

(Ⅱ-27) 固定化微生物電極による下水から硝酸態窒素の除去

前橋市立工業短大 正員 趙 哲石 正員 尾崎 益雄
群馬大学 工学部 正員 黒田 正和

はじめに

下水からの脱窒方法として、主に生物的处理方法が検討され一部が実用化されている。下水の生物脱窒方法は硝化菌による硝化過程と脱窒菌による脱窒過程という二つの処理過程から構成されているが、脱窒過程において、十分な脱窒効率を得るためには、適切な水素供与体の添加と制御及び脱窒菌の固定化が重要な因子である。

黒田らはすでに水の電気分解により水素ガスが発生することに着目し、脱窒菌を生物膜として固定した固定化微生物電極を用い、電極から発生する水素ガスを水素供与体として脱窒過程に利用する新しい脱窒方法を提案した¹⁾。

本研究の目的は、固定化微生物電極を下水の脱窒処理に適用する条件を明らかにすることである。固定化微生物電極を下水の脱窒に適用する際、電流、滞留時間等の工学因子が脱窒に及ぼす影響を検討し、脱窒反応に適切な反応条件を解明することが重要である。そこで、本研究は下水処理場から採取した脱窒菌を用いて固定化微生物電極を作製し、電流と滞留時間を種々変化させ、それらが硝酸態窒素除去及び硝酸態窒素から亜硝酸態窒素生成に及ぼす影響について検討を行った。

1. 実験装置及び方法

図1は本研究に用いた実験装置の概略を示す。装置は、塩化ビニル板で作製した溶液容積2.6Lの反応槽、反応液混合用循環ポンプ、直流安定化電源、固定化微生物電極により構成された完全混合型反応槽である。反応槽には横10.0cm、高さ19.0cmの炭素材電極が陰極2枚、陽極3枚ずつ設置されており、陰極有効表面積は480cm²であった。

実験は、まずA市の間欠ばっ気下水脱窒処理装置から採取した種汚泥を用いて陰極表面に脱窒菌を接種した後、A市の下水処理場処理水と硝酸ナトリウム混合液を反応槽に連続投入しながら電極に通電して、陰極表面に脱窒菌を固定した。次に上述の混合液を原水として、電流、滞留時間を種々変化させて連続NO₃⁻除去実験を行い、NO₃⁻濃度、NO₂⁻濃度、pH、ORP、BODを測定した。また、実験は反応槽を恒温槽に浸漬して一定の温度を保持し、電流20mA～200mA、滞留時間7.2hr～19.6hrの範囲で行った。

2. 実験結果及び考察

図2には、滞留時間10.9hr、温度30℃のもとで、電流を0mA、20mA、50mA、100mA、200mAの順に変化させて行った連続実験におけるNO₃⁻の除去速度、NO₂⁻の生成速度、脱窒率及び水素利用率を併せて示している。電流0mAにおけるNO₃⁻の除去速度は約0.89mg-N・l⁻¹・hr⁻¹で低いが、電極に通電して脱窒菌に水素ガスを提供した時、NO₃⁻の除去速度は電流の増加と共に増加した。また、電流が50mAから100mAまで増加した時、NO₃⁻除去速度はそれぞれ約1.9mg-N・l⁻¹・hr⁻¹、3.6mg-N・l⁻¹・hr⁻¹で、ほぼ電流の増加に比例して増加するが、電流200mAの場合のNO₃⁻除去速度は約5.2mg-N・l⁻¹・hr⁻¹で、電流の増加に対するNO₃⁻除去速度の増加が電流100mA場合より小さい。

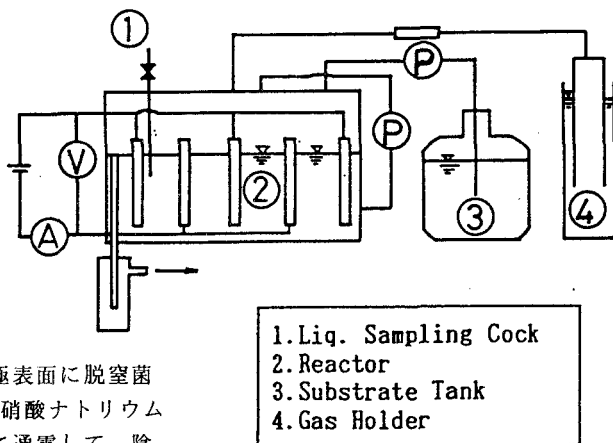


図1 実験装置

NO_2^- の生成速度も電流の増加と共に増加した。しかし、電流50mA、100mAにおける NO_2^- 生成速度がそれぞれ約 $0.22\text{mg-N}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ 、 $0.28\text{mg-N}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ であったのに対して、電流200mAにおいては約 $0.72\text{mg-N}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ で、電流の大きい領域において NO_2^- が生成しやすい。

各電流における水素利用率は、Faraday則に従う電極から発生する水素発生速度と図2の NO_3^- 除去速度から求めた脱窒菌による水素利用速度から求めた。図に示したように、電流50mAの場合、電極から発生した水素ガスのほぼ100%が脱窒菌に利用されたが、電流100mAの場合は約90%の水素しか利用されず、電流が大きい領域において水素利用率が低い。

以上のことは、電流が大きい領域において、 NO_3^- 除去速度が大きい、 NO_2^- が生成しやすく、水素利用率も低いことを示す。

図3には、温度25℃、電流100mAの条件のもとで、滞留時間を7.2hr、10.9hr、14.6hr、19.6hrの順に変化させて行った連続実験における NO_3^- 除去速度、 NO_2^- 生成速度、脱窒率及び水素利用率を併せて示している。図に示したように、滞留時間の増加と共に脱窒率は増加したが、 NO_3^- の除去速度及び NO_2^- 生成速度は逆に低下した。特に NO_2^- 生成速度は、滞留時間10.9hrの場合が滞留時間7.2hrの場合より約60%低下しており、滞留時間増加の影響が大きい。また、水素利用率も滞留時間の増加と共に低下し、滞留時間19.6hr場合の水素利用率は約75%までに低下した。

3. 結論

固定化微生物電極を用いて、電流、滞留時間が NO_3^- の除去速度、 NO_2^- 生成速度および水素利用率に及ぼす影響について検討し、これらの制御により、 NO_3^- を効率よく除去することが可能であることを明らかにした。また、最適な電流及び滞留時間は、 NO_3^- の除去速度、 NO_2^- 生成速度及び水素利用率から総合的判断する事が必要ながわかった。

参考文献

- 1) Sakakibara, y. and Kuroda, M. (1993) Electric prompting and control of denitrification, Biotechnology and bioengineering, 42, 535-537.

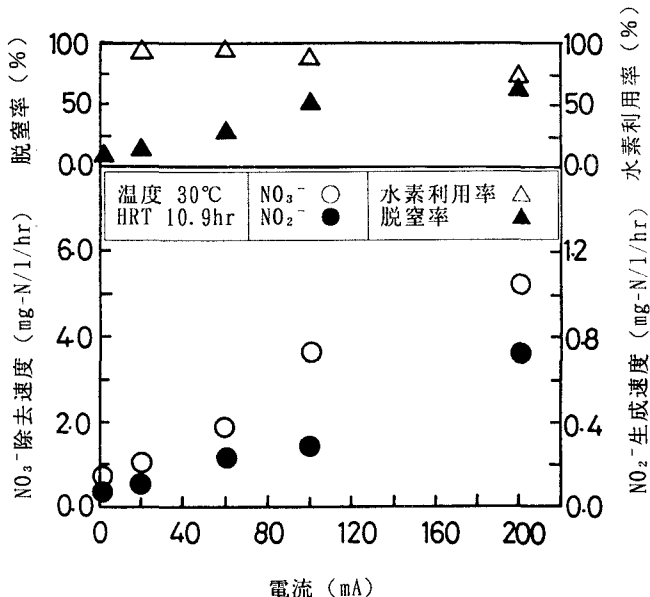


図2 NO_3^- 除去に及ぼす電流の影響

図に示したように、滞留時間の増加と共に脱窒率は増加したが、 NO_3^- の除去速度及び NO_2^- 生成速度は逆に低下した。特に NO_2^- 生成速度は、滞留時間10.9hrの場合が滞留時間7.2hrの場合より約60%低下しており、滞留時間増加の影響が大きい。また、水素利用率も滞留時間の増加と共に低下し、滞留時間19.6hr場合の水素利用率は約75%までに低下した。

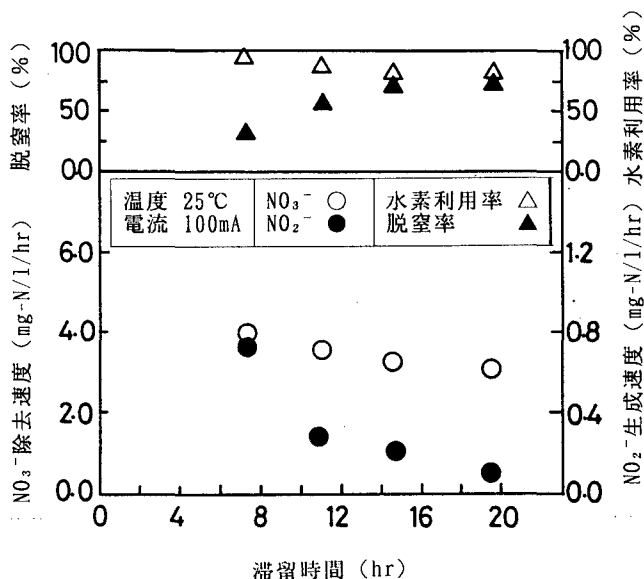


図3 NO_3^- 除去に及ぼす滞留時間の影響