

東北大学 正 松本 順一郎  
 “ 正 大久保 俊治  
 “ 学 ファン・イリョ 石原

1. はじめに 水産加工廃水の処理は水圏の富栄養化、浅海養殖との競合、地域の環境衛生等ではしばしば問題となる。処理法としては、加圧浮上法、腐敗法などの一次処理後、活性汚泥で二次処理が行われていることが多い。しかし、活性汚泥法における設計基準に必要な諸係数については十分検討されてない。本研究では塩釜市の水産加工総合廃水処理場より廃水を採取し、連続式完全混合槽を用いて活性汚泥システムのプロセス動力学的評価を試みた。

2. 実験装置と方法 図1に装置の概略を示す。反応槽容量は6.5ℓ、沈殿槽容量は1.5ℓである。活性汚泥は処理場より採取し、約1ヵ月間馴養した。流入濃度は廃水をガーゼで3回した後total CODcrで約800 mg/lに希釈調整した。MLSSは約2000 mg/lとし、有機物負荷0.07~1.34 mg BOD<sub>5</sub>/mg SS/日<sup>(2)</sup>の範囲で実験した。分析項目を表1に示す。定常状態に達した判定には、流出水のCODcrの値を目安とした。定常状態で2-3週間実験を行った。曝気槽は20±2℃に温度制御した。

3. 実験結果と考察 実験結果の平均値を表2にまとめた。

(1) 供試排水の水質 希釈調整した排水についてtotal BOD<sub>5</sub>とtotal COD<sub>cr</sub>との関係を図2に示す。total BOD<sub>5</sub>とKjeldahl窒素の比は100:9~17であった。NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-Nは検出されなかった。溶解性成分については、total CODcrの約7割、total BOD<sub>5</sub>の約8割が溶解性であった。

(2) 除去速度係数 完全混合型システムでは溶解性BOD<sub>5</sub>は曝気槽内のそれに等しく、定常状態で物質収支は(1)式で表現できる。

$Q S_0 - Q S_e = (-dS/dt) V \dots (1)$  基質除去が一次反応式に従うとすると、 $(-dS/dt)$ は残存基質濃度 $S_e$ の関数となり(2)式となる。 $(S_0 - S_e)/X_{at} = R S_e \dots (2)$

(2)式の関係を図3、図4に示す。図3より、基質濃度として溶解性BOD<sub>5</sub>をとると基質除去は単純な一次反応式で表現でき、 $R = 1.20 \times 10^{-2} (\text{1/mg SS} \cdot \text{day})$ であった。図4より、生物学的分解不可能な物質が溶解性CODcrで40 mg/l程度残存している。図5に流出水の溶解性BOD<sub>5</sub>と溶解性CODcrの関係を示す。

(3) 汚泥増殖量 汚泥増殖量は転換率 $Q$  (mg MLSS/mg BOD<sub>5</sub> or COD)と自己酸化速度係数 $b$  (1/day)を用いて(3)式で表現できる。 $\Delta X = Q X_0 + Q(S_0 - S_e)Q - (b X_0 V + Q X_e) \dots (3)$  変形して、 $dX/dt = Q(S_0 - S_e)/X_{at} - b \dots (4)$

表2 実験結果

|     | influent (mg/l) |       |        |      | effluent (mg/l) |      |        |      | MLSS | t (day) |
|-----|-----------------|-------|--------|------|-----------------|------|--------|------|------|---------|
|     | COD             | BOD   | n-Hex. | K-N  | COD             | BOD  | n-Hex. | K-N  |      |         |
| R-1 | 577.1           | 515.8 | -      | 60.4 | 160.7           | 81.3 | -      | 44.0 | 1280 | 0.32    |
| R-2 | 645.8           | 607.2 | 116    | 80.2 | 120.7           | 31.9 | 18.5   | 48.3 | 2561 | 0.50    |
| R-3 | 577.1           | 515.8 | -      | 60.4 | 98.5            | 30.1 | -      | 21.2 | 1744 | 0.71    |
| R-4 | 488.6           | 495.1 | 145    | 63.9 | 52.2            | 4.5  | 19.1   | 13.4 | 2253 | 1.06    |
| R-5 | 488.6           | 495.1 | 145    | 63.9 | 55.2            | 4.2  | 17.7   | 15.1 | 2156 | 1.95    |
| R-6 | 645.8           | 607.2 | 116    | 80.2 | 47.2            | 2.8  | 12.3   | 14.9 | 1991 | 5.01    |
| R-7 | 2153.0          | -     | -      | -    | 215.5           | -    | -      | -    | 2202 | 1.98    |
| R-8 | 4405.0          | -     | -      | -    | 261.0           | -    | -      | -    | 2201 | 4.09    |

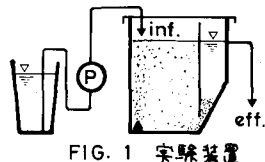


FIG. 1 実験装置

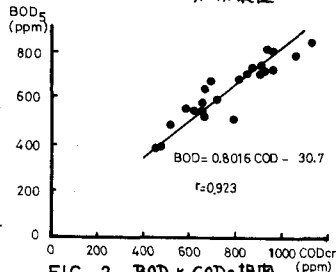


FIG. 2 BODとCODの相関

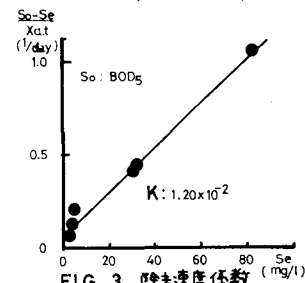


FIG. 3 除去速度係数

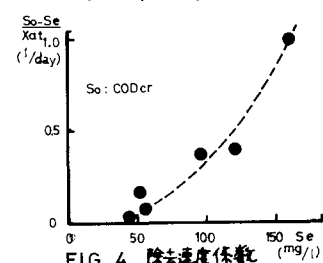


FIG. 4 除去速度係数

表1 分析項目

CODcr, BOD<sub>5</sub>, ケルゲル窒素, ノルマルヘキサン抽出物質, SS, VSS, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, MLSS,  
 \*分析方法は NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N はバクテリウム還元によるGR法, その他は下水試験法に従った。

ここで、 $\Delta \bar{X} = (\Delta X - QX_0 + QX_e)/V \dots (5)$  図6に(4)式の関係を示す。

図6より  $a$  は約0.33で、 $b$  は約0.04である。 $S_0, S_e$  とし溶解性COD<sub>cr</sub>を用いて整理すると、 $a=0.35$ ,  $b=0.04$ であった。また、流入SS ( $X_0$ )=0とし、Total BOD<sub>5</sub>, Total COD<sub>cr</sub>を用いて整理した場合、 $a=0.324$  (Total BOD<sub>5</sub>)  $a=0.348$  (Total COD<sub>cr</sub>)であった。水産加工廃水では、BOD-汚泥負荷が0.15  $\text{mg BOD}_5/\text{mg SS/day}$  以下で、汚泥の生成はないと思われる。なお、反応槽と沈殿槽の併設による影響はないと仮定し解析した。

(4) 酸素要求量 生物反応システムにおける全酸素要求量は酸化・増殖のための酸素消費と内呼吸のための酸素消費とに關係している。化学的酸素消費はないとすると収支式は(6)式となる。 $R_r V = a'(S_0 - S_e)Q + b'X_a V \dots (6)$  変形して、 $R_r/X_a = a'(S_0 - S_e)/X_a t + b' \dots (7)$  図7に(7)式の關係を示す。各種工場排水の $a'$ に比べ、水産加工廃水のそれは高い値を示している。硝化作用を考慮せずに解析したが、今後硝化作用の影響を検討する必要があると考えられる。なお、 $R_r$ は汚泥の酸素利用速度より決定し、 $R_5, R_6$ で内呼吸速度より求めた $b'$ は0.065, 0.071であった。

(5) 流入基質濃度の影響 有機物負荷量をほぼ一定(0.47~0.50  $\text{mg COD}/\text{mg SS} \cdot \text{day}$ )とし、流入COD濃度を680~4405  $\text{mg COD/l}$ の範囲で変化させ実験を行い、その影響について検討した。図8に実験結果を示す。図8より、流入基質濃度の基質比消費速度に及ぼす影響はほとんどない。流入基質濃度680~4400  $\text{mg/l}$ 、基質比消費速度0.39~0.46  $\text{mg COD}/\text{mg SS} \cdot \text{day}$ で、流出COD濃度は(8)式で近似できる。 $S_e = 4.94 S_0^{0.48} \dots (8)$

(6) 流出水の窒素形態 図9に窒素比消費速度と窒素形態の關係を示す。 $S_e$ 汚泥体となった窒素は汚泥式で $C_5H_7NO_2$ と仮定し、汚泥生成量より算出した。 $R_5, R_6$ では流出BOD<sub>5</sub>は5  $\text{mg/l}$ 以下であるが、kjeldahl窒素は15  $\text{mg/l}$ 程度(約20%)残存し、栄養バランス上除去できないと考えられる。窒素収率は $R_1$ で(流出全窒素)/(流入全窒素)=1.06であるが、滞留時間の長い $R_5, R_6$ では約0.4であった。

#### 4. まとめ

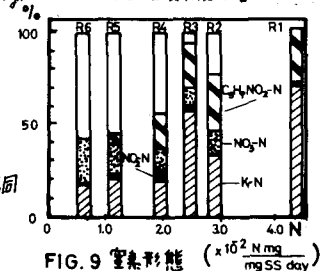
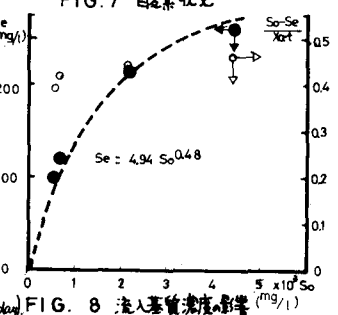
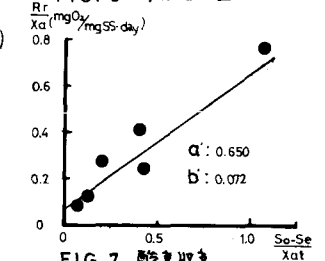
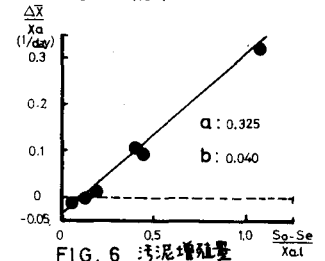
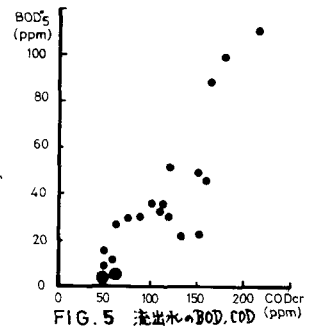
(1) BOD除去速度式は一次反応式で近似でき、速度係数は $1.20 \times 10^{-2} (\text{1}/\text{mg SS} \cdot \text{day})$ であった。

(2) 汚泥転換率は約0.33、自己酸化速度係数は約0.04であった。

おわりに、今後は流入基質濃度が高い場合の汚泥生成量等について検討する必要があると思われる。本実験を進めるにあたり、多大な協力をいただいた東北大学大学院 近藤一夫君、東北大学工学部 遠藤厚己氏、塩釜市水産加工業協同組合の職員各位に深謝致します。

#### <使用記号>

$a$  : 転換率 ( $\text{mg BOD}_5/\text{mg SS} \cdot \text{day}$ )  
 $a'$  : 酸化・増殖のための酸素利用率 ( $\text{mg O}_2/\text{mg BOD}$ )  
 $b$  : 自己酸化速度係数 ( $1/\text{day}$ )  
 $b'$  : 維持代謝に必要な酸素消費速度 ( $\text{mg O}_2/\text{mg SS} \cdot \text{day}$ )  
 $k$  : 一次反応速度係数 ( $1/\text{day}$ )  
 $Q$  : 供給速度 ( $1/\text{day}$ )  
 $R_r$  : 1日当りの酸素消費量 ( $\text{mg O}_2/\text{day}$ )  
 $S_e$  : 流出基質濃度 ( $\text{mg/l}$ )  
 $S_0$  : 流入 " ( $\text{mg/l}$ )  
 $t$  : 滞留時間 ( $\text{day}$ )  
 $V$  : 反応槽容量 ( $l$ )  
 $X_0$  : MLSS ( $\text{mg/l}$ )  
 $X_e$  : 流出SS ( $\text{mg/l}$ )  
 $X_0$  : 流入 " ( $\text{mg/l}$ )  
 $\Delta X$  : 反応槽内の汚泥生成量 ( $\text{mg/day}$ )  
 $\Delta \bar{X}$  : 流入、流出SSを考慮した汚泥生成量 ( $\text{mg/day}$ )



#### <参考文献>

- (1) 環境創造 vol. 5, NO. 5 (1975)
- (2) 廃水処理プロセス, エンゲルマン著, 松井監訳, 技報堂 (1976)
- (3) 生物化学工学, 合衆, 永井著, 科学技術出版社 (1975)