

電所事故の技術的知見に関する意見聴取会(第4回)及び建築物・構造に関する意見聴取会(第5回)の資料3-2「福島第一原子力発電所1号機非常用復水器(IC)作動時の原子炉挙動解析」である。

再循環系配管の非常用復水器が接続されている側(B)および接続されていない側(A)、主蒸気配管、非常用復水器の蒸気配管および戻り水配管、全5種の系統についていくつかの漏えい面積を仮定した解析が行なわれ、 $3\text{ cm}^2$ 程度の漏えいが起きた場合には原子炉水位が実測値より急激に下がるため、それ以上の破損は生じていないと説明している。

ところが結果の一部に、再循環系配管に $0.3\text{ cm}^2$ 以下の面積の漏えいが起きた場合の解析ケースがある(図)。見て明らかのように、漏えい面積が $0.3\text{ cm}^2$ では、漏えいがない場合と区別ができない。 $0.3\text{ cm}^2$ での漏えい量は、1時間あたり7.2トンにも達する。6~7時間続けば、炉心のむき出しが始まるほどの量である。

主蒸気配管を対象にした同様の解析でも、 $0.3\text{ cm}^2$ 以下の面積の漏えいでは、漏えいがない場合と区別ができないことが示されている。この場合でも、漏えい流量は $0.7\text{ トン/時}$ に達している。

このように大きな規模の量の漏えいであっても、このプログラムで再現できず、その結果、福島第一1号炉での配管からの漏えいを否定することはできないことがはっきりしてきている。

#### 参考資料

1—東京電力: MAAP 解析とコアコンクリート反応の検討について、第一回東京電力福島第一原子力発電所1-3号機の炉心損傷状況の推定に関する技術ワークショップ配付資料1-5, 2011年11月30日

<http://www.nisa.meti.go.jp/shingikai/700/12/001/1-5.pdf>

[http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts\\_111130\\_06-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_111130_06-j.pdf)

2—原子力安全・保安院: 安全上重要な機器への地震影響について、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会(第4回)及び建築物・構造に関する意見聴取会(第5回)配付資料3-1, 2011年12月9日

<http://www.nisa.meti.go.jp/shingikai/800/28/004/231209-3-1.pdf>

3—原子力安全基盤機構: 福島第一原子力発電所1号機非常用復水器(IC)作動時の原子炉挙動解析, 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会(第4回)及

び建築物・構造に関する意見聴取会(第5回)配付資料3-2, 2011年12月9日

<http://www.nisa.meti.go.jp/shingikai/800/28/004/231209-3-2.pdf>  
4—東京電力: 福島第一原子力発電所の事故状況及び事故進展の状況調査結果について

[http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu11\\_j/images/111222n.pdf](http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu11_j/images/111222n.pdf)  
5—原子力安全・保安院: 格納容器内圧力などのプラントパラメータを踏まえた事象進展に関する検討, 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会(第5回)配付資料3, 12月27日

<http://www.nisa.meti.go.jp/shingikai/800/28/005/5-3.pdf>

## コラム 分子で地球を読む No.4

### エコに暮らす深海底の微生物

大河内直彦 おおこうち なおひこ

高野淑識 たかの よしのり

野牧秀隆 のまき ひでたか

独立行政法人海洋研究開発機構(海洋・極限環境生物圏領域)

古細菌がもつ、ちょっと奇妙な代謝プロセスが発見された。

古細菌とは、かつては高温や高塩分といった特殊環境に暮らす風変わりな微生物だと考えられていた。しかし20年ほど前に、ふつうの海水中から多量に見出されるようになると<sup>1</sup>、その後は海底堆積物や土壌からも次々と見出され、実はどこにでも生息するありきたりな微生物でもあることが判明した。

それでも古細菌は、真正細菌、真核生物と並ぶ生物界の三大ドメインの一つであることに変わりはない。そして、他のドメインに属する生き物には見られないちょっと奇妙な生理生態をもっている。その一つが、「エーテル脂質」と呼ばれる特殊な構造をもつ膜脂質を合成することである。エーテル脂質とは、2本の長く分岐した炭化水素(イソプレノイド)が、エーテル結合によってグリセロールと結合したものである(図1)。そのグリセロールには、さらにリン酸基や糖鎖などが結合し、きわめて多様性に富んだ化合物群を作り出している<sup>2</sup>。これら一連のエーテル脂質が、古細菌の細胞膜の主成分となっているわけだ。それに対して、真正細菌や私たちを含む真核生物では、エーテル

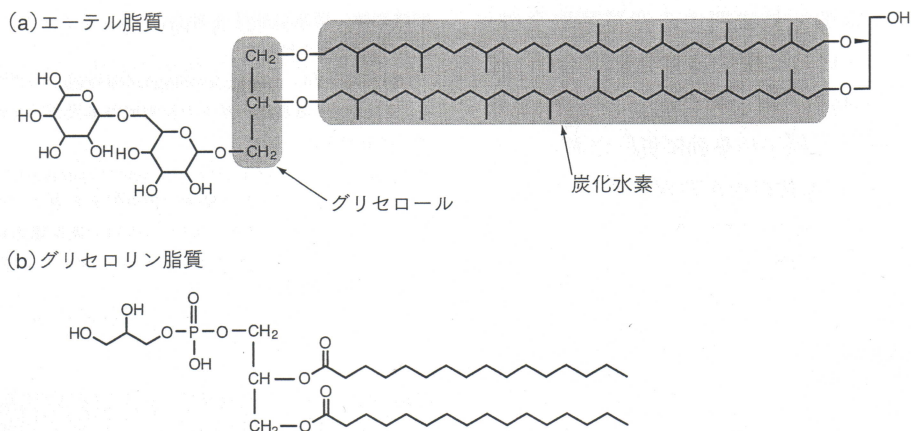


図1—古細菌の膜脂質であるエーテル脂質と、真正細菌がもつエステル型の膜脂質の一種グリセロリン脂質  
エーテル脂質の炭化水素部は、先祖から受け継がれたものが使いまわされている。

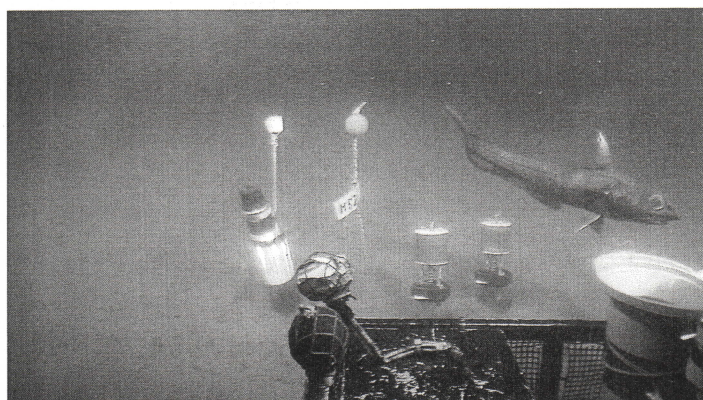


図2—無人潜水艇ハイパードルフィンを用いて深海底に培養装置を設置したときの様子

相模湾底、水深 1453 m の地点で、そばを泳いでいるのはソコダラの一種。

結合がエステル結合に、分岐した炭化水素が直鎖の炭化水素に置換された分子が細胞膜の主成分である(図1)。こういった成分は生き物が息絶えるといったん分解され、次の世代はまたイチから合成し直すものと漠然と考えられてきた。

私たちがこのエーテル脂質に関わる奇妙な代謝プロセスを見出したのは、そもそも深海底に<sup>13</sup>Cでラベルした餌(グルコース)を散布した世界初の「深海底古細菌現場培養実験」がきっかけだった(図2)<sup>3</sup>。相模湾の水深およそ 1500 m の地点に、無人潜水艇を用いて「培養器」であるパイプを数本海底に設置し、いずれもその上部につけたシリンジから餌を撒くのである。餌を撒いて数日後、そして1年後に再びその場を訪れ、そのパイプ

を内部の泥とともに回収する。目印もない海で、海底の暗闇の中にある小さな培養装置をピンポイントで見つけ出すだけでなく、培養装置を適切な深さにまで突き刺すことや、高圧環境の中で餌を散布するなど、どの作業をとってもそこには技術とノウハウが詰まっている。こういった海での作業や実験は、想像よりもはるかに難しいものである。海の現場で長年培われてきた数々の技術が、陰で研究を支えている。

とにかく筆者らは、その堆積物試料の中から古細菌が合成するエーテル型脂質を単離し、さらにグリセロールと炭化水素に分離したうえで、<sup>13</sup>Cの取り込みの度合いを調べた。すると、グリセロールは時間とともに<sup>13</sup>Cに染まっていく一方で、



不思議なことに炭化水素は1年を経た後も、全くといっていいほど $^{13}\text{C}$ に染まっていなかった<sup>4</sup>。つまり海底に生息する古細菌は、次から次へと世代交代を繰り返していくなかで、環境中から取り込んだ餌を「消化」してグリセロールをどんどん合成していた一方、炭化水素はほとんど合成していなかったのだ。

このアンバランスの帳尻は、どうやら自分たちの先祖がかつて合成した炭化水素を「リサイクル」することで合わせられていたようだ<sup>4</sup>。言い換えると、「周囲に落ちていた」ご先祖様のかけらを取り込んで、それをそのまま使いまわしていたのである。炭素数が40、質量数550以上もある炭化水素を細胞内で合成するのは、目にも見えない小さな微生物にとって少なからぬエネルギーを必要とすることだ。リサイクルという究極のエコ戦略をとることでエネルギー・コストを削減し、エネルギーに枯渇しがちな深海底に適応しているわけだ。

もっとも以前から、ある種の分子については、こういった世代を超えたりリサイクル・プロセスは知られていた。独立栄養生物によって合成されたアミノ酸やビタミンだけでなく、DNAまでもが捕食を通して従属栄養生物に取り込まれ、そのままの形で利用される<sup>5</sup>。だから、今回新たに発見された古細菌がもつ代謝は、生化学プロセスとしては決して目新しいことではないのかもしれない。しかし、炭化水素という二次代謝物で、業界的にはいわばダークホース的な存在までもが、リサイクルされるという事実は新鮮な驚きだった。今後、調べれば調べるほど、リサイクルされる分子のリストは長くなっていくことが予感される。

従属栄養生物にとって「食べる」という行いは、単にエネルギーや必須の栄養を取るためだけにすることではないようだ。環境によりよく適応できるように、生命装置のありとあらゆる構成材料を集めるプロセスとしても機能しているのである。

大量生産と大量消費が当たり前の現代社会に暮らす私たちの目には、先祖から受け継いだ物を大切に使い続ける古細菌の暮らしは、改めて斬新に

映る。もっともこの古細菌とて、エネルギーや栄養に富んだ環境にいけばじゃばじゃばとエネルギー消費に走るから、このあたりは人間と同じである。つまり、環境に応じて生き方をころりと変えてしまえる柔軟性こそがこの小さな生き物の特性であり、地球史を通して繁栄し続けている理由なのであろう。

#### 文献

- 1—E. F. DeLong: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **89**, 5685(1992)
- 2—Y. Koga et al.: Microbiol. Rev., **57**, 164(1993)
- 3—H. Nomaki et al.: Mar. Ecol. Prog. Ser., **310**, 95(2006)
- 4—Y. Takano et al.: Nature Geoscience, **3**, 858(2010)
- 5—R. J. Redfield: J. Hered., **84**, 400(1996)

#### コラム 私たちの超兵器 No.5

### 地震は兵器だ！

植木不等式 うえき ふとうしき  
サイエンスライター

1995年の兵庫県南部地震、2004年のスマトラ沖地震、2010年のハイチ地震、そして2011年の東北地方太平洋沖地震——大震災が起こるたびにささやかれる言説がある。「これは地震兵器によるものだ！」。カルト信者から政府官員によるものまで、こうした主張のコレクションは枚挙にいとまがない。米国の秘密兵器という説が“有力”なようだ。具体例はネットで検索すればすぐに見つかる。

ここでは仔細をひとつひとつ取り上げて難ずるかわりに、現実と想像力の中間領域にたたずむ地震兵器というイメージの点景を、歴史の中からピックアップしてみたい。

### 「この大地震は西洋で起したんださうですが」

地震兵器という想念はけっして新しいものではない。1923年9月、関東大震災の発生直後に大塚警察署に駆け込んできた男は、こんなことを言ったという。