



# 環境儀

NO.57 JUNE 2015

国立環境研究所の研究情報誌



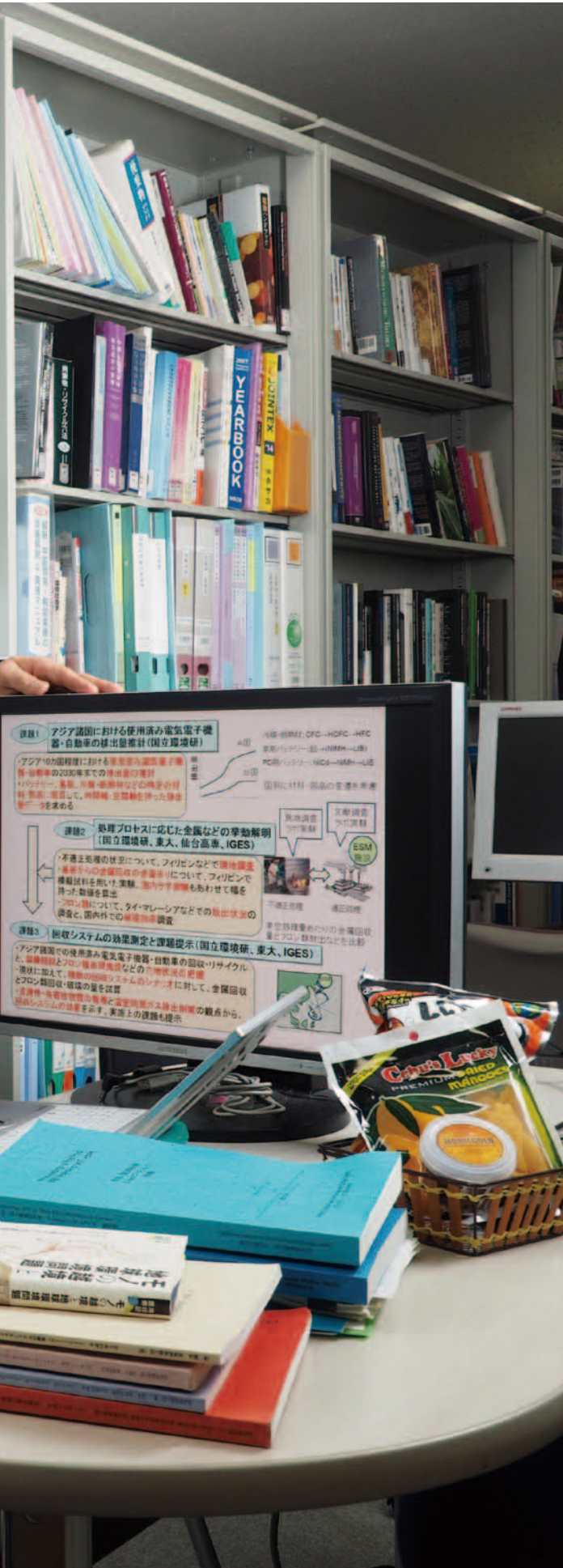
## 使用済み電気製品の 国際資源循環

日本とアジアで目指す E-waste の適正管理





使用後に廃棄されるテレビやパソコン、携帯電話など電気製品の台数が増えています。電気製品には有害物と資源が含まれているので、「危ない」と「もったいない」の両方を考える必要があります。国際資源循環研究では、日本や世界で使用済み電気製品が安全に資源として役立つようフローや適正管理のあり方を追求しています。



便利な生活を支えている電気製品も、いつか必ずごみになります。使用済みの電気製品には有害性と資源性の両方の性質があるため、適正に回収し、リユースやリサイクルをすることが求められています。しかし、日本では使用済みの電気製品が金属スクラップに混入して、有害物質が海外に輸出されたり、港で保管された金属スクラップから火災が生じたりすることがあります。さらにアジア諸国では、野焼きされるなど使用済み電気製品が不適正に扱われることがあります。

国立環境研究所では、国内の使用済み電気製品の発生や回収などのフローを調べ、中古電気製品や金属スクラップとして海外にも輸出されている現状や制度の課題を明らかにしてきました。また、アジア諸国でも、輸入ばかりでなく国内で発生する使用済み電気製品に対して、処理の状況や環境影響などの調査に取り組んできました。

国内外で発生したり、国を超えて移動したりする使用済み電気製品を対象として、フローや適正管理のあり方を調べ、政策提言を行うのが国際資源循環研究です。本号ではこれまでの研究活動やその成果を紹介します。

C O N T E N T S



使用済み電気製品の  
国際資源循環

日本とアジアで目指す E-waste の適正管理

- Interview 研究者に聞く  
使用済み電気製品を安全に  
資源として役立たせるために …… p4～9
- Summary  
日本から使用済み電気製品の  
適正な国際資源循環を考える …… p10～11
- 研究をめぐって  
使用済み電気製品の適正管理に向けた  
様々な取り組み …… p12～13
- 国立環境研究所における  
「使用済み電気製品の国際資源循環に  
関する研究」のあゆみ …… p14

# Interview

## 研究者に聞く

使用済み電気製品は、重金属などの有害物質と貴金属などの資源を含んでいるため、有害物質を環境中に排出しないようにしながら資源を活用することが必要です。しかし、実際は多くの使用済み電気製品が日本やアジアで不適正に廃棄されています。資源循環・廃棄物研究センター 副センター長の寺園淳さんは、この実態を調査し、適正にリユース・リサイクルするための研究を行っています。



寺園 淳 / 資源循環・廃棄物研究センター 副センター長

## 使用済み電気製品を 安全に資源として役立てるために

### 使用済み電気製品のゆくえ

Q：研究はいつから始めましたか。

寺園：1996年に国立環境研究所に赴任した後、2001年からアジアの廃棄物問題に関する研究に取り組んでいます。そのころ、国内では使用済み電気製品の不法投棄が問題になり、また日本などの先進国からアジアの途上国への使用済み電気製品の輸出がクローズアップされてきました。

Q：電気製品とは具体的にどんなものを指しますか。

寺園：テレビ、エアコンや冷蔵庫などの大型家電から、掃除機、オーディオ機器、ゲーム機、パソコンや携帯電話など比較的小型のものまで、様々な電気電子機器が含まれます。このような電気製品が使用後に中古品として再び使われなければ廃棄物となり、世界では“E-waste”と呼ばれることがあります。

Q：使用済み電気製品はどのように処理されているのですか。

寺園：家庭から出される廃棄物は各市町村が集めて、処理をします。以前、家電4品目(テレビ、エアコン、

### コラム① 3R (スリーアール) と使用済み電気製品

3Rとは、リデュース (Reduce、廃棄物の発生抑制)、リユース (Reuse、再使用)、リサイクル (Recycle、再生利用) の頭文字をとってできた言葉です。リデュースはごみを減らすこと、リユースは再使用すること、リサイクルは資源として再び利用することをいいます。2004年のG8サミットで小泉元首相が「3Rイニシアティブ」を提唱し、翌年に3Rイニシアティブ閣僚会合が日本で開催されたから、世界でもよく知られるようになりました。

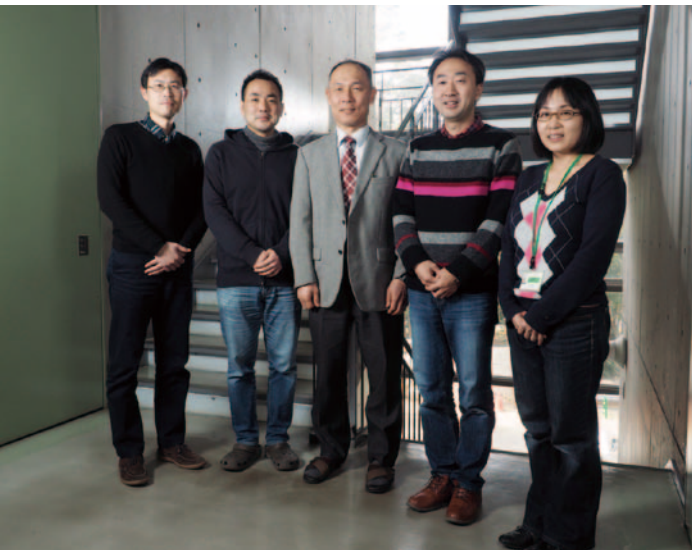
2000年に制定された循環型社会形成推進基本法には、リデュース、リユース、リサイクルの順に優先順位があると述べられていました。3Rの考え方は、「大量生産・大量消費・大量廃棄」型の経済社会から脱却して、資源の消費を抑制し、環境への負荷が少ない「循環型社会」を構築するための重要な手段として、この基本法の中に既にこめられていたともいえます。基本法では、リサイクルは再生利用(マテリアルリサイクル)と熱利用(サーマルリサイク



ル)に分かれていますが、リサイクルの中でも再生利用の方が優先順位が高くなっています(図1)。

しかし、家電リサイクル法や小型家電リサイクル法のような電気製品のリサイクルに関する法律では、リサイクルだけを推進しているといわれることもあります。そこで、リデュースやリユースをどのように促進するかが今後の課題です。

また、アジア地域でも、循環型社会を構築することが大きな課題であり、そのためには各国で使用済み電気製品の3Rを進めながら、不適正な輸出入を防止することが必要です。リサイクルの施設が不十分な国も多いので、一部の電子部品については日本が輸入をしてリサイクルすることを始めています。



国際資源循環の研究チーム（左から湯、小口、寺園、南齋、吉田）

洗濯機・乾燥機、冷蔵庫・冷凍庫）は粗大ごみとして扱われ、鉄などを回収するだけで大部分は埋め立てに用いられていました。そのままでは処分場はすぐにいっぱいになり、金属資源のリサイクルや有害物の適正な処理もできません。そこで「家電リサイクル法」が制定され、2001年から家電4品目のリサイクルが始まりました。

**Q：**家電リサイクル法とは、どんな法律ですか。

**寺園：**使用済みの家電をリサイクルし、資源を有効利用するとともに、埋め立て処分量を減らすための法律です。消費者は買い替えの時に小売業者に料金を払って使用済み家電の引き取りとリサイクルを依頼し、小売業者は使用済み家電を引き取って製造業者へ渡します。製造業者はリサイクル（法律上は再商品化の名称）を行い、家電に使われている鉄・銅・アルミや貴金属などの資源を効率よく回収し、鉛などの有害物質を適切に処理します（P.6上部写真（上））。この

法律は3R（コラム1参照）で提唱するリデュース、リユースを推進せず、リサイクルだけを定めているという批判もあります。そのため、地域によっては不法投棄が行われ、また無料で使用済み家電を回収する業者が現れるようになりました。

## 不正輸出されるおそれのある 使用済み電気製品

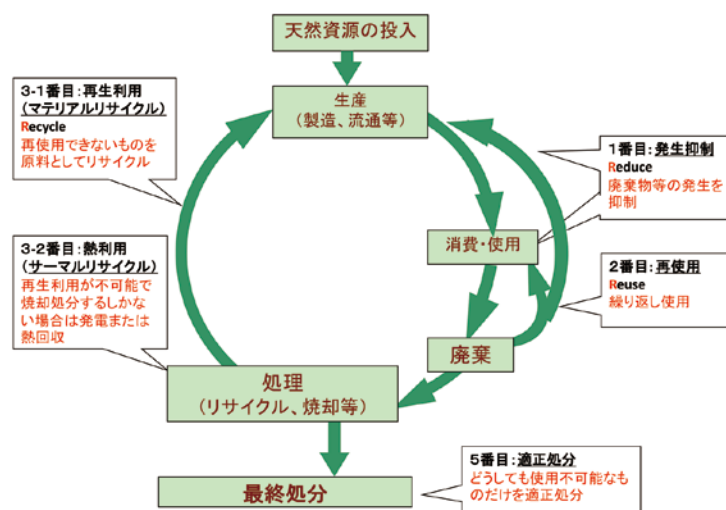
**Q：**不用品回収のトラックやチラシはよく見かけますね。

**寺園：**不用品回収のトラックは、全国で見かけることができ、家電4品目などの様々な電気製品を含む不用品を「壊れていても大丈夫」とアナウンスしながら回収しています。使用済み電気製品の回収の仕組みは、家電やパソコン、小型家電でそれぞれ異なるため消費者には理解しにくく、さらに料金や手間もかかります。これに対して、無料で回収してくれる不用品回収業者はとても便利です。実際に、回収した電気製品はリユース目的で海外へ輸出されることが多いようです。しかし、集めた不用品の行き先などについてたずねても、説明してくれた業者はありませんでした。

**Q：**不用品回収では、何が問題ですか。

**寺園：**廃棄物の収集には市町村の許可が必要ですが、ほとんどの不用品回収業者はその許可を持っていません。また、無料回収といいながら荷物を運んだ後に高額を請求する詐欺的な業者もあります。

**Q：**リユースできる電気製品であれば、不用品回収業者に任せてもよいのですか。



■ 図1 3Rとその順位

左の漫画は「ハイムーン工房のホームページ」より、右の図は環境省（2005）「日本の3R推進の経験」より修正して引用

**寺園**：リユースの中でも望ましいのは、不用品回収業者とは違いリユースショップは厳しく査定をして使用済み電気製品を引き取ります。一方、海外でのリユースもダメではありませんが、最近では中古品の輸入規制を強化する国が増えており、正常に作動しない製品を輸出すれば不適正輸出とみなされる可能性があります。そこで、輸出をする不用品回収業者は、回収目的や輸出先などを消費者に説明した上で回収してほしいのですが、そうになっていません。回収した不用品の中にリユースに適さないものがあれば、国内で金属スクラップ業者に渡されてつぶされてしまったり、最悪の場合は不法投棄されることがあります。

**Q**：金属スクラップとは何ですか。

**寺園**：家電や解体した工場の配電盤などが混ざった雑多なスクラップで、ミックスメタルとか雑品ともいわれます(P.6上部写真(下))。鉄や銅などの金属を多く含むので、ほとんどが中国へ資源として輸出され、リサイクルされています(P.7上部写真(上))。しかし、国内で適切な選別をしないで輸出するので、中国から廃棄物とみなされるおそれや有害物質が含まれている場合があります。最近では港などに保管された金属スクラップから火災が発生し、周辺に多大な迷惑を与えています。石油化学タンクに燃え移りそうになるなど非常に危ない例もありました(P.7上部写真(下))。ほとんどの火災は原因が不明で、電気製品が火元とはいえませんが、電気製品には発火や延焼を誘発する金属やプラスチックが含まれていますし、火災防止対策も十分とはいえません。

**Q**：使用済み電気製品の不正輸出を取り締まる方法は



国内の家電リサイクル施設における液晶テレビの分解  
(2009年)



洗濯機などが混ざっている家電系の金属スクラップ  
(2012年)

ないのですか。

**寺園**：国内では、定められた施設や業者以外が電気製品をつぶして金属スクラップに混ぜるなどの処理を行うと廃棄物処理法違反になります。フロンや有害物質が放出されて環境汚染の原因にもなるため、環境省は2012年3月に自治体に通知を出し、使用済み電気製品には廃棄物処理法の厳しい適用を促すなど対策を強化していますが、まだ十分とはいえません。

また、使用済み電気製品の不正輸出は、バーゼル法(特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律)と廃棄物処理法により輸出を水際で規制しています。有害物質の濃度が基準を超えていれば特定有害廃棄物等という規制対象になり、バーゼル法に則した手続きが必要です。しかし、金属スクラップのような雑多なものは代表的なサンプルの分析が難しいなどの理由

## コラム⑧ 中古電気製品の輸出

日本の使用済み電気製品は、中古電気製品や金属スクラップとして輸出されています(図2)。

使用済み電気製品が家電リサイクル法などの法律に基づいてリサイクルされれば、リサイクルの流れ(フロー)を確認できます。しかし、法に基づかない回収では、回収量を正確に把握することはできません。不用品回収業者による回収ルートはその典型で、「見えないフロー」と呼ばれています。このフローでは、多くの中古電気製品はリユース目的で中国以外の海外へ輸出されているか、金属スクラップに混ぜられて中国へ輸出されていると考えられています。

家電4品目は、日本の貿易統計の中古品の品目分類から、輸出先を把握できます。例えば、テレビはフィリピン、ベトナム、マカオなど、冷蔵庫は香港などの経由地を経て東南アジアやアフリカへ輸出されています。家電4品目以外は、貿易統計に品目分類がありませんが、輸出単価を用い

て検討できる場合があります。それによれば、携帯電話は香港やアフガニスタンなど、パソコンは香港などが主な輸出先のようなようです。一方で、その他の小型家電については、輸出状況を把握することは簡単ではありません。

このような使用済み電気製品の輸出は、リユースできない使用済み電気製品のごみ処理のためではないか、と懸念されることがありますが、一部の悪質な事例を除いてほとんどそれは考えられません。むしろ、リユースしてもごく短い期間でごみになることや、再組み立て品を生産した後、残渣(ざんさ)が不適正に処分されることが懸念されます。フィリピンなどで日本の中古電気製品へのニーズはあるものの、近年は、不正輸出を取り締まるため国際的に輸出入規制が強化されつつあり、日本でも水際の輸出管理の強化が求められています。



日本から輸入された金属スクラップを中国で手選別している様子 (2010年)



港湾での金属スクラップ火災 (2012年、尼崎市消防局提供)



びは、日本からアジアの国々にたくさん輸出されてきました。主な輸出先は香港でしたが、現地の輸入規制が強化され、最近ではフィリピンやミャンマーへの輸出が比較的多いようです。日本で地上アナログ放送が終了した2011年は283万台も輸出されましたが、その後激減しています。2012年と2014年にフィリピンの視察をしたところ、フィリピンでは日本製テレビの人気が高く、日本製であることを強調して販売していました(P.8上部写真(上))。まだブラウン管テレビが使われており、調子が悪い製品でも修理をして販売していました(P.8上部写真(下))。

**Q:** 使用済み電気製品の取り扱いはどうでしたか。

**寺園:** 使用済み電気製品の不適正なリサイクルによる健康や環境への影響については海外研究機関の調査事例が多いですが、私たちが現地調査を行っています(コラム3参照)。たとえば、中国には使用済み電気製品の不適正な解体やリサイクルで知られている場所が多数あります。最も有名なのは南部の広東省のGuiyuという村で、世界から多くの使用済み電気製品を輸入しており、そこでは基板の解体やケーブルの野焼きなどで発生する鉛やダイオキシン類による環境汚染が起きています。日本の金属スクラップは中部の浙江省で解体されています。中国の不適正なリサイクルは、規制強化や機械化でかなり改善されたと聞きますが、まだ注意が必要です。

**Q:** アジアの国々にリサイクルの制度はありますか。

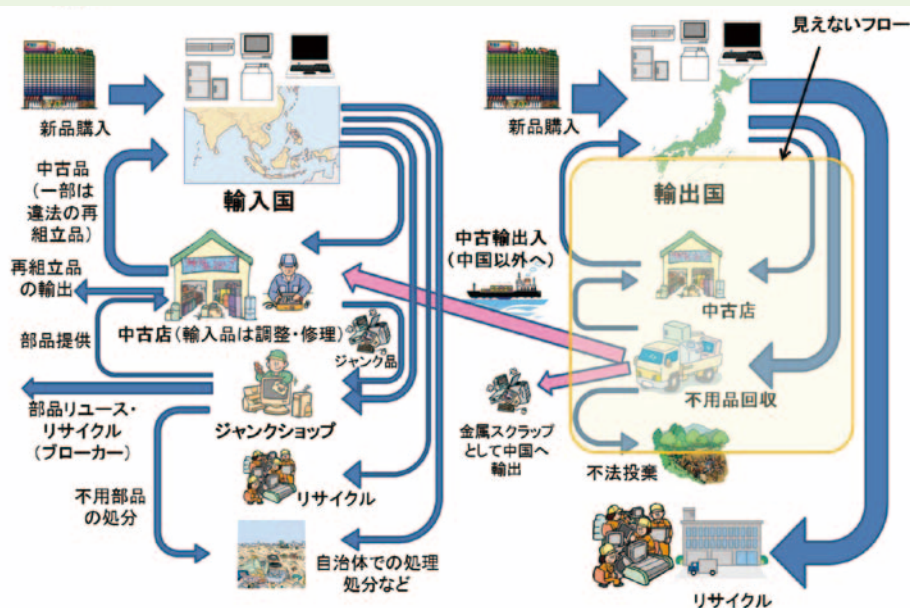
**寺園:** 中国や韓国にはリサイクルの制度や高度なリサイクル設備を整えた施設があります。問題はそれらのリサイクル施設に使用済み電気製品が集まりにくいこ

で、これらの法律が十分に機能していません。また、リユース目的の輸出は厳密にはどちらの法律も対象外ながら、環境省は中古品輸出基準をつくって2014年4月から適用しています。国内での取り扱いと輸出の水際の両方で、対策が強化されつつあります。

## アジアでの使用済み電気製品の実態

**Q:** 日本の使用済み電気製品の輸出先はどこですか。

**寺園:** リユース目的の電気製品は、フィリピンやタイ、ベトナムなどの東南アジアや、中東、アフリカに輸出され、リサイクル目的の金属スクラップはほとんどが中国に輸出されています。私たちはこれまで貿易統計と現地調査から、使用済み電気製品の輸出の実態を明らかにしてきました。例えば、中古のブラウン管テレ



■ 図2 中古電気製品の輸出入を含む、輸出国と輸入国でのフロー全体のイメージ

とで、中国では補助金を使って集めようとしたこともありましたが、ベトナムでは2015年から徐々に新しい制度が始まることになっています。タイやフィリピンでは、新たな制度で回収やリサイクルを試みようとしています。簡単ではないと思われま

## 不適正なリサイクルを適正にするために

**Q:** このような不適正なリサイクルを適正にするために研究を行っているのですね。

**寺園:** そうです。国によって状況が違うので、まず日本とアジアの実態を正確に把握しなければなりません。日本はリサイクルの制度や施設は整備されているのですが、法律の種類が多くて複雑なので、わかりやすさが必要です。リデュースやリユースの努力も必要です。一方アジア諸国では、以前は先進国からの輸入ばかりが注目されていましたが、最近は何の国でも電気製品が多数使われているため、自国で発生する廃棄物の対策を考えねばなりません。自発的なリユースが進んでいる国も多いので、リサイクルを適正な方向に導くことが重要です。

**Q:** どのように研究を進めていますか。

**寺園:** 国内では、使用済み電気製品のフローを明らかにするために自治体での回収状況の調査や貿易統計の解析をしています。金属スクラップに含まれている有害物質を調べ、法律上の課題も検討しています。金属スクラップの火災が発生した場合は、可能な限り現場に駆けつけ、火災原因の調査に協力するとともに、現地の消防署や海上保安庁など関係者との情報交換を



フィリピンで日本の中古電気製品を販売しているリユースショップ (2012年)



フィリピンで日本から輸入された中古ブラウン管テレビを修理・調整している様子 (2012年)

行っています。金属スクラップは、自治体の廃棄物・消防当局や環境省など多数の行政にまたがる問題ですが、関係する法制度が異なるため、行政間の連携はほとんどありません。そこで、私は行政間をつなぐ潤滑油の役割を意識して、また制度の適用可能性や消費者へのわかりやすさを重視して提言しています。

**Q:** アジア諸国の実態を調べるのは難しいのではないのでしょうか。

**寺園:** はい。研究を始めた頃は、アジアの使用済み電気製品の状況に関する論文も少なく、情報を集めるのが難しかったので、2004年からアジアのE-wasteに関するワークショップを開催しました。アジア諸国を中心に専門家を数名ずつ招待して講演をしてもらい、情報を交換しました。2013年まで全部で9回行ったのですが、おかげで情報が集まり、アジア諸国の状

## コラム③ アジアにおける不適正なリサイクルによる健康と環境への影響

使用済み電気製品の不適正なリサイクルによる健康と環境への影響については、中国とインドで多数の調査結果があります。調査から、投棄現場からの重金属の放出、解体作業からの粉じん飛散、野焼きによる有害物質や灰の発生、ハンダ除去などの加熱作業からの鉛の揮散、シアンや酸の処理排水などが問題になっています。E-wasteによる環境汚染で知られている中国広東省貴嶼 (Guiyu) 鎮などアジア諸国のリサイクル現場の大気、焼却灰、粉じん、土壌、水、および底質から、高濃度の鉛やダイオキシン類が検出されており、周辺地域の人々の健康と環境への被害が懸念されています。

私たちはこれまでフィリピンやベトナムで、不適正なリサイクル現場での健康や環境への影響を調査してきました。フィリピンでは、ジャンクショップの裏庭で子供が素手でブラウン管を壊して、取りだした鉄を親に渡していました (P.9 上部写真(上))。けがの危険がある上、ブラウン

管の中の鉛によって呼吸器や周辺環境を害することが懸念されます。ベトナム北部のE-wasteリサイクル村では、2012年から3年にわたるフィールド調査を実施し、表層土壌と河川底質を分析して周辺環境への拡散状況を評価しました (図3)。リサイクル施設と電源ケーブル野焼き現場 (P.9 上部写真(下)) の近くでは、E-waste由来と思われる重金属類やダイオキシン類が高濃度で検出されました。

近年は何の国も電気製品の利用や廃棄物発生量が増加していることから、輸出入の管理のみならず、リサイクル現場における環境影響の把握や適正管理が求められています。フィリピンなど多くのアジア諸国では使用済み電気製品の回収・リサイクル制度が整備されておらず、十分な施設もありません。制度と技術面での協力が必要です。





フィリピンの裏庭での子供によるブラウン管の破壊と鉄の回収 (2012年)



ベトナムでのケーブルの野焼きの状況 (2012年)



## 電気製品の使用後にも関心を

**Q:** 使用済み電気製品の適正な循環に向けて私たちに何ができますか。

**寺園:** まず、自分たちが使っている電気製品が使い終わった後のことに関心を持ってほしいです。リデュースやリユースをするのが最もよいのですが、それでも不用になった場合は適正なリサイクルの方法で出してください。方法がわかりにくいときはホームページなどを調べるとよいです。適正な許可をもっていることや不用品の行き先が明らかでない限り、不用品回収業者の利用はお勧めしません。

アジア諸国での不適正なリサイクルについては、排出者が現地の人々である限り、私たちと直接の関係はあまりないと思います。それでも、もし私たちが廃棄した使用済み電気製品が、密輸されたり金属スクラップに混入して輸出された場合は、不適正にリサイクルされる可能性もあるので、それは避けねばなりません。最近では、アジア諸国で適正にリサイクルできない電子部品を日本の非鉄製錬業者が輸入して、リサイクルすることが増えています。これはアジアの使用済み電気製品に対して日本が技術で貢献している例です。

**Q:** 研究の展望は？

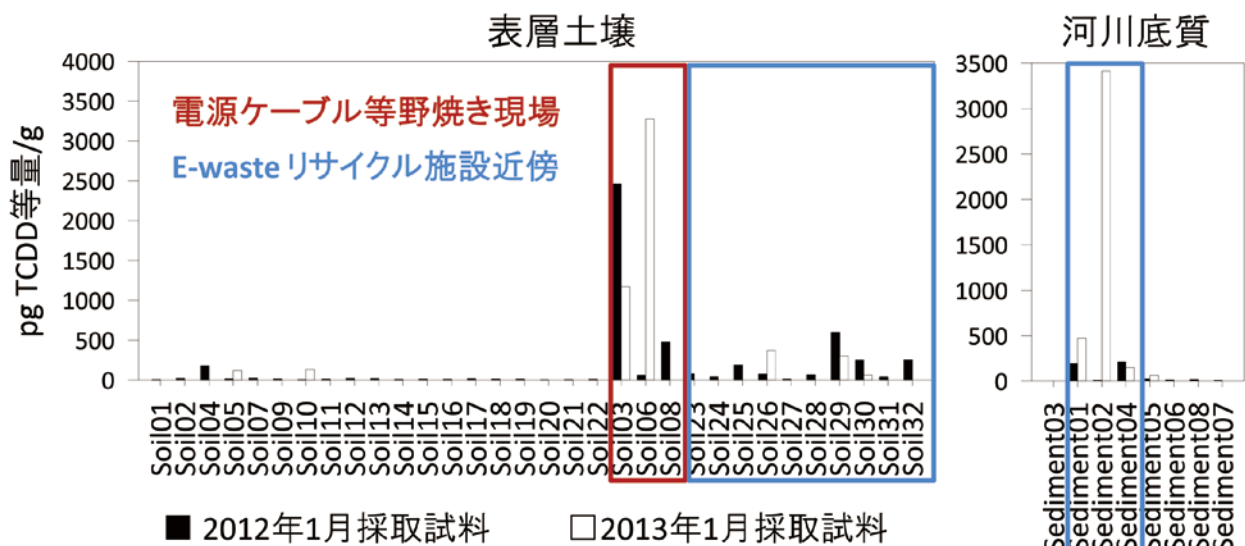
**寺園:** 日本とアジア諸国の使用済み電気製品の実態を明らかにし、問題を解決するための提言が行えるよう、これからも研究を進めていきます。使用済みの電気製品を安全かつ適正に循環させるために、回収やリサイクルの方法などについて、国や自治体にご意見を寄せるなど関心を持っていただけたらと思います。

況がかなりわかってきました。

その中の何名かの研究者とは、共同研究を行い、論文を書いたり、現地での使用済み電気製品の実態調査を始めたりすることができました。このような海外の調査では、信頼できる共同研究者をみつけることが大切だと思います。

**Q:** それはなぜですか。

**寺園:** 使用済み電気製品に限らず廃棄物処理の現場は辺りな場所にあることが多く、自力で行くことは難しいからです。政府や地元の行政も実態を知らないことや見せないこともあります。以前、ある国の調査では、不適正なリサイクルの現場に近づかないように、地元政府の人たちに監視されました。一步間違えると、国際問題にもなりかねませんから、信頼できる現地の共同研究者と調査に行くことはとても重要です。



■ 図3 ベトナム北部の E-waste リサイクル村におけるダイオキシン類緑化合物の定点モニタリング結果

## 日本から使用済み電気製品の適正な国際資源循環を考える

使用済みの電気製品には有害性と資源性を持つ物質が含まれており、「危ない」と「もったいない」の両方を考える必要があります。日本ではリサイクル制度も整備されてきましたが、「見えないフロー」を通じた不適正な取り扱いや輸出も少なくありません。適正な国際資源循環のあり方を、まず日本から考えることが大切です。

### 日本の使用済み電気製品のフロー

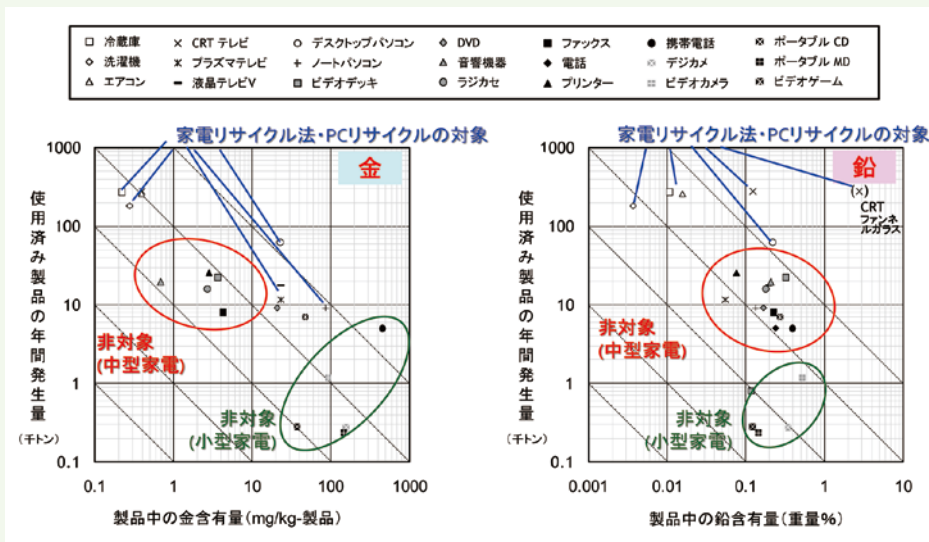
電気製品には、有害性や資源性を持つ金属が多く含まれています。有害性を持つ物質としては、鉛、カドミウムなどの金属や、ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDE)のような難燃剤があげられます。人体に直接有害でなくても、地球温暖化やオゾン層破壊に寄与するフロン類が含まれる製品もあります。一方、資源性を持つ金属としては、鉄、銅、アルミのほか、電子部品の中には金、銀のような貴金属があります(図4)。

2001年に施行された家電リサイクル法では、家電4品目(エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・乾燥機)を対象として、製造事業者による回収・リサイクルの仕組みが整えられました。環境省と経産省の調査と推定によれば、2012年度の総排出台数1,702万台の約67%にあたる1,134万台が製造業者等においてリサイクルされています。一方、不用品回収業者による引き取りは265万台に及びます。貿易統計からは、不用品回収業から中古電気製品のリユース(再使用)目的の海外輸出が138万台、金属スクラップとしての海外輸出が130万台とも推計されています。

### 中古電気製品の輸出

貿易統計はすべての輸出台数を反映していない場合があることを考慮しながら、私たちは中古品輸出量を調査し、2006年から2011年まで毎年200万台を超える中古ブラウン管テレビがフィリピン、ベトナムなどの海外へ輸出されていたことを推計しました。地デジ化が完了して2012年以降はブラウン管テレビの輸出は激減しましたが、リユース目的で輸出される電気製品はパソコンなど他にもあります。

しかし、多くの電気製品については、輸出先、輸出台数や輸出後の状況を理解することは簡単ではありません。私たちの調査で、フィリピンでは日本の中古電気製品に対するニーズがあり、輸出後も多くはリユースされていることがわかりました。しかし、輸入国でそのままリユースされることが疑わしい場合もあるため、水際の輸出管理を強化せざるを得ませんし、国際的にも輸出入規制は強化される方向にあります。その他にも、不用品回収業者が集めた使用済み電気製品がリユースされずに、金属スクラップに混入されたままで輸出されるという問題もあります(図5)。



■ 図4 電気製品に含まれる金属の含有量(横軸)と国内における使用済み製品の年間発生量(縦軸)(有害物質としての鉛(右)と資源性物質としての金(左)の例)

Oguchi et al. 2011. Waste Manage, 31, 2150-2160 に掲載の図を和訳したもの



■ 図5 不用品回収業者のトラック

日本全国で不用品回収業者のトラックやチャリシを見かけます。「壊れていてもよい」とアナウンスして、リユースできない家電製品を集めれば、廃棄物の収集になります。ほとんどの不用品回収業者は廃棄物収集運搬の許可を持っていないので、これは違法になります。回収した電気製品はどこでリユースされるかの説明がほとんどされず、金属スクラップに混入されるおそれもあります。

## 日本からの金属スクラップの輸出の問題点

金属スクラップは雑品、ミックスメタルなどとも称され、鉄が多いものの非鉄金属なども含む未解体・未分別の廃棄物（スクラップ）です。配電盤、モーターなどが含まれる工業系のもので使用済み電気製品が含まれる家電系のもので、およびそれらの混合系のもので分かります。貿易統計と現場の調査を総合して、私たちは年間130～200万トン程度の金属スクラップが輸出されていると推定してきました。

日本からの金属スクラップの輸出先はほとんどが中国で、現地では人の手で金属が種類ごとに選別され、電炉や非鉄製錬に送られて材料としてリサイクルされています。中国における資源利用の高度化は進んでいますが、残渣の処分まで含めた環境汚染や安全管理の観点での課題は残っていると考えられます。

国内では、金属スクラップに対して有害物質管理と資源回収の2つの観点から困難な課題があります。有害物質管理については、例えば鉛がバーゼル法の基準を超過すれば輸出を厳しく規制することが可能ですが、実際には不均一な組成のため、混入があっても規制が困難となっています。資源回収については、現在のリサイクル制度では国外への資源流出を抑える有効な手段がありません。

また、深刻な問題として金属スクラップからの火災の発生があげられます。港湾・船舶において、最近では年間10件程度の金属スクラップ火災が発生しているとみえています。港湾以外の陸上の金属スクラップ保管施設においても同様に火災が発生しています（図6）。これらの火災による人的被害は幸いほとんど生じてい



■ 図6 国内の保管施設における金属スクラップ火災

2013年4月、北九州市内の金属スクラップ保管施設において火災が発生しました。鎮火までに10時間以上かかり、煙害で周辺に大きな影響を与えました。（写真提供：読売新聞）

ませんが、煙害などの苦情、交通障害、停電を含む多大な影響を周辺に与えています。ほとんどの事例で出火原因が判明しておらず、また消火には数十時間も要する場合があります。そのため、金属スクラップの火災防止も重要な課題といえます。

## 適正な国際資源循環を目指す

国内の家電リサイクル法についてはリサイクル費用の回収方式とともに、「見えないフロー」とも呼ばれる不用品回収業者を通じた海外輸出の制御が大きな課題として議論されてきました。さらに、パソコン、小型家電など品目によって異なる複数のリサイクル制度があり、消費者にはややわかりにくくなっていることも課題です。それぞれの制度では回収やリサイクルの基準や責任が求められていますが、結果として不適正な越境移動に至る場合があります。不適正な輸出を防止するためには水際のみでの対策には限界があり、各種制度に基づく国内リサイクルに対する意識の向上と協力を消費者にも求めるとともに、消費者にもわかりやすい制度を考える必要があります。

自治体の処理施設への負荷軽減やリサイクルの向上を目的とした日本とは異なり、他のアジア諸国では、不適正なリサイクルを防止する目的で使用済み電気製品の対策が進められてきました。日本とアジアのそれぞれで資源循環や越境移動の適正化をめざすのが国際資源循環研究ですが、国内のあり方と海外への助言を日本から考えていくことが大切です。

# 使用済み電気製品の 適正管理に向けた様々な取り組み



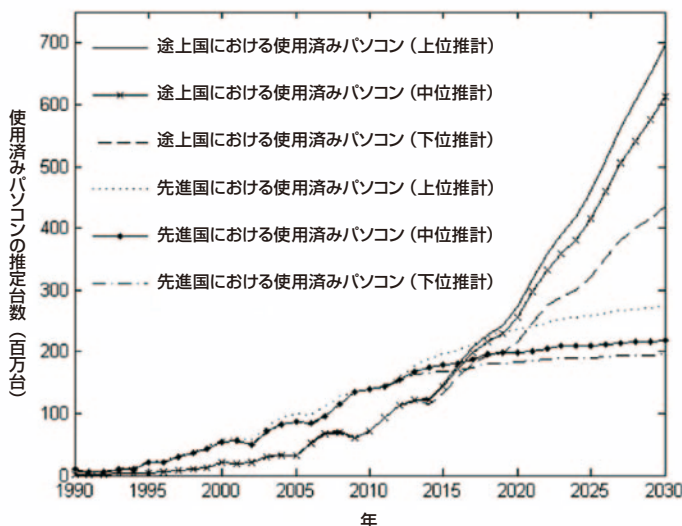
## 世界では

世界のNPOは2002年頃から、先進国からアジア・アフリカの途上国に対して使用済み電気製品が輸出された後、現地で不適正なリサイクルによって発生する環境汚染の問題を指摘してきました。有害廃棄物の輸出入を規制するバーゼル条約は1992年に発効しており、使用済み電気製品の輸出入に対しても重要な役割を果たしてきました。これをさらに強化して、先進国から発展途上国への越境移動を禁止するバーゼル条約改正（通称、BAN改正）案が1995年に採択されており、今後、BAN改正の批准国数が必要数を満たせばBAN改正は発効することとなります。

しかし、使用済み電気製品の発生は世界中で増加しており、もはや先進国だけの問題ではありません。使用済みのパソコンの発生台数の推計例では、2016～2018年に途上国での発生台数が先進国を逆転し、2030年までには先進国で2～3億台であるのに対し

て、途上国では4～7億台に達すると予測されています（図7）。また、携帯電話の保有割合は経済レベルにあまり関係なく一人あたり1台をほぼ超えており、使用済み機器の発生台数は世界中で増加していることが理解できます。近年はどの国においても、電気製品の利用や廃棄物発生量が増加していることから、輸出入の管理のみならず、リサイクル現場における環境影響の把握や適正管理が求められています。

EUではすべての電気製品を対象として、排出時の経済的な負担がなく、回収・リサイクルする制度が整っています。しかし、日本、韓国、中国以外のアジア諸国では使用済み電気製品の回収・リサイクル制度がほとんど整備されておらず、十分な施設もありません。中国を含めて、フィリピン、ベトナムといった途上国では不適正なリサイクルによる環境汚染が懸念されています。適正なリサイクル施設に集まるような制度と技術面での協力が必要と考えられます。



■ 図7 世界の先進国と途上国における使用済みパソコン発生台数の推計

中国の南海大学のYuらは使用済みのパソコンを例にとり、世界の先進国と途上国における発生台数を推計している。その結果、図に示すように、2016～2018年に途上国での発生台数が先進国を逆転すると予測している。先進国と途上国のそれぞれで、中位推計以外に上位推計と下位推計も示している。（Yuら、2010の図を和訳）

有害廃棄物の輸出入を規制するバーゼル条約は、途上国に使用済み電気製品を不適正に輸入させないために重要な役割を果たしてきました。電気製品が世界中で使われるようになった現在、これらの適正な回収やリサイクルの方法について、行政と研究の両面から様々な取り組みが行われています。



## 日本では

環境省ではバーゼル条約のアジア地域の活動として、アジア諸国の条約担当者を集めた「有害廃棄物の不法輸出入防止に関するアジアネットワーク」の会合を年1回開催しています。その中で、各国における使用済み電気製品を含む有害廃棄物関連規制や不法輸出入案件とその対策に関して、最新の情報交換を行っています。

また、国内ではバーゼル法によって、循環資源の輸出入は管理されていますが、金属スクラップのように不均一な組成のものに対しては規制が困難となっています。環境省では中古電気製品に対して、年式・外観や正常作動性があるかといった5項目の中古品輸出判断基準を2014年4月から適用しています。

不正輸出の水際の対策だけでは不十分なため、国内での使用済み電気製品の適正な回収・リサイクルにも取り組んでいます。家電4品目、パソコンに加えて、2013年4月には小型家電のリサイクル法が施行されました。政令ではほぼすべての電気製品が回収の対象となっていますが、制度への参加や回収対象・方法などを市町村が独自に決定することになっており、10種類程度の機器を対象としている自治体も多いのです。国内のリサイクルは、制度が複雑でわかりにくかったり、家電4品目の場合は費用負担が求められたりするなど、排出時の負担が課題とされています。

このため、不用品回収業者のように簡単に引き取ってもらえるサービスが入る余地があるともいえます。中古利用されずに不法投棄されたり、金属スクラップに混入されたりしないよう、業者に対する徹底的な指導や排出者の意識向上が求められています。

## 国立環境研究所では

国立環境研究所では、資源循環・廃棄物研究センターが中心となって循環型社会研究プログラムを実施しています。第2期(2006~2010年度)の中核研究プロジェクト「国際資源循環を支える適正管理ネットワークと技術システムの構築」、第3期の研究プロジェクト「国際資源循環に対応した製成品中資源性・有害性物質の適正管理」、ならびに環境省の環境研究総合推進費を用いた関連研究によって、使用済み電気製品の適正管理に関する問題に取り組んできました。

環境省の関係部局に対しても、中古品輸出基準の策定や金属スクラップ対策などを通じて、適宜行政支援も行っています。また、2004年から2013年までアジアのE-wasteに関するワークショップを開催して各国の専門家と積極的に情報交換を行ってきました(図8)。このほか、韓国・中国と研究者ネットワークを通じた情報交換や、フィリピン、ベトナム、タイなどと共同研究による現地調査を行っています。



■ 図8 第9回国立環境研究所 E-waste ワークショップ (2013年、バンコク)

# 国立環境研究所における 「使用済み電気製品の国際資源循環に関する研究」 のあゆみ

国立環境研究所では、使用済み電気製品に関する様々な研究を行っています。ここでは、その中から、適正管理と越境移動に関するものについて、そのあゆみを紹介します。

年度	課題名
2006～2008	アジア地域における廃電気電子機器と廃プラスチックの資源循環システムの解析
2006～2010	国際資源循環を支える適正管理ネットワークと技術システムの構築
2008～2010	有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの 金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策
2009～2011	アジア地域における廃電気電子機器の処理技術の類型化と改善策の検討
2011～2013	有害危険な製品・部材の安全で効果的な回収・リサイクルシステムの構築
2011～2015	国際資源循環に対応した製品中資源性・有害性物質の適正管理
2014～2016	アジア諸国における使用済み電気電子機器・自動車の排出量推計と 金属・フロン類の回収システムの効果測定

本号で紹介した研究は、以下の機関、スタッフにより実施されました（所属は当時、敬称略、順不同）。

#### 〈研究担当者〉

国立環境研究所：寺園淳、小口正弘、小栗朋子、梶原夏子、肴倉宏史、鈴木剛、滝上英孝、田崎智宏、湯龍龍（現農業環境技術研究所）、中島謙一、南齋規介、松神秀徳、横尾英史、吉田綾

#### 〈その他の共同研究機関〉

アジア経済研究所：小島道一、坂田正三

東京大学：村上進亮

元・筑波大学：村上（鈴木）理映

京都大学：藤森崇、金小瑛

関西大学：新熊隆嘉

愛媛大学：阿草哲朗

消防研究センター：岩田雄策、古積博

海上保安試験研究センター：山崎ゆきみ

海上保安大学校：鶴田順

産業技術総合研究所：若倉正英、和田有司

## ● 過去の環境儀から ●

これまでの環境儀から、資源の循環や廃棄物処理の研究に関するものを紹介します。

### NO.55 未来につながる都市であるために

#### — 資源とエネルギーを有効利用するしくみ

研究所では、都市の資源やエネルギーを効率的に利用する技術や仕組みを考え、それによって資源消費を抑制し、環境負荷を削減する研究に取り組んでいます。本号では、産業間の連携、住宅・商業地区と産業の連携、自然と都市の共生など、先進的な取り組みを行っている都市の事例を紹介しながら、最新の研究活動について紹介しています。また、研究所が行っている、都市の持続可能性を評価する指標づくりの研究成果を紹介しています。

### NO.31 有害廃棄物の処理

#### — アスベスト、PCB処理の一翼を担う分析研究

有害性の認識がありながら、安全・安心な処理技術がなかったため、廃石綿と廃PCBは長い間「負の遺産」として存在してきました。本号では、石綿、PCBの処理技術の開発や評価に関する分析化学面からの研究を紹介しています。

### NO.24 21世紀の廃棄物最終処分場

#### — 高規格最終処分システムの研究

2000年3月、循環型社会形成推進基本法が制定され、発生抑制(リデュース)、再利用(リユース)、再生利用(リサイクル)のいわゆる3Rの基本原則が定められました。3Rの効果は着実に上がってきていますが、解決すべき課題もあります。その一つが廃棄物が最後にたどり着く埋立処分場、つまり最終処分場の問題です。本号では、最終処分場問題の「今」を明らかにするとともに、「入れる物」(廃棄物)の質を制御する、「入れ(埋め)方」や「入れ物」(処分場)を工夫し、なるべく自然のパワーを使って安定化する、双方向対話によって地域と共生する処分場—高規格最終処分システムの研究を紹介しています。

### NO.14 マテリアルフロー分析

#### — モノの流れから循環型社会・経済を考える

研究所が取り組んできたマテリアルフロー分析の研究の歩みを紹介するとともに、循環型社会への転換に関わる諸施策の立案や実施を支援することをめざす「産業連関表と連動したマテリアルフロー分析手法の確立」を紹介しています。

## 環境儀 No.57

— 国立環境研究所の研究情報誌 —

2015年6月30日発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG: 石垣智基、寺園淳、岡寺智大、竹内やよい、近藤美則、青野光子、滝村朗)

発行 国立研究開発法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 [pub@nies.go.jp](mailto:pub@nies.go.jp)

編集協力 有限会社サイテック・コミュニケーションズ

## 「環境儀」既刊の紹介

<b>No.11</b> 2004年 1月	持続可能な交通への道—環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして	<b>No.34</b> 2010年 3月	セリング型洋上風力発電システム構想—海を旅するウィンドファーム
<b>No.12</b> 2004年 4月	東アジアの広域大気汚染—国境を越える酸性雨	<b>No.35</b> 2010年 1月	環境負荷を低減する産業・生活排水の処理システム—低濃度有機性排水処理の「省」「創」エネ化～
<b>No.13</b> 2004年 7月	難分解性溶存有機物—湖沼環境研究の新展開	<b>No.36</b> 2010年 4月	日本低炭素社会シナリオ研究—2050年温室効果ガス70%削減への道筋
<b>No.14</b> 2004年 10月	マテリアルフロー分析—モノの流れから循環型社会・経済を考える	<b>No.37</b> 2010年 7月	科学の目で見える生物多様性—空の目とミクロの目
<b>No.15</b> 2005年 1月	干潟の生態系—その機能評価と類型化	<b>No.38</b> 2010年 10月	バイオアッセイによって環境をはかる—持続可能な生態系を目指して
<b>No.16</b> 2005年 4月	長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方	<b>No.39</b> 2011年 1月	「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質—フェリーを利用してそれらの因果関係を探る
<b>No.17</b> 2005年 7月	有機スズと生殖異常—海産巻貝に及ぼす内分泌かく乱化学物質の影響	<b>No.40</b> 2011年 3月	VOCと地球環境—大気中揮発性有機化合物の実態解明を目指して
<b>No.18</b> 2005年 10月	外来生物による生物多様性への影響を探る	<b>No.41</b> 2011年 7月	宇宙から地球の息吹を探る—炭素循環の解明を目指して
<b>No.19</b> 2006年 1月	最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」	<b>No.42</b> 2011年 10月	環境研究 for Asia/in Asia/with Asia—持続可能なアジアに向けて
<b>No.20</b> 2006年 4月	地球環境保全に向けた国際合意をめざして—温暖化対策における社会科学的アプローチ	<b>No.43</b> 2012年 1月	藻類の系統保存—微細藻類と絶滅が危惧される藻類
<b>No.21</b> 2006年 7月	中国の都市大気汚染と健康影響	<b>No.44</b> 2012年 4月	試験管内生命で環境汚染を視る—環境毒性の <i>in vitro</i> バイオアッセイ
<b>No.22</b> 2006年 10月	微小粒子の健康影響—アレルギーと循環機能	<b>No.45</b> 2012年 7月	干潟の生き物のはたらきを探る—浅海域の環境変動が生物に及ぼす影響
<b>No.23</b> 2007年 1月	地球規模の海洋汚染—観測と実態	<b>No.46</b> 2012年 10月	ナノ粒子・ナノマテリアルの生体への影響—分子サイズにまで小さくなった超微小粒子と生体との反応
<b>No.24</b> 2007年 4月	21世紀の廃棄物最終処分場—高規格最終処分システムの研究	<b>No.47</b> 2013年 1月	化学物質の形から毒性を予測する—計算化学によるアプローチ
<b>No.25</b> 2007年 7月	環境知覚研究の勧め—好ましい環境をめざして	<b>No.48</b> 2013年 4月	環境スペシメンバンキング—環境の今を封じ込め未来に伝えるバトンリレー
<b>No.26</b> 2007年 10月	成層圏オゾン層の行方—3次元化学モデルで見るオゾン層回復予測	<b>No.49</b> 2013年 7月	東日本大震災—環境研究者はいかに取り組むか
<b>No.27</b> 2008年 1月	アレルギー性疾患への環境化学物質の影響	<b>No.50</b> 2013年 10月	環境多媒体モデル—大気・水・土壌をめぐる有害化学物質の可視化
<b>No.28</b> 2008年 4月	森の息づかいを測る—森林生態系のCO <sub>2</sub> フラックス観測研究	<b>No.51</b> 2014年 1月	旅客機を使って大気を測る—国際線で世界をカバー
<b>No.29</b> 2008年 7月	ライダーネットワークの展開—東アジア地域のエアロゾルの挙動解明を目指して	<b>No.52</b> 2014年 4月	アオコの有毒物質を探る—構造解析と分析法の開発
<b>No.30</b> 2008年 10月	河川生態系への人為的影響に関する評価—よりよい流域環境を未来に残す	<b>No.53</b> 2014年 6月	サンゴ礁の過去・現在・未来—環境変化との関わりから保全へ
<b>No.31</b> 2009年 1月	有害廃棄物の処理—アスベスト、PCB 処理の一翼を担う分析研究	<b>No.54</b> 2014年 9月	環境と人々の健康との関わりを探る—環境疫学
<b>No.32</b> 2009年 4月	熱中症の原因を探る—救急搬送データから見るその実態と将来予測	<b>No.55</b> 2014年 12月	未来につながる都市であるために—資源とエネルギーを有効利用するしくみ
<b>No.33</b> 2009年 7月	越境大気汚染の日本への影響—光化学オキシダント増加の謎	<b>No.56</b> 2015年 3月	大気環境中の化学物質の健康リスク評価—実験研究を環境行政につなげる

●環境儀のバックナンバーは、国立環境研究所のホームページでご覧になれます。  
<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

## 「環境儀」



地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、「環境儀」という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。「環境儀」に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001年7月 合志 陽一  
 (環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字 N.I.E.S で構成されています。N=波(大気と水)、I=木(生命)、E=Sで構成される○で地球(世界)を表現しています。ロゴマーク全体が風を切った左側に進もうとする動きは、研究所の運動性・進歩・向上・発展を表現しています。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。