

小さな生き物の大きな仕事

岡村 好子

先日、市民公開講座で化学進化から生物の誕生の話をしている際、原始地球の大気中二酸化炭素濃度は90%を超えていた、と言うと、前に座っていた初老の紳士は目をまん丸くして驚いておられた。こちらがびっくりする程であった。温室効果ガス、とりわけ二酸化炭素濃度が年々上昇し、地球の温暖化が危惧されている現在、一般の方々も二酸化炭素削減技術には高い関心を寄せている。2010年の世界の平均濃度は前年と比べて2.3 ppm増えて389.0 ppmと発表されている¹⁾。されど0.04%である。またまた予想外に低い濃度だったのか、先の方は驚いていた。

生命の誕生前、約100気圧だった大気中の水蒸気は雨となり、酸性の海洋を形成した。雨は陸上の金属イオンを海に流出させ、その金属イオン（主にNa, Kのアルカリ金属類）が海を中和すると、大気中の約100気圧の二酸化炭素が海洋に溶けるようになった²⁾。すると次の化学平衡に達する。



炭酸イオンは海洋中のカルシウム、マグネシウムイオンと結合して炭酸塩を生じ、これが大規模な石灰岩となった。これがドライビングフォースとなってさらに二酸化炭素は海洋に溶けた。これで10気圧まで減少したと考えられている。さらなる二酸化炭素濃度の減少には、微生物が深く関わった。ご存知のように、酸素発生型光合成を行うシアノバクテリアの出現によるところが大きい。それまで大気中には酸素は存在していなかったが、光合成により放出された酸素は鉄を酸化して岩石に閉じ込められ、次に大気に蓄積してオゾン層を形成した。オゾン層ができるまで生物は上陸できなかったのも、海洋の微細藻類（のちに大型藻類も）がすべての酸素を形成した。これほどの光合成が行われても、大気中には現在の10倍の二酸化炭素が存在していた³⁾。現在、陸上植物も手伝って、大気中酸素濃度は21%である。デボン紀終わりから石炭紀にかけて、酸素濃度は35%までに達した。シダ植物が巨木化した時代である。この時の二酸化炭素濃度は現在とほぼ同レベルまで低下した。枯死した巨木が石炭になるまで地中に固定化されたことが石炭紀の名の由来である。

酸素に注目すると、その劇的な変化から、相当量の二酸化炭素が固定化されたと思われるだろう。しかし、地球の約90%の炭素が石灰岩であると推定されており、大気中の二酸化炭素減少は生物学的な石灰化に負うところが実は大きいのだ⁴⁾。珊瑚や貝類、そして円石藻という微細藻類などが石灰化を行う。円石藻はココリスと呼

ばれる炭酸カルシウムの鱗を体内で生産して体表に並べるという生態をもつ(図1)。炭酸カルシウムの無機結晶は菱形であるのに、このココリスの結晶はハンマー型で精緻な結晶制御が行われているらしい。

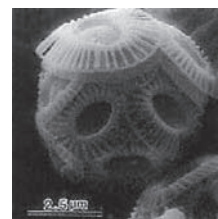


図1. *Emiliana huxleyi* のSEM写真

円石藻 *Emiliana huxleyi* は、7月頃に北大西洋で大規模な赤潮を引き起こす。1991年には250,000 km²の規模に及んだ⁵⁾。この種はジュラ紀から白亜紀にかけて大繁殖し、ドーバー海峡の「白亜の壁」(白亜紀の示準化石)を形成した。現存する生物と化石の二酸化炭素固定量の見積もりから、バイオミネラリゼーションが古代地球の二酸化炭素削減に大きく貢献したことは疑いの余地がない。そして現在、年間0.38 Gtの炭素が海洋で石灰化と溶解のサイクルで循環している⁶⁾。

1990年代、ヨーロッパではモデル生物として *E. huxleyi* の赤潮をモニタリングし、年間石灰化量の推定と、気候変動への影響を観察する目的のプロジェクトが始まった。日本でも円石藻の研究が拡大した。植物研究者が円石藻の炭酸固定メカニズムを解明しようとしていたころ、有機地球化学の分野では円石藻が作るアルケノン(炭素数37~39の不飽和長鎖ケトン)が海洋温度推定のバイオマーカーになると注目を集めていた。また、中近東の中生代起源の原油は円石藻の祖先に由来することも記述されていた⁷⁾。白岩は無酸素で円石藻を加熱し、300°Cで液体炭化水素、400°Cで天然ガスの原油と似た成分を生成することを確認した。石灰岩だけでなく化石燃料も円石藻に由来するところが大きいことになる。

産業革命以前、280 ppmだった大気中の二酸化炭素濃度は増え続けている。原油が燃やされ、酸性雨で石灰岩が溶解する。そして地球史での円石藻の足跡が大気へと戻っていくのである。

- 1) <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 2) 環境庁：環境白書(1997).
- 3) 平ら：岩波地球惑星科学講座13, 岩波書店(1998).
- 4) 長澤：Ship & Ocean Newsletter, 271号(2011).
- 5) Holligan, P. M. et al.: Global Biogeochem. Cycles, 7, 879(1993).
- 6) 小野寺, 岡崎: 東京学芸大学紀要 自然科学系, 57, 41(2005).
- 7) 白岩: JST News, 2月号(2012).