

## 浄化処理施設の特徴と機種選定について

独立行政法人 農業技術研究機構 畜産草地研究所  
畜産環境部 環境浄化研究室長  
羽賀清典

### 1. 浄化処理の基本

#### (1) 尿溜、曝気処理、浄化処理

「固形物は堆肥化で何とかできるけど、汚水が困るんだよね」。現場で時々耳にする言葉である。汚水を尿溜に貯めて置いてじっと待っていても、汚水はちっともきれいにならない。そのうちに、汚水は黒い色になって、臭いガスが沸いて出てくる(図1)。

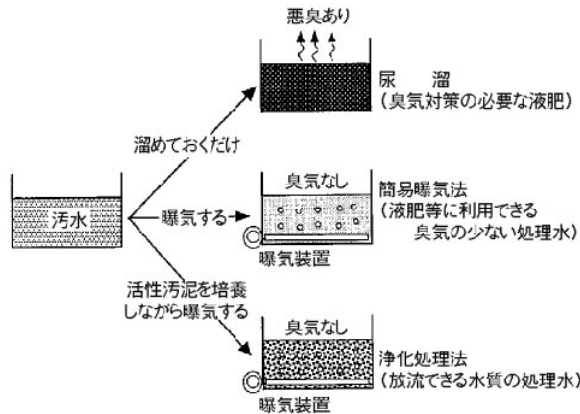


図1 尿溜、曝気処理、浄化処理

しかし、そうなる前に、尿溜にブローアで空気を送って何日間かかきまわすと、臭いが少なくなり、かなり透明な液に変化する。空気を送ってかきまわすことを曝気(ばっき)という。このような曝気処理をシステム化したものが、簡易曝気法と呼ばれる処理方法である。

もっと速く汚水をきれいにし、河川等に放流できる水質(表1)にしたい。そこで、登場するのが浄化処理である。汚水を浄化する微生物を尿溜にたくさん培養しながら曝気する。もうそこは尿溜ではなく、曝気槽(ばっきそう)へと進化している。微生物の数が汚濁物質の数倍から数十倍の数に達している曝気槽で、汚水は急速に浄化される。その微生物が活性汚泥(かっせいおいでい)であり、システムが浄化処理法(活性汚泥法)である。

表1 排水基準に關係する水質項目の性質、測定法

項目	排水基準	性質	測定法
pH	5.8~8.6	7が中性、高いとアルカリ性、低いと酸性	pH電極または試験紙
BOD	160mg/L(日間平均120mg/L)	微生物学的に酸化分解される成分	20°C、5日間培養
COD	160mg/L(日間平均120mg/L)	化学的に酸化分解される成分	100°C、30分間反応
SS	200mg/L(日間平均150mg/L)	浮遊・懸濁している成分	1μm以上の粒子
大腸菌群数	日間平均3,000個/cm <sup>3</sup>	ふん便性の細菌数	37°C、20時間培養
窒素	120mg/L(日間平均60mg/L)	窒素を含む成分	窒素含有量の分析
リン	16mg/L(日間平均8mg/L)	リンを含む成分	リン含有量の分析

略称:  
BOD(Biochemical Oxygen Demand)生物化学的酸素要求量  
COD(Chemical Oxygen Demand)化学的酸素要求量  
SS(Suspended Solids)懸濁物質、浮遊物質

#### (2) 活性汚泥は微生物の塊

活性汚泥とは、汚水を浄化処理する活性(能力)を持った汚泥(微生物の塊)である。汚泥といっても汚い泥ではなく、微生物の塊を意味している。特殊な微生物ではないが、畜産の排水にはそれに適した一群の微生物が、活性汚泥を形成している。細菌、原生動物、後生動物など、多種類の微生物の生態系が活性汚泥を形成しているといわれている。

活性汚泥の微生物が生き続けるためには、栄養源と酸素が必須である。栄養源は、汚水中の汚濁物質(BODやSSなど)であり、酸素は曝気によって供給される。(図2)。

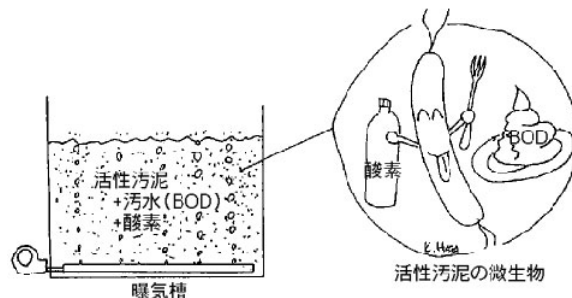


図2 活性汚泥の微生物はBODと酸素が大好き

## 2. 曝気槽への汚水流入方式の特徴

### (1) 回分式活性汚泥法

曝気槽で「曝気」しているときには、活性汚泥が盛んに汚濁物質を食べて、浄化が行われている。曝気を止めると、活性汚泥は塊となって「沈殿」し、きれいな上澄液(処理水)が採れる。その処理水を「排出」して、新たに汚水を曝気槽に「流入」させ、また曝気を再開して浄化処理をする(図3)。このような曝気、沈殿、排出、流入の4サイクルによって汚水を浄化処理する方法を、回分(かいぶん)式活性汚泥法と呼ぶ。回分式の1日のタイムスケジュールの例を図4に示す。サイクルを1日に2~4回繰り返す方式をとっている施設もある。

回分式活性汚泥法は曝気槽が沈殿槽を兼ねているため、沈殿槽を設置する必要がない。そのため装置の構成が簡単となり、汚泥管理など維持管理が容易で、費用も安くあがるなどの利点がある。オキシデーションディッチ(酸化溝)法や曝気式ラグーンなど、畜産では多用されている。

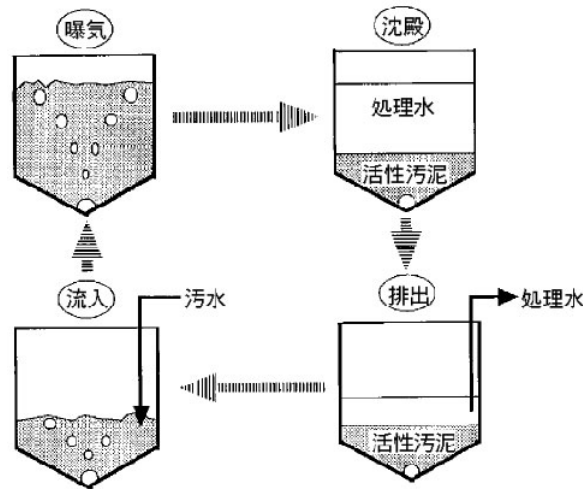


図3 回分式活性汚泥法は4サイクル



図4 回分式活性汚泥法のタイムスケジュールの例

### (2) 連続式活性汚泥法

回分式では、曝気を止めないと処理水が採れない。それに対し、曝気を止めず、連続的に曝気槽に汚水を流入させつつ、連続的に処理水を採る方式が連続式活性汚泥法である。曝気槽に沈殿槽を併設し、活性汚泥を沈殿槽で沈殿させるので、連続的に処理水が採れる(図5)。最近では、沈殿槽の替りに膜分離装置(膜モジュール)を曝気槽に浸漬して処理水を採る、膜分離型浄化処理装置もいくつか出てきている。

回分式に比較して、連続式では沈殿槽や返送汚泥装置などの施設が必要になり、操作も複雑となる。大規模施設の大量の汚水を、連続的に効率よく処理できる利点があり、下水処理や産業排水処理では一般的な方法となっている。畜産でも、標準活性汚泥法、長時間曝気法、二段曝気法、オキシデーションディッチ法などで多用されている(表2)。

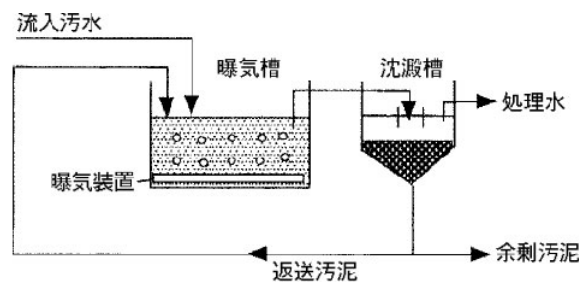


図5 連続式活性汚泥法のフローチャート

表2 畜舎排水に利用される浄化処理方式の特徴

汚水流入方式	操作条件による方式名	曝気槽の形状
回分式	オキシデーションディッチ	長円形の水路
	曝気式ラグーン	ラグーン
連続式	標準活性汚泥法	矩形または
	長時間曝気法	横長円筒形の
	二段曝気法	ユニット型
	オキシデーションディッチ	長円形の水路

## 3. 曝気槽の操作方式の特徴

標準活性汚泥法は、名前のとおり標準的な方法であり、下水処理場など多くの活性汚泥処理施設で利用されている。BOD容積負荷 $0.3\sim 0.8\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 、汚水の曝気槽における滞留期間6~8時間で運転される。BOD容積負荷とは、曝気槽容積 $1\text{m}^3$ 当り、1日のBOD負荷量(kg)を示す。この値が高い程、装置の処理能力が高い。

長時間曝気法は、汚水の滞留期間が長く(16?24時間)、処理能力は標準活性汚泥法よりは低いが(BOD容積負荷 $0.15\sim 0.25\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ )、負荷の変動に対して安定性が高く、余剰汚泥の生成が少ない利点を持っており、畜産では多用されている。オキシデーションディッチ法も、長時間曝気法とほぼ同じ操作条件で運転される。

二段曝気法は、曝気槽と沈殿槽を二組、直列につなげた装置である。第一段曝気槽で高負荷の処理を行い、第二段の曝気槽で仕上げ処理を行うように運転される。

#### 4. 曝気槽の形状の特徴

畜産の排水の浄化処理に使用されている曝気槽の形状は、矩形、横長円筒形などのユニット型、オキシレーションディッチ、ラグーンなどである。矩形の曝気槽が下水処理などではもっとも一般的な形状であり、標準活性汚泥法、長時間曝気法、二段曝気法の多くは、この形状である。水深が深く4~6mとれ、敷地面積も節約でき、曝気装置もブローヤによる散気管方式が利用される。横長円筒形などのユニット型は人間の浄化槽に利用されることが多く、運転操作条件は標準活性汚泥法、長時間曝気法、二段曝気法など矩形のものと同様である。

オキシレーションディッチは、長円形の循環水路を曝気槽としている。水深の比較的浅い(2m以内)長水路であるため、矩形のものよりは広い敷地面積を必要とする。曝気槽の形状から機械式の曝気方式が適用されるので、回分式と連続式とどちらの方式にも対応できる。

ラグーンとは潟など広い池を意味する。曝気式ラグーン法は、池のような大きい曝気槽で、低い負荷量かつ長い滞留時間で浄化処理する方法であり、安定性など長時間曝気法の利点を持っている。回分式であるから沈殿槽や返送汚泥装置などは必要ないが、建設に際して広い敷地面積が必要である。

#### 5. 曝気槽の維持管理と設計条件

浄化処理のもっとも中心的な役割を果たしているのは曝気槽である。したがって、浄化処理施設の良否は曝気槽の維持管理にかかっている。曝気槽の維持管理の5条件と設計条件との関係を、豚の飼養管理に例えながらみていく(表3)。

表3 曝気槽の維持管理のための5条件と設計条件の目安

維持管理のための条件	設計条件の目安とチェック	豚に例えたと
(1) 処理能力を越えないこと	BOD容積負荷が $0.5\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 以下	エサの量
(2) 活性汚泥の濃度を十分に	MLSSが $5,000\text{mg}/\text{L}$ くらい SVによる簡易推定ができる	体力
(3) 曝気量を十分に	十分な酸素供給量、DO $2\text{mg}/\text{L}$ くらい	酸素
(4) 曝気槽の容量を十分に	滞留時間が1日~数日間	体格
(5) 処理水質のチェック	BOD、SSなどの放流基準、 透視度計による簡易推定、 水質推定尺	枝肉量

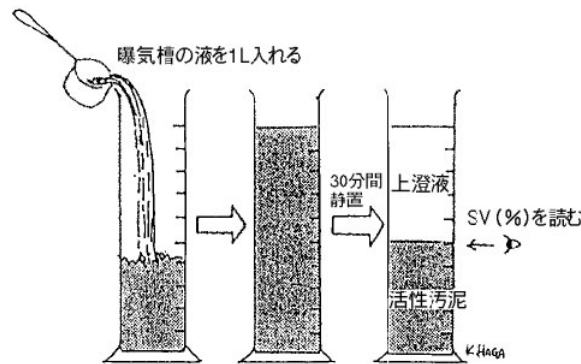
略語：  
MLSS(Mixed Liquor Suspended Solids) 活性汚泥浮遊物(活性汚泥の量を表す)  
DO(Dissolved Oxygen) 溶存酸素(水の中に溶けている酸素濃度を表す)

##### (1) 処理能力を越えないこと

曝気槽の処理能力以上にBODが投入されると、曝気槽はバンク状態になって、発泡し、臭気を放ち、処理水の水質は著しく悪化する。BODは活性汚泥のエサである。豚に例えれば、エサの給与量を適正に保つことである。畜舎排水の場合、前述のBOD容積負荷が $0.5\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 以下の設計値で運転される場合が多い。2~ $3\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ のような、あまりにも高いBOD容積負荷の設計値のものには注意しなければならない。

##### (2) 活性汚泥の濃度を十分に

浄化能力を存分に発揮させるために、活性汚泥の濃度は $5,000\text{mg}/\text{L}$ くらいは欲しい。豚に例えれば、エサを消化する体力である。活性汚泥濃度(MLSS)を現場で簡単に知る方法は、汚泥沈殿率(SV)から推定する方法が便利である。SVの測り方は図6に示すように簡単である。1Lのメスシリンダーに曝気槽の活性汚泥液を取り、30分間静置した後、沈殿した活性汚泥の容積を%で読み取る。このSVを70~100倍すればMLSSが推定できる。例えば、図6のように沈殿した活性汚泥の容積が500mLならばSVは50%である。SVが50%の場合、MLSSは $3,500\sim 5,000\text{mg}/\text{L}$ と推定できる。



略語：SV(Sludge Volume) 汚泥沈殿率(活性汚泥の沈んだ容積の割合を表す)

図6 SVの測定方法

##### (3) 曝気量を十分に

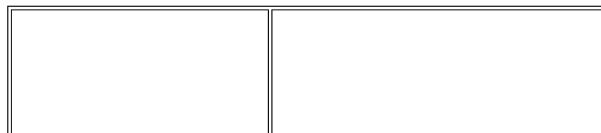
活性汚泥の微生物も豚も、どちらも生きて行くために新鮮な空気が必要である。酸素供給能力を十分に保証できる曝気量の設計値かどうか、チェックする必要がある。また、稼働している装置では、曝気槽の中に溶けている酸素(DO、溶存酸素)濃度を測定する。その値が $2\text{mg}/\text{L}$ 程度あれば曝気量は十分と判断する。酸素濃度はDOメーター(溶存酸素計)という計器で測る。

##### (4) 曝気槽の容量を十分に

曝気槽における汚水の滞留時間の設計値が十分かどうかチェックする必要がある。前述のように、長時間曝気法の性能が安定しているのは、滞留時間を十分にしているためである。曝気槽の大きさが滞留時間と関係することから、豚の体格に例えてみた。畜舎排水の浄化処理施設の場合、数日間の比較的長い滞留時間で処理されており、曝気式ラグーンでは数十日間の長い滞留時間のものがある。

##### (5) 処理水質のチェック

豚の出荷体重や枝肉量をチェックするように、浄化処理施設の処理水の水質が設計値どおりか、チェックすることは重要である。畜産農家が現場で簡単に水質チェックする方法は、処理水の透視度からBODやSSを推定する方法である。透視度は透視度計(図7)を用い、誰でも簡単に短時間で測定できる。透視度から水質を推定するための水質推定尺(図8)も考案されており、実用化されている。



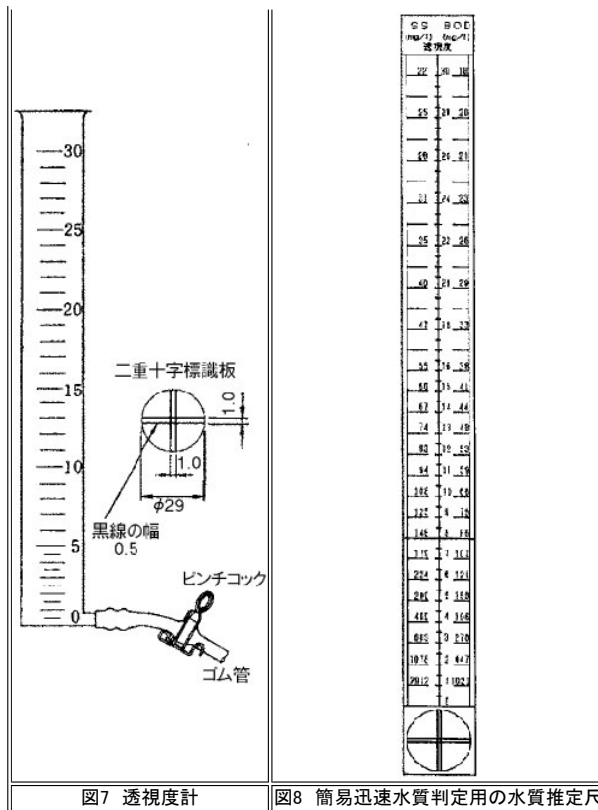


図7 透視度計

図8 簡易迅速水質判定用の水質推定尺

## 6. 機種選定におけるその他の留意点

正当な価格であることはもちろん重要であり、また、安価であるにこしたことはない。しかし、技術水準を落とさないように注意する必要がある。「安し悪し」は避けなければならない。また、技術水準を落とさないために、特別仕様等が必要な場合には、それを明示する契約が必要になってこよう。さらに、新しいタイプの施設・機械については、性能保証を契約の中に入れることも必要であろう。

アフターケアの良いことも重要な条件である。畜舎排水の性状は大きく変化し、浄化する微生物(活性汚泥)も生き物である。浄化処理施設が稼働し始めてからの色々なトラブルが予想される。施設の運転が安定的かつ円滑にいくように、熟練したメーカー技術者の親切なアフターケアは大きな助けとなる。そして、機種選定のためには、設計図の読める専門家に相談することが良案である。例えば、(財)畜産環境整備機構の研修で養成された畜産環境アドバイザーは、そのために活用できる貴重な人材である。

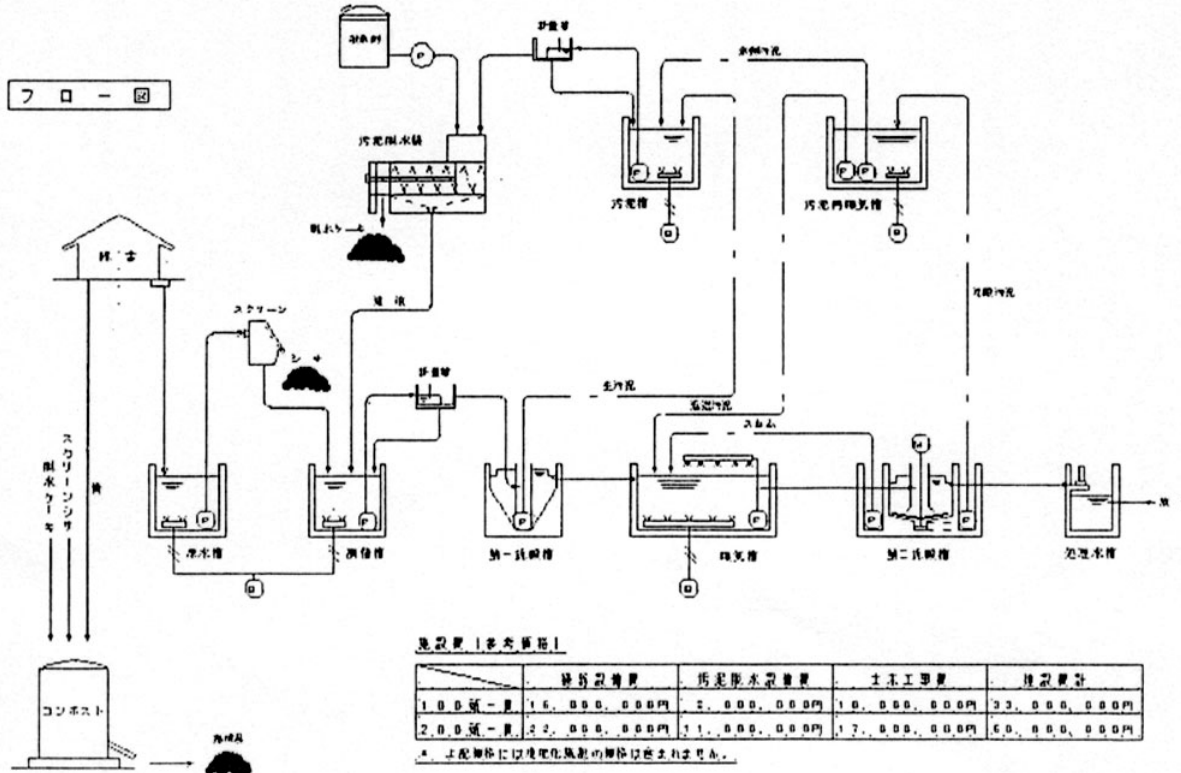
### 【参考文献】

「畜産環境対策大事典」、農文協、1995年  
 「家畜ふん尿処理・利用の手引き」、畜産環境整備機構、1998年

## 「浄化処理方式別の特徴について」紹介

主要な処理方式について各メーカーのご協力を得ましたので参考としてください。

処理方式	連続式活性汚泥方式
機械名	畜産廃水浄化処理装置
会社名	群立機器株式会社 群馬県前橋市下増田町1615-6 TEL.027-266-5911 FAX.027-266-0772
仕様と特徴	最も一般的な処理方式で、連続的に曝気槽に汚水を流入させつつ処理水を得る方式です。(下記フロ?図参照) 前処理では固液分離機(傾斜式スクリーン等)及び沈殿槽で原水中の浮遊物質を除去し、曝気槽にて生物処理による酸化、分解を行い沈殿槽にて上澄水と汚分分離し、上澄水は処理水槽を経て放流します。 また、余剰な汚泥は余剰汚泥として除去し、前処理にて除去した生汚泥とともに汚泥脱水機により固液分離し、脱水ケ?キは堆肥化を行い脱水濾液は浄化槽ンして原水とともに浄化処理します。 施設のレイアウトは連続式の為、正方形・長方形・L字型等と立地条件に合わせた自由設計が可能で有り最適なシステムをご提案出来ます。 また、施設は操作盤による自動運転で維持管理が容易となり、難しい取り扱い技術は不要です。



施設原価表(概算)

	機械設備費	汚泥脱水設備費	土木工費	施設原価計
1000頭一貫	16,000,000円	2,000,000円	10,000,000円	28,000,000円
2000頭一貫	32,000,000円	4,000,000円	17,000,000円	53,000,000円

※上記価格には運搬費等は含まれていません。

設計者	建設者	監理者	施工者	設置場所
				東京都品川区西五反田

処理方式 連続式二段酸化活性汚泥方式

機械名 新共和式二段酸化活性汚泥法

会社名 共和化工株式会社  
東京都品川区西五反田7-25-19 TEL.03-3494-1311(代) FAX.03-3494-1340

仕様と特徴

① 前処理工程はスクリーン、振動篩、最初沈殿槽またはウェッジワイヤースクリーンなどの組み合わせによって徹底的に汚水中の夾雑物、浮遊物質を取り除き、生物処理への負荷を軽減し、処理の安定化と省エネ化を図っている。

② 二段酸化法と嫌気・好気法の組み合わせによって糸状性細菌の増殖が抑制され、バルキングが防止されると同時に、凝集力が強く沈降性のよい活性汚泥ができる。このため、汚泥管理が容易になり常に安定した処理状態を保つことができる。

③ 汚泥脱水機は全自動運転が可能なスクリュープレス型脱水機とし、脱水処理に関わる労力の軽減を図っている。

④ 曝気槽の散気装置としては、酸素溶解効率が従来装置の2?3倍と高く目詰まりのしないメンブレンディフューザーを使用している。また、常に最適な送気量で運転するために曝気槽のDO制御を行うことにより、省エネ化を図っている。

[計画条件]

① ポロ出し率: 70%以上

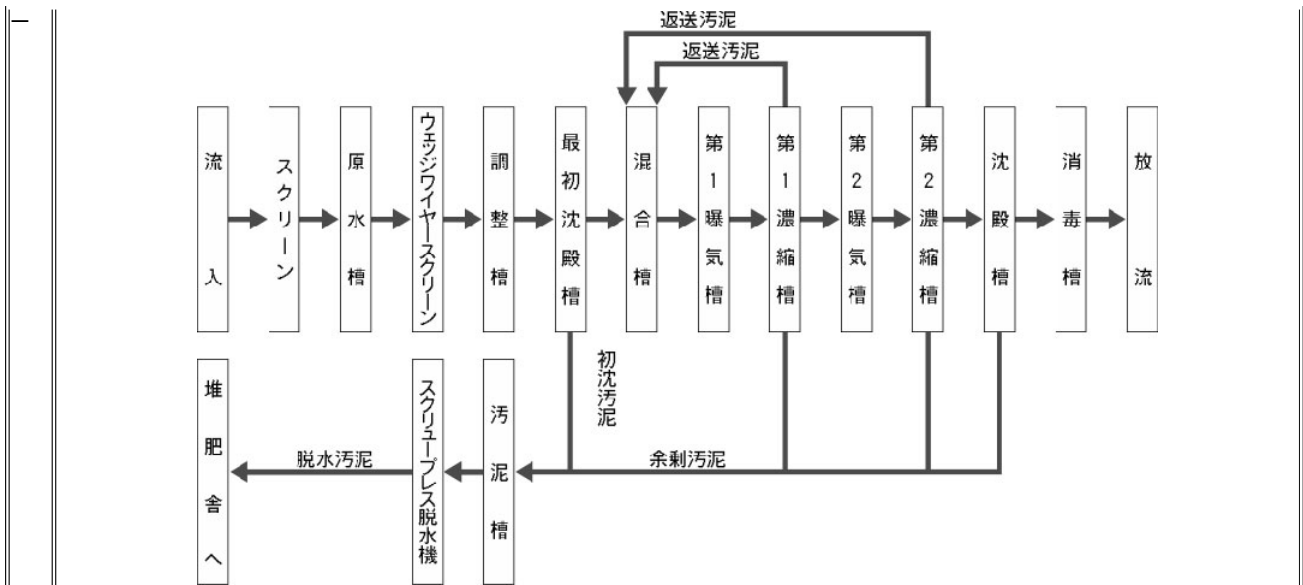
② 原単位水量: 101/頭・日

③ 流入水質 : BOD=7,000mg/L、SS=9,600mg/L

④ 放流水質 : BOD=30mg/L、SS=60mg/L

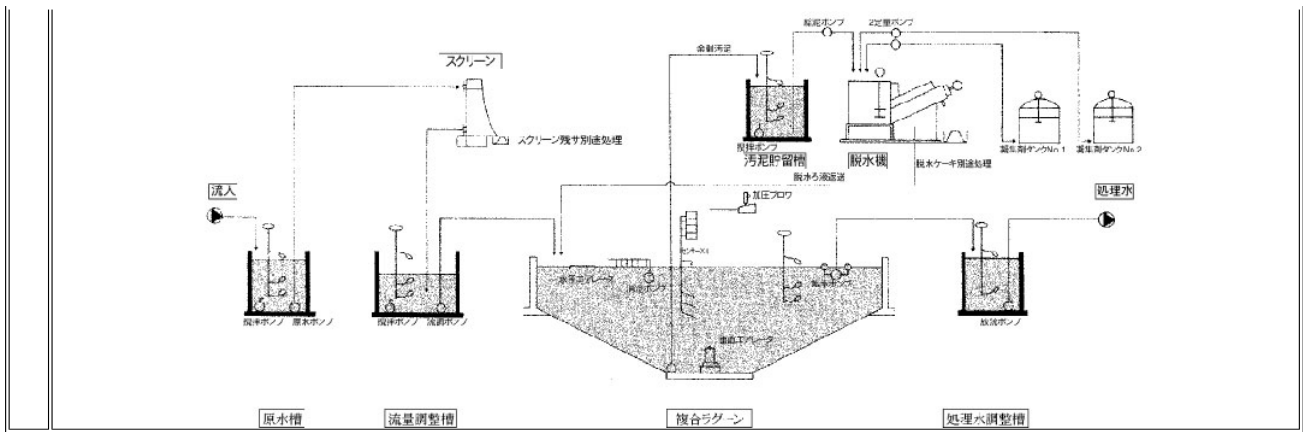
表-1 建設費および運転経費

	建設費	運転経費(月額)
母豚300頭一貫 汚水量=30m <sup>3</sup> /日	¥62,500,000	電気料 ¥285,400 薬品代 ¥095,000
母豚800頭一貫 汚水量=80m <sup>3</sup> /日	¥96,500,000	電気代 ¥393,500 薬品代 ¥245,400



処理方式	回分式複合ラグーン方式
機械名	複合ラグーンシステム
会社名	伊藤忠林業株式会社 水処理事業部 東京都港区北青山2-12-16 TEL.03?3497?8379 FAX.03?3497?8376
仕様と特徴	<p>① 単一の処理反応槽(バッキ槽兼沈殿槽)で、原水流入ーバッキー沈殿?処理水取出しの工程を1~3回(バッチ)/日にて運転を繰り返す。希釈水は不要。</p> <p>② 処理反応槽内に各種センサーを常設し、計数と波形パターン確認による運転管理。 従来の浄化槽では、勤や経験によって運転管理を行なわざるを得ないが、本システムでは反応槽内に、溶存酸素濃度計・水素イオン計・酸化還元電位計・水位計・水温計等を常設し、これらのデータ及び各種ポンプ類の作動状況を自動記録する。</p> <p>③ 高度の窒素除去が無希釈、無薬注で可能である。(除去率98%以上)全国一律放流水質に窒素規制が設定(100mg/L)された。畜産に関しては当面猶予期間があるが、遠からず規制に組み込まれる。本システムでは既に十分に対応できている。また磷対策も出来ている。</p> <p>④ 流入負荷の変動に強く且つ安定した処理水が得られる。 容積負荷0.2Kg/m<sup>3</sup>/日と低負荷の為、原水流入負荷の変動に強く、且 処理水が非常に安定している。(二次処理水:BOD/SSともに70以下、三次処理水:BOD/SS共に30以下)</p> <p>⑤ 故障が極めて少ない。 処理フローが極めて単純である為、電気配管設備も単純で、故障・トラブル等が非常に少なく、万一故障の場合でも、故障個所の発見と対応が容易である。</p> <p>⑥ 生スラリーや、余剰汚泥処理には脱水機が必要であるが、構造が単純で故障が少なく、洗浄水の少ない全SUS製の養豚用スクリュウプレスを開発し採用している。</p> <p>⑦ 各現場条件にフィットする凝集剤を選択し低価格で供給する。</p> <p>⑧ 基本的に自動運転であり、運転管理に要する時間は極めて少なく済む。</p> <p>⑨ 価格は各農場ごとに、ご要望に応じて設計計画概案、概算書が無償で作成いたします。</p>





処理方式 回分式活性汚泥法

機械名 KAIBUN21

会社名 全農畜産施設サービス株式会社 本社  
東京都江東区永代2-31-1 TEL.03-5245-4871 FAX.03-5245-4873

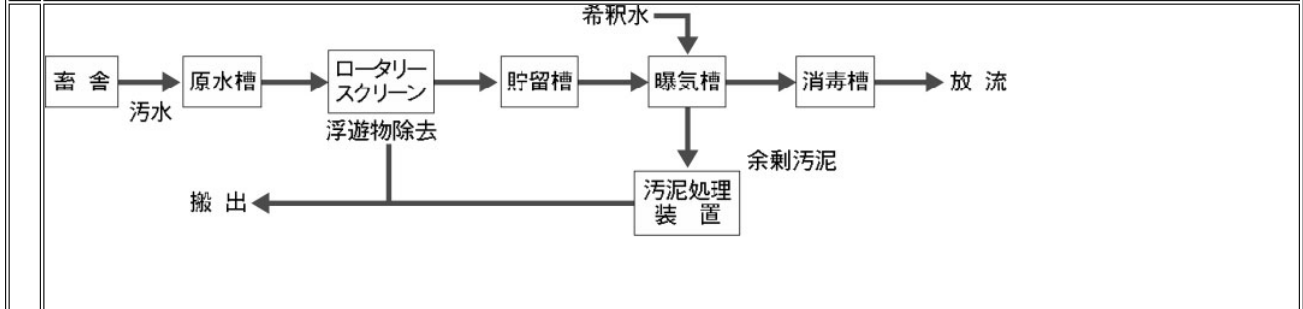
仕様と特徴

「KAIBUN21」は、小頭数の尿污水处理用として、全農が中心になって、全農畜産施設サービス(株)とセキスイエンパイロメント(株)が共同開発したもので、主要部はFRPパネルタンクで構成され、建設コストと工期を圧縮し、従来にない低コスト化を実現している。搾乳牛で90頭、母豚(一貫)で60頭までの汚水処理システムであり、従来の処理方法では極めて高価な施設になるため設置が困難であった小頭数の尿污水处理に適している。

- (1) シンプルな構造・自動運転  
だから、故障が無く、毎日の運転管理がラク!
- (2) 1回分を確実に処理  
だから、常に安定して処理!
- (3) 曝気方式は従来のエアレーションではなく、表面機械曝気式  
だから、電気代等のランニングコストが極端に安い!
- (4) 主要部分はFRPパネルタンク  
だから、コンクリート製に比べて安価で簡単に設置!
- (5) コストの限界を追求  
だから、超低価格を実現!

価格設定条件によって異なるが標準価格は下記のとおり。

11型	5,500~6,500千円
115型	6,200~7,200千円
12型	7,400~8,400千円
13型	9,100~10,100千円
14型	10,800~12,300千円
15型	12,800~14,300千円
22型	11,700~13,200千円
23型	14,300~15,800千円

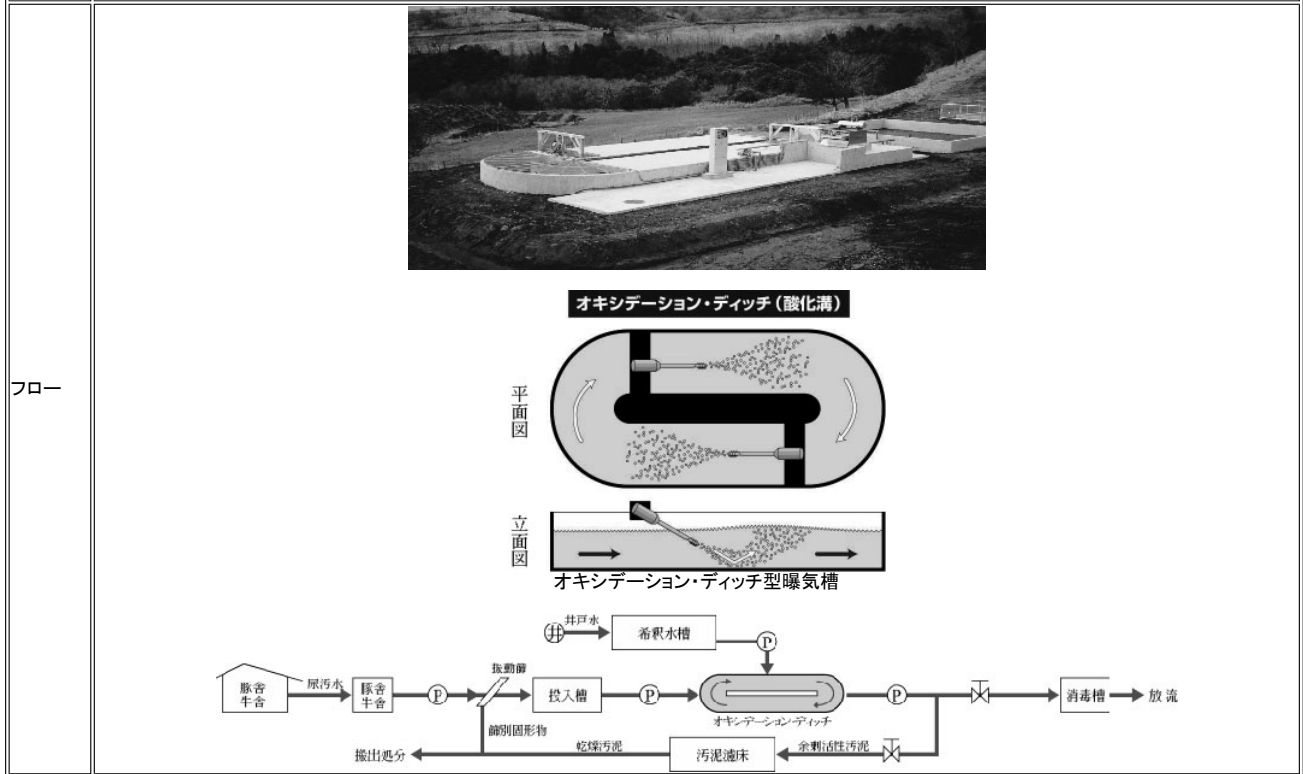


標準型式

型式	処理頭数(糞尿分離)		標準水質
	搾乳牛	繁殖母豚(一貫)	
11型	15	10	BOD 60 mg/R SS 90 mg/R
115型	22	15	
12型	30	20	
13型	45	30	
14型	60	40	
15型	75	50	
22型	60	40	
23型	90	60	

処理方式 オキシデーションディッチ方式回分式

機械名	BOD方式
会社名	株式会社バイオテクノ環境 神奈川県横浜市港北区新横浜2-18-12 TEL.045-477-4444(直通) FAX.045-477-4446(直通)
仕様と特徴	<p>畜舎廃水処理全般 畜舎の経営を考慮すると、畜舎内糞尿分離を推奨します。ランニングコスト、建設費、余剰汚泥処理が低コストで済みます。</p> <p>特長 本施設は、「シンプルな構造」「低ランニングコスト」「簡単な維持管理」「安定した浄化機能」の点で際立った特長を有する廃水処理施設です。「シンプルな構造」「低ランニングコスト」を実現するために「オキシレーションデッチ」を、「簡単な維持管理」を実現するために「回分式運転」を採用しています。</p> <p>今回の記載事項は、オキシレーションデッチに限って紹介するようにとの依頼のため、当社の回分式に関する説明は別途とします。</p> <p>価格 規模によって、かなりの差がありますが、肥育豚換算1頭当たり2万円程度の建設費、肥育豚換算1頭当たり1日1円程度のランニングコストが必要で す。</p> <p>その他 より安定した脱窒効果を出すための運転方法、糞尿混合でも対応できる前処理など、各種要望に対応できるようにしております。</p>



処理方式	オキシレーションデッチ方式 膜分離型
機械名	クボタ畜産廃水浄化システム
会社名	株式会社クボタ 東京都中央区日本橋室町3-1-3 TEL.03-3245-3774 FAX.03-3245-3407
仕様と特徴	<p>流量調整槽、OD、膜分離槽：鉄筋コンクリート造 前処理装置：振動スクリーン ばっき装置：スクリー型ばっき装置 固液分離：液中膜(浸漬型平膜) 余剰汚泥処理：汚泥ろ床 希釈水用水源(別途工事)：井戸水、河川表流水など</p> <p>特徴 1. 安心して長期間使用できるように工夫された畜産排水浄化施設です。 2. ばっき装置はスクリー型なのでメンテナンスフリーです。散気装置やばっきブロワーは不要です。 3. ばっき槽はオキシレーションデッチ(OD)なのでばっき用の電力消費量を少なくすることができます。 4. 活性汚泥の固液分離にはクボタが廃水処理用に独自に開発した液中膜を用いています。神奈川県畜試式回分式OD方式をベースに固液分離が確実に安定している液中膜を設けることで、低建設費、低維持管理費、余剰汚泥の発生量が少ない、処理水の色度が低い、メンテナンスが容易などのODの特長がそのまま水質の安定性を高めています。 5. ふん尿分離型の液分の処理を原則としていますがふん尿混合型、豚・牛の混合ふん尿処理などにも対応できます。</p> <p>価格：ふん尿分離・混合方式などまた汚泥処理方式などによって異なります。都度お見積もりいたしますのでご相談ください。</p>

フロー	
-----	--



