

第20章 生き物たちの戦略

地球は生命であふれています。私たち自身も生物です。非常に多様な生物は、それ自身生きるための様々な戦略で生き残ってきています。

しかし、そもそも生物とはなんでしょう？ 生きているとはなんでしょう？ またどういった分類があるのでしょうか？ 今回は、これら生物とは何かをみると共に、それぞれの生物がどのような戦略で生きているのかをみていきましょう。



生物を見る様々なレベル

様々な生物は、地球上で共存しています。また、それぞれの生物は、結局のところ分子からなっています。そのため、生物は分子レベルのスケールから、地球レベルのスケールにまたがっています。

一番大きなスケールでは、生物が存在する領域を意味する、**生物圏** (biosphere) があります。地球上では、微生物まで含めるとほぼあらゆる地域に生物がいますので、これは、地球上のほとんどの地域となります。

また、地球上でも地理的に離れていると行き来できませんので、ある地域での生物全体と、空気、土、水、日照量などそれらの生活を支える環境などを含めて**生態系**と言います。

また、生態系の中に住む生物だけを見ると、その生物の集合を**生物群集**と言います。たとえば、海岸線には、カモメやそれが食べる魚、貝や水辺の虫、エビ、昆布、数え切れないくらいの微生物などすべてを含みます。

生物群集の中でカモメなど一つの種だけを取り出した集合を**個体群**と言います。また、単にカモメといっても様々な種類があるでしょう。これらを分けるのに種を使います。**種**とは、互いに交配が可能な生命体の分類を言います。たとえば、人間には人種がありますが、互いに交配可能であるため、生物学的には種ではありません。

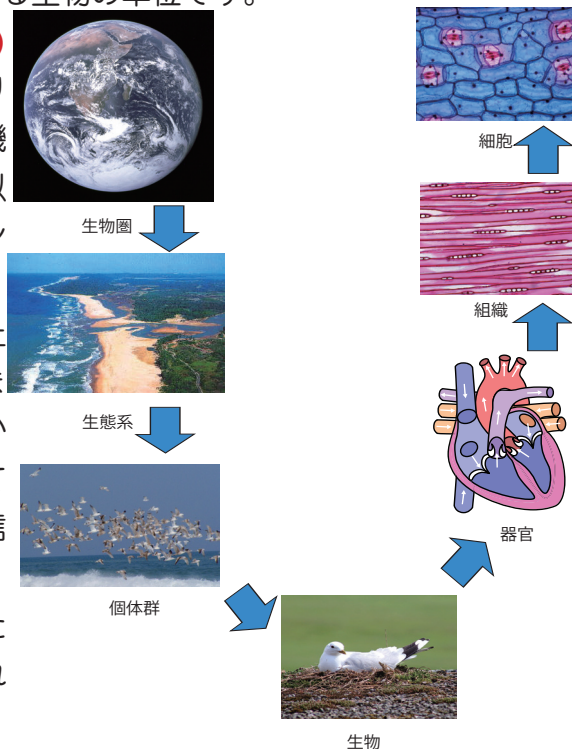
このレベルの下からは、個々の生物のレベルとなり、生命体、**生物**と呼ばれます。

微生物などと異なり、複雑な生命体では、生命の階層はまだ続きます。**器官系**では、消化器系や、血液循環系、神経伝達系など、様々な**器官**が協調して生命を維持するための作用を行っています。たとえば、指で感じた熱さなどの刺激は、神経細胞を伝達し、脳に伝えられ、脳はそれに対して、指をどうするかについての情報を伝達します。

器官は、同じような作用を持つ多数の細胞が幾つか組み合わせて構成されています。同じ作用の細胞の集団を**組織**と言います。たとえば、脳には、多数の神経細胞が含まれています。**細胞**は膜によって他から切り離されている生物の単位です。

また、細胞の中には**細胞小器官 (オルガネラ)**と呼ばれる、特定の機能を持った構造物があります。そして、最終的には、**分子**がすべての機能を決める単位となります。原子などのこれ以下の階層は、生命体としてではなく、サイエンス全体の階層に属します。

これらの階層は、小さなスケールの階層の上に大きなスケールの階層がある形になっていますが、大きなスケールでは、小さなスケールからは予想がつかない、独自の性質が生まれてきます。たとえば、人間の神経細胞における信号の伝達の仕方は良くわかっています。しかし、それらがどのようにして、感情や思考といったプロセスをするのかは個々の神経の解析を離れた、別の問題となります。



生命体と環境

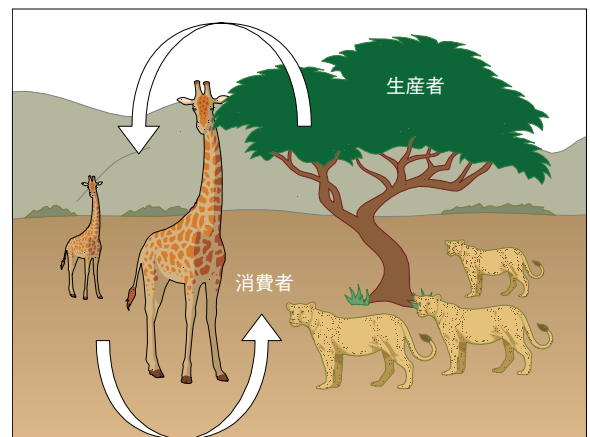
生態系として、その周りの生命体や環境とは複雑な関係を作り出しています。しかし、生態系と環境との大まかな関係を見るのは重要でしょう。

植物などの光合成を行う生命体は、生態系に食糧を供給する**生産者**です。光合成では、太陽からの光と、大気中の二酸化炭素、そして、地中の水、および窒素などから、糖分子やアミノ酸などを作り出します。植物は、リンなどの鉱物も分子中に取り込みます。

生物で言う**消費者**とは、植物や他の動物を食べるもの達です。これにより、炭素を含む糖などから、基本的に空気中から酸素を取り込み、二酸化炭素にするときのエネルギーで生きています。二酸化炭素などは大気中に戻されます。

また、生態系にとって必須であるもう一つのクラスとして、バクテリアや、キノコなどの菌類、ミミズなど地中の小さな生物がいます。これらの生物は、生命体の死骸や老廃物を分解して、植物が使うための栄養素を作り出します。これらの生命体を**分解者**と言います。

また、生態系のダイナミクスは2種類あります。それは、エネルギーの流れと、化学的栄養素の循環です。これについては、後の章で詳しく見ることにしましょう。



分解者である菌類
生態系に重要な役割を果たす

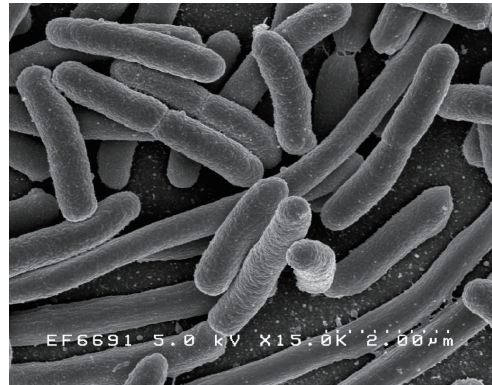
多様な生物は3つのドメインに分けられる

生物は、これまで生物学者が名前をつけたものだけでも、およそ190万種もいます。毎年新たな発見が続いていますので、最終的には1000万種以上いるかもしれません。なぜこんなにもたくさんの種がいるのでしょうか？このことは、後の章で見ることにして、ここではまずそれら数多くの種の分類を見てみましょう。

多様な種の分類を、見た目などの類似性で分類するのは自然です。たとえば、犬であるとか、ハエであるとかいう分類も見た目でできます。また、動物であるとか虫であるといった分類もできます。

10年ほど前までは、ほとんどの生物学者たちは多様な生物を分けるのに、5つの界という枠を用いていました。それは、動物界や植物界など見た目や機能を元にした分け方です。しかし、DNAの解析によりそのDNAの類似性を基準にした分類がなされるようになってきて、今までの枠ではとらえきれない種が多くなってしまいました。そのため、6つの界から10個以上の界とするものまで提唱されるにいたっています。これらの界についての論争は未だ続いているので決着がついていません。しかし、ほとんどの生物学者達は、どんなに新しい界ができようとも基本的に3つのドメインに分けることには同意しています。

まず、**真正細菌**（バクテリア）ドメインと**古細菌**ドメインがあります。どちらも一つの細胞からなる単細胞生物の集合です。細胞内部にはオルガネラという構造物を持ちませんので、両者をまとめて、**原核細胞**と言います。写真のような大腸菌から、光合成をするシアノバクテリアなどを含みます。ほとんどの真正細菌は、大きさがマイクロメートル程度と小さく、空気中にもまた、人間の皮膚にも多数生息しています。



真正細菌ドメイン

古細菌は、メタンを生成したり、非常に高温で生息できる好熱菌などもあり、太古のすさまじい環境でも生息できた種類です。これらは、DNAの解析では、真正細菌とはかなり異なりまた細胞膜を作る物質が異なることがわかっています。この細胞膜を作るタンパク質が異なることは、進化にとって重要な意味をもつために、同じ細菌でありながら、真正細菌と古細菌は大きく区別されるのです。



古細菌ドメインの1種、好熱菌の生息地、煮えたぎる温泉

真核生物ドメインは、内部に細胞核など仕切られたオルガネラという構造物を持ちます。このドメインは、通常動物界、植物界、菌界とにわかれています。そのため、生物全体の界の分類は、以前は真正細菌界、古細菌界、動物界、植物界、菌界の5つの分類が主流でした。このうち菌界は間違いやすいので注意が必要です。これには、大腸菌などの菌は含まれず、キノコ、カビ、酵母などが含まれます。これらの分類は主に、生産者、消費者、

分解者の分類です。つまり、動植物界は生産者で、動物界は消費者、そして菌界は分解者です。しかし、中にはこれらの区別がつかないところか、幾つかの界に同時に属すると解釈するしかない種もあるのです。これら分類の困難なものをまとめて**真核原生生物**と呼びます。



菌界



動物界



植物界

細菌（バクテリア）と古細菌

細菌と古細菌は3つのドメインの内の二つを占めています。これら二つは私たちにとっては一見同じように見えますが、細胞膜などを構成する物質や DNA などの情報を伝達する仕組みなどが全く異なります。細菌の DNA 伝達の仕組みが古細菌や私たち真核生物と異なります。これが抗生物質が細菌に対してだけ働くことの理由でもあります。もし皆さんが、単細胞の細菌であつたら、古細菌は人間に対して魚を比較するがごとく、全く違う種類に思うでしょう。

細菌の化石は、30億年以上前のものがあります。それに対して真核生物の化石は、17億5千万年前以前には現れていません。真核生物も30億年以上前の化石があるという報告もありますが、まだ議論の余地がありそうです。

一番小さな生命体は細菌で、なかでも最小のものは200ナノメートルほどです。縦1列に並べて1センチメートルの高さにするとしたら、その数なんと5万匹必要なのです。

バクテリアの種類は？

バクテリアの種として登録されているものだけで、5000種類以上あります。しかし、それは公式なものだけであり、百万種以上いるかもしれません。皆さんの消化器官に住み着いているものだけでも400種以上います。また、口の中に済む細菌は、500種以上います。これらは、良く見える望遠鏡でかすかに見える星達のように、名前がつけられていないものがほとんどです。基本的に名前をつける価値が見いだせないので名前がついていないとも言えます。

バクテリアの数は？

社会で暮らしている私たちには、人が最もありふれた動物のように思ってしまう。また、動物や植物も多く見かけます。そのため、細菌や古細菌に対してわざわざ動物や植物をまとめた真核生物と同等に扱うのは、一見非常に奇妙に見えますね。しかし、実は地球全体から見たらバクテリアを重要と思うには、以下のような十分な理由があるのです。

まず、私たちの細胞の数は、およそ10¹³個です。これはとてつもなく大きな数ですね。万、億、兆、その次はよくわかりませんのでこのまま読まないでおきましょう。さて私たちに巣くっているバクテリアの数ですが、皮膚に住んでいるものだけで、約10¹²個いて、胃などの消化器官には10¹⁴以上住み着いていると推定されています。皆さんは、バクテリアの良いすみかなのです。土の中にも多量のバクテリアがいます。有機的に良く耕された土では、スプーン一杯につき、100万以上のバクテリアがいます。海中の古細菌は、最も環境に適応している生物ですが、水深200メートルから4千メートルの間に海水1ミリリットルあたり、1万匹以上います。コップ一杯の海水には、地球の人口以上にたくさんの数の古細菌がいることになるのです。地球全体での細菌の数は不明なところが多いのですが、一つの推計では、5×10³⁰以上いるという結果もあります。数が多いだけではありません。地球の生命体の中に含まれる、50パーセントの炭素と90パーセントの窒素を、バクテリアと古細菌が保有しているのです。このように、ドメインとして、細菌と古細菌は生命体の中でも最も量が多いのです。細菌や古細菌を馬鹿にできないのもうなすけますね。

バクテリアの利用

人体に病気を引き起こす古細菌は見つかっていません。しかし、体の中や皮膚に住むバクテリアの中には病気を引き起こすものもあります。しかし、バクテリアは、私たちにとって有害なのは少なく、むしろ生命の存続にとって有益なものが多数あります。

たとえば、工場などから輩出される汚染物質の中でも、疎水性のものは、水に溶けなくて地中にたまります。たとえば、水俣病に代表される、有機水銀などがこの例です。また、魚などの脂肪分にとけ込み、それを食することによって人体にも健康被害を引き起こします。また、タンカーの事故などで流出した海面の石油なども、自然体系に対して悪影響を引き起こしますし、この有機物は塩素と反応してダイオキシンなどを作ることもあります。このように自然界にも人工的な物質にもやっかいな化学物質が多いのですが、これらの分解には、それを分解するバクテリアを利用することができます。バクテリアは多様なため、人間には有害な物質でも、それをエネルギーとして利用できるバクテリアが存在するので、また、新しく人間が合成した有害物質でも、突然変異によりそれを分解する新種のバクテリアが現れてきます。これは、コップ一杯の土に地球上の人口と同じ数のバクテリアがいることからわかります。多くのバクテリアが短期間に増殖を繰り返していくうちに変異体が現れていきます。そのほとんどは不具合のある変異ですが、1個体でもその有害物質を利用するものが現れると、食べ物の競争が少ないので、その個体が新種として爆発的に増えていくのです。生物を利用した、環境の修復技術を**バイオレメディエーション**と言い、バクテリアはそうした技術に適しているのです。

極限環境微生物とは？

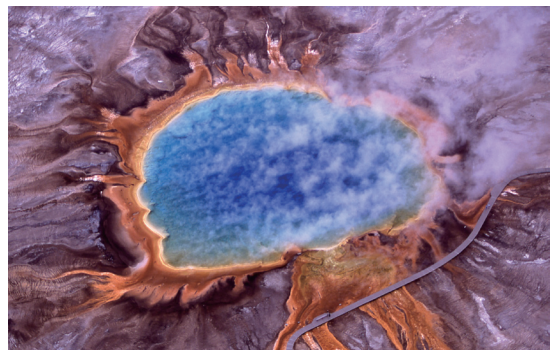
古細菌の中には、塩分濃度が高いところや、高温または低温で、はてまた海底の高水圧中で生存するものがあります。これを、**極限環境微生物**と言います。

海底の温泉は、高圧のため 300℃の熱湯が吹き出しています。このような高温高圧下でも、超好熱菌が生息しています。

また、塩分濃度が非常に高く、他のバクテリアが住めないような環境下でも生存している高度好塩菌のような古細菌もいます。

三つ目に変わった古細菌としては、酸素がない環境で、メタンを放出するメタン菌があります。古細菌の仲間、人間の腸の中にも住み着いており、人間の放出するガスはこのメタン菌が生成しているのです。

このような極限環境微生物は一見特殊で希なように感じます。しかし、水深 150 m 以下の海底では、古細菌が主役です。地球全体では、通常の生物が住めない環境の方が圧倒的に多いのです。そのため、極限環境微生物は、地球上で最も多量に存在する生物でもあるのです。



煮えたぎる温泉にも住む

バクテリアの地球史での重要性

バクテリアや古細菌の中には非常に過酷な環境中で生き延びるものがあり、また農薬やメチル水銀などの毒性の強い物質を酵素で分解してエネルギーを得ているものもあります。この意味で、バクテリアや古細菌は海水や大気などの地球環境を大きく変化させる力を持っています。

地球史でのこの最も大きな変化は、酸素の発生でしょう。地球が生成されたときには大気中に酸素はありませんでした。この酸素が欠乏した状態では、海にとけ込んだ鉄やマグネシウムは酸化することなく、海中に鉄やマグネシウムイオンが多量に存在していました。一方、現在の地球の地層を調べてみると、酸化鉄や酸化マグネシウムの層が見られ、その後大気中に酸素が豊富に存在した形跡が見られます。実は、こうした現象はあるバクテリアの登場と関係しています。それはシアノバクテリアです。



約21億年前の地層に見られる酸化鉄の

シアノバクテリアは、光合成をする細菌です。層

化石によるとシアノバクテリアは約27億年前頃

に登場したものと見られています。それまでの生物は、酸素のない環境下で嫌気性の代謝を行う、**嫌気性バクテリア**しかいませんでした。当時の生物は主に海中で暮らしていました。シアノバクテリアの登場により、酸素が発生しました。この光合成により発生した酸素は、海中で鉄やマグネシウムと結合し、海底に酸化鉄の層が形成されていきました。実際にその当時の地層には、層状の酸化鉄の地層が見られます。

そして、海中の鉄やマグネシウムイオンが少なくなると、酸素は大気中に放出され、大気中の酸素濃度は増加して行きました。また、生物にとって酸素は生物自体を酸化させる要因となり、酸素は多くのバクテリアにとって毒性の強いものだったでしょう。このため、シアノバクテリアの登場により、それまでのバクテリアの多く



は死滅し、酸素の攻撃に強いものや、また酸素の少ない環境下にいたもののみが生き残ってきたと思われ

れます。その後、酸素を積極的に利用する**好気性**一年に数ミリ程度成長する

バクテリアが現れてきました。

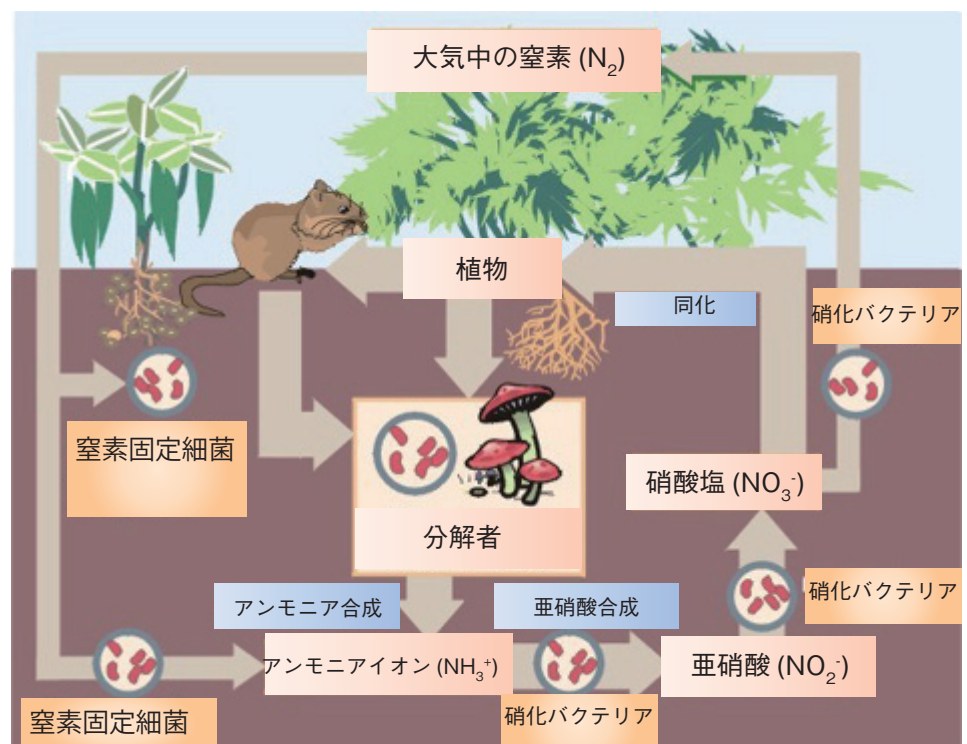
生物にとって大気中の酸素の登場は、革命とも言えるものでした。酸素の高い電気陰性度により電子伝達の代謝の受け皿として酸素を使うことが可能になったのです。

窒素循環とバクテリア

後でみますが、アミノ酸などには窒素が必須となります。そのため、肥料には窒素分が含まれています。また、通常環境では、窒素が不足するために植物の生育が遅くなることがあります。一方、空気中に多量に存在する窒素分子は、そのままでは窒素原子同士の結合が強く、不活性です。窒素分子は強固な三重結合であったことや、窒素酸化物を作るには、ディーゼルエンジン内部のような高温高压が必要であったことを思い出しましょう。この窒素分子の強固な結合のため、植物は窒素分子からでは化学的変化を起こさせることができません。このため、空気中には窒素が多量に含まれていながら、植物はそれを利用できないのです。植物は窒素が硝酸やアンモニアなどの形であれば、それを化学変化させ、利用することができます。

窒素をアンモニアなどに変えることのできる生命体は、バクテリアだけです。このプロセスは、**窒素固定**と呼ばれます。地中で窒素固定を行うバクテリアは、植物の根をすみかとしています。植物からは、菌へ栄養が供給され、その代わりに植物へはアンモニアを供給するという、共生関係にあるのです。もしこうしたバクテリアがいなければ、地球上に生息するほとんどの植物は生きていけなかったでしょう。この意味で、窒素固定を行う土壌微生物は非常に重要なのです。

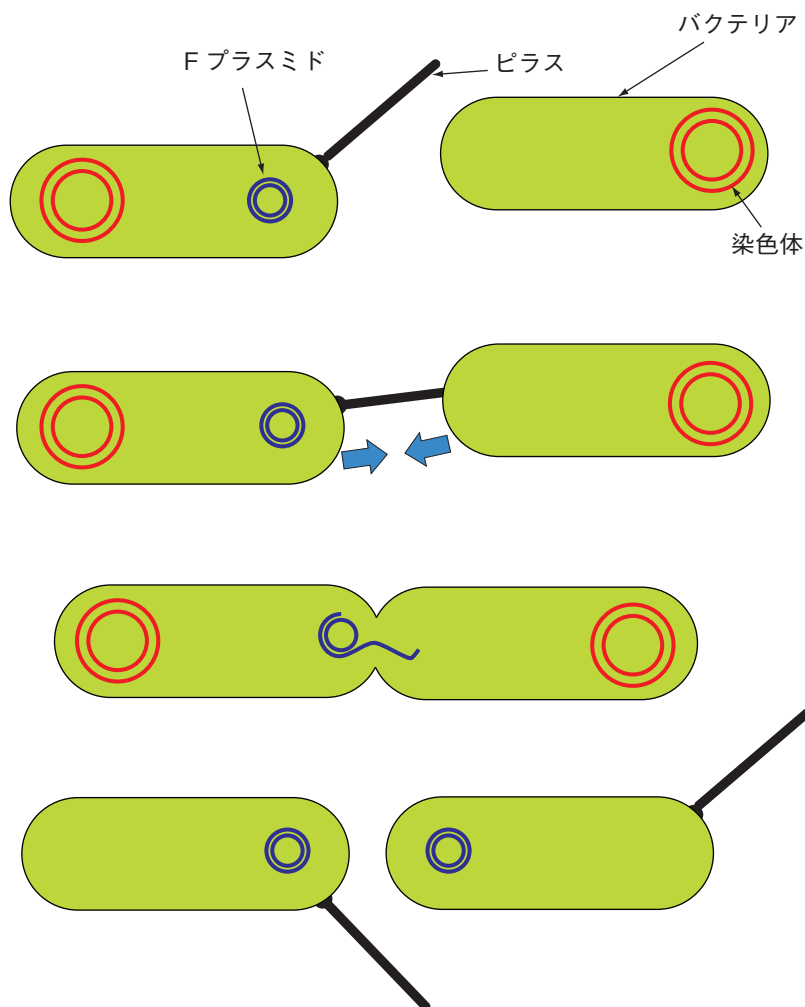
窒素固定細菌以外にも、亜硝酸や硝酸を分解するバクテリアは重要です。たとえば、水中での魚などの動物にとっては、亜硝酸や硝酸塩は有毒です。そのため、バクテリアの力で亜硝酸や硝酸塩を除去する必要があります。これらは、主に海水や川の底面などにある土や砂利の表面の微生物によって浄化されています。魚を水槽で飼うときにもこうした生物濾過が重要になり、各種フィルター内で生物濾過が行われるようにするのです。



バクテリアに性はない？

通常バクテリアには性別がありません。つまり、自分の遺伝情報を残すのには、自分自身が細胞分裂していくものと考えられていました。しかし、細菌の中には、自分の遺伝情報を他の細菌に植え付けるというテクニックを用いるものがあることがわかっています。細胞では、遺伝情報のほとんどは主となる DNA の輪にあります。が、**プラスミド**と呼ばれる遺伝情報を持った部分が存在します。このプラスミドの一種に F プラスミド (F:father) と呼ばれるものがあります。この F プラスミドの遺伝情報によりピラスと呼ばれる引っかけ棒が細胞壁に現れます。この引っかけ棒で他の細菌を引っかけて中に自らのプラスミドを複製して送り込むのです。すると、プラスミドを加えられた細胞は、このプラスミドの情報により、送り手の細菌と同様の能力を持つことになります。これを**細胞の接合**と言います。まるで映画マトリックスに出てくるスミスのようですね。

F プラスミドを持つバクテリアは、この能力により、抗生物質に対する耐性の遺伝情報などを、同じ細菌ないで急速に共有することが可能となります。たとえば、耐性のある細菌の固体が一つだけでは、その分裂によって個体数を増加させるのに時間がかかりますが、周りにどんどん耐性の情報を植え付けていけば同じ能力を共有する個体数が維持しやすいわけです。そのため、F プラスミドがあると、その生存確率を上げることができるのです。一方、この生存に便利な機能は、人間の側から見ると耐性菌が生まれやすい要因にもなっているわけです。



F プラスミドの移植

生物兵器

2001年、アメリカの同時多発テロ直後に、炭疽菌の入った封筒がニュースメディアや上院議員に送られ、18人に症状が現れ、その内の5人が死亡しました。この事件は大変衝撃的な出来事ですが、人類の歴史では、細菌を兵器として利用するのはしばしばあったことなのです。

中世には、ヨーロッパ中で猛威をふるいました。そのため、戦争で町を攻め落とすときには、町の中に向かってペスト菌で死亡した兵士を投げ入れたりしました。また、ヨーロッパ人が南北アメリカに到達すると、原住民達のほとんどは、ヨーロッパ人の持ち込んだ細菌に次々に感染し、人口を激減させていきました。ヨーロッパ人は過去に多くの病気の免疫をつけてきました。ヨーロッパ人は10人のうち7人が死亡するような疫病も経験してきたのです。一方、原住民達には免疫がなく、白人が持ち込んだ多くの疫病の影響を一度に受けることになったのでしょう。南米にヨーロッパ人が現れるとともに、原住民の多くは死に、そのため征服が簡単に行えたのです。また、オーストラリア原住民の多くも、白人達の到来と共に疫病により姿を消しました。



テロで使われた炭疽菌は、どのようなものなのでしょうか？炭疽菌は環境が悪化すると孢子を形成し、耐久性が高く、農業地域の土壌に広く生息しています。そのため、動物で感染するものも多いのです。炭疽菌は、生物兵器としてはうってつけです。炭疽菌は手に入れやすく、簡単に培養できるのです。そして何年かにわたって生かした状態での保存が可能です。もし血中に入り込むとそれは致命的です。血中では活発に代謝を行い、増殖します。代謝の過程で、それは3つのタンパク質を放出し、毒素を作ります。体の組織を破壊し、しかも、免疫細胞も破壊します。そのため、他の細菌感染症が次々に起こってくるのです。

皮膚の傷からの進入ではそれほど多くは入ってきませんが、炭疽菌を吸い込むと、肺を通して血液中に進入してきます。治療には抗生物質が効果的ですが、発病の初期は通常の風邪と変わらない症状のため、わざわざ病院に行かない場合が多いのです。病状が進行すると、抗生物質の投与も間に合わず、致命傷になります。

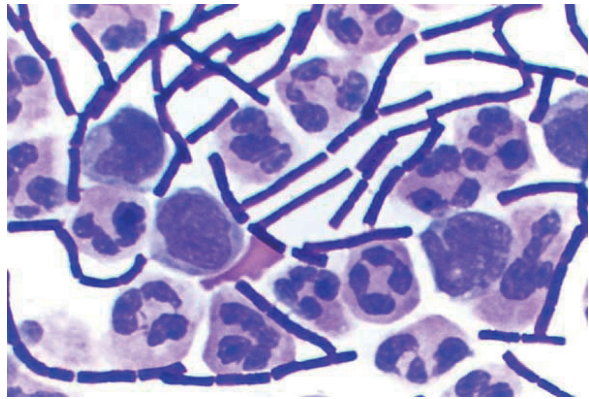
生物兵器の開発のための研究も各国でなされてきました。しかし、その生物兵器の作用範囲を限ることは非常に困難です。ヘタをすると戦争の敵国のみならず、生物兵器を使った自国を含め、世界中の人々に被害が及びます。そのため、生物兵器の使用禁止の条約が、先進各国を含む103カ国で締結されています。

グラム染色

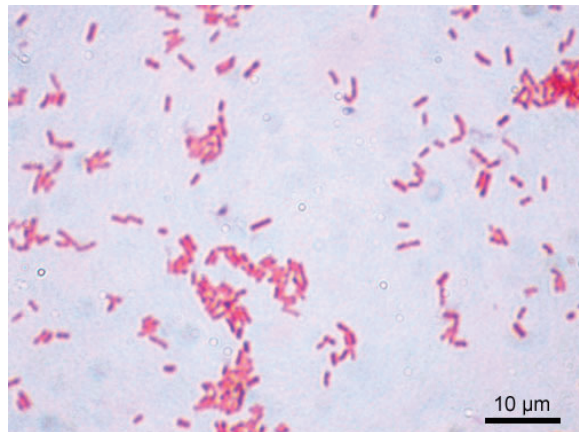
細菌の大まかな分類は、**グラム染色**という方法で行われます。染色によって染まるものを**グラム陽性**と言い、染まらないものを**グラム陰性**と言います。デンマークの学者、ハンス・グラムが行ったことでこの名がついています。

グラム染色では、細胞壁にペプチドグリカンが多量にあると染色されることになります。検査が簡単であるため、細胞の種類を見分けるときに最初にするのがこの染色なのです。

体内での細菌では、一般的にはグラム陰性の細菌の方が伝染しやすいものになります。これは、グラム陰性のものでは、染色されない要因として細胞壁以下の状態を見にくくしているものが多く、そのため染色だけでなく、病気に対する抗体もまた、その病原性を発見しにくいからです。もちろんこれは、グラム陽性の菌が毒性が弱いということを意味しているわけではありませんので注意してください。実際、結核菌やハンセン病を引き起こすハンセン菌はグラム陽性菌です。



炭疽病菌がグラム染色で染まったもの



大腸菌、グラム染色で染まらない

バクテリアと古細菌の代謝

バクテリアと古細菌は様々なものを栄養源にしています。栄養源をエネルギーに変えるのを代謝と言います。その意味で、バクテリアと古細菌は代謝が非常に多様です。

細菌の中では、光合成を行うものが多くあります。植物などの光合成では、水と二酸化炭素から、酸素と炭水化物を作りだすのですが、細菌の多くは、光合成において水の代わりに別のものを使用します。多くの場合、硫化水素 (H_2S) を用います。また、二価の鉄イオン (Fe^{2+}) を使うものも少数ながら存在します。これらは、光合成によって硫黄や三価の鉄イオン (Fe^{3+}) を作り出します。これらの光合成は**酸素非発生型光合成**と呼ばれます。なぜこのような光合成が発生したのでしょうか？一つの仮説としては、過去に光合成細菌が多量に発生し、光を奪い合う事態が起きたと考えられます。そのとき、多様な光合成を行うと、光合成に用いる光の波長が異なるので、光合成を行うバクテリア同士での共存ができたという利点があったからだと考えられています。

光合成を行わない生物は化学反応によってエネルギーを得ています。その多くは、炭素グルコースなどの糖分をなどを電子のドナーとし、酸素を電子の受け取り者とした酸化するときの化学的エネルギーを代謝に用いています。最終的に、二酸化炭素と水とが生成されます。しかし、バクテリアと古細菌の多くは、糖分を栄養源とせず、水や二酸化炭素は生成されない代謝を行っています。糖に代わる電子のドナーとしては、水素 (H_2) や硫化水素 (H_2S)、アンモニア (NH_3) やメタン (CH_4) を用います。また、酸素の代わりに硫酸塩 (SO_4^{2-}) や硝酸、二酸化炭素 (CO_2)、三価の鉄イオン (Fe^{3+}) を用います。二酸化炭素を生成するかわりに、 CH_4 や NO_3^- などを生成します。

バクテリアと古細菌は、地球上にある電気的位置エネルギーの大きな物質を電子のドナーとし、電気的位置エネルギーの小さい物質を電子の受容体としてエネルギーを得ています。このような多様性により、私たちの輩出した有害な化合物を分解するバクテリアが生まれていく要因となっているのです。結果的に、このバクテリアの代謝の多様性が環境の維持や変化に重要な役割を果たしているわけです。

後の章でも見ますが、酸素のない環境では発酵という代謝を行います。通常の実験では乳酸やエタノールが生成されます。一方、細菌や古細菌の発酵では、乳酸やエタノールを発酵に使用するものがあります。セルロースなどの炭化水素や、脂肪酸、アミノ酸などを栄養源にするものもあります。アミノ酸を発酵に用いるものでは、カダベリンやプトレシンなどが生成され、これが腐敗臭の元になります。ラクトースを発酵するとプロピオン酸が生成され、これがチーズのにおいの元になっています。これらの化学物質の名前を覚える必要はありませんが、ここでは、すべての現象には理由があるということが重要なのです。

また、炭素源としてメタンや一酸化炭素などを用いるものもあります。

このように、細菌と古細菌が多様な代謝を持つために、他の生物が生きていくことが不可能な領域でも生存していくことが可能なのです。

真核原生生物

真核生物は、バクテリアと同じサイズのものから、鯨など大型のものまでいろいろあります。中でも最も構造が簡単なのが、**真核原生生物**です。真核原生生物は、菌類、動物、植物に属さない真核生物をすべて含みます。つまり、はっきりした分類が困難なものを集めてこの分類を作っています。ただ単に、原生生物と言うこともあります。昆布などの海藻も真核原生生物です。また、藻なども多く、真核原生生物です。真核原生生物は、緑色植物、菌類、動物以外のものを集めた分類であるため、系統が一つではなく、多様です。

真核原生生物の中には、寄生するものがあります。金魚な魚がかかる、白い斑点に包まれる白点病も、寄生している真核原生生物によって引き起こされます。

人間に対して大きな害を引き起こすのが、マラリアです。マラリアは、現在、結核、HIV と並んで、世界の三大疾患の一つです。世界全体で毎年最低でも3億人が感染していると言われています。この病原菌もマラリア原虫という真核原生生物です。

また、赤潮なども真核原生生物によって引き起こされます。

貝毒も真核原生生物が原因のこともあります。有毒ミドリムシ、鞭毛で動き回る動物のなサキシトキシンを作り出す、藻を貝が食することに要素と、光合成を行う植物の要素によって、通常害のない牡蠣などの貝が毒を持つことも併せ持つあります。

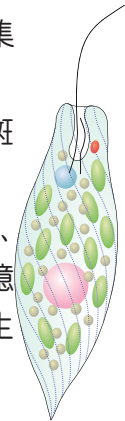
多くの魚や貝などは、光合成を行う真核原生生物を食べています。そのため、海中では、真核原生生物が生物界の生産者となります。このように、海の生態系は、真核原生生物なしには成り立たないのです。

アメーバなどは、バクテリアや古細菌を摂食します。また、光合成を行うものももあります。

性はなぜ発生したか？

真核原生生物では、無性生殖をするだけでなく、有性生殖をするものがあります。この有性生殖こそ真核生物にとって非常に重要な発明です。これはどうして生まれたのでしょうか？

体の比較的大きな真核原生生物では、細菌やウイルスなどの攻撃を受けやすくなります。しかも、細菌やウイルスの変異は激しく起こるため、無性生殖による変異では、ではそうした攻撃から逃れにくくなってきます。一方、有性生殖では、雄雌の二つの遺伝子から別の遺伝子が作られていきますので、病原菌から逃れる可能性のある子孫を残しやすくなるのです。このように、有性生殖は、病原菌への適応によって生まれたものと考えられています。



真核原生生物による赤潮

植物

公園や森を歩くと、植物に囲まれていることに気づくはずですが、また、町中でも下をみると、草が生えていて、舗装されたところをのぞいて草が見渡せます。私たちは、植物に下もまれて暮らしています。

私たちは植物なしには生きていられません。光合成をする生産者である植物により、私たちは米などの穀物を食べるほか、豚や鳥、牛などのえさとしても利用しています。また、紙も植物によって作られていますし、家の木材も同様です。

また、植物や光合成を行う藻などは、空気中の二酸化炭素を減少させ、酸素を供給する役割をしています。また、植物の枯れて落ちた葉は、ミミズや菌類、バクテリア、真核原生生物のえさとなり、土壌に栄養分を蓄える力を与えます。

植物は、体内に水を蓄えることにより、土壌がすぐに乾くのを防ぐことができます。そのため、気温が上昇しても植物は水分を蒸散して、全体の温度を低く抑えることができます。

陸生植物の分類

非維管束植物

こけや雑草の中に、茎を切っても中に水などが通ることのできる維管束（いかんそく）と呼ばれる組織がない植物があります。これを**非維管束植物**と言います。このような非維管束植物は、雑草などの中にはかなり多く、地球上でも多くの種がありますが、総じて小さな植物です。



種なし維管束植物

図はセロリの切った断面ですが、細い管のようなものが見えますね。このような、維管束がある植物を維管束植物と言います。その中でも種のないものを**種なし維管束植物**と言います。シダ類などがこれに含まれます。



種子植物

種を作る植物は、必ず維管束を持ちます。そのため、**種子植物**がもう一つの大きな分類となります。銀杏の木や、針葉樹など、非常に大きくなる樹木はこのクラスに属します。また、稲や麦なども種を作る植物に属します。



植物が地上で暮らす戦略とは？

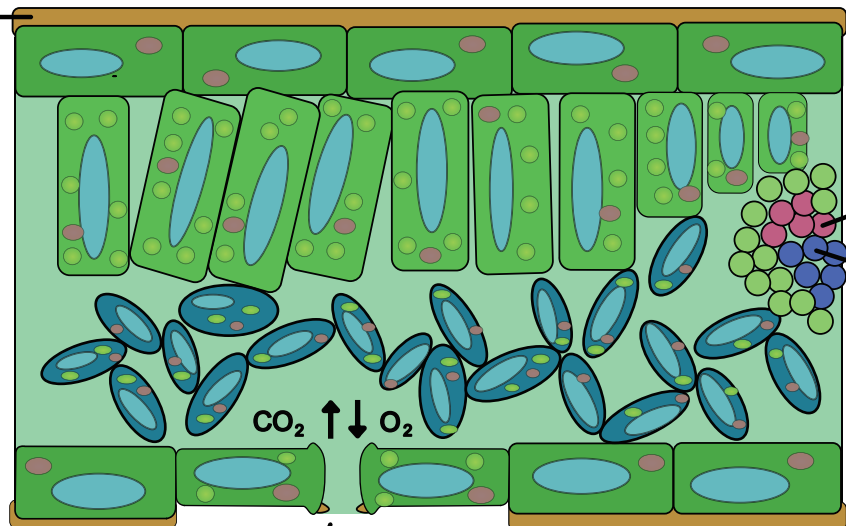
植物は水の中の生物と異なり、太陽光線かによる水分の蒸発を防ぐ必要があります。これなしには、すぐに植物内の水分がなくなってしまうからです。このため、植物では表面をロウのようなワックス、クチクラで覆い、水が外部に出にくいようにしています。もちろんそれだけでは、光合成に必要な二酸化炭素を吸収して、酸素を放出します。植物のこの発明がなければ、水の少ない地上で植物が暮らしていくことはできなかったでしょう。

また、地上で大きく育つのは、太陽の光を多く浴びるためにも生存競争上有利です。そのために問題なのが、重力に逆らって水分をどのようにして葉に行き渡らせるかです。また、しっかりとした作りにして重力によって倒れないようにしなければなりません。この二つの問題の解決策が、**維管束**です。水分子と、細い



繊維の管
の分子間
の引力に
よって水
は上まで
上昇しま
す。以前
学んだ毛
細管現象
を利用し
ているわ
けです。
またこの
繊維質の

クチクラ



維管束

気孔

束は、単に水をくみ上げるだけでなく、おれにくい構造を茎や葉に与えることになります。まさに一石二鳥の戦略です。

植物の生殖

直物が陸上で数を増やすのには、子孫をいかに残していくのが重要な課題です。そのためには、配偶子を乾燥や物理的なダメージから守る仕組みが必要になります。このためには配偶子を生成し守っていく配偶囊の進化が必要でした。また、受精は母親の植物上で行われ、多細胞の胚になるまで養分をもらい続けます。植物は生育初期に自ら光合成を行うことはできないために、植物の胚が養分を蓄える仕組みは重要です。このように胚の形成は陸上の植物にとって重要であったため、胚のある植物を**有胚植物**と言います。

花粉

静止が卵子にたどり着くには、水の中の真核生物の場合、自ら移動するか、精子が泳いでいくかどちらかのやりかたがあります。しかし、水のない地上の植物では、自ら移動することもまた精子が泳ぐこともできません。このため、オスの配偶子をスポロポレニンによって頑丈に覆った花粉が作られます。この花粉が空を舞うことにより卵子のと受精する花粉ができるのです。

種

胚と成長するための栄養素を硬く覆った形状のものが種です。種は、風や水を利用したり、動物などに付着したりすることにより、新しい土地で発芽することができます。

花

花をつける植物は植物の中でも非常に多様です。現在およそ25種が確認されています。おしべとめしべがあり、花みつが含まれています。この花の構造が成功した理由は、通常の花粉では受粉は風に任せた偶然的要素が種であるのに対して、花粉は花みつによってきた昆虫や鳥などに任せられます。これにより効率よく受粉をし、子孫を多く残すことができたわけです。この共存関係は、顕花植物と受粉にかかわる動物の双方にメリットがあるのです。また、花が多様であるのは、運ぶ昆虫などの種類によって好む花みつが異なるためと



考えられています。このことは、他の昆虫との競争が少ないため、昆虫の有利に働いたのでしょう。またそれが、確実に花粉を運ぶ昆虫の確保につながり、その花の生存にとっても有利だったのです。このように、花は昆虫と共に進化してきたのです。

菌類

菌類は、動物や植物と並んで、多細胞真核生物の柱の一つです。菌類は他の生物から栄養を吸収します。特に死んだ生命体を分解する重要な分解者です。たとえば、植物の分解には、木の幹などの硬いセルロースを分解する必要があります。これを分解できるのは、菌類と数種類の細菌だけです。菌類がいなかったら、地上には、倒れた木がうずたかく積まれたままになっており、植物が生育できる土地はなくなっていたかもしれません。

菌は他の生物から栄養を吸収しますが、菌が宿主に益をもたらさない場合は、**寄生**と呼ばれます。水虫を引き起こす白癬菌などがこれに属します。しかし、多くの菌は、単に宿主から栄養を吸収するだけでなく、宿主に対して栄養を与えます。このような場合に**共生**と呼ばれます。たとえば、ほとんどの植物の根には、菌が共生しています。菌は宿主の植物から糖分をもらうかわりに、窒素やリン酸など、生育に必要な必須栄養素を輸送して供給しているのです。菌類の多く住む土壌は、まさに生きた土壌と言えます。このように、菌類は植物に栄養素を与えるという意味で、生態系に大きな影響を及ぼしているのです。

またカビなどの菌類は、抗生物質などを発見するのにも使われました。

菌類の戦略

菌類はどのようにして栄養を得ているのでしょうか？動物などと異なり、菌類は細胞の外に消化酵素を分泌し、吸収できる分子にしてから体内に取り込み消化します。これらは、体内から消化酵素を分泌することによってなされます。たとえば、セルロースは、セルラーゼという酵素により分解されます。

菌類では、胞子が生殖細胞です。菌類のライフサイクルにおいて分散する段階であり、無性生殖や有性生殖の双方で生産されます。

胞子が栄養源の近くに落ちると、発芽し、菌糸が生成されます。この菌糸は栄養源が多い方に向かって増殖していきます。そして、栄養源がなくなってくると、菌糸の集まりである菌糸体が胞子を形成し、風で飛ばされていたり、動物に付着したりして、他の場所に運ばれていきます。



マッシュルームの菌糸

動物

動物は、真核生物に属して次の3つの性質があります。1. 多細胞 2. 植物を消化する 3. 自由に移動できる期間がある。ただし、真核原生生物でも他の生物を食糧とし、動き回るものもあります。しかし、それらは非常に小さいので、大きな生命体を食糧とすることはできません。それに対して動物は大きいため、様々なものを食糧とすることができます。動物全体では、ほとんどすべてのものを食糧としています。

現在、百万種以上の動物が登録されていますが、新しい発見も続いています。実際にはおよそその数の10倍はいるものと推定されています。

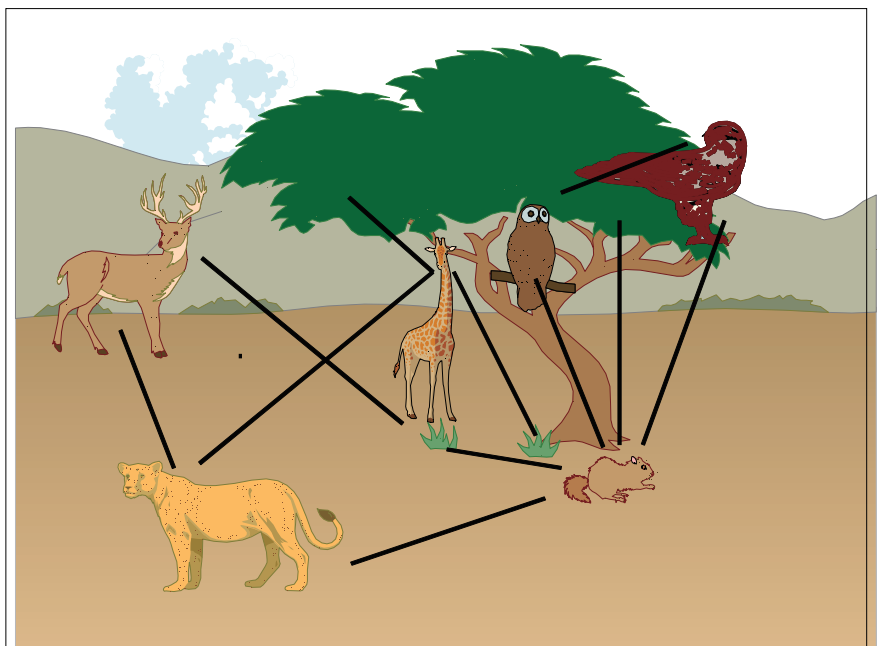
動物は文字通り、食べ物を得るのに動き回ります。ただ闇雲に動き回るだけでは効率が悪いので、食べ物や子孫を残すための相手を遠くからでも認識しなければなりません。また、他からの危険を回避する必要があります。そのため、動物には運動のための**筋肉細胞**と、情報伝達のための**神経細胞**があります。

動物は何を食べるか？

動物が何を食べるかによって分類されます。植物や藻を食べるものを**草食動物**と言い、動物を食べるものを**肉食動物**、そして動物と植物の両方を食べるものを**雑食動物**と言います。ちなみに私たち人類は、雑食ですね。雑食というと卑しいというイメージもありますが、ここではそんな感情はおいておきましょう。

捕食者（プレデター）とは、食べるために他の生物を殺す動物です。このために狩をしたりします。蛙は、ハエなどを捕まえるのに、移動しません。ひたすら舌が届く範囲にハエが近づくのを待ちます。一方、ライオンなどは、獲物に気づかれないようにゆっくり近づいて狩をします。

捕食者と違い、**寄生虫**では、獲物に比べて非常に小さく、通常は獲物を殺さないで、獲物から栄養を得ます。内部にいる寄生虫は、通常みみずのような形をしています。また、外部に寄生しているものとしては、ノミやシラミなどがあります。



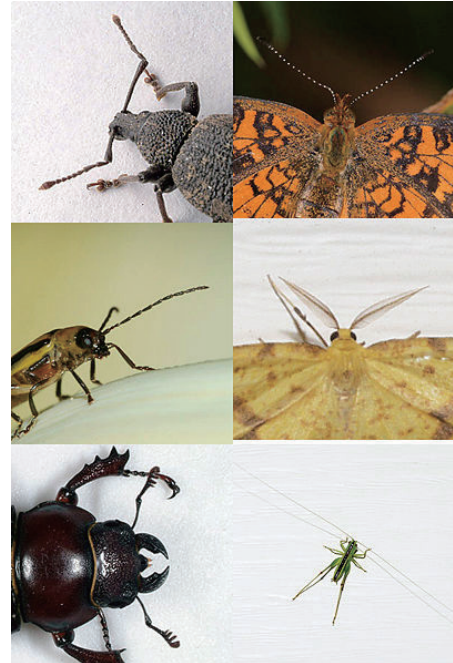
旧口動物

旧口動物は、日常非常に身近な動物を含んでいます。これは昆虫や、雲、貝などを含みます。生物学者は節足動物の数を一千万種以上ではないかと思っています。そのうち、昆虫だけでも現在 90 万種以上が発見されています。昆虫の約 3 分の 1 がコガネムシです。しかも種類が多だけでなく数も非常に多いです。熱帯雨林では昆虫は全生物量の 40 パーセントほどにもなります。数が多いのは、コガネムシだけではありません。アリの数は 10 の 10 乗程度と推定されています。軟体動物問では、9 万数千種もの貝やいかなどの種が確認されています。

摂食動物にとって、陸上への適応は植物に比べて簡単なものです。それは、乾燥してきたら水を求めて動き回ればよいのです。

旧口動物は様々なものを栄養素とします。その食糧のために口の形を変えて多様な種類となっています。また、動くために手足を持つのは機敏な動きができるため生存に有利です。また、混入の翼は非常に有用で生物にとって非常に大きな発明です。

また、変態も大きな特徴です。幼少期と成体とで形を変えるのは、幼少期の食糧源と成体の食糧源を変えることにより生存に有利になったと考えられます。また、卵は乾燥しにくいしくみになっています。



新口動物

新口生物は、動物など骨を持つ脊椎動物を含み、自然界の捕食者です。動物の他、ウニ、ヒトデ、クモヒトデ、ナマコなどが新口動物に属しています。確認されているだけで7,000種おり、脊椎動物は54,000種です。脊椎動物のうち半数は魚類です。脊椎動物ではあごにより植物を砕きます。このあごの発達により様々なえさを食べることができるようになりました。魚類が多様なものこのあごの発達と関係があると考えられています。

陸上での呼吸には肺が適しています。そのためこの肺の発生も生存に重要なポイントです。また、手足の発達により陸地を素早く移動できるようになりました。

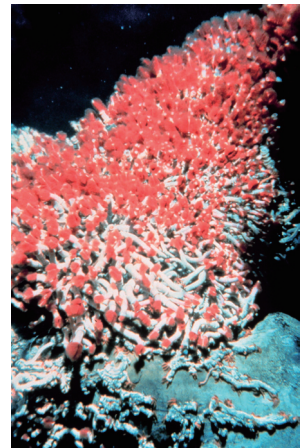
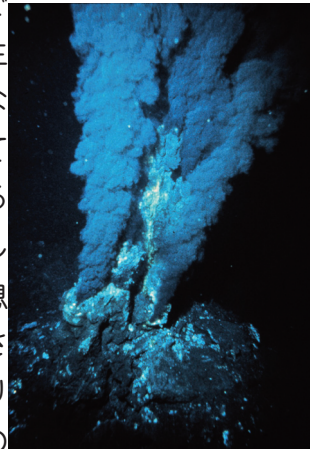
繁殖では、さまざまな工夫が見られます。まず、殻のある卵です。殻により水分の蒸発を防止し、肺子の中で成長させます。カエルなどの両生類では殻のない卵ですが、この場合水のある環境でのみふ化できます。一方、は虫類や鳥など、水のない環境では殻の存在が必須になります。内部では卵白という水分とタンパク質が豊富な構造をもち、胚は、液体で包まれた状態になっています。このように、胚自体が乾燥に強い構造になっています。そして主な栄養は卵黄によってまかなわれます。



また、親が子供の面倒をみるのが動物の特徴です。子供が捕食行動ができるまでえさを与え、外的から守ることにより子孫を残しやすくしています。

太陽の要らない生態系 熱水噴出孔生態系

1977年に行われた海底探検により、思わぬ生態系があることが発見されました。ガラパゴスの海底で、水深2,500m以上の水深には熱噴出口があります。そこにはチューブ状の形をしたチューブワームや貝やカニなどが生息していたのです。深海までは太陽の光は届きませんので、通常の深海で暮らす生物は、海洋表面付近のバクテリアや魚などの死骸を元に生態系をなしています。しかし、熱水噴出孔には、極限環境微生物が生息しており、それを元に生態系を形成していたのです。200°を超える噴出口から吹き出ている硫化水素をバクテリアや古細菌が栄養として、有機物を生成します。そしてチューブの中にバクテリアを生息させているチューブワームは、バクテリアが生成する有機物をえさにしています。また、それらを食べる貝やカニなども生息しており豊富な生態系をなしています。このように太陽の光がない生態系の存在は、生物の誕生初期にもあったことでしょう。



チューブワーム

キーワード