



国立環境研究所

ニエス

Vol. 26 No. 6

平成 20 年(2008) 2 月



南極昭和基地付近を行き来する、アデリーペンギンの群れ。意外と速いスピードで(約 8 km/h), 腹で滑って移動する。
(2007.11.07撮影。詳しくは, 9 ページからの記事を参照。)

[目次]

環境問題に向き合うスタンス	2
廃棄物の再生資源化をガス化で実現 - 中核研究プロジェクト 3 「廃棄物系バイオマスのWin-Win型資源循環技術の開発」から -	3
毒を貯める植物 - 植物はなぜ重金属を貯めるのか? -	5
リサイクルの効果を考える	7
南極レポート(第 5 回:「昭和基地の廃棄物・汚水処理」)	9
気候変動枠組条約第 13 回締約国会議(COP13)・ 京都議定書第 3 回締約国会合(CMP3)参加報告	12

【巻頭言】

環境問題に向き合うスタンス

監事 小林 伸行

いきなりこのようなことを書くのは少々ためらわれるのですが、私は、自分自身の環境問題に対するスタンスに関して、どうにも居心地の悪い気持ちをずっと持ち続けています。そこで、今回巻頭言を執筆する機会を与えられたのをきっかけとして、考えを整理する意味も含め、なぜ、自分自身のスタンスが定まらないかを考えてみたいと思います。素人の感覚で勝手なことを書き散らすのをご容赦ください。

はじめに結論めいたことを言うと、私が悩ましさを感じている大きな理由は、環境問題を考えるときに自分の軸足をどこに置いたらいいのか見失ってしまいそうになるからではないかと思っています。問題を検討する過程のどこかで価値観や倫理観が絡んできて、絶対的な解決が得られないことに当惑してしまうのです。

これまで、人間は自分たちの生活を快適にしようとしてエネルギーを消費したり、自分たちの生活圏を拡大しようとして自然に干渉したりしてきました。周辺環境に対して積極的に働きかけることによって行われてきた快適な生活の追求や生活圏の拡大が、人類の「進歩」と考えられていたように思います。ところが、地球温暖化をはじめとして、現在環境問題として認識されていることのほとんどは、人間が活動していることそれ自体に原因があるようです。だとすれば、環境問題を考えるときの主体と客体の関係は、働きかけの主体としての人間とその対象としての自然環境という単純な二元論だけでは整理できなくなってしまうように思います。科学は対象を客観的に見ることによって成立するのだとすれば、その前提は主体である人間と客体である自然界という関係だったはずで、この前提の上で、人間が自然をコントロールすることが人類の「進歩」を促してきたのでしょう。

しかし、環境問題を考えるときには、人間は自然とは別の存在なのか、それとも、人間は自然の一部なのかという問題を改めて考える必要があるように感じます。人間の活動が環境問題を引き起こしているのであれば、その根本的な解決のためには人類全体の活動をコントロールする必要があるはずで

そしてここに価値観や倫理観の問題が入り込んできてしまうと思われるのです。

例えば、私たちは自分たちにとって有害な生物を絶滅させようとする一方で、絶滅が危惧されるような生物を何とか生きながらえさせようとする活動を行っています。どの生物を絶滅させ、どの生物を保護するかという選択には、その生物が人間にとって快適かどうかという価値観が入り込んでいることになりませんが、すべての人が同じ価値観を共有できるものだとは思えません。また、追加的な発電所の建設が環境に悪影響を与えるとわかっているとき、私たちがのように安定的に電気が供給されるのが当たり前と感じている国の人々が、電気の供給が不安定な国の人たちに対して、新しい発電所の建設をするな、ということには倫理的な問題があります。とはいえ、その解決策として私たちが享受している安定的な電気の供給を断念することができるのかといえ

ば、それはかなり難しいでしょう。生じている環境問題を解決するに当たって、環境を現状のまま「固定化」するか、以前の状態に「復帰」させるというアプローチがとられると、ある意味では「進歩」を止める選択をするということにつながり、価値観や倫理観の問題を避けて通ることができないような気がします。「固定化」でも「復帰」でもないまったく別のアプローチもありうるのだと思いますが、そのアプローチはもしかすると新たな問題を生んでしまうかもしれません。

恥ずかしながら、私にはまだ快適な生活をあきらめるだけの覚悟ができていないので、居心地の悪い思いは当分続きそうです。しかし、悩みながらではあっても、できるだけ謙虚に問題に向き合っていこうと思っています。

(こばやし のぶゆき)

執筆者プロフィール：

2007年4月に監事に就任いたしました。公認会計士と大学の教員をしております。最近、空の青さや木々の緑などに心を動かされることが多くなってきました。もっと眺めていたいなぁと思いつつも、なかなか時間が作れないのが残念です。

【シリーズ重点研究プログラム：「循環型社会研究プログラム」から】

廃棄物の再生資源化をガス化で実現

— 中核研究プロジェクト3「廃棄物系バイオマスのWin-Win型資源循環技術の開発」から —

川本克也

循環型社会研究プログラムにおいて、中核研究プロジェクト3（以下、中核P3と記す。）が目標とするのは、廃棄物の排出抑制、適正処理と資源循環を高度に達成することと同時に、地球温暖化防止や資源の持続的な確保などにも寄与できる、Win-Win型の技術開発です。このため、バイオマス系廃棄物からエネルギー利用と素材（マテリアル）利用を可能とする物質回収技術を開発し、高度化を図り、一方で産業と連携することによって開発技術の活用システムを構築することをねらいとしています。サブテーマとして、1）炭素サイクル型エネルギー循環利用技術システムの開発と評価、2）潜在資源活用型マテリアル回収利用技術システムの開発と評価、3）動脈（産業）・静脈（廃棄物処理・資源循環）プロセス間連携/一体化資源循環システムの開発と実証評価について研究を進めています。図1に本プロジェクトの概念を示します。本稿では、個別テーマとして筆者が担当するガス化・改質プロセスによるエネルギー回収技術を詳しく紹介したいと思います。

中核P3で対象とするバイオマス系廃棄物は、我が国の産業廃棄物および一般廃棄物を合わせた総廃棄物発生量が年間約4億5,000万トンであるのに対

し、その存在量は最大で約3億2,700万トン（湿潤重量）と見積もられ、大きな割合を占めています。ただし、排出される場所が散在しているために収集が容易でない、一般廃棄物のように性状が雑多で不均一な混合状態にある、含水率が高く水分の取り扱いが課題となるなど、実際の利用にあたっては考慮すべき点も多々あります。特に、水分の度合いが、バイオマス系廃棄物の再生資源化に適した技術を考え、取り組む際に重要となります。廃木材や、生ごみがバイオガス化などによって利用された後の残さは水分が比較的少ないので、加熱を原理とする処理および再生資源化に適していると思われます。中でも、熱分解ガス化は単純に焼却する方法と異なり、高濃度で利用価値のあるガスを生み出すため、再生資源化に適う技術と言えます。

しかし、ガス化だけでは取り出されたものの利用価値は低く、石油精製と同じように、生成したガスを改質して、有用なガスに精製・変換する必要があります。そこで、技術開発では、いかに効率よく有用な物質を高濃度で生成させ、逆に不要または支障となる物質の生成を抑えるかがポイントになります。この目標は単純ではありますが、完璧な実行は

容易ではありません。いま、作り出したい有用な物質を、水素（ H_2 ）、一酸化炭素（ CO ）、およびメタンガス（ CH_4 ）をはじめとする炭化水素類など、エネルギー源として利用できるガスとします。この場合、ガス化・改質の温度はあまり高温としない方が望ましいです。すでに実用化されているガス化・改質プロセスでは、タールなどの副生成物を十分に取り除くため1,000以上の高温で改質が行われますが、これによると炭化水素類はほとんど分解し、ガス体積当たりの発熱量は低下します。また、冷ガス効率（投入燃料の総発熱量に対する生成ガスの総発熱量：%）も低下します。

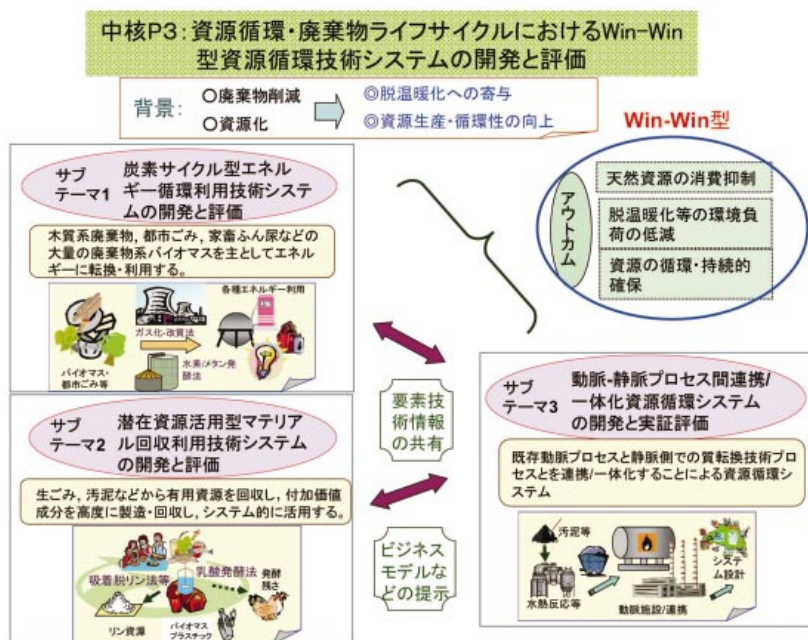


図1 中核P3の全体概念

私たちが低温でのガス化・改質プロセスの開発にねらいを定めてきたのは、このような認識からです。そのために、触媒を用いることを技術開発のポイントとしました。改質までを低温で行うことの最大かつ現実的な課題は、生成ガスを利用する燃料電池や発電機に対するタールや触媒活性点を不活性化する触媒被毒物質の生成をいかに低減するかです。また、有用なガスとしてH₂を主なターゲットとしますが、その生成効率を最大の目的とするのではなく、生成ガスがエネルギー利用に適する熱量を持つこと、また化学合成原料としての応用を考慮して、炭素と水素の比率を重視しています。

実験に用いている装置は、図2のようです。廃木材、一般廃棄物を由来とするごみ固形燃料（RDF: Refused Derived Fuel）、産業廃棄物の紙くずと廃プラスチック類から製造されるRPF（Refuse Paper & Plastic Fuel）を原料にし、処理能力は0.1～0.2kg/hと小規模です。触媒には、基材のアルミナ上にニッケル（Ni）を有効成分（十数重量%）として含む水蒸気改質用触媒を数種類用いました。一部の触媒は、生石灰（CaO）などのアルカリ金属酸化物も含まれています。ガス化のための加熱は650～850の温度で行い、水蒸気と若干の窒素（N₂）・酸素（O₂）を注入しました。

これまでに得られた成果から第一に言えることは、ガス化およびタールなどの生成に対して、最も影響の大きい因子は温度だということです。H₂生成には触媒を用いないと高温条件の方が有利です。しかし、触媒を適用すると、低温でも高温に匹敵するH₂濃度が得られることがわかりました。図3は、触媒を用いて得られる各ガス組成の変化ですが、無触媒条件（850）でのH₂濃度平均値と比較してわかるように、温度がそれよりも100低い750であつ

ても高濃度のH₂が得られています。H₂と二酸化炭素（CO₂）は時間経過とともに濃度が低下し、COと炭化水素類（メタンとエチレン）濃度は徐々に増加しています。なお、原料中の炭素がガス中のそれに転換した炭素転化率は70～80%程度で概ね一定で、また生成したガスの高位発熱量は8 MJ/m³（約1,900kcal/m³）という値であり、ガスエンジンによる発電が十分可能な水準（1,000kcal/m³以上）が得られました。さらに、完全燃焼に必要な理論酸素量に対する注入酸素量比であるER（Equivalent Ratio）を変更すると、実験開始初期に得られるH₂濃度は45容積%に近くなって、触媒の効果が発揮されることがよくわかりました。

このとき用いた効果の高い触媒は、有効成分であるNiのほかにCaOも含まれていました。そこで、改質反応管内の触媒層の前にCaOを追加的に充填すればさらに効果があるのではないかと考えて検討した結果、CaOはH₂の生成効率向上のほかに、タールや燃料電池に支障を及ぼす硫化水素（H₂S）などの低減にも役立つことがわかってきました。このように、CaOを併用すると効果のある理由は、CaOがCO₂を吸収することで化学的平衡が移動する結果、H₂生成がより促進される効果として現われると推定しています。

では、触媒とCaOをどのような比率で組み合わせると有効性が高まるのか、小規模の実験設備を用いて廃木材を原料に試験しました。図4に結果を示すように、CaOの比率が高くなるとともにH₂濃度が増加しています。以上のように、CaO層を触媒の前段に設けることによって改質が促進されること、また、タールやH₂Sなども低減できることが明らかになり

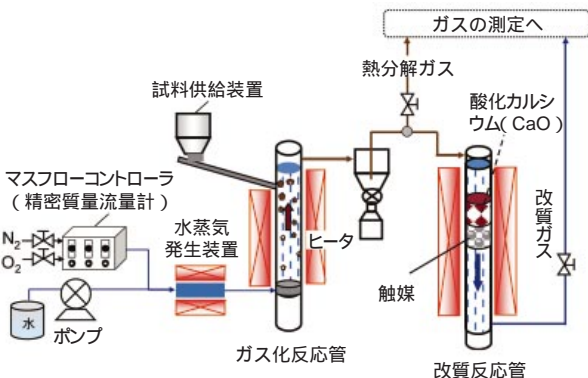


図2 ガス化・改質実験装置（反応管内径50mm、長さ約1,400mm）

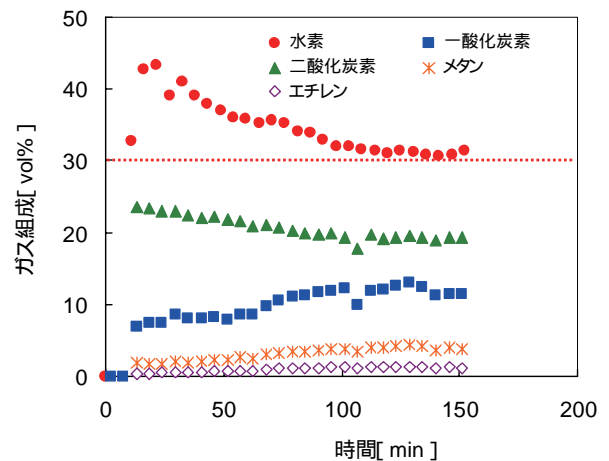


図3 触媒を用いた廃木材のガス化・改質プロセスで得られたガス組成（750，水蒸気と原料中炭素の量比S/C=1.53，ER=0.076；破線は無触媒，850，S/C=3.0，ER=0.18での実験時間内平均値）

ました。

しかし、課題も残されています。それは、まず、触媒の効果を長時間にわたって維持することです。また、触媒の再生を図ることが実用化の要だと考えます。さらに、タール分の十分な低減については、廃木材以外の原料では達成できていません。加えて、生成ガス中のベンゼンやエチレンなどの炭化水素類

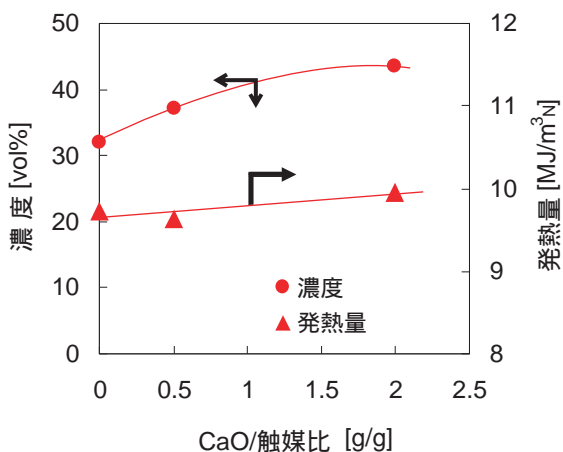


図4 CaO/触媒比と生成H₂濃度およびガス発熱量の関係 (原料は木質ペレット, 750, 濃度は初期40分間の平均値)

についても、炭素質の析出を起こして燃料電池の電極などに悪影響を及ぼすのを防ぐため、低減が必要です。これらの課題を乗り越える鍵は、触媒を再生する方法と温度にあると考えています。

以上、これまでの取り組みを紹介しましたが、今後とも、ガス化・改質技術を、バイオマス系廃棄物を量・質の両面で十分に取り込むことのできる熱的な処理技術とし、現実的なエネルギー再生技術とするため、足もとの実験はもちろん、企業など実社会とのつながりを持ちながらますます強力に進めていきたいと考えています。

(かわもと かつや, 循環型社会・廃棄物研究センター 資源化・処理処分技術研究室長)

執筆者プロフィール:

大学院修士課程を修了して最初に就職したのは下水道公社、その後地方自治体の公害研究所に転じ、その後再びの学生生活(博士後期課程)を経て4年間の環境プラントメーカー勤務で幅を広げ(たと思い)、さらに私立大学工学部教員を9年間勤めた後、縁あって国立環境研究所にきて6年目です。転職続きのわが職業人生ですが、「環境」に向かいあうことでは筋を通してきました。今後はどこへ向かうのか、自分でも楽しみ(?)です。

【研究ノート】

毒を貯める植物 — 植物はなぜ重金属を貯めるのか? —

玉置 雅紀

植物は土壌中に存在する様々な無機物を根から吸収し、それらを栄養分として自身の生育に利用しています。その過程で重金属を始めとする土壌中の汚染物質も一緒に吸収してしまうため、普通の植物は土壌汚染物質濃度の高い場所では生育することができません。ところが植物の中には汚染物質、特に金属類が多く含まれる場所に好んで生育し、さらに汚染物質を高いレベルで吸収・蓄積するものがあります。例えばウコギ科のコシアブラは土壌中のマンガンの特異的に吸収し、樹皮や葉に10,000ppm近く蓄積することが知られています。また、オシダ科のヘビネゴザは古くから金草(近くに金鉱脈があることを示す植物)として知られており、カドミウムや鉛など非常に毒性の高い重金属を高い濃度で集積することがわかっています。このような植物をハイパー・アキュミレーター植物と呼びます。植物が重金

属を高い濃度でその体内に集積するためには、(1)重金属に耐性があること、(2)重金属を高蓄積すること、が必要になります。一般に植物が他の植物との競合関係の中で生き残るためには、他の植物が生えられない環境でも生育できることが一つの「生き残り戦略」となります。その点においてハイパー・アキュミレーター植物は重金属などの毒物に対する耐性を持つために、土壌中の重金属濃度が通常の生育条件よりも高い場所で生育できるので、他の植物との生育地を巡る競争関係において優位に立つことができると考えられます。しかし、これらの植物にとって重金属を高い濃度で集積する必要性はどこにあるのでしょうか?私はこの疑問に対して答えるための研究を、国立環境研究所の海外派遣研修制度によりコロラド州立大学のピロン・スミス研究室において行いました。

研究に使用した植物は北米に自生するアブラナ科の植物 *Stanleya pinnata* (スタンレヤ・ピナータ) です (写真1)。この植物はこれまでの研究から土壌汚染物質の一つであり、また金属の一種であるセレンを高蓄積することが知られています。実際に野外に自生しているスタンレヤ・ピナータのセレン含量を測定したところ、土壌中のセレン濃度が6 ppmの時にこの植物の葉におけるセレン含量は3,000ppmになっていました。そこで私達のグループではこの植物がなぜセレン高蓄積性を持つのかについて生態学的な視点から解明することを目的に研究を進めました。この疑問に対する一つの仮説として、この植物は重金属の蓄積により外敵からの防御を行っていることが考えられました。この仮説の一例としては、ニッケルのハイパー・アキュミレーター植物が、葉にニッケルを高蓄積することによりカタツムリからの葉の食害やバクテリアの感染を防いでいることが挙げられます。そこでスタンレヤ・ピナータにおけるセレン高蓄積性は、外敵からの食害を軽減する働きを持つことを仮説として立てて、それを検証することを目的としました。この植物に対する食害はコロラド州の草原では主にコナガの幼虫とプレーリードッグにより行われていると考えられています (写真2)。そこでこれらの食害に対するセレンの影響について調べました。コナガの幼虫による食害について調べるため、セレンを与えずに又は25ppmのセレンを与えて10週間育てたスタンレヤ・ピナータ及び近縁種の *Stanleya albescens* (スタンレヤ・アルベセンス) の葉をコナガの三齢幼虫に与えてその死亡率を調べました。その結果、スタンレヤ・ピナータではセレンの有無にかかわらずコナガの幼虫の3日後の生存率は20%だったのに対して、スタンレヤ・アルベセンスでは60%以上でした。また、プレーリードッグの食害に関しては植物に対する噛んだ回数と食べら

れた葉の面積を指標としました。25ppmのセレンを与えて10週間育てたスタンレヤ・ピナータの葉をプレーリードッグが噛んだ回数はスタンレヤ・アルベセンスの半分以下であり、その間にスタンレヤ・アルベセンスの葉が60%食べられたのに対してスタンレヤ・ピナータの葉は5%しか食べられませんでした。以上の結果からスタンレヤ・ピナータにおけるセレンの高蓄積性はプレーリードッグによる食害を防ぐ効果があることが明らかになりました。ところが、コナガの幼虫の生存率に関してはスタンレヤ・ピナータにおいてはセレンの高蓄積性の有無にかかわらず同じような減少傾向を示したことから、コナガによる食害に対しては、セレンの蓄積により食害から身を守るという仮説は成り立ちませんでした。なぜでしょうか？

これまでの研究でハイパー・アキュミレーター植物は汚染物質の存在下において、汚染物質の非存在下に比べて生育が良くなる事例が確認されています。また、留学中に行った他の研究結果からスタンレヤ・ピナータはセレンのない場合に植物ホルモンであるエチレン・ジャスモン酸・サリチル酸の合成を介して害虫に対する防御タンパク質を生産していることが明らかになっていました。これらのことからスタンレヤ・ピナータがセレンの有無にかかわらず害虫抵抗性を示すことに対して以下のような仮説を立てました。すなわち、セレンが存在しない土壌に生育しているスタンレヤ・ピナータはエチレン・ジャスモン酸・サリチル酸の合成を通して害虫に対する防御タンパク質を生産しており、それにかかるコストの代償として生育が悪くなる。一方で、セレンが存在する土壌に生育しているスタンレヤ・ピナータはセレンの毒性により害虫からの食害を防ぐことができるため防御タンパク質の生産を止め、その分のエネルギーを生育に回すことができるというも



写真1 北米に自生する *Stanleya pinnata* (スタンレヤ・ピナータ)



写真2 コナガの成虫 (左上), 幼虫 (左下) とプレーリードッグ (右)

のであります。

このことを検証するためにスタンレヤ・ピナータのセレン添加に対する生育実験を行いました。スタンレヤ・ピナータを半分はセレンを含み半分はセレンを含まない土壌で生育させたとこの植物はセレンのある土壌に向かって根を伸ばさせ(写真3),更にその生育はセレンがある場合の方が無い場合に比べて,2倍以上良くなることが明らかになりました。またセレンを与えたスタンレヤ・ピナータの葉では防御タンパク質を作らせる働きがある植物ホルモンの合成が止まっており,それに伴って防御タンパク質が作られないことも分かりました。以上のことから,スタンレヤ・

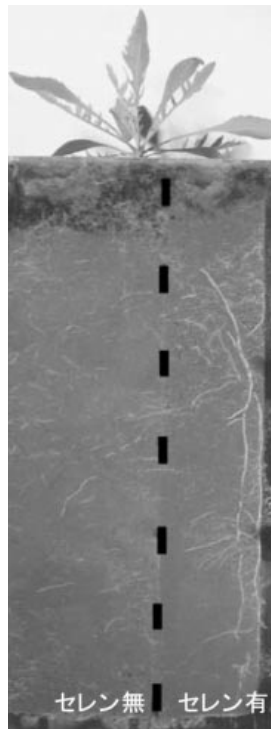


写真3 スタンレヤ・ピナータの根の生育方向
この植物はセレンのある方向(右)に根を伸ばさせていることがわかる

ピナータはセレンのない場所で生育した場合には生育のためのコストを使ってまでも害虫防御タンパクの合成を行っており,セレンが豊富な環境では害虫防御タンパクの合成を止めて,その分余ったエネルギーを生育に回すことにより良く生長することが示されました。このようにハイパー・アキュミレーター植物の重金属の蓄積による食害からの防御は過去の文献からも予想されましたが,重金属が無い場合の生育を,食害からの防御コスト及び生育コストと関連づけた研究は前例がありません。私たちのグループによる研究成果は他のハイパー・アキュミレーター植物がなぜ汚染物質を必要以上に貯め込むのかについてのヒントを与えてくれるかも知れません。なお,この研究はコロラド州立大学のピロン・スミス助教授の指導の下,ポスドクのジョン・フリーマン,大学院生のコリン・クインとの共同で行われました。

(たまおき まさのり, 生物圏環境研究領域
生態遺伝研究室主任研究員)

執筆者プロフィール:

アメリカで一年研究生活をして感じたことは,アメリカの研究者は良い研究は褒め,良くない研究は遠慮無く批判することです。他の人の良い仕事をしっかりと褒めることができる度量が自分には足りないことに気付かされました。

【環境問題基礎知識】

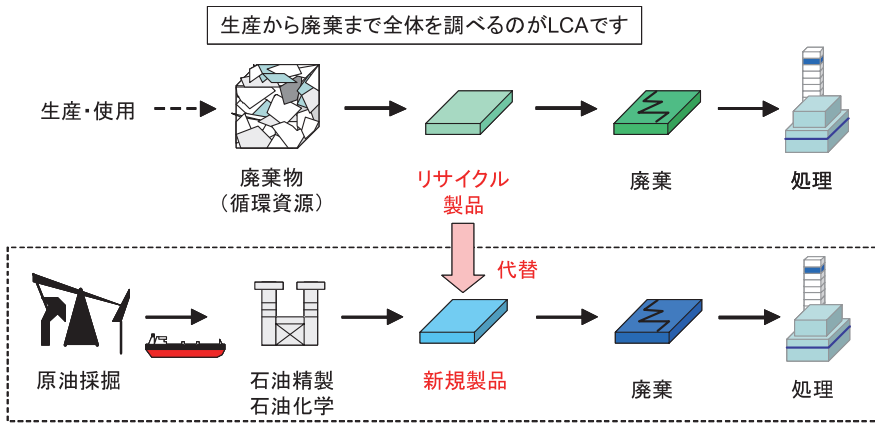
リサイクルの効果を考える

藤 井 実

循環型社会という言葉が皆さんも何度か耳にされたことがあるのではないかと思います。国の定めた循環型社会形成推進基本計画の中では,“これから私たちが目指そうとする循環型社会では,自然界から新たに採取する資源をできるだけ少なくし,長期間社会で使用することや既に社会で使用されたものを再生資源として投入することにより,最終的に自然界へ廃棄されるものをできるだけ少なくすることを基本とします”と書かれています。このような循環型社会を実現するためには,無駄なものは作らない(買わない),作った(買った)ものは長く使う,ごみになってしまったものはリサイクルして資源を有効に利用する,ということが大切です。こ

こでは循環型社会の一翼を担う,リサイクルの効果について考えてみたいと思います。

以前から行われている空き缶や新聞紙などのリサイクルの他,近年では家電リサイクル法や,容器包装リサイクル法,自動車リサイクル法など,皆さんにも直接関係するリサイクル制度も運用されています。家電リサイクル法の目的は,“廃棄物の減量と再生資源の十分な利用等を通じて廃棄物の適正な処理と資源の有効な利用を図り,循環型社会を実現していく”ことで,他のリサイクル法もおおむね同じような考え方に基づいて決められています。この,廃棄物の削減と資源の有効利用が上手に行えると,結果的に環境汚染物質の排出削減にもつながり,ま



リサイクル製品によって代替される新規製品の生産や廃棄に伴う廃棄物、資源消費、環境負荷などが削減されます

図1 ライフサイクルアセスメント(LCA)によるリサイクル評価の概念図

さに一石三鳥ということになります。しかし、どんなリサイクルも必ず一石三鳥になっている訳ではありません。製品をそのまま再利用するのは違って、リサイクルのためにはエネルギーや副原料を必要とします。リサイクルのために追加的に必要となる資源量の方が、リサイクルによって節約できる資源量よりも多い場合もあり得るのです。

リサイクルをする方がよいのか、それとも安全に処分する方がよいのか。それを判断するには、リサイクルのために使用するエネルギーや原料、排出される環境汚染物質などを1つ1つ数え上げ、それらをリサイクルしない場合と比較することになります。リサイクルの現場で直接使用したり、排出したりするものだけでなく、例えば電気を使う場合には火力発電所での化石燃料の燃焼、更にはその化石燃料の輸送や採掘の工程なども含めて、全体を評価します。このような評価方法はライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment: LCA)と呼ばれています(図1)。言わば、製品の生涯を評価しようとする方法です。LCAについて簡単に説明します。LCAは、1969年にアメリカの企業が異なる素材の使い捨て飲料容器を比較するために行ったのが初めだとされています。以降様々な製品、素材、システムなどに関するLCAが行われてきました。国際標準化機構(International Organization for Standardization: ISO)によって、標準的な実施方法を定めた規格も作成されています。皆さんが環境や資源の問題を考える際にも、ライフサイクル全体で何が使われて、どんなものが排出されるかを考えてみることは重要です。必要ならば実際にLCAを行うための支援ソフトなどもあります。その際、必ずしも国際規格に

縛られる必要はなく、またこの規格に従っていれば万全という訳でもありません。とりわけ、リサイクルの効果を生かすにはLCAで評価するのはとても難しい面があり、まだまだ研究途上にあります。

何でもいいからとにかくリサイクルすれば、処分しなければならないごみが減るか、ということではありません。リサイクルによって作られた製品もいずれは使い終わってごみになります。特に、あまり必要ではないものや、新品

原料から作った製品に比べて極端に質が劣るものにはリサイクルすると、すぐにごみになってしまいます。リサイクルで廃棄物が減るのは、リサイクルされた廃棄物がごみにならないからではなく、リサイクルによって代替される新規製品の生産が減り、その新規製品が使用後にごみになっていた分の廃棄物量が減る効果が大いなのです。図2に示すように、例えば新規製品なら10回使えるものが、リサイクル製品では5回しか使えないとすると、リサイクル製品2個で新規製品1個分の代わりにしかありません。リサイクル製品2個は、使用後にはごみになります。新規製品であれば1個しかごみが出なかったはずですが、この場合、リサイクルによって削減できるごみの量は、リサイクルしなければ使っていたはずの、新規製品1個分です。もし同じ回数だけ使うのであれば、リサイクル製品2個につき、新規製品も2個分のごみの削減になるのです。同時に、新規製品2個分の生産に必要な資源の節約にもなり、生産や廃棄の過程で出る環境負荷も減ることになります。廃棄物、資源消費、環境負荷削減の一石

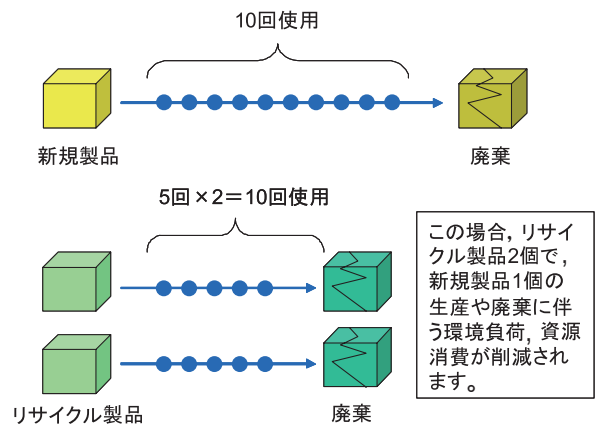


図2 リサイクル製品による新規製品の代替

三鳥を実現するには、新規製品に代わるどんなリサイクル製品を作るかが重要です。そして、リサイクルの効果を更に高めるには、それを作るために沢山の資源を消費し、多くの環境負荷を発生させるような新規製品（あるいは燃料や原料）と置き換えると有効であることが理解できると思います。

その製品が社会に必要とされている、つまり十分な製品需要があることも重要です。LCAによるリサイクルの評価を難しくしている大きな要因の1つは、どんな新規製品がどれだけ代替されたかを特定することができない場合が多々あることです。リサイクル製品と新規製品とでは、品質が違ったり価格が違ったりする場合がありますが、そうなると、リサイクル製品を作ったことで、どれだけ新規製品の生産量を減らすことができたかを判断することが難しくなります。逆に言うと、需要の高い新規製品を遜色なく代替できるリサイクル製品は、リサイクル

の効果を高めるとも考えられます。一方で、あまりに高い品質が要求される分野でリサイクル製品を作ろうとして、エネルギーを大量消費してしまったりは効果も薄れてしまいます。廃棄物の特性に見合った、適切な用途を見つけることが大切です。

また、リサイクルしていることを言い訳にして、あまり必要のないものを買って、どんどん使い捨てるのでは本末転倒です。リサイクルの効果を考えることは、どんな製品が本当に必要なかを考えてみるきっかけにもなるのではないのでしょうか。

(ふじい みのる, 循環型社会・廃棄物研究センター
循環技術システム研究室)

執筆者プロフィール:

循環型社会の研究は、ものがぐるぐる回るだけに、ニワトリとタマゴの関係のように、なんだか混乱してしまいがちです。すっきりと考えられるようになるとよいなと思っています。

【海外調査研究日誌】

南極レポート（第5回：「昭和基地の廃棄物・汚水処理」）

中 島 英 彰

前回の南極レポートでは、我々が行っている昭和基地におけるオゾンホール観測概要について紹介いたしました。今回は、昭和基地における廃棄物・汚水処理の現状と、基地の発電コジェネレーションシステム、あと最近行ってきたアデリーペンギンのルッカリー（集団営巣地）の様子について紹介したいと思います。

＜廃棄物処理に関して＞

南極昭和基地へは、最近では毎年1,000トン近い物資が「しらせ」から輸送されます。このうち、約500トンの燃料や50トンほどの食料など、基地で消費されるもの以外は基地に残り、やがて使えなくなったものや我々の生活で出るゴミなどは、廃棄物として蓄積されることとなります。昔はこのようなゴミなどは、一部焼却処分するものを除いて、海を埋め立てて投棄したり、「デポ山」と称する集積所に放置したりしていました。おかげで、古い雪上車や車両、ドラム缶などのゴミの山が、基地のいくつかの場所にできて、景観を著しく害していたものです。

しかし、環境問題が噴出する中、1991年マドリッドで開催された南極条約協議国会議において「環境保護に関する南極条約議定書」（通称「マドリッド・プロトコル」）が採択され、1998年に国際条約として発効しました。この議定書は、1980年代からの地球規模の環境保全に関する関心の高まりを背景に、南極地域の環境及び生態系の包括的な保護を目的としたものです。我が国でもこの議定書に対応して、1998年1月に「南極地域の環境の保護に関する法律」が施行され、南極地域の環境保護が推進されてきています。

この議定書の附属書Ⅲの中で、廃棄物の量を可能な限り削減することを原則として、南極地域から除去する物質（放射性物質、電池、有害な重金属を含む廃棄物など）、廃棄物の焼却、陸上処分、海洋での処分、保管等の方法、持ち込み禁止品（ポリ塩化ビフェニル、滅菌されていない土壌、ポリスチレン製の梱包用材料など）が規定され、廃棄物の管理計画や管理方法が定められています。日本南極地域

観測隊においても、1994年の第35次隊から、廃棄物処理を専門に担当する環境保全隊員が越冬隊に参加しています。また1997年からは、環境省自然保護局の職員が、オブザーバーとして夏隊に参加しています。

現在の昭和基地においては、まずすべてのゴミは、以下の20種に分別して廃棄物保管庫に集積されます。1.可燃物、2.生ゴミ、3.不燃物・ビニール類、4.プラスチック、5.ペットボトル、6.アルミ缶、7.スチール缶、8.大型缶、9.ダンボール、10.ピン・ガラス、11.複合物、12.金属類、13.陶器、14.電池類、15.蛍光灯・電球、16.油・食用油、17.缶詰、18.電解液、19.薬品、20.バッテリー。

つぎに、環境保全隊員によって、以下の基本方針に従って処理されます。

- ・小さな可燃物は、専用の焼却炉で処理する。
- ・生ゴミは、生ゴミ処理機で乾燥炭化処理した後、国内に持ち帰る。
- ・夏作業や普段の生活で出る、木枠やダンボールなどの梱包材は、タイコン（写真1）という袋に入れて、すべて国内に持ち帰り処理する。
- ・焼却不適物や不燃物は、空きドラム缶やスチールコンテナに入れて、すべて国内に持ち帰る。



写真1 国内に持ち帰るために「タイコン」という袋に詰められた廃棄物

昭和基地では、2005年から2008年にかけて、「基地クリーンアップ4ヵ年計画」を行っており、過去に出た廃棄物の積極的な持ち帰りを進めています。ここ数年は毎年約200トンの廃棄物を「しらせ」で国内に持ち帰っています。中には、昔使われて放置されたままの古い雪上車などもあり、見ていると昔にタイムスリップしたような気になってきます（写真2）。

おかげで、昭和基地内は、私が以前17年前に来たときに比べ、ずいぶん小奇麗になったように感じました。



写真2 持ち帰りを待つ、30年以上前に使われていた雪上車

<汚水・排水処理に関して>

我々35人の隊員が昭和基地で生活していると、当然トイレや洗濯機、厨房、風呂などから1日に約6立方メートルほどの生活廃水が出てきます。この汚水はどのようにして処理しているのでしょうか？昔は、消毒液を混合して汚水槽にためておいた汚水を、汚水槽が一杯になりそうになると、「アッパカマシ」（「アッパ」は新潟地方の方言で「大便」のこと。大便に水を加えかき回すの意）とって水で薄めながら攪拌し、基本的にそのまま海に流していました。

約8年前からは、「汚水処理棟」という、汚水処理専用の建物ができました（写真3）。基地で出た汚水はこの棟に集められ、その中の汚水処理槽で、好気性細菌による接触ばつ気処理（生物処理）を行った後、処理水は海へ流し、分離した汚泥は生ゴミと同じように炭化処理をして国内に持ち帰ります。この生物処理によって、汚水のBOD（生物化学的酸素要求量）値は、処理前に約700mg/Lあったものが約30mg/Lに、COD（化学的酸素要求量）値も約1,000mg/Lが約80mg/L程度とずいぶん改善されます。汚水処理棟内は常に20前後に保たれ、細菌の働きを助けています。



写真3 汚水処理棟の内部

＜発電コージェネレーションシステムに関して＞

昭和基地の電力を賄う発電装置は、2機の300kVAのディーゼル発電機の交互運転によってその大半が賄われています。この発電機は電力の供給はもとより、エンジン冷却水熱及び排気ガス熱を回収し、造水・温水暖房の熱源として利用することにより、なんと燃料の持つエネルギーの92%を有効に回収して利用している、驚異的なコージェネレーションシステムとなっています。おかげで我々は基地の中ではふんだんにお湯を使うことができ、循環式風呂は24時間沸いており、個室は床暖房が効いていて、真冬でも快適に過ごすことができるわけです。

また、そのほかに容量45kWの太陽光発電装置があり、夏期間は基地の1割以上の電力を賄っています。さらに、来次隊では出力10kWの風力発電機も設置予定であり、主に冬期の電力不足を補う計画もあります。

＜ペンギンルッカリー訪問＞

最後に、最近調査に行った、アデリーペンギンルッカリーの様子を紹介いたします。アデリーペンギンは冬の間は、一面に張った海水に開水面のある流水域で暮らしていますが、毎年10月末に北の海から繁殖のために、昭和基地付近の露岩に何箇所もあるルッカリーに集まってきます(写真4)。大きなルッカリーでは、1,000羽以上のアデリーペンギンを確認することができました。ルッカリーではペアになって小石を積み上げて巣を作り、11月中旬に卵を1~2個産んで暖めます。約1ヵ月で卵から雛が孵化します。親ペンギンが交互に、ルッカリーから開水



写真4 昭和基地付近では最大の、ルンバ島にあるアデリーペンギンルッカリー

面まで、1週間以上かけて餌のオキアミなどを採りに行き来する際は、しばしば昭和基地の付近も通りかかり、我々に愛嬌を振りまいてくれます(表紙写真参照)。その他、ウェッデルアザラシやユキドリ、トウゾクカモメといった生き物たちも姿を見せ始め、南極への遅い春の到来を感じさせてくれます。

今回の南極レポートでは、これまで紹介できなかった他部門の研究内容や、夏作業の様子について紹介したいと思います。お楽しみに。

(なかじま ひであき、大気圏環境研究領域
主席研究員)

執筆者プロフィール:

国立環境研究所に来て丁度10年目の年に、つくばから南極に脱走計画を企て、現在南極昭和基地に雲隠れ中。ルッカリーにいるアデリーペンギンの様子を眺めていると、退屈しない。仲むつまじい夫婦、三角関係のペンギン、人の巣から小石をちょろまかすやつ、遠くまで小石を探しに行っている間に、自分の巣の石を盗まれている要領の悪いやつ。でも、全体としてまとまっていて、トウゾクカモメなどによる攻撃を防いでいる様には、生き物の知恵を感じました。

平成20年度国立環境研究所予算案の概要について

企画部企画室

平成19年12月24日に閣議決定された政府予算案によれば、運営費交付金約97億円、施設整備補助金約5億円の合計約102億円(平成19年度と比べ、運営費交付金は0.05%の減、施設整備補助金は0.35%の減)が計上されました。運営費交付金のうち、業務費は約67億円で、温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)経費を除けば、約60億円で前年度から0.77%減となっています。

GOSAT経費を除く業務費(運営費交付金)は、研究費目別に予算額が示されているわけではなく、第二期中期計画(平成18~22年度)に示されている算定ルールに基づき、研究所総体としての運営にかかる経費として計上されているものです。平成20年度は同中期計画の中間年であり、これまでの2年間の活動や独立行政法人整理合理化計画等を踏まえ、今後4月までの間に具体的な平成20年度実行予算を固めていくことになります。

気候変動枠組条約第13回締約国会議（COP13）・ 京都議定書第3回締約国会合（CMP3）参加報告

亀山 康子

昨年（2007年）12月3日から15日までの2週間、インドネシアのバリにて、上記会合が開催されました。国立環境研究所からは大塚理事長をはじめ十数名が参加し、さまざまな形で関わりました。以下、会議の概要を簡単に説明し、国立環境研究所職員の役割を紹介します。

1. COP13, CMP3の概要

気候変動枠組条約は1992年に採択された条約で、地球温暖化問題への国際的取り組みに関する包括的な国際合意です。1995年に第1回締約国会議（COP1）が開催されて以来、毎年締約国会議が開催され今回が第13回目となりました。他方、京都議定書は、気候変動枠組条約の下に1997年に採択された国際合意で、先進国の2008～2012年の5年間の排出量目標が掲げられている他、排出量取引制度や森林吸収量の算定方法など、主に先進国での取り組み方法について詳しく決められています。こちらは2005年に第1回締約国会合（CMP1）が開催されて以来、やはり年に1回の頻度で開催され、今回が3回目でした。これら2つの会議の構成国は、京都議定書に米国が参加していない点を除けばほぼ同一ですので、同時期・場所で開催することになっています。

今回バリで最大の争点となったのは、京都議定書の排出量目標が終了する2012年以降の国際的取り組みについてどのような交渉を実施していくかという点でした。京都議定書が採択された10年前と比べると、一部の途上国の経済発展やそれに伴う温室効果ガス排出量は急速に拡大しており、先進国にさらなる削減努力を求めるとともに、一部の途上国に対しても対策を始めてもらう必要性が高まっていました。昨年の会合までは、米国の京都議定書への不参加を理由に自らの対策を拒んでいた途上国でしたが、今年は違いました。世界各国での異常気象の増加、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次評価報告書の公表や、IPCCおよびゴア前米副大統領

領によるノーベル平和賞受賞などにより、地球温暖化問題に関する国際世論の関心が大きく高まる中で今回のバリ会合が開催されました。

最終日に合意された2つの合意文書は、地球温暖化に立ち向かおうという国際的機運の高まりと今後の交渉の困難さを同時にはらむものでした。COP13では、包括的な協力を今後2年間で深めていこうとするバリ活動計画（バリ・ロードマップ）が合意されました。ここでは先進国、途上国ともに排出抑制策や温暖化影響への適応策について議論すること、その過程において途上国の森林保全や技術移転、資金的支援の重要性を考慮していくことなどが決められました。他方、CMP3の方では、2001年以来協議が続いている先進国の2013年以降の排出削減目標の設定に関して、2009年までに合意できるよう詳細なスケジュールがとりまとめられました。

2009年末の合意に向けて、今年（2008年）には上記2合意をふまえた交渉が本格化するだけでなく、7月には洞爺湖でG8主要国サミット、秋には米国大統領選など、温暖化対策に関する交渉に影響を及ぼす重要なイベントが目白押しです。国立環境研究所も世界の動向に適切な時期に適切な情報をインプットすべく、研究活動を進展させていく予定です。

2. 国立環境研究所スタッフ@バリ

バリ会合では、国立環境研究所職員はさまざまな形で参加しました。



写真 COP13, CMP3の本会議場の様子

交渉団の一員として：毎年数名が日本政府の交渉団の一員としてCOPやCMPに参加してきました。研究所の研究成果を逐次交渉に反映させられるというメリットと、交渉の中身を研究者が直接理解することで、今後より政策に役立つ研究が遂行されるというメリットの2つがあります。通常、研究者が行政官よりも長期にわたって同じテーマを追うことが多いことを考えれば、一つの議題を何年にもわたって担当できるという長期的なメリットも挙げられます。

サイドイベントの開催：毎年COPには、交渉に従事する政府の行政官のみならず、研究者、環境保護団体、産業界関係者など多数の関係者が集まります。今年パリでは総勢1万5千人ほどの参加者があったと聞きます。これらの関係者の多くは、昼休みや夕刻時の時間帯にサイドイベントという2時間ほどの会合を開催し、日頃の研究成果を発表したり著名な専門家を招待し

たパネルディスカッションを行ったりします。今回国立環境研究所は2つのサイドイベントを開催し、どちらも多数の聴衆を得ました。このようなサイドイベントは、研究所の研究成果を世界中の研究者にアピールするためには大変有効な手段といえます。

展示ブースの開設：これだけ多数の参加者が集う会議の会議場では、廊下やホールに世界各国の研究所や団体が展示ブースを設置して、報告書などを配布します。国立環境研究所でも会期中ブースを開設し、訪れる会議参加者には研究所や報告書の内容を適宜丁寧に説明しました。

このような多様な形で会合に関わることで、国立環境研究所の活動を国際的にアピールすることができました。今後ともこのような効果的な宣伝の場をとらえていきたいと考えています。

(かめやま やすこ, 地球環境研究センター
温暖化対策評価研究室主任研究員)

新刊紹介

国立環境研究所特別研究報告 SR-77-2007 (平成19年12月発行)

「トキシコゲノミクスを利用した環境汚染物質の健康・生物影響評価法の開発に関する研究(特別研究)」(平成16～18年度)

近年トキシコゲノミクス技術が飛躍的に進歩したことから、ヒトや生物において、各種化学物質による全遺伝子の発現変化を短時間に網羅的に調べることが可能となっています。しかし、遺伝子発現変化から実際に生体・生物反応がどこまでわかるのかは不明でした。そこで本研究では、トキシコゲノミクスを用いて、環境汚染物質が実験動物や植物、微生物、魚類に及ぼす影響を検出し評価する方法の開発に関して研究を行いました。その結果、トキシコゲノミクスを用いた遺伝子発現解析によって、環境汚染物質の実験動物に対する生体影響や各種生物への影響を効率よく検出できることが明らかになりました。本研究の成果をまとめたのが本報告書です。また本研究では、これらの成果を中心に、環境汚染物質の健康・生物影響研究におけるトキシコゲノミクスの利用例や有効性を紹介するNIESトキシコゲノミクスサイトというWebページを作成し公開しました。そちらも、本報告書とあわせて活用していただけたらと思います。

(環境健康研究領域 野原恵子)

国立環境研究所特別研究報告 SR-78-2007 (平成19年12月発行)

「有機物リンケージに基づいた湖沼環境の評価および改善シナリオ作成に関する研究(特別研究)」(平成16～18年度)

本研究は、近年、多くの湖沼で報告され普遍的な広がりを見せている難分解性で溶存態の有機物、難分解性DOMの漸増現象に着目したものです。その漸増メカニズムを明らかにするために、霞ヶ浦を対象として、湖水有機物(DOMや粒状有機物[POM])の化学的組成特性(分子サイズ、糖類組成、炭素安定・放射性同位体比等)からその分解性や起源を評価する手法を開発し、湖水や底泥中でのDOMの特性と起源、生産と分解性、および微生物群集との連動関係を評価することを目指しました。さらに、詳細なモニタリングデータと湖内3次元流動モデルを用いた解析により、発生源対策に係る費用対効果を具体的に算定しました。その結果を踏まえて、湖沼水質保全計画(平成22年)で設定された有機物削減の目標値をクリアすることが可能な改善シナリオを提言しました。

(水士圏環境研究領域 今井章雄)

国立環境研究所研究報告 R-197-2007 (平成20年1月発行)

「八景の分布と最近の研究動向」

これまでに日本全国の地方自治体の協力により、日本における八景の資料が集まり、全国の市町村における分布と設定年代が明らかとなりました。これらの中から注目すべき八景を選定しその資料を掲載しました。また日本における八景の研究や中国、韓国、台湾における八景の研究状況も収集されました。これらをまとめ印刷・出版することは、これからの八景研究を推進する上で重要な資料となります。この報告書を国内外に配布することは、古代中国に発生した東アジア固有の風景評価である八景を世界に示す資料となります。このデータを分析することにより、風景評価が気候風土や文化的背景により影響されることを示すでしょう。

(社会環境システム研究領域 青木陽二)

「環境儀」No.27 アレルギー性疾患への環境化学物質の影響（平成20年1月発行）

近年、子供たちをはじめとして成人にも増えているアトピー性皮膚炎、アレルギー性喘息、花粉症や化学物質過敏症などのアレルギー性疾患については、様々な原因が取り上げられています。しかし、アレルギー反応は、生命維持に不可欠な免疫反応と密接な関連を持つことから、要因が複雑に絡み合っている可能性も高く、その特定は困難を極めています。「環境儀」第27号では、「環境化学物質への曝露」という観点から、「アレルギー性喘息とディーゼル排気微粒子」及び「アトピー性皮膚炎とプラスチック可塑剤の一種」の2件の関連を実験用のマウス（ハツカネズミ）を使って行った研究、またマウスの培養細胞を使った迅速な評価手法の開発について、環境健康研究領域井上健一郎室長、小池英子主任研究員、柳澤利枝研究員の研究をわかりやすく紹介しています。環境化学物質のアレルギー性疾患に対する影響の全体像解明には至っていないものの、極低濃度曝露でも影響が出る可能性を示す結果も得られています。

（「環境儀」第27号ワーキンググループリーダー 植弘崇嗣）

表彰

受賞者氏名：谷本 浩志

表彰年月日：平成19年9月20日

賞の名称：奨励賞（日本地球化学会）

受賞対象：「対流圏における光化学オゾンとその支配要因に関する地球化学的研究」に対して

受賞者からひとこと：

日本地球化学会から、地球化学の研究分野における若手研究者に対して与えられる奨励賞を授与されました。受賞の対象となった研究は、昨今日本においても問題が顕在化してきている対流圏オゾンの大気化学に関する基礎的研究です。具体的な内容は、対流圏オゾンの生成・消失に関する微量物質の測定器開発とそれをを用いた野外観測、そして化学輸送モデルによる支配要因の解析です。これらは、私が2001年に入所して以降主に取り組んできた一連の研究で、自分で立案・遂行・論文化してきた成果が学会に認められたことは非常に嬉しく思います。大気化学は、地球科学のうちの大気圏における化学的側面を扱う学問です。大気汚染問題など地域・地球環境として重要な環境問題ももちろんその範疇ですが、そればかりではなく、今後は大気圏と海洋や生物圏との相互作用など地球システムとしての側面も重視して研究を展開していきたいと思っています。現在、海洋化学者や海洋生物学者などと共同して、海洋表層から大気中に放出される揮発性有機化合物に関する測定手法の開発を進めているところで、こういった未知の境界領域における新しい発見を楽しみに日々取り組んでいます。

受賞者氏名：一ノ瀬 俊明

表彰年月日：平成19年10月14日

賞の名称：優秀発表賞（土木学会環境システム委員会）

受賞対象：優れた発表に対して「都市内大規模河川（ソウル市清溪川）の復元による大気環境改善」（第34回環境システム研究論文発表会）

受賞者からひとこと：

一般に都市内を流れる河川は、周辺の都市構造物にくらべて表面温度が低く、河川が気温や風通しに影響を及ぼしているものと考えられます。このような都市の大規模河川空間復元がもたらす大気環境改善効果の定量化を目的に、2003年7月にはじまった清溪川（チョンゲチョン）復元工事（6kmに及ぶ高架道路の撤去を含む）について、工事終了（2005年10月）後の現在まで大気環境の総合的なモニタリングを実施し、清溪川の影響は河道より80m程度までは比較的明瞭であることが明らかになりました。

2002年暮れに韓国側より共同研究の打診を受けてから、これまで15回ほどの渡航を通じ、観測を進めてまいりました。日韓の研究者同士の価値観の相違などから、研究以外のトラブルで振り回されたり、メンバーが離合集散したりと、一喜一憂の繰り返しでしたが、現場でのソウル市民の皆様の暖かい温情は決して忘れることができません。研究課題としてはまもなく終了しますが、これから研究成果を次々と発表するのみならず、本研究プロジェクトにまつわる5年間の喜怒哀楽を本にまとめ、日韓の新たな学术交流に貢献したいと考えております。

編集後記

最近早朝の散歩を日課としているため、黎明から日の出までの明け方を外で過ごすことが多くなりました。闇夜をこじ開けるように、光が徐々に満ちながら日の出に至る様には季節に関係なく、清々ささと力強さを感じます。古より日の出は多くの人にとつ

て希望の象徴であり、幾多の信仰とも関係していますが、私も毎回、小さな感動を覚えます。何かと嫌なニュースが多い中、我々も人類の希望になれるよう努力していきたいと、日の出に出会う毎に思いを巡らせています。（M.M.）

編集 国立環境研究所 ニュース編集小委員会

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16番2

連絡先：環境情報センター情報企画室

☎ 029 (850) 2343 e-mail pub@nies.go.jp