

IV—8

回転円板法による下水三次処理に関する研究(オ8報)

——脱窒に影響する諸因子についての基礎的研究——

宮崎大学工学部 正 石黒政俊 正 増田純雄

宮崎大学工学部 学。助 津靖史 学 是沢 毅

1. はじめに 本文は表題のオ1報からオ7報までの研究に基づき、回転円板法による下水の三次処理システムの中の生物学的脱窒について、室内に設けた脱窒用小型回転円板実験装置により、脱窒に影響を及ぼすいくつかの因子について行った基礎的な実験の報告である。

2 実験装置と実験方法 装置は図-1に示す通り外槽に沈めた水密構造の内槽と、これに feed とメタノールを供給するポンプ及びタンクからなる。円板は耐水ベニア製、厚さ2.7mm、直径10cmのものを1cm間隔で13枚内槽内に設け、内槽側面積を含めた生物附着面積は0.329m²、回転数は7rpm(周辺速度2.2m/s)である。水温は外槽に設けた温度調節器によってコントロールした。実験は連続及びバッチ実験からなり、連続実験では、1) 負荷と除去速度、2) 水温と除去率、3) メタノール添加量と除去率についてそれぞれの関係を調べた。バッチ実験では水温ごとに時間-濃度図を求め、生物学的脱窒反応の反応次数を推定するとともに水温と反応速度定数との関係を求めることを目的とした。各実験において実験条件を変える場合には、その条件での生物の平衡状態を得るため少なくとも12時間おいた後にサンプリングを行った。実験には蒸留水にKNO₃を添加した人工下水とH処理場の二次処理水を原水とする中規模の回転円板三次処理実験装置の硝化段階流出水をKNO₃で調整したものを feed とした。また、円板上に生育する細菌については随時観察を行った。

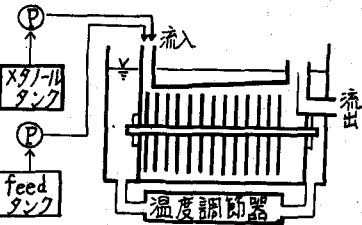


図-1 実験装置のフローシート

3 連続実験 連続実験では流量を24.4cc/分、滞留時間を2時間とし、槽内は完全混合と仮定した。1) 負荷と除去速度 水温を20℃、C/N比を5.0に固定し、流入水のNO₃-N濃度を12.5, 25.0, 50.0, 75.0, 100 ppmの5段階に変化させ上記の2種のfeedについてNO₃-N負荷と除去速度との関係を求めた。結果を図-2に示す。2種のfeedとも負荷の増加に伴い除去速度も直線的に増加し除去率は常に80~100%を示した。feed間の水質の差は表-1の通りであるが、脱窒菌が本来、好気的な性質を持つことから図-2でみられる直線の傾きの差は主として流入水のDO濃度に起因すると思われる。また高負荷領域において若干の除去速度の低下がみられるが、これは後述の(1)式からわかるように反応量の増加に伴う槽内PHの上昇が反応を阻害するためと考えられる。本文のオ9報で述べる養液脱窒水三次処理装置の実績を図中に示すが、ほぼ同程度の結果を示している。2) 水温と除去率 流入水のNO₃-N濃度を25ppm、C/N比を5.0に固定し、内槽の水温を10℃, 15℃, 20℃, 30℃の4段階に変化させて水温と除去率の関係を調べた。結果は図-3のように10℃~30℃の範囲において除去率は、ゆるやかな曲線を示し、30℃では2.68%/day(ほぼ100%)、10℃でも2.30%/day(85%)の除去率を得た。

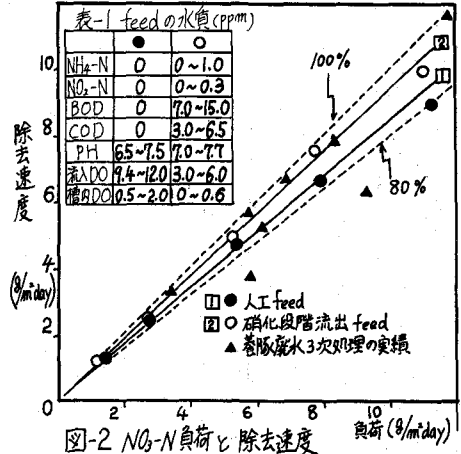


図-2 NO₃-N負荷と除去速度

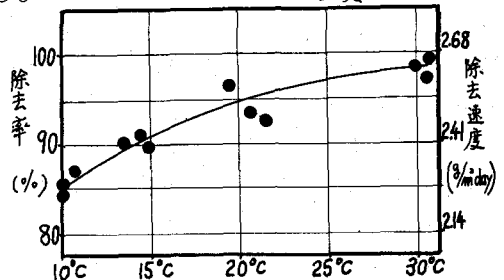
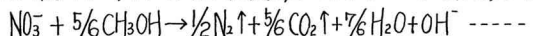


図-3 水温とNO₃-N除去率

③メタノール添加量と除去率 脱窒反応において生物は、なんらかの形で有機炭素の供給と必要とするが、本実験にはメタノールを用いた。 $\text{NO}_3\text{-N}$ とメタノールでの脱窒反応は次式によって表わされる。



水素供与体として、あるいは細胞合成、蓄存酸素等によって消費されるメタノール量(ppm)は $\text{NO}_3\text{-N}$ (ppm)に対して $\text{C/N} \div 2.5$ と考えられる。本実験では流入水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を25ppmに固定し、 C/N 比を変化させたときの $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去率の変化とTOC減少量とを調べた。図-4で①は $\text{NO}_3\text{-N}$ 25ppmに対して C/N 比を2.5とした場合の流入水TOC濃度、②は C/N 比の増加に伴う流入水TOC濃度の増加③は流入水と流出水のTOC濃度差、④は $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去率を示す。未反応のまま流出するTOC量は②と③の差に表われる。④より C/N 比2.3~2.5を境いに除去率の増加が上まることがわかるがこれによって最適 C/N 比は2.3~2.5の間にあることがわかる。

4. バッチ実験 実験は C/N 比を5.0とすることにより $\text{NO}_3\text{-N}$ を限定基質とし水温を10℃, 15℃, 20℃, 25℃, 30℃の5段階に変化させ、それぞれの時間-濃度図を求めた(図5-1)。図5-2は図5-1の縦軸を自然対数にしたもので、結果が直線を示すことから生物学的脱窒反応が一次反応であることが推定できる。図5-2の直線群の傾きは、それぞれの温度における反応速度定数を表わすが、これらをArrheniusプロットしたものが図5-3である。図5-3から速度定数の温度による影響は

$$\ln k = 16.43 - 4.30 (10^3/T) \quad (T: \text{絶対温度}) \text{ ---- (2)}$$

と表わされる。反応の活性化エネルギーは図5-3の直線の傾きから $E = 8540 \text{ cal/mol}$ と求まる。一般に生物学的反応の E 値は8000~18000の範囲にあり、活性汚泥の E 値が14400であることを考えると脱窒反応の E 値は、かなり低いものといえる。また Phelps の式を本実験結果から求めると次のように表わされる。

$$k_t = k_{20} \times 1.051^{(t-20)} \quad (k_t: 5.727, t: ^\circ\text{C}) \text{ ---- (3)}$$

5 おわりに 脱窒用小型回転円板装置による実験の結果、次のような結論を得た。1. $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷 1~11g/day において80~100%の除去率を得る。2. 他の生物学的反応に比べ温度の影響が小さく10℃の低温でも85%の除去率を得る。3. 最適 C/N 比は2.3~2.5の範囲にある。4. 脱窒反応は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ に対し一次反応であり速度定数は式(2)(3)より求められる。また円板上の細菌については電子顕微鏡による観察を行ったが、写真1のような0.5~0.7×1.0~2.5μのグラム陰性を示す桿菌が圧倒的な優勢種であり、同様の菌が現地実験装置の円板継ぎ部にも観察されることがわかった。なお式(1)から反応量の増加に伴い、pHが上昇することがわかるが、実際、実験を通じて常にpHが有効な反応の指標となった。この点に關しては今後の研究課題である。

参考文献: 1) 石黒・渡辺・増田・井上(素養66報)土木学会西部支部研究報告集第5巻, 50, 2 2) 廃水の生物学的処理, 岩井重久訳(20社)

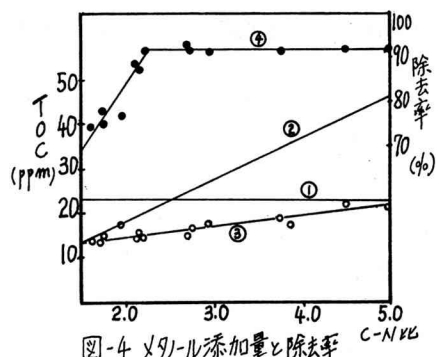


図-4 メタノール添加量と除去率

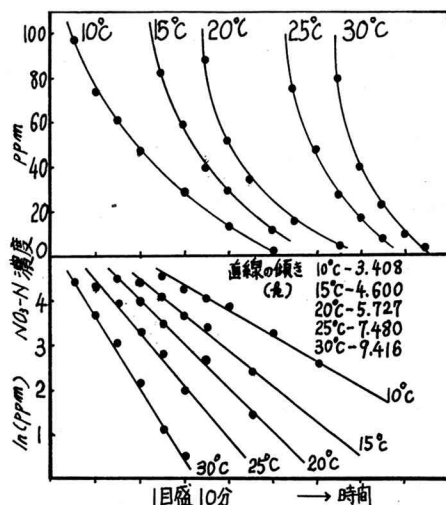


図5-1, 5-2 バッチテストによる時間-濃度図

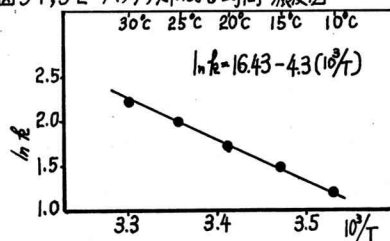


図5-3 速度定数のArrheniusプロット

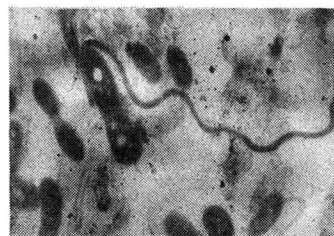


写真-1 (10000倍)