

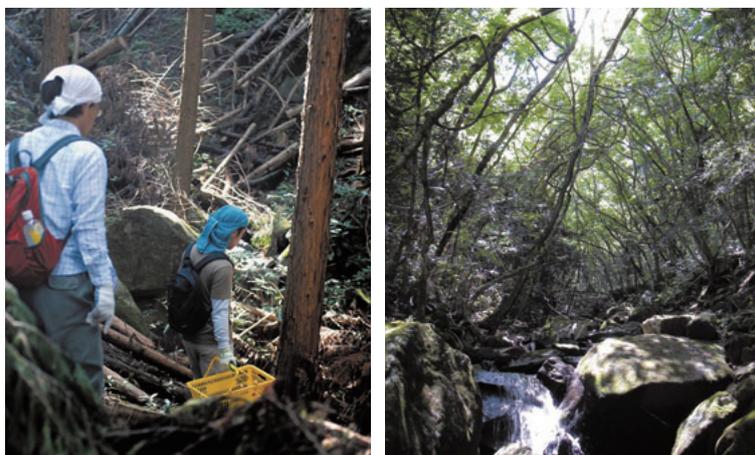


国立環境研究所

二一五

Vol. 27 No. 5

平成 20 年(2008) 12月



筑波山の渓流水質調査から。上：山麓北西部から見た筑波山，左下：調査風景，右下：筑波山の森林溪流の一つ。(詳しくは6ページ及び11ページからの記事参照)

【目次】

独立行政法人の国立環境研究所への戸惑い	2
河川の汚染状況をバイオアッセイで調査する	
- 中核研究プロジェクト1「化学物質曝露に関する複合的要因の総合解析による曝露評価」から - ...	3
森林から窒素が流れ出す - 筑波山の窒素飽和 -	6
酵母アッセイで環境を測る - 環境試料や化学物質からの受容体作用の検出 -	8
お天気任せの日々 - 筑波山における渓流水質調査のご紹介 -	11
第5回日韓中三ヵ国環境研究機関長会合(TPM5)の開催について	13
斉藤鉄夫環境大臣ご視察	14

【巻頭言】

独立行政法人の国立環境研究所への戸惑い

柴 垣 泰 介

4月から初めて国立環境研究所（国環研）で勤務していますが、新鮮さとともにある種の戸惑いも感じてきました。その中で独立行政法人（独法）の研究所という制度面とも関係したことについて、個人的な感想ですが書いてみたいと思います。

まず、国環研には1980年の環境省の初任研修時の見学以来3回ほどしか来ておらず、緑の多い広い敷地に個性的な建物や施設の数々といった印象しかなかったのですが、今回仕事をするようになって、定員上の職員数が250人余にもかかわらずの人の多さとその多彩さがあらためての印象でした。

資料を見ると共同研究員等や研究生（200人弱）のほか、契約職員という職員の定員外で有期の雇用契約を結んでいる勤務者が500人以上。さらに、派遣職員や施設運転等請負従事者が100人余とのこと。契約職員には、総務など管理部門のアシスタントスタッフもいますが、研究所に特徴的と思われるのはフェローと呼ばれている契約研究員や研究系のアシスタントスタッフ、高度技能専門員が大きな割合を占めること。これらが大幅に増加していることが独法化以降の顕著な傾向のようです。

この要因としては、国の機関の時にはあった契約職員数の上限（パートを除く）がなくなったこともありまじょうが、より根本には現在の政府方針として独法の職員人件費に厳しい枠がはめられ（特に第2期中期計画期間の5%減が決められている）、近年の社会的な環境分野の研究需要増大に対応して職員数を増加させることが困難であるという制度的な状況があります。国環研が社会に求められる役割・機能を果たしていくためには、契約職員の雇用が不可欠な構造になっているようです。

このことから、職員と契約職員という「二重構造」による問題が出てくることも懸念せざるを得ません。契約職員の職員への移行や区別の解消は現在の独法改革の下では制度的にも経営的にも困難なことから、契約職員としての制度的制約は明確にしなければならぬのが現実ですが、労働法制も踏まえて不合理な区別の抑制などの面で何らかの工夫の余

地があるのではと思っています。

次に、国環研が独法となっていることについてです。独法は「公共上の見地から確実に実施されることが必要な事務及び事業であって、国が自ら主体となって直接実施する必要のないもののうち、民間の主体にゆだねた場合には必ずしも実施されないおそれがある（略）ものについて、これを効率的かつ効果的に行わせることを目的として（略）設立される法人」と独法通則法で定義されています。

この特性を担保する一手段として、企業会計によって策定された独法会計基準に基づく財務諸表の作成義務付けがあります。予算の事前審査性の緩和に伴い業務遂行状況の透明性と外部評価性を高めるためのものです。決算と独法評価委員会に向けて初めて財務諸表に取り組み、資本だ利益剰余金だといった企業会計の用語や概念に戸惑ったのですが、例えば損益計算書においては、公共上必要な業務を行うための費用がまずあり、それに対応した収益を受け入れるという損益ニュートラルが原則となっています。民間企業の場合の利益を上げ損失を抑えるため、まず売上があり費用を差し引いて損益を計上するのと比較して、どこが損益計算なのか無理やりに企業会計に接合している感が拭えません。

このあたりも、自己収入の大幅増ということが研究所にまでも安易に奨励される一因なのではないかと思えてしまいます。国環研など公的研究所は、企業ができない基礎研究を担うとともに政策的な要請にも対応していく必要もあり、独法の定義にいう「実施機関」とはかなり性格を異にするのではという疑問も湧いてきます。とは言うものの、独立行政法人という現実の中で、その意味を見つけ活かしていくことも重要なのかなと思うこの頃です。

（しばがき たいすけ、総務部長）

執筆者プロフィール：

1980年環境庁入庁。93年から95年北九州市環境局産業廃棄物課長に出向。環境省では水俣病対策に延べ5年以上携わったほか、電気自動車普及や動物愛護法にも関係してきました。研究所勤務後は毎日往復3時間半の遠足の日々です。

【シリーズ重点研究プログラム：「環境リスク研究プログラム」から】

河川の汚染状況をバイオアッセイで調査する

— 中核研究プロジェクト1「化学物質曝露に関する複合的要因の総合解析による曝露評価」から —

白石 不二雄

日本の河川の汚濁は、十数年前に比べて水質汚染の指標の一つであるBOD（生物化学的酸素要求量）の調査では大きく改善されてきたと言われていす。また、法律の規制対象となっている化学物質の濃度も減少しており、濃度の減少している規制対象化学物質の分析では河川の汚染を把握することは難しくなってきました。一方、社会生活にとって必要な多種多様な化学物質が現在も工場や家庭で大量に使用されており、廃水処理工程で分解されないものや処理工程で生成された物質が河川や海域に放流されています。そして、それら化学物質のひとつひとつの实在濃度レベルに水生生物が曝露（注）物質にさらされること）されたとしても何ら影響を受けないかも知れません。しかしながらそれぞれは無影響の低濃度でも多種多様な化学物質を含む河川水に曝露された場合、何らかの影響を受けるかも知れません。本研究では、多種多様な化学物質を含む河川水に曝露された生物が受ける様々な影響を予測するために開発された、簡便に計測できる*in vitro*（試験管内）バイオアッセイ（生物検定）手法を用いて、全国の河川水の水環境調査手法を確立することを目的としています。本報告では調査に用いる試料の調製法と*in vitro*バイオアッセイ法について説明し、昨年度の調査結果を簡単に紹介したいと思います。

調査に用いる試料調製法と*in vitro*バイオアッセイ

現在、我が国の河川の多くは、河川水をそのまま水生生物に数日間曝露するだけでは顕著な影響は認められません。そのため、潜在的な生物影響（毒性）を把握するためには河川水に含まれる化学物質の抽出と濃縮といった操作（前処理）を行い、試験（バイオアッセイ）を行う必要があります。河川水などからの有機化学物質の抽出には、かつてはジクロロメタンなどの非水溶性有機溶媒（以下、有機溶媒という）を用いて水中の有機化学物質を有機溶媒に移動させた後、有機溶媒を濃縮する前処理法が行われてきました。しかしながら、この抽出法は有機溶媒を大量に使うことや煩雑であるため多検体の処理に

適さないなどの理由から、今日では特殊な人工合成固形物粒子に水中の有機化合物を吸着させ、吸着した物を少量の有機溶媒で抽出する迅速で簡便な固相抽出法という前処理法が用いられるようになっていす。河川水の前処理法としては、採取した河川水を1リットルずつ、固相を取り付けた膜を通過させ、固相に汚染有機化学物質を付着させた後、少量の有機溶媒で抽出しす。抽出した有機化学物質はさらに別種の固相を充填した筒を通し、吸着した物質を通過させる有機溶媒の種類をかえることで疎水性、中間、親水性の3種類に分けす。3種類の特性ごとに分けられた試料はそれぞれバイオアッセイを行い、それぞれの特性ごとに得られる活性の強さを比較評価することで環境を汚染している有機化学物質の大まかな推定も行うことができます。

河川水の水環境調査の検討に用いた*in vitro*バイオアッセイ法は、特徴的な生物影響に関する作用（活性）を評価できる高感度の試験法であること、多数の検体に適用できる迅速で簡便な試験法であることを主眼に選択しました。それらの中で水生生物への影響が危惧されている内分泌かく乱物質（いわゆる環境ホルモン）の評価の指標である受容体結合活性を調べることのできる受容体導入酵母アッセイ（本誌「環境問題基礎知識」を参照）と発ガンに関連する遺伝毒性試験法の一つである発光*umu*試験法をバイオアッセイ法として採用することにしました。発光*umu*試験法は、細菌を用いる遺伝毒性（変異原性）試験法の一つですが、汎用されているエームズ（Ames）アッセイに比べて、短時間（4時間）で測定できる迅速で簡便な試験法であり、多検体を調査するのに適しています。

調査に採用した受容体導入酵母アッセイとしては、環境ホルモンで注目されましたエストロジェン（女性ホルモン）活性を検出するためのヒト・エストロジェン受容体（hER）を導入した酵母アッセイ（hER酵母アッセイ）とメダカ・エストロジェン受容体を導入した酵母アッセイ（medER酵母アッセイ）、また活性物質の過剰曝露が奇形を発現させることで

危惧されているレチノイン酸受容体（RAR）を導入した酵母アッセイ（RAR酵母アッセイ）、肝臓の薬物代謝酵素の発現に関与し、重要な働きを担うアрилハイドロカーボン受容体（AhR）を導入した酵母アッセイ（AhR酵母アッセイ）の4種類を用いております。なお、エストロゲン活性の測定において、medER酵母アッセイは、生体内の活性物質である17-β-エストラジオール（E2）関連物質より工業系化学物質や植物エストロゲンに対して強く応答する特徴があります。RAR酵母アッセイでは工業原料のアルキルフェノール類や発泡スチロールに含

まれる不純物のスチレン二量体などが活性を示すことが明らかになっており、私たちの調査研究で、アオコなど藻類の発生している湖や河川水からも強い活性が検出されることがわかっています。一方、AhRは別名、ダイオキシン類受容体とも言われており、ダイオキシン類と強い結合活性を示すことで注目されましたが、ダイオキシン類以外にも排気ガスに含まれる多環芳香族炭化水素、ポリ塩化ビフェニール（PCB）、植物に含まれる染料成分などが活性を示すことが知られています。

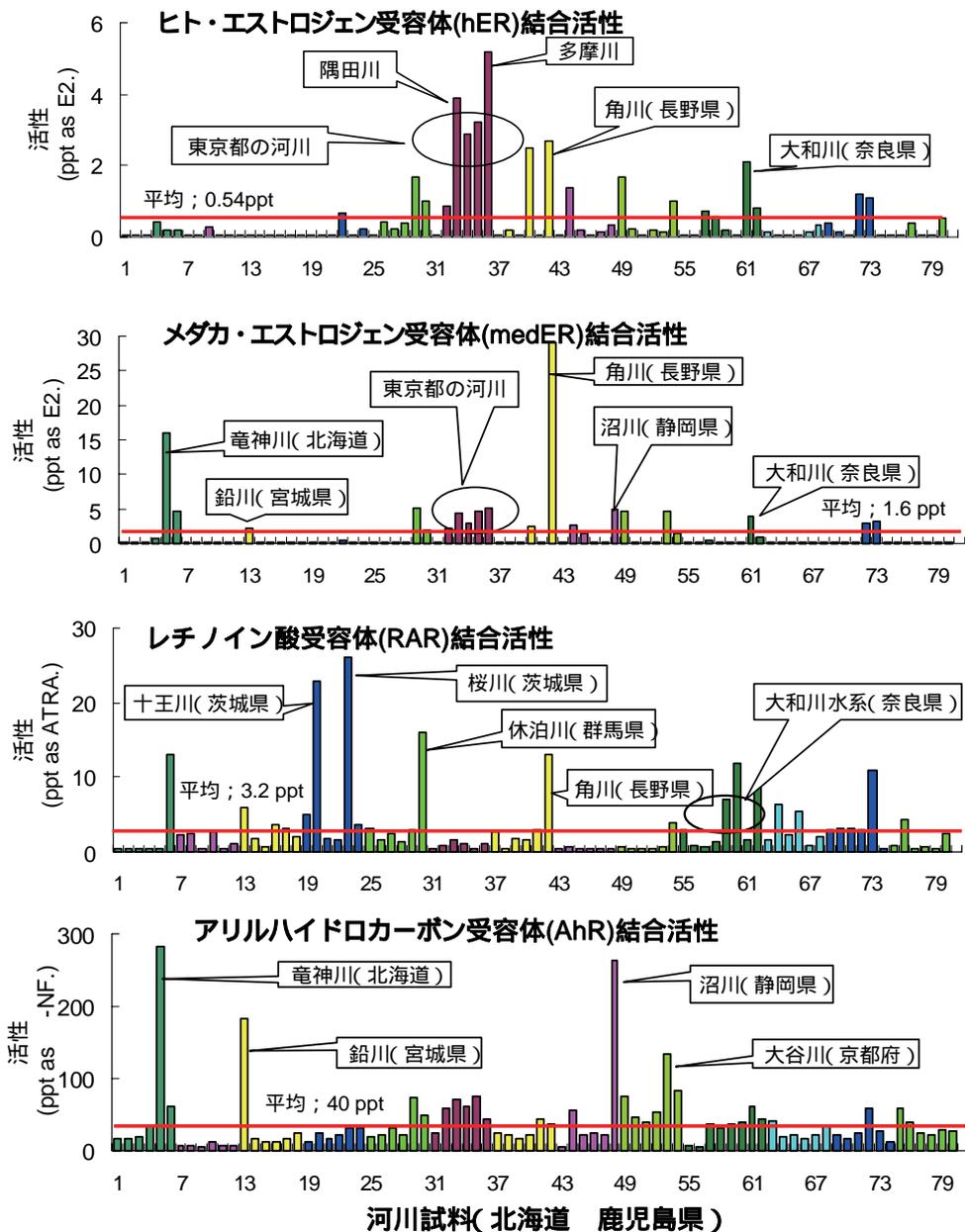


図 全国80河川水の各種受容体結合活性（2007年度）

試料は1番の北海道から右に、岩手県、宮城県、茨城県、群馬県、東京都、長野県、静岡県、京都府、奈良県、鳥取県、福岡県、鹿児島県の順です。

- （図中の説明）・ ATRA; all-trans-retinoic acid ... RARの生体内リガンド（結合物質）。
- ・ -NF; -Naphthoflavone ... AhR と強い結合活性を示す物質の一つ。
- ・ 各グラフの赤い横線は河川水全体の平均値を示す。

2007年度の全国河川水の調査

2007年度は全国の地方環境研究所10機関(+1大学)との共同研究のもと、13都道府県の80カ所の河川水について調査を行いました。図は2007年度に調査した全国80河川水の各種受容体導入酵母アッセイによる受容体結合活性を示したものです。活性値を縦軸に示し、横軸には採取した河川水を北海道から鹿児島県までの県別コード番号順に県ごとに色分けして示したグラフです。hER酵母アッセイによるエストロゲン活性は本来の活性物質であるE2濃度に換算して全国の平均が0.54ppt(注)1pptは10億分の1グラム/リットル)であるのに対して、隅田川や多摩川など東京都の河川水では10倍程度の高い活性値を示しています。東京都のほとんどの河川は上流に多くの下水処理場が存在するため、その排水が原因と推測されます。一方、medER酵母アッセイでは、上流に豆腐の加工工場がある長野県の角川や製紙工場のある北海道の竜神川、静岡県沼川の活性値を示しております。豆腐の原料であるダイズには植物エストロゲンが含まれていますので、それを含んだ排水が河川に流れ込んだものと推測されます。また、製紙工場排水には古紙から溶出したビスフェノールAなどエストロゲン様化学物質が含まれていることもわかっております。RAR酵母アッセイでは茨城県の十王川や桜川が高い活性を示しておりますが、これらは河川の藻類から溶け出たものと推測されます。AhR酵母アッセイにおいては、製紙工場排水が流れ込む竜神川や沼川、上流に廃プラスチックの燃焼工程排水が流入する宮城県の鉛川、染色工程の排水が流入する京都府の大谷川などが高い活性を示すことがわかりました。いずれも工場排水に由来する活性であることが推測されます。

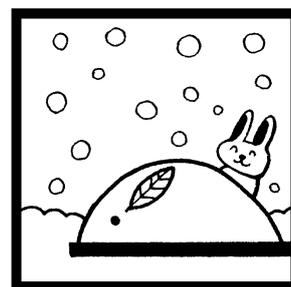
発光umu試験では、東京都の荒川や隅田川、製紙工場排水の流入河川である竜神川や沼川、さらにはし尿処理場排水が流入する福岡県の尺岳川や熊添川などが高い値を示すことがわかりました。

以上、複数の受容体導入酵母アッセイや発光umu試験を用いる全国河川水の*in vitro*バイオアッセイによる環境調査への取り組みについて、主に調査手法を中心に紹介しましたが、ここで取り上げた*in vitro*バイオアッセイ法で検出できる作用(活性)はごく一部であり、化学物質が生物影響を引き起こす作用(毒性)はこれら以外に多種多様であることはいうまでもありません。また、採用した*in vitro*バイオアッセイで得られた活性値はどの程度の濃度で自然界(特に河川)に棲息する様々な水生生物に影響を与えているのかはほとんど解明されていないのが現状です。私たちは、まず、使用可能なバイオアッセイ手法を導入して河川水に含まれるさまざまな活性を示す化学物質の環境調査法を確立し、これまで用いられてきた河川の汚濁・汚染の指標のBOD測定や規制化学物質の機器分析では明らかにできない水生生物に影響を与える可能性のある化学物質の新たな評価手法の一つとして活用できるよう研究を進めていきたいと考えております。

(しらいし ふじお、環境リスク研究センター
環境曝露計測研究室長)

執筆者プロフィール:

国環研(旧:国公研)に入所してまもなく32年になります。入所以来、「光化学スモッグの生体影響」を*in vitro*のアッセイ法で評価するため培養細胞にガス曝露を行うバイオアッセイ法の開発に取り組んで現在まで、大気や水環境の様々な環境汚染物質の評価手法のための*in vitro*の毒性試験法の開発に従事してきました。趣味;野良仕事,テニス。



【研究ノート】

森林から窒素が流れ出す — 筑波山の窒素飽和 —

渡 邊 未 来

1. 窒素化合物の増加と森林の窒素飽和

窒素は、生物にとって必須元素であり、タンパク質などの構成成分として生体のいたるところに存在します。また、大気もその78%は窒素分子で占められていますが、ほとんどの生物は、この窒素分子を自ら利用することができません。生物はアンモニアや硝酸といった窒素化合物を利用しますが、通常、これらの陸域生態系への供給量は限られています。しかし20世紀初め、大気中の窒素分子からアンモニアを合成する技術が開発され、食糧増産や工業利用を目的とした窒素化合物の大量生産と大量消費が行われるようになりました。人為的に生成される窒素化合物は、化石燃料の燃焼に伴う発生量も含めると、この150年間で10倍に増加したと推計されています。これは、我々の生活が豊かで便利になったことを間接的に示しています。しかし一方で、窒素化合物の増加は、大気や土壌、水中での窒素化合物の蓄積を招き、それが高濃度になった結果、呼吸器疾患や酸性雨、地下水汚染といった問題の原因にもなっています。

森林を例にとると、窒素化合物の増加は、窒素飽和という問題を引き起こすことがあります。窒素飽和とは、森林生態系が窒素過剰な状態に陥ることです。通常、降水などによって森林生態系に供給される窒素量（窒素負荷量という）は少なく、また、そ

の大部分は植物や微生物などに利用されるため、系外への窒素流出は極めて小さくなります（図1a）。しかし、農地や畜舎から揮散するアンモニア（ NH_3 ）、工場や自動車の排ガスに由来する硝酸（ HNO_3 ）といった窒素化合物が、大量かつ慢性的に森林に負荷されると、植物や微生物の要求量を超えて生態系で蓄えきれなくなった窒素は、硝酸イオン（ NO_3^- ）として渓流水に流れ込み、系外へ多量に流出します（図1b）。 NO_3^- 流出量の増大は、水源水質の悪化や、湖沼や内湾といった閉鎖性水域の富栄養化など、様々な問題の原因となります。また、 NO_3^- の流出はカルシウムイオンといった養分元素の流出を伴うため、植物の養分バランスが崩れ、森林衰退が生じることも懸念されています。欧米では、1980年代半ばから、人間活動に由来する窒素化合物の増加が、広範囲にわたる森林の窒素飽和を引き起こしていることが明らかになっています。では、日本の森林でも窒素飽和は起きているのでしょうか。

2. 日本における窒素飽和と筑波山の水質調査

欧米の森林では、渓流水中の NO_3^- 濃度が年間を通して 1 mg N L^{-1} を超える場合、その森林は既に窒素飽和していると考えられています。日本でも、関東地域をはじめとする大都市近郊の森林では、既に渓流水中の NO_3^- 濃度が高いことが明らかになっていま

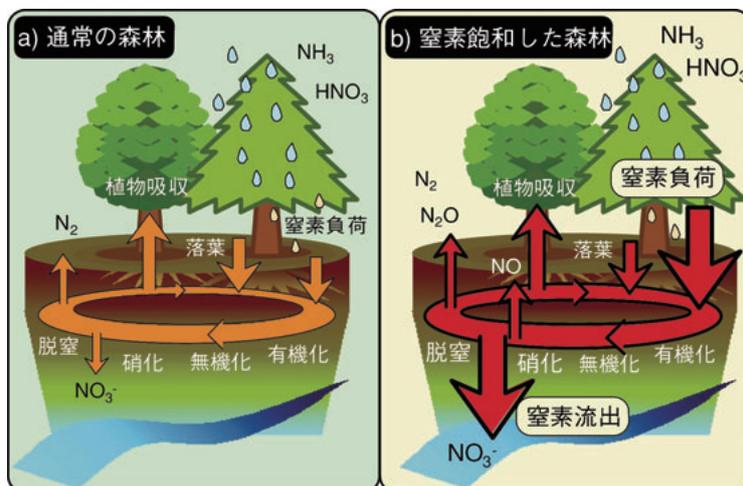


図1 a)通常の森林の窒素循環とb)窒素飽和した森林の窒素循環の概念図

す。なかでも茨城県筑波山は、大気からの窒素負荷量と渓流水への窒素流出量が多いことから、窒素飽和している危険性の高い地域と位置づけられています。この筑波山における窒素飽和の手がかりを得るため、予備調査として冬季に46地点の渓流水質を分析しました。その結果、筑波山の渓流水は、確かにNO₃⁻濃度が高く、その平均値(1.8 mg N L⁻¹)は全国平均値(0.4 mg N L⁻¹)の4倍にまで達していることが分かりました。

そこで、筑波山における窒素飽和の現状を詳しく調べるため、予備調査を行った渓流のうちNO₃⁻濃度が筑波山の平均値に近い2地点(SとL)を選び、まず、NO₃⁻濃度が年間を通して高い状態にあるのかを調べました。さらに、これらの渓流の水源となる森林(主にスギやヒノキの人工林)において、大気からの窒素負荷量はどれくらいか、土壌中の窒素はどのような動きをしているかを、降水、土壌水の水質分析によって調べました。

図2は、S・L地点で雨の降っていない時に採取した渓流水中のNO₃⁻濃度の変動を示しています。両地点のNO₃⁻濃度は、ある程度変動するものの、常に高いレベルを維持していることが分かりました。この結果は、森林からの顕著な窒素流出が年間を通して起きていることを示しており、これらの森林が既に窒素飽和していることを示すものと言えます。

図3は、S・L地点の森林とその近くの草地において、降水によって1年間に負荷されていた無機態窒素量を示しています。ここで、草地の負荷量に比べ、森林での負荷量が多くなっている理由は、草地で採取した降水には、大気中の窒素化合物だけが溶け込んでいるのに対し、森林の下で採取した降水には、それに加えて、大気から樹木の枝葉に付着して蓄積していた窒素化合物も溶け込んでいるためです。欧米の窒素飽和した森林では、1ヘクタール(1 ha = 10,000 m²)あたりの窒素負荷量が年間10 kgを超えることが示されていますが、筑波山の2つの森林では、いずれもこの値を上回っていました。さらに、農業由来とされるアンモニア性窒素(NH₄⁺-N)と、都市由来とされる硝酸性窒素(NO₃⁻-N)が同程度に負荷されていたことから、この両方の影響を受けた窒素化合物の大量負荷が、筑波山の窒素飽和を引き起こしていると考えられます。

図4は、S・L地点の森林土壌における、土壌水中のNO₃⁻濃度を深さ毎に示しています。通常の森林

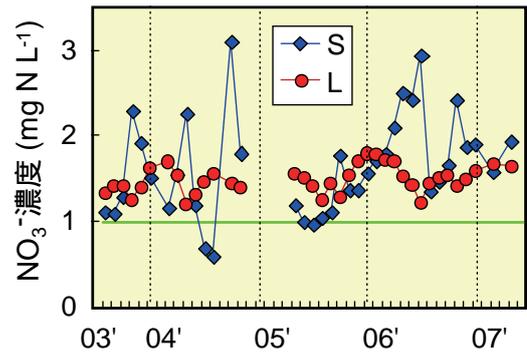


図2 渓流水中のNO₃⁻濃度の変動
NO₃⁻濃度は03年8月～07年5月に毎月1回調査した。2地点のNO₃⁻濃度は、欧米で窒素飽和の指標となる1 mg N L⁻¹(緑色の線)を超えていることが分かる。

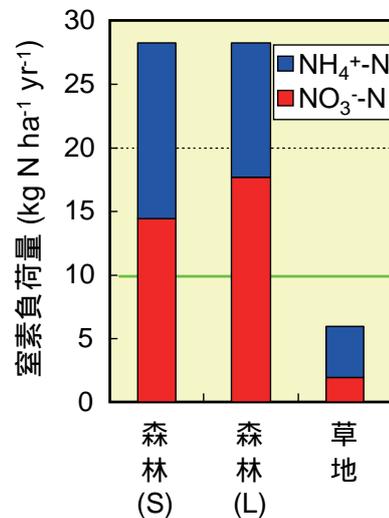


図3 降水に伴う無機態窒素の年間負荷量
窒素負荷量は2年間(05年4月～07年4月)の平均値である。2つの森林への窒素負荷量は、欧米で窒素飽和の指標となる10 kg N ha⁻¹ yr⁻¹(緑色の線)を超えていることが分かる。

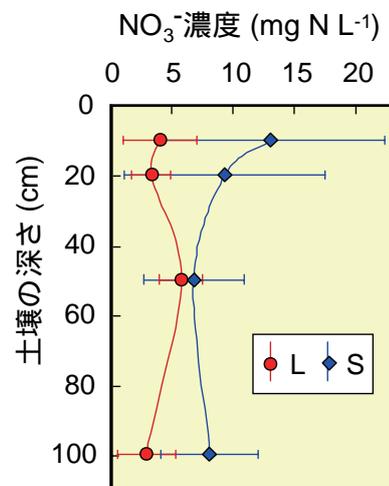


図4 土壌水中のNO₃⁻濃度の鉛直分布
NO₃⁻濃度は03年11月～07年1月に毎月1回調査した結果の平均値である。2つの森林の土壌水中NO₃⁻濃度は、土壌の深い層でも低下する傾向が小さいことが分かる。

では、大気から負荷された窒素の大部分は、土壌表層で植物や微生物に利用されるため、下層まで浸透するNO₃量は極めて少なくなります。しかし、筑波山の2つの森林では、下層のNO₃濃度も高かったことから、窒素が土壌中を下方浸透していると考えられます。これは、大気からの窒素負荷量が過多であるために、負荷された窒素を表層で消費しきれないことが主な原因と考えられますが、それに加えて、いずれの森林も高林齢化しているため、生態系の窒素吸収能力が低いことも原因の一つと考えられます。

以上、2つの森林で得た結果は、筑波山の他の森林にも当てはまると考えられます。つまり、渓流水中のNO₃濃度が高い森林では、農業および都市由来の窒素化合物が大気経由で大量負荷されており、負荷された窒素を生態系が利用しきれないために、窒素が土壌中を下方浸透して、NO₃として渓流水に流れ出ていると推察されます。さらに、これは筑波山に限ったことではなく、大都市周辺の多くの森林でも、同様の理由により、窒素飽和は起きているものと予想されます。

3. 今後の展望

では、窒素飽和を改善するにはどうしたらよいのでしょうか。もちろん、農業における過度な窒素利用

を抑えることや、近距離での自動車使用を控えるなど、窒素化合物の排出量を減らす努力は必要不可欠です。一方、森林に目を向けると、筑波山でも低木や草など下層植生が豊富な森林では、渓流水中のNO₃濃度が低い傾向にあります。これは、下層植生が多いことで、表土の流出が抑制され、土壌有機物が蓄積しやすくなった結果、土壌中に蓄えられる窒素量が多くなり、森林からの窒素流出が起きにくくなっているのではないかと考えています。このことを明らかにするため、現在、筑波山の窒素流出量が多い森林と少ない森林において、下層植生の状態や土壌中の窒素動態を調べ、窒素流出量の違いを引き起こす要因を調べています。将来的には、これらの結果から、窒素流出の抑制効果をねらった人工林の管理方法を構築したいと考えています。

(わたなべ みらい, 水士圏環境研究領域
土壌環境研究室)

執筆者プロフィール:

バドミントン、故郷の桜島、饅頭が大好きです。スポーツを通して親しくなった人たちを次々に巻き込みながら研究を進めています。野外調査や実験が中心のため、このようなスーツ姿は非常に稀です。



◇【環境問題基礎知識】◇

酵母アッセイで環境を測る

—環境試料や化学物質からの受容体作用の検出—

鎌 田 亮

「コウボ?・・・酵母ってパンを焼いたり、お酒を造るときに入れる菌?」・・・まさにその酵母が化学物質による健康影響の研究や環境調査に役に立っているのです。

人類は生活の向上のために、これまでたくさんの化学物質を人工的に作り出してきました。日本の産業界では、現在5万種類以上の化学物質が使われていて、毎年500~600種類ずつ増えていると言われてます。そして、意図的、あるいは非意図的に環境に送り出された化学物質は、人間自身の健康を害し

たり、野生生物の減少を招いたりしてきました。

では、個々の化学物質が人間や生物に対して害があるかどうかはどのようにして判断するのでしょうか? 私達研究者は、実験動物や植物、生物由来の様々な材料(培養細胞、細菌、抗体や酵素等のタンパク質など)を使った試験法=生物検定(bioassay、バイオアッセイ)によって有害性の評価を行います。しかしながら、実験動物や植物を用いる試験法は、生物への化学物質の作用を直接的に検出することができますが、一般に試験期間が長く、多大なコストがかかり、動物愛護の点からも、多くの化学物質に

安易に適用することはできません。そのため、近年は動物試験の前段階に位置づけられる迅速で簡便な試験法の開発・実施に力が注がれるようになりました。それらの一つに各種の受容体遺伝子を導入した酵母を用いる検定法（酵母アッセイと略）があります。

酵母アッセイとは？

人間や動植物の遺伝子を人工的に組み込んでその能力を持たせた酵母菌を使って、化学物質の生物への作用とその強さを測定する方法です。生物は、細胞間で情報を伝達するための微量物質（ホルモンや神経伝達物質など）を体内で合成し、必要に応じて放出して、標的となる細胞の受容体に結合させることで生理作用を發揮します。人工的な化学物質がこの受容体への結合能力を持っていると、何らかの理由でそのような化学物質が体内へ侵入した場合、本来の情報伝達が上手く行えなくなり、生物に有害な影響を引き起こすと考えられます。私達の研究室では、人間やメダカなどから得られた様々な受容体の遺伝子を組み込んだ酵母を使って、どのような化学物質がどのような受容体と結合して作用（活性）を示すのか、また、それらの活性物質がどのような環境（水や大気など）に存在するのか、を調べていま

す。代表的な例として、内分泌かく乱物質（いわゆる環境ホルモン）を調査研究する手法の一つとして、動物の女性ホルモン（エストロジェン）受容体の遺伝子を導入したエストロジェン受容体導入酵母アッセイがあります。

酵母アッセイのしくみを図1に簡単に説明しますと、酵母の細胞内には組み込まれた受容体の遺伝子から受容体が発現していて、受容体に作用するような化学物質が酵母に入ってくると、化学物質は受容体と結合し、受容体と化学物質の複合体は共役活性化因子（図1の注釈参照）とともにDNA上にある受容体の結合領域に結合して、転写装置によるDNAからRNAへの転写を開始させます。これにより、受容体結合領域の下流に組み込まれた酵素の遺伝子がmRNAへと転写され、酵素のタンパク質へと翻訳されます。この翻訳された酵素の活性を測定することによって、化学物質の受容体への作用を検出することができ、測定される酵素活性の強弱は翻訳された酵素量を示しているのです。この受容体導入酵母を用いたアッセイ法は、生物試験や培養細胞を用いた方法と違い、飼育管理や煩雑な操作がないため迅速で簡便な試験法と言えます。

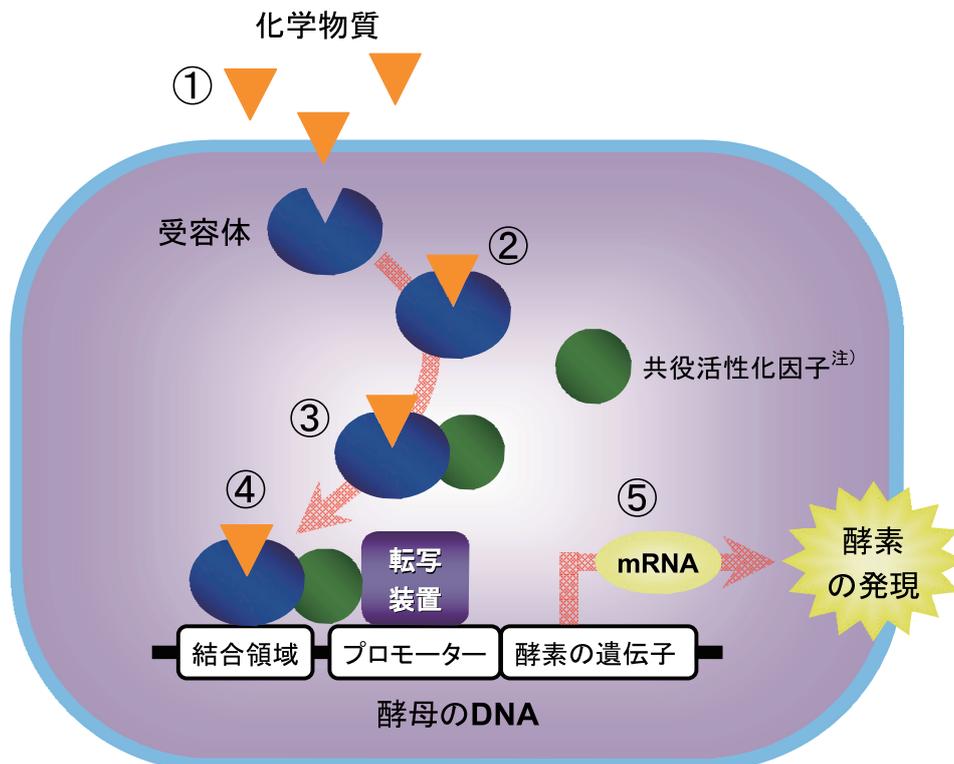


図1 酵母アッセイの原理
 注) 受容体と転写装置の橋渡しをして遺伝子の転写を開始させる物質

表1 本研究所で使用している酵母アッセイの種類と作用のある化学物質の例

受容体	本来の作用物質	受容体に作用する化学物質
エストロゲン受容体	女性ホルモン (エストラジオール, エストロンなど)	o,p'-DDT, ビスフェノールA, ノニルフェノールなど
アンドロゲン受容体	男性ホルモン (テストステロン)	合成テストステロン
甲状腺ホルモン受容体	甲状腺ホルモン (T3, T4)	ビスフェノール誘導体, 水酸化PCBなど
レチノイン酸受容体	全トランスレチノイン酸, 9-シスレチノイン酸 (ビタミンA代謝物)	ヘプチルフェノール, オクチルフェノール, ステレン二量体など
レチノイドX受容体	9-シスレチノイン酸 (ビタミンA代謝物)	トリプチルスズ, トリフェニルスズ, 水酸化PCBなど
アリルヒドロカーボン (多環芳香族炭化水素) 受容体	現在のところ不明	ダイオキシン, PCB, 水酸化PCBなど

酵母アッセイと化学物質の作用

表1に示す各種の受容体を導入した酵母アッセイで、さまざまな化学物質に受容体への作用（結合活性）があることが分かってきました。病気治療の目的で受容体作用を持つように作られた合成ホルモンなどの医薬品を除いて、ほとんどの化学物質の作用の強さは、高いものでも私達が本来体内に持っている受容体作用物質の数十分の1以下です（図2、レチノイン酸受容体の例）。しかしながら、人工的に作られた化学物質は、天然の物質よりも生物体内での分解や代謝が遅いことが多く、持続的に作用したり、本来の作用物質の効果を妨害したりすることで影響を及ぼすと考えられています。特に自然界では、

野生生物は環境を汚染している化学物質を避ける術をもたず、近年では作用の強い医薬品などの化学物質が環境中に排出されていることもあり、汚染環境に生息する生物が影響を受けている可能性は否定できません。

環境試料への適用

環境汚染の研究において広く行われている計測機器による分析では、河川水や大気などの環境試料中に含まれる既知の化学物質の量は測定できても、その作用を検出することはできません。酵母アッセイは、試料中の化学物質を各物質の存在量としてではなく、受容体への複合的な作用の強度として測定し

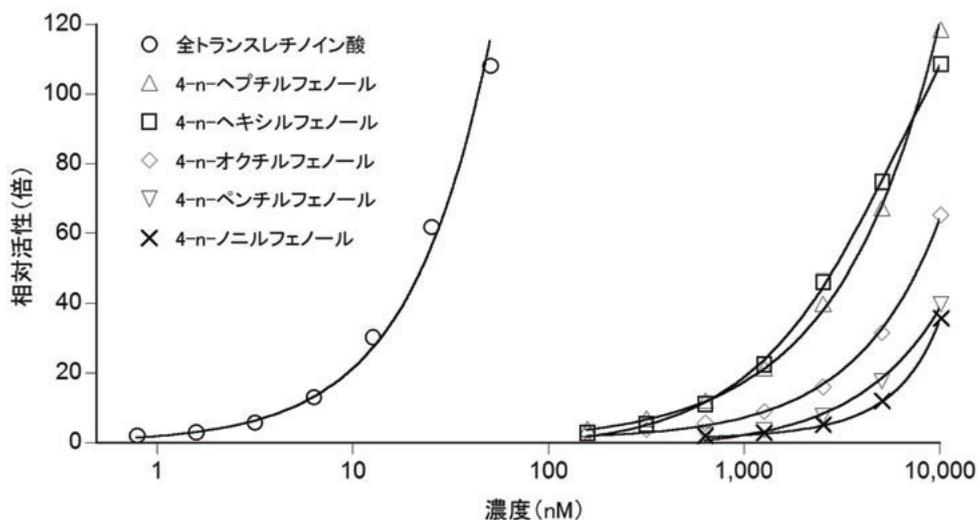


図2 レチノイン酸受容体に作用する化学物質の例

本来の作用物質である全トランスレチノイン酸は濃度とともに相対活性が増強する。図中の4-n-ヘプチルフェノールのような化学物質の作用は全トランスレチノイン酸の数十分の1以下であるが、同様の挙動を示した。横軸は対数表示。nM：n (nano) = 十億分の一を表す単位, M = mol/l。

ているので、河川水などの環境試料や食品に応用すると、その試料の持つ受容体への作用という“定質的”な分析が可能となります。例えば、都市部を流れる川の水にはたくさんの化学物質が混入していますが、現在の技術では汚染化学物質のすべてを測定することはできませんし、すべての化学物質について生物への作用の情報があるわけではないので、そのような環境に生息する生物への影響は分かりません。一方、酵母アッセイによる分析は、個々の受容体への作用を検出できるので、生物が受容体作用から受ける生理機能への影響を推定することができます。現在では、数多くの知見の蓄積から、受容体への作用を検討することによって、河川水などの環境試料の汚染源あるいは汚染化学物質の大まかな推定も可能となってきました。

おわりに

化学物質を安全に使用するためには、その化学物質の持つ性質を見極め、使用の用途と量を十分に管

理していくことが大切です。そして、環境汚染の調査により、人間を含めた生物にどのような影響の可能性があるのかという情報を提供しなければなりません。酵母アッセイは、環境汚染の分析に受容体作用という新しいカテゴリーをもたらしました。受容体作用を迅速・簡便に推測できるこの試験法は、化学物質の有害性評価にも環境汚染の調査にも有用な手法であると期待されています。

(かまた りょう, 環境リスク研究センター
環境曝露計測研究室)

執筆者プロフィール:

山歩きや野鳥観察が好きで環境研究を志すも、もっぱら室内での研究生生活の毎日で十数年過ぎてしまいました。大学時代に覚えた野鳥の名前も出てこなくなったので、研究活動への英気を養うためにも、自然に親しむ時間を増やしたいなあと思っているこの頃です。

【調査研究日誌】

お天気任せの日々

— 筑波山における渓流水質調査のご紹介 —

林 誠 二

2年ほど前に同じ研究室に所属する渡邊さんから、「以前試しに筑波山の渓流の水質を測ったところ、多くの地点で硝酸態窒素濃度が高かった。」ということを教えて貰いました。樹木の成長に大量に必要な窒素が、何故そのようにたくさん森林から余って流れ出しているのか不思議に思い、昨年度より筑波山の渓流の水質調査を開始し、現在に至っています。これまでの調査結果の一部を含め、なぜ森林で窒素が過剰気味となっているかについては、本号の研究ノート「森林から窒素が流れ出す - 筑波山の窒素飽和 -」を参照いただくとして、ここでは、森林渓流水の水質を調べるために、どのような調査を行い、その際どういったことに苦労しているかを紹介したいと思います。

調査は、これまでに大きく分けて3種類行ってい

ます。まずは、年間を通じた筑波山全域における渓流水質の特徴を把握するため、80地点余りを対象とした季節毎の調査を行いました。続いて、植生や森林管理の影響、過去との比較といったことを目的に、その中から10数地点について月に2回程度の定期調査を現在も継続して行っています。さらに、森林管理の違いが集水域単位での窒素収支に及ぼす影響を把握するため、その中から2地点を対象に、降雨による出水時の渓流の水質測定を、数日間にわたり数十十分から数時間間隔で連続的に行っています。測定項目に関しては、水温やpHなど現地で直接測れるものもありますが、有機物濃度や窒素、リンを含む大部分の項目については、採取した渓流水を保冷して持ち帰り、速やかに実験室でろ過等の前処理をした後、専用の分析機器を用いて測定しています。



定期調査での渓流水採取の様子

さて、これら調査地点ですが、必ずしも車から降りて直ぐの場所にありません。その多くは相当の距離を歩かなければ辿り着けず、調査は、さながら軽登山の様です。また、整備された林道ではなく林や藪の中を歩くことも多いため、服装はいつも長袖長ズボンです。このため、冬場でも相当の汗をかき、夏場はそこへヤブ蚊やアブの追い討ちを受け、油断すると顔中クモの巣だらけとなることも多々あります。このように調査に苦労はつきものなのですが、それ以前に調査に行くべきかどうか、お天気にいつも悩まされています。一般に、野外調査はお天気に左右されるものですが、特にこの調査は、なかでも降雨時の出水調査の実施は、お天気に強く影響されます。ご存じの通り日本では統計的に3日に1回程度の割合で雨が降りますが、その全ての降雨を対象に調査を行うことは、現実的には不可能に近いと言えます。そこで、平水時と比べて窒素を初めとする

物質の流出特性の違いが明確に現れるある程度まとまった雨の時を狙って、調査を行っています。しかし、当然ですが、こちらの都合に合わせてそのような雨は降ってくれません。結果として日常的にお天気の週間予報を確認し、さらに、雨が降りそうだとすれば調査の準備に追われつつ、どれくらいの規模の雨がいつ頃降りそうか、インターネット上のお天気サイトで雨雲の動きを頻繁に確認するといった、慌ただしく落ち着かない時を過ごすこととなります。さらに、一旦調査を始めると土日祝日は関係なく、また、公私の区別なく大部分の予定をキャンセルして調査に専念しなければなりません。正に日々はお天気任せなのです。

このように書くと、大変なことが多い一方で、しっかりとした結果を出すには地道なデータの積み重ねが必要となるため、端からは、労多くして効少ないと見えるかもしれません。しかし、自然を理解し、さらに何らかの環境問題を予見し予防することや改善に導くためには、我々の行っている調査に限らず、長期的な視野に立った調査研究は不可欠だと考えています。また、調査をしつつ、私たちの最も身近な自然の一つである筑波山の四季折々の様子に触れることが出来ることに、なにより幸せを感じています。というわけで、大変だと口では言いながらも、内心では実は楽しみながら、しばらくは筑波山に足繁く通う日々を送っていこうと思っています。

(はやし せいじ、水圏環境研究領域
土壌環境研究室長)

執筆者プロフィール：

仙台からつくばに来てはや12年。気づけば不惑を迎えてしまいました。日々、調査研究にも没頭していますが、テニスにも没頭しています。正に、晴耕雨読ならぬ晴球雨調な毎日を送っています。



【研究所行事紹介】

第5回日韓中三カ国環境研究機関長会合（TPM5）の開催について

佐藤 邦子

平成20年11月25日～28日、北海道において、国立環境研究所（NIES）、国立環境研究院（NIER、韓国）、中国環境科学研究院（CRAES）の理事長・院長が出席して第5回日韓中環境研究機関長会合（TPM5）が開催されました。この会合は、日本、韓国、中国における環境研究の一層の推進のため、三カ国の環境研究機関の長が定期的に集まって開催するものであり、2004年2月に中国北京においてCRAES主催で開催された第1回会合以来、各研究機関が持ち回りで開催しています。NIESが主催するのは、2004年10月のつくばでの第2回会合に次いで2回目となります。

TPM5は、11月25日の大塚理事長の開会挨拶で始まりました。今年はNIER、CRAES共に設立30周年を迎えたということで、理事長は論語の“30にして立つ”を引用しつつ、両研究機関における今後の研究活動の充実、発展への期待を表明しました。NIER及びCRAESの両院長による挨拶に引き続いて、各研究機関の研究活動の概況及び今後の活動、研究トピック等が紹介されました。その後、TPMの枠組みの下での今後の研究協力に関する情報・意見交換、研究者交流、共同研究等に関する討議が行われ、新たな優先協力分野として、気候変動（生態影響、適応等）及び固形廃棄物（3R、リスク管理等）を加えること、研究者の交流を活性化すること等に合意しました。翌26日にはこれらの合意事項に関する共同コミュニケ及び淡水汚染に関する会議録への署名が行われました。

第2回TPMの際にワークショップを開催するとの合意に則して、26日には「有害化学物質による環境汚染に関する国際ワークショップ」が開催され、各研究機関の研究者に加え、北海道環境科学センターの研究者により関連する研究分野における研究紹介と意見交換が行われました。さらに27～28日には、NIESが運営している落石岬地球環境モニタリングステーションや釧路湿原、摩周湖などの研究フィールドの視察を行いました。

次回（TPM6）は、NIERの主催で、2009年の秋に韓国において開催される予定です。

（さとう くにか、企画部広報・国際室長）



左上：署名式

右上：ワークショップ集合写真

下：川湯エコミュージアムセンターで摩周湖の成り立ちなどについて(財)自然公園財団の藤江主任の説明を聞く一行

斉藤鉄夫環境大臣ご視察

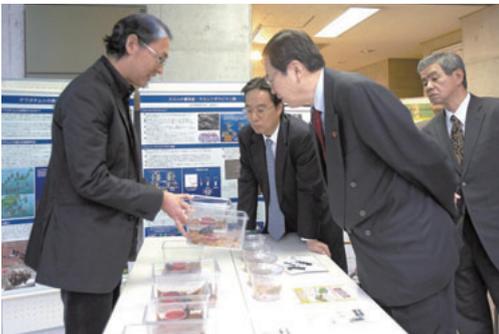
平成20年11月12日（水）、斉藤鉄夫環境大臣が国立環境研究所を視察されました。地球温暖化研究棟、循環・廃棄物研究棟、環境試料タイムカプセル棟などで、研究者の説明を熱心に聞かれていました。



地球温暖化将来予測に関する研究



最終処分プラント（ごみの埋立に伴う環境問題）



侵入生物による環境影響に関する研究



絶滅危惧種の遺伝資源や環境試料の保存

新刊紹介

NIES Annual Report 2008 AE-14-2008（平成20年10月発行）

本英文年報は海外の研究者や行政担当者などを対象に、独立行政法人国立環境研究所の調査・研究の現状を紹介することを目的として年1回発行しています。第2期中期計画において構想された4つの重点研究プログラムを担当する3センターと1グループ、6つの基盤研究組織および環境研究基盤技術ラボラトリー、環境情報センターで実施された調査・研究、国際交流、広報活動等の概要が分かりやすく記述されています。また、研究所の組織、予算、研究施設・設備の状況、研究成果の一覧、その他研究所の活動の全体像を知る上で役に立つ様々な資料が掲載されています。（編集委員会英文年報班主査 村上正吾）

編集後記

大通りのゆりのき並木も黄葉が過ぎ、枯れ葉が寒風で飛ばされて、本格的な冬の到来を感じます。

近頃、地球環境への配慮かメタボ対策かは分かりませんが、国立環境研究所でも自転車通勤が増えてきました。その人たちにはこれから厳しい季節になります。私はといえば、何度も自転車通勤にしたいと思いつつ、すでに来春の目標に棚上げしてしまいました。

さて、今号は期せずして筑波山をフィールドにした【研究

ノート】と【調査研究日誌】が重なりました。後者は、これまで【海外調査研究日誌】として、国外でのフィールド調査を紹介してきたものですが、これからは国内外を問わずに、様々な研究者から現場ならではの経験などを紹介してもらうこととしました。いかがでしたでしょうか。

これからは誌面の見直しをしながら、読みやすく興味深い話題を提供していくべく、努力したいと思います。（K.T.）

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