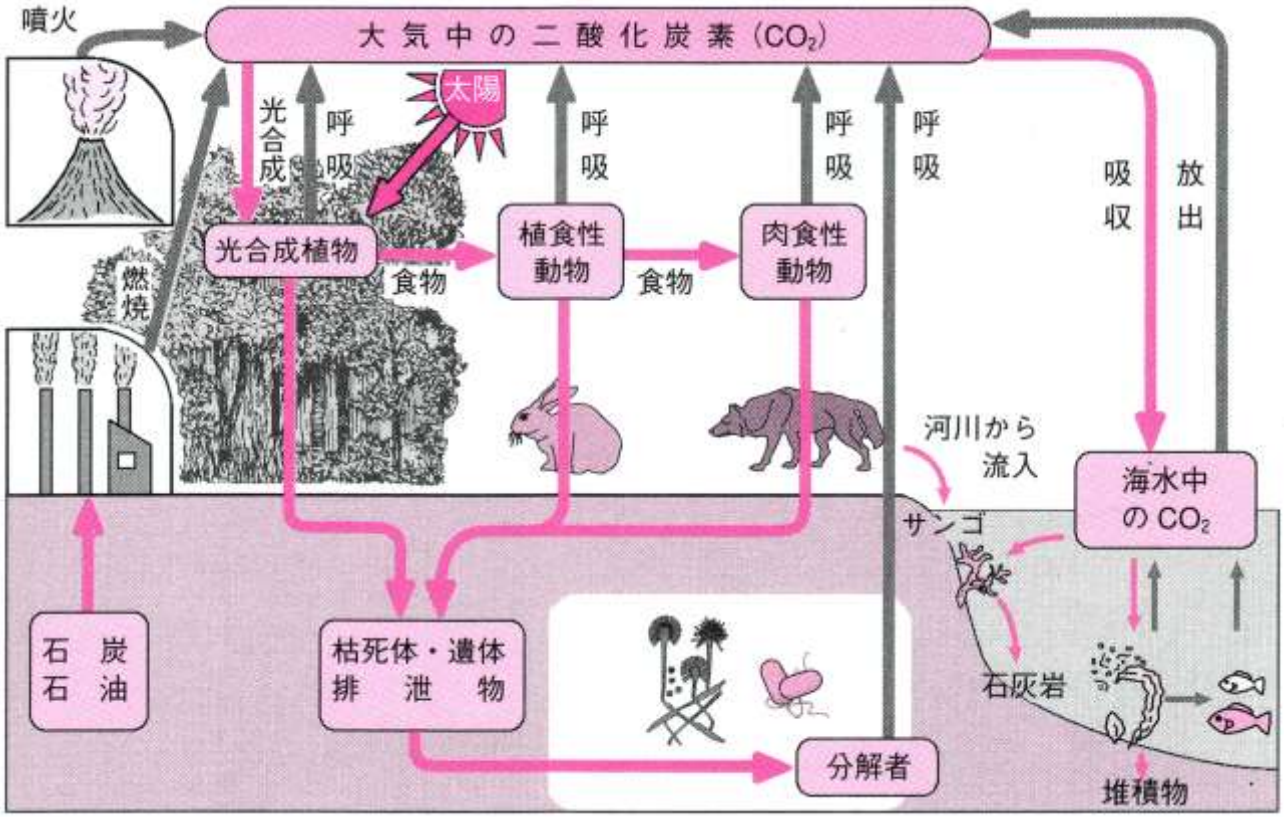
生態系をとおして様々な元素が流れている。炭素（元素記号 C, carbon に由来）、窒素（N, nitrogen）、リン（P，phosphate）は生物の体を構成する主な元素であり、これらをとおして生態系の構造を調べることができる。

炭素は、窒素やリンに比べると広範囲にわたって循環している。炭素は、大気中では二酸化炭素 CO_2 として存在し、生産者（光合成生物）に吸収され有機物となる。有機物となった炭素は消費者や分解者に移り、その体を構成する物質（炭酸カルシウム $CaCO_3$ の骨格を含む）として体内にとどまるものの、最終的には呼吸によってほとんどが再び二酸化炭素として大気中に放出される。**炭素は一つの生態系の中にとどまることはなく、地球全体で循環している**のである。

この循環における炭素総量は一定ではなく、火山の噴火や化石燃料の燃焼により増加する。特に化石燃料の燃焼による増加は著しく、大気中の二酸化炭素濃度は、産業革命（18 世紀半ば～19 世紀初頭）以前の約 280 ppm（0.028 %）であったものが、現在は 400ppm（0.040%）に激増している。森林は二酸化炭素の吸収源として機能するが、森林が遷移途上にあるのか極相にあるのかによって異なる。十分に成熟した極相林の場合、生態系として有機物の増減はなく、炭素の取り込み量と放出量はほぼ釣り合っている。遷移途上の場合、炭素の取り込み量が呼吸量を上回るのが普通である。

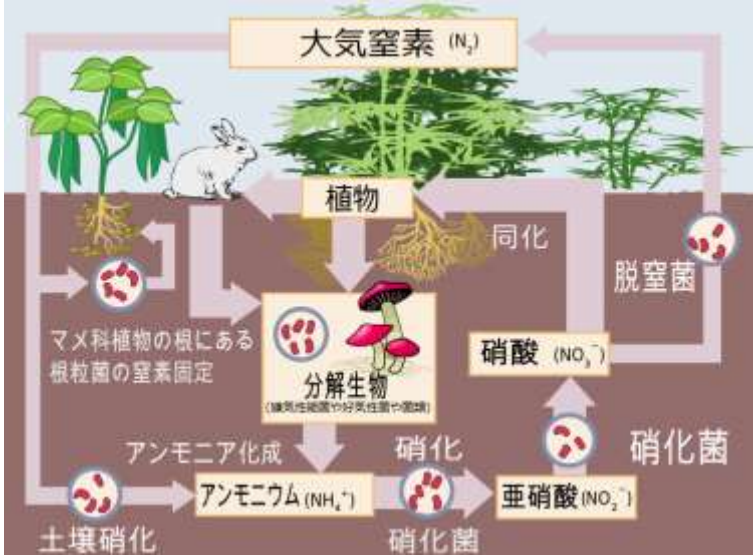


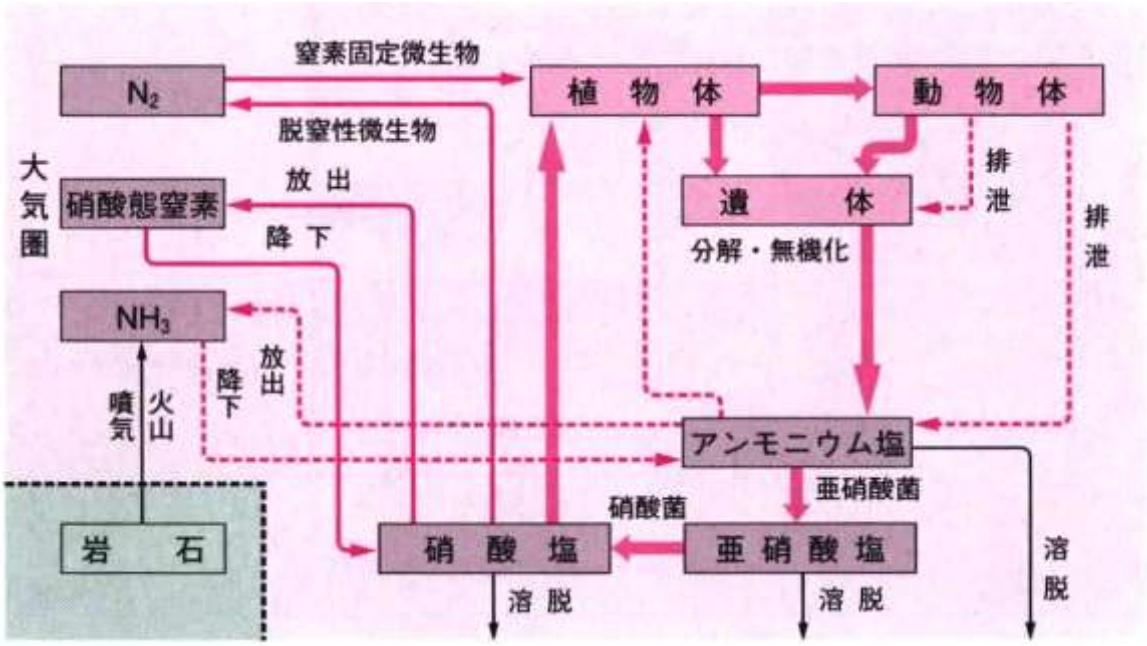
炭素循環の模式図

図の出典：日本生態学会編（2004）生態学入門

原始の地球上の大気は 30 気圧で、二酸化炭素が 97%であったと推定されているが、そのほとんどが地中や海洋深層水に貯留され、その結果として 1 気圧、0.028%（産業革命前）になっている。貯留の形態は、石灰岩をはじめとする炭酸塩鉱物、生物遺骸に由来する堆積物中の有機物（その一部が原油）、水中に溶け込んだ二酸化炭素などである。原始大気中の膨大な量の二酸化炭素の多くは、無機化学的に炭酸塩鉱物として、地球の歴史の初期のうちに固定されたと考えられているが、それ以降の固定はきわめて緩やかにしか進まない。

窒素やリンなどの循環は、比較的、小さい単位の生態系内部でのリサイクル機能が強く働く。**窒素**は大気中に窒素ガス（N_2）として大量に存在するが（78%）、植物はこれを直接利用できず、土壌有機物として存在する窒素も直接利用できない。植物が利用できるのは窒素のうち、アンモニウムイオン（NH_4^-）と硝酸イオン（硝酸態窒素 NH_3^{2-}）である。これらは陸上生態系において、降下物として流入、**窒素固定細菌やシアノバクテリアによる空中窒素の固定、分解者による有機物の無機化により供給される**。したがって流出水による溶脱や空中への揮散、脱窒作用などによる系外への流出があるのに対し、降下物の流入量は非常に少なく、また窒素を巡る植物同士の競争もある。マメ科植物は窒素固定細菌と共生関係を進化さており、他科植物との競争において有利になっている。

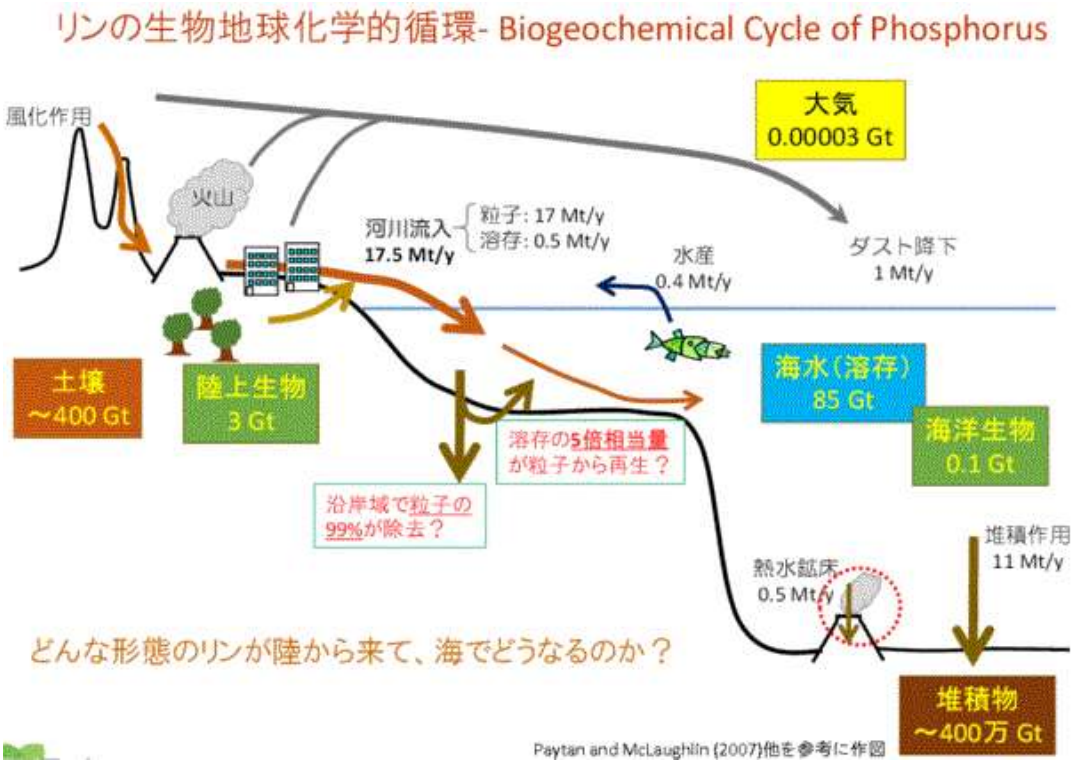




窒素循環の模式図

図の出典：
（上）日本生態学会編（2004）生態学入門
（下）Wikipedia 窒素循環 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%AA%92%E7%B4%A0%E5%BE%AA%E7%92%B0

リンは、リン酸塩岩石として地球上に貯蔵されており、**岩石の風化にともなって生態系に供給される**。その他には火山噴出物などとして空中に舞い上がったリン酸塩の降下や海鳥の糞を介した供給があるが、一般にこれらの量は極めて少ない。炭素や窒素と異なり、主な供給源が大気ではなく岩石であるため、分布に地域的な偏りが大きく、また岩石風化に依存しているため総じて供給量も少ない上、風化による供給ゆえ流水とともに海まで流出する量も多いとみられている。宮古島のような石灰岩地域では、肥料として投入したリン（過リン酸石灰）は難水溶性のリン酸カルシウムとして滞留しがちである。これをリン溶解菌を用いて植物が利用可能なリン酸イオン（PO_4^{3-}）に変化させるのが、総合実業高校が開発した有機肥料 Bio-P（バイオ・リン）である。



リン循環の模式図

図の出典：鈴村昌弘 海洋のリン循環に関する研究 http://kankyorenrakukai.org/symposium_11/pdf/koen_5.pdf