

エアレーションタンクにおける高効率窒素除去に関する研究(その1)

—動的モデルについて—

山口大学 大学院 学生員 水船 清司

山口大学 工学部 正会員 石川 宗孝

山口大学 工学部 正会員 中西 弘

防府市役所 友廣 和幸

1. はじめに 筆者らは、単一曝気槽で高率でおこなっている脱窒現象のメカニズムを種々検討してきた。これまでの成果からこの単一曝気槽での脱窒材料は槽内部に嫌気部がで、ここで脱窒する、いわゆる部分的嫌気説が有力であり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が嫌気部へ流入し、窒素除去率を高めていると考えられる。そこで、単一曝気槽内部の状態を細部にわたり知る必要があることから槽列モデル型曝気槽を製作し、定量ポンプで循環流を与えた連続実験を試み検討したので報告する。

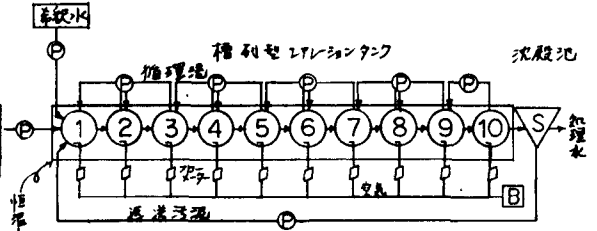
2. 実験装置および実験方法

実験装置の概略を図-1に示す。実験に供した汚泥は、宇部市A下水処理場の返送汚泥を種汚泥として既報した模ギレ床を用いて表-1に示す各実験条件下で長期馴致した。

実験は、使用する1日分程の模ギレ床を貯留タンクに入れ、定量ポンプで槽列モデル型曝気槽に連続投入した。尚、貯留タンクでは冷却・攪拌を行なった。又、循環流は各槽間で同量とし原水流入量Qに対して0Q~20Qに設定した。汚泥返送、希釈はそれぞれ3Q、4Qに設定した。尚、循環、希釈操作は連続的に、汚泥返送は1日30分間×6回の間欠方式でそれぞれ定量ポンプにより行なった。十分に馴致されたと思われる頃、原水貯留タンク、各曝気槽および沈殿池で同時にサンプリングし混合液とろ液を分析した。分析項目は、COD、 Kj-N 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、pH、アルカリ度、SS、 Cl^- 、DO、ORP、SV、微生物、脱窒菌である。

3. 実験結果および考察 (1)装置特性について 実験に用いた槽列モデル型曝気槽の流動特性は、応答法による流動実験を行なった結果、循環流を考慮した数学モデルとその流動パターンがほぼ一致している(図-2参照)。従って、連続実験結果を定量的に検討するのに有意義な装置であると思われる。

(2)DO、ORPについて 図-3に実験結果の一例を示す。これはRun 4(循環比10Q) Aとその各槽での各々の分析値を表わしたものである。図中DO、ORPをみるとオ1槽からオ3槽にかけてDOは0であり、嫌気状態を呈している。又、ORPはオ1,2槽は(-)の値であり、特にオ1槽では還元作用が強いことを示している。各Runともこの嫌気状態を呈する槽がオ2/オ3槽存在している



エアレーションタンク: 有効容積1.2, 77フル製円筒管10本(内径1~10mm)
沈殿池: 有効容積約1.2, ガラス製円筒管(槽番号)
散気装置: $\phi 10\text{mm}$ 多孔ガラス球使用

図-1 実験装置概略図

表-1 実験条件

項目	Run No.	1	2	3	4	5
原水流量(l/min)	0.0416	0.042	0.042	0.0416	0.042	0.042
返送率, t	2.88	2.79	2.73	2.90	2.85	2.85
希釈率, P	4.22	4.09	4.11	3.92	3.80	3.80
循環比, h	0	2	5	10	20	20
原水滞留時間(h)	9.9	10.0	10.0	9.9	10.0	10.0
原COD(mg/l)	3066	3484	3430	4255	2808	2808
水 $\text{Kj-N}(\text{mg/l})$	4113	4512	4696	4800	4570	4570
平均SS(mg/l)	4790	5475	5399	5679	6687	6687
平均水温($^{\circ}\text{C}$)	29.9	29.4	30.3	29.7	31.7	31.7
原COD(mg/l)	0.309	0.348	0.342	0.429	0.280	0.280
水 $\text{Kj-N}(\text{mg/l})$	0.415	0.450	0.469	0.484	0.456	0.456

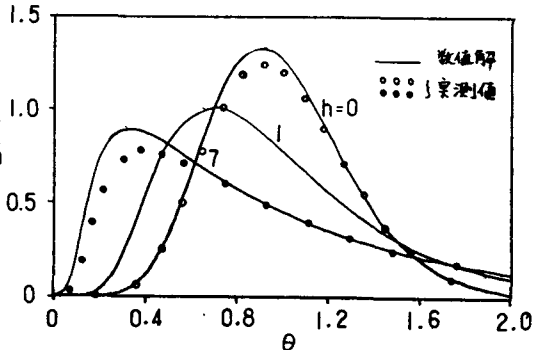


図-2 滞留時間分布曲線(実験値と数値解)

図-2 滞留時間分布曲線(実験値と数値解) 図中DO、ORPをみるとオ1槽からオ3槽にかけてDOは0であり、嫌気状態を呈している。又、ORPはオ1,2槽は(-)の値であり、特にオ1槽では還元作用が強いことを示している。各Runともこの嫌気状態を呈する槽がオ2/オ3槽存在している

結果から、部分的嫌気説の証明ともなる。

(3) 循環比と T-N, Kj-N 除去率について 循環比 R をパラメータとして CE-換算による T-N, Kj-N 除去率との関係を表わした本図-4 である。循環比 $R=0$ のとき T-N 除去率は約 50% であり R を大きくするに従って T-N 除去率は徐々に高くなり、 $R=10$ および 20 では 60% となっている。これは、槽間での循環操作により後半槽で生成した $NO_{2,3}-N$ が、嫌気性を呈し、しかも有機炭素源が多量存在する前半槽、特にオ1槽に流入して脱窒した結果 T-N 除去率を高めたものといえる。又、オ1槽においては Kj-N 除去もあるでここでも生成した $NO_{2,3}-N$ の脱窒も考えられる。

(4) 動力学モデルについて 単一曝気槽内の流動特性を循環流も考慮した槽列モデルで数式表示すると次のようになる。ここでは、汚泥返送、沈殿池での反応は無視できるものとする。

$$\text{オ1槽} \quad \frac{dC_1}{dt} = Q\{C_0 + \alpha C_n + R C_2 - (1 + p + r + R) C_1\} + \frac{1}{V} R_1$$

$$\text{オ2槽} (i=2 \sim m-1) \quad \frac{dC_i}{dt} = Q\{(1 + p + r + R) C_{i-1} + R C_{i+1} - (1 + p + r + R) C_i\} + \frac{1}{V} R_i$$

$$\text{オ}m\text{槽} \quad \frac{dC_m}{dt} = Q\{(1 + p + r + R) (C_{m-1} - C_m) + \frac{1}{V} R_m$$

ここで、 Q は原水流入量、 α は返送率、 R は循環比、 p は希釈率、 C は基質 (BOD, K_N) 又は生成物 ($NO_{2,3}-N$) の濃度、 R は各々の反応速度、 V は曝気槽容積、 m は槽列モデルにおける槽数、 t は時間、添字は各槽の位置を表わす。

本実験データを用いて上記の式から各槽での単位時間当りの T-N, Kj-N 除去量を求めた場合図-5 のようになった。Kj-N 除去量は Run 2, 3 でオ1槽が他槽に比べて多く、Run 3, 4, 5 でオ2槽が最も多い。これは各槽で硝化作用があることを示しており C 系有機物、DO 等に影響を受けていると思われる。T-N 除去量は各 Run とオ1槽が最も多い。このオ1槽の T-N 除去量は各槽で Kj-N 除去があることから生成 $NO_{2,3}-N$ の脱窒と循環流により運ばれた $NO_{2,3}-N$ の脱窒の和と考えることが出来る。これらの足並いを十分考慮して単一曝気槽での諸現象を説明する動力学モデルを考えることが必要であるが、現在検討中であるので講義時に発表したい。

4. おわりに 本研究で得られた成果をまとめると、1) 本実験の槽列型モデル曝気槽は単一曝気槽内の諸現象の解析に有意義である。2) 単一曝気槽での脱窒利権は部分的に嫌気部が存在することを実証した。3) 曝気槽内の循環流水素素除去率を高めていることが明らかになった。

今後の課題として、DO 収支、動力学モデルの検討を計りたいと考えらる。尚、本研究の一部は文部省科学研究費(試験研究(2)研究課題

オ2槽に不飽和溶解酸素(1997) 番号585(9)補助による、文部省(中)西(石)気質性消化槽における窒素の挙動(2001)図-5

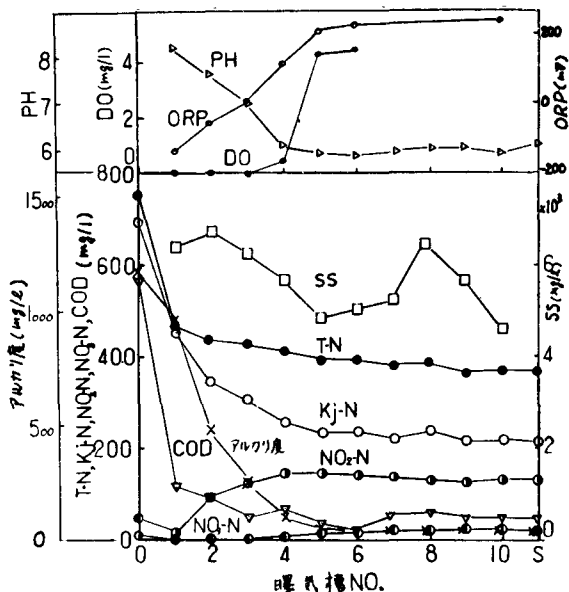


図-3 実験結果 (Run 4 循環比 $R=10$ の場合)

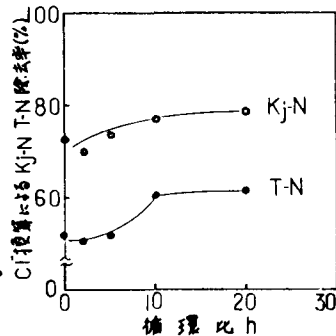


図-4 循環比と T-N, Kj-N 除去率

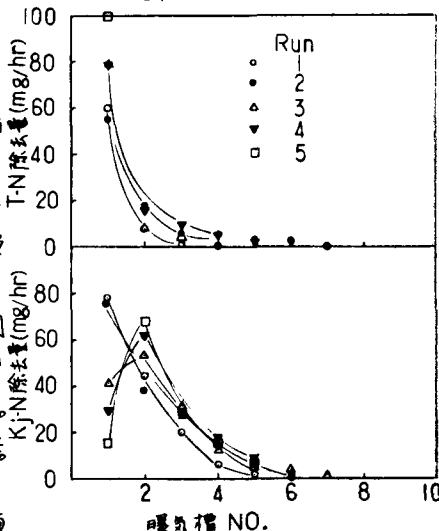


図-5 各槽における T-N, Kj-N 除去量