

Pseudonocardia 属：知名度は低いが意外に有用な微生物

井上 大介

読者の皆さんは *Pseudonocardia* という細菌属をご存知だろうか？一般的にはあまり知られていないかもしれないが、近年、特殊な環境汚染化学物質の分解などに有用であることが明らかにされ、環境分野を中心として注目されつつある細菌属である。ここでは、この *Pseudonocardia* 属について紹介したい。

Bergey's manual¹⁾によると、*Pseudonocardia* 属は放線菌の一種であり、好気性、運動性なし、カタラーゼ活性ありなどの基本特性を有する。細胞壁の主成分は meso-ジアミノピメリン酸、アラビノース、ガラクトースであり、細胞表層にミコール酸（ロウ様物質ともよばれる高級脂肪酸であり、よく知られる放線菌の細胞表層に存在）が存在せず、非抗酸性である。大部分の種は従属栄養性であるが、一部の種は通性独立栄養性であり、*P. carboxydivorans* は一酸化炭素を単一炭素源、*P. ammonioxydans* はアンモニアをエネルギー源としてそれぞれ増殖することもできる。生育温度については、多くの種は 15–37°C で旺盛に生育するが、40–50°C に至適温度を有する種 (*P. thermophila*) もいれば、7°C 以下でも生育する耐冷性の種 (*P. antarctica* や *P. kongjuensis*) も含まれる。*Pseudonocardia* 属細菌は生理学的にきわめて多様な集団であることから、土壌や汚泥、底泥、都市廃棄物をはじめ、多様な環境に生息している。また、はじめに述べた難分解性の有害化学物質の分解に加えて、抗生物質（グリコペプチド系やキノロン系の抗生物質）の生産や生物地球化学的要素循環（特に硫黄循環）においても重要な細菌グループであることが明らかにされてきている。

Pseudonocardia 属細菌が分解可能であることが報告されている環境汚染化学物質としては、芳香族化合物（ベンゼン、トルエンなど）、環状エーテル化合物（1,4-ジオキサン、テトラヒドロフラン）、メチルスルフィド化合物、有機ハロゲン化合物（クロロエチレン、1,2,3,5-テトラクロロベンゼンなど）があげられる。これらの中でも、環状エーテル化合物の一つである 1,4-ジオキサンに関しては、これまでに報告されている分解菌（1,4-ジオキサンを単一炭素源として資化できるものと、共代謝分解できるものの両方を含む）の 3分の1 を *Pseudonocardia* 属細菌が占めている²⁾。過去に本誌でも取り上げられてい

るが³⁾、1,4-ジオキサンは発がん性が疑われている一方で、近年、産業廃棄物の不法投棄などを原因とする地下水汚染が国内外で報告され、環境浄化ならびに廃水処理技術の開発が急がれる新たな規制物質である。同物質は、水溶性がきわめて高く、物理化学的および生物学的にきわめて安定な物質である。そのため、オゾンや過酸化水素、紫外線照射を組み合わせた高コストの促進酸化法が唯一効果的な処理技術とされてきた。このようなきわめて難分解な化学物質を分解し増殖可能な *Pseudonocardia* 属細菌が発見されたことにより、生物学的な廃水処理・環境浄化技術の開発が鋭意進められている。現状では、分解能に優れる 1,4-ジオキサン分解菌をバイオリアクターで培養して活用する戦略⁴⁾や、汚染環境への直接導入（バイオオーグメンテーション）⁵⁾が検討されている。しかし、分解菌の多くが *Pseudonocardia* 属であることを考えると、汚染環境や活性汚泥中に生息している土着の *Pseudonocardia* 属細菌を属単位で特異的に活性化/優占化させること（バイオスティミュレーション）も、原位置での 1,4-ジオキサン汚染浄化や 1,4-ジオキサン含有廃水処理の有力な一戦略になり得ると思われる。

Pseudonocardia 属は 1957 年に新属として提案されてから 60 年の歴史を有し、2017 年 5 月末現在では 55 種が登録されている。しかし、実はそのうち 39 種が 2000 年以降、23 種が 2010 年以降に新種提案されたばかりであり、多様性に富むといわれている生理的な特徴も、環境中における生態についても、現状では不明な点が多い。有害化学物質の分解能など、非常に興味深い研究対象である *Pseudonocardia* 属細菌の知名度が上がり、生理学的・生態学的特徴が明らかにされるとともに、環境保全・浄化や人の健康維持（抗生物質の生産）などの面で工学的に活用されていくことを期待したい。

- 1) Labeda, D. P. and Goodfellow, M.: *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, Online., doi: 10.1002/9781118960608.fbm00044 (2015).
- 2) Inoue, D. et al.: *Biodegradation*, **27**, 277 (2016).
- 3) 黒田真史：生物工学, **94**, 21 (2016).
- 4) 井坂和ら：日本水処理生物学会誌, **51**, 83 (2015).
- 5) Zhang, S. et al.: *Environ. Sci. Technol.*, **50**, 9599 (2016).