

#### < 1 枚目 >

みなさん こんにちは

環境リスク共生学科の鏡味です。

本日は暑い中、講義に参加してくれてありがとうございます。

オンラインですし、家や学校から、リラックスして聞いていただければと思います。

今日はまず都市科学部で生態学を学ぶわけ、について簡単に紹介したあと、環境変動の鍵を握る微生物の話をしします。

#### < 2 枚目 >

我々人間が住む都市の生態系は、森林からの水や食糧の供給、海洋からの魚など水産物の供給、といった生態系の恵み、供給サービスにより成り立っています。

また、気候変動の緩和や土壌の形成、物質の循環など生態系の基盤となる調整サービスも生態系のもつ重要な機能です。

同時に、人間生活により、生態系の劣化が進行し、様々なリスクが顕在化しています。

これら多様なリスクと共生し、社会を持続可能にするうえで、生態学の考え方や知識が大変重要となってきます。

#### < 3 枚目 >

本、環境リスク共生学科は、生態学を多角的に学べる日本でもトップレベルの大学、学科です。

環境系の学科はに日本全国にありますが、海や森林など特定の生態系に特化している、あるいは社会系の学科が多いかと思います。

本学科では、森から海まで、自然から社会まで、現在から過去、未来まで様々な時空間スケールで、生態学を学べます。

#### < 4 枚目 >

本学科では、森から海まで、自然から社会まで、現在から過去、未来まで様々な時空間スケールで、生態学を学べるよう、授業が用意されています。

今回の模擬講義では、私が担当している生態系と物質循環という科目での内容について、エッセンスを抽出して紹介したいと思います。

#### < 5 枚目 >

さて、ここからは環境変動の鍵をにぎる微生物の話をしします。

この写真、何かわかりますか？

そう、珪藻です。珪藻を眉毛一本の筆で配置させた珪藻アートなんていう遊び心のあるものも知られています。

#### < 6 枚目 >

珪藻をはじめ、水の中にはたくさんのプランクトンが生息しています。

プランクトンは浮いている生物の総称で、珪藻のような植物から、クラゲやイカ、エビやカニの赤ちゃんなど実に多様な分類群が含まれます。

#### < 7 枚目 >

我々の生活は実はこのプランクトンによって支えられています。

プランクトンに感謝しなければならない理由が5つあります。さあ、なんでしょう？

答えはこのビデオにあります。

英語の講義ではこのビデオを見てもらい、質問に回答してもらおうのですが、今回はちょっとだけ雰囲気味わってもらうために流します。

#### < 8 枚目 >

さて、プランクトンに感謝する5つの理由がわかりましたでしょうか？

(この講義を履修する大学生には秘密で、今日は特別に皆さんに教えてしまいます！)

動画中では、5つのキーワードで説明されています。

まず、Air ですが、珪藻など植物プランクトンは大気中の二酸化炭素を吸収します。地球上の半分以上を海の珪藻が吸収していることがわかっています。いわずもがな、温暖化対策を考える上で、とても重要になりますよね。

つぎに、Fuel, 珪藻や渦鞭毛藻類などは海のそこに沈み、長い時間をかけて石油など化石燃料のもとになります。

Rock, 円石藻は、チョークの原料である石灰岩を形成します。

Fish 皆さん、魚は好きですか？魚の餌はプランクトンです。プランクトンがいなければ、美味しい魚も食べられません。

最後に Face、我々人間の祖先は単細胞生物です。

このように、プランクトンは綺麗なだけではなく、我々の生活と密接に関わっています。

#### < 9 枚目 >

プランクトンはわずか水1滴の中にも100を超える種類が、10万を超える密度で生息しています。

#### < 10 枚目 >

生き物同士のもののやり取りのバランスが取れていれば、水の生物をボトルに閉じ込めても持続可能です。

私の友人が10年もののウイスキーボトルの中に生態系を作り上げ、何年もつか試したとこ

ろ、5年間、蓋を開けずに生態系を成り立ち、ミジンコが生き延びました！  
水の中では、生産者であるイカダもが光合成により酸素を発生、ミジンコはその酸素を利用し生存。二酸化炭素を放出します。その二酸化炭素をイカダもが利用し光合成を行います。  
イカダもはミジンコの餌となります。  
バクテリアはミジンコや植物プランクトンの遺骸を分解してまた栄養が水中に溶けていきます  
その栄養を利用し、イカダもが増えます。  
このように、食う食われるの関係や物質循環がバランスよく成立すれば、小さな生態系であれ持続可能なのです。

#### < 1 1 枚目 >

では、バランスが崩れるとどうなるのか？  
本講義ではいくつかの事例を考えてみたいと思います。  
まず、二酸化炭素の濃度が上昇していますが、将来的にみじんこは減るのか、増えるのか？  
皆さんはどう思いますか？

#### < 1 2 枚目 >

講義では、ワークで科学論文に掲載された実験結果をもとに、その結果をよみときながら、議論します。

#### < 1 3 枚目 >

今回は特別に皆さんにワークのポイントをおしえちゃいます！大学生には秘密ですよ  
この実験では ミジンコと、その餌としてイカダ を用いています  
処理区として、二酸化炭素が大気と同じ分圧 0.035 パーセントの対象区、それよりも高い  
2つの処理区を設定しました。  
高濃度の二酸化炭素処理区ですが、ミジンコが呼吸困難になるほどではないこと、確認できています。  
結果です。  
まず、一番上は餌のイカダもの量です。CO<sub>2</sub> 濃度の上昇により、餌の量が増えました。  
ミジンコはハッピーなはずですが  
しかし、一番下の図、ミジンコの成長は低下しました。  
なぜでしょう？  
じつは、二酸化炭素濃度の上昇が、餌であるイカダものの質を悪化させてしまうことがわかりました。  
二酸化炭素が多いと、より炭素を細胞内に取り込むため、リンや窒素などの元素に比べて炭素が相対的に多くなる炭素太り現象がおきるのです。

みじんこは成長にもリンが必要ですが、相対的にリンが不足するという状況が起こってしまったのです。

そのため、より多くの餌を食べて、炭素を排泄し、リンを濃縮しなければならず、成長が落ちてしまうのです。

餌は増えるのに、ミジンコの成長はおちる、皮肉な話ですね。

< 14 枚目 >

Q1 の問いへの回答です

ミジンコは CO2 濃度上昇により、相対的にリンが不足、成長が落ちてしまうのです。

ただし、餌がイカダもだけでなく、藍藻類や珪藻類など多様な餌がはいっていると、二酸化炭素濃度が上昇しても、成長が維持されることが、その後の実験でわかってきました。

生物多様性

餌は増えるのに、ミジンコの成長はおちる、皮肉な話ですね。

< 15 枚目 >

ちなみに、

ミジンコは実習でも大活躍です。とくに、コロナ禍では、皆さんの自宅にミジンコを送って、成長実験を行ってもらうこともできました。

この動画にあるように、ミジンコは目視で様子を観察できます。

メスだけで子供を産めるため、1 匹のお母さんミジンコから、一週間程度で子供がうまれるので、実験の結果が得られます。

また小さい容器でかえるため、自宅に送ることも可能です。

実習や実験では、まず、実験を考えてもらいます。

餌の種類を変える、環境条件を変えるなど。皆さんそれぞれです。

その実験に応じて、こちらから飼育セットを用意し、送ります。

自宅で各自観察してもらい、毎日継続して観察します。

結果がでたら、それをグラフにし、統計解析を行ってもらいます。

たとえば、ある学生さんは、軟水と硬水を使って飼育してみたところ、おもしろいことに、硬水のほうがミジンコが多く子供を産むことがわかりました！

このような結果をみなで発表会を行い、共有し議論しました。

< 16 枚目 >

では、問題その 2 にもどります。

温暖化でミジンコは増えるのでしょうか？ どう思いますか？

< 17 枚目 >

同じく、講義では、科学論文から、長期データを読み解きながら、取り組み議論しました。

#### < 18 枚目 >

ここで、鍵となるのがミジンコの生活しです。

先ほど、ミジンコは通常はメスのみで卵を作ってふえることをお話ししました。

しかし、冬の間はふえられないため、冬になる前にオスが出てきて、有性生殖をして、休眠卵というものを作ります。

この休眠卵は、冬の間、湖のそこで眠ります。

春になると、みじんこはそこから目覚めてまた増えます。

目覚める際のシグナルはまだまだ分からない点も多いのですが、湖のそこは温度が低くたもたれるため、春に目覚めるためには、日の長さ、すなわち日長の変化が重要だと考えられています。

日長は温暖化では変化はおきません。さて、どうなるのでしょうか？

#### < 19 枚目 >

アメリカの湖での研究結果によると、餌の珪藻とミジンコの孵化時期、すなわちフェのロジにミスマッチが生じ、ミジンコが減少することがわかりました。

通常では、春に暖かくなると、珪藻が大発生します。桜の開花のように、花が一斉に咲くような減少なので、ブルームと呼ばれます。

休眠から目覚めたミジンコは、この珪藻を食べ、成長し増えていきます。

しかし、温暖化により桜の開花時期が早まるように、珪藻のブルーム時期も早まっています。増えた珪藻は、水中の栄養がなくなると、そこに沈んで行ってしまいます。

一方、みじんこは日長さをシグナルに、通常と同時期に休眠から目覚めます。そのため、温暖化にともなっても発生時期には変化が起きません。

ミジンコが目覚めた時にはすでに珪藻がない、その結果、ミジンコが減少してしまうのです。

この変化は、魚の成長や、生態系全体にも影響すると予測されています。

#### < 20 枚目 >

Q2 への回答としては、温暖化により春の水温上昇の早期化により、ミジンコの孵化するタイミングとのミスマッチが生じ、ミジンコが減少します。

ただし、この現象が確認されたのはアメリカの湖です。日本ではまだまだ不明です。

ミジンコは必ずしも減少してませんので、これからの研究が求められています。

#### < 21 枚目 >

さて、湖から雪氷圏に話題をうつします。

環境変動・温暖化で劇的な変化をしているのは、氷河や氷床など雪氷圏です。

学科長の石川先生も紹介されていましたが、南極などの氷床が溶けています。

雪氷圏は淡水全体の約76%を占め、重要な飲料水源であるとともに、その融解の加速が、海面上昇や生態系に変化をもたらしています。

氷や雪の白色は本来、太陽光を宇宙へ跳ね返し、地球全体を涼しく保つ機能を持っています。この太陽光の反射率をアルベドと呼びますが、雪氷圏はアルベドが高く、地球温暖化の影響するうえで、重要な生態系です。

しかし、今、この雪氷圏に異変が起きており、ますます温暖化が進んでしまうことが懸念されています。

#### < 2 2 枚目 >

氷河にみられる異変です。

ウルムチにある氷河ですが、茶色から黒っぽい色をしています。

これは表面を覆うのはクリオコナイト粒子とよばれるものです。

泥ではなく、鉱物粒子に、糸状のシアノバクテリアがまきついて、マリモのように形成された微生物複合体なのです

微生物によって生産分解された物質により、黒くなり、太陽光が吸収され、氷河の融解が約3倍も速くなっていることが分かってきました。

つまり単に地球温暖化による気温の上昇ではなくこのような生物学的な要因も氷河の縮小に大いに関わっているのです

#### < 2 3 枚目 >

雪や氷の上に生息する雪氷藻類とよばれる微生物が、氷河や雪の融解を促進していることも分かってきました

この写真はアラスカの氷河に現れた赤雪現象です

赤い色の正体は雪氷藻類と呼ばれる藻類の色素です

藻類が繁殖し雪が赤く染まることで、太陽光を吸収します、本来白い雪や氷がもつ太陽光の反射能、すなわちアルベド、が低下し、温暖化が促進されます。

温暖化が雪氷藻類の分布を拡大することもわかってきており、より温暖化が進むフィードバックがかかることが懸念されています。

#### < 2 4 枚目 >

しかし、このフィードバックをとめる可能性のある生物を我々は発見しました。

本学科の1期生であり、環境情報学府に進学した中西くんが、山形県月山ででてきた雪氷藻類を採取し、顕微鏡で観察したところ、それに寄生するツボカビという微生物がみつかりました。

蛍光で染色してみると、形の異なる 3 種がいました。そのツボカビを一胞子ずつ拾い上げ DNA 解析したところ、目レベルで新しいグループであることも判明しました。

この研究は学会の最優秀口頭発表賞を受賞するとともに、国際先日掲載されました。

#### < 2 5 枚目 >

ツボカビは雪氷圏だけでなく、深い海底まで存在していることが、環境 DNA 解析によって明らかになってきました

ツボカビの多くは藻類に寄生して生活しているのではないかと我々は予測しています。

たとえば、修士の田原くんが相模湾で、春に増える珪藻に寄生するツボカビを発見し、詳細を明らかにしようとしています。

また北極海の Ice algae に帰省するツボカビや、海中の炭素輸送で重要なマリンスノーに付着するツボカビも見つかっています。

#### < 2 6 枚目 >

これらが環境変動を

水生菌類の新しいニッチが人間活動によって作られた

藻類の大量培養系 新規系統の菌類（新門）が続々と報告されている

下水処理場や下水管、側溝などでも多様な菌が検出されている

アスタキサンチンを持つ Hematococcus とか、ココミクサ

#### < 2 7 枚目 >

酸素がなくなる

嫌気性細菌が優占 緑色硫黄細菌など 硫化水素が発生

湧昇により硫化水素が酸化されて硫黄や硫黄酸化物が精製される 乳青、乳白色になる

硫化水素の腐卵臭を伴う