

国立環境研究所 ニュース

Vol.35
No.4

平成28年(2016)10月

National Institute for Environmental Studies



福島県環境創造センター(国立環境研究所福島支部)がグランドオープンしました

特集 | 新たな段階の循環型社会づくり

新たな段階の循環型社会づくりに向けて | 2

私たちの消費とサプライチェーンを通じた資源の利用 | 3

廃棄物処理における化学物質のフローと環境排出量推計に関する研究 | 6

ごみのリサイクル率 | 10

福島県環境創造センターグランドオープン開催報告 | 13

新たな段階の循環型社会づくりに向けて

寺 園 淳

2016年4月から5年間の国立環境研究所第4期中長期計画期間では、資源循環・廃棄物研究センターが主体となる「資源循環研究プログラム」がスタートしました。名称は第3期の循環型社会研究プログラムから変わっていますが、正式名は「持続可能な資源利用と循環型社会実現のための研究プログラム」であり、循環型社会づくりを目指すことに変わりはありません。今回の特集号では、プログラムの策定や提案に至った考え方を示し、5つのプロジェクトからなる資源循環研究プログラムの概略をご紹介します。

まず、私たちは第4期のプログラムを行う背景や制約条件をよく認識する必要があります。例えば、国内では2015年の中央環境審議会の答申「環境研究・環境技術開発の推進戦略について」で示された中長期的に目指すべき社会像とともに、2013年に閣議決定された第三次循環型社会形成推進基本計画も踏まえねばなりません。また、欧州で2010年以降に提示され始めた資源効率向上のための各種政策や、2015年に国連で採択された持続可能な開発目標（SDGs）のような最近の国際的な動きがあります。今後の国内における人口減少・少子高齢化、世界の人口増加や経済成長のような社会経済の変化と、これに伴う資源・環境制約も考慮する必要があります。同時に、私たちのこれまでの研究実績や、専門分野の多様なメンバーの強みと弱みも無視できません。

以上のような事柄を踏まえて、私たちが第4期に取り組むべきポイントを4つ挙げてみました。1つめは国際化への対応です。第3期で始めた国際サプライチェーン研究（製品やサービスの供給に必要な国際的な繋がりを理解する研究。P.3 私たちの消費とサプライチェーンを通じた資源の利用参照）を深化させるとともに、アジアの途上国において廃棄物管理技術を高度化させることです。2つめは有害物質・資源性物質への対応があります。資源循環の流れの中で未把握だった物質挙動の洗い出しや、曝露評価を含むリスク評価に向けた挑戦などがあります。3つめは将来の問題を見通した政策シナリオです。

国内での政策貢献を強化するとともに、人口減少などの社会変化も意識します。低炭素や自然共生などの政策との調和や評価手法をアジア諸国へ展開していくことも課題です。4つめは、技術システムの高度化・現地適合です。技術システムの高度化を目指す代表例としては、バイオ燃料製造・利用を含む次世代技術があります。国内やアジア諸国での社会実装はこれまでも行ってきましたが、さらに社会変化と技術の高度化を意識してネットワーク展開を図る必要があります。

そこで、私たちは第4期のプログラムでは国際的な動向や資源循環分野における将来の問題を見通して、3R（リデュース、リユース、リサイクル）をさらに推進する技術・社会システムの構築、廃棄物の適正処理と処理施設の機能向上に資する研究・技術開発、ならびにバイオマス等の廃棄物からのエネルギー回収を推進する技術システムの構築に取り組むこととしました。できるだけ定量的な評価によって対策効果を示し、研究成果をみえる化することもプログラム全体の課題です。

5つの研究プロジェクト（PJ）は、PJ1「消費者基準による資源利用ネットワークの持続可能性評価とその強化戦略の研究」、PJ2「循環資源及び随伴物質のフロー・ストックにおける資源保全・環境影響評価」、PJ3「維持可能な循環型社会への転換方策の提案」、PJ4「アジア圏における持続可能な統合的廃棄物処理システムへの高度化」、PJ5「次世代の3R基盤技術の開発」となっています。PJ1からPJ3が物質フローや制度提案などのシステム系研究で、PJ4とPJ5が技術開発を中心に据えた研究といえます。PJ1はよりモノの生産のような動脈側に、PJ2はよりリサイクル・処理のような静脈側に焦点を当てたものの、そしてPJ4はよりアジアに、PJ5はより国内技術の高度化に焦点を当てたものになっており、PJ3は全体の評価パッケージやデータの共有も試みます。

プログラムの実施期間は5年間ですが、社会変化への対応と研究の連続性の両面を考慮して、推進戦略でも示されている長期的な社会像でも各種指標や実

装などでの貢献につながることを意識しています。災害対応を通じて研究の基礎体力と即応性の意義を認識した第3期の経験も踏まえて、資源循環・廃棄物研究分野の基盤的な調査・研究、および災害環境研究プログラムをはじめとする関連研究とも連携して進めていく所存です。(てらぞの あつし、資源循環・廃棄物研究センター副センター長)

執筆者プロフィール：

2014年4月の第3期中途からプログラム総括を仰せつかって2期目に入りました。また最近2回、市民との対話の機会があり、新鮮でした。不得手なまとめ役をしながら、50歳にして市民や現場から学ぶことの大切さを感じています。



【シリーズ研究プログラムの紹介：「資源循環研究プログラム」から】

私たちの消費とサプライチェーンを通じた資源の利用

中 島 謙 一

「資源」と「繋がり」

「資源」という用語を、辞典等で調べると、『1. 自然から得る原材料で、産業のもととなる有用物。土地・水・埋蔵鉱物・森林・水産生物など。天然資源。「海洋資源」「地下資源」 2. 広く、産業上、利用しうる物資や人材。「人的資源」「観光資源』(デジタル大辞泉より)などの解説を目にします。私たちは、経済活動を営む上で、多種多様な資源を用いており、その資源を利用するに際して、他者や地球環境と密接な「繋がり」を有しているのは紛れもない事実です。しかしながら、経済のグローバル化が進むと共に、個々の役割分担が細分化されている今日において、その「繋がり」を認識する機会がさほど多くないのも事実かもしれません。例えば、私たちが日頃から口にしていく米などの穀物は、農業生産者の方が生産した後、市場や販売業者など様々な人を介して食卓に運ばれてきます。また、農業生産の際、植物の育成に必要とされるりん(P)などの栄養塩は、肥料などとして供給されますが、その肥料や肥料の原料となる化学製品の生産を介して、世界の国々との繋がりがあります。なお、このりん資源(りん資源の隠れた国際フロー)^[1]は、各国の経済活動

を支える食料調達とも密接にかかわる事から戦略的な管理や調達への関心が高まっている資源の1つです。この他、皆さんが、日ごろから使っているタブレット端末やスマートフォンなど、身の周りのありとあらゆる製品やサービスは、その供給(Supply)に関わる繋がり(Chain)、すなわちサプライチェーンを介して、多種多様な人々や国々、更には、地球環境とも繋がりを持っています。

持続可能な資源管理のために

近年、新興国の経済発展や先進国における技術革新等に伴って資源需給を取り巻く状況は急速に変化し続けています。この世界規模での経済成長に伴う急速な資源利用の拡大と地球環境の劣化を背景に、国連環境計画(United Nations Environment Programme, UNEP)では、国際資源パネル(International Resource Panel)を2007年に設立して、科学的な知見に基づいた包括的な議論を展開すると共に、持続可能な資源管理の重要性とその推進力としての経済成長と資源利用・環境影響のデカップリング(切り離し)の重要性を指摘しています^[2]。他方、Hoekstraらは、経済成長に伴う環境容量(地球環境が持続可能であるため

[1] <http://www-cycle.nies.go.jp/magazine/mame/201510.html>

[2] United Nations Environmental Programme, International Resource Panel, <http://www.unep.org/resourcepanel/>

特集 新たな段階の循環型社会づくり

の資源の消費や環境負荷の排出の許容量)の超過^[3]を、Nassarらは、銅などを事例として、地政学的な影響等による資源の供給構造の不安定さ^[4]を指摘しました。これらを踏まえると、現代社会においては、資源制約と環境制約を念頭に、資源利用のあり方を見直して、社会の持続可能性を強化する事が重要な課題となっていると言えます。

これらを背景に、資源循環・廃棄物研究センターでは、物質フロー・サプライチェーンの同定を進めると共に、環境問題を含めてサプライチェーンに内在する多様なリスク要因の把握と定量化、更には、それらの管理・改善のための戦略検討に取り組んでいます。例えば、温暖化対策技術などとも密接な関わりのある資源では、ニッケルを事例として資源採掘・製錬等により誘引される環境負荷の把握^[5]、あるいは、ネオジム・コバルト・プラチナを事例として資源の供給に関わるリスクの同定^[6]などを実施してきました。いずれの研究においても、私たちの生活が経済活動を通じて、資源産出国などの他国と密接な関わりを有している事を明らかにしてきました。また、資源の供給に関わるサプライチェーンには、供給の制約となり得るリスク要因が存在する事などを定量的に示してきました。

例えば、ニッケルについて、目に見えるところでは、自動車には、耐熱性・耐食性が求められる吸排気管の材料として、ステンレス(クロムやニッケルを添加した鉄系合金)が使われています。また、住宅の給湯機器や台所のシンクにもステンレスが利用されています。一方、目に見えないところでは、電気を発電するための施設にもニッケルは必要とされています。私たちは、火力発電等により発電された電気

を利用していますが、この発電の為に、ニッケルを含む耐熱材料や耐食材料が使われています。このように私たちは多種多様な製品・サービスを介しニッケルを利用しています。このニッケルの産出国は、生物多様性が豊かな国や地域としても知られるインドネシアやフィリピン、ニューカレドニアなどが主要な産出国であり、日本はニッケルの鉱石・中間生成物等をこれらの国々から輸入して加工して上述の様々な用途に利用しています。他方、Jaffré^[7]らあるいはMoran^[8]らは、ニッケルの採掘活動に伴う動植物の生息域の汚染や破壊などの影響を指摘しています。ご存知のように、生物多様性の保全は、対策が緊要に求められている地球環境問題の1つであり、他の資源の利用と同様にニッケルの利用においても配慮が必要な問題と言えます。つまり、私たちの生活は、経済活動を通じて、サプライチェーンに関わる様々な国や地域との「繋がり」、更には、地球環境との「繋がり」を有しているのです。

他の事例を含めて、上記の研究の一部は、学術論文の他、これまでのオンラインマガジン『環境』の記事などでも、「ニッケルの生まれ故郷(産出国)を訪ねて」^[9]、「物質フロー分析でクリティカルメタルの国際フローを解明する」^[10]、「世界に広がるサプライチェーンと温室効果ガスの排出管理」^[11]、「資源利用の高度化・高効率化を目指して」^[12]などとして紹介させて頂きました。この機会に是非ともご一読頂ければと思います。

さて、私たちの研究センターでは、本年度から資源循環研究プログラムのなかで、「消費者基準による資源利用ネットワークの持続可能性評価とその強化戦略の研究」と題したプロジェクト(図1)をスター

[3] A.Y. Hoekstra and T.O. Wiedmann, Humanity's unsustainable environmental footprint, *Science*, 344(2014), 1114-1117

[4] N.T.Nassar, et al., Criticality of the Geological Copper Family, *Environ. Sci. Technol.*, 46(2012), 1071-1078

[5] K. Nakajima, et al., Global supply chain analysis of nickel importance and possibility of controlling the resource logistics, *Metall. Res. Technol.*, 111(2014), 339-346

[6] K.Nansai, et al., Global Mining Risk Footprint of Critical Metals Necessary for Low-Carbon Technologies: The Case of Neodymium, Cobalt, and Platinum in Japan, *Environ. Sci. Technol.*, 49(2015), 2022-2031.

[7] T.Jaffré, et al., Threats to the conifer species found on New Caledonia's ultramafic massifs and proposals for urgently needed measures to improve their protection, *Biodivers Conserv.*, 19(2010), 1485-1502.

[8] D.Moran, et al. On the suitability of input-output analysis for calculating product-specific biodiversity footprints, *Ecological Indicators*, 60(2016), 192-201

[9] <http://www-cycle.nies.go.jp/magazine/genba/201307.html>

[10] <http://www-cycle.nies.go.jp/magazine/kenkyu/201412.html>

[11] <http://www-cycle.nies.go.jp/magazine/kisokouza/201210.html>

[12] <http://www-cycle.nies.go.jp/magazine/kenkyu/201406.html>

資源循環研究
プログラム

PJ1 消費者基準による資源利用ネットワークの持続可能性評価とその強化戦略の研究

目的

日本経済がサプライチェーンを通じて誘引する資源利用に伴う環境影響、社会影響を含めた多様なリスク要因の解析とその将来シナリオを定量的に描き、社会の持続可能性に資する資源管理方策を提示する。

期待される成果

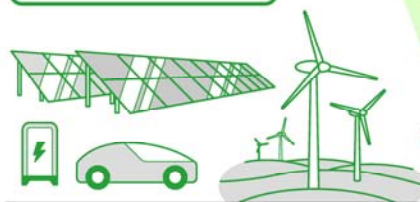
持続可能な資源管理方策の検討に有用な分析ツールの開発により、温暖化対策等の推進に伴う資源利用と内在するリスク要因が明らかになる事で、リスク緩和の対応策の検討を可能となり、低炭素社会と循環型社会の円滑な共生が期待される。

物質フロー・サプライチェーンの構造解析

日本の経済活動が誘引する資源消費および環境影響等を明らかにすると共に、各影響の将来像を定量的に描くことにより、持続可能な資源管理に求められる管理方策を検討・提示する。

将来シナリオ分析

- ・生産技術構造(含むリサイクル)
- ・消費構造(含む人口、経済)
- ・貿易構造



サプライチェーンに内在するリスク要因の把握と解析

サプライチェーンに内在する多様なリスク要因を把握し、社会的な影響を定量的・可視化することで、持続可能性を社会・環境・経済的側面から解析・検証する。

- ・資源消費量
- ・環境負荷・環境影響 (GHG, Land use, PM2.5, 生物多様性…)
- ・サプライチェーンリスク (経済、環境、地政学…)

達成目標及び時期	1～2年目	3～4年目	5年目
	サプライチェーンモデル構造の設計と開発を行う。	将来シナリオに応じた技術、ライフスタイル、貿易データの整備を進める。	持続可能性の評価と改善策の定量的検証に取り組む。

図1 資源循環研究プログラム「消費者基準による資源利用ネットワークの持続可能性評価とその強化戦略の研究」プロジェクト(PJ1)の概念図

(作画：高柳 航、国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター)

トさせました。将来像を含めて、日本の経済活動が誘引する資源利用と環境影響、サプライチェーンに内在する諸問題、更には、その管理方策等について研究を実施していく予定です。今後、随時、研究成果を公表していくと共に、より効果的な情報発信を心がける所存です。ご期待ください。

(なかじま けんいち、資源循環・廃棄物研究センター 国際資源循環研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

振り返ると小学生の頃に学研の科学雑誌「UTAN」を購読していたことが環境問題に関心を持ったきっかけだったと思います。繋がる世代の人々に、関心の種を渡せる大人になれるように励みたいと思います。(当時は、遺跡を含めた古代文明の記事に目を輝かせていた子供でした。)



特集 新たな段階の循環型社会づくり

【研究ノート】

廃棄物処理における化学物質のフローと環境排出量推計に関する研究

小口正弘

第3次循環型社会形成推進基本計画において、有害物質を含む廃棄物等の適正処理システムの構築に向けた化学物質を含有する廃棄物等の評価が、第4次環境基本計画においては、化学物質のライフサイクルにわたるリスク低減の実現が、それぞれ取組事項の1つに掲げられており、それらに向けた基礎情報として化学物質のフローや環境排出量の把握が重要です。化学物質のうち、工業的使用や家庭での使用段階において消費・排出されないものについては、生産プロセス等から生じる廃棄物や使用済みの最終製品に含まれて廃棄物の中間処理や最終処分へ移動するはずですが、また、焼却処理等の廃棄物中間処理では化学物質が非意図的に生成、排出される可能性もあります。これらのことをふまえると、廃棄物処理処分における化学物質のフローや環境排出量の管理は、化学物質の製造、使用から廃棄までのライフサイクルにわたる管理に向けて極めて重要な課題と考えられます。しかしながら、現状では廃棄物処理における化学物質のフローや環境排出量は水銀等の一部の物質を除けば実態が明らかになっていません。

日本には、化学物質の移動や環境排出量を把握するための仕組みとして、化学物質排出移動量届出制度（PRTR 制度）があります。PRTR 制度は「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」（化管法）に基づくもので、化学物質の排出・移動量を国が1年毎に集計、公表する制度です。PRTR 制度では、排出量として大気・公共用水域・事業所内の土壌への排出および事業所内での埋立処分、移動量として下水道および廃棄物処理のための事業所外への移動が対象となっています。業種、従業員数、化学物質の取扱量等の届出要件に該当する事業者は、取り扱っている化学物質それぞれについて、これらの媒体別の排出・移動量を毎年算出し、届け出る必要があります。これを「届出排出量・移動量」と呼びます。また、排出量については、届出対象事業者以外の想定される主要な排出源

については、国が信頼できる情報を用いて可能な限り排出量を推計、公表することになっており、こちらは届出外排出量と呼ばれます（図1）。平成26年度データの公表時点では21の排出源について推計、公表が行なわれています。なお、移動量については届出外の推計は行われません。

廃棄物処理施設については、一般廃棄物処理業、産業廃棄物処分業として対象業種に含まれていますが、水質汚濁防止法で水質検査の対象となっている30物質の公共用水域への排出量、ダイオキシン類の各媒体への排出・移動量が届出対象となっているのみです。したがって、大部分の化学物質について、廃棄物処理施設からの排出量は、国が行う届出外排出量推計の対象範囲に含まれていると言えますが、平成26年度データ公表時点ではその推計は未だ行われていません。ただし、平成19年度中央環境審議会・産業構造審議会化管法見直し合同会合においてその推計の必要性が指摘されており、環境省ではこれをふまえて作業部会（平成19～24年度）を設置し、廃棄物処理からの排出量推計を検討してきました。一般廃棄物の焼却施設については主に金属類の大気排出について排ガス実測データに基づく排出係数（廃棄物処理量あたりの化学物質排出量）の作成と排出量推計が検討され、その報告書によれば推計排出量は届出排出量と比較して無視できない大きさと試算されています。同作業部会では、産業廃棄物焼却施設についても同様の検討が行われましたが、産業廃棄物はその性状や物質含有状況、処理フロー、焼却施設の形式や処理廃棄物等が多様、複雑であるために、限られた施設の実測データのみに基づいて平均的な排出係数を作成しても、信頼できる推計結果を得ることは難しいとされ、今後の課題として残されました。しかし、一般廃棄物焼却施設の試算結果をふまえると、産業廃棄物焼却施設の寄与も物質によっては無視できないと予想され、排出量推計はその手法の検討も含めて重要な課題であると考えられます。

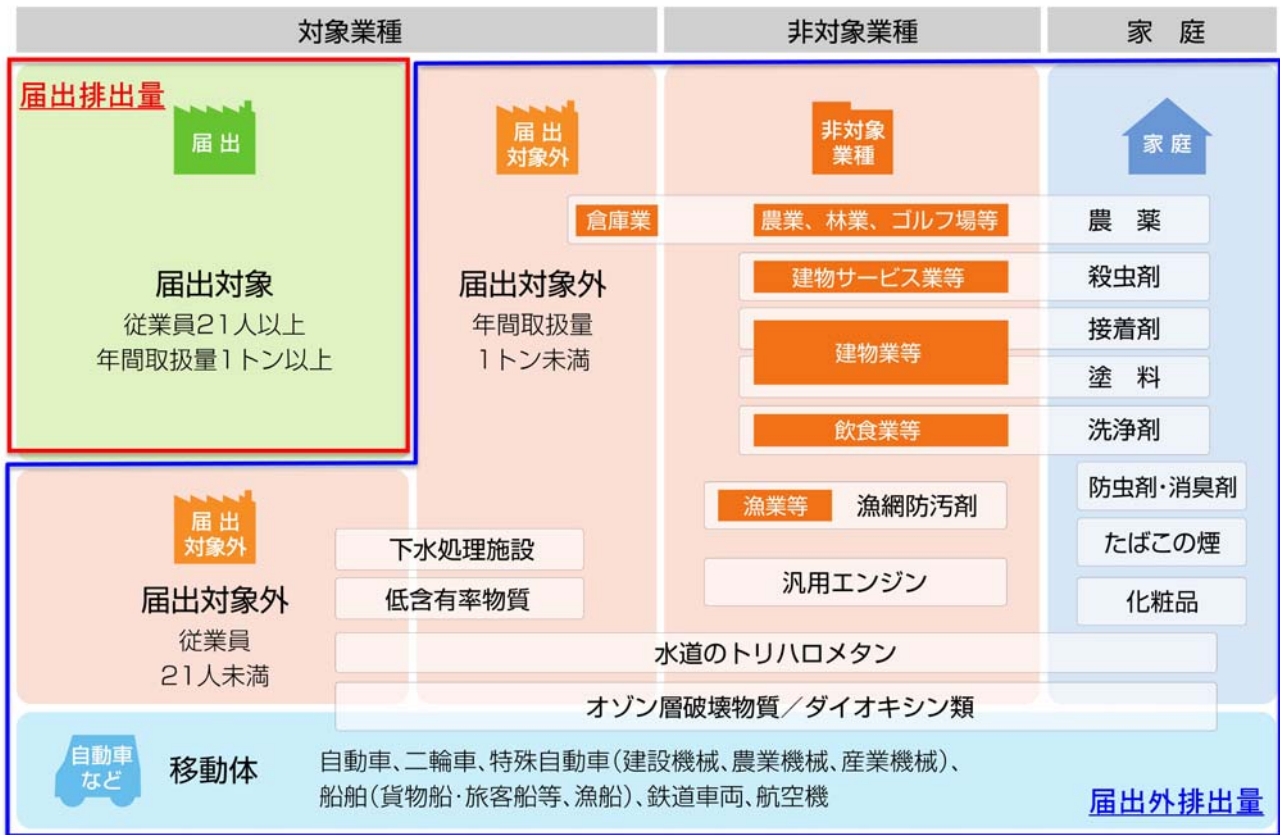


図1 PRTRデータの構成

出典：「PRTRデータを読み解くための市民ガイドブック」（環境省）
 (<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/archive/guidebook.html>) を加工して作成

このような背景や行政ニーズをふまえ、資源循環・廃棄物研究センターでは、環境省環境研究総合推進費補助金を受けて平成27～29年度の3年計画で「廃棄物の焼却処理に伴う化学物質のフローと環境排出量推計に関する研究」（課題番号 3K153003）を実施しています。本研究では、産業廃棄物の焼却処理からの大気排出を対象とし、排出量の推計とその手法・基礎データを提示することを目指しています。図2に研究の構成を示します。先に述べましたように、産業廃棄物はその性状や物質含有状況、処理フロー、焼却施設の形式や処理廃棄物等が多様であることをふまえ、本研究では実施施設の排ガス実測データに基づく排出係数作成（テーマ4）だけでなく、産業廃棄物焼却施設の類型化（テーマ1）とその類型に応じた排出係数作成、産業廃棄物および含有化学物質の処理処分フローの推計（テーマ2）、廃棄物焼却における化学物質の挙動および排出基礎特性デ

ータの取得（テーマ3）とそれによる排出係数の検証を行う計画です。これらを通じて、産業廃棄物および含有化学物質の焼却投入量の推計と施設の類型に応じた排出係数の作成を行い、産業廃棄物の焼却処理からの化学物質排出量を推計するとともに、推計に用いる手法および基礎データを取りまとめることで、PRTR制度における産業廃棄物焼却からの届出外排出量推計の実現に向けた基礎知見を提供することを目指しています。なお、PRTR制度の対象化学物質（第一種指定化学物質）は現在462物質ありますが、本研究課題ではそれらのうち金属類および廃棄物焼却で排出が見込まれる揮発性有機化合物（VOCs）等の一部の有機化合物を事例として取り組む計画です。また、本研究課題は、公益財団法人日本産業廃棄物処理振興センター、埼玉県環境科学国際センター、静岡県立大学、有限会社環境資源システム総合研究所との共同研究であり、それぞれの機

特集 新たな段階の循環型社会づくり

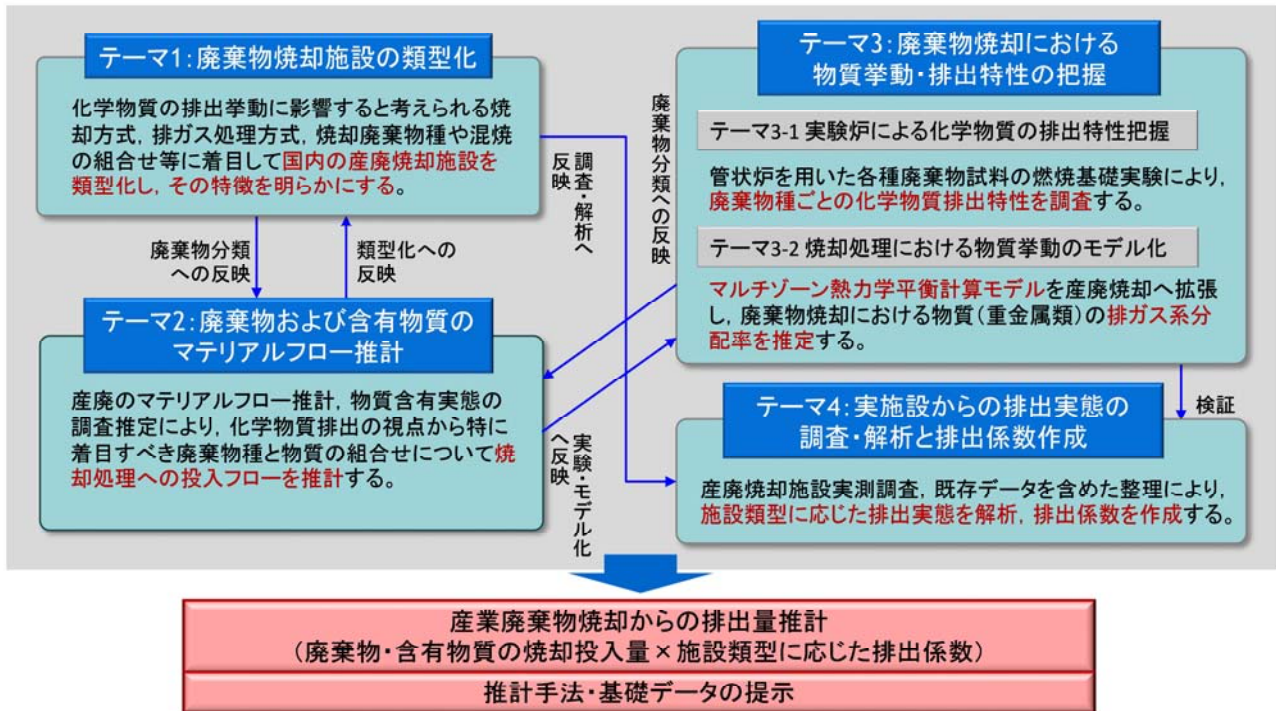


図2 研究課題のテーマ構成

関から産業廃棄物の処理や性状、化学物質の挙動解析、物質フロー分析等に詳しい研究者が参画することで、産業廃棄物処理における化学物質フローや環境排出量推計を多面的に検討しています。

初年度（平成27年度）は、産業廃棄物焼却施設の基本特性（処理方式、炉形式、排ガス処理方式、処理廃棄物等）の情報収集整理、多量排出事業者から排出される産業廃棄物の排出業種別・廃棄物種別処理フローおよび焼却量の推計、PRTR届出移動量データを用いた廃棄物処理への化学物質種別・排出業種別・廃棄物種類別の化学物質フローデータの作成や焼却残さ試料の含有量分析による焼却投入廃棄物の金属類含有量の推定、熱力学平衡計算を用いた産業廃棄物焼却処理における元素挙動のシミュレーションプログラム作成、廃棄物焼却における化学物質挙動・排出基礎データ取得のための室内燃焼実験方法および条件の確認、数十の産業廃棄物焼却施設における排ガス中金属類濃度の実測調査等を行い、図2に示した各テーマにおける解析等のためのデータ作成や整理を行いました。

初年度の成果から、PRTR届出移動量データを用いた廃棄物処理への化学物質種別・廃棄物種類別の

化学物質フローの特徴を整理した例を紹介します。PRTR届出移動量のうち、廃棄物として事業所外へ移動した化学物質の届出移動量には、移動先での処理方法と化学物質が含まれていた廃棄物種の情報が付属しています。このデータを化学物質ごとに届出業種（排出業種）、処理方法、廃棄物種の別に集計加工することで、産業廃棄物処理への化学物質フローの特徴を整理しました。図3は、移動先での処理方法が焼却・熔融として届出されている移動量が上位10位までの無機化合物について、廃棄物種の内訳を示したものです。焼却・熔融へ移動する無機化合物について、水溶性化合物（ふっ化水素、亜鉛）は廃酸、難燃剤用途でも使用されるアンチモンは廃プラスチック、それ以外の物質は汚泥などに主に含まれて焼却・熔融処理へ移動していることがわかりました。一方、図には示していませんが、焼却・熔融への移動量が多い有機化合物については、ほぼ廃油に含まれて移動していることもわかりました。

現在、このPRTR届出移動量データに基づく化学物質フローの特徴と焼却残さや排ガス試料の実測データに基づいて、化学物質のフローや排出実態の傾向の違いから着目される施設の特徴や排出業種・廃

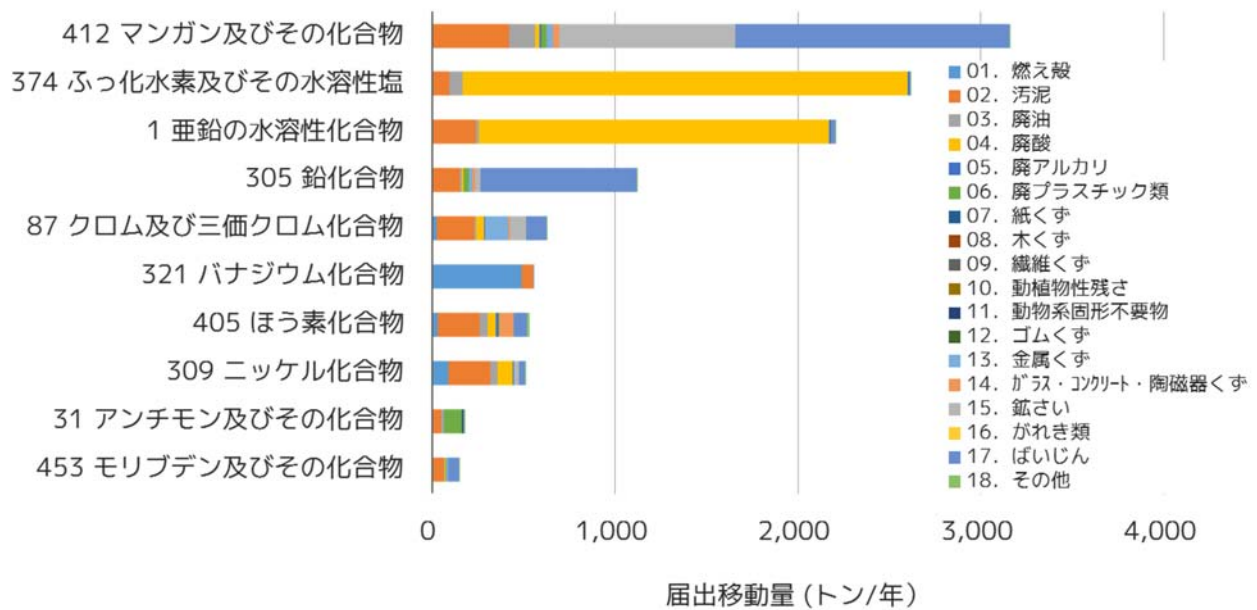


図3 無機化合物のPRTR届出移動量

(廃棄物としての移動)の廃棄物種類別内訳(焼却・溶融への移動量上位10物質)

棄物種類を整理し、異なる排出係数を作成すべき施設類型を作成するための作業に取り組んでいます。これに基づき、施設類型別の排出係数作成を行い、産業廃棄物焼却からの化学物質排出量を推計していく予定です。

本研究課題は直接的には化管法（PRTR 届出外推計）に関する行政ニーズに基づいて開始したのですが、廃棄物処理からの化学物質排出量の推計方法や排出係数の作成は、例えば化学物質審査規制法におけるリスク評価など他の政策分野でも課題となっています。また、これらのニーズ、課題は化学物質政策の分野におけるものですが、廃棄物政策の分野においても廃棄物処理における化学物質管理は今後その重要性を増すものと考えられます。本研究課題

の実施をきっかけとして、廃棄物政策と化学物質政策の分野を繋げていきたいと考えています。

(おぐち まさひろ、資源循環・廃棄物研究センター
基盤技術・物質管理研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

記事の原稿は書けたものの、プロフィールについてはパソコンの画面を睨んだまま全く書くことが浮かんできません。プライベートが充実していないことに気づきました。日々の生活に忙しく、自由な時間も少ないですが、楽しみを見つけてリフレッシュしなければと実感しました。



特集 新たな段階の循環型社会づくり

【環境問題基礎知識】

ごみのリサイクル率

河井 紘 輔

循環型社会の構築に向け、廃棄物を適正に処理するだけでなく、リデュース・リユース・リサイクルの3Rが重要な課題となっています。環境省は一般廃棄物（以下、「ごみ」といいます。）の排出量、リサイクル率（排出量に対するリサイクル量の割合）、最終処分量に関する国全体の目標値を定めていて、平成32年度における排出量は平成24年度比で約12%削減、リサイクル率は約27%、そして最終処分量は平成24年度比で約14%削減を目指しています（図1）。

国民や事業者の努力に加え、人口減少や経済停滞の影響により、ごみの排出量及び最終処分量はこれまで順調に減少してきました。これまでの傾向を踏まえると平成32年度の排出量及び最終処分量の目標値は十分達成可能なものと予想されます。一方で近年のリサイクル率の増加は頭打ち傾向にあり、平成19年度以降は横ばいで推移しています。平成32

年度にはリサイクル率27%を目標に掲げていますが、これを達成するためには様々な主体による、より一層の努力が求められます。

さて、リサイクル率とはどのように計算されるのでしょうか。図2は環境省が定義するごみ処理のフローを簡略化したものですが、リサイクル量とは直接資源化量と中間処理後リサイクル量と集団回収量を足し合わせたもののことを言います。

直接資源化量とは自治体（あるいは委託業者）によって資源化物として収集され、リサイクル業者へ直接引き渡されたごみ量、中間処理後リサイクル量とは焼却処理などの中間処理で発生した残渣のうち資源として利用されたごみ量、集団回収量とは小学校や町内会などの地域団体によって資源物として回収され、リサイクル業者に引き渡されたごみ量のことを意味します。そして、リサイクル率とはごみ排出量に占めるリサイクル量の割合（%）と定義され

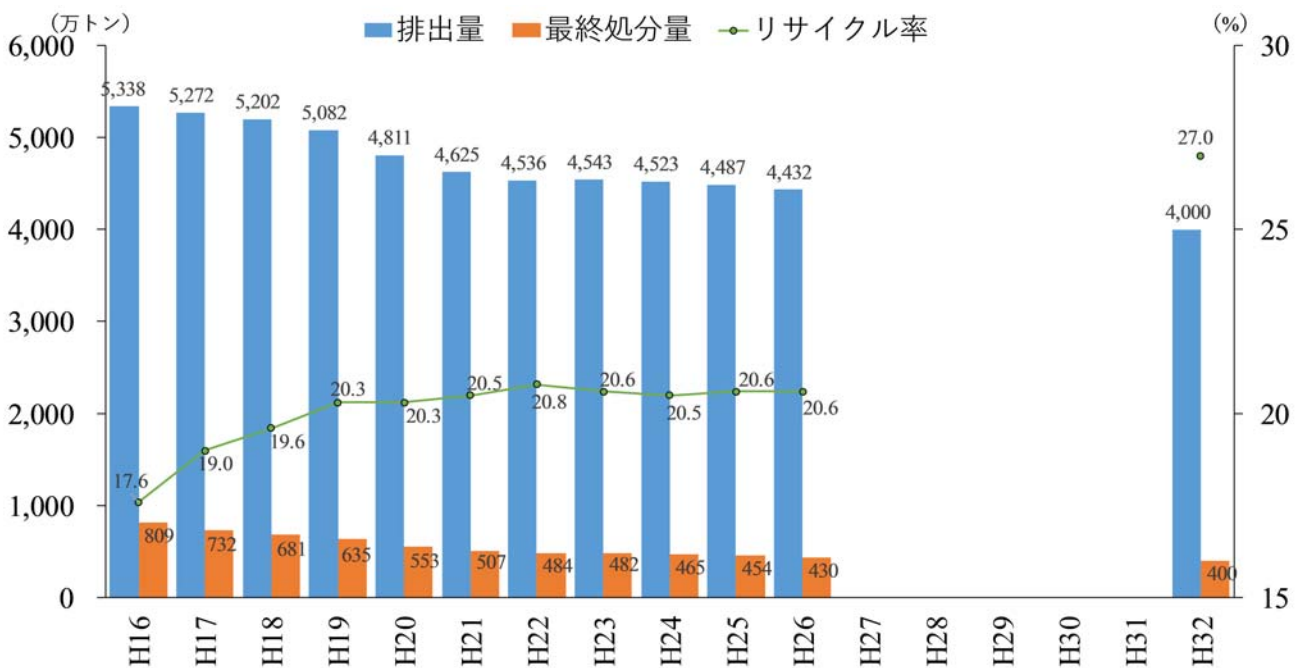


図1 ごみの排出量及び最終処分量（左軸）、リサイクル率（右軸）の推移と平成32年度の目標値（環境省のデータをもとに作成）

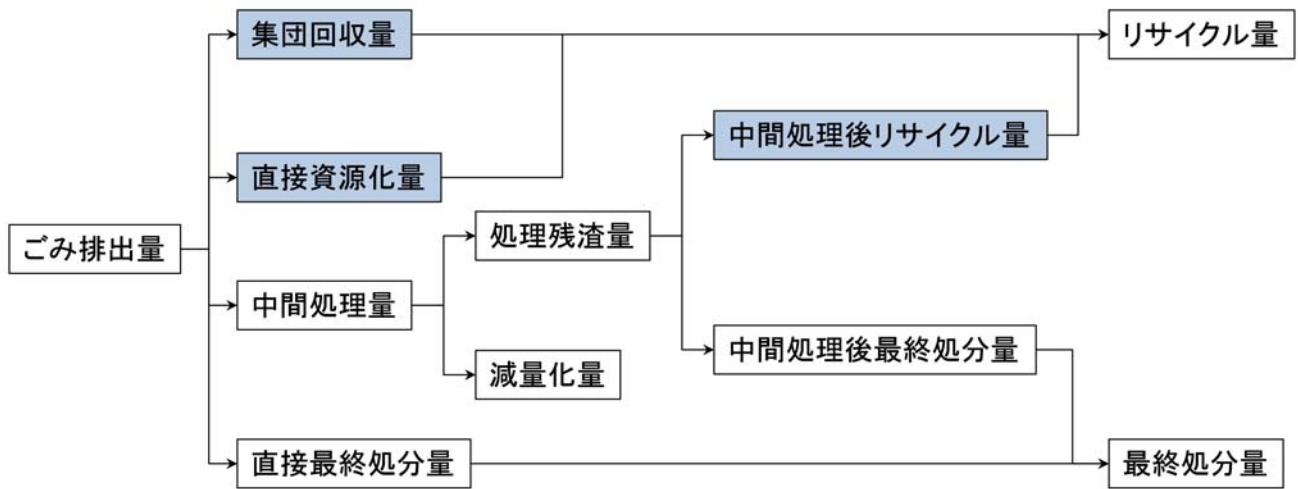


図2 ごみ処理フロー

$$\text{リサイクル率 (\%)} = \frac{\text{直接資源化量} + \text{中間処理後リサイクル量} + \text{集団回収量}}{\text{ごみ排出量}} \times 100 \quad \dots \text{式1}$$

ています (式1)。

環境省が公開している一般廃棄物処理実態調査 (平成26年度) によると、中間処理量のうち、直接焼却された量は国全体で3,347万トン/年で、これはごみ排出量 (4,432万トン/年) の約76%を占めることを意味します。ダイオキシン対策や市町村合併により焼却処理の広域化・集約化が進み、20年前に比べればその数も随分減ったのですが、それでも平成26年度の時点で焼却施設は全国で1,162施設あり、世界的に観ても焼却施設数と焼却率は群を抜いています。焼却処理の目的は、減量化及び衛生処理です。ごみを焼却処理すると重量は約6分の1に減ります。最終処分場の確保が困難な日本では1960年代以降、焼却施設が急ピッチで建設され、最終処分量の削減に貢献してきました。また、近年では大型の焼却施設を中心に、余った熱を回収して発電したり、施設内の暖房や給湯での利用、さらには施設外の温浴施設への温水・熱供給を行う施設も増えてきました。発電設備を有する施設は338施設で、全国の焼却施設数の約29%を占めます。

このように、焼却処理に伴う熱回収・利用はサー

マルリサイクルと呼ばれ、一般的にはリサイクルのひとつとして位置づけられるのですが、実は図2に示したリサイクル量には反映されません。環境省が定義するリサイクル率に焼却処理が貢献するとすれば、図2の中間処理後リサイクル量です。ごみを焼却処理すると、処理残渣として焼却灰が発生します。焼却施設によっては熔融施設を併設して焼却灰を1,200℃以上の高温で溶かし、冷却して熔融スラグと呼ばれる固化物を生成して土木資材としてリサイクルされている例もあります。また、ある地域では焼却灰をセメントの原料としてリサイクルしています。このように熔融スラグの土木資材利用や焼却灰のセメント原料化といった、廃棄物を別の用途に原材料として利用することをマテリアルリサイクルと呼び、環境省の統計ではリサイクル量としてカウントされています。つまり、ここで言うリサイクル量 (率) とは、マテリアルリサイクルされる量 (率) のことで、サーマルリサイクルされる量 (率) のことではないのです。今後、電力自由化の動きや再生可能エネルギーの固定価格買取制度などを背景として、技術の高度化や広域化・集約化による施設規模の拡大

特集 新たな段階の循環型社会づくり

により、熱回収効率も高まることから、将来的にサーマルリサイクル率は一層増加する可能性があります。しかし一方で、熱回収の重視やコスト低減の観点から溶融施設の設置を見送るケースが多くなっていることから、焼却処理に関するマテリアルリサイクル率の増加はあまり見込めません。

その他の中間処理におけるリサイクルに関しても必ずしもリサイクル量（率）に反映できていない部分があります。例えば、メタン化という中間処理では、食べ残しや調理くずといった腐敗しやすい生ごみなどを嫌気状態で発酵させ、発生したメタンガスを回収して発電したり、そのまま都市ガス代替として利用することにより、サーマルリサイクルが行われています。メタン化では処理残渣として排液が発生しますが、それを液体肥料（液肥）として農業利用する場合はその利用量がリサイクル量とみなされます。ところが、排液を処理して下水道あるいは河川に放流する場合、リサイクル量はゼロとなります。

このように、環境省が定義するリサイクル率とはあくまでマテリアルリサイクルを対象とした評価指標であり、サーマルリサイクル（熱回収・利用）といったリサイクルについても評価に組み込む必要があります。また、古紙などは自治体が収集するルートとは別に、業者が独自に回収する（自治体の委託収集ではない）事例も多く、自治体が収集しない場

合は排出量及びリサイクル量に反映されません。ペットボトルなどのスーパーなどでの拠点回収も同様で、こういった家庭などから排出されながらも排出量及びリサイクル量に反映されないごみ量も少なくありません。排出量及びリサイクル量は、あくまでも自治体が収集するごみに限定されているのです。個別リサイクル法によっても排出量及びリサイクル量に反映されるものとされないものがあります。例えば、容器包装リサイクル法で対象となる容器包装ごみは自治体が収集することになっていますが、家電リサイクル法で対象となっている廃家電製品は小売業者が引き取ることであり、排出量及びリサイクル量には反映されません。時代とともに、リサイクル率の分母と分子が変化しているのが実情です。

（かわい こうすけ、資源循環・廃棄物研究センター 循環型社会システム研究室 主任研究員）

執筆者プロフィール：

ベトナムのホーチミン市に高島屋が開店し、つくば市にある西武が閉店するというニュースがありました。人口減少の日本と人口増加のアジア。（廃棄物処理も含めて）様々な業界でアジア展開が加速する時期に突入したのでしょうか。



【行事報告】

福島県環境創造センターグランドオープン開催報告

渡 會 貴 之

福島県環境創造センターは、福島県が調査研究等を行っている本館、国立環境研究所福島支部（以下、福島支部）と日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）の福島環境安全センターが調査研究等を行っている研究棟、教育・研修・交流機能を担う交流棟（以下、コミュタン福島。県内中学生の命名した愛称です）の3棟により構成されています。施設整備は福島県により進められ、本館は平成27年10月、研究棟は平成28年4月に開所し、今年7月に交流棟の整備が終わり、3棟全てが開所したのを記念し、福島県環境創造センターグランドオープンとして、記念式典及び記念イベントが開催されました。7月21日（木）には記念式典、7月23日（土）、24（日）には記念イベントが開催されました。記念式典には、福島県知事、国立環境研究所・JAEA 両機関の理事長が出席し、環境省副大臣、地元の三春町町長、田村市長等多くの来賓をお迎えして盛大に執り行われました。（写真1）



写真1 記念式典テープカット

7月23日、24日の記念イベントは一般の方を対象としたオープニングイベントで、世界で2カ所目の全球投影型シアター（写真2）のあるコミュタン福島の公開や、本館、研究棟の見学ができる施設見学ツアー、研究者とコミュニケーションをとりながら学べるサイエンスカフェ等が行われました。その中で、福島支部は施設見学ツアー、サイエンスカフェ等を企画いたしました。施設見学ツアーは、日頃は公開していない本館、研究棟の見学ができ、また、どのような研究を行っているかの説明が聞けることもあり、子どもから大人まで多くの方々にご参加いただきました。（写真3）サイエンスカフェも予想以上に多くの方にご参加いただき大盛況で終わることができました。記念イベント全体では5056名（23日2093名、24日2963名）と、福島県環境創造センターがいかに地元の方から注目されている施設かを実感することができました。



写真2 全球投影型シアター

震災から5年余りが経ち、福島県では除染事業や復興事業、避難地域の指定解除も進みつつありますが、放射性物質による環境汚染への不安はまだまだ解消されていないと思われます。こうした状況の中で地元ニーズにも応えられるよう、福島支部としては、JAEA、福島県ともそれぞれの強みを活かして協力し、一体となって環境の回復・創造に向けて努力を重ねて参ります。引き続き皆様のご支援ご協力をいただければ幸いです。



写真3 施設見学ツアー

（わたらい たかゆき、福島支部 管理課）

表彰

一般社団法人石膏ボード工業会 特別功労賞

受賞者：肴倉宏史(資源循環・廃棄物研究センター)

受賞対象：廃石膏ボードの有効利用に向けた研究活動

受賞者からひとこと：廃石膏ボードの適切な有効利用に向けて、廃石膏ボード中の微量物質含有量や溶出特性の経年変化に関する研究や、再生石膏を農業用土壌改良用資材に用いる場合に留意すべき点や環境安全品質の管理方策に関するガイドラインのとりまとめなどの取組について評価をいただきました。循環利用分野は社会からの信頼確保が重要であり、これに資する研究活動や社会貢献を今後も進めていきたいと思っております。

クリタ水・環境科学研究優秀賞

受賞者：江波進一(環境計測研究センター)

受賞対象：水の界面におけるプロトンの挙動に関する研究

受賞者からひとこと：水と空気の境界相（界面）におけるイオンの挙動はバルク中とは異なることが知られています。その界面特有のイオンの挙動は、大気化学において重要な役割を果たしています。たとえば海水や海洋エアロゾルに含まれるヨウ化物イオンは、空気-水界面に選択的に集まるため、大気中のオゾンと優先的に反応します。その結果、海洋境界層のオゾン濃度変動に影響を与えています。しかし、そのメカニズムはこれまでよくわかっていませんでした。私は厚さ約 1 nm の空気-水界面に存在するイオンを選択的に計測できる手法を用いて、水の界面におけるイオンの挙動のメカニズムの研究を行ってきました。最近の私の研究によって、イオンは水の界面で長距離の相互作用をしており、その相互作用は水分子の水素結合ネットワークによって増強されることが初めて示唆されました。今回の受賞はその成果を評価されたものです。大気化学・環境化学において、物理化学をベースとした基礎研究は今後ますます重要になると思われます。引き続き、基礎を大事にした研究を進めていきたいと思っております。

分子科学会奨励賞

受賞者：江波進一(環境計測研究センター)

受賞対象：新規質量分析法を用いた不均一ラジカル反応機構の研究

受賞者からひとこと：我々人間が徐々に老化していくように、大気エアロゾルもその一生の中で徐々に「老化」していきます。大気エアロゾルの「老化」の主な原因は、大気中に存在するヒドロキシルラジカル(OH ラジカル)による酸化反応であると考えられています。このプロセスは「光化学的エイジング」と呼ばれています。このエイジングによって大気エアロゾルの放射強制力と毒性が同時に変化するため、そのメカニズムの詳細な解明は、地球の気候変動問題と大気汚染問題に直接関連する重要なテーマであります。私は独自の実験手法を開発し、気相の OH ラジカルと液相に含まれる大気エアロゾル成分の不均一反応メカニズムを研究してきました。最近の私の研究によって、有機エアロゾルの主成分であるジカルボン酸の気相 OH ラジカルによる酸化メカニズムが詳細に解明されました。今回の受賞はその成果を評価されたものです。大気環境化学において、分子科学をベースとした基礎研究は今後ますます重要になると思われます。今後も基礎を大事にした研究を進めていきたいと思っておりますので、ご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

Japan Society on Water Environment WET Excellent Presentation Award

受賞者：小野寺 崇(地域環境研究センター)

受賞対象：New concept of anaerobic treatment reactor with phase separation structure for removing inhibitor by biogas, Water and Environment Technology Conference 2016, Abstracts ,4A-09, 59, 2016

受賞者からひとこと：嫌気性バイオリクターは、嫌気性微生物を活用した技術であり、廃水や廃棄物の省エネルギー処理が可能であることに加え、メタンを含むバイオガスを回収可能な創エネルギー型の環境技術です。本研究では、高効率・高耐久性の新たなバイオリクターの開発を目指して、嫌気性微生物の働きを阻害するアンモニアや硫化水素を除去するために、微生物自身が生成するバイオガスを巧みに利用する新たなコンセプトを提案しました。本コンセプトのリアクターは、嫌気性微生物が生成するバイオガスを廃水に自然導入し、廃水に含まれる阻害物をガストリップングによって予め除去することで、阻害物濃度の低減を図ることができる独創的な構造となっております。今後はラボスケールリアクターを用いた、運転性能評価によって、実用化に向けた技術開発を進めていく予定です。今回の受賞を励みにして、社会に役立つ環境技術の開発ができるよう、研究に精進して参りたいと思います。

エアロゾル学会奨励賞

受賞者：藤谷雄二(環境リスク・健康研究センター)

受賞対象：種々のエアロゾル種を対象としたフィールド観測および室内実験における実験的研究

受賞者からひとこと：さまざまなエアロゾル種を対象とした実験的研究でこれまで成果を挙げてきたことが評価され、エアロゾル学会奨励賞をいただくことができました。私は毒性評価のために吸入曝露実験で用いられるエアロゾル、特に粒径 100 nm 以下の気相中のナノ粒子の発生法の確立等を行ってきました。特に、カーボンナノチューブのエアロゾル化は、世界に先駆けて取り組んだもので、その手法は ISO ナノテクノロジー専門委員会にも取り上げられており、国際的な貢献も行う事ができました。また、エアロゾルの測定技術等を活かして、二次有機エアロゾル、都市大気エアロゾル、工業ナノ材料を対象とした生体影響の指標となりうる粒子の物理化学的性状評価を行うなど、包括的に研究を進めてきており、この点も評価していただいたと考えております。この受賞を励みに、今後とも一層精進していきたいと思っております。

大気環境学会進歩賞

受賞者：藤谷雄二(環境リスク・健康研究センター)

受賞対象：ナノ粒子の発生法ならびに粒径・濃度の測定・制御に関する実験的研究

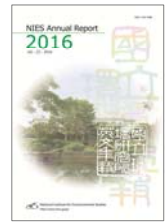
受賞者からひとこと：粒径 100 nm 以下の気相中のナノ粒子をはじめとするエアロゾルの測定等に関するこれまでの研究に関して学術上の業績を評価していただき、このたび大気環境学会進歩賞をいただくことができました。私はこれまで大気環境、あるいは工業ナノ材料を扱う作業環境におけるナノ粒子の曝露評価をはじめとするフィールド観測に取り組んできており、特に沿道大気におけるナノ粒子の長期的な濃度変動や空間分布、あるいは工業ナノ材料の作業環境におけるナノ材料の発塵濃度や、その存在形態を詳細に明らかにしてきました。また、燃焼発生源から排出される半揮発性物質、いわゆる凝縮性ダストの問題にも早くから取り組み、その研究成果により、PM_{2.5}等の排出インベントリの精緻化が期待されています。この受賞を励みに、今後とも一層精進していきたいと思っております。

新刊紹介

NIES Annual Report 2016

「NIES Annual Report 2016」は、海外に向けて、国立環境研究所の最近の研究成果を紹介する英文の年次報告書です。今回の報告書は、第3期中期計画（平成23～27年度）の5年目にあたる平成27年度の活動状況を中心にとりまとめ、トピック的に多くの図表を掲載し、研究成果を紹介しています。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/annual/ae22.pdf>



国立環境研究所研究プロジェクト報告 第120号

「持続可能社会転換方策研究プログラム（先導研究プログラム）平成23～27年度」

本報告書は、社会・経済情勢の変化および持続可能な社会に関する最新の動向を踏まえて、社会・経済活動全体とライフスタイルの両面からみた持続可能な将来シナリオを構築した研究成果について取りまとめたものです。特に、転換を行うに値する魅力的かつ持続可能な将来社会像とリスクに直面して選択されるライフスタイルの両面を検討し、具体的なイメージを多面的に明らかにした点が新しい知見と考えられます。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsume/sr-120-2016b.html>



環境儀 No.62 「地球環境 100年モニタリング～波照間と落石岬での大気質監視～」

本大気中の二酸化炭素の濃度は、産業革命以前は約280ppm程度でしたが、ここ300年の間に化石燃料の使用や森林の破壊などによって、ついに年平均で400ppmに達しました。二酸化炭素だけでなく、メタンや亜酸化窒素、フロン類、オゾンなどの温室効果ガスの濃度も上昇しています。今世紀末には温室効果ガスの排出量をほぼゼロにしなければ、地球の平均温度は産業革命以前より2℃以上高くなると言われていています。

このような地球の温暖化を監視するため、大気中の温室効果ガス濃度を世界各地で観測する必要があります。地球環境研究センターでは、1995年から日本の南端（沖縄県波照間島）や北東端（北海道落石岬）で長期観測をしています。本号では、この温室効果ガスの長期モニタリングについて、最新の研究成果を交えながら紹介します。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>



編 集 後 記

今年の夏も暑い日が続いた。

私が子供だった頃は、30度を超えると「暑いなあ」と思ったものだが、近頃は午前中から30度を超えることもある。やはり地球温暖化の影響が強くなっているようだ。外に出れば、シャーシャーとクマゼミが鳴き、ヒラヒラとツマグロヒョウモンが飛んでいる。いずれの種も北関東ではほとんど見られなかった南方系の種である。

今後、温室効果ガスをがんばって削減しても気温の上昇は避

けられない。そのため、平成27年に「気候変動の影響への適応計画」が策定された。高温耐性水稻の開発や大雨、台風の増加による水害等への備え、熱中症や感染症拡大の予防・対処等々、各種対策が盛り込まれている。

その影響を軽減するため、再生可能エネルギーで日本が先導できるようにしてほしいと個人的に思う。原子力ではなく。

(HU)

国立環境研究所ニュース Vol. 35 No. 4 (平成28年10月発行)

編 集 国立環境研究所 編集分科会
ニュース編集小委員会

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番2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

●バックナンバーは、ホームページからご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/news/>

無断転載を禁じます



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。