



北里大学海洋生命科学部だより

No.48

2022年3月

■海洋生命科学部トピックス

振り返れば感謝することばかりです …… 奥村 誠一
魚類鰓のカリウム・セシウム排出機構の発見 …… 古川 史也
第6回ユニーク会審査員特別賞を受賞して …… 松井信太郎
病理とネコザメとわたし …… 筒井 繁行

■研究紹介

海からの宝物探し …… 上岡 麗子

■研究紹介

三陸沖の深海底に咲くナデシコ …… 三宅 裕志

■プレスリリース紹介

陸域からの過度のリン供給がサンゴ
の生育を妨げるメカニズムが明らかに …… 安元 剛

■海洋実習体験記

相模湾水深 50 m へのアプローチ …… 石井 鯨

■学部通信



河川実習



地引網実習



釣り実習

振り返れば感謝することばかりです

増殖生物学講座
水族育種生物学研究室
教授
奥村 誠一



私は今年度(2021年度)をもちまして定年退職することとなりました。退職にあたり、海洋生命科学部だよりへ寄稿する機会をいただきました。何を書いたら良いのか迷いましたが、この辺でこれまでのことを振り返ってみることも大切だと考え、私の遍歴を書かせていただくこととしました。

私は北里大学水産学部の卒業生ですが、学生時代も勘定に入れると、本学にお世話になってから実に45年の年月が流れました。とはいっても、実はもっと前、生まれたころから本学由来の建物のすぐそばに出発していました。白金キャンパス前のバス通りを恵比寿駅方面に300mほど行くと、「恵比寿三丁目」という交差点がありますが、実はその交差点のすぐそばに母親の実家がありまして(現在はありません)、折に触れて母親と一緒に遊びに行っていました。そのような訳で、まだ明治村へ移築される前の北里研究所本館を何度か見たことがありました。子供心にも「美しい建物だな」と思った覚えがあります。今から言えば不思議な縁を感じます。

その子供の時の記憶が影響したかどうかは定かではありませんが、縁あって本学の水産学部に入学しました。子供の頃からとにかく生き物に興味があり、小学校低学年までは昆虫採集、高学年からは熱帯魚飼育に明け暮れていました。そんな私ですから、本学のカリキュラムを見た時に「そうか、好きな勉強ばかりすればいいんだ。大学って楽しそう」とワクワクしたことを覚えています。また三陸という大自然の中での釣り、ドライブ、そして友人達との間で深まる友情、私の「三陸love」はここから始まりました。

故 藤野和男名誉教授の水族遺伝・育種学の授業を3年生の時に受講し、その未来的な考え方に惹かれ、実は遺伝の分野が嫌いでも苦手だったのですが、藤野先生の研究室に引き寄せられるように入っていました。先生はとても厳しい人で、メンタル面が相当に鍛えられました。私の卒論研究のテーマは、当時最先端であったアイソザイム(同位酵素)を指標として行うカツオの種族判別に関する研究でした。また研究とは別に、私は教職課程を履修していま

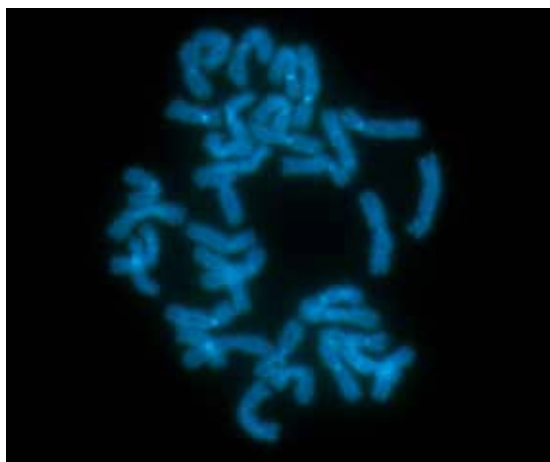
したので、母校の高校へ教育実習にも行きました。初回の授業が始まる時に、とんでもなく緊張し、雲の上を歩いているような感覚で教室へ向かった覚えがあります。しかし、一言喋りだすと緊張は一気に解け、そして私の話を興味深げに聞いている生徒たちの顔を見た時に、「授業をすることってこんなに楽しいんだ」という、なんとも言えない満足感に包まれました。そこで、やはり高校の先生になろうと決意を新たにしましたが、受験した東京都の教員採用試験は不合格。就職活動をしていなかった私は、大学院を受験することとなりました。そしてなんとか合格し、大学院生活が始まりました。てっきりカツオの研究を続けるものだと思っていたのですが、藤野先生から「修論ではアワビの研究をしろ」と言われ、その一言で私とアワビとの長い付き合いが始まりました。そして修士1年の5月に、私の人生にとって大きな出会いがありました。それは、当研究室に赴任された荒井克俊先生(現、北海道大学名誉教授)との出会いです。先生の研究に対する考え方は極めて斬新で、新しい風が研究室に吹き荒れたかのようでした。「いやー、研究っておもしろいなー」と心の底から感じましたし、いきいきと楽しそうに研究のことを話される先生の姿を見て、「大学の先生」という職業に憧れを持つようになりました。そんなわけで、研究から離れる気持ちにはなれず、博士課程に進みました。なんとか3年間で博士の学位を取り、藤野先生の紹介で仙台市にあるアワビの養殖プラント会社に入り、そこから石巻のアワビの養殖場に出向して働くこ



私の研究の主人公であるエゾアワビ。

とになりました。ここでの経験は非常に大きなものでした。実際に養殖場で働いたことでアワビの種苗生産・養殖の技術を深く学ぶことができましたし、養殖における問題点を自分のこととして認識することができました。また、民間企業の厳しさを知り、そして様々なバックグラウンドを持つ人たちとも知り合いになりました。この石巻でのことが、その後の私の人生・研究の礎になっています。

養殖場で働くようになってから3年あまりが経ち、私は本学に嘱託の助手として入職しました。1年契約でしたので、「とにかく論文を書いて認めてもらわなければ」と焦っていました。アワビの育種の研究をしたいと思っていましたが、アワビの1世代は3年くらいかかるので、それだけでは間に合わないと思い、わりと短いスパンで研究できそうなアワビの染色体の研究も並行して行うことにしました。アワビの幼生からはきれいな染色体が豊富に得られることを体験していましたので、これを使って色々と研究できると思ったわけです。染色体にしても育種にしても、研究するには良質なアワビのサンプルが必要ですが、三陸町内にあるアワビ養殖をしているマリン開発株式会社(現、元正榮北日本水産株式会社)の古川勝弘社長(現会長)、古川季宏専務(本学部の出身で現在の社長)を始めとする社員の方々に大変お世話になり、サンプルを提供していただいたり、水槽で飼育させていただいたりしました(現在でも非常にお世話になっております)。そして数編の論文を書くことができ、なんとか4年間で嘱託を解いていただき、正規の助手として雇ってもらいました。そのころ藤野先生はすでに定年退職されていて、山森邦夫名誉教授には並々ならぬご恩を賜りました。また、上記のマリン開発(株)に入社した私の教え子である石橋朋弥君には、現在において



エゾアワビの染色体(DAPI染色)。幼生の組織を用いると、きれいな染色体像が豊富に得られる。このことに助けられて私は研究を進めることができた。

もそうですが、サンプル入手や飼育の面で色々と面倒をかけてしまい、本当に感謝しかありません。

1996年に私は講師に昇任し、本格的に講義を担当することになりましたが、丁度そのころ、教員が学生に評価される時代が到来しました。大学の教員にとっては大きな変革でした。学生による授業評価アンケートが始まり、またJABEEの受審、FD研修会と、「教育」に関して深く考える機会が一気に増えました。授業評価アンケートに関しては、参考にはしていたものの、最初のうちはそれほど注視していませんでしたが、アンケートの自由記載欄を読んでもと共感できる部分が多く、また学生の世代が変わっても同じような評価がなされていたので、「学生の評価は再現性があり、的を射ている」と考えるようになりました。自分なりに工夫をして、数年後にはなんとか前向きな評価が得られるようになり、講義に対しても自信を持てるようになりました。教育実習の体験のところで書きましたが、もともと授業をすることが好きだったので、講義というものに深くのめり込むことができたのかもしれません。

研究室では4年生、大学院生達と本当に楽しく過ごせました。一人ひとりの名前を挙げる紙面がなく申し訳ありませんが、こんな私のことを頼りにしてくれて、「人から頼られることは自身の力になる」ことを教えてくれましたし、研究面だけではなく、何よりも私の心を支えてくれました。このように、私のことを慕ってくれる学生さん達に囲まれて教師生活を送ることができ、本当に幸せだったと思います。「この仕事をしていて良かった!」と思えた瞬間が何度もありました。卒業生の皆様にはただただ「感謝」です。

震災や研究のことなど、まだまだ書き足りないことがたくさんありますが、いつまでも書いているわけにはいきません。以上のような遍歴を経て、今、定年を目の前にした自分がいます。定年後は「第二の人生」とよく言われます。確かに生活は大きく変わるでしょうが、自身の人生としては、死ぬまで何一つとして途切れない時間が流れます。さて、これからは何をしましょうか?きっとまた色々な人と出会い、そして多くのご恩を受けながら生きていくのだと思います。

最後になりましたが、私を支えてくださった本学の教職員の皆様、そして私と関りを持ってくださったすべての方々に感謝申し上げます。来年度(2022年度)、我が学部は創立50周年を迎えますが、これからも未来永劫益々発展することを祈念いたしまして、この辺で失礼させていただきます。皆様、またお会いいたしましょう。

魚類鰓のカリウム・セシウム排出機構の発見

増殖生物学講座
水族育種生物学研究室
講師
古川 史也



公益社団法人 日本水産学会より、「魚類鰓のカリウム・セシウム排出機構の発見と水生動物発生過程の代謝に関する研究」について、令和2年度の水産学奨励賞を頂きました。この場を借りて、研究でお世話になっている先生・先輩や、卒業生・現役学生の皆様に御礼申し上げます。受賞タイトルが歪であることからお察しのとおり、おそらく珍しい例かと思いますが、今回は2つの異なるテーマを合わせて1つの賞を頂きました。前半は大学院博士課程、後半は学位取得後から今に至るまでの研究テーマです。後半のテーマについては2017年3月発行の学部だより（よろしければ学部HPからご覧ください）内の「研究紹介」にも書いてありますので、今回は前半のテーマについてのみ、詳しくご紹介いたします。

海や川などの様々な塩濃度の環境に生息している魚類は、周りの塩分が高いと「つけもの状態」になりやすく、逆に低いと「水ぶくれ」になりやすい状況で、何とか体内の塩濃度を一定に維持して生きています。このとき、鰓による塩分調節が重要である、ということは高校の教科書にも載っている、よく知られている現象です。すなわち、海水中の魚の鰓は塩分を外に排出していて、逆に淡水中では塩分を外から体内に取り込む役割を担っています。学術的にはより詳しく明らかになっていて、鰓の表面に点在する「塩類細胞」という特殊な細胞が、ATPのエネルギーを使ってナトリウムイオン(Na^+)や塩化物イオン(Cl^-)を出し入れしているのです。私が東大の大学院へ入学したころ、東大を含む国内外の研究グループにより、これらの分子メカニズムが詳細に解明されました。私は修士課程までは酸塩基調節（体内のpHの調節）を研究テーマにしていたのですが、研究が煮詰まってきた（調べることがなくなってきた）と感じていました。そんな時、博士課程に進む段階で、指導教員の金子教授から「カリウム(K^+)やってみない？」と言われたのが、この研究の始まりです。

K^+ 、正直言ってマイナーなイオンでした。海水中や血液（血漿）中では、 Na^+ の10分の1の濃度ありません。

「誰がそんなものを研究するのか？」というのは、当時の私だけでなく、この話を聞いたほとんどの人の感想だったはずです。先生の思い付きで変なテーマやるのちょっと嫌だな、という雰囲気もあったかもしれません。ただ、研究を始めてみると、すぐに面白くなってきました。まず、 K^+ は Na^+ や Cl^- と同じく、海水中では血漿中より濃度が高く、海産の魚類にとっては NaCl と同様に「体内に過剰となりがちで、排出しなければならないもの」でした。しかし、 Na^+ や Cl^- は塩類細胞に「それ専用の通り道（イオンチャネルなど）」が存在して初めて排出が可能となっています。一方で、 K^+ 排出専用の通り道など知られておらず、そもそも魚類が体内のどの器官で K^+ の調節を行うのかも不明でした。そこで、まずは K^+ がどこから排出されるかを調べることにしました。

ヒトやマウスでは、過剰となった K^+ は腎臓で尿中へ排出されます。一方、海産魚の尿中の K^+ 濃度は高くないので、私たちはまず鰓を疑いました。ではどうやってこれを調べれば良いか。金子先生と私の先輩は以前、 Cl^- を銀イオン(Ag^+)と反応させて不溶化(AgCl)する

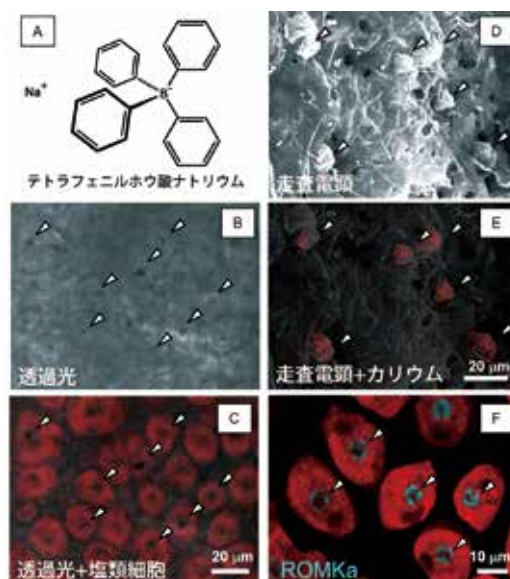


図1. テトラフェニルホウ酸を使った鰓からのカリウム排出の証明（A－E）、およびカリウム排出を担う K^+ チャネル、ROMKa。

ことで、塩類細胞が排出したClを「その場でトラップ(沈殿)」し、同細胞からのCl⁻排出を証明していました。K⁺を沈殿させる試薬を見つければ、同じ手法が使えます。なかなか見つからず、ついにGoogle検索3ページ目でようやく「テトラフェニルホウ酸(TPB)Na」を見つけました(図1A)。この試薬を海水で飼育したティラピアの鰓に反応させると…ビンゴ!鰓の上にポツポツと沈殿ができました(図1B、矢尻)。さらに、この鰓の塩類細胞を蛍光染色してやると、これらの沈殿が塩類細胞の外界への開口部にあることが分かったのです(図1C)。しかし、喜ぶのはまだ早いです。沈殿ができたからと言って、これが本当にKなのでしょうか?これを調べるため、次に走査型電子顕微鏡を使いました。この装置には、各元素に特有なX線を見分ける技術、「特性X線分析」の機能があります。これを使えば、「どこにどの元素があるか」を調べることができるのです。早速、電子顕微鏡観察を行うため、沈殿ができている鰓を凍結乾燥し、装置に入れました。電子顕微鏡像の中でもやはり、鰓の表面に沢山の沈殿が見えました(図1D、矢尻)。Kの特性X線シグナルを表示してみると…ついにやった!やはり沈殿には多量のKが含まれていました(図1E)。ここで私は「海水中の魚類は鰓の塩類細胞からK⁺を排出する」を世界で初めて証明したヒトになれたのです。その後、詳細は割愛しますが、K⁺の排出に寄与するK⁺チャネル「ROMKa」を同定し、それが塩類細胞の開口部に局在することも見つけました(図F、矢尻;淡水中では非常にわずか)。そんな時、東日本大震災が起きました。

震災のすぐ後、福島第一原子力発電所の事故により海洋に放射性セシウム(Cs⁺)が流出し、魚介類の汚染が懸念されました。実際、当時は「今後魚は食べられないのでは」という風潮があったと記憶しています。一方、私はそうは思いませんでした。なぜなら、動物の体内でK⁺、ルビジウム(Rb⁺)、Cs⁺のアルカリ金属元素3種は類似の挙動を示すことが知られていたからです。すなわち、魚類の鰓の塩類細胞がK⁺と一緒にRb⁺やCs⁺を排出する可能性をすでに考えていました。これを証明する実験を先生に提案したところ、まあやってみなさいという事でした。早速、血漿と似た組成の液体にRb⁺やCs⁺を入れたものを用意し、これをティラピアの入鰓動脈に流し込み、しばらくしてから鰓をTPBに反応させました。すると、やはり塩類細胞上に沈殿ができました。この鰓を凍結乾燥し、特性X線分析すると、沈殿内にRbやCs

のシグナルが現れたのです(図2)。始めてからわずか1か月程度の中に、塩類細胞がCsを排出することが証明できました(それなりに大変でしたが…)。魚体内に入ったCsも、時間がたてば塩類細胞から排出され、(新たに取り込まなければ)やがてなくなるだろう、ということが分かったのです。これはセシウム問題真っただ中の発見で、論文発表され、プレスリリースもされたことで、新聞にも掲載されました。もともと、淡水魚よりも海産魚の方がセシウムの半減期(体内で濃度が半分になるまでの時間)が短いことは報告されていましたが、これが海産魚で高発現する塩類細胞のROMKaのおかげであろう、と生理学的に支持されました。また、魚にK⁺を過剰に与えるとROMKaの発現が増加するため、Cs⁺の除染が早まる可能性も示しました。これらの事で、多少なりとも、セシウムによる水産業への過剰な風評被害の抑止効果があったのではないかと考えています。

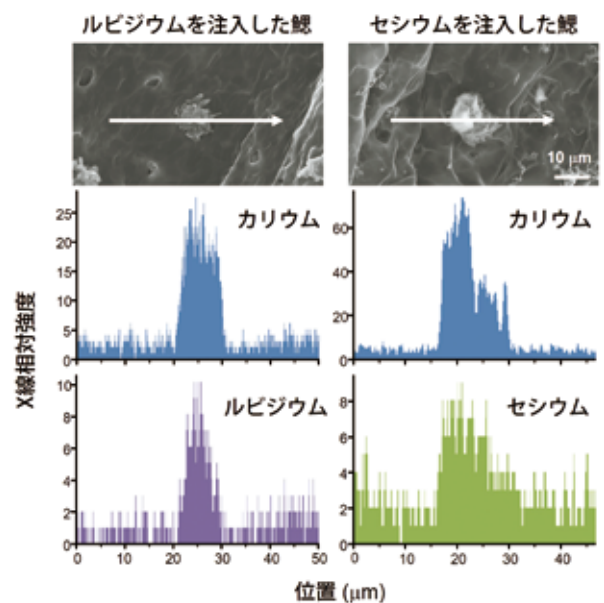


図2. 鰓から排出されたルビジウムとセシウムの検出。電子顕微鏡像の矢印上をスキャンし、各元素の相対存在量をグラフ化した。

上記以外にも、実際には魚類のカリウム調節に関する色々な実験を行いました。主にここに書いた内容が学会にお認めいただいたと思っています。卒業後は、先生や先輩方がひしめく塩類細胞の世界からは足を洗い(笑)、自分が面白いと思う全く別のテーマを研究しています。しかし、生命現象はどこでどう繋がっているかわからないのも事実です。書いていて懐かしくなったので、またいつか縁を見つけて、塩類細胞にも戻りたい気がしてきました。

トピックス

第6回ユニーク会審査員特別賞を受賞して

増殖生物学講座
水族病理学研究室
大学院生
松井 信太郎



皆さんはネコザメという魚をご存知でしょうか。水族館のタッチプールなどでよく見かけるとっても大人しくて可愛らしい人気のあるサメです。一方で、ネコザメは研究対象としては極めてマイナーであると言わざるを得ません。おそらく、日本だけでなく世界中を見てもネコザメの研究をしている研究者は私だけなのでは？と思うほどのマイナー具合です。私はそんなユニークで、マイナーな生物を研究対象としている研究者だけが集まった学会、第6回ユニーク会に参加し、審査員特別賞を受賞いたしました。

私は現在、ネコザメの血液凝固について研究しています。脊椎動物はケガをした際に、大量に出血することを防ぐために、血液を餅のようにゲル化させて傷を塞ぎます。この反応を血液凝固と呼びます。軟骨魚類のネコザメにおいても血液凝固は起こります。しかしながら、私たちのラボの研究でネコザメの血液凝固のメカニズムは哺乳類などとは大きく異なっていること、そして血液凝固を開始させる分子がネコザメの皮膚に多く存在するタンパク質であるということがわかってきました。私はそのタンパク質の血液凝固開始の分子メカニズムを解明

し、さらにその因子がヒトの血液凝固も促進させることが可能であることを明らかにしました。

このような、ネコザメの止血メカニズムの知見を応用して将来的には、救急医療の際の即効性のある止血剤や、血液のゲル化に必要な因子の遺伝的疾患の治療薬に応用できないかと密かに企んでいます。誰も注目しなかったマイナー生物ネコザメの研究から多くの人命を救う薬の開発へ、夢は膨らむばかりです。



図. 豪華な賞状とかわいい文鎮をいただきました。
世話役の先生方、ありがとうございました。

トピックス

病理とネコザメとわたし

増殖生物学講座
水族増殖学研究室
准教授
筒井 繁行



我々が大病理学研究室にはネコザメがいます(図1)。サメというと「でかい、凶暴、冷酷」というジョーズのイメージが強いと思いますが、ネコザメは小さくて大人しくて人懐っこくてお利口さんで、お目目が文字通り猫さんのようでとってもラブリーなサメさんです。お

口も見事なアヒル口で、とってもキュートな癒し系でもあります。水族館のタッチプールにいる子供たちの人気者で、尖がったりトンカチみたい顔してる品の無い悪役とは一線を画す、サメ界のアイドルなのです。うちの研究室の学生はネコ様と呼んで可愛がり、土日祝日



図 1. ネコザメです！

も盆も正月も関係なく、年中無休でお世話しております。偏食家で、イカの切り身しか食べないのもご愛嬌。それでも数年は元気に泳いでます。ちなみに英語名はCat sharkではありません。"Japanese bullhead shark"です。和訳すると日本牛頭鯨でしょうか？あんなに可愛いネコ様、どうやら外国の方にはウシの頭に見えるようです。

そんなネコ様と私の出会いはちょうど10年前。岩手県の大船渡市にあった三陸キャンパスが東日本大震災で被災し、学部が相模原キャンパスに移転した直後でした。ではなぜ私はネコザメの研究を始めたのでしょうか？わたくしの担当する比較免疫学を受講したことのある方なら、「ははーん、軟骨魚類は哺乳類と同等の獲得免疫系を備えた最初の動物だから、筒井は進化的ポジションに目を付けたんだな？」とお考えかと思いますが、そうではありません。単純に「ザラザラしている」からです。それまで私はずっとお魚の皮膚粘液中に含まれているレクチンを研究してきたのですが、ふと「ヌルヌルしてないお魚はどうやって身を守っているのかな？」と疑問に思いました。そのとき頭に浮んだお魚が、サメとカワハギです。

相模原は海から遠く、当時はなじみの漁師さんも魚屋さんもいませんでした。今でこそ相模原キャンパスに立派な海洋生命科学部棟が建ち、1階の水槽室で魚を飼えますが、あの頃はたまたま空いていた元学食棟に全研究室が間借りして、厨房跡地に60センチの金魚鉢を並べて実験魚を飼育している状況でした。

カワハギはうちの学部の釣りの同好会（ご存知北釣会！）に頼んでゲットしましたが、サメはどうしよう？そう思っている時に、うちの研究室の卒業生で熱帯魚屋さんに勤めていたA氏から、独立して熱帯魚ショップを横浜に開店したという連絡が来ました。それはめでた

いと早速中村先生と開店祝いの酒宴を開いたのですが、その席で、

筒井「さすがにサメなんか手に入らないよね？」

A氏「入りますよ。」

つ「凶暴だよね？」

A「ネコザメなら大人しいですよ。」

つ「でかいよね？」

A「ネコなら40センチくらいの子もいますよ。」という話になり、さっそくA氏と契約することになりました。ちなみにA氏は全国津々浦々に極秘のルートを持っているらしく、頼めばどんな魚でも入手してくれます。すごいで食王商店（仮名）！

それから1週間ほどして、とてもキュートなネコ様にご到着なさいました。もちろんザラザラしています。ザ・鯨肌です。狭い金魚鉢の中で文句も言わず、お利口さんにしています。そして当時の4年生S君と、いよいよ実験しようと思ったのですが、ここで大問題が発生しました。普段なら過剰麻酔で安楽死させて解剖するのですが、ネコ様はキュート過ぎて殺せないのです！しかし解剖しなければS君の卒論が書けません。散々迷った挙句、ネコ様のあまり痛くなさそうな尾柄部から1センチ角程度の皮膚だけもらって水槽に返すことにしました。S君のデータが増える度に、ネコ様の尾柄部の穴が増えていきました。これはこれで動物虐待になるのでしょうか？

単なる思い付きから始まったネコザメの研究ですが、S君と、その後を継いだ後輩のOさんD君の活躍で、めでたく皮膚からレクチンを単離することが出来ました。HjCLと名付けたそのレクチンはC型レクチンファミリーに属し、構造的には新奇性は乏しいのですが、いくつか規格外の特性を持っていました。1つ目は、その糖特異性です。ふつう、C型レクチンはガラクトースかマンノースに結合するのですが、HjCLは調べた9種類の単糖と4種類の二糖の全てに結合しました。これほど幅広い糖を認識するレクチンを、私は他に知りません。次に興味深い点として、脊椎動物のC型レクチンの系統樹を書くと、HjCLは魚類のレクチンとはグルーピングされず、意外なレクチンとクレードを形成します。それはヘビのレクチンです。しかもヘビのレクチンの中でも特殊なグループで、HjCL（とゲノムデータベースに落ちていたゾウギンザメのC型レクチン）はなぜかヘビ毒に含まれるC型レクチンと近縁であることがわかりました。慌ててヘビ毒成分の文献を当たったところ、ヘビ毒

中にはメタロプロテアーゼとC型レクチン、そしてややこしいことにC型レクチン様タンパク質(C型レクチンに似ているけど糖には結合しない！)があることがわかりました。そしてこれらのうち、メタロプロテアーゼとC型レクチン様タンパク質は、哺乳類の血液凝固を促進または抑制する効果があるのだそうです。そういえば、YouTubeでヒトの血液にヘビ毒を1滴ポチャンと垂らしたら瞬く間に固まった動画を見たことがあるぞ？「なんで哺乳類？なんで正反対なの？」と最初は不思議に思ったのですが、要はヘビ毒のターゲットはネズミなどの餌生物で、血液凝固を抑制すると流血が止まらなくて獲物が失血死する、促進すると局所的に凝固因子が使い果たされ、結果的に止血できなくなり、結局は失血死する、という理屈だそうです。C型レクチン様タンパク質は糖ではなく、血液凝固因子に特異的に結合することで凝固を阻害するのだとか。うーむ、ヘビ毒恐るべし。

で、注意点としては、実は「ヘビ毒中に含まれる“真の”C型レクチンが血液凝固に関与する、という報告はない！」のですが、元来のうっかりものの私はてっきりヘビ毒のC型レクチンが血液凝固に関与すると思い込み、だったらそれに近縁なHjCLをネコザメの血に混ぜたら何かが起こるハズだ！と考えたのでした。はい、見事な誤読です。良い子の学生の皆さん、論文はじっくりしっかり読みましょう。

しかし怪我の功名でこれが大ヒットし、HjCLはまんまとネコザメの血液を凝固させました(図2)。「血液凝固誘導能を持つ」、これこそがHjCLの3つ目にして最大の特徴です。その後、RT-PCRでHjCLはネコザメの皮膚でしか発現しないこと、そして免疫染色でHjCLは表皮の大型の細胞に存在し、血管のある真皮にはないことがわかりました(図3)。ここから



図2. ネコザメの血と混ぜたら固まりました！

導かれるシナリオは、①

健康なネコザメの場合、HjCLは血液と混ざらない。②怪我すると皮膚の大型細胞が破裂+血管が破け出血=HjCLと血液が混合、③凝固して止血！というものです。未だ機能が不明なヘビ毒中の真のC型レクチンも、おそらく血液凝固に関与していると思います。だとすると、

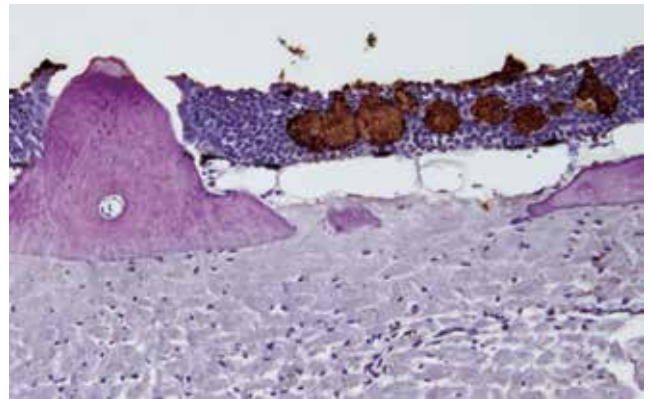


図3. 茶色く染まっているでかい細胞にHjCLがあります。ちなみに左側の富士山みたいなのが循環鱗です。

ヘビはC型レクチンを捕食に用いるように進化したのに対し、サメはそれを生体防御に使う戦略を取ったと推測されます。生き物って不思議ですね。

動物界によくあるC型レクチンだけけど面白い特性が3つもあるし、ファンクションもこれだけバッチリ分かっていたらデカイところ狙えるぜ！という訳で鼻息荒く論文を仕上げ、意気揚々と某有名生科学系学術誌に投稿したのですが、あっさりリジェクトを喰らいました。ちょっと高望みしすぎたかな？じゃあ次は免疫系のジャーナルじゃあ！と間髪入れずに投稿したのですが、結果はまたもやりリジェクト。ネコザメというマイナーなお魚ゆえの悲哀でしょうか、その後は坂道を転げ落ちるが如く連戦連敗で、こんなの3ヶ月じゃ無理！というくらい大量の追加実験を指示されて取り下げたり、「データがunbelievableである！」というunbelievableな理由で却下されたりしました。結局、5度目の正直で、おかげさ



図4. ネコ様がキュート過ぎて思わず濃厚接触する大病理大学院生マツシン。現在ネコザメの血液凝固カスケードに関して絶賛研究なう！（個人情報保護法により、画像を一部加工しております。）

まで Journal of Biochemistry に拾っていただいたのですが、この時も追加の実験を3つ指示され、リバイス出すの大変でした・・・。

アクセプトされた頃には既に、ネコ様との出会いから4年の月日が流れておりました。ちなみに期待していたもう1種のザラザラフィッシュのカワハギは、刺身with肝醬油が最高！ということが分かった以外、大した成果は得られませんでした。こんな哀しい歴史を持つネコザメ研究ですが、現在は前報の仇を討つべく、大学

院博士課程に進学したM井S太郎君(通称マツシン。図4)が悪戦苦闘しており、続編を某有名生化学誌にブチ載せてリベンジできればいいなと思っております。彼は修士課程まではトラフグを扱っていたのですが、トラもネコも同じネコ科なので問題ないでしょう(?)。ちなみに私は修士時代はイルカやって博士課程からトラフグにトラバユしましたが、海豚と河豚のブタ繋がりでなんとかになりました。

がんばれマツシン！

研究紹介(教員)

海からの宝物探し

はじめまして、2021年4月に水族機能生物学研究室に着任しました上岡麗子と申します。学部在校生の皆様には、すでに「たまに試験監督で現れる謎の人物」としてご認識頂いていることかと思いますが、今回学部だよりに寄稿する機会をいただきましたので、新任のご挨拶をかねて少しこれまでの研究紹介などさせていただきたいと思います。

私の研究生活のスタートは、学部4年生での研究室配属に遡ります。私が在籍した研究室では、海洋無脊椎動物、特に海綿という海底の岩盤などにひっそり？へばりついている生物を対象として、その抽出物から人類に役立つような未知の天然化合物を発見することを目標に活発な研究が繰り広げられていました。天然由来の化合物は、人智を超えた化学構造や生物活性を持つものも多く、ユニークな新規化合物の発見は、これまで様々な産業・研究分野に革命を巻き起こしてきました。創薬においても、これら天然化合物は非常に重要な役割を担っており、これまでに承認された薬のうち約半数は天然化合物またはその構造を模した化学合成誘導体であることが知られています。当時既に植物や陸上微生物から多くの有望な天然化合物が単離されており、新たな天然資源として海

応用生物化学講座
水族機能生物学研究室
講師
上岡 麗子



綿などの海洋無脊椎動物が注目されておりました。そこで私は、卒論研究として「がん細胞に対する細胞毒性を有する海綿由来の新規化合物の探索」というテーマで研究を開始することとなりました。研究室では毎年様々な海綿のサンプリングを行っており、その抽出物を各種がん細胞に対する細胞毒性試験を用いてスクリーニングしていました。そこで、活性が見いだされた海綿抽出物を選抜し、活性を指標に色々な条件で精製を繰り返していました。海綿の中には、その外見からは想像が付かな

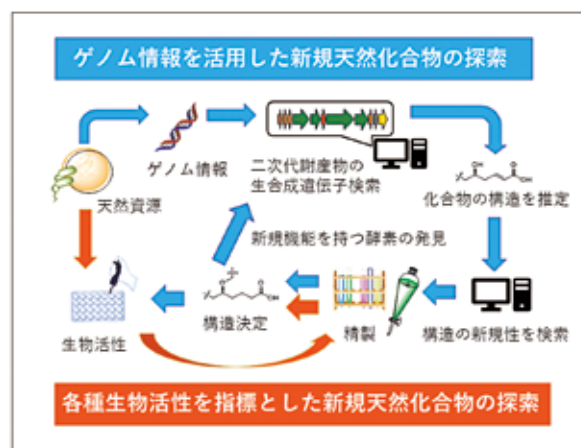


図. 天然資源からの新規化合物探索の流れ

いほど多種多様な天然化合物が含まれており、抽出物の複雑さにとても驚いたのを覚えています。そして無事正体不明の活性化合物を純品にした後は、各種光学機器によってその化学構造を決定しました。構造が解明された後は、既知化合物のデータベースで検索してその化合物が新規であるかどうかを確認するのですが、その時のドキドキ感はなかなかやみつきになります。さて私の卒論がどうなったかと申しますと、同期の友人たちが新規化合物を見つけていく中、ひとり既知化合物が取れてしまいションボリしていたのですが、ギリギリのタイミングで新規化合物を1つ見つけることができました。そしてその時の感動と、博打的要素？に魅せられてそのまま博士の学位を取得するまで同研究室で新たな探索に邁進する日々を送ることとなりました。

ちょうどそのころ、世の中は次世代シーケンサーの登場によって多種多様な微生物の大量のゲノム情報が入手可能となりました。そしてこれらのゲノム情報から、天然化合物の生合成遺伝子(化合物の設計図のようなもの)を探し出し、さらにその設計図を読み解くことで、微生物が生産する天然化合物の化学構造を大まかでは

ありますが予測する方法が活発に研究されるようになりました。この方法は、何が当たるか分からない状態のまま長い月日をかけて化合物を単離・構造決定する前に、対象となる試料を選抜する段階でその微生物が生産する化合物の新規性をある程度担保できるという、私にとって画期的なものでした。そこで博士研究員としてその方法(ゲノムマイニングといいます)を開発している研究室へ学びに行くこととなりました。実際、このゲノムマイニング法を用いて、未利用な微生物資源から様々な新規化合物を発見することができました。また前述の海綿についてですが、現在では、海綿から見つかっている多種多様な化合物の多くが、実は海綿に共生している難培養性の微生物が生産しているということが分かってきており、今の私は海洋微生物の奥深さに夢中になりつつあります。

これからは海洋生命科学部の教員として、今まで培ってきた天然物化学の技術を基に、周りの学生たちも巻き込みながら(汗)、相変わらずのドタバタ珍道中を繰り広げていくことと存じますが、温かい目で見守っていただけますと幸いです。

研究紹介(教員)

三陸沖の深海底に咲くナデシコ

環境生物学講座
水圏生態学研究室
准教授
三宅 裕志



この原稿を書いているのは2021年12月です。2019年12月にCOVID-19がみつかり、その後急激に世界中に感染拡大し、もう2年になります。このパンデミックで世界中が暗い雰囲気になってしまいました。海洋生命科学部の玄関にある折角の人気のミニ水族館アクアリウムラボも、ラボのメンバーが頑張っている良い展示を作っているのに、皆さんに観覧されることもなく、寂しいかぎりです。

アクアリウムラボは、まだ海洋生命科学部がクレセント棟での仮住まいをしていた2011年7月のオープンキャンパスのときに、廊下や踊り場に水槽を置いて、関連す

る様々な水族館の助けも借りて発足しました。2021年はアクアリウムラボにとっては、10周年になる節目の年でした。また、2021年は東日本大震災後10年目に当たります。私と研究室の学生は、東日本大震災からはほぼ1年後の2012年3月8日、岩手県山田町沖にて、海洋研究開発機構の研究船「かいらい」による航海で、ROV「かいこう7000II」を用いて、キタミズクラゲの生態調査と海底ゴミや津波による流失物の調査をしていました。そこで、水深1127 mにあった空き缶採集して観察してみると、その空き缶は賞味期限が1984年5月のもので、空き缶の

上にはクラゲのポリプが着いていました(図1)。その後の研究で、このポリプが日本では見つかったことが分かりました。そのポリプから出てきたクラゲは非常に美しいクラゲで、クラ



図1. ナデシコクラゲのポリプ

ゲの口の部分がナデシコの花にみえることから、ナデシコクラゲと命名しました(図2)。また、近年は海洋プラスチックごみが大きな問題となっていますが、当学部では、まだほとんど問題になっていない時期から海底ゴミの研究をおこなっており、震災前の海底ゴミの調査結果は非常に重要なデータとなっています。



図2. ナデシコクラゲ

そこで、海洋ゴミ問題の啓蒙、アクアリウムラボ10周年の節目として、そして震災後10年、犠牲となられた方々に哀悼の意を捧げるとともに、支援の手を差し伸べてくださった方々、復興に尽力されている方々に感謝の意味を込めて、研究を分かりやすく伝えるアウトリーチの場としての役割もある水族館で、三陸沖の深海に咲くナデシコクラゲ展示を、アクアリウムラボ、新江ノ島水族館と鶴岡市立加茂水族館で開始しました(図3)。

深海性のクラゲを飼育し展示するためには、普通ならクラゲを捕ってきて、それを飼育展示すればいいと考え



図3. アクアリウムラボでのナデシコクラゲの展示(アクアリウムラボ提供)

ると思います。しかしそう簡単にはいきません。深海からクラゲを採集する方法は、船で沖まで出て、プランクトンネットで採集するか潜水船を用いて採集するかになります。しかし、身体がボロボロになったり、繁殖に必要な数がとれなかったりという問題があり、飼育観察研究や飼育展示には向いていません。しかし、クラゲの一生の中にはポリプというイソギンチャクのような形をもつステージがあり、ポリプは再生力が強く、分裂してどんどん個体数を増やしてくれます。このポリプさえ得られれば、研究にも水族館展示にも有効活用できます。そこでファインディング・ポリプです。しかし、クラゲ類のポリプを自然界で見つけることは非常に困難です。そこで目をつけたのが海底ゴミです。特に今となっては、大きな問題になっているプラスチックゴミには様々な付着生物が付きやすい性質があります。海底ゴミを拾って、そのゴミに餌を与えて飼うのです。そうするとゴミに着いていたポリプが増殖してくれます。その1つの成功例がナデシコクラゲになります。

ナデシコクラゲの研究で、私たちの生活から出たゴミが、遠く離れた深海の生態系にも影響を与えているという事実が明らかになったのですが、逆に海底ゴミを回収して飼育していると深海生物を増やすことができ、その生態を明らかに出来ることも分かりました。今後、様々な環境問題、感染症の問題、いろいろな問題がありますが、クラゲを通していろいろな観点から、これらの問題に対処できるヒントを得たいと思っています。また、アクアリウムラボでも積極的にこのような成果をアウトリーチしてゆきますので、その際には、ぜひお越し下さい。

陸域からの過度のリン供給がサンゴの生育を妨げるメカニズムが明らかに

応用生物化学講座
資源化学研究室
講師
安元 剛



昨年3月17日に産業技術総合研究所地質情報研究部門 飯島真理子 日本学術振興会特別研究員、井口 亮 主任研究員、琉球大学農学部 安元 純 助教、同理学部 中村 崇 准教授、同熱帯生物圏研究センター酒井一彦教授らと合同でプレスリリースを行いましたのでご紹介致します (Iijima, Mariko, et al. "Phosphate bound to calcareous sediments hampers skeletal development of juvenile coral." *Royal Society open science* 8.3(2021): 201214)。

研究の背景

海水温上昇や海洋酸性化など地球規模のストレスの影響によってサンゴの減少が指摘されていますが、沿岸域の土地利用の変化や諸開発にともなう陸域由来の物質がサンゴの生育環境を悪化させるなど地域に特有な影響も懸念されています。特に過剰な栄養塩が海域に流れ込むと、生きたサンゴの被度が減少したり、白化したサンゴの回復が遅れたりすることが指摘されており、科学的なメカニズムの解明が望まれていました。通常、サンゴ礁海域の表層海水の栄養塩濃度は低く、サンゴに及ぼす影響を実験的に評価するのは困難でした。他方、本研究グループは、代表的な栄養塩であるリン酸塩が稚サンゴの骨格形成を阻害することを室内実験で見いだしておりました (Iijima et. al. 2019, *Marine Biotechnology* 21 (2), 291-300.)。リン酸塩がサンゴ骨格の素材でもある炭酸カルシウムに対して高い吸着性を持つ点を考慮すると、リン酸塩は炭酸カルシウムで構成される熱帯・亜熱帯の砂に蓄積していることが懸念されていました。

研究内容と成果

沖縄県の中ドリーシサンゴが比較的多く生息する沖縄島北部沿岸部、市街地や農地に比較的近い南部沿岸域で採取した石灰質の砂と共に飼育したコブミドリイシの稚サンゴを約40日間飼育し、稚サンゴの骨格形成の様子と飼育海水に溶出してくるリン酸塩の濃度を調べました。その結果、北部沿岸部で採取した砂と共に飼育した場合、飼育海水には5～8 μM のリン酸塩が溶出し、海水のみで飼育した稚サンゴに比べて、底面骨格は7割程度の減少に収まりました。一方、南部沿岸域で採取した砂と共に飼育した場合、飼育海水には12～20 μM のリン酸塩が溶

出し、海水のみで飼育した稚サンゴに比べて、底面骨格は3割程度にまで大きく減少しました。後者の場合、走査型電子顕微鏡 (SEM) の写真からも高濃度のリン酸塩を人工的に添加して飼育した稚サンゴの骨格と類似した凹凸のはげしい骨格表面が確認できました (図1)。

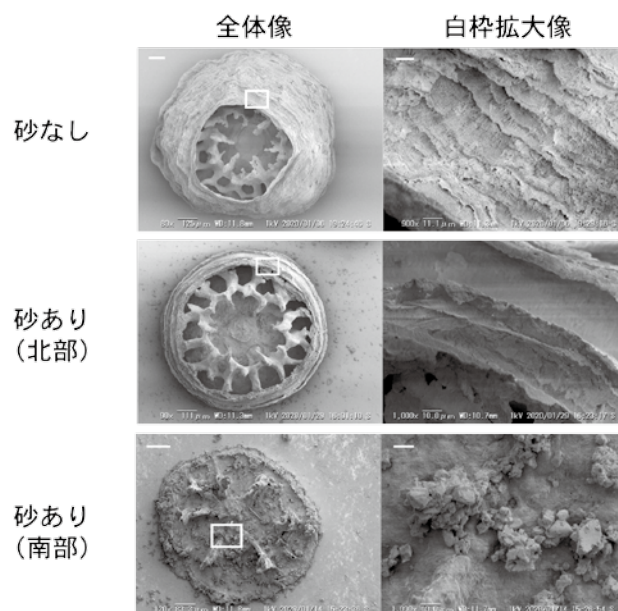


図1. 沖縄県の沿岸部で採取した砂と共に飼育したコブミドリイシの稚サンゴの走査型電子顕微鏡 (SEM) 像。稚サンゴ全体を撮影した全体像と白枠部分を拡大した像。「砂なし」は比較のため、海水のみで飼育したもの、「砂あり (北部)」は、ミドリイシサンゴが比較的多く生息する北部で採取した砂と共に飼育した稚サンゴ。「砂なし」と比べて骨格形成が僅かに阻害されているが骨格表面は滑らか。「砂あり (南部)」は、市街地や農地に近い南部で採取した砂と共に飼育した稚サンゴ。稚サンゴの骨格形成が顕著に阻害され、高濃度のリン酸塩を添加した場合と類似した、凹凸のはげしい骨格表面となった。全体像のスケールバーは100 μm 、拡大像のスケールバーは10 μm 。

サンゴの主な分布域である熱帯・亜熱帯の島嶼域では、多くの砂が石灰質つまり炭酸カルシウムで構成されています。リン酸塩は炭酸カルシウムに高い吸着性を有するため、陸から海に流れ込んできたリン酸塩は沿岸域の砂に徐々に吸着され、高濃度で蓄積されていることが明らかになりました。また、砂に蓄積したリン酸塩は飼育海水中にも溶出するためサンゴなどの底生生物に影響を及ぼしていると考えられます。本研究は、科学的に証明が難しかった栄養塩によるサンゴへの直接的な悪影響の一端を証明できたという点で意義がある研究で、サンゴ礁保全に大きく貢献することが期待できます。

今後の展開

本共同研究グループでは、砂に蓄積したリン酸塩を蓄積型リンと定義し、本格的な調査を始めています。この「蓄積型リン」は、我が国を代表するサンゴ礁生態系である

石西礁湖復元を目標に環境省が設置している石西礁湖自然再生協議会において調査項目に新たに選定されました。私自身も委員として昨年9月の合同調査に参加致しました(写真1)。その結果、広範囲の陸域負荷の影響が見えてきました。サンゴ礁生態系を回復させるには人間活動由来の陸域負荷を低減することが不可欠です。今後も継続してサンゴ礁保全に貢献していきたいと考えております。



写真 1. 石西礁湖で実施した合同調査の様子。7日間連続で11時間程度潜りました。

海洋実習体験記

相模湾水深50 mへのアプローチ

海洋生命科学部3年

石井 鯨



まあこんな世の中なので、予定は未定、我々も御多分に洩れず惑わされました。いたし方のないこととは言え、心のどこかに漠然とした不満は隠してました。ですがどうでしょう。海の好きな人間はあまりにも単純なもので、当日いざ漁船に乗って波に揺られてしまえば、そんな不満は潮風に消えてとても楽しめました。

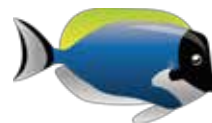
当日はうねりがあり、船も大きく揺れました。私は大丈夫でしたが、顔面蒼白になっていた友人は何人もいました。いい思い出です。肝心の釣りですが、とても興味深いものでした。アカアマダイとオキトラギスが釣れましたが友人はクルマダイや雌性先熟でおなじみのサクラダイ雌雄、オニカナガシラなど、普段素潜りや磯採集ではお目にかかれないう魚を沢山見ることができました。さらにこれを用いて耳石の解析などをすることができ、本当にいい経験になりました。耳石の解析とは、魚の頭部より耳石を取り出して削り、

年輪からおおよその年齢を推定するというものです。当方友人の釣ったオニカナガシラをアカアマダイと交換してもらい解剖をしたわけですが、大変でした、、、。その胸鰭の綺麗さに飛びついて交換したのはいいのですが、いかんせん頭部が硬くて、、、。解剖バサミを信頼し、この私の剛力を流し込んで断ち切ったわけでした。耳石は非常に小さく、また神経の近くでとても見つけにくかったです。何とか見つけることができ、無事、年輪を観察することができました。この年輪も、どのようにできるか、要因は魚種により様々で、一日単位の正確な年齢がわかる種もいれば季節ごとに増えていく種もいて、話すと長くなるのですが、やめておきますか。

魚類以外にも、根掛りした拍子に上がってきたコブコケムシやフサコケムシやウミユリ(おそらくトリノアシ)などの無脊椎動物にも逢うことができ、とても充実した実習となりました。

1. 海洋実習（2年次）A群

コース	班	実施日	参加学生
臨海生物学実習（真鶴）	1～16	8月2日（月）	49名
	17～32	8月3日（火）	48名
	33～48	8月4日（水）	48名
	49～62	8月5日（木）	42名
	全員	10月25日（月）	187名
臨海生物学実習（地引網）	全員	11月4日（木）	189名



2. 海洋実習（3年次）B群

コース	班	実施日	参加学生
河川調査実習		9月1日（水） 酒匂川・川音川	20名
		9月2日（木） 学内	
		9月3日（金） 酒匂川・川音川・学内	
博物館見学－葉山実習	全員	9月24日（金）～12月末日 横須賀市自然・人文博物館 ※各自で見学	168名
	前半	12月13日（月） 葉山港	84名
	後半	12月6日（月） 葉山港	84名
	全員	12月14日（火） 学内	168名



3. 人事異動

【教員】

○退任

【2022年3月31日付】

奥村 誠一（増殖生物学講座 水族育種生物学教授）

【2021年4月1日付】

○任用

上岡 麗子（応用生物学講座 水族機能生物学講師）

【職員】

○退職

【2022年3月31日付】

浅井 千穂（事務室学生課一般職）

○配置換

【2021年4月1日付着任】

沼田 穰（課長補佐）十和田キャンパス獣医学部事務室から海洋生命科学部事務室へ

畑中 沙絵（一般職）北里大学病院事務部から海洋生命科学部事務室へ

【2021年4月1日付転任】

巴 正朗（課長補佐）海洋生命科学部事務室から学事企画部へ

【2021年7月1日付転任】

佐川 賢 海洋生命科学部事務室総務課から大学共通事務室研究課へ

松山 昌美 海洋生命科学部事務室総務課から大学共通事務室人事課へ

長野 愛樹 海洋生命科学部事務室総務課から大学共通事務室経理課へ

鈴木 薫 海洋生命科学部事務室総務課から大学共通事務室用度課へ

樋口 直子 海洋生命科学部事務室総務課から大学共通事務室用度課へ

北里大学海洋生命科学部だより

編集・発行：海洋生命科学部だより編集委員会

〒252-0373 神奈川県相模原市南区北里1-15-1

TEL 042-778-7905 FAX 042-778-5010

<https://www.kitasato-u.ac.jp/mb/>

E-mail: kaiyo@kitasato-u.ac.jp

2022年3月15日