

フェノール廃水の活性汚泥処理

井 出 哲 夫 ※
山 内 大 学 ※※

コークスガス，石油化学，各種合成化学工業などからはフェノール類を含む廃水が排出される。従来これからのフェノール廃水に対しては生物学的処理が可能とされ，欧米には多くの実施例があるが，わが国には実績が少ない。

われわれはフェノール廃水を活性汚泥法で処理する実験を行ない，適当な条件を与えればかなり高濃度のフェノールでも活性汚泥法で分解することが可能であることを確認したので，これについて報告し，同時に平行して行なった工業規模の処理プラントの結果についても言及したい。

1 実験方法および実験項目

室内実験には内容3ℓのばっ気ビンを用い，これを恒温水槽に入れて温度を一定に保った。原水サンプルとしては化学用試薬の純フェノールを用い，これを1日1回所定の濃度になるようにばっ気ビンに注入し，24hr，ばっ気を継続し，24hr後のばっ気液上澄水につきフェノール濃度を測定した。実験の後期には室内実験用のモデルアクセレータを用いて連続実験を行なった。

実験項目は次のとおりである。

- (1) 有効な種汚泥の馴養
- (2) 最適処理条件の決定
 - (a) PH，水温などの影響
 - (b) 栄養添加

※ 荏原インフィルコ株式会社
※※

- (c) フェノール負荷と除去率
- (3) 活性汚泥の増殖率と微生物
 - (a) フェノール負荷と汚泥増殖率
 - (b) フェノール濃度と微生物
- (4) モデルによる連続処理試験
- (5) 工業規模プラントによる処理実験

2 実験結果

(1) 有効な種汚泥の馴養

フェノール分解菌が土壤中に存在することは古くから知られているが、本実験では都市下水およびと場の活性汚泥、牛ふん（糞）、馬ふんなどからそれぞれ活性汚泥を馴養することを試みた。

牛、馬ふんの場合はそれぞれのふんに表－１に示すような配合

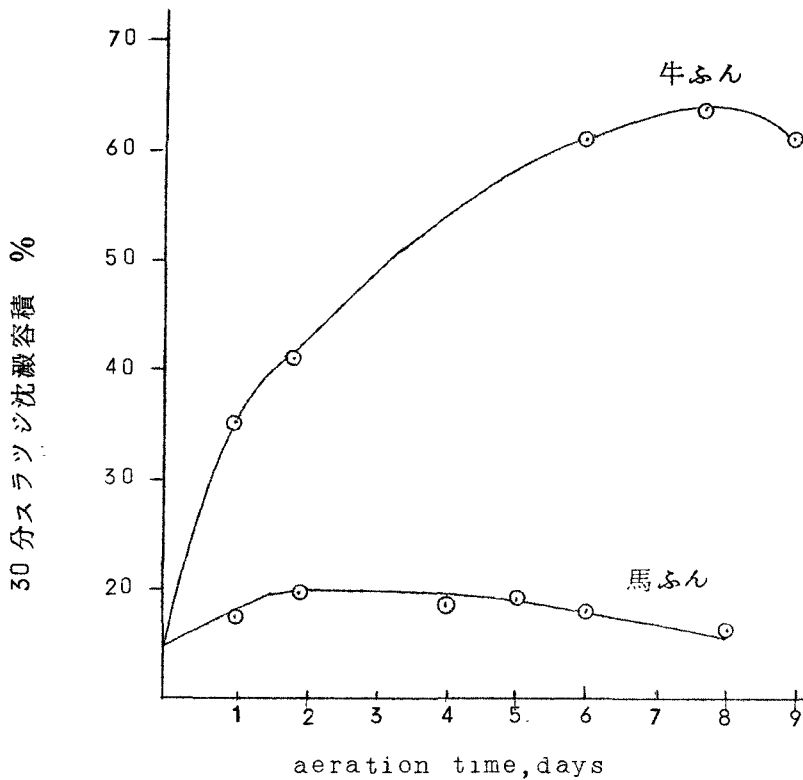
表－１ 栄養剤配合例

物質名	g/l・液
$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	0.5
$\text{K}_2 \text{HPO}_4$	1.0
MgSO_4	0.2
CaCl_2	0.1
NaCl	0.1
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.02
ペプトン	0.1

の培養液を加え、これに 50 ppm のフェノールを添加してばっ気を行ない 3 日間ごとにフェノール添加量を 75, 100, 150, 200 ppm と云うように段階的に増加させた。この間、栄養剤はばっ気液中の濃度が表－１の割合いを保つように 1 日おきに添加し、この操作を 10 日目位継続した。その結

果は図－１に表すように牛ふんを種にしたものは、いちじるしく汚泥の増殖が見られたが、牛ふんの場合はほとんど増殖が見られなかった。汚泥の増殖は 10 日目位で頭打ちになったので、以後は栄養剤の補給を止め、フェノールと必要量の N, P のみを計画量添加して本実験に入った。

図 - 1 牛馬ふんからの活性汚泥の増殖

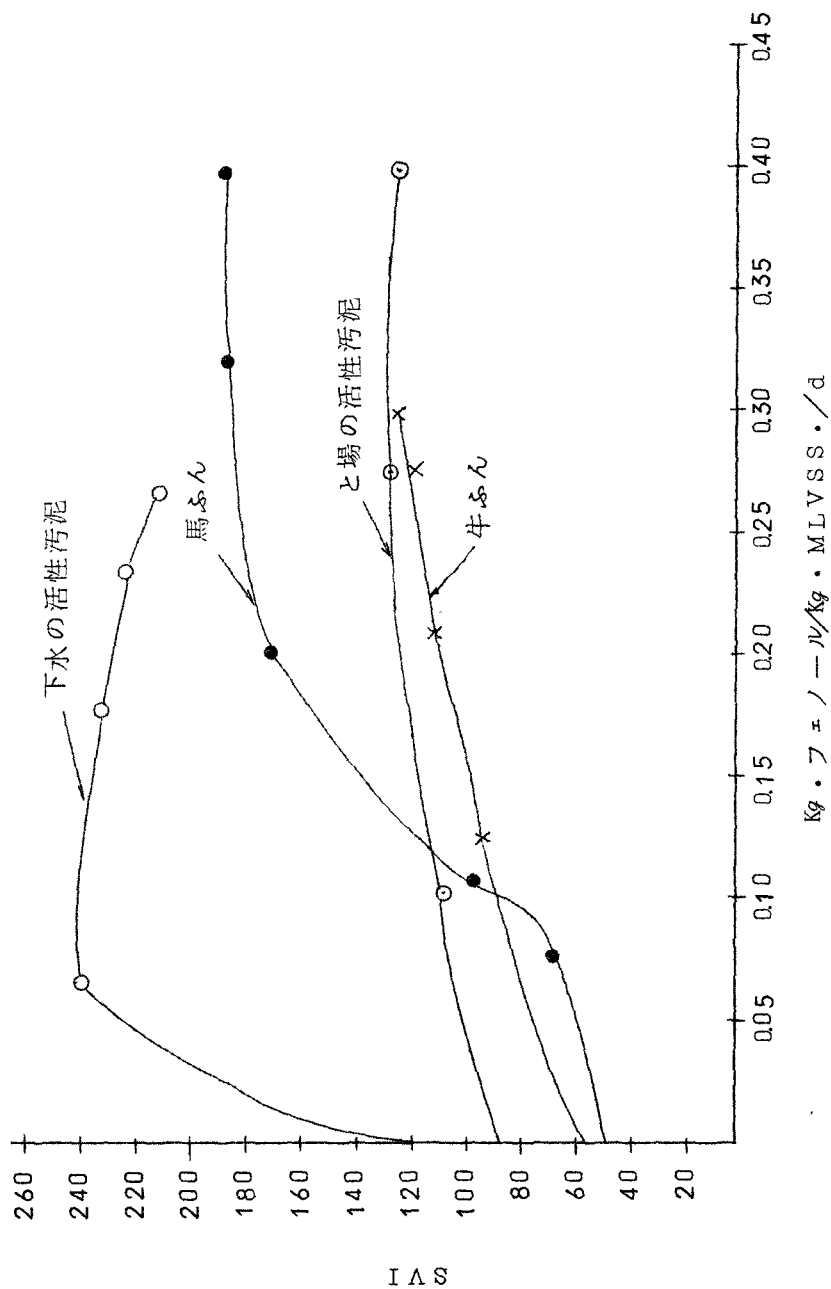


下水およびと場廃水の活性汚泥については、当初からフェノールとN、Pのみを添加してばっ気を行ない、フェノール負荷を漸増させながらフェノールの除去率や汚泥の性状を観察した。

牛ふんおよびと場の活性汚泥から出発したものはフェノール負荷を漸増しても活性汚泥のバルキングを起さず、SVIは100前後に安定していたが、下水の活性汚泥から出発したものはバルキングを起しSVIは240位の値を示した。馬ふんからの活性汚泥はSVIが160～180位の値を示した。この間の状況を図 - 2 に示す。

この間フェノールの除去率はいずれの活性汚泥についても99.5% 付近を

図一 2 フェノール負荷とSVI



示し、大差が認められなかった。

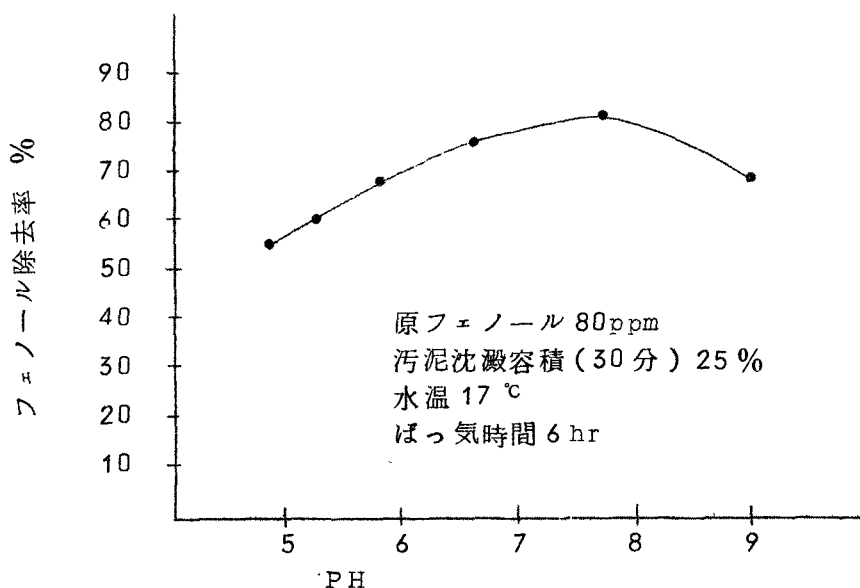
実用的な立場からは、下水の活性汚泥のように、どこでも容易に得られる種汚泥から出発して単期間に正常運転に入れるようにすることが望ましい。しかし、SVIが240と云うような活性汚泥は、実際の処理場の運転の場合、ばっ気そう内のMLSS濃度を維持することが困難である。そこでこのSVIの高い汚泥に炭酸カルシウムの粉末(300メツシ)をSSに対して10%添加したところSVIは70~80に下がり、以後はフェノール負荷を増してもSVIの上昇を見ず、安定したデータが得られた。この方法は実際の処理プラントにおいても適用可能と思われる。

(2) 最適処理条件の決定

a PHの影響

図-3に、別の実験で行なったPHとフェノール除去率との関係を示す。これによると、フェノール分解菌はPH7~8のとき最も活性が大きいようである。

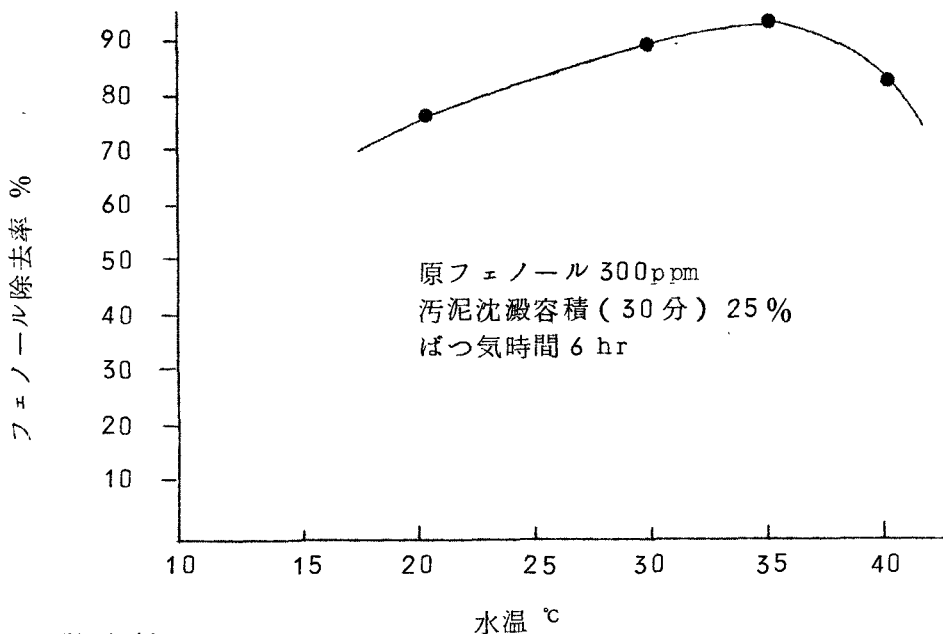
図-3 ばっ気液のPHとフェノール除去率



b 水温の影響

図一 4にフェノールの初濃度 300ppmのときの水温と除去率との関係の1例を示す。フェノールの生物学的分解は水温 30～38℃位が最適のようである。

図一 4 水温の影響



c 栄養剤

通常、活性汚泥の栄養剤としてはNとPが最も重要とされ、このほかに微量のK, Mg, Ca, Na, Fe, Muなどが必要とされている。本実験では汚泥の馴養期間中は表一 1 に示したような組成の栄養液を用いたが、それ以後の実験ではNとPの補給だけで実験を行なった。Nは当初 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の形で加えたが、フェノール濃度に応じて硫酸の添加量を増すと SO_4^{2-} のためにPHが低下するので、途中から炭酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ に変更した。Pとしては K_2HPO_4 の形で添加した。

この実験の結果 Phenol : N : P = 100 : 4 : 0.5 位の割合いが最

適値であることが解った。この割り合いでNとPを添加したとき，処理水中にはほぼ添加量の10%のNとPが残存する。

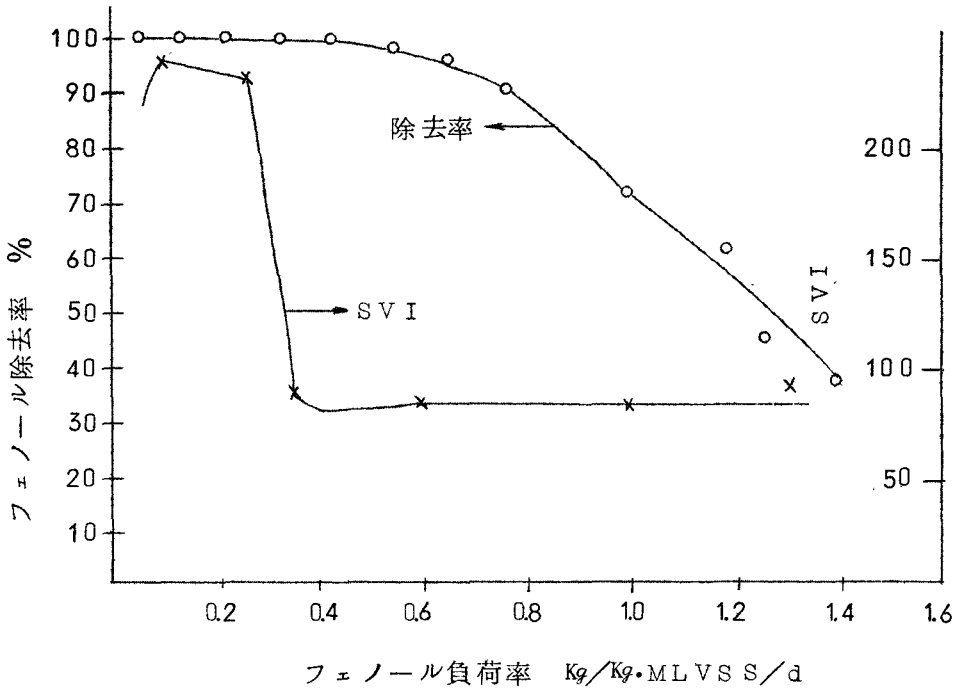
このさい，廃水中にシアン(CN)が含まれていると，その一部は分解されてNの補給源となるようである。したがって廃水中にシアンが含まれる場合は，その分だけNの供給をへらすことができる。

しかし，フェノール分解菌はCNとして50ppm位まではフェノール分解能にほとんど影響をうけないが，60ppm以上になると幾分阻害をうけ，80ppm以上では一部の汚泥が解体を始めるためか，処理水の透視度が悪化する。

d フェノール負荷と除去率

下水汚泥を用いたときのフェノール負荷と除去率の関係を図-5に示す。図から明らかなように，フェノール負荷率 $0.6\text{Kg/Kg}\cdot\text{MLVSS/d}$ 位までは除去率がほぼ一定で平均99.5%位の除去率が得られた。この負荷率の範囲内であれば，フェノールの初濃度は除去率には無関係である。この実験ではフェノールの初濃度として2800ppmまで実験を行なった。ばっ気そう内のMLVSS濃度を高く維持することができれば，もっと初濃度の高いフェノールでも処理が可能と思われたが，実用上はその必要がないので，2800ppm以上の初濃度については実験を行なわなかった。この実験は24時間ごとにフェノールを添加するバッチ操作であるが，完全混合方式の連続操作では負荷が平均されるから，操作はさらに安全側に移行するであろう。

図－５ フェノール負荷率と除去率およびSVI



(3) 汚泥の増殖率

下水から馴致した活性汚泥を用いたときの，フェノール負荷と汚泥増殖率との関係を図－６に示す。活性汚泥法における汚泥の増殖は一般に次式で表わすことができる。

$$\Delta S = a L_r - b$$

ただし ΔS = 汚泥の純増殖率 [$\text{Kg}/\text{Kg} \cdot \text{day}$]

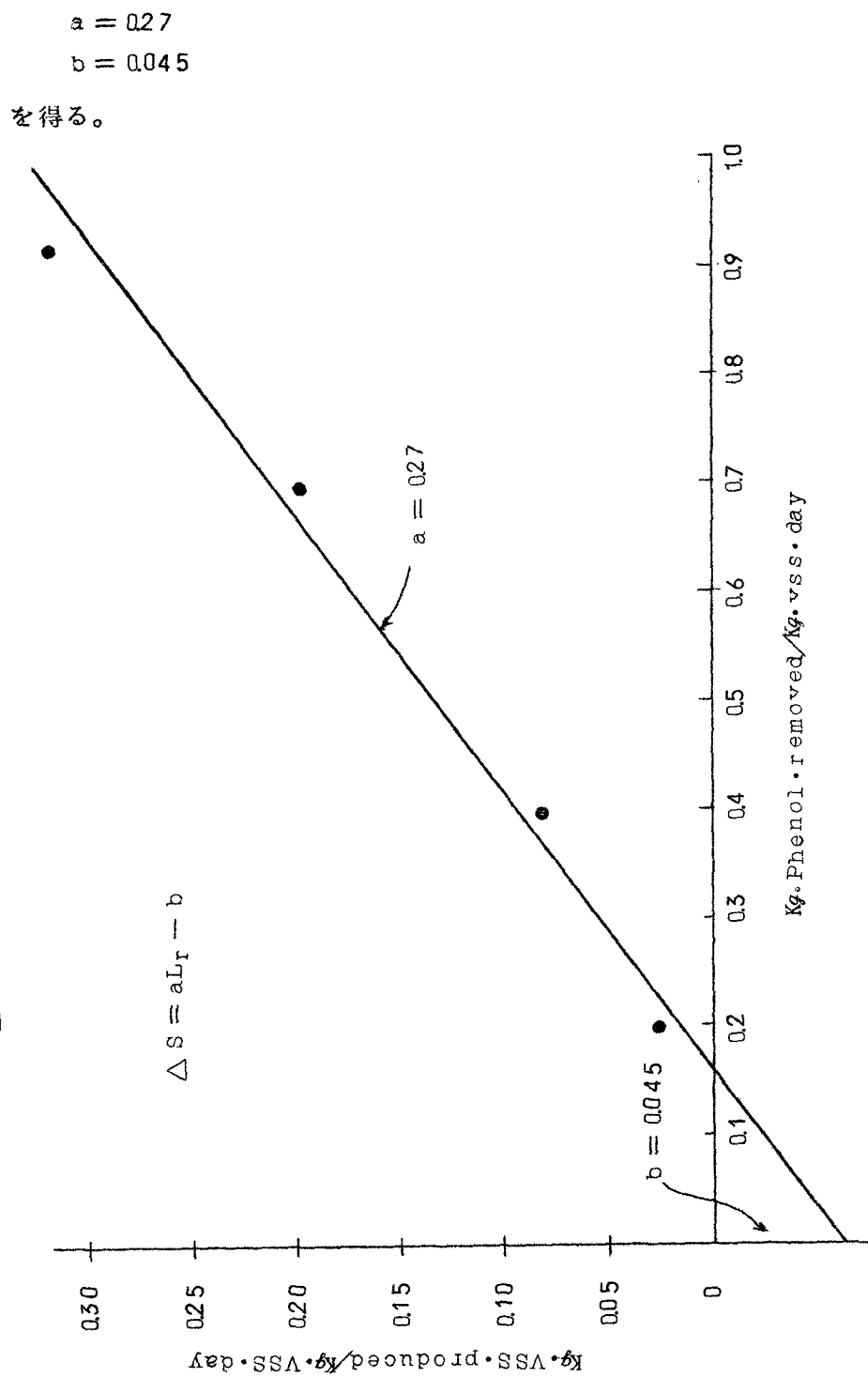
a = 除去 BOD (またはフェノール) の汚泥への変化率

L_r = 除去 BOD (またはフェノール) , [$\text{Kg}/\text{Kg} \cdot \text{day}$]

b = 体内呼吸による汚泥の分解率 , [$\text{Kg}/\text{Kg} \cdot \text{day}$]

図－６ のプロットから

図一六 フェノール負荷率と汚泥増殖



24 時間ごとのバッチ試験であるから，連続操作とはやや異なるが，上の数値は工業装置の汚泥発生量を推定するのに役立つであろう。なお，この図から，いわゆる全酸化方式でフェノールを処理するときにはほぼ $0.15\text{Kg/Kg}\cdot\text{d}$ くらいの負荷率をとればよいのではないかと考えられる。

(4) モデルによる連続処理実験

以上の回分式実験を基礎にして，内容積 18ℓ （ばっ気部容積 7ℓ ）の小型のエアロ・アクセレータを用いて，完全混合方式による連続処理実験を行なった。その結果を表 - 2 に示す。

表 - 2 連続処理試験成績

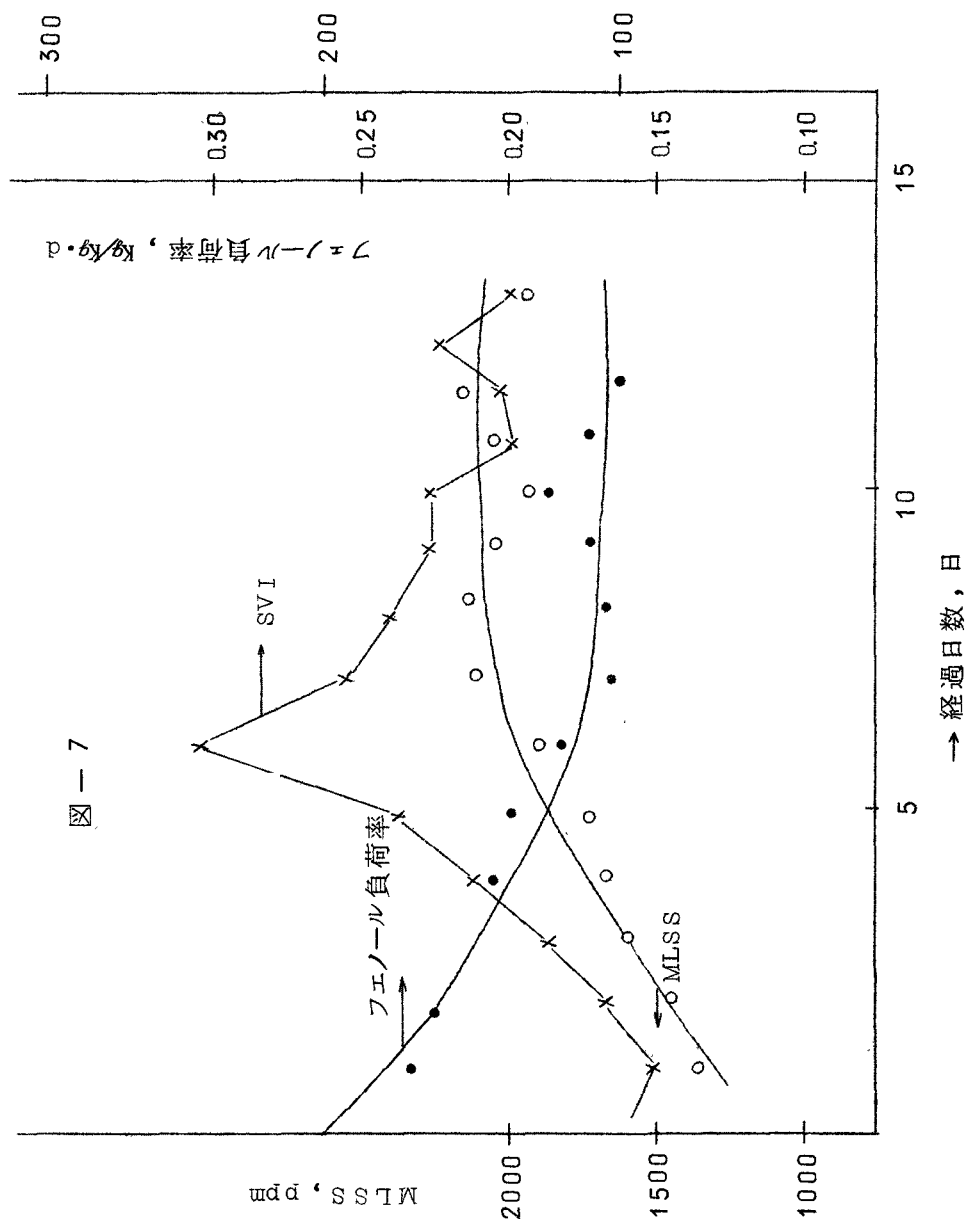
月 日	フェノール, ppm		除去率 %	MLSS ppm	MLVSS ppm	滞留, hr		SVI	流量 ml/hr	フェノール負荷 $\text{Kg/Kg MLVSS}\cdot\text{d}$
	原水	処理水				ばっ気	全槽			
9.11	500	1.8	99.6	2366	1982	11	30	57.1	600	0.519
9.12	500	0.4	99.9	2698	2264	11	30	55.6	600	0.454
9.17	1000	1.0	99.9	5939	5299	11	30	37.1	600	0.388
9.21	1500	1.0	99.9	8279	7629	11	30	68.0	600	0.373
9.22	1500	6.0	99.6	7163	6767	11	30	69.8	600	0.456
9.23	1500	4.0	99.7	7453	7043	11	30	68.5	600	0.439

(5) 工業規模による処理成績

ニチレ・パクシヤ KK 高槻工場において，ストッキングの生産工程から排出されるフェノール廃水を処理するためにエアロ・アクセレータ（I O 型）が納入されたので，39 年 8，9 月に試運転をかねて研究を行なった。種汚泥としては京都市鳥羽下水処理場の活性汚泥を投入し馴致した。フェノールの処理量は，計画値は 45Kg/d であったが，工場の生産量が増加したため，試験期間中の処理量は平均 25Kg/d であった。排出濃度はフェノールとして 5000ppm であるが，これを工場下水で 10 倍に希釈して 500

ppm位としてエアロ・アクセレータに導入した。栄養剤としてNとPを補給した。

結果を要約すると次のとおりである。(図-7)



(a) 活性汚泥の性状

$SVI = 120 - 130$ で通常の下汚泥より大であるが、凝集性は良好であった。一時 SVI が増大して 250 をこえることがあったが、鉄塩と石灰を一時的に投入したところ SVI は次第に低下し、ほぼ 120 ~ 130 の範囲に落ちついた。

(b) フェノール負荷率と除去率

0.16 ~ 0.29 $Kg/Kg \cdot MLSS \cdot d$ の範囲で平均 99 % のフェノール除去率が得られた。もっと高い負荷をかけることも可能と思われたが、工場からのフェノール排出量に限度があるので試験はできなかった。

(c) 汚泥増殖

汚泥増殖は、負荷率 0.16 $Kg/Kg \cdot MLSS$ 付近で頭打ちとなり、 $MLSS$ は 2100ppm 程度で Const. となった。すなわち、この負荷率でほぼ全酸化に近い状態になったと考えられる。

3 考 察

以上に、フェノールを含む廃水の処理につき、実験室および工業規模による生物学的処理試験の結果を報告した。従来フェノール廃水の生物学的処理はフェノール濃度 200 ~ 300ppm が限度であるという報告が多いが、汚泥に対するフェノール負荷率を 0.6 $Kg/Kg \cdot d$ 以下に保ち、栄養と酸素の補給を適切に行なえば 2000ppm 位までは除去率 99 % 程度を期待することができる。また種汚泥の馴致も、種殊な方法を用いなくても下水の活性汚泥から順致することが可能である。

本実験は主として純フェノールを用いたが、石炭ガス工業の廃水のようにシアンや硫化物などを含む場合の負荷率のとり方にはさらに一考を要する。