

国立環境研究所 ニュース

Vol.36
No.4

平成29年(2017)10月

National Institute for Environmental Studies



金属回収プロセスに投入される焼却灰／エアテーブル選別機(関連記事は12ページから)

特集 | 資源循環分野における次世代基盤技術の開発

- 資源循環・廃棄物分野における新たな技術展開 | 2
- メタン発酵施設における環境汚染物質の挙動解明と排出削減を目指して | 4
- 都市における飲食店廃油脂からのデュアルバイオ燃料製造 | 7
- ナノ材料と廃棄物 | 10
- 焼却灰のリサイクルに関する欧州調査 | 12
- 国際アドバイザーボード助言会合開催報告 | 15

資源循環・廃棄物分野における新たな技術展開

大 迫 政 浩

わが国の資源循環・廃棄物分野における技術開発は、社会のニーズや国内外の政策動向などと深い関係をもちながら進められてきました。一つの新しい原理の技術を生み出すだけでなく、既存技術を組み合わせることでシステム化する、あるいはローテクノロジーであっても適用先の条件に適合するようにカスタマイズして社会に実装していくケースもあります。

表 1 に、1990 年代からこの 30 年弱の技術開発の流れを、時代ごとのエポックとなるような廃棄物問題や主要政策とともに整理してみました。1990 年代は、ダイオキシンや不法投棄、廃棄物量の増大による処分場ひっ迫といった問題を背景にして、適正処理や減容化技術の研究開発が主流でした。また、容器包装リサイクル法の制定により、廃プラスチックのリサイクル技術も進展しました。2000 年代に入ると地球温暖化や資源枯渇の問題を背景に、廃棄物系バイオマスからのエネルギー転換技術や使用済み製品からのメタル回収技術の研究開発が脚光を浴びました。そして 2010 年代は、東日本大震災に伴う福島第一原発事故の発生が放射能汚染という大きな課題を投げかけました。資源循環・廃棄物分野でこれまで蓄積してきた知見をベースに、汚染廃棄物等の処理技術の研究開発が進められています。一方、原発事故も契機に再生可能エネルギーへの転換が急務となり、電力自由化の流れや FIT 制度（再生可能エネルギーの固定価格買取制度）も後押しして、焼却施設における発電効率向上やメタン発酵と焼却処理の複合システムの開発など、エネルギー転換技術の進展がみられています。

さて、私たちが研究を進めるにあたって、これからの資源循環・廃棄物分野の技術展開には持続可能な社会づくりを目指して、以下のような視点が必要なのではないでしょうか。

まず、経済社会に蓄積された人工物が廃棄される

の天然資源のみ使うようにする社会への転換が求められます。廃棄物として単に埋めて処分するのではなく、上流から下流までのあらゆる段階で資源価値のある金属元素等の有用物質を回収する技術やシステムの構築を進めていくべきです。

また、低炭素社会と循環型社会の協調的な取り組みも一層重要性を増すものと思います。温暖化対策のために導入された太陽光パネル、ハイブリッド車などの新規技術から生じる新たな廃棄物・リサイクル問題も生じています。カーボンニュートラルな廃棄物や未利用のバイオマス資源のエネルギー転換も一層拡大していくものと考えられます。

一方、新たに普及してきた新規材料（炭素繊維やナノ材料）や新規化学物質（難分解性有機汚染物質 POPs など）の処理・リサイクル時の適正管理技術は将来においても注視していくべき課題です。それらの材料や化学物質の挙動を正確に把握してリスクを評価し、適切な管理方を提示していくことが求められます。

資源循環研究プログラムの「次世代の 3R 基盤技術の開発」では、以上のような見通しのもとに新たな技術開発研究にチャレンジしており、本特集でその一端を紹介します。我々の研究が、将来の持続可能な社会の基盤となる技術システムづくりに貢献できればと考えています。

（おおさこ まさひろ、

資源循環・廃棄物研究センター長）

執筆者プロフィール：

2011 年の東日本大震災・原発災害の直後から現職に就いて 7 年目に入りました。その間、がれきの処理など、一人一人は微力でも結集すれば成し遂げられていくことを実感しています。福島支部も動きだしました。世の中が求めるものに対して常にチャレンジできるように、研究所も「応変」していかなくてはなりません。



表 1 資源循環・廃棄物分野における社会ニーズや政策動向と主な技術開発動向

年代 (10年刻み)	社会ニーズや政策動向	主な技術開発内容
1990年代	処分場安全性確保	遮水工システム、漏水検知システム（埋立処分）
	ダイオキシン問題	燃焼改善、排ガス処理（活性炭噴霧・バグフィルター）等ダイオキシン抑制技術（焼却処理）、浸出水中ダイオキシン分解技術（埋立処分）
	処分場ひっ迫	灰溶融・ガス化溶融等の減容化技術
	容器包装リサイクル法制定	光学的選別等高度選別技術、廃プラスチックのマテリアル・ケミカルリサイクル技術
	不適正処分・不法投棄問題	汚染土壌処理技術、汚染拡大防止技術
2000年代	残存PCB・アスベスト等負のストック問題	PCBの化学分解処理技術、アスベスト無害化技術
	地球温暖化問題・バイオ燃料等再生可能エネルギー転換	バイオガス化技術、BDF化、バイオエタノール化
	アジア新興国等への展開	低コストシステム化
	ベースメタル、レアメタル高騰	使用済み製品からの物理選別技術、残渣の溶融メタル回収
2010年代	電力自由化・FIT制度	発電高効率化技術（低空気比、排ガス再循環、低温エコノマイザー、無触媒脱硝等）（焼却処理） 焼却／メタン発酵コンバインドシステム 生物ドライ／選別SRF化／堆肥化システム（MBT技術）
	福島第一原発事故による環境放射能汚染	放射能汚染廃棄物等処理における放射性セシウム制御技術
	水俣条約・水銀規制	廃水銀の硫化処理技術、隔離処分技術
	ICT、IoT技術進展	トレーサビリティシステム、燃焼制御、遠隔監視技術等

特集 資源循環分野における次世代基盤技術の開発

【研究プログラムの紹介：「資源循環研究プログラム」から】

メタン発酵施設における環境汚染物質の挙動解明と排出削減を目指して

倉持 秀敏

資源循環プログラムのプロジェクト 5「次世代の 3R 基盤技術の開発」では、都市圏を対象に我々の生活から排出される家庭ごみや未利用な廃棄物系バイオマスを原料に、エネルギー・金属資源を回収する技術を開発しています。例えば、我々が食べ残した生ごみを原料に発酵という微生物の力を利用して天然ガスの主要成分であるメタンというエネルギー資源へリサイクルする技術（メタン発酵技術）を開発しています。メタン発酵により製造されるメタンは、化石燃料であるメタンと区別してバイオガスと呼ばれています。また、バイオガスはカーボンニュートラル（ライフサイクルにおける二酸化炭素の排出と吸収がプラスマイナスゼロ、例えば、バイオガス燃焼時に排出される二酸化炭素はバイオガスの原料となる植物等の成長過程で吸収）により二酸化炭素の排出量が少ないバイオ燃料（バイオマスから製造される化石燃料代替）の一種であり、メタン発酵技術は温暖化対策技術としても位置付けられています。

バイオガスは、生ごみから家畜糞尿まで様々な種類の廃棄物から製造されています。生ごみの場合には、機械選別により我々が出す家庭ごみの袋から生ごみ分を回収できるため、家庭ごみも原料とすることができます。また、複数種の廃棄物が混ざった状態でも原料になります。これはリサイクル技術としては長所になりますが、一方で、様々な廃棄物を取り扱うために、有害もしくは有害性が懸念される化

学物質やバイオガスのエネルギー利用を阻害する物質が入ってくる可能性もあります。2014年の Suominen らの研究では、バイオガスの発酵液（図 1a 参照）、特に、その中の固形物（図 1b 参照）には、ポリ臭素化ジフェニルエーテル（PBDEs）の濃度が高いことが指摘されています。PBDEs の一部は残留性有機汚染物質（POPs：分解されにくく、人や野生生物等の体内に蓄積されやすく、長距離移動し、人や生態系に有害性を与える物質）と呼ばれて、ストックホルム条約にその製造・使用が禁止または制限されています。原料もしくは施設内において PBDEs の濃度が高い場合には、PBDEs の挙動（発酵液やバイオガス中の濃度）を把握して環境への排出量を低減する対策を検討する必要があります。メタン発酵における環境汚染物質の挙動に関する研究例は少なく、速やかに対策を検討することが難しい状況です。そこで、プロジェクト 5 では、メタン発酵技術を開発するだけでなく、メタン発酵施設において環境汚染物質やエネルギー利用阻害物質の挙動を予測する方法を研究していますので、その研究内容と状況を紹介します。

まず、メタン発酵槽における汚染物質もしくは阻害物質の濃度を予測するために、多媒体モデルを利用しています。多媒体モデルとは、図 2 のように対象物質の平衡状態（見かけ上変化のない安定な状態）における媒体間の分配係数、例えば、気相-水相間の

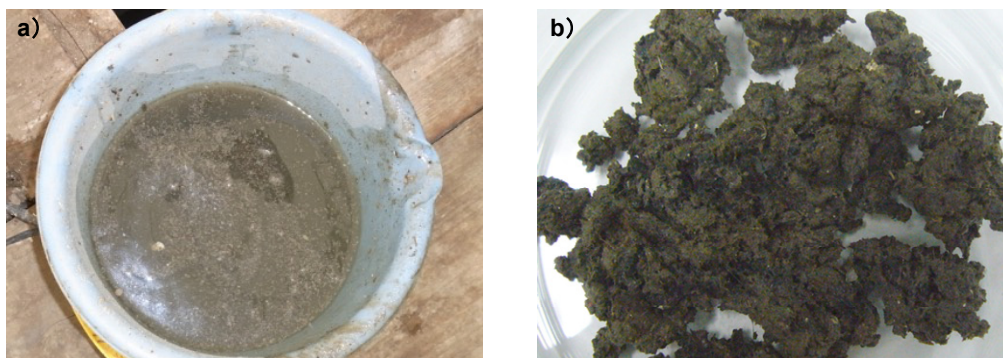


図 1 a) メタン発酵槽内の発酵液と b) 固形物（脱水後）

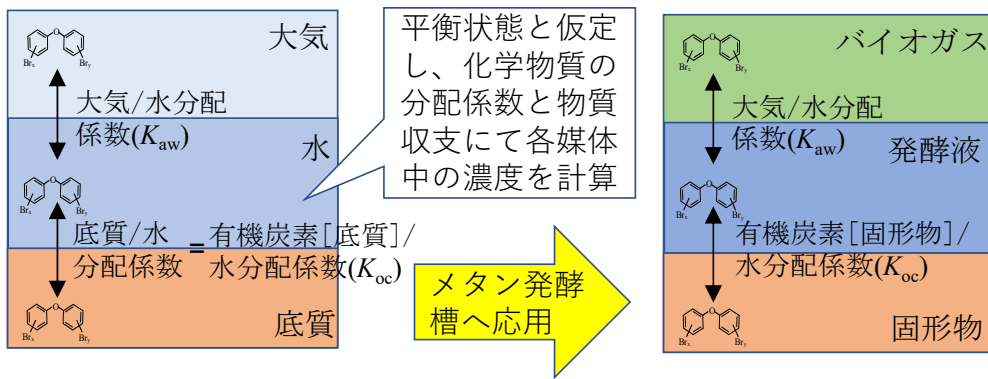


図2 多媒体モデルのイメージ（左）とメタン発酵槽への応用（右）

汚染物質の濃度比を示す大気/水分配係数と物質収支（各媒体中の汚染物質存在量の総和は一定）を使って、対象とするシステム内の濃度を計算する方法です。メタン発酵槽に応用すると、図2のように発酵槽内にはバイオガス、発酵液、固形物の三種類の媒体が存在し、媒体間の分配係数と物質収支を用いて各媒体中の濃度を計算します。一般的なメタン発酵槽を対象とした場合の計算結果を図3に示します。図3は、化学物質が持つ大気/水分配係数 (K_{aw} : 平

衡状態における大気と水間の濃度比)及び有機炭素/水分配係数 (K_{oc} : 平衡状態における有機炭素と水間の濃度比) に対する各媒体における存在割合を示しています。ここで、例えば、図3にPBDEsであるBDE-15、BDE-99、BDE-209及びエネルギー利用阻害物質の一つである環状シロキサン（オクタメチルシクロテトラシロキサン (D4)、ドデカメチルシクロヘキサシロキサン (D6)) の発酵温度に対応した各種分配係数をプロットすると、一見してPBDEs

バイオガス中の存在割合 : ■;90%以上, □;50~90% (残りの10~50%は固形物もしくは発酵液)
 固形物中の存在割合 : ■;90%以上, □;50~90% (残りの10~50%はバイオガスもしくは発酵液)
 発酵液中の存在割合 : ■;90%以上, □;50~90% (残りの10~50%はバイオガスもしくは固形物)

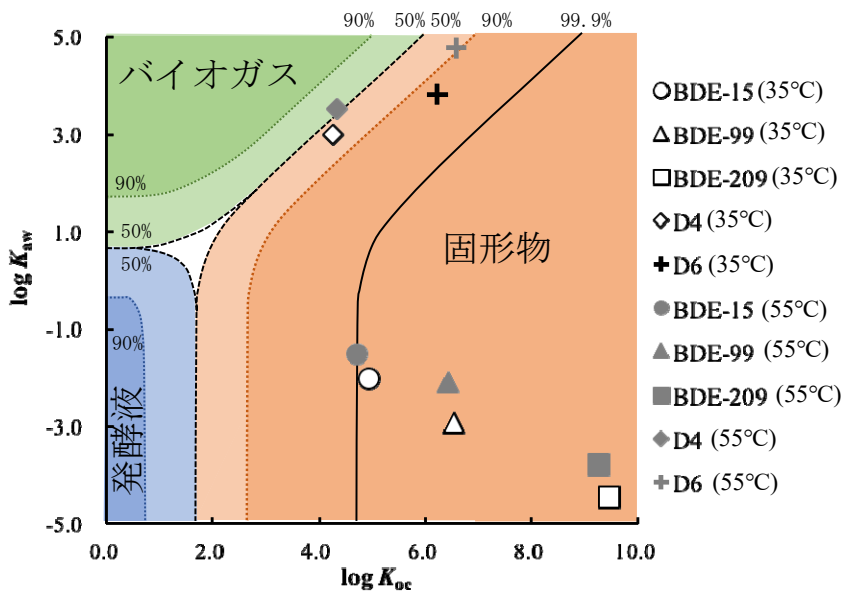


図3 多媒体モデルによる化学物質の分配係数 (K_{aw} と K_{oc}) に対するメタン発酵槽内の存在割合
 破線は各媒体中の存在割合が50%と90%を示し、実線は固形物中の存在割合が99.9%を示す。
 プロットはポリ臭素化ジフェニルエーテル及び環状シロキサンの発酵温度 (35°C及び55°C) における K_{aw} と K_{oc} (プロットが媒体中の存在割合を示す。)

特集 資源循環分野における次世代基盤技術の開発

は99.9%以上が固形物に存在すること、また、PBDEsよりも揮発性の高い環状シロキサンは固形物に加えてバイオガスにも存在することが予想されました。さらに、発酵温度の影響を予測すると、特に環状シロキサンの場合では、発酵温度の上昇とともにバイオガスへ移行する量が増え、D4は50%以上がバイオガス中に存在することが示唆されました。この図は汚染物質や阻害物質の媒体への移行を簡単に予測できますが、原料の発酵槽内への流入、発酵液等の発酵槽外への流出、発酵槽内における汚染物質の分解を考えて作られていません。そこで、現在では、発酵槽内外への流れや対象物質の分解速度を加味して、メタン発酵槽とその前後での処理等を含めた発酵施設全体における各媒体中の濃度を計算しています。発酵施設全体に対する計算結果より、汚染物質や阻害物質が各処理過程においてどのくらい分解し、どの媒体へどれだけ移行するのかがわかってきました。本プロジェクトでは、これらの知見を踏まえて、施設内における汚染物質の挙動を制御することも検討しています。

多媒体モデルを使うことによってメタン発酵施設内の汚染物質の濃度を予測することができますが、机上の空論にならないように、計算結果が正しいか

どうかを検証する必要があります。そこで、実際のメタン発酵施設から発酵液等の試料を採取して、汚染物質の濃度を明らかにすることを始めています。また、計算で用いている分解速度は推算値であることから、実験室規模のメタン発酵装置を使って、汚染物質の分解速度を測定することにもチャレンジしています。実施における汚染物質の濃度レベルの把握と分解速度の精緻化を通して、多媒体モデルを有用な計算モデルへ修正していくとともに、汚染物質が環境へ排出される量を最小化する方法を提案し、実証することを考えています。日本におけるバイオ燃料製造技術は循環型社会及び低炭素社会に役立つ技術として注目されていますが、環境汚染物質の排出量削減という環境保全にも貢献できる技術としても期待されていると考えています。

(くらもち ひでとし、資源循環・廃棄物研究センター 基盤技術・物質管理研究室長)

執筆者プロフィール：

最近、記憶容量が落ちぎみ。忙しいことを理由にしているが、情報の脳内への分配をどう増やせば良いか検討中。脂肪の体内への分配は簡単に上げられるのだが。

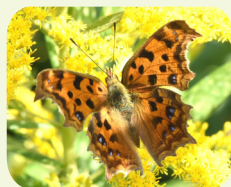


木漏れ日便り

10月から11月、しだいに秋が深まるころ、ほぼ日本全国でセイタカアワダチソウが黄色い花を咲かせます。明治のころ、観賞用に北アメリカから持ち込んだものが、第2次世界大戦後に急速に野に広がってしまいました。もともと日本の自然の一員ではなかったのですが、すっかり昆虫の秋の餌場として定着してしまった感があります。国立環境研究所の構内の一画で咲いているセイタカアワダチソウに、蜜や花粉をもとめてやってきた虫たちの写真を集めてみました。チョウの仲間(1,2)、カメムシの仲間(3)、甲虫(コウチュウ)の仲間(4)、ハチの仲間(5)、アブ・ハエの仲間(6)と多様な虫が見られます。(竹中明夫)



1. モンシロチョウ



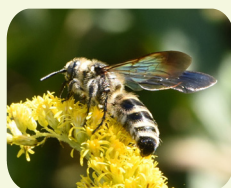
2. キタテハ



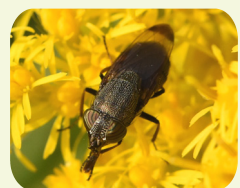
3. オオホシカメムシ



4. コアオハナムグリ



5. ヒメハラナガツチバチ



6. ツマグロキンバエ

【研究ノート】

都市における飲食店廃油脂からのデュアルバイオ燃料製造

小林 拓 朗

飲食店や食堂等から発生する厨房排水には、私たちの家庭から出る生活排水と比較して高濃度の油脂が含有されているので、建築基準法関係規定や下水道条例等により店舗ごとにグリーストラップ（阻集器）の設置が義務付けられています（図1）。例えば環境省環境技術実証事業の報告書によれば、平均300食程度提供しているラーメン店において、厨房シンクからの排水中のn-ヘキサン抽出物質濃度（油分濃度を表す）が平均約6g/L、1時間あたりのn-ヘキサン抽出物質排出量が平均1.2kgというデータがあり、これだけの量の油脂がグリーストラップに流れ込み、蓄積していることとなります。グリーストラップの性能を維持するためには定期的な清掃が必要で、蓄積物は一般的に産業廃棄物としての処理が求められるので、飲食店等では処理にかかる費用や管理の煩雑さに嫌悪感を持ち、十分な維持管理ができないあるいはしていないケースがあります。このことが原因で汚濁物質の流出や悪臭、管路閉塞等が引き起こされています。統計的なデータとしては、例えば英国では年間24,750件もの閉塞事故が発生していると推定され、そのほとんどが油脂に由来するとされています。グリーストラップ内で浮上し蓄積する廃棄物（浮遊廃グリース）は油分や食品カスが濃縮されたものであり、バイオ燃料の原料として高いポテンシャルが期待できます。私たちは、その

燃料化はグリーストラップの清掃と廃棄物回収にも動機付けを与えることができると考え、廃グリース燃料化のための研究に取り組んできました。以下では、浮遊廃グリースから効率よく燃料化を進めるための技術的検討について紹介します。

飲食店から回収された廃グリースの特徴

廃グリースの回収方法には、グリーストラップ内容物全体のバキューム回収、浮遊グリースと堆積物のみの手作業回収、浮遊油脂の専用機材を用いた回収の主に3種類があります。都心部では限られた店舗面積のために厨房内にグリーストラップが設置されることから、浮遊廃グリースが手作業で回収されることが多くなります。私たちは、様々な種類の飲食店舗において産業廃棄物回収業者によって手作業で回収された廃グリースを調査してきました。表1は、各店舗から回収した廃グリースサンプル中の油分を様々な分析項目に基いて分類した結果で、数値はそれぞれの油分の代表的な性状や分離特性に関する指標を示しています。表1では似通った特徴を示すサンプルを5つのグループに分類しています。廃グリースに含まれる油分は、中性脂肪（3分子の高級脂肪酸がグリセリンと結合したもの）とその加水分解により生じた遊離高級脂肪酸で構成されました。油分の物理化学的性状は、店舗で使用され

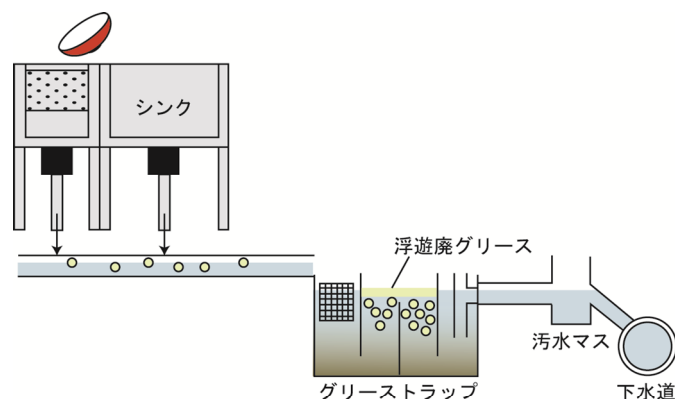


図1 飲食店厨房における排水設備の模式図

特集 資源循環分野における次世代基盤技術の開発

ている食材や食用油の種類だけでなく、中性脂肪の加水分解の程度や高級脂肪酸の種類によっても大きく変動します。そのため、メニューの違いや調理方法、管理状態、清掃頻度等の違いが油分の性状に影響を与えていると考えられます。解析の結果、油分の特徴に関わる分類を決定づけるのは、油分の固化に関連する項目と劣化に関連する項目でした。例えばフランス料理やラーメンのサンプルが属する緑枠グループの油分は、遊離脂肪酸割合や過酸化価等

の劣化指標は低い一方で脂肪酸の飽和度が高く（つまり動物性脂肪が多い）、液化する温度は 30℃以上でした。ラーメン店等は、排水と共に流出する油分が固化して排水管の閉塞を起こしやすいことが知られていますが、得られた液化温度からそれも納得できます。逆に和風食堂やポルトガル料理サンプル等が所属する赤枠グループの油分は、液化温度が非常に低く、室温ではほとんど液体でした。居酒屋サンプルが多く所属する青枠グループの油分は、液化温度は中程度で遊離脂肪酸割合が非常に高い結果となりました。

表 1 廃グリースサンプル中の油分の性状に基づく分類と液化・抽出特性

回収時期	店舗の種類	遊離高級脂肪酸割合 (%)	完全液化温度(°C)	加温による油分回収率(%)
2014年春	カレー	6.2	37.8	93.6
2014年春	フランス料理	8.5	44.7	67.8
2014年春	ラーメン	18.6	27.5	23.4
2014年夏	ラーメン	20.6	40.0	96.8
2015年冬	フランス料理	2.3	40.7	90.8
2015年冬	ラーメン	12.4	41.6	95.5
2015年夏	ラーメン	46.2	42.4	98.3
2014年夏	フランス料理	27.0	45.7	91.0
2014年春	イタリア風パブ	11.5	22.3	82.5
2015年冬	ベルギー風カフェ	14.0	24.8	86.8
2015年冬	フランス風カフェ	32.4	27.1	83.6
2015年夏	和風食堂	24.3	16.7	98.3
2016年冬	ポルトガル料理	18.3	24.9	94.0
2014年春	ベルギー風カフェ	7.1	2.0	91.9
2014年夏	ポルトガル料理	14.9	20.1	93.7
2015年夏	ベルギー風カフェ	21.6	19.5	92.3
2014年夏	ベルギー風カフェ	39.8	21.4	78.2
2014年春	ポルトガル料理	4.0	-3.0	93.9
2016年冬	和風食堂	15.9	10.6	85.0
2014年春	和風食堂	0.8	1.1	77.6
2014年夏	居酒屋1	8.8	25.4	82.6
2015年冬	中華料理1	2.6	24.8	91.6
2015年夏	中華料理1	8.5	43.0	98.5
2014年春	居酒屋1	93.8	33.8	80.2
2015年夏	カレー	57.2	33.7	95.4
2016年冬	居酒屋1	70.9	33.7	84.8
2015年冬	焼肉	94.0	38.3	92.1
2015年夏	居酒屋1	98.0	34.5	68.0
2016年冬	居酒屋2	90.5	36.9	87.7
2014年夏	カレー	41.9	29.0	87.7
2015年冬	カレー	57.2	37.2	79.4
2015年冬	中華料理2	38.5	29.7	84.7
2016年冬	イタリア風パブ	56.4	25.0	95.7
2015年夏	イタリア風パブ	53.1	25.0	90.5
2016年冬	カレー	60.9	37.7	73.5
2014年夏	イタリア風パブ	75.4	25.9	66.8
2015年夏	中華料理2	95.0	29.4	93.1
2016年冬	ベルギー風カフェ	72.1	26.8	93.5
2015年冬	居酒屋2	70.0	34.2	66.3
2015年夏	ポルトガル料理	62.6	25.0	93.9
2015年夏	居酒屋2	73.1	32.5	86.3

廃グリース中の油分は液化度合いが高いほど水や食品カスと分離しやすいことが明らかでしたので、廃グリースを加温したところ、表1のすべての液化温度を上回る 50℃以上でどのような油分であっても液化し、油分を分離・抽出できることがわかりました。その結果、一部の油分は、水・食品カスと一体（エマルジョン形成）となって留まっていたことが、廃グリースに含まれる油分全体の8割以上はほとんどのサンプルにおいて回収することができました。一方で、抽出後の残さ分を分析してみると、炭水化物・タンパク質・油分からなる有機物濃度は約10%で湿式メタン発酵（液状の原料をタンクで攪拌しながら発酵する方法）の投入原料として典型的な水準であって、エネルギー回収に適した組成であることが確認されました。

飲食店廃グリースからの燃料生産

上の調査を踏まえて、私たちは 50℃以上の加温による油分の液化・抽出と残さのメタン発酵による液体と気体のデュアル燃料生産の試験を行いました。まず、図2で示されているような自動分離装置を使って、7~10店舗分の浮遊グリース約 100 L を加温分離し、油分の抽出と残さの回収を機械的に行いました。4回の試験結果から、廃グリース中の油分は 81~93%程度抽出が可能で、それは廃グリース全重量の平均 35%に相当することがわかりました。抽出された油分は動粘度約 20 mm²/s、残留炭素分 0.4%未満、水分量 0.4%未満、灰分量 0.01%以下、硫黄分はほとんどなしでした。例として、JIS規格における A 重油（軽油に近い低粘度の燃料）は動粘度 20 mm²/s、残留炭素分 4%以下、水分量 0.3%以下、灰

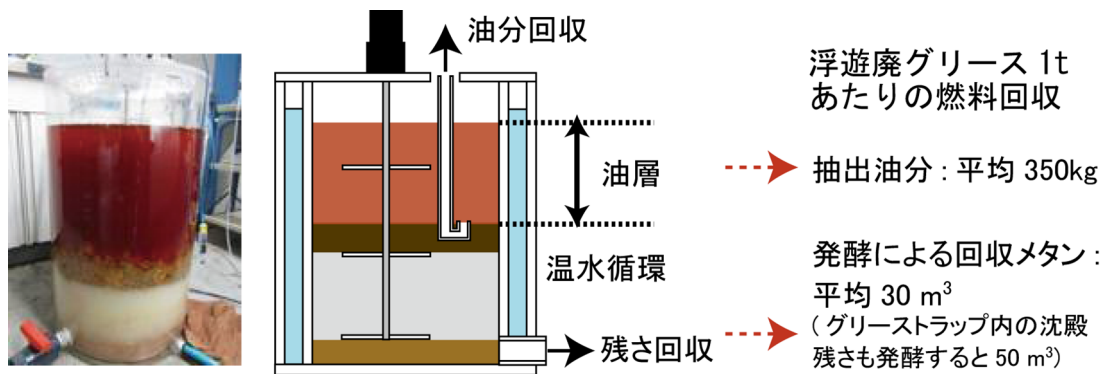


図2 廃グリース分離の仕組みと回収が期待できる燃料量

分量 0.05%以下、硫黄分は 2.0%以下です。したがって、抽出油分は A 重油水準の品質でした。それ以外にも、微量金属濃度などは廃食用油と遜色ない水準で、高純度の油分が機械的に再現性のある方法で抽出可能であることがこの試験から示されました。

一方で油分抽出後の残さは廃グリース全重量の平均 65%を占め、COD 濃度（水質汚濁物質濃度を示す値）が平均 153 g/L、全窒素濃度が平均 1.8 g/L で、ミネラル分はやや不足していましたが、メタン発酵を行う微生物の生育に適した栄養素の組成であることが確認されました。メタン発酵によるメタン生成のポテンシャルは有機物分 1 g あたり 700~1000 mL であって、家畜排泄物の約 3 倍、都市ごみ有機成分の約 2 倍程度の高い値を示しました。しかしながら、有機物分に占める油分の割合は 50%以上と高く、連続的な処理を行う際には油分由来の物質が微生物の働きを阻害することが問題となります。直接的に阻害を引き起こす物質は、油分の加水分解に伴い生成してくる高級脂肪酸で、わずか 6 mmol/L の高級脂肪酸に 6 時間程度暴露された場合でも、メタン発酵微生物の活性は半分まで低下することがわかりました。私たちは、高級脂肪酸濃度をモニタリングするセンサーの開発や微生物に対する無害化のための処理を施すことで約 1 年間の連続的な処理が可能であることを確認しました。

このような研究結果を踏まえて、図 2 に示されているように浮遊グリース 100 L あたりから平均 35 kg

の油分と 3 m³ のメタンが回収可能であるという結論に至りました。私たちが過去に行った試算では、関東圏で年間約 14 万トンの浮遊グリースが発生していると見込まれます。それに対して本手法を適応すると考えると、4.9 万トンの油分と 420 万 m³ のメタンが回収されることとなります。これらが重油の利用を代替すると仮定すると、CO₂ 排出量が 14 万トン程度削減される計算になり、同地域で廃食用油全量をバイオディーゼル燃料化して軽油代替とした場合よりも大きな削減量が期待できます。このように、廃グリースの燃料化は冒頭で述べた都市環境への油脂の排出抑制への寄与だけでなく、油系廃棄物からのエネルギー生産手法としても従来取り組まれている手法に匹敵するポテンシャルを有しています。現在、私たちはさらに燃料製造コストを安くしつつ、環境保全にも大きく貢献できる資源化・実証シナリオを検討しています。

（こばやし たくろう、資源循環・廃棄物研究センター 国際廃棄物管理技術研究室 主任研究員）

執筆者プロフィール：

この研究に取り組みはじめてから日々の食事の食べ残し、とくにスープ系については思うところがあります。例えばラーメンの残り汁、飲み干すべきか捨てるべきか、捨てるとしたら排水口は避けるべきでは…等。



特集 資源循環分野における次世代基盤技術の開発

【環境問題基礎知識】

ナノ材料と廃棄物

山本 貴士

私たちの日々の豊かな生活は、様々な工業材料により支えられています。その中で、近年注目を集めている材料の一つにナノ材料があります。ナノ材料の定義は国や機関により様々ですが、環境省の「工業用ナノ材料に関する環境影響防止ガイドライン」(2009)によると、「3つの次元(縦、横、高さ)のいずれかがナノスケール(1 nm から 100 nm)の物質及びその凝集物であり、工業的使用を目的に意図的に製造されたもの」とされています。身近なナノ材料には、紫外線をブロックする機能を持ち日焼け止めなどの化粧品に使用される二酸化チタンや酸化亜鉛、強い抗菌作用を持ち生活用品などに使用されるナノ銀などがあります。また、高い引っ張り強度や優れた導電性を有するカーボンナノチューブ(CNT)は、ニュースや新聞などでよく見聞きするナノ材料です。近年問題となっているPM2.5は直径2.5 μm 以下の大気浮遊粒子状物質を指しますが、2.5 μm は 2500 nm ですから、ナノ材料はPM2.5よりも微小であることとなります。ナノ物質の例として、透過型電子顕微鏡(TEM)で撮影した酸化アルミニウムのナノ粒子を写真1に示します。左下のスケールバーと比較すると、直径100 nm よりも小さい粒子が多数存在することが分かります。二酸化チタン

や酸化亜鉛、銀のナノ粒子は写真1のような球状ですが、CNTはその名前の通り長い繊維状の粒子です。

ナノ材料の健康や環境への影響については分かっていないことも多く、現在精力的に研究が進められているところです。ナノ材料の健康影響は、その化学的組成によるものだけでなく、サイズの小ささや表面積の大きさといったナノスケールであることによるものとの複合的なものです。CNTはその繊維状の形態がアスベストに類似していることから、特に関心を払われているナノ材料の一つであり、実験動物に用量依存的に中皮腫を引き起こすことが確認されています。IARC(国際がん研究機関)は、多層CNTの一種であるMWCNT-7の発がん性について、グループ2B(ヒトに対する発がん性が疑われる)に分類しています。

日本国内におけるナノ材料の使用の状況については、先出の「工業用ナノ材料に関する環境影響防止ガイドライン」では2006年の使用量として、カーボンブラックやシリカ、二酸化チタン、ニッケルが年間1000トン以上、酸化アルミニウムや酸化亜鉛、モンモリロナイト、顔料やアクリル微粒子が年間100~1000トン、多層CNT、カーボンナノファイバー、ナノ銀、 dendリマー、ポリスチレンが年間10~100トン、酸化セリウムやフラーレンが1~10トンと取りまとめられていました。これを最近(2015年)の国内需要と比較すると、二酸化チタンが約1250トンから957トン、酸化亜鉛が約480トンから595トンとほぼ横ばい、多層CNTが約60トンから100トン、ナノ銀が約50トンから230トンと増加、半導体関連の研磨剤として用いられる酸化セリウムは約2~3トンから約290トンと著しく増加しています。主なナノ材料の使用量の推移について、表1にまとめました。

このような、ナノ材料の使用の拡大とともに、ナノ材料自体やそれを含む製品の廃棄物の発生も同様に増加することが見込まれます。こうした廃棄物の適正な管理及び処理処分は、ナノ材料の環境放出を

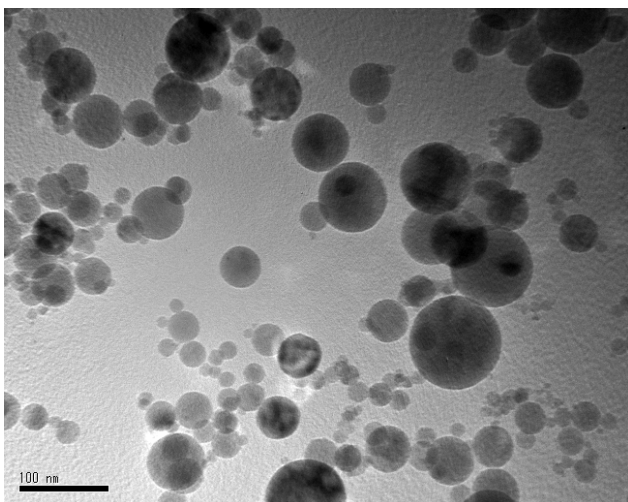


写真1 酸化アルミニウムナノ粒子のTEM画像

表1 ナノ材料の2006年及び2015年の国内使用量

ナノ材料の種類	主な用途	国内使用量 (2006年)	国内使用量 (2015年)
フラーレン	スポーツ用品	約2トン	—
単層カーボンナノチューブ (SWCNTs)	研究開発中	約100kg	100トン
多層カーボンナノチューブ (MWCNTs)	半導体トレイ、その他	約60トン	
銀+無機微粒子	日用品、キッチン周り、食品密封容器等	約50トン	230トン
鉄	家電・電気電子製品	200～300トン	—
カーボンブラック	タイヤ、顔料等	約83万トン	766,091トン
二酸化チタン	化粧品、トナー、自動車用塗料	約1,250トン	957トン
酸化アルミニウム	家電・電気電子製品	約700トン	—
酸化セリウム	半導体関連の研磨剤	2～3トン	290トン
酸化亜鉛	化粧品、その他	約480トン	595トン
二酸化ケイ素(シリカ)	シリコーンゴム、FRP、塗料、その他	約13,500トン	—
ポリスチレン	ディスプレイの反射防止、光拡散用途、化粧品	約10トン	211トン
ナノクレイ	塗料、化粧品、医薬品、食品添加物、触媒等	約250トン	—
樹状高分子(デンドリマ)	紙用途、その他	約50トン	—
顔料微粒子	インク等	約800トン	—
アクリル微粒子	化粧品、インク	約225トン	2,550トン
カーボンナノファイバー	リチウムイオン電池、その他	60～70トン	—
白金	食品、パッケージ、化粧品、触媒	約0.09トン	—
量子ドット	研究用試薬	数kg	—
ニッケル	家電・電気電子製品	約1,200トン	1,000トン
酸化イットリウム	蛍光膜	—	—

※「工業用ナノ材料に関する環境影響防止ガイドライン(平成21年3月)」(環境省、平成21年3月)に掲載の表を改変。2015年の国内使用量は「2016年微粉体市場の現状と将来展望」(富士キメラ総研、2016)より引用しました。

低減する上で重要な課題です。ナノ材料の製造現場では、曝露防止対策として局所排気装置の設置や保護具の着用、また一部の事業所では全体換気装置の設置も行われています。これにより、作業環境中や一般環境へのナノ材料の飛散・放出は制御されていますが、排気・換気装置に回収されたナノ材料を含

む粉じんやフィルター、保護具は産業廃棄物として排出されます。また、製造現場からの排水は、処理設備においてナノ材料を凝集沈殿させ排水から汚泥として除去し、汚泥は産業廃棄物として排出されます。製品使用段階でのナノ材料の放出については、水系への放出と含有製品の廃棄の2つの経路が考え

特集 資源循環分野における次世代基盤技術の開発

られます。前者は主に化粧品中に使用されるナノ材料であり、入浴や洗濯により生活排水として下水処理施設に流入し、一部は汚泥として回収されます。後者はプラスチック製品などに添加されるナノ材料です。CNT を含む音響製品やゴルフクラブからは、その使用時に CNT は放出されなかったとする研究例があります。従って、これらの製品は寿命を全うした後にナノ材料を含んだままで一般廃棄物として排出されることとなります。

一般廃棄物や産業廃棄物の可燃物や一部の下水処理汚泥は焼却されます。また、不燃物や焼却残渣（ばいじん、燃え殻）、一部の汚泥は埋立処分場に埋設されます。従って、廃棄物処理過程からのナノ材料の環境放出経路は、一つは焼却排ガスからの環境大気への移行、もう一つは埋立処分場浸出水からの水系への移行となります。日本国内では、廃棄物焼却炉はダイオキシン類対策のため高温（850℃、2 秒間）で運転されています。CNT などの炭素系ナノ材料はこの温度では分解する可能性が高いと考えられていますが、一部の研究では CNT は焼却時に完全に分解しないとするものもあり、より詳細に検討を進めていく必要があります。一方、無機系ナノ材料は焼却では分解せず、一部は燃え殻中に残存し、残りは焼

却排ガス中のばいじんに移行すると考えられており、ナノ材料を含むばいじんを焼却排ガスから有効に分離する設備が必要となります。埋立処分場に埋設された不燃物や焼却残渣に含まれるナノ材料は水系へ移行する可能性があり、廃棄物や焼却残渣の溶出液や埋立処分場浸出液を TEM により観察し、ナノ粒子を検出したとする研究例もあります。

廃棄物処理過程でのナノ材料の挙動に関する研究は端緒についたところであり、今後、廃棄物焼却施設や埋立処分場での実データの取得を進めていくとともに、複雑な媒体中のナノ材料を効率よく測定できる手法も合わせて開発していきたいと考えています。

（やまもと たかし、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：

年齢が大台に乗りました。健康のために山歩きを再開し、最近も木曾駒・宝剣岳に登ってきましたが、高山の紫外線を侮り、ひどい目に遭いました。面倒がらずに日焼け止めを使用すべきだったと後悔しています。



【調査研究日誌】

焼却灰のリサイクルに関する欧州調査

肴 倉 宏 史

廃棄物を適正な管理の下で焼却処理すると、有機成分はガス化され、無機成分を主体とする焼却灰が残ります。焼却灰は国によって様々なリサイクルが行われています。日本でのリサイクル方法の参考とするため、私たちは、欧州における焼却灰のリサイクル方法について調査する機会を得ることができました。本稿では、調査内容の一部を紹介し、今後、日本で取り組むべき方向を考えてみたいと思います。

まず、日本の状況を確認しておきましょう。環境省の統計によると、2015 年度は、一般廃棄物（主に、私たちが毎日排出する家庭系廃棄物）の総排出量 44

百万トンのうち、35 百万トン（79%）が焼却処理されました。その結果発生する焼却灰は主に最終処分されており、2015 年度に最終処分された一般廃棄物 4.2 百万トンのうち、3.2 百万トン（76%）を焼却灰が占めています。処理責任のある市町村等の中には、最終処分場が少しでも長持ちするように、セメント工場に焼却灰を受け入れてもらったり、焼却灰を高温溶融してスラグ化し建設資材に利用する等のリサイクルを進めているところも多く見られます。

それでは、欧州の状況を見てみましょう。調査はドイツ、スイス、オランダ、デンマークの 4 カ国を

対象に、2015年と2016年の2回にわたって行い、全部で7箇所の焼却灰リサイクル施設を調査することができました。その結果、これらの施設では「焼却主灰」(焼却炉の底部から排出される灰)だけを受け入れており、日本のような特段大きな熱エネルギーは与えずに、灰粒子を物理特性等に応じて選別していることが明らかになりました。一方、「焼却飛灰」(集じん装置で捕集される粉じん状の灰)は有害金属の濃度が高いため、欧州では、主に、地下深くの廃塩鉱に入れて半永久的に保管されているとのこと。

写真1はドイツ・フランクフルト近郊の工業団地内にある焼却灰リサイクル施設へ搬入された焼却主灰です。灰とともに、大きな金属や岩のような塊がたくさん混ざっています。施設の方の話では、100kgの廃棄物を燃やすと20kg程度の焼却灰(つまり、燃えない成分)が残るそうです。因みに日本では10kgを下回るのが普通なので、日本の方が、焼却前の分別はしっかりされているのかも知れないと思いました。この施設では、焼却主灰は屋外に保管されていました。細かな灰粒子の飛散による近隣環境への影響がやや心配ですが、工業団地ということで、少し許容されているのかも知れません。なお、調査した7施設中4施設は、写真のように、受け入れた灰の一時貯留場所は屋外にありました。焼却灰はショベルローダーで投入口へ運ばれて、コンベアを経て破砕機へ投入されます。次いで、篩(ふるい)によって幾つかの粒度範囲に分類されて、その粒度ごとに、磁力選別や渦電流選別等の様々な選別装置を経



写真1 屋外ヤードに搬入された焼却主灰の様子(ドイツ)

て、鉄、非鉄金属、焼却灰粒子(“ミネラル”と呼ばれる)等に選別されます。さらに、非鉄金属は重液選別によって比重の軽いものと重いものに選別されます。軽いものは主にアルミニウムで、重いもの(写真2)には、銅を中心に金や銀等の貴金属も少々含まれているそうです。鉄と非鉄金属は、焼却灰100kgからそれぞれ6kgと3kgが回収され、それらの売却によって収益を得ているとのことでした。ミネラルは、現在は最終処分されていますが、建設資材としてのリサイクルを目指しているそうです。ただし、焼却主灰は焼却飛灰よりは少ないながらも有害重金属を含むため、建設資材としてリサイクルするには環境安全性に注意が必要です。有価金属を選別回収すると、それに併せてミネラル中の有害重金属の濃度も減少すると考えられるので、このようなプロセスは一挙両得の側面があるかも知れません。

写真3と写真4は、スイス・チューリッヒ近郊の焼却灰リサイクル施設で撮影したものです。この施設では、5箇所の焼却施設から焼却灰を受け入れています。その中の1施設はこのリサイクル施設に隣接していて、直接、コンベアで灰が搬送されています。最も遠い施設は200km離れており、灰を専用のコンテナに入れて貨物列車を利用し輸送しています。焼却灰は、普通、焼却炉から排出直後に水槽に落として冷却するとともに粉じんの発生も抑えます。しかし、この施設では、一度も水に漬けていない乾いたままの灰だけを受け入れています。灰が水で濡れると、灰粒子がお互いに固着して金属分離回収の効率が低下するからだそうです。そこで灰の輸送や選別工程中の粉じん発生対策として、全てのコンベア



写真2 焼却灰から選別された、銅を中心とする非鉄金属(ドイツ)

特集 資源循環分野における次世代基盤技術の開発



写真3 焼却主灰選別施設の様子（焼却灰搬送コンベア）
（スイス）

（例：写真3）や選別装置（写真4）をカバーで覆い、内部を陰圧にしています。こちらの施設でも、焼却灰は、最終的に、鉄、非鉄金属、ミネラル等に選別されています。

この他、デンマークやオランダの施設も含めて、私たちが調査した施設は、破碎、篩別、磁力選別、渦電流選別、エアテーブル選別等の選別処理の基本的な技術は同様のものようでしたが、灰の含水状態や粒度区分など、詳細に見れば多くのノウハウが施設ごとに詰まっているようでした。欧州焼却施設連合（Confederation of European Waste-to-Energy Plants）の報告書によれば、さらにベルギー、フランス、ポルトガル、英国、スペインでも、このような焼却灰のリサイクルが進められているそうです。なお調査に同行していただいたドイツの研究者によると、ドイツには廃棄物の焼却施設が約100カ所、灰のリサイクル施設は、規模は様々ですが約40カ所存在するそうです。ミネラルの建設資材リサイクルに関しては、天然の資材が豊富な内陸部では規制が厳しい傾向にあり、北の平野部では積極的に利用する傾向にあるそうです。ミネラルは主に路盤材や最終処分場内のドレーン材や覆土材に利用されています。一方、スイスの研究者の方によれば、スイスではミネラルの建設資材利用は法律で禁止されており、最終処分しなければなりません。そこで、将来の建設資材利用を目指して、ミネラルの環境安全性や物理特性に関する研究に取り組んでいるとのことでした。

翻って、日本の焼却灰リサイクルについて考えてみたいと思います。セメント原材料化や熔融スラグ



写真4 エアテーブル選別装置（スイス）

化は、多くのエネルギーを必要としますが、処理によって得られるセメントや熔融スラグの環境安全性は十分に高いと思われます。一方で、欧州のような焼却灰の選別処理はそれほど多くのエネルギーを必要としないことから、日本においても検討してみる価値は十分に高いと思われます。焼却施設やリサイクル施設の立地場所や位置関係も様々であることから、施設毎、地域毎に、リサイクル方法の最適解があるのではないかと思います。ただし、金属回収後のミネラルの環境安全性や物理特性については、慎重な評価が必要でしょう。建設資材としてリサイクルされた後のミネラルのトレーサビリティの確保やモニタリングも重要であると考えます。

（さかなくら ひろふみ、

資源循環・廃棄物研究センター、
循環利用・適正処理処分技術研究室長）

執筆者プロフィール：

囲碁でいうところの「本手」となるような研究を積み重ねれば、目指すゴールも着実に近づいて来ると信じています。



【行事報告】

国際アドバイザーボード助言会合開催報告

岩 崎 一 弘

国立環境研究所（以下、国環研）第4期中長期計画期間中（平成28～32年度）に国立環境研究所（以下、国環研）で得られた研究成果や今後国環研で行う研究の方向性などに対して、国内ばかりでなく海外からも評価や助言を受けるために、幅広い知見を持った海外の学識者による「国際アドバイザーボード（IAB）」助言会合が平成28年8月29日（火）から31日（木）の3日間及び9月1日（金）には国環研福島支部へのエクスカージョンと全4日間のスケジュールで開催されました。

前回2015年に開催されたIABにおいて議長をつとめていただいたミランダ・シュラーズ教授（ドイツ）をはじめ、オーストリア、スウェーデン、アメリカ、韓国と世界各国で活躍している7名の学識経験者を委員としてお招きしました。今回のIABでは第4期中長期計画で実施している課題解決型研究プログラム（低炭素研究PG、資源循環研究PG、自然共生研究PG、安全確保研究PG、統合研究PG）と1研究事業（エコチル事業）が分科会を開催しました。国環研からの発表に対し、IAB委員から科学的・学術的な貢献、課題解決を意識した研究展開、国際的な協力関係やさらに各プログラム間の連携に関して、非常に有益な助言をいただきました。

また、3日目の午後には担当IAB委員との議論、霞ヶ浦周辺の視察など各プログラムでの交流を深め、特に午後遅くから開催された各プログラム主催のポスターセッションは大変盛況で、IAB委員と特に若手国環研研究者との活発な交流が行われました。さらに、ほとんどのIAB委員が参加した4日目のエクスカージョンでは、福島県環境創造センターや周辺地域、福島支部での研究紹介など非常に熱心にご覧いただきました。

最後にこの場をお借りして、非常にお忙しい中、国環研のために貴重な時間と労力を惜しみなく使っていただいたIAB委員各位に心から感謝を申し上げます。

（いわさき かずひろ、企画部 次長）



IAB委員と国環研関係者



ポスターセッション会場



福島支部での意見交換

新刊紹介

環境儀 No.66 「土壌は温暖化を加速するのか？—アジアの森林土壌が握る膨大な炭素の将来」

地球の土壌中からは、年間 840~980 億トンの炭素が土壌呼吸として土壌から大気中に放出されていますが、そのうちの約 7 割は、土壌中の微生物が有機物を分解する時に放出（土壌微生物呼吸）されるものと考えられています。これは、人間の活動によって排出される二酸化炭素量の約 10 倍に相当しますが、温暖化によりわずかでも温度が上がれば、有機物の分解が急速に進み、温暖化に拍車をかけるという悪循環が懸念されています。しかし、特にアジア地域においては、有機物分解に関わる観測データが不足しているため、地球全体の陸域における炭素循環の推定値は不確実性が大きいことが課題となっています。

本号では、独自に開発した観測システムを用いて、アジア地域の森林を中心に行っている土壌微生物呼吸の温暖化への応答に関する研究について、観測手法や研究成果とともに紹介します。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/66/02-03.html>

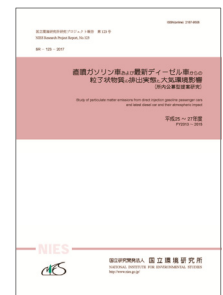


国立環境研究所研究プロジェクト報告 第 123 号

「直噴ガソリン車および最新ディーゼル車からの粒子状物質の排出実態と大気環境影響」

本報告書は、直噴ガソリン車等から直接排出される PM_{2.5} の排出量測定、大気中での化学反応で排ガスから間接的に生成される PM_{2.5} の生成能測定、これらの過去から将来への国内排出量推計、および大気モデルによる大気中濃度の推定により、自動車排気が大気環境に与える影響評価をとりまとめたものです。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsumei/sr-123-2017b.html>

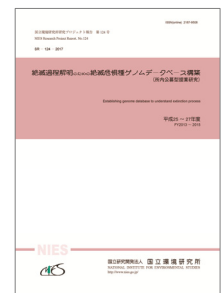


国立環境研究所研究プロジェクト報告 第 124 号

「絶滅過程解明のための絶滅危惧種ゲノムデータベース構築」

国内で保護事業が進められている絶滅危惧鳥類 3 種（ヤンバルクイナ、タンチョウ、コウノトリ）についてドラフトゲノム情報を解明し、公表しました。本報告書は、平成 25~27 年度の 3 年間の研究成果をとりまとめたものです。

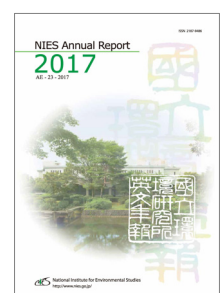
○<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsumei/sr-124-2017b.html>



NIES Annual Report 2017

「NIES Annual Report 2017」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 4 期中長期計画（平成 28~32 年度）の初年度にあたる平成 28 年度の活動状況を中心にとりまとめたものです。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/annual/ae23.pdf>



表彰

第2回地球惑星科学振興西田賞（(公社)日本地球惑星科学連合）

受賞者：谷本浩志（地球環境研究センター）

受賞対象：対流圏オゾンおよび海洋性硫酸エアロゾルの生成過程の研究

受賞者からひとこと：このたび、日本地球惑星科学連合から第2回地球惑星科学振興西田賞をいただきました。

本賞は、広く地球科学の分野で国際的に評価を得ている優れた中堅研究者を2年に一度表彰するものとして2014年に創設されたもので、今回10人の受賞者の一人に選ばれたことを非常に光栄に思っています。受賞対象となった研究は「対流圏オゾンおよび海洋性硫酸エアロゾルの生成過程の研究」で、人為および生物プロセスが関与するグローバルな大気化学研究のうち、大気中オゾンの分布および変動やその原因の解明や、海洋表層でプランクトンが作る有機物に関する新たな生物化学プロセスの発見、といった素過程の理解を中心とした基礎的研究です。今後も、地球規模の環境変動を考える上で重要な大気化学研究を幅広く進めるとともに、国際的な大気化学研究の推進に貢献していきたいと思っています。

廃棄物資源循環学会奨励賞

受賞者：稲葉陸太（資源循環・廃棄物研究センター）

受賞対象：廃棄物資源循環分野に対する真摯な研究

受賞者からひとこと：この度、廃棄物資源循環学会から奨励賞をいただきましたことを大変光栄に存じます。

「廃棄物資源循環分野に対する真摯な研究を高く評価」していただいたのが授賞理由です。つい先日、同学会論文誌に投稿した論文が受理・掲載されました。また、同学会の研究発表会においても継続的に口頭発表を行ってきました。さらに、同学会の学術研究委員を約5年間務めさせていただきました。他には環境省や地方自治体の廃棄物関連の審議会等にも参加しており、こういった活動を総合的に認めていただいたのではないかと考える一方、論文の投稿数など学術活動と社会貢献は十分とはいえないため、叱咤激励の意味も込めて授与いただいたものと考えています。私は、資源循環や廃棄物管理のシステムを研究対象としながら、定性的な側面と定量的な側面とを同時に考え、「地域」と「バイオマス」を大きな2軸として研究活動を進めていきたいと考えています。途上ではございますが、ここまで私が研究活動を続けて来られましたのも関係各位のご指導・ご支援のおかげです。今回の受賞を励みにして、これからもより一層精進し、廃棄物資源循環分野、そして社会全体に対して最大限貢献して参ります。

第24回環境化学論文賞（一般社団法人日本環境化学会）

受賞者：中島大介（環境リスク・健康研究センター）

受賞対象：Mutagenic Activity of Airborne Particles in Center of Metropolitan Tokyo over the Past 20 Years（Journal of Environmental Chemistry, 26(1), 1-7, 2016）

受賞者からひとこと：本論文は、都内の大気浮遊粉じんの変異原性の強さを20年間以上にわたって調査したものです。1980年から2002年までのデータが掲載されており、この20年間に大気汚染が改善してきた様子をはっきりと示されています。都内でハイボリウムエアースンプラを使って定期的に採取し、-80℃の超低温冷凍庫で保存し続けている試料を用いて測定しました。この過去試料は、私がまだ小学生だった1978年に採取が開始されたもので、もちろん、私が始めたものではありません。多くの方がリレー方式でサンプリングに関わってきました。関係者の地道な努力と協力に、感謝と敬意を示したいと思います。

このサンプリングは現在でも6日に一度、土日・祝日・盆正月に関係なく継続しており、まもなく40年目を迎えます。つくばでは半揮発性成分も加えたサンプリングを2006年から開始し、やっと10年を越えたところです。既に5,000日分以上の試料が、新たな物質や毒性の測定に備えて保存され続けています。

人事異動

- (平成 29 年 7 月 31 日付)
 樽林 茂夫 辞職 企画部長 (環境省大臣官房付)
- (平成 29 年 8 月 1 日付)
 田中 紀彦 採用 企画部長 (環境省大臣官房付)
- (平成 29 年 8 月 30 日付)
 鈴木 義光 辞職 総務部長 (環境省大臣官房付)
- (平成 29 年 9 月 1 日付)
 今井 孝 採用 総務部長 (環境省大臣官房環境計画課企画官)
- (平成 29 年 9 月 29 日付)
 野口 正一 辞職 監査室長 (環境省大臣官房付)
- (平成 29 年 10 月 1 日付)
 高見 晃二 配置換 監査室長 (総務部総務課長)

編 集 後 記

世界は周期的な変化に満ちている。地球の自転による昼夜の変化は 1 日周期。月の公転による月の満ち欠けは 1 ヶ月周期。地球の公転による季節の変化は 1 年周期。氷期・間氷期の変化は数万から 10 万年周期。いずれも私たちの暮らしと関わっている。もう少し時間がかかるところでは、銀河系は約 2 億年で 1 回転するそうだが、これはあまり人間の暮らしに影響しない。

自然の周期とは別に、人間が作った人工的な周期もある。1 週間の周期とか、3 年ごとの横浜トリエンナーレとか、4 年に

一度のオリンピック・パラリンピックとか。茨城県常陸太田市の金砂神社の大祭例は 72 年ごとで次回は 2075 年の予定だそう

だ。国立環境研究所ニュースは 2 ヶ月ごとに発行される。ニュース編集委員になって、このサイクルのなかで暮らすようになってもう 20 年近い。ぐるぐる回る縄跳びの大縄に飛び込んで、何度か跳んでから飛び出すように、私もそろそろ飛び出すころだ。それでもきっと変わらずに縄は回り続ける。地球も月も銀河系も。 (T)

国立環境研究所ニュース Vol. 36 No. 4 (平成 29 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。