

環 環

ann Kann

独立行政法人 国立環境研究所
循環型社会・廃棄物研究センター
オンラインマガジン

総集編

2008

Vol.

4

高校生も楽しめる循環型社会・廃棄物研究情報誌

www-cycle.nies.go.jp/magazine/



近況



社会のうごき



循環・廃棄物のけんきゅう



循環・廃棄物のまめ知識



当ててみよう



その他



循環センターの
メンバーが



研究情報を
わかりやすく紹介!





目次

近況

国際的な活動を中心とした対外活動の最近の状況 ……1



Dr. グッチー

社会のうごき

リサイクル品の偽装・不適正表示問題 ……2

ナノ材料とその廃棄物 ……3



ゆうぞう博士

循環・廃棄物のけんきゅう

家庭ごみからの金属回収可能性は？ ……4

排水からリン資源を回収するシステム ……6

中古家電（テレビ）の海外リユースと環境問題 ……8

廃棄物埋立地の透水性と安定化 ……10

臭素化ダイオキシン類の発生源としての難燃剤 ……12

モノの循環における『動脈静脈連携』 ……14

植物の力で水環境改善 ……16



たけ

その他

循環センター 2008年春の一般公開 ……18

循環センター 2008年夏の大公開 ……19

イェール大学産業エコロジーセンター滞在記(3) ……20

イェール大学産業エコロジーセンター滞在記(4) ……21

イェール大学産業エコロジーセンター滞在記(5) ……22



りえ

当ててみよう！



可燃ごみ中の金属のゆくえ ……5

エコリュックサック ……9

プラスチックの添加剤 ……13

湿地の保全 ……17

当ててみよう！の答えと解説 ……23

循環・廃棄物のまめ知識



リンとバイオ燃料 ……7

廃棄物埋立地の覆土 ……11

カーボンフットプリント ……15



国際的な活動を中心とした対外活動の最近の状況

2008年4月7日号

もりぐち ゆういち
森口 祐一

センター長に着任して3年が経過しました。「環環」の編集担当者から示された「近況」欄の内容の例に、所信表明、会議出席の報告などとともに、センター長の1日、という項目があります。一言で言えば「外」に出る機会が多い毎日ですが、スケジュールの記録をもとに振り返ってみると、2007年度は、それ以前と比べて外に出る回数がとくに多い1年間でした。今回は対外活動の概要、とくに最近さらに増えつつある国際的活動についてご紹介します。

中央官庁が進める政策への助言のための審議会や検討会、他機関と共同で進める研究プロジェクトの打ち合わせの会議などの多くは、東京で開催されます。このため、東京に足を運ぶ回数が勢い多くなり、最近数年は、年間100日前後に達しています。最近の主な課題は、家電製品のリサイクル制度や循環型社会形成推進基本計画（循環基本計画）の見直しなどです。第2次循環基本計画は、3月25日に閣議決定されました。一方、2006年度からは、東京大学大学院新領域創成科学研究科の客員教授を兼務し、循環型社会創成学分野という名称の連携講座を担当しています。2007年度からは院生が配属になり、ゼミや会議で月に2〜3回、柏キャンパスに通っています。

一方、国際面では、国際学会や海外の機関との研究協力のほか、OECD（経済協力開発機構）、UNEP（国連環境計画）などの国際機関の活動にも参加しています。2008年は日本で7月にG8（先進8ヶ国）サミットが、またこれに先立ち、5月にG8環境大臣会合が開催されますが、それらに向けた国際活動への参加の機会も増えています。

G8の枠組みにおいて、日本は3Rイニシアティブを提案し（2004年シーアイランドサミット）、リデュース、リユース、リサイクルという3つのRや「もったいない」という言葉とともに、廃棄物問題に取り組んできた日本の経験を世界に発信しています。3Rイニシアティブでは、アジア地域での3Rをどのように進めるかが重要な課題の一つであり、各国ごとに循環型社会を構築し、廃棄物の不法な越境移動の防止を十分に行うこと、それを前提に国際的な資源循環を進めていくべきことなどが議論されてきました。循環型社会研究プログラムの中核プロジェクト4はこれと密接にかかわる研究です。

また、2003年のG8会合において、日本は物質フロー分析に関する国際共同研究を提案し、これに基づき、OECDに

おいて物質フロー分析と資源生産性に関する取り組みが行われてきました。資源生産性とは、少ない資源で大きな豊かさを生み出そうとする考え方を数値で表現したものです。2007年9月には、3年余りの活動の総決算となるセミナーが日本の環境省とOECDとの共催により東京で開催され、筆者は議長としてまとめ役を担いました。このグループでは、物質フロー分析に基づく指標の開発と政策への利用を中心的な検討課題としてきました。日本の循環基本計画に取り入れられてきた物質フロー指標や数値目標は、このOECDでの取り組みの一つの先進事例であり、逆に、最近数年のOECDでの検討成果は、第2次循環基本計画における物質フロー指標の拡充に反映されています。この分野では、日本の取り組みと世界での取り組み、研究者・専門家による手法開発と行政機関・国際機関における政策利用とが、相互に影響しあいながら進展しています。

また、2007年11月には、UNEPが事務局となって、「持続可能な資源管理に関する国際パネル（資源パネル）」が設立されました。資源パネルは、資源が環境から取り出され、材料や製品に加工され、寿命を終えて捨てられるまでの一連の過程における環境影響やその低減策についての科学的な知見を蓄積し、政策を支援する情報を提供すること、そうした能力を高めるための国際的な知識交流を深めていくことを目的としています。パネルは世界各地域から選ばれた20名の専門家で構成され、その1人として筆者も参加しています。今後、年に2回程度の会合が開催される見込みです。

こうした資源消費に伴う環境影響を考えるうえでは、アジア地域、とくに中国の経済発展による資源需要の急増が重要な意味を持っています。中国では2008年3月に、国家環境保護総局(SEPA)が環境保護部（部は日本の省にあたる）に昇格し、循環経済に関する法律の制定も進んでいます。日本の循環型社会と中国の循環経済とは、対象とする問題の範囲が多少異なりますが、「循環」という二文字を概念として共有できることの意義は大きいと感じています。先進国の一員として、アジア地域の一員として、日本の専門家の役割はますます重いものになることを肝に銘じつつ、今年度も微力を尽くす所存です。

リサイクル品の偽装・不適正表示問題

たさき ともひろ
田崎 智宏

2008年3月17日号

昨年、2007年を表す漢字は「偽」でした。「偽」が選ばれた理由には、1)相次ぐ食品偽装問題、2)政界に多くの偽り、3)老舗にも偽装が発覚、4)他にも多くの業界に「偽装」が目立った年、といった点が挙げられています。

しかし、不幸にも2008年に入っても「偽」の報道が続き、環境分野にも「偽」が拡がってきてしまいました。まず、年明け早々の1月8日に、古紙を40%利用することになっていた年賀はがきの一部で、実際には1~5%しか古紙が使われていなかったことが報道されました。同18日までには、年賀はがきだけでなく、コピー用紙など他の製品についても古紙配合率を偽っていたことを大手製紙5業者が認めました。例えばコピー用紙は、「グリーン購入法」(正式名称は、「国等による環境物品等の調達推進に関する法律」)に基づいて、古紙100%のコピー用紙を国等が使用することとなっていますが、古紙配合率が50%などと大幅に基準を満たさないものが存在することが分かりました。これを受けた日本製紙連合会による正会員企業38社の調査や、環境省と経済産業省による追加の実態調査の要請により行われた調査報告により、90年代からこのような偽装を始めた業者がいることなどが分かりました。3月7日にはさらに問題が広がり、ケナフやバガスなどの非木材パルプでも11社で配合率の偽装があったことが報道されました。現在、グリーン購入法の基準の見直しが進められており、グリーン購入法の対象品目や基準を検討する「特定調達品目検討会」が古紙配合率の基準のあり方等を議論・検討しているところです。

この間に、その他のエコ製品についても同様な不適正表示問題が発覚しました。リサイクル品ではありませんが、2月1日には某業者により、大豆油の最低含有基準を満たさない大豆油インキが出荷されたこと、「エコマーク」を貼付した新聞インキ等がエコマークの石油系溶剤やVOC(揮発性有機化合物)の含有基準を満たさないまま出荷されたことが発表されました。同8日には、文具用途の再生プラスチックについても不適正表示があることが判明しました。文具製品については、エコマークでは70%以上、グリーン購入法では40%以上の再生品利用を求めています。某業者の製造する再生プラスチックがこの基準を満たさないまま某文具製造業者に出荷され販売されていました。同29日には、

同様の問題がその他のプラスチック材料メーカー2社、再生プラスチックを用いた製品メーカー6社にあったことが分かり報道がされました。

さて、偽装を行うような企業への批判については、論を待つ必要はありませんので、ここでは繰り返しません。また、マスコミの報道などでは、盲目的に再生品配合率の向上を望んできた需要者側の問題も指摘されています。この点も、ある程度指摘通りですので、繰り返しません。

この一連の偽装・不適正表示問題から、少なくとも次の2つの課題に答えを見出していく必要があります。

まずは、再生品の配合率を何パーセントにするのが望ましいかという問題です。例えば、コピー用紙における100%という再生品利用基準には批判があります。むしろ70%程度の配合率にした方が環境負荷が小さくてすむといった意見です。この意見の妥当性はともかくとして、このようなことを明らかにする意義は、何のためにリサイクルを行うのかという問いに自ずと答えることになることです。環境負荷を低減しないリサイクルを回避して、意味のあるリサイクルを確保することにも繋がります。

もう一つは、リサイクル品に再生材料が使われているかをどのようにチェックするかという問題です。配合率の基準を引き下げたとしても、それより低い配合率で製品を作る方が経済的に利益が大きければ偽装が起きる可能性は残ります。常時チェックするかは別として、少なくともチェックできる手段を確立しておく必要があります。しかしこれは悩ましい問題です。リサイクル品のなかには、化学分析などで非リサイクル品と区別できないものや区別が難しいものがあります。特に再生品に高い品質を望む消費者が多いという現状では、自ずと区別しにくいものが多くなるかもしれません。かといって、何らかの識別物質を加えるのも費用増加につながり、リサイクル品の価格が高くなるのが懸念されます。このような場合は、リサイクルで回収された材料等がリサイクル品に使われたかという流れを情報で把握することも考える対策の一つですが、これも費用増加の懸念が残ります。リサイクルを推進させつつも、悪質な業者をリサイクル市場から排除できる有効な仕組みが現在、求められています。



ナノ材料とその廃棄物

きだ あきこ
貴田 晶子

2008年7月22日号

ナノテクノロジーは、基礎研究から応用研究を経て、私たちの生活に密着した様々な製品として実用化が進んでいます。現在の市場規模は2兆円ですが、2030年には10倍になると予想されています。

ナノは、ミリ(10^3)、マイクロ(10^6)、ナノ(10^9)、ピコ(10^{12})等、単位を表す接頭辞です。ナノ材料とは、ナノメートルの長さ(幅や直径)を持つ材料で、100ナノメートル以下の粒子から成る材料というのが一般的な定義です。原子が約0.1ナノメートルの大きさですから、100ナノメートルはおよそ1,000個の原子から成るということです。ナノ材料として代表的なものは、フラーレンやカーボンナノチューブ等の炭素系素材です。これまで堅い素材として使用されてきた金属材料は、鉄からアルミニウム、マグネシウム、チタンといった軽量金属に替わってきましたが、炭素系素材は更に軽い素材として有望なものです。酸やアルカリに耐えることも大きな利点です。

ナノ材料には、炭素系以外に銀や白金等の金属系、二酸化チタンやシリカなどの金属酸化物系があります。ナノ材料を利用した製品として具体的な例を以下に示します。生活に身近な製品は1,100商品にものぼっています。

<フラーレン、カーボンナノチューブ (CNT)、 カーボンナノファイバー (CNF)>
<ul style="list-style-type: none"> ・ゴルフのシャフト(反発性能向上、軽量) ・テニスラケット ・リチウムイオン電池 (CNF、導電添加剤) <p>※CNTは将来半導体としての利用が有望視されている。</p>
<酸化チタン、シリカ、ゼオライト等>
<ul style="list-style-type: none"> ・化粧品(紫外線カット) ・トナー ・自動車用塗料 ・衣服のしわ取りスプレー(型くずれ防止) ・冷蔵庫脱臭剤 ・空気清浄機、ルームエアコン ・スピーカー(振動板) ・骨再生材料(ハイドロオキシアパタイト) ・歯科用充填材(修復用)
<酸化亜鉛>
<ul style="list-style-type: none"> ・化粧品(紫外線カット)
<銀、白金、金属>
<ul style="list-style-type: none"> ・抗菌剤 ・磁気シールドシート ・化粧品 ・サプリメント(白金)

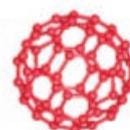
これら素材のうち、生産量が年間1,000トンを超える素材は、カーボンブラック、シリカ、二酸化チタン、ニッケルです。カーボンナノチューブ、フラーレン、銀は1トン以上とまだ大量に生産されていません。今後は増加することが見込まれている中、ナノ材料は安全なのか、という疑問もあります。それぞれの材料は、新たな化学物質というわけではありません。しかし、粒子が限りなく小さくなると、電気的性質や水溶性、材料同士の接着性、透過性等様々な性質が変化します。これが高機能製品の秘密です。食品や医薬品のナノ材料は口から入って、血管や細胞に吸収されやすくなります。それが良い効果を示すこともあれば、逆に悪い性質が発現することもあります。古くから知られたナノ材料のアスベストは、大量に吸入された30~50年後に中皮腫を発症させます。2008年2月に、カーボンナノチューブの腹腔内投与によってアスベスト(2007年9月3日号の「循環・廃棄物のけんきゅう」および「循環・廃棄物のまめ知識」を参照下さい)と同様に中皮腫が発生したことが報告されました。国際的にも日本(独立行政法人産業技術総合研究所や国立医薬品食品衛生研究所)でも精力的な毒性研究が進められていますが、緒についたばかりといえます。ナノ材料が社会的に受容されるために、国では省庁横断的な取り組みがなされています。毒性評価は今後の研究成果を待たねばなりません。その間に使用されたこれらの材料・製品は、アスベストよりも更にヒトの身近に使われていますので、一般廃棄物の中に混入する可能性が大きいと考えられます。製造過程、使用過程、廃棄過程それぞれで起こりうるリスクの管理方策が今後の課題と言えます。

詳しく知りたい方は、以下のサイトに最近の情報があります。

<http://www.meti.go.jp/report/data/g71009cj.html>

<http://www.meti.go.jp/report/data/g71009aj.html>

<http://unit.aist.go.jp/riss/crm/menu/nanoindex.htm>



フラーレン



カーボンナノチューブ

けんきゅう

家庭ごみからの金属回収可能性は？

じょん ちやんぶあん
鄭 昌煥

2008年4月21日号

私たちが日々使用する日常生活品を作るのに欠かせない物質の一つが金属資源です。日本は、そのほとんどを海外からの輸入に頼っています。特に、テレビやパソコン、携帯電話、自動車等のハイテク機器への使用量が増加している希少金属類は、ほぼ全量が海外からの輸入です。最近、テレビや新聞などをみると、自国に存在する資源は自国で管理・開発し、自国の資源に対する主権を確立しようとする動き、すなわち「資源ナショナリズム」という言葉がしばしば登場します。これが拡大していくと、資源を使う技術を持っていても、資源そのものを持たないで他国に頼っている国は「資源危機」にさらされることとなります。金属資源については、まさに日本がそのような資源危機にさらされる国といえます。

そこで重要になってきたのが、私たちの社会に存在する資源のリサイクルです。すなわち「ごみ」からの資源回収です。そこで、今回は私たちの日常生活から出るごみの中にどんな金属がどのくらい含まれているのか、またその金属は、ごみ処理の流れの中から資源として回収できるのかどうかについて考えてみたいと思います。

まず、私たちが出しているごみはどのように処理されているでしょうか。家庭から出るごみは、主に可燃ごみ（紙、プラスチック、衣類、木など）、不燃ごみ（金属類、ガラス類など）、資源ごみ（缶、ビン、PETボトルなど）、粗大ごみ（ラジカセ、電子レンジなどの家電製品、家具・寝具類）などに分けられ、収集されます。処理方法は、図1に示したようにごみの種類ごとに様々な選択肢があります。

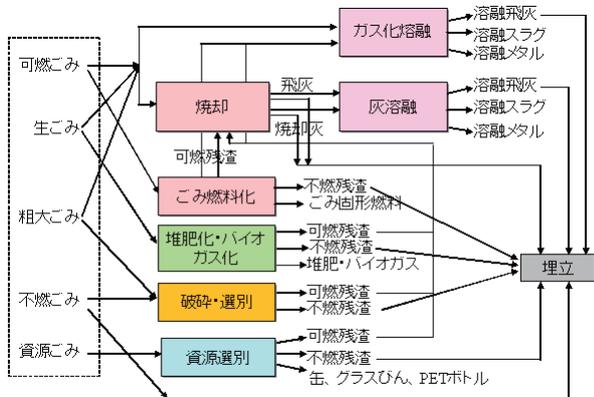


図1 ごみ処理フロー

それでは、これらのごみ中にはどのくらいの金属が含まれているでしょうか。各ごみ処理施設から発生する処理物中の金属量、例えば、可燃ごみを処理しているごみ燃料化(RDF化)施設のごみ燃料中の金属量を測ることにより、可燃ごみ中の金属量を推定することができます。同様に、生ごみの堆肥化施設から出る堆肥及び残渣中の金属量を測ることにより生ごみ中の金属量を、また、粗大ごみについては破砕施設の処理残渣から粗大ごみ中の金属量を推定することができます。このような方法で、家庭ごみに含まれる金属の種類と量を推定した結果が図2です。

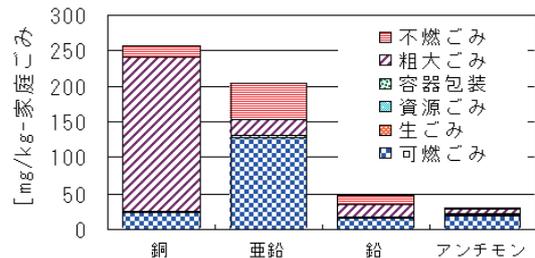
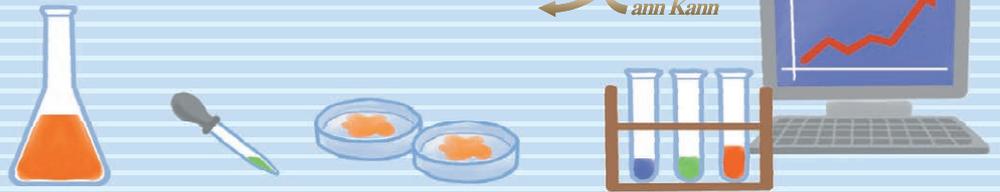


図2 家電ごみ中の金属量

家庭ごみ中に一番多く含まれる銅は、粗大ごみ中に非常に多く含まれています。廃家電製品は粗大ごみとして処理されますが、中に含まれる電子基板には鉛、銅、亜鉛等のベース金属や金、銀等の貴金属類、インジウム、ガリウム等の希少金属類が多く使われています(2007年11月5日号「愛用パソコン、パソ子のゆくえ」「基盤と貴金属」参照)。粗大ごみ中に多くの金属が含まれているのは廃家電製品に由来していると考えられます。次に多い亜鉛は、可燃ごみ中に意外と多く含まれています。まず、酸化亜鉛が様々なゴム製品に使用されています。天然ゴムのままでは必要な弾性や強度が出ないので、これに炭素や硫黄が配合されますが、その際、酸化亜鉛が反応促進剤として使われているのです。また、亜鉛は、紫外線をカットするUVケア化粧品やサンスクリーン、白色顔料、カメラのフィルム、印刷用インクにも使われています。このように、亜鉛は、様々な日常生活品に幅広く使用されるので、可燃ごみ中に多く含まれています。鉛は、鉛蓄電池が主用途ですが、一部は塗料やプラスチック等に色を付ける顔料等にも利用されます。このため、可燃ごみや粗大ごみ等に含まれています。現在、有害



性の面から鉛を用いないものへの置き換えが進められているので、ごみ中の鉛の量は徐々に減っていくと期待されます。アンチモンはプラスチックの難燃剤として主に使用されています。可燃ごみ中にアンチモンが高いのは、プラスチック製品が多く含まれているのが原因だと考えられます。

では、これらのごみ中の金属は資源として回収可能でしょうか。実際には、低濃度で様々な製品に含まれている金属を、一旦捨てられた製品（ごみ）から回収することは技術的にも経済的にも困難です。しかし、様々な製品に少しずつ入っている金属がどこかに濃縮されれば、又は金属が多く使われた製品を選択的に他のごみと分けて収集できれば、十分資源として回収可能です。このような濃縮プロセスの例として、図1中の灰溶融・ガス化溶融処理が注目されます。溶融処理では、ごみ中の低濃度の金属が処理残渣（溶融飛灰）に濃縮され、その含有量は金属鉱石に匹敵するほど高いものです。また、先に説明した通り家電製品中の電子基板には鉛、銅、亜鉛等のベース金属やハイテク産業に不可欠な物質である希少金属類等の有用金属が多

く含まれています。近年、このような有用金属が高濃度で含まれている溶融飛灰や電子基板等は「都市鉱山」と呼ばれ、新たな資源として注目を浴びています。

国立環境研究所では、資源安全保障の観点からの循環技術システムとして、「都市鉱山」からの金属回収の可能性について、物質フローや回収技術の開発・評価に関する研究に取り組んでいます。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. Jung, C.H., et al.: Flow analysis of metals in municipal solid waste management system, Waste Management, 26, pp.1337-1348, 2006



2008年4月21日号

当ててみよう!

【可燃ごみ中の金属のゆくえ】

さかなくら ひろふみ
肴倉 宏史

Q 問題

可燃ごみの中には銅、亜鉛、鉛などの金属が微量ながらも含まれていますが、可燃ごみを焼却処理すると、これらの金属の多くはどのようなようになりますか？

- ① 焼却時に分解消滅
- ② 焼却灰等から資源として回収
- ③ 焼却灰等として埋立
- ④ 行方不明

答えは23ページへ

排水からリン資源を回収するシステム

こんどう たかし
近藤 貴志

2008年5月26日号



私たち日本人は、食料・エネルギー等の多くを外国から輸入して生活をしています。昨今の食品問題等もあって、輸入に依存する生活からの脱却を目指す動きも高まってきていますし、食料自給率の向上、地産地消といったことをテレビ・雑誌で目にする機会が多くなっています。日本の食料自給率は約40%であり、先進諸外国に比べて低いのが現状です。しかし、この食料自給率は、日本国内の食料生産量から求められていて、肥料に関しては考慮されていません。つまり、実際は肥料成分の多くを輸入に依存しているので、食料に関する我が国の自立度合いはさらに低いと言えます。

さて、3大肥料（窒素、リン、カリウム）の中のひとつであるリンは、農業のみならず産業等においても重要な資源ですが、枯渇が懸念されている資源であり、人口の増加や資源作物（食用ではなくエネルギー源や製品材料とすることを主目的に栽培される植物）の増産等の状況を踏まえると極めて重要な物質です。日本は、全てのリンを輸入に依存していますが、例えば、世界各国に対してリン鉱石の安定供給を続けてきたアメリカは、資源保護を理由に1996年以降事実上輸出を禁止しています。

このように、資源として重要なリンですが、湖沼や内湾などの水質の汚れの原因という面も持っています。湖沼・内湾等の閉鎖性水域での富栄養化は未だ顕在化していて、水環境の再生が大きな課題となっています。これを解決するには、生活排水からのリンの排出削減等の高度処理化が重要な位置づけにあります。

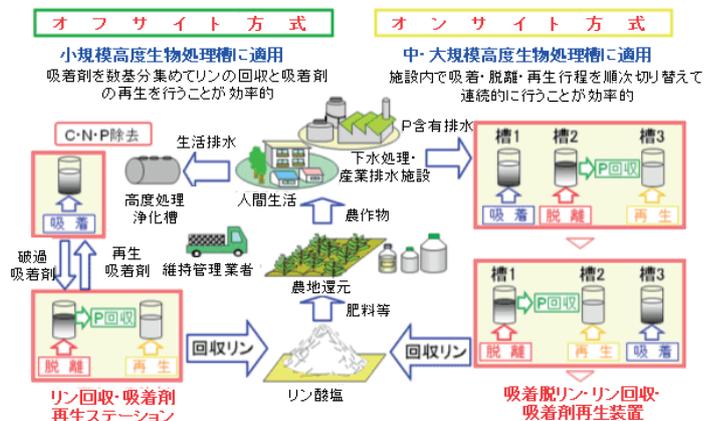
日本におけるリンの収支をみると、1998年には、飼料や食料、水産物、石油・石炭などの輸入品目に含まれるリンも合わせて、68.3万トンのリンを輸入しています。このうち、13.8万トンを河川等の水域へ排出しています。この量はリン鉱石、リン酸アンモニウム（リン安）の輸入量23.4万トンの約60%に相当します。また、生活排水として排出されるリン量（1人1日1グラム）は、人口1億2千6百万人では年間4.38万トンとなり、リン鉱石、リン安の輸入リン量の約20%に相当します。

そこで私たちは、吸着脱リン法という方法を使って、生活排水から汚濁物質であるリンを除去するだけでなく、資源として循環させる技術の開発を目的として研究を

行っています。吸着脱リン法は、イオン交換によるリン吸着性能を有するジルコニウム系吸着剤で、下水処理場、浄化槽、し尿処理場、工場排水等の処理水に含まれる溶存性のリンを吸着除去する方法です。吸着されたリンはアルカリ溶液を用いて吸着剤から脱離させることができ、リン脱離後の吸着剤は再利用できます。また、リンを脱離した液中には高濃度のリンが含まれており、この脱離液からリンを回収することができます。そこで、個別の世帯に設けられる分散型の排水処理施設である浄化槽に対しては、浄化槽に吸着脱リン装置を設置し、定期的に吸着剤を回収し、再生・脱離工程をステーションにおいて集約的に行うシステム（オフサイト型システム）、集中型の下水処理場等においては、吸着剤の再生・リンの脱離工程をその場で行うシステム（オンサイト型システム）の両システムを想定したシステム開発をしています。

例えば、オフサイト型システムでは、生活排水中のリンに対する除去特性を調査するため、30基の家庭用浄化槽（有機物・窒素除去）の後ろに吸着脱リン装置を設置し、浄化槽の処理水中のリン濃度の測定を行いました。その結果、吸着脱リン装置を設置することで、リンを効果的に除去できることがわかりました。また、使用した吸着剤から水酸化ナトリウム溶液でリンを脱離させた後、溶液を濃縮して、リン酸ナトリウムを回収することができています。この回収されたリンを肥料として使用しても、発芽および生育への支障は認められず、生活排水から回収したリンを肥料として有効活用可能であることも確認できています。

また、オンサイト型システムでは、国立環境研究所バイ



環境低負荷、資源循環型の社会構築のためのオンサイト・オフサイト方式によるリン除去・資源化システム



オ・エコエンジニアリング研究施設にリン吸着塔3基を設置して、リン吸着・リン脱離・吸着剤再生を切り替えて運転可能なシステムを構築しました。このシステムを利用して、畜産排水や産業排水等を想定したリンの除去・回収資源化試験を行いました。その結果、排水のリン濃度に合わせて、吸着塔を連結させることで、吸着剤の性能を最大限に活用する運転方法を確立しました。

このように吸着脱リン法を用いて生活排水・産業排水等からリンを除去・回収資源化する技術は確立されつつあります。また、私たちは、この吸着脱リン法を様々な排水に適用する技術の開発や、鉄電極を使って溶出した鉄とリンを結合させてリンを除去する鉄電解脱リン法、リンを蓄積する微生物を利用してリンを除去する生物脱リン法などのリンを除去するシステムからリンを回収する技術の開発も行っています。

▶ 関連記事: 地域を単位とした水・物質循環システムの再構築を (2007年3月19日)

くもっと専門的に知りたい人は>

1. 手塚和彦ら: わが国における窒素・リンの循環とその収支、*用水と廃水*、44(7)、pp.13-20、2002.
2. 蛭江美孝ら: リン回収技術の現状と将来展望、再生と利用、30(117)、pp.6-10、2007.
3. 近藤貴志ら: On-Site型リン除去・回収プロセスを用いたリン資源回収システムの最適化、第42回日本水環境学会年会講演集、p.88、2008.



循環・廃棄物の

まめ知識

【リンとバイオ燃料】

えびえ よしたか
蛭江 美孝



2008年5月26日号

リンは私たち人間にとって必須な物質ですが、通常の食事で十分に摂取できていますので、普段、気にする人はいないでしょう。生体内のリンは体重の1%程度を占めていて、エネルギー反応など行うATP(アデノシン三リン酸)、骨や歯を形成するリン酸カルシウムのほか、DNAの構成要素にもなっています。

リンは農業にとっても重要な物質で、植物の3大栄養素(窒素、リン、カリウム)のひとつです。近年、急激に注目を集めている資源作物は私たちが食べるためではなく、バイオエネルギーを生産するための作物です。植物は太陽エネルギーを使って光合成により二酸化炭素を植物体に変換して成長しますので、このような植物を原料としたエネルギーは確かに再生可能なエネルギーではありますが、実際には植物を育てるには大量の水と多くの肥料が必要です。生ごみや建設発生木材などの廃棄物系バイオマスからのエネルギー生産とは異なり、大豆やサトウキビ、トウモロコシなどを原料としたバイオ

ディーゼルやバイオエタノール(自動車燃料)の生産については、リン肥料などの農業生産に必要な要素が無限に供給されるわけではないということにも留意する必要があります。

ところで、我が国のリン鉱石埋蔵量は残念ながら0トンです。しかも、石油などと同じように、世界のリン価格もリン資源の枯渇に伴って上昇していきはらずです。もちろん、リン鉱石の採掘にかかるコストを大幅に削減可能な採掘技術が開発されれば、実質的なリン資源量は増加しますが、リンの消費や採掘技術が現状のまま推移すると、90年程度で埋蔵量を使い切ってしまうといわれています。

このような状況を考えると、リン鉱石を持たない我が国にとって、排水や廃棄物に含まれるリンも貴重な資源として回収・利用していくことが必要であるといえます。



中古家電（テレビ）の海外リユースと環境問題

よしだ あや
吉田 綾

2008年6月9日号

家庭で眠っている、捨てるのにはもったいない洋服や雑貨、家電製品などを売ることができるリサイクルショップ、フリーマーケットなどは、私たちの生活のなかで、より身近な存在になってきました。実は、日本で使われた家電製品やパソコンは、日本に限らず、海外の中古市場でもリユースされています。しかし、海外でのリユースについては、廃棄物のようなものが輸出先で解体処理されて環境を汚染しているのではないかという否定的な意見もあります。海外での修理・使用・廃棄などの実態がわからないため、日本からの中古家電輸出の是非を論じるためには、実際に現地へ赴いて調べる必要があります。今回は、2007年末から2008年2月にかけて、私たちが日本からフィリピンへ輸出された中古テレビについて調べた結果をご紹介します。

まず、海外へ輸出される中古品には、家庭で使われたものの他に、ホテルや病院、会社等で使われたものがあります。排出者から、回収業者（収集運搬業者）や中古品を売買する業者を経由して、輸出業者へ渡ります。

写真1は、中古テレビをコンテナに積載している状況ですが、新品とは異なり、箱には入れられていません。ブラウン管画面は段ボールで簡単に保護され、輸送途中で崩れて壊れることのないよう、隙間なく積まれています。長さ40フィートのコンテナ（容積67m³）に積まれるテレビの台数は、サイズによって異なりますが、平均800～1,300台程度です。積載後は国内輸送（半日）、国内港での保管（約3日）、海上輸送（約10日）を経て、最短約2週間でフィリピンに到着します。



写真1 コンテナに積載された中古テレビ

到着したコンテナは、輸入業者の倉庫で開封されます。今回調査したコンテナを調べたところ、輸入中古テレビの製造年は、最も古いもので1988年、最も新しいものは2005年であり、数量としては1997～2000年に製造されたものが約半分を占めていました。この輸入業者は

ナから積み出した後、全体の約3割（293台）を直接、他の業者に売却しています。残りの製品575台のうち、外装のひび割れなどの破損が見られたのは16台でした。したがって、フィリピン到着時の（外装）破損率は3%程度と考えられました。売却されなかったテレビは、この輸入業者が修理をして販売しています。

修理の工程では、まず、外観が破損しているものについては、接着剤でキズをふさぎ塗装するなどして、修理します。ブラウン管の表面にキズがある場合は研磨します。破損がないテレビについては、通電検査を行います。この検査で、電源が入らないものや画面が写らないものについては、基板の修理・部品の交換などを行います。フィリピンと日本では電圧が異なります。また、日本のチューナーではフィリピンの番組が受信できないため、日本から輸入されたテレビは全て、変圧器の取り付けとチューナーの改造（または交換）の修理が必要です。通電検査で画面が映らないなどの異常が見られたものは、14インチの場合は40%程度、サイズが大きくなるほど故障率が高くなる傾向があるようでした。

では、このような中古テレビはどのような人々が購入しているのでしょうか。マニラ首都圏9箇所の中古販売店において、中古家電等を購入した（または購入予定）の消費者（約100名）を対象として、アンケート調査を行いました。2000年におけるフィリピン（都市部）の平均年収20万ペソ（約54万円）を下回る収入の人は、回答者の7割以上を占めました。中古テレビを購入する理由は、「安価」を理由にあげる人が約8割を占め、使用期間については、「修理できなくなるまで」を選んだ人が約45%、次いで「手頃な価格の製品が出るまで」「修理を必要とするまで」「気に入った製品ができるまで」という回答が多い結果となりました。推定使用年数は「5年」という回答が最も多く、それ以上（6～10年）を選択した回答とあわせると65%を超えていました。これらの結果から、日本の中古テレビは、フィリピンの低所得世帯を中心に購入され、修理できなくなるまで、繰り返し修理されて使用されることが分かりました。

最後に、使えなくなったテレビがどのように廃棄・処理されているかについて見てみましょう。廃棄製品や修理で交換した部品などは、鉄、銅、基板、プラスチックなど素材ごとに分けられ、資源回収業者に売却されます。プラスチックくずの一部は国内でリサイクルされますが、破碎して中国へ輸出されるものもあります。基板は、貴金属が含有している部分を王水に浸けて貴金属を回収してしま



た。最終処分場では、細い電線・ワイヤーを野焼きして銅を回収していました（写真2）。また、ブラウン管ガラスをハンマーで砕き、金属を回収していました。砕いたガラスも回収される場合があるようですが、価値が低いためそのまま放置されることもあるようでした。このように、使用済みの製品から有価金属・資源は回収されていますが、処理工程において有害物質が人体に与える影響、環境中への排出が懸念されました。

日本の中古市場では売れない8～14年前のテレビが、フィリピンで修理されて、引き続き使用されることは、フィリピン国内の新品テレビの需要を代替するという意味で、新品の製造過程の環境負荷削減につながりま

す。しかし、その一方で、製品の処理やリサイクルが不適切な方法で行われれば、結果として環境を汚染するおそれがあります。しかし、この処理・リサイクルに伴う環境汚染は、日本の中古品に限らず、新品の製品についても考慮すべき問題です。

アジアの発展途上国では、経済的にも技術的にも適正な廃棄物処理・リサイクルの実施がまだ十分ではありません。中核研究プロジェクト4では、引き続き、アジア各国での資源循環や廃棄物処理に関する現状を把握し、途上国に適合した技術システムの開発を進めていきたいと考えています。



写真2 マニラ首都圏のSavior Dumpsiteで銅線を焼く子供たち

<もっと専門的に知りたい人は>

1. 寺園淳ほか：平成19年度廃棄物処理等科学研究 研究報告書「アジア地域における廃電気電子機器と廃プラスチックの資源循環システムの解析」、2008年



当ててみよう!

【エコリュックサック】

なかじま けんいち
中島 謙一

2008年6月9日号

Q
問題

テレビには、鉄やアルミなど、多くの材料が使われています。実は、この材料を作るためにも、たくさんの資源が必要で、さらにそれを採取するためにも膨大な物質が掘り起こされ動かされています。これらの物質の総量をエコリュックサックと言いますが、以下の各材料1トンが背負っているエコリュックサックのうち最も大きいのはどれでしょうか？

- ① 鉄 ② アルミニウム ③ 金 ④ プラスチック

答えは23ページへ

廃棄物埋立地の透水性と安定化

あさくら ひろし
朝倉 宏

2008年6月23日号

埋立地に雨水が浸透すると、廃棄物からいろいろなものが溶け込んで浸出水（汚水）が発生します。浸出水が埋立地外に流れ出たり、地下水に到達したりすると、周辺の環境を汚染してしまいます。そのため、埋立地は遮水シートなどによって周辺と区切られており、これによって浸出水を周囲に漏らさず、集めて処理施設に送ることが出来ます。

さて、埋立地からの汚水はいつまで発生するのでしょうか。埋立地内部の廃棄物は、有機物の分解、塩類や重金属等の洗い出し（埋立地の外に出る）や不溶化（埋立地の中に閉じ込める）によって安定化していきます。安定化の定義には諸説がありますが、ここでは、埋め立てた廃棄物に含まれているものが分解したり、溶け出たりすることがほとんど終了した状態だと考えます。この状態になると、雨水が浸透しても汚水が発生しなくなるので、埋立地の管理が必要なくなります。埋立地の管理をやめることを「廃止」と言います。ただ、廃止までに必要な時間は実はよく分かっておらず、数十年とも、数百年とも言われています。一方で、埋立地の安全を保つ遮水シートの寿命は、場合によっては数十年ともいわれています。

そこで、私たちは、廃棄物を埋めてただじっと待つのではなく、埋立地は一代（20～30年）で安定化が完了するように管理すべき、という方向性を打ち出しました。これを達成するためには、「入れる物（廃棄物）の品質向上」、「入れ物（埋立地構造）の強化」、「入れ方（埋め方）の改善」が必要と考えています。

ここでは、「入れ方（埋め方）の改善」について紹介します。

埋め立てた廃棄物に含まれる有機物の微生物分解は、酸素が十分に存在する好気性の状態の方が、酸素が無い嫌気性の状態よりも非常に速く進みます。そこで、日本の埋立地は酸素が含まれる大気が外から自然に流入する仕組みになっています。しかし、水はけの悪い（透水性が低い）覆土をしたり、汚泥を埋めたりして、埋立地の中に水溜まり（帯水層）が出来ると、水によって蓋をされた状態になり、それより下に酸素が侵入できなくなり、期待していた好気性分解が起こりません。よって、覆土と埋立廃棄物の透水性が高くなるように、入れ方を改善する必要があるわけです。以下では、私たちが行った実験について簡単に紹介します。

■覆土の透水性向上

実験では、2本の模擬埋立実験槽（ライシメータ）を作りました。このライシメータには、下から覆土、廃棄物試料（建設廃棄物など）、最上部に下部と同じ覆土が充填されています（図1）。そして、上から人工的に雨を降らせました。覆土は、透水性が高いもの（ライシメータ1、以後LM1）と低いもの（ライシメータ2、以後LM2）を使いました。このライシメータからは、充填層内の水、下から排出される浸出水と、層内ガスが採取できるようになっています。

しばらく実験を続けると、LM1の層内には十分に酸素が供給されたものの、LM2では覆土に水が溜まり、層内の酸素が不足するようになりました（図2）。層内水の有機物濃度の減少は、LM2に比べてLM1では格段に速くなり、覆土の透水性を向上させると、廃棄物の安定化が早まることを示しています（図3）。

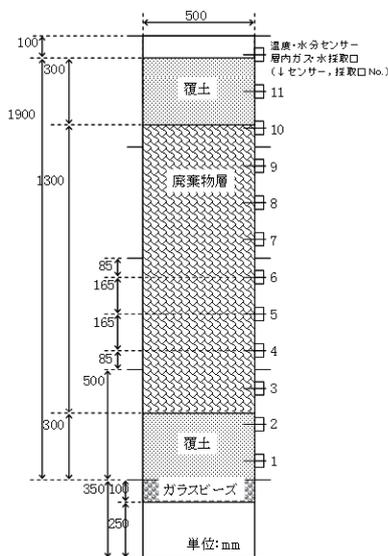


図1 ライシメータ概要

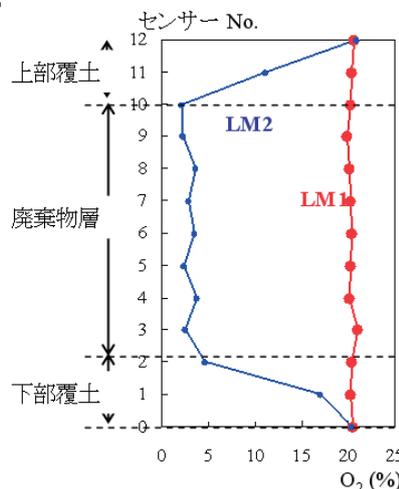


図2 高さ方向の層内酸素濃度（100日目）

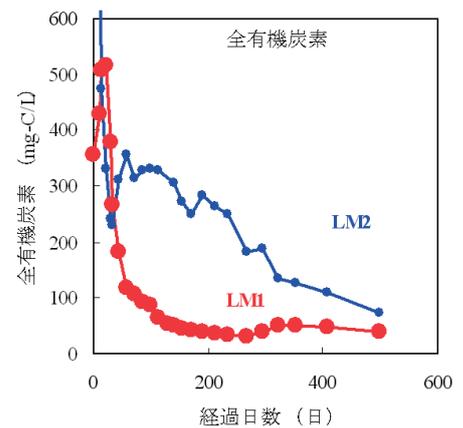


図3 層内水の有機物濃度の変化



■埋立廃棄物の透水係数

単独で埋めると透水性が低い汚泥は、他の廃棄物と混合することによって透水性を向上させることができます。図4に、汚泥にスラグを混合させたときに、埋立層へ酸素が侵入する深さを推算したものを示します。埋立層内は、周囲に比べて温度が高くなる場合があります。0、10および20℃だけ層内温度が高い場合について計算しました。汚泥にスラグを75%程度混合すると、侵入深さが桁違いに向上することが分かります。

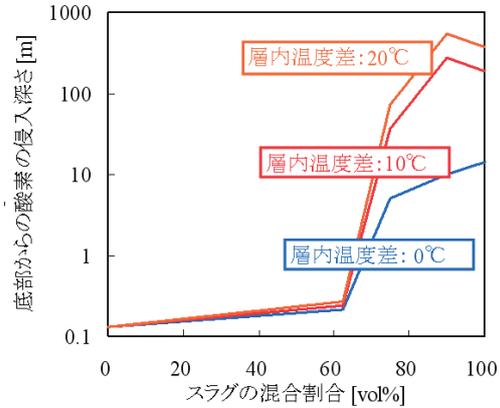


図4 スラグの混合割合と酸素の侵入深さ

＜もっと専門的に知りたい人は＞

1. Asakura, H. et al.: Effect of hydraulic conductivity on stabilization of landfill layer of industrial solid waste, Sardinia 2007, CD-ROM, 2007

循環・廃棄物の

まめ知識

【廃棄物埋立地の覆土】

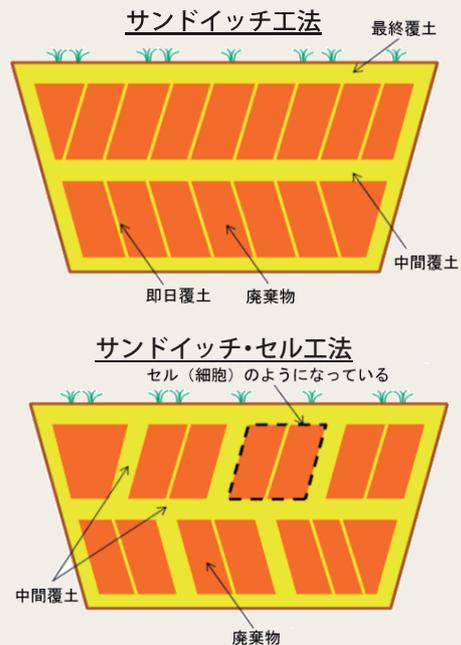
えんどう まさと
遠藤 正人



2008年6月23日号

廃棄物を地面に埋め立てたあと、そのごみが飛び散ったり、蚊やハエなどが発生したり、悪臭が生じないように土をかぶせます。これを覆土といえます。この作業が必要なことは法律で決まっています。どの処分場でも行われています。覆土のやり方には3種類あります。一つ目は、即日覆土と呼ばれ、その日の埋め立て作業が終わったらすぐに土をかぶせる覆土です。即日覆土は、かぶせる厚みが薄くても構いません。二つ目は中間覆土と呼ばれる覆土で、ごみを2~3メートル積み上げるごとに約50センチメートルの土によって廃棄物を覆います。三つ目は、最終覆土と呼ばれる覆土で、予定していた廃棄物の埋め立てが全て終了したら、埋め立てられた廃棄物が露出しないように約50センチメートル以上の土もしくは砂によって埋立地全体を覆って整地します。この状態になると、見ただけでは処分場とは思えないような、きれいに整備された土地になります。二つ目に紹介した中間覆土を設置する方法には2種類あり、埋め立てられた廃棄物に蓋をする感じで、水平に設置する場合と、ある一定の日数毎に埋め立てられた廃棄物を、完全に覆ってしまうように設置場合があります。前者をサンドイッチ工法（覆土で廃棄物をサンドイッチ状にし

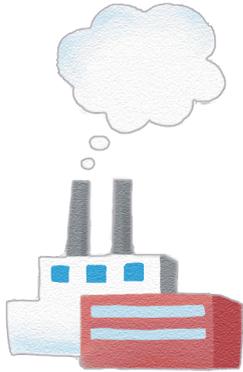
ているため）、後者をサンドイッチ・セル工法（サンドイッチに加えて、廃棄物を細胞（セル）のように包み込むため）と呼んでいます。皆さんも埋立地を見学する機会があれば、埋め立てられた廃棄物が土で覆われている様子を見ることができます。



臭素化ダイオキシン類の発生源としての難燃剤

かじわら なつこ
梶原 夏子

2008年8月25日号



2007年9月18日号の「当ててみよう！」で紹介しましたように、1990年代後半から廃棄物の焼却によるダイオキシン類の発生が問題となり、現在に至るまで国が中心となってダイオキシン類対策の強化が進められてきました。ここで言うダイオキシン類とは正確には

「塩素化」ダイオキシン類を指しており、2個のベンゼン環のいずれかの水素原子が塩素原子(Cl)に置き換わった構造を持っています。今回は、塩素化ダイオキシン類の塩素の部分に臭素(Br)に置き換わった構造をもつ「臭素化」ダイオキシン類の生成についてお話ししたいと思います。

臭素化ダイオキシン類には、「ポリ臭素化ダイオキシン」と「ポリ臭素化ジベンゾフラン」があり、それぞれ75種類および135種類の物質の総称です。塩素化ダイオキシン類は難分解性で生物への蓄積性が高いことに加え、発がん性や催奇形性などの毒性を示すことから社会問題になったわけですが、臭素化ダイオキシン類も同様の特徴を持つと考えられています。近年、大気や土壌、生物中から臭素化ダイオキシン類の検出が報告されていることを受け、その発生源の特定や排出量の削減、毒性影響について研究が進められています。

そこで私たちは、臭素化ダイオキシン類の発生源の一つとして臭素系難燃剤の光分解に着目し、プラスチック中の臭素系難燃剤が太陽の光に照らされるとどのような変化を生じるのか、臭素化ダイオキシン類を生成しないのかどうか、ということを一年間かけて実験的に調べましたのでここで紹介したいと思います。難燃剤については、これまでも2006年12月18日号「ハウスダスト研究(ほこりの研究)」や2007年9月18日号「はかる」ことを評価する」で取り上げてきたとおり、火災の延焼を遅らせることを目的にテレビやパソコンのケーシング(外箱)、カーテンやじゅうたんなどの繊維製品、車の内装品、建物の断熱材などに幅広く添加されているものです。臭素系、リン系、無機系など様々な難燃剤が生産されていますが、ここではデカプロモジフェニルエーテル製剤という臭素系難燃剤を取り上げます。デカプロモジフェニルエーテル製剤の主成

分は臭素原子が10個ついたBDE209という物質です。その他にも臭素原子が9個以下の異性体も少量含まれており、これら物質をまとめてポリ臭素化ジフェニルエーテル類(PBDEs)と呼びます。

実験では、細かく砕いたテレビケーシング試料を太陽光に暴露させ、一定期間経過後の試料中のPBDEsと臭素化ダイオキシン類の量を測定しました。224日間実験を続けた結果、臭素化ダイオキシン類のうち冒頭に触れたポリ臭素化ジベンゾフラン(PBDFs)とよばれる物質群の量が太陽に暴露させた期間が長いほど増加することがわかりました(図1)。同時に行った別の実験から、プラスチック中のBDE209は太陽光により比較的速やかに分解されることがわかっていますので、今回の結果と合わせて考えると、テレビケーシングに添加されたデカプロモジフェニルエーテル製剤由来のBDE209は光分解し、BDE209より毒性の高いPBDFsを生成していると言えます。図2に示すように、BDE209の二つの臭素原子が外れると、PBDFsの一つで

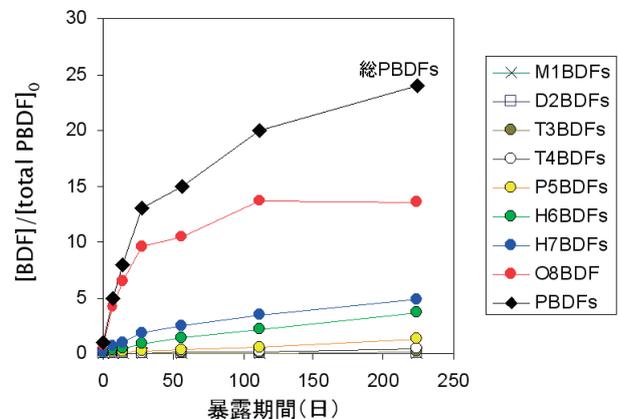


図1 テレビケーシング中におけるPBDFsの生成

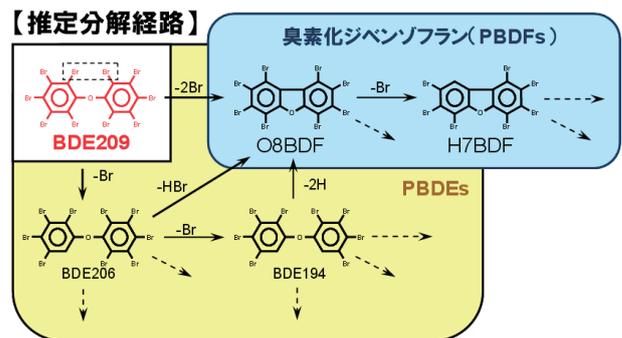


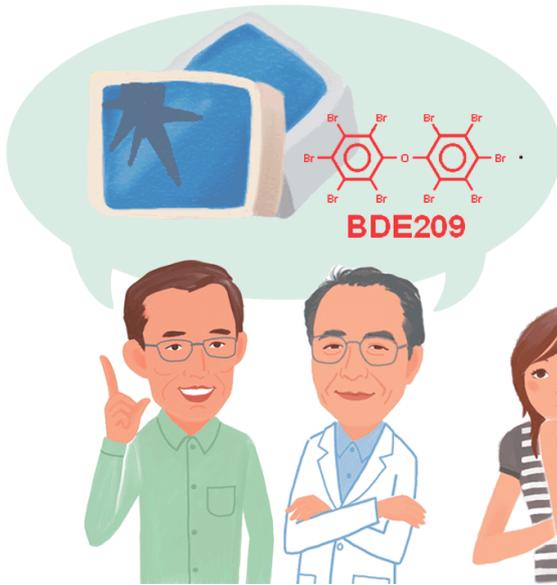
図2 BDE209の推定分解経路



ある臭素原子を8個持つオクタジベンゾフラン (O8BDF) が生成します。また、BDE209から臭素原子が一つ外れると別のPBDEが生成されます。このようにして、O8BDFや他のPBDEから臭素原子や水素原子が外れることで様々なPBDFsやPBDEsが次々に生成されると考えられます。BDE209の分解に伴ってPBDFsの生成は続くと考えられま

すので、テレビケーシングなど高濃度にBDE209を含む難燃化製品は長期的にPBDFsを生成し、室内空気やハウスダスト中PBDFsの汚染源となることが予想されます。

国内では、2011年の地上デジタル放送開始に伴い、年間1,000万台程度のブラウン管テレビが家電ごみとして排出されるとの推計があります。廃テレビのケーシングにはBDE209が含まれている可能性が十分考えられますので、リサイクルする際に注意が必要かもしれません。また最近では、途上国に集められた電気・電子機器廃棄物 (E-waste) に含まれる臭素系難燃剤が処理過程で環境中に放出していることが心配されるなど、臭素系難燃剤を含む製品の取り扱いが国際的にも重要な課題となっています。



<もっと専門的に知りたい人は>

1. Kajiwara, N., et al.: Photolysis studies of technical decabromodiphenyl ether (DecaBDE) and ethane (DeBDethane) in plastics under natural sunlight. Environmental Science & Technology 42, pp.4404-4409, 2008.



当ててみよう!

【プラスチックの添加剤】

こせともひろ
小瀬 知洋

2008年8月25日号

Q
問題

次のうち、プラスチック製品の性能向上のために用いられる添加剤でないのはどれでしょうか？

- ① ポリ臭素化ジフェニルエーテル類 (PBDEs)
- ② フタル酸エステル類
- ③ 有機リン酸エステル (OPEs)
- ④ 臭素化ダイオキシン類 (PBDD/DFs)

答えは23ページへ

モノの循環における『動脈静脈連携』

いなば ろくた
稲葉 陸太

2008年9月8日号

■血液とモノの循環・動脈・静脈

「循環型社会」とは、モノが一方に流れて無駄に使われるのではなく、できるだけ環のようにめぐって効率よく使われるような社会です。循環型社会の担い手には、消費者と生産者がいます。消費者は環境負荷が少ないものやリサイクルがしやすいものを選択することで貢献することができます。カーボンフットプリントのようなエコラベルによる環境負荷の見える化は、その支援策の一つとなるでしょう。一方、生産者は技術を改善して使用する原料を少なくしたり、発生する廃棄物や環境負荷を減らしたりします。この記事では、生産者の取り組みである「動脈静脈連携」を紹介します。

社会におけるモノの流れも、生き物の血液の流れになぞらえて、「動脈」「静脈」と呼ばれることがあります。資源が採掘され、原料・製品が生産され、お店まで流通し、私たちの手に製品が届くまでが「動脈」です。一方、私たちがモノを消費した後にごみとして分別・排出し、これを市町村や事業者が収集・運搬し、再使用（リユース）もしくは再生利用（リサイクル）して、再び動脈に戻るような流れが「静脈」です。エネルギー回収を含めても良いでしょう。

血液の流れは、主に心臓の圧力によって生み出されます。動脈の血液は心臓の圧力で押し出されて勢いよく流れます。一方、静脈の血液は圧力が低いので逆流を防ぐための弁が備わっていたりします。

モノの流れは、主に消費の欲望によって生み出されます。動脈のモノは消費の欲望に引っ張られて勢いよく流れます。一方、静脈のモノ（循環資源）は消費活動によって発生しますが、品質や価格の面でこれに対する消費欲はそれほど強くないのが現状です。品質や価格面で引っ張る力が無くなると血流＝物流が止まったりする恐れがあります。また、血管＝流通ルートがしっかりしていないと外に漏れ出すこともあります。これらの事態はごみの不法投棄をもたらす危険性もはらんでいます。

■モノの循環における「動脈静脈連携」

それでは、どうしたらモノがうまく循環するのでしょうか。どうしたら静脈のモノがうまく流れるのでしょうか。上述のように、静脈工程にはごみの再使用、再生利用、およびエネルギー回収が含まれます。静脈工程はモノの有効利用という意味で期待されますが、現時点では、エネルギー消費、環境負荷排出およびコストの面で課題が多いのも事実です。その理由としては、例えば、様々なモノが混在した

廃棄物を扱うため動脈工程に比べて効率が低いこと、安全性を確保するために排ガス・排水処理等の設備が動脈工程より余計に必要であること等があります。

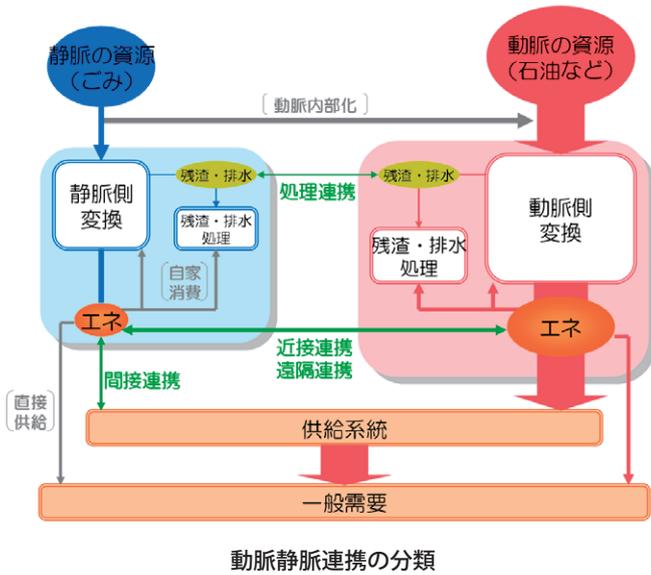
一方、動脈工程は静脈工程に比べて歴史があり、長い年月をかけて進歩し続けてきました。そのため、それぞれの工程が生き物の内臓のように結び付いたシステムもあります。石油化学工業や製鉄・製鋼業においてよく見られる光景です。そこでは、資源やエネルギーを徹底利用したり、不要となった残さ・排水・排ガスの処理を工程同士で共有したりするなど、高効率な連携によって資源・エネルギーやコストの削減を実現しているのです。

静脈工程にとって、このような連携による効率化を見習わない手はありません。静脈工程と動脈工程が何らかの形で結び付き、両工程を合わせたシステム全体としての高効率化を図ってはどうか。私たちは、これを「動脈静脈連携」と呼ぶことにしています。具体的には、静脈工程と動脈工程がモノやエネルギーを互いに利用しあったり、不要となった残さ・排水・排ガスを共同で処理したりして、資源・エネルギー消費やコストの削減を目指すものです。資源・エネルギーの削減は、それらの供給と利用に伴うCO₂排出量も削減することになります。

■動脈静脈連携の分類

動脈静脈連携では、「動脈の施設に対する静脈の施設の位置」「資源・エネルギーの連携の有無」「資源・エネルギーフローの方向」「処理の連携の有無」等が重要です。これらに留意して、エネルギー回収を例として、動脈静脈連携の形態を分類すると図のようになります。左側が静脈の施設（例えば、ごみ発電施設）、右側が動脈の施設（例えば、通常の発電施設）を表しており、いずれの施設にも資源をエネルギーに変換する工程と、残さ・排水の処理工程があります。緑色の矢印が連携の様子を表しています。

これまで述べたように、一口に動脈静脈連携と言っても、色々なタイプが考えられます。元々の目的である「システムの効率化による資源・エネルギーやコストの削減」の達成は、対象となる静脈工程と動脈工程に合った連携のタイプが選択されるかどうかにかかっています。私たちは、静脈工程と動脈工程に関する技術データを収集・整理したり、連携が成功している事例を調査したり、連携の定式化を検討したりしながら、「連携による効率化が達成される条件」を探る研究を行っています。



動脈静脈連携の分類

<もっと専門的に知りたい人は>

1. 稲葉陸太、藤井 実、南斉規介、大迫政浩、羽田謙一郎、高木重定、古島 康、松井重和:廃棄物系バイオマス循環利用における動脈静脈連携の分類と効果、第19回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.153-155、2008

1) 直接連携: 静脈と動脈のパイプラインや送電線等の接続によってエネルギーを直接供給する形態です。

1-1) 近接連携: 静脈と動脈の施設が隣り合っている場合です。

1-2) 遠隔連携: 静脈と動脈の施設が離れている場合です。

2) 間接連携: 施設外の供給系統(電力やガスなど)と接続して静脈施設から動脈施設に(あるいは動脈施設から静脈施設へ)エネルギーを供給する形態で、間接的な動脈静脈連携が実現されます。

3) 処理連携: 残さや排水の処理を共同で行う形態です。残さは車両で、排水は管で送られます。

循環・廃棄物の

まめ知識

【カーボンフットプリント】

なんさい けいすけ
南齋 規介



2008年9月8日号



イギリスのあるスーパーでは、「CO₂は75グラム」と書いたラベルの付いたお菓子が売られています (HP参照: http://www.walkerscarbonfootprint.co.uk/walkers_carbon_footprint.html)。これは、このお菓子について、中身と包装を作り、食べた後のごみを処理するために、75グラムのCO₂が排出されることを示しています。この値は、ライフサイクルアセスメント(2007年7月2日号「ライフサイクルアセスメント」参照)によるCO₂排出量であり、日本でもエコリーフなどタイプIIIと呼ばれる環境ラベルがついている製品であれば、CO₂を含め多種の環境負荷量を知ることができます。デジカメやプリンタにもついていますが、消費者が買う機会はその多いものではありません。

しかし、イギリスではCO₂だけを対象に、排出量を「カーボンフットプリント」として、特に食品や日用品のような消費者の購入機会が多いものについて、分かりやすくラベルとして表示したことが注目を集め

ました。カーボンフットプリントラベルを見ることで、消費者はCO₂排出のより少ない商品を選択することができます。CO₂排出の少ない商品が選択されるようになれば、メーカーにも排出量を削減する動機が強くなり、技術開発も進むでしょう。カーボンフットプリントラベルが消費者とメーカーが一体となってCO₂排出の少ない社会を作るためのよい仲介役になることが期待されます。

日本でもカーボンフットプリントの表示について検討が始まりました。計算の仕方、結果の精度保証、CO₂削減に効果的な表示方法など検討すべき課題もありますが、近い将来、食品のカロリー表示並みに身近になるかも知れません。

家計由来のCO₂排出量のうち、15%が電気、14%がガソリン、そして13%は食品の購入によるものです。省エネ機器、低燃費車、小フットプリント食品の選択は、着実に排出削減に繋がります。ただし、食べ終わった容器の捨て方でフットプリントは変わりますので、ご注意ください。

植物の力で水環境改善

やまもと ともこ
山本 智子

2008年9月22日号

アジア地域における大きな環境問題の一つに液状廃棄物対策があります。特に途上国においては、生活排水(2007年3月5日号「生活排水」参照)や産業排水等の未処理もしくは不十分な処理による排出により、衛生問題や水環境問題が引き起こされています。私たちは、アジア地域において適用可能な液状廃棄物処理に関する技術システムの開発を目指し、研究を進めています(2007年11月19日号「適正な資源循環の促進のためのアジア地域での液状廃棄物対策」参照)が、途上国において衛生設備や排水処理施設を導入する上では、一般的にコストと維持管理が問題になります。電力を多く消費し、薬剤やメンテナンスに多額の費用がかかるシステムでは普及は難しいのです。

皆さんは、河川敷や公園の池にヨシやガマなどのいろいろな水生植物が生えているのを目にしたことはありませんか?(下の写真)実は、私たちの身近な場所では、気づかないところで植物や植物の根の周り(根圏)に住んでいる微生物によって汚れた水がきれいにされているのです(右下図)。水生植物の根は酸素の不足する環境に適応し生育するために、地上部から根圏部へ酸素を輸送する組織を具えていることが知られています。この根圏部に輸送された酸素は、植物だけでなく、一部の微生物によっても消費されています。植物は窒素やリンを吸収するだけでなく、微生物にとって活動しやすい環境を作り出して、汚濁物質の浄化を促進してくれています。



水生生物

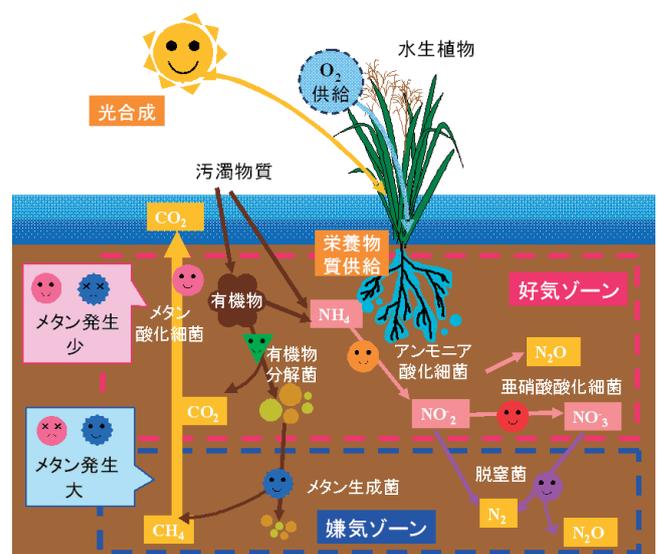
さて、地球温暖化と水の浄化の間には深い関係があり、排水をきれいにする時にも温室効果ガスが発生することをご存知でしょうか?水処理に関連して発生する温室効果ガスは、主に二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄) (2007年8月20日号「メタン」参照)、亜酸化窒素(N₂O)です。そのうちCO₂は、バイオマスの分解と消費電力の生産過程から発生します。バイオマスの分解過程で発生するCO₂は、光合成により大気中から吸収したCO₂に由来するため、全体と

して見れば大気中のCO₂量を増加させていない(カーボンニュートラル)と考えられます。つまり、水処理プロセスから発生する温室効果ガスとして考慮すべきCO₂は、主に消費電力の生産過程で発生するCO₂になります。CH₄、N₂Oは汚水に含まれる炭素や窒素に由来しています。CH₄やN₂Oは、CO₂と比べて地球を暖める力(温室効果)が強く、CH₄で21倍、N₂Oでは300倍とされています。

植物を使った浄化システムはエネルギー消費が少ないことから、消費電力の生産過程で発生する温室効果ガスを抑制することができます。しかし、植物を使った浄化システムでも汚水中の有機物や窒素が分解される過程でCH₄やN₂Oが発生します。この時、CH₄やN₂Oの発生は根圏の酸素濃度に大きく影響されることがわかってきています。

ここで、気づいた方もいるのではないのでしょうか?そうです。ここで活躍するのが酸素を輸送できる植物の根なのです。CH₄は嫌気条件(酸素の無い状態)で生成されますが、植物は、CH₄の生成抑制や生成したCH₄の酸化に寄与しています。嫌気的な場所で発生したCH₄ガスは、植物の根の周りにいるCH₄酸化細菌のえさとして食べられて、CH₄ガスよりも地球を暖める力の弱いCO₂に変えてくれるのです。N₂Oについては、適度な好気条件(酸素の十分な状態)と適度な嫌気条件を作り出すことで、その発生を抑制することができます。このようなことから水生植物の根圏は、汚濁物質の浄化だけでなく温室効果ガスの発生抑制にも重要な役割を果たしていることがわかります。

植物や微生物は、エネルギーやコストをかけずに水をき



植物と微生物による汚濁物質の浄化メカニズム



れいにする力を持っています。しかし、現在では汚濁物質が多すぎて、自然が持つ自浄作用ではその力が及ばなくなっています。そこで、私たちは、工学の力を加えることで自然本来の力を強化し、自浄作用よりも効率的に汚濁物質をきれいにできる技術の開発を目指しています。植物の種類によって根圏の状態が異なることに着目し、色々な植物の持つ力を理解しようと試みてきました。数種類の植物の水質浄化効果を比べてみると、有機物の除去は植物種に関わらず高い効果が得られました。窒素やリンの除去は植物種によって効果に差が見られました。より好気的な根圏を作り出せる植物は窒素浄化効果が高く、特に、ヨシやカンナを植えると浄化効果と温室効果ガス抑制効果が高いということがわかってきました。また、 N_2O や CH_4 の発生も根圏が好気的な植物では発生速度が遅い可能性が出てきました。もっと詳しく知るために根圏の微生物群集構造を解析しています。

生物学的な制御以外にも、物理学的な制御として、汚水の流し方を変える方法があります。土壌より水位を高くして水を流す表面流方式（土壌は嫌氣的）や、水位を低くし、土壌の中を水平に浸透させる浸透流方式、または垂直に浸透させる垂直流方式（両者とも土壌は好氣的）などがあります。それぞれの特徴を活かして湿地を組み合わせ、土壌を水処理に適した好気・嫌気状態に近づけることで浄化性能が向上することもわかってきました。生物学的な制御に

は限界があるため、今後は物理学的な制御と生物学的な知見を生かしたシステム作りを考えていく必要があります。

また、私たちは人工湿地で排水浄化に活用した植物バイオマス（2007年1月9日号「バイオマス」参照）をバイオエタノール、肥料、家畜のエサなどに資源化して循環利用する排水処理システムの構築に向けて研究を進めていきます。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. Inamori, R., et al.: Investigating CH_4 and N_2O emissions from eco-engineering wastewater treatment processes using constructed wetland microcosms. Process Biochemistry 42, pp.363-373, 2007.



当ててみよう!

【湿地の保全】

じょ かいきん
徐 開欽

2008年9月22日号

Q
問題

湿原、沼沢地、干潟等の湿地は、多様な生物を育み、特に水鳥の生息地として非常に重要です。しかし、湿地は干拓や埋め立て等の開発の対象になりやすく、その破壊をくい止める必要性が認識されるようになってきています。さて、この重要な湿地を保全するための国際的な条約の名前はどれでしょうか？

① ワシントン条約

② ラムサール条約

③ バーゼル条約

④ 京都議定書

答えは23ページへ

その他

循環センター 2008年春の一般公開

こじま きょうこ
小島 恭子

2008年5月12日号

毎年恒例の科学技術週間に伴う春の一般公開が、2008年4月19日(土)に開催されました。当センターでは、昨年と同様、参加者の皆さんと直接会話しながら進めていくという、サイエンスカフェ方式の講演会を行いました。今回は、副センター長の井上が「埋立処分場の未来形—埋立処分の歴史と課題—」というテーマで、また国際資源循環研究室長の寺園が「見直そう！暮らしとリサイクル—ペットボトルの一生から考える—」というテーマで講演を行いました。以下、当日の講演会の模様をお伝えしたいと思います。

■埋立処分場の未来形—埋立処分の歴史と課題—

この講演では、日本のごみ処理の歴史を辿りながら、埋立処分の現状と課題について考えていきました。実際の処分場の写真を多く用いての説明でしたので、埋立処分場を見たことがないという方にもイメージしやすかったのではないのでしょうか？また、循環型社会を目指す上で、どんなごみ処理を目標とすべきか、未来型埋立地とはどのようなものかについても解説を行いました。講演終了後、参加者の皆さんからは「処理処分の歴史の流れがきちんと分かって面白かった」「未来型埋立地についてももっと話を聞いてみたかった」などの意見が聞かれました。



■見直そう！暮らしとリサイクル—ペットボトルの一生から考える—

この講演では、使用済みペットボトルが新たな製品として再生利用されるまでのルートを追いながら、「ペットボトルはきちんとリサイクルされているの？」「リサイクルは高すぎるのでは？」などという疑問や、「使用済みペット

ボトルはどうしたらいいの？」という疑問について解説を行いました。講演を聴いた参加者からは、「ペットボトルのリサイクルについてよく分かった」「ペットボトルを使わないことが一番いいのかもしれないが、最大限自分ができるところをやっていきたい」といった感想が寄せられました。



また、講演の合間には、二つの講演に関するパネルが展示されました。この他、ペット樹脂のフレーク（ペットボトルを粉砕して小片にし、洗浄したもの）や再生ペレット（フレークなどを溶かして粒子状にしたもの）、欧州のリユース（リターナブル）ボトルなども展示され、リユースボトルを手に、興味深げに研究者の説明に耳を傾ける参加者の姿が見られました。



次の一般公開は2008年7月26日(土)に開催されます。私たちの行っている研究をできるだけ分かりやすく、楽しく紹介できるよう、様々な催しを用意して、皆さんの来場をお待ちしています。今回来場して下さった方も、おいで頂けなかった方も、ぜひ遊びにいらしてください。



循環センター 2008年夏の大公開

やまもと たかし
山本 貴士

2008年8月11日号

国立環境研究所では、科学技術週間のある4月と夏休みのある7月に、研究の成果や活動を所外の皆様に紹介する一般公開を行っています。今年も7月26日に「2008年夏の大公開」として一般公開を行い、多数の皆様のご来場を頂きました。ここでは、循環センターで行った企画や展示を紹介致します。

今年の大公開の目玉として、「トレジャーハント ごみから宝を見つけよう！」と題した企画を行いました。その一つはエコリュックサックに関するものです。「エコリュックサック」とは、一定量の素材や製品を生産するのに動かされた自然界の物質の量を表すものです（2008年6月9日号「当ててみよう！」参照）。写真にある120kgの砂利の山は金0.1g、銀25g、鉄15kgのエコリュックサックに相当します。つまり、金をつくるためにはその100万倍の物質が採掘等で動かされている計算になります。ここでは、エコリュックサックの大きさを参加者の方に体験してもらうために、いくつかの金属の中から一つを選んでもらい、その金属資源のエコリュックサックに相当する重さのビー玉をバッグに詰めるというゲームを行いました。同時に、解体したパソコンや携帯電話、ゲーム機などを展示しました。身の回りの製品にどのような金属が使用されていて、これらを生産するのに大量の資源が必要になるのだということをご理解頂けたのではないかと思います。



トレジャーハント：
エコリュック

また、循環センターでは、バイオマス由来の廃棄物から水素を回収する研究や、トラップグリース（飲食店や給食センターの厨房排水から回収される品質の低い廃油脂類）からバイオディーゼル燃料を回収する研究を行っています。水素を利用する燃料電池自動車の模型を走らせる実演や、トラップグリースやそれから得られたバイオディーゼル燃料の展示も行い、好評を得ました。

当オンラインマガジン「環環」では、循環センターでの研究を紹介していますが、今回はその記事を読んで穴埋め問題に答えるという「環環検定」も行いました。回答数に

応じて1～3級の認定が受けられ、中には大人に混じって1級の認定を受ける小学生の参加者もいて、角帽をかぶって記念撮影にハマっていました。



環環検定

このような企画の他に、「最終処分プラント室」、「熱処理プラント室」の展示を行いました。最終処分プラント室では、埋立処分場の汚水を浄化するための膜処理という技術の紹介や、処理された後の水の安全性を試験するための生物を展示しました。循環センターでは、埋立処分場から排出される温室効果ガスの一つであるメタンガスの量を調べるための調査・研究を行っており、埋立処分場でメタンの噴出ポイントを調べるのにレーザーメタン計を使用しますが、メタンの入った袋を見つけるゲームを通じて、メタン計測を実体験して頂きました。

熱処理プラント室では、実際の廃棄物焼却炉を同様の構成のまま実験室サイズにスケールダウンした小型焼却炉で、ダイオキシン等の有害物質の生成や分解挙動を調べる実験を行っています。今回は、その焼却炉の運転の状態を記録したビデオ展示の他、焼却灰を高温で溶かして得られた熔融スラグやそれから作った舗装やブロックを展示し、



最終処分プラント室

熔融スラグを資源として使用する時に気をつける点などについて説明しました。

今年の大公開では、主に若手研究者の発案による新しい企画や展示を行い、多くの皆様のご来場を頂くことが出来ました。今後も、私たち循環センターの研究や活動を分かりやすく紹介していきたいと考えておりますので、皆様のご意見、ご感想をお待ちしております。



熱処理プラント室

イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (3)

はしもと せいじ
橋本 征二

2008年5月12日号

イェール大学の林業・環境学スクールには「産業エコロジー」という科目の授業があります。産業エコロジーセンターのGraedel教授が開講している科目ですが、春学期(1月~4月)、この授業の一部に参加させていただくことができましたので、今回はその内容についてご報告したいと思います。

授業は毎週2回、計25回ですので、日本の大学のほぼ2科目分に相当します。単に講義というわけではなく、授業の最初に学生による数分のディベートが何度かあり、毎回の講義に対してはリーディングと呼ばれる予習が課されます。また、2週間の春休みにはフィールドワークがあり、その報告をする時間にもなっています。

講義の中で特に興味深かったのは、導入の段階で話される産業エコロジーという分野の起こりや、生物学的生態系 (biological ecosystem) と産業生態系 (industrial ecosystem) の比較の部分でした。この比較の部分では、生態系を構成する有機体 (organism) の特徴とは何か、産業における有機体とは何か、というところから話が始まります。物質フロー分析は社会における有機体間のモノのやりとりを記述しようとするものですので、生態学における食物連鎖の分析や栄養素のフロー分析と類似させて語ることができます。もちろん相違点も多々ありますが、生態学の分野における分析ツールで、我々の分野に応用できそうなものがいろいろあるのではないかと感じ、私も現在いろいろ調べているところです。

授業の最初に何度か行われたディベートも楽しめる部分でした。4名の学生が2名ずつ2つのグループに分かれ、あるテーマ、例えば「中国は産業エコロジーを実践するのに理想的な場所である」「白金は米国の経済にとって重要な資源である」「フードマイレージという概念は産業エコロジーにとって有益である」といったテーマについて、賛成・反対の立場でそれぞれ下調べを行い、発表とそれに対する質疑応答をします。自分が賛成の立場に立ったら、反対の立場に立ったらどのような主張を展開するだろうかと考えてしまいます。このような試行は、さまざまな事象の利点と課題を浮き彫りにし、また、ある立場を主張する際の論理を組み立てるよいトレーニングになるなと感じました。

リーディングは、毎回、Graedel教授による「Industrial Ecology」(Prentice Hall College Div) というテキストの1~2章に加え、2つ程度の文献が割り当てられます。したがって、1回の授業あたり数十頁を読まなければなりません。こ

れをまじめにこなしたら、それだけで相当の学力になるはずです。

フィールドワークは、ハワイと近場の工業地帯で行われました。ハワイとは正直驚きましたが、いずれもある地域やある産業の物質フロー、産業間のつながりや産業連関分析(産業連関分析の概要については2007年10月15日号「私たちの消費と廃棄物とのつながりを追う」を参照ください)に関するもので、授業で習ったことを実際にやってみるというものです。確かに、島という隔離された状態が、このような情報を集めやすくしていることは事実で、昨年まではカリブ海のプエルトリコに足を運んでいたようです。

学生はとにかく講義の途中であっても自由に手を挙げ、質問をします。ごくごく基本的なものからするどいものまで多様です。興味深かったのは、「持続可能性を何年くらいのスパンで考えるか」、また「炭素隔離技術についてどう考えるか」という話になったとき、学生の間で発言が止まらなかったことです。Graedel教授が授業の中で何度か触られたことで印象的だったのは、「10年ほど経てば、君たちが、例えば環境保護庁や企業などで意思決定をする立場になる。しっかり考えるように。」というものでした。

私もこの授業の一コマを与えられ、日本の循環型社会の考え方や循環基本計画における物質フロー目標などを中心に、この分野の研究と政策との関わりについてお話ししました。日本では、「産業エコロジー」を冠した講義を開講している大学はないと思いますが、多くの場合「環境システム」と名前がついているコースや授業が、比較的近い内容の教育を行っています。なお、欧州では、産業エコロジーと銘打ったプログラムや学位を提供している大学があります(ノルウェー、オランダ、スウェーデンなど)。



授業での学生の発表の様子

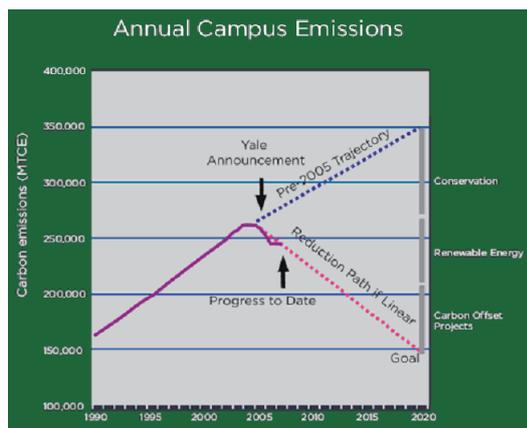
イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (4)

はしもと せいじ
橋本 征二

2008年7月22日号

イェール大学では、2005年に持続可能性オフィスを設置し、持続可能なキャンパスづくりに向かって全学的な取り組みを活発化させています。今回は、こうした取り組みの中から、筆者が面白いと感じたいいくつかのトピックをご紹介します。

まず、大きな課題の1つが温室効果ガスの削減です。イェール大学では2020年に1990年比10%削減という目標を掲げています。この目標を宣言した2005年の排出量からは43%の削減が求められますので、15年という期間を考えるとなかなか野心的な目標です(図参照)。このため、様々な省エネ機器の導入やエネルギー効率の高い校舎の建設、再生可能エネルギーの導入や購入を進めるとともに、学生にも一定の努力を求めています。



Yale's Greenhouse Gas Reduction Strategy 2007より

面白いのはエネルギー消費量の削減コンテストです。ほとんどの学部生は寮生活をしているのですが、その建物ごとにエネルギー消費量の大小を競い、例えば2007-08年学期にはその3年前の学期に比べて全体で9%程度の削減を達成しています。その結果はもちろんランキングとして公表されます(HP参照: <http://java.facilities.yale.edu/cmp/energy.jsp>)。私は生活していないので分かりませんが、寮ごとの競争はさながらハリポッターのような雰囲気なのかも知れません。

なお、冒頭に紹介した目標を自力で達成することが困難となった場合には、カーボンオフセットも考えているようです。しかし、これについても排出削減分をどこか知らないところから買ってくるのではなく、大学自身でプロジェクトを起こし、それも大学近郊でのプロジェクトを考えているとのこと、できるだけ目に見える範囲で削減努力を行おうという姿勢に共感しました。

廃棄物に関しては、古紙や飲料容器のリサイクル、学生間での不要品交換などの取り組みが行われています。エネルギーとは少し異なって、廃棄物についてはリサイクルの取り組みに関する大学ランキングがあります(HP参照: <http://www.yale.edu/sustainablefood/index.html>)。一人あたりリサイクル量や、一人あたりの一般廃棄物の排出量などで競争を行っており、2008年の競争にはいずれかの部門に計400の大学が参加したようです。イェール大学は、総合ランキングに参加した88大学中64位と、残念ながらふるいませんでした。

また、面白い取り組みの一つに、大学の寮食堂や学生食堂などで地域の有機食材を積極的に使おうとすることがあります(HP参照: <http://www.recyclemaniacs.org/index.htm>)。これはニューヘイブンのような大学町と地域との関係を考える上でも興味深い試みだと思います。

持続可能性オフィスは、大学全体の様々な活動をコーディネートしているわけですが、重要視していることのひとつが様々な活動を組織の通常の活動の中に組み込むということです。イェール大学は環境を一つのセールスポイントにしようとしているようですし、その意味ではこの数年でめざましい進展があったと担当者も言います。しかし、皮肉にも当初は活発だった学生の自主的活動が、最近減っているとのことでした。イェール大学が環境への取り組みを本格的に始めたきっかけは、学生グループがキャンパス地球サミットをホストし、また、学生が自ら作成した環境計画を大学に提出したことでした。環境への取り組みが大学の活動に組み込まれたという意味では、学生の自主的活動が減ったのも仕方ないことかも知れません。

さて、持続可能性といったときには環境のことだけではありません。イェール大学では持続可能性指標というものを作って取り組みの進行管理を試みようとしています。その中には、文化に関する指標というものもあり、健康や教育、研究に関わる指標、また、財政や労働に関する指標が掲げられています。まだ具体的な計測を試みている段階のことですが、持続可能性というものを大学がどのように捉えているかを反映したのもでもあり、国立環境研究所のような研究組織がその持続可能性を考える際にも参考になるものだと思います。

少し前のNew York Timesにも、アメリカの大学における環境への取り組みが面白おかしく紹介されていました。ご興味があればご覧下さい(HP参照: <http://www.nytimes.com/2008/05/26/education/26green.html>)。

イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (5)

はしもと せいじ
橋本 征二

2008年8月11日号

前回で紹介したように、イェール大学では、2005年に持続可能性オフィスを設置し、持続可能なキャンパスづくりに向かって全学的な取り組みを活性化させています。今回はこのうち、交通に関する取り組みをご紹介します。

現在、イェール大学が進めているのは、キャンパスにおける車の一人乗りの削減と公共交通利用の増加、イェール住宅購入者プログラムの利用の増加、大学が所有する車両の燃費改善などの対策です。

まず、車の一人乗りの削減の背景としては、通勤通学の半分程度が車の一人乗りによるものであるということがあります。大学に支払う駐車料金を減らせる施策を導入していることに加え、昨今のガソリン価格の高騰も後押しして、最近では車の相乗りもしくは公共交通による通勤が増えているようです。また、大学内でのカーシェアリングも進めています。

非常にアメリカ的だと思うのは、これらがビジネスモデルと結びついていることです。車の相乗りについては、共通の行き先を持つ人をつなぐサイトがあり、これがビジネスになっています (NuRide, GoLoco)。大学もこれらのサイトを紹介して車の相乗りを奨励しています。カーシェアリングのシステムを提供しているのは、ZIPCARという会社です。この会社は、大学と連携しながらこのシステムの導入を拡大してきたようです。

カーシェアリングについては、筆者も会員になり利用してみました。イェール大学では現在600人以上がメンバーで、キャンパスの5カ所に9台の車があります。いずれもハイブリッドや燃費のよい車で、日本車が8台を占めています。

利用の仕方は簡単です。会員になるとZIPCARDというカードが送られてきます。カードを利用可能になると、自

分が車を使いたい時間をweb上で予約できるようになります。予約は1時間単位ででき、1時間あたり8.5ドル+税金 (計1000円程度)、1日あたり65ドル+税金 (計8000円程度) です。この費用には、ガソリン代、保険代が含まれています。予約をした時間になったら車のある駐車場に行き、車のフロントガラスからカードをかざすと解錠されます (写真参照)。車のキーは車の中にあり、あとは普通に車の運転です。ガソリン給油用のカードもサンバイザーのところにあり、ほとんどのスタンドで自分で支払うことなく給油可能です。施錠するときは車のキーは中に残したまま、解錠したときと同じようにカードを使います。

車社会の米国ですが、特に街中においては、車を持たずに生活するよい手段だと思いました。イェール大学について言えば、スタートしたばかりで車両数が十分でないことから、600人以上が9台の車を共有していることになり、事前に予約しておかないと直前に車を調達するのは難しいという状況ではありますが、車を自分で所有して払う費用に比べると格段の差があるでしょう。また、メンバーになれば、アメリカのその他の都市やトロント (カナダ)、ロンドン (イギリス) などでも車を借りることができます。

さて、もう一つ面白いのは、イェール住宅購入者プログラムです。これは、大学の近辺に住宅を購入する職員に一定の補助をするというプログラムです。米国では、郊外に大邸宅を持つのが一つのステータスという話も聞きますが、このプログラムのもともとの主旨は、ニューヘイブン市街地の活性化でした。現在では、職住近接が交通需要も減らすことになるという、一石二鳥の対策となっています。

また、イェール大学では大学周辺を無料バスが行き来していますが、これをエネルギー効率のよいものに置き換えています。私がこちらに来てからしばらくして、バイオディーゼル燃料を使うバスも走るようになりました。



当ててみよう!の答えと解説



【可燃ごみ中の金属のゆくえ】^{さかなくら ひろふみ}肴倉 宏史

答え ほとんど③(少しづつ②が増えている)

ごみの中に含まれる銅、亜鉛、鉛などの金属は、有用な資源として価値を持つもの、有害な物質として管理が必要なもの、そして、その両方のものがあります。そのため、一連のごみ処理の流れの中で、これらの金属がどこへどのくらい流れているかを把握することが、有用資源の確保と有害物質の管理の面で大切です。

可燃ごみは家庭から出されるごみの大部分を占めますが、一般的な処理の流れとそれに伴う金属の流れは次のようになります。可燃ごみは、清掃工場に運ばれて焼却処理されます。このとき、プラスチック、木、紙などは燃えて燃焼ガスになり、ガラスや陶磁器などは燃え残って焼却灰となります。また、細かい焼却灰粒子(ばいじん)は燃焼ガスに巻き上げられて、集じん装置に集められて焼却飛灰となります。この中で、可燃ごみに混入していた針金や釘などの鉄のかたまりは、焼却灰から磁石によって分離回収されます。一方、銅、亜鉛、鉛などの微量な金属のほとんどは、磁石では回収されず、また、燃焼ガスになったとしても冷却されて集じん装置に集められるので、結局は焼却灰または焼却飛灰の中に入ったまま埋立処分され、埋立地の中にとどまります。

冒頭で述べたように、金属は資源性と有害性の両方の側面を持ちます。微量でも、資源が埋立地に埋もれてはもったいないですし、有害なものが埋立地の中に閉じこめられていると、その埋立地を誰かが掘り返さないかなど、長い間、何かしらの管理をしなければならないので、二重の問題を抱えていることとなります。

この問題を解決できる方法として、熔融処理が期待されています。熔融処理は、ごみや焼却灰の熔融スラグ化により、建材として有効利用できることで知られていますが、銅、亜鉛、鉛などの金属は熔融飛灰や熔融メタルに分離濃縮されるため、精錬会社で金属資源としてリサイクルしてもらうことが可能です。コスト等の課題はありますが、既に幾つかの自治体はこの方法を採用しており、その数は少しずつ増える傾向にあります。

【エコリユクサック】^{なかじま けんいち}中島 謙一

答え ③ 金

エコリユクサックとは、人間が使う製品やサービスを提供するために動かされた自然界の物質質量のことで、潜在的な環境影響を示す指標として、ドイツのWuppertal研究所のF.シュミット=ブレイク氏が提唱した指標です。このエコリユクサックには、鉱物資源の採掘に伴って掘り起こされた土石の量や、利用した水の量なども含まれます。指標の数値について、日本では物質・材料研究機構が算定しており、金属元素を1トン得るために関与する物質の量をTMR(Total material requirement)として算定しています。この推計によると、1トンあたりの金(Au)のTMRは、1,100,000トンと見積もられています。これは、鉄(Fe)のTMRである8トンと比較すると膨大な量である事がわかります。テレビなど電気電子機器に含まれる金は、たとえ微量でも、エコリユクサック的に考えると無視できない物質のため、リサイクル等による有効利用が重要になります。こ

のように、今後、リサイクルを考える上では、目の前の量だけでなく、背後にあるエコリユクサックの量を含めたライフサイクル的な視点が重要と言えます。

【プラスチックの添加剤】^{こせ ともひろ}小瀬 知洋

答え ④ 臭素化ダイオキシン類(PBDD/DFs)

リサイクルを行いやすくするためにプラスチック製品には、のようなマークでその種類が提示されていますが、実際には性能向上のためにプラスチックそのもの以外に様々な添加剤が加えられています。

1のPBDEsはプラスチックを燃えにくくする作用があり、火災の延焼を遅らせるための難燃剤としてテレビケーシング(外箱)等の樹脂部分などに用いられましたが、最近ではRoHS指令への対応のため、他の難燃剤への移行が進められています。

2のフタル酸エステル類はプラスチックに柔軟性や弾力を持たせる作用があり、可塑剤として塩化ビニルなどの樹脂製品に添加されています。

3のOPEsは1のPBDEsのような難燃化効果の他に、2のフタル酸エステル類と同様の可塑化効果も持つためにウレタンフォームなどのこれら両方の性能が必要な製品に用いられます。

4のPBDD/DFsは1のPBDEsを含むプラスチックの焼却によって生じる毒性の強い物質で添加剤ではありません。また、2008年8月25日号「臭素化ダイオキシン類の発生源としての難燃剤」でも触れたように、PBDD/DFsはPBDEsを含むプラスチックが太陽光に当たることで生成する可能性があります。プラスチックをマテリアルリサイクルする場合、元のプラスチックに含まれる添加剤が再生製品に混入するため、テレビケーシング等をリサイクルすると再生製品中でPBDD/DFsが生じる可能性もあります。このためプラスチックの添加剤はリサイクルの方法を考える上でとても重要です。

【湿地の保全】^{じよ かいきん}徐 開欽

答え ② ラムサール条約

1971年にイランのラムサールで開催された「湿地及び水鳥の保全のための国際会議」において「特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約」が採択されました。この条約は開催地にちなみ、一般に「ラムサール条約」と呼ばれています。

ラムサール条約は、湿地の保全に関する国際条約であり、水鳥を食物連鎖の頂点とする湿地の生態系を守る目的で、1971年に制定され、1975年発効しました。1980年以降、定期的に締結国会議が開催されています。2008年3月現在の締結国は158ヶ国、登録地数は1,720ヶ所です。日本は1980年に署名し、平成17年11月の第9回締結国会議では20カ所の国内湿地が新たに「国際的に重要な湿地に係る登録簿」に登録され、登録地は現在までに合計33カ所となっています。

本条約は、多国間環境条約の中でも先駆的な存在であり、現在では広く用いられるようになった持続可能な利用(Sustainable Use)という概念を、その採択当初から適正な利用(Wise Use)という原則で取り入れています。同条約では、対象とする湿地を「天然か人工か、永続的か一時的か、滞水か流水か、淡水、汽水、鹹水かを問わず、沼沢地、湿原、泥炭地または水域を言い、低潮時の水深が6mを超えない海域を含む」と定義しています。



独立行政法人 国立環境研究所
循環型社会・廃棄物研究センター

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2
Tel. 029-850-2807
<http://www-cycle.nies.go.jp/>

■交通

- JR常磐線ひたち野うしく駅より6km バス13分
- つくばエクスプレスつくば駅より4km バス10分

「環環」の最新記事はこちらで!

<http://www-cycle.nies.go.jp/magazine/>