

## 脱窒反応に付随した亜酸化窒素発生に及ぼす脱窒脱リン菌の影響

九州大学工学部 学生会員 古川 隼 学生会員 浜田康治  
正 会 員 久場隆広 フェロー 楠田哲也

## 1. はじめに

下水処理場における窒素及びリン除去は、湖沼やダム湖等の閉鎖性水域における富栄養化を防止する意味でも重要である。しかしながら、生物学的窒素除去及び生物学的リン除去を廃水処理工程に導入した場合、両反応とも有機物が必須であるために有機物の競合が生じる。その結果として、窒素除去もリン除去も完全には達成できなくなる恐れがある。そこで、脱窒脱リン過程が重要視されるようになり、これまで研究が行われてきた。有機物の競合に関しては改善されることが示唆されたものの、脱リンを伴った内生脱窒過程においての、地球温暖化物質である亜酸化窒素の発生に関する報告はまだなされていない。

本研究では、脱リンを伴った内生脱窒過程が亜酸化窒素発生に及ぼす影響をA0法で運転されている実処理場及びA<sub>2</sub>O法で運転されているベンチスケールプラントから採取した2種類の汚泥を用いて室内回分実験によって比較検討した。

## 2. 実験方法

まず福岡市A下水処理場(A0法)及び同所に設置されているベンチスケールプラント(A<sub>2</sub>O法)の好気槽流出懸濁液を採取した。次に500mLの三角フラスコ2本に採取した活性汚泥1000mLを分注し、嫌気-好気あるいは嫌気-無酸素回分実験に供した。2本の三角フラスコ内の活性汚泥を窒素ガスにより完全に脱気することにより嫌気状態に保った。回分実験開始時に2本のフラスコ内に有機物として酢酸ナトリウム(28mg-C/L)を投入し、20℃に保たれた恒温室内で3時間嫌気状態に保った。その後、1本のフラスコは好気状態に、もう1本のフラスコは硝酸態窒素(30mg-N/L)を投入することによって無酸素状態に保った。その間、経時的にシリンジを用いてサンプリングを行い、液相中のオルトリン酸、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、亜酸化窒素、酢酸の各濃度を求めた。なお、pHを7付近に保つために必要に応じてHCl、NaOHを添加した。

測定法は、アンモニア態窒素濃度：インドフェノール青吸光分析法、硝酸態窒素濃度：銅・カドミウムカラム還元法-ナフチルエチレンジアミン吸光分析法、亜硝酸態窒素濃度：ナフチルエチレンジアミン吸光分析法、オルトリン酸濃度：モリブデン青(アスコルビン酸還元)吸光分析法である。バイアルにサンプルの一部を注入し、ヘッドスペース法により液相中に溶存する濃度として亜酸化窒素濃度を定量し、また、HPLCを用いたポストカラムpH緩衝化法により酢酸濃度を定量した。

## 3. 実験結果及び考察

図-1の(a)、(b)にA0法で運転されている下水処理場の活性汚泥(以下A0法汚泥と称する)を、また、図-2の(a)、(b)にA<sub>2</sub>O法で運転されているベンチスケールプラントの活性汚泥(以下A<sub>2</sub>O法汚泥と称する)をそれぞれ嫌気-好気、嫌気-無酸素条件下に晒した場合の実験結果を示した。また、表-1にそれぞれの場合のVSS、P/C比(嫌気状態でのリン放出量と酢酸消費量との比)、嫌気条件下でのリンの放出速度(単位時間・単位VSS当たりのリン放出速度)、好気・無酸素条件下でのリンの摂取速度(単位時間・単位VSS当たりのリン摂取速度)、無酸素条件下における脱窒速度(単位時間・単位VSS当たりの硝酸消費速度)を示した。

嫌気条件下でのリンの放出速度及び好気条件下でのリンの摂取速度はA0法汚泥とA<sub>2</sub>O法汚泥で差異は認められなかった。表-1よりP/C比が一般的に提唱されている値(約1mg-P/mg-C)より若干低くなっているが、これは実験開始時点で硝酸がかなり残っていたために加えた有機物のすべてがリンの放出に利用されたのではなく、一部が脱窒に利

表-1 回分実験結果における活性汚泥の諸パラメータ

|                   |     | VSS   | P/C比        | リン放出速度          | リン摂取速度          | 脱窒速度            |
|-------------------|-----|-------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                   |     | [g/L] | [mg-P/mg-C] | [mg-P/g-VSS/hr] | [mg-P/g-VSS/hr] | [mg-N/g-VSS/hr] |
| A0法               | 嫌-好 | 1.84  | 0.79        | 11.1            | 11.8            | -               |
|                   | 嫌-無 | 1.86  | 0.79        | 11.1            | 3.00            | 1.70            |
| A <sub>2</sub> O法 | 嫌-好 | 2.43  | 0.87        | 12.8            | 11.1            | -               |
|                   | 嫌-無 | 2.47  | 0.86        | 13.2            | 3.00            | 3.50            |

用されたためと考えられる。

A0法汚泥を好気条件下に晒した場合、硝化によ

るものと思われる亜酸化窒素の発生が認められた(図-1(a))。A<sub>2</sub>O法汚泥の場合、この汚泥の硝化能が高く、汚泥採取場所が好気槽流出口であったため、回分実験の好気条件下においてアンモニアがほとんど残存していなかった。従って、硝化が生じ得ないため、亜酸化窒素の生成もわずかであり、単純には、A0法汚泥とその生成量の比較はできなかった。

A0法汚泥を無酸素条件下に晒した場合は、A0法で運転されているにも関わらず無酸素条件下において脱リン活性が認められた(図-1(b))。その活性は、好気条件下での脱リン活性の25%程度であった。これは、リン除去を主な目的としたA0法で運転をしているものの、実際には硝化に伴い好気槽から嫌気槽への硝酸の持ち込みがあり、硝酸に晒される機会、即ち脱リン菌に脱窒のための酵素の誘導の機会があったためと思われる。同時に脱窒脱リン過程において多量の亜酸化窒素の発生も認められた。A<sub>2</sub>O法汚泥を無酸素条件下に晒した場合は、A0法汚泥と比べて2倍以上の比脱窒速度を有していたが、比(脱窒)脱リン速度には違いが認められなかった(表-1)。これは、前述のアンモニアの欠乏により菌体合成が阻害され、それに利用されるべきリン摂取量が低下したためかもしれない。一方、脱窒脱リンに伴う亜酸化窒素の発生が非常に少なく、ピーク時の発生量は、A0法汚泥の場合と比べて約1/10に抑えられている(図-2(b))。硝酸呼吸によるリン除去能は、A0法汚泥・A<sub>2</sub>O法汚泥共に同程度であるが、亜酸化窒素還元能は培養時の硝酸との接触の頻度・仕方で大きな差があると考えられる。

#### 4. 終わりに

本研究で使用した、A0法及びA<sub>2</sub>O法汚泥はともに無酸素条件下において脱窒脱リン活性を有していた。また、無酸素条件下に晒した場合の脱窒速度は、A<sub>2</sub>O法汚泥の方がA0法汚泥の場合の2倍であるにも関わらず亜酸化窒素発生量が約1/10であった。また、硝化活性の高い場合には、硝化(好気工程)だけでなく、“嫌気”工程での脱窒に伴う亜酸化窒素生成がA0法においても考慮されるべきである。加えて、A<sub>2</sub>O法のように常に脱窒脱リンを行うための条件が満たされている場合には、脱窒(脱リン)時に亜酸化窒素の生成が抑制されていることから、現在、A0法で運転管理されている処理場においては、積極的に無酸素工程を取り入れて、リン除去に加えて窒素除去の導入を行うと同時に、それにより亜酸化窒素の生成も抑制可能となることが期待される。

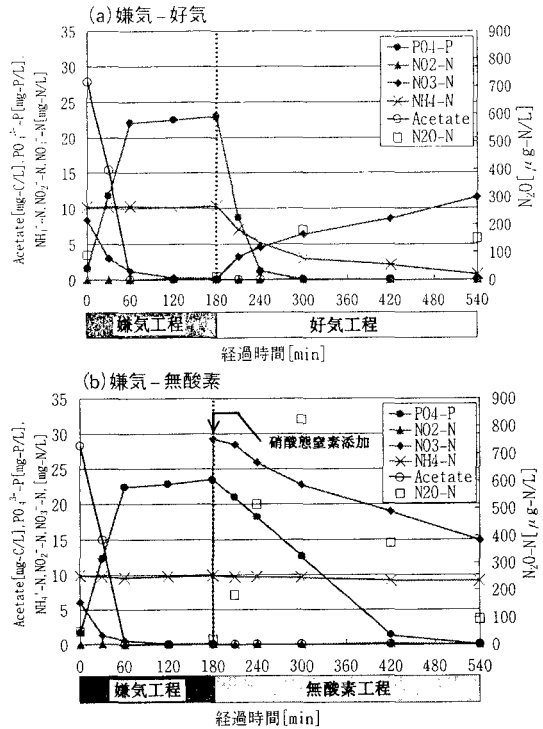


図-1：A0法汚泥を用いた時の回分実験結果

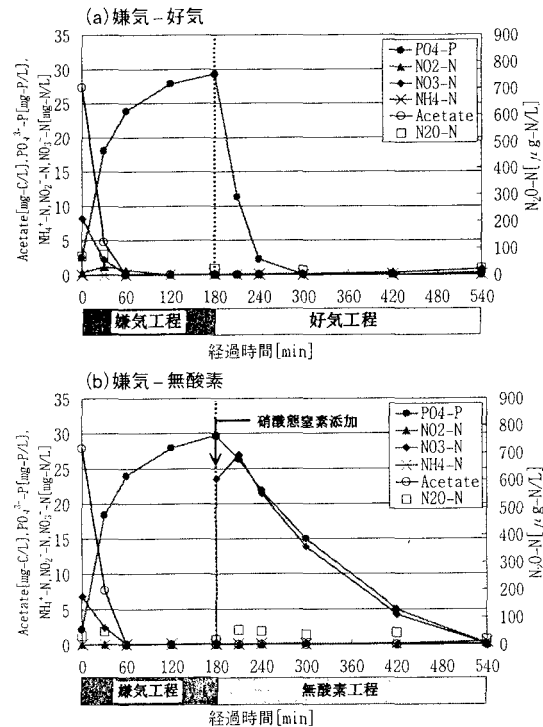


図-2：A<sub>2</sub>O法汚泥を用いた時の回分実験結果