

曝気濾過池の硝化速度に及ぼす濁度の影響

東京大学 工学部 都市工学科 学生員 ○趙 奉衍

東京大学 工学部 都市工学科 正会員 藤田賢二

東京大学 工学部 都市工学科 正会員 金子栄廣

1 はじめに

濾層下部より空気を吹き込む濾過池—曝気濾過池によるアンモニア性窒素の硝化処理に関して実験を続けてきた。この曝気濾過池はこれまでの研究から優れた硝化能力持っていることがわかっている。しかし、これを実際のプラントとして適用するためには各種の阻害要因についてその影響の程度を知る必要がある。

今回は、阻害物質として濁度（カオリン）を取り上げ、曝気濾過池のアンモニア性窒素の硝化反応にどのような影響を及ぼすかについて実験を行ったので、結果を報告する。

2 実験方法

実験装置を図-1に示す。濾過塔は濾材としてアンスラサイトを1100mm充填した塔の上部から原水を、塔下部から送気を行う向流式反応塔である。原水は、アンモニア性窒素の基質のタンクとカオリンの懸濁液のタンクから適当量をポンプで混合槽に送りこれを本学水道水と混合希釈し均質にしたものである。実験条件は表-1に示す。実験期間中の水温は20～24℃に保った。水質項目は、pH、アルカリ度、溶存酸素、濁度、アンモニア性窒素亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素である。サンプルは濾層上部から0～8番の順で設けたポートから採水した。さらに、硝化菌の分布も調べた。

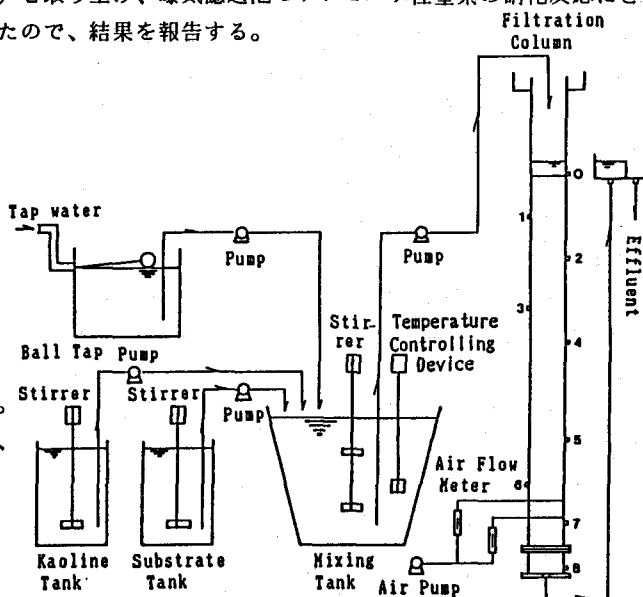


図-1 実験装置

表-1 実験条件

濾材粒径	実験名 RUN	曝気速度 (m/d)	濁度 (mg/l)	濁度投入時期
1.71 (1.41 2.00)	A 1	183	10	定常状態後
	A 2	183	20	濾過開始直後
	A 3	183	10	濾過開始直後
3.68 (3.36 4.00)	B 1	183	10	定常状態後
5.22 (4.76 5.66)	C 1	183	10	定常状態後
	C 2	183	10	濾過開始直後
	C 3	183	20	濾過開始直後

3 実験結果と考察

3. 1 硝化実験の結果

図-2 にRun B₁における実験の濾層内のプロフィールを示す。硝化能力の指標として硝化速度 r [$\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$] を次のように定義する。

$$r = -\Delta N_1 / \tau \quad (1)$$

ここで、 ΔN_1 はアンモニア性窒素濃度変化量 [g/m^3]、 τ は空塔滞留時間 [h] である。

(1) Run A1、A2、A3

式(1)により硝化速度を求めてその時間的推移を図-3に示す。Run A1は逆洗後定常状態になるまでの日数は4日であった。定常状態($30\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$)になってからカオリンを入れ始めその後の経過を調べた。カオリン $10\text{mg}/\text{l}$ を入れたら硝化速度は低下し、約3日後には一定($22\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$)になった。濾層の閉塞が進み損失水頭が増大したところで運転を停止した。カオリンの除去率は68%であった。Run A2はRun A1終了後、逆洗を行い濾過開始と同時にカオリン $20\text{mg}/\text{l}$ を添加した。図-3に示したようにアンモニア性窒素の硝化速度は、濾過開始後から約10日間ほぼ一定($24\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$)でその後低下($20\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$)した。カオリンの除去率は40%であった。Run A3はRun A2終了後、逆洗を行い濾過速度を $200\text{m}/\text{d}$ とし、濾過開始と同時にカオリンを添加した。図-3に示すように硝化速度は4日間ほぼ一定($30\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$)でその後徐々に低下し濾過終了直前には $15\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ になった。この実験でカオリンの除去率は42%であった。

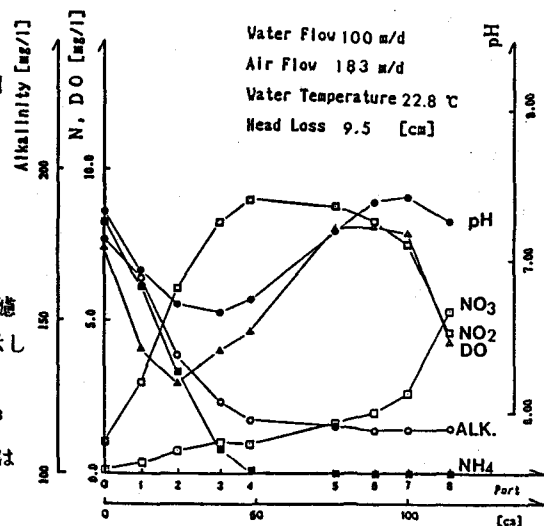


図-2 濾層内のプロフィール

(2) Run B1

Run B1の実験結果を図-4に示す。硝化速度は徐々に上昇し、約10日ではほぼ一定になった。定常状態になった後、カオリン $10\text{mg}/\text{l}$ を添加した。この時硝化速度の低下は起こらなかったが損失水頭は急激に上昇し、14日後には閉塞した。この実験でカオリンの除去率は69%であった。

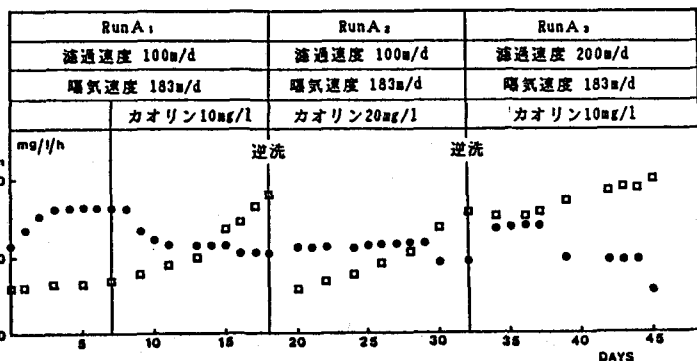


図-3 硝化速度と損失水頭の変化

(3) Run C1、C2、C3

図-5にRun C1~C3の硝化速度の経時変化をまとめて示す。Run C1では定常状態になるのに10日間要した。定常状態になった後実験開始20日目にカオリンの投入を開始したが、その後硝化速度の低下は起こらず、また損失水頭の上昇も緩やかで30日間にわたって実験を継続することができた。この実験でカオリンの除去率は48%であった。

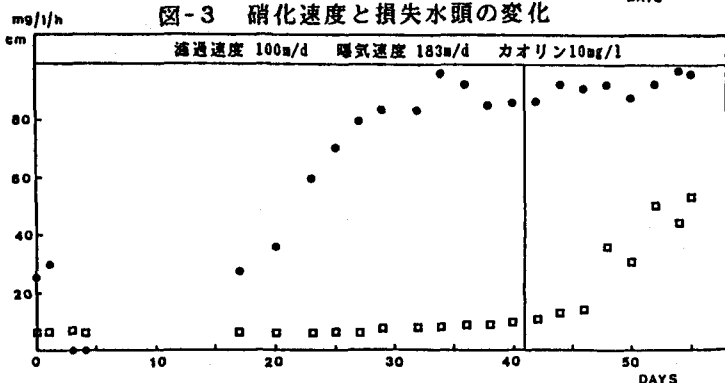


図-4 硝化速度と損失水頭の変化

Run C2およびRun C3では逆洗後の

硝化速度の回復過程におけるカオリンの影響を見るため、Run C1の初期硝化速度である20(g/m³/h)の地点からカオリンの投入を開始した。しかし、どちらの場合ともカオリン投入による硝化速度上昇の遅れは見られず、この場合においても硝化速度に対するカオリンの影響はない。

(4) 濾過池内の硝化細菌の分布

曝気濾過池の硝化能力(図-7)から各態硝化細菌の分布傾向を予想することができたが、さらに硝化細菌の数を調べた。その測定結果から得られた硝化菌の数を図-6に示す。この図で分かるように亜硝酸性窒素は濾層の上部分で硝酸菌は濾層の下部分で多く分布している。

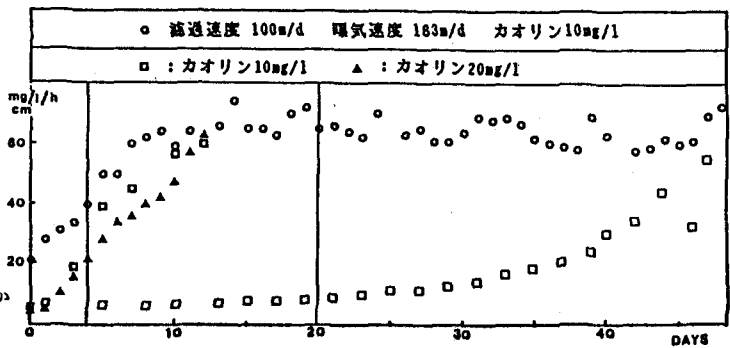


図-5 硝化速度と損失水頭の変化

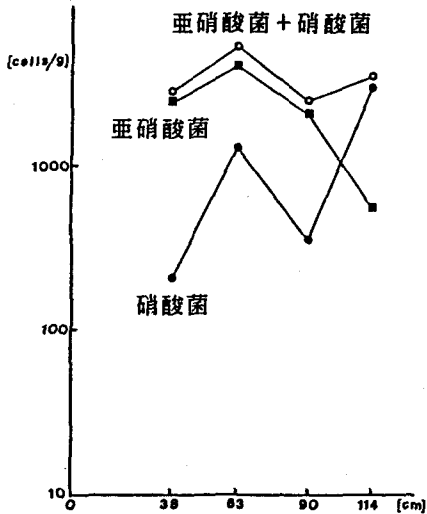


図-6 濾層内深さによる硝化菌分布

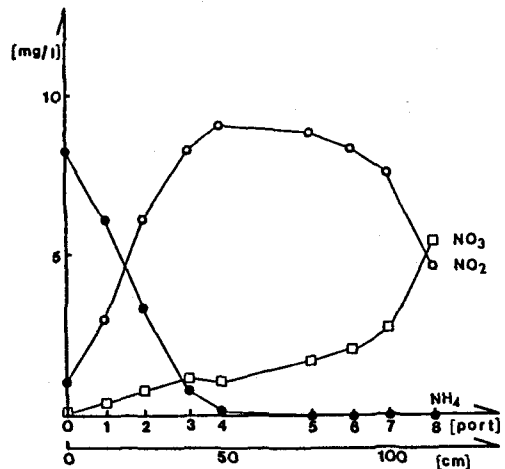


図-7 窒素の濾層流下方向の形態変化

4 まとめ

硝化を主目的とする曝気濾過池にカオリンが流入する場合についてその影響を調べた結果、次のことが分かった。

(1) 定常状態における硝化速度は濾材径1.7mmの場合30(g/m³/h)、3.7mmの場合90(g/m³/h)、5.2mmの場合68(g/m³/h)で本実験条件下では径3.7mmの濾材が硝化速度が最も速かった。

(2) 濾材の大小によってカオリンの影響も異なる。濾材径が1.7mmの場合には、カオリン10mg/lを添加すると硝化速度は20(g/m³/h)程度に低くなった。しかし、濾材径が3.7~5.2mmの場合、カオリン10~20mg/l程度あれば硝化速度には影響はなかった。

(3) カオリンを添加した時点から損失水頭の変化を比較すると、濾材径が1.7mm~3.7mmの場合は2週間で閉塞したが濾材径が5.2mmの場合では30日洗浄の必要がなかった。

(4) 亜硝酸菌数は濾層上部で多く下部に行くほど減少する。これに対して硝酸菌数は濾層上部より下部で多くなる傾向が認められた。