

「アナモックス」

今回は「アナモックス」について紹介します。下水処理に携わっている方は、一度は見かけたことがある用語ではないでしょうか。

アナモックス (anammox) とは、嫌気性アンモニア酸化 (anaerobic ammonium oxidation) の略語で、1990 年代前半にオランダで発見された生物学的窒素変換反応です。この反応はアナモックス細菌と呼ばれる偏性嫌気性・独立栄養の細菌*により行われ、アンモニア性窒素と亜硝酸性窒素が、酸素および有機物を必要とせずに、窒素ガスと少量の硝酸性窒素に変換されます。従来、下水などの排水からの窒素除去には硝化と脱窒という 2 種類の生物学的反応を組み合わせる使っており、アンモニア性窒素を直接窒素ガスへと変換する生物学的反応は全く知られていなかったため、アナモックスの発見直後から、これを排水処理に応用する研究が急速に進み、2002 年にはオランダの下水処理場で汚泥処理返流水からの窒素除去プロセスとして実施が稼働しました。

このようにアナモックスを使った窒素除去法を JS では「アナモックスプロセス」と呼んでいます。アナモックスではアンモニア性窒素に加えて概ね同量の亜硝酸性窒素が必要なため、窒素の主たる成分がアンモニア性窒素である排水に対しては、その約半分を硝化反応により亜硝酸性窒素まで変換する「部分亜硝酸化」と呼ばれる工程と組み合わせることで、窒素除去が可能なアナモックスプロセスとなります。つまり、「嫌気性」とは言えアナモックスプロセスにおいても酸素供給のための曝気が必要となるわけですが、硝化が部分亜硝酸化で済むため、従来の硝化・脱窒による窒素除去法で完全硝化を行う条件と比較すると、必要酸素量が化学量論的には 37%で済み¹⁾、窒素除去に係る省エネ化が可能となります。しかし、アナモックス細菌の増殖の至適温度が 37~40℃程度²⁾であることや、部分亜硝酸化を安定して維持するためには排水のアンモニア性窒素濃度が高い(数百~千 mg/L 程度)方が有利である等の要件から、アナモックスプロセスの導入先は、これまで高水温・高窒素濃度の排水の処理が中心でした。下水処理場でこれに合致するのは汚泥処理返流水(嫌気性消化汚泥の脱水ろ液)の個別処理で[†]、海外で多数の施設が稼働しているほか、国内の下水処理場でも汚泥集約処理施設の返流水処理として稼働しています³⁾。

一方、アナモックス反応やアナモックスプロセスについては、現在でも国内外で活発な研究・開発が行われており、特に、下水のように窒素濃度が低く水温も低い排水を対象としたアナモックスプロセスが、現実的となってきています。JS では、2005 年度よりアナモックスプロセスに関する技術開発を継続して行ってきました。まずは嫌気性消化汚泥脱水ろ液を対象とした窒素除去技術として、民間企業との共同研究を進めて 2010 年 3 月には技術

* 偏性嫌気性とは嫌気的環境下でのみ生育可能な性質をいい、独立栄養とは栄養素として有機化合物を必要とせず、炭素を含む単純な無機化合物だけを用いて複雑な有機化合物を生成して生育できることをいいます。

† 返流水からの窒素除去に従来の硝化・脱窒を使うと、脱窒のためにメタノール等の有機物源の供給が必要となるのが通例ですが、アナモックスプロセスではこれが不要になるというメリットもあります。

評価を行い「アナモックス反応を利用した窒素除去技術の評価に関する報告書」²⁾を公表したほか、2011年からはB-DASHプロジェクト⁴⁾での実証実験により更なる技術的確立を図りました。現在は、アナモックスを下水の高度処理に活用することで水処理の更なる省エネ化を実現すべく、循環式硝化脱窒法にアナモックスを組み込んだ新たな水処理プロセスについて、ラボ・ベンチスケールでの基礎実験を進めています。JSの技術開発の成果については、「JS技術開発年次報告書」や下水道研究発表会などで公表（JSホームページURL：<https://www.jswa.go.jp/g/g01/g01.html>）していきますので、今後ご注目ください。

(技術開発室)

<参考資料>

- 1) 寺田昭彦:アナモックスを用いた窒素除去のいまとこれから, 日本エネルギー学会機関誌 えねるみくす, 99巻第1号, 42-47 (2020).
- 2) アナモックス反応を利用した窒素除去技術の評価に関する報告書 平成22年3月, 日本下水道事業団.
URL: <https://www.jswa.go.jp/g/g01/g4g/pdf/gihyo-26.pdf>
- 3) 大阪市ホームページ
URL: <https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000574577.html>
- 4) 固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術導入ガイドライン(案) 令和4年3月, 国土交通省国土技術政策総合研究所.
URL: <https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn1195.htm>