

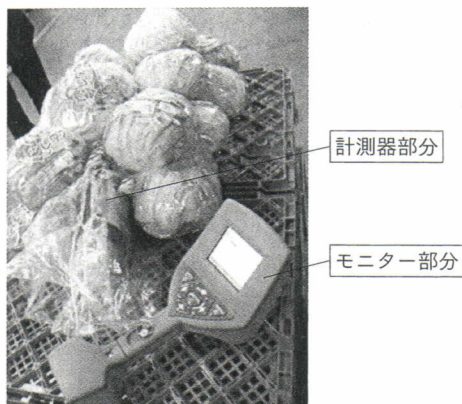


図3—大手コンビニチェーンによる「放射性物質検査」
もちろんまともな測定方法ではない。事故から1年以上が経過しているにもかかわらずこのような検査体制が敷かれているのは非常に残念である。

正確な測定法からかけ離れた測定例

図3には大手コンビニチェーンによる放射性物質検査*8を示した。野菜を検出器の周りに積み上げて放射線を計測しているようだが、もちろんこの方法では正確な値を示すことはできない。なぜなら、このような測定状況では遮蔽がまったくかけられていないため、野菜由来の γ 線を測っているとは言えない。さらに仮に値が示されたとしても、この方法では単位重量(kg)で値を出すことはできないし、試料密度もバラバラであろう。検出器と試料までの距離も計算されたものではないため、 γ 線が検出器に入る立体角の補正は何一つされていないだろう。つまり、容積線源の測定の基本を何一つ守っていない測定法である。事故直後の混乱時期であれば、このような方法があったとしても仕方のないことかもしれないが、事故から既に1年以上経過している現在でもこのような検査体制が継続されていることは非常に残念である。この他にもさまざまな場所において正確性に欠けた検査体制があることは研究者間ではある程度の認識があるが、まだまだ是正には時間を要

*8—ローソンの放射性物質検査体制について(株式会社ローソン 2012年3月13日)

しそうだ。

コラム 分子で地球を読む No.8

進化する生体分子

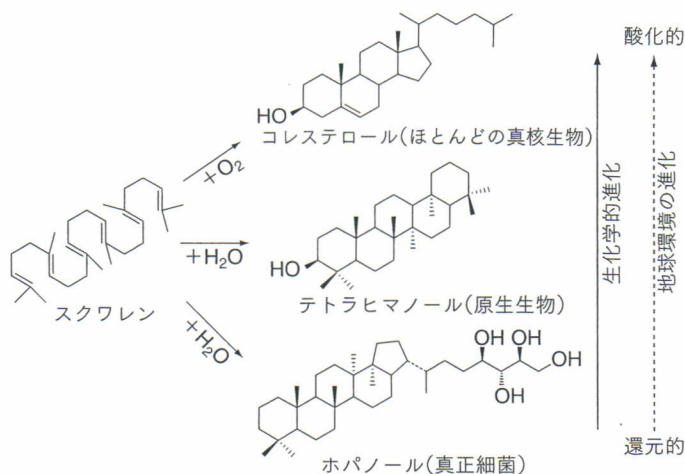
大河内直彦 おおこうち なおひこ
独立行政法人海洋研究開発機構

生物進化とは、何も生物種というレベルだけの話ではない。生物が自身で合成し、細胞の中でさまざまな機能を発揮する生体分子も長い時間をかけて進化してきた。このことを最初に強く意識したのはハーバード大学のKonrad Blochだった¹。ナチスの迫害を受けてドイツからアメリカに移住したこのユダヤ人生化学者は、コレステロールの生合成の全容を解明した業績によって広く知られている。その成果によって、1964年のノーベル生理学・医学賞も受賞した。

私たちの健康診断でもおなじみの項目であるコレステロールは、3つの六員環と1つの五員環が縮合した特徴的な基本構造をもち、一般に「ステロイド」と総称される分子群の代表的な分子種である(図)。コレステロールは真核生物の細胞膜の主成分の1つとして知られる。細胞膜の構造を補強するとともに、二重膜の内側と外側を行き来し(フリップ・フロップと呼ばれる現象)、細胞膜に流動性をもたせることに重要な役割を果たしている。

一方、原核生物の細胞膜にコレステロールは基本的に含まれていない。その代わりに、ホパノールと呼ばれる分子が細胞膜の中で同じ役割を果たしている(図)。ホパノールのように、4つの六員環と1つの五員環をもつ一連の分子群はホパノイドと総称され、もともとミャンマーに群生しているフタバガキ科の植物 *Hopea* の樹脂中から見出されたものである²。しかしその後の研究によってホパノールは、真核生物におけるコレステロールのように、真正細菌(原核生物は真正細菌と古細菌に分けられる)において細胞膜の重要な成分であることが知られるようになった³。

コレステロールもホパノールも、細胞膜の成分



図一スクワレンから合成される3種類の膜脂質

ホパノールは真正細菌によってのみ合成されるのに対し、テトラヒマノールは真核生物のうち一部の原生生物に限られ、コレステロールは一部の原生生物を除くあらゆる真核生物によって合成される。膜脂質の進化は、還元的なものから酸化的なものへと変化してきた地球環境と足並みをそろえているように見える。

にとって都合のよい両極性分子である。つまり、分子の一方に水酸基(-OH)をもち親水性を示すのに対し、その反対側は炭化水素鎖をもち疎水性を示すという二面性をもっている。さらにももしろいことに、水酸基の部分を除くとコレステロールとホパノールはほぼ同じサイズをもっていて、細胞膜の同じ場所にすっぽり収まるようにできている(図)。

かつて Bloch が明らかにしたところによると、コレステロールはスクワレンというイソプレノイド炭化水素を出発物質として、およそ30のステップを経て合成される。中でも、コレステロールの水酸基の酸素が酸素分子(O₂)に由来することを、安定同位体(¹⁸O)標識を用いて明らかにしたことは特筆に値するものだ⁴。現在では、1分子のコレステロールを生合成するためには、11分子もの酸素分子が必要であることが知られている。つまり、コレステロールが生合成されるには、環境中に酸素分子が存在せねばならないというわけである。

他方、ホパノールはどうだろう？ 出発物質は同じスクワレンだが、水酸基は酸素分子ではなく水分子(H₂O)由来だし、ホパノールを合成する

他の生化学反応のいずれも酸素分子を必要としない⁵。つまり、コレステロールとは異なり、環境中に酸素分子がなくても水分子さえあればホパノールは合成できる。このことは、真核生物のほぼ全てが酸化的な環境に暮らす生き物(つまり酸素呼吸をする生き物)であるのに対し、真正細菌が海底下など酸素分子に欠乏する還元的な環境にも広く分布していることを生化学的に説明している。

その後知られるようになったことだが、真核生物の中でも原始的な生理生態をもつ原生動物の一部はステロールをもたず、代わりにテトラヒマノールと呼ばれる分子を細胞膜の成分として合成する(図)^{6,7}。テトラヒマノールは、ホパノールからステロールの間をつなぐ中間体だった可能性がある。

いずれにせよ、真正細菌から原生生物を経て多様な真核生物へと続く生物進化にともなって、細胞内で合成される生体分子にも進化が起きていたのである。こういった生化学的な進化が、地球環境の変化を反映しているのではないかと想像するのは私だけではないだろう。つまり、還元的なものから酸素分子をしこたま含む酸化的なものへと変化してきた地球環境と決して無関係なものでは

ないと考えるわけだ。地球大気中に含まれる酸素濃度の上昇は、46億年の地球環境の歴史において第一級のイベントであると同時に、細胞内で起こる反応の進化を促し、結果的に生物の進化を後押ししたと考えることができる。2000年に亡くなるまで Bloch は、生化学者の視点でそういった考えを論じ続けた⁸。

こういった生化学的な進化は、もちろん地質記録にも残される可能性がある。1999年に発表された論文⁹では、27億年前の堆積物中からステロールが報告され、それをもとに真核生物の進化時期が大きく時代を遡った。しかし、後にこれらが試料採取時の汚染であることが判明し、この内容は著者自身によって撤回されている¹⁰。テトラヒマノールが変質した分子も、27億年近く前に形成された堆積物中から見いだされている¹¹。しかしそれとて、27億年という長い間に堆積物中で暮らす微生物によって形成された可能性や、試料採取時に混入した可能性について厳密に評価されたものではない。地質記録に残される分子の証拠の一部は、堆積物中に暮らす微生物によって少しずつ上書きされていく。堆積物中からお目当ての化合物が出てきたからといって、それを「堆積物が形成された当時の記録」と単純に見なすのは危険である。地質記録の解釈は決して容易なことではないのである。

46億年におよぶ地球環境の歴史は、幸運なことに細胞の生化学にもしっかりと記録されている。地質記録とは異なる書き手が記した地球環境の歴史を紐解く研究は、まだ端緒についたばかりだ。しかし、それが垣間見せる姿は、すでに魅力に溢れている。

文献

- 1—K. Bloch: *Science*, **150**, 19(1965)
- 2—J. S. Mills & A. E. A. Werner: *J. Chem. Soc.*, **1955**, 3132 (1955)
- 3—M. Rohmer et al.: *J. Gen. Microbiol.*, **130**, 1137(1984)
- 4—T. T. Tchen & K. Bloch: *J. Am. Chem. Soc.*, **77**, 6085(1955)
- 5—M. Rohmer et al.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **76**, 847(1979)
- 6—R. L. Conner et al.: *J. Protozool.*, **15**, 600(1968)
- 7—K. Takishita et al.: *Biol. Direct*, **7**, 5(2012)

8—K. Bloch: *Blondes in Venetian Paintings, the Nine-Banded Armadillo, and Other Essays in Biochemistry*, Yale University Press.

9—J. Brochs et al.: *Science*, **285**, 1033(1999)

10—J. Brochs: pers. comm.

11—J. R. Waldbauer et al.: *Precam. Res.*, **169**, 28(2009)

コラム ドイツ環境政策通信 No.17

財テクにもなる、市民参加のエネルギー供給

今泉みね子 いまいすみ みねこ

環境ジャーナリスト、翻訳家、生態学専攻。ドイツ在住

だれでも発電、どこでも発電

太陽光はほとんどどこでも得られ、風力やバイオマス・ガスが利用できる地域も全国に散らばっている。だから、誰もが自分の家や地域で積極的に電力供給に参加することができる。再生可能エネルギー発電のこうした民主性が、従来の発電方法と大きく異なる点だ。実際、ドイツにおける再生可能エネルギー発電装置の所有者(投資者)の内訳を見ると、2010年(設備容量合計53GW)では「私人」(法人ではないという意味、以下個人とする)が40%、農家11%と、両者合わせて半数を占める(図)。個人企業まで含めれば、60%以上にもなる^{1,2}。一方、4大電力企業や他の電力企業(市営企業など)は合わせて13.5%にとどまる。太陽光発電装置だけに絞ると、個人が40%、農家が21%を占め、設備容量500kW以下の風力発電装置にいたっては、個人が占める率がほぼ70%である¹。最近の2年間に太陽光発電が急増し、2012年上半期には再生可能エネルギー源による発電量が消費電力の25%を突破した(本誌2012年11月号参照)理由の一つも、自分の家の屋根に太陽電池を備える人が急増したことにある。これはもちろん、再生可能エネルギー法によって電力買い取り価格が定められており、発電への投資がペイするからでもある。

こうした状況は、再生可能エネルギー源が化石・核エネルギー発電にとって代わることで、エ