

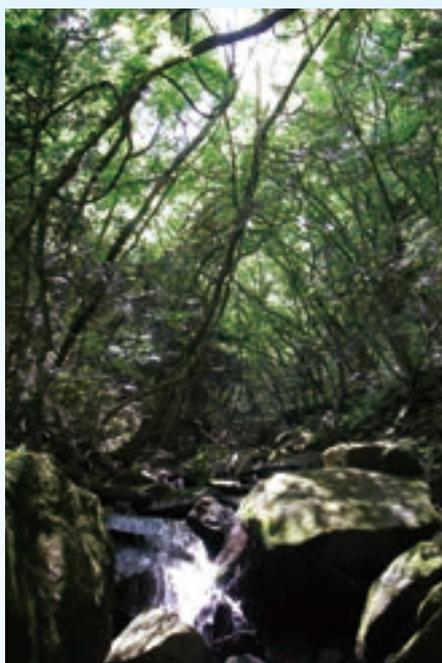
国立環境研究所 ニュース

National Institute for Environmental Studies

Vol.34

No.6

平成28年(2016)2月



筑波山の溪流で水を汲む

特集 | 森林の水質保全機能の可能性 — 森林管理による窒素飽和の緩和に向けて —

森林の窒素飽和 | 2

森林の窒素飽和と林内環境の関係 | 3

続・森林から窒素が流れ出す—間伐が窒素飽和を緩和する可能性— | 6

反応性窒素 | 9

大気中有害化学物質の探索的・迅速同定手法の開発 | 12

構内の自然を大切にするために 植生保全優先区域の設置 | 15

国連気候変動枠組条約(UNFCCC)第21回締約会議(COP21)及び
京都議定書第11回締約会議(CMP11)に参加して | 16

「第12回日韓中三カ国環境研究機関長会合(TPM12)」の開催 | 18

森林の窒素飽和

越 川 昌 美

人里離れた山奥の森に流れる水はきれいでおいしい、と連想させる映像は、テレビコマーシャルなどでよく使われます。山の湧き水を水筒に汲んで持ち帰り、お茶やコーヒーを淹れて楽しむ方も多いようです。たしかに、人家や工場などの排水が流れ込む川と比べれば、山奥の水はきれいだと言えます。しかし、山奥の森林にも人間の影響は及んでおり、遠い街で人間が大气に排出した物質が、雨や塵として降っています。大气経由で山地森林に運ばれる物質には、重金属や有機化合物など様々なものがありますが、私達は窒素化合物に注目した研究を行っています。

通常の森林では、窒素は養分として植物や微生物に吸収されるため、土壌から渓流水へ流出する窒素化合物の量は僅かです。しかし、植物や微生物の吸収量を超える窒素化合物が降ると、生態系で蓄えきれなくなった窒素が硝酸イオンとして渓流水に流出します。渓流水の硝酸イオンが増加すると、飲用に適さなくなる、あるいは下流の湖沼・内湾が富栄養化する、などの問題が起こります。このように、水源となる森林が窒素過剰な状態に陥り、渓流水への硝酸イオンの流出量が増加する問題を、窒素飽和と呼びます。より正確に言うと、窒素飽和とは、植物や微生物が必要な量を超える窒素化合物が存在する状態を定義した言葉です。そして、過剰な窒素負荷が継続した場合に時間の経過とともに森林生態系に起きる変化を、(1)植物の成長を促進する段階、(2)生態系自身に悪影響は現れないが、生態系外に放出する硝酸イオンや亜酸化窒素ガスが増加する段階（すなわち窒素飽和な状態）、(3)森林が衰退する段階、の3つの段階に分けて描写したのが、エイバー(Aber)が1989年に提唱した窒素飽和仮説です。この3段階の仮説は見通しの良い考え方ではありますが、過剰な窒素に対する森林生態系の実際の応答は、気候・植生・地形などに応じて様々であるため、現在でも個別の生態系に関する事例研究を積み重ねて検証されています。

欧米では、1980年代半ばから森林の窒素飽和が起

こっていることが指摘されてきました。日本でも、関東地域などの大都市周辺での森林域では、渓流水の硝酸イオン濃度が高いことが確認されており、窒素飽和が顕在化しています。欧米における窒素飽和対策の研究では、原因となる大気汚染物質の排出源とその寄与を明らかにして、どの排出源をどれだけ削減すれば効果が大きいといった提言が行われてきましたが、私達は、少し視点を変えて、森林管理によって窒素飽和状態を緩和する可能性に注目した研究を行っています。

本号の国環研ニュースでは「森林の水質保全機能の可能性—森林管理による窒素飽和の緩和に向けて」と題して3本の特集記事をお届けします。シリーズ先導研究プログラム(p.3-5)では、窒素飽和森林の実態調査を行う中で、森林管理によって窒素飽和状態を緩和する可能性に注目するに至った過程をご紹介します。窒素飽和が起きている筑波山森林での調査によると、窒素飽和の指標となる渓流水中硝酸イオン濃度は、地形の影響を強く受けて空間変動していましたが、傾斜が比較的緩やかな集水域では、針葉樹林が多く広葉樹林が少ないと渓流水中硝酸イオン濃度が高くなっていることがわかりました。さらに、針葉樹林の中では、樹木がより混み合っている森林の方が、渓流水中硝酸イオン濃度が高くなっていることがわかりました。以上の結果は、針葉樹の人工林が多い森林は潜在的に窒素飽和が起きやすいこと、間伐などによる管理が重要であることを示しています。

研究ノート(p.6-8)では、間伐の度合いが異なる複数の森林において、窒素循環を詳細に比較した研究をご紹介します。窒素飽和が起きつつあるスギ人工林での調査によると、管理放棄され長いあいだ間伐されなかった森林を間伐することによって、広葉樹や草本などの下層植生の発達が促され、窒素吸収機能が十分に発揮され、土壌からの硝酸イオン溶脱が抑制されることがわかりました。この結果は、荒廃した人工林を適切に管理し直すことが、窒素飽和の緩和にも有効である可能性を示しています。

環境問題基礎知識 (p.9-11) では、森林の窒素飽和にとどまらず、地球全体の窒素循環の不均衡を理解するうえでも鍵となる、反応性窒素（英語で **reactive nitrogen**、活性窒素とも訳されます）という用語をご紹介します。

詳細については記事本文をご覧ください。読者の皆様にとって本号が有益な情報となることを願っております。

（こしかわ まさみ、地域環境研究センター
土壌環境研究室 主任研究員）

執筆者プロフィール：

今回の特集で取り上げた通称”窒素飽和プロジェクト”のメンバーとして、窒素に伴って流出するカルシウムの研究に取り組んできましたが、ニュース編集委員として巻頭記事を書くことになり、大気・森林・水の窒素循環について改めて勉強しました。



【シリーズ先導研究プログラムの紹介：「流域圏生態系研究プログラム」から】

森林の窒素飽和と林内環境の関係

林 誠 二

はじめに

森林における窒素飽和は、大気降下物由来の慢性的な高窒素負荷を受けることによって森林生態系が窒素過剰状態に陥ることを意味しています。それでは、同じくらいの高い窒素負荷を受け続けた森林生態系は、すべからず窒素飽和状態へと移行するのでしょうか。私たちが2007年から2008年にかけて、茨城県筑波山全域にわたる40箇所の森林小集水域（いずれも源流域）において晴天時に年4回調査した渓流水中の硝酸性窒素濃度を各地点について平均すると、最も低い地点で0.5 mg/L、最も高い地点で4.2 mg/L、40地点を平均すると1.8 mg/Lとなり、同程度の窒素負荷を受けていると考えられる近接する集水域間でも、濃度は大きく異なっていることが確認されました。このように、渓流水中の硝酸性窒素濃度、すなわち森林生態系からの窒素溶脱状態が空間的に大きくばらつくことに対して、必ずしも大気降下物由来の窒素負荷の影響だけで説明出来ない状況にあります。それでは、窒素飽和した森林からの窒素溶脱に対して他にどのような要因が影響しているのでしょうか。本先導研究プログラムでは、この要因を明らかにすることを一つの目的として、上述の40箇所の森林小集水域を対象とした検討を行いました。広域調査を実施した際、各集水域にお

ける森林の様子は必ずしも一様ではなく、地形は勿論のこと、樹木の種類と分布や、その生育状況による森林内への日の当たり方とそれに伴う下層植生の発達状況等が、大きく異なっていることに気づきました。このような地形や樹種、林内の環境が、集水域からの窒素の溶脱に強く関わっているのではないかと考え、それらを定量化し、広域調査から得られた水質データ等との因果関係を明らかにすることを試みました。以下に、その取組と結果の概要を紹介します。

地形や樹種は影響しているのか

地形の影響を評価するため、国土地理院が発行している10 m メッシュの数値標高データを用いて、地理情報システム (GIS) によって40集水域ごとに平均標高や平均斜面勾配といった地形特性を表す値を求めました。また、植生分布については、空間解像度が1 m 程度の高解像度の衛星画像データを用いて、筑波山全域を対象に常緑針葉樹と落葉広葉樹の分類を行い、同様にGISを用いて集水域ごとに針葉樹林の占める面積割合（針葉樹林率）を算定しました。次いで、これら地形特性データや針葉樹林率を説明変数に、渓流水の年平均硝酸性濃度を目的変数とした多変量解析の結果、まず、渓流水中の硝酸性窒素

特集 森林の水質保全機能の可能性 —森林管理による窒素飽和の緩和に向けて—

濃度は、樹種に関わらず地形が急峻な集水域で高くなる傾向を強く示しました。これは、集水域に降った雨の土壌を介して流れ出てくる時間が比較的短く、大気降水由来の高窒素負荷の影響を受けやすいと言ったことが要因として考えられます。次いで、地形が急峻でない場合は、針葉樹林率が高い集水域において高くなる傾向、すなわち針葉樹林の多い集水域では窒素が溶脱し易い傾向にあることが確認されました。これは、樹木の葉や枝から成る樹冠部による大気中の塵芥を捕集するフィルター作用が、落葉広葉樹と比べて常緑針葉樹落葉が高く大気降水物を捕集し易い、つまり、大気降水物経由での窒素負荷をより多く受けていることが要因として挙げられます。一方で、この傾向とは真逆の結果になりますが、上述の40集水域の中で渓流水中の硝酸性窒素濃度の低い上位3集水域は、いずれも針葉樹林率が高い(75%以上)ことも分かりました。日本の森林面積の4割を占める人工林の大部分は針葉樹林であり、対象とした筑波山の針葉樹林の大部分も人工林です。人工林は、その名の通り、人間が栽培管理して木材等用途のため生育する必要のある樹林です。私たちは、上記の一見矛盾する結果に対して、対象流域の針葉樹(人工林)に対する管理状況が、窒素の溶脱に影響を与えているのではないかと考えました。

人工林管理の影響を探る

スギやヒノキに代表される人工林の生育は、一般的に1ヘクタール当たり2~3千本程度の密度で苗木を植栽し、その成長段階に応じて間引き(間伐)を行い、最終的に成木として収穫(主伐)される際には、1ヘクタール当たり数百本程度の立木(りゅうぼく)密度の林分を形成させます。しかし、近年の林業の低迷により間伐等、生育過程での管理が十分に行われない状況が続いており、筑波山もその例外ではありません。間伐が遅れば必然的に立木密度は高くなり、非常に混み合った林分となります。私たちは、この混み具合を表す数値指標として、林業で用いられている相対幹距比を採用しました。相対幹距比は木の高さ(上層樹高)の平均値に対する木と木の平均間隔の割合(%)を表したもので、通常20%くらいが適当で、17%を下回ると混み過ぎ、14%以下で超過密状態と見なされます。私たちは、上述

の40集水域の中の渓流水中の硝酸性窒素濃度が異なる3つの集水域において、スギやヒノキの林分において円形区(面積:100m²)や方形区(同:400m²)プロットを設けて、そこに含まれる樹木の平均樹高(m)と立木密度(本/ha)を測定し、それらを基に相対幹距比を求めました。また、プロット内の表層土壌(A層)を採取し、その硝酸性窒素含有量も測定しました。そして、各集水域の相対幹距比と土壌中の硝酸性窒素含有量の関係の一つにまとめたところ、両者には有意な負の相関関係があることが確認されました(図1)。

表層土壌に含まれる硝酸性窒素が多ければ多いほど、降雨の浸透に伴い土壌の鉛直下方に移動する量が多くなりますので、両者の関係は、間伐が遅れて混み合った人工林地では、表層土壌からの窒素の溶脱が生じ易いということを意味しています。一方、これはあくまでも土壌のプロットスケールでの結果であり、渓流水中の硝酸性窒素濃度、すなわち集水域スケールでの窒素溶脱状況を説明したものではありません。そこで、まず集水域単位での相対幹距比の算定を行いました。具体的には、筑波山を対象とした航空機によるレーザー測量データから常緑針葉

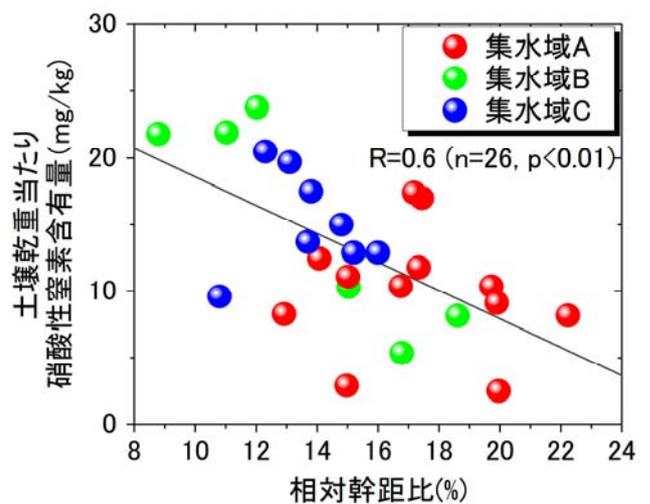


図1 筑波山における渓流水の年平均硝酸性窒素濃度が異なる3つの集水域(集水域A:0.5mg/L、同B:1.3mg/L、同C:1.9mg/L)における人工林地調査プロットでの相対幹距比と表層土壌中の硝酸性窒素含有量との関係

相対幹距比が低下、つまり人工林の混み合いが高まるほど、表層土壌中に存在する硝酸性窒素の量が増加する傾向にある。

樹を対象に樹木の分布と樹高を求め、樹種や樹齢が共通の林分（小班）ごとに相対幹距比を算定しました。さらに、上述のプロットで測定された相対幹距比を検証データとして算定結果の妥当性を確認しました。その上で、集水域内の小班ごとの相対幹距比の面積加重平均値を算定し、集水域単位での相対幹距比としました。

図2は、集水域における相対幹距比と渓流水中の年平均硝酸性窒素濃度の関係を示しています。集水域の針葉樹林率で3つに区分して両者の関係を見たところ、人工林の占める割合が半分にも満たない場合は、有意な関係が確認されませんでした。その割合が増加するにつれて、両者には明確な負の相関

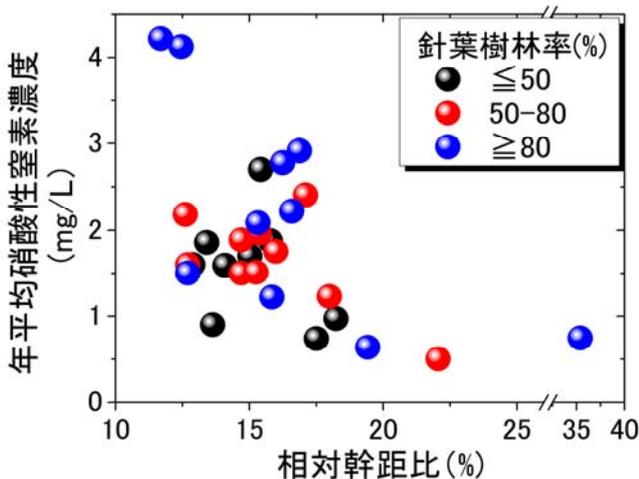


図2 集水域単位で算定した相対幹距比と渓流水中の硝酸性窒素濃度との関係

相対幹距比は集水域内の針葉樹林（人工林）のみを対象に算定した値。針葉樹林率は、集水域に占める針葉樹の割合（%）を示している。人工林の占める割合が高い集水域ほど、渓流水中の硝酸性窒素濃度が人工林の混み具合の増加と共に上昇する傾向にある。

関係があることが確認出来ました。つまり、間伐遅れの過密な状態の人工林は、集水域からの窒素の溶脱に強く寄与していることが分かりました。

おわりに

私たちの取組から、大気降水由来の慢性的な高窒素負荷を受けている森林集水域において、スギやヒノキの常緑針葉樹林地は、落葉広葉樹林地に比べて窒素飽和状態になり易いこと、間伐を主とする人工林管理を適切に受けていない場合は、その傾向が顕著であることが確認されました。それでは、窒素飽和状態にある森林集水域において間伐を実施すれば、その状態は改善されるのでしょうか。残念ながら、この取組からは間伐の効果について明確な答えは出せません。そこで本プログラムでは、間伐による人工林地からの窒素の溶脱抑制効果を明らかにすることを二つ目の目的として、異なる強度で間伐を実施しているスギ人工林試験地を対象とした調査・解析を行い、間伐の効果とそのメカニズムについて検討しました。その概要は、次頁以降の研究ノート「続・森林から窒素が流れ出す 一 間伐が窒素飽和を緩和する可能性」に紹介されておりますので、是非ご覧ください。

（はやし せいじ、地域環境研究センター
土壌環境研究室長）

執筆者プロフィール：

森林の窒素動態を極めるつもりが、気づけばセシウムを追いかけている毎日です。そして春から研究所の福島支部で働くことになりました。窒素のことは頭の片隅に置きつつ、まずは福島環境回復に少しでも貢献できるよう励みたいと思います。



【研究ノート】

続・森林から窒素が流れ出す —間伐が窒素飽和を緩和する可能性—

渡 邊 未 来

はじめに

森林は、水を浄化して蓄える、土を保持して災害を防ぐといった働きで、昔も今も人々の生活を支えています。しかし私達は、森林があることが当たり前で、その大切さを忘れがちだと思います。それは私達が、国土の3分の2が森林に覆われた森林大国で暮らし、その恩恵を常に受けているからかも知れません。一方で日本の森林は、いくつかの問題も抱えています。ひとつは林業の低迷によって、管理すべき森林が十分に管理されていない場合があることです。もうひとつは、産業活動で発生した大気汚染物質が、長期間に渡り森林に降り注いだ結果、窒素飽和のような森林汚染が顕在化してきているということです。この研究ノートでは、これらの問題に対し、森林を上手に管理することで窒素飽和を緩和できないか、という可能性について紹介します。

人工林の間伐とは？

日本の森林は、約4割が人工林で、その多くが戦後に植えられたスギやヒノキの針葉樹林です。人工林とは、人が育てる森林であり、“樹木の畑”と喩えることもできます。普通の畑で作物を育てるのと同じように、人工林でも樹木を健全に栽培するためには、人の手による管理が必要です。ただし人工林の場合、肥料や水分の管理ではなく、樹木の生長を促すための様々な施業を、植栽前から伐採後まで何十年もかけて行います。その施業のひとつに“間伐”といって、樹木を大きく真っ直ぐに育てるために、繰り返し行われる間引きの伐採があります。現在、日本の人工林の半分程度は、間伐が必要な育成段階にあります。しかし、林業の低迷などが原因で、間伐が遅れている場合が数多くあります。間伐が行われない人工林では、混み合った木々は細くて弱々しく、風水害に弱くなります。また、森のなかは日中も薄暗く、他の草木が茂りにくいため、時に地面が剥き出しとなっています。このような人工林では、

洪水や山崩れを防いだり、水を浄化して蓄えるといった、森林の持つ多面的機能が損なわれる恐れがあります。しかし近年、主に地球温暖化対策として「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」が施行され、二酸化炭素の吸収源である森林を健全に管理するため、積極的な間伐が全国規模で開始されました。また全国35県では、森林環境税や水源税といった独自の地方税が導入され、森林の荒廃とそれに伴う機能劣化を防ぐため、間伐等の森林整備が進められています。さらに現在は、森林整備を行うための国税の新設も検討されています。

このような間伐推進の状況のなか、私達の研究チームでは、森林の窒素飽和と林内環境の関係で紹介した通り、人工林を上手に間伐することで窒素飽和を緩和できないか、という課題に取り組んでいます。窒素飽和とは、水源となる森林が窒素過剰状態に陥り、土壌中の硝酸性窒素が渓流水に流れ出す量（溶脱量）が増大する問題です。筑波山をはじめとする関東地域の森林では、既に渓流水中の硝酸性窒素濃度が高いことから、窒素飽和が顕在化していると言えます。この問題に対し国内外の研究者からは、適切な森林管理が窒素飽和を緩和するのではないか、という可能性が指摘されています。しかし、間伐の具体的な効果については十分に検証されていません。そこで私達の研究チームは、窒素飽和対策の第一歩として、間伐には土壌からの硝酸性窒素の溶脱を抑制する効果があるか、を調べることにしました。

人工林を間伐すると、硝酸性窒素の溶脱量は減るか？

今回の調査は、東北大学川渡フィールドセンターと共同して、センター内にあるスギ人工林で行いました。この試験林は、間伐と硝酸性窒素の溶脱量の関係を調べるのに非常に適しており、間伐をしていない林（無間伐区）、弱く間伐した林（弱間伐区）、強く間伐した林（強間伐区）が約0.5ヘクタール（1ha



写真1 左から無間伐区、弱間伐区、強間伐区の風景

弱間伐区と強間伐区では、2003年に約1100本/haであった20年生の林分を、それぞれ本数間伐率で33%と67%で間伐し、さらに2008年にも同じ間伐率で再度間伐してある。間伐強度が増すほど、下草が繁茂している様子が分かる(2011年5月撮影)。

＝10,000 m²) ずつ3回繰り返しで並んでいます(写真1)。私達は、間伐の効果として主に、土壌からの硝酸性窒素の溶脱量は減るか、林床の下草による窒素吸収量は増えるかを明らかにしたいと考えました。そのため、2010年と2011年に土壌水や林床植生を採取して分析し、その結果を無間伐区、弱間伐区、強間伐区で比較しました。実際の調査は、積雪で現場入りできない時期を避けるとともに、土壌微生物による硝酸性窒素の生成が活発で、多雨により硝酸性窒素が溶脱しやすい6月から11月に行いました。

図1は、土壌水に含まれる硝酸性窒素の濃度を深

さ毎に示しています。まず、無間伐区における土壌水中の硝酸性窒素濃度は、土壌の浅い層で高く、深くなるにつれて低くなっていました。これは、土壌表層に硝酸性窒素が蓄積しており、それが下層に溶脱する過程でスギに吸収されていると推察されます。一方、強間伐区の硝酸性窒素濃度は、全ての深さで常に低く維持されていました。写真1からも分かるように、強間伐区では林床植生が発達していたことから、これは林床植生が土壌表層の無機態窒素(硝酸性窒素とアンモニア性窒素として存在する窒素)を吸収した結果と考えられます。また、大気から土壌への無機態窒素の流入量が、どの試験区でも6.5ヶ月間で1ヘクタールあたり5～7kgと大きく変わらなかったという観測結果も、この考えを支持するものと言えます。

図2は、土壌からの硝酸性窒素の溶脱量を試算した結果です。無間伐区では、硝酸性窒素の溶脱量が非常に多く、同じ期間に大気から流入した無機態窒素量をも超える値でした。この結果から、無間伐区では土壌中に蓄積していた窒素化合物までもが硝酸性窒素として溶脱していることが示唆されます。これに対し弱間伐区の硝酸性窒素の溶脱量は、大気からの無機態窒素の流入量と同程度にまで低下し、強間伐区に至っては土壌からの硝酸性窒素の溶脱がほとんど起きていませんでした。それでは、弱間伐区や強間伐区の林床植生は、どの程度の窒素を吸収しているのでしょうか。図3を見ると、夏季の林床植生による窒素吸収量は、土壌からの硝酸性窒素の溶

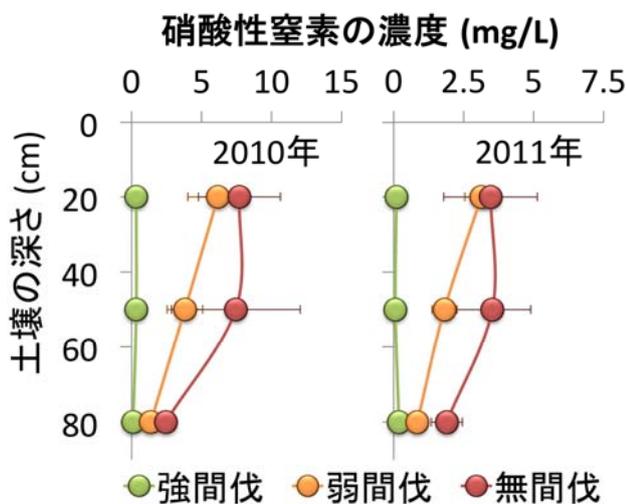


図1 土壌水中の硝酸性窒素濃度の鉛直分布

2010年と2011年の6月～11月に毎月1回調査した結果の平均値。強間伐区や弱間伐区は、無間伐区より硝酸性窒素濃度が低くなっていることが分かる。

特集 森林の水質保全機能の可能性 —森林管理による窒素飽和の緩和に向けて—

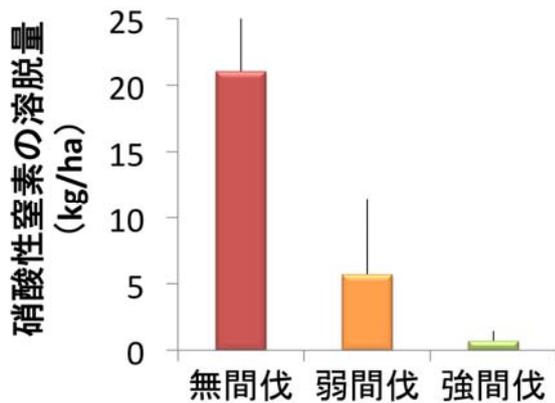


図2 土壌からの硝酸性窒素の溶脱量

各試験区の代表的な1地点で、2011年6月～11月に毎月1回調査した深さ80cmの硝酸性窒素濃度に、土壤水の浸透量を乗じて算出した概算値。強間伐区や弱間伐区は、無間伐区より硝酸性窒素の溶脱量が少なくなっていることが分かる。

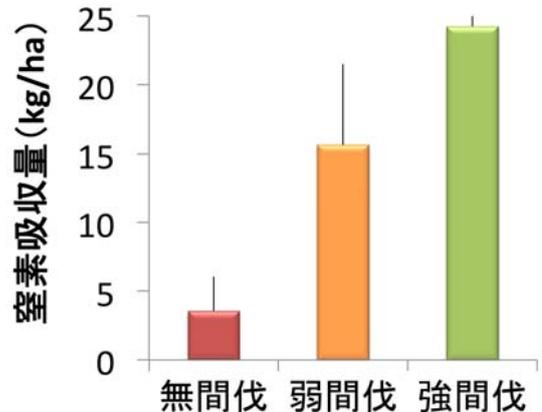


図3 林床植生による窒素吸収量

2010年8月に各試験区で刈り取った林床植生の量に、それぞれの窒素含有量を乗じて算出した値の平均値。強間伐区や弱間伐区は、無間伐区より窒素吸収量が多くなっていることが分かる。

脱量と同程度の量ですが、全く逆の結果となっており、強間伐区や弱間伐区が無間伐区より多くなっていました。これらの結果から私達は、この試験林における間伐は、林床植生を豊富にすることで、無機態窒素の吸収量や窒素動態を変化させ、特に多雨で硝酸性窒素が溶脱しやすい夏季に、土壌からの硝酸性窒素の溶脱を抑制していると考えています。

まとめと今後の展望

私達は今回の調査から、スギ人工林の間伐には、窒素飽和を緩和する可能性があることが示されたと考えています。ただしこの結果は、窒素飽和が進んでいるとは言えない人工林で、間伐から数年経ったある時期を切り取って見ているに過ぎません。実際に窒素飽和した森林では、間伐により森林全体での窒素吸収量が減少すると、過剰にある硝酸性窒素が容易に溶脱すると考えられます。そのため、林床植生が速やかに発達できるような間伐の方法、場所、時期といった条件を考慮することが必要でしょう。

さらに、間伐による窒素飽和の緩和効果の検証には、間伐直後から将来に渡って硝酸性窒素の溶脱を抑制するか、といった長期的な視点が必要になります。そこで今後、本研究を人工林の適切な管理方法の提案に繋げていくためには、森林管理を取り入れた窒素循環モデルを開発し、間伐の強度や時期といった森林管理の違いが、窒素動態や硝酸性窒素の溶脱に及ぼす影響を定量的に評価することが必要と考えています。

(わたなべ みらい、地域環境研究センター 土壤環境研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

今回の記事とは違い、いつもは筑波山で調査をしています。筑波山には10年以上通っていますが、最近初めて山頂まで歩いて登りました。調査で歩く道なき道や獣道とは違い、娘との登山は楽しかったです。右の写真は、趣味のバドミントンでの1コマです。



【環境問題基礎知識】

反応性窒素

仁 科 一 哉

はじめに

本特集は過剰な窒素が引き起こす諸問題の一つを取り扱っています。しかし、大気はおよそ8割が窒素分子で構成されており、地殻中にも多くの窒素が含まれ、地球という惑星全体で見ると豊富な元素の一つです。一方、地球上の多くの自然生態系では栄養素としての窒素が不足し、陸では樹木などの植物、海洋などの水域では植物性プランクトンの第一次生産（光合成）の律速要因となっています。窒素は豊富にあるにもかかわらず、多くの生態系で不足している矛盾は、“反応性窒素”という言葉で説明することができます。

反応性窒素

地殻中に含まれる窒素を生物は利用出来ず、大気中の窒素ガス（ N_2 ）は化学的に安定（三重結合であるため）し、多くの生物は直接利用できません。しかし、反応性窒素は、生物にとって利用しやすい形態の総称で、例えば、大気汚染で問題となっている窒素酸化物ガス（ NO_x ）、水に溶け込んでいるアンモニウムや硝酸イオン、あるいはアミノ酸といった物質も反応性窒素に含まれます。この反応性窒素が不足している自然生態系では、常に個体間や種間で反応性窒素の奪い合いが起きています。人為的な影響がない自然生態系では、反応性窒素は何処からやってくるのでしょうか？

答えは、大気中に含まれる窒素ガスです。微生物（ニトロゲナーゼ酵素を持つ窒素固定菌）によって、大気中の窒素ガスが還元されアンモニアとして微生物に同化したものが、植物の栄養として取り込まれる、あるいは生化学的作用を受け食物連鎖を通した生態系の要素になります。この窒素固定とよばれるプロセスは、エネルギー効率が非常に悪く、また限られた種のみで行われる為、物質の流れは小さく、生態系では生物が反応性窒素を得るにあたって大きな律速要因となっています。しかし現在は、人為的な反応性窒素の負荷が自然生態系の大きな供給源となっ

ています。一つは化石燃料燃焼時の不完全燃焼によって放出された窒素酸化物ガスが大気の循環にのったあと、大気から降下して地表に降り注いだものです。もう一つの重要な人為起源としては、農業で使われる化学肥料が大きな負荷源となっています。一旦耕作地に撒かれた肥料が河川や大気を通じて様々な生態系へ再配分されるため、耕作地は反応性窒素の主要な経路地となっています。この化学肥料はハーバー・ボッシュ法と呼ばれる工業的な窒素固定によって得られたもので、現在、生物学的な窒素固定量を超えていると試算され、地球上の反応性窒素のフローは2倍以上になりました。こうして人為的に過剰に供給された反応性窒素が、種々の環境問題を引き起こしているのです。

反応性窒素と人との関わり

過剰窒素の問題を論ずる前に、人間と反応性窒素の歴史を紐解きたいと思います（図1参照のこと）。まず人間社会にとって重要となるのは、肥料としての窒素です。

中世以前は、ヨーロッパではマメ科の植物を積極的に輪作体系に組み入れることで、畑の生産性（地力）を維持していました。また家畜の糞尿を農地に投入しています。この行為は結果として反応性窒素を畑の土壌に供給することになりました。この時期の人々は、そもそも窒素という元素を認識していませんし、もちろん植物の必須多量元素であることを知る由もありません。

15世紀になると、ヨーロッパの国々はシルクロードを通して、チャイナスノーを輸入し始めます。これは硝酸カリウムが主成分で火薬や肉の保存量として使われました。実は戦争に使う火薬は、人間社会にとっての反応性窒素の二つ目の重要な接点です。17世紀には、家畜や人の糞尿を集中的に土壌に投入して硝酸カリウムの結晶を析出させる技術が確立しました。しかし、この硝酸カリウムは黒色火薬が主用途で肥料には使用されていません。ちなみに日本

特集 森林の水質保全機能の可能性 —森林管理による窒素飽和の緩和に向けて—

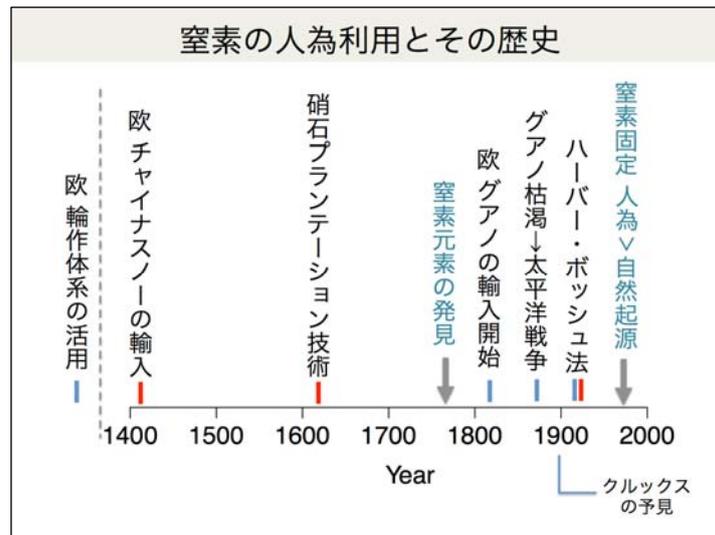


図1 反応性窒素の利用とその歴史

青線は肥料としての利用、赤線は火薬としての利用を示す。

でも、加賀の五箇山で黒色火薬づくりが活発に行われていました。

窒素 (N) 原子が認識されたのは実に 18 世紀で、1772 年に二つの異なるグループがほぼ同時期に発見したとされています。正式な第一発見者は、先に論文を書いたスコットランドの研究者であるダニエル・ラザフォード (Daniel Rutherford) となっています。1836 年にはフランスの化学者であるジャン・バティスト・ブサンゴー (Jean Baptiste Boussingault) が、窒素が植物にとっての栄養素であることを証明し (この研究者は植物が気体から炭素を得ていることも証明した)、1840 年にはリービッヒの最少律が提唱され、この頃窒素は、生物の活動にとって不可欠な多量必須元素であることが明らかになってきています。

19 世紀のヨーロッパでは耕作地の窒素源としてグアノと呼ばれる海鳥類のフンが化石化したものを利用していました。グアノは窒素と燐に富んだ資材です (ホームセンターの肥料売り場で見られるので是非探してみてください)。当時、チリ硝石 (硝酸ナトリウム) と共に、わざわざ南米から輸入して使用していました。しかし、産業革命による人口増加を賄うことはできず、これらの資源は直ぐに枯渇してしまいました。結果としてグアノの奪い合いが引き金として働き、南米産出国間による硝石戦争とも呼ばれる太平洋戦争が起きています。

19 世紀末には、イギリス王立協会でウィリアム・クルックス (William Crookes) が、空気中の窒素ガスを化学的に窒素固定しなければ、食糧不足へと陥るだろうと警告しています。しかし、1906 年ドイツで、工業的な窒素固定であるハーバー・ボッシュ法が確立されました。高温高压下で空気中の窒素ガスと水素を反応させてアンモニアを得る方法で、このハーバー・ボッシュ法の確立により、フリッツ・ハーバー (Fritz Haber) とカール・ボッシュ (Carl Bosch) の二人はノーベル賞を受賞しています。そして 1911 年、ハーバー・ボッシュ法による反応性窒素の本格的な生産を、ドイツの化学工業会社 BASF が開始しました。これにより、人類は大気にある窒素を反応性窒素に大量に変換する事が可能になり、硝石やグアノのような採掘資源に頼ることなく、人類はエネルギーさえ使えば反応性窒素を潤沢に得るようになりました。第一次世界大戦後、このハーバー・ボッシュの技術がドイツ国外に流出し、各国で火薬や肥料として使われることとなります。ここから、モータリゼーションに伴う化石燃料燃焼の増加とともに、急速に人為的な反応性窒素が環境にばら撒かれることとなります。(窒素の歴史に関する一般向けの読み物としてはトーマス・ヘイガー (Thomas Hager) の“大気の錬金術 (みすず書房)”に詳しく書いてあるので是非参照して頂きたいと思います。)

反応性窒素の過剰

反応性窒素の過剰が問題となることに気付いたのはかなり遅く、1950年代にはそれほど問題であると認識されていませんでした。1940年には既に沿岸域などが窒素肥料によって富栄養化していることが報告されていますが、一次生産が上がるということで好意的に解釈されていたようです。1960年代に入ると過剰な反応性窒素の問題が認識され始め、スウェーデンの土壤研究者スバンテ・オーデン (Svante Oden) らが、イギリスから発生した NOx によってスウェーデンの一部の湖沼で酸性化が進行していることを指摘しました。1970年にはノーベル賞化学者でもあるパウル・クルツェン (Paul Crutzen) が、N₂O ガスがオゾン破壊の原因物質である事を突き止めました (N₂O は温室効果ガスでもあります)。同年、過剰な反応性窒素の負荷によって、貧栄養環境に適応していた植物が失われ、生物多様性が減少することも報告されています。また 1970年代に、全球規模で人為的な窒素固定が微生物による窒素固定を上回ったと試算されています。なお本特集記事でも触れられている“窒素飽和仮説”は、1989年にアメリカの研究者のジョン・エイバー (John Aber) によって提唱されたもので、1990年代から現在まで、様々なフィールドで過剰窒素による問題の確認・研究がされていますが、窒素による諸問題を統合的に扱う最初の本格的な科学レポートが作成されたのは、2011年のヨーロッパ窒素アセスメント報告書であるとされています。

おわりに

窒素は、生と死に密着に関わった元素です。窒素 (Nitrogen) の語源は、生物が窒息したというところから来ています (命名はドイツ語による)。人類の窒素の歴史は火薬の歴史でもあり、銃やダイナマイトで多くの命を奪ってきました。一方、あらゆる生物は窒素が主要な構成物であるタンパク質が主たる酵素によって生命活動を維持し、また窒素肥料によ

って莫大な人口を支える食料生産を担っています。実際にハーバー・ボッシュ法は、第2次世界大戦と20世紀の人口の爆発的な増加に大きく貢献する一方、過剰な反応性窒素により生物の多様性を減少させています。このように人間社会や環境中では、反応性窒素の正負併せ持つ側面が遺憾なく発揮されています。

閑話休題。人間活動によって地球の物質循環の中追加された反応性窒素は、従来の反応性窒素のフローを遥かに凌駕しているものの、その歴史は未だ100年にも満たない期間です。この僅かな期間に多くの生態系で、不足が過剰に逆転したと考えられます。肥料の投入や化石燃料の燃焼に由来する窒素降下物によって、地球上に人為起源の反応性窒素の痕跡が無い場所を探すのは難しく、反応性窒素は、アントロポセン (人新世) を体現するような物質であると考えることができます。窒素肥料の使用が少ない地域が多くあるアフリカで、マイクロソフトのビル・ゲイツなどが「緑の革命を引き起こそう」と提唱しています (参; Alliance for a Green Revolution in Africa)。このように、今後、補助金などを使って、窒素肥料利用を促進させ、アフリカの作物の生産性を上げることが一つの方策として考えられていますが、このことは同時に、反応性窒素が環境中への負荷を更に増大することに繋がります。

反応性窒素は、生態系のバランスの変化など様々な問題を引き起こしていますが、人類がこれを手離すのは化石燃料以上に難しく、より適切なつきあい方が必要とされています。

(にしな かずや、土壤環境研究室 研究員)

執筆者プロフィール:

最近、逆流性胃腸炎がぶり返してきました。精神だけは図太いので塞ぎこむことはありませんが、体がストレスでやられているようです。長生きはできないかもしれませんね。いろんな意味で人生のターニングポイントに来ているのかもしれません。座右の銘は“末は博士か、博士は末か”。

【シリーズ先導研究プログラムの紹介：「先端環境計測研究プログラム」から】

大気中有害化学物質の探索的・迅速同定手法の開発

高澤 嘉一

2015年の6月末に、化学情報の世界的権威であるケミカル・アブストラクツ・サービス（CAS）に登録されている化学物質の数がついに1億個を超えました。近年、本サービスへの登録物質数は指数関数的な増加を辿っており、およそ2分30秒に1個の割合で新たな化学物質が登録されているそうです。実際に流通する化学物質の数も2万種を超えており、科学技術の発展に伴い、その数は今後ますます増加する傾向にあります。その一方で、大気や水質、土壌といった私たちのよく知る環境中には、これら化学物質の製造過程や化学物質を含む製品からの放出などを通して多種多様な化学物質が蓄積している可能性があります。わが国では有害性が強い化学物質を規制する際の難分解性、高蓄積性、長期毒性という判断基準を設けて、個々に規制する方式がとられています。つまり、環境中に含まれている化学物質をひとつひとつ確かめる作業が必要となるわけです。前回の研究ノート（国立環境研究所ニュース32巻2号「POPs モニタリングの分析法」）では、国際的な取組優先度の高い残留性有機汚染物質（POPs）と呼ばれる一連の化学物質の濃度を、より正確に求めるための方法を紹介しました。今回は、POPsのように特定の化学物質を対象とするのではなく、化学物質による環境汚染の多様化に対応するため、環境中に存在する化学物質をできる限り多く見つけ出すための方法（ノンターゲット分析法）について紹介します。

ここで紹介するノンターゲット分析法は、比較的揮発しやすい化学物質を対象に、試料前処理を伴わず、一回の試料採取と分析によってより多くの化学物質を同時に見つけ出す方法と定義できます。本法の要点として、(1)測定時にできる限り多くの化学物質をまとめて測定すること、(2)得られたデータから必要とする化学物質の情報を効率的に抜き出すことの2点が挙げられます。(1)の分離分析技術については、化学物質の分離検出に二次元ガスクロマトグラフ（GCxGC）を接続した高分解能飛行時間型質量分析計（HRTOFMS）を利用しました（図1）。

化学物質に限らず、物体や物質はそれぞれ固有の質量をもつわけですが、HRTOFMSは化学物質の質量を気にせず、広範囲の質量に及ぶイオンを同時に正確に検出できる装置であり、近年、その性能について飛躍的な進歩がありました。これによってこれまで気付かれなかった低濃度で存在する化学物質や質量の大きな化学物質の測定も可能となり、環境分野における実用性も広がりました。したがって、環境濃度も質量も不明である不特定多数の化学物質を見つけ出すにはHRTOFMSは最適な検出器と言えます。また、GCxGCでは、2本のキャピラリーカラムの組み合わせにより、検出されるピークの情報量およびピークの分離性能が格段に増しており、検出されるピーク幅も鋭くなるため高感度な分析が可能となります。(2)のデータ処理については、研究室にて様々なソフトウェア開発を進めており、例えば、精密質量データから特定の構造をもつ化学物質の検索や任意の化学物質の自動検索を実行するソフトウ

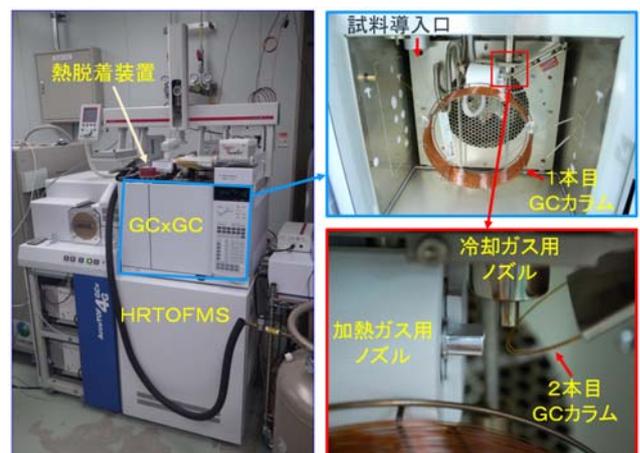


図1 二次元ガスクロマトグラフ/高分解能飛行時間型質量分析計（GCxGC/HRTOFMS）

GCxGCの内部はオープン構造になっており、室温+4℃～450℃まで0.1℃間隔で厳密に温度制御ができます。試料導入後、徐々に温度を上昇させることによりGCカラムでの成分分離が促進されます。このようにして分離された成分は、カラムの出口に接続されたHRTOFMSへ送られてイオン化されます。

エアなどが挙げられます。以下に挙げる研究結果は、試料前処理を伴わずに大気捕集後の吸着管をGCxGC-HRTOFMSの熱脱着装置に直接導入して測定を実施したものです。

図2は、持ち運びの容易なミニポンプを研究所の屋上に設置し、大気中の化学物質を集めている様子



図2 大気捕集の様子

上：大気捕集用のミニポンプによる実試料の採取状況

下：化学物質を集めるための吸着剤が充填された小型吸着管

小型吸着管をミニポンプの大気採取口に取り付けることで、小型吸着管の内部に大気を通過させ、大気中の化学物質を吸着剤で集める仕組みです。例えば、吸着剤である Tenax TA は、酸化物をベースにした弱極性のポリマーであり、一般的には高沸点極性化合物の分析に適しています。Tenax GR は Tenax を調製する際に炭素を配合したもの、Carbopack や Carboxen は炭素を主体とする吸着剤です。

です。ミニポンプの大気採取口には、洗浄済みの活性炭などの吸着剤が詰められた吸着管（長さ 6 cm、内径 4 mm）を取り付けています。一定量の大気を吸着管に通過させた後、ミニポンプから吸着管を取り外し、GCxGC-HRTOFMS の熱脱着装置に吸着管を導入します。吸着剤に集められた様々な化学物質は、熱脱着装置の中で約 300°Cまで段階的に加熱されることにより気化され、吸着剤から GCxGC 内部へ移動します。つまり、吸着剤に集められた化学物質のほぼすべての成分が GC のキャピラリーカラム（長さ 45 m、内径 0.25 mm）へ導入されることとなります。なお、キャピラリーカラムの内壁には液相が付いており、ヘリウムガスが流れています。導入された成分は液相への溶解と気相への移行を繰り返しながらカラム内部を移動します。液相に留まる時間は成分によって異なるため、キャピラリーカラムから各成分が出てくる時間（保持時間）には差が生じて分離されます。したがって、本法で用いた GCxGC では、1 本目のキャピラリーカラムから出てきた成分を、2 本目のキャピラリーカラムでさらに細かく分離していることとなります。

図3は、GCxGC-HRTOFMS 測定により実際に得られた大気中の化学物質のトータルイオンクロマトグラム (TIC) です。TIC とは、ある保持時間において見つけれられた成分に由来するマスペクトルのイオ

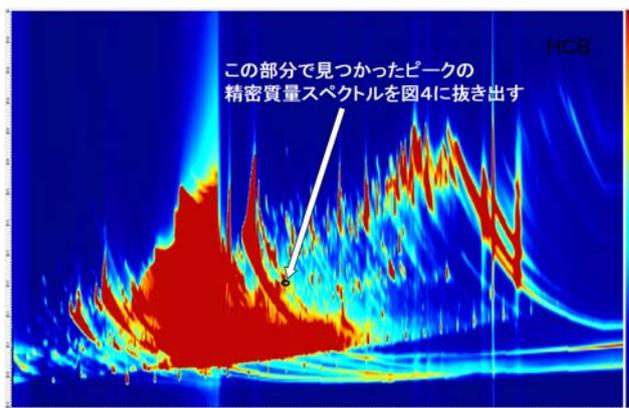


図3 熱脱着-GC×GC-HRTOFMS 測定により得られた大気中の化学物質のトータルイオンクロマトグラム

暖色の部分は高い強度で化学物質が見つけれられたこととなります。ピークがたくさん存在するため、一度に見つけることができた化学物質を正確に数えることはできませんが、1 成分あたりの範囲が横軸方向に 2~3 秒間、縦軸方向に 0.05~0.5 秒間であり、図の横軸の全範囲が 90 分間、縦軸の全範囲が 6 秒間であることを考えると、極めて多数のピークが存在することがわかります。

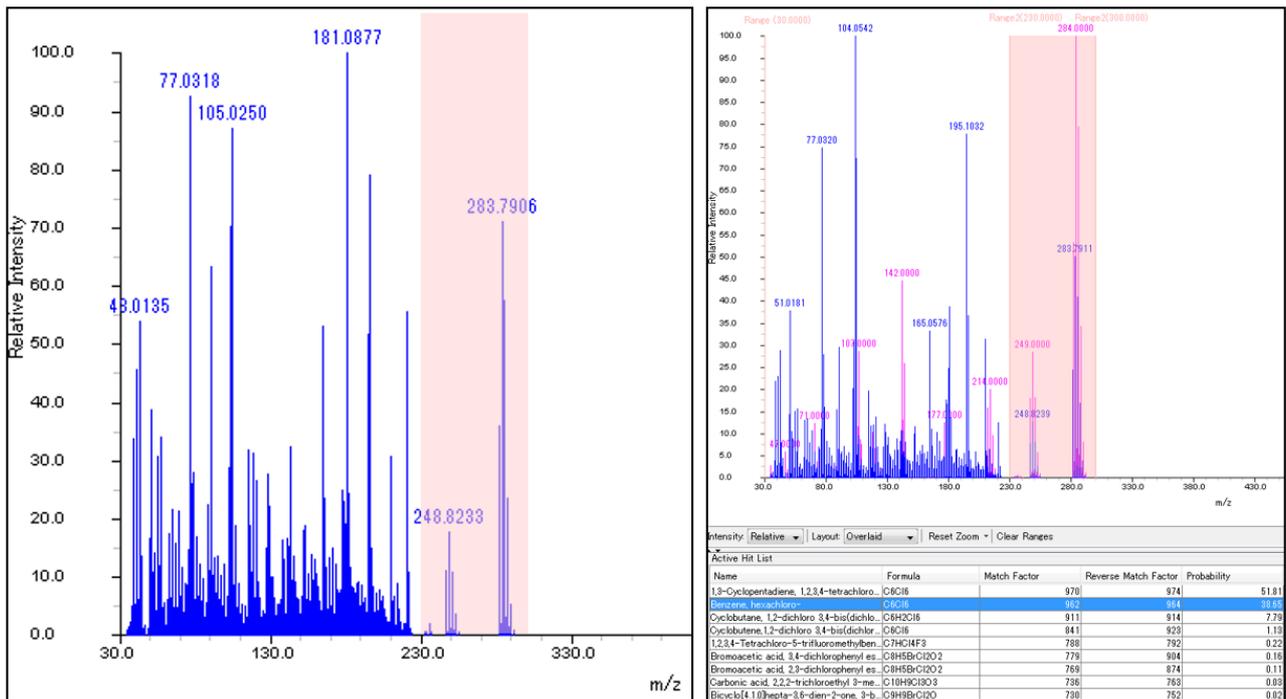


図4 図3のTICから見つけれられた精密質量スペクトル(左)とライブラリーサーチに登録されているヘキサクロロベンゼンの精密質量スペクトル(右)

質量数 230 から 300 の範囲に注目すると、両者のスペクトルが非常によく一致していることがわかります。

の和を表します。ここで、図3の横軸は1本目のキャピラリーカラムの保持時間(分)を、縦軸は2本目のキャピラリーカラムの保持時間(秒)を示しており、1つの成分に相当するTIC範囲は、横軸方向に2~3秒間、縦軸方向に0.05~0.5秒間です。色の違いは、見つけれられた化学物質の濃度を表しており、濃い暖色であるほど何らかの化学物質が高い濃度で見つけれられたことを意味します。本来、各ピークの幅は数秒程度と非常に狭いのですが、多数のピークが存在するためにTICの全体に赤色や黄色といった暖色の部分が目立っています。図4は、図3のTICについて、ある保持時間(中央部、黒丸)で見つけれられた成分の精密質量スペクトルを抜き出したものです。その結果、図4の左図では、塩素を含む化学物質に特有のマススペクトルパターンが質量数230から300の範囲で確認されました。

そこで、データベースに登録されているマススペクトルとの比較を進めたところ、POPs物質であるヘキサクロロベンゼンと非常によい一致度であることがわかりました。化学物質の正確な検出には装置の分離面での改善がさらに必要であることなど課題もいくつか残されていますが、本法は、検出器に熱脱着-GCxGC-HRTOMSを用いることで通常的分析方

法に従えば1週間程度を要する試料前処理を全く行わずに化学物質の特定を行っており、迅速性において大きな利点があります。また、持ち運びの容易なミニポンプによる試料採取は、サンプラーの設置や電源確保といったサンプリングに関する障壁を低くしてくれます。一方、化学物質に関するこれまでの公定測定法は、測定対象物質に固有なモニターイオン質量数を質量分析計に事前設定するやり方であったため、測定対象外の化学物質についての情報は一切知ることができませんでした。国内外で監視すべき化学物質がさらに増加しそうな現状において、多くの化学物質を同時にモニタリングできるノンターゲット分析法の需要はますます高まっています。

(たかざわ よしかつ、環境計測研究センター有機計測研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール:

昨年末に急斜面をスキーで滑っている途中で履いていたブーツが見事に砕けました。幸い大事には至らなかったのですが、分析機器と同じようにやはり日頃のメンテナンスは重要なのだと改めて認識しました。



構内の自然を大切にするために 植生保全優先区域の設置

構内緑地等管理小委員会委員長 竹中明夫

国立環境研究所では2001年に環境配慮憲章を定めました。そのなかでは、環境の保全につながる調査や研究の成果を社会に提供するだけでなく、研究所の日々の業務でも環境に配慮することを定めています。とくに省エネルギー、省資源、廃棄物の削減と適正な処理、化学物質の適正な処理に注意するとしていました。2013年、これらに加えて生物多様性の保全への配慮があらたに書き込まれました。また、これにあわせて構内緑地等管理小委員会（以下、委員会）が作られました。構内の緑は見た目の美しさという観点だけで捉えられがちですが、これも地域の自然の一部です。生き物たちのくらしの場であることに注意しながら管理し、生物多様性の保全に貢献することを目指しています。

委員会がおかれた後、古くなった排水配管の交換工事による地面の掘り起こしや、あらたな建物の設置などがありました。工事ともなう木の移植や伐採について施設課・担当者と委員会とで相談するようになったのは前進です。一方で、木の下に生えている草花にはとくに注意は向けられませんでした。けれども、構内の緑地には、市街地や都市公園では見られない野生の植物がいろいろ生えています（写真1）。40種類以上のチョウが構内で観察されるのも、そうした多様な緑があればこそです。必要な工事は進めつつ、さまざまな野生植物や、構内でくらす昆虫、鳥、動物などにも可能な範囲で配慮してこそ、憲章の改訂が活かされたとと言えるでしょう。

そうはいっても、どこでどのような作業をするとき何に配慮したらよいか、いちいち委員会に諮るのは大変です。そこで、生きものへの配慮に特に重点を置く区域をあらかじめ定めてマップを所内で公表し、ここでの作業はなるべく避ける、やむをえず作業をする場合には影響を避けたり減らしたりする方法を検討する、というルールが作られました。「研究所構内の緑地等の改変を伴う事業を計画するに際しての環境配慮の仕組みについて」（平成27年7月27日環境管理委員会決定）です。敷地の南側の林（写真2）のほか、研究本館のとなりの池とその周辺部（写真3）などが植生保全優先区域とされました。こうした取り組みは、研究機関としても先進的なものであると自負しています。今後はこの仕組みを活かしつつ、生きものが豊かな構内の自然を維持していきたいと考えています。

（たけなか あきお、生物・生態系環境研究センター 上級主席研究員）



写真1 土手に生えているセンブリ



写真2 構内南側の明るい林



写真3 研究本館南の「秋津の池」で泳ぐカルガモ

国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第 21 回締約国会議（COP21） 及び、京都議定書第 11 回締約国会議（CMP11）に参加して

社会環境システム研究センター 藤野純一

GOSAT/GOSAT-2プロジェクト 松永恒雄・Pang Shijuan・齊藤 誠

はじめに

2015 年 11 月 30 日から 12 月 12 日まで、フランス・パリで、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第 21 回締約国会議（COP21）、京都議定書第 11 回締約国会議（CMP11）が開催され、連日深夜までおよぶ交渉の末、2020 年以降すべての国が協調して温暖化問題に取り組むための仕組みを示した新しい国際条約「パリ協定」を満場一致で採択して閉幕しました。国立環境研究所（以下国環研）は NGO として COP21/CMP11 に参加し、サイトイベントや展示活動などを通じて気候変動に関する最新の研究成果の紹介を行いました。国環研からの参加者は、社会環境システム研究センターより亀山康子室長、藤野純一主任研究員、久保田泉主任研究員、国環研 GOSAT/GOSAT-2 プロジェクトより松永恒雄室長、齊藤誠研究員、Pang Shijuan 高度技能専門員の 6 名です。以下に COP21/CMP11 における国環研の活動を紹介します。

社会環境システム研究センターの活動

社会環境システム研究センターでは、3 名の研究者が参加し交渉プロセスの分析、研究成果の発信、情報収集等を行いました。亀山室長は、12 月 10 日に日本パビリオン^[1]において、サイドイベントを主催し、米国や欧州等の実際のデータを使いながら、新たに開発した気候変動緩和策の進捗を計測するための指標について紹介しました。久保田主任研究員は、交渉のプロセスを分析する研究を進めるため、どのような要因が積み重なって合意がなされていくのかを国際法の視点から観察し、パリ協定成立の時まで見届けました。また、一般向けの解説記事をパリから速報しました^[2]。

藤野主任研究員は、アジア低炭素社会研究を通じて得られた研究成果や現場の実践例を紹介するため、12 月 7 日 18 時 30 分から外務省・環境省・IGES（地球環境戦略研究機関）・マレーシア工科大学と共催で UNFCCC 公式サイドイベント「東アジア低炭素成長対話」の進行役を担当しました^[3]。丸川環境大臣の挨拶、堀江大使の基調講演、ベトナム、カンボジア、マレーシアにおける低炭素社会に向けた具体的な取り組みと課題が参加者と共有され、質疑がなされました。本サイドイベントの様子は NHK 朝のニュースで紹介されたほか、国際 NGO の IISD が選ぶ注目のサイドイベントに取り上げられました^[4]。また、日本パビリオンにおいて、京都発の小学校向け環境教育プログラムがイスカンダル・マレーシア地域に展開している様子や、ホーチミン市などアジアの都市で低炭素社会計画づくりを進めている様子を 12 月 2 日に、東京都の建築物報告書制度をマレーシアのプトラジャヤ市およびイスカンダル・マレーシア地域への適用を試みているケースの紹介を 12 月 7 日に、アジアの国を対象とした低炭素社会計画づくりの展開の紹介を 12 月 5 日に行いました。

パリ協定の中身が本当に実現するかは、具体的な対策ができるかにかかっています。良い研究成果を上げながらさらなる実践に繋げていくことが本センターの使命だと改めて思いました。

[1] 日本パビリオンホームページ

<http://cop21-japanpavilion.jp/>

[2] 全国地球温暖化活動防止推進センター（JCCCA）の COP21 会議レポート、

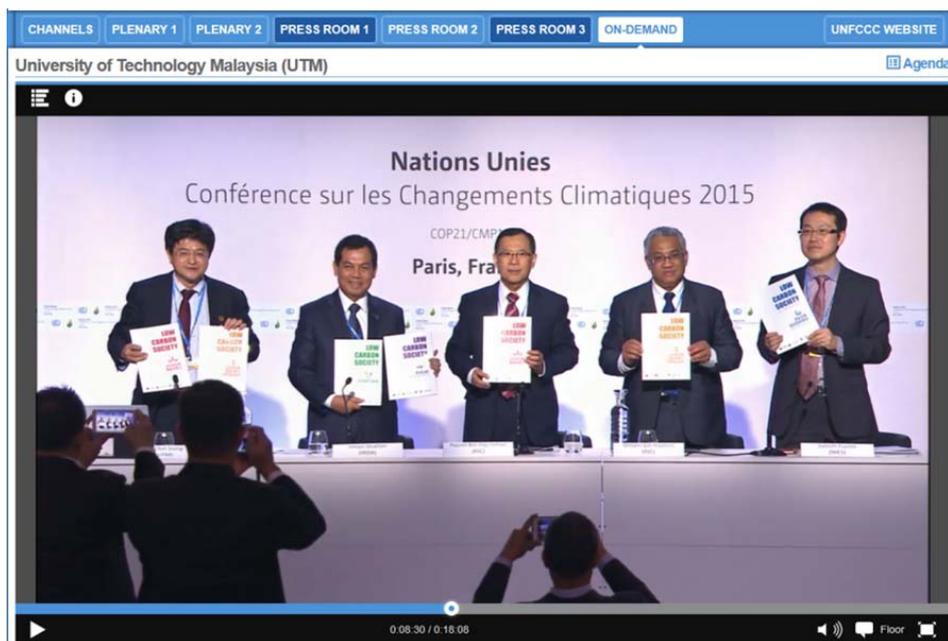
http://www.jccca.org/trend_world/conference_report/cop21/

[3] UNFCCC 公式サイドイベント「東アジア低炭素成長対話」ホームページ

http://www-iam.nies.go.jp/aim/event_meeting/2015_cop21/2015_cop21.html

[4] IISD による 12 月 7 日のサイドイベント特集記事

<http://www.iisd.ca/climate/cop21/enbots/7dec.html>



12月7日14時 マレーシア工科大学主催のプレスカンファレンスでイスカンダル・マレーシア地域を構成する5つの基礎自治体を対象に作成した低炭素社会計画を公表する様子

国環研 GOSAT/GOSAT-2 プロジェクトの活動

国環研では環境省、宇宙航空研究開発機構と共同で温室効果ガス観測技術衛星（いぶき、GOSAT、2009年打上げ）及びその後継機（GOSAT-2、2017年度打上げ予定）の運用・開発を行っています。COP21/CMP11においてはIGESと共同で展示ブースを2週間設置し、GOSATによる最新観測結果やGOSAT-2の計画、低炭素社会関係の研究成果等を、ビデオ上映、ポスター掲示、パンフレット等の印刷物やその電子ファイルを収納したUSBメモリ、関連グッズの配布を通じて来場者の方々に紹介しました。特に6年以上にわたるGOSATデータを用いた二酸化炭素及びメタンの全球濃度分布ビデオや大都市等からの人為起源二酸化炭素・メタンの検出に関する記者発表要約資料は好評でした。

また12月4日に日本パビリオン（下記参照）で行われたサイドイベント「Global Carbon Monitoring - Towards Modeling, Projection and Policy Decision」では、齊藤研究員が「Application of GHG observation for carbon flux modeling」と題する講演を行い、全球規模の炭素収支分布の推定にGOSATデータを使った実例等を紹介しました。

日本パビリオン

COP21/CMP11の会場には公式サイドイベント／展示会場のほか、参加各国によるパビリオンも多数設置されています。水引をモチーフとしたデザインの日本パビリオンでは「Transformation! -Low carbon & climate resilient society-」をメインテーマとして、関連機関による温暖化関連活動のポスター掲示、資料配布や講演会等が連日行われました。国環研も日本パビリオンにて、上述のサイドイベントに加えて、低炭素社会やGOSAT/GOSAT-2に関するポスターの掲示、資料の配布等を行いました。



IGES/NIES 共同展示ブースの様子

最後に

今回のCOP21/CMP11は多数の死傷者を出したテロから間もないパリで開催されました。さすがに空港、市内の警備は厳重でしたが、COP21/CMP11参加者に不自由がないよう、関係機関やパリ市民の皆様には大変な便宜を図っていただきました。ここに感謝の意を表したいと思います。ありがとうございました。

【行事報告】

「第12回日韓中三カ国環境研究機関長会合（TPM12）」の開催

近藤 美 則

国立環境研究所（NIES）は、韓国国立環境科学院（NIER）および中国環境科学研究院（CRAES）と共に「日韓中三カ国環境研究機関長会合（TPM）」を2004年から毎年開催しており、東アジア地域の様々な環境問題の解決に向けた研究協力を推進しています。第12回となる今回（TPM12）は、平成27年11月2～5日に韓国麗水市および順天市において、NIERの主催、CRAESとNIESの共催として開催されました。

初日の午後、参加者が一堂に集まり、麗水市のGSカルテックス、麗水国家産業団地を視察しました。

2日目のTPM12本会議では、NIERの朴辰遠（PARK Jinwon）院長の開会挨拶後、CRAESの孟偉（MENG Wei）院長とNIESの住明正理事長が基調講演を行いました。機関長らはこれまでの研究協力を高く評価すると共に、今後より密接な交流・協力の推進が重要であると述べました。また、住理事長は東日本大震災後のNIESの研究展開や福島支部設立を含めた今後の災害環境研究の推進、研究者と社会との対話の必要性についても紹介しました。次に、各機関のTPM11以降の研究活動の概況が報告され、原澤理事はNIESの各センターや各研究プログラム、国際アドバイザーボード会合の結果等を紹介しました。その後、気候変動に関するトピックを3機関が発表しました。NIERは気候変動に関する研究の状況と見通し、CRAESは二つのカーボン～CRAESにおけるブラックカーボンとローカーボンに関する研究の進捗～、NIESからは統合評価モデリング研究室の高橋主任研究員が、地球温暖化リスク管理戦略～ICA-RUSプロジェクト中間報告書～(https://www.nies.go.jp/media_kit/2015/2.7.pdf)について紹介しました。

午後からは、NIERの研究戦略企画室の姜泌求（KANG Philgoo）研究員がワーキンググループを代表して、9つの重点研究分野（PRA）と研究のキーワードを紹介し、その後、各PRAをリードする主担当機関（LCI）がTPM11以降の研究活動を報告しました。具体的には、CRAESが淡水汚染、都市環境・エコシティ、化学物質リスク管理について、NIERがアジア大気汚染、砂塵嵐（黄砂）と固形廃棄物管理について、NIESからは生態遺伝情報解析研究室の大沼主任研究員が生物多様性、統合評価モデリング研究室の増井室長が気候変動、総合影響評価研究室の中山室長が災害環境について、3機関が参加した共同ワークショップや研究協力について発表しました。その後、3機関の活動をより進めることを目指して、2015年から19年までの5年間を対象としたロードマップの作成について議論を行い、今後も意見交換を続け、PRAの進展に向けたビジョンを示すものとする事で原則合意しました。また、次の1年間の各PRAのLCIは変化なしとも決まりました。翌4日に、TPMの枠組みによる3機関の協力推進を謳った共同コミュニケが纏められ、住理事長と朴院長、孟院長が署名しました。

3日目には、アジア大気汚染に関する国際ワークショップ「International workshop on “Asian Air Pollution”」が開催されました。これにはTPMのメンバーの他、米国、フランスからも発表者を招聘し、活発な議論を行いました。NIESからは、大原フェローが日本における大気汚染と規制の関係や排出インベントリ等を含む研究、地域環境研究センターの高見副センター長が日本や東



三カ国の環境研究機関長

アジアの大気の状態と汚染物質のモニタリングネットワーク等に関わる研究、同センターの菅田主任研究員がPM_{2.5}を含む大気汚染予測システム VENUS の開発等の研究の成果を発表し、パネルディスカッションにおいても参加者との間で活発な討議がなされました。また、この TPM12 参加機会を捉えて時間を作り、各 PRA の担当者間で、今後の協力に関して活発に意見交換を行いました。4 日目は順天市に移動してラムサール条約湿地を含む順天湾自然生態公園を視察し、生態系保全に関する長期的な修復活動について説明を受けました。また、現地説明者と質疑応答を含めた交流を行いました。

東アジアで政治的緊張が続く中、TPM では終始友好的な雰囲気のもとで真摯な議論と将来の協力が話し合われました。次回の TPM13 は、2016 年秋に中国・昆明において CRAES 主催で開催される予定です。

なお、本会合の詳細については、国立環境研究所ホームページに掲載しております。

(<http://www.nies.go.jp/event/2015/20151118/20151118.html>)

(こんどう よしのり、企画部 国際室長)



TPM12 参加者 (3 日目の共同コミュニケ署名後)

新刊紹介

国立環境研究所研究プロジェクト報告 第 111 号「内湾生態系における放射性核種の挙動と影響評価に関する研究」

本報告書は、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災に付随して起きた東京電力福島第一原子力発電所の事故後の東京湾における放射性核種による汚染について、放射性セシウム (¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs) を中心に、その空間分布と経時変化を取りまとめたものです。放射性セシウムは、大気からの直接降下・沈着のほか、関東平野を含む流域への沈着後の河川等を経由した流入と福島沿岸水に含まれる核種の親潮 (外洋水) からの供給を通じて東京湾の水質と底質を汚染したものの、底棲魚介類の汚染は軽微に留まったことが明らかになりました。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsume/sr-111-2015b.html>



表彰

日本自然災害学会 学術奨励賞

受賞者：多島 良

受賞対象：災害廃棄物処理に求められる自治体機能に関する研究—東日本大震災における業務の体系化を通じて—, 自然災害科学, 33(特別号), 153-163, 2014

受賞者からひとこと：一度に大量に発生する災害廃棄物を、迅速かつ効率的に適正処理するためには、ヒト・モノ・カネ・情報を適切に調達、配置して業務を管理するマネジメントの考え方が欠かせません。このためには、災害廃棄物の撤去、分別、移送、中間処理、最終処分という処理フローとともに、その実現に求められる支援業務、または自治体として求められる機能の全体像を把握すること求められます。本研究では、個別業務のレベルからボトムアップ的に災害廃棄物処理に必要な機能を体系化し、災害廃棄物処理におけるマネジメントに活用できる基本的な知見を得ることができました。ご多用の中、度重なるヒアリング調査にご協力いただいた東日本大震災の被災自治体の行政職員各位のおかげで、本研究を取りまとめることができました。全国で進められている災害廃棄物処理計画の策定に、本研究の成果が少しでも参考になることを願うとともに、今後とも災害廃棄物処理の現場で役に立つような研究を実践して参りたいと存じます。

日本陸水学会 吉村賞

受賞者：松崎慎一郎

受賞対象：人間活動が陸水域の生物多様性・生態系に及ぼす影響の解明と環境行政への貢献

受賞者からひとこと：これまで進めてきました陸水域における生物多様性・生態系保全に関する研究業績に対して、日本陸水学会より吉村賞をいただきました。わが国だけでなく世界中の湖沼や河川などの陸水域は、様々な人間活動の影響を強く受け、生物多様性の減少と生態系の劣化が進んでいます。複数の手法（例：遺伝子分析と安定同位体分析、野外実験とメタ解析）を統合して、人間活動が陸水域に及ぼす影響を明らかにしたことを評価していただきました。同時に、全国湖沼の生物多様性・生態系サービスの評価、福島原発事故後の放射性物質のモニタリング、福井県三方湖の自然再生に向けた総合的環境研究などを通じて環境行政に貢献した点も評価していただきました。これまでの一連の研究は、共同研究者をはじめ多くの方々の協力と支援の賜物であり、それらの方々に心から感謝いたします。今後も、陸水域の生物多様性・生態系保全に向け精一杯努力していく所存です。

三井物産環境基金 10 周年記念 研究助成成果表彰 優秀賞

受賞者：南齋規介

受賞対象：「国際サプライチェーンを含む生産消費システムを対象とした環境負荷分析の理論と実践」（研究課題 R07-194）

受賞者からひとこと：三井物産環境基金が設立 10 周年を迎えたことを記念し、これまでに助成した研究課題に対して、社会への貢献の観点から顕著な業績を上げた研究を対象として表彰を実施しました。5 つの課題が選定され、研究代表者を務めた「国際サプライチェーンを含む生産消費システムを対象とした環境負荷分析の理論と実践」がその 1 つに選ばれました。日本が国際サプライチェーンを通じて世界に誘引する環境負荷や資源消費を定量化するモデルや解析手法の開発を行いました。三井物産環境基金は柔軟性の高い競争的研究資金であり、研究を計画時以上に発展させていく推進力となったと感じます。社会への貢献という視点から本研究課題が表彰されたことは国立環境研究所の研究者として非常に嬉しく、これを励みにしてより一層研究に精進していきたいと思えます。

公益社団法人 日本気象学会 2015 年度正野賞

受賞者：吉田幸生

受賞対象：温室効果観測技術衛星（GOSAT）のデータ品質の向上に関する研究

受賞者からひとこと：温室効果ガス観測技術衛星「いぶき（GOSAT）」は、2009年1月23日に打ち上げられた世界初の温室効果ガス観測専用の衛星です。二酸化炭素（CO₂）やメタン（CH₄）といった温室効果ガスが特定の波長の光を吸収するという性質を利用し、太陽光の地表面散乱光の観測スペクトルからCO₂、CH₄のカラム量（地表から大気上端までの気柱に含まれる対象気体分子の総数）を導出するアルゴリズムの開発・改良に関する研究を、プロジェクトメンバー・国内外の研究者と協力して進めて参りました。最新のアルゴリズム（V02）による導出結果は、不確かさが1%以下となっており、様々な応用研究へ利用されつつあります。今後より一層の品質改善を目指すとともに、2017年度打上げ予定のGOSAT-2の準備を進めて参ります。対象となった研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費（2A-1102）により実施されました。アルゴリズム改良検討にあたり、GOSAT 研究用計算設備を利用しました。

日本水処理生物学会 第18回日本水処理生物学会論文賞

受賞者：徐 開欽

受賞対象：有毒藍藻類産生毒 Microcystin のコマツナ、キャベツ、クウシンサイ土壤栽培における生育影響および吸収・蓄積特性評価, Japanese Journal of Water Treatment Biology, 50 (1), 15-22, 2014

受賞者からひとこと：この度の受賞論文は、有毒藍藻類が産生 Microcystin を含む水を農業灌漑に用いた場合のリスクを明確にするため、コマツナ、キャベツ、クウシンサイに対する出芽、生育の影響と蓄積特性についての調査と実験研究を行ったものであり、それぞれ大きな障害や有意なリスクを導く蓄積がなかったことを示しています。この結果から、食によるヒト健康へのリスクという観点からは灌漑が安全であることを明らかにしており、環境水の農業利用上有用な知見が得られました。なお、本研究の成果は、(公財)国際科学振興財団との共同研究で行われたものの一部です。ここに、ご指導いただきました先生方・関係者の皆様から深く感謝するとともに、今回の受賞を励みに、今後一層の精進を重ねて、流域圏の水環境保全再生に少しでも役に立つよう頑張っていきたいと思っています。

第21回ヒ素シンポジウム奨励賞

受賞者：宇田川 理

受賞対象：マウス卵子の質と PML に着目した亜ヒ酸の雌生殖毒性解析, 第21回ヒ素シンポジウム, 同予稿集, 34-35, 2015

受賞者からひとこと：私たちは現在多くの国民が水に困る事は少なくなりましたが、世界には数多く生活水に困る国々が存在しています。ヒ素は自然界において地殻に豊富に含まれる元素であり、長い年月を経て池や湖、そして地下水に流出します。そのためバングラデシュをはじめ、飲料水を得るために井戸水を利用している国々では深刻なヒ素汚染が報告されています。種々のガン罹患率の上昇とどまらず死産や胎児の墮胎率の上昇といった問題まで事態は拡張してきているとの報告が見られます。一方で亜ヒ酸が卵子及び胚の細胞内において毒性を発現する詳細な分子機構は依然として明らかになっていません。この度は亜ヒ酸と結合するタンパク質の性質や卵子の成熟に伴う細胞内での挙動の解析を評価していただいたと考えています。この機会を励みに、例えばリスクを低減しうる分子標的の探索など新たな視点を提案できるような実験を考案したいと考えています。

平成27年度補正予算・平成28年度予算案における 国立環境研究所関係予算の概要

企画部企画室

平成28年1月20日に成立した平成27年度政府補正予算では、国立環境研究所の運営費交付金としてエコチル調査の13億円が計上されました。

また、平成27年12月24日に閣議決定された平成28年度政府当初予算案においては、運営費交付金116億9千万円、施設整備費補助金2億2千万円が計上されました。平成28年度予算では、これまで震災復興特別会計で措置されていた災害環境研究経費が人件費を含め一般会計で措置されることになりました。この結果、一般会計と比較すると前年度より5.4%の増、震災復興特別会計分を加えて比較すると前年度より3%の減となっています。一般会計の業務費のうち、災害環境研究経費については6億7千万円が計上され、エコチル調査及び衛星観測経費についても、それぞれ20億円、10億4千万円が計上されています。

なお、エネルギー対策特別会計による環境省事業についても、平成27年度に引き続き、「エネルギー起源CO₂排出削減技術評価・検証事業」や「二国間クレジット制度(JCM)推進のためのMRV(測定、報告及び検証)等関連する技術高度化事業」等に研究所が一部参画する予定です。

平成28年度は、第4期中長期計画の初年度に当たり、環境大臣の指示する中長期目標に沿って中長期計画の検討を進めているところです。また、災害環境研究の現地拠点として福島支部の設置準備を進めています。国立環境研究所では、運営費交付金とともに競争的研究資金をはじめとした外部資金も活用して、環境政策への貢献を担う研究機関として、また、国内外の環境研究の中核的研究機関として、さらなる研究展開を図っていきます。

編 集 後 記

研究所勤務とはいえ、日本の社会に暮らす国民の一人ですの
で、社会情勢に無関心ではられません。特にこの2,3年の間
に日本の社会が急速に変容してきたように感じます。1980年代、
1億総中流と言われていた国とは思えない、現在の格差社会。
特に子どもの貧困問題。他にも、毎日のニュースの中でさまざ
まな問題が報じられています。そのような中で、環境研究者と
は何か、と自問することが多くなりました。環境研究者とは、

環境を研究することを第一義的に求められる存在であるとは思いますが、それは、社会が平和で安定しているという大前提があつてのことだと思うためです。今まで、当たり前すぎて、特段意識してこなかったことが、最近、妙に意識されます。研究に打ち込むためにも、その問題を解く鍵を、まずは見出さねばなりません。

(T.H.)

国立環境研究所ニュース Vol. 34 No. 6 (平成28年2月発行)

編 集 国立環境研究所 編集委員会
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。