

『ゲテモノ食い』の活躍

清 和成

1,4-ジオキサンという物質をご存じだろうか？ 多くの方々には普段耳慣れない物質だろうと想像するが、セルロース、エステルやエーテル類の溶剤として各種化学工業や医薬品製造業などで、抽出・反応用途に汎用されており、私たちが日常生活を送る上で、見えないところでお世話になっている物質である。また、エチレンオキシド重合反応（この反応はペットボトル製造に用いられる）やアルキルエーテルサルフェート（AES）などの界面活性剤（これは、食器洗い用洗剤やシャンプー等に使用されている）の製造工程で副生成物として生成することも知られている。

その構造は図1に示すとおりであるが、この一見単純な物質は、生分解性、光分解性、加水分解性、固形物への吸着性、飽和蒸気圧がいずれも低く、極めて高い水溶性を有することから、ひとたび環境中へ放出されると、長期間にわたって水

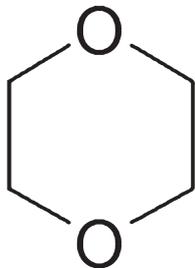


図1. 1,4-ジオキサンの構造

環境中に残存する。一方、1,4-ジオキサンは急性及び慢性毒性を有する上、ヒトに対して発がん性を有する可能性が指摘されていることから、2003年に世界保健機関（WHO）が飲料水質ガイドラインに0.05 mg/lの指針値を設定し、日本では2004年に水道水質基準、2009年には水質環境基準にいずれも基準値0.05 mg/lが設定された。これを受けて現在、環境省中央環境審議会では1,4-ジオキサンの排水基準設定に向けて協議されており、間もなく基準値が設定される動きになっている。そのため、排水基準を満足できる処理技術の開発が急務となっている。

1,4-ジオキサンの処理技術は、現状ではオゾンや過酸化水素と紫外線照射を組み合わせた促進酸化法（AOP）が唯一効果的とされているが、高エネルギー消費型の高コスト技術であり、一般に省エネ、低コスト技術が望まれる環境技術としては実用に向かない。他方、生物難分解性である1,4-ジオキサンを分解する微生物についてもこれまでいくつかの報告がある。1994年にParalesらによって1,4-ジオキサン資化分解能を有することが報告された放線菌、*Pseudonocardia dioxanivorans* CB1190株¹⁾はもっともよく知られ、研究が進んでいる菌である。

1,4-ジオキサンの微生物分解については、そもそもなぜ分解されにくいのか、どのような分解経路で分解されるのか、などの謎があるが、1つ目の謎については、1,4-ジオキサンの構造がもつC-O結合の切断に多大なエネルギー（360 kJ/mol）が必要なためであろうと推測されている²⁾。一方、1,4-ジオキサンの分解経路の謎については、2位炭素の水酸化から1,4-ジオキサン-2-オンを経て環開裂に至るものと推定されていたが³⁾、ごく最近になってCB1190の全ゲノム配列が明らかとなり、DNAマイクロアレイによる発現解析の結果からこの推定が正しく、その後いくつかのステップを経てグリオキシル酸となって無機化されることが示された⁴⁾。

ところで、このCB1190株やこれまでに知られている他の1,4-ジオキサン分解菌では、1,4-ジオキサンが環開裂に至るまでの一連の分解を担う酵素が1,4-ジオキサンによって誘導されていることが報告されている⁴⁾。一方、Seiら⁵⁾はつい最近、1,4-ジオキサンによる誘導が不要な1,4-ジオキサンの資化分解菌を報告している⁵⁾。1,4-ジオキサンは天然には存在しない合成化学物質であるので、どのような物質が1,4-ジオキサン分解酵素の生産を誘導しているのか、誘導が不要な分解酵素はもともとどのような物質を分解するための酵素なのか、そもそも何故1,4-ジオキサンを資化するようになったのか、極めて興味深い研究対象であるといえる。

環境浄化の分野では、いわば『ゲテモノ食い』とも表現できるようなこのような菌たちがしばしば活躍するが、ゲノム解析やDNAマイクロアレイによる発現解析など、その根源に迫るためのツールが身近に得られるようになったことは非常に心強いことである。これらのツールを駆使することで、より省エネ、低コストで合理的な環境浄化のために、1,4-ジオキサンに限らず『ゲテモノ食い』の菌たちが元気に活躍できるための基礎データが蓄積されることを期待したい。

- 1) Parales, R. E. *et al.*: *Appl. Environ. Microbiol.*, **60**, 4527 (1994).
- 2) White, G. F. *et al.*: *Microbiol. Rev.*, **60**, 216 (1996).
- 3) Mahendra, S. *et al.*: *Environ. Sci. Technol.*, **41**, 7330 (2007).
- 4) Grostern, A. *et al.*: *Appl. Environ. Microbiol.*, doi: 10.1128/AEM.00067-12 (In Press).
- 5) Sei, K. *et al.*: *Proc. of The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition*, 15-4-5, in USB (2011).