



News Letter

金沢大学 環日本海域環境研究センター ニュースレター 2022年7月31日発行 第19号

- ① 研究紹介 1 旭川医科大学 春見達郎
- ② 研究紹介 2 大気環境領域 石野咲子
- ③ 研究紹介 3 統合環境領域連携研究員/名古屋大学 奈良郁子
- ④ 第6回連携部門国際テーマシンポジウム
- ④ ニュース

研究紹介 1 Report

日暮らし、顕微鏡に向かいて網膜に映りゆく精子のしごとを・・・

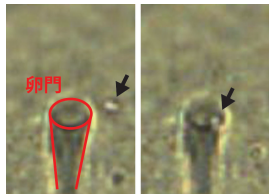
これまで北海道沿岸の各地、釧路、厚岸、網走で、いろいろな魚の受精を見てきました。日がな一日顕微鏡を覗いて卵と受精しようとする健気な精子の活動を見ていて、思わずいろいろな想像がふくらみます。

第一話 産卵上の精子は何を考えているのか？
魚の受精は特殊です。フナブチのイクラやカズノコで分かるように、卵はその周りを固い卵膜で覆われています。精子は卵の細胞膜と受精するために、硬い卵膜にしか所だけ開いた小さな孔、卵門を通らなくてはなりません。精子はどうやって卵門に入っていくのでしょうか？精子は、核を含んだ頭部と、それに続く長い鞭毛をもっており、その鞭毛を波打たせる鞭毛運動で前に進みます。精子を海水や淡水に懸濁すると、魚種によっては直進したり、回転したりしますが、一生懸命すごいスピードで泳ぎます。そして、多くの魚の精子の特徴は、卵の表面が好きで、卵の表面をなぞって泳ぐことです。

卵の表面を泳いできた精子は、卵門を見つくと卵門に入ります。想像してみてください。人間がすごい勢いで走って来て、蓋のないマンホールに落ちる(!)とき、どう落ちるか？条件は水中なので重力はほとんどありません。普通に考えれば、慣性のため、マンホールの手前側の縁を通り越して、向こう側の縁にでもぶつかって落ちて行くんだろうなと。

この連続写真は、ある魚の精子(頭部)が、卵表面から卵門に入るところです。精子の頭部が、卵門の「手前側」の縁に沿って落

ちて行っています。つまり、卵門の崖つぶちで、精子は、その頭部をほぼ90°曲げ、鞭毛が壁に沿ってぐるぐる泳いでいます。残念ながら、この卵門に入る際の鞭毛の動きはまだ観察できていません。卵門の崖つぶちに立った精子は、何を考えて落ちて行くのでしょうか・・・。



卵門に入る精子(矢印)の連続写真

第二話 ダンジョン(地下牢)に囚われた精子はいかにして・・・
ある魚の卵は、まるでカエルの卵のようにゼリー層で包まれた卵塊を成しています。精子はどうやってヒアルロン酸でできたこのゼリー層の中の卵と受精するのでしょうか？とても謎でした。

ある時、ゼリー層の上に精子をふりかけて、少し置いてから、顕微鏡でゼリー層の上から下に徐々にピンとをずらしながら観察してみました。すると、次の写真(上)のように、ゼリー層の中に精子が部分的に溜まっている場所が現れました。つまり、ゼリー層には精子が通る通路があることが分かりました。それだけでも面白かったのですが、さらにピンとを下に移し、やっと卵の姿がおぼろげに見

旭川医科大学解剖学教室 春見 達郎

え始めるころ、写真(下)の風景に出会えました。通路の続きに丸い部屋があり、精子が壁に沿ってぐるぐる泳いでいます。これを見たとき、地下牢(ダンジョン)に囚われた勇士(精子)たちが、なんとか抜け出そうと必死になって壁際を泳いでいる、と想像してしまいました。そして、ここを抜け出せた真の勇者(精子)が姫(卵)と出会うのだからと。



上:ゼリー層内の精子の通路(黒い点が精子)
下:ゼリー層内の円形の空間、ダンジョン(円形の空間に沿って精子が泳いでいる)

能登の魚にはまだ出会ったばかりです。これから能登の金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設や金沢大学理工学域能登海洋水産センターで、どのような精子の物語に出会えるのか非常に楽しみです。

過去の大気酸化剤の変遷復元を目指して

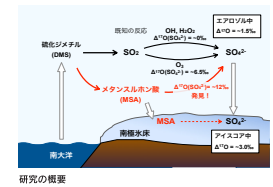


石野 咲子
大気環境領域

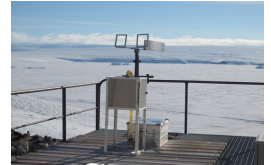
現在の地球大気は、78%が窒素、21%が酸素、0.9%がアルゴンで、残りの0.1%以下の中に温室効果ガスや大気汚染物質が含まれます。この0.1%の微量成分の変化によって、過去約200年の間に地球環境は劇的に変化してきました。今後環境問題の解決を目指す中で、この微量成分の量をコントロールする必要があるわけですが、各物質の排出削減による環境改善効果を予測するためには、産業革命以前から現在までの大気微量成分の変遷を正しく表現できる数値モデルが望まれます。さらにその中で、直接排出する物質の動態だけでなく、化学反応を通じた二次的な物質の生成・消失プロセス(例えばメタンの酸化除去や、エアロゾルの生成)の理解が欠かせません。このため、それらの反応を駆動するOHラジカルや、対流圏オゾン(O₃)などの「大気酸化剤」の情報が重要です。

これまで数多くの研究において、産業革命前から現在までの大気酸化剤濃度の推定が数値モデルを用いて行われてきました(Murray *et al.*, 2014 など)。しかし推定された大気酸化剤の変化量は、O₃は+10%から+80%、OHは-30%から+12%と、モデルごとに大きく異なります。これらの推定結果のバラツキは、将来予測にも大きな不確実性をもたらすことを意味します。モデルの推定結果の妥当性を検証するために最も有力なものは、観測データの存在です。しかし、大気成分を観測する手段は、産業革命前の時代には存在しなかったため、直接観測の多くは1900年代後半からのみに限られます(Cooper *et al.*, 2014 など)。また、過去の大気を分析するための試料として、アイスコアと呼ばれる南極や北極の氷試料がよく用いられますが、OHやO₃は雪氷表面へ沈着した際に素早く分解されるため、アイスコアには保存されず、これもまた測定することができません。このような現状に対して、世界中の研究者が、氷に保存可能な関連成分を複合的に解析してきました。この指標を用いた過去の大気酸化剤濃度の復元には未だ至っていません。今後、上記の反応がどのような環境で起こりうるのか、MSAのΔ¹⁷O値は具体的

濃度の復元を試みています。私はこのような研究の一端として、「硫酸イオン(SO₄²⁻)の三酸素同位体組成(Δ¹⁷O値)」という同位体指標の分析に取り組んできました。SO₄²⁻は大気中でSO₂と酸化剤との反応によって生成される物質です。エアロゾルの形で輸送され、雪表面に沈着したのち、アイスコア中で分解を受けずに保存されます。Δ¹⁷O値は酸素がもつ3種類の安定同位体(¹⁶O, ¹⁷O, ¹⁸O)の比率を示す指標です。SO₄²⁻のΔ¹⁷O値は、O₃との反応で生成された場合には高く(6~9%)、それ以外の酸化剤(OH, H₂O₂等)との反応で生成された場合には0%となるため、Δ¹⁷O(SO₄²⁻)値はO₃/OH濃度比の指標になるのではないかと考えられていました。しかし先行研究で実際に分析されてきた南極アイスコア中のΔ¹⁷O(SO₄²⁻)値は、直上大気中のエアロゾルで観測されるΔ¹⁷O(SO₄²⁻)値と大きく異なる値を持っており、何か重要な指標変動要因が見落とされている状態でした。



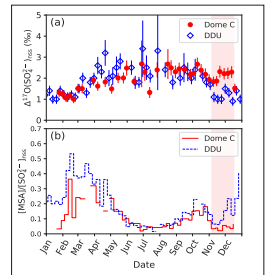
そこで私たちの研究グループでは、この指標の変動要因を突きとめるために、南極大気中のエアロゾルについてΔ¹⁷O(SO₄²⁻)値を詳細に分析してきました。その結果、Δ¹⁷OはSO₂の酸化だけでなく、メタンスルホン酸(MSA)という硫黄化合物からSO₄²⁻への酸化反応によって非常に大きな変化を受けることを新たに発見しました。この指標を用いた過去の大気酸化剤濃度の復元には未だ至っていません。今後、上記の反応がどのような環境で起こりうるのか、MSAのΔ¹⁷O値は具体的



南極沿岸 Dumont d'Urville 基地に設置されたエアロゾル サンプラー



南極内陸 Concordia 基地から南極氷床



沿岸・内陸 2地点でのエアロゾル中のΔ¹⁷O(SO₄²⁻)値の観測結果

にいくつか、といった問いを突き詰めていく必要があります。このような研究を携えて金沢大学へやってきました。ここでは、Δ¹⁷O(SO₄²⁻)値の研究も続けつつ、新たな指標の開発にも展開していきたいと考えています。「指標の理解」という地道な基礎研究ですが、その先にある「過去の大気酸化剤濃度の理解」というゴールを目指して挑戦を続けます。

湖底堆積物中のハロゲン元素を指標とした海水準変動復元

多くの研究者にとって「研究対象の真の姿を知りたい」という情熱は、研究活動を支える重要なモチベーションでは無くてはでしょうか。私自身も「人間の影響がなかった時代（過去）の地球の姿を知りたい」という好奇心が、自身の研究を進める大きな原動力となっています。そのために、生命活動の主たる場である地球表面で起きた出来事（地球史）を、分析化学的手法で明らかにすることに挑戦しています。

過去の地球の様子を知る手がかりは、実は私たちの生活の非常に身近な場所に保管されています。それは湖の底に在る、湖底の堆積物です。さまざまな条件がありますが、湖水表面から湖底へと安定に降り積もった粒子（泥や有機物）は、新たに降り積もった粒子が必ず上に上に堆積します（地層累重の法則）。降り積もる粒子は、湖水表面の環境情報（生物活動量、降水量、気温等）をメモリーしています。つまり、湖底堆積物を上部から下部へ分析することによって、湖水表面で起きていた環境情報記録を得ることができます。この解析手法は海洋堆積物へももちろん適応できますが、私たちが生活する陸域の情報を得るためには湖底堆積物が最適と言えます。私はこのような背景のもと、環日本海域環境研究センターと共同研究を進めることで、後期完新世における太平洋日本沿岸で発生した海水準低下期を特定することに成功しました（Nara et al., 2022）。その研究成果をご紹介します。

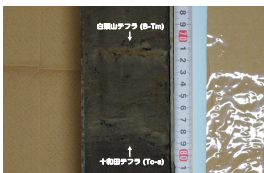
研究対象としたのは、青森県下北半島の付け根に位置する小川原湖（東北町）です。小川原湖は、現在は海水と淡水が混合する汽水湖ですが、過去の海水準上昇期（約7500年前の縄文海進時）は太平洋の内湾であり海水が満ちていました。つまり、この7500年の間に太平洋沖の海水準が低下し、小川原湖は汽水湖へと変化したのです。しかしながら、海水準がいつ低下し小川原湖が汽水化したのかについては、これまで特定できていませんでした。私たちは、小川原湖形成時期（汽水化時期）の特定が

海水準低下期の特定に繋がると考え、当センターをはじめ、東北大学、早稲田大学、日本原子力研究開発機構、島根大学と共同で小川原湖の堆積物を用いた研究に取り組みました。



小川原湖堆積物採取の様子

堆積物から環境情報を復元するためには、正確な年代決定とその環境情報を表す代理指標が必要で。当センターの共同利用施設である低レベル放射能実験施設との共同研究によりCs-137およびPb-210放射年代測定を進め、小川原湖堆積物の最表層における堆積年代を特定できました。本結果に加え、放射炭素年代測定、および西暦946年に噴火年代が決定している白頭山噴火降下テフラ層の特定から、小川原湖堆積物の非常に精度の高い年代モデルの構築に成功しました。



小川原湖堆積物試料写真・白頭山テフラ（上部）と十和田噴火テフラ（下部）

また、小川原湖の汽水化を復元する指標として、ハロゲン元素（臭素：Bromine およびヨウ素：Iodine）を用いました。臭素およびヨウ素は、海水と淡水でその存在量が大きく異なります（海水：それぞれ67 mg/l および 0.06 mg/l、淡水：それぞれ 8.7 μg/l および 1.7 μg/l）。小川原湖堆積物のエネルギー分散型蛍光X線測定から、

奈良 郁子

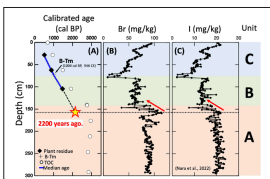
統合研究領域 連携研究員 / 名古屋大学環境学研究所



ハロゲン元素が約2,200年前を境に急激に減少していることがわかり、海水準低下が約2,200年前に発生していたことを明らかにしました。連続した堆積物、海水の直接的な指標（ハロゲン元素）、そして高精度な年代モデルを揃え、後期完新世における太平洋側の海水準変動期を明らかにした報告は本研究が初めてです。



分析に用いたXRF測定装置とベレット試料（左上）



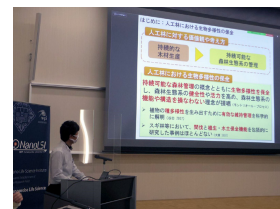
年代モデルおよびハロゲン元素分布 (Nara et al., 2020)

本研究により約2,200年前に東北地方の太平洋側で海水準低下が発生していたことが明らかとなりましたが、同時期における日本海側の状況はまだよくわかっていません。さらに、約2,200年前に海水準低下を促すほどの氷床の再拡大等があった証拠はなく、海水準低下の原因は海底地形変動に起因するとも考えられていますが、未だによくわかっていません。日本海側も含めた海水準変動の運動性や、その発生メカニズムの理解のため、今後も当センターとの研究協力を強化し、日本海側を対象とした研究を進めていく予定です（科学研究費助成事業・基盤研究C）。日本海側と研究対象を広げ、日本列島が経験した海水準変動史をより正確に理解できる研究成果へと繋げていきたいと思います。参考文献 Nara et al., (2022), Palaeo, Palaeo, Palaeo., 110907.

第6回連携部門国際テーマシンポジウム 「東アジアの農村社会・都市社会をめぐる環境とその発展」

環日本海域環境研究センター連携部門は、「環日本海域」という地政学的重要性を背景とする文理融合型学際的研究の推進や、国際シンポジウムの開催をおしてのその成果の公開と情報交換に力を入れています。なかでも「東アジアの農村社会・都市社会をめぐる環境とその発展」を主題とする国際テーマシンポジウムを平成29年度から日中両国で毎年開催し、環日本海諸国の農村の近年における社会環境の変容に加えての、農村部と都市部との相互依存関係や双方における持続可能な開発の達成などの問題をさまざまな学術分野の視点から議論してきました。新型肺炎問題のため令和元年度の第4回は国内参加者のみでの開催となりましたが、令和2年度の第5回は金沢大学と中国の武漢大学や華東師範大学、華中師範大学とをオンラインで結び、日中両国における農村・都市環境の変容や農村の再生にまつわる諸問題、わが国での環境保全型農業や首都圏における総絶対確保保全の事例、武漢での大気汚染の人体への影響といった話題にもとづいての議論を進めてきました。令和4年3月11日に開催された第6回目となる今年度の国際テーマシンポジウムでは、主題はこれまでと同じ「東アジアの農村社会・都市社会をめぐる環境とその発展」としつつも、環日本海域における文理融合型研究の対象や内容、地域をさらに拡大す

ることをねらって、当部門の外来研究員のみならずこれまでの研究成果を発表していただきました。理系側からは、まず滋賀県立大学環境科学部堂満華子准教授の「完新世の琵琶湖水温の定量的復元法の開発」、つづいて埼玉大学教育学部荒木祐二准教授の「石川県内の森林と河川にみられる二次的植生」、そして小松市理



埼玉大学教育学部荒木准教授の発表

蔵文化財センター作本達也博士の「小松の再生にまつわる諸問題、わが国での環境保全型農業や首都圏における総絶対確保保全の事例、武漢での大気汚染の人体への影響といった話題にもとづいての議論を進めてきました。」



小松市理蔵文化財センター作本博士の発表

的背景」の3つの成果報告をいただきました。引き続きの文系側からは、公立小松大学国際文化交流学部木村誠准教授の「小松市における障がい当事者や自治体と連携したアクセシビリティ研究と教育実践への取り組み」、元福井農林高校池田誠司さんの「朝鮮王朝から現代韓国社会に至る漢字使用の変遷と言語主体の実践上の問題について」、そして高岡法科大学法学部岡克文教授の「戦前沖縄の銀行と庶民金融」の3つの成果報告をいただいています。これに加えて、今回はご参加いただけなかったものの、これまでに開催してきた国際テーマシンポジウムの中国側の代表者である上海の華東師範大学の張文明教授から「中国中部における『BO門事』のタブーと公費地事件-河南省洛陽 W村に関する調査-」のレジュメがよせられ、これが実施委員によって読み上げられました。そして、すべての研究発表後に開催された総合討論では、コーディネーターとして出席いただいた中央大学文学部の高橋宏明教授の講評をふまえて、このテーマに沿っての今後の文理融合型学際的研究の展開について参加者で議論しています。

連携部門 塚脇真二

ニュース News information

▶サマースクール開催

当センター主催の若手育成企画であるサマースクールが開催されました。今回は、モンゴル国立大学8名、Yale-NUS カレッジ3名、国立台湾大学3名、金沢大学4名、計18名の学生が受講しました。8日間の日程で、各領域の教員が、木場湯、低レベル放射能実験施設、臨海実験施設、能登大気観測スーパーサイト、能登学舎にて講義と実習を担当しました。(2022.6.28-7.5)



環日本海域環境研究センターニュースレター 第19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
2022年7月31日発行



Webサイト