|  |  |
| --- | --- |
| 啓林館　「生物基礎　改訂版」 　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　 教科書関連ページ　ｐ.196-217 | |
| ◆プリント | **第４部　生物の多様性と生態系**  **第３章　生態系とその保全** |

1. 生態系の成り立ち

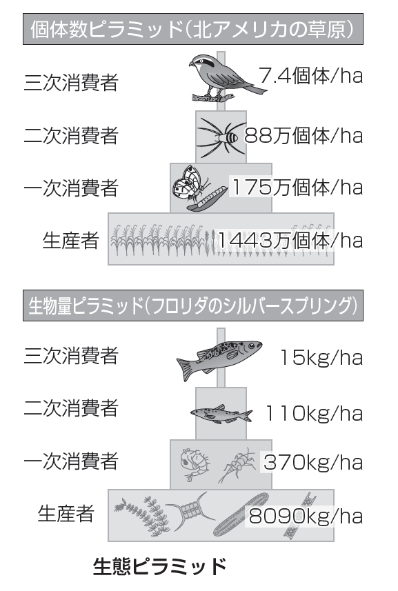
A　生態系における生物の役割

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。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。

B　食物連鎖

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【　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【　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【　腐食連鎖　】という。

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【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。

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【　栄養段階　】という。

個体数や生物量などについて，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ほど【　少な　】いため，ピラミッド型になることが多い。これを【　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。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

1. 物質の循環とエネルギー

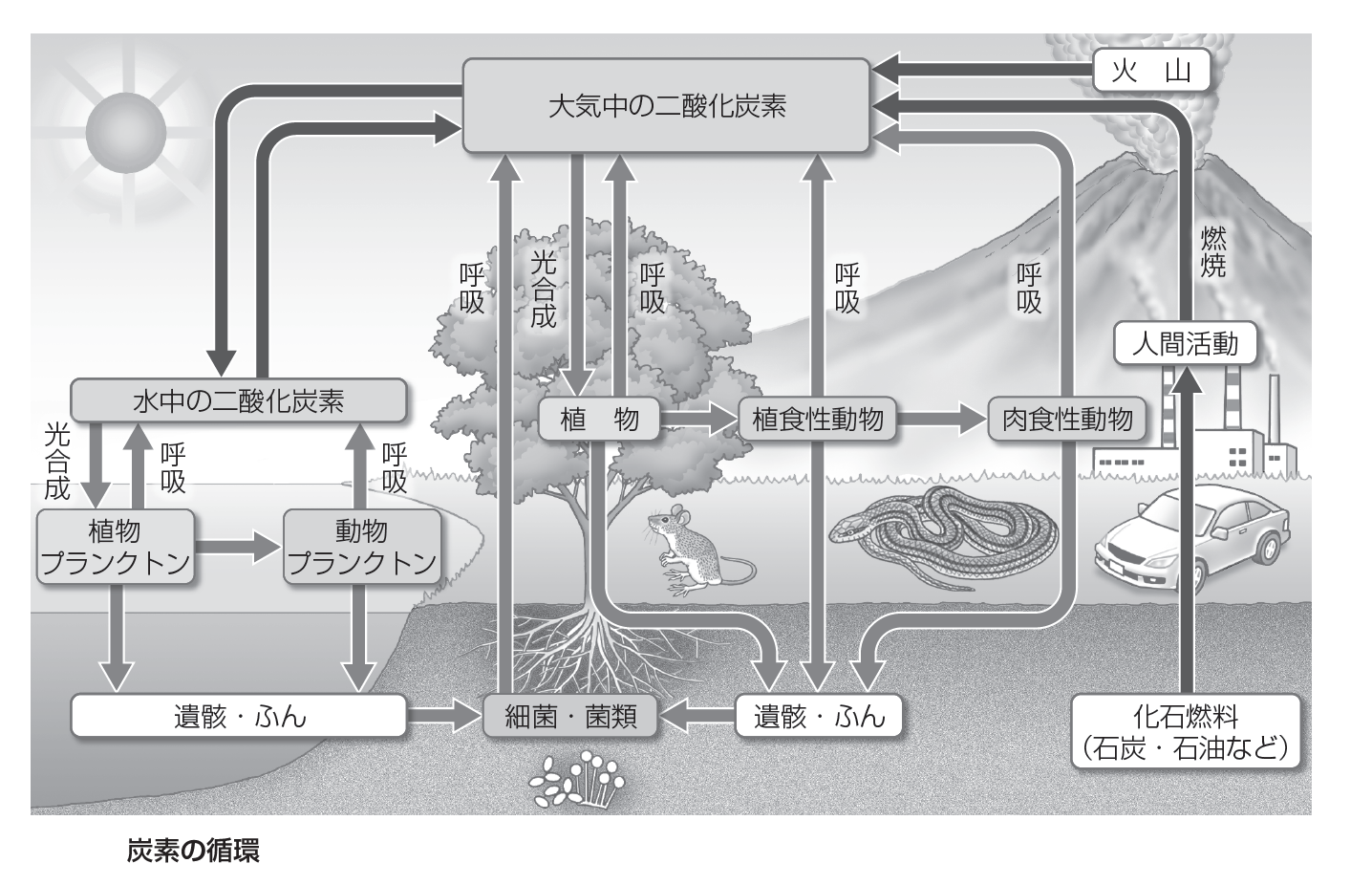
A　炭素の循環

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・ふんとして土壌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42,000×10⁹ 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。

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。



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

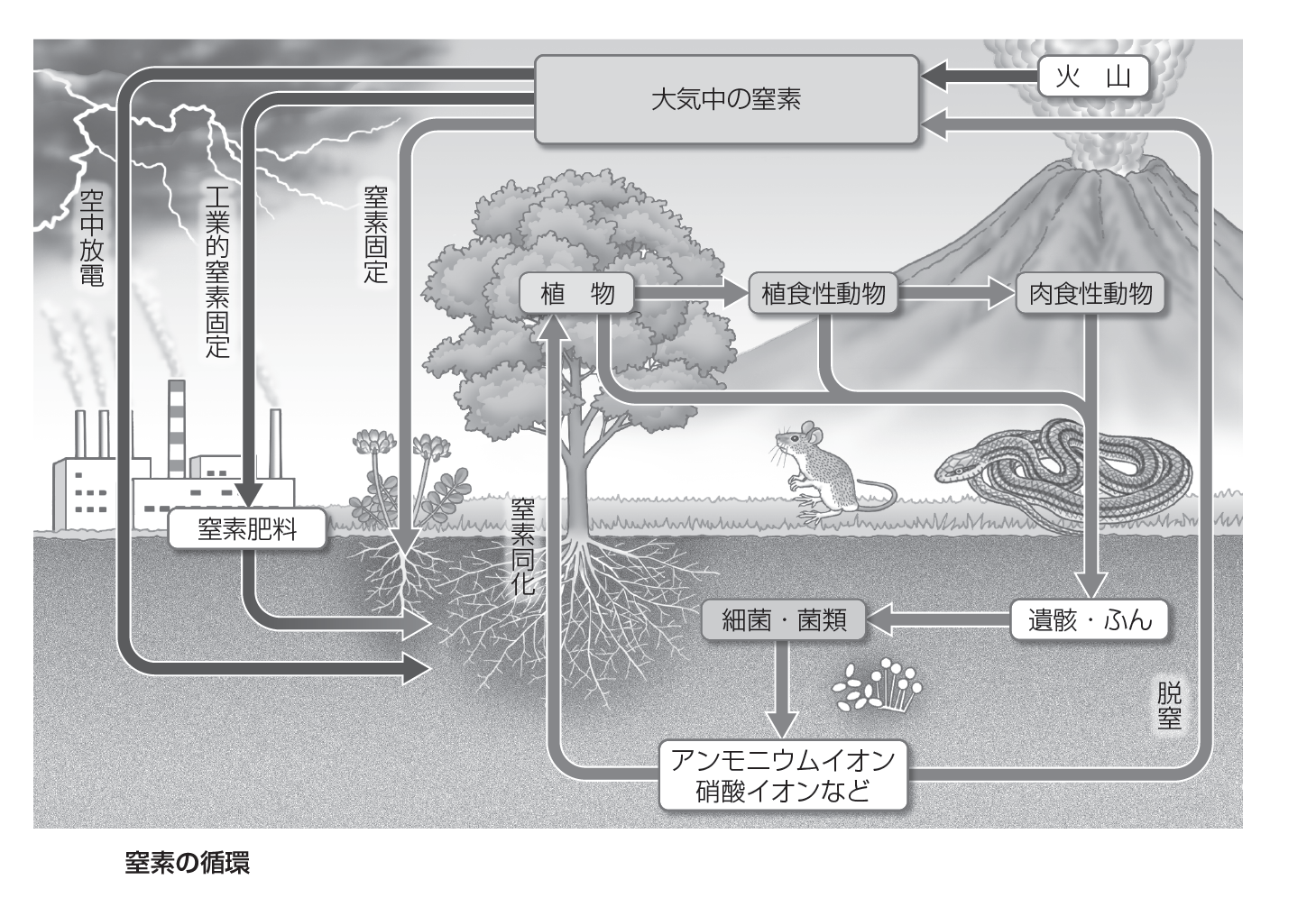
B　窒素の循環

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　】や【　硝酸イオン　】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【　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，【　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。

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窒素化合物に変えるしくみをもち，このはたらきを　【　窒素固定　】という。

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【　脱窒　】という。



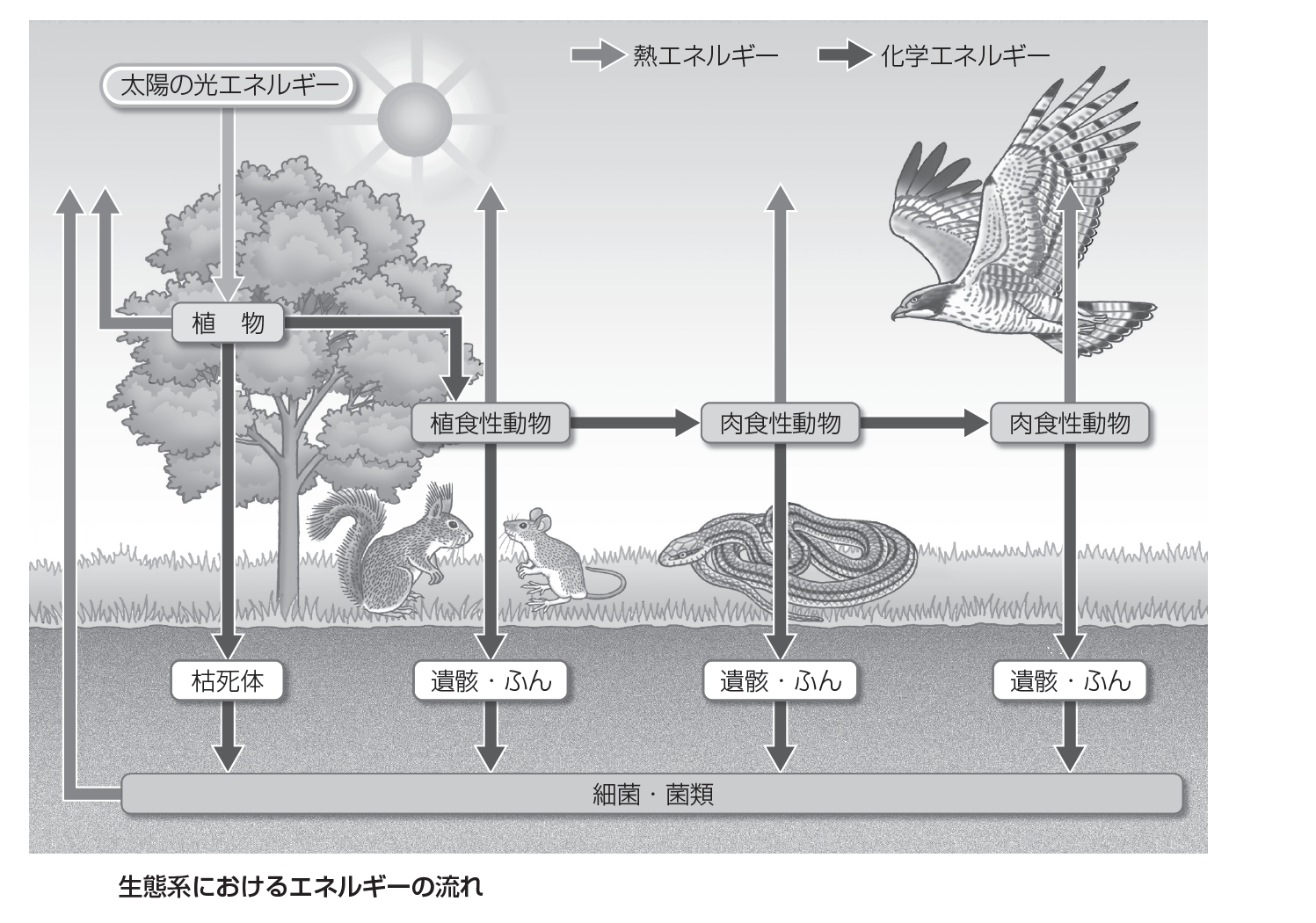
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

C　エネルギーの流れ

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　　】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。

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　　　】。

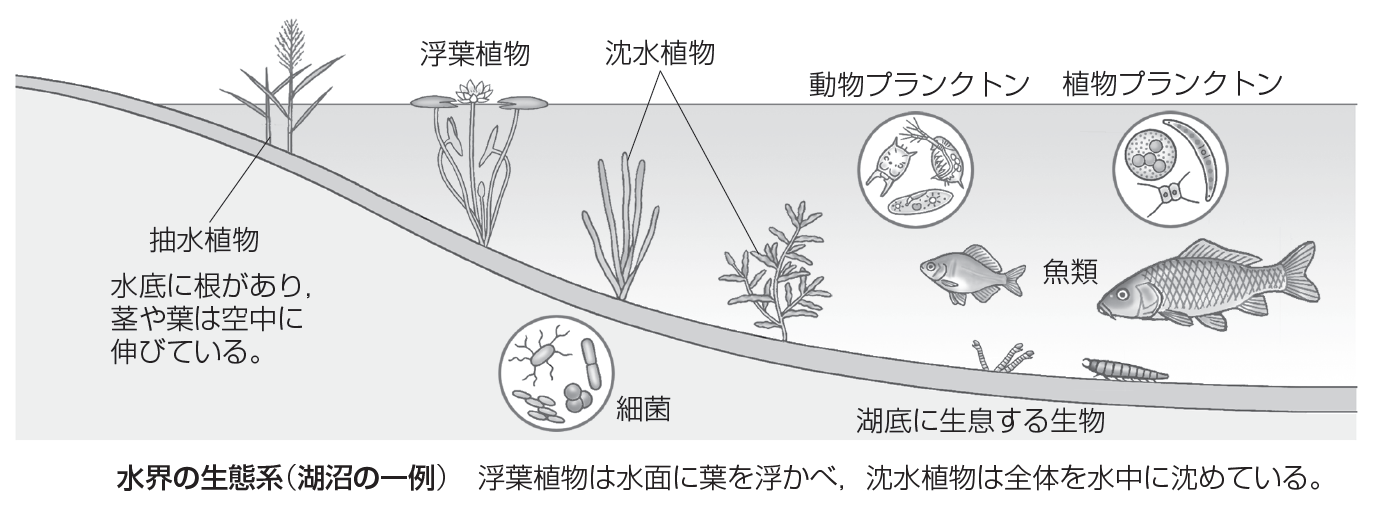
大気，水，地表面で吸収された光エネルギーも，熱エネルギーとなる。熱エネルギーは大気や水の循環を引き起こす。その後，熱エネルギーは【　　宇宙空間　　】に放出される。太陽から入ってくるエネルギーと，地球から放出されるエネルギーは，ほぼ釣り合っている。



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

D　水界の生態系

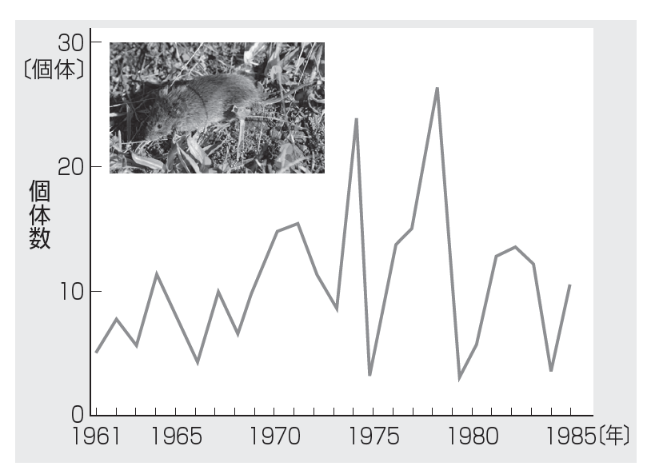
　　海洋や湖沼の水界生態系の生産者は，水中の【　植物プランクトン　】や水生の植物である。消費者は【　動物プランクトン　】や【　魚類　】などであり，分解者は水中や水底に生活している【　菌類　】や【　細菌　】である。植物プランクトンは陸上の植物よりも食べられやすいため，その多くが消費者によって利用される。海洋や湖沼において，植物プランクトンの生活の場は，光がじゅうぶん届く【　表層域　】に限られている。植物プランクトンの光合成量と呼吸量が釣り合う深さを【　　補償深度　　】という。補償深度から水面までを【　　生産層　　】といい，補償深度より深い部分を【　分解層　　】という。生物量の少ない【　外洋　】の場合，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100 m まで達することもある。



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

1. 生態系のバランスと保全

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。

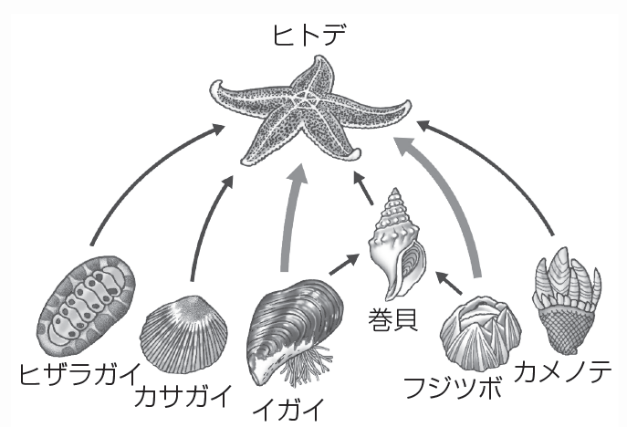
一方，さまざまな環境が良好で，その生物の個体数が増加したとする。すると，その生物の食物が【　不足　】したり，捕食者が【　増加　】したり，捕食者が隣の生態系からやってきたりして，その生物の個体数は【　減少　】していく。

北海道のある地域でのヤチネズミの個体数の変動

［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。

○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。

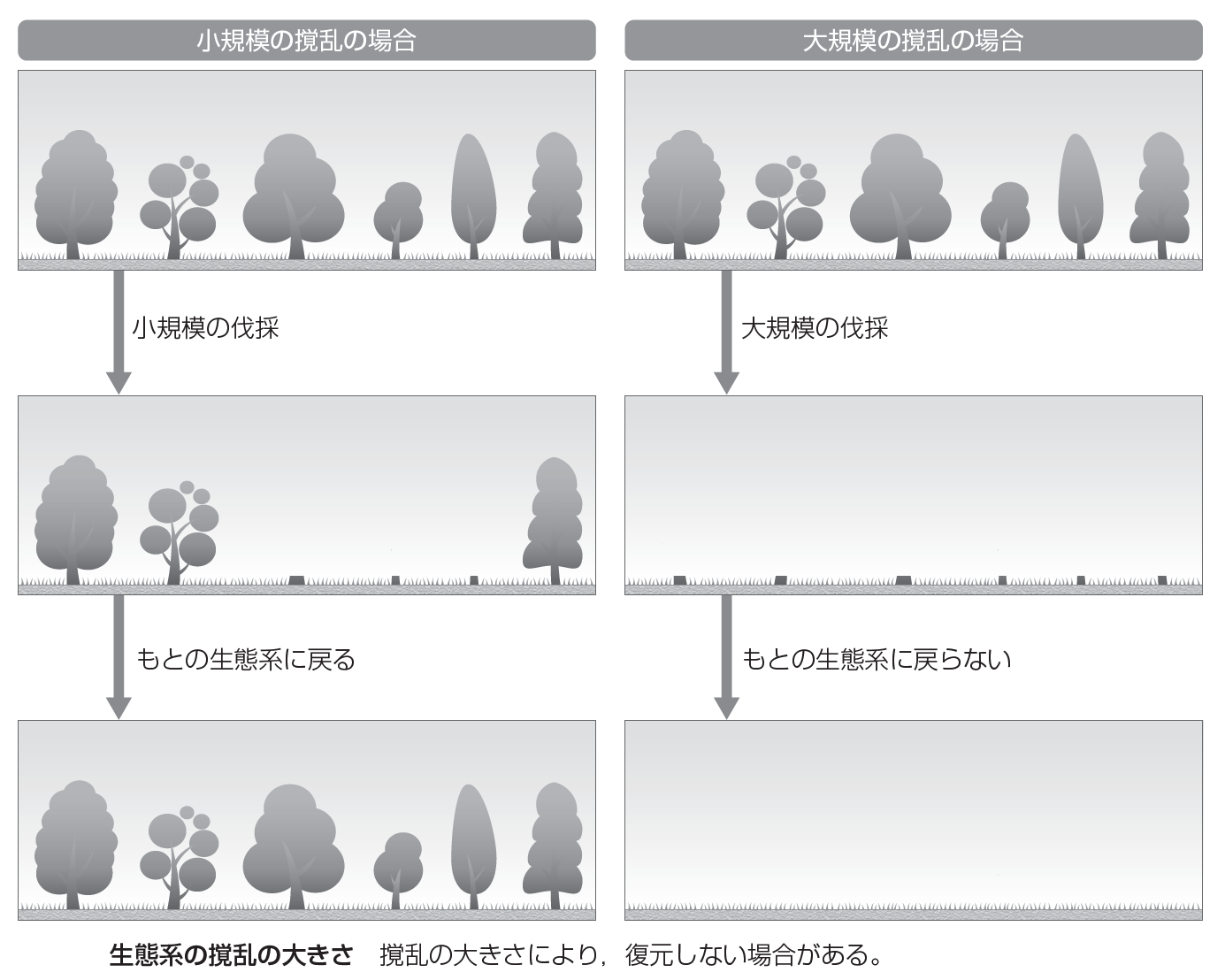
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

［生態系のバランス］

生態系が【　撹乱　　】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　　】がたくさんの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　】によって生態系が撹乱されることもある。

［生態系の復元力］

生態系は，撹乱の程度が弱ければ，撹乱を受けても【　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。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。



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つく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。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

B 人間活動と生態系の保全

［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，【　土壌の浸食　　】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。

［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。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，【　　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。

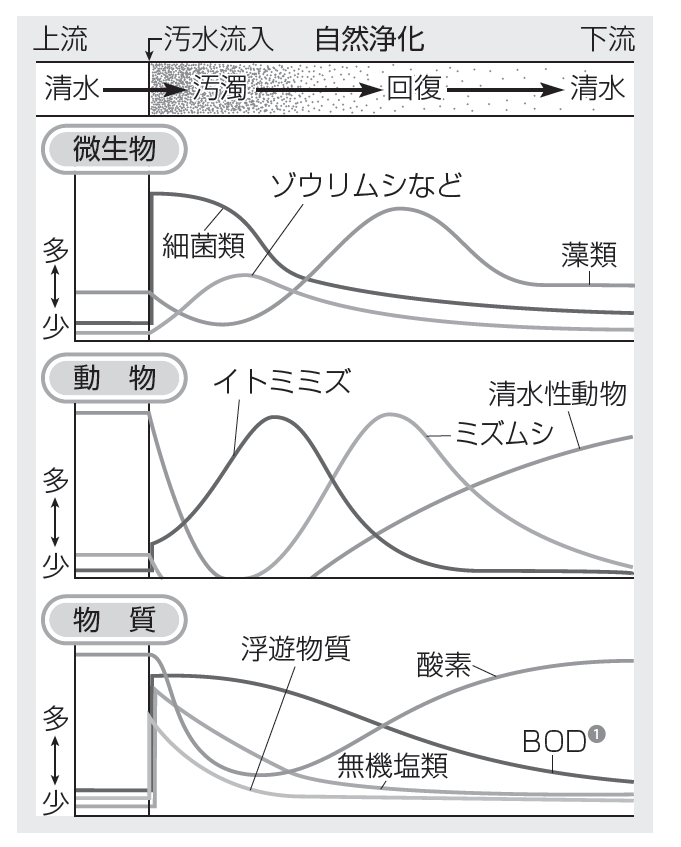
長い地球の歴史の中では温暖化や寒冷化が繰り返され，そのたびに変化に適応できなかった生物が【　絶滅　】した。人間活動によると考えられている現在の温暖化は，これまでになかった急速なものである。そのため，生息環境の変化や消滅により，それぞれの地域にすむ生物種などが変化したり，変化に対応できない生物が絶滅したりする可能性もある。このような可能性を回避するためには温暖化の原因と考えられる温室効果ガス排出量の削減が急務である。【　　　気候変動枠組条約　　　】に基づき，条約締結国が定期的に会議を開催して，温室効果ガス排出量の【　削減目標　】を決めて削減への努力が続けられている。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

［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【　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。



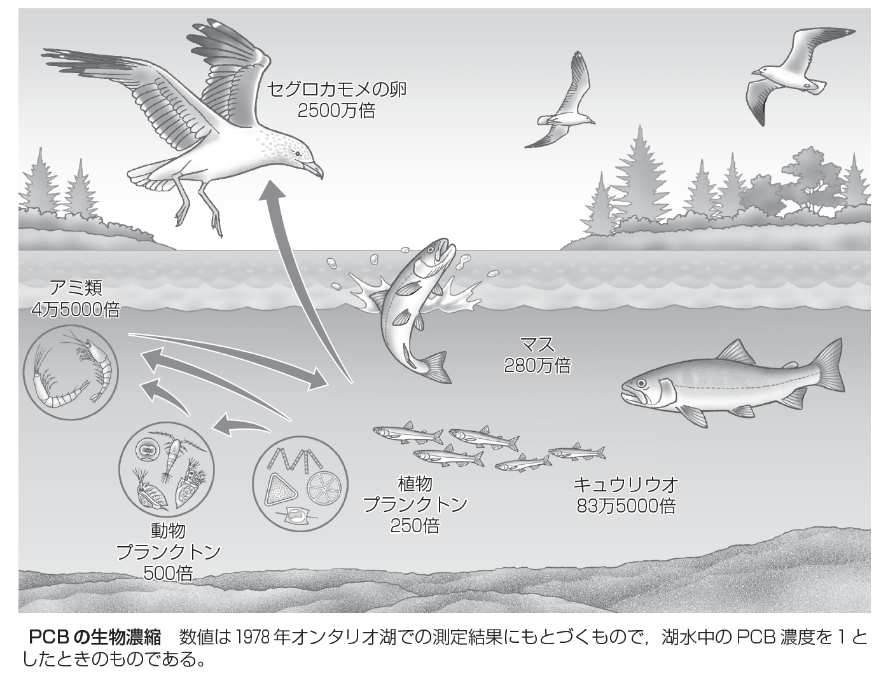
［富栄養化］

河川や湖の【　無機塩類　】がふえることを【　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【　赤潮　】が，淡水では水面が青緑色になる【　　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。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

［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【　生物濃縮　】という。生物濃縮は，絶縁体として使われた【PCB　】・農薬の一種の【DDT　】 などの残留性有機汚染物質や，【　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。

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。

［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】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【外来生物】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，【フイリマングース】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，奄美大島ではフイリマングースの駆除が進められている。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

［外来生物（つづき）］

また，【　オオクチバス　】や【　ブルーギル　】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。

［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　　　【　里山　】という。里山の【　雑木林　】では，燃料としての薪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　　】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　（　賢明な利用　）】，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。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

C　生物の多様性と生態系の保全

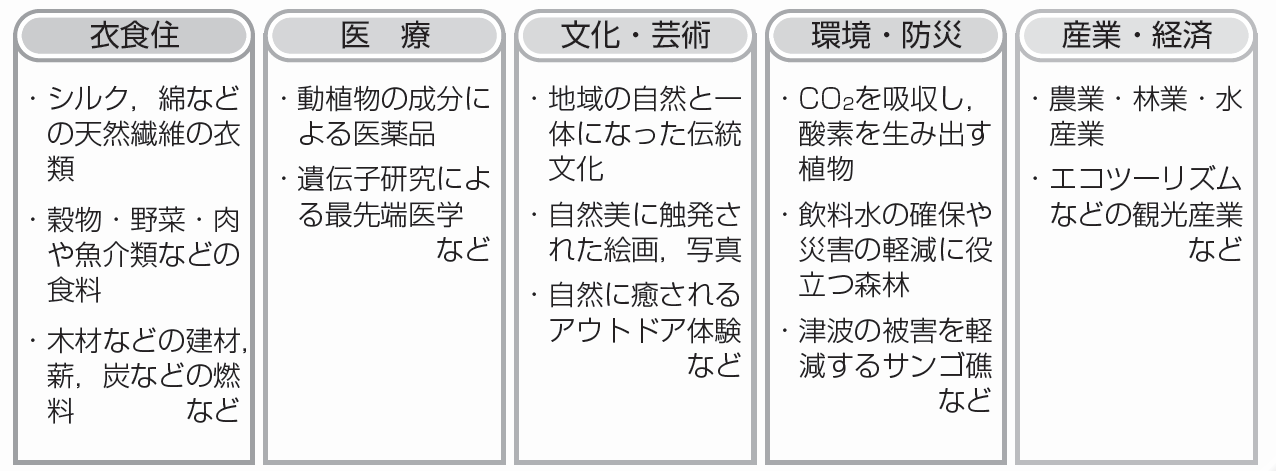
地球上には現在約【　190 万】種の生物が記録されており，未発見の種も含めてさらに多くの生物が生息していると考えられている。その中には人間にとって食料や衣料，燃料などの資源となっているものも多く，将来，【　品種改良　】や【　医薬品　】の開発に有望な生物もいると考えられている。一方，人間の活動によってすでに絶滅している種もあれば，絶滅の恐れがある野生生物（【　絶滅危惧種　】）もある。

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　　　（　　COP 10　　）】が開催され，生物多様性保全の機運が高まっている。

［生物多様性や生態系を保全する取り組み］

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　】という。生物多様性を保全するには，このような地域保全が急務である。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。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。

○参考　生態系サービス

私たち人間は，地球生態系における消費者の一員として，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【　生態系サービス　】という。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |