

# 溶解性炭水化物系工場排水の処理研究

## (活性汚泥法による実験的研究)

川原 浩 土田 稔

### 1 まえがき

溶解性炭水化物を含んだ排水を排出する工場は水あめ、ぶどう糖製造工場が主で、類似した工場は砂糖あめ、清涼飲料、めん類製造工場などがある。これらは小規模工場が多く、反面、用水量・汚濁物質量の排出が多い。また汚濁物質も可溶性炭水化物であり、SS分が少なく、N、Pがほとんど含まれていないため、処理は困難である。

本研究は、以上の点に留意しながら活性汚泥法における BOD・COD 除去、その場合の呼吸速度、N・Pなどの栄養条件等について実験的検討を試みた。

### 2 実験方法

実験は試料原水として蒸留水にサッカロース ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) を溶かしたものをを用いた。

曝気槽は図 1, 2 に示したものをを用いた。種汚泥は清涼飲料工場の活性汚泥を使った。実験は原水注入方法を間歇注入と連続注入の 2 とおりに行なった。前者においては原水が N・P を含まない場合と N・P を含む場合について実験を行なった。前者は N・P の活性汚泥処理に及ぼす影響をみることを目的とし、後者は実処理場のモデル化を目的とした。測定は、原水、混合液、1 時間静置

後の上澄液等について DO, BOD, COD, pH, MLSS, SV, SVI,  $r_r$ ,  $K_r$  などの項目について行ない、分析方法は下水試験法 (1964) によった。

実験期間中、曝気槽内水温はほぼ  $20^{\circ}C$ 、曝気量は混合液が攪拌され、汚泥が沈積しないような通気量 (約  $900\ell/hr$ ) とした。

### 3 結果と考察

#### (1) N・P の影響について

清涼飲料工場から採取した活性汚泥を種汚泥としてサッカロース溶液 (以下原水とする) を注入しながら 3 週間経過を追ってみた (図 3)。次に N・P を BOD : N : P = 100 : 5 : 1 の比率で注入した。(図 4)

これらから① N・P 欠乏により汚泥状態は悪化する。

② N・P が BOD : N : P = 100 : 5 : 1 の比率で存在すると汚泥はある程度回復するが、回復には長期間を必要とすること、が確認された。

これらは  $K_r$ , SVI などの変化から推定できた。(  $K_r$  は呼吸活性度の単位と同一であり、外部基質の質や濃度、汚泥性状、あるいは DO 濃度によって左右され、汚泥が酸素を消費する能力の指標である。) 図 3 において 0 ~ 7 日目において COD-SS 負荷を高めているにもか

図 1 間歇注入式曝気槽

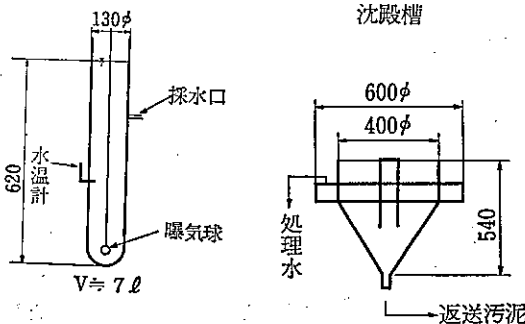


図 2 連続注入式曝気槽

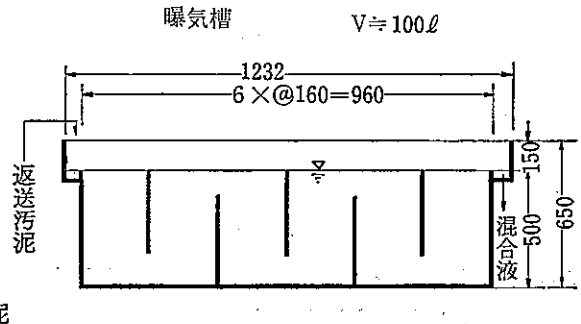


図3 経日変化 (0~16日目)

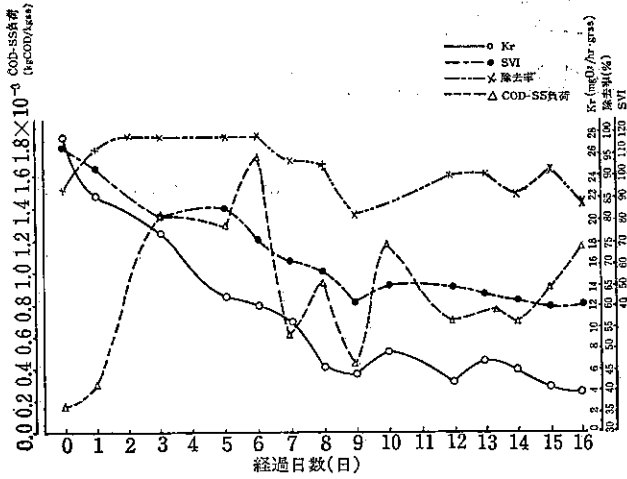
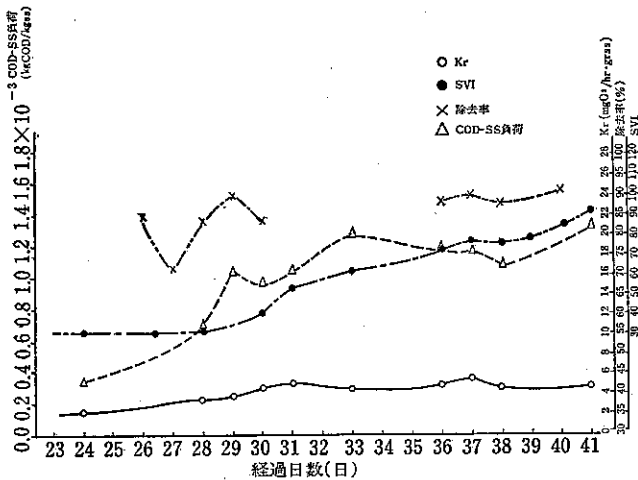


図4 経日変化 (23~41日目)



かわらず、 $K_r$  が  $28\text{mgO}_2/\text{hr}\cdot\text{gr}\cdot\text{SS}$  から  $10\text{mgO}_2/\text{hr}\cdot\text{gr}\cdot\text{SS}$  に低下している。これについては、汚泥の馴馳が妥当であったかという問題があるが、実験に供した種汚泥は主成分が糖分の工場排水であるので、原水成分の質的变化は栄養塩類を除いてあまりない。したがって、主として N・P の欠乏が汚泥の性状悪化の要因であると考えられる。

N・P の必要量については、Helmerts らは除去 BOD  $45\text{kg}$  に対し N  $1.2\text{kg}$ 、P  $0.27\text{kg}$  と述べている<sup>3)</sup>。

活性汚泥は基質を吸着、吸収、酸化、合成することによって除去するが N・P 欠乏状態においては合成した炭素源及びエネルギー源として蓄積したものの利用が阻害

される。グルコースを基質とした場合、N・P ともグルコースの除去及びグリコーゲンの合成にはほとんど影響を示さず窒素化合物の合成が抑制されるといわれている<sup>4)</sup>。

こうした欠乏状態になった汚泥は P を多量に加えてもすぐには回復しない。これはリン摂取速度はリン濃度にはほぼ無関係に一定であるためである<sup>5)</sup>。今回の実験においても N・P 添加後の回復が極めて遅いのもこうした理由からと思われる。

(2) 汚泥性状と沈殿性の関係について

N・P の欠乏状態では SVI が高くなるが、N・P 添加後は初期 SVI に近づいてきている。

これは P 分の回復とともに SVI も回復しているように思われるが、沈殿性はフロック形成状態と密接な関係がある。活性汚泥のフロック形成の機構条件についてはほとんど報告がないが、二、三の説として、フロック形成は活性汚泥中の優占種と排水の組成によって形成する場合としない場合があるという説<sup>6)</sup>、Mckiney、野中らのほとんどすべての細菌は栄養欠乏状態でフロック形成するという説<sup>7)</sup>、Crabtree らの *Zooglea ramigera* では C/N 比が高い時にフロックを形成し、PHB (poly-β-hydroxybutyrate) の蓄積がフロック形成の 1 つ

の機構とする説などがあり、あまり解明されていない。今回の実験においては数量的には明らかではないが *Vorticella*、*Epistylis* 等が消滅し、代わりに線虫、担輪類の発生が見られた。

(3) 溶解性炭水化物系排水の除去形態について

本実験に用いたサッカロースは加水分解してグルコースとなる。多糖類の生物学的分解性は組成単位の分解性とかなり良く一致するといわれている<sup>8)</sup>。

溶解性基質の除去は表 1 に示すように初期吸着はほとんどみられず、除去速度は合成速度に規定されるように思われる。基質除去過程における呼吸については、基質の酸化率は一般に小さく、とくに炭水化物を基質とした

表1 初期吸着測定実験

項目	経過時間(分)					
	0	10	20	30	45	60
COD(ppm)	496	446	394	357	315	257
MLSS(ppm)	2,220	2,340	2,240	2,250	2,430	2,340

場合著しく小さいといわれている<sup>9)</sup>。Placak らは24時間で5~25%、滝井らは基質添加後の2時間前後でグルコースの場合10~20%としているが、今回の実験では24時間で27%であった。したがって、除去された基質の大部分は汚泥にとりこまれ汚泥成分に合成される。基質除去に対して汚泥の合成すなわち酸化の同化の果たす役割は大きい。

報告<sup>10)</sup>によれば、汚泥の合成量は758ppmのグルコースが438ppmの汚泥に転換されるといわれている。

(4) 最適条件について

以上に述べてきたような、生物学的分解性のあるサッカロース排水を活性汚泥処理する場合、本実験結果として得られたものは、

- ① 炭水化物系排水の処理において、活性汚泥処理を行なう場合、BOD:N:P=100:5:1に栄養源のバランスを保つ必要がある。
- ② 一般下水処理の場合、最適負荷は0.30~0.45kg EOD/kgSS・dayとされるが、本排水の場合、0.16~0.26kgEOD/kgSS・dayが適当である。
- ③ 酸化率は

$$\log t = 4.42O_2t / COD_t - 0.62$$

すなわち

$$O_2t = (0.23 \log t + 0.14) COD_t$$

但し t:曝気時間(hr), O<sub>2t</sub>:酸素吸収量(mgO<sub>2</sub>)

COD<sub>t</sub>:COD除去量(mgCOD)

- ④ 本実験に用いたサッカロースは

$$COD = 25(BOD_{10})^{0.806} \text{ の関係があった。}$$

COD-SS負荷として0.25~0.30kgCOD/kgSSの付近でCOD除去速度が増大となり、それらの値をこえると逆に除去速度は遅くなる。(図5)

前述のように溶解性炭水化物を活性汚泥法によって処理する場合、吸着はほとんどなく、除去は合成により除去されていると考えられる。これらの除去形態は図6に示すとおり  $dc/dt = -Ksat$  式に従う。この図から COD

図5 除去速度と負荷量、初期濃度の関係

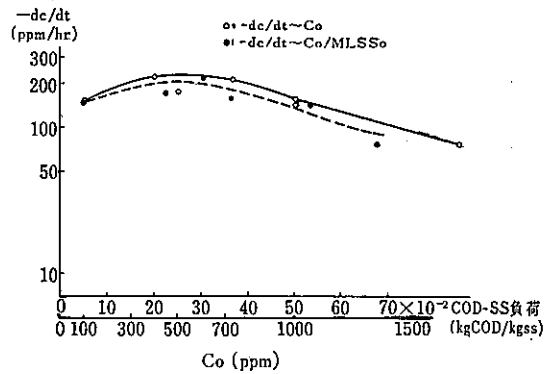
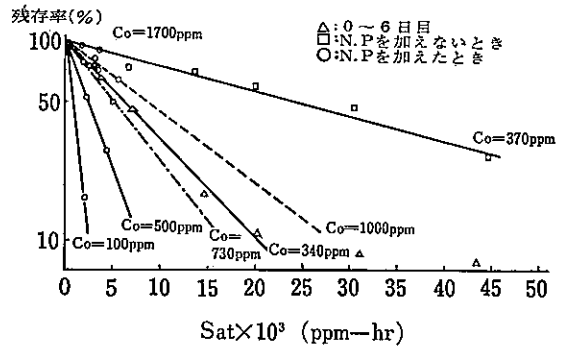


図6 Sat と残存率の関係



除去速度恒数K (1/ppm・hr)を求めると、排水COD500ppmのとき  $K = 3.3 \times 10^{-4}$ 、1,000ppmのとき  $K = 0.8 \times 10^{-4}$ 、1,700ppmのとき  $0.29 \times 10^{-4}$ であった。

(6) 計算例

排水COD1,000ppmの場合、COD-SS負荷0.25kgCOD/kgSSとして放流CODを120ppmに処理するとする。

COD除去率は88%、MLSS3,000ppmとなるから、曝気時間は8.9時間とする。したがって曝気時間は約9時間を必要とする。

参考資料

- 1) 農林水産関係工場排水実態調査報告書、昭和44年度、農林省農林経済局
- 2) 合田・宗官:活性汚泥法における酸素収支について 第6回衛生工学講演論文集
- 3) ニッケンフェルダ: 廃水の生物学的処理
- 4) 滝井: 活性汚泥によるグリコーゲン様ポリグルコ

ースの蓄積，都市研究報告第1号，都立大...

- 5) 岩井・北尾・後神：活性汚泥法における汚泥生物の浄化機能に及ぼすリンの影響，第23回年次講演集，土木学会
- 6) 手塚：活性汚泥中の細菌数およびフロック形成菌の分布について，都市研究報告第1号

7) 野中：下水処理プロセスとプラントの設計

- 8) 岡沢：純有機化合物の BOD と生化学的分解性，第6回衛生工学講演論文集
- 9) 4)と同様
- 10) 5)と同様