

下水道用ポンプ・ブロワの最近の動向

Recent Trends of Pumps & Blowers for Wastewater Treatment Systems

下水道設備に使用されるポンプ及びブロワは下水道の整備、普及に伴い大形化の傾向にある。また、その公共性ゆえに機器の信頼性が強く要求される。この論文では下水道設備に各種使用されるポンプ及びブロワについて、その用途及び用途に応じた特性について述べ、それに対する現状並びに今後の技術的動向を概括的に述べた。

西口栄一* Eiichi Nishiguchi

若土信彦* Nobuhiko Wakatsuchi

1 緒言

現在、下水道の整備は昭和44年度を初年度とする第三次下水道整備5個年計画に基づいて推進されているが、現行5個年計画決定後、公害防止計画策定地域の拡大、水質環境基準設定水域の増加、「瀬戸内海環境保全臨時措置法」などの各種立法に基づく地域整備計画が定められた。

これらの計画、又は基準を達成するためには巨額の下水道投資を限られた期間内に行なう必要があり、第四次下水道整備5個年計画に拡大改訂されようとしている。これにより、現在の総人口に対する普及率約21%は、48%に引き上げられる予定である。

また流域別下水道整備の実施により、下水道施設は大規模、大形化の傾向にあり、各種の標準化により信頼性の向上を図り、需要にこたえるものである。

2 ポンプ設備

一般に下水を取り扱うポンプを具体的に分類すると、雨水ポンプ、汚水ポンプ及び汚泥ポンプに分けることができる。

流域下水道の建設は広域排水を対象とするので、雨水ポンプ、汚水ポンプは必然的に大規模、大形化の傾向にある。

また下水の高度処理に伴い、処理プラントの各プロセスに使用される汚泥ポンプも重要な一端を担うものである。

下水道施設は極めて公共性が強く、直接市民生活、生産活動に影響を与えるものであり、機器の高い信頼性が要求される。

2.1 雨水ポンプ

軸流ポンプ及び斜流ポンプが使用され、起動操作の容易なこと、据付面積の小さいこと、原動機の浸水保護の点より立て軸構造が多く使用される。図1は、立て軸斜流ポンプの構造断面図で口径2,000mmまで標準化されている。

水中軸受は、カッタレス ゴム軸受、又は樹脂含浸したカーボン軸受を使用した清水潤滑方式である。従来、潤滑水は使い捨ての潤滑方式であったが、運転経費の節減を図るため、メカニカルシールを用いて潤滑水を回収し、循環再使用する方式を採用している。この結果、ポンプの運転休止中における異物の水中軸受内への浸出を防止でき、信頼性の向上にも役立っている。

広域排水を対象とした2,000mmを超す大口径雨水ポンプでは、立て軸うず巻斜流ポンプが使用されている。うず巻斜流ポンプは、通常の斜流ポンプのボウルケーシングと吐出しエルボの代わりに、うず巻形ケーシングを用いた構造で、水中軸受が不要であり、保守点検が容易である。また構造上ポンプの高さが低いので、機房建屋が低くなり、大口径ポンプで

は土木的メリットが大きい。図2は、広域下水道施設としての例であるが、洪水排除施設では4,000mm級のポンプも製作されている。このような大口径ポンプでは、铸造上の寸法的制約から鋼板溶接構造のうず巻ケーシングが採用されるが、下水道用の中・小形ポンプにおいても鋼板溶接構造ケーシングが採用される傾向になってきた。

2.2 汚水ポンプ

汚水ポンプは、立て軸槽外形うず巻斜流ポンプの採用が定着化した。雨水ポンプに比べ、異物（ぼろ、木片、ビニル屑、厨芥など）を相当量含有する汚濁水を扱うため、保守点検を

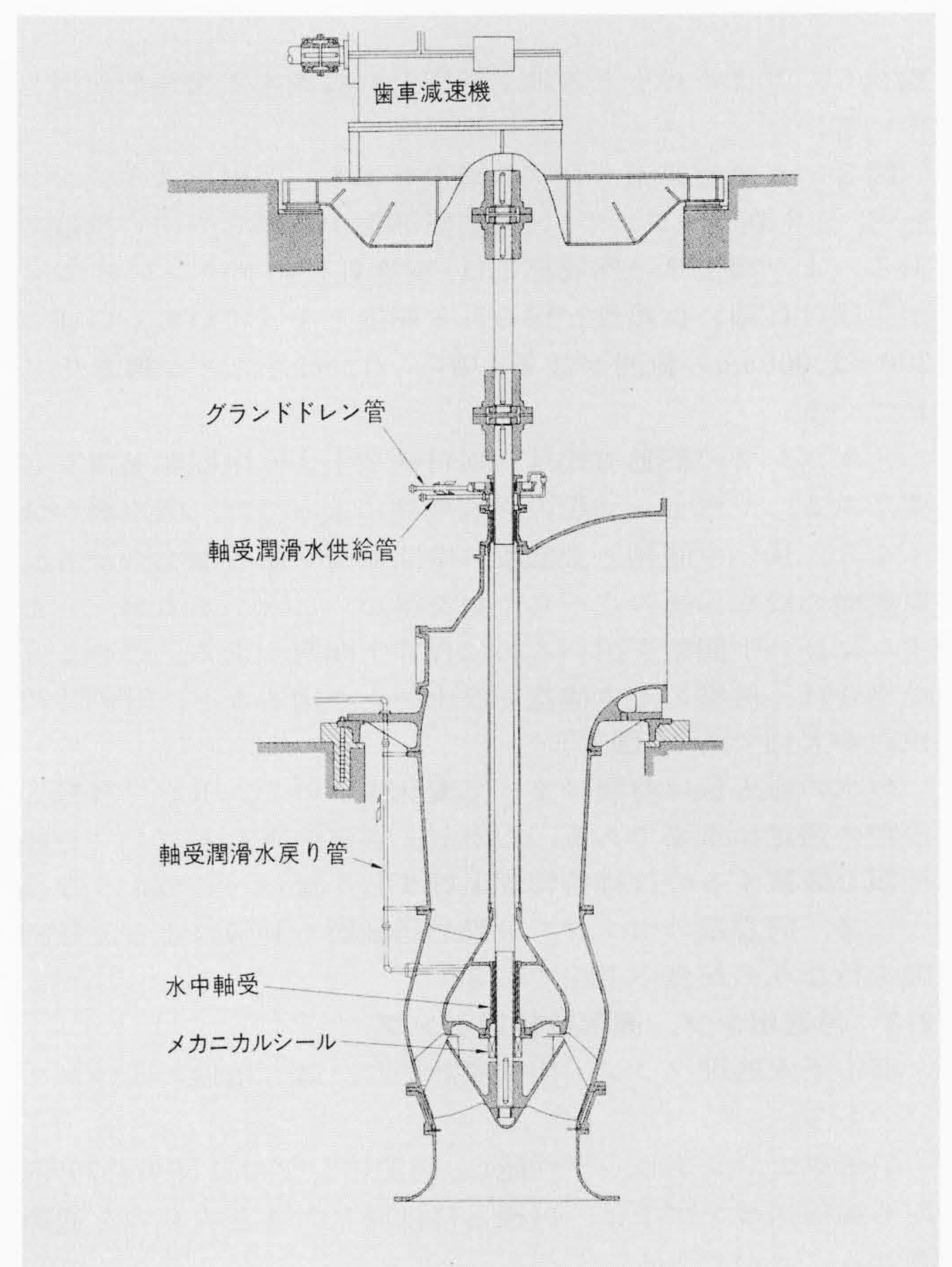
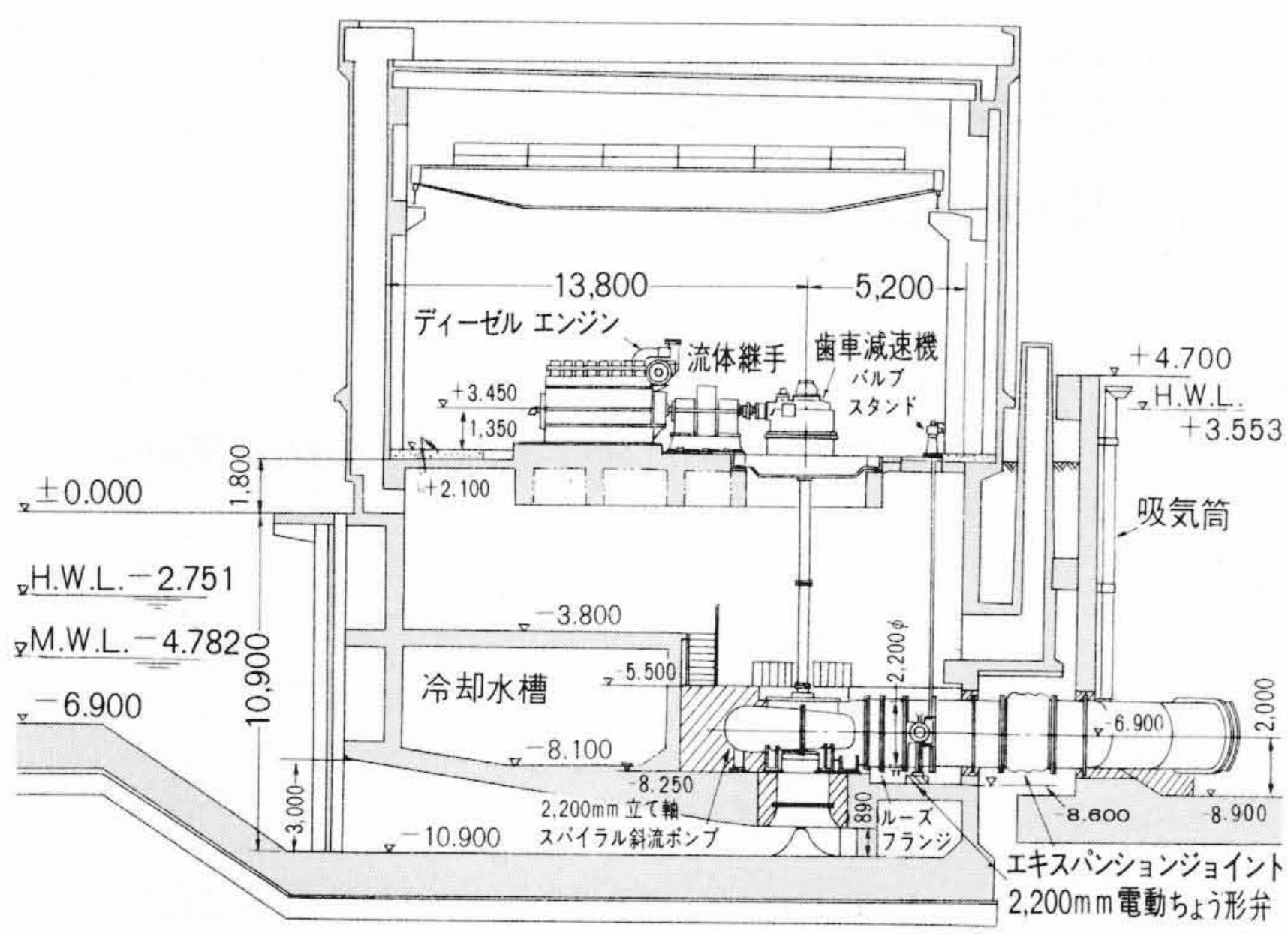


図1 立て軸斜流ポンプ 雨水ポンプとして使用される立て軸斜流ポンプで、各部は標準化されている。

* 日立製作所機電第一事業本部産業技術本部



項目	仕様				
用途	雨水排水用				
形式	立て軸うず巻斜流ポンプ				
口径 (mm)	吐出量 (m ³ /min)	全揚程 (m)	回転数 (rpm)	原動機出力 (種類)	
2,200	636	9	194	1,900PS	ディーゼル機関

注：納入先 大阪府広域下水道建設事務所川俣ポンプ場

図2 立て軸うず巻斜流ポンプ 雨水ポンプ用立て軸うず巻斜流ポンプの代表的な据付例を示す。

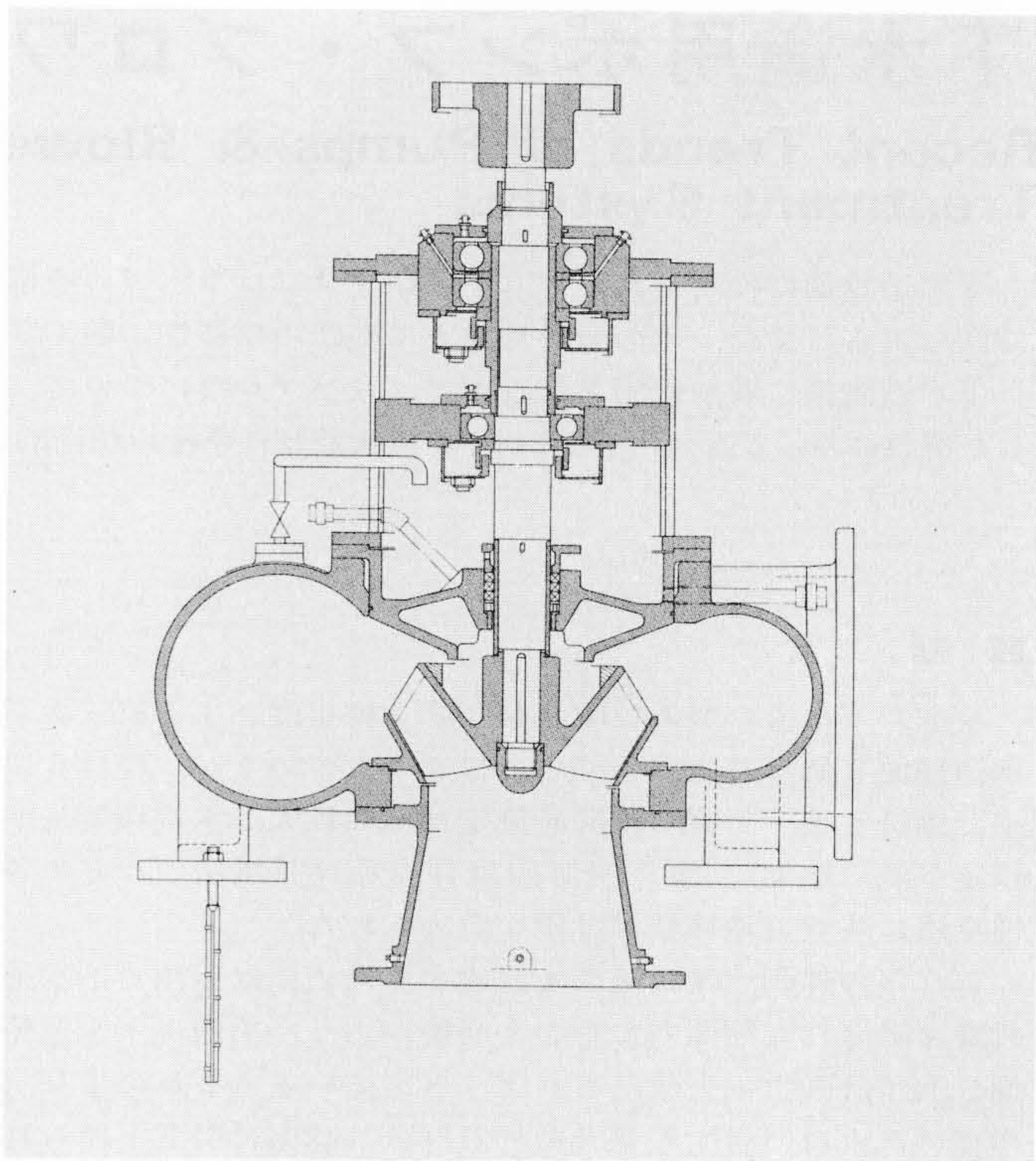


図3 立て軸うず巻斜流形汚水ポンプ 保守点検が容易で、長期間の信頼性が得られる構造である。

重視し、ドライピットの地下室床上に設置する槽外形が適している。

図3にうず巻斜流ポンプの構造を示す。羽根車はオープン形で、うず巻ケーシングとともに固形物が通過しやすい構造である。また羽根車の外周部には、耐摩耗性のケーシングライナを設け長期の信頼性が得られる構造となっている。口径300～1,000mmの範囲が数多く用いられ、ほとんどが標準化されている。

汚水ポンプの駆動方式は、据付構造上より中間軸装置が必要である。下水ポンプ場の立地条件によっては、吸水槽が深くなり、長い中間軸と数箇所の中間軸受が必要な場合がある。原動機の浸水保護の点からやむを得ないことであるが、いたずらに長い中間軸を用いるのは保守上問題がある。このような場合は、機場の土木構造で浸水防止を図るなど、計画時の検討が大切である(図4)。

汚水の流入量は時間によって変化するので、ポンプ容量と台数の選定は重要である。しかし、容量の異なるポンプを幾種類も設置するのは維持管理上好ましくない。このような場合には、同容量のポンプを設置し回転数の制御による流量制御を行なうのが良い方法である。

2.3 汚泥ポンプ、固形物輸送ポンプ

都市下水処理プラント用に設計され、最も用途の広いポンプである。

羽根車のノンクロック性能は、汚泥ポンプで口径の約70%、固形物輸送ポンプでは、口径とほぼ同じ大きさのものを通過させることができる。

図5にSOV形汚泥ポンプの、図6にTBL形固形物輸送ポンプの外観を示す。電動機をポンプ軸受の上部に取り付けVロープ駆動するショルダータイプで、据付面積が小さい。また、可変速Vプーリを使用すれば、ポンプの回転数を容易に変えることができ、取扱液の濃度変化や、揚程変化に適し

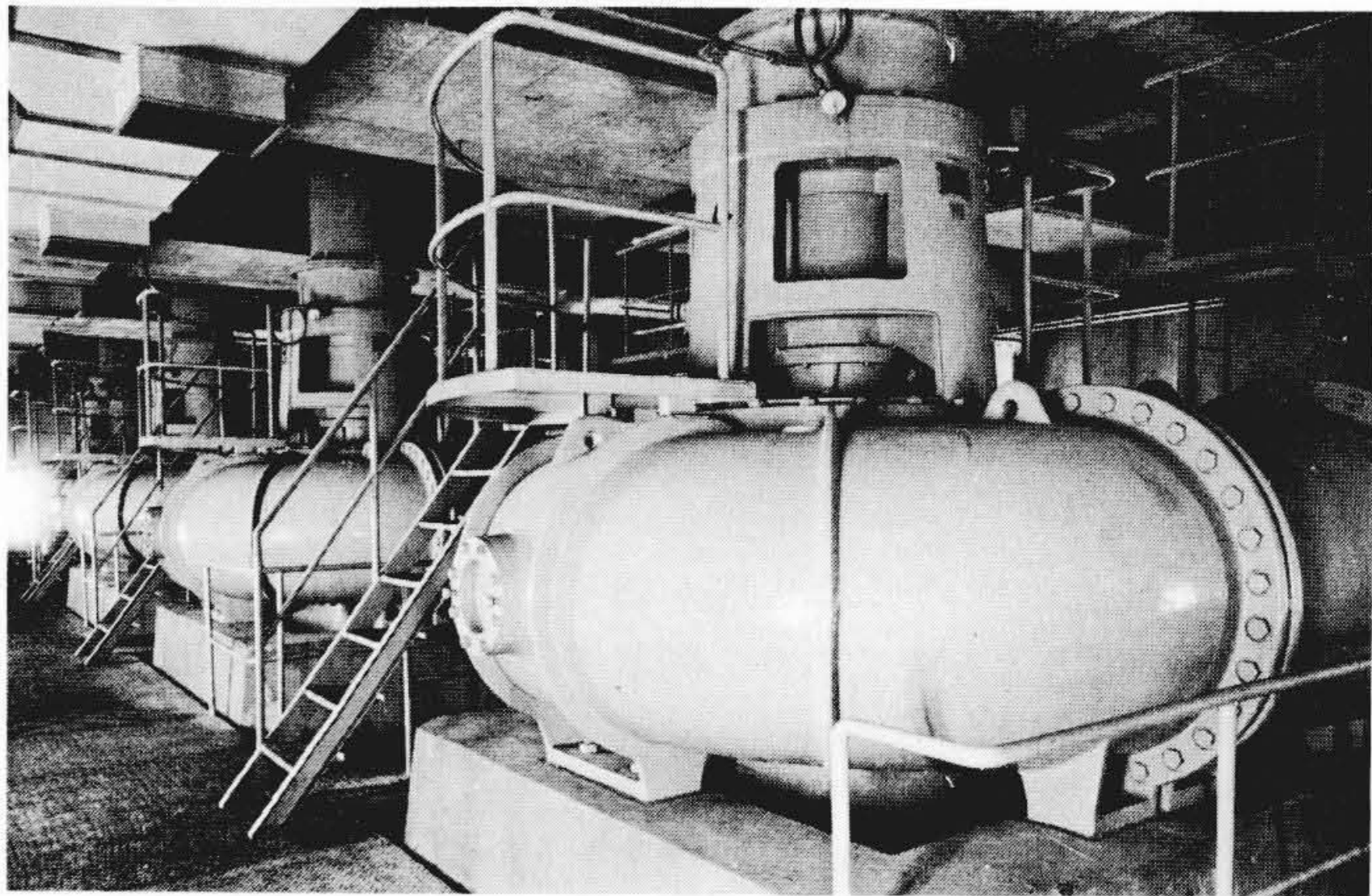


図4 立て軸うず巻斜流形汚水ポンプ 合理的にレイアウトされた汚水ポンプ室を示す。

たポンプの運転が行なえる。

材質は耐摩耗、耐腐食を主に選定しており、特に20%クロムバナジウム鋼は、固形物輸送ポンプの羽根車、及びケーシング材として優れている。

ポンプの吐出し方向は、上方吐出し、上部水平吐出し、下部水平吐出しのいずれにもできるので、プラントの配管計画、施工に至便である。

3 ブロウ設備

下水の浄化処理プロセスの一つとして活性汚泥法がある。活性汚泥法は、好気性微生物が下水中の有機物を食用とすることを利用して下水を浄化させるプロセスで、実際には処理下水を大きな曝気槽に入れ、槽底部より空気を吹き出させる設備により行なわれる。必要送気量は処理水の汚染度などに

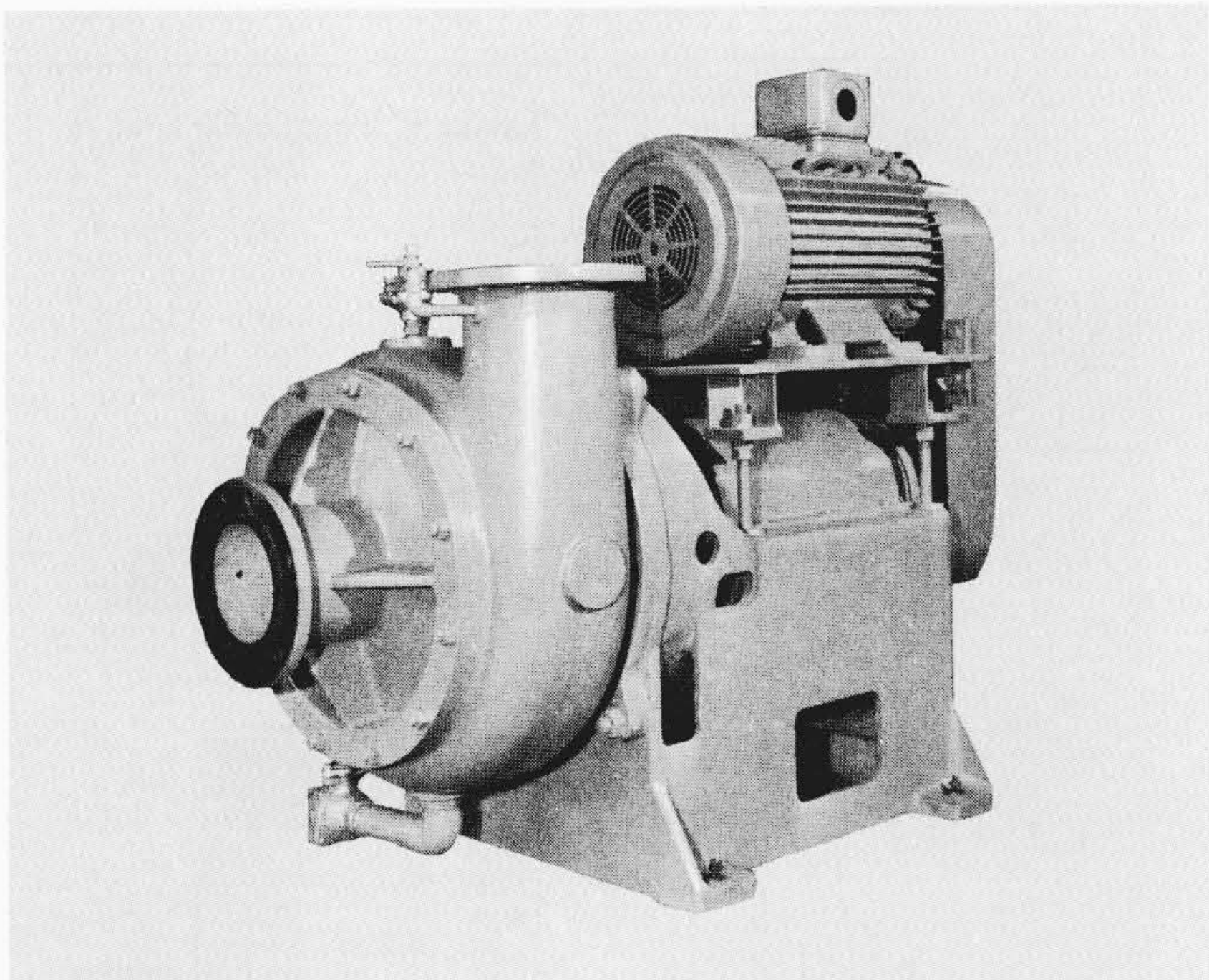


図5 SOV形汚泥ポンプ 電動機をポンプ軸受の上部に取り付けたジョルダertypeで、据付面積が小さい。

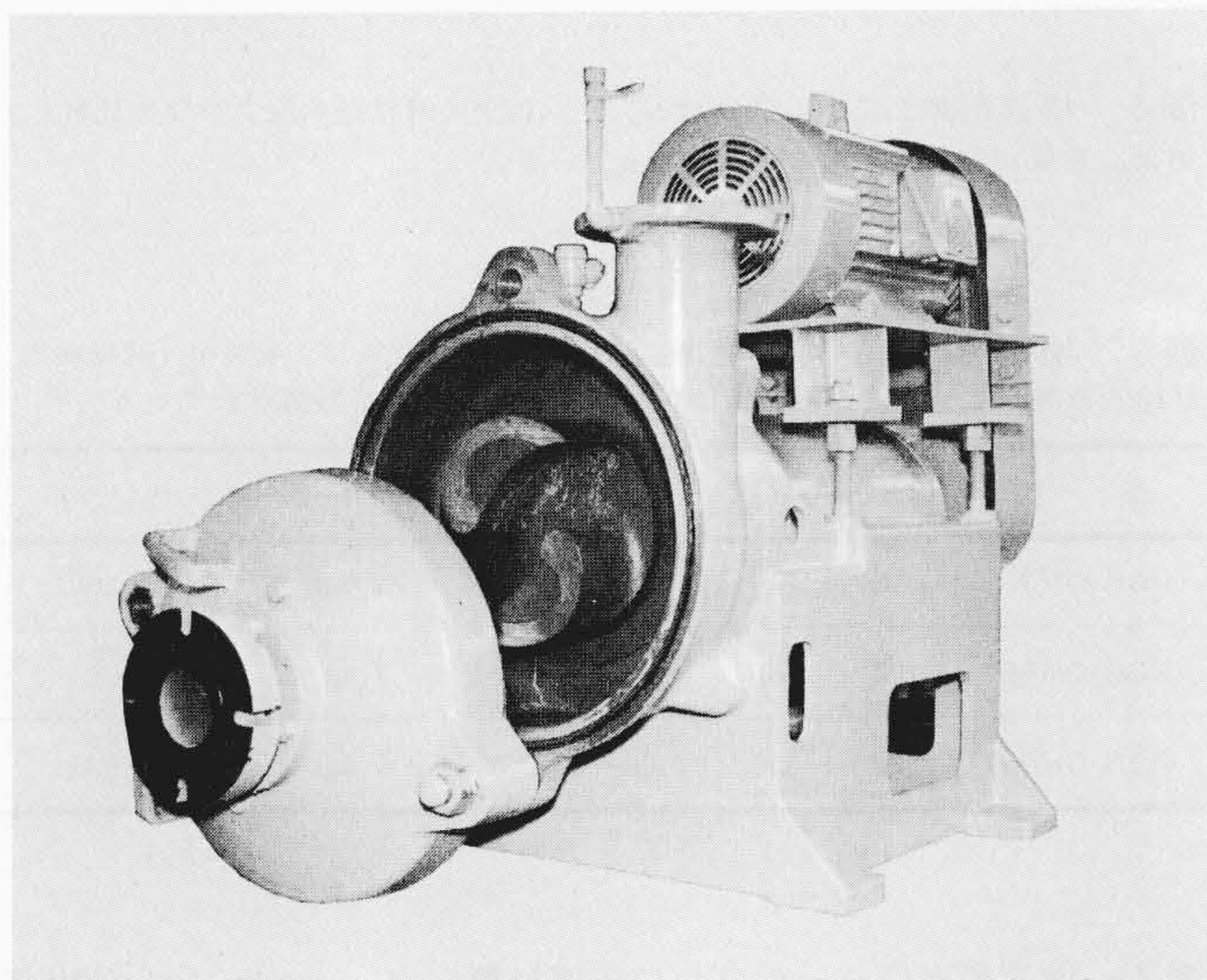


図6 TBL形固形物輸送ポンプ ポンプ口径と同じ2本の通路をもった通過性の良い羽根車と、点検の容易なケーシング構造を示す。

より異なるが、通常処理水量の3～7倍の量となる。このため、通常の下水处理場にはブロワ設備が設置される。

ブロワ設備もポンプ設備と同様、公共性が強く機器の高い信頼性が要求されるとともに、下水道施設規模の大形化に伴い大容量化の傾向にある。一方、中・小都市の下水道普及率の増大により、中・小容量のブロワの要求の増加傾向も見られる。

3.1 ブロワの仕様及び形式

ブロワに要求される吐出し圧力は、曝気槽の空気吹出しノズルから水面までの高さによる水頭と、ブロワ吐出しフランジから空気吹出しノズルまでの配管内送風による圧力損失水頭の和に必要な余裕を加えたもので、曝気槽の深さにより異なるが、5,000～6,000mm水柱である。

風量は下水处理場の規模、及び処理水量の変動状況により異なるが、通常は当初小容量のブロワを1基、あるいは2基設置され、下水道普及に伴う処理量の増加に従い大容量のブロワを増設していく方式が採られている。ブロワ1基に要求

される風量が約50m³/min以下の場合はルーツブロワが採用され、同じく風量が約50m³/min以上の場合はターボブロワが採用される。

ここでは下水处理場用ブロワの大半を占めるターボブロワにつき述べる。

3.2 直結形多段ターボブロワ

直結形多段ブロワは図7に示すように、駆動用電動機にカップリングを介して直結された4～7段の羽根車をもつブロワである。このブロワは、以下に述べる曝気槽用ブロワの特殊要求仕様に適した構造をもち、表1に示すように各の風量に対し口径、段数がシリーズとして標準化されている。

曝気ブロワに対しては、その公共性より機械の信頼性が第一に要求される。こめため、現在では一般産業用ブロワの場合は、通常増速歯車を介した高速単段ブロワが採用されるような仕様に対しても、電動機と直結した3,000/3,600rpmの比較的低い回転数の多段ブロワを採用している。またこれは、ブロワケーシングを上下半割構造としていることと同様に、保守点検の容易なものにしている。

次に曝気ブロワに要求されることは、このブロワが都市周辺に設置されるため、運転中の発生騒音を極力低下させることであり、通常90～85dBとしなければならない。このため、ブロワはその騒音を外部へ放出させないため鋳鉄製とするとともに、防音カバーを設置するか、あるいは図7に示したブロワのように特殊二重ケーシング構造とし、防音材をケーシング内に組み込む方式が採用されている。またブロワの空気配管には防音用ラッキングが施されるとともに、空気吸入口、

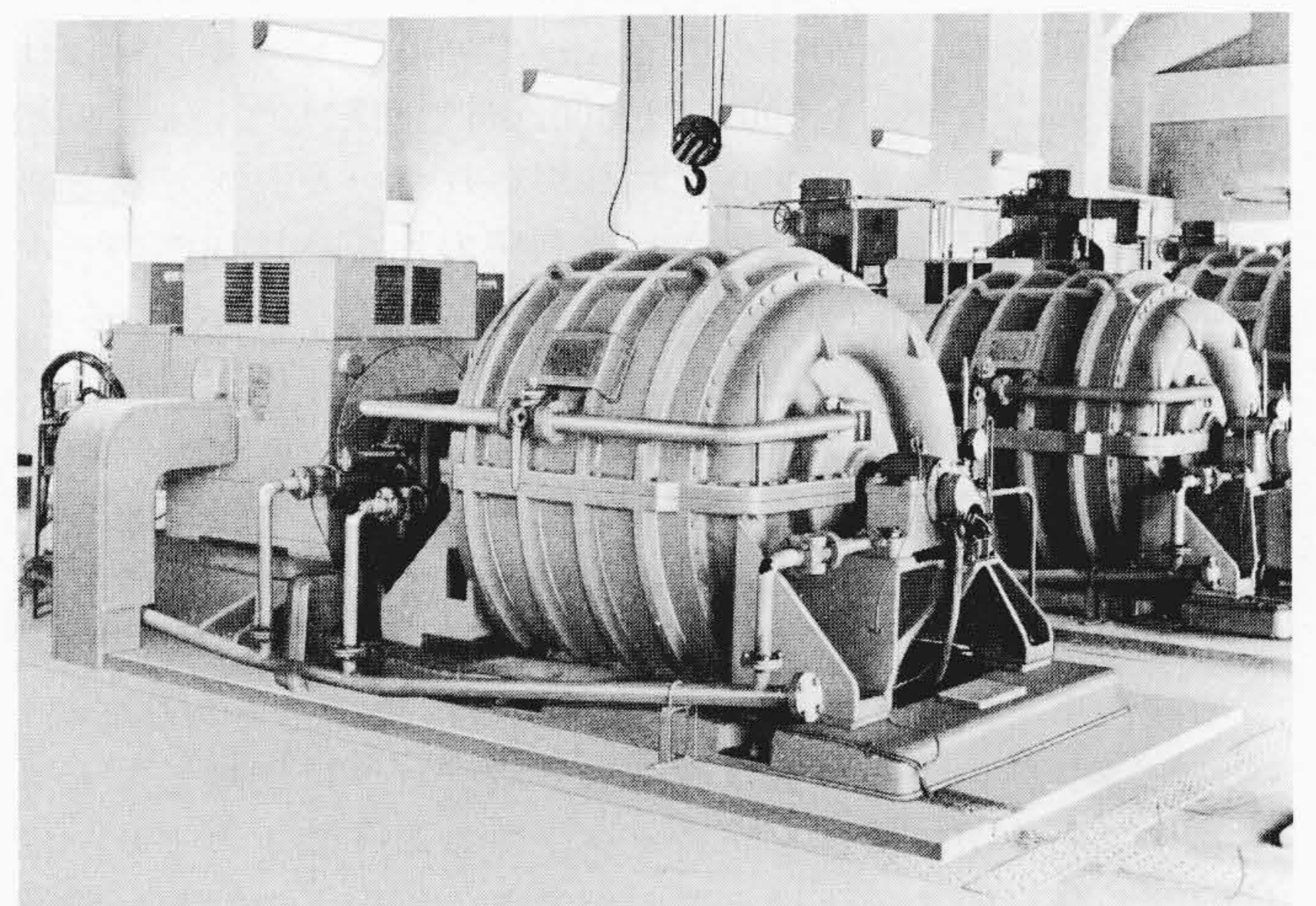


図7 直結形多段ターボブロワ 鋳造ケーシングは二重構造となっており、特にカバーを設けなくても低騒音を確保している。

表1 ブロワ標準口径及び段数 曝気槽用ブロワの特殊要求仕様に適し、各の風量に対し口径、段数がシリーズとして標準化されている。

風量範囲 (m ³ /min)	標準口径		標準段数	
	吸込側 (mm)	吐出し側 (mm)	3,000 rpm 50Hz	3,600 rpm 60Hz
51 ～ 110	300	250	6又は7	6
111 ～ 160	350	300	5又は6	5
161 ～ 280	450	400	5	4
281 ～ 420	550	500	4	"
421 ～ 550	650	550	"	"

サージング防止のための放風口には消音器を設けるなどの考慮が必要であり，駆動用電動機に対しても低騒音化の要求が必要である。

また，下水処理量は昼・夜及び季節などにより異なるため，曝気槽の要求する風量はそれに従い変動する。多数基のプロワを設置している大規模な下水処理場においては，プロワの運転台数を変えることにより風量調節を行ったりしているが，1基のプロワに対する風量調節範囲は通常100～65％と一般産業用プロワの通常100～75％に比べて広い範囲を要求される。このため，羽根車はその段当たりの圧力比を多少犠牲にして羽根出口角を小さく設計している。

なお，プロワの各部材質などは表2を参照されたい。

3.3 増速形単段プロワ

3.2で述べた直結形多段プロワが従来曝気プロワとして採用され，また現在もその大部分を占めているものであるが，最近，技術の進歩と鋳鉄製ケーシングの入手難などの実情から，新しく増速形単段プロワが都市下水曝気用プロワとして登場してきた。増速形単段プロワは従来から一般産業用プロワとして広く採用されてきたのであるが，その信頼性，直結多段形に比較して構造の複雑さからくる保安点検の困難さ，歯車及び高速回転から生ずる騒音の問題などで，都市下水曝気用プロワとしてはほとんど採用されていなかったものである。しかし，一般産業用においても，信頼性，保守点検の容易性，低騒音化は当然の要求であり，その要求に合致する増速形単段プロワの開発は当然の成行きであった。

図8に増速形単段プロワの全体図を示す。プロワは増速歯車を内蔵し，高速側ピニオン軸の軸端に1段の羽根車を設置している。このため，プロワは従来の直結形多段に比較して寸法，重量ともに非常に小さくなっている。ピニオン軸は仕様により異なるが，4,000～14,000rpmで回転している。羽根車は従来の直結形多段プロワに採用されていた二次元翼と異なり電子計算機により計算された高圧力比，高比速度の三次元翼が採用され，溶接あるいは精密鋳造により製作される。ケーシングは従来の鋳造ではなく，鋼板製溶接構造となっている。また，軸受及び歯車への潤滑油給油装置がプロワベースに内蔵され，完全なパッケージ形となっており，従来のように潤滑油給油装置を別に設置し，現地で給・排油配管を設置する必要がなくなっている。

増速歯車を内蔵し，ケーシングを鋼板溶接構造としたため，プロワより発生する騒音は直結形多段プロワに比較して小さくなっているが，全体を防音カバーでおおうことにより，ほぼ同等の騒音値まで下げることができ，実用上の問題は解消

表2 直結形多段ターボプロワ各部材質など 多くの実績をベースに，信頼性のある鋳鉄製のケーシングを採用し，ケーシングを上下二分割構造とすることにより保安点検を容易にしている。

部 品 名	材 質 な ど
ケーシング	鋳鉄製：上下二分割
羽 根 車	炭素鋼板，あるいは特殊鋼板製：溶接構造二次元翼採用
軸	炭素鋼
軸 受	ホワイトメタル：強制給油方式
ラビリンス	アルミ合金製
ベ ー ス	鋼板溶接構造，あるいは鋳鉄製：共通ベース
カップリング	フランジ形たわみ軸継手，あるいは歯車形軸継手

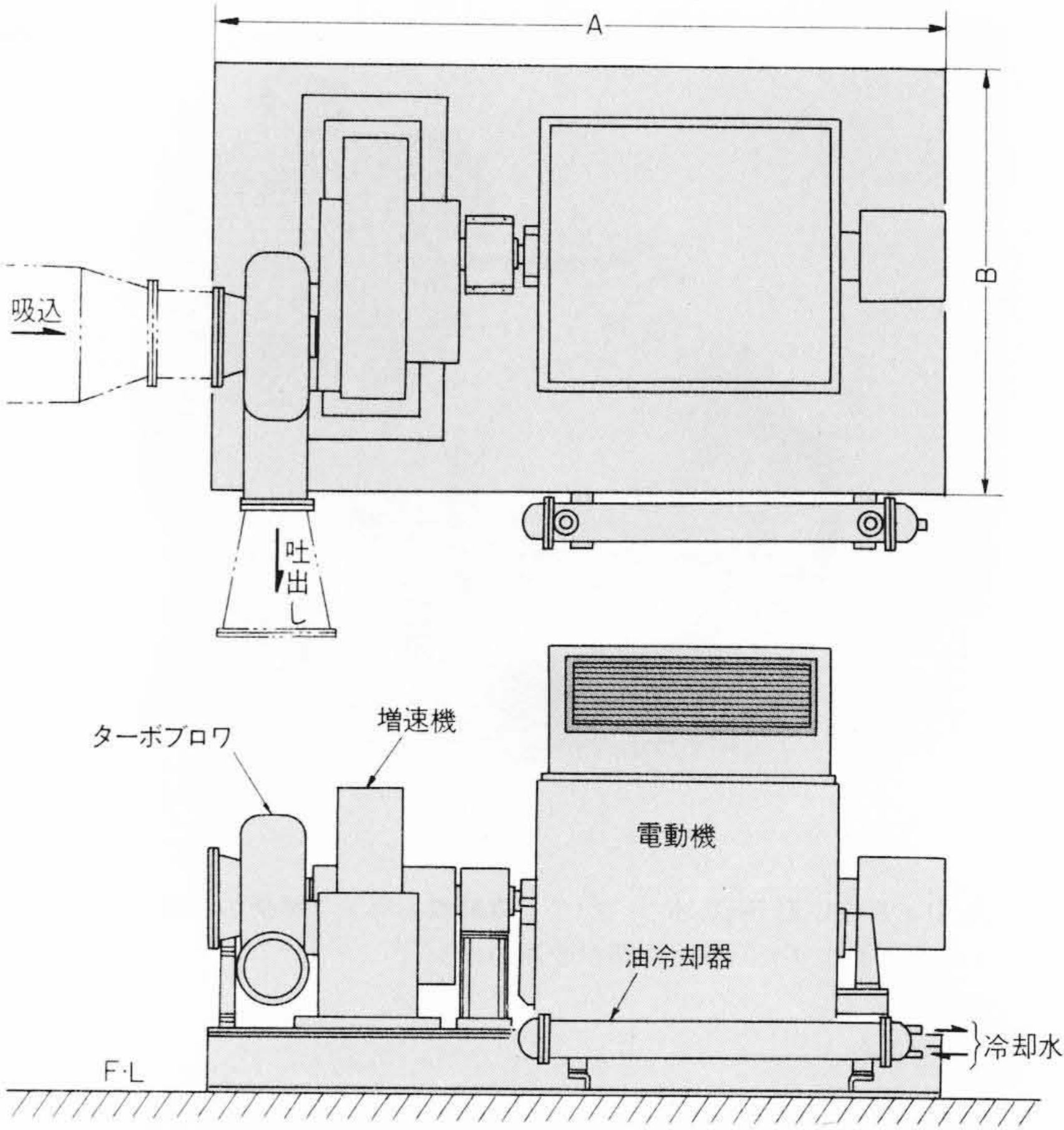


図8 増速形単段プロワ全体図 従来の直結形多段プロワに比較して，寸法，重量がともに非常に小さくなっている。

表3 増速形単段プロワ標準シリーズ プロワ，増速機，電動機及び給油装置がすべて共通ベースにコンパクトにまとめて設置されている。

形 式	風量(m³/min)	圧力(mmAq)	A (mm)	B (mm)
POB-GH355	50～ 200	2,000～11,000	3,500	2,300
POB-GH560	100～ 500	〃	3,900	〃
POB-GH900	300～1,300	2,000～12,000	5,000	2,500

表4 増速形単段ターボプロワ各部材質など ケーシングは鋼板溶接構造とし，インペラには最新技術の三次元翼を採用している。

部 品 名	材 質 な ど
ケーシング	鋼板製溶接構造
羽 根 車	特殊鋼溶接構造，あるいは精密鋳造製：三次元翼採用
ピニオン軸	特殊鋼：軸端に羽根車設置
ギヤ及びギヤ軸	特殊鋼及び炭素鋼
軸 受	ホワイトメタル：強制給油方式
ベ ー ス	鋼板製溶接構造：共通ベース，給油装置内蔵
カップリング	フランジ形たわみ軸継手

した。
このプロワも表3に示すように標準シリーズ化されている。なお各部材質などについては表4を参照されたい。

4 結 言

下水道設備に使用されるポンプ及びプロワについて，その用途及び用途に応じて要求される特性について述べ，それに対する現状及び今後の技術的動向を概括的に述べた。