中学３年「生物と環境」の授業

山崎慶太（東京　和光中学高等学校）

１．はじめに

この単元では、中学３年間の生物学学習のまとめとして、食物網（食物連鎖）や腐食連鎖など生物どうしのつながりや、それらと無機的環境との関係、生態系における物質循環やエネルギーの流れなど、生物集団と環境との相互作用について学ぶ。

２．到達目標と具体的内容

（到達目標）

すべての生物は食物網でつながっていて、それに伴って物質が変化しながら移動・循環している。

（具体的内容）

①すべての生物は食物網でつながっていて、生物が生息する環境には必ず食物網がある。
②一定区域内の生物量（総重量）は、食物網の上位にいくほど極端に少なくなる。
③捕食者と被捕食者の間には弱肉強食ではなく、両者にとって利益のある関係がある。
④動植物の遺体や排出物は、小動物に食べられたり、菌類・細菌類によって分解されたりして無機物となり、再び植物に利用される。
⑤土壌生物のはたらきによってつくられた腐植土は、陸上に生息する生物の生存を支えている。
⑥生態系では、植物、動物、菌類・細菌類の三者のつながりの中で物質が移動・循環するとともに、エネルギーが利用されている。

３．指導計画(全 13 時間)

①食物網
②生物量ピラミッド
③捕食者と被捕食者の関係
④キーストーン種
⑤植物も食われ損はしない
⑥⑦落ち葉のゆくえ

⑧⑨微生物のはたらき
⑩⑪腐植土の性質とはたらき
⑫⑬自然界の物質循環

４．単元の大まかな流れ

すべての生物は、食う食われるの関係である食物網（食物連鎖）でつながっていて、それからはずれて１種類だけで生きている生物はいない。食物網の最下位には有機物の生産者である植物が位置し、最上位には大型の肉食セキツイ動物がくる。捕食者の個体数は被捕食者の個体数よりはるかに少なく、一定区域内の生物量（総重量）は、食物網の上位にいくほど極端に少なくなる。

捕食者と被捕食者の間には弱肉強食ではなく、両者にとって利益のある関係がある。被捕食者は天敵である捕食者に食べられることによって、個体数が増えすぎることなく、食物の不足を防ぐことができる。また、病気や足の遅い個体は捕食されやすく、それにより、感染症の蔓延が防がれ、生存に不利な遺伝子が取り除かれる。また、食物網の上位の動物の中には、そのすぐ下位の動物のうちもっとも競争に強い動物を補食して、その個体数を抑えている種が存在する。その種は食物網の要になっていて、その地域の種の多様性を保っている。植物もまた、ただ動物に食べられるだけではなく、食べられることを利用してより多くの子孫を残している。このように、捕食者と被捕食者は共に進化し続けている。

動植物の遺体や排出物は、小動物に食べられたり、菌類・細菌類によって分解されたりして、最終的に無機物になる。微生物は有機物を再び植物が利用できる無機物に分解するはたらきを担っている。したがって、微生物がいなくなると、遺体などの有機物は分解されず、植物が利用できる栄養塩類が不足してしまう。植物が生えている地表には数十㎝ほどの厚さの腐植土層が存在する。腐植土は土壌に生息する動物や微生物のはたらきによってつくられ、陸上や沿岸に生息する生物の生存を支えている。

生物界では、大気や土壌→植物→草食動物→肉食動物→微生物→大気や土壌のように、生物どうしのつながりの中で物質が移動・循環するとともに、エネルギーが利用されている。すべての生物は有機物中の化学エネルギーを利用しているが、その大元は太陽の光エネルギーである。

５．授業の展開

１時間目　食物網

●ねらい：生物が生息する環境には、必ず食物網があることを理解させる。

●準備

関東地方の山村・公園・湖沼それぞれの食物網の図(生徒配布用と黒板掲示用拡大コピー)

●課題を出す前に

①図「関東地方の山村で見られる食物網の一例」を生徒に配布し、同時に拡大図を黒板に貼る。「図中の矢印は，食われるものから食うものへと結ばれている。」ことを説明する。

②「図のように、食う食われるの関係は、多種の生物どうしでつながっているので、網目のようになっている。これを食物網という。これまで、生物どうしの食う食われるの関係を食物連鎖と習ってきたかもしれないが、生物どうしのつながりは単線ではなく複線の網目状なので，これからは、食物網とする。」ことを説明して板書する。

③図を示しながら、「食う食われるのつながりは何からはじまっているか。」と問いかけ，生徒から「光合成をする植物である。」ことを引き出す。次に、「その植物を食べる動物を何というか。また、その動物を食べる動物を何というか。」と問いかけ，生徒からそれぞれ「草食動物」、「肉食動物」の発言が得られたところで課題を出す。

※本書では、単線でのつながりを連想させる「食物連鎖」の用語は使わず、「食物網」とする(『生物学辞典』などでは両者は同義語となっている)。

④課題に対して生徒から、「公園を出入りする鳥などの動物は、公園の生き物として考えるのか。」などの動物の行動範囲を問題にする質問が出た場合、「公園もその動物が食物を食べる行動範囲に含まれるので、公園内の生物と考えてよい。」とする。

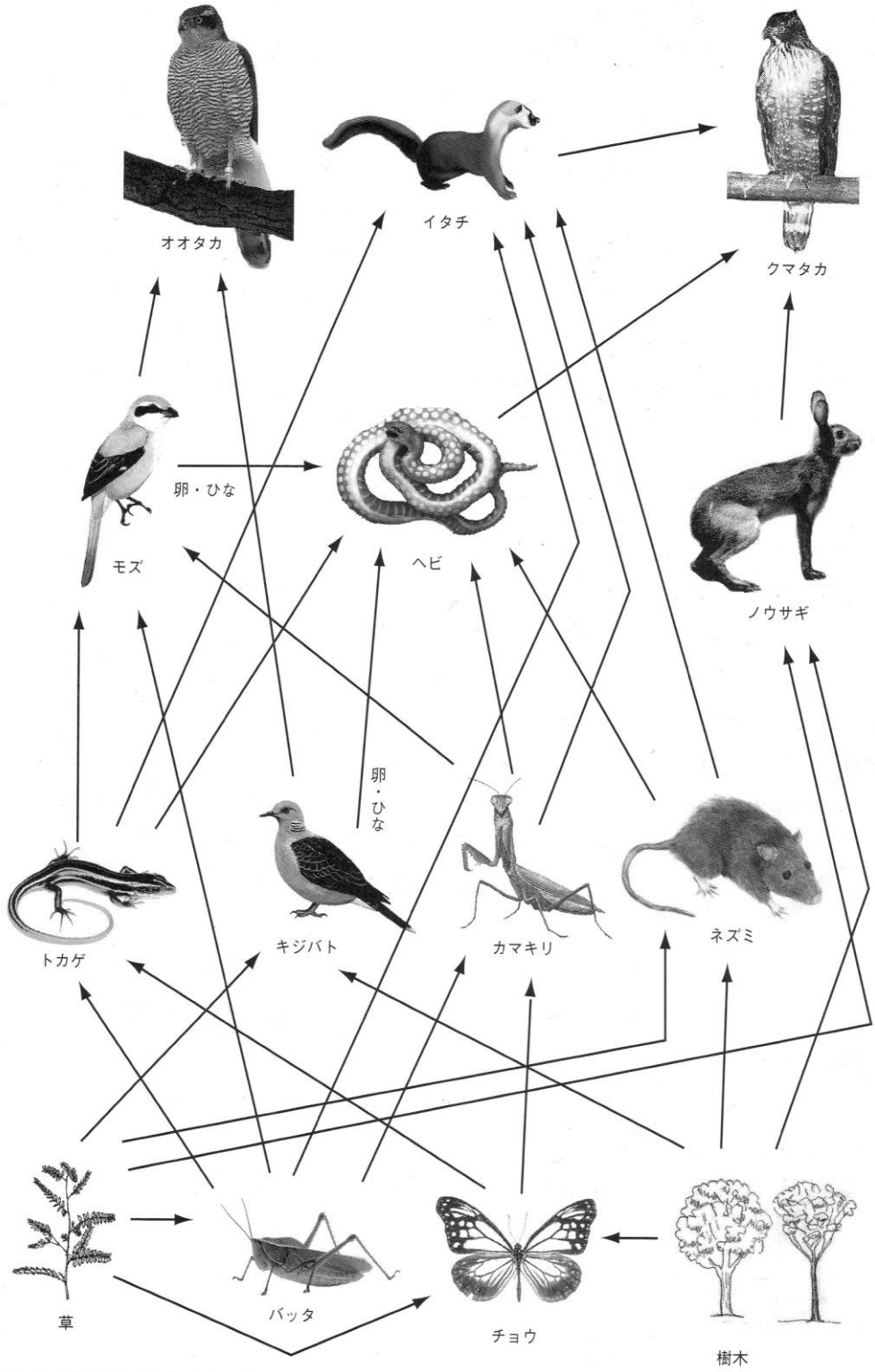


図　関東地方の山村の食物網の例

課題「町中にある児童公園に食物網はあるか。」

●課題に対して予想される生徒の考え

A．わからない

ア．公園にどのような生物がいるかわからない。←公園に生息する生物を知らない。

イ．公園にも生物はいるが食物網になっているかわからない。←公園の生物の食う食われるのつながりが網目になるかどうか迷っている。

B．ある

ア．公園にも生き物がいるから食物網はある。

イ．公園にも植物が生えているから、それを食べる生物もいるので食物網はある。

ウ．公園にも草木があり、それを食べるバッタ、そのバッタを食べるカマキリやクモ、それらの昆虫などを食べるスズメ、さらにカラスやネコなどの動物がいるので、食物網になっている。

C．ない

ア．公園にはヒト以外の動物はいない。

イ．公園にはカラスやネコなどの動物はいるが、食う食われるの関係にはなっていない。

ウ．公園は人工的に造られていて、自然が壊されているので食物網はない。

エ．公園にも草木があり、それを食べる昆虫などはいるが、生物が少なすぎて網目のようにつながった食物網にはならない。

●「自分の考え」の発表から討論まで

①予想分布をとり、「わからない」意見、少数意見、多数意見の順に発表させる。

②自由に質問させ、討論に入る。生物種の少ない公園でも、食う食われるの関係が網目状になっているかどうか、具体的な生物種の食う食われるの関係を挙げさせ、板書する。

③それぞれの考えの根拠やその反論が出たところで討論を打ち切る。

●意見変更のある生徒を確認する。

②変更した生徒から発言させる。

③図「町中の児童公園の食物網の一例」配付する。

●結果を提示する

①生徒の意見をまとめた公園の食物網と配付した町中の児童公園の食物網を見て、いずれも網目状になっていることを確認する。山村の食物網と対応させ、以下のことを確認する。

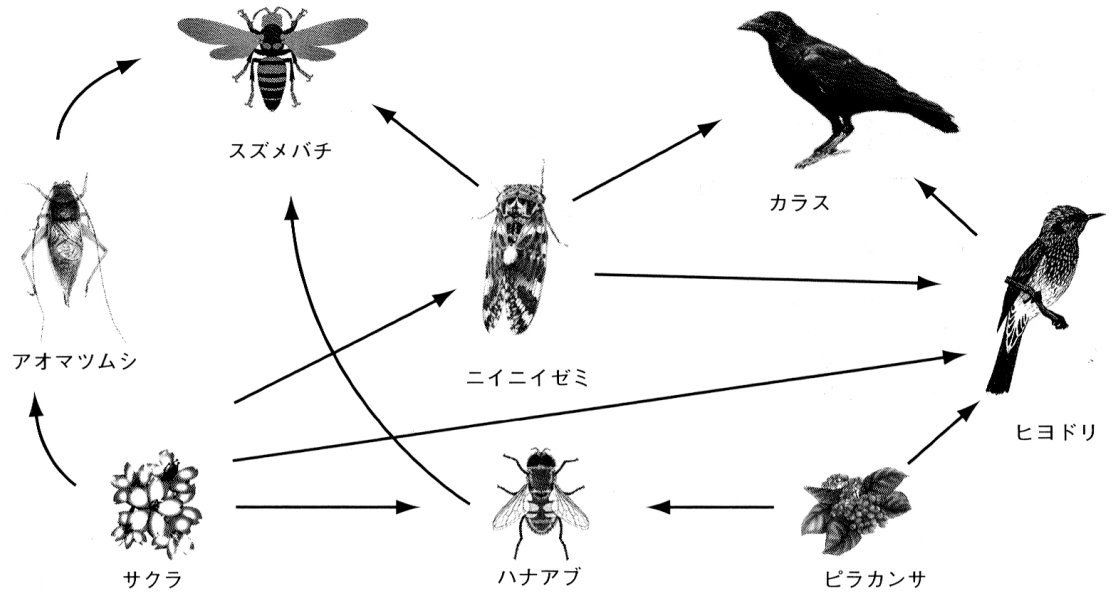
・公園の食物網も光合成をする草木などの植物からはじまっている。

・その植物を食べる草食昆虫や、それを補食する肉食の小型無セキツイ動物、さらにそれを補食するスズメやカラスなどのセキツイ動物が生息する。

②複雑さに違いはあるが、公園にも食物網が存在することし、生物は必ず食う食われるのつながりのなかで生きていることを確認する。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

1）生物が生息していれば生物どうしは食う食われるの関係でつながっているので、生物種の少ない町中の児童公園にも食物網はある。



●付け加えの説明をし、書かせる

①図「湖沼の食物網の一例」を配布し、同時に拡大図を黒板に貼る。湖沼のような水中でも陸上植物同様、光合成をする植物プランクトンからはじまり、それを補食する動物プランクトン、そのプランクトンを補食する小型魚類などの肉食動物、さらにそれを捕食する大型の魚類や鳥類などの肉食セキツイ動物と、食う食われるの関係でつながっていることを確認する。

②山村・公園・湖沼の三者を比較し、「自然の豊かな地域では、そこに生息する生物種が多いので、食物網はより複雑な網目状になっている。」ことを確認し、次のことをノートに付け加えさせる。

・食物網は必ず光合成をする植物からはじまり、その植物を食べる草食動物へとつながり、最上位は肉食の大型セキツイ動物となる。

・湖沼などの水中でも、生物が生息すれば必ず食物網があり、自然の豊かな地域ほどそこに生息する生物種も多いので、食物網はより複雑な網目になる。

２時限目　生物量ピラミッド

●ねらい：食物網の各栄養段階の生物量を下位から順に階段状に積み重ねると極端なピラミッド型(生物量ピラミッド)になることを理解させる。

●準備

サバンナの写真または映像、ナイロビ国立公園の大型肉食獣とその被捕食者の表（読みも

のの中の表の個体数を消したもの）、大型肉食獣の被捕食者の図(ノートに貼り付ける図とそれを拡大コピーし黒板に掲示する図)、読み物「サバンナの生物量ピラミッド」

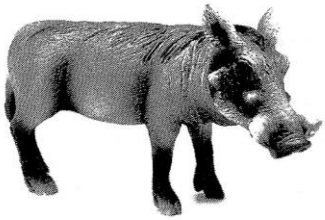
※サバンナの写真や映像は、インターネットで無料の画像を入手することができる。また、サバンナのホ乳類動物を取り上げたテレビ番組を録画しておき、サバンナの環境とそこに棲むホ乳類の種類がわかる画像を１分程度に編集して視聴させる。

●課題を出す前に

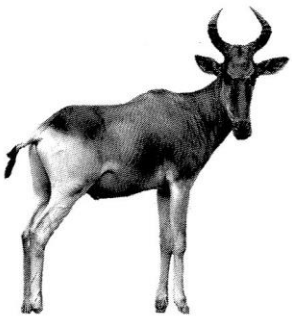
①サバンナの写真または映像を見せ、ナイロビ国立公園の大型肉食獣とその被捕食者の表、大型肉食獣の被捕食者の図を配付する。図を見ながら大型肉食動物とそれが食べる草食動物にそれぞれどのような種類がいるかを確認する。

②「今日はサバンナが広がるケニアのナイロビ国立公園には、植物・草食動物・肉食動物がそれぞれどれだけ生息しているかを比較する。比較するときには、個体数ではなく重量で比較する。なぜならば、草一本と大きな樹木一本では同じ一本でも、重量が違うからである。一定区域内における生物の重量を生物量という。」と説明する。

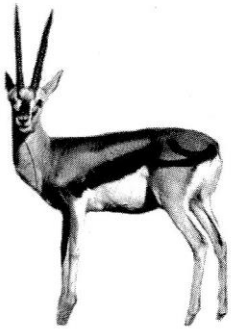
③課題を出し、選択肢のプリントを配布する。



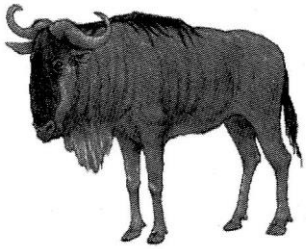
イボイノシシ



ハーテビースト



トムソンガゼル

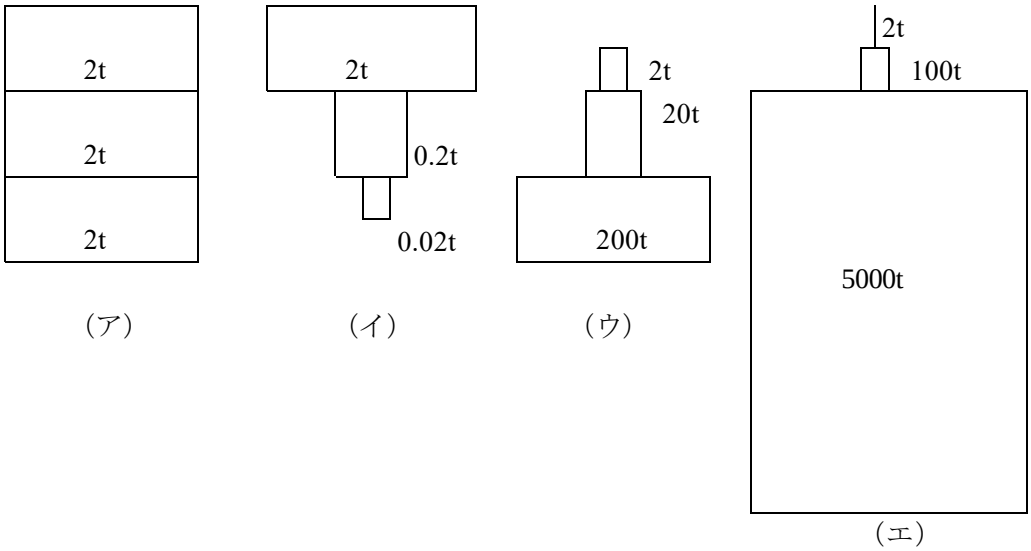


オグロヌー

インパラ

グランドガゼル

課題「サバンナの一定区域内の植物・草食動物・肉食動物の生物量を下位から順に積み重ねて図にするとａ～ｄのどれになるか。」



●課題に対して予想される生徒の考え

Ａ．わからない

植物量が最も多いピラミッド型になると思うが、ｄのように極端になるかわからない。

Ｂ．ｂのようになる

ア．上位が下位と同量あるいは下位より多いと下位の生物が食べつくされてしまうので、植物量が最も多いピラミッド型になる。ｄだと極端すぎてバランスが悪い。

イ．下位の生物の方が子どもを多く生むからピラミッド型になる。

ウ．5000t の植物があれば 1000t の草食動物を養える。

Ｃ．ｄのようになる

ア．動物はたくさん食べるため、５倍の生物量ではすぐに食べ尽くしてしまうから。

イ．５倍の生物量では、上位の動物に食べられることで一定量の個体数を維持できなくなる。

●「自分の考え」の発表から討論まで

①予想分布をとり、「わからない」意見、少数意見、多数意見の順に発表させる。

②多くの生徒は、ｂ・ｄのどちらかを選択する。

③討論の焦点は栄養段階が上がるごとに生物量は何分の一になるのかである。「動物は体重の５倍の生物量を食べ尽くしてしまうだろうか。」と問いかけ、動物は自分の体重の何倍くらいの食物を食べるか、考えさせる。ちなみに食肉ウシやマグロを１kg成長させるには、その 10 倍の 10 kgの牧草やイワシが必要である。生徒に予想させた後で、この事実を紹介し、「動物が下位の生物を食べても、下位の生物が一定数の個体数を維持し

て生存するためには、上位の５倍の個体数だけいれば大丈夫か。」と改めて問う。「体重の５倍の生物量だとすぐに食べ尽くしてしまう」という意見が出たら討論を打ち切る。

●読み物を読む
読み物「サバンナの生物量ピラミッド」を配布し、教師が説明しながらゆっくりと読む。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる
１）サバンナの生物量ピラミッドはｄであった。一定区域内の生物の量を重量で比較すると、食物網の上位の生物になるほど極端に少なくなる。上位の動物は、その一段階下の生物を食べているからである。
１）一定区域における食物網の各栄養段階の生物量を下位から順に階段状に積み重ねたものを生物量ピラミッドという。生物量は栄養段階が１つ上がるごとに数十分の一から数百分の一になるので、その形は極端なピラミッド型になる。

読みもの　サバンナの生物量ピラミッド

熱帯の乾燥地帯に広がる広大な草原をサバンナといいます。サバンナには乾燥に強く成長の早いイネ科などの草が栄養段階の最下位に位置して、上位の動物たちを支えています。ケニアのナイロビ国立公園はサバンナにあります。その一部である 52 km^2 の区域に生息する大型の肉食哺乳類４種とそれらの獲物となる草食哺乳類の数を調べたところ、表のようになりました。これら４種の捕食者があまり獲物にしない草食哺乳類も生息していますが表には載せてありません。これらの数を比較してみると、12 頭の捕食者に対して、獲物となる草食哺乳類は 1582 頭も生息しています。

これらの生物の重量をもとに、ナイロビ国立公園の生物量ピラミッドを考えてみましょう。肉食動物は、大型肉食動物 12 頭の重量の合計 1.2ｔと、表にはない同じ栄養段階にあるジャッカル、キツネ、ラーテル、ヘビなどを加えると約２ｔです。また、大型草食動物は４種の捕食者が獲物としないクロサイやヒヒ、ダチョウを含めて、その重量の合計は 214ｔで、肉食動物の 107 倍にもなります。

一方、大型草食動物は年間に平均して体重の７～８倍の植物を食べています。この量はナイロビ国立公園では約 1500ｔになります。これは，ナイロビ国立公園で毎年新しく成長する植物の約 20%にあたるという調査結果があります。これをもとに計算すると 7,500 ｔほどの葉や枝が毎年新しくできることになります（1500 ｔは 7500 ｔの 20%）。これに前年までに成長した分を加えた全植物量は、さらに多くなりますが、それは加えずに植物・草食動物・肉食動物の順に階段状に積み重ねていっても、図５のような極端なピラミッドのような形になります。

ナイロビ国立公園の広さは約 52 km^2 で，そこに 7500 ｔの植物が毎年新たに育ちますが、それで養える大型の肉食動物の数は 12 頭前後なのです。

参考　今泉吉典著『自然はしくみをもっている』（教育社）

大型肉食ホ乳類（捕食者）		
ライオン	160kg	5頭
ブチハイエナ	70kg	3頭
ヒョウ	50kg	3頭
チーター	55kg	1頭
被捕食者の草食ホ乳類		
ハーテビースト	133kg	380頭
インパラ	42kg	300頭
オグロヌー	164kg	280頭
シマウマ	233kg	216頭
グランドガゼル	48kg	180頭
トムソンガゼル	16kg	149頭
イボイノシシ	92kg	54頭
キリン	872kg	32頭

図　ナイロビ国立公園の大型肉食獣の被捕食者

図　ナイロビ国立公園の生物量ピラミッド

３時限目　捕食者と被捕食者の関係

●ねらい：捕食者と被捕食者の関係は、両者にとって利益がある関係であることを理解させる。

●課題を出す前に

①「オオカミは北半球に広く分布している。体重は25～50 kgで、体の大きさは緯度が高くなるほど大きくなるが、同じ１種類の動物である。オオカミは家族を中心とした集団で生活し、主にシカのなかまを捕食している。日本列島にもかつてはオオカミが生息していたが、人間が駆除したため、明治時代に絶滅してしまった。」と説明し、課題を出す。

課題「捕食者のオオカミがいることは、シカという種にとってどのような意味があるか。」

●課題に対して予想される生徒の考え

Ａ．利点はある

ア．シカが増えすぎるのを抑えて、食物が不足してたくさんのシカが餓死するのを防ぐ。

イ．逃げようとする警戒本能が高まる。←シカはオオカミが怖いので、いつも警戒するようになることから推測する。

Ｂ．利点はない
シカはオオカミに食べられるだけで、シカにとって利点はなにもない。

●「自分の考え」の発表から討論まで
①予想分布をとり、「わからない」意見、少数意見、多数意見の順に発表させる。
②Ｂの意見のように、「オオカミにとってシカの存在は利点があるが、シカにとってオオカミの存在はマイナスでしかない」「シカはオオカミに食べられてばかりでかわいそう。」と思っている生徒もいる。しかし、Ａの意見が出ると、Ｂの意見を持った生徒の多くが考えを変更する。討論ではＡの意見に対する質問や意見を出させながら、シカが増え過ぎると食物不足を招くことを引き出す。
③ひととおり意見が出たら、「オオカミはシカの群れの中のどのような個体を主に捕食するだろうか。」と問いかける。生徒からは、以下のような意見が出る。
・子どものシカ、　・年老いたシカ、　・ケガをしたシカ、　・病気のシカ、
・足の遅いシカ、　・群れから離れたシカ
これらの意見が出ない時には、「他のクラスでは〇〇の意見が出たがどう思うか。」と問いかける。
④「これらのシカが主に捕食されることは、シカにとってどのような利点があるか。」と問いかける。生徒からは以下のような意見が出る。
・子どものシカが食べられることによって、増えすぎない。
・年老いたシカが食べられても、シカの集団にとって痛手は少ない。
・病気のシカが食べられれば、伝染病などが広まることがない。
・足の遅いシカや障害を持ったシカ食べられれば、そうしたシカは子孫が残せないので、足が速いシカが生まれる確率が高くなる。
・群れから離れたシカは警戒心が薄いから、そうしたシカがいなくなれば、警戒心の強いシカが増える。
⑤上記の意見について、質問や意見を出させる。生徒からは、「病気のシカを食べて、オオカミも病気になったりしないのか。」という疑問が出されることが多い。そのときは、「病気にかかった他種類の獲物を捕食しても、獲物の病気は伝染しない。また、シカの寄生虫をオオカミが食べても問題ない。」ことを説明する。

●読みもの「シカとオオカミの関係」を読ませる
①読みもの「シカとオオカミの関係」を配布し、教師がゆっくり読む。

読みもの　「シカとオオカミの関係」

オオカミは集団で狩りをしますが、いつも成功するわけではなく、失敗して何も食べられない日もあります。オオカミが狩りをする時には、獲物を襲う前にシカの集団の中のどの個体を狙うかをあらかじめ決めます。そのターゲットになるのは、子どもや年老いたシカ、病気やケガをしたシカ、足が遅いシカ、群れから離れたシカなどです。これらのシカも集団の中にまぎれるとなかなか捕まえることはできません。ですから、オオカミは集団でターゲットにしたシカをできるだけ集団から引き離そうとします。ターゲットにしたシカの狩りに失敗すると多くの場合は、それで狩りをやめてしまいます。

シカはオオカミの生息する場所で生活しているため、オオカミに食べられても子孫を残せるように繁殖力が旺盛です。オオカミが狩りをしやすい子どものシカを狙うことにより、シカは増えすぎることなく、個体数が調節されます。もしも、オオカミがいなくなってしまうと、捕食者のいなくなったシカは増えすぎて、食物の植物がなくなり、餓死してしまいます。

伝染病にかかったシカをオオカミが捕食すれば、シカの集団に病気が蔓延することを防いでくれます。また、足の遅いシカが捕食されることで、足の速いシカがより多くの子孫を残すことになります。つまり、オオカミの牙がシカの足をより速くし、結果的に生存に不利な遺伝子が取り除かれることになるのです。このようにシカとオオカミの関係は、両者にとって利益がある関係なのです。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

１）シカにとって捕食者であるオオカミがいることには、以下のような意味がある。

・シカの個体数を調節して、増え過ぎや食物不足になることを防ぐことができる。

・病気の個体が捕食されることで、感染症などが蔓延するのを防ぐことができる。

・足の遅い個体が捕食されることで、足の速い親の子孫がより多く増える。

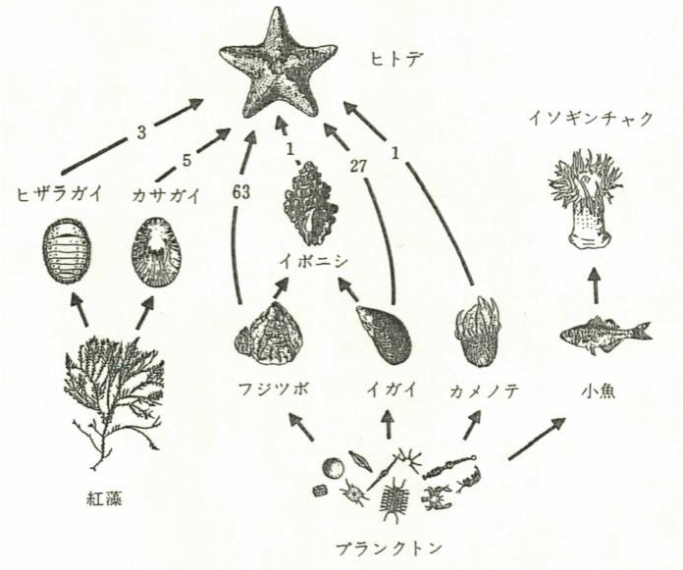
２）シカとオオカミは食う食われるの関係の中で共進化している。

捕食者と被捕食者の関係は、両者にとって利益がある共存共栄の関係である。

４時間目　キーストーン種

●ねらい：食物網の上位の動物がいなくなることで、下位の栄養段階の中で繁殖力の強い動物だけが増え、他の動物は減り、食物網が大きく変化することを理解させる。

課題「アメリカの西海岸にある岩礁海岸〔磯〕には下図のような食物網が見られる。米国の生物学者であったペインは岩場に 16m² の実験区を２つ設け、一方の実験区では数年間にわたって絶えずヒトデを取り除き、もう一方は対照区として放置した。ヒトデがいなくなった実験区の食物網に大きな変化があったか。」



読みもの「ヒトデは岩礁海岸における食物網の要」

アメリカの太平洋岸の、ある岩礁（岩場・磯）海岸には、図のような食物網が見られます。1960 年半ばごろ米国の生物学者であったロバート・ペインは、16 ㎡の区画を２つ設け、一方の区画では数年間にわたって絶えずヒトデを駆除してみました。数年後、ヒトデを駆除しなかった区画では数年前と変わらず、15 種の無セキツイ動物が見られました。ところが、ヒトデを駆除した区画では岩場の大部分をムラサキイガイ（フランス料理の食材であるムール貝のなかま）の一種が占め、区画内にいた無セキツイ動物はたった８種になってしまいました。これはヒトデがいなくなったため、種間競争に強いムラサキイガイの一種が急増し、同じ栄養段階にいたフジツボやカメノテなどが区画から排除されてしまったのです。

ヒトデのようにその地域の生物種の多様性を維持する要になっている種をキーストーン種といいます。一般的にキーストーン種は食物網上位の種であることが多く、キーストーン種が絶滅すると、その地域の食物網は大きく変化してしまいます。

同じような例をもうひとつ紹介しましょう。北太平洋に生息するラッコもキーストーン種です。米国西海岸の海域では、シャチを頂点とした食物網が見られました。シャチは主にアザラシを捕食していたが、ヒトによる乱獲で数が減ると、シャチはアザラシより小型のラッコを主に捕食するようになりました。シャチによる捕食とヒトによる乱獲でラッコの個体数は 1963 年から 15 年間で５分の１にまで減りました。ラッコが急激に減少すると、ラッコが主食としていたウニが急増しました。ウニは海藻を食べていますが、増加したウニによってコンブのなかまであるジャイアントケルプの森（50mにもなり、海の中に海藻の森をつくる）がほとんどなくなってしまいました。ジャイアントケルプはこの海域の食物網を支えているもっとも重要な生産者です。ジャイアントケルプが姿を消すと、魚貝の姿もなくなり、見られるのはウニだけになってしまいました。

その後、米国政府によるラッコの保護・繁殖の取り組みにより、ラッコが増え、それによってウニがほとんどいなくなると、ジャイアントケルプの森が復活し、魚貝類もかつてのように戻ってきました。

日本でも明治時代に人間がオオカミを絶滅させてしまったため、現在では多くの都道府県でシカ、イノシシ、サルなどの草食動物が増え、その食害によって農業や林業に大きな被害が出ており、その被害額は毎年増え続けています。また、シカが増え過ぎた地域では、シカが食べないわずかな種類の植物のみが大繁殖し、その地域の植物の多様性が失われるとともに、その地域に生息する鳥や昆虫の種類も激減してしまいました。さらに、シカの食害によって森林の下の植物が育たないため、土砂の流失が増え、水源林としての機能が失われる心配のある地域もあります。

このように増えすぎた草食動物の個体数を適正な数に保護管理するため、食害を防ぐ防護柵の設置、職業ハンター制度の導入、オオカミの再導入など、様々な対策が検討されています。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

1）ヒトデがいなくなったことで、岩礁に生息していた動物は 15 種類から８種類に減ってしまった。そのうち、イガイだけが大幅に個体数を増やし、他の動物はごくわずかになってしまった。
2）食物網の上位の動物がいなくなることで、下位の栄養段階の中で繁殖力の強い動物だけが増え、他の動物は減り、食物網が大きく変化する。
3）ヒトデのように、食物網の要になっている種をキーストーン種と呼び、キーストーン種はその地域の生物多様性を維持するうえで重要な位置を占めている。

５時限目　植物も食われ損はしない

●ねらい：植物は食われ損をしていないこと、植物も動物も「食う食われる」の関係の中で共に進化してきたことを理解させる。

●課題を出す前に

①ブナ林の分布図、ブナの果実の図を配付し、ブナ林の分布を確認する。

②「ブナは主に東北地方に分布し、森林を形成して、寿命は 400 年以上と長い。ブナのドングリには毒がなく、ノネズミ、リス、カケスという鳥など多くの種類の動物に好んで食べられる。」と説明し、課題を出す。

図　ブナの分布とブナの果実

課題「ブナの実は数年おきに大豊作となり、他の年はまったく実らないか、実ってもわずかの数であるにもかかわらず、子孫を確実に残すことができるのはなぜか。」

●課題に対して予想される生徒の考え

A．わからない

ブナの実が大豊作の年に子孫が残るのはわかるが、それ以外の実らない年に子孫が残る理由がわからない。

Ｂ．大豊作の年に子孫が残るから
　ア．大豊作の年は実が食べ尽くされないので子孫が残る。
　イ．ブナの寿命は長いので大豊作の年に子孫が残ればよいから。
Ｃ．凶作の年が続くとネズミの個体数が抑えられるから
　実が大豊作の翌年にアカネズミの個体数は極端に増えるが、その後実らない年が続きネズミの数は減る。個体数が少なくなったところに大豊作になると、食べ切れないブナの実は子孫として残る。

●「自分の考え」の発表から討論まで
①ＢやＣの意見を書いている生徒に発表させる。
②「凶作が続くとネズミの個体数はどうなるか」と問いかけ、ネズミの個体数が抑制されることを引き出したところで討論を終了し、討論を打ち切る。

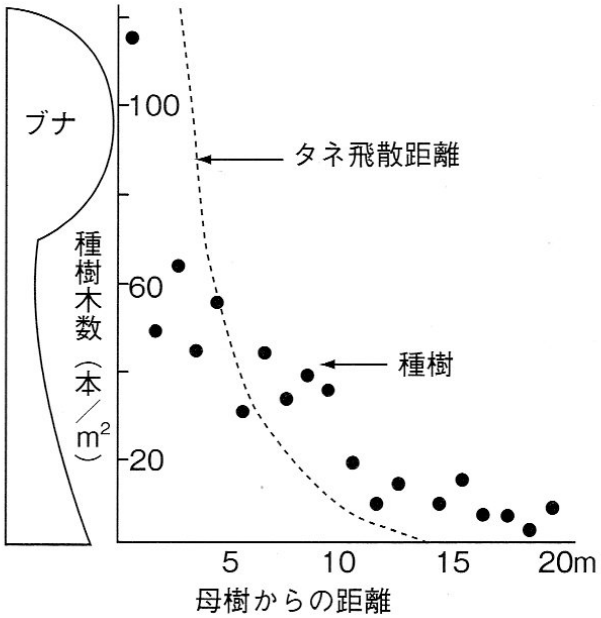
●読み物「食われ損をしていないブナ」を読ませる
　読み物「食われ損をしていないブナ」を配布し、教師は読み物をゆっくり読みながら説明する。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる
１）凶作の年が続くことでネズミの個体数が抑えられているときに大豊作になると、ネズミも食べ切れないのでその年は子孫を残すことができる。
２）動物が食べ切れない実を土中に貯蔵することで、結果的に種子が乾燥から守られ、遠くへ運ばれることで、ブナは分布を拡げながら子孫を残すことができる。
３）このような性質は、生存に有利なものが生き残るという進化の過程で獲得してきた。

読み物「食われ損をしていないブナ」

　ドングリ（ブナ科の樹木の果実）にはいろいろな種類がありますが、その多くはタンニンなどの毒を含むため、それを食べる動物たちもたくさんの量を食べることができません。毒を持つことによって確実に子孫を残すことができています。しかし、ブナ科の樹木の中でも、東北地方に多く見られるブナのドングリはタンニンなどの毒を含まないため、ノネズミ類、リス、ムササビ、カケス（鳥）、昆虫類（ブナの実を食べる昆虫だけでも現在までに 23 種が知られている）など、たくさんの種類の動物に食べられてしまいます。実ったドングリをすべて動物に食べられてしまっては、ブナは子孫を残すことができません。ブナはどのようにして子孫を残しているのでしょうか。
　ブナのドングリは、数年おきに大豊作となります。ノネズミやリス、カケスなどは、秋になると落ち葉の下や地中にドングリなどの食物を貯蔵する習性があります。大豊作の年が訪れると、動物たちが冬の間に貯蔵した実をすべて食べきることができないので、その一部は春になると発芽します。ある調査結果では、大豊作の翌年は落下したブナの実の２割ほどの芽生えが生き残るそうです。その他の年にはブナはほとんど生き残ることはできま

せん。しかし、ブナの寿命は約 400 年と長いため、数年おきに子孫を残せれば十分なのです。このようにブナは、毒のあるドングリをつくらなくても、子孫を確実に残し、東北地方の森林の優占種になっています。



一方、ドングリは大型のため、風で遠くへ散布することはできないだけではなく、親の木の下に落下したドングリは光不足で大きく育つことはできません。ブナは、ノネズミやリス、カケスなどの動物がドングリを運んで親の木から離れた他の場所に貯蔵する性質を利用して子孫を残しています。そして、彼らが冬の間に食べ残したドングリのうち、大木が倒れ、森の中にぽかりと空いた明るい空き地に残った運の良いドングリのみが大きく成長することができるのです。このように動物たちは、ブナの子孫の分布を拡大し、ブナ個体間の遺伝子交流（同じ株どうしの交配を避ける）に役立っているのです。さらに、動物たちがブナの実を土の中に埋める習性は、乾燥すると発芽能力を失ってしまうドングリを乾燥から守る重要な役割を果しています。このように植物も、動物との食う食われるの長い過程の中で互いに進化し、種独自の生存戦略を獲得してきたのです。

６．７時限目　落ち葉のゆくえ

●ねらい：動植物の遺骸や排出物は土壌中の多種多様な小動物に食べられ、それらの間にも食物網が成り立っている**ことを理解させる。**

●準備

【６時限目】　教師実験　大きなシャベル、メジャー、　土壌断面の図

生徒実験１・２　ピンセット、スコップ、バット、採集瓶、ルーペ、土壌動物の検索図、

【７時限目】　生徒実験　ツルグレン装置、50ml ビーカー、70％エチルアルコール、シャーレ、双眼実体顕微鏡、土壌動物の検索図、土壌中の食物網の図、１㎡の土壌中の土壌動物の数の表

※学校の近くに雑木林などの森林がない所では、教師が撮影しておいた森林のようす・落ち葉のようす・土壌断面などの写真やビデオを視聴させる。また、落ち葉とその下の腐植土を持ち帰り、土壌動物を観察させる。

●作業課題を出す前に

①「今日から森林の下の落ち葉のゆくえについて学習する。」と説明して、次の質問を出す。

質問「森林の地面にはたくさんの落ち葉が堆積している。落ち葉は、その後いつまでも地面に残っているか。」

②生徒からは以下のような意見が出される。

ア．風でどこかに飛んでいって無くなってしまう。

イ．ミミズやダンゴムシに食べられる。

ウ．腐って土にかえる。腐って肥料になる。

③アの意見が出たら、「落ち葉は全部飛んでいくのか」「飛んでいった先でどうなるのか」と、さらに質問し、落ち葉が最終的にどうなるのかを引き出す。イのような意見が出たら、「土の中には他にどのような動物がいるか、それらのうち落ち葉を食べるものはどれか」と質問をする。ウのような意見が出たら、「どのようにして土や肥料になるのか」と質問をし、生徒が知っていることを引き出す。時間配分を考慮して、やりとりは簡単にする。

④意見が出尽くしたら、作業課題を出す。

作業課題「①森林の下の土壌断面を観察しなさい。
②落ち葉や土壌中にいる肉眼で見える動物を採集して観察しなさい。」

●生徒実験１＝森林の下の落ち葉層の観察

１．学校の近くの雑木林などの森林に行く。森林の下の落ち葉を上から少しずつ取り除いていき、上から下へ落ち葉の形や状態の変化を観察する。

※下の方にいくにつれて、落ち葉は湿り気を帯びて、虫の食い痕が多くなり、一番下の落ち葉は細かくボロボロに形がくずれている様子を観察させる。

※湿った下の方の落ち葉には白いカビやいろいろなキノコが生えているところも観察させる。

※都会では都市公園の林を利用する。ただし、管理者の許可が必要。

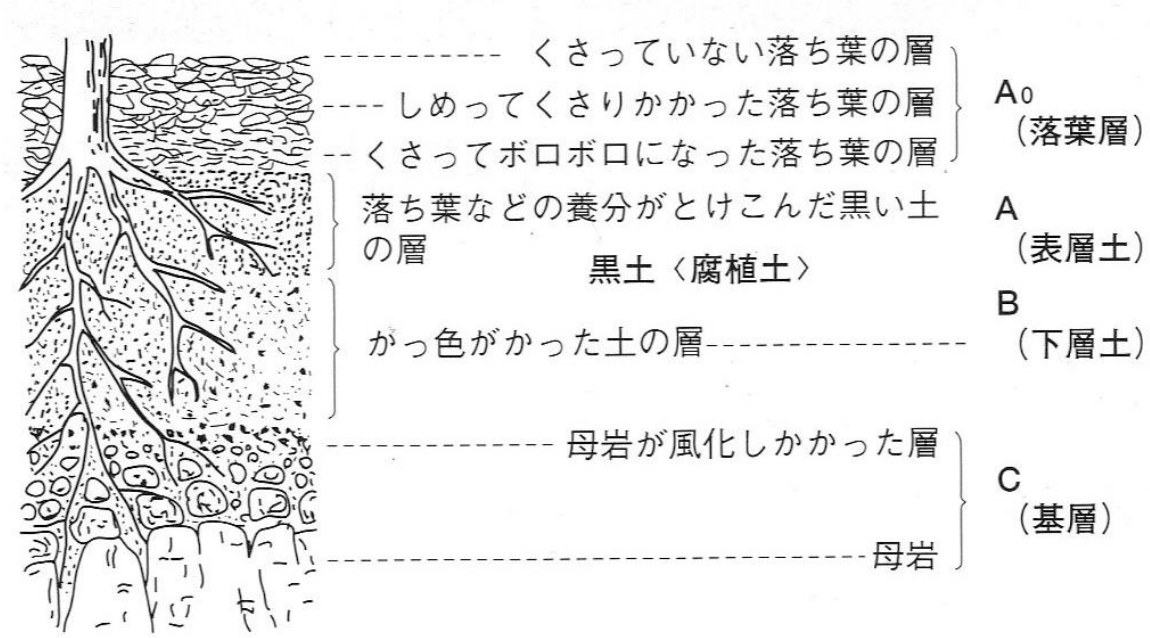
●教師実験＝森林の下の土壌断面の観察

２．落ち葉を取り除いた後、大きなシャベルを使って、70 ㎝ほど深くまで少しずつ掘り進め、深さによる土壌の色の違い、小動物の有無などを観察する。このとき、それぞれの層の厚さをメジャーで測る。

※落ち葉のすぐ下の土壌は黒褐色（腐植土）していて、その下の土壌は赤茶色（ロームまたは母岩が風化してできた土）をしていることを確認させる。ただし、地方によって違う場合がある。

※腐植土中にはたくさんの土壌動物がいるが、その下のロームなどにはほとんどいないことを確認させる。

※土壌断面は林道沿いの切通などでも見せることができる。近くに森林がない地域では、あらかじめ教師が撮影しておいたビデオを視聴させる。



●生徒実験２＝森林の下の土壌動物の観察

３．落ち葉層やその下の腐植土層にはどのような小動物がいるか、採集してルーペ（20 倍）で観察し、見つかった種を記録する。

※採集は班ごとに行い、１種類の土壌動物につき、１匹のみを採集することを事前に伝えておく。ただし、見つけた土壌動物の数は種類ごとに記録させる。

※採集地から戻ってきたら、土壌動物の検索表の図を配布して、おおまかな種類を調べさせる。

※黒板に表（縦に班名、横に土壌動物の種名）をつくり、班ごとに見つけた土壌動物の欄に○を記入させ、クラス全体で何種類の土壌動物が見つかったか集計する。このとき、その種が、口器や体のつくりから落ち葉食か虫食か予想させる。

落ち葉食：ミミズ、ヤスデ、ダンゴムシ、ワラジムシ、ナメクジ、コガネムシのなかまの幼虫など

虫食：ムカデ、クモ、アリ、ハサミムシ、シデムシ、ゴミムシ、ハネカクシなど

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

１）森林の地面の下には落ち葉食や虫食など多種多数の土壌動物がいた。

２）森林の地面の落ち葉は土壌動物に食べられ、いずれはなくなっていく。

３）森林の地面の下には、土壌動物が生息する数十㎝の腐植土層がある。

４）地面の下にも落ち葉を基点とした食物網が見られる。

【７時限目】

●質問を出す前に

①前日のうちに、生徒が肉眼で見える土壌動物を採集した後の落ち葉と腐植土をツルグレ

ン装置に数時間以上かけておき、採集した土壌動物を 70%エチルアルコール水溶液とともに班の数だけシャーレに分けておく。

●質問から討論まで

①「前回に森林の落ち葉や腐植土の中の土壌動物を観察した。」と言い、質問を出す。

質問「肉眼で見える小動物を取り除いた後の森林土壌の中には、まだ生物がいるか。」

②予想される生徒の考え

・昨日、みんな採集したのでもう何もいない。

・まだ目に見えない微生物がいるはず。

・肉眼でやっと見える小さな動物がいたが前回は捕まえられなかった。

・カビや細菌みたいなものがいる。

③「いる」と答えた生徒に、いるとしたらどのような生物かを具体的に挙げさせる。ダニ、アメーバ、ゾウリムシ、カビ、細菌などの意見が出される。アメーバやゾウリムシなど、水中で生活するプランクトンなどの意見が出たら、「土壌の中にもアメーバやゾウリムシのなかまがいるのか。」と問う。「土の中にはいない」という意見と土の中にもいる」という意見が出るので、ここで討論を打ち切る。アメーバやゾウリムシなどの意見が出ないときには、「他のクラスでは、○○の意見が出たが、どう思うか。」と問いかける。

●生徒実験＝ツルグレン装置で採集した土壌動物の観察

※ツルグレン装置を見せ、以下の説明をする。

・この装置をツルグレン装置という。ザルの中に落ち葉や腐植土を入れ、白熱電球を点灯すると、光や高温の嫌いな土壌動物は下へ下へと移動し、ザルの網目より小さなものが下のビーカーに落ちてくるしかけになっている。今回は、双眼実体顕微鏡で見ることができる土壌動物のみを観察する。

１．ツルグレン装置で採集した小さな土壌動物の入ったシャーレを双眼実体顕微鏡のステージに置き、観察する。前時に配布した土壌動物の検索表を使って、何のなかまが調べる。

※ツルグレン装置がないときには、金属製のザルとロート、白熱電球などで自作する。

※黒板に表（縦に班名、横に土壌動物の種名）を書き、班ごとに見つけた土壌動物の欄に○を記入させ、クラス全体で何種類の土壌動物が見つかったか集計する。このとき、土壌動物を落ち葉食の種類と虫食の種類に分ける。

落ち葉食：ヒメミミズ、落ち葉ダニ、トビムシ、セン

チュウなど
虫食：小さなムカデのなかま、捕食ダニ、カニムシなど

●教師の説明

土壌中の食物網の図、１㎡の土壌中の土壌動物の数の表を配布し、以下の説明をする。

・前時に観察した他にも、土壌中にはトビムシやダニなどやっと目で見ることができるほど小さな動物もいる。その数は表のように多く、自然の豊かな森林では片足の下に約５万もの土壌動物が生息している。
・土壌動物の種類と数は、自然の豊かさによって違い、肥沃な土壌ほど種類と数が多い。
・土壌中には図のような落ち葉を基点とし、モグラを頂点とした食物網が見られる。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

１）腐植土中には、ダニ、センチュウなど肉眼でやっと見ることができる小さな土壌動物も多数生息していた。
２）自然のゆたかな森林の下には片足の下に５万匹もの土壌動物が生息している。
３）土壌中には落ち葉を基点とし、モグラを頂点とした食物網が見られる。

８・９時限目　微生物のはたらき

●ねらい：菌類・細菌類のはたらきによって土壌中の有機物が無機物にまで分解され、それが再び植物に利用される**こと**を理解させる。

●準備

【８時限目】教師実験１　森林の下の腐植土（50mL）、200ｍＬビーカー、水 100mL、顕微鏡、顕微鏡投影機

【９時限目】教師実験２　100ml ビーカー４つ、牛乳、腐植土、ロームなど、ガスバーナー、三角架、ステンレス皿、薬さじ

教師実験３　森林の下の腐植土、スコップ、20×30 ㎝のビニール袋（２）、ガラス管付きゴム栓（２）、ゴム管（２）、ピンチコック（２）、輪ゴム（２）、石灰水、試験管（２）

教師実験４　100ml ビーカー２つ、腐植土、ロームなど、５％尿素水溶液、薬さじ

腐植土１ｇ中の微生物の表、土壌中の微生物の図

【８時限目】

●課題を出す前に

①「前時には、ツルグレン装置で採集した土壌動物を観察し、双眼実体顕微鏡で観察した。では、ツルグレン装置で小動物を採集した後の腐植土にも、まだ生物はいるだろうか。」と問いかける。

②生徒からは以下のような意見が出る。　・もう何もいない。　・カビや細菌はいる。

・前回の授業でも出たアメーバやゾウリムシがいる。
③「土壌の中にこれらの生物がいるかどうか調べるにはどのような方法があるだろうか。」と問いかけ、課題を出す。

課題「この土壌の中にまだ生物はいるか調べたい。どのような実験をすればよいか。」

●課題に対して予想される生徒の考え
A．わからない
考えつかない。
B．顕微鏡で見る
目で見えないほど小さな生物だから顕微鏡で探す。
C．食物を与える
食物を与えて腐るかどうかを調べる。
D．二酸化炭素を排出しているかを調べる
生物は呼吸をしているから。

●「自分の考え」の発表から討論まで
①机間巡視をして、意見を書いている生徒に発表させる。
②多くの生徒がＢと答える。「他に方法はないか。」と問いかけ、ＣやＤの意見を引き出す。生物の遺骸や食物がなぜ腐るのか知らない生徒も多いが、ＣやＤの考えの根拠を発表させながら、細菌類や菌類が有機物を腐敗していることを確認する。ＣやＤの意見が出ないときには、「食物が腐るのはどのような生物が関係しているか。」「細菌や菌類も呼吸をしているか。それはどのように確かめられるか。」と問いかける。
③意見が出尽くしたら、教師実験１を行う。

●教師実験１＝腐植土中の微生物の顕微鏡観察
１．森林の下の腐植土 50ｍＬを 200mL ビーカーに入れ、100mL 程度の水を加えてかきまぜる。しばらく放置して、透明になった上澄み液をスライドガラスにスポイトで垂らして、カバーガラスをかける。
２．400 倍以上の倍率で検鏡し、それを顕微鏡投影機でテレビに映す。
※顕微鏡の性能によるが、土壌中の細菌や原生動物、ソウ類を見ることができることもあるが、生徒用の顕微鏡では観察できないこともある。「微生物、特に細菌はとても小さく、生徒用の顕微鏡では探すことが難しい。」と説明し、「結果と確かになったこと」を書かせる。発表させる先に出された別の方法で確認させるため、次の質問を出す。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる
１）腐植土の中に微生物がいるか顕微鏡で観察したが見つからなかった。

【９時限目】
●質問を出す
①前時に腐植土の中に微生物がいるか顕微鏡で観察したが見つからなかった。今日はみんなから出された別の方法で調べてみよう。」と説明し、質問を出す。

質問「ａ）～ｄ）のものを入れた４つのビーカーの中に加熱沸騰させた牛乳を入れ、冷めてから下のａ）～ｄ）の土をスプーン１杯入れて２～３日放置すると、どのビーカーのものがもっとも腐っているか。

ａ）腐植土（黒土）　　ｂ）ローム（赤土）
ｃ）腐植土を焼いたもの　　ｄ）ロームを焼いたもの　」

①腐植土にはたくさんの土壌動物がいたことから推測して、多くの生徒がａと答える。ｃやｄは土壌を高温で焼いてしまうので、菌類や細菌類が死んでしまうことを引き出し、そのために腐りにくいことを確認する。

●教師実験２＝土壌の違いによる牛乳の腐り方の比較
１．よく熱湯消毒した 100ml ビーカー４つに加熱殺菌した牛乳を 60ml ほど入れる。
２．ａ）のビーカーには腐植土を、ｂ）のビーカーにはロームを、ｃ）のビーカーにはよく焼いた腐植土を、ｄ）のビーカーにはよく焼いたロームを薬さじ１杯入れ、ラップでふたをして常温で２～３日放置する。
※冬期は定温器で 30℃くらいに保温すると短期間で腐る。
３．ビーカーのラップをはがし、それぞれの牛乳の様子を観察する。
※ａ）がもっとも腐り、牛乳はヨーグルト状になって強烈な悪臭がする。表面にカビも生えている。ｂ）もヨーグルト状になっていることがあるが、悪臭はａ）ほどではなく、カビも生えていない。ｃやｄはほとんど腐っていない。

●教師実験３＝腐植土中の微生物の二酸化炭素排出
１．ビニール袋の中に森林の下の腐植土を３分の１程度入れ、空気で満たし、口をガラス管付きゴム栓（ガラス管の先にピンチコックで閉じたゴム管をつけたもの）で閉じる
２．対照実験として、同じ大きさのビニール袋に同量のロームを入れた装置をつくる。
３．両方のビニール袋を３時間ほど放置し、それぞれの袋の中の空気を石灰水に通す。
※ロームを入ったビニール袋の方は石灰水の色は変化しないが、腐植土の方は白く濁る。これは腐植土中の菌類、細菌類、原生動物などの微生物が呼吸を行っているからである。

●教師実験４＝腐植土中の微生物による尿素の分解
１．腐植土とそれを焼いたものを別の 100ml ビーカーに８分目まで入れ、5 %の尿素〔有機物で化学式は〔ＣＯ（ＮＨ$_2$）$_2$〕水溶液を 10ｍＬ加えてからラップでふたをする。
２．常温で３ ～４ 日放置した後で匂いを嗅ぐ。
※腐植土の方は尿素が無機物であるアンモニアに分解され、刺激臭がする。焼いた腐植土の方は匂いがしないことを確かめさせる。この実験は教師の説明の補足として、匂

いを簡単にかがせるだけにする。

●教師の説明

①腐植土１ｇ中の微生物の表と土壌中の微生物の図を配布して、以下のことを付け加えて説明する。

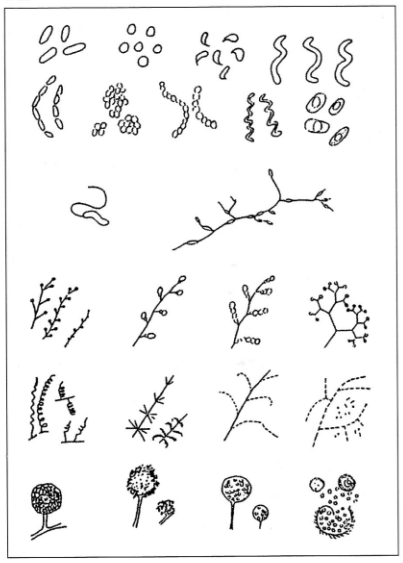
・火星に生物がいるかどうかも火星にスープを運び、そこに火星の砂を入れて、それが腐るかどうかを実験した。

・腐植土１ｇの中には、表のように多種多様な微生物が生息している。細菌類や菌類の他に、水中と同じように単細胞の原生動物やソウ類も生息している。

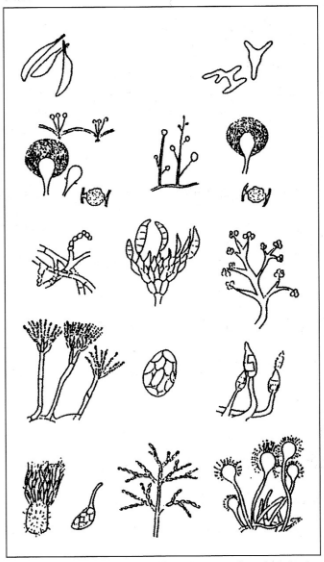
・腐植土中の微生物が有機物を栄養として生きており、それを無機物に分解している。その無機物は植物の根や葉から吸収され、再び利用される。１種類の微生物がある有機物をすべて無機物に分解するのではなく、腐食土の有機物を完全に無機物に分解するまでには多くの種類の微生物が関与している。

・ホ乳類の尿の主成分は尿素という有機物である。ホ乳類の尿には有毒なアンモニアは含まれていない。尿素は土中の細菌によって無機物のアンモニアに分解される。

細菌

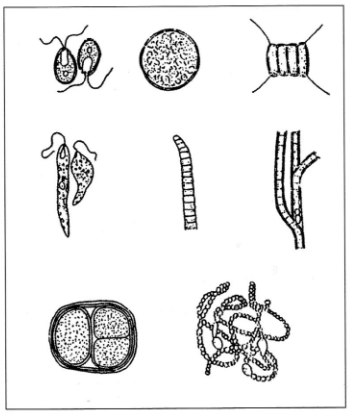


菌類

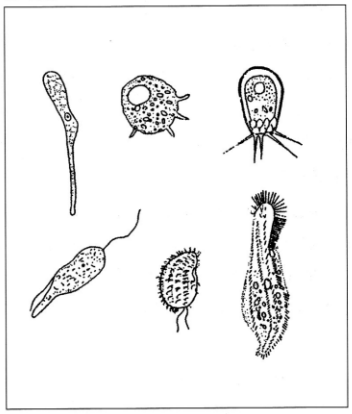


※他にキノコのなかまもある。

ソウ類



原生動物



●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

１）腐植土を加えた牛乳は腐り方がひどかった。ロームや焼いた土を加えた牛乳はほとんど腐っていなかった。腐植土には菌類や細菌類などの微生物がいる。

２）腐植土を入れた空気は石灰水が白濁したが、ロームを入れた空気は白濁しなかった。腐植土中の微生物が呼吸をして二酸化炭素を排出していた。

３）腐植土中の有機物は微生物によって二酸化炭素、水、アンモニアなどの無機物に分解され、再び植物に利用される。

10・11 時限目　腐植土の性質とでき方

●ねらい：腐食土は、有機物を含み、団粒構造をしている。そのため、通気性、透水性、保水性に富み、無機塩類を吸着するため植物がよく育つことを理解させる。

●準備

【10 時限目】生徒実験 腐植土、ローム（手に入らなければ鹿沼土など園芸用の赤土）、シャーレ２つ、教師実験１　200mＬか 250mＬのスチール缶２つ、10 ㎝×10 ㎝×厚さ１㎝の板、木槌、網戸の網、幅の広い輪ゴム、300ml ビーカー３つ、スタンド

【11 時限目】教師実験２　試験管２本、腐植土、ローム、スタンド２本、バスバーナー２本、酸素ボンベ、読みもの「腐植土のできかたとはたらき」

●教師実験の準備

①スチール缶の上下のふたを缶切りで切り取り、スチールの円筒をつくる。

②雨後、３日以上経った森林の地面の落ち葉をどかし、腐植土の層にスチール缶を垂直に置く。スチール缶の上に板を乗せ、木槌で板をたたいて缶を腐植土に埋める。完全に缶が埋まったら、缶を掘り出すと腐植土の詰まった円筒ができる。

※雨後間近だと、土壌に大量の水を含み、保水性の実験ができない。

③森林の地面をローム層が出てくるまで掘り、②と同様の作業を行い、ロームの詰まった円筒をつくる。

※林道沿いなどの切通を利用すると穴を掘らずに土壌断面を観察することができる。また、土壌の断面に缶を水平に当て、缶を埋めると掘らずに円筒形の土壌を取り出すことができる。

④②と③の缶の底に網戸の網をかぶせ、輪ゴムできつくとめる。

●生徒実験をする前に

①各班に、腐植土を入れたシャーレとロームを入れたシャーレを配布して、作業課題を出す。

●作業課題を出す

作業課題　「森林の下の腐植土（黒土）と、その下にあるローム（赤土）を次の点から比較観察しなさい。色・匂い・粒の様子・手触り」

●生徒実験＝腐植土とロームの性質

１．観察の結果を下表のように表にまとめる。

※生徒からは以下のような意見が出される。

	腐植土	ローム
色	黒褐色	赤褐色
匂い	土の匂いが強い	匂いがしない
手触り	さらさらしている	ねばねばして粘土のよう
粒の様子	小さな粒がある	粒がない

※「続いて、腐植土とロームの透水性と保水性について調べよう。」と説明し、教師実験を行う。

●教師実験＝腐植土とロームの透水性と保水性

１．あらかじめ準備しておいたスチール缶の円筒に腐植土またはロームを詰め、缶の底を網戸の網で覆ったものをそれぞれスタンドに固定する。缶の下には 300ml のビーカーを置き、缶の底から出てきた水を受け止める。

２．それぞれの円筒の中に 200ml の水を少しずつ入れて、缶の底から水が出始めた時間と、水が出終わった時間を記録する。

※早く水が出て、止まる方が透水性がよい。腐植土の方がロームと比較して透水性、つまり水の通りがよい。また、透水性がよいということは隙間が多いことで、通気性もよいことを説明する。また、腐植土の粒々の構造を団粒構造と言い、腐植土の固形成分（団粒の部分）は体積の 20～30％程度であり、団粒と団粒の隙間は水や空気で満たされていることを付け加える。

３．缶の底から出てきた水が止まったら、それぞれのビーカーに溜まった水の量をメスシリンダーで量る。

※下に出てきた水が少ない方が保水性、つまり水を保つ力が強い。腐植土は隙間がたくさんあるため保水性も優れていて、雨が降るとたくさんの水を含むことができる。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

１）腐食土は、団粒構造をしていて、ロームよりも通気性、透水性、保水性がある。ロームには団粒構造がない。

【11 時限目】

●課題を出す前に

①「今日は腐植土がどのようにできたのかを学習する。ロームは火山灰が風化してできたものなので、有機物を含まない。腐植土には生物が棲んでいるので、有機物が含まれているだろうか。」と問いかけ、課題を出す。

課題「生物や落ち葉のくずを取り除いた腐植土には、有機物が含まれているか。」

●課題に対して予想される生徒の考え

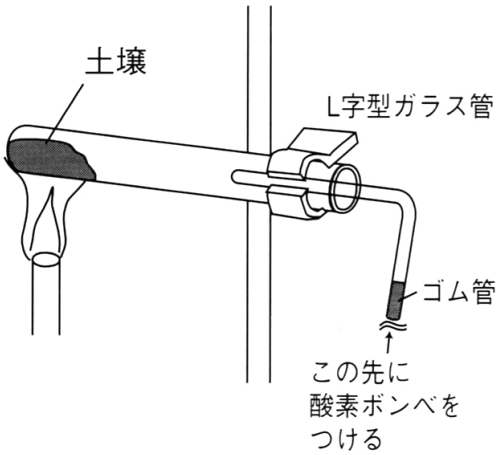
Ａ．わからない

見当がつかない。

Ｂ．含まれていない
　生物や落ち葉を取り除いたから。
Ｃ．含まれている
ア．腐植土には土壌動物や微生物が住んでいるから、食物としての有機物が含まれているはず。
イ．土壌動物は糞をするから、腐植土には糞が含まれている。
ウ．落ち葉のくずや微生物は小さいから取り除けないから。

●「自分の考え」から討論まで
①予想分布をとり、「わからない」意見、少数意見、多数意見の順に発表させる。
②それぞれの根拠を発表させ、それに対する質疑応答を行う。意見が出尽くしたら、「腐植土やロームに有機物が含まれていることはどのようにして調べたらよいか。」と問い　かけ、乾留（蒸し焼き）すればよいことを引き出す。

●教師実験＝腐植土とロームの乾留
１．２本の試験管のうち、１本に腐植土を、もう１本にロームをそれぞれ１㎝ほど入れる。
２．それぞれの試験管を別のスタンドに固定し、ガスバーナーで加熱する。
　※加熱すると水が発生するので、試験管の口はやや下に向けて固定する。
　※腐植土の方は落ち葉焚の匂いがして、腐植土は炭になる。ロームは乾燥しただけで変化はない。
３．腐植土は完全に炭化したら、ロームは完全に乾燥したら、加熱したまま酸素ボンベで酸素を送る。
　※腐植土の方は炭が燃えて、ロームのような物質が残った。ロームは燃えず、変化がない。



４．「この実験結果からどのようなことがわかり、腐植土はどのようにできたと予想できるか。」と質問する。生徒からは　以下のような意見を引き出す。
　・腐植土は乾留にすると炭ができて、酸素を送ると燃焼したから、有機物を含んでいる。ロームは炭ができず、燃焼しなかったので有機物は含まない。
　・腐植土の炭に酸素を送って燃焼させるとロームのような物質が残った。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる
２）腐植土は有機物に富み、乾留にすると炭ができ、燃えるとロームが残る。ロームは有機物を含まず、燃えない。

●読みもの「腐植土のできかたとはたらき」を読ませる

①「腐植土のできかたとはたらき」を配付し、教師がゆっくりと読み聞かせ、以下の「確かになった」をノートに書かせる。

３）土壌動物によってつくられた腐植土は無機塩類を吸着し、植物がよく育つ。

読みもの「腐植土のできかたとはたらき」

団粒構造をした腐植土層は大小の隙間がたくさんあり、固体の割合が 20～30％で、あとは水と空気で満たされています。森林の地面を踏むとふかふかしているのはそのためで、水や空気の通りがよく、同時にそれらを多量に蓄えることができるのです。通気性、透水性、保水性が優れた腐植土は植物がよく育ちます。植物の根も呼吸をしています。農家の人が定期的に畑を耕すのは、土を柔らかくして、隙間をつくり、水や空気の通りをよくしているのです。一方、ロームや岩石が風化してできた土には団粒構造がないため、隙間がなく、水や酸素をあまり含むことができません。そのため、ロームや岩石が風化してできた土がむき出しになっているところでは植物はほとんど育ちません。

では、森林の腐植土は人間が耕していないのになぜふかふかなのでしょうか。自然界ではミミズをはじめとした多種多数の土壌動物が土を耕しているのです。北海道の牧草地では、ミミズによって深さ 10cm までの腐植土が 11～12 年ですべて耕されるそうです。森林の土壌には、片足の下に約 5 万匹もの小動物が生息しています。彼らの消化管の中で、食物である落ち葉や糞などの有機物と一緒に食べたロームや砂が混ざり、図のような団粒構造をした腐植土ができるのです。ですから、腐植土を乾留にして、その炭を燃やすとロームが残るのです。

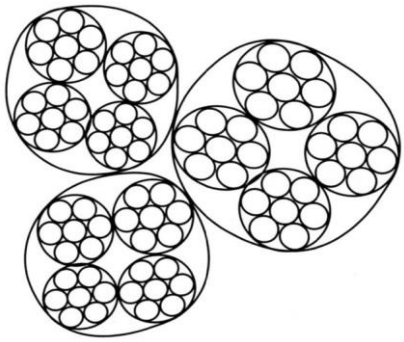


図　腐植土の団粒構造

したがって、腐植土は土壌動物の糞であると言ってもよいでしょう。団粒構造は、図のように小さな粒が集まってひとつのかたまりをつくり、そのかたまりがまた幾つか集まってひとつのかたまりをつくるといった３～４重の構造をしています。こうした粒の隙間は、水や空気が蓄えられるだけではなく、微生物の良いすみかとなっています。微生物は腐植土の有機物を分解して植物に必要な無機塩類を供給します。

また、団粒中の粘土や腐植は、負の電荷をもっているため、植物の成長に不可欠な肥料（アンモニア、カリウムやカルシウムなど）の陽イオンを引き付けて結合し、それらが水に流されてしまうのを防ぎます。このようなはたらきを腐植土の吸着作用と呼びます。

日本の伝統的な農業では、家畜の糞や落ち葉、下草などでつくった有機物の堆肥（有機肥料）を畑の土に混ぜていました。堆肥は、土壌中の微生物に食べられ、最終的に無機物に分解され、作物に吸収されました。と同時に、無数の土壌動物により、常に畑の土が耕され、通気性や保水性のよい土が保たれていました。ところが、戦後、化学肥料（無機肥料）や農薬を使うことによって、土壌動物や微生物の種類や数が激減したために、畑の土は赤色化し、団粒構造のない固い土となってしまいました。そのような土では作物の育ちも悪いため、近年、多様な生物が共存する腐植土の畑でつくられた「有機栽培」の作物が見直されてきています。

腐植土は長い年月の間に岩石や火山灰が風化してできた砂や粘土に土壌動物や微生物などがはたらきかけてできます。したがって、生物がいないところでは腐植土はできません。太陽系の惑星で腐植土があるのは地球だけです。その地球にも昔から腐植土があったわけではありません。植物が海から上陸し、それを追って虫たちが上陸した約 4 億年前から少しずつつくられたのです。腐植土は年に 0．1～0．01mm の厚さしかできません。動物の生存は植物によって支えられています。そして、陸上の植物の生存は腐植土によって支えられています。したがって、陸上のすべての生物の生存はたった数十㎝の厚さの腐植土によって支えられていると言えるのです。

12・13 時限目　自然界の物質循環

●ねらい：生物界では、植物、動物、微生物の３者のつながりの中で、物質が変化しながら循環している**ことを理解させる。**

●課題を出す前に

①「森林や草原に生えている野生植物に肥料は必要か。」と問いかけ、人が肥料を与える必要がないことを確認して課題を出す。

課題「田畑や花壇で育てる栽培植物は肥料を与えないとよく育たないのはなぜか。」

●課題に対して予想される生徒の考え

Ａ．わからない

見当がつかない。

Ｂ．作物や花壇で育てる作物はたくさんの栄養物質が必要だから

ア．作物や草花は大きな果実をつくったり、きれいな花を咲かせたりするからたくさんの栄養物質が必要。

イ．人が育てる草花や作物はひ弱だから、肥料が必要。

Ｃ．田畑の作物は収穫して、遺体が土に戻らないから

野生の植物は枯れると土壌生物によって分解されて、無機物が植物に再利用されるが、田畑の作物は収穫してしまうので、植物は無機物を再利用できないから。

●「自分の考え」から討論まで

①机間巡視をして、生徒の意見を把握する。

②それぞれの考えとその根拠を発表させ、それに対する質疑応答を行う。Ｂのアの意見に対しては、「作物がたくさんの栄養物質を必要とするのは事実であるが、野生植物でも大きな樹木やたくさんの果実をつくる植物では大量の栄養物質が必要な植物がある。しかし、それらに肥料を与えることはない。」と説明して、Ｃの意見を引き出す。

③Ｃの意見が出ると、多くの生徒は納得するので、Ｃの意見が正しいことを確認して討論を終える。Ｃの意見が出ないときには、「田畑で作物を収穫し続けると土の中の肥料はどうなるか。」と問いかけ、肥料分がなくなってしまうことを引き出す。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

1）田畑や花壇で育てる栽培植物は、収穫してしまうと有機物である遺骸が土壌に残らないため、それが分解されてできた無機物を植物が再利用できないため、肥料を与える必要がある。

●質問を出す

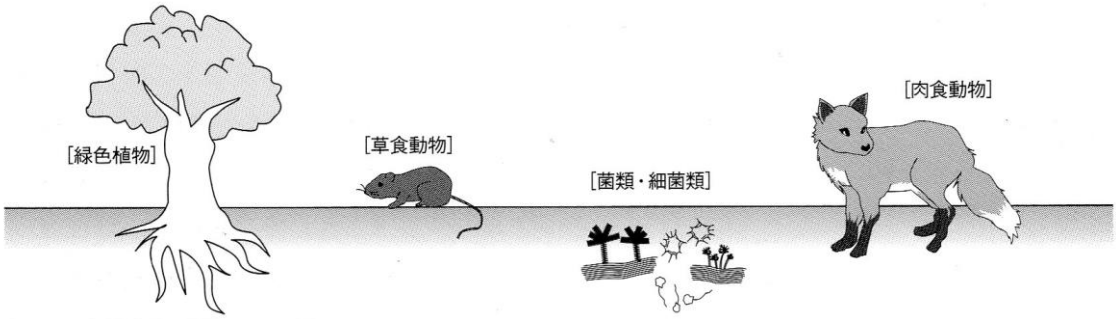
①自然界の物質循環の作業のための図を配布し、同時に同じ図を拡大したものを黒板に貼り、「自然界では炭素化合物はどのように変化しながら移動しているか、図に描き込んでみよう。」と言って、次の問いかけをし、以下のことを確認してから質問を出す。

・「生物の体はどのような物質からできているか。→生物の体は主に炭素原子を骨格とした有機物でできている。

・「植物どのようにして有機物を合成しているか。→植物は光合成により無機物である二酸化炭素と水を原料にして有機物を合成している。

・「生物はどのようにして活動に必要なエネルギーを得ているか。→生物は有機物を酸素で酸化して活動に必要なエネルギーを得ている。

質問　自然界における植物・動物・微生物の３者の間の炭素原子の流れを二酸化炭素を起点に矢印で書き入れ、そのはたらきも説明しなさい。



②質問の意味がわからない生徒もいるので、以下の問いかけをしながら図に記入させる。

a．大気中の二酸化炭素に含まれる炭素原子は図の生物のうちのどこに移動するか。

b．植物は二酸化炭素を何に利用し、どのような物質に変化させるか。

c．炭素原子は植物から草食動物に移動しているか。

d．炭素原子は草食動物から肉食動物に移動しているか。

e．植物、草食動物、肉食動物から微生物に炭素原子は移動しているか。

③答え合わせをする。

a の答え：「植物」。二酸化炭素から植物に向けて「→」を描かせる。

b の答え：「光合成、有機物」。「→」に「光合成」と書かせ、植物の図のところに「有機物」と書かせる。また、植物は呼吸で二酸化炭素を大気中に放出しているので植物から大気に向けて「→」を描かせ、「呼吸」と書かせる。

c の答え：「食物として有機物を食べている」。植物から草食動物に向けて「→」を描かせ、そこに「食べる・有機物」と書かせる。また、呼吸で二酸化炭素を大気中に放出

しているので、大気に向けて「→」を描かせ、「呼吸」と書かせる。

dの答え：「食物として有機物を食べている」。草食動物から肉食動物に向けて「→」を描かせ、そこに「食べる・有機物」と書かせる。また、呼吸で二酸化炭素を大気中に放出しているので、大気に向けて「→」を描かせ、「呼吸」と書かせる。

eの答え：「それらの遺体や糞などの有機物を吸収している」。植物、草食動物、肉食動物から微生物にそれぞれ「→」を描かせ、そこに「分解・無機物」と書かせる。また、呼吸で二酸化炭素を大気中に放出しているので、大気に向けて「→」を描かせ、「呼吸」と書かせる。

①完成させた図を見させ、「何か気づいたことはないか。」と問いかけ、炭素原子が大気→植物→草食動物→肉食動物→微生物→大気と循環していることに気づかせる。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

２）生物界では、植物、動物、微生物の３者のつながりの中で、物質が変化しながら循環している。

【13 時限目】

●質問１を出す

①前時に完成させた自然界における炭素化合物の循環の図を見させ、「前時は炭素化合物が植物、動物、微生物の３者のつながりの中で、変化しながら循環していることを学習した。今日はまず窒素化合物について考えてみよう。」と言って、質問を出す。

質問１「自然界における植物・動物・微生物の３者の間の窒素原子の流れをアンモニアを起点に矢印で書き入れ、そのはたらきも説明しなさい。」

②前時に炭素原子について学習しているので、要領はわかっている。前時に完成させた自然界における炭素原子の循環の図に窒素原子の移動と変化を追加させる。教師が以下の問いかけをしながら記入させる。

ａ．土壌中窒素化合物（アンモニア）に含まれている窒素原子は図の生物のうちのどこに移動するか。

ｂ．植物はアンモニアを何に利用し、どのような物質に変化させるか。

ｃ．植物から草食動物に窒素原子は移動するか。

ｄ．草食動物から肉食動物に窒素原子は移動しているか。

ｅ．植物、草食動物、肉食動物から微生物に窒素原子は移動しているか。答え：「植物」。アンモニアから植物に向けて「→」を描かせる。

③答え合わせをする。

aの答え：「植物」

bの答え「タンパク質同化、有機物（タンパク質）」。「→」に「タンパク質同化」と書かせる。植物の図のところには「有機物」と書かれているので改めて書かない。

cとdの答え：「食物として有機物を食べている」。これは炭素原子と同じなので追加の記入はしない。また、尿から尿素として排出されているので、土壌に向かって「→」

を描き、「尿」と書かせる。

ｅの答え：「それらの遺体や糞などの有機物を吸収している」。植物、草食動物、肉食動物から微生物にそれぞれ「→」を描かせ、そこに「分解・アンモニア」と書かせる。

④完成させた図を見させ、「窒素化合物に含まれている窒素原子も植物→動物→微生物のつながりの中で変化しながら循環していると言えるか。」と問いかけ、窒素化合物も土壌→植物→草食動物→肉食動物→微生物→土壌と循環していることを確認させる。

●質問２を出す

①「生物が活動するために必要なエネルギーの大元は何かを考えてみよう。」と言って、質問２を出す。

質問２「生物が活動するために必要なエネルギーの大元は何か。」

①質問の意図がよくわからない生徒もいるので、教師が以下のような問いかけをしながら答えを引き出させる。

ａ．微生物が活動するために必要なエネルギーは何から得ているか。→生物の遺体

ｂ．肉食動物が活動するために必要なエネルギーは何から得ているか。→草食動物

ｃ．草食動物が活動するために必要なエネルギーは何から得ているか。→植物

ｄ．植物が活動するために必要なエネルギーは何から得ているか。→太陽の光

②このように食物網をたどらせ、生物が活動をするために必要なエネルギーの大元は太陽の光エネルギーであることに気づかせたら、「自然界の物質循環とエネルギーの流れ」の図を配付し、以下の説明をする。

・微生物は生物の遺体や糞の有機物に含まれているエネルギーを利用している。微生物に利用されたエネルギーは熱エネルギーに転化され、大気中に放出される。

・動物は他の生物の体の有機物に含まれているエネルギーを利用し、そのエネルギーは熱に転化され、大気中に放出している。

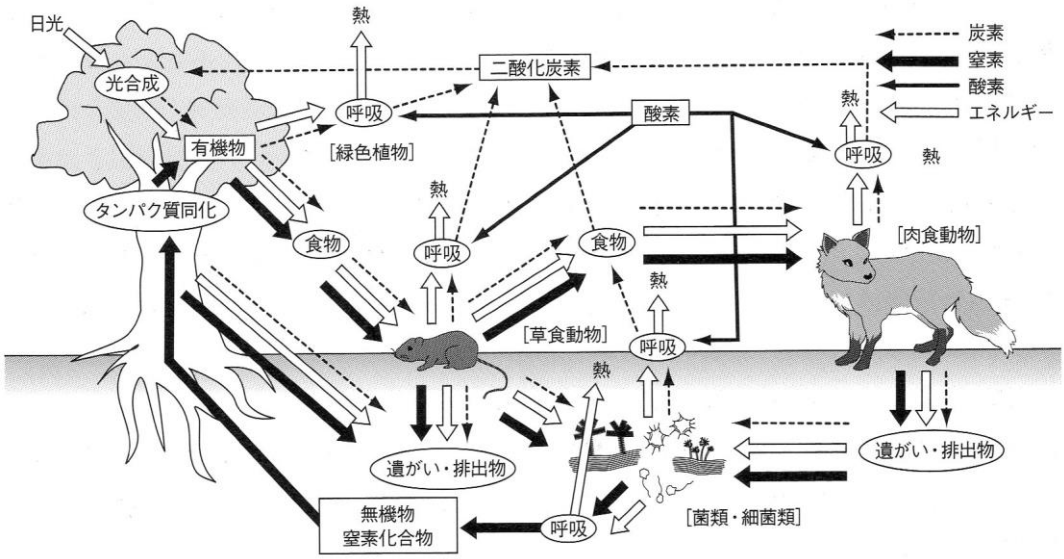
・植物も直接的には体内に蓄積した有機物をエネルギー源にしているが、その有機物を合成するエネルギーは太陽の光エネルギーを利用している。

・したがって、生物が活動するために必要なエネルギーの大元は、太陽の光エネルギーである。この世界が真っ暗になったらすべての生物は生きることができない。

・生物界では、植物、動物、微生物のつながりの中で、物質が変化しながら循環しているが、それにともないエネルギーも転化している。

●「結果と確かになったこと」を書かせ、発表させる

１）　生物が活動するエネルギーの大元は、太陽の光エネルギーである。


日光
熱
炭素
窒素
酸素
エネルギー
二酸化炭素
光合成
呼吸
酸素
熱
有機物
[緑色植物]
呼吸
熱
タンパク質同化
熱
食物
呼吸
食物
[肉食動物]
熱
[草食動物]
呼吸
熱
遺がい・排出物
遺がい・排出物
無機物
窒素化合物
呼吸
[菌類・細菌類]