

バイオサーファクタントと環境浄化技術

森田 友岳

有害化学物質によって汚染された土壌や地下水などの環境を、生物の機能を使って浄化・修復する技術として、バイオレメディエーションの利用が期待されている。わが国では、2002年に施行された土壌汚染対策法（2010年改正土壌汚染対策法施行）により、指定有害化学物質で汚染された土壌の浄化が義務づけられ、さらに2005年には、バイオレメディエーション事業の一層の健全な発展と利用の拡大を通じた環境保全に資することを目的とした「微生物によるバイオレメディエーション利用指針」が、経済産業省及び環境省から告示されている。バイオレメディエーションはまだまだ技術開発の余地が残されているが、経済性が高く、環境負荷が低い環境浄化技術として幅広い現場での実用化が期待されている。

環境を修復するための主要な技術的手法は、物理・化学的手法である。これには、汲み取りやふき取り、汚染箇所の掘削、高圧熱水洗浄などがあり、処理時間が短く処理能力が安定である特長を持つ。しかし、重機や大型プラントを使用するためオンサイト処理が困難なこと、多大な労力が必要なこと、そして膨大なエネルギーと費用が必要であるという技術上の問題点を抱える。一方、バイオレメディエーションは、1) 微生物の力を利用するため生態系に対する影響が少ない、2) 投入資材・エネルギーが少ない、3) 設備が簡素で低コスト、4) 低濃度で広範囲な汚染にも対応できるなど多くのメリットがある。ただし、分解処理速度が遅いことが最大の問題であり、いかにスピードアップを図るかが、利用拡大の重要課題である。

バイオレメディエーションには、栄養剤を加えて環境中の微生物を活性化するバイオスティミュレーションと、汚染物質の分解能力が高い微生物を外から汚染現場に散布するバイオオーグメンテーションがある。海洋流出油の汚染除去の場合には、窒素やリンなどの栄養を外から持ち込むバイオスティミュレーションが主流となっている。これは、海洋中では、微生物が油を分解するために必要な窒素やリンの濃度が低いため、外部から付与することで微生物の分解活性を大幅に向上させるために有効な手段であると考えられている²⁾。たとえば、1989年にアラスカでおきたエクソン・バルディーズ号

の事故の際には、汚染された海岸に微生物を活性化させるための栄養剤が散布されている。しかしながら、実際の海洋での事例報告では、試験の結果のほとんどが地形や気象などの環境条件に左右されやすく、信頼性の高い評価が得られにくい。

バイオレメディエーションに有効な微生物としては、トリクロロエチレンやダイオキシンなどの有害物質を分解するものが知られており、これらを環境浄化に利用するための研究が進められている。このうち石油分解菌の中には、バイオサーファクタント（以下、BS）と呼ばれる界面活性物質を生産するものが知られている。界面活性剤は、乳化作用を持ち、海砂に付着した石油の剥離が期待できる。そのため、バイオスティミュレーションによって、微生物による石油の分解活性だけでなく、BSの生産性も併せて高めることができれば、浄化作用をより効率化できるだろう。実際に、BSの活用により、油成分の可溶化と分解に関わる微生物の活性化が促進され、汚染除去効果が向上することが示されている³⁾。

現在、BSとして、糖型のラムノリピッド、ソホロリピッド、トレハロースリピッドやマンノシルエリスリトールリピッド、ペプチド型のサーファクチン、高分子型のエマルザンなどが知られている。それぞれ優れた物性・機能を持っており、マンノシルエリスリトールリピッドやサーファクチンは、保湿効果などを活用した化粧品素材として実用化され、ソホロースリピッドは、起泡性がきわめて低い洗浄剤として実用化されている⁴⁾。このようにBSは、単なる界面活性剤としてではなく、機能性バイオ素材として注目されている。

将来、市場拡大によって大幅なコスト低減が実現し、環境浄化技術への活用が進めば、BSは、環境負荷の低いバイオレメディエーションの普及・拡大に貢献するものと期待される。

- 1) 池ら：バイオプロセスハンドブック，p. 593 (2007).
- 2) 牧ら：環境バイオテクノロジー学会誌，**11**, 3 (2011).
- 3) Lawniczak, L. et al.: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **97**, 2327 (2013).
- 4) Kitamoto, D. et al.: *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.*, **14**, 315 (2009).