

深海微生物の生態と利用の可能性

東京大学海洋研究所 大和田紘一

体内にガス相を多く保有する動物に比較すれば微生物は一般に圧力にある程度の耐性を持っているといわれ、細菌類の多くは数十気圧 ($1\text{kg}/\text{cm}^2$ の力に相当する、以下atmと略す) の圧力を加えても増殖し得る。しかし、地球表面の約70%を占める海洋の場は面積が広いだけでなく、厚みを持っており、最も深い海溝といわれる部分では11000mにも達する。世界の海を総括的に眺めてみると、水深が200mまでの海底の面積は全体の8%に過ぎないし、また1000mまでをみても12%にしかない。即ち1000mより深い部分の面積が88%にも達していることになる。このように地球上で大きな場を占める深海域の環境は、低温、太陽光の到達しない暗黒、希薄な利用し得る有機物濃度と高い水圧などの因子が考えられる。この中で水圧は深海特有の因子であり、10m増すごとに1atm増すことから世界の海の平均水深である3800mにおいては380atmが、また最も深い場所では1100atmの水圧を受けて生活していることになる。

海の微生物の中で、特に深海域に棲む微生物にとっては高い水圧が制限要因になっているのではないかということから圧力と微生物の増殖に関する研究が行われてきた。陸上起源の細菌や圧力に耐性を持つ海洋細菌を用いて高い圧力が増殖や代謝活性に抑制的に働くメカニズムについて、(1)エネルギー獲得系の障害、(2)酵素反応の阻害、(3)タンパク質や核酸など高分子化合物合成の阻害、(4)膜透過性の阻害などの面から研究が行われてきた。

最近の約10年間の間に、現場圧力を保持してのサンプリングやその後の培養などの進歩によって上記の非常な厳しい極限環境にも適応してそこでなければ生活の出来ないタイプの新しい好圧細菌が見いだされ、培養株として得られるようになった。これらの細菌は常圧の陸上環境では増殖することが出来ないばかりか、そのまま放置しておくとも死滅してしまう。これらの細菌の増殖に対する圧力の影響を詳しく調べてきた米国スクリップス海洋研究所のYayanos博士によると、深海域に長い時間をかけて適応してきたこれら好圧細菌の多くは次のような性質を示しているという。(1)これらの好圧細菌は一方では好冷細菌で少なくとも 10°C 以下で培養する必要がある、(2)温度に対して好冷性を示すだけでなく狭温性も示し急激な温度変化を嫌う、(3)このような好圧性を示す深度は約2000mに棲息する細菌から認められる、(4)好圧性の性質は深度の深い場に棲息する細菌ほど強くなる(5)これらの細菌は紫外線に非常に感じ易い。好圧性を示す細菌の例を図1に示す。また彼らは培養の圧力条件が増すに従って細胞膜脂質中の不飽和脂肪酸の割合が高くなることや、長鎖の多不飽和脂肪酸が好圧細菌には認められその含量が細菌

の至適圧力条件で最も高くなることも認めている。

本当の意味の絶対好圧性細菌が分離されてまだ数年しか経っておらず、そのメカニズムについては今後の研究に期待されているが、今後とも深海域にはこのように今まで知られなかった性質を持つ細菌の類が発見されて、その遺伝子資源として注目される可能性は充分にある。

また、生態的にみても深海域には高い圧力に抵抗してかろうじて生きている微生物が多いのか、それともそれぞれの深度に充分適応してそこを最も好適な場としている微生物が優占しているのかについては非常に興味のあるところである。

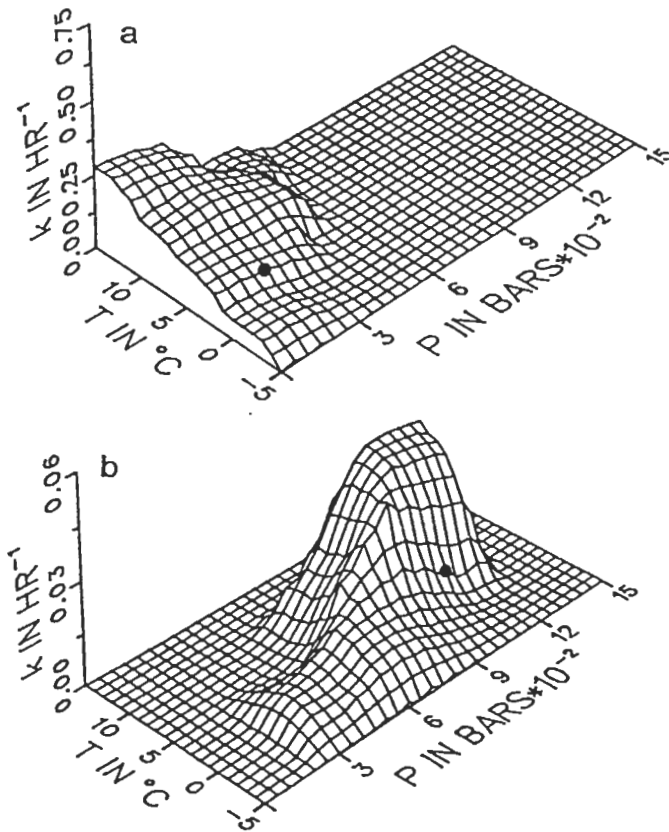


図1. 深海から分離された細菌2株を培養した時の圧力と温度変化に伴う増殖速度の変化を三次元的に表示した図。圧力単位は1atm=1.01325barsに相当する。図の中の黒い点はその細菌が採取された深度（水圧の大きさを表示）と水温を示す。

これまでは深海の微生物については貧栄養の高水圧条件に抗して生きてゆく微生物に関する研究が主であった。しかし、この十数年の間に地球内部の活動に伴

って深海の海底から湧く高温または低温の湧水中に溶けた物質をエネルギー源とする化学合成細菌の存在が明らかになってきた。これは海洋底において新しい海底が作り出される場所や、このプレートが沈み込むような場所にみられる。このような場所においては生物相が特異のみならず非常に高い生息密度と現存量が目された。一般に大洋底の底生生物の現存量は湿重量で $1\text{g}/\text{m}^2$ と考えられるのに対して局部的とはいえ、 $15\text{kg}/\text{m}^2$ にも達する無脊椎動物群集が認められた。海洋表層の植物プランクトンによって生産された有機物が海底に供給されて深海のこれら高密度な生物群集を支えているとは考えにくい。一連の微生物や生物に関する研究を通じて、湧水から供給される硫化水素やメタンなどの還元物質を酸化し得る化学合成細菌が(1)湧水の中に高密度に含まれる(2)湧水にさらされている様々な基盤表面にマット状に増殖している(3)群集の中の生物内に共生しているなどのことが分かり、地球内部から湧き出てくる還元生物質を化学合成細菌が利用して増殖し、高密度の生物群集を維持している源になっていることが明らかになってきた。この中にはやはり今まで知られなかった微生物群が多く認められる。

今回はこのような深海域の微生物群集とその生態について紹介すると同時に、それらの微生物の利用の可能性について考えたい。