

最近のポンプブロワ設備と電動力応用

Recent Trends of Pumps, Blowers and Application of Electric Power

ポンプ、ブロワ設備に対する高信頼性・経済性・維持管理性の向上は、近年、社会環境、経済環境の変化によって従来よりもいっそう強く要求されている。特に下水道用ポンプ、ブロワ設備については、現在の下水道の普及率からみて、更に新設需要が続くと予想され、これらの要求にこたえる最適設備を提供することがメーカーに課せられた大きなテーマである。

本稿では、下水道設備の中で特に雨水ポンプ、汚水ポンプ、ばっ気用ブロワ及びこれらを駆動する電動機の可変速制御システムに関し、最近の要求に対応した新技術、新製品についてその一端を紹介する。

吉川慶彦*
山後直義*
小山 満**

Yoshihiko Yoshikawa
Naoyoshi Yamago
Mitsuru Koyama

1 緒 言

ポンプ、ブロワ設備に対する高信頼性、経済性、維持管理性の追求は従来からのテーマであるが、近年、社会環境、経済環境の変化により特に強く要求されている。

上水道については、水道の普及率からも察せられるように、ポンプ場の新設需要は減少しており、むしろ維持管理時代に入ったと言える。人的資源の確保がますます困難になるであろうという社会的背景からも、設備の維持管理の容易性、運転操作性の向上を図ることが設備計画上の主要なテーマとなっている。これらの内容については、本特集号の別稿で述べているので本稿では省略する。

一方、下水道は第6次下水道整備5箇年計画にみられるように、昭和65年度末で普及率44%を目標に整備が進行中であり、今後もポンプ場や処理場の新設需要は続くと予想される。これに対して、機場全体の高信頼性、経済性を更に追求し、維持管理の容易な最適設備を提供することが大きなテーマである。また、機場の深層化に対応した経済性の追求、都市形洪水に対応したポンプの運転操作性の向上という新たなテーマが要求されている。

本稿では、下水道設備のうちで特に、雨水ポンプ、汚水ポンプ、ばっ気用ブロワ及びこれらを駆動する電動機の設備に関し、最近のテーマに即した新技術、新製品について表1に示す内容を紹介する。

2 冷却方式の改善による高信頼性、経済性システム

雨水ポンプ設備は、対象区域を水害から守るという重要な目的があり、高い信頼性のもとに維持管理する必要がある。これらを踏まえて、最近の雨水ポンプ設備の設計に際しては、特に次の内容が従来よりもいっそう強く要求されている。

(1) 高い信頼性の確保と維持管理を容易にするため、システムを簡素化する。すなわち、補機やセンサの数を極力減らし

表1 ポンプ、ブロワ設備の新技術、新製品 内容と新技術、新製品の関連については各章で説明する。

テーマ	内 容	新技術、新製品
信 頼 性	システムのトラブル発生率の低減	冷却方式の改善 (無給水軸受, 無給水軸封装置) (空冷減速機, インラインクーラ)
	水道使用料金の節減	冷却方式の改善
経 済 性	運転動力費の節減	可動翼ポンプ 高効率単段ブロワ 交流可変速駆動システム
	機場建設費の低減 (機場の深層化対応)	後沈砂池方式
運転操作性	都市形洪水対応	先行待機運転
維持管理性	補機の簡素化	冷却方式の改善

取扱いの容易なシステムとすることで、トラブルの発生率を下げ、維持管理性を向上させる。

(2) 経済性の面で、大半の雨水ポンプ設備は、冷却水として水道水を大量に使用しているため、この使用量を少なくし水道料金の低減を図る。すなわち、冷却水の放流をなくし、再循環、再使用によるシステムとする。

一方、従来の雨水ポンプ設備の主な冷却方式である直接冷却方式、及びクーリングタワー方式について考えると次の問題がある。

表2に示すように、直接冷却方式は、十分な量の冷却水が必要である。

クーリングタワー方式は、クーリングタワーが屋外に設置されるため、騒音、凍結、ごみ混入などの心配がある。

* 日立製作所土浦工場 ** 日立製作所大みか工場

表2 冷却方式の比較 新システムは冷却系統が簡素化でき、補給水量も少なくて済むことが分かる。

冷却方式 比較項目	概略系統図	補機数	センサ数	水槽有効容量	補給水量
従来システム 直接冷却方式		冷却水ポンプ 2台 (うち1台予備)	流水継電器 9個 水位計 1個	700 m ³	640 l/min (最大値)
従来システム クーリングタワー方式		冷水ポンプ 2台 (うち1台予備) 温水ポンプ 2台 (うち1台予備) クーリングタワー 1台	流水継電器 9個 水位計 2個	200 m ³	60 l/min (クーリングタワー 蒸発分)
新システム		高架水槽 1台 冷却水ポンプ (機関機付きポンプ) 3台	流水継電器 3個 水位計 1個	5 m ³ (高架水槽)	25 l/min (高架水槽蒸発分)
備考	—	比較対象範囲に 限定した補機数 を示す。	同 左	170 kW (230PS)×3台 24時間容量	170 kW (230PS)×3台 運転時

以上のことから、雨水ポンプ設備の冷却方式について全般的に改善し、高い信頼性と経済性及び維持管理の容易な新システムを実現した。表2に標準的な新システムを示す。

新システムでは、ポンプ水中軸受の潤滑水と軸封水を不要とするために無給水軸受、無給水軸封装置を開発し適用している。更に減速機の空冷化を行い、減速機への冷却水も不要

としている。また、原動機がディーゼルエンジンの場合は、補機の簡素化と水道水の低減を目的として、ポンプの吐出し水によって二次的に冷却する新しいタイプの冷却器(以下、インラインクーラと呼ぶ。)を用いている。

2.1 無給水軸受

従来、雨水ポンプには、カッタレス軸受と呼ばれるゴム製

の水中軸受が多く用いられてきた。これは、ポンプ始動時のドライ運転ができないので、ポンプ始動前に必ず給水をしていた。また、スラリ混入により短寿命となることから軸を保護管で覆っていた。

今回実用化している無給水軸受は、炭化ケイ素を主成分とするセラミック製の軸受で、スリーブ材は、超硬合金を用いている。表3の実験結果²⁾に示すように、従来のカットレス軸受に比べ、摩擦係数と耐摩耗性に優れた特性を示し、短時間であればドライ運転ができるのでドライ始動が可能であり、またスラリ混入に対しても寿命約30年(スラリ濃度5,000 ppmの泥水中で年間100時間運転した場合の推定値)と問題がないので保護管が不要である。なお、セラミック軸受は上記のような長所があるが、反面、衝撃荷重に対して弱い欠点がある。衝撃荷重に対しては、ポンプ運転時だけでなく、組立時、輸送時も考慮して適切な設計が必要である。日立製作所では、セラミック軸受を金属シェル内部に装着し、更に金属シェルの外側に緩衝装置を設けた構造を採用しこの問題を解決した。

2.2 無給水軸封装置

ポンプの無給水化を図るためには、前述の無給水軸受適用のほかに軸封部の無給水化が必要である。日立製作所ではポンプの形式、軸封部の圧力によって3タイプの無給水軸封装置を実用化している。表4にこれらの構造、特長、適用範囲を示す。

2.3 空冷減速機

減速機の入力軸に冷却ファンを設けた空冷減速機を実用化している。その外観を一例として図1に示す。減速機のケーシングには、表面積を増すとともにファンからの風をケーシングに案内するフィンを、減速機の形式に応じて効率よく配置してある。これにより減速機の放熱係数を向上させている。冷却ファン付きの場合、減速機の大小にもよるが、冷却ファン不付き減速機に比べて放熱係数は約2倍となり、伝達容量の大きい範囲まで空冷化ができるようになった。既にファン付き空冷減速機は約20台の実績を持ち、すべて正常に運転されている。

表3 ポンプ水中軸受材質の実験結果 セラミックと超硬合金の組合せによる摩耗量から換算すると、スラリ濃度5,000 ppm中で年間100時間運転した場合、寿命は約30年となる。

材質組合せ	軸 受 材 質	ゴ ム	合 成 樹 脂	セラミック
	スリーブ材質	ステンレス鋼	ステンレス鋼	超 硬 合 金
(1) 摩擦係数				
ドライ		0.4	0.11	0.25
5,000 ppmスラリ水中		0.08	0.03	0.02
(2) ドライ始動の可否		否	可	可
(3) 摩耗量比		700	1,000	1
5,000 ppmスラリ水中				
(4) 許容PV値				
MPa・m/s		1.08	3.33	4.90
{kgf/cm ² ・m/s}		(11)	(34)	(50)

2.4 インラインクーラ

伝熱管をポンプ吐出し管に内蔵し、ポンプの吐出し水によって冷却水を二次的に冷却する装置である。外観を図2に示す。伝熱管は管路損失が増大しないように、また異物の衝突や詰まりが生じにくいように配慮し、吐出し管の外径を大きくして本流の外側に設置している。

インラインクーラの冷却能力を、熱伝達係数で表す。図3は口径700 mmのインラインクーラのポンプ吐出し流速に対する熱伝達係数を示す。インラインクーラは伝熱管の経年的な汚れも考慮して、熱伝達係数を1,740 W/(m²・K)として設計されており、十分な冷却能力があることが分かる。この700 mmのインラインクーラを実際の汚水中で20箇月間連続使用した場合の熱伝達係数の変化を図3に示す。20箇月後も十分な冷却能力があることが分かる。20箇月後、異物の詰まりもほとんどなかったことによって、污水環境下でも十分適用できる。

なお、インラインクーラは、ポンプ吐出し管に設置されるので機場スペースが従来よりも若干大きくなる場合もある。このような場合、

- (1) 伝熱管をエンジンの水ジャケット用高温冷却水と、インタクーラ用の低温冷却水用に分け、効率的な冷却を行うことによってインラインクーラの長さを短くする。
 - (2) 立て軸ポンプの吐出しエルボに伝熱管を内蔵したインベンドクーラを適用する。
- などの対応を行っている。

3 深層化ポンプ場対応技術(後沈砂池方式)

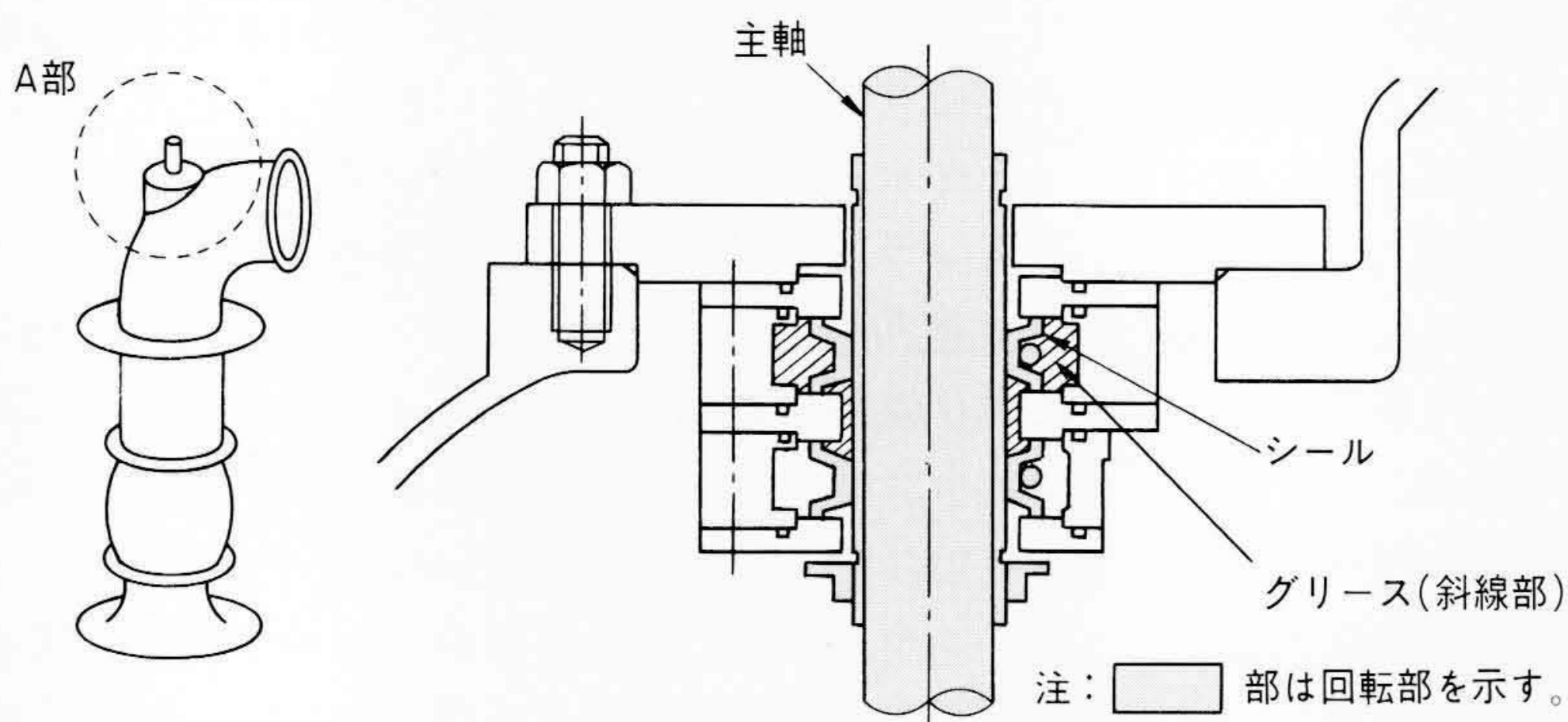
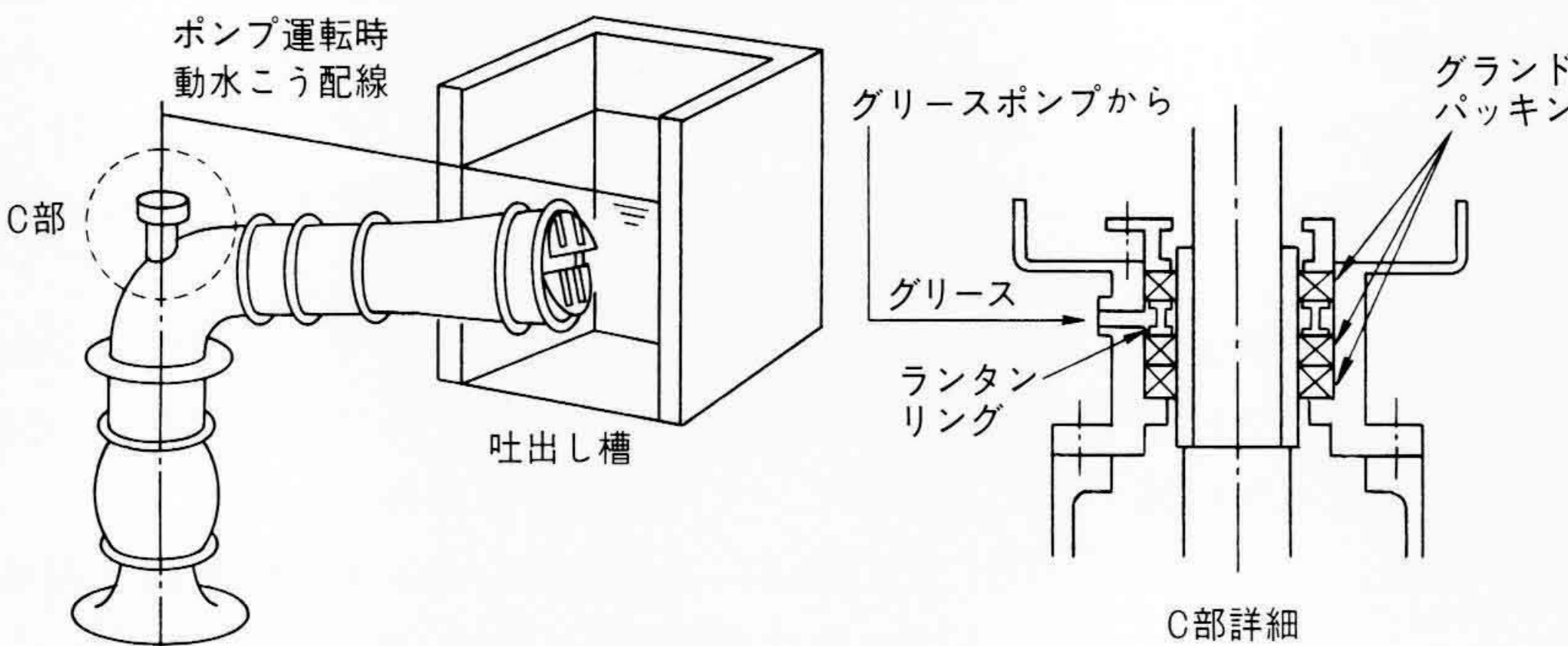
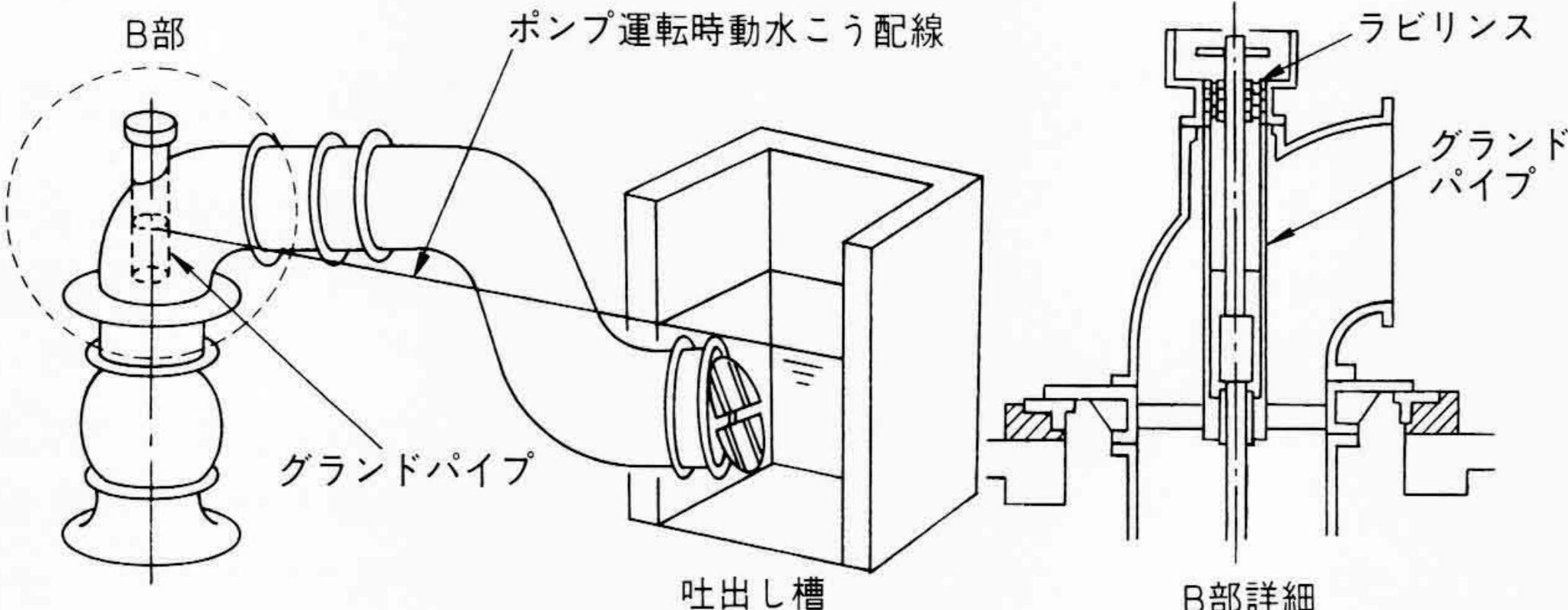
都市近郊の市街化促進や流域下水の普及によって対象区域が拡大しており、自然流下によって下水の流入を受けるポンプ場や処理場は必然的に深層化する。これに伴って機場の建設費が増大することになる。この建設費を低減する目的で提案するのが、ポンプ揚水後に沈砂を行う「後沈砂池方式」である。図4に沈砂池方式の比較概念図を示す。「後沈砂池方式」は、掘削及び建設ボリュームが大幅に低減できることが分かる。技術的課題としては、(1) ポンプの異物通過性と耐摩耗性、(2) ポンプ流入側の砂のたい積対策が挙げられるが、前者は既に污水ポンプに適用されている技術で十分対応できる³⁾。後者については、主要都市の污水混入土砂の性状調査、模型実験用砂の選定、ポンプ1台分及び複数台分の水槽模型によるたい砂、掃流実験によって、砂のたい積対策技術を確立し下記設計指針を得ている。

- (a) オープン形吸水槽よりもクローズ形吸水槽が好ましい。
- (b) 流入部流速を0.6 m/s以上とすれば、砂を掃流できる。
- (c) 流入部の段差、よどみ部をなくし、均一な流速分布が好ましい。

4 先行待機運転

近年、大都市では、市街化促進に伴う対象区域の拡大、舗装率向上に伴う雨水の地下浸透の減少、管(きょ)渠の整備による雨水流入量の増大、スコール形の降雨をもたらす大都市特有のヒートアイランド現象などによって、急激な出水現象がみられる。このような都市形洪水に対応する一つの方法と

表 4 無給水軸封装置 ポンプ軸形式、軸封部圧力によって使い分けている。

タイプ	構 造	特 長	適用範囲
グリース パック	 主軸 シール グリース(斜線部) 注：斜線部は回転部を示す。	(1) グリース封入方式であり、グリースポンプは不要である。 (2) シール部は二つ割構造であり、保守が容易である。	(1) ポンプ軸形式 立て軸、横軸 (2) 軸封部圧力 -49 kPa +147 kPa (-0.5 kgf/cm ² ~ +1.5 kgf/cm ²)
グリース 連続給油	 ポンプ運転時 動水こう配線 C部 吐出し槽 グリースポンプから グランド パッキン グリース ランタン リング C部詳細	(1) 安価 (2) 既設改造容易	(1) ポンプ軸形式 立て軸 (2) 軸封部圧力 運転時正圧
グランド パイプ	 B部 ポンプ運転時動水こう配線 吐出し槽 グランドパイプ ラビリンス グランド パイプ B部詳細	(1) ポンプ吐出し管内への吸気が全くない。 (2) グリースを使用しない。	(1) ポンプ軸形式 立て軸 (2) 軸封部圧力 運転時負圧

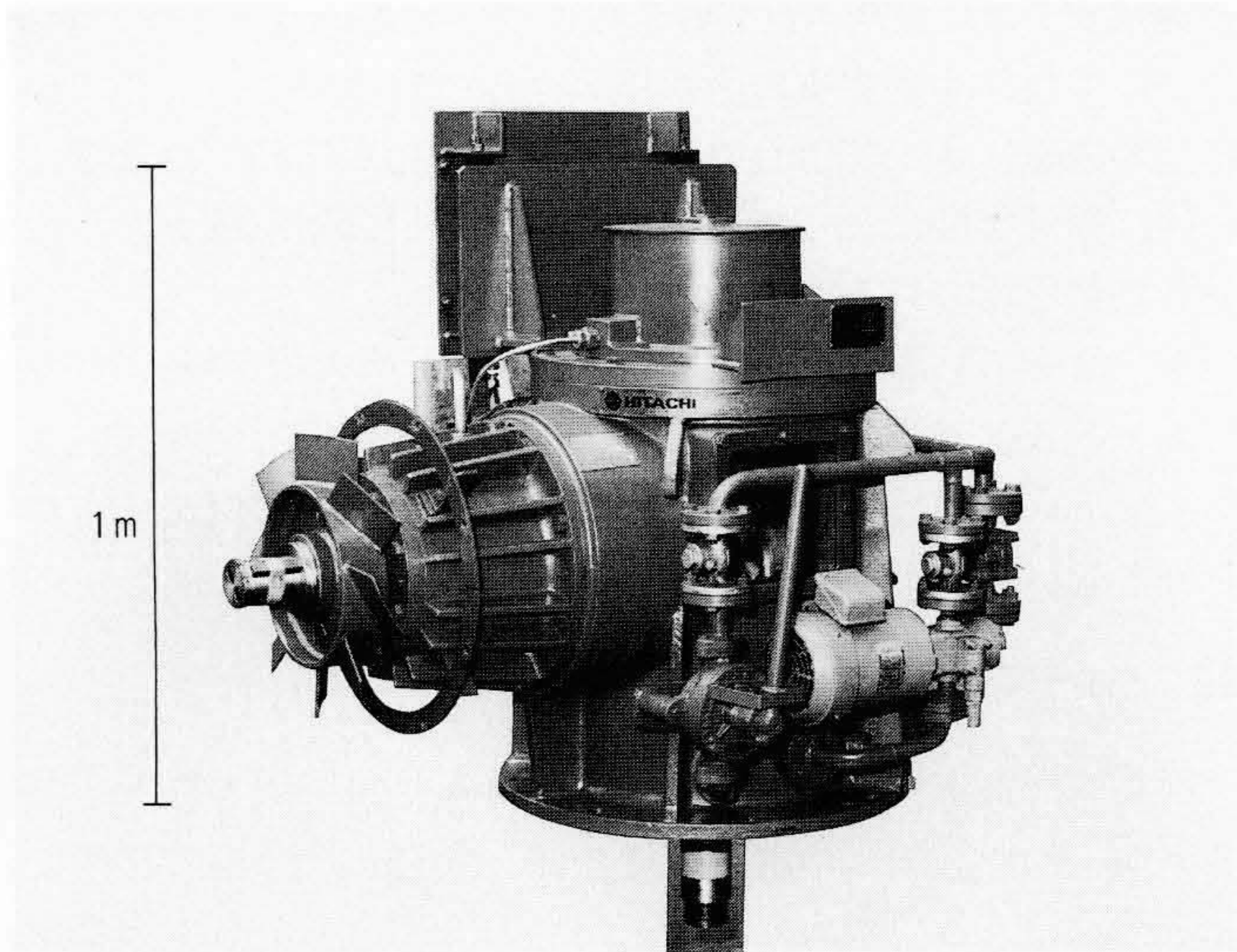


図 1 空冷減速機 減速機の入力軸に取り付けたファンによって、強制冷却を行う。



図 2 インラインクーラの外観 伝熱管を、ポンプ吐出し水本流の外側に設置している。

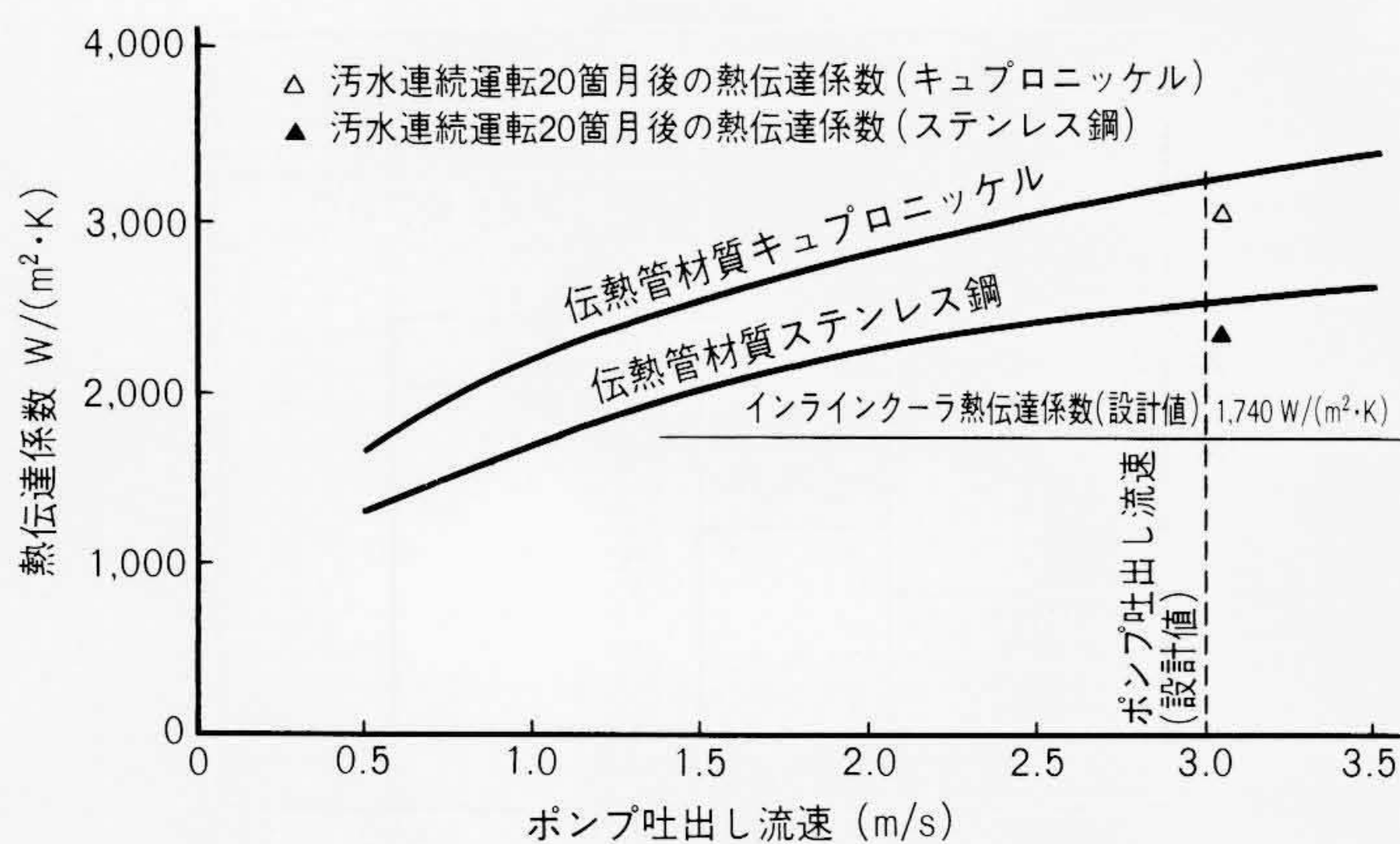


図3 インラインクーラのポンプ吐出し流速に対する熱伝達係数
熱伝達係数(設計値)は、十分余裕のあることが分かる。

して、ポンプを出水に先行して待機運転させ、出水時迅速に排水する方法がある。この方法を先行待機運転と呼ぶ。先行待機運転に要求される条件は、(1)吸水槽水位に無関係にポンプが始動できること、(2)吐出し弁は全開として、いつでも排水できる状態で待機すること、である。

ポンプを吸水槽水位に無関係に運転することから、水位によって(1)気中運転(空転運転)、(2)かくはん運転(揚水と落水を繰り返す運転)、(3)渦流による吸気運転、(4)正常排水運転の四つの状態がある。(1)、(2)の運転については、軸や羽根車の強度設計によって対応可能であり、管理運転の方式として実用化されている。(3)の運転状態では、激しい振動、騒音を発生するため渦流防止対策が必要である。この対策の一つとして、回転数制御や可動翼ポンプによる小水量排水運転方法がある。この方法によれば、吸水槽水位が羽根車の位置付近の低水位でも運転できることによって、低水位時からの排水可能となる。したがって、吸水槽水位を下げた急激な出水に待機できることになり、吸水槽や流入きよの貯留効果によって吸水槽水位の急激な上昇を緩和できる。

5 可動翼ポンプ

ポンプの流量を広範囲にわたって効率よく制御する方法の一つに、図5に示す可動翼ポンプがある。これは必要な吐出し量に応じ翼が開閉する機構を持つポンプである。翼操作機構部に、従来の油圧式に代わり日立製作所で開発した電動機

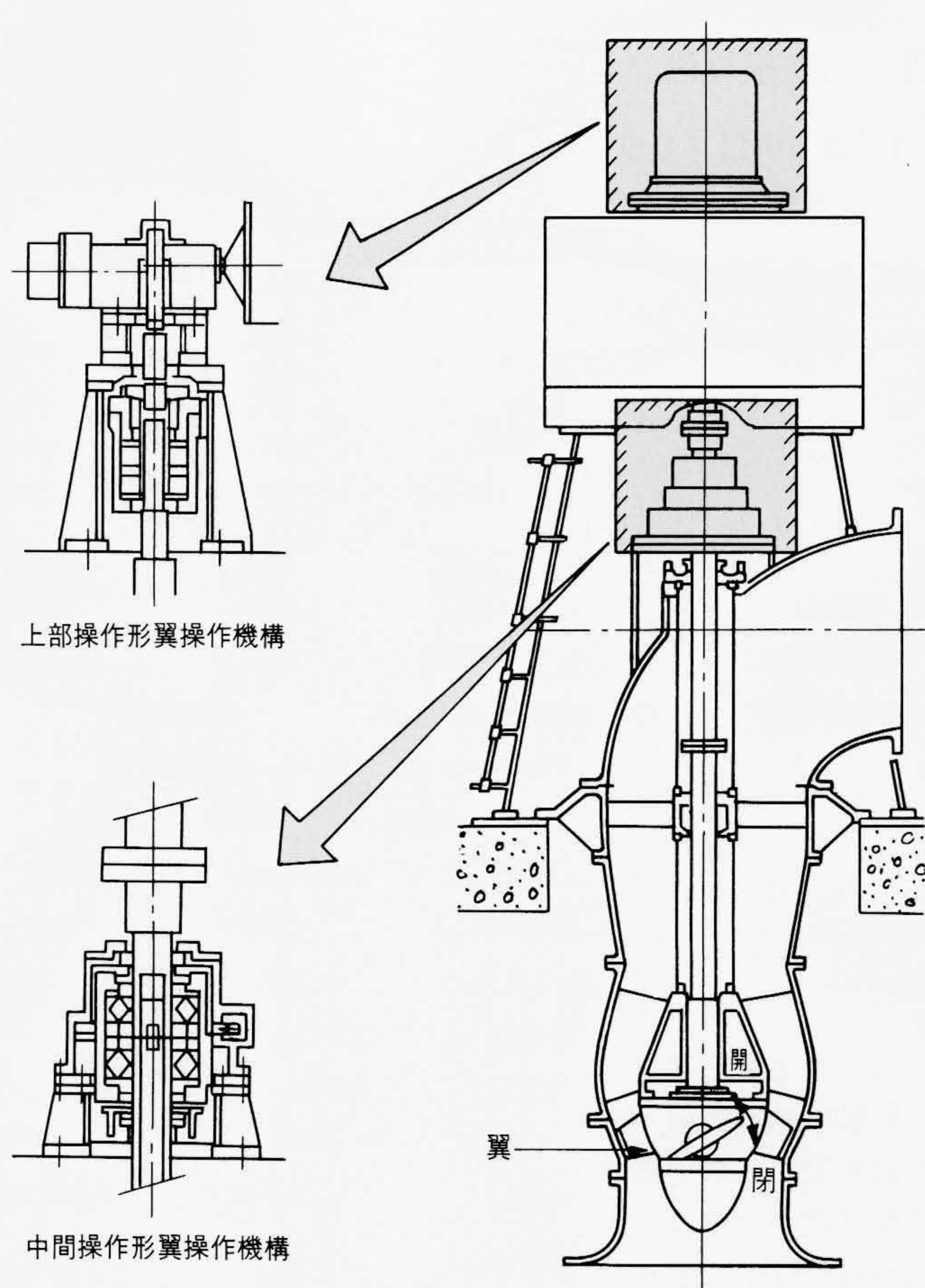


図5 可動翼ポンプ 翼が開閉することによって流量を効率よく制御でき、翼を閉状態でポンプを始動するので始動電流を小さくできる。なお、翼操作機構は上部若しくは中間部に設置できる。

械式を用いることによって、油配管や油圧装置が不要となりコンパクトになる。翼操作機構は機場のスペースに応じて電動機の頂部若しくは電動機とポンプの中間部に設置できる。また、ポンプの回転部内部に油や水を封入する必要がなく維持管理が容易である。

可動翼ポンプと固定翼ポンプの速度制御を比較すると、可動翼ポンプは負荷変動が大きく、かつ全揚程に占める実揚程の割合が大きいポンプの流量制御に省エネルギー面で優れており、汚水ポンプや雨水ポンプに適する。その特性比較を図6に示す。同図の斜線部分が、可動翼ポンプが固定翼ポンプの回転数制御に比べて運転動力が優れる部分である。

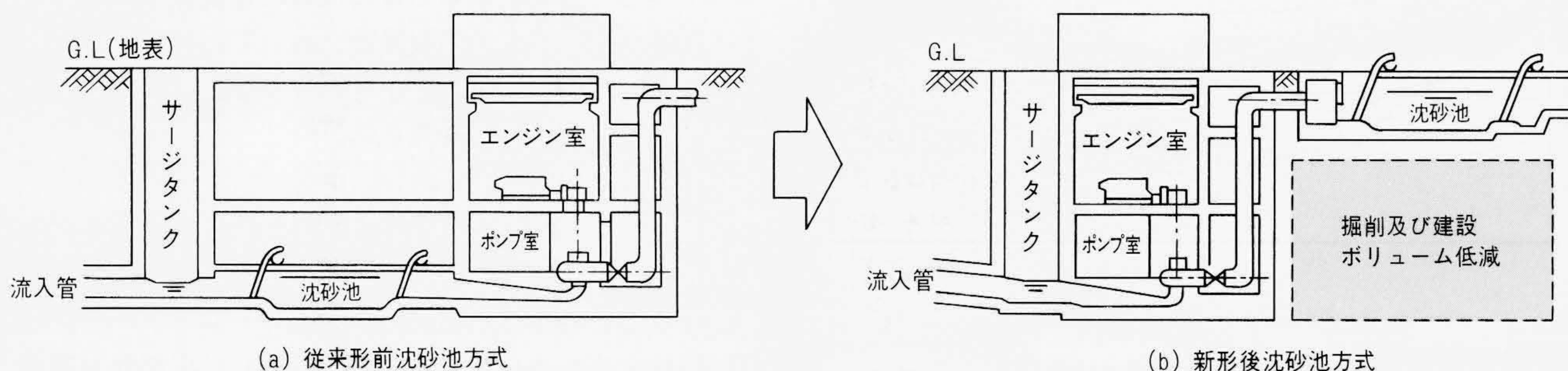


図4 沈砂池方式の比較概念図 後沈砂池方式によって、ハッチング部の掘削及び建設ボリュームの低減ができる。

6 高効率単段ブロワ

6.1 ばっ気用ブロワの傾向

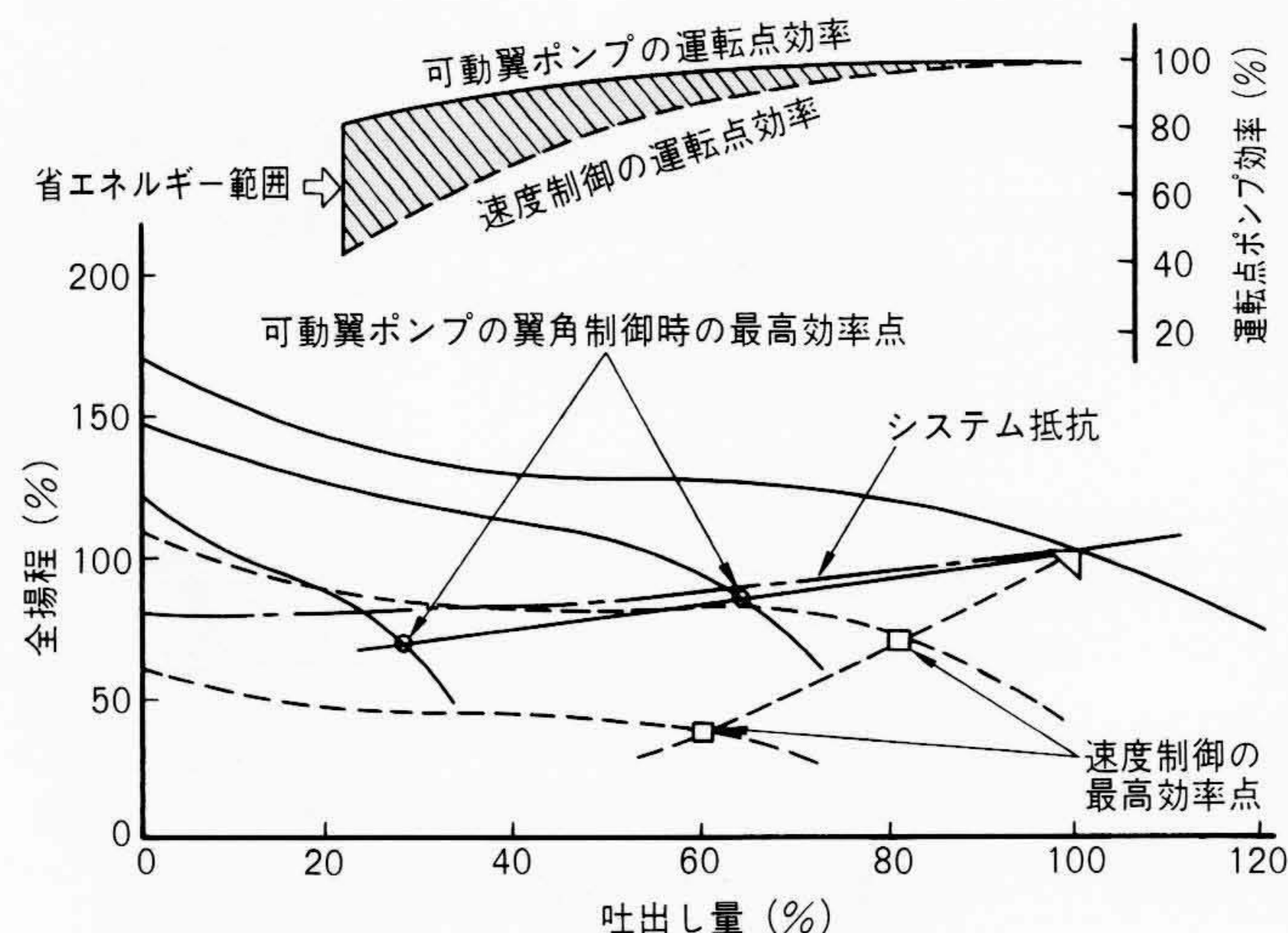
下水処理場でばっ気槽へ空気を圧送するため、ばっ気用ブロワが使用されている。ばっ気用ブロワは昼夜連続運転されるためその信頼性はもちろんのこと、省資源、省エネルギーの観点から効率のよい省エネルギー形ブロワが要望されている。また下水処理場では、ばっ気槽への流入下水量的変化に伴い、圧送空気量の広い範囲での調整が必要であるため、ばっ気用ブロワには広い容量制御範囲と優れた減量特性が要求される。

下水処理場で使用されるブロワは、吐出し圧力が約50～70 kPa (約5,000～7,000 mmAq)、風量が約5～1,000 m³/minのものが多い。この仕様に対して使用されるブロワの形式を大別すると、容積形ロータリブロワと遠心形ターボブロワに分けられる。それぞれのブロワの使用範囲は図7に示すとおりである。ロータリブロワは圧縮形態が容積形で小容量に適することから、主に小規模処理場及び下水処理場運転初期において流入下水量が少ない時期の小容量用として使用される。遠心形ターボブロワには歯車増速の単段ブロワと電動機直結で駆動される多段ブロワがある。多段ブロワにはケーシングが鋼板製のものと鋳鉄製のものがある。同図に示す通り、鋼板製多段ブロワは比較的小容量域に多く使用され、鋳鉄製多段ブロワは中容量域から大容量域まで幅広く使用されている。単段ブロワは比較的小容量域に多く使用されている。

これまで下水道の整備は大都市圏を主体に促進されてきたが、最近は地方の中小都市へと移行されつつある。これに伴いブロワの容量も大容量から中・小容量に変わってきており、特に投資効率を考慮して、より高効率のブロワが要望されている。このような状況の中で、最近は中小規模の処理場に単段ブロワの使用が増えている。

6.2 高効率単段ブロワ

日立製作所は1910年に国産第一号の多段ブロワを製作して



注：—— 翼角制御、----- 速度制御
図6 可動翼ポンプと速度制御ポンプの特性比較 小水量域で可動翼ポンプのほうが速度制御に比べて、省エネルギー効果が大きくなる。

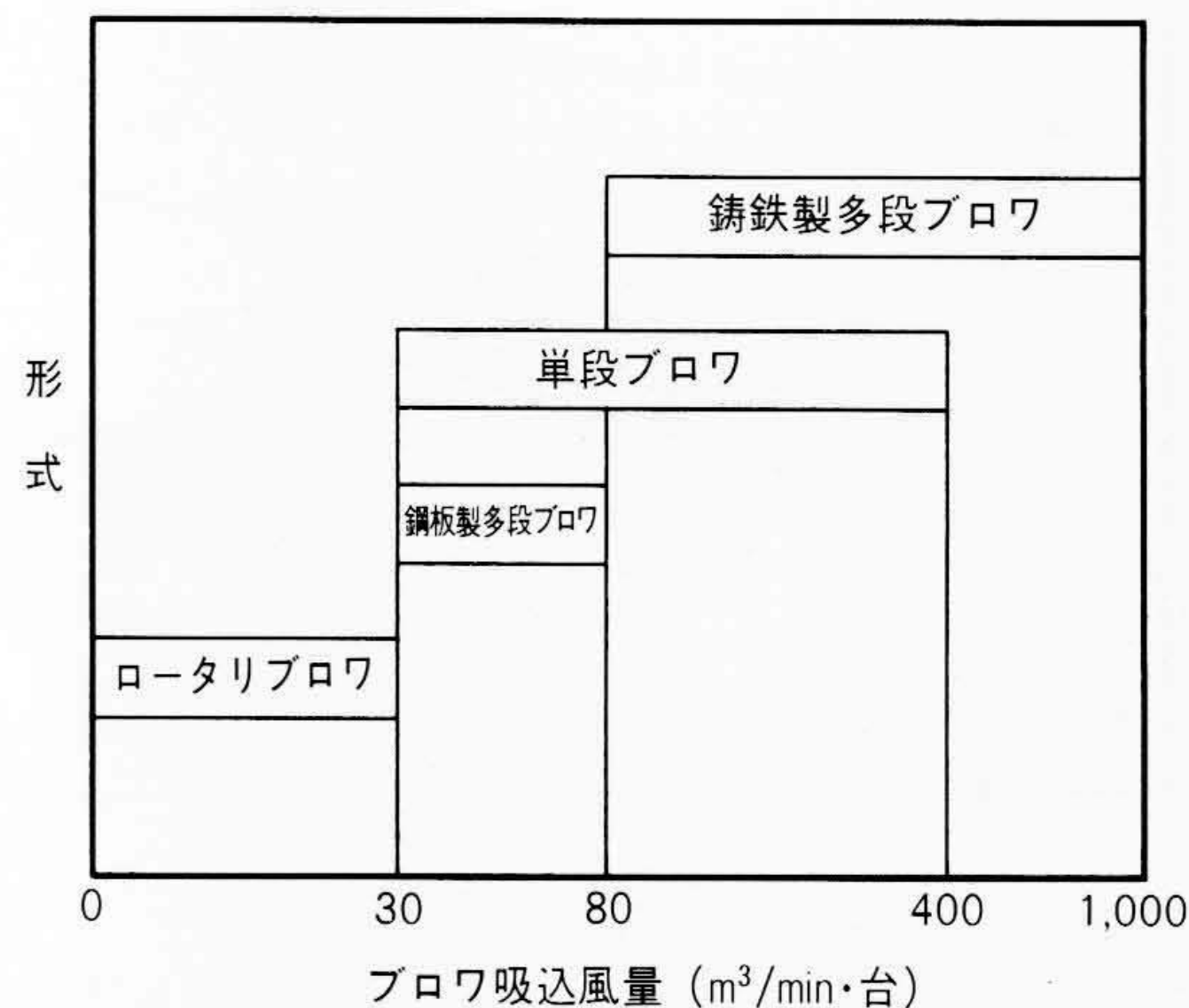


図7 ブロワ容量と機種 吸込風量の大小によってブロワ形式を使い分けている。

以来、ブロワ、圧縮機、ファンの各分野で多くの実績を積み重ねるとともに、たゆむことのない研究、開発を進めている。特に昭和52年から遠心圧縮機の高性能化の研究を進め、遠心圧縮機として世界最高の効率を達成し、以後多くの高効率遠心圧縮機を完成している。単段ブロワでは、これらの研究成果を取り入れた新形のブロワを完成し、シリーズ化しているのでその概要を紹介する。

6.2.1 高効率流体設計

高効率新形単段ブロワでは、次のような考慮を払い設計を行っている。

(1) 大反動度のバックワード羽根車の採用

羽根車とディフューザでは、羽根車の効率のほうが高いので、羽根車の仕事量、すなわち反動度(全体の圧力上昇仕事量に対する羽根車の仕事量の割合)を大きくするほうが、ディフューザと合わせた流体効率は向上する。この観点から羽根車出口角度の比較的小さいバックワード羽根車を採用している。

(2) 高比速度羽根車(3次元羽根車)の採用

高効率を達成するためには、比速度Nsを大きくして、羽根車を3次元化する必要がある。新形単段ブロワの羽根車では、流路は3次元形状の羽根とディスクを持った3次元羽根車を採用している。3次元羽根車の一例を図8に、2次元羽根車と3次元羽根車の性能比較を図9に示す。3次元羽根車は圧力係数、断熱効率、作動範囲とも優れている。

(3) 高性能ディフューザの採用

ディフューザは羽根車出口の流体の速度エネルギーを効率よく静圧力に変換する回収機能を持っている。新形単段ブロワでは、翼形ベーン付きディフューザを採用し、ディフューザ効率を一段と向上させている。

6.2.2 減量特性

新形単段ブロワでは、設計点での効率向上を図るため反動度の大きい羽根車を採用している。したがって、ブロワの容量制御方式としては、羽根車入口にインレットベーンを設け羽根車の仕事を変化させる方式を採用し、広範囲な容量制御を可能としている。

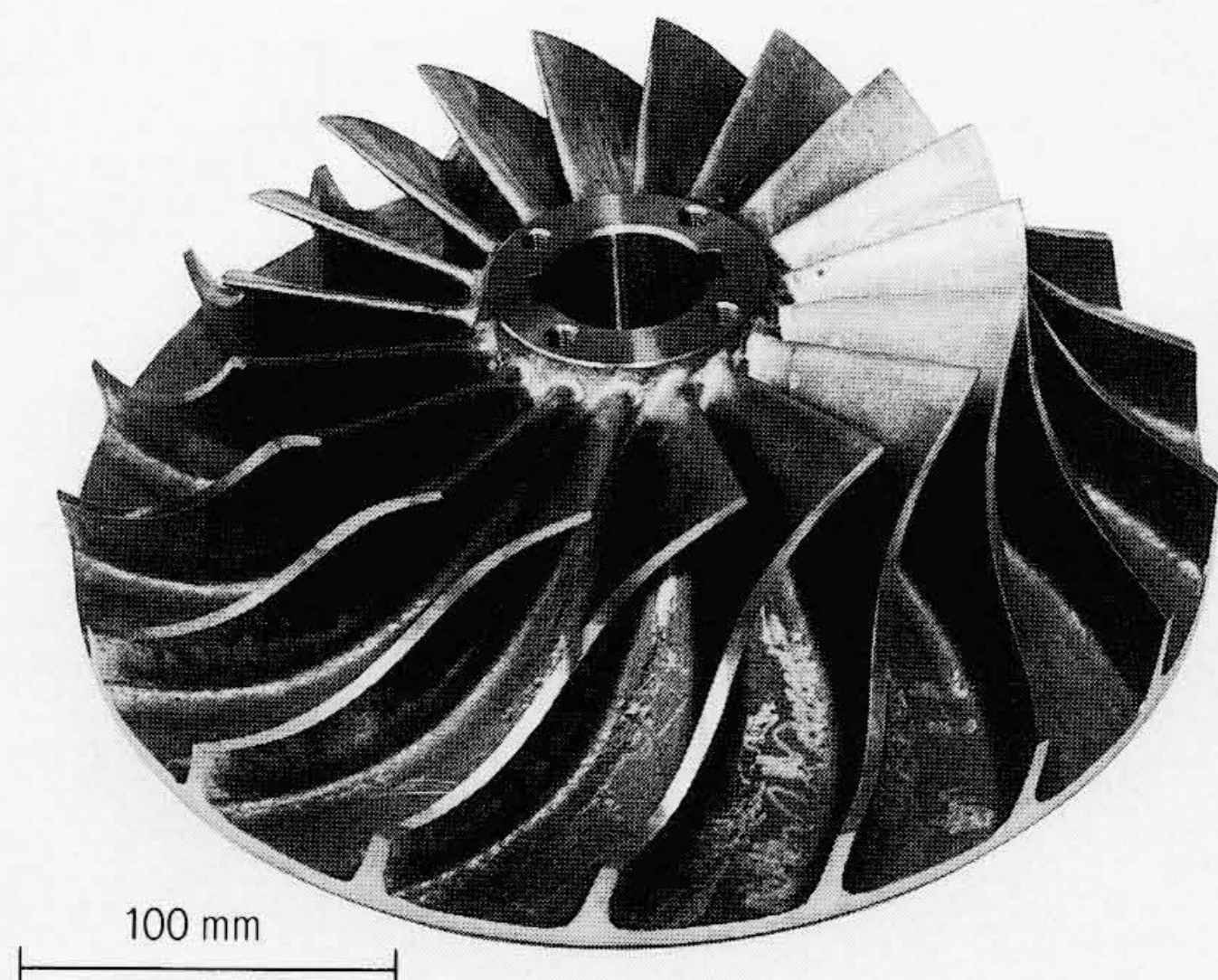


図8 3次元羽根車 羽根車は効率のよい3次元羽根車を採用している。

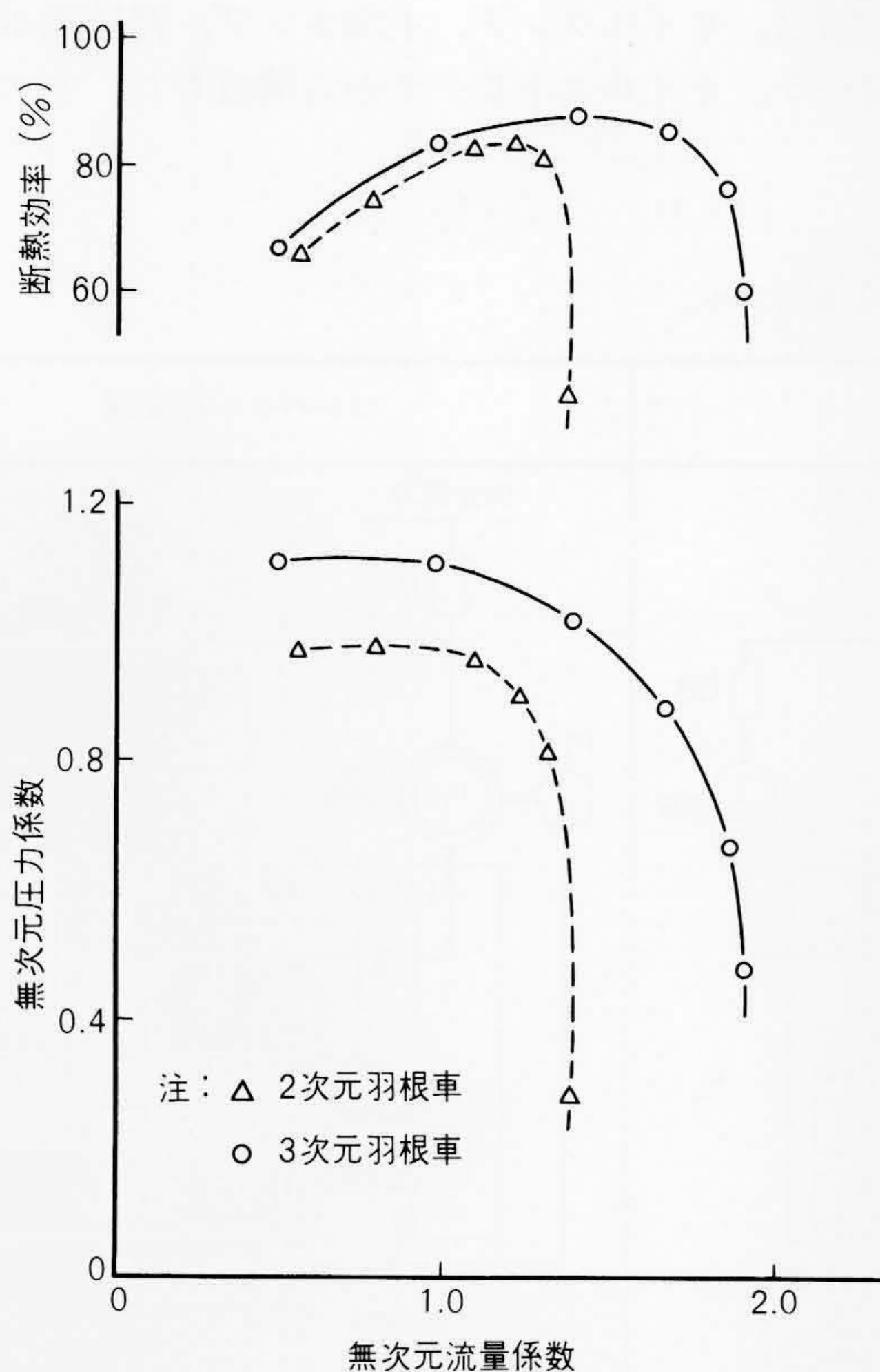


図9 2次元羽根車と3次元羽根車の性能比較 3次元羽根車は2次元羽根車に比べて、圧力係数、断熱効率、作動範囲ともに優れている。

図10に多段ブロウと単段ブロウの減量運転時での動力比較を示す。多段ブロウと単段ブロウの減量特性を比較すると、下記ようになる。

(1) 減量運転時の軸動力

単段ブロウは多段ブロウに比べて、減量運転時の軸動力が小さく、減量運転時の効率が低い。

(2) 容量制御範囲

単段ブロウは多段ブロウに比べて容量制御範囲は若干狭い

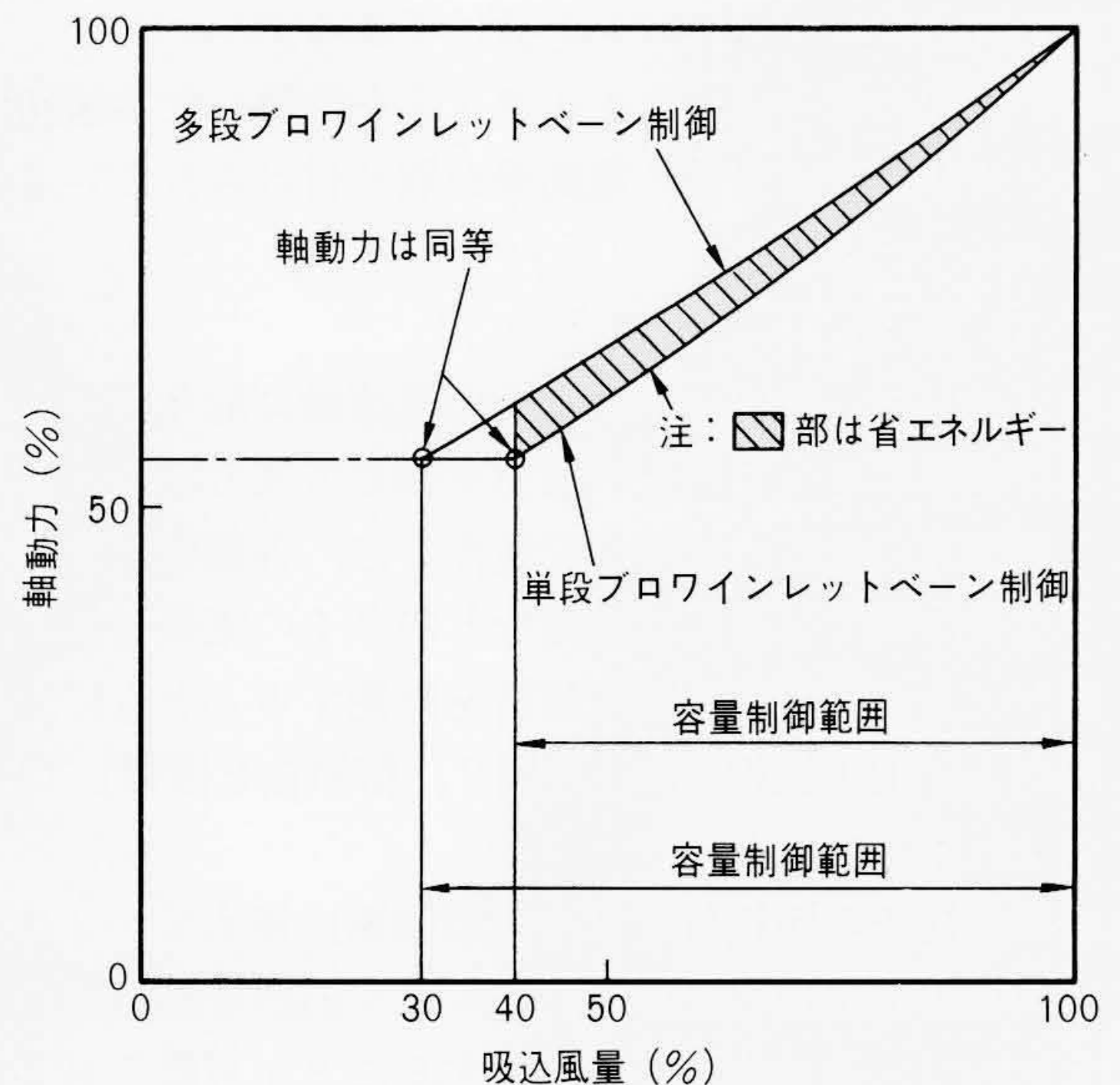


図10 多段ブロウと単段ブロウの減量運転動力比較 単段ブロウは多段ブロウに比べ、減量運転時の軸動力が小さい。

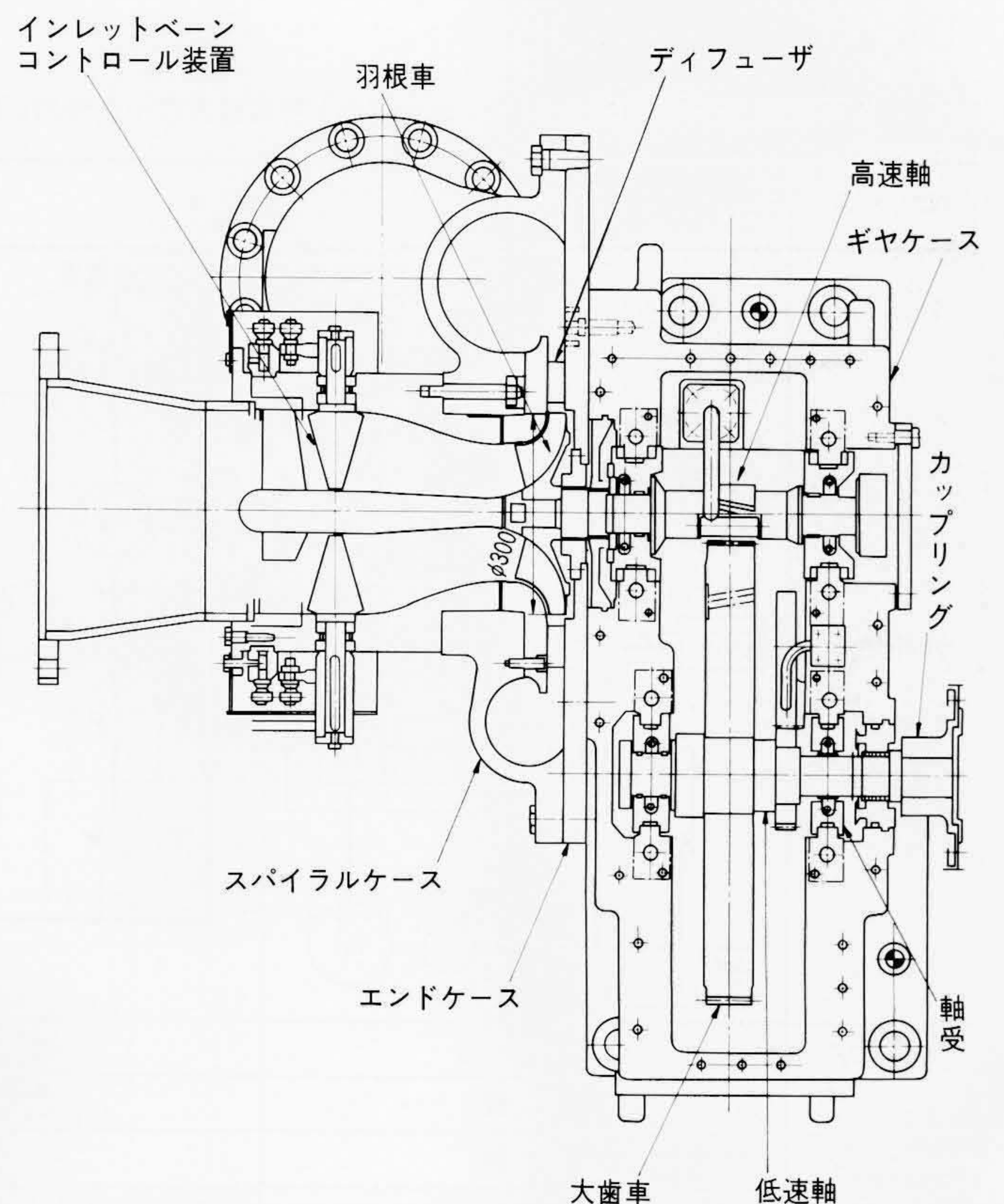


図11 新形単段ブロウ本体構造図 羽根車入口部には、容量制御のためのインレットベーンが設けてある。

が、減量時の効率がいため容量制御範囲の最小風量での軸動力は両者とも優位差がない。

6.3 高効率単段ブロウの構造と信頼性

6.3.1 構造

図11に新形単段ブロウの本体構造を示す。

単段ブロウ本体は横軸片吸込形で、羽根車入口部には容量

制御のためインレットベーンを設けてある。

単段ブロワの構造は、オイルタンクを内蔵した共通床盤上にブロワ本体、給油装置、電動機が取り付けられているパッケージタイプである。

6.3.2 信頼性

単段ブロワは、図11に示すように高速軸に取り付けられた1枚の羽根車によって所定の圧力を得る方式である。したがって、羽根車の強度、軸受の安定性など、各種検討を要するが、日立製作所では遠心圧縮機などの多くの実績に加え、設計・製作に当たり高度な強度解析を駆使するとともに、材料の品質向上、加工技術の向上を図り、信頼性を確保している。

(1) 羽根車

羽根車は従来の側板付き2次元羽根車に替えて、3次元オープン羽根車を採用している。オープン羽根車は側板付き羽根車に比べて、遠心応力を小さくすることが可能である。羽根車完成後、過速度試験によって常用応力の120%の実作動試験を行い、高い信頼性を確認している。

(2) 高速軸

高速軸は、オープン羽根車の採用によって羽根車重量を軽

減できるため、軸系の設計を有利にすることができる。したがって、種々の運転条件に対しても安全な剛性ロータとなっている。

(3) 低速軸

低速軸には増速歯車の大歯車を取り付けている。歯車は十分な歯の強度を持った設計とするとともに、歯面の硬度を上げ、寿命を向上させている。

(4) 軸受

軸受はホワイトメタルをランニングした滑り軸受で高速回転に適した性能を持ち、長時間の連続運転に適したものとなっている。

(5) ギヤケース

ギヤケースは高周速、高負荷の増速歯車を収納しているとともに、下ギヤケース端面にはエンドケースを介してスパイラルケースが取り付けられている。なお、ギヤケースは剛性の高い鋳鉄製としている。

(6) 給油装置

給油装置は、オイルタンク、主油ポンプ、補助油ポンプ、オイルクーラ、オイルストレーナから構成され、すべて共通

表5 各可変速方式の特徴比較 コンパクト可変速方式が全般的に優れていることが分かる。

項 目	インバータ	セルビウス	コンパクト可変速
回路構成			
大電流制御素子	6個	6個(サイリスタ)	1個(トランジスタ)
直リアクトル	不要	要	不要
制御回路	複雑	複雑	簡単
電源(回生)トランス容量	大	大	小
速度制御範囲	0~100%	60~100%	0~100%
変換器体積比	1	0.7	0.1
電動機の保守	不要(ブラシレス)	要(スリップリング付き)	要(スリップリング付き)
システム効率	87%	90%	92%
システム力率	90%	75%	82%
備考	—	—	—

注：略語説明 CB(遮断器), TOOL(保守用ツール), RAS(RAS機能), CONV(コンバータ), ASR(自動速度制御器), PWM(パルス幅変調), PLG(パルス発信機), IM(誘導電動機), StR(起動抵抗器), ACR(自動電流制御器), TR(変圧器), APPS(自動パルス移相器)

床盤上にコンパクトに組み込まれている。主油ポンプは低速軸に取り付けられた歯車によって駆動され、ブロワ運転中の潤滑を確実にものとしている。また、ブロワ始動時及び軸受給油圧低下時には電動式の補助油ポンプが運転され、潤滑をバックアップするようになっている。

(7) 防音カバー

単段ブロワの発生騒音は高周波帯域の音が主であり、高周波音用の防音カバーを取り付けることによって、確実に減音が達成できる。なお防音カバーは、共通床盤上に容易に取り付けられる構造となっている。

6.3.3 維持管理

新形単段ブロワはギヤケースが上下二つ割れ構造となっており、また上ギヤケースとスパイラルケースは、各々単独に分解できる構造であるため、分解点検が容易な構造となっている。更に各ケースも小形・軽量化されているため、クレーン容量も小さくて済む。

6.3.4 標準シリーズ

新形単段ブロワでは小容量から中容量のばっ気ブロワの仕様範囲について2種類の標準シリーズを完成させている。

7 交流可変速駆動システム

ポンプ、ブロワなどの用途では、省エネルギーの観点から誘導電動機による交流可変速駆動システムが適用される。

本章では各可変速方式の特徴比較を行い設備計画上、留意すべき事項と速度制御装置の最近の傾向について述べる。

7.1 各可変速方式の特徴比較

中・大容量可変速システムとしては、かご形誘導電動機の一次周波数を直接制御するインバータ方式、及び巻線形誘導電動機の二次出力をインバータによって電源に回生して制御するセルビウス方式が主流であるが、これらはいずれも電力変換器が大きくコスト高となる。新しい方式として日立製作所が開発した高効率・低コストのコンパクト可変速方式⁴⁾がある。

表5は各可変速方式の特徴を比較したものである。インバータ方式は従来のかご形誘導電動機がそのまま用いられるの

でブラシレスとなり、メンテナンスフリー化できる。しかし、制御回路は複雑で駆動電動機と同容量のインバータ装置が必要となり、変換器及び電源トランス容量が大きく高コストとなる。しかし、システム力率が高く可変速範囲が0～100%と広いため小、中容量機に用いるのに適している。ポンプやブロワのように負荷トルクが回転速度の二乗に比例する、いわゆる二乗負荷の場合、トルクと比例関係にある二次電流は、図12に示すように二乗曲線となる。セルビウス方式では、可変速範囲を0～100%にすると同図で分かるように、停止時の二次電圧と高速時の二次電流耐量を併せ持つ変換器を必要とするため、変換器容量は大きくなり、高コストとなる。このため、通常は可変速範囲を60～100%程度に制限し、変換器容量を削減して低コスト化を図っているが、この結果、始動を二次抵抗器に頼らざるを得ず装置は複雑となる。これに対してコンパクト可変速方式は、電圧と電流が回転速度によって大幅に変化する二次電力を、2個のチョッパ(二次チョッパ、回生チョッパ)によって一定電圧の直流に変換し、回生インバータに供給して電源に回生させる方式である。回生インバータは一定直流電圧で動作し、その直流電流は二次電力に比例するので、電流の大きさはセルビウス方式の $\frac{1}{6}$ となる。すなわち、回生インバータの容量は電動機二次入力 $\frac{1}{6}$ で済むことになる。

7.2 全デジタル化

日進月歩の半導体製造技術はICのLSIからVLSIへと集積化を促し、はん用ICや特定用途向けICのバリエーションの増大と価格低下をもたらし、制御装置のデジタル化にいつそうの拍車をかけている。一方、制御装置に対しては、生産性及び製品品質向上の観点から性能向上が求められ、また保全コスト及び要員削減から信頼性向上、RAS (Reliability, Availability, Serviceability) 機能の充実が求められている。このような背景から、個々の制御装置のインテリジェント化、高機能化が推進されている。表5に示す3方式とも16ビットのマイクロプロセッサ2台を搭載し、全デジタル化を実現した。ASR(速度制御)からPWM(Pulse Width Modulation)パルス発生までのメインループはもちろん、シーケンス制御、上位コントローラとのインタフェースに至るまで、これら2台のマイクロプロセッサを中核として完全なデジタル制御となっている。

マイクロプロセッサ、LSIの採用は高性能・高機能をもたらしただけでなく、部品点数の削減に著しい効果があった。制御基板が1枚となり、ハードウェアがコンパクトとなり信頼性向上を図ることができた。

7.3 維持管理性向上

図13は、変換器容量が500 kW(400 V)のデジタルセルビウス制御装置である。変換器はシリコンダイオード、サイリスタを用い、特殊冷却方式によって冷却効率を高め、変換器ユニット体積を風冷方式に比べ削減した。盤内中央左側には制御ユニットがあり制御基板、ドライバ、及びデータ表示用LED(Light Emitting Diode)などから成る。また、維持管理性向上のためのRAS機能が充実され、ツールとしてラップトップパーソナルコンピュータにより表6に示す種々のメンテ

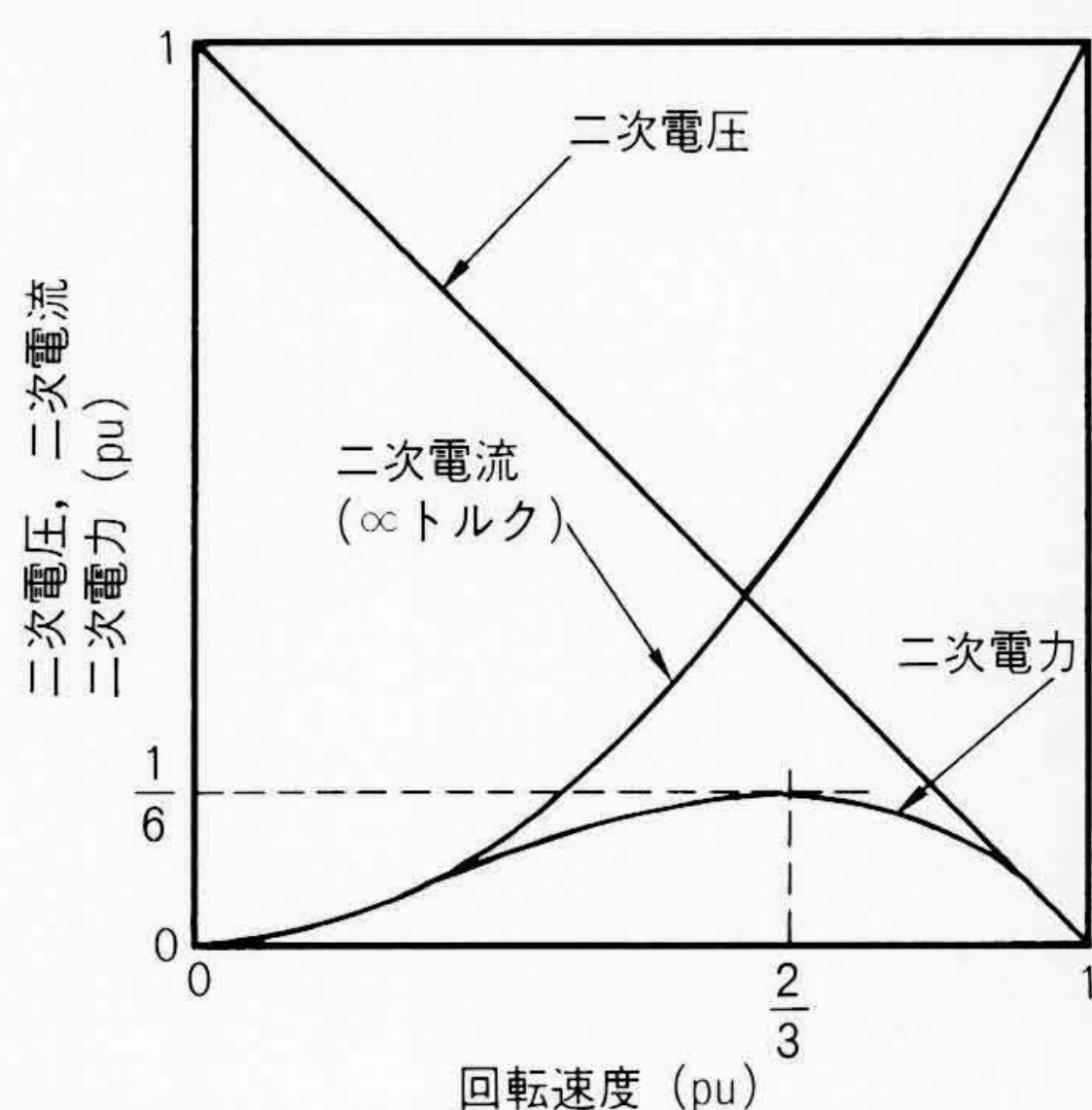


図12 二次電力特性 コンパクト可変速方式は、セルビウスに比べて二次電力が $\frac{1}{6}$ となる。

ナンスを行うことができる。

8 結 言

下水道用ポンプ、ブロワ及びこれらを駆動する電動機の可変速制御システムに関して、最近のテーマとこれに即した新技術、新製品について一端を紹介した。
本稿がポンプ、ブロワ設備の計画上なんらかの参考になれば幸いである。

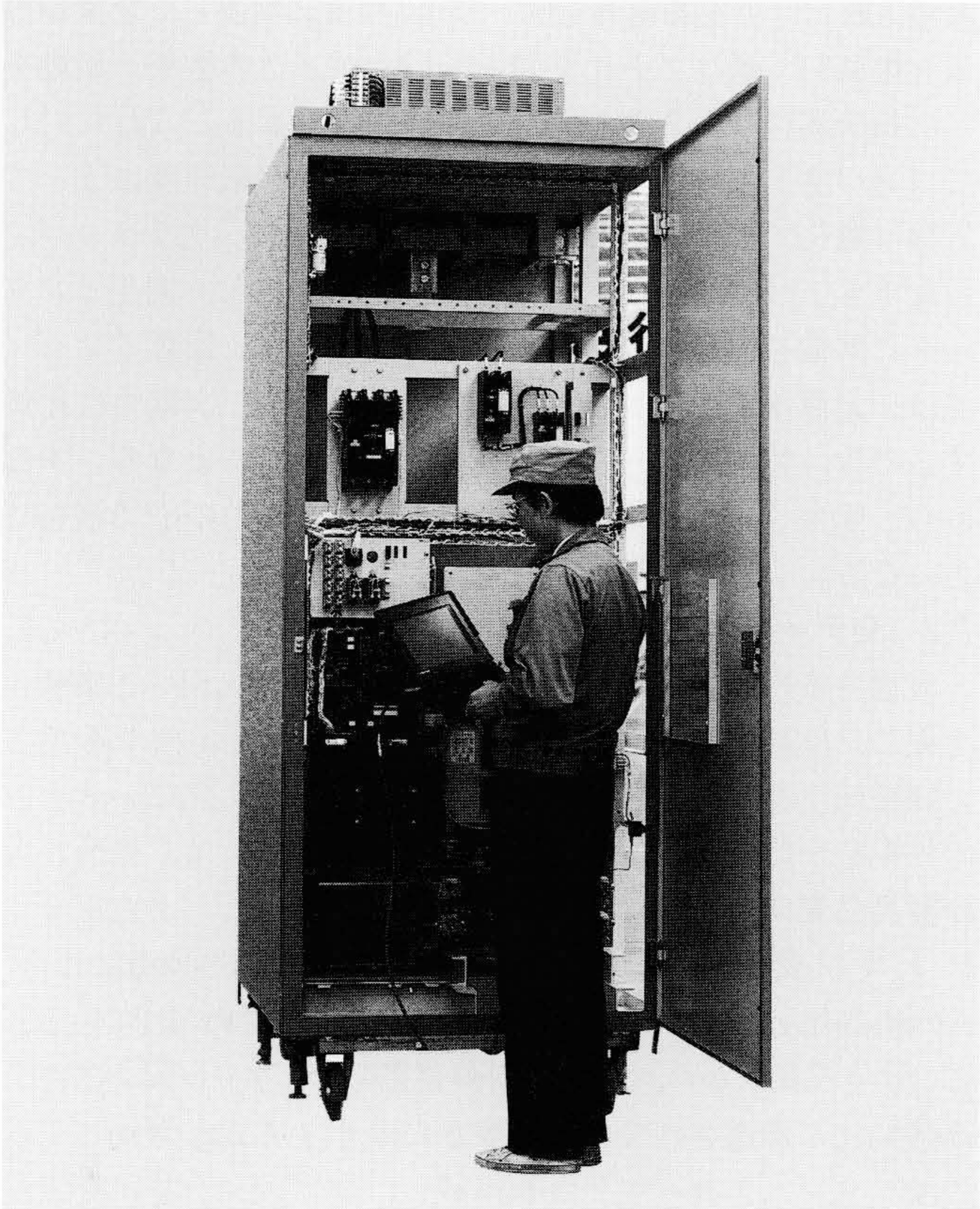
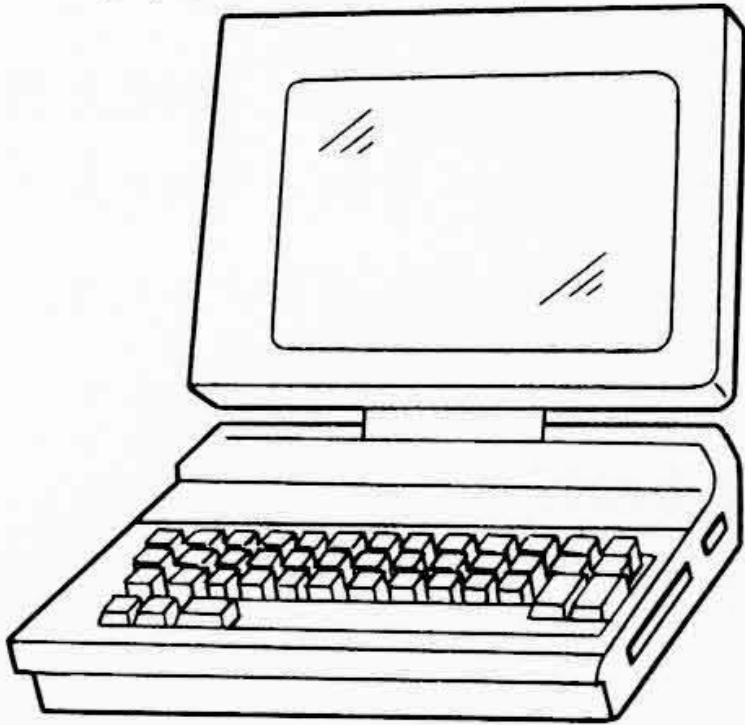


図13 デジタルセルビウス制御盤 従来の制御盤に比べ小形化されている。

表6 メンテナンスツールの機能 従来のメンテナンスツールに比べポータブルとなり、機能が充実している。

メンテナンスツール機能の拡充	
使 用 機 器	ラップトップタイプ パーソナルコンピュータ 
単 独 手 動 運 転	パーソナルコンピュータのキー操作だけで運転・調整が可能
トレースバック機能	(1) 波形トレンド・数値表示2種類可能 (2) 画面出力・プリンタ出力2種類可能
バーグラフ表示	運転状態の速度・電流を常時モニタとして、バーグラフと数値で表示。
制 御 定 数 設 定	設定項目の名称や設定単位を表示，10進数で入力。
設 定 制 御 定 数 デ ー タ 保 管	フロッピーディスクで保管

参考文献

- 1) 神津，外：最近の上下水道用ポンプ及びブロワ設備，日立評論，59，8，673～678(昭52-8)
- 2) 吉岡，外：耐スラリーセラミック軸受の研究(1)，日本潤滑学会春季講演集，1986-5，325
- 3) 黒田，外：新形下水用ポンプの開発，日立評論，60，7，527～532(昭53-7)
- 4) 笹本，外：誘導機チョップ制御可変速システム，昭和62年電気学会産業応用部門全国大会発表論文