



国立環境研究所

ニエス

Vol. 27 No. 4

平成 20 年 (2008) 10 月



サマー・サイエンスキャンプの様子。(詳しくは12ページの記事参照)

[目次]

環境研究に求められているもの	2
適正な国際資源循環の推進に向けて	
－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」から－	3
化学物質と心	6
廃棄物の熔融スラグ化 －将来とその課題は？－	9
「サマー・サイエンスキャンプ2008」実施報告	12
「理数博士教室」開催報告	13

【巻頭言】

環境研究に求められているもの

理事 太田 進

赤黒い夕日が沈むのを眺めながら、何で空がこんなに汚いんだろうと思った。私が中学2年の時（昭和42年）のことです。この時から公害問題に興味を持ち、大学でも公害問題を学び、卒論も自動車排ガスの研究でした。その後、環境庁（当時）に入庁し、行政として環境に携わってきました。

4カ月前、初めて国立環境研究所に異動になり、環境研究の最前線に触れ、また、研究者と話す機会を得ました。そこで、昔を思い起こしつつ環境研究の現状について感じたことや、将来へ向けた期待を述べてみます。

私が環境庁に入った当時は、大気汚染や水質汚濁といった公害の全盛期であり、研究も現場での調査が中心でした。測定方法の確立や実態把握、原因究明を主たる目的としていて、今から見ればまだまだ未熟な手法であったと思いますが、社会のニーズを反映し、高揚した雰囲気がありました。また、研究の成果は身近な問題として国民が実感できるものであったように思います。

現在、研究の重点は地球環境や循環型社会などに移ってきていますし、また、研究の手法もモデルの開発や予測等へ変化してきています。使用する機器も非常に高度化してきており得られる情報量も格段に増加しています。しかし、一方でその結果が、身近なものとして感じるようになってきているように感じます。社会的には地球環境問題への関心が高まっていますが、未だ理念的であり身近な問題として捉えるところまでできていないのではないのでしょうか。

Think globally, act locallyという言葉があります。社会全般で見ると**Think globally**はかなり浸透していますが、**Act locally**までは至っていないのが現状ではないのでしょうか。認識から行動へ移るには、個人として何らかのインセンティブが必要です。公害の時代には自分自身の身近な問題としての感覚がありました。地球環境の時代にはどのようなインセンティブがふさわしいのでしょうか。

国立環境研究所は環境研究の最先端を担うばかりでなく、その成果を広く国民に伝え、社会に貢献することが求められています。そのためには、国民の行動を促すような情報を発信していくことが特に必要です。国民のニーズ、社会の関心を的確に捉えるように努力し、また、研究成果を、行動を起こしたくなるような形で分かりやすく伝えていくことが重要と思います。

例えば、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は長年にわたり研究成果を丹念に積み上げ世界が納得するような報告をまとめ、世界の政治家を動かすことに成功しつつあります。気候変動の具体的な影響を例示することにより身近な問題と認識させ、具体的な数字と対応策を提示することにより行動へ結びつきやすくなっています。このような取り組みも今後重要性を増していくのではないのでしょうか。

いろいろととりとめのないことを書いてきましたが、昔に比べ研究内容も幅広くなり、研究レベルも上がってきていると思います。一方で、波乱の時代をリードしてきた研究者が一線を退き、昔からの経験・知見の継承がうまくいっているか懸念するところもあります。これからも環境研究のナショナルセンターとして、ふさわしい成果をあげられるよう、よりよい研究環境の整備に努力していきたいと思えます。

（おおた すすむ、企画・総務担当理事）

執筆者プロフィール：

6月に理事に就任しました。緑の多いつくばに来て、久しぶりに自転車に乗りたいなと感じています。ロードレーサーを買おうか迷っているこの頃です。



【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】

適正な国際資源循環の推進に向けて

—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」から—

寺園 淳

循環型社会研究プログラムにおいて、中核研究プロジェクト4（以下、中核P4と記す）は、適正な国際資源循環の推進を目標としています。国際資源循環とは慣れない用語ですが、「(石油や鉄のような一次資源と同様に)国境を越えて移動しながら国際的な規模で行われている資源循環」と「海外、特に開発途上国で発生した廃棄物やそこから回収した資源の管理」の2種類の視点があります。私たちは、日本を由来とする前者の国際資源循環に重点を置きながら、後者を含めた、アジア地域での適正な国際資源循環の推進を目指しています。

国際的な規模で循環している資源の例として、使用済み電気電子機器、ペットボトルを含む廃プラスチック、様々な金属スクラップなどがあり、これらに関して、サブテーマ1「アジア地域における資源循環システムの解析と評価手法開発による適正管理ネットワークの設計・評価」とサブテーマ2「アジア諸国における資源循環過程での環境影響把握」で研究しています。

また、開発途上国で発生する固形と液状の廃棄物の適正処理と温暖化対策を両立する技術システムについて、サブテーマ3「途上国における適正処理・温暖化対策両立型技術システムの開発・評価」で研究しています。

図1に中核P4の主たる研究対象である、循環資源の越境移動のイメージを示します。本稿では、使用済み電気電子機器を中心とした物質フローと環境影響の把握、適正な管理方策について、ご紹介いたします。

家電製品やパソコンは、日本で使用済みとなって、中古品やスクラップとして輸出され、海外で引き続きリユース・リサイクルされることが多くなっています。これは、国内の家電リサイクル法や、資源有効利用促進法で定められたパソコンの回収・リサイクルシステムとも大きく関係します。家電の場合はリサイクル料金を引き渡すときに支払い、2003年10月以降販売の家庭系パソコンの場合は販売時にリサイクル料金が含まれているため国内の無料回収



図1 循環資源の越境移動のイメージ

業者などによって回収されたり、小売業者から適切にリサイクルプラントに引き渡されなかったりしたものが輸出される場合が多いようです。規定のリサイクルシステムで把握されない「見えないフロー」は、家電の場合は推定排出台数の半数程度、パソコンの場合は9割以上となっています。この「見えないフロー」を含む国内の全体の物質フローを、業界団体や行政が行った推計を活用・修正したり、計算方法の改良などを行って把握してきました。その結果、家電4品目（ブラウン管（CRT）式テレビ、エアコン、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機）は2005年度で460万台程度、パソコンは2004年度で200万台程度がリユース目的で輸出されていると考えられました。家電の場合はブラウン管（CRT）式テレビの輸出が半数の223万台程度と大きくなっており、2011年の地上デジタル放送完全移行を控えて薄型テレビの普及が進み、国内で不要となったCRTテレビが海外へ輸出されている実態がわかります。こうした使用済みの家電やパソコンの輸出にあたっては、有害廃棄物の場合はバーゼル条約等で厳しく制限されていますし、中古品でなく廃棄物とみなされる場合は廃棄物処理法の国内処理原則に反するため、まずは国内法の順守を徹底させることが基本です。しかし、中古品としての輸出でも廃棄物とみなされる事例が続く場合は、中古品の輸出基準設定を含む制度の見直しの必要もあると考えられます。

さて、日本からの輸出を中心とする東アジアの物質フローは、貿易統計や現地調査によって分析を進めています。図2には、例として2006年のCRTテレビの物質フローを紹介しています。日本においては、2001年以降、新品のCRTテレビの輸入は激減しましたが、中古品の輸出は大きな変化がなく、2006年の香港向けは154万台となっています。しかしながら、2006年4月における香港の輸入規制強化

が日本国内で翌年6月に通知されてからは、香港向けの輸出量が減少して、結果的にベトナムやフィリピンなどへ輸出が分散するようになりました。すなわち、相手国の環境保全と輸入規制にも十分配慮したアジア規模での中古品貿易の管理体制が必要となっています。また、資源価格の高騰が進む近年において、有価金属の国外への流出防止や、国外の技術でどの程度効率的な貴金属や希少金属の回収ができているかといった視点も必要です。

実際に中古品として日本から輸出されたテレビが、輸入国でどのように輸入・取引されているか、環境汚染などの問題点がないかを把握するために、フィリピン向けの中古テレビについて、梱包・積載・輸送状況や、輸送による破損率、現地の取扱い

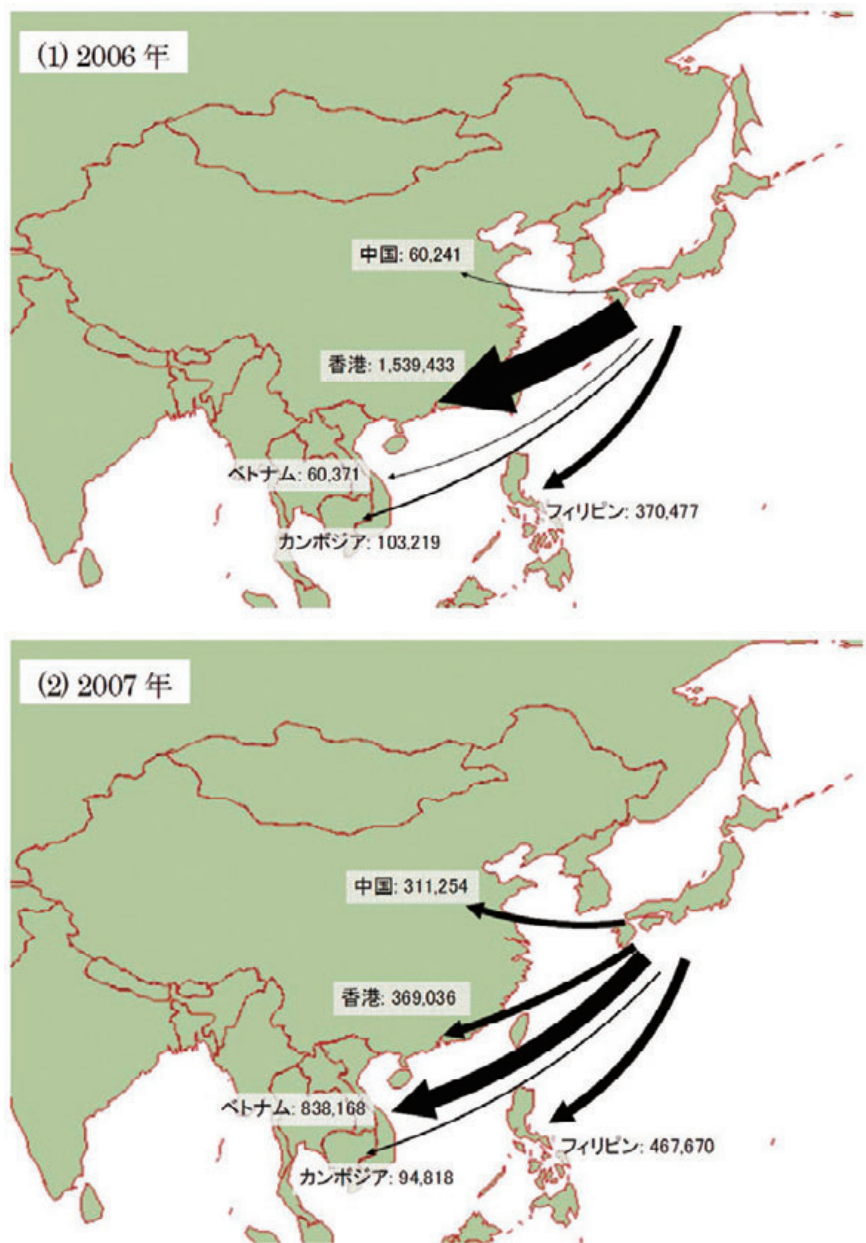


図2 日本からの中古CRT式テレビの輸出フロー（単位：台）

などを日本の輸出業者の協力を得て追跡調査しました。中古テレビを積載した40フィートコンテナ1本分の事例ですが、フィリピン到着時の外装の破損率は3%程度と考えられました。すべての輸入中古テレビは、変圧器の取り付けなどの調整を行った上で、修理を行う場合がありますが、最終的には中古品として販売されていました。日本から輸出された中では残渣として埋め立てられるものは非常に少ないと考えられましたが、現地で発生する使用済み製品の解体と廃棄には、CRTの投棄など環境保全上問題があるケースが確認されました。

さらに、アジアでの電気・電子機器の解体と部品・素材の流通状況を把握する一例として、ベトナムのハイフォン市のある解体工場で、実際に解体される家電製品などの回収部品・素材の種類・重量・価格、販売先などの情報を調査しました。テレビやパソコンモニタなどの例では、鉄、銅、アルミ、プラスチックなどはベトナム国内のリサイクル村（小規模なりサイクル業者が集まった地域）か中国へ運ばれてリサイクルされているようでした。お金を支払って処分してもらった残渣は出ないと回答を得ましたが、リサイクル先が確認できなかった鉛を含むCRTなどの最終利用先の調査が課題として残っています。また、鉛などの重金属を含む基板は直接中国南部に輸出されている可能性が高く、そこでの取扱いの把握が課題です。ベトナムと中国の国境地域での中古電気電子機器の流通状況について現地調査したところ、基板以外にも、中古のパソコンモニタとテレビがベトナムから中国に多数流入していることが確認されています。（写真）

このような使用済み電気・電子機器がアジア諸国



写真 ベトナムと中国の国境で中国に流入する中古のパソコンモニタとテレビ（2007年9月、筆者撮影）

で不適切な処理をされた場合に生ずる環境影響を、国内での模擬実験などで検討しています。廃基板を実験的に燃焼させると、不完全燃焼下ではBDE209（臭素原子が10個ついたポリ臭素化ジフェニルエーテル）やデカプロモジフェニルエタンなど難燃剤で使用される物質や臭素原子が4～9個ついたポリ臭素化ジフェニルエーテルは、投入量の30～99.999%が熱分解するのに対し、ダイオキシン類や上記以外のポリ臭素化ジフェニルエーテル類（PBDEs）及びポリ臭素化ベンゼン（PBBzs）、ポリ臭素化フェノール（PBPhs）の異性体は投入量に対し、数桁多く生成することが明らかとなりました（図3）。以上のような実験で、適切な燃焼管理や排ガス処理を行うことが、臭素系難燃剤やダイオキシン類を含む副産物の環境放出を抑制するために必要であることがわかっています。また、廃基板の不適正処理処分によ

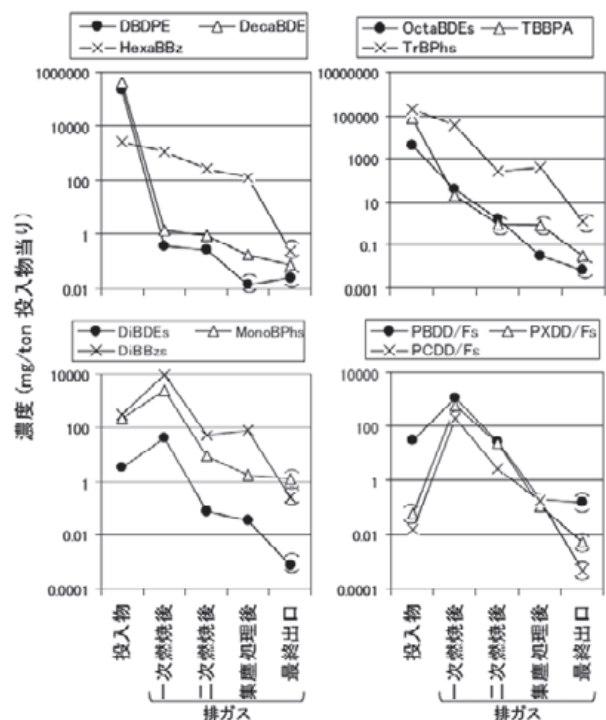


図3 廃基板の燃焼試験における燃焼・排ガス処理過程におけるさまざまな物質の挙動（括弧付きは、検出下限値）

- DBDPE：十臭素化ジフェニルエタン
- DecaBDE：十臭素化ジフェニルエーテル
- HexaBBz：六臭素化ベンゼン
- OctaBDEs：八臭素化ジフェニルエーテル
- TBBPA：テトラプロモビスフェノールA
- TrBPhs：三臭素化フェノール
- DiBDEs：二臭素化ジフェニルエーテル
- MonoBPhs：一臭素化フェノール
- DiBBzs：二臭素化ベンゼン
- PBDD/Fs：ポリ臭素化ダイオキシン
- PXDD/Fs：ポリ塩素化・臭素化ダイオキシン
- PCDD/Fs：ポリ塩素化ダイオキシン

り生じる金属類の環境汚染についても、溶出試験と燃焼試験により推定しました。溶出量から鉛が水系を汚染し、燃焼排ガスの分析結果から大気系へ銅、鉛、アンチモンの排出があるとともに、焼却残渣量より基板中金属の90%以上が土壌蓄積し、さらに焼却残渣の鉛は酸化鉛のためにアルカリ条件下で溶出しやすくなることがわかりました。

以上のほか、国内・国際資源循環政策の研究も行っていきます。国際的な循環型社会を形成するためには、それぞれの国で循環型社会を形成することと、また不法な輸出入を防止して国際的な循環を適切に管理することが必要です。このため、各国の既存のリサイクル制度が、拡大生産者責任の概念に基づいてどのように機能しているかといった、各国の制度の比較分析をしています。また、国際的な枠組みに

ついても、海外との研究者ネットワークを構築・拡張したり、既存の行政のネットワークを活用しながら、アジア規模で調和のとれた輸出入管理方策を検討してゆく予定です。

(てらぞの あつし、循環型社会・廃棄物研究センター
国際資源循環研究室長)

執筆者プロフィール：

中古品を含む循環資源の越境移動には賛否両論があり、事業者・NGO・行政など異なる立場の考えに、しばしば考えさせられます。さらに、経済状況や価値観が多様なアジア諸国で合意形成は容易ではありませんが、将来や弱者に負担を強いな資源循環の在り方を議論できればと思います。慌ただしい日々ですが、自分の移動はできるだけ鉄道を活用し、環境負荷が低く豊かな時間を少しでも楽しみたいと考えています。

【研究ノート】

化学物質と心

梅津豊司

私共の身边は化学物質に満ち溢れ、私共はそれらに曝されながら生活していますので、その安全性が気懸かりです。身近な問題ではないと思われるかもしれませんが、食品の汚染、水や土壌の汚染、シックハウス等化学物質問題に係わる報道は最近でも枚挙に遑が無いのが実状です。化学物質は私共の体の様々な機能に影響を及ぼし得、重要な生体機能である「心」も例外ではありません。

「心」は漠然と捉えられがちであるため、「心」が化学物質の影響を受けるということにイメージが持ち辛いかも知れません。「心」の座（在り処）は脳であり、脳を構成している神経細胞が「心」の本源です。化学物質は神経細胞を死滅させたりその機能を変えることにより「心」に影響を及ぼすと考えられています。身近な例を挙げると、お酒で酔うのはエタノールにより「心」の状態が変化するからであり、お茶を飲むとスッキリするのはカフェインが「心」に作用するためです。うつ病等の「心の病」の患者はその精神症状を改善するために種々の薬を服用しています。このように「心」も化学物質が影

響を及ぼす対象です。これまで多くの事故や事件から有機溶剤、農薬、有機水銀、PCB等が「心」に有害作用を及ぼすことが判明していますが、それも冰山の一角に過ぎないであろうと想像されています。子供に特有の「心の病」である学習障害や、注意欠陥多動性障害、自閉症等広汎性発達障害の患者が近年急増しており、化学物質との関連性が疑われています。また、高齢になるほど発症しやすくなる認知症やパーキンソン病のリスクを高める化学物質が見いだされています。

化学物質から健康を守るための方策は、問題の発生を未然に「防止」することと、問題が生じた時には速やかに「対処」することです。いずれの場合も当該化学物質の有害作用（毒性）に関する情報が必要になります。「心」についても、一つ一つの化学物質について、どの位の量で、「心」のどの側面に対して、どのような影響を及ぼすのかに関する情報（毒性データ）が不可欠です。人に毒物を与えることは許されませんから、動物実験により「心」に対する毒性データを収集することになります。

動物に「心」があることを疑問視する人がいますが、動物にも動物なりの「心」があり、人の「心」と共通する部分が少なくありません。動物にも視覚、聴覚等の「感覚」があり、食欲、性欲等の「欲求」もあり、不安や恐怖、攻撃性や子供への愛情等の「感情」、物事を憶える「記憶力」や物事を認識する「認知力」といった「高次機能」もあります。人と比べて大きく異なるのは、人と同様の「言語」を持たないこと、高度かつ抽象的なあるいは論理的な「思考」ができないことと考えられています。人と同じ「言語」を持たないために、動物の「心」を理解することが困難なのです。

人間同士の場合でも、言葉によらずともその人の仕事、振る舞い(すなわち行動)から、その人の「心」の様子を察することができます。同様に動物の行動も、その時の「心」の状態を反映しているので、行動を観察・測定すれば動物の「心」の状態を客観的かつ定量的に知ることができます。その行動が化学物質を与えることによりどのように変化するかを観察・測定すれば、どの化学物質が、どの位の量で、「心」のどの側面に対して、どのような影響を及ぼすのか、について毒性データを得ることが可能となります。先述のように「心」には様々な側面があるので、各側面を観察・測定するための異なる

方法が必要となります。複数の行動観察法を組み合わせたものをテストバッテリーと呼びます。しかし、行動観察法も、どの行動観察法を組み合わせたテストバッテリーが良いのかも確立されたものではありません。新たな行動観察法の開発とより良いテストバッテリーについて研究されています。

筆者が所有する行動試験法により構成されたテストバッテリーを適用した例として、有機ヒ素の一種であるジフェニルアルシン酸の試験結果を紹介いたします。成獣(大人のマウス)に長期間与え続けた実験(慢性暴露実験)(表1)と、胎児~乳児期の発達期に限定して与えた実験(発生毒性試験)(表2)を実施しました。成獣の場合は、比較的高濃度(30~100ppm; 1ppm=1ml中に百万分の1グラム含まれる濃度)を27週間与えた実験と、より低濃度(7.5~30ppm)を57週間与えた実験を行いました。30ppm以上で運動活性が増加しました。これは興奮性が高まっていることを示しており、人では興奮しやすい、イライラしやすい、睡眠の質が変化する(入眠困難や熟睡できない)等に通じる影響です。条件回避反応の学習も遂行も障害されませんでしたので、人の学習能力や状況に応じて行動する能力には影響しないものと予想されます。しかし、受動的回避反応試験の結果から、比較的高濃度に長期間暴露された場

表1 ジフェニルアルシン酸(DPAA)を成獣に慢性暴露した場合の行動影響
水を与えた対照群の成績との比較結果をまとめた。—は対照群と差が認められないことを示している。

観察項目	57 週間暴露			27 週間暴露	
	7.5	15	30	30	100
運動活性	—	—	増加	増加	増加
ロータ・ロッド	滞在時間短縮	滞在時間短縮	—		
受動的回避反応	—	—	反応までの時間短縮	—	—
条件回避反応	—	—	—	—	—
高架式十字迷路	不安減弱	不安減弱	—	—	—

表2 ジフェニルアルシン酸(DPAA)を胎児~乳児期に暴露した場合の行動影響

観察項目	3.8	7.5	15
運動活性	—	—	—
ロータ・ロッド	—	—	—
受動的回避反応	反応までの時間短縮	反応までの時間短縮	—
高架式十字迷路	迷路上での活動性亢進	迷路上での活動性亢進	—
自発交代反応	装置内での活動性亢進	装置内での活動性亢進	—
新規対象物認識	—	—	—

合は記憶障害が生じる可能性が考えられます。また高架式十字迷路試験の成績から、暴露が長期に及ぶと不安を感じ難くなるという感情面への影響も疑われます。注目すべきはロータ・ロッド試験の成績です。この試験では回転する棒の上にマウスが滞在できる時間を測定します。従って、滞在時間が短縮するということは四肢を上手く働かせることができないことを意味します。ジフェニルアルシン酸は人に歩行障害等をもたらす可能性があります。

胎児～乳児期にジフェニルアルシン酸に暴露したマウスには、成獣の場合と異なる影響が及ぶことが判明しました(表2)。まず、運動活性とロータ・ロッド試験では影響が見られませんでした。また新規対象物認識試験で影響はみられなかったため、認知能力に影響は及ばないと思われまます。高架式十字迷路試験と自発交代反応試験において、マウスは装置の上あるいは中を落ち着くことなく動き回りました。受動的回避反応試験の成績は記憶能力が低下する可能性と、おとなしく待つことができない可能性を示唆しています。総じて落ち着きがない傾向が認められました。暴露は胎児～乳児期に限られているにも関わらず、この傾向は生後13ヵ月まで観察されました。マウスの寿命は約2年ですから、ジフェニルアルシン酸の影響はかなり長く続くことを示唆しています。今回ジフェニルアルシン酸について検討したのは国内でジフェニルアルシン酸による井戸水の汚染が発覚したためです。調査では井戸水から最高十数ppmが検出されていますので、「心」に影響を及ぼすのに十分な濃度と考えられます。

化学物質が神経細胞にもたらす有害作用を神経毒性と呼び、発達しつつある若い脳に及ぼす影響を神経発生毒性と呼びます。神経毒性学は比較的若い学問領域であるためその方法論は未熟であり、また現時点で得られている神経毒性データはごく限られています。このようなことから、米国環境保護庁や経済協力開発機構(OECD)は、神経毒性データを得るための試験方法についてガイドラインを策定・公開し、神経毒性データの収集を図っています。一方、我が国はこの点に関して後塵を拝している状況にあります。汎用されている化学物質でしたら、いずれ他国が神経毒性データを提供してくれるでしょう。しかし、使用されている化学物質は国によって異なり、またどの化学物質を問題視するかも各国異なるので、他国を当てにしてばかりいられません。特にジフェニルアルシン酸の事例のように我が国において初めて問題性が発覚し、対策に急を要する化学物質や我が国で新規に開発された化学物質の神経毒性データは、自ら収集する必要があります。今後、我が国においても神経毒性学の発展、普及と化学物質の神経毒性データの集積が望まれます。

(うめづ とよし, 化学環境研究領域
生体計測研究室主任研究員)

執筆者プロフィール:

ネズミを見つめて早25年。密かに「国環研のネズミ男」を自称している。だが未だツーと言えばカーという間柄にまで至っていない。むしろ、嫌われている気が……………。



【環境問題基礎知識】

廃棄物の溶融スラグ化 – 将来とその課題は？ –

肴 倉 宏 史

皆さんは、廃棄物溶融スラグ（以下、溶融スラグと言います）をご存じでしょうか。溶融スラグとは、廃棄物を約1300度以上の高温に保った炉の中で溶融し、これを空气中や水中で冷却固化して得られる生成物を言います（写真1）。炉の形式や熱の与え方の違いにより、様々な溶融方式があり（図1）、そのいずれかによって、ほとんどの廃棄物を溶融スラグ化することが可能です。

溶融処理技術は、特に、一般廃棄物（自治体が収集する廃棄物で、家庭ごみを中心）の処理において、溶融炉を焼却炉に併設したり（焼却灰溶融の場合）、焼却炉に置き換える形で（ガス化・溶融や直接溶融の場合）、近年、急速に普及しました。一般廃棄物溶融スラグの発生量は年間約60万トンで、一般廃棄物焼却灰（約600万トン）の10%にも相当します。また、溶融施設の数、一般廃棄物で158施設、下水汚泥、産業廃棄物を含めると約200施設と見積もられています（数字はいずれも2005年：（社）日本産業機械工業会調べ）。

何故、焼却処理よりも高度な技術と、より多くのエネルギーの投入を必要とする溶融スラグ化が広まったのでしょうか。また、これからも普及は進むのでしょうか。本稿では、溶融スラグ化の意義を見つめ直し、溶融スラグ化が今後担うべき役割と、そのための課題を整理したいと思います。以下、考え方の部分については筆者個人の意見であることをご了承下さい。

リサイクルや、焼却、脱水などによる減量が難し



写真1 溶融スラグ

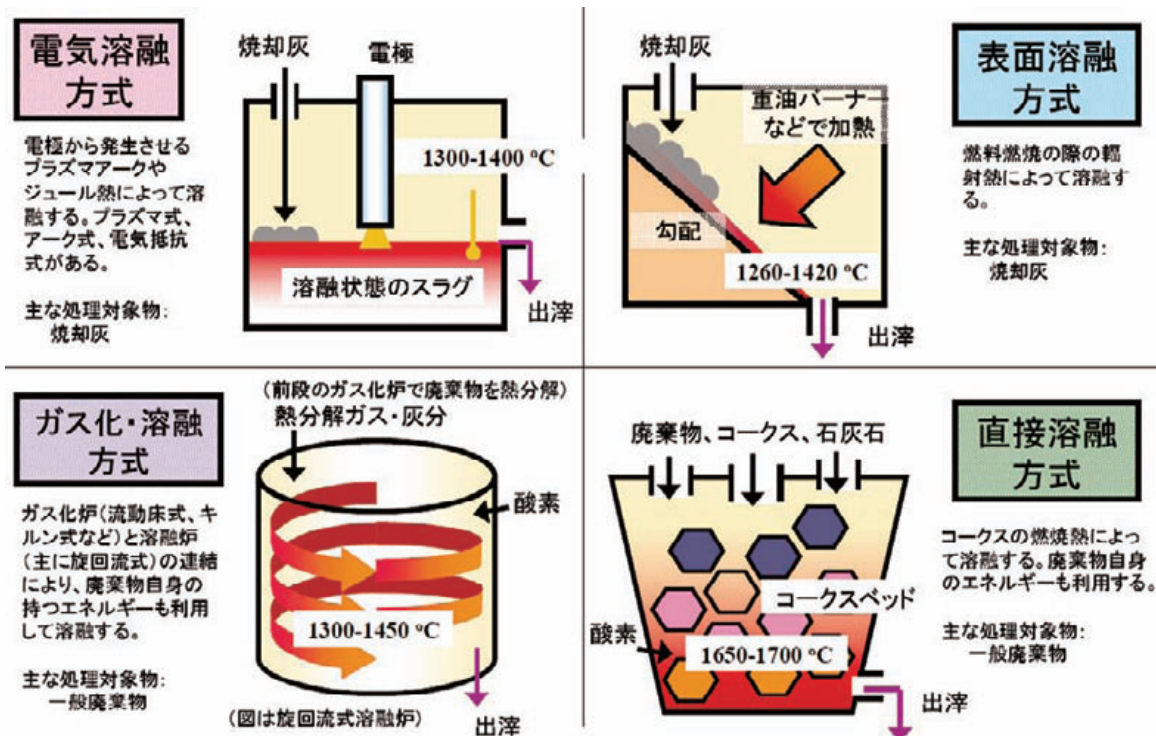


図1 様々な溶融方式

い廃棄物（例えば、焼却灰や不燃物）は、最終処分場に埋立処分されますが、地域によっては、最終処分場の建設が反対され、処分に必要な埋立容量の確保が極めて困難となっています。反対される要因には、廃棄物に含まれる有害物質が土壌・地下水などの周辺環境を汚染するのではないかという不安があると思われます。

廃棄物を焼却すると容積は約20分の1まで減りますが（家庭ごみの場合）、溶融スラグ化すれば、さらにその半分近くまで容積を減らせるので、最終処分場の延命化を図ることができます。また、溶融処理は極めて高い温度で行われるので、焼却灰中のダイオキシン類は分解され、鉛やカドミウムなどの低沸点重金属類は揮発して「溶融飛灰」（写真2）と呼ばれるダストとなり、溶融スラグにはほとんど残らないため、その安全性は極めて高いものとなります（溶融飛灰については後述します）。さらに、溶融スラグの性質は石や砂に近いので、土木資材に利用できれば、埋め立てる廃棄物を格段に減らすことが可能となります。



写真2 溶融飛灰

このような理由から一般廃棄物の溶融スラグ化を行う自治体は少しずつ増えましたが、1979年に一号機が導入されてから1996年までの17年間では、21施設にとどまっていた。ほとんどの自治体にとって、高いお金をかけてまで溶融スラグ化に踏み切る必要は無かったためと思われます。

そのような中、1997年のダイオキシン類発生防止等ガイドラインの改訂において、焼却灰に含まれるダイオキシン類を分解できる溶融処理が注目されました。さらに、同年のごみ処理広域化計画によって溶融炉建設に国庫補助がなされることとなり、特に、一般廃棄物の溶融スラグ化が急速に広がりました。このような政策上の追い風がやんだ現在は、施設数

の増加は一段落しています。そこで、これまでの経緯や蓄積された経験を踏まえて、廃棄物の溶融スラグ化の今後の意義と課題を整理すべき丁度良いタイミングにあると思われます。

先述したように、高温溶融のためにたくさんのエネルギーを投入すれば、ほとんどの廃棄物を溶融スラグ化することは可能ですが、溶融の本来の意義は、有害な廃棄物の無害化にあると考えます。したがって、費やされるエネルギーと、低減されるリスクとのバランスに基づいて溶融スラグ化が選択されるべきでしょう。

有害性が高く、他の処理では無害化が困難なものについては、溶融スラグ化のみが選択肢として残されます。実際に大きな環境問題を引き起こしたアスベスト廃棄物、不法投棄廃棄物、自動車シュレッダーダストなどの無害化は、溶融以外の処理方法では難しく、将来も担い続けなければならない役割であると断言できます。

それでは、現在多く処理が行われている一般廃棄物や、その焼却灰についてはどうでしょうか。基本的には、これまでと同様に、選択肢の一つであることには変わりはないと思います。すなわち、埋立容量が十分に確保されていて、埋め立てられる廃棄物のリスクが十分に管理できているのであれば、焼却による減容化で十分です。一方、最終処分場の確保が極めて困難であきらめざるを得ない自治体にとっては、埋め立てられる廃棄物をゼロにできる可能性から、溶融スラグ化が選択され得ると思われます。ただし、そのためには、溶融スラグと溶融飛灰の、それぞれについての目下の課題にしっかりと取り組まなければなりません。

まず、溶融飛灰の課題について述べたいと思います。先に述べたように、溶融飛灰には揮発した有害重金属が濃縮されるために、廃棄物の環境に対するリスクが最大化しています。溶融飛灰の多くは、キレートなどの薬剤を混ぜて重金属の溶出を抑制する処理をしてから埋め立てられています。この方法は長期的な安全性が懸念されています。しかも、溶融飛灰の発生量は、私たちが今年行った調査では約20万トンと推定され、溶融スラグの発生量約60万トンと比べて少なくありません。一方で、溶融飛灰中の重金属（主に、銅、鉛、亜鉛）を金属精錬技術を利用して回収する動きが徐々に広がっており、30施設が既に金属回収を実施していることが把握されま

した。回収される金属の量は、わが国の全体から見れば極めて僅かですが、リスクの低減という観点から、推進されるべき方向であると考えます。

そして最後に、溶融スラグに関する課題です。先述したように、溶融スラグは土木資材として利用が可能です。2006年7月には、アスファルト合材や路盤などの道路用材、および、コンクリート用の骨材としての廃棄物溶融スラグの日本工業規格（JIS）が制定されました。これにより、溶融スラグに求められる品質と環境安全性が明確になり、溶融スラグの利用がスムーズに進むと期待されました。しかし、思うようには進んでいないのが現状のようです。その大きな要因の一つは、有用な製品としての品質の検討・改善が不十分なものがあるためではないかと思われます。溶融スラグの性質が石などに近いといっても、鋭利な形状のために他の材料との混合が難しかったり、長期的な強度や安定性に不安があるなどの指摘を良く耳にするからです。溶融炉の中で生

成したスラグは、冷えて固まれば出来上がりではなく、有用な土木資材とするための磨砕や粒度調整、不純物の分離などといった、さらなる加工が必須であり、そのためのノウハウの蓄積と普及が、目下、最も力を注ぐべき課題であると思われます。すなわち、廃棄物の溶融スラグ化は、廃棄物処理の意識に加えて、「溶融スラグ製品」を製造するという意識（覚悟）を持って臨む必要があるでしょう。

（さかなくら ひろふみ、循環型社会・廃棄物
研究センター 物質管理研究室）

執筆者プロフィール：

溶融スラグの環境安全性に取り組んで以来14年間の気持ちの総まとめとして書きました。溶融炉の数は当時から10倍に、白髪の数も10倍に（たぶん）増えました。



木漏れ日俤り

日本には約600種、世界では1万種ものシダがあります。研究所の構内では、ワラビやゼンマイのほか、ゲジゲジシダ、ハリガネワラビ、コウヤワラビ、イヌワラビなど全部で15種ほどのシダが見られます。春先に土筆（つくし）を出すスギナもシダの仲間です。写真中央のフユノハナワラビ（「冬の花わらび」）は、花に見立てられる部分（胞子をつける）と普通の葉とが途中から枝わかれした変わった構造をしています。「冬の」というように、秋に葉を出してそのまま冬を越します。なお、〇〇ワラビという名前のシダはたくさんありますが、いずれもワラビの親戚というわけではありません。

多くのシダは、葉の裏に胞子を包み込んだ胞子嚢（ほうしのう）をつけます。その形は種類によって様々です。シダを見かけたら、ためしに葉を裏返してみてください。

シダの祖先は4億5千万年ほど前に生まれました。それに比べれば人類の誕生などごく最近のことです。秋晴れの日、足もとに茂る大先輩の歴史に思いをはせながら木漏れ日の中を散歩するのも一興です。

（竹中明夫）



写真：ミドリヒメワラビ（左上）、イヌワラビ（左下）、フユノハナワラビ（中央）、イヌワラビの胞子嚢群（右上）、ホシダの胞子嚢群（右下）

【研究所行事紹介】

「サマー・サイエンスキャンプ2008」実施報告

企画部 広報・国際室

国立環境研究所では7月22日（火）から7月24日（木）、7月28日（月）から7月30日（水）までの各3日間、サマー・サイエンスキャンプ2008を実施いたしました。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主に高校生を対象として、夏休み期間中に開催する先進的科学技術の体験型合宿です。当研究所では1999年から毎年本プログラムに参画してきました。今年は3つのコースを開催し、多数の応募者の中から選ばれた20名の高校生がプログラムに参加しました。

『南の島から地球温暖化を考える（開催地：波照間）』コースでは、人が住んでいる日本最南端の島である波照間島に設置された当研究所の大気観測所（モニタリングステーション）を会場に実施しました。ここでは参加者が住む地域で事前に採取した試料や、観測ステーションに登って採取した試料を使って二酸化炭素の蓄積状況を直に確認したり、地域



大気サンプル取ってます



実験のお手伝い

ごとの二酸化炭素の濃度差について検討したりすることをとおしてどのように二酸化炭素が大気中に蓄積されるのか、二酸化炭素の測定方法などを学びました。企画当初から最大の懸念であった天候は、それを払拭するような素晴らしい天候に恵まれ、3日間生徒は南の島でのびのびと実習を行うことができました。

『生物と環境（開催地：つくばメインキャンパス）』では、Aコース「植物（大気汚染の影響を観察しよう）」、Bコース「微生物（微生物の多様性を覗いてみよう）」の2つに分かれて合宿学習を行いました。Aコースでは大気汚染が植物に与える影響を学びました。実際に光化学オキシダントをタバコの葉に暴露して生じる障害を観察し、植物が環境から受けるストレスをどのように防御するか、その多様性を学びました。細かい作業が多く、研究には手先の器用さも求められるのだと知るきっかけになったようです。Bコースでは洞峰公園から採取した土壌中の微生物から抽出した特定の遺伝子を遺伝子増幅装置（PCR装置）、電気泳動装置（DGGE装置）を使って増幅・分離し多様な微生物遺伝子を確認する実習を行いました。実験では残念ながら思ったとおりの結果を得ることはできませんでしたが、参加者は研究成果がトライアンドエラーの繰り返しの結果生まれるものであると実感したようです。

サイエンスキャンプに参加した生徒の中には将来研究者になりたいとの声も多く、研究者とはどのような仕事なのか、どのように実社会と繋がっているのかを直接研究者から聞くことができる今回のプログラムは貴重な体験となったようです。また学校の実験室にはない最先端の装置を使った実験が生徒の好奇心を満ちし、今後の学習意欲を高めることに貢献できたと考えています。将来を担う高校生にとって科学と環境を結びつける一つのきっかけとなるように、より充実したプログラムを企画していきたいと考えています。



タバコの葉はどれにしよかな～



重さ変わったかなあ



いろんな薬剤があるね



これは何だろう…

【研究所行事紹介】

「理数博士教室」開催報告

企画部 広報・国際室

8月6日(水)から8日(金)までの3日間、茨城県教育委員会主催の平成20年度未来の科学者育成プロジェクト事業「理数博士教室」(昨年度まで「ミニ博士コース」)が実施されました。同事業は茨城県内の研究機関での学習を通して、科学への興味・関心を高め、未来を担う児童生徒の育成を図ることを目的としています。国立環境研究所は全面的にこれに協力し、水質研究領域の牧秀明主任研究員の指導下で「ため池の水質調査」コースを実施し、県内の中学生5名が参加しました。

コースでは所内の複数の池から水を採取し、ろ過やクロロフィル分析、化学的酸素消費量(COD)分析など水質調査のための様々な分析方法を学びました。さらに実際に測定した結果を比較することにより、ため池の水質環境を科学的な方法により知るといった経験ができたようです。

参加した生徒さんは好奇心旺盛で、実験機器の説明を行うと、先を争って分析にチャレンジする元気な姿が印象的でした。12月にはここで習得した内容をレポートにまとめて発表する機会があるそうです。大変暑い3日間でしたが、国環研で過ごした経験を通して、科学の面白さや楽しさを感じていただけたと思います。



水面下数十cmの深さの水を試料ビンに採取する



池の水を吸引した後の濾紙を慎重にはがす



気づいたことはその場で記録

新刊紹介

『環境儀』No.30 河川生態系への人為的影響に関する評価—よりよい流域環境を未来に残す(平成20年10月発行)

『環境儀』第30号では、河川横断構造物の築造、河川改修等が河川生態系に及ぼす影響を取り上げました。人間は様々な川に手を入れ、最大限に川の恵みを楽しもうとしてきました。その結果、川はその荒々しさを潜め、生物の棲息域としての多様性が失われつつあります。

地域の持続性を考える上での重要な要素である流域の健全性を考え、次の世代へどのような河川を引き渡すかを考える時、享受したものと失いつつあるものの両者について思いを馳せることが重要です。本号では、河川への人間の働きかけとしてイメージし易く、その利得と喪失も想定しやすい河川横断構造物(例えばダム)を例に取りあげました。利得については特に言及せず、劣化するものは河川生態系とし、魚にとっての川の棲みやすさ、魚類の種数で代表させました。洪水・土砂災害等への安全性確保、社会経済活動を支える用水確保等と合わせて、人間と水を巡る葛藤を考える契機となる内容になっています。

(『環境儀』第30号ワーキンググループリーダー 村上正吾)

表彰

受賞者氏名：高橋 潔

受賞年月日：平成20年9月18日

賞の名称：奨励賞（社団法人 環境科学会）

受賞対象：「気候変動により引き起こされる影響の予測と評価」

受賞者からひとこと：このたび、社団法人環境科学会より、環境科学の研究分野において実績を挙げ、さらなる研究進展が期待される若手研究者に与えられる「奨励賞」を授与されました。受賞対象は「気候変動により引き起こされる影響の予測と評価に関する研究」となっておりますが、受賞理由には、IPCC第4次評価報告書への執筆者としての貢献、ならびに研究結果の国民へのアウトリーチ活動についても言及がありました。1996年の入所以降、継続的に実施してきた研究に加え、その間の国際的活動・社会的活動についても同時に評価頂いての表彰であり、大変有難く感じております。

これまでは全球スケールを対象とした気候影響リスクの評価が、私自身の研究の中心位置を占めておりましたが、今回の受賞を励みにしつつ、今後はそのリスク軽減のための適応策まで踏み込んだ研究を本格化させていきたいと思います。

受賞者氏名：谷本浩志, 猪俣 敏

受賞年月日：平成20年6月4日

賞の名称：平成20年度（第35回）環境賞優秀賞（財団法人 日立環境財団, 株式会社 日刊工業新聞社）

受賞対象：「大気中揮発性有機化合物の多成分同時計測手法の開発」

受賞者からひとこと：受賞対象となったのは、2004～2005年度の環境技術開発等推進費を得て二人で開始した大気中揮発性有機化合物の計測手法です。これは、大気中に存在する揮発性有機化合物を数十種類同時にリアルタイム計測できる手法で、陽子移動反応イオン化・飛行時間型質量分析計（PTR-TOFMS）と呼びます。我々とほぼ同時期に英国のレスター大学とヨーク大学のグループも開発に着手し、論文では残念ながら少し先を越されましたが、2006年1月に我々が報告した性能（検出下限など）は当時世界最高性能でした。以降の研究成果は原著論文8本、特許2本（申請中1本を含む）を数え、この分野の研究者と相互訪問・セミナーなどの交流が続いている他、レスター大学のグループとは共同研究が始まっています。大気化学・物理化学・地球科学の複合領域で世界の研究グループと最先端を競い合いながら切磋琢磨する仕事はタフながら充実感満載で、新たなアイデアを議論する毎日です。（谷本）

受賞者氏名：原 由香里

受賞年月日：平成20年7月16日

賞の名称：INABA Prize（The best paper presented at 24th International Laser Radar Conference）

受賞対象：「3D Transport Structure of Asian Dust Retrieved by NASA CALIOP and a Dust Transport Model Assimilated with the NIES Lidar Network Data」

受賞者からひとこと：受賞の対象となった論文は、杉本伸夫（国環研）、鶴野伊津志（九州大学）、清水厚（国環研）、弓本桂也（九州大学）、各氏との共著です。今日、国環研による東アジア域でのライダーネットワーク自動連続観測の充実により、数値モデルの検証のみならずデータ同化が可能となり、エアロゾルに関しても観測とモデルを融合した研究が行われる時代となりました。更に、2006年4月に打ち上げられた衛星ライダーCALIPSOにより、定量的な観測データを得るのが非常に困難であった砂漠域や海上を含む全球の雲・エアロゾルの3次元分布が得られるようになりました。本研究はNIES地上ライダーデータを4次元データ同化に適用したモデルの結果と、CALIPSOデータによってダスト（黄砂）の3次元輸送構造を明らかにしたものです。このように宇宙・地上からの観測と数値モデルを融合させた研究を積み重ねることにより、ダストの基礎的、あるいは未だ明らかにされていない物理過程の理解が深まるものと考えます。

人事異動

（平成20年6月29日付）

山本 秀正 退職 環境情報センター長（環境省大臣官房付）

（平成20年7月2日付）

松本 公男 採用 環境情報センター長（環境省大臣官房付）

編集後記

7月～8月前半のつくばは暑い日が続きましたが、9月に入り漸く朝夕涼しくなり秋の気配がほのかに感じられるようになりました。長期予報によると9月～10月も気温は高めということですが、夏を乗り切れたかとほっとしています。

例年のことではあるのですが、本号も含めてここ3号ほどは春から夏にかけて行われた研究所の一般公開や公開シンポジウムといったイベントの開催報告が掲載されています。これらの報告は

国環研のアウトリーチ活動を知っていただく上で大事な情報であると思いつつも、一方で紙面の構成を工夫しないといけないなど感じているところです。いずれのイベントにも裏方として関わっているからなおのことそう感じるのかも知れません。

国環研ニュースの編集に関わってほぼ2年、読者の方々は本紙についてどのような感想、意見をお持ちなのか伺ってみたいと思っています。（K.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：環境情報センター情報企画室

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