

生態学が浮き彫りにする“いまそこにある危機”

生態学研究センター長 高林 純示

京都大学の高林です。最後の話になりまして、少しお疲れかと思いますが、あと1題おつき合いいただきたいと思います。

これはパンフレットに書いてありますけども、地球環境の変化がいろんな形で私たちの生活に影響しているわけですね。私たちの生活も、知らないうちに地球環境に影響を与えています。そういうのを昔からやってきたんですけども、最近ようやく気がついてきたわけです。でも、それは自然と対峙するというのではなくて、共生する枠組みの中で考えていくべき「いまそこにある危機」だというふうに、そういうようなメッセージを伝えたいと思うわけです。

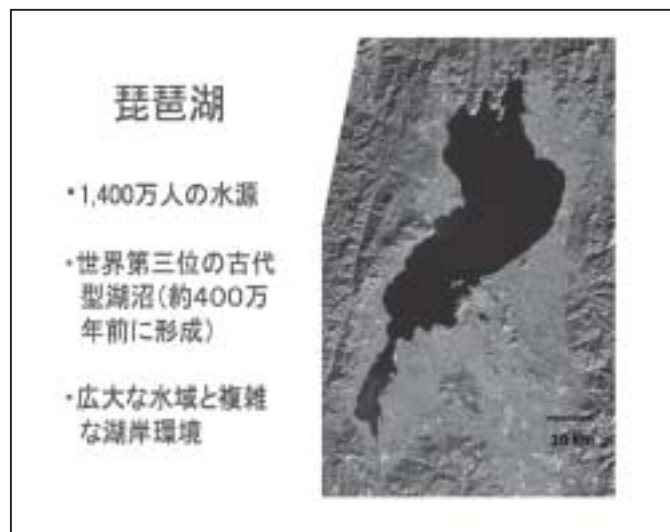
きょうのお話は4つあります。生態学研究センターではいろんな人が水域とか陸域とか熱帯とかやっています。きょうのお話は、いろんな人の研究成果を借りてきて、この場を借りて披露したいと思います。最初は、琵琶湖が生き物を支える仕組みと、温暖化と都市化がもたらすものというお話です。

さて、最初のお話は温暖化にちょっと関係しています。IPCC 報告書によると2100年までに平均気温が0.5から4

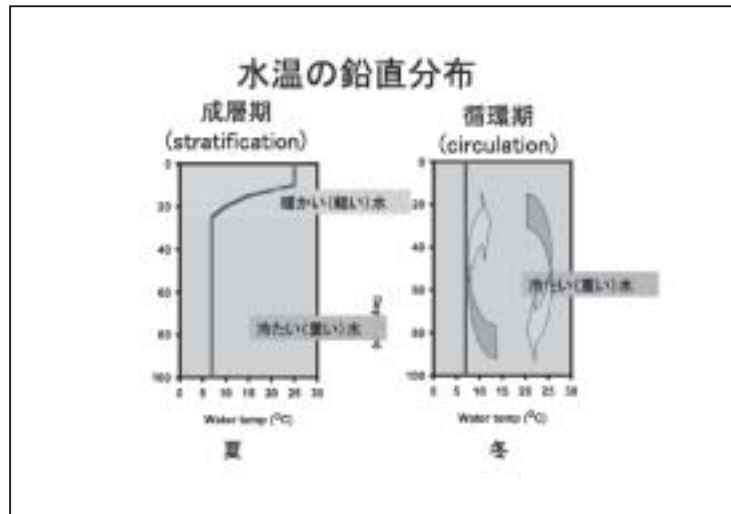
度上昇するという予想ですね。これをちょっと頭に入れておいてもらって、琵琶湖のお話です。琵琶湖は1,400万人の水源地です。それから、あまり知られていないんですけど、世界で3番目に古い湖で、約400万年前に形成されたものです。広大な水域と複雑な湖岸環境があります。なお、この写真はGoogleからのものです。

琵琶湖は貴重な生物層をたくさん持っています。61種の固有種——琵琶湖にしかない種類ですね——を含む1,000種以上の動植物の生息場所で、生物多様性のすごいホットスポットということです。そういうような固有種というのは、食文化や芸術、文芸にも影響しています、これはフナずしですね。フナずしになればなかなか酒のつまみにおいしいというものです。

さて、水温の鉛直分布ということをお話しします。もっと熱帯に行くと別なんですけども、琵琶湖の場所はこれから説明する現象が起きる、ぎりぎり南のところに位置しています。夏の間は上の水は温まります。軽いんです。底の方の水は温まらないので冷たい。ですから、夏の間は暖かい水が冷たい水をふたをしている状態ですね。冬になると全体的に冷えて、全体的に同じ重さの水になるので、ここで循環が起きます。こういうことが起きているんですけど、琵琶湖では。熱帯に行くとこういうことは起きずに、ずっとこういう暖かい水がふたをする形になっています。



この循環がとても大事です。2007 年は非常に記録的な暖冬でした。その年のデータがこっちで、こちらがその前の年、2006 年、寒い冬の年ですね。これは、色が赤いほど酸素が多いということです。2006 年はさっき言ったような、全循環が起こります。これが琵琶湖の一番底なんです。底までずっと酸素が行き渡る。これが普通の状態なんですけど、2007 年はとても暖かかったので上があまり冷えなかつた。



なので、循環がうまくいかずに、こういうふうに低酸素の部分が残ってしまったという未曾有の事態が起きました。

循環する場合、その変動を 1 月からずっと見ていきますと、湖底付近の溶存酸素の濃度というのはこのように変化します。最初、これは微生物なんかが有機物を分解するために酸素をどんどんどんどん使うので、下がっていきます。でも、さっき言ったような循環があるので、また戻って、高い酸素濃度に上がるわけです。2007 年は、これがうまく機能しなかったということです。

それと、生活排水とかそういうことでの富栄養化もあります。富栄養化すると、まず酸素消費が促進されていきます。それから、温暖化でさっきのような回転が行われなくなると、酸素供給を阻害するというで湖底の酸素濃度が下がる。低酸素化、無酸素化がもたらすものというのは、魚類や貝類への直接的影響が考えられますね。それから、絶滅あるいは生息場所の縮小、それから、もう 1 つは、こういうような無酸素状態になると、硫化水素とかそういう悪い有毒物質が発生しやすくなります。

さて、実際何があったのか。この写真は新聞にも出ましたが、イサザですね。ハゼ科の底生魚が大量に死んだというのが新聞に出ました。これは、琵琶湖にある琵琶湖研というところのロボットの潜水艦で湖底を見ると、こういうように死んでいましたということです。

水中ロボットで回収したイサザなんですけども、底引き網でイサザをとってきても大体こんな感じになって、半数ぐらいが死んでいたということですね。おそらく、さっきのような循環が起こらないということが 1 つあるんじゃないか。つまり、イサザという琵琶湖固有種は、昼間はえさを上で食って、下で休むという、こういう繰り返しをするんですけども、休むときに酸欠の環境になっている。これはとどうもよろしくないわけです。別にこれは見たわけではないので、でも、そういう可能性が高いというふうに考えられます。

もう 1 つ、こういうような 2007 年に起こったこと以外に、温暖化とのかかわりを示唆するようなデータがありまして、これは 1900 年から今年までのイサザの漁獲高ですね。イサザがどれだけとれたかと。この棒は、普通よりも寒かったか暖かかったかということをあらわしている棒グラフです。ここでイサザが激減しているのは 2 回あります。1 回目、こちら辺でもわりと暖かい年があつて、こっち側のイサザの激減に関しては、大体暖かい年が続いてい

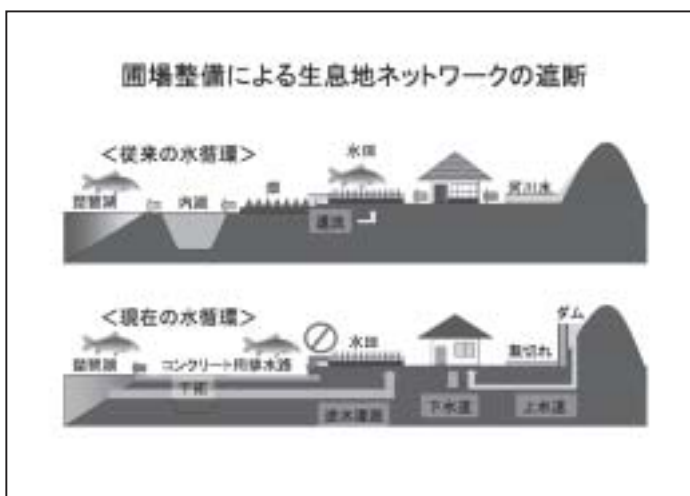
ることとなぜか奇妙に符合しています。これもそう考えるだけで、因果関係があるとは申しませんが、やはり循環が完全でないといろんな悪いことが起こるということがわかってきました。

最悪のシナリオとしては、温暖化が進むと水循環が低下して混合しなくなる。すると、無酸素化が起こる。さらに、富栄養化で悪循環が起こる。それから、海底からの栄養供給も低下するということになります。最悪のシナリオとしてはこういうことが書けるということです。実際、今後は琵琶湖における温暖化影響評価というのを行っていく、そして必要な対策を検討する必要があるだろうというように考えています。

さて、これが最初のお話です。もう1つ、これも琵琶湖に関するお話なんですが、今度は生息地ネットワークとしての琵琶湖という話をします。

琵琶湖には、内湖とか水田とか河川とかがつながっています、あるいは過去にはそうなっていましたということです。コイにとって水田というのはすごくいい繁殖地なんですけども、そういうところに行く道がどうもいろんな形で通りにくくなっているということがあります。

どう通りにくくなるかという、昔はこんな感じでコイがやってきて水田に入ったりしていたんですけども、最近はこういうようにコンクリートになってしまった。水も、琵琶湖から直接引いているというわけですね。ですから、コイは遡上してきますが、河川や水田に入りにくい環境が増えてきているということです。



これがコイの漁獲量の年次変動ですが、こういうようにぐっと下がってきています。実際、コイが減ってきているというわけですね。こっちが、ちょっと見にくいですが、縦軸、圃場整備というのは先ほどのような畑の整備のことですね。1960年代からずっと整備していて、もう大分整備が終わった状態です。これが、毎年どのぐらい整備したのかというのの図ですね。奇妙なぐらいこの漁獲高とこれは合っていますね。なぜ合っているのか。これはよくわかりませんが、しかし、圃場整備が進んできた昨今には、コイが減ってきているということは事実ですね。

これはイメージ的にはこういうことで、昔は、川が流れてきて、農家で使って、水田に流して、畑に流して、内湖に流して、琵琶湖にと。フナはずっと上がってきて、ここ、水田というのはすごくいい繁殖場所、そこで育った小さな幼魚というのはざあっと流れて内湖から琵琶湖に戻るというパターンでした。最近はダムができて上下水道等が完備します。そのかわり、琵琶湖から直接ポンプで水を引くということですね。排水はコンクリート用排水路なので、内湖というのは埋め立てられて、ない。こういう場合に、ここから上がれないということが実際あります。

このような生息環境が変わっていくことによって、昔のコイの生活というのは、我々

の——我々というか、昔の生活にぴったり合って、我々の生活と一緒に繁栄してきたようなところがあるんですね、琵琶湖では。そういうのが今、分断化によってコイの生活が暮らしにくい環境に変わっているということです。

これはちょっと話が別ですけど、琵琶湖でも水位操作をします。これは1964年。水位操作をあまりしないときは、梅雨になるとずっと水位が上がります。で、また下がるみたいな感じですね。梅雨に水位が上がって水害が出てはいけないというので、1996年はこういうふう

に水位を操作しています。ですから、普通の水位よりもここら辺で下がっているんですね。これがコイの数です。私ども

センターの Yamamoto et al. (2006) から取ってきました。コイ科の幼魚の数ですが、黒いほう、こういうふうには上がったときはこういうふうに2山ありますが、水位操作したときはこっちの1山しかなくてこっちはないということですね。確たる証拠はありませんが、おそらくこういうことだろうと。つまり、水位が下がると、まずここで入

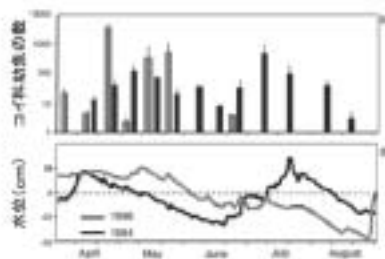
れなくなっちゃうということですね。普通はこう入れるんだけど我々の生活というのはいろんな意味で変わってきています。変わっていること自体は悪いわけではないのですが、それがほかの生物との共存ということに関してはいろんな影響を与えていると思われるわけです。

コイが減ってきたというお話をしましたが、次に、それ以外に赤とんぼとか里山の危機というお話をしたいと思います。

農村から動物や植物が消えているというお話ですね。何で消えたのか。国内で生物多様性の減少が著しい場所というのは農村です。理由としてはいろいろあります。海外から安い農作物が入ってきた。農村人口が減った。若い人がいなくなった。その結果、あまり激しい労働ができない。土地利用が変化していく。いろんな理由があるわけですね。その中で、いろんな生物が消えていっています。

きょうは、その中で特徴的にアキアカネについて考えてみたいと思います。私の子供のころもまだ、空を一面に飛ぶアキアカネの大群というのは見たことがあります、最近ではそういえばほとんど見たことがあ

水位操作がコイ科魚類の産卵に及ぼす影響



農村から動物や植物が消えている

国内で生物多様性の減少が著しい場所は農村である。

1. 海外からの安い農作物の輸入。
2. 農村人口の減少。
3. 若い人は都会に出て、若年寄りだけが農村に残った。
4. 労力のかからない農業でなければやっていけない。
5. 土地利用の変化が起きた。
 - ・ 都市に近い農地は住宅地に
 - ・ 山間の農地は放棄されて、藪となり
 - ・ 残った農地では、農薬汚染、機械化、土地の単熟化が進んだ



りません。アキアカネは豊作のシンボルとして愛されてきたわけですね。童謡にもあります。なぜかこの10年激減しているということです。先ほどのコイと同じように、このアキアカネも農業に依存する種で、人間との共生生物なんですね。

赤とんぼネットワーク会員へのアンケート調査の結果です。これはまだ完全でないのですが、けれども、「減ったと思うか」ということで、イエスと答えた人はこれ、ノーと答えた人がこのぐらいですね。ここら辺は「あんまりそう思わない」という人。北のほうはですね。なんですけれども、関西のほうはイエスと答える人が多くなります。

これは、1日当たりの羽化個体数を石川県の水田5枚での観察。7月のデータですが、5枚で、1989年にはこれだけいたんだけど、2007年にはほとんどいませんと。20年前の大体100分の1以下になっています。

さて、先ほど言いましたように、アキアカネの生活環というのは水田の水管理カレンダーにぴったり合っています。アキアカネというのは、ご存じのようにペアで水田にやってきて、卵を産みます。卵は、水を抜いた後、畑の中で春まで休眠しています。田植えが始まって水が入ってくると幼虫になって、成虫になる。羽化すると間もなく山に移動するんだよという話です。暑いときは山で過ごして、性的に成熟して低地へ戻ってきて、あのアキアカネの大群になるんだそうです。この生活環で、田植え、稲刈りというここら辺、水が入っているところで羽化して生活してと、ぴったり合っているわけですね。ですから、我々と共生生物であるというわけです。

じゃ、質問ですが、何で赤とんぼは減っちゃったんだろうかと。こういうときに、できるだけ考え得る仮説を立ててみます。この場合は4つの仮説が立っていますね。

まず最初、水田の面積が減ったからとちゃうかと思うわけですが、それはそういうわけでもなくて、544万ヘクタールから479万ヘクタールということで、アキアカネが100分の1ぐらいに減っているということにはどうも説明がつかないというわけです。

じゃ、今度は、最近開発された農薬の影響はどうだろうか。田植えの時期に集中的に使われる農薬の影響かもしれません。最近、田植えのときに使われている浸透性殺虫剤というのがあって、これを使うことによって健康被害がなくなって、農家さんはすごく喜んでます。植物体内には長く残るんだけど、水中に残った殺虫剤は1週間程度で分解する。非常に環境に優しい。ですが、ちょうどアキアカネの幼虫が田植えの時期にふ化するために、最も浸透しやすいということになっています。

さて、可能性の3番目。温暖化の影響があるんじゃないかと。先ほどの琵琶湖と同じように、温暖化って何か影響しているだろうかということですね。アキアカネが夏を越すには、大体23度以下の山地が必要と言われています。これは、昭和41年から50年の気温ですね。大体、ここら辺がアキアカネが夏を越すのに適した色です。最近はどうかという、減っていますね、やはりここら辺が特に。実際、アキアカネは西日本で顕著な減少が見られているというわけです。ですから、温暖化も少し影響するかもしれません。

まだあります。温暖化の影響、もう1つ。赤とんぼと捕食者との関係が変わったかもしれない。かつてアキアカネの幼虫には、強力な捕食者がいませんでした。だから、あんなにたくさんいたんだと。今は容疑者が2人ほどいまして、ウスバキトンボという放浪性の種ですね。これは、昔は8月ごろ来ていたんですけども、最近4月ごろにやって来るようになって

いる。これも温暖化じゃないかと言われていました。そういうのが幼虫を食べてしまうんだと。もう1つの容疑者はギンヤンマです。ギンヤンマは、いつもは5月ぐらいに来ているのに、最近4月ぐらいに来ていると報告されています。これもやはり、もし水田で産卵するとすると、強力なアキアカネの幼虫の捕食者になるだろうというような感じです。

というわけで、いろいろ言いましたが、まだ証拠不十分ではっきりしたことは言えないんですね。ですが、えい、やあと丸バツをつけるとこんな感じで、やはり農薬の影響あたりは少し可能性が高いんじゃないかというふうに考えられます。

トンボが減った理由を考えてきたんですが、我々の周りの原風景のような景色が失われてトンボが減っていくということは、1つの要因でそういうことを説明できなくて、いろんな要因が重なってこういうことが起こっているんだというふうに考えて、ですから、これだということとはなかなか言えません。

じゃ、この農薬について少し考えてみたいと思います。今までは、こういう危機があるとか、減ってしまった、減ってしまったことに関して、いろいろ調べていますという話でしたが、次は、もうちょっと積極的に農薬を使わないように、環境に優しいことをしてみようというお話をしたいと思います。生物間の相互作用を利用した、環境に優しい無農薬あるいは減農薬の農業生産への取り組みということもしていますので、そのお話をしたいと思います。

これは、調査地は京都府の美山町です。これはかやぶきの里と言われてはいますが、こんな感じでいいところです。日本の原風景というような感じのところです。

中山間地農業の特徴。中山間地というのは、里山というふうに読みかえてください。里山の特徴なんですけど、豊かな自然を背景に多種多様な害虫が圃場で発生します。ただし圃場周辺の自然環境には、やはり多種多様な天敵も涵養されているというわけですね。中山間地というのは日本の農地の約4割を占めていますが、無農薬、減農薬の取り組みがさかんです。とくに日本には、外国からの安い野菜が入って来たりしますので。それから、高齢化、女性化が進んでいるところですね。ですから、労働力が小さい、複雑な作業は困難である、こういうような特徴がある。しかし、農薬の利用を減らして、環境に優しく、里山に適した、中山間地に適した農業技術の開発というのが望まれているわけです。

美山町を上から見ると、こんな感じですね。畑、水田があつて、ハウスがあつて、こういう感じですね。ハウスというのはかなり間隔が空いた感じであります。あとは目ぼしいハウスはこの範囲にはない感じです。

もうちょっと近づいてみると、これがこんな感じですね。美山町はミズナ生産を力を入れてやっています。これもミズナハウスなんですね。中へ入ってみますと、こんな感じになっていますね。これが要するに京の伝統野菜みず菜というものです。これで、2畝で大体9,000株植わってしまして、播種期をずらしたミズナのちっちゃい芽出しがここに9,000株あると。大体、標準的なサイズですね。

ここで、ミズナ栽培で農薬散布対象になった害虫の構成を見ると、2003年、4年をみると、コナガというのが圧倒的に農薬を使っているとわかります。実際に最も問題となっているのは、コナガの幼虫であるというわけです。

ミズナ生産におけるコナガの発生状況と対策状況ですね。4年間調べると、コナガが発生したハウスがありますよ。で、対策をした、つまり農薬をまいたり何かしたというハウスは

こんな感じで、春から秋にかけて問題になっています。

コナガといっても、皆さん、何かいなと思うかもしれません。こういうちっちゃなガですね。背中にちょっとダイヤのような紋を背負っているので、ダイヤモンドバックモスと英語で言います。これは幼虫で、うんとちっちゃいです。拡大してありますが、こいつが農薬の抵抗性も強くて、大害虫になっています。

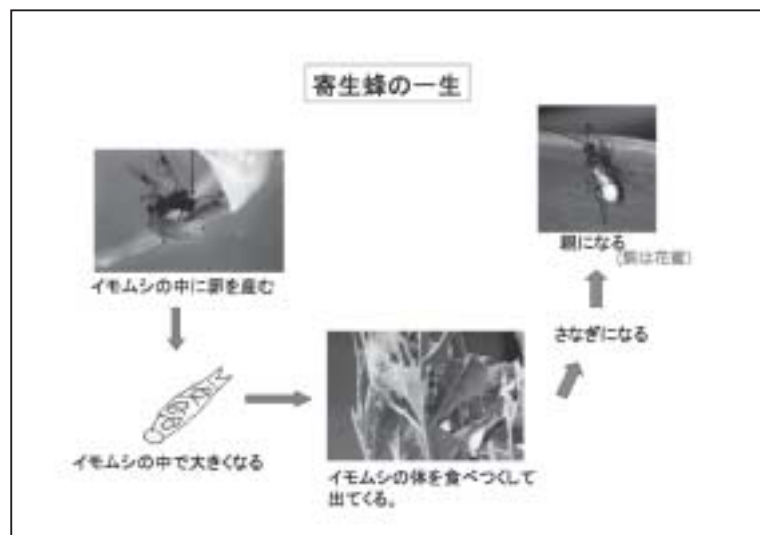
ミズナというのはアブラナ科です。ミズナハウスの周辺の様子を見てみますと、ここ、ミズナハウスがあるとずっと水田があつて、ここら辺をよく調べてみますと、アブラナ科の雑草でイヌガラシというのが生えていますが、その上に白いものが見つかることがたまにあります。これは何かというと、コナガコマユバチの繭です。コナガコマユバチというのは、さっきのコナガの幼虫の天敵です。そういうのを寄生蜂というようにいいますが、これがそうですね。大体、体長5ミリの美しいハチですが、社会性じゃなくて単独性のハチです。これが飛んでいると、蚊が飛んでいるのかハチが飛んでいるのかよくわかりません。

この寄生蜂の一生というのをご説明しますと、イモムシの中に卵を今産んでいます。おしりの産卵管から卵を産むと、卵がイモムシの中で大きくなります。イモムシの中を食べ尽くして、イモムシのおなかの横を突き破ってハチの幼虫が出てきます。さなぎになって、親になります。親のときのえさは花の蜜です。また、攻撃すると。これはコナガコマユバチではなくて別のハチの写真ですけど、コナガコマユバチも同じです。

こういうような生活史を持っているというのは、映画の『エイリアン』というのがありますが、このエイリアンとほとんど同じ生態です。ですが、唯一違うのは、コナガコマユバチというのはコナガの幼虫にしか寄生

できません。ほかの、例えばモンシロチョウの幼虫の青虫に卵を産んでも、うまくいかないんですね。寄生する相手が決まっています。

さて、コナガコマユバチは、コナガが発生したらハウス内になぜかあらわれてきます。これが例です。これはコナガの発生ですね。これはコナガコマユバチの発生で、ずっとないんですけど、コナガが発生してくると、コナガコマユバチも追いかけるようにあらわれます。11棟やって、7棟でそういうことが起こりました。なぜだろうと思いました。先ほど言いましたように、ミズナハウスがここにありますがね。ここにコナガコマユバチの繭があつて、ここからハチが羽化したとします。でも、ここにミズナハウスがあつて、その中にミズナがあつて、そのミズナがコナガの幼虫に食われているということをここからどうやってわかるのか。少なくともこういう外から入っていかない限り、ハウスの中にはもともとハチはいないわけですね。どうしてだろうかと。



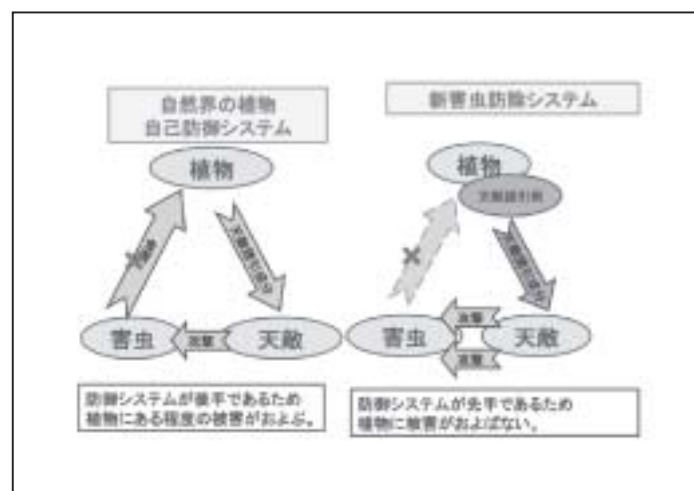
その理由は、この図のような
感じですか。「ボディーガードを
雇う植物」というように書いて
あります。これはいろんな植物
でそういうことが成り立つんで
すが、植物というのは、イモム
シとか葉っぱを食べる害虫の食
害を受けた植物というのは、そ
のイモムシの特異的な天敵の寄
生蜂を誘引する特別な香り成分
の生産を始めるという、ことが
あります。そういうことを自然
の中で防衛として進化させてきて
いるんですね。



今、香りのことを SOS と書いてありますが、助けてとかいうようなにおいを出すとハチは
やってくる。これはコナガでも同じで、コナガに食べられるとコナガコマユバチを呼び寄せ
るような物質をミズナというのは出すんですね。ですから、ハウスから遠い畑のあぜ道沿い
のアブラナ科雑草の上で羽化しても、ミズナハウスの中からそういうにおいが漂ってくれば、
ハチはハウス内にやってくる。ただ、若干手遅れになります。ハチがやってくるのはコナガ
の被害はかなり出た後ということです。

自然界の、自己防御システムで説明したやつですね。まず、虫がやってきて植物を食べ
ると、植物は天敵を呼び寄せる SOS 信号を出す。で、天敵が害虫をやっつけるわけですね。そ
うすると、後手になります。食われないと出せないわけですね。植物にある程度被害が及ぶ。
及んでも自然ではいいのかもしれませんが。ただ、農家さんが出荷するためにはこれではいけ
ない。

新しい害虫防除システムをこれに
あやかっって少し考えてみると、まず
天敵誘引剤をつくっておいて、植物
に置いておこうというわけです。天
敵を呼び寄せておくと、害虫が来て
被害が及ぶ前に攻撃してくれるので、
防御システムが先手になるので植物
に被害が及ばないだろう、こうい
ふに考えたわけです。実際に起こ
っているのをもうちょっと強化して、
タイミングを早くしてやればうまくいくんじゃないかなという話です。



このコナガに食べられたアブラナ科植物が出している SOS 物質を調べてみました。そうす
ると、コナガ被害植物から出る香り成分がわかって、その中でも A、B、C、D の 4 成分が天敵誘
引成分であるということがわかりました。これを解析するのに結構時間がかかるんですけど
も、詳しい経過は省略します。じゃ、この物質を混ぜて、トイレの芳香剤のようなものに入

れて置いておいたらよかろうと、こんな感じですね。こういうふうにしたら、ハチはやってきていいんじゃないのと考えたわけです。

そのときに、じゃ、ここら辺に置いておいて入ってきたとします。入ってきたんですけど、1 つ問題があつて、それは、ハチはさっき言いましたように花の蜜を食べて生きています。ハウスの中には花がない。当たり前といえば当たり前なんですけども。蜜があるとないとで、ハチの働きがどのぐらい違うだろうかというのを調べてみました。蜜がないと、ちょっと働くだけでへとへと。生涯にコナガを大体 27 匹殺しますというわけですね。ところが、えさをずっと与えていくと、頑張って大体 1 匹が 200 匹ほどもコナガを殺してくれる。じゃ、えさを置いてやろうということで、こういうようなビンをおきます。これは単にハチみつが入っているんですが、ハチを元気にするというので「ハチゲンキ」という名前をつけています。これを置いてやるというわけですね。これでコンセプトは完成です。



これはミズナハウスですね。ハウス周辺のアブラナ科雑草には、さっきのハチがひっそり暮らしているわけです。コナガはいつ進入してくるか予測不可能です。進入したときに、そういうような誘引剤とか活性化剤を置いておかないと、最初発生して、さらにその次世代が大発生して、大被害を与えるということですね。で、農薬の散布を余儀なくされる。さて、誘引剤——誘引剤のことを「ハチクール」という名前にしていますが——「ハチクール」でいつも誘引しておく。「ハチゲンキ」というもので元気にしておくと、いつでもパトロールしてくれるので、コナガがいつ入ってもすぐに寄生してくれるわけです。その結果、これ以上増えたら農薬をまくという基準以下に抑えることができるというわけです。

じゃ、呼ぶといっても何匹呼ぶか、何百匹も呼ばないとだめなのかどうかということですね。9,000 株が植わっているミズナハウスに何匹呼んだらいいのかという話ですが、これ



の答えを得るために、コナガの増殖率とかハチの産卵能力とか寿命とかいろいろ調べて、結構時間がかかるんです。結果として、この程度のハウスなら大体 3 日間に五、六頭いればいいと。だから、1 日 1 匹か 2 匹コンスタントに来れば、このミズナはコナガの被害から免れる、あるいは農薬をまかないレベルに下げられるということがわかりました。逆に言うと、何もしない場合、五、六頭が来ないんですね。

あんまりにも少ない見積もりなので、実際ほんとうかというので、これを調べてみました。

実験は、研究所にあるハウスで実験しました。このときはコマツナにしています。葉っぱの形がミズナはぎざぎざして調査に向かないが、コマツナは丸いのでいろいろよくわかるからです。ハチを5匹放した区が赤ですね。こちらが5匹放さない何もしない区。37日後です。放さないとコナガがどんどんどんどん増えて、もうコマツナがぼろぼろですが、放すとちゃんと1カ月後でもコナガが低いということで、5匹ぐらいでオクケーだろうということがわかりました。

「ハチクール」と「ハチゲンキ」はまだ研究段階ですので、こういうものが市販されているわけではありませんのでご注意ください。ハチクールを置いておきますと、天敵が来るのか、あるいは害虫が来るのかというのは、こういう黄色い巨大なゴキブリホイホイみたいなものを置いておくんですね。ここにくっついた害虫とかを見るんです。11棟の処理ハウスと無処理ハウスの結果です。無処理ハウスの、これはコナガの捕獲数はこんなんですが、処理すると大体かなり下のラインで推移したということです。トータルしますと、捕獲されたコナガの個体数というのは無処理ハウスで剤を設置するとうんと減るということですね。ハウスの割合を見てみると、半分ぐらいに減らすことができたというわけです。

植物と寄生蜂が本来持つ力をうまく利用することで、コナガの発生割合と発生量を低減することができました。ベースとなる基本的な現象というのは、このボディーガードを雇う植物という、食われたときに天敵を雇うようなことを自然の中で植物が身に着けてきたんだということです。そして、ちゃんと寄生蜂が周囲の環境にいるんだということです。逆に言うと、このような技術は自然があって寄生蜂が暮らせる環境がないといけないわけです。先ほどの場合は、あぜ道にあるイヌガラシとか、そういう野生のアブラナ科でひっそり暮らしているハチたちがいるわけですね。そういうハチたちの力を少しうまく利用して、環境に優しい農業というのはできるかもしれないというように考えているわけです。

今は主に里山の話でしたけども、里山の奥には森があって、反対側には都市があって、里海——湖か海かそういうようなものがあって、結局はそういう生態系の連続性という文脈でものを考えることが大事です。つまりこれはそれぞれが独立しているわけじゃないので、つながっているという中で保護すべき自然というのがあるんだろうと思います。さらに、それが刻々と変化していると。昔はこうだけど今はこうで、コイが来れなくなりました。でも、じゃ、こっちにしましょうというのではなくて、そういう刻々と変化している実態というものを認めて、その中で自然というものを考えていく必要があるんだと思います。

最後のお話です。関係性がつむぎ出す生き物を支える仕組み、生物間相互作用ネットワークの大切さということを最後にお話したいと思います。地球上の多様性というと、これはネットで引くとすぐ出てきますが、大体140万種いるんだろうと。未知の種を合わせると、3,000万種とかもつといるだろうという話になっています。単年度当たりの絶滅速度、これもネットを見ると出てきます。昔はうんと少なかったんだけど、今はこんなに1年に減っていますねということが書いてあります。生態学に課された重要な課題というのは、この長い進化の賜物であり、我々を含むさまざまな生物の命を守る仕組みである生物多様性を理解し、保全していくことだということです。そのためには、数を調べるということも大事なんですけども、その多様性がどのように維持され、促進されてきたのかを明らかにすることが大事だというふうに考えています。

生態系の基本構造というのは、植物があつて、それを食べる植食者がいて、それを食べる捕食者、大体この3者の関係ですね。それが「食う食われる関係」になっています。これを積み木にたとえるのがほんとうにいいのかわかりませんが、積み木はだんだん積んでいくと壊れやすくなりますが、生態系というのは複雑なんだから壊れにくい構造をしています。ですから、単に食う食われるの積み上げではない。生物多様性というのは直接的なつながり、すなわち「食う食われる関係」、食物連鎖のみに注目しているだけでは十分ではないというのが私たちの主張です。

じゃ、どう考えるのか。それは、生物間相互作用ネットワークという概念で考えるべきだと思っています。それは、食う食われるという直接的な相互作用だけではなくて、情報をやりとりする関係など間接的な相互作用までを含めた考え方が大事だと言う考え方です。これはフラーレンという化学物質ですけども、これはすべての方向につながっていますね。それでもものすごく安定なわけですね。思いもかけないようなところに生物のリンクがあるということまで考えると、生物の多様性がより深く理解できるんじゃないかなというように考えています。

例えば、先ほど話したボディーガードを雇う植物というのでもそうですね。「食う食われる関係」にはない、植物と天敵との情報をやりとりする関係というのがありました。でも、そういうのはこれまで、植物がそんな食われてボディーガードを呼ぶようなことをするわけがないと思われていたんですね。植物の特徴的な点は何かといいますと、例えば鳥が虫を食べるとこれは死んでしまいます。ところが、虫が植物を食べるとどうなるかというと、変わるだけなんですね。枯れるということはあんまりなくて、変わります。どう変わるかというと、ごちゃごちゃ書いてありますけども、葉っぱの形が、かたさが変わる、花の数が変わる、根っここの形が変わるとか、いろんなものが変わる。いろんな形で変化します。ですから、死なずに変わるというのが植物なんですね。

ある虫がヤナギを食べますと、ヤナギは変わります。すると、その後でやってきたアブラムシは、変わった植物を食べなきゃいけないわけですね。これがまずくなっているかもしれません。すると、このラインは、実はこことこの間には目に見えない間接効果というのがあるんですね。そういうのも非常に重要な役割を果たしていると考えられます。

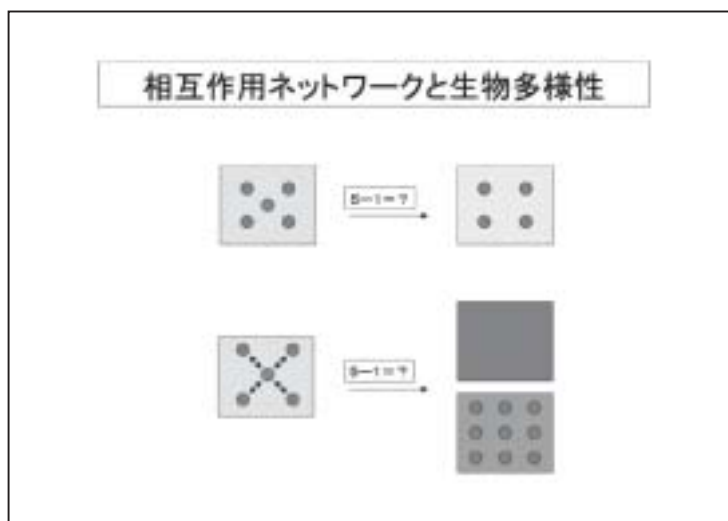
これはヤナギの上です。秋にアワフキムシが食べます、春になるとハマキが食べて葉っぱを巻きます、羽虫が食べますという感じですね。これだけ見ると、ああ、そうかと思うんですが、アワフキが食べると、春に新しいシュートがいっぱい出ます。すると、ハマキは使いやすい、柔らかい葉っぱがたくさん出て増えます。というような、植物を介した関係が出てくるんですね。アリとかを入れると、実はこんないろんな関係が、時間のおくれをとった目に見えない関係というのが見えてきます。こういうようないろんな生物が、例えばヤナギの上で1年間を通じて暮らしていくという1つの理由だろうと考えられるわけです。すなわち、生物の多様性を支える仕組みの1つというのがこの間接相互作用網あるいはネットワークであらうというふうに考えています。

私たちの研究所は、ランビル国立公園での研究も行っています。熱帯というのは、言うまでもなく高い多様性が見られるところですね。そこで長期観測をしたりしています。そうすると、ある年に急にみんな一斉に花が咲く一斉開花現象とかが見えてきますが、そういうこ

とをしている中で、例えばフタバガキの花粉の流れを見ると、こんなすごく遠いところまで運ばれているということがわかります。その運びというのがこのオオミツバチということで、熱帯林の多様性は生物間相互作用に支えられているということがわかってきました。

さて、最後、そろそろまとめたいんですが、キーワードは相互作用ネットワークと生物多様性です。今、あるところに5つの生物がいます。1種が絶滅したとすると、それは4種になるだけだというんですが、しかし、その5種がお互いに何らかの間接的相互作用を持っていると、引き算は必ずしも4ではなくて、ゼロになる場合もあるし、増える場合もあると。これが間接効果です。

例えば、中国で昔スズメを大量に駆除すると。スズメは稲を食べるから駆除しよう。すると、豊作のはずが大飢饉になった。それは、スズメが実は害虫を食べていたんだということです。害虫を介する間接効果があるというようなことがあります。あるいは、マングローブの林をエビの養殖場にすると、実はマングローブというのは海からの風、塩害を防いでいた、



あるいは魚の産卵場所や避難場所になっていたんだと。ここをなくすと、魚がとれなくなつて作物が育たなくなった。これもマングローブを介する間接効果ですね。こういうような間接効果です。ですから、生き物の命を守る仕組みとしての生物間の間接効果というのは、非常に重要だというふうに思います。

『もののけ姫』という映画がありますね。『もののけ姫』の中に、こういうこだまというのが出てきます。こだまというのは、映画の中では何かの象徴でいろんなことをしたりなんかしていますが、思うに、この『もののけ姫』におけるこだまというのは、生物の多種共存を促進間接効果みたいなものじゃないかなと思っています。

きょうは4つのお話をしてきました。その中で、最初に言いましたように、「いまそこにある危機」というのはあるんですが、それと対決するというのではなくて、それと共生するような形で我々は自然を考えていかなきゃいけないということをお伝えしたかったので、少し何となくそういう感じがつかめていただいたら非常にうれしいです。

以上です。どうもありがとうございました。(拍手)