

1. 研究目的

本研究では、温室効果ガス排出抑制の観点から対策が必要であるが燃焼用には利用しにくい埋立地ガス中のメタンを、オンサイトで有効利用する新規方法として、埋立地メタンを埋立地浸出水処理の脱窒反応の電子供与体として利用する富栄養化対策と地球温暖化対策を両立させた排水処理技術の創生を目指したメタン脱窒リアクターを提案し、無酸素条件下でメタンを利用して脱窒反応を行うメタン脱窒反応を人為制御下に置くための基盤を確立することを目的とする。

従来メタン酸化反応は酸素が存在する好気的環境においてのみ生じると考えられてきたが、嫌気的なメタン酸化の存在が2000年と2006年に報告された(Boetius *et al.* 2000, Raghoebarsing *et al.* 2006)。前者は硫酸塩還元を伴うメタン酸化、後者は脱窒を伴うメタン酸化(メタン脱窒)である。メタン脱窒反応は多くが未解明であるだけでなく、「嫌気条件下でメタンを電子供与体として硝酸イオンを N_2 ガスへ変換する」という地球温暖化対策と栄養塩除去を両立させ得る新規脱窒処理技術へ繋がる可能性をも有しているからである。メタン脱窒を用いた排水処理の有用性には、他に次のようなものがある。

- ① 水への溶解度が低いメタンを利用することにより、処理排水中に有機物が残留しない。
- ② 嫌気性処理により生成されるメタンを栄養塩除去へ有効利用できる。
- ③ 従来の脱窒菌とは系統学的に全く異なる脱窒菌がメタン脱窒に関与すると考えられるため、脱窒関連酵素が異なり、脱窒反応による N_2O ガスの生成が小さい可能性がある。

- ④ 独立栄養性の硫黄脱窒と比較した場合、メタン脱窒では硫黄を利用しないため硫酸還元硫黄酸化に起因する生物腐食の問題を回避できる。また、硫黄脱窒はメタンを利用できない。
- ⑤ 独立栄養性のアナモックスと比較した場合、メタン脱窒は制御が困難な亜硝酸型硝化を必ずしも必要としない。また、アナモックスはメタンを利用できない。

これまでメタン脱窒反応を利用した排水処理プロセスの報告例はない。微好気的環境下でメタンを供給することによる低濃度の酸素を利用した好氣的メタン酸化を脱窒処理と組み合わせた研究例 (Waki *et al.* 2005) は存在するが、本研究で対象とする嫌氣的なメタン脱窒反応とは異なるものである。

具体的には次の6項目について研究を行った。

- ① メタンをマイクロバブル化するメタンマイクロバブル発生装置の開発
- ② メタンマイクロバブル発生装置を組み込んだメタン脱窒リアクターの開発
- ③ メタン溶解度を向上させたガス溶解膜を組み込んだメタン脱窒リアクターの開発
- ④ メタン脱窒反応および処理性のモニタリング技術の開発
- ⑤ メタン脱窒反応の高速化とメタン脱窒微生物の大量培養
- ⑥ メタン脱窒反応の阻害条件の解明と阻害回避方法の検討

1年目に①のメタンマイクロバブル発生装置を開発し、2年目にはさらに改

良を行った。同様に、それを組み込んだ②のメタン脱窒リアクターも1年目に開発したものを2年目に改良し1年目の課題を解決した。③は2年目に試験の結果、ガス溶解膜の性能評価の段階で、マイクロバブルの方が能力が高かったためリアクター開発そのものは実施しなかった。④の処理性モニタリング技術については、1年目に埋立地浸出水を想定し、リアクターの原水と処理水から処理性能を評価・モニタリングするために、可視光領域の吸光度測定が多波長データから処理性を簡易かつ迅速（30分以内）に評価する新しい評価方法を開発し、2年目に精度を向上させ且つ実用的な利用ができるように改良を加えた。⑤のメタン脱窒微生物の大量培養が研究途中段階であり、メタン脱窒反応そのものを追跡するための適切な遺伝子マーカーなど選定には至らなかった。大量培養が途中段階であるため⑥の阻害条件の検討については、活性化因子の硝酸塩濃度、pH、塩濃度、メタン分圧などを検討したが、各条件に対する速度変化が不規則で硝酸塩濃度以外には活性化条件を十分検討できていない。

参考文献

- 1) Boetius A. *et al.* (2000) A marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of methane. *Nature* 407:623-626.
- 2) Raghoebarsing A. A. *et al.* (2006) A microbial consortium couples anaerobic methane oxidation to denitrification. *Nature* 440:918-921.
- 3) Waki, M. *et al.* (2005) Methanependent denitrification by a semi-partitioned reactor supplied separately with methane and oxygen. *Bioresource Technol.* 96:921-927.