

黒酢と生物代謝の狭間で考えたこと

東京大学大学院農学生命科学研究科 応用生命工学専攻 准教授

農学博士 石井 正 治

1. 生物の代謝と酢酸

地球上に最初に出現した生物は如何なる代謝様式で生育していたであろうか。全ての炭素化合物を炭酸ガスから合成できる独立栄養生物であったのだろうか。それとも、我々人類のような従属栄養生物であったのだろうか。何れにしても、現在の地球上では、全ての従属栄養生物は、その細胞を構成する

殆ど全ての炭素源を、独立栄養生物の炭酸ガス固定代謝に依存している。なお、独立栄養生物の炭酸ガス固定経路には大きく4種類のもの知られている。即ち、カルビンベンソンサイクル（以下、カルビンサイクルと略す）、アセチルCoA経路、還元的TCAサイクル、3-ヒドロキシプロピオン酸サイクルの4種類である。ただし、人類が直接的に目にする生物圏で主に機能しているものは、カルビンサイクルである。カルビンサイクルが全ての高等植物や多くの光合成微生物で機能しているという事実を挙げるだけでも、その生態的重要性は理解されよう。

さて、カルビンサイクルにより直接生産される物質は、3単糖（3-ホスホグリセリン酸）である。しかしながら、3単糖は貯蔵性が悪いので、植物は6単糖にまでさらに変換する。さらに、単糖は易分解性であり、他の化合物への変換も受け易い。そのため、種子中の栄養源などとしては、6単糖をポリマー化したデンプンを用いている。構造多糖の代表とも言えるセルロースも、勿論6単糖のポリマーである。

このようにして、独立栄養生物により6単糖のポ



リマーが作られている。それでは、独立栄養生物の炭酸ガス固定代謝に依存している従属栄養生物は、どのような物質代謝系を進展させているのが自然だろうか。6単糖代謝系を各種用意しておくのが妥当と言えよう。実際、解糖系、ヘテロ乳酸発酵経路、エントナードドドロフ経路、ピフィズム経路、と、主要なものだけでも4種類を挙げることができる。

生物の代謝を酸素の関与という側面から見ると、好氣的代謝と嫌氣的代謝とに分けることができる。好氣的代謝は酸素を最終電子受容体として用いる好氣呼吸とも考えられる。一方嫌氣的代謝はさらに2種類に分けることができる。即ち、嫌氣呼吸と発酵である。嫌氣呼吸とは、酸素以外の酸化物質を最終電子受容体とする代謝系である。用いられる最終電子受容体としては、硝酸（硝酸呼吸、脱窒）、硫酸（硫酸呼吸）、三価鉄、各種酸化状態にある金属化合物、などがある。嫌氣呼吸時においては、上述の化合物が最終電子受容体として機能する。そのため、有機物の分解は好氣呼吸時と同様に、炭酸ガスまで進行し得る。なお、上述はしていない嫌氣呼吸代謝として、亜硝酸とアンモニアから窒素ガスを生じる、アナモックスと呼ばれているものがある。これも嫌氣呼吸であるが、有機物分解とは直接にリンクしていない。寧ろ、アナモックス菌の独立栄養的炭酸ガス固定代謝系（アセチルCoA経路であると言われている）に、エネルギーを供給している代謝系と捉えることができる。

呼吸と発酵という言葉も整理しておきたい。呼吸とは、膜の内外に電気化学的ポテンシャル差を生じ