



海・陸地・陸水

中西正己*

ドイツの陸水学者、A. Thienemann (1955) は、「大気で覆われた地球という大きな空間は海と陸地と陸水の三つに大別される」と述べています。46億年前に誕生した地球上に太陽エネルギーを化学エネルギーに変換し水と二酸化炭素から有機物をつくる光合成機能をもつシアノバクテリア（藍色細菌）という生命が出現したのは32～35億年前といわれています。シアノバクテリアの光合成によって放出された酸素が大気成分として新しく加わる一方、酸素毒として知られている活性酸素の生成も進行し多くの生きものが絶滅した時期がありました。このような環境下にあった20～25億年前、活性酸素を無毒化する酵素をもった好気性生物が出現・進化し、3億年前には生活空間を海から陸地・陸水へと拡大、多様化し現在に至っています。地球の誕生以来大きな地殻変動を経て存在する現在の海、陸地、陸水（陸水の主要形態である湖沼と河川）の地球表面積（ $509,949 \times 10^3 \text{ km}^2$ ）に占める割合は、それぞれ70.8%、29.0%、0.2%ですが、地殻変動によって絶えず更新されている不安定な生活空間でもあります。

水は海、陸地、陸水に生活する生きもの（生命）にとって不可欠な要素です。水は生体内に大量に存在し、各種物質の理想的な溶媒として、また生化学反応物質としても重要な役割を果たしています。生重量に対する水分含量は、高等植物の柔組織で70～90%、ヒトで60～70%、水中に生活するクラゲや藻類では98～99%を占めます。生体内だけでなく生活空間に存在する水（海水、土壌水、陸水）も生命の維持に不可欠な生元素やその化合物など多様な化学物質の溶媒として欠かすことのできない重要な働きをしています。生きものが正常な生命活動を続けていく上で必要な生元素として、C, H, O, N, P, Ca, S, Cl, K, Na, Mg, Fe, B, F, Si, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Sn, I など約30種が知られており何らかのかたちで生命の維持に関与していると考えられています。海水や土壌水・陸水中に存在する生元素やその化合物のダイナミズムには、そこに生活する多種多様な生命の体内での代謝過程が大きく関与しています。地球上の生元素の循環には光合成生物や化学合成生物が大きな役割を果たしています。

メタンや硫化水素の噴出する深海底など化学合成により有機物をつくる細菌群の生活空間を除けば、海、陸地、陸水を生活空間としている一切の生きもの（生命）は光合成によってつくられた有機物に支えられています。水を光合成の電子伝達系の電子供与体として利用できず S^{2-} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 H_2 、有機化合物などを電子供与体とし二酸化炭素を同化する光合成細菌に由来した有機物もあります

*京都大学名誉教授、海洋化学研究所長

が、地球上の有機物の殆どは水を電子供与体として光合成を行う植物起源です。光合成による有機物生産の主な担い手は、海では植物プランクトンや海藻、陸地では森林・草原を構成する多様な種子植物・蘚苔植物、陸水では湖沼を生活空間としている植物プランクトンです。陸水のもう一つの主要な形態である河川は、河床に発達した付着藻類や水生植物による有機物生産の場でもありますが、その生産量は湖沼の植物プランクトンによる生産量の1%にも及びません。河川は、付着藻類や水生植物を遙かに上回る陸上から流入する大量の有機物（枯葉・小枝など）を基盤にした他生性デトライタス食物連鎖の上に成り立っている系です。海、陸地、陸水の光合成によって生産された植物の現存量は、炭素量に換算してそれぞれ1.4億トン、640億トン、0.02億トンと算定されています。陸地を生活空間としている植物の現存量は、海と陸水に比べ著しく多く、地球上の植物現存量の99.8%を占めます。地球表面積の70.8%に相当する広大な海の植物現存量はわずか0.2%に過ぎません（陸水のそれは0.003%）。豊かな植物現存量の宝庫である森林や草原は、それを構成する樹木の葉群からの蒸散を通して陸地の水循環に大きな役割を果たしています。2013年3月20日に開催された総合地球環境学研究所の講演会で、次期所長の安成哲三さんが、熱帯から寒帯にかけてスケールの大きな調査結果を踏まえて「雨が降るから森林がある」のではなく「森林があるから雨が降る」と表現されたことに強く惹かれました。森林は、活発な蒸散と蒸発作用によって降雨をもたらしているのです。次に、三つの生活空間での光合成による生産量を比較してみます。海、陸地、陸水での年間純生産量（光合成－呼吸）は、炭素量にしてそれぞれ19億トン・年⁻¹、41億トン・年⁻¹、0.3億トン・年⁻¹と見積もられています。地球全体の年間純生産量に対する海、陸地、陸水の占める割合は、それぞれ31.8%、67.7%、0.5%になります。現存量では地球全体の0.2%に過ぎない海の年間純生産量は全体の31.8%にもなります。海、陸地、陸水の年間純生産量（P）と現存量（B）の比（P/B）の値は、それぞれ14.1、0.06、16.0です。植物プランクトンが有機物生産の担い手である海と陸水のP/B比は、陸地に比べ著しく高い値を示します。これは、陸上植物に比べ植物プランクトンはより速く摂食されたり自己分解により溶存有機物化することを意味します。海や陸水という生活空間では、光合成によって生産された有機物の回転率が陸地に比べ極めて高い生態系であると言えます。

光合成植物は、光合成によってつくられた炭水化物（C、H、O）だけでは生命を維持することはできません。光合成によってつくられた有機物を基盤に前述の30を超える生元素を生活空間から取り込んで生成される蛋白質や核酸、酵素など多種多様な生体物質の相互作用によって生命は機能します。海、陸地、陸水は地球生態系の主要なサブシステムであり、生元素の溶媒としての水を共有し地球上の生命を支えている器官でもあります。海という生活空間における生元素のダイナミズムに関する基礎研究を深めることによりこれまでの生命観を覆す新しい発見も夢ではありません。

近年、地球生態系のサブシステムの一つである海を対象に、エネルギーやレアメタル、ミネラル、肥料などの資源の宝庫である深層水や海底の研究と技術開発が活発化しています。更に、光の届かない深海底から噴出する硫化水素などを酸化し増殖する化学合成細菌の遺伝的情報やその細菌を基盤に生活している甲殻類動物の特異な代謝など人間にとって未知の資源発見を視野に入れた基礎的研究も注目されています。