

PUFを用いた嫌気性処理槽における脱窒とメタン生成能について

九州大学工学部 学生員○田崎 智 学生員 久場隆広
同 上 正 員 古米弘明 正 員 楠田哲也

1. はじめに

好気性処理の活性汚泥法において、曝気槽の前段に窒素除去のための嫌気槽を設け、後段の曝気槽からの硝化液を循環することにより、窒素除去を行う循環法が確立されてきている。また、嫌気性処理プロセスでは、処理水の放流の側面より酸素供給のために後曝気が必要であると認識されている。そこで、嫌気性処理プロセスにおいて後曝気で硝化を行わせることを前提として嫌気性処理槽でメタン生成と窒素除去が同時にできれば、処理は簡素化し、より高度なプロセスを実現できることになる。一方、著者らは、有機廃水の嫌気性処理を効率的に行うために、発泡ポリウレタンフォーム (PUF) を浮遊する担体として使用し、増殖速度の遅い嫌気性微生物を高濃度に集積することを検討し、その有効性を確認している¹⁾。

そこで、本研究では、立体構造を有し、その内部で微生物の棲み分けが起こることが期待できる PUF を付着担体として用いて、嫌気性処理槽に脱窒菌とメタン生成菌を共存させ、最適酸化還元レベルの異なる脱窒作用とメタン生成作用が同時に成立しうどうかを実験的に検討した。

2. 実験方法

図-1 に反応器の概略を示す。反応器は、アクリル樹脂製で、有効体積 1l のものを 2 基製作し、35℃ 恒温箱に設置した。一基はセル数 13 個/25mm、真比重は、1.12、見かけ密度 0.021g/cm³ の形状を持つ 2.5×2.5×1cm の PUF を 32 個 (充填率 20%) 添加した嫌気性槽として、他方は、植種用の脱窒菌を培養するための PUF 無添加の脱窒槽として実験に用いた。両者とも槽内を混合する目的で、攪拌翼により緩やかに (40rpm) 攪拌した。実験開始当初は、表-1 に示す濃度になるように嫌気性槽及び脱窒槽に基質を添加する fill&draw 方式で運転した。その後、嫌気性槽については連続運転に切り替え、容積負荷を 0.1kg-C/m³・d、さらには、0.2kg-C/m³・d に上げて運転し、メタン生成菌の付着集積を図った。別にグルコース基質で長期間培養した完全混合槽の懸濁液をメタン菌植種用に使用した。

実験条件を表-2 に示す。PUF を添加した嫌気性槽を用いた実験に先立ち、ガラスバイアルを使用した脱窒テスト、メタン生成テスト、脱窒+メタン生成テストの 3 種類の実験を行った。脱窒テスト (RUN D-1) では、脱窒槽の汚泥を用いて脱窒菌の活性を調べ、メタン生成テスト (RUN M-1) では、完全混合槽の汚泥を用いて、懸濁液のメタン生成菌の活性を調べた。次に、懸濁混合状態で脱窒とメタン生成が同時に発現するかを検討する実験として、活性を確認した脱窒槽と完全混合槽の汚泥を同量ずつ添加し、硝酸性窒素濃度を 2 段階に変えたバイアル実験 (RUN DM-1, 2) を行った。さらに、脱窒槽の汚泥分のみを嫌気性槽に注入した脱窒+メタン生成実験 (RUN DM-3) を行った。なお、バイアル実験は容積約 120ml のものを用い、35℃ の恒温振とう培養槽内で行った。基質分解、脱窒およびメタン生成特性を調べるために、発生ガス量、ガス組成、槽内上澄み液の全有機炭素、イオンクロマト分析による NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、比色分析による NH₄⁺-N 等を測定した。

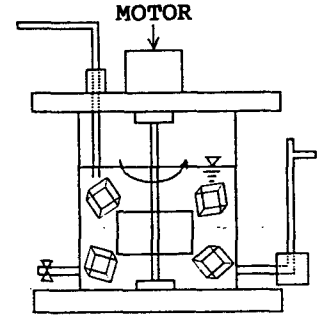


図-1 反応器概略図

表-1 基質組成

	嫌気性槽	脱窒槽
有機源 (mg-C/l)		
グルコース	240	120
硝酸塩 (mg-N/l)		
KNO ₃	-	20
緩衝剤 (mg/l)		
NaHCO ₃	500	100
無機塩 (mg/l)		
KH ₂ PO ₄		11
MnSO ₄ ・4H ₂ O		2
CaCl ₂ ・2H ₂ O		5
(NH ₄) ₂ SO ₄		94.3
MgSO ₄ ・7H ₂ O		20
FeCl ₃ ・6H ₂ O		2
NaCl		15

表-2 実験条件

実験名	脱窒テスト	メタン生成テスト	脱窒+メタン生成テスト		
RUN	D-1	M-1	DM-1	DM-2	DM-3
装置	N-17k	N-17k	N-17k	N-17k	本体
汚泥の種類	脱窒槽	完全混合槽	脱窒槽	脱窒槽	脱窒槽
			+完全混合槽	+完全混合槽	+本体
汚泥量 (ml)	40	40	40+40	40+40	0+1000
基質					
グルコース (mg-C/l)	1200	1200	600	600	600
KNO ₃ (mg-N/l)	20		100	20	20

なお、無機塩は、基質組成と同じものを添加し、緩衝剤には、K₂HPO₄、NaHCO₃、還元剤には、Na₂S、酸化還元指示薬には、レザズリン (1.25mg/l) を用いた。
*: 脱窒槽汚泥を遠心分離して、その汚泥分のみ添加した。

3. 実験結果及び考察

脱窒テストRUN D-1の結果を図-2に示す。 $(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- - \text{N})$ の時間変化をプロットし、直線部分の傾きから脱窒槽汚泥の窒素除去能を求めたところ、 $136 \text{ mg-N/l} \cdot \text{day}$ であることがわかった。また、同様に図-3に示したメタンガスの累積発生量の増加速度より、完全混合槽の汚泥は $295 \text{ ml/l} \cdot \text{day}$ のメタン生成能を有することがわかった。

これらの汚泥を均一混合し、初期硝酸性窒素濃度を 100 mg-N/l として行った

RUN DM-1の結果を図-4に示す。図より、 $(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- - \text{N})$ の減少に対応して、窒素ガスが発生しているものの、60時間の経過後もメタンガスはほとんど発生しておらず、脱窒作用は発現するが、メタン生成能は不活性化していることがわかる。酸化還元電位を測定していないため明確な判断は下せないが、これは硝酸性窒素濃度レベルが高く脱窒作用が同じ系で活発に起こったために酸化還元電位が上昇し、メタン生成反応が熱力学的に成立しなかったためと考えられる。つぎに、初期硝酸性窒素濃度を低く設定した RUN DM-2,3の結果を図-5に示す。図より、両実験とも $(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- - \text{N})$ 濃度が減少しており、脱窒作用が起こっていることがわかる。一方、メタン生成について比較すると、脱窒およびメタン生成汚泥が均一混合状態のRUN DM-2では、脱窒がほぼ終了したあとメタンが発生しており、PUF添加嫌気性槽のRUN DM-3では、脱窒とメタン生成が同時に起こっている。

以上の結果より、脱窒およびメタン生成汚泥が均一混合条件下にある場合には、脱窒作用とメタン生成作用は両立せず、脱窒作用が活発に起こっている状態ではメタン生成は不活性化することが確認できた。一方、槽中にPUFのような立体構造を持つ担体が存在する場合には、脱窒およびメタン生成を担う微生物が不均一に存在する状態を確保することができるため、最適還元レベルの異なる脱窒作用とメタン生成作用が同時成立する可能性が示唆された。

4. まとめ

立体的な網目構造を有するPUFを嫌気性槽の微生物付着担体として用いることにより、最適還元レベルの異なる脱窒作用とメタン生成作用が同時に発現しうる可能性を見いだすことができた。しかし、メタン生成能は、有機源基質の種類やC/N比など様々な要因の影響を受けることが予想され、今後それらについて検討する必要があると考えられる。

<参考文献>

- 1) 久場ら：PUFを微生物担体とした嫌気性下水処理，土木学会第44回年次学術講演会，pp62-63,1989

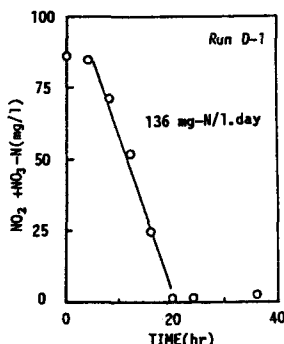


図-2 脱窒活性テスト結果

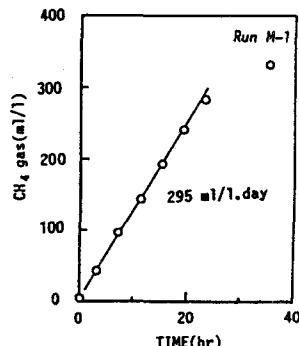


図-3 メタン生成活性テスト結果

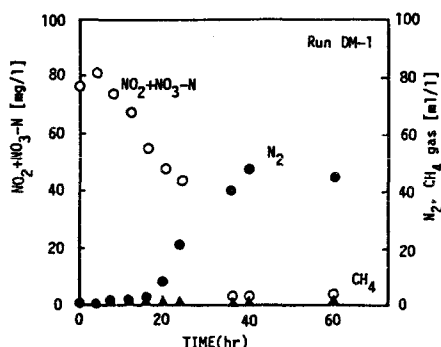


図-4 脱窒+メタン生成テスト結果
(初期硝酸性窒素濃度 100 mg-N/l)

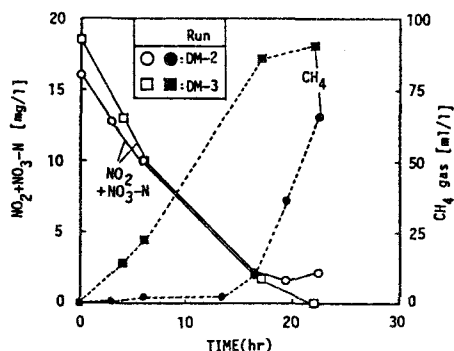


図-5 脱窒+メタン生成テスト結果
(初期硝酸性窒素濃度 20 mg-N/l)