

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

2010

Vol. 7

7

高校生も楽しめる循環型社会・廃棄物研究情報誌

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



近況



社会のうごき



循環・廃棄物のけんきゅう



循環・廃棄物のまめ知識



当ててみよう



その他



循環センターの
メンバーが



研究情報を
わかりやすく紹介!



目次

近況

研究に必要な資金をどのように獲得するか？ …… 1

社会のうごき

「無駄」と「環境」 …… 2

使用済み製品の下取りと回収に関する取り組み …… 3

循環・廃棄物のけんきゅう

堆積廃棄物の火災 …… 4

循環型社会ビジョン検討のためのシナリオ・プランニング …… 6

廃棄物や再生製品のための簡易な分析 …… 8

バイオエコ技術を活用した中国の環境再生保全戦略 …… 10

余剰水銀を安全に長期保管するために …… 12

排水処理で発生する汚泥を減らして環境保全 …… 14

鉄鋼業における CO₂ 排出量と最終処分量のトレードオフ …… 16



たけ りえ

当ててみよう！



不適正処分された廃棄物の
処理にかかる費用 …… 5

シナリオ …… 7

アオコ …… 11

ノートパソコン中の水銀使用部分 …… 13

省エネ製品への買替 …… 17

当ててみよう！の答えと解説 …… 18

循環・廃棄物のまめ知識



片手で持てる蛍光 X 線分析装置 …… 9

活性汚泥法による水処理 …… 15

バックナンバーの目次

Vol.1 ~ Vol.2 …… 19

Vol.3 ~ Vol.4 …… 20

Vol.5 ~ Vol.6 …… 21



ゆうそう博士



Dr.グッチー



研究に必要な資金をどのように獲得するか？

やまね まさのり
山根 正慎

2009年10月5日号

循環型社会・廃棄物研究センター(循環センター)では、本年度(平成21年度)、4つの中核プロジェクトのほか、40近い課題の各種研究を行っています。このような研究を進めるためには、研究者や研究施設のみならず、研究に専従する契約職員の追加的雇用、知見を高めるための学会参加や現地調査のための旅費、分析のための機器・薬剤、文献・統計資料の購入等を行うための資金が必要になります。このように研究には様々なお金が必要ですが、研究者はどのようにしてこのような資金を獲得しているのでしょうか？

国立環境研究所の研究資金として一番大きなものは運営費交付金によるものです。これは2001年に省庁直轄の国立研究所から独立行政法人に組織形態が変わったことにより配分されるようになったもので、独立行政法人は自らの責任でこの交付金をそれぞれの業務(研究)や人件費などに効率的に使用することが求められています。国立環境研究所では、平成20年度に約92億円の運営費交付金を交付され、そのうち人件費は約28億円です。

下のグラフは、循環センターにおける平成20年度の研究資金の内訳です。循環センター全体で約7億円の研究資金により各種研究を進めていますが、ご覧のとおり運営費交付金はそのうち約6割と大きな割合を占めています。

しかし、運営費交付金は国の独立行政法人改革によって、毎年減額されることが決定しています。現在、国立環境研究所も含め、多くの研究機関が外部からの研究資金の獲得を増やすよう求められています。

こうした状況のもとで、他の研究者や研究機関と切磋琢磨することで研究力を高めるため、多くの研究者が競争的研究資金に応募しています。競争的研究資金とは、国(文

部科学省や経済産業省、環境省などの各府省)や公共団体、各種法人等が自らの取組を支援する知見を得るため必要な研究課題を公募し、研究者がその課題を満たす具体的な研究内容を提案することで、研究資金を得る仕組みです。その名のとおり、研究者の提案内容を第三者である有識者が比較・検討し、採択の是非や資金額を競争で決定するため、著名な研究者が提案をしても、落選してしまうことも珍しくありません。この制度には、国立環境研究所のような独立行政法人のみならず、国公立・私立の各大学や企業等の研究機関も応募できるため、研究者は数多の競争相手に勝つために、必死で提案内容を練り上げることとなります。より良い提案内容にするため、国立環境研究所内の他分野の研究者や、大学・企業等の外部の研究者と連携し、それぞれが得意とする分野を分担する共同研究による提案が多くなされています。

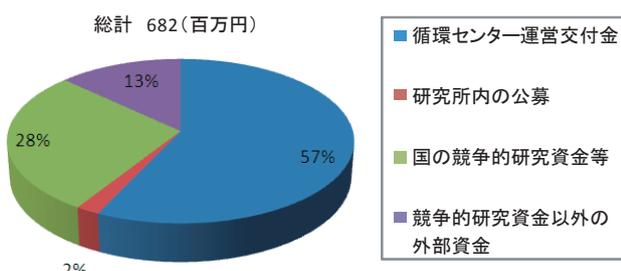
循環センターでも、先のグラフで示すように、競争的研究資金による研究資金は全体の約3割程度を占め、年々増加する傾向にあります。

また、これら以外にも「競争的研究資金以外の外部資金」というものがあります。これは主に国や地方公共団体、企業などからの特定のテーマや技術について研究を委託されたり、共同で研究を行うことを指しています。循環センターでは高度処理型浄化槽の開発や廃棄物の処理方法などについての共同研究を企業等と進めています。

このように、研究者が研究に必要な資金を獲得するために、外部からの研究資金を獲得することが、近年、非常に重要になりつつあります。このことは、研究者に求められる役割も変化しつつあることを示しています。つまり、従来の自分の専門分野について実験や調査を重ねて理論を打ち立てるような研究活動に加え、より広い分野の研究内容を企画立案し、経費を積み上げ、共同研究者との調整や、提案内容を分かりやすく説明するといった総合的なマネジメントを行う役割も研究者に求められつつあると言えるでしょう。

<参考資料>

1. 総合科学技術会議:競争的研究資金制度について
<http://www8.cao.go.jp/cstp/compefund/index.html>



※1 数字は平成20年3月末日現在のもの。
※2 施設の点検・運用等の費用は含まない。

循環センターにおける研究資金

うごき

「無駄」と「環境」

こばやし じゅん
小林 潤

2009年10月5日号

坂口安吾のエッセイ「日本文化私感」(「墮落論」¹⁾に収められています)の中で、「美」に関する彼の考えが述べられているのをご存じでしょうか。その中で、彼は無駄を一切排した「機能美」といってもよいような物に、最大級の美の賛辞を贈っています。それが具体的にどの様な物かと言えば、一部に熱狂的なファンがいるとされる「工場萌え」²⁾に似ているというか、必要に応じて設置された配管や鋼鉄製の反応炉の集合体は、それ自身に「美しくするために加工した美しさが、一切なく」、まさに物を生み出す場として必要な物のみからなるところが美しいのだと感じていたようで、彼が求める文学そのものの美しさも、同じように「美しく見せるための一行があってもならぬ」、と考えていたようです。

無駄を一切排するという考えは、最近の省エネルギー・省資源の指向にも共通すると思います。家電に限らず使用時の消費エネルギーを出来るだけ少なくして、なおかつ同等以上の性能を発揮する製品が売れ筋商品として世に多く出回っていることは、省エネ促進という意味において望ましいことであると考えます。もちろん、使えるものを捨ててしまっても省エネ製品を購入することに対する環境影響については、詳細に検討する必要があると思いますが(地球環境研究センターHPのココが知りたい温暖化「省エネ製品に買い替えるべき？」など参照)、ここではごく最近報道された2つの省エネ・省資源製品についてお話しします。

一つ目は、次世代照明として以前より注目されていた発光ダイオード(LED)照明³⁾です。1990年代に青色LEDが商品化されてから、信号機や電光掲示板、携帯電話のボタン照明・バックライト、自動車のテールランプなど広く一般に使用されてきていますが、ごく最近非常に低価格(といっても40W電球で一個4,000円くらいと結構なお値段ですが)な白熱電球タイプのLED照明器具が販売されたようです。注目すべきはその製品寿命で、白熱電球の40倍、省エネ電球の先駆者である蛍光灯型電球の6倍程度の耐久性(約4万時間)を持っているそうです。長寿命商品は、廃棄物の減量化に直接つながりますので、その意味においても非常に有意義であると考えます。無論、使用時の電力消費量も白熱電球の約十分の一(蛍光灯型電球が今のところ一番効率が高いか、LEDと同じくらいです)とのことで、省エネにも十分貢献すると思います。ただし、買い換

えが進むことで白熱電球の主要代替製品である蛍光灯型電球までも廃棄されるようになりますと、蛍光灯に使用されている水銀の適正処理・処分が問題になる可能性もあるので、この点について十分な検討が必要であると考えます(環境リスク研究センターHPのりすく村Meiのひろば「化学のひろば/4-2.グローバル水銀プログラム」など参照)。

二つ目は、最近商品化された超節水洗濯用液体洗剤⁴⁾です。“超節水”の意味するところは、通常の全自動洗濯機では2回行う「すすぎ」の行程が1回で済むくらい、泡切れがよいことにあるそうです。すすぎの行程が減れば、その分節水出来るだけでなく、洗濯時間が短縮され結果的に省電力にもなります。さらに、生活排水の量も結果的に減ることになるので、下水処理等の負担も軽減することが出来ると考えられます。新しい化学物質に対する環境影響については商品化前に検討するようで、この洗剤に使用されている新しい界面活性剤の生分解特性についても既に評価がなされ、実験室レベルでは問題ないことをメーカーにおいて確認しているそうです。その一方、現状の下水処理場や浄化槽(2007年3月5日号「排水を毎日きれいにする小さな装置」参照)などの設備でこの界面活性剤を十分に分解処理できるのかどうか、河川等に流出したときの環境に対する影響の有無(2007年3月5日号「生活排水」参照)などについて検討する必要があります。

無駄のない、あるいは無駄を省くための商品や技術の普及は、地球環境にとっても人類社会にとっても非常に好ましいことだと思います。また、このような技術の発展は、新たな経済価値を創造し、経済対策と環境対策双方の一助になるかもしれません。「美しい自然環境」を未来に託すためにも、無駄のない美しさを備えた社会・資源循環型社会を構築することが大切であると思います。

<参考資料>

- 1.坂口安吾：墮落論、角川文庫
- 2.大山顕、石井哲：工場萌え、東京書籍
- 3.<http://trendy.nikkeibp.co.jp/article/pickup/20090806/1028112/>
- 4.<http://trendy.nikkeibp.co.jp/article/pickup/20090827/1028471/>



使用済み製品の下取りと回収に関する取り組み

よしだ あや
吉田 綾

2010年1月12日号

■使用済み製品の下取りサービス

家庭で不要になったものを「下取り」するキャンペーンが家電量販店や百貨店、スーパーで続々と企画されています。古いデジタルカメラやパソコンを新品で購入する際に下取りするなど、不況で伸びなやむ来店者を増やし、少しでも売り上げをアップさせるための販売促進キャンペーンと考えられます。

中には循環型社会の構築の推進や自社が販売した商品に対する社会的責任の一環として、使用済みの自社製品を回収している企業もあります。(株)ユニクロでは自社のフリースを回収し、リサイクル(焼却による熱回収)をしています。(株)オンワード樺山では、百貨店と協力して自社製衣類を下取りし、状態の良い物は東南アジアで販売(リユース)し、それ以外は裁断して軍手や毛布にリサイクルしています。このように、下取りされたものすべてがリユースされる訳ではなく、処理・リサイクルされるケースもあります。

主にリユースできるものを対象とする街中の「リサイクルショップ」では買取ってもらえないようなものでも引き取ってもらえるため、消費者にとっては、不要なものを処分できる上に現金や割引まで獲得できるメリットは大きいと言えます。しかし、企業は使用済み品の回収後の販路や処理方法を自ら構築しなければなりませんし、赤字になることもあるそうです。

■アジアにおける下取り・回収キャンペーン

アジア諸国においても使用済み品の回収促進の取り組みが行われています。

フィリピン・マニラ首都圏のあるショッピングモールでは、毎月第一金曜日と土曜日にリサイクル可能物の回収イベントを行っています。PETボトルやアルミ缶、古紙の他、デスクトップパソコンや小型冷蔵庫なども持ち込まれています。しかしながら、買い取られた製品は、ジャンクショップと呼ばれる、環境保全設備などのない小規模業者のもとで解体処理されるケースが多々あります。これでは、環境によい取り組みとは言えなくなってしまいます。

スリランカでは使用済み携帯電話の回収に取り組みましたが、回収した後の適正な処理方法が確立されていないため、保管(ストック)している状態だそうです。

環境保全のためには、使用済み製品の買取・回収の取り組みは良いことですが、その後の適正な処理・リサイクル

の仕組みを構築することも重要であることが分かります。

■使用済み小型電子電気機器の回収モデル事業

日本では、昨年から一部の自治体(秋田県大館市、能代市及び山本郡、福岡県大牟田市、茨城県日立市、東京都江東区及び八王子市、愛知県名古屋市及び津島市、熊本県水俣市)で、使用済みのデジタルカメラや携帯音楽プレーヤー、携帯家電などの小型家電の回収が始まりました。スーパーや公共施設、ショッピングセンター、ホームセンターなどに回収ボックスを設置するボックス回収、ごみ収集時に小型家電を分別収集するピックアップ回収、まつりやフェアでのイベント回収が試みられています。最近、家の中のたんすや引き出しなどにしまわれていた使用済み携帯電話の回収促進事業も始まったところ です。小型家電や携帯電話には貴金属やレアメタルといった有用金属が高い割合で含まれているため、回収後は国内のリサイクル業者・金属精錬業者によって処理されます。これら製品のより効果的・効率的な回収方法を検討するのが狙いです。

使用済み製品の回収方法として、下取りや回収イベント、政府のモデル事業など様々な取り組みが現在行われています。使用済み製品を排出する私たち一般市民も、効果的で環境に良い回収・リサイクルを進めるにはどのような仕組みが必要か、どのような参加・協力できるかを考えてみませんか。

<参考資料>

1. (株)ユニクロのフリースリサイクル
<http://www.uniqlo.com/jp/corp/pressrelease/2006/01/2006.html>
2. (株)オンワード・グリーン・キャンペーン
http://www.onward.co.jp/green_campaign/
3. 環境省ホームページ 使用済み小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会とりまとめ
http://www.env.go.jp/recycle/recycling/raremetals/H20_main.pdf
4. 環境省ホームページ 平成21年度使用済み小型家電からのレアメタルリサイクルモデル事業
http://www.env.go.jp/recycle/recycling/raremetals/09koubo_kekka.html
5. 経済産業省「たんすケータイあつめたい」事業(2009年11月21日～2010年2月28日まで)
<http://www.meti.go.jp/press/20091111001/20091111001.html>

けんきゅう

堆積廃棄物の火災

えんどう かずと
遠藤 和人

2009年10月19日号

皆さんも不法投棄という言葉聞いたことがあると思います。不法投棄とは、廃棄物が山間や人里離れた目につかない場所に不法に捨てられることです。その量は、数キロから数百トンにいたるまで千差万別です。不法投棄以外にも、心無い業者が「処理・処分または再利用するまでの仮置きです」と言って、廃棄物をそのまま置きっぱなしにして、どこかに雲隠れしてしまうようなことがあります。いずれの場合でも、管理者が定かでない廃棄物がうず高く積み上げられていることが多いので、これらを称して、私たち研究者は堆積廃棄物と呼んでいます。新聞などの見出しでは、「ごみ山」などと呼んでいることもあります。

これら堆積廃棄物は、谷部を埋めるように堆積している場合もあれば、平地に山のように堆積している場合もあります。いずれにしても、これらの廃棄物はその場から人の手によって移動しないと、そこにあり続ける困った廃棄物です。このような廃棄物を処理すると、1トン当たり5～10万円程度の経費が必要になり、地域の環境保全の確保のため、堆積廃棄物の撤去に責任がある自治体にとって、かなりのお金が必要になります。自治体が使えぬお金は税金であり、当然ながら限度があるので、これら堆積廃棄物が発見されたら直ぐに撤去できるというものではありません。また、廃棄物が堆積していることを発見し、自治体が処理せざるを得ないと判断すること自体にも多くの労力と費用が必要です。

そんな堆積廃棄物は、まれに発火することがあります。そのメカニズムは複雑で完全には明確にされていませんが、廃棄物が数メートル以上堆積し、その廃棄物に可燃分と有機物がバランスよく含まれていれば、発火する可能性があるといわれています。例えば、木くずなどを数メートル以上堆積させると危険です。また、家屋などを解体撤去した建設解体系の廃棄物も、可燃分と有機物を含むため、堆積させると危険といわれています。廃棄物に含まれる有機物をエサとして微生物が活動し、その活動に伴う発熱が起こります。その発熱が、廃棄物を伝わって大気中へ放熱されれば問題ないのですが、水が多く含まれていたり、空気の流れが小さかったりすると、放熱されずに、熱が堆積廃棄物の中にもこもって蓄熱してしまいます。微生物反応だけであれば、60度以上の温度になることはまれなのですが、廃棄物中に含まれる脂肪分の化学的な酸化などが加わり、さらなる温度上昇がおこると、酸化が加速されて、蓄熱温度が高くなり発火するといわれています。また、油分(脂肪酸)の酸化反応や水和反応などの化学反応によって発熱がおこる場合もあります。この場合、発熱による到達温度は、微生物反応のときのよ

うに低温ではなく、また一気に温度上昇するため、これが蓄熱されれば発火にいたることになります。

以上のように発火してしまう原因の一つが、何度も出てきた「蓄熱」という現象です。熱は、温度の高いところから低いところへと移動する性質を持っていますので、熱が伝わりやすければ、蓄熱して温度が上昇することはありません。しかし、十数メートルも廃棄物が堆積していると、熱が移動して逃げるのに時間がかかったり、廃棄物自体の熱の伝わりかたが悪かったりして蓄熱してしまうのです。このような現象は経験的によく知られているため、廃棄物に限らず、粒状のものを積み上げる際には、堆積高さを5メートル以下にしなさい、などと消防機関によって規定されている地域もあります。

また、堆積廃棄物の燃え方には、2種類あります。表層火災と地中火災です。その名の通り、表層火災とは、堆積廃棄物の50cm程度までの浅いところから燃焼が開始する火災で、白煙と刺激臭がすることが多いといわれています。一方、地中火災とは、堆積廃棄物の深部から燃焼が開始する火災で、表層火災に比較して温度が高く、地中で燃焼がおこるために廃棄物の体積が急激に減少して、地表面に陥没などが発生することがあります。表層火災は消火しやすいのですが、地中火災の場合は、火元に手が届かないため、消火が困難となります。バックホーなどの重機を用いて掘削してから消火することもできますが、掘削することによって大気中の酸素が供給されて、一気に燃焼が広がる危険性もあるため、掘削しての消火も難しいのが現状です。また、地中のどこが火元であるかを特定する手法も確立されていないため、どこを掘ってよいか分からないという技術的な問題もあります。現在、我々は、これら諸問題を解決するための技術開発研究を進めています。

先にも述べましたが、温度が高いだけでは、微生物反応による温度上昇も考えられますので、火災であると断定することはできません。実際に燃えているかどうかを確認する時には、一酸化炭素(CO)濃度を測定します。地中火災の場合、酸素が十分に供給されない状況で、炎の無い無炎燃焼(燻焼ともいう)がおこっています。炭素(C)を含む物質が、酸素が不十分な状況で不完全燃焼すると一酸化炭素が発生します。この濃度を指標として判断します。微生物反応でも一酸化炭素が生ずる場合もありますが、酸素が少なくても基本的には二酸化炭素(とメタン)が生じ、一酸化炭素はそれほど高濃度にならないために、火災の判定として使用できるという訳です。

火災の消火方法としては、堆積廃棄物の火災現場に、土や砂



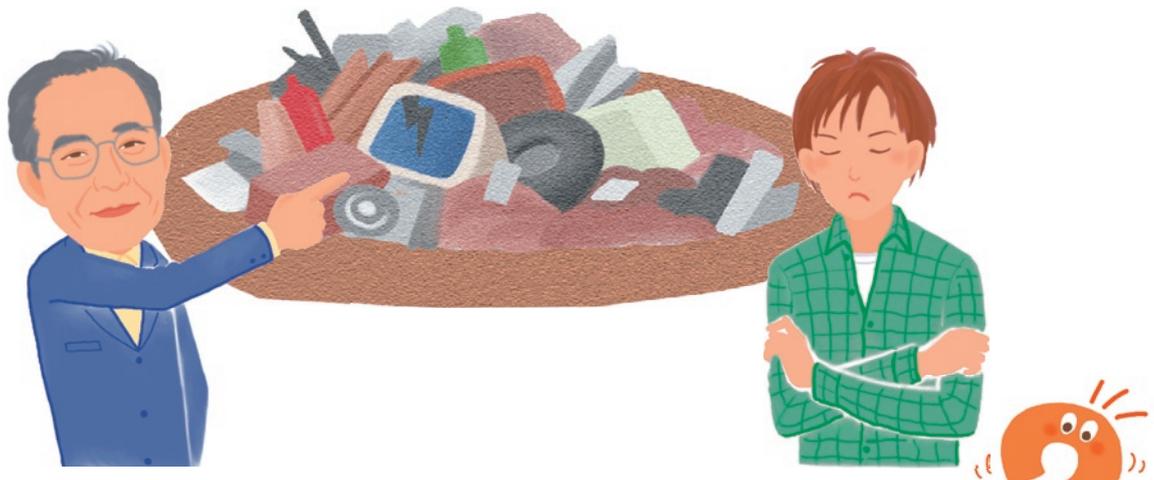
を被せて、酸素の供給を(ほぼ)完全に遮断するという窒息消火という方法が良く用いられます。消火するまでに多少の時間が必要ですが、放水による汚濁水が発生せず、周辺河川、地下水を汚染することなく消火を実施できるので、有効な方法といえます。

処理されている廃棄物全体からみるとごく一部ではありますが、大変危険で不法な廃棄物の堆積が、現代社会の廃棄物行政や法律の不備、経済システムによって必然的に発生しているのか、それとも、実行する人々のモラルのみが原因であるのか、よく考える必要があります。我々は、堆積廃棄物火災のメカ

ニズムや消火方法などの技術的な側面ばかりでなく、廃棄物を堆積してしまう行為そのものの根底にある社会的な背景に対しても関心をもって研究に取り組んでいます。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. 遠藤和人ら:無炎燃焼が疑われる堆積廃棄物の調査事例、第19回廃棄物学会研究発表会講演論文集、815-817、2008



当ててみよう!

【不適正処分された廃棄物の
処理にかかる費用】

2009年10月19日号

やまだ まさと
山田 正人

Q
問題

瀬戸内海の島(豊島)に不適正処分された廃棄物等約67万トンを、10年間かけて全量撤去し処理するためにどれくらいの費用がかかるでしょうか?

- ① 約49億円 ② 約150億円 ③ 約490億円 ④ 約1.5兆円

答えは18ページへ

循環型社会ビジョン検討のためのシナリオ・プランニング

はしもと せいじ
橋本 征二

2009年11月2日号



何らかの意思決定をする際には未来を見通しておくことが必要です。しかし、未来はとても不確実で、特に変化の早い昨今、正確に予測することは非常に難しい状況です。したがって、未来の見通しを1つしか持たずに未来のための意思決定をすると、決定したことが大外れになる危険性があります。逆に、全く構造の異なる複数の見通しを持っておけば、想定範囲内でいろいろな対処ができるでしょう。

近年、複数の未来を想定して未来に備えるシナリオ・プランニングと呼ばれる手法が盛んに用いられるようになってきました。ここでいうシナリオとは、未来に関する異なる見通しのことで、世界がこれからどう変わっていくかを複数の物語として描いたものです。この物語をつくる作業を通じて、社会・経済の様々な変化を認識し、今後の計画づくりの手助けにしようとするのがシナリオ・プランニングの目的です。環境の分野でも活発な利用が見られます。よく知られた事例としては、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) による2100年までの温室効果ガス排出シナリオ (2009年11月2日号「シナリオ」参照)、国連環境計画 (UNEP) による2032年までの環境シナリオ、国連ミレニアム生態系評価 (MA) による21世紀の生態系サービスシナリオなどがあります。

循環型社会のビジョン・政策・事業を検討する上でも、未来のシナリオを複数想定しておくことは有益です。なぜなら、複数のシナリオに基づき、問題となる変化への対応策、問題となる変化を回避する策、望ましい変化へと誘導する策、その他循環型社会のビジョン・政策・事業において考慮しておくべき事項を検討できるからです。

そこで、私たちは日本の近未来 (10~20年後) の資源・廃棄物フロー (以下、物質フロー) と資源循環・廃棄物管理システム (以下、管理システム) について、シナリオ・プランニングの手法を援用して、いくつかの大きく異なるシナリオを作成することを試みました。

まず、近未来に起こりうる物質フローや管理システムの変化と、その原因となる社会・経済の変化についてブレインストーミング (アイデア出し) を行い、近未来に起こりうる変化を列挙します。例えば、高齢化によって医療や介護に関わる廃棄物が増加する可能性や、廃棄物処理技術の進展によって廃棄物の分別排出の方法が全く変わる可能性があります。また、資源ナショナリズム (自国の資源を

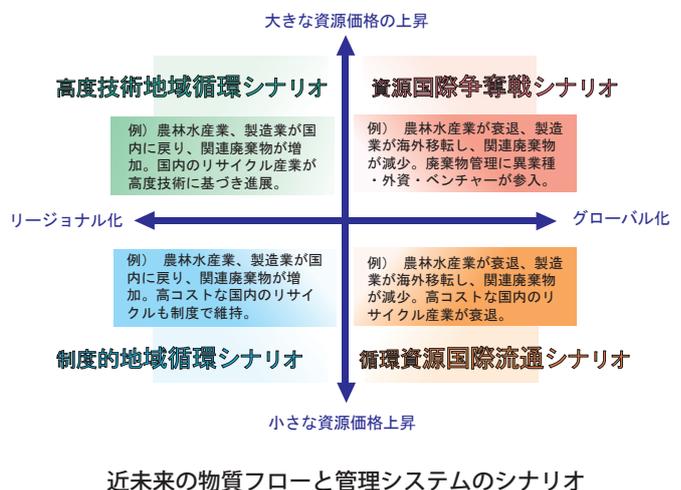
自国で管理しようとする動き) が強まることによって資源価格が上昇し、廃棄物の資源としての価値が上昇する可能性もあります。このように起こりそうな社会・経済の変化とそれが及ぼす物質フローや管理システムへの影響を思いつく限り列挙していきます。

次に、このようにして得られた社会・経済の変化を「重要性」と「不確実性」の観点から評価し、重要性が高くかつ不確実性も高い変化を選定します。なぜなら、近未来の物質フローや管理システムに重要な影響を与えるが (つまり、重要性が高いが)、実際に起こるかどうかわからない (つまり、不確実性も高い) 社会・経済の変化は、物質フローや管理システムの近未来を大きく異なったものにする要素となるからです。

最後に、近未来の物質フローと管理システムのそれぞれについて、大きく異なるシナリオを作成します。この作業では、まず、重要性が高く不確実性も高いと評価された社会・経済の変化のうち、特に大きく異なるシナリオに導くものを2つ選定します。そして、これらの2つの変化の異なる方向性を組み合わせ、象徴的なシナリオを4つ描きます。

私たちは図のような4つのシナリオを作成しました。図の横軸に選んだ変化は「貿易体制・地域社会の変化」であり、グローバル化 (地球主義志向) とリージョナル化 (地域主義志向) の方向性を持ちます。縦軸の変化は「資源価格の変化」であり、大きな資源価格の上昇と小さな資源価格の上昇の方向性があります。

グローバル化が現状よりさらに進み、資源価格は現状からかけ離れて大きく上昇しない状態が図の右下に位置する「循環資源国際流通シナリオ」です。このシナリオでは、規制緩和によって廃棄物や二次資源を自由に取引できる





ようになります。一方で、技術レベルが現状から大きく変化しないことから、国内で二次資源を回収するよりも人件費の安い国外へ二次資源が輸出されることになると考えられます。

また、グローバル化に加え、大きな資源価格の上昇が起こった状態が図の右上の「資源国際競争力シナリオ」です。このシナリオでは、資源価格が非常に高いことから技術も高度化し、国内での二次資源回収が進展する可能性があります。同時に、廃棄物管理に関する活動の収益性が相対的に高くなり、多くの廃棄物管理が民間部門により担われることになると考えられます。

次に、資源価格が高い中でリージョナル化の進んだ状態が図の左上の「高度技術地域循環シナリオ」です。規制によって国内産業の空洞化が避けられ、廃棄物処理や二次資源回収が現在より身近な地域で展開されます。廃棄物管理に行政が多く関与するシナリオです。

最後に、図の左下の「制度的地域循環シナリオ」では、資源価格が大きく上昇せず、技術もあまり進展しない中で、廃棄物管理に対する規制や制度が積極的に導入されます。廃棄物管理や二次資源回収を地域内や国内で規制と制度で上手く行っていく社会です。

さて、このようにして描いた4つのシナリオは、このままだいけばこうなる可能性があるという、いわゆる「なりゆき」シナリオです。次のステップは、それぞれのシナリオに対

して問題となる変化への対応策、問題となる変化を回避する策、望ましい変化へと誘導する策、その他循環型社会の政策・事業において考慮しておくべき事項を考えることです。現在、それらを統合した循環型社会のビジョンを提示できるよう研究を進めています。

なお、本研究を遂行するにあたって、有識者からの意見を伺うためのワークショップを開催しました。その報告書はホームページで公開していますのでこちらも合わせてご覧いただければ幸いです (http://www-cycle.nies.go.jp/jp/project/project1/scenario_ws/index.html)。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. 橋本征二ほか：近未来の資源・廃棄物フローおよび資源循環・廃棄物管理システムに関するシナリオ・プランニング、土木学会論文集、65(1)、44-56、2009



2009年11月2日号

当ててみよう!

【シナリオ】

かよう ちひろ
加用 千裕



気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第4次評価報告書では、21世紀末までの世界の社会・経済に関するいろいろな将来像と温室効果ガス排出量のシナリオに対して、気温や海面の上昇といった地球温暖化予測の結果が報告されています。そこで用いられている将来のシナリオは何通りあるでしょうか？

- ① 1つ ② 2つ ③ 6つ ④ 8つ

答えは18ページへ

廃棄物や再生製品のための簡易な分析

たきがみ ひでたか
滝上 英孝

2009年11月16日号

廃棄物やその焼却灰が、埋め立て後に周辺環境に影響を与えていないか、工場や環境整備施設(焼却炉や下水処理場など)からどのくらい有害物質が出ているか、また、規制値を超えていないか調べるためには、化学分析が必要になります。特に規制値の遵守を調べる際には、測定精度の高い方法、いわゆるゴールデンスタンダードと呼ばれる分析方法(試料採取から調製、前処理、測定を含む)を用いることが決まっています。

これは医療・健康の分野でいうと、人間ドックでの検査、特に精密検査のレベルにあたるものです。一方、携帯型の血圧計や血糖測定装置など、家庭で使える医療機器も広く普及してきています。これは日常的な健康管理を目的としたものであり、精度は多少劣りますが、安価でも高頻度にデータを取ることができ、私たちが自らの健康状態を迅速に把握し、必要な処置をとることができます。

廃棄物処理やリサイクルの分野でも同じことがいえます。廃棄物がリサイクルされてきた再生製品(プラスチックや溶融スラグなど)の品質管理を目的として、重金属など有害物質の含有量や溶出量について調べ、安全性を日常的に評価する必要性が指摘されています(2007年4月16日号「溶出試験」参照)。特に廃棄物は組成が複雑で、由来も一つとは限りません。そのため、廃棄物を原料とする再生製品は品質変動が大きくなりやすく、またその環境安全性(周囲の環境や人の健康に対する安全性)については情報が不足しがちです。このような状況では、廃棄物の処理処分やリサイクルに関する化学的な情報を高頻度かつ迅速に提供するための簡易分析法の適用が求められます。そこで、私たちは現在、地方公共団体が設置した環境研究所と「循環利用促進及びリスク管理のための簡易試験法の確立に関する研究」というテーマで共同研究を行っています。このうち、これまでに得られている成果例としてカートリッジ式ボルタンメトリーを用いた簡易分析法をご紹介します。

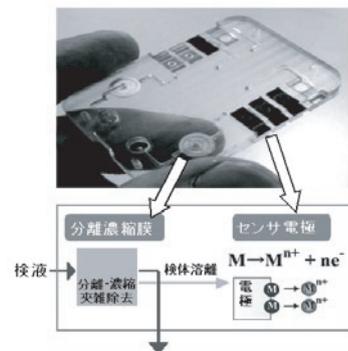
溶融スラグ(2007年4月16日号「ごみの建設材料へのリサイクルと環境安全性」、2006年11月20日号「溶融スラグ」参照)は、焼却灰などの廃棄物を1,200~1,400°Cの高温で溶融してつくられ、コンクリートや路盤材に用いられるものです。2006年にはその日本工業規格(JIS)が制定され、重金属の安全性基準が制定されました。重金属のうち、鉛(Pb)は適切な管理を必要とする有害物質で、基準超過の可能性が高い物質です。スラグ溶出液中のPbを重点的にモニタリングする方法として、コンパクトなカートリッジ式ボルタンメトリー(図)の適用を試みました。

ボルタンメトリーとは、電気化学的分析法の一つで、まず、溶液中の金属を電極上に析出させます。この電極に電圧を掛けるとその金属が溶け出しますので、この時に流した電流量をもとに金属量を測る方法です。余談ですが、先に触れた血糖測定装置もボルタンメトリーの一つです(分野を超えたいろいろな応用が行われているのですね)。図でPbは分離濃縮膜(陽イオン交換膜)に捕捉された後、溶離され電極部分で測定されます。分析に要する時間は30分程度でカートリッジは再利用も可能です。

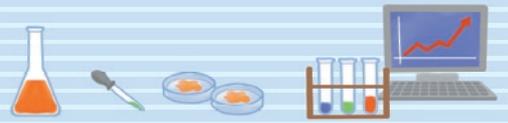
Pbのスラグ溶出基準値は10 μ g/Lであり、この装置での目標感度をその1/10の1 μ g/Lに設定して測定方法の妥当性確認(バリデーション)を行いました。分析に影響を及ぼす因子としては、試料のpH、分離濃縮時の妨害物質としての塩類(陽イオン)、ボルタンメトリー測定時の妨害物質としての銅イオンに特に着目して対策を検討しました。結果的に、Pbに対する検量線の直線範囲は0.5~10 μ g/L、検出下限値は0.15 μ g/Lでした。Pb標準溶液の繰り返し測定に対するばらつき(相対標準偏差)も数%に抑えられる測定方法が開発できました。

現在は、実際の溶融スラグをサンプリングし、JISに定められる水溶出試料(地下水へ混入するシナリオを想定した試料)と塩酸(1N)抽出試料(ヒトが経口摂取し消化管で吸収されるシナリオを想定した試料)について測定数を増やしています。両試料ともゴールデンスタンダードとしての高周波誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)との結果比較を行っていますが、1 μ g/L付近の低濃度の水溶出試料においてもボルタンメトリーでICP-MSと一致した結果が得られています。しかも、ボルタンメトリーの結果は現場技術者への2日間の指導後に得られたものです。

このように簡易測定法は、その適用目的に合うように、そ



研究で使用したカートリッジ式ボルタンメトリー



して目標となる分析感度や精度等を担保しながら、最新・最高技術を積み上げて構築したゴールデンスタンダードの工程(サンプリングから測定までの各工程)のいずれかの部分を簡略化して開発していくものです(2007年3月19日号「はかる」、2007年9月18日号『「はかる」ことを評価する」参照)。これはゴールデンスタンダードの構築とは逆向きの作業であり、別の意味で工夫を要するものです。廃棄物や製品は、性状の複雑な対象ですから、現場ごと、測定媒体ごとにケースバイケースのバリデーションが必要になります。取り組む研究者、技術者の対象試料やフィールドの把握が大切になると考えられます。

〈もっと専門的に知りたい人は〉

1. 環境省総合政策局総務課環境研究技術室編:平成19年度環境保全成果集「51.循環利用促進及びリスク管理のための簡易試験法の確立に関する研究」、1-17、2008
2. 環境省総合政策局総務課環境研究技術室編:平成20年度環境保全成果集「47.循環利用促進及びリスク管理のための簡易試験法の確立に関する研究」、1-26、2009



循環・廃棄物の

まめ知識

【片手で持てる 蛍光 X 線分析装置】

かじわら なつこ
梶原 夏子



2009年11月16日号

蛍光X線分析法は、試料の前処理作業がほとんど必要ないため簡易法の一つとして汚染土壌調査や製品中有害物質測定への適用が検討されていますが(2009年11月16日号「廃棄物や再生製品のための簡易な分析」参照)、現場(オンサイト)での分析法として「ハンドヘルド」蛍光X線分析装置の利用もすすめられています。ハンドヘルドとは、片手で持てる、携帯型の、という意味ですね。蛍光X線分析装置の小型化技術の進歩により登場したハンドヘルド型の分析装置は、卓上型の分析装置よりも精度や感度は劣りますが、バッテリー駆動で軽量なため、屋内外問わず「どこにでも持ち運べる」というこの上ない利点があります。さらに、測定対象物に押し当てるだけで元素含有量をスクリーニングできるため、従来のように測定したい試料を切り刻んで小さな試験片にする必要がありません。写真は、廃棄されたテレビケース中の元素含有量を野外で調査しているところです。この写真のように、「あるがままの姿でいきなり計測」できるのが特徴で、小さな試料だけでなく、家具や家電、自動車、建材など大型で不定形の製品や建造物など移動できないものについても、その場で(実験室に持ち帰ることなく)簡単・迅速に微量元素濃度を知ることができます。循環・廃棄物を対象とした私たち

の研究においても有用なツールの一つとして重宝しています。

近年、環境・リサイクル関係の重要な規制として欧州連合(EU)でELV指令(廃自動車指令:使用済み自動車のリサイクル促進と環境負荷物質の使用制限)やRoHS指令(電気電子製品への有害物質の使用規制)(2009年4月20日号「RoHS指令」参照)が施行されました。それに伴い、製品中の特定有害物質(カドミウム、鉛、6価クロム、水銀、ポリ臭素化ジフェニル及びポリ臭素化ジフェニルエーテル)の含有量を厳しく管理することが生産者に求められています。製品中にこれら特定有害物質が規制値以上に含まれていないことを確認する際、今回ご紹介したハンドヘルド蛍光X線分析装置も活用されています。



バイオエコ技術を活用した中国の環境再生保全戦略

じよ かいきん
徐 開欽

2009年12月7日号

近年の急速な工業化に伴い、中国においてもかつての日本や他の工業国が経験したような深刻な環境汚染が問題視されています。特に、水環境問題について、2005年の松花江汚染事故(※)以降、深刻な水質汚染が次々と発覚し、2007年初夏から太湖、巢湖、のいわゆる"三湖"でアオコの大量発生が起こっています。水不足と水環境汚染は中国における経済および社会の持続可能な発展の重要な制限因子となりつつあります。今後、都市化の進展、モータリゼーションの進行により、都市型公害、自動車排出ガスによる汚染や、生活排水(2007年3月5日号「生活排水」参照)、工業排水による水質汚濁が深刻化する恐れがあります。今回は、最近の中国の水環境問題を踏まえた上で、バイオエコ技術を活用した流域環境再生戦略について紹介します。

中国では川・湖の汚染を、最も軽いⅠ類から汚染が劣悪な劣Ⅴ類まで段階的に分類しています。2008年の松花江、遼河、海河、黄河、淮河、長江(揚子江)、珠江など七つの水系の200の河川の409断面に対して、水質を観測した結果、全体の水質は、Ⅰ～Ⅲ類、Ⅳ～Ⅴ類、劣Ⅴ類の割合がそれぞれ55.0%、24.2%と20.8%となっています。主な汚染項目はCOD(化学的酸素要求量)、アンモニア性窒素と石油類などです。湖沼をみると、主要湖沼で水質汚染が進み、富栄養化現象が深刻化する傾向にあります。2008年では、28の重点観測対象湖沼・ダムのうち、57.2%がⅤ類水質基準を満たさず、水源地および景観用水としての価値を失っています(写真)。主な汚染物質は、窒素とリンでした。今後経済発展に伴い、全国的に工業・生活排水量の増加が見込まれ、これらの排水の徹底的な処理と水質汚濁防止対策が急務となっています。

バイオ・エコシステム(2007年3月19日号「地域を単位とした水・物質循環システムの再構築を」参照)とは、水処理工学技法としての高度排水処理システム、生態工学技法としての水生植物・土壌等を活用したバイオエンジニアリングとエコエンジニアリングを組み合わせた環境再生保全技法です。本システムは、流域に適正に配備することに

より、地域で発生した汚濁物をその地域内で循環させるという地産地消型の技法であり、広大な中国において、地域に適した環境再生保全を図ることができます。その基盤となる研究ステーションが(独)国立環境研究所の国際共同研究等を推進するバイオ・エコエンジニアリング研究施設であり、更なる強化が望まれます。

バイオ・エコエンジニアリングを活用した浄化法については、生活排水、食品等事業場系排水、畜産排水の高度処理および生ごみ・汚泥・植物残渣等のアルコール発酵、水素・メタン発酵等のバイオマス資源循環有価物回収技法(2007年8月20日号「ごみから水素エネルギーをつくり出す」参照)、水生植物活用浄化・温室効果ガス抑制技法(2008年9月22日号「植物の力で水環境改善!」参照)等として、実用化を目的とした開発がなされつつあります(2007年11月19日号「適正な資源循環の促進のためのアジア地域での液状廃棄物対策」参照)。また、物理化学的処理法としての水熱反応技法との組み合わせによる高度効率化技法も重要な位置づけにあります。このようなシステム技術は中国をはじめとするアジア地域に根ざす技法として、JICA・KOICA合同研修プログラム、JICA太湖水環境修復モデルプロジェクト、日中韓三ヶ国環境大臣会合(TEMM: the Tripartite Environmental Minister Meeting)(2007年11月19日号「アジアの環境協力」参照)で合意された淡水(湖沼)汚染防止プロジェクト等で発信され定着化し、重要な技法として国際的に認識されつつあります。また、南京で開催された江蘇省科学技術論壇でのバイオ・エコシステムの基調講演は、中国全土に発信され大きな反響を得、政策にも反映されつつあります。

中国の湖沼、内湾等の公共用水域は累進的に環境が悪化し、その再生が重要な命題となっています。これは、流域に蓄積された汚濁物質の対策に重点がおかれてこなかったことに由来しています。これからは、流域に流入する環境負荷を最小化し、また流域から系外に流出する環境負荷を最小化する、すなわち流域内での地産地消型の汚濁負荷削減対策が極めて重要な政策課題になるといえます。そのためにも、図に示すバイオ・エコシステムを根幹とする地産地消型バイオエコタウンの構築が重要です。このような考えは、中国の新農村建設計画における自給率向上のモデルともなるものです。

中国におけるバイオエコタウン環境再生保全戦略を実行していく上では、基盤・応用研究の成果として得られた技術を、いかに事業として流域に面的に整備していくかが課題といえます。この場合に重要といえるのが、



太湖(2007.5) 巢湖(2007.6) 滇池(2007.6)
中国"三湖"で発生したアオコの様子



中国環境保護部が取り組みつつあるETV (Environmental Technology Verification: 環境技術実証) 等の導入によって、性能が適正に評価された技術を普及させることです。中国のような亜熱帯、温帯、寒帯等の気候の違い、都市部・農村部におけるライフスタイルの差による汚水量・汚水濃度の違い等が存在する広大な国土においては、地域特性を考慮した汎用化技術の開発と枠組み創りが必要です。そのためにも、地域特性に基づき、適正システムの導入可能なバイオエコタウン構想に向けた研究技術開発・評価は必須です。また、開発を進める上での重要な課題は、中国が、アメリカに次いで、すでに2番目のエネルギー消費国と

なったことです。温室効果ガスでも2番目の放出国になったこと等を踏まえた低炭素型省エネルギー型の環境再生保全技術が必要です。すなわち、従来の化石燃料由来エネルギーをバイオマス由来エネルギーへ、そして、太陽光・水力・風力等の自然由来エネルギーへと転換するパラダイムシフトが重要です。
(※松花江汚染事故:中国吉林省の石油化学工場から多量のベンゼン類等の化学物質が松花江に流入した事故。下流の大都市や国境を接するロシア等にも影響を与えました。)



水環境再生と温暖化対策を統合したバイオエコタウン政策創りの開発

バイオ・エコシステムを根幹とする地産地消型バイオエコタウンの構築

くもっと専門的に知りたい人は>

1. 徐開欽:中国における水環境の現状と深刻さ増す湖沼のアオコ問題、科学、78(7)、756-759、2008
2. 徐開欽ら:バイオエコ技術を活用した流域水環境再生の国際展開—中国における事例研究を中心に—、第11回日本水環境学会シンポジウム講演集、7-8、2008
3. 稲森悠平ら:Bio-eco Systemを活用した中国水環境修復戦略(1)(2)、月刊水、No.711&713、2008

当ててみよう!

【アオコ】

じんぼ ゆうすけ
神保 有亮

2009年12月7日号

Q
問題

富栄養化 (2007年3月5日号「生活排水」参照) が引き起こす問題としてアオコが有名ですが、このアオコが引き起こす問題として間違っているものは次のうちどれでしょう?

- ① 飲料水をカビ臭くする
- ② 水が酸欠状態になる
- ③ 毒素を放出する
- ④ 呼吸障害を引き起こす

答えは18ページへ



余剰水銀を安全に長期保管するために

おぐち まさひろ
小口 正弘

2010年1月25日号



水銀は、環境中へ排出されると残留して生物にも濃縮し、また、大気中で国境を越えて移動して地球規模の環境汚染を引き起こすことなどから、排出量削減に向けて国際的に使用を削減する方向で対策が進められています。

日本では、水俣病の教訓からできるだけ水銀を使わない製品やプロセスの開発の努力がされてきており、現在はどうしても必要な用途でのみ使用されています。身近なもので蛍光灯、一部の乾電池や体温計、意外なところでは漆器や朱肉、神社の鳥居などの塗料（朱色の色付け）などに水銀が使われています。環境省資料によれば、日本では合計で年間10～15トンの水銀が使用されています。

一方、水銀の生産はどうなっているのでしょうか。日本では、天然資源からの生産は昭和49年以降なくなっており、現在は廃棄物等からの回収のみとなっています。水銀を含む廃製品は分けて集められ、専用施設で水銀が回収されています。それ以外に水銀は、金属製錬や火力発電などから出る副産物等からも回収されています。これは、金属の原料となる鉱石や発電燃料の石炭などに元々水銀が含まれているためです。先の資料によれば、年間で廃製品から約15トン、副産物等から約75トンの水銀が回収されており、実は副産物等からの回収量が圧倒的に多いのです。しかも、廃製品からの回収は水銀の使用削減に伴って減少すると予想されますが、副産物等からの回収は製錬や火力発電が続く限りなくなることはありません。

使用量と回収量の差から、国内では年間約75～80トンの水銀が余剰になっていることがわかります。この余剰水銀は最終的に輸出によって消費されています。同様に、ヨーロッパやアメリカからも余剰水銀が輸出されています。しかし、使用量削減の流れの中で、水銀需要は世界的にも減少していくことが予想されます。また、輸出された水銀の一部は発展途上国などで最終的に大気へ排出されていると言われており、輸出後の管理が難しいことから、水銀の輸出禁止も国際的に議論されています。

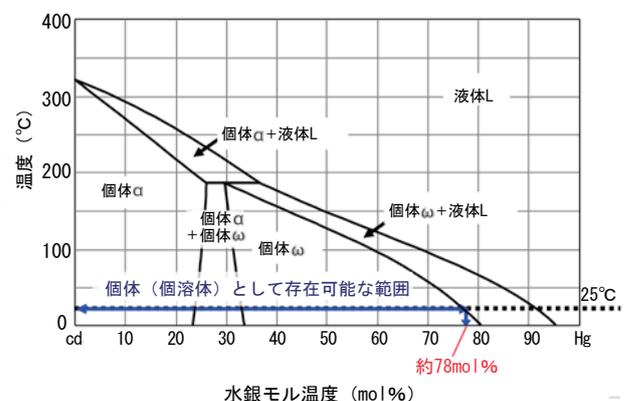
このように、水銀の輸出が将来的に難しくなると考えられることから、今後、余剰水銀を各国内で安全に長期（永久）保管することが必要になる可能性があります。近年、そのための保管方法の検討が各国で行われつつあります。例えばヨーロッパでは、岩塩を採取した後の岩盤内に自然界に多く存在する硫化水銀の形で地中保管する方法が検討されています。日本にはこれと同じような場所があるわけ

ではありませんので、他の方法や形態も含めて、安全かつ安価に水銀を保管できる技術を幅広く検討する必要があります。

そこで私たちは、余剰水銀の長期保管方法の検討の第一歩として、熱力学的なデータに基づいた保管形態の絞り込みを行っています。

水銀は常温で液体の金属のため、保管するとしたら固体の化合物や合金にした方が取り扱いやすく、また漏えい事故なども起こりにくいと考えられます。そこで私たちはまず「平衡状態図」というものを見て、様々な水銀化合物や合金が常温で固体であるかどうかを判断し、固体で存在する化合物・合金を保管形態の候補として絞り込みました。平衡状態図とは、温度や圧力、濃度などの条件に対して物質がどのような状態で安定に存在するかを示したものです。例として、水銀とカドミウムの平衡状態図を図に示します。横軸に水銀の濃度、縦軸に温度をとり、水銀とカドミウムをある濃度と温度で混ぜたときに固体となるのか液体となるのかが示されています。

点線で示した常温（25℃とします）の位置を見ると、水銀をモル分率0～78%の範囲で混ぜたとき、水銀とカドミウムは固体の合金として存在することがわかります。このことから、水銀カドミウム合金は水銀の保管形態の候補になり得ると考えられます。同様に、約60の元素との組み合わせについて調べたところ、水銀は45の元素と常温で固体の化合物、合金を作ることがわかりました。さらに、高価な元素（貴金属など）、供給量が少ない元素（一部のレアメタルなど）、取扱いに危険を伴う元素（放射性元素やアルカリ金属など）は使えませんので、それらを除くと、カドミウム、塩素、銅、マンガン、ニッケル、鉛、硫黄、セレン、スズ、チ



水銀とカドミウムの平衡状態図
(熱力学平衡計算ソフトウェアFactSageを用いて作画)



タン、亜鉛、ジルコニウムの12 元素との化合物・合金が保管形態の候補として絞り込まれました。

さらに、これらの化合物や合金について、ある保管条件で水銀がどのくらい蒸発するかを推定し、大気環境への排出がなるべく少ない保管形態の検討に着手しました。全てを実験で測定するのは大変ですので、私たちはまず「熱力学平衡計算」によって起こり得る水銀の蒸発量を計算しました。熱力学平衡計算は、物質をある条件下に長時間置いたときに、何がどのような状態で存在するかを熱力学データに基づいて計算するものです。十分なデータが揃っているカドミウム、鉛、硫黄、セレン、亜鉛との5種類の化合物・合金について計算をしたところ、セレン、硫黄、カドミウムとの化合物・合金からの常温付近での水銀蒸発量はこの順に少なく、液体水銀よりも小さいと推定されました。一方、鉛、亜鉛との合金からの水銀蒸発量は液体水銀よりも大きいと推定され、水銀の保管形態としては不向きであることもわかりました。現在は、この5種類以外の化合物や合金についても必要なデータを集め、計算をしようとしているところです。

なお、余剰水銀を安全、安価に保管するためには、水銀の大気排出の他に、化合物や合金と反応しない保管容器の材質、地中保管を想定した地下水への水銀排出の可能性などの様々な技術的視点に加え、保管形態とする化合物や合金の作製、保管にかかるコストなども総合的に考慮する必要

があります。私たちが参画している大学等との共同研究グループでは、適切な保管方法の確立に役立つ知識の提供に向け、これらの研究を進めています。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. 小口正弘、貴田晶子：熱力学的考察に基づく回収水銀の長期保管形態の基礎的検討、第20回廃棄物資源循環学会研究発表会、539-540、2009
2. 高岡昌輝ほか：平成20年廃棄物処理等科学研究費補助金研究成果報告書「循環型社会における回収水銀の長期安全管理に関する研究」、2009



2010年1月25日号

当ててみよう!

【ノートパソコン中の水銀使用部品】

かわぐち みつお
川口 光夫



ノートパソコンの部品の中で水銀が使われているものは次のうちどれでしょうか。

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| ① CPU (中央処理装置) | ② メモリ (記憶装置) |
| ③ ハードディスク (外部記憶装置) | ④ 内蔵ディスプレイのバックライト (液晶を明るくする装置) |

答えは18ページへ

排水処理で発生する汚泥を減らして環境保全

さの あきら
佐野 彰

2010年2月22日号

現在、生活排水や下水の生物処理として、活性汚泥法が広く用いられていますが、汚水を浄化する過程で、廃棄物となる余剰汚泥が発生します。廃棄物系バイオマスの中でも汚泥の発生量は多いことが知られており、処理コストがかさむだけでなく、汚泥処理に伴うCO₂排出による地球環境の悪化も懸念されています。そのため、様々な汚泥減量化技術や汚泥発生抑制技術が開発され、実証試験も行われています。汚泥減量化技術とは、発生した汚泥を微生物が食べやすいように生分解化を施し、その生分解化した汚泥を再度活性汚泥により処理することで、余剰汚泥量を減らす技術です。一方、汚泥発生抑制技術とは、汚泥の発生自体を減らす技術です。汚泥減量化技術の課題としては、技術導入によって高くなる汚濁負荷(2007年3月5日号「生活排水」参照)に対して排水処理性能を維持することであり、一方、汚泥発生抑制技術の課題としては、安定運転方法の確立が挙げられます。また、これらの技術導入のコストも普及の妨げになっています。そこで、汚泥減量化や汚泥発生抑制技術の性能やコストを明確にし、水・大気環境への影響を総合評価することが実用化・普及への橋渡しのために必要と考えています。

今回は、バイオ・エコエンジニアリング研究施設で行っている汚泥減量化技術、汚泥発生抑制技術に関する研究を紹介します。汚泥減量化技術にはオゾン処理および遠心振動ミル破碎¹⁾を採用しました。オゾン処理はオゾン(O₃)の持つ強い酸化力によって、またボールミル(固い球体と原料を容器に入れ、回転を加えることで原料を粉碎する装置)の一種である遠心振動ミル破碎は機械的な破碎によって、汚泥を形成する微生物の細胞膜を破壊



写真1 排水処理実験装置(全体)

し、細胞質を溶出させる技術です。汚泥発生抑制技術には竹炭(2009年2月23日号「ゴミから炭作りできる?」参照)またはシラス(火山灰)担体の添加を採用しました。竹炭には特定微生物を優先化する効果が²⁾、シラス担体には微生物を捕食する原生動物を安定的に共生させる効果があるといわれています。これらの技術



写真2 排水処理実験装置(処理槽)

は、竹炭やシラスなどの有効利用にも貢献できる利点があります。これら4つの技術を導入した排水処理実験(写真1と2)を行い、比較検討しました。排水処理実験方法には、嫌気・好気処理(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)を活用した活性汚泥法を使用しました。以下、この研究のメインテーマである汚泥減量化と排水処理性能の維持の「両立」に関する研究成果を説明していきます。なお、排水処理性能については、枯渇が懸念されているリン(2008年5月26日号「排水からリン資源を回収するシステム」参照)の除去に重点を置いてまとめました。

泥減量化性能および排水処理性能の比較を表1に示します。水質汚濁の指標であるBOD(生物化学的酸素要求量)・T-N(全窒素濃度)・T-P(全リン濃度)の除去性能で排水処理性能を比較しました。また、汚泥減量化・汚泥発生抑制技術を導入していない実験系での汚泥発生量に対する技術導入した実験系での汚泥発生量の割合で汚泥減量化性能を比較しました。

汚泥減量化性能および排水処理性能の比較

項目	実験系	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4
		ミル	オゾン	竹炭	シラス
BOD除去率	[%]	99	98	98	99
T-N除去率	[%]	71	67	71	72
T-P除去率	[%]	82	45	59	52
汚泥減量化率	[%]	52	93	61	2

■汚泥減量化性能の比較

オゾン酸化(Run2)の汚泥減量化率は93%と高く、汚泥減量化性能に優れており、これまでの知見と同じ結果となりました。遠心振動ミル破碎(Run1)の汚泥減量化率は52%にとどまっていますが、処理条件の適正化によって性能が向上することが期待されます。シラス担体添加(Run4)では汚泥発生抑制効果は得られませんでした。竹炭添加(Run3)では汚泥減量化率61%の効果を得られました。「なぜ竹炭を添加すると汚泥が減るのか?」という機構解明も今後の研究展開として考えています。

■排水処理性能の比較

いずれの実験系においても、BODおよびT-N処理性能の悪化は見られませんでした。竹炭にはリン吸着作用があるので、Run3においてT-Pは低くなりました。Run1においては極めて高いリン除去性能が得られました。これは、遠心振動ミルに鋼球を使用しており、汚泥破碎とともに摩耗した鉄が供給され、リンの凝集が引き起こされたためと考えています。鋼球を使用し



た遠心振動ミル破碎では、汚泥減量化とともに、鉄供給によるリン回収が可能となることが示唆され、汚泥減量化と排水処理性能維持を両立した応用技術として期待できます。今後、設備費・運用費などの見積もりや、これらの技術によってどれだけCO₂が削減できるのかを算出することで、汚泥再資源化技術（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」、2007年8月20日号「ごみから水素エネルギーをつくり出す」参照）とも比較できる総合評価ツールの確立を目指していきます。

<もっと専門的に知りたい人は>

1. Akira SANO et. al.: Enhancement in Biodegradability of Excess Sludge by Using Centrifugal Vibration Mill, J. of Chemical Engineering Japan, 38(6), 446-449, 2005
2. 佐野彰ら:発酵水素生産における廃木質系炭化物の固定化担体としての利用、第20回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集、293、2009

3. 佐野彰ら:汚泥発生抑制・減量化技法を適用した活性汚泥排水処理における浄化能および汚泥減量化特性の比較検証、第44回日本水環境学会年会講演集、2010

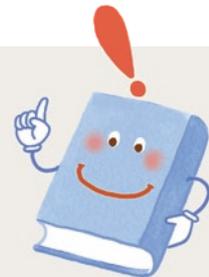


循環・廃棄物の

まめ知識

【活性汚泥法による水処理】

やまもと ともこ
山本 智子



2010年2月22日号

私たちが汚した水は、主に活性汚泥法を用いた下水処理場や浄化槽で浄化された後、川や海に戻されます（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）。汚泥の正体は、細菌や原生動物、後生動物などの微生物の集合体です。活性汚泥法は、汚泥に空気を送り、微生物が排水中の有機物、窒素やリンなどの汚れを分解する力を促進する方法です。微生物は、排水中の汚れをエサにどんどん増えます。つまり、汚れた水をきれいにすればするほど、汚泥が多量に発生するという嬉しくないおまけがついてきます。

日本では、生活排水などの浄化に伴って、1年間に4億4千万m³（東京ドーム300個以上）もの汚泥が下水処理場や浄化槽から発生しています。発生した汚泥の大部分は、産業廃棄物（ゴミ）として脱水後に焼却処理され埋め立てられてきましたが、このままでは埋立地がなくなるという問題や、埋立地からの有害物質の浸出、処理に伴う飛灰やCO₂の発生などの二次的な環境破壊が問題となっていました。そこで、汚泥減量化と汚泥再資源化の動きが出てきました。汚泥減量化は、汚泥を生分解化（微生物が食べやすい形に）して再び

微生物の栄養源とする方法で、例えば、化学的（オゾン酸化、酵素分解、薬剤処理）、物理的（機械的破碎、熱分解、電解酸化）手法や、汚泥の発生自体を抑制する生物的（自己酸化法、食物連鎖法）手法などがあります。一方、再資源化された汚泥は、セメントの原料、軽量骨材、公園や歩道のブロックやレンガ、コンポスト（肥料）として身近な場所で利用されています。最近では、エネルギーとして利用している国もあります。現在、日本では汚泥の約70%がリサイクルされています。ゴミでしかなかった汚泥の有効利用は、循環型社会形成に大きな役割を担っています。施設の規模や地域特性に応じて、汚泥発生量の削減と発生汚泥の再資源化の使い分けが重要です。技術は発達していますが、最も大切なことは、やはり食べ残しや油、洗剤などの汚濁物を極力流さないよう心掛け、そもそも排水量を減らす環境意識だと思えます。



鉄鋼業における CO₂ 排出量と最終処分量のトレードオフ

かわい こうすけ
河井 紘輔

2010年3月8日号

日本における2007年度の温室効果ガス総排出量はCO₂換算で約13億7100万トン、そのうち約4億6800万トンが産業部門からのエネルギー起源CO₂排出量です。さらに産業部門において排出量が最も多いのが鉄鋼業で、約1億7600万トンを排出しています。鉄鋼業では地球温暖化対策として、粗鋼生産量1億トンの場合、2010年度の鉄鋼生産工程におけるエネルギー使用量を1990年度に対し10%削減する目標を掲げています。これまで順調にエネルギー使用量は減少し、2008年度では目標値を上回る11.5%削減を達成しています。一方、廃棄物対策として、2010年度の産業廃棄物最終処分量を1990年度に対し75%削減し、50万トン程度とすることを目標に掲げていますが、2007年度では67%削減の75万トンに留まっています。

鉄鋼業において最終処分量が思うように削減できない理由のひとつが鉄鋼スラグです。鉄鋼スラグとは、製鉄工程において鉄鉱石や鉄スクラップから鋼（はがね）を作り出す際に生産される副産物で、各種の鉱物成分を多く含んでいます。鉄鋼スラグは大きく分けて銑鉄製造工程で生産される高炉スラグと、製鋼工程で生産される製鋼スラグの2種類があります。高炉スラグ及び製鋼スラグの大部分はセメント原料、路盤材、コンクリート用骨材などとして有効利用されている一方で、製鋼スラグの一部は最終処分されています。有効利用されず、最終処分に至る大きな理由のひとつが、製鋼スラグ中に含まれるふっ素（F）です。ふっ素の健康被害としては、斑状歯（歯に白い斑点やしみなどの症状が現れるもの）、骨硬化症、甲状腺障害などが報告されています。鉄鋼スラグなどの産業系副産物を建設資材などに有効利用する際の明確な基準がないために、土壤環境基準あるいは土壤汚染対策法指定基準が準用されているのが現状ですが、一部の製鋼スラグはふっ素がその基準を満たしていないという理由で有効利用できず、最終処分を

せざるを得ない状況になっています（土壤汚染対策法指定基準では、ふっ素の含有量基準は4,000mg/kg以下、溶出基準は0.8mg/L以下）。

これまで製鋼工程では不純物除去のために、カルシウム酸化物のスラグ化を促す溶剤として蛍石（CaF₂）を利用してきました。鉄鋼業で使用される蛍石は年間15～20万トンで、そのほとんどが製鋼工程で使用されます。これにより、熔融状態に至る融点も下げることができ、エネルギー効率も高めることができます。しかし蛍石を利用することにより、結果的に製鋼スラグがふっ素を多く含んでしまい、最終処分せざるを得ない製鋼スラグが生じます。そこで鉄鋼業では、蛍石ではなく、代替溶剤を利用したり、製鋼工程での温度を上昇させて蛍石使用削減に努力し、製鋼スラグ中のふっ素含有量の低減を図り、有効利用を進めてきました。

図1は電気炉スラグの最終処分量（棒グラフ）と電気炉での蛍石使用量（折れ線グラフ）の推移を表したグラフです。蛍石の使用量が徐々に削減されるとともに、電気炉スラグの最終処分量も減少していることがわかります。しかし、蛍石使用削減の代わりに製鋼工程での温度を上昇させるということは、すなわちそれだけ追加的にエネルギーを使用することにつながり、CO₂排出量を増加させてしまいます。

次に図2をご覧ください。年間生成量のうち最終処分された割合を「最終処分率」とすると、電気炉スラグの最終処分率（点線）は1984年の43.4%をピークに着実に減少して2000年以降は10%を下回りました。その一方で、粗鋼（電気炉）1トン生産当たりのエネルギー使用量（実線）は1990年から徐々にではありますが、増加し続けています。エネルギー使用量の増加は、蛍石使用量の削減が要因のひとつとして考えられます。なお、製鋼工程におけるエネルギー

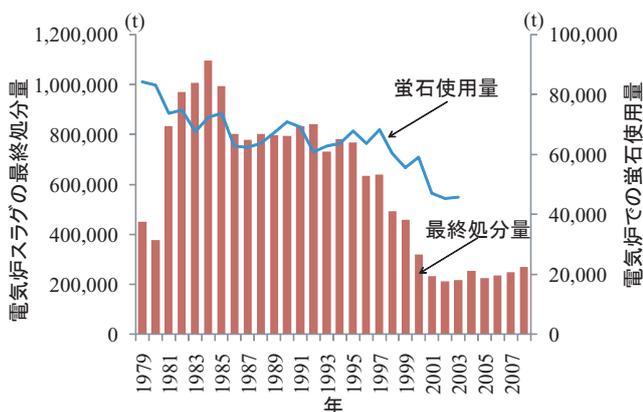


図1 電気炉スラグの最終処分量と電気炉での蛍石使用量の推移

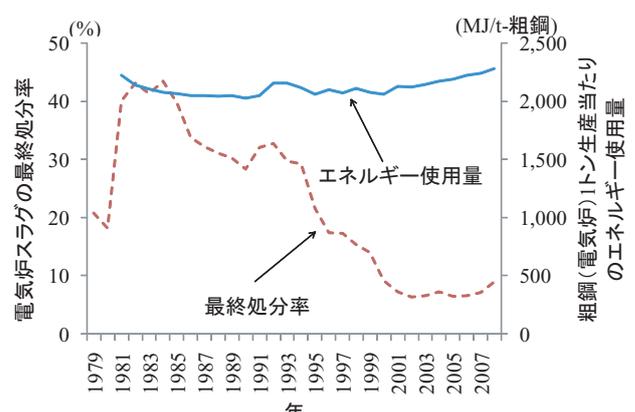


図2 電気炉スラグの最終処分率と粗鋼（電気炉）1トン生産当たりのエネルギー使用量の推移



消費量は鉄鋼業全体のわずか4.3%ですが、鉄鋼業におけるエネルギー消費量は相当多いので、4.3%と言っても決して無視できない大きさです。

このように、エネルギー使用量、すなわちCO₂排出量の削減を目指すべきか、それとも最終処分量の削減を目指すべきか、鉄鋼業ではこの2つの環境問題のトレードオフという悩ましい課題に直面しています。このトレードオフの問題解決には、両者を同時に解決するための技術開発を進めていくことが考えられますが、その前に、蛍石使用量の削減によって、どの程度CO₂排出量が増加し、どの程度ふっ素による環境リスクが低減するのかといった、定量的な関係を理解しておく必要があります。そこで私たちは、両者の定量的な関係について研究を行っています。現時点では解決策は見出せていませんが、例えば、蛍石使用量を制限した際の炉の温度変化に着目し、エネルギー使用量原単位を明らかにすれば、CO₂排出量と埋立処分量とのトレードオフ方程式を得ることができるのではないかと考えています。

製鋼スラグの多くは混合製品あるいは複合製品の一部として有効利用されています。これら混合製品あるいは複合製品が2次あるいは3次利用された場合でも環境安全性(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」参照)が確保できるのであれば、現在は最終処分されている製鋼スラグも有効利用が可能となり、最終処分

量の削減にも貢献するものと思われます。十分なリスク評価を実施した上で、製鋼スラグの有効利用を後押しするためには、土壤環境基準などとは異なる新たな基準が必要となります。どうすればCO₂排出量と最終処分量のトレードオフ課題を克服できるのか、現在、関係者間で議論を進めています。



2010年3月8日号

当ててみよう!

【省エネ製品への買替】

たさき ともひろ
田崎 智宏

Q 問題

省エネ家電製品への買替促進制度である「エコポイント」制度の対象製品のうち、近年の消費電力量の改善率が最も高い製品は、以下のどれでしょうか。

- ① 冷蔵庫
- ② 洗濯機
- ③ エアコン
- ④ テレビ

答えは18ページへ

当ててみよう! の答えと解説



【不適正処分された
廃棄物の処理にかかる費用】^{やまだ まさと}山田 正人

答え ② 約490億円

香川県の豊島では、昭和50年代後半から平成2年にかけて、重金属や有機塩素化合物、ダイオキシン類を含む廃油や汚泥、廃プラスチック類（シュレッダーダスト）等が不適正処分されてきました。これらの廃棄物と汚染された周囲の土壌、約67万トンを、平成15年から平成24年の10年間かけて全量撤去・処理して原状回復する費用は、中間処理施設などの施設整備費が約210億円、施設の運転管理費や撤去した廃棄物等の海上輸送費等が約280億円、合わせて約490億円と見込まれています。

この事業は、まず処分地に汚染が拡大しないように遮水工を施し排水処理施設を設置したうえで、廃棄物を掘削・保管、海上輸送し、別の島（直島）に建設した中間処理施設で破碎・熔融処理し、産出されたスラグや金属、有価金属を含む飛灰を再利用するというものです。

豊島の例のように、過去に行われた不法な行為を原因者に復旧させることは困難な場合が多いのですが、かといって、代行に要する高額な費用を自治体（香川県）だけでは賄いきれません。このため、施設整備費には1/4、有害性の高い物質の処理費には1/2、その他の処理費には1/3の国庫補助が当てられています。また、これらの事例を契機に、過去（平成10年以前）に行われた不適正処分や不法投棄等の原状回復事業を支援するために、「特定産業廃棄物に起因する支障の除去等に関する特別措置法」が平成15年に制定されました。

【シナリオ】^{かよう ちひろ}加用 千裕

答え ③ 6つ

IPCC第4次評価報告書では、A1FI、A1T、A1B、A2、B1、B2と呼ばれる6つのシナリオグループ（ある社会・経済のシナリオのもとでの複数の温室効果ガス排出のシナリオ群）ごとに、そのグループにおける例示的な排出シナリオのもとで予測される将来の気候変化が示されています。シナリオグループは、排出シナリオに関する特別報告書（Special Report on Emissions Scenarios）において開発されたもので、今後の社会・経済の方向性について「経済発展志向（A）か環境保全志向（B）か」、「地球主義志向（1）か地域主義志向（2）か」の2つの軸が設定され、それぞれの組み合わせによって、A1、A2、B1、B2の4つの社会・経済の将来像が描かれています。さらにA1は、エネルギーの供給や利用における技術革新の選択肢が異なる3つのシナリオ（化石エネルギー源重視（A1FI）、非化石エネルギー源重視（A1T）、全てのエネルギー源のバランス重視（A1B））に分割され、計6つのシナリオグループがあります。

例示的な6つの排出シナリオのもとで予測されている気温上昇には大きな違いがあります。例えば、環境の保全と経済の発展を地球規模で両立していくB1シナリオでは、温室効果ガス排出量が最も少なく、20世紀末から21世紀末までの平均気温の上昇は1.1℃～2.9℃です。しかし、化石エネルギーを使い続けて地球規模で経済発展を進めていくA1FIシナリオでは、温室効果ガス排出量が最も多く、平均気温の上昇は2.4℃～6.4℃と報告されています。

当センターで作成した資源・廃棄物フローと資源循環・廃棄物管理システムのシナリオ（2009年11月2日号「循環型社会ビジョン検討のためのシナリオ・プランニング」参照）においても、「グローバル化（地球主義志向）かリージョナル化（地域主義志向）か」の軸が選定されています。このように貿易体制や地域社会の変化は廃棄物管理と地球温暖化のどちらにも大きな影響を与える可能性があります。

【アオコ】^{じんぼ ゆうすけ}神保 有亮

答え ④ 呼吸障害を引き起こす

アオコは世界各地で観察されており、我が国においても霞ヶ浦をはじめとする閉鎖系湖沼において毎年のように観察されています。アオコは藍藻類が異常増殖する現象であり、アオコが発生した湖沼は緑色のペンキをまいたような色になります。アオコはカビ臭の原因となる物質をつくったり、貧酸素水塊（酸欠状態の水塊）を形成したりしますが、近年ではミクロ

キスチンという毒素をつくり出す問題が注目されています。このミクロキスチンは青酸カリの数十倍の毒性を持ち、魚や水鳥に大きな影響を与えています。呼吸障害を引き起こすのは、アオコではなく、富栄養化の原因の1つである硝酸態窒素です。飲料水等に含まれた硝酸態窒素を過剰摂取することにより、人体内の酸素が欠乏状態になり、皮膚や口唇が青紫色に変化（チアノーゼ）し、呼吸障害、意識障害などを引き起こします。これをメトヘモグロビン血症と言います。しかし、アオコもメトヘモグロビン血症も水質汚染によって引き起こされる問題です。

途上国の農村部では、汚水処理システムが発達しておらず、生活排水は河川や湖沼へそのまま垂れ流しになっているのが現状です。加えて、都市部の急激な経済発展により、都市部やその周辺地域の河川、湖沼の水質汚染は深刻になる一方です。コスト的な問題から、最先端の汚水処理システムの導入、運営も難しいため、途上国では低コスト、低エネルギー型の汚水処理システムが求められています。同時に、海水面の上昇や生態系の変化などの地球温暖化の影響も各地で表面化していることから、温室効果ガス発生が少ない汚水処理システムも求められています。

【ノートパソコン中の水銀使用部品】^{かわぐち みつお}川口 光夫

答え ④ 内蔵ディスプレイのバックライト （液晶を明るくする装置）

内蔵ディスプレイのバックライトは冷陰極管と呼ばれ、家庭の照明によく使われている蛍光灯に似た原理で発光する径の細い小型蛍光管が使用されています。

小型蛍光管には、細いガラス管の両端に電極が取り付けられ、中にアルゴンやネオンという不活性ガスと水銀が封入されています。蛍光管の発光は、電極間に高電圧をかけ気体中に存在する電子を加速して水銀原子に衝突させ、励起した水銀原子から紫外線を放出させてガラス管内壁に塗布された蛍光体で可視光に変換することで行います。

このため、バックライトに冷陰極管を使用する限り水銀の使用をやめることはできませんが、近年技術開発が進んだため使用量は5mg/本程度まで減ってきました。また、ノートパソコン中にはバックライトの他にボタン型リチウム電池が使用され、その中にも水銀が微量使われています。

今後は水銀をできる限り使用しない製品づくりがますます求められます。バックライトには水銀を含まないLEDが使用できます。ボタン電池にも無水銀化に成功した電池が販売されています。これらの部品を使用した水銀を含まないノートパソコンが、近い将来製造されるでしょう。

ところで、これまで蛍光灯やノートパソコンのような製品に使用されていた水銀はリサイクルの過程で回収され、再びバックライトなどに使用されていました。ところが、水銀を使用しない製品が製造されるようになると、リサイクルの過程で回収された水銀は溜まるばかりで行き場が無くなります。このため、回収された水銀をどうするか検討（2010年1月25号「余剰水銀を安全に長期保管するために」参照）が始まっています。

【省エネ製品への買替】^{たさき ともひろ}田崎 智宏

答え ① 冷蔵庫

「エコポイント」制度の対象製品はテレビ、エアコン、冷蔵庫の3品目で、家庭で消費する電力量が大きい家電製品の上位3品目（照明を除く）に対応しています。

省エネ製品の買替は、省エネ効果がある一方でごみや物的資源消費を増やすため、本当に環境負荷の低減につながるのか、検討の余地があります（詳しくは、国立環境研究所地球環境研究センターニュース19(6)「省エネ製品に買い替えるべき？」参照）。とはいえ、省エネ効果が非常に高い製品は、資源消費等の増大を補っても余りある効果があります。

冷蔵庫は、対象3品目のなかでも最も消費電力量の改善率が高く、100L位の容量に大型化しても十分に「省エネ」効果があります。ただし、廃冷蔵庫に含まれるフロンが大気中に放出されるとオゾン層の破壊につながりますので、適正処理されるように留意する必要があります。なお、テレビやエアコンは、人によって使用する時間が異なりますが、買替が「増エネ」になるケースもありますので、あまり使っていない製品は買替について慎重に判断すべきです。

バックナンバーの目次

Vol.1

■ 2006年11月5日号		
環境創刊のご挨拶	p01	
廃棄物の研究って？	p12	
ごみ研究の歴史（第1回）	p24	
研究報告「家電リサイクル法の実態効力の評価」	p28	
■ 2006年11月20日号		
近未来の循環型社会のビジョンを一緒に考えましょう！	p28	
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トビリティ	p01	
高齢化社会とごみ問題-家庭からの医療系ごみが急増？-	p04	
■ 2007年4月16日号		
ごみの建設材料へのリサイクルと環境安全性	p06	
溶出試験	p07	
■ 2007年5月7日号		
研究所の春の一般公開イベント～開催報告～	p20	
■ 2007年5月21日号		
埋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、パソコンのゆくえ	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		
イエ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		
イエール大学産業エコロジーセンター滞在記(2)	p20	

Vol.4

■ 2008年3月17日号		
リサイクル品の偽装・不適正表示問題	p02	
■ 2008年4月7日号		
国際的な活動を中心とした対外活動の最近の状況	p01	
■ 2008年4月21日号		
家庭ごみからの金属回収可能性は?	p04	
可燃ごみ中の金属のゆくえ	p05	
■ 2008年5月12日号		
循環センター 2008年春の一般公開	p18	
イエ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	
イエ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年夏の公開	p19	
イエ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	

Vol.6

■ 2009年4月6日号		
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～	p01	
チェンジ	p02	
■ 2009年4月20日号		
家庭製品中の難燃剤の室内環境への影響	p04	
R o H S 指令	p05	
■ 2009年5月11日号		
循環センター 2009年春の一般公開	p16	
■ 2009年5月25日号		
生ごみの品質とリサイクル方法	p06	
エネルギー収支比（E P R）	p07	
■ 2009年6月8日号		
都市鉱山と金属資源のリサイクル	p08	
使用済みの携帯電話	p09	
■ 2009年6月22日号		
サービスの脱物質化と低炭素社会	p10	
詰替商品の利用による「脱物質化」	p11	
■ 2009年7月21日号		
ブラウン管テレビのリサイクル問題	p03	
■ 2009年8月24日号		
循環センター 2009年夏の公開	p17	
ごみの管路輸送システムとつくば市での廃止事例	p18	
■ 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		
廃棄物の適正管理	p12	
化審法の改正	p13	
■ 2009年9月28日号		
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	p14	
R D F と R P F	p15	

『環境』総集編 Vol.1～Vol.6の目次一覧です。
本号と併せて、読んでみてくださいね！





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

「環境」の最新記事はこちらで!

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

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可
本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [Aランク]のみを用いて作製しています。