

CMES

ニュース

No.28

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/>

新任教員紹介 -----1~4
科学研究費新規採択課題紹介 -----4~9

科学研究費の採択状況 -----10
編集後記 -----10

新任教員紹介

加 三千宣 (環境動態解析部門 准教授)

平成25年度から沿岸環境科学研究センター（以下CMES）環境動態解析部門の准教授として着任しました加（くわえ）です。よろしくお願ひ致します。大阪市立大学大学院理学研究科での修士・博士課程、愛媛大学CMES及び上級研究員センターの研究員として、古環境学・古海洋学・古生物学的研究、いわゆる「パレオ」の研究に従事してきました。湖底や海底にたまった泥質堆積物中の化石や化学成分を使って地球の長い歴史の中で起こった環境や生態系の長期動態と地球表層システムを理解することに興味があります。愛媛大学では、特に、沿岸環境科学研究の新たな境界領域的



加 三千宣 准教授

分野として、「沿岸古海洋学」の開拓に取り組んできました。海洋汚染、地球温暖化、気候変動に対する海洋生態系への影響が懸念され、その将来予測の精度が求め

られる今日、沿岸古海洋学は、おそらく今後10年のうちに大きく発展する可能性を秘めた研究分野であると考えられます。しかしながら、日本だけでなく国際的に見ても、体系的に行われた沿岸古海洋学の研究例はわずかで、未だ発展途上にある分野であります。これまで行ってきた研究は、瀬戸内海の温暖化や大洋規模の気候変動が海洋生態系に与えた影響等、多岐にわたりますが、現在行っている研究例二つをここで紹介致します。

＜魚類資源変動を駆動する気候・

海洋の長期変動の解明＞

我が国にとっても深く関わる地球環境問題の一つに、沿岸魚類資源の数十年スケールの大変動があります。特にイワシ類は世界で最も漁獲される魚種で、その資源は直接食されるだけでなく、その多くは漁業や魚類養殖、家畜の餌、肥料としても莫大な量が使われます。そのため、イワシ類資源の大変動の経済的影響力は非常に大きいと考えられています。遠隔地間にも関わらず、世界の有数漁場で連動して起こる数十年スケールのイワシ類資源変動は、大洋規模、地球規模の気候変動が引き起こしていると考えられていますが、その周期性や大洋規模での動態については、これまでごく限られた知見しかありませんでした。そうした中、CMESと杉本隆成東京大学（現東海大学）教授の研究チームは、イワシ類の世界有数漁場の一つとなっている日本沿岸からイワシ類の魚鱗化石を発見し、マイワシ資源変動に約60年や300年という周期性が大洋規模で存在することを初めて明らかにしました（図2）。特に300年周期性については、60年周期成分における最大資源量の100年規模の低

迷を引き起こしかねない、水産資源学上無視できない現象であることがわかってきました。また、その背後にはおそらく大規模な大気-海洋現象が関わっていると考えられますが、その動態も今後の気候にどのようなインパクトを与えるのかわかっていません。現在、この300年周期成分の魚類資源変動を駆動する機構を古海洋学的に明らかにする研究を行っています。

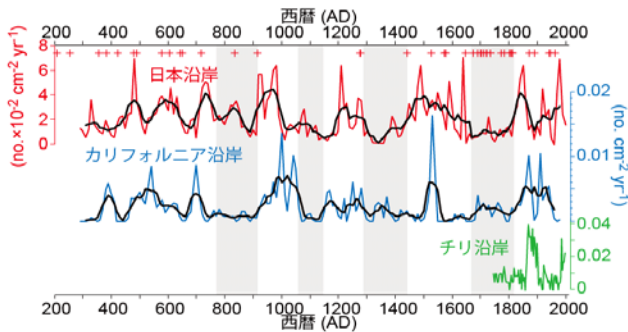
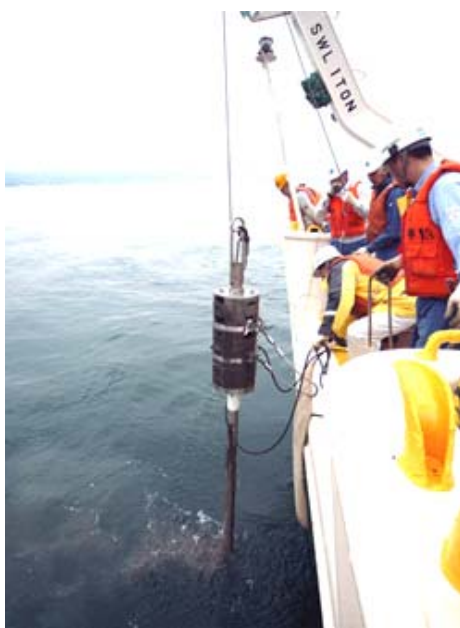


図2 マイワシ魚鱗堆積量に見られる個体数の300年周期変動
低水準期を灰色で示した。現在は数十年スケール変動の大きな
振幅を伴う高水準期

<過去2000年に注目した沿岸古海洋学的研究>

モデルによる高精度気候予測が求められる昨今、regional-scaleの気候モードの検出やその駆動要因の解明に、過去2000年間の高解像度気候記録の復元の重要性が認識されるようになりました。しかし、広域をカバーできるはずの海底堆積物を使った古海洋記録は、年代決定の不確実性や時間解像度の限界から、求められるような精度の記録はごくわずかで、こうした古海洋の現状は今後の気候



海底コアリングの様子(淡青丸)

の高精度予測にとって大きな障害となります。そこで目を付けたのが沿岸域の海底堆積物です。沿岸域では、堆積速度が速いために高時間分解能での記録が得られます。しかし、沿岸古海洋記録では年代精度が問題となっていました。それを飛躍的に高める手法を開発し、沿岸古海洋学もようやく突破口を見出したところです。現在、北海道大学地球環境科学研究所の山本正伸准教授ら共同で、日本周辺の幾つかの沿岸海域で高解像度の古海洋記録が得られつつあり、今後さらに空間的な拡充が必要だと考えています。こうした地道な沿岸古海洋学的研究の成果が、今後の地域的な気候モデルの高精度化に役立てられると期待しています。

以上の沿岸の古海洋学的研究以外にも、湖沼堆積物を使った古陸水学的アプローチによる生態系モニタリングを手がけ、大気経由の越境汚染に対する我が国の湖沼生態系への長期影響に関する研究を東北大学・岡山大学と共同で行っています(環境省環境研究総合推進費)。

<教育>

教育については、古海洋・古環境学を通じて、海洋環境や海洋生態系の長期変動に関する研究指導を行っています。武岡研究室に所属しているため、これまでは工学部やスーパーサイエンス特別コースの学生の指導補助を行なってきましたが、平成25年度から理学部地球学科を兼任することになりました。講義は、学部生を対象に海洋学通論(前期5回分)を担当しています。海の成り立ちや地球の歴史、生命進化、海洋生態系に関する科学上優れた研究を題材に、海や地球表層システムの基本概念を興味深く学べる授業構成を心掛けています。

磯部 友彦 「敗者復活？」

(化学汚染・毒性解析部門 准教授)

はじめに、様々な経緯がありながらも磯部にポストを与えることにご承諾いただいた、上級研究員センターテニュア資格審査委員会、テニュアトラック制度検討委員会、沿岸環境科学センター運営委員会、およびCMES所属の先生方、その他、前職場を含め直接・間接的にご支援いただいたすべての方々この場をお借りして謝意を表します。まだまだ至らぬ部分もあろうかと思いますが、今後ともご指導・ご鞭撻のほどよろしくお願ひし

ます。

私のこれまでの研究では、新たに社会問題化しつつある環境汚染物質に着目し、それらの物質を環境・生体試料から検出・分析する方法を確立することに主眼を置き、環境・生態系における分布や挙動、蓄積特性、汚染レベルの経年変動について明らかにしてきました。愛媛に異動してからは、主にPTB (Persistent, Toxic, Bioaccumulative) でHPV (High Production Volume) な化学物質の問題に取り



カズハゴンドウの解剖の様子

組んでおり、とくに難燃剤汚染の研究ではおかげさまで多くの成果を挙げることができました。将来的には、現在の恵まれたインフラを有効活用することで、これまでとはちょっと違う切り口から、化学汚染の実態解明と影響評価を目指したいと考えています。

閑話休題。せっかくの機会なので少しだけ本音を書かせていただきたい。(特定の個人や機関・事例に対する批判ではないことを予めお断わりします)。実は、この「新任教員紹介」の執筆を依頼された際に、「新任」という言葉にどこか違和感を覚えた。何しろ所属欄に「愛媛大学」と記載するようになって既に7年半、年齢的にもとても「新任」と言われるに値する顔ではない。むしろ「今まで勤務していなかった」と言われているようで何とも腑に落ちない。その一方で、どうやらようやく名実共に負け組を脱し、陽の当たる世界に出ることができたのだと、しみじみと思いを巡らせた。学位取得から12年(干支が一周しちゃったよ!)、ついに「任期」から解放された。最近よくある、再任・延長ありきの建前任期制ではなく、失職を本気で覚悟したことも1度や2度ではない。これまで毎年のように「退職した」という辞令と「採用する」という辞令を年度当初にもらってきた。もちろん、直近の4年半は任期付きとはいえ上級研究員として非常に恵まれた環境を与えられ、比較的

自由に研究活動に従事することができ、とても感謝している。この4年半のおかげで、採用されるに値する成果を挙げられたと思う。とはいえ、である。毎年のように解雇される恐怖(そして退職の辞令)、正規教員・研究員・職員等との間の見えない溝、働けど働けど与えられない権利、異常に低い単位時間当たりの賃金、年々下がる年収、何年勤めても積み上がらない退職金等々。これは経験した者でなければ語れない。とくに、学位取得直後の業績も自信もコネも何も無い数年間は、心も体も正常ではいられなかった。上司はおろか、周囲の研究者や同僚たちまでが敵に見え、いつもバカにされているような気に苛まれ、ねじ曲がった根性が醸成された。そして12年。周囲を見渡しても、ここまで長期間に渡って不安定なポストに身を置いてきた人はそれほど多くない。もちろん、だからといって学位取得者に軽々しくポストを与えろと言いたいのではない。公平・公正な尺度に基づいた競争は必要。人材の流動性や組織の風通しを確保する意味でも任期制の導入には賛成。逆に今流行の「〇〇に限る」という人事は如何なものか。当該分野における能力・実績の単純評価で何故ダメなのか?自分のケースに対する自戒も含め、改善すべき点ではないだろうか。

兎に角。こんな異常な境遇を経て「新任」となったことを考えると、客観的に判断して人間的にマトモであるはずもないし、とても大学教員として適任とは思えない。「大学」という社会に適合できるかどうか甚だ疑問だ。しかし、そんな人間だからこそできることもあるのではないか。もち



東京湾に漂着したナガスクジラ

ろん、自分に才能も実力も努力も足りないことは承知しているが、それでもこの世界が楽しくてたまらなくて、安月給とはいえ趣味の延長でメシが食えることに涙を流して感謝し、罵られ蔑まれても歯を食いしばって耐え、泥にまみれゲロを吐き血や脂でドロドロになりつつもここまでしがみついていた。今時の、などという言葉を使いたくはないが、若手の皆さんには到底体験できないし、する必要も無いだろう。だからこそ、アカデミア・研究職の楽しさや充実感、自分たちがやろうとしている研究の価値や尊さを、次代を担う学生たちに強い思いで伝えることができる。純粋培養教員には理解できない、大学の利点・欠点を実体験として若手に語ることができる。今年スーパーボウルを制したボルチモア・レイブンスのように、ワイルドカードから勝ち上がった者には失うものがなく開き直った強さがある。これからはそんな生き様を見せていきたい。

科学研究費新規採択課題紹介

基盤研究(A)「ペット動物の化学汚染:有機ハロゲン化合物および代謝物の暴露実態解明とリスク評価」

田辺 信介(化学汚染・毒性解析部門 教授)

研究期間:平成25年度～27年度

イヌ・ネコに代表される食肉目は強い薬物代謝能を有することから、有機ハロゲン化合物の暴露により生成される水酸化代謝物の生体リスクが懸念されている。本研究の目的は、有機ハロゲン化合物の高濃度暴露が予想されるペットのイヌ・ネコに注目して、水酸化代謝物の暴露実態・蓄積特性・体内動態を明らかにするとともに、甲状腺機能障害など種々の疾病との関連性を検証することにある。さらに食肉目を対象に、*in vitro*および*in vivo*による有機ハロゲン化合物の代謝試験を実施し、代謝メカニズムの解明とリスク評価を試みる。社会的関心の高いペット動物の化学汚染と健康問題に焦点をあて、汚染実態と影響評価に関する基礎データを集積・解析し、ペットの飼育環境改善や対策技術構築のための科学的根拠を提示したいと考えている。

有機ハロゲン化合物として知られるポリ塩化ビフェニル(PCBs)、および電子・電気機器やプラスチック製品に含まれる有機臭素系難燃剤の一種ポリ臭素化ジフェニルエーテル(PBDEs)は、環境や野生生物、ヒトから広く検出され、その生体影響が危惧されている。PCBsやPBDEsは、代謝物の毒性も問題視され、とくに生物の行動に関わる

影響が注目されている。生体内に取り込まれたPCBsやPBDEsは肝臓でシトクロムP450(CYPs)の働きにより水酸化体(OH-PCBs、OH-PBDEs)に代謝され(第I相反応)、その後、UDPグルコン酸転移酵素・グルタチオンS-転移酵素などによる抱合作用(第II相反応)を受けて体外に排泄される。しかしながら、一部の水酸化代謝物は甲状腺ホルモン(T4)と構造が類似しているため、血中の甲状腺ホルモン輸送タンパクであるトランスサイレチン(TTR)に対して強い結合性を示し、血流により臓器・組織へ分配される。とりわけ、TTRと結合したOH-PCBsは、血液-脳関門を通過して脳組織へ到達し、神経系への悪影響や甲状腺ホルモンの恒常性攪乱が示唆されている(図1)。さらに、OH-PBDEsの暴露経路にはPBDEsの暴露とその代謝由来に加え、海藻やシアノバクテリアなどが生成する天然起源の取り込みも報告されている。そのため、既存の残留性有機汚染物質(POPs)に加え、その代謝物や天然起源のハロゲン化フェノール類による生体および環境の汚染実態解明とリスク評価が求められている。

CMESの化学汚染・毒性解析部門では、これまで多様な野生生物の血中PCBsおよびPBDEsの水酸化代謝物を分析し、その残留レベルや蓄積特性を明らかにしてきた。その結果、親化合物であるPCBsの残留組成に生物種間差は認められないが、血中OH-PCBs異性体には種差がみられ、生物種特異的な代謝能が関与した結果と推察された。とりわけ、食肉目の血液では親化合物のPCBsよりも高濃度のOH-PCBsが検出されており、食肉目に対する代謝物のリスクは相対的に高いと考えられる。なかで

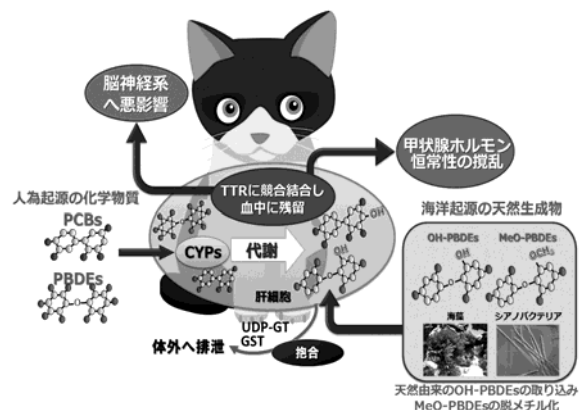


図1

も、ネコのOH-PCBs残留パターンは他種と大きく異なり、低塩素化OH-PCBsの蓄積が顕著であったことから、本種は特異な代謝能を有することが示唆された。一方、ネコの場合は、フェノール化合物

物の代謝を担うグルクロン酸抱合能の欠損が知られている。したがってネコは、グルクロン酸抱合で代謝・排泄されるフェノール類の代謝能が低く、水酸化代謝物のハイリスクアニマルであると予想される。

近年、ペットとして飼育されているネコのPBDEs高蓄積が明らかとなり、増加する甲状腺機能亢進症とPBDEs代謝物との関連性が強く疑われている。PBDEsは身の回りの家電製品や家具に難燃剤として多用されており、その暴露経路はキャットフードなど餌からの取り込みに加え、ハウスダストの体毛付着と毛づくろい（グルーミング）が高濃度暴露の原因と考えられている。さらに、ネコのOH-PBDEs濃度は他種に比べ高値を示し、異性体組成から餌経路で天然起源のOH-PBDEsを取り込んでいることも示唆されている。

ヒトの乳幼児も床を這い回り口舐めすることで、ペットと同様に化学物質の暴露を受けていると考えられ、ペット動物の汚染実態を解明することは乳幼児のリスク評価とその低減に繋がることも期待される。しかしながら、ペットに関するPCBs、PBDEsの汚染実態解明研究は世界的に開始されたばかりであり、そのリスクも不明な点が多い。とくにイヌやネコに対する代謝物の暴露量は多いと考えられるが、代謝能、体内動態、蓄積特性、そしてリスク評価に関する研究は極めて少ない。このような背景と経緯から、ペット動物のイヌやネコに対する有機ハロゲン化合物および水酸化代謝物の暴露実態とリスクに着目した研究を構想化した。

本研究では、社会的関心の高いペット動物の化学汚染と健康リスクに焦点をあて、とくにイヌ・ネコに残留する有機ハロゲン化合物(PCBs、PBDEs)とその水酸化代謝物(OH-PCBs、OH-PBDEs、ハロゲン化フェノール類)の暴露実態・蓄積特性・体内動態の解明を目的とし、甲状腺機能に及ぼす影響の検証を試みる。すなわち、1)イヌ・ネコ血中に残留する有機ハロゲン化合物と水酸化代謝物が甲状腺ホルモンに及ぼす影響の検証、2)水酸化代謝物の生体内分布と蓄積特性の解明、3) *in vitro* および*in vivo*試験によるイヌ・ネコの異物代謝能の解析、4) リスク評価、等の課題に取り組むたい。具体的にはイヌ・ネコ血中有機ハロゲン化合物および代謝物の蓄積特性を明らかにするとともに、各臓器・組織中に残留する水酸化代謝物を分析して肝臓での代謝と血液を介した生体内輸送・分配について解明する。また、他の陸棲哺乳類と代謝能が異なるネコに着目して、甲状腺機能障害などの疾病と化学物質の因果関係を解析し、代謝物のリスク

を評価する。

さらにイヌ・ネコの肝ミクロソームを作成して代謝実験を実施し、CYPによる第I相反応と抱合酵素による第II相反応を含む代謝経路の解明を試みる。加えて食肉目を対象にPCBsの *in vivo*投与試験を計画し、同族・異性体毎のトキシコキネティクス(吸収・分布・代謝・排出)を明らかにするとともに、視床下部-下垂体-甲状腺系への影響を検証することによってリスクを評価する。

本研究の特色は、ヒトの身近なペット動物に着目し、高レベルの汚染と強い毒性が懸念される有機ハロゲン代謝物の暴露実態・残留傾向・体内動態の解明に加えて、その内分泌系への影響にまで踏み込んだリスク評価の研究を展開することにある。ペット動物の汚染実態・代謝能の解明、暴露経路の推定、生体毒性の解析など多面的アプローチを試みた研究は世界的にみても例がないことから、本申請研究は先導的・独創的な課題と考えている。ペットブームは世界共通の社会現象であり、とくにイヌ・ネコは家族の一構成員としてヒトと生活環境を共にする機会が増え、それとともに周辺に遍在する化学物質の暴露量増加が予想される。ペットの甲状腺機能障害は年々増加しており、有機ハロゲン代謝物との関連が実証されれば、ヒト生活圏の化学物質問題として大きな社会的インパクトをもたらすばかりでなく、環境化学や生態毒性学の新たな局面開拓に繋がるなど、その学術的・社会的波及効果は大きいと考えている。

基盤研究(A)(海外学術)「人為・自然錯乱された熱帯アジアの水環境における抗生物質汚染と薬剤耐性遺伝子の動態」

鈴木 聡(生態系解析部門 教授)

研究期間:平成25年度～28年度

2011年に発生したタイの大規模洪水の例をまたず、熱帯アジアでは、家庭・畜産・病院など様々な排水の流入と頻繁に起こる洪水により水環境が攪乱され、種々の起源から薬剤耐性菌・遺伝子の混合が起こる。本研究は、こうした環境下で耐性遺伝子と薬剤汚染をモニタリングし、水畜産の統合的農業環境、市内河川、洪水で排水や汚物が混合される水環境における耐性遺伝子の環境中残存と伝播の実態を解明することを目的としている。社会的に問題になっている多剤耐性遺伝子が、病院現場以外のどこまでできて、どのようなルートで移動し、どのような菌間で、どのような機構で伝

達するのは、すべて不明である。これらの諸疑問に挑戦する課題である。

筆者はこれまで13年間に渡り、アジアを中心に環境での抗生物質汚染と耐性菌の分布を調査してきた。その過程で、同じ耐性遺伝子が地理的に離れた地点や異なる環境から検出されることを見いだした（鈴木、科研基盤B（海外）、平成19～22年度）。最近、海外旅行が耐性遺伝子を運ぶ、という論文が出されるなど、国際的着眼点の研究が始まっている。さらに、近年、抗生物質が環境水中で希釈・分解されても、低濃度化した抗生物質が耐性菌選択に働くという重要なコンセプトが出された。これまで微生物に影響がないと思われていた低濃度こそが重要な選択圧となるのである。

2009年に筆者はフィリピンで台風後の洪水時に調査を行い、サルファ剤耐性遺伝子の陸水から海水へ至る際のユニークな動態を見いだした。このような背景から、水圏の攪乱後における耐性遺伝子の動態研究を着想した。これまでに、耐性遺伝子の分布をインドシナ半島の養殖場を中心に明らかにしてきたが、本課題では、さらに深化させ、洪水等で人間生活圏と河川、海洋までの細菌群集が混合された時に耐性遺伝子がどのようにそれぞれの環境に残存するか？他菌種への伝播はどうなるのか？また、それは地域固有現象か？一般的現象か？という疑問に答えを与えるための研究へ広く発展させる。世界的な拡大が懸念される広域ベータラクタム耐性遺伝子も本課題ではモニタリングを行なう。微量の耐性遺伝子と抗生物質両方を定量する動態研究は初の試みである。さらに、現在進行中の研究（鈴木、科研基盤A（一般）、平成22～26年度）の成果として、金属などの複合汚染存在下では耐性遺伝子の水平伝播に影響がありそうなデータが得られている。これらの結果を総合的に踏まえて、今回の研究を構築した。手法としても、我々は直接環境から耐性遺伝子を定量する方法を確立し、フィンランドの共同研究者は養殖場環境で初めて耐性遺伝子の長期残存を定量的に証明した（JSPS二国間共同研究、フィンランド、平成23～24年度）。現在四国沿岸や台湾でも同様に耐性遺伝子の動態を研究しており、世界中の様々なフィールド研究から一般則が構築されることが期待できる。

メンバーは2003年のRR2002ミッション以来切れ目なく共同研究を行なっている農工大の高田秀重教授と、野生動物、家畜での薬剤耐性菌の生態に関して活発に研究を進めていらっしゃる酪農大の田村豊教授である。タイ側のカウンターパートは、私がアルバータ大でのポストドク時代に同じ研究室

で院生だった、現チュラロンコン大W. Anomasiri教授のグループである。レベルが高く、実績十分なメンバーを配し、今後4年間で、細菌学、分子生物学、機器分析を武器として、タイをはじめ熱帯アジアの混沌とした水環境に赴いて、これまで捉えられなかった耐性遺伝子の汚染実態と動態を解明する計画である。

多剤耐性問題は、国際的には、2012年3月のカナダでの「環境の薬剤耐性菌会議」が開かれ、同年5月のドイツでの「生態毒性環境化学会（SETAC



World)」でも筆者がセッションチェアとなって取り上げ、臨床のみならず環境分野からも注目されてきた。カナダの会議で作成した提言論文のうち、筆者が執筆に加わった論文のうちの一つは今年5月にEnvironmental Health Perspectiveに掲載され、追って何報か掲載予定である。

本課題は、アジアの特徴的な攪乱する水環境に則したリスク評価を行なうための目的基礎研究であり、耐性遺伝子の、異なる環境由来細菌種での動態（遺伝子水平伝播）と残存性に焦点を当てている。この結果は、熱帯アジア地域の水圏の特徴を微生物学的に解明するだけでなく、洪水などの水災害後におけるハザード遺伝子のリスクの評価と対策提言に大いに意義を持つ。環境科学での政策提言、微生物学での遺伝子動態解明のみならず、予防医療上においても世界的にインパクトのある研究となろう。

若手研究(A)「哺乳類に残留する有機ハロゲン代謝物の脳移行と甲状腺ホルモンへの影響評価」

野見山 桂(化学汚染・毒性解析部門 講師)

研究期間:平成25年度～27年度

有機ハロゲン化合物であるポリ塩化ビフェニル

(PCBs)、および電子・電気機器やプラスチック製品に含まれる有機臭素系難燃剤の一種であるポリ臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs) は、環境や野生生物、ヒトから広く検出され、その生体影響が危惧されています。

その中でもPCBsやPBDEsは代謝物の毒性も問題視され、とくに甲状腺ホルモンへの影響や生物の行動に関わる影響が注目されています。生体内に取り込まれたPCBsやPBDEsは肝臓でシトクロムP450 (CYPs) の働きにより水酸化体 (OH-PCBs、OH-PBDEs) に代謝され (第I相反応)、その後、UDPグルクロン酸転移酵素・グルタチオンS-転移酵素などによる抱合作用 (第II相反応) を受けて体外に排泄されます。しかしながら、一部の水酸化代謝物は甲状腺ホルモン (T4) と構造が類似しているため、血中の甲状腺ホルモン輸送タンパクの一つであるトランスサイレチン (TTR) に対して強い結合性を示し、血流により臓器・組織へ分配されることがわかっています。とりわけ、TTRと結合したOH-PCBsは、血液脳関門を通過して脳へ到達することが明らかにされており、その影響が危惧されています (図1)。とくに、脳神経系の発達には甲状腺ホルモンが極めて重要であるため、水酸化代謝物の脳移行に伴う脳神経系への悪影響が懸念されています。さらにTTRと結合したOH-PCBs、OH-PBDEsは、臍帯血を介して母体から胎児へと移行するため、胎児期の脳中甲状腺ホルモン量の欠

の結果、親化合物であるPCBsの残留組成に大きな生物種差は認められませんが、OH-PCBsの残留レベルと異性体組成には種差がみられ、生物種特異的な代謝能を持つことが示されました。これらの結果から、生物種により水酸化代謝物の脳への移行割合や、組成の異なる可能性が示唆されます。とくに、陸棲哺乳類の血液では親化合物のPCBsより高濃度のOH-PCBsが検出され、本種に対する脳移行のリスクは相対的に高いと推察されます。しかしながら、リン脂質の豊富な脳組織から幅広いOH-PCBs異性体を分離し、高感度に分析する方法はこれまで開発されていませんでした。そこで私達は、脳中に残留する3-8塩素化OH-PCBs異性体を対象とした分析法を世界に先駆けて開発し、ネズミイルカの脳中に蓄積するOH-PCBsを分析しました。その結果、イルカの大脳新皮質中にはOH-PCBsが血中よりも高蓄積しており (図2)、残留性の指標となるOH-PCBs/PCBs比が血液よりも高値を示すことが明らかとなりました。これはOH-PCBsが血液脳関門に遮られることなく脳へ移行・残留する可能性を強く示唆する結果です。

しかしながら、水酸化代謝物の脳移行に注目した研究事例は少なく、過去の報告においても分析法上の制約から一部のOH-PCBsおよびOH-PBDEs異性体しか計測されていません。とくに、陸棲哺乳類を対象とした有機ハロゲン化合物の代謝過程と脳移行に関する研究はこれまでありませんでした。以上の背景を踏まえ、OH-PCBs、OH-PBDEsの蓄積特性を多様な動物種で明らかにすることは、脳発達期におけるPCBsとPBDEsのリスクを総合的に評価する際に必要不可欠と考え、本研究を着想しました。

本研究では哺乳類による有機ハロゲン化合物の代謝に焦点を当て、水酸化代謝物による化学汚染と脳移行の実態解明、および脳内の甲状腺ホルモンレベルに及ぼす影響について検証を試みることを目的としています。具体的には、愛媛大学の生物環境試料バンク (es-BANK) に冷凍保存されている様々な海棲哺乳類および陸棲哺乳類を対象に、各臓器・組織中 (脳、肝臓、血液) に残留する有機ハロゲン化合物 (PCBs、PBDEs) とその水酸化代謝物 (OH-PCBs、OH-PBDEs、ハロゲン化フェノール類) の蓄積レベルと異性体組成を明らかにして、肝臓での代謝と血液を介した脳移行について検証します。脳内の蓄積レベルの高い種に対しては脳を部位別に分析することで、脳内蓄積レベルの偏在と血液を介した移行メカニズムの解明を試みます。また、脳内甲状腺ホルモンへの影響を調査するため、脳中の甲状腺ホルモン種 (トリヨード

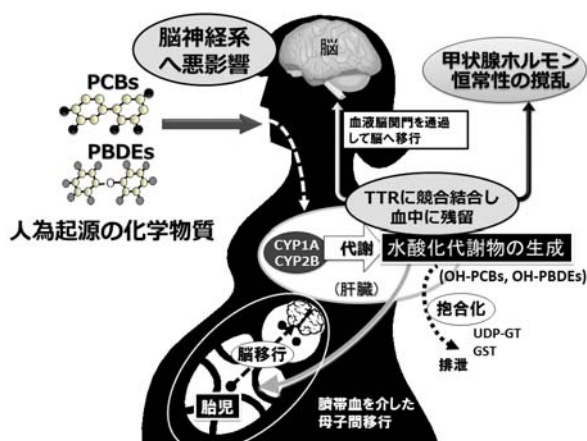


図1) 有機ハロゲン化合物の代謝経路:代謝物のTTRを介した生体内分配経路と母子間移行図

乏が脳神経系の発達に悪影響を与えることも懸念されます。

私達の研究グループは、これまでに国内に棲息する多様な野生生物の血中PCBs、PBDEsの水酸化代謝物を高分解能GC/MSを用いて分析し、その残留レベルや蓄積特性を明らかにしてきました。そ

チロニン: T3、サイロキシン: T4、リバーST3:rT3) レベルをLC/MS-MSを用いて分析し、代謝物の残留レベルや異性体組成との関連性を解析することで、これらの汚染物質が脳内の甲状腺機能に与える影響について明らかにします。

本研究課題では様々な海棲哺乳類や陸棲哺乳類の脳に注目しますが、とくに注目すべき動物として、ニホンザルを対象にこれらの研究を展開します。アカゲザルと近縁なニホンザルはヒトとも遺伝的に近いと、有機ハロゲン代謝物の生体内

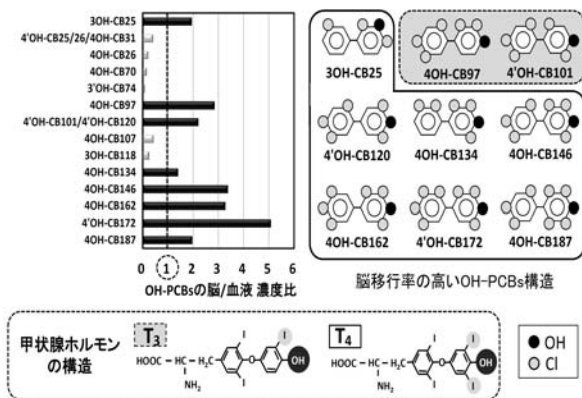


図2) ネズミルカの脳から検出された OH-PCBs 主要異性体と脳/血液の濃度比

動態や母子間移行、脳内分布、脳中甲状腺ホルモンとの関係を明らかにすることで、体内動態の解析が難しいヒトに対するリスク評価の基礎情報を得ることを目的としています。ヒト血中における有機ハロゲン代謝物の蓄積は明らかとされていますが、倫理的な制約もあってヒトの臓器・組織の分析は進んでおらず、胎児の脳や肝臓への移行・蓄積特性に関する情報はありません。ニホンザルを解析することにより霊長類における代謝物の生体内動態や脳移行、母子間移行を明らかにできれば、ヒトの脳発達期におけるPCBs、PBDEsのリスクを総合的に評価する有用な基礎情報が得られることを期待しています。

本研究は、環境汚染物質やその代謝物が哺乳類の中枢神経系に及ぼす影響を理解するための端緒となる研究です。OH-PCBsやOH-PBDEsの生成と脳移行の態様の理解は、脳発達期におけるPCBsとPBDEsのリスクを総合的に評価する上で必要不可欠と考えられ、その学術的意義は大きいと考えています。本研究が成功すれば、世界の有害代謝物研究の隘路が解消され、当該研究分野の発展に繋がる斬新かつチャレンジ性のあるアイデアの創生を期待しています。

挑戦的萌芽研究「航空写真観測と数値モデルによるクラゲ集群密度と湾規模の現存量推定手法の開発」

郭 新宇(環境動態解析部門 准教授)

研究期間:平成25年度~27年度

近年、瀬戸内海や東京湾のような内湾では、ミズクラゲの大量出現が報告されている (Uye et al., 2003PBE; 野村・石丸, 1998海の研究)。このようなクラゲ類の大量出現は、工業活動や水産業や観光業などへの直接的な被ばかりでなく、「大量」に出現することによって生態系全体へも影響を及ぼす恐れがある。クラゲ類、特にミズクラゲの大量発生には、魚の乱獲による餌の競合相手の減少、富栄養化による餌環境の変化 (動物プランクトンの小型化)、地球温暖化による水温上昇、埋め立てによる自然海岸の減少などが理由として挙げられている。

クラゲの大量出現と沿岸生態系への影響に関する研究のボトルネックの一つは、長期かつ連続的なクラゲ現存量のデータがないことである (Purcell, 2012ARMS)。この問題を解消するためには、クラゲ現存量の簡便な観測方法が必要である。現在、ネットや魚探、音響カメラ等を用いてクラゲ現存量を把握する方法があるが、偏在するクラゲをこのような方法で定量出来ているかに関しては不安が残る。また、このような方法で広い海域を長期間かつ連続的に観測することは困難である。本研究では、比較的容易かつ広範囲に得られる海面撮影画像に注目し、海面に形成されるクラゲパッチ (写真1、2) からパッチ内と湾全体のクラゲ現存量を算定するモデルを開発する。また、ミズクラゲの現存量だけではなく、クラゲパッチの形成機構も理解する。クラゲパッチの形成は、多くの海域において観測されており、室内実験やモデリングによる研究報告もあるが、流動場との関係についてはまだ解明されていない点が多くある (Graham et al., 2001Hydrobiologia)。クラゲの生態学的研究では、クラゲは光、水温、塩分の変化に応答し、能動的に動いていることが明らかにされつつある。また、乱流や流れによって受動的に流されることもある。即ち、クラゲパッチの形成には、生物・生理的な要素以外に、物理的な要素の働くことを考慮する必要がある。

調査船によるパッチ内でのクラゲ現存量の直接計測と空中写真撮影を組み合わせた観測を行えば、パッチ画像の光学的情報からパッチ内の現存量を推定する関係式を求めることができる。しかし、

それだけでは湾全体の現存量は得られない。そこで本研究では、ある現存量のクラゲパッチを形成するためには湾全体でどれだけの現存量が必要かを数値モデルによって推定することにより、画像から推定されるパッチ内の現存量から湾全体の現存量を逆算する。

クラゲの大量発生が沿岸生態系に構造的な変化をもたらす懸念はかなり前から言われ続けてきた



写真1)クラゲパッチ

が、未だにそれを証明できていないのはやはりボトルネックの存在に原因がある。本研究で提案している数値モデルと比較的に取得できる海面撮影画像の結合による内湾スケールでのクラゲ現存量のモニタリングを実現できれば、一つのボトルネックの解消につながり、沿岸生態系の将来予測の精度向上に貢献するであろう。また、クラゲ類にとどまらず、他の非水産生物への適用も可能であろう。

具体的には、本研究では、1)海面画像からクラゲパッチ内のクラゲ量を推定する手法の開発と、2)クラゲパッチでの現存量を湾内全体の現存量に結びつけることのできる数値モデルの開発といった2つのステップが必要となる。

ステップ1では、海面画像からクラゲパッチの領域および面積を判断し、海面画像内のパッチの濃淡からクラゲ量を推定するアルゴリズムの開発が不可欠である。クラゲパッチの面積を把握するには、海面画像を射影変換して正確な平面の情報に直した上で、色や輝度などの光学的情報からクラゲパッチと海面・陸とを区別するアルゴリズムが必要である。またクラゲ量は、クラゲパッチの

濃淡とクラゲ密度の関係式があれば、パッチの濃淡情報から推定できる。本研究では調査船観測（クラゲ密度の把握）と空中観測（クラゲパッチ濃淡情報の取得）を同時かつ複数回行うことによってクラゲパッチの濃淡とクラゲ密度の関係式を確立するとともに、海面画像からクラゲ現存量を推定するための一連の作業を行うプログラムを作成する。

ステップ2に深く関係するミズクラゲパッチの形成メカニズムはまだ十分分かっていない（Graham et al., 2001）が、少なくとも(A) ミズクラゲが生存する流動場の収束・発散、(B) クラゲ自身の遊泳行動、の両者が複合的に関連していると考えられる。このうち(A)では、物理過程を数値モデルで表現する必要がある。沿岸域ではミズクラゲの動態を支配する流動場は潮流や残差流以外に、ラングミュア（Langmuir）循環（Graham et al., 2001）や内部潮汐・内部波などのような周期が短く空間スケールも小さい物理現象も考慮しなければならない。そこで、本研究では水平解像度を数十メートルとする超高解像度非静水圧近似の流動モデルを構築し、ミズクラゲに関わる流動場の収束・発散を正確に表現する物理モデルを構築する。また(B)ではクラゲ自身の遊泳を表現するモデルが必要である。これを正確に表現するため、既存の文献や宇和海で撮影した水中ビデオカメラの映像を参考にしたミズクラゲの遊泳モデルを開発する。最後に、クラゲ個体を能動的な粒子で代表させ、粒子追跡の手法で(A)と(B)を統合して、クラゲパッチ内のクラゲ現存量と湾全体のクラゲ現存量の関係を明らかにする。



写真2) 上空から見たクラゲパッチ

科学研究費の採択状況

CMESでは、様々な研究資金により数多くの研究プロジェクトを推進しています。その中心となるのが科学研究費ですが、本年度も表1のような多数の新規課題が採択されました。継続分を含めた科研費の件数（分担課題を除く）は表2のようになっています。

表1) 科学研究費新規採択一覧（交付金額は平成25年度）

種別	研究代表者	交付金額 (間接経費含む)	課題名
基盤研究(A)海外	田辺 信介	16,900,000	「新規POPsおよび代替物質によるアジア地域の汚染実態と時空間分布の解明」
基盤研究(A)	田辺 信介	22,490,000	「ペット動物の化学汚染:有機ハロゲン化合物および代謝物の暴露実態解明とリスク評価」
基盤研究(A)海外	鈴木 聡	12,870,000	「人為・自然攪乱された熱帯アジアの水環境における抗生物質汚染と薬剤耐性遺伝子の動態」
新学術領域研究	吉江 直樹	2,470,000	「ローカールスケールの大気海洋相互作用が海洋生態系に及ぼす影響の評価」
若手研究(A)	野見山 桂	6,240,000	「哺乳類に残留する有機ハロゲン代謝物の脳移行と甲状腺ホルモンへの影響評価」
挑戦的萌芽研究	岩田 久人	1,170,000	「ゲノム-核内受容体の相互作用アレイによる化学物質影響評価系の開発」
若手研究(B)	横川 太一	2,340,000	「抗生物質流出による水圏微生物群集の応答解析および腐食物網の影響評価」
挑戦的萌芽研究	磯辺 篤彦	1,950,000	「サーモグラフィ搭載の船舶曳行式バルーン空撮でみた沿岸海洋の新世界」
挑戦的萌芽研究	郭 新 宇	1,560,000	「航空写真観測と数値モデルによるクラゲ集群密度と湾規模の現存量推定手法の開発」
基盤研究(B)	板井 啓明	7,930,000	「琵琶湖深部の貧酸素化にともなうマンガン・ヒ素大量溶出モデルの構築」
基盤研究(B)	北村 真一	6,760,000	「マボヤ被囊軟化症の被囊軟化症メカニズムの解明」
基盤研究(B)	磯部 友彦	7,800,000	「死亡漂着鯨類を指標とした化学物質による海洋環境汚染の時空間変動解析と影響評価」
特別研究員奨励費	NguyenTue Min	1,200,000	「ベトナムの樹脂廃棄物リサイクルにより発生する内分泌攪乱物質の動態とリスク評価(H26)」

表2) 継続課題を含めた科研費の種目別件数

種別	件数	種別	件数
基盤研究(S)	1	若手研究(A)	1
基盤研究(A)一般・海外	4	若手研究(B)	2
基盤研究(B)	4	挑戦的萌芽研究	5
新学術領域研究	2	特別研究員奨励費	4

編集後記

愛媛大学上級研究員として研究を推進してきました加三千宣准教授および磯部友彦准教授が教員としてCMESメンバーに加わりました。お二人の紹介記事を掲載しています。また、平成25年度に新規採択された全12課題のうち4題の研究内容を記載しました。次号では、残り8題の研究紹介および研究進捗報告をお伝えします。

(CMES広報委員／生態系解析解析部門 講師 横川 太一)

CMESニュース No. 28
 平成25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/>

