

< 講演録 >

京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウム

日時 2015 年 8 月 6 日 (木) 19 : 25 - 19 : 45

場所 コープイン京都 202

話し手 高林純示 (京都市生態学研究センター 教授)

司会 村瀬智子 (日本赤十字豊田看護大学 教授)

生態系における生物間相互作用・情報ネットワーク

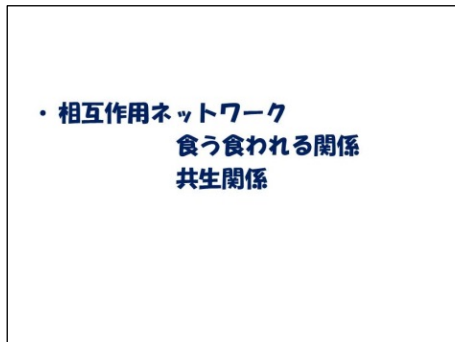
村瀬智子●続いてのご講演をお願いしたいと思います。続いては、京都市生態学研究センター教授の高林純示さまでございます。テーマは、「生態系における生物間相互作用・情報ネットワーク」です。では、高林さま、どうぞよろしくお願いいたします。

高林●京都市生態学研究センターの高林です。生物間相互作用・情報ネットワークという考え方をご紹介します。

◇スライド 2～6

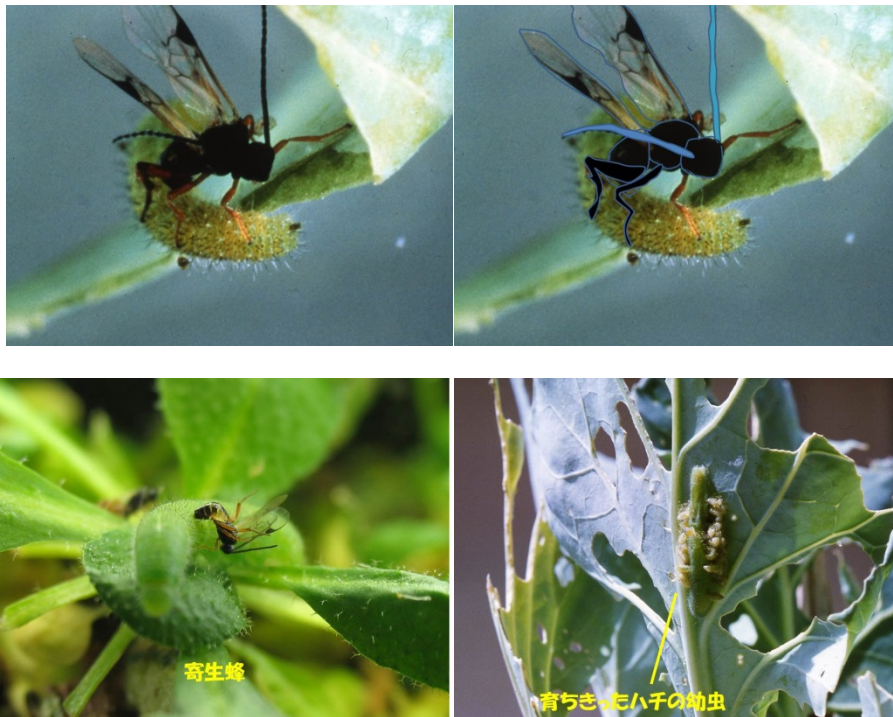
相互作用・ネットワークというのは、「食う食われる関係」です。共生する関係もありますが、比率的には食う食われる関係が多い。たとえば、チョウは植物の花粉を運んだりするけれど、実際は卵を葉に産んで、幼虫は植物を食べてゆく。食う食われる関係です。

・ 相互作用ネットワーク
食う食われる関係
共生関係



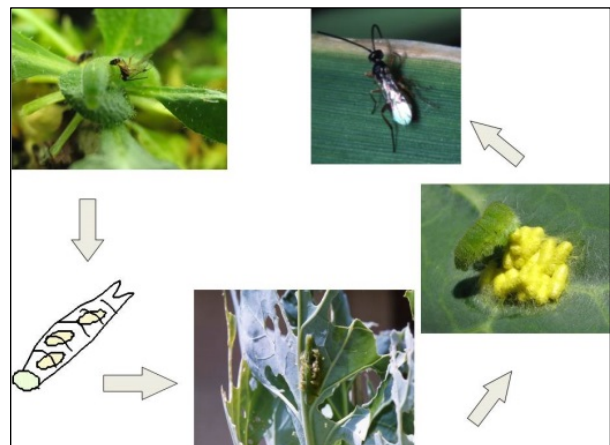
◇スライド 7～10

スライド 7 は、京都医療科学大学の佐藤芳文教授より頂きました。下がモンシロチョウの幼虫で、上に黒い虫がいます。これはハチです。寄生蜂というハチがいて、なにかしている。横から見るとこんなかたちで、針で刺しています。刺しているのは 1 秒程度ですが、この短い時間に 25 卵くらい幼虫の中に卵を産みこみます。10 日くらいたつと、幼虫の横から変なものが出てきます。さきほどのハチのお母さんが産みこんだ子どもが育ちきって出てきたのです。これも食う食われる関係のひとつです。



◇スライド 11

寄生蜂はこうやって卵を産んで、子どもはイモムシの幼虫をゆりかごにして育て、成長しきったら脱出し、繭をつくって成虫になって、またアオムシを殺す。



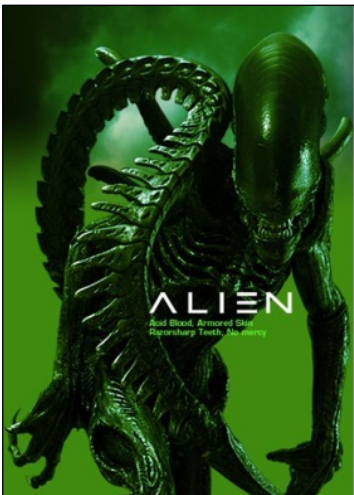
◇スライド 12～15

ナナホシテントウもアブラムシを食べます。またアブラムシに寄生するハチの一種に、エルビアブラバチという寄生蜂がいます。アブラムシは丸で囲ったところにいます。ハチは卵を一個産んでいます。しばらくたつと、寄生されたアブラムシは、ミイラのようになってしまって、中からハチが出てくるというものです。



◇スライド 16

寄生蜂と同じ生態をもった想像上の生きものがあります。『エイリアン』という映画がありました。第一作が1979年でした。これも、寄主（人間）のなかに卵を産みこむ。孵化した幼虫は寄主を殺さず、栄養を横取りする。最終的に人間から脱出して、そのさいに人間は死ぬという映画です。寄生蜂と同じです。このような生物を、生態学では捕食寄生者とよびます（スライド写真は



寄生蜂と同じ生態を持った想像上の生物

- 寄主の中に卵を産みこむ
- 孵化した幼虫は寄主を殺さず栄養を横取り。
- 最終的に寄主から脱出
その際寄主は死ぬ

→ **捕食寄生者(殺寄生者)**

捕食寄生する相手
宇宙人
人間
犬

<http://movies.foxjapan.com/avp/creatures/alien/04.jpg> より）。

◇スライド 17

エイリアンの場合は、捕食寄生する相手は宇宙人でも人間でもなんでもよいのですが、寄生蜂の場合は、なんにでも寄生できる寄生蜂はいません。あるハチは、あるイモムシに寄生して、ほかには寄生できない場合が多いです。さきほど出てきたアオムシコマユバチはもっぱらアオムシに寄生しますが、コナガの幼虫には寄生できません。コナガコマイバチはコナガの幼虫に寄生するが、アオムシには寄生できない。そういう関係になっています。

**何にでも寄生できる寄生バチはいない
(寄生できる相手が決まっている)**

例

アオムシコマユバチ	→	主にアオムシ
コナガコマユバチ	→	主にコナガ幼虫
カリヤコマユバチ	→	アワヨトウ幼虫のみ
エルビアフラバチ	→	主にエンドウヒゲナガ アフラムシ
ルビーアカヤドリコバチ	→	ルビーロウムシ

◇スライド 18

これはコナガに寄生する、コナガサムライコマイバチです。寄生蜂の体長というのは、だいたいアンテナを除いたら 2mm。1mm 目合いのメッシュの上を歩いているので大きさがだいたいわかります。寿命は 10 日程度です。写真は小原義嗣博士より頂きました。



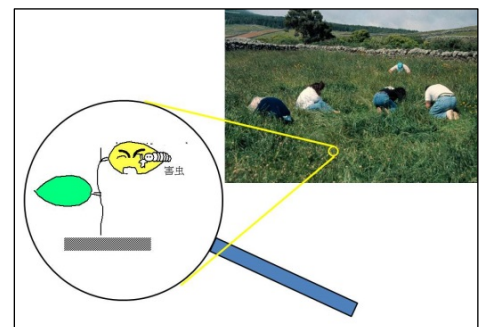
◇スライド 19

我々があるイモムシを探す場合を考えてみます。身長が 1m70cm の人間が 5 人集まって、1 日かかって探しても、低密度の場合は、なかなか見つからないことがあります。けれども、10 日しか生きない、2mm のサイズのコナガコマイバチは、低密度で生息している自分の寄生する相手を見つけることができるのです。



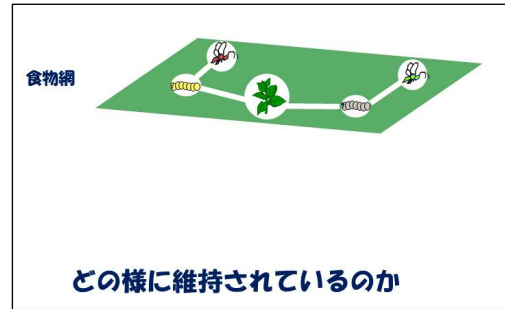
◇スライド 20

どうやって見つけているのでしょうか。ハチも、人間と同じようにランダムに探していたら、絶対に見つからないでしょう。ところが現実では、植物がいて、それを食べるイモムシがいて、それに寄生するそれぞれの寄生蜂がいるわけですから、なんらかの方法で寄生できるイモムシを発見しているわけです。



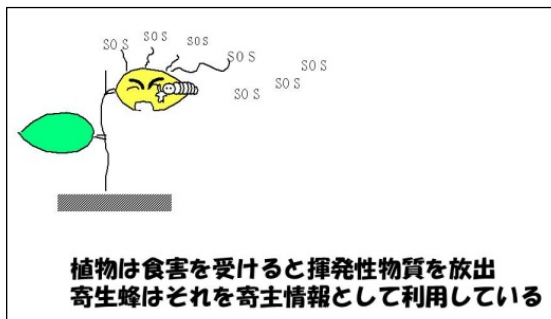
◇スライド 21

どのように見つけているのか。結論を言うと、植物はイモムシに食われたときに特別な匂いが出る。コナガに食われたときには「コナガに食われている」という匂い情報が、植物の葉から出る。コナガに寄生するコナガサムライコマイバチは、その匂いに引きつけられるため、寄主を発見できるわけです。



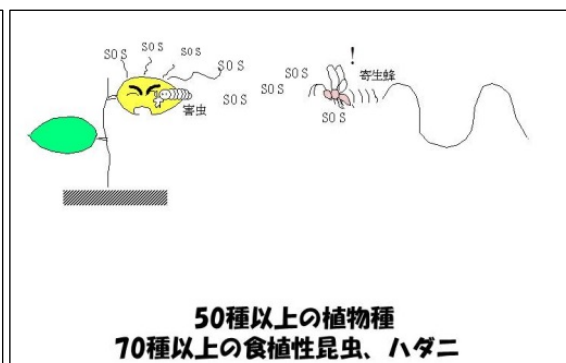
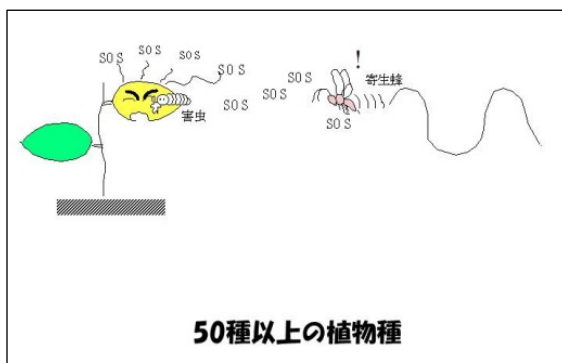
◇スライド 22、23

植物は食害を受けると揮発性物質を出して、寄生蜂はそれを寄主の情報として利用しています。右は実写で、寄生蜂がホバリングしながらイモムシに近づいていって、ランディングして、寄生しているところです。スライド 23 はスイスのニュシャテル大学の Ted Turlings 博士より頂きました。

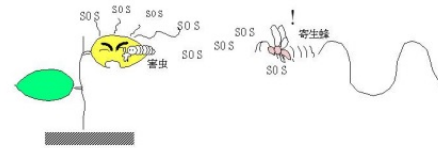


◇スライド 24～27

植物と天敵の情報をやりとりする関係というのは、50 種以上の植物、70 種以上の害虫で報告されています。寄生蜂だけではなくて、捕食性のダニとか、地下にいる、昆虫を食べる線虫とか、鳥でさえこういう匂いを使ってエサを探しているということがわかっています。つまり、われわれにはわからないような微量なかおりで、寄生蜂など、植物にとっての害虫に寄生する昆虫を雇う戦略というのは、多くの植物で採用されています。



我々にはわからないような微量なかおり情報で寄生蜂を雇う戦略が多くの植物で採用されている

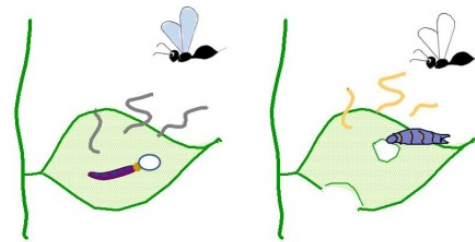


50種以上の植物種
70種以上の食植性昆虫、ハダニ
20種以上の捕食性天敵（寄生蜂、捕食性ダニ、線虫、鳥）

◇スライド 28

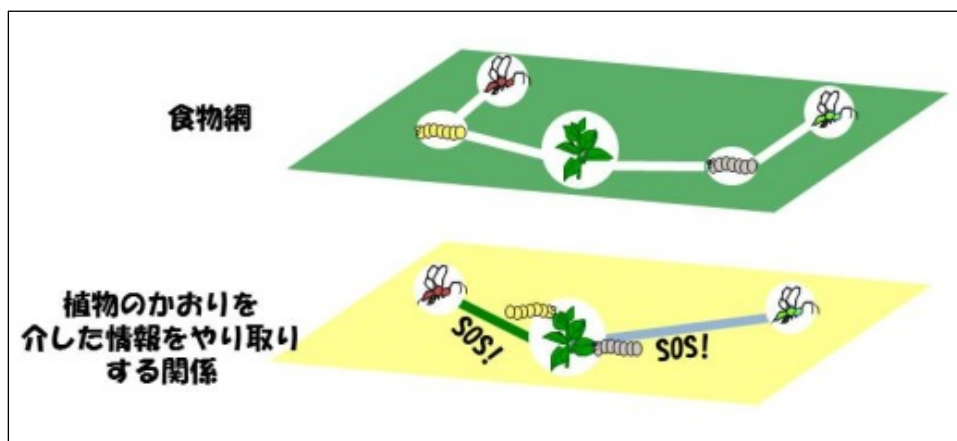
さらに植物は、擬人的に言うとも、いま誰に食われているかというのをわかっていて、加害しているイモムシに寄生できる寄生蜂を特異的に呼ぶことができる。違うイモムシに食われたら、微妙に匂いのブレンドが変わって、こんどはこのイモムシに寄生できるような天敵がやってきます。

さらに・・・
植物は、植食者の種に応じて匂いのフレンドを変えている



◇スライド 29

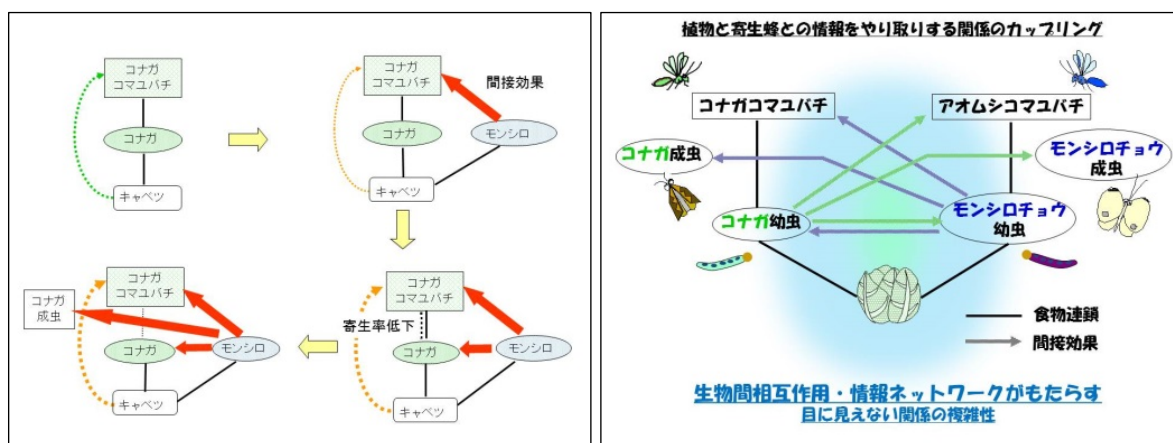
食物網がどう維持されているのかを理解するためには、食物網の下に、情報をやりとりする関係という階層が、目に見えないかたちである点に注目する必要があると思います。われわれには嗅いでもわからないような微量なかおりで情報をやりとりする関係が、食害される植物と天敵のあいだにあり、それが目に見える食物網を維持しているのだと考えることができます。



◇スライド 30、31

実際、植物というのは複数の害虫に食われることが多いのです。それぞれ幼虫に食われるとそれぞれの天敵を呼ぶのですが、一気に食われると、とたんに両方の天敵を呼ぶような匂いというのは出せない。ある意味混乱した匂いになります。そういうような混乱が生じれば、一気に食物網というシステムは複雑になって、間接効果がどんどん生まれてきます。これに関しては時間がないので説明しませんが……。

生物間相互作用と情報ネットワークがもたらす、目に見えない間接効果がある。われわれがわかるのは、食う食われるという実線だけなのですが、その背後には様々な間接効果が、かおりという情報をやりとりする関係のなかから生まれてきているということです。



◇スライド 35、36

植食者も植物のかおりを情報として使う話として、夜の植物のかおりの話をします。アワヨトウというのは夜行性です。ヨトウは、「夜に盗む」と書きます。写真のアワヨトウはトウモロコシの葉を夜に食べています。

植食者も植物のかおりを情報として使う

一夜の植物のかおり

植食者

夜行性 (Sato et al, 1983; Kanda 1988)

アワヨトウ

植物

トウモロコシの匂い放出には日周性がある。
(Turlings et al, 1998)

トウモロコシ

◇スライド 37

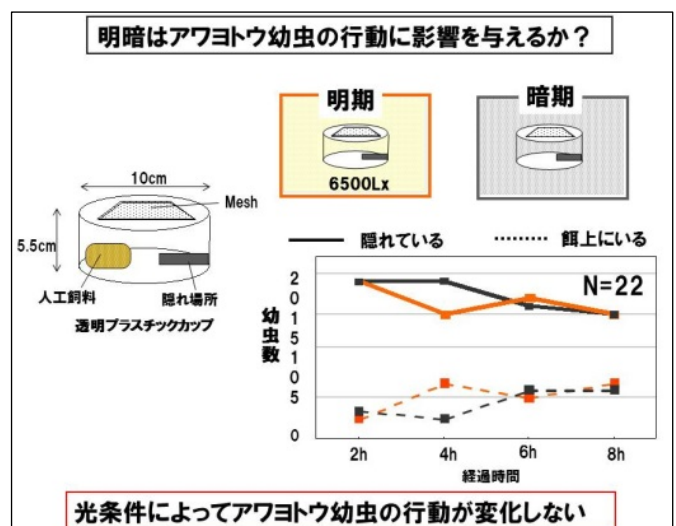
私は修士のころからアワヨトウを飼っていて、あるときポスドクの人に「一週間ほど出張するから、代わりに飼育して」と言ったのです。飼育してもらったあとの会話で、その人が「アワヨトウは夜行性ですよ」と言っていて、私が「そうだね」と。「でも、人工飼料で育てると、昼もよく食べていますね」と。このことを私はよく知っていて、「ああ、そうだね」と言ったのです。彼女は「不思議じゃないですか」と。私は絶句してしまったのです。自分の目が節穴であることを感じると同時に「なにげないことに不思議な点を見つけ出す力」が高い人がいるもんだなあと感じたことを覚えています。

ある研究員に1週間アワヨトウの世話をしてもらった後の会話

- ・ A「アワヨトウは夜行性ですよね」
- ・ 私「そうだね」
- ・ A「でも人工飼料で育てると昼も食べてますね」
- ・ 私「そうだね」
- ・ A「不思議じゃないですか？」
- ・ 私「……」

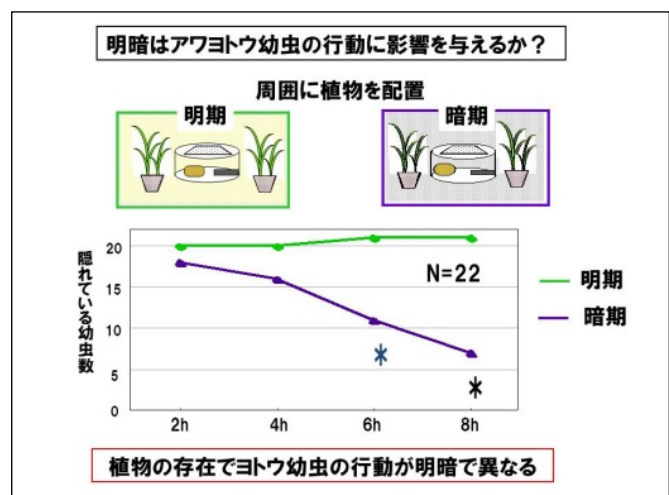
◇スライド 38

たしかに不思議だということで、こんな実験をしました。人工飼料で飼育します。隠れ場所を置いて隠れられるようにして、部屋が明るいときと暗いとき、いつ隠れているのかを調べました。オレンジの線が明期で、黒線が暗期です。見て明らかなように、明るかろうが暗かろうが、アワヨトウは同じ割合で隠れているのです。人工飼料の場合では、部屋の明るい暗いは関係なく、一定の割合で隠れているということです。



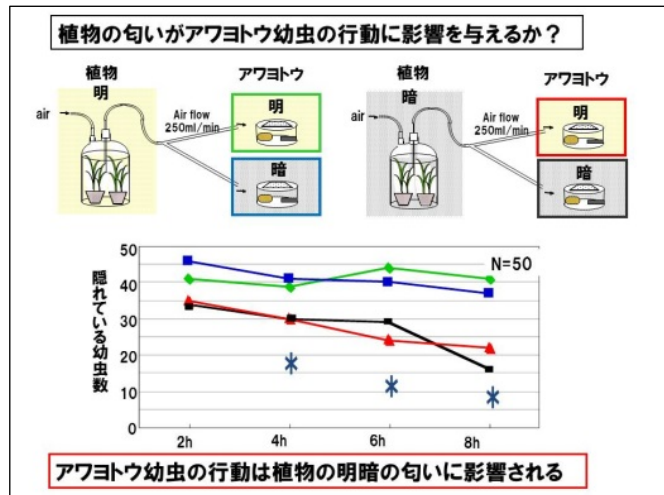
◇スライド 39

では、周囲に植物を置いてみたらどうか。植物を置くと、とたんに明るいときには隠れ、暗いときにはちゃんと隠れ場所から出て食べるようになる。だから、植物があれば、人工飼料でもちゃんと昼夜のリズムがとれるという話です。おそらく植物からの匂いが影響しているのでしょう。



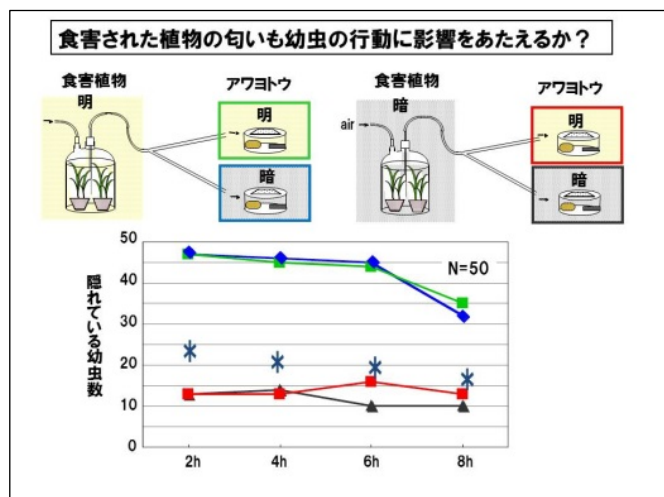
◇スライド 40

もうちょっと厳密にやりましょうということで、このような実験をしました。植物の昼の匂いを嗅がせると、アワヨトウは、明るかろうが暗かろうが隠れている。暗くした植物の匂いを与えると、明るかろうが暗かろうが、隠れている確率が下がる。つまり、アワヨトウは明るい植物の匂いと暗いときの植物の匂いがわかる。ちゃんと、暗いときの植物の匂いのときに、ご飯を食べに出るんだということです。



◇スライド 41

それを食害植物でやってみたらどうか。食害植物は食われるので、匂いをもっとたくさん出る。そうすると、同じ結果がもっとクリアに出る。やはり明るい植物の匂いを嗅がせると、周囲が明るくても暗くても関係なく隠れているということになりました。つまり、アワヨトウには周囲が明るい暗いは関係ない。明るい暗いというのは地球の自転によるものですから、世界でいち



ばん信用できるようなリズムなのだけれど、それを信用しないのです。明るい暗いではなくて、植物の暗いときの匂いが、彼らにとってのご飯を食べにゆく時間ということになります。

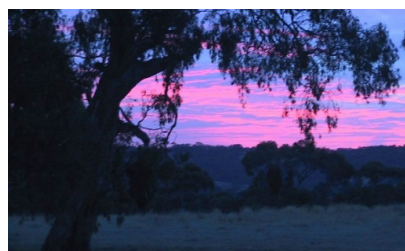
◇スライド 43

これはなぜか。アワヨトウが匂いを使って夜行性を決めている理由のひとつとして私が想像しているのは、寄生蜂が昼のかおりを使ってアワヨトウを探しているという事実です。昼のかおりが出ているかぎりには、いまは自分の敵である寄生蜂がそこらじゅうで探している時間なので、食事に出るのはやめておこうと。夜のかおりになったら、食べに出ても大丈夫。昼のかおりから夜のかおりに変わるのは、夜になってしばらくしてからです。のかおりを利用していると考えています。まだ仮説



◇スライド 44

いずれにせよ、昼から夜に変わる時間というのは、植物を基軸にした生きものの関係性がガラリかわる時間帯で、面白いことが色々起こっているのでしょう。



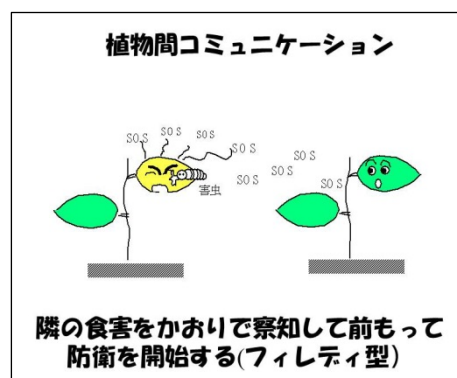
◇スライド 45

植物間のかおりコミュニケーションの話をします。『葉っぱのフレディ』という児童書があって、フレディとダニエルが、「生きるということはどういう意味か」を会話しながら最後に枯れていくという話なのですが、これほど哲学的な話をしているかどうかはわからないけれど、葉っぱというのはコミュニケーションをしています。



◇スライド 46

食害を受けると、植物は SOS で「いま、私は食われていますよ」というかおりを出して天敵を呼ぶのですが、となりの植物は、そのかおりを察知して、前もって防衛を開始します。まだ食われる前なのに、将来の危険に備えて防衛を開始するわけです。図は地上部でのかおりを介したコミュニケーションで、葉っぱのフレディ型コミュニケーションと勝手に呼んでいます。



◇スライド 49

「アバター」という映画があります。パンドラという星の植物の地下はつながっていて、コミュニケーションしているのですが、このようなかたちの地下部での植物間コミュニケーションもある。植物のコミュニケーションには、葉っぱのフレディ型みたいにかおりでコミュニケーションする場合と、アバターのパンドラ型みたいに地下でコミュニケーションするという2タイプがある。われわれの研究室では、いまのところフレディ型の研究を進めています。

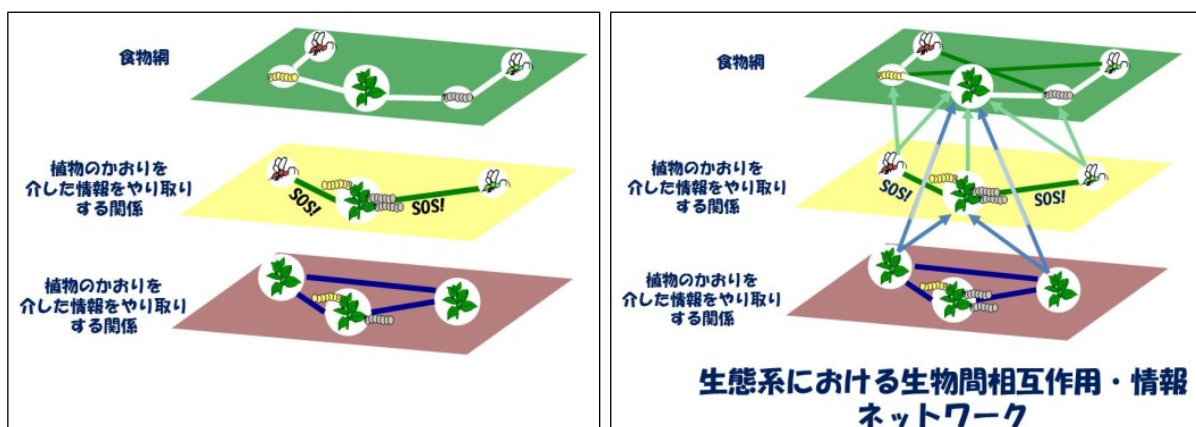
- ・ (葉っぱの)フレディ型
- ・ (アバターの)パンドラ型

◇スライド 50、51

食物網があつて、それを下から支えているのが情報をやりとりする関係だと先に申し上げたのですが、じつはそのさらに下に、植物のかおりを介して情報をやりとりする関係が植物間でもある。それが、さらに上を支えている。そういうのを生物間相互作用・情報ネットワークというように考えています。

植物間コミュニケーションというのは、基本的に傷ついた植物と健全な植物の間のコミュニケーションです。傷つき方は、虫に食われるだけではありません。さまざまな生物学的ストレスで放出される植物のかおりがコミュニケーションに使われているようです。

生物間相互作用・情報ネットワークというなかたちで生態系をみると、また新しいアプローチができるのではないかなと考えています。



村瀬智子●高林さま、ありがとうございました。