

日立 下水処理装置

Hitachi Water Treatment Equipment

芳賀敏郎* 星野太一*
Toshio Haga Taichi Hoshino
真島卯太郎** 日高康雄***
Utarô Majima Yasuo Hidaka

内 容 概 要

最近、生活の向上および産業の高度成長により、公共水域の汚濁が大きな社会問題となっており、国家的に重要な施策となっている。

地方公共団体にあってもこの施策に沿って、都市計画に伴う下水道施設の整備、拡充が急がれている。

一方人口が都市に集中する傾向があり、これに対処するため団地造成が各地方に数多く計画されているが、これらの下水道施設の最終的施設として下水中継ポンプ場と下水終末処理設備がある。

日立製作所ではわが国下水道の実状に合った下水処理装置を開発製作し、公共水域の保全、生活環境の維持に多くの成果を納めている。本文では日立下水処理装置の概要について紹介する。

1. 緒 言

近年に至り下水終末処理の問題が急激にクローズアップされてきた。これは下水による公共水域の汚染が生活環境、耕地および漁場などに公害を与えていることに基づくものである。下水処理装置はそれぞれの放流先河川、海域の実状に応じて下水の浄化を行ない、水資源の確保と環境衛生の改善に大きな役割を果たすものである。

わが国下水道の普及率は第1表に表わすとおり、欧米に比較して非常に低率であり、また終末処理設備の普及率も第2表のとおりきわめて低く、文化国家の基礎として終末処理設備の建設整備が急務となっている。

公共下水道の終末処理施設としては、都市の性格、地形および処理人口など諸条件により一概にはいえないが、一個所で大規模の下水終末処理を行なうことが理想である。しかし財政上その他で困難な場合は下水管渠延長の短縮、処理場面積節減、事業費縮小の意味からも小地域制を採用することが、より効果的であり経済的であると考えられる。以下都市下水道の終末処理設備で対象人口30,000以上を大規模下水終末処理装置と称し、対象人口30,000人以下を小規模下水終末処理装置と称し、各装置のプロセスおよび機械設備の特長と実績について述べる。

2. 大規模下水終末処理装置

2.1 処 理 方 式

汚水は管渠により処理場に流入し処理工程に送られる。処理装置の工程は第1図に示すとおり大別して汚水処理系統と汚泥処理系統に分けることができる。

汚水処理系統においては、汚水中に浮遊溶解またはコロイド状で存在する有機物の除去および無機物、細菌の除去が行なわれる。

汚泥処理系統においては汚水処理系統で物理的もしくは生物化学的に沈殿、吸着、酸化の作用により分離した有機物(汚泥)の安定化が行なわれる。

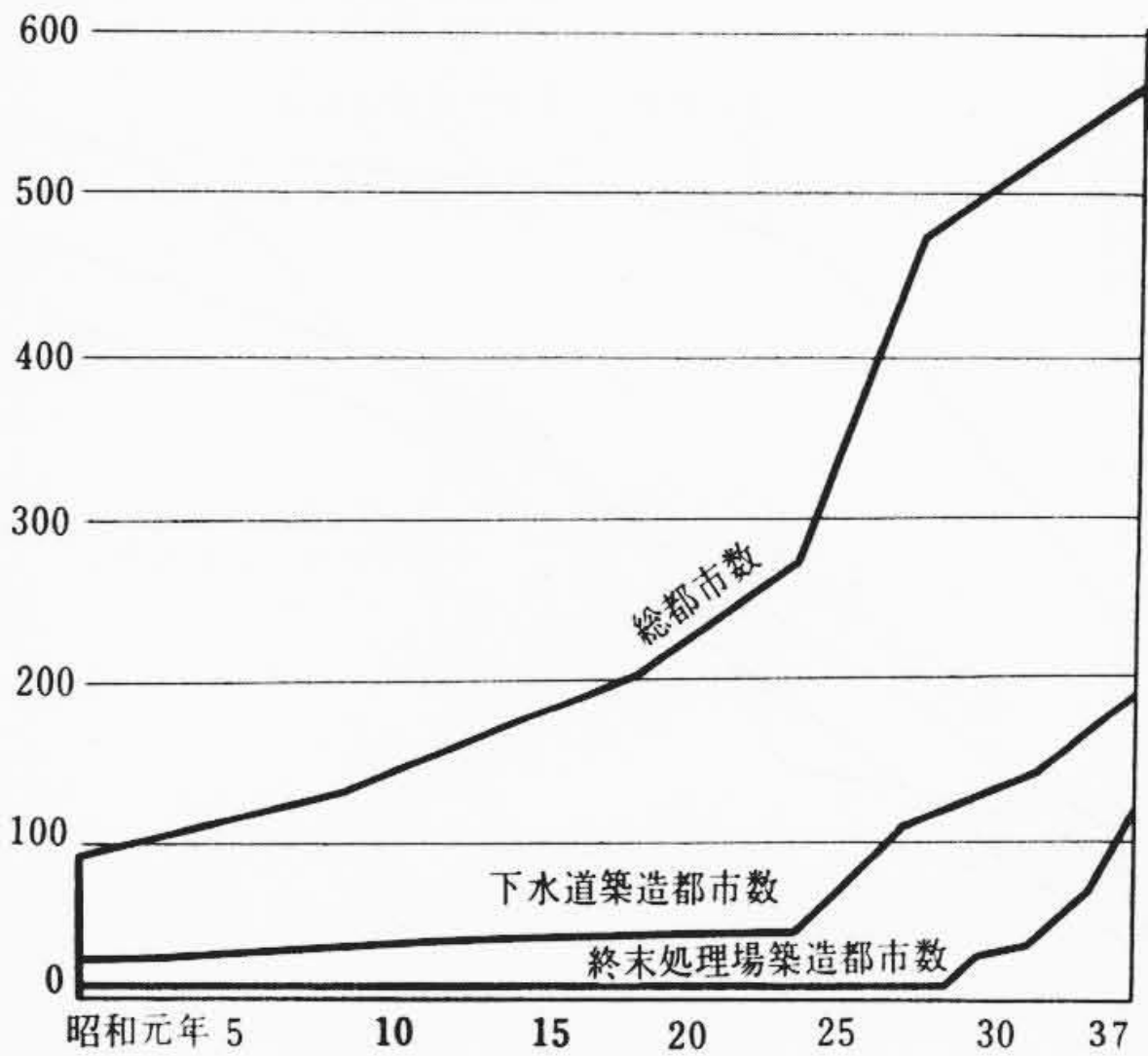
処理方式は流入下水水道ならびに放流先河海の水量、水質および河川水利用状況などを十分調査のうえ決定する必要がある。汚水処理系統の最近の傾向として従来から広く採用されてきた標準散水汙床法、高速散水汙床法は下水臭、汙床ハエの発生など環境衛生上の

* 日立製作所亀有工場
** 日立機電工業株式会社
*** 日立金属工業株式会社

第1表 欧米と日本の上下水道普及率比較表

国 名	総 人 口 千人	普 及 率 (総人口に対する利用人口比)	
		上 水 道 %	下 水 道 %
オ ラ ン ダ	10,200	96	85
ベ ル ギ ー	8,703	70	60
イ ギ リ ス	48,841	97	90
西 ド イ ツ	48,841	80	70
ス イ ス	4,780	80	50
デ ン マ ー ク	4,280	66	70
フ ラ ン ス	42,000	59	30
ス エ ー デ ン	7,150	70	60
日 本	94,000	57	12

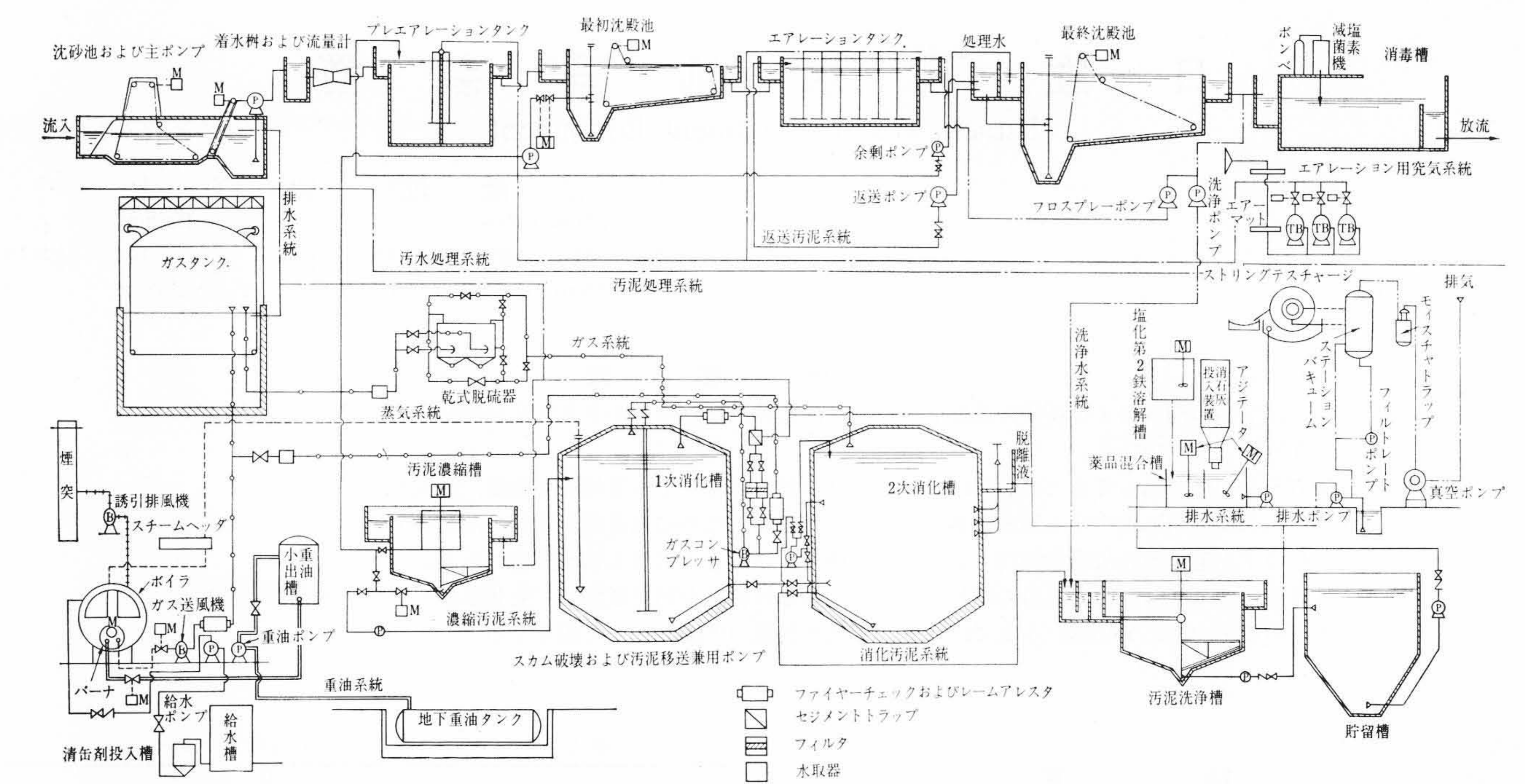
第2表 わが国における下水終末処理場普及率
(都市数)



問題、用地利用率の問題で採用されることが少なくなっている。一方これに代わり活性汚泥法の変法である、Step-Aeration, Contact Stabilization, High-Rate Aeration, Total Oxidation などが採用され処理は高速、高率化に向かっている。

日立では大規模下水処理装置の場合、Step-Aerationを採用している。変法中本方式は比較的経済的で安定した処理効果が得られる。

汚泥処理系統は、一般的に大規模処理場では嫌気性汚泥消化法が採用されている。嫌気性汚泥消化法において重要な因子となるものは消化温度であるが、現在多く採用されている消化法は30~37℃の中温消化である。一方50~55℃の高温消化は消化日数の短縮を期待できるが、わが国ではまだ実績が少なく運転経費、管理上の問題などがあり、今後の研究に期待するところが大きい。

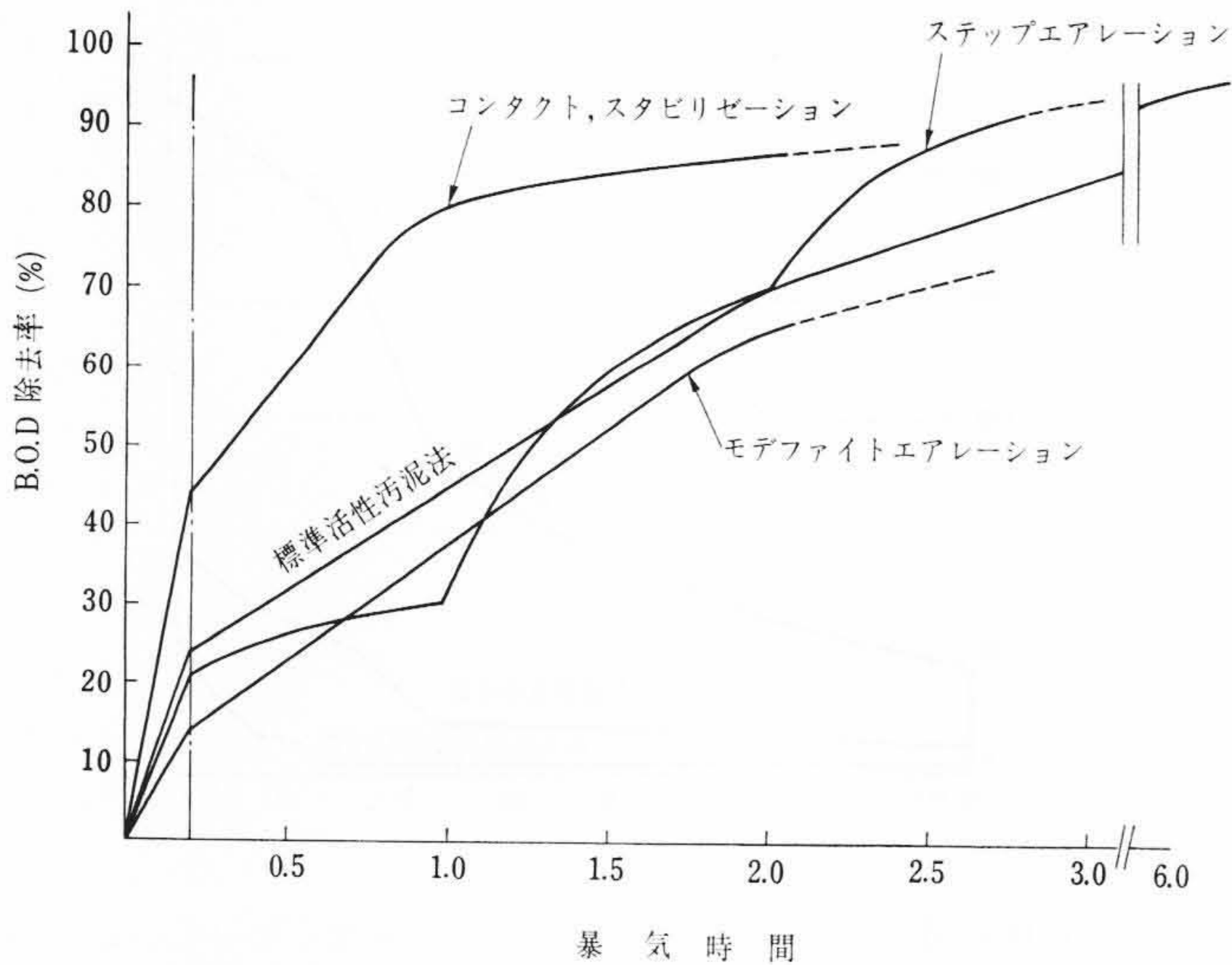


第1図 大阪市、千島下水処理場納汚泥処理設備

日立製作所は大規模下水処理における汚泥処理には、し尿と下水汚泥との混合処理を考慮に入れ、嫌気性中温2段消化法を採用している。

2.2 沈砂池設備

下水中継ポンプ場、あるいは終末処理場には、河海における土砂の堆積を防ぐこと、沈砂池以後の処理装置の摩損、閉塞を防ぎ処理操作を円滑に行なうようにするため沈砂池を設ける。



第2図 標準活性汚泥法とその変法のB.O.D.除去率および暴気時間の比較

沈砂池の計画基準は、一般的に池内流速を0.3 m/s前後、滞流時間を30～90 s、水面積負荷を汚水池で1,800 m³/m²/d、雨水池で3,600 m³/m²/d、程度とする。汚水池ではあらい浮遊物質と、粒径0.2 mm以上の有機物、雨水池ではあらい浮遊物質と0.4 mm以上の無機物を除くものである。

沈砂池設備は他の処理設備に比べて、かなり過酷な状態で運転されるので堅ろうな構造と信頼性の高い機構のものとする必要がある。

大規模処理場では沈砂池の形状として、そのほとんどが長方形を採用している。沈砂池機械設備としては流入側より荒目スクリーン、沈砂かき揚機、自動除塵機の順に設置される。

(1) 荒目スクリーン

下水流下方式として合流式を採用している場合は、大形浮遊物の流下があるので90 mm前後の荒目スクリーンが必要である。従来手かき揚げが多かったが労力節減のため、日立製作所では電動ホイストによる篩渣(しさ)かき揚機を製作し、浜松市、下水中継ポンプ場に納入予定である。

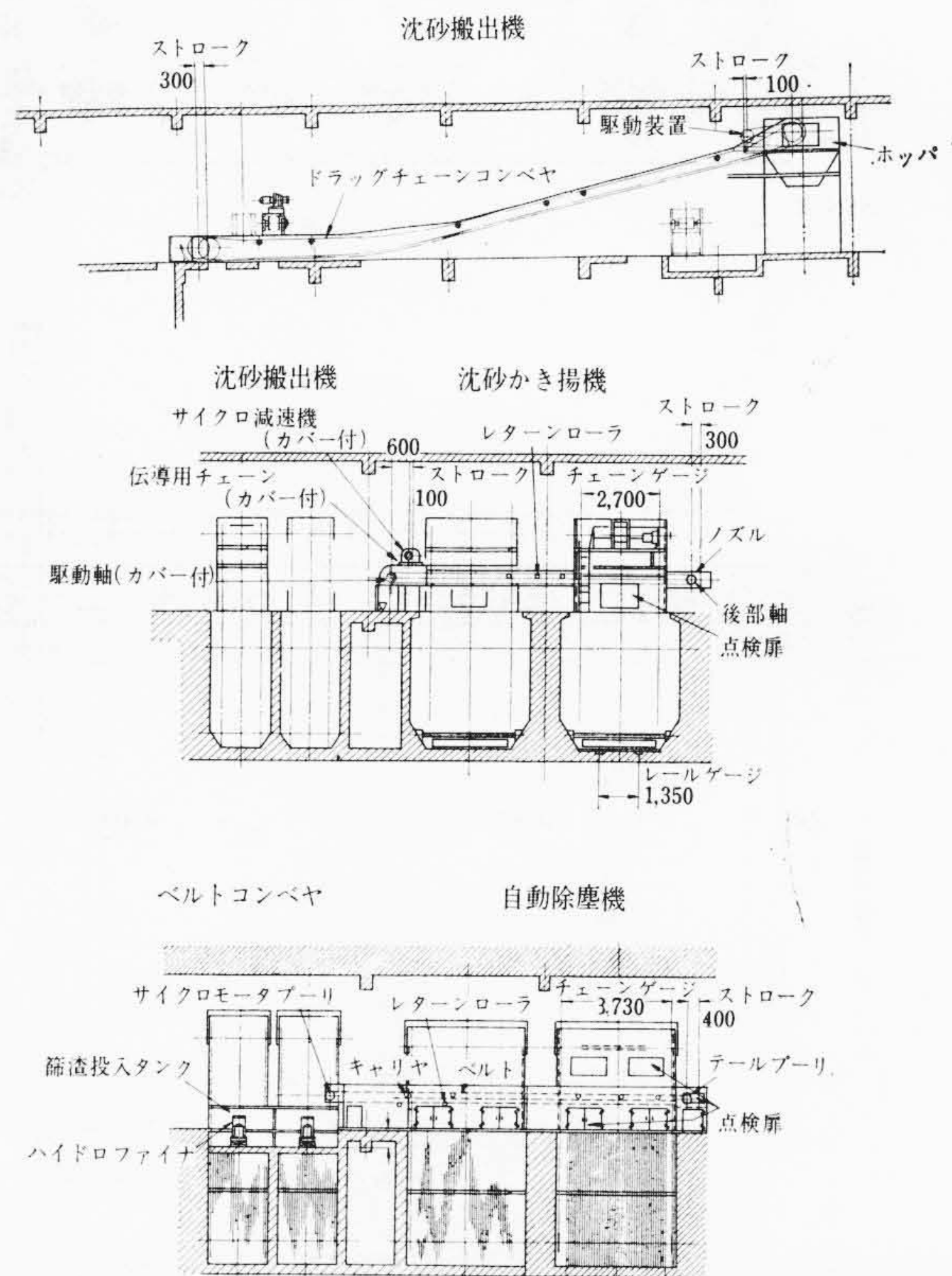
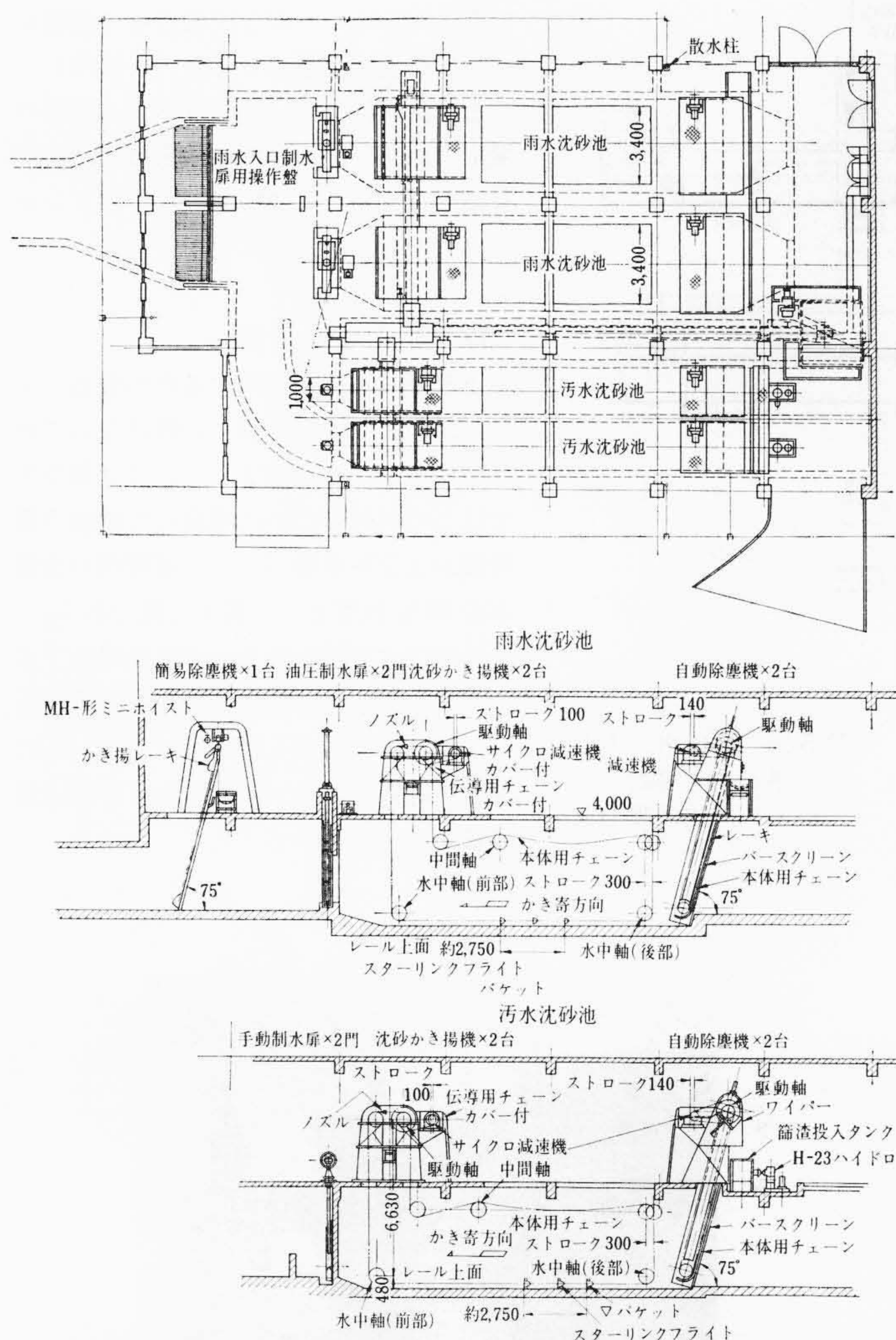
(2) 沈砂かき揚機

沈砂池底部砂だめに沈殿した沈砂は沈砂かき揚機によって除去される。日立沈砂かき揚機は多くのポンプ場、処理場で採用されており、その形式はVバケット付ダブルチェーン、コンベヤでロングピッチのマレブルピントルチェーンまたはコンビネーションチェーンを用い、1.5～2.0 mのVバケットピッチで、チェーン速度を3 m/minとしている。

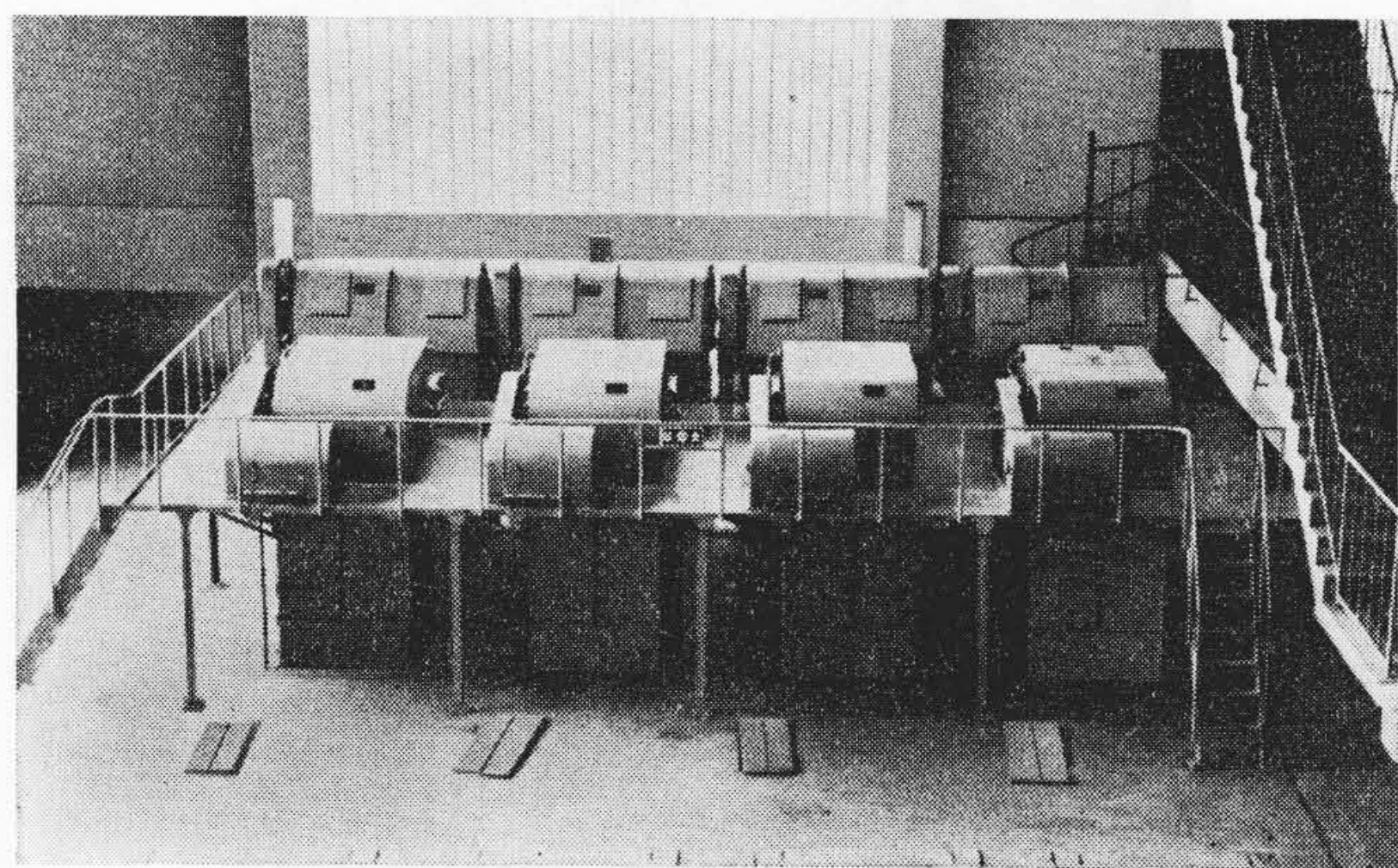
本沈砂かき揚機は機構上、沈砂池をカバー付構造とすることが

第3表 標準活性汚泥とその変濁の比較表

方 式	BOD 負荷 (kg/m ³ /d)	BOD 負荷 (kg/100 MLSSkg/d)	返送汚泥量 (%)	MLSS (ppm)	汚 泥 令 (日)	暴 気 時 間 (h)	暴 気 量 (m ³ /m ³)	BOD除去率 (%)
標準活性汚泥法	0.6	30～40	25	2,000～3,000	3～4	4～8	3.7～14.8	95
ステップエアレーション	0.75	30～40	25	1,000～2,000	2.5～3.5	3～4	6～8	92
コンタクトスタビライゼーション	1.0	30～40	40～100	2,000～5,000	3～5	0.33～2	4～11.7	65～90
トータルオキシデーション	0.2	2～3.5	50～100	6,000～8,000	40～60	24	15～25	75～85
ハイレートエアレーション	5.0	60～120	50～100	4,000～8,000	0.5～2	1～2	12	85
モデファイトエアレーション	1.5	100～300	10	300～1,000	0.2～0.5	1.5～3	3.3	70



第3図 浜松市、馬込ポンプ場納沈砂地機械設備説明図



第4図 福岡市、中部下水終末処理場納沈砂かき揚機
(処理人口 370,000 人)

できるので特に汚水池用として下水臭を防止し、かつ沈砂を連続的にかき上げる無人運転とすることが可能である。

環境上問題のない場合の雨水沈砂池では雨天時、池底に沈砂を堆積させ必要に応じて間欠的に沈砂処理を行なう機種として、次の日立揚砂機が用いられる。ポンプ式走行吸砂機、揚程可変式バケットエレベータ付沈砂かき揚機、門形Grabバケット式揚砂機、ミーダ式揚砂機、橋形旋回Grabバケット式揚砂機がありいずれの形式の機種も水中に機械部分を置かないので保守点検が容易である。

これらは沈砂池の数、寸法によって選択されている。

(3) 沈砂搬出機および洗砂装置

沈砂池は重力による自然沈降で、砂粒を分離するものである。

下水量の時間的変動が比較的激しいため、池内流速を常に計画範囲に保つことが困難である。このため砂とともに比重の異なる有機質が沈降することはある程度避け得られないので、沈砂よりこの有機物(汚泥)を分離して、汚泥を処理工程にもどし、砂を比較的清浄で衛生的なものとして外部へ搬出せねばならない。

日立ドラッグチェーンコンベヤ式沈砂搬出機は、沈砂かき揚機、および各種揚砂機と組み合わせ合理的に沈砂洗浄搬出ができる。沈砂かき揚機および揚砂機によりかき揚げられた沈砂は搬出機トラフに落ち、トラフの一端にある溢流部から軽い汚泥は洗浄水の一部とともに沈砂池にもどされる。洗浄された汚泥は、トラフの傾斜部で脱水された後搬出される。

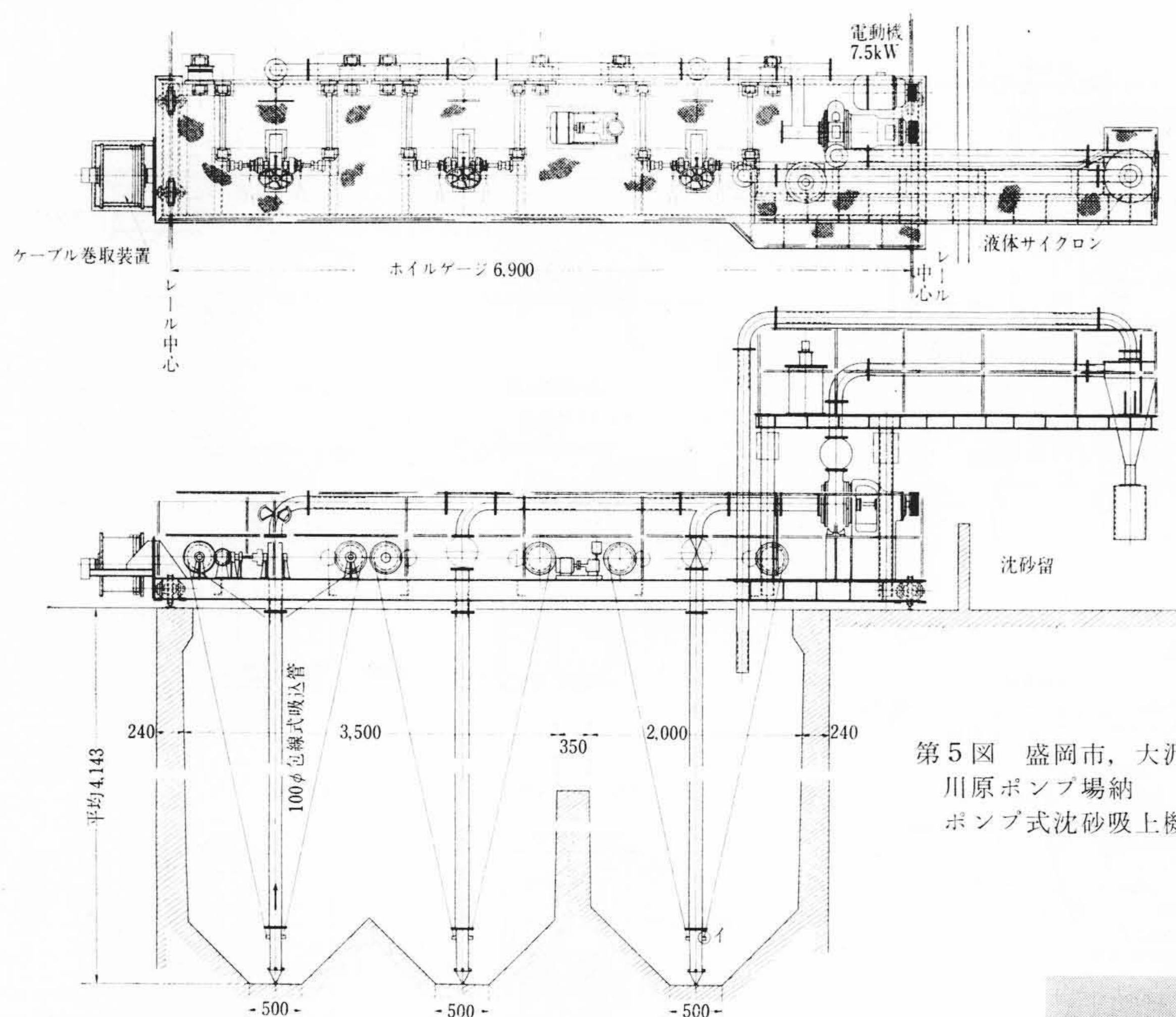
ポンプ式走行吸砂機では、吸砂ポンプの吐出圧力を利用し液体サイクロンによって砂と汚泥の分離をすることが可能である。

またGrabバケット式の揚砂機を使用する場合のためには、浮上分離式の日立洗砂装置が開発されている。洗砂装置における洗砂効果は第11図に示すとおりである。

(4) 自動除塵機および篩渣搬出機

荒目スクリーンを通過した小浮遊物を除去するには、自動除塵機を使用する。本機はバースクリーンにレーキ付ダブルチェーンコンベヤを組み合わせたもので、バースクリーンの有効間隔は汚水地用では20~25mm、雨水池用では25~45mmとし、傾斜角を70~75度としている。レーキ駆動用チェーンはマレブルピントルチェーンまたは特殊鋼製品ローラチェーンを使用し、レーキを3mピッチに設け約3m/minの定速で運転する。

レーキよりの篩渣の脱荷は、汚水池用では油圧ショックアブソーバ付ワイパでレーキの後ろから強力に押し出す方式を採用し、



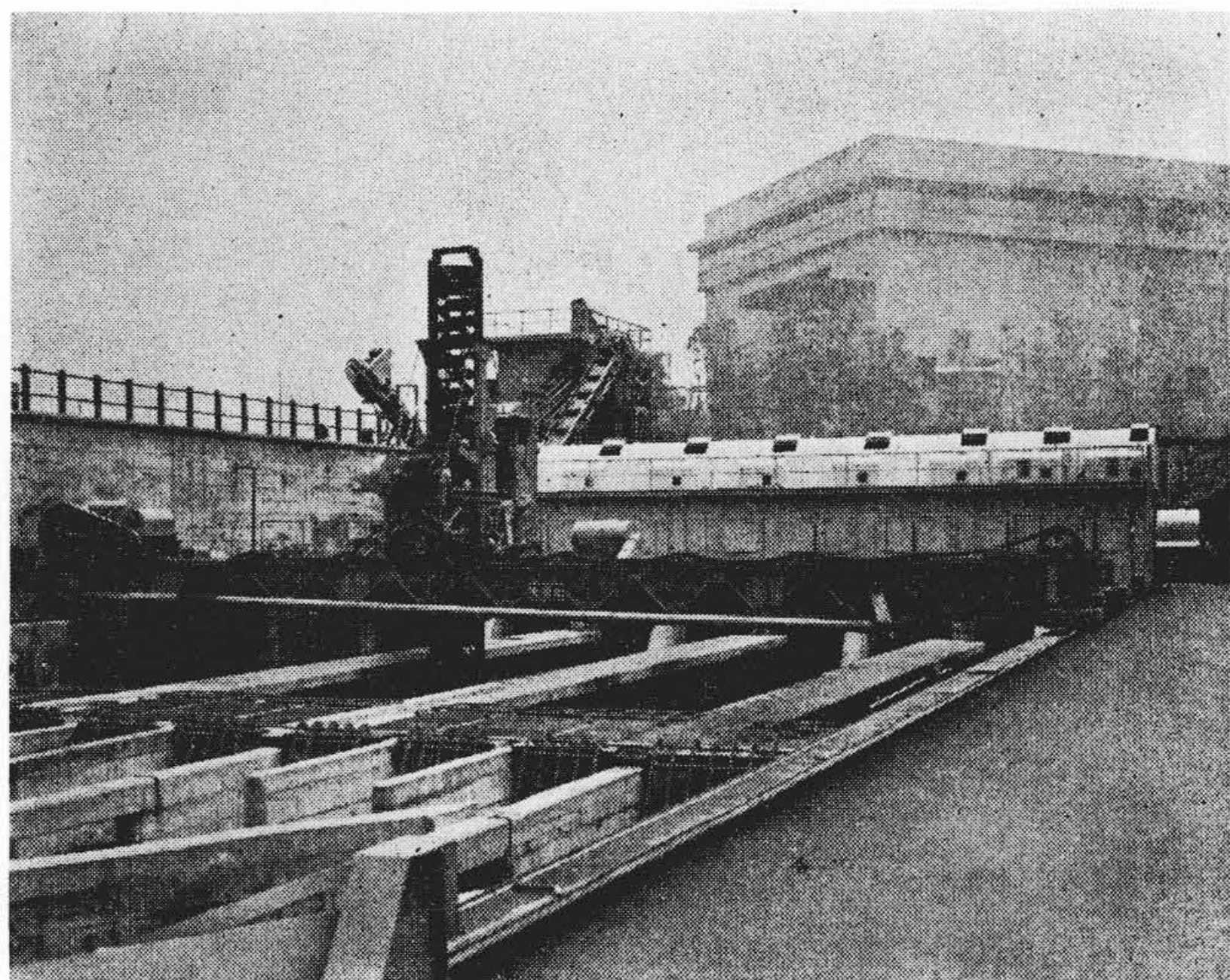
第5図 盛岡市，大沢川原ポンプ場納
ポンプ式沈砂吸上機

雨水池用にはレーキを反転させて衝撃を与え、篩渣を落下させる方式を採用している。除塵機シュートより落ちる篩渣の搬出のために使用される搬出機は、鋼管製槽形3ローラ式20度トラフ、リターンローラに平形1ローラ式を用いたベルトコンベヤである。

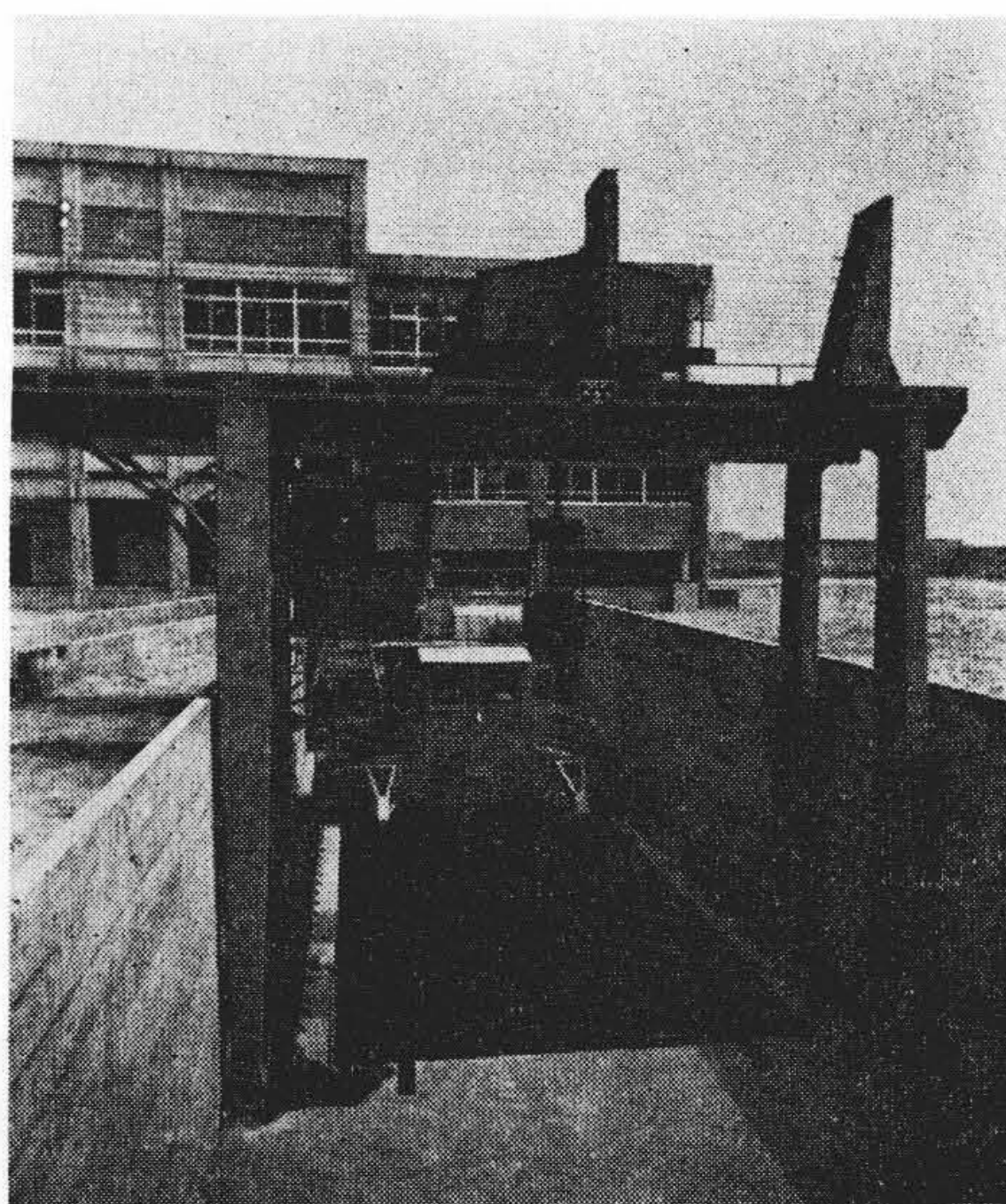
(5) 篩渣処理装置

下水篩渣は焼却処理するのが普通であるが、きわめて燃えがたい性状なので前処理をすることが望ましい。日立製作所ではこの目的のために開発した篩渣の粉碎機および脱水機があり、処理後の含水率を65%程度までに脱水可能である。

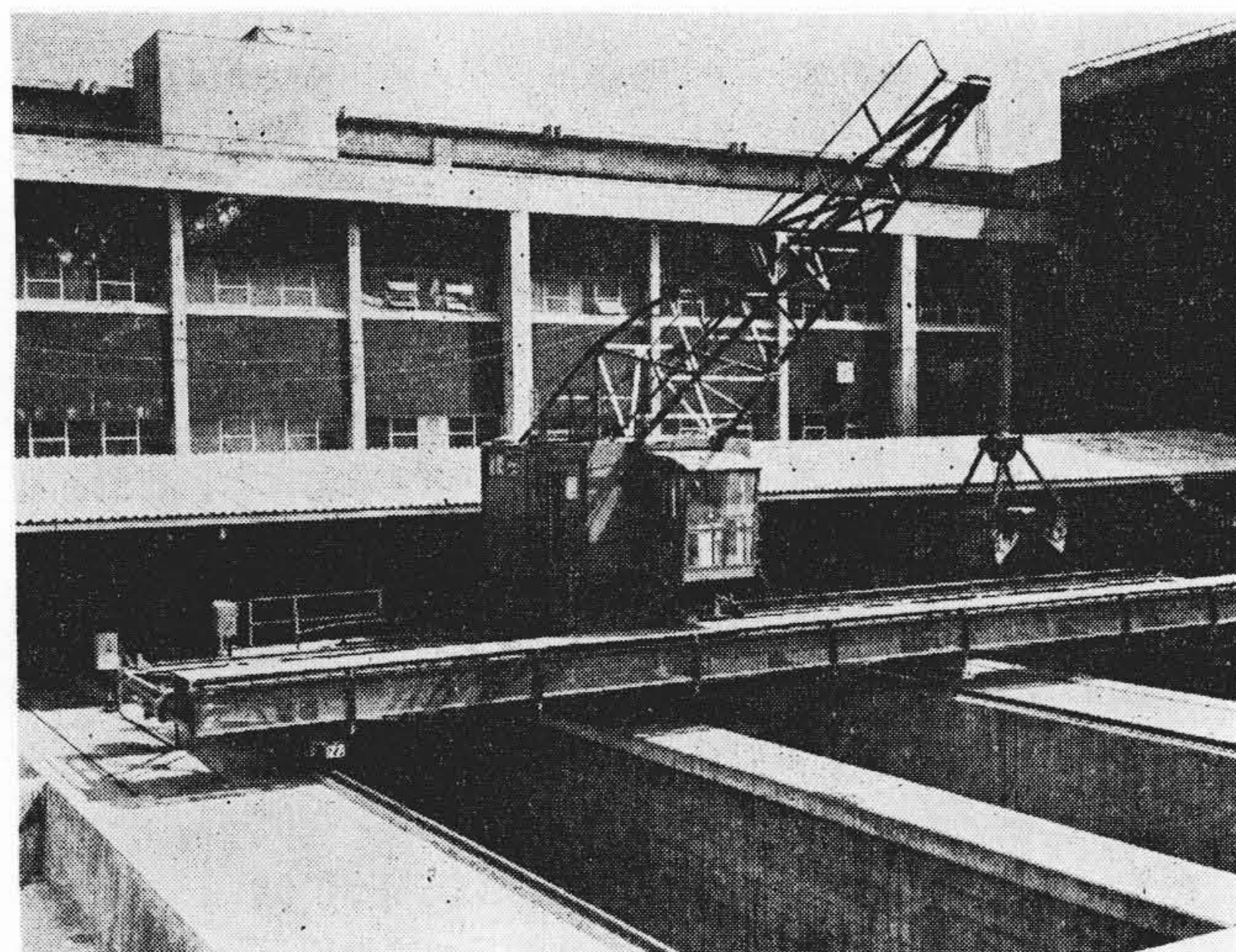
また下水篩渣を除去せずに粉碎後下水へ戻し、下水終末処理場において汚泥として処理する方式も採られている。この場合にはハイドロファイナなどの湿式粉碎機を使用している。



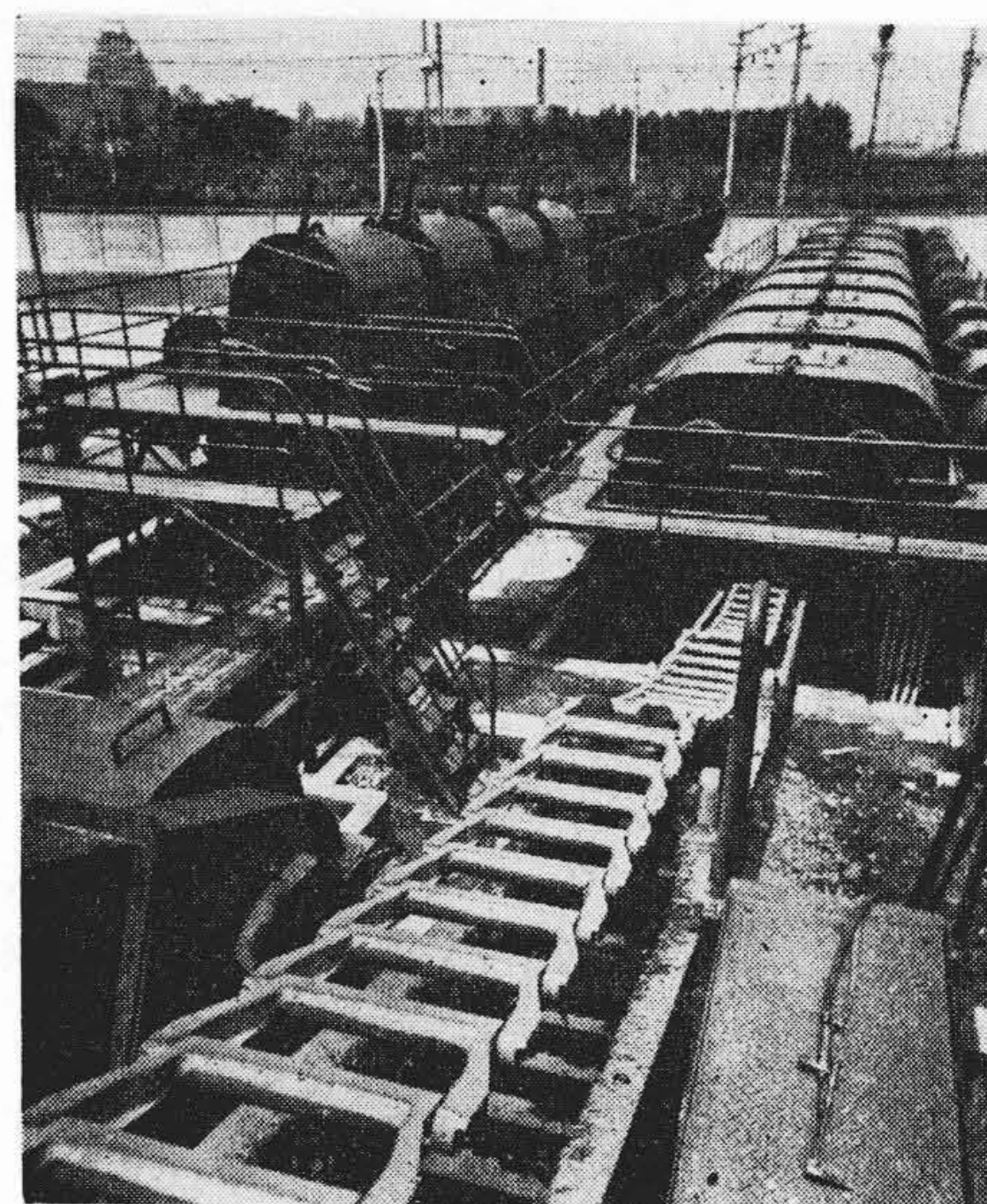
第6図 横浜市，中部下水終末処理場納揚程可変式バケットエレベーター付沈砂かき揚機（処理人口350,000人）



第7図 神戸市，魚崎ポンプ場納門形クラブバケット式揚砂機およびミーダ式揚砂機



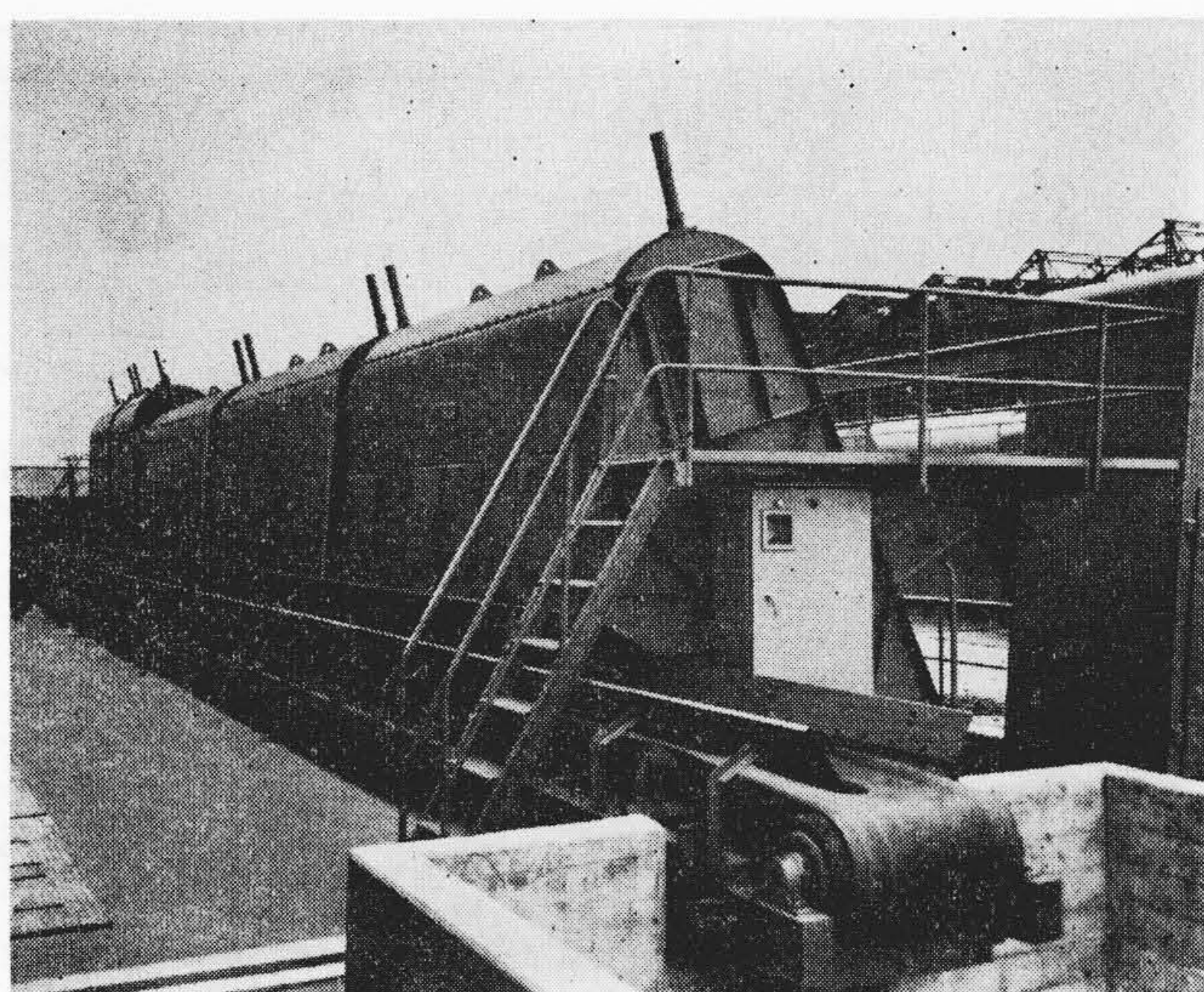
第8図 東京都，千住ポンプ場納橋形旋回クラブバケット式揚砂機



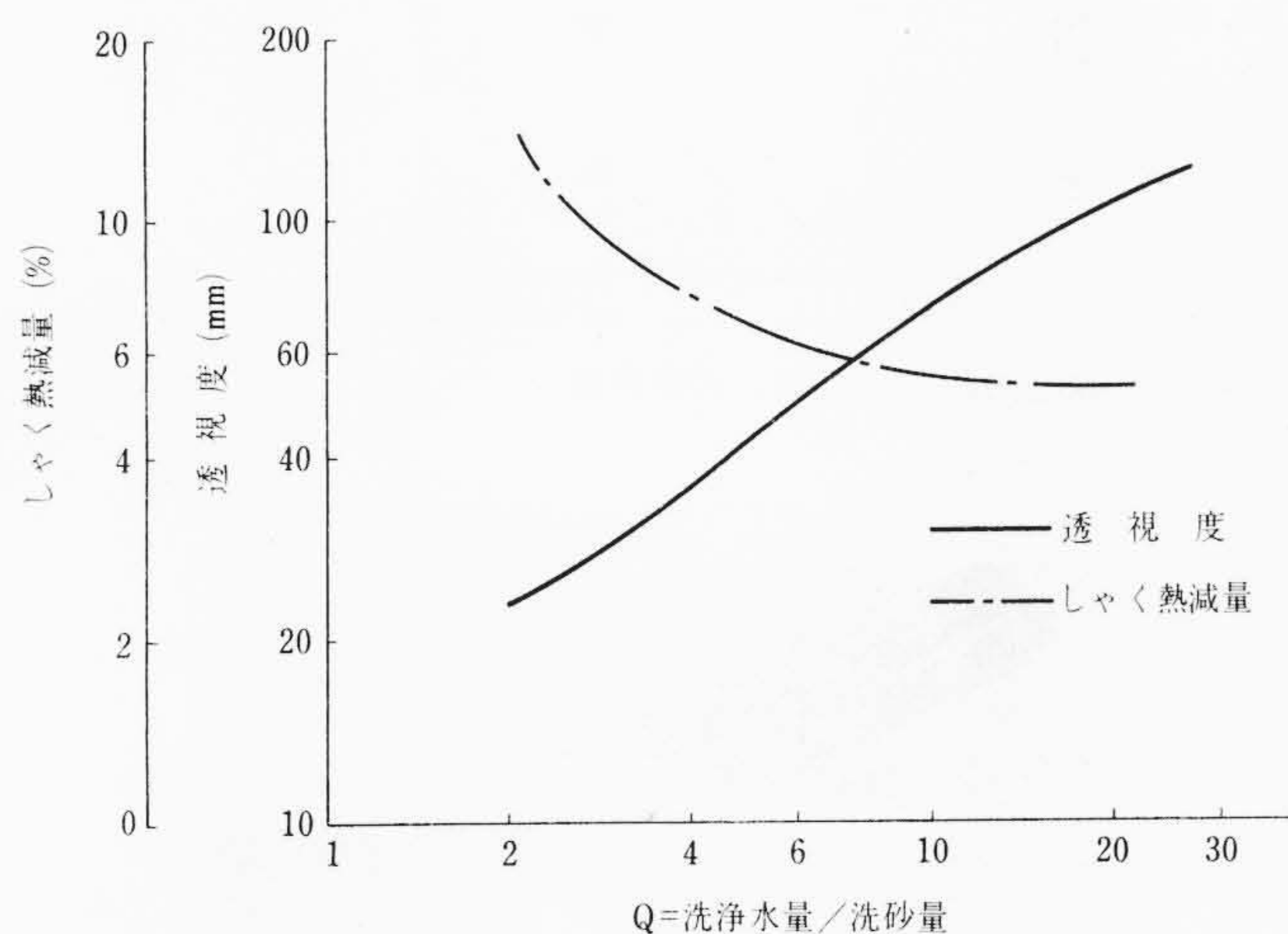
第9図 大阪市，猫間川ポンプ場納沈砂搬出機



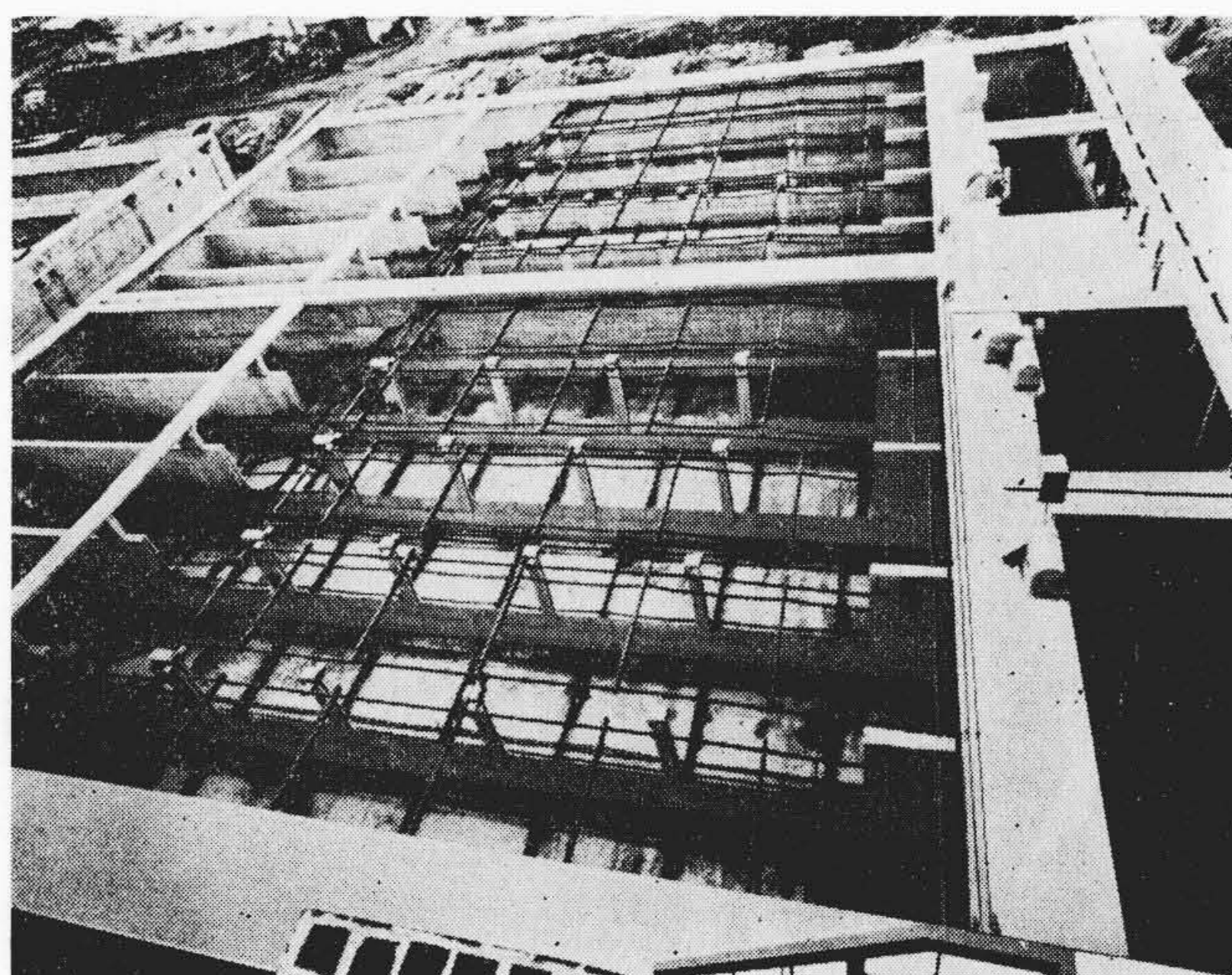
第10図 東京都，芝浦下水終末処理場納沈砂洗浄装置



第12図 大阪市，中浜西下水終末処理場納自動除産機
および篩渣搬出機



第11図 沈砂洗浄効果



第13図 福岡市，中部下水終末処理場納最初沈殿池
汚泥かき寄機

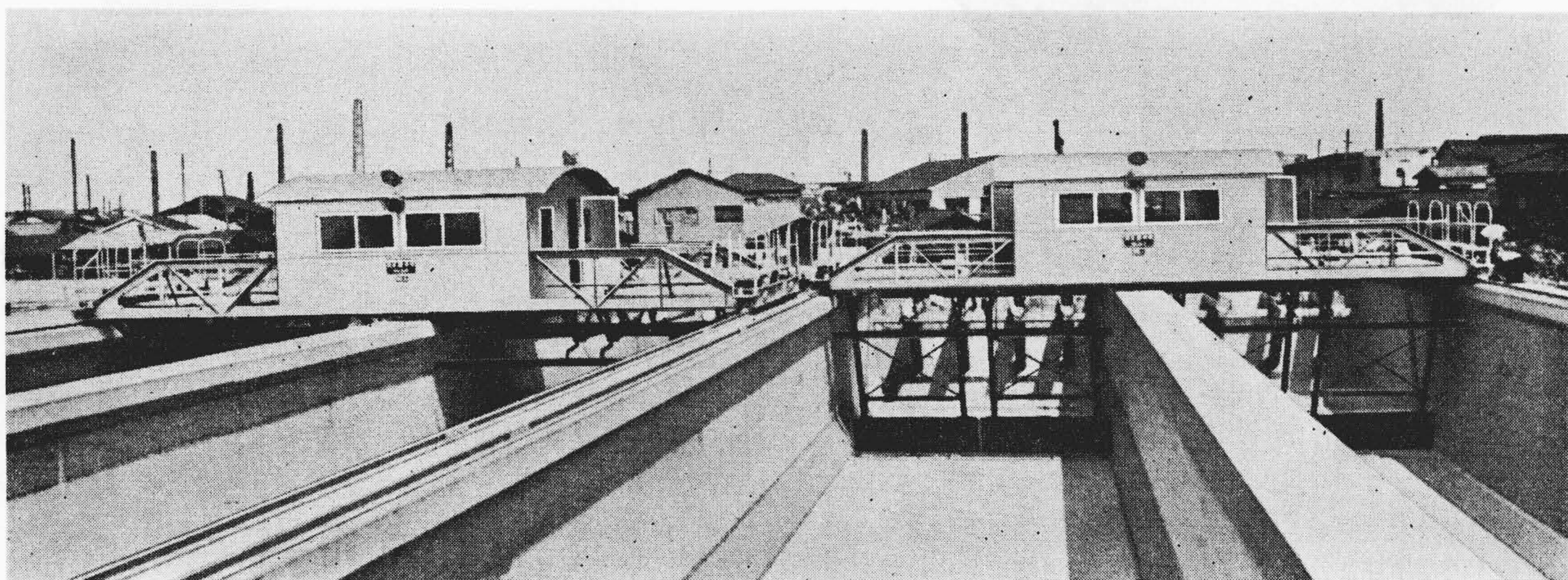
2.3 最初，最終沈殿池設備

沈殿池ではおもに有機性浮遊物の沈殿除去が目的である。沈殿池の形状は平行流方形池と放射流円形池があるが，傾向として土地利用効率の点と，年次増設が可能なことから平行流方形池を採用することが有利とされている。

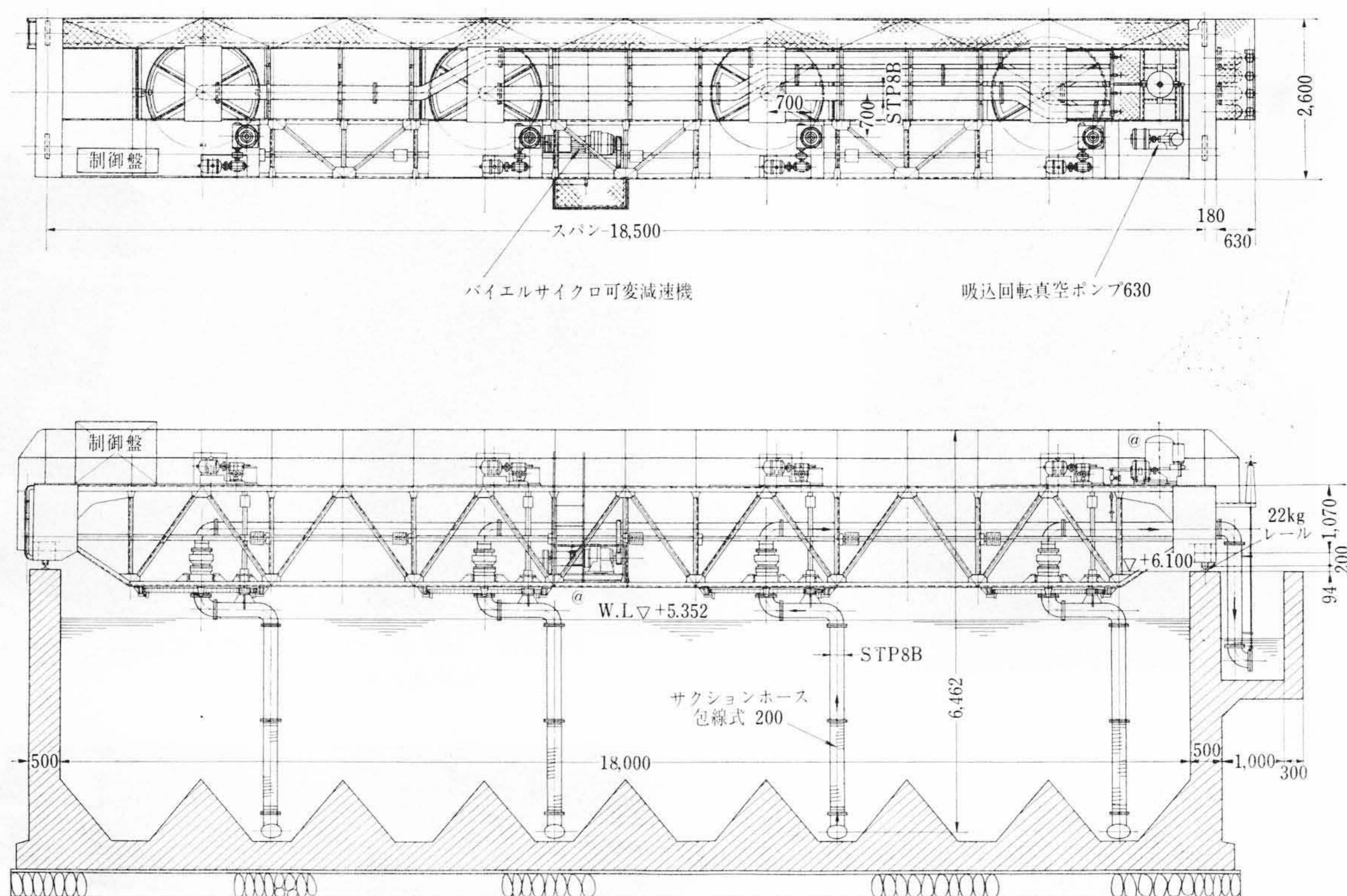
設計基準は最初沈殿池で沈殿時間1.5時間，水面積負荷 $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ，最終沈殿池では沈殿時間2.0時間，水面積負荷 $30 \sim 40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ としている。

(1) 平行流方形沈殿池汚泥かき寄機

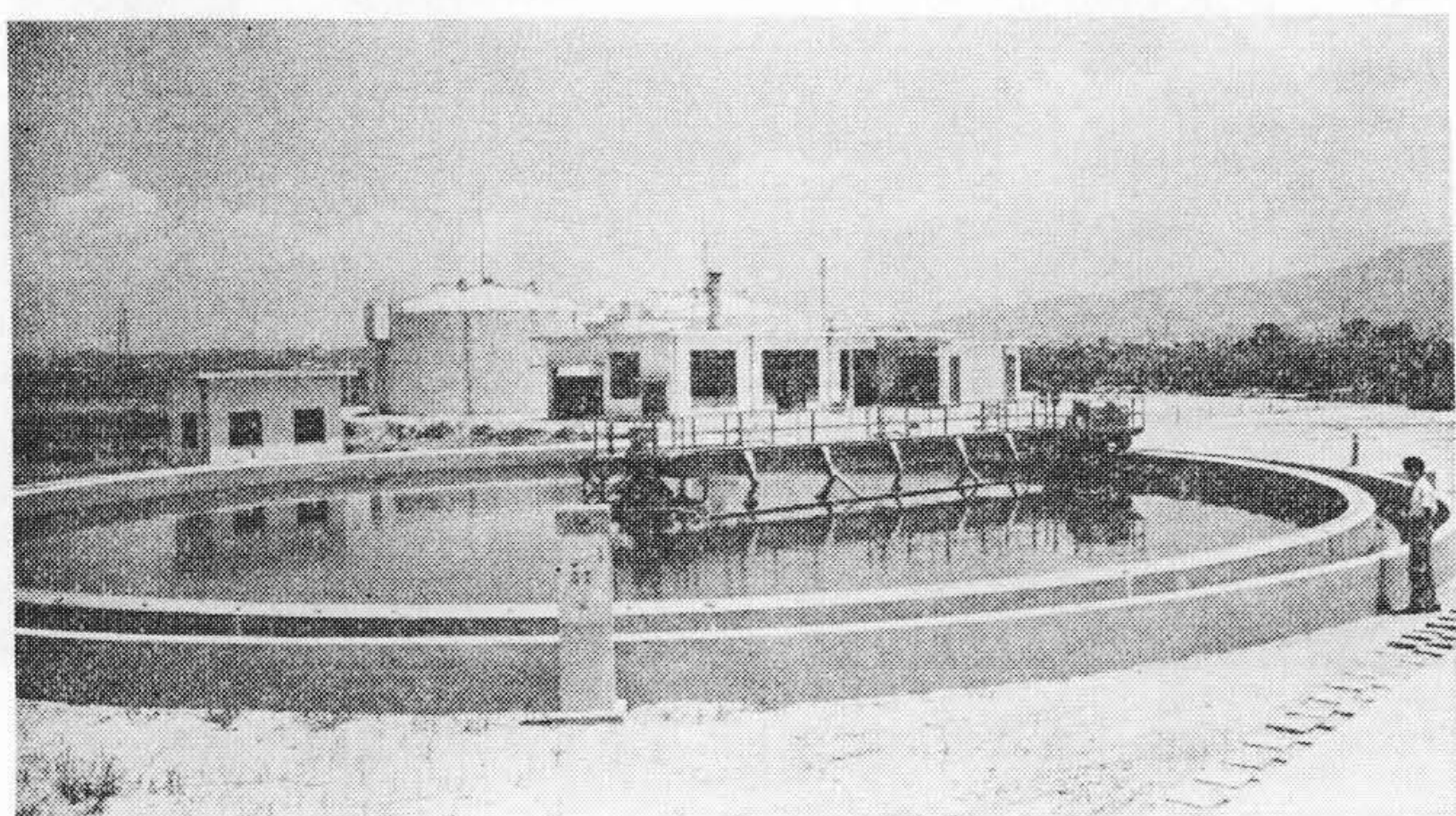
汚泥かき寄機はマレプルピントルチェーンに幅3.8 m以下の桧製フライトを2～3 mのピッチで取り付けけた構造である。かき寄速度は $0.3 \sim 1.2 \text{ m}/\text{min}$ としている。最初沈殿池ではスカムの発生があるので，フライトが水面より40 mm程度出るようにして



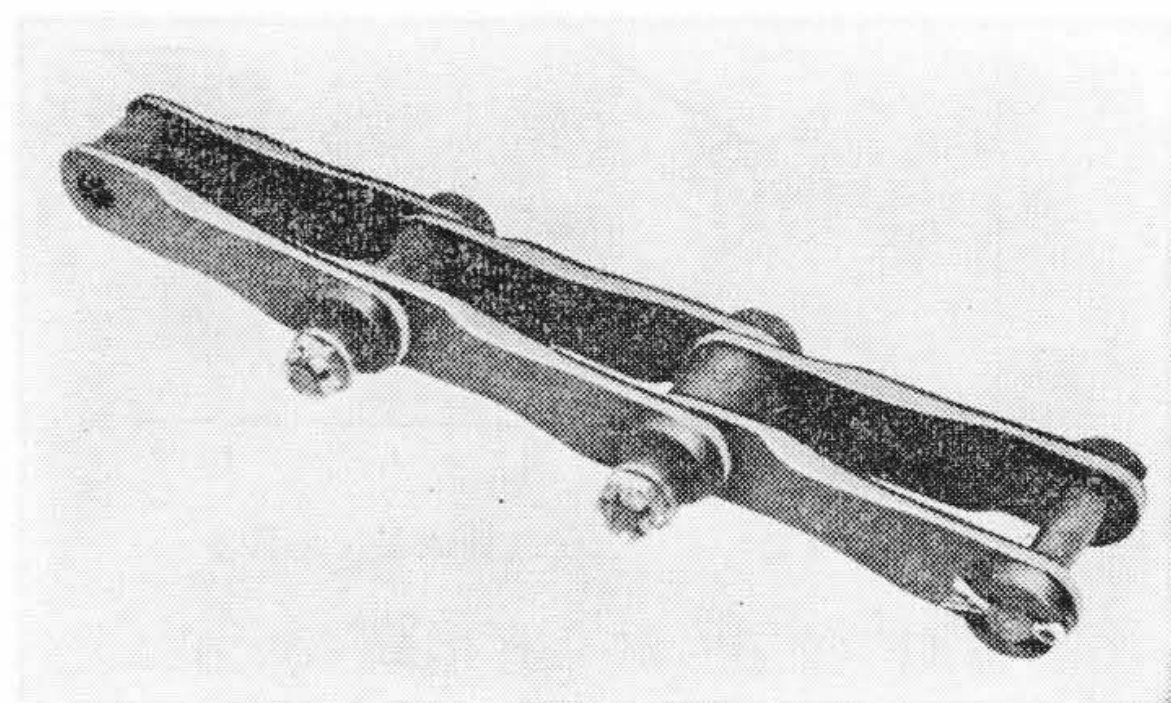
第14図 大阪市，中浜東下水終末処理場納ミータ形汚泥かき寄機



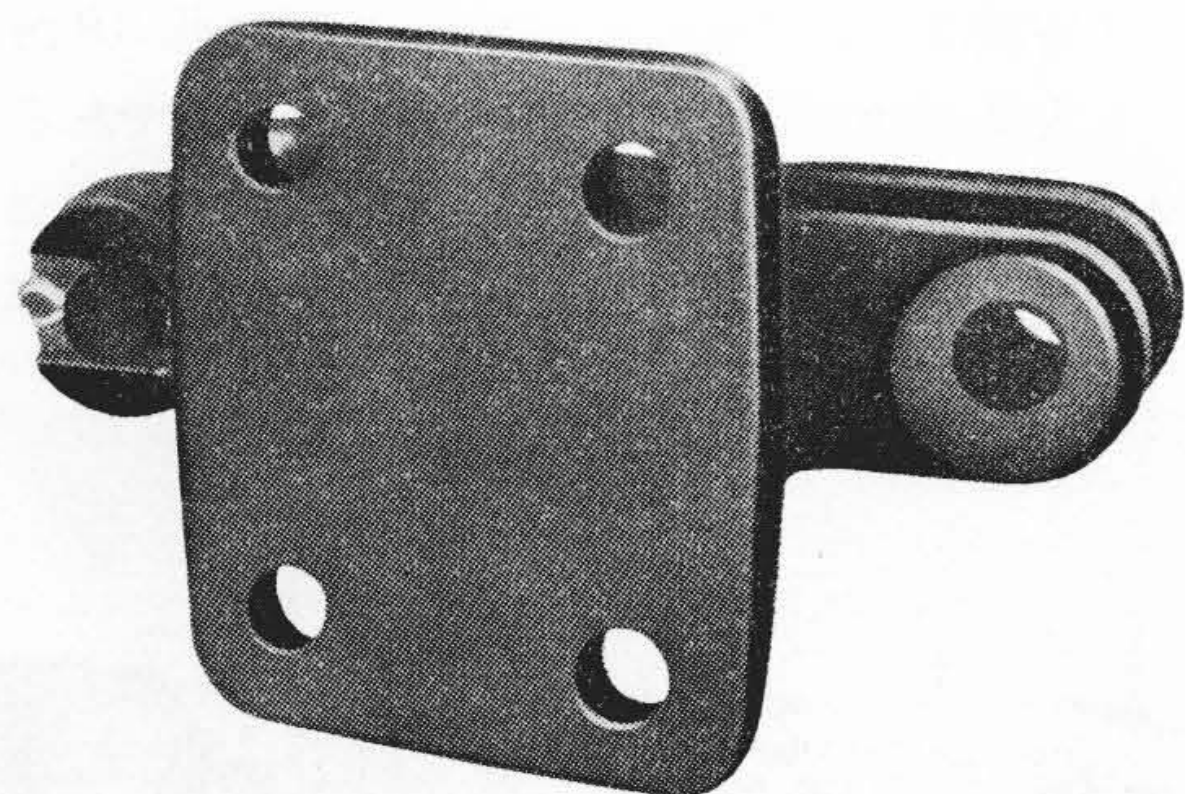
第15図 宇部市、芝中下水終末処理場納最終沈殿地納真空サイホン式吸泥機



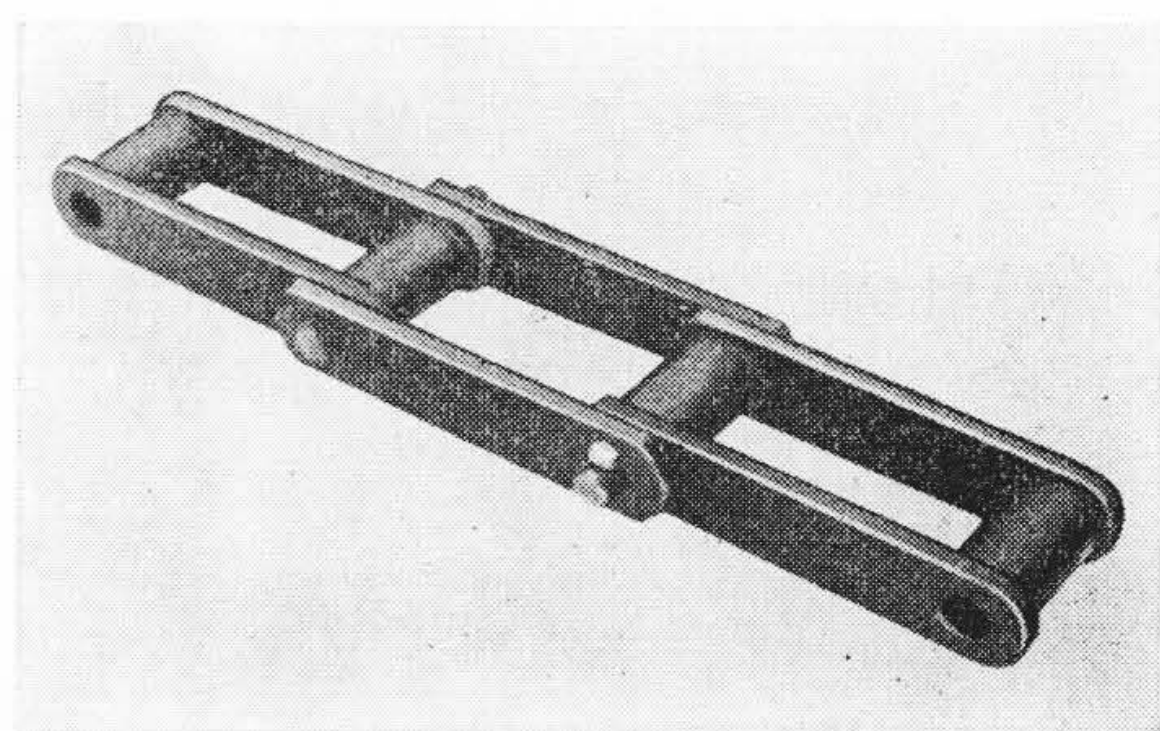
第16図 奈良市、大安寺下水終末処理場納最初沈殿地円形汚泥かき寄機



第18図 下水処理装置用マレブルピントルチェーン A42S アタッチメント



第17図 下水処理装置用マレブルピントルチェーン G-6 アタッチメント



第19図 下水処理装置用特殊鋼コンビネーションチェーン

流出側にかき寄せるよう考慮されている。

最初沈殿池にはミード式汚泥かき寄機を使用する場合もある。本機は水中部の保守が行ないやすい特長を持っている。また最終沈殿池には真空サイホン式吸泥機を採用することもある。沈殿したフロックを外力で破損せぬよう集める目的で使用されることが多く、機械的な摩耗部分がなく運転経費が経済的になる特長を持っている。

(2) 円形池汚泥かき寄機

円形池の汚泥かき寄機には回転式が用いられ、池の直径が20 m以上の池は周辺駆動方式を採用している。直径20 m以下の池では中心駆動方式が有効であり、かき寄せ速度は最初沈殿池で1～3 rph、外径周速3 m/minになるよう設計されている。最終沈殿池では回転速度を最初沈殿池の1/2程度としている。日立円形汚泥かき寄機は水中部スクレーパが外部に巻揚可能で保守点検が容易に行なえる特長を具備している。

2.4 下水処理装置用チェーン

日立マレブルチェーンは耐食、耐摩耗性にすぐれているため、古

くから下水処理装置に採用されている。昭和34年関東、関西の著名な下水終末処理場に沈殿池用チェーン、および沈砂池用機械チェーンなどの納入を契機に、本格的な水処理装置用チェーンとしての研究、開発を始めたのである。その後のおもな改良点をあげれば、昭和37年沈砂かき揚機用チェーンの従来のG-6アタッチメントをA42Sアタッチメントに変更、同時に耐摩耗のすぐれた高力マレブル製チェーン、強度の大きい特殊鋼と特殊鋳鋼によるコンビネーションチェーンを開発した。従来各使用者の経験により各種、各様のチェーンが使用されがちであったので、昭和38年日立製作所は水処理

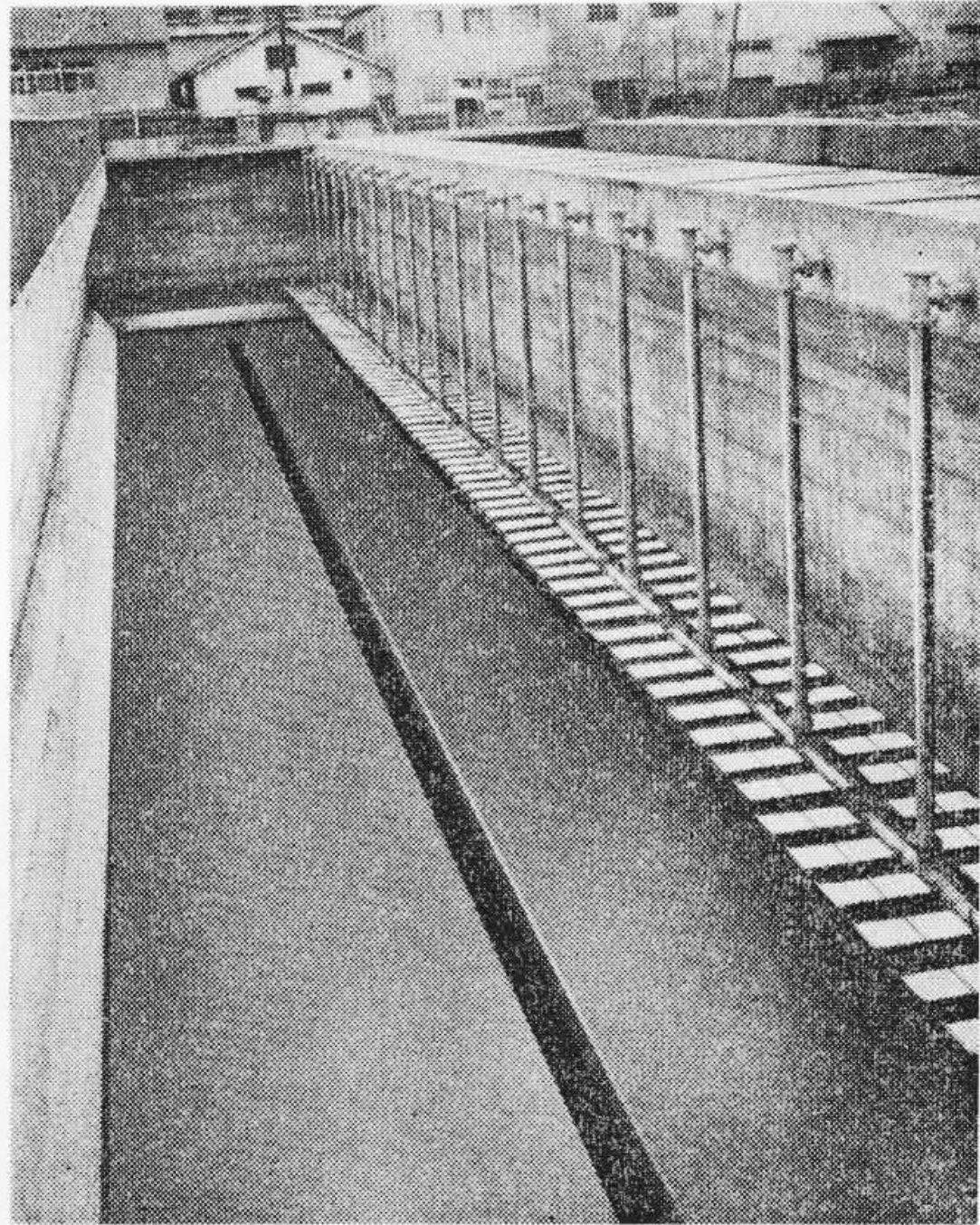
装置用チェーンとしての標準品を公表した。

現在では沈殿池用汚泥かき寄機用チェーンも日立高力マレブル製のものが多く使用される傾向にある。

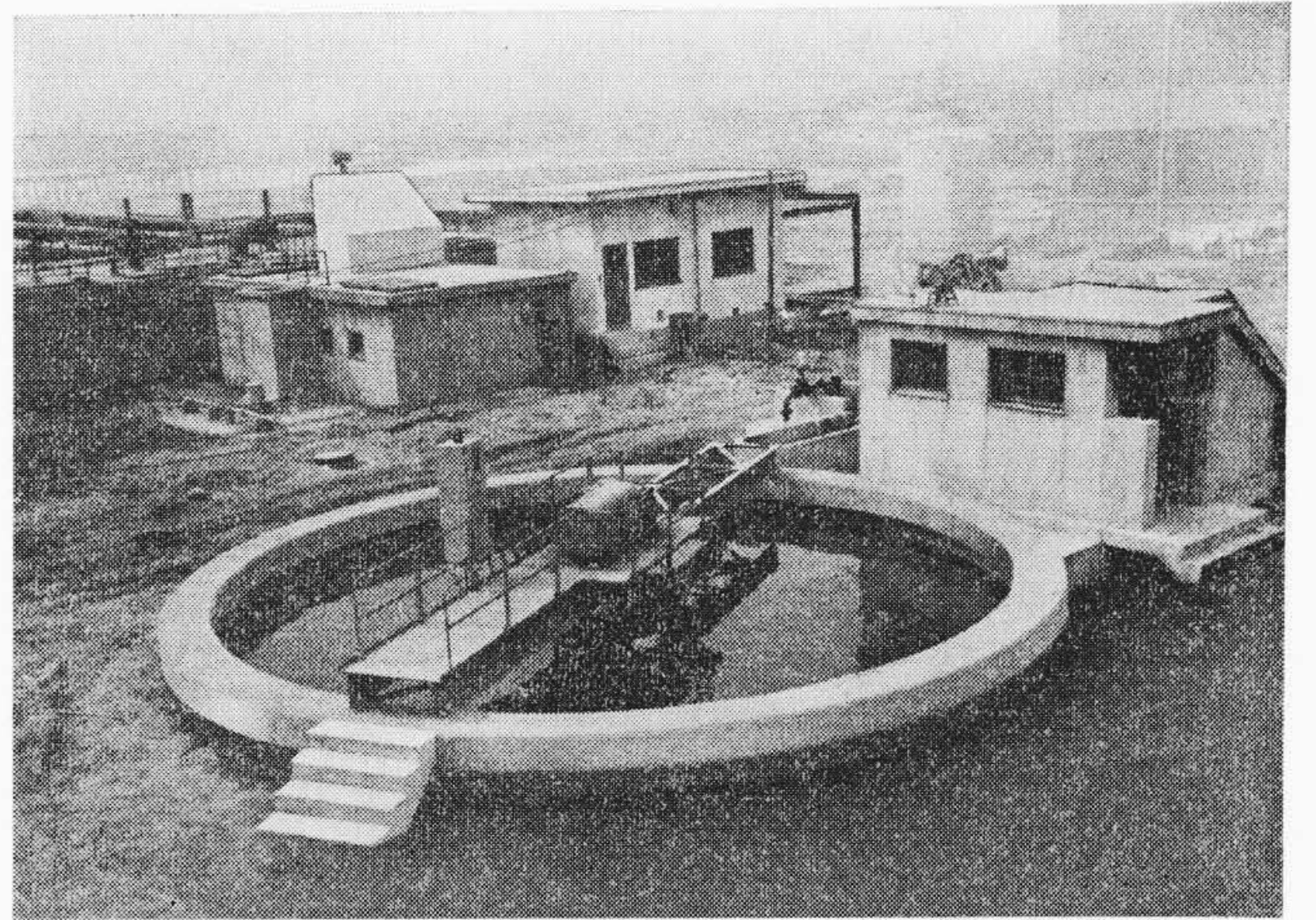
2.5 暴 気 槽 設 備

2.1で述べたように、大規模の汚水処理には活性汚泥法の変法による、Step-Aeration方式を採用している。暴気槽は長方形で、散気装置を片側に置く、片側吹込旋回流方式で多孔質磁器製散気盤および散気筒を使用している。槽の平面積に対する有効散気面積は盤で約1/11.5前後、散気筒で約1/9前後である。

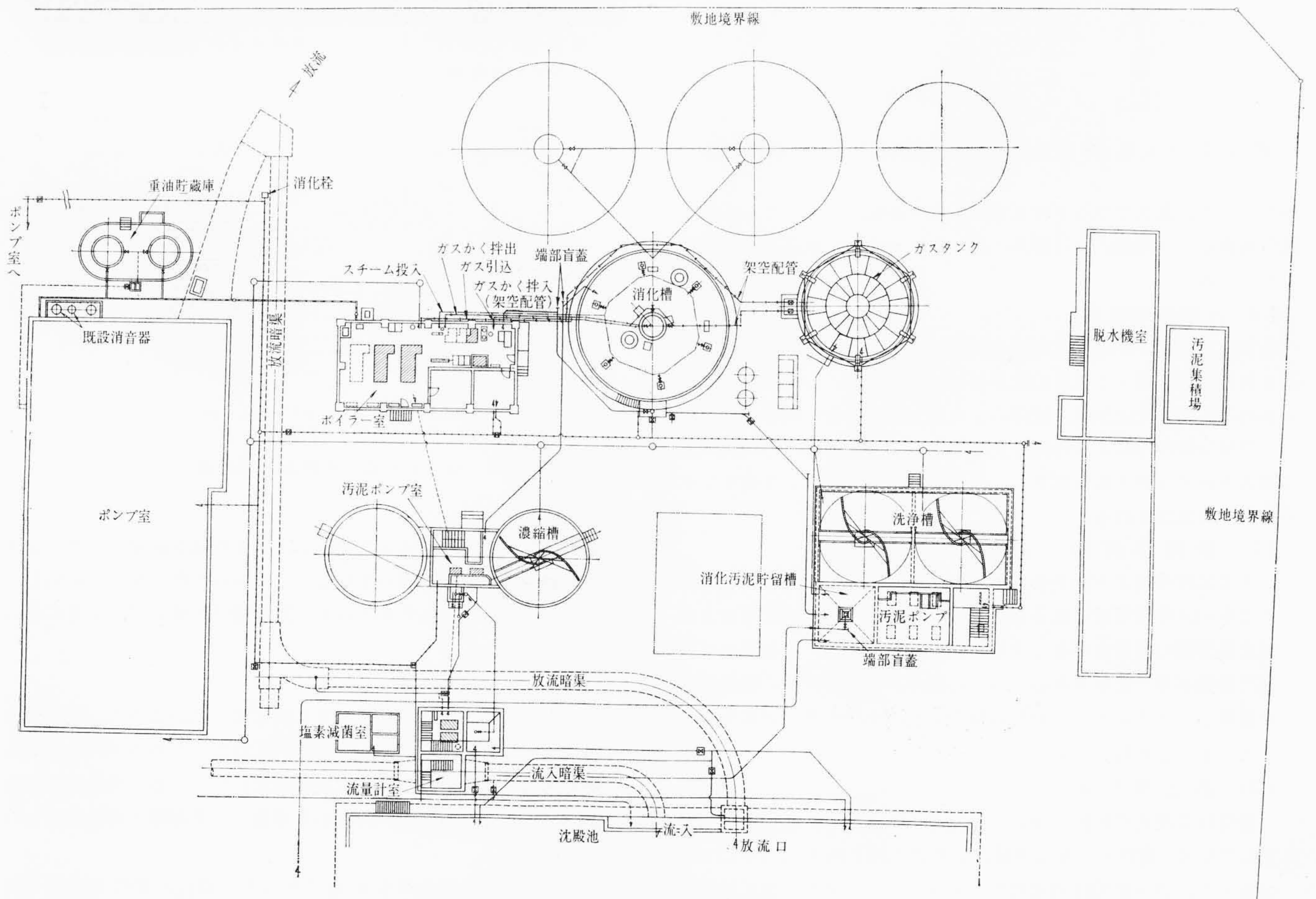
盤および筒は従来は槽の底部に固定される場合が多く、保守管理が困難であるので、日立散気装置では散気盤をステンレス製薄板成



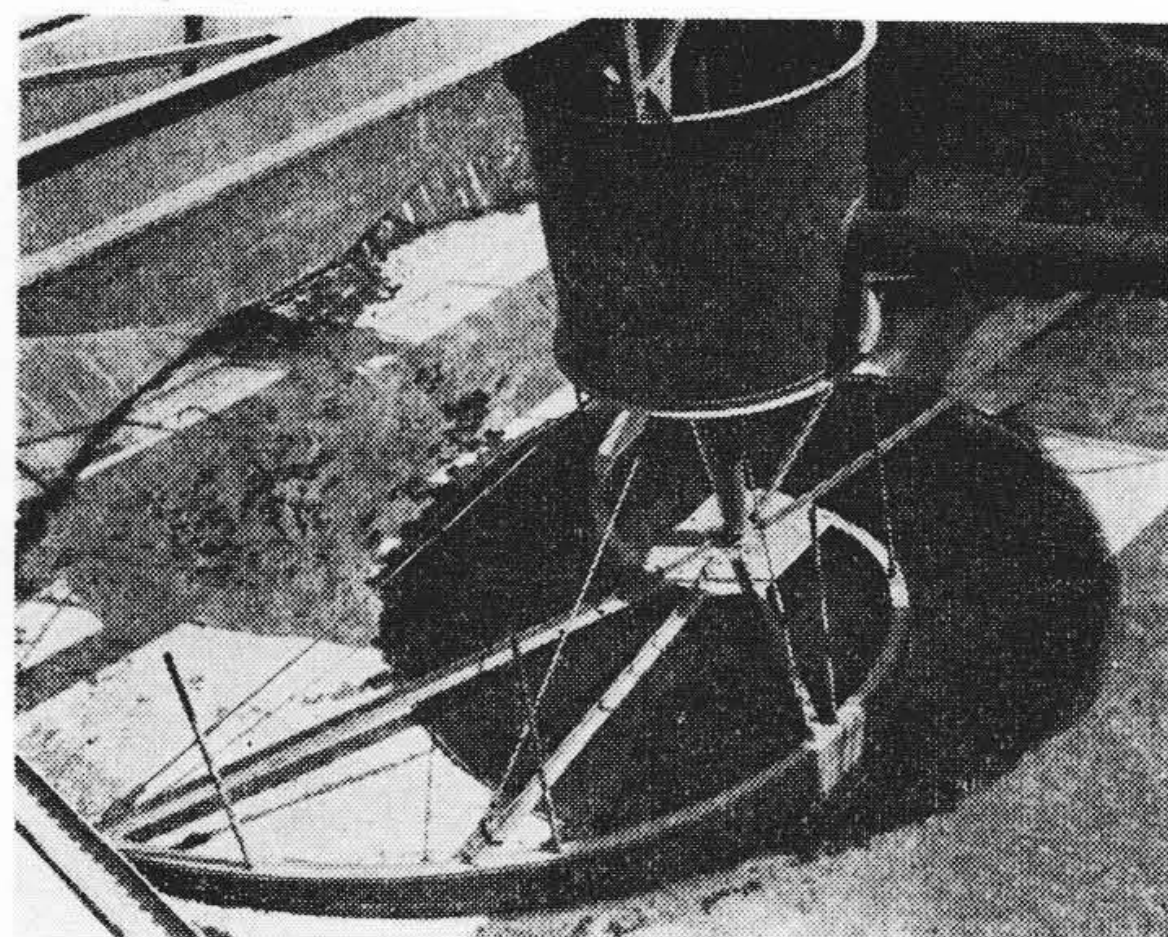
第20図 長崎市、茂里町下水終末処理場納暴気槽散気装置
(ステップエアレーション方式)



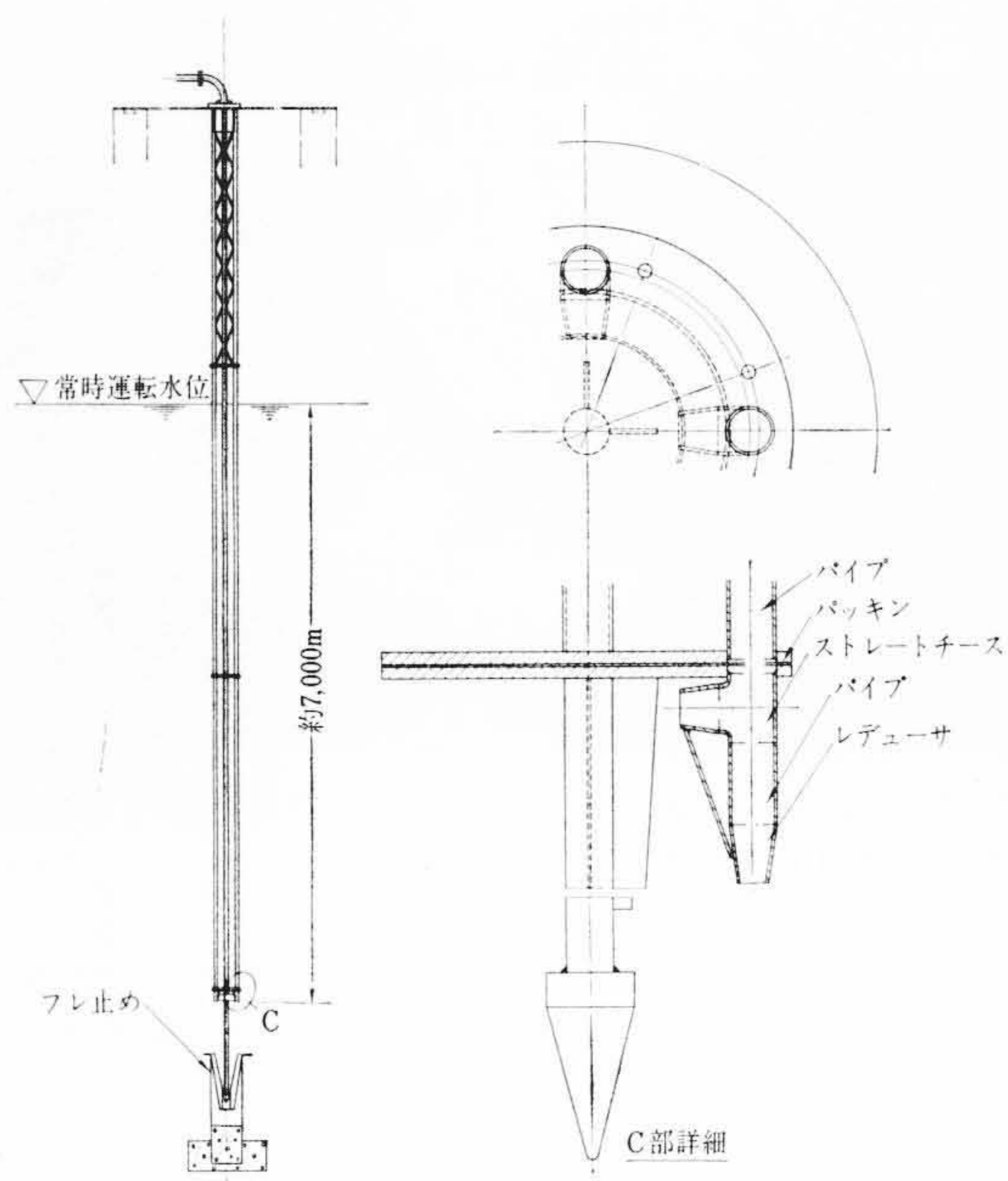
第22図 大阪市、千島下水終末処理場納濃縮槽汚泥かき寄機
(処理人口 169,000人)



第21図 下水高級処理フローシート



第23図 大阪市、千島下水終末処理場納濃縮槽汚泥かき寄機、対数らせん形スクレパー



第24図 大阪市、千島下水終末処理場納消化槽ガス攪拌装置

形のホルダに入れてつり下げる方式を取り運転時においても任意に散気装置をつり揚機により槽外に取り出し点検ができるように改良されている。

2.6 汚泥処理設備

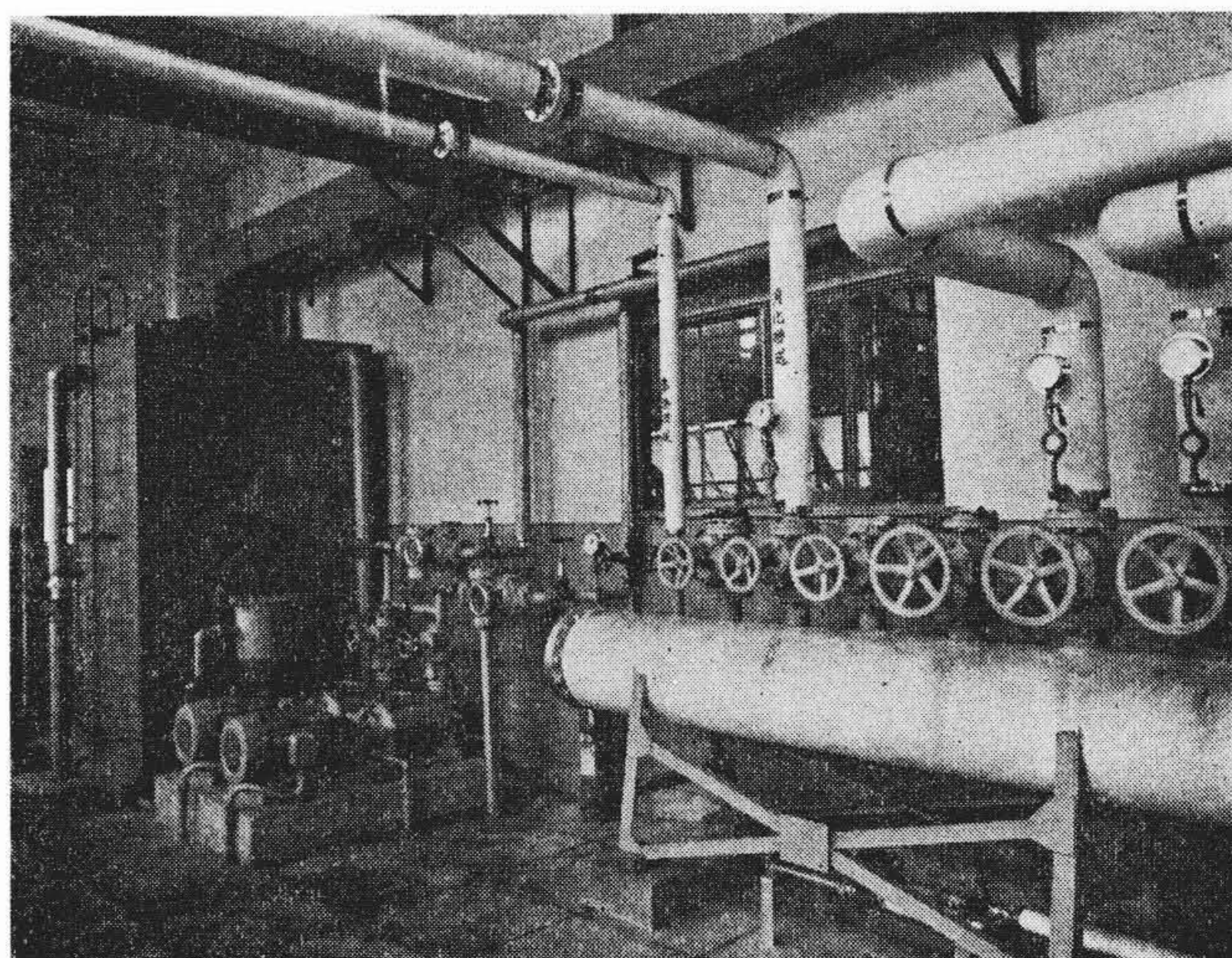
最初沈殿池および最終沈殿池で沈殿除去された汚泥は濃縮槽に圧送される。濃縮槽では経済的限界まで沈殿濃縮し、汚泥消化槽に投入される。本槽では加温、攪拌により嫌気性微生物の働きを活発にし、発酵分解作用により汚泥を安定化する。消化汚泥は汚泥洗浄槽に導入されアルカリ度を調査し、薬注後真空脱水機により脱水しケーキとして処理される。

(1) 濃縮槽設備

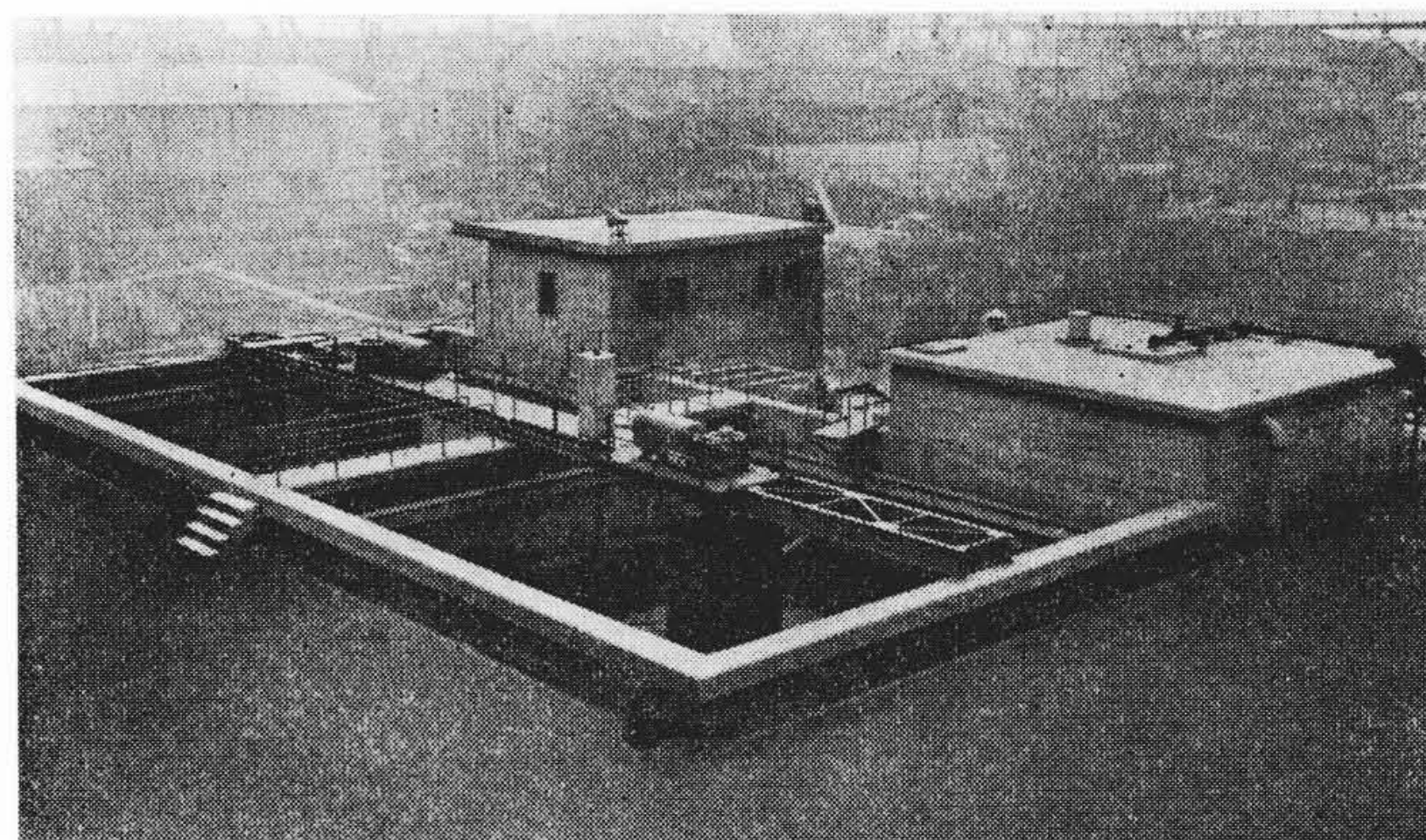
汚水処理系統より発生せる汚泥の水分は約98%である。本槽では8~12時間滞留し水分96~97%まで濃縮され、消化槽および脱水機設備の容量を小さくするのに役だっている。濃縮槽には普通円形槽が多く使用される。日立汚泥かき寄機では中心駆動方式を採用し、スクレパを対数らせん形とし汚泥のかき寄効率を改善していることが特長である。

(2) 消化槽設備

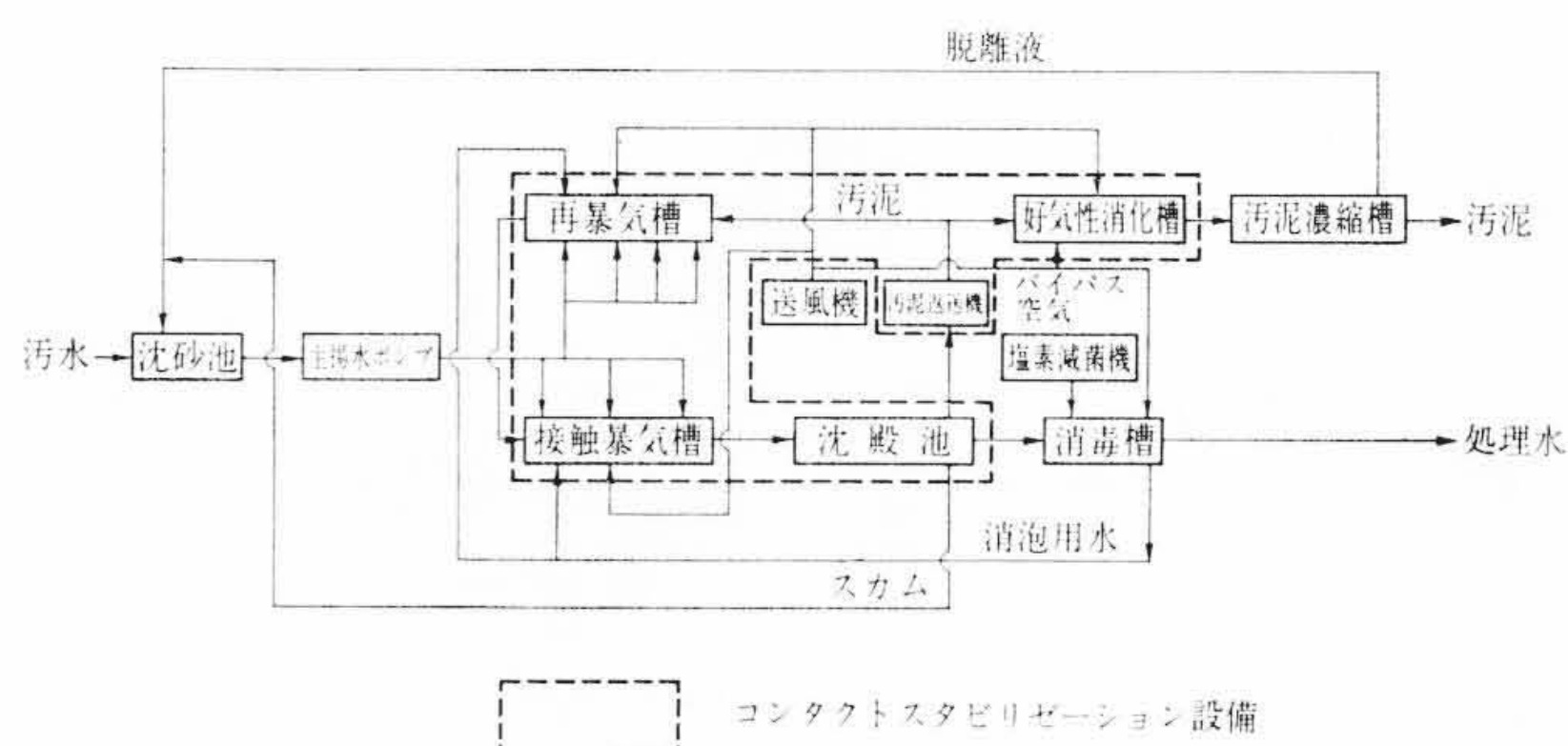
嫌気性2段式消化法を用い、発生ガスによるガス攪拌方式を採用している。攪拌ガス量は実績により消化槽1mあたり0.15m³/minとし、ガス循環は消化槽から引き出し、ブロワで加圧後槽底部より噴射し槽内を攪拌し、消化を促進する。加温は消化ガスを



第25図 大阪市、千島下水終末処理場納消化槽加温設備(スチームヘッダー)



第26図 大阪市、千島下水終末処理場納二段交流式洗浄槽汚泥かき寄機



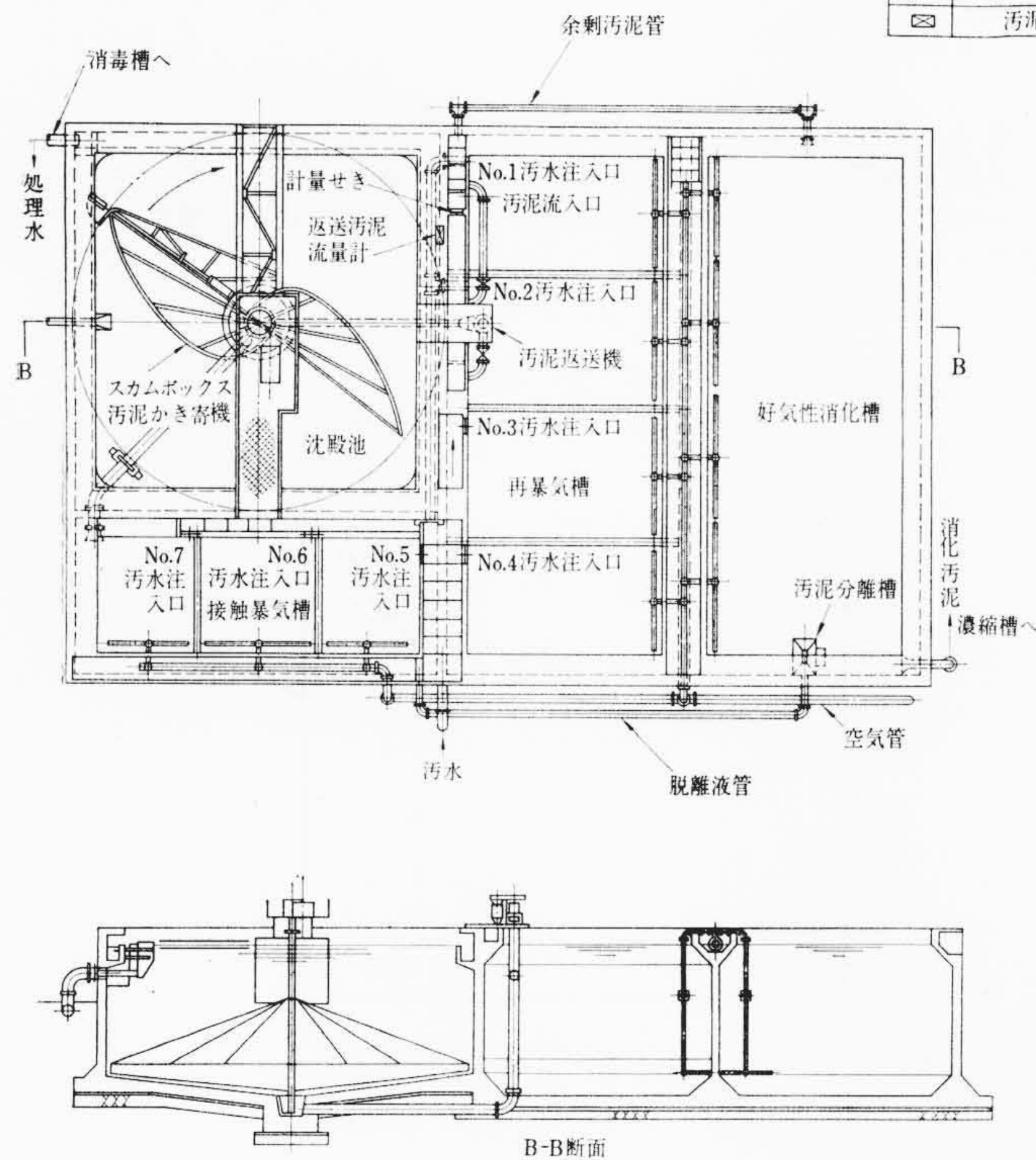
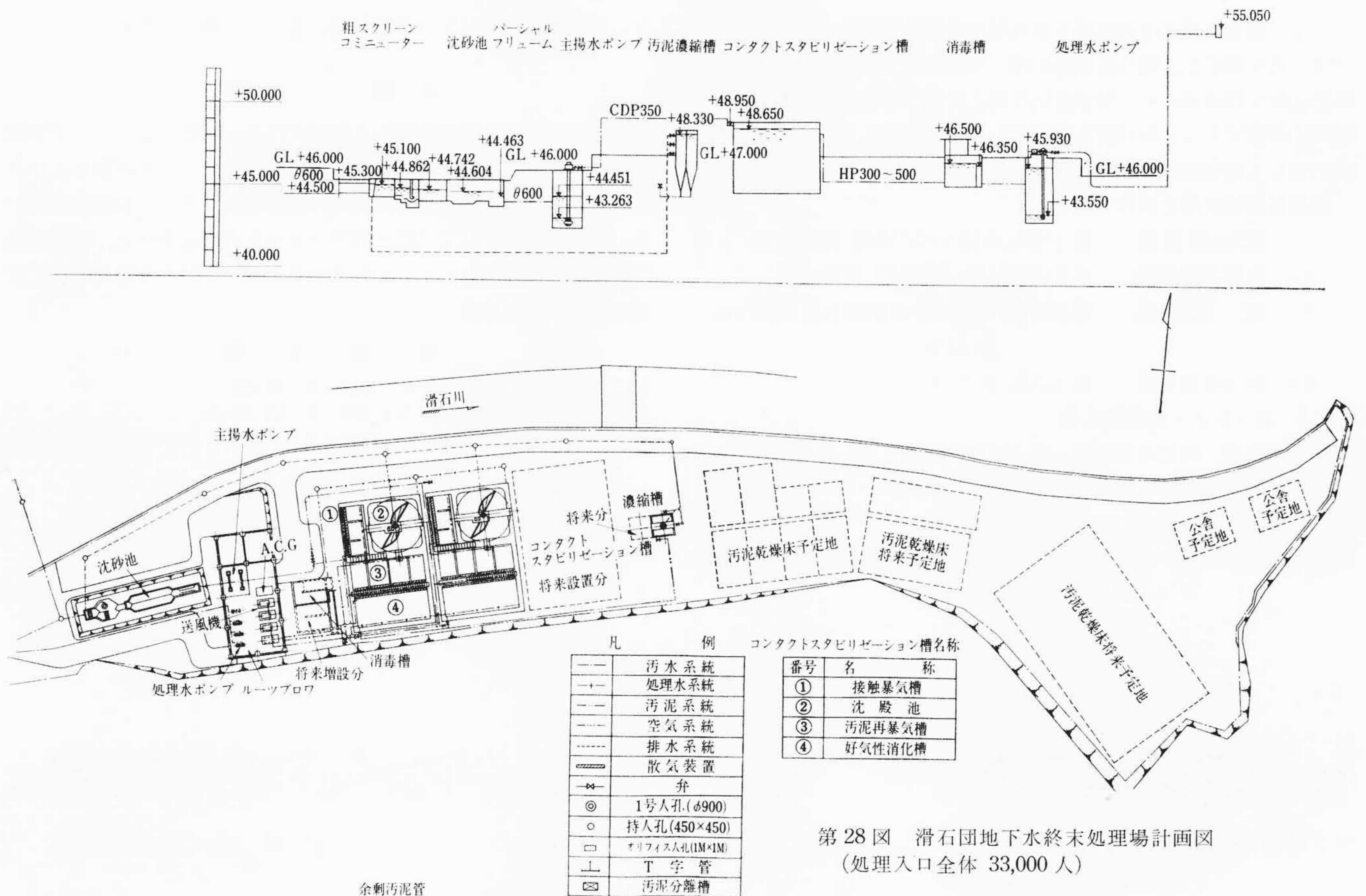
第27図 日立小規模下水終末処理設備フローシート

主燃料として蒸気ボイラを運転し、発生蒸気を直接消化槽に吹き込み加温する方式を採っている。したがって熱交換器を利用した方式に比較して加温効率は向上し設備費は低減し保守も楽になっている。

(3) 脱水機設備

消化汚泥はかなり高いアルカリ度となっているので、脱水機の前処理として凝集剤の添加を経済的に行なうため汚泥の水洗が必要である。水洗には二段向流式が行なわれている。洗浄槽の形状は円形または正方形で、汚泥かき寄機には濃縮槽と同形式のものが使用される。

洗浄汚泥には凝集剤を乾燥汚泥基準で消石灰10% 塩化第2鉄5%を添加し、脱水機により脱水する。日立製作所ではロートク



ロス式またはオリバー式の真空脱水機を使用する。

3. 小規模下水処理装置

3.1 小規模下水処理設備の特異性

大規模な都市下水道に比較して次のような特異性がある。

- (1) 汚水の時間変動が著しく、処理機能に大きな影響を与える。
その傾向は住宅団地および観光地において特に著しくなっ

ている。

- (2) 施設の用地に広大な面積を確保することが困難であり、かつ立地条件からいっても環境上公害問題を起こしやすい。
- (3) 設備の運営には、その維持管理が重要な役割を占めるが、専任の技術者による高度の維持管理が必ずしも期待できない。
- (4) 処理場建設費、維持管理費が割高となるため、資金からの制約を受ける場合が多い。

3.2 処理方式

日立製作所では小規模下水処理設備の特異性を考慮に入れ、Contact Stabilization 方式を採用している。本方式は吸着と酸化の工程を分離することにより、標準活性汚泥法と異なり操作の調整に融通性ができ、各工程別に調整できる。したがって他の活性汚泥法では暴気槽全体に負荷がかかるが、本方式では直接影響を受けるのは接触槽のみで返送汚泥は常に活性状態に調整されたものが返送され、高い浄化能力が得られる。

接触暴気槽においては微生物汚泥濃度を常に高く保つことができるのでショックロードの影響が少なく、また暴気槽内の M. L. S. S. が高く保たれるため、A. B. S. 洗剤による発泡現象が少ないなどの特長を有している。余剰汚泥の処理は比較的処理場が住居に接近して設置される場合が多いので、好気性消化法を採用している。

3.3 沈砂池設備

立地条件および下水道流下方式によって沈砂池または砂だめを設けるのが普通である。設計基準は大規模処理装置と同様であるが、管理上の問題で下水篩渣は直接、沈砂池下流側の水路内に設置した湿式粉砕機により細断し下水とともに処理工程に送り処理される。粉砕機にはバイパスを設け細目手かきスクリーンを設置している。

3.4 コンタクトスタビリゼーション槽設備

本槽は接触暴気槽、汚泥再暴気槽、沈殿池および好気性消化槽から成り、各槽をコンパクトな長方形にまとめ面積率を良好ならしめ

ている。暴気方式には大規模下水処理で確実な実績を有する片側旋回流方式を採用し、特に接触暴気槽、汚泥再暴気槽には処理水の短絡防止壁を設けている。接触暴気時間と汚泥再暴気時間の割合を広範囲に調整することが可能となっているので、流入原水、水量の変化に対して確実な処理を保持することができる。

設計基準は次のとおりである。

- (1) 接触暴気槽

暴気時間 0.33~2.52 時間 調整可能
- (2) 汚泥再暴気槽

暴気時間 1.0~5.0 時間 調整可能
- (3) 沈殿池

滞流時間 2.0 時間 水面積負荷 $30\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ 以下
- (4) 好気性消化槽

暴気日数 約 11 日

3.5 コンタクト槽機械設備

接触暴気槽、汚泥再暴気槽、および好気性消化槽には日立ノズル式散気装置を設置している。散気装置は送風機にフィルタを必要としない構造とし、槽外に容易に取り出せるつり下げ式としている。汚泥かき寄機には中心駆動方式を採用し、スクレーパを対数ら線形

とし汚泥のかき寄効率を改善していることが特長である。

4. 結 言

日立下水処理装置の概要と、装置の特長と実績を述べた。下水道および下水終末処理設備の整備はまだその緒についたばかりといえる今日、これら装置もさらに数段の進歩を要することを痛感している。当面の課題としては汚水処理プロセスの高能率化と、膨大な量にのぼる汚泥の処分があげられる。各方面のご助力を得て早急に成果を上げたいと願っているものである。

参 考 文 献

- (1) 水口：日立評論 47, 314 (昭 40-2)
- (2) 川勝：産業機械 No. 164, 4 (昭 39-5)
- (3) 本多淳裕：浄化槽の実際と応用 p. 463 (昭 39-5 株式会社理工社)
- (4) 日本水道協会：公共下水道統計 No. 19
- (5) 岡本、小林：水処理技術 p. 43 (昭 37-5)

特許第426221号

特 許 の 紹 介

中 村 順 福・小 橋 正 人

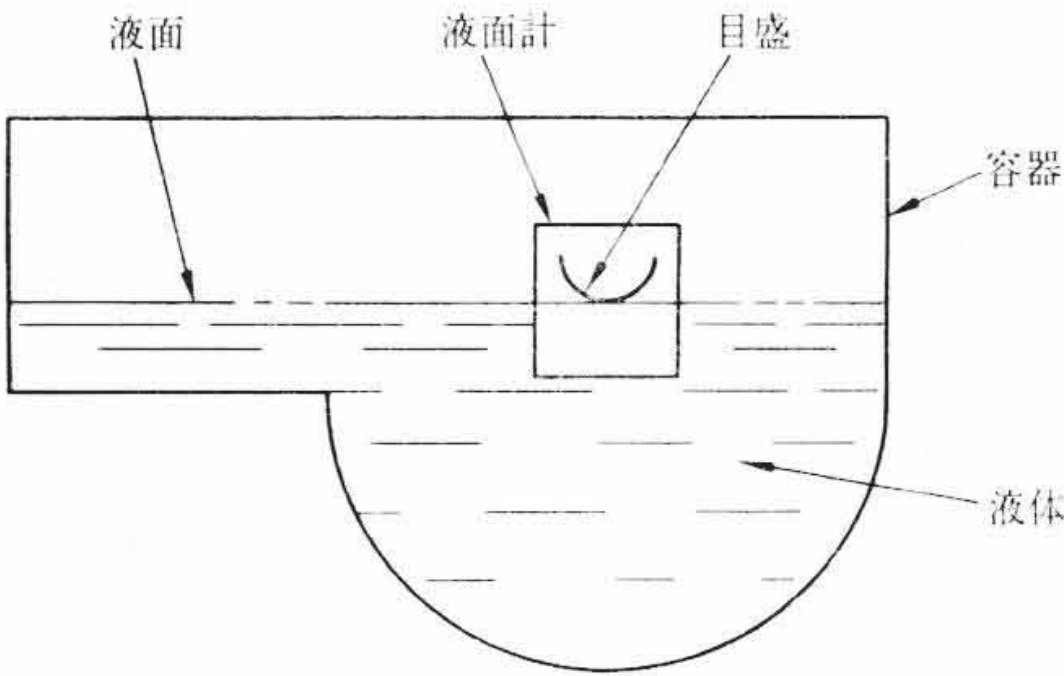
液 面 計

道路用および鉄道用車両の減速機箱や液体運搬車などに設けられる液面計は、一般に平坦線上でなければ正確な値が読み取れない欠点があり、したがってたとえばこう配線上において停車した場合には、正確な計測または点検をすることができない。

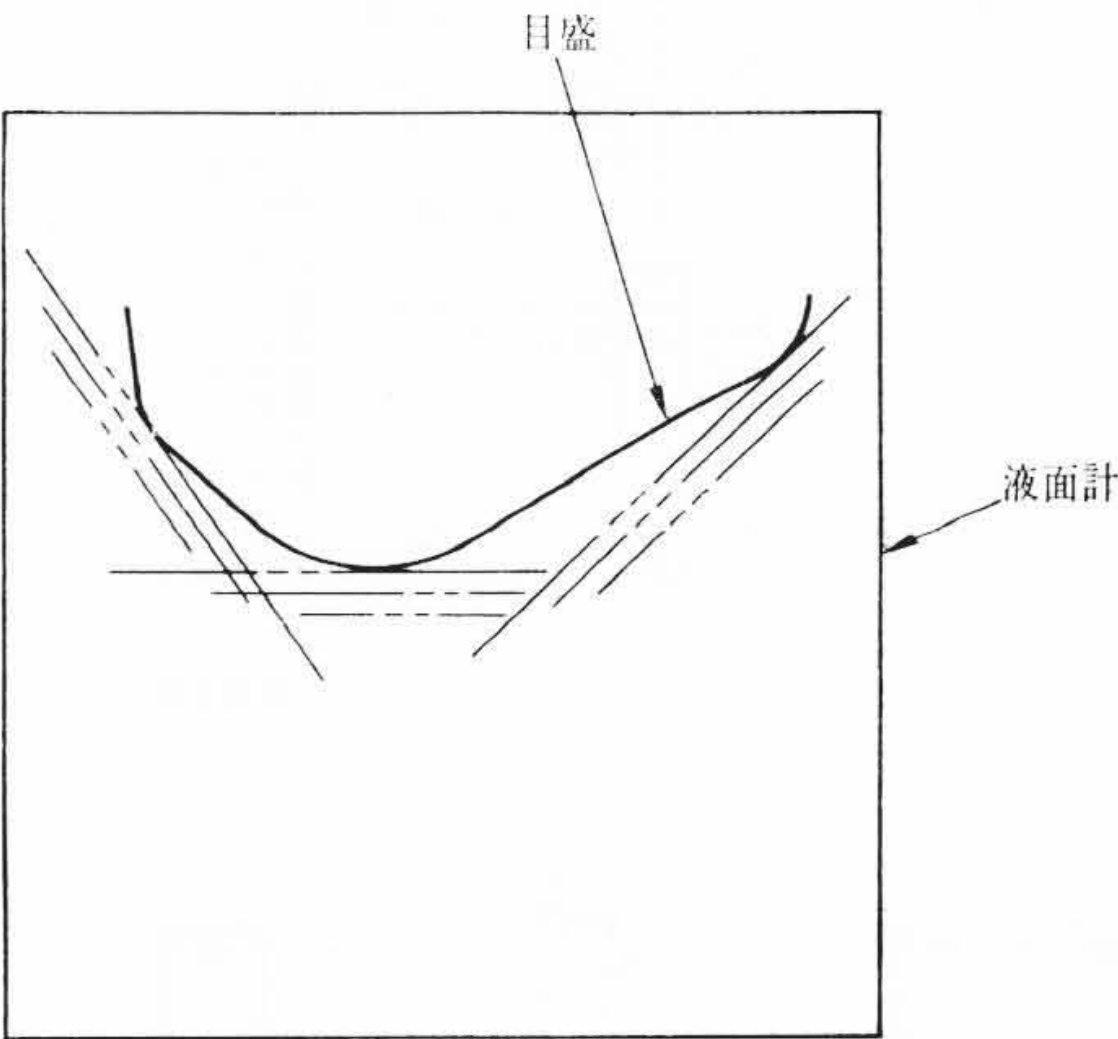
この発明は、このような不便を解消した液面計に関するもので、図に示すように透明な液面計を取り付けた容器内に液体を収容し、液面計の取り付けられた面を垂直に保ったまま容器を種々の角度に回転せしめ、それぞれの角度において示す液面を表わす直線を接線とする曲線をこの液面計の目盛としたことを特長とする。

このようにすれば、液面が目盛を切るような場合は収容された液体が一定量よりも多く、液面が目盛に接せず離れている場合は一定

量よりも少ないことを示し、容器が水平にある場合はもちろん一次的に傾斜した場合においても、液体の量を知ることができる。さらに必要に応じて目盛を数段に刻めば、液体の量を正確に計測することができる。(武居)



第 1 図



目盛詳細図
第 2 図