

下水用処理設備

Sewage Treatment Equipment

下水道の整備及び広域化に伴い、下水用処理設備はその概念を変えている。更に処理場自体の環境改善のための設備も普及し、また環境浄化のための高度処理技術も実用化されている。ここでは変わりつつある下水処理設備とその構成機器のうち、最近実用化された沈砂池機械、エアレーションタンク、沈殿池機械、水中ポンプ、及び処理場の環境改善設備の沈砂処理についてその例を挙げ述べる。また、技術開発の著しい進歩を示している高度処理技術については、日立グループの特長ある生物処理法、汙過法、及び活性炭吸着法のそれぞれの実験結果を含めた技術内容について述べる。

下里 与*	Shimozato Atou
白井正明**	Shirai Masaaki
中山泰一***	Nakayama Taiichi
伊藤 一****	Itô Hajime
伊藤誠一*****	Itô Seiichi
西山信義*****	Nishiyama Nobuyoshi

1 緒 言

下水道設備は昭和51年度を初年度とする第四次下水道整備5箇年計画がスタートし、昭和50年度末の下水道普及率22.8%を55年度までに40%に引き上げる予定である。したがって、下水終末処理場や中継ポンプ場に設置する下水処理設備について、(1)大形化に対する技術検討、(2)建設費低減のための設備の簡素化、(3)運転管理の自動化、(4)設備の寿命の延長、

(5)処理場自体の環境改善など、設備の見直しや改良及び新たな設備の追加が行なわれている。一方、河川などの水質環境基準の達成及び湖沼や閉鎖地域の富栄養化の防止、並びに工業用水の量確保の必要性から下水道の高度処理技術の確立が急務となっている。ここでは、日立グループ各社の最近の下水処理設備の開発状況について述べる。

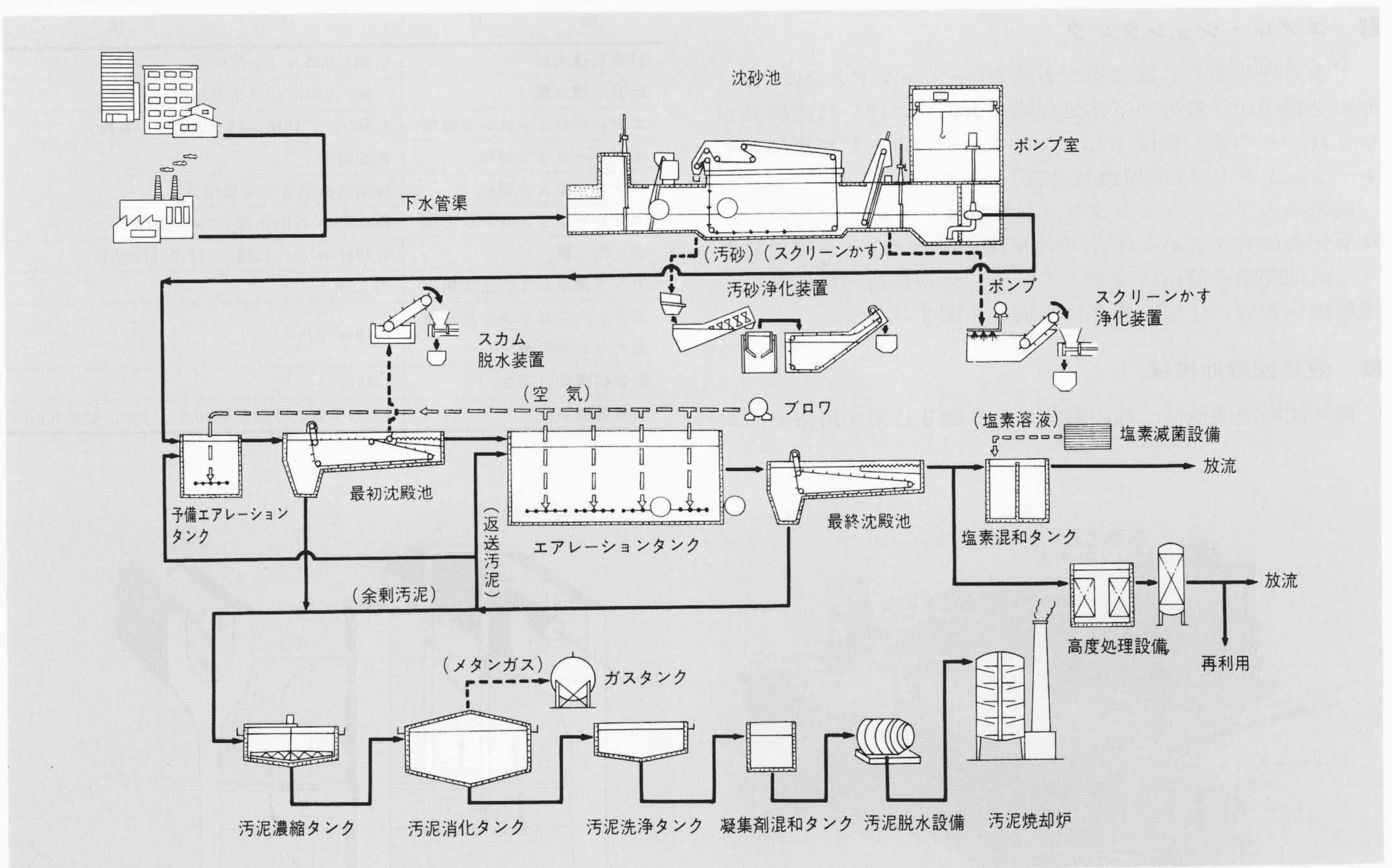


図1 下水処理場フロシート 下水処理場での構成機械を紹介している。スカム脱水装置、汚砂浄化装置、スクリーンかす浄化装置及び高度処理設備の附属が特長である。

* 日立製作所機電事業本部環境技術本部 ** 日立プラント建設株式会社 *** 日立金属株式会社熊谷機装工場 **** 日立機電工業株式会社尼崎工場
***** 日立化成工業株式会社結城工場 ***** 新明和工業株式会社機械プラント製作所

2 下水処理設備の構成例

図1に下水処理場のフロシートを示す。処理場は、沈砂池機械、エアレーションタンク、沈殿池機械及び汚泥脱水設備によって構成されているが、最近の処理場は同図に示すように環境改善と環境浄化のために、処理場からのスカム、汚砂、かすなどの処理設備が設けられているのと、高度処理設備が設置されるのが特長である。

3 沈砂池機械

沈砂池機械は表1に示すような機械で構成され、それぞれ自動化などの改良がなされている。一例として、グリッドバケットカーが挙げられる。除砂用機械であるVバケット付ダブルチェーンコンベヤは、多くの実績とその安定した動作やシンプルな構造に対する評価は高く、現在も数多く設置されているが、常時水没している部分の腐食による耐久性の問題、大雨時の沈砂による埋没のための保守管理の困難さがある。この欠点を補ったのがグリッドバケットカーである。図2に示すようにVバケット付チェーンを掻揚げ用スプロケットホイールにより昇降自在にさせることにより、沈砂による埋没が防止でき、更に1台の装置で数池の沈砂作業が可能になる。また、Vバケットの掻揚げ負荷を検出し、沈砂掻揚げ量の最適化を自動制御することも可能である。これは自動化、寿命延長の一例であるが、他の沈砂池機械についても各種の技術改良がなされている¹⁾。

4 エアレーションタンク

下水処理設備の心臓に当たるエアレーションタンクは、古い歴史を持つが、最近の下水処理場の大形化に伴い技術開発がなされ、その姿も変ぼうしつつある。その例として深層エアレーションタンク(深層曝気装置)がある。

従来のエアレーションタンクは水深4～5mであったが、深層化の研究が進められ²⁾、その水深を深めることが可能になり、用地問題の解消に役立っている。東京都新河岸処理場の深層曝気装置の仕様を表2に、構造を図3に示す。

5 最終沈殿池機械

最終沈殿池機械は、池の形状により表3に示す掻寄せ機が

表1 沈砂池機械 沈砂池を構成する機械である。

区 分	機 器 名 称
制 水 扉	油圧制水扉 電動制水扉
除塵用機械	ハイチェーン式除塵機 レーキ付ダブルチェーンコンベヤ式除塵機 固定ロープ式除塵機 懸垂走行ロープ式除塵機 トラッシュカー スイング式フラットレーキ型除塵機
除砂用機械	L形走行沈砂掻揚げ機 Vバケット付ダブルチェーンコンベヤ スクレーパコンベヤとバケットエレベータの組合せ 走行吸砂装置 可変揚程式バケットエレベーター クラブバケット付橋型クレーン ジブクレーン付橋型クレーン ミーダ型クラリファイヤとクラブバケット付クラブの組合せ 回転式沈砂掻寄せ機とバケットエレベーターの組合せ スクリーンコンベヤとサンドポンプの組合せ グリッドバケットカー

表2 深層曝気装置仕様 有効水深が通常4mに比較し深く、散気装置取付深さに特長がある。

項 目	仕 様
計画処理人口	1,381,000人(2系列分)
計画処理水量	967,000m ³ /d(2系列分)
エアレーションタンク容量	8,300m ³ ×12槽=99,600m ³ (1系列)
エアレーション時間	約5時間
エアレーション形式	旋回流散気管式深層曝気
エアレーションタンク形状	幅8.6m×有効水深7.0m×長140m
送 気 量	9,792Nm ³ /h×12槽=117,504Nm ³ /h
流入水量当たりの空気量	約6倍
エアレーションタンク容量 当たりの空気量	1.18m ³ /h/m ²
散気装置取付深さ	4.45m
散気装置形式	1セット当たり散気管40A 18本 空気穴6φ

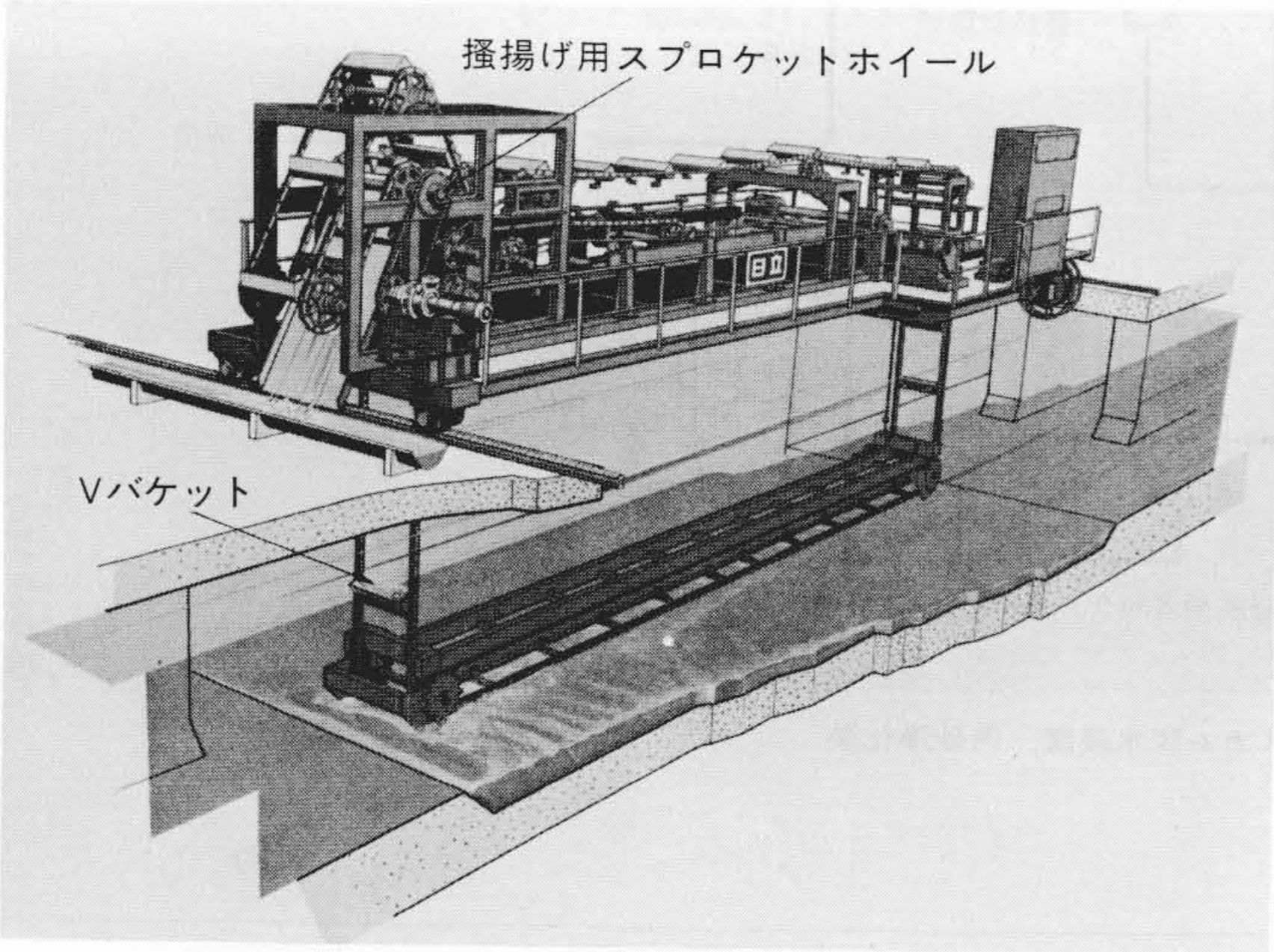


図2 グリッドバケットカー Vバケットが昇降し、1台で数池の沈砂作業が可能である。

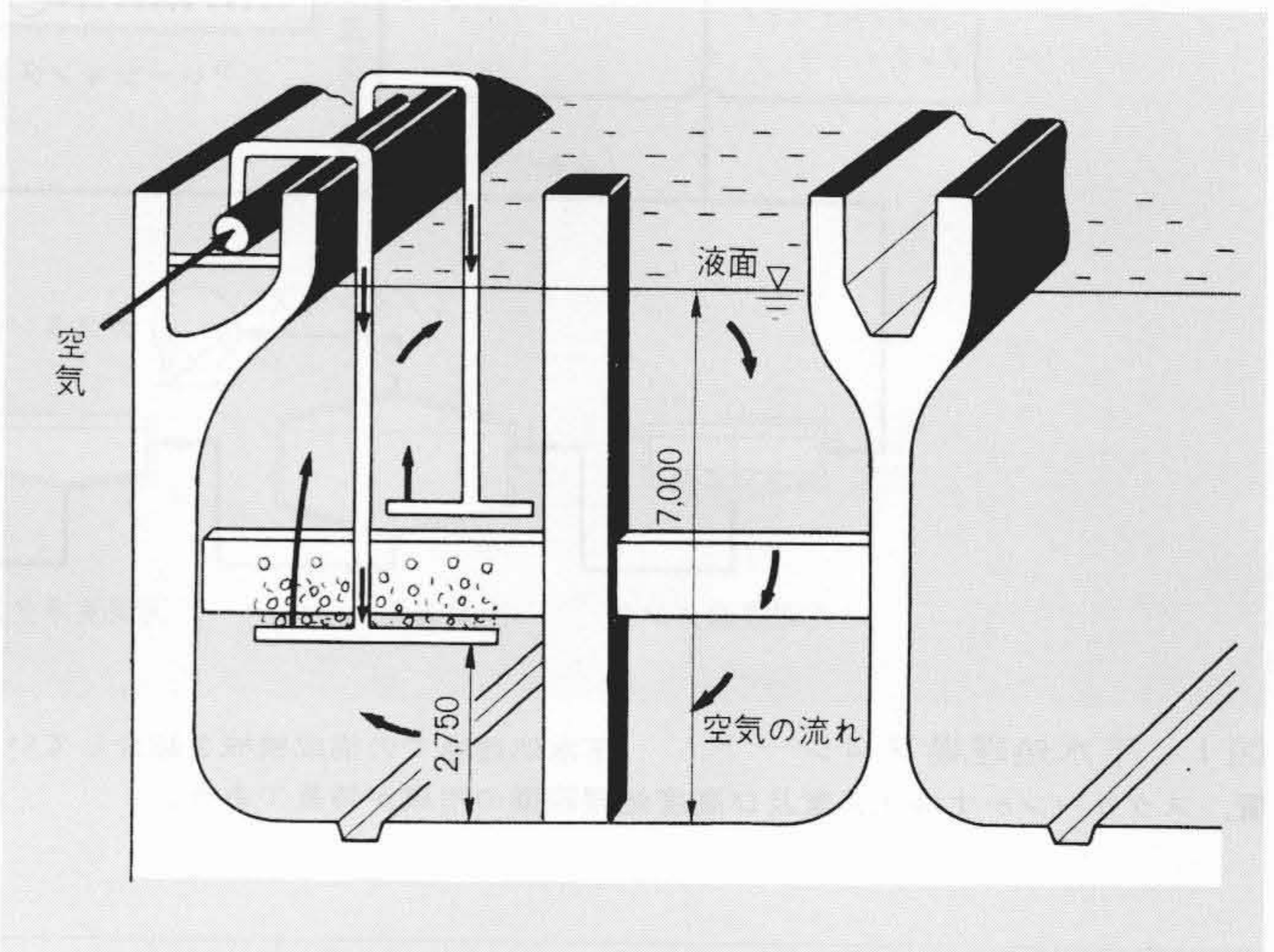


図3 深層曝気装置構造図 空気が効率よく循環する構造になっている。

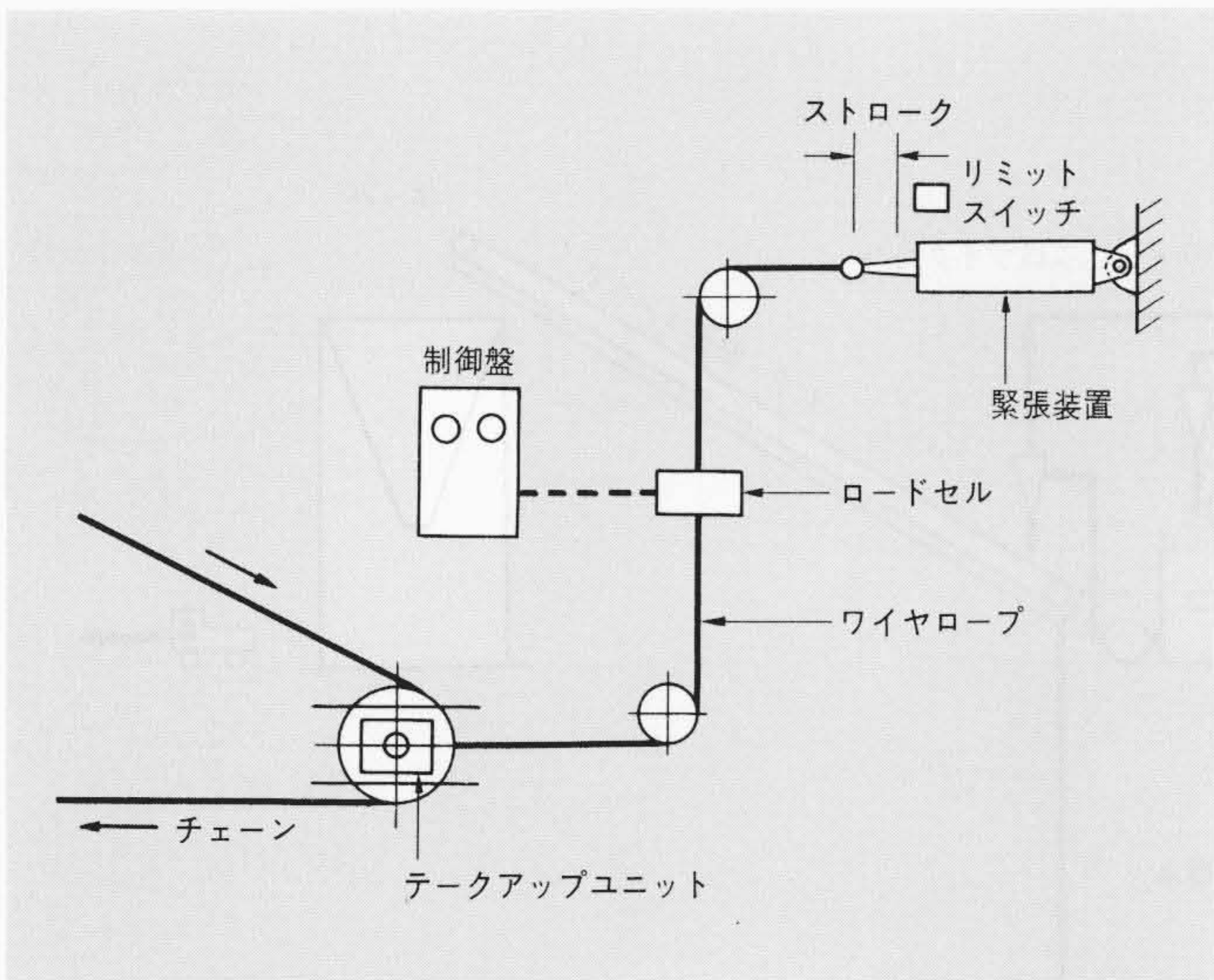


図4 汚泥掻寄せ機異常検出器 ワイヤロープに取り付けられたロードセル及び自動緊張装置により異常を検出する。

表3 汚泥掻寄せ設備 最終沈殿池の形状により、汚泥掻寄せ機が異なる。

池の形状	機 器 名 称
長方形池	チェーンコンベヤ式汚泥掻寄せ機
	ミューダ形汚泥掻寄せ機
	走行サイホン式汚泥掻寄せ機
円形池	中央駆動回転式汚泥掻寄せ機
又は方形池	周辺駆動回転式汚泥掻寄せ機

設置される。最近の掻寄せ機は大形化の傾向にあり、大形化に伴う技術も進んでいる。その例として、チェーンコンベヤ式汚泥掻寄せ機用自動緊張式異常検出器の開発がある。掻寄せ機は、池内に入り込んだ異物のかみ込み事故が発生するので、異常検出は重要である。この自動緊張式検出器は、チェーンに対し常に最適な緊張力を与えることにより運転状況を監視できるとともに、過負荷及びチェーン切断、脱落の検出も容易に行なえる。したがって、この検出器の開発は、処理場の大形化にも十分対処できるものである。図4に検出器の構成を示す。

6 下水処理用水中ポンプ

下水ポンプとして敷地面積の削減と保守の容易さの点で水中ポンプが採用されているが、このポンプの経済的運転方法の開発も進んでいる。下水ポンプの経済的運転方法として速度制御がある³⁾。表4に水中ポンプの速度制御を示す。水中ポンプのような小容量ポンプには、油圧駆動が適していることが分かる。図5に油圧駆動の水中ポンプ構成図を示す。ポンプの速度制御は、バルブ制御や間欠運転に比較して、運転費の節約と汚物による閉塞の恐れがないという特長がある。

7 汚砂浄化処理

この処理は、下水処理場自体の環境改善のために設置されているものである。沈砂池から掻き揚げた沈砂中には、無臭・無含水の無機物と異臭・高含水の有機物とが混在しており、

表4 水中ポンプの速度制御方式 水中ポンプの速度制御方式として適しているのは、サイリスタ制御と油圧制御である。

分類	名 称	方 式	水中ポンプ使用の適否
1	電磁カップリング制御	かご形誘導電動機と電磁カップリングを一体に取り付け、カップリングの励磁電流を変化させ、「すべり」により回転を変える。	構造的に困難
2	二次抵抗制御	巻線形誘導電動機の二次側に抵抗を入れ、その値の増減により回転を変える。	構造、保守共に困難
3	二次励磁制御(セルビウス式)	二次抵抗制御を改良したもので、二次電流を直流に変えて電圧制御する。すべり電力は一次側に還元する。	構造、保守共に困難
4	整流子電動機制御	整流子電動機のブラシ位置の変換、又は誘導電圧調整器との組合せにより回転を変える。	構造、保守共に困難
5	サイリスタ同期電動機制御	サイリスタにより同期電動機の周波数を変えて、回転数を変える。	可能性はあるが、極めて大形となり不利
6	サイリスタインバータ制御	サイリスタにより、電源周波数を変えてかご形誘導電動機の回転数を変える。	可能 大容量向き
7	流体継手制御	駆動軸にポンプ、被駆動軸にタービンを設けたポンプタービンセットを密閉ケースに入れ、内部の油量を変えて「すべり」により回転を変える。	可能性はあるが、大形となり保守上も困難。
8	油圧駆動制御	駆動軸、被駆動軸にそれぞれ容積形の油圧ポンプ、電動機を設け、油圧ポンプ側の容積を変化させて、油圧電動機の回転数を変える。	可能

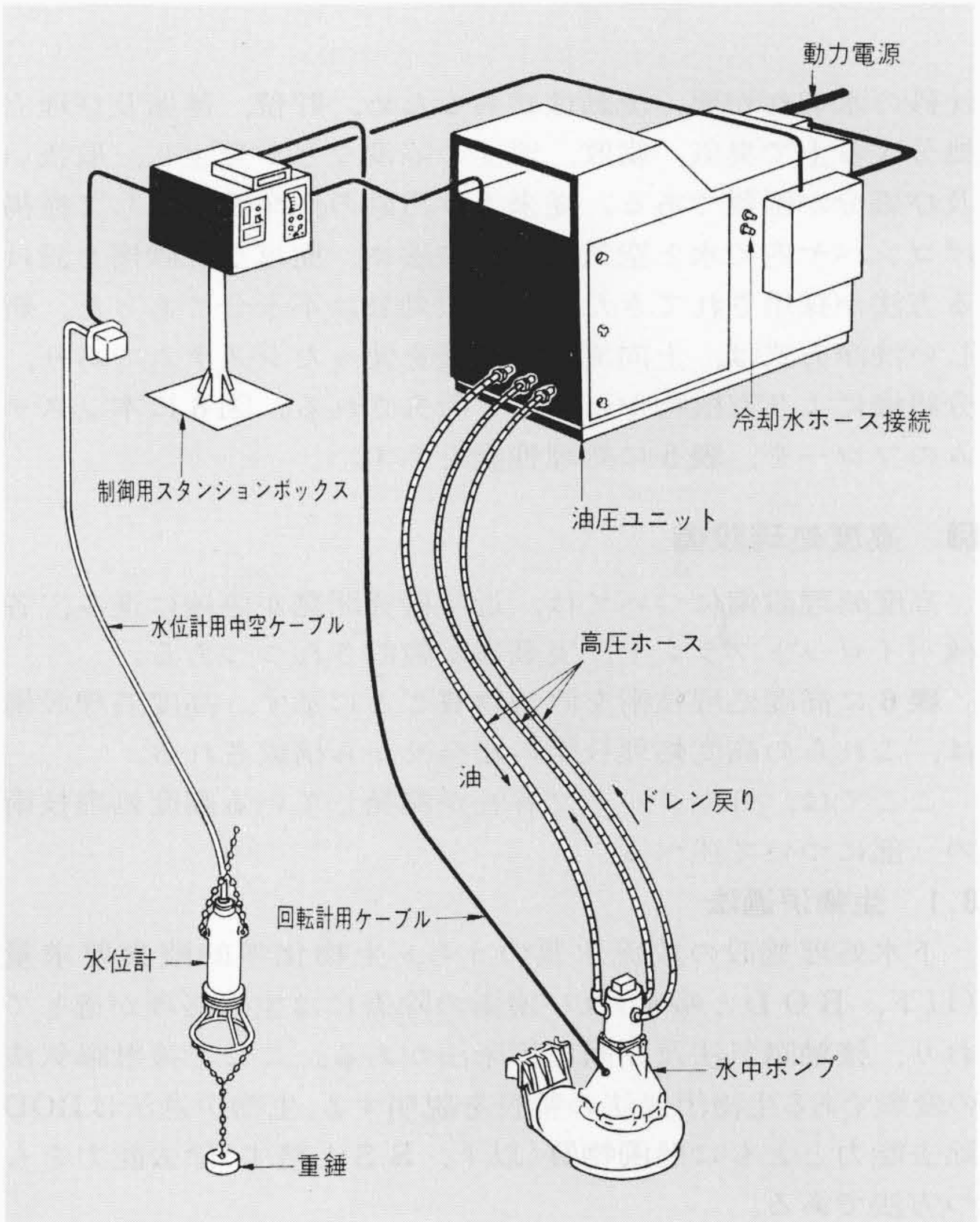


図5 油圧駆動式可変速水中ポンプ構成図 水位計により液面を検出し、油圧装置により変速を可能にした。

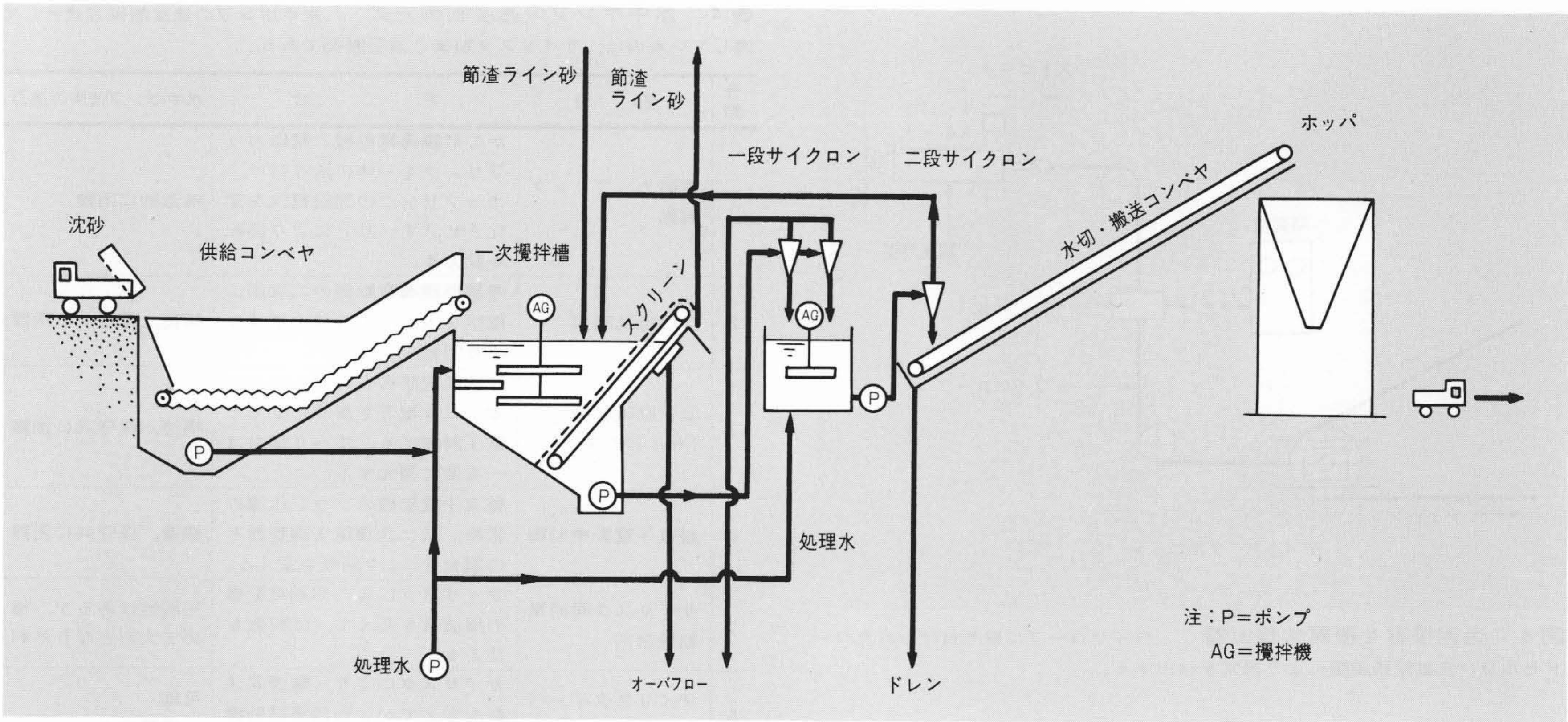


図 6 沈砂浄化フロー 沈砂をサイクロンで浄化する。

表 5 沈砂浄化処理成績の一例 処理前、処理後を比較すると、沈砂の浄化程度が分かる。

処理対象物	測定項目	処 理 前	処 理 後	除去率(%)
沈砂池の汚砂	強熱減量(%)	12.07	2.48	79.5
	B O D (ppm)	385	7.2	98.1
	C O D (ppm)	288	0.5	99.8

注：BOD、CODは10倍に希釈の上澄水についての値を示す。

沈砂の水切れが悪く流動性があるため、貯留、運搬及び埋立処分する上で臭気、腐敗、埋立の陥没などが発生し、取扱い及び処分が困難である。従来より汚砂の洗浄装置として掻揚げコンベヤ内で水と空気を使う方法や、簡単な洗砂槽を設ける方法が採用されてきたが、その効果は不十分であった。新しい洗浄方式は、上向流式分級機を使ったシステムであり、分級機により有機物がほとんど除去される。図 6 に本システムのフローを、表 5 に処理性能を示す。

8 高度処理設備

高度処理設備については、近年研究開発が急速に進み、各種パイロットプラント、実装置が建設されつつある。

表 6 に高度処理技術を除去物質ごとに示す。高度処理設備は、これらの高度処理技術の組合せから構成される。

ここでは、日立グループ各社が開発している高度処理技術の一部について述べる。

8.1 生物ろ過法

下水処理施設の放流水質のうち、生物化学的酸素要求量（以下、BODと略す）及び窒素の除去には生物処理が適しており、接触曝気法及び回転ろ床法がある。ここで接触曝気法の変形である生物ろ過法の特長を説明する。生物ろ過法はBOD除去能力とともに懸濁物質（以下、SSと略す）除去能力をもつ方法である。

図 7 にその構造を示す。原水（活性汚泥二次処理水）は、まず曝気室に流入した後、空気と接触して十分に酸素を溶存し、

表 6 高度処理技術 除去物質に対応した高度処理技術を示した。

除 去 物 質	処 理 技 術
B O D	1. 生物ろ過法
	2. 回転ろ床法
	3. 接触曝気法
窒 素	1. 接触曝気法
	2. アンモニアストリッピング法
	3. 塩素注入法
	4. ゼオライト吸着法
リ ン	1. 石灰凝集沈殿法
	2. アルミ塩沈集沈殿法
	3. 浮上分離法
S S	1. マイクロストレーナ法
	2. 砂ろ過法
	3. アンスラサイトろ過法
	4. 生物ろ過法
C O D 色 臭 気	1. 活性炭吸着法
	2. オゾン酸化法
	3. 電気分解法
塩 類	1. 逆浸透圧法
	2. イオン交換樹脂法
	3. イオン交換膜法
	4. 蒸発法

散水トラフからろ過床上方水域に均一に散水される。更に原水は、径の異なるハニカムコアを多層構造にしたろ過床と混流拡散を繰り返しながら下向流となって通過する間に、ろ過床に棲息する微生物によって浄化される。浄化された処理水は処理水路を上昇し、放流される。処理を続けるとろ過床の微生物の増殖により、ハニカムコアの閉塞が起こるので、これを防ぐため通常1回/日のろ過床洗浄を行なう。ろ過床の下方に空気の吐出し管（流浄管）があり、これが1日1回タイマにより10～20分間弧状に移動し、ろ過床を洗浄していき、洗

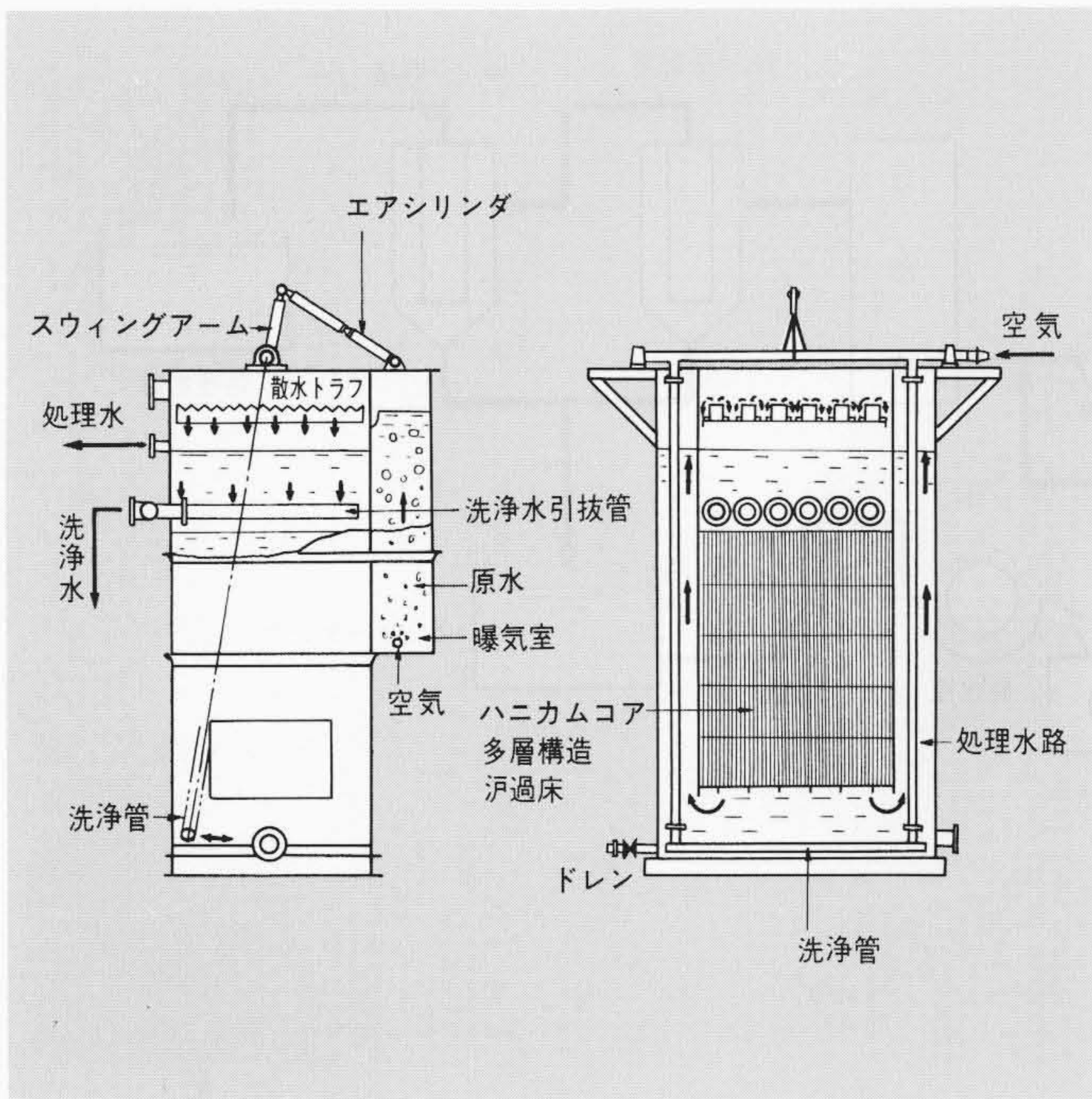


図7 生物汙過構造図 原水は曝気室及び汙床を経て浄化される。

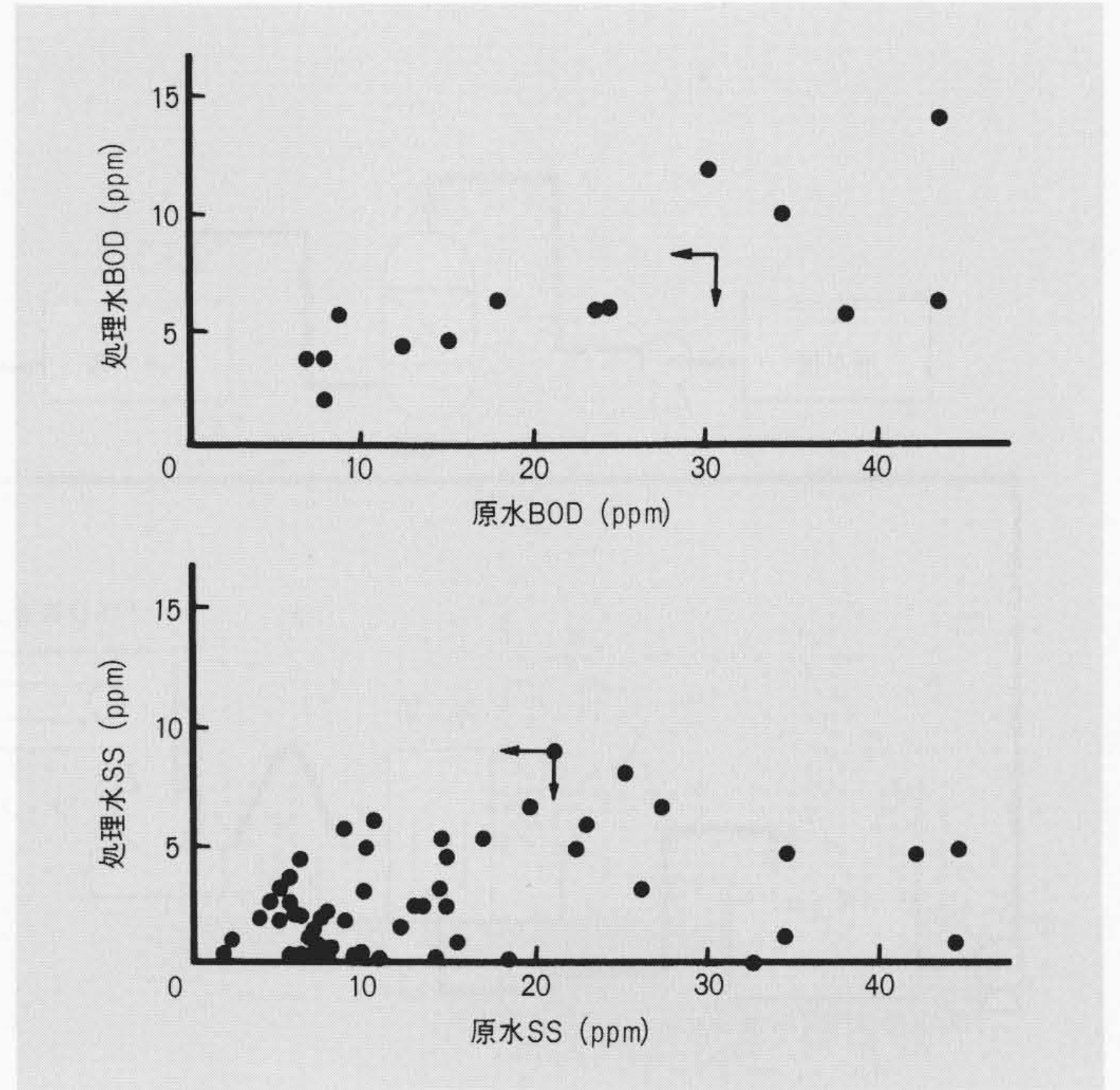


図8 生物汙過性能 原水（活性汚泥処理水）のBOD、SS除去性能を示している。

浄水は引抜管より外部に排出される。

図8に生物汙過法のBOD、SS除去特性を示す。

8.2 汙過法

SS除去としては汙過法が用いられる。SS濃度により各種方式が選定される。ここでは浄水場で多くの実績をもち、性能も良く、運転管理の容易なノンバルブフィルタについて説明する。このフィルタは、重力式定速型急速汙過装置であり、構造は図9に示すとおりである。原水は、原水槽より自然流下により、汙過室、汙過層を経て除濁される。運転を続けると汙過層が詰まり、サイホン管の水位が上昇し、遂にはサイホン現象が生じ、逆洗水貯槽の水がサイホン管より排水槽へ流出し、汙過層は洗浄される。

8.3 活性炭吸着法

化学的酸素要求量(CODと略す)、色及び臭気の除去に適しているのが活性炭吸着法である。活性炭の形状により粒状炭、粉末炭があり、また活性炭の運転方式により固定床、流動床、膨張式などに分類されている。

8.3.1 粉末活性炭吸着法

活性炭吸着法は、粒状活性炭を用いる固定床が実用化段階にあるが、今回、粉末活性炭の二大特長である速い吸着速度(性能)と安い炭価(経済性)とを活用した粉末活性炭吸着・再生処理技術を開発した。このフローを図10に示す。

原水（活性汚泥、又は凝集沈殿などの処理水）は汙過後、管路注入の粉末活性炭とともに吸着塔に入り、吸着塔では渦動乱流状態となってCOD、色及び臭気の起因物質が吸着されながら次の分離塔に入る。この分離塔では、塔内の金属フィルタ面上に粉末炭が自己プレコートし、汙過層を形成する。吸着塔処理水は、このプレコート汙過層で汙過されると同時に仕上げ吸着され、処理水となる。一方、分離塔内のフィルタ面に積層された粉末炭は、タイマ又はフィルタ内外の差圧検出による自動逆洗によって分離塔底部より分離回収したのち脱水処理され、脱水後、予備乾燥機で乾燥され再生炉に送られる。再生炉は円周状に配置された8個の密閉容器（る

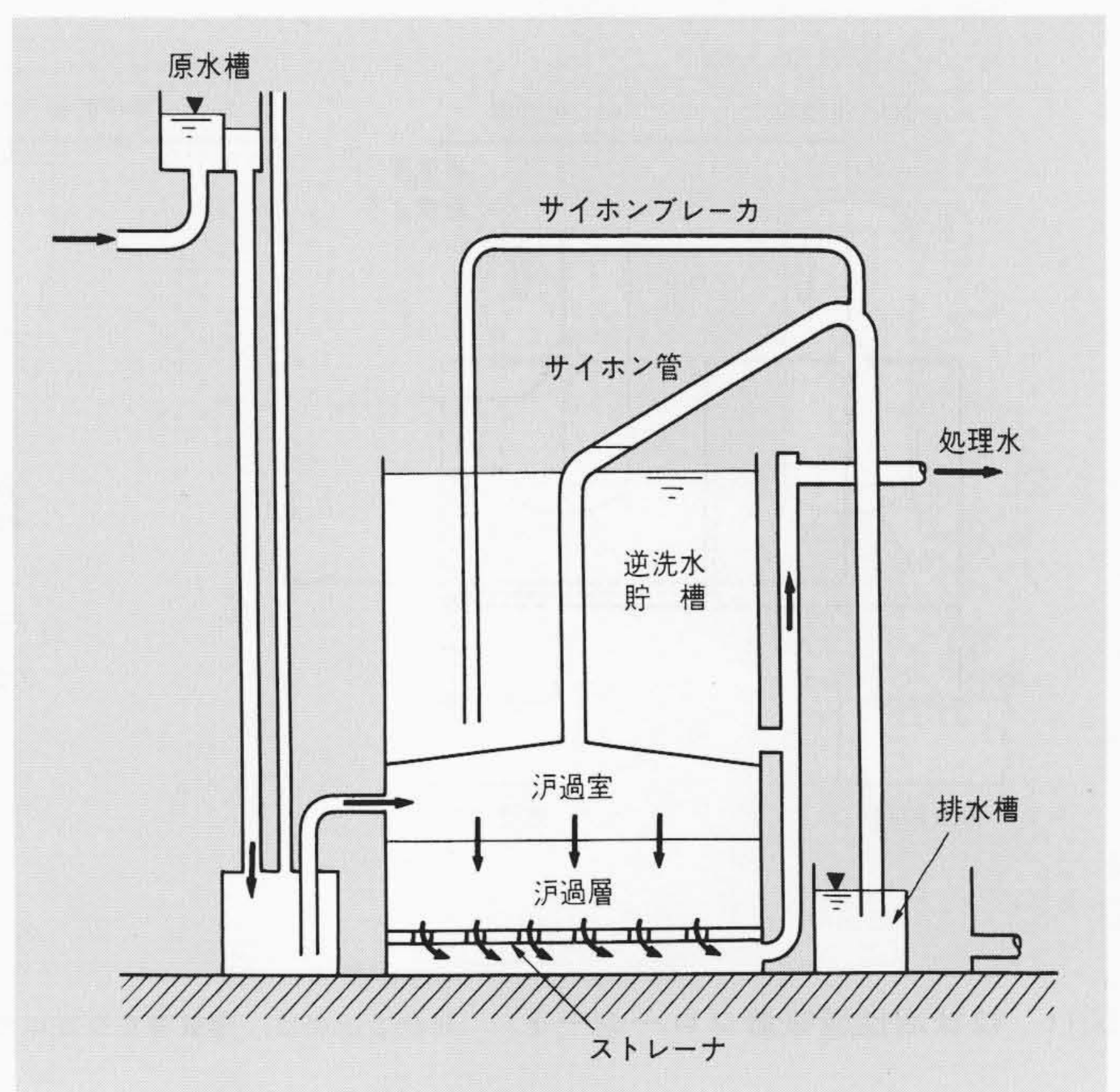


図9 ノンバルブフィルタ構造図 サイホン現象を利用して、逆洗が自動的にこなされる。

つば)より成り、これが時計方向に回転し、それにつれて粉末炭は加熱乾燥、有機物の炭化、賦活、及び冷却の各工程を経て外部に取り出され、再使用される。

現在この処理技術によって財団法人造水促進センターが都市下水の二次処理水を原水とする300m³/dの実験プラントによる実験を実施している。

8.3.2 粒状活性炭吸着再生技術

粒状活性炭は高価であるため、活性炭吸着の採用に当たっては再生技術が必要となってくる。再生方式には各種方式がある

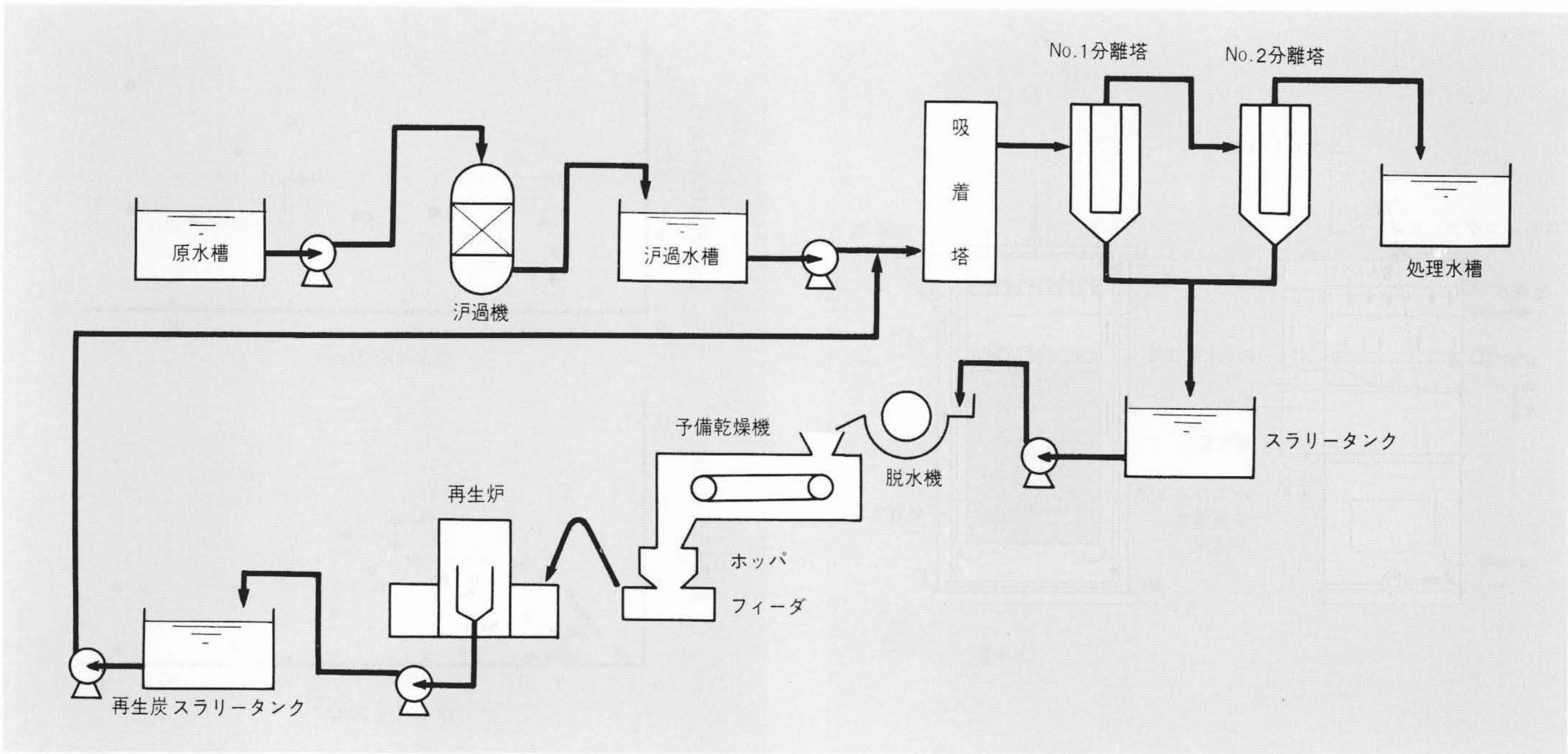


図10 粉末活性炭吸着フローシート 粉末活性炭は、吸着塔で原水と接触し、分離塔で分離再生され循環使用する。

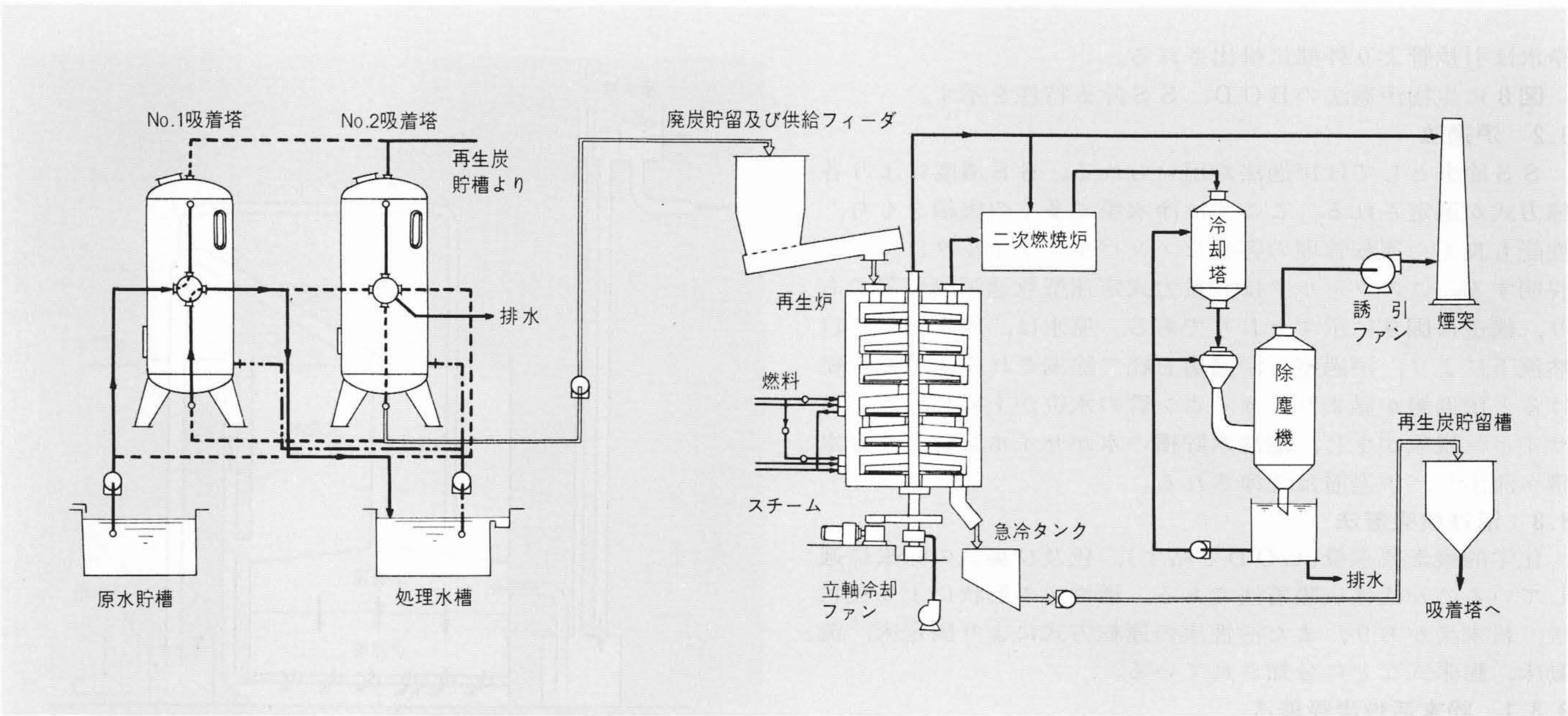


図11 粒状活性炭吸着フローシート 粒状活性炭は、吸着塔を交互に使用し、順次再生炉で再生される。

が、再生炭の性能を決定づけるものは賦活工程での反応であり、燃焼ガス中の酸素の量を最小限に抑えて活性炭自身の焼損を防ぐことであるが、この目的には立て形多段炉が適している。図11にフローを示す。活性炭の焼損を最小限に抑えるため水蒸気をコントロールしている。数々の実験結果では再生ロス5%以下で、再生炭の吸着性能は新炭のそれよりもむしろ上回ることが多い。

9 結 言

最近の日立グループ各社の下水処理設備の一部について述べた。最近の下水処理設備は省力化、信頼性の向上が望まれており、その技術開発が要求されている。

また、高度処理技術については一部実用化され、今後も水質汚濁改善のため、研究開発が進められよう。

最後に、本稿作成に際し、関係者各位から寄せられた御指導に対し、感謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 川勝，日高，伊藤：最近の下水処理機械，日立評論，58，269～272（昭51-4）
- 2) 藤井ほか：ディープエアレーションタンクの実用化Ⅲ，下水道協会誌，133（昭50-6）
- 3) 神山，小西，依田ほか2名：チョップ制御を適用した誘導電動機の可変速制御装置，日立評論，58，571～576（昭51-7）