

# 家畜ふん尿の化学的処理法に関する研究

中山清 小林茂 富塚治郎

## 1. ま え が き

43年度から豚ふん尿(配合飼料)を対象とした化学的処理方法として、無機及び有機高分子凝集剤を併用添加した固液分離方法と、これに伴う上澄液の二次処理法及び生成されたスラッジの脱水固化化について、その実用性を検討してきた。44年までの基礎試験及び場内に設置した実験プラントによる試験結果を要約すると、

(1) 無機凝集剤としては、 $Al$ ,  $Fe$ ,  $Mg$ ,  $Zn$ ,  $Ca$ ,  $Na$ ,  $K$ などの金属塩類のうち、最適凝集 $P \cdot H$ 範囲が広く、フロックも重くて沈降性がよく、硫化物などの脱臭性及び脱色力もある塩化第二鉄が腐蝕性が強いという欠点はあるが、経済性、凝集効果の安定性、生成スラッジの性状、土壌還元の適否などを考慮した場合最も適当と考えられた。

(2) 高分子凝集剤については、汚水中のコロイド粒子の凝集効果を期待するならば、反対電荷をもつたカチオン系が適するが、本処理法では、金属塩類ですでに一次凝集を起しているため、よりフロックの成長を促し、沈降性を速めるための架橋吸着性のみを期待すればよいので、分子量も高く経済的で毒性も少ないアニオン系のものが適当と考えられる。

(3) 汚水の希釈倍率は10倍～40倍について検討したが汚水濃度、凝集剤の添加量、除去率に

は、ほぼ一定の傾向がみとめられるので、10倍希釈で処理するのが有利と考えられた。

(4) スラッジの脱水については、ヌツチエのリーフテストなどの成績から、ポリプロピレンの起毛した汚布を使用した真空脱水(予備脱水)と加圧脱水(本脱水)を併用した方法が良い結果を得られた。

(5) 固液分離された上澄液は、微生物及び土壌による二次処理が適当と考えられた。

## 45年度試験成績

### 1. 処理法の概要

従来の処理方式をより簡単に、しかも効果的に行うために、迅速処理の方法として定量希釈(10倍)された豚ふん尿汚水を振動篩で粗大固形物を分離除去し、振動篩を通過したコロイド性(懸濁性)汚水に凝集剤として、無機塩類を添加処理したものを、より凝結性を増大するために高重合度の水溶性合成有機高分子物質の凝集助剤を添加し、粒子の架橋吸着性によるフロックの凝集沈降性の安定、強化をはかり、このようにして形成された凝集沈殿物と上澄液の混合液は沈殿槽で分離し、底部からはスラッジを引抜き、これに汚過助剤として消石灰を添加攪拌し、脱水機にかけて固形化する。沈殿槽の上部から溢流した上澄液は、立地条件により適当な二次処理を行う(本試験の場合は、散水戸床法)。一般に無機凝集剤として

は、原子価の高い金属イオンが効果的であるが、反応性の高い3価の酸性塩、例えば塩化第二鉄のみで処理した場合、そのフロクは微細となり沈降性も遅くその後の処理行程に種々と支障がでてくる。また装置の腐蝕性も強い。このため高分子凝集剤を添加して凝結性を促進し、P・Hを緩衝せしめ、巨大フロクを形成させれば、浮遊性の微細コロイド粒子も吸着され、上澄液の清澄性は一段とよくなる。従つて浄化率を向上させることができる。これらの理由から本処理法は2点添加による固液分離の方法をとつた。なおここで一番問題になるのは固液分離された汚泥の処理と考えられるので、特に汚泥のケーキ化に重点をお

#### 1) 試験装置

化学処理装置：処理能力  $18 \text{ m}^3/\text{日}$  8時間稼動

( $38 \text{ l}/\text{min} \times 8 \text{ hr}$  豚300頭)

汚泥脱水機：処理能力チャージ量  $6 \sim 8 \text{ l}/\text{min}$

(汚泥の含水率98%程度)

散水床：床材容積

碎石床  $5.6 \text{ m}^3$

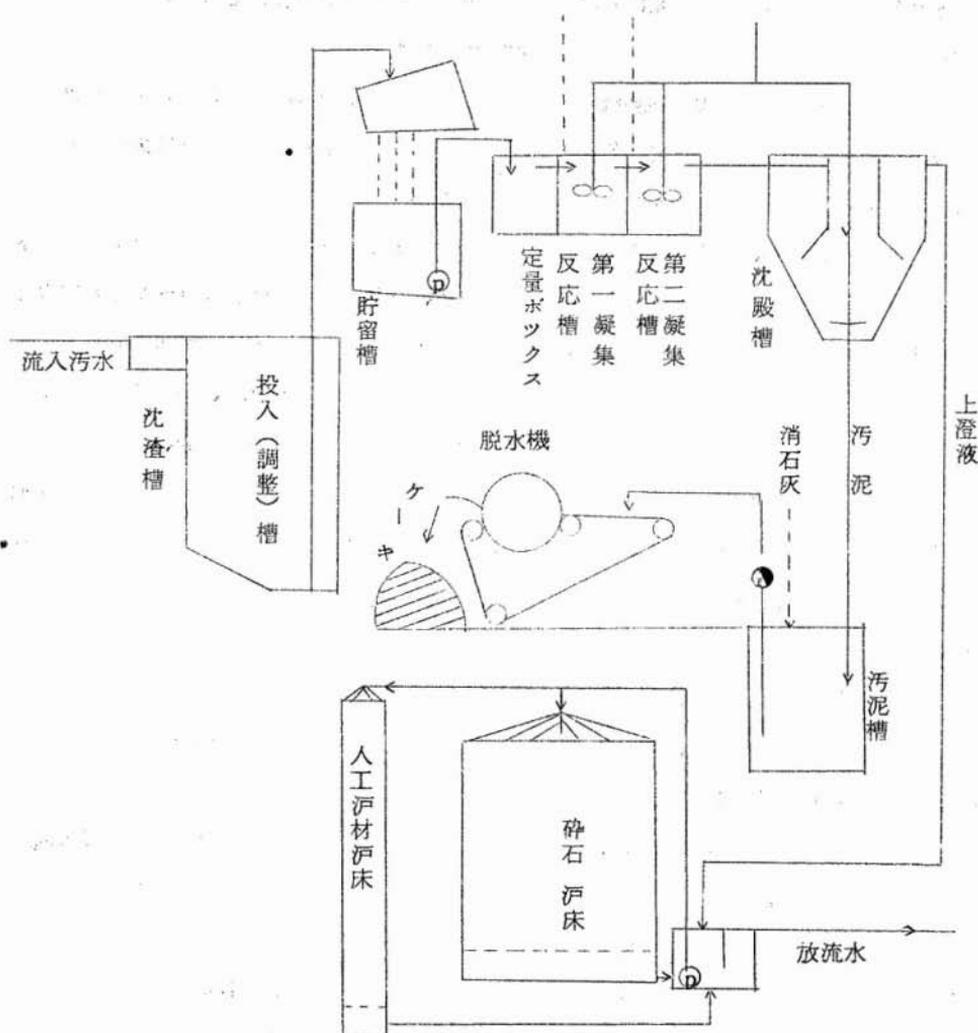
人工床  $0.7 \text{ m}^3$

き、併せて分離上澄液の二次処理に亘る全体的な処理をねらいとして実施した、なお本処理方法及び処理施設(化学処理装置及び汚泥脱水機)は東京畜試と柳河精機株式会社(本社東京都府中市)の共同研究により開発したものである。

#### 2. 試験方法

44年度において場内実験室に設置した実験プラントは、希釈調整槽の容量を  $1 \text{ m}^3$  に設計したため連続的運転が困難で、ロングランにより生ずると考えられる各種問題点の追求には、野外に実証試験の場を求める必要があつた。そこで豚300頭規模の処理施設を、青梅市小曾木町M養豚場に設計、設置して、連続的な試験運転を実施した。

図-1 処理施設フローシート



(1) 化学処理装置

この装置は10倍希釈されたふん尿汚水をスクリーニングしたのちFec<sub>l</sub>3とポリマーを添加して固液分離する。できるだけ可動的にするため沈さそう、投入そう以外はすべて鉄製(対腐蝕性塗装)、FRP製とした。

- ・沈渣そう (0.1 m<sup>2</sup>) : 流入口に目巾20mmのバースクリーンがある。豚舎から洗滌水とともに排出された汚水は側溝を通つて流入する。
- ・投入(調整)そう (18 m<sup>2</sup>) : ここで汚水を10倍に希釈し、カッター付水中ポンプ(エ

レポンAFP-1, 1.5KW, 揚量 $0.6\text{ m}^3/\text{min}$ )で約30分間もどし攪拌を行い篩にかけやすくする。

・電動篩: 網目36メッシュ1段式、振動機2台が付設してあり、スクリーンは昇り勾配にしてあるので篩渣の水切りはよくなっている。処理能力 $100\text{ l}/\text{min}$  約45%の固形物除去。

・貯留そう(1.2 $\text{ m}^3$ ): 篩の汚過汚水を貯留し、付設の水中ポンプで定量ボックスへ送る。レベルスイッチで液面制御してあるので、自動的に投入そうから汲み込まれる。

・定量ボックス(120 $\text{ l}$ ): 貯留そうからポンプアップした汚水を二段制御で液面調整し、三角堰から定量が流出する。

・凝集反応そう(各90 $\text{ l}$ ): 第1、第2そうとあり、第1そうには $\text{FeCl}_3$ 、第2そうにはポリマーが定量ポンプで注加攪拌される。攪拌回転数は第1そう70R.P.M., 第2そう50R.P.M.。

・沈殿そう(1 $\text{ m}^3$ ): 高さ1.6mの4角型で上端から60cmのところを4角錐状(角度30度)にしてある。基部にスラッジの引抜きをよくするため、スクレーパーがつけてあり、常時汚泥そうに流出している。分離上澄液は隔板を通して溢流し散水汚床に付設した貯留そうに入る。

・汚泥そう(3.5 $\text{ m}^3$ ): F.R.P製の2そうからなっていて交互に汚泥を貯留する。ここで汚過助剤として消石灰を汚泥量の0.5%添

加攪拌する。汚泥を脱水機に移送するためのギヤーポンプが付設してある。

## (2) 汚泥脱水機

布走行形・予備脱水(吸引)+フラッターリング方式(加圧)。 (詳細は後述する)

## 5) 散水汚床

砕石汚床: 径2m、高さ2mのコンクリート製円形、有効容量5.7 $\text{ m}^3$ 、50~100 $\text{ min}$ の花崗岩が充填してある。散水法は水圧回転式。

人工汚材汚床: 径50cm、高さ4mのF.R.P製の円筒で、有効容量0.7 $\text{ m}^3$ 、プラスチックのテトラポット型人工汚材が5,000個充填してある。散水法は十字型パイプからの滴下式。なお散水量を調節するため1 $\text{ m}^3$ の貯留そうと水中ポンプが付設してある。

## 2) 設計諸元

この処理施設は配合飼料給与豚300頭規模として設計した。

投入(調整)そう: ふん尿排泄量は1頭6Kg/日 日としてこれを10倍希釈するので18 $\text{ m}^3$ が必要である。

B.O.D.計算: BOD量を1頭200g/日 日として、総量60Kgとなるが、篩と貯留そうの沈渣で30%前後が除去されるので、流入汚水のB.O.D.は2,300ppmとなる。これが凝集剤処理により85%程度が除去されるので345ppmとなる。これを二次処理として散水汚床で75%の除去を見込むと最終的に放流水は86ppmとなる。

S.S計算: 1頭700g/日として篩と一部

沈殿により50%程度除去されるので流入汚水の総SS量は105Kgとなる。これを凝集剤で沈殿分離した場合の汚泥量はほぼ3.5m<sup>3</sup>となる(水分含量97%)すなわち流入汚水総量の20%が汚泥となる。

凝集反応そう：それぞれ滞留時間2.5~3分を見込んでいる。

沈殿そう：約30分の沈殿時間を見込んだ。

汚泥脱水機：水分含量97%程度の汚泥を毎分6~8リチャージできるよう設計した(8hr処理量3.5m<sup>3</sup>)。脱水ケーキの水分含量は75%程度を見込んだ。

散水床：実用化に踏み切るためには、まだ種々疑問点が多いと考えられるので、今回は各種条件におけるBOD量及び散水量の負荷限界を測定し、今後の参考資料とする。

### 3) 試験期間

昭和45年8月20日から試運転を開始、10月末までは散水床の培養、装置の部分的な手直しと調整に費し、その間COD、NH<sub>4</sub>-Nなどの測定を随時行い、11~12月の間に5回に亘り全般的な分析を実施した。

## 3. 結果及び考察

### 1) 各装置の機能と運転状況

#### (1) 化学処理装置

試験期間中の処理頭数は平均200頭であつた。これは畜主が将来300頭に規模拡大する意向なので処理施設は予め300頭規模に設計したものである。このため1日の総処理汚水量はほぼ10m<sup>3</sup>となつた。常時収容豚の体重は

40~60Kg程度が多く、実際に1頭の排泄量は平均5Kg/日と測定されたのでこの数値に従つて、原汚水は10倍希釈の10m<sup>3</sup>とした。この装置の各部の電源はすべて制御盤に集中配線してあるので自動的に操作できるようになつている。運転中における問題点をあげれば次のとおりであつた。

① できるだけ経費の節約をねらつたので、投入そうの攪拌はブローアを使わずに汲上用水中ポンプの振しを利用したが、このために常時均一な原汚水を供給することがむずかしく、従つて時々薬液の添加量を調整する必要があつた。

② 投入そうはワラ屑その他粗大固形物が混入しているのので、初めはポンプ及びバルブ周辺の詰まりが多くて困つたが、カッター付ポンプ(エレポン2HP)の使用と配管を太くすることによつてある程度解消した。

③ 夏季において、投入そうでスカムの浮上した状態の汚水を処理したとき、沈殿そうでフロクの一部が浮上することがあつた。このような現象を防止するためには、なるべく新鮮ふん尿のうち処理する必要がみとめられた。

④ 冬季におけるポリマー水溶液及び配管の凍結対策を十分考慮する必要がある。

⑤ 雨水の流入対策を講ずる必要がある。

以上薬剤添加により連続的に凝集処理を行う場合、最も留意する点は、被処理汚水の濃度の均一性と流量コントロール及び薬剤の定量添加であるが、このため装置の機構が複雑化し、従つ

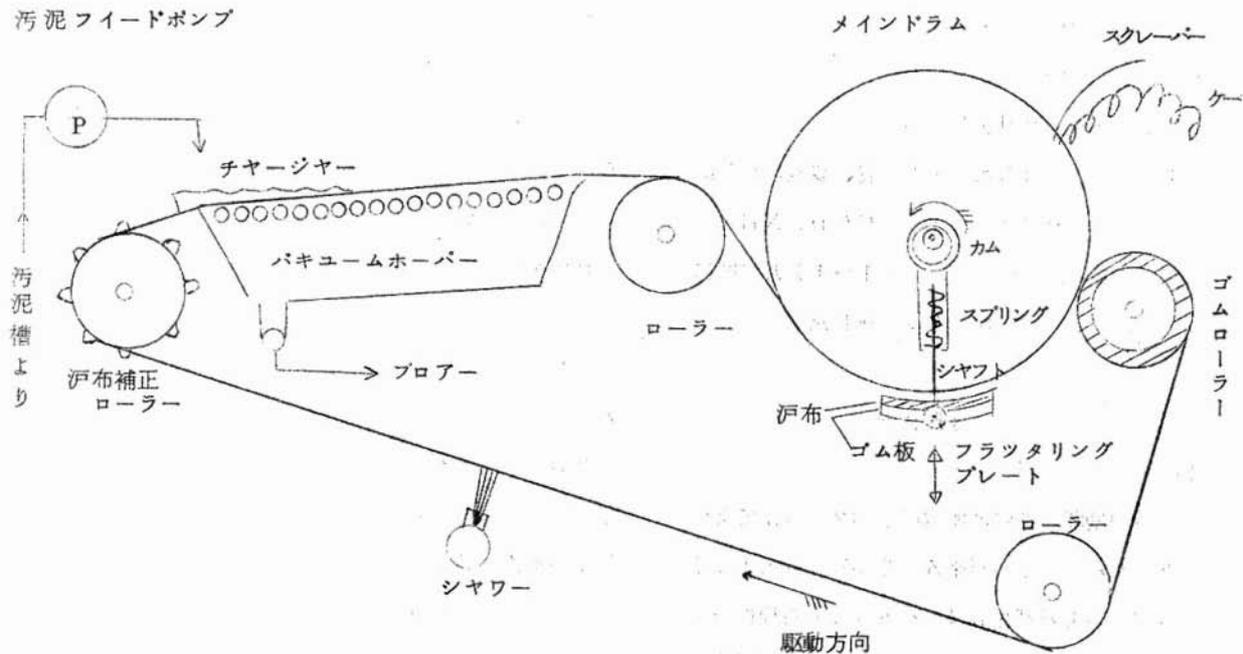
て施設の投資額も大きくなる。そこでこの部分の処理行程については、バッチ式を採用する方が操作上また経済的にも有利と考えられるので、現在1日の総処理量を受槽から1回に汲み上げ、希釈調整、攪拌、凝集分離を同一槽で実施する処理方法を検討している。

2) 汚泥脱水機

当初スポンジとか合成繊維の濾布を応用した

ロール加圧式の装置を試作して実験を試みたが、目づまりの問題と汚泥を加圧する際の伸びの問題を解決することができなかつた。そこで下図のような予備脱水とフラッターリング方式を取入れることにより性能のよい脱水機を開発することができた。なお本機は実験機のため下表のような成績で、実用化のためには多少スケールアップする必要がある。

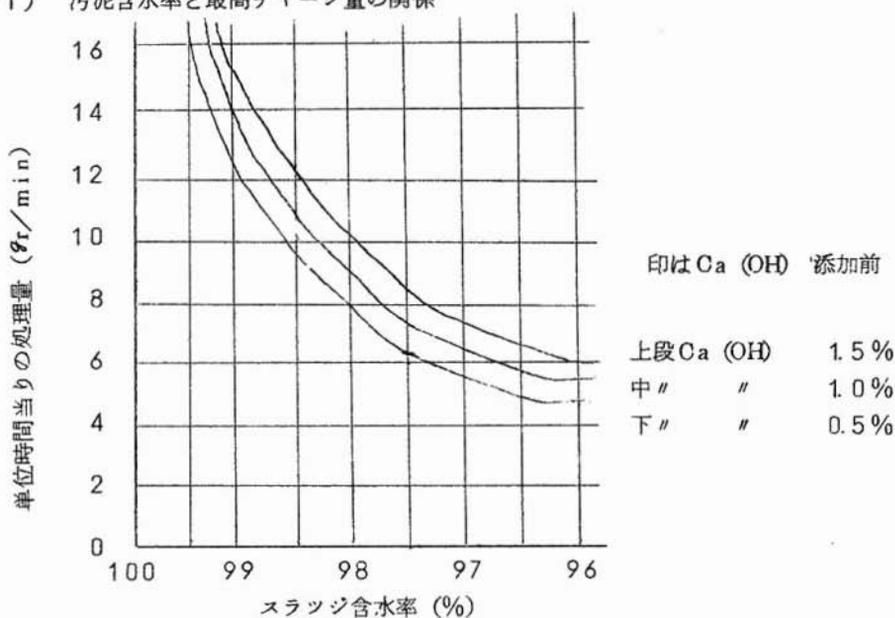
図-2 汚泥脱水機主要機構図



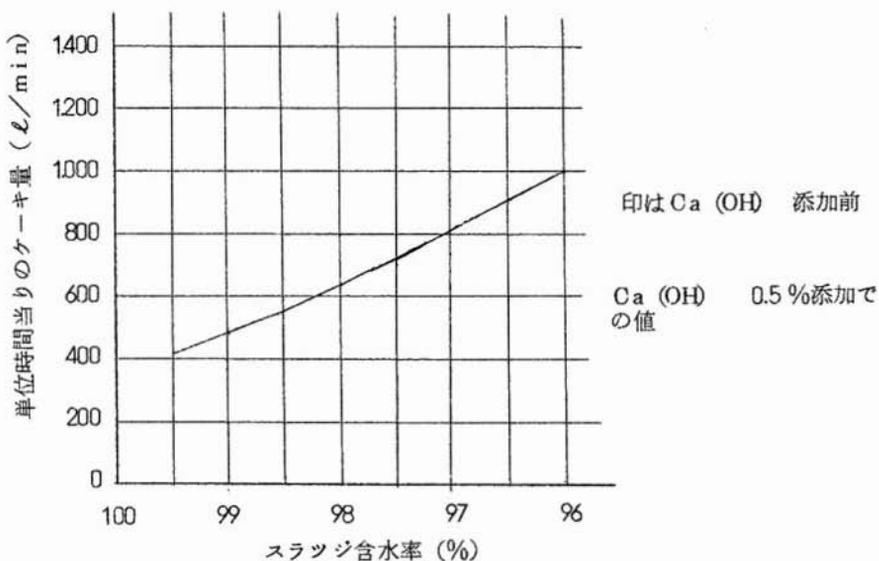
No	名 称	項 目	緒 元
1	装 置 全 体	大 き さ	1000x1300x1200
		重 量	800 Kg
2	濾 布	材 質	ポリプロピレン
		全 長	3.400 min
		全 巾	600 min
		有効巾	510 min
3	吸 引 部	面 積	0.3 m <sup>2</sup>
4	ブ ロ ア ー	電 力	0.4 KW
		最大負圧	675 min A g
		最大風量	1.35 m <sup>3</sup> /min
5	駆動モーター	電 力	0.4 KW
6	汚泥フィード ポンプ	ポンプ名	セルブラポンプ
		回転数	min279~max1125 r/min
		吐出量	6~22 l/min
7	シ ャ ワ ー	型 式	タイマー電磁開閉式
		使用水量	1周洗滌につき20 l
8	駆 動 速 度		約50 min/sec

図-3 脱水試験成績

1) 汚泥含水率と最高チャージ量の関係

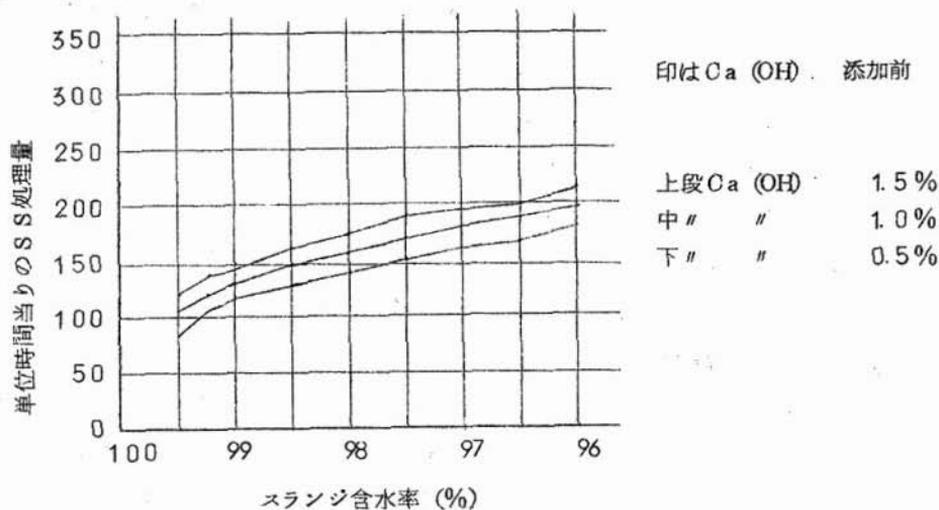


2) 汚泥含水率とケーキ量の関係

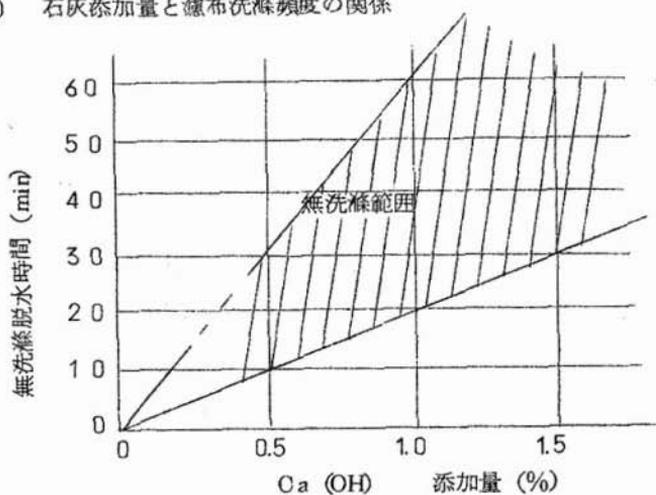


◎ ケーキ含水率は75~78%

一3) 汚泥含水率とSS処理量の関係



一4) 石灰添加量と濾布洗滌頻度の関係



一5) 濾液の分析値

項 目	P H	S S	C O D
分 析 値	1.05	80	180

但し  
Ca(OH)<sub>2</sub> の場合 0.5%添加

### β) 散水濾床

上澄液の二次処理法としては、いろいろと考えられるが、現地の立地条件を勘案して散水濾床法を採用してみた。その理由としては維持管理が簡単で、比較的NH<sub>4</sub>-Nの除去率がよいということと、上澄液にはS・Sが少なく、また残存の多い溶解性物質中には酢酸などの低級な有機酸が多く生物による除去が比較的容易に行われるのではなかろうかと推測されたからである。当初の考えは上澄液の流出する運転時間(8hr)だけ散水し、そのあとは翌日の運転開始まで休止する、即ち間隔的散水を行う積りであった。しかし試験を開始したのが8月下旬からで、気温が高くしかも処理時間が6時間(処理頭数が200頭になつたため)に短縮され、濾材が乾燥してしまう心配があつたので、1m<sup>3</sup>の貯留そうを付設し沈殿そうからの上澄液はこの中に溜め、水中ポンプで濾床に散水する一部循環方式をとつた。この濾床はあくまでも試験的に設置したもので、負荷条件を変えながら実施し、好成绩が得られたら実用施設として設計しなおす考えである。砕石濾床の花崗岩は、青梅市小曾木し尿処理場の移転で不要となつたもので、約6ヶ月露天に放置してあつたが、散水後

約2週間で濾床蠅の発生をみ、濾床生物の繁殖も順調とみられた。人工濾材の方は、三井物産K.Kの依頼により砕石と比較試験を行うため設置したもので、砕石の場合よりも表面積に比して空率が高く微生物の発育がよいといわれている。砕石濾床の散水量はパイプを細く取替えることにより流量を規制できたが、人工濾材濾床はパイプが固定しているため少量規制ができなかつたので、今期試験では同一負荷条件による比較試験は行わなかつた。試験の結果については分析成績の項のべるが、たまたま試験実施期間が9月~12月と気候の変化期に当つたため、濾床生物の脱落現象も多かつたと考えられ、予期したほどの浄化率はのぞめなかつた。生物相については、固定生物の出現がみとめられなかつた。このことは薬剤処理した分離液中には微生物の生活に対して何らかの阻害因子が含まれているのか今後の調査項目である。また効率を上げるために濾床送風も考えられるが経費、構造の面で実行できなかつた。

#### 2) 処理水の分析成績

各工程中における汚水を11月~12月の間に5回にわたり採取分析した。その結果は表-1のとおりであつた。

表-1 汚水分析成績

(平均値)

採取箇所	分析項目	水温	P. H	透明度	蒸発残留物	S. S.	溶解性物質	C. O. D. 100C	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> -N	A. L. B.-N	アルカリ度	汚染消費量
NO, 1 原汚水 定量ボックス		5°C	8.5	0	4.188	2.387	1.801	9.60	1.890	155	93	798	271
NO, 2 沈殿そう 上澄液			6.0	26	1.187 (7.17)	79 (96.7)	1.108 (38.5)	172 (82.1)	300 (84.1)	84 (45.8)	28 (69.9)	192	25
NO, 3 散水汚床 貯留そう			6.4	23	1.132	87	1.045	162	265	80	25	218	22
NO, 4 砕石汚床 処理水			7.7	23	1.024 (9.5) (75.5)	115 (-32.2) (95.2)	909 (13.0) (49.5)	79 (51.2) (91.8)	83 (68.7) (95.6)	34 (57.5) (78.1)	15 (40.0) (83.9)	147	16
NO, 5 人工汚床 処理水			7.7	23	1.040 (8.1) (75.2)	98 (-12.6) (95.9)	942 (9.9) (47.7)	97 (40.1) (89.9)	115 (56.6) (93.9)	42 (47.5) (72.9)	22 (12.0) (76.3)	180	17

負荷条件 (いづれも1回散水3ℓ/min)

NO, 4 砕石汚床 水面積負荷 1.5 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>・日 BOD負荷 0.21 Kg/m<sup>2</sup>・日NO, 5 人工汚床 " 2.2.0 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>・日 " 1.6 Kg/m<sup>2</sup>・日

( ) 内の数字は除去率%を示す。なおNO, 4, 5の上段は散水汚床だけの除去率, 下段は原汚水に対するものである。

①上記の表からNO.1源汚水のP.Hが8.5と高い

は汚 脱水機からの脱離液と洗滌水（汚泥にはCa(OH) 添加）が投入そうに返送されるためである。これにF e c l<sub>2</sub> が添加されとP.H5.8ぐらいとなりポリマーが添加されて6.0となる。

②NO.3貯留そうの分析値がNO.2上澄液より低いのは、貯留そうに泡消装置がつけてあるのと散水汙床からの流出水が一部入るためである。

る。

③散水汙床には沈殿そうがないのでNO.4, NO.5の処理水は、NO.2の上澄液よりS.Sが増加している。

④本試験では人工汙材汙床の負荷をこれ以下におさえることができなかつたが、高率汙床の場合でも基準以上とされている負荷範囲の成績としては、よい結果が得られたと考える。

⑤砕石汙床はこの試験成績以外にBOD負荷を0.5~1.0 Kg/m<sup>2</sup>・日と高めて試験したがBOD除去率20~40%とわるかつた。

### 3) 運転諸経費

1日の総処理汚水10 m<sup>3</sup> (収容豚200頭)に要する費用は次のとおりであつた。

#### 1 薬剤費

塩 化 第 二 鉄 ( 4 5 ° B # )	13 Kg x 20円/Kg	260円
ポリマー (サンフロックAH200P)	60 g x 900円/Kg	54円
消石灰 (汚泥の脱水助剤)	10 Kg x 5円/Kg	50円
計		364円

#### 2 電力費

使用電力、水中ポンプ1.5 KW, 0.2 KW, 0.1 KW

汚泥ポンプ0.2 KW, 電動篩0.2 KW, 攪拌機0.2 KW,

定量ポンプ0.04 KW (2台), 脱水機0.75 KW,

以上の使用料金は1日72円となつた。

#### 3 水道費

汚水希釈用	9.0 m <sup>3</sup>
ポリマー用	0.6 m <sup>3</sup>
脱水機洗滌用	0.2 m <sup>3</sup>
計	9.8 m <sup>3</sup> = 10 x 25円/m <sup>3</sup> = 250円

4	(1) + (2) + (3)	686円/200頭	円 3,43/頭
5	(1) + (2)	436円/200頭	円 2,18/頭

以上この処理方法および装置は、まだ研究段階で、今後現地試験を通じて問題点の追求をしてゆく考えであるが、この試験結果からいえることは、処理能率がきわめて早いことと、1日8時間の作業時間内だけ運転するという考え方、また希釈水の使用量が少なくてすむので、装置をコンパクト化したことや、問題の汚泥処理まで一貫工程を可

能としたことなどの特徴があると思う。しかしながら、まだ上澄液の二次処理の簡単な方法が解決されておらず、まだ凝集過程における機構にしても複雑となり、従つて施設の投資額も大きくなる。そこでこの部分の工程については、バッチ式を採用する方が操作の点も含めて有利と考えられるので、今後この方法の可能性について検討する。