



News Letter

金沢大学 環日本海地域環境研究センター ニュースレター 2020年7月31日発行 第13号

- 1 研究紹介1: 旭川医科大学 矢澤隆志
- 2 研究紹介2: 統合環境領域 長尾誠也
- 3 研究紹介3: 陸域環境領域 長谷部徳子
- 4 話題提供: 連携部門 塚脇真二

研究紹介 1 Report 環境汚染物質が生殖系に及ぼす影響について

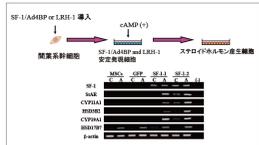


矢澤 隆志

旭川医科大学学生化学講座細胞制御科学分野

脊椎動物における主要なステロイドホルモン産生器官は、生殖腺と副腎（魚類と両生類では間腎）です。生殖腺由来の性ステロイドは、配偶子形成や二次性徴の発達に寄与し、一方、副腎が産生する副腎皮質ホルモンは糖代謝・免疫抑制・ストレス応答・電解質の保持に重要です。よって、生殖腺や副腎の機能不全によるステロイドホルモン産生異常は、不妊や代謝異常の原因となります。

私は、ステロイドホルモン産生器官の再生やホルモン産生の分子メカニズムを解析するために、幹細胞からステロイドホルモン産生細胞を分化誘導する系を確立してきました。多様な幹細胞の中で、成体幹細胞の一種である間葉系幹細胞は、転写因子のSF-1/Ad4BP や LRH-1 の導入により、生殖腺や副腎のステロイドホルモン産生細胞に分化することが分かりました。



間葉系幹細胞に SF-1/Ad4BP や LRH-1 を導入し安定発現細胞を作製する。この細胞に cAMP を添加すると、様々なステロイドホルモン合成酵素遺伝子を発現するステロイドホルモン産生細胞に分化した。

さらに、ES 細胞や iPS 細胞といった多能性幹細胞も、間葉系幹細胞への分化段階を経ることにより、ステロイドホルモン産生細胞に分化誘導することができました。そして、この分化誘導系と *in vivo* の系を用いることにより、ステロイドホルモン合成・代謝の制御機構を明らかにしてきました。特にステロイドホルモンの中でも、男性ホルモン（アンドロゲン）に着目して研究を行っており、アンドロゲンが雌性生殖において排卵に関わることや、魚類特異的なアンドロゲンであると考えられていた 11-ケトテストステロンが、哺乳類でも産生されており、ステロイドホルモン産生を抑制することにより生殖腺機能を低下させる可能性が示唆されました。さらに、今年度は、多環芳香族炭化水素 (Polycyclic aromatic hydrocarbon, PAH) の生殖系への影響を調べています。PAH は、日本近隣諸国の産業振興による化石燃料の大量消費から生じ、環日本海において大気や海洋を著しく汚染していることが問題となっています。上記の通り、PAH は生殖腺のダイオキシン受容体に結合して遺伝子発現に影響することが分かっています。今後、これまでのげっ歯類モデルや細胞株に加え魚類など多様な動物や細胞を用いてさらなる解析を続けて、環日本海地域の環境問題と健康問題の解決に貢献していきたいと考えております。



女性ホルモン様物質 DES の生殖系への作用
 下体への短期効果として、卵巣の萎縮や卵巣細胞の長期効果も認められた。

物連鎖を経て濃縮され、人体に影響を及ぼすことが懸念されていることから、その成分であるビスフェノール A を初めとする女性ホルモン様の物質を、げっ歯類（マウス・ラット）や幹細胞由来のステロイドホルモン産生細胞に投与します。すると、女性ホルモン様物質は、エストロゲン受容体に作用して、脳下垂体におけるゴナドトロピンの分泌や生殖腺におけるステロイドホルモン合成系遺伝子の発現を低下させることにより、ステロイドホルモン産生を著しく抑制しました。よって、マイクロプラスチック由来の女性ホルモン様の物質は、ステロイドホルモン産生を抑制することにより生殖腺機能を低下させる可能性が示唆されました。さらに、今年度は、多環芳香族炭化水素 (Polycyclic aromatic hydrocarbon, PAH) の生殖系への影響を調べています。PAH は、日本近隣諸国の産業振興による化石燃料の大量消費から生じ、環日本海において大気や海洋を著しく汚染していることが問題となっています。上記の通り、PAH は生殖腺のダイオキシン受容体に結合して遺伝子発現に影響することが分かっています。今後、これまでのげっ歯類モデルや細胞株に加え魚類など多様な動物や細胞を用いてさらなる解析を続けて、環日本海地域の環境問題と健康問題の解決に貢献していきたいと考えております。

物質動態を基盤とした陸海統合環境研究



長尾 誠也

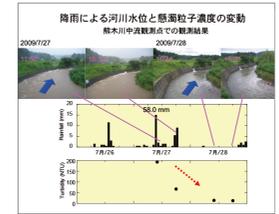
統合環境領域
 (低レベル放射能実験施設)

最近の環境汚染物質の中には大気・海洋・陸域環境を広く範囲に移動して、ヒトの健康や生態系に影響を及ぼすものが存在するため、従来の大気環境、海洋環境、陸域環境といった個別研究では扱いきれない。これらの枠を超えて総合的に解析する「統合環境研究」の概念を導入した取り組みが必要です。環日本海地域環境研究センターでは、環日本海地域の気候・陸域・沿岸海洋を連結した統合環境において、各領域間の有害化学物質等の動態・移行プロセスを、国内外の研究機関との共同研究として実施しています。私が所属している統合環境領域では、同位体・放射性核種を活用した物質動態トレーサーを開発し、その支配要因を明らかにする研究を進めています。今回は能登半島と加賀地区で行っている研究について紹介します。なお、東京電力福島第一発電所事故により放出された放射性核種の環境動態研究については、紙面の関係で別の機会に紹介します。



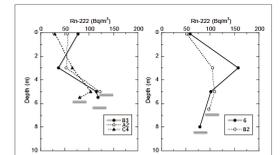
平成 21 年度より大気・陸域・沿岸海洋を繋ぐ観測を能登半島中央の熊木川・七尾西湾で開始しました。熊木川上流は森林域、中流から下流の河川沿いには水田が広がる典型的な日本の河川の特徴を有しています。平成 29 年度から毎月 1 回、熊木川の上流・中流・下流の測点で観測を実施し、河川水中の懸濁粒子の起源を推定するために大気・中流・下流の測点から流出までの時間スケールを反映していると考えられる懸濁粒子中の

⁷Be/²¹⁰Pbex 比は、夏季に低く冬季に高い傾向が見られ、これらの核種の滞留時間は冬季には短いことが示唆されました。図に降雨による熊木川水位・懸濁粒子濃度の応答性を捉えた結果を示しました。粒子態有機物の $\delta^{13}C$ は降雨の影響がある場合には平水時に比べて軽くなり、 $\Delta^{14}C$ はプラス側にシフトすることが明らかとなりました。このことは、降雨により森林表層土壌からの供給量が増加した結果と考えられます。



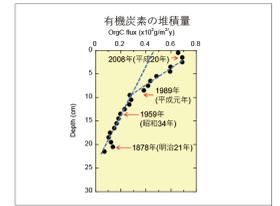
降雨による熊木川中流観測点での河川水位と濃度の変動
 降水量は七尾市の気象庁観測所の降水データを基に作成

さらに、沿岸域への栄養塩供給源として海底湧水に関する調査を七尾西湾で実施しています。海底湧水の流出場所・状態の特定は直接的な観測では難しいため、半減期が約 3.8 日と短く、地下水中の濃度が高い水溶性で不活性な希ガスである ²²²Rn を用いて七尾西湾の海水と周辺の流入河川水・地下水の ²²²Rn 濃度を測定しました。平成 29 年度から 3 年間の観測の結果、夏季の成層期に七尾西湾中央部の水深 3~5m の海底面から海底湧水が底層水に流入していることが明らかとなりました。なお、本研究は米国ウッズホール海洋研究所とロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋研究所との共同研究として実施しています。一方、石川興民の憩いの場として利用されている木場潟の有機汚濁の原因を解明するため、平成 24 年度より小松市と共同研究を実施しています。これまでに湖水の COD 値と有機物濃度には正の強い相関関係が存在し、夏場に極大値を示すこと、有機物の $\delta^{13}C$ が



2019年8月21日の七尾西湾海水中の Rn-222 濃度の鉛直分布
 海底堆積物の水深は灰色線部で表示

重くなることから湖内の植物プランクトンの増殖が関係していると考えられます。また、木場潟中央部で採取した堆積物コアを分析した結果、平成元年度より堆積物への有機物蓄積量の増加が明らかになりました。平成 30 年 4 月からは 1 ヶ月に 1 回、湖内の 5 測点とともに流入河川 1 測点での観測を開始し、流域からの栄養塩・有機物の負荷の影響について検討を進めています。平成 28 年度と 30 年度の「木場潟環境フォーラム」では、それぞれ約 300 名の市民を対象に本共同研究調査等の成果を報告しました。また、平成 27 年度には地元企業、小松市、本センターの産官学連携による木場潟浄化プロジェクトが石川県産業創出支援機構の新技術・新製品研究開発支援事業として採択され、木場潟に水質浄化装置を設置し、装置の構造や植生の変化などを検証する実証実験を実施しました。本研究の成果と取り組みは、小松市の SDGs 活動計画に取り上げられ、令和元年 7 月に全国の市町村を対象に審査された内閣府の ISDGs 未来都市に選定に貢献しました。



木場潟中央部の堆積物コア試料の有機炭素蓄積量
 図は Nagao et al. (2016) Geomorphology and Society (Eds. M. E. Meadows and J.-C. Lin), Springer より改変

陸域変動を地球年代学的手法で研究する



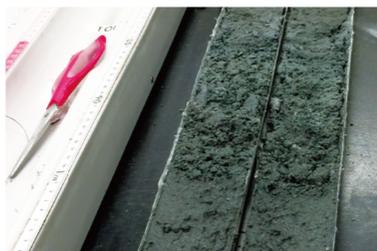
長谷部 徳子
陸域環境領域

地球上の陸域の面積は約3割しかありませんが、私たち人間の大事な生活の場です。陸域の環境やそのダイナミックな変動に興味を持って研究を行なっています。陸域の大地形は、プレートテクトニクスで理解されるプレート同士の相対運動の結果、高い山脈ができて、火山活動があったりと大きなハコとなっており、そこに水や風の作用が働き、陸域の固体物質を移動させ、地形や環境を変えていきます。私が専門とする地球年代学には様々な手法があり、どのようなタイミングで時計が動き出すか、どんな情報を引き出すことができるかがそれぞれ異なっています。色々な手法を組み合わせ、多様な試料の分析を行うことで、山があり川がありそして湖がある環境系を対象に、そこでどのような物質の移動がいつ生じているかを理解したいと思っています。



モンゴル調査中に宿泊するゲルホテル

最近ではモンゴルをフィールドとして研究を行なっています。モンゴルの南部には第四紀の湖沼堆積物が広がる平坦な土地があり、現在は小規模な湖が散在しています。モンゴルの南部という印象がありますが、第四紀という地球の歴史で言えばつい最近に、広い地域が水で覆われる、水が豊富な時代があったのです。湖の底に現在溜まりつつある堆積物を柱状に採取したもの(堆積物コア)や、周辺に広がる古湖沼堆積物の堆積年代を、光励起ルミネッセンス法で調べています。また堆積物に混入した植物片や貝、または土壌試料そのものを、他機関の協力の下炭素 14 法で分析し



堆積物コアの分取作業

堆積年代の決定に生かしています。これら分析対象の堆積物は湖の中で新たに作られたものと後背地からもたらされたものの混合物です。堆積物の粒径や、有機物の量、炭酸塩の量などを分析し、年代測定の結果と合わせて、これらの値はいつどのような変動をしたか、またその変動がどのような環境変動のプロキシとして考えられるかを調べることで、対象地域の環境、特に水の供給がどのような時代のどのような環境下で多かったかを研究しています。現在の乾燥した気候は人為的な温暖化や人間の水利の影響を受けているのか、どのような地球環境の時に、どのような水の動態が期待されるのかを理解して、あわよくば将来の見通しに貢献できるような知見が得られたらいいと考えています。

後背地からもたらされるものについては、水の供給だけでなく、流域の地形や植生によっても影響を受けています。後背地がどれくらい削剥されやすかったかを調べることも堆積速度や堆積物の特徴の理解に重要です。削剥プロセスを調べるために、熱年代学的手法を用います。年代測定法によって時計が動き出す温度が異なること、また地温により地下深くにある試料は表層よりも温度が高いことを利用し、対象試料と地表との距離が時間が経つにつれて近くなっていく、すなわち上部層が削剥されていくプロセスを調べることができます。特に低温の熱履歴つまり地殻表層部の変動に敏感な手法として、主として3つ(フィッシュトラック法、U・Th(Sm)/He法、ルミネッセンス法)挙げること

ができます。この3つの方法のうち、熱年代学分野で最も古くから利用されているのがフィッシュトラック法です。私自身も卒業研究以来、この手法を利用した研究が続いています。この手法がおもしろいのは、一般の年代測定法で利用する親元素-娘元素の関係に加えて、娘元素に相当するフィッシュトラック(結晶中に核分裂片によって残される傷)が、温度に依存して修復する過程を可視化できる点にあります。この傷の修復程度を測定することにより詳細な温度履歴を構築できます。モンゴルで研究対象としている湖の後背地でも削剥史を調べて環境システムを包括的に理解したいと思っていますので、まだ着手できておらず今後の研究課題です。

これらの応用研究を支えるためには手法の高度化や新しい手法の開発が欠かせません。分析法を改良するための基礎実験や、年代値に影響を与える要素の探索実験などは、とすれば単調な実験の繰り返しに感じるので、誰かがやらなければならないことです。金沢大では学生諸君がこれまで忍耐強く基礎実験に取り組んでくれており、その結果が、応用研究でのデータ報告に貢献しています。今後も応用研究と基礎研究の両輪で陸域環境の研究に取り組んでいきたいと思っています。



調査終了後、泥を川の水で落とす

世界遺産をとりまく環境問題

1972年にユネスコ総会で採択された世界遺産条約から半世紀がすぎました。その数は年々増えつづけ、2019年時点で1121にもおよびます。わが国でも23の物件が世界遺産リストに登録されています。世界遺産条約とは「文化財、景観、自然など人類が共有すべき顕著な普遍的価値」があるものを、人類全体のための遺産として損傷や破壊などの脅威から保護・保全していくための国際的な枠組みです。しかし、世界遺産とは「有名な観光地」という誤解が一般にあるらしく、世界遺産への登録とともに観光客が押し寄せようになり、それによって文化財が劣化したり自然環境が破壊されたりという本末転倒の事態が多くこのところで見うけられます。アンコール・ワット寺院で有名なカンボジアのアンコール世界遺産はその典型です。



アンコール世界遺産のアンコール・ワット寺院

アンコール世界遺産は9世紀から16世紀にかけてインドシナの地に栄えたクメール帝国がのこした石造建築物群で、東京23区とほぼ同じ広大な区域の中に、約800もの秀麗な古代遺跡が散在し、熱帯の濃密な生態系があり、伝統の生活をいとむ地域社会があるという、世界文化遺産ながらも文化財と自然、そして地域住民とが織りなす巨大な複合体です。長年にわたって内戦下にあったカンボジアですが、1993年の国民総選挙の成功で平

和が訪れ、その後の国民の努力や国際社会からの支援もあって社会経済は順調に発展しました。それとともにアンコール世界遺産を訪れる観光客が激増しました。年間500万人もの観光客が訪れます。その半数



アンコール・ワット寺院の観光客

は国外からの観光客で、わが国の京都に匹敵する人数です。しかし、京都とはちがって長年の戦乱で観光インフラが未整備だったカンボジアです。いわゆる「オーバーツーリズム」の問題がいたるところで発生しています。それも、文化財の劣化や損傷、自然環境の汚染や破壊という深刻で回復が困難な問題ばかりです。観光客が利用するバスの排気ガスなどのためアンコールの大気汚染濃度はタイのバンコク都心にも匹敵する劣悪さです。環壕の水に映えるアンコール・ワットはうつくしいのですが、富栄養化のためアオコが発生するようになりました。豊かな森林はこの20年間で70%も減少してしまいま



アンコール・ワット寺院の環境に発生したアオコ

連携部門 塚脇 真二

た。観光客のあまりの多さに文化財の劣化や損傷も想像を絶するはやすでに進んでいま



焼き払われた森林

す。このような目にも見える汚染や破壊に加えての伝統文化の消失といった無形文化財の破壊もまた進行しています。

1992年に世界遺産に登録されたアンコールでは、国内管理組織としての「国立アンコール世界遺産管理機構」と、国際的な管理組織「アンコール世界遺産国際管理委員会」が設置されました。さらに、この両者を監察するための独立外部組織であり、専門の異なる6名の委員から構成される特別専門家委員会が設けられました。筆者はこの委員のひとりとしてアンコールの環境保全と開発管理を担当していますが、環境問題と観光開発の調和には頭を悩ませるばかりです。アンコール世界遺産の観光がもたらす外貨はカンボジアのGDPの3割にも達します。観光に制限をかけるわけにもいかず、といて、環境問題を軽視するわけにもいかず、です。

このようなオーバーツーリズムによる環境問題は、観光客に人気の世界遺産では多かれ少なかれ見うけられます。そこへきての今回の新型肺炎問題です。世界的な脅威による観光地の経済的脆弱性があきらかになりました。ポストコロナ時代の世界遺産の環境問題への対処には、環境関連の研究者に社会学や経済学、心理学などの専門家を加えた学際的な管理体制の確立が不可欠です。

環日本海域環境研究センターニュースレター 第13号

発行：環日本海域環境研究センター
編集：環日本海域環境研究センター広報委員会
ニュースレター担当：関口俊男、小木曾正造

〒920-1192 石川県金沢市角間町
電話：076-234-6830
WEBサイト：<http://www.ki-net.kanazawa-u.ac.jp/>
レイアウト・印刷：GoGraphics
2020年7月31日発行



Webサイト