

第4部

生物の多様性と生態系

地球上には多様な環境が存在し、それぞれの環境に適応したさまざまな生物がすんでいる。そのため、地球には多様な生物種で構成される多様な生態系が成立している。

第4部では、陸上に見られるさまざまな植生とそれらの移り変わり、そして、生態系における物質の循環や生態系のバランスについて学んでいこう。



第1章

多様な植生と遷移……………168

第2章

気候とバイオーム……………180

第3章

生態系とその保全……………196



小さな生態系 ～エコボール～

写真のガラス球(エコボール)の中には、水生植物やエビ、小石、水などが入っており、密閉されている。水をかえたり、外からえさを与えたりすることはできないが、中の生物は互いにかかわり合うことにより、生活を続けることができる。



▲チングルマ（高山植物）



▲エコボール



▲エビ

中学 1 年

・生物の観察 ・植物の仲間

中学 2 年

・生物と細胞 ・動物の仲間
・生物の変遷と進化

中学 3 年

・生物と環境・自然の恵みと災害
・自然環境の保全と科学技術の利用

地球上には、多様な環境が存在している。そして、異なる環境では異なる植物が生育し、光合成をしている。植物は、周囲の環境とどのようにかかわっているのだろうか。

△尾瀬ヶ原 湿地が広がる

第1節 植物と環境のかかわり

A 環境

ある生物にとって、その生物を取り巻く外界を^{かんきょう}環境という。環境には^{ひせいぶつてきかんきょう}非生物的環境と^{せいぶつてきかんきょう}生物的環境がある(図1)。

非生物的環境を構成する要素は、光・水・土壌・大気・温度などである。生物的環境を構成する要素は、その生物に影響を与えるほかの生物全般である。



図1 環境の概念 植物にとっての環境を示している。

◎ 作用と環境形成作用 ◎

非生物的環境が生物に影響を及ぼすことを^{さよう}作用という。

一方、生物の生活が、非生物的環境に影響を及ぼすことを^{かんきょうけいせい}環境形成作用という。例えば、光・水・二酸化炭素・土壌中の養分などが樹木の成長に影響を及ぼすことを作用といい、樹木の成長の結果、樹木の下層が暗くなることなどを環境形成作用という。

生物のもつ形態や生理的機能などの性質が、その環境のもとで生活していくうえで都合よくできており、結果的に生物の生存や繁殖に役立っていることを^{てきおう}適応という。

●生活形●

5 寒冷で雪の多い地域に生育する樹木には、温暖な地域に生育する近縁な種に比べて背丈が低く、柔軟な茎をもつものがある。この形態は、樹木の上に雪が積もっても折れにくいという特徴がある。また、砂漠のように乾燥した地域に生育する植物には、根を非常に長く伸ばし、地中深くの水分を吸収しているものもある。環境への適応を反映した形態を^{せいいかつけい}生活形という。

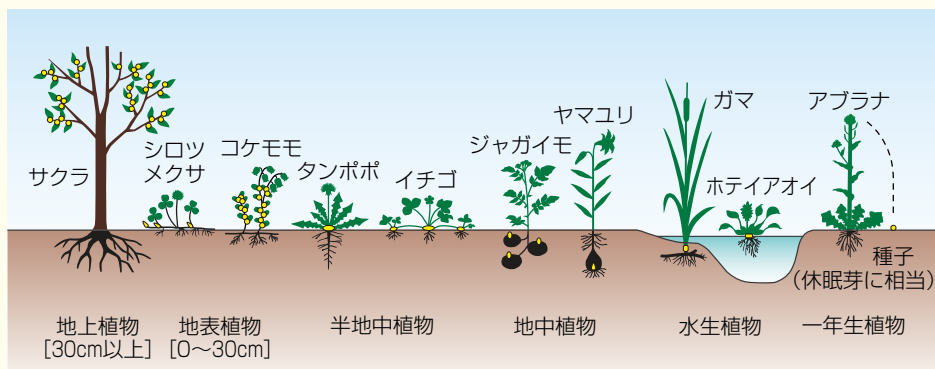
10 生活形にはさまざまなものがある。種子が発芽してから1年以内に結実して枯死する植物を^{いちねんせいしよくぶつ}一年生植物、地下部などに養分を貯蔵しながら1年をこえて生育する植物を^{たねんせいしよくぶつ}多年生植物という。

木本は、ふつうは、2 m 程度より低い低木と、低木より高い亜高木や高木に分けられる。また、木本は、冬季や乾季に葉を落とすかどうかで常緑樹と落葉樹に分けることができる。広葉樹と針葉樹に分けることもできる。

参考 理解

ラウンケルの生活形

多くの植物は生育に不適切な冬季や乾季には成長を止め、^{きゅうみんが}休眠芽をつくる。休眠芽は、ある一定期間、発芽しない芽で、低温や乾燥に強い特徴をもつ。ラウンケルは、^{1860~1938}休眠芽の位置の違いによって植物の生活形を分類した(図a)。熱帯では地上植物が、寒帯では半地中植物が、乾燥する砂漠では一年生植物が多くなる。



図a 植物の休眠芽のさまざまな位置 ラウンケルの分類による。休眠芽を黄色で示す。

光が強くなると光合成量は増加し、二酸化炭素の吸収量は増加する。単位時間あたりの、光合成量を**光合成速度**、呼吸量を**呼吸速度**という。光が弱くなり呼吸速度が光合成速度を上回ると、結果として二酸化炭素の放出が起こる。呼吸速度と光合成速度が等しくなると、見かけ上、二酸化炭素の出入りはゼロになり、このときの光の強さを**光補償点**という。

植物が成長するには光補償点より強い光を必要とする。見かけの光合成速度に呼吸速度を加えたものが光合成速度である。ある強さ以上の光では光合成速度は増加しなくなり、増加が止まったときの光の強さを**光飽和点**という。また、このときの光合成速度を最大光合成速度という(図2)。

● 陽生植物と陰生植物 ●

光の影響は、植物の種や、葉の状態によってさまざまである。日当たりの悪い場所では成長しにくい植物を**陽生植物**といい、日当たりの悪い場所でも成長できる植物を**陰生植物**という(図3)。

一般に陽生植物は呼吸速度が大きく、光補償点が高いが、最大光合成速度も大きい。そのため、弱い光の下では成長できないが、強い光の下ではよく成長する。陰生植物は呼吸速度が小さく、光補償点が高いが、最大光合成速度も小さい。そのため、弱い光の下でも成長できる。

陽生植物の樹木を**陽樹**という。幼木のときには日当たりの悪いところで成長し、ある程度成長すると明るいほどよく成長する樹木を**陰樹**という。

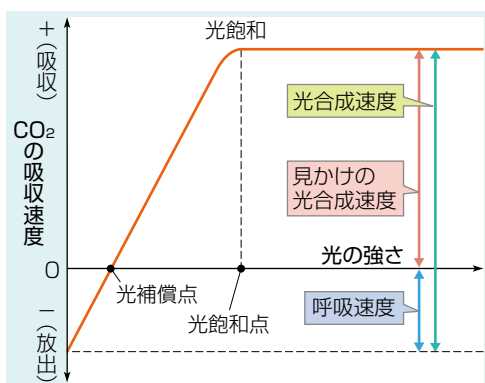


図2 光の強さと光合成速度の関係 呼吸速度は光が強くなるにつれて小さくなるが、ここでは一定であるものとしている。

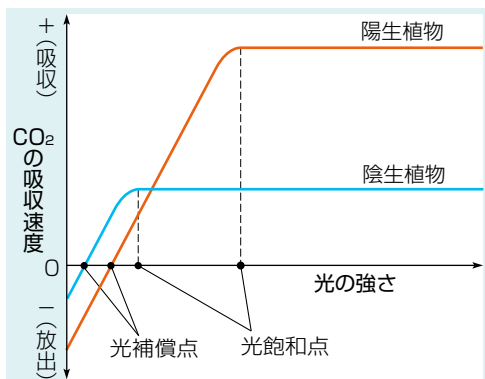


図3 陽生植物と陰生植物の光合成



アドバイス

陽生植物と陰生植物の例

陽生植物：イネ、ススキ、トウモロコシ

ヤシヤブシ、アカマツ

陰生植物：ドクダミ、アオキ、ベニシダ

スダジイ、アラカシ

◎ 陽葉と陰葉 ◎

1本の植物体でも、日当たりのよい場所と悪い場所では、葉の特徴が異なる。

日当たりのよい場所にある葉を陽葉^{ようよう}といい、厚くて葉の面積が小さい。一方、日当たりの悪い場所にある葉を陰葉^{いんよう}といい、薄くて葉の面積が大きい(図4)。陽葉は陰葉より、葉の面積あたりの最大光合成速度が大きい。

実験4-1で陽葉と陰葉を採取して比べよう。

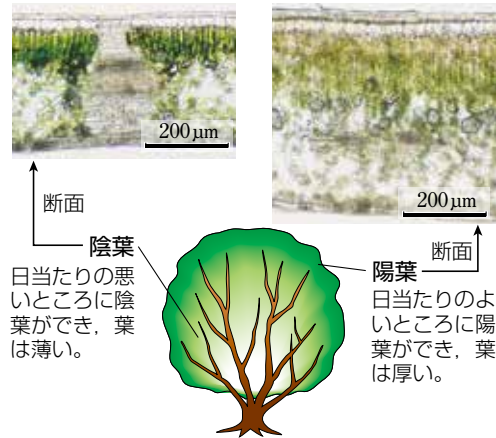


図4 陽葉と陰葉 写真はトベラの陽葉と陰葉の横断面である。



実験 4-1 陽葉と陰葉の比較

目的 同じ樹木の陽葉と陰葉を採り、葉の面積・厚さ・色・生重量・乾燥重量を比較する。

準備 1本の樹木の日当たりのよいところの葉(陽葉)と日当たりの悪いところの葉(陰葉)の、二年葉(下図)を、各5枚採取する。デジタルノギス、またはデジタルマイクロメーター、トレース紙、方眼紙、電子てんびん、葉包紙、電子レンジ

方法 ① 葉面積の測定：採取してきた葉をトレース紙に写し取り、トレース紙を葉の輪郭に沿って切り取り、切り取ったトレース紙の重さを測定する。別に面積のわかったトレース紙の重さを測定しておき、トレース紙の重さを葉の面積に換算できるようにしておく。

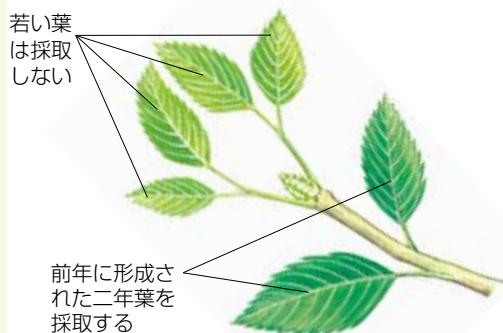
② 厚さの測定：葉の中央部分の厚さをデジタルノギスで測定する。

③ 色の測定：同じ光条件で肉眼で色彩を比較する。

④ 重量の測定：生重量は葉を採取した直後に測定する。乾燥重量は電子レンジで処理して重さを測定する。何度かに分けて乾燥処理を行い、葉の乾燥重量が変わらなくなるまで続ける。測定には葉包紙を使う。

⑤ 陽葉と陰葉それぞれの測定値の平均を比較する。

結果 陽葉は陰葉に比べて、葉面積が小さく、葉が厚く、生重量も乾燥重量も大きかった。



地球上にはさまざまな植物が生育している。ある場所に生育している植物の集まりを**植生**という。また、植生を外から見たときの様相を**相観**といい、植生の中で、個体数が多く、背丈が高くて葉や枝の広がり大きい種を**優占種**という。一般に、相観は優占種によって特徴づけられる。

5

A 森林の階層構造

森林の内部には層状の構造が見られる。この構造を**階層構造**という。森林の最上層にある葉や枝の集まりを**林冠**といい、森林の最下層を**林床**という。上層は高さによって**高木層**、**亜高木層**、**低木層**に分けられる。また、林床には、背丈の低い草などからなる**草本層**が見られる(図5)。林冠から林床にかけて光の強さは減少していき、林床の光の強さは林冠の光の強さの1%以下である。それぞれの層につく葉は、その層における光の強さに適応した光合成の特性をもっている。

10

本州中部の太平洋側などに分布する照葉樹林では、スダジイやアラカシが高木層を形成する。亜高木層は高木層を形成する樹木の幼木やヤブツバキなどによって形成される。低木層にはイヌビワ、アオキなどが見られる。

15

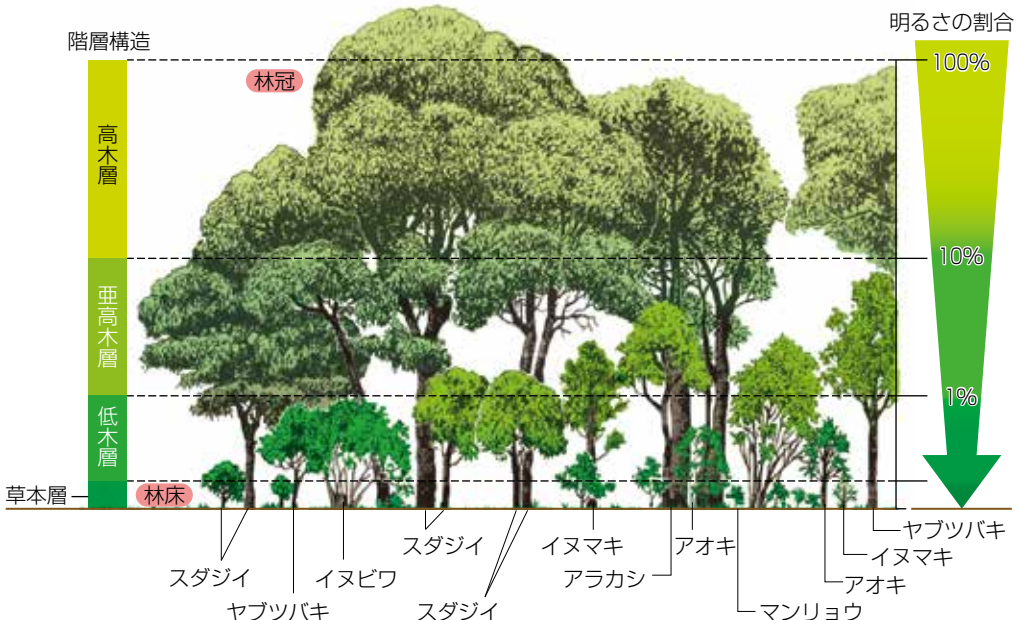


図5 森林の階層構造と各階層における光の強さの例

◎ 土 壤 ◎

土壌は、岩石が風化したり、生物の影響を受けたりして生成される。森林の土壌は発達しており、構成成分によって層状になっている。地表面は、落葉・落枝で覆われており、これを^{らくようそう}落葉層という。その下には黒褐色の層があり、これを^{ふしよくそう}腐植層という。

腐植層は、落葉・落枝が土壌動物や微生物によって分解されてできた有機物によって形成され、養分に富む。その下には有機物の少ない層があり、これは岩石などが風化を受けてできたものである。さらに、その下には、母岩という風化前の岩石がある(図6)。熱帯では気温が高いために微生物の活動が活発であり、落葉・落枝は急速に分解される。そのため、落葉層や腐植層の厚さは薄い。

風化した細かい岩石と腐植がまとまった粒状の構造を^{だんりゅうこうぞう}団粒構造という(図7)。

団粒構造は保水力が高く、すきまが多いので通気性が高い。根は、団粒構造の発達した、有機物に富む層でよく成長する。これは、水や養分の吸収が容易に行えるうえに、根の呼吸にも都合がよいためである。

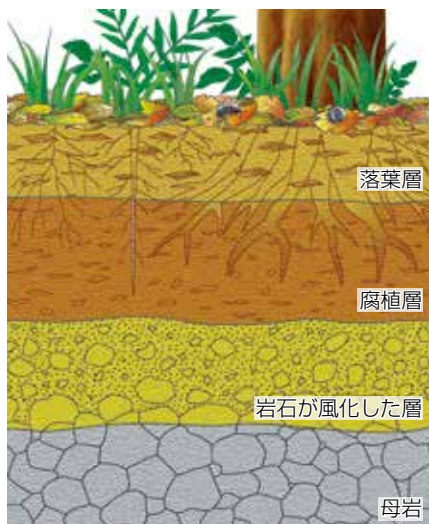


図6 土 壤

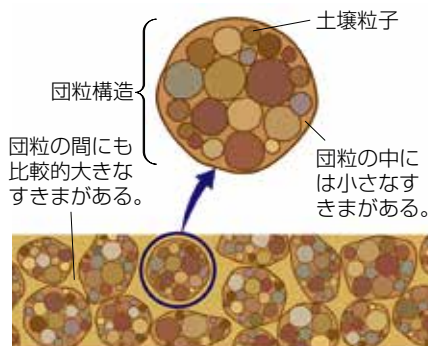


図7 団粒構造

参考 理解

土壌と生物多様性

土壌には、落葉・落枝などを分解する細菌やカビ・キノコなどの菌類をはじめ、土壌動物など多様な生物が見られる。落葉・落枝の層にはワラジムシ・ダニ・トビムシ・クモなどが、腐植層にはミミズ・ムカデ・アリ・トビムシなどが見られる。



図a ワラジムシ



豆知識 土壌は生物の影響も受けている。例えば、ミミズは土壌中の有機物を食べ、粒状のふんをすることで、団粒構造の形成に関わっている。

A 遷移の過程



図8 裸地(長野県浅間山)



図9 溶岩上に生育する地衣類とコケ植物(長崎県普賢岳, 1991年に噴火)

時間の経過とともに、植生を構成する植物種や植生の相観が変化していくことを^{せんい}遷移という。火山の噴火によって溶岩や火山灰などで覆われた裸地(図8)や海洋に新しくできた島、新しくできた湖沼など、土壌や種子などが^{こしょう}ない場所では始まる遷移を^{いちじせんい}一次遷移という。一方、森林の伐採や山火事などによって植生が破壊され、土壌中に有機物・種子・地下茎などが残っている場所で始まる遷移を^{にじせんい}二次遷移という。

● 一次遷移 ●

一次遷移のごく初期は、植物は生育しておらず、土壌も形成されていない。しかしこのような厳しい環境においても、例えば火山の噴火後には、溶岩が冷えてできた跡地に地衣類やコケ植物がまばらに生育することが多い(図9)。このような遷移の初期に生活を始める植物を^{せんくしゅ}先駆種(パイオニア)という。また、非生物的环境要因が極端に厳しく、特別な植物がまばらに生えるだけで、植物が地表を覆う割合が非常に少ない場所を^{こうげん}荒原という。

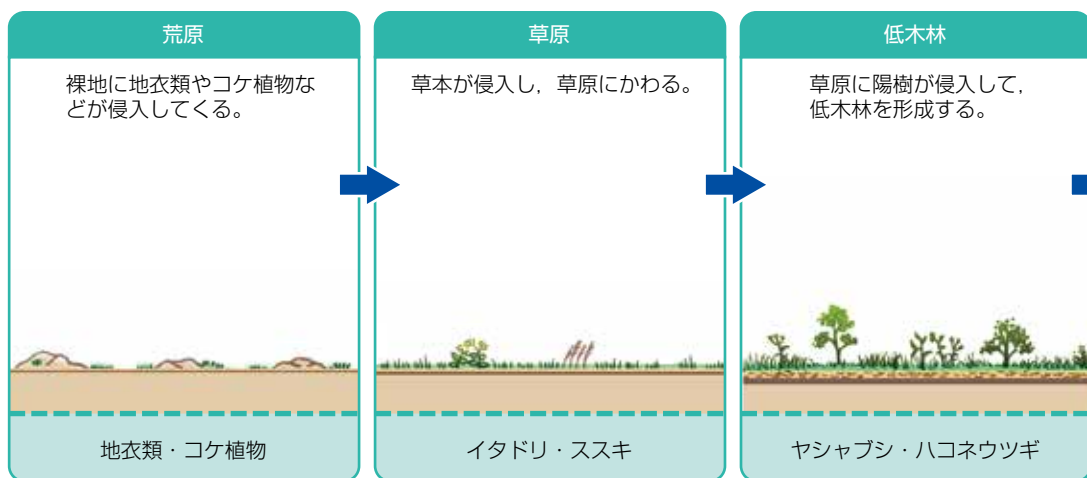


図10 遷移の模式図 ここでは陸地における遷移の例を示している。遷移はさまざまな要因によって進行



菌類は、藻類やシアノバクテリア(→ p.30)と共生する場合がある。共生したものは地衣類といわれ極地や高山などの、土壌がない、低温、あるいは乾燥した環境でも生育できる。藻類とは光合成を行う原生生物(→ p.25)の総称である。

土壌の形成が進み徐々に地中の有機物や水分が増加してくると、イタドリ(図11)やススキなどの多年生草本が侵入し、定着することで荒原は^{そうげん}草原にかわる。



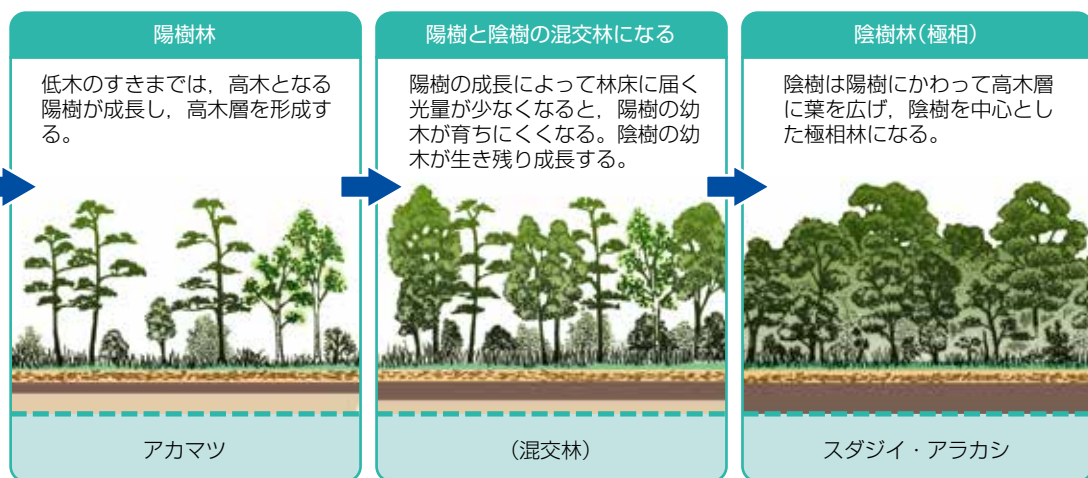
図11 イタドリ(長野県浅間山)

やがて草原にヤシャブシやハコネウツギなどの陽樹が侵入し、低木林が形成される。次に低木のすきまでは、アカマツなどの高木となる陽樹が成長し、高木層を形成するようになる。陽樹の成長によって林床に届く光量が少なくなると、光補償点の高い陽樹の幼木は育ちににくくなる。

しかし、スダジイやアラカシなどの光補償点の低い陰樹の幼木は、陽樹林の林床で成長することができる。やがて、陰樹は陽樹にかわって高木層に葉を展開し、林冠を構成するようになる。こうして陰樹を中心とした林がいったん成立すると、長年にわたり植生を構成する植物種の組成が安定した状態を維持するようになる。このような状態を、^{きょくそう}極相(クライマックス)という。

極相に達した森林を^{きょくそうりん}極相林といい、極相で多く見られる生物を^{きょくそうしゆ}極相種という。一次遷移が進行し極相に達するまでに、1000年以上を要するといわれている。植生の遷移について、調査結果を比較しよう(→ p.177, 資料学習)。

なお、ここで示している遷移は、日本の照葉樹林の形成を例にした陸上における典型的な遷移の進行の過程である(図10)。



するため、必ずしもここで示したとおりの過程を経るとは限らない。

● 二次遷移 ●

二次遷移は山火事などの跡地から始まり、その初期から土壌や、植物の成長に必要な養分が存在する。また、地中には、地下茎という地中に存在する茎や、**埋土種子**^{まいどしゅし}という発芽可能な休眠状態の種子が残っている。そのため、一次遷移よりも急速に遷移が進行する。

一次遷移に最初に定着する草本は多年生草本であるが、二次遷移初期にはシロザなどの一年生草本^①のほうが多く見られる。

参考 理解

二次林

伐採^{ばっさい}などによって森林が破壊された跡地から二次遷移が始まるとき、できる森林を**二次林**^{にじりん}という。伐採が頻繁に行われている二次林ではコナラやクヌギなどの陽樹が見られ、陰樹のみで構成される植生に到達することはない。平地の雑木林^{ぞうきばやし}は典型的な二次林である。



図a 雑木林

● 乾性遷移と湿性遷移 ●

陸地から始まる遷移を**乾性遷移**^{かんせいせんい}といい、湖沼から始まる遷移を**湿性遷移**^{しつせいせんい}という。

湖や沼は、水草などの遺骸^{いがい}や土砂が堆積し続けると、しだいに水深が浅くなり湿地となる。さらに堆積が進み、乾燥して陸地化すると、草原にかわる。以後は乾性遷移と同様の過程を経て、極相に達する(→ p.174, 図10)。



図12 湿性遷移の初期の例 湿地が乾燥して陸地化した後は、p.174, 図10の草原に続く。

① 一年生草本は1年以内で成長し種子をつけ枯死する。土壌がほとんどない環境下においては、一年生草本が1年以内に成長して種子をつけるのは難しい。しかし、そのような環境でも、多年生草本は何年も生き続け、種子をつけるまで成長することができる。そのため、一次遷移初期のように厳しい環境においては多年生草本が最初に定着し、二次遷移初期のようにある程度養分が含まれている環境においては一年生草本も出現するようになる。



伊豆大島で、噴出年代が違う4地点の火山溶岩上に見られる植生のようすや環境条件などを1958～1960年に調査したところ、下表のようになった。表のデータをもとに、3種類のグラフを作成し、設問に答えよう。

調査地点		A	B	C	D
噴出年代	年	1950	1778	684	古い ^①
植物種数	種	3	21	42	33
植生の高さ	m	0.6	2.8	9.2	12.5
地表照度 ^②	%	90	23	2.7	1.8
土壌の厚さ	cm	0.1	0.8	40	37
土壌有機物	%	1.1	6.4	20	31

〈各地点の主な植物〉

A(荒原)－ハチジョウイタドリ・ススキ・シマタスキラン

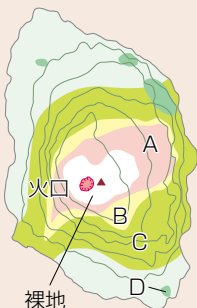
B(低木林)－オオバヤシャブシ・ハコネウツギ

C(混交林)－オオシマザクラ・ヤブツバキ

D(照葉樹林)－スダジイ・タブノキ

①約4000年前。

②植生の最上部の照度を100%とする。



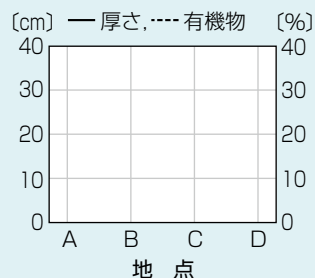
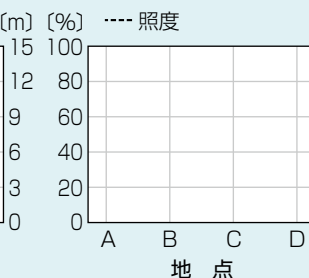
図a 伊豆大島



図b 伊豆大島の溶岩原(火山荒原)



図c スダジイ(陰樹, 高木)



問題

- D地点のように長い年月が経過して形成された植生の状態を何というか。
- 噴出年代が古くなるにつれて、地表の照度がしだいに減少しているのはなぜか。
- 噴出年代が古くなるにつれて、土壌の厚さや有機物量がしだいに増加しているのはなぜか。
- D地点の植物の種数が、C地点よりも少ないのはなぜか。

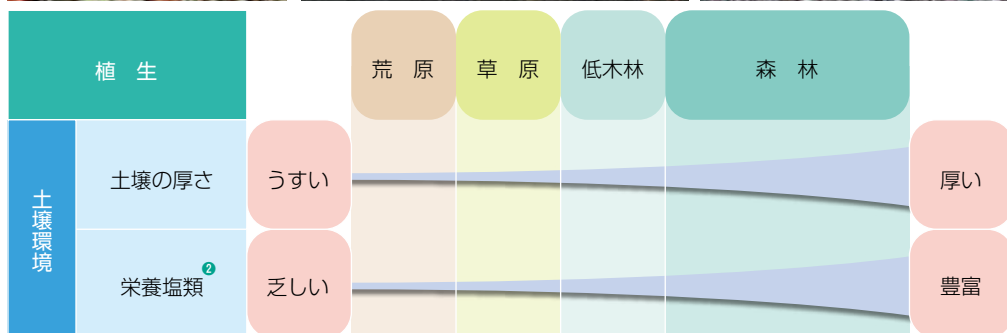
B

遷移に伴うさまざまな変化

◎ 環境の変化 ◎

遷移の過程では、光環境だけでなく、土壤環境も変化する。一次遷移の初期には土壌が形成されていないため、植物の成長に必要なアンモニウムイオンや硝酸イオンなどの窒素を含む栄養塩類が不足することが多い。栄養塩類が不足している環境では、例えば、地衣類の一部が見られることや、空気中の窒素を窒素化合物に変換^①して利用できる細菌と共生する植物が見られることが多い。これらの植物は、落葉や枯死により有機物を土壌に供給し、腐植層を厚くするなどして土壤環境を変えていく。その一方で、植物は水分や栄養塩類を土壌に依存しており、植物と土壌は互いに影響を与え合っている。

遷移の初期は陽生植物が優占種となり、遷移の後期は陰樹の幼木が林床で成長する。



遷移に伴って変化する土壤環境

図13 遷移に伴う変化

① 大気中の窒素分子を窒素化合物に変えるはたらきを**窒素固定**という(→ p.202)。

② 落葉・落枝などの有機物が蓄積し、土壤動物や微生物によって分解され、土壌に含まれる栄養塩類がふえていく。

遷移が進行し、極相に達しても、陽樹がなくなってしまうことはない。多くの極相林では高木層に陰樹と陽樹が混在している。これには、樹木の枯死や台風などによって樹木が倒れてできる林冠の空所が関係している。この空所を**ギャップ**という(図14)。

ギャップができると、その場所の光環境は大きく変化し、林床は明るくなる(図15)。ここでは埋土種子が発芽し、陽樹の幼木のほうが旺盛に成長し、陰樹よりも先に林冠を構成するようになる。その林床では陰樹の幼木が成長を続け、やがてギャップは陰樹に置きかわっていく。

このように、ギャップができると、陽樹がまず林冠まで成長し、その後陰樹に置きかわるという小規模な二次遷移が進行する。このようなギャップを中心とした森林の樹木の入れかわりを**ギャップ更新**という(図16)。森林には遷移の進行度合いの異なるギャップが多数存在するため、全体としては陰樹と陽樹の混在したモザイク状の林冠が見られることになる。ギャップ更新によって、部分的に遷移が繰り返されることで、森林はさまざまな環境を提供し、生物の多様性の保持にもつながっている。



図14 プナ林に生じたギャップ



図15 老齡のブナが枯死して倒れて、明るくなった林床

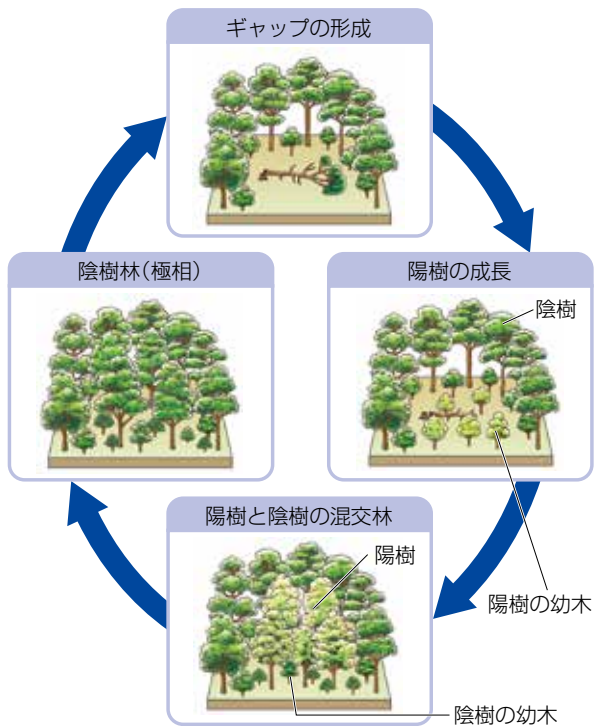


図16 ギャップ更新の模式図

陸上には、植生によって特徴づけられるさまざまなバイオームが見られる。バイオームはその地域の気候とどのように対応しているのだろうか。また、それぞれのバイオームにはどのような生物が見られるのだろうか。

▲森林にすむオランウータンの親子

第1節 バイオーム

地球上の気候は多様であり、気温の高いところや低いところ、降水量の多いところや少ないところなどさまざまである。気候はその地域で見られる植生の相観に大きな影響を与える。ある地域で見られる植生と、そこにすむ動物などを含めた生物の集まりを**バイオーム**(せいぶつぐんけい)という。バイオームは、植生の相観にもとづいて、**森林**・**草原**・**荒原**に分類され、その違いは、年平均気温と年降水量の違いに対応している(図17)。

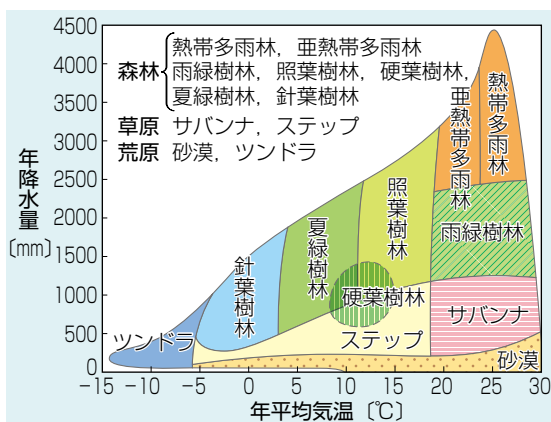


図17 バイオームと気候の関係 硬葉樹林(→ p.183)の境界を破線で示しているのは、同じ、年降水量、年平均気温のところでも、条件によって硬葉樹林になるからである。

アドバイス 年平均気温・年降水量とバイオームの関係

年降水量がじゅうぶんにある地域で、年平均気温に着目すると、年平均気温の高い方から順に、熱帯多雨林、亜熱帯多雨林、照葉樹林、夏緑樹林、針葉樹林へと変化する。

一方、年平均気温が高い地域において、年降水量に着目すると、年降水量の高い方から順に、熱帯多雨林、雨緑樹林、サバンナ、砂漠へと変化する。

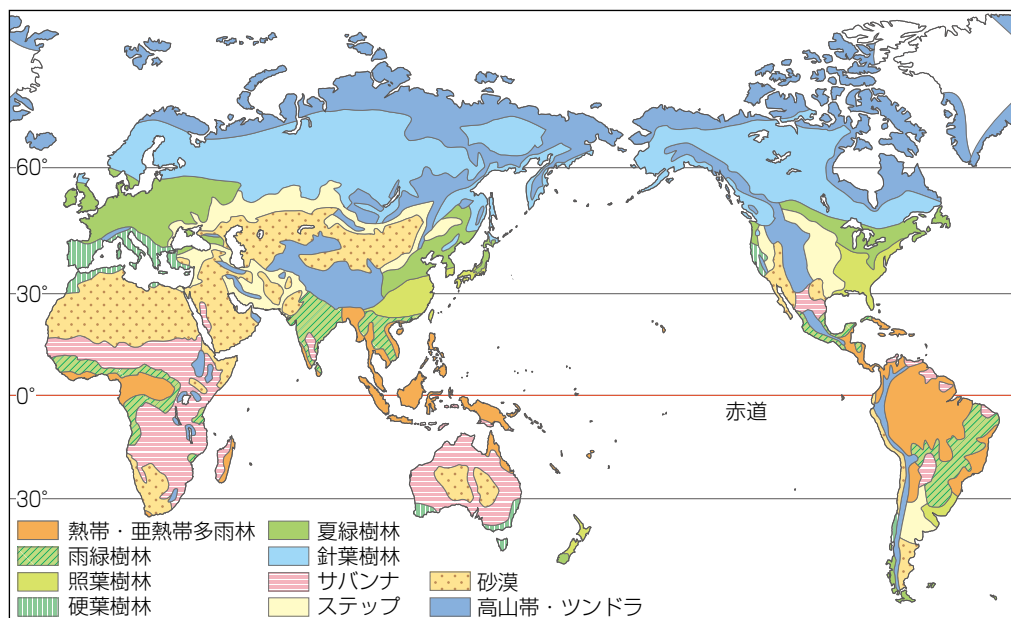


図18 世界のバイオームの分布

世界には、気温と降水量の違いによってさまざまなバイオームが見られる(図18)。

● 森 林 ●

年降水量の多い地域には森林が見られる。熱帯や亜熱帯では、^{ねったいた うりん}熱帯多雨林、^{あねったいた}亜熱帯多雨林、^{うりよくじゅりん}雨緑樹林が見られる。温帯では、^{しょうようじゅりん}照葉樹林、^{こうようじゅりん}硬葉樹林、^{かりよくじゅりん}夏緑樹林が見られる。亜寒帯(冷帯)では、^{しんようじゅりん}針葉樹林が見られる。

● 草 原 ●

温暖であっても、年降水量が少ない地域では、森林が成立せず、イネの仲間を主とした草原となる。草原のバイオームには、年平均気温の高い順から^{サバンナ}と^{ステップ}がある。熱帯の乾季の長い地域にはサバンナが見られる。温帯の雨の少ない地域にはステップが見られる。

● 荒 原 ●

年降水量が極端に少ない地域や年平均気温が極端に低い地域では植生が発達せず、岩や砂が目立つ荒原となる。年平均降水量が200mm以下の地域には^{さばく}砂漠が見られる。年平均気温が -5°C 以下の寒冷な地域では降水量に関係なく^{ツンドラ}が見られる。

森林のバイオーム



熱帯・亜熱帯多雨林

熱帯多雨林は、熱帯のうち、降水量の多い地域に分布する。東南アジアや南アメリカ・中部アフリカに分布する。多様な種の常緑広葉樹が見られ、高木の樹高は70mに達することもあり、着生植物(土壌でなく、樹木や岩などに根をはる植物)や、つる植物も多い。林床は暗く、土壌の腐植層は薄い。多くのサルの仲間が森林の立体的な空間を利用して生活している。

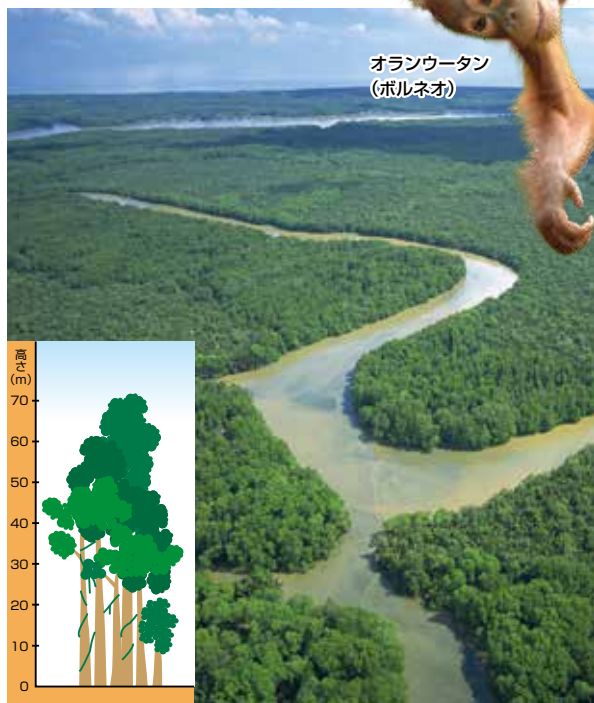
亜熱帯多雨林は、熱帯よりも年平均気温のやや低い亜熱帯で、降水量の多い地域に分布する。亜熱帯多雨林も常緑広葉樹が優占しているが、熱帯多雨林よりも林冠が低いことが多い。

熱帯や亜熱帯の河口付近では、干潮時に根系を地上部に出したヒルギ類が優占し、マングロープといわれる植生を形成している。

代表的な植物 (→p.186)

- ・フタバガキの仲間
- ・メヒルギ
- ・ヘゴ
- ・ガジュマル

▼インドネシア ボルネオ



オランウータン
(ボルネオ)

雨緑樹林

雨緑樹林は、熱帯や亜熱帯のうち、雨季と乾季が明瞭な地域に分布する。南アジア・東南アジアに多く分布する。雨季に緑葉をつけ、乾季に落葉するチークなどの落葉広葉樹が優占している。

代表的な植物 (→p.186)

- ・チークの仲間

▼タイ



照葉樹林

照葉樹林は、温帯のうち、比較的暖かな地域に分布する。日本では、本州中部以南に分布する。葉が厚くて光沢のあるスダジイやアラカシなどの常緑広葉樹が優占している。

代表的な植物 (→p.187)

- ・スダジイ
- ・アラカシ
- ・タブノキ
- ・ヤブツバキ
- ・アオキ

▼日本 宮崎県



硬葉樹林

硬葉樹林は、温帯のうち、夏に乾燥し冬に雨の多い地中海性気候の地域に分布する。夏は日差しが強く著しく乾燥するため、葉がかたくて小さいオリーブやコルクガシなどの耐乾性の高い種が優占している。

代表的な植物 (→p.188)

- ・ゲッケイジュ ・オリーブ
- ・コルクガシ

▼ギリシャ



夏緑樹林

夏緑樹林は、温帯のうち、比較的冷温な地域に分布する。日本では、東北地方などに多く分布する。夏に葉をつけ、秋に紅葉、冬に落葉するブナやミズナラなどの落葉広葉樹が優占している。

代表的な植物 (→p.188)

- ・ブナ ・ミズナラ
- ・カエデの仲間

▼日本 青森県



針葉樹林

針葉樹林は、亜寒帯や亜高山帯 (→p.192) の冬季が長く、寒さの厳しい地域に分布する。日本では、北海道東北部に分布する。スカンジナビア半島・シベリア・アラスカなどでは、トウヒ類・モミ類などの常緑針葉樹が優占している。東シベリアでは、落葉性の針葉樹も見られる。

代表的な植物 (→p.189)

- ・シラビソ ・エゾマツ
- ・トウヒ

▼ロシア シベリア



ヒグマ(アラスカ)

草原のバイオーム

サバンナ

サバンナは、熱帯や亜熱帯のうち、森林の成立に必要な年降水量よりも雨量が少なく、乾季の長い地域に分布する。アフリカ大陸やオーストラリア大陸などに多く分布する。イネの仲間の草本が優占し、乾燥に強い木本が点在することもある。シマウマなどの植食性動物が多く見られ、ライオンやハイエナ、チーターなどの肉食性動物も多い。

代表的な植物 (→p.189)

- ・イネの仲間
- ・アカシアの仲間
- ・バオバブ

▼ケニア



ステップ

ステップは、温帯のうち、年降水量の少ない地域に分布する。地中に細かく絡み合った根をはるイネの仲間の草本が優占し、木本はほとんど見られない。

北アメリカのステップには、アメリカバイソンなどの群れをつくる哺乳類やプレーリッドッグなどの穴を掘る植食性動物、コヨーテなどの肉食性動物が生息している。

代表的な植物

- ・イネの仲間

▼北アメリカ



荒原のバイオーム

ツンドラ

ツンドラは、寒帯で年平均気温が -5°C 以下の地域に分布する。夏が短く、樹木の生育に適さないため、高木はほとんど見られない。地衣類やコケ植物などが優占している。地下には永久凍土という土壌が存在する。北極圏では、トナカイやホッキョクグマなどの大型哺乳類が生息している。

代表的な植物

- ・地衣類
- ・コケ植物

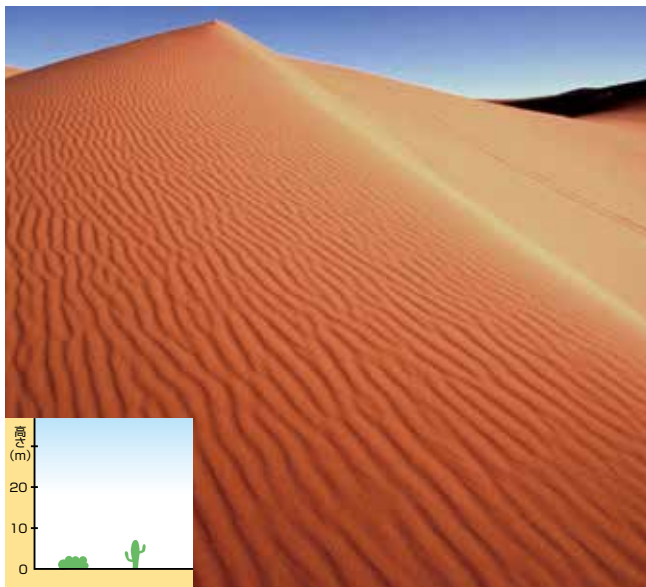
▼アラスカ



① 植物を主な食物とする動物を植食性動物という。動物を主な食物とする動物を肉食性動物という。

砂漠は、熱帯や温帯のうち、年平均降水量が200mm以下の地域に分布する。乾燥に適したサボテンの仲間などの多肉植物や一年生草本が点在するところもあれば、ほとんど植物が存在しないところもある。熱帯の砂漠では、夜行性の動物が多い。

▼イスラエル



代表的な植物 (→p.189)

- ・サボテンの仲間

参考 話題

乾燥する場所で生きる生物

乾燥する場所で生きる植物は、乾燥に耐えるためのさまざまなしくみをもつ。例えば、多くの植物は水分を蓄えるしくみをもち、水分を葉に蓄えるもの、茎に蓄えるもの、根に蓄えるものなどがある。また、かたい表皮をもち、水分の蒸発を防いでいる植物もみられる。雨が降る時期にのみ葉を展開し、日照りが強く雨がほとんど降らない時期になると葉を落とし、蒸散を防いでいる植物もみられる。

乾燥する場所で生きるほとんどの動物も、体から水が逃げにくい表皮をもつ。卵が、何ヶ月、ときには何年も経ってから、たまに雨が降った際にふ化し、短期間で成体になり卵を産むものもいる。例えば、カプトエビはふ化して10日で卵を産む。また、25年も乾燥に耐え、その後ふ化したカプトエビの卵も知られている。

カエルはおたまじゃくしのときには水の中ですごさなくてはならず、乾燥には弱い。スキアシガエルは、乾燥する場所にすむ。後脚が鋤^{あし}のようになっていて、その脚で穴をほってもぐる。日中は穴にもぐりほとんど動かず、夜になり湿度が高くなると、穴から出て虫などを食べる。激しい雨が降ると、地上にオスとメスがいっせいに出現して、できた水たまりに産卵し、再び穴に避難する。卵は1日半でふ化し、おたまじゃくしは2週間で脚が出る。すぐに成体になり、穴にもぐる。



図a スキアシガエル

図中の(～科)の表示を参考に、植物の特徴や仲間をさらに詳しく知りたいときに、図鑑や書籍の項目で調べてみよう。

(→ p.182)

フタバガキの仲間 (フタバガキ科)



果実

大きいもので樹高は50mをこえる。東南アジアの熱帯多雨林の優占種。木材は、建築や家具などに利用される。

メヒルギ (ヒルギ科)



幼植物体

樹高4～5mほど。河口などの汽水域でマングロープを形成する植物の一種。枝についたままの果実の中で種子が発芽・成長し幼植物体となり、海水に落ちて、流されたり泥につきささったりして繁殖する。

ヘゴ (ヘゴ科)



樹高4mほど。長さ1～2mの大型の葉を傘状に広げる。林内湿度の高い亜熱帯多雨林に多く生育し、日本では沖縄地方などに分布する。

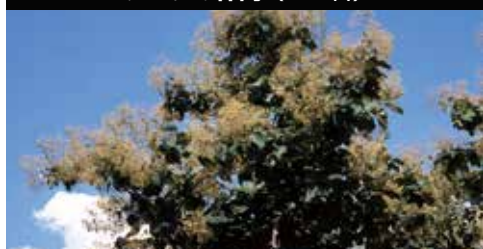
ガジュマル (クワ科)



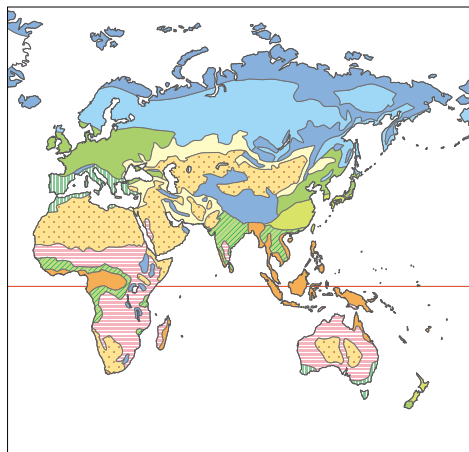
樹高8～10mほど。大きいもので20mをこえる。しばしば、果実は鳥などに食べられ、ふんの中の未消化の種子は、ほかの樹上や岩の上でも発芽し、根を垂らしながら成長する。

(→ p.182)

チークの仲間 (シソ科)



樹高30～40mほどの種が多い。木材はかたくて耐久性があり、家具や船舶などに利用される。雨季に緑葉をつけ、乾季に落葉する。



スダジイ (ブナ科)



樹高 20 m ほど。初夏に花が咲き、翌年の秋に果実が実る。花は、虫の媒介で受粉を行う虫媒花。

アラカシ (ブナ科)



樹高 15 ~ 20 m ほど。春に花が咲き、その年の秋に果実が実る。花は、風で受粉を行う風媒花。

タブノキ (クスノキ科)



樹高 15 ~ 20 m ほど。大きいもので幹の直径は 2 m になる。花は黄緑色で春に咲く。八丈島では、樹皮を褐色の染料として利用している。

ヤブツバキ (ツバキ科)



樹高 6 ~ 18 m ほど。冬 ~ 早春に花が咲き、濃紅色、帯紫紅色、まれに淡紅色や白色になる。種子から椿油が採られる。

アオキ (ガリア科)



樹高 2 ~ 3 m ほど。日本固有の種。果実は楕円形で赤色、秋 ~ 冬に実る。庭木としても利用される。

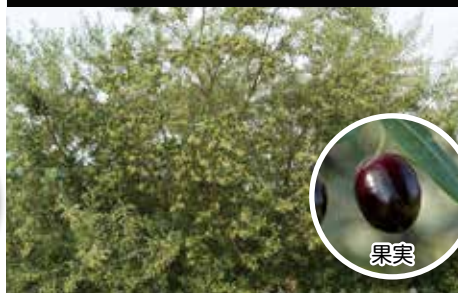


- 熱帯・亜熱帯多雨林
- 雨緑樹林
- 照葉樹林
- 硬葉樹林
- 夏緑樹林
- 針葉樹林
- サバンナ
- ステップ
- 砂漠
- 高山帯・ツンドラ

◀世界のバイオームの分布

ゲッケイジュ (クスノキ科)

樹高 10～18m ほど。地中海沿岸の原産。雄花だけの株と雌花だけの株がある。葉は、乾燥させてスパイスとして料理に利用される。

オリーブ (モクセイ科)

樹高 5～10m ほど。地中海沿岸で広く栽培。果実からオリーブ油がつくられる。日本では香川県しゅうとしまの小豆島で盛んに栽培されている。

コルクガシ (ブナ科)

樹高 10～20m ほど。地中海西部の原産。葉はかたくて厚い。樹皮から採取したコルクは、ワインの瓶の栓などに利用される。

ブナ (ブナ科)

樹高 30m。日本の固有種。白神山地のブナ林は、1993 年に日本で初めて世界自然遺産に登録された。

ミズナラ (ブナ科)

大きいもので樹高は 30m になる。樹皮は淡い灰褐色で、縦に割れ目がある。木材はシイタケの栽培の原木などに利用される。

カエデの仲間 (ムクロジ科)

カエデの仲間は、約 150 種からなる。秋に紅葉するものが多い。カエデの語源は、葉の形がカエルの手のように見えることに由来する。

シラビソ (マツ科)

樹高 20～25m ほど。日本固有の種。本州の福島県から中部地方、紀伊半島、四国地方に分布する。種子は球果にできる。

エゾマツ (マツ科)

樹高 20～30m ほど。日本では北海道に分布する。葉は光沢がある深緑色で、短い線形、枝に対して直角に近い角度でつく。木材は建築や楽器などに利用される。

トウヒ (マツ科)

樹高 20～25m ほど。日本では本州中部の亜高山帯に分布する。樹皮は暗赤褐色で、古くなると鱗状の破片となりはがれる。

(→ p.184)

アカシアの仲間 (マメ科)

アカシアの仲間は、約 600 種で、熱帯～温帯の乾燥地域に分布する。多くはオーストラリアやアフリカ原産。春にクリーム色～黄色の花が咲く。

サバンナ**バオバブ (アオイ科)**

大きいもので樹高 30m、幹の直径 10m になる。幹の先からいくつもの枝が分岐する。樹齢は 1000 年をこえるものもある。

針葉樹林**砂漠**

(→ p.185)

サボテンの仲間 (サボテン科)

サボテンの仲間は、1300～2000 種からなる。アメリカ大陸の原産のものが多い。多くの種の茎は肥大化して球形や筒形となり、葉は針状もしくはなくなっている。

① まつかさのように、裸子植物の雌花の鱗片が木化してかたくなったものが多数集まってできる球形あるいは楕円形の構造。

日本は、ほぼ全域にわたって降水量が多く、森林が成立する条件を備えている。高山や湿地などを除くと、日本の主なバイオームは森林であり、どんな森林になるかは気温によって決まる。

日本列島は南北に長いだけでなく、標高の違いも著しいため、気温が多様である。このため、日本のバイオームは水平方向だけでなく、垂直方向の気温の違いに沿って異なる分布をしている。緯度の違いによって生じる水平方向のバイオームの分布を^{すいへいぶん}水平分布、標高の違いによって生じる垂直方向のバイオームの分布を^{すいちよくぶん}垂直分布という。

● 水平分布 ●

緯度が高い地方は寒冷であり、緯度が低い地方は温暖である。日本のバイオームの水平分布を低地で見ると、北海道北東域にはトドマツ・エゾマツなどの針葉樹林、北海道南部から東北地方にかけてブナ・ミズナラ・カエデ類などの夏緑樹林が見られる。関東地方から屋久島^{やくしま}にかけてはシイ類・カシ類・タブノキ・ヤブツバキ・クスノキなどの照葉樹林、屋久島より南の島々にはビロウ・アダン・ガジュマル・リュウキュウアオキ・木生シダ^①であるヘゴなどからなる亜熱帯多雨林が広がっている。また、南西諸島の河口域ではヒルギ類などからなるマングローブが広がっている(図19)。

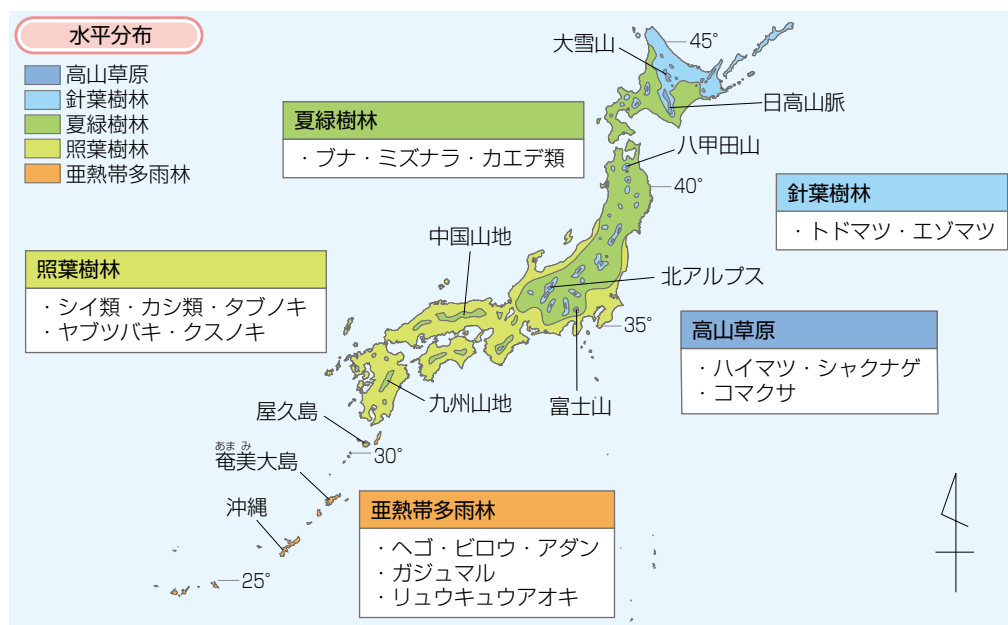


図19 日本のバイオームの水平分布

① 茎が地上に出て、樹木の幹のようになり、樹高が高くなるシダ植物のことを木生シダという。

豆知識 動物の分布は地域によって特徴がある。ヒグマは北海道のみに、ツキノワグマ・ニホンカモシカなどは本州・四国・九州に生息している。



針葉樹林（青森県 オオシラビソ）



（北海道 トドマツ）



夏緑樹林（秋田県白神山地 ブナ）



（長野県 ミズナラ）



照葉樹林（兵庫県 ツブラジイ）



（兵庫県 スダジイ）



亜熱帯多雨林（沖縄県 ヤエヤマヒルギ）



（沖縄県 ヒカゲヘゴ）

図20 日本のバイオームのようす

● 垂直分布 ●

一般に、気温は、高度が1000m増すごとに5～6℃低下する。そのため、山岳地帯では標高によってバイオームが異なる。これを垂直分布といい、高度の低い方から丘陵帯、山地帯、亜高山帯、高山帯に分けられる(図21)。分布の境界となる標高は、低緯度では高くなり、高緯度では低くなる。

5

日本の本州中央部の照葉樹林、夏緑樹林、針葉樹林が見られるところは、それぞれ丘陵帯、山地帯、亜高山帯である。標高700m付近までの丘陵帯にはシイ類、カシ類、その上部の標高1500m付近までの山地帯にはブナ、ミズナラ、さらに上部の標高2500m付近までの亜高山帯にはシラビソ、コメツガなどがよく見られる(図22)。

10

亜高山帯の上限を森林限界といい、その上部には高木が見られない。森林限界をこえた高山帯は風が強いことが多く、ハイマツ・シャクナゲ類の低木林や高山植物が見られる。夏にはお花畑という高山草原が広がる。本州中部の高山帯には、オコジョやイワヒバリなどの動物が生息している(→p.193)。実際に見られるバイオームが年平均気温と年降水量に対応しているのか、実験4-2で調べよう。

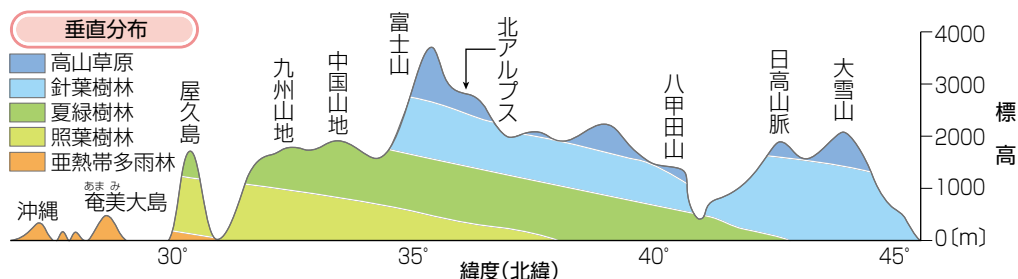


図21 日本のバイオームの垂直分布 日本の代表的な山の標高のバイオームをもとに作成した模式図。

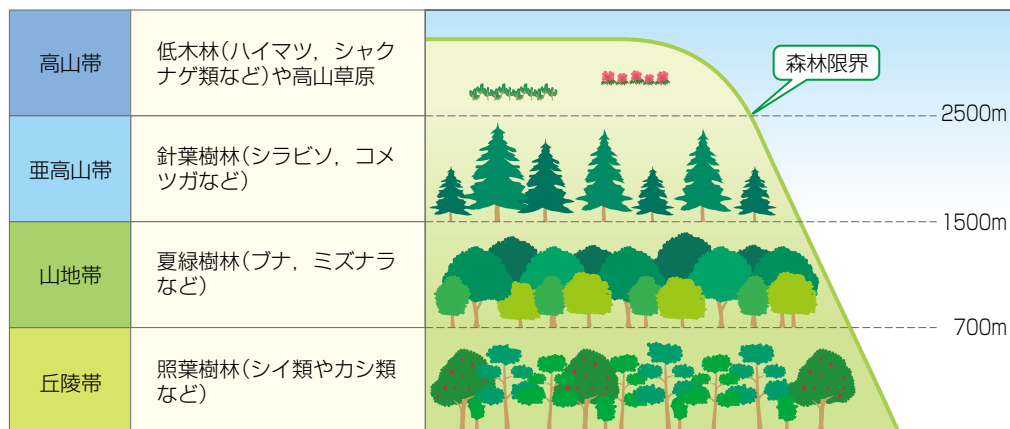


図22 日本の本州中央部における垂直分布

日本の高山帯のようす



ハクサンイチゲ



シナノキンバイ



コマクサ



オコジョ



イワヒバリ



ハイマツの低木林 緑色に見えるのがハイマツ。



高山草原(長野県) 夏にはお花畑が広がっている。

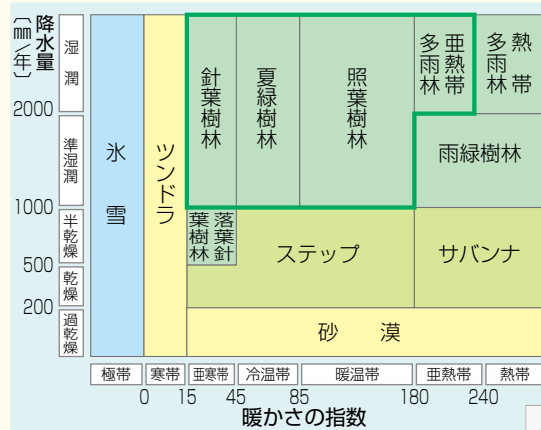
参考 理解

暖かさの指数と植物の分布

暖かさの指数を使うと、日本のような降水量の多い地域において、気温と植生の分布をうまく表現することができる。暖かさの指数(WI)は、月平均気温が5℃をこえる月について、月平均気温から5を引いた数値を求め、それを1年を通して積算したものである。5℃は、植物が光合成などの機能を発揮できる最低の温度として、経験的に決められた数字である。

- 針葉樹林
15 < WI ≤ 45 に分布
- 夏緑樹林
45 < WI ≤ 85 に分布
- 照葉樹林
85 < WI ≤ 180 に分布
- 亜熱帯多雨林
180 < WI ≤ 240 に分布

表a 暖かさの指数・降水量とバイオームの関係 日本のバイオームは太線で囲っている部分である。





実験 4-2 バイオームを調べる

目的 世界のいくつかの地点のバイオームを、気温と降水量のデータから推定する。さらに、インターネットが利用できれば、その地点の緯度と経度のデータから衛星画像で見られる実際のバイオームを調べる。

準備 気温・降水量・緯度・経度のデータブック、地図、コンピュータ

方法 ① データブックより、世界のいろいろな地点の年平均気温と年降水量のデータを読み取り、下表に記入する。地点は世界気象機関の観測地から選ぶとよい。
② バイオームと気候の関係(→ p.180, 図 17)から各地点のバイオームを読み取り、下表に記入する。

結果	国名	地域名	年平均気温 [℃]	年降水量 [mm]	緯度	経度	p.180 図 17 バイオーム
	ポルトガル	リスボン	17.1	706	北緯38度43分	西経09度09分	
	エジプト	アスワン	26.1	0.6	北緯24度05分	東経32度56分	
	ガボン	ココビーチ	25.7	2783	北緯01度00分	東経09度36分	
	ザンビア	カプワイ	20.4	1033	南緯14度27分	東経28度28分	
	カナダ	モントリオール	6.2	990	北緯45度28分	西経73度45分	
	アメリカ	バロー	-12.0	106	北緯71度18分	西経156度47分	
	日本	秋田	11.7	1686	北緯39度43分	東経140度06分	

p.180 の図 17 は極相のバイオームを表しており、実際のバイオームとは一致していない場合がある。

発展 p.180 の図 17 で硬葉樹林と照葉樹林の領域が一部重なっている。この違いは何によるものだろうか。

例えば、照葉樹林が見られる中国・成都(北緯 30 度 40 分, 東経 104 度 01 分)と、硬葉樹林が見られるイタリア・ローマ(北緯 41 度 48 分, 東経 12 度 14 分)の年平均気温と年降水量は、成都が 16.2℃, 883mm, ローマが 15.6℃, 717mm と似ている。

下表の月別の平均気温と降水量を見て、何がバイオームの違いをもたらしているかを考察する。

国名	地点名		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
中国	成都	気温 [℃]	5.7	7.6	11.7	16.7	21.0	23.9	25.3	25.1	21.3	17.2	12.1	7.3
		降水量 [mm]	8.3	12.5	19.8	44.1	83.0	107.1	228.2	202.8	121.3	35.6	14.8	5.9
イタリア	ローマ	気温 [℃]	8.4	9.0	10.9	13.2	17.2	21.0	23.9	24.0	21.1	16.9	12.1	9.4
		降水量 [mm]	74.0	73.9	60.7	60.0	33.5	21.4	8.5	32.7	74.4	98.2	93.3	86.3

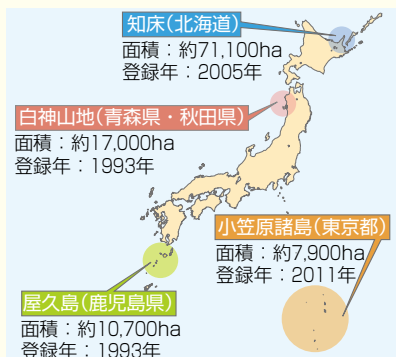
日本の森林は長年にわたって利用されてきたため、その本来の姿を見ることは難しい。

例外の1つが屋久島である。屋久島は九州南端から60kmほど離れている孤島であったため、人手の入っていない原生林が比較的多く残されている。日本に残された数少ない原生林であり、研究が進められている。

垂直分布を見てみると、海岸近くにはメヒルギのマングローブが見られる。標高の低い場所には照葉樹林が成立する。スダジイなどのほか、バリバリノキなど、本州にはあまり分布していない常緑広葉樹も多い。標高1000m付近から上部にはスギやモミなどの針葉樹林が見られる。屋久島に分布するスギは樹齢1000年をこえるものも多い。

さらに上部には低木林が見られる。これは屋久島に吹きつける強い風によって高木が育たないために成立したものである。また、屋久島には貴重な動物も多く生息している。ニホンジカやニホンザルは屋久島を南限としているが、本州のものよりも小さな体形をしている。

こうした貴重な自然が評価され、屋久島は1993年に世界自然遺産に登録された。屋久島のほかにも、知床なども登録されている(図a)。



図a 日本の世界自然遺産



図b 屋久島の原生林

生態系には、光合成により有機物を生産するもの、それを消費するものがある。それぞれのはたらきにより、生物と環境の間でエネルギーは流れ、物質は循環し、生態系のバランスは保たれている。このバランスに配慮した生活をここがける必要がある。

ライチョウ 国指定の特別天然記念物▶



第 1 節 生態系の成り立ち

A 生態系における生物の役割

生物の集団とそれを取り巻く環境を1つのまとまりとしてとらえるとき、このまとまりを**生態系**という。生態系を構成する生物は、大きく生産者と消費者に分けられる。 10

光合成を行って無機物から有機物を合成する植物や藻類などの独立栄養生物を**生産者**という。一方、ほかの生物から有機物を得る従属栄養生物を**消費者**といい、動物や多くの細菌、菌類などがあげられる。

消費者のうち、多くの細菌・菌類などのように、生物の遺骸やふんなどに含まれる有機物を無機物に分解する生物を、特に**分解者**という。

実験 4-3 で分解者のはたらきについて調べよう。

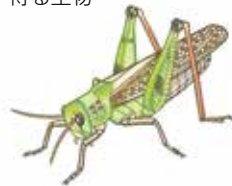
生産者

光合成によって自分で有機物をつくる生物



消費者

ほかの生物から有機物を得る生物



分解者



細菌・菌類

消費者の中で生物の遺骸やふんなどの有機物を無機物に分解する生物

図23 生産者・消費者・分解者



実験 4-3 分解者による落葉の分解

目的 樹木から落ちた葉は細菌や菌類によって分解され、再び植物に利用される養分になる。ここでは、落葉に付着した分解者が、培地中のデンプンや脱脂粉乳の成分を分解することを調べる。

！感染症に注意

実験後は、衛生のために手を石けんで洗い、消毒用エタノールで殺菌する。

準備 落葉、デンプン、脱脂粉乳、寒天粉末、ペトリ皿、ガスバーナー、ミキサー、ピンセット、ヨウ素溶液、穴あけ器で切り抜いたろ紙(パンチろ紙)、消毒用エタノール、恒温器

- 方法**
- ① 水 500mL にデンプン 10g、脱脂粉乳 10g、寒天粉末 10g を混ぜ、加熱して完全に溶かす。
 - ② 消毒用エタノールで実験机を殺菌し、20 枚の滅菌したペトリ皿(径 9 cm)に①でつくった液を流し込む。この操作は、ガスバーナーの炎のそばで行う。冷めて固まったら、培地として利用する。
 - ③ 落葉 10g に 100mL の水を加え、ミキサーで破碎して、ミキサー汁をつくる。
 - ④ ミキサー汁をパンチろ紙 4 枚にしみ込ませ、その 4 枚をピンセットでつまんで培地上に置く(図 a)。恒温器(37℃)中で 4 日間以上培養する。
 - ⑤ ろ紙の周囲の培地が透明に透けてきたら、その外周をペトリ皿のふたの上から油性ペンでなぞる。
 - ⑥ ⑤の培地面にヨウ素溶液を流し、ヨウ素デンプン反応をさせる。青紫色に変化しない領域の外周を⑤と同様にかく。



図 a ミキサー汁をしみ込ませたろ紙を培地上に置く

- 結果**
- (1) 培養 4 日後には細菌が増殖し、それより外側に半透明に透けた領域ができた(図 b 左)。脱脂粉乳が分解された領域で培地が半透明に透ける。
 - (2) ヨウ素デンプン反応で、青紫色に染まらない領域が①の内側にできた(図 b 右)。デンプンが分解された領域は青紫色にならない。
 - (3) 培養を続けると菌糸の菌糸が伸びてきた(図 c)。

- 発展**
- ① 培養を続けると菌糸が伸びだしてくる。細菌や菌糸を顕微鏡で観察する。
 - ② 落葉の種類を変えたり季節を変えたりして、比較する。



図 b 培養 4 日後(左)にヨウ素液を流した(右)



図 c 培養 7 日後

生態系の中で生きている生物の間には食う－食われるという関係があり、こうした関係が次々とつながっていくことを^{しよくもつれんさ}食物連鎖という。食物連鎖のうち、生きている植物から始まるものを^{せいしょくれんさ}生食連鎖という。一方、落葉・落枝や生物の遺骸、ふんなどから始まるものを^{ふしょくれんさ}腐食連鎖という。

5

実際の生態系では、ある生物は2種類以上の生物を食べたり、2種類以上の生物に食べられたりしており、食物連鎖の関係は複雑な網目状となっている。これを^{しよくもつもう}食物網という。

生態系では、食物連鎖に伴う物質の循環やエネルギーの流れを通して、すべての生物と環境とがつながっている。

10



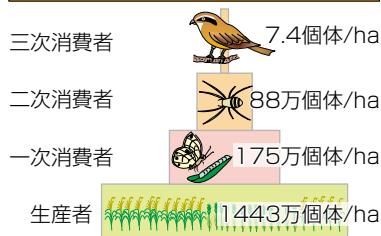
図24 自然界における食物網の例

C 生態ピラミッド

生態系において、生産者を出発点におき、食う－食われるの関係に注目すると、生産者を食べる一次消費者、一次消費者を食べる二次消費者、さらに三次、四次というように、食物連鎖を段階的に整理することができる。この各段階を^{えいようだんかい}栄養段階という。

個体数や生物量(単位面積に存在する生物体の乾燥重量)などについて、栄養段階の下位のものから順に積み重ねると、栄養段階の上位のものは少ないため、ピラミッド型になることが多い。これを^{せいたい}生態ピラミッドという。ただし、個体数や生物量のピラミッドは、形が逆転することもしばしばある。

個体数ピラミッド(北アメリカの草原)



生物量ピラミッド(フロリダのシルバースプリング)

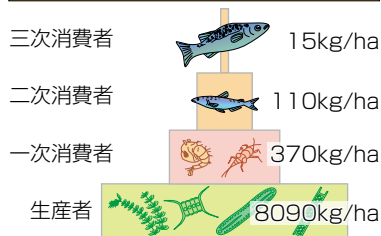


図25 生態ピラミッド

ポイント

逆転する生態ピラミッド

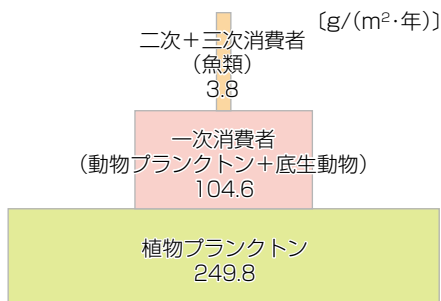
1本の樹木(生産者)に多数の^が蛾の幼虫(消費者)がついている場合は、個体数ピラミッドが逆転する。水界では、増殖の速い植物プランクトン(生産者)が、次々に動物プランクトン(消費者)に食べられ、生物量ピラミッドが逆転することがある。

発展

生産速度ピラミッド

単位時間あたりの生産量を生産速度という。

生産速度ピラミッドは、個体数や生物量ではなくエネルギーの流れに注目したピラミッドで、常に食物連鎖の上位のほう小さくなる。これは、①上位の生物が下位の生物の一部だけを食べる、②食べたものの一部は消化されずに排出される、③消化されたものの一部は呼吸によって失われる、といういくつかの理由で説明される。



図a 生産速度ピラミッド(バルト海)

生態系における物質の収支

生産者が光合成によって有機物を生産することや、消費者が摂食した有機物から新たに有機物を合成することを物質生産という。栄養段階ごとの物質の収支を見ていこう。

● 生産者の物質収支 ●

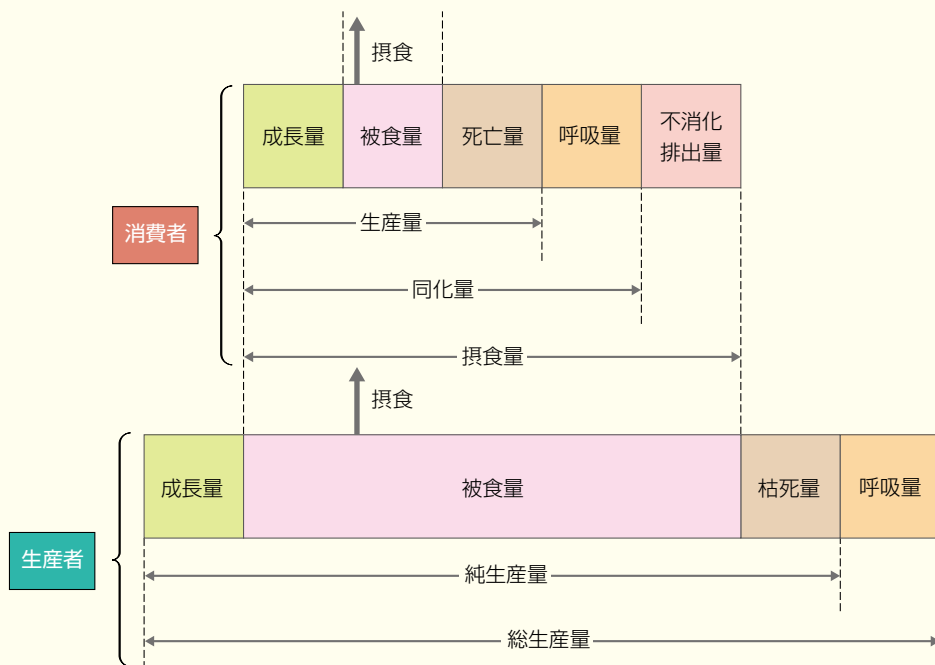
生産者が一定時間に光合成によって得た全有機物量を総生産量という。総生産量から呼吸量を引いたものを純生産量という。成長量は、純生産量から成長過程で体の一部を枯葉・枯枝として落とす量(枯死量)と消費者に食べられる量(被食量)を引いたものである。

$$\begin{aligned}\text{純生産量} &= \text{総生産量} - \text{呼吸量} \\ \text{成長量} &= \text{純生産量} - (\text{枯死量} + \text{被食量})\end{aligned}$$

● 消費者の物質収支 ●

消費者はほかの生物の有機物を摂食・消化し、同化して体内に蓄積する。このとき、一部の有機物が不消化のまま排出される。摂食量から不消化排出量を差し引いたものが消費者の同化量である。同化した有機物の大部分はエネルギー源として呼吸に使われる。同化量から呼吸によって失う呼吸量を差し引いたものを、消費者の生産量という。さらに、一段上位の栄養段階にある動物による被食や、病気・事故による死亡も多い。生産量から被食量と死亡量を差し引いたものを、消費者の成長量という。

$$\begin{aligned}\text{同化量} &= \text{摂食量} - \text{不消化排出量} \\ \text{生産量} &= \text{同化量} - \text{呼吸量} \\ \text{成長量} &= \text{生産量} - (\text{被食量} + \text{死亡量})\end{aligned}$$



図a 生態系における物質とエネルギー

生態系の中で、炭素・窒素・リン・硫黄などの物質は循環している。一方、エネルギーは循環せず、いずれ生態系外へ放出される。

A 炭素の循環

炭素(C)は生物の構成材料であり、有機物の骨格をつくっている。炭素は、有機物の総重量の約50%を占めている。

炭素は生態系の中を循環している。大気中の二酸化炭素は光合成によって有機物に合成され、生産者や消費者の呼吸によって二酸化炭素に戻る。ただし、有機物の一部は遺骸・ふんとして土壤中の細菌や菌類を経て二酸化炭素に戻る。

大気圏や海を含む地球表面には、約 $42,000 \times 10^9 \text{ t}$ の炭素が二酸化炭素・メタンガス・炭酸塩・有機物などの化合物として分布し、約93%が海に、約5%が陸地に、約2%が大気中に存在している。これらの炭素は少しずつ循環している(図26)。

しかし、近年、人間活動により石油や石炭などの化石燃料が大量に利用され、大気中へ放出される二酸化炭素の量がふえている(→ p.210)。

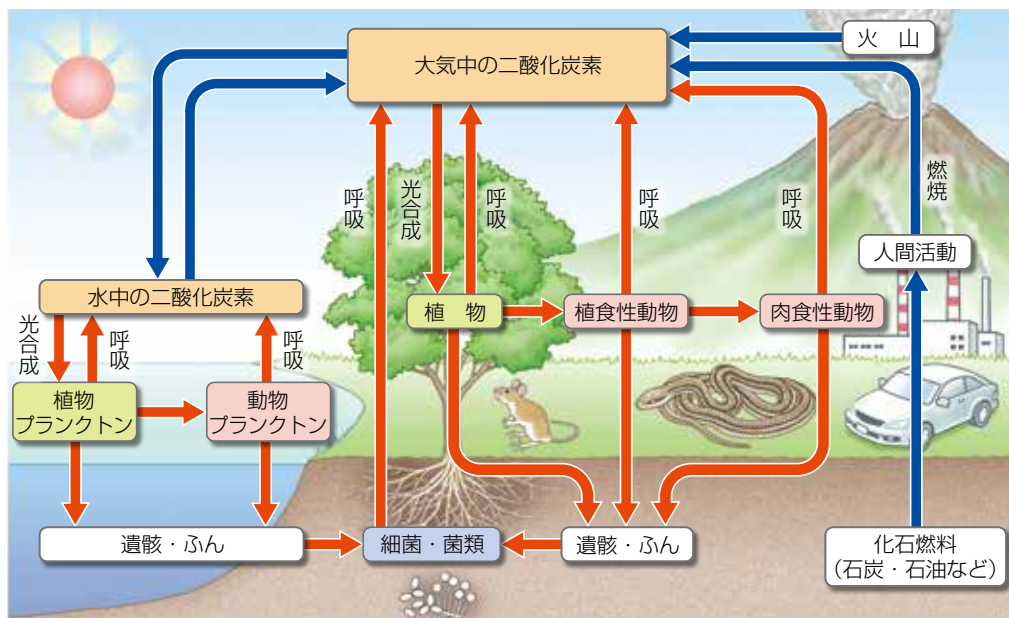


図26 炭素の循環 赤矢印は生物的反応、青矢印はそれ以外を表す。

B

窒素の循環

窒素(N)は、タンパク質や核酸(DNA や RNA)などの有機物に含まれている。

植物は、土壌に存在するアンモニウムイオン(NH_4^+)や硝酸イオン(NO_3^-)などの窒素を含む無機物を水とともに根から吸収し、体内でタンパク質などの窒素を含む有機物をつくる。これを^{ちっ そ どう か}窒素同化という。

窒素同化によりつくられた窒素を含む有機物は、食物連鎖を経て、やがて動植物の遺骸やふんの一部となる。これらに含まれる窒素は、主として土壌中で細菌や菌類の分解作用によりアンモニウムイオンとなる。アンモニウムイオンは、^{しゅう か きん}硝化菌(亜硝酸菌と硝酸菌)の作用で硝酸イオンとなる。硝酸イオンはアンモニウムイオンとともに、再び植物に吸収される。このような過程を経て、窒素は生態系の中を循環している(図 27)。

窒素は、窒素分子として大気中に多く含まれている。大気中の体積の約 80% は窒素であるが、生物の多くは大気中の窒素を直接利用できない。一部の生物だけが大気中の窒素分子を^{ちっ そ こ て い}窒素化合物に変えるしくみを持ち、このはたらきを^{ちっ そ こ て い}窒素固定という。

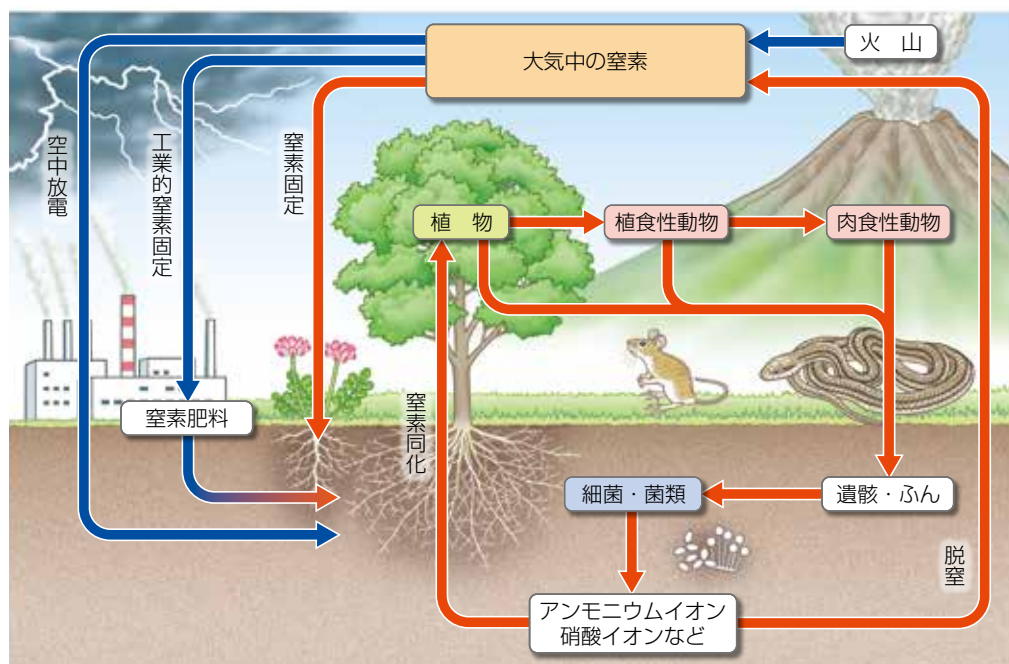


図27 窒素の循環 赤矢印は生物的反応，青矢印はそれ以外を表す。

窒素固定はネンジュモなどのシアノバクテリア、マメ科植物に共生する根粒菌のほかに、アゾトバクターやクロストリジウムなどの生物によって行われる。また、窒素固定は空中放電でも起こり、工業的にも行われる。

土壌中の窒素化合物の一部は、細菌のはたらきによって窒素分子になり大気中に出る。これを^{だっちつ}脱窒^{だっちつ}という。

窒素固定に関する生物

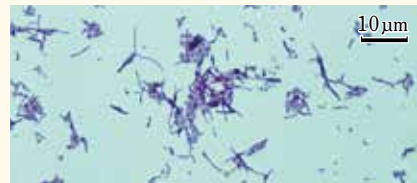
● ネンジュモ(シアノバクテリア)

- 矢印の細胞内で、大気中の窒素が固定される。



● アゾトバクター

- 土壌や水の中などに生息する細菌の一種。
- 色素で染色している。



● マメ科植物と根粒菌

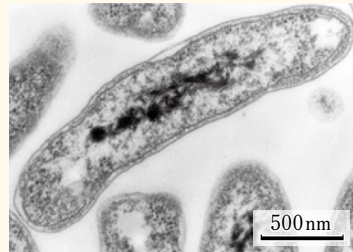
- マメ科植物の根には根粒がよく見られ、その中には根粒菌が見られる。



▲ゲンゲの根 根粒内に根粒菌が共生している。



▲ゲンゲの根粒 大きさは左右幅で約 8 mm。



▲ダイズに共生する根粒菌 菌体の幅は約 0.5 μm。



▲ゲンゲ

太陽から地球に入射する光エネルギーは、大気中で吸収されたり、反射されたり、植物体によっても反射されたりして、植物体に吸収されるのはごく一部である。さらに、植物体に吸収された光エネルギーもその一部だけが化学エネルギーとして有機物に蓄えられるにすぎない。生産された有機物に含まれる化学エネルギーは、食物連鎖

5

を通し、生産者から消費者へと渡されていく。この過程で、化学エネルギーは、生命活動に利用され、少しずつ熱エネルギーとして放出される。

10

最終的に、有機物に含まれる化学エネルギーはすべて熱エネルギーとなる。熱エネルギーは有機物の合成には使えないため、エネルギーは食物連鎖の中で循環することはない。

大気、水、地表面で吸収された光エネルギーも、熱エネルギーとなる。熱エネルギーは

大気や水の循環を引き起こす。その後、熱エネルギーは宇宙空間に放出される。太陽から入ってくるエネルギーと、地球から放出されるエネルギーは、ほぼ釣り合っ

ている。

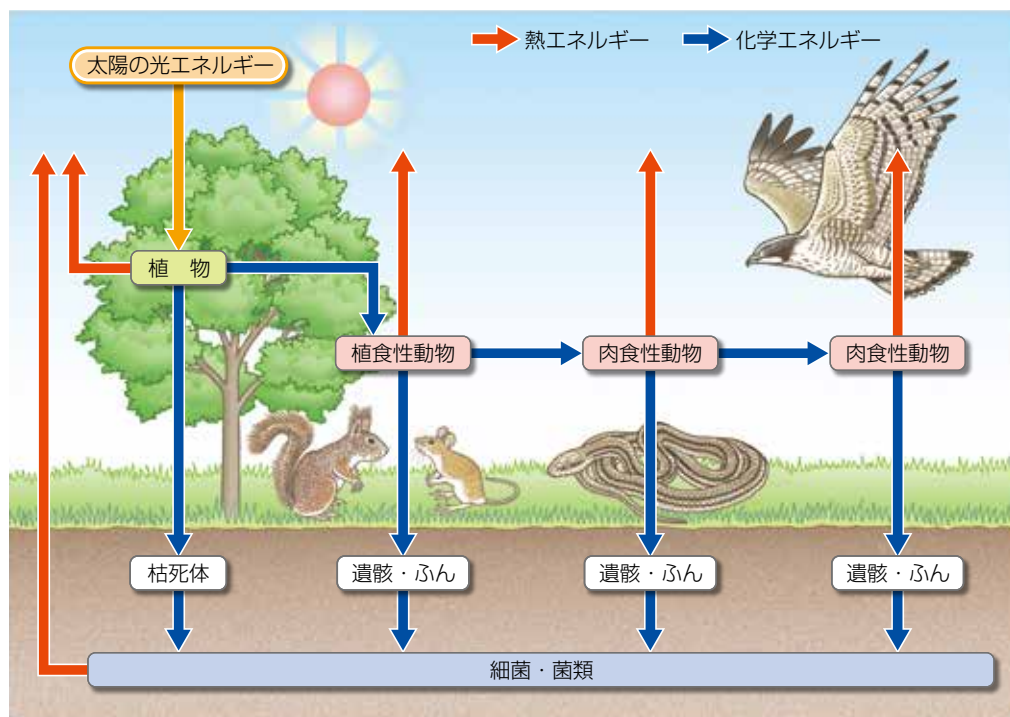


図28 生態系におけるエネルギーの流れ

海洋や湖沼の水界生態系の生産者は、水中の植物プランクトンや水生の植物である。消費者は動物プランクトンや魚類などであり、分解者は水中や水底に生活している菌類や細菌である。植物プランクトンは陸上の植物よりも食べられやすいため、その多くが消費者によって利用される。

海洋や湖沼において、植物プランクトンの生活の場は、光がじゅうぶん届く表層域に限られている。植物プランクトンの光合成量と呼吸量が釣り合う深さを補償深度^{ほしょうしんど}という。補償深度から水面までを生産層^{せいさんそう}といい、補償深度より深い部分を分解層^{ぶんかいそう}という。生物量の少ない外洋の場合、光は深いところまで届くので、補償深度は深い。外洋では表層から水深約 100m まで達することもある。

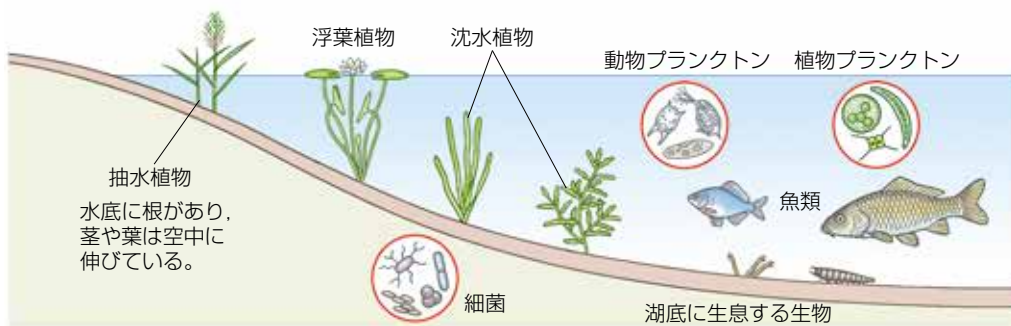


図29 水界の生態系(湖沼の一例) 浮葉植物は水面に葉を浮かべ、沈水植物は全体を水中に沈めている。

参考 話題

サンゴ礁の生態系

暖かく浅い海にはサンゴ礁^{しょうごう}が見られる。サンゴは小さなイソギンチャクに似た動物である。無性生殖によりふえた個体が、離れずにまとまって1つの塊^{かたまり}を形成している。また、サンゴの体内には藻類が共生している。サンゴはプランクトンを捕食して有機物を獲得するとともに、共生している藻類が光合成を行うことによって生じた有機物も利用している。サンゴは炭酸カルシウムでできた骨格をつくり、これが堆積することでサンゴ礁が形成される。サンゴ礁にはサンゴをはじめ、エビ・カニや魚類など多様な動物が生息している。



図a サンゴ礁
(インドネシアのギリメノ島)

生態系では、それを構成する生物も非生物的環境もすべてが常に変動している。しかし、長期的な視点で見れば、自然界の生態系は変動しながらも、一定の範囲内でバランスが保たれている。

A 生態系のバランスと変動

生態系を構成する生物の個体数は、さまざまな要因によって変動する。

例えば、ある生物の個体数が減少したとする。その後、その生物の個体数が減少したことで、その生物が食物とする生物がふえ、捕食者が減少すれば、その生物の個体数は再び増加すると考えられる。

一方、さまざまな環境が良好で、その生物の個体数が増加したとする。すると、その生物の食物が不足したり、捕食者が増加したり、捕食者が隣の生態系からやってきたりして、その生物の個体数は減少していく。

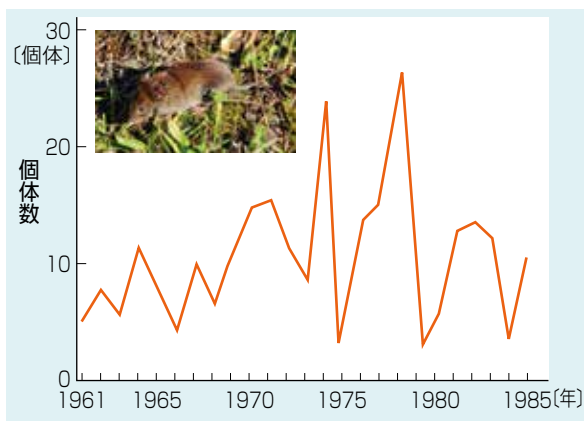


図30 北海道のある地域でのヤチネズミの個体数の変動 個体数はさまざまな要因によって大きく変動している。しかし、その変動は一定の範囲内におさまっている。

● キーストーン種 ●

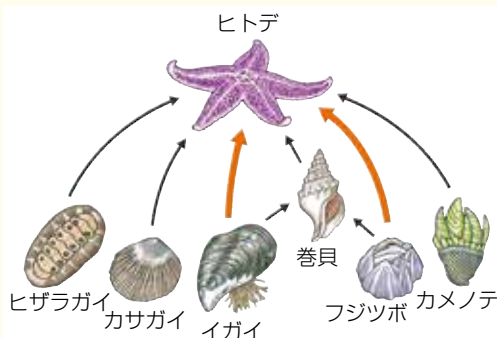
生態系の中には、栄養段階の上位にいる捕食者で、その生態系のバランスそのものに大きな影響を及ぼす生物が存在することがある。このような生物をキーストーン種という。たった1種類のキーストーン種の増減によって、バランスが変化してしまう生態系もある。

ペインは、キーストーン種を人為的に取り除くと、特定の生物が急激に増加したり、その場所で見られなくなったりし、もとの生態系とは異なる別の生態系へと移行することを実験で示した(→ p.207, 参考, ヒトデの除去実験)。

北アメリカの岩礁における潮間帯^①にはさまざまな生物が生息している。この生態系での食物連鎖の上位に位置するのはヒトデであり、主にイガイとフジツボを食べている。

ペインは、この潮間帯からヒトデを完全に取り除く実験を行った。ヒトデがいなくなると、岩礁のほとんどがイガイで覆われるようになっていった。最終的に、生物の種数は、実験開始前の15種から8種にまで減少した。

ヒトデによるイガイの捕食がなくなると、イガイがふえ、他の生物を排除してしまったのである。この生態系ではヒトデがキーストーン種であった。ヒトデの捕食行動が生態系に影響を及ぼすことで多くの種が生息できるようになり、生態系のバランスが維持されていたのである。



図a ヒトデに捕食される生物 矢印の向きは捕食される向きを示している。また、太い矢印はより多く捕食されることを示している。



図b ヒトデを完全に取り除いたときの変化

① 満潮時の水位と干潮時の水位の間の海岸領域を潮間帯という。

●生態系のバランス●

生態系が攪乱^{かくらん}され、生態系のバランスが大きく変わることがある。その例として、台風がたくさん樹木を根こそぎ倒してしまうことがある。また、大雨などによる地滑りでは森林が土壌ごと失われる。さらに、洪水によって河川敷の植生がすべて流されてしまうこともある。落雷などが原因で発生する山火事によって広い範囲の植生が焼失することもある。また、人間の活動によって生態系が攪乱されることもある。

◎ 生態系の復元力 ◎

生態系は、攪乱の程度が弱ければ、攪乱を受けても復元する力をもつ。二次遷移は植生が失われたときに起きる復元であり、土壌や埋土種子が残っているために急速に進行する。一次遷移は土壌までも失われてしまった後で起きるため、二次遷移ほど急速には進行しない。

5

一般に、生息する生物が多様であるほど、その生態系は安定していると考えられている。

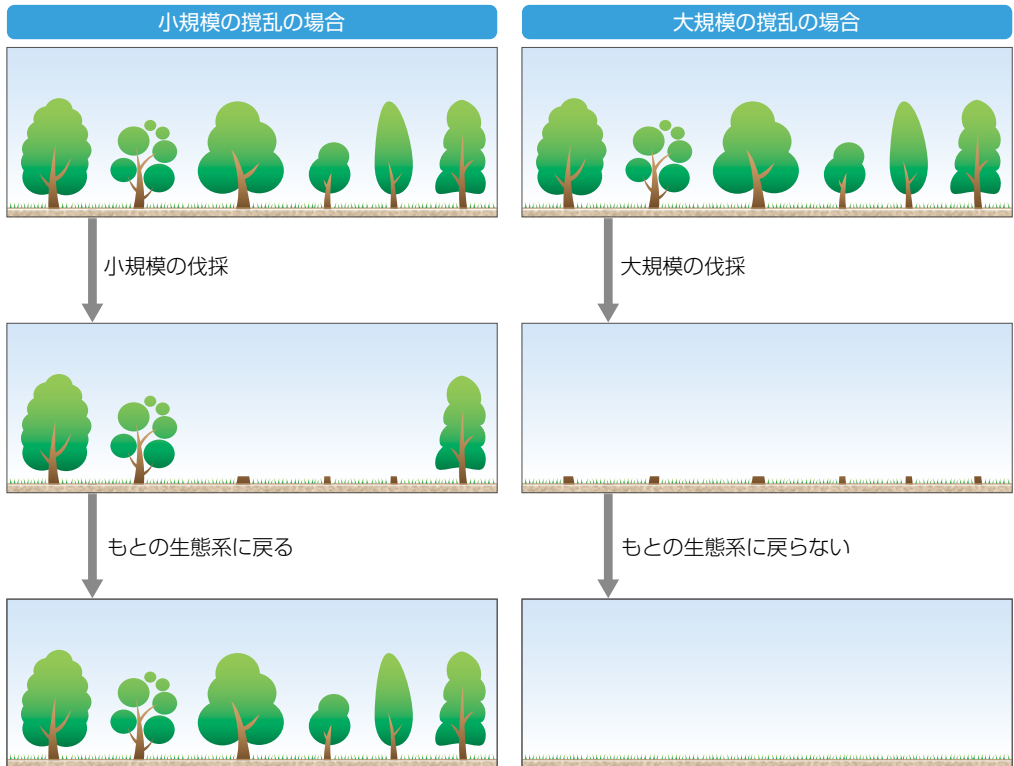


図31 生態系の攪乱の大きさ 攪乱の大きさにより、復元しない場合がある。

◎ 生態系のバランスと多様性 ◎

地球上の生態系は多様であり、それぞれに特徴がある。熱帯多雨林では生物種が多く存在する。このような多様性の高い生態系では複雑な食物網が見られ、生態系のバランスは保たれやすいと考えられている。一方、農耕地のように人為的に作りだされた多様性の低い生態系では、バランスが保たれにくいと考えられている。

10

B 人間活動と生態系の保全

人間は、森林・河川・海などの資源を利用してきた。人間活動の規模が小さいうちは、その影響は小さかった。しかし、産業革命以降、人間活動が地球規模に拡大し、森林・河川・海などの生態系へ大きな影響を与えている。

● 森林生態系のバランスと保全 ●

地球の生態系の中で、単位面積あたりの生物量が最も多く、生物の多様性が高いのは、森林生態系である。森林の土壌には有機物が多く蓄積され、大量の降水があってもそれを保持し、土壌の侵食や洪水を防止することができる。世界の森林は、2000年には約40億ha(陸地の約30%)あったが、2010年までに、年平均約520万ha(日本の国土面積の14%)ずつ減少した。その原因として、過度の伐採、農地への転用、森林火災、焼畑耕作の増加などがあげられ、特に熱帯地域での森林の減少の規模が大きい。

熱帯における伝統的な焼畑耕作は、数年の耕作後に貧栄養となった畑を休耕し、10～20年くらい後に、茂った森林を再び焼いて、農作物を植えるという持続的なものである。短期間に同じ場所で焼畑を繰り返すようになると、土壌中の養分が失われて、作物も森林も育たない土地になってしまう(図33)。



図32 焼畑耕作

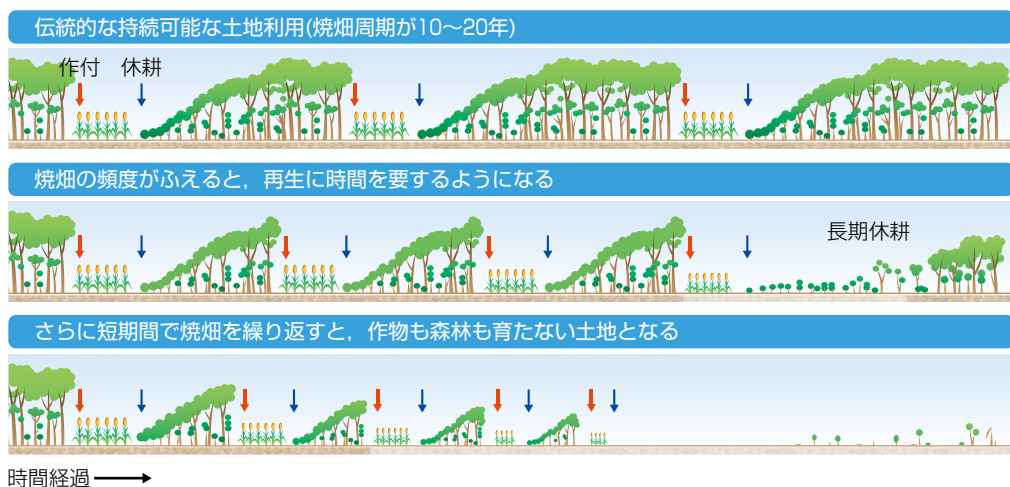


図33 焼畑耕作における森林の再生のようす 図内の矢印は ↓ 作付の時期と ↓ 休耕の開始を示す。

豆知識 農地に殺虫剤などの農薬を散布すると、害虫だけでなくその捕食者であるクモなども死亡し、時間が経つと、害虫が散布前より増加し、前回より多く農薬をまく必要が生じる。農薬の散布は、さまざまな生物の個体数のバランスに影響を与える。

● 地球温暖化 ●

人口の増加や科学技術の急速な発展に伴い、人間は化石燃料の利用により多くの二酸化炭素を放出し、森林の破壊とあわせて、地球全体の炭素循環のバランスを乱すようになった。

大気中の二酸化炭素濃度は増加を続けている(図34)。二酸化炭素やメタン・亜酸化窒素・フロンなどは、地球表面から放射される赤外線を吸収し、再び地球表面に放射していることから、^{おんしつこう か}温室効果ガスという。

世界中の観測所の気象データをもとに、地域的な偏りや季節的な偏りをなくして求めた世界の平均気温は、1880～2012年の132年間に約0.85℃上昇したと推定されている。^①

長い地球の歴史の中では温暖化や寒冷化が繰り返され、そのたびに変化に適応できなかった生物が絶滅した。人間活動によると考えられている現在の温暖化は、これまでになかった急速なものである。そのため、生息環境の変化や消滅により、それぞれの地域にすむ生物種などが変化したり、変化に対応できない生物が絶滅したりする可能性もある。このような可能性を回避するためには温暖化の原因と考えられる温室効果ガス排出量の削減が急務である。気候変動枠組条約に基づき、条約締結国が定期的に会議を開催して、温室効果ガス排出量の削減目標を決めて削減への努力が続けられている。

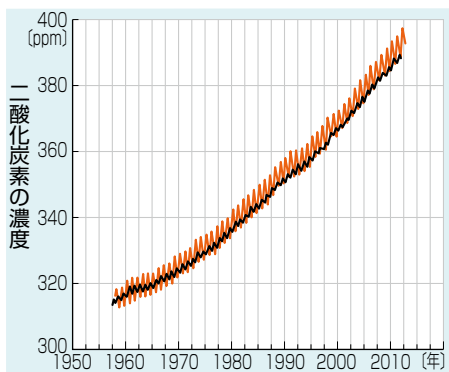


図34 大気中の二酸化炭素濃度の変化 1958年以降のハワイのマウナロア山頂(赤)と南極点(黒)における大気中の二酸化炭素濃度(ppm)^②を示す。

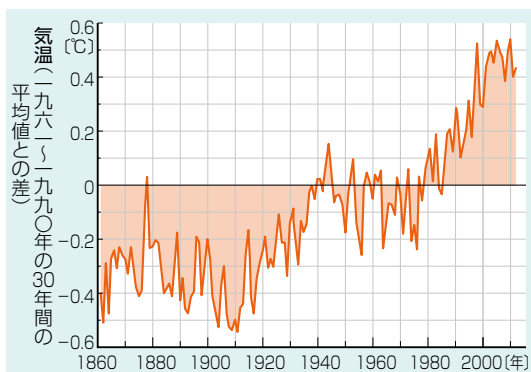


図35 世界の平均気温の変化 1961年から1990年の間の平均気温を基準(0の線)にして、その値と各年の平均気温の差で表している。(IPCC第5次報告書、2013年9月)

① 出典：気候変動に関する政府間パネル IPCC 第5次評価報告書、2013年9月。

② ppmは、割合を示し、1ppm=0.0001%(100万分の1)である。ここでは、1 ppmは大気100万cm³(=1m³)中に二酸化炭素が1cm³含まれることを示す。

◎ 自然浄化 ◎

河川や海に有機物などを含む汚水が流入すると、その量が少ないときは大量の水による希釈や、岩や水底の泥などへの吸着、微生物による分解などにより汚濁物が減少する。これを^{しぜんじようか}自然浄化という。しかし、自然浄化の範囲をこえる量の汚水などが河川に流入すると、有機物の分解により酸素が大量に消費されて無酸素状態になり、多くの生物が死滅することもある。下水処理場では、過剰な有機物による水質汚染を防ぐために、細菌などの分解者を多く含む活性汚泥を用いて、大量の酸素を供給しながら浄化した水を河川へ流している。

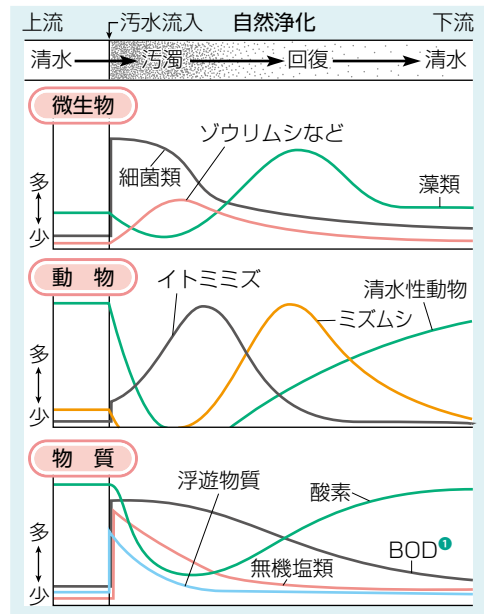


図36 河川における自然浄化

◎ 富栄養化 ◎

河川や湖の無機塩類がふえることを^{ふえいようか}富栄養化という。農地からの肥料の流出などにより、富栄養化は起こる。それによって、プランクトンの異常な増殖が引き起こされ、海域では海面が赤褐色に変化する^{あかしお}赤潮が、淡水では水面が青緑色になる^{みずはな}水の華（アオコ）が生じる。その結果、死滅したプランクトンの分解による酸素の大量消費などによって、魚介類への被害が生じる。そして、水界の非生物的環境や生息する生物種の構成、個体数に著しい変化が起こり、生態系のバランスに影響を与える可能性がある。現在では、富栄養化の原因となる無機塩類や有機物などを含む排水について規制が行われるようになった。実験4-4で、河川の生物を調査して、河川の水質を評価しよう。



図37 赤潮



図38 水の華

① BOD(biochemical oxygen demand)は、生化学的酸素要求量。微生物が水中の有機物を分解する際に消費する酸素量のことで、有機物による水の汚染の指標となる。



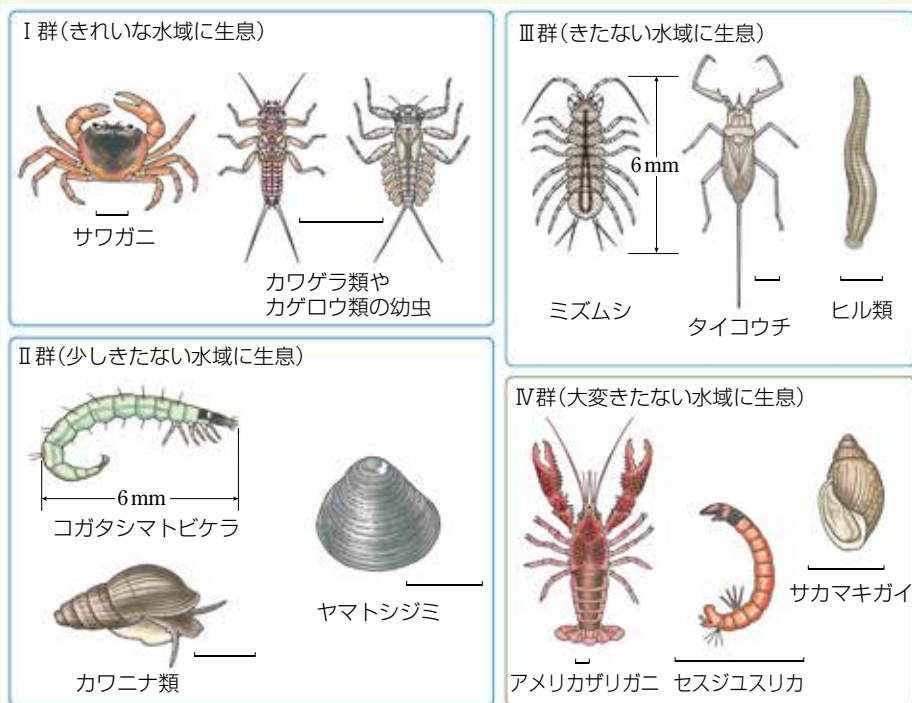
実験 4-4 水生生物を指標とする河川の水質評価

目的 河川の水質環境条件は、指標生物を調査することによって知ることができる。ここでは、身近な河川の上流から下流にかけての数か所で指標生物の分布調査を行って、それぞれの場所の水質を評価する。

！ 野外調査のマナーを守ること
野外調査の注意事項は p.230 を参照すること。

準備 ざる、白色のバット、ピンセット、管瓶^{びん}、野外調査に適した服装

- 方法**
- ① 近くの河川に出かけ、河原に降りやすく水位が膝^{ひざ}までの深さの地点を5～10か所選ぶ。調査する際は増水の有無など、安全にじゅうぶん配慮する。
 - ② 各地点で網目の細かい台所用のざるを川底に斜めに立て、その上流側にある石や砂をざるに入れる。このとき、石の下にいる生物も流さないように、ざるで受ける。
 - ③ ざるを河原に運び、採取した石などをバットに移して水を加えて観察する。また、発見した生物はピンセットで管瓶^{びん}に入れる。
 - ④ 下図を参考にして、採取できた生物種と個体数を記録する。可能であれば、すべての生物種について調査する。
 - ⑤ 調査した指標生物をもとに、河川の水質を評価する。

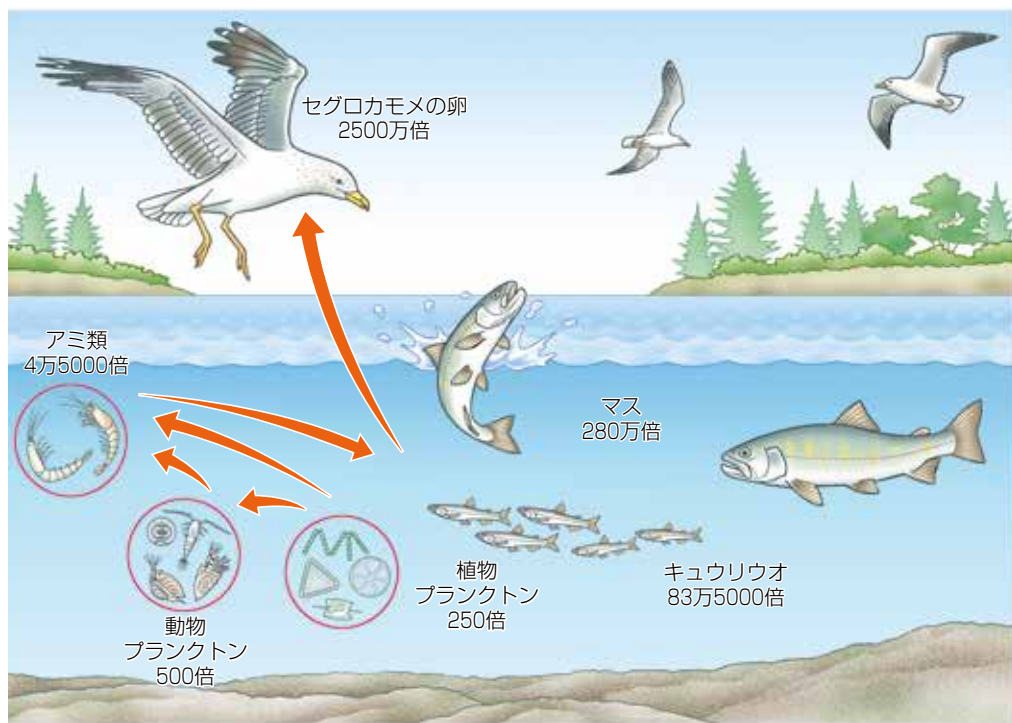


図a 河川の水質汚染の度合いを推定するために適した指標生物 それぞれの生物に付記しているスケールバー(—)はそれぞれ10mmを示している。

① 特定の環境に生息し、その環境条件の指標となる生物を**指標生物**という。

● 生物濃縮 ●

特定の物質が生体内に取り込まれて、外部の環境よりも高濃度に蓄積される現象を^{せいふつのうしよく}生物濃縮という。生物濃縮は、絶縁体として使われたPCB(ポリ塩化ビフェニル)^{poly chlorinated biphenyl}・農薬の一種のDDTなどの残留性有機汚染物質(POPs)^{persistent organic pollutants}や、有機水銀などの分解されにくい物質を取り込んだ場合に生じる。特に水に溶けにくく脂肪に溶けやすい物質は体外へ排出されにくいため、環境中の濃度が低くても、食物連鎖を通じて濃縮される傾向がある(図39)。例えば、PCBは、排出された水域で高濃度に生物濃縮が進み、大きな問題となった。1978年当時のオンタリオ湖(北アメリカの五大湖の1つ)では、植物プランクトン中のPCB濃度は、湖水に含まれる濃度の250倍であった。さらに、それを食べる消費者の食物連鎖を通じてさらに濃縮が進み、セグロカモメの卵中の濃度は湖水中のPCB濃度の2500万倍に濃縮されていた。そのうえ、北極のワモンアザラシやホッキョクグマの脂肪からPCBが高濃度に検出され、汚染が広範囲に広がっていることが確認された。PCBの有害性が明らかになり、生産と使用が厳しく制限されている^①。



【図39】 PCBの生物濃縮 数値は1978年オンタリオ湖での測定結果にもとづくもので、湖水中のPCB濃度を1としたときのものである。

① PCBは日本では1974年までに製造・使用・輸入が禁止された。



水俣病の原因は、工場廃液中の有機水銀であった。生物濃縮により、高濃度の水銀を含んだ魚を食べた人々が被害を受けた。妊娠中の母親が取り込んだ有機水銀は、胎盤を通して胎児にも害を及ぼした。

◎ 外来生物 ◎

ある地域に古くから生息している生物を在来生物^{ざらいせいぶつ}という。それに対して、本来は分布していなかった地域に、他の地域から人間によって意図的、あるいは非意図的に移入され、定着した生物を^{がいらいせいぶつ}外来生物^{がいらいせいぶつ}という。これらの生物のなかには、在来生物を捕食したり、在来生物の食物や生息場所をうばったりすることにより、在来生物の個体数を激減させたり、絶滅に追いやったりして、生態系のバランスを変化させているものも少なくない。

例えば、フィリマンゲースはハブなどの駆除のために沖縄本島や奄美大島に導入されたが、ハブをほとんど捕食せず、在来生物のヤンバルクイナやアマミノクロウサギなどが捕食され、これらの個体数が減り、絶滅が心配されている。現在、奄美大島ではフィリマンゲースの駆除が進められている。

また、オオクチバスやブルーギル^①は、釣りの対象として放流されて全国に分布を広げた。琵琶湖ではこれらがホンモロコなどの在来魚を盛んに捕食し、在来魚の個体数を激減させた。滋賀県では、外来魚を駆除するとともに、釣り上げた外来魚の再放流を条例で禁止している。

植物でも、アフリカ原産のボタンウキクサは、初めは観賞用として導入されたが、その後、東北地方より南の河川・池・沼に分布を広げ、夏に大量に繁茂して水面を覆い尽くし、光をさえぎって水中の水草を枯死させ、水界の生態系に大きな影響をもたらしており、各地で駆除が行われている。

参考 理解

特定外来生物

2005年に、日本の自然環境に悪影響を及ぼす外来生物を特定外来生物に指定し、それらの飼育や運搬などを禁止する外来生物法(特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律)が施行された。2015年10月現在アライグマなど動物97種類とボタンウキクサなど植物13種類が特定外来生物に指定され、それらの飼育や運搬、輸入、野外へ放つ行為などが禁止されている。



図a アライグマ



図b ボタンウキクサ

① ブラックバスともいわれる。ブラックバスは、オオクチバスやコクチバスなどの総称。

豆知識 日本から海外へわたり、その地域で、外来生物となったワカメやマメコガネのような生物もある。

◎ 里山と生態系の保全 ◎

人里とその周辺にある農地や草地・ため池・雑木林などがまとまった一帯を^{さとやま}里山という。里山の雑木林では、燃料としての薪^{まき}や炭をつくるための適度な伐採や、田畑の肥料にする落葉の採取や下草刈りといった人間の継続的なはたらきかけで、多様な生物が生息できる里山特有の



図40 日本の古くからの里山

環境が維持されてきた。しかし、近年、農村の人口の減少などにより雑木林は放置されるようになった。その結果、遷移が進んで樹木が密生して林内が暗くなり、陽生植物が生育できなくなり、生物の多様性が失われている。

◎ 湿地の生態系の保全 ◎

干潟^①や湖沼・河川のほか、水田・マングローブ・サンゴ礁などのさまざまな湿地には、湿地特有の多様な水生生物や、それらを食物とする鳥類が多数生息している。その中でも、干潟には水によって運ばれてきた有機物を取り込んで生活している多数の貝やカニ類が生息し、水質浄化に重要な役割を果たしている。1971年に、湿地を守るためにラムサール条約が制定された。日本でも、釧路湿原(図41)や琵琶湖・沖縄のサンゴ礁・マングローブなど50か所近くが条約湿地に指定されている。制定当時は「水鳥」の生息地としての湿地を国際的に保全することに重点が置かれていたが、現在では、湿地の「保全・再生」と「ワイズユース^②(賢明な利用)」^②、そしてこれらを促進するための「交流・学習」の3つの柱が強調されている。



図41 釧路湿原(北海道)

① 砂やどろが広がっている。潮間帯(→ p.207)を干潟という。

② 厳しく人間の行動を制限して湿地を守るのではなく、人間が湿地からのめぐみを得るなど、湿地を活用しながら、その生態系が維持できるように湿地を守ること。

地球上には現在約 190 万種の生物が記録されており、未発見の種も含めてさらに多くの生物が生息していると考えられている。その中には人間にとって食料や衣料、燃料などの資源となっているものも多く、将来、品種改良や医薬品の開発に有望な生物もいると考えられている。一方、人間の活動によってすでに絶滅^①している種もあれば、絶滅の恐れがある野生生物(絶滅危惧種)もある。

5

国際自然保護連合では、絶滅の恐れが高い種のリストであるレッドリストを毎年発表している。2012 年に公表されたレッドリストでは、評価された種のうち、約 30% が絶滅危惧種として選定されている。絶滅危惧種を保全するために、リオデジャネイロで 1992 年に開かれた国連環境開発会議(地球サミット)において、日本を含む各国が生物多様性条約に署名し、翌年発効した。その後、国連が定める生物多様性年にあたる 2010 年に、名古屋市で生物多様性条約第 10 回締約国会議(COP10)が開催され、生物多様性保全の機運が高まっている。

10

発展

生物の多様性

生物には多様性がみられる。生物の多様性は、生態系の多様性、種の多様性、遺伝的多様性のそれぞれの視点で考えることもできる。

生態系の多様性



地球上には気温や降水量によってさまざまなバイオームが成立している。このような多様な環境とバイオームからなる生態系の存在が、多様な種の存続の基礎となる。

種の多様性



地球上における生物の進化によって、多様な生物種が存在する。

遺伝的多様性



同じ種内にも、さまざまな個体が存在する。

図 a 生物の多様性

① ある生物種のすべてが地球上からいなくなることを絶滅という。特定の地域からいなくなることも絶滅といふことがある。

◎ 生物多様性や生態系を保全する取り組み ◎

世界各地で生物多様性の保全のためのさまざまな取り組みが始まっている。生物多様性が高く、その地域にしか生息しない固有種が多くおり、かつ多くの種が絶滅の危機にある地域を生物多様性ホットスポット^①という。生物多様性を保全するには、この

5 ような地域の保全が急務である。生物多様性ホットスポットを保護区に指定して保全する際には、その地域や周辺地域で生活している人々の生活にも配慮して、区域内の資源として利用できる生物種を持続的に利用可能とするような方策や、動植物をはじめとする自然を観察の対象とする観光事業(エコツーリズム)についても考慮する必要がある。

10 また、破壊された生態系を復元する取り組みも世界各地で行われている。例えば、コスタリカでは広大な熱帯多雨林が伐採や放牧地への転換によって寸断されたが、これらの地域を国立公園に指定して、その地域の原生種を用いて植林を行う試みがなされている。



理解

生態系サービス

15 私たち人間は、地球生態系における消費者の一員として、ほかの生物を食料として消費し、樹木を材木や燃料として利用している。また、呼吸に必要な酸素は、地球上の植物が放出したものであり、森林生態系は炭素や窒素の循環を促すほか、降水を貯蔵し河川の水位を調節して洪水を防いでいる。さらに、森林をハイキングして美しい自然に触れる体験をすることもできる。このように私たちは生態系から大きな恩恵を受けて生活しており、この恩恵を^{せい}生態系サービス^{たいけい}という。生態系サービスを持続的に受けるためには、生態系を保全して、地球上の生物多様性を保っていく必要がある。

20

衣食住	医療	文化・芸術	環境・防災	産業・経済
<ul style="list-style-type: none"> ・シルク、綿などの天然繊維の衣類 ・穀物・野菜・肉や魚介類などの食料 ・木材などの建材、薪、炭などの燃料 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・動植物の成分による医薬品 ・遺伝子研究による最先端医学 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の自然と一体になった伝統文化 ・自然美に触発された絵画、写真 ・自然に癒されるアウトドア体験 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂を吸収し、酸素を生み出す植物 ・飲料水の確保や災害の軽減に役立つ森林 ・津波の被害を軽減するサンゴ礁 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・農業・林業・水産業 ・エコツーリズムなどの観光産業 など

図a さまざまな生態系サービス

① その地域にしかいない種を固有種というが、維管束植物の固有種が1500種以上生息しており、もともとの植生の70%以上がすでに改変されてしまっていることが選定の基準である。



2013年までに選ばれた生物多様性ホットスポットは世界の陸地に35か所ある。その中には、日本も含まれている。



探究活動4

外来生物による日本の生物多様性への影響 → 関連 p.214

現在、日本には非常に多数の外来生物が侵入しており、それらが生態系にさまざまな影響を与えていることが知られている。また、私たちの身近にも多くの外来生物が生活しているが、それらが外来生物であることがあまり知られていないものも多い。

課題の選定 インターネットなどを利用して、外来生物の侵入による生態系の変化について調べてまとめる。

方法 ① 外来生物の問題に人間活動はどのように関与しているのだろうか。図書館の文献も利用し調べる。また、「環境省」、「外来生物」などのキーワードを入力し、インターネットで検索する。

② 外来生物が周囲の環境に影響を与えることがある。日本の環境に定着した外来生物が在来生物に与える影響などをインターネットや文献で調べる。

③ 外来生物の除去や在来生物の保護のための活動が各地で行われている。目的や活動内容などを調べる。

考察 ① 絶滅種や絶滅危惧種となった在来生物について、どのような人間活動がかかわっていたか、またはかかわっているのかを考えてまとめる。

② どのような外来生物が、どのような地域に生息するのか。また、在来生物にどのような影響を与えているのかをまとめる。

③ 絶滅の危機に瀕している在来生物を保護するために、どのような活動が行われているかをまとめる。また、私たちが日常生活でできることはないかを考える。



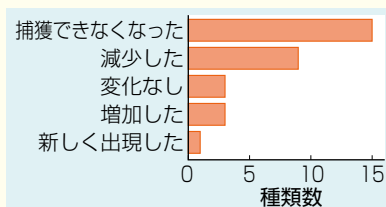
図a 外来生物の影響を受けている在来生物（左から、ニホンザル、ニホンリス、カンサイタンポポ）

1年1組5班 名前 ○○ ○○ 発表日 2018年1月22日4時限

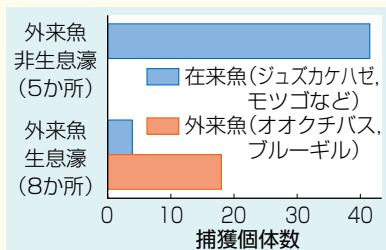
目的 オオクチバスやブルーギルなどの外来魚は、各地の湖や池に移入され、在来魚に大きな影響を与えているといわれている。そこで、これらの外来魚が在来魚にどのような影響を与えているか、また、外来魚を駆除すると、在来魚が復活するかについて調べてみた。

方法 文献調査とインターネット検索を用い、琵琶湖^{びわこ}南湖におけるオオクチバス^{がいえん}激増前後の生息魚類^{ほり}の変化、皇居外苑の濠^{うし}における魚類生息調査、皇居外苑の濠の1つである牛ヶ淵^{うしがふち}における外来魚駆除前後での個体数の変化について調べた。

結果 琵琶湖南湖の調査結果(図a)より、オオクチバスの増加によって、在来魚の種類数が減少することがわかった。また皇居外苑の濠における調査結果(図b)より、外来魚が生息する濠では在来魚の生息個体数が少ないことがわかった。牛ヶ淵における調査結果(図c)より、外来魚を駆除すると、多くの在来魚の個体数が速やかに増加し始めることがわかった。



図a 琵琶湖南湖におけるオオクチバス激増前後の魚類の種類数変化 1970年代と比べて1992年にはどう変化したかを示す。



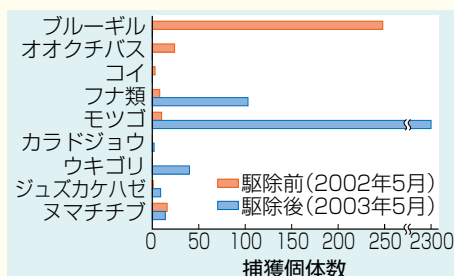
図b 皇居外苑の濠における魚類生息調査(2000年)



▲ オオクチバス



▲ ブルーギル



図c 牛ヶ淵における外来魚駆除前後での個体数変化

考察 3地域における調査結果より、外来魚であるオオクチバスやブルーギルが、在来魚の生息を脅かしている可能性があると考えられる。また、牛ヶ淵における調査結果より、在来魚の保全には、外来魚の駆除は効果があるといえる。

参考文献 データ：○○報告書(20△△年)、写真：魚類図鑑(□□出版、20××年)

第1章 多様な植生と遷移

p.168~179

- 環境**／ある生物にとって、その生物を取り巻く外界。**非生物的環境**と**生物的環境**がある。
(⇒ p.168)
- 作用**／非生物的環境が生物に影響を及ぼすこと。
(⇒ p.168)
- 環境形成作用**／生物の生活の結果、非生物的環境に影響を及ぼすこと。
(⇒ p.168)
- 適応**／生物のもつ性質が、その環境のもとで生活するのに都合よくできていること。(⇒ p.169)
- 植生**／ある場所に生育している植物の集まり。植生を外から見たときの様相を**相観**といい、植生の中で、個体数が多く、背丈が高く葉や枝の広がり大きい種を**優占種**という。(⇒ p.172)
- 森林の階層構造**／森林内部に見られる層状の構造。高木層・亜高木層・低木層・草本層からなる。森林の最上層の葉などの集まりを**林冠**といい、最下層を**林床**という。(⇒ p.172)
- 土壌**／岩石の風化や、根や土壌中の生物の影響を受けたりして生成された地表の層。遷移が進むにつれて厚くなる。(⇒ p.173)
- 遷移**／時間の経過とともに、植生を構成する植物種や植生の相観が変化すること。土壌や種子などが存在しない場所で始まる**一次遷移**と、土壌や種子などが存在する場所で始まる**二次遷移**がある。(⇒ p.174)
- 極相(クライマックス)**／遷移が進み、植生を構成する植物種の組成が安定した状態。(⇒ p.175)
- ギャップ**／倒木などにより林冠にできた空所。(⇒ p.179)

第2章 気候とバイオーム

p.180~195

- バイオーム(生物群系)**／ある地域で見られる植生と、そこにすむ動物などを含めた生物の集まり。
(⇒ p.180)
- 世界のバイオーム**／森林のバイオームは、熱帯多雨林、亜熱帯多雨林、雨緑樹林、照葉樹林、硬葉樹林、夏緑樹林、針葉樹林に分けられる。草原のバイオームは、サバンナ、ステップに分けられる。荒原のバイオームは、砂漠、ツンドラに分けられる。
(⇒ p.181)

- 日本のバイオーム**／日本列島は南北に長く、標高の違いも著しい。緯度の違いによって生じるバイオームの分布を**水平分布**、標高の違いによって生じるバイオームの分布を**垂直分布**という。
(⇒ p.190)
- 森林限界**／亜高山帯と高山帯の境界に相当し、森林が成立する上限。
(⇒ p.192)

第3章 生態系とその保全

p.196~217

- 生態系**／生物の集団とそれを取り巻く環境を1つのまとまりとしてとらえたもの。(⇒ p.196)
- 生産者**／無機物から有機物をつくる独立栄養生物。[例]植物、藻類など
(⇒ p.196)
- 消費者**／ほかの生物から有機物を得る従属栄養生物。[例]動物など
(⇒ p.196)
- 分解者**／消費者のうち、生物の遺骸やふんなどに含まれる有機物を無機物に分解して養分を得る生物。[例]細菌・菌類など
(⇒ p.196)
- 食物連鎖**／生物の間にある食う－食われるの関係のつながり。
(⇒ p.198)
- 生態系のバランス**／自然界の生態系は変動しながらも、一定の範囲内でバランスが保たれている。
(⇒ p.206)
- 自然浄化**／大量の水による希釈や分解者などにより水中の汚濁物が減少すること。(⇒ p.211)
- 富栄養化**／水界の硝酸塩やリン酸塩などの無機塩類の濃度が高くなること。赤潮や水の華の原因となる。
(⇒ p.211)
- 生物濃縮**／生物体内に特定の物質が外部の環境と比べて高濃度に蓄積されること。(⇒ p.213)
- 外来生物**／本来分布していなかった場所に人間の活動などを通して侵入し、定着した生物。
(⇒ p.214)

第1章 多様な植生と遷移

- 問1 ある地域に生育する植物の集まりを何というか。
- 問2 生物の形態や機能が、その環境で生活するために都合よくできていることを何というか。
- 問3 生育環境や生活様式を反映した植物の形態を何というか。
- 問4 陰生植物に対し、強い光でよく成長する植物を何というか。
- 問5 森林内の階層で、草本層のある最下部を何というか。
- 問6 土壌で、落葉・落枝の層の下にある有機物に富む層を何というか。
- 問7 通気性の高い土壌に見られる粒状の構造を何というか。
- 問8 遷移の初期に現れる地衣類やコケ植物のような生物を何種というか。
- 問9 陸地から始まる乾性遷移に対して、湖沼から始まる遷移を何というか。
- 問10 森林の林冠にできた空所を何というか。

第2章 気候とバイオーム

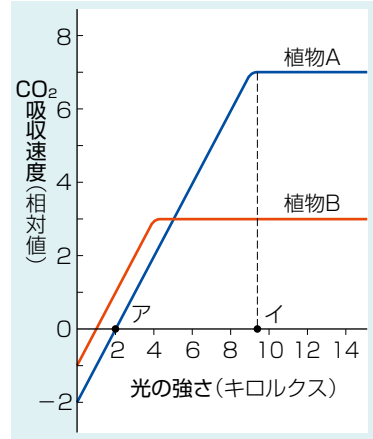
- 問1 北極海沿岸地域の寒帯に見られる荒原のバイオームを何というか。
- 問2 日本のバイオームで常緑広葉樹を中心とした森林を何というか。
- 問3 日本のバイオームで落葉広葉樹を中心とした森林を何というか。
- 問4 日本のバイオームで常緑針葉樹を中心とした森林を何というか。
- 問5 降水量の少ない熱帯・亜熱帯地域の草原のバイオームを何というか。
- 問6 降水量の少ない温帯地域の草原のバイオームを何というか。
- 問7 本州中部の亜高山帯と高山帯の境界を何限界というか。
- 問8 本州中部の山地帯に分布しているバイオームを何というか。

第3章 生態系とその保全

- 問1 植食性動物は、栄養段階では何次消費者か。
- 問2 有機物を無機物に分解する微生物を生態系では何というか。
- 問3 生食連鎖に対して、遺骸やふんから始まる連鎖を何というか。
- 問4 栄養段階の下位のものから生物量を重ねたグラフを何というか。
- 問5 湖沼や海洋で生産層と分解層の境界となる深さを何というか。
- 問6 生態系を循環する炭素・窒素・リン・硫黄のうち、光合成によって取り込まれるのは何か。
- 問7 植物は窒素を含む無機物を根から吸収し、タンパク質などをつくる。これを何というか。
- 問8 大気中の窒素を窒素化合物に変える根粒菌のはたらきを何というか。
- 問9 生態系内のエネルギーは最終的には、何エネルギーとなるか。
- 問10 栄養段階の上位にいる捕食者で、生態系のバランスに大きな影響を与える種を何というか。
- 問11 二酸化炭素やフロンなど温暖化の原因と考えられる気体を何というか。
- 問12 人里とその周辺にある農地や草地、ため池、雑木林などがまとまった一帯を何というか。

1 光の強さと光合成 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

右図は、植物Aと植物Bについて、光の強さとCO₂吸収速度との関係を示したグラフである。グラフの縦軸の数値は相対値である。



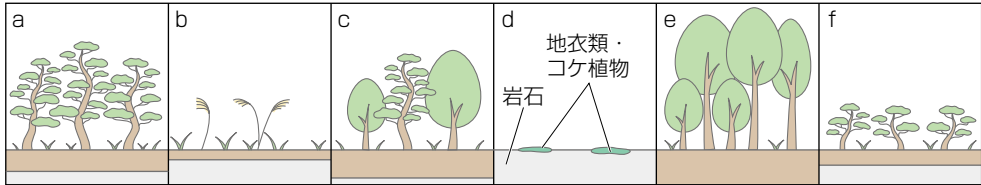
- (1) 植物Aにおけるア、イの光の強さを何というか。
- (2) 植物Aについて、光の強さがア、イのとき、光合成速度と呼吸速度の大小関係は、次の(a)～(c)のどれか。
 - (a) 光合成速度＝呼吸速度 (b) 光合成速度＞呼吸速度
 - (c) 光合成速度＜呼吸速度
- (3) 光の強さが4キロルクスのとき、植物A、Bの見かけの光合成速度はどちらが大きい。 (a)～(c)より選べ。
 - (a) 植物A＝植物B (b) 植物A＞植物B (c) 植物A＜植物B
- (4) 植物A、Bの光合成速度の最大値について、正しい関係は、次の(a)～(c)のどれか。
 - (a) 植物A＜植物B (b) 植物A＝植物Bの2倍 (c) 植物A＞植物Bの2倍

2 植生と遷移 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

環境の変化に伴い〔①〕を構成する植物の種類が移り変わることを〔②〕という。土壌や〔③〕などが無い場所で始まる〔②〕を〔④〕という。〔④〕の初期では、地衣類や〔⑤〕が侵入し、その後、草原を経て〔⑥〕林が形成される。林内では樹木の成長に伴って林床に届く光量が減少するため、〔⑥〕はやがて〔⑦〕にとってかわられる。〔⑦〕林ができると、長年にわたり植生の組成が安定する。このような森林は〔⑧〕といわれる。

また、地中に有機物・〔③〕・地下茎などが残っている場所で始まる遷移は進行が速い。このような遷移は〔⑨〕といわれ、山火事の後などに見られる。

- (1) ①～⑨に適する語句を答えよ。
- (2) 以下は一次遷移の各段階を示した図である。a～fの図を、遷移の順に並べかえよ。



一問一答
(P.221)

解答

- 第1章** 問1 植生 問2 適応 問3 生活形 問4 陽生植物 問5 林床 問6 腐植層
問7 団粒構造 問8 先駆種 問9 湿性遷移 問10 ギャップ
- 第2章** 問1 ツンドラ 問2 照葉樹林 問3 夏緑樹林 問4 針葉樹林 問5 サバンナ
問6 ステップ 問7 森林限界 問8 夏緑樹林

(3) 二次遷移が始まる場所として不適切なものを1つ選べ。

(a) 山火事跡 (b) 火入れした草地 (c) 溶岩が噴出した場所 (d) 耕作をしなくなった田

(4) 森林で、樹木が倒れるなどして生じたすきまでは、どのような植物が目立って成長するか。

3 気候とバイオーム 下の問いに答えよ。

(1) 次の(ア)～(オ)は、いろいろな森林の特徴を述べた文である。それぞれの森林に当てはまるバイオーム名を答え、それが右図A～Jのいずれにあたるかを答えよ。

(ア) フタバガキの巨大な樹木が見られる。

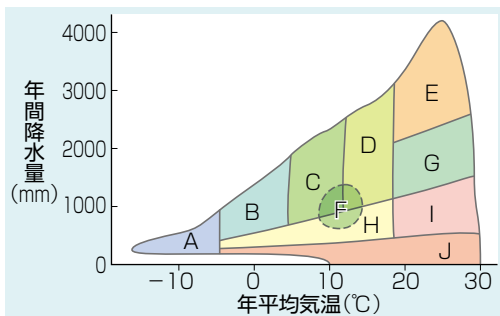
非常に多くの生物種が見られる。

(イ) 冬が長くて寒さが厳しく、トウヒやシラビソが生い茂っている。

(ウ) 雨季と乾季があり、雨季にはチークの葉が茂っているが、乾季には落葉する。森林の樹種は少なく、階層も単純である。

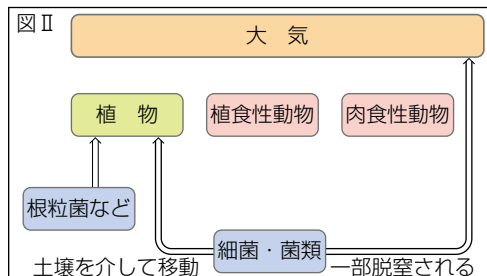
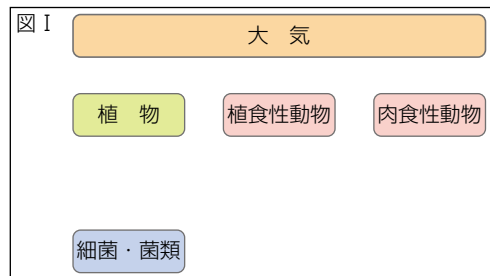
(エ) オリーブのような常緑広葉樹が優占し、夏に乾燥する地中海沿岸に成立する。

(オ) 森林は見られず、永久凍土をもつ土壌の上をコケ植物や地衣類が覆っている。



4 生態系と物質循環 下の指示に従って、生態系内の物質循環の概略を示す図を完成せよ。

a b c d のできごとによる炭素の移動方向を \longrightarrow で図Ⅰに、a b e による窒素の移動方向を \Longrightarrow で図Ⅱにかき込み、それぞれの矢印に a ～ e の記号を付記せよ。



a 食べる b 植物や動物が死亡し、分解者に取り込まれる c 分解者の呼吸 d 植物の光合成
e 窒素固定

第3章 問1 一次消費者 問2 分解者 問3 腐食連鎖 問4 生態ピラミッド 問5 補償深度 問6 炭素
問7 窒素同化 問8 窒素固定 問9 熱エネルギー 問10 キーストーン種 問11 温室効果ガス
問12 里山

第1部 生物の特徴

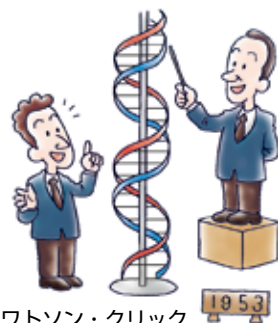
1600年頃	ヤンセン父子	顕微鏡の作成	
1665年	フック	細胞の発見	
1674年	レーウェンフック	微生物を観察	5
1735年	リンネ	階層による分類体系を提案	
1779年	インゲンハウス	植物に光を当てると酸素が発生することを発見	
1780年	ラバオジエ	呼吸が燃焼と同じ現象であることを発見	
1831年	ブラウン	細胞の核を発見	
1838年	シュライデン	植物の「細胞説」の提唱	10
1839年	シュワン	動物の「細胞説」の提唱	
1855年	フィルヒョー	「すべての細胞は細胞から生じる」ことを提唱	
1864年	ザックス	光合成産物がデンプンであることを発見	
1929年	フィスケとローマン	ATPを発見	
1933年	ルスカ	電子顕微鏡の発明	15
1967年	マーグリリスら	細胞内共生説の提唱	



レーウェンフック
細菌や精子の観察

第2部 遺伝子とそのはたらき

1852年	レマーク	細胞の増殖は分裂によることを発見	
1865年	メンデル	遺伝の法則を提唱	
1869年	ミーシャー	核からヌクレイン(現在のDNA)を発見	
1900年	ド・フリース, コレンス, チェルマク	メンデルの法則の再発見	
1928年	グリフィス	肺炎球菌の形質転換の現象を発見	
1944年	エイブリーら	肺炎球菌の形質転換実験で遺伝子の本体がDNAであると示唆する	
1950年	シャルガフ	DNAの中のAとT, CとGがそれぞれ等量含まれることを発見	
1952年	ハーシーとチェイス	バクテリオファージの増殖を調べ、遺伝子の本体はDNAであることが決定的となる	25
1952年	ウィルキンスと フランクリン	DNAがらせん構造をとることを発見	
1953年	ワトソンとクリック	DNAの二重らせん構造モデルを提唱	
1960年	牧野佐二郎	ヒトの染色体が46本であることを発表	
2003年		ヒトゲノム解読完了宣言	



ワトソン・クリック
DNAの二重らせん構造の提唱

第3部 生物の体内環境の維持

	1628年	ハーベイ	血液循環の原理を提唱
	1661年	マルピーギ	毛細血管での血液循環を発見
	1796年	ジェンナー	天然痘の予防にワクチンの接種を行い、免疫を応用した医療を始める
5	1842年	ボーマン	尿生成のろ過説を提唱
	1865年	ベルナール	内部環境の考えを提唱
	1869年	ランゲルハンス	ランゲルハンス島の発見
	1882年	リンガー	生理食塩水の考案
	1883年	メチニコフ	白血球の食作用の発見
10	1890年	北里柴三郎	血清療法の発見
	1901年	ラントシュタイナー	血液型の発見
	1901年	高峰譲吉	アドレナリンを結晶化
	1902年	ベイリスとスターリング	セクレチン(ホルモン)の発見
	1921年	レーウィ	神経伝達物質を発見し、興奮伝達を解明
15	1932年	キャノン	恒常性の概念を提唱



ベルナール 血液はいつも一定の状態を保つしくみがある。

第4部 生物の多様性と生態系

	1805年	フンボルト	植物の分布を気候と関連づけて説明
	1907年	ラウンケル	休眠芽の位置により植物の生活形を分類
	1916年	クレメンツ	遷移を研究し、極相の概念を提唱
20	1927年	エルトン	食物連鎖の概念を提唱
	1935年	タンズリー	生態系の概念を提唱
	1949年	吉良竜夫	暖かさの指数を考案
	1962年	カーソン	著書「沈黙の春」で合成化学物質の影響を警告
	1966年	ペイン	キーストーン種の研究
25	1974年		日本でのPCBの製造・使用・輸入が原則禁止
	1982年	忠鉢繁ら <small>ちゅうはつしげら</small>	オゾンホール発見



● 第1部 演習問題 ● (p.58~59)

1, 生物の共通性と多様性

- (1) ①単細胞 ②核 ③DNA ④真核 ⑤染色体 ⑥ミトコンドリア ⑦葉緑体
 (2) (b), (e) (3) (b), (d) (4) (b)
 (5) ⑥呼吸を行う原核生物 ⑦シアノバクテリア (光合成を行う原核生物)
 (6) マーグリス

5

2, 真核細胞の構造とはたらき

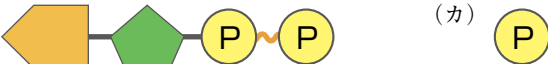

- (1) ①細胞壁 ②葉緑体 ③細胞膜 ④ミトコンドリア ⑤核 ⑥液胞
 (2) (a) ⑥ (b) ④ (c) ②, ④, ⑤ (d) ① (3) ⑤ (4) 175 μm

10

3, 代謝

- (1) ①代謝 ②同化 ③異化 ④無機物 ⑤独立栄養 ⑥従属栄養 (2) ② (3) (a), (d), (e)

4, ATP

- (1) アデノシン三リン酸
 (2) (ア) アデニン (イ) リボース (ウ) アデノシン (エ) 高エネルギーリン酸結合
 (3) (オ)  (カ) 
 (4) (a) X (b) Y

15

● 第2部 演習問題 ● (p.98~99)

1, DNAの構造

- (1) ①DNA ②RNA ③ヌクレオチド ④リン酸 ⑤デオキシリボース
 ⑥アデニン ⑦チミン ⑧グアニン ⑨シトシン
 (2) 二重らせん構造, ワトソンとクリック (3) 相補性 (4) 26%

20

2, 遺伝子とゲノム

- (1) ①ゲノム ②遺伝子 (2) 957 個 (3) ヒト

3, 遺伝情報の複製と分配

- (1) ①DNA合成(S) ②複製 ③分裂(M) (2) (a) エ, 分裂期(M期) (b) イ, DNA合成期(S期)
 (c) ウ, 分裂準備期(G₂期) (d) ア, DNA合成準備期(G₁期) (3) 8時間

25

4, タンパク質の合成と遺伝子の発現

- (1) ①転写 ②翻訳 (2) A → U, T → A, G → C, C → G (3) 3つ
 (4) 解答例: 個体を構成するすべての細胞は同じ遺伝子をもっているが, 個体の部位に応じて発現している遺伝子が異なるため。

30

5, 転写と翻訳

- (1) GUU CAC CUC ACU CCC GAA GAA (2) 

● 第3部 演習問題 ● (p.164~165)

1, 酸素解離曲線

- (1)96% (2)67% (3)29% ($96 - 67 = 29$) (4)30% ($29 \div 96 \times 100 = 30.20\cdots$)

2, 肝臓のはたらき

- (1)ア, 肝門脈(入) イ, 肝静脈(出) ウ, 肝門脈(入) エ, 肝動脈(入)
オ, 胆管(出) カ, 肝静脈(出)
(2)二酸化炭素, グルコースなど

3, 腎臓のはたらき

- (1)(ア)A (イ)B (ウ)D (エ)C
(2)分子の大きな物質 (3)(イ) (4)A

4, ヒトのホルモン

- (1)(ア)B細胞 (イ)副腎髄質 (ウ)副腎皮質刺激ホルモン (エ)パラトルモン(副甲状腺ホルモン)
(オ)糖質コルチコイド (カ)⑤ (キ)④ (ク)⑥ (ケ)② (コ)③
(2)ア, ウ (3)減る, (負の)フィードバック調節

5, 免疫

- ①樹状細胞 ②抗原 ③ヘルパー T 細胞 ④B細胞 ⑤抗体 ⑥体液 ⑦細胞
⑧キラー T 細胞 ⑨細胞 ⑩記憶細胞 ⑪強 ⑫免疫記憶

● 第4部 演習問題 ● (p.222~223)

1, 光の強さと光合成

- (1)ア, 光補償点 イ, 光飽和点 (2)ア(a) イ(b) (3)(c) (4)(c)

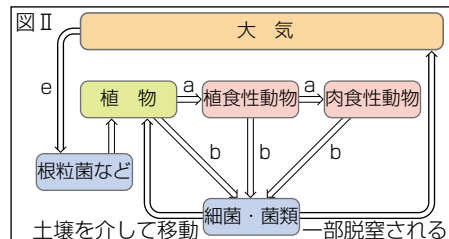
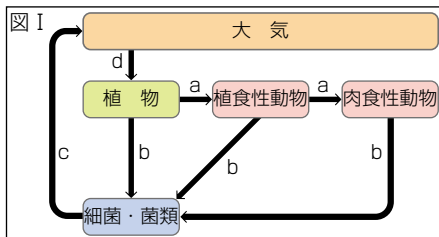
2, 植生と遷移

- (1)①植生 ②遷移 ③種子 ④一次遷移 ⑤コケ植物 ⑥陽樹 ⑦陰樹 ⑧極相林 ⑨二次遷移
(2) $d \rightarrow b \rightarrow f \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow e$ (3)(c) (4)陽樹

3, 気候とバイオーム

- (1)(ア)熱帯多雨林, E (イ)針葉樹林, B (ウ)雨緑樹林, G (エ)硬葉樹林, F
(オ)ツンドラ, A

4, 生態系と物質循環



● 実験前の注意 ●

実験の目的を正しく理解し、実験計画に従って材料や器具、薬品などを準備する。実験操作の意味とその順序をよく考えておくことが必要である。特に事故の危険を伴う器具の操作や薬品などの取り扱いは慎重に行うこと。実験結果をあらかじめ推測し、ある程度の考察を用意しておくことも大切である。

● 実験中の注意 ●

実験中は白衣を着て、すそや袖口で器具をひっかけたりしないようにボタンはきちんと留めるなど、安全面に気を配る。眼を守るために、少しでも危険が感じられるときや、劇薬を扱うときは保護眼鏡（ゴーグル）をかける。普通の眼鏡でも保護効果は大きい。危険な薬品や微生物を扱うときには使い捨ての手袋も有効である。グループで行う実験では、みんなで協力し合うことが大切である。また、実験中はその場を離れないように心がける。結果だけを見るのではなく、実験過程をよく観察することが大切である。実験の失敗からも多くを学ぶことができる。

実験・観察したことは、すぐにその場で、細部ももらさず記録しておく。記録は後で見たとき、自分以外の人にもわかるようにかく。記録を後でかきかえたり修正したりしてはならない。記憶は都合のよいように変化してしまうことがあるからである。「記憶より記録が大事」が原則である。

実験室や実験台の周辺は乱雑になりがちなので、整理整頓しておくこと。重要なものを捨ててしまったり、片付ける人が危害にあう可能性があるので、大切なものや危険なものは誰にでもわかるようにラベルをつけておくことも大切である。

ガスバーナーの使い方

斜め下から火を近づける。

(a) 空気が調節ねじ
(b) ガス調節ねじ

① 初めに(a), (b)が閉まっていることを確認する。
② 元栓を開け, (b)を回して点火する。

回す。
押さえる。

③ (b)を押さえながら, (a)を少しずつ回して炎が青くなるように調節する。

④ 火を消すときの操作は、点火の逆にする(最後に元栓を閉じる)。

〈試験管中の液体の加熱〉試験管の容量の1/5以下の液量で行う。液面付近からゆっくりと回しながら加熱する。突沸に注意して、管口は人に向けない。

駒込ピペットの使い方

ガラス上部にぎり、ゴム球を押しつぶしたままで薬品につけ、親指の力をぬいて吸い上げる。

細口
試薬びん

逆さにしない。

乳鉢の使い方

回しながら試料をすりつぶす。

乳棒

乳鉢

上からたたかない。底が割れることがある。

● 実験後の注意 ●

実験が終了したら、最後に器具を洗い、材料や薬品の後片付けを行う。流しに捨てたものは地域
の下水道に入るので、薬品は流しに捨てず、必ず先生に確認し、指示に従うこと。生物材料を始末
するときは、生命を尊重し、適切な処理をする。全般にわたって、先生の指示に従い、安全に心が
け、事故が起きないように細心の注意を払う。

● 試薬などの濃度 ●

溶液の質量に対する溶質の質量を百分率(%)で示したものを^{しつりょう}質量パーセント濃度^{のうど}、溶液の体積に
対する溶質の体積を百分率(%)で示したものを^{たいせき}体積パーセント濃度^{のうど}という。

$$\text{質量パーセント濃度}[\%] = \frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} \times 100$$

$$\text{体積パーセント濃度}[\%] = \frac{\text{溶質の体積}}{\text{溶液の体積}} \times 100$$

この教科書では濃度を%で示す際、どちらで表しているかを明らかにするために、質量パーセン
ト濃度の場合は「[質量%]」、体積パーセント濃度の場合は「[体積%]」と表示している。

● 器具の滅菌方法 ●

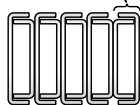
生きているすべての菌・細菌・ウイルスなどを死滅、あるいは除去された状態をつくり出す操作
を滅菌という。滅菌の方法には、乾熱滅菌や火炎滅菌、高圧滅菌などがある。

乾熱滅菌の例 ペトリ皿、ビーカー、試験管、ピ
ペットなどは、乾熱滅菌を行う。ペトリ皿は新聞
紙に包み、ほかのガラス器具などは、アルミはく
でふたをするか包む。乾熱滅菌器の空気孔を開け
て、180℃に達したら空気孔を閉じ、加熱を止め、
そのまま冷めるまで放置する。

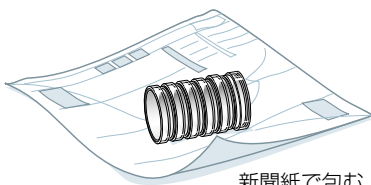


図a ガラス器具の乾熱滅菌

1組だけ上下逆にする。



ペトリ皿



新聞紙で包む。



でんぷんのりでとめる。



乾熱滅菌する。

図b ペトリ皿の乾熱滅菌

火炎滅菌の例 培地への細菌の塗りつけなどに用いる白金耳などは、火炎滅菌を
行う。アルコールランプやガスバーナーを用いて、菌を直接、火で焼く。

高圧滅菌の例 三角フラスコに蒸留水を入れ、アルミはくで口を閉じ、高圧滅菌
器(オートクレーブ)で121℃・20分程度滅菌することで、滅菌水をつくること
ができる。



図c 白金耳の
火炎滅菌

● 野外調査のルール ●

野外における調査活動では、次のようなフィールドマナーを守って調査に取り組む。

- ① 農地や雑木林などで調査するときは、事前に持ち主の了解を得ておき、調査に際しても周囲の人の迷惑にならないようにする。
- ② 調査中に貴重な自然を破壊したり、ごみを捨てたりすることのないように注意する。河川や磯の調査では、動かした石はもとどおりに戻すなど、調査場所の自然をできるだけもとの状態に保つようにする。
- ③ 調査中に、生物の名前を調べるが必要な場合、図鑑などを利用して、できるだけ現地で調べることが望ましい。それでもわからないときは、写真やビデオに記録したり、標本を作製したりして後日調べることにする。なお、採集は必要最小限にとどめるようにする。

● 事故に対する注意 ●

野外における調査では事故が起こりやすい。次のような点で、安全にはじゅうぶんに気をつけて調査を行う。

- ① あらかじめ気象予報などで天候に関する情報を把握しておく。また天候の急変に備えて、雨具などを準備しておく。
- ② 河川では急な増水に、海岸では高波などに注意し、危険な場所には近づかないようにする。地震や津波などに備えて、避難場所や高台を確認しておく。
- ③ 毒ヘビやスズメバチなどの危険な動物や、ウルシなどの有毒な植物に注意する。また、イバラ類のとげや蚊から身を守るため、夏の調査でも長袖シャツや長ズボンを着用する。
- ④ 調査場所への移動方法や調査の計画を表にまとめておく。また、事故や急病の場合の連絡先も控えておく。地図は必携で、GPSがあれば便利である。
- ⑤ 調査に出かける際には、行動予定表を家の人に渡しておく。
- ⑥ 野外では日が暮れると真っ暗になり道に迷いやすい。懐中電灯と点火剤を持つようにする。

図a オオスズメバチ



図b ツタウルシ



図c 野外調査の服装

生物の学習において、レポートの作成や実験データの処理など、さまざまな場面でコンピュータの活用が有効である。また、インターネットを利用すると知りたい情報を収集でき、研究発表などの情報の発信に便利である。

5 ● ワードプロソフトの利用 ●

文章を作成するときには、ワードプロソフトを利用すると便利である。ワードプロソフトを利用すると、後で文字をかきかえたり、資料をつけ加えたり、図を挿入するなどの編集が容易である。

● 表計算ソフトの利用 ●

探究活動や実験で得られたデータの処理には、表計算ソフトの利用が有効である。あらかじめ決められた順序や方法で計算を行って結果を求める機能があり、合計、平均値、最小値、最大値などを求めることができる。また、入力したデータをもとにさまざまな種類のグラフを作成することもできる。項目ごとの値を比較するときには「棒グラフ」、構成要素の比率と、その比率の変化を示すときには「線グラフ」、連続するデータの推移を示すときには「折れ線グラフ」、項目の構成比を示すときには「円グラフ」など、内容によって適切なグラフを選択することが大切である。

15 ● インターネットの利用 ●

インターネットでは検索サービスを使用し、キーワードで絞り込みを行い必要な情報を収集することができる。また、研究内容などをまとめて Web ページで情報発信することも可能である。情報を公開するということは、発信者に責任が生じるが、同時に、さまざまな人から意見を聞くことも可能になり、うまくいかなかった部分についてのアドバイスや、これからの研究のヒントが得られることもある。



ポイント

情報収集の注意点

インターネットの情報は、間違っていたり、古かったりすることがある。どの Web ページからの情報であるかを記録し、いつ更新されたかなどに気を配りながら、信頼できる Web ページを参考にする必要がある。また、収集した情報をもとにレポートなどを作成する場合は、著作権に配慮して、写真や資料などは許可を得て使用し、出典を明記する必要がある。

● プレゼンテーションソフトの利用 ●

探究活動の計画の提示や研究発表などには、プレゼンテーションソフトを利用すると便利である。発表する内容は、スライドにまとめ、スクリーンなどに映しながら説明すると説得力がある。

スライドの作成においては、一枚のスライドに多くの情報を盛り込むのではなく、図や表、グラフを適切に使用し、文字を少なくするなどの工夫をするとよい。プレゼンテーションソフトではアニメーション効果や画像、音声、動画をはり込むこともできる。

プレゼンテーションソフトを利用した発表では、時間内におさまるように、予行演習(リハーサル)を行い、スライドの枚数や発表原稿の量を調整したり、内容を修正したりするとよい。

● 報告書の作成のポイント ●

報告書は研究発表と考察を公表するものであり、他人が報告書通りに追試実験を行っても同様の結論を導き出すことができるよう、わかりやすく、要点を簡潔に整理し、正確に記載する。実験や観察によって多少の違いがあるが、一般的には下記の例のような手順でかく。

実験(探究活動)題目		報告書作成日	年	月	日
		報告者			
		共同実験者			
① 目的(または仮説の設定)					
<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験・調査の目的や、選んだ課題の重要性をかく。 ・ 検証しようとする仮説をかく。 					
② 方法(または、材料・器具・薬品・手順)					
<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用した材料名、器具名や使用した薬品名をかく。 ・ 実験の手順や処理方法など簡潔にかく。 					
③ 実験の結果					
<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験日時と気温、湿度、天気など、必要に応じて実験条件をかく。 ・ 実験経過や結果、想定データなどを、図や表、グラフ、写真などを活用してわかりやすくかく。 					
④ 考 察					
<ul style="list-style-type: none"> ・ 仮説や先行研究に照らして実験結果がどのように解釈できるか、実験の信頼性、仮説の判定、新たに出てきた疑問や推理などをかく。 ・ 仮説の誤りや不備が判明することもある。間違っていた仮説はすて、不備のある仮説は修正する。 					
⑤ 結 論					
<ul style="list-style-type: none"> ・ 目的に対して、実験でわかったことや、結果から類推できることを簡潔にまとめる。 					
⑥ 参考文献					
<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験や報告書の中で、参考にした書籍名や論文と参照したページ数などをかく。 ・ インターネットで調べた場合は、その URL などと調べた日時もかく。 					

◇ アドバイス

実験の結果の項目では実験で得られた事実だけをかくようにする。仮説の判定や結果から類推できることは、考察の項目にかく。

● 研究発表のポイント ●

研究発表は、聞く人の立場に立ってわかりやすくまとめることが大切である。コンピュータのプレゼンテーションソフトを利用した発表も、ポスター発表も、図や写真やグラフを使い、簡潔な表現でわかりやすく展開するようにする。事前にリハーサルを行い、時間内におさまるように心がけたり、第三者にわかりにくい点などを指摘してもらい、内容を修正したりするとよい。また、質問や反論は落ち着いて聞き、丁寧に答えることも大切である。

■ 生物名索引

あ
 アオキ ……172, 182, 187
 アカシアの仲間 ……184, 189
 アカマツ ……175
 アゾトバクター ……203
 アダン ……190
 アフリカツメガエル
 ……25, 93
 アマミノクロウサギ
 ……214
 アメーバ ……32
 アメマス ……25
 アメリカバイソン ……184
 アライグマ ……214
 アラカシ
 ……172, 175, 182, 187
い
 イガイ ……207
 イシクラゲ ……37
 イタドリ ……175
 イヌビワ ……172
 イヌマキ ……172
 イヌワラビ ……25
 イネ ……25
 イネの仲間 ……184
 イワヒバリ ……192, 193
う
 ウミイグアナ ……1
 ウミガメ ……119
 ウメボシイソギンチャク
 ……25, 60
え
 エゾマツ ……183, 189, 190
お
 黄色ブドウ球菌 ……36
 オウムガイ ……①
 オオカナダモ ……30, 37
 オオカバマダラ ……19
 オオクチバス ……214, 219
 オオシラビソ ……191
 オオヒゲマワリ
 (ボルボックス) ……20, 38
 オコジョ ……192, 193
 オビクラゲ ……20
 オランウータン ……182
 オリーブ ……183, 188
 オワンクラゲ ……42
か
 カエデの仲間 ……183, 188
 カエデ類 ……190
 カサガイ ……207
 カサノリ ……32
 ガジュマル ……182, 186, 190
 カシ類 ……190, 192
 カブトエビ ……185

カメノテ ……207
 ガラバゴスゾウガメ ……1
 カンサイタンポポ ……218
き
 キアゲハ ……22
く
 クスノキ ……190
 クラミドモナス ……38
 クロストリジウム ……203
け
 ケアシガニ ……118
 ゲツケイジュ ……183, 188
 ゲンゲ ……203
 ゲンジボタル ……42
こ
 酵母菌 ……25, 38, 50
 コケ植物 ……174, 184
 コノハチョウ ……18
 コマクサ ……190, 193
 ゴミムシダマシ ……①
 コメツガ ……192
 コヨーテ ……184
 コルクガシ ……183, 188
 根粒菌 ……203
さ
 サボテンの仲間
 ……①, 185, 189
 サンゴ ……205
し
 シアノバクテリア
 ……30, 36, 51, 203
 シイ類 ……190, 192
 シナノキンバイ ……193
 シマウマ ……184
 シャクナゲ類 ……192
 シャチ ……22
 ショウジョウバエ ……88
 シラビソ ……183, 189, 192
 シロザ ……176
 シロナガスクジラ ……20
す
 スギ ……195
 スキアシガエル ……185
 ススキ ……175
 スダジイ ……172, 175, 177,
 182, 187, 191, 195
せ
 セイタカアワダチソウ
 ……19
 セグロカモメ ……213
そ
 ソウリムシ
 ……20, 25, 38, 118
た
 ダーウィンフィンチ ……1

大腸菌 ……20, 30, 36
 タブノキ ……182, 187, 190
 タンチョウ ……23
ち
 チークの仲間 ……182, 186
 チーター ……25, 184
 地衣類 ……174, 184
 チンアナゴ ……20
 チングルマ ……166
つ
 ツブラジイ ……191
と
 トウヒ ……183, 189
 トドマツ ……190, 191
 トナカイ ……184
 トベラ ……171
な
 納豆菌 ……36
に
 ニホンカナヘビ ……25
 ニホンザル ……195, 218
 ニホンジカ ……195
 ニホンリス ……218
 乳酸菌 ……36, 38, 50
ね
 ネンジュモ ……203
の
 ノロウイルス ……23
は
 ハイエナ ……184
 肺炎球菌 ……64
 ハイマツ ……192, 193
 バオバブ ……184, 189, 240
 ハオリムシ ……①
 ハクサンイチゲ ……193
 ハコネウツギ ……175
 ハブ ……214
 バリバリノキ ……195
ひ
 ヒカゲヘゴ ……191
 ヒグマ ……183
 ヒザラガイ ……207
 ヒトデ ……207
 ヒドラ ……38
 ビロウ ……190
ふ
 フィリマングース ……214
 フジツボ ……207
 フタバガキの仲間
 ……182, 186
 ブナ ……183, 188, 190,
 191, 192
 ブルーギル ……214, 219
 プレーリードッグ ……184
 フンボルトペンギン ……25

へ
 ヘゴ ……182, 186, 190
 ペローシファカ ……240
ほ
 ボタンウキクサ ……214
 ホッキョクウサギ ……1
 ホッキョクグマ
 ……1, 184, 213
 ボルボックス(オオヒゲ
 マワリ) ……20, 38
ま
 巻貝 ……207
 マンリョウ ……172
み
 ミズナラ ……183, 188, 190,
 191, 192
 ミズヒラタムシ
 (ユープロテス) ……94
 ミドリゾウリムシ ……51
 ミナミハコフグ ……21
 ミヤマクワガタ ……25
 ミル ……25
め
 メヒルギ
 ……182, 186, 195
も
 モウセンゴケ ……18
 モクズガニ ……118
 モミ ……195
や
 ヤシャブシ ……175
 ヤチネズミ ……206
 ヤブツバキ
 ……172, 182, 187, 190
ゆ
 ユープロテス
 (ミズヒラタムシ) ……94
 ユスリカ ……88, 89
る
 ライオン ……184
 ライガー ……20
 ライチョウ ……196
り
 リュウキュウアオキ ……190
わ
 ワオキツネザル ……240
 ワモンアザラシ ……213
 ワラジムシ ……173

索引

A	
ABO式血液型	149
ADP(アデノシン 二リン酸)	41, 42
AIDS(後天性免疫不全 症候群, エイズ)	157
AMP(アデノシン 一リン酸)	41
ATP(アデノシン 三リン酸)	41, 42, 48
B	
B細胞	142, 151
D	
DNA(デオキシリボ核酸)	62
DNA合成期(S期)	76
DNA合成酵素(DNA ポリメラーゼ)	75
DNA合成準備期(G ₁ 期)	76
DNAの構造	66
DNAの複製	74
DNAポリメラーゼ (DNA合成酵素)	75
E	
ES細胞(胚性幹細胞)	92
G	
G ₀ 期	76
G ₁ 期(DNA合成準備期)	76
G ₂ 期(分裂準備期)	76
H	
Hb(ヘモグロビン)	105
HbO ₂ (酸素ヘモグロビン)	105
HIV(ヒト免疫不全 ウイルス)	157
I	
iPS細胞(人工多能性 幹細胞)	93
M	
MHC抗原(主要組織適 合性複合体抗原)	156
mRNA(伝令RNA)	83
M期(分裂期)	76
N	
NK(ナチュラルキラー) 細胞	142
P	
PCB(ポリ塩化 ビフェニル)	213
POPs(残留性有機汚染 物質)	213
R	
RNA(リボ核酸)	83

RNAポリメラーゼ (RNA合成酵素)	86, 91
rRNA(リボソームRNA)	83
S	
SNP(一塩基多型)	73
S期(DNA合成期)	76
T	
Toll様受容体(TLR, トル様受容体)	145
tRNA(転移RNA)	83
T細胞	142, 151
W	
WI(暖かさの指数)	193
X	
X線回折法	69
あ	
アイアイ	240
アオキ	172, 182, 187
アオコ(水の華)	211
アカシアの仲間	184, 189
赤潮	211
アカマツ	175
アクアポリン	121
アクチン	81
亜高山帯	192
亜高木	169
亜高木層	172
アセチルコリン	127
アゾトバクター	203
暖かさの指数(WI)	193
アダマン	190
アデニン	66, 83
アデノシン	42
アデノシン一リン酸 (AMP)	41
アデノシン三リン酸 (ATP)	41, 42
アデノシン二リン酸 (ADP)	41, 42
アドレナリン	129, 130, 135, 139
アナフィラキシー	154
亜熱帯多雨林	181, 182, 186
アフリカツメガエル	25, 93
アマミノクロウサギ	214
アミノ基	82
アミノ酸	81, 82
アミノ酸配列	81
アミラーゼ	43, 44

アメーバ	32
アメリカバイソン	184
アライグマ	214
アラカシ	172, 175, 182, 187
アルコール発酵	50
アレルギー	154
アレルゲン	154
アンチコドン	87
アントシアニン	33, 54
アンモニア排出型	114
アンモニウムイオン	178, 202
い	
異化	40
イガイ	207
イシクラゲ	37
イタドリ	175
一塩基多型(SNP)	73
一次応答	152
一次構造	82
一次遷移	174
一年生植物	169
遺伝	62
遺伝暗号(コドン)	86
遺伝子	62, 72
遺伝子診断	73
遺伝情報	63, 74
遺伝的多様性	216
遺伝の法則	63
イヌビワ	172
イヌマキ	172
イヌリン	117
イネの仲間	184
イリオモテヤマネコ	21
イワヒバリ	192, 193
陰樹	170
インスリン	81, 130, 134
陰生植物	170
イントロン	86
インフルエンザウイルス	153
陰葉	171
う	
ウィルキンス	67, 69
ウミイグアナ	1
ウミガメ	119
ウメボシイソギンチャク	25, 60
ウラシル	83
雨緑樹林	181, 182, 186
え	
エイズ(後天性免疫不全 症候群, AIDS)	157
エイブリー	64

栄養段階	199
エキソン	86
液胞	33, 52
エコツアーリズム	217
エコボール	166
エゾマツ	183, 189, 190
エビトープ (抗原決定部位)	147
エルトン	198
炎症	144
延髄	126
塩類腺	119
お	
黄色ブドウ球菌	36
オウムガイ	1
オオカナダモ	30, 37
オオカバマダラ	19
オオクチバス	214, 219
オオサンショウウオ	2
オオシラビソ	191
オーダーメイド医療	73
オオヒゲマワリ (ボルボックス)	20, 38
オコジョ	192, 193
お花畑	192
オビクラゲ	20
オランウータン	182
オリブ	183, 188
オワンクラゲ	42
温室効果ガス	210
か	
ガードン	93
開始コドン	87
階層構造	172
解糖	50
解糖系	49
外分泌腺	128
開放血管系	110
外来生物	214, 218
解離	14
カエデの仲間	183, 188, 190
核	32, 34
核液	32
核酸	66
拡散	120
核小体	34
獲得免疫	140, 146
核膜	32
核膜孔	34
攪乱	207
カサガイ	207
カサノリ	32
ガジュマル	182, 186, 190

カシ類 ……190, 192	クライマックス(極相) ……175	光合成速度 ……170	細胞液 ……33
化石燃料 ……201	グラナ ……35	高山植物 ……192	細胞群体 ……38
カタラーゼ ……45	クラミドモナス ……38	高山帯 ……192	細胞口 ……38
活性部位 ……44	グリコーゲン ……113	鉍質コルチコイド ……130, 138	細胞骨格 ……34
滑面小胞体 ……34	クリステ ……35	恒常性(ホメオスタシス) ……102	細胞質 ……30
カプトエビ ……185	クリック ……67, 69	甲状腺 ……130	細胞質基質 ……30
花粉症 ……154	グリフィス ……64	甲状腺刺激ホルモン ……130, 139	細胞質流動(原形質流動) ……30
可変部 ……147	グルカゴン ……130, 135	酵素 ……43, 44	細胞周期 ……76
ガラパゴス諸島 ……1	グルコース(ブドウ糖) ……43	梗塞 ……109	細胞小器官 ……30
カメノテ ……207	クレアチニン ……117	抗体 ……146	細胞性免疫 ……146, 150
ガラパゴスゾウガメ ……1	クレメンツ ……180	抗体産生細胞 ……148	細胞体 ……125
夏緑樹林 ……181, 183, 188	クロストリジウム ……203	好中球 ……142	細胞内共生説 ……51
カルシウムチャネル ……121	クロロフィル ……33, 35	高張液 ……122	細胞分画法 ……33
カルピン・ベンソン回路 ……48	け	後天性免疫不全症候群(エイズ, AIDS) ……157	細胞壁 ……31
カルボキシ基 ……82	ケアシガニ ……118	酵母菌 ……25, 38, 50	細胞膜 ……30, 31
間期 ……76	形質 ……62	高木 ……169	在来生物 ……214
環境 ……168	血液 ……103	高木層 ……172	酢酸オルセイン ……32
環境形成作用 ……168	血液凝固 ……108	広葉樹 ……169	酢酸カーミン ……32, 37
カンサイタンボボ ……218	血管 ……110	硬葉樹林 ……181, 183, 188	鎖骨下静脈 ……107, 111
幹細胞 ……92	ゲッケイジュ ……183, 188	抗利尿ホルモン(バソプレシン) ……130, 132, 138	里山 ……215
緩衝作用 ……105	血しょう ……103	呼吸 ……47, 49	砂漠 ……181, 185, 189
肝小葉 ……112	血小板 ……103	呼吸基質 ……47	サバンナ ……181, 184, 189
乾性遷移 ……176	血清 ……108	呼吸速度 ……170	サボテンの仲間 ……①, 185, 189
肝臓 ……112	血清療法 ……155	呼吸量 ……200	作用 ……168
間脳 ……126	血栓 ……109	国連環境開発会議(地球サミット) ……216	サンゴ ……205
肝門脈 ……112	血糖 ……113	コケ植物 ……174, 184	サンゴ礁 ……205
き	血糖濃度 ……134	枯死量 ……200	三次構造 ……82
キーウィ ……②	血べい ……108	個体数ピラミッド ……199	酸素解離曲線 ……106
キーストーン種 ……206	解毒作用 ……113	骨髄 ……142	酸素ヘモグロビン(HbO ₂) ……105
記憶細胞 ……148	ゲノム ……72	固定 ……14	山地帯 ……192
基質 ……44	ゲノムプロジェクト ……72	コドン(遺伝暗号) ……86	残留性有機汚染物質(POPs) ……213
基質特異性 ……44	原核細胞 ……30, 36	コドン表 ……86	し
北里柴三郎 ……155	原核生物 ……30, 36	コノハチョウ ……18	シアノバクテリア ……30, 36, 51, 203
基本転写因子 ……91	ゲンゲ ……203	コマクサ ……190, 193	シイ類 ……190, 192
ギャップ ……179	原形質 ……30	ゴミムシダマシ ……①	シェルフォード ……180
ギャップ更新 ……179	原形質分離 ……122	コメツガ ……192	色素体 ……33
球果 ……189	原形質流動(細胞質流動) ……30	コヨーテ ……184	糸球体 ……115
休眠芽 ……169	ゲンジボタル ……42	コラーゲン ……81	軸索 ……125
丘陵帯 ……192	減数分裂 ……74	コルクガシ ……183, 188	自己免疫疾患 ……157
狂犬病 ……153	顕微鏡 ……12	ゴルジ体 ……34	視床 ……126
共生 ……51, 203	尿管 ……116	コレンス ……63	視床下部 ……126, 130, 132
胸腺 ……142	こ	混交林 ……175	自然浄化 ……211
極相(クライマックス) ……175	高エネルギーリン酸結合 ……42	根粒菌 ……203	自然免疫 ……140, 144
極相種 ……175	交感神経 ……125	さ	湿性遷移 ……176
極相林 ……175	抗原 ……146	再吸収 ……116	湿地 ……215
拒絶反応 ……155	抗原抗体反応 ……146	最適温度 ……44	質量パーセント濃度 ……229
キラーT細胞 ……150	抗原提示 ……148, 150	最適pH ……44	シトシン ……66, 83
筋組織 ……39	光合成 ……46, 48	細尿管(腎細管) ……115	シナノキンバイ ……193
く			シナプス ……125
グアニン ……66, 83			
クエン酸回路 ……49			
クスノキ ……190			

- ジフテリア ……153
シマウマ ……184
シャクナゲ類 ……192
シャルガフ ……66
シャルガフの法則 ……66
種 ……20
集合管 ……116
終止コドン ……87
収縮胞 ……38, 118
従属栄養生物 ……41
柔組織 ……39
樹状細胞 ……142
樹状突起 ……125
受動輸送 ……121
種の多様性 ……216
主要組織適合性複合体
 抗原(MHC抗原) ……156
シュライデン ……28
シュワン ……28
純生産量 ……200
硝化菌 ……202
硝酸イオン ……178, 202
ショウジョウバエ ……88
常染色体 ……71
小脳 ……126
消費者 ……196
上皮組織 ……39
小胞体 ……34
静脈 ……110
静脈血 ……105
照葉樹林 ……181, 182, 187
常緑樹 ……169
食作用 ……142, 144
植生 ……172
触媒 ……43
植物プランクトン ……199
食胞 ……38
食物網 ……198
食物連鎖 ……198
シラビソ ……183, 189, 192
自律神経 ……124
自律神経系 ……124
シロザ ……176
シロナガスクジラ ……20
腎う ……116
真核細胞 ……30
真核生物 ……30
神経細胞(ニューロン)
 ……125
神経組織 ……39
神経伝達物質 ……125
神経分泌細胞 ……132
人工多能性幹細胞
 (iPS細胞) ……93
腎細管(細尿管) ……115
腎小体 ……115
心臓 ……110
腎臓 ……115, 158
腎単位(ネフロン) ……115
浸透 ……120
浸透圧 ……120
針葉樹 ……169
針葉樹林 ……181, 183, 189
森林 ……180, 181
森林限界 ……192
す
髄質 ……115, 130, 159
髄鞘 ……125
水生植物 ……169
すい臓 ……130
水素結合 ……67
水素原子 ……82
垂直分布 ……190, 192
水平分布 ……190
スギ ……195
スキアシガエル ……185
ススキ ……175
スターリング ……129
スタール ……75
スダジイ ……172, 175,
 177, 182, 187, 191, 195
ステップ ……181, 184
ストロマ ……35
スブライシング ……86
せ
生活形 ……169
生産者 ……196
生産層 ……205
生産速度ピラミッド ……199
生産量 ……200
生食連鎖 ……198
性染色体 ……71
生態系 ……196
生態系サービス ……217
生態系の多様性 ……216
生体触媒 ……43
生態ピラミッド ……199
生体防御 ……140
セイタカアワダチソウ
 ……19
成長ホルモン ……130
成長量 ……200
生物群系(バイオーム)
 ……180
生物多様性 ……216
生物多様性条約 ……216
生物多様性ホット
 スポット ……217, 240
生物的環境 ……168
生物濃縮 ……213
生物量ピラミッド ……199
脊髄 ……124
セクレチン ……129
セグロカモメ ……213
赤血球 ……103
絶滅 ……216
絶滅危惧種 ……216
セルロース ……31
遷移 ……174
先駆種(パイオニア) ……174
染色 ……14
染色体 ……32, 70, 72
全透膜 ……120
セントラルドグマ ……80
全能性 ……92
線毛 ……30, 36
纖毛 ……38
線溶(フィブリン溶解)
 ……109
そ
相親 ……172
臓器移植 ……155, 156
雑木林 ……176
造血幹細胞 ……142
草原 ……175, 180, 181
総生産量 ……200
相同染色体 ……71
相補性 ……67
草本層 ……172
ゾウリムシ
 ……20, 25, 38, 118
側鎖 ……82
組織液 ……103, 107
粗面小胞体 ……34
た
ダーウィンフィンチ ……1
体液 ……102
体液性免疫 ……146, 148
体細胞分裂 ……74
代謝 ……40
体循環 ……110
体積パーセント濃度
 ……229
大腸菌 ……20, 30, 36
体内環境(内部環境)
 ……102
大脳 ……126
高峰譲吉 ……129
多細胞生物 ……38
だ腺染色体 ……88
脱窒 ……203
多能性 ……92
多年生植物 ……169
タブノキ ……182, 187, 190
単球 ……104
単細胞生物 ……38
胆汁 ……114
炭素(C) ……201
タンチョウ ……23
タンパク質 ……81, 82
団粒構造 ……173
ち
チークの仲間 ……182, 186
チーター ……25, 184
地衣類 ……174, 184
チェイス ……65
チェルマク ……63
地球温暖化 ……210
地上植物 ……169
地中植物 ……169
窒素(N) ……202
窒素固定 ……202
窒素同化 ……202
地表植物 ……169
チミン ……66
着生植物 ……182
中心小体 ……35
中心体 ……35
中枢神経系 ……124
中脳 ……126
調節遺伝子 ……91
調節タンパク質 ……91
貯蔵デンプン ……46
チラコイド ……35
チロキシン ……130, 133, 139
チンアナゴ ……20
チングルマ ……166
つ
通道組織 ……39
ツブラジイ ……191
ツバクリン反応 ……152
つる植物 ……182
ツンドラ ……181, 184
て
定常部 ……147
低張液 ……122
ディフェンシン ……141
低木 ……169
低木層 ……172
デオキシリボース ……66
デオキシリボ核酸
 (DNA) ……62
適応 ……169
転移RNA(tRNA) ……83
電子伝達系 ……49
転写 ……80, 84, 85
伝達 ……125
伝導 ……125
天然痘 ……153

デンプン……………43	尿素……………114	半地中植物……………169	フタバガキの仲間
転流……………46	尿酸排出型……………114	半透膜……………120	……………182, 186
伝令RNA(mRNA) ……83	尿素排出型……………114	半保存の複製……………75	フック……………28
と	ぬ	ひ	物質生産……………200
同化……………40	スクレイン……………66	ヒカゲヘゴ……………191	物質の収支……………200
同化デンプン……………46	スクレオソーム……………70	干潟……………215	ブナ……………183, 188, 190,
同化量……………200	スクレオチド……………66	光化学反応……………48	191, 192
糖質コルチコイド	ね	光飽和点……………170	ブラウン……………28
……………130, 135, 139	熱帯多雨林	光補償点……………170	プランクトン……………199
等張液……………122	……………181, 182, 186	ビクニャ……………②	フランクリン……………67, 69
糖尿病……………136	ネフロン(腎単位)	ヒグマ……………183	ブルーギル……………214, 219
トウヒ……………183, 189	……………115, 160	ヒザラガイ……………207	プレーリードッグ……………184
動物プランクトン……………199	粘液……………141	皮質……………115, 130, 159	プロトロンビン……………109
洞房結節……………110	ネンジュモ……………203	被食量……………200	プロモーター……………91
動脈……………110	燃焼……………47	ヒスタミン……………154	分化……………90
動脈血……………105	の	ヒストン……………70	分解者……………196
特定外来生物……………214	脳……………124	非生物的環境……………168	分解層……………205
独立栄養生物……………41	脳下垂体……………130, 132	必須アミノ酸……………82	フンボルトペンギン……………25
土壌……………173	脳下垂体後葉	非特異的反応……………144	分裂期(M期)……………76
土壌動物……………173	……………130, 132, 138	ヒトゲノムプロジェクト	分裂準備期(G ₂ 期)……………76
トドマツ……………190, 191	脳下垂体前葉	……………72	へ
トナカイ……………184	……………130, 132, 133	ヒトデ……………207	閉鎖血管系……………110
利根川進……………147	濃縮率……………117	ヒトデの除去実験……………207	ベイリス……………129
ド・フリース……………63	能動輸送……………121	ヒト免疫不全ウイルス	ペイン……………206
トベラ……………171	ノルアドレナリン……………127	(HIV)……………157	ヘゴ……………182, 186, 190
トリプシン……………44	ノロウイルス……………23	ヒドラ……………38	ペブシン……………44
トリプレット……………86	は	皮膚移植……………155	ペプチド結合……………82
Toll様受容体(TLR,	ハーシー……………65	百日咳……………153	ヘモグロビン(Hb)……………105
トル様受容体)……………145	ハイエナ……………184	標的器官……………128	ヘルパーT細胞……………148
トロンビン……………109	肺炎球菌……………64	標的細胞……………128	ペロシファカ……………240
な	肺炎双球菌……………64	表皮組織……………39	べん毛……………30, 36
内部環境(体内環境)……………102	バイオーム(生物群系)	日和見感染……………157	ほ
内分泌系……………128	……………180	ビロウ……………190	放出ホルモン……………130
内分泌腺……………128, 130	バイオニア(先駆種)	ふ	放出抑制ホルモン……………130
NK(ナチュラルキラー)	……………174	ファブリキウスのう……………151	ボーマンのう……………115
細胞……………142	肺循環……………110	フィードバック……………133	母岩……………173
納豆菌……………36	胚性幹細胞(ES細胞)……………92	フィブリノーゲン……………109	母細胞……………74
ナトリウムポンプ……………121	ハイマツ……………192, 193	フィブリン……………108	補償深度……………205
に	バオバブ……………184, 189, 240	フィブリン溶解(線溶)	ボタンウキクサ……………214
二次応答……………152	ハオリムシ……………①	……………109	ホッキョクウサギ……………1
二次構造……………82	ハクサンイチゲ……………193	フィリマンゲース……………214	ホッキョクグマ
二次遷移……………174, 176	白色体……………33	フィルヒョー……………28	……………1, 184, 213
二重らせん構造……………67	バクテリオファージ……………65	富栄養化……………211	ホメオスタシス(恒常性)
二次林……………176	ハコネウツギ……………175	復元力……………208	……………102
ニホンカナヘビ……………25	破傷風……………153	副交感神経……………125	ポリ塩化ビフェニル
ニホンカモシカ……………②	バソプレシン(抗利尿ホル	副甲状腺……………130, 133	(PCB)……………213
ニホンザル……………195, 218	モン)……………130, 132, 138	副腎……………130	ポリオ……………153
ニホンジカ……………195	白血球……………103	副腎髄質……………130	ポリペプチド……………82
ニホンリス……………218	発現……………80	副腎皮質……………130	ボルボックス(オオヒゲ
乳酸菌……………36, 38, 50	発酵……………50	副腎皮質刺激ホルモン	マワリ)……………20, 38
乳酸発酵……………50	ハブ……………214	……………130	ホルモン……………128
ニューロン(神経細胞)	バフ……………88	フジツボ……………207	ホルモン受容体……………128, 130
……………125	パラトルモン……………130, 133	腐植層……………173	翻訳……………80, 84, 85, 87
尿……………116	バリバリノキ……………195	腐食連鎖……………198	

ま	
マーグリス	51
埋土種子	176
巻貝	207
マクロファージ	142, 144
末梢神経系	124
マトリックス	35
マルターゼ	43
マルトース	43
マングローブ	
182, 186, 190	
マンリョウ	172
み	
ミーシャー	66
ミオシン	81
マイクロメーター	16
ミズナラ	183, 188, 190, 191, 192
水の華(アオコ)	211
ミズヒラタムシ	
(ユープロテス)	94
ミトコンドリア	
33, 35, 47	
ミトコンドリアゲノム	
72	
ミドリゾウリムシ	51
ミナミハコフダ	21
ミヤマクワガタ	25
ミル	25
む	
娘細胞	74

め	
メセルソン	75
メチニコフ	142
メヒルギ	182, 186, 195
免疫	140
免疫寛容	156
免疫記憶	152
免疫グロブリン	147
メンデル	63
も	
毛細血管	110
モウセンゴケ	18
モクスガニ	118
木生シダ	190
木本	169
モミ	195
や	
ヤギ	22
焼畑耕作	209
屋久島	195
ヤシャブシ	175
ヤチネズミ	206
ヤブツバキ	
172, 182, 187, 190	
山中伸弥	93
ヤリハシハチドリ	②
ゆ	
有色体	33, 52
優占種	172
ユープロテス(ミズヒラ	
タムシ)	94
ユスリカ	88, 89

よ	
溶液	120
溶血	122
溶質	120
陽樹	170
陽生植物	170
溶媒	120
陽葉	171
葉緑体	33, 35, 46, 52
予防接種	153
ら	
ライオン	184
ライガー	20
ライチョウ	196
ラウンケル	169
ラウンケルの生活形	
169	
落葉樹	169
落葉層	173
ラボアジエ	47
ラムサール条約	215
ランゲルハンス島の	
A細胞	130, 135
ランゲルハンス島の	
B細胞	130, 134
ラントシュタイナー	149
り	
リグニン	31
リゾチーム	140
リパーゼ	44
リボース	83
リボ核酸(RNA)	83

リボソーム	34
リボソームRNA	
(rRNA)	83
リュウキュウアオキ	190
林冠	172
リン酸	41, 42
林床	172
リンパ液	103, 107
リンパ管	107
リンパ球	107, 142, 151
リンパ節	107
る	
ルシフェリン	42
ルスカ	29
れ	
レーウィ	127
レーウエンフック	29
レッドデータブック	216
レッドリスト	216
レッドリボン	157
ろ	
ろ過	116
わ	
ワオキツネザル	240
ワクチン	153
ワトソン	67, 69
ワモンアザラシ	213
ワラジムシ	173

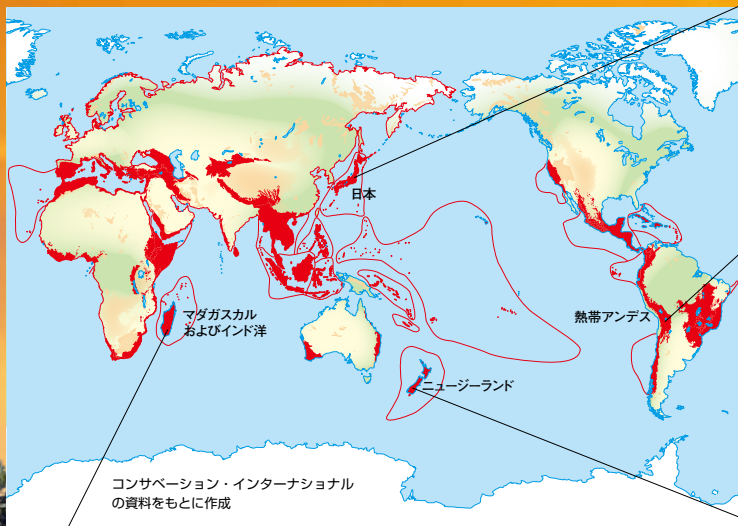
地球の財産、生物多様性

～生物多様性ホットスポット～

生物の多様性が急速に低下している。陸上で最も生物多様性が高いのは熱帯多雨林である。熱帯多雨林は伐採などにより減少し、そこにすんでいた多様な生物種の絶滅をまねいてきた。これを守り、後世に残すことは、私たちに課された義務だという考えが広まってきている。

生物多様性を重点的に守るべき地域の目安として、生物多様性ホットスポットがある。生物多様性ホットスポットには、多くの固有種があり、かつ多くの絶滅の恐れのある野生動物(絶滅危惧種)が存在している。2013年までに選ばれた生物多様性ホットスポットは35カ所あり、そのすべての面積を合わせても地球の陸地面積の2.3%にすぎない。しかし、そこには、地球上の植物種の約50%、脊椎動物種の42%が集中している。

① その地域にしかいない種を固有種というが、維管束植物の固有種が1500種以上生息しており、もともとの植生の70%以上がすでに改変されてしまっていることが選定の基準である。



世界の生物多様性ホットスポット。海域もホットスポットに指定されている。

アフリカ

マダガスカルとその周辺の島々は、1億6000万年前に大陸から分離した。大陸から隔離された中で、生物は独自の進化をとげたため、多くの固有種が存在する。マダガスカルには、ワオキツネザルやペローシファカなど、多くのサルの仲間が見られる。

◀バオバブ
(マダガスカルに特徴的な樹)

マダガスカルおよびインド洋諸島



▲ワオキツネザル
(マダガスカル固有種)

ペローシファカ▶
(マダガスカル固有種)

アイアイ▼
(マダガスカル固有種)



アジア太平洋

日本

日本列島は、南北に長く、変化に富んだ気候であり、多様な環境が存在する。多くの島々からなり、北海道や沖縄など本州とは離れた島のみに生息する生物も存在する。また、国土の73%が山地で、高地には高山植物が広がるなど、植生も豊かである。



▲オオサンショウウオ
(日本固有種)



イリオモテヤマネコ▶
(日本固有種)



ニホンカモシカ▶
(日本固有種)

南アメリカ

熱帯アンデス

南アメリカの熱帯地帯にそびえるアンデス山脈一帯には、高山・草原・森林など、多様な環境が見られ、地球上で最も豊富な生物資源があるといわれている。体長の約半分もあるくちばしで花の蜜をすうヤリハシハチドリや、高山でも活発に動けるビクーニャなど、独特の特徴をもつ生物が多く存在する。



◀霧に覆われ
やすい湿度
の高い森



ヤリハシハチドリ▼

◀ビクーニャ

アジア太平洋

ニュージーランド

ニュージーランドには、キーウィをはじめとする翼のほとんどない鳥が存在する。大陸から隔離され、700年前に人間が移りすむ以前には、鳥類の捕食者となる哺乳類がいなかった。人間がもちこんだ外来生物であるネズミやイタチが、それらの鳥類の脅威であり、現在までに約50種の鳥類が絶滅した。その中には飛べない巨鳥のモアも含まれる。



▲キーウィ (ニュージーランド固有種)

保全

私たち人間は生態系から大きな恩恵をうけて生活している。生物多様性は、重要な自然資源である。地球の貴重な自然を、私たちはどう守っていけばよいだろうか。