



排水処理からのエネルギー回収と 温室効果ガスの削減

徳富 孝明

現在、日本では地球温暖化対策として、温室効果ガスの排出を減らすためのさまざまな活動が行われている。筆者が関係している排水処理は主に環境基準、放流基準の遵守、あるいは周辺水環境の富栄養化対策が主な目的であるが、この分野でも地球温暖化対策となりうる技術が開発、導入されてきている。本稿では2つの技術を紹介したい。

1つ目の技術は嫌気処理によるエネルギー回収である。微生物の働きを利用した排水処理方式として最も普及している活性汚泥法は、その処理に際して酸素を用いる好気処理と呼ばれるものであり、有機物を炭酸ガスと微生物菌体（汚泥）に転換することにより排水を浄化している。これに対し、嫌気処理は酸素を用いずに有機物を分解し、排水を浄化する処理方式であり、生成物としてメタンガスが発生し、これを回収してエネルギー源とすることが可能である。また、好気処理で必要な曝気動力が不要であるため、エネルギー消費が少なく、発生する余剰汚泥も非常に少ないという特徴がある。

嫌気処理自体は新しい技術ではなく、比較的高濃度の排水が排出される飲料・食品産業を中心に数多くの実設備が稼働しているが、これまであまり適用されてこなかった難分解性物質を含んだ化学系排水などにも応用されるようになってきている¹⁾。また、発生するメタンガスをより効率的に利用するための機器、たとえばボイラー、発電機、燃料電池といった設備も普及しつつある。特にヨーロッパでは、嫌気処理から得られる電力の売電価格が政策により高く設定されているため、嫌気処理設備には必ずと言って良いほど発電設備が併設されており、より環境負荷の少ない排水処理が積極的に行われている²⁾。

さらに、最近では排水処理の反応から直接電気を取り出す微生物燃料電池の開発も試みられている³⁾。まだ基礎研究の段階であるが、排水から電気を取り出すという非常に夢のある技術であり、今後の発展に期待したい。

2つ目の技術はAnammox反応（アナモックス：無酸素条件下でのアンモニア酸化）を用いた窒素除去方法である。窒素成分を含む排水を処理する場合、これまでの生物処理技術では、硝化・脱窒という方法で除去するのが一般的であった。この方法には、硝化反応のための曝

気動力や脱窒反応のための有機物が必要であり、多量の余剰汚泥が発生するといった欠点が存在した。

1990年代にオランダの研究グループが、これまでとは異なる窒素の代謝経路を持つ微生物を発見し、この反応を用いて窒素をより効率的に、従来よりもエネルギーを使わずに処理することが可能となった。この反応を利用すると、曝気動力を60%近く削減可能であり、余剰汚泥の発生も1/4程度に削減することができる。この微生物はアンモニアと亜硝酸を窒素ガスに転換する能力を持っており、中間代謝物としてヒドラジンを生成し、細胞壁にラデラン脂質とよばれる特殊な脂質を持ち、微生物学的に見ても非常に興味深いものである。遺伝子の解析・検出技術により、Anammox菌は地球上に広く分布していることが明らかとなっており、窒素の循環を考える上でも重要な微生物と言われている⁴⁾。

Anammox反応を利用した窒素除去が可能になったことにより、有機物と窒素を含んだ排水に対しては、まず嫌気処理で有機物をメタンに転換してエネルギーを回収し、次にAnammoxにより窒素成分を最低限の消費動力で除去するフローが実現可能となっている。嫌気処理は窒素が除去できない、Anammoxは有機物を高濃度を含む場合には向かないと言われていたが、2つを組み合わせることにより、エネルギー回収と省エネルギーという2つの効果が期待できるようになった。もちろん、個々の技術には、さまざまな課題があるが、研究開発も活発に行われており、技術は確実に進歩してきている。より一層の温室効果ガスの排出削減が求められる中、技術革新が進んでこれまで以上に普及が促進することを期待したい。また、エネルギー回収によりメリットがあると言っても、設備を改造・更新するためには初期投資が必要となってくる。太陽光発電の例もあるように、政策的な援助があれば良い技術を早く、広く普及させることができると考えられる。温室効果ガス対策の一環として、排水処理設備の導入に関しても何らかの施策を期待したい。

1) van Lier, J. B. et al.: *Wat. Sci. Tech.*, **44** (8), 15 (2001).

2) van Lier, J. B.: *Wat. Sci. Tech.*, **57** (8), 1137 (2008).

3) Watanabe, K.: *J. Biosci. Bioeng.*, **106**, 528 (2008).

4) Kuenen, J. G.: *Nature Rev. Microbiol.*, **6**, 320 (2008).