環と環 ann Kann

高校生も楽しめる循環型社会・廃棄物研究情報誌

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
2010 Vol.6

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

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

環環 ann Kann

高校生も楽しめる循環型社会・廃棄物研究情報誌

ゆうぞう博士　Dr.グッチー

目次

近況

環境問題の「現場」～ごみ問題と地球温暖化問題との対比を交えて～ …… 1

社会のうごき

チェンジ …… 2

ブラウン管テレビのリサイクル問題 …… 3

循環・廃棄物のけんきゅう

家庭製品中の難燃剤の室内環境への影響 …… 4

生ごみの品質とリサイクル方法 …… 6

都市鉱山と金属資源のリサイクル …… 8

サービスの脱物質化と低炭素社会 …… 10

新たな化審法第一種特定化学物質を含有した廃棄物の適正処理 …… 12

ごみの熱分解・ガス化による生成物の特性とその有効利用 …… 14

たけ

りえ

その他

循環センター　2009 年春の一般公開 …… 16

循環センター　2009 年夏の大公開 …… 17

ごみの管路輸送システムとつくば市での廃止事例 …… 18

当ててみよう！

RoHS 指令 …… 5

詰替商品の利用による「脱物質化」 …… 11

当ててみよう！の答えと解説 …… 19

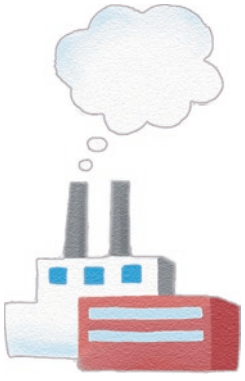
循環・廃棄物のまめ知識

エネルギー収支比（EPR） …… 7

使用済みの携帯電話 …… 9

化審法の改正 …… 13

RDF と RPF …… 15



バックナンバーの目次

Vol.1 ～ Vol.3 …… 20

Vol.4 ～ Vol.5 …… 21

近況

環境問題の「現場」
～ごみ問題と地球温暖化問題との対比を交えて～

森口（もりぐち）　祐一（ゆういち）

2009年4月6日号

新しい年度を迎えました。おかげさまで、環環は2006年度半ばの創刊から数えて4つ目の年度に、そして当センターは設立以来、9年目に入ります。一方、国立環境研究所は先月、創立35周年を迎えました。国立公害研究所として設立された1974年3月15日から今日までの35年の歩みの間に、環境問題の様相が大きく変化してきたことは言うまでもありません。今回は、環境問題がどこで起きているのか、という視点から、地球温暖化問題との対比を交えて私たちの研究対象について考えてみます。

1年前の近況欄で、対外活動の状況を紹介しましたが、その後今日までの1年間を振り返ると、地球温暖化問題とごみやリサイクルとのかかわりについて、講演したり解説を書いたりする機会が増えました。2008年6月の国立環境研究所公開シンポジウムでは、「ごみ問題・3Rと温暖化のかかわり」というテーマで講演しました。これを含む5つの講演を収録したDVDビデオの頒布や動画の提供も始まっていますので、是非ご覧下さい。

昨今、大きな関心を集めている地球温暖化問題と、私たちの研究センターが主な研究対象としているごみ問題との間には、多くの共通点、接点があります。これらはともに資源やエネルギーを大量に消費する、今日の便利で豊かなライフスタイルと関わっています。それゆえ、日常生活の中でのこれらの問題への対策の取組も盛んに呼びかけられるようになっています。

しかし、ごみ問題は私たちの目の前にある、日々実感しやすい問題であるのに対し、地球温暖化は、地球全体の長期にわたる問題であり、実感しにくい、という大きな相違点があります。また、ごみは目に見えるのに対し、地球温暖化の原因とされる二酸化炭素などの温室効果ガスは、目に見えず、それゆえその量を実感することは難しいでしょう。二酸化炭素の排出量を1人1日1kg減らそう、という国民運動が展開されてきていますが、これは日本全体の二酸化炭素排出量の4%程度、家庭部門のエネルギー消費に伴う排出量の4分の1程度に相当します。一方、家庭ごみの量は、1人1日1kgを下回っています。つまり、重さで比べると、実はごみよりもはるかに多くの量の二酸化炭素を日々大気中に「捨てて」いるのです。そこで、食品などの商品を作るまでにどれだけの二酸化炭素が排出されたかを表示するカーボン・フットプリント（2008年9月8日号参照）など、温室効果ガス排出の「見える化」も進められています。

環境問題に関する調査や研究の萌芽期、発展期に尽くされた方々は、現場に出向き、五感を駆使することの大切さを説いてこられました。大気汚染や騒音などの公害問題は、しばしば被害の激甚な地名とともに取り上げられてきました。廃棄物の不法投棄のような問題においても、明確な「現場」があります。「事件は会議室で起きているんじゃない、現場で起きているんだ」という、刑事ドラマの主人公の台詞がありますが、環境問題も同じです。研究室の机やコンピュータの画面に向かっているだけでは、実社会で起きている現実はなかなか見えません。

しかし、地球温暖化のような問題では、この「現場」に接することができない、という難しさがあります。むろん、発電所や自動車が二酸化炭素を排出している事実を見ることはできますし、大気中の二酸化炭素濃度を測ることもできます。暖冬や猛暑などの気象の変化を感じることもできるでしょう。しかし、これらが因果関係でつながっているかどうかを現場で確かめることはほぼ不可能であり、コンピュータによるシミュレーションに頼ることになります。地球温暖化が人為的なものかどうかについて、今も異論があるのはこのためもあります。

それと比べれば私たちの研究対象であるごみ問題は、現場を重視することで、多くのことを解明することができます。家電製品の「見えないフロー」（2007年2月19日号参照）の問題に見られるように、使用済み製品の国際流通などによって、現場が見えにくくなっている状況があり、現場の重要性がますます高まっていると言えます。

ここ数年を振り返ってみると、残念ながら、筆者自身は会議室で過ごす時間がますます長くなり、現場に出向く機会が減ってきてしまいました。また、ごみ問題の「現場」に精通した経験豊富な研究者が定年を迎え、退職されつつあることも悩みの種です。次世代を担う若手研究者に現場の大切さを改めて伝えるとともに、自分自身もできる限り現場に足を運ぶことに時間を割く、ということを年度初の抱負の一つとしたいと思います。

チェンジ

藤井（ふじい）　実（みのる）

2009年4月6日号

米国のオバマ大統領がチェンジ（変革）をスローガンに掲げていますね。廃棄物に関する分野でも、廃棄物の処理・処分に伴う環境負荷の発生を抑制するためには変革が必要です。

そもそも廃棄物を発生させないような社会にすることがまず重要です。そのためには、無駄な製品は買わない（作らない）ということになるのですが、何が必要で何が無駄なものかの判断はなかなか難しいものです。仮に健康と最低限の衣食住が、生きていくために必須のものだとすれば、活き活きとした生活は、残りの多くの無駄によって支えられているとも考えられるからです。

先ごろ開催された国の審議会（中央環境審議会第50回循環型社会計画部会）において、廃棄物を発生させない方法の概念的な整理が示されました。予備的な検討が行われたもので、まだまだ議論の余地がありますが、そこでは天然資源の消費量に着目して議論がなされています。審議会の資料にはあまり明示されていませんが、特に枯渇性の天然資源（枯渇性資源）の消費量です。枯渇性資源というのは、地球上で数に限りのある資源で、植物のようには再生産されないものです。化石資源（石油や石炭など）のように燃やすともう使えなくなってしまうもの、鉄やアルミのように、使っても消失する訳ではないけれども、鉱石からの製造プロセスに多くの化石資源を消費するもの、貴金属やレアメタルのように、非常に存在量の少ないものなどがあります。これら枯渇性資源の消費を抑制すると、貴重な資源を節約できるのは勿論、その使用に伴う環境負荷や、最終的には埋め立てなければならないごみの発生抑制にも繋がることが期待されます。

社会における枯渇性資源の消費量は、次の式で表すことができます。

$$\text{枯渇性資源消費量} = \text{活動量} \times \frac{\text{製品使用量}}{\text{活動量}} \times \frac{\text{新規製品量}}{\text{製品使用量}} \times \frac{\text{枯渇性資源消費量}}{\text{新規製品量}}$$

よく見ると恒等式（必ず左右が等しくなる式）になっていますが、このように枯渇性資源の消費と関連する要素を並べて比べることで、消費量を増減させる要因を考えることができます。右辺の初めに書かれている活動量というのは、日々の生活、学校、仕事、趣味などで使用する「機能」の量です。移動するとか、食事をするとか、資料を読むとか、室内の温度を快適にするとか、それはもう様々なことが含まれます。議論の分かれるところかもしれませんが、私たちが活き活きと暮らしていくためには、活動量を減らす、ということはあまり考えたくありません。活動量を減らすのではなくて、機能を獲得する（提供する）手段を変えることで、枯渇性資源の消費量を減らすというのが、まずできる変革ではないでしょうか。つまり、数式において活動量の値を一定にしていても、そこに掛かる3つの分数の値がそれぞれ減少すれば、枯渇性資源の消費量は減らすことができるのです。

右辺の分数になっている部分の1つ目は、活動量当たりに使用する製品の量です。ごく稀にしか使わない文房具があるとすれば、みんなで共有して使えば1つで済みますよね。1人1個ずつ買って使っていたものを3人で共有すれば、使用する製品量は3分の1に減らせる訳です。

分数の2つ目は、使用する製品のうちの、どれだけが新規に購入（生産）した製品なのかを表します。この値を減らすにはどうすればよいでしょうか？答えは製品を長く使うことです。3人で共有した文房具を、更にいつもより2倍長く使うと、必要な文房具の数は個々に購入していたときと比べて6分の1に減ることになります。もちろんこの理屈は文房具に限らず、家具や家など、いろいろな製品に当てはまります。ただし、電化製品や自動車など、古い製品の中には使用時のエネルギー効率が悪いものもあるので、買い換えた方がトータルでは環境にとって良くなる場合もあります。

分数の3つ目は、製品を作るときにどれだけ枯渇性資源を使うかを表します。枯渇性資源を使わないためには、バイオマスを使うとか、リサイクル原料を使うといった対応が考えられます。バイオマスについては、決して無尽蔵に使える訳ではありませんので、将来に渡って継続的に使えるように適切に生産・管理して利用していくことが重要です。リサイクルについては、2007年7月2日号「どんなリサイクルがよいかな」でお話ししましたように、効率よくリサイクルすることが重要です。製品を作る部分の改善は、工場の人が勝手にやってくれることだと思われるかもしれませんが、リサイクルするにはごみを分別して出すことが必要ですし、枯渇性資源をあまり使わない製品を、みなさんが選んで購入することも大切なのです。このように、みなさんの日々の生活における変革が、廃棄物の処理・処分や資源消費に伴う環境負荷の発生を減らすことに繋がるのです。

ブラウン管テレビのリサイクル問題

肴倉（さかなくら）　宏史（ひろふみ）

2009 年 7 月 21 日号

地上波によるテレビ放送の完全デジタル化（いわゆる地デジ化）が2011年7月24日に行われます。このため、アナログ放送を受信中のテレビ画面の右上隅には「アナログ」という文字が表示され、地デジ化への対応を否応なく意識させられるようになりました。

対応方法としては、デジタル放送受信機を購入する、もしくは、デジタル放送を受信できるテレビに買い替える、の二つが主に考えられます。わが家でも、アナログ放送用のブラウン管テレビがだいぶん古くなったので（エコポイントにも背中を押されて）、つい先日、デジタル放送用の液晶テレビに買い替えました。

これで、テレビ画面の「アナログ」の文字は消えました。地デジ化の準備完了です。役割を終えたわが家のブラウン管テレビは、家電リサイクル法（正確には、「特定家庭用機器再商品化法」）に基づき、販売店に引き取られていきました。引き取られたテレビは家電リサイクル工場に集められ、部品ごとに分解されて、大部分がリサイクルされているのは、ご存じかと思います。

家電リサイクル法では、それぞれの品目に対してリサイクル率の目標値（正確には、「再商品化等基準」）が決められていて、ブラウン管テレビは55%（重量割合）となっています。これに対して、実績値を見ると、例えば2007年度は86%で、目標値を大きく上回っています。最近、洗濯機、冷蔵庫、エアコンのリサイクル率については、その目標値をいずれも70%以上へ引き上げることが決まりましたが、ブラウン管テレビだけは55%に据え置かれました。なぜなのか、おわかりでしょうか？

それは、従来の方法では、ブラウン管テレビのリサイクルが出来なくなりつつあるからです。ブラウン管テレビのリサイクル率を考える際に最も重要なのは、全体の重さの約60%を占める「ブラウン管ガラス」です。これまでは、新たに製造されるブラウン管ガラスの原料（「ガラスカレット」）としてリサイクルされていました。しかし、日本のみならず、世界中でブラウン管テレビの需要が急激に減少しているため、リサイクル原料としての需要も非常に厳しくなりつつあるのです。

地デジ化を間近に控えて、これから急激に大量に発生すると予想されるブラウン管ガラスの新たなリサイクル方法、あるいは、処理処分方法を考えなければなりません。電子情報技術産業協会によれば、ブラウン管テレビは毎年1000万台程度排出されており、2011年前後には全体で1400万台が上積みされて、一気に排出されるおそれがあるそうです（http://www.env.go.jp/council/03haiki/y0311-07.html）。

ブラウン管ガラスの「ファンネル」や「ネック」という部分には、内部の電子銃から放出される有害なX線を吸収できるように、鉛が24～32%も含まれています。そのため、そのまま他のガラス用途へ使うことができません。また、ガラスからの鉛の分離には非常に大きいエネルギーが必要となります。さらに、鉛自体が有害なため、ガラスを単純に砕いて土木資材として使うことも難しいのです。

新たなリサイクル技術の開発はもちろん大切ですが、残された時間は長くはありません。現実的な対応策を考える必要があります。例えば、埋立処分は一つの選択肢でしょう。埋立地にストックし、金属製錬原料に回していくことも考えられます。いずれも技術的には可能でも、制度面で解決すべき点は少なくありません。しかし、差し迫った課題として、皆さんで協力しあいながら対処していかなければなりません。

地デジ化には、解像度の向上などのメリットがある一方、まだ使えるはずのアナログ方式のテレビの寿命を短くさせているという側面があります。そのうえ、テレビの画像表示方式がブラウン管から液晶やプラズマへ移行したため、ブラウン管ガラスの用途が無くなり、リサイクルの仕組みに大きな課題を突き付けています。ある製品の需要が大きく変化すると、既存のリサイクルシステムの変更が否応なく迫られること、とりわけ、有害物質を含む製品の取扱が困難になることを、この問題から十分に学びとる必要があると考えています。

家庭製品中の難燃剤の室内環境への影響

小瀬（こせ）　知洋（ともひろ）

2009 年 4 月 20 日号

難燃剤は火災を発生しにくく、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（筐体）の樹脂部分、カーテンやじゅうたんなどの屋内で使用される繊維製品、車の内装品、建物の断熱材などに幅広く添加されています。難燃剤は大きく分けて、臭素系、リン系、無機系などに分類されます。ここではこれらの難燃剤のうち、主に樹脂や繊維の難燃化に用いられる臭素系難燃添加剤であるポリ臭素化ジフェニルエーテル類（PBDE）とヘキサブロモシクロドデカン類（HBCD）について取り上げます（図1）。

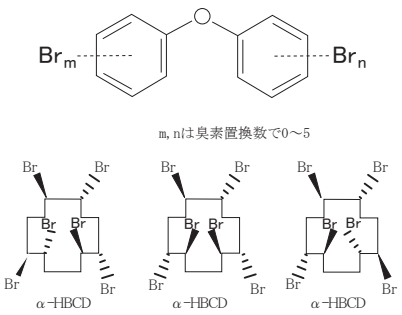


図１　PBDE、HBCDの化学構造

PBDEはその難燃効果の高さから家電製品や建材、繊維などに幅広く難燃剤として使用されており、特にテレビのケーシングの樹脂部分には重量比で十数％もの難燃剤が使用されている場合もあります。PBDEは焼却処理や太陽光による光分解によって毒性の高い臭素化ダイオキシン類であるポリ臭素化ジベンゾフランを生じることが明らかとなったこと（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）や、RoHS指令の規制対象となったことなどから、その使用量は減少傾向にあります。HBCDはPBDEの代替物質として需要が増加した難燃添加剤の一つであり、PBDEと同様に各種樹脂や繊維などの難燃化のために幅広く使用されています。

難燃剤はその使用目的上、室内で使用される様々な家庭製品に添加されます。このため製品の使用過程において難燃剤が室内空気中に放出されるほか、いったん揮発して周囲にあったダストに付着する、プラスチックの表面劣化で難燃剤を含むプラスチックとともに粒子としてダストに移行するなどして、ハウスダスト中に放出されることによって、室内環境やひいては我々の健康にも影響を及ぼす可能性があります（2006年12月18日「ハウスダスト研究（ほこりの研究）」参照）。

そこで、実際に一般の家屋と同等のモデルハウスの室内に様々な製品を設置して、どのような製品からどのような難燃剤がどれくらい放出されるのかを明らかにするために実験を行いました。

モデルハウス内の７畳洋間に、図2のように家庭製品を設置して実験を行いました。製品の負荷率（室内にある製品の表面積が部屋の容積当たりどの程度かを示し、室内の製品密度を表す指標。一般的に1～2 m^2/m^3程度と言われています。）は家電製品において0.36 m^2/m^3、繊維製品において0.73 m^2/m^3で、合計1.0 m^2/m^3程度に設定しました。家庭製品を設置する前と、家庭製品のうちテレビ・パソコンなどの家電製品を設置した後、家電製品に加えてカーテンなどの繊維製品を追加設置した後の3回、室内空気を採取して、PBDEとHBCDの濃度を測定しました。

製品の設置後に難燃添加剤の室内空気中濃度が上昇したかどうかをみることで、どの製品から何が放出されたのかを明らかにすることができます。

また、設置後に濃度の上昇が見られた場合は、その濃度上昇幅から製品から難燃添加剤がどの程度放出されているかを大まかに試算することができます。

室内に製品を設置する前と家電製品を設置した後のPBDE濃度の比較、及び繊維製品を追加設置した後のHBCD濃度の比較を図3に示しました。

左に示したPBDE濃度の測定結果では、家電製品を設置した後に濃度が上昇しました。この結果から、家電製品からPBDEが放出されていると考えられました。なお、繊維製品の設置時に室内空気中のPBDE濃度は上昇しませんでした。

右に示したHBCD濃度の測定結果では、繊維製品を追加設置した際に濃度が上昇しました。このことから、HBCDは繊維製品から放出されていることが確認されました。

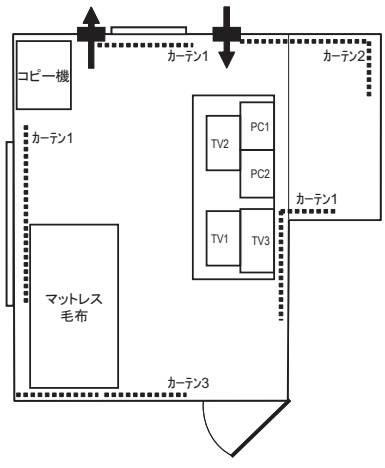


図２　試験時の製品配置図

なお、家電製品の設置時にHBCD濃度は上昇しませんでした。蛍光X線による臭素分析を行った際には、設置した繊維製品のうちカーテンのみから臭素が検出されました。また、カーテンの直接分析においても試験に使用した全てのカーテンからHBCDが検出されました。このことから、HBCDは主にカーテンから放出されたと考えられました。

実験中、部屋は100 m^3/hの速度で換気していたので、製品設置前後の室内空気中の濃度差からPBDEの放出速度は6,600pg/h程度と考えられました。同様にカーテンからのHBCDの放出速度は10,500pg/h程度と考えられました。製品の実際の使用時と同等の条件下での個別の放出速度を検討した事例はありません。しかしながら室内空気中において実測された難燃剤濃度は一般家庭における値と比較して低くなりました。この原因は明らかではありませんが、一因として生活活動が無いためダストの発生量が少ないといった実験上の問題点が考えられ、今後こういった点を改善した試験が必要と考えられました。

<もっと専門的に知りたい人は>

1.Kose, T., et al.: Determination of the emission amount of organic pollutants from household products using a model room. Organohalogen Compounds, 70, 2305-2308,2008.

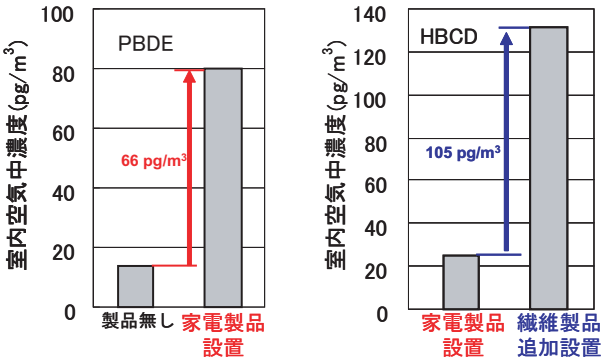
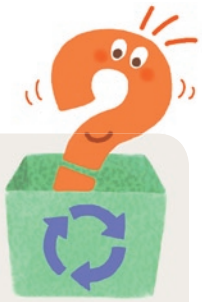


図3　製品設置に伴う室内空気中の難燃剤濃度変化



2009年4月20日号

当ててみよう!

【RoHS指令】

山本（やまもと）　貴士（たかし）

Q 問題

欧州連合（EU）では、電気電子製品への有害物質の使用を規制するRoHS指令が施行されています。このRoHS指令で規制されていない物質は、次のうちどれでしょうか？

❶ 鉛　❷ ポリ臭素化ビフェニル（PBB）　❸ ビスフェノールA　❹ カドミウム

答えは19ページへ

生ごみの品質とリサイクル方法

稲葉（いなば）　陸太（ろくた）

2009 年 5 月 25 日号

■生ごみの今

生ごみは、いちばん身近なごみの一つです。みなさんが毎日食べるごはんの食べ残しはもちろん、料理する時に取り除く、じゃがいもの皮など食べられない部分も生ごみになります。生ごみは家だけでなく、食堂やレストラン、ファーストフード店（ハンバーガーなど）からも出てきます。また、コンビニやスーパーなどで売っている食品についても、それらを加工または調理する工場で食品に関係するごみが出てきます。売れ残った食品もごみとして扱う場合があります。

これらの生ごみや食品に関係するごみは日本全体で毎年2,000万トン弱も発生しています。ここでは、これら全体を広い意味での生ごみとしてお話します。

日本では生ごみの約30%がリサイクル（再生利用）され、残りの約70%が燃やされたり埋め立てられたりしています。特に、家庭や外食産業（食堂・レストラン・ファーストフード店など）、小売業（コンビニ・スーパーなど）から出てくる生ごみは、食品加工工場から出てくる生ごみに比べてリサイクルされる割合がまだ小さく、工夫する余地が大きいといえます。

■リサイクルの目的

生ごみをリサイクルする目的としては、新しい資源の消費量を減らすこと、ごみの埋立量を減らすこと、ごみの管理に必要な費用を減らすこと、ごみの管理に関係する環境負荷（二酸化炭素など）の排出量を減らすことなどがあります。生ごみの燃料化やエネルギー回収をする場合は、生ごみに関係するシステム全体でのエネルギーの効率を高めることも目的になります。

これらの目的をどのくらい達成できるかを考えることがリサイクルの効果を評価することになります。また、リサイクルは同時にいくつかの目的を持っていることが普通ですので、あらかじめ、どれがより重要なのかという順番も決めておくことが大切です。

なお、エネルギーの効率については記事「エネルギー収支比（EPR）（2009年5月25日号）」を、リサイクルの効果については記事「どんなリサイクルがよいかな？（2007年7月2日号）」をご参照ください。

■リサイクルの方法

生ごみのリサイクルには様々な方法があります。例えば、乾燥させたり発酵させたりして家畜のエサを作る「飼料化」、発酵させて肥料を作る「堆肥化」、発酵させてメタンガスを発生させる「メタン発酵」などです。また、揚げ物などに使った後の油については、化学的処理によってディーゼルエンジンの燃料を作る「バイオディーゼル燃料化」などがあります。

費用や技術の面でリサイクルが難しい場合は、焼却・埋立などの「適正処理」を施さなくてはなりません。焼却処理では、ごみを燃やしたときに出る熱を発電などに利用する「エネルギー回収」を実施する場合もあります。生ごみは、それ自身ある程度の熱量を持っていますが、水分が蒸発する時にかなりの熱を奪われますので、回収できる熱は他のごみ組成と比べてそれほど大きくありません。

なお、日本の生ごみリサイクルでは、堆肥化と飼料化の占める割合が大きくなっています。

■生ごみの発生源と品質

リサイクル原料として生ごみを扱うときに、その品質は、(1) 均質性、(2) 異物、(3) 水分、(4) 鮮度などによって大きく左右されます。このうち、(1) (2) はどんなごみでも当てはまる項目です。(3) は生ごみだけではなく、生き物に由来するごみ、いわゆる「廃棄物系バイオマス」（2008年11月17日号「循環・廃棄物のまめ知識」参照）全体に当てはまる項目です。廃棄物系バイオマスには、生ごみを始め、古紙、廃木材、家畜のふん尿なども含まれます。(4) の鮮度は生ごみ独特の項目です。

生ごみの品質は、発生源の種類に大きく左右されます。食品加工工場で発生する生ごみは、主に加工食品を作るときに出た残りものです。工場では品質を管理しながら同じものを大量に作っているため、発生する生ごみは質のばらつきが小さく、異物が少ないものとなります。

スーパーやコンビニなどの小売店で発生する生ごみは、野菜や肉や魚の切れ端、売れ残った弁当や加工食品です。鮮度は比較的高いものの、質にばらつきがあり、包装材などの異物を取り除かなければなりません。また、包装されたまま捨てられた加工食品では、鮮度が比較的長く保たれている場合もあります。

ホテルや飲食店などで出てくる生ごみでは、メニューの多さによる質のばらつき、包装材などの異物の混入、回収が毎日でないことによる鮮度の低下がみられます。

家庭で発生する生ごみは、さらに質のばらつきや、異物の混入、鮮度の低下が大きくなります。このように、ひとくちに生ごみといっても、発生源の種類によって品質に大きな差がみられます。

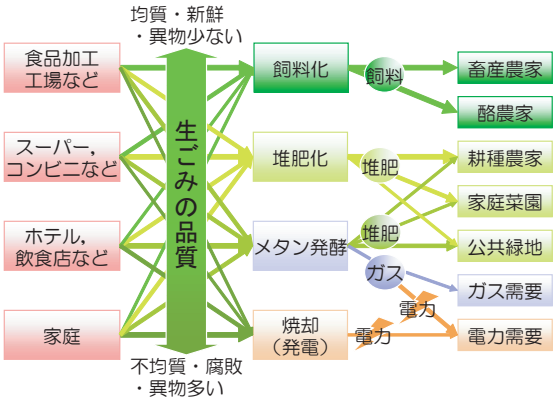
■再生品需要と生ごみ供給を考えたリサイクル方法を

飼料化には、均質かつ新鮮で異物が少ない良質な原料が必要です。飼料には乾燥飼料と液体飼料があり、前者を作る場合は生ごみの水分が多いと費用や必要なエネルギーが増えますが、後者は水分が問題になりません。

堆肥化では、飼料化に比べると均質性や異物や鮮度が多少落ちた生ごみでも原料として利用可能です。ただし、異物の混入は堆肥を利用する農家が最も気にする点です。

メタン発酵では、生産するのがガスであるため、農家など利用者の要求を考える必要がなくなり、堆肥化よりさらに品質が落ちた生ごみを利用できます。ただし、均質性があまりにも低いとガスの発生量が安定しなくなります。また、残った発酵液を液肥や堆肥として利用する場合は、やはり農家の

要求に応える品質やそれに見合った原料が必要です。
　生ごみのリサイクルで注意しなければならないのは、良質な再生品を作っても需要や経済性がなければ余ってしまい、他のごみと同じように適正処理が必要なごみになってしまうことです。例えば、ある地域で食品工場の生ごみから豚用の良質なエサを作ったとしても、輸送費を払っても損をしない距離に養豚場がなければ、そして何よりその養豚農家がエサを使ってくれなければ、生ごみの飼料化による循環のシステムは成り立たなくなります。
　以上のことから、生ごみのリサイクルでは、発生源や品質に応じて可能なリサイクル方法を考える一方、想定している地域でどのような再生品の需要があり、採算がとれるかも調べなければなりません。そして、再生品の需要と生ごみの供給が質・量・経済性ともに条件を満たしたリサイクル方法を選ぶべきでしょう。



生ごみの品質に合ったリサイクル

＜もっと専門的に知りたい人は＞
1.稲葉陸太、南斉規介：廃棄物系生物資源利用の環境性能、第3回日本LCA学会研究発表会講演要旨集、pp.30-31、2008

循環・廃棄物の
まめ知識

【エネルギー収支比（EPR）】

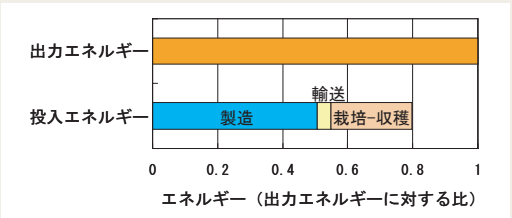
倉持（くらもち）　秀敏（ひでとし）

2009年5月25日号

　エネルギー収支比（英語では、Energy Profit Ratio：EPR）とは、あるエネルギー資源、例えば石油や石炭などの化石燃料からどれだけエネルギーを回収できるのか、もしくは、どれだけエネルギーを作り出せるのかを表す指標のことです。EPRは、次式のように、得られる（出力）エネルギーを分子に、その出力を得るために資源に投入したエネルギー（資源の採掘、輸送、エネルギーの製造などに係るエネルギーの総和）を分母とした比で定義されます。

$$EPR = \frac{\text{出力エネルギー}}{\text{投入エネルギー}}$$

　さて、このEPRの値の持つ意味を簡単に説明します。EPRは1よりも大きい値になればなるほど、投入したエネルギーよりも作り出せるエネルギーの方が大きくなります。つまり、大きいEPRを持つエネルギー資源は効率が良く、質の高いものと判断できます。逆に、EPRが1よりも低い値になると、作り出すエネルギーよりも投入エネルギーの方多くなり、そのようなエネルギー資源は利用しない方がいいでしょう。また、この投入したエネルギーの内訳から、EPRを上げるための対策を検討することができます。
　例えば、近年、温暖化対策に有効な燃料としてバイオ燃料が注目されていますが、そのEPRを見てみましょう。Hillらの論文[1)]を引用すると、とうもろこし由来のバイオエタノールは1.25、大豆油由来のバイオディーゼルは3.67になります。バイオエタノールのEPRは1を越えているものの、その値は高くありません（ちなみに、他の論文や記事でも似たような結果が報告されています）。では、EPRを上げるにはどうすればいいでしょう。図にバイオエタノールの投入エネルギーの内訳を示します[1)]。EPRを高くするには、投入エネルギーの少ない製造方法を開発することや、穀物より投入エネルギーのかからない原料を利用することが重要だということが分かります。



バイオエネルギーの投入エネルギーの内訳
（出力エネルギーに対する比）

＜参考文献＞
1.Hill et al.: From the Cover: Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels, PNAS, 103（30）, 11206-11210, 2006

都市鉱山と金属資源のリサイクル

中島（なかじま）　謙一（けんいち）

2009年6月8日号

近年、BRICs諸国（ブラジル、ロシア、インド、中国）の経済発展や資源メジャーによる資源の寡占化など、枯渇性資源の需給環境は大きく変化しています。なかでも、最近、注目を浴びているのが、『レアメタル』です。レアメタルとは、ある特定の金属の名称ではなく、「地球上にその存在が稀であるか、又はその抽出が経済的・物理的に非常に困難な金属」の総称です。中にはチタンやシリコンのように、地殻での存在量は莫大なのに、鉱石の製錬が大変であるが故に、「レア」とされている金属もあります。レアメタルは、鉄、銅、アルミ等の汎用的な金属（レアメタルに対して『ベースメタル』と言います）に比べると流通量は圧倒的に少ないのですが、ステンレスなどの基礎素材産業からハイテク分野の産業（薄型テレビの電極材、高性能磁石、高性能触媒等）に至るまで幅広く利用されており、日本の産業にとっては不可欠な原材料です。

皆さんもご存じの『リサイクル』は、資源の循環利用を促進して、資源の安定供給を確保する為の1つの手段でもあります。現在、レアメタルのリサイクルの中でも、特に『都市鉱山』からのリサイクルが注目を浴びています。都市鉱山とは、簡単に説明するならば、私たちの身の周りに蓄積された携帯電話などの家電製品や建築物などの構造物を再生可能な資源の山とみなす考え方です（2009年1月26日号「都市鉱山」参照）。この都市鉱山からの金属資源のリサイクルにおいて注目を浴びているのが、携帯電話などの小型の電子機器を含めた電気電子機器廃棄物（「e-waste」とも呼ばれます）に含まれる貴金属やレアメタル等の金属資源のリサイクルです。

さて、概説が長くなりましたが、今回は、(1) 使用済み携帯電話に含まれる金属、そして、(2) 金属の回収可能性について、もう少し掘り下げて説明したいと思います。

まず、(1) 使用済み携帯電話に含まれる金属とそのリサイクルについて説明します。携帯電話は、プラスチック、ガラス、そして、金属からできています。金属としては、鉄、銅などのベースメタルの他に、貴金属である金、銀、プラチナ、レアメタルであるニッケル、クロム、タングステン、インジウム等が含まれています。携帯電話におけるこれらの物質の含有量の一例としては、携帯電話（104g）あたりに、プラスチックが72g、ガラスが8g、銅が12g、鉄が7g、マグネシウムが3gであり、この5つの物質で約98%と大部分を占めます。一方、銀は11mg、金は7mg、タングステンは0.55gと貴金属やレアメタルの含有量は、携帯電話の重量に対してはごく微量です。では、なぜ携帯電話からの貴金属、レアメタルのリサイクルが注目されているのでしょうか？1つの理由としては、天然鉱石と比較した場合の含有率の高さが挙げられます。例えば、前述の携帯電話中の金や銀の含有率は、天然鉱石中の含有率よりも高くなっています。このように、貴金属やレアメタルの中には、天然資源よりも濃縮された状態で使用済み製品の中に存在しているものもあります。これらを回収する事で、廃棄物の発生抑制に加えて、天然資源の消費量の削減やそれに伴うエネルギー消費や環境負荷の削減に繋がるのではないかと期待されています。

次に、(2) 製錬プロセスにおける金属の回収可能性について説明します。スチール缶などから回収される鉄系のスクラップは、鉄鋼製錬プロセス（主に電炉）において、溶解されて再び鉄原料として利用されています。一方、銅や鉛や亜鉛などの非鉄系のスクラップは、非鉄金属製錬プロセスにおいて、非鉄原料として利用されています。実は、非鉄金属製錬プロセスと一口に言っても、予備処理、乾式製錬、湿式製錬、電解製錬とその種類は多く、また、銅や鉛といった目的金属の種類に応じて、そのプロセスの組み合わせは多岐にわたります。また、その組み合わせに応じて、回収可能・不可能な金属は異なってきます。

例えば、前述の使用済み携帯電話は、前処理によって筐体であるプラスチック部分を除去した後、銅の乾式製錬（溶鉱炉、転炉）工程や電解精製工程、更には副産物からの金属回収工程等を経て、銅や金、銀、白金族などが金属や中間生成物として回収されています。乾式製錬工程では、スラグ（鉱さい）を生成する事で目的の回収元素以外の不純物を酸化除去しますが、例えば、銅の乾式製錬プロセスである転炉では、携帯電話に含まれる鉄やタングステン、インジウムは酸化除去されスラグに分配されます。現在、スラグに分配されたこれらの元素は、金属や中間生成物として回収されていませんが、ここに新たなる回収技術の導入の余地があると考えられます。

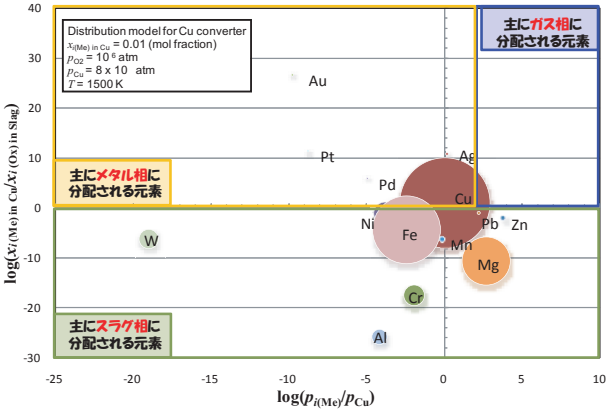
最後に、上述の (1) と (2) をまとめて、銅製錬（転炉）における携帯電話に含まれる金属元素の分配傾向を整理したものが右ページの図です。専門的な解説は割愛させて頂きますが、図中で、縦軸はメタル相とスラグ相の分配傾向を熱力学的な分配係数で示し、横軸はメタル相とガス相の分配傾向を蒸気圧の比でそれぞれ示しています。また、円の大きさは、元素の含有量を示しています。なお、この図は分配傾向の強度を示すもので、投入された元素すべてがメタル相あるいはスラグ相に分配されるわけではありません。前述の通り、銅転炉では、鉄やタングステン、クロムなどは酸化除

去（スラグに分配）され、現状では回収されていません。したがって、携帯電話からタングステンやクロムを回収する場合には、解体・選別工程における事前除去や抽出技術の導入が必要となる事がわかります。

<もっと専門的に知りたい人は>

1.中島謙一ら：関与物質総量（TMR）に基づく使用済み携帯電話のリサイクルフロー解析、日本LCA学会誌、2（4）、pp.341-346、2006

2.Nakajima, K. et al.: Evaluation method of metal resource recyclability based on thermodynamic analysis, Material Transactions, 50（3）, 453-460, 2009



携帯電話に含まれる元素の熱力学的な分配傾向（銅転炉）

循環・廃棄物の

まめ知識

【使用済みの携帯電話】

村上（鈴木）理映（むらかみ　すずき　りえ）

2009年6月8日号

使い終わった携帯電話をどうしていますか？機種変更をした時に、販売店から「なんとなく」持って帰って来て、電源を二度と入れないまま、家の中に「なんとなく」置きっぱなしにしている人も多いのではないでしょうか。

携帯電話会社などの通信事業者は、責任を持って（2007年10月15日号「生産者の責任」参照）情報を消去した上でリサイクルを行っており、販売店を通じて回収を呼びかけてはいますが、消費者はなかなか応えてはくれず、通信事業者を通じた回収台数は減少しています。そのような中、家電量販店の中にも自ら回収ボックスを設置して回収するところが出てきており、今後の回収への取り組みが注目されます。

また昨今の都市鉱山（2009年1月26日号「都市鉱山」参照）ブームから、2008年度には全国に3つのモデル都市（秋田県の大館市とその周辺、茨城県日立市、福岡県大牟田市）が設定され、自治体が中心となって携帯電話をはじめとする小型電気電子機器を回収し、効率的に金属資源を取り出すリサイクル（2009年6月8日号「都市鉱山と金属資源のリサイクル」参照）が実験的に行われました。ゴミ集積場所での指定日の回収を行うほか、公共施設やスーパーなどに回収箱を設置し、市民に協力を呼びかけました。その結果、市民の中には、見返りがなくても小型電気電子機器をきちんと分別して排出する人も一定数いることがわかり、こうして集まった小型電気電子機器から、多種の金属がリサイクルできることもわかりました。

一方リユースの動きとしては、個別の携帯電話番号を認識するための重要な情報が登録されたSIMカードさえ持っていれば、それを差し替えて他の携帯電話でも使える仕組みとなったことも手伝い、中古携帯電話が普及し始めています。中古市場には1つ前の機種などが豊富に揃っており、安く携帯電話を購入したい人や、1台のカードで複数の機種を使いたい人などを中心に市場が急速に拡大しています。

さあ、あなたは、使用済みの携帯電話をどうしますか？（1）「なんとなく」家の中に置きっぱなしにしておく、（2）自分たちが使っている精密機械を作るために必要な金属資源をリサイクルするために自治体や販売店での回収に協力する、（3）中古携帯ショップに売る…今度機種変更をする時には、この話を思い出して、皆さんにとって、長期的に好ましいと思う道を選んでください。

サービスの脱物質化と低炭素社会

南齋（なんさい）　規介（けいすけ）

2009年6月22日号

最近、研究所のあるつくば市でもレジ袋の無料配布をしないスーパーが増えました。「始まった当初は不便さを感じることもあったけど、今ではすっかり慣れてしまった」という方も多いのではないでしょうか。家電量販店の中には、必要な時以外は展示しているテレビ等の電源を落としているお店も見られます。このような小売店の新しい取り組みには、お客さんである消費者の理解と協力が必要ですが、資源やエネルギーを節約しながらも消費者を満足させるお店を作ることは、益々重要な課題の一つになると思われます。

上記のような小売店がある一方で、近年、都市部の高層ビルには高級店が並び、郊外には大型ショッピングセンターや巨大なモールがオープンしています。このような小売店は、単に品物を販売するだけでなく、華やかさや楽しさといったレジャー的な要素も提供してくれますが、その影で多くのモノやエネルギーを費やしている可能性もあります。また最近は、いろいろな新しい形のサービスを提供するお店もあり、小売店に限らずサービス業が全般的に多様化と充実化の傾向にあるのかも知れません。

そこで、産業連関表という統計データを用いて、サービス業のモノやエネルギーの消費と二酸化炭素排出との関係を調べてみました。産業連関表は農産品から工業製品、サービスにいたるまで日本の全ての商品を部門として定め、各商品を生産する部門間の各商品の年間購入額を掲載しています。商品の種類はいろいろありますが、最も単純化すると「❶物質的な商品（物品）」と「❷サービス商品」の二つに分けられます（なお、資源や電力などのエネルギー、上水下水は❶に区分します）。

「サービス商品」部門の年間購入額の内訳を見ると、物質的な商品の割合は、1990年には平均で10.6%でした。その後、2000年までに約1割増加して、11.6%となりました。個別にみると、104個中の70個のサービス商品が、それを提供するために必要な物質的な商品の割合が20%以上も上昇しており、サービス商品といえどもモノやエネルギーの消費と無関係でないことが分かります。

次に、サービス商品の提供に物質的な商品が使われるということが、私たち消費者の出す二酸化炭素排出量にどのような影響を与えているかを分析します。消費者が原因となる二酸化炭素には二種類あります。一つは、自動車で使うガソリン、調理やお風呂で使うガス、暖房に使う灯油など、消費者が直接燃料を燃やして出す二酸化炭素です。もう一つは、消費者の目の前で発生するのではなく、購入した商品が生産される過程で排出された二酸化炭素であり、ここでは「誘発排出量」と呼ぶことにします。サービス商品が物質的な商品を使うことは、この誘発排出量に影響を与えます。

物質的な商品とサービス商品の関係として、次の四つの関係を考えることができます。

❶→❶：物質的な商品の生産に物質的な商品を使用する
❶→❷：サービス商品の生産に物質的な商品を使用する
❷→❶：物質的な商品の生産にサービス商品を使用する
❷→❷：サービス商品の生産にサービス商品を使用する

これらの関係が、消費者の誘発排出量にどのような影響を与えるかを数値で確認するため、誘発排出量を次のように5つの値の掛け算で表現します。

$$誘発排出量\ (t\text{-}CO_2) = S \times q_{11} \times q_{12} \times q_{21} \times q_{22}$$

ここで、Sは消費者が購入した物質的な商品を生産する工場やサービス商品を提供する店舗から直接排出される二酸化炭素量（$t\text{-}CO_2$）です。工場や店舗は商品の生産に物質的な商品やサービス商品を使用するので、それらを作る過程でも二酸化炭素が発生するため、出発点の排出量Sは、4つの値（q_{11}、q_{12}、q_{21}、q_{22}）が掛け算されて徐々に大きくなって行きます。q_{11}は❶→❶の関係によって二酸化炭素が排出される倍率、q_{12}は❶→❷の関係によって排出される倍率、q_{21}は❷→❶の関係によって排出される倍率、q_{22}は❷→❷の関係によって排出される倍率を示します。

図は、1990年、1995年、2000年の各qの値を示したものです。q_{11}を見ると、1990年は1.51でしたので、排出量を1.51倍にする、つまり51%分の排出量を加算させました。しかし、2000年には1.40と40%に減少しており、❶→❶の関係、物質的な商品の生産に物質的な商品を使用することが消費者の二酸化炭素排出に与える影響は、小さくなったことが分かります。51%から40%への減少ですから、約2割も低下しました。

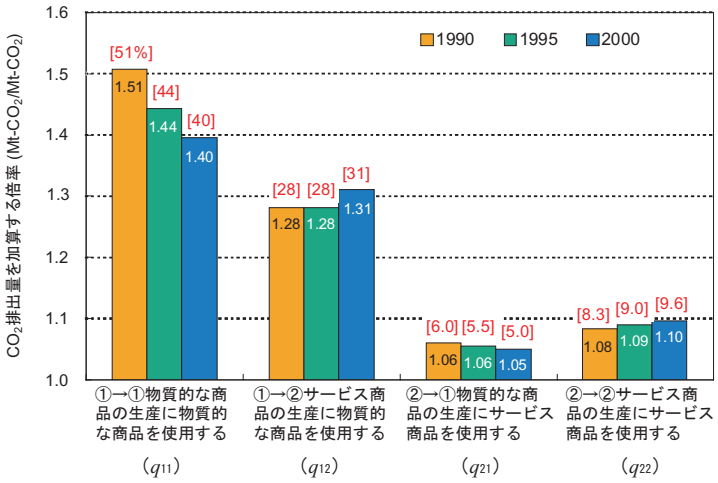
しかし、気になる❶→❷の関係、サービス商品の生産に物質的な商品を使用することの影響は大きくなっています。1990年のq_{12}は1.28で28%分の排出量を加算していましたが、2000年には1.31と31%分を加算する関係となりました。この変化は約1割の倍率増加であり、先の❶→❶の関係とは明らかに逆の動きをしていることが判明しまし

た。

家計の総支出に占めるサービス商品の割合は1990年から2000年にかけて70%から74%と上がっており、これからもサービス商品への需要は大きくなることは十分予想されます。日本が低炭素な社会へ向かうには、資源やエネルギーを掛けずにサービスを充実すること、つまり、「サービスの脱物質化」がますます重要になると考えられます。

<もっと専門的に知りたい人は>

1.Nansai, K. et al.: Material and energy dependence of services and its implications for climate change, Environmental Science & Technology, 43（12）, 4241-4246, 2009.



「物質的な商品」とサービス商品」との相互関係が与える消費者の誘発二酸化炭素（CO_2）排出量への影響（排出量を増加させる倍率）

2009年6月22日号

当ててみよう!

【詰替商品の利用による「脱物質化」】

大迫（おおさこ）　政浩（まさひろ）

Q 問題

詰替商品の利用は、私たちが実行できる脱物質化の身近な取組の一つですが、次の4つの商品のうち、詰替商品を利用することで最も容器包装の使用量を減らすことができるものはどれでしょうか？

❶ヘアートリートメント　❷ シャンプー　❸ 手洗い用液体洗剤　❹ 台所用洗剤

答えは19ページへ

新たな化審法第一種特定化学物質を含有した廃棄物の適正処理

渡部（わたなべ）　真文（まふみ）

2009年9月7日号

皆さんは、化審法（化学物質審査規制法）をご存知でしょうか？2007年6月18日号「化学物質を管理するということ－欧州の新たな化学物質管理法－」で紹介しましたが、日本における化学物質管理の柱となる法律です。この化審法とその関連法令は、環境中での残留性や生物蓄積性、毒性の観点から「化学物質」をいくつかのグループに分け、製造・輸入・流通などを規制したり、製造・流通量を報告させたりといったように、グループ毎に管理方法を定めています。この法律は2009年に改正・公布されました（2009年9月7日号「化審法の改正」参照）。

改正前後のいずれにおいても、化審法において最も管理が厳しいのは、「第一種特定化学物質」というグループに分類されている化学物質です。これらは環境中で分解され難く、動物に蓄積しやすく、発癌性や生殖毒性など慢性毒性を有する性質があり、原則、製造・輸入・使用が禁止されています。

2007年、この「第一種特定化学物質」に、2-（2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル）-4,6-ジ-tert-ブチルフェノール（CAS No. 3846-71-7）という長い名前の化学物質が追加になりました（図1）。以下「DBHPBT」と略します。この化学物質は、紫外線吸収剤として、プラスチック製品とくに自動車の部品や建材などに使用されていました。ところが、環境中で分解され難く、動物（魚）に蓄積しやすいことが判明し、また、慢性的な曝露により、肝臓への毒性影響がみられたことから、「第一種特定化学物質」に指定されました。

このDBHPBTは、自動車や建物など耐久消費材に使用されたことから、「第一種特定化学物質」として新たな使用が規制されても、この化学物質を含有した製品は数年～数十年使用されることになり、今後も廃棄物として排出される可能性があります。また、DBHPBTはいくつかの国で現在もなお生産・使用されており、これらの国では今後もDBHPBTを含有した廃棄物が排出されます。このようなことから、DBHPBTを含有した廃棄物の適正処理の方法が必要とされています。

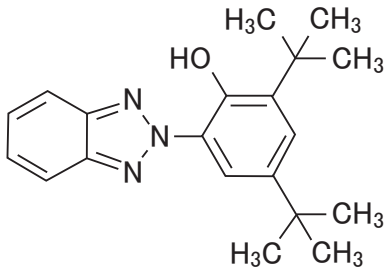


図1　DBHPBTの構造式

このDBHPBTは主にプラスチック製品に使用されていたことから、含有廃棄物の処理方法として焼却が主要なプロセスであると考えられます。そこで、DBHPBTを0.5%添加したごみを作成し、国立環境研究所の循環型社会・廃棄物研究センターに設置された熱処理プラント（小型の実験焼却炉）で燃焼試験を実施しました（以下「添加試験」と言います）。また、比較のため、DBHPBTを添加しないごみの燃焼試験も同時に実施しました（以下「ブランク試験」と言います）。なお、DBHPBTの添加量0.5%は、ワーストシナリオを想定したもので、プラスチックへのDBHPBTの添加量が1%で、ごみに含まれるプラスチックの割合が50%でそのすべてにDBHPBTが含有されている条件を設定しました。また、燃焼は、ダイオキシン類の排出源対策に準じた条件で行いました（2007年9月18日号「ダイオキシン」参照）。この結果、ごみ経由で投入したDBHPBTのほとんどが、一次燃焼で分解していることがわかりました（図2a）。その後、二次燃焼や排ガス処理系統（バグフィルタによる集塵と活性炭吸着）でも分解・除去され、添加試験における最終出口排ガスや灰中のDBHPBTレベルは、ブランク試験とほぼ同レベルになりました。また、添加試験時において、焼却過程において投入量の99.9999%以上のDBHPBTが分解されていることがわかりました。

ところで、ごみの焼却処理の場合、ダイオキシン類やヘキサクロロベンゼン（以下「HCB」と言います）など、燃焼により二次的に生成する有害化学物質にも注目しておく必要があります（2009年3月9日号「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」参照）。DBHPBTを燃やすことで、これらの有害化学物質の二次生成が増加したのでは、焼却が適正な処理方法と言えなくなるためです。そこで、ダイオキシン類とHCBについても、上記の燃焼試験時に分析しました。この結果、DBHPBTがごみの中に0.5%と多量に含まれていても、焼却炉におけるダイオキシン類とHCBの生成・分解・除去に大きな変化はなく、DBHPBTを添加しないブランク試験とほぼ同じ挙動を示すことが明らかとなりました（図2b,c）。

これらのことから、ダイオキシン類の排出対策を施した焼却炉を使えば、DBHPBTを含有した廃棄物について、焼却が適正な処理手法の一つであることが示されました。今回の実験で使用した熱処理プラントのような実験施設は世界的にも数が少なく、今回の研究のように有害化学物質を含有した廃棄物の適正な焼却処理手法の確認や確立ができる機関は少ないのが現状です。このため、このような研究は、当研究センターに課せられた主要なテーマの一つです。

<もっと専門的に知りたい人は>

M Watanabe and Noma Y; Behavior of 2-(3,5-di-tert-butyl-2-hydroxyphenyl)benzotriazole (DBHPBT) and unintentionally produced POPs during incineration of solid waste containing DBHPBT., Organohalogen Compounds, 71, 158-163,2009.

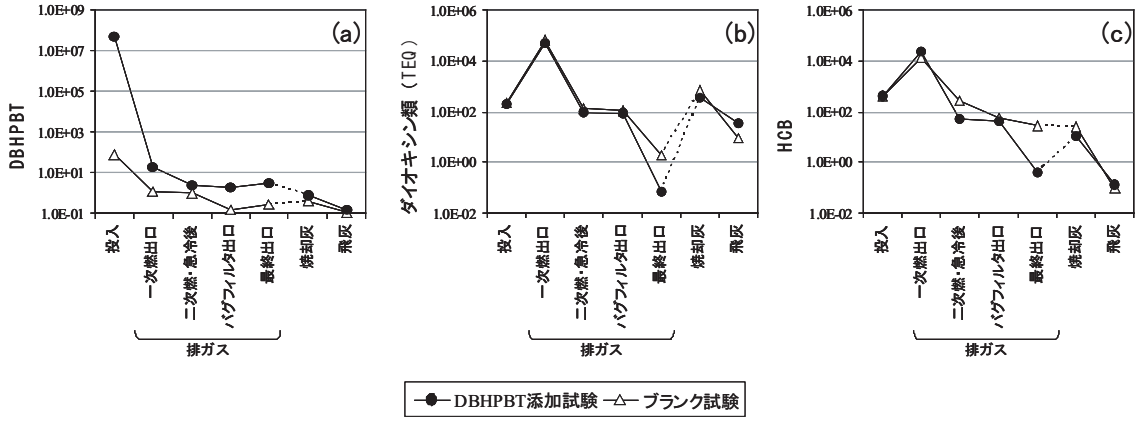


図2　DBHPBT添加ごみおよび未添加ごみの燃焼過程における有害化学物質の挙動（横軸は、実験時間における総量μg）

循環・廃棄物の

まめ知識

【化審法の改正】

野馬（のま）　幸生（ゆきお）

2009年9月7日号

2007年6月18日号「化学物質を管理するということ－欧州の新たな化学物質管理法－」や2009年9月7日号「新たな化審法第一種特定化学物質を含有した廃棄物の適正処理」で紹介されているように、日本における化学物質管理の柱となる法律「化審法（化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律）」が改正され、2009年5月20日に公布されました（施行は2010年4月（一部2011年4月））。製品に使用される化学物質は、いずれ廃棄されることから、化審法は、リサイクル・廃棄物処理分野にも大きく関係する法律です。

ここでは、主な改正ポイントについて紹介したいと思います。

この改正の一部（例えば、①や③など）は、数万種類ある「既存化学物質」に係る問題点（2007年6月18日号「化学物質を管理するということ－欧州の新たな化学物質管理法－」参照）の対策強化を目的としています。いずれの改正も、化学物質をより安全に使えるように、また、ある化学物質に問題があるとわかった場合、対策がより早期にできるような方向になっています。

化審法改正の詳しい情報は、環境省などのホームページから入手・確認できます。（http://www.env.go.jp/chemi/kagaku/kaisei21.htmlなど）

《主な改正ポイント》

① すべての化学物質について、一定数量（1トンを予定）以上の製造・輸入を行った業者に対して、毎年度その数量等を届出する義務を課す（改正前は、特定の化学物質のみ）。
② 上記の届出内容や有害性に係る既知見等から、優先的に安全性評価を行う必要がある化学物質を「優先評価化学物質」に指定する（化学物質の分類の変更）。
③ 規制の対象を「環境中で分解しやすい化学物質」についても対象とする（改正前は「分解しにくい化学物質」だけが対象）。
④ 必要に応じて優先評価化学物質の製造・輸入業者や取り扱い事業者に対して、有害性情報や使用用途の報告を求める（改正前は、新規化学物質の有害性等情報のみ）。
⑤ 高分子化合物を追加する。
⑥ リスク（有害性や環境残留量など）による一次評価を実施する。
⑦ 流通過程における情報伝達の義務を追加する。
⑧ 国際条約等との整合化をはかる。

ごみの熱分解・ガス化による生成物の特性とその有効利用

黄（ふぁん）　仁姫（いんひー）

2009 年 9 月 28 日号

私たちが日常生活から排出しているごみは色々なものが混ざっている混合物です。例えば、可燃ごみをいくつかの物質に分類してみると、生ごみ、紙、繊維、木材、プラスチック、ゴム/皮革類などが主な成分になっています。この中で、石油から製造された化学繊維、合成ゴム、プラスチック類を除けば、2008年11月17日号「廃棄物系バイオマス」で説明したように、その他の可燃ごみはほぼ生物由来のバイオマスに該当することがわかります。したがって、私たちが排出している燃えるごみは、多くのバイオマスとプラスチックのような石油由来の物質から成っていると言えます。現在、これらの燃えるごみは、"燃える"という言葉が意味しているように焼却によって処理されています。焼却は、有機物を完全燃焼するのに必要な理論空気量より過剰の空気を吹き込んで燃やすことによって最終的にCO_2等の酸化ガスやH_2O等に分解させる方法です。これは発熱反応なので発生した燃焼熱はお湯や電気として利用されます。一方、焼却時に発生したガスは様々な酸性ガスや微量汚染物質を含んでいるので大気中に排出するためには、規制に定められている物質を一定濃度以下まで処理しなければなりません。

もし、空気供給を遮断した状態で加熱すると、このような燃えるごみはどうなるのでしょうか。反応温度などによって、生成物の量と組成は異なると思いますが、基本的に気相、液相、固相の生成物が得られます。前述した焼却の場合、CO_2などの酸化ガス、水、焼却残渣（灰分）が生成物となりますが、空気を遮断した状態で加熱すると、水素、一酸化炭素、メタン、炭化水素類などの可燃ガス、粘性のある黒褐色の油成分であるタール、それから炭に似たようなチャーというものが生成します（2009年2月23日号「ごみから炭作りができる?」参照）。一般的にこのような反応を熱分解と言いますが、ここに適量の水蒸気などを反応器内に注入すると、チャーと水蒸気の間の反応が促進されることによって可燃ガスの生成量がさらに多くなります。このような反応をガス化反応と言います（2007年1月22日号「熱分解ガス化」、2008年11月17日号「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」参照）。これを可燃ごみに適用すれば、熱だけではなく、燃料あるいは材料としての利用が可能になります。

ここで私たちは燃えるごみの主な成分であるバイオマスと石油由来の代表物質であるプラスチック類の割合が異なる三つのごみを試料として用意しました。バイオマス100%の廃木材チップ、バイオマスとプラスチックの割合が各々 9:1と 7:3であるRDF（Refuse Derived Fuel）とRPF（Refuse Paper & Plastic Fuel）を500～900℃の反応器内に入れ、空気の代わりに窒素ガスを注入した熱分解条件と窒素ガスとともに微量の水蒸気を注入したガス化条件により得られた生成物の量と組成などを調べました。以下、その実験結果を簡単に紹介します。

図1に各処理条件におけるごみ単位重量当りに得られたチャーの収率を示します。熱分解条件では、原料中の炭素と灰分がチャーとして多く残りますが、温度が高くなるほどチャーの収率は緩やかに減少します。得られたチャーの発熱量は、廃木材チップのチャーが29～31MJ/kg、RDFチャーが15～18MJ/kg、RPFチャーが18～19MJ/kgであり、石炭あるいは木炭（発熱量13～30MJ/kg）の代替燃料として利用できることが分かりました。一方、窒素と水蒸気を注入したガス化条件の場合、700～900℃まで温度が上がると、ガス化反応が進み、チャーの収率が急激に低下します。しかし、この温度域で得られた廃木材チャーの場合は、約900m^2/gの比表面積を持ち、吸着能の高い活性炭の比表面積に匹敵するものであることが分かりました。したがって、これらの反応によって得られたチャーは燃料あるいは吸着材として利用できる可能性があります。

図2には、各処理条件において、試料1kg当りに得られたガス量とその組成を示しています。熱分解条件では、ガス生成量が少ないが、ガス化反応条件になると、反応温度が上昇することによりガス量が多くなり、さらに、H_2とCOガスの割合が多くなることが分かります。これら結果から原料中炭素量を1とした場合に、チャーまたは可燃ガスとして回収された炭素量を推計すると、図3のようになります。低温の熱分解条件では、チャーとして炭素が回収され、高温でのガス化反応では、可燃ガスとしての炭素回収率が高くなることが分かります。廃木材チップとRDFの場合は、原料の中で炭素がチャーあるいはガスの形として最大8割まで回収されますが、RPFの場合は、比較的炭素回収率が低く、7割以下となります。これは多くの炭素分がチャーとガスではなく、タールになってしまうということです。副生物であるタールは、配管の閉塞や後段の発電プロセスなど生成ガス利用プロセスに対してさまざまな阻害を与える物質なのであまり望ましくありません。特に低温条件でRPFから生成されたタールには、長い直鎖系の炭化水素類の割合が高く、分子

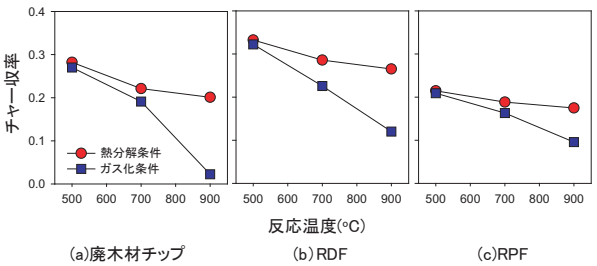


図1　各条件における炭化物の収率

量が大きいものが分解されずに多く残っていることが確認されました。

このように各条件による生成物の物質収支、組成、炭素回収率などを把握することによって、木質系バイオマスは、低温条件での熱分解によるチャーとしての回収、または、高温条件でのガス化反応による水素や可燃ガスとしての転換利用の利便性が大きいものと考えられました。一方、ごみ中のプラスチック成分が多いほどタール発生が多く、チャーあるいはガスとしての利用可能性は低くなることがわかりました。したがって、熱分解・ガス化による有効利用を進める場合は、より高温でのガス化反応や高性能のタール分解触媒の使用を考慮しなければならないと考えられます。

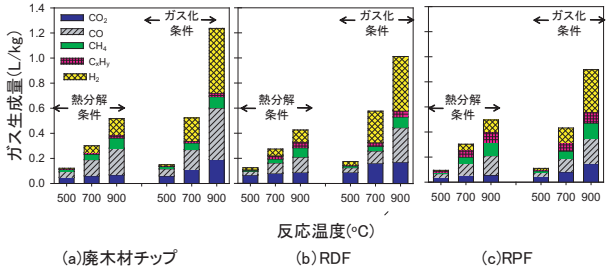


図2　各条件における試料1kg当りのガス発生量

＜もっと専門的に知りたい人は＞

1.黄仁姫、川本克也:C2-1バイオマス・プラスチック系廃棄物の熱分解・ガス化反応における生成物の物質収支および基礎特性、第20回廃棄物資源循環学会研究発表会公演論文集、CD－ROM、2009.

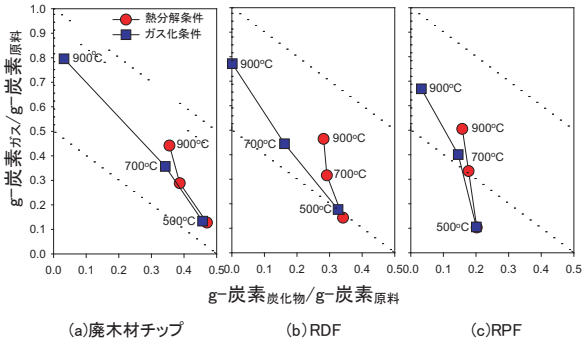


図3　各条件における炭化物とガスとしての炭化回収率

循環・廃棄物の

まめ知識

【RDF と RPF】

川本（かわもと）　克也（かつや）

2009年9月28日号

RDF（Refuse Derived Fuel）とRPF（Refuse Paper & Plastic Fuel）は、いずれも廃棄物を原料とし、これを円柱形状に固形化して製造される燃料です。両者の違いは原料の違いであり、RDFは厨芥を含む一般廃棄物が主であり、水分や塩素分が高めです。RPFは主に産業廃棄物の紙と廃プラスチック類を原料とし、組成が比較的均一です。RDF製造工程の概略は、原料廃棄物を破砕・乾燥（350～500℃）し、金属等の不燃物を除去した後、圧縮成形するという流れです。圧縮成形の段階で腐敗防止のため消石灰等が添加されます。RPFは、RDFより工程が単純で、破砕・選別と圧縮成形により製造されます。このため、RDFの製造では、集じん、脱臭、乾燥工程排ガス処理、添加剤供給など比較的多くの付帯設備を必要とします。

つくられる製品のサイズは、RDFで直径10～50mm、RPFで直径6～50mm、長さが10～100mmです（写真はRDFの外観例）。製品の発熱量はRDFが12,000～20,000 kJ/kg、RPFが20,000～40,000 kJ/kg程度であり、RPFは石炭やコークス相当の発熱量をもっています。

ごみのRDF化は、一時期ダイオキシン類問題を背景に、脱焼却等の観点から一般廃棄物処理施設に採用され、長期保管や輸送が容易で、高発熱量の比較的均質な燃料として期待されました。しかし、利用施設は通常の焼却施設と同様の排ガス対策を行わなければならないこと、製造コストがかさむこと、貯蔵時の安全対策面での配慮不足等があり、発熱事故さらには発火による重大事故等があったことから、施設の新設は近年ありません。ただし、貯蔵施設のモニタリングと窒素ガス注入などの安全対策を施し、効率の高い発電設備を備えたRDF焼却施設が稼働している例もあり、いわゆるサーマルリサイクルに一役買っているとも言えます。一方、RPFは異物が少なく高発熱量であること、原料混合比の調整により発熱量を調節可能であること等から、燃料として工場等での需要が高まっています。

RDFの外観例

その他

循環センター　2009 年春の一般公開

小島（こじま）　恭子（きょうこ）

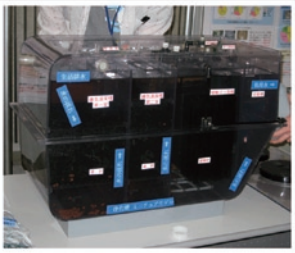
2009年5月11日号

2009年4月18日（土）に毎年恒例の科学技術週間に伴う春の一般公開「春の環境プチ講座」が開催されました。春の一般公開は主に高校生以上を対象として、研究やその成果を講演やパネル展示を通じて紹介するイベント、夏の大公開は幅広い世代の方に向けたお祭りのような賑やかなイベントと、それぞれ趣向を変えて開催するようになってから今年で3年目です。循環センターでは今回、バイオエコ技術研究室の徐室長より「バイオとエコで水をきれいにする」と題した講演を行いました。

講演は、水質汚染や水不足など、水環境をめぐる様々な問題や現状についての説明から始まりました。さらに、水質汚染が引き起こす問題、特に環境や生態系に重大な被害をもたらす有毒アオコについて、多くの写真を用いた解説がありました。中には初めて見て、驚いてしまうような写真もありましたが、視覚的に感じることで、よりはっきりと問題を認識することができたのではないでしょうか。

講演「バイオとエコで水をきれいにする」

バイオエコ技術研究室では、その名の通り、有用な微生物が持つ浄化能力を引き出す「バイオ技術」と、自然生態系が本来持っている浄化能力を引き出す「エコ技術」を組み合わせ、様々な研究や技術開発を行っています。この講演では、アオコの発生源となるリンや窒素を除去するために、微生物を使って水処理を行う高度処理浄化槽の仕組みやその効果（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）、水耕植物を活用した水質浄化システム（2008年9月22日号「植物の力で水環境改善！」参照）などが紹介されました。また、単に水を処理するだけでなく、その過程で排出される温室効果ガスを低く抑えるための技術開発を行うことが重要であること、それらの技術を中国等の海外に技術移転することで、水環境の分野で国際協力ができるよう各国が取り組みを始めたことなどの説明もありました。



浄化槽ミニチュアモデル

講演の最後に、家庭でできる水質汚染防止策も紹介されました。生活の中のちょっとした心がけが環境に大きな影響を与えること、一人一人が環境負荷を減らす努力をすることが大切だということが、この講演を通して伝わったのではないでしょうか。

今回、席が足りなくなるほど多くの方に聴講して頂きましたが、写真やイラストを多く用いた説明だったこともあり、最後まで熱心に聴いて頂くことができたのではないかと思っています。講演の後、「専門的な知識がなくても分かりやすかった」との感想もお寄せいただきました。

別会場では、この講演に関連して浄化槽ミニチュアモデルが展示され、来場者の目を引いていました。また、研究内容を紹介するパネルの前には、熱心に説明に耳を傾ける来場者の姿が多く見られました。今年は中学生、高校生、大学生と学生の来場者が多く、「学校でも水処理に関する実験をしてみたいが、どのようにやればよいか」などという質問に研究員がアドバイスをするなど、活発なやりとりがなされていました。一方、来場者の方と話をすることで、自分自身の勉強不足な点を自覚することができ、よい経験になったと話す研究員もおりました。

7月には夏の大公開が開催されます。その時にまた皆さんにお会いできることを楽しみにしています。

たくさんの方にお越しいただきました！

循環センター　2009 年夏の大公開

成岡（なるおか）　朋弘（ともひろ）

2009年8月24日号

毎年恒例となっております夏の大公開が今年も7月25日（土）に開催されました。今年の循環センターの主な企画・展示は、家電製品の解体体験、熱処理プラント室および最終処分プラント室の公開、排水の処理と資源の循環に関する展示、そして、全ての展示スペースをくまなく散策してもらう探検クイズでした。

家電製品の解体体験では、テレビやパソコン等の家電製品を実際に解体していただき、内部にどのようなものが含まれているのか、また、何がどうやってリサイクルされているのか見ていただきました。普段から使用している家電製品も、内部の構造をじっくりと見ることはないと思いますので、驚きの発見があったのではないかと思います。

パソコン解体中！

熱処理プラント室と最終処分プラント室では、大型の実験プラントの公開と関連する研究の紹介を行いました。熱処理プラント室では、実際の廃棄物焼却炉の構造をそのまま小型化した実験焼却炉の説明や、ごみを溶融処理した際に生成する溶融スラグに関する展示、未利用の廃油脂類から合成したバイオディーゼル燃料（BDF）に関する展示、および超高速BDF合成法について説明を行いました。BDFは軽油の代替燃料として期待されているだけに、来場者が熱心に説明に聞き入る姿が見られました。また、埋立処分プラント室では、実際に処分場に埋め立てられる廃棄物を充填して実験を行う埋立処分シミュレータについての説明を行うとともに、レーザーメタン計を使ってメタン濃度を測定するゲームを通じて廃棄物処分場から発生するメタンガスに関する説明を行いました。

バイオディーゼルについて：
「みんな、よく分かったかな？」

排水の処理と資源の循環に関する展示では、日常生活に密着した問題である生活排水などの処理方法として、微生物や土壌、植物などを活用した処理技術である人工湿地、水生植物浄化、傾斜土壌処理、浄化槽、リン回収・利用などとその効果に関する展示と説明を行いました。会場には水生植物による水の浄化システムが大型水槽を用いて再現され、来場者の注目を浴びていました。

水生植物による水の浄化システム

また、今年度は、昨年の夏の大公開に行って好評を得た「環環検定」をオリエンテーリング形式に発展させた「探検クイズ：循環・廃棄物研究棟の秘密を探ろう！」を行いました。環環より厳選した全20問のクイズを、循環センターのマスコットである「ぐっちー」と「ゆうぞう」をはじめ、クイズの内容と関連がある展示を行った展示室内やプラント室内、廊下など様々な場所に分散して掲示しました。受付で配布した回答シートには、クイズの掲示場所のヒントが書かれており、来場者は、そのヒントをもとにクイズを見つけ出してクイズに回答する形式としました。回答シートは4×4のマス目に、全20問のクイズのうち16問の番号がランダムに記載され、来場者はビンゴ形式で縦、横、斜いずれか4問全問を正解すれば、『GOMI博士』の称号とともに角帽をかぶっての記念写真を手にすることができました。クイズは少々難解な問題が多かったかもしれませんが、小さなお子さんが自力で答えようと必死に考え込んでいる姿が各所にみられました。また、スタッフ達からのヒントによって見事GOMI博士の称号を手にされた方も多かったのではないでしょうか。

最後に今年も多くの皆様にご来場いただきました。感謝いたします。来年の夏の大公開も有意義な展示を企画いたしますので、よろしくお願いいたします。

クイズの答え合わせ中。
ドキドキ(*^_^*)

ごみの管路輸送システムとつくば市での廃止事例

寺園（てらぞの）　淳（あつし）

2009年8月24日号

ごみの「管路（パイプライン）輸送システム」は、「真空輸送システム」「空気輸送システム」などともいわれ、国内では1973年に初めてホテルにて導入され、その後、約20年間に約20ヶ所のプラントが稼働したとされています。1970年代から国庫補助のモデル事業として管路輸送システムの導入が行われ、大阪南港ポートタウン（1977）、芦屋浜シーサイドタウン（1979）、多摩ニュータウン（1983～2005廃止）、横浜みなとみらい21（1991）などで事業が進められてきました。また、国庫補助を受けない単独事業としては、りんくうタウン（1996～2002廃止）、幕張新都心住宅地区（1995）、東京臨海副都心（1996）などがあります。このように、新興の住宅・商業地区を中心に導入が進められました。

つくば市（当時桜村）でも1983年6月からごみの管路輸送システムが開始されていましたが、2009年3月末を最後に廃止されました。つくば市では、センター地区72haにある住宅・商業ビルなどが対象となっていました。このシステムでは、可燃ごみと難不燃ごみ（つくば市がごみ管路用につくった、「難燃ごみ」と「不燃ごみ」をあわせた独自の分類）の2分別で投入口からごみが投入されると（写真1:住居系の投入口）、地下にある2種類のホッパーで一時保管されます。これが直径500mm、直埋設部延長約5.4kmのパイプラインを通じて、時間帯に分けて毎秒30mで「分別」吸引され、センター地区中央部の管路輸送センターに集められ、専用のコンテナに積載されていました。そして、つくば市中心部の管路輸送センターで集積した後は、北部に約12km離れたクリーンセンターまで、処理のためにコンテナ車で運搬していたのです。

管路輸送システムはつくば市などの場合、1）排出者はいつでもごみが出せる（利便性）、2）屋内外でごみ貯留が不要のため悪臭防止や美観が保たれる（衛生性）、3）収集作業の省力化やコンピュータ制御による危険防止も図れる（安全性）、などが大きな特徴とされてきました。高度成長期以降の「新時代のごみ収集」を印象付けるものであったともいえるでしょう。実際に、つくば市の管路収集システムも廃止までの間、大事故・火災・悪臭による苦情などはなかったそうです。

しかし、この管路輸送システムも開始から20年以上経過し、十分に機能しているといえなくなっていました。例えば、1日の収集量は、当初計画量の41tに対して、その1/10以下の4.1t（2006年度）、3.8t（2008年度）にとどまっていました。収集料金も、ごみ収集車による収集の場合は8.8円/kgであるのに対して、管路収集では59.3円/kg（ともに2006年度実績）であり、管路収集に多額の費用がかかっていました。さらに、施設自体の修繕費や維持管理費が年間8,000万円程度かかるのに対して、有料分の事業所からの収入は約1,500万円と赤字の状態が続いてきました。最近では、管路輸送対象区域の事業者でも管路輸送を導入しない「管路離れ」が進んでいたそうです。

写真1：住居系の投入口

また、輸送管（パイプ）も老朽化し、管路輸送センターの施設や機械類もモデル事業の終了年度（1990年）から耐用年数（15年）を経過し、建て替えや交換の時期を迎えていました。特に、輸送管には穴あきなどが発生し、最近では補修が増加していたようです（写真2:穴あき部分を応急処置した輸送管）。管路輸送センターについては、改築した場合の費用は約30億円と見積もられたそうで、利用状況や財政状況からこれが認められないのは明白であったといえます（ちなみに、新しいつくば市役所の建設費が約70億円です）。

写真2：穴あき部分を応急処置した輸送管

さらに、管路輸送では可燃ごみと難不燃ごみとの2種類で分別収集していましたが、1990年度に分別収集となった資源ごみ（びん・缶など）や、粗大ごみの収集については、対象区域でも収集車の利用となるため、収集コストの二重負担が生じていました。現在は、減量化（Reduce）・再使用（Reuse）・再生利用（Recycle）を行う3Rや、資源ごみをできるだけ分別収集するといった考え方が浸透してきていますが、これらが想定されていなかった2分別の管路輸送システムは時代に適合しにくくなったともいえるでしょう。

これらの状況から、つくば市では2004年度の外部評価を加えた行政評価において廃止の方針が打ち出され、2009年3月末に利用が廃止されました

平成20年に国がとりまとめた環境・循環型社会白書のコラムにも、管路輸送システムは「（分別収集やリサイクルなどの現在の取組の）反面教師」として紹介されてしまいました。しかし、つくば市の事例のみならず、この事業に巨額の初期投資が行われた際の国や地元での計画はどのように立てられたか、実際の費用対効果はどうであったのかなど、今後の政策マネジメントの観点から、さらに詳細な評価をした方が良いのではないかと考えられます。また、施設の補修・改築が難しく、国の補助金で建築・購入したものを当初の目的外に利用し直すこと（特に不動産の場合）は厳しく制限されているという、国の補助金制度のあり方も見直す必要がありそうです。しばらくの間は、つくばの貴重な中心市街地にある管路輸送センターが塩漬けになってしまうそうですが、これもあまりに「もったいない」話ではないかと思います。

本稿は、つくば市廃棄物対策課の方へのヒアリングと資料類を参考に執筆しました。心より感謝申し上げます。

<参考資料>

廃棄物学会編:廃棄物ハンドブック、オーム社、1997
田中勝、寄本勝美他編:ごみハンドブック、丸善、2008

当ててみよう！の答えと解説

【RoHS指令】 山本（やまもと） 貴士（たかし）

答え ❸ ビスフェノールA

RoHS（Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment：電気電子機器への特定有害物質の使用制限）指令は、EU域内において電気電子製品に対する有害物質の使用を規制するもので、2003年2月に公布され、2006年7月に施行されました。同時に公布されたWEEE（Waste Electrical and Electronic Equipments：廃電気電子製品）指令とともに、電気電子製品が使用後廃棄された場合に、含有される有害物質が環境中へ移行して環境汚染を引き起こすことを防ぐ目的で制定されたものです。

現在、RoHS指令の対象となっている物質は、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、PBB、ポリ臭素化ジフェニルエーテル（PBDE）の6種で、全ての部材においてこれらの物質を閾値（100～1000ppm）以上の濃度で含む電気電子製品（但し、蛍光ランプ中の水銀など、代替手段のない一部製品は適用免除）は出荷できないことになっています。

日本国内においては、J-MOSS（電気・電子機器の特定の化学物質の含有表示方法）という規格があり、パソコンやエアコンなど7種の電気電子製品について、RoHS指令と同じ6種の物質の含有に関する表示方法を規定しています。また、資源有効利用促進法においては、基準値{0.01～0.1重量%（100～1000ppm）}を超える場合にはその表示を義務づけています。

【詰替商品の利用による「脱物質化」】 大迫（おおさこ） 政浩（まさひろ）

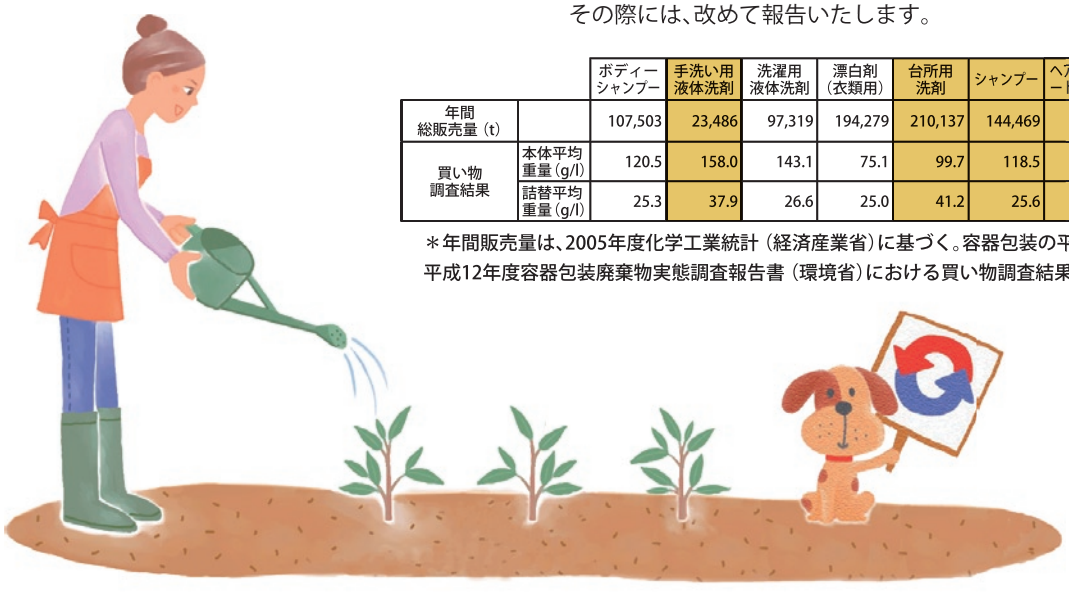
答え ❷ シャンプー

詰替商品の利用は、3Rの中では廃棄物の発生抑制（リデュース）に相当する取り組みであり、私たちが身近でできる脱物質化、つまり資源の節約につながる取組でもあります。

この問題に答えるためには、本体容器に比較して詰替用容器がどれくらい軽くなっているかということと、年間でどれくらい購入されているかの二点を考える必要があります。下表は、各商品の2005年度の年間総販売量と本体容器と詰替容器の平均重量を示したものです。４つの商品のうち、年間の販売量が多いのは台所用洗剤、シャンプーの順ですが、台所用洗剤は本体容器から詰替容器に替えても半分程度にしか軽くなりませんが、シャンプーでは2割程度まで軽くなります。したがって、年間販売量と容器重量の両方を考えると、シャンプーが最も減量効果が大きく、発生抑制につながる可能性があるということがいえます。実際には、詰替商品がどの程度普及しているかが関係しますので、これはあくまでも全ての商品が詰替商品に置き替わった場合の結果です。そこで私たちは、販売店のレジで読み込まれるバーコードの情報（POS情報といいます）を用いて詰替商品の普及度を調査し、実際の発生抑制効果の推定を試みているところです。また、今回用いた容器の平均重量データは少し古いので、最近の詰替商品等について調査を行っているところです。新しいデータで解析した場合には、今回の問題の答えが変わる可能性がありますが、その際には、改めて報告いたします。

		ボディーシャンプー	手洗い用液体洗剤	洗濯用液体洗剤	漂白剤（衣類用）	台所用洗剤	シャンプー	ヘアートリートメント	化粧水
年間総販売量（t）		107,503	23,486	97,319	194,279	210,137	144,469	34,726	19,491
買い物調査結果	本体平均重量（g/l）	120.5	158.0	143.1	75.1	99.7	118.5	189.3	220.0
	詰替平均重量（g/l）	25.3	37.9	26.6	25.0	41.2	25.6	65.8	36.4

＊年間販売量は、2005年度化学工業統計（経済産業省）に基づく。容器包装の平均重量は、平成12年度容器包装廃棄物実態調査報告書（環境省）における買い物調査結果に基づく。



バックナンバーの目次

Vol.1

■ 2006 年 11 月 5 日号
環環創刊のご挨拶 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
溶融スラグ 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タビリティ 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
埋立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
埋立地の跡地利用 p11
■ 2007 年 6 月 18 日号
化学物質を管理するということ
-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な？ 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
■ 008 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

Vol.5

■ 2008 年 10 月 6 日号
資源循環、廃棄物処理分野の技術開発の行方は？ …… p01
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 …… p02
オランダ通信（1） …… p20
■ 2008 年 10 月 20 日号
素材産業を中核とした資源循環システム …… p04
汚染土壌のセメント原料化 …… p05
■ 2008 年 11 月 4 日号
廃電子回路基板の適正処理（燃焼法） …… p06
電子回路基板 …… p07
■ 2008 年 11 月 17 日号
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 …… p08
廃棄物系バイオマス …… p09
■ 2008 年 12 月 1 日号
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 …… p10
廃棄物系バイオマスからのエネルギー回収 …… p11
■ 2009 年 1 月 13 日号
オランダ通信（2） …… p21
■ 2009 年 1 月 26 日号
壊れたノートパソコンで金の指輪できる？ …… p12
都市鉱山 …… p13
■ 2009 年 2 月 9 日号
各国のリサイクル政策と使用済み製品の越境移動 …… p14
家電リサイクルの追加品目 …… p15
■ 2009 年 2 月 23 日号
ごみから炭作りができる？ …… p16
炭素の量 …… p17
■ 2009 年 3 月 9 日号
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 …… p18
焼却排ガスの処理 …… p19

環環 ann Kann

総集編 vol.6

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/