
汚水およびごみ処理装置特集

欧米の下水・ごみ処理場の現況と動向	93
日立下水処理装置	103
テストプラントによるし尿消化の実験	113
産業廃水処理装置	119
日立し尿処理装置	127
汚水および廃水処理装置の計装	135
日立式ごみ焼却装置	139
日立高速堆肥化装置	147

欧米の下水・ごみ処理場の現況と動向

Sewage Treatment and Refuse Disposal Plants in Europe
and U. S. A.—Their Present Status and Tendency

岩井重久* 伊藤 Hajime Itô **

内 容 梗 概

この報告書は、昭和39年の4～5月にわたって視察した、ヨーロッパ9個国とアメリカとにおけるごみ処分場、および主として下水処理場に関し、その計画や用地、形式、運転管理および処理方式のほか、とくにその設備、機器類に重点をおいて調査した結果をとりまとめ、これに基づいてわが国の現況に多少の批判を加え、わが国将来における関連技術の研究、開発上の参考のための一助としようとしたものである。

1. 緒 言

ウィーン市で開催された第8回国際公共清掃会議へのわが国からの参加団のメンバーとして、昭和39年4月4日にわが国を出発し、上記の会期を込めて約40日間にわたり、ヨーロッパ諸国の下水およびごみの処理場や関連機関、研究所を上記の一行とともに視察した。さらに筆者らは、その後、約20日間にわたりアメリカの下水処理場や諸機関、大学、研究所を歴訪する機会を得た。ここではおもに下水処理場に関し、われわれの得た知見をヨーロッパとアメリカとにわけて紹介することにした。本来は歴史的背景に基づき、行政や管理などの面にも触れ、特に近来大いに研究開発されている下水やごみの処理、処分方式についても詳論したかったのではあるが、本文では主として下水処理用の機器、装置、設備を重点的に紹介、論評し、そのほかの事項やごみ焼却炉の詳細については、別の機会に発表することにした。

ヨーロッパでも各国により、またアメリカとではそれぞれの特徴があるので、その現状や将来について比較検討してみたが、こうした試みは最緊急事とされているわが国のこの種の事業の発展と実際施設の建設とに、多少とも資するであろうと考える。こうした意味で、本報告書が関連科学技術者にとって参考ともなれば幸いである。

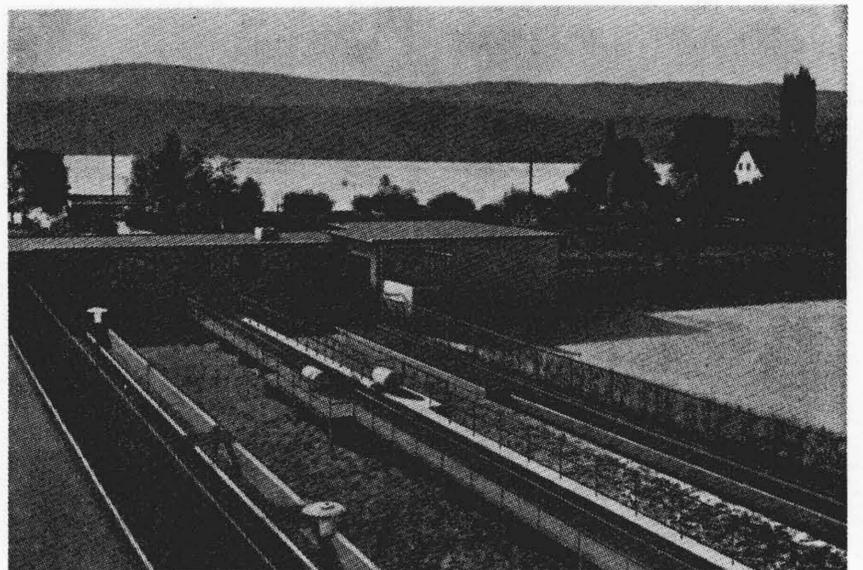
2. ヨーロッパの下水処理場

2.1 イタリア：ソレント (Sorrento) 市下水処理場

イタリアの下水処理場はこれから建設される段階であり、ナポリ市では建設に着手したばかりである。有名な観光都市ソレントの下水処理場は1959年に完成し、処理人口は1.5万人、合流式を採用した散水汙床法による中級処理で、汚泥は天日乾燥している。海岸に面した谷間に設置され、施設としての特色は少ない。ナポリ大学のメンディア教授が、下水の電気化学的処理の研究および実験⁽¹⁾⁽²⁾を行なっている。そのための使用電力は生下水1m³あたり4kWといわれている。

2.2 スイス：キュースナハト・エルレンバッハ (Küsnacht-Erlenbach) 下水処理場

チューリッヒ市近郊にあり、1960年に完成し、処理人口は1.8万人、将来は2.5万人に増設される予定である。合流式を採用し、標準活性汚泥法とステップエアレーション法とに切換え可能な高級処理場である。おもな特長として、スクリーン、沈砂池、最初沈殿池および降雨時の雨水放流調整槽が地下式で、暴気槽、最終沈殿池、汚泥消化槽などは地上に設けられ、チューリッヒ湖畔に位置する観光都市としての美観上の条件を満足せしめている。全体が整然とま



第1図 スイス：キュースナハト・エルレンバッハ下水処理場の暴気槽と環境

とまり、美しい色彩感覚で、センスの良さがうかがわれる。

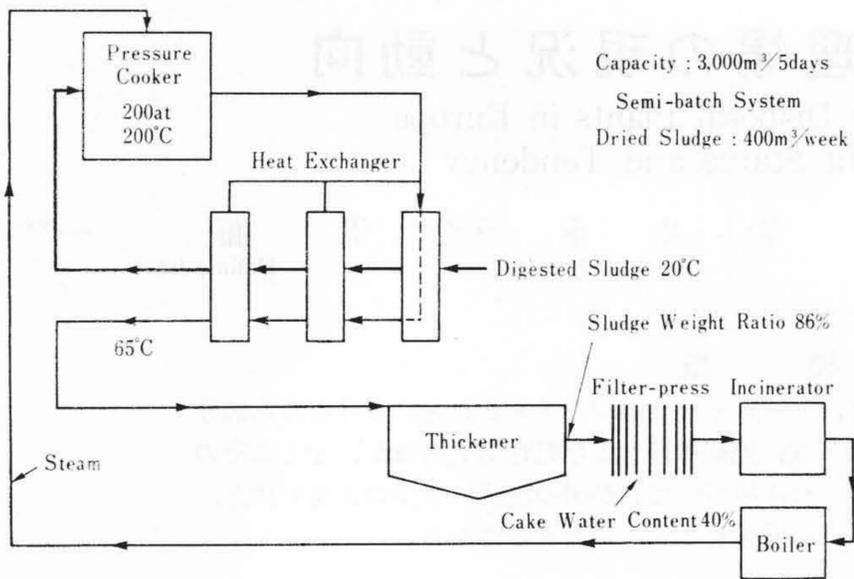
下水量は、晴天時250 l/s、降雨時は5倍の1,250 l/sである。ごみは量が少なく均質なようにみうけられた。したがって、あら目バースクリーンにかかるごみは、1本の水平回転軸上にレーキのついた2本のアームを取り付け、これを円回転運動させてかき揚げつつ搬出処分している。細目スクリーンは水平円形で、その外側の一端に回転カッターが取り付けられ、ごみをこれで粉碎して下水中に混入させるようにしたコンパクトな機械により、トラブルなく運転されていた。沈砂池は円形で、接線方向に下水を流入させ、バブルに下水があたって下部ホッパーに土砂が沈殿し、これをポンプで上からぬき出し、トロッコで搬出処分する。暴気槽は、ケスナーブラシによる表面暴気法を採用し、好成績を収めてはいるが、これより発する騒音が大きく、付近住民より苦情が出ているので、散気式暴気法に切り換える予定であるといわれる。放流下水中に窒素、磷酸塩が含まれるとチューリッヒ湖水に藻類が過剰繁殖し、種々のトラブルを生じるので、チューリッヒ工科大学のヤーク教授の基礎実験結果から、暴気槽直後でFeCl₃を注入し、NとPとをコントロールする装置を設置する予定といわれる。

2.3 スイス：ヴェルドホエルツリイ (Werdhölzli) 下水処理場

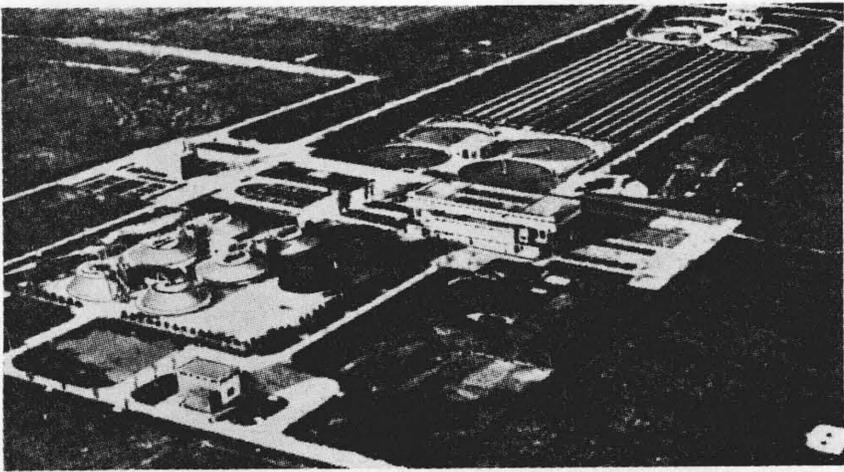
チューリッヒ市にあり、すでに1930年に20万人分の沈殿放流の処理場が完成している。新処理場は旧処理場内に増設され、1967年頃完成の予定である。これは活性汚泥法による高級処理であるが、その方式および装置の内容は旧処理場とは相当違ったもので、現在建設中である。装置のおもな特長をあげると：ごみかき揚げ装置は、平鋼製バースクリーンを傾斜して設けており、その地上部は案内板で一体となり、しかも地上部のみ両側にリンク状のガイドがあり、この中をローラチェーンがエンドレスに回転し、これに1本の

* 京都大学教授(工学部衛生工学教室) 工博

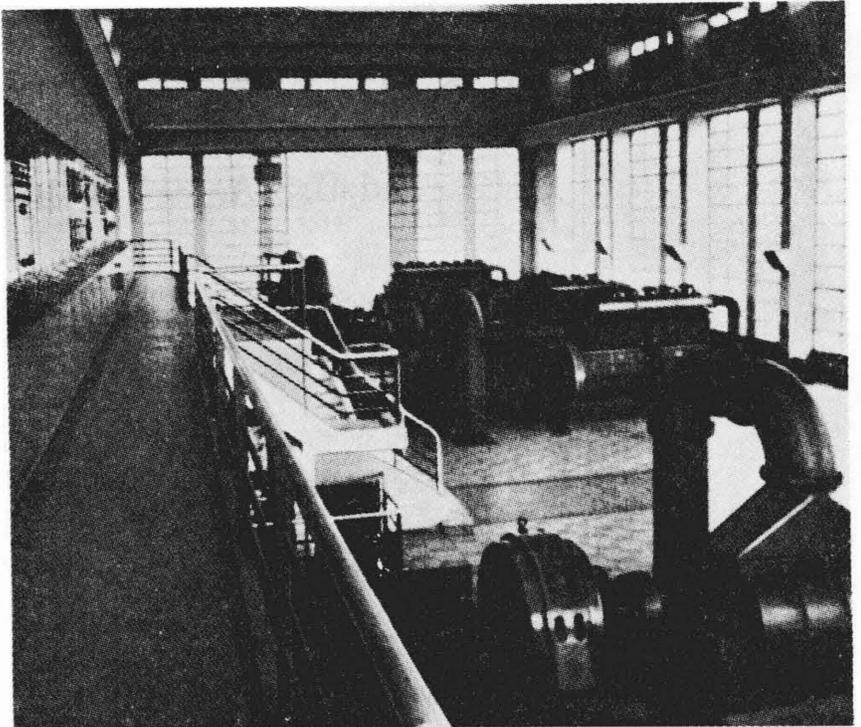
** 日立機電工業株式会社



第2図 スイス：ヴェルドホエルツリイ下水処理場の汚泥処理設備のフローシート（計画中）



第3図 パリー：アシェール下水処理場全景



第4図 パリー：アシェール下水処理場のガスエンジン・ブロウ設備

って配管し、その中にブロウの冷却排水を通すことにより、下水と接触させて下水を温度上昇させ、逆に冷却水の温度下降効果をねらっている。また暴気槽の特色は、下水を貫流させるだけで、粗大気泡による給気、かくはん、これに適した槽の形状とにあり、暴気槽の横断面の中心線に主空気を水流の方向に通し、これより鉛直下向きに枝管を取り付け、その接合部は簡単に取りはずしが可能で、空気吹き出し口は枝管を切断したままとなっているが、現在では一部の枝管の下端に、十字形に分岐した四つのノズルを取り付けてテスト中である。最終沈殿池は最初沈殿池とまったく同一仕様であるが、円周上の越流せきより越流する下水の落差を1cm以下におさえることにより、泡立ちを防止することに成功している。消化槽群は、そのNo.1～No.5にそれぞれ汚泥を投入し、35°C加温、25日消化とし、No.1～No.5のいずれからでも、さらにNo.6の消化槽に汚泥を移送し、ここで無加温で10日間貯留している。ここからの最終消化汚泥は、1日あたり、このNo.6槽の上部より70m³、下部より30m³ずつ取り出され、放流下水に混入して野菜畠に送られる。消化ガスの成分はNH₄, 65%・CO₂, 30%・その他、5%である。H₂Sはあまり含まれていないので脱硫設備はない。消化ガスはブロウを運転するガスエンジンの燃料源として使用される(第4図)。しかも消化ガスは冷却して使用されるので、そのときの冷却水は加温されて、消化槽の加温用に利用されている。これ以外にあまった消化ガスは、自動車用燃料として利用される。

下水野菜畠はパリー市の所有で、道路の両側に延々20kmにわたってつらなっており、一単位を100haずつに区分し農園として貸している。ここでは原則として煮て食べる野菜類、トモロコシ、ネギ、苗木などを栽培し、下水以外の肥料は使用していない。

2.5 ロンドン：北部下水処理場 (Northern Outfall Works)

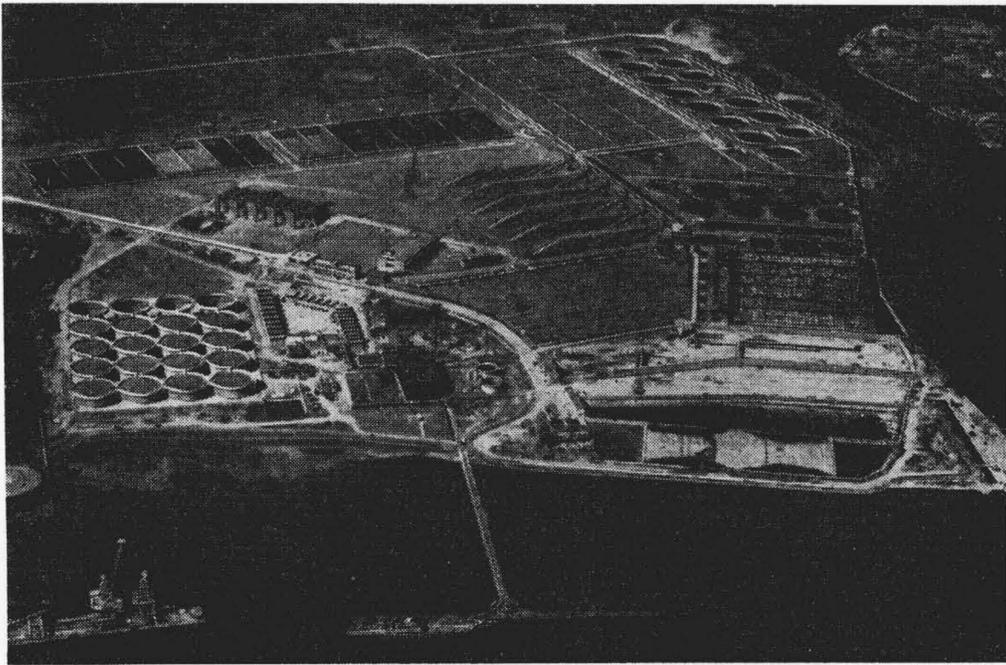
テムズ川で南北二つに分けられたロンドンには、南部処理場と北部処理場とがある。北部処理場の建設の歴史の概略は次に示すとおりである。すなわち、1864年までは簡単な沈殿だけで潮の干満作用によりテムズ河口に放流していたが、1889年に13mgdの沈殿池を設けて沈殿放流し、汚泥は60mileの沖合に海上投棄していた。1914～18年(第一次大戦)の頃から後に下水の処理実験を行ない、1931年に10mgdの表面暴気槽を設け、活性汚泥法を採用した。完全なものではないが部分的処理を開始し、60mgdまでの処理を可能とした。1939～45年(第二次大戦)の間は中断されたが、1955年に沈砂池および沈殿池の新設備を完成し、1959年には60mgdに生物処理をほどこし、全余剰汚泥に対する消化処理施設と動力室とが

レーキを取り付けることにより、可動部分は下水中につかることなく、レーキのみが下水中にはいり、ごみをかき揚げる。ごみは地上部案内板の上端でワイパー装置によりかき落とされ、その場所でプレスして脱水され、焼却処分されるようになっている。また汚泥処分としては、新処理場の消化槽から出てきた消化汚泥を、いったん旧処理場の消化槽に入ると、含水率90.2%くらいの消化汚泥として出てくる予定で、これを圧力釜に入れて処理する。この構想は数年にわたって実験済みのもので、そのフローシートは第2図に示すとおりである。

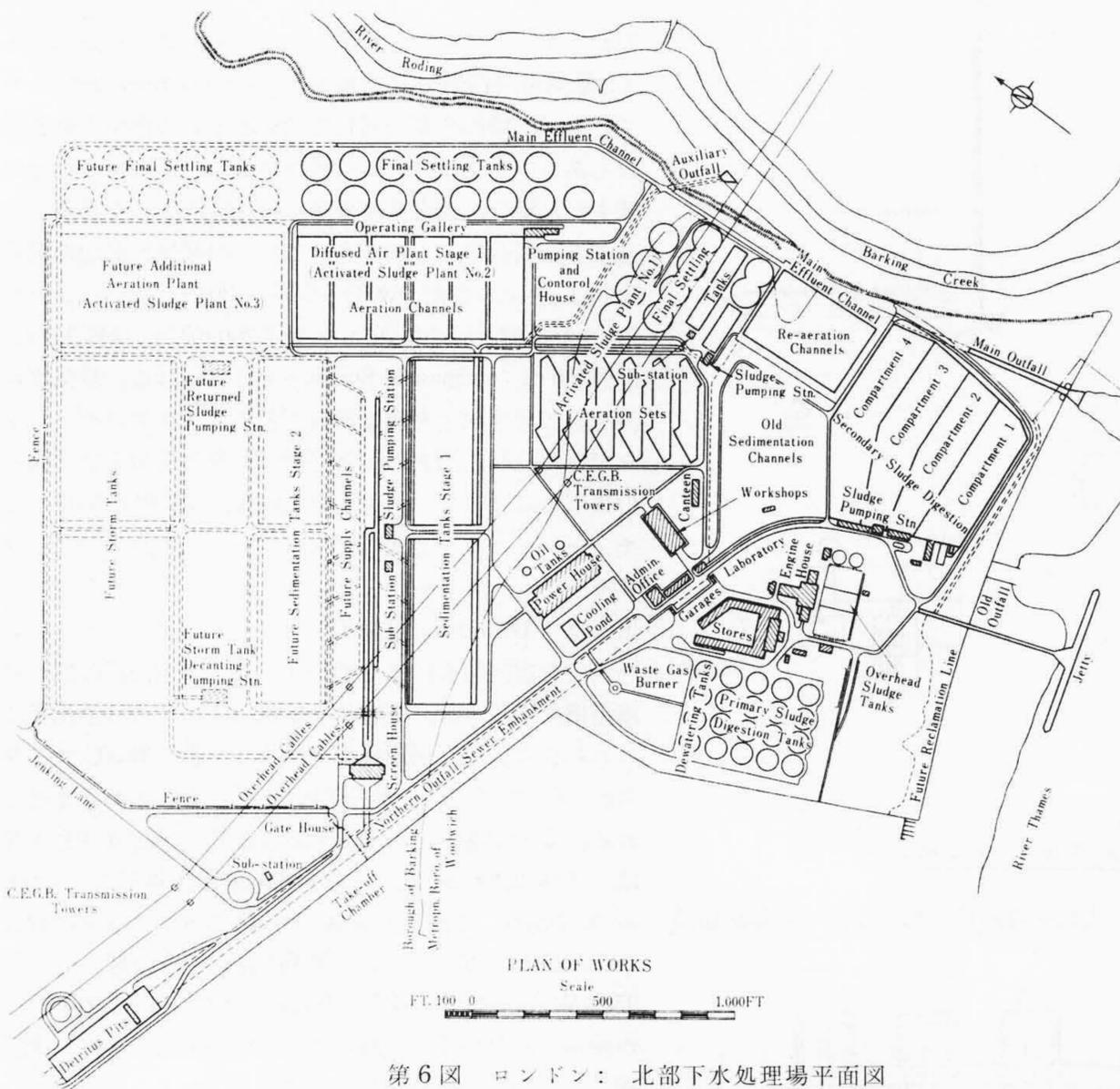
2.4 パリー：アシェール (Achères) 下水処理場

パリー市(セヌ県)の下水はもともとセヌ川に流していたが、汚染がはなはだしくなり、ある程度以上の下水は流せなくなり、ベルグランド氏の発案によりクリシーという所に野菜畠を設け、灌漑(かんがい)処理をしていた。その後クリシーだけでは用地が不足するので、三つの候補地を決定し、これらに向かう下水本管と途中の中継ポンプ場とを建設中であり、その大部分は完成している。しかし現段階でも灌漑処理に限度が生じてきたので、コロンブというところで処理実験をした結果により、新処理場をアシェールに建設した。その処理人口は50万人、1940年に完成している。現在、これと同容量の新処理場を、旧処理場に並列して建設中である(第3図)。

流入下水は沈殿処理した後、活性汚泥処理し、最終沈殿池を経たあとで、消化汚泥と混ぜて下水畠に利用し、一部はセヌ川に放流するが、消毒はしていない。余剰汚泥は消化槽に入れて消化し、消化汚泥を農肥用に使用する。なお下水200,000m³/dから生汚泥600m³/dが生じ、これを消化すると12,000m³/dの消化ガスがとれる。流入下水の水質はB.O.D.₅, 220ppm・S.S., 250ppmであり、放流下水の水質はB.O.D.₅, 20ppm・S.S., 15ppmである。おもな特長をあげると：最初沈殿池は円形で、円周上の越流せきの直下にこれにそ



第5図 ロンドン： 北部下水処理場全景



第6図 ロンドン： 北部下水処理場平面図

完成した。1960年には、さらに100mgdまでを二つの暴気槽で完全処理することとなり、一方、旧施設の沈殿池では、以前の60mgdを100mgdに増した沈殿処理だけを行ない、両者の処理水を混合して合計200mgdを放流している。1970年には、上記の両者を完全処理するとともに200mgdだけの新処理施設が追加増強される予定である。

約100年の間、研究と実験とをかさね、改良と増設とにたゆまぬ努力が続けられてきた。現在では、流入下水のうちの7.5mgdは悪質の工場廃水であるので、これを含めた30mgdは、旧施設の一部を使用していったん沈殿処理したのち、新施設の完全処理にかけている。現在、下水だけを新設の完全処理施設で処理するときは、流下水のB.O.D.₅は380ppm, S.S.は400ppmであり、最初沈殿池

出口のB.O.D.₅は150ppm, S.S.は100ppmであり、放流水のB.O.D.₅は5ppm, S.S.は10ppmである。しかし実際には前述のように混合したものの放流水のB.O.D.₅は60ppm, S.S.は65ppm程度である。なお1970年にすべてを完全処理するようになると、放流水のB.O.D.₅は5ppm, S.S.は10ppm程度になると予想されている。処理施設の詳細については省略するが、処理場全景は第5図に、その平面図は第6図に示すとおりである。

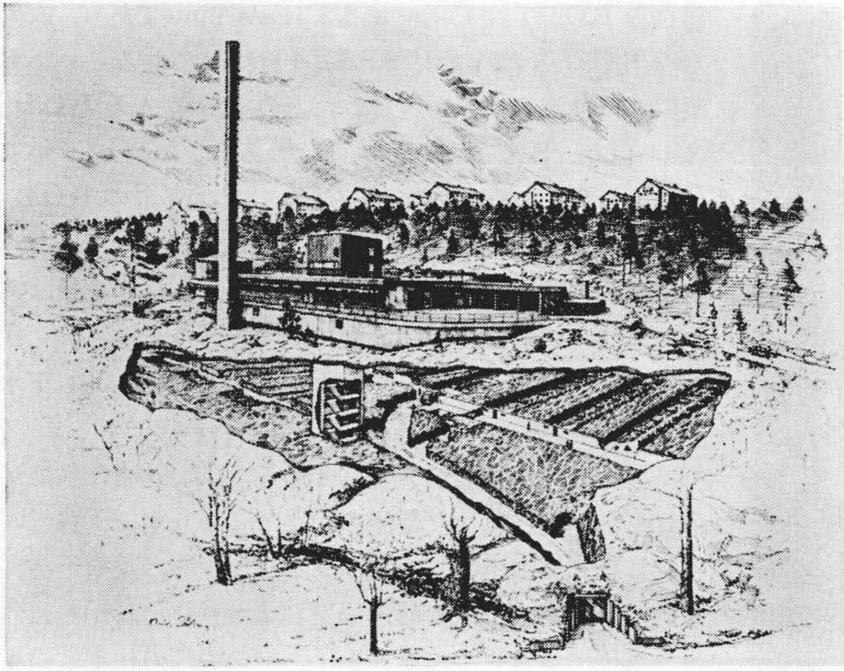
2.6 ストックホルム： エルシエルス (Eolshälls) 下水処理場

市の地盤は岩盤で構成されている。広い適当な敷地が少なく、建物に莫大な建設費をかけるよりも、工費が安くて、公害や環境衛生上のトラブルがなく、美観上からも利点のある地下式の処理場としており、それが本処理場の特色である。この処理場は、市の中部の住宅地の下水を処理するもので、住宅地に近接しており、山の中腹

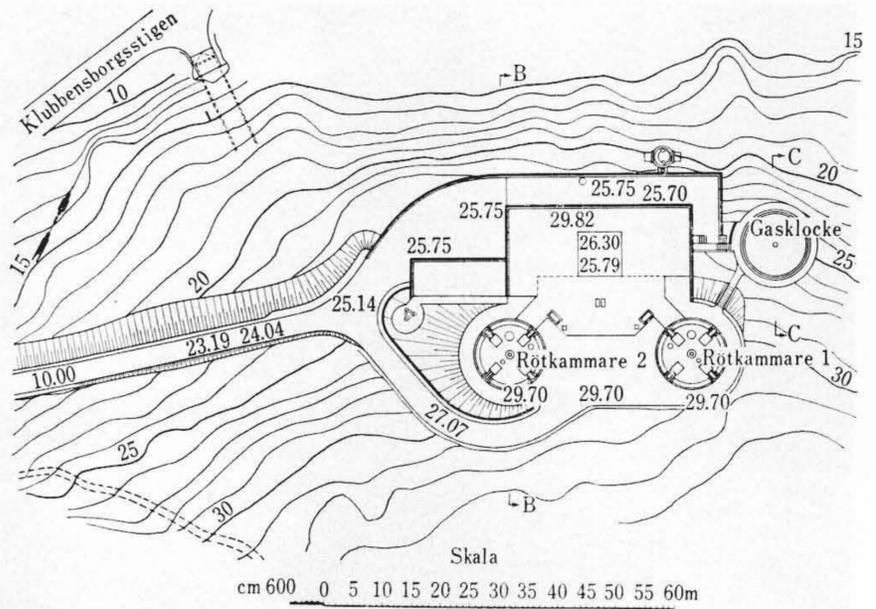
をくりぬいてつくられている。山の上の管理室からエレベータで降りると、地下7階のところに沈砂池、各沈殿池、暴気槽などが設置されており、外部よりみえるのは換気用の煙突、消火槽の屋根およびガスタクの上部、管理室のみである。換気設備については、通気および排気とも15HPのファンを使用しており、排気用の煙突高は地上60mであるが、季節によっては上空に逆転層が生じて拡散が不完全となることがあるので、煙突の下部に押し出し用のファンを設け、ここで新鮮な大気を流入混合して排出するようにしている。沈砂池の沈砂とごみとの処理方法は、キュースナハト・エルレンパッハ下水処理場とほぼ同様で、最初沈殿池は長方形、最終沈殿池は長方形二階層式であり、いずれもチェーン・フライト方式による汚泥かき寄せ機を設け、暴気槽では、北欧でよく行なわれている低圧暴気方式が用いられている。ここでは装置の内容説明を省略し、この地下式処理場の配置および断面のみを図示しておく(第7～11図)。

2.7 ハンブルグ： ケールブランドヘフト (Köhlbrandhöft) 下水本処理場

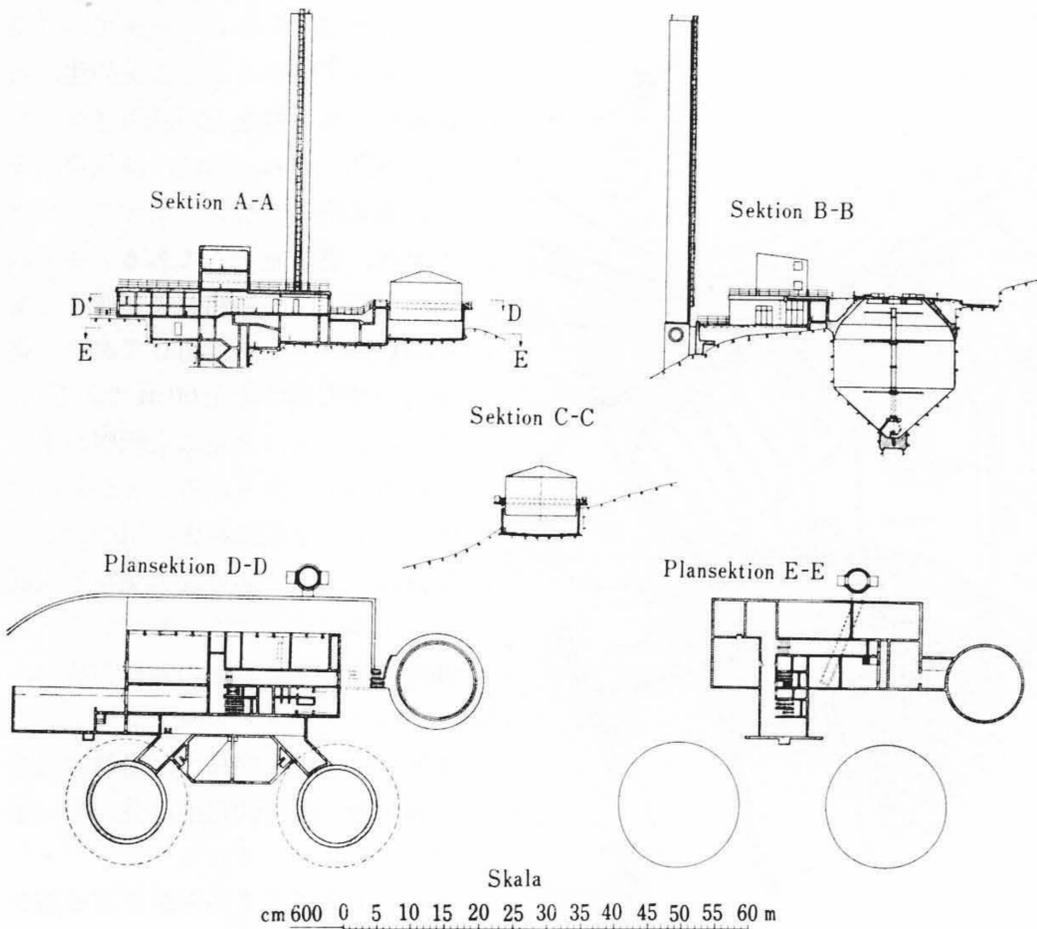
処理人口約110万人分、旧市内のエルベ川の北部とアルトナ市の一部とを含み、最大333,000m³/dを処理する⁽³⁾。下水道は合流式であり、沈砂池および雨水排水口を設けたハーフェンストラッセ (Hafenstrasse) ポンプ場から、北エルベ川底を通る下水本管によって本処理場に送られる⁽⁴⁾。処理場は950,000m³の浚渫(しゅんせつ)土砂で埋立てた9.5haの島に建設されている(第12図)。その特長は、いわゆる「ハンブルグベッケン」(Hamburg Becken)と称する暴気沈殿池である⁽⁵⁾(第13図)。これは10～15分間滞留させてあらい無機物質のみを除去する最初沈殿池の後に設けられた、総容量24,800m³の長方形池で、この中に長さ93m, 幅6mの20槽が平行に設置されている。その1槽ずつに二つの汚泥ホoppaが離れて設け



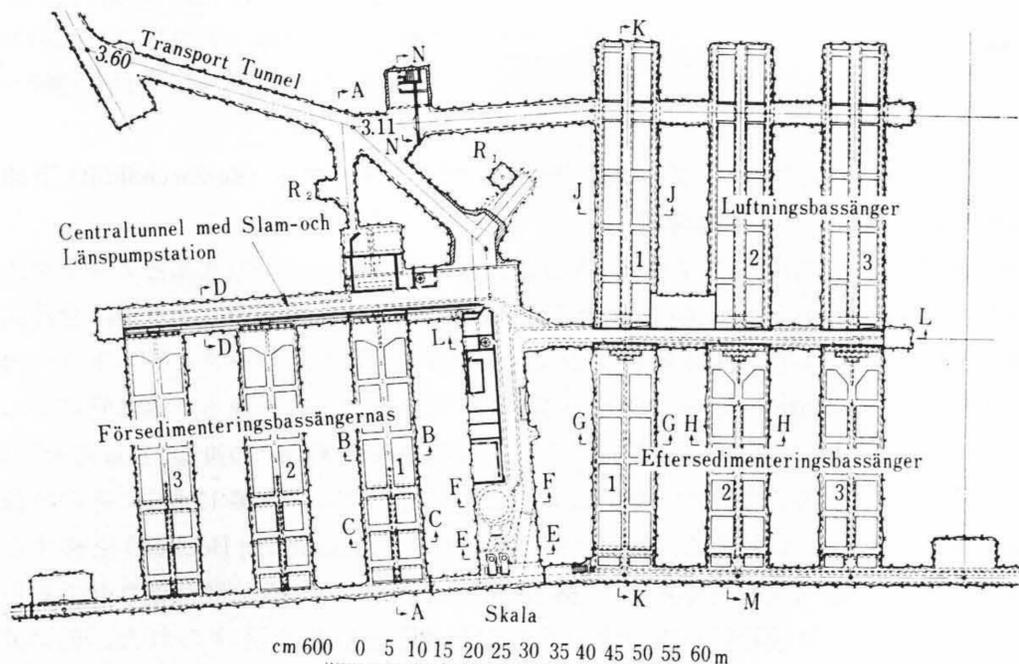
第7図 ストックホルム： エルシェルス下水処理場の全設備の断面図



第8図 ストックホルム： エルシェルス下水処理場の汚泥処理設備の地上平面図



第9図 ストックホルム： エルシェルス下水処理場の汚泥処理設備の各種断面図

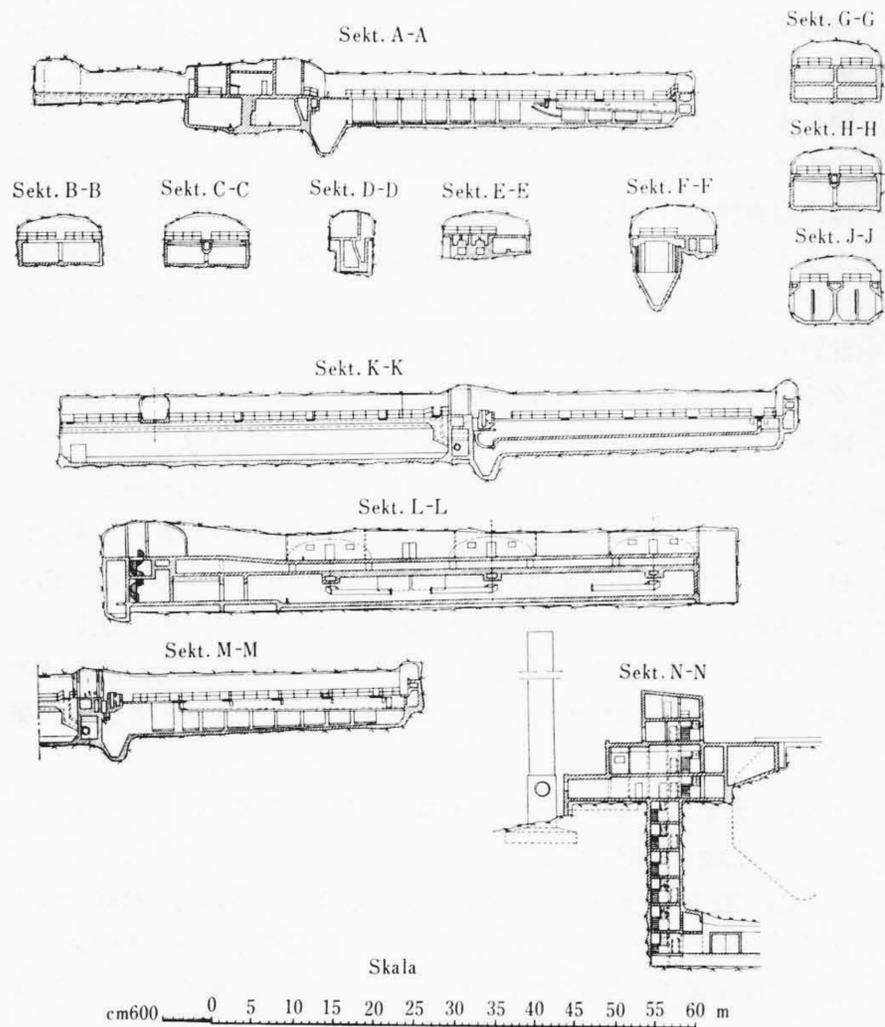


第10図 ストックホルム： エルシェルス下水処理場の下水処理設備の平面図

られ、1槽内ではたれさがただけのスクリーンによって、暴気帯、沈殿帯、塩素消毒帯の三つの部分に分けられているが、槽の全長を通じて沈殿池として作用させる場合もある。暴気操作は、放流先のエルベ川の自浄作用が減少した場合、消毒帯は夏季に放流前にこれを必要とするような場合のみに動作させる。この暴気沈殿池の滞留時間は、上記の各部で30分→90分→20分ぐらいといわれる。また余剰汚泥の移送は、容量7,200 m³/h、揚程1.6 m、直径2.5 mの「Spaans Screw」で行なわれる。暴気は越流ぜきで浸水深さを自動調整できるようなケスナーブラシで行なわれ、汚泥のかき寄せは、暴気帯および沈殿帯の後部ではモノレーキ付地上走行式、沈殿帯中間部ではチェーン・フライト式により行なわれ、これらの運転はリモートコントロールとなっている。さらに汚泥の引き出しは「Drehmo」駆動であり、ダイヤグラムコントロールで急速開閉弁により動作させる。余剰汚泥は三つの濃縮槽で濃縮され、全容量24,000 m³の三つの消化槽に入れられる。汚泥循環外部加温式で、平均34.5°Cで加温され、ポンプにより上から下に、下から上にとかきまぜられる。消化日数は12~20日である⁽⁶⁾。消化ガス発生量は、冬期2,400 m³/d、夏季6,000 m³/d、年平均約3,000 m³/dであり、これは容量10,000 m³のガスタンクに貯蔵され、3台のガスエンジン付発電機の動力源として約950 kWを発電するが⁽⁷⁾、当処理場では300~400 kWしか使用されないため、残りは市に売電されている。発電機およびその付属品は6年間で償却されるといわれている。消化汚泥は2~3ヶ月ためた後、シクナにかけて汚泥沼に出し、はしけで海上投棄されるが、一部は下水の流入口に返送されるほか、これを肥料とするために乾燥させる設備もあるが、経常費がかかりすぎるので、現在では使用していないようである。

2.8 オランダ：ブウンデンパーク(Woondenberg)下水処理場

処理人口4千人の酸化みぞである。酸化みぞはオランダなどで小規模の下水処理場用に開発され、研究、実施がすすめられている。これは活性汚泥法の一変法であるが、その原理および詳細についてはここでは省略し、代表的なフローシートのみを第14図に示す。なお、この処理場では、ケスナーブラシを二箇所にて設けたり、だ円形の循

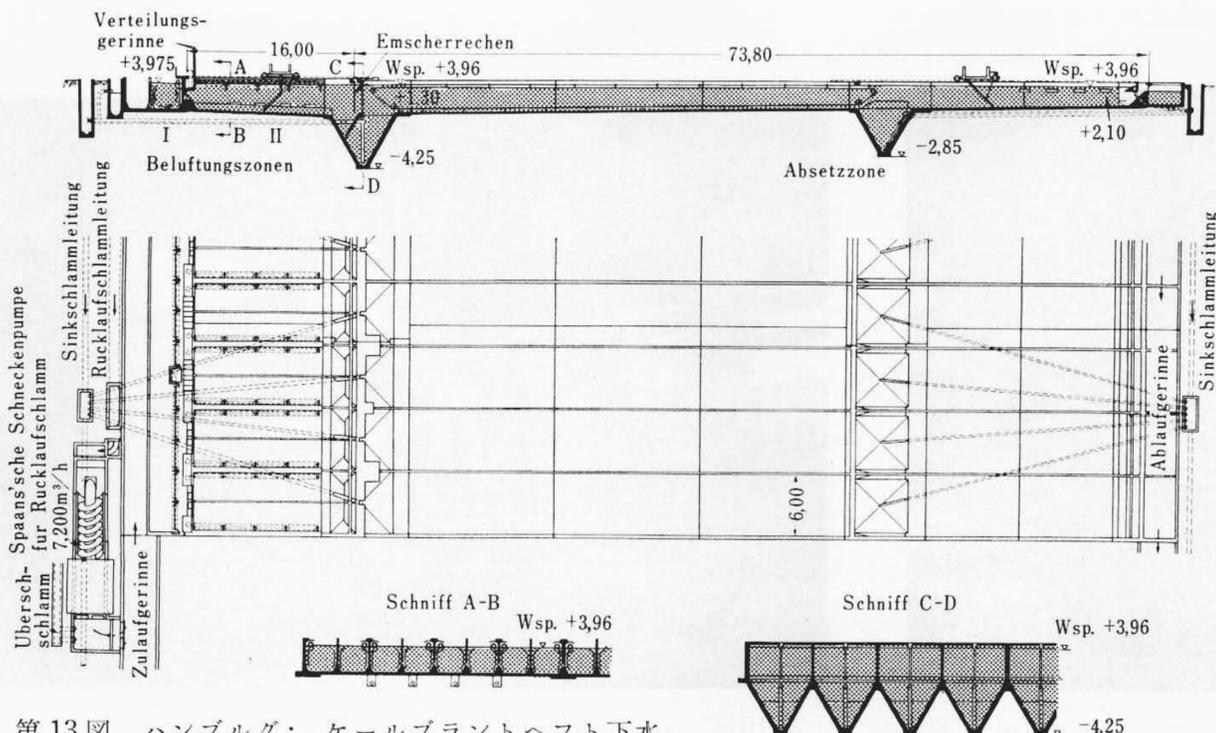


第11図 ストックホルム：エルシエルス下水処理場の下水処理設備の各種断面図

環路状の酸化みぞの一部に沈殿池部分を設け、その部分を流れにそって二つに仕切り、この両者の入口に、一方を閉じるときには必ず他方が開くようになった連動可能な制水とびらを設け、閉じられたほうのみぞの部分を沈殿池として利用し、浄化が進むと放流および排泥を行ない、その後は他方の沈殿部分に切り換えて半連続的に処理したり、酸化みぞにかこまれた中央の空地为汚泥乾燥床として利用するなど、ごく最近に考案された改良策が各所に採り入れられていた。

2.9 オランダ：ヒルバーサム (Hilversum) 下水処理場

処理人口4万人分、合流式を採用している。住宅地に近接して設けられているが、環境衛生上、公害上のトラブルはなく運転されている。処理方式はケスナーブラシを使用した標準活性汚泥法による高級処理である。



第13図 ハンブルグ：ケールプラントヘフト下水本処理場の「ハンブルグ・ベッケン」の説明図



第12図 ハンブルグ：ケールプラントヘフト下水本処理場の全景

3. アメリカの下水処理場

3.1 ニューヨーク州：ウェストチェスター (Westchester) 郡公共事業局下水道部総合下水処理場

1960年に完成し、1980年をみこみ約50万人分、66 mgd を沈殿処理してハドソン川に放流している。ごみのスクリーン処理場は屋内形で独立して設けられており、除じん機と粉砕機とは直結せず、ごみ質の選別および投入量を加減して、前者にかかった物を人力で後者にかき込んでいる。爆発性ガスの自動検出機を備え、ガス濃度が20%以上になれば警報を発生しファンで排出する。最悪の場合はバイパスで放流できる。沈砂池は暴気沈砂池であり、沈砂の除去は、スクリーコンベヤ→バケットエレベーター→傾斜フライトコンベヤ→トラックあるいは空気排出機で行なわれて汚泥船に積み込まれる。バケットエレベーター以降は屋内に設けられている。予備暴気は約15分行なわれる。沈殿池は長方形、越流率は883 gal/d/ft³で、チェーン・フライト方式による汚泥かき寄せ機付である。汚泥濃縮槽は円形、かき寄せ機付であり、汚泥消化槽は90°F加温、10~15日消化、ガスかくはん方式による二槽式である。消化ガスにはガスタンクはなく、直接ガスエンジンの燃料と熱交換器による汚泥の加温とに用いられる。消化汚泥は、容量50,000 ft³の汚泥船に積み込まれ、沈砂とともにニューヨーク市の沖合30 mileの地点で海上投棄されているが、現在、遠心分離機による脱水処理を試験中である。放流水は、

5月1日から10月末までは放流直前に塩素消毒する。1962年の運転平均実績では、沈殿のみでS.S.とB.O.D.₅との除去率は、それぞれ62.0、28.3%、消化発生ガス量は年間で3.58×10⁵ ft³/d、このうち2.89×10⁴、6.04×10⁴ ft³/dが、それぞれブロウ用電力と消化槽加温用に使用されている。

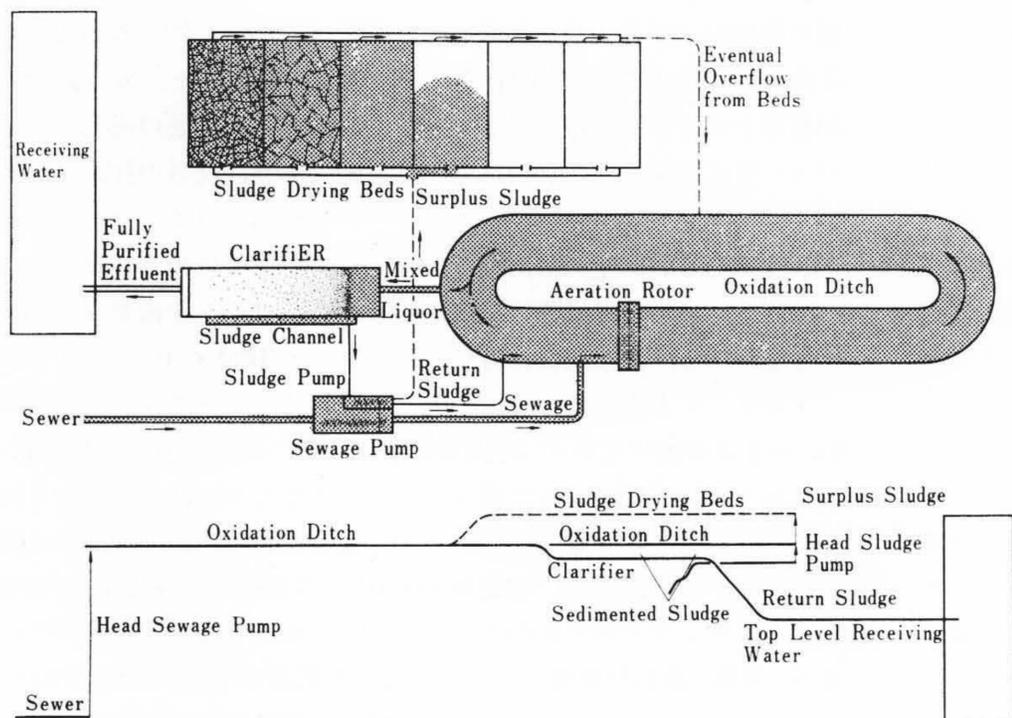
3.2 ニューヨーク市：ワーズアイランド (Wards Island) 下水処理場

1937年に建設され、戦後の1950年前後から改良と拡張とが行なわれ、標準活性汚泥法をステップエアレーション法に切り換えたり、最終沈殿池をグールド (Gould) 形⁽⁸⁾にするなどの能率増進が図られ、約130万人分の180 mgdを210 mgdまで増している。潮位差が2~10 ftもあるイースト川の河

口感潮部に、適当なゲート操作により放流している。おもな特長のみ述べると：ブロワの吸込空気の汙過方法としてアスベストフィルタをやめ、電気収じん機と紙袋フィルタとを用いることにし、散気板などの閉塞事故の防止に成功している。最初沈殿池の汚泥引出しポンプとしては、効率はあまり良くないがトルクフロー形を用い、閉塞事故をなくしている。1950年に45 mgd のみに対し標準活性汚泥法をステップエアレーション法に切りかえ、1953年にはほかの52 mgd のみに対して活性暴気法 (Activated Aeration)⁽⁸⁾ を採用し、放流直前で両方式による処理水を混合し、在来の標準活性汚泥法による分とあわせて放流している。流入下水の S.S., B.O.D.₅ は、それぞれ 160, 140 ppm であるが、ステップエアレーション法によれば、放流下水の S.S., B.O.D.₅ は、いずれも 5~10 ppm であり、活性暴気法によると S.S., B.O.D.₅ とともに除去率は 70~75% にとどまるが、両方式の処理水を混合すると、S.S., B.O.D.₅ はともに 30~40 ppm となり、総括的には除去率は約 80% となる。余剰汚泥はパイプ輸送で汚泥船に積み込まれ、ニューヨーク市の沖合 20 mile の地点で、一週間に 8 隻分が海上投棄されている。放流水は塩素消毒していない。

3.3 ニュージャージー州： バーゲン (Bergen) 郡立リトルフェリイ (Little Ferry) 下水処理場

ニュージャージー州東部のバーゲン郡 28 地方自治体の組合立で、第二期工事が 1962 年に完成し、約 50 万人分、54 mgd をステップエアレーション法により処理し、ハッケンサック川に放流している



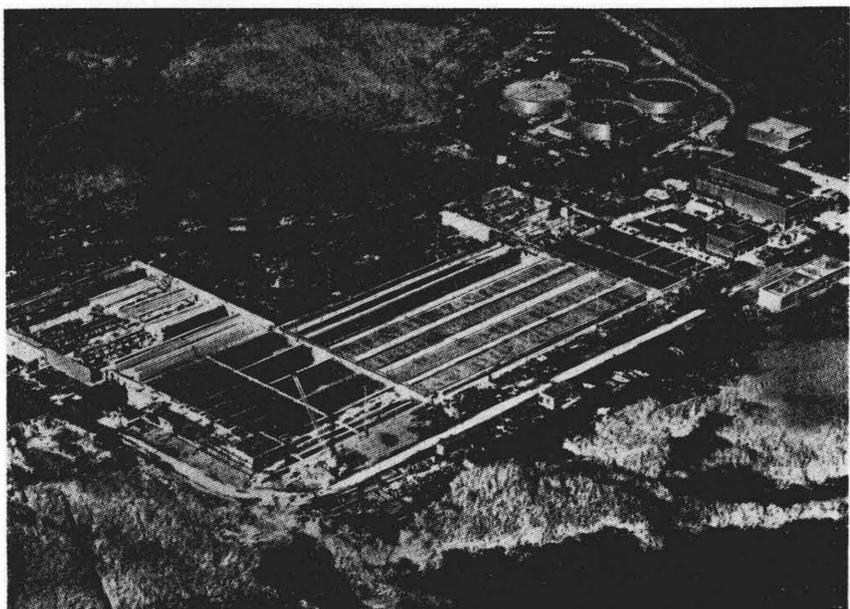
第14図 オランダ： 代表的な酸化みぞのフローシート

(第15図)。おもな特長のみを述べると：除じんおよび予備暴気の設備は地下室内に設けられている。除じん機は粉碎機付であるが、故障が多いので従業員はその使用を好まず、かかったごみを缶に入れ、ホイストで地上につり上げて搬出している。予備暴気用のホースは、耐食性の合成樹脂またはゴム製で、暴気位置を適宜に移動させるように長さを十分にとり、随所にある支持台に簡単に取り付けできるような構造としている。沈砂池はドルコ形、最初および最終沈殿池は長方形で、主コレクタおよびクロスコレクタ付、いずれもグリース除去のための手動スキミングパイプを備えている。暴気槽はスイングディフェューザ方式で、消泡は圧力水をスプレーノズルで吹き付け、放流水は5月15日~10月15日の間だけ塩素消毒をしている。余剰汚泥はシクナで予備濃縮し、3段階、4層式の汚泥消化槽により消化し、消化汚泥はパイプ輸送してラグーン処分池へ送っているが、この池の汚泥の一部は最初沈殿池の流入口へ返送している。機械室には消化ガス利用の 850 kVA ガスエンジン発電機、200 HP ポンプ、17,000 ft³/m ブロワを各 4 台ずつ備えている (第16図)。

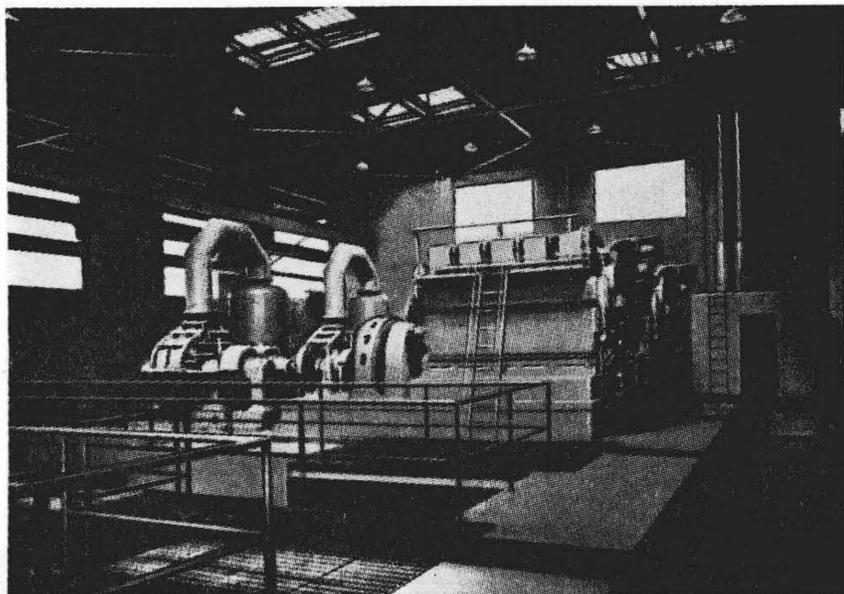
3.4 ディストリクト・オブ・コロンビア (D.C.)： (ワシントン広域) 下水処理場

1935~37年に建設され、1949~51年、1953~55年、1956~60年の3次にわたって増設されて、現在では約179万人分、290 mgd を高率活性汚泥法 ((High Rate Aeration) により処理し、プトマック

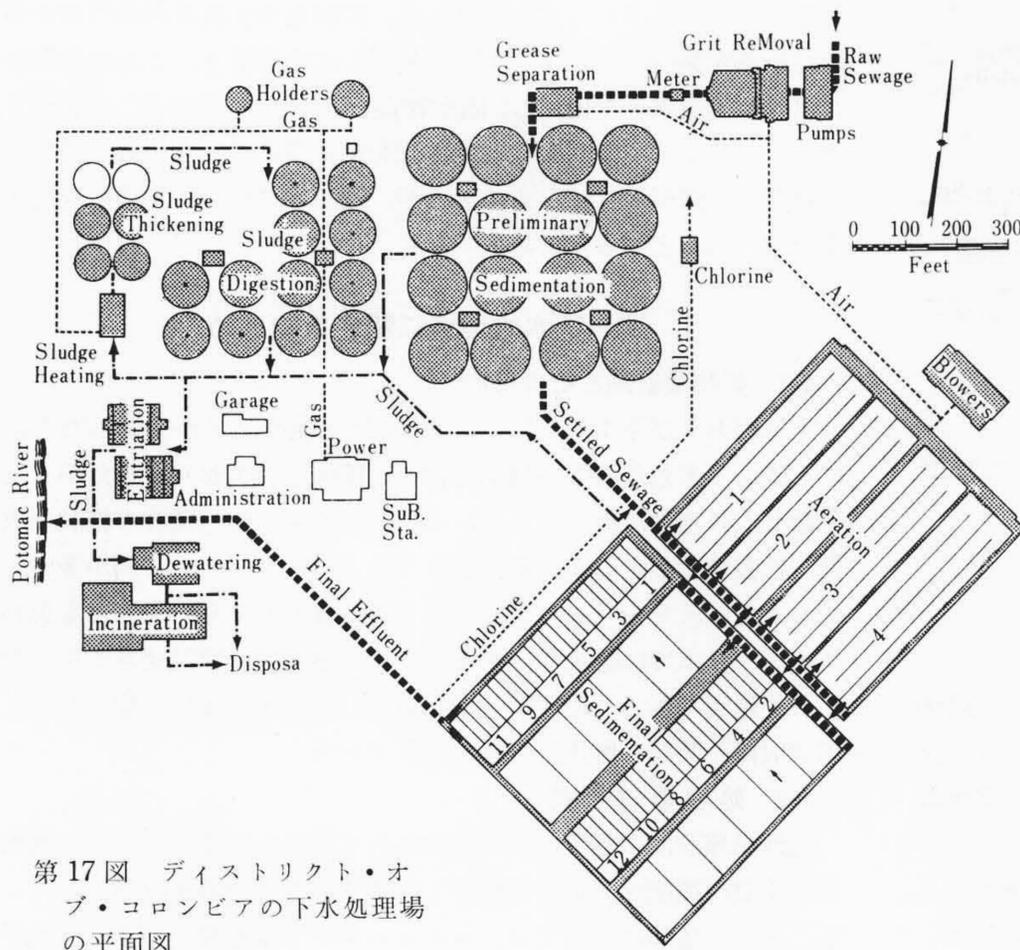
川の流心感潮部に放出している。この処理場のフローシートは第17図に示すとおりである。おもな特長のみを述べると：暴気槽の消泡は処理下水の圧力噴射によるほかに、消泡剤を24時間連続注入している点と、消化汚泥は水洗後、FeCl₃ 7~9%、高分子凝集剤の Dow Flocculant No. 501 を 0.025%、また同じくその No. 601 を 0.70% だけ注入している点とにある。費用は 1 lb 当たり FeCl₃ は 3 セント、高分子凝集剤は 30 セントであるという。また真空脱水機の汙布はナイロン 90%、羊毛 10% の混紡である。さらに、ケーキは野外に積み、これにワシントン近郊の整地切り取り土壌と石灰 (その量は混合物 1 yd³ 当たり 16 lb) とをブルドーザによってまぜ合わせ、需要家があれば無料で肥料として引き渡しているの、焼却装置はあるけれども使用していないとのことである。放流水は5月1日~10月末の間だけ塩素消毒している。そのほか、四つの消化槽で四つの方式を、また二つの系統とした暴気槽では二つの方式を、それぞれ実際運転によって比較検討していることに大きい興味をいだいた。



第15図 ニュージャージー州： バーゲン郡立リトルフェリイ 下水処理場の全景



第16図 ニュージャージー州： バーゲン郡立リトルフェリイ 下水処理場のガスエンジン・発電機・ブロワ設備

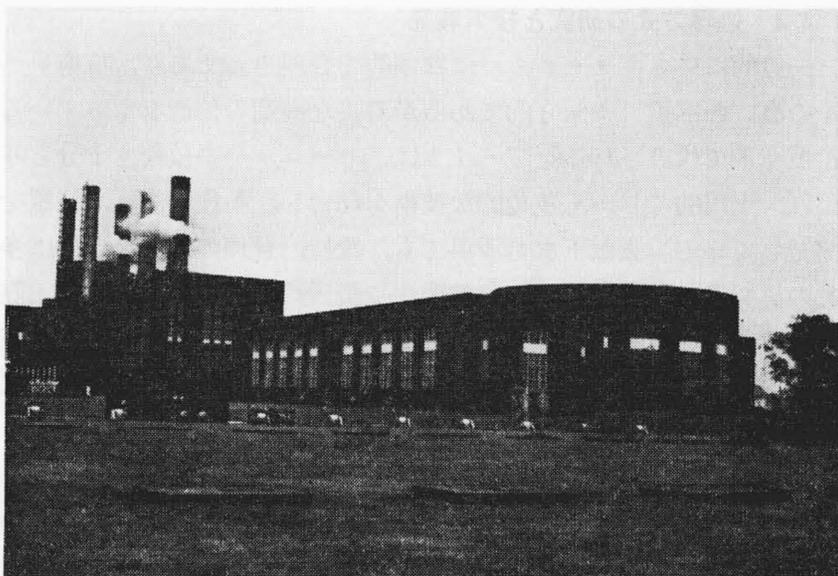


第17図 ディストリクト・オブ・コロンビアの下水処理場の平面図

3.5 ミシガン州：デトロイト (Detroit) 市下水処理場

約400万人分、900~1,200 mgd を沈殿のみで処理し、デトロイト川に放流している。汚水、雨水、工場廃水の流入比はそれぞれ約1/3ずつである。ときとして酸洗廃液が混入することがあるので、警報付連続式 pH 計を流入点に設けている。

当市のごみは、一部焼却する以外の大部分を粉碎処理場で粉碎し、これを下水幹線に注入し処理場に導く。これらは沈砂池および沈殿池で沈殿させ、最終的には沈砂、および沈殿汚泥を脱水したものととも処理場に隣接した第18図に示すような焼却場にコンベヤ輸送し、焼却処分する。沈砂量は約25 t/d である。沈殿生汚泥の大部分は、石灰7.3%と FeCl₃ 1.4% とを混ぜた後、水洗せず真空脱水機にかける。沈砂(25%乾燥固形物)と脱水ケーキ(17%乾燥固形物)とを、1:6の比で混合して焼却する。その燃料としてのカロリー値は、1日について30,000 gal の重油に相当し、金額に換算すると年間15万ドルに相当するという。焼却炉の形式は回転焙焼炉形であり、しめった状態で8 t/h の焼却容量のものが4基備えられている。最高燃焼温度は595°F、燃焼ガスは公害防止のために常時水洗浄をしている。着火時に重油バーナを用いる以外は補助燃料は使用せず、しかもほぼ完全に焼却される。沈砂、脱水ケーキを運搬す



第18図 ミシガン州：デトロイト市下水処理場の焼却場

るコンベヤは、密閉形で建家上部にCO₂などがたまらないようにしてあるが、それでも十分に換気する必要があるといわれている。なお放流水には年中塩素消毒を行なっている。

3.6 イリノイ州：大シカゴ都市圏衛生区 (The Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago) 南西 (Southwest) 下水処理場

1900年までは、シカゴ市の下水はすべてミシガン湖に流入させていた。しかし、ミシガン湖を上水道源としていたために支障が生じたので、逆にミシガン湖から流出する水路を開き、これに10,000 ft³/s の湖水を流出させてミシシッピ川の上流に注ぎ、この水路を舟航に用いると同時に、ここに下水を排出するという計画が実施された。しかしそれでも汚染がはなはだしくなったので、1910年から下水処理場建設の計画がたてられ、1922年に一部竣工した。その後、入口増加に伴って増設、拡張がつづけられ、今日にいたっているが、なお2,000年を目標とし、年間2,500万ドルの費用をかけて増設をつづけていく予定である。下水処理場は3箇所あるが、本処理場の規模が最大である。これは1939年に建設され、約350万人分、約900 mgd を活性汚泥法により処理し、上記の運河に放流している。場内には、以前にできた二階層式処理施設のほかに、大規模の活性汚泥処理場がある。後者には、2箇所のポンプ場と予備処理場(スクリーン→沈砂池→最初沈殿池と他方はインホッフタンク)とがあり、この両方からの流入下水を混合させて活性汚泥処理をほどこしている。余剰汚泥のうち、乾燥重量物で650~750 t/d は、FeCl₃ を添加後真空脱水機にかけ、その滲過液は放流水にただちに混ぜて放流し、脱水ケーキはボイラの前熱で乾燥する。さらにサイクロンや振動ふるいで分級し、非常に細かい粒子の乾燥物は空気輸送してボイラで燃焼させている。乾燥ケーキの一部はプレコート剤として滲過前の余剰汚泥とパドルミキサで混ぜ、その大部分はベルトコンベヤで船積みおよび貨車積みのための貯蔵場に運ばれる。これらは肥料として販売されているが、その理由はフロリダ州などの肥料成分規準では有機肥料を5%以上も含有させねばならないという規則があるからであり、長距離輸送しても、買却による収益は年間200万ドルになるといわれる。この場内にある汚泥の湿式空気酸化処理場(Wet Air Oxidation Plant)は、1964年5月1日に竣工式をおわったところであった。重量で800~900 t/d の乾燥物総量のうち、150 t/d を処分する装置であり、1962年1月1日より1964年5月1日までにこれで処分した総量は74,330.5 t である。その運転成績は第1表のとおりであるといわれる。処理経費は、乾燥物1 t 当り28ドルで、上記の従来法によると、肥料として売っている収益を差し引いても41ドルもかかるので、この方法が有利であるとのことであった。

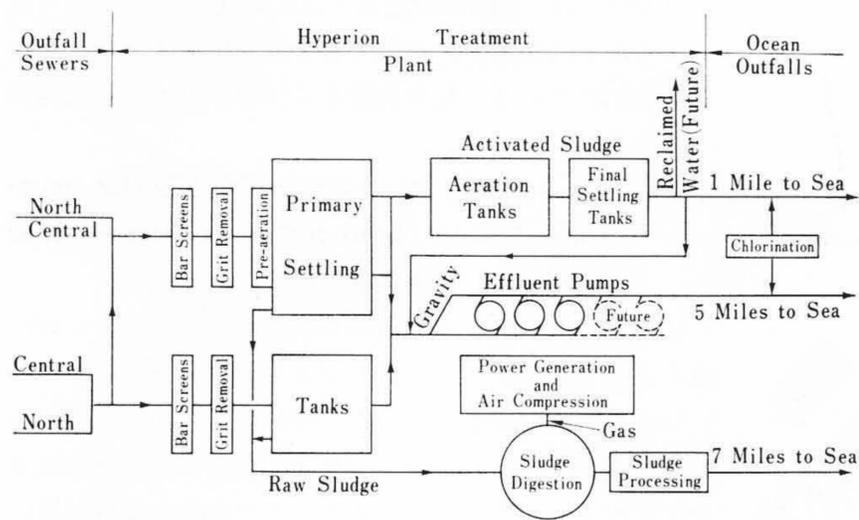
るコンベヤは、密閉形で建家上部にCO₂などがたまらないようにしてあるが、それでも十分に換気する必要があるといわれている。なお放流水には年中塩素消毒を行なっている。

3.7 カルフォルニア州：ロサンジェルス市ハイペリオン (Hyperion) 下水処理場

1950年に建設され、1957~60年に改良および拡張工事がなされ

第1表 イリノイ州：大シカゴ都市圏衛生区南西下水処理場汚泥の漏式空気酸化処理場の運転成績

年月	平均固形物	平均灰分	平均 C.O.D.	連続運転時間 (h)	全処理量		24時間当たりの平均処理量 (t)
	(%)	(%)	(g/l)		gal×1,000	(t)	
1962年	3.8	38.5	44.6	9,702.0	103,158.2	16,318.0	41.2
1963年	3.35	36.7	38.3	18,671.7	294,728.5	40,122.2	51.7
1964年1月	2.91	32.4	34.9	1,968.0	34,051.3	4,100.1	50.0
2月	2.63	33.9	31.8	2,079.0	36,924.7	4,104.1	47.4
3月	2.87	35.4	31.5	2,385.0	41,607.6	4,971.1	50.0
4月	3.35	—	—	2,001.0	34,349.5	4,715.0	56.5



第19図 カリフォルニア州：ロサンゼルス市ハイペリオン下水処理場のフローシート

て約350万人分、約300 mgdを処理している。そのうち、約100 mgdは活性汚泥法による完全処理ののち、1 mile管(直径12 in, コンクリート管)で、また約200 mgdは沈殿放流のみをしたのち、5 mile管(直径12 in, コンクリート管)で、それぞれ海中に放流処分予定であったが、実際にはこの両方の処理水を混合し、5 mile管によって海中に放流しているのが現状であり、塩素消毒は行なわれていない。完全処理した放流水は今後工業用水に再利用したり、あるいは海水の内陸への地下侵入をおさえるための地中注入処分に利用する予定である。消化汚泥は、以前は真空戸過とフラッシュドライヤとで乾燥肥料としていたが、販売価格が1 t当り5ドルであるのに比べ、処理価格は25ドルもかかるのでこれを中止した。現在ではいったん振動ふるいにかかけ、放流水で希釈した後、7 mile管(直径20 in, 鋼板溶接製、内面コンクリート張り)で海中に放流している。放流先のサンタモニカ湾の湾内の11地点では、7箇所ずつ週1回のわりで試料を採取し、大腸菌群、S.S., B.O.D.₅, 底質などの試験を行なっている。処理場のフローシートは第19図に示すとおりである。付近には有名な海水浴場があるので、暴気槽、最終沈殿池が露出している以外は、すべて地下式および屋内式とし、いたるところが芝生におおわれ、美しい花が咲き乱れ、アメリカでも最良の景観をそなえた処理場となっている。次におもな特長のみを述べれば：沈殿処理のみによるほうでは、沈砂池はドルコ形、沈殿池はチェーン・フライト方式の長方形池：活性汚泥処理によるほうでは、スパイラル式暴気沈砂池で、Hapman氏の考案による1列チェーン式のケースコンベヤを備えている。沈殿池は長方形、地下式で、チェーン・フライト方式による汚泥かき寄せ機付、また流出端より前方約1/3にあるグリース・スキマと越流せき部分とを開放とし建家内に収め、その海岸に向かっての側の壁は開口可能としてある。ここで発生する臭気はファンで誘引され、天井の一部に設けられた開口部からダクトを経てブロウにより暴気槽の水中に吹き込まれるが、この方法によると悪臭源となっているH₂Sは酸化、脱臭され、しかも活性汚泥処理における最適pHの範囲が保たれ、悪影響は生じないとのことである。

3.8 カリフォルニア州：オークランド(Oakland)市東湾(East Bay)下水処理場

サンフランシスコ湾東岸の6自治体で組織された組合立の処理場で、1951年に完成し、約60万人分、約70 mgdを沈殿のみで処理している。流出水は消化汚泥と混ぜ合わされ、直径124~108 inのコンクリート管で湾内航路中の水深40 ftの急潮流部へ放流されている。この処理場のおもな特長のみ述べると：ごみ焼却炉は、沈砂池で除去したごみや浮上した油脂分を、少量の放流下水と混ぜて流送し、脱水してから回転焙焼炉式の焼却炉で焼却する予定であったが、

いまだに運転にはいっていなかった。沈殿池の引抜き汚泥の含水率の自動測定装置としては¹³⁷Csを利用した水分計と、これに連動した自動制御装置とを使用し、固形物質を5~6%におさえつつ、ヘリカルスクレーパーポンプで沈殿生汚泥を消化槽に送っている。消化槽は現在では機械かくはん式であるが、近くガスかくはん式に改造する予定であるとのことである。

4. 下水処理場に関するまとめ

4.1 処理場計画とその用地

下水道および下水処理場の必要性の認識が古くからあったために、広い下水処理場の用地が先行的に確保されており、したがって急激な人口増加に対しても20~30年先をみこして既設の施設を改良、拡張することにより解決されるようになってきている例が多い。この点では、ヨーロッパよりアメリカのほうがやりやすいとも思われるが、日本では窮余の一策として市街地の中に建設せざるをえないのが現実である。今後は将来を見通した遠大な規模を想定して、用地取得の問題を解決していくべきであろう。

4.2 処理場の形式

処理場施設はすべて屋内に設けられているわけではなく、立地条件や施設の機能などを十分検討し、必要なもののみ屋内形としている。また、条件によっては、エルンヘルス下水処理場のように地下式としているものもある。しかし重点的に被覆するという点では、ヨーロッパよりはアメリカのほうがもっと徹底していると思われる。ハイペリオン下水処理場などはそのよい例である。わが国では、ある市が屋内形や、地下式を採用すると、その後はどこでもこれにならう傾向があるようにみうけられるが、今後は十分に検討して必要に応じた形式を採用すべきであろう。

4.3 処理場の運転および管理

下水放流先の水域における拡散、自浄作用、被害予想などを徹底的に実施し、これに合致するような計画、設計、建設を行ない、竣工後も水質検査を実施し、厳重に監視して運転操作に反映させて管理している。そのため、イギリスや西ドイツなどでは、放流水質基準がとくに厳格に規定されているのに反し、アメリカでは放流水の水質によっては規制されず、これを受ける水域の水質によって規制されることが多く、これに合致するような合理的な処理方式が採られている。この点では欧米のように立法、行政管理が古くから徹底的に行なわれ、ほかの各種産業廃水の放流規制や、各河川の水質基準が確立している国では、公共水の水質汚濁防止上の実効果があがっている。わが国でも、最近種々の立法措置が講ぜられ、次第に具体的な水質基準が規制されつつあるので、処理場の運転および管理上でも実際に則したような、合理的な施設とすることが必要であろう。

4.4 処理方式の研究と技術開発

一般的にいってヨーロッパは独創的で合理主義であり、技術レベルの高い西ドイツや保守的であるが着実な高度の技術をもっているイギリスで代表される。アメリカは、ヨーロッパの技術も十分とりいれ、実用的でしかも多角的な技術を総合し、多種の方式、装置を開発している。また下水処理場でも、維持、管理の従業員以外に多数の研究者や技術者を擁し、処理法や装置類の開発を行ない、実際上の改善を積極的に進めている。また欧米とも、下水排除方法、産業廃水の下水道混入処理、処理場の規模および設置数、下水道の広域化の問題などで大いに参考となる点が多い。

4.5 エネルギー源の利用

下水処理場のうちには、下水を処理して放流するだけでなく、汚泥処理の段階で発生する消化ガスを燃料とする大規模な動力機械室を設け、ガスエンジンを駆動して、散気式暴気槽への吹込み空気を

供給するブロウを運転したり、また発電機を運転して処理場内の電力をまかなうとともにあまった電力を売電して収入を得ているところもある。また、それらの機械の冷却水を消化槽の加温用に利用したり、そのほか下水の浄化効率をあげるための下水の温度上昇効果をねらっているものもある。この点では、わが国はまったく初歩の域を出ず、これらの設備に莫大な金を要するのでちゅうちょされがちであるが、欧米ではこうした設備費が6年間で償却されている例もあるので、処理効率を向上させ、こうした利用を早期に実現させるような努力を積極的に行ない、外国に劣らない国産技術の進歩をはかる必要性を強く感じた。

4.6 ごみおよびグリットの処理

下水管きょの構造と普及率、排除方法、食生活を中心とする生活環境、雨量などの相違によりヨーロッパとアメリカとでもかなりの差があるように思われる。ごみの処理については、最近、粉碎して下水に混入して処理する方法が多く採用されている。ヨーロッパでは、割合コンパクトな装置になっており、トラブルなく運転されているようであるが、それはごみの量が少なく、質が均一に近いためであると思われる。アメリカでは、最近に設けられた設備でも、除じん機と粉碎機とを直結して自動的、連続的に処理するとトラブルが起こるので、これを分離して人力により間欠的に処理しているものもある。この点、わが国においても、直結自動式の案が多く採用される傾向にあるが、十分な検討を要するものと思う。

グリットの処理については、欧米とも、種々独特の装置が開発されている。この点、わが国では、ごみの処理と同様に困難性をともないがちであった。今後は、沈砂池内の流速を下水の流量いかににかかわらず一定になるようにし、無機質類を主として除去し、有機質類までを沈殿させて腐敗発酵させることのないようにし、除去したグリットは洗浄脱水し、搬出処分などを衛生的に行なうように考えるべきである。機械脱水された沈殿生汚泥に、ごみやグリットを混ぜて焼却処分してしまう方法も考究すべきであろう。

4.7 暴気方式

ヨーロッパではケスナーブランを使用する表面暴気法が多く採用されているが、一部では各種の散気式も使用されている。アメリカでは、散気板は古い施設に多く、散気管や、散気ノズルが新施設に使われ、とくにスイング式のように取りはずしの容易なものが圧倒的に多かった。消泡は、処理水を加圧してスプレーノズルで吹付けているものが多かったが、費用は高くつくが一部で消泡剤を用いているところもあった。この点、わが国では外国の技術を導入して使用している例も多いが、下水処理の中心となる暴気槽内での生物化学的な挙動をつかむことと関連して、わが国独自の装置が開発されてもよいのではないかと考える。

4.8 汚泥処理

一般に、汚泥消化槽を設ける傾向が強かった。ヨーロッパでは、消化汚泥は、コンポストに混入して堆肥にしたり、フィルタプレスで脱水して焼却したり、放流下水中に混入して下水晶の農肥にしたり、はしけに積み込んで海上投棄したりしているが、機械脱水をしているところは割合少ないようにみうけられた。また消化槽を設けず生汚泥を天日乾燥しているものさえもあり、各国の状況によって種々の方法がとられている。アメリカでは、消化汚泥は、はしけに積み込んで海上投棄したり、ラグーン処分池に送ったり、機械脱水して農肥に使用するものもあったが、消化槽を設けず、はしけに積み込んで海上投棄したり、4.6で述べたようにごみやグリットと一緒にして焼却処分したり、有機肥料を製造したり、湿式空気酸化処理するものもあり、各種の方法が開発されていた。この点、わが国ではその実状を十分調査し、適切な方法を採用すべきであろう。

4.9 汚泥消化槽のかくはん方式

ヨーロッパでは、ポンプなどを用いた槽内循環かくはん、機械的かくはん、それらを組合せた方法や、それらの変形をみたが、新しい設備としては、ガスかくはんも採用されている。アメリカでは、圧倒的にガスかくはんが多く、旧設備の機械かくはんや汚泥循環かくはんも、順次ガスかくはんへ改造する計画がすすめられているようである。この点、わが国ではし尿消化槽で開発された技術を大いに活用し、世界の水準を上まわる技術レベルに早く到達するように努力すべきであろう。

4.10 わが国の現状と将来

欧米の状況は概略上述のようであるが、わが国においても外国の技術にあまり頼り過ぎることなく（もちろんその良いところは吸収するが）、日本独自の研究、開発を大いに進め、世界的水準を抜くように努力すべきであり、そうなることを大いに期待するものである。

5. ヨーロッパにおけるごみ処理

イタリーで視察したのは、ローマ市のマルノーメ (Marnome) 処理場(300 t/d ずつのロータリキルン式コンポスト法と選別消毒法との2工場の中央に、この二者からの余剰可燃質ごみのための70 t/d 容量の機械化焼却炉を備えた、計600 t/d 容量のもの)、ソレント市の3 t/d の地下式の炉、ミラノ市のイノセンティ社(自動車組立)工場内の40 t/d 容量の炉、バレーゼ (Verese) 市の40 t/d の炉の4箇所であるが、上記の各炉とも衝撃式ストーカを採用し、ソレントのものを除いて、すべて24時間稼動であった。ごみ質としては、わが国に似て厨芥(ちゅうかい)や水分が多いが、一方農業地帯では、消毒あるいはコンポスト処理済みのごみを、有機肥料として使用することも多く、種々の参考となる点も少なくなかった。

つぎにオーストリアのウィーン市における第8回国際公共清掃会議(INTAPUC)に4日間にわたり出席し、最近の欧米各国における清掃事業、ごみ処理に関する諸研究の発表を聴講するとともに、清掃、収集、運搬用の各種器械類や、各形式の機械化焼却炉、コンポスト施設などの展示会を視察した。とくに会期中に、ウィーン市のフレートゲルシュタイグ (Flötgersteig) に新設された、200 t/d のしゅう動階段式ストーカ炉3基、計600 t/d の施設を視察し、それらの特長と新創意とをつぶさに知ることができたのは幸いであった。さらに、スイスのローザンヌ (Lausanne) 市の焼却場(200 t/d)を視察したが、これは上記ウィーン市の炉の原型となったものであり、高級住宅地に設けたため、公害防止上、美観上、特別の考慮が払われていた。

古くから著名なパリー市のサントーエン (Saint-Ouen) 焼却場は、乾燥および燃焼用の2段の階段式ストーカの後に、ロータリキルン式後燃焼装置を設けた炉の、4基よりなる総容量1,000 t/d の組合立の施設であり、余熱で発生した蒸気で冬季には工場内暖房はもちろん、さらに発電を行ない、場内の動力のみならず隣接した発電所へも電力を供給するものである。なお、この組合は、ほかにごみの機械選別のみの工場を有し、選別済みのごみを堆肥原料として農村に販売している。

ストックホルム市のレブスタ (Lövsta) 焼却炉はウィーン市のそれに、またそのフェリングビィ (Völlingby) 地区の焼却炉はイノセンティ社工場のそれに、それぞれほとんど相似のものであったが、前者ではごみを鉄道輸送することに、後者では住宅団地用のものであることに特色があった。そのほか、コペンハーゲン市では、アマガー (Amager) 地区の海岸埋立処分場を視察し、その衛生的、合理的な実施法が大いに参考となったが、同市郊外のгентフテ (Gentofte) 焼却場は2町の組合立で、前記のパリー市式の炉とウィーン市式の原型の炉とが併設され、合計で15万人分のごみを焼却してい

た。また、ハンブルグ市のボルシグストラーセ (Borsigstrasse) 焼却場では、計 200 t/24 h の旧炉 2 基に加えて、1963 年に計 1,000 t/24 h の新炉 4 基が新設されたが、これはウーン市のものとほとんど同様である。ただし、焼却後ふるい分けした燃滓(クリンカー)を舗装材として、また鉄分をプレスした後に故鉄として、それぞれ販売し、相当の利潤をえているとのことに興味をいだいた。

焼却炉については、投入、灰出し、炉本体や各種ストーカ、除じん、ガス循環、余熱利用などの細部とその組合せ方式とについては、コンポスト施設に関する詳細とともにいずれ改めて報告したいと思っているが、要は、ごみ質の相違や局地的条件によって、同じヨーロッパでも種々の考え方にに基づき、種々の方式が採用されていることを確認しえたのである。

6. 結 言

本文では欧米における下水およびごみ処理場の視察調査の内容の概略を述べ、多少の批判を加えた。こうした施設は、多種の科学技

術の分野の研究成果を総合してはじめて理想的なものとなるのであるから、今後におけるわが国の研究態勢の協和と強化とを大いに望みたい。最後に、この視察にあたり、欧米各国の関係者各位から種々の便宜を得た。そのご厚情に対して深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) W. W. Eckenfelder, Jr.: Advances in Water Pollution Research, 2, 114 (Pergamon Press, 1964)
- (2) L. Mendia and E. Buonincontro: Ingegneria Sanitaria, N. 6, 1 (Jun. 1958)
- (3) J. Wachter: Gas- u. Wasserfach, H. 4, 103 (1963)
- (4) U. Stuewer: Gas- u. Wasserfach, H. 20, 100 (1959)
- (5) U. Stuewer: Gas- u. Wasserfach, H. 36, 978 (1961)
- (6) U. Stuewer: Bau- u. Bauindustrie, H. 7 (1960)
- (7) J. Wachter, K. Baum u. W. Ascher: Gas- u. Wasserfach, H. 34, 903 (1962)
- (8) W. N. Torpey & A. H. Chasick: Sew. & Ind. Wastes, 27, 1217 (1955)



特 許 の 紹 介



特許第417887号

永 弘 太 郎・小 橋 正 人

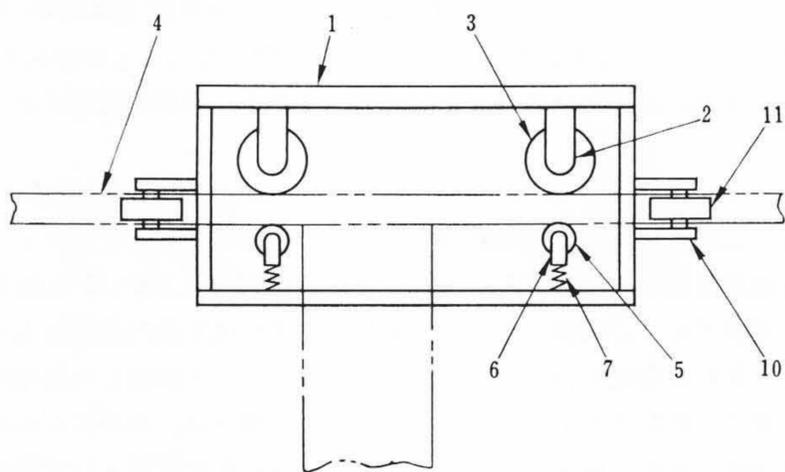
モ ノ レ ー ル カ ー の 駆 動 方 法

モノレールカーの特長の一つは、軌道側面扶持による粘着力が車体荷重に左右されることなく選定できるので、急こう配および急加減速に耐える運転ができることである。しかし走行抵抗の面から考えると、車体荷重を負担する車輪以外に軌道を両側から扶持するための抵抗が増加し、車体荷重を受ける車輪の粘着力は有効に利用されていない状態である。

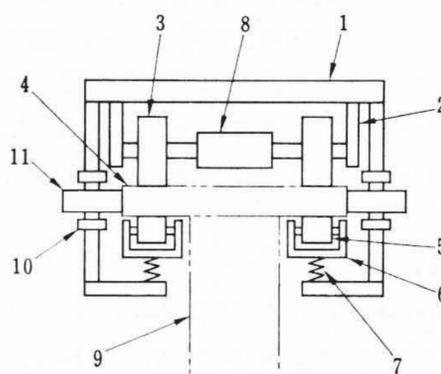
本発明は、この点に着目しモノレールカーの上記特長を損することなく粘着力を有効に利用するとともに走行抵抗を減少し得るようにしたもので、第1,2図は本発明の一実施例を示す側面図および平面図である。1は台わくで、軸箱2および輪軸3を介して軌道4上

に支持される。5は軌道4の下面に接するように設けられた圧着車輪、6はその軸箱、7は軸箱6と台わく1との間にそう入された圧着ばねで、圧着車輪5を軌道4の下面に押し付け、その反力は台わく1を経て輪軸3に作用し、輪軸3の粘着力を増大せしめる作用をする。8は駆動装置、9は支柱、11は軸箱10に取り付けられた案内輪である。

このように構成することによって、車両の重量以外に圧着ばね7の圧着力を任意に選定すれば、必要な粘着力を発生することができる。したがって車両重量を有効に粘着力として利用でき、軌道側面を圧着する従来の駆動装置に比べて走行抵抗が減少する。(武居)



第 1 図



第 2 図