

国立環境研究所ニュース

平成25年(2013)12月
Vol.32 No.5

特集 メコン流域ダム貯水池の生態系機能評価



メコン川本流で投網魚を行う子どもたち

Contents

- 2 ダム開発による生態系機能の変化
- 3 ダム貯水池は「湖」か? ー食物網解析による検証ー
- 6 一次生産を測る ー魚と人の暮らしを支えるものー
- 8 「戦略的環境アセスメント」Strategic Environment Assessment
- 10 特定外来生物セイヨウオオマルハナバチの防除
- 13 「第10回日韓中三カ国環境研究機関長会合(TPM10)」の開催



●特集 メコン流域ダム貯水池の生態系機能評価●

ダム開発による生態系機能の変化

越 川 昌 美

ダム建設の是非は、議論が分かれる問題です。様々な関係者の利害調整の難しさに加え、影響についての知見が不足していることが、議論の決着を困難にしています。本号でご紹介するメコン川は、東南アジアの6か国を流れる国際河川です。これまでも支流にダムが建設されていましたが、現在は本流のタイ、ラオス、カンボジアで11箇所のダム建設が計画されており、いくつもの国の利害が絡んで調整が複雑になっています。

メコン川本流にダムが建設されると、貯水池となる土地が水没する、下流の水量が変化するという直接的影響だけではなく、流域の生態系や人の暮らしに様々な間接的影響が及ぶことが予想されています。しかし、環境変化に伴う生態系変化については不明な点が多く、ダム推進派・反対派双方が納得する予測を示すためには、生態系に関する基礎的な知見の蓄積が必要です。

本号では「メコン流域ダム貯水池の生態系機能評価」と題して3本の特集記事をお届けします。ダム貯水池（一般にはダム湖とも呼ばれます）の生態系機能とは、どのようなもののでしょうか？生態系機能とは、生物と環境の相互作用に伴うエネルギーや物質の移動や蓄積を指す用語です。さらに、生態系機能のうち、人間がその恩恵に浴しているものが生態系サービスと呼ばれます。本号でご紹介する研究では、ダム貯水池の水質や光環境に応じて藻類が光合成すること、藻類等を出発点とする食物網を介して魚が生育することを生態系機能、食用になる淡水魚が生育することを生態系サービスと呼んでいます。

1本目の特集記事であるシリーズ先導研究プログラム(p.3-5)では魚類生産を支える食物網を解析する試みをご紹介します。ダム貯水池で採取した魚を分析すると、比較的単純なピラミッド型の食物網によって魚が生育していることがわかりました。他方、自然湖沼であるトンレサップ湖で採集した魚を分析した結果、起源が異なる餌を出発点とした複雑な食物網によって多様な魚が生育していることが明らかになりました。一般に複雑な食物網を持つ生物群集

は安定していると考えられることから、著者は、貯水池に見られた比較的単純な食物網が、自然湖沼の複雑な食物網と比較して、環境変化に弱いかもしれないと類推しています。

2本目の特集記事である研究ノート(p.6-7)では食物網の出発点である藻類の一次生産に注目して生態系機能を評価する研究をご紹介します。ダム貯水池では、全リン濃度が高いほど一次生産量が多く、漁獲量も多いという単純な関係が明らかになりました。他方、自然湖沼であるトンレサップ湖では、全リン濃度が高いにもかかわらず光不足のために一次生産量が少ないこと、豊富な漁獲量は一次生産だけでなく湖岸由来の有機物に支えられている可能性があることがわかりました。

このような生態系に関する知見をダム開発の適切な計画に役立てるための手続きが「戦略的環境アセスメント」です。3本目の特集記事である環境問題基礎知識(p.8-9)では、従来の環境アセスメントに代わって戦略的環境アセスメントが近年注目を集めている背景を説明します。

特集記事の著者らが目指しているのは、メコン流域における生態系機能評価に関する研究をとおして、メコン流域のダム開発についての科学的知見を提供することはもちろん、メコン以外の地域でも広く役立つ迅速・簡便・高感度な戦略的環境アセスメント技術を開発することです。

より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：

地球化学が専門で、生態学に関しては門前の小僧です。国環研ニュース2002年21巻3号に「生態系機能」と「生態系サービス」に関する環境問題基礎知識が掲載された当時は、いまひとつ実感が湧かない新しい用語だと感じていました。この特集をニュース編集委員として担当し、少し身近に感じるようになりました。

【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】

ダム貯水池は「湖」か？ —食物網解析による検証—

福島路生

はじめに

インドシナ半島の6か国を流れるメコン川は、その流域面積が日本の国土の2倍もある大河川です。この川には、アマゾン川に次いで2番目に多い900種近い淡水魚が生息し、同時にひとつの河川流域としては世界最大の漁獲量（260万トン/年）が流域にすむ数千万人の食と生計を支えています。

多種多様な魚類がメコン流域を広く自由に回遊し、成長、産卵してまた子孫を残すサイクルが綿々と繰り返されてきたことで、この豊かな“自然の恵み（生態系サービス）”を、当たり前のものでして人々が安定して享受することができるのです。ところが今、この地域では経済発展にともない電力需要が急増し、ダム建設による水力発電が人々の暮らしを豊かにするという考えが台頭してきています。しかし、ダムで回遊魚の回遊経路は分断され、また生息環境が改変されることで漁獲量は確実に低下するでしょうし、種によっては地域的に絶滅するものが出てくることも、これまで世界のダム開発で得られた教訓のはずです。水力発電も広い意味で生態系サービスかもしれませんが、食べるものを犠牲にして国が豊かになるとは到底考えられません。

一方で、ダム建設は、メコン流域のように平坦な地形では特にそうですが、巨大で水深の浅い、適度に富栄養なダム湖（貯水池）を生みます。一見、自然湖沼とも見間違えるメコン流域のダム貯水池では、古くからティラピアなどの外来魚を、最近ではその地域の在来魚を大量に放流した養殖が盛んに行われています。その養殖魚の漁獲量がダムで失われた野生魚の漁獲量を埋め合わせる、という主張をよく耳にするようになりました。ダム開発で得られる生態系サービスは、失われるサービスをはたして上回るのでしょうか。

この疑問に答えるためには、ダム貯水池の生物生産がどの程度見込まれるか、また生産された有機物が食物連鎖を通じてどのように高次捕食者である魚

類に伝わるかを解明する必要があります。この2点について明らかにするため、メコン流域の複数のダム貯水池と比較対象地としてカンボジアのトンレサップ湖で定期的に現地調査を行い、データの収集とその解析を行っています。前者については研究ノートをご覧くださいとしまして、ここでは後者の食物網構造について先に紹介します。

因みに、このような観点でダム開発の環境影響評価を行った例は過去に無く、計画中のダム建設の位置や規模を決定する段階から、戦略的に事業の環境影響や費用便益を評価する手法を開発するのが、今取り組んでいるプロジェクト「戦略的環境アセスメント技術の開発と自然再生の評価」の目的です。

炭素・窒素安定同位体比による食物網解析

筋肉などに含まれる窒素の安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）は、捕食者によって捕食され、分解吸収される生化学的プロセスの中で同位体分別という現象が生じて濃縮されます。その濃縮の割合、つまり「食うもの」と「食われるもの」の窒素安定同位体比の差は、常にほぼ一定の値（3.4‰）をとることが知られています。そのため生物種ごとの $\delta^{15}\text{N}$ 値から、その生物の栄養段階を知ることができます。一方、炭素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）は捕食によって濃縮されることはほとんどなく（ $< 1\text{‰}$ ）、餌の起源となる一次生産者の $\delta^{13}\text{C}$ 値が食物連鎖を通じて高次の捕食者に引き継がれます。河川や湖沼では、一次生産者となる植物プランクトン、付着藻類、水草、あるいは水域に取り込まれる陸上植物（落ち葉など）はそれぞれに異なる $\delta^{13}\text{C}$ を持つため、高次捕食者の $\delta^{13}\text{C}$ 値から、その生物の餌の起源を推測することができるのです。これら2つの元素の同位体比の特徴を理解すると、ある生物群集の食う—食われるという食物連鎖、さらにその連鎖が複雑に絡み合った食物網の構造をひもとくことができ、目に見えない水の中でのエネルギーの流れが見えてきます。

●特集 メコン流域ダム貯水池の生態系機能評価●

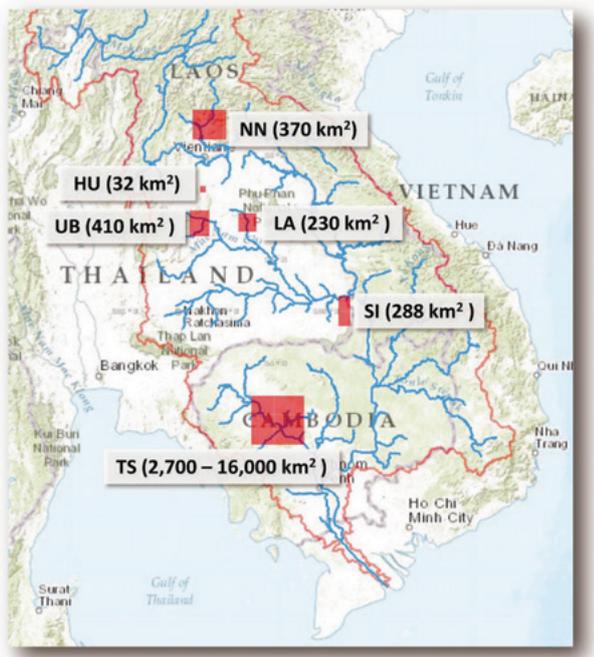


図1 調査対象としたダム貯水池と湖沼
 NN=ナムグム貯水池、HU=フェイロン貯水池、
 UB=ウボンラット貯水池、LA=ランパオ貯水池、
 SI=シリントーン貯水池、TS=トンレサップ湖。
 カッコ内は湖面面積を示す。

ダム貯水池と自然湖沼の食物網

淡水魚類をはじめ、生物の採集を行ったダム貯水池は、北から南にラオスのナムグム (NN)、タイのフェイロン (HU)、ウボンラット (UB)、ランパオ (LA)、またシリントーン (SI) という全部で5つの貯水池で、いずれも60–70年代に発電または灌漑を目的とした建設されました (図1)。その表面積は、HUを除いていずれも日本の霞ヶ浦 (約220 km²) を上回ります。比較対象地のトンレサップ湖はさらに大きな水界であるため、上流と下流の2地点 (TS1、TS2) で生物の採集を行いました。

2012–2013年に上記6つの水界 (7地点) から採集した淡水魚はのべ53種 (444尾) を数えました。これらの魚種を、文献から調べた食性に基づいて3つのタイプ (藻類食魚、雑食魚、肉食魚) に分類し、水界ごとに炭素・窒素安定同位体比をプロットしてみました (図2)。ここで、3つの食性タイプから多くの水界に共通してみられた淡水魚を1–3種選び、マップ上のどの位置にプロットされるかを水界間で比較するため、種ごとに色を違えて表示しました。

これら同位体比マップ上に出現した食物網からまず言えることは、食性から予想した栄養段階 (藻類食、雑食、肉食) が、窒素安定同位体比の大小とよく一致し、肉食性の強い高次捕食者ほど $\delta^{15}\text{N}$ 値が高い位置にプロットされていることです。これは高次捕食者に至るまでに「食う–食われる」が繰り返されたことで重たい窒素がより多く体に残された、つまり同位体分別の度合いが増したことを反映します。また高次捕食者ほど、栄養段階の低い餌の炭素安定同位体比を順繰りに平均化していくため、種内 (個体間) での $\delta^{13}\text{C}$ のバラつき (SD) は次第に小さくなり、全体としてピラミッドの形をした食物網構造を示します。ここで肉食魚の代表として取り上げた2種はギギ科とナギナタナマズ科に属し、他の肉食魚も多くはナマズの仲間です。雑食魚と藻類食魚は、図2の代表的な種も含めてほとんどがコイ科の魚です (図3)。

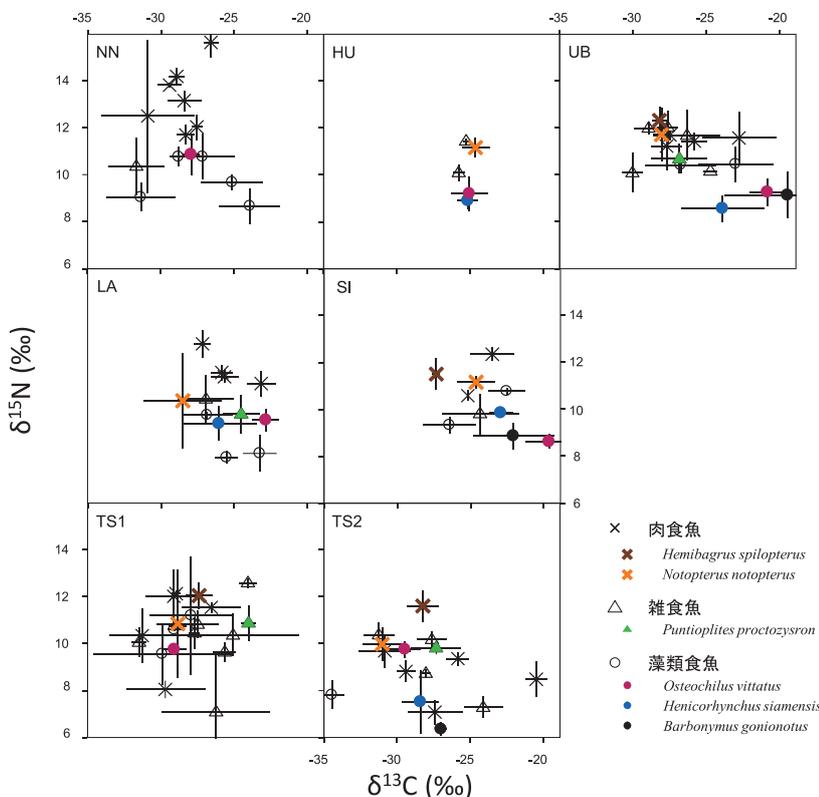


図2 メコン川流域の5つのダム貯水池と湖沼 (トンレサップ湖の2地点) の淡水魚の炭素・窒素安定同位体比マップ
 肉食魚 (×)、雑食魚 (△)、藻類食魚 (○) からそれぞれ代表種を選び、固有色でハイライトした。水界の記号は図1を参照。エラーバーは種ごとに複数個体の同位体比の標準偏差 (±1SD) を示す。

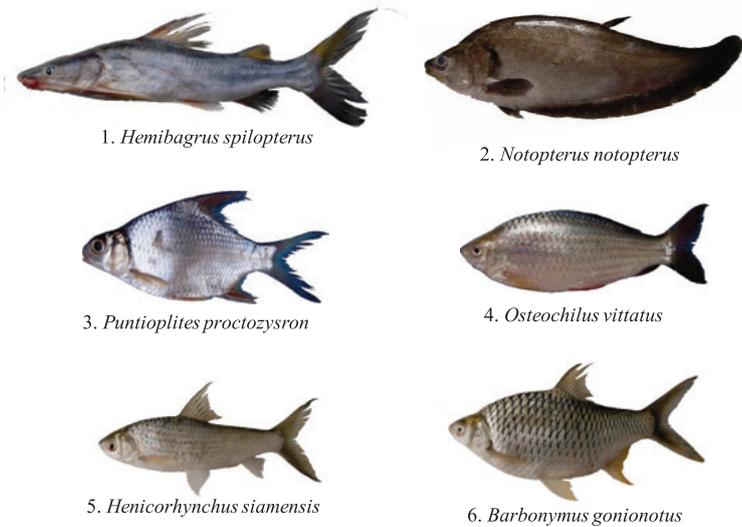


図3 貯水池で採取された代表的な肉食魚2種(1、2)、雑食魚(3)、藻類食魚(4、5、6)

貯水池の中ではHUの $\delta^{13}\text{C}$ のバラつき(種間・種内とも)が他の水界と比べてはるかに小さいことが注目されます。採集した種数が少ないせいもありますが、もっとも小さい水界でエネルギー流路が単純になるのは納得できます。水界サイズが巨大なNN、UB、LAはピラミッド型の食物網を呈し、いくつかタイプの異なる生産者を起源とする複数のエネルギー流路の存在が示唆されます。

さてトンレサップ湖(TS)の食物網はどうでしょうか。貯水池と比べてみると、 $\delta^{13}\text{C}$ の変動幅が大きいことがわかります。よく見るとTS1では種内の個体間の変動が大きく、下流にあるTS2では種間の違いが大きいようです。また、貯水池では $\delta^{15}\text{N}$ 値に応じて食性タイプが比較的きれいに分かれたのに対し、TSでは3つの食性タイプは縦軸方向に入りまじり、 $\delta^{15}\text{N}$ がきわめて低い(<10‰)肉食魚が存在し、雑食魚の変動幅もとても大きいです(>5‰)。しかしTS2では、肉食魚の*H. spilopterus*と藻類食魚の*B. gonionotus*の $\delta^{15}\text{N}$ の開き(5.2‰)が、UBの3.2‰またSIの2.6‰と比べはるかに大きいことから、トンレサップ湖では貯水池より長い食物連鎖が存在するようにも見て取れます。

おわりに

以上のように、低次の捕食者から高次のそれへと移行するにつれエネルギー流路が収束していくという教科書にありそうな食物網構造は、自然湖沼では

なくむしろ人為的に作り出された貯水池の生態系に見ることができます。

食物連鎖の出発点である藻類やそれを直接捕食する貝類のサンプルの分析がまだ終わっていないので確実なことは分かりませんが、トンレサップ湖の食物網構造がきわめて複雑であることは間違いありません。同位体比の異なる複数の生産者を起源とする幾筋かの食物連鎖がこの水界にはあるようです。この湖は、雨季にメコン川本流から水が逆流して数メートル以上も水位が上昇し、表面積も5倍に膨れ上がります。そのため餌となる有機物が湖の中で生産されるもの以外に、周囲の氾濫原やひよっとするとメコン川本流からも供給されているのかもしれませんが、そもそも多くの魚たちが自ら本流と湖との間を季節的に大移動することが知られています。湖に生息する魚種の数も200近くに上り、多くても数十種の魚類しかいない貯水池を大幅に上回ります。食物網が複雑になるのは当然かもしれません。

複雑な食物網を持つ生物群集は一般に安定していると考えられます。何かの原因で、その中のひとつの食物連鎖が仮に途切れたとしても、高次捕食者は代替りの連鎖に餌を切り替えることができるかもしれないからです。逆に、貯水池に見られたピラミッド型食物網は不安定と言えるかもしれません。まだできて半世紀ほどの生態系ですから、今後安定して生態系サービスを供給し続けられるかどうかは何とも言えません。しかし、貯水池と湖沼は似て非なるもの、特に水の中で繰り広げられる、食う-食われるという関係はかなり異質なものであることは確かなようです。

(ふくしま みちお、生物・生態系環境研究センター 生態系機能評価研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール:

熱帯であるメコンの魚と、北海道の、しかも稚内近くをフィールドにイトウという日本最大の淡水魚を同時に研究しています。親父は「魚の研究者」としか子供らからは認識されていません(ひよっとして職場でも?)。それが環境研究につながるということ、いずれは分かってもらえるのでしょうか。サッカーを観戦&プレーすることが趣味です。



●特集 メコン流域ダム貯水池の生態系機能評価●

【研究ノート】

一次生産を測る ー魚と人の暮らしを支えるものー

広木 幹也

皆さんは「一次生産」という言葉をご存知でしょうか？生態学分野では、生物が二酸化炭素から有機物を生産することを「一次生産」と呼んでいます。植物が光エネルギーを使って有機物を合成する（光合成）ほかにも、細菌類の中には光エネルギーを利用せずにアンモニアや硫黄などの還元性物質を酸化して得られるエネルギーを利用して二酸化炭素から有機物を合成する（化学合成）ものもあります。これらの一次生産者によって合成された有機物を餌として他の動物は成長、増殖し、食物連鎖を形成するため、一次生産はその生態系全体の生物量と生産量を支えており、一次生産が大きい生態系ほど、高次生産者の生産量も大きくなることができます。

湖沼の生態系では一般に、植物プランクトンがこの一次生産を担っていると考えられています。湖沼では、植物プランクトンの増殖は時としてアオコの発生など生態系への悪影響が生じるリスクを伴いますが、藻類生産に支えられる食物網がもたらす魚類生産は、水産資源の提供など生態系サービスと捉えることができます。メコン川流域のダム開発を進める上で、新たに創出されるダム貯水池における一次生産の質と量を明らかにしていくことは、適切な開発と管理を行っていく上で非常に重要なことです。

湖沼での一次生産は色々な方法で測定されますが、それぞれ長所や短所があります。研究という視点からは正確な値を求めるということが重要になりますが、調査した結果をもとにその後の環境影響評価などを行う場合、測定に要する時間や費用も、特に国外で実施する場合には利用できる実験設備や試料の運搬などの制約も考えて、どのような手法で調査を行っていくかを考えなければなりません。そのような点を考えて、我々は、原子量13の炭素の安定同位体（炭素原子の殆どは原子量が12）を利用して、自然条件下の一次生産を野外で実測しています。これは、湖からくみ上げた湖水をガラス瓶に入れ、通常は1%しか存在しない原子量13の炭素原子を10%

になるように炭酸塩を加えて、ビンを一定時間、湖に沈めて植物プランクトンに光合成をさせる手法です。瓶を回収した後、その中の植物プランクトンをろ過し、その中に含まれる原子量13の炭素原子の量を質量分析計を用いて測定して、光合成された炭素の量を求めています。

この方法は、植物プランクトンが光合成した炭素量を直接、測定しているという点で信頼性が高い手法であるということと、比較的短時間の現場作業（1～2時間）で測定が可能という利点があります。また、昼間に現場実験で得たサンプルは夜間にホテルの部屋で（場合によっては屋外や移動中の車の中でも！）携帯用のろ過器を使ってろ過するので、現地では特別な実験室や特殊な分析器具を必要としません。ろ過したフィルターのみ実験室に持ち帰って質量分析計で測定を行っています。現在、我々はタイ、ラオス、カンボジアにおいて現地の共同研究者と一緒に熱帯の湖沼、貯水池の一次生産を調査、比較しています。車で移動しながら、昼間は湖沼で調査を行い、夜はホテルで試料の処理を行い、翌日は次の調査地へ向かいます。将来的には、このような経験に基づいて、特殊な設備を必要としない簡便な一次生産測定マニュアルを確立し、世界各地における戦略的環境アセスメントに役立てたいと考えています。

このように測定した一次生産の結果を比べてみると、湖沼、貯水池によって、大きな差があります。タイ、ラオスの5つの貯水池とカンボジアの自然湖沼であるトンレサップ湖における、湖心部で測定した一次生産と漁業統計から得られた漁獲量の関係を示したのが図1左です。それぞれ面積当たりに換算したとき、ダム貯水池では一次生産量が大きい貯水池ほど大きい漁獲量が得られていることが分かります。漁獲量は魚法や対象となる魚の種類によって変わってきますが、新たに創出された貯水池の漁獲量と一次生産の間にこのような関係が認められること

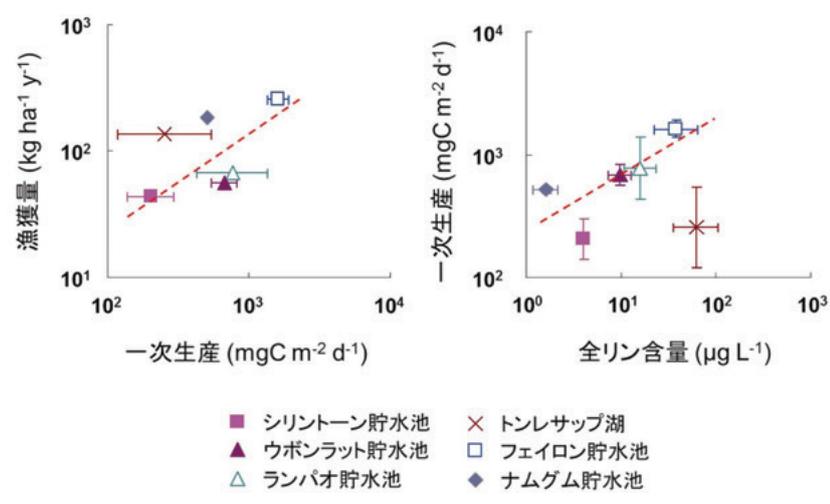


図1 湖水中の一次生産と漁獲量（左）および全リン含量（右）との関係

は、貯水池の一次生産量を知ることができればその貯水池から潜在的にどれ位の漁業生産が見込めるのか推定できるということを示しています。では何故、一次生産は貯水池によって異なるのでしょうか。

一次生産に影響する要因については、これまでも多くの研究がなされてきました。普通に言われるのは栄養塩の量との関係で、特に、水中の全リン含量と一次生産の関係が指摘されています。私たちの調査でも、水中の一次生産と全リン含量の間には正の相関関係が認められました（図1右）。植物プランクトンは水中の窒素やリンなどの栄養塩を使って増殖します。一般に、湖沼ではリンが制限因子になっている場合が多いので水中の利用できるリンの量に比例して植物プランクトンは増殖します。これらの栄養塩濃度が過度に高くなると、植物プランクトンの大増殖を招いて、いわゆるアオコが発生します。では、これらのリンはどこから来るのでしょうか。

周辺に都市や農耕地の多い地域では、人為起源のリンの流入が考えられます。一方、山間部に新たに作られたダム貯水池ではそれまで草原や森林であった土地が水没することにより陸上の植物や土壌有機物に含まれていたリンの溶出に由来するものの寄与も大きいのではないかと考えています。新たにダム貯水池を計画する時に、地質や土壌の性質、周辺の土地利用情報などから、ダム貯水池の一次生産を予測できないかということで、土壌、底泥からのリンの溶出機構についての研究も進めているところです。

ところで、ダム貯水池のリン濃度と一次生産量、漁獲量の間にはこのような正の相関関係が見られる

のですが、自然湖沼であるトンレサップ湖では、このような関係から外れています（全リン含量は多いが一次生産は少なく、漁獲量は多い）。これは何故でしょうか。

トンレサップ湖はタイやラオスのダム貯水池と異なり水深が浅くて広大、季節的に水の動きも激しく、底泥が巻き上がるため非常に透明度が低い（季節によっては10 cm以下）という特徴があります。そのため、リン濃度は高いのですが光が水中に届かず、植物プランクトンによる光合成が水中のごく表層でのみ行われているという事情があります。実際、1、2月の比較的水位の高い時の調査でも、トンレサップ湖のシェムリアップでは表層で60µgCL⁻¹h⁻¹の一次生産に対して、60 cm層では10µgCL⁻¹h⁻¹に減少していました。一方、私たちが調査を行っている貯水池の中で最も栄養塩濃度が低いタイのシリントーン貯水池では表層では5µgCL⁻¹h⁻¹程度ですが、5 m層でもほぼ同程度の一次生産が観測されています。このように、多くの湖沼や貯水池ではリン濃度が制限因子になっているのに対し、トンレサップ湖ではリン濃度よりも光環境が水中の一次生産の制限因子となっていると考えられます。しかし一方で、トンレサップ湖では大きな漁獲量が得られていることも事実です。自然湖沼であるトンレサップ湖では雨季-乾季で水位や湖沼の面積が大きく変わり、それにとまって生じる沿岸域の広大な沈水林などからの有機物の供給も大きく、これが豊かな食物網構造を支えているのではないかと考えています。そのメカニズムを明らかにしていくことも今後の課題です。

（ひろき みきや、生物・生態系環境研究センター 生態系機能評価研究室 主任研究員）

執筆者プロフィール：

元々は土壌微生物学が専門ですが、環境問題を扱ううちに色々なフィールドに出るようになりました。プロジェクト研究では専門の違う人達と一緒に仕事をする事で新たな視点が得られる面白さがあります。ミクロな生き物の活動が物質循環を通して生態系全体を動かしていることに、今更ながら驚かされました。



●特集 メコン流域ダム貯水池の生態系機能評価●

【環境問題基礎知識】

「戦略的環境アセスメント」 Strategic Environment Assessment

野原 精一

戦略的環境アセスメント(Strategic Environment Assessment, SEA)は、従来の環境アセスメント(Environment Impact Assessment, EIA)が行われる事業の実施段階より上位の段階にある政策や計画・プログラムを対象に、政策等の立案主体が環境への影響をあらかじめ予測評価し、その結果を政策等の意志決定に反映させていく手続きです。

SEAを行う意義は、1) 政策等に関わる意志決定において環境配慮の視点を統合し、上位にある政策や計画・プログラムを対象として、その政策や計画等の内部に環境配慮を盛り込むこと、2) これまでの事業アセスメントの情報公開のタイミングが遅かったことや、複数の事業が累積した時の複合的な影響評価ができなかった限界へ対応すること、3) 従来の行政システムに比べて政策や計画の策定過程における住民への説明責任を強めることになり、情報公開と情報交流により政策等の透明性を高めること、があげられます。

国際的には、持続可能な社会形成のツールとして、アメリカ、カナダに続き、EU加盟国27か国中25か国がSEA制度を導入しています。アジアでは日本、韓国、中国などのほかベトナム、香港で導入しており、フィリピン、タイで制度を創設中です。多くの国のSEAは政策、計画、プログラムの策定に環境配慮の組み込みを図る制度となっています(表1)。東南アジアに定着するにはしばらく時間が掛かりそうですが、メコン河流域の増大するダム開発にはSEAによる生物多様性や環境への影響を最小限にする検討が大切になっています。今後重大な環境影響の回避または低減を図るためにSEAは重要なツールとなっていくことでしょう。

我が国では、「SEA導入ガイドライン」に基づいて、SEAによってルート、立地地点等の決定にあたり、評価結果を踏まえた環境配慮を実施することにより、重大な環境影響を回避・低減します。その後、環境影響評価法に基づく環境影響評価を行い、より

詳細な計画に基づき、調査・予測・評価を実施し、環境保全措置を検討します。そのガイドラインでは、事業の位置・規模などの検討段階においてSEAの共通な手続き、評価方法などを示しています。具体的なSEAの実施については、関係各省庁などが具体的なガイドラインなどを作成し、取組を進めることが期待されます。

従来のEIAとSEAの大きな違いは、前者で行う「環境保全措置」では、事業を実施する前提で、たとえば希少な生物を保護するために他の生息地を確保するといった対応がとられるのに対して、後者で行う「環境配慮」では事業を実施しないこと(ゼロオプション)も含めた対応も可能となることです。

歴史的には、「環境影響評価法」の施行(平成11年6月)から10年が経過したことを踏まえて、環境省中央環境審議会総合政策部会環境影響評価制度専門委員会は、「環境影響評価法」の施行状況についての検討を行いました。その結果に基づいて必要な措置を講じ、平成22年2月に「今後の環境影響評価制度の在り方について」を答申しました。この答申を踏まえて、「環境影響評価法の一部を改正する法律」が、平成23年4月に公布されました。この法改正により、従来の環境アセスメントに計画段階配慮事項の検討結果を記す「配慮書手続」や環境保全措置等の結果を記す「報告書手続」等が新たに加わりました。

「配慮書手続」は重大な環境影響の回避または低減を図るため、「環境影響評価方法書」の作成の手前の手続として、対象事業に関する位置、規模等の計画の立案段階で複数案を設定し、環境の保全のために配慮すべき事項について検討します。事業の位置と規模が決まる前に幅広い選択肢について検討する「配慮書手続」における予測は、重大な環境影響の回避または低減を図るという法の趣旨を勘案して、既存資料の活用をして簡易な手法により実施します。事業の位置と規模が決まった後の詳細な検討は、従来どおり方法書以降の手続で検討します。

表1 各国におけるSEA制度

国名	制度名	影響評価
日本	SEA導入ガイドライン (2006) 環境影響評価法の一部改正(2011)	「配慮書手続」は対象事業に関する位置、規模等の計画の立案段階で複数案を設定し、環境の保全のために配慮すべき事項について検討する
米国	国家環境政策法 (1969) CEQ規則 (1978)	累積的・複合的環境影響の評価を含む。 代替案の検討が行われる。
カナダ	政策、計画、プログラムに関する 環境アセスメントの閣議指令 (1990, 1999, 2004改正)	累積的・複合的環境影響の評価を含む。 代替案の検討が行われる。
オランダ	環境管理法 (1987, 1994改正) 環境テスト (1995, 2002改正)	計画とプログラムの特徴によりスコーピング段階で決定された幅広い社会経済面の影響評価を含む。累積的・複合的環境影響の評価を含む。代替案の検討が行われる。 並行してビジネス影響評価、実施可能性、執行可能性影響評価が行われる。スクリーニング段階で代替案の検討が行われる。
イギリス (イングランド)	計画及びプログラムの環境影響に 関する規則 (2004)	社会経済面の影響評価は基本的に行われぬ。累積的・複合的環境影響の評価を含む。代替案の検討が行われる。
ドイツ	環境影響評価法/戦略的環境影響 評価導入のための法 (2005改正法 成立)	社会経済面の影響評価は行われぬ。 代替案の検討が行われる。
フランス	自然保護法 (1976, 1993改正)	プログラムに対する環境アセスメントでは、複合的環境影響の評価を含む。代替案の検討が行われる。
韓国	事前影響評価システム/環境政策 基本法 (1993, 2005改正)	社会経済面の影響評価を含む。 代替案の検討が行われる。
中国	中華人民共和国環境影響評価法 (2003)	用いる環境保全措置に対して、経済合理性、社会の許容等に関する論証を行う。代替案の検討は規定されていない。
EU	SEA指令 (2001採択, 2004導入 期限)	累積的・複合的環境影響の評価を含む。 代替案の検討が行われる。
UNECE	SEAプロトコル (2003採択, 未発 効)	累積的・複合的環境影響の評価を含む。 代替案の検討が行われる。

(のほら せいいち、生物・生態系環境研究センター 生態系機能評価研究室長)

執筆者プロフィール：

専門は湿地生態学。連休時の赤雪調査のため尾瀬に通って15年、夏の尾瀬沼に27年、外来種コカナダモが2010年にほぼ消えて長期モニタリングもやっとひと区切り。在来種の復活を確認するのにあと20年は必要と思うが、体力の限界と自然の復活とどちらが早い。フィールド研究者にはまず健康、次に旨い酒ですね。



【シリーズ重点研究プログラムの紹介：「生物多様性研究プログラム」から】

特定外来生物セイヨウオオマルハナバチの防除

五 箇 公 一

人為的に本来の生息地から別の地域へ移送された生物を外来生物と言います。移送された先で外来生物が繁殖することで、在来生物に対して悪影響を及ぼすことが、現在、生物多様性を脅かす要因として、世界的に問題となっています。我が国でもこれまでに様々な外来生物が持ち込まれ、大きな生態系被害が生じています。アメリカ原産のオオクチバス（ブラックバス）は、1925年に食用魚として芦ノ湖に導入されたものが、戦後のスポーツフィッシングブームによって、日本各地の湖沼に放逐され、その結果、在来魚が補食されて減少するという問題が生じています。沖縄および奄美に導入された東南アジア原産のマンガースは、これらの島に生息する毒ヘビのハブを退治するために1910年という古い時代に持ち込まれました。船便で届いたたった16匹のマンガースは、沖縄の森の中で定着して数を増やし、最高10,000匹以上になったと考えられています。しかし、もともと昼行性のマンガースは夜行性のハブと野外で出会う確率は低く、ハブ退治の役にはあまり立ちませんでした。それどころか、ヤンバルクイナやアマミノクロウサギといった島の固有種を補食して、その数を減少させていることが明らかとなり、現在、環境省によって防除事業が進められています。

今後、貿易の自由化の拡大に伴って、様々な外来生物が移送される確率は益々高まり、生態系被害も拡大すると考えられます。このように、外来生物によって在来生物が減少し、生物多様性が攪乱されることを防ぐために、生物多様性条約では加盟各国に外来生物による被害防止を義務づけており、2010年に名古屋市で開催された生物多様性条約第10回締約国会議COP10において採択された「愛知ターゲット（生物多様性保全のための20の目標）」のなかでも、目標9として、外来生物の管理が明記されています。

我が国でも、2005年より外来生物法という、外来生物を管理するための法律が施行されました。この法律では、生態系に被害を及ぼしている外来生物種や、被害をもたらすおそれのある種を「特定外来生

物」に指定して、それらの種を輸入すること、飼育すること、野外に逃がすこと等を禁止するとともに、すでに日本国内で定着しているものについては、行政が責任をもって防除することが義務づけられています。これまでに107種類の生物が特定外来生物に指定され規制を受けています。

国立環境研究所では、生物多様性プログラムの一環として、外来生物の防除技術の開発に取り組んでおり、特定外来生物に指定されているオオクチバス、マンガース、そして小笠原に定着しているグリーンアノール等の効果的な防除手法を他の研究機関とも共同して研究しています。その中で、特に国立環境研究所独自で新規な防除手法を探索している対象種がセイヨウオオマルハナバチです（図1）。



図1 セイヨウオオマルハナバチ（左）と北海道在来のエゾオオマルハナバチ（右）（井上真紀撮影）

セイヨウオオマルハナバチはヨーロッパ原産のハナバチの1種で、温室内で栽培されているトマト等の花粉媒介昆虫としてオランダやベルギーで人工の巣箱が大量に生産されています。この巣箱を温室においておけば、働きバチが花粉を集めに、温室内のトマトの花を訪れ、花から花に花粉を運んで授粉を助けてくれます。これによって、トマト農家さん達は、効率よくトマトの実を生産することができるのです。

日本には1992年から本格導入されました。それまで我が国のトマト生産現場では植物成長調節剤（ホルモン剤）を一つ一つの花に噴射するという手作業によって結実させていました。この作業は大変手間

がかかるとともに、ホルモン剤自体が除草剤を成分としていること、また、種無しトマトしかできないため味が悪いという生産上のデメリットを生んでいました。それがこの外来のマルハナバチの導入によって、トマト農家さん達の省力化が進み、生産規模が拡大できたとともに、安全で高品質なトマトの生産ができるようになったのです。

導入直後からセイヨウオオマルハナバチの需要は急成長し、年間の流通量は、**4,000** 巣箱から現在**70,000** 巣箱にまで増加しました。しかし、ここで生態学的問題が生じました。本種は外来生物であり、野生化した場合に、日本在来のマルハナバチ種に対して悪影響を及ぼす恐れがあったのです。その恐れは的中し、導入してからわずか数年後には北海道で野生化した巣が発見され、その後、野生個体群は北海道内の各地で分布を拡大し、在来マルハナバチと巣穴を巡る競争が生じたり、外来マルハナバチと在来マルハナバチの間で交雑が起こり、在来種の生殖を阻害したりするなどの生態影響が起こっていることが**2005**年までに我々の研究によって明らかになりました。

本来ならば、在来種に甚大な被害を及ぼしているセイヨウオオマルハナバチは、すぐにでも特定外来生物に指定して使用規制しなければなりません。しかし、本種は農業利用のために導入され、今やトマト生産に欠かせない農業資材だったため、簡単に規制に踏み切ることはできませんでした。そこで国立環境研究所の提案により、逃亡しないように網を張った温室のみで、環境大臣の許可のもと使用できるという制限をつけて**2006**年に特定外来生物に指定することになりました。この法規制によりセイ



図2 セイヨウオオマルハナバチ逃亡防止用の網が張られたトマト温室

ヨウオオマルハナバチの野外への逃亡が遮断され、供給源を失った野外の集団もこれ以上は増加しないであろうと予測されました(図2)。

しかし、法規制を受けてから6年以上経った今でも、野外のセイヨウオオマルハナバチは減ることはなく旺盛に飛び回り、彼らの分布域ではやはり在来マルハナバチの姿は減ったままの状態が続いています。結局、供給源は断たれても、野生化した集団は、北海道の環境に適応し、増え続けていることが判明したのです。このため、北海道庁もボランティアを募って、**2007**年から網による捕獲作業を全道的に続けていますが、毎年の捕獲数データには大きな変化はなく、つまり捕獲による抑制効果が低いことが示されています。セイヨウオオマルハナバチは、一つの巣あたりの新女王や雄の生産量が非常に大きく、もともと種内での巣穴を巡る競争が激しい種なので、現状の捕獲努力では間引き効果しか得られない可能性が高いと考えられました。

捕獲の効果も上がらず、北海道庁もボランティアの方々もモチベーションが低下しつつあり、このままでは防除事業そのものが立ち消えになってしまう恐れがありました。そんな状況で迎えた**COP10**の年、**2010**年に、天皇陛下と美智子様が研究所にご訪問され、外来生物研究の説明対応をさせていただいた筆者に、陛下が一言「北海道の外来マルハナバチはどうなっていますか？対策はとれますか？」と聞かれ、思わず筆者は「これから何とかします」とお答えしてしまったのでした・・・

お答えした以上は、何が何でもセイヨウオオマルハナバチの防除技術を開発する必要がありました。そこで、「生物多様性プログラム」の研究テーマとして本種の防除手法開発を立ち上げ、検討を進めました。そして、我々は社会性昆虫という本種の生活史特性を利用した駆除手法を開発しました。

マルハナバチは1匹の女王が巣内に留まり、働きバチや新しい女王、雄の卵を産みます。そして彼らが孵化して生まれた幼虫に、外で花蜜や花粉を集めてきた働きバチたちが餌を与えて世話をします。そこで、この外で働いている働きバチに特殊な殺虫剤を散布して、巣に持ち帰らせることで、巣内の幼虫たちに殺虫剤を暴露させて、その成長を阻害しようという作戦を考えだしました。新女王や雄が幼虫のうちに死んでしまえば、もう次の年には巣は作れなくなります。我々はこの新手法を「ハチの巣コロ

リ」と名付けました。

もちろん殺虫剤ですから、他の生物に悪影響がないような化合物および処理方法を考えなくてはなりません。そこで、まず哺乳類や鳥類、魚類などの動物に無害な薬剤として、昆虫成長制御剤（IGR剤）を選びました。このタイプの薬剤は昆虫類の外骨殻の成分であるキチン合成を阻害し、脱皮できなくすることで死に至らしめる薬剤で、脱皮しない脊椎動物には無害です。また成虫には効かないので、効率よくハチの巣に持ち帰らせることができます。ただし、他のマルハナバチ類にもこの薬剤がかかれば影響を受けてしまうので、セイヨウオオマルハナバチだけ捕獲して散布する必要があります。そのときに大きな助けになるのが、これまでセイヨウオオマル



図3 温室内での「ハチの巣コロリ」によるセイヨウオオマルハナバチ防除試験

餌資源として花壇を設置した温室内の網室にセイヨウオオマルハナバチと在来種クロマルハナバチの人工巣を設置して飼育する。網室内で訪花しているセイヨウオオマルハナバチの働きバチだけ一定数捕獲して、薬剤を散布して、また逃がしてやる。その後1ヶ月間、毎日巣箱から花に飛び回っている働きバチや新しい女王、雄の個体数を種別に数えて、最後は巣箱を解体して巣の成長状況を確認する。これまでに、この方法でセイヨウオオマルハナバチの巣を弱らせることができること、クロマルハナバチの巣には影響がないことが明らかとなっている。

ハナバチの捕獲に携わってきたボランティアの方々です。彼らは本種を見慣れているので効率よく選択的に本種を捕獲できます。捕獲と散布の組み合わせで、本種の密度を劇的に低下させることができると期待されます。

現在、当研究室では、この薬剤防除手法の効果と在来種に対する安全性の確認を室内試験および隔離された温室内試験により進めています（図3）。環境省をはじめ、北海道庁、ボランティア団体の方々からもその成果には注目が集まっているところです。新しい手法の実践には、十分なリスク評価が必要であり、リスクコントロールが確実に可能と判断されて初めて、野外レベルでの試験に移行する予定です。

外来生物を持ち込むのは人間であり、外来生物自身には何の罪もありません。しかし、在来の生態系を外来生物から守るためには人間自身が責任をもって外来生物を管理する必要があります。一旦、定着してしまった外来生物を駆除するには莫大なコストと時間がかかります。なによりもまず、これ以上外来生物の持込みを増やさないことが肝要であり、我々は防除技術の開発とあわせて、水際対策の検討も開始しています。

（ごか こういち、生物・生態系環境研究センター
主席研究員）

執筆者プロフィール：

外来生物の研究を続けて17年。マルハナバチだけでなく、クワガタムシやカエル、トカゲ、アリなど様々な種を研究して来たが、本当の専門はダニ学でダニをこよなく愛する。CGイラストを描くのが趣味で、ダニのCGを天皇陛下と美智子様へ献上したのが生涯最大の自慢。



【行事報告】

「第10回日韓中三カ国環境研究機関長会合 (TPM10)」の開催

国立環境研究所 (NIES) は、韓国の国立環境科学院 (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10回となる今回 (TPM10) は、平成25年11月5～7日に中国江蘇省南京市および無錫市において、CRAESの主催、NIESとNIERの共催として開催されました。

初日のTPM10本会議では、CRAESの孟偉 (MENG Wei) 院長の開会挨拶後、住理事長とNIERの金三權 (KIM Sam Cwan) 院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 (仮称) 設立を含めた今後の災害環境研究の推進についても紹介しました。次に、各機関のTPM9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を紹介しました。その後、災害環境研究に関するトピックを3機関が発表しました。NIERは化学物質の漏洩事故を例に安全管理と対処、CRAESは洪水や砂塵嵐の災害と生態系の役割、NIESからは大原地域環境研究センター長が東日本大震災と続く福島の原子力発電所事故後のNIESの様々な災害環境研究の活動について紹介しました。

午後からは、CRAESの周云 (ZHOU Yun) 国際協力センター長がワーキンググループを代表して、8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がTPM9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、化学物質リスク管理、生物多様性保全について、NIERが砂塵嵐 (黄砂) と固形廃棄物管理について、NIESからは佐藤広域大気環境研究室主任研究員がアジア大気汚染、藤田社会環境システム研究センター長が都市環境・エコシティ、増井統合評価モデリング研究室長が気候変動について、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、各分野の協力活動や今後の共同研究について議論し、次の1年間の各PRAの主担当機関を決めました。討議の過程で、住理事長が「災害環境」を第9番目のPRAにしたいと提案し、了承されました。この結果、NIESは生物多様性保全、気候変動に加え、災害環境の主担当機関となりました。翌6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、住理事長と金院長、孟院長が署名しました。

2日目には、淡水汚染問題に関する国際ワークショップ「International Environmental Protection Symposium on Clean Water Action」が、TPMと江蘇省環境科学研究院との共催で開催されました。これにはTPMのメンバーの他、オーストラリア、オランダ、地元江蘇省の研究者等が多数参加しました。NIESからは、今井地域環境研究センター副センター長が霞ヶ浦長期モニタリングを含む研究、同センターの水落主任研究員が中国農村での分散型排水施設の共同研究の成果を発表し、参加者との間で活発な討議がなされました。3日目は無錫市に移動して近隣湖沼 (蠡湖、貢湖) を視察し、水質浄化と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、現地研究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TPM11は、2014年秋に日本においてNIES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後日、国立環境研究所ホームページに掲載します。

(企画部 清水英幸、近藤美則)



三国の環境研究機関長



TPM10参加者 (2日目のJoint Communiqué署名後)

表彰

日本地球化学会賞

受賞者：野尻幸宏

受賞対象：大気水圏の炭素循環と地球温暖化に関連する地球化学的研究

受賞者からひとこと：本賞の受賞は、1980年の入所以来一貫して行ってきた大気水圏の地球化学研究が評価されたものです。1990年の国立公害研究所から国立環境研究所への改組を機会に、地球環境モニタリングが積極的に展開され、その中で太平洋の貨物船を利用した海洋表層の二酸化炭素分圧の観測と大気温室効果ガスの観測を、受賞者が中心となって実施しました。本賞はその学術的成果が成果の主要な部分を占めます。また受賞者は、観測技術の応用研究を、いくつもの外部研究資金の研究リーダーとして実施してきました。これには北太平洋の海洋定点における生物地球化学観測、北太平洋における海洋鉄散布実験、海洋生物への海洋酸性化影響評価実験が含まれます。これらの成果が数多くの学術論文として発表されていることと並んで、太平洋の二酸化炭素観測に関しては、国際データベースに膨大な観測データが登録公開されていること、および、その利用研究が進んだことも高く評価されました。

土木学会地球環境委員会 平成25年度地球環境論文賞

受賞者：申龍熙、高橋潔、花崎直太、脇岡靖明

受賞対象：日本域付近の気候予測－CMIP3気候シナリオとCMIP5気候シナリオの比較－（土木学会論文集G(環境), 68(5), I_159-I_169, 2012）

受賞者からひとこと：土木学会論文集G（環境）に投稿した「日本域付近の気候予測－CMIP3気候シナリオとCMIP5気候シナリオの比較－」という論文に対し、土木学会地球環境委員会より地球環境論文賞をいただきました。この研究は2010～2012年度に国立環境研究所特別研究員だった申龍熙（現APEC気候センター研究員）が中心になって行いました。本研究ではIPCC第5次評価報告書に向けて作成されたCMIP5気候シナリオの特徴を把握するため、年平均気温、年降水量、年平均日射の将来変化の分析を行いました。放射強制力が近い排出シナリオでのCMIP3気候シナリオ（IPCC第4次評価報告書向け）とCMIP5気候シナリオの特徴を日本域について比較した結果、気温変化に関しては類似な気温上昇が予測されていること、降水量に関しては差異がみられるが両シナリオとも増加が予測されていること、日射に関してはCMIP5気候シナリオで増加が、CMIP3シナリオで減少が予測されていること、それゆえ日射の感度が高い影響評価では気候シナリオの扱い方に注意が必要であること等が示されました。本研究の実施時点（2012年春）以降、利用可能な気候シナリオの種類が増えており、また国内外の関連研究の進展もありましたので、それらの最新のデータ・知見も活用してさらに研究を前進させたいと思います。

日本自然災害学会 学術発表優秀賞

受賞者：多島良

受賞対象：行政マネジメントの視点からみる災害廃棄物処理（第32回日本自然災害学会学術講演会予稿集, 49-50, 2013）

受賞者からひとこと：東日本大震災のような激甚災害が発生すると、災害廃棄物が大量に発生します。これを適正かつ迅速に処理・再利用するためには、限られた行政資源（人材、資機材、財源、情報）を臨機応変に活用しつつ、様々な主体と連携する「マネジメント」が重要となります。本研究では、東日本大震災により発生した災害廃棄物の処理に関する宮城県名取市の取り組みを、政策実施プロセスモデルに基づき、事例研究の手法で分析しました。その結果、人材調達が他のマネジメント要素に影響するなど、処理フェーズごとに行われた行政によるマネジメントの工夫が処理の迅速さに影響する構造が明らかとなりました。なお、本研究を実施するにあたり、名取市で災害廃棄物の処理を担当された方々に多大なるご協力をいただきました。ここに記して、深く謝意を表します。今回の受賞を励みにし、本研究をさらに深め、災害に強い社会システム構築の一助となるような成果を発信し続ける所存です。

編集後記

本号の特集はお楽しみいただけただけでしょうか？7月に構成案を考え8月の委員会で承認し、9月で執筆打ち合わせ、10月が原稿メ切、11月に委員会でのコメントを受けて修正稿を作成し、12月発行、と半年がかりで準備しました。「今日のニュース」がその日のうちに準備されるのと比べるとずいぶん時間がかかっていますが、野外観察の研究成果が、試料を採取してから、分析データを出し、解析し、論文をまとめ、審査を受けて公表

されるまでに年単位の時間がかかることを思えば、比較的急いで仕上げた気がしています。研究所では毎年12月に外部評価が実施されます。現在の社会への説明責任としての簡明な「今年の成果」の発表と、未来の科学への確かなバトンとしてじっくりと吟味した研究論文公表を両立するための頭の切り替えが求められると感じます。

(M.K.)

国立環境研究所ニュース Vol.32 No.5 (平成25年12月発行)
 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
 TEL : 029-850-2343 (環境情報部情報企画室)
 E-mail : pub@nies.go.jp

●バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/news/>
 無断転載を禁じます

リサイクル適性の表示：紙ヘリサイクル可
 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。