



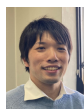
# News Letter

金沢大学 環日本海域環境研究センター ニュースレター 2023年11月30日発行 第23号

- ① 研究紹介：気象庁気象研究所 岩田 歩 ② 海洋調査報告：統合環境領域 松中 哲也 ③ お気に入りの動物：海洋環境領域 関口 俊男  
④ インターシッピングプログラム実施報告：連携部門 塚脇 真二 ⑤ ニュース

## 研究紹介 Report

### 実大気中の粒子が及ぼす氷晶形成の理解向上に向けて



岩田 歩  
気象庁気象研究所  
気象予報研究部

空を見上げれば、そこに広がる雲は非常に身近な存在です。毎日見慣れた雲も、その特性が変化することで地表に届く太陽光の量が変化し、時には降水をもたらす、また気象災害を引き起こすこともあります。またこれらの変化は地球規模の気候変動にも大きな影響を与えます。

現在の我が国の直近の天気・降水予報は高い精度を誇りますが、雲に関する理解には未解明部分が多く残っており、不確実性が依然として存在しています。近年、極端な気象現象の激甚化や温暖化に伴う問題が顕在化の中で、雲に対する理解不足がこれらの予測精度向上に制約をかけているのが現状です。

雲は水滴である雲粒と氷である氷晶から構成されていますが、氷晶の形成についての理解はとっくに十分であり、多くの気象・気候モデルでは、その形成プロセスを過度に簡略化する表現にとどまり大きな不確実性が存在しています。

-40℃から0℃の温度域では、純水は過冷却の状態を保つことができるため、この温度域での氷晶の形成には大気中のエアロゾル粒子（氷晶核粒子）が非常に重要な役割を果たします。これまでの室内研究から、多様な粒子の中で特に高い能力を持つカリ長石を含む鉱物粒子や生物起源の粒子が、実大気中の氷晶核粒子として寄与する可能

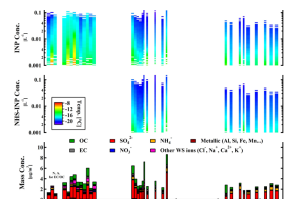
性が認識されています。しかしながら実大気では、それらは発生過程や輸送中の混合・変質を介し極めて複雑に混合しており、実大気における氷晶形成の統一的理解には定性的にすら不十分な点が多分に含まれています。そのため、氷晶形成を適切に表現するには、粒子を介した氷晶形成の実大気における時空間的挙動、支配的要因や他パラメータとの関連性を明らかにする観測例の拡充が必要です。私は氷晶核粒子の時空間挙動およびエアロゾル粒子の特性が及ぼす氷晶核粒子への影響を調べるために、西部北太平洋上や大西洋上空などでの集中観測や、環日本海域環境研究センター能登大気観測スーパーサイト、横浜市、つくば市での定期的な粒子捕集により、



能登大気観測スーパーサイトでの粒子捕集の様子

様々なエアロゾル粒子特性と並行した氷晶核粒子の分析を中心に進めています。これまでの結果において、とりわけ横浜市では-15℃以上で働く氷晶核粒子には、生物起源成分と考えられる熱処理によって失活する成分の影響が能登よりも大きく、横浜・能登両地点で分析した粒子化学成分では氷晶核濃度の変動を説明するには不十分であることがわかりました。一方で、両地点における分析した-10℃から-20℃までの広い温度範囲に

おける非熱感受性氷晶核粒子の濃度変動は、粒子の鉱物成分と高い相関性を示すことが明らかになりました。これらの結果から、少なくとも海洋や森林が多く広がる我が国において、大気中で最も支配的とされる鉱物粒子の単独の考慮は明らかに不十分である可能性が



能登大気観測スーパーサイトにおける氷晶核粒子 (INP) および熱処理後の氷晶核粒子 (NHS-INP) 濃度と粒子成分濃度結果の概要

高く、氷晶核粒子濃度の変動に対する生物起源粒子の重要性を示すと同時に、同様に十分に理解されていない生物起源粒子に対する理解向上の必要性を強調しています。

今後は、これらの結果の地域間の詳細な違いに着目するとともに、海洋から発生する生物起源粒子のモデルとしての冬季に能登半島で発生する波の花を用いた雲生成実験や捕集試料の生物起源粒子の直接計数を試みる予定です。これにより、実際の大气中に存在する氷晶核粒子についての理解を深め、それを通じて気象や気候に関する知識の向上に貢献したいと考えています。

岩田 歩氏は、当センターの共同研究（2019と2020年度：一般共同研究、2023年度：重点共同研究）に採択されています。

### 砕氷船「ガリンコ号Ⅱ」による冬季のオホーツク海調査

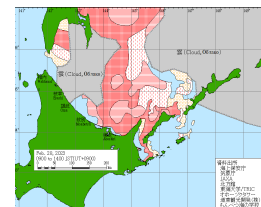


松中 哲也  
統合環境領域

当センター統合環境領域では、平成30年から水産研究・教育機構水産資源研究所（釧路庁舎）のご協力により、海水中に極微量で存在している天然および人工放射性核種を水塊トレーサーとして、オホーツク海南西部における春季～夏季の複雑な海洋構造、および主な水塊の混合比を明らかにする研究を行っています。その上で、石油・燃焼起源である多環芳香族炭化水素類について、海流による輸送と粒子除去プロセスなどの環境動態研究も進めています。これらの研究に関連して、紋別市の砕氷船「ガリンコ号Ⅱ」に乗り、流氷で覆われた冬季の海洋観測に参加する機会に恵まれたので、その概要について紹介します。

オホーツク海南西部の北海道沿岸域は、ホタテ貝、スケトウダラ、サケ等を主として漁獲される国内の良好な漁場であり、高い基礎生産によって支えられています。この海域の表層では、主に春季～秋季の日本海からの宗谷暖流（高温・高塩分水）と冬季の北部からの東樺太海流（低温・低塩分水）の季節的な水塊の入れ替わり特徴付けられます。また、冬季の流氷接岸による北部からの物質輸送と春季の海水後退に伴う植物プランクトン大増殖が、沿岸域の食物連鎖を維持する重要なプロセスとなっています。過去50年間にわたって、オホーツク海の最大海水面積は長期的に減少しつつある中で、海水を介した高い基礎生産の維持機構の解明とその変化を把握することが持続的な水産業の発展に向けた重要な研究課題であると考えられます。

紋別市、北海道大学、および水産研究・教育機構（釧路庁舎）が共同で毎年実施している「紋別沿岸低次生態系調査」は、流氷の接岸期から後退期にかけての植物プランクトン大増殖を軸とした低次生産機構の特性と変化を把握することを目的とし、流氷帯を航行できる砕氷船「ガリンコ号Ⅱ」の利用によって可能となります。令和5年の2月初旬～3月中旬の間に視界内で流氷が



調査日における海水分布（海上保安庁海水情報センター）

確認され、調査は2月28日（第1回：接岸期）と3月15日（第2回：後退期）に実施されました。当センターからは教員2名（筆者と井上准教授）と学生2名（ムンド氏と真下氏）が第1回目の調査に参加しました。紋別市は、「ガリンコ号Ⅱ」のステーションであるオホーツク海洋交流館を運営し、流氷観光のみならず、流氷研究の拠点として機能しています。調査前日には、この海洋交流館から観光客が次々とガリンコ号に乗り込んでいく活気ある様子を横目で見ながら、紋別市の片倉靖次博士を中心とする研究者間で打合せを行い、実験室で調査準備を進めました。その後、午前中には目視できた流氷が、午後には南西風の強まりによって沿岸から遠ざかっている状態を知りました。調査資料の積み込みを終えた夕方には風速が10 m/sに達し、翌日の調査の実施が危ぶまれました。遠ざかりつつあ



流氷帯における海水の採取（紋別市提供）

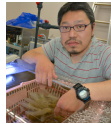
る流氷を前に、チャンスは翌日の1度しかない状況となりました。



流氷帯における表面海水の採取（紋別市提供）

調査当日は一転して風が弱まり、「ガリンコ号Ⅱ」は午前6時頃に流氷帯へ向かって出航しました。幸い航行可能である半径約9海里付近において流氷帯が残っており、密接度の高い海水をスクリューで砕きながら突入し、午前7時30分頃に地点A（流氷帯、水深80.3 m）に到着しました。砕氷船の非常にダイナミックな航行を体感しながら、流氷帯で観測できる喜びを、研究者の表情から感じ取れました。金沢大学グループは船首付近で、船員の方々のご協力のもと、アイスアルジーが付着してやや褐色に着色した海水と通常の海水について、たも網を用いて採取するとともに、表面海水の採取と表面水温の計測を行いました。他の研究グループは、CTDによる各種水質の観測、多波長励起蛍光光度計による植物プランクトンの蛍光特性の観測、植物プランクトン、動物プランクトン、および環境DNAの採取を鉛直方向に実施しました。同様な観測を地点B（流氷周縁部、水深78.5 m）と地点3（開水面、水深31.2 m）で実施し、午前10時30分頃に観測を終了しました。

その後、金沢大学において、冷凍で輸送した海水をステンレス容器の中で溶かし、懸濁粒子を分離した後、海水とともに対象とした各種トレーサーと多環芳香族炭化水素類の分析を行いました。これまで実施してきた水塊トレーサーを用いた海洋構造研究と海流を介した物質輸送研究に対して、新たに海水の視点を組み込むための重要な基礎情報を得ることができました。関係者の皆様に感謝を申し上げます。

カタユレイボヤ (*Ciona intestinalis* type A)

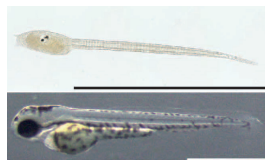
関口 俊男  
海洋環境領域

みなさんホヤという海産動物をご存じでしょうか。ホヤは世界におよそ 3,000 種生息していて、食用にされている種もあります。例えば、東北地方では食用のマボヤが養殖されています。ホヤは、海底の岩や



養殖されているマボヤ (写真は東北大学 熊野岳教授からの提供)

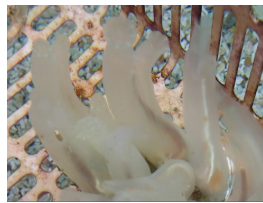
人工物などに付着しています。餌は海水中に豊富に存在しているプランクトンです。入水孔から海水を吸い込み出水孔から吐き出す途中で、鰓を使ってプランクトンを濾しとっています。またホヤの仲間、セルロースで出来た被囊で体を覆うことで、外敵から身を守っています。興味深いことに、ホヤ自身がこのセルロースを作っています。セルロース繊維は、基本的に植物や細菌が作り出すものですが、ホヤはセルロースを合成する例外的な動物です。ホヤはどの動物に近いのでしょうか、「ホヤ貝」と呼ぶ人もいて貝の仲間だと考える人もいます。しかし、ホヤは、我々ヒトを含む脊椎動物と近縁です。貝に似た大人のホヤではなく、幼生を見ると脊椎動物との共通性が見えてきます。ホヤの幼生は、オタマ



ホヤ幼生と魚類幼魚の比較 カタユレイボヤの幼生 (上段)、ゼブラフィッシュの幼魚 (下段)、スケールバーは 1mm (ゼブラフィッシュ写真は金沢大学 亀井宏泰准教授からの提供)

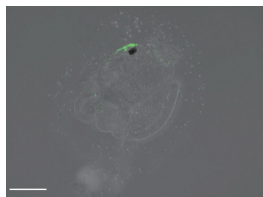
ジャクシのような形をしていて、尾を振って泳ぎます (ウニなど多くの海産無脊椎動物の幼生は繊毛で泳ぎます)。ホヤの幼生の尾には脊索という構造があります。脊椎動物もホヤと同じく発生途中で脊索を持つ時期があります。この共通点から、ホヤと脊椎動物を合わせて脊索動物と呼んでいます。

このような脊椎動物に近縁な特徴に加え、発生観察が容易である点も活かして、進化・発生・生理・生体防御などに関わる研究がホヤを用いて行われています。ホヤ研究で



カタユレイボヤ (*Ciona intestinalis* type A)

近年盛んに使われているのはカタユレイボヤ (*Ciona intestinalis* type A) です。カタユレイボヤは、世界中の沿岸域に生息していますので、世界中の研究者が利用しています。そして国際的な共同研究や情報交換も行われています。さらに世代交代が 2 ヶ月で起こり、室内飼育が可能のため、遺伝子操作したホヤが利用できます。例え



カタユレイボヤのトランスジェニック幼若体 神経系に蛍光蛋白質が発現しており、緑色に光っている。スケールバーは 100µm

ば、遺伝子を破壊するゲノム編集や、外来の遺伝子をホヤの染色体に組み込むトランスジェニックが実現しています。このことから、カタユレイボヤは海産無脊椎動物の実験モデル動物の 1 つとして認められています。

私は、カタユレイボヤを用いて、環境汚染物質の作用機序に関する研究を行っています。特に多環芳香族炭化水素類 (PAH 類) の影響に注目しています。PAH 類は化石燃料や木質などの不完全燃焼により生成され、発がん性、免疫毒性、内分泌攪乱活性などを示す有害物質です。私はカタユレイボヤを用いた PAH 類の毒性評価を行った結果、ある PAH がカタユレイボヤに発生異常を引き起こすことを突き止めました。その後、この作用機序を掘り下げることになりました。その理由は、多種の海産無脊椎動物で PAH 類の影響が報告されている一方で、PAH 類の毒性を説明できる作用機序を明示した研究が少ないためです。これは PAH 類の作用機序の研究が進んでいる脊椎動物の状況と大きく異なります。はじめに、私は脊椎動物における PAH 類の解毒経路がホヤにも存在するか検討しました。哺乳類では、芳香族炭化水素受容体 (AhR) が PAH 類の主要なセンサーとして働いています。細胞内で AhR が PAH 類と結合すると AhR が活性化され毒物代謝酵素遺伝子等の転写を誘導します。この誘導された毒物代謝酵素により PAH 類が代謝され最終的に体外に排出されます。カタユレイボヤのゲノム情報を調べたところ、AhR や毒物代謝酵素遺伝子が存在していましたので、私はホヤ AhR を対象にして、その PAH 認識活性と毒物代謝酵素遺伝子に対する転写誘導活性を解析しています。

本研究によるホヤの PAH 代謝機構の解明をきっかけとして、海産無脊椎動物の毒物応答作用の理解を深め、PAH 類を含めた多様な汚染物質の海産無脊椎動物に対する影響予測に貢献することを目指しています。

## アンコール世界遺産での海外インターンシッププログラム

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、壮麗な石造文化財と熱帯の豊かな自然、そして伝統の地域社会が織りなす巨大な複合体です。平和



修復が完了したばかりのアンコール・トムのタケオタムにて



ニャック・ポアン寺院で水管理について学ぶ

の訪れとともに世界中から観光客が押し寄せるようになりました。それとともに文化財の劣化や自然の破壊、環境汚染、地域社会の変質といった深刻な問題がつきつぎと生じてきました。このような状況にあるアンコール世界遺産を維持管理するのが国立アンコール世界遺産管理公団で、その業務は文化財の保護修復、環境保全、地域社会保護、観光整備と多岐にわたります。

アンコール世界遺産管理公団での海外インターンシッププログラムは、当センターによる学生の国際化教育支援として平成 22 年度にはじまりました。令和元年度までの 10 年間で参加学生数は、他大学からの参加者もあわせると 140 名にもなります。



タ・プロム寺院での植生調査



アンコール・ワット寺院での緑地業務

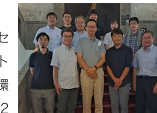
コロナ禍のため 3 年間の中断を余儀なくされましたが、本年 9 月に第 11 回目の当プログラムを実施することができました。金沢大学と公立小松大学の学生たち 6 名は、約 2 週間にわたって公団職員とともに多様な業務に従事しました。「国際協力」、「地域社会」、「文化資源」、「環境保全」、「観光振興」といった現代社会を考えるためのキーワードがここにはそろっています。華やかな世界遺産の維持管理業務の重要性や、はやりの言葉である「持続可能」のための苦労を学生たちは経験しました。アンコールでの体験は国際社会へはばたく学生たちのおおきな糧となるはずですよ。

連携部門 塚崎 真二

## ニュース News information

## ▶ 勉強会の開催

石川県金沢市しいのき迎賓館で、当センター重点共同研究「放射性物質をトレーサとする北極海における海水循環の研究」に関する研究打ち合わせが 2 日間の日程で開催されました。海洋研究開発機構 2 名、東京大学 3 名、福島大学 1 名に代わって当センターから教員 4 名と学生 3 名の合計 13 名の参加があり、本共同研究に関する現時点での成果発表 9 件にくわえて、2023 年 9～10 月に実施される JAMSTEC 海洋地球研究船「みらい」における共同調査の役割分担が話し合われました。(2023.9.11-12)



## ▶ 学長表彰の受賞

大気環境領域の唐寧教授が指導する金沢大学大学院医薬保健総合研究科博士後期課程 3 年の張畏さんが令和 5 年度 9 月期の学長表彰を受賞しました。(2023.9.26)



## ▶ ワークショップの開催

当センター共催の 17th East Eurasia International Workshop が中国の昆明で開催され、東ユーラシアの長期環境変動と、それに伴う地球表層プロセスに関して議論を行いました。このワークショップは 2020 年度の開催予定でしたが、コロナにより 3 年の延期を余儀なくされたものです。さまざまな制限がいまだに残る現状ながらも、日本、中国、韓国、フランスから約 50 名の参加者がありました。(2023.10.8-12)



## ▶ 湖北工業大学での招待講演

日本学生支援機構の派遣で湖北工業大学を訪問した大気環境領域の唐寧教授が、「東アジア地域の 대기汚染と健康影響」と題する招待講演を行いました。(2023.10.19)



## 環日本海域環境研究センターニュースレター 第 23 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  
2023 年 11 月 30 日 発行



Web サイト