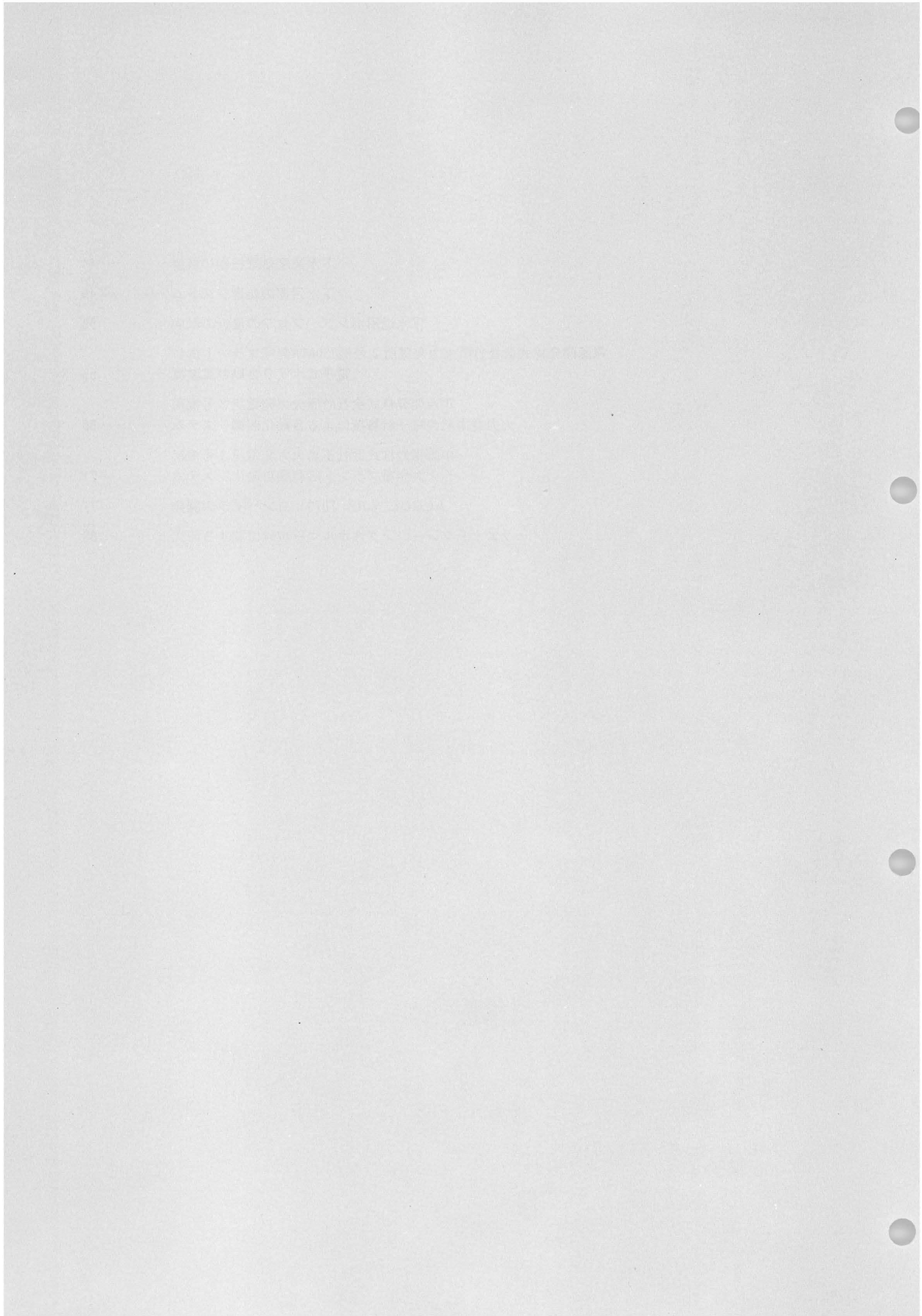


下水高度処理技術の展望	45
下水汚泥の処理システム	49
下水道用ポンプ・ブロワの最近の動向	55
電源開発株式会社竹原火力発電所 2 号機 350MW 発電プラント向け 電子式ボイラ自動制御装置	59
電源開発株式会社竹原火力発電所 2 号機用 火力発電所の電子計算機による自動化制御システム	65
中国電力株式会社玉島火力発電所 3 号機用 火力発電プラント広範囲自動化システム	71
ALGOL (JIS 7070) コンパイラの開発	77
ノーウエットクレージング性ホルマール線に関する研究	83



下水高度処理技術の展望

Technical View of Advanced Sewage Treatment

前島秀哉* Hideya Maejima

下水の高度処理技術は、水質規制の強化に対応するためと、排水を再利用する必要性が増大してきたことにより、極めて重要な技術となってきた。高度処理により除去すべき物質は種々あるが、規制の内容や再利用の目的などより、適切な目標水質を設定しなければならない。高度処理のプロセスは多くの要素技術より成り立っており、原料水の水質と目標水質とにより、種々の組合せが考えられ、これらを最も適当な形に組み立てることが重要である。要素技術として使用される装置は、特に高度処理用として開発されたものが多く、傾斜板式沈降装置、急速ろ過装置、生物接触酸化装置、活性炭ろ過装置などが主なものである。

1 緒言

近年、経済、産業の高度成長に伴う都市周辺への極端な人口集中や生活水準の高度化・多様化に対して、下水の処理はそれに伴わず、都市の具備すべき必要最小限度の生活環境を破壊する傾向にある。

現在、下水の処理は活性汚泥法や散水ろ床法による、いわゆる二次処理まで行なわれているが、二次処理水の生物化学的酸素要求量(以下BODと略す)は、約10~20ppmが到達限度である。しかし、放流先の河・海・湖沼の状況によっては二次処理だけでは必ずしも十分でない場合が多い。

また、各種産業による工業用水の使用量が飛躍的に増大しており、下水の二次処理水を更に高度に処理して、工業用水として使用せざるを得なくなると言われている。

生活環境を守るためにも、工業用水として利用するためにも、簡易で経済的な下水の高度処理法の開発が必要であり、世界の各国で研究が進められている。

2 水質汚濁防止の方向

水質汚濁防止のために、高度処理関連技術の研究が行なわれ、これと並行して実証プラント、あるいは実際の処理施設が建設されているが、各国ともまだその緒についたばかりである。しかし、我が国に比べてアメリカは一日の長があると思われ、アメリカ環境庁(EPA)の研究開発、指導方針などを見てもそれがうかがわれる。

我が国では昭和45年に「公害対策基本法」ができ、水質汚濁防止に対しては、「水質汚濁に係る環境基準」が制定された。

この基準に対して、これを上まわるいわゆる「上乘せ基準」を、その地方の実状に合わせて都道府県が条例として定め、より細かい規制を行なっている。

3 高度処理の技術

3.1 目標水質

高度処理の目標水質は、環境基準より定められるものと、他方水資源として再利用を目的とするものがある。

水資源として再生利用する場合は、その目的が多様であり一概には定められないが、大略次のものが考えられる。その(1)としては、ある地域の下水処理水を更に高度に処理して、

不特定の工場に工場用水として配水する試みであり、これらの研究も、建設省、通商産業省などで積極的に進められ、実証プラントまで進んでおり、一部では試験的に工業用水として配水を実施している。

その(2)として考えられるのは、限られた地域(例えば団地、特定の建物など)の下水の処理水を更に高度に処理して、そ

表1 用途別水質試案 下水を再利用する場合の水質目標値は、用途により異なる。普遍的な値が出るのはまだ先のことと思われる。

項目	工業用水の水質		中水道の水質(東京都首都整備局試案)	
	東京都	用途	便所 空調	洗車・散水・掃除・噴水
水温 (°C)	27 以下		—	—
濁度 (度)	15 以下		10 以下	5 以下
pH	5.8~8.6		6.5~9.0	6.5~9.0
アルカリ度(ppm) (CaCO ₃)	—		—	—
硬度 (ppm)	—		300 以下	200 以下
蒸発残留物 (ppm)	—		—	—
塩素イオン (ppm)	1,500(200)以下		300 以下	200 以下
総鉄 (ppm)	0.7 (0.3) 以下		—	—
シリカ (ppm)	—		—	—
残留塩素 (ppm)	[0.5~1.0]		—	0.2~0.5
マンガン (ppm)	—		—	—
色	—		不快感を伴わない。	30 以下
臭気	—		不快臭を發しない。	不快臭を感じない。
BOD (ppm)	—		10 以下	10 以下
COD (ppm)	—		20 以下	20 以下
溶解性物質 (ppm)	—		1,000 以下	500 以下
アンモニア性N (ppm)	—		20 以下	10 以下
ABS (ppm)	—		1 以下	1 以下
鉄+マンガン (ppm)	—		0.5 以下	0.3 以下
大腸菌群	—		—	—
備考	()内は原水を河川とした場合、[]内は目標値、その他は原水を下水処理した場合			

*日立プラント建設株式会社

の地域の雑用水として再使用するもので、中水道といわれているものである。

これらの目標水質については、特別に定められたものはないが、種々試案がなされており、その一例を表1に示す。

3.2 高度処理により除去すべき物質

環境基準や、工業用水道、中水道などの計画水質や、将来、湖沼、閉鎖水域などの富栄養化の対策を考慮して、高度処理により除去すべき対象物質は大略次のものが考えられる。

- (1) BOD又は、化学的酸素要求量(以下、CODと略す)
- (2)浮遊物質 (3)リン (4)窒素 (5)色度 (6)臭気 (7)細菌

このほかに工業用水、特に冷却水に使用する場合、下水二次処理水中の溶存塩類は、一般の工業用水に比べて数倍の濃度であるため、腐食などの問題を起こす可能性がある。そのため脱塩処理が必要と思われるが、現状では定かではなく今後の研究課題として残される。

3.3 下水の高度処理装置として備えるべき条件

目標とする処理水水質が定めれば、要素技術の組合せにより、プロセスの構成が決定される。それらの要素技術は膨大な範囲にあり、しかも技術革新のスピードが非常に速く、効率よく研究開発をする必要がある。これらは次の条件を備えたものが望ましい。

- (1) 性能と価格、及び運転の容易性のバランスがとれていること。
- (2) 高度処理水の水質に対する要求は種々雑多であり、その要求水質に対して容易にプロセスを組み立てることができるもの。
- (3) 設置面積が小さなものであること。処理場は、都市の周辺に建設されるため、設置面積はできるだけ小さなものでなければならない。
- (4) 維持管理が極めて容易であること。従来の下水処理を維持管理するのに必要な技術の程度で維持管理をすることができ、このための高級管理者を必要としないこと。

以上のことを考慮に入れて、実用性の高い要素技術の一覧表としてまとめたものを表2に示す。

4 高度処理のプロセス

高度処理の計画を立てるためには、その基本となる水質、水量の把握が必要であるが、季節・天候・時間などによる水

表2 高度処理法と除去物質 高度処理の処理法は開発の途上にある。現在実用化できるものを記した。今後も、より良い処理法の研究開発を行なっていく必要がある。

処理法	除去物質							
	浮遊物	重金属	溶解有機物	P	N	塩類	色度	臭気
凝集沈殿	◎	○	○	○	—	—	○	○
加圧浮上	◎	○	○	○	—	—	○	○
ろ過	◎	○	—	○	—	—	○	—
活性炭吸着	—	—	◎	—	—	—	◎	◎
燃焼	—	—	◎	—	—	—	—	○
Ca, Alによる固定	○	—	○	◎	—	—	◎	○
電気分解	○	—	○	◎	—	—	◎	○
生物硝化	—	—	—	—	◎	—	—	—
アンモニアストリッピング	—	—	—	—	◎	—	—	—
ゼオライト吸着	—	—	—	—	◎	—	—	—
蒸発、濃縮	—	◎	○	—	—	◎	—	—
イオン交換樹脂	—	◎	—	—	—	◎	—	—
逆浸透	—	◎	○	—	—	◎	—	—
電気透折	—	◎	○	—	—	◎	—	—
塩素注入	—	—	○	—	—	—	○	◎
オゾン酸化	—	—	○	—	—	—	◎	◎
光酸化	—	—	○	—	—	—	○	◎

注：◎は主として除去される物質，○は付帯的に除去される物質

質の変動があるので、実測に基づき最終的な水量、水質の決定を行なう必要がある。

しかし、目標とする水質は環境保全を目的とするものにせよ、再利用を目的とするものにせよ、下水の処理として最終段階処理となるものであるため、処理水の水質ははっきりと定める必要がある。

高度処理の方法は、生物学的な処理と物理化学的な処理とに大別できるが、特別な場合は別として図1のような組合せによりその目的は大略達せられるものと思われる。図2にこれらの組合せによる実験プラントを示す。

処理プロセス	除去物質		SS, リン		微細SS	溶解性BOD	塩類	金属類
	不溶性BOD 有機物	SS, N ₂	SS	リン				
1.	生物酸化	—	凝集	沈殿	—	—	—	—
2.	生物酸化	—	凝集	沈殿	ろ過	—	—	—
3.	生物酸化	—	凝集	沈殿	ろ過	活性炭吸着	—	—
4.	生物酸化	—	凝集	沈殿	ろ過	活性炭吸着	逆浸透	—
5.	生物酸化	—	凝集	沈殿	ろ過	活性炭吸着	逆浸透	樹脂

図1 高度処理のプロセス 高度処理のプロセスは5とおり考えられるが、一般には1~3が用いられる。4,5は、脱塩も行なうもので工業用水の再利用のときに用いられる。

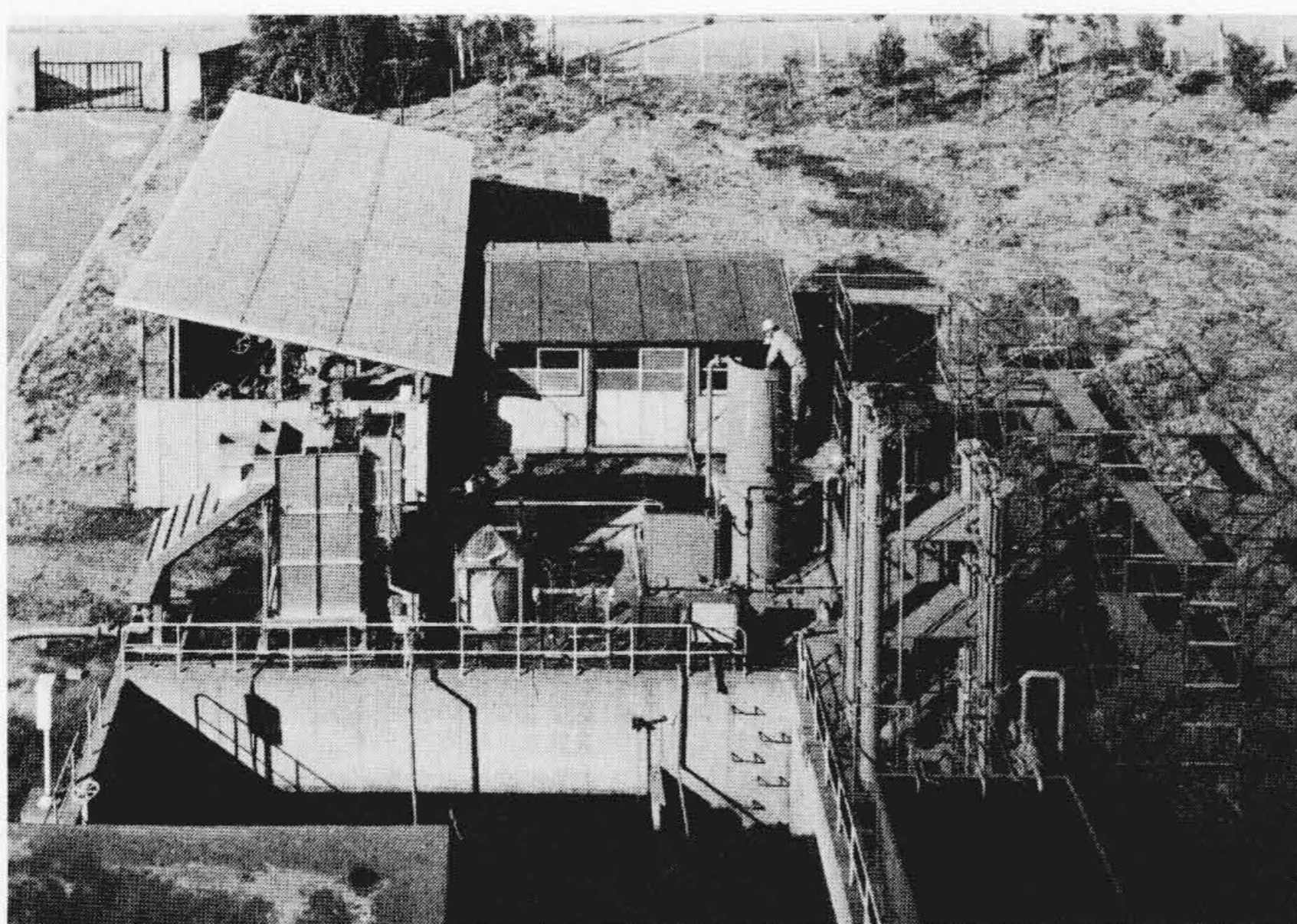


図2 下水高度処理実験プラント 脱アンモニア、凝集沈殿、砂ろ過、及び活性炭吸着を組み合わせた、下水の高度処理プラントを示す。

5 高度処理の装置

高度処理に用いる装置は、従来の水処理装置にも多く用いることができるが、特に高度処理に適しているもの、及び高度処理を目的に開発された機器も多い。ここでは実用性の高いと思われる機器を紹介する。

(1) 傾斜板式沈降装置(ラメラ セパレータ)

浮遊性物質の除去や、リンの除去のため石灰凝集沈殿法に用いられる。従来の傾斜板式沈殿池と異なる点は、従来のものが横行流式であるのに対して下向流であることである。下向流のため汚泥と水とが並流となり効率が高く、従来式に比べ約1/3の設置面積となる(表3)。

(2) 急速ろ過装置

凝集沈殿でとらえることのできない微細な粒子をろ過するもので、操作にくふうを凝らしたのものや、ろ過速度を上げ設置面積を小さくした超高速ろ過がある。

(a) ハイフィルタ

従来形のろ過池と同一の機能をもっているが、1ユニットを8池以上に分割し、1池洗浄中は他のろ過水が洗浄水として供給される構造のもので、弁が少なく自動運転が簡

表3 ラメラ セパレータと従来形傾斜板沈降設備の比較(処理量4,800m³/dの場合) ラメラ セパレータは、従来形の傾斜板に比べ、負荷は約2倍とれ、容積は約1/4で処理できる。

項目	ラメラ セパレータ	従来形傾斜板沈降設備
角度(度)	35	60
間隔(mm)	"	100
幅(mm)	1,500	1,000
長さ(mm)	2,500	"
面積(m ²)	3.75	1.0
有効投影面積(m ²)	2.48	0.46
枚数	1,008	9,792
傾斜板総面積(m ²)	3,780	"
投影面積(m ²)	2,500	4,504
負荷(m/h)(投影面積当たり)	0.8	0.44
プレート枚数	42	58
パック数	24	—
列数	6	7
1列当たりパック数	4	—
段数	1	—
池数	"	6
幅(m)	12	"
長さ(m)	13.5	14
深さ(m)	3.5	4.5
面積(m ²)	162	588
容積(m ³)	570	2,610
滞留時間(min)	17	78
水面積荷(m/h)	12.3	3.4

単にできるので保守が比較的容易にできるものである。

(b) ウルトラ ハイフィルタ

従来のろ過池は、ろ過速度が120m/d程度であるが、ろ過層を砂とアンスラサイトを併用し、複層ろ過にして、ろ過速度を840m/d~1,200m/dの超高速とするものであり、設置面積を1/3~1/2にすることができる。

(3) 生物接触酸化装置

BODや、アンモニア、窒素などを除去するもので、水を槽内に循環させるものや、装置を水中に回転させるものがある。

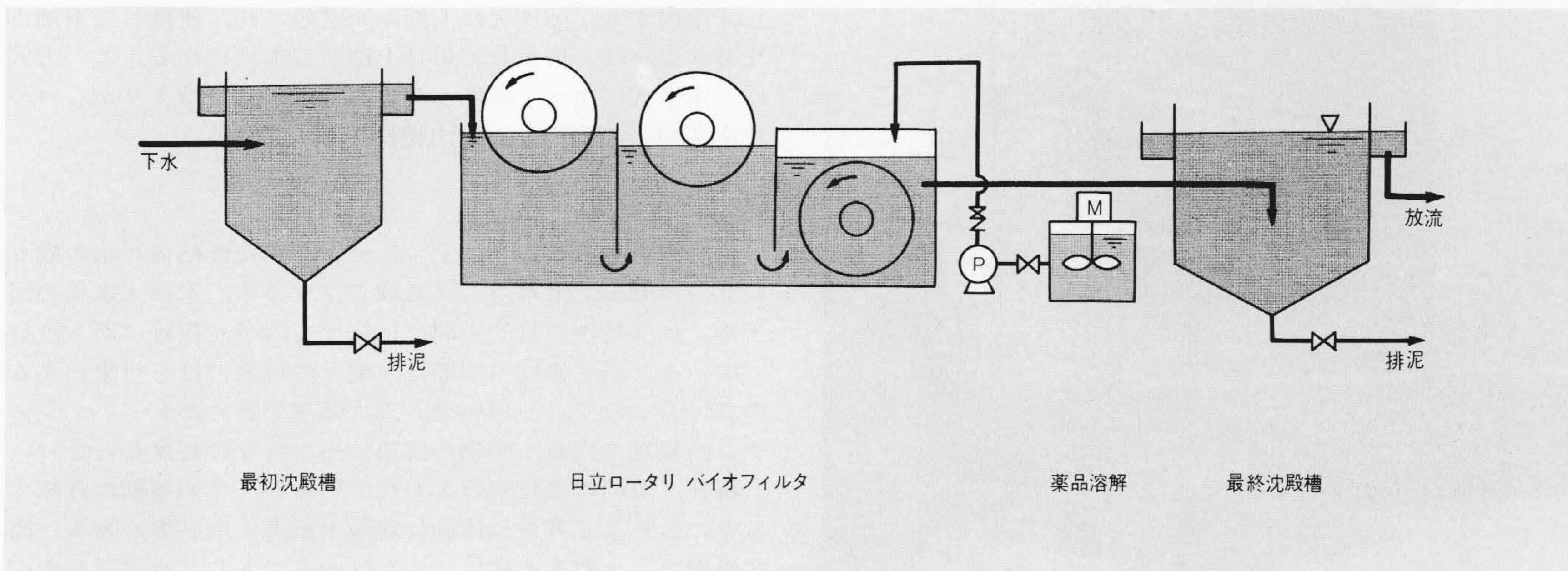


図3 日立ロータリ バイオフィルタ実験プラント 日立ロータリ バイオフィルタは、微生物膜を生成させた回転体を部分的、あるいは完全に水没させることにより好気性あるいは嫌気性処理ができる。

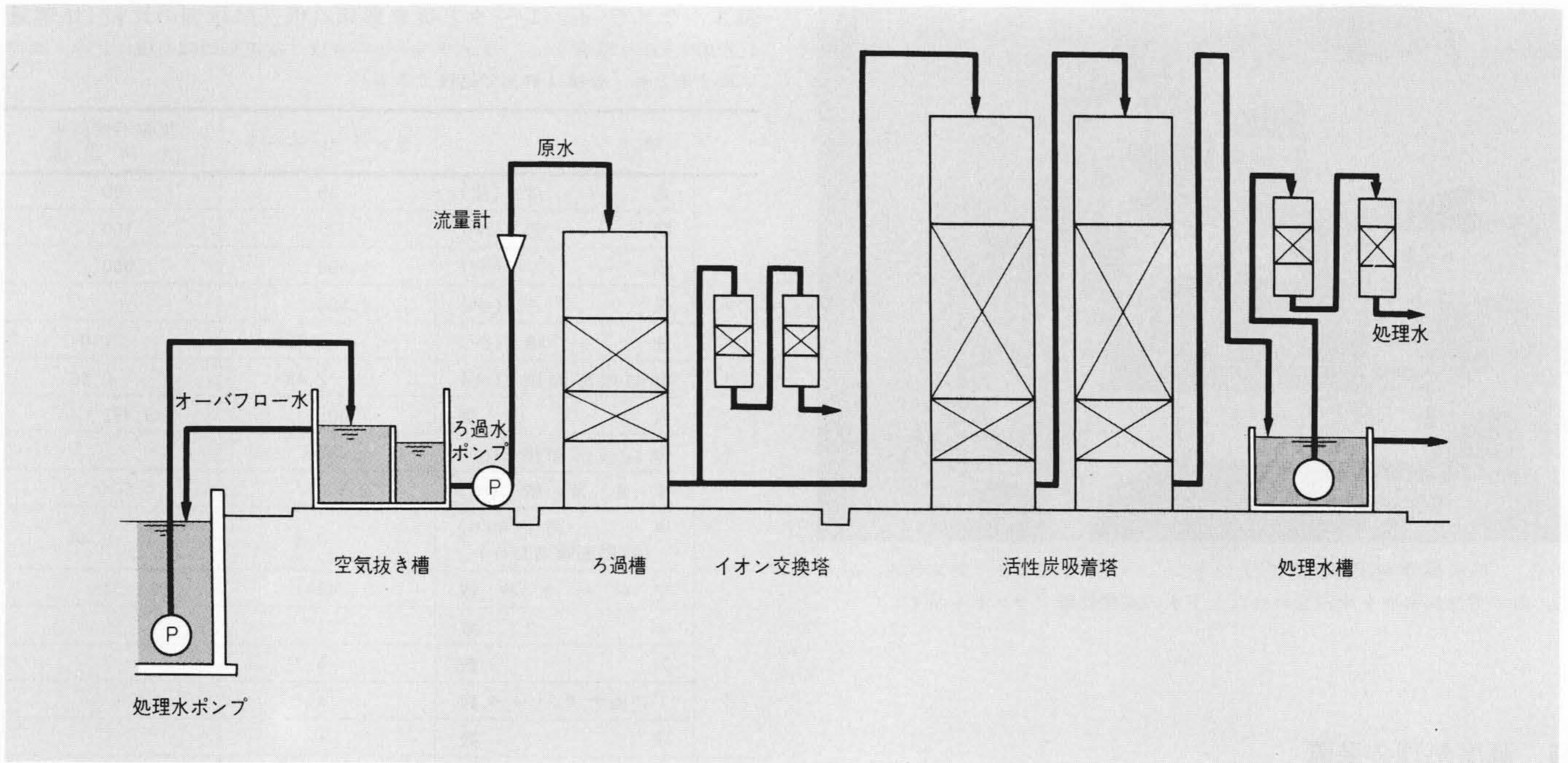


図4 日立ハイアクト-F実験プラント 砂ろ過、イオン交換及び固定式活性炭吸着を組み合わせた高度処理プラントである。

る。水を槽内に循環させるものは、槽高を高くすることができる。装置を水中にて回転させるものは、装置の中の充填材が微少な運動を行ない、セルフクリーニングするので、スライムなどによるボンディングがない。

(a) 生物接触酸化槽

槽中に接触材を入れ、接触材の表面に微生物の膜を生成

させ、生物化学的に処理するものである。好気性にすればBODや、アンモニア性窒素が除去され、けん気性になると、窒素の除去が可能である。

(b) 回転ろ床(日立ロータリ バイオフィルタ)

金網で作られた円筒の中に接触材を入れ、接触材の表面に微生物膜を生成させるものである。回転体の一部分が水中にあるようにすれば好気性菌が発生し、回転体を水中に完全に没すればけん気性となる。取り扱いが簡単で、保守に手間がかからない。

(4) 流動層式活性炭ろ過装置(日立ハイアクト システム)

活性炭ろ過装置は、高度処理に欠かせない装置で有機物のほかアルキル ベンゼン スルホン酸ソーダ(ABS)、色度、臭気などの除去に用いられる。固定床式のものと、流動層式などの各種のものがあるが、新しい技術で比較的安定したものに流動式ろ過装置がある。原水はろ過装置の下部より供給され、連続的に活性炭と向流接触し、上部より処理水として流出する。活性炭は上部から供給され、連続して下部より引き抜かれ、再生して再び上部から供給される。この方式は、従来式に比べて処理水がより安定し、目詰まりがないので逆洗の必要がないなどの特長をもっている。

6 結 言

環境汚染対策の観点に立つにせよ、水資源枯渇対策の観点に立つにせよ、下水の二次処理のプロセス、水質・水量の因子や、高度処理の目的の間には様々な因子が複雑にからみ合っている。高度処理の問題は、個々の現象だけを対象とするのでは不十分で、一次処理、二次処理を含めたトータル システム的観点に立ち、問題の解決に当たらなければならない。

現在、規制の強化が行なわれているが、この規制の意味するところをよく考え具体的に対策を推進する必要がある。高度処理は、まだその緒についたばかりであり、研究開発すべき課題は数多くある。今後とも、システム メーカーとしての力を結集して更に未解決の課題に取り組んでいく考えである。

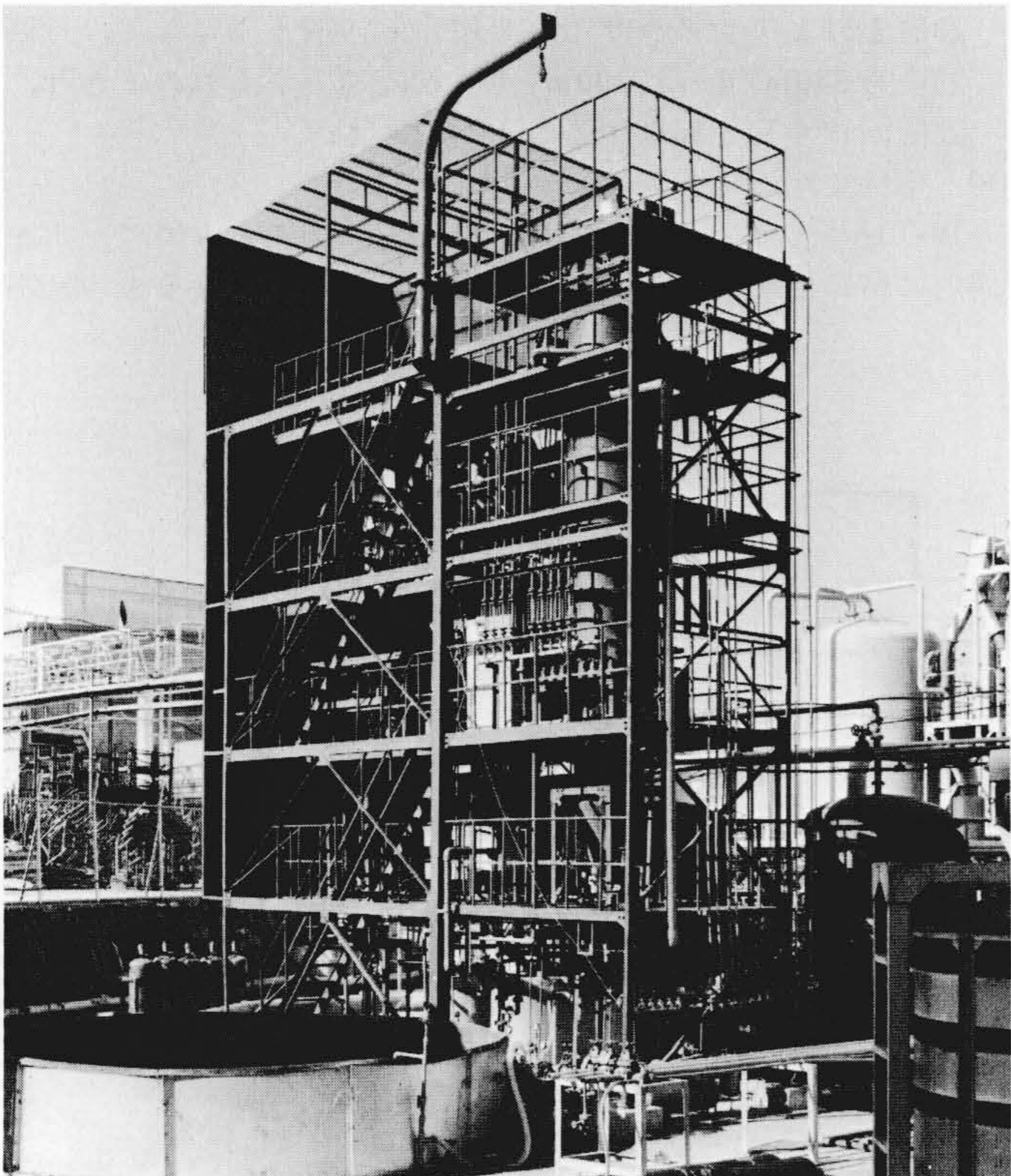


図5 日立ハイアクト-M実験プラント 流動層活性炭吸着と、再生装置を組み合わせた高度処理プラントを示す。