

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

2009

Vol.

5

高校生も楽しめる循環型社会・廃棄物研究情報誌



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!



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

目次

近況

資源循環、廃棄物処理分野の技術開発の行方は？ …… 1

社会のうごき

バイオ燃料による食糧問題と解決策としての廃棄物の有効利用 …… 2

循環・廃棄物のけんきゅう

素材産業を中核とした資源循環システム …… 4

廃電子回路基板の適正処理（燃焼法） …… 6

ガス化-改質技術による廃棄物系バイオマスからのエネルギー …… 8

アジア地域に適した分散型の生活雑排水処理システム …… 10

壊れたノートパソコンで金の指輪できる？ …… 12

各国のリサイクル政策と使用済み製品の越境移動 …… 14

ごみから炭作りができる？ …… 16

ごみ焼却炉から発生するダイオキシン類を管理するために …… 18

その他

オランダ通信（1） …… 20

オランダ通信（2） …… 21

当ててみよう！

電子回路基板 …… 7

家電リサイクルの追加品目 …… 15

炭素の量 …… 17

焼却排ガスの処理 …… 19

当ててみよう！の答えと解説 …… 23



循環・廃棄物のまめ知識

汚染土壌のセメント原料化 …… 5

廃棄物系バイオマス …… 9

廃棄物系バイオマスからのエネルギー回収 …… 11

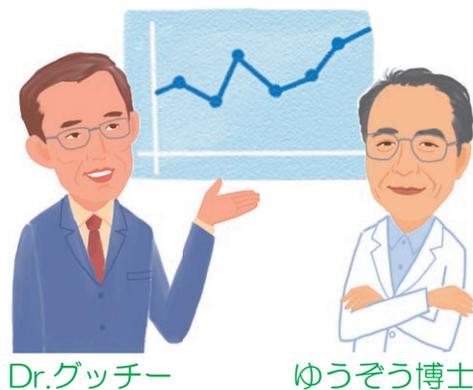
都市鉱山 …… 13



バックナンバーの目次

Vol.1～Vol.2 …… 24

Vol.3～Vol.4 …… 25



Dr.グッチー

ゆうぞう博士



りえ

たけ





資源循環、廃棄物処理分野の技術開発の行方は？

よこい みちたか
横井 三知貴

2008年10月6日号

循環型社会・廃棄物研究センター(循環センター)は、平成18年度から始まった5ヶ年計画である第2期中期計画において、重点研究プログラム:循環型社会研究プログラムを推進しています。

第2期中期計画も3年目に入り、今年はまさに折り返しの1年です。循環センターでは、ここ1、2年で室長クラス以上の研究者の退職が予定されており、研究を途切れなく進めるため、世代交代を円滑に進めるとともに、次期中期計画を見据えた研究展開の検討も視野に入れる時期に入ってきました。一方、研究所全体では、平成19年度に大型施設の見直しに関する検討が進められました。循環センターに関しては、この見直しにおいて、資源化プラントを平成20年度末までに廃止するとの決定がなされました。資源化プラントとは、生ごみから生分解性プラスチックの原料となる乳酸を回収する装置や、高濃度の窒素含有排水からアンモニアを回収する装置など、循環センターにおいて再資源化技術の開発を行うために設置された実験プラントのことです。

このようなことから、循環センターでは、資源化プラント廃止後の新たな大型施設や今後必要となる分析機器の導入に関して検討会を設置し、議論を進めることにしました。この検討会では、併せて、循環センターが今後行うべき技術開発のあり方などについても議論することになりました。この記事執筆している時点では計5回の検討会が開催されています。今回はこの検討会でどんな議論が行われているかを簡単に紹介したいと思います。

■第1回検討会

まず、議論の進め方として、循環センターが中期的に実施すべき技術開発研究を見定め、その中で、どのような施設・機器を整備するか検討することにしました。また、廃棄物を処理するための技術と、処理が適正に行われたかどうかを確認する計測技術、これら両方の技術を持ち合わせていることが循環センターの強みであり、これを堅持していくべきであることを確認しました。

■第2回検討会

世の中にある廃棄物処理技術や資源循環技術の評価を今後も行っていくためには、循環センター自身での技術開

発を継続していくことが必要であること、また、今後の5～10年間という時間スケールでどのような技術開発を行うべきかを検討するのが適当であることを確認しました。

■第3回検討会

技術開発について検討する際に考慮すべき観点を整理しました。例えば、次のような観点です。

1. コストを意識すること(エネルギーや資源の価格とリスクのバランスを考慮)
2. 様々な資源が枯渇しつつあり、廃棄物が天然資源を代替するものとなりつつあること
3. 廃棄物処理が社会問題となりつつある開発途上国に対応した技術が必要であること
4. よって、先端技術だけでなく、既存技術やローテクノロジーにも目を向けるべきであること

■第4回検討会

所外の有識者から、今後必要な技術開発として、例えば、ダイオキシン対策に対応した焼却炉の更新に向けた焼却技術の開発が必要であるとの助言を得るとともに、大学や民間企業等も巻き込んで技術開発を行うべきであることなどを確認しました。

■第5回検討会

今後必要な大型施設・機器をどこに設置するのか(循環センター内か外か)、開発中のどの技術をスケールアップ(大型化)するのかという見極めが必要であること、これまで蓄積した実験器具や備品を整理し、実験スペースを確保することが重要であること(ちょっと議論が脱線しました)などについて議論しました。

以上が途中経過ですが、この後、数回の検討会が開かれ結論が導かれる予定です。循環センターにおける効果的な施設利用に関する提案はもちろん必要ですが、より望ましい姿の循環型社会を実現するためにどのような技術開発を進めるべきかについても何らかの提案ができれば素晴らしいと考えています。

バイオ燃料による食糧問題と解決策としての廃棄物の有効利用

2008年10月6日号

くらもち ひでとし
倉持 秀敏



最近、ガソリン価格の高騰がニュースでよく取り上げられていますが、その一方で、ガソリンや軽油の代替燃料であるバイオ燃料に関する話題もよく目につきます。今回は、自動車燃料代替のバイオ燃料について取り上げたいと思います。この用途でのバイオ燃料として現在使

われているのは、主にバイオディーゼル（BDF）とバイオエタノールです。

BDFは、油脂とメタノールからエステル交換反応により得られる脂肪酸メチルエステルのことで、軽油代替燃料として利用されています。バイオエタノールは、グルコースなどの糖類から発酵により得られるエタノールで、ガソリン代替燃料として利用されています。いずれの燃料も植物が原料となります。その植物が継続的に生産されていれば、バイオ燃料の利用時に排出されるCO₂と植物（原料）の成長（再生）時に利用されるCO₂の量が同等であり、大気中のCO₂の増減に影響しないことから（カーボンニュートラル）、CO₂の排出量が少ない再生可能な燃料とみなすことができます（ただし、その植物が持続可能な形で継続的に生産されていなければカーボンニュートラルは成り立ちません）。

それゆえ、地球温暖化問題や石油資源枯渇問題の観点から、近年、欧米を中心にその導入量が急激に増えています。現在、EUにおけるBDFの生産量は約645万kl/年、米国におけるバイオエタノールの生産量は約2,460万kl/年といわれています¹⁾。日本でも、BDFが約5000kl/年²⁾、バイオエタノールが約30kl/年生産され³⁾、その生産量はごく僅かですが、2010年には原油換算量にして50万kl導入する計画（京都議定書目標達成計画）が閣議決定されています。

欧米では、バイオディーゼルは大豆油もしくは菜種油から製造されています。一方、バイオエタノールはトウモロコシなどのでんぷん質を多く含む農産物から製造されています。つまり、欧米におけるバイオ燃料は、主に食糧から製造されています。さて、食糧となる農産物を原料にするとう

いう影響が現れるのでしょうか？ 欧米が高い導入目標（例えば、米国の2022年の導入目標は1億3600万kl）に向けて大量にバイオ燃料を導入すると、食糧用の農産物が少なくなり、食糧価格が高騰し、食糧を輸入している貧しい国では食糧を購入することができなくなります。昨年からこのような問題が顕在化し、食糧を求めて暴動が起きる国も出てきています。今年7月の洞爺湖サミットにおける食料安全保障に関するG8首脳声明にも「バイオ燃料の持続可能な生産及び使用のための政策が食料安全保障と両立するものであることを確保し」という文言が入っており、さらに、食糧と競合しない原料からバイオ燃料の製造を進めることが明記されています。

では、食糧と競合しない原料とはどんなものでしょうか？ 例えば、バイオ燃料の原料成分を含む廃棄物、非食用の植物油、さらに、木や稲わらなどの草本類も原料として考えられます。木や稲わらは、油脂でもでんぷん質でもなく、セルロースが主成分の植物ですが、セルロースを加水分解すればグルコースが得られるので、バイオエタノールを製造することができます。

日本では、大豆などのバイオ燃料の原料となる農産物の生産量が少ないこともあり、廃棄物からバイオ燃料を製造しています。BDFは廃食用油から製造され、一方、バイオエタノールは廃糖蜜（砂糖を精製する際に生じる副産物）から製造されていますが、最近では、廃木材や生ごみから製造する実証事業が始まっています。ただし、木材を原料とすると、グルコースを得るために多くの処理やエネルギーが必要です。また、グルコース以外の糖類や糖類以外の有機物も多く含まれるため、糖類の効率的な発酵技術や糖類以外の有機物の有効利用技





術も必要となり、様々な技術的な課題があります。

BDFやバイオエタノールは、油脂やグルコースなどの糖類を原料とすることから、原料が限定され、廃棄物すべてを原料とすることができません。そこで近年注目されている技術が液体燃料化 (BTL, :Biomass-to-Liquid) 技術です。この技術は水素(H₂)と一酸化炭素(CO)から軽油やガソリンの主成分である炭化水素を合成する技術です。有機質を含む廃棄物であれば、熱化学処理、例えば、熱分解ガス化 (2008年2月18日号「循環・廃棄物のけんきゅう」参照) によってH₂とCOを製造することが可能です。つまり、BTLを用いれば、ごみの性状にあまり依存せずにバイオ燃料を合成することが可能となります。ただし、BTLでは多種の炭化水素が製造されるため、自動車燃料になる炭化水素成分を選択的に製造する方法を確立することが課題となっています。

廃木材から得られるバイオエタノールやBTLから得られ

る液体燃料は次世代バイオ燃料と呼ばれ、食糧と競合しないバイオ燃料として有望視されています。洞爺湖サミット首脳宣言にも次世代バイオ燃料の製造に関する研究・技術開発を進めるといった内容が盛り込まれています。

<参考資料>

1. NEDO 海外レポート 1026号, <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1026/1026.pdf>
2. エコ燃料推進会議、議輸送用エコ燃料の普及拡大について、http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_ecofuel/rep1805/full.pdf
3. 農林水産省、我が国におけるバイオエタノールの生産動向、http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_energy/pdf/bea_03.pdf



けんきゅう

素材産業を中核とした資源循環システム

おおさこ まさひろ
大迫 政浩

2008年10月20日号

■循環型社会構築の担い手である素材産業

私たちの生活は、様々な素材でつくられた製品によって支えられています。建物や車、家具類、日用品、そして製品を売り買いする貨幣も、鉄やセメント、プラスチック、紙、銅合金などの素材からできています。

これらはすべて、地球に存在する有限な資源を使ってつくられているわけですから、際限なく使い続けると、いつかは枯渇してしまいます。そこで、これらの素材をつくる産業（素材産業）では、資源を大切に利用し循環型社会を構築していくために、これまで多くの努力がなされてきました。できるだけ廃棄物や他産業からの副産物等を利用して天然資源の利用を減らす努力を重ねた結果、今では世界で最も進んだ取組が行われている産業になっています。このような効率化は、もちろん製造コスト低減にもつながり、日本の素材産業の競争力を高めています。

今回は、素材産業の中で鉄鋼系の素材を製造している鉄鋼業、非鉄製錬業、セメント製造業に焦点をあてて、循環型社会の構築の担い手としてどのような取組が行われているか、そして資源消費抑制や環境負荷低減にどの程度貢献しているかについて、研究成果をまじえながら紹介したいと思います。

■各素材産業の取組

鉄鋼業には鉄石、鉄くずなどから鉄及び鋼を製造する工程と、鉄及び鋼の鋳造品、特殊鋼材などを製造する工程があり、主に、鉄鉱石と石灰石、石炭を原料として粗鋼を生産する高炉メーカーと、鉄くずを主原料として電気炉で溶解して粗鋼を生産する電炉メーカーに分けられます。日本の粗鋼生産は年間1億トン程度で、中国に次いで世界第2位の規模になっています。天然資源として鉄鉱石、原料炭等が約2億5,000万トン使われ、また、廃棄物や他産業からの副産物、使用済み製品としての鉄くずが5,000万トン弱、廃プラスチックや廃ゴムタイヤが約40万トン利用されています。粗鋼を生産した際にスラグ等の副産物等が約4,500万トン発生し、それらの大部分はセメント原料や土木資材等として利用され、最終処分される量は約80万トンであり、再資源化率は97%になっています。

次に非鉄製錬業は、鉄石、金属くず等を処理し、銅、亜鉛、鉛などの地金を精錬して生産しており、その量は非鉄金属地金（銅・亜鉛・鉛のみ）として250万トン強になります。天然資源の鉄石が600万トン弱、金属を含む廃棄物や副産物等が約200万トン利用されています。精錬工程からはスラグ等が300万トン強発生し、鉄鋼スラグと同様に様々な用途に利用されていますが、最終的に50万トン弱が処分され、再資源化率は86%となっています。

最後にセメント製造業は、石灰石、粘土、珪石、酸化鉄原料などを調合し、巨大な回転窯に投入して石炭で高温焼成した後、出来た塊状のクリンカを粉砕して石膏を加えてセメントを製造しています。セメントの生産量は7,000万トン強ですが、1億トン強の原料・燃料のうち3,000万トン弱は他産業で発生した廃棄物・副産物等です。スラグや石灰灰、焼却灰、下水汚泥、廃石膏、廃油、廃プラスチック、廃タイヤ、汚染土壌（2008年10月20日号「汚染土壌のセメント原料化」参照）など、多様なものが受け入れられています。（以上、各素材産業ともに2004年度実績）

■各素材産業の環境効率

どの程度の資源消費あるいは環境負荷によって、どれくらい経済的に価値のある財やサービスを生産できるかを「環境効率」と言います。特に資源消費の観点からは、これを「資源効率」もしくは「資源生産性」とも呼びます。できるだけ少ない資源消費や環境負荷で、できるだけ多くの経済的価値、豊かさを生み出せるように、私たちは努力していく必要があります。

ここでは、各素材産業の環境効率について考えてみたいと思います。環境効率としてはいろいろな指標が提案されています。国が策定している循環型社会形成推進基本計画（循環基本計画）では、国内で生み出された経済的価値の合計である国内総生産（GDP）を天然資源等投入量で割った「資源生産性」が指標として用いられ、計画の目標値も設定されています。2015年の目標は42万円/トンで、2005年度時点では33万円/トンになっています。

各素材産業の経済規模は、鉄鋼業が他の二つに比較してかなり大きいのですが、合計すると製品出荷ベースでは十数兆円、原材料費等を除いて新たに生み出した経済価値（付加価値）では数兆円に上り、日本の製造業を支える重要な産業になっています。ただし、資源生産性は高くても非鉄製錬業で数万円/トン程度です。循環基本計画における資源生産性の目標は、天然資源をほとんど使わずに経済価値を生み出すサービス産業も含めた平均的な値なので、素材産業のように大きな重量をもつ天然資源を使っている産業ではどうしても資源効率は小さくなります。その意味では、異なる業種間の資源生産性を比較してもあまり意味はありません。

そこで、各素材産業がもし廃棄物・副産物等を利用していなかった場合にどの程度の天然資源が必要で、そのうち廃棄物・副産物等を利用することでどの程度天然資源を節約しているかを試算してみました（表）。計算においては、利用されている廃棄物・副産物等の一つ一つの種類について、どれくらいの天然原料や燃料を代替しているかを、含



まれる有用物質の含有量や熱量に基づいて換算し、それらをすべて積み上げました（ただし現時点では暫定値であり、今後精緻化を図る予定）。

この試算では、廃棄物・副産物等を利用することによる電力消費の変化は無視していますが、天然資源の節約により資源効率を大幅に高めていることがわかります（最も高い鉄鋼業の場合、31%の節約率で資源効率は約1.5倍に向上することになります）。

各素材産業における廃棄物・副産物等利用による天然資源の節約効果（2004年度）

	鉄鋼業	非鉄製錬	セメント製造業
廃棄物・副産物等未利用の場合の天然資源必要量（A）(千t)	320,000	7,000	130,000
廃棄物・副産物等利用による天然資源節約量（B）(千t)	98,000	1,300	26,000
節約率 B/A × 100 (%)	31	19	20

環境効率の観点からは、地球温暖化対策も重要な課題です。各素材産業は、温室効果ガス排出量も他の産業に比較して多く、今後、副産物や使用済み製品の利用による温室効果ガス削減効果を評価していくことも重要です。これらの素材産業の取り組みは、循環型社会と低炭素社会の同時実現に貢献できる可能性を持っています。

一方、公共工事が縮小している状況で、鉄鋼スラグや非鉄スラグのリサイクル用途の確保は今後の最重要課題です。セメントの生産量も漸減しており、これらのスラグを含めた各種副産物の受け入れ量も限界に近づいています。日本の資源循環システムを支えてきた素材産業の長期的な将来の戦略づくりが求められているのです。

〈もっと専門的に知りたい人は〉

1. 大迫政浩ほか：「近未来の循環型社会における技術システムビジョンと転換戦略に関する研究」平成19年度廃棄物処理等科学研究総合研究報告書、2008

循環・廃棄物の

まめ知識

【汚染土壌のセメント原料化】

かわい 河井
こうすけ 紘輔



2008年10月20日号

セメント製造施設では原料・燃料の代わりとして様々な他産業からの廃棄物や副産物等が利用されています。原料の代わりとしては高炉スラグ、石炭灰、汚泥、汚染土壌などが利用され、天然資源の消費を節約して埋立処分量の削減に役立っています。また、燃料である石炭の代わりとしては廃プラスチック、木くず、廃タイヤなどが利用され、温室効果ガス排出量の削減にも貢献しています。これらを合計すると年間約3,000万tもの量になり、この量はセメント1,000kgを製造する際に廃棄物・副産物等が約400kg使われていることを意味します。ここでは特に、廃棄物・副産物等の中で今、処理に困っている汚染土壌のセメント原料化について紹介します。

ところで、セメントの原料として使える廃棄物・副産物等とはいったいどんな条件を満たせば良いのでしょうか。もともとセメントの原料としては、石灰石、粘土、けい石、酸化鉄、石膏が使われ、主要成分はCaO、Al₂O₃、SiO₂、Fe₂O₃です。これらの成分を含んだ物質であれば原料として使うことが可能です。汚染土壌は、粘土の代わりとして原料になります。

そもそも、汚染土壌とは油で汚染されたものや、カドミウムや鉛などの重金属類で汚染された土壌のことを言います。セメント製造施設ではロータリーキルンという、ゆっくりと回転する筒状の窯（長さ60～200m、1分間に2～4回回転）に、他の原料と一緒に汚染土壌を投入し、約1,450度もの高温で焼きます。汚染土壌は高温で処理されることによって無害化されます。

セメント製造施設における汚染土壌の使用量は土壌汚染対策法が施行された平成15年頃から増加し、平成19年度には264万tに達しました。法の施行を契機に、土地取引の際に汚染が確認された場合に汚染土壌を掘削除去・搬出する事例が増え、それらの多くを受け入れているのがセメント製造施設なのです。

このように、セメント製造施設は安定的かつ大量に廃棄物・副産物等を使うことにより、天然資源の保全、地球温暖化の防止、環境リスクの低減、埋立処分量の延命に役立っています。

廃電子回路基板の適正処理（燃焼法）

のま 野馬 幸生

2008年11月4日号

みなさんの身の周りに、写真のような電子部品はないでしょうか。パソコンを自作したり、ラジコンを作ったり、電気電子機器を分解したことがある方なら見覚えがあるかもしれません。これは、電子回路基板(以下、「基板」といって、家電やパソコン、携帯電話などの内部にあり、みなさんがこれら製品のボタンを押して指示したことなどを瞬時に処理するための装置です。



電子回路基板
(ベースが緑色の他、茶色のものなどもあります)

今、廃基板が大きな関心を集めています。もちろん、ゴミではなく資源としてです。2007年11月5月号のまめ知識「基板と貴金属」で紹介しましたが、基板は金などのレアメタルと呼ばれる金属が多種使用され、その重量割合が鉱石中より多いとされています。最近では、廃基板を海外から逆輸入して、レアメタルを回収しようとする動きさえあります。資源の少ない日本にとって、使用済み金属を集めて再利用することは、資源確保という面でも資源の有効利用という面でも良いことだと思います。

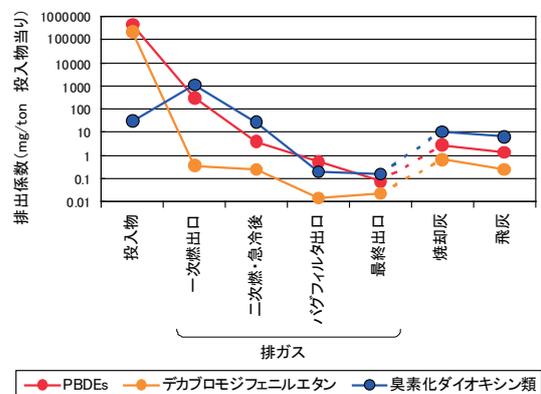
ところで、パソコンなどを使った後に本体を触ると暖かく感じたことはありませんか。これは、電子回路に電気を流して処理をさせた結果、熱が発生したためです。しかし、基板やその上に装着されている部品の多くはプラスチックで出来ているため、発火する危険性があります。このため、難燃剤、特に臭素系の難燃剤が使用されます(2006年12月18日号「ハウスダスト研究(ほこりの研究)」参照)。「環境」をよく読まれている方は、これでピンときたでしょうか。臭素系難燃剤は、プラスチックなどを燃えにくくする良い面がある一方で、難燃剤そのもの、もしくは難燃剤の副生物である臭素化ダイオキシン類が環境汚染物質となる悪い面もあります(2008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」参照)。したがって、廃

基板からレアメタルを回収したり、廃棄処理する過程において、こうした難燃剤や副生物がどのように発生しているのかをまずは把握し、環境に放出されているとすればそれを抑える必要があるといえます。

廃基板の主要な処理方法の1つは、高温加熱処理、つまり燃焼法です。このため、この処理方法における化学物質の挙動を明らかにする目的で、当研究センターの熱処理プラント(実験用の焼却炉)で廃基板を燃焼させ、燃焼過程や排ガスの処理過程で廃基板に含まれる臭素系難燃剤やその副生物がどのように生成・分解・除去されるか確認しました。

臭素系難燃剤はポリ臭素化ジフェニルエーテル(PBDEs)やポリ臭素化ビフェニル(PBBs)が世界的に使用規制され、他の難燃剤への代替が進んでいます。そこで、最近の廃基板中のこれら難燃剤の含有量を把握しました。廃基板には様々な難燃剤とその副生物が含まれていましたが、過去の廃基板に比べて、PBDEsや臭素化ダイオキシン類などは大きく減少していました。一方で、デカブロモジフェニルエタンやプラスチックと結合させ使用する難燃剤由来の2,4,6-トリプロモフェノールは、新しい廃基板の方が高くなっていました。つまり、使用される難燃剤の種類が変化していることがわかりました。

また、難燃剤を含有した廃基板を加熱して燃やした場合(一次燃焼)、臭素系難燃剤は廃基板に含まれる量の30%~99.99%が分解しました(図)。一方で、難燃剤以外の臭素化合物、例えば臭素化フェノールや臭素化ベンゼン、臭素化ダイオキシン類が生成しました。また、塩素化ダイオキシン類や臭素化塩素化ダイオキシン類も生成がみられました。



廃電子回路基板の燃焼過程における臭素系難燃剤と臭素化ダイオキシン類の挙動



た(図)。

燃焼で発生したガスは、高温(900℃)で再度燃やした(二次燃焼)後、150℃まで急冷し、バグフィルタによる飛灰の除去、活性炭吸着処理を行いました。この結果、廃基板の燃焼で発生したガスに含まれる臭素系難燃剤やダイオキシン類は、大部分が分解・除去され、最終的に環境に出る排ガス中の化学物質量は、廃基板中に含まれている量より数桁低くなっていました(図)。このことは、適切な燃焼や排ガス処理をすることで廃基板に含有する、或いは副生する臭素系化合物の環境放出を抑制できることを意味しています。

この燃焼実験では、廃基板を燃焼することで灰が発生します。この灰にも臭素系難燃剤やダイオキシン類が含まれていましたが、これら化学物質のほとんどは、灰中の量が廃基板中の量を大きく下回っていました。もともと廃基板中の含有量が少ないダイオキシン類については、灰中と廃基板中の量は同じレベルでしたが、その量は特別管理廃棄物として管理が必要となる基準値3ng-TEQ/gを大きく下回っていました。

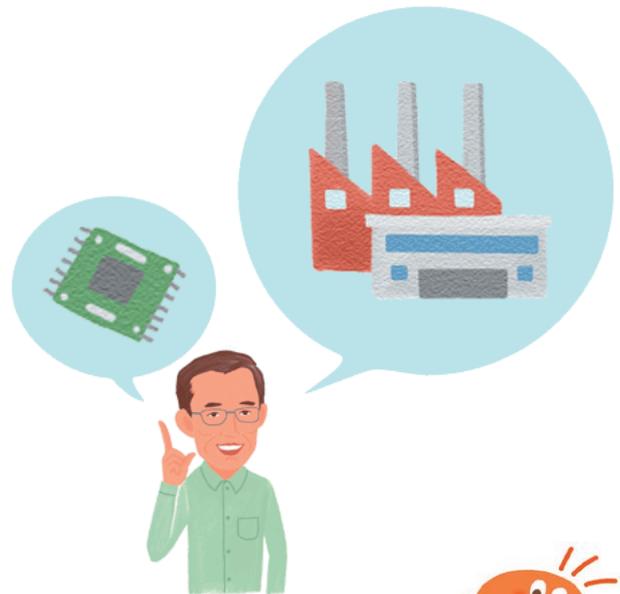
これらの結果から、廃基板の熱処理において、焼却炉の適切な管理をすることで、臭素系難燃剤やダイオキシン類の環境放出を抑制できることが明らかとなり、適切に処理できることがわかりました。

ところで、廃基板のような廃電子機器の多くは、アジアの途上国、特に中国やベトナムなどに輸出されているのをご存じでしょうか。このような地域では、有害化学物質に関する情報や認識が不足しているため、野焼きなどの不適切な処理がなされ、臭素系難燃剤やその副生物による環境

汚染が発生しているという報告があります。当センターでは、このような不適切な処理が行われた場合に、臭素系難燃剤やその副生物がどのように生成して環境中に放出されるかという定量的な把握など、途上国における適正処理に役立つ研究も実施しています。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. Watanabe, M. et al.: Formation and degradation behaviors of brominated organic compounds and PCDD/Fs during thermal treatment of waste printed circuit



当ててみよう!

【電子回路基板】

わたなべ まふみ
渡部 真文

2008年11月4日号

Q
問題

電子回路基板が使われていない製品はどれでしょうか?

- ① パソコン ② テレビ ③ 自動車 ④ 自転車

答えは23ページへ

ガス化-改質技術による廃棄物系バイオマスからのエネルギー回収

かわもと かつや
川本 克也

2008年11月17日号

わたしたちの生活から出るごみや、工場などでの生産活動にもなっている廃棄物は、衛生的な環境を保ち最終処分する量を減らすことを目標に、また、環境に対して有害な影響が生じないように、日々処理されています。これに加え近年では、廃棄物の資源化により、限りある資源の循環利用を図ろうとする方向性が鮮明になってきました。また、ダイオキシン類などの有害物質の問題だけでなく、地球温暖化といった性格の異なる影響にも配慮することが求められるようになってきました。

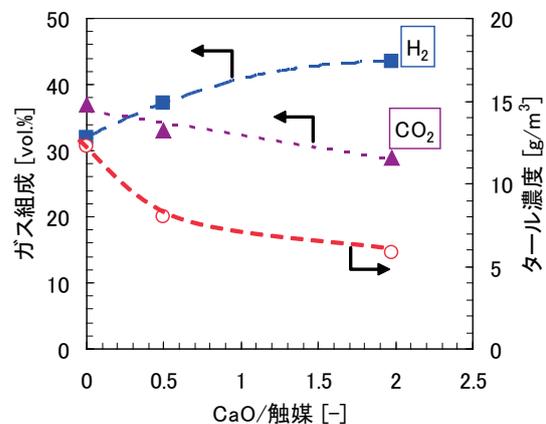
今回は、このような多くの問題を同時に改善していくことを目指して取り組んでいるエネルギー循環利用技術の開発、その中でもガス化-改質技術に的を絞ってお話します。なお、本マガジンの2007年1月22日号「ごみの熱分解で発生するガス成分とその量を予測する」、2008年2月18日号「カロリー？が気になる」でもこれに関連する一部の課題を取り上げたほか、国立環境研究所ニュースVol.26, No.6(p.3-5)ではガス化-改質に関する研究の全体像を紹介しました。

なぜ、ガス化-改質技術に研究開発のねらいを定めるのかについて改めて述べますと、現在の主たる廃棄物処理技術である焼却が、完全酸化型の燃焼による減量と熱利用を目指すのに対し、ガス化は熱分解ガスという多様な利用可能性を秘めたガスを取り出す技術である、ということです。長所・短所いずれもありますが、水素(H₂)、一酸化炭素(CO)、メタン(CH₄)などの可燃性ガスを得て、エネルギーとしての利用が開けることを私たちは第一に評価しています¹⁾。しかし、ガス化しただけでは利用の幅は狭く、石油精製と同じように改質を行って用途に応じて有用なガスに精製・変換する必要があります。そこでこの技術開発では、いかに原料の廃棄物系バイオマスから効率よく有用な成分を高濃度で取り出し、逆に不要または支障となる物質の生成を抑えるかが重要になります。そして、可能な限り低温で進めることによって、エネルギー消費をできるだけ抑えたいと考えています。そのための鍵は、触媒の上手な利用です。

触媒とは、それが共存すると反応速度を大きく向上させるなどの効果をあげる物質で、平衡となる時点での生成物の量に触媒自体は無関係です。従来から、遷移金属元素に性能のよい触媒が見出されてきましたが、木質バイオマスなどのガス化による効果を示す触媒がいろいろと研究されています。例えば、二酸化ケイ素(SiO₂)にセリウム酸化物(CeO₂)とロジウム(Rh)を加えた触媒は、バイオマス中

の炭素のガス化効率が大変よく、副生物としてさまざまな阻害を与えるタール分も部分的な酸化によって低減することができるとの研究例があります²⁾。

私たちのグループは、実用性を考えてもう少し安価なニッケル(Ni)を主体とした水蒸気改質触媒を種々試してきました^{3,4)}。ここで、触媒の適用によって実現したい目標を再整理すると、[1]ガス化の効率を向上させ、発電または液体合成など利用目的にかなった組成のガスを得ること、[2]タール分、多環芳香族化合物、含硫黄化合物など利用の阻害となったり環境影響を及ぼすかもしれない成分の発生を大きく抑制すること、の2つです。多くの実験から、触媒でも酸化カルシウム(CaO)を含むものがこれらの面で性能がよいこと、さらにCaOを足すと総合的にバランスのよい性能を発揮することがわかりました。図は、木質バイオマスのガス化-改質において、触媒とCaOを組み合わせたことによる各生成物への影響を示したものです。H₂の濃度が増大して、逆にCO₂が減ることがわかります。CaOがCO₂の生成を減らしたのはCaO+CO₂⇌CaCO₃の反応が起こり、そのため水性ガスシフト反応:CO+H₂O⇌CO₂+H₂の平衡がH₂生成側に進んだことによると考えられます。また、タールについては、触媒のみの場合に比較して半減することがわかります。図には示しません、廃プラスチック類と紙から作られる固形燃料(RPF)を用いた実験も行っています。それによると、木質バイオマスの方が触媒のタール減少効果が高いことがわかりました。一部のタール成分の分解は、H₂の濃度を押し上げる要因になるとも推測しています。ただし、タールによる障害が起こらな



木質バイオマスを用いたガス化-改質プロセスにおける触媒とCaOの適用効果 (ガス化、改質ともに温度750°C)



いようにするには、もう一段生成濃度を低減させる必要があります。それには、より有効な触媒を探索するとともに、それらを反応容器内に充てんする量の最適化などをさらに検討する必要があります。

触媒の適用で重要なのは、連続的な運転が可能となるようにうまく再生して使う技術的条件を見出すことです。この課題については現在検討を進めていますが、木質バイオマスでは再生行程を経ても H_2 の濃度はあまり減少しないことをつかんでいます。次の機会に詳しくお話できると幸いです。

さて、私たちが開発している技術はまだ大規模に実用化されてはいませんが、将来きっと社会に役立つ技術になると考えて取り組んでいます。未知の領域を切りひらき新しいものを作り出す喜びが研究にはあります。興味を覚えたら扉をたたいてください。



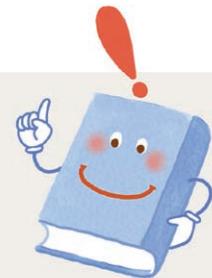
<もっと専門的に知りたい人は>

1. 川本克也ほか:熱分解ガス化-改質によるバイオマス・廃棄物からの水素製造技術の現状と課題、廃棄物学会論文誌、15、pp.443-455、2004
2. Miyazawa, T. et al.: Promotion of oxidation and reduction of Rh species by interaction of Rh and CeO_2 over Rh/ CeO_2 / SiO_2 , J. Phys. Chem. C, 112, pp.2574-2583, 2008
3. Wu, W. et al.: Hydrogen-rich synthesis gas production from waste wood via gasification and reforming technology for fuel cell application, J. Mater Cycles Waste Manag, 8, pp.70-77, 2006
4. Kawamoto, K. et al.: High efficiency hydrogen production from biomass waste via low temperature gasification-reforming technology with catalytic materials, Conference Proceedings, Hydrogen and Fuel Cells 2007 International Conference and Trade Show, pp.264-271, 2007

循環・廃棄物の まめ知識

【廃棄物系バイオマス】

なるおか ともひろ
成岡 朋弘



2008年11月17日号

バイオマスとは、生物資源の量を表す概念で、「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」と定義され、その存在状態によって、廃棄物系バイオマス、未利用バイオマス、資源作物等のその他バイオマスに分類されます。ここで、廃棄物系バイオマスは、利活用されない場合、廃棄物として有償処理されるバイオマス資源であり、家畜排せつ物、生ごみ等の食品廃棄物、廃木材等の木質バイオマス、古紙等の廃棄される紙、パルプ工場の廃液である黒液、水産加工残さの水産廃棄物等が含まれます。

石油のような化石資源は、地下からの採掘を続けていけばいずれは枯渇しますが、バイオマスは、持続的に再生可能な資源です。例えば、植物は太陽と水と二酸化炭素があれば、持続的にバイオマス資源を生み出すことができます。また、バイオマス資源を燃焼させた際に放出される二酸化炭素は、化石資源の燃焼によって出る二酸化炭素とは異なり、生物が成長の過程で体内に吸収した炭素を起源とする二酸化炭素であるため、そのバイオマスが持続的に

生産されている限り、大気中において新たに二酸化炭素を増加させない「カーボンニュートラル」な資源と言えます。

これらのバイオマス資源を有効に利活用するために、平成14年12月27日に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され、平成18年3月31日には、輸送用燃料等へのバイオマスエネルギーの導入促進を踏まえた改訂が行われました。これは、バイオマス資源を、エネルギーや製品として総合的に利活用し、持続的に発展可能な社会「バイオマス・ニッポン」の実現をめざしたものです。この取組において、廃棄物系バイオマスは、発電・熱利用や自動車用燃料の生産等を目的とした活用が検討されており、2020年までに、炭素量換算で80%以上の利活用が目標となっています。



アジア地域に適合した分散型の生活雑排水処理システム

えびえ よしたか
 蛭江 美孝

2008年12月1日号

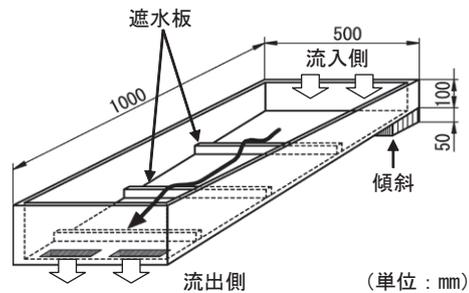
■途上国に適合した衛生環境改善

途上国において、生活排水（2007年3月5日号「生活排水」参照）、すなわち、トイレ排水（し尿）やその他の生活排水（生活雑排水）を適切に処理し、感染症の発生抑制や井戸水の汚染防止等を図ることは、人々の生活基盤を支える重要な対策です。日本で開発された浄化槽（2007年3月5日号「排水を毎日きれいにする小さな装置」参照）は分散型の低コスト・高度処理システムであり、非常に有望な技術ですが、それでもなお、浄化槽ではコストが高すぎるという地域があります。

私たちは、アジア諸国で持続可能性・適用性の高いサニテーションシステムの開発において、分散型のエコエンジニアリング（生態工学）を活用した生活排水処理システムを確立し、おが屑などを副資材としてし尿を肥料化することができるバイオトイレとの組み合わせシステムを検討しています。今回は、「混ぜない（排水分離）」、「集めない（分散型）」を前提とした生活雑排水の最適処理手法の一つとして、傾斜土槽法をご紹介します。

遮水板の高さを変えることによって土壌の湿潤・乾燥、好気・嫌気の度合いを調節することができます。傾斜土槽に充填された土壌はフィルターの効果を有し、充填土壌による物理的な過剰吸着作用が働きます。さらに土壌に捕捉された汚濁物質は微生物により分解されます。

なお、傾斜土槽は交互に積み重ねて多段にすることができ、他の生態工学技術と比べて広い面積を必要とせず、コストやメンテナンス費用を低く抑えることができると考えています。

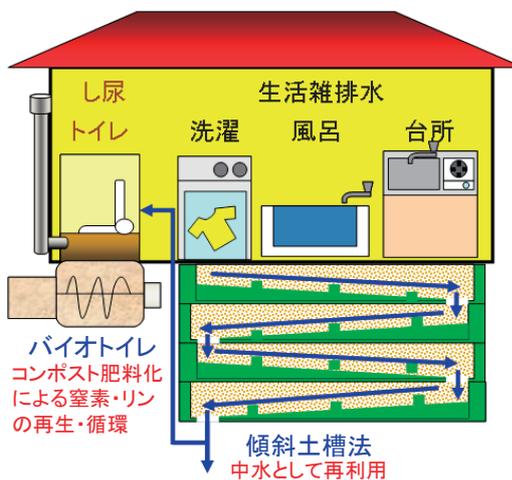


傾斜土槽の模式図

また、このシステムは汚濁物質の酸化分解を進める上で空気を吹き込むための電力が不要であり、設置・運転のコストが安価で、かつ、簡易・コンパクトであると言えます。適正な運転管理技術を確立することにより、途上国においても高度な処理が期待できます。また、排水分離によってし尿の混入がないため、処理水の再利用が容易であるなどの利点も挙げられます。

■実家庭での実証試験

埼玉県秩父市にある実家庭において、バイオトイレとの組み合わせによる実証試験を実施させて頂きました。現場ではスチロール製の傾斜土槽を4段積み重ねたものを設置しました。一戸の実家庭（二人家族）を対象とした実証試験であるため、生活雑排水の汚濁濃度は大きく変動しましたが、傾斜土槽の段数を経るに従って流出水の水質は向上し、処理性能が安定化しました。通年試験の結果を見ると、気温は10～30℃の間で変動していましたが、本処理システムの有機汚濁物質の除去性能は非常に高く、処理水の有機汚濁の指標となるBODは平均で10mg・L⁻¹以下となりました。懸濁物質（SS）除去率も同様に高く、実現場において、年間を通じての効率的な処理が可能であることが明らかとなりました。



アジア地域で適用可能な分散型し尿・生活雑排水の処理システム

■傾斜土槽法の構造と原理

傾斜土槽法は、底に傾斜がついた薄い箱型の容器に土壌を充填し、排水を土壌内に浸透流下させて浄化する方法です。通常、土壌微生物の活性は土壌の表面付近が一番高いので、その機能を効率的に活用するため、土壌は10cm程度に薄層化して充填しています。底部には、滞留時間の確保および偏流（水みち）防止のために遮水板が設けてあり、



富栄養化の原因となるリンについては高い除去性能が見られましたが、窒素に関しては、酸化反応が不十分な状況であり、硝酸の還元（脱窒）反応も含めて、効率的な運転管理技術の開発が重要であることが示唆されました。

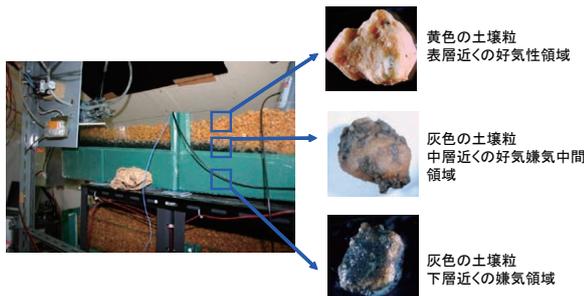
さらに、生活雑排水処理では、洗濯洗剤等に含まれているLAS（直鎖アルキルベンゼンスルホン酸）等の陰イオン界面活性剤は、水を再使用する場合や環境中へ放流する場合の影響が懸念されるため、界面活性剤の処理能の評価

が重要です。陰イオン界面活性剤の微生物分解には好気的条件が必要ですが、本試験における検討の結果、嫌気的領域が多い1、2段目までは除去率が低く、好気的領域の多い3、4段目で除去率が高くなる傾向が認められました。窒素除去能とともに、界面活性剤を含めた有機物除去性能を同時に高めるためには、傾斜土槽の内部構造を変更することや、断続的な原水流入により時間的に嫌気と好気を繰り返すなどの検討が必要になると考えられます。

今後、さらに生活系排水等の処理実証試験を重ねて処理効果や維持管理方法を確立し、当該技術のアジア地域への普及・展開に繋げることを目的として研究を推進していきます。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. Ebie, Y. et al.: Slanted Soil Chamber Systems as a Decentralized Gray Water Treatment, Proceedings of the 5th International Symposium on Sustainable Sanitation, pp.109-115, 2007



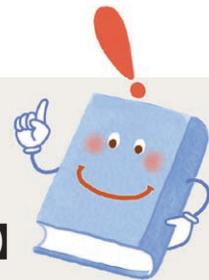
傾斜土槽内部の鹿沼土の状態

循環・廃棄物の

まめ知識

【廃棄物系バイオマスからのエネルギー回収】

り 李 とんよる 東烈



2008年12月1日号

近年発展の著しいアジア地域では、人口増加に伴う都市化及び産業の高度化によって廃棄物発生量が急激に増加し、様々な環境汚染が進んでいます。一方で、エネルギー確保への関心が高まり、有機性廃棄物が一つの資源（廃棄物系バイオマス）であるという認識のもと、有機性廃棄物を減量化すると同時に、エネルギー化・資源化する努力が各国で進められています。

バイオマスエネルギーは再生可能であり、エネルギーを貯蔵できるといったメリットがあるため、これを利用する技術も急速に発展しています。我が国でも1年間に発生する廃棄物系バイオマスを原油に換算すると約3,280万kLとなる（2007年1月9日号「バイオマス」参照）ことから、化石燃料の代替として二酸化炭素の増加を防止できる可能性を有しています。

バイオマスエネルギー変換技術は大きく分けて

物理的・熱化学的・生物化学的変換の三つの技術に分類することができます。具体的には、食品廃棄物・廃プラスチック等を物理的に圧縮してつくるRDF（Refuse derived fuel）、廃油とメタノールを化学反応させてつくるバイオディーゼル、食品廃棄物などの生物化学的な嫌気発酵により得られるエタノールあるいは水素ガス・メタンガスが注目され、それらの生産技術開発が進められています。アジア各国では、例えば、韓国において発電量30kWhから2MW級の嫌気性消化プラントが7ヶ所で稼働しています。中国では嫌気発酵によるバイオガスの回収と農家における電力燃料としての利用が進んでおり、ガソリンを代替できるバイオエタノールは9ヶ所で計123万トン生産されています。

バイオマス資源は比較的何処でも得られる地域エネルギー源であり、経済効率性の点からも重要な役割を演じています。

壊れたノートパソコンで金の指輪できる？

かわぐち みつお
川口 光夫

2009年1月26日号

ある日、ある研究員と娘の会話。

娘 「パパ、お仕事何しているの？学校でお友達に聞かれたんだ。」

父 「毎年古くなったパソコンや家電製品がたくさん捨てられているのを知っている？そこにはたくさんの貴重な金属、特に金や銀が大量に使われていて、まるで町に鉱山があるように思えるので都市鉱山と呼ばれているんだ(2007年11月5日号「愛用パソコン、パソ子のゆくえ」「基板と貴金属」参照)。でも、パソコンや家電製品は世界中から部品を買ってきて組み立てているから、どのような金属やプラスチックがどこにどの程度使われているか、よくわかっていないんだ。しかも、パソコンや家電製品に必ず使われている電子回路基板(以下基板)には、プラスチックを燃えにくくする化学物質が使われているんだけど、低い温度で燃やすと「臭素化ダイオキシン類」と呼ばれる有害な化学物質ができるそうだよ(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」、2008年11月4日号「廃電子回路基板の適正処理(燃焼法)」参照)。だから、パソコンや家電製品にどんな金属やプラスチックがどれくらい使われているか計ったり、環境汚染につながるかもしれない物質が含まれていないか調べたりしているんだよ。」

娘 「パソコンは毎年どのくらい売られて、どのくらい捨てられているの？」

父 「資料によるとね、2004年はデスクトップパソコンが540万台、ノートパソコンが630万台売られていてね、それぞれ410万台と340万台捨てられているそうだよ。」^{1,2)}

娘 「たくさん捨てられているんだね。捨てられたパソコンはその後どうなるの？」

父 「廃棄されたノートパソコン340万台中、日本国内で再使用されるものが130万台、同じく日本国内で解体され、貴金属やその他の金属を資源として回収するか、部品として再利用されるのが120万台、再使用やスクラップにする目的で海外に輸出されるのが90万台だそうだよ。」³⁾

娘 「このあいだ動かなくなった私のノートパソコンには、貴金属がどのくらい入っているのかなあ？」

父 「もう壊れたの？パパが使った期間を入れても、未だ3年半だよ。みんなが使っている期間よりだいぶ短いなあ。ノートパソコンに入っている貴金属の量はまだ調査を始めたばかりなんだ。古いパソコンにはフロッピーディスクが付いていたけど今ではもうほとんどないし、プリンターにつなぐ部品もいつのまにかなくなったよ。その代わりに、USBが3つも付いているんだ。その上軽くしたり性能を上げるため

に、毎年基板の電子部品もどんどん変わっているから、生産された年ごとにパソコンを調べないとはっきりしたことは言えないんだけどね。調査の終わった1999年製ノートパソコン(重さ3kg)は、再使用可能なCDドライブ、ハードディスク、バッテリー、フロッピーディスクを除くと、基板が440g、金属が420g(主に鉄、アルミニウム)、プラスチックが740g、液晶部品が510gだったよ。ちょうど次に調べる予定の基板の写真があるから見てごらん。金メッキしてある部品がたくさん光っているだろう。基板にはいろいろな部品が付いていて、金メッキされている部品や、金が使われているCPUやメモリもあるけど、金色に光っている部品以外は、見ただけではどこにどの金属がどのくらい使われているかわからないよね。そこで、基板を細かく砕いて酸で溶かして調べたところ、このノートパソコン1台には、金が150mg、銀が520mg、パラジウムが28mg、銅が107g使われていたよ。デスクトップパソコンも同じくらい使われているそうだよ(2007年11月5日号「愛用パソコン、パソ子のゆくえ」参照)。特に、メモリ基板は1枚の重量が9gなのに金を10mgも含んでいて、今日本で一番金の含有量の高い菱刈鉱山(鹿児島県伊佐市)の鉱石の数倍から20倍も多く含まれていることになるんだ。その上、苦勞して鉱石を掘らなくてもネジ1本だけで簡単に取り出せるからね。ほら、都市鉱山って言われる意味が分かるだろう？」



ノートパソコンの基板

娘 「でもパソコン1台では、金のアクセサリーが作れるほどは入っていないのね。」

父 「1台では無理かな。でも100台分集めれば指輪ぐらいできそうだね。」

娘 「じゃ、金を取り出してノートパソコン買おうと思ったけど、やっぱりパパの去年買ったノートパソコンをもらおうよ。」



父 「あげるからもう壊さないでね。それと、壊れたノートパソコンはゴミ箱に捨ててはいけないよ。きちんとリサイクルしなきゃ（資源有効利用促進法に基づく家庭系パソコンのリサイクルは平成15年10月開始）。リサイクルすれば部品の再利用や貴金属の回収もできるしね。比較的新しいパソコンにはリサイクルシールがついているから、ただで引き取ってもらえるよ。でも、もったいないから何とか直してみるか。もし直らなかったら、研究材料にしようかな。新しいパソコンの情報は必要だからね。リサイクルや再利用ができなくなる分、パパは仕事が必ず役立つように頑張るよ」

<もっと専門的に知りたい人は>

1. JEITA:IT機器の回収・処理・リサイクルに関する調査報告書、2006(<http://www.jeita.or.jp/japanese/>)
2. 吉田綾ほか:誤差最小化による使用済みパソコンのマテリアルフローの推計手法、第3回日本LCA学会研究発表会講演要旨集、pp.52-53、2008
3. 白波瀬朋子、貴田晶子:詳細解体による廃パソコン中の金属含有量の推定、廃棄物学会論文誌、40(2)、2009(掲載予定)

1999年製ノートPC 1 台中の貴金属含有量

単位:mg	金	銀	パラジウム
1台分の基板	150	520	28
①MB基板	110	260	14
②液晶用基板	9	99	5
③メモリ基板	10	2	1
④その他基板合計	21	159	8

循環・廃棄物の

まめ知識

【都市鉱山】

おぐち まさひろ
小口 正弘



2008年1月26日号

都市鉱山とは、使用済み製品を鉱山に見たてて、それらに含まれる有用資源をリサイクルしようという考え方です。東北大学選鉱製錬研究所の南條道夫教授らによって1980年代に提唱されたもので、近年、金属資源の価格高騰などを背景に注目を集めています。現在、使用済みのパソコンや携帯電話などから銅や金などの金属がリサイクルされており、これは正に都市鉱山の活用例の一つと言えるでしょう。

独立行政法人物質・材料研究機構は、日本における都市鉱山の規模に相当する値として、国内に蓄積されている金属の量を推計し、その量が天然資源量に比べて無視できない量であると報告しています (<http://www.nims.jp/jpn/news/press/press215.html> 参照)。例えば、金は6,800トン、銀は60,000トン、タンタルは4,400トン、インジウムは1,700トンが国内に蓄積しており、この量はそれぞれ世界の埋蔵量の約16%、22%、10%、61%に相当するとしています。この数字を見る

と、金属資源の乏しい日本にとって、都市鉱山という考え方が今後さらに重要性を増すものと考えられます。

ただし、これらの全ての金属が簡単にリサイクルできるわけではないことも知っておく必要があります。例えば、製品中の金属濃度が低濃度で経済的にリサイクルできない場合があります。また、使用済み製品が都市鉱山となるには、まとまった量の製品を集める必要がありますが、小型で台数の多い電気・電子製品などは世の中に広く散らばっているために、収集に大きな手間と費用がかかる場合もあります。

今後、都市鉱山の有効活用を促進するためには、様々な製品に含まれる金属の種類や量、製品の存在量や存在場所をきちんと把握し、その上でどの製品に含まれるどの金属を回収すべきか、また、どうやって使用済み製品を収集すべきかを検討することが重要であり、そのための研究や取組が始まっています。

各国のリサイクル政策と使用済み製品の越境移動

むらかみ すずき りえ
村上（鈴木）理映

2009年2月9日号



最近、製品が使用済みとなった後までの責任を、製造業者や輸入業者に負わせる、「拡大生産者責任:EPR」(2007年10月15日「生産者の責任」参照)の考え方に基づいたリサイクル法制度が各国で導入されています。

この考え方は、製品の生産・使用段階だけでなく、廃棄・リサイクル段階にまで生産者の責任を拡大するという考え方ですが、これまでに各国で導入された制度では、必ずしも生産者のみに全ての責任を押し付けるのではなく、小売業者や消費者、地方自治体など、関係者各々にも使用済み製品の管理について役割分担することを求めています。この考え方が生まれたEU諸国ではもちろん、アジア地域でも日本、韓国、台湾でEPRの概念を取り入れたリサイクル制度が導入されて、既に10年が経過しています。対象品目や、関係者の責任の範囲は少しずつ異なっていますが、いずれの国でも、関係者で役割分担して、きちんと回収・リサイクルが行われているように見えます。ではなぜ、先進国からの使用済み製品が、途上国に合法・違法に輸出されるのでしょうか？(2007年2月19日「見えないフローとリサイクル・海外輸出」参照)

それは、リサイクル法制度が、使用済み製品が「誰も知らないモノ」であることを前提として定められているので、「ごみとして捨てる時に誰に渡すべきか」を決めることはできますが、誰かがそれを欲しいというときにはリサイクル法制度の対象にはならないからです。そのため、「消費者が誰かにタダでまたは安く譲ったモノ」のフローは把握しにくく、これが「見えないフロー」になっています。つまり法律があっても、一度使用済みとなったモノを欲しがっている「誰か」がいる限り、「見えないフロー」は存在するのです。

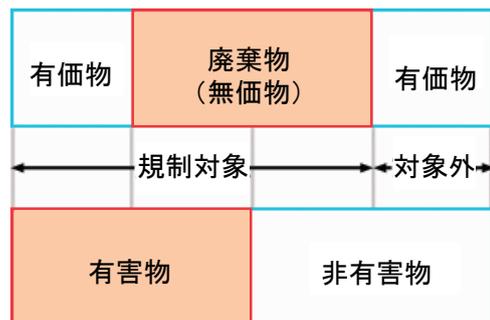
実際、EPRの概念を取り入れても、生産者の責任下で回収・リサイクルできているのは、現状では、多くて排出されたうちの半分程度です。残りがどこに行き、どのように再使用もしくはリサイクルされるのか把握できないならば、「出る国(主に先進国)」の生産者には、使用時もリサイクル時も環境負荷が低い製品をつくることが期待されるでしょう。そして使用済みのモノが「入る国(主に途上国)」では、自国にとっての問題や課題、自国の製造事業者や輸入業者、リサイクル業者などの産業構造などを踏まえた上

で、先進国の経験(成功も失敗も)を活かした制度を目指すのがよいでしょう。

各国がEPRの概念を取り入れて、しっかりした(と思っている)制度を構築しても、合法・違法を含めて「使用済み製品の越境移動」は起こるのです。違法の越境移動を取り締まるためには、国境での警備強化、税関での厳重チェック、輸出入業者への規制、などの手立てしかありません。しかし、「有害とされる廃棄物」が、出す国と入る国で違う場合、出す国では輸出が合法的な廃棄物であっても、入る国では、違法な場合もあります。また、入る国で輸入を禁じていない合法な場合でも、入ってきた廃棄物に含まれる汚染物質を適切に処理する能力がなければ、汚染が引き起こされる可能性があります。このような問題に対処するためには、各国の法制度と併せて、国際的な枠組みが必要となります。

そこで、特に処理能力が不十分な途上国に、資源回収の名目で廃棄物が集中し、人体や環境を汚染することを防ぐために、「有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約」が1989年に採択され、1992年に発効しました。この条約では、「有害な廃棄物」を輸出する時には事前に相手国に通告して同意を得ること、非締約国との「有害な廃棄物」の輸出入禁止、違法な取引や処理が見つかった場合は輸出国が引き取ることなどが定められました。

批准国は、バーゼル条約に準じた国内法を各々制定することになっています。日本では「日本版バーゼル法」の下で、「誰かがほしがっている有害廃棄物(有害な有価物)」、「誰も知らない有害廃棄物(有害の無価物)」、「有害ではないが誰も知らない廃棄物(非有害の無価物)」が、輸出入規制の対象となっており、使用済み電気電子機器は、「有害の無価物」にあたります。従ってもしも輸出するときには、相手国と自国の両方の許可が必要です。ただし輸出先で中古



日本バーゼル法の規制対象範囲



品として利用されることが明示されていれば、それは「廃棄物」ではないため、そもそもバーゼル条約の対象ではありません。そこで、中古品と偽ったり、「誰かがほしがっており有害でない廃棄物（非有害の有価物）」に混ぜるなどの手口で、バーゼル条約の対象とはならないようにして輸出される悪質なケースも摘発されています。

また、使用済み電気電子製品については、国連大学などの国際機関、世界的な大手電気電子機器メーカーなどの参加により、世界的に問題を解決するためのイニシアチブ「Solving the E-Waste Problem; StEP」が2007年にスタートしました。ただしこのイニシアチブが、どの程度環境汚染問題を改善しながら資源の有効利用を進めていくことに役立つかは未知数であり、課題は多く残されています。

私たちはこれまで、各国のリサイクル制度とその施行状況を調査し、現状把握に努めてきました。今後は、既に制度を導入してきた国の経験から得られる示唆をまとめるとともに、各国のリサイクル制度が越境移動に及ぼす影響について考察し、よりよい国際資源循環（2007年2月5日号「コクサイシゲンジュンカン？」参照）が行われる仕組みを考えていきます。

<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
2. 小島道一編：アジアにおけるリサイクル（研究双書 No.570）、アジア経済研究所、2008



2009年2月9日号

当ててみよう!

【家電リサイクルの追加品目】

てらぞの あつし
寺園 淳

Q
問題

2009年4月から新たに家電リサイクル法の対象となるのは、次のうちの品目でしょうか。

- ① 電子レンジ ② マッサージチェア ③ 液晶テレビ ④ 携帯電話

答えは23ページへ

ごみから炭作りができる？

ふぁん いんひー
黄 仁姫

2009年2月23日号

近年、地球温暖化、資源枯渇、埋立地の不足などの環境問題が社会全般に大きな影響を及ぼしています。このため、今まで焼却あるいは埋立処分されてきた廃棄物系バイオマス（2008年11月17日号「廃棄物系バイオマス」参照）についても、再生可能なカーボンニュートラルのエネルギー源として積極的に利用しようとする動きが活発になってきています。日本では、2030年までに新エネルギーの総供給量の23%を廃棄物・バイオマスから導入するといった具体的な数値目標などが示されています（総合資源エネルギー調査会需給部会：2030年のエネルギー需給展望）。

2005年の調査資料（環境省：産業廃棄物排出・処理状況調査報告書）によると、国内廃棄物系バイオマスの年間発生量は約25,600万トンに達していると報告されています。このような廃棄物系バイオマスを資源あるいはエネルギー源として有効利用する方法にはどのようなものがあるでしょうか。その一つは生物学的転換技術です。微生物を利用し、有機物を分解・発酵させ、その過程で発生するメタン、水素、エタノールなどを回収する方法です。厨芥や食品廃棄物など比較的含水率が高く微生物が分解しやすい成分が多いものに適用されています。もう一つは熱化学的転換技術であり、ある温度条件でバイオマスを加熱・分解させ、発生する熱あるいは固相、液相、気相に生じた生成物を回収する方法です。前者に比べて含水率が低く生物分解しにくいものに適用される場合が多い技術です。このような熱化学的転換技術の中で皆さんに一番身近なものは焼却でしょう。我々が日常生活で出す燃えるごみは、地域にあるごみ焼却施設で処理されています。

実は日本は、一般廃棄物の約8割を焼却処理しており、ごみ焼却率が非常に高い国の一つです。焼却処理では、ごみに含まれている有機物を完全燃焼させるために必要な理論空気量より多い量の空気を炉内に導入し、ごみを燃やします。有機物が燃焼する時に発生する高温の燃焼熱をうまく回収すれば、ごみから電気の生産、いわゆるごみ発電ができます。焼却は空気が豊富な条件下での熱処理と言えますが、これに対して、ほとんど空気を与えずに有機物を加熱処理する方法として熱分解という技術があります（2007年1月22日号「熱分解ガス化」参照）。熱分解は低酸素あるいは無酸素条件で外部から熱を加えることによって有機物を構成している炭素同士の結合の弱い部分を切断することで、チャー（または炭化物：固相）、オイル（液相）、ガス（気相）などを生産する方法と言えます。ある意味では動植物の死体が長年地中で徐々に分解されて石炭、石油、

天然ガスのような化石燃料に変換していく過程と同じような反応であり、熱分解はそのような過程をより高い温度で、また短い時間で行うと言えば理解しやすいかもしれません。熱分解反応によって得られるチャーは、見た目も炭や石炭とよく似ています（図1）。特に炭化物を回収する目的で熱分解を行う技術は炭化という名前で呼ばれています。



図1 チャー（炭化物）
右：ペレット炭化物
左：炭化物粉末

最近10年間、多様な廃棄物系バイオマスを炭化する研究が多くなされてきました。産業廃棄物を対象とした小規模の炭化施設をはじめ、現在では全国に6箇所的一般廃棄物を対象とした炭化施設が稼働しています。これらの炭化施設は1日当たり数十トンの可燃ごみや粗大ごみを対象とし、破碎、乾燥などの前処理を行った後、ロータリーキルン式炉あるいは流動層炉を用い、約400-600℃、低酸素雰囲気中で1時間ほど炭化処理を行っています（図2）。炭化処理中に発生した可燃ガスは別の燃焼室に集めて燃やし、その熱を炭化炉の熱源あるいはごみ乾燥用の熱源として使います。生成物である炭化物には鉄・アルミなどが含まれているので、粉碎・篩い（ふるい）分け・磁力選別を行い、金属を分離します。さらに、炭化物に含まれている塩素などの望ましくない成分を水で洗って除去したり、必要に応じて粉末状

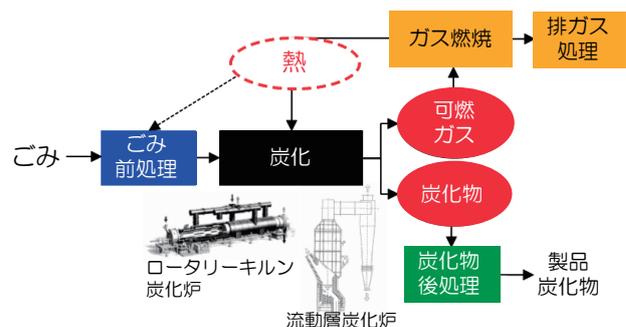


図2 ごみ炭化施設の概要図



の炭化物を一定サイズに造粒したりする場合があります。こうして作られた炭化物の利用方法には、炭素成分を燃料や還元剤として使う、あるいは生成する時に生じた細孔構造を活かして吸着材や活性炭などとして使う、というおよそ二つの道があります。可燃ごみや粗大ごみのようにいろいろなものが混ざっている廃棄物から得られた炭化物は、前者の観点からセメント製造施設や石炭火力発電所での代替燃料、製鉄工場の代替コークスなどに使われています(図3)。

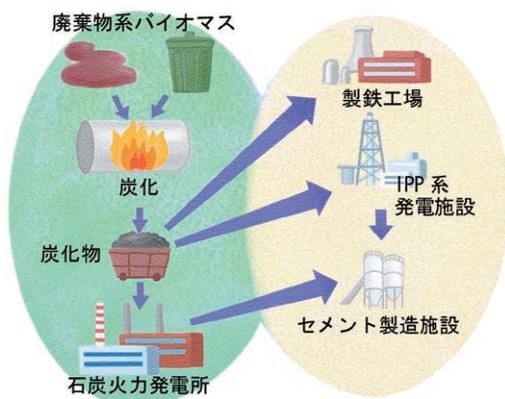


図3 地域産業と連携した炭化物利用

このように、ごみから貯蔵可能な形態の燃料として炭化物をつくり、化石燃料を多く使っている火力発電所、製鉄工場やセメント製造施設へ供給すれば、化石燃料使用を代替し、地球温暖化防止へ寄与することができます。ただし、炭化物を代替燃料・材料として上手に利用するためには、炭化物の品質管理とともに地域産業との連携による安定的な炭化物の需要確保が重要なポイントとなります。

一方、木質系バイオマスなど比較的単純な組成で炭素分が多い良質のものについては、炭化した上で水蒸気や薬品添加を伴う熱処理を行い、炭化物内に細孔構造を発達させ、市販の活性炭と同様の機能を持つ多孔質物質としてより価値の高い材料を開発する研究も進められています。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. Hwang, I.-H. Kawamoto, K.: Current state of carbonization systems for treating municipal solid waste in Japan", Proceedings of 5th International Conference on Combustion, Incineration/Pyrolysis and Emission Control, 2008.



当ててみよう!

【炭素の量】

こばやし じゅん
小林 潤

2009年2月23日号



次の中で1g中に含まれる炭素重量が最も少ないものはどれでしょうか？

- ① ダイヤモンド
- ② ペットボトル
- ③ 針葉樹
- ④ 軽油

答えは23ページへ

ごみ焼却炉から発生するダイオキシン類を管理するために

やすだ けんじ
安田 憲二

2009年3月9日号



家庭から排出されているごみを焼却すると、微量ですがダイオキシン類などの有害なものが生成されます。生成されるダイオキシン類の量（濃度）は、ごみの成分のほかに、焼却す

際の温度（燃焼温度）、燃焼排ガスの冷却方法、ばいじんなどを除去するための集じん装置の種類やその除去能力によって変わります。また、家庭から排出されるごみには、調理くずや食べ残しなどのちゅう芥類、紙くず、ポリ袋などのプラスチック類、庭ごみ、ガラスなどの不燃物が含まれています。これらのごみの成分が日々変化しますので、当然、燃焼の状態も絶えず変化します。このため、焼却施設でごみを燃やす際には、ごみ組成や燃焼状態の変動に応じて焼却施設の運転状況を変化させて、ダイオキシン類などの有害なものが生成されないようにする必要があります。

ダイオキシン類は焼却施設内でのごみの燃焼時と集じん装置の2カ所で主に生成されますが、生成される場所によってダイオキシン類の濃度は異なります。この生成濃度は、ごみの成分や集じん装置の運転状況(主に排ガス温度の制御)によって変化しますが、これまでの研究では、焼却施設からのダイオキシン類総排出量のうち、約80%は集じん装置で生成されたものであるとの報告がされています。このことから、集じん装置での生成(二次生成物といいます)を監視することも必要です。

ダイオキシン類が生成される濃度は排ガス1立方メートル当たりナノグラム(ng)単位と非常に低い(これは、学校などにある50mプールに目薬を一滴垂らした濃度になります)ことから、排ガスに含まれているダイオキシン類を測定・分析するためには長い時間と高額な費用が必要となります。通常、1検体のダイオキシン類を測定するためには、3人がかりで1日以上、分析も早くても約2ヶ月程度かかりますので、費用も1検体当たり50万円前後と非常に高価です。このため、焼却炉を管理している市町村では、ダイオキシン類の測定を1年に1回だけ(法律では、1年に1回以上測定することになっています)実施しており、ダイオキシン類の生成をきめ細かく監視しているとは言い難い状況にあります。

ごみの燃焼時にダイオキシン類が生成される際には、塩素や臭素など、いわゆるハロゲンを含む有機物(有機ハロゲン類)も同時に生成されています。これら有機ハロゲン

類のうち、特にクロロベンゼン類やクロロフェノール類は、ダイオキシン類と同様にごみの燃焼時と集じん装置内ではばいじんが捕集される時に多く生成されています。

また、これらの生成濃度はダイオキシン類と比べて非常に高く、測定・分析も簡単なため、短時間に安価で測定データを得ることができます。このため、ごみの燃焼時に生成されるダイオキシン類と有機ハロゲン類の相関が確認できれば、直接排ガス中のダイオキシン類を測定しなくても、代わりにクロロベンゼン類やクロロフェノール類などの有機ハロゲン類を測定することで、ダイオキシン類の生成を予測することが可能となります。

そこで、廃棄物の種類別に複数の焼却施設(最新のガス化溶融施設も含む)について、焼却施設の排ガスおよび飛灰中のダイオキシン類と有機ハロゲン類の濃度を同時に測定して、両方の相関関係を調べました。その結果、両者に相関関係が認められるとともに、これらの濃度は焼却施設の運転条件とも相関性が高いことが示されました。このことから、ごみ焼却施設からのダイオキシン類の発生を抑えるためには、直接ダイオキシン類を測らなくても、代替として有機ハロゲン濃度を測定し、それにより焼却施設の運転管理を行う方法が有効であることが分かりました。この方法では、ダイオキシン類を直接測定する方法と比べて測定・分析の期間が短く安価に結果を得られることから、市町村も排ガス測定の回数を現行の年1回から大幅に増やせるなど、より安全で安心な焼却施設の運転が確保できると考えられます。

今後の課題ですが、焼却施設におけるダイオキシン類の生成は、ごみの成分や使用する焼却施設により複雑に変化しており、生成濃度の変動が大きいという特徴があるので、ダイオキシン類の発生を抑えるためには、より多くの測定データを集めて焼却施設の運転管理方法の精度を高めることが必要です。このため、さらに多くの焼却施設について測定を実施していく予定です。





<もっと専門的に知りたい人は>

1. 安田憲二ほか：廃棄物焼却炉からの排ガスおよび飛灰中における有機ハロゲン類濃度を活用したダイオキシン類の代替計測に関する研究、第19回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.588-590、2008

2. Kawamoto K. and Yasuda K. :Mass balance of dioxins around dust collection systems and flue gas monitoring with surrogate organic halogens. Organohalogen Compound, 70, pp.74-77,2008



焼却施設に設置された有機ハロゲン類の測定装置



2009年3月9日号

当ててみよう!

【焼却排ガスの処理】

いのうえ けんいちろう
井上 研一郎

Q
問題

焼却施設から排出されるガスには、いろいろな環境汚染物質が含まれます。これらを処理するために用いられているのは、次のうちどれでしょうか。

- ① ろ過 ② 吸着 ③ 中和 ④ 触媒反応

答えは23ページへ

その他

オランダ通信 (1)

たきがみ ひでたか
滝上 英孝

2008年10月6日号

5月から半年間、所の海外研修制度を利用してオランダ・アムステルダム自由大学／環境研究所に滞在しています。

オランダでは、台風並みというわけではないですが、北海から強い風が吹きます。それを利用するために風車がつくられ、堤防を築いて水をくみ出して国土をつくってきたわけですが、その強い風でポプラの木が時々耐えられずに倒れてしまいます。そのポプラの倒木を有効利用して木靴をつくっています。木靴はお土産だけでなく、履くと暖かく水もしみ込まないので、少し分厚い靴下を履けば十分に実用的です。木靴が履きつぶされたら、今度は鉢植えに変身して民家の壁に掛けられていたりします。

さて、私もオランダ名物の自転車に乗って買い物に出かけます。乗った方がいいがハンドブレーキがなく、ペダルを逆回転して停止するフットブレーキです。平均身長(男性)が185センチのオランダ人仕様のサドルにまたがるとそうそう降りられず、交差点では曲芸です。自転車は専用道路があって、原付バイクと共有ですが(危ないです)、歩行者道や自動車道路とは分かれています。それぞれの乗り物の道があって、歩行者>自転車>バイク>車の順で交差点の通行が優先されます。ルール順守は、かなりちゃんとしています。

至る所にある犬の糞をよけながら自転車をこいでスーパーマーケットに着きました。みんな、買い物袋を持ち込んでショッピングです。スーパーにはペットボトルや瓶の自動回収機があってデポジット金が返ってくるので、買い物袋には行きがけに空き瓶などを入れておきます。食パンや牛乳、チーズといった乳製品、それからハムが日本よりも安く買って、しかもおいしいです。酪農製品や野菜の国内自給率は



オランダ・ハーレムにある跳ね橋:オランダでは「橋が上がっていたので、遅刻しました」という言い訳が通用するとか…。

200%を超えているそうです。レジに並びましたが、店員が前の客と長いお喋りをしており、なかなか先に進みません。でも、みんな気にも留めていない様子です。買い物かごを足で蹴りな

がら(押しながら)前に進むのは、さすがサッカーのお国柄でしょうか。おばあちゃんもするので、行儀が悪いわけではないみたい

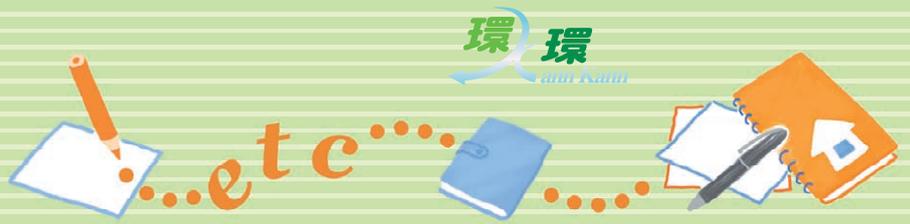


スーパーの買い物袋:違うスーパーで買い物しても叱られません。

です。買い物を終えて、家に帰ります。オランダの家屋は、カーテンを引かずに夜でもどうぞ中を見て下さいといった感じですよ。プロテスタントの清貧思想でしょうか。中もきちんと片づけられています。住居にはかなりお金をかけていそうです。一方で、食生活は極めて質素です。朝昼は火を使わない簡単なサンドイッチ程度の食事です。衣類や持ち物についてもブランド品志向というものがないようです。ケチなのか贅沢なのかよく分かりませんが、慈善事業や環境保護の募金を募れば、すぐにお金が集まるようなところがあり、ケチでもないようです。

家で料理をつくります。蛇口をひねれば日本人にも飲める水が出てきます。運河の水はよんどで飲めそうにありませんが、水道水は地下水を利用します。塩素を使わずに地下水を砂ろ過して水道水として供給しています。料理で出た野菜くずなどの生ゴミは、分別して自治体がコンポストにします。その他のゴミは地下コンテナに入れて、週1回クレーン車が来て吊り上げて中身を回収します。ゴミの分別にオランダ人も積極的ようですが、日本ほど徹底的ではありません。ごみの収集を始め、社会のいろいろなルールをトップダウンでなく、市民が議論を重ねながら決めていく気風がオランダにはあるようです。治水や干拓といった一人ではどうにもならない問題に歴史的に対峙してきたからでしょうか。

何やらオランダの生活情報をぎゅうぎゅうに詰め込んで書いてしまいました(環境のこともいろいろ触れたつもりですが、余談が多くてごめんなさい)。外国に出てみれば、常に日本との比較で頭の中がいつぱいになります。頭の中の振り子を思い切り振られた感覚です。今回はこちらでの研究活動について書くことにします。



循環センター オランダ通信 (2)

たきがみ ひでたか
滝上 英孝

2009年1月13日号

海外研修報告 (於オランダ・アムステルダム自由大学) 第二弾ということで、今回は欧州における化学物質の生産や流通、使用に関する新しい管理の仕組み (REACH: Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals、2007年6月にEUにおいて発効しています)、中でも化学物質の安全性評価の仕方が大きく変わろうとしているというお話をします。その変化とは、動物実験から脱却する流れです。

化学物質が人の健康に影響を及ぼすかどうか調べるには、事故や汚染事例を除いては人体実験するしかありませんが、これはもちろんできません。代わりに、ラットやマウス、ウサギ、イヌ、サルといった動物に投与して、その実験結果から安全性を評価するのが常でした。動物実験は、急性致死毒性試験や皮膚、点眼刺激性試験、アレルギー感作性試験、変異・発がん性試験、生殖毒性試験など評価目的に応じていろいろあるのですが、欧州全体で年間約1,000万個体 (2002年) に上る動物が試験に使われていたそうです。しかし、動物の福祉や権利を主張する動きが強くなり、加えて、2000年代初頭までに特にイギリスで肉骨粉の飼料利用が原因とされる狂牛病により多数の家畜を失ったこと、処分せざるを得なかったことも動物愛護、ひいては動物実験代替化の流れに影響しているのでしょうか。

動物実験代替の考え方は、実は廃棄物減量化の考え方とキーワードが共通します。すなわち、3つの「R」が重要になります。この場合の、3Rとはreduction (試験動物数の削減)、replacement (細胞等を用いた試験管内試験 (in vitro 試験) やコンピューター毒性予測への代替)、refinement (動物福祉に配慮した試験法の改善、苦痛軽減等) を指します。本質的な重要性は、replacement > reduction > refinementの順になりますが、まずはreductionとrefinementを実現し、より長期的にreplacementを目指すというアプローチをとることになります (一方、既に化粧品については2009年以降、動物実験が行われた原料、製品のEU域内での販売、流通を禁止する決定がなされています)。最近では動物試験代替を後押ししてくれる有望な技術的ツール (道具) が開発されています。例えば、人の組織、器官への分化可能性を持った胚性幹細胞 (ES細胞) が活用できるようになったこと、細胞遺伝子工学技術 (ゲノミクスやプロテオミクス、いわゆるomics技術) の飛躍的な進

展、さらには膨大な遺伝子情報等から数理的に生物システムを解析し理解しようとする学問 (バイオインフォマティクス、システム生物学) が成立したことが挙げられます。しかし、動物実験で実施されてきた慢性毒性試験 (1世代、複数世代試験) や繰り返し曝露試験 (反復吸入や皮膚接触による影響等)、それから代謝影響について、これらの代替試験の実現が本当に可能かどうか議論はまだまだ続きそうです。

動物試験代替に関する政策的な動向と並行して、EU (欧州連合) が研究費 (総額約1億ユーロ) を支援する動物試験代替の関連研究が産学官の共同実施で現在幾つも走っています。研究テーマは愛称で呼ばれ、かつ名は体を表すものになっています。例えば、ARTEMIS (子供の記憶学習障害に影響する化学物質の動物代替試験法開発研究、アルテミスはギリシア神話の女神で子供の守護神です)、RAINBOW (ワークショップ開催を通じた動物実験から細胞試験への代替化推進の"橋渡し"事業)、Sens-it-iv (アレルギーへの感作性 (sensitivity) 検出法開発研究)、TOXDROP (液滴中に細胞を入れて多検体処理が可能な試験法を開発しようとする研究) などなど。こういうネーミングができると、研究にことさら愛着と意欲が湧きそうですね。しかも、研究成果 (最適化された試験法) は、産業界による化学物質評価に将来使用するというで、実効性の高いものになっています。REACHの制度運用やREACH関連の研究



研修先であるアムステルダム自由大学

体制を見ていると、当然ながらオランダやドイツといった国単位でなく、EUという「巨大国家」としてのまとまりにある種の脅威すら感じます。

最後になりましたが、私は、この研修期間中、上述したようなREACHで計画されている動物試験代替法を用いた毒性評価体系について情報収集を行っています。また、研修先機関では、ReProTectというEUファンドを受けて生殖毒性試験の動物試験代替研究を行っており、実際に遺伝子組み換え細胞を用いて、エストロゲン、アンドロゲン、プロゲステロン、グルココルチコイドなどの各ステロイドホルモ

ン受容体に作用する化学物質の包括的な検出試験法を開発し、活用しています。私は研究テーマの一つとして、それらの試験にハウスダスト試料（製品から放散される化学物質の直接曝露媒体として重要視しています）や環境底質試料（残留性化学物質の溜まり場であり食物連鎖の起点として重要視しています）を適用して、得られる活性のカテゴリライゼーション（試料間での結果の類似性や相違性を解析してグループ化を行い、試料の含有する化学物質との関連性を調べること）を行っています。



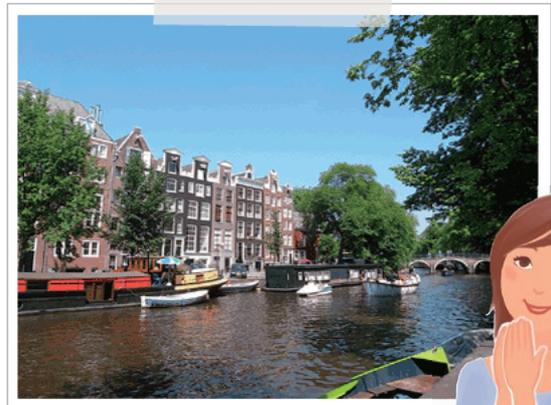
実験の合間のひととき



オランダのごみ収集：ごみのたまった地下コンテナをクレーンで吊り上げてごみを回収する方式です。



肉類のダイオキシン分析：滞在中にアイルランドで飼料汚染があり、滞在先で精肉分析が行われました。



アムステルダム夏の週末になるとみんなボートで運河に繰り出します。



当ててみよう! の答えと解説

【電子回路基板】^{わたなべ まふみ} 渡部 真文

答え ④ 自転車 (電動アシスト機能や電池式のヘッドランプ等を装備していない自転車)

電子回路基板はほとんどの電化製品に使用されていますが、電気を使わない自転車にはありません。

「循環・廃棄物のけんきゅう」(2008年11月4日号)の「廃電子回路基板の適正処理(燃焼法)」でも触れたように、電子回路基板は高温になることから、様々な難燃剤が使用されていますが、そのリサイクル・廃棄過程で、難燃剤そのものの環境放出や副生物である臭素化ダイオキシン類の生成が懸念され、最近では環境に放出され難く、臭素化ダイオキシン類が生成し難い難燃剤の使用が増えています。

パソコンには、マザーボードや電源用などに電子回路基板が使用されています。テレビにも同じような用途で使用されていますが、地上波デジタル対応型は以前のテレビに比べてより複雑な情報処理を行うため、電子回路基板の使用が多くなっています。自動車には、主に運転席や助手席の足元に電子回路基板があり、エンジンへの燃料の噴射量を調整したり、ギアチェンジを指令したり、オーディオを動かしたり、エアコンをON/OFFしたりしています。自転車は皆さんの足が動力源ですから、基本的に電子回路基板は使用されていませんが、電動アシスト機能のついた自転車や電池式のヘッドランプなどには使用されています。

【家電リサイクルの追加品目】^{てらぞの あつし} 寺園 淳

答え ③ 液晶テレビ

2001(平成13)年4月から施行されている家電リサイクル法(2007年2月5日号「家電リサイクル法」参照)では、ブラウン管式テレビ、エアコン、洗濯機、冷蔵庫・冷凍庫の4品目を対象として、メーカーにリサイクル(再商品化)が義務付けられました。現在の制度の対象品目は、自治体での処理が困難、小売業者による配送率が高く買い替えの際に使用済み品を引き取りやすい、などといった観点から選ばれてきました。

環境省と経済産業省が2008年2月にまとめた「家電リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書」では、「見えないフロー」(2007年2月19日号『「見えないフロー」とリサイクル・海外輸出」参照)などとともに、品目の追加の必要性も議論されてきました。そこで、液晶テレビとプラズマテレビ、ならびに洗濯機と類似商品となっている衣類乾燥機が取り上げられました。この追加品目は2008年12月の政令で決定され、2009年4月から施行となっています。

電子レンジについては、持ち運び可能なものも相当数あり、配送率が低いために、今回の品目追加からは外れました。

マッサージチェアについても、自治体では処理困難と認識されていますが、出荷台数がまだ多くないことや、多様な製品があるために消費者のわかりやすさを考慮して、今後の検討対象とされています。

液晶テレビは、今後の普及や廃棄の増加が見込まれるもので、処理困難であることが大きな理由として追加品目とされました。小型のものは配送率が低いですが、消費者にとって混乱のないように、大きさに関係なく対象となっています。

携帯電話(2007年2月19日号「電気・電子製品の廃棄量」参照)にもテレビが見られるものがありますが、元々主機能や電源形態が異なるため、液晶テレビとはみなされず、対象外となりました。携帯電話は、「モバイル・リサイクル・ネットワーク」で販売店などにおける無償回収が自主的に行われていますが、2007年度の本体の回収実績は644万台にとどまっています。ただし、最近では、レアメタルを含む金属回収の重要性が認識され、携帯電話を含む小型電気電子製品の回収・リサイクルが注目されつつあります。

【炭素の量】^{こばやし じゅん} 小林 潤

答え ③ 針葉樹



炭素は、石油や石炭の主要な構成元素であるだけでなく、生きとし生けるもの全てに含まれている重要な元素の一つです。一方、地球上に存在する炭素の量は、地球を海も大気も均一に混ぜて考えると、1g中に0.0005g、空気中だけで見ると0.0002gとされています。では、私たちが普段目にするモノにはどれだけの炭素が含まれているのでしょうか。

女性の憧れ(?)のダイヤモンドは全て炭素でできている(1g中に含まれる炭素量はもちろん1g)ことは有名ですが、炭素の塊と思われている石炭は、無煙炭と呼ばれる炭素純度の高い石炭でやっと1g中0.9g以上で、製鉄で用いられる瀝青炭では1g中0.83-0.9gとなっています。バスやトラックの燃料である軽油の炭素量は、1g中におよそ0.85gで石炭とあまり変わりません。プラスチックは、元となる化学原料の種類によって異なりますが、ペットボトルの主要材料であるPET(ポリエチレンテレフタレート)1g中には0.62gの炭素が含まれています。杉やヒノキなどの針葉樹林は1g中におよそ0.5gの炭素が含まれています。木に含まれる炭素が他の材料と比較して少ないのは、糖類(C₆H₁₂O₆)が鎖状につながったセルロースと呼ばれる有機物が主成分のためですが、光合成で生成されるセルロースの原料は空気中に含まれる二酸化炭素であり、およそ2500倍も濃縮されていることが分かります。

廃棄物系バイオマスには針葉樹などに由来する建築廃木材も多く含まれており、これらに含まれている炭素を効率的に濃縮する炭化技術により燃料や機能性材料として有効活用することは、カーボンニュートラルな資源の利用促進の観点からも非常に重要です。

【焼却排ガスの処理】^{いのうえ けんいちろう} 井上 研一郎

答え ①~④のすべて

焼却施設から排出されるガス中には、ばいじん(焼却により飛散する粒子状物質)、塩化水素、硫酸化物、窒素酸化物、ダイオキシン類などの環境汚染物質が含まれており、ろ過や吸着といった物理的な分離操作や、中和や触媒を用いた化学反応によって、これらの大気中への排出を減らしています。

2007年9月18日号「当ててみよう」の「ダイオキシン」で述べられているように、燃焼制御やガスの急冷などによりダイオキシン類の生成を抑えることができますが、煙道(排ガスが通る大きな管)に活性炭を噴霧し、吸着させることによっても大気中への排出を抑えることができます。また、触媒を用いて酸化分解することもあります。

ばいじんの処理については、排ガスを布製のフィルターに通しろ過する方法が広く用いられています。このフィルター上にはばいじんや噴霧した活性炭が捕集され堆積しており、排ガスがこの堆積層を通過する際にダイオキシン類が吸着し、より低濃度になります。

窒素酸化物についても、燃焼制御などによって生成を抑えていますが、触媒を用いてアンモニアなどと反応させることで還元分解することもできます。

塩化水素については、中和反応により排出を減らしています。中和とは、酸とアルカリから塩(えん)と水が生成する反応です。消石灰(水酸化カルシウム)の粉末を煙道に噴霧することなどにより処理されています。なお、硫酸化物も消石灰と反応させることで処理することが可能です。

ろ過や吸着といった操作、中和や触媒反応は中学・高校までに学習する内容ですが、このように焼却排ガスの処理の分野にも応用されています。

バックナンバーの目次

環境総集編 Vol.1~Vol.4 の目次一覧です。
本号と併せて、読んでみてくださいね！



Vol.1

- 2006年11月5日号
 - 環境創刊のご挨拶…………… p01
 - 廃棄物の研究って？…………… p12
 - ごみ研究の歴史（第1回）…………… p24
 - 研究報告「家電リサイクル法の実態効力の評価」…………… p28
- 2006年11月20日号
 - 近未来の循環型社会のビジョンを一緒に考えましょう！…………… p28
 - 熔融スラグ…………… p03
 - ジュンカンガタシャカイってどんな社会？…………… p14
- 2006年12月4日号
 - リサイクルと化学物質について考えよう…………… p04
 - 難燃剤…………… p05
- 2006年12月18日号
 - ハウスダスト研究（ほこりの研究）…………… p16
 - バイオアッセイ…………… p17
 - ごみ研究の歴史（第2回）…………… p25
- 2007年1月9日号
 - 循環型社会と科学技術…………… p06
 - バイオマス…………… p07
- 2007年1月22日号
 - ごみの熱分解で発生するガス成分とその量を予測する…………… p18
 - 熱分解ガス化…………… p19
 - ごみ研究の歴史（第3回）…………… p26
- 2007年2月5日号
 - コクサイシゲンジュンカン？…………… p20
 - 家電リサイクル法-「料金」の違いと「行き先」の違い…………… p21
- 2007年2月19日号
 - 「見えないフロー」とリサイクル・海外輸出…………… p08
 - 電気・電子製品の廃棄量…………… p09
- 2007年3月5日号
 - 排水を毎日きれいにする小さな装置…………… p22
 - 生活排水…………… p23
- 2007年3月19日号
 - はかる…………… p10
 - 地域を単位とした水・物質循環システムの再構築を…………… p11
- 2007年4月2日号
 - ごみ研究の歴史（第4回）…………… p27
- 2007年7月2日号
 - リデュース…………… p15

Vol.2



- 2007年4月2日号
 - マニフェストとアカウントビリティ…………… p01
 - 高齢化社会とごみ問題-家庭からの医療系ごみが急増？…………… p04
- 2007年4月16日号
 - ごみの建設材料へのリサイクルと環境安全性…………… p06
 - 溶出試験…………… p07
- 2007年5月7日号
 - 研究所の春の一般公開イベント～開催報告～…………… p20
- 2007年5月21日号
 - 埋地地ガスのモニタリング方法の開発…………… p08
 - 一般廃棄物の埋立処分場…………… p09
- 2007年6月4日号
 - 海につくる処分場の話…………… p10
 - 埋地地の跡地利用…………… p11
- 2007年6月18日号
 - 化学物質を管理するということ…………… p05
 - 欧州の新たな化学物質管理法…………… p05
 - ごみ研究の歴史（第5回）…………… p22
- 2007年7月2日号
 - どんなリサイクルがよいか？…………… p12
 - ライフサイクルアセスメント（LCA）…………… p13
- 2007年7月17日号
 - リサイクルについての疑問と的確な情報提供の大切さ…………… p02
- 2007年8月6日号
 - 循環センター 2007年夏の大公開…………… p21
- 2007年8月20日号
 - ごみから水素エネルギーをつくり出す…………… p14
 - メタン…………… p05
- 2007年9月3日号
 - 廃棄されたアスベスト製品やその無害化処理物中のアスベストを分析する…………… p16
 - アスベストを含む建材-その廃棄はいつまで続く？…………… p17
- 2007年9月18日号
 - 「はかる」ことを評価する…………… p18
 - ダイオキシン…………… p19
- 2007年12月10日号
 - ごみ研究の歴史（第6回）…………… p24



Vol.3

- 2007年10月1日号
 - 発生源研究の大切さ…………… p01
 - 生ごみ処理の将来を占う?…………… p14
- 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…………… p02
 - 生産者の責任…………… p03
- 2007年11月5日号
 - 愛用パソコン、パソ子のゆくえ…………… p04
 - 基板と貴金属…………… p05
- 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…………… p06
 - アジアの環境協力…………… p07
- 2007年12月10日号
 - イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (1)…………… p19
- 2008年1月7日号
 - 小売業者の違反事例にみる家電リサイクルの課題…………… p16
- 2008年1月21日号
 - ごみ処理とリサイクルの費用はいくらか…………… p08
 - 容器包装リサイクル法…………… p09
- 2008年2月4日号
 - ゴミの燃焼とニトロ多環芳香族化合物…………… p10
 - 廃プラスチックの処理…………… p11
- 2008年2月18日号
 - カロリー?が気になる…………… p12
 - 水蒸気改質…………… p13
 - ごみ研究の歴史 (第7回)…………… p17
- 2008年3月17日号
 - イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (2)…………… p20



Vol.4

- 2008年3月17日号
 - リサイクル品の偽装・不適正表示問題…………… p02
- 2008年4月7日号
 - 国際的な活動を中心とした対外活動の最近の状況…………… p01
- 2008年4月21日号
 - 家庭ごみからの金属回収可能性は?…………… p04
 - 可燃ごみ中の金属のゆくえ…………… p05
- 2008年5月12日号
 - 循環センター 2008年春の一般公開…………… p18
 - イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (3)…………… p20
- 2008年5月26日号
 - 排水からリン資源を回収するシステム…………… p06
 - リンとバイオ燃料…………… p07
- 2008年6月9日号
 - 中古家電 (テレビ) の海外リユースと環境問題…………… p08
 - エコリュックサック…………… p09
- 2008年6月23日号
 - 廃棄物埋立地の透水性と安定化…………… p10
 - 廃棄物埋立地の覆土…………… p11
- 2008年7月22日号
 - ナノ材料とその廃棄物…………… p03
 - イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (4)…………… p21
- 2008年8月11日号
 - 循環センター 2008年夏の大公開…………… p19
 - イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (5)…………… p22
- 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…………… p12
 - プラスチックの添加剤…………… p13
- 2008年9月8日号
 - モノの循環における『動脈静脈連携』…………… p14
 - カーボンフットプリント…………… p15
- 2008年9月22日号
 - 植物の力で水環境改善…………… p16
 - 湿地の保全…………… p17





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/>