



メタンの消滅 (Sink) と微生物

稲富 健一

New York Times のWeb版に、緑色の串団子みたいな写真が掲載された。真ん中は赤く、見出しには「メタンを食べる微生物」とある。この画像は深海から分離された嫌気性メタン酸化古細菌 (ANME) と硫酸還元菌 (SRB) 微生物コンソーシアの蛍光顕微鏡写真で、赤色のANMEを緑色のSRBが取り囲んでいるのだという。本稿では、この「メタンを食べる微生物」について紹介しよう。

メタンは現在、大気中に1.8 ppm 存在する。これはCO₂より2桁少ない濃度だが、そもそも温室効果への寄与がCO₂の20倍以上であるほか、近年の濃度増加が急激なため、大きな問題となっている¹⁾。最も多い発生源 (source) は湖沼などの湿地や水田で、次に化石資源採掘における漏出や家畜など人為的な発生源から放出されている。また、近年発見されたメタンハイドレートの分解が温暖化をさらに加速しているとの報告もある。メタンハイドレートは、一定の温度圧力条件 (低温高圧) で安定に存在する、水分子に囲まれたメタンの固体で、深海底や永久凍土の下に分布している。なお、その他の発生源として植物からのメタン発生も最近話題になっているが、現在論争中である²⁾。

メタンは①石油などの熱分解、②微生物の二つから生成される。湿地や水田からの発生は②の微生物、すなわちメタン生成古細菌によるもので、天然ガスの一部やメタンハイドレートの形成にもメタン生成古細菌が関与している。なお、メタンが消滅 (sink) するときは、放出された大気中でほとんどが $\cdot\text{OH}$ と反応して分解され、一部は土壌表層の好気性メタン酸化細菌によりCO₂に酸化される。

以上、前置きが長くなったが、このメタンの消滅に深海の嫌気性微生物が関与しているのでは?と注目されているのが、冒頭の微生物である。メタンハイドレートの資源量の見積もりは色々だが、天然ガスより1~2桁多いとする予想が大半を占める。これが温暖化による気温上昇の影響で分解され大気中に放出されたら一大事。そこで、この“メタンを食べる微生物”が脚光を浴びているのである。

カリフォルニア工科大の研究者らは、FISH法と免疫磁性ビーズ法を組み合わせることで、カリフォルニア北部の海底にあるメタン湧出口付近の堆積物から微生物コンソーシア (ANMEとSRB) を分離することに成功した³⁾。この方法はmagneto-FISH法と名付けられた。解析の結果、嫌気性メタン酸化古細菌はANME-2に属す

ることが分かった。ANME (anaerobic methane-oxidizing archaea) は16S rRNA 遺伝子配列の違いから1~3に分類され、それとの共生細菌は、クローン数において硫酸還元能をもつデルタプロテオバクテリアが最も多く、次いでベータプロテオバクテリアが多かった。

この微生物コンソーシアを構成するANMEとSRBを仲介する中間代謝物に関して、ペンシルバニア州立大の研究者らが新しい結果を発表している⁴⁾。従来は、海底での嫌気性メタン酸化反応はreverse methanogenesis (逆メタン生成反応) で進行していると予想され、ANMEとSRBを仲介する代謝物の一番の候補は、メタン生成古細菌とSRBの両方の基質である水素であった。しかし、嫌気性メタン酸化反応が水素の影響をほとんど受けないことから別の化合物が探索され、methyl sulfidesがこの反応を阻害することが分かった。今後、メタンチオールなどを中間代謝物としたANMEとSRBの相互作用がさらに明らかになると期待される。

これらの微生物コンソーシアなどが海洋からのメタン放出の80%を防いでいるとの報告もあり、メタンの発生源としての海洋の割合は、湿地や水田などに比べてはるかに小さい。また、海底での温度変化は深海になるほど時間がかかるので、温暖化によるメタンハイドレート分解の影響が出るのはかなり先との予想もある。むしろ、永久凍土下にあるメタンハイドレートが気温上昇に伴って分解される問題のほうが切迫しており、資源量から見ても今後の温暖化への影響が大きいと、詳細な調査が待たれる。

これまで、メタンの発生に微生物が大きく関与していることは認知されていたが、消滅への微生物の寄与は、大気中での分解に比べて少ないと見積もられてきた。今回、“メタンを食べる微生物”の微生物コンソーシアが分離されたことにより、ようやく今、微生物による嫌気性メタン酸化が地球規模の炭素サイクルでどのような役割を果たしているか、どのようなメカニズムか、どれくらい温暖化防止に寄与しているかの研究が始まったところである。

- 1) Loulergue, L. *et al.*: *Nature*, **453**, 383 (2008).
- 2) Dueck, T. *et al.*: *New Phytol.*, **178**, 693 (2008).
- 3) Pernthaler, A. *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **105**, 7052 (2008).
- 4) Moran, J. J. *et al.*: *Environ. Microbiol.*, **10**, 162 (2008).