

# 生物学的有機物・窒素の同時除去に関する研究

## —オキシデーション・ディッチの特性—

竹内正美\*・原田利男\*・深川勝之\*  
村上定瞭\*・中西 弘\*\*

### Studies on Simultaneous Removal of Organic Substances and Nitrogen Characteristics in an Oxidation Ditch

Masami TAKEUCHI Toshio HARADA Masayuki FUKAGAWA  
Sadaaki MURAKAMI and Hiroshi NAKANISI

#### Abstract

Action of environment factor and kinetics mechanism in an oxidation ditch were almost established, but a problem remains in scaling up to the real plant. In this paper, we studied on an absorption power of oxygen and characteristics of both the mixing and the treatment.

The results are the following.

Though the flow in an oxidation ditch is a plugflow, it showed a complete mixing in fact.

The  $K_{La}$  could be easily controlled by rotation and aeration.

High removals of BOD and COD were obtained independent of every  $K_{La}$  in the experiment.

The best removal of Kj-N was 98% at the  $K_{La}$   $1.2\text{hr}^{-1}$ , and the best removal of T-N was 83% at the  $K_{La}$   $0.9\text{hr}^{-1}$ .

う上での諸因子, すなわち酸素供給能力, 混合特性, 処理特性について調べた。

#### 1. 緒論

オキシデーション・ディッチは生物学的脱窒素法の一つで, 現在多く稼働している循環方式に比べて, 装置の形状から循環流量が多い。したがって, 安定した状態が得られやすく, また溶存酸素の濃度(DO)勾配が簡単に得られることから硝化・脱窒素が容易に行なわれることなどの利点がある。同時に, コスト・維持管理の面で有利であるので, 中小都市における小規模の下水処理に適している。オキシデーション・ディッチにおける環境因子の挙動<sup>1)</sup>, 動力学機構<sup>2)3)</sup>についてはほぼ明らかにされている。したがって, 実プラントにスケールアップする場合の問題点を解明することが課題である。

本報告では, 実プラント規模へのスケールアップを行な

#### 2. 装置および実験方法

##### 2.1 装置

製作したモデルの略図を Fig. 1 に示す。オキシデーション・ディッチは幅 5 cm, 水深 9.7 cm, 長さ 660 cm, 有効容積 32.01 l の楕円形水路とした。この水路に曝気用ローターおよび沈殿槽を取り付けたものである。ローターは直径 25 cm 8 枚羽根の水車でモーターにより回転数を変化させることができる。また, 沈殿槽は有効容積 8.47 l であり, いずれも硬質塩化ビニール製である。

##### 2.2 実験方法

2.2.1 総括酸素移動容量係数 ( $K_{La}$ ) の測定実験  
ディッチ内に水を満たし, ついでディッチ内の溶存酸素を取り除くため, 亜硫酸ナトリウムと塩化コバルトを投入し, DO の経時変化を見た。ディッチ内が飽和溶存酸素

\*宇部工業高等専門学校工業化学科

\*\*山口大学工学部

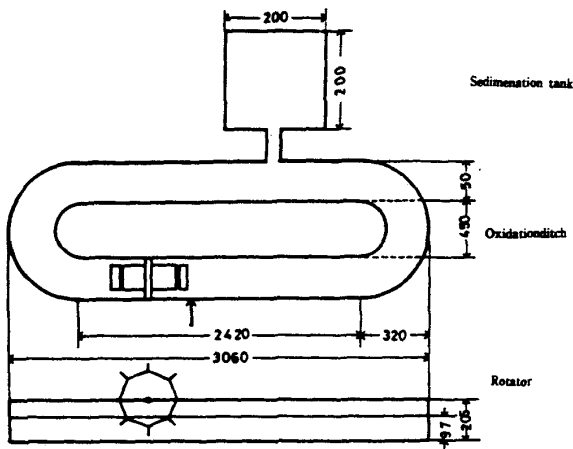


Fig. 1 Scheme of equipment.

域に達し、平衡状態を示した時点で実験を終了し、 $NL = K_L a (C_s - C)$  より求めた。なお、ローター回転数は10, 15, 20, 25, 30rpmとした。ここで、本装置では10rpmを下回ると混合が不十分となり汚泥が沈降し、30rpmを越えると液が飛散するため10~30rpmの範囲で変化させた。散気球による曝気を行う場合にはローターの位置で曝気した。

### 2.2.2 混合特性実験

Fig. 2は混合特性を調べるための実験装置である。ヘッドにより滞留時間を任意に調節できるようにしてある。トレーサーとして500g/lの塩化ナトリウム溶液を適量デルタ応答法により投入し、ディッチよりの流出液について塩化物イオン濃度を塩化物イオンメーターで測定した。

### 2.2.3 処理特性実験

Fig. 1に示した装置を用い、ディッチ内に宇部市東部下水処理場の返送汚泥を投入し、十分に馴致したのちサンプリングを行なった。

模凝下水は約5℃で冷却・貯蔵し、希釈水を加えて所定濃度に調製した。この調製後の性状をTable 1, Table 2に示した。濃度調製後の原水Q, 返送汚泥Qになるようにディッチに送入了。

馴致中はpH, DO, ORP,  $SV_{30}$ , 水温, 原水・希釈水の流量, 汚泥の色相等をチェックすると共にMLSSを測定し、余剰汚泥の引き抜きを行なった。

サンプリングは原水, ディッチ, 沈殿槽より同時に行い、それぞれBOD, COD, Kj-N,  $NH_4-N$ ,  $NO_x-N$ , T-P,  $PO_4-P$ , アルカリ度, 塩化物イオンについて、それぞれ定法に従って分析したが、 $NO_x-N$ についてはカ

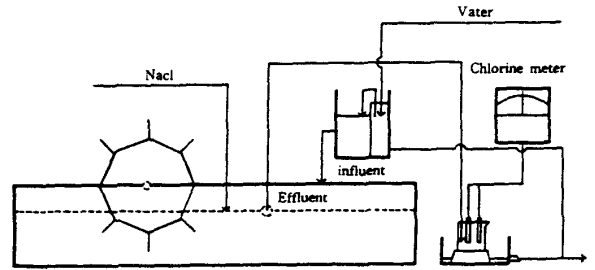


Fig. 2 The Experiment of Mixing Condition

ドミカラム還元法で行なった。各成分濃度は、塩化物イオン濃度を基準として決定した。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 ローター回転数および曝気量と $K_L a$ の関係

ローターのみで曝気した場合の回転数と  $K_L a$  を両対数でプロットすると直線関係が得られた。その様子をFig. 3に示す。10~30rpmでは  $K_L a$  の値は0.195~0.773hr<sup>-1</sup>である。関係式は、

$$K_L a = 1.1 \times 10^{-2} R^{1.25} \quad (1)$$

となり、回転数により  $K_L a$  を容易に調節できることがわかった。

ローター回転数を一定(15rpm)とし、散気球による曝気量を変化させた場合の回転数と  $K_L a$  を両対数でプロットしたのがFig. 4である。直線関係が得られ、曝気量を増加すれば  $K_L a$  もまた比例して増大する。これらの関係は

$$K_L a = 0.91 V^{0.43} \quad (2)$$

となった。

また、曝気量を一定(2.0 l/min)とし回転数を変化させた場合の結果をFig. 5に示す。15rpm以下では回転数の影響は少なく、25rpm以上では回転数の影響が大きいものと考えられる。したがって(1)(2)の関係が重複したため直線関係が得られなかったものと考えられる。

以上の結果から  $K_L a$  は回転数及び曝気量を調節することで容易に設定できることがわかった。また、このことは実験装置のスケールアップ等に対する一つの手がかりを示唆している。しかし、今回の実験は水道水を用いたものであり、実際の活性汚泥は懸濁液であるため、気体粒子の挙動が異なるものと思われ、この点についてはさらに検討する必要がある。

### 3.2 混合特性

実験結果をトレーサーの残余濃度曲線としてFig. 6に

示す。実験はローター回転数を10, 20, 30rpm, 滞留時間をそれぞれ1.0, 2.0, 5.0hrとして行なったが、いずれも同様の曲線が得られたので、ここでは回転数20rpm, 滞留時間2.0hrの場合について示した。また、この曲線を積分し、流出したトレーサーの量を求め回収率を計算すると、90~100%となりほぼ完全に回収されていることがわかった。また、このときの流速は0.23m/s, 循環流量は4.02 m<sup>3</sup>/hr, さらに原水流量(流入流量)に対する比, すなわち循環流量比は248倍であった。

Fig. 6は完全混合型を示した。これは、オキシデーショーン・ディッチが構造上押し出し流れ型であるにもかかわらず、循環流量比が大きく瞬時に混合されるためと考えられる。このことは装置化やシミュレーション<sup>4)</sup>を行う上ですでに開発されている完全混合型の混合特性、反応特性を組み込んだ方程式<sup>3)</sup>を利用できるという点で重要な意味を持つ。さらに循環流を考慮した項を付加することにより整合性のあるモデル式が得られることを示唆するものである。

3.3 処理特性

ローター回転数一定の場合は(2)式より、曝気量一定の場合は Fig. 5より  $K_L a$  を求め、各成分の除去率との関係について調べた。

BOD, COD 除去率との関係を Fig. 7, Fig. 8に示す。ここでは、 $K_L a$  に関係なくそれぞれ99, 96%以上と高除去率を示した。このことからこの実験条件( $K_L a=0.9\sim 2.2 \text{ hr}^{-1}$ )ではBOD, COD 除去率は $K_L a$ にあまり左右されないことがわかった。また、実験条件の最小値である  $K_L a=0.9 \text{ hr}^{-1}$ においても十分高い除去率得た。これは、BOD, COD 負荷が小さいため炭素系有機物処理に対し余裕があるものと考えられる。

Kj-N 除去率との関係を Fig. 9に示す。Kj-N 除去率は  $K_L a$  の増大とともに上昇し、 $K_L a=1.2 \text{ hr}^{-1}$ 以上ではほぼ一定(90%)の除去率を示している。また、このときのアルカリ度はほとんどなく、これ以上の除去率<sup>5)</sup>を得るためにはアルカリを補充する必要がある。

Table 2 Character of synthetic sewage

Item	Concentration(mg/l)
BOD	250-330
COD	150~200
Kj-N	40-55
NH <sub>4</sub> -N	25-35
NO <sub>x</sub> -N	0.0
T-P	7.5-8.5
PO <sub>4</sub> -P	6.0-7.0

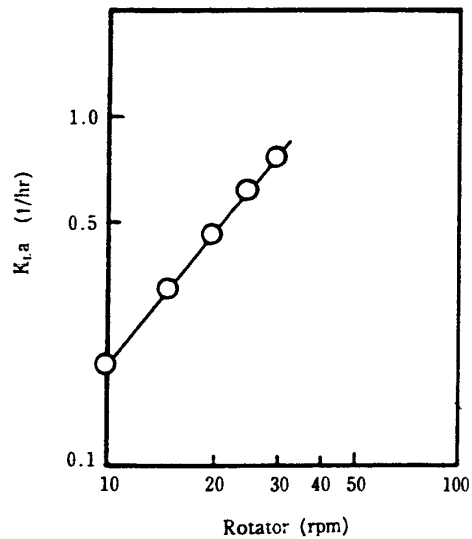


Fig. 3 The Relationship between  $K_L a$  and Rotator speed.

Table 1 Composition of synthetic sewage

Component	SKIM MILK	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
mg/l	400	140	20	100	50

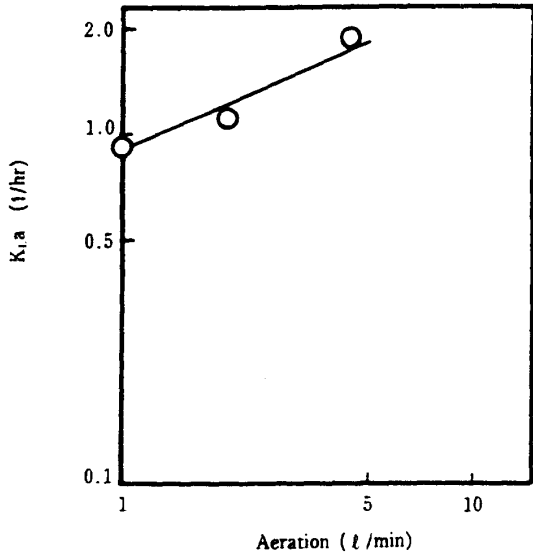


Fig. 4 The Relationship between  $K_{La}$  and Aeration. (Roator speed : 15rpm)

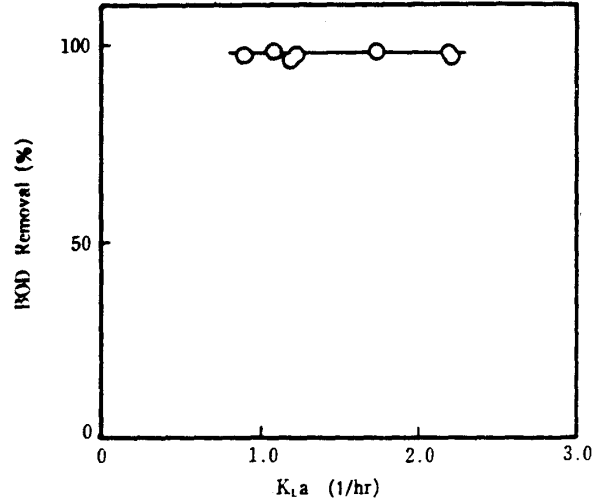


Fig. 7 The Relationship between  $K_{La}$  and BOD Removal.

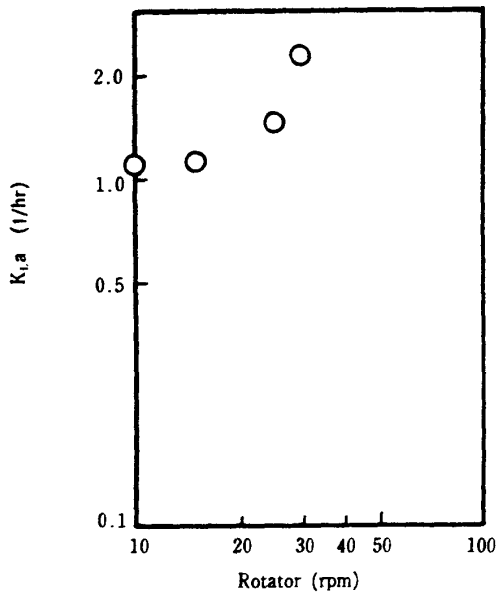


Fig. 5 The Relationship between  $K_{La}$  and Rotaor speed. (Aeration : 2.01 l/min)

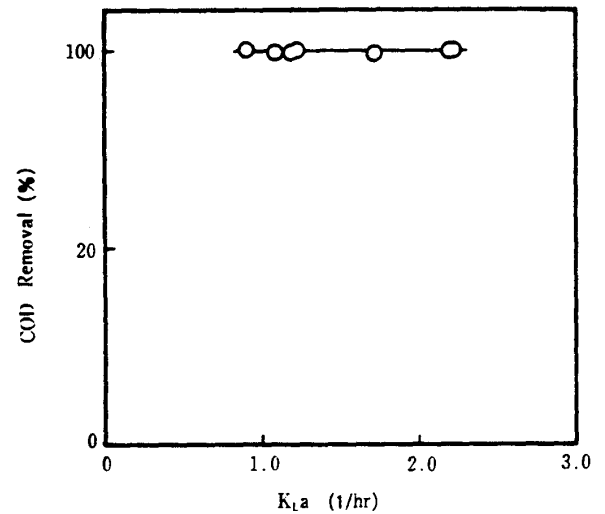


Fig. 8 The Relationship between  $K_{La}$  and COD Removal.

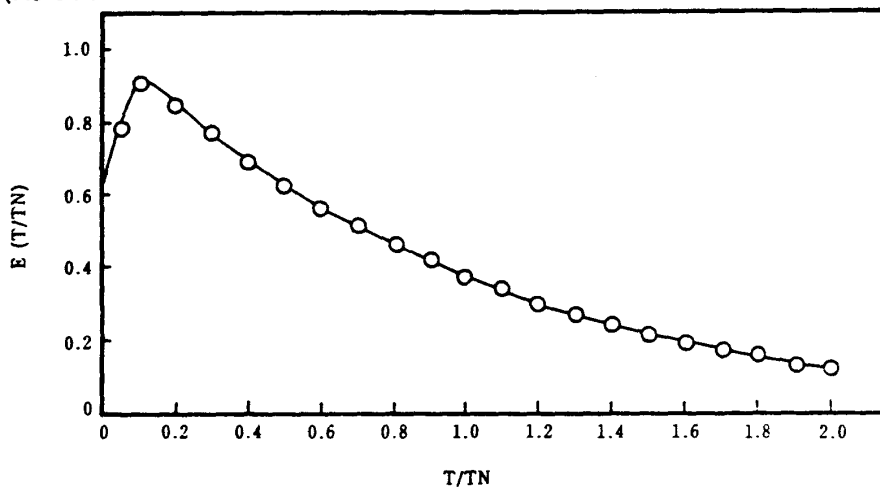


Fig. 6  $\delta$  Response of Experimental Result. (RT=2.0 hr Rotaor=20rpm)

以上の結果から  $K_{La}=1.2\text{hr}^{-1}$  以上であれば硝化は十分促進していると考えられる。

総窒素 (T-N) 除去率との関係を Fig.10 に示す。  $K_{La}$  が小さいほど高い除去率を示し、  $K_{La}=0.9\text{hr}^{-1}$  では83%と高く、またこのときの  $K_{j-N}$  除去率も83%であることから、硝化された窒素はすべて脱窒されている。このことからディッチ内の一連の反応は硝化律速であることが伺われる。さらに除去率を高めるには  $K_{j-N}$  除去率を高くする、すなわちアルカリを補充する必要がある。この結果は、完全混合型反応槽における DO と T-N 除去率との関係<sup>9)</sup>によく似た結果となっている。

$K_{La}=0.9\text{hr}^{-1}$  のとき高除去率を示したのは、ディッチ内の DO が  $0.0\text{mg/l}$  と低く嫌気の状態となり、脱窒が起りやすいためと考えられる。また、この状態では BOD 酸化、硝化に必要な酸素は供給されているが、過剰な酸素は供給されていないため低 DO を示し、硝化によって生成された  $\text{NO}_x$  は汚泥の硝酸性 (亜硝酸性) 呼吸に利用され脱窒が起こるものと考えられる。

以上処理特性における結果から、BOD, COD については  $K_{La}$  に関係なく高除去率を示し、T-N では  $K_{La}=0.9\text{hr}^{-1}$  (ローター回転数15rpm, 曝気量  $1.0\text{l/hr}$ ) の時83%の高除去率が得られた。

今後、スケールアップにおいても以上の運転条件を十分に考慮する必要があると思われる。

#### 4. 結論

オキシデーション・ディッチのモデルを製作し、その装置特性及び処理特性について調べた結果

(1) 押し出し流れの形状をしているが、実際には原水流量に対する循環流量の比が大きく瞬時に混合されるので完全混合の形態を示している。

(2) 総括酸素移動容量係数 ( $K_{La}$ ) はローターの回転数の変化および曝気量の増減により容易に変化させることができ、本実験における値は  $0.195\sim 2.204\text{hr}^{-1}$  となった。

(3) 処理実験においては、BOD, COD は  $K_{La}$  に関係なく高除去率を示し、T-N および  $K_{j-N}$  ではそれぞれ  $0.9, 1.2\text{hr}^{-1}$  の時もっとも高い除去率を示した。

今後は、以上の結果を踏まえて動力的モデル化及びシミュレーションを行い装置のスケールアップ、実装置化について検討する必要がある。

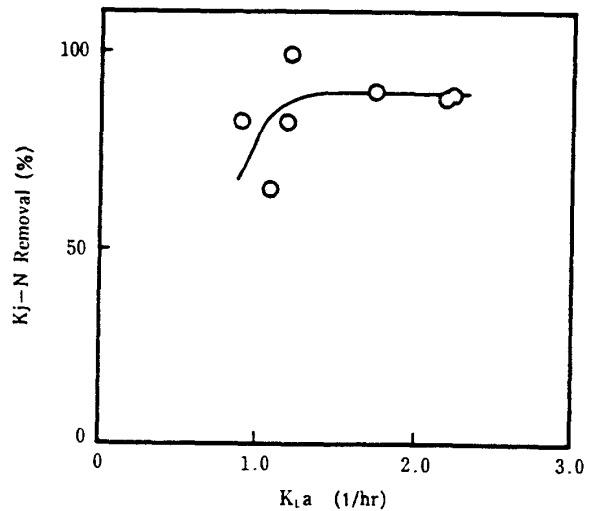


Fig. 9 The Relationship between  $K_{La}$  and  $K_{j-N}$  Removal.

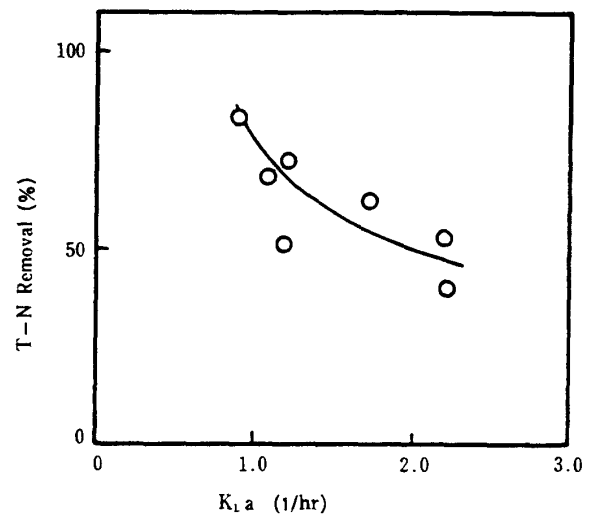


Fig.10 The Relationship between  $K_{La}$  and T-N Removal.

#### 使用記号

- N L : 容積あたりの酸素移動速度 ( $\text{kg/m}^3 \cdot \text{hr}$ )
- $K_{La}$  : 総括酸素移動容量係数 ( $1/\text{hr}$ )
- $C_s$  : 液中の飽和酸素濃度 ( $\text{kg/m}^3$ )
- C : 液中の酸素濃度 ( $\text{kg/m}^3$ )
- R : ローター回転数 (rpm)
- V : 曝気量 ( $1/\text{min}$ )

#### 5. 参考文献

- 1) 石川宗孝他：オキシデーション・ディッチにおける水処理特性，京都大学環境衛生工学研究会第7回シンポジウム講演論文集 (1985)

- 2) Y. Terashima and M. Ishikawa: THE KINETIC ANALYSIS OF BOD AND NITROGEN REMOVAL IN AN OXIDATION DITCH, Wat. Sci. Tech., 17, Amsterdam, 291 (1984)
- 3) 石川宗孝: 曝気条件下における窒素除去に関する研究, 京都大学学位論文 (1985)
- 4) 石川宗孝他: 好気性脱窒現象のモデル化に関する研究, 衛生工学研究論文集, Vol.19 (1983)
- 5) 深川勝之他: 完全混合型曝気槽による下水処理一有機物・窒素の同時除去, 京都大学環境衛生工学研究会第8回シンポジウム講演論文集 (1986)  
(昭和61年10月9日受理)