



平成 28 年度サイエンスII 環境分野
With 総合地球環境学研究所 (ちきゅうけん)
みんなの研究アイデアメモ 第5弾
2016年6月23日(発行)



大変お待たせしました！6月2日(木)太田民久講師の講義「生態系を元素の世界から眺めてみよう～元素は天下の回り物～」を聞いて、生徒の皆さんはどんな研究をしたいと思ったのでしょうか？みなさんの回答に太田先生と岸本、熊澤がお答えします。



Aさん

「鴨川の Ca 濃度と水生生物の関係」

- ・鴨川の上流(賀茂川)、中流、下流のそれぞれについて、水中の Ca 濃度を調べる。また、同時にそれぞれに生息する水中生物を採集し、多量の Ca を水中から吸収する生物(エビ、ザリガニ、タニシ等)の数と Ca 濃度の関係を調べる。

【太田先生】

Ca は上流部に行くに従って減少するのが常です。その理由は下流に行くに従って、Ca 源となる土壌や、岩石などに触れる時間が長くなるためです。なので、特に貝のような Ca 要求量の多い生物は河川下流に行くに従い、大きさやバイオマスが変化するかもしれません。ただ、貝のような生物も、Ca が豊富にあるような環境ではリンのような他の栄養塩の供給量に影響される可能性があります。さらに洪水頻度や日射量(藻類の生えやすさ)など他の要因も、考慮に入れる必要があります。

「土壌の Ca 濃度と作物の成長の関係」

- ・様々な種類の作物を 2 つずつ育て、一方には Ca を肥料として与え、もう一方には与えない。Ca を与えたものと与えないもので成長にどのような違いがあるか調べる。また、与えるとしたらどれくらいが適当であるかも調べる。

【太田先生】

M さんへのコメントにもあるように、Ca の供給量は土壌中の pH に影響します。なので、酸性土壌へ Ca を与えることで、植物の生長は変わってくると思います。

【岸本】

A さんの述べた研究アイデアは関係性あるいは影響を調査するとも言えますね。調査して分かったことから最後に一体、この研究から何が言えそうか、というところまでアイデアが思い浮かぶとおさらいですね。

Bさん

「植林」

- ・今回、上賀茂試験地を見学し、植林された木がたくさんあるのを見て、これも一種の「外来種」なのだと思います、その影響が気になりました。植えられている木と地質、その地域の生態系はとても密接な関係があると今回の講義で教わったので、植林されたことで地質が変化し、生態系も変化したということがなかったのかを調べようと思いました。方法…地質調査

【太田先生】

地質というと、基岩(Baseroack)に関係した言葉となるので、ここでは土壌の化学特性とした方が良いでしょう。森林の植生が変わると、土壌の化学特性は、様々変化します。例えば pH、土壌粒子の溶解速度、それに伴う金属元素濃度(論文参照)。あとは樹種によって生物の主要な栄養塩である硝酸濃度も変わってくるという話もあります。(論文参照)

京都においても植林や松枯れ、竹林の消滅など森林植生が変化しています。土壌への影響はいかほどのものなのでしょうか？私も興味があります。

Ohta & Hiura (2016) Root exudation of low-molecular-mass-organic acids by six tree species alters the dynamics of calcium and magnesium in soil. Canadian Journal of Soil Science.

Christopher et al. (2006) Contrasting stream water NO₃⁻ and Ca²⁺ in two nearly adjacent catchments: the role of soil Ca and forestvegetation. Global Change Biology.

「環境と pH」

- ・太田先生の講義で酸性雨の水素イオン濃度(H⁺)が土に与える影響の話を知り、pH がそんな風に影響を及ぼしていたのかと驚きました。なので、酸に寄ってしまった土をどうやって戻すのかを調べたいです。

【太田先生】

酸性化した土壌を元に戻すには、緩衝作用のある物質を投入してやるという対策が取られています。例えば、炭酸カルシウムを含む物質を土壌に供給すれば、土壌 pH は上昇します。酸性雨の影響が激しいヨーロッパ地域では既に実施されています。しかし、その行為自体も、かなり生態系にとってインパクトのある行為です。なので、実際に生態系への影響はどうかといった研究も行われています。

Groffman et al. 2006 Calcium Additions and Microbial Nitrogen Cycle Processes in a Northern Hardwood Forest.

【岸本】

太田先生の発表を聞いて、驚きと発見があったようですね。この驚きや不思議が研究の種、問いにつながるので、その調子で大切にしてくださいね。

Cさん

「"0"の世界」

- ・生物が生きていく上で必要な水や酸素や温室効果ガスである二酸化炭素などの構成原子である酸素原子 "0"。その酸素原子が自然界においてどのような形で存在し、循環していくのかを調べる。

【太田先生】

壮大かつ難しい研究テーマですね。クラーク数という言葉をご存じでしょうか？地球の表層における元素の存在比率を表した数字です。それによると地球の表層を構成している元素の約 50%が酸素であるということが分かって

います。そして、その地球表層における酸素の 90%以上が岩石中に存在し、ケイ酸塩(SiO₂ 等)として含まれています。そして 7%程度が H₂O として存在しています。大気圏に O₂ や CO₂ として含まれる酸素は僅か 0.1%以下であると考えられています。

ケイ酸塩が Si と O に分解されることは自然界ではほとんど起きません。同じく H₂O が H と O に分解されることもめったにありません。

なので、O の循環を考える上で、地殻中の O の循環はケイ酸塩といった O 酸塩鉱物の循環として考える必要があります(もちろん、例外として CaCO₃ など酸性条件下で CO₂ を発生させる鉱物もあります)。地殻中のケイ酸塩鉱物の循環(風化)速度は、その鉱物が形成されたときの温度によって変化します(ゴールドイッチの風化系列)。この循環に関しては、あまり専門ではないので詳しくは言及しません。

次に H₂O に含まれる O の循環は、水循環と同義であると考えられます。水の循環は、降水量(気候帯、海からの距離など複数の要因により決まる)、地層や断層の構造(地下の水の動きを決める)、森林植生(降水が地下に沈む割合や速度を決める)。といった複合的な要因で決まります。このように、水の循環を研究する分野を水文学といいます。

最後に大気に含まれる O は生物や土壌、水・氷などを出入りしています。そのため、O の循環には生物量、水の存在、気温(土壌や水への CO₂ の溶解度を決める)などの複合的な要因によって決まります。何か研究アイデアが思い浮かんだら提案してみてください。

「高山植物」

・高山植物を観察し、それが山の上においてどんな工夫をこらして生き抜いているのかを調べることで、人が山において活動するときに行うことのできる技術を発見する。

【太田先生】

高山植物はお察しの通り、様々な戦略を駆使して厳しい環境を生き延びています。例えば、水や栄養塩を根からだけでなく、葉の表面から取り込んだり、水分ストレスを軽減させるために、背丈を低くしたりしていることが知られています。

ただ、何か人間が応用できそうな形質を有しているかは私には分かりませんね。ひょっとしたら、何か特別な物質を生産していたり、組織の構造が寒さをしのぐのに最適な構造を持っていたりする等、色々な可能性があると思います。

【岸本】

C さんの「O の世界」という研究タイトルに魅了されました。発想力が素晴らしいですね。ただ、2 つ目の研究アイデアにある、「生き抜いている」というのはどういう判断をしたら、「生き抜いている」と言えるのですか? 「人が山において活動する」というのは例えばどんな活動を意味していますか? あともう少し踏み込んで考えてみるといいでしょう。



Dさん

「動物や虫がよく集まる木の特徴は何か」

①動物(例えば鹿とか)がよく近くに行ったり、木の表面を食べたりする木を、動物を観察して何本か見つける。

②そのうち、木の根元(または周辺)の土に虫が一番多くいる木を探す。

※①のとき、発見した木に何か共通点はないか探す。(○○科とか)

※②で一番だった木とそうでなかった木の違いは何か。

【太田先生】

本研究テーマは、大学の卒業論文や修士論文のテーマとして実施しても通用する内容です。シカの樹皮剥ぎに合いやすい樹種があるということは知られておりますが、それがどんな植物形質に影響されているのかは、きちんと調べられていない部分です。皮の固さ・樹皮に含まれる動物がいやがる成分(タンニン、フェノール、リグニン)の含有量・栄養分となる成分(セルロースなど)の含有量を調べ、樹皮剥ぎに合いやすい種と、あいにくい種と比較しても面白いかもしれません。

「水中生物の種類が多い場所の特徴」

・水中を調べる→考察

【太田先生】

生物の多様性に影響を与える要因として、攪乱頻度(洪水や台風など)、その場所の生産性(植物の成長速度など)、生物が利用できる空間の広さ、などがあります。(以下論文を参照)

それらのバランスで、生物の種数は変化するとされています。河川間で、栄養塩や光の量、洪水などで氾濫する頻度、河川の規模などの情報をもとにどの河川で生物種が多いかを予想し、調べてみてほしいかもしれません。

M. Kondoh (2001) Unifying the relationships of species richness to productivity and disturbance. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B* 268: 269-271. (論文 2)

Doi et al. (2009) Resource availability and ecosystem size predict food-chain length in pond ecosystems. *Oikos* 118: 138-144. (論文 3)

【岸本】

Dさんの2つ目の研究アイデアについてです。この宿題にちょっと疲れてきたのかもしれませんが、研究を考えるときのヒントとして研究の目的(目標=なぜ研究をしたいか?(Why))を考えてみることで、それから、いつ(When)、どこで(Where)、だれが(Who)、なにを(What)、どのように(How)を合わせて考えることがポイントです。

Eさん

「哺乳類の必須元素」

- ・ 人間の必須元素について講義で学んだので、人間以外の哺乳類の必須元素を調べ、各元素の必要量とその動物の体重の比を出し、人間のそれと比較することで、その動物にとって必要な元素の優先度を調べる。

【太田先生】

ほ乳類間では系統的に近すぎるため、必須元素の含有量およびその比率はほとんど大差ありません。ただし、逆に考えれば多くのほ乳類が人間の必須元素と同じものに、影響されているということも面白い現象かもしれません。なので、人と同じような、栄養分(元素だけで無くアミノ酸や脂肪酸)が野生生物の成長に影響しているかもしれない、という研究が最近出ています。

例えば、Twining et al. (2015) Highly unsaturated fatty acids in nature: what we know and what we need to learn. *Oikos*, 125: 749-76.

あと、生物の特性によっては特にある元素が多く必要になることがあります。例えばシカは角を毎年落としますよね。つまりシカは毎年あれだけのCaを捨てているわけです。なので、Ca 欠乏には弱い生物だということが知られています。

「植物と土」

- ・ 昔の人々は、農業をする際、肥料に排泄物を使っていた。つまり、そこには植物の成長に必要な元素が含まれていると考えられる。それは、同じ生物である人間が不必要だったものであるはずなので、それが何かを調べる。(正直、この研究はやりたくないけど、これしかアイデアが出ませんでした。)

【太田先生】

人間は絶えず物質を入れ替えないと生きていけません。なので、排泄物中には人間が不必要だった物以外に、体の中で古くなった物質なども多く含まれています。さらに、排泄物中には腸内細菌の死骸なども大量に含まれるため、人間が不要だったものが含まれるかという点と少し違うかなと思います。

ただし、排泄物中に含まれ、植物の必須元素である窒素は生物によってその構造が異なります。(硬骨魚類であればアンモニア、ほ乳類であれば尿素、鳥類や虫類では尿酸)。なので、そのような必須元素がどのような構造で含まれているかが、植物に与える影響などは僕も興味があります。

【岸本】

Eさんの2つ目に挙げてくれた研究アイデアはなかなかのもの。自然環境、植物そして人間の循環分析の可能性を感じました。一般的に人がやりたくないと思う研究に着手出来れば、それはとても素晴らしいことだと思います。



Fさん

「カルシウム濃度による生態系の変化」

- ・ カルシウム濃度によって多量のカルシウムを必要とする生物の数が変化するという話を今回の講義で学んだので、多量のカルシウムを必要とする生物の増減によってその周りの生物の数はどのように変化するかを調べる。

【太田先生】

すばらしい！！もちろん、甲殻類が増えることで他の生物への影響は当然あると考えられます。例えば、甲殻類と同じ餌資源や同じ生息環境を利用している生物には、ネガティブな影響を与える可能性が高いです。一方甲殻類を食べている生物(魚)にはポジティブな影響があるかもしれません。さらに、甲殻類は様々な寄生虫の中間宿主として機能していることが知られています。魚への影響などは比較的調べやすいかもしれませんね。

ヨコエビなどの甲殻類が増えることで、外来種-在来種間の競争関係が緩和するという論文↓

Hasegawa et al. (2012) Food habits of introduced brown trout and native masu salmon are influenced by seasonal and locational prey availability. *Fishery Science* 78:1163-1171. (論文 4)

「カルシウム濃度と植物との関係」

- ・ カルシウム濃度によって水中や土壌中の生物の数は変化することが分かったが、カルシウム濃度は植物の成長にどのような影響を及ぼすのかを調べる(カルシウム濃度の濃さによる数や成長の違いなど)。

【太田先生】

Caは植物にとって必須元素ではありますが、欠乏することはほとんどありません。ただ、Aさん、Mさんへのコメントにも書きましたが、土壌のpHに影響し、間接的に植物に影響することはあります。

【岸本】

Fさんの一つ目の研究アイデアの中にある、「生態系の変化」の中に私たち人間も含めて考えてみても面白いかもしれません。なぜなら、人間も生態系の一部ですから。

Gさん

「水質と元素の関連性」

- ・ 様々な川の水を採取してきて、その水質とその川の水に含まれている元素を調べてどの元素が多く含まれていれば川の水の質がよいのかなどの関連性を調べる。

【太田先生】

水質の善し悪しを判断する一般的な基準ってなんでしょう？例えば、きれいな上流河川でいきなり栄養分が増えると、富栄養な環境となり、そこに生息する生物に悪影響をおよぼします。ただ元々、栄養分が多い河川(例えば河川下流部や地質的に養分となる元素が多い河川)では、その環境に適応した生物が存在します。そのような河川から栄養分となる元素を取り除いたらどうでしょう？そこに生息していた生物にはネガティブな影響を与える可能性が高いです。

「水質が悪化する」という言葉の意味は、元々水に含まれていた栄養分となる元素濃度が大きく変化することだと考えて下さい。例えば、元々の貧栄養(養分となる元素が少ない)だった河川が富栄養化(養分となる元素が増える)するといったように。

「自然現象と元素」

- ・自然現象と元素のつながりを調べる。特に湖で起こるフランクtonなどの大量発生を調べる。フランクtonの餌は元素と関わりがあると思うので大量発生を引き起こす元素を調査し、何故その元素の量が増え、大量発生を引き起こすのか原因を追究する。

【太田先生】

授業でも少し触れましたが、湖などで発生する赤潮などの現象は、元々湖沼や河川には少ない栄養分であるリンや窒素が増えることで発生します。その原因は、生活排水、工場排水、農業用の肥料など様々考えられます。地球研にも、環境中のリンの動きを調べ、生態系との関係を解き明かそうとしているプロジェクトがあります。リンの起源や動きを調べるには、安定同位体比の測定などが必要となります。

【岸本】

太田先生のご意見にも近いのですが、Gさんの言う、川の質の良し悪いは、何か基準を設けることで判断できそうですね。また、自然現象という広い世界と元素というミクロの世界を結び付けて研究をしようという発想は良いと思いました。

Hさん

「Caの増加によるデメリット」

- ・太田先生の講義に出てきた甲殻類と呼ばれる動物はCaが増えるといいことのある動物であった。しかし、あまりにも多すぎるとするのはさすがに甲殻類にもデメリットがあるのではないか。
- ・また、Caが多いことで繁殖できなくなるなどのデメリットを被る生物もいるのではないか。
- ・そこで、Caを増やしてみても、どのような生物の数が減り、どのような生態系に影響を及ぼすのか調査を行う。

【太田先生】

水中のCa濃度が上昇することで、何かの生物に悪影響をおよぼす可能性はもちろんあります。ただ、その閾値はかなり高いと思います。多少コンクリート構造物を作ったりしたとしても、Ca濃度で何か極端な影響が出るということは考えにくいと思います。ただ、これは僕の経験則ですので、ひょっとしたら何か影響があるかもしれません。

それと、Fさんへのコメントにもあるように、甲殻類が増えることで、他の生物へ何か影響をおよぼす可能性は十分あります。

「生物は地下どこまで住んでいるのか」

- ・先日のフィールドワークで、地下には私たちが想像もできないほどのたくさんの生物が生息しているということを知った。しかし、何事にも限界があると思うので、生物が棲めるほど影響がある場所にも限界があると予想した。生物は一体、どのくらいの深さまで生息できるのか。また、そのあたりの生物は一体どのような生活をしているのか、研究を行う。

【太田先生】

おっしゃるとおり、土壌動物は深度が上がると生息密度が指数関数的に減少します。ただ、以下URLのpdf資料を見ていただくと分かりますが、種類によって住処としている土壌深度が異なることが知られています。ミズでも種間差があります。しかし、調査した例はそこまで多くないので、京都ではどうか、スギ林では、ヒノキ林では？竹林では？といったいろんな興味がわいてきますね。ただ、Jさんのコメントでも申しましたが、実際やるとなると、結構まじめに仮説を立てる必要があるかと思います。

【岸本】

Hさんの「メリットもあれば、デメリットもあるのでは？」という着眼点は大切だと思いました。また、「どれくらいの深さまで生息可能か」、「どのような生活をしているのか」についてはどのような方法で調査研究したい(あるいはできる)と思いますか。

Iさん

「甲殻類以外の生物は何の元素を必要とするか」

- ・太田先生の講義において、甲殻類はカルシウムがあることで殻が作りやすく、その場所ではたくさんいるというふうに聞いたが、他の生物はどのような元素があると繁殖するか調べたい。同じ土に様々な元素を含ませ、そこに同じ生物を育てる対照実験で行う。

【太田先生】

実は体の元素構成は生物間(それこそ大腸菌と人間間でも)で大きく異なることは少ないです。ただ、生物種間で体を構成している元素の比率は異なってきます。

しかし、周囲の環境が変われば影響を受ける元素も変わってきます。一般的に陸上の植物は主に窒素、水中の生物はリンの供給量変化に敏感に反応すると言われています。そして、海のプランクトンは鉄の供給量に影響されます。

「市販の水では生物はどうなるのか」

- ・普通の川、ヴォルヴィックの川、エビアンの川、いろはすの川、ウィルキンソンの川を作り、そこに同じ生物を入れる。それぞれの水質によって、どのような育ち方の違いがあるのか調べる。普通の川は、1種類だけでなく、様々な場所から水を汲んでくる。

【太田先生】

環境変化が生物に与える影響を検証する場合、現実には起こりうる範囲内での環境変化を検証しなければ、それはただのお遊びになってしまいます。上記のミネラルウォーターの河川を作ったとして、どのような環境変動を想定しているのか明確に示すことができなければ、それは研究とは呼べないです。

【岸本】

Iさんの述べた研究アイデアの中で「繁殖」、「育つ」がキーワードとしてありましたが、普段、生息している環境から異なる環境へと移行した場合、逆に生物が死滅したり、病気になったりすることもあると思われるので、(人間もそうだと思います。海外旅行でしばらく外国にいて、気候や食事が違って異国の文化に触れあう楽しい時間になりますが、ときには言葉がうまく伝わらなくて疲れたり、ちょっとお腹を壊してしまったりするとか)実験をするときは、このこととも頭に入れて研究アイデアを練ることができるといいですね。

Jさん

「京都各地の土壌生物について」「京都各地の水中生物について」

- ・京都に生息している土壌生物、水中生物について調べ、生息している地域やその特徴をまとめる。どのような場所に種類が多く生息しているのか、少ない場所でも数が多いのはどのような場所か水の清潔さなどと関連させる。

【太田先生】

かなり、大変なテーマですね。ただ、漫然と生物を調べても、労力だけがかかり、解釈しようがない結果が出てくる場合が多いです。こういった研究を

実施する場合は、まずは仮説を立てる必要があるかと思います。そして具体的にどのような環境要因が生物に影響するのかをまず明確にし、調査地を決める必要があります。例えば、森林の樹種が変わる→餌資源である落葉が変わる→落葉のXが種間でことなる→Xは生物の**に影響する。つまりXの多い樹種Aが多い環境ではある種が増えるor減る。なので、樹種Aの存在量に着目し土壌動物への影響を調査する。という論理的なテーマを立てるべきでしょう。

「1日の食べ物で摂取するカルシウムと体内に含まれているカルシウム量の比較」

- ・1日の食べ物の摂取量と比較すると体内のカルシウムはどのくらいなのか。カルシウムが摂取される食べ物についてまとめ、体内でどのようにして消費されるか調べる。また、一般的な人が1日にどのくらい摂取しているか調査する。

【太田先生】

本テーマをより面白くするエッセンスとして、Caの存在形態に着目するのも面白いかもしれません。例えばホウレン草のようなシュウ酸が多い植物中でCaは、シュウ酸カルシウムという動物が非常に吸収しにくい構造で存在しています。なので、同じ量のカルシウムを摂取していても、影響は異なるかもしれませんね。

【岸本】

Jさんのカルシウムの摂取量と体内における吸収、消費の話になると、栄養学の研究に関連しそうですね。カルシウムと他の栄養素との組み合わせを調べることによって新たな発見があるかもしれません。



【Kさん】

「水質から見る川の生態系」

- ・いろいろな地点の水質を調査して、そこに生息している生き物を観察する。水がきれいな所と汚い所の生息している生物の違いを比べる。
- ・水が汚い所に棲んでいる生物は水のきれいな場所には棲めないのか？(その逆も)
- ・水質をきれいにしてくれる生物は存在しているのか。(その逆も)

川に棲む生き物たちが、棲んでいる場所の水質にもたらす影響を研究して、水質を向上させるためにはどうしたらよいかを考察する。

【太田先生】

こういった研究は結構多く行われています。詳しくはOさんへのコメントを見て下さい。

「カルシウムの可能性」

- ・甲殻類の生き物は、体の多くをカルシウムで形成している。
☞カルシウムが周りに豊富にあれば、大きく育つのではないかと？

実験

- ・同じ種類でほぼ同じ大きさの甲殻類の生き物を用意する。
- ・カルシウムを多く含ませた水と普通の水を用意して、それぞれ1匹ずつ入れて飼育する。
※このとき、餌などの他の環境は同じにする。



生育状況を観察し、甲殻類の生育に関して、カルシウムがもたらす影響を考察する。

【太田先生】

生物は複数の元素の集合体です。今回の私の発表のように1つの元素供給量が成長に影響を与えている場合でも、ある一定以上の供給量があった場合(例えばCaが満ち足りた場合)、それ以上成長するには別の重要元素が必要になります。例えば、甲殻類の場合、Caが上昇すると、Pの供給量が重要になります。(以下論文参照)

もし、本研究を実施される場合は、Caだけでなく、他の主要元素にも目を向けると面白いと思います。というか、もしできれば最先端の研究となります。

Prater et al. (2016) Effects of calcium and phosphorus limitation on the nutritional ecophysiology of Daphnia. Limnology and Oceanography.

【岸本】

Kさんの研究アイデアは、研究計画の流れが順序立てて、具体的に述べられているのでいつも素晴らしいと思っています。「カルシウムの可能性」という研究題目も魅力的ですね。あとはどのような方法や視点で「カルシウムの可能性」を研究するのかがタイトルに反映されているととっても良いと思いました。

【Lさん】

「竹林が生態系に与える影響」

- ・竹林には森林とは違う点がある。竹林にはどんな生き物がいるのか。周りの水はどういう成分なのかを調べることで竹林の価値を知ることができると思う。現在、森林保護の大切さは周知されているが、結果によっては、竹林の大切さを見直す機会になると思った。

【太田先生】

なるほど、面白い試みですね。例えば、他にも放置竹林とタケノコ栽培などで整備された竹林ではどう違うのか?なども興味を引きますね。あと、竹は数十年に一度、花を咲かせることが知られています。そして、花が咲くとその竹林の竹は丸ごと枯れてしまいます。するとその土壌環境が一気に変わってしまうことが考えられます。ただ、滅多に起きないことなので、研究はほとんど実施されていません。

あとひとつ、竹はクローナル植物といって、地下茎で繋がっているため、かなり広範囲に生える数百本の竹が1つの個体であることが知られています。そのため、土壌の質の均一性が高いことが考えられます。その辺も、生き物にはどのような影響を与えているのか。興味が尽きません。

「日本の森林の傾向」

- ・日本の森林の傾向を知り、日本の土壌の傾向を知ることでより日本で育てやすい品種などを開発することにつながる。場所によって育てやすい、育てにくいなどはあると思うが、全国的に育てやすい品種を流通させると値段を下げることができるのではないかと考えた。

【太田先生】

日本には様々な種類の土壌が複雑(ぐちゃぐちゃ)に分布しています。以下HP参照。

http://agrimesh.dc.affrc.go.jp/soil_db/

http://www.agri.tohoku.ac.jp/soil/jpn/2009/02/post_23.html

さらに、日本は南北に長く、日本海側と太平洋側では全くといっていいほど気候が異なります。なので、オールマイティーな樹木を開発するのが非常に難しいことが知られています。そのため、その土地に合った品種が開発されて、植えられている次第です。例えばスギを例にとると、まず日本海側に植えられているスギと太平洋側に植えられているスギとは形質が全く異なります。他にも同じ太平洋側の品種を見ても、ヤクスギを近畿に植えたり吉野杉を屋久島に植えたりすると、成長速度が著しく落ちます。

ただ、年平均気温が 0°C で褐色森林土にはタイプ A、年平均気温 $\Delta^{\circ}\text{C}$ で黒ぼく土にはタイプ B、といったように、いくつか選択肢を用意してやることはできるかもしれませんね。

【熊澤】

「竹林が生態系に与える影響」について:よく竹林に目をつけられましたね。確かに竹林は森林とは違う性質を持っているかと思います。竹林の価値って何なのでしょうね。竹の用途が限られていく中、竹林の価値を問い直すことは重要な取り組みのように思います。土や水との関連、産業的な視点、さらには竹と日本人との関係に至るまで、さまざまな側面から価値について考えられるのではないのでしょうか。

「日本の森林の傾向」について:品種というのは、木の種類のことと理解しました。全国的に育てやすい品種=育ち得る地域の範囲が広いということか、もしくは、育てる手間が少ないということか、この点を分けて考えた方がよさそうですね。前者であれば、その土地との適合性と気候変動への適応という観点から議論ができそうですね、後者であれば、前者の観点+林業の担い手といった観点からの議論ができそうですね。

Mさん

「酸性雨が河川の魚にもたらす影響」

・酸性雨によって「ドイツの黒い森」と呼ばれるほど森林が破壊された写真を見たことがあった。そこで、日本の酸性雨によって河川の魚が死んでしまい、生態系が崩れてしまった地域を調べる。その土地に昔から住んでいる人の話を聞き、昔と今の周りの風景の違いなどを調べ、比較することで、酸性雨がもたらす悪影響を再確認する。

【太田先生】

日本はヨーロッパなどと異なり、火山灰土壌が非常に厚く堆積している場合が多く、基岩も形成された年代が若いのが特徴です。火山灰土壌には酸性雨を中和してくれるCaが多く含まれており、酸性雨への耐性が強いことが知られています。さらに基岩の形成年代が若い場合も、基岩の中にCaが多く含まれており、同じく酸性雨を中和してくれます。そのため、日本では酸性雨の影響がヨーロッパほど顕著には表れていません。ただ、近年の東アジア地域の発展に伴い、大気中の窒素酸化物(NO_x)や硫黄酸化物(SO_x)が増加し続けると、影響が現れる可能性も否定できません。

もし本研究を実施されるなら、大陸からの距離、火山灰の組成や堆積量、基岩の種類等を調べ、地域を絞り込んでみるといういいかもしれません。

地質図は産業技術総合研究所のHPを参照されるといいでしょう。
<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>

「甲殻類のからを利用できるか」

・太田先生の講義から、甲殻類のからはカルシウムで出来ていて、生物の成長にとっても大切な元素であると知った。そこで、普段家で

食べているエビなどの甲殻類のからを土に埋めると、周りの木々の成長に役立つのか調べる。

【太田先生】

酸性化した畑の土壌を中和するのに、炭酸カルシウムが使われています。そこには、工業的に作られた炭酸カルシウムのみでなく、牡蠣やホタテの殻が使われていたりします。甲殻類の殻を用いるのも面白いかもしれませんね。

【熊澤】

「酸性雨が河川の魚にもたらす影響」について:酸性雨という物質的な観点と風景という全体的な観点の両方から、生態系が劣化したことについて議論してみるということですね。複眼的でよい考え方だと思いました。酸性雨による明確な被害事例がうまく見つかるかは、ちょっとわからないのですが、酸性雨に限らずとも、この複眼的な考え方は、研究のアプローチとして大いにあると思いますので、ぜひ取り組んでみてください。

「甲殻類のからを利用できるか」:確かに、よく鉢植えに貝殻が置いてありますよね。カルシウム、という点では同じですね。埋めなかった場合、そのまま埋めた場合、粉末状にして埋めた場合、と最低3パターンは試せそうですね。



Nさん

「人工的に河川のCaを増やす」

・森林によって、河川のCa濃度は調整されている。ならば、人工的な活動によって河川のCa濃度を増やすことができるのかを考える。また、自然の環境や循環を傷つけずにそれをする方法を考える。

【太田先生】

授業でも触れましたが、森林河川のCa濃度を決める要因として、基岩・火山灰の堆積量・森林樹種組成などがあります。Ca濃度が上昇する人為的な要因として、コンクリート構造物の建造が挙げられます。

「元素による生態系の変化」

・甲殻類は水中のカルシウム濃度によって数が増減する。ならば、他の生物は大まかにどのような元素の変化によって個体数の増減に影響があるかを考える。それによって、絶滅危惧種の保存や危険生物の数の減少に関する方法を調べる。

【太田先生】

Nさんはおそらく、人為的に栄養物質を生態系内に供給することで、生物の管理ができないかという考えをお持ちなのだと思います。ただ、栄養物質を生態系内に供給することは、広範囲に変化をもたらすことになります。なので、ターゲットとしていない生物への影響を考えると、なかなかそういっ

た手段を講じるのは難しいかと思います。Caが増えると甲殻類が増えるという話も、甲殻類が増えることで何か別の生き物にネガティブな影響をおよぼしている可能性もあります。

少し、乱暴な例かもしれませんが、沖縄ではハブを駆除するためにマングースを森に放ちました。しかし、マングースはハブを食べずヤンバルクイナの卵や雛を食べる害獣となっています。

生態系は非常に複雑で、人間が意図しない応答を示す場合が往々にしてあります。なので、人間が生態系に手を加える場合はよほど慎重にならないといけないのです。

【熊澤】

「人工的に河川のCaを増やす」について:「人工的な活動」を何にするのかが、ポイントですね。カルシウムの塩(えん)を使う産業かもしれないし、新たに石灰をまくということかもしれませんね。いずれにしても、まずは、Caイオンがどのような範囲と流れで循環するのか、ということ把握した上で、効果を評価する必要がありそうです。

「元素による生態系の変化」について:個体数の変化を数え上げる以外の方法で推定できる、科学の果たす役割を一つ象徴しているように思えます。近年は、水中にどのようなDNAがあるかを分析することで、生息する生物を推定する研究も進んでいます。地球研にも、こういった研究に取り組んでいる方がおられます。

Oさん

「植物と肥料」

・肥料には様々な元素が含まれているわけだが、それぞれの元素にはどのような効果があるのか。特定の元素を投与し続けて植物を育てたり、病気を持った植物にどのような改善がみられるのかを実際に生育しながら調べたいと思う。

【太田先生】

植物が生育に必要な元素として、窒素(N)、リン(P)、カリウム(K)などが有名です。ただし、それぞれの元素の重要性を考える上で、それらの元素の比率も重要になります。例えば植物が生育するのにN:P:Kが10:1:1の比率が必要だとします(この比率は私が妄想した数字でメチャメチャ適当です)。そして、肥料をあげる前の土壌にはN:P:Kが5:1:1含まれていたとします。すると、この植物はNを与えれば成長が良くなると考えられます。一方、土壌中のN:P:Kが10:0.5:1だとすると、Pを与えると成長が良くなると考えられます。

このように、環境中の元素の絶対量だけでなく、比率に着目して、生物への影響を考えようとする、生態学的化学量論(Ecological stoichiometry)という分野があります。(以下論文参照)

あと、土壌環境は非常に複雑です。植物は土壌中の菌類や線虫、ミズ、バクテリアのような生物と関係し合いながら生きています。なので、植物にはそこまで重要ではない元素でも、ミズにとっては重要な元素かもしれない。というような間接的影響も考えられます。

このテーマをみた際に、気をつけてもらいたいと感じたのは環境中の生物の成長は1つの要因で決まるわけではないということ。さらに環境が変わればある要因(元素の可給性等)の重要性も変化するというのも頭に入れておいてください。

Ohta et al. (2011) Light intensity regulates growth and reproduction of a snail grazer (*Gyraulus chinensis*) through changes in the quality and biomass of stream periphyton

「生物と水質」

・きれいな河川にしか生息しない生物というのがいるわけだが、その生物がいるから川がきれいなのか、川がきれいだからその生物がい

るのか。おそらく、どちらの要素も含まれるだろうが、生物によってその程度は違ってくるように思う。そのあたりを汚濁された水に特定の生物を投入することで水質にどのような変化をもたらされるのか。また生物が生きられなくなってしまうのかを観察したいと思う。

【太田先生】

着眼点としては非常にすばらしいと思います。例えば、きれいな川にしかない生物とは、その環境に適応している生物です。例えば、川が汚れるとまず川底の付着藻類のマットの厚さが増えます。すると、口の構造としてそのような厚いマット状の付着藻類を食べることができない生物は死んでしまいます。さらに汚くなると、浮遊性の植物プランクトンや細かいゴミなどが太陽光を遮断し、川底の付着藻類が減少します。すると、付着藻類を食べていた生物は生きていけなくなります。そういった、その生物が適応していた環境が変化してしまうことが、重要なのです。

「生物を投入することで水質改善」これは様々な生物で研究されています。代表的なのは、鮎、二枚貝、水生植物、などがあります。鮎は厚く発達した付着藻類をそぎ取って食べることで、川底の環境を回復させる。二枚貝は水中の浮遊有機物を濾過して食べるため、水質の改善に繋がります。ある種の水生生物は重金属のような毒性物質を吸収することが知られているため、同じく水質の改善に役立ちます。ただし、この際気をつけなければいけないのは、水質改善などの理由で投入する生物は元々そこにはいなかった生物であるということです。水質改善はしたけれど、所謂外来種のような存在として元々いた生物にダメージを与える可能性を考慮しなければいけません。

また、上のテーマにも関係するのですが、川が汚れるということは、ある意味では河川水中に生物の栄養源となる窒素やリンが増えることです。例えばリンが含まれた洗剤は販売が禁止されていますが、それは川や湖や海の植物プランクトンやアオコにとってPは欠乏している元素であるため、Pが増えると植物プランクトンが増える。そして、他の生物にネガティブな影響をおよぼす。という理由があります。

【熊澤】

「植物と肥料」について:植物によっても違うでしょうね。アルカリ土壌の方が育ちやすいものもあれば、逆もありそうです。特定の物質の効果とともに、肥料という色々なものが組み合わさった結果できているものによる効果というのはあるのでしょうか。土壌学の人に聞いてみたいと思いました。そういえば、土の中にどれだけ隙間ができるかといった空間的な特性によっても育ち方は変わるみたいです。知るべきことは多そうですね。

「生物と水質」について:水中に栄養素が何もないと生物は生きられません。多すぎて酸素不足になっても多くの生物は生きられません。ここでの「きれいな河川」は、ある程度水質のよい所で生きる生物が生息する河川のことですね。汚濁した水、きれい過ぎる水の両方で試してみられたら、おもしろいかもと思ってしまいました。

Pさん

「カラフルホタル」

・「ホタルの光」と言えば、黄緑色のイメージがある。もし、ホタルが黄緑以外の色も発光することができるなら、ホタルのイルミネーションというものもできるかもしれない。

・そこで、ホタルの発光の仕組みを調べ、そこに何らかの化学操作を加えたり、与えるエサを変えることによってホタルの光の色が変化するかどうか調べてみたい。

【太田先生】

ホタルの発光はルシフェリンという物質がルシフェラーゼという酵素により酸化されることで生じます。ホタルのルシフェリンは構造が決まっており、発光する波長もおそらくは決まっています。ただ、その酵素反応過程に何かが生じれば、光る波長が変わる可能性もあるかもしれませんね。すみませんが、そこは専門ではないので、深いコメントは避けます。

「オゾン層」

・フロンガスがオゾン層を破壊しているが、どのようなメカニズムで破壊しているかを調べる。また、破壊後、紫外線が人体に与える影響を調べ、対策を考える。

【太田先生】

フロンガスがオゾン層を破壊する仕組みは、フロンの構造体に含まれる塩素や臭素がフロンを分解してしまうからです。人体への影響を緩和するにはサングラスや日焼け止めクリームなどが一般的ですが、何か他に対策を考えてみて下さい。

【熊澤】

「カラフルホタル」について：湿地の森が丸ごとクリスマスツリーみたいになりそうですね。ホタルの種類によって点滅のしかたは違いますが、私には色の違いまでは区別が付きません。見てみたいです。ホタルの体と周囲の生態系にどのような影響があるのか、ということが実験室実験で分かれば、かなり興味深い成果になりそうです。それと、与えるエサが変わって光の色が変化したら、気軽に実験できそうでいいなと思ったのですが、ホタルってカワニナばかり食べますよね。まずは、ホタルが食べてくれそうな食べ物を探すところからでしょうか。

「オゾン層」について：物質によって最大範囲に及ぼされている環境影響かもしれないですね。1970年代頃から影響が指摘され始め、連綿と続いている研究課題かと思われまます。少し範囲を広げて、オゾン層破壊対策の研究と社会政策・技術イノベーション・産業活動との関係史を解き明かしてみるのは、おもしろいかもしれませんね。



太田先生、ありがとうございました！

