

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。

北海道の各地沿岸域には豊かなコンブの群落広がっています。これらコンブは地域の海洋生態系や環境を支えるとともに、食材として長年にわたって私たち日本人の食卓も支えてきました。しかし、近年深刻化する気候変動による環境変化はコンブの生育に影響を与え、将来の分布域が変化することが考えられます。厚岸臨海実験所との共同研究によって、IPCC(国連の気候変動に関する政府間パネル)が気候の予測や影響評価を行う際に用いるRCPシナリオ(代表濃度経路シナリオ)に基づいて解析すると、天然コンブの分布域は時の経過とともに北上し、温暖化が緩やかに進むシナリオにおいてさえも今世紀末には道内現存種の少なからずについて、その生育適地が北海道から外れる可能性があることが示されました。実際、数年前に我が国のコンブ分布の南限とみなされ、私がよく訪れていた東北地方のある地域のコンブ群落が今日までに姿を消したと伝えられるなど事態は切実です。



知床羅臼の“コンブの森”

北海道ではコンブ漁獲量のおよそ3分の2が天然採取です。近年の天然漁獲量の減少を受けて、各地で藻場と呼ばれる“コンブの森”を造成するための取り組みが行われています。一方で、総漁獲量の安定を保つために養殖による増産が図られています。しかし、現状の藻場造成はコンブの着生場所作りに重点が置かれており、そこに生えるコンブは自然任せであることが多く、また、養殖においても種苗は天然採取された母藻に依存しているのが実情です。この先もこれまでのように天然コンブを利用できるかどうかかわからないことから、天然個体に頼ることなく藻場造成や養殖ができる体制を整えることが求められます。



コンブ配偶体のカルチャーコレクション

そこで、忍路臨海実験所では現存コンブ資源の培養保存に努めており、それら保存株を藻場造成や養殖、育種に活用していくことを目指して研究を進めています。現在のところ道内外から集めた100産地を超える株を無菌状態で保存しています。コンブは、私たちが磯で目にする葉状体(孢子体世代)の状態で維持管理することは難しいのですが、糸状体(配偶体世代)として長期にわたって保管することが可能です。試験管のなかでマリモのような姿をした保存配偶体は、プランクトン孵化水槽を用いた多段培養で高い増殖率を示し、藻場造成や養殖の現場スケールで利用可能であることが分かりました。成熟抑制条件のもとで保管されている雌雄配偶体は、成熟誘導一培養液組成や光条件の変更一を施すことによってそれぞれ卵と精子を形成し、やがて孢子体を作ります。配偶体や孢子体はそれ自体付着能力に乏しく、海底面に置いてやってもすぐに流失してしまいます。そこで、私たちは高分子ゲルやポリマーを媒体としてそれらを海中の着生基質や養殖種苗糸に接着させることを試みています。ゲルのなかにコンブの生長促進物質や、食植動物の摂餌阻害物質を含めることができればより用途は広がり・・・、夢は大きく膨らみます。効率的な成果が得られることはもちろん、如何に安価で取り扱いが易く、環境への負荷が少ない技術を開発できるのか、挑戦はまだ続きます。

(水圏ステーション 忍路臨海実験所 四ツ倉 典滋)

【森の樹冠における植物と昆虫の相互作用】

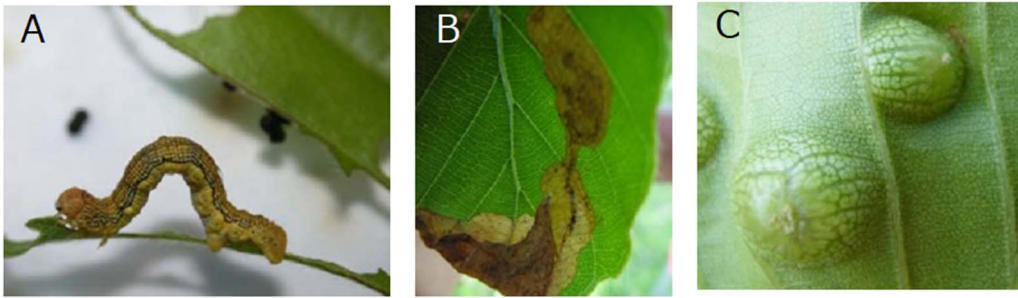


写真1 昆虫を植物の食べ方によりグルーピング：A) 咀嚼性、B) 潜葉性、C) ゴール性

植食性昆虫は様々な方法で葉を利用していています。葉に潜る潜葉性(せんようせい)、葉をかじる咀嚼性(そしゃくせい)、葉をガン化させて瘤を作るゴール性などがあります。このように、共通の資源を同じような方法で利用する生物グループのことを「ギルド」と呼びます。しかし、こんなに昆虫が繁栄しているのに、「世界は緑のままで、植物はあり余っているのは、なぜなのでしょう？」

「昆虫にとって陸域の植物は理想的な餌なのでしょう？」実は、植物は「まずい」物質を体内にため込む化学的防御を行っています。化学的防御には毒性の強いアルカロイドやテルペノイドを使う質的防御と消化障害を起こさせるタンニンやフェノールを使う量的防御があります。このどちらも二次代謝物質です。この二次代謝物質とは成長や繁殖には直接的には関与しない植物が生産する有機化合物のことをさします。さらに、植物は物理的防御も行っており、これは摂食を妨げるトリコームやトゲ、そして食われにくくする葉の硬さなどをさします。野外調査では葉の硬さの指標として LMA がよく使われます(LMA とは単位面積あたりの葉の重量)。つまり、「なぜ陸域の植物はあまり食べられないのか？」の答えは、昆虫の被食から葉を守るために植物は多様な防御システムを持っているからなのです。

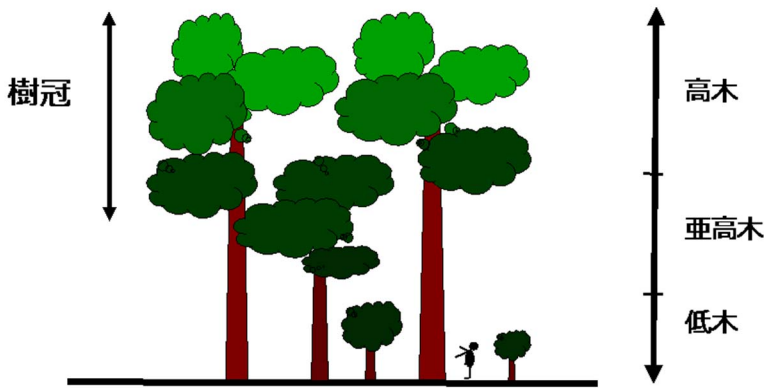


図1 森林の複雑な階層構造(垂直構造)

植物は遺伝的に同じでも環境変化によりその形態的・生理的形質が容易に変化します。この変化させる能力のことを「表現型可塑性」と言います。表現型可塑性は移動できる動物よりも移動できない植物においてより重要だと言われています。また、環境変化はこの植物形質の可塑的变化を介して植食性昆虫に影響を与えることも分かってきました。

北海道の森林を垂直方向に見ると、葉群は複雑な階層構造をしています。高木、亜高木、低木があり、また樹木個体内も樹冠上層から下層まで幅広く葉が分布しています。この複雑な階層構造が樹冠内の複雑な光環境を作り出します。つまり、上層にある葉が光の侵入を遮断してその直下の葉の光環境を改変するように下層に行くほどに光強度が弱くなっていきます。この光環境の異質性に合わせて葉形質や昆虫の被食も変化すると予測されます。



写真2 黒松内のブナ成木(20m程度)の樹冠を直接観察できる巨大ジャングルジム

そこで、光環境の異質性が樹冠内の葉形質と昆虫被食に与える影響を見た研究をここで紹介したいと思います。北海道南部の黒松内ではブナ成木の樹冠を直接観察するために巨大なジャングルジムが建設されています。空間的変異を見るために樹冠の上部と下部で、また時間的変異を見るために6月と8月に葉形質と被食の調査を行いました。

葉形質の時間的変異(季節変動)について説明します。LMA、窒素、C/N比を葉形質として測定しました。C/N比は炭素ベース防御物質の総量の指標です。LMAとC/N比は6月から8月にかけて増加しましたが、窒素濃度には季節変動は見られませんでした。次に、葉形質の空間的変異(樹冠の上部と下部の違い)について説明します。6月において樹冠の下部に比べて上部でLMA、窒素濃度、C/N比が高くなっていました。一方、8月においては窒素濃度とC/N比の空間的変異(上部と下部の違い)は6月と同程度であったのに対して、LMAはその変異がさらに大きくなっていました。

咀嚼性による被食、潜葉性とゴール性の昆虫密度を昆虫被食として測定しました。6月に咀嚼性、潜葉性、ゴール性の空間的変異は見られませんが、8月に樹冠の下部に比べて上部で咀嚼性被食とゴール性密度が低下しました。この結果は、季節(時間)とともに被食の空間的変異が顕著化する(広がる)ことを意味しています。8月にLMAの空間的変異がより大きくなったことが原因だと考えられます。このように、樹冠では葉形質と被食に時間的・空間的変異があることが分かってきました。光の当たり具合で植物の「まずさ」は変わり、その違いを昆虫は賢く嗅ぎ分けて食べているのです。

(森林圏ステーション 和歌山研究林 中村 誠宏)

【知床堇】

ニュースレター11号のエッセイではヤナギの1種、ケショウヤナギを紹介しました。実は、研究を進めていくとヤナギとスミレは親戚のような関係であることがわかってきましたが、それはまたの機会にお話しすることにして、今回はスミレの話をしていきます。

皆さんはシレットコスミレというスミレをご存知でしょうか？ すみれ色といえば紫色を想像するように、スミレの仲間の多くは紫色の花、白色の場合でも花弁の一部は紫色をしています。日本の多雪地帯には花弁が黄色のスミレが生育しています。中でもシレットコスミレは花弁が白色で中心部が黄色の変わった取り合わせをしています。このスミレ、その名の通り北海道の知床山系と、択捉島の西単冠山にだけ生育が確認され、滅多にお目にかかれません。しかも残念なことに、心無い人の踏みつけや園芸目的の盗掘、さらにはエゾシカによる食害によって個体数が減少していて、北海道の希少種に指定されています。

このスミレ、当初はタチツボスミレの仲間の新種として記載されましたが、のちに外見が似ているタカネスミレの変種として扱われましました。一方で、このスミレの花柱(雌しべの先の伸びた部分)が棒状をしていることから、オセアニアに産するツタスミレの仲間とする説も出されました。さらには、スミレ属の中ではどの仲間とも離れている独立した分類群として扱う説も出ています。このように、このスミレがどのスミレに近縁なのかについては、意見が分かれています。はっきりわかっていませんでした。

このように、形態形質から考えられた分類に異論がある場合には、分子系統解析が威力を発揮します。そこで、よく調べられている葉緑体上の遺伝子領域を用いて、シレットコスミレに近縁と考えられた分類群を網羅して系統解析を行ったところ、シレットコスミレは近縁と考えられた全ての分類群を含む単系統群の姉妹群になりました。つまり、上記の諸説に関しては最も後者の説が支持されたこととなります。シレットコスミレは、花の色も、分布の上からも、分類学上でも珍しいスミレと言えそうです。

シレットコスミレは、例年7月上旬に知床山系の硫黄山でその可憐な花を見ることができます。登山道は長く岩場も多いので、登るのは結構きついです。その花を見ればそれまでの苦労も吹き飛んでしまうように思うのは、私だけでしょうか？ 今はコロナ禍で出かけるのも気が引けますが、この騒ぎが収まったら、この珍しいスミレに会いに硫黄山に登ってみたいはいかがでしょうか。

(耕地圏ステーション 植物園 東 隆行)



Photo Gallery (1)

※冬夏青青たる大自然の営みの中に、フィールド科学センターは存在しております。今回は雨龍研究林の写真です。

(無断転載禁止です)



雨龍ブトカマベツ川

新任教員紹介

森田 健太郎(もりた けんたろう): 森林圏ステーション 雨龍研究林・准教授

経歴: 奈良県出身。北海道大学水産学部卒、同大学院水産学研究科修了。博士(水産科学)。日本学術振興会特別研究員 DC2・PD、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所(旧北海道区水産研究所)主任研究員を経て、令和2年11月より現職。

はじめまして。11月より雨龍研究林に着任した森田健太郎と申します。これまで私は、おもにサケ科魚類を対象として、寒冷な地域に生息するものほど体サイズが大きいという温度—サイズ則などを含む動物の生活史形質の変異や個体数変動が生じるメカニズム等に関する動物生態学、並びにダムや外来生物種などの影響に関わる保全生態学を専門として研究してきました。代表的な研究としては、山地溪流に設置された砂防ダムが在来種イwanaに及ぼす生態リスクに関する研究が挙げられます。ダム上流域に隔離された局所個体群では実際に絶滅が進行していること及び遺伝的多様性が低下していることを野外データで示すとともに、個体群動態の数値シミュレーションによってダム建設の数十年後から絶滅リスクが増大することを明らかにしました。この他、水産資源の変動要因と生物多様性に配慮した資源管理に関する応用的研究についても取り組んできました。将来のサケマス類の増養殖技術の高度化に関して、人工ふ化放流に加えて自然再生産もバランス良く併用することで、天然魚から遺伝的に変質するという“家魚化”の懸念を払拭し、持続可能な漁業に取り組むことを提唱してきました。

今後、フィールドワークを基盤とした生態学研究の発展に寄与したいと考えています。特に、野生動物の生活史と個体群過程に関する基礎生態学と保全生態学に力を入れて取り組みたいです。これまで私が研究対象としてきた冷水性のサケ科魚類は、地球温暖化の影響を受けやすいことが想定され、また、彼らが暮らす河川の渓流域は、単一種の人工林や砂防工事などによる人為的な攪乱に晒されており、基礎生態学のみならず、保全生態学の題材として適しています。また、森林圏ステーションの豊かな自然環境を生かした体験重視のフィールド実習を企画していきたいと考えています。そして、研究することの楽しさを気づけるような環境づくりに力を入れたいと思います。大学時代には、研究活動を通じて「感動」してもらいたい、という思いがあります。それは、自然は理解するだけでなく、感じるものだ、という思いがあるからです。実際に現場に行くと、理解を超越した生命現象を「感じる」ことができ、その感覚は、自らの力で研究の方向性を見出すうえで、かけがえのないものになると思うからです。森林生態系と水圏生態系は連動しており、幾許かの人間活動の影響を受けつつ、そこに野生動植物が暮らしています。こうした繋がりと実態をフィールド実習・演習を通して体感することで伝えていきたいと考えています。地域貢献と未来の研究者のために尽力したいと思いますので、これからどうぞよろしくお願いいたします。



植竹 淳(うえたけ じゅん): 森林圏ステーション 苫小牧研究林・准教授

経歴: 群馬県出身。東洋大学生命科学部卒、東京工業大学生命理工学研究科修了。博士理学。国立極地研究所研究員、コロラド州立大学研究員を経て、令和3年2月より現職。

苫小牧研究林に2月から准教授として勤務しております植竹淳です。私は、これまでに微生物に着目した研究、とくに『環境変動と氷河微生物』、生態系や気象に影響を与える『大気中を浮遊する微生物』に関する研究を行ってきました。

氷河の上で増殖する微生物群は、互いに集合し、土壌のように黒っぽい腐食物質を形成することで真っ白な氷の表面を黒く変化させてしまいます。そして黒くなった氷河は、太陽の光を効率よく吸収し、氷河が融けるのを劇的に加速させてしまいます。そうすると融解した大量の淡水が海に注がれるので、海水面の上昇や海洋の循環などにも影響を与えるのではと懸念されています。それなので、この中にはどのような微生物が生息しているのか、またどんな環境で大増殖を引き起こすのかをテーマとして、様々な生物を顕微鏡から次世代シーケンサーまで様々な方法を使って研究してきました。グリーンランドでは、特定の遺伝子型のシアノバクテリアが非常に多く生育していること、人間活動で排出された窒素や、氷河周辺の鉱物から供給されるリンなどが増殖をコントロールしていることがわかってきました。

地理的に全くかけ離れている氷河で微生物の遺伝子解析をしていると、両者に共通した(特定の短い)遺伝子が全く同じ微生物が見つかってきます。これが北極とアフリカの高山で共通してしまうので、大気を漂ってきたのではないかと思うようになり、大気中を漂う生物(バイオエアロゾル)の研究も行ってきました。バイオエアロゾルは健康、生態、気象に大きな影響を与えるにもかかわらず、実はその実態はほとんど明らかにされてきませんでした。そのため人々に大きな影響を与える東京上空、逆に世界中でも汚染が最も少ない地域であるオーストラリア大陸から南極大陸に至る海域(南大洋)で研究を行ってきました。その結果、多くのバイオエアロゾルは比較的近距离から飛来していること、また陸では湿度と風速といった気象要因がバイオエアロゾルをコントロールする要因となっていることがわかってきました。

生物の種類に特有の遺伝子領域のデータを生態学に利用するアプローチを環境DNA研究と呼びます。微生物と環境変動について調べたかった私は全く意識していなかったのですが、私がやっている研究(特にバイオエアロゾル)はまさに環境DNA研究であることに気がつき、今後の研究ではあえてそこを意識しながら進めていこうかと思っています。例えば森林内では、空気のみならず、土、川、池、動物、植物に由来する微生物の遺伝子を同時に集めてくることで、森林内部で空気を介してどのように微生物が拡散しているのかをみて取れるのではないかと期待しています。バイオエアロゾルは様々な環境で影響を与えているので森林圏のみならず水圏、耕地圏のみなさんとも一緒に研究できるのではないかと考えております。これからよろしくお願ひ致します。



微生物で黒く汚れた
グリーンランドの氷河



海洋での
エアロゾルサンプリング

大学院農学研究院 西邑 隆徳（センター外運営委員）

観測タワーのトップまで登ってきた。目の前で風速計のカップが勢いよく回っている。雪に被われた丘にブラシを逆さに刺したような樹々が眼下に見える。数百メートル先の丘はグラデーションとなって雪空に溶け込んでいる。

北海道大学の広大で多様な研究林に関心を持たれている竹中工務店の皆さんを天塩研究林に案内するというので、佐藤センター長にお願いして私も一緒に連れて行ってもらった。学生の時に訪ねて以来、40年ぶりである。

3月末、少し春らしくなってきた札幌を後に、特急宗谷で名寄を目指した。旭川を過ぎると、まだ冬と言わんばかりに雪が降ってきた。名寄駅に着くと、研究林の方々が迎えに来てくださっていた。マイクロバスに乗車し、佐藤先生から研究林の説明を聞きながら、天塩研究林に向かった。途中、昼食に立ち寄った天塩川温泉保養センターで食べた真っ黒な音威子府蕎麦はたいそう美味かった。

天塩研究林に到着すると直ぐに合羽を着込み、バスで人工林伐採現場に移動。最近導入されたという高性能林業機械による伐採作業を見せていただいた（写真1）。フェラーバンチャでの立木伐採、プロセッサによる枝払い・即尺・玉切り、フォワーダでの集材。お見事。想像以上の迫力、スピードに驚いた。チェーンソーでの作業とは比べものにならない。森林の香りが、湿った雪の中を漂ってくる。やはり現場は好きだ。

私の専門は畜産で、FSCの農場や牧場を教育研究で利用させていただいている。30年ほど前に、前職（道立畜産試験場）から大学に助手として戻って来たところ、食肉製品の製造実習を受け持つことになった。当時、肉製品・乳製品の実習施設は、北18条の獣医学部の北側にあり、技術職員が4名いた。学生の頃からお世話になっていた年長の技術職員にとっては、新米助手の私はヒヨッコ同然。それまで実習を担当されていた森田潤一郎先生からは、「これからはお前がやれ」と一言。学生時代に受講した肉製品製造実習ではハムやソーセージを試食することだけが楽しみで、ハム作りの工程など全く頭に入っていない私にとっては、初年度の実習は冷や汗だらけだった。技術職員のご協力のおかげで、そんな私でもなんとか、その後10年間、後輩教員にバトンタッチするまで、実習を続けてこられた。学生たちは、親豚の分娩に立ち会い、生まれてきた子豚を哺育・育成し、農場の畑で採取したトウモロコシ等を用いて調製した配合飼料を給与して肥育し、その豚をと畜・解体して肉や内臓、皮、血液等を材料に食肉製品を製造する。動物生体内での筋形成・肥大機構および筋タンパク質の性質を利用した食肉加工原理を講義で学びながら、座学と並行して行う実習では豚の成長および豚肉の加工技術を五感で体得する。日本国内では北大でしかできない食肉製品製造実習に誇りを持って、技術職員とともに関わることができた日々は、私の大学教育経験の中で最も貴重なものの一つとなっている。

伐採現場を後に、森林の炭素吸収量を長期測定している観測タワーを見に行つた。バスで林道入口まで移動し、そこからは雪上車とスノーモービルに分乗して現地に向かった。私は、高木先生の運転するスノーモービルの後ろに乗って出発。私が運転したくてムズムズしているのを見越してか、高木先生は途中で運転を交代して下さった。40年近く前になるが、宗谷丘陵で肉牛生産事業を開始するため、そのパイロット牧場（現在は宗谷岬牧場）によく調査にでかけた。宗谷岬の郵便局辺りから丘陵上の牧場へ上がるのだが、厳冬期は雪で路が閉ざされており、スノーモービルで牛舎詰所まで荷物を運んだ。牛の行動調査の際にもスノーモービルをよく使っていたので、たいへん懐かしかった。

観測タワーに着いて見上げると、高い。「誰か登ってみませんか」に直ぐに手を上げた。フルハーネス安全帯を付けてもらい、鉄塔の狭い階段を慎重に登り、なんとかテッペンに到達した。ナントカと煙は・・・のナントカである（写真2）。樹々を上から見下ろすアングルは面白い。この観測タワーでは、植林カラマツの生長に伴う森林炭素吸収量の変化を長期モニタリングするのだという。数秒ごとに測定されるデータが数十年間に渡って蓄積され解析されて、未来の人たちが生きる地球を救う。地道で壮大な研究である。

「比類なき大学」と寶金総長は言う。

「比類なき大学」は何において比類ないのか。「何において」が重要である。北海道大学が有する研究林、研究牧場、研究農場、植物園、臨海実験所等は広大で多様性に富み、世界的にも比類なき教育研究フィールドであろう。このフィールドを活用した実学教育や異分野融合先端研究の「光」は「北」から「世界」へ、その輝きを放っている。しかし、この「比類なきフィールド」に一度も足を踏み入れることなく北大を卒業・修了していく学生は多くいる。4,500人に及ぶ教職員のうちフィールドを訪れたことがある者は何人いるだろうか。農学研究院の教員ですらFSCフィールドに行ったことのない者は少なくない。北大のフィールドの「光」は、「世界」に届くと同時に、「地域」をどのように照らしているだろうか。札幌農学校開校当時のフィールドイズムは、SDGsが叫ばれている現在の北海道大学で、どのように持続的発展を遂げるのであろうか。40年ぶりに訪れた天塩研究林を後に、帰札する汽車の中で、そんなことを考えていた。



写真1；高性能林業機械の説明を受ける訪問者
(竹中工務店の皆さん他)



写真2；観測タワー頂上にて。
左から阿部 URA センター長、
筆者（西邑）、竹中工務店の中嶋さん。

Photo Gallery (2)

※冬夏青青たる大自然の営みの中に、フィールド科学センターは存在しております。今回は雨龍研究林の写真です。

(無断転載禁止です)



冬の朱鞠内湖

編集後記

今号もセンターの様々なフィールドで展開されている教育研究を紹介していただきました。コロナ禍によりフィールド実習・研究にも大きな制限がかかってしまいましたが、各施設工夫を凝らしながら施設利用受け入れを継続・再開し始めています。ぜひご活用ください。(KT)