

宮崎大学工学部 正 石黒政儀 正 瘦切義公
 宮崎大学工学部 正 増田純雄 学 宮内章夫

1. はじめに 生物学的脱窒素方式には浮遊性微生物による流動方式と付着性微生物による固定方式があり、一般的に後者の方が有利と言われている。その理由として流動方式では攪拌装置を必要とし、最終沈殿池で窒素ガスのMLSSへの付着による浮上のために固液分離がむずかしいなどがある。固定方式としてはカラム脱窒法と回転円板法があるが前者では生物膜がろ材上に固定し汚水流動に対して、後者では円板上付着成育の生物膜が水中で回転する。槽内の流れは前者では層流に近いのに対して後者では乱流状態となっている。そのため生物膜へのNO₃-Nの移動速度は後者の方が大きいと思われる。またカラム脱窒法では層の逆流と発生した窒素ガスの放出のためのポンピングが必要である。以上の理由から回転円板法は生物学的脱窒素方式としても多くの利点を有していると思われる。前報では脱窒効率とC/N比、水温との関係などについて述べたが、本文ではDOの影響を報告し脱窒過程を理論的に考察する。

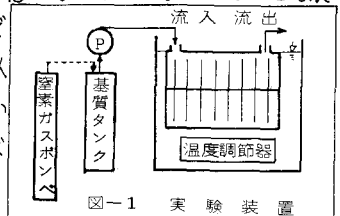


図-1 実験装置

2. DO濃度と脱窒率との関係 1) 実験装置と実験条件

実験装置は図-1に示すように外槽に沈めた水密構造の内槽に直径10cm、厚さ2.7mmの耐水ベニヤ製の円板を1.3cm間隔で7枚設け、内槽内表面積も含めた微生物付着面積0.198m²、槽容量1.51l、A/V=1.3cm²、円板回転数は3rpm(周辺速度0.94m/分)である。水温は外槽に設けた温度調節器により一定に保ち、基質は水道水にKNO₃とCH₃OHを添加したものを使用し、DO濃度は窒素ガスを吹込み調節した。実験条件 連続流実験はNO₃-N負荷さ2.9g/md、C/N=1.9、水温20°Cに固定、流量20, 40, 80cc/分(希留時間76, 38, 19分)、流入水DOを0, 5, 10mg/lの3段階に変化させた。回分実験では初期NO₃-N濃度40mg/l、C/N=1.9、水温17°C、初期DOは0.9, 2.6, 4.9, 9.6mg/lとした。

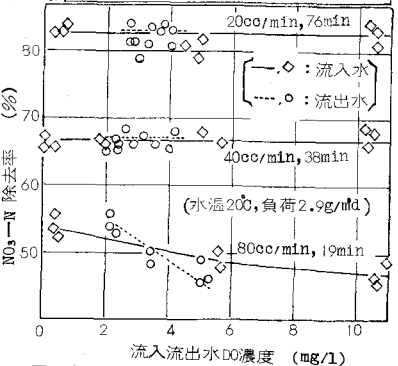


図-2 流入 流出水DOと脱窒率との関係

2) 実験結果と考察 図-2は流入、流出水DO濃度と脱窒率との関係を示し、希留時間が76, 38分ではDO濃度に関係なく脱窒率が一定であるが、19分ではDO低下につれて向上の傾向がみられる。図-3に活性汚泥脱窒槽内のDOと脱窒率との関係を示し、活性汚泥法ではDOが2mg/l以上になると脱窒率が急激に減少する。図-4に本研究での回分実験におけるNO₃-N、DO濃度と経過時間の関係を示す。各々のDO濃度における脱窒速度はほぼ等しい。図-2, 4の結果より回転円板法は希留時間40分以上では流入水DOによる脱窒率への影響はほとんどないことが判明した。回転円板法が活性汚泥法に比較しDOの影響を受けにくい理由として後者では生物フロックが比較的小さいため、液本体のDO濃度が高いとフロック内部にまでDOが浸入し嫌氣的零環境を保ちえなくなり、前者では円板付着生物膜の厚さが数mmにも達し

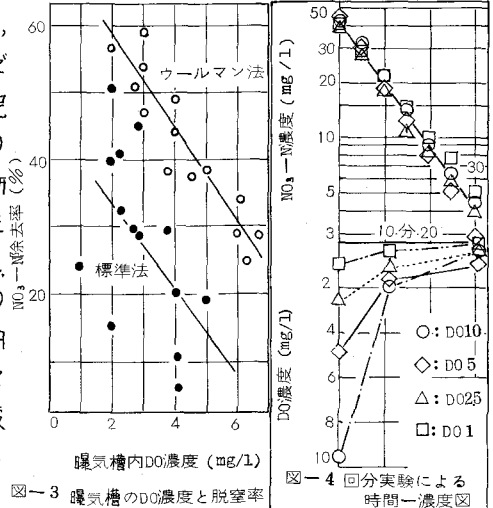


図-3 曝気槽のDO濃度と脱窒率

図-4 回分実験による時間-濃度図

生物膜表面でD.Oを消費するので嫌気性の膜内部で脱窒が起ると考えられる。

3. 脱窒過程の理論的考察 回転円板法による脱窒過程も基本的には硝化過程と同様に附着生物膜内の物質収支式と液本体の水質変化式の式によって記述できる。本理論では槽内に浮遊する脱窒菌は、附着性脱窒菌に比較し無視(うるものとして)取り扱う。また附着性微生物膜厚が数mmにも達するので槽内容量への影響を補正係数 f を導入して次のように表示する。 $V = fV_0 \dots (1)$ V : 脱窒槽の実容量(cm^3), V_0 : 微生物附着前の槽容量(cm^3), f : 補正係数。 f と円板間隔(2H)との関係を図-5に示す。式(1)を用いると液本体の水質変化式は式(2)となる

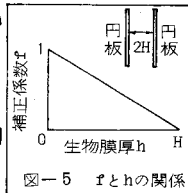


図-5 fとhの関係

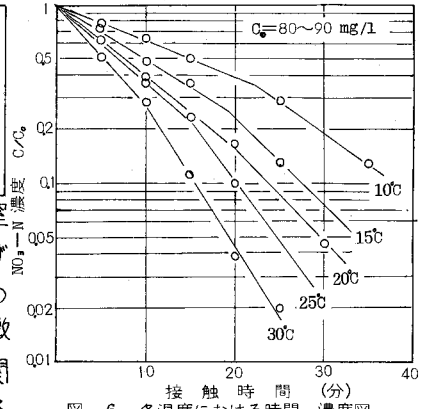


図-6 各温度における時間-濃度図

$$\frac{dC^*}{dt} = -\frac{AD}{\delta f V_0} (C^* - \bar{C}) = -\frac{K_d^*}{f} (C^* - \bar{C}) = K^* (C^* - \bar{C}) \dots (2) \quad K_0^* = -\frac{AD}{\delta V_0}, \quad K^* = \frac{K_d^*}{f}$$

A: 生物附着面積(m^2), C^* : 液本体濃度(mg/l), \bar{C} : 生物膜表面の平均濃度(mg/l), D: NO_3^- の水中での拡散係数(cm^2/sec), δ : 附着水膜厚(cm)
ここで $(C^* - \bar{C})/C^* = 1 - \bar{C}/C^* = \alpha$ とおき α が考える濃度範囲では一定と仮定すると式(3)が得られる。 $\ln(C/C_0) = -K_d^* \alpha t / f = -K^* \alpha t \dots (3)$

図-6は各温度における C/C_0 と t との関係であり、高濃度域(15~30 mg/l 以上)と低濃度域(15~30 mg/l 以下)で勾配の異なる二つの直線関係が得られた。それぞれの領域での $K^* \alpha$ と水温の関係を求めると図-7のようになる。 K_d^* と f は操作条件によって決まる定数であるから、図-7は水温と α の関係とみなすこともできる。しかし附着水膜厚 δ と f の正確な数値が不明なため α の真の値を求めることはできないが、高濃度域では反応律速型となり、低濃度域では拡散律速型となっている事は明らかである。

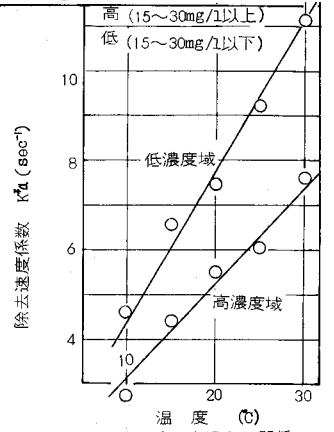


図-7 $K_d \alpha$ と水温との関係

4. 脱窒槽のフローパターンとその考察 トレーサー実験を行ない図-8のような結果を得た。測定値(曲線AE)は装置内に死水域や短絡流があることを示している。図-2に示されるように本装置で脱窒率が100%得られない原因は死水域や短絡流に起因したものと思考される。回転速度を増すと円板間隔内に取り込まれる水量が増加し短絡流を防止できるが附着生物膜ははく離するので装置の構造に配慮が必要である。短絡流や死水域を防止し効率を上げるためには図-9(イ)のように円板中心軸平行流の円筒槽がよく、D.Oが脱窒効率に影響せず槽を完全に密閉する必要がないと考えると図-9(ロ)のような構造も可能となる。図-9-(ロ)のように回転円板本体の間に固定板を挿入する構造とすればフローパターンは押し出し流れに近づく。

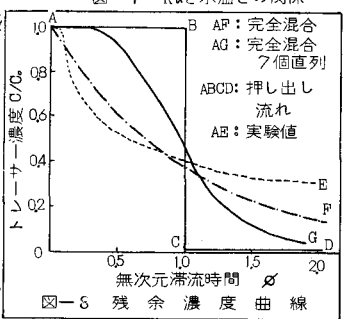


図-8 残余濃度曲線

5. おわりに 回転円板法による脱窒では極端に滞留時間が短い場合を除けばD.Oを完全にゼロにする必要はない。そのため槽を密閉構造とする必要もなく施設の施工は簡単になることが本実験により判明した。今後の問題としては、補正係数の正確な数値を把握することである。参考文献 1)石黒政義: 回転円板法による下水処理水の二次処理および三次処理, 環境技術, vol.4, No.7, 1975 2) E.S. Savage & J.J. Chen: Operating experience with columnar denitrification, Water Research, vol.9, pp.751-757, 1975 3) 石黒, 増田, 飯津, 荒沢: 脱窒率100%, 土木学会誌 支部研究発表論文集S51.2 4) 遠矢義典: 生物学的脱窒法の歴史的考察一と二-, 排水と廃水, vol.13, No.12, 1971 5) 石黒, 渡辺, 増田: 回転円板法の浄化機構について, 土木学会誌31回年次学術講演会論文集, 第2部, 1976.10

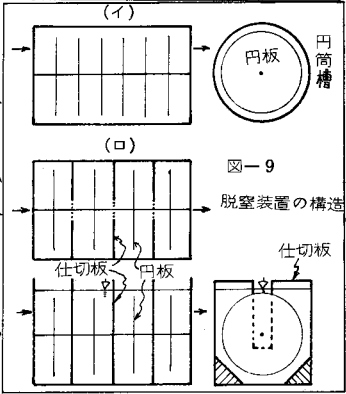


図-9 脱窒装置の構造