂取したものであるという仮説が現在では世界の研究者の間で支持されています。また、他の媒体と比較して、PBDEsやPBDD/DFsのダスト中濃度レベルは、都市港湾底質や下水汚泥といったPOPsの「たまり場」と比較しても同等以上であることも分かりました。ハウスダストは、身近なPOPsのたまり場です。BFRsを含む室内製品としては、テレビ、パソコンといった家電製品、カーテン、建材(断熱材)等が挙げられます。家電の場合、部材によっても含有量が異なり、ケース(筐体)と基板では一般に異なる種類のBFRsが使われています。我々は、製品をチャンバーやモデルルームに設置し、一定期間におけるBFRsの室内放散量を測定し、製品当たりの放散量の原単位を把握する実験を

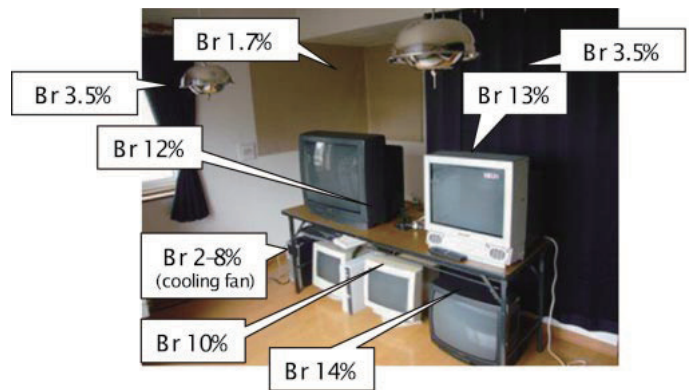


図3 モデルルームを用いたBFRs含有製品からの放散試験風景  
モデルルームにパソコンやテレビを設置して、通電稼動した際の室内空気濃度を測定しました。吹き出しは、テレビやパソコンのケースやカーテン中の臭素含有率を示しています。

行って、放散量とダスト含有レベルの整合性についても確認しています(図3)。さらには、BFRsはハウスダストの何の成分に含まれているのか(繊維くずか、プラスチック片か、それとも一様な分布なのか)という興味もあって、蛍光X線分析による臭素元素の分布観察と顕微鏡観察を組み合わせた研究も行っています。結果として、高い濃度の臭素を含むプラスチック片を同定したり、臭素が一様に分布するケース(テレビの内部ダスト)を見出しています。

さて、BFRsの環境排出やヒトへの曝露を防ぐにはどうするかということですが、水際の対策としては、集塵機(バグフィルター)や高温燃焼といった適切なプロセス制御、住環境においては、空気清浄機や換気が確かに有効です。例えば、市販の空気清

浄機は、粒子捕捉フィルターと活性炭がついており、粒子状、ガス状のBFRsを捕捉できることが、我々の研究で分かっています。しかし、根本的な対策は、製品中難燃剤の安全な物質への代替です。その物質代替ですが、科学的、合理的な手順で進められるのかという疑問があります。代替物開発にはコストと時間がかかり、政策的に規制が設けられて代替を直ちに行えといわれても、安全性を十分評価した代替物に置き換えられるかどうか、正直に言って困難です。難燃剤の場合、使用対象のプラスチックとの相性も検討しなければならないし、メーカーが生産ラインを根本から変えることは難しく、いろいろな妥協をしながらマイナーな代替が図られている場合もあります。もぐらたたきにならないように、欧州ではコンソーシアムを作り、研究者、行政、市民、産業界が参画し、代替難燃剤の総合的な環境負荷の評価（ライフサイクルアセスメント）を検討するプロジェクトが立ち上がっています。我々もこのプロジェクトとも情報交換を進めながら、BFRsの代替物の安全性研究を行っています。

欧州の新しい化学物質審査規制制度（REACH）や国内の化審法がうまく機能すれば、化学物質の安全性評価や管理、製品のサプライチェーンでの情報伝達も進み、化学物質リスク低減に向けてよい方向に向かう期待があります。一方、リサイクルチェーンや廃棄物処理の部分に限って言えば課題は簡単になくならないでしょう。特に、非意図的な化学物質の

挙動（製品使用に伴う劣化やリサイクル、処理処分時の非意図的な化学変化や生成）についてはまだ十分に把握できていません。この点で、サプライチェーンのみならず、リサイクルチェーンにおける化学物質の管理の「接合」をうまく考える必要があります。リサイクル、廃棄物処理に軸足を置いた研究は依然として重要であると考えています。また、製品は世界を巡ります。先進国で規制を厳しくして化学物質管理をきちんと実施したとしても、途上国ではどうでしょうか。資源の管理がとみに重要になっていますが、並行して地球規模での有害物質の管理も重要です。最後になりましたが、このBFRs研究においては、グローバル（グローバル+ローカル）な視点で、循環センター内、それから、京都大学、愛媛大学等の研究機関と協力して研究を行っています。今年4月には京都においてBFRsに関する国際学会「BFR2010」を開催し（我々のグループも主催、運営に参加します）、世界のBFRs研究者と情報を交換する運びとなっています。

（たきがみ ひでたか、循環型社会・廃棄物研究センター 物質管理研究室長）

執筆者プロフィール：

こここのところ、入ってくる情報量や仕事量が多く、自分の中で溢れています。容量に限界があるので、それは当然で致し方ないのですが、オーバーフローはアウトプット（出力）でもあり、そこに個性が現れると聞いてハッとしました。



## 【研究ノート】

### 堰のある川、ない川での魚の生活

高村 健二

川に流れる水を使うために、川がせき止められ、一部の流れは用水路に分けられますが、そのような妨げがなく水の流れ下る川というのは、今では珍しくなっています。数十kmにわたってせき止めのない川もなかなか見られません。そのような貴重な川の一つが、関東北部を流れる那珂川です。那須山系に端を発し、関東平野の北部を流れ下り、水戸市の東で太平洋に流れ込む川ですが、那須野原あたりでは数十kmにわたって目立った堰がなく、そのおかげでカヌーによる川下りの名所として知られています。

川に堰があると、せき止めの上下では落差ができるため、川にすむ魚の移動が妨げられます。その結果、川と海との間を行き来する魚は堰の上手にはすまないとか、また堰のために短く区切られた流れでは魚が絶滅しやすいということが知られています。それでは、堰があっても、それが無い場所と同じようにすんでいる魚では、せき止めの影響が起きていないのでしょうか。その疑問を那珂川とその近くの鬼怒川とを比べながら調べました（図1）。

調べたのはオイカワという、東北地方から九州・

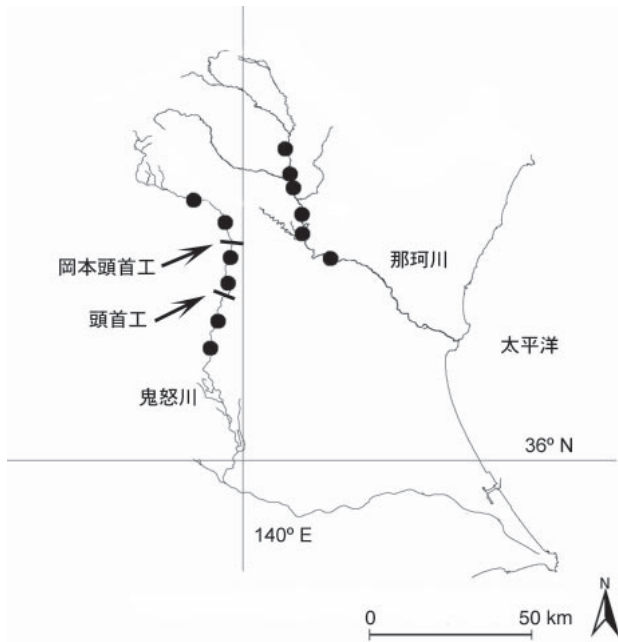


図1 調査地域図  
調査地点の位置を●で示してあります。

四国地方のほとんどの川で普通に見られる魚です。ヤマベ・ハエなどとも呼ばれて釣魚として親しまれています。この研究の場合、どこにでもいる点が大切です。せき止めによっていなくなる、しかしなんらかの影響を受けているかもしれない、ということを確認するためです。

那珂川とともに比較の対象とした鬼怒川は、やはり関東平野の北部を流れる利根川の支流です。水量や流れ幅、周囲の環境などは那珂川と似ていますが、一つちがうのは、調査を行った約60kmの区間に堰が2カ所ある点です。これらの堰は頭首工（とうしゅこう）といって主には農業用水路に水を分けるために設けられています（図2）。このせき止めは冬の農閑期には行われなため、上流域にあるダムのような完全なものではありませんが、せき止めの影響を調べるために2河川の間でオイカワの生態を比べました。そのために用いた方法が、遺伝子分析と安定同位体比分析です。

遺伝子分析の目的は、1本の川の中で地点によってオイカワの遺伝子組成がちがうかどうかを調べることです。つまり、魚が自由に行き来できる川の中では1尾ごとのオイカワが持つ遺伝子組成に大きなちがいはあるとは考えられないのですが、堰が川の中のオイカワの移動を妨げているなら、地点によって遺伝子組成にちがいが生じると期待されます。実は、世界中を見回すと、堰によってその上下で生じた遺伝子組成のちがいがいくつかの川魚について報



図2 鬼怒川の堰（岡本頭首工）とオイカワ成魚

告されています。分析した遺伝子は、マイクロサテライトマーカーというDNA塩基配列の長さが変異するもので、元々集団内にある変異の幅が広いために、組成が数十年単位で変化することがわかっています。生息場所が分割された時に生物集団も分かれているかどうかの研究などで使われます。

安定同位体比分析の目的は、オイカワが何を食べているかを調べることです。生態系の中で、植物が草食動物に食べられ、草食動物が肉食動物に食べられるといった、食う-食われるの関係は、全体として食物連鎖と呼ばれますが、川の食物連鎖の中のどの位置にオイカワがいるのかを測ってやろうということです。自然界の元素の中には同じ元素であっても、少しずつ質量の異なるものがありますが、それを同位体と呼びます。同位体の中には、徐々に軽い同位体に変化して、その時に放射線を出す放射性同位体がありますが、安定同位体というのは、まさに安定していて、取扱に注意を要することはありません。

実際には、窒素と炭素の安定同位体比を調べるのですが、窒素の $^{15}\text{N}$ という同位体は $^{14}\text{N}$ （これが普通の窒素）に比べて中性子一個分だけ重いので、食物連鎖の中で濃縮されていきます。つまり、食物として動物の体内に取り込まれた $^{15}\text{N}$ は同時に取り込まれた $^{14}\text{N}$ ほどには排泄されず、体内に残りやすいのです。この性質を利用することによって、ある動物が食う-食われる関係を何回繰り返した食物連鎖の端にいるか、つまり食物連鎖のどのあたりにいるかが、数値として表せます。この数値をここでは栄養的地位と呼びます。出発点は光合成をする植物です。川では、多くの場合、底に生える藻類とします。窒素が炭素より濃縮の程度が大きいため栄養的地位を求めるには窒素を使い、炭素は、例えば、水底に生える藻類か水辺に生える樹木かといった植物の種類

によって変化するため、食物連鎖の出発点の植物を知るために使われます。

以上の二つの方法を使って確かめようとしたのは、次のような仮説です。せき止めによって魚の移動が限られるなら、魚が餌をとる場所も限られます。川の中では上流から下流、本流から支流まで多様な環境があり、各環境にはちがう餌があるはずですが。つまり、餌をとる場所が限られるなら、魚のとれる餌の種類や質も限られます。とれる餌が限られることによって、栄養的地位も低下するのではないのでしょうか。

それでは、研究の結果、オイカワの遺伝的距離と栄養的地位はせき止めのあるなしによって変化することがわかったのでしょうか。答えはイエスです。図3をご覧ください。図は二つに分かれています。上図のタテ軸は遺伝的距離、下図のそれは栄養的地位です。遺伝的距離は同じ河川の2地点の間の値で

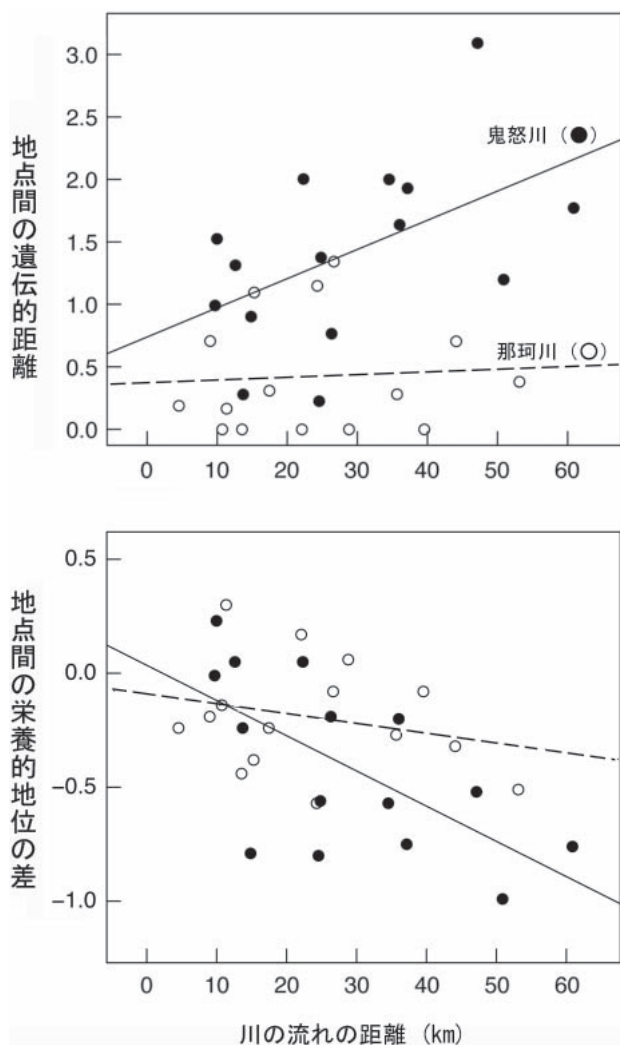


図3 川の流れの距離とオイカワの遺伝的距離および栄養的地位との関係  
 図中の実線・破線はそれぞれ鬼怒川と那珂川のデータを直線回帰したものです。

すが、栄養的地位は同じ河川の2地点の間で各地点の栄養的地位を差し引きしたものです。ここでは、上流の地点から下流の地点を引いています。栄養的地位は上流に行くほど低下する傾向があったため、全体としてはマイナスの値が多くなっています。

横軸は川の流れにそった距離ですが、上図では距離が長くなるほど遺伝的距離が大きくなる傾向が鬼怒川で読み取れます(図中の黒点)。一方で那珂川にはその傾向がありません。次に、下図ですが、地点間の距離が長くなるほど、地点間の栄養的地位の差が大きくなる傾向がやはり鬼怒川で認められます。那珂川ではその傾向がずっと弱くなっています。つまり、鬼怒川では那珂川に比べて、オイカワの遺伝的距離が地点間で大きくなり、栄養的地位の差も大きくなっていることがわかりました。この結果は、河川のせき止めがそこにすむ魚の移動を制限して、遺伝的なちがいをひろげるとともに、食物連鎖における地位も抑えているのではないかという先の仮説を裏づけています。

実際には、移動の制限が栄養的地位の低下につながる、この研究結果では上流に行くほど低下が著しくなるということですが、それにいたる生態的な仕組みは調べられていません。一つの可能性としては、下流に行くほど河川生態系に対する栄養源が河川内外から豊富になるため、食物連鎖もより複雑に長くなると考えられます。移動が制限されない限り、上流にいる魚も下流の生態系にアクセスする機会を得られますが、せき止めがあるとそれができずに栄養的地位が低下するとも考えられます。

2河川の比較で得られた今回の結果は、調査する河川数を増やしてさらに確かめる必要があります。しかし、平野部を流れ、かつ堰が目立たない河川は那珂川以外になかなか見つけられません。それだけ日本の川魚はせき止めの影響を受けているはずですが、実際にはそれを研究することさえ難しいのが実情です。

(たかむら けんじ, 生物圏環境研究領域  
 個体群生態研究室長)

執筆者プロフィール:

アユ釣りの頃を除くと、川は人影が少なくひっそりしているので、水辺の生き物が観察できます。ブラックバスにびっくりすることもあります。モグラの川渡りを見たときは興奮しました。調査に追われながらも、その合間のひとときの憩いを愛しています。

【環境問題基礎知識】

# 可燃ごみをエネルギーと考える ～廃棄物発電の効率化～

小林 潤

## 1. 廃棄物の量とその処理の現状

環境省の調査結果によると日本における年間のごみの排出量は、各家庭から出てくる一般廃棄物で約5千万トン（図1）、工業生産や農業生産過程などから出てくる産業廃棄物で約4億トン（図2）となっており、近年では一般廃棄物は徐々に減る傾向にあります。これらのごみは、資源として再利用（リサイクルやリユース）されるものを除くと、人間社会に害のないように適正に処理される、例えば燃やすこと（大気中に二酸化炭素という形にして捨てているとも言えます）でその量を減らした後に埋立処分される、などの方策が取られています。特に、日本は国土が小さいため埋立処分場の面積を拡大することが難しいので、世界的に見ても燃やすごみの割合が飛び抜けて高くなっています。このような「燃やすことができるごみ」を、単に燃やすだけでは「もったいない」ので、燃やすときに発生する熱エネルギーから電気を作る廃棄物発電が行われています。

一般廃棄物を対象とした廃棄物発電は、その施設数・発電量ともに年々増加する傾向にあります（図3、4）。一方で、焼却処理施設の数も年々減少する傾向にあり、1施設当たりの処理量が増加していることが分かります。実は、この傾向は廃棄物発電と密接な関係があり、ある程度大きな規模を持った焼却処理施設でないとなかなか効率的な発電ができないことが理由の一つとなっています。これに対し、産業廃棄物を対象とした廃棄物発電はあまり行われておらず、廃棄物発電施設数で69カ所、総発電量で204 MW（平成15年度 資源エネルギー庁のデータに基づく）となっています。これは、産業廃棄物の再生利用量が多いことや、「燃えるごみ」の割合自体が小さいことなども理由として考えられますが、一般廃棄物が主に自治体など公的機関により処理されるのに対し、産業廃棄物は主に民間で処理されるため大規模化が難しいこともその一因となっています。規模が小さい焼却施設に見合う発電設備は、効率の面で大規模な設備よりも劣りますし、発電設備

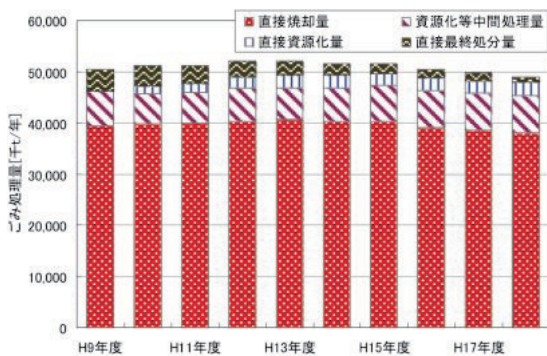


図1 一般廃棄物の年間処理量

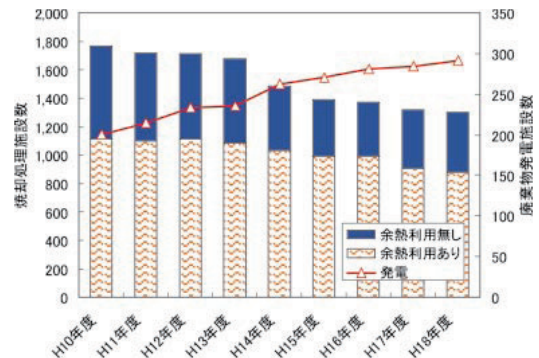


図3 一般廃棄物の焼却処理施設数と廃棄物発電施設数

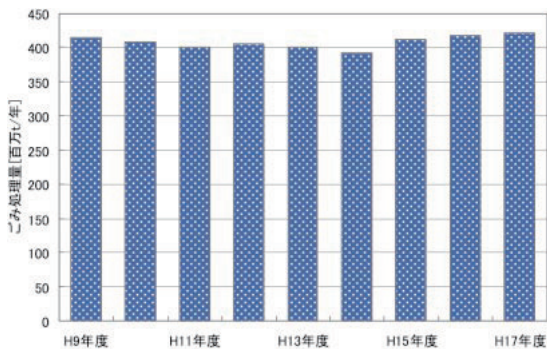


図2 産業廃棄物の年間処理量

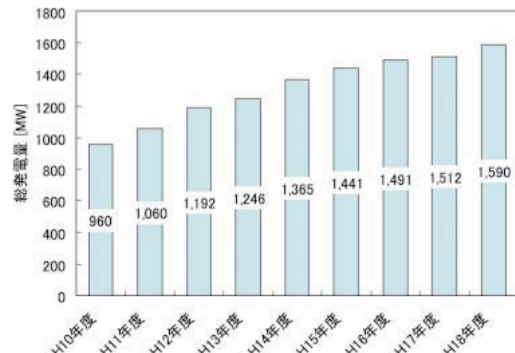


図4 一般廃棄物の廃棄物発電量



そのものを付け加えることでその分コスト高になるので、結果的に廃棄物発電を増やすことが難しい状況にあります。そこで、このような小規模でも高い発電効率が期待できる、「廃棄物ガス化発電」技術が注目されるようになってきています。

## 2. エネルギーとしての品質について

前述の通り、燃えるごみはエネルギーとして利用することが可能ですが、具体的にどれくらいエネルギーを取り出すことができるのでしょうか。可燃物を評価する指標の一つとして、発熱量という尺度があります。これは、可燃物を実際に燃やしたときに得られる熱量のことで、単位重量もしくは単位体積当たりの熱量 ( $\text{kcal/kg}$  または  $\text{kcal/m}^3$ ) という単位で表されます。化石燃料である原油および石炭の発熱量は、それぞれ約10,000および6,000～7,000  $\text{kcal/kg}$ とされていますが、一般廃棄物は水分が比較的多く含まれるため数百～3,000  $\text{kcal/kg}$ 程度と高くても石炭の半分以下となっています。産業廃棄物はその種類によって大きく異なり、プラスチックやゴム製の廃棄物であれば10,000  $\text{kcal/kg}$ に達するものもありますが、下水汚泥のように数百  $\text{kcal/kg}$ しかないものもあります。このように、燃えるごみが持つ発熱量は化石燃料と比べても小さく、また、ばらつきも大きいので、化石燃料と同じように使うことは困難です。しかし、ガス化技術を用いることで均質化することが可能となり、さらに「燃えるごみ」を燃料ガスに変換することでエネルギーとしての品質のみならず、使い勝手も化石燃料に匹敵するくらい（発熱量で言えばガスタービンで利用可能な3600  $\text{kcal/m}^3$ 程度、その他腐食性成分の低減や燃料として適切な燃焼速度にすることなど）まで向上させることが可能となると考えられています。

## 3. ガス化によるエネルギー有効利用に向けた技術開発

「燃えるごみ」の持つエネルギーを有効に利用するための技術の一つである廃棄物ガス化技術は、国内外を問わず幅広く研究されています。国立環境研究所においても、循環型社会研究プログラムにおいて「廃棄物系バイオマスのWin-Win型資源循環技術の開発」の一部として研究が進められています。具体的には、廃木材、紙ごみ、廃プラスチック、都市ごみ等を対象として、650～850℃に加熱しつつ水蒸気を同時に供給すると、これら廃棄物が蒸し焼き状態になり、水素を多く含む燃料ガスが生成します。さらに改質触媒という材料を用いることで、燃料ガス中に含まれる有機物も分解され、水素、一酸化炭素が大半を占める燃料ガスに変換されます(図5)。この時、ダイオキシンや多環芳香族炭化水素等の有害な物質も同時に分解されるため、環境負荷低減という意味においても優れた技術と言えます。これまでの研究成果から、非常に高い濃度の水素を作り出せることや、ガスエンジンによる発電が可能な発熱量を持つ燃料ガスへの変換が可能であること等を明らかにしています。現在は、改質触媒の耐久性を向上させるための検討や、さらに有害成分を低減するための方法について研究を進めています。

## 4. 廃棄物処理からのパラダイムシフト

### ～適正処理と高効率利用のWin-Winの確立～

前述の通り、かつてはごみの焼却処理とは最終埋立処分のための減量化を主な目的としていましたが、近年の地球規模での環境問題・エネルギー問題の観点から、ごみも資源として見直されるようになってきました。もちろん、資源回収や効率を優先するあまり有害な成分を排出してしまっては本末転倒で

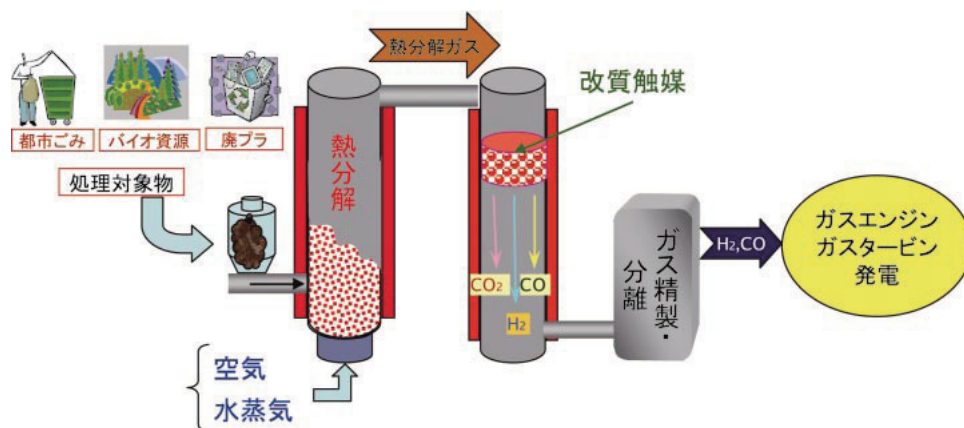


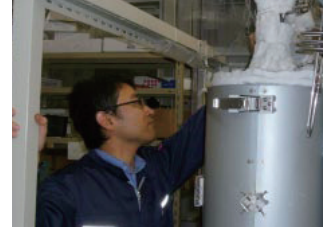
図5 廃棄物ガス化発電プロセスの概念図

す。私たちは廃棄物処理のプロフェッショナルとして、廃棄物を適正に処理しつつ、可能な限り資源として再利用するためのWin-Winなシステムの運用を拡大し、さらによりよいプロセスを提案するために日々研究に勤しんでいます。皆さんも、「混ぜればごみ、分ければ資源」のスローガンのもと、自らの生活や仕事の中で捨てられる「ごみ」について、改めて向き合って考えてみて頂けたら幸いです。

(こばやし じゅん, 循環型社会・廃棄物研究センター 資源化・処理処分技術研究室)

執筆者プロフィール：

「人類は、夜の恐怖に打ち勝つために、太古には木々をこすり合わせ炎をおこし、ある時は鯨から生命を奪い、またある時は石炭や石油を奪い合った。そして原子力と、いつの時代も危険と隣り合わせだった。だが、これからは、何の恐れもない、美しい夜を手に入れなければならない。私はそのために研究をし続け、研究に生きてきた。今更何の躊躇いがあるか！！」  
 (出典：ジャイアントロボ「地球が静止する日」フォーグラマー博士の演説より一部抜粋)・・・そんな心構えで日々研究に勤しんでいます、と言い切りたいです。



【調査研究日誌】

## ベトナム、泥んこマングローブ調査

井上 智美

ベトナム南部、樹齢31年、自分とほぼ同年齢のマングローブ林の中、携帯式GPSに表示された緯度経度を頼りに進行方向を探る。行く手を阻むマングローブ支柱根の数々をまたぐべきか、くぐるべきか、はたまた支柱根の上に乗ってしまった方が次の一歩が出やすいか、容赦なく襲ってくる蚊の大群を振り払いながら、膝近くまでもぐる泥の中を進む。そんな折、視界が急に開けたと思ったら、目前に幅150cmほどの水路が横たわっていた。「水路があります！」と後方の2人に向かって声を張り上げる。「またいで渡れませんか？」と返ってくる。「無理と思います！」と返す。「浅い？いっそ川底を歩けませんか？」と再び返ってくる。思い切って川べりに

ある支柱根につかまりながら片足を川の中へ突っ込んだ瞬間、腰まで泥水に浸かってしまった。足先はまだ川底を捉えておらず、「無理ですー！」と弱々しく繰り返す。仕方がないので、一度戻って土手上がり、別の場所から林内を目指すことにする。一時間ほど歩き、あともう少して土手というところで、先頭のA氏が「あ、蟻の巣」とつぶやくや否や、全身を切りつけられるような痛みが襲ってきた。どうやら攻撃的な葉切り蟻の巣に踏み込んでしまったらしい。あっという間に全身を赤茶色の蟻の集団が覆



支柱根の入り組んだ林内



ぐらぐら揺れる一本橋を渡って対岸へ (もちろん一人ずつ)

う。「いたたた！」あまりの痛さと恐怖に、なりふり構っていない場合ではない。3人とも、これまでにない素早さで土手に駆け上がり、身に着けている全ての物を投げ出して蟻を振り払う。この日の晩、宿泊所の食堂でぎこちなく動く扇風機に扇がれながら「生きているなあ」としみじみ飲んだ氷入りのサイゴンビールは格別だった。



森の入り口のお宅で排水を採水

国立環境研究所では2006年度から、メコン河を対象とした環境影響評価研究を推進しており、湿地植物を専門としている私はメコンデルタに広がるマングローブ生態系の調査研究をしています。メコンデルタのマングローブ林は多様な生物を育む生態系で、地域住民に生活の糧をもたらす貴重な森ですが、近年の著しい都市化や産業開発によって、様々な影響を受けています。そこで、私たちのプロジェクトでは環境変化によってもたらされる水質変化がマングローブ生態系へ及ぼす影響を調べるため、マングローブ林の水土壌の理化学性や、微生物活性などを測定しています。冒頭の様子は、マングローブ林の中へ調査候補地を探しに出かけた時の出来事です。毎回のように大変な思いをするわけではありませんが、マングローブという森は、気軽に「ちょっとそ

こまでサンプルを採りに」出かけられるところでないことは確かです。泥深い林内では長靴は全く用を成さず、はじめの一步で泥にのまれてしまうため、地下足袋の中へズボンの裾をしっかりと入れて装着します。場合によっては膝上まで沈んでしまうこともあり、歩くというよりは漕ぐといった方が正しいかもしれません。雨季は当然ですが、乾季でも調査中に突然の大雨に見舞われることは多く、調査機器の防水には万全の態勢で臨みます。雨だけならいいのですが、雷が発生したときは、「どうか落ちませんように」とひたすら祈りながら汽水で覆われた森から引き上げます。効果はさておき、蚊よけグッズも無いよりはましです。あちこち刺されては集中できませんし、ベトナムでは蚊を媒介して感染するマラリアやデング熱という病気があります。

このように並べ立てると、とても辛い調査のように見えますが、慣れてくると楽しむ余裕も出てきます。そもそも泥んこというものは楽しいもので、幼かった頃に遊んだ記憶とともに無邪気にはしゃいでいる自分に気付かされます。また、林床で忙しく動きまわるカニやトビハゼ、枝から枝へ飛び移るカワセミの鮮やかな青色など、生き物との出会いは何にも代えがたく嬉しい気持ちになります。とはいえ、ベトナム戦争時の枯葉剤散布で絶滅した巨大ワニの剥製を宿泊所のロビーで見るときは、「これには出会いたくない」と心から思いました。

(いのうえ ともみ, アジア自然共生研究グループ  
流域生態系研究室)

執筆者プロフィール:

明るく親切的なベトナムの人々に助けられながら研究をしています。同行してくれたベトナムの森林官の方が地下足袋を持っていないのに、裸足で林内まで来てくれたときは脱帽でした。共通の言語がないことも多く、この4年間で物真似力、演技力が増した気がします。



## 【研究所行事紹介】

## コペンハーゲンからの報告

## 企画部 広報・国際室

2009年12月7日から18日まで、デンマーク・コペンハーゲンで気候変動枠組条約第15回締約国会議・京都議定書第5回締約国会合（COP15/CMP5）が開催され、世界の注目を浴びました。COP15/CMP5には、各国政府代表団だけでなく、国際機関、シンクタンク、環境保護団体、産業界、研究者、報道関係者が参加しています。

さて、国立環境研究所（NIES）はCOP15/CMP5において、サイドイベントの開催や研究成果の展示ブースの設置を通じた活動を行いました。以下にその内容についてご紹介します。

## ○公式サイドイベントの開催

12月10日に地球環境戦略研究機関（IGES）及び全国地球温暖化防止活動推進センター（JCCCA）と共同で、「低炭素アジア—ビジョンと行動—」と題するサイドイベントを開催しました。ここではNIESが開発した低炭素社会へのロードマップ検討手法をアジアの国や都市に適用し、高い生活水準を保ちつつも大幅な温室効果ガス削減が可能が示されたことを踏まえ、中国、インド（アーメダバード）、日本（滋賀県及び京都市）を対象にした研究成果を中心に、その実現方策などを説明しました。各国からの参加者により会場は満員となり、質問や意見交換が活発に行われました。甲斐沼室長と藤野主任研究員は、本イベントの他、アジアの共同研究者とともに各国機関が開催した関連するサイドイベントにプレゼンターとして参加し、研究交流と成果の普及に尽力しました。

また、12月7日には、コペンハーゲン市内のホテルで科学技術振興機構（JST）と国際協力機構（JICA）が主催する国際シンポジウムが開催され、大垣理事長がIPCCのパチャウリ議長らとともに参画しました。大垣理事長はシンポジウムのモデレータを務め、気候変動に関する研究所の活動や役割について説明しました。その結果は10日夕

方に開催された日本政府の公式サイドイベントで報告されました。

## ○NES紹介ブースの開設と運営

メイン会場内に設置されたNIES紹介ブースでは、温室効果ガス観測技術衛星いぶき（GOSAT）による最新の温室効果ガス観測データや持続可能な低炭素社会（LCS）構築に関する研究などを紹介しました。

## ○政府代表団の一員としてのサポート

温室効果ガスインベントリオフィス（GIO）の小野アシスタントフェロー及び畠中高度技能専門員は、NGOとしてではなく温室効果ガスインベントリの専門家として政府代表団に加わり、関係する会合に参加するとともに、日本政府の公式サイドイベントで途上国に対するインベントリ作成支援活動について小野アシスタントフェローより報告を行いました。

## ○コペンハーゲンの様子をホームページで発信

国立環境研究所の様々な活動について、現地から4回にわたってレポートし、COP15/CMP5の雰囲気とNIES職員の活動ぶりをホームページに掲載しました。詳細は下記サイトをご覧ください。

<http://www.nies.go.jp/topics/index.html>



NIES公式サイドイベントの様子

## 平成22年度国立環境研究所予算案の概要について

企画部 企画室

平成21年12月25日に閣議決定された平成22年度政府予算案によれば、国立環境研究所の運営費交付金約121億円、施設整備補助金約3億円の合計約124億円（平成21年度と比べ、運営費交付金は30.5%の増、施設整備補助金は54.7%の減）が計上されました。運営費交付金の大幅な増額は、来年度から予定されている「子どもの健康と環境に関する全国調査（通称：エコチル調査）」の経費が、新たに認められたためです。独立行政法人の予算に関しては、全般的に非常に厳しく査定された中で、国立環境研究所については、エコチル調査経費を除いた運営費交付金と施設整備費補助金の合計額をみても、約94億円と昨年度比4.6%減にとどまっています。

GOSAT経費及びエコチル調査経費を除く業務費（運営費交付金）は、研究費目別に予算額が示されているわけではなく、第2期中期計画（平成18年度～22年度）に示されている算定ルールを基本とし、研究所総体としての運営にかかる経費として計上されているものです。

平成22年度は、同中期計画の最終年であることから、今後、研究所としての具体的な実行予算を固め、中期計画に掲げた目標の着実な達成を図るとともに、平成23年度からスタートする次期中期目標期間に向けた準備を進めていく予定です。

### 新刊紹介

環境儀No.35「環境負荷を低減する産業・生活排水の処理システム－低濃度有機性排水処理の「省」「創」エネ化－」（平成22年1月発行）

人間活動に伴って発生する排水は産業排水が年間120億トン、生活排水が160億トンにもものぼります。これらの排水は好気性微生物による排水処理技術の普及により、適切な処理が行われ、我が国の水環境は健全な状態に保たれています。しかしながら、生活・産業排水合わせて国内電力のほぼ1.5%に相当する膨大なエネルギーが曝気電力などで消費されており、下水処理にも省エネルギー型処理技術を組み込んだシステムの開発が急務となっています。

本号では、嫌気性微生物を利用することで、多くのエネルギーを要する低濃度/低・常温の有機性排水を低エネルギーで高速処理することを実現する排水処理システムの実用化への取り組みを紹介しています。「省」エネルギーであるとともにメタンガスを効率よく生成する「創」エネルギーの機能も併せ持ち、次代を担う有機性排水の処理法として多くの期待が寄せられています。

（環境儀No.35ワーキンググループリーダー 村上正吾）

### 表彰

受賞者氏名：大原利真

受賞年月日：2009年9月16日

賞の名称：社団法人大気環境学会論文賞（社団法人大気環境学会）

受賞対象：日本のSO<sub>2</sub>沈着量における経年変動のモデル解析（J.Jpn.Soc.Atmos.Environ., 43(3), 136-146, 2008）

受賞者からひとこと：本論文は、東アジア域の化学輸送モデルと排出インベントリを用いて、1995年から2003年における、日本の硫酸イオン（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）沈着量の経年変動を解析したものです。沈着量の経年変動を、三宅島噴煙による排出量、それ以外の排出量、気象のそれぞれの影響に分けて解析した結果、（1）三宅島噴煙は2001年には大きな影響を与えていたがその後減少していること、（2）中国の排出量が日本の沈着量に大きな影響を及ぼし、その影響が2000年以降増大している可能性が高いこと、（3）東アジアにおける気象の年々変動の影響も大きいことを明らかにしました。東アジアの硫酸イオン沈着量を長期間にわたってモデル解析した手法のオリジナリティ、及び、東アジアと日本の大気環境保全にとって貴重な情報を与えたことが評価されたものであり、中核プロジェクト「アジアの大気環境評価手法の開発」が評価されたものと考えています。

受賞者氏名：大原利真、黒川純一、清水 厚

受賞年月日：2009年9月16日

賞の名称：社団法人大気環境学会論文賞（社団法人大気環境学会）

受賞対象：2007年5月8－9日に発生した広域的な光化学オゾン汚染：観測データ解析（J.Jpn.Soc.Atmos.Environ., 43(4), 225-237, 2008）

受賞者からひとこと：本論文は、2007年5月8－9日に発生した広域的な光化学オゾンの高濃度汚染について、全国の大気汚染常時測定局で測定された大気汚染濃度の時間値データを多様な視点から解析し、広域的なオゾン高濃度現象の実態を解明するとともに、越境汚染の影響が大きかったことを実測データに基づいて指摘したものです。同時投稿のオーバービュー論文（同時受賞）及びモデル解析論文とともに、広域的な高濃度汚染エピソードの実態と原因を把握し、越境大気汚染問題への関心を高めた論文と考えています。また、国内に多数存在する大気汚染常時測定局の測定データをもとに、広域汚染の動態を把握しようとするアプローチは、広域汚染の解析手法及び常時測定局データの有効活用法として、今後の参考になれば幸いです。

受賞者氏名：大原利眞，黒川純一，清水 厚

受賞年月日：2009年9月16日

賞の名称：社団法人大気環境学会論文賞（社団法人大気環境学会）

受賞対象：2007年5月8，9日に発生した広域的な光化学オゾン汚染—オーバービュー—(J.Jpn.Soc.Atmos.Environ., 43(4), 198-208, 2008)

受賞者からひとこと：本論文は，2007年5月8日，9日に発生した広域的な光化学オゾンの高濃度汚染について，全国の光化学オキシダント測定データと東アジアスケールの化学輸送モデルを統合した解析により，中国や韓国で排出されたオゾン前駆物質によって生成された光化学オゾンによる越境大気汚染が高濃度オゾンの主因であることを示したものです。この論文に関係する研究結果は，汚染発生直後から様々なマスメディアに取り上げられましたが，偏った報道をされることも多いため，誤解が広がる前に研究結果を学術誌に公表することを目指して，他の2編の論文（同時受賞の観測データ解析論文及びモデル解析論文）とともに短期間でまとめました。越境大気汚染問題への学術的・社会的な関心を高め，東アジアにおける国際的な大気環境管理の必要性を示したことが評価されたものと考えています。

受賞者氏名：栗林正俊，大原利眞

受賞年月日：2009年9月16日

賞の名称：社団法人大気環境学会論文賞（社団法人大気環境学会）

受賞対象：中国におけるオゾンによる稲作影響の現状評価と将来予測 (J.Jpn.Soc.Atmos.Environ., 43(1), 55-66, 2008)

受賞者からひとこと：本論文は，排出インベントリと化学輸送モデルによって計算された対流圏オゾンが，中国のイネに与える影響を，減収量および経済損失として評価したものです。オゾン影響の現状を調べるだけでなく，各種排出シナリオに基づくオゾンの将来予測濃度を用いた検討を行い，オゾン濃度に寄与するNOx排出量とイネ減収量が比例関係にあること，長江流域の減収量が大きいことなどを示しました。第一著者は筑波大学連携大学院の修士学生（当時）であり，学生・若手研究者の論文としても高く評価されたものと考えられます。

受賞者氏名：珠坪一晃，ウィラシニー・ユーチャッチャヴン，窪田恵一

受賞年月日：2009年11月29日

賞の名称：第46回環境工学研究フォーラム優秀ポスター賞（社団法人土木学会）

受賞対象：パームオイル製造廃液（POME）の嫌気分解特性の評価（第46回環境工学研究フォーラム講演集, 105-107, 2009）

受賞者からひとこと：第46回環境工学研究フォーラム（土木学会 環境工学委員会主催）において，優秀ポスター発表賞を授与されました。対象の研究は，不適切な処理により，水環境汚染や温室効果ガス（メタン）の大気放散の要因となっているパーム油製造廃液（Palm Oil Mill Effluent: POME）の処理技術の開発に関するものです。POMEには，植物油由来の高級脂肪酸（パルミチン酸，オレイン酸等）が多く含まれており，微生物分解が困難な廃液の一つです。本研究では，嫌気条件下における集積培養試験により，高級脂肪酸の分解代謝機構の調査とその分解に関わる細菌群の同定を行い，POMEの適切処理のための基礎知見を得ることが出来ました。本研究は，東北大学（原田秀樹教授），長岡技術科学大学（山口隆司准教授）との共同研究により実施しているもので，現在，マレーシアのパーム油製造工場においてPOMEの実証メタン発酵処理試験を行っています。パーム油の様な資源作物は，気候が温暖で人件費の安い開発途上国に生産が集中しているため，大部分のPOMEは適切な処理が行われていない状況にあります。今後も実証処理試験による処理技術の最適化を進め，コベネフィット型処理システムの確立を目指していきたいと考えています。

受賞者氏名：田中 敦，瀬山春彦，柴田康行

受賞年月日：2009年12月14日

賞の名称：2009年度室内環境学会論文賞（室内環境学会）

受賞対象：Lead and cadmium in indoor dust in Japanese houses-relationship with outdoor sources (Indoor Environ., 11(2), 93-101, 2008)

受賞者からひとこと：受賞対象となった論文は，特別研究「化学物質の動態解明のための同位体計測技術に関する研究」の一環として行われた，日本家屋の室内の埃（室内塵）に含まれる鉛とカドミウムの濃度レベルを調べた研究成果報告で，石橋由梨（北里大学），吉永淳（東京大学）両氏が中心となって進められた共同研究です。室内環境汚染の一つとして室内塵が考えられますが，その中に含まれている重金属など有害物質の濃度や動態に関する詳しい検討は，これまで行われて来ませんでした。本研究では，国内の一般家庭から集めた室内塵，周辺土壌，室外ダストに含まれる鉛，カドミウム濃度を調べました。その結果，諸外国で行われた既往の研究に比べ，両金属のわが国の室内塵汚染のレベルは低いことが示唆されました。また，室内塵中鉛，カドミウム濃度は，周辺土壌，室外ダスト中濃度とごく弱い正の相関関係があったのみであり，室外汚染源はほとんど寄与していないと推定されました。安全で快適な日常生活を維持して行く上で，これからも室内塵中の化学物質の分析とその起源推定を続けて行くことが大切だと考えています。

## 編集後記

ニューミレニアムという文字が躍っていた2000年初頭から，早いもので10年経ちました。この間，国環研は独立行政法人へ移行し，来年度で2期目の中期計画を終了しようとしています。外部研究資金の獲得が奨励され，特に所外の研究機関や大学との連携が重要視される中，自分は所内よりも外との繋がりを優先してきました。国環研への関心が加速度的に薄れ，国環研ニュースを熟読することも無くなった矢先，ニュース編集担当を命ぜられ各原稿にじっくり目を通す役割を担うことになり

ました。あらためて所内の諸活動に目を向けると，宇宙空間から遺伝子にまで実に多岐にわたる環境問題解決へのアプローチが存在し，それに真摯に取り組んでいる国環研の姿を再認識しました。そこに属する者として，多くの方に国環研を知っていただくことは当然の責務と考えるに至りました。これからも編集担当としての立場だけではなく一人の読者としても魅力ある紙面作りに尽力して行きたいと考えております。（H.O.）

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