

- 1) Sode, K. *et al.*: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **37**, 369 (1992).
- 2) Matsunaga, T. *et al.*: *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **28/29**, 157 (1991).
- 3) Bruns, B. U. *et al.*: *J. Bacteriol.*, **171**, 901 (1989).
- 4) Chiang, G. G. *et al.*: *Plant Physiol. Biochem.*, **30**, 315 (1992).
- 5) Chiang, G. G. *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **89**, 9415 (1992).

海底熱水噴出孔の二枚貝とメタノトローフとの細胞内共生

鳥取大学工学部 加藤暢夫

最近、特殊環境に生息する微生物の研究が急速に進展しており、生物工学的観点からも高い関心が寄せられている。この特殊環境のひとつに、海底の熱水噴出孔があり、「しんかい6500」のような深海潜水調査船の開発により、新しい熱水噴出孔の発見とともにその付近に存在する生物が詳しく研究され、その生態について、これまでの生物学の常識を超えるような新しい事実が明らかになってきている。この熱水噴出孔付近の生態環境の特徴は、高温、暗黒、および、還元型無機物に富んだ海水組成などである。還元型物質としては、 H_2 , H_2S , NH_3 や各種の金属イオンがあり、メタンや CO_2 の炭素化合物も多量に存在する。したがって、ここに存在する生物は超好熱性のものが多く、光合成に依存しない特異な食物連鎖を形成している。たとえば、熱水中のさまざまな還元物質をエネルギー源として CO_2 を還元・同化する化学独立栄養細菌がまず有機物を生合成し、食物連鎖の第一生産者となる。この場合、これらの細菌は管虫や二枚貝、エビ類の組織の中に存在し、共生関係を営んでいる場合が多い。これまでに確認された例としてもっとも多いのは H_2S などの硫黄化合物をエネルギーとして利用し、炭酸固定を行う化学独立栄養細菌の細胞内共生である。

Cavanaugh らは、大西洋中部の海嶺に発見された熱水噴出孔付近に生息する二枚貝の一種 (Mytilidae) の組織を電子顕微鏡観察し、そのエラの部分に細胞の大きさが異なる2種の細菌が共生していることを認め、その一方がメタノトローフ (メタン酸化性菌) に特徴的な細胞内膜組織をもっていることを見いだした。¹⁾ メタノトローフは一般に細胞内膜組織の形態からタイプⅠとⅡに分けられるが、この細菌は *Methylococcus capsulatus* に代表されるような、細胞内にディスク状の膜組織をもつタイプⅠの形態をもっていた。この組織の抽出液中の酵素活性を測定したところ、カルビン・ベンソンサイクルの指標酵素である RuBisCo の活性は見いだされず、メタン酸化経路上の酵素であるメタノールデヒドロゲナーゼが有意な活性で検出された。メタノトローフに見られる膜組織はアンモニアや亜硝酸の酸化を行う独立栄養細菌にもあるが、この共生細菌は、 CO_2 の固定系をもたず、メタノールデヒドロゲナーゼをもつことから、メタノトローフであると結論している。これが細胞内共生の状態でメタンを利用する能力を保持し、メタン由来の有機物をこの二枚貝に供給しているならば、当然のことながら、メタンモノオキシゲナーゼがあるはずである。しかし、この活性の試験は、試料の制限があって行っていない。

これまでも、太平洋の海嶺やメキシコ湾の熱水噴出孔付近の二枚貝のエラにメタノトローフが細胞内共生していることを裏付ける事実が報告されている。²⁾ 細胞内共生しているメタノトローフが宿主の生物に実際に栄養を供給しているかどうかを予想するには、その生息地付近の環境中に存在するメタンの安定同位体炭素含有率 ($\delta^{13}C$) と細菌が共生している組織の $\delta^{13}C$ 値を比較する方法が有効であり、太平洋の熱水噴出孔では、特に二枚貝に限ってメタノトローフの細胞内共生を示唆する $\delta^{13}C$ の近似が認められている。一方、大西洋の二枚貝では、従来知られているものよりも、 $\delta^{13}C$ 値の一致度が低かった。しかし、著者らは種々の要因を考え合わせると、この不一致は宿主とメタノトローフとの栄養的相関性を否定するほどのものではない、と述べている。

いずれにしても、熱水噴出孔付近の海水中に生息する動物の組織にメタノトローフ特有の形態をもつ細菌が細胞内共生し、動物の栄養が細菌のメタン代謝に直接依存している可能性のあることは興味深い。これまで分離されたメタノトローフのほとんどは偏性メチロトローフであり、メタンやメタノールなどの C_1 化合物が存在するところにのみ生存できるものであり、そのメタンモノオキシゲナーゼの反応の多様性から、生態系の物質循環に重要な役割を演じていることも指摘されている。また、 C_1 化合物固定系の一種のリブローズモノリン酸経路が炭酸固定経路に比べていちじるしく発エルゴニックであることから、代謝進化の上からも注目されている。³⁾ それらに加えて、ここに述べたような海底動物との細胞内共生は、生態系での物質循環のしくみやその進化の過程を明らかにする上で、メタノトローフが重要な生物種であることを示唆するものと言える。

- 1) Colleen, N. *et al.*: *Appl. Environ. Microbiol.*, **58**, 3799 (1992).
- 2) Brooks, J. M. *et al.*: *Science*, **238**, 1138 (1987).
- 3) 加藤：蛋白質・核酸・酵素, **26**, 2157 (1981).