

## 何気にホットな古細菌

村上 僚

古細菌という生物をご存知だろうか？現在、生物分類は3ドメイン説が主流であり、地球上の生物は、ヒトや酵母などを含む真核生物ドメイン、大腸菌や乳酸菌などを含む細菌ドメイン、そして古細菌ドメインに分類されている。古細菌の外観は細菌とさほど変わらないように見えるが、生命システムには大きな違いがある。たとえば、生命活動の基幹となるタンパク質合成に注目すると、古細菌は、細菌と真核生物のシステムの両方が混在する独自のシステムを持っていることが知られている<sup>1)</sup>。古細菌の大きな特徴の一つは、我々から見れば非常に過酷な環境で生育する種が多いことであり、彼らは海水の10倍以上の高塩濃度である死海や、100°Cを超える海底熱水噴出孔周辺にも生息している。高温の海という環境は、始原地球環境に似ており、古細菌は原始的地球環境でも生育が可能であったことが示唆される。そのため、古細菌の生命システムを理解することは、生物の進化過程を解明する上で重要であり、盛んに研究が行われている。その一例として、2008年に超好熱性古細菌の中では珍しく好気性を示す *Aeropyrum pernix* の抗酸化タンパク質であるペルオキシレドキシンの立体構造解析が行われ、活性酸素の一種である過酸化水素を水に還元するメカニズムが解明された<sup>2)</sup>。酸素は生物が呼吸するために使われるが、同時に、強力な酸化作用をもつ活性酸素種に変化して細胞にダメージを与えるため、生物には活性酸素から身を守るシステムが必要である。*Aeropyrum pernix* における抗酸化メカニズムの解明は、生物がどのように好気的条件下に進出したのかを考える上で重要なヒントを与える可能性がある。

また、古細菌の研究は、基礎研究だけではなく、産業利用を目指した応用研究についても盛んに行われている。有名なものとして、メタン合成古細菌を利用した排水・廃棄物処理法であるメタン発酵法の開発があげられる。食品加工業では特に有機物の排出が多いため、その排水処理には主に微生物が利用されている。一昔前から主流であった活性汚泥法は、好気性の微生物を利用して有機物を分解させるシステムであるが、処理槽に空気を送り込むブローの消費電力、発生する余剰汚泥の処理など、コスト面や環境負荷面で問題があった。それに比べて、メタン合成古細菌を用いたメタン発酵法では、嫌気条件下において、細菌による多糖類やタンパク質といった有機物の分解と共役し、汚泥中の炭素を最終的にメタンとして気相へ放出するため、活性汚泥法の問題点をク

リアすることができると期待されている。現在では、省エネルギー型好気処理法とメタン発酵法を組み合わせることで、高効率かつ低コストの排水処理が実現しつつある<sup>3)</sup>。また、放出されたメタンを発電に利用する技術の開発も進んでおり、エネルギー循環型の産業モデルとしても有望視されている<sup>4)</sup>。

さらに、古細菌のような極限環境下で生育する生物由来の酵素は、極限酵素 (extremozyme) と呼ばれており、古細菌の菌体のみならず、それら酵素の利用も注目されている。その利用例の一つが、ごく少量のDNAを指数関数的に増幅する技術であるポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) 法である。現在、PCR法は、食品中の微生物検査、感染症の検出、DNA鑑定など、基礎研究の分野を超えて幅広く利用されている。PCR法は、DNAの二本鎖を解離させるステップ、プライマーを鋳型DNAに会合させるステップ、そしてDNAポリメラーゼがDNAを増幅するステップを繰り返すことによりDNAを増幅するが、DNAの二本鎖を完全に解離させるには90°Cを超える高温条件が必須である。好熱菌由来の極限酵素は、高い熱安定性をもつことから、PCRの各サイクルで失活することがなく、現在のPCR法に使われるDNAポリメラーゼの主流となっている。特に超好熱性古細菌 *Thermococcus kodakarensis* や *Pyrococcus furiosus* の  $\alpha$  型DNAポリメラーゼには強力な校正機能が備わっており、長鎖DNAの複製においてもエラーすることなく厳密に複製を行うことができる。そのため、好熱性古細菌由来のDNAポリメラーゼは、基礎研究や遺伝子検査の精度を上昇させることに一役買っているのである<sup>5)</sup>。

古細菌は、生き物は到底住んでいないと思われる環境においてひっそりと暮らし続けている。夏は海へ、冬は温泉へ行く人も多いと思うが、そんな時、まだまだ不思議の多い彼らのことを考えてみてはいかがだろうか。

- 1) Bell, S. D. et al.: *Trends Microbiol.*, **6**, 222 (1998).
- 2) Nakamura, T. et al.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **105**, 6238 (2008).
- 3) 国立環境研究所：環境儀, No. 35 (2010).  
<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/35/02-03.html>
- 4) 古市 徹 監修, 有機系廃棄物資源循環システム研究会 編著：バイオガスの技術とシステム, オーム社 (2006).
- 5) 石野良純：生物工学, **90**, 649 (2012).