

新規嫌氣的アンモニア酸化微生物の発見と その反応機構の解明

Identification and mechanistic elucidation of novel microbial anaerobic ammonia oxidation

東京都立大学 春田 伸



【背景・目的】アンモニアは生態系における窒素循環の鍵化合物である。しかしアンモニアを電子源とする嫌気微生物に関する知見は未だ乏しい。酸素非発生型光合成細菌は環境中に広く分布しており、代謝多様性が高く、有機物をはじめとして、水素ガス、硫黄化合物、鉄、亜硝酸などさまざまな化合物を嫌氣的に酸化する。熱力学的考察からアンモニアを嫌氣的に酸化する光合成細菌の存在が古くから予想されていたが¹⁾、未発見である。本研究では、嫌気条件下でアンモニアを酸化し二酸化炭素を炭素源として生育する光合成細菌を自然環境から探索し、その代謝反応を明らかにすることを目的とした。

【方法・結果】陸上の地熱地帯から採取した土等の環境試料を、アンモニアを含む無機合成培地に接種して培養することで、光照射条件下で嫌氣的に生育する集積培養系を得た。この集積系には、糸状性酸素非発生型光合成細菌である *Chloroflexus* 属細菌が優占し、その他、硫酸還元細菌や *Armatimonadota* 門や *Bacteroidota* 門に分類される未培養細菌が共存していた。*Chloroflexus* 属細菌の独立栄養生育能について永らく議論されていたが、近年、水素ガスや硫化水素を電子源とした光合成独立栄養生育および好気化学合成独立栄養生育が知られるようになってきた²⁾。*Chloroflexus* 属の分離株についてその生育特性を解析したところ、アンモニアを含む無機合成培地で嫌氣的に光合成生育することが分かった。生育に伴うアンモニアの消費量は、水素ガスを添加した条件に比べ顕著に多く、アンモニアが窒素源以外にも利用されていると考えられた。しかし培養液からアンモニア酸化物である硝酸、亜硝酸は検出されず、また培養容器気相から亜酸化窒素および窒素ガスの生成も検出されなかった。一方、一酸化窒素除去剤を培地に添加し培養すると、増殖後期に顕著な生育促進が見られた。

Chloroflexus 属細菌分離株のゲノム配列を決定し、無機窒素化合物関連代謝の遺伝子を探索した。決定した総塩基数 4,525,649 bp、3,757 遺伝子のなかから、これまでに知られているアンモニア酸化酵素や一酸化窒素生成酵素を中心に相同遺伝子を探したが、見つからなかった。

【まとめ】本研究では、始原的系統の好熱性光合成細菌である *Chloroflexus* 属細菌がアンモニアを含む無機合成培地で嫌氣的に光合成生育することを見出した。窒素ガス等の生成は検出されず、アンモニアの酸化産物は一酸化窒素またはその関連化合物と予想された。*Chloroflexus* 属細菌のゲノム解析から、既知のアンモニア酸化や一酸化窒素生成に関わる遺伝子は見られず、新規な反応系を有している可能性が考えられた。

【キーワード】酸素非発生型光合成細菌、窒素循環、アンモニア酸化

【参考文献】

- 1) Olson, J. M. The evolution of photosynthesis. *Science*. 168:438-446 (1970)
- 2) Kawai, S., A. Nishihara, K. Matsuura, S. Haruta. Hydrogen-dependent autotrophic growth in phototrophic and chemolithotrophic cultures of thermophilic bacteria, *Chloroflexus aggregans* and *Chloroflexus aurantiacus*, isolated from Nakabusa hot springs. *FEMS Microbiology Letters* 366:fnz122 (2019)