

# 大形排水機場の最近の動向

## Recent Trends of Large Size Drainage Pumping Plants

近年、大規模な公共治水事業計画の施行、及び産業構造の大形化に伴い排水機場はますます大形化の一途をたどっている。更に、昭和48年(1973年)のオイルショック以降、省資源・省エネルギー化の時代要求を背景に、設備の大形化、単機容量の大形化により投資効率の向上を図るようになってきた。この傾向は、排水機場としての信頼性の向上と相まって今後ますます強くなるものと思われる。

小松健彦\* *Komatsu Takehiko*  
 桑原勅光\* *Kuwabara Norimitsu*  
 土屋 実\*\* *Tsuchiya Minoru*

### 1 緒 言

近年、地域総合開発の一環としての大規模な公共治水事業計画の施行、及び産業構造の大形化に伴い排水ポンプ設備はますます大形化の一途をたどり、ポンプの単機排水能力が50 m<sup>3</sup>/s (口径4,600mm<sup>φ</sup>相当)、機場の総排水量300~400m<sup>3</sup>/sにも達するようになってきた。また、下水道の整備は昭和46年度を初年度とする第3次下水道整備5箇年計画に基づき推進されているが、現行5箇年計画決定後、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などの各種立法に基づき地域整備計画が進められ、水質環境基準達成のために多府

県にまたがる広域的な下水道が作られるなど、大規模・大形化の傾向にある。

一方、農業の近代化を図るために農業水利施設整備改善事業が実施されている。このため、農地の受益面積が集約化・広域化され、それに伴い農地排水ポンプ設備も大形化の傾向にある。

このように排水ポンプが大形化される背景には、ポンプ及びその関連設備技術の進歩、発展に伴う機器の信頼性が高まり、土木技術を含めた総合的な信頼性、経済性両面からのスケールメリットが確認されてきたことがある。図1に最近の大形排水ポンプ(口径2,000mm<sup>φ</sup>以上)の製作実績について、年度別に推移を示した。

本稿では、これら計画達成のために設備される大形排水ポンプの用途及び目的に応じた特性と、それに対する現状及び今後の技術動向について設備例を混じえ紹介し、参考に供したい。

### 2 ポンプの用途と形式

大形排水ポンプ設備は、その使用目的から次の二通りに大別できる。

- (1) 雨水排水用(地盤沈下、高潮対策、湛水防除など)
- (2) 農地排水用(干拓、排水、湛水防除など)

なお、表1に日立製作所が最近製作した大形排水ポンプの実績を示す。

#### 2.1 雨水排水ポンプ

雨水排水ポンプの目的は、

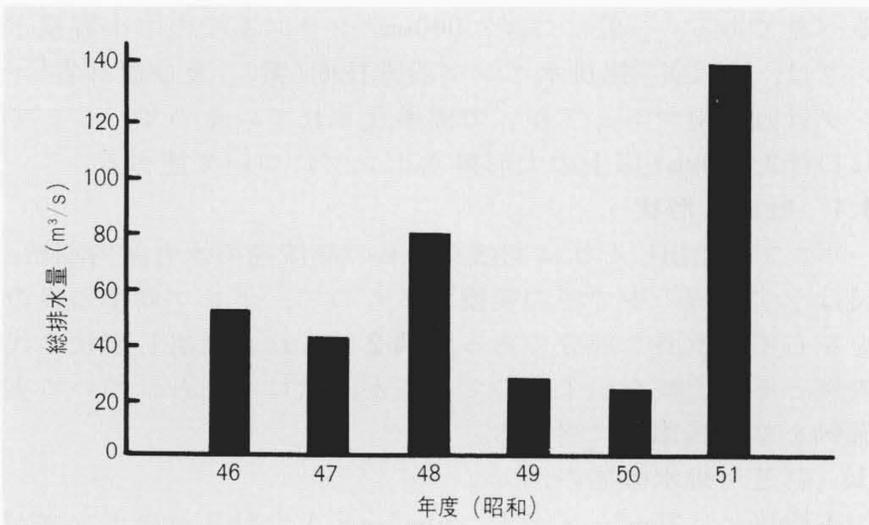


図1 大形ポンプの生産実績 口径2,000mm<sup>φ</sup>以上の大形排水ポンプの日立製作所生産実績について年度別推移を示したもので、昭和49、50年はオイルショックの影響で落ち込んだが、再び回復の傾向がみられる。

表1 最近製作された代表的な大形排水ポンプ 昭和46年以降製作された大形排水ポンプ(口径2,000mm<sup>φ</sup>以上)の実績を示す。

納入先	形式	台数	口径 (mm <sup>φ</sup> )	仕様	備考	製作年度 (昭和)
大阪府広域下水道局 川俣	立て軸うず巻斜流	3	2,200	636m <sup>3</sup> /m×9m×194rpm×1,900PS	雨水排水, かさ歯車	45
新潟県農地建設課 新川	立て軸軸流	2	2,100	10.15m <sup>3</sup> /s×4.0m×188rpm×580kW	農地排水, 遊星歯車	46
茨城県耕地課 伊丹	横軸斜流チューブラ	1	2,000	528m <sup>3</sup> /m×3.8m×125rpm×500kW	同上	47
東京都港湾局 芝浦	立て軸軸流	3	2,300	13.33m <sup>3</sup> /s×3.3m×150rpm×900PS	高潮対策, かさ歯車	48
千葉県葛南土木局 西浦	立て軸斜流	"	2,500	900m <sup>3</sup> /m×5.4m×118rpm×1,650PS	雨水排水, かさ歯車	"
建設省関東地方建設局 三郷	立て軸うず巻斜流	1	3,600	30m <sup>3</sup> /s×6.3m×97rpm×3,500PS	同上	50
愛知県土木部 蟹江川	立て軸可動羽根軸流	"	2,000	10m <sup>3</sup> /s×4.3m×190rpm×900PS	同上	51
同上	同上	"	3,600	30m <sup>3</sup> /s×4.1m×114rpm×2,400PS	同上	"
建設省関東地方建設局 新芝川	立て軸うず巻斜流	2	3,300	25m <sup>3</sup> /s×5.6m×95rpm×2,600PS	同上	"

\* 日立製作所土浦工場 \*\* 日立製作所産業技術本部

(1) 流域の地盤沈下や川床の土砂の堆積により河川の排水能力が低下した場合、河川水位を低下させるため他河川又は海へ流下量の全量を排水する。

(2) 降雨時、河川への流入量を途中でカットしてポンプで他河川や海へ排水し湛水防止を行なう。

(3) 台風時などの異常高潮位から河口低位地域の冠水防止を図り、常時は河川の浄化用として利用する。

このように、雨水排水ポンプは台風などによる豪雨時の多量の雨水を短時間で排水し、その地域を水害から守るため平素の保守管理と相まって、絶対に事故を起こすことのない信頼性の高いポンプであることが要求され、排水機場の計画設計、施工に当たってはこの点に最も重点をおかなくてはならない。

一方、最近の大形ポンプは設備の立地条件、排水条件などから立て軸ポンプが圧倒的に多くその利点は、

(1) 羽根車が水没し満水操作がなく、自動運転が容易であること。

(2) 吸込性能面で有利なため、ポンプが小形軽量化できること。

(3) 据付面積が小さくて済み、原動機の冠水保護が可能であること。

など、横軸ポンプに比べ排水ポンプとして適しているからである。また、遊水池など広大な貯水池を持たない河川の地形から考えて、降雨量に応じて排水量を追従させる必要のあることや内・外水位によって揚程が大きく変動するため、広範囲の使用に対して安定した性能を保持する必要がある。このため、最近、うず巻斜流ポンプ〔例えば、関東地方建設局三郷及び新芝川排水機場（以下、三郷及び新芝川排水機場と略す）〕又は可動翼軸流ポンプ〔例えば、愛知県土木部河川課蟹江川排水機場（以下、蟹江川排水機場と略す）〕が使用されることが多くなった。

## 2.2 農地排水ポンプ

農地排水ポンプは、洪水時の非常排水はもちろん常時の排水をも考慮して、水位が最適な状態に保たれるよう設置される。また、その目的から広大な面積の農地が対象となるので、土地、河川の水位などの地形条件のほかに降雨量、日照などの自然条件によっても大きく影響を受ける。ポンプは、これら諸条件に適合した経済的で必要な機能を発揮できるものが選定されるべきで、通常使用条件から軸流・斜流ポンプが多く採用される。また、農地排水ポンプの特徴としてチューブラポンプの採用があるが、このチューブラポンプの特長は、

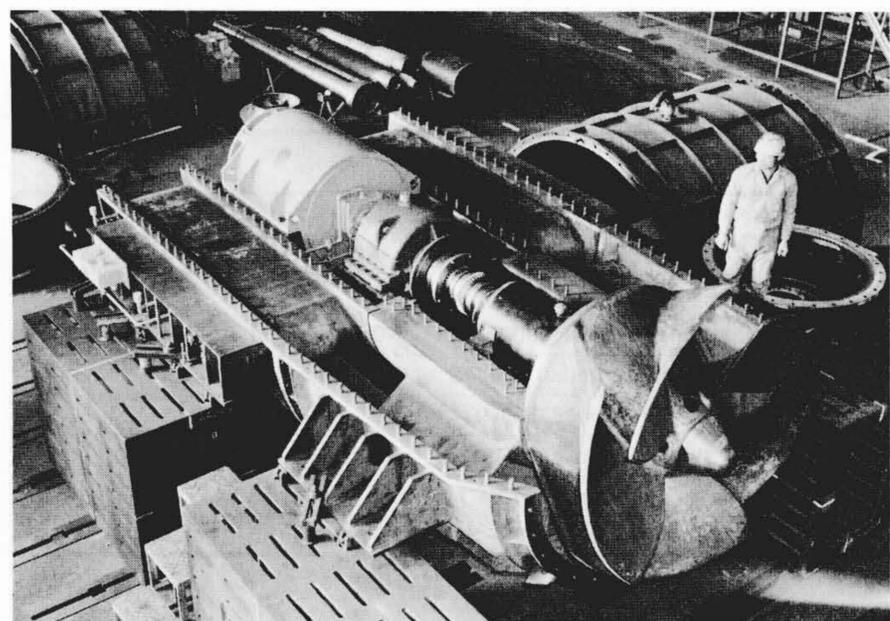


図2 口径2,000mm $\phi$ チューブラポンプ 茨城県耕地課伊丹排水機場へ納入された横軸斜流チューブラポンプの工場組立中の状況を示す。

(1) ポンプ、減速機及び電動機が一体になっているため、一般のポンプほど据付けの精度を必要としない。また、地盤沈下による心狂いの心配がない。

(2) 配管を含めた軸方向の長さは、一般の横軸軸流(斜流)ポンプに比べて約60%程度になる。また、機器の下に吸込水槽がないので土木の基礎構造が簡単になる。

(3) いわゆる水中軸受がなく、ポンプ内部の軸受もすべて油潤滑なので信頼性が高い。

(4) 一般に押し込みで運転されるため、満水操作の必要がなく、始動が簡単にできる。

(5) 機器が一体軽量化されること、土木構造が簡単になることから機場総荷重が軽減されるため、軟弱地盤にも適する。などの利点がある。この形の最大級ポンプは、昭和47年に茨城県耕地課伊丹排水機場に納入された口径2,000mm $\phi$ 横軸斜流チューブラポンプである(図2)。

## 3 ポンプの形状と構造

排水ポンプは、使用範囲の変動が大きいこと、異物の混入が多いこと及び機場の立地条件に最も適したものでなければならぬことから、

(1) 構造が強固で故障のないこと。

(2) ポンプ性能が安定していること。

(3) 異物のつまりや流水閉鎖部のないこと。

(4) 分解組立、保守点検が容易なこと。

が必要であり、機場全体として最も合理的、経済的にまとめるべきである。一般に口径2,000mm $\phi$ クラスまでの中小容量ポンプは、建設省「揚排水ポンプ設備技術(案)」及び農林省「ポンプ計画技術マニュアル」で標準化されているので、ここでは口径2,000mm $\phi$ 以上の大形排水ポンプについて述べる。

### 3.1 吐出し形状

ポンプの吐出し形状は羽根車からの高流速の水を案内羽根、又はうず巻室の中で圧力変換するもので、ポンプ効率の良否を左右する重要な部分である。表2はこれら吐出し形状の代表例とその比較を示すものであるが、次にこれらについて実施例を基に具体的に述べる。

#### (1) 新芝川排水機場の例

本機場には25m<sup>3</sup>/s $\times$ 2台、50m<sup>3</sup>/s $\times$ 1台計3台のポンプが設置され、それぞれのポンプ口径が3,300mmと4,600mmの大形ポンプになる。そのため、ポンプ吐出しケーシングは寸法、

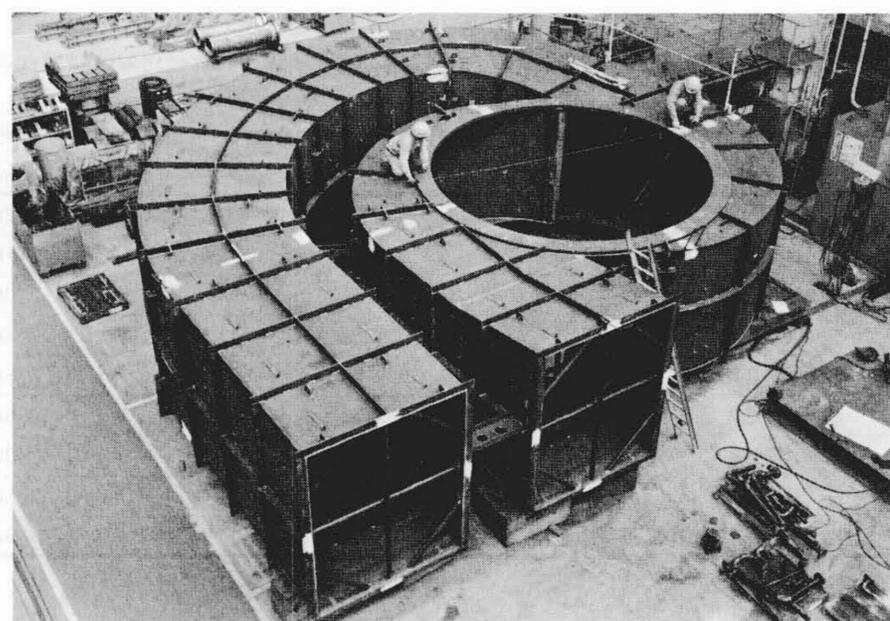
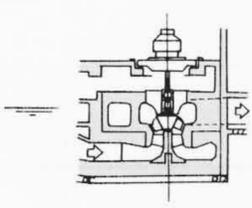
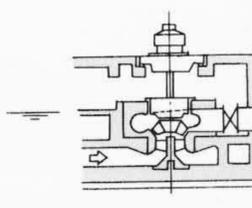
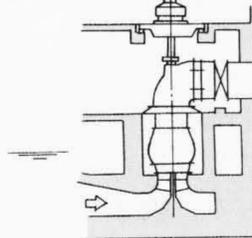
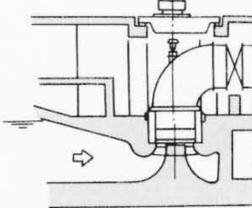
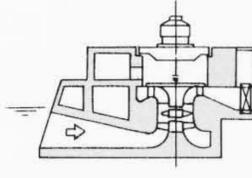


図3 二重うず巻形ケーシング 新芝川排水機場納め25m<sup>3</sup>/sポンプ用二重うず巻形ケーシングの工場仮組立中の状況を示す。

表2 吐出しケーシングの形状と比較 吐出しケーシングの比較と、簡単な適用機種及び容量の目安を示した。

適用機種	略 図	名 称	適 用 の 目 安		長 所	短 所
			吐出量(m <sup>3</sup> /s)	全揚程(m)		
斜 流 ポ ン プ		二重うず巻 ケーシング (角形)	>15 (口径 2,600mm $\phi$ )	$\geq 4$	1.高さ方向寸法が最小となる。 2.吐出し水路の自由度が大となる。 3.超大形ポンプに最適である。	1.平面積が大となる。 2.土木構造がやや複雑
		一重うず巻 ケーシング (丸形)	$\leq 15$ (口径 2,600mm $\phi$ )	$\geq 4$	1.高さ方向寸法が最小となる。 2.中・大形ポンプに適する。 3.コンクリート埋設構造でなく露出形も可能である。	1.平面積がやや大となる。 2.土木構造は二重うず巻形より簡単となる。
		案内羽根 ケーシング (上吐出し)	$\leq 15$ (口径 2,600mm $\phi$ )	$\geq 4$	1.床荷重の軽減が可能である。 2.土木構造が簡単 3.二次コンクリート打が少なく据付けが楽に済む。 4.口径2,000mm $\phi$ 以下のポンプに多い。	1.高さ方向寸法が大となる。 2.保守に難がある。
軸 流 ポ ン プ		エルボ形 吐出しケーシング	<30 (口径 3,600mm $\phi$ )	<5	1.床荷重の軽減が可能である。 2.土木構造が簡単 3.二次コンクリート打が少なく据付けが楽に済む。 4.口径2,000mm $\phi$ 以下のポンプに多い。	1.高さ方向寸法が大となる。 2.保守に難がある。
		かさ形 吐出しケーシング	>20 (口径 3,000mm $\phi$ )	<5	1.高さ方向寸法が小となる。 2.吐出し水路の自由度が大となる。 3.超大形ポンプに最適である。	1.土木構造が複雑になる。 2.床荷重が大となる。

重量の輸送制限や鋳造上の制約もあり鋼板製とし、コンクリート中に埋設してポンプケーシング、あるいは流路を形成させた。すなわち、この鋼板製ケーシングは正確な寸法形状を得るためのコンクリート型枠の役目と、流水に対する内面保護の役目をし、強度剛性は周囲の土木構造に受け持たせた。また大きな特色として、機場高さをできるだけ低く抑えるため、うず巻形ケーシングを採用して従来の案内羽根ケーシングの約50%程度の高さにするとともに、最小流路面積をできる限り大きくし異物の混入に対しても問題のないものとした。うず巻室が大きくなると、平面積が増大し、内圧を受けるうず巻室上部のコンクリートスラブが非常識に厚いものとなる。このため図3に示すように、二重うず巻(スパイラル)形ケーシングを採用し2個のうず巻室の間に隔壁を設け、上面コンクリートスラブの支持壁としてスラブ厚さの軽減を図った。また、この二重うず巻室の採用により心向きスラスト(ラジアルスラスト)は、一重うず巻ケーシングの場合の20%程度に軽減でき、主軸、軸受などの軽負荷運転を可能にした。

(2) 蟹江川排水機場の例

蟹江川排水機場の吐出しケーシングは軸流ポンプであることから、案内羽根を持つポンプケーシングと水流を直角方向

に整流する吐出しエルボとで構成される。エルボ構造の場合、どうしても機場高さがうず巻斜流ポンプに比べ高くなるため、吐出しエルボの流路断面は円形でなく矩形断面を持つようにする。この機場での特色は、この吐出しエルボを剛性のある鋼板構造とし、コンクリート中に埋設せず二次打設コンクリートボリュームを減らして床荷重の軽減を図ったことにある(軟弱地盤対策)。

なお、両機場とも吐出しケーシングを取り外すことなく摩耗部である羽根車、ライナなどの分解、組立ができるような構造とし保守、点検の便宜を図った。

3.2 吸込形状

特に大形排水ポンプでの吸水路形状の選定は、地形や土木施工、掘削深さを考慮し建設費の面でも安価となる土木的要求と水力性能上の要求とをマッチさせる必要がある。したがって、大形ポンプの吸込水槽は土木的要素と立地条件とを踏まえた上でポンプ側機械設備の要求を満足させるため、計画段階から工事施工面における土木技術との密接な提携を図ることは言うまでもない。

図4に大形排水ポンプに採用されている吸込形状を示す。最近では、かさ形吸水路〔同図(a)〕の採用が圧倒的に多い。

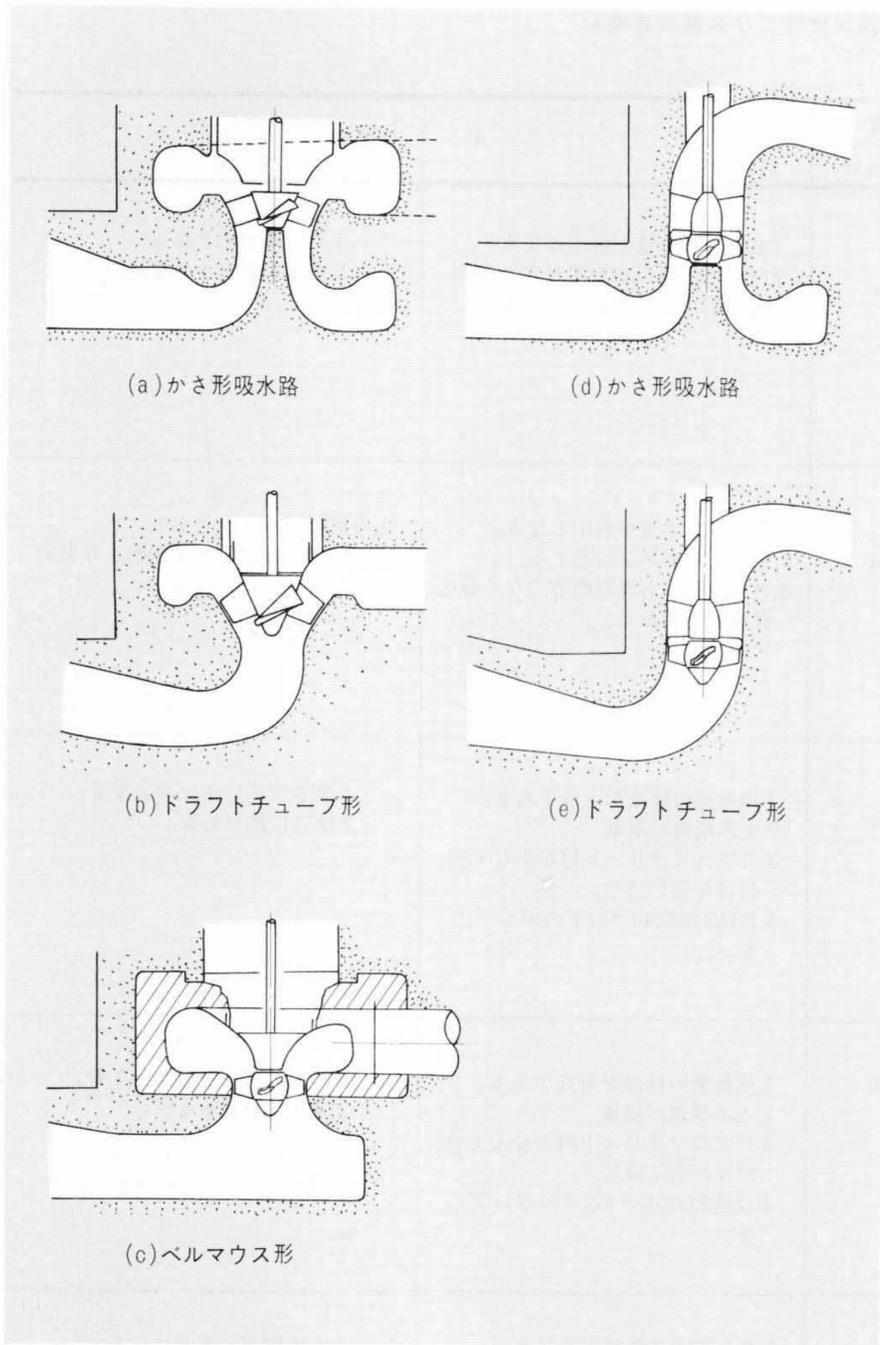


図4 大形排水ポンプの吸水路形状 大形排水ポンプ用の吸水路形状の代表例を示す。

表3 ポンプ設置台数の目安 計画排水量とポンプ設置台数の目安を示した。

計画排水量 (m <sup>3</sup> /s)	設置台数 (台)
30 以下	2 ~ 4
31 ~ 100	3 ~ 5
101 ~ 200	4 ~ 6
201 ~ 300	5 ~ 7
301 以上	6 ~ 10

4 ポンプの設置台数

計画排水量に対するポンプの設置台数は、単機容量を大きくして台数を少なくしたほうがポンプ設備費、土木工事費、用地費、保守管理費などを含めた機場全体の建設費が低減できるので経済的である。しかし、あまり台数を少なくすると信頼性の確保を第一とする非常用排水設備としての目的を達することができなくなる。このため、計画排水量の規模から危険分散、内水流出量の変化、降雨の発生頻度、維持管理、及び製作輸送限界を十分考慮して2~10台の間で選定し、予備機は設置しないことが原則である。表3に計画排水量と設置台数の目安を示す。

5 設備例

最近製作された大形排水ポンプを表2に示したが、この中から代表的な排水機場について紹介する。

5.1 新芝川排水機場

新芝川排水機場(図5, 6)は川口市領家町の芝川水門付近に設置され、現在据付工事が進行中である。本機場は市内芝川流域の降雨による浸水を防止するため、芝川の水を荒川へポンプ排水するもので、流域雨水設備としては我が国最大級

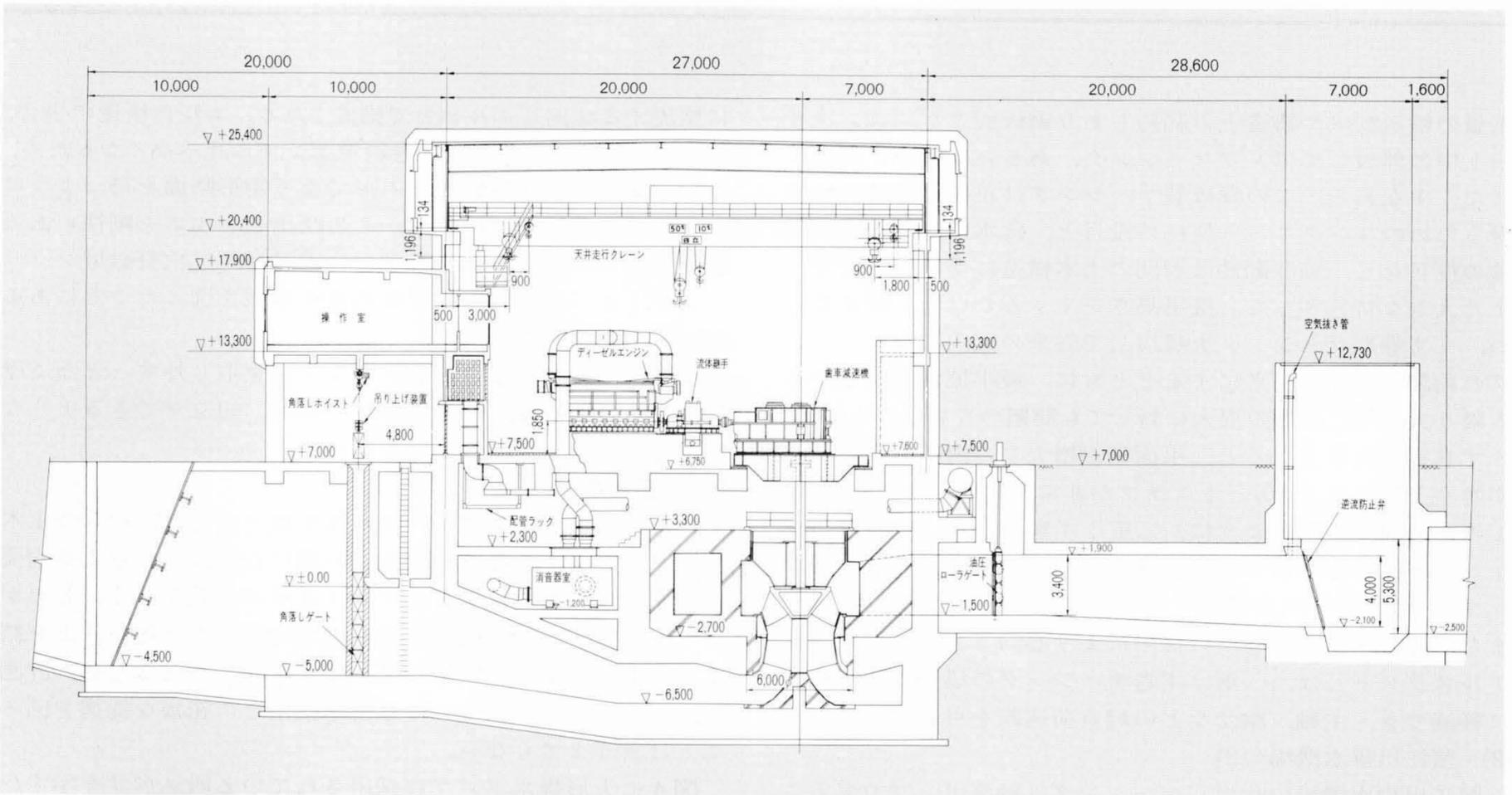


図5 新芝川排水機場断面図 50m<sup>3</sup>/sポンプの機場断面を示す。ポンプはコンクリート中に埋設されている。

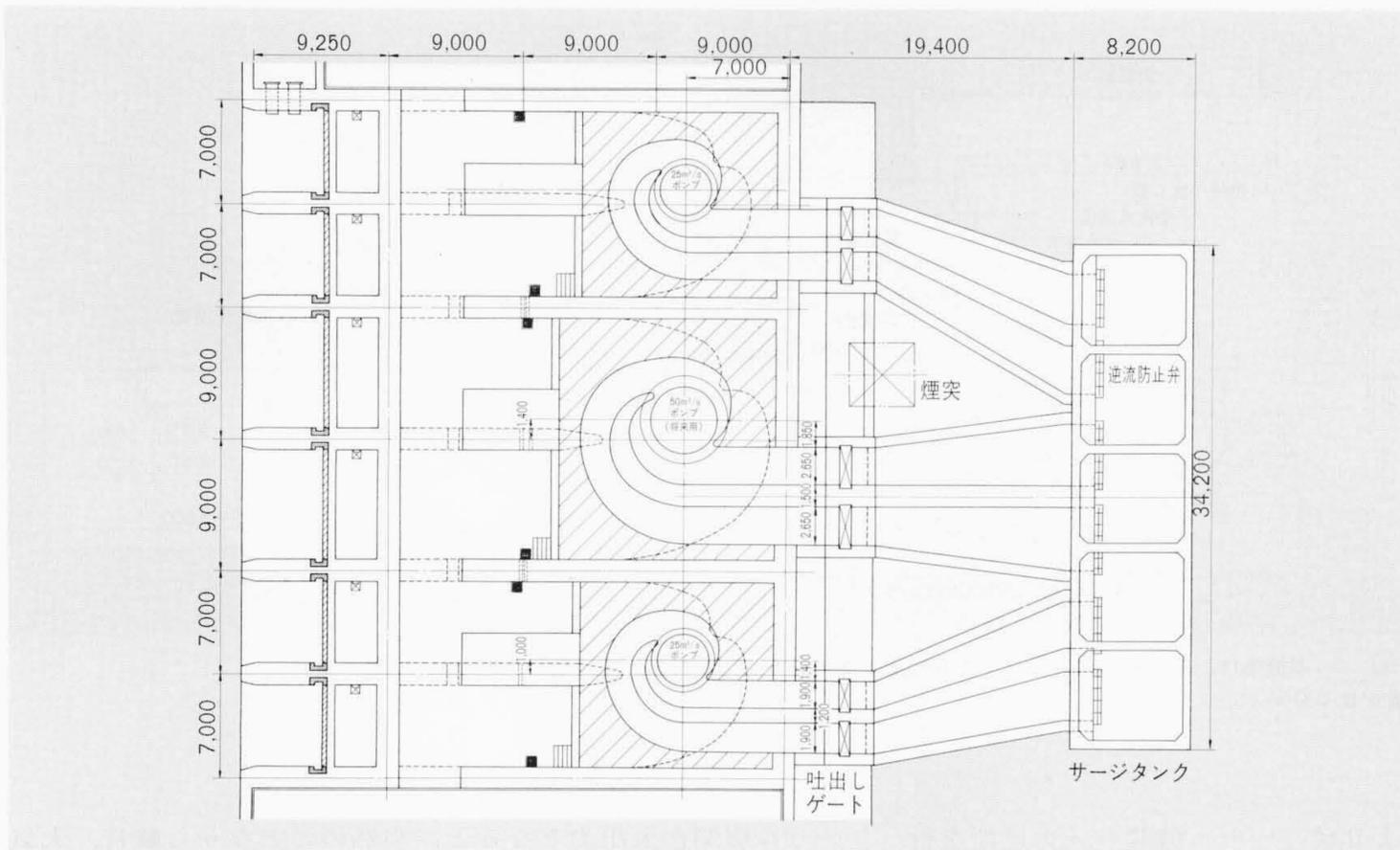


図6 新芝川排水機場  
平面図 ポンプの配列  
と吸・吐水路形状を示すも  
のである。大容量ポンプを  
中央に、小容量ポンプを両  
側に配し水流、荷重のバラ  
ンスを考慮してある。

のものである。なお新芝川排水機場は、三郷排水機場と並んで今後の超大形排水ポンプのモデル機場として脚光を浴びるものと思われる。次に本機場の主な特長について述べる。

- (1) 吐出し側水位変動が大きく、ポンプの運転揚程が0～9mにも達するため、これに適した斜流形羽根とした(図7)。
- (2) 機場高を低くするため、うず巻形ケーシングを採用し、内圧の支持及び心向きスラスト軽減を目的として二重うず巻ケーシングとした(図3参照)。
- (3) うず巻ケーシングはコンクリートに埋め込まれ、剛性を持たせると同時に所定のスペースにうまく収めるため、建屋中心に対し偏心させ、また羽根車入口で均一な流れが得られるかさ形吸水路とした。
- (4) 駆動機がディーゼル機関であり多量の冷却水を使用するが、これらの冷却水は原水を浄化処理して利用する二次冷却方式とした。
- (5) スイング式フラットレーキ形かき上げ能力4tの除塵機を一次スクリーンに配し除塵する方式とした。
- (6) 敷地境界線で60dB(A)以下の騒音を目標とし機器、建屋を含めた総合的な検討を行なった。特にディーゼル機関の排気音対策については、大形の消音器を室内に配し、機場のコンパクト化を図った。

## 5.2 蟹江川排水機場

蟹江川排水機場(図8参照)は総排水能力80m<sup>3</sup>/sの設備であり、名古屋市西部を流れる蟹江川流域の著しい地盤沈下により、提防高の不足を来しているため、蟹江川の洪水排除を目的として設けるものである。

本機場の特長は次に述べるとおりである。

- (1) 洪水時、時間的に変動する流入量に対して、効率よく、また常時排水の少水量時でも運転効率を高めるため、ポンプは可動翼とし、運転揚程が0～4.5mと比較的低いことから小形、軽量となり、低揚程運転に対し安定した性能を持つ軸流ポンプが採用された。
- (2) 吐出しエルボは鋼板製とし、床荷重軽減のためコンクリート埋設とせず軟弱地盤対策を図った。また、吐出しエルボを据え付けた状態で回転部を引き抜けるプルアウト構造とし、

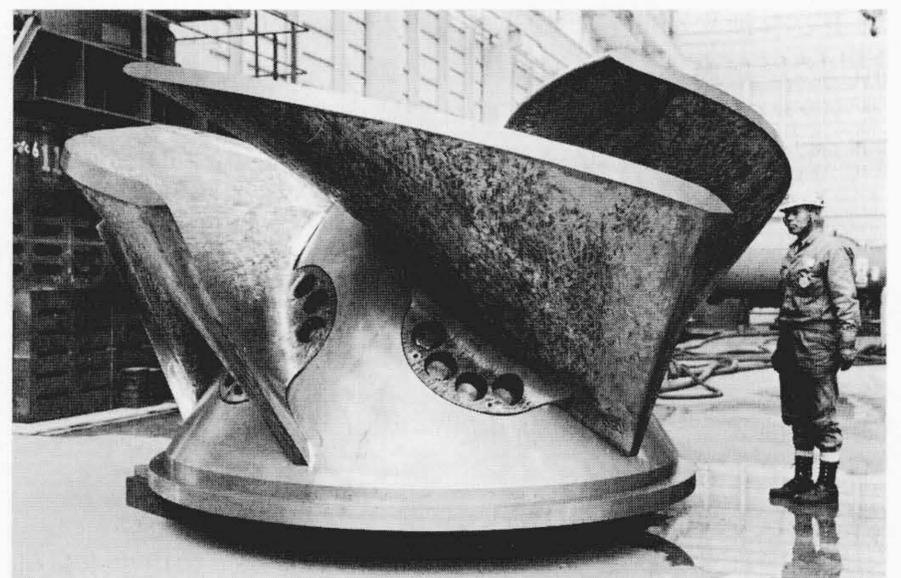


図7 斜流ポンプ羽根車 新芝川排水機場納め25m<sup>3</sup>/s用斜流形羽根車を示す。

保守を容易にした。

- (3) 可動翼の操作源は油圧とし、油圧の緊急時のバックアップは「高圧ガス取締法」の適用を受けない小形のブラダ形アキュムレータを配して安定運転を図るとともに、保守管理を容易にした。

## 6 ポンプの付帯設備

雨水排水ポンプの付帯設備としては、バルブ・ゲート類、歯車減速機、流体継手、駆動機、除塵装置、原水処理装置、換気装置などがある。

バルブは水路が円形断面の場合に採用され、経済性からその限界は約3,000mm以下に採用されるケースが多い。ゲートは、コンクリートケーシングなどの矩形断面水路の大形ポンプに採用されている。

歯車減速機は立て軸ポンプで、ディーゼル機関駆動の多い排水ポンプはかさ形歯車減速機の採用が最も多く、我が国の記録品では三郷排水機場向け6,200PSである。

流体継手はディーゼル機関のねじり振動を除去するととも

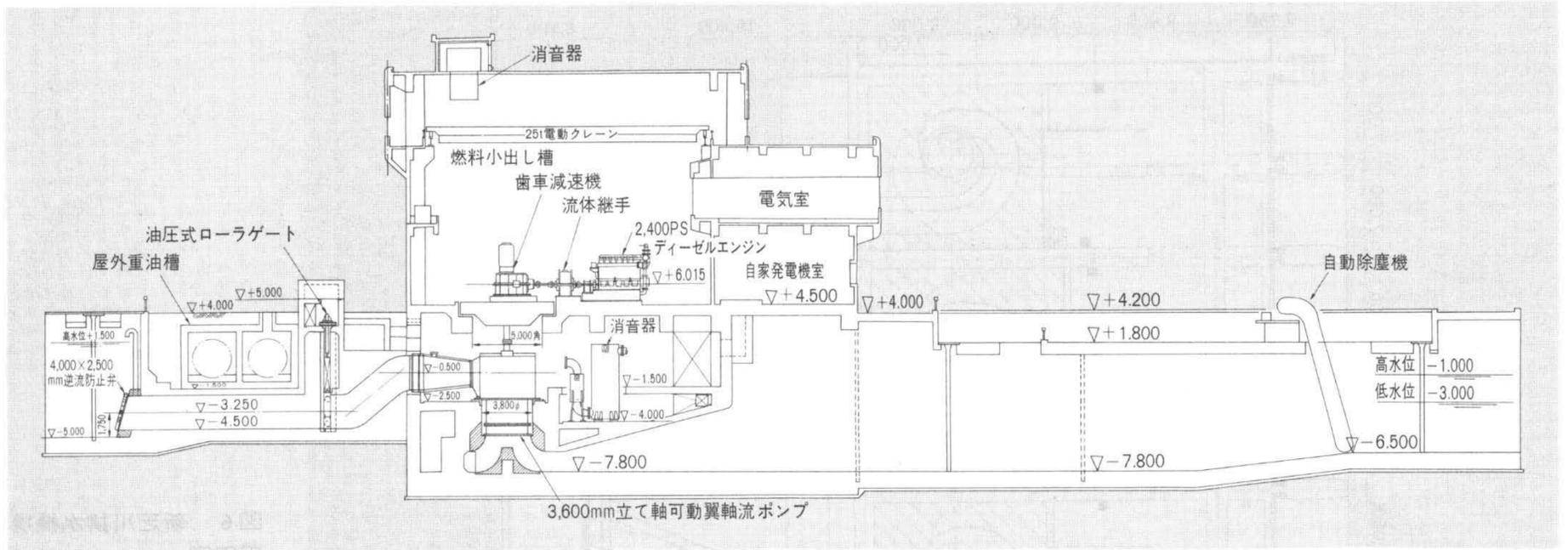


図8 蟹江川排水機場断面図 本機場は、立て軸軸流ポンプであり吐出しケーシング部が露出形で、新芝川機場の断面図(図5)との相違がよく分かる。

に、作動油を抜くことによりディーゼル機関の入力遮断を行なうクラッチ作用を持たせることができるため、大形排水ポンプに多く採用されている。なお、従来は歯車減速機と流体継手とを独立別置した機器であったが、最近この両機を一体化したかさ歯車内蔵充排油形流体継手(図9)が採用されるケースが多くなり、最大実績は京都市下水道局(鳥羽処理場)納め3,100PSのものがある。また現在では、6,200PS容量のものが計画されており、ますます普及するものと思われるがその特長は次に述べるとおりである。

- (1) 独立別置形に比べてコンパクトとなるため、建屋幅を大幅(約20%)に小さくすることができ、土木費の軽減が可能となる。
- (2) 給油装置、保護装置計画が一本化できるので、保守信頼性の観点から好ましい。
- (3) 据付心出しが容易となる。

駆動機はディーゼル機関が圧倒的であるが、常用少水量排水として小出力電動機を併用するケースも多い。なお、ディ

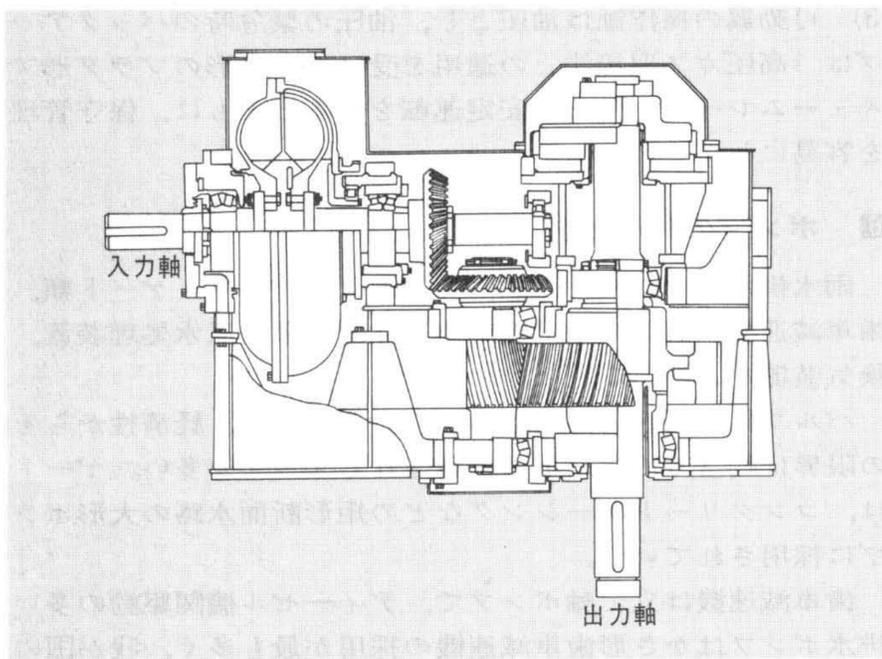


図9 かさ歯車減速機内蔵形充排油形流体継手の構造例 最近注目されてきたかさ歯車と流体継手を一体化した構造例を示す。

ーゼル機関が大出力となると、当然のことながら騒音、大気汚染など公害面の配慮もよりいっそう留意する必要がある。また、大形化する消音器、煙突の配置についても計画段階から十分検討する必要がある。

除塵装置は洪水時に様々な雑物がポンプ場に流入してくるので、これら雑物を確実に排除する必要がある。通常、スクリーンは一次及び二次を設け、一次スクリーンは除塵を目的として超大な雑物も考慮して、かき上げ能力の大きいスイング式フラットレーキ形除塵機を採用する傾向にある。また二次側は、主として安全上の目的からスクリーンだけを設けることが多い。

## 7 結 言

排水能力の低下した河川に代わり排水を行なう三郷、新芝川、蟹江川各排水機場に代表されるように、最近の排水機場の大規模化は目を見張るものがある。大規模排水機場の実現を可能にしたのはポンプだけでなく、関連設備技術の進歩、発展に負うところが多い。また同時に省資源、省エネルギーの時代要求を背景に、単機容量の大形化、設備の大形化による投資効率向上の目的も大きく働いている。今後、この傾向はますます強くなると思われる。

設備の大規模化に対処していくためには、機械設備単独での経済性、機能向上を図るだけでなく、土木構造と一体化を図る必要が今まで以上に重要である。すなわち、三郷、新芝川機場で採用されたような、土木と一体構造のケーシングや、土木掘削量の低減効果の大きい吸入水槽形状の開発がよりいっそう望まれる。また設備規模の大形化により運転動力費低減に対する要求もよりいっそう強くなり、蟹江川機場のように可動翼の適用も設備費、運転動力費などを総合的に検討する必要がある。また公害、安全、省力化の観点から、大形排水機場の中でも運転頻度の高い水量範囲に対して用いられるポンプ設備に対しては、電動機駆動の検討も十分に行なう必要がある。

これらの問題は、従来の中・小排水機場でも程度の差こそあれ検討されていたものであるが、最近、機場の大形化に伴いよりいっそう重要性を増してきているので、代表的な大形排水機場を例にとり論述した。本稿が今後計画される機場の建設に対して、幾分でも参考になれば幸いである。