

IPA を用いて $\text{NO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 含有排水を脱窒するリアクターの処理機構

岐阜工業高等専門学校 河村将和 (学)、木塚雄大 (学)、角野晴彦 (正)

国立環境研究所 珠坪一晃 (正)

1 はじめに

近年、電子部品の需要の増加に伴い、電子産業工場の排水量が増加している。その中には、硝酸塩 (NO_3^-)、硫酸塩 (SO_4^{2-}) を含有する排水が想定される。ここでは NO_3^- を除去するために、脱窒処理が必要となる。そこで我々は、 $\text{NO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 含有排水を対象とし、電子産業工場から廃棄される高濃度イソプロパノール (IPA) を電子供与体として用いた脱窒リアクターに関する研究を進めている。

本研究では、まず活性汚泥を用いた活性試験によって、IPA の脱窒への適用性と硫酸塩還元の可能性を評価する。次に、当該排水を連続処理するリアクターの処理機構を調査する。

2 実験方法

2.1 活性試験

活性試験は、本校の合併処理浄化槽の活性汚泥を用いた。脱窒の電子供与体として一般的に用いられるメタノールと IPA の NO_3^- 消費活性を測定した。連続処理実験を想定し、IPA を電子供与体とした硫酸塩還元活性を測定した。汚泥濃度は、約 1400 mg-MLSS/L とした。脱窒 (NO_3^- 消費活性) の試験開始時における各基質の濃度は IPA・メタノール 500 mg-COD/L、 NO_3^- 100 mg-N/L とした。硫酸塩還元の試験開始時における各基質の濃度は IPA 300 mg-COD/L、 SO_4^{2-} 300 mg-S/L とした。試験条件は、無酸素 (N_2 置換)、温度 20°C、振とう速度 130 r/min とした。

2.2 リアクターへの回分供給実験

連続処理は、水容積 8.0 L の USB リアクターを用いた。植種汚泥は、本行合併処理浄化槽の活性汚泥と、中温メタン発酵グラニュール汚泥とした。排水は、

NO_3^- 排水と IPA 排水の 2 種類を別々の送液ポンプによって、流量比 10 : 1 の割合で流入させた。2 種類の排水の混合後 (流入水) は設定で NO_3^- 、46 mg-N/L、 SO_4^{2-} 300 mg-S/L、全 COD 250 mg/L である。HRT は 5 h、 NO_3^- 容積負荷は 0.24 kg-N/m³/day である。

リアクターへの回分供給実験は、 SO_4^{2-} を除いた排水、 NO_3^- を除いた排水を HRT の 3 倍時間以上供給させた。ここでは、排水と処理水に加えて、リアクター流向方向の 5 カ所の水質を調べた。

3 結果と考察

3.1 活性試験

図-1 に活性試験の結果を示す。図-1 (a) の NO_3^- 消費活性は、 NO_3^- 減少量より求めた。IPA を用いた NO_3^- 消費活性は、メタノールを用いたそれと比べて、2.0 倍であった。メタノールは、脱窒の電子供与体として適用しやすい。よって、IPA は、メタノールに劣らずあるいはそれ以上に、脱窒の電子供与体として高い適用性を持つと考えられる。加えて IPA を用いる脱窒リアクターの植種には、一般的な活性汚泥を用いれば良いとわかった。

図-1 (b) の COD 消費活性は、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- の減少量より、理論的に COD 消費量を算出して求めた。IPA を用いた硫酸塩還元による COD 消費活性は、IPA を用いた脱窒によるそれと比べて、3.5 倍であった。IPA は、脱窒だけでなく硫酸塩還元の電子供与体としても高い適用性を持っていた。本研究の対象とする排水を処理する場合、IPA とその中間代謝物を用いる従属栄養性脱窒細菌と硫酸塩還元細菌が、 NO_3^- を用いる従属栄養性脱窒細菌と独立栄養性 (硫黄) 脱窒細菌が競合する可能性が示された。ただし、この活性試験では IPA、

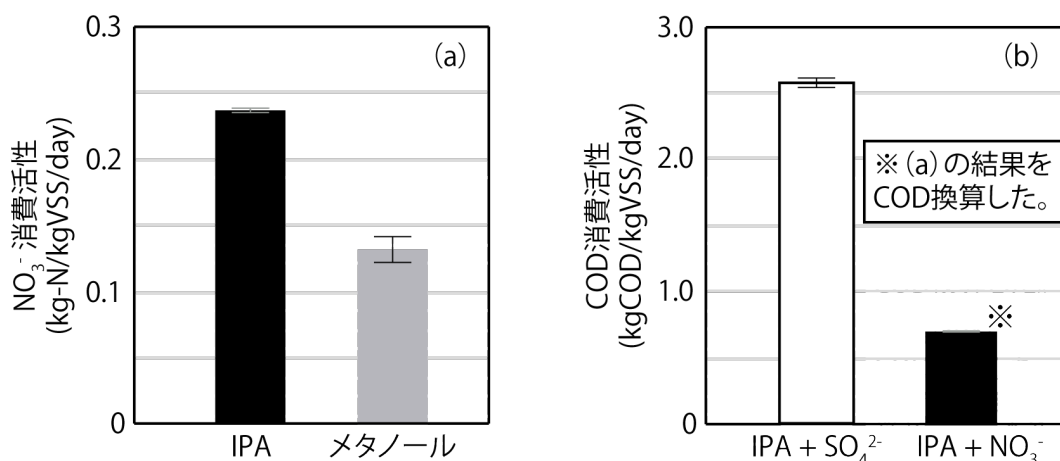
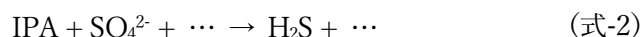
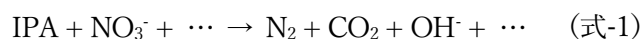


図-1 活性試験

NO_3^- 、 SO_4^{2-} が同時に存在する条件下での実験を行っていない。これについては次節のリアクターを用いた実験によって調査する。

3.2 リアクターへの回分供給実験

リアクター内で起こりうる主な3つの反応の概略式を示す。



式-1は、IPAあるいはその中間代謝物を用いる従属栄養性脱窒である。式-2は、IPAあるいはその中間代謝物を用いる硫酸塩還元である。式-3は、硫酸塩還元に伴い生成される還元型の硫黄化合物を用いる硫黄脱窒である。

図-2 にリアクターへの回分供給実験の結果を示す。縦軸は、リアクター流向方向の高さを、横軸は、溶解性 COD、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} である。

連続処理は、運転開始から徐々に脱窒が進み、22 日目に NO_3^- 除去が完全となった。ただし、硫酸塩還元は起こっていなかった。図-2 (a) は、52 日目の連続処理の結果である。ここでは式-1、2、3 の全ての反応が起こりうる。流入水から処理水にかけて、溶解性 COD の減少濃度は 191 mg/L であるのに対し、 SO_4^{2-} の減少濃度は 6 mg-S/L である。一見すると本リアクターの脱窒機構は、従属栄養性脱窒が優勢であった。ただし流入水から高さ 40 cm にかけて、 SO_4^{2-} は、349 から 299 mg-S/L にまで減少している。同時に、溶解性 COD は 221 から 58 mg/L にまで、 NO_3^- は 45 から 0 mg-N/L にまで減少した。ここでは、式-1 と式-2 が同時に起こっていると考えられる。高さ 58 cm で、 SO_4^{2-} は流入水程度まで戻った。ここでは、 NO_3^- が存在していないが、他に候補となる酸化させる物質がなく、式

-3 の起こる可能性が残る。よって本リアクターの脱窒機構は、従属栄養性脱窒と硫黄脱窒が起こっている可能性がある。

図-2 (b) は、 SO_4^{2-} を除いた排水での結果である。この実験は、連続処理 51 日目のリアクターを用いた。この実験では、従属栄養性脱窒 (式-1) のみが評価できる。 SO_4^{2-} を除いた排水でも、 NO_3^- の除去は高さ 20 cm で完全であった。よって、本リアクターの脱窒は、硫黄脱窒を必要とすることなく、従属栄養性脱窒のみで十分であった。

図-2 (c) は、 NO_3^- を除いた排水での結果である。この実験は、連続処理 80 日目のリアクターを用いた。この実験では NO_3^- を除いた排水を用いたため、硫酸塩還元 (式-2) のみが評価できる。流入水から処理水にかけて、 SO_4^{2-} は 275 から 232 mg-S/L にまで、溶解性 COD は 237 から 163 mg/L にまで、減少した。 SO_4^{2-} と溶解性 COD は、リアクター内で変動しているが、サンプリング誤差と思われる。硫酸塩還元は、潜在的に能力を保っていた。ただし、本リアクターの処理機構において、硫酸塩還元による有機物除去と硫黄脱窒への寄与を推し量れなかった。

4 おわりに

IPA を用いて $\text{NO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 含有排水を脱窒する場合、従属栄養性脱窒、硫酸塩還元、硫黄脱窒の3つの反応が起こる可能性が示された。ただし、本研究で連続処理している脱窒リアクター処理機構は、主に従属栄養性脱窒であった。

謝 辞 本研究は、JSPS 科学研究費、(一財) 越山科学技術振興財団の助成を受け、また国立環境研究所の安全確保研究プログラム「地域の水環境保全に向けた水質改善・評価手法の開発プロジェクト」の一部として実施しました。

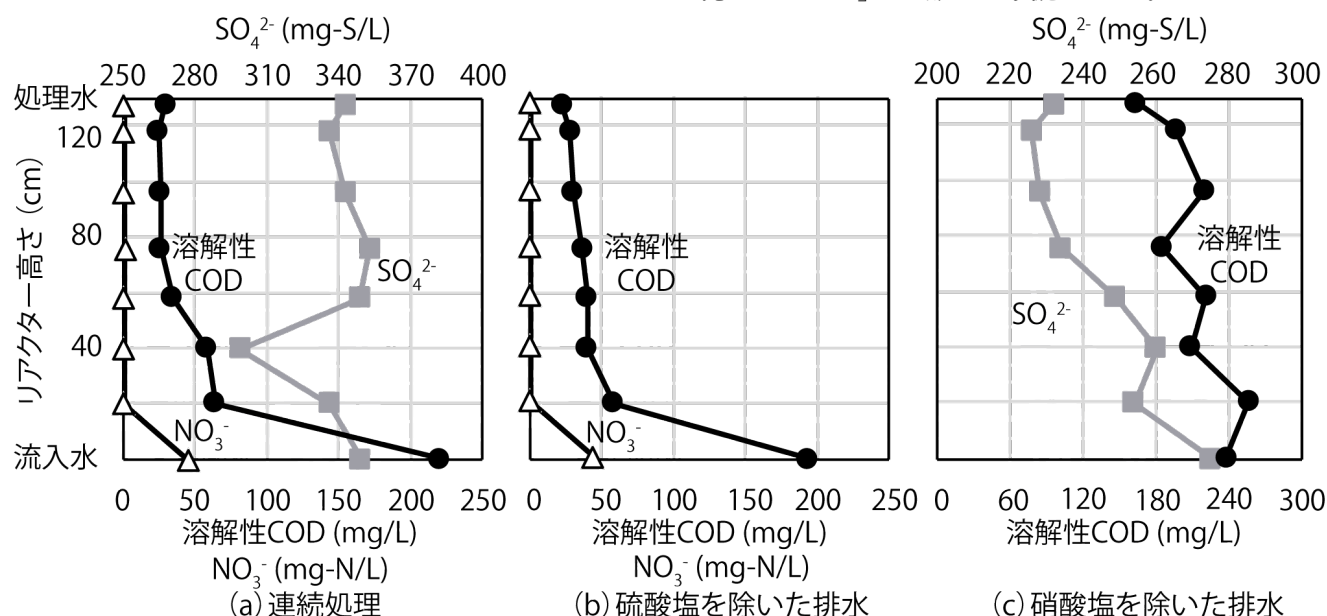


図-2 リアクターへの回分供給実験