



館長だより

山形県産業科学館

令和 7 年 9 月 9 日(土)

発行 館長 加藤 智 一

嫌気性細菌の絶妙な関係

ニュースで、時折話題に上ることに、下水道の点検作業中に起こる死亡事故があります。その多くは、転落による外傷が原因ではなく、硫化水素 (H_2S) による中毒が原因である場合が多いようです。硫黄系の温泉が湧き出ているわけでもなく、近くに火山性ガスの噴出口があるわけでもないのに、なぜこのようなことが、比較的都会の片隅で起こるのでしょうか。聞くとところによると、同様の危険性は、洋上風力発電の内部や、コンクリートで覆われ、鉄扉で守られた地下空間でもおこりえるのだとか。また、近年、地球温暖化の原因物質として益々その存在感を増している二酸化炭素ですが、次いで家畜の「げっぷ」とともに、温室効果が二酸化炭素の約 30 倍であるメタンの、大きな排出源となっているのが水田です。2021 年の COP26 においては、2030 年までに 2020 年比でメタン 30%削減を目標とするグローバル・メタン・プレッジが多く の国に賛同されています。硫化水素 (H_2S) にしても、メタン (CH_4) にしても、これらの主たる発生原因は、何とも小さな嫌気性細菌の成せる技なのだとか。その主役達をご紹介します。

(1) 鉄還元窒素固定菌

酸化鉄を呼吸に用い、窒素ガスをアンモニアに変換し窒素養分として菌体を合成し増殖する土壌細菌です。やがてこの細菌が死んで菌体が分解するとアンモニウムイオンが放出されて植物が窒素養分として利用できます。水田土壌細菌の優占種であり、土壌の窒素肥沃度の維持に重要な役割を果たしています。

(2) 鉄生成細菌

鉄還元細菌 (Fe(III) 還元菌) は、酸化鉄 (Fe^{3+}) を電子受容体として利用し、還元鉄 (Fe^{2+}) に変換することでエネルギーを得る微生物です。代表的な属には *Geobacteraceae* や *Anaeromyxobacter* などがあり、水田土壌に多く存在します。酢酸やキシランなどの有機物を炭素源として利用し、同時に窒素固定も行うことが知られています。

(3) 硫酸還元菌

硫酸塩 (SO_4^{2-}) を電子受容体として利用し、硫化水素 (H_2S) に還元する細菌群のことです。細菌と古細菌の両方が存在し、代表的な属には *Desulfovibrio* や *Desulfobacter* などがあります。有機物の分解を

助け、炭素・硫黄循環に貢献している一方で、硫化水素の生成により、温泉地や下水施設で中毒事故の原因になることがあります。また、硫化水素は金属やコンクリートを腐食し、インフラ劣化の一因にもなります。さらに一部の種は、メチル水銀を生成し、水系の汚染源となることもあります。

(4) メタン生成菌

メタン生成菌 (メタン菌) は、酢酸や $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ を基質としてメタンを生成します。一方、鉄還元細菌も酢酸を炭素源として利用するため、同じ資源を巡って競合が起こります。酢酸が鉄還元菌に優先的に利用されると、メタン生成菌の活動が抑制され、メタン排出量が減少します。東京大学の研究では、水田土壌に酸化鉄 (フェリハイドライト) を添加すると、鉄還元窒素固定菌が活性化し、メタン生成菌の遺伝子発現が減少することが確認されています。

小難しい事述べてきましたが、ここで鉄生成細菌と硫化水素の関係性についてまとめてみましょう。嫌気性環境下では、硫酸還元菌が硫酸塩 (SO_4^{2-}) を還元して硫化水素 (H_2S) を生成します。硫化水素 (H_2S) は動物だけでなく、水稻の根などにも毒性を持ち、根腐れや生育障害の原因になります。ところが、鉄生成細菌は、酸化鉄 (Fe^{3+}) を還元して Fe^{2+} を生成し、さらに Fe^{2+} は硫化水素と反応して硫化鉄 (FeS) を形成し、硫化水素 (H_2S) を土壌中で固定・沈殿させる働きがありますので、結果として、硫化水素の濃度が低下し、植物への毒性が軽減されることになります。うまくできていると思いませんか。

実はこの話、ペルム紀末 (2 億 5200 万年前) や暁新世末 (5500 万年前) に起きたとされる大量絶滅のシナリオに関係した話でもあるのです。ペルム紀末の海洋は、海洋無酸素事変により嫌気性微生物が増大し、猛毒硫化水素で満ちていました。そうです、海の生物の大量絶滅が引き起こされた理由がここにあります。

