



# 国立環境研究所

## 二一六

Vol. 21 No. 6

平成15年(2003)2月



中国青海高原草原（青海省北部：標高約3,800m）。この草原をフィールドにして炭素収支の研究を行っている。本文7頁からの記事参照。

## [ 目次 ]

化学物質環境リスクの理解を助ける .....	2
廃棄物の循環資源化技術，適正処理・処分技術およびシステムに関する研究 .....	3
有害化学物質に対する暴露指標と感受性要因に関する研究 .....	5
陸域の炭素収支における草原の役割 .....	7
最終処分場 .....	9
タイにおける微細藻類多様性調査 GTI的活動 .....	11
平成15年度国立環境研究所予算案の概要について .....	13
平成15年度の地方公共団体環境研究機関と国立環境研究所との共同研究課題について .....	13

## 化学物質環境リスクの理解を助ける

中 杉 修 身

化学物質汚染は身近な環境問題として地球温暖化以上に住民の関心が高い環境問題である。化学物質汚染が社会的な関心を集めたのはPCBによる底質等の汚染が全国的に見いだされたことがきっかけであるが、次々と新たなタイプの汚染が顕在化してきた。その度に汚染の特性に合わせた新たな対応が図られてきたが、その後を追うように環境ホルモンのように新たな問題が指摘され、化学物質汚染に対する住民の不安は解消されないばかりか、ますます強くなっているように思われる。

環境問題、とくに化学物質汚染に対しては予防的な対応の重要性が指摘されている。しかし、そのためには情報が十分に整わない段階でそれがもたらすリスクを評価し、それに基づいて対策を考えていかなければならない。このため、情報不足に伴う不確実性に対して一定程度の安全率を見込んで対策を考えていくことになるが、過度な安全率を見込むと社会に過大なコスト負担をかけることになる。

環境基準は望ましい環境の状態を示すものであり、環境汚染の状況の評価する目安となる。その設定にあたって十分な安全率を見込むことができれば、環境基準を達成するだけで住民の健康を守ることが可能である。しかし、最近の各種基準の設定では、一定の安全率は見込んでいるものの、無条件で住民の健康を十分に保証するレベルの安全率を見込むことが難しい場合が多くなっている。

我が国では主に魚介類を通じてダイオキシン類を摂取しているが、水質や底質の環境基準を満していれば、どこの水域の魚介類を食べてもダイオキシン類の摂取量が許容量を超えないわけではない。環境基準を超える水域がなくなった状態で全国で獲れる魚介類を万遍なく食べれば、許容量を超えるダイオキシン類を摂取しないレベルに基準値が設定されている。どこの魚を食べても安全な状態を作り出すには、広い範囲で浄化対策が必要となり、社会に過大なコスト負担をかけるため、実現不可能と判断されたためである。

化学物質汚染がもたらすリスクが全くない状態を作り出すことは、現実的には難しくなっており、一定のリスクを受け入れざるを得ない状況にある。どこまでリスクを受け入れるかは、個人個人の生き方によって異なると考えられ、個人の判断を総合した社会的合意の下に決定されるべき問題である。

住民が意思決定を行う上では化学物質汚染がもたらすリスクに対する正しい理解が必要となる。国環研の化学物質環境リスク研究センターの役割は、化学物質汚染のリスクを的確に評価する方法を考えると同時に、それらを用いて分かりやすい形で情報を伝えることにより、住民の理解と意思決定を助けることにあると考える。行政や住民により近い立場で、問題解決に直ちに役に立つ情報の提供を心がけていきたいと考えている。

国立環境研究所では、ダイオキシン類や環境ホルモンを始め、化学物質汚染のリスクに係る多くの情報を産み出す研究が進められている。また、国内の多くの研究機関でも、また国際的な協力の下でも化学物質に係る情報の整備が進められている。それらを的確に評価・加工し、何がどこまで分かっているのか、まだ分かっていないことは何なのかを伝えていきたいと考えている。

我々研究者も自らの生き方に基づく化学物質汚染のリスクに対する評価はそれぞれに持っているが、自らの生き方を押しつけることは避け、情報の提供にあたっては自らの生き方に係る個人的な見解と科学的知見に基づく情報とを明確に区別して、客観的な情報の提供に努めていきたい。

(なかすぎ おさみ、  
化学物質環境リスク研究センター長)

執筆者プロフィール：

国環研創設時から残っている数少ないメンバー。国環研における最後の仕事として、化学物質環境リスク研究センターの立ち上げと体制強化に全力投球していきたい。

シリーズ政策対応型調査・研究：「循環型社会形成推進・廃棄物管理に関する調査・研究」から

# 廃棄物の循環資源化技術，適正処理・処分技術 およびシステムに関する研究

井上雄三

循環型社会形成推進・廃棄物研究センターが担う政策対応型調査・研究プロジェクトは、先の国立環境研究所ニュースVol.20 No. 1で紹介された4つの柱 - 循環支援評価手法，循環処理処分技術，総合リスク制御手法，液状廃棄物処理技術 - から構成されています。今回はその第二の柱，循環処理処分技術の研究概要について紹介します。

21世紀の廃棄物管理は，資源保全を含む総合的な資源循環とリスク管理の2つの命題を両立する必要があります。分別（選別），収集・輸送，焼却，資源化，埋立処分から構成される循環・廃棄物管理システムにおけるモノの流れの制御を縦系として，化学物質等のリスク管理のための横系を隙間なく編み上げることが重要になります。本プロジェクトでは，このシステム構築の中で重要な役割を担っているプロセス工学のうち，焼却，資源化と埋立処分に関連する分野の技術開発やシステム評価に関する研究を

進めています。主に適正処理技術研究開発室と最終処分技術研究開発室がこれらの研究分野を担当しており，次の4つの研究課題から構成されています（図）。

第1は，環境負荷物質の低減技術およびそれらのシステム化を図る研究です。特に，大量に発生する都市ごみをはじめ廃家電製品，建設廃棄物など多種多様な廃棄物について，大きな環境負荷を与えることなく適正に処理を行うための要素技術開発やシステム開発が重要な研究対象です。熱的処理を主とした中間処理過程から発生する有害物質を対象とした吸着法や触媒分解法などの高度処理技術の開発および改良を行っています。従来の塩素化ダイオキシン類に加えて臭素化ダイオキシン類など新たに制御対象とすべき有害物質が顕在化しており，目標とされる制御レベルも高度化してきており，このような状況の変化に対応した取り組みが必要となっていま

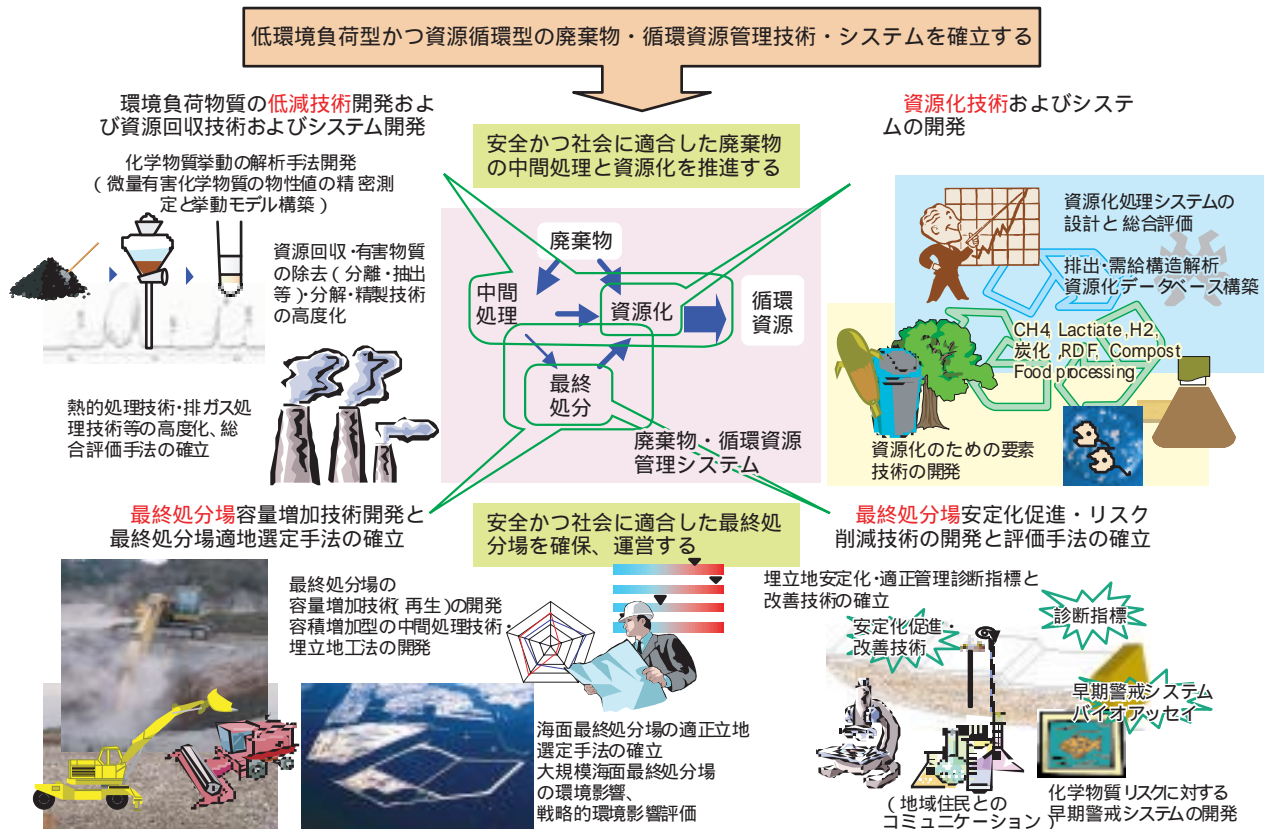


図 廃棄物の資源化技術，適正処理・処分技術及びシステムに関する研究 研究概念図

す。個別の有害物質の適切な測定・モニタリング方法だけでなく、それを補完する総括指標（トータル有機ハロゲン濃度など）を用いた簡易モニタリング技法の開発研究も手がけています。その他、廃棄物処理関連工程における化学物質挙動を物性推算モデルを適用して理解し、そこから最適な適正処理条件の検索を行う研究も行っています。

第2は、資源化技術およびシステム設計に関する研究です。循環利用の促進が急務とされている有機汚泥、生ごみ、畜産および食品廃棄物などの有機性廃棄物（バイオマス）を資源化する技術として、バイオガス化（メタン、水素）、乳酸化、炭化、および飼料化などの炭素回収技術、ならびにアンモニアやリン回収技術と精製技術の開発、さらに、それらを用いた資源化システムの地域への適用を試みます。適用に当たって地域における有機性廃棄物の排出構造やリサイクル製品の需要構造を明らかにし、地理情報および季節変動を組み込んだ有機性廃棄物の資源化データベースの構築を検討しています。また、資源化製品の利用促進に不可欠な品質・安全性確保を目的とした安全性評価手法の開発も行っています。さらに、プラスチック等廃棄物や廃木材等木質系廃棄物等の熱分解水素ガス回収に関する技術システム開発に着手しつつあります。

第3は、廃棄物の最終処分に関する研究です。最終処分場はいま大変な時期を迎えています。地域住民の不安感や不信感を払拭できないために新たな処分場の建設がほとんどできなくなっています。そのために処分場の残余容量が逼迫してきています。しかし、処分場は、循環型社会においても、私たちが安心して生活できる環境を維持してゆく上で、社会に必要不可欠な施設です。そこで、私たちは次のような研究をしています。

一つは、最終処分場の容量を増加させるための技術開発や適地選定に関する研究です。埋立廃棄物を質的に改善したり、覆土の材質や施工技術を改良したり、遮水システムを見直したり、また締め固めや掘り起こし・再生等の施工技術を施す等、埋立地の容量を増やすような新しい最終処分技術を開発しています。また、地域における社会・経済・環境的要因に配慮した安全で経済的な候補地を合理的に選定

するための支援システム作りを進めています。特に海面処分場と立地が非常に困難になってきた陸上処分場について環境負荷量およびコストに関する比較評価手法を事例的に適用し、政策決定の支援ツールとしての有効性を明らかにする研究を進めています。これらの手法開発は、県～地方ブロック（関西、関東等）レベルの広域集中型処分場か、あるいは市町村レベルの小規模分散型処分場かを選ぶ場合の戦略的環境影響評価手法(SEA)による選定手法開発に繋がります。

もう一つは、最終処分場の安定化促進やリスク削減に関する研究で、既存の処分場の安全性や適正な維持管理や維持管理終了の判定基準を明らかにすることを目指しています。廃棄物最終処分場の管理の適正さ、安定化の状態や環境汚染の可能性を地温、内部貯留水、埋立地ガス、浸出水の性状、生物試験結果等に基づき、できるだけ非破壊で診断するとともに、できるだけ少数の測定で総合評価できる指標や、現場での緊急点検や長期監視に対応した計測技術を開発しています。これらのツールに基づいて診断された処分場の安定化状況やリスクポテンシャルに応じた安定化促進技術や不適正処分場の修復法の開発・評価も実施しています。さらに、処分場に起因する化学物質リスクに対して予防的対策をとるため、サブスタンスフロー解析法による搬入化学物質の予測やリスク評価への生物学的指標の導入を目指した研究を行っています。後者については、処分場周辺の住民がより安心できるような現場監視に適合した生物試験系を開発あるいは選定し、周辺環境に与えるリスクを早期に検出・警戒するシステムとしての構築も目指しています。

（いのうえ ゆうぞう，  
循環型社会形成推進・廃棄物研究センター  
最終処分技術研究開発室長）

執筆者プロフィール：

専門はといえば、環境工学あるいは廃棄物工学というか、曖昧模糊。敢えて言うならば不均一系の工学とでも言うべきか。常にピュアとして扱うことができないものを対象として悪戦苦闘。趣味はテニス、スキー、ジョギング、演劇鑑賞、ペランダガーデニング、・・・とあるが、ただいま休眠状態。

シリーズ政策対応型調査・研究：「化学物質環境リスクに関する調査・研究」から

# 有害化学物質に対する暴露指標と感受性要因に関する研究

平野 靖史郎

## ヒ素化合物の暴露指標

有害物質の健康リスク評価を行うためには、まず対象とする有害物質の暴露量を可能な限り正確に把握する必要がある。暴露量の把握には、地域における有害物質濃度の測定値を用いる場合や、個人サンプラーなどを用いて対象者の暴露濃度を直接モニターする場合がある。前者は、簡便であるが代表値を用いているため、職業性の暴露も考えられる物質を対象とする場合や、生活習慣の違いにより暴露濃度がかなり大きく変化する場合などは正確な暴露量が把握できないばかりでなく、誤った結論を導く場合もある。後者は、個人の暴露量を直接反映しているが、コストがかかり、被験者に負担をかけるほか長期のモニタリングには適さない。これに対し、被験者の毛髪や尿などの生体サンプル中の有害物質、あるいはその代謝物を測定することにより対象とする有害物質の暴露量を推定する方法がある。これは、一種のバイオマーカーの測定でもあるが、定量した対象物質量は、環境中の濃度を測定する方法に比べてより個人の暴露状況を反映している。ここでは、

ヒ素化合物を例にしての有害化学物質の暴露指標研究の取り組みについて説明する。

ヒ素は海産物にも多く含まれているが、それらの多くはアルセノベタインと呼ばれるほとんど無毒のヒ素化合物である。一方、和歌山カレー事件で問題となった亜ヒ酸(3価の無機ヒ素)や、中国、インド、バングラディッシュや南米で環境汚染を起こし、途上国最大の環境問題の一つにもなっているヒ酸(5価の無機ヒ素)は、発癌も含む多臓器疾患を起こすことが知られている毒物である。生体内に吸収された3価や5価の無機ヒ素はメチル化され、主としてジメチルアルシン酸として体外に排泄される(図1)。モノメチルアルソン酸やジメチルアルシン酸など、メチル化された5価のヒ素は毒性が低く、メチル化は生体における解毒機構と考えられてきた。ところが、それらの中間体でもある3価のヒ素のメチル、あるいはジメチル体が非常に低濃度でDNA傷害などを起こすことから、最近では、メチル化は無機ヒ素の解毒というよりは、むしろ代謝活性化のプロセスと考えられ始めている。我々も、慢性

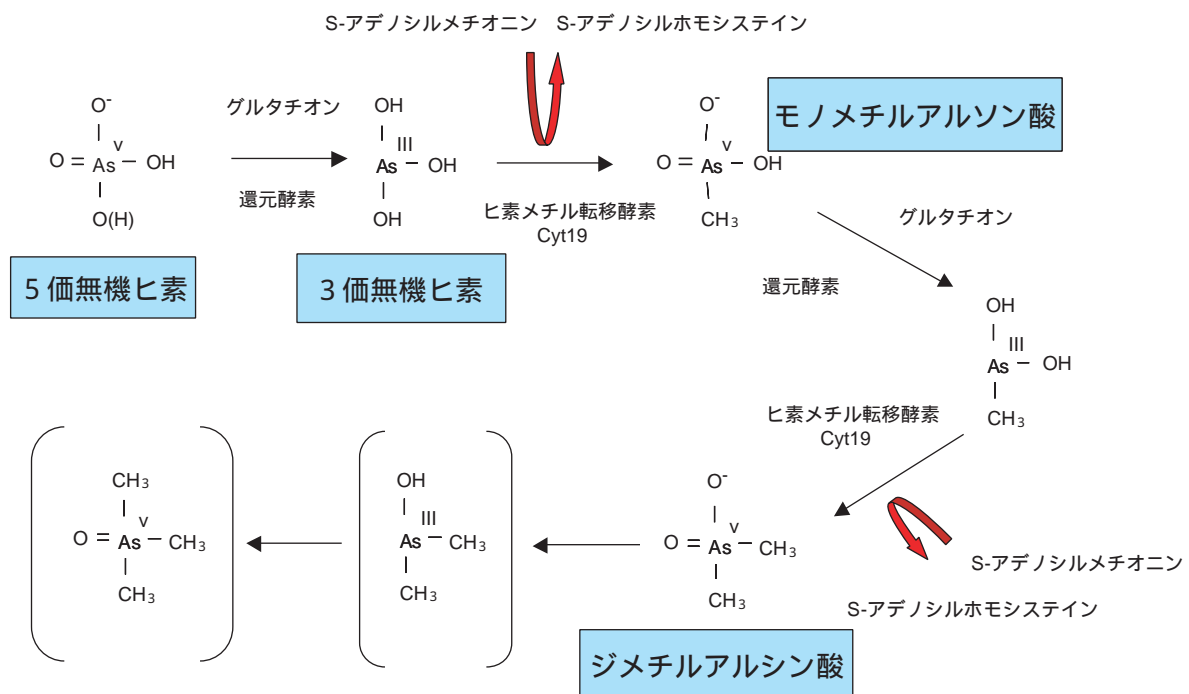


図1 ヒトや齧歯類におけるヒ素の代謝

ヒ素中毒症が多発している中国ヒ素汚染地区における尿や毛髪のスAMPLINGを実施し、ヒ素の形態分析を実施している。図2(A)は、汚染地区住民の尿中ヒ素を高速液体クロマトグラフを装着したプラズマ発光質量分析計を用いて分析した結果であるが、無機ヒ素の暴露指標であるジメチルアルシン酸が主たる尿中代謝物である。一方、図2(B)は、私自身の尿中ヒ素の分析結果であるが、全ヒ素濃度は汚染地区住民の値と大きく変わらないものの、尿中のヒ素は主として海産物由来と考えられる無毒のアルセノベタインであった。したがって、尿中のジメチルアルシン酸は、有害である無機ヒ素の暴露バイオマーカーとなる。しかし、生体内においてどのようにヒ素がメチル化されるか、また、3価のメチル化ヒ素がなぜヒ素の毒性の本態と考えられるほどの強い生体作用を持つかなど不明な点が多く、基礎的研究も含め、ヒ素の代謝物に関して精力的に仕事を進めているところである。

遺伝的感受性要因

有害化学物質に対する感受性の違いは、健康リスク評価を行う上で重要、かつ難解な問題である。例えば、同じ環境に居住していても、花粉症などのアレルギーやシックハウス症候群などに罹患する集団としない集団が存在する。感受性要因には年齢、性差、既往歴なども考え得るが、遺伝的に支配されているものも知られている。2001年2月、国際共同チームと米国セラ社がそれぞれヒト全ゲノム解読結果を同時発表したことは記憶に新しい。その後ポストゲノム研究の一環として最も注目を浴びてきたライフサイエンスにおける研究テーマの一つが、遺伝子における1ヵ所の塩基配列の違いを調べる一塩基多型解析(SNP解析とも呼ばれる)である。SNP解析結果は、テーラーメイド治療にも使えることから、SNP解析は世界中の研究機関が特許の取得に奔走している分野ではあるが、有害化学物質に対する各人の感受性もこの一塩基多型に由来しているものがあるのではないかと考えられる。化学物質環境リスク研究センターでは、SNP解析装置を導入し、いくつかの薬物代謝酵素のSNPを調べることによりヒト遺伝子に存在する遺伝的化学物質感受性要因を明らかにしようと試みている。図3には、SNPの検出方法と共に、アルデヒドジヒドロゲナーゼ2という酵素における活性中心の一塩基多型解析の一例を示した。血液型と同じことであるが、遺伝子は父と母そ

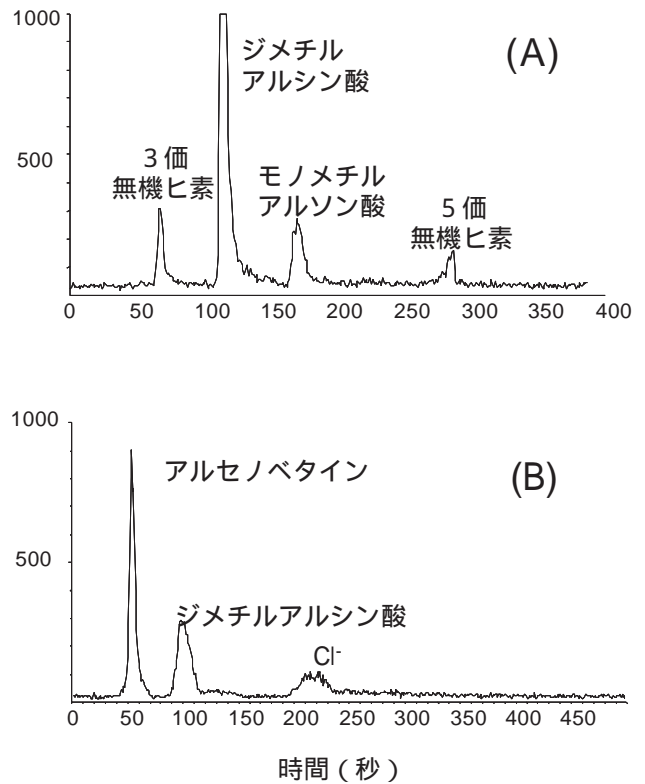


図2 ヒ素汚染地区住民(A)と非汚染地区の日本人(B)における尿中ヒ素の排泄パターン

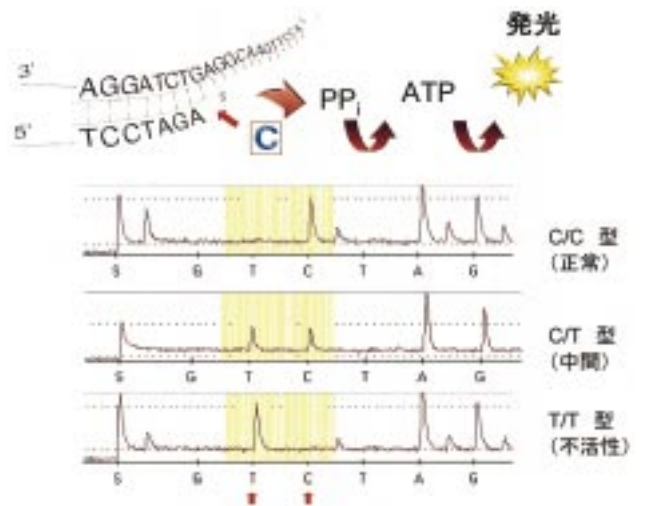


図3 アルデヒドデヒドロゲナーゼ2の一塩基多型解析

れぞれから一個ずつもらっているので、通常一組の対立遺伝子として存在する。図3において、一塩基多型が存在する場所の塩基が、両者ともC、それぞれCとT、両者ともTの3例を示した。Cが正常に働く酵素の蛋白をコードした塩基配列であり、Tが酵素活性を示さない配列である(ここでは相補的塩基を示した)。ちなみに私自身はC/T型であり、父親か母親の一方からアルデヒドを代謝しにくい遺伝的体質を受け継いでいることになる。前述のヒ素の代謝に関する酵素の一塩基多型も存在しうると考

えているが、様々な有害化学物質に対してどのような遺伝的感受性要因が存在しているのかについて、これからさらに研究を進めていく必要がある。

(ひらの せいしろう,  
化学物質環境リスク研究センター総合研究官)

執筆者プロフィール:

環境健康研究領域と化学物質環境リスク研究センターの両者に籍を置いているが、PM2.5・DEP研究プロジェクトにも関与している。研究居室での態度は軟弱であるが、ラボの中では怖い研究者であると信じている。千葉大学連携大学院の教授や自治医科大学の非常勤講師などを兼任し教鞭も執っているが、自分の過去を振り返ると授業中寝ている学生も叱ることができなく、教壇でも軟弱化している。

研究ノート

## 陸域の炭素収支における草原の役割

唐 艶 鴻

森林に恵まれている日本の周囲を見渡すと、太平洋東岸のアメリカ大陸、西の中国大陸、南のオーストラリア、北のロシア地域、例外なく「草原の地域」が広がる。これらの地域の三分の一または半分以上は草原植生になっている。世界的に見ても、温帯草原に加え、ツンドラ、サバンナ、湿地など草本植物が優占する植生（広義の草原）は陸地の40%以上を占めるといわれている。ここでは、地球温暖化と草原生態系との関わりに注目してこれまであまり広く知られていない草原の姿の一面を見てみる。

CO<sub>2</sub> 濃度の上昇は地球温暖化を引き起こす主要因と考えられている。植物は体を作るための原材料としてCO<sub>2</sub> を吸収し、結果的に大気中のCO<sub>2</sub> 濃度の増加を抑制するような役割がある。体の大きい植物はより多くのCO<sub>2</sub> を吸収したことを意味する。したがって、同じ面積の草原を森林と比べる場合、森林の方がより多くのCO<sub>2</sub>、すなわち、炭素を蓄積できる。表に示したように、森林の樹木は草原の草より多くの炭素を持ち、単位面積あたり森林植物炭素量は草原の約4倍にもなる。しかし、植物はCO<sub>2</sub> を吸収して自分の体だけでなく土壌中にも蓄積している。これまでのデータをみると、単位面積あたりの土壌炭

素量は、草原と森林との間に大差がないことがわかっていて。一方、草原の面積が大きいので、陸域全体における草原土壌の炭素蓄積量は森林土壌より高くなることも容易に理解できる。その結果、生態系に蓄積する炭素の総量において、草原は森林とほぼ同じ程度である。

では、なぜ草原生態系は土壌中に多くの炭素を蓄積できるのか。植物は大気中からCO<sub>2</sub> を吸収するが、生命活動を維持するために呼吸を行い、CO<sub>2</sub> を排出する。また、植物の枯死部分はミミズのような土壌動物や多くの微生物によって分解され、CO<sub>2</sub> を放出する。植物体の炭素は主にこれらの代謝と分解過程によって再び大気中に放出される。土壌中の炭素の蓄積は、吸収する炭素量がこれらの呼吸によって消費する炭素量より大きい場合のみ可能になる。草原土壌に多くの炭素が蓄積できるのは、以下のような理由によると考えられる。まず、多くの草原は森林が成長できないような乾燥しているか、寒冷な気候、またはその両方の気候条件下で成立する。植物や微生物の生命活動は乾燥と寒冷条件に弱いので、これらの条件は炭素の吸収も分解も抑制するはずである。しかし、草原地帯では植物の成長にとって比較的好適な水と温度環境が恵まれる期間がある。この好適な期間は普通短いもので、植物はこの短い期間を利用して活発に光合成を行い、効率よくCO<sub>2</sub> を取り込むことができる。しかも、多くの場合草本植物の光合成速度は木本植物より高い。一方、一年の大半は乾燥や低温によって炭素の分解過程が抑制されることになる。その結果、年間の生態系CO<sub>2</sub> 純吸収量は森林と比べ必ずしも低くはない。草原の方が森

表 森林、草原などの面積と炭素蓄積量

Land Use, Land-use Change, and Forestry, a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2000), P4.より

	面積 (10 <sup>9</sup> ha)	炭素蓄積 (10 <sup>9</sup> トン)		
		植物	土壌	合計 (%)
森林	4.17	359	787	1146(46.3)
草原	4.80	96	905	1001(40.4)
砂漠	4.55	8	191	199 (8.0)
農地	1.60	3	128	131 (5.3)



写真 青海省海北草原に設置した二酸化炭素フラックス観測システム（左）と測定風景（右）

林より高いという報告もある。さらに、草原植物の体の構造も土壌に炭素を蓄積しやすくするような面がある。樹木と違って草本植物の根または地下茎が発達している。目安として植物体乾燥重量においては、地上部と地下部比は、樹木の5：1に対して草本は1：5と考えられる。すなわち、草本植物は吸収したCO<sub>2</sub>の大部分を見えない地下部に溜め込んでいる。分解されない地下部や、土壌動物と微生物の残骸などは土壌炭素として蓄積される。このようなことから、大気中CO<sub>2</sub>濃度の上昇を抑制するためにも、草原が砂漠化したところを再び草原に戻すことも真剣に考える必要があるかもしれない。

草原土壌に多くの炭素が蓄積されていることは、地球環境変動の中、大きな不確定要素になることにも言及しなくてはならない。まず、この膨大な炭素プール（炭素がたまっているところ）は気候の温暖化に極めて敏感に反応することが予想される。温暖化によって光合成生産が促進される場合もあるかもしれないが、気温、とりわけ土壌温度の上昇は土壌中の炭素分解過程を加速し、草原から多くの炭素を放出する恐れもある。また、温暖化に伴う降水量の変化もこの巨大な炭素プールの大きさを左右するだろう。さらに、多くの草原は過放牧などによって退化、または退化の危機に瀕している。その極端な場合は砂漠化であり、それに伴い大量の炭素が放出されることが予想される。人口の増加によって草原が農地に変わり、土壌炭素の分解が加速されることも多く報告されている。したがって、陸域の炭素プールの約半分を占める草原生態系の炭素量は地球環境の変動に伴い、大きく増減することが予想される。この意味でも、陸域の炭素収支における草原の役割

を真剣に考える必要があると思われる。

しかし、現段階においては陸域全体の炭素収支における草原の役割に関して、十分に正確な評価を行うことは難しい。空間的不均一性が高く、広大な草原生態系の炭素動態に関するデータは乏しく、とくに東アジア地域とユーラシア大陸の草原についてこれまでの知見は少ないからである。そこで、2年前から、多くの方々のご指導とご協力のもとに「温帯高山草原生態系における炭素動態と温暖化影響の評価に関する研究」と「青海・チベット草原生態系における炭素循環のプロセスとメカニズムの解明」との研究課題を立ち上げた。いずれも高山草原生態系を対象としており、前者は炭素動態そのものに焦点を当て、後者ではその生態学的メカニズムの解明に力を入れている。

我々の研究対象になっている青海・チベット高原草原（表紙の写真）は、地球の第三極ともいわれているところであり、平均標高が4,000m以上ある。その面積は約250万平方キロ、中国の4分の1の大きさである。これだけの標高にもかかわらず、この高原は豊かな草原が海のように果てしなく広々と広がっている。同緯度のほかの生態系と比べ、光が強く、昼夜の気温差も大きい。このような環境条件では生態系の炭素が蓄積する可能性が高いと考えられるが、現地の測定データはほとんどなかった。そこで、我々は2001年8月から中国青海省海北地区の高山草原でCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>Oとエネルギーフラックスなどの観測を始めた（写真）。また、草原生態系の各炭素プールの定量化、それぞれの炭素プールにおいて炭素の出入り速度（光合成、呼吸など）についての測定を行い、それらのプロセスにおける生態学的メカニズ



ムの解析も進めている。これらの観測と実験を通じて、温帯高山草原生態系の炭素動態が次第に解明されるものと期待されている。たとえば、上記一年目のCO<sub>2</sub> フラックス観測の結果から、観測地の草原では年間のCO<sub>2</sub> の吸収量が放出量に比べ高いことが示唆された。また、昼夜の温度差が大きい時、生態系のCO<sub>2</sub> 純吸収量が高いこともわかった。さらに、草原生態系の炭素吸収における生物学的メカニズムの解明に関して、高山草原の現存量は生態系の植物の種多様性と強く関係していることも分かりつつあ

る。陸域生態系の炭素収支における草原生態系の役割の解明という観点から、大変興味深い結果である。今後の継続観測と実験調査によって、陸域生態系の炭素動態における草原の役割は次第に明らかになることが期待される。

(たん やんほん, 生物環境研究領域)

執筆者プロフィール:

筑波大学生物科学研究科博士課程修了。93年入所。これまで草原、農地と森林の光環境について研究。何にでも興味を持つが変わらない趣味は読書。

## 環境問題基礎知識

# 最終処分場

山 田 正 人

家庭や事業所、工場等で営まれる経済活動に伴って生ずる廃棄物は、資源回収や、減容・減量化、無害化のために破砕、選別、脱水や焼却などの中間処理を経由した後に、陸地や海面に埋め立てられます。廃棄物を衛生的にかつ生活環境を保全しながら埋め立て、自然へと還元する、すなわち最終処分するために設けられた施設のことを最終処分場といいます。我が国では平成12年度に発生した一般廃棄物5,236万トン(約5千万トン)、産業廃棄物40,600万トン(約4億トン)のうち、それぞれ1,051万トン(20.2%)、4,500万トン(11%)が最終処分されています。

最終処分場には埋め立てられる廃棄物の種類によって構造が異なる3つのタイプがあります。まず、有害な燃えがら、ばいじん、汚泥、鉍さい等の政令で定められた廃棄物は、天蓋を設けて雨水の浸入を防ぎ、コンクリート枠で廃棄物が外部と完全に隔離された「遮断型」最終処分場に処分されます。次に、廃プラスチック(シュレッダーダスト等を除く)、ゴムくず、ガラスおよび陶磁器くず、金属くず、がれき類(紙が付着した石膏ボードを除く)の不活性で、ガスや汚濁した排水(浸出水)が発生する恐れがない産業廃棄物(安定5品目)は、土地の造成のように崩壊を防止する擁壁やえん堤を設けた「安定型」最終処分場に埋め立てられます。最後に、安定5品目を含めた有害ではない産業廃棄物と、家庭や

小規模事業所から発生する一般廃棄物は、先の安定型の構造に加えて、浸出水が底部や側部から周辺地盤や地下水へ漏出するのを防ぐ二重シート等の遮水工と、浸出水を集める集水管、集めた浸出水を周辺水域に影響を与えない性状まで処理する浸出水処理施設を設けた「管理型」最終処分場に埋め立てられます。このタイプの処分場では、有機物が分解して発生する埋立地ガス(主に二酸化炭素やメタン)を、火災や爆発等の危険が無いように、速やかに大気へ放散させるためのガス抜き管(または臭突)を設けています。また、最終処分場には設置される場所(地形)によって、平地、山間ならびに海面最終処分場という分類もされます。なお、我が国では、平成11年度末で、一般廃棄物最終処分場が2,065施設、産業廃棄物最終処分場が2,751(うち、遮断型42,安定型1,664,管理型1,045)施設稼働しています。

廃棄物の埋立方式は歴史的に変遷してきました。我が国では江戸時代に都市に人口が集中するようになり、最初のうちはごみを屋敷内や空き地、川や堀に捨てていましたが、悪臭・害虫発生の苦情や水路の通行への支障のため、お上によりごみ(ちりあくた)を集中的に投棄する場所が指定されるようになりました(江戸では明暦元年[1655年]の深川永代浦が最初といわれています)。これが最終処分場の始まりといえますが、この時点では、ごみをただ空き地に野積みしたり、土地造成のため海面やくぼ

地、湿地に投げ込むだけのものでした。この埋立方式は「オープンダンプ」や単純な「嫌気性埋立」と呼ばれ、相変わらず悪臭や害虫の発生、廃棄物の飛散、発生ガス等による火災、また汚濁の激しい汚水の発生が問題でした。なお、開発途上国の多くの国では未だこの状態にあり、我が国でも長い間続きました。

1930年代になると、悪臭や害虫の発生や火災、廃棄物の飛散を防ぐために、埋め立てた廃棄物に覆土を施す「衛生埋立」が行われるようになり、清掃法が制定された1950年代に一般的となりました。また1970年に廃棄物処理法が制定されると、先に説明した廃棄物と最終処分場の種類の対応が定められると共に、浸出水による公共水域や地下水の汚染を防ぐため、集水管を入れて浸出水を集める構造と処理する施設を併設するようになりました（改良型衛生埋立）。これら埋立方式では依然として廃棄物層に大気が浸透しにくい（内部が嫌気（酸素が少ない、または無い）状態であり、有機物の分解が緩慢です。したがって、可燃性の埋立地ガス（すなわちメタン）と汚濁した浸出水の発生が収まり、土地として利用できるまで安定するのに大変長い時間を要します。なお、比較的広い用地があり、埋立が大規模な欧米ではこの方式が一般的であり、むしろ積極的に嫌気状態を保ち、メタンを発生・回収してエネルギー源として利用する処分場もあります。最後に、現在の埋立方式のように遮水工の設置が一般化したのは、おそらく、最終処分場の技術的な基準が定められた1980年代中頃からです。

以上のように、最終処分場では生活衛生や環境汚染対策を中心に技術が投入されてきました。しかし、従前の廃棄物層が嫌气的となる方式では、安定化が長引き、浸出水を処理し続けなければならないために、管理の費用がかさむという問題が残されています。これは、公共が管理している一般廃棄物最終処分場のみならず、民間が運営する産業廃棄物最終処分場では、同時に跡地利用による利益を損なわせる大問題です。そこで、埋め立てた廃棄物層をできるだけ好気（酸素がある）状態にして、安定化を促進し、浸出水の長期的な水質悪化を防ごうとする試みが行われています。1975年頃から福岡市を発端に採用され始めた「準好気性埋立」は、浸出水集水管とガス抜き管を利用し、大気を埋立廃棄物層に受動的に送り込もうとする方式です。さらに、プロワやコ

ンプレッサー等を用いてより能動的に大気を廃棄物層に送り込む「好気性埋立」も、処分場が主に民営で、安定化の遅延による経営悪化が深刻となりつつある欧米を中心に、実用化に向けた検討が進められています。これらの方式は処分場の安定化を促進するだけでなく、温室効果ガスであるメタンの発生を抑制するという利点もあります。

また、ダイオキシン類を始めとする有害化学物質に対する意識の高まりは、施設の維持管理だけではなく、浸出水や周囲環境のモニタリングのための費用を高騰させています。ドイツでは、より根本的な解決策として、限られた時間（約30年間を想定）で安定化しないような廃棄物は埋立処分できないように、2005年より埋立廃棄物に含まれる有機物の含有量を（熱灼減量<sup>1</sup>が最大5%以下に）規制する予定です。この場合、有機物を含む廃棄物を埋め立てようとする場合には、必然的に選別や好気性発酵（併せてMBT [ Mechanical Biological Treatment ] といいます）、熱処理等の前処理が必要になります。なお、我が国では埋立前処理または資源化の方法として、塩分含量が高い焼却灰を洗浄する方法や、高温溶融（スラグ化）でダイオキシン類などの有機物をほぼ完全に分解する方法が検討あるいは実用化されています。

現在、我が国や欧州では、最終処分しなければならないような廃棄物ができるだけ発生せず、環境への影響が少なく、かつ経済的に持続性がある循環型社会を目指して、各種リサイクル法が整備され、一度使用した製品や資源をできるだけ再利用しようとする様々な取り組みが行われています。政府は平成22年度までに平成8年度の最終処分量を半減させる目標を設定し、埋め立てられる廃棄物量は確実に減少していますが、依然として相当量の廃棄物が最終処分されています。したがって最終処分場は当分の間、経済社会に必須な基盤施設であり続けると考えられます。これまで述べてきたように、最終処分に関連する技術はごく最近になって発達したものばかりであり、人々がより安心できかつ持続的に運営される施設づくりに向けて、技術開発を今後も続けてゆく必要があります。

<sup>1</sup> 強熱減量また灼熱減量ともいいます。乾燥した固形物を650℃で1時間程度（試験法によってこの条件は変わります）強熱して減少した重量を、元の乾燥重量に対する割合（パーセント）で表したものです。この減少分は主に燃焼して

気化した有機物に由来すると仮定し、有機物含量の指標として用います。

(やまだ まさと、  
循環型社会形成推進・廃棄物研究センター)

執筆者プロフィール：

もともとは美しく科学的な湖沼の研究者を志望していましたが、就職先の関係でいつの間にかやらかく人間臭いごみの世界にはまり込み、いまでは面白くて抜けられなくなりました。でもいつかはこの世界を美しい科学にしたいなあ。

海外調査研究日誌

## タイにおける微細藻類多様性調査 GTI的活動

河地正伸

2002年10月15から26日にかけてタイで微細藻類の多様性調査を行った。タイでの調査は今回で3回目だが、これまで行った有害藻類の収集と分布調査とは少々趣を異にする調査である。副題として記したがGTI的活動なのである。GTIとは、Global Taxonomy Initiativeの略で、世界分類学イニシアティブという和訳がつけられている。これは第6回生

物多様性条約締約国会議において、分類学関連の情報及び専門家の不足が生物多様性条約を実施する上で大きな障害となっていることを受けて提唱されたもので、分類学の振興と分類学的研究情報を国際的に共有するシステム構築を締約国の政策に取り入れるよう

なワークプログラムの勧告がなされている。国立環境研究所は日本におけるGTIの拠点となっており、関連する研究プロジェクトとして「アジアオセアニア地域における生物多様性の減少解決のための世界分類学イニシアティブに関する研究（地球環境研究総合推進費）」が2002年度からスタートした。詳細は省かせてもらうが、このプロジェクトのもとで、多様な生物群・生息環境を対象として、生物種インベントリーの整備と分類学に関わる知識と技術の共有、人材育成等のキャパシティビルディングが進められている。



写真 2002年10月22日、ソクラ湖湖岸にてタイの学生と一緒にプランクトンネットで採取した湖水をルーペで確認しているところ。水は濁っているが、空は美しい。

今回の調査はこのプロジェクトの一環として行われたものなのである。微細藻類は様々な系統群で構成されるが、タイでは緑藻、紅藻、珪藻といった一部のグループの多様性が明らかにされているに過ぎない。これを補完する種チェックリストをとりまとめることを目標として、材料収集の段階から現地研究者と共同で作業を行っている。分類学を行う上で

必須な観察手法とサンプル処理に関わる様々な技術、分類学的知識とその基礎となる文献情報の移転も同時に行われることになる。

我々が調査地として選んだのは、タイ南部のマレー半島の東西沿岸域とその間の陸水環境である。日本から直接マレー

半島西海岸に位置するブーケット島に入り、現地研究者と合流してから、車で西海岸に沿ってトゥラング市まで南下、その後、半島を横断して、東沿岸域のソクラ市に移動した。全行程にして約500キロを移動したことになるだろうか。事前に定めた必須の採集ポイント以外に途中良さそうな場所があれば可能な限り採取する・・・という少々融通を利かせすぎた採集の結果、かなり忙しい日程となってしまった。珊瑚礁域、マングローブ域、様々な景観の干潟、岩礁域、砂浜域など多様な沿岸環境、そして陸水環境として大小さまざまな湖沼、汽水湖、水田、

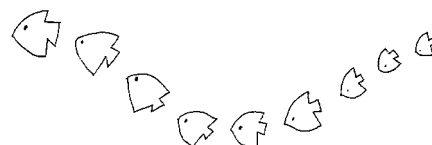
温泉，国定公園に指定された湿地帯，人がほとんど入らない原始自然環境など，また魚やエビの養殖池や開発により富栄養化が進んだ環境など，移動中に目についたありとあらゆる水環境が含まれる。タイという国の多様な自然環境を改めて認識させられた。今回の調査では顕微鏡専用デジタルカメラを日本から持ち込み，サンプル中の種を片端から観察，撮影した。光学顕微鏡レベルで同定不可能な種や新種と思われる種も多数存在したが，タイの微細藻類相の概観はつかめたように思える。たとえばタイ湾に面したマレー半島の東沿岸では，日本沿岸域でもお馴染みの赤潮形成藻の *Chattonella* や有毒性渦鞭毛藻の *Heterocapsa* や *Alexandrium* などが今回初めて認められた。都市から大量の雑排水が流入し，富栄養化が進行したのが原因と思われるが，これらの種は日本から移入された可能性があり，今後慎重に調査を進める必要性を感じている。一方，西沿岸はインド洋へと続くアンダマン海に面した極度な貧栄養海域

で，窒素固定を行う糸状藍藻の *Tricodesmium*，外洋性の渦鞭毛藻や円石藻に混ざって，日本では見ることのできない多種多様な沿岸性の種類を確認できた。現在はタイの現地研究者とコンタクトを取りながら，地道にサンプル処理，観察，同定作業を進めているところである。我々が培ってきた微細藻類の収集と多様性研究に関わる様々な技術と知識の移転が行われているわけだが，成果としての種チェックリストの取りまとめにはまだしばらく時間がかかるだろう。いつか機会があれば改めて調査の成果について紹介したいと思う。このGTI的活動を通して，タイにおける藻類の多様性研究の進展に貢献できることを願ってやまない。

(かわち まさのぶ，生物圏環境研究領域)

執筆者プロフィール：

訪れた東南アジア各国で，よく地元の人から現地語で話しかけられました。おまけに日本で留学生扱いされた経験があります。不思議です。



## 平成15年度国立環境研究所予算案の概要について

安田直人

平成15年度国立環境研究所予算案は、平成14年12月24日に閣議決定された政府案で、運営費交付金94.0億円、施設整備費補助金4.1億円、あわせて98.1億円とされています。これは、前年度当初予算に比べて、運営費交付金では約1.1億円の減となっていますが、施設整備費補助金が1.7億円の増となっており、全体では若干ながら昨年より増額となっています。施設整備費補助金は、研究所施設の修繕・更新等に要する経費として増額が認められているもので、施設の老朽化対策が大きな課題となっている研究所にとっては朗報です。

運営費交付金では、各研究課題ごとに予算額が示

されているわけではなく、予算案は中期計画に示されている研究所総体としての運営にかかる経費として一括して計上されています。今後、4月までの間に、平成15年度の年度計画の策定と平行して、具体的な15年度実行予算を固めていくこととなります。

また、同時に政府案が示された平成14年度補正予算案には、ディーゼル車をはじめとする自動車排出ガス中ナノ粒子を分離して実験動物に吸入曝露することにより、健康影響を評価する施設等を国立環境研究所に整備する経費（17億円）が盛り込まれました。

（やすだ なおと、研究企画官）

## 平成15年度の地方公共団体環境研究機関と 国立環境研究所との共同研究課題について

酒巻史郎

地方公共団体環境研究機関（地環研）と国立環境研究所（国環研）が緊密な協力のもと、環境研究をより一層発展させていくことを目標として、平成元年度より地環研・地公研との共同研究が開始された。平成14年度には、24地方環境研究機関等と45課題の共同研究が実施されており、活発な研究交流を通じて環境研究の活性化に大きな役割を果たしている。平成15年度については、表に示すように、現在まで23研究機関から45課題の応募が寄せられている。なお、今後も新たな共同研究課題提案があるので、最終的な実施課題数は更に増加するものと予想される。

共同研究の進め方としては、従来は地環研と国環研の研究者の協議により研究計画を決定し、それに従って各々の研究所で研究を行ってきた。これに加えて平成13年度からは、全国環境研協議会等からの提言を受け、国立環境研究所と複数の地環研の研究者が参加する共同研究課題が島根県から提案・実施され、来年度においても継続して実施される予定である。

平成15年度も共同研究を通じて、地環研と国環研双方の研究者が互いに交流し、より良い環境を築くための研究の発展に寄与できるものと考えている。

（さかまき ふみお、研究企画官）

表 平成15年度地方環境研究所等との共同研究応募状況

(平成14年12月17日現在)

地環研機関名	課題名
北海道環境科学研究所	ダイオキシン類の分析法に関する研究
	日本北方における対流圏オゾン及びその前駆物質の動態に関する研究
北海道立衛生研究所	ダイオキシン類の分析方法に関する研究
青森県環境保健センター	十和田湖における難分解性溶存有機物の発生原因の解明に関する研究
岩手県環境保健研究所	バイオアッセイを用いた水環境試料中の環境ホルモン作用のモニタリングとそのリスク評価
宮城県保健環境センター	環境汚染化学物質であるダイオキシン類の分析法に関する研究
	バイオアッセイを用いた水圏中の環境ホルモン作用のモニタリング手法評価に関する研究
栃木県保健環境センター	環境中におけるダイオキシン類の分析法に関する研究
埼玉県環境科学国際センター	三宅島の火山ガス等による強酸性雨の観測
	埋立地ガスならびに土壌保有水を用いた最終処分場安定化診断技術の開発
	循環資源の地域流通円滑化のための中継基地システムの開発
	循環型社会における最終処分場の機能分化
	通気及び浸出水循環による既存最終処分場の安定化促進技術の開発
	最終処分場における魚類を用いた浸出水モニタリング系の開発
	最終処分場における環境汚染ポテンシャル評価のための地理情報システムの開発
千葉県環境研究センター	既存処分場における水分分布測定手法の開発及びその応用に関する研究
	最終処分場の容量増加・再生技術の評価に関する研究
	最終処分場の維持管理に必要な水質分析項目の見直し
	水生生物を用いた最終処分場浸出水の管理手法の開発
東京都環境科学研究所	有害大気汚染物質自動分析計の精度管理に関する研究
	内分泌かく乱化学物質の魚類へのリスク評価に関する研究
	埋立地ガスの環境影響評価に関する研究
横浜市環境科学研究所	統計的手法を用いた人工衛星データによる水質推定の検討
川崎市公害研究所	LC/MS等による大気中有害化学物質の分析手法に関する研究
富山県環境科学センター	ガス状ばう素化合物による大気汚染監視測定技術の開発
福井県衛生環境研究センター	水循環の健全化のための底質改善・底質除去資源循環技術の開発
長野県衛生公害研究所	環境試料中のダイオキシン類の分析法に関する研究
	廃棄物埋立処分に起因する有害物質による環境影響評価に関する研究
	山岳地域におけるハロゲン化メチルの動態に関する研究
	車軸藻の絶滅・絶滅危惧種の保護と自然界への復元に関する研究--車軸藻類を中心とした湖沼水草帯の復元手法と水質浄化機能の検討--
	山岳(八方尾根)降雪中の鉛同位体比測定によるアジア大陸からの越境大気汚染の定量化
長野県自然保護研究所	野生生物の遺伝的多様性をモニタリングするための手法の開発に関する研究
名古屋市環境科学研究所	微生物分解を用いた汚染除去に関する研究
	自動車起源のPM2.5に関する研究
岐阜県保健環境研究所	環境試料中のダイオキシン類の分析法に関する研究
京都府保健環境研究所	日本海側におけるエアロゾル中の微量金属及び鉛同位体比の動態に関する研究
	廃棄物処分に起因する外因性内分泌攪乱化学物質による環境影響評価に関する研究
	粒子状物質の粒径別高時間分解能成分分析手法の開発と都市大気エアロゾルの動態解明への応用に関する研究
大阪府立食とみどりの総合技術センター	野生アカネズミにおける残留性有機汚染物質の毒性作用の検討
兵庫県立健康環境科学研究所	道路沿道の局地NOx高濃度汚染とその対策に関する研究
	山林域における水質形成と汚濁負荷流出過程に関する研究
	ため池とその周辺を含む地域生態系での水循環に関する基礎的研究
鳥取県衛生環境研究所	積雪中に積もった黄砂による酸性雪中和のメカニズムについての調査研究
島根県保健環境科学研究所	西日本及び日本海側を中心とした地域における光化学オキシダント濃度等の経年変動に関する研究
福岡県保健環境研究所	北部九州におけるハンノキ群落およびハマボウフウ群落の生態とその保全に関する研究

新刊紹介

NIES Annual Report 2002 AE-8-'02 (平成14年12月発行)

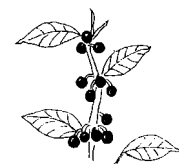
本書は、国立環境研究所の平成13年度の活動状況を海外の環境研究者や環境行政に携わる方々に分かりやすく紹介することを目的に編集したものです。研究所の組織、重点特別プロジェクトと政策対応型調査・研究の内容、研究分野毎の研究成果と発表リスト、各センターの業務、国際交流、研究所出版物、研究施設・設備と人員について概要が記載されています。平成13年4月に独立行政法人化された際に研究所の組織と運営方法が大幅に変更されたことを受けて、従来の英文年報とは構成が大きく異なっています。しかし、単に「国立環境研究所年報」の英語版ではなく、トピックスとなる研究成果を中心にカラー写真を多用して読者にとって興味深く読みやすいものにするという創刊号以来の編集方針は引き継がれています。

(編集委員会英文年報班主査 横内陽子)

「環境儀」No.7 バイオ・エコエンジニアリング - 開発途上国の水環境改善をめざして (平成15年1月発行)

私たちが流している生活排水に含まれる窒素、リンが湖沼の富栄養化の大きな原因になっています。開発途上国ではこの問題がより深刻で、安全な水にアクセスできない人が大勢います。しかし、これらの国では電力事情などのため、一極集中型の下水処理システムのみによって対策を進めることは困難です。このような問題の解決に向けて、国立環境研究所では微生物の働きを利用したバイオエンジニアリングと水生生物や土壌を活用したエコエンジニアリングを融合したバイオ・エコエンジニアリング技術の開発に取り組んでいます。本号では、このバイオ・エコエンジニアリングをめぐる研究の概要、これまでの研究成果、現在進めているプロジェクトなどを分かりやすく紹介しています。

(「環境儀」第7号ワーキンググループリーダー 横内陽子)



## 表彰

受賞者氏名：横内陽子，安部喜也

受賞年月日：平成14年10月10日

賞の名称：ハーゲン・シュミット賞 2002

受賞対象：モノテルペンとオゾンの化学反応により生成するエアロゾルに関する研究

受賞者からひとこと：

同賞は、国際学術誌Atmospheric Environmentに掲載された過去の論文から毎年2編を選んで表彰されるもので、大気汚染研究の先駆者であるHaagen-Smit博士の名に因んで2001年に新設されました。受賞対象となった研究は今から20年前に植物から大量に放出されるテルペン類がオゾンなどの反応によって極性物質に変わり、森林地域のもやになることを実証するべく、反応実験と観測を行ったものです。松などのおい成分として知られる  $\alpha$ -ピネンの主要反応生成物としてピノンアルデヒドを同定し、これが実際の森林エアロゾル中に広く存在していることを見つけました。その後もガス状有機化合物を介した自然生態系と大気の相互作用に関わる研究に携わっておりますので、今回の受賞は大変励みになりました。地球環境の理解につながる新しい発見を目指して研究を続けたいと思っております。

(横内)



## 編集後記

環境研ニュースの多くの記事には、末尾に「執筆者プロフィール」というおまけが付いている。バックナンバーを紐解くと、1995年に判型を現在のA4に改めた際に登場したようだ。よりよいニュースを目指して原稿本文にあれやこれやと注文をつける編集委員会もこの部分には基本的に口を出さず、書く側からすればもっとも個性を発揮しやすい部分ではないだろうか。

経歴から趣味、時には生活に役立つ豆知識ありと、硬い雰囲気の本音とはまた違って研究者の別の一面が窺えるコーナーである。読者の皆さんには、このような文章を通じていかに普通の人々が（あるいはどんな変人が!?!）環境研究に携わっているのかわかって頂ければと思う。

(A.S.)

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 研究情報室

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