



総合技術部環境安全部門  
おぎぞ  
小木曾 正造

海洋環境領域の臨海実験施設には技術職員2名が勤務しています。私は総合技術部、もう1名は環日本海域環境研究センターに所属し、臨海実験施設に配置されています。業務内容は、施設・設備・船舶の保守管理、敷地内の草刈り・剪定、除雪、工事や保守点検の業者対応、電話と郵便物への対応、各種許可申請などの日常的な業務の他に、臨海実験施設の研究室での研究及び実習の補助、所属学生生活支援、学会・研究会の開催補助などを行っています。また、共同利用・共同研究拠点の業務として、定期的な海洋観測、海水と環境DNAのサンプリング、データベースの更新、外来研究者対応を行っています。さらに、教育関係共同利用拠点の業務として、実習補助、Webサイト管理、清掃・片づけ、利用実績の集計など

ども行っています。私が特に力を入れている業務として、生物の採集・提供と潜水による研究の補助、プラスチック標本の作製があります。生物の採集では、実習で毎年使用されるウニなどの採集の他、研究者からの依頼によりカイメンやクラゲ、ヒラムシ、ヒトアザシ、魚類などを採集して研究用に提供しています。潜水では、生物採集の他



海底でのサンプリングの様子

に、研究者と学生の安全管理や機器・試料の海底への設置などを行っています。プラスチック標本とは生物体内の水分と脂肪を樹脂に置換して固めたもので、手に取って観察することができるようになります。教員や博物館などから依頼を受けて様々な生物の標本作製に取り組んでいます。私は昨年度より社会人学生として博士論文研究に取り組んでおります。臨海実験施設のある九十九湾にのみ生息している口や鰓を持たないマシコヒゲムシという特殊な生物について、生態学的、生理学的研究を行っています。ヒゲムシ類としては極めて浅い生息地を見つけ、効率的な採集、繁殖、飼育の技術を開発しました。これらの活動を通して、研究者と学生がより活用しやすい臨海実験施設にしたいと考えております。

金沢大学公開講座

当センターの教員が、金沢大学公開講座「海外学術調査旅ノートファイナルシーズン」を担当しました。この講座は、計2回、金沢市のサテライトプラザで開催されました。第1回目は、福土教授が「モンゴルの大自然と水環境」、関口准教授が「ニュージーランド固有の鳥とその保護活動」という題で話をしました。また第2回目は、木谷助教が「ノルウェーの暮らしと魚」、塚脇教授が「カンボジアの自然とひとびと、そして世界遺産」という題で話しました。十分な感染対策のもと、熱気に満ちた講演と、活発な質疑応答が行われました。(第1回2021.5.8、第2回2021.6.26)



海洋環境領域  
技術補佐員  
わたべ ゆきな  
渡部 雪菜

令和3年4月から臨海実験施設に技術補佐員として就職いたしました。以前は動物の飼育管理を学ぶ専門学校で水族館の飼育員を目指していました。好きな海の生き物は鯨類とクラゲで、中でもホッキョククジラとホシヤスジクラゲが好きです。特に臨海実験施設には様々なクラゲが流れてくるので、季節との関連性、浮

遊してくるクラゲの種類など調べたいです。また、そのほかにも、様々な生物と関わり合いながらの分野に興味があるのかを知り、熱中できる自分の研究テーマを見つけたいと思います。自分にもできることを少しずつ増やして将来に役立てられる技術を身に付けていくことができよう、日々精進してまいります。



# 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 2021年7月31日発行 第16号

- ① 研究紹介1：国立環境研究所 坂田昂平
- ② 研究紹介2：統合環境領域 岩井久典
- ③ 研究紹介3：海洋環境領域連携研究員 坂井恵一
- ④ 技術職員の紹介：総合技術部 小木曾正造
- ⑤ 研究紹介4：連携部門外来研究員/埼玉大学 荒木祐二
- ⑥ 新任職員の紹介：海洋環境領域 渡部雪菜

## 研究紹介 1 Report X線顕微鏡を用いたエアロゾル粒子の観察



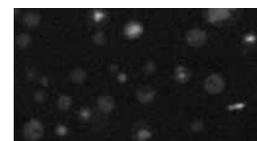
坂田 昂平  
国立環境研究所地球システム領域

エアロゾル粒子（サイズ：数nm~数十μm）は大気中に浮遊する固体や液滴の総称です。エアロゾル粒子の起源は土壌粒子や海水、花粉などの自然物質のみでなく、人間活動より放出される黒色炭素などがあります。また、大気中のガス成分同士が反応して新しいエアロゾル粒子を作ることもあります。このように多種多様な排出源を持つエアロゾル粒子は、粒子ごとに形状や粒子サイズ、化学成分などが異なり、その違いが太陽光の吸収や散乱能力に雲の核として機能する能力（雲凝結核能：CCN能）などに影響します。また、エアロゾル粒子は人体などに対して悪影響を及ぼす金属を含んでいる一方で、海水中の微生物から見るとエアロゾル粒子は鉄などの貴重な栄養の供給源にもなります。このようにエアロゾル粒子は気候変動や人体や海洋生態系の健康影響などに対して様々な役割を持ちますが、これらへの影響や大気中でエアロゾル粒子が酸性ガス（硫酸酸化物や窒素酸化物など）などと反応することや変化してしまいます。私は大気中で起こるエアロゾル粒子の化学反応がCCN能や金属元素の溶解性（毒性や生物利用性に影響します）を調べるために、個々のエアロゾル粒子の中で元素がどのように分布しているかをX線を使った顕微鏡（走査型透過X線顕微鏡：STXM）を使って分析して研究を進めています。STXMではエアロゾル粒子によるX線の吸収量の違いに応じて白黒写真が撮影でき

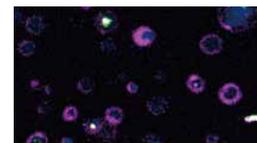


STXMでのエアロゾル粒子観察の準備風景

ます。今回の写真では白色がX線の吸収量が多い場所でありエアロゾル粒子に相当します。次に元素分析の結果を色分けして写真に投影すると無機物である硫酸塩（青色）が腐食様物質という有機物（ピンク色）に覆われている粒子が観察されました。



令和元年9月に採取したエアロゾルのX線像  
白く見える部分がエアロゾル粒子



エアロゾル粒子中における硫酸塩（青）と有機物（ピンク）の分布

このような粒子は硫酸塩と有機物の間で相分離が起こることにより形成されます。粒子表面は大気とエアロゾルの重要な接触点であるため、硫酸塩の表面が有機物で被覆されることにより、硫酸塩エアロゾルのCCN能に影響を及ぼします。一方で、令和2年3月に採取した試料では硫酸塩に被覆された黒色炭素が多く観察されました。これは黒色炭素が大気中に存在する硫酸などで風化したことを示しています。本来、黒色炭素は水に溶けにくくCCN能はあまり高くありませんが、水に溶けやすい硫酸塩などが粒子を被覆することによりCCN能となり機能するようになるだけでなく、粒子表面の被膜がレンズとして機能することで多くの太陽光を吸収するようになります。また、本稿では硫酸塩と有機物の粒子内での分布に関してご紹介しましたが、他にも鉱物粒子中の鉄が硫酸塩や有機物と反応することで溶けやすくなり、海水中の微生物に鉄分を供給しやすくなることも明らかになりました。このように1μmより小さいエアロゾル1粒の中にも複雑な元素構成があり、その一部は大気中の化学反応により形成されていることが明らかとなりました。今後はより具体的な粒子表面の被膜などがCCN能や金属元素の溶解性などに影響を及ぼす影響を評価していきます。

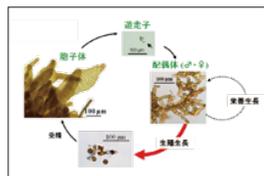


## 藻場の再生保全を目指して



岩井 久典  
統合環境領域

藻類は沿岸海洋の生物生産の観点から重要な存在です。そして多細胞性の大型藻類（海藻, seaweeds）は、その独特の形態や進化系統から世界中の多くの研究者を魅了する存在となっています。日本人にとっては、北は北海道から南は沖縄まで、海藻は古くから文化における欠かせない存在です。しかし、その生態や分類については、まだまだ一般的に広く知られているとは言えません。例えば、海藻はその含有色素の組み合わせから緑藻、紅藻、及び褐藻に分けられ、身近な海藻であるコンブやワカメは褐藻になります。この褐藻はユニークな生活史を有しています。我々の良く知る形態は「胞子体」と呼ばれる段階ですが、秋には小さな遊走子となり鞭毛を使って海中を泳ぎます。しばらくすると、海底の岩石等に着床し、菌糸状の形態へ変化します。これは配偶体と呼ばれる段階で、オスとメスの性別のものに分かれます。冬の間、配偶体は生殖生長し、オスは、メスの性フェロモンに誘発され精子を放出します。受精を経て、春先にはまた胞子体として我々の目で確認できるサイズへと生長します。従って、沿岸でみられる海藻群落（藻場）は、この神秘的な形態変化のサイクルで維持されていると言えます。



日本近海では藻場が衰退消滅する「磯焼け」と呼ばれる現象が問題視されており、生態系保全や水産資源確保の観点から藻場の再生保全が求められています。磯焼けの原因として様々な要因が考えられています。先の褐藻の生活史にて、配偶体は溶存鉄のな

い環境下では栄養生長しませんが（Motomura and Sakai, *Phycol.*, 1984）。形態変化のサイクル維持の観点から、近年では、溶存鉄の欠乏が磯焼けの原因の一つとして注目されています。私は、藻場の再生保全に向けて、溶存鉄の供給メカニズム及び生物利用性の解明に取り組んでいます。



磯焼けした海底の様子  
（北海道増毛町沿岸域 令和2年9月撮影）

沿岸域への鉄供給による藻場再生保全の試みとして、製鋼スラグと堆肥の混合剤の施肥技術が産学連携で検討されています（Yamamoto et al., *J. Chem. Eng. Jpn.*, 2010）。製鋼スラグは鉄の、堆肥は鉄のキレート剤の供給源としての働きを期待され用いられており、産業副産物と未利用バイオマスの有効活用手法としても注目を集めています。この研究の中で、私は堆肥から海水へ溶出する有機物分画の機能について検討し、低分子有機物分画（ $< 500\text{Da}$ 、限外ろ過法により分離）が海水中で鉄のキレート剤として機能し得ることを明らかにしました。褐藻の生活史と藻場再生保全を鑑みると、配偶体の生殖生長が重要であることは前述した通りで、褐藻配偶体の生殖アッセイは鉄生物利用性の評価手法として有効といえます。配偶体の生殖生長には鉄 EDTA 錯体を用いることが一般的ですが、生殖生長する細胞の割合（成熟度）はその鉄濃度に比例し増加します。さらに、先の堆肥由来の低分子有機物分画を用いると、より低い鉄濃度で同等の成熟度が得られることを明らかにしました。また、施肥材中の成分変化も鉄供給機能向上及び施肥材設計に関わる重要な検

討項目と考え、大型の水槽と小型のモデル施肥材を用いて、実沿岸海水中に浸漬された場合の施肥材変化も検討しました。この試験において、製鋼スラグ堆肥混合施肥材から単離された微生物（*Exiguobacterium oxidotolerans*）が鉄還元溶出に関わることを明らかにしました。また、製鋼スラグ堆肥混合施肥材では腐植酸含有量が大きく減少することが分かりました。ここでは、微生物分解を受けていることが示唆されただけでなく、微生物の副産物の腐植化による新規腐植酸成分の生成も確認されました。製鋼スラグ中に含まれる酸化鉄のルイス酸としての性質は、腐植化反応を触媒する機能を示すことが知られていますが、この反応は鉄の還元溶出も促します。このことから、施肥材中で起きる腐植化反応もまた鉄溶出に寄与していると考えられます。



モデル施肥材の水槽試験の現場（北海道増毛町）

鉄施肥材に関わる研究は、一見、特殊な条件だけを見ているようですが、藻場が維持される健全な沿岸環境創成に関する鍵となる知見となると考えています。実環境における底質の微生物フローラの調査や褐藻の生長状態から藻場減衰の科学的診断手法の開発も必要な課題として考えています。環境応答として表れる褐藻の生長の理解には、褐藻の生態の基礎研究も不可欠です。このような環境研究においては、多種多様の専門分野からのアプローチが求められます。分野に拘らず、広く自由な視野を心掛け、今後も本研究に取り組んでいきたいと考えています。

日本沿岸に分布するイスズミ科のイスズミ属魚類はイスズミとテンジクイサキ、ミナミイスズミ、そしてノトイスズミの4種です。主たる生息域はノトイスズミだけが亜熱帯から温帯域、他の3種は熱帯・亜熱帯域です。メジナ類に似た体形ですが、種を特徴づける斑紋や模様がなく種が互いによく似ているので、見かけで種を識別するのはなかなか困難です。



ノトイスズミ、インド-太平洋の主に亜熱帯から温帯域に生息する

イスズミ類はサンゴ礁や海藻類が生い茂る岩礁帯が生活場所です。主な食べ物は海藻類、紅藻や緑藻はもちろん、ホンダワラ類やヒバマタ類などの褐藻を好んで食べます。両類には先端が尖ったヘラ状の門歯状歯が一列に並び、効率よく海藻類を啄めるようになっています。またイスズミ類は、褐藻を腸内で分解・同化できる能力を持っていることが明らかとなっています。遺伝



イスズミ類の両顎には扁平で先が尖った門歯状歯が一列に並び

的に近縁だとされているメジナ類が、紅藻や緑藻は食べても褐藻は食べない理由がここにある様です。したがってイスズミ類は、カツオ・マグロ類のような外洋を回遊する魚ではなく、沿岸に留まらざるを得ない魚なのです。ところが、イスズミ類の分布域はとて広く、特にイスズミとテンジクイサキの2種は、インド洋の西南端である南アフリカから、南太平洋の東端に近いイースター島（バスクア島）まで分布しています。大陸沿岸でしか分布していないメジナ類とは大きく異なります。イスズミ類がこのような広大な分布域を獲得できたのは、その生態的特徴が関係していると考えられます。イスズミ類の幼魚はもちろん、未成魚から成魚まで、流木や流れ藻などの漂流物、時には船舶にも随伴す

るという性質を持ちます。英名「Rudder-fish（舵魚）」とも呼ばれています。漂流物に随伴する性質は、メジナ類やインダイ類の幼魚でも認められますが、これらの幼魚はある程度成長すると漂流物から離れ、岩礁帯での生活に移行します。ところが、イスズミ類は成魚になっても随伴性を持ち続けています。したがって、黒潮や南赤道海流などの強い海流に便乗できれば、遠方の島嶼にたどりつくことも可能だと考えられます。しかも、流れ藻に随伴できればさらに好都合です。流れ藻は、気泡を持って漂っているホンダワラ類によって構成されているので、海面に浮遊します。そして陸上植物とは異なり、固着物から離脱しても枯死せずに成長し、成熟もできます。すなわち、流れ藻に随伴するイスズミ類は、外洋表層で捕食者から身を守る振り所、そして食糧を同時に確保できるわけです。イスズミ類の進化とその分布を考えると、漂流物に随伴するという生態的特徴、それを可能にした形態の変化が必ず見つかるものと考え、研究を進めています。

海洋環境領域連携研究員 坂井 恵一

## 研究紹介 4 Report 日本海側の森林・草原生態系における植生学的研究

植物生態学や環境マネジメントを専門として、森林や草原、耕地といった生態系にみられる植生の成り立ちを明らかにする研究に取り組んでいます。近年は、南加賀地域の人工林における下層植生の分布パターンを把握する調査を進めています。研究目的は、海



人工林での植生調査

岸地域や山間地域といった地理的条件に加え、斜面方位や傾斜などの微地形の違いによる人工林の下層植生の差異を明らかにするものです。昨今、スギ人工林を省力的に針広混交林へ誘導するために、侵入広葉樹種を利用する手法が検討されています。人工林内の侵入広葉樹種は耐陰性を有するか、あるいは偶発的に出現した林冠ギャップを早く占有する性質により、林内の生存率を高めることが知られています。しかし、人工

林の生物多様性の変化や種構成に着目した研究は緒についたばかりであり、施肥技術の確立に向けて各地域の下層植生に関するデータの蓄積が求められています。人工林の森林構造ならびに下層植生の種組成が地理的分布や立地と関連付けて明らかになれば、人工林における生物多様性保全の指標が定量的に示され、持続的な森林管理に向けたより具体的な施策の提言が期待されます。その一方で、国指定特別天然記念物である埼玉県さいたま市田島ヶ原サクラソウ自生地を対象とした保全生態学的研究にも取り組んでいます。サクラソウ自生地にはオギ



田島ヶ原サクラソウ自生地

群落が卓越する草原が広がっている（面積＝約4ha）、サクラソウをはじめとする絶滅危惧種が30種ほど確認されています。都市近

郊に位置しながら、100年にわたり保全されてきた貴重な草原生態系です。しかし、サクラソウの株数が平成15年をピークに減少の一途をたどっていることから、原因の早期解明が待たれています。現在はサクラソウの分布状況を把握するとともに、サクラソウ株数が減少する要因（乾燥化、競合種の分布拡大など）に関する調査・分析を進めているところです。本年度からは手取川流域に分布するヨシやオキのイネ科草本が卓越する湿生草本群落を対象とした植生調査を実施しています。河畔に成立する植生は、河岸保護や水質浄化に加え、生物多様性や景観の保全などの役割を果たしていることが知られています。この研究は土壌の深さに応じた粒径組成を分析し、湿生草本群落の分布の関連性を明らかにするものです。並行して、木本種や外来種の侵入状況を記録することで、河畔にみられる植生動態を詳細に把握したいと考えています。

連携部門外来研究員/埼玉大学教育学部 荒木 祐二