

回分式活性汚泥法における亜硝酸蓄積時のリン摂取挙動

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○吉田征史、岡賀祥平
日本大学理工学部 正 会 員 齋藤利晃、田中和博

1. はじめに

近年、酸素の他に硝酸も電子受容体として利用できる脱窒性脱リン細菌の存在が明らかとされてきた¹⁾。この細菌を利用することにより既存のプロセスと比較して COD、酸素必要量、余剰汚泥発生量を削減できることが報告されている²⁾。一方、亜硝酸は阻害物質として一般に知られており、また脱窒反応の中間生成物であるため、脱窒性脱リン細菌（無酸素リン摂取）に与える亜硝酸の影響は数多く報告されているが、好気リン摂取に与える亜硝酸の影響を調べた例は数少ない。そこで本研究では、実下水を用いた回分式活性汚泥法において、亜硝酸蓄積が活性比（無酸素リン摂取/好気リン摂取）と生物学的リン除去に及ぼす影響を調べた。

2. 実験方法

2-1. 経日運転 実下水処理場沈砂池流出水を流入水とし、有効容積100Lの回分装置で実験を行った。運転条件は図1に示す通りであり、引抜き比はRun4、5で1/3、Run6で1/2である。

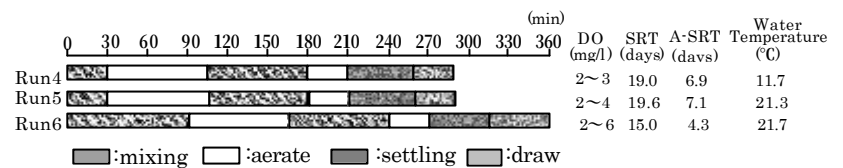


図1：回分槽の運転条件

2-2. 亜硝酸添加における好気リン摂取活性試験 亜硝酸蓄積によってリン摂取活性が受ける影響を調べるため、反応槽から採取した汚泥を回分実験により嫌気リン放出させた後、汚泥を分取し、亜硝酸添加初期濃度を0、1、3、5mgN/lで好気リン摂取活性試験を行った。(pH: 7.0±0.2、DO≥5.0mg/l)

3. 実験結果

3-1. 1サイクルにおける亜硝酸蓄積とリン摂取挙動

図2～4に1サイクルの変化を示す。好気工程において、亜硝酸の蓄積が無いとき（図2）は全量のリン酸が摂取されていた。しかし、亜硝酸が3mgN/l程度蓄積（図3）すると、好気工程においてリン酸を摂取しきれないという現象が確認された。しかし、本実験においては再曝気工程を設けているため、最終的には全量のリン酸が摂取され、除去率に影響は及ぼさなかった。その後、引抜き比を1/3から1/2に増加したことにより流入アンモニア負荷が増加した際に、亜硝酸の蓄積が6mgN/l程度（図4）となった。この場合には、流入T-P約4mgP/lに対し、処理水PO₄-Pが8mgP/lというようにリン除去性能のみならず、除去率にも大きな影響を与えた。

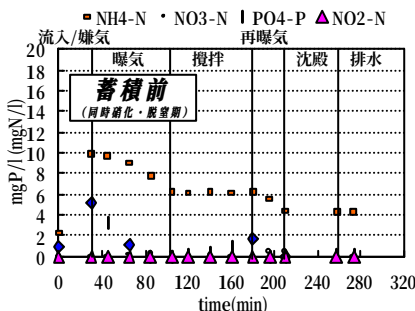


図2：1サイクルの変化
(亜硝酸蓄積前)

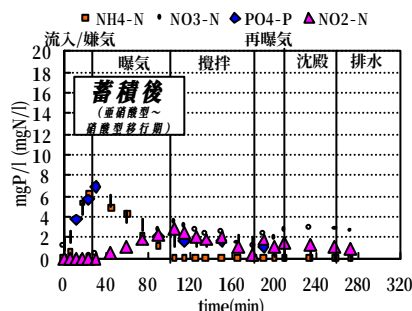


図3：1サイクルの変化
(亜硝酸蓄積 3mgN/l)

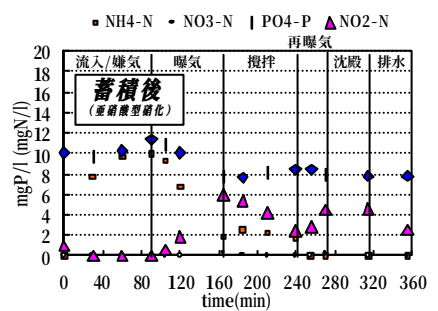


図4：1サイクルの変化
(亜硝酸蓄積 6mgN/l)

図5に各期間における1サイクル中好気工程末端での亜硝酸、硝酸濃度の推移と、回分試験により算出した好気的好および無酸素的リン摂取活性と脱窒性脱リン活性比（好氣的リン摂取に対する無酸素的リン摂取の比）を示す。亜硝酸蓄積の2度のピークに対応して好氣的リン摂取活性が著しく低下しており、リン除去率にも影響を及ぼした。亜硝酸蓄積6mgN/lのときに最もリン摂取活性が低下していることが分かる。このことから好氣的リン摂取は亜硝酸

キーワード：生物学的リン除去、回分式活性汚泥法、脱窒性脱リン細菌、亜硝酸

の蓄積によって阻害を受けることが明らかとなった。このため、その後亜硝酸蓄積を安定して維持することにより電子受容体として酸素のみ利用できる好気性脱リン細菌の活性を抑制され、脱窒性脱リン活性比が増加するのではないかと考えた。しかし、亜硝酸蓄積が比較的高濃度で安定している期間（図中点線右側）においても、好氣的リン摂取活性が著しく増加し、一方、無酸素的リン摂取活性の増加はわずかであり、亜硝酸蓄積が低濃度の期間とは異なった傾向が観察された。

3-2. 亜硝酸添加における好気リン摂取活性試験

図 6 に、好氣的リン摂取が亜硝酸に阻害を受けていた時期と阻害を受けなくなった時期に行った、亜硝酸を添加した好氣的リン摂取活性試験の結果を示す。その結果、阻害を受けていた時期においては、亜硝酸初期添加濃度が 1mgN/l 程度であれば無添加時とほぼ同等のリン摂取活性を示すが、3 および 5mgN/l においてはリン摂取速度が低下しており、その低下率は初期亜硝酸添加濃度に比例して大きくなった。しかし、亜硝酸阻害を受けなくなった時期の汚泥においては、初期亜硝酸添加濃度 5mgN/l においても無添加時とほぼ同等のリン摂取速度が維持されていた。

また、これらの結果をそれぞれ亜硝酸無添加時を 100% とした場合のリン摂取活性残存率に対する汚泥当たりの亜硝酸添加濃度の影響を図 7 に示した。その結果、亜硝酸曝露（蓄積）の小さい時期には初期亜硝酸添加濃度 5mgN/l でリン摂取活性が約 50% 低下しているのに対し、亜硝酸曝露（蓄積）が比較的大きな値で安定していた時期の汚泥では同じ 5mgN/l においてもわずか 15% の低下にとどまっていた。これらのことから、好氣的リン摂取活性は、突如として蓄積した亜硝酸により著しく阻害を受けるが、その後亜硝酸に曝露され続けると亜硝酸阻害の影響を受け難くなり、亜硝酸蓄積が比較的大きくても好氣的リン摂取活性が増加することが明らかとなった。しかし、同時期に無酸素リン摂取活性はほぼ変化していないのに対し、好氣的リン摂取活性のみが増加した原因として 1) 電子受容体として酸素のみ利用できる好気性脱リン細菌が亜硝酸に耐性を持った。2) 運転条件などの問題により、硝酸（亜硝酸）還元酵素の誘導レベルの低い脱窒性脱リン細菌が優占している。などが考察されるが、いまだ詳細は明らかでなく、今後の検討課題である。

4. まとめ

本研究において、3mgN/l 程度の亜硝酸蓄積で生物学的リン除去は阻害を受けはじめ、6 mgN/l 程度の蓄積ではリン除去機能をほぼ失ってしまうことが明らかとなり、生物学的リン除去の不安定化因子として亜硝酸が関与する可能性が示唆された。しかし、その後継続的に亜硝酸に曝露されると、阻害を受け難くなることも明らかとなったが、そのメカニズムは明らかではなく今後の検討課題である。また、今後無酸素条件下での亜硝酸利用特性なども調べることで、積極的に亜硝酸を利用した窒素・リン同時除去プロセスの可能性を検討する予定である。

（参考文献）1) Kerrn-Jespersen, J.P. and Henze, M. (1993). Biological phosphorus uptake under anoxic conditions, Water Research, Vol. 27, No. 4, pp. 617-624.

2) Kuba, T., van Loosdrecht, M. C. M. and Heijnen, J. J. (1996). Phosphorus and Nitrogen removal with minimal COD requirement by integration of denitrifying dephosphatation and nitrification in a Two-Stage Sludge system., Water Research, Vol. 30, No. 7, pp. 1702-1710.

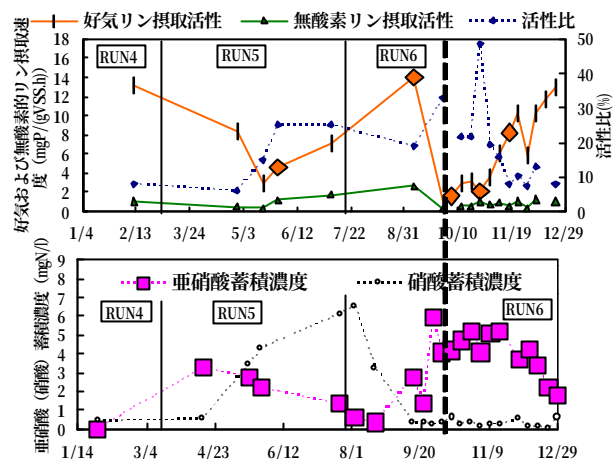


図 5：亜硝酸（硝酸）蓄積とリン摂取活性の相関

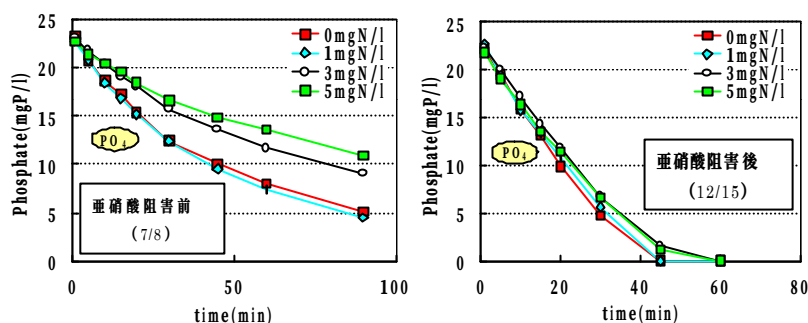


図 6：亜硝酸阻害前後での亜硝酸を添加した好気リン摂取活性試験

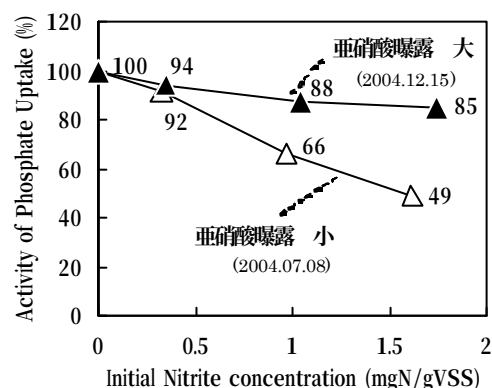


図 7：好氣的リン摂取活性に与える汚泥当たりの亜硝酸添加濃度の影響