



国立環境研究所

二一七

Vol. 29 No. 5

平成 22 年 (2010) 12 月



上空から見た摩周湖。左下に見える施設が第一展望台。(詳しくは 9 ページからの記事参照)

[目次]

内閣府で仕事した 2 年 2 ヶ月	2
カーボンナノチューブ吸入曝露装置の作製と毒性評価	3
—中核研究プロジェクト 3「環境中におけるナノ粒子等の体内動態と健康影響評価」から—	
河口域に発達したヨシ原に生息するベントスの餌利用について	5
ナノマテリアル	8
摩周湖、澄んだ水は危険と隣り合わせ	9
生物多様性条約第 10 回締約国会議 (COP10) に参加して	11

【巻頭言】

内閣府で仕事した2年2ヵ月

原 澤 英 夫

日本の科学技術政策の司令塔の役割を果たしているのが、内閣府の総合科学技術会議です。今回、国立環境研究所（国環研）から内閣府に出向し、総合科学技術会議事務局の環境・エネルギー分野の担当参事官として、平成20年4月より2年2ヵ月にわたり、科学技術政策を担う貴重な機会を得ました。担当した仕事の一端を紹介します。

日本の科学技術政策の基本方針を示すのが、科学技術基本法とその実施計画である科学技術基本計画です。赴任した年は、第3期科学技術基本計画（平成18～22年度）の3年目に当たる年で、この基本計画に沿って環境・エネルギー分野の科学技術施策の進行管理、すなわちP D C A（計画・実施・評価・改善）サイクルを回すことが主たる仕事で、比較的楽と聞いていました。ところが科学技術を取り巻く内外情勢は変化しており、赴任したその日から、「環境エネルギー技術革新計画」のとりまとめを、有識者議員、外部専門家によるワーキンググループの主導のもとに進める事務局を担当したのが初仕事でした。非常に短期間で計画をとりまとめ、5月19日の総合科学技術会議の本会議で承認されました。以降、この計画がいろいろなところで活用されることとなります。同年7月には洞爺湖サミットがあり、その際に、温暖化対策や低炭素社会づくりなどの基本的な報告書（英文）として配布され、その直後に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」にも活用されました。この計画は、各省連携で環境エネルギー技術の研究開発を促進するための羅針盤としての役割を果たすものとなりました。

2年目は第3期計画の中間フォローアップで始まりましたが、9月に政権交代があり、それ以降、科学技術政策も驚くほど大きく転換しました。10月に総合科学技術会議で了承された平成22年度の概算要求の方針（この年2回目）では、グリーンイノベーションを中心とした新たな方向性を打ち出しました。12月30日に公表された新成長戦略（基本方針）でも、グリーンイノベーション、ライフイノベーションが将来の日本の成長や雇用を支える中核として

位置付けられ、それらを進めるための予算システムも、パブリックコメントや記者発表などを通じて公表、透明化が進みました。また、各省庁の概算要求前に取り組むべき科学技術の重要な課題を示すアクションプランなど、次々と新しい施策が政治主導のもとで打ち出されました。アクションプラン作成の途中で、同じく国環研のアジア自然共生研究グループの村上正吾・副研究グループ長と交代しました。

こうした新しい流れと並行する形で、第4期科学技術基本計画（平成23～27年度）の策定が進んでいます。赴任した平成20年の年の暮れから、内外の科学技術の動向、第3期計画の問題点の分析などについて有識者議員を中心とする懇談会で議論が開始されました。その後基本政策専門調査会で継続して審議が進んでいます。第2期と第3期計画は、環境やエネルギーなど分野別に推進戦略が策定され、それにもとづいて研究や技術開発が進められてきましたが、第4期計画は、これまでの成果をもとに、より課題解決を重視した研究へと舵が切れようとしています。私は、直接担当していませんでしたが基本計画が大きく変わりつつあることを日々実感していました。本稿が国環研ニュースとして出版される頃には、第4期計画の全容が明らかになるはずです。日本の将来の成長のために、その原動力となる科学技術の研究開発は今後とも重要性が高まることは確かです。そうした中で、環境を守り育てる研究をどう進めるか、来年4月から開始される国環研の第3期中期計画もこうした大きな流れにどう対応し、貢献していくかが問われていると言えるでしょう。（はらさわ ひでお、社会環境システム研究領域長）

執筆者プロフィール：

内閣府で仕事をした2年2ヵ月は忙しい毎日、つくばから霞ヶ関への通勤は結構大変でした。さらに政権交代といった大きな変化もあり、貴重な経験ができました。折角の経験を国環研の第3期中期計画にどう活かしているかと思料している今日この頃です。



【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】

カーボンナノチューブ吸入曝露装置の作製と毒性評価

—中核研究プロジェクト3「環境中におけるナノ粒子等の体内動態と健康影響評価」から—

古山 昭子

はじめに

近年、我々の生活環境にはナノ粒子があふれています。たとえば、化粧品や光触媒に用いられるナノ二酸化チタン、抗菌作用をもつ銀ナノ粒子、食品中の白金ナノコロイド粒子、プリンタートナーや自動車タイヤのカーボンブラックナノ粒子などの工業ナノ材料（ナノマテリアル）などです。一言でナノ粒子といっても大きさこそナノメートルサイズ（1ナノメートルは10億分の1メートル）ですが、その物理化学的特性と化学性状、形状（シート状や繊維状の物質も含まれます）の異なる様々な物質が存在しています。機能性の高さから様々な用途に用いられ、今後もエレクトロニクス、マテリアル、バイオテクノロジー等の分野で研究開発が進むことが予想されるナノ粒子ですが、小ささと機能性の高さ故に、その安全性について問題となっています。物質の種類が急激に増加し、利用の拡大も早かったため、その毒性評価が追いついていないのです。本稿では、カーボンナノチューブ（CNT）の毒性評価について紹介します。

CNTは1991年に飯島澄男博士により発見されたカーボンの細い筒で、軽さや導電性の高さで引っ張り強度の強さから有用視されている新素材です。単層、多層、ホーンなどの様々な形状がありますが（『環境問題基礎知識』ナノマテリアル図A参照）、見た目は普通の煤です。それもそのはず、実はガスコンロ燃焼物や森林火災の煤にもCNTがわずかに含まれているのです。CNTは繊維形状と生体難分解性であることが、アスベストによく似ていることから、当初からその生体影響が危惧されていました。実際、気管から肺に投与したCNTが肺に強い炎症を起こすこと、また、発ガン抑制遺伝子がないマウスの腹腔にCNTを投与したときに中皮腫が発症したことが報告されています。そこで中核研究プロジェクト3（PJ3）ではCNTの吸入曝露による健康影響を明らかにするために、多層CNTの液中・気中分散法

と吸入曝露装置の検討、実験動物を用いた体内動態解明と影響評価、細胞を用いたCNTの毒性メカニズムの解明をおこなっています。

吸入曝露装置の検討

吸入曝露による毒性影響評価のためには、目的物質の発生と濃度制御や測定技術の検討を含めて、曝露装置の開発から始めなければいけません。粒径が小さいナノ粒子は、重量あたりでは表面積が大きくなるため凝集しやすく、一度凝集すると再分散しにくくなります。CNTも軽くてふわふわした真っ黒な物質で（図1A）、太さは数十ナノメートルですが、長さは数十マイクロメートルで糸くずが絡み合ったような状態です（図1B）。この大きな毛玉を吸入しても鼻腔に沈着するだけで肺の奥まで届きません。吸入曝露影響評価のためにはCNT塊を細かい繊維状にすることが必要で、さらにどうやって空気中に分散させるかが研究者の腕の見せ所です。他の研究ではCNTを分散剤に懸濁して超音波をかけて分散させてから再飛散させる方法やCNT塊をチョッパーで切断して再飛散させる方法を用いています。PJ3では、CNTにステンレス玉をぶつけてCNTをちぎって飛散させ、サイクロン（空気を渦状に流して粒子を分離する装置です。この原理はダイソンの掃除機に使われています。）でそのCNTを巻き上げて気中分散させることに成功しました。この方法で発生させた粒子径が1～2マイクロメートルで比較的長さが短いCNT繊維を鼻部曝露装置に導入して、マウスに吸入曝露をおこないました。重量濃度1.0mg/m³で

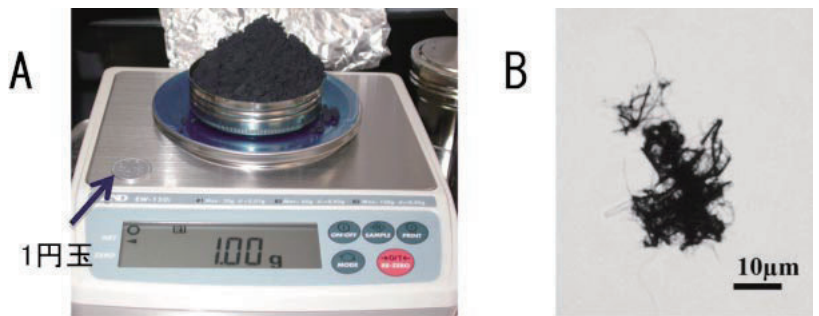


図1 (A) 1グラムの多層カーボンナノチューブ、(B)生理食塩水中の多層カーボンナノチューブ塊。お茶碗1杯（約150ml）でたった1グラムのカーボンナノチューブの中には約4×10¹²本の線維が入っています。

2時間の短期曝露を行い24時間後の影響を解析した結果、肺胞マクロファージ（肺に入った異物を食べる白血球の一種の細胞）の1割ほどにCNTが取り込まれているのが観察されましたが、炎症の指標である肺への白血球の流入はごくわずかでした。一方、肺において、酸化ストレスの指標となるタンパクの遺伝子発現の増加が認められた上、面白いことに鼻腔の嗅上皮の間に神経末端をのぼしている嗅球においても、CNT曝露後に酸化ストレス指標遺伝子の発現増加が認められました。日本における大気中アスベストの敷地境界基準値は10本/Lですので、この曝露濃度はその1000倍以上の高濃度に相当します。曝露されてからガンなどが発症するのは、アスベストの場合はヒトで15～40年、寿命が2年強と短いマウスでも1年以上はかかるので、CNT曝露が健康に影響を及ぼすものなのかどうか、発ガン影響を含めてさらに詳細に検討を続ける必要があります。

アスベストとの毒性比較

吸入曝露は、実際の環境での曝露をシミュレートしてどのような健康影響が予想されるかを検討するものです。それとは別に、実際にはありえない条件ですがかなり多量の試料を実験動物の腹腔に投与して、影響が明らかな試料との毒性を比較する簡易的な毒性評価法があります。そこで影響がCNTと類似していると考えられているアスベストとCNTをそれぞれマウスの腹腔に投与して毒性を比較しました。代表的なアスベストであるクロシドライトを腹腔内投与すると、腹腔に多数の白血球が流入してきます。CNTを腹腔内投与しても同様に白血球の増加が認められました（図2）。CNTが再分散しにくいのはさきに述べたとおりですが、分散剤中での分散は生理

食塩水（PBS）＜蒸留水（DDW）＜F68という界面活性剤の1%溶液の順で良くなります。腹腔内投与による白血球流入や炎症性サイトカイン量は分散の良いF68に分散した場合がもっとも多くなり、曝露されるCNT繊維の本数が多いほど強い炎症が誘導されることが明らかになりました。

CNTの毒性メカニズム解明

このようなCNTの毒性は、曝露されたCNTに接した細胞が様々な反応を起こすことで発現しますので、様々な細胞を用いてCNTの毒性メカニズムの解明を進めています。吸入されたCNTは気道上皮細胞や肺胞上皮細胞に沈着し、一部は組織中に取り込まれますが、大部分は肺胞に残り、本来なら肺胞マクロファージがそれを食べ込んで体外に排出しようとする。ところが、CNTはマクロファージの大きさより長く、かつ細胞の膜に親和性が強いので、CNTが細胞膜を突き破ったり、細胞膜を破壊したりしてマクロファージを殺してしまいます（図3）。また、気道上皮細胞に沈着したCNTは、核転写因子NF- κ Bを活性化し、p38やERK1/2を活性化して炎症性サイトカインなどを分泌させます。作用メカニズムの解明により、CNTは実験動物に投与したときに強い炎症を誘導することが明らかになりました。このように細胞を用いたCNTの毒性メカニズムの解明は、類似の物性や形状を持つ新規ナノマテリアルの健康影響を類推する上でも大変重要です。

ただでさえ資源の乏しい日本なので、有用な技術革新につながるナノ粒子については、安全性を確保できるような十分な対策を取りつつ、研究開発や利用を進めていく必要があると思われます。今後も曝露評価や健康影響評価に関する研究を慎重に

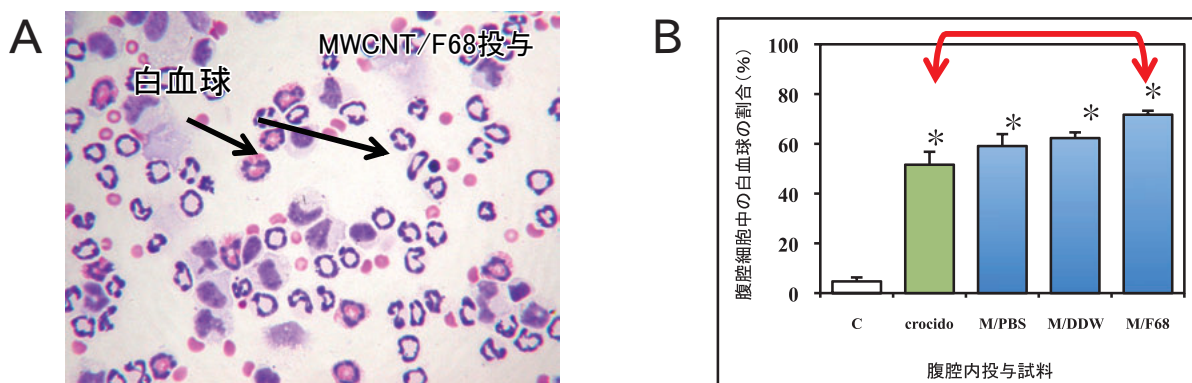


図2 (A) 100 μ gの多層カーボンナノチューブ（MWCNT）をマウスに腹腔内投与した24時間後の腹腔内細胞像、→が白血球（好中球と、ピンクは好酸球）です。
 (B) 腹腔細胞中の白血球の割合。C（対照：生理食塩水）、crocidolite（クロシドライト）、M/PBS（MWCNTを生理食塩水に分散）、M/DDW（MWCNTを蒸留水に分散）、M/F68（MWCNTを界面活性剤F68に分散）。*：対照との比較において危険率5%で有意差あり、赤→：危険率5%で有意差あり。

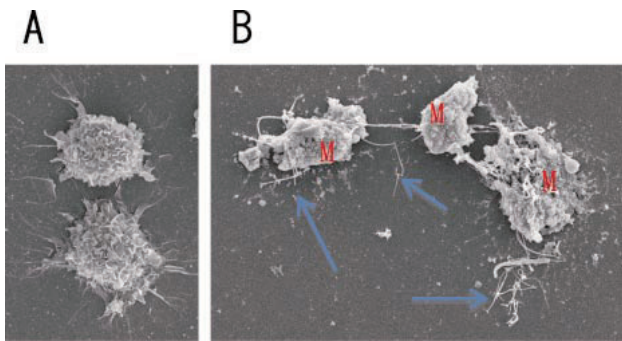


図3 (A)元気なマクロファージ、(B)多層カーボンナノチューブ(→)の曝露によって死んだマクロファージ(M)

進めて、正確な情報を発信していきたいと考えています。ちなみに環境省では環境経由でヒトや動植物がナノ材料に曝露されることによって生じる影響を未然に防止するために、「工業用ナノ材料に関する環境影響防止ガイドライン」を公表しています(<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=10899>)。PJ3でも、何しろ健康に影響を及ぼす可能性がある物質を扱っているものですから、曝露実験はクリーンブースのなかで行っています。もちろん曝露排気中のCNT処理も抜かりなく、環境中や実験室外に飛散ないように細心の注意を払っています。実験中



図4 クリーンブースと防護衣を身につけた勇姿

は手袋、防塵マスク、防護衣にすっぽり包まれる重装備で、いい男(女)も台無しです(図4)。

(ふるやま あきこ、環境リスク研究センター
環境ナノ生体影響研究室主任研究員)

執筆者プロフィール：

レーザーポインターでネコに遊んでもらい、側溝のザリガニを捕るカワセミや車のフロントガラスを走り回るヤモリ等のつくばの自然に驚くことで日々癒されています。生物のしたたかな順応性ってヤバイです。



【研究ノート】

河口域に発達したヨシ原に生息するベントスの餌利用について

金谷 弦

はじめに

河口域では、陸域から流入する栄養塩を利用してプランクトンや底生微細藻類が活発に増殖します。彼らは非常に小さいので目立ちませんが、河口域に暮らすゴカイやカニ、魚などの生物生産(二次生産)を支える「緑の下の力持ち」とも言うべき存在です。また、干潟やヨシ原に運ばれてきた有機物は底土中で微生物によって無機化され、栄養塩となってヨシなどの塩性植物に利用されます。秋が深まるとヨシは枯れ、底土上に堆積して微生物により分解されます。このように、河口域では炭素や窒素、リン等の生元素が、あるときは土の中、あるときは水の中へと存在形態を変えながら循環しています。

干潟やヨシ原には多くの底生動物(ベントス)が暮らしています(図1)。彼らは海水と河川水が混

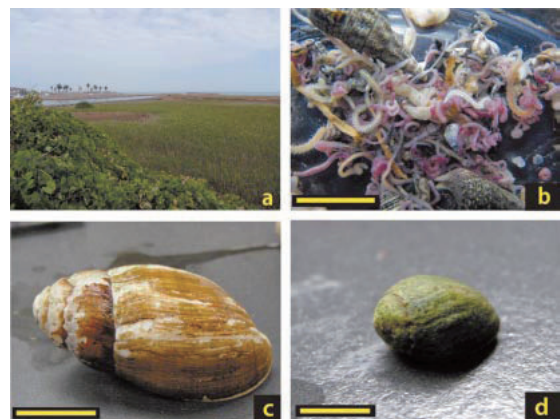


図1 三重県津市田中川河口に発達した干潟とヨシ原(a)およびそこに生息する底生動物(b~d) 干潟の砂を篩って採取した数種のゴカイ類と巻き貝(b)、ヨシ原に生息する有肺類であるオカミミガイ(c)とキヌカツギハマシイノミガイ(d)。2種ともに、2007年版環境省レッドリストでは絶滅危惧II類。バーは1cmを示す。

じり合う汽水域の物質循環過程で重要な役割を果たしているため、多くの研究者が「ベントスの二次生産を支える餌資源は何か？」を調べてきました。しかし、彼らが餌とする懸濁物や底泥は様々な起源を持つ微細有機物の混合体であるため、実際にその中の何が消化・吸収されているのかについて多くの議論がなされてきました。1980年代になると、ベントスの炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) と窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) を測定することで彼らの餌資源を推定出来るようになり、干潟の物質循環研究は大きく進展しました。ここで $\delta^{13}\text{C}$ (デルタ13シーと読むことが多い) とは、生物体にごく微量に含まれる「重い」 ^{13}C 同位体原子と多数を占める「軽い」 ^{12}C 原子との存在比率を示し、基準物質の値とどれだけ異なっているかを千分率偏差 (単位; ‰パーミル) で表します。同様に、 $\delta^{15}\text{N}$ はごく微量に含まれる ^{15}N 原子と多数を占める ^{14}N 原子の存在比率を示しています。

研究の背景

私はこれまで、 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ を指標として汽水域におけるベントスの餌利用を調べてきました。その結果、彼らは基本的に干潟に繁茂する底生微細藻類や、汽水性の植物プランクトンを餌としており、干潟辺縁部に群生するヨシや、川の水に含まれる陸上植物起源の有機物 (生物やバクテリアにより分解されて微細粒子化したものはデトリタスと呼ばれます) はあまり利用していないことがわかってきました。しかし、これらの研究は植生のない裸地干潟を対象としていたため、ヨシ原内でどうなのか・・・? が気になってきます。河口域のヨシ原には多くのベントス種が暮らしていますが、ヨシなどの高等植物遺体を栄養源とするためには、細胞壁を構成するセルロースを分解する必要があります。最近になって、汽水域に暮らすベントスのヤマトシジミ (しじみ汁にするシジミです) が自前のセルロース分解酵素を持っていることが報告されるなど、ベントスが高等植物遺体を直接餌として利用している可能性が示されて来ています。私は、「ヨシ原に暮らすベントスの中にヨシの枯れ葉を主な餌とするものがあるのではないか」と予想して、研究を始めました。

ヨシ原と干潟の間でベントスの餌を比較する

調査地は、三重県津市にある田中川の河口部に発達した小さな潟湖干潟です (図2)。田中川は住宅地や水田地帯の中を流れて伊勢湾に注ぐ小さな河川で、河口の南側には南北370m、東西150mほどの潟

湖が袋状に発達し、干潟とヨシ原が自然に近い状態で残されています。満潮時には河口から海水が流れ込むため、多くの汽水性ベントス種が生息しています。ヨシ原内にはオカミミガイ類、ヘナタリ類、ペンケイガニ類などが生息し、潟奥部には淡水流入により局所的な低塩分環境が形成されています。私は、裸地干潟とヨシ原内をそれぞれ調査対象とし、生息するベントス種の安定同位体比を測定するとともに、底土有機物組成や底生のクロロフィル量を地点間で比較しました。餌資源候補としてはヨシの葉、底生微細藻類、海水中の植物プランクトン、淡水中の植物プランクトン、干潟上の海藻などを年に何度か採取し、安定同位体比を測定しました。

図3は田中川河口域で採取した餌資源とベントス (2009年5月の値) の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ マップです。餌資源の $\delta^{13}\text{C}$ は紅藻のオゴノリや底生微細藻類で最も高く、海水中の植物プランクトンがそれに次ぎ、ヨシや淡水中の植物プランクトンは低い値を示しました。本調査地における淡水中の植物プランクトンが、一年を通じて非常に低い $\delta^{15}\text{N}$ (年間平均値: 0.9‰) を示したことは、大変興味深い結果です。この値は、大気中の N_2 の値 ($\delta^{15}\text{N} \approx 0$ ‰) に近く、(1) 植物プランクトンによる大気 N_2 の固定や、(2) 化学肥料など工業的に固定された大気 N_2 の寄与を示唆しています。田中川河口域の植物プランクトンの窒素源については、調べていくとさらに色々面白いことが見つかりそうです。

ベントスの $\delta^{13}\text{C}$ は、干潟部で高くヨシ原内で低い傾向がみられました。一般に、ベントスの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ は一定期間に消化・吸収した餌の値を反映しており、 $\delta^{13}\text{C}$ は餌とほぼ同じか 1 ‰程度上昇し、



図2 三重県津市の田中川河口干潟とヨシ原
ベントスの採取は裸地干潟内に設定した2地点と、隣接したヨシ原内の2地点で行った。

$\delta^{15}\text{N}$ は3~4%上昇することが知られています。干潟で採取されたベントスの $\delta^{13}\text{C}$ は-19%よりも高いことから、底生微細藻類や海水中の植物プランクトンが彼らの主要な餌であり、 $\delta^{13}\text{C}$ が低いヨシや淡水性植物プランクトンの寄与は小さいことがわかります。一方、ヨシ原内では光が遮られるため底生微細藻類の増殖が制限され、さらに枯れたヨシが底土上に蓄積しているため、餌としてのヨシの寄与が高まると考えられました。ヨシ原内のベントスが示した $\delta^{13}\text{C}$ は、それでもヨシと比べて5%以上高い値でした。このことは、ヨシがあくまで「補助的な餌」として彼らに利用されていることを示唆しています。ヨシ原に暮らすベントスの中には高い $\delta^{13}\text{C}$ (>-15%)を示す種も幾つかみられましたが、これらの種は干潟部から運ばれてきた底生微細藻類を食べている可能性があります。また、淡水流入口に近い干潟で採取したベントスでは、 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ともに低下する傾向がみられました。同一種内で比較してみても(図3;例えば巻き貝のフトヘナタリ)、同様

の結果が得られています。この結果は、隣接した水路から流入する淡水性プランクトンが、潟奥部に暮らすベントスの二次生産に寄与していることを示しています。

ヨシ原に暮らすベントスの中には、他種と明瞭に異なる安定同位体比を示した種もいました。例えば、殻高数mmの小さな巻き貝であるクリイロカワザンショウガイは他種より10%以上低い $\delta^{13}\text{C}$ を示し、ユビアカベンケイガニやキヌカツギハマシイノミガイは他種と比較して4%以上低い $\delta^{15}\text{N}$ を示しました。この結果は、ヨシ原という一見均一な生息環境下でも、ベントス種が異なる餌資源を利用していることを示しています。彼らは、ヨシ原に流入する淡水性植物プランクトンや、今回測定していない他の餌資源—例えば緑藻類や、イネ科やカヤツリグサ科に属する陸上の C_4 植物、菌類、バクテリアといった餌を利用している可能性があります。彼らの餌を推定するためには、脂肪酸組成や硫黄安定同位体比($\delta^{34}\text{S}$)といった他のバイオマーカーが有効な手段

となりそうで、現在作戦を練っているところです。

おわりに

研究を始めるにあたって私が立てた予想—ヨシ原に暮らすベントスにはヨシの枯れ葉を主な餌とするものがある—は若干外れてしまいました。しかし、ヨシ原に生きるベントスの二次生産に対して「ヨシに由来する有機物」が確実に寄与していることが確認されました。今回の研究で、干潟とヨシ原というごく近接した生息場所間でもベントスの餌利用が大きく異なっていることが示され、同じ生息場所に暮らすベントスの中にも満ち潮で干潟部から運ばれてきた底生微細藻類や、海由来の植物プランクトン、さらに流入淡水中の植物プランクトンを食べていると推定される種がいました。こ

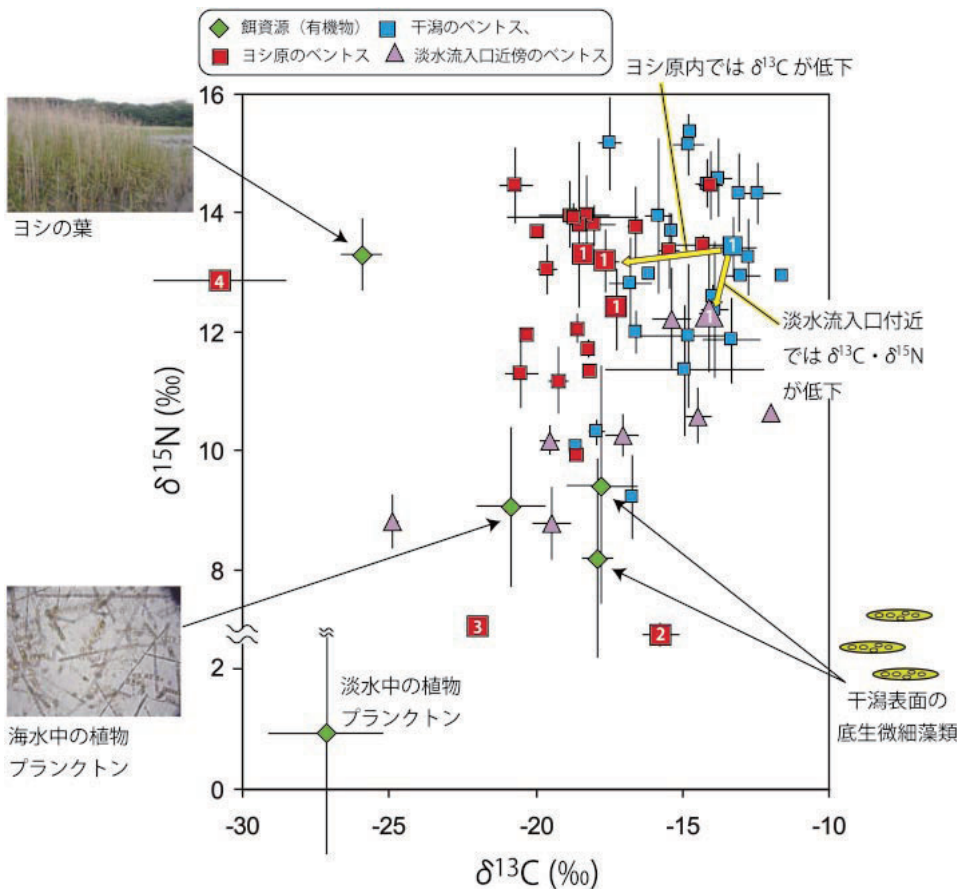


図3 田中川河口干潟で採取されたベントスの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ マップ
 緑菱形は餌資源、他のシンボルはベントス種を示す。青四角、すみれ色三角、赤四角はそれぞれベントスの採取地点を示す。1:フトヘナタリ、2:キヌカツギハマシイノミガイ、3:ユビアカベンケイガニ、4:クリイロカワザンショウガイ。バーは標準偏差。サンプル数が2以下のものに関してはエラーバーを示していない。

のことは、ヨシ原や干潟に暮らすベントスにとって、流入河川や隣接する沿岸海域とのつながりが重要であることを示唆しています。ヨシ原に暮らす希少種の中には特異的な餌利用を示す種もいたことから、餌資源の供給源となりうる隣接生息域までを含めた形での生息環境保全が重要であると考えられます。

(かなや げん、水圏環境研究領域
海洋環境研究室)

執筆者プロフィール：

昨年4月につくばに移住してきましたが、意外と田舎でほっとしています。職業的特技として「アサリの住み処がわかる」「干潟高速歩行」「味覚での塩分推定」などがあります（潮干狩り時に（だけ）とても役立ちます）。スーパーの食品売り場巡りとキノコ探しが趣味です。



【環境問題基礎知識】

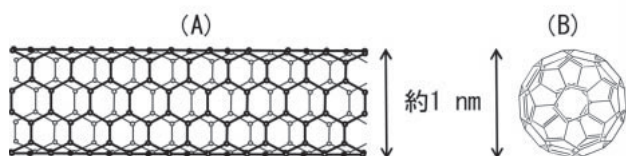
ナノマテリアル

平野 靖史郎

ナノテクノロジーの発展に伴い、ナノサイズのレベルで形状等を変化させることにより新しい機能を持つ、あるいは機能性の高い物質が生産されるようになりました。ナノテクノロジーの概念は、1959年にカルフォルニア工科大学のフェイマン物理学教授が、物質の性質は非常に小さいスケールで制御することができることについて講演したことに端を発しているといわれています。「ナノ」はナノメートル（ $nm=10^{-9} m$ ）のことを指します。因みに、通常のタンパク質は、水溶液中で数ナノメートルの大きさで存在しています。ナノマテリアルの多くは粒子状の物質ですが、大きさに関する定義では少なくとも一辺の長さが概ね1~100nmとされており、シート状、あるいは繊維状の物質も含まれます。下限が1 nmとされているのは、それ以下のサイズの物質は粒子状物質というよりは、原子や簡単な単分子そのもののサイズになってしまうからです。上限が100nmとされているのは、現在ナノマテリアルと呼ばれている粒子のサイズが最大100nm程度であるからと理解しておいて間違いはないのですが、一方では、本来のナノのサイズ効果は30nm以下から現れるという考え方も示されています。ナノマテリアルの定義、

測定法や安全性評価に関するガイドラインの策定に関しては、経済協力開発機構（OECD）と国際標準化機構（ISO）等の国際的機関において作業が進められています。ところで、ナノマテリアルには実際どのような物質があるのでしょうか。OECDでは、ナノマテリアルの安全性に関して優先的に取り組むべき以下の物質名を挙げています。

炭素系	カーボンブラック フラーレン 単層カーボンナノチューブ 多層カーボンナノチューブ
金属・金属酸化物系	鉄ナノ粒子 銀（金）ナノ粒子 酸化セリウム 酸化亜鉛 酸化アルミニウム 二酸化チタン
有機高分子系	dendriマー ポリスチレン
セラミックス系	二酸化ケイ素 ナノクレー



単層カーボンナノチューブ (A)とC₆₀フラーレン (B)

ナノマテリアルの環境・安全性が問題となっているのは、生体が超微小構造を持つ物質やナノサイズの粒子に対して組織の透過性も含めて強い反応を示すのではないかと考えられているからです。例えば、機械的強度が高く、電気伝導性も高いカーボンナノチューブは、肺に沈着すると強い線維化（コラーゲ

ン線維などが増える病変)や胸膜肥厚を起こすことが報告され、繊維の形状をしているばかりでなく、生体反応もアスベストに類似しているのではないかと危惧されています。また、酸化チタンは古くから使われてきた物質ですが、ナノサイズの酸化チタンは、肌につけても透明感があるため日焼け止めローションとして使われているほか、銀ナノ粒子はデオドラントスプレーなどにも多く使われています。これら酸化チタンや銀のナノ粒子の皮膚組織に与える影響については詳細に調べる必要があると考えられています。一方、ナノ粒子は標的細胞に選択的に薬剤を到達させる物質として医療において注目されて

います。このようなことから、ナノマテリアルを使用することの便益性に併せて、環境や健康への安全性評価も論議されているところです。

(ひらの せいしろう、環境リスク研究センター
環境ナノ生体影響研究室室長)

執筆者プロフィール：

1981年に当時の国立公害研究所に入所したときに、環境中のアスベストの毒性学的研究を始めなさいといわれた。ちょっとかじった程度でやめてしまったが、25年後にそれが卓見であったと気付く。環境研では、金属毒性学の著名な先生からの薫陶も受けた。ともに故人であるが諸先達の研究に対する厳しい姿勢が励みとなっている。

【調査研究日誌】

摩周湖、澄んだ水は危険と隣り合わせ

田 中 敦

みなさんは摩周湖と聞いて何を思い浮かべるでしょう。まずは霧、次いで水の青さではないでしょうか。霧が晴れた時に現れる湖面の独特の青さは、摩周ブルーとも称され、神秘的な印象を与えます。しかし、観光客にとって摩周湖は展望台から眺めるだけのものであり、湖面に降りることはできません。近づけないから神秘的なのであって、許可を取って湖の調査を行っている私たちは、神秘的と言って済まず訳にはゆきません。

摩周湖全域は阿寒国立公園の特別保護地区になっており、尾根道以外に散策道さえありません。というよりは、むしろ、切り立った崖に囲まれて道が作れないというのが実状でしょう(写真1)。私たち

は、調査のたびに観測機材を担いで急斜面を下ります。そして、一日の終わりには採取した水をたっぷり背負って、来た道を登るのです(写真2)。以前の話ですが、無理やり崖を降りてきた観光客が脇から突然現れ、「いったいどこから登ったらいいでしょう」と訊ねてきたことがあります。やたらな場所から降りたら、それこそ命を失いかねません。

私たちにとっても、摩周湖の調査には多くの危険が潜んでいます。ここには他の人は誰もいません。この1、2年で携帯電話が通じる時もあるようになりましたが、それまでは外界との緊急連絡の手段もありませんでした。すべて自分たちで対処するしかないのです。考えられる危険をあげてみると、重い



写真1 典型的な湖岸壁



写真2 調査機材の運搬

荷物を背負ったまま斜面から滑落する、風波でボートが転覆する、あるいは冷たい湖水に落水する、湖上で船外機が故障して漂流する、湖岸に待機しているメンバーがヒゲマに襲われる。冬場ならば、雪崩に埋まる。さらに恐ろしいのは、雪崩もろとも氷水の中に投げ出される。書いていても、身がすくむ思いです。それぞれの危険について、できる限りの対応をしています。写真3は、遊んでいる様子ではありません。ドライスーツという防水服と救命胴衣を着用し、落水したときにあわてない訓練をしているものです。



写真3 ドライスーツを着た落水訓練

摩周湖の青い湖水は、透明度と密接な関係があります。摩周湖は1931年に41.6mの透明度を記録し、これは今にいたるまで破られたことのない湖沼透明度の世界記録です。ところが、近ごろでは透明度が20m前後で推移し、最も悪いときには14mとなり、新聞に報じられるほどでした。この原因を探る調査を摩周湖の化学物質モニタリングと併行して実施しています。その一つが、クロロフィルや光照度を測定する機器を水中に沈め、年間の変動を調べる係留観測です（写真4）。この係留観測によって、雪と

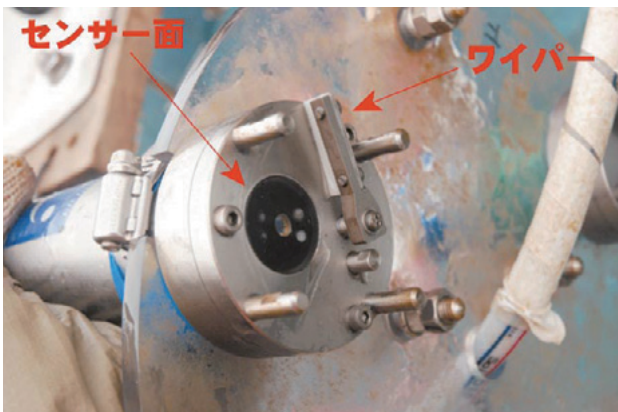


写真4 湖水から回収された観測機器
ワイパーの働きでセンサー面に藻類の付着はない



写真5 摩周湖の透明度観測
2009年5月、白い円盤が透明度板

氷に閉ざされる真冬のデータも得られました。摩周湖の透明度は夏場に低下し、冬場に上昇するという結果となり、実際に2009年の5月には、32.5mという過去25年間で最大の透明度を観測しました（写真5）。貧栄養湖である摩周湖では、植物プランクトンに由来する光吸収が少なく、その結果として独特な青い湖水を生じていました。しかし、夏場は植物プランクトンの数が増え、透明度が下がります。すると、青い水の色もやや緑色に変化してしまうのです。このことは水中光を波長ごとに観測した結果からも確認されています。

実は、摩周湖の霧は夏場に出ることが多く、冬に霧がかかることはまれです。青く澄んだ摩周湖をご覧になるのでしたら、ぜひ、寒い時期に訪れてみてはいかがでしょうか。

（たなか あつし、化学環境研究領域
無機環境計測研究室主任研究員）

執筆者プロフィール：

透明な氷に一步が踏み出せないへっぴり腰が私です。氷にあげた穴からのぞくと、まっすぐに降りた透明度板が瞳の像の中に映ります。このところ摩周湖が凍りにくくなってきていますが、次に湖面に立てるのはいつになるのでしょうか。



【研究所行事紹介】

生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）に参加して

五 箇 公 一

10月18日から2週間に亘って、名古屋市国際会議場において生物多様性条約第10回締約国会議COP10が開催されました。筆者も、前半の1週間、本会議に参加して外来種対策に関するサイドイベントを環境省と共同で開催しました。

サイドイベントとは、本会議の合間に、会場の中あるいは周辺にある様々なスペースで、NGOや企業や研究者グループが自主的に開催するイベントのことです。我々は10月20日と21日の2日間に亘って、会場内で我が国における外来生物対策に関する政策者向けのシンポジウム「食べて考えよう！外来種問題」を開催し、さらに23日の土曜日に会場外に隣接して設けられた交流フェア会場にて、一般向けの公開シンポジウム「見て、聞いて、考えよう！外来種問題」を開催しました。

まず、20日と21日は、環境省自然環境局外来種対策室と研究者たちが列席し、日本の外来生物法の仕組みや、法に基づいて実施されている外来生物防除の実態について、様々な国の参加者に向けて説明しました。この際、タイトルの「食べて考えよう」の通り、琵琶湖に定着した外来魚オオクチバスから作られた「オオクチバス・バーガー」を100食、日ごとに用意して来場者に配布しました。もともとオオクチバスは食用目的で導入された北米原産の外来魚です。それが今は食べられずに、スポーツフィッシ

ングを楽しむためだけに、日本各地に密放流されて問題となっています。実際に食べてもらって、外来魚の本来の利用目的を知ってもらい、それが今や有害な「特定外来生物」として問題視されている現実を知ってもらうことが目的でした。

このバスバーガーは予想以上に好評で、筆者も実際に食べてみましたが、確かに美味しかったです。食べ物に「釣られた」という表現は良くないかもしれませんが、お陰で来場者は、両日とも100名を超える盛況な会となりました。実際のシンポジウムの中身では、日本の外来生物対策の具体的事例の紹介を様々な国から来た参加者が熱心に聞き、質疑応答も大変活発で、外来種問題は、先進国、途上国に関わらず深刻な環境問題となっていることが浮き彫りとなりました。



バスバーガーを食べながら
熱心に発表を聞く来場者の皆さん



サイドイベントで配布された
「オオクチバス・バーガー」

23日は、会場の外にある交流フェアと呼ばれる様々な団体がブース展示をしているエリアで、政府専用テントにおいて、「マンガース物語」という紙芝居を上演しました。マンガースは、毒蛇のハブ退治目的で南アジアから沖縄・奄美に導入された動物です。結局、島で増えることに成功はしたけれどもハブ退治には余り役に立たずに、島の貴重な固有種であるヤンバルクイナやアマミノクロウサギを捕食してそれらの数を減らしていることが判明したため、環境省の法律で「特定外来生物」に指定され、



紙芝居「マングースものがたり」を
熱心に聞く来場者たち

駆除されているという、悲しい現実を紹介しました。紙芝居上演前には、当研究室のスタッフがヤンバルクイナの着ぐるみを着たり拍子木を打ったりしてお客さんを集めるのに奔走しました。その甲斐あってか、130名の来場者を迎え、立ち見が出るほど盛況な催し物となりました。

紙芝居上演後は、専門家たちが壇上に並んで、会場から質問を受け付けるというコーナーを設けました。ここでもまた熱心な来場者たちから多数の質問が出ましたが、それ以上に熱心な専門家たちがひとつひとつの質問に対して全員で答える（意見をいう？）という、ちょっと迫力がありすぎるコーナーとなってしまいました。

こうして、準備にも大きな時間をかけて臨んだサイドイベントは全て成功に終わりました。いずれのイベントも、2時間という限られた時間の中で準備、

開催、撤収を行わなければならない、環境研スタッフも環境省もまるでイベント業者のようにはかけずり回りました。会議全体からみればささやかなイベントではありましたが、少しでも多くの人々の心に、外来生物問題というキーワードが残っていればと今は願っています。

ちなみに今回のCOP10では200以上ものブースの展示が行われたとのことですが、閉会後に撤収されずに放置された配布物が膨大な廃棄物と化したと聞いています。その総重量は6トンにも上ったそうです。生物多様性保全とは自分の好きな生き物のことだけ考えるのではなく、ゴミを出さないという当たり前の環境保護から始まるのではないかと思うのですが。

（ごか こういち、環境リスク研究センター
主席研究員）



ヤンバルクイナのクイちゃんと筆者

表彰

受賞者氏名：西澤智明

受賞年月日：2010年9月10日

賞の名称：広野賞（レーザ・レーダ研究会）

受賞対象：次世代大気モニタリングネットワーク用多波長高スペクトル分解ライダーの開発(2)（第28回レーザーセンシングシンポジウム、同予稿集、28-31、2010）

受賞者からひとこと：第28回レーザーセンシングシンポジウムにおいて広野賞（若手研究者を対象とした奨励賞）を頂きました。受賞研究は、杉本伸夫・松井一郎（国環研）両氏と共に開発している次世代大気エアロゾルモニタリング用多波長高スペクトル分解ライダー（HSRL）に関するもので、環境研究総合推進費（H20-H22）の助成のもと進めています。国環研では2波長偏光Mie散乱ライダーを用いた地上ネットワーク網をアジア域で構築し、黄砂と大気汚染粒子の動態を長年にわたり観測してきました。そこで本研究では、エアロゾル種のより詳細な分類とより精緻な光学特性の測定を主眼としたネットワーク観測用ライダーの開発を行いました。具体的には、大気汚染粒子の分類測定（煤と硫酸塩粒子に分類）を可能にするHSRL技術を導入し、その多波長測定技術の開発を行いました。また、この多波長HSRLで測定される7チャンネルデータを有効活用することで4種エアロゾル（黄砂、煤、硫酸塩、海塩）を分離推定するデータ解析手法の開発も行いました。このデータ解析を含めた多波長HSRLによるネットワーク観測は、大気中に混在する主要なエアロゾル種ごとの動態や光学特性の変動の解明と併に、気候影響評価に欠かせない数値モデルの検証や同化に多大なインパクトを与えることが期待されます。

受賞者氏名：成岡朋弘、山田正人

受賞年月日：2010年11月5日

賞の名称：第21回廃棄物資源循環学会研究発表会優秀ポスター賞（一般社団法人廃棄物資源循環学会）

受賞対象：RO膜による廃棄物最終処分場浸出水中のホウ素およびフッ素等の除去に関する研究（第21回廃棄物資源循環学会研究発表会、同予稿集、2010）

受賞者からひとこと：第21回廃棄物資源循環学会研究発表会において優秀ポスター賞を授与されました。対象となった研究は、東レ株式会社地球環境研究所との共同研究であり、排水に含まれるホウ素等の処理を目的として行った、新規RO膜の開発とそれを用いた浸出水処理の実証試験の結果をまとめたものです。新規開発したRO膜によってホウ素等について一律排水基準を満たす水処理が可能であることが示唆されましたので、今後は、総合的な処理システムの構築を目指すとともに、東レ株式会社による事業化を期待するところであります。

受賞者氏名：土井妙子

受賞年月日：2010年11月8日

賞の名称：文部科学大臣賞 平成22年度 原子力・放射線安全管理功労表彰（主催：（財）原子力安全技術センター、（財）日本分析センター、（社）日本アイソトープ協会、（財）核物質管理センター、協賛：放射線障害防止中央協議会、後援：文部科学省）

受賞対象：国立環境研究所の放射線安全管理業務において放射線安全管理に関する研究者や学生への技術的な指導、筑波地域の放射線管理担当者とともに安全教育への尽力など、安全確保への貢献

受賞者からひとこと：「放射線安全管理功労者」として文部科学大臣賞を受賞いたしました。国立環境研究所において放射線管理を31年間、この間29年間選任放射線取扱主任者を務め、長年安全に放射線管理を行ってきたことが今回の受賞となりました。その他、所外において筑波地区の放射線施設同士が相互に研鑽を積み技術情報を交換することにより安全な管理を行うために設立された「筑波放射線安全交流会」の運営に参加してきたこと、また、（社）日本アイソトープ協会の主任者部会委員として安全教育等に携わったことも受賞の対象となりました。なお、今回の受賞は国立環境研究所の放射線施設の安全管理に対する受賞でもありますので、これまでの関係者及び所外の多くの方々の指導・協力・支援の賜物であると、皆様には心より感謝の意を表したいと思います。

受賞者氏名：斉藤拓也

受賞年月日：2010年11月18日

賞の名称：大気化学研究会奨励賞（大気化学研究会）

受賞対象：揮発性有機化合物の放出・輸送・変質に関する研究

受賞者からひとこと：本賞の対象となった研究は、揮発性有機化合物（VOC）の大気への放出過程や大気中における輸送及び変質過程の解明を目的として行ったものです。本研究ではVOCの濃度や安定同位体比の大気観測に基づく解析を行った結果、（1）光化学オキシダントの前駆体として作用する非メタン炭化水素の発生源域上空における分布が、主に光化学的年齢の異なる空気塊の鉛直混合によって規定されていること、（2）強力な温室効果気体であるパーフルオロカーボンが東アジア域から大量に放出されていること、（3）熱帯林生態系が、成層圏オゾン破壊物質である塩化メチルの主要な発生源域であり、その中でも熱帯植物が最大の発生源であることなどを明らかにしました。これまで本研究にご協力いただいた共同研究者や関係者の皆様に深く感謝すると共に、今回の受賞を励みに、今後もVOCの関わる地球環境問題の解決に向けた研究を進めていきたいと考えております。

新刊紹介

NIES Annual Report 2010 AE-16-2010

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回発行されています。第2期中期計画の調査・研究部門を担う、研究プログラム担当の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。
(循環編集委員会英文年報班主査 中山忠暢)

国立環境研究所特別研究報告 SR-93-2010

「貧酸素水塊の形成機構と生物への影響評価に関する研究（特別研究）」(平成19～21年度)

閉鎖性海域で最大の水環境問題である貧酸素水塊に着目し、その発生の主因である水塊中の有機物の分解や底泥への沈降、底泥による溶存酸素消費、代表的な種類の二枚貝に対する影響評価、水質再現のための3次元流動・生態系モデル・シミュレーションの構築・改良について、東京湾を調査対象として行ってきた結果を取りまとめました。この中で(1)陸起源のものより内部生産(植物プランクトン)に由来する粒子態の有機物の分解性(および酸素消費能)が非常に高いこと、(2)底泥の酸素消費速度は底生生物の現存量より泥温と硫化物含量に大きく依存すること、(3)劣悪環境である運河部での二枚貝の現場飼育試験において貧酸素水塊に対する耐性は種ごとに顕著に異なっていたこと、(4)3次元流動・生態系モデル・シミュレーションにおいて、浮遊系の有機物を易分解性・難分解性のものに区別し、底泥の酸素消費速度の実測値を適用することにより水質再現精度が上昇したことが明らかとなりました。以上、得られた結果は、研究成果としてはもとより、東京湾以外の貧酸素水塊に見舞われている閉鎖性海域の水環境管理・対策実施のための調査研究手法を例示したものと考えております。
(水士圏環境研究領域 牧 秀明)



編集後記

前号に掲載された「エコチル調査」に係わることになり、忙しい毎日を過ごしている。

何年にもわたる疫学研究では、終了時まで追跡できる人はいかに多く確保できるかが調査の成否を握っているといっても過言ではない。そのためには調査の意義を理解していただき、自らがこの調査を担っているのだと思えていただくことが非常に

重要になる。その意味で、この調査では対象者ではなく参加者と呼んでいる。

さて、コミュニケーションのための有力な道具の一つが「ニュースレター」であることは間違いない。

これまで10年ちかく携わってきた、このニュース編集の経験をうまく活かすことができれば幸いである。
(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

無断転載を禁じます

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可
本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [Aランク] のみを用いて作製しています。