

CMES

ニュース

No.32

愛媛大学 沿岸環境科学研究センター
〒790-8577 松山市文京町2-5
E-mail : kyoten1@stu.ehime-u.ac.jp

Center for Marine Environmental Studies(CMES)
TEL : 089-927-8164 FAX : 089-927-8167
CMES : <http://www.ehime-u.ac.jp/~cmes/>

目次

センター長就任挨拶 -----1~2	科研費新規採択課題紹介 ----- 8~10
新任教員紹介 -----2~3	編集後記 ----- 10
兼任教員紹介 -----3~7	

センター長就任挨拶

田辺 信介 (沿岸環境科学研究センター長)



このたび、武岡英隆教授の後を受け、4月1日付をもって愛媛大学沿岸環境科学研究センター長に就任しました。微力ではありますが、当センターの発展のため、全力を尽くす所存でございますので、前センター長と同様の御厚情と御支援を賜りますようお願い申し上げます。

さて、この5月の連休に、昨年夏米国で話題となったThomas Piketty著の経済書「21世紀の資本」を読みました。理系の私にとっては難解で、おそらく半分程度しか理解できていないと思います。本書の中で、資本収益率(r) > 経済成長率(g)という不等式が示されており、この意味は簡単に言えば「資産家が資産をもとに儲けを出す割合(r)は、勤労者の昇給の速さすなわちGDPの成長率(g)よりも大きい」、つまり資本主義のもとでは放っておけば富の格差はどんどん広がることを説いたものです。この仮説は論争の渦中にあり、現時点では定説とは言えませんが、本書は新しい切り口で不平等や格差を総括した力作であることから、研究成果の蓄積から滲み出る魅力は読者を引きつけるものがあります。同時に、私としては昨今問題になっている

大学間格差と重ね合わせてPikettyの仮説を考え、学界や地方大学の将来との相関的な関連も含めた後読感をもちました。

文部科学省の大学改革プログラムが矢継ぎ早に提示され、大学の教育と研究の現場は大きく変化しつつあります。とくにトップダウンのプロジェクトの増加は大学間格差の拡大や固定化を招く可能性があり、社会や学界を不安定にしかねないと懸念しています。たとえば、国立大学を研究大学と教育大学に二極化する構想などは、Pikettyの著書で述べられている「富の格差」が「大学間格差」という類似形で学問の世界に外挿されるような気がして、不快感を禁じえません。世の中には格差拡大の法則と呼べるような力が働いており、有名大学はますます発展する一方、地方大学は努力しても追いつくどころかさらに離されてしまい、少子化の進行とともに統合や縮小の危機にさらされるのではという不安も拭い切れません。多くの大学人が胸に秘めているそんな蟠りを、Pikettyの著書はそれが現実だと間接的に示してみせたようにも思えるのです。ところが、最近政府の産業競争力会議の大学改革などをテーマにした会合では、全国の大学を3つに分類する改革の具体案が提示されました。下村文部科学大臣は、1) 世界トップの大学と肩を並べて卓越した教育や研究を推進する大学、2) 分野ごとの優れた教育や研究の拠点となる大学、3) 地域のニーズに応える人材育成や研究を推進する大学、の3つに分類する方針を示し、従前の分類とその内容を若干多様化しました。今後の動向は不透明ですが、この方針は大学間格差の固定化を減速させる一つの処方箋となる可能性があり、得意分野を有する地方大学にとっては一筋の光

かもしれません。COEや共同利用・共同研究拠点に選定されユニット制度を導入しようとしている愛媛大学は、今後努力を重ねて大学間格差を地締め、将来1)を狙える立位置を選択しておくことが賢明と考えられます。

Nature INDEX 2015の3月号によると、世界トップクラスの研究成果を国・機関別にプロファイリングする新たなデータベースにおいて、愛媛大学はアジア・太平洋地域の研究機関の中で171位(国内28位)にランクされています。本誌が対象とした4つの学問分野(化学、地球・環境科学、生命科学、物理学)の中で唯一愛媛大学がランクイン(50傑以内)しているのは地球・環境科学分野であり、アジア・太平洋地域では40位に位置しています。また国内では7位にランクされており、京都大学や大阪大学を凌いでいます。ここで貢献しているのは、GRC(地球深部ダイナミクス研究センター)、RCSCE(宇宙進化研究センター)そしてCMES(沿岸環境科学研究センター)と推察され、愛媛大学が長年にわたり育ててきた先端研究センターCMESは大学改革の研究面での先達として引き続きその責務を果たしていく所存です。今後ともよろしくご指導を賜りますよう、関係各位にお願い申し上げます。

新任教員紹介

森本 昭彦(環境動態解析部門 教授)

平成27年4月1日付けで環境動態解析部門の教授として着任しました森本です。以前は、名古屋大学地球水循環研究センター(HyARC)に勤務しておりました。CMESとHyARCではスタッフの人数ではほぼ同じですが、CMESは学部を兼務していることから研究室に所属している学生数は圧倒的に多く、若い人たちと新しい仕事ができることを嬉しく思っております。本ニュースでの第一回目の原稿ですので、これまでの研究内容と今後の抱負を述べさせていただきます。



瀬戸内海のような沿岸とは異なりますが、河川から供給される淡水が、海域の流動場や物質循環に極めて大きな影響を与えている東シナ海・日本海を中心に研究を行ってきました。中国の大河川「長江」から東シナ海・黄海へ流入した河川起源の淡水は、対馬暖流により水平に輸送され、その約7割以上が対馬海峡を通り日本海へ流入します。また、淡水だけでなく溶存態の栄養塩など様々な物質も東シナ海から日本海へ輸送されています。このような海流による水、物質の水平的な輸送が、東シナ海、日本海の海洋環境、特に低次生態系に与える影響を明らかにすることを主な目的に、対馬海峡を横断する観測ラインでの栄養塩輸送量の船舶観測、数値モデルによる対馬海峡から流入する栄養塩量の変化が日本海の低次生態系に与える影響に関する研究を行ってきました。

上記の研究に密接に関係しますが、東シナ海から日本海への物質輸送に極めて大きな影響を与える対馬暖流の流路変動に関する研究も同時に行ってきました。対馬暖流は対馬海峡を通過後いくつかの分枝流として日本海を北上します。また、それぞれの分枝流は様々な時間スケールで変動します。対馬暖流流路の変動と変動の要因を解明するため、海面の高さを測定することで海面流速を観測する人工衛星海面高度計のデータや、流速計データ、そして短波帯の電波により海面流速を測定できる短波海洋レーダを使い研究をしてきました。

これまで行ってきた研究からも分かって頂けると思いますが、私の研究スタイルとしては、対象とする海を直接見る、つまり現場観測を基本とし、対象とした海を理解するために数値モデルや人工衛星データ解析など、必要な技術を身につけて使えるものはすべて使います。この研究スタイルは今後も続けていきます。

これまで日本海・東シナ海を研究の中心としてきましたが、CMESでは以下に示す3つの研究、(1)東シナ海の海洋環境変化が日本海の低次生態系に与える影響の理解。(2)瀬戸内海の栄養塩収支に着目した研究。(3)東南アジア沿岸域の環境問題への対応、を行っていきます。瀬戸内海を対象にした研究はほとんど行ったことがありませんが、CMESの環境動態解析部門が、長年研究を続けてきた瀬戸内海をフィールドとした研究に特に力をいれて取り組みたいと考えています。

(1)についてですが、2005年以来、対馬海峡を中心に観測を継続しており、今まさに変化している東シナ海、日本海のデータを今後も蓄積していきます。特に、中国では三峡ダムの完成、南部の水を北部へ送る南水北調事業、中国の急激な経済発展など、これらによる影響は東シナ海だけでなく日本海へも及んでいるはずです。この影響を評価するには物理・化学・生物の地道な観測データの蓄積が必要です。また、観測デ

一タ解析だけでは影響評価はできないことから、定量的な影響評価を可能にする数値モデルの開発を継続します。同時に、対馬暖流の流路変動メカニズムを解明するための、短波海洋レーダや人工衛星データを使った研究も継続していきます。

(2)についてですが、環境動態解析部門は、急潮や底入り潮など豊後水道の物理現象と海洋環境との関わりについて長年精力的な研究を行っています。本部門は、豊後水道の南から北までカバーする水温モニタリングや、速吸瀬戸での栄養塩モニタリングを構築し、貴重なデータを長期間蓄積しています。これまでの研究成果とモニタリングネットワークを使い、豊後水道の物理現象が瀬戸内海にとってどのような意味を持つのか、栄養塩収支の面から考えていきたいと思っています。

(3)については、日本学術振興会の多国間拠点交流事業やアジア研究教育拠点事業などで構築した東南アジアの研究者とのネットワークを生かし、東南アジア沿岸域(熱帯の沿岸)の貧酸素水塊、赤潮、物質輸送に関する研究を行っています。東南アジア各国の沿岸は、急激な経済成長により、過去に日本が経験したような沿岸域での様々な環境問題に直面しています。これらの問題を解決するため、国内外の研究者と協働し学際的な研究を推進していきます。すでに、タイの研究者と北部タイランド湾の貧酸素水塊の挙動に関する研究を実施しています。昨年度から1ヶ月半に1回、タイの調査船により現場観測を行っており、今後は数値モデルを開発する予定になっています。東南アジアを対象とした沿岸海洋研究の方向性については、IOC/WESTPACの国内委員として議論しているところであり、CMES内部だけでなく他機関と連携して進めていきたいと考えています。

最後に、教育について少し述べさせていただきます。名古屋大学での11年間は、学部を担当しなかったこともあり、学生と接する機会は多くありませんでした。私自身は、多くの学部生・大学院生が所属する研究室で、いっしょに勉強し、またいっしょに遊び、切磋琢磨しながらの日々で、研究者として必要な力をつけることができたと思っています。私自身の研究に対するモチベーションを高め、また、高いまま維持するためには、多くの学生と新しい仕事にチャレンジしていくことだと思っています。沿岸環境科学研究センターを、今の高いレベルで維持、もしくはそれ以上のレベルにしていくためには、このセンターで育った研究者を多く輩出することが必要と思っています。元気がよく優秀な先輩がいれば後輩はその姿をみて育っていきます。このような研究環境を作っていけるよう、自分自身も学生に負けなように研究、勉強を続け、新しい研究へチャレンジをしていきます。今後ともよろしくお願いいたします。



長崎県対馬に設置した短波海洋レーダの受信アンテナ列

兼任教員紹介

日向 博文 (環境動態解析部門 兼任教授)



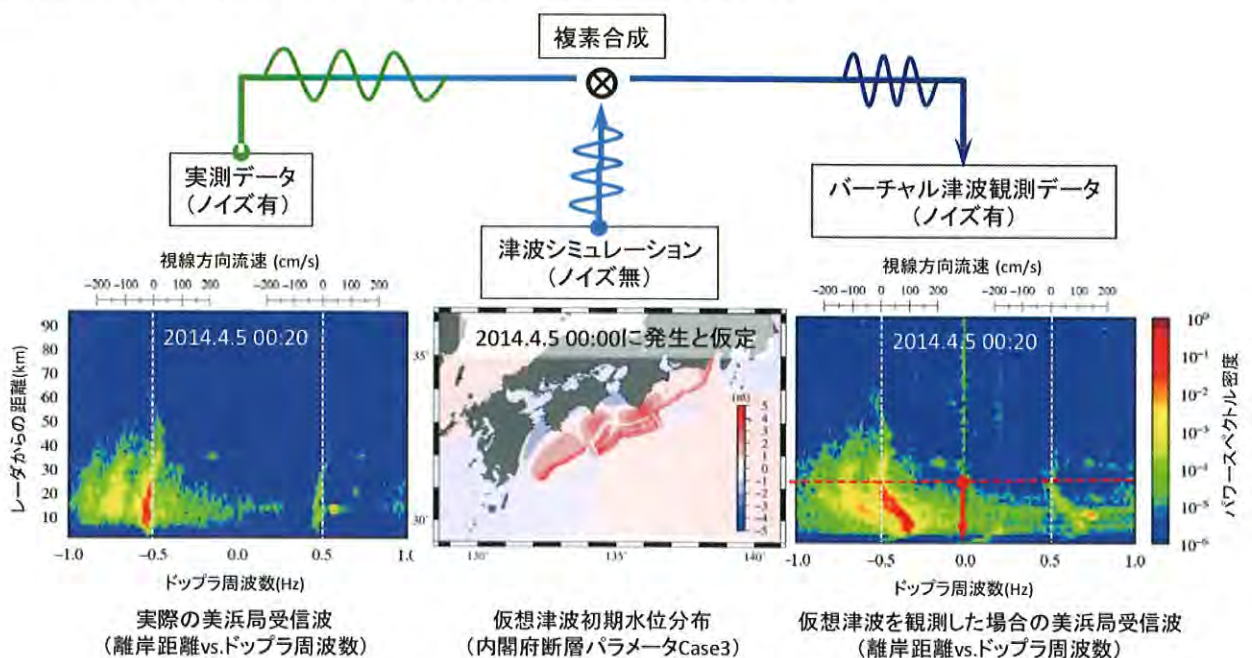
皆様、はじめまして。平成27年4月1日付けで沿岸環境科学研究センター(CMES)環境動態解析部門の兼任教授に着任いたしました日向博文と申します。どうぞよろしくお願いいたします。昨年4月1日付けで着任しました工学部環境建設工学科との兼任です。どうぞよろしくお願いいたします。私は、平成3年に東京工業大学大学院土木工学専攻を修了し、(株)熊谷組に就職しました。4年半の熊谷組時代には来島大橋の橋脚建設の現場を含むいくつかの現場と筑波技術研究所で様々な経験をさせていただきました。その後、東京工業大学土木工学科に助手として4年半在籍し、平成12年1月に学位を取得した後、同年4月から神奈川県横須賀市の国土交通省国土技術政策総合研究所に主任研究官として8年、室長として7年間在籍しておりました。それぞれ短い期間ではありますが、産官学のすべての職場を経験しました。15年ぶりの大学勤務となった昨年度は、日々戸惑いながらも楽しく過ごすことができました。中でもしまなみ海道(瀬戸内海の離島)でのサイクリングの楽しさと瀬戸内の魚のおいしさには完全に魅了されてしまいました。今後も新たな楽しみを見つけていきたいと考えています。さて研究ですが、現在は海洋レーダを利用した津波減災技術の開発とプラスチックによる海洋汚染に関する研究に力を注い

でいます。今回はそれぞれについて簡単にご紹介します。

海洋レーダを利用した津波減災技術の開発:我々は現在、南海トラフ地震津波を念頭に、震源域から沿岸部までをシームレスにカバー出来る津波レーダを開発しています。津波レーダ開発の最大の問題点、それは検証用の津波データの取得が極めて難しいことです。レーダで観測できる規模の津波の発生頻度は非常に小さいのです(グーテンベルグ・リヒター則)。世界中の海岸にレーダを沢山設置できれば(これが我々の目標です)観測できる確率は大きくなりますが、それは現時点では困難です。そこで、我々は数値計算結果とレーダ観測結果を融合させるバーチャル津波観測実験を行うことにしました。バーチャル津波観測実験では、まず和歌山県(美浜町・白浜町)で稼働している国総研のレーダ受信波を、数値モデルで計算した南海トラフ地震津波の視線方向流速場によって変調させます。押し波(引き波)がレーダ観測範囲内に伝播したらその“流速”の大きさに比例して受信信号の周波数を大きく(小さく)します。図を見るとモデル津波の押し波によって沖合30km程度までプラスのドップラシフトが発生しています。続いて、その信号を解析して周波数変化の大きさから津波流速場を推定します。そして、この定結果と数値計算の結果(正解)を比較します。数値計算結果と同じ流速が推定できたら、その距離まではレーダで津浪が計測できると判断します。この手法の長所は、複数の津波シナリオ(自由に設定できる)に対するレーダの沖合検知距離を、現実のノイズを考慮した上で評価できる点です。

プラスチックによる海洋汚染に関する研究:河川などを通じて海洋に流入したプラスチックはどのような運命を

たどるのでしょうか?多くのプラスチックは海岸への漂着・沖合への再漂流を繰り返しながら海洋表層を漂っていると考えられています。プラスチックの中でも生産量の多いポリエチレンやポリプロピレンは海水よりも軽いからです。プラスチックは紫外線や熱の作用で性状が劣化し、やがては海洋生物が体内に取り込めるサイズにまで小さくなっていきます。そのようにして発生したプラスチック片をそのサイズに応じてマイクロプラスチック、ナノプラスチック、ピコプラスチックと読んでいます。問題は海外から漂流してくるある種の漁業用ブイの様に、その製造過程で生態系に影響を与える化学物質が添加されていたり、漂流する過程で海水中に存在する残留性有機汚染物質をその表面に吸着することです。海岸はマイクロプラスチック生産のホットスポットの一つと考えられています。世界中の海岸に“どれだけの量”のプラスチックが”どれだけの時間”存在しているのか、これを明らかにすることが微細プラスチック片生成量の予測や清掃効果の定量的評価を行う上で重要になります。そのために我々はプラスチック漂着物の海岸滞留時間モデルを開発しています。東京都新島の海岸で行ったプラスチック製漁業フロートを対象にした所謂「標識再捕獲調査」では、プラスチックフロートの滞留時間は210日程度であり、時化が発生した際に砂浜上を“沿岸方向”に移動し、離岸流が発生している場所に到達したフロートが沖合に再漂流していることが分かりました。この様なフロートのマクロな動きを上手く表現できる物理モデルを構築し、他の海岸での滞留時間を推測できるようにすることが現在の目標です。なお、これらの研究に関する論文等については<http://www.cee.ehime-u.ac.jp/~kaigan/hinata/index.html>をご参照ください。



三宅 洋（生態系解析部門 兼任准教授）

生態系解析部門の新兼任教員の三宅です。平成16年4月1日より工学部環境建設工学工学科（平成18年より大学院理工学研究科生産環境科学専攻環境建設工学コース）に所属しており、平成27年度より沿岸環境科学研究センター（CMES）の兼任となりました。

出身地の北海道札幌市で幼少の頃より親しんでいた川釣りが嵩じて河川生態学の研究者になることを志し、北海道大学農学部森林科学科（学士）、同大学大学院地球環境科学研究科（修士）および京都大学大学院理学研究科（博士）で学び、岐阜大学流域圏科学研究センターで助手を務めたのち、愛媛大学で職を得ました。



米国のイエローストーン国立公園にて

このように様々な分野を渡り歩いておりますが、研究の大目標は一貫して「世界の川を良くすること」です。主に水生昆虫により構成される河川性底生動物を対象生物とし、河川の流量変動の影響に注目した研究に主に取り組んでおります。

底生動物は、調査・同定が簡便であると共に、世代時間に対応する一定期間の河川環境の状態をその群集構造が反映するため、河川生態系の状態を表す指標（環境指標生物）として広く用いられています。また、河川性魚類の主要な餌資源であるとともに、藻類や粒状有機物を摂食するなど、河川食物網で重要な位置を占めています。私は主に、種構成や種多様性などの群集構造に着目して生態学的研究を行っています。

流量変動は河川における最も普遍的な現象です。河川生態学的研究は流量が安定した状態で行われることが多いのですが、流量は降雨により頻繁に増加し、長期間にわたり降水が無ければ低水が発生するため、流量変動を考慮せずには河川生態系の全体像を把握することはできません。流量変動は物理攪乱として大規模に河川生物を排除するとともに河川地形など

の生息場所環境を著しく改変するため、底生動物の群集構造の支配的な決定要因として注目されています。また、流量変動は貯水ダム建設、流域の土地利用、利水等の人間活動により改変されることが多く、河川生態系に配慮した河川管理を行う上で最も重要性の高い環境要因です。

私の具体的な研究内容は、流量変動－底生動物間の関係に注目した基礎生態学的研究、流量変動の人為的改変の影響に関する応用生態学的研究、流況管理手法の開発につながる生態工学的研究に分けられます。

基礎生態学的研究としては、流量増加（出水）や河床砂礫の移動が底生動物の多様性に及ぼす影響に関する比較研究と野外実験研究を行っています。出水は大規模な河床砂礫の移動を引き起こすため、基本的に底生動物の多様性を低下させます。しかし、小規模な砂礫移動に注目した場合や、移動能力の低い底生動物が優占する場合は、砂礫移動により多様性が上昇する場合がありますことを明らかにしました。また、松山市を流れる重信川で頻発する低水や干上がりにより引き起こされる底生動物と魚類の時間的変動についても現地調査に基づく比較研究を行っています。

大規模な貯水ダム建設により下流区間では流量変動の平坦化が発生します。岐阜県飛騨川流域で行った比較研究では、複数の貯水ダムの上流と下流で調査を実施することにより流量変動改変が底生動物に及ぼす影響を明らかにしました。ダム下流における大規模出水の喪失と河床砂礫移動頻度の低下は、攪乱耐性の低い種により主に構成される特異な群集の成立に帰結していることが分かりました。この結果は、ダムの弾力的な運用による自然流況の復元が求められることを示しています。



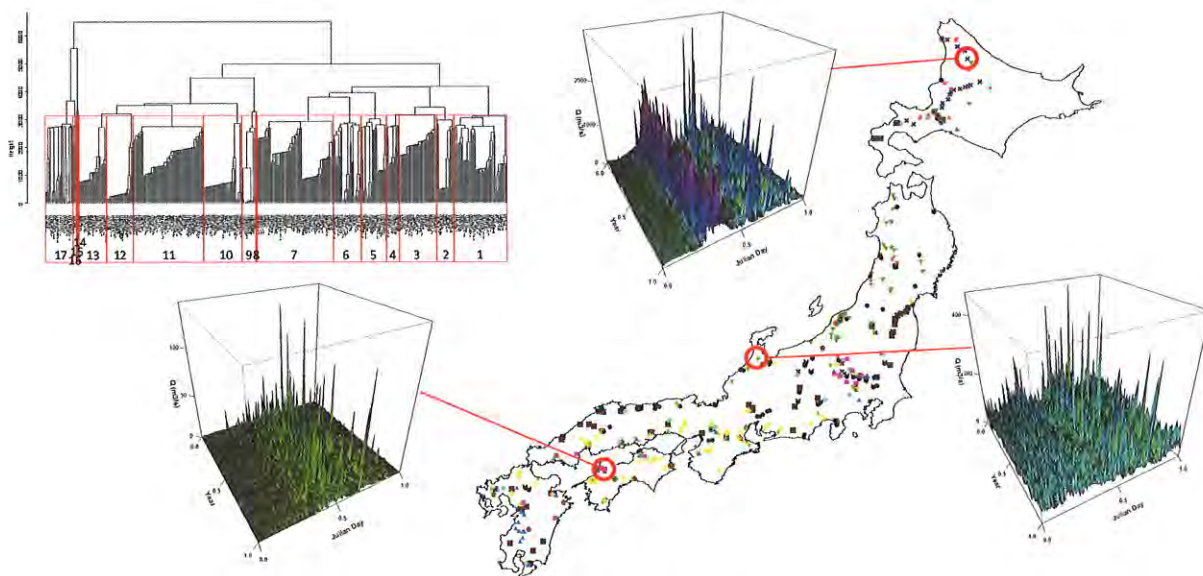
岐阜県飛騨川支流の馬瀬川第二ダムとダム下流河川で優占する底生動物

現地調査によりデータを収集した上記研究に加え、近年は、既存のビッグデータを利用して大規模解析を行う研究も進めています。日本全国の河川で長期にわたり収集されている流量データを取得して行った流量解析では、国内河川を17の水文学的グループに分類することに成功しています。今後は底生動物・魚類の全国データを整理し、流量変動特性と河川生物群集との広域的な関係性を解明することを目指しています。そして最終的には、河川管理において重視されるべき流量変動要素を明らかにし、生態系保全を考慮した河川管理に有用な情報を発信していきたいと考えています。

現在、上記の研究成果を学術論文や学会発表として公表するとともに、行政機関や関係研究所の各種委員として河川管理によりダイレクトに貢献すべく活動しています。また、生態学のセンスを持った土木技術者を輩出すべく大学院・学部の教育活動を行っています。

今年度より新たに兼任となりましたが、本学着任当初より沿岸環境科学研究センターの研究員として実験機器を利用させて頂いておりました。また、工学部兼任の教員各位をはじめとして、少なからぬ方々と以前より教育・研究を通して交流がありました。今後は、本センターの研究者各位とのこれまで以上の交流を通して研究活動を活発化させたいと考えています。

最初に述べたとおり、私の目標は「世界の川を良くすること」であり「沿岸環境科学」とは直接的には関係しないようにも見えます。しかしながら、全ての河川は海洋に注ぐとともに、河川生態系は海洋からの影響を強く受けることが明らかになっています。河川と海洋とが互いに支え合う生態系であるように、自分の研究活動が今回の着任により活発化するとともに、微力ながら私の加入がCMESにおける研究の発展に資することを願っています。



日本全国の河川を対象とした大規模流量解析

渡辺 幸三 (生態系解析部門 兼任准教授)



平成27年4月1日付で沿岸環境科学研究センターの生態系解析部門に兼任教員として任用された渡辺幸三です。愛媛大学には平成24年4月に着任し、大学院理工学研究科生産環境工学専攻環境建設工学コースといういわゆる土木系のコ

ースに所属しております。専門は分子進化生物学です。また、土木工学もバックグラウンドに持っていることから、主に応用生態工学という土木工学と生態学を橋渡しする境界研究領域を扱っております。ここでは、最近力を入れている二つの研究テーマについてご紹介します。

一つ目は、DNA情報を活用した種多様性評価に関する研究です(図1)。この研究テーマは、基盤研究B(一般)(研究課題名:次世代DNAシーケンシングを活用した正確・迅速・安価な種多様性評価技術の開発)の採択を受けて開始しました。今日、生態系保全

を目的としたモニタリングや環境アセスメントでは、顕微鏡観察による形態種同定に基づいて種多様性が評価されています。しかし、水生昆虫等の小動物群は種レベルで形態同定できない分類群(未記載種)が多く残されています。また、形態同定は作業時間の長さ(=人件費の増大)や種の誤判定リスクなどの問題も抱えています。

そこで、体の形態に基づいて定義されている現在のリンネ種に代わり、DNA塩基配列に基づいて種を定義する「DNA種」の生態系モニタリングへの導入を目指した研究を行っています(図1)。異なる種間では進化の歴史を反映してDNA塩基配列が違いますが、同じ種内でも個体間でDNA塩基配列は異なります。これを進化的に説明すると、DNA突然変異が繰り返されて種内の遺伝的変異が増大し、あるレベルまで増大した時代に種内変異から新種が発生(種分化)すると言えます。その新種が次の新種を生み出すプロセスを繰り返し、地球上の多様な種が生み出されていることとなります。DNA種分類法では、この進化プロセスを数理モデル化することで、DNA情報のみに基づいて現在の種が生まれた年代を推定します。そして、それよりも最近に起きた小さなDNA変異は種内変異、それよりも大きなDNA変異を別種と決めます。現在、このDNA種分類法に大量の生物標本のDNA塩基配列を一度に集められる次世代型シーケンシング(メタゲノム)解析を組み合わせることで、流域や国土スケールの広域から集めた生物標本の種数を正確かつ迅速に評価する技術開発を進めています。

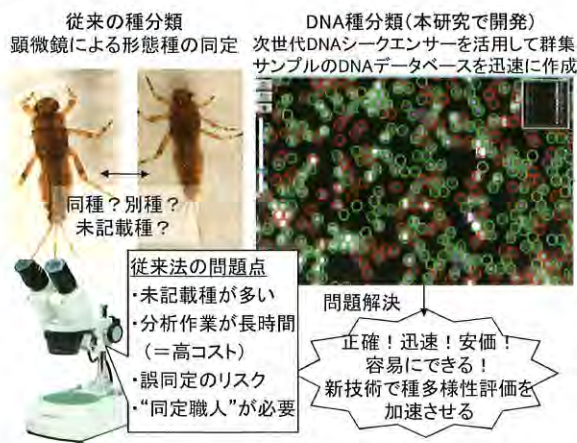


図1 DNA情報を活用した種多様性評価に関する研究

二つ目は、東南アジアにおけるベクター感染症に対応する「生態疫学」に関する研究です(図2)。この研究テーマは、基盤研究B(海外学術調査)(研究課題名:フィリピンにおけるデング熱媒介蚊の集団遺伝学的研究:飛翔パターンと感染経路)の採択を受けて開始しました。デングウィルスはネッタイシマカなどの蚊に

よって媒介されます。重症化してデング出血熱をきたすと致命的になる場合もあります。デング熱は世界的に流行していますが、特にフィリピンでは患者数・死亡者数共に急増しており、その対策が急務とされています。しかし、有効なワクチンはなく、予防策は蚊に刺されないようにすることのみとなっています。デング熱患者の疫学データが多く集積しているのに対して、媒介蚊の生態学的データは極めて限られています。幼虫(ボウフラ)が淀んだ水域に生息することは知られていますが、成虫の生態には未知な部分が多く、特に、飛翔行動について、成虫の最大飛行距離や、水域から都市への移動経路などの基礎的知見も不明のままとなっています。これらの知見が科学的に明らかになれば、費用対効果を最大化する殺虫剤散布の経路や時期、さらに近郊でデング熱が大発生した時にアラート(警報)を出す地域住民の範囲設定など、効果的な予防に繋がれると考えられます。

これまで私は集団遺伝学的アプローチにより、ユスリカやトビケラなどの水生昆虫の流域内における移動範囲を推定する研究を行ってきました。これは、地域集団間の対立遺伝子頻度の類似性を解析することで、地域間移動の強さや経路の推定する解析です。現在、類似した手法をフィリピンのデング媒介蚊に適用して、成虫の飛翔経路や距離の解明に向けた研究を行っています。デラサール大学やフィリピン熱帯医学研究所などの協力を仰ぎながら、マニラ全域から面的に数多くのネッタイシマカを採取しています。また、ネッタイシマカからデングウィルスを検出してデング感染率の地域的違いも明らかにすることで、感染した蚊成虫が多く飛翔している地域や経路を特定するための研究も進めています。さらに、近年フィリピンで頻発している大洪水に伴う媒介蚊個体数(生息面積)の増加と人のデング感染リスクの関係をモデル化し、気候変動後の感染リスクを予測する手法開発も進めています。

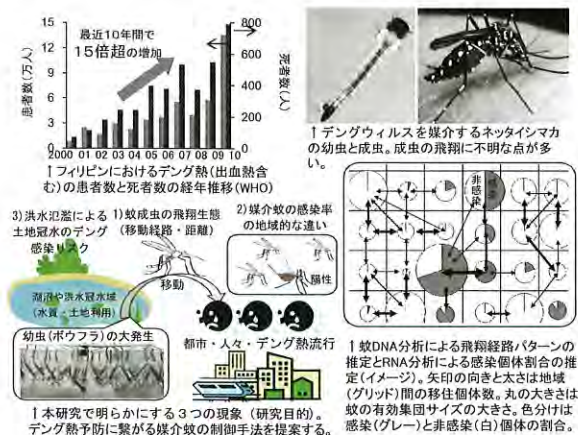


図2 東南アジアのベクター感染症に対応する生態疫学研究

科研費新規採択課題紹介

基盤研究B(海外学術調査)「マボヤ被囊軟化症の防疫対策に関する研究」

北村 真一 (生態系解析部門 准教授)

マボヤ被囊軟化症とその原因虫について

マボヤ(*Halocynthia roretzi*) は延喜式(927年)にも記載されている我が国の伝統的な食材で(図1)、東北地方や韓国においては、養殖が盛んに行われている。韓国におけるマボヤ養殖は日本から技術移転されたもので、その養殖量は日本の10倍以上にも増加した。しかしながら約20年前から、被囊が軟化し斃死する病気が確認され、同養殖に甚大な被害が生じている。このため、2002年以降、韓国は日本からマボヤを輸入する事態に至っている。本症は「被囊軟化症」と呼ばれ、日本でも2007年に東北地方の一部の海域で本病が確認されて以来、徐々に発症海域が拡大している。我が国では、2011年の東日本大震災でマボヤ養殖は壊滅的な被害を受けたものの、翌年には養殖が再開され、本症の再発が危惧されているのが現状である。

被囊軟化症の原因については、感染症の側面から、いくつかのグループが究明にあたったが、病原体の確定には時間を要した。近年、宮城県産の被囊軟化個体の組織を用いて、実験的に健全なマボヤに軟化症を発症できることや、軟化個体の被囊には健全個体に認められない鞭毛虫が存在していることが明らかにされた。我々は本鞭毛虫の単離培養に成功し、この培養鞭毛虫によって軟化症が生じることを実験的に明らかにした。その後、本虫を新属新種の *Azumiobodo hoyamushi* として記載した(図2)。本虫の感染によって被囊が軟化するメカニズムについては、現在研究中である(基盤B(一般)マボヤ被囊軟化症の被囊軟化メカニズムの解明、平成25年度-27年度)。



図1: 韓国統営で水揚げされた直後のマボヤ。本来は一回り大きく育てるが、被囊軟化症で死亡することを懸念して、小さいまま出荷している。



図2: マボヤ被囊軟化症の原因鞭毛虫 *Azumiobodo hoyamushi*。内臓組織には感染せず、被囊中でのみ増殖する。

本課題の目的

これまでに、原因虫に関する研究は進展してきたが、日韓のマボヤ養殖をどのようにして本症の脅威から守っていくのかという防除に関する研究は遅々として進んでいない。我が国では東日本大震災以降、本症の発生は認められていないが、再興する可能性は否定できないため、現在が防除法の研究を行う絶好の時期である。しかしながら、我が国では本症が発生しているフィールドがないため、防除法を確立しても現場に応用することが困難である。一方、韓国では本症が猛威をふるっているため、防除法の確立が切に求められている。そこで本課題では、本症の研究を行っている日韓のグループが本症の防疫対策に取り組む。具体的には、①韓国の養殖現場で、フォースゲージを用いて被囊強度を測定し、その強度を指標とした簡易診断法を確立する。② *A. hoyamushi* は韓国のマボヤ種苗を介して日本に持ち込まれたことが示唆されていることから、汚染域から非汚染域へのホヤ種苗の移動リスクを明確にするために、本虫をトレースできるマーカー遺伝子を探索し、集団遺伝学的解析を行う。加えて、③ *A. hoyamushi* の感染源を明らかにするために、養殖環境(海水・底泥・付近の海洋生物)から本虫の検出を行う。最終的には、得られた成果をもとに、簡易診断法、種苗の移動リスクおよび感染源からマボヤの隔離法など本症の防疫法を両国の養殖関係者に提言することを目的とする。

本課題の特徴

本課題では、水産分野で問題となっている被囊軟化症の防疫対策を行うことが目的であるが、目的達成時には、*A. hoyamushi* のマボヤに対する感染経路および拡散経路が特定できる。これまでに、バクテリアや病原体増幅生物が解明されている水圏病原体は数少ない。拡散経路についても同様に、サケ科魚類に感染する伝染性腭臓壊死症ウイルスや伝染性造血器壊死

症ウイルスなど限られた病原体のみで、拡散経路が解明されている。このように、本課題は防疫に目を向けながら、学術的な新規知見を魚病学や寄生虫学分野にもたらすことができる。

一方、水産学分野における本研究の意義としては、煩雑な手順を要するPCRなどに頼らず、養殖業者自身が行える簡易診断法が開発できる点が挙げられる。また、前述の感染経路や拡散経路を解明することにより、種苗の移動リスクを示すことを提言できることの意義は大きい。

さらに、本虫は侵略的外来種として世界中に分布を広げているエボヤにも感染する可能性が示されており、本種を介して世界中に伝播する可能性がある。一般に病原体が新規宿主に接触した場合、猛烈な病原性を発揮するケースが多いため、本虫が世界のベントス群集の多様性に影響を与える可能性があり、本症の知見を充実させることは重要な意義をもつ。また、病原体を拡散した国(韓国)と受け取った国(日本)のそれぞれの研究者が将来マボヤ養殖を見据えて協力し、防疫対策にあたることは同様のケースの模範となるであろう。

研究メンバー(所属・専門・分担)

本課題の研究メンバーは以下の通りである。日韓ともに最適な人選が行えたと思うので、成果を期待して頂きたい。

北村 真一(愛媛大学沿岸環境科学研究センター・魚類感染症学・日本側統括)

広瀬 裕一(琉球大学理学部・ホヤの生物学および形態学・簡易診断法の確立)

柳田 哲矢(山口大学共同獣医学部・寄生虫学・原因虫の集団遺伝学的解析)

仲山 慶(愛媛大学沿岸環境科学研究センター・環境毒性学・原因虫のゲノム解析)

Myung-Joo Oh(Chonnam National University・魚類ウイルス学・韓国側統括)

Wi-Sik Kim(Chonnam National University・魚類感染症学・現場調査)

Kyung-Il Park(Kunsan National University・魚類寄生虫学・原因虫の集団遺伝学的解析)

若手研究(B)「海産生物に対する臭素化ダイオキシンの毒性リスク評価」

平野 将司(化学汚染・毒性解析部門 特任助教)

ダイオキシン類は環境残留性、生物蓄積性が高く、ヒトや野生生物に対する毒性影響が懸念されたことから、先進諸国を中心に多くの汚染実態調査やリスク評価が実施されてきました。一方、近年、ダイオキシン類の塩素が臭素に置換した臭素化ダイオキシン類(poly brominated dibenzo-*p*-dioxins/dibenzofurans, PBDD/Fs)が沿岸域において広域的に存在することが示唆されています。バルト海沿岸域の魚介類を用いたPBDDsモニタリング調査では、人為起源とは明らかに異なる高濃度の低臭素化ダイオキシンが検出されており、最近の知見から、こうした低臭素化ダイオキシンは、海綿、紅藻、また関連バクテリアによって生合成される経路が明らかにされつつあり、天然起源の化合物とされています(Haglund et al., *Environ. Sci. Technol.*, 2007)。本センター化学汚染・毒性解析部門の研究グループが実施した日本国内のPBDDsモニタリング調査によると、広島湾では天然起源とされる低塩素化体Di-/TriBDDsが卓越しており、一方、東京湾ではPBDE製剤(臭素系難燃剤)の不純物、つまり人為起源と考えられるPBDFsが高割合であるという興味深い知見が得られており(Goto et al., *Organohalogen Compounds*, 2013)、沿岸生態系や人間活動が異なる沿岸域間での異性体組成の違いが明らかにされています。これら低臭素化ダイオキシン類は、特に二枚貝のイガイや甲殻類において高濃度で検出されていることから、海産生物への影響が懸念されているものの、その毒性機序またリスク評価に関する情報は得られていません。そのため、沿岸環境における包括的なダイオキシン毒性リスクの把握には、天然起源PBDDsの潜在的毒性評価が緊要な課題となっています。

PBDDsの毒性評価については、塩素化ダイオキシン類と同等あるいは上回る毒性を示す結果が示されていますが、評価された異性体はごく一部に限られており(Van den Berg et al., *Toxicol. Sci.*, 2013)、PBDDsに関する国際的な毒性評価は定まっていません。加えて、水圏生物への毒性影響に関する研究は、脊椎動物を対象としたものが多く、無脊椎動物に関する知見は少ないのが現状です。また、無脊椎動物のゲノム・プロテオームは脊椎動物とは異なる点が多く、化学物質の生態リスクを評価するにあたり、脊椎動物を対象とした研究結果を無脊椎動物に外挿することは難しいといえます。従って、生態系全体を考慮すると、甲殻類など無脊椎動物を対象としたリスク評価は極めて重

要な研究課題です。これまで我々は、PBDDsの毒性影響を調べる予備的研究として、瀬戸内海において特異的に高濃度で検出された1,3,7-TriBDDを小型甲殻類の海産アミ類へ曝露し、次世代シーケンスを用いたRNA-seq解析から、1,3,7-TriBDDに応答する転写産物を包括的に調べました。パスウェイ解析の結果、1,3,7-TriBDDはタイトジャンクションと呼ばれる細胞間接着機構に関連する遺伝子の発現を抑制する結果が得られ、細胞骨格の動的変化に影響し行動異常などを引き起こす可能性が推測されました。このことは、天然起源の低臭素化ダイオキシンは甲殻類など海産生物へ対して有害影響を引き起こす可能性を示すものであり、また他のダイオキシン類とは異なる毒性パスウェイを示すことを明らかにしました(図1)。従って、PBDDsの潜在的毒性影響を分子レベルで解析し、個体(群)影響とリンクした知見を集積することで、実環境に生息する野生生物へ還元できれば、その結果はリスク評価に有効ではないかと考え、本課題を着想するに至りました。

本課題の全体構想は、天然起源PBDDsを高蓄積する海産生物である二枚貝および甲殻類のモデル生物を対象として、PBDDsの毒性影響をトランスクリプトーム・プロテオーム解析(統合オミクス解析)で捉え、各異性体の知見を集積することで毒性マップを作成することです。世界の沿岸域に広く分布する二枚貝および海産甲殻類は、汽水から沿岸まで広い海域に生息し、化学物質の高濃度汚染域と生息域がオーバーラップしていることから、毒性リスクの把握に有用な生物と考えられます。さらに、実環境生物を用いた統合オミクス解析結果を毒性マップとデータマイニングし、PBDDsの沿岸環境における包括的なダイオキシン毒性リスクの実態を明らかにしていきます。具体的には、二枚貝および甲殻類を対象として、3つのサブテーマ、すなわち1)PBDDsの生態影響試験、2)PBDDsの統合オミクス解析と毒性マップの作成、3)野生個体での統合オミクス解析によるリスク評価の課題に挑戦し、天然起源PBDDsの有害性評価を目指します。

天然起源PBDDsの毒性影響は未解明であり、無脊椎動物のモデル生物および野生生物を研究材料として、PBDDsの影響を分子レベルで網羅的に解析し、包括的なリスク評価を展開した事例は過去に存在しません。本課題は、PBDDs異性体によって発現変化する転写産物・タンパク質から、その毒性影響を特徴づけ、毒性マップを構築する点に特色をもちます。さらなる展開として、様々な環境汚染物質による毒性マップの拡充を図り、より充実したものにすることができれば、野生個体においてどのような化学物質汚染のリスクがあるのかの判別を可能とします。また、現在憂慮されている化学物質による環境汚染の評価だけでなく、改正化審

法で求められる「監視化学物質」を特定し、化学物質の生態リスクをより包括的に評価するシステムの構築への貢献が期待できます。

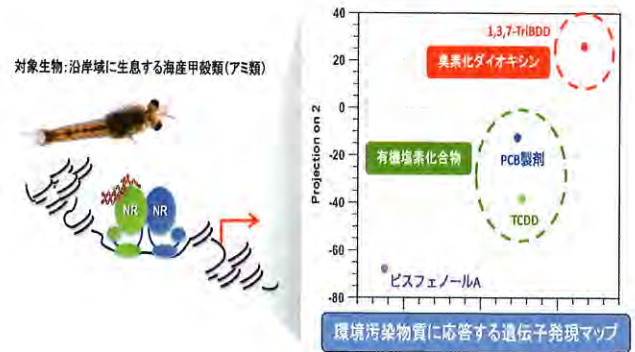


図1 海産アミ類における環境汚染物質と転写応答

編集後記

平成27年4月から沿岸環境科学研究センター長に就任された化学汚染・毒性解析部門の田辺信介教授の挨拶を掲載しました。同じく4月に環境動態解析部門の着任された森本昭彦教授の紹介と、新たに設立された兼任教員に就任された工学部環境建設工学科の日向博文教授、三宅洋准教授、渡辺幸三准教授の紹介を掲載しました。また、平成27年度の科研費に新規採択された生態系解析部門の北村真一准教授による研究、化学汚染・毒性解析部門の平野将司特任助教による研究の内容を掲載しました。

(CMES広報委員・環境動態解析部門 講師 吉江直樹)

CMESニュースNo. 32

平成27年7月20日 発行

愛媛大学 沿岸環境科学研究センター

〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5

TEL : 089 - 927 - 8164 FAX : 089 - 927 - 8167

E-mail : kyoten1@stu.ehime-u.ac.jp

CMES : <http://www.ehime-u.ac.jp/~cmes/>