

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.

3

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・廃棄物のけんきゆう



ごみ研究の歴史



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!





たけ

りえ

目次

近況

発生源研究の大切さ ……1

循環・廃棄物のけんきゅう

私たちの消費と廃棄物とのつながりを追う …… 2

愛用パソコン、パソ子のゆくえ …… 4

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 ……6

ごみ処理とリサイクルの費用はいくらか …… 8

ゴミの燃焼とニトロ多環芳香族化合物 …… 10

カロリー？が気になる ……12

Dr.
グッチー



社会のうごき

生ごみ処理の将来を占う？ ……14

小売業者の違反事例にみる家電リサイクルの課題 ……16



ゆうぞう博士

ごみ研究の歴史

第7回 …… 17

その他

イェール大学産業エコロジーセンター滞在記(1) ……19

イェール大学産業エコロジーセンター滞在記(2) ……20



当ててみよう！

生産者の責任 ……3

アジアの環境協力 ……7

廃プラスチックの処理 ……11

当ててみよう！の答えと解説 ……21



循環・廃棄物のまめ知識

基板と貴金属 …… 5

容器包装リサイクル法 …… 9

水蒸気改質 …… 13





発生源研究の大切さ

やすだ けんじ
安田 憲二

2007年10月1日号

私が大学院を修了して就職したのは1973年の第1次石油ショックの時でした。専門は化学でしたが、この分野は不況で採用人員が大幅に減少したため、最終的に第1希望の民間企業ではない神奈川県に就職しました。

神奈川県での配属先は、神奈川県公害センターの大気部でした。1年目の時に同期の友人に誘われ、東大で宇井純先生が開講されていた自主講座「公害原論」に参加しました。「公害原論」では、「苦海浄土」で有名な石牟礼道子氏や荒畑寒村氏など多士済々の方々の講演があり、大変感激しました。「公害原論」で宇井先生が常々唱えていたことは発生源対策が公害対策の根幹であり、最も重要な研究対象であるとのことでした。この影響もあり、私は迷わず研究課題として発生源を選びました。

発生源には工場の製造施設や廃棄物焼却炉などの固定発生源と、自動車などの移動発生源があります。私が選んだのは固定発生源であり、2年目から廃棄物焼却炉を対象とした研究に取り組みました。焼却炉の測定では、垂直のはしごで20m以上の高さまで登ったり、雰囲気温度が50℃を超える場所での測定をしたりと大変でした。1980年代末から普及し、1989年には流行語としてノミネートされた言葉で3K（「危険」「汚い」「きつい」の頭文字Kからきたもの）がありますが、この言葉がまさに流行している時に、3Kそのものの仕事をしていたことになります。

廃棄物焼却炉の研究では、燃焼管理を中心とした有害物質の排出抑制が課題でした。当時は、燃焼で排出される有害物質は公害防止装置で捕集し大気中への排出を抑制することが主流でしたが、このやり方では捕集後に廃棄物が発生してしまいます。そこで、燃焼方法を改善することで有害物質の発生そのものを抑制する方法について研究しました。研究の成果は、3年後の1978年に行政との共同作業で「廃棄物焼却炉の対策マニュアル」として実を結びました。

環境省の前身で1971年に発足した環境庁は、職員が少ないこともあり、特に発生源に関する事業の多くを地方自治体に委託しました。地方自治体では発生源に関して許認可権があり、日常的に測定等の調査を実施していますので、その経験を生かしたわけです。また、環境庁では調査の成果を発表する場を設けました。ここでは、発生源調査のほか環境調査の成果も報告されました。全国レベルでの自

治体の発表の場は、環境省になったあとも引き継がれ、今日に至っています。

国と自治体の二人三脚は環境庁だけではありませんでした。1974年に環境庁の研究機関として設立された国立公害研究所（現国立環境研究所）も、自治体とともに研究を推進しました。1988年に地球温暖化対策の委員会が環境庁の要請で初めて組織されましたが、このときの座長が当時、国立公害研究所の大気環境部長であった秋本肇であり、その他の委員は全員地方自治体の職員でした（私も参加しました）。2年目は、座長が当研究所前理事の西岡秀三に代わりましたが、委員の構成は同じでした。この時も、発生源を中心に温室効果ガス排出量を把握することを目的としていました。この委員会で検討した内容は、その後の国の研究に生かされています。

自治体と国立環境研究所との協調は、委員会だけではありませんでした。今日も行われている客員研究員制度を使って、多くの自治体職員が国立環境研究所の研究に参加しました。私も10年以上にわたって客員研究員を仰せつかり、貴重な経験を積ませていただきました。

私事ですが、私は2004年3月に神奈川県を途中退職して岡山大学に移りました。岡山大学には3年間在職しましたが、この間、ごみの排出抑制などの研究と学生の研究指導に当たりました。2007年4月からは国立環境研究所の循環型社会・廃棄物研究センターに移り、発生源対策関係を中心に研究を行っています。

発生源の調査等は相変わらず3Kの域を出ておらず、あまり人気はありませんが、公害対策の根幹であるとの信念はいささかも揺るぎません。目下の関心事は、発生源研究に関する経験と知識を若い人に継承して、研究が継続できる体制づくりに貢献することです。



けんきゅう

私たちの消費と廃棄物とのつながりを追う

なんさい けいすけ
南齋 規介

2007年10月15日号

近況(2006年11月20日号)に掲載された「近未来の循環型社会のビジョンを一緒に考えましょう!」でもご紹介しましたが、現在、当研究センターでは10~20年後の循環型社会のビジョンを描くための研究プロジェクトを進めています。まだ読んでない・・・という方は、「環環」の総集編で、これまでの記事もぜひ読んでみて下さい。

この研究プロジェクトでは、10~20年後の循環型社会のビジョンを描くため、私たちのライフスタイルの変化にも着目しています。例えば、一人暮らしの単身世帯が増えるとしましよう。単身世帯でも電化製品や車や自転車を所有します。また、スーパーやコンビニで売られている小分けされた惣菜やお弁当を購入することが多いのではないかと思います。こうしたライフスタイルが相対的に増加すると、電化製品に使われる金属の消費量が増え、家庭ごみは生ごみなどが減る一方で、プラスチックごみが増えるということが想像できます。このように、私たちが今後どのような暮らし方をするか、消費の仕方をするかによって、発生する廃棄物の種類や量、必要となる資源も違ってきます。そのため、近未来の循環型社会を支える技術システムや社会の制度を考える上で、ライフスタイルの変化とその影響を考えておくことは大変重要だと考えています。

少し前置きが長くなりましたが、本研究プロジェクトでは上記の研究を行うため、まずは、私たちが何を消費すると日本全体でどのような廃棄物がどれくらい発生するのか、どの資源がどれほど使われるのかを計算しています。そして、この情報を基にライフスタイルの変化(ある物やサービスに対する消費が増加または減少することで表現する)がもたらす廃棄物や資源への影響を見積ります。では、消費に伴う廃棄物の発生量と資源の利用量をどのように計算するのか、廃棄物の場合を例に説明したいと思います。

考え方の基本は“物と物のつながり”に着目することです。例えば、お弁当を買ったとします。食べ終わった後のお弁当箱がごみになります。これは、目に見えて分かりやすいですね。では、お弁当のつながりを廃棄物の排出の観点から広げていきます。中のおかずを調理する工場では、野菜の切れ端、古くなった油などの食品廃棄物が出ます。そして、お弁当の箱を作る工場では、プラスチック製であれば、プラスチックを成型したときの切れ端が出ます。工場が稼動するにはオフィスが必要で、そこで使用済みとなった用紙は紙ごみとなります。更につながりを通っていくと、野菜作りでは、肥料の入った袋や壊れた箱、油を作る

工場では機械を洗った排水からの汚泥や洗剤の空き箱が廃棄されるでしょう。また、どの工場でも電気は使いますので、電気を供給する発電所では、燃料が燃えた灰が廃棄物となります。このように、“物と物のつながり”に着目すると、お弁当箱そのものだけでなく、多くの廃棄物が間接的に発生していると考えることができます。要はライフサイクルアセスメント(LCA)(循環・廃棄物のまめ知識：2007年7月2日号参照)と同じ考え方です。

しかし、この間接的な廃棄物を一つ一つ数えあげていては、切りがありません。そこで、本研究プロジェクトでは、『産業連関分析』という手法を使って排出量の推計を行います。産業連関分析は、1973年にノーベル経済学賞を受賞したWassily Leontief(ワシリー・レオンチェフ)によって開発されました。この手法は『産業連関表』という統計に記述された「物の生産量=自身および他の物の生産のために消費した量+消費者等が消費した量」というバランス式を基礎とします。そして、何の生産のために消費したかを区別して、物ごとに式(方程式)を作成します。このバランス式は、正に物と物のつながりを連立方程式という形で表現しており、得られる解は、つながりを無限に追った場合に、私たちがある物を1つ消費すると、影ではその物自身や他の物がどれだけ生産されるかを示します。

つまり、お弁当を1つ消費すると入力し連立方程式を解くと、1つのお弁当の消費の裏で、お弁当自身も含め、各々の物(j)が生産された量(g_j)を得ることができます。そして、別途、物(j)を1つ生産することで排出される廃棄物の量(w_j)を調査します。次に、得られた g_j に w_j を乗じると、お弁当生産の裏で、物(j)が生産されることによって排出された廃棄物の量($z_j=w_j \times g_j$)が計算できます。お弁当の裏で、いろんな物(j)が生産されていますから、それぞれから排出された廃棄物の量(z_j)を全部足すと、お弁当の消費の裏で排出された総廃棄物量が分かります。

最後に簡単な計算結果を図に示します。日本の家庭で1年間(2000年を対象)に消費した全ての物を生産するためには、上記の計算を行った結果、約237百万トンの廃棄物が排出されたこと

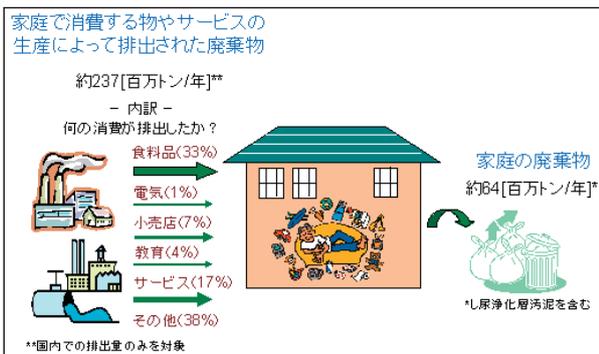




になります。この量は、家庭から出る廃棄物量の約3.7倍です。その内、33%は食料品の生産のためで、7%はスーパーやコンビニで新鮮で便利な物を提供する影で排出されたと分析できません。

また、本研究プロジェクトでは、計算のためデータ整備も進めています。特に、物を1つ生産すると排出される廃棄物の量(w_j)を種類も詳細にしてより正確に把握し、消費と廃棄物との関係

を示す信頼性の高い数値を得ることを目指しています。また、産業連関分析は、物と物、物と廃棄物とのつながりを一つ一つ読み解いていくことができるため、何が原因で廃棄物が排出されているかを突き止めることが可能です。この分析手法の強みを生かし、ライフスタイルが変化し、排出される廃棄物が変わる場合、今後どの産業でどのような廃棄物処理対策が必要になるかを考えるための情報を提供していきたいと考えています。



家庭の消費によって工場等で出た廃棄物量
(発生量から有価物を引いた排出量)

<もっと専門的に知りたい人は>

1. Kagawa, S. et al.: An Empirical Analysis of Industrial Waste Embodied in the 1995 Japanese Economy, Journal of Applied Input-Output Analysis, 9, pp.69-92, 2003.
2. Nansai, K. et al.: Compilation and Application of Japanese Inventories for Energy Consumption and Air Pollutant Emissions Using Input-Output Tables, Environmental Science and Technology, 37, pp.2005-2015, 2003.



当ててみよう!

【生産者の責任】

むらかみ すずき りえ
村上(鈴木)理映

2007年10月15日号

Q 問題

生産者が、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責任を負うという考え方を、何と言うでしょう？

- ① Polluter Pays Principle: PPP (汚染者負担の原則)
- ② Life Cycle Assessment: LCA (ライフサイクルアセスメント)
- ③ Extended Producer Responsibility: EPR (拡大生産者責任)
- ④ Corporate Social Responsibility: CSR (企業の社会的責任)

答えは21ページへ

愛用パソコン、パソコンのゆくえ

しらはせ ともこ
白波瀬 朋子

2007年11月5日号

みなさんは、「えー、ご家庭に、古くなった、冷蔵庫、洗濯機、ラジカセ、パソコンはございませんか？無料でお引取り致します〜。」とアナウンスを流しながら、ゆっくり走っている回収車を見かけたことはありませんか？みなさんご存知の通り、現在パソコンを捨てるのには、本体3150円、ディスプレイ4200円のリサイクル料金が必要です。なのに、無料で引き取ってくれるならお得！と思いますよね。でも、気をつけて下さい。ここから始まるお話は、あなたが愛用していたパソコンを捨ててからのお話です。

真理ちゃんが愛用していたパソコンは98年製デスクトップ型、名前はパソコン。パソコンはいつも「わたしの体は、金銀パラジウムが使われている基板が入っているのよ〜ホッホホホー。日本のどこを探したって、私の基板くらい貴金属がたくさん入っている鉱石なんてないわ。銅線だって鉄だって使われているし、資源たっぷりなのよ！」と自慢していました。その通りパソコンの体11kgには約1kgの基板が入っており、基板1kgには約140mgの金、約780mgの銀、約200mgのパラジウムが含まれています。

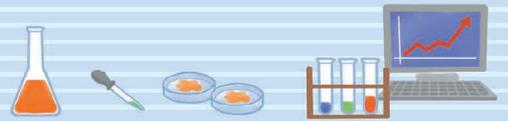


写真：数十部品に解体された1台分のデスクトップ型パソコン

一方、パソコンの体には、有害な鉛や臭素系難燃剤が使われている部品もあります。パソコンにとって、有害物質の組成はあまり表示したくないものですが、安全なリサイクルのためには必要な情報であることに間違いありません(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」を参照)。日本には、製品中の有害物質(鉛、クロム、カドミウム、水銀、臭素系難燃剤(PBB, PBDE))が基準以上含有されている場合に表示義務を課した「J-MOSS」という規格があります(電気・電子機器の特定の化学物質の含有表示方法(JIS C 0950))。「まったくこの規格、私の秘密が暴かれて恥ずかしいわ・・・」でも私が何から出来ているのか表示しないと、第2の人生を歩み始める時に困るって言う

し、しょうがないわね・・・。」そんなパソコンも、もう7歳(パソコンの平均使用年数)。人間の歳で言うと70歳位に相当し、まだまだ働ける部分は沢山あるのですが、流行からズレ、肩や腰にガタが出始めて、第2の人生(リユース・リサイクル)を考え始めていました。リサイクルされるには、各パーツがどんな材料から出来ているかが分かった方が、格段に効率が良くなります。しかし彼女の体はあまりに複雑な部品が多すぎて、自分がどんな素材・元素から成り立っているのか、パソコン自身も分からなくなってしまいました。そんな中、J-MOSSの制度が出来たことは素晴らしいことなのですが、まだ情報としては不十分です。現在は、メーカーが協力して原料から製品に至るまでの含有化学物質の情報提供の流れを構築中です。そこで、国立環境研究所としても、複雑な素材からなる製品の金属組成の分析法を確立し、製品中の金属量の把握を行っています。現在は、パソコンを例にして、製品を数百の部品までバラバラに分解して、素材組成比を調べ、各部品について40元素を対象に含有量の把握を行っています(写真)。先ほどご紹介しました基板1kgあたりの金、銀、パラジウムの重要はその成果の一部です。このように代表的な部品ごとの金属含有量を測定しておくことで、パソコン以外の製品についても部品の数と重さを調べることで、およその金属含有量を見積もることが可能となります。これらの組成情報を基に、効率の良い資源回収と、有害物質を環境に拡散させないリサイクルを行うことを目指しています。

ところで、先ほどの真理ちゃん。愛用していたパソコンを捨てることを決めました。回収業者さんに「どうしてリサイクル料金を取らないの？」と聞くと、業者さんは「中古品としてリユースするんだよ。だからリサイクル料金はもらいませんよ。」と笑顔で答えました。実際に、きちんとリユースしている業者もいますし、リサイクルされるよりリユースされる方が、エネルギー的にも断然お得です。しかし残念なことに、その業者さんは、真理ちゃんの見えないところまで行くと、高価なマザーボードだけを取り、残りをポイッと道路脇の原っぱに捨ててどこかへ行ってしまいました(2007年2月19日号「見えないフロー」とリサイクル・海外輸出」を参照)。さあ大変です。パソコンは、動くことも出来ず、太陽に照りつけられて劣化し、雨に打たれて有害な金属が流れ出ていってしまいました。「こんなはずじゃなかったのに・・・。」パソコンは自分が土壌を汚染していることの悲しさと、第2の人生が歩めない悔しさで涙を流しました。国立環境研究所では、このような廃電気電子



製品の資源回収後の残渣からの、有害金属の環境への排出量推定についても実験を行っています。基板の溶出試験では、土壤環境基準0.01ppmをはるかに上回る3.7ppmもの鉛が溶出しました。

こうならないために、真理ちゃんはその業者さんがパソコンをどこへ持って行って、どうするつもりなのかちゃんと把握しておく必要がありました。市中回収業者が回収するパソコン台数は全体の1.3%程度で、全てが悪い業者という訳ではなく、リユースに貢献しているところもたくさんあります。みなさんの「パソコン」もきちんとリサイクルされるよう、業者さんがその製品をどこへ持って行くのか、業者さんのリサイクルの説明に納得できるか、いつでもその業者と連絡が取れるのかなど、消費者として、関心を持っておきましょう。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. 白波瀬朋子ほか：廃電気電子製品中の金属含有量試験法の確立、環境化学討論会講演要旨集、pp.216-217、2007



循環・廃棄物の

まめ知識

【基板と貴金属】

たきがみ ひでたか
滝上 英孝



2007年11月5日号

基板は、電気電子機器製品に必ず組み込まれており機器全体を制御する、人間でいうと「頭脳」に相当するパーツです。板やフィルム状の電気を通さない絶縁体上に集積回路、抵抗器、コンデンサー等の電子部品を配置し、それらを配線で接続した構造になっています。コンピューターのCPU（中央演算装置）も基板の一種といってよいでしょう。その基板には、金、銀、パラジウム、白金などの貴金属が高い割合で含まれています。ご存知のように、金、銀、プラチナなどはそれを身につける人を美しく飾ってくれることは言うまでもありませんが、錆びることがなく、アレルギー反応を引き起こす可能性が非常に低いので、指輪や装飾品に安心して使われているわけです。電気電子機器製品の大切な部分である基板に用いられている理由としても、宝飾品同様、その化学的安定性（酸やアルカリ、湿気や熱等による腐食に強い性質）があります。さらに、高い電気伝導性を有していることが挙げられます。上述の貴金属はメッキ等の方法で基板表面に固定され、回路や配線部分として役割を果たしています。

さて、天然の鉱山が「金鉱山」となるためには、鉱石1トンあたり0.5グラム以上の金を産出する必要

があるそうなのですが、パソコンの基板1トンからはおよそ金140グラムが取り出せるので、パソコンは、堂々たる「都市鉱山」といえるでしょう。国内で取り組まれている基板から貴金属を取り出す回収プロセスとしては、例えば次のようなものがあります。まず、基板をシュレッダーなどで粉々に破碎し、ふるい分けや磁力、比重による破碎物の選別を行います。貴金属を含む破碎物はその後、精錬され（千数百度の高温で溶融され）、有機物や融点の異なる金属と貴金属が分離されます。貴金属は通常、銅などと共に回収された後、電気分解を経て貴金属別の地金（じがね、延べ棒のこと）になり、再利用されています。一方、発展途上国では、貴金属や有価金属の回収のために、手作業で基板を加熱する、強酸を使うといった原始的な方法が用いられており、重金属類や有機物質による作業環境や周辺大気、水質の汚染が問題になっています。



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

2007年11月19日号

じよ かいきん
徐 開欽



私たちはいま日本に住んでいますが、今後の国際社会におけるアジア地域の重要性を考えると、アジアにおいて日本の果たすべき役割は非常に大きいものになると考えられています。こうした状況を踏まえ、日本、中国、韓国はアジア地域のリーダーとして、

環境問題に対して三カ国で協力して対応するための会合を設けています。

私たちはこのような背景から、アジア地域での適正な資源循環の促進に貢献すべく、有機性廃棄物（液状のものを含む）の適正処理と温暖化対策とを両立し、かつ、途上国に適合した技術システムの設計開発を進めています。また、その適用効果を評価し、適正な資源循環システムの設計及び政策提言を行うための研究を行っています。すなわち、アジア地域の社会、経済、気候等を考慮した環境低負荷型の適正な液状廃棄物対策の技術システムを提案することを目標としています。

近年、アジア地域の一部の大都市では急速な経済発展により、廃棄物対策も進んできていますが、中小都市や農村地域などにおいては、生活雑排水・し尿などの液状廃棄物の適正処理が遅れている状況にあります。私たちは、アジア地域における分散型の高効率、低コストな液状廃棄物対策として、これまでに蓄積してきた生物工学および生態工学を基盤とした浄化槽などの技術やノウハウを活用し、アジア地域での適正な資源循環に資するシステムを提案しようとしています。

これまでに、私たちは中国をはじめとしたアジア地域の生活雑排水・し尿などの汚水処理の実情を調査し、生活排水の特性が日本と異なる場合があることや、浄化槽技術等の導入による環境負荷削減効果などについて検討を行ってきました。こうした私たちの経験をベースとして、2006年には、中国環境科学研究院（北京）においてアジア向けの高度処理浄化槽などの汚水処理システムの性能評価装置が導入され、その展開が期待されています。

さて、実際にアジア地域に適した液状廃棄物対策とはどのようなものなのでしょうか。効率的に汚濁物質を除去できることはもちろん重要ですが、日本で用いられている最新の

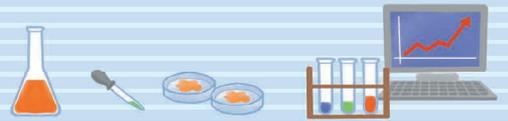
技術をそのまま導入することは、初期導入や維持管理のコストから考えて非常に困難です。これは環境に対する意識の違いや、排出規制、監視システムなど法律や規則が不十分であることなども関係しています。現地で継続的に利用可能なコストで運用できる必要があり、環境施策や社会システムも検討していく必要があります。また、処理システムを安定的に運転するためにはそれなりの知識と経験が求められ、そのための技術研修なども必要になってきます。さらに、低コストな液状廃棄物対策は生物処理が基本となりますが、一口にアジア地域といっても熱帯から寒帯まで気候が様々ですので、汚濁物質の除去に有用な生物の温度特性に応じて、地域に合った処理システムを構築することが重要です。

このように、私たちはいくつかの処理技術を検討しています。ひとつは、日本のオリジナル技術である浄化槽です。現在、日本には浄化槽に関する多くの経験と実績がありますが、これを中国などのアジア地域に展開しようというものです。但し、各国・各地域の生活排水の性状や気候、習慣などが日本と異なり、高度処理浄化槽技術でどのように対応していくか、また、そこで発生する汚泥などの有機性廃棄物をどのように処理していくか、廃棄物に対する認識の向上や、基準・法律などの整備も含めた仕組み作りから検討する必要があります。

また、別の方法としては、植物や土壌を用いた非常に安価な汚水処理システムがあります。現在検討している水耕栽培浄化法は野菜などの可食性の植物を用いた浄化法です。この方法では、浄化槽などと比べて非常に広い面積が必要となりますが、その代わりに野菜が収穫できます。タイのバンコクでの調査においては、適切な規模のシステムを構築することで、汚水処理と食物生産を両立することが可能であることが示唆されています。

水生植物を用いた処理技術としては、植栽土壌浄化法も検討しています。人工湿地とも呼ばれるこの方法は、ヨーロッパの一部で実用化されているもので、これも非常に広





い面積を必要としますが、自然生態系の力を活用しますので、メンテナンスが少なく済み、コストも低く抑えられます。注意すべき点は、湿地からは温室効果ガスであるメタンや亜酸化窒素が多く発生することです。私たちが、土壌中でメタンガスを生成する微生物の種類や量について分析をした結果では、根圏（土壌中の特に根の周辺）には特有の微生物が多く存在し、有機物の量に応じてメタンガスの発生量が増えていることなどを明らかにしました。また、植栽植物の種類や汚水の流下方法の違いによる処理特性や温室効果ガス発生抑制効果が異なることも明らかとなり、土の表面に汚水を流す方法（表面流）は、土の下に汚水を流す方法（浸透流）や汚水を垂直に流す方法（垂直流）と比較してメタンガスが発生しやすいこと、植物の種類によってその特性が異なることなどがわかってきています。すなわち、人工湿地の設計においては、有機物負荷量の設定や植物の種類、汚水の流し方などが処理を効率的に行い、かつ、温室効果ガスの発生を抑制する上で重要であるということです。

生ごみなどの有機性廃棄物については、今後のエネルギー需要の増大なども踏まえ、水素発酵やメタン発酵の導入を検討しています。特に中国を対象として、我が国との汚水性状の違い、未利用バイオマスの性状の違い、リサイクルシステムの未熟度等に注目しています。

このような技術的側面からのアプローチを進めるとともに、生ごみや汚水処理から発生する汚泥のリサイクル方

策などを現地の研究者とともに一緒に考えています。

今後も、液状廃棄物の資源循環を考慮した途上国適合型のシステムの設計・開発を進め、現地での適用可能性を評価し、地域特性に応じたシステム設計および汚水性状、バイオマス性状に応じた資源循環・適正処理技術のマニュアルを構築していきます。これにより、温室効果ガスの低減と、汚水処理の高度化や汚泥のリサイクルが両立するバイオエコエンジニアリング技術システムを確立し、その普及のための基礎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. 徐開欽ら：中国における水環境の現状と都市污水処理システムの動向(1)(2)、月刊浄化槽、No.309、No.311、2002
2. 稲森悠平ら：水循環社会に向けた排水・污水処理技術の取り組み、in 有限会社ブッカーズ企画編集：排水污水処理技術集成、株式会社NTS、pp.1-28、2007

当ててみよう!

【アジアの環境協力】

えびえ よしたか
 蛭江 美孝



2007年11月19日号

Q 問題

日本、中国、韓国は三カ国とも同じ北東アジアに位置しており、大気、海洋などの自然環境を共有しています。各国の経済や社会の状況は大きく異なりますが、環境汚染や自然破壊といった問題にいかんして対処し、持続可能な開発を実現するかということが共通の重要課題となっています。このような状況の下、三カ国の環境大臣がお互いに協力して環境問題に取り組むために毎年開催している会合の名前はどれでしょうか？

- ① TEMM ② CDM ③ COP3 ④ BRICs

答えは21ページへ

ごみ処理とリサイクルの費用はいくらか

たさき ともひろ
田崎 智宏

2008年1月21日号

「リサイクルはしてはいけない。なぜなら、お金がかかるから。」といった意見があります。果たして正しいでしょうか。

そもそも、市場経済がうまく機能しないから、法律を作って、規制でリサイクルを進めているモノがあります。このようなモノについては、お金とは異なる物差しでリサイクルすべきかどうか判断されるべきですが、だからといって、リサイクルにいくらお金をかけてもよいとはいえないでしょう。となると、リサイクルにいくらお金がかけられているかを明らかにし、社会としてどれ位であればお金をかけてよいかを議論して合意していく必要があります。

しかし、意外に思われるかもしれませんが、リサイクルの費用も、ごみ処理の費用も細かいところまではよく分からないのが実状です。例えば、家庭から出るごみは一般廃棄物と呼ばれ、この費用はリサイクル・ごみ行政を担当している環境省が「一般廃棄物実態調査」という調査で把握しています。この調査によれば、平成17年度においては、一般廃棄物のごみ処理事業経費は1兆9,107億円であり、1年間に国民1人あたりで約1万5千円の費用がかけられていることが分かりますが、調査の費目が細分化されていないため、ごみの収集・運搬、リサイクル、リサイクル以外の中間処理、埋立処分にそれぞれいくらかけられているかが分かりません。

そこで、費用情報を集めるところから考えることになりませんが、どのような費用情報を集めるかは、費用データをどうまとめるかに関わってきます。環境省は平成19年6月に「一般廃棄物会計基準」というものを定めました。一般廃棄物は自治体が処理していますが、この基準は、自治体によるごみ処理やリサイクルにどれくらいの費用がかけられているかを自治体ごとに明らかにしようとするものです。この基準をもとに、多くの自治体で費用情報が集められることが期待されます。

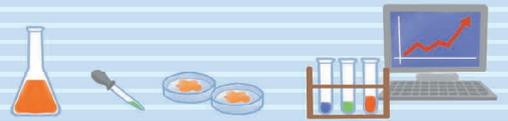
一方、一般廃棄物会計基準が対象としているのは実際にかけられた費用です。お金の換算できない環境への悪影響や環境を守るための対策費用については目に見える形で集計されません。そこで、当研究センターでは、これらを一体的にとらえた新しい廃棄物会計の枠組みを検討しています。また、容器包装リサイクル法など、国全体として進められている政策にかかる費用を把握することも重要です。これらについては、資源循環会計として、国全体としてのリサイクルや、自治体、民間業者におけるごみ処理にかかる費用を集計する枠組みを検討しています。

それでは、当センターの研究成果を交えつつ、日本におけるごみ処理とリサイクルの費用を概観してみましょ

う。まず、収集などの活動別の費用を推計した結果を紹介し

ます。この結果によれば、平成16年度においては収集・運搬に38%、焼却やリサイクルなどの中間処理に52%、埋立処分に10%の費用がかけられていると計算されました。この値には、日常的に必要な費用（運転・維持管理費）だけでなく、施設をつくるときの費用（建設・改良費）も含まれています。この費用をトンあたりの単価に換算してみると、収集・運搬は2万2千円/トン、中間処理は2万1千円/トン、埋立処分は5万円/トンと計算されました。収集・運搬はほとんどが運転・維持管理費で、過去8年間はあまり変化がありません。一方、中間処理と埋立処分の運転・維持管理費は徐々に増加しており、過去8年間で1.5~2倍に増加しています。増加の原因は、リサイクルを含め廃棄物処理により厳しい規制がかけられるようになったためと考えられます。また、最近では施設の整備が充実してきたため、建設・改良費よりも運転・維持管理費の占める割合が増えてきており、運転・維持管理費をより意識する必要がでてきました。なかには、施設の建設から運転までを含めた長期間の費用が安くなるように、長期間の包括的な契約をプラントメーカー等と結ぶ自治体も出始めています。これにより、貴重な税金がより有効に活用されることが期待できます。それから、埋立地の処分単価は5万円/トンと大きな値となっていますが、このうち3.8万円が建設・改良費分であり、この値の解釈には注意が必要です。この値は、ある年にかかった埋立処分場の建設費をその年に確保した埋立空間量で除して求められます。埋立処分場が使われる期間が十年単位であることを考えると、現在埋め立てされている処分場の処分単価の建設・改良費分は、現在の値ではなく十年程度前の値を使うべきです。処分単価の建設・改良費分は平成8年度には約8千円/トンであったことから、この値と運転・維持管理費と足し合わせた約2万円が、現在廃棄物1トンを埋立処分するのにかかっている費用だと考えることができます。逆に考えれば、将来的には運転・維持管理費を加えた埋立処分単価が5万円/トンとなっても不思議ではないことを示しています。将来の処理費用が高騰することを見据えつつ、ごみの減量が適切になされることが重要です。

最後にリサイクルの費用について見てみましょう。現在、家庭から出てくる飲料容器やレジ袋などをリサイクルする容器包装リサイクル法というのがあります。この法律の改正に向けて行われた調査では、容器包装廃棄物のリサイク



ルに係る全国的な費用が推計されています。これによると、容器包装廃棄物9品目を収集する費用に1,714億円、このうちリサイクルに適したものを選別して保管する費用に1,342億円、総額して3,056億円が自治体にかかっていると推計されています。この費用の単価を品目別に見ると、例えば、びん9.0万円/トン、プラスチック製容器包装19.2万円/トン、紙製容器包装9.0万円/トンと計算されます。平成17年度のごみ処理費用をごみの総排出量で除して得られる3.3万円/トンという一般廃棄物全体の値と比較すると、非常に高いことが分かります。

このようにごみ処理やリサイクルにいくらお金がかけているかの具体的な情報が明らかになってきたので、これからは、必要のごみ処理とリサイクルの水準を保ちつつ、これらの費用をいかに減らすことができるか、お金に換算し

にくい資源を大切に使う効果をどのようにかはかるかなどが研究される必要があります。

<もっと専門的に知りたい人は>

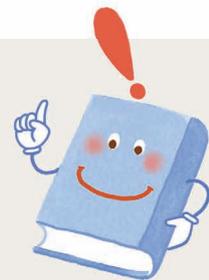
1. 田崎智宏：ごみ減量・再資源化に係る廃棄物処理費用の現状と課題、都市清掃、60(280)、pp.549-554、2007
2. 森口祐一ら：マクロ環境会計における資源循環の表現の枠組み、第33回環境システム研究論文発表会講演集、pp.169-177、2005
3. 橋本征二：廃棄物会計といわゆる環境会計の統合に向けて、廃棄物学会誌、18(4)、pp.222-230、2007

循環・廃棄物の

まめ知識

【容器包装リサイクル法】

よしだ あや
吉田 綾



2007年1月21日号

PETボトル、スーパーのレジ袋などの「容器包装」は、一般廃棄物の約6割（容積）を占めています。一般廃棄物の埋立処分場が不足する事態を回避するため、これらの容器包装を資源として有効利用する法律「容器包装リサイクル法」が、平成7年（1995年）に制定されました。

消費者は容器包装を地元の市町村のルール通りに分けて排出し、市町村はこれを分別収集します。容器包装を作っている事業者、その容器包装を使って商品を生産している事業者やスーパー等の小売業者は、リサイクルに必要な費用を容器包装リサイクル協会に支払い、容器包装リサイクル協会がこのお金を、市町村が集めた容器包装をリサイクル（再商品化）した事業者を支払うという、消費者・市町村・事業者の3者が一体となって取り組む国内リサイクルシステムが構築されました。

法施行から10年以上が経ち、消費者の意識向上、容器の軽量化やリサイクルしやすい設計・素材選択、処分場の残余年数の改善などの成果がありました。平成15年度では、市町村が分別収集等に3,000億円程度負担しているのに対し、事業者の負担する再商品化費用は約400億円と推定されており、自治

体の負担の軽減が課題となっています。

また、住民と市町村の努力により集められたペットボトルの一部が海外に輸出され、国内での再商品化量が減っている状況もうかがえます。海外で再商品化されて、ぬいぐるみ（中綿）などとして日本へ戻ってくる製品もあるので、資源として有効利用されていない訳ではありませんが、国内での効果的・効率的なリサイクルシステムをどのように維持していくかについても考える必要があります。



環境省ホームページ
「容器包装リサイクル法」より抜粋
<http://www.env.go.jp/recycle/yoki/index.html>

ゴミの燃焼とニトロ多環芳香族化合物

わたなべ まふみ
渡部 真文

2008年2月4日号



ゴミの焼却処理は、公衆衛生管理（例えば、病院などから出る感染性廃棄物の処理、鳥インフルエンザに感染した家畜の処理）や埋立されるゴミの減容化、サーマルリサイクルなどの利点がありますが、一方で、ダイオキシン類に代表される有害化学物質の排出という負の側面もあります。当研究センターではゴミの適正処理・適正リサイクルのための研究の一環として、ゴミの燃焼時における有機化学物質の挙動（どのように生成し、分解するか）とその排出抑制対策を研究しています。

日本のゴミ焼却炉は、ダイオキシン類の排出量を削減するために約10年前に大きな変化がありました。「当ててみよう!」（2007年9月18日号）の「ダイオキシン」で紹介したように、日本では「ダイオキシン類対策特別措置法」が制定され、関連する法令が大幅に改定された結果、ゴミ焼却炉の構造・維持管理基準の強化、小型焼却炉の構造・焼却方法の基準適用、野焼きの原則的禁止が実施されました。この結果、ゴミ焼却施設などから排出されるダイオキシン類量は年々減少し、平成18年度時点では、平成9年度の排出量に比べて約96%が削減されています。

一方で、ダイオキシン類の排出削減対策を実施すると、ニトロ多環芳香族化合物（ニトロPAHs）という化学物質の生成・排出量が増えるのでは？という指摘がありました。このニトロPAHsは、多環芳香族炭化水素化合物（PAHs）にニトロ基が結合した化学物質群ですが（図）、そのほとんどがダイオキシン類と同じように非意図的に生成する物質です。燃焼過程では、主に空気中の窒素に酸素が結合してできた窒素酸化物（NOx）がPAHsに結合することで生成すると考えられています。高温で燃焼させた場合、このNOxが増加することから、ダイオキシン類の排出削減対策としてゴミを高温で燃焼するとニトロPAHsが増えるのでは？と考えられたのです。（余談ですが、NOxについても、

法令により焼却炉から排出される総量が規制されています。）

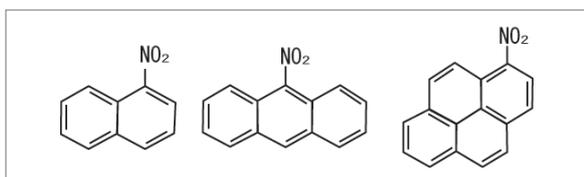
ニトロPAHsは強い変異原性（遺伝情報（DNA配列など）を傷つける毒性）が報告され、その一部はヒトに対して発癌性が疑われている物質で、環境大気（空気）を中心に、河川水や土壌、底泥などから検出される環境汚染物質です。しかしながら、ゴミ焼却炉におけるニトロPAHsの研究は少なく、その排出実態や、ダイオキシン類の排出削減対策がニトロPAHsの生成・排出に及ぼした影響はほとんどわかっていませんでした。

そこで、ゴミの燃焼時におけるニトロPAHsの挙動を当研究センターの熱処理プラント（実験用の焼却炉）や実際のゴミ焼却施設で調査しました。結論から言いますと、ゴミ焼却炉においてダイオキシン類の排出削減対策を実施すると、ニトロPAHsの排出も抑制できるという結果が得られました。

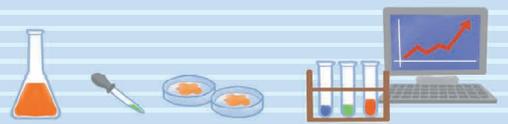
まず、焼却炉内での挙動を調査しました。ゴミの燃焼（一次燃焼）の温度とニトロPAHsの生成については、燃焼によってニトロPAHsが生成しますが、燃焼温度を高くすると生成量が減少すること、また、生成したニトロPAHsのほとんどがガス中に存在することが分かりました。

現在のゴミ焼却炉では、ゴミの一次燃焼で生じたガスは、高温で数秒滞留・燃焼（二次燃焼）後、急冷し、灰（ばいじん）の除去（集塵処理）などの処理を行って排出されます。上記のようにゴミの一次燃焼で生成したニトロPAHsは、この二次燃焼によってほとんど分解され、ガス中の量は激減しました。また、集塵処理を行うことで、排ガス中のニトロPAHs量を大きく削減できることも明らかになりました。このような分解・除去は、PAHsやダイオキシン類でもみられました。これらのことから、ダイオキシン類の排出削減と同様に、ゴミを高温で安定燃焼しガス処理を適正に行うことで、ニトロPAHsの排出も削減できると考えられます。

次に、実際のゴミ焼却炉からの排出は？という疑問が出てきます。そこで、実際のゴミ焼却施設46施設の最終排ガス（煙突から出る、或いはそれに近い排ガス）を調査しました。実際の焼却施設から排出されているニトロPAHsは、ダイオキシン類の実測濃度と同程度でした。また、検出できたニトロPAHsは、数種類のみでした。各施設の最終排ガス中のニトロPAHsとダイオキシン類の関係を調べたところ、ばらつきがあるもののニトロPAHs濃度とダイオキシン類濃度に正の相関関係、つまり、排ガス中のダイオキ



ニトロPAHsの例



シン類濃度が低い施設ほど、ニトロPAHs濃度も低い傾向が得られました。同時に、ニトロPAHsの濃度が低い施設ほど、PAHsの濃度も低くなっていました。これらの結果などから、ダイオキシン類排出削減対策でゴミを高温で安定燃焼することにより、不完全燃焼で発生しやすいPAHsの生成量が減少し、このPAHsをもとに生成するニトロPAHsも減少したと考えられます。つまり、実際のゴミ焼却炉においてもダイオキシン類の排出削減対策を実施することで、結果的にニトロPAHsの排出も削減できることが明らかとなりました。

循環型社会を作る上では、ゴミを減らすことが最も重要です。しかし、現状ゴミをゼロにはできません。このため、ゴミを資源として再利用（リサイクル）することも必要となります。廃プラスチックを例にとっても、様々な方法でリサイクルされています。一方で、「リサイクルと化学物質について考えよう」(近況:2006年12月4日号)にあるように、ゴミのリサイクルと化学物質の関係は切り離せなくなっています。ゴミのリサイクルにおいて、有害物質をきちんと管理しながら資源価値のある物質を上手く循環させるために、どのようにしたらよいか。この研究の一環として、今回のようなゴミ焼却だけでなく、リサイクルにも注目して化学物質の挙動に関する研究を進めています。

<もっと専門的に知りたい人は>

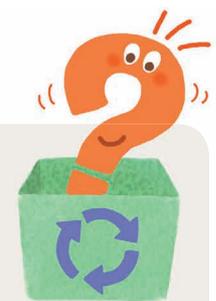
1. Watanabe, M. and Noma, Y.: Influence of primary combustion temperature and flue gas treatment on the behaviors of nitro polycyclic aromatic hydrocarbons in municipal solid waste combustion, Organohalogen Compounds, 69, pp.948-951, 2007
2. 渡部真文ら: 廃棄物焼却炉におけるニトロ多環芳香族炭化水素化合物について、第18回廃棄物学会研究発表会講演要旨集, pp.585-587, 2007



当ててみよう!

【廃プラスチックの処理】

こせともひろ
小瀬 知洋



2008年2月4日号

Q
問題

廃プラスチックの処理の方法として、最もよくないのはどれでしょうか？

- | | |
|--------------|-------------|
| ① マテリアルリサイクル | ② ケミカルリサイクル |
| ③ サーマルリサイクル | ④ 埋立 |

答えは21ページへ

カロリー？が気になる

こばやし じゆん
小林 潤

2008年2月18日号

といっても、ダイエットやメタボリック症候群のお話ではありません。石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料から樹木、草類などのバイオマス、果ては生ゴミや下水汚泥に至るまで、この世に存在するありとあらゆる「燃やすることができるモノ」には、総じて「カロリー」があります。ただし、ここで言う「カロリー」とは、食べ物が消化・吸収されて、運動や基礎代謝などにより消費される生理的熱量のことではなく、空気（酸素）によって燃える（酸化する）時に発生する熱量（発熱量）のことを指します。本来、「カロリー(cal)」とは熱量を表す単位のこと、「水1グラムの温度を1℃上げるのに必要な熱エネルギー」が1カロリーとして定められています。つまり、食品の持つ「生理的熱量(カロリー)」と燃やすることができるモノを燃やしたときに出る「発熱量(カロリー)」は、本質的には同じものなのです。

さて、一口にゴミが持っている「カロリー」といっても、ゴミの種類によって大きく異なります。ゴミ1kgあたりでいえば、家庭ゴミはおおよそ数百～3,000 kcalくらいですが、廃木材では4,000～5,000 kcal、ゴミ固形化燃料(RDF)では3,000～4,000 kcal、プラスチック・紙固形化燃料(RPF)では6,000～10,000 kcalにも達します。RDFは家庭ゴミが原料ですが、中に含まれる水分が少ないため(RDFは製造過程で乾燥されるため)、同じ重さで家庭ゴミと比較すると発熱量が高くなります。ちなみに、原油の発熱量は1kgあたり約10,000 kcal、石炭の発熱量は1kgあたり6,000～7,000 kcalです。こうやって比べると、石油由来のプラスチックを多く含むRPFを除けば、多くの廃棄物の発熱量は化石燃料の半分以下であることが分かります。

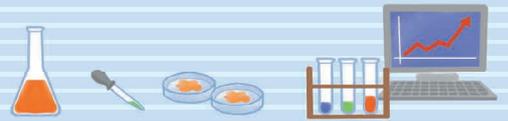
前置きが長くなりましたが、日本では可燃性の廃棄物は基本的に焼却処分されます(ごみ研究の歴史第3回参照)が、ただ燃やすだけでは廃棄物が持つ発熱量を活かすことができないので、燃やしたときに出る熱を発電に利用する「廃棄物発電」を行う施設が増えてきています。平成17年度末のデータで焼却処理施設総数1,319に対して、発電設備を持つ施設数は286に上り、総発電能力は150万kWとなっています(世界最大と言われる柏崎刈



川原子力発電所の総発電能力は約800万kWです。さらに今年の夏の東京電力管轄の最大電力需要は6000万kWを超えています。その発電効率(燃やした廃棄物の熱量に対して発電によってできた電力エネルギーの比率)は10～20%くらいと言われており、あまり高くありません(最新の火力発電所の発電効率は50%に近いですが、逆に言えば今の技術では最も高くてもこれくらいということ)。ただし、先にも述べたように可燃性廃棄物が持つ発熱量は化石燃料に比べると低いですし、焼却処理は廃棄物の減容化・無害化が主な目的なので、火力発電所のように発電効率を重視した発電設備(例えば、超高温・高圧で動く蒸気タービンを用いた発電設備)があります。これを超臨界圧火力発電(といいます)を設置することがなかなかできません。では、どうしたらゴミが持つ「カロリー」を上手に使うことができるのでしょうか。その答えの一つになりうる技術が「廃棄物ガス化」技術です。

「循環・廃棄物のけんきゅう」2007年1月22日号と8月20日号、および「循環・廃棄物のまめ知識」2007年1月22日号でも紹介していますが、廃棄物を高温で蒸し焼き(熱分解ガス化)にしたり、微生物を使って分解(水素・メタン発酵)することで、水素、一酸化炭素、メタン(都市ガスの主成分)などの燃料ガスを作ることができます。このような可燃性ガスはいろいろな発電技術と組み合わせることが可能で、ガスエンジン(トラックのディーゼルエンジンとほぼ同じ)やガスタービン(ジェット旅客機のエンジンとほぼ同じ)などの内燃機関を使った発電だけでなく、燃料電池にも適用することが可能です。ちなみに、燃料電池とガスタービンを組み合わせて発電する技術を用いることで、比較的小規模(小さな工場やマンションなどで使うくらいの電力)の発電でも50%を超える発電効率が達成可能であると言われてしています。ただし、「循環・廃棄物のけんきゅう」2007年1月22日号でも述べられているように、生成する可燃性ガスの中にはいろいろな成分が含まれるためそれほど単純ではありません。さらに、成分だけではなくここでも「カロリー」が重要になります。可燃性ガスの1立方メートル当たりの発熱量でいえば、例えばガスエンジンは1,000 kcal以上の発熱量を持つ燃料ガスでないときちんと動きません(ちなみに、都市ガスは約10,000 kcal、LPガスは約24,000 kcalです)。廃棄物のガス化によって得られる可燃性ガスの発熱量はガス化の方法によってかなり幅がありますが、熱分解ガス化技術を使えば条件を変えることである程度制御することが可能です。

現在、私たちの研究では主に廃木材を対象として650～950℃の幅広い温度範囲で熱分解ガス化試験を行っています



す。さらに、高温の水蒸気を加えて改質反応（メタンなどの炭化水素から水素を生成させる反応）やタール（分子量の大きな炭化水素類）の分解を促進させたり（水蒸気改質）、微量の空気を加えることで反応しにくい固体炭素（木炭）を分解したり、改質触媒と呼ばれる材料を使って改質反応やタール分解反応が進行するのを手助けしたりして、生成する可燃性ガスの成分やその発熱量について分析し、それぞれの実験条件と得られる可燃性ガスの特性との関係を明らかにしつつ、目標となるガス組成や発熱量にコントロールするための方法について研究を進めています。今までの結果から、温度を高くしたり触媒を使ったりすると水素濃度は高くなるが発熱量が小さくなること、空気は少ない方が発熱量は高くなるが分解されずに残ってしまう固体炭素が増えること等が分かっています。ただし、これらは全て小型のガス化装置での結果で、実際に利用するときの装置の大きさになると新

しい課題が出てくるのがよくあります。そこで、もう少し大きな装置を使ってさらに試験を行い、安全で効率が高く制御性に優れた装置の開発を進めています。

＜もっと専門的に知りたい人は＞

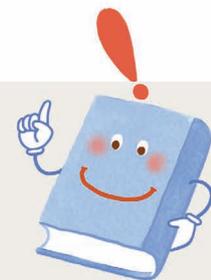
1. 川本克也ら：熱分解ガス化-改質によるバイオマス・廃棄物からの水素製造技術の現状と課題、廃棄物学会論文誌、15(6)、pp.443-455、2004
2. Wu, W. et al.: Hydrogen-rich synthesis gas production from waste wood via gasification and reforming technology for fuel cell application, Journal of Material Cycles and Waste Management, 8, pp.70-77, 2006

循環・廃棄物の

まめ知識

【水蒸気改質】

いのうえ けんいちろう
井上 研一郎



2008年2月4日号

水蒸気改質とは、メタン等の炭化水素を水蒸気と反応させ、水素と炭酸ガスを製造する方法です。天然ガスから水素を取り出す工業的な製造方法として古くから用いられてきました。

廃棄物を熱分解ガス化すると水素や炭酸ガスの他に炭化水素類等が生成します。この炭化水素類を水蒸気改質することで、より高濃度の水素が得られ燃料電池やガスタービン等を用いた発電に利用することができます。ガス中に炭化水素類が含まれると燃料電池の性能を劣化させる原因になる場合があります。また、比較的沸点の高い炭化水素類は、ガスが炉から排出され温度が低下するとタール(粘性のある油状物質)として凝縮し、配管を詰まらせてしまう場合もあります。これらの観点からも水蒸気改質により熱分解ガス中の炭化水素類の濃度を低減させる必要があります。

この水蒸気改質反応にはかなり高い温度を必要としますが、触媒を用いることにより比較的低温で改質することができます。触媒としてニッケルを用いた場合、700～800℃程度の低温でもガス中の炭化水素類の濃度やタールの生成量を大きく減少させることができます。しかし、ごみの質等の条件によっては燃料電池等へ

の適用が可能なレベルにまで低減することは難しいという問題があります。また、ニッケル触媒は炭素を析出しやすいという欠点があります。これは炭化水素類を改質した場合、炭酸ガスが生成せずに固体炭素として触媒表面上に析出してしまうため、触媒の性能を低下させやすいということです。これを防ぐために水蒸気の量を増やす、触媒に酸化カルシウム等の酸化物を含有させるといった対策がとられています。ロジウム等の貴金属は触媒の活性を高め、炭素析出を起りにくくすることができますが、高価であるという短所があります。

バイオマスや廃棄物の熱分解ガスを発電等に利用するという試みは、古くから行われてきましたが、タールの生成の抑制は大きな課題として今も残されています。触媒を用いた水蒸気改質はこれを解決するための一つの方法であり、高い活性を示す触媒の開発は現在も続けられています。



うごき

生ごみ処理の将来を占う？

かわもと かつや
川本 克也

2007年10月1日号

廃棄物処理における最近の大きな課題の一つに、家庭ごみの中の生ごみ（厨芥）や事業系の食品残さをいかに上手に処理し資源化するかがあります。というのも、生ごみや食品残さ（以下では、単に生ごみと呼ぶことにします）の資源化率はかなり低いからです。一般廃棄物中の生ごみの資源化率は、家庭系と事業系の全体で12%、家庭系のみではわずか2.8%（いずれも平成16年度の実績）に過ぎません¹⁾。しかし、このことは逆に言うとも効に利用できる可能性がたくさんある、ということです。生ごみがこれまであまり資源化されずにきたのには、それなりの理由があるように思われます。第1に、資源化するにはなるべくごみの組成を均一にするのが望ましく、そのためごみは発生した場所で種類別に分別するのがリサイクルに最もかかっていますが、多様な現代社会において、さらに人口の多い都市部において、分別の徹底は容易なことではありません。また、雑多な組成で排出されたごみの中に含まれる生ごみをそれ以外の例えばプラスチックなどの異物から分けることは、ある種の機械装置で可能であることも特定のケースで実験的に実証されていますが、大規模で一般的な実用に至るには機が熟しているとは考えにくい状況です。

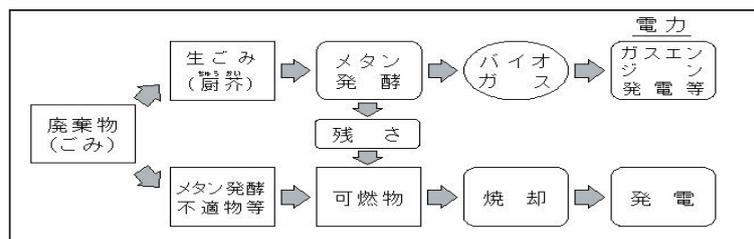
このような中で、少し新しい方向性が見えています。生ごみや紙ごみに対しメタン発酵法によるバイオガス化を行ってメタンガスを回収する方法です。ただし、この方法では液状・固体状の残さが発生するので、その対応も必要です。発酵後に生じる固体状残さについては、他の可燃性廃棄物とともに焼却処理によって減量化し、そしてバイオガス



と焼却の熱利用による発電を最新の効率の良い設備を用いて行うのです。焼却に発電を組み合わせただけの方法より、全体的なエネルギーの回収をより効果的に行えると推算されています。システムの流れは例えば図のようであり、実際の施設例は民間の廃棄物処理施設でみられます²⁾。ごみの全量を焼却した場合と生ごみの一部を分別してメタン発酵させた場合のエネルギーの収支をある条件で計算（バイオガスについては、ガスエンジンによって発電を行うと仮定しています。）した例³⁾によると、発電量が約16%増加することです。



一方、主に首都圏などの都市部にみられる動向として、新しく建設される集合住宅を中心にディスポーザーの設置が増加しています。方式には主に2通りあって、家庭の台所で発生する生ごみがディスポーザーによりその場で破砕されスラリー状となって排水管を流れて直接公共下水道に投入される場合と、一度集合住宅敷地内での排水処理を経て下水道へ投入される場合があります。設置戸数は、平成11年度には1,000余りであったものが平成12年以降大幅に増加し、平成18年度には全国で51,000余となりました。この急増の背景には、平成10年にディスポーザーの採用についての自粛が解除されたことがあります（建築基準法の規定に基



バイオガス化と焼却を組み合わせたごみ処理方法



づく建設大臣の一般認定による)。

ここでディスポーザーの特徴を簡潔にまとめてみます。わが国での歴史を考慮して短所から記しましょう。ディスポーザーは、従来から生ごみが目の前から消える道具として知られていましたが、下水道への負荷が増すこと、生ごみを流すことを見込んだ下水管の管路や終末処理施設の設計がなされていないことなどから、明確ではなくとも多くの自治体では使用を避けるよう措置をとってきました。

一方、長所はというと、とにかく生ごみを即座に排除できるので衛生的であること、あるいは今後の高齢化社会においては利用者にとって大変便利であることなどがあります。管路によって集中的に輸送・処理処分ができることから、分別の困難な生ごみを容易に分けられ、大規模集中型の処理が可能になります。汚泥として得られるバイオマスをメタン生成などに活用できれば、資源化という趣旨でも好ましい都市基盤施設と考えられます。ディスポーザー導入による都市の下水処理・ごみ処理システムへの影響について二酸化炭素の排出量を尺度にしたLCAが東京23区を例に行われ⁴⁾、導入後は前に比較して若干排出量が増すものの、全体量に対する比はわずかであると結論づけられています。なお、生ごみを新たに下水に投入することによる問題(大量雨水時の環境への流出、栄養塩類(窒素・リン)負荷の増大など)が指摘されていることも忘れてはならないでしょう。

さて、生ごみ?の処理はどうあるべきか、これは難しい課題で一律の解答はないと私は思います。人々によって営まれる生活は地域によって同じ点もあれば異なる点もあります。地域の状況にあった方法で進められるのが最も理にかなっているのではないかと、今回述べた2つの動向が大きな流れになるのはもう少し先のことだと思います。興味深く眺めることといたしましょう。



<もっと専門的に知りたい人は>

1. 平成19年版環境循環型社会白書: http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h19/html/hj07030402.html#3_4_2_2
2. 藤本輝男、安達弘幸: 総合リサイクル事業の現状と課題-カンポリサイクルプラザの取組み、都市清掃、59(269)、pp.72-79、2006
3. 武田信生: 都市ごみ処理-今後の技術動向について-、都市清掃、59(272)、pp.21-26、2006
4. 花木啓祐: ディスポーザーがもたらす下水道と廃棄物管理への影響、都市清掃、58(266)、pp.3-7、2005





小売業者の違反事例にみる家電リサイクルの課題

寺園 淳

2008年1月7日号

最近、小売業者による家電製品の不適正な取扱い（家電リサイクル法違反）に関する報道が増えています。最も新しいのは、昨年（2007年）12月5日に報道された某大手家電量販店の事案で、消費者から引き取った使用済家電のうち約7万7千台がメーカーに引き渡されていなかったというものです。これは、2002年6月に環境省から4社の量販店における約7万台の不適正な取扱いが発表されて以降、1件あたりとしては、最大の違反台数になっています。

2001年に施行された家電リサイクル法では、メーカーに家電4品目（ブラウン管テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機、エアコン）をリサイクル（再商品化）する義務が課され、小売業者は買い替えなどをする消費者から使用済家電を回収する役割を担うことになりました。リサイクルと収集・運搬にかかる料金は排出時に消費者が負担し、小売業者はその料金を受け取って家電リサイクル券を貼り、指定引取場所まで運ぶことになっています。

こうした使用済家電を引き取ってもらった消費者からすれば、各メーカーが定めた3～5千円程度のリサイクル料金と小売店が定めた収集・運搬料金をせつかく支払ったにもかかわらず、メーカーのリサイクルプラントに届かなかったのであれば、「それはないよ」という不満が出るのももっともです。最近では、全国的に無料回収業者（写真）が使用済家電を集めて回っているために、消費者が「お金を払っても適切にリサイクルされないのならば、無料で引き渡したい」と考えたくなるのも無理はありません。また、こうした報道がしばしばあることは、現在の回収システムに問題があることの表れですし、発表されたもの以外にも不適正な取扱いがあると考えるのは自然なことでしょう。

では、なぜ使用済家電が小売業者からメーカーに引き渡されなかったのでしょうか。環境省の発表などによれば、委託された収集・運搬業者が横流ししてしまった場合や、保管時に盗難された場合などが多いとされています。また、小売業者がリユース（再使用）するために引き取ったものと混同された可能性が指摘されたものもあります。いずれの場合も、消費者から受け取ったリサイクル料金や使用済家電を適切に管理せず、メーカーに引き渡していなかった小売業者の責任は大きいと考えられます。これらの小売業者は家電リサイクル法の引渡義務違反にあたり、勧告や立入検査を受けたり、環境省などに報告を求められたりすることとなっています。

こうした不適正な取扱いが後を絶たない背景としては、中古家電品や金属資源の海外需要が高く、価格が高騰して

いることが挙げられます。つまり、横流し・盗難などされた使用済家電が、家電リサイクル法のルートから外れて「見えないフロー」に入り、そのいくらかは海外へ輸出されているというものです（2007年2月5日号「コクサイシゲンジュンカン？」を参照）。

このほか、リユースとの関係がやや紛らわしいことも指摘できます。リユースはリサイクルより優先されるべきですから、リサイクル料金を受け取らずに無料もしくは有価で引き取った小売業者自らが、別に引き渡した中古品販売業者がリユースすることは認められています。ただし、買い替えにあたり使用済家電をリユース目的で小売業者が引き取ろうとしても、値段の査定が容易でなかったり、確実に販売できるとは限らないという問題があります。

さらに、家電リサイクル券システム（いわゆるマニフェストのひとつ）の問題もあります。家電リサイクル券に記載された情報を用いれば、消費者は使用済家電のゆくえをインターネットで検索したり、また、小売店にゆくえを問い合わせたりできることになっていますが、実際に確認をする人はまれでしょう。このため、不適正な取扱いが発覚するのは立入検査が行われた場合にほぼ限られます。消費者が確認できる権利を保障しながら、使用済家電がなくならないように誰かが全体を管理できるシステムが求められていると考えます。

リユース基準の策定などについては、現在、環境省の中央環境審議会等で検討が行われている家電リサイクル法の制度見直しで対応が進むようです。小売業者に対する管理強化は必要ですが、それによって使用済家電が小売業者以外の「見えないフロー」に入り、適切なりサイクル・処理がなされているか分からなくなるということがないように、厳格なモニタリングと適切なルートへの誘導策が必要でしょう。





第7回

いのうえ ゆうぞう
井上 雄三

2008年2月18日号

第4回で戦後のし尿処理研究の奮闘ぶりをお話しましたが、今回はそのし尿処理がさらなる困難を乗り越えて到達した先は、一体何だったのか?というお話しです。

8. し尿処理技術 その行き着く先は?

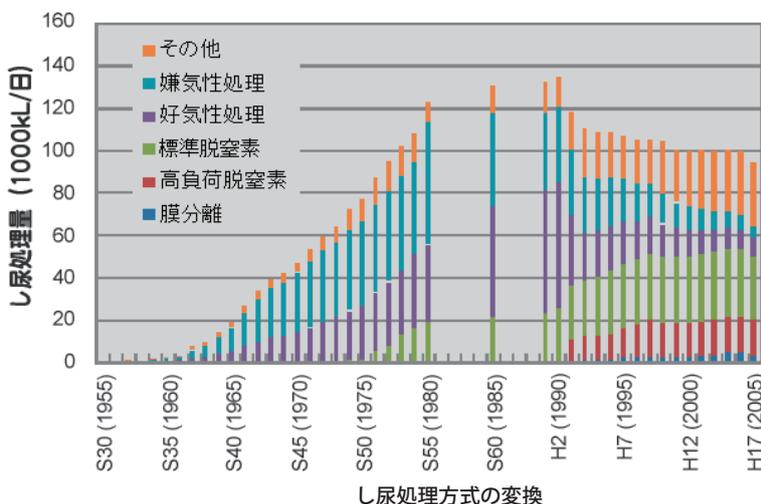
ともかくにも増え続けるし尿を衛生処理しなければならなかった昭和30年代～50年代、処理するのに30日以上も必要だった嫌気性消化法では間に合わなくなり、もっと早く、もっと大量に処理できる技術開発に重点が置かれました。このため、薬品を使ってどろどろのし尿を固形物と液に分離する化学処理法や空気を吹き込む好気性消化法が開発されてきました。しかし、これらはいずれも1次処理であり、仕上げの2次処理(一般に活性汚泥法という生物処理を用います)をしなければ放流基準をクリアできませんでした。しかも、1次処理をした処理液も当時の技術では20倍に希釈しなければ2次処理ができませんでした。大量の希釈水の確保が大きな課題となり、希釈水を削減することも技術開発目標となったのです。

一方、昭和50年代になり経済活動や生活レベルが向上するに伴い水使用量が増大し、問題になってきたのが閉鎖性水域における富栄養化問題でした。これに対応するためにBODあるいはCODの他にも窒素、リン、色度などに厳しい規制が設けられました。それまで先達が苦労をして開発してきた嫌

気性消化法は、図のように昭和50年代までは全処理量の5割を占め、採用技術のトップランナーでしたが、厳しくなった水質規制には対応できませんでした。

しかし、わが国の技術は見事にこのハードルをクリアしました。中心的な役割を果たしたのが旧国立公衆衛生院(現国立保健医療科学院)で、そこで開発されたのが高負荷膜分離技術でした。活性汚泥法などの生物処理法はし尿などに含まれる汚濁物質を生物に固定させ、沈殿池で固液分離して上澄みを放流します。この技術は下水などの少し薄い汚水濃度に対しては大変効果的なのですが、し尿などの濃厚な汚水の場合には、適用が非常に困難でした。そこで膜によって固液分離ができないかという開発目標が定められました。水の中に含まれる微生物などの微粒子を分子サイズ(1mmの10,000分の1以下の大きさ)の小さな穴を持つ限外ろ過膜を使ってろ過分離する技術を使います。

昭和40年代、この限外ろ過膜は固形物がほとんど入っていない下水の2次処理水などに利用され、その処理水はビルのトイレ用水などに再利用されました。すぐに目詰まりをして使い物にならないと最初は冷笑されていましたが、関係者の努力により確立された低压操作技術に





よってこの欠点が克服され、長期運転ができるようになり大ブレイクしたのです。この膜分離技術は、し尿中に含まれる高濃度の窒素を完璧に除去する能力も併せ持っており、希釈水が全くいらなくなったので、楽に脱色できるようになりました。膜分離技術はさらにし尿処理の現場も一変させました。今まで開放系で処理をしていたし尿処理施設は、膜分離技術の導入により完全密閉系で処理できるようになり、“臭い、汚い、暗い”の3Kを返上できたのです。

高負荷膜分離脱窒素技術が完成するのは平成3(1991)年になります。旧国立公衆衛生院は民間企業との共同研究をとおして開発を着手してから実に6年間でこれを成し遂げました。し尿処理分野の膜分離技術は世界に冠たる技術として脚光を浴びましたが、技術には光と陰があることを指摘しておかなければなりません。確かに、世界最高峰の技術を構築し、それまで迷惑施設のレッテルが貼られていたし尿処理施設は、地域住民の信頼を勝ち取ることができましたが、その代償

として地方自治体は高い建設と運転の費用を支払うことになりました。そのつけが国民にきたことを皆さんはご承知でしょうか？ 膜分離法では、嫌気性消化法に比べて建設費用が約10倍、運転費用が約3倍になっていたのです。

話は変わりますが、平成(1990)年代に入り再び脚光を浴びるようになるまでの約15年間、わが国は嫌気性消化法の研究開発をほとんど放棄したのです。ともかく、厳しい水質規制に対応できる技術開発が急務でしたから、古くさい嫌気性消化法の改良などほとんど頭のないのは当然のことでした。しかし、この15年の空白により、日本はヨーロッパに対して嫌気性消化法を基礎としたメタン発酵技術の進展において決定的な遅れをとることになったのです。21世紀になりメタン発酵技術は地球温暖化対策等としてのバイオガス化技術として世界から注目されるようになるのですが、わが国はヨーロッパからこの技術を買わなければならない事態に陥っていたのです。



イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (1)

はしもと せいじ
橋本 征二

2007年12月10日号

10月下旬より、米イェール大学の産業エコロジーセンター(Center for Industrial Ecology)に1年間ほど滞在させていただくこととなりました。これから数回に分けて、こちらの様子をご報告させていただければと思います。今回は、私が滞在するセンターについてご紹介したいと思います。

産業エコロジーセンターは、イェール大学のあるコネチカット州ニューヘイブンのダウンタウンから少し丘を上がったところにあります。初めて訪れたとき、それが一軒家だったことに驚いたのですが、この地上3F地下1Fの建物は、かつては民家として使われていたそうです。1つ1つの部屋はそれほど大きくないので、1部屋を1~2人で使っています。学生もほとんど個室の状態ですが、皆さんドアは開け放しで仕事されています。ニューヘイブンは、1600年代初頭にヨーロッパ人が入植し、米国で初めて都市計画がなされた都市ともされており、古く立派な建物が多く残されています。また、古い街だけあって、いくつか発祥の地とされるものもあるようです。例えば、初めてのハンバーガー店とされる古い店があったり、フリスビーが生まれた地ともいわれています。

さて、センターの名前にある産業エコロジーですが、これは、産業システムを、それを取り巻く自然環境の一部としてとらえ、物質の循環、つまり天然資源を掘り起こして製品を作り、使って捨てるまでを最適化しようとする研究分野です。産業エコロジーセンターは、この分野の研究・教育・普及を促進することを目的として、1998年に設立されました。このセンターを率いているのが、今回お世話になるGraedel教授です。センターには、この分野の国際学会であるInternational Society for Industrial Ecology、この分野の専門誌であるJournal of Industrial Ecologyの事務局があります。ちょうど私の部屋の向かいが、Lifset編集長の部屋になっています。

現在このセンターで進められているプロジェクトの一つがStocks and Flows Projectです。略してSTAFと呼んでいます。プロジェクトの中身はその名前のまま、モノの蓄積(ストック)と流れ(フロー)を明らかにしようとするものです。現在このセンターが主に対象としているモノは金属で、これまでに銅、亜鉛、クロム、鉄などのストックとフローを世界レベルで推計してきました。現在私たちが

使っているモノの使われ方を「世界」レベルで明らかにしようというのは、いかにもアメリカ的な感じがしませんか。

しかし、世界レベルでの情報が必要であることは明白です。近年、様々な金属の価格が高騰し^{※1}、日本でも金属製品の泥棒に関するニュースがしばしば報道されています。さまざまな金属がどのように使われているのかを世界レベルで知ることは、金属供給の持続可能性を議論する上でも不可欠な情報となります。また、地下から掘り出す資源が減るということは、これまでに掘り出してきた資源をいかにリサイクルして使っていくか、ということが重要になることを意味します。つまり、これまでに掘り出してきた資源がどこに蓄積されているのか、という情報が重要となってきます。

私はこちらでステンレス鋼のフローを追う研究に従事します。今回はその内容についてご報告したいと思います。

※1 現在の金属価格は枯渇以外の要因が大きく効いている場合がありますので注意が必要です。



産業エコロジーセンター



ゼミの様子 (左手奥がGraedel教授)

イェール大学産業エコロジーセンター滞在記 (2)

はしもと せいじ
橋本 征二

2008年3月17日号

今回は、私がこちらで従事している研究の概要についてご報告します。

前回にも少し触れましたが、産業エコロジーセンターでは、これまでに様々な金属のストックとフローを世界レベルで推計してきています。具体的には、銅からスタートして、亜鉛、銀、クロム、鉄、ニッケル、鉛、アルミなどを対象とした研究がなされてきました。私は現在、ステンレス鋼のフローを追う研究に従事していますが、実はこの研究、これまでにこのセンターが行ってきたクロム、鉄、ニッケルをつなぐ研究になります。

ステンレスと聞いて、まず何が思い浮かぶでしょうか。ステンレスとは、よくご存じのように「ステン(錆)」「レス(ない)」鋼です。身近なものとしては、フォーク、スプーン、お玉、鍋、流し台、調理台、冷蔵庫、浴槽など水回りの製品がありますが、このほか、建設用の資材、腐食が問題となるような産業機械、医療用の器具、鉄道車両や自動車などの輸送機械、上下水の処理施設など、様々な場所で用いられています。

では、ステンレスはなぜ錆びないのでしょうか。鉄はもと、自然界で酸化物として存在していますが(これが鉄鉱石です)、人間がそれを還元することによって鉄にしています。したがって、放置しておくとも水や酸素と反応して本来の安定な酸化物に戻ろうとします。これが錆びるという現象です。実は、鉄に一定量以上のクロムを加えると、不動態(表面に化学的に安定な保護被膜を形成した状態)というものを形成して鉄が錆びにくくなるのです。ニッケルを加えると、さらに不動態を形成しやすくなり、また、加工性も向上します。つまりステンレスは、鉄にクロムやニッケルを加えた合金なのです。

もうお分かりですね。「これまでにこのセンターが行ってきたクロム、鉄、ニッケルをつなぐ研究になる」と書いたのは、このような意味でした。

この研究は、国際ステンレス鋼フォーラム(ISSF)との共同研究で行われています(ISSFのプレスリリース参照)。実は、産業エコロジーセンターの特徴の一つが、このような産業界とのつながりです。これまでも、国際銅協会(ICA)、国際クロム開発協会(ICDA)、国際鉄鋼協会(IISI)、ニッケル協会、国際アルミ協会(IAI)などと共同研究を行っています。そして、ステンレス鋼については現在、写真の4名が産業エコロジーセンターで作業に関わっています。

さて、ステンレス鋼のストックとフロー、すなわち、生産から消費、廃棄の全体像を描くためには、いくつか明らか

にしなければならないことがあります。生産については統計がありますので問題ありません。必要な作業は大きく3つです。1つ目は、最終的にどのような用途にステンレス鋼が用いられているのかを明らかにすること、2つ目は、廃棄物の処理がどのようになされているのかを明らかにすること、3つ目は、製品としてどのくらいが貿易されているのかを明らかにすることです。

1つ目の課題に対しては、最終用途に関するアンケート調査を行うとともに、産業連関分析という手法を援用した推計を行っています(産業連関分析の概要については「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)。2つ目の課題に対しては、少ない調査事例から仮定を置いて推計するしか今のところ方法はありません。3つ目の課題に対しては、貿易に関する統計をもとにした推計を行うとともに、最終用途と同様に産業連関分析を援用した推計を行っています。

さらに、これらの推計結果をもとに、ステンレス鋼が社会のなかで平均して何度使われ、何年存在するのかを推計することを試んでいます。社会における平均的な使用回数や使用年数を明らかにすることは、その資源がどのくらい有効に利用されているのかを計る一つの指標になります。

今のところ、公にできるだけの確定した結果は出ていませんが、いずれ「循環・廃棄物のけんきゅう」のコーナーで結果をご紹介しますと思っています。



あえて氷点下の晴天のもとで
(左から筆者、Chambonインターン生、Graedel教授、Reck研究員)

当ててみよう!の答えと解説



むらかみ すずき りえ
【生産者の責任】村上（鈴木）理映

答え ③ EPR（拡大生産者責任）

「EPR: Extended Producer Responsibility = 拡大生産者責任」は、1994年にOECD（経済協力開発機構）が提唱した概念です。

それまでは、製品が不要になって排出された時は、自治体が引き取って処理してきました。しかし、自治体の処理施設では、たとえば家電製品のような複雑な廃棄物を処理するのは難しく、埋立処分場も少なくなっており、さらにゴミ処理費用が自治体の財政を圧迫していました。そこで自治体よりもっと効率的に処理できる「誰か」が、処理・リサイクルした方がよいと考えられるようになりました。

EPRの考え方は、この「誰か」を「その製品を製造した生産者」とし、生産者こそがその製品のことを最もよくわかっているので、製品が使用済みとなった時に処理・リサイクルするための責任を生産者に負わせれば、生産者はコストを削減するために、環境にやさしくリサイクルしやすい製品の製造や、効率的な回収システムの構築に取り組むことが期待されるというものです。この考え方は、製品の生産・使用段階から、使用済みとなった時にまで、生産者の責任を拡大するという意味で「拡大生産者責任」と呼ばれており、自治体の負担を減らしつつ、環境への負荷も減らすことを目指しています。

しかしここで大事なのは、この概念は、全ての責任を生産者に押し付けるという意味ではない、ということです。生産者が責任を果たし、環境負荷を減らせるよう、私たち消費者を含む、関係する全ての人々の協力が求められているのです。日本でこの概念を導入した法律には、「家電リサイクル法」など色々なものがあります。



えびえ よしたか
【アジアの環境協力】蛸江 美孝

答え ① TEMM

日中韓三カ国の環境大臣は、1999年以来「日中韓三カ国環境大臣会合（TEMM）」を毎年開催しています。三カ国はこの枠組みのなかで、アジア地域の環境管理において主導的な役割を果たすとともに、地球規模での環境改善に寄与することを目指しています。TEMMはTripartite Environment Ministers Meetingの略で、この会合では各国の環境の現状及び共通の懸案事項について三大臣が意見交換を行い、環境協力を推進する方策を討議しています。また、三カ国はTEMMのもとで、環境教育ネットワークの展開、合同環境研修、ウェブサイトの作成、淡水（湖沼）汚染防止、環境産業分野における協力、中国北西部の生態系修復といった具体的なプロジェクトを進めています。さらにTEMMのプロジェクトは、三カ国の地方自治体や非政府組織（NGO）、研究者による広域ネットワークの形

成の一助となっており、これらのTEMMの活動を日中韓の首脳陣は三カ国協力の好例と高く評価しています。

2006年12月には8回目の会合が中国の北京で開催され、TEMMとそのプロジェクトをきっかけとして、三カ国の環境省間で活発なやり取りが行なわれるようになってきました。TEMMのもとでの三カ国の国際協力はアジアの環境協力を強化するにあたって重要な役割を果たしています。また、TEMMの経験と成果は、国際社会にとっても、社会や経済の状況が異なる国々が効果的に環境協力を行う際のモデルとなることが期待されています。



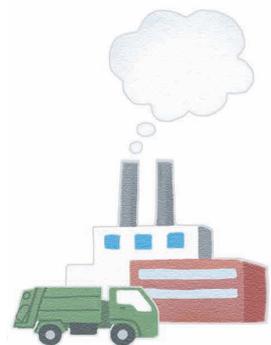
こせ ともひろ
【廃プラスチックの処理】小瀬 知洋

答え ④ 埋立

4.の埋立による処理は、様々な利用価値のあるプラスチックがすべてそのままゴミになる上に、処分場が埋まるのが早くなるため、最もよくありません。

1～3は、廃プラスチックをいろいろな方法で利用するため、ゴミから資源やエネルギーを回収でき、最終的に発生するゴミの量も少なくできます。また、天然資源を節約できます。マテリアルリサイクルは廃プラスチックを溶かすなどして再びプラスチック製品として再生することですが、リサイクルできる廃プラスチックの種類に限られます。身近な例としてはペットボトルから作られたフリースなどがあります。ケミカルリサイクルは廃プラスチックを油などの化学原料の状態まで戻してから再利用したり、鉄鉱石から鉄を作るときの還元剤として利用したりする方法です。この方法は、新品と変わらない質のプラスチックに再生したり、鉄を作るときの石炭の消費量を削減したりすることができます。サーマルリサイクルは廃プラスチックを焼却炉などで燃やしてエネルギー（電気や熱）を回収する方法です。この方法は、燃やし方が悪いと「ゴミの燃焼とニトロ多環芳香族化合物」にあるように有害な物質を生じることもありますが、石油をプラスチックとして使った上で最後に燃料にもでき、最後に残るゴミの量も少なくてできます。

3種類のリサイクル方法を廃プラスチックの種類と特徴に合わせてうまく使い分けられれば、埋立するゴミの量を減らしながら資源として有効利用できます。リサイクルをせずにそのまま捨ててしまう埋立は、3つのリサイクルに比べてよくないわけです。





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/>