

宮崎大学 工学部 正 石黒政儀 増田純雄
学〇砂田啓二 池田郁夫 大曲信一

1 はじめに 本論文では、宮崎市終末処理場に設置した直径2.0mの実規模回転円板装置による下水の硝化・脱窒・脱リンに関する実験結果および考察を、先に提示した固定生物膜による基質除去過程の定常状態における動力学式の検証をも加えて報告する。

2 実験装置と実験方法 実験装置のフローシートを図-1に示す。

実験装置は好気硝化部4段(浸漬率約50%,有効円板表面積28.3²m)と嫌気脱窒部2段(浸漬率100%,有効円板面積113²m)の接触槽で構成される。円板材質は耐水バニヤ、円板直径2.0m,各段円板枚数9枚,厚さ1.0cm,円板間隔2.0cm,流向は中心軸に直角方向である。回転数2rpmとし円板表面に十分に菌が付着生育した後、宮崎市終末処理場の流入原水に塩化アンモニウムと重炭酸ナトリウムを添加し、アルカリ度200mg/lに設定しNH₄-N濃度を80~160mg/lと変化させて定常状態のもとで各段の諸水質を測定した。その間の水温は22℃~18℃であった。なお、硝化部3段で硝化によるアルカリ度不足が起るにめう段に重炭酸ナトリウムを、脱窒部の有機炭素源としてメタノールを嫌気槽に添加した。脱リン実験は硝化部1段に硫酸アルミニウムを添加することにより硝化に与える影響を調べるため硝化の実験と並行して行ない、リン酸濃度20mg/lとしA/Pも変化させて実験を行った。

3 実験結果と考察 3-1 硝化・脱窒 図-2に各段の水質変化の一例を示す。流入NH₄-Nはほぼ直線的に酸化され、NH₄-N負荷40~80³g/dで硝化率70~90%が得られた。工場廃水を用いた(BOD₅150~200³mg/l, NH₄-N負荷1.8³g/d)回転円板法による処理で硝化率93%の報告がある²⁾。しかし、NH₄-N負荷が40~80³g/dで高硝化率が得られるのはBOD₅が20~30³mg/lと低いためである。また、低BOD₅のため1段より硝化菌が優占種となった。硝酸も直線的に増加しNO₂-Nは硝化部4段で約60³mg/lとなり嫌気槽でほとんど脱窒された。また、NO₂-Nの蓄積はいずれの段でもほとんど生じなかった。硝化部における脱窒現象(以下硝化部脱窒と呼ぶ)は各段において認められ硝化部全体として平均20%程度の脱窒率であったが、硫酸アルミニウムを添加することによりAlPO₄とAl(OH)₃のフロックが円板に吸着し酸素浸入深さが浅くなったために嫌気層が厚くなり硝化部脱窒率が54%程度まで上昇した。筆者が先に報告した硝化部脱窒の最適S/Nは7以上であるが、本実験では流入有機炭素濃度が47³mg/lと低くS/Nが約0.4にもかかわらず硝化部脱窒が起った。これは、NH₄-N→NO₂-N→NO₂という過程をとらずに、NH₄-N→NH₃という過程で脱窒されたと考えられる。システム全体のpHは6.5~7.5の範囲にあり、硝化部3段では重炭酸ナトリウムの添加によりpHが上昇した。DOは硝化部1段で1.5³mg/l、4段で0.5³mg/lと上

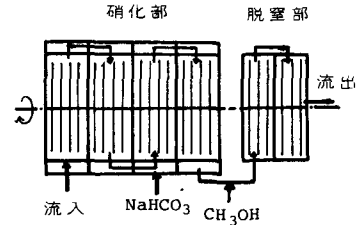


図-1 実験装置のフローシート

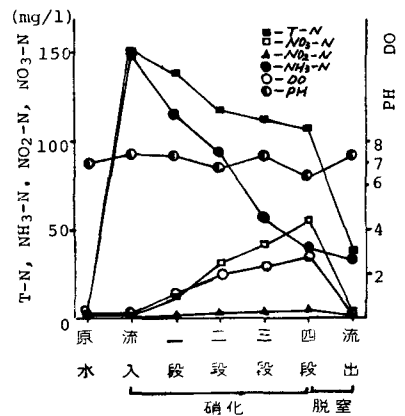


図-2 各段の水質変化

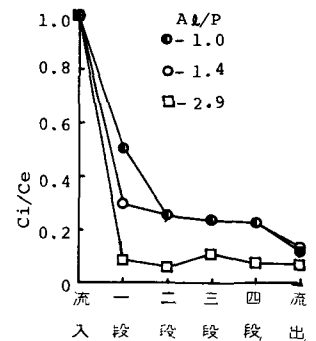


図-3 各段のリン残存率

昇し嫌気槽では0近くであった。

3-2 脱リン 図-3は硝化槽1段に硫酸アルミニウムを添加した場合の各段におけるリン残存率(各段の PO_4-P 濃度を流入 PO_4-P 濃度で除いた値)の変化を示した。 $Al/P = 1.0, 1.4, 2.9$, それぞれ4段流出濃度 4.0 mg/l , 0.5 mg/l , 1.5 mg/l であり, 全段としてのリン除去率(生物膜の吸着と沈殿によるリン除去率)は約88%, 90%, 94%となり, Al/P が高いほど高リン除去率を得ることができた。各段におけるリン除去率は $Al/P = 1.0$ では1段で約50%, 2段で20%と1段で後段でわずかに増加した。 $Al/P = 1.4, 2.9$ ではリン除去率は1段で約70%, 90%に達し, 後段では $Al/P = 1.4$ で, リン除去率はわずかに増加し, $Al/P = 2.9$ では, ほとんど変化がなかった。 PO_4-P と HCO_3^- が共存する水に硫酸アルミニウムを添加すると, $Al(SO_4)_3$ と HCO_3^- が反応して $Al(OH)_3$ を生ずる反応と,

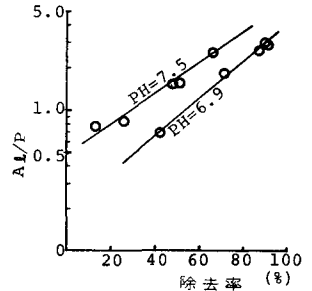


図-4 Al/Pとリン除去率の関係

$Al(SO_4)_3$ と PO_4^{3-} が反応して $AlPO_4$ を生ずる反応が競合して起こる。前者の反応により pH は低下し, 後者の反応は pH に敏感でありその最適 pH は6付近である⁴⁾。したがって, pH の影響を調べるため, 図-4にリン除去率と Al/P の関係を示した。前者の反応の最適 pH に近い pH が高リン除去率となった。アルカリ度もリン除去に影響する因子と思われるが十分バグターが得られなかった。図-5に脱リンの実験経過日数と硝化率, リン除去率の関係を示す。 Al/P を2.8から5.6に上げると円板表面に白い $AlPO_4$ と $Al(OH)_3$ のフロッグが目立, て付着を始め, 硝化率が低下した。 Al/P を1.8に下げると, 硝化率は1週間回復したが再び低下を始め Al/P を1.0にしても回復しなかった。なお, リン除去率は80%以上であった。この原因は, 円板表面にフロッグが付着し, 硝化菌層へ十分な酸素の供給が行われなかったためと考えられる。

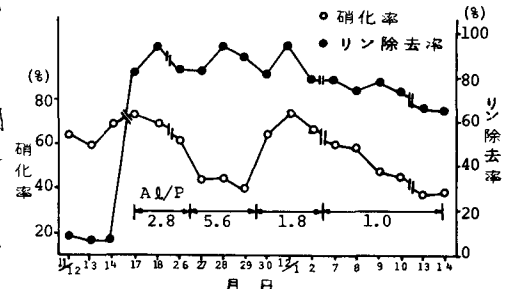


図-5 リン除去率と硝化率の変化

3-3 定常動力学式の検証 図-6は C_e が約30%, 60%, 90%の時の A/a と C_i/C_e の関係をプロットしたものである。いずれも $A/a = 0$ で $C_i/C_e = 1$ を通る直線となった。この関係より C_e が等しい場合 C_i や硝化率に無関係に $C_i/C_e = 1 + K^*(A/a)$ の式が成立する。図-7は K^* と C_e の関係を水温をパラメーターとして両対数にプロットしたものである。図中の勾配はいずれもほぼ-1と等しくなった。同一の C_e に対して水温の低い方が K^* も低い。以上のことにより, 実規模回転円板でも固定生物膜による基質除去過程の定常動力学式の妥当性が証明された。

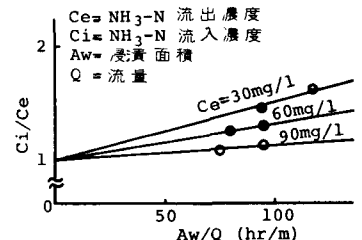


図-6 C_i/C_e と Aw/Q の関係

4 おわりに 本装置における実験でも NH_4-N 負荷 $40 \sim 80 \text{ g/m}^2\text{d}$, 水量負荷 $5 \sim 6.3 \text{ g/d}$ の条件のもとに硝化率70~90%, 硝化部脱窒も各段で起こり平均20%程度の硝化部脱窒率を得た。また, 実規模回転円板においても定常動力学式の妥当性を証明することができた。脱リンは Al/P が10~30のもとで, 流出水の PO_4-P 濃度 4 mg/l 以下で約90%以上のリン除去率を得た。

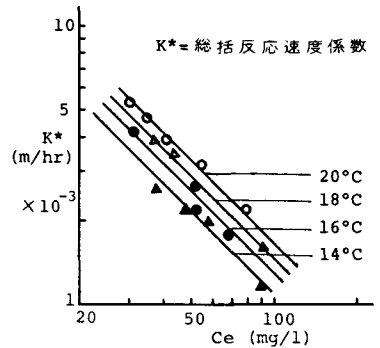


図-7 C_e と K^* の関係

参考文献 1) 渡辺ら; 回転円板法の浄化機構に関する研究(Ⅱ) 下水協会誌 Vol. 15, No. 172, 1978, 9 2) 石黒, 小川ら; 回転円板法と処理技術協会 1979年大会 3) 石黒, 増田; 回転円板法による硝化部脱窒に関する研究 回転円板法研究シンポジウム講演集(1979) 4) 石黒ら; 回転円板法による下水高度処理に関する研究(Ⅳ) 下水協会誌 Vol. 16 No. 185, 1979, 10