

動植物エッセイ

フィールド科学センターの教員は様々な動植物を扱っています。このコーナーでは教員が研究材料として扱っている動植物について、とっておきのエッセイを掲載します。

【クマイザサ】



写真1：果穂から出る小穂と結実後のクマイザサ種子

2023年、道内では道北地方を中心に、森林林床を覆っているクマイザサの一斉開花枯死という珍しい現象がみられました。中川研究林内でも中川町内と音威子府村内の一部の比較的広範囲のエリアで観察されました。私自身ササの一斉開花枯死に触れたのは初めてで、新鮮で貴重な体験でした！そこで、一斉開花枯死の様子を交えてクマイザサを中心に紹介したいと思います。

クマイザサ(学名:*Sasa senanensis* (Franch. et Sav.) Rehder)。別名シナノザサ。ササ属チマキザサ節に属し、中部地方以北からサハリン南部、千島列島までに比較的広範囲に集中的に分布するが、近畿・中国・四国・九州にも分布する。道内では最も広く分布するササの種で、チシマザサほどではないがある程度の積雪がある地域に分布する。これは翌年の分岐稈となる芽が地上稈の節につき、積雪が厳冬の寒さから芽を守っているため。道内でクマザサ茶などの商品として出回っているのは、クマイザサだと思われる(ちなみにクマザサ[隈笹]は別種)。以上が基本情報+αでした。

さて、タケ・ササ類は数10年から100年以上の周期で一斉開花枯死することが知られています。

開花時以外には地下茎を伸ばすことで増殖(無性生殖)しています。前回の開花の記録が100年近い昔ともなれば、正確な周期を把握するのは難しいといえます。なお、個体の寿命は非常に長いのですが、葉や稈がずっと生きているわけではなく入れ替わっています。クマイザサの葉の平均寿命は約2年、稈では3.5年といわれています。

開花時には稈の先端から花穂(かすい)が伸び、そこから小穂(しょうすい)が出て花を咲かせます。同じイネ科のイネに似た目立たない花です。花は7月の初めに見られました。そして7月中に結実し(写真1)、7月末までに種子がほぼ落下しました。イネと同じように9月、10月に実ると思って悠長に構えていたら、あっという間に種子がなくなっていました。それでもなんとか7月中に種子を採取することができました。種子もコメによく似ていて食べることができます。実際に食べてみるとどんぷん質で穀物であることが分かります。その昔、このササの実を団子にして食べたとの記録が各地に残されており、飢饉の際には貴重な食糧だったようです。その後8月から9月にかけて、稈や葉が枯れて林床全体が藁色になりました。緑色だった林床の景色は一変しました(写真2)。これは異様な光景でした。

次に、落下した種子はどうなるのでしょうか？まずネズミに加えてヒグマの糞にもササの実が多量に含まれていたことも目撃され、ヒグマもササの種子をえさとしたようです。それでも食べつくされることなく実生が発生するとされています。今回のクマイザサの実生が見られるのはこれからですが、中川研究林では1966



写真2：クマイザサの一斉開花枯死後に一変した森林林床の様子

年に一斉開花結実したチシマザサ群落においてその後 31 年追跡した観測研究があります(工藤ら, 1999)。その研究では、一斉開花の翌年には発芽せず、翌々年に発芽したことが報告されています。そして、発生した実生はその後年々稈数を増やしましたが、もとの群落の状態(高さ)に回復するのに 7~27 年を要したとのことです。つまり一斉開花枯死後のしばらくの期間はササが少なかったということです。このことからササが枯れて林床の光環境が良くなることで稚樹やほかの植物が成長するチャンスが訪れると考えられます。実際にササの一斉開花枯死と森林動態(樹木量の時間的変化)との関係を示したデータは乏しいですが、工藤ら(1999)の樹木の追跡調査からは、ササ一斉開花枯死から 31 年経過後にササの稈高を超えた樹木の本数は ha 換算で 2,500 本~15,000 本となり、広葉樹または針広混交林が成立すると推定されると結論づけられています。もしササの一斉開花枯死という現象がなかったら、森林に生える樹木の密度はもっと少なかったかもしれません。自然はうまくできている改めて思う次第です。

それから約 25 年が経過して、この森林でのササと樹木の追跡調査を予定しています。また、写真のクマイザサが一斉開花枯死した森林では、河川水質調査も行われており、森林の機能への影響も見ていきたいと考えています。

引用文献:工藤ら(1999) 一斉開花後に更新したチシマザサと林床植物の 31 年間の成長と変化, 北海道大学農学部 演習林研究報告 56: 30-40

(森林圏ステーション 中川研究林 福澤加里部)

研究エッセイ

このコーナーではフィールド科学センターの教員が行っている研究のエッセイを掲載します。北海道大学のフィールドで行われている研究を知ってください。

【ハイブリッド】

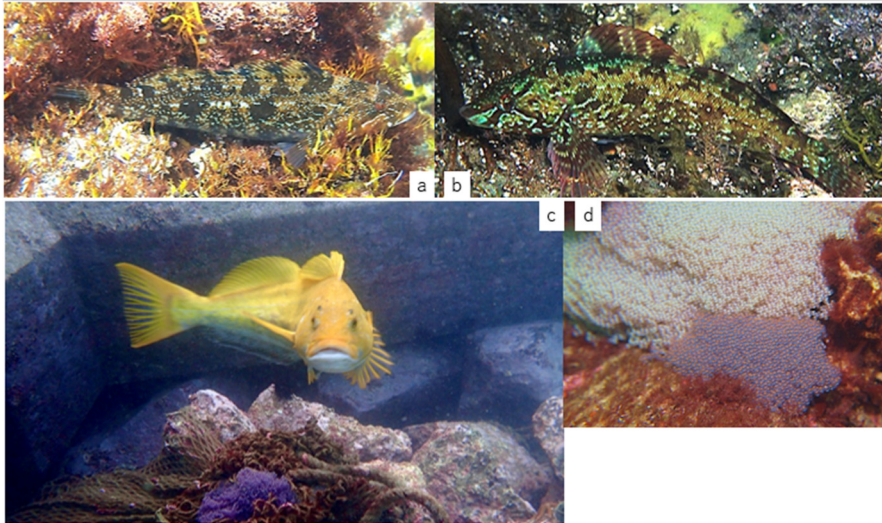


図 1. ハイブリッド 1。a はアイナメとスジアイナメのゲノムを持つハイブリッド、b はスジアイナメ、c はアイナメの雄、d はアイナメの雄の繁殖なわばりで見つかるハイブリッドの卵(白枠-卵の色が異なるので識別できる)。

異なる 2 種の親が交配して生まれる『ハイブリッド』は、北海道の魚を語るうえで欠かせません。自然雑種に限っても、アイナメの仲間(図1)、カレイの仲間、フナやドジョウの仲間などで両親種と中間形態の個体が多数見つかっています。ハイブリッドは、親種の優れた形質を多く受け継ぐスーパーな個体も生まれることもありますが、たいていはもとの親種に比べると成長や生殖能力が劣ることが多く、子孫を残すこともできず一代限りです。

図2にあるようなクローンや半クローンなど高い繁殖能力を持ったハイブリッドが出現することもあります。それは関連遺伝子群が一揃い備わった個体が適度に近縁な種と交雑した時にしか起きません。過去数十万年の間に1度か2度しか現れないハイブリッドです。ハイブリッドは、進化や突然変異などと同様に生物学用語ですが、私たちの社会生活でも使われています。燃料と電気の2種類のエネルギーで駆動するハイブリッド・カーやハイブリッド給湯器など

は、多くの方々が恩恵に預かっているでしょう。また銀行預金と株式投資の口座を合体させたハイブリッド口座というのもあるそう。身近にあって欲しくないが、サイバー攻撃と軍事的戦闘を取り混ぜた現代の戦争戦術をハイブリッド戦争と呼ぶようです。

しかし、これらは 1 つのシステムが 2 つのメソッドを状況に応じて使い分ける、という装置であって、2 つから 1 つの新奇なものができる生物現象のハイブリッドとは違うように思います。

これらは、ツーウェイあるいは二刀流に近いでしょう。これも北海道の魚で多くの例があります。



交雑起源 クローン(半クローン)生殖

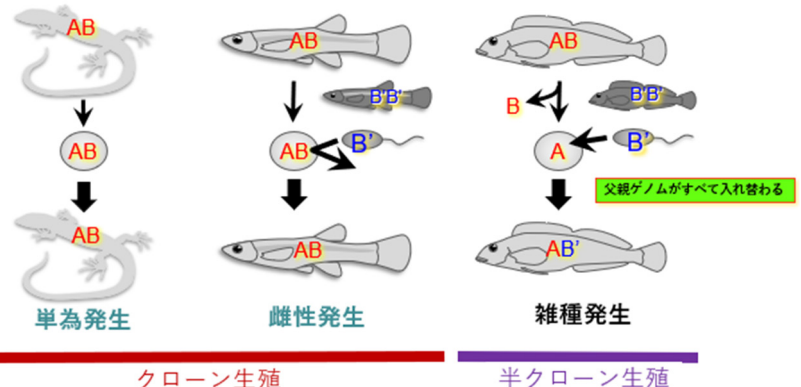


図 2. ハイブリッド 2 (交雑によって生まれる特殊な繁殖様式を持つ生物)。単為生殖はトカゲ類で、雌性発生はフナやドジョウ、雑種発生はアイナメ類で知られる。作図-木村幹子



図 3. ツーウェイ 1 (ニジカジカの繁殖行動---産卵中の雌に交尾をする雄「向こう向き」)。交尾中に漏れる精子で産み出された卵は受精し、卵巣内に入った精子が次の産卵時に使われる。eBook ISBN 9780429094170

少し複雑な例を挙げましたが、わかりやすい例もあります。代替戦略と呼ばれる繁殖方法です。サケなどペア産卵する種です。雄は死を覚悟の激しい戦いに挑む方法と、戦わずに時には雌のふりをしてペアに隠れてこっそり放精する 2 つの繁殖方法を持っています。テレビやYouTubeあるいは雑誌などで、ペアがならんで産卵する際に、ほかの雄が割り込むシーンを一度は見たことがあるでしょう。一つの決まった戦法ではなく代替(アルタネーティブ)の戦法も駆使するのです。

ハイブリッドの方が、これらの用語よりも新製品の斬新感や多機能性をストレートに伝えます。そのため、この科学用語も本来の意味を超越して生活の中で汎用化しつつあります。しかし生物研究者の性^{さが}なのででしょうか、誤用・乱用^{かん}が癪に障ります。コロナ禍以降多くの大学で定着した、ハイブリッド方式と呼んでいる会議室での対面と出先や各研究室をオンラインで結ぶ会議なども、ツーウェイ方式だべと思います。

北海道に生息する魚類で最も種数が多いのがカジカの仲間です。この仲間には、雄が外部生殖突起(おち○ちん)を持っている種が多数います(図 3)。この突起は雌の卵巣内に精子を送り込むための器官ですが、全部の精子が卵巣内に入るわけではなく、海中にも漏出します。産卵と交尾が同時に行われる種では、その時の産卵は体外受精で、その後の産卵では卵巣内に入った精子が体内で活躍します。漏れるは、失敗のイメージですが、産卵した卵だけでなく、次の産卵の際にも自身の子を残すためなので、カジカたちの交尾行動は理にかなっています。またアイナメ類でみられる半クローン・ハイブリッドも、交配相手の雄を父種と母種の両方から選ぶことができ、生まれた子どもはそれぞれ異なる繁殖方法で子孫を残します(図 4)。この現象を発見した論文のタイトルにも、ツーウェイが使われています(DOI: 10.1111/evo.13903)。

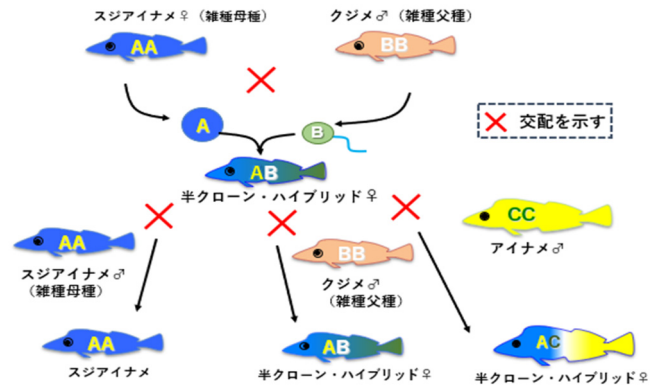


図 4. ハイブリッドとツーウェイ (交雑で生まれた半クローン・ハイブリッドは、配偶相手を複数の種から選べ、遺伝様式が異なる子を持つ)。雑種母種(スジアイナメ)と交配するとスジアイナメになり通常のメンデル遺伝するが、クジメやアイナメと交配すると半クローンハイブリッドになる。

DOI: 10.1111/jfb.12414, DOI: 10.1002/ece3.2446,

DOI: 10.1111/evo.13903

(水圏ステーション 白尻水産実験所 宗原弘幸)

フィールドエッセイ

フィールド科学センターの教員は様々なフィールドで活動しています。このコーナーでは教員が活動しているフィールドについてとっておきのエッセイを掲載します。

【基本調査の大切さ〜一本の木から始まる高精度マッピング〜】

札幌研究林の中路です。みなさん、いきなりですが、森に生えている樹木の量、そして樹木として蓄積している炭素量の増減をどう評価するかご存知でしょうか?今では「森林は二酸化炭素の吸収源として重要」と小学校でも学びますが、実は、炭素の蓄積や増減について、科学的な根拠を持った、「信頼性の高い」計測値を得るのは国際的にも簡単なことではありません。

森林生態系における炭素吸収は植物の葉による光合成によるものですので、直接的な観測方法として、大気と森林の間の二酸化炭素や風、エネルギーの流れ(収支)を計測する方法(フラックス観測)が 2000 年代初頭から世界的に盛んに進められてきました。北方生物圏フィールド科学センターでは天塩研究林や苫小牧研究林に観測タワーが設置されています。この手法はリアルタイムで正確な値がでる一方で、広い森林全体を測ることはできません。一方、研究林や国有林などでは、古くから、一本一本の樹木のサイズを計測してきた歴史があり、その計測値を活かすと、多地点での長期的な樹木の成長や枯死、炭素吸収量の予測ができます。この調査法は「毎木調査」と呼ばれ、一定面積内の樹木の種類、胸高直径、樹高を定期的に計測するものです。旧来は生態学と言うよりは林学的な側面が強く、「どれくらいの収量」が見込めるか、という観点で施業地などに多くの調査区が設定されてきました。太さと高さからは樹木としての堆積を予測でき、樹種の判別結果からは、種ごとに異なる、大きさあたりの重量(材比重)を既知データベースから選択することができます。これらを組み合わせることで、数十年にわたって計測され続けている毎木調査のデータからバイオマスを計算することができます。この手法は必要な場所で簡便に計測できるメリットがある一方で、やはり、広域に分布する樹木すべてを計測することはできません。

前置きが長くなりましたが、私の研究では、ドローンや航空機観測を使ったリモートセンシング手法を用いて、広域の森林で高精度(精度情報を持ち合わせた)バイオマス推定手法の開発や応用解析を行っています。上空からレーザー光線を地上に照射し、地面や植物にあたって跳ね返って来るまでの時間を計測することで、上空のセンサーと対象物の距離を計測します。ドローンでは、1平方メートルあたり数百パルスのレーザーを照射することで立体的な樹木の形状や高さを知ることができます(写真1観測風景)。この技術は近年の生態学やIT林業でも活用が進んでいて、様々なスケールで観測研究や試行が始まっています。しかし、ここで一番重要なのは、実際のバイオマスや炭素蓄積量に換算するために地上で計測した真値が必要になることです。リモートセンシングで得られる空間情報(平均的な植生の高さなど)はそれだけではバイオマス量になりませんので、実際の計測値(真値)との関係を多地点で確認し、両者の関係に基づく予測モデルが必要になります。また、一般に、リモートセンシングで出力されるマップが目まぐるしく変わりますが、実は、その信頼性を説明するには、推定値と真値を比較したときの誤差の検証が必要になります。北海道大学の研究林では、膨大な毎木調査を組織的に行ってきたので、この精度検証において大きな強みを持っています。

一例として、苫小牧研究林の結果を紹介します。苫小牧研究林は2,700haの面積を持ち、毎木調査プロットは147箇所及びます(2022年当時)。図1は、ドローンを使った空間解析と毎木調査データを統合することで作成した苫小牧研究林全域(2,700ha)のバイオマスマップです。現時点の解析結果では1ヘクタールあたり、平均153tの地上部バイオマス(枝・葉・幹の合計)があり、その推定誤差は19%となりました。この情報は、より広域な国土バイオマス評価を行うための人工衛星観測における検証点としての活用だけでなく、森林の資源価値の説明であったり、空間構造を介した生態系機能、多様性評価にも重要な意味を持ちます。また、以前の航空機観測のデータと比較することで、バイオマスの増加速度の計算や検証も進めており、森林の持つ炭素固定能力の理解に向けた応用研究や情報公開も進めています。長くなりましたが、これらの先端的な観測や定量評価ができるのも、一本一本の調査を連続と継続してきたおかげです。開始時には予想されていなかった活用法かもしれませんが、こういった基盤データの多面的活用は、私達の強みとしてこれからも発掘していければと思います。

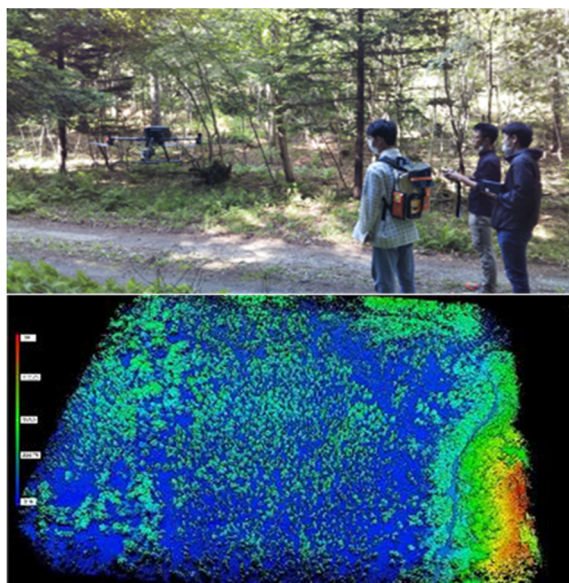


写真1 林内でのドローン離発着(上)と可視化された森林立体構造(下)

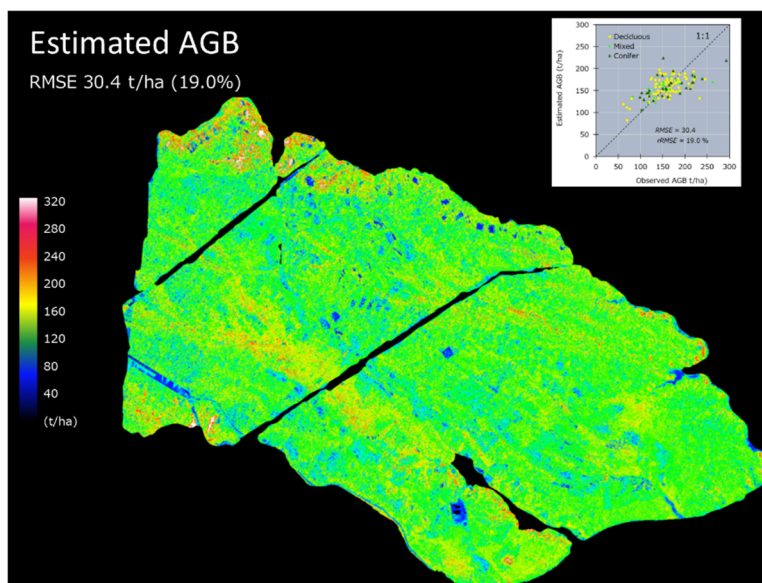


図1 苫小牧研究林の地上部バイオマス(AGB)推定マップ。図中の散点図は真値と予測値の関係

(森林圏ステーション 札幌研究林 中路達郎)

新任教員紹介

中野 有紗(なかの ありさ): 耕地圏ステーション 生物生産研究農場及び創成研究機構(兼任)・アンビシャス特別助教

経歴: 愛知県出身。愛知教育大学教育学部卒、同大学大学院教育学研究科修士課程修了、北海道大学大学院環境科学院博士課程修了。博士(環境科学)。令和4年5月より現職。



主な植物材料
ハエマンサス属植物

令和4年5月から生物生産研究農場にて勤務しております中野有紗と申します。これまでの研究対象はラン科植物やヒガンバナ科植物といった単子葉花き園芸植物であり、主に植物組織培養技術を利用した倍数性育種に関する研究に取り組んでいます。

博士課程は現在の勤務地である生物生産研究農場で、ヒガンバナ科植物における倍数体作出を目的とした胚乳培養系の開発とその応用に関する研究に取り組みました。多くの被子植物は、重複受精において胚と精細胞の受精および二核性の中央細胞と半数性の精細胞が受精し、二倍性の胚と三倍性の胚乳を形成します。そのため、胚乳培養により胚乳組織から植物体を再生させることで二倍体から三倍体を作出することができます。これは従来の三倍体作出手法である二倍体と四倍体の交雑に必要であった四倍体の作出や



苫小牧研究林にて育種家の方と共に

そのための交雑に必要であった四倍体の作出や



ハスカップ圃場での活動風景

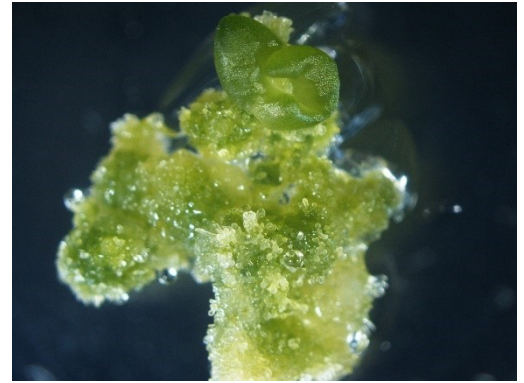
その育成期間を省き、効率的な三倍体作出を可能にします。博士課程では事例の不足していた単子葉花き園芸植物における事例を報告するとともに、胚乳培養の三倍体作出以外の応用可能性の拡大として六倍体作出を実施しました。

博士取得後まもなく着任した現職では、多様な植物種における胚乳培養による植物体再生を試みるとともに、これまでに開発した胚乳培養系を用いた胚乳培養のさらなる応用可能性の拡大を目的とした研究に取り組んでいます。具体的には、胚乳組織が受精に由来する両親ゲノムを有する点に着目した種間交配に由来する胚乳を用いた三倍性種間雑種の作出、多くの被子植物とは異なる胚のう形成に由来する五倍性胚乳を用いた五倍体作出、アポミクシスに起因する胚乳の多様な倍数性を利用した倍数体作出などを行っています。3月には園芸学会にて、ハエマンサス属植物における種間交配に由来する胚乳を用いた三倍性種間雑種作出の試みについて発表する予定です。

植物組織培養技術のなかでも胚乳培養は植物体再生に至った例が

少なく、培養条件や作出される植物体の特徴など未解明な点が多く残されています。これらを少しでも多く解明し、胚乳培養の育種的利用や植物体再生のメカニズム解明等へ展開していきたいと考えています。

私の任期はこの3月で満了となります。博士課程も含めると5年もの間、センターの方々、特に生物生産研究農場の方々には大変お世話になりました。新米社会人で初めての業務や手続きに戸惑うことが多く、教員やセンターの一員として大した貢献はできていないように思いますが、非常に多くの学びがあり充実した日々を送ることができました。改めて感謝申し上げます。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。



シュートを再生した胚乳由来カルス

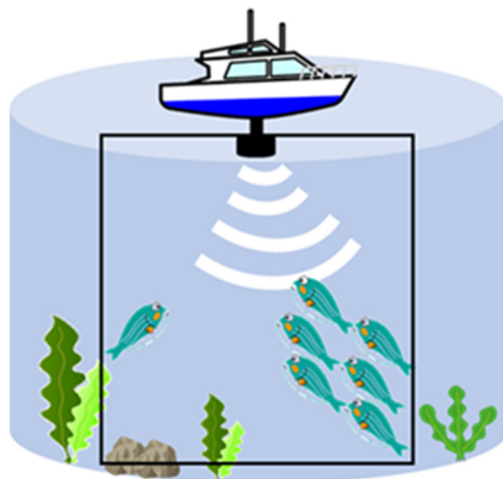
朱 妍卉(しゅ けんき):水圏ステーション 生態系変動解析分野及び創成研究機構(兼任)・アンビシャス特別助教

経歴:中国河北省出身。北海道大学水産学部卒、同大学大学院環境科学院修士課程・博士課程修了。博士(環境科学)。北海道大学北方生物圏フィールド科学センター博士研究員を経て、令和5年10月より現職。



令和5年10月1日付けで北方生物圏フィールド科学センター・水圏ステーション・生態系変動解析分野の特任助教として着任いたしました朱妍卉(しゅけんき)と申します。北方生物圏フィールド科学センターのほかにも、創成研究機構にも所属しています。私は、最先端の計測機器を用いて、海洋生態系を取り巻く様々な問題を解決することに取り組んでいます。皆様どうぞよろしくお願い申し上げます。

私は、高校を卒業した後に来日し、日本語学校で2年間日本語を勉強してから北大に入りました。学部4年から博士後期課程までの6年間、水産資源の分布変化の可視化・定量化できるツールの1つである音響手法に着目し、日本の沿岸海域における水産資源の変動に関する研究を行いました。日本の沿岸漁業の多くは地域社会の産業基盤となっているにもかかわらず、生産量は漸減傾向にありました。その要因として、海洋環境の変化に伴う資源量の変化が最も大きいことが考えられます。そのため、音響手法を用いて水産資源が「いつ」「どこに」「どれぐらい」いるのかを把握すること、また海洋環境との関係を解明することで、持続的・効率的な沿岸漁業を進展させるという挑戦的な考えで研究を進めてきました。



学位取得後には、音響手法の他に、バイオテレメリーとバイオリギング手法にも携わっています。音響手法は、対象生物の分布や量を短時間・広範囲で計測することができますが、個体についての詳細な行動を把握することができません。その行動を連続的に追跡できるのは、バイオテレメリーとバイオリギング手法です。音響手法で把握した対象生物の分布特徴にその生物の行動パターンを加えることで、海洋生態系の問題解決に提案できるのではないかと考えています。

至らない点はまだ多いかと存じますが、今後も精一杯頑張る所存ですので、皆様よろしく申し上げます。



北方生物圏フィールド科学センターへの要望

【自然の驚異と学びの瞬間:フィールドワークの魅力】

大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター 橋本 武志(センター外運営委員)

あらためて「フィールド科学」というのも大仰だが、僕自身もフィールドワークを主体とした地球科学分野の研究に長らく関わっている。FSCの研究内容とは直接は関係ないものの、地震研究のための観測で厚岸臨海実験所には長らくお世話になっている。

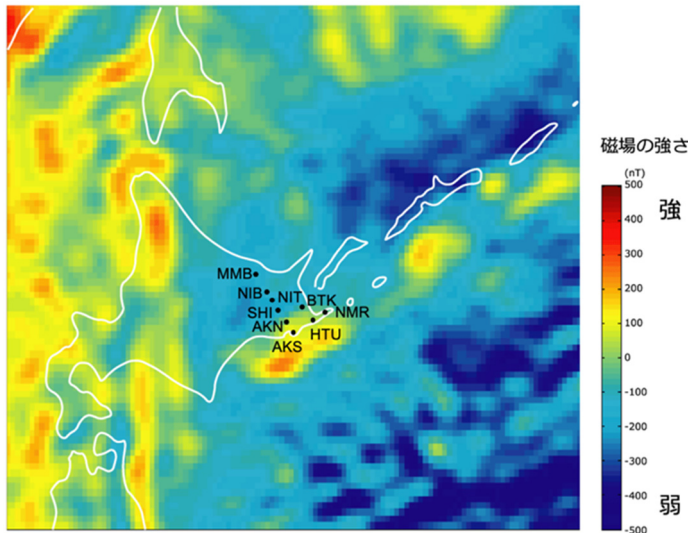
写真にある柱状の物体は、地磁気を観測するために厚岸臨海実験所の構内に置かせていただいている磁力計のセンサー部である。図に示したように、根釧地方の太平洋側沖合には特異的に地磁気が強いところがあり、厚岸はこの磁気異常の中にある。その厚岸から根室にかけての沿岸域では、地磁気が年々強くなってきていることが、長年の観測からわかってきた。件の磁気異常は、磁性鉱物に富む地下の巨大な岩体によるものと推測されている。太平洋プレートが北海道を南からじわじわ押し付けるので、この岩体も圧縮されているはずである。室内実験では、岩石がひずむとその磁性が変化することが知られていて、厚岸などで続いている地磁気の増加は、こうした現象の顕れでないかというのが我々の仮説である。将来、千島海溝沿いの巨大地震でひずみが解消される時にどういふ変化があるのか。それがこの仮説の直接的な検証となるわけだが、僕の在任中にそれが起こるかにはわからない。地磁気の観測では、人工的な電磁ノイズがあると良いデータが得られないので、普段あまり人が入らない森林などに観測装置を置くことが多い。そういうわけで、厚岸臨海実験所のほかにも、標茶の京都大学研究林や富良野の東京大学演習林、足寄の九州大学演習林など、フィールド系施設にはこれまで随分お世話になっているのである。

自然科学では、観測データを介して対象を分析し、数理モデルで現象を説明することが多い。でも、若い人にはそういうことの前にはまず、研究対象以外の雑多な事物を含んだ「まるごとの自然」の中に身を投じる経験をしてほしい、と僕は思っている。地球科学者の場合、人間の制御や理解の埒外にある天然に触れたときの驚異・畏怖・安堵といった心的経験が、研究のモチベーションの源泉となっている例が少なくないからである。

学生時代には、とある同好会の活動で、和歌山県にある京都大学瀬戸臨海実験所近くの番所崎という潮間帯での生物相調査に何度も行った。寝そべるようにして無心に貝を探し、貝殻を集めたことを思い出す。潮溜まりに多くの種がひしめき合っていることにも驚いたが、ひと目で種名を同定する生態学の大学院生には、一種の崇敬の念を覚えた。すべてに名前が付いていること自体、なんだか気が遠くなるような思いがしたものである。石のひび割れの中に棲む微小貝を見つけたときには、世の中の99%以上の人々は生涯この生物の存在を知ることもないのだろうと思うと、自分はちょっとラッキーな気がした。実は、今でも観測データを眺めている時などにこういう感覚がふと湧いてくることがあって、あのときの体験とつながっているような気がするのである。FSCには、広い意味でのフィールド科学を支える部局として、豊かな自然と学びの環境を次世代に引き継いで頂きたいと思っている。



厚岸臨海実験所構内での地磁気観測の様子



北海道周辺の磁気異常分布(カラーマップ:NOAAのEMM2010モデルに基づく)と道東地域の地磁気観測点(黒点)。MMBは気象庁の女満別観測所、それ以外は北海道大学の磁力計設置点。

編集後記

本号に研究エッセイをご寄稿いただいた宗原弘幸教授は、2024年3月末を持ちまして定年によりご退職されます。先生のこれまでのご功勞に敬意を表すると共に、ご多忙にも関わらず原稿の提供依頼に快諾いただきましたこと、厚く御礼申し上げます。

なお、「北方生物圏フィールド科学センターニュースレター」は、本センターの研究教育に関する活動内容をより多くの方々にお知らせすることを目的として2007年6月の創刊号から16年以上にわたり発行を続けて参りましたが、広報活動の見直しに伴い、本号をもちまして休刊することとなりましたのでお知らせいたします。

長い間、本レターをご講読いただきましたこと、また、本レターの発行に際しご支援・ご協力を賜りましたこと、この場を借りて御礼申し上げます。今後、新たな形で広報活動を展開したいと考えておりますので、引き続き本センターの活動にご注目いただくと幸いです。(S・H)