

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
2007
Vol.2

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/



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



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



たけ

りえ

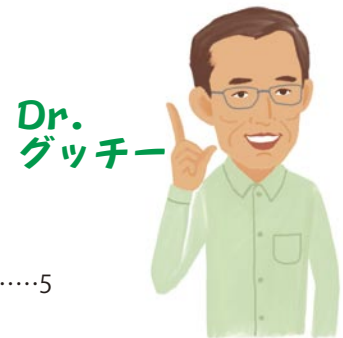
目次

近況

- マニフェストとアカウンタビリティ ……1
- リサイクルについての疑問と的確な情報提供の大切さ ……2

社会のうごき

- 高齢化社会とごみ問題 - 家庭からの医療系ごみが急増? - ……4
- 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 - ……5



循環・廃棄物のけんきゅう

- ごみの建設材料へのリサイクルと環境安全性 …… 6
- 埋立地ガスのモニタリング方法の開発 …… 8
- 海につくる処分場の話 …… 10
- どなりサイクルがよいかな? …… 12
- ごみから水素エネルギーをつくり出す …… 14
- 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 ……16
- 「はかる」ことを評価する ……18



その他

- 研究所の春の一般公開イベント～開催報告～ ……20
- 循環センター 2007 年夏の大大公開 ……21



ゆうぞう博士

ごみ研究の歴史

- 第5回 …… 22
- 第6回 …… 24

当ててみよう!



- 一般廃棄物の埋立処分場 ……9
- メタン …… 15
- ダイオキシン ……19
- 当ててみよう!の答えと解説 ……25

循環・廃棄物のまめ知識



- 溶出試験 …… 7
- 埋立地の跡地利用 …… 11
- ライフサイクルアセスメント (LCA) …… 13
- アスベストを含む建材
- その廃棄はいつまで続く? ……17



マニフェストとアカウンタビリティ

もりぐち ゆういち
森口 祐一

2007年4月2日号

4月は新しい年度のはじまりです。学生の皆さんにとっては進級・進学の時季、私たちにとっては仕事の一つの区切りの季節です。人事異動、すなわち、新しい道を歩むためにセンターを去っていく方を送り出したり、新しいメンバーを迎えたりする季節でもあります。

年度初めにあって、「今年度は〇〇を目標にします」とセンター長としての気の利いた公約を書きなさい、という編集者の無言の圧力かな、などと想像しながらこの題を思いつきました。カタカナ語の氾濫、とされる典型的な用語ですが、その意味の再確認も含めて、とりあげてみることにしました。

「マニフェスト」という言葉が最近よく聞かれるようになったのは、知事・市長選挙や国政選挙において、候補者個人や政党がこの語を用いて公約を文書で示すことが多くなったからでしょう。政策、宣言書、声明書といった意味があり、manifestoと綴ります。英語ではマニフェストウと発音するのが正しいようです。

当センターのような研究所の一部門の責任者が、その使命や方針を明らかにするものとして、ポリシー・ステートメントと呼ばれる文書を作成する場合があります。これも一種の公約です。これまで国立環境研究所では、部門ごとのポリシー・ステートメントの作成・公表を行ってきませんが、現在、19年度のポリシー・ステートメントを作成する準備が進んでいます。機会があれば、後日ご紹介いたします。

一方、廃棄物の分野では、選挙の公約で使われるマニフェストが有名になるよりも前から、同じマニフェストという用語を使ってきました。こちらはmanifestと綴りが微妙に異なり、一般には、積荷の目録や送り状を意味します。廃棄物の排出者がその処理を他者に委ねるときに、適切に引き渡されて処理されたことを確認するための伝票として使われます。

マニフェストには、廃棄物の種類、数量、運搬業者名、処分業者名などが記入され、廃棄物とともに伝票を渡しながら、処理の流れを確認するしくみです。複写式伝票のほか、電子マニフェストといって、コンピュータと通信回線を利用した情報管理も行われています。

おもに産業廃棄物の処理の流れの追跡に使われてきたマニフェストですが、一般の消費者にも関係する制度があります。2007年2月5日号の記事でとりあげた家電リサイクル法において、リサイクル料金を支払って販売店に引き

取ってもらった廃家電製品が、リサイクル工場で間違いなくリサイクルされたかどうかを確かめるためにも管理票が使われています。消費者は、インターネット上での照会などにより、自分が引き渡した製品がどこへ引き取られたかを追跡することができます。残念ながらこのことは、十分には知られていないようです。

もう一つの用語、アカウンタビリティは「説明責任」と訳されます。組織や個人の行動が正当なものであることを対外的に責任をもって説明することを意味します。たとえば、公的研究機関の調査研究活動の資金の大半は税金で賄われていますから、私たちはその活動の成果が社会にきちんと役立っていることを説明していく責任が求められます。このアカウンタビリティという言葉には、会計・経理を意味するアカウンティング(accounting)と責任を意味するレスポンシビリティ(responsibility)の意味が含まれています。

廃棄物の処理やリサイクルをとらえるための基礎的な考え方として、「ものの流れ(マテリアルフロー)」について総集編2007 vol.1に集録されている創刊号のご挨拶で触れましたが、ものの流れの把握に活用される物質フロー会計という手法でも、アカウンティング(accounting)という用語が使われます。2月19日号で廃家電製品の「見えないフロー」の問題について紹介しましたが、これは製品の捨てられた後の行き先が、数えられない、誰も責任をもって説明できない(アカウンタブルではない)状態にあることを意味します。経理において、使途不明金が問題視されるように、ものの流れにおいても、「使途不明・行方不明」になることは望ましくないことなのです。

管理票という意味でのマニフェストは、ものの流れにおける責任の所在を明らかにすることに役立ちます。公約において使われるマニフェストは、個人や団体の責任ある活動を説明するために用いられます。マニフェストとアカウンタビリティは、どちらも物事を「うやむやにしない」ための大切な言葉といえるでしょう。





リサイクルについての疑問と的確な情報提供の大切さ

もりぐち ゆういち
森口 祐一

2007年7月17日号

「リサイクルは本当に環境によいのか?」という疑問は、随分以前から寄せられてきました。容器包装リサイクル法(以下、容リ法)や家電リサイクル法が本格的に実施され、一般市民の負担感が増す中、そうした疑問を抱くのは無理のないことでしょう。PETボトルを例に、リサイクル肯定派、否定派に分かれて討論する深夜のテレビ番組に出演する機会がありましたので、その経験を通じて感じたことをご紹介します。

まず、「リサイクル」という用語の使われ方が統一されていないことを認めておかなければなりません。街でよくみかける「リサイクルショップ」は、最近のキーワードである3R (Reduce, Reuse, Recycle)に照らすと、Reuse (リユース=再利用)に相当します。PETボトルと同じ飲料容器の分野では、ガラスびんの繰り返し利用がリユースにあたります。一方、PETボトルの台頭以前から行われてきたスチール缶やアルミ缶の回収、再生利用は狭い意味での「リサイクル=再生利用」の典型といえます。これらは一度使われたスチール、アルミニウムをもう一度材料として利用しています。とくにアルミ缶については、その大部分が再びアルミ缶の材料として利用されています。スチール缶をスチール缶の原料とすることも技術的には可能と聞いていますが、スチール缶に使われる鉄は、日本で使われる鉄全体からみれば1%にも満たないこともあり、鉄資源全体での有効利用という観点から、主に建設用鋼材などの原料に使われています。

では、PETボトルの場合、リサイクル、とは何を指すのでしょうか?また、PETボトルのリサイクル率〇%、とはどのように測ればよいのでしょうか?1995年の容リ法制定当時は、家庭ごみに占める容器包装の割合の増大、埋立処分場



の不足など、自治体のごみ処理の負担をどう軽減するか、という点がとくに重要でした。このため、ごみ処理の立場からは、分別や選別を経て、「リサイクルに向かった量」の把握も重要な関心事でした。PETボトルの場合、2005年度現在、自治体の分別収集により47.3%、店頭、自販機、鉄道施設などからの回収

を加えると、65.3%が回収されています(PETボトルリサイクル推進協議会の公表値)。これまで、さまざまな「リサイクル率」の数値が使われ、回収率をそのままリサイクル率と呼ぶ事例もあります。回収率はリサイクルにとって重要な指標ですが、この数値を高めることはリサイクルを効果的に行うための入口にすぎず、ゴールではありません。

容リ法のもとでは、特定事業者(容器包装を生産、利用する事業者)、消費者、自治体、再商品化事業者など、さまざまな主体の役割が細分化されています。このため、全体としてリサイクルがどのように行われているのかが見えにくいことが課題です。そこを見えやすくする上で重要な役割を担っているのが、法律上、「指定法人」と呼ばれる機関で、具体的には財団法人日本容器包装リサイクル協会(以下、容リ協)という公益法人です。

容リ協のホームページでは、回収されたPETボトルがどのような用途にどれだけの数量が使われたかの内訳を公表しています。近年では、どの市町村が集めたPETボトルが、どこかの工場に運ばれて再商品化されるかの内訳も公表されています。

しかし、こうした詳細な情報把握がなされているのは、自治体が容リ協に処理を委ねた場合であり、法律上、自治体は「独自処理」することを認められています。分別収集が拡大した90年代末には、再商品化施設の整備が間にあわず、折角分別収集したPETボトルが行き場を失う状況も報じられました。しかし当時と今とは全く状況が異なります。最近、自治体が独自処理に走りがちなのは、分別収集したPETボトルが「売れる」からで、これは、中国の資源需要の増大が大きく影響していると見られています。自治体による分別収集以外の回収分についても、そのかなりの割合が輸出されているとみられ、当研究センターでは、実際に中国の再生工場の現地調査も行っています。他国に輸出してリサイクルするような形態が望ましいかどうかについては、十分に議論すべきことです。自治体が「独自処理」を選んだ場合、その行き先を追うことの責任は重いといえるでしょう。自治体以外の回収は、事業者による自主的取り組みと位置づけられます。

容リ協に処理を委ねた場合の話に戻しましょう。ここで「再商品化」とは法律上の用語で、「製品又は製品の原材料として取引されうる状態にする」こと、平たくいうと、他の事業者「に売れる」ようにすることを言います。容リ協を通じたルートには、自治体が集めたPETボトル約17万トンが引き渡され、そこから14.3万トンの「売れる」再商品化製

品が生産されています。その多くはそのまま使う製品ではなく、カーペット、衣類などの繊維製品、文房具などの原料に使われています。一方、再びPETボトルに戻す技術も開発され、実際に使われています。その技術を持つメーカーの学会発表によれば、石油から新たにPETボトルを生産するよりも少ない石油資源でPETボトルを生産できるとされています。

リサイクルに高いコストがかかることもよく論じられます。リサイクルに伴う資源の消費や環境への負荷は、ほぼコストに比例して大きいとするという説もありますが、同じ金額の製品やサービスに対して、直接的、間接的にどれだけエネルギーが消費されたり、CO₂が排出されたりするかは、製品やサービスの種類によって大きく異なります。その詳しいデータは当研究所のホームページで公開しています。このデータをもとに計算してみると、鉄鋼や化学原料などの基礎素材の生産ではエネルギー関連のコストが数十%を占めますが、廃棄物処理やリサイクルのコストに占めるエネルギー関連のコストは、例外はあるとしても、数%にすぎません。では、なぜリサイクルに高いコストがかかるのか、どうすればコストが下げられる可能性があるのかを分析する必要があります。筆者は、コストを下げるための有力な手段の一つは、消費者が質の高い分別を行うことであると考えています。そのためには、消費者とそれ以外の関係主体との間での信頼関係が大事です。リサイクルの効果やコストに関するさまざまな情報が入り乱れることで、そうした信頼関係が損なわれることがないように、的確な情報の共有がますます重要になっています。

筆者は、1994年に発刊された「地球環境キーワード」(有斐閣双書)という本の中で、「リサイクルはどこまで有効か」という項目を分担執筆しました。そこでは、「何が何でもリサイクルで材料として再生しようとするれば、かえって

エネルギー消費などの環境負荷が増大しかねない」ことを指摘していました。また、「現在の技術を前提とすれば、リサイクルにより節減できる資源・エネルギー消費量は全体のごく一部にすぎず、リサイクルが資源浪費の免罪符とならぬように留意すべきである」とも書いていました。むしろ考えは今も変わっていませんし、これらは、リサイクルの効果に疑問を投げかける主張とも一致しています。リサイクルよりもリデュースやリユースを優先すべきことも忘れてはいけません。

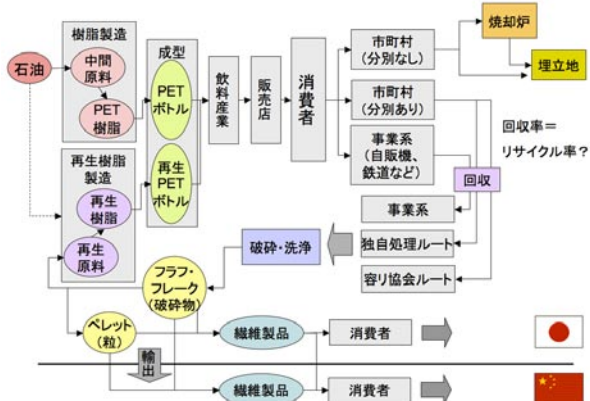
しかし、だからといってリサイクルは無意味で、全てやめてしまうことも不適切だと考えます。現在のリサイクルシステムが抱えている問題を共有し、より効果的で、負担感の小さいリサイクルシステムを設計していくことが求められています。そのためには、的確な情報を共有することが大切です。当研究センターもさらにこの点に力を入れるため、リサイクルに関わる素朴な疑問に答えるコーナーを本誌に新設することを検討中です。

なお、当研究センターのホームページにおいて、「プラスチックと容器包装リサイクルデータ集」を公開していますが、過去の研究成果であるため、データの年次がやや古くなっています。リサイクルの状況は年々変化していることに注意してご覧下さい。

(下図は、2007年7月16日深夜放映のテレビ番組での説明に用いたフリップボードの原図です)

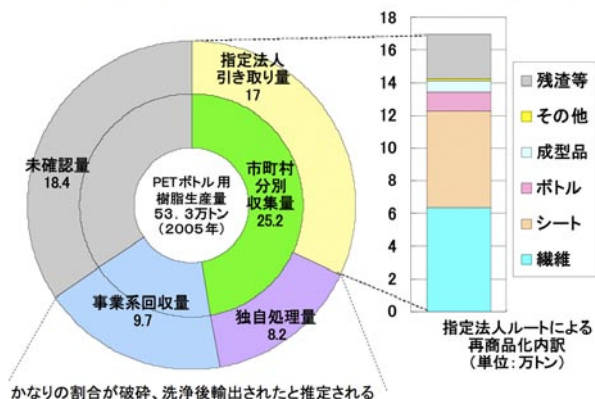


PETボトルの一生(ライフサイクル)



使用済みPETボトルの収集・回収、再商品化状況(2005年度)

PETボトルリサイクル推進協議会資料、日本容器包装リサイクル協会資料から作成



高齢化社会とごみ問題 - 家庭からの医療系ごみが急増? -

おおさこ まさひろ
大迫 政浩

2007年4月2日号

■高齢化がもたらすごみ問題への影響



今回は、日本社会の「高齢化」をテーマに取り上げてみます。国立社会保障・人口問題研究所の予測では、総人口に占める高齢人口（65歳以上）の比率が、現在の20.7%（2006年9月）から2025年には30%程度になると予想しています。「3人に1人は高齢者」という時代が近い未来にやってくるのです。高齢化が進むと社会の中でのいろいろな問題が起こってきます。年金や医療保険などの制度の維持が最も大きな難題と言えるでしょう。

では、ごみ問題とはどのような関係があるのでしょうか。実は高齢化が進むとごみ処理にも様々な対応が必要になってくるのが考えられます。まず考えられるのが、在宅医療や在宅介護に伴う特殊なごみの排出です。医療系ごみの中には血液の付着した注射針など、それらを通じた病気の感染に注意が必要な有害ごみも含まれますので、しっかりした対応策を考えておかねばなりません。その他にも、例えば高層のマンションなどでは、ごみの集積場所までごみ袋を運んでいくこと自身が、高齢者にとって重労働となる場合があります。収集員が玄関前まで足を運ぶことも必要になるかもしれませんし、住宅の構造にもごみが出しやすい工夫が必要になるかもしれません。各自治体ではごみの排出に対して手数料をとる有料化を進めていますが、一般的に収入の少ない高齢者世帯に対しては、減免措置として無料でごみ袋を支給するなどの配慮も必要になるでしょう。チラシなどによる分別品目や収集日の情報提供にも、高齢者にわかりやすい工夫が求められます。このように、高齢化が進むとごみ問題にも様々な影響が出てくるのが想像できます。

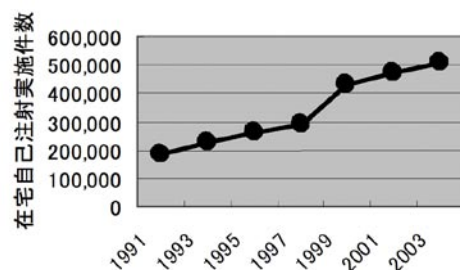
■在宅医療拡大に伴う家庭からの医療系ごみの急増

実はすでに上述のような問題の兆候は現れてきています。最近、在宅医療の拡大に伴って、家庭から出る注射針や輸液・透析用のビニールバッグ類などの医療ごみが急増しており、対応を検討するために環境省が実態調査を実施す

ることがマスコミ等で報じられました。

医療系廃棄物の中でも、血液の付着した注射針（注射器や輸液（点滴）器具などに装着されているもの）や脱脂綿・ガーゼなどには、感染症患者の血液が付着している可能性があるため、法律では「感染性廃棄物」として「特別管理廃棄物」に指定されています。厳密な管理の下に安全に処理されなければならないごみなのです。

在宅医療行為では、自己での注射や点滴など医療機関と同様の措置が行われますので、当然のことながら同様の感染性をもつ廃棄物が家庭からも排出される可能性が高くなります。下図は、在宅医療行為の7割を占める「在宅自己注射」の実施件数の推移を示したものです。この10年間で2.5倍以上に増加していることが分かります。それに伴って、家庭からの注射針等の排出も急増し、近い将来大きな問題になる可能性があります。



家庭ごみは市町村に処理の責任があるため、家庭からの医療系ごみも自治体が何らかの対応をとることが求められますが、実態としては、収集時の作業員への針刺し事故など感染への心配から回収していない自治体もあり、患者や家族が処理に困っている例も多くあるようです。環境省の調査によれば、注射針については医療機関等により回収されている場合が多く、調査対象とした市町村のうち容器に入れる等の適切な措置を前提に受け入れているのは7.8%にとどまっています。また、注射針以外への対応は様々であると報告されています。在宅医療廃棄物への対応のルールがこのような曖昧なままだと、一般のごみに感染性廃棄物が混入したりして収集時に事故等が起こるなど、今後大きな問題になりかねません。排出する側の私たち一般市民と自治体、医療関係者の間で、今後の高齢化社会への対応のために、それぞれの責任と役割を早急に明確にしていけることが必要になっています。



化学物質を管理すること - 欧州の新たな化学物質管理法 -

のま ゆきお
野馬 幸生

2007年6月18日号

化学物質は、私たちが生活していく上でなくてはならないものですが、その一方で安全性に関する社会問題を生じてきたこともまた事実です。安全で安心できる社会をつくるためには、化学物質のリスクをきちんと理解し、管理または削減する努力をすることが重要です。循環型社会を構築するにあたって、身の回りの使用済み製品を資源として再利用する際には、それらに含まれる化学物質のリスクを評価する必要があります。このことについては、以前、「リサイクルと化学物質について考えよう」というタイトルでお伝えしました。

化学物質が私たちの生活と切っても切り離せないものである以上、いかにして化学物質と上手に付き合っていくかを考える必要があります。そのため、各国・各地域に化学物質を管理するための制度があります。みなさんは日本の化学物質管理の柱となる法律をご存知でしょうか？正式名称を「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」といい、通常は「化審法（かしんほう）」という略称で呼ばれるものです。PCB（ポリ塩素化ビフェニル）など有害な化学物質による環境汚染を防止することを目的に1973年に制定されたもので、世界に先駆けて化学物質規制の枠組みを示した法律です。

化審法の内容をひとことで説明すると、「新たに製造・輸入される化学物質（新規化学物質）について環境や生物への影響を事前に審査し、必要に応じて規制するための制度」ということになります。新規化学物質の安全性評価は製造・輸入業者が実施し、国はその情報を基に1) 環境中での分解性、2) 生物への蓄積性、3) ヒトや動植物への毒性、の3項目を審査・判定します。法制定前に「既に」使用されていた化学物質（既存化学物質、数万物質）は事前審査の対象外ですが、難分解性・高蓄積性・毒性が明らかになれば規制の対象となります。このため、安全性の点検を行政機関が日夜行っているのですが、既存化学物質の数は新規化学物質（数百物質/年）よりはるかに多いためすべての物質に対応するのは困難なのが現状です。



世界に目を転じると、欧州やアメリカ、カナダ、オーストラリアなどにもそれぞれ化学物質を管理するしくみがあります。細かな違い

はあるものの、諸外国の制度そのものは日本の化審法と同様に新規化学物質の届出・審査・規制を目的とするものなので、既存化学物質への対策が重要課題となっています。

そんな中、2007年6月、国際的な化学物質管理制度に大きな動きがありました。新聞やテレビの報道で気がついた方もいらっしゃるかもしれません。欧州で新たな化学物質管理法がスタートしたのです。法律の正式名称「Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals」の頭文字をとって、略称「REACH（リーチ）」とよばれるものです。名称のとおり、化学物質（Chemicals）の総合的な登録（Registration）・評価（Evaluation）・認可（Authorisation）・制限（Regulation）に関する新しい制度で、欧州以外にも大きな影響を与えています。

いったいREACHという制度にはどのような特徴があるのでしょうか。まず、対象とする化学物質の範囲が大きく変わった点があげられます。欧州の化学物質の管理に関する法令を一本化し、新規化学物質のみならず市場に出回る既存化学物質の安全性評価についてもそれを製造・輸入する企業に義務づけた点が画期的です。つまり、既存化学物質と新規化学物質の区別をなくし、ほぼ同じ管理制度を導入したのです。これがREACHの最大の特徴で、欧州で販売されるほぼ全ての化学物質について安全性評価を義務付け、その情報を登録させる制度なのです。しかも、REACHは、成形品（製品）に含まれる化学物質も対象としました。つまり、産業界は、成形品の中に含まれる化学物質が使用中に安全であることを示す必要があります。この制度により、安全性データが登録されていない化学物質あるいはそれらを含む成形品は、欧州の市場には出せなくなります。欧州内の規制ではありますが、日本を含め、欧州に材料や製品を輸出している海外の企業は、その規制に対応することが不可欠となったため、各方面で大きな関心を呼んでいるのです。

化審法は2009年に見直されることになっています。国際的な化学物質管理をめぐる新たな動きの中で、日本の化学物質管理政策はどのような方向性を示すのか注目されています。



けんきゅう

ごみの建設材料へのリサイクルと環境安全性

さかなくら ひろふみ
肴倉 宏史

2007年4月16日号

日本の社会が「循環型社会」を唱えるようになった原因のひとつには、ごみ埋立地(最終処分場とも言います)を新たに作る事がとても難しくなったという事実があります。そこで、私たちの暮らし方を、毎日出てくるごみを減らし、ごみを利用していくスタイルに変えていかなければなりません。また、その際は、暮らしの中でリサイクルされるごみの、私たちの健康や自然環境に対する影響をしっかりと把握しておくことが大切です。

そこで今回は、皆さんの生活に身近な建設物に使われている「再生材」や使わなければごみとなる「産業副産物」の環境安全性の調べ方や考え方に関する取り組みを紹介したいと思います。「環境安全性」とは耳慣れない言葉かもしれませんが、単に安全性と言うと作業中のケガなどに対する安全性をイメージする場合も多いことから、ある材料や製品の、周囲の環境や人の健康に対する安全性を表す言葉として使われています。

さて、再生材や産業副産物には、どのような種類があるのか、いくつか代表的なものを紹介しましょう。

ごみ溶融スラグは、毎日の生活から出るごみから生まれる「再生材」です。ごみの埋立に困っている市町村では、ごみやその焼却灰を千数百度の高温で溶融する処理を行い、溶かした残さを冷やし固めて得られるスラグを砂や砂利の代わりに建設材料に使うという動きが最近とても増えてきました。

一方、傷んだ道路をはがしたり、古くなったビルを壊したりすると、様々な使用済み材料が発生します。このうち、アスファルトコンクリート塊やコンクリート塊は、ある程度の大きさまで砕くなど処理して、砂や砂利の代わりに再び使われます。これらは建設系の「再生材」と呼ばれます。

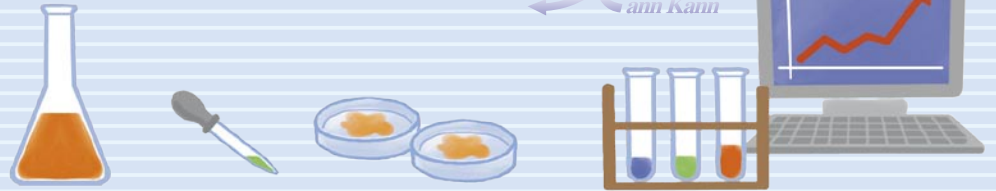
また、製鉄所や金属精錬所では、鉱石から金属を取り出した後の成分として鉄鋼スラグや非鉄スラグが大量に発生します。石炭火力発電所でも、石炭を燃やした後に石炭灰が大量に発生します。鉄鋼スラグ、非鉄スラグ、石炭灰などは、本来の目的(精錬や発電)を果たした後の残さとして副次的に発生するので「産業副産物」と呼ばれます。これらの産業副産物は、それぞれの特徴に応じてセメント原料や砂・砂利の代わりとせずいぶん昔から使われてきました。このように、産業副産物は使って貰えば立派な商品であり、廃棄物ではありません。しかし、使い道が無く余ってしまうと、いわゆる「産業廃棄物」として埋立処分せざるを得なくなります。冒頭でも述べたように、今の日本は埋立地の確保にとっても困っているのです。廃棄物にならないように様々な努力が重ねられています。

それでは、これらの再生材や産業副産物の環境安全性はどのようにして確認するのでしょうか。今日まで何十年の間利用されてきた建設系再生材や産業副産物は、(環境に及ぼす特段の影響は報告されていないことから)経験的に、環境安全性は十分に高いとみなせるかもしれません。そのような理由からか、あらゆる再生材や産業副産物を対象とした、法律に基づいた検査方法はまだありませんでした。その一方で、ごみ溶融スラグの利用を促進しようとする動きが、最近の十数年位の間に活発になりました。そのとき色々な人たちから、「ごみ溶融スラグは環境上の安全性に問題はないの?」という問いかけがなされるようになりました。

その問いかけに応える動きとして、ごみ溶融スラグの環境安全性の確認については、重金属など特定の有害項目について「土壤環境基準」を代わりに適用していました。そして2006年7月には、道路材料とコンクリート材料のそれぞれに用いられる際の、ごみ溶融スラグの「JIS規格」が策定されました。JIS規格は法律ではありませんが、製品としての高い品質を保証してくれるものです。このJIS規格の中には環境安全性に関する項目として、「溶出量基準」と「含有量基準」が設けられました。溶出量基準は土壌や地下水への影響を判定するために、水を溶媒とする「溶出試験」を行い、結果を基準(土壤環境基準と同じレベル)に照合させます。含有量基準は直接摂食した場合のリスクを判定するために、強酸性の溶媒を用いる「含有量試験」を行い、結果を基準(土壤汚染対策法で定められた土壤含有量基準と同じレベル)に照合させます。

このように、ごみ溶融スラグを道路材料またはコンクリート材料に用いるための環境安全性の基準がまずは出来上がりました。このことは再生材や産業副産物の環境安全性評価・管理において、とても大切な前進です。そしてそれ以外のたくさんの課題についても、研究成果を蓄積して、十分に議論を重ねながら、一つ一つ解決していく必要があります。

これからの環境安全性評価方法に関する研究課題について、ポイントの一つ挙げておきたいと思います。それは、「再生材や産業副産物そのものを評価するのか(材料評価)、それとも、他の材料と混合したり成型したりした後の製品を評価するのか(製品評価)を、よく考えて、評価の仕組みや試験方法を決めていくこと」です。溶融スラグのJIS試験は、どちらかという材料評価の考え方で示されていますが、一部で製品評価の考え方も取り入れられています。



材料評価の考え方では、もし、モノ自体が天然材料と同レベル以上に環境上安全ならば、その後、どのような製品になっても大丈夫とみなせるかもしれません。そうすると、材料評価に合格したものは、使用後の追跡調査も必要なくなると考えられます。しかし、その基準に合格できなかった再生材や副産物は埋立処分するしかありません。

一方、製品評価の考え方では、実際にどのような製品として使うのかというシナリオを描き、それに沿った評価をすることになります。そのためには様々なシナリオに適した試験方法を準備しておく必要があります。また、環境中での利用が終了するまで製品の管理をしっかり行い、終了したら、別の用途に再利用するための評価を改めて行う必要も生じることになるでしょう。このように手間はかかりますが、材料評価に比べ、利用でき

る再生材の幅をより広げられる可能性があります。現在、私たちは、材料評価と製品評価の考え方を上手に組み合わせた評価の手順と試験方法の提案に向けた研究に取り組んでいます。

再利用を考えずに廃棄物をどんどん埋め立てたり、産業副産物を廃棄物として処分にまわす余裕は日本にはもうほとんどありません。環境安全性を十分に確保しながら、再生材や産業副産物を私たちの身の回りで使っていくための仕組みや方法づくりに向けて、知恵を出し合っていきましょう。

<もっと専門的に知りたい人は>

大迫政浩、肴倉宏史:再生製品の環境安全管理に関する現状と今後の展望-建設資材系再生製品に関する評価方法と許容基準-、廃棄物学会誌、17(4)、pp.206-233、2006

循環・廃棄物の

まめ知識



【溶出試験】

2007年4月16日号

じよん ちゃんふあん
鄭 昌煥

廃棄物やリサイクル製品中に含まれている重金属等の有害な成分は、水との接触によってその一部が環境中に放出され、土壌や地下水を通り、最終的には人間まで影響を及ぼす可能性があります。従って、廃棄物を埋立処分したり、何かの形でリサイクルするときには、それらから有害成分がどのくらい溶け出る可能性があるかを把握しなければなりません。実験室で予めこれを評価しようとするのが「溶出試験」です。

我が国では、法律に基づく試験として、産業廃棄物等の埋立処分方法やその可否を判定するための試験法(昭和48年環境庁告示13号)、および、土壌が環境基準を達成しているかどうかを評価するための試験法(平成3年環境庁告示46号)があります。最近では、JIS規格として、製鉄、金属精錬、廃棄物処理などにより生じるスラグ類を道路の材料などにリサイクルする際

に、安全性を確認するための試験法が規定されました(JIS K 0058-1)。

廃棄物の試験法では、試料を粒径5 mm以下に小さく破砕し、約10倍量の水(pH 5.8~6.3)に混ぜてから、6時間の間振り続けて水と十分に接触させます。その後、フィルターで固形分をろ過して、水の中に溶け出た有害成分の濃度を測定し、基準値と比較することにより廃棄物の埋立処分方法やその可否を判定します。土壌の試験法は、もう少し細かく(2 mm以下)に粗砕してから水に混ぜたり、フィルターの孔の大きさが小さいなど異なる点もありますが、ほぼ同じ手順になります。一方、リサイクル目的のスラグ類の試験法は、利用するときの形のまま(利用有姿)で行う試験と2 mm以下に粗砕して行う試験の2種類が定められています。

これらの溶出試験方法は、廃棄物やリサイクル製品の環境影響を把握することで、環境安全性や危険性の程度を予め確認する役割を担っています。ただし、単純な方法では、埋立処分やリサイクルの後にさらされる様々な環境を再現して、その影響を適切に把握することは非常に難しいのも事実です。そこで、私たちは、想定される環境に応じて様々な溶出試験を組み合わせることで、環境安全性の評価と管理をより適切に行う方法について、検討を行っています。

埋立地ガスのモニタリング方法の開発

やまだ まさと
山田 正人

2007年5月21日号

生ごみなどの有機物を含む廃棄物を最終処分場（埋立地）に埋め立てると、微生物の働きにより腐敗が進み、ガスが発生します。そのガスを埋立地ガスと呼びます。廃棄物周辺に空気（酸素）がある状態で発生するガスは、私たちが吐く息のように二酸化炭素と水蒸気が主ですが、地中では酸素はすぐに消費されて無くなり、初期には水素と二酸化炭素、時間が経つと二酸化炭素、メタン、水蒸気などが発生するようになります。

埋立地ガスのうち、メタンは引火・爆発する性質があるため、最終処分場の管理や跡地利用の障害となります。また、メタンは二酸化炭素よりも地球温暖化に与える効果が強い温室効果ガスであり、発生を抑制が必要です。さらに、時間経過と共にガスの組成や発生量が変化してゆく様子は、廃棄物が安定化する（廃棄物の分解や反応、廃棄物からの汚染物の放出が収まって、環境への影響が無い土になっていく）過程に対応しており、最終処分場の管理を終了できるかどうかを見極める指標となります（そのための判断基準（廃止基準）^{※1}には、「埋立地からガスの発生がほとんど認められない、又はガスの発生量の増加が2年以上にわたり認められないこと」という条文があります）。したがって、最終処分場で埋立地ガスをモニタリングすることは、土地から地域、地球まで、様々なレベルの環境保全に必要なことなのです。

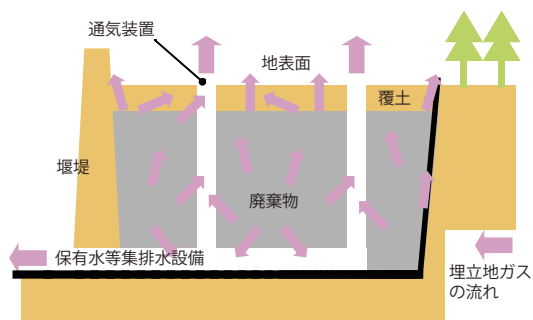


図1 埋立地ガスの放出経路（管理型処分場の例）

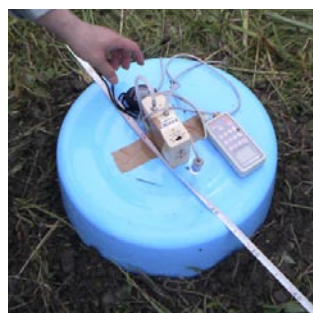
しかし、最終処分場の現場では埋立地ガスのモニタリングはあまり行われていません。測りなさい、という決まりはあってもその方法がよくわからないからです。これは世界で共通した問題です。例えば、京都議定書では、温室効果ガスの排出源の一つとして「固形廃棄物の陸上における処分」が挙げられ、メタン等の排出量を評価するため、廃棄物として埋め立てた有機物の量より計算する方法が提示されているのですが、特に欧米以外の国^{※2}では、モニタリ

ングデータが不足しており、計算した値が正しいか判断する術がありません。

廃棄物から発生した埋立地ガスは、地下を拡散し、地表面、通気装置（ガス抜き管）ならびに保有水等集排水設備を経由して大気へ放出されます（図1）。これら放出経路で特にデータが不足しているのが、地表面からの放出フラックス^{※3}です。埋立地ガスのほとんどは通気装置から放出されると考えがちですが、処分場によっては地表面からも相当量のガスが放出され、また、特に海外では通気装置が設置されていない処分場が多数を占めます。

さて、そのモニタリング方法ですが、農地や森林などで地表面フラックスの計測によく用いられているのは、静置（閉鎖）式チャンバー法（図2）で、底の抜けた箱を地面において、一定時間ごとに箱に溜まるガスの濃度を測定し、フラックスに換算するものです。この方法は簡単で、どのような場所にも使えますが、測定面積（持って運べる箱の大きさ）が小さいため、フラックスの大きさが位置によって大きく違う最終処分場では、数百ヶ所以上の地点を測定しないと全体のフラックスを表せないという欠点があります。

そこで私たちは、より容易に測定する方法として、埋立地



フラックス (L/m²/min) =
チャンバーの高さ (m)
× チャンバー内のガスの
時間当たりの濃度変化
(ppmv/min)
× 10⁻³

図2 静置式チャンバー法

全体のフラックスを地表面の温度分布やメタン濃度分布により推定する手法を開発しました。前者は、廃棄物の腐敗によりガスフラックスが大きい地点では、微生物代謝による熱のため地温が周囲より高くなることを利用します（図3）。地温が高い領域（ホットスポット）は、サーマルビデオカメラによって見つけることができます。後者は、ガス漏れ検知用に開発されたレーザーメタン検出器を用いて、メタン放出領域を探し出します。

こうして開発されたモニタリングの方法を、我が国だけでなく廃棄物排出量の増加が見込まれる開発途上国等で

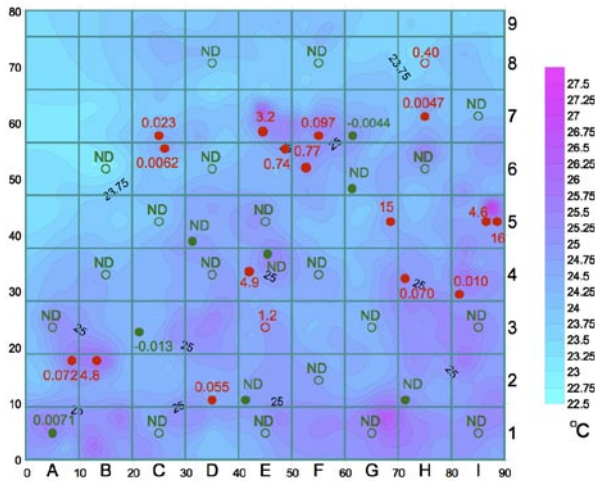


図3 地表面の温度分布(等温線:°C)と
地表面メタンフラックス(プロット:g/m²/hr)

※1 廃棄物処理法に基づいて国で定められた技術的な基準である「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」(昭和52年3月14日 総理府・厚生省令第1号)

※2 欧米では、廃棄物を直接埋め立てることが多く、埋立地表面に大気や降水が入らないような覆いをし(「嫌気性埋立」)、配管を敷設して、ガスを回収して利用しています(したがって、ガス回収量のデータがあります)。日本では、廃棄物を焼却等で処理した後に埋め立て、浸出水の水質を改善し、安定化を進めるため、通気設備により大気を地下に導入する「準好気性埋立」が一般的です。

※3 単位面積当たりの物質の移動(放出)量。g/m²/dayやL/m²/hrという単位で表します。

使うことで、最終処分場の管理の改善や地球温暖化対策などに必要なデータが得られるものと考えています。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. 山田正人:埋立地ガスのモニタリング、新政策(特集号「負の遺産にしない埋立処分場」)、pp.78-81、2001
2. Ishigaki,T. et al.: Estimation of methane emission from whole landfill site using correlation between flux and ground temperature, Environmental Geology, 48, pp.845-853, 2005



当ててみよう! 【一般廃棄物の埋立処分場】

あべ まこと
阿部 誠

2007年5月21日号

Q
問題

一般家庭から出るごみを埋立てる処分場は、あと何年で一杯になってしまうでしょう?

- ① 1.7年 ② 13年 ③ 24年 ④ 30年

答えは25ページへ

海につくる処分場の話

えんどう かずと
遠藤 和人

2007年6月4日号



皆さんはごみ箱に何も捨てない日があるでしょうか?家庭から出ているごみとレストランや小売店などから出しているごみ(「一般廃棄物」と呼んでいます。)を合わせると、国民一人当たり約1.1キログラムのごみを毎日出していることになります。一般廃棄物のほとんどはごみ置き場に出されて、自治体のごみ収集車がそれを集めて処理しています。毎日集められるごみのうち、80%がなんらかの形でリサイクルされたり、焼却されたりして、最終的に20%くらいのごみ(不要物)が残ります(以上、2001年度のデータ)。この残ったごみをどうするかというと、最終処分場という施設に埋めているのです。

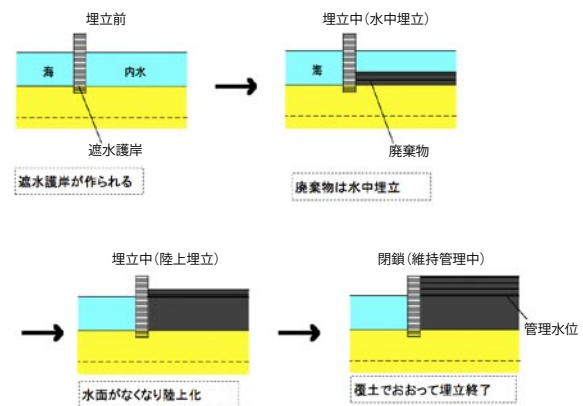
最終処分場とは、ごみを安全に埋めるための施設で、お椀のような器になっています。このようなお椀の形状は山の谷間に作ることが経済的かつ合理的でもあるので、処分場の多くは山間部に作られています。日本の場合、人里離れた処分場に適した山間部もそれほど多くないため、ごみを海に埋めるという独特の技術があります。この処分場を「廃棄物海面処分場」と呼び、東京都の夢の島が有名です。

現在では全国に80を超える海面処分場がありますが、実は、海面処分場を作っている国は世界的にも珍しく、本格的に設置・活用しているのは日本くらいのもです。これは、日本が海に囲まれているという環境だけでなく、海洋土木技術が世界有数の高水準であることも理由です。

日本の沿岸部は幸いにして遠浅であり、厚い粘土層が海底に広く堆積しています。この粘土層は、水を通じにくい性質をもっているため、その上にごみを積み上げても汚濁物質が海底に漏れていくことがありません。では、水平方向はどう工夫しているのでしょうか?ここは、日本の海洋土木技術の出番です。通常の港でも見られる光景ですが、海と陸との境界部分にコンクリートや丸い鋼製の材料で絶壁が作られていることがあります。絶壁の沖合には波の強度を和らげるためのテトラポットが大量に沈められています。このような構造物を護岸と呼びます。港などの護岸は、通常、水を通しやすい構造になっていて、護岸に水の重さが加わって転倒するのを防いでいます。しかしながら、処分場の護岸の場合には、そうはいきません。護岸の内部にある処分場で生じた汚水が、壁を通して海側へ漏れないようにするため、より大きく頑丈な護岸を作って内部に水が溜まっても倒れない構造にする必要があります。これを遮水護岸と呼びます。海の中の厚い粘

土層の上に、遮水護岸をつくれば、四角く囲んだ形の海面処分場のできあがりです。

海面処分場にごみを埋めていけば、海面処分場の中の水位は上昇していきます。護岸の上から汚水があふれ出ているので、貯まった水はポンプで外に出します。その水を海へ放流する前には、ごみから溶け出した汚濁物質を処理施設で取り除く処理をします。海面処分場にごみを埋め続けると、やがて水面よりも上側までごみの層が達することになります。こうして、ごみで作られた陸地が出没します。最後に、覆土(ふくど)と呼ばれる土を50センチメートルから1メートル程度かぶせる工程を経て、処分場の埋め立てが終了します(下図)。護岸を作り始めてから、埋め立てが終了するまで、20年以上かかる場合がほとんどです。



覆土がされた海面処分場は、一見ただけでは、ごみが埋まっていることが分かりません。しかし、その下には、水没した状態のごみが大量に埋まっているのです。そのため、これらからの汚濁水が処分場の外へ漏れ出すことを継続的に防ぐ工夫をしなければなりません。その対策の一つに、水が高いところから低いところへ流れる性質を利用し、処分場の中の水位を、護岸の外側の海面よりも常に低く保つことが挙げられます。そうすれば処分場中の汚水は外にはいきません。そのような状態を保つためには技術が必要ですし、管理者に対してそれを守らせるための規則も必要になります。もちろん、その土地をむやみに掘り返すことも許されません。これらのことを守っていれば、臨海部に東京ドームの10倍程度の広さの国土が誕生し、その土地を安全に利用することが可能になります。

さて、このように日本が誇る海面処分場には、どのような利点があると思いますか。まず大きさの点では、我が国の陸上処分場が約14万立方メートルと小規模なのに比較



して、海面処分場の平均的な大きさは約300立方メートルもあります。さらに、処分場を作るのに必要な経費も、埋め立てられるごみ1立方メートルに対して、海面は6,000~15,000円程度であり、陸上の10,000~30,000円程度と比べ割安になります。この差の主な原因は、大きさの違いです。大きな処分場を作れる海面処分場には、このようなコスト面のメリットもありますし、専門的な知識を持った技術者を処分場に張り付かせることでより安全な施設整備を行えるという利点もあります。

将来、リサイクルがどんなに進んでも、人間がごみを捨てなくなるわけではありません。したがって、私たちは、ごみの埋立場所を確保しなければなりません。より安全に、より安く処分場を整備していくため、循環センターでは海面処分場に注目しています。海面処分場を我が国のどこに

作ればよいか、どのように作れば安全なのか、埋め立てたごみをどのように管理すれば安全性を継続できるのか、処分場中の汚濁水をどのように処理し、監視し、制御すれば良いのか、安全な跡地利用の方法は何かということを研究し、安全・安心な処分場整備を目指しています。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. 土木学会:平成16年度広域最終処分場計画調査(廃棄物海面埋立環境保全調査)報告書、2005
2. Endo, K., et al.: Technical aspects of inner water quality control for abandonment of offshore disposal site in Japan, Abstract Proceedings of the 3rd International Symposium on Contaminated Sediments (3rd ISCS), ASTM, p. 63, 2006

循環・廃棄物の

まめ知識



【埋立地の跡地利用】

2007年6月4日号

ばんない おさむ
坂内 修

最終処分場では周辺環境に汚染が広がらないように管理された土地(以下、埋立地)に廃棄物の埋立を行っています。埋立地に廃棄物を埋め立てていくと、やがていっぱいになり、それ以上埋め立てを行うことができなくなります。では、ごみの埋め立てが終了した埋立地はどうなるのでしょうか。ここでは埋立地のその後について安定化と跡地利用というキーワードから解説します

埋立地では埋立された廃棄物が分解されます。この分解は長い時間をかけて進行し、やがて分解反応は十分小さくなります。この現象を安定化といいます。安定化の状態は埋立地から浸み出てくる水(浸出水といいます)の水質や、地表面から放出されるガス、内部の温度などを調査することによって把握することができます。埋立地の安定化の調査により安全性が確認された土地では、跡地の有効利用を行うことができます。

埋立地の跡地利用では、この安定化の状態を維持することが条件となります。例えば、跡地利用の際に大規模に掘削してしまうと埋立された廃棄物に空気が入り込みせっかく安定化した埋立地からガスが発生したり、掘削により周りの地下水が汚染されたりします。このため跡地を大きく変える工事を行うためには十分な注意が必要です。

埋立地の跡地利用の例としては、公園としての利用やグラウンドやゴルフ場などの屋外スポーツ施設として利用例が多いです。これらの施設は埋立地を大きく変えることなく土地利用ができます。他にも倉庫や清掃工場などに利用されている例があります。海にある埋立地(海面処分場)では、空港として利用されている例があります。

戦後からしばらくは、まず目の前にあるたくさんのごみを処理・処分することを優先し、埋立地の跡地利用まではあまり考えられてきませんでした。しかし跡地利用を意識しない埋め立てにより長期的に土地が利用できなくなることは、埋め立て地の維持管理に余計なお金がかかってしまうだけでなく、いつまでリスクが続くかわからないという周辺住民への不安につながります。これからの最終処分場では計画段階から埋立地の跡地利用を考えておく必要があります。



どんなリサイクルがよいか？

ふじい みのる
藤井 実

2007年7月2日号

今回は、リサイクルをする意義について考えてみましょう。家庭から日常的に排出されるごみの中には、燃えるものと燃えないものがあります。燃えるものには、紙やプラスチック、生ゴミなどがあり、燃えないものには、缶や瓶などがあります。燃えないものは、リサイクルして再び製品として利用しない限り、埋立てるしかありません。日本では埋立処分場の残りの容量が少なくなっていることもあり、廃棄物を埋立てることは極力避ける必要がありますので、リサイクルすることはその面で意義があります。一方、燃えるものは、燃やせば容量を20分の1程度に小さくすることができます。では、燃えるものを費用と手間を掛けてわざわざリサイクルする意義は何でしょうか。容器や包装にも使用されている、プラスチックを例に、意義を考えてみましょう。

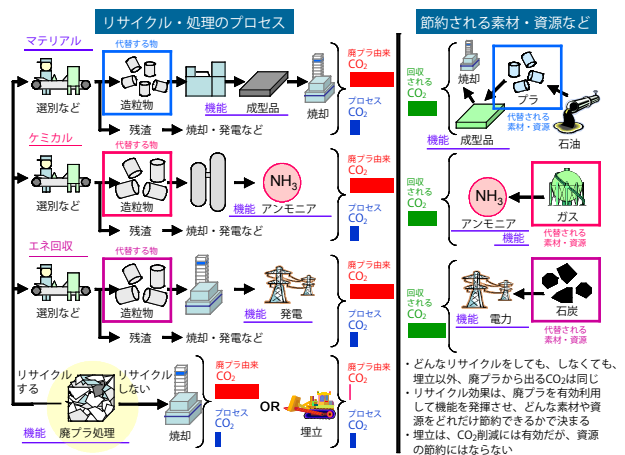
リサイクルしてできた製品は、もともと天然資源から製造していた製品の代わりとして使用することができます。例えば、廃プラスチックを造粒して、製鉄所の高炉で鉄鉱石を還元して鉄を作るために用いる還元剤にリサイクルした場合、もともと鉄鉱石を還元するために用いていた製品、すなわち石炭から作られていたコークスや微粉炭の代わりになります。ということは、プラスチックを還元剤にリサイクルすることによって、石炭の使用量を減らすことができますので、その分だけ「天然資源の消費削減」になりますし、石炭を使用していた際に排出されていた環境負荷、例えば温室効果ガスである「二酸化炭素の排出削減」にも繋がるのです。つまり、リサイクルをする意義は、埋立処分量を削減することだけではなく、天然資源の消費を減らすことと、環境負荷の発生量を減らすことにもあるのです。燃えないもののリサイクルにも、資源消費や環境負荷の削減効果があります。

しかし、リサイクルがこれらの役割を果たすためには、「よい」リサイクルを行う必要があります。例えば、廃プラスチックのリサイクルを行うためには、分別収集したり、選別をしたり、破碎をしたりといった工程を経る必要があります。これらの工程には電気や燃料を使用するため、天然資源を消費し、環境負荷も発生します。そのため、リサイクルによって得られる効果が、リサイクルのために必要となる天然資源の消費や、環境負荷の発生量よりも大きくなると、リサイクルを行う意義は薄らいでしまいます。「よい」リサイクルとは、廃プラスチックが、なるべく多くの天然資源の代わりとしてはたらくリサイクルなのです。

廃プラスチックのリサイクルの方法には、大きく分けて、

マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギー回収の3種類があります。マテリアルリサイクルは、プラスチックを小さく砕いたあと、溶かして成型します。ケミカルリサイクルは、プラスチックを小さく砕いてから固めて造粒物にしたあと、化学反応を伴うリサイクル、すなわち還元反応に使用したり、反応によってガス化して他の工業製品の原料としたりします。エネルギー回収は、造粒物を燃焼して、発電したり熱を利用したりします。

下図を見てください。廃プラスチックを、3つのリサイクル方法のうちどれでリサイクルしても、廃プラスチックは最終的には燃えて（あるいは酸化して）二酸化炭素になってしまいます。マテリアルリサイクルで一旦製品になっても、いつかは使われなくなり、処分する必要があるからです。廃プラスチックの中に含まれている炭素は全て二酸化炭素になるので、廃プラスチック由来の二酸化炭素(CO₂)は、どのリサイクル方法でも同じ量だけ発生します。これを回避するには、廃プラスチックを埋立てるしかありません。しかし、埋立てれば二酸化炭素は出ませんが、天然資源の消費削減にもなりません。リサイクルによって二酸化炭素の排出量を削減し、なおかつ天然資源の消費を削減するために、なるべく多くの天然資源と置き換わるようリサイクルを行って、「回避される二酸化炭素(CO₂)」の量を多くする必要があります。マテリアルリサイクルであれば、歩留まり(製品になる割合)を高くし、石油から作ったプラスチ



リサイクルによる天然資源の消費削減と二酸化炭素の排出削減

注: 図中の横棒は二酸化炭素排出量のイメージを表したものです。正確な値を示している訳ではありません。



ク製品とそれほど遜色ない製品とすることができれば、沢山の石油を節約でき、それに伴って二酸化炭素の削減効果も大きくなります。ここで、少し考慮しておくべきことがあります。例えば、天然ガスは石炭よりも二酸化炭素の排出量が小さい資源です。従って、天然ガスを節約するリサイクルが、石炭を節約するリサイクルに比べて、二酸化炭素の削減効果がある程度小さくなるのは、仕方のないことです。どんな天然資源が節約されて、その結果どんな環境負荷の削減効果が得られているのかを、きっちり見極める必要があ

るのです。

リサイクルの効果をもっと詳しく知るには、「まめ知識」で紹介している、ライフサイクルアセスメントという方法があります。興味のある方はそちらも是非読んでみて下さい。

<もっと専門的に知りたい人は>

藤井実ほか:リサイクルのLCA分析結果の表記法、土木学会論文集、63 (2)、pp.128-137、2007

循環・廃棄物の

まめ知識

【ライフサイクルアセスメント】(LCA)

いなば ろくた
稲葉 陸太



2007年7月2日号

「循環型社会」を実現するためには、天然資源の消費や環境負荷の排出を抑えるような資源循環のシステムを選択していく必要があります。システム全体での環境負荷量などを把握する手法として、「ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment: LCA)」が注目されています。ライフサイクルは「生涯」、アセスメントは「評価」のことです。図1を見て下さい。これはある製品のライフサイクルの例で、二酸化炭素 (CO₂) の排出に着目しています。製品に関連するCO₂の排出量を把握・削減する場合、まず思い浮かぶのが「生産」工程でしょう。でも、その上流には「原料生産」「資源採掘」という工程が、下流

には製品の「消費」、廃棄物の「処理・処分」という工程がつながっています。これら全体がライフサイクルのシステムであり、各工程からCO₂が排出される可能性があります。生産でのCO₂が小さくとも、上流や下流でのCO₂が大きい場合もあり、これを見逃さないのがLCAです。図2は、機能が同じ製品AとBに関連するCO₂排出量を比較した例です。生産だけで評価すると製品Bの方がAよりCO₂排出が少ないのですが、ライフサイクルでは逆になっています。LCAは、どんなリサイクルがよいかを比較することにも用いることができます。



図1 製品のライフサイクル

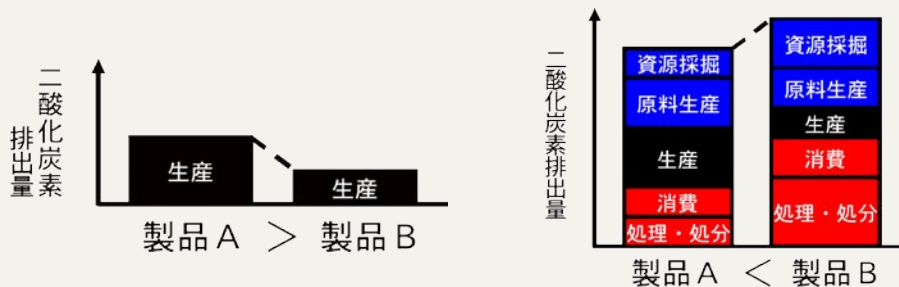


図2 製品に関するCO₂排出量の比較 (例) (左:生産工程での排出、右:ライフサイクルでの排出)

ごみから水素エネルギーをつくり出す

ちゅう しゅんほう
褚 春鳳

2007年8月20日号



私たちが日常使用している電気などのエネルギーは、主に、石炭や天然ガス、石油などの化石燃料を燃やして作られています。しかし、これらを燃やすとエネルギーと同時に地球温暖化の原因となる二酸化炭素（CO₂）も発生してしまいます。また、化石燃料は再生することができないので、いつかは枯渇してしまいます。このようなことから、クリーンで環境にやさしい新たなエネルギーが求められています。

そこで注目されているのがバイオマス資源の有効活用です。バイオマス資源とは、再生可能な生物由来の有機性資源のことです。生命と太陽エネルギーがある限り持続的に再生可能と言えるものがバイオマス資源であり、その特徴は、それが利用過程でCO₂を放出しても、もともと大気中のCO₂を吸収してできたものであることから、化石燃料の代替燃料として利用することで、CO₂の排出削減に貢献できる点です。

廃棄物となったバイオマスの利用に関しては、飼料化および肥料化による再利用のほか、メタン発酵、水素発酵による生物学的なエネルギー回収技術により、エネルギー化する方法があります。メタン発酵法は下水汚泥、し尿、生ごみ、食品廃棄物等のバイオマスから、メタンガスとしてエネルギーを回収する方法で、すでに実用化されています。一方、水素発酵により得られる水素は燃焼時にCO₂を排出しないクリーンなエネルギー源であるばかりでなく、化学工業、航空産業をはじめ多くの分野においてきわめて広い用途を有し、単位重量当たりの発熱エネルギーは石油の約3倍もあり、次世代の有力なエネルギー源の一つとして注目されています。また、水素自動車や水素電池などの

新製品の開発も注目を浴びています。

水素の生産に関しては、水の電気分解や天然ガスの熱分解など既に実用化されている技術があります。その中で、メタン発酵によって生産されたメタンを水素に改質し、燃料電池に利用する方法が検討されていますが、改質には多くのエネルギーを消費します。これに対して、水素を有機性廃棄物から直接回収できれば、廃棄物の処理と同時に水素という有価資源の回収にも貢献できることになります。そこで、私たちの研究では、微生物を利用して有機性廃棄物から水素を生産するという研究を進めています。

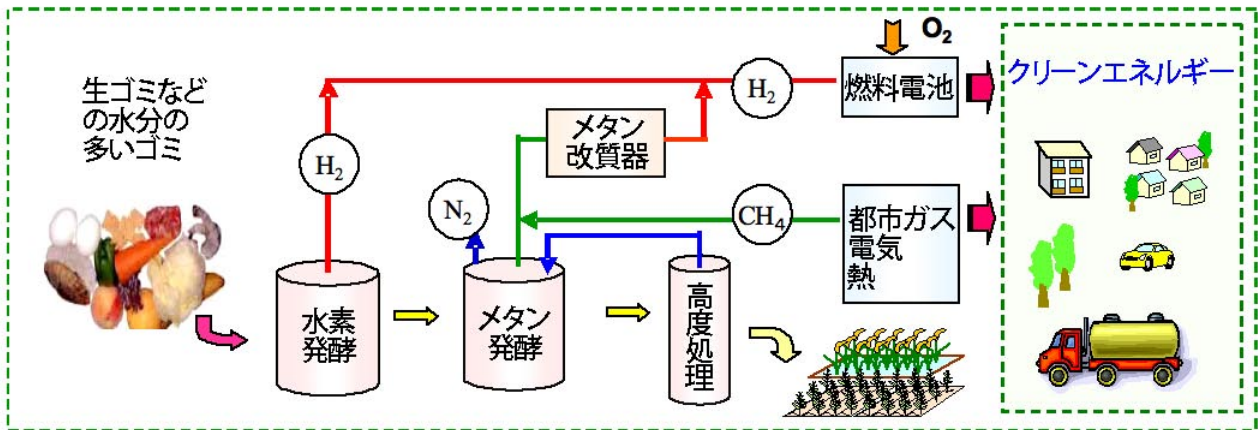
微生物には、生活するために酸素を必要とするタイプと、必要としないタイプがあります。酸素を必要とするタイプを好気性細菌、酸素を必要としないタイプを嫌気性細菌と呼びます。嫌気性細菌は有機物を食べて生きるためのエネルギーを得る一方、その過程でメタンや水素などの様々な物質を生成します。これを発酵と言います。

水素をつくることのできる微生物は、生育に必要なエネルギーを光に依存する光合成細菌と、有機物に依存する非光合成細菌に大別されます。どちらの細菌も嫌気性細菌ですが、その中で非光合成嫌気性細菌（以下は嫌気性細菌と呼ぶ）による水素発酵では、光を必要としないばかりでなく、有機性排水・有機性廃棄物などを原料として用いることも可能なので、水素発酵とともに排水・廃棄物の処理も同時に行える利点があります。

微生物の発酵作用で生ごみから直接水素を作る方法はメタン発酵に比べて難しい点が多いのですが、有効に働く微生物群の様子を解析した結果、反応時間、温度、pHなどを適切に調節することで「クロストリジウム属」と呼ばれる嫌気性細菌が効率的に水素発酵を行うことを明らかにしました。

また、生ごみからの水素の生成には酢酸等の有機酸の生成が伴うことから、水素発酵の後段にメタン発酵を設置し、有機酸をメタンに変換することで、更なるエネルギー回収が可能となります。そのため、私たちは生ごみからの水素・メタン二段プロセスの研究にも取り組んでいます。現在、食堂残飯から水素・メタンエネルギーを回収するミニプラン





トが茨城県美浦村のバイオエコエンジニアリング研究施設に設置され、生ごみから効率的に水素・メタンガスを回収することが可能であることが分かっています。

さらに、水素発酵やメタン発酵による水素、メタンの回収に加え、その後に残ったものから窒素やリンなどの環境汚染物質を除去し、たい肥などへ利用することや、水域へ環境負荷を与えずに下水に流せるようにする技術の開発も同時に行っています。

境学会年会講演集、p.245、2007.

2. Chu, C.F. et al.: Microbial community analysis based on 16S rDNA and rRNA sequences in the batch and continuous hydrogen fermentative process, 4th International Symposium Anaerobic Digestion of Solid Waste, pp.118-123, 2005



<もっと専門的に知りたい人は>

1. 褚春鳳ら:Wet系バイオマスからの水素・メタン発酵クリーンエネルギー回収システム技術開発、第41回日本水環

当ててみよう! 【メタン】

こんどう たかし
近藤 貴志

2007年8月20日号



石油に代わる新しいクリーンエネルギーとして有機性廃棄物からのメタン発酵等の技術によるメタンガスの回収が注目されていますが、メタンは二酸化炭素などと同じ温室効果ガスでもあります。さて、メタンの地球温暖化係数(同一重量に対する100年間の地球温暖化効果)は二酸化炭素の何倍でしょう?

- ① 同じ
- ② 20倍
- ③ 300倍
- ④ 4000倍

答えは25ページへ

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

2007年9月3日号

やまもと たかし
山本 貴士



アスベスト（石綿）による健康被害が、2005年6月に大きな問題になりました。アスベストはとても細かい鉱物繊維で、熱や薬品、摩擦や引っ張る力に強く、糸や布として織ることもできるという優れた性質があるため、様々な用途に使用されてきました。セメントなど

で固めてボード類として建築物に使用したり、水道管として用いたり、自動車のブレーキパッドなどに使用されました。また、保温や防音のために壁や柱にそのまま吹き付けて使われたこともあります。

さて、アスベストによって引き起こされる健康被害は、どういったものでしょうか。アスベストはとても細かい繊維なので吸い込んだ場合に鼻や気管で止まらず、肺まで届いて沈着してしまいます。こうして大量のアスベストを吸入することで、中皮腫や肺がん、石綿肺などの病気を発症するのです。日本で最初にアスベストによる肺がんの報告があったのは1960年、中皮腫の報告があったのは73年です。先に大量消費に入っていた諸外国の健康被害の事例もあり、日本では71年に規制が始まりました。72年には労働安全衛生法が制定され、89年には大気汚染防止法の改正によって工場などからのアスベストの発生を規制することになりました。2005年には石綿障害予防規則が制定されました。アスベストの製造や使用に関しては、75年に吹き付け使用の原則禁止、95年に毒性の強い2種類のアスベストの製造や使用が禁止されました。そして、2004年に製品の製造や使用が全面禁止されました。このように、製造や使用の段階でのアスベストによる健康被害を防ぐ取組みがなされてきましたが、今後はアスベストを含む建築物の解体や建材の廃棄の段階での健康被害を防ぐ取組みが必要となります。

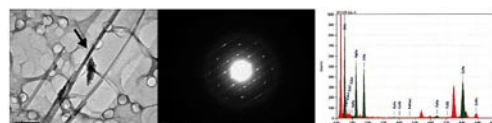
これまで、アスベストを含む廃棄物（石綿含有廃棄物）のうち飛散しやすいものは、有害廃棄物としてアスベストが飛ばないように、セメントで固めるか二重に袋に詰めた後に埋め立てるか、あるいは繊維が完全になくなるように1500℃以上の高温で溶かすことにより処理されてきました。しかし、今後数十年にわたってアスベストを含む建材の廃棄が続くことや埋立処分場が不足していること、またアスベストは鉱物なので埋立処理しても性質は変わらず、本質的な対策にならないことなどの理由から、環境省は、石綿

含有廃棄物を国が認めた方法によって無害化処理することを進める方針を示しました。無害化処理とは、高温で溶かすなどの方法でアスベストを害のない形に変化させることで、処理した後の物についてアスベストを分析し、検出されないことを確認することが求められています。

それでは、アスベストはどうやって分析するのでしょうか。固体中のアスベストの分析方法として公的に認められた方法には、分散染色法とX線回折法があります。分散染色法には、倍率400倍の光学顕微鏡を使うので分析が簡単である長所がありますが、細かい繊維が見えない短所があります。中皮腫の原因となるアスベスト繊維の幅は約0.1マイクロメートルと言われていますが、光学顕微鏡ではこの幅の繊維は観察できません。X線回折法には、アスベストの重量濃度を正確に分析できる長所がありますが、繊維数を分析することはできず、また0.1パーセントより少ないアスベストを分析することはできません。これらの方法はアスベストを含む建材などの分析には使えますが、アスベストを含む廃棄物やその無害化処理物の分析には向いていないのです。

そこで私たちは、透過型電子顕微鏡（TEM）を使って廃棄物や無害化処理物などのアスベストを分析する方法を考えました。TEMには、分析が難しく装置が高額であるという短所がある反面、アスベストの重量濃度を推定することができる上、細かい繊維も観察できる、アスベストの同定が確実にできるといった長所があります。

実際に、3種類のアスベストをTEMで観察した結果を下図に示しました。左側の写真はそのまま撮影したもので、アス



クリソタイル



アモサイト



クロシドライト

左：アスベストのTEM画像（繊維形状）
中央：電子線回折像（結晶構造）
右：エネルギー分散X線スペクトル（元素組成）



ベストの繊維形状がわかります。左上はクリソタイト繊維の写真ですが、その幅は0.05マイクロメートルほどです。こうして画像上でアスベスト繊維のサイズを測ることで体積がわかります。これにアスベストの密度をかけると繊維一本の重さがわかるので、これから重量濃度を推定できるのです。中央の写真は電子線回折という方法で撮影したものです。アスベストに電子線を照射すると、その結晶によって電子の流れが曲げられ、このような回折パターンが得られます。この点や線の間隔を測ることで、アスベストの種類を決めることができます。右側の図はエネルギー分散X線スペクトルというもので、その繊維の元素組成を知ることができ、アスベスト繊維かどうかを見分けることができます。

アスベストを含む廃棄物の無害化処理を進めていく上で厳格な分析方法が必要となりますが、私たちの開発した方法

は、感度や精度の点で優れた方法であると考えています。現在、この方法の普及のため、複数の分析機関に呼びかけ、同じ試料を分析して結果を比較するという作業を行っています。その作業はまだ途中ですが、アスベストそのものを使った場合にアスベスト繊維の計数結果はよく一致し、推定した重量も設定した値とよく一致するという結果を得ています。今後も引き続きこの方法を広めていくとともに、処理施設での日常管理に使える簡易な分析法の開発も進めていきます。

<もっと専門的に知りたい人は>

山本貴士ほか:アスベスト含有廃棄物の無害化処理とその評価、都市清掃、Vol.60、No.275、pp.47-53、2007

循環・廃棄物の

まめ知識

【アスベストを含む建材】

その廃棄はいつまで続く？

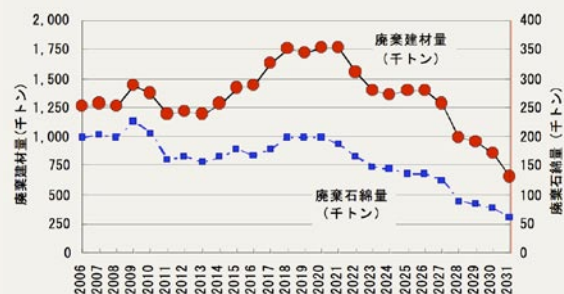
きだ あきこ
貴田 晶子



2007年9月3日号

これまでに使用されたアスベスト製品は、1942年からの60年間で約5000万トン（アスベスト量として約600万トン）に上ります。多くは住宅用のスレート（アスベストをセメントで固めて板状に成形した物）です。それでは今後、これらの製品がどのくらい廃棄物となって発生するのでしょうか、また、いつになったら使用禁止の効果が現れてくるのでしょうか。1970年以前に製造されたものは、既に廃棄物として処理されているものとし、建材の寿命を30年とした場合の予想が右図です。毎年アスベストを含有した建材は120~160万トン程度発生し、廃棄のピークは2020年あたりと予想されています。建材寿命が50年とした場合には、毎年の発生量は少なくなりますが、発生量ピークは更に延びます。現在は、吹き付けアスベストなど、飛散しやすいものを中心とした除去・処理が優先されています。建築物の解体に伴って排出されるアスベストを含む建材はそのままでは飛散性が高くないのですが、破砕などによって飛散する可能性がありますので、そのような作業場での留意が必要になります。

アスベストの使用開始が遅かった日本では、アスベストによる健康被害はこれから増加するという予想が



将来廃棄されるアスベストを含む建材量

報告されています（下表）。それによれば、アメリカに比べて欧州は10~15年遅れで、日本は20年遅れで影響のピークが現れるようです。適切な管理を進めるとともに、廃棄物処理過程でのアスベスト曝露がないようにすることも健康影響を小さくするための重要なポイントです。

アスベストによる健康影響の将来発生予想

国・地域	アメリカ	欧州	日本
発生率 (症例/100万人)	15	18	7
予想発生ピーク (年)	2004	2015-2020	2025
以降40年間の予想死亡数	72,000	250,000	103,000
予測補償金額 (10億ドル)	200	80	-

Robinson B.S.W, and Lake RA Advances in malignant mesothelioma, N Engl J Med, 353, 1591-603(2005)

「はかる」ことを評価する

すずき 剛
鈴木 剛

2007年9月18日号

製品の使用・廃棄・再利用のサイクルにおいては、有用な物質だけでなく、有害な物質にも着目しておく必要があります。有害な物質については、このサイクルから排除しなければならぬからです。有害物質が廃棄物にどれくらい含まれているか、廃棄され焼却処分されても残る有害物質や、新たに生成される有害物質が環境中に放出されていないかなどを確認するためには、「はかる（計る、測る、量る）」ことが重要な技術となります。

しかし、問題のある「はかる」方法では、間違った情報を得ることになり、見当違いな対策を講じることになりかねません。それでは、「はかる」ことの妥当性は、どのような時にどのような方法で評価・確認されるべきなのでしょう。ここでは、私たちが取り扱った最近の研究例を取り上げて、その方法について紹介します。



■新しく化学物質を「はかる」場合

難燃剤として家電製品や繊維製品に利用されている臭素化ジフェニルエーテルは、ヒトや野生生物、環境中への蓄積性や有害性の点で国際的に懸念が広がっています。この物質は難燃処理されたプラスチックに高濃度に含まれることが報告されていることから、このような廃プラスチックを適切に処理することが求められています。そのため、処理プロセスにおける挙動を「はかる」必要があります。国内外で規制対象となっているダイオキシン類については、極微量に環境中に存在するため「はかる」ことが非常に難しいのですが、環境省などの関係各省庁やJIS（財団法人日本規格協会）によって「はかる」方法の標準化が進み、研究所や大学機関、分析会社などの測定データの信頼性が高くなっています。一方、臭素化ジフェニルエーテルについては、国際的な関心を集めたのがダイオキシン類よりも遅かったこともあり、「はかる」方法の妥当性については評価の途上にあるといえます。

そこで私たちは、臭素化ジフェニルエーテルの測定法の開発やその信頼性を検証するための調査研究を実施しました。複数の研究機関や分析機関に、すでに濃度が分かっ

ている臭素化ジフェニルエーテル溶液や均質に調製した共通試料（廃テレビのプラスチックカバーなど）の分析を依頼して、測定結果の解析を行いました。データのばらつきは概ね小さく、欧州で行われた同様の研究と比較しても良好な結果が得られ、参加機関で採用されている「はかる」方法が妥当であることが示されました。「はかる」方法が確立されていない化学物質を測定対象とする場合には、基準となる値を得ることができないので、上述のように提出データのばらつき具合で、その方法が評価されます。提出データがばらつく場合には、その原因が調査され、改良された分析手法が提案されます。

■新しい測定法で化学物質を「はかる」場合

ダイオキシン類は、ダイオキシン類対策特別措置法で規定されている高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計を用いる公定法によって測定されています。しかし、この測定法は分析に多大な時間や費用がかかることなどから、簡易な代替測定法の確立・利用が求められるようになりました。これをうけ、環境省は、2004年12月に同法施行規則の一部を改正する省令で、廃棄物焼却炉の排出ガスなどに含まれるダイオキシン類の測定の一部に生物検定法（バイオアッセイ）を簡易法として追加しました。その背景には、簡易法を開発して、それが適切な方法であることを確認した研究機関の努力があります。

バイオアッセイでダイオキシン類を検出することの妥当性を確認する試験が、開発研究機関によって実施されました。この確認のために3つの試験が行われ、私たちも世界各地の研究機関・大学と共に参加させていただきました。



まず、試験1では、すでに濃度が分かっているダイオキシン類溶液を測定し、バイオアッセイがダイオキシン類を正確に測定できるかが評価されました。試験2では、様々な化学物質が含まれる試料抽出液を測定して、そのような場合でもダイオキシン類を正確に測定できるかどうか評価されました。試験3では、参加機



関が同じ方法でそれぞれ調製した試料抽出液を測定して、抽出・精製を実施することのデータへの影響の程度が評価されました。測定データは、ばらつきだけでなく、公定法値と比較して評価されています。その結果、データのばらつきや公定法値との差は、バイオアッセイの性能よりも抽出・精製の熟練度により大きく影響されることが分かりました。つまり、試料の調製方法については改良の余地があるものの、バイオアッセイは公定法と比較しても妥当な技術レベルでダイオキシン類を検出できるということが確認されたのです。

このように現状を把握して、判明した問題の解決に取り組むことによって、「はかる」技術の底上げが行われていきます。

「はかる」ことは、その後の方策に繋がる重要な技術です。その技術レベルを上げるための調査研究を引き続きバックアップしていきたいと思えます。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. 高橋真ら:2-3 有機臭素化合物の測定に係る相互検定研究、平成16~18年度廃棄物処理等科学研究 総合研究報告書 (K1608・K1724・K1836)、pp.39-52、2007
2. 鈴木剛ら:DR-CALUXアッセイを用いた食品および飼料中のダイオキシン類測定に係る国際相互検定研究、環境化学、17 (3)、pp.483-494、2007



当ててみよう! 【ダイオキシン】

かじわら なつこ
梶原 夏子

2007年9月18日号



廃棄物処理分野から排出されるダイオキシン類の量は平成9年から平成17年の間にどれくらい削減されたでしょうか?

- ① 25% ② 50% ③ 75% ④ 95%以上

答えは25ページへ

その他

研究所の春の一般公開イベント～開催報告～

こじま きょうこ
小島 恭子

2007年5月7日号

国立環境研究所では、科学技術週間にあたる2007年4月21日(土)に、つくばメインキャンパスの一般公開を行いました。当日は、春らしい穏やかな天候の中、約500名もの方にご来場頂きました。どうもありがとうございました。

今回の一般公開では、参加者の皆様と研究者が直接会話しながら、様々な環境問題について考えていくという環境講座(サイエンスカフェ)が多数開催され、循環型社会・廃棄物研究センターでも、2つのテーマを担当しました。

まず、午前中に資源化・処理処分技術室の川本が、「環境技術とは何だろう?-身近な水や廃棄物などを例に-」というテーマで講演を行い、排水処理や排ガス処理などの環境浄化技術やバイオマス利用技術について、過去の歴史や事例の解説、最近の研究成果について発表しました。参加者の方は、学生からご年配の方まで幅広く、メモを取られるなど、興味深く講演を聞いていただけたものと思っています。講演後、「廃木材をバイオマスとして利用するときの問題点は?」などの質問がでるなど、活発な意見交換がありました。

午後は、物質管理研究室の鈴木が「くらしの中の臭素系難燃剤-"ほこり"で探る化学物質のうごき-」というテーマで講演を行い、カーテンやテレビのプラスチックカバーなど、身近な家庭製品に含まれている臭素系難燃剤がほこりから検出される実態や、それらを測るための化学分析やバイオアッセイという手法について解説しました。参加者の方からは「プラスチックの中に入っている有害物質が、どうしてほこりの中に出てくるのか?」「焼却処分するときの問題点は?」といった多くの質問が寄せられました。

また、会場では、講演に関するパネルの展示も行いました。講演会終了後も、多くの方から様々な質問が寄せられ、循環センターの研究スタッフが解説を行いました。

研究所の一般公開の催しとして、対話形式の環境講座が開催されるのは今回が初の試みでしたが、循環センターが対応した会場では、約30名ずつの参加をいただくことができました。皆様が熱心に説明を聞かれたり積極的に質問される姿を見て、社会の環境問題に対する関心の高さを改めて感じました。これからも、研究の成果を様々な場所でお伝えしていきたいと思えます。

なお、2007年7月21日(土)には、「国立環境研究所 夏の一般公開」が開催されます。今回の一般公開は大人向けの企

画でしたが、夏の一般公開では子供たちも含めてご家族連れでも楽しんで頂けるよう、循環センターをはじめ所内の各部署が工夫をこらしたイベントを企画しています。皆様のご来場をお待ちしております。





循環センター 2007 年夏の大公開

あさくら ひろし
朝倉 宏

2007 年 8 月 6 日号

国立環境研究所では、4月の科学技術週間と7月の年2回、所外の方に研究所の活動を知っていただくために、一般公開を行っています。今年も、2007年7月21日（土）に、夏の大公開が開催されました。全所の大部分が公開され、各研究分野を回って集めるスタンプの数は16にのぼりました。

ここでは特に、わが循環型社会・廃棄物研究センター（以下、循環センター）の報告をします。

「展示室」「熱処理プラント室」「最終処分プラント室」の3つの部屋で、それぞれの研究紹介展示と、それを基にした企画展示・ゲームなどを用意しました。

1. 展示室

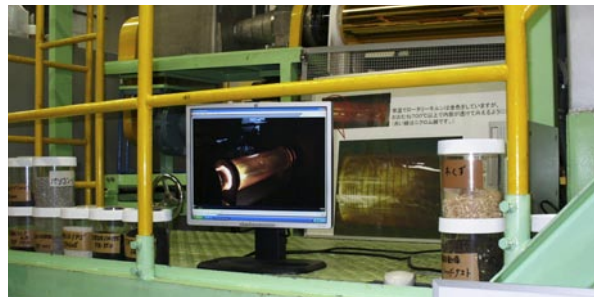
お買い物を通して、その商品が作られるときに発生する産業廃棄物の量と種類を体験できる「Wasteダイエットショッピング」が目玉でした。例えば、牛乳を買って飲むと牛乳パックが出ますが、このゲームを通して「牛乳をつくるときに出てくる産業廃棄物」など、家庭では目に見えない廃棄物の量を知ることができます。廃棄物を出さない生活を目指しつつ、どうしても廃棄物が出てしまう場合には、「もったいないと思う気持ちを大切に、買った物は使い切る」ことを知っていただけたと思います。



2. 熱処理プラント室

熱処理プラントでは、実際の廃棄物焼却炉とほぼ同じ構造を持つ小型焼却炉を設置し、廃棄物の焼却処理の際に発生する毒性物質を抑制する燃焼条件や、排ガス処理による除去効果を検証しています。小型焼却炉は、運転中は高温になることによって、燃焼室外壁が透けて内部が見えることが特徴です。今まではパネルでの説明でしたが、今年度

は実際の燃焼室内部をあらかじめ撮影し、その様子をビデオで見ていただきました。



3. 最終処分プラント室

埋立地内部の様子を観察出来るように、埋立地内部を掘りぬいた「コアサンプル」を展示し、どんな廃棄物が分解するのに時間がかかるのか見ていただきました。また、埋立地汚水の処理水の安全性を迅速に判定する方法を開発するために飼われている生物（ミジンコ、トビムシなど）を新しく展示しました。

さらに、広大な埋立地ですばやくメタンガスの噴出ポイントを調べるために使っているレーザーメタン計で、メタンガスが入った袋を見つける的あてを催し、メタンガスを探知する調査方法を知っていただきました。（地球温暖化にメタンガスが影響することから、当研究所では、埋立地で発生するメタンガスの量を調査する研究を実施しています。）



今年度は新しい展示物と企画が登場し、廃棄物問題がますます身近に感じられたことと思います。皆さんも来年、是非またご参加ください。より良い展示内容とするために、皆さんのご意見、ご感想をお待ちしています。

歴史

第5回

いのうえ ゆうぞう
井上 雄三

2007年6月18日号

今回は、ごみの埋立(最終処分場)の話です。今でも、リサイクルなどに利用できないごみ、焼却した後に残る灰などは、管理された場所に埋め立てることで最終処分を行っていることはご存じですよね。



6. 欧米と袂を分けた埋立構造概念の誕生

江戸時代には、ごみの埋立処分は単に窪地や水辺に投げ捨てるだけでした。そしてそれは明治、大正、昭和を経て戦後の昭和30(1955)年代まで続いたのです。皆さん、信じられますか? つい40年前のことです。

当時、埋立地は季節感を強烈にアピールしていました。夏にはグリーンに、そして冬にはオレンジに山(埋立地)が染まったのです。なんと原因は大量に捨てられるスイカとミカンの皮(生ごみ)でした。埋立地は頻繁に火事を出し、そしてその不衛生さのため周辺住民は蠅や鼠、悪臭に悩まされていたのです。昭和40(1965)年に夢の島埋立地で発生した蠅の大発生を契機にわが国ではようやく覆土(土をごみの層の上にかぶせて覆うこと)を行う衛生埋立が開始されたのですが、それまでは投棄されたごみは埋め立てる(積み上げる)だけです。蠅や鼠が大発生し、腐ったごみから悪臭が噴出・放散するのは当然でありました。全国の自治体の衛生部や衛生試験所の担当者はこれらのトラブル対策に奔走していたのですが、技術開発を伴う学術研究は殆ど皆無の状態でした。

このような前近代的技術状況の中で自治体技術者の悲痛な叫びに答えたのが花嶋正孝氏(現在福岡大学名誉教授)でした。昭和42(1967)年の春、大学に着任早々のことです。氏はごみ埋立研究を行うに当たって実験室規模ではなく、実際規模での実験研究を基本理念としました。これが日本独自の埋立構造概念を生む第1のきっかけとなったのです。もし、氏が実験室規模での研究を行っていたとしたら恐らくこの構造概念が世に出ることはなかったことでしょう。

最初に目を付けたのは、黒く濁り、辺りに悪臭を放ち、河川や農業用水に多大な被害をもたらしていた浸出水(ごみの層を通してしみ出てくる水)でした。そこで生ごみを充填した木

製模擬埋立槽に空気を送入し、浸出水の水質改善を目的とした実証実験を行い、顕著な効果が挙がることを明らかにしたのです。この知見はすぐに福岡市との共同研究に発展したのですが、一方では世の中カラーTVというエレクトロニクス時代の幕開けなのに未だに人手で生ごみを充填し、周りに悪臭を漂わせる埋立研究は、大学の内外で低質な研究と厳しい批判を受けたようです。

しかし、氏の野望はこれらの中傷にめげるはずもありません。空気送入による浸出水水質改善効果を確実なものにした研究成果は、旧厚生省が研究費を補助する「好気性埋立処分技術に関する研究」プロジェクト(昭和48年から3年間)に繋がり、これがその後の廃棄物研究に大きな影響を与えることになったのです。40m×40m×5m(深さ)の大型埋立槽でその効果が実証された送気型埋立処分技術は、残念ながらエネルギーを大量に消費して維持管理コストが高くなるために実用化されることはありませんでした。(余談ですが、この埋立槽は2本あり、8,000tの生ごみを溝内に詰めるのに40人がかりで70日間もかかったそうです。実験ですから殺虫剤などは一切使わないので、蠅地獄の中での作業と聞いています。今の研究者は耐えられるでしょうか?)

しかし、対照実験で行われた空気を内部に入れられない嫌気性埋立槽からの浸出水が、実験室の研究で得られていた経時変化と大きく異なることが明らかになりました。好気性埋立槽と同じような水質となったのです。従って、この対照実験は失敗でした。ところがこの失敗が怪我の功名をもたらしたのです。これこそが先に述べた氏が主張した実際規模での実験により初めて明らかとなる真実であり、実験室規模では





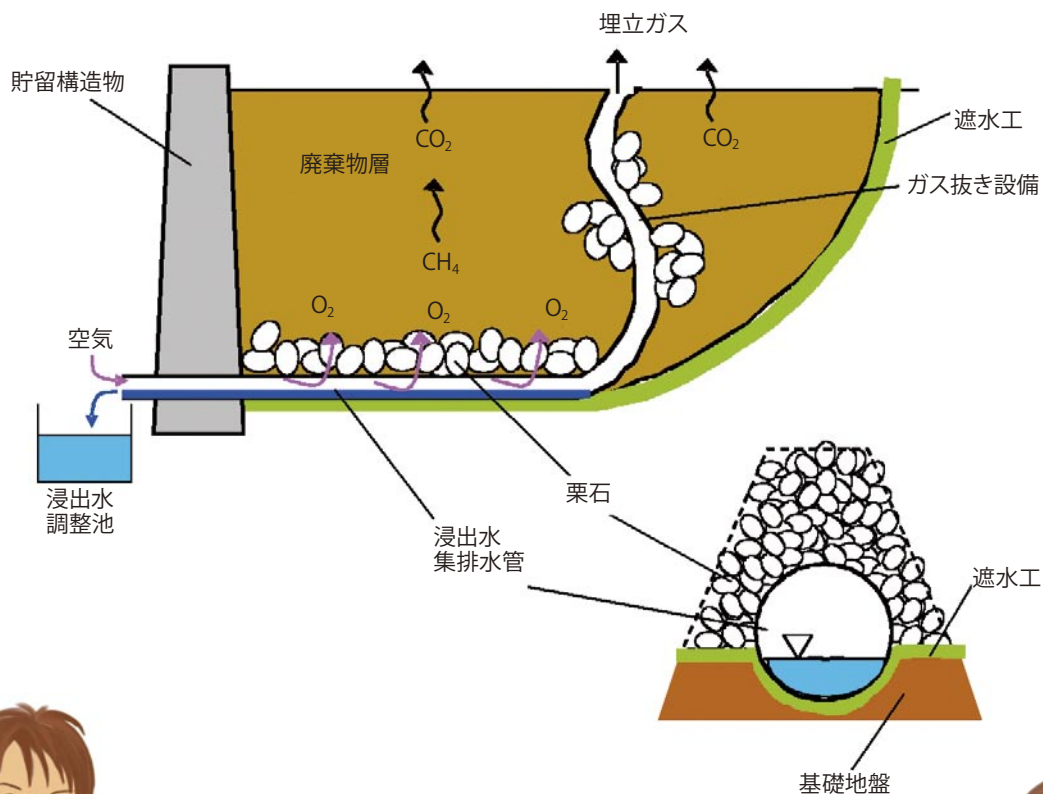
発見できない科学だったのです。この巨大な模擬埋立槽を作る際に底部に設置された浸出水の集排水管の出口が、毎日の浸出水の汲み上げのために厳密に密閉されることなく開放状態が継続したことがポイントとなったのです。その結果、集水管周りから槽内に自然に空気が導入されたため、浸出水の水質改善が図られたのです。この結果は、2年目の報告書に「準好気性埋立」ということばで報告されました。これがわが国発の新しい埋立概念誕生の瞬間でした。

当時、欧米において封じ込め型嫌気性衛生埋立が技術的確立に向かっていったとき、わが国独自の埋立構造概念を開発したことは賞賛に値するものでした。準好気性埋立方式は、すぐに福岡市の埋立処分場で実施され、以後全国に波及することになりました。準好気性埋立方式の誕生により浸出水処理がし易くなり、封じ込め型嫌気性埋立への移行を免れ

たのです。そして焼却を中心としたわが国のごみ処理体系によって、埋立ごみの質も焼却灰と不燃物主体の低有機分・高塩分化へと変化し、それがまさに準好気性、浸透性覆土方式の埋立方式にマッチしたのです。

参考にした資料(例)

1. 花嶋正孝:最終処分場の変遷と動向、廃棄物学会誌、3(2)、pp.116-125、1992
2. 松籐康司:準好気性物語1 -福岡方式の誕生とその発展過程-、月刊「水」、1998年1月号
3. 松籐康司(分担):4 日本の埋立を変えた福岡方式 in「ごみの文化・尿尿の文化」編集委員会編:ごみの文化・尿尿の文化、技報堂出版、pp.83-87、2006





第6回

いのうえ ゆうぞう
井上 雄三

2007年12月10日号

7. 二つの国立研究機関におけるごみ研究の始まり



さて、いよいよ廃棄物研究の本丸をご紹介しますところまで来ました。歴史はまさにわが国未曾有の公害禍の時代に入ります。そして昭和45（1970）年、公害国会の最中にごみ処理を現在のスタイルとした「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）」が制定されました。この時期に、厚生省（当時）と環境庁（当時）の二つの国立研究所、それぞれ、国立

公衆衛生院（昭和13（1938）年設立、現在の国立保健医療科学院）と国立公害研究所（昭和49（1974）年設立、現在の独立行政法人国立環境研究所）でようやくごみ処理研究が開始されたのです。しかし、この二つの研究所はそれぞれ違った道を歩き始めました。国立公衆衛生院では、国の政策を支援するための廃棄物の適正処理技術の開発を中心に、国立公害研究所では、ごみ処理プロセスの環境面の評価を中心に研究が進められましたが、二つの研究所のごみ処理研究が共同で行われるまでには実に20年を要し、平成13（2001）年に行われた両研究所のごみ処理関連部門の再編まで待つことになるのです。

二つの研究所による共同研究の開始が遅れたことも一つの理由かもしれませんが、わが国のごみ処理の歴史の中に大きなインパクトを与えたごみ焼却によるダイオキシン類の環境への放出を最初に発表したのは、ごみ処理研究を専門的に行ってきた二つの国立研究所ではなく、昭和58（1983）年の愛媛大学の立川教授によるものでした。このような大きな発表が、他機関に先を越されてなされた理由は他にもありました。国立公衆衛生院における昭和40年代後半～平成初期（1970年代～1990年代）にかけての最も重要な研究課題は、都市ごみの埋立処分関連の研究でしたし、国の重要政策も同様でした。一方、ごみ焼却炉の技術開発は、もっぱら焼却炉メーカーの技術者に委ねられていたのです。国の政策を支援する国立研究所が、ごみ焼却における重要な化学物質の研究について先陣をきれなかったことは、研究のあり方に課題を残す大きな事件であったと言わなければなりません。

しかし、ごみの埋立処分もまたダイオキシン類に勝るとも劣らないぐらい重要な課題でした。平成4（1992）年には、東京都日ノ出町の谷戸沢処分場の漏水問題をきっかけ

に、国民の埋立処分場に対する不信感が一気に吹き出しました。各地で埋立処分場へのごみ搬入差し止め、埋立処分場の建設差し止めの反対運動や訴訟が起こり、政府のごみ処理政策に赤信号が灯ったのです。国立公衆衛生院では、大学や遮水シートメーカー、ライナー（遮水設備）建設企業との共同研究で埋立処分場の漏水を防止する技術の開発研究（遮水工設計マニュアルの作成や漏水検知システムの開発など）に力を注ぎ、埋立処分場への国民の信頼感を取り戻すことに尽力しました。

また、平成にはいと、モノが作られてから捨てられるまでの環境負荷を総合評価するライフサイクルアセスメントを用いて、ごみ処理とリサイクルを比較する研究が、国立公衆衛生院と国立環境研究所でもとに行われました。このような研究は、現在でも循環型社会を形成するための様々な政策形成に役立てられています。また、ごみの焼却によるダイオキシン類の環境への放出は、平成11（1999）年のテレビ報道で最高潮に達する社会問題となりましたが、国立公衆衛生院では、昭和57（1982）年よりこの問題に関する研究を開始し、当時より蓄積された成果がガイドラインやインベントリー（どのような施設からどのくらいのダイオキシン類が発生しているかの目録）の作成に活用されました。国立環境研究所では、より広範にごみ処理施設から発生する可塑剤などの微量有害化学物質を把握する研究を行ってきました。また、地球環境問題への対応として、ごみ処理施設からの温室効果ガス発生量の推計や対策に関する研究が、平成2（1990）年から国立公衆衛生院で行われ、地球温暖化に関する条約機関への報告の基礎となるなどの成果が得られています。



当ててみよう!の答えと解説



【一般廃棄物の埋立処分場】阿部 誠

答え ② 13年

家庭から排出されるごみ（一般廃棄物）は、処理技術や資源化・リサイクル率の向上により、その埋立量は年々減少しています。しかし、これはゼロにならず、リサイクルに回らずに処分されるごみや、現在の技術では再利用できないため、やむを得ず埋立処分をしなければならないごみがどうしても出てきてしまいます。このごみを安全に処分するために、埋立地（最終処分場）がどうしても必要になります。

平成16年度の統計によると、一般廃棄物を埋立てる最終処分場は全国で約2,000か所あり、埋立可能な容量は1億3千万m³となっています。この数字だけ見ると処分場の数と埋立可能な容量は十分多いように思えます。しかし、新しい最終処分場の確保が困難なため、埋立可能な容量は年々減少しているのが現状です。現在のペースでごみの埋立が行われると、処分場の新規建設が仮に無い場合には、約13年で最終処分場が一杯になる計算です。ごみを安全に埋立てる場所がなくなってしまうと、皆さんの生活に様々な支障を来すことが考えられます。

ごみの再利用率を大幅に高めるには技術の発展が重要ですが、循環型社会の形成には、資源の有効利用、廃棄物の減量が重要であり、みなさんのごみを減らす、分別をきちんと行うという意識が大事になります。ごみの排出量を減らすための3R（リデュース、リユース、リサイクル）に皆さんも真剣に取り組んで頂ければと思います。

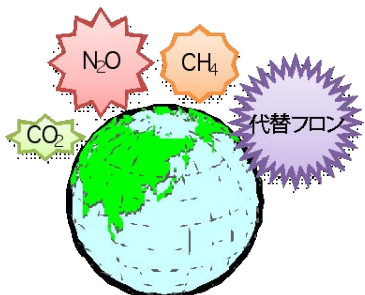


【メタン】近藤 貴志

答え ② 20倍

「バイオマス・ニッポン総合戦略」に基づき、食品廃棄物などのバイオマスからメタン・水素エネルギーを回収する技術の開発が行われています。テレビやニュース、映画やマンガの題材ともなっている「メタンハイドレート」（海底に沈殿しているシャーベット状のメタンガスと水の化合物のこと。）も同様に日本の近海に相当量埋蔵されていることから、新しい資源として着目されています。

メタンは石油などに比べて、燃焼の際に発生する二酸化炭素が少ないというメリットがありますが、「京都議定書」においてメタンは二酸化炭素と同様に排出削減が必要な温室効果ガスとして定義されています（温室効果ガスとしては他に一酸化二窒素、代替フロン等が定義されています）。これらの温室効果ガスは、地球温暖化係数が定められていて、二酸化炭素を1とした場合に、



メタンは約20、一酸化二窒素は約300、代替フロンは数百から数万となっています。日本は、2005年度において二酸化炭素に換算して年間約13.6億トンの温室効果ガスを排出している（2005年度）、京都議定書において定めた削減目標である約11.8億トン達成するためには大幅な削減が必要です。そのためには、メタン等のクリーンエネルギー利用技術の開発が期待されますが、発生したメタンを大気中に放出させないための法令の整備や技術開発も重要です。

私たちは、日常生活のあらゆる場面でエネルギーを使用しています。現在、バイオエタノール等、石油に代わる新しいエネルギーが開発されていますが、私たち一人一人がエネルギーの使用量をそのものを削減することが何よりも重要です。

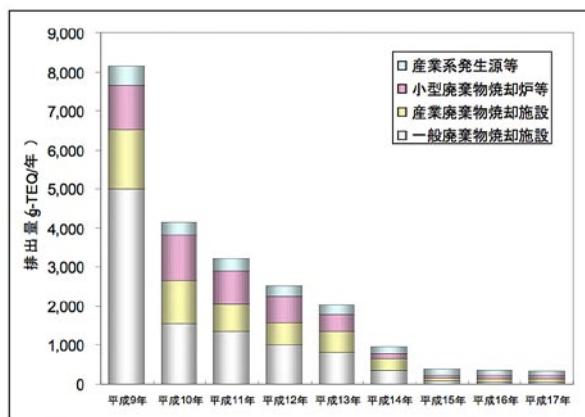
【ダイオキシン】梶原 夏子

答え ④ 95%以上

1990年代後半から廃棄物の焼却によるダイオキシン類の発生が問題となり、日本では平成11年にダイオキシン類対策特別措置法が制定されるなど、現在に至るまで国が中心となってダイオキシン類対策の強化が進められてきました。

ごみ焼却におけるダイオキシン類の発生は、安定した完全燃焼によってダイオキシン類やその前駆体を高温分解することで抑制できます。そのために、燃焼温度を800℃以上の高温に維持すること、燃焼ガスの滞留時間を十分確保すること、燃焼ガス中の未燃ガスと燃焼空気との混合攪拌を行う等の対策がとられてきました。また、燃焼ガスの冷却時にダイオキシン類の熱合成を防止するためには、燃焼ガスの急冷および低温化が有効です。

これらの対策が講じられた結果、ダイオキシン類の排出総量は年々減少し、平成9年から平成17年の間におよそ96%削減され、特に一般廃棄物焼却施設ではおよそ99%の削減がなされています（下図）。本研究センターの熱処理プラント実験室では、廃棄物を熱処理（焼却）する過程で起こる物質の挙動（揮散・分解・合成・凝縮・除去等）をダイオキシン類以外の有害物質を含めて評価し、環境へのリスクを低減するための研究を行っています。





独立行政法人 国立環境研究所
循環型社会・廃棄物研究センター

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

■交通

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

「環」の最新記事はこちらで!

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