

生態系の跳躍的变化への懸念：生元素循環の変化がもたらす潜在的危機

Suspected catastrophic shift of global ecosystem: potential crisis caused by rapid changes in carbon and nitrogen cycles

鷲谷 いづみ [1]

Izumi Washitani[1]

[1] 東大・農学生命・生圏システム

[1] Ecosystem, Tokyo Univ

ここ50年間の人間活動は、主要な生元素であるCとNの循環を大きく変化させた。主要な温暖化ガスであるCO₂の大気中濃度の急速な上昇は、地球温暖化およびその帰結として認識される一連のグローバルで急激な生態系変化をもたらしつつある。他方、大気N₂から工業的に固定され化学肥料として大量に農地に投入されて拡散した「生物が利用可能な無機N」の2倍化は、無機Pの3倍化ともあいまって陸水および沿岸域での富栄養化を介した急激な生態系変化をもたらしている。

後者が世界中の湖沼でもたらしているカタストロフィックシフトは、もっともよく研究されている「生態系の跳躍的变化」であるが、その帰結は、多くの生態系サービスが一挙に低下することによる地域社会への大きな打撃である。このカタストロフィックシフトは、生態系の一次生産者（光合成によりバイオマスを生産）が水草・大型藻類など大型植物から植物プランクトンへ変化することによってもたらされる。富栄養化は競争関係にある両者のうち植物プランクトンを優位に立たせるが、植物プランクトンが増えれば水が濁り、固着性の大型植物の光利用が妨げられて一気に衰退する。大量増殖したプランクトンの遺体が分解される際に酸素が消費され尽くして底層は低～無酸素状態になり、底生生物が住めない死の世界となる。そのような変化は不可逆的であり、栄養塩の負荷が減じても元の生態系にはもどらない。

一方で、温暖化が進めば植生のシンク活性が加速度的に減じてソースに転じることが予想される。それは、光合成速度と呼吸速度の温度依存性に関する一般論から導かれる推論である。すなわち、光合成はさまざまな制限要因のもとにあり、ストレスによって抑制されるのに対して、あらゆる生物が担う呼吸速度は、光合成の最適温度よりも高い温度範囲においても温度上昇とともに増加し、生物活動にとって不適な環境条件、すなわちストレスによりむしろ亢進するのが一般的である。したがって、温度上昇やそれにとまなうストレスは光合成と呼吸のバランスを呼吸の側に傾けることになる。すなわち、もっぱら植物が明るい条件のもとでのみCO₂を吸収する量よりも生態系に含まれるあらゆる生物が絶え間なく続けている呼吸によるCO₂放出がまさることになる。熱帯林や北方林においてその兆しが現れていることを示すデータが得られはじめている。このような正のフィードバックは、温暖化とソース活性増大の相互加速の負のスパイラルを介したカタストロフィックシフトにつながる可能性が大きい。

生態系における一次生産者の営みを大きく変えるこれらの変化に加えて、森林・湿地を農地や市街地に転換する土地利用変化、化学物質による汚染、人為起源の外来種がもたらす影響も加わり、現在の地球では、生命史における特異点ともいえるような急激な生態系変化が生じており、いずれ顕在化するであろう人類社会への負の帰結ははかりしれない。地球環境の変化に対して、生物は適応進化によって対処してきたが、あまりに急激な変化に適応できるのは一部の生物に限られ、各地域から、さらには地球からの大量絶滅をみることになるだろう。適応進化でそれを乗り越えられるのは、個体数が多く世代時間が短い生物、すなわち、種内に多くの変異を保持し自然選択により迅速に適応進化しうる生物に限られるであろう。すなわち、手強い害虫や病原生物、侵略的外来種となっているような生物である。他方、個体の寿命が長く、比較的大型ですでに絶滅危惧種になっているような生物は、進化的な反応には大きな制約があり、絶滅リスクをいっそう高めることになるだろう。