

可変ピッチプロペラファン

Variable Pitch Control Propeller Fan

六角 康久*
Yasuhisa Rokkaku

内容梗概

可変ピッチコントロールは、羽根車の翼の取付角度を変えることによつて、風量の調節を行うプロペラファン独特の方式で、広い範囲にわたつて効率の低下が少く、最近の炭鉱用主通風機としてはほとんどすべてこの風量調節方式をもつ、いわゆる可変ピッチプロペラファンが採用されている。可変ピッチコントロールは、スピードコントロールに比較しても全般的にかなりの入力節約が得られ、ベーンコントロールと比較すると風量調節が20%以上では入力節約が顕著である。

〔I〕 緒 言

送風機の風量の調節方法は種々あるが、その中で低圧送風機（ファン）に用いられる普通の方法は、下記のものである。

- (1) 誘導電動機の二次抵抗の調節によるスピードコントロール
- (2) 誘導電動機の極数変換による2段速度
- (3) 羽根車の前の流れを変えるベーンコントロール
- (4) 羽根車の翼のピッチコントロール
- (5) ダンパコントロール

このうち羽根車の翼のピッチコントロールは軸流型の送風機にのみ用いられる方法で、一般に可変ピッチコントロールと呼称し、きわめて効率よく広範囲にわたる風量の調節ができる大きな利点をもっている。

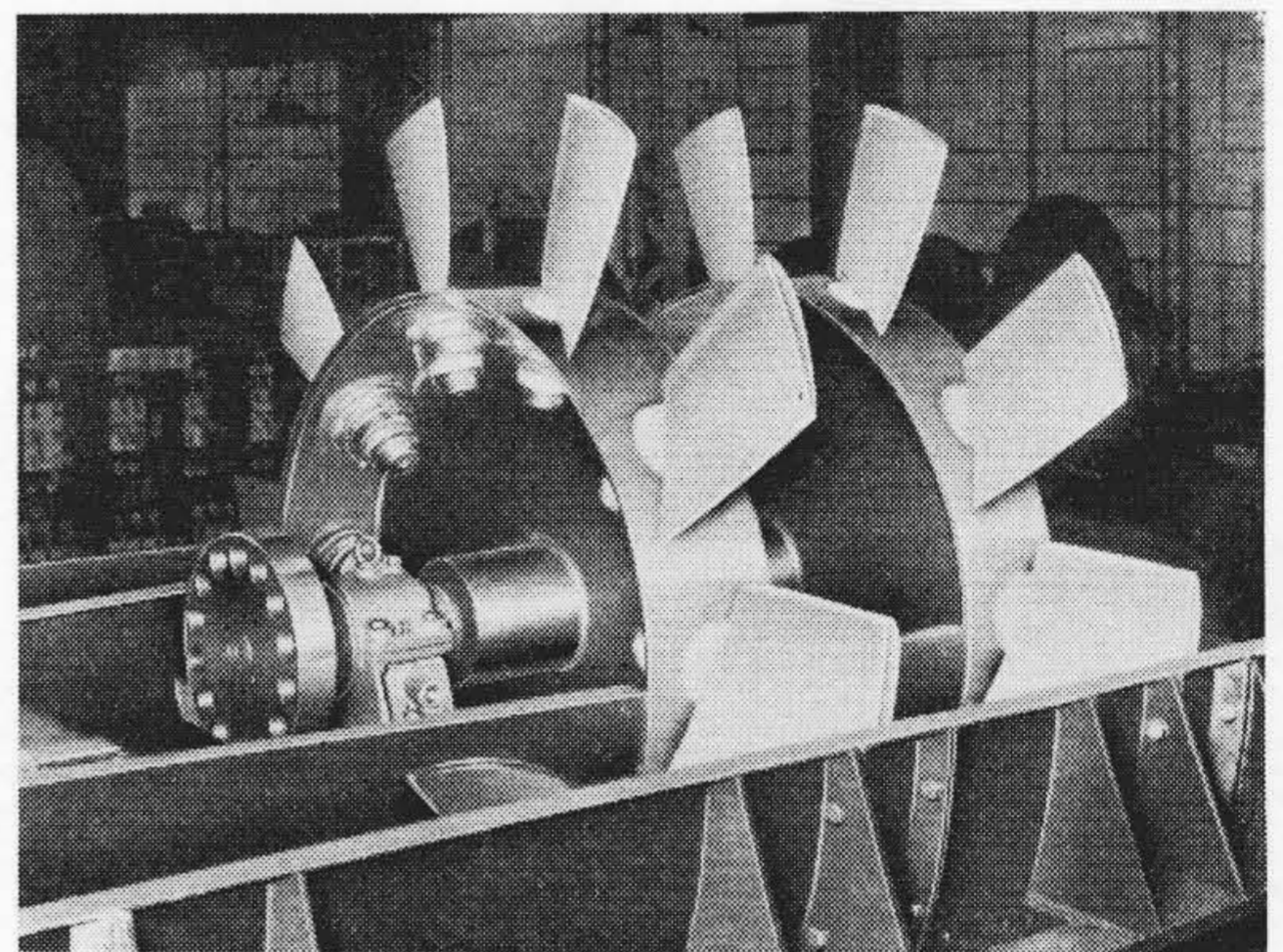
したがつて今日炭鉱の主通風機のように、大体100HP以上の大型プロペラファンでは、ほとんどすべてこの風量調節方法を採用している。ここではこの調節方法をもつたプロペラファンの構造ならびにその特性を述べ、さらにベーンコントロール、スピードコントロールおよびダンパーコントロールとの比較を行つた。

〔II〕 構 造

(1) 機 構

可変ピッチコントロール機構はその操作方法から3種に分けられる。

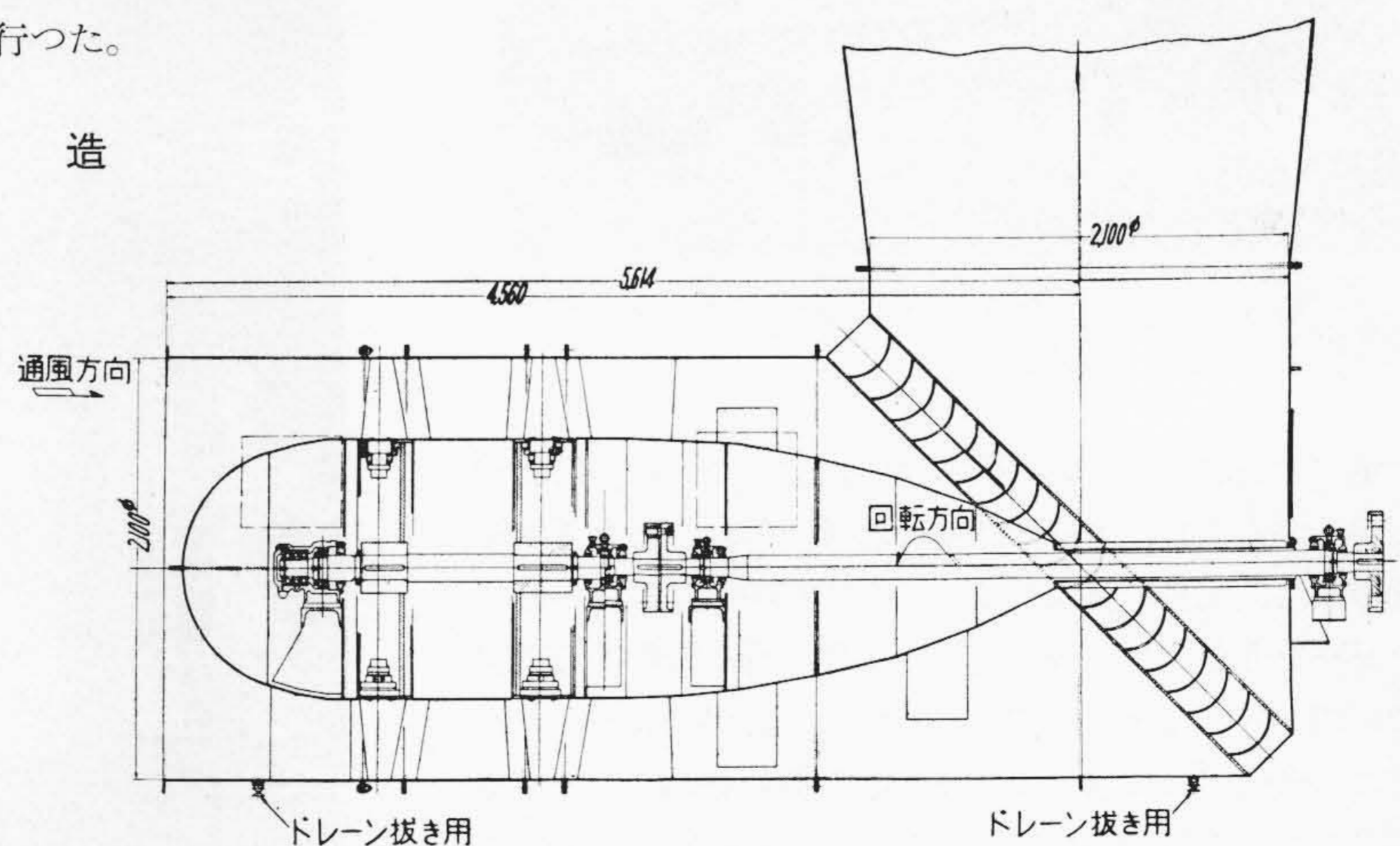
その第一の方法はファンの運転を停止して内部に入り、一枚ずつ翼の角度を変更する方法で、この場合角度の位置ぎめにはロックピンを用い、翼に固定した円板と、ボス側に固定した円板のおのおのにあけられた孔を順次組合せ



第1図 可変ピッチプロペラファン羽根車
(翼ごとの操作による)

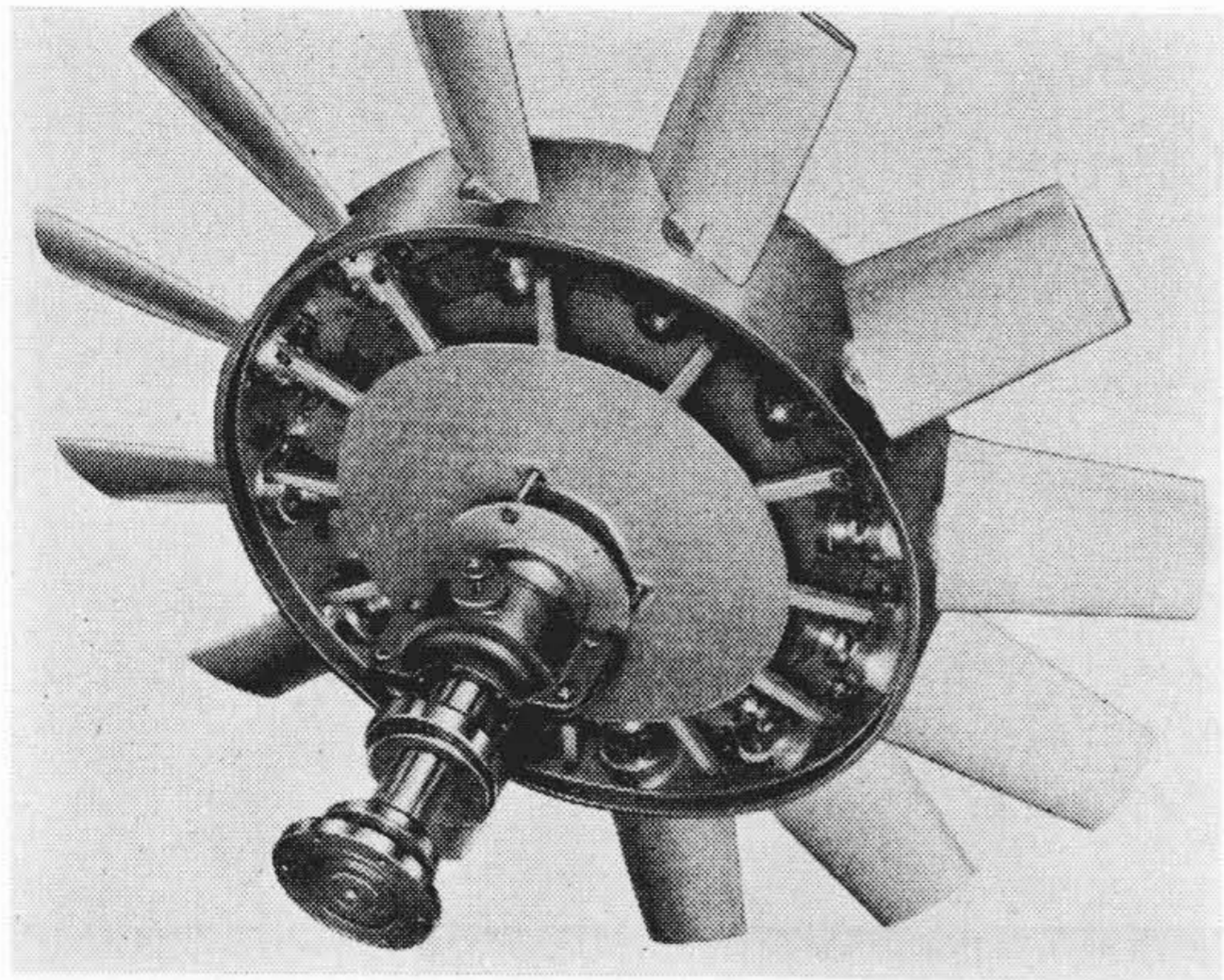
ば容易に所要の角度が得られるよう合せマークを附してある。第1図はこの方法による羽根車を、第2図はこの構造をもつ炭鉱用主通風機の断面を示す。

この構造をもつた2,000φ 2stプロペラファンでは約1時間でその操作を完了することができる。

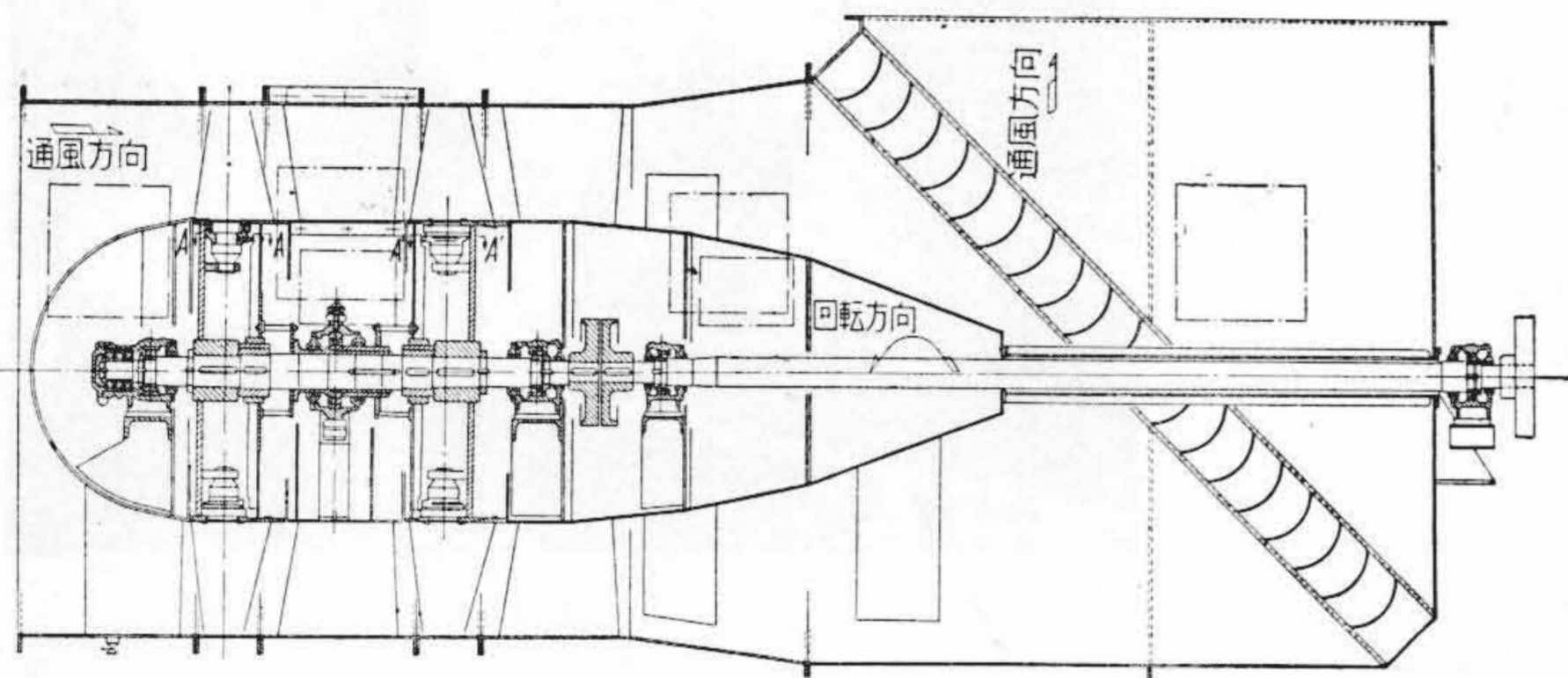


第2図 可変ピッチプロペラファン断面図 (翼ごとの操作による)

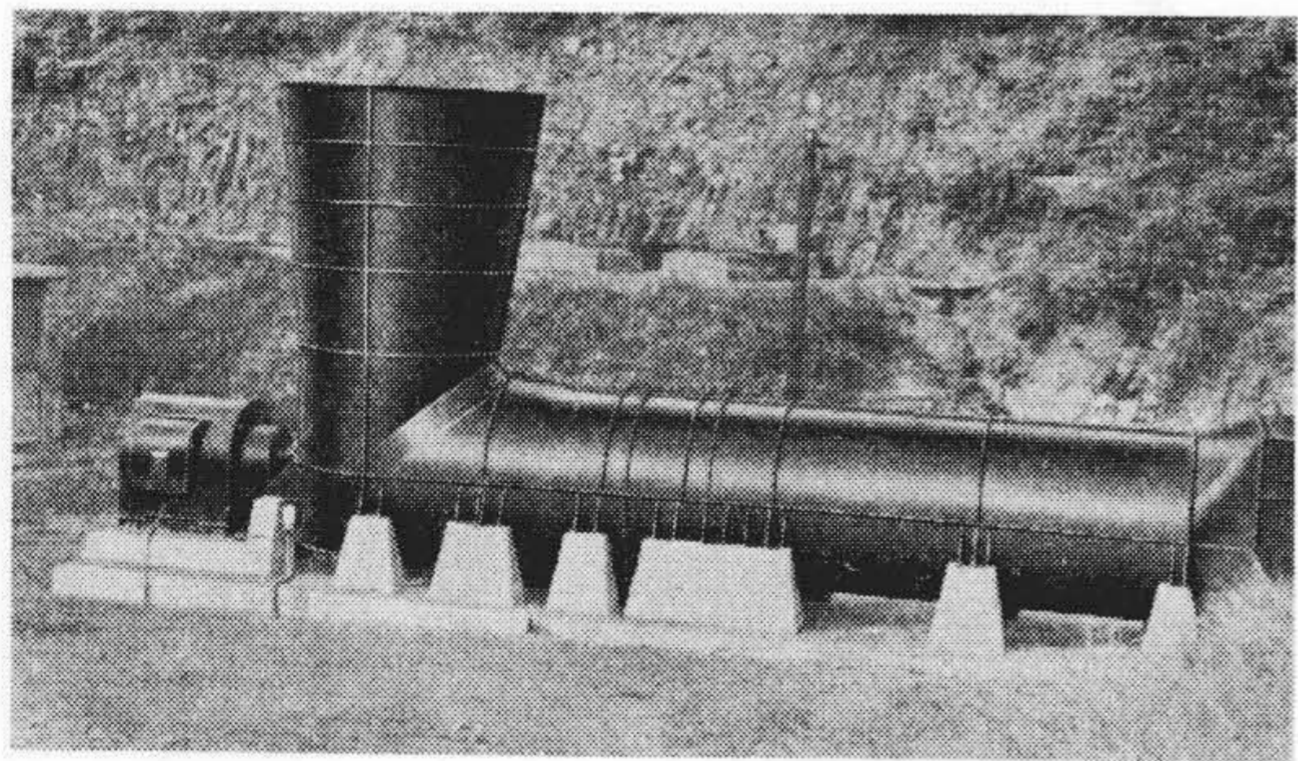
* 日立製作所川崎工場



第3図 可変ピッチプロペラファン羽根車
(一斉操作による)



第4図 可変ピッチプロペラファン断面図 (停止時の一斉操作による)



第5図 日立2,200 mm 2段プロペラファン
(炭鉱用主通風機用)

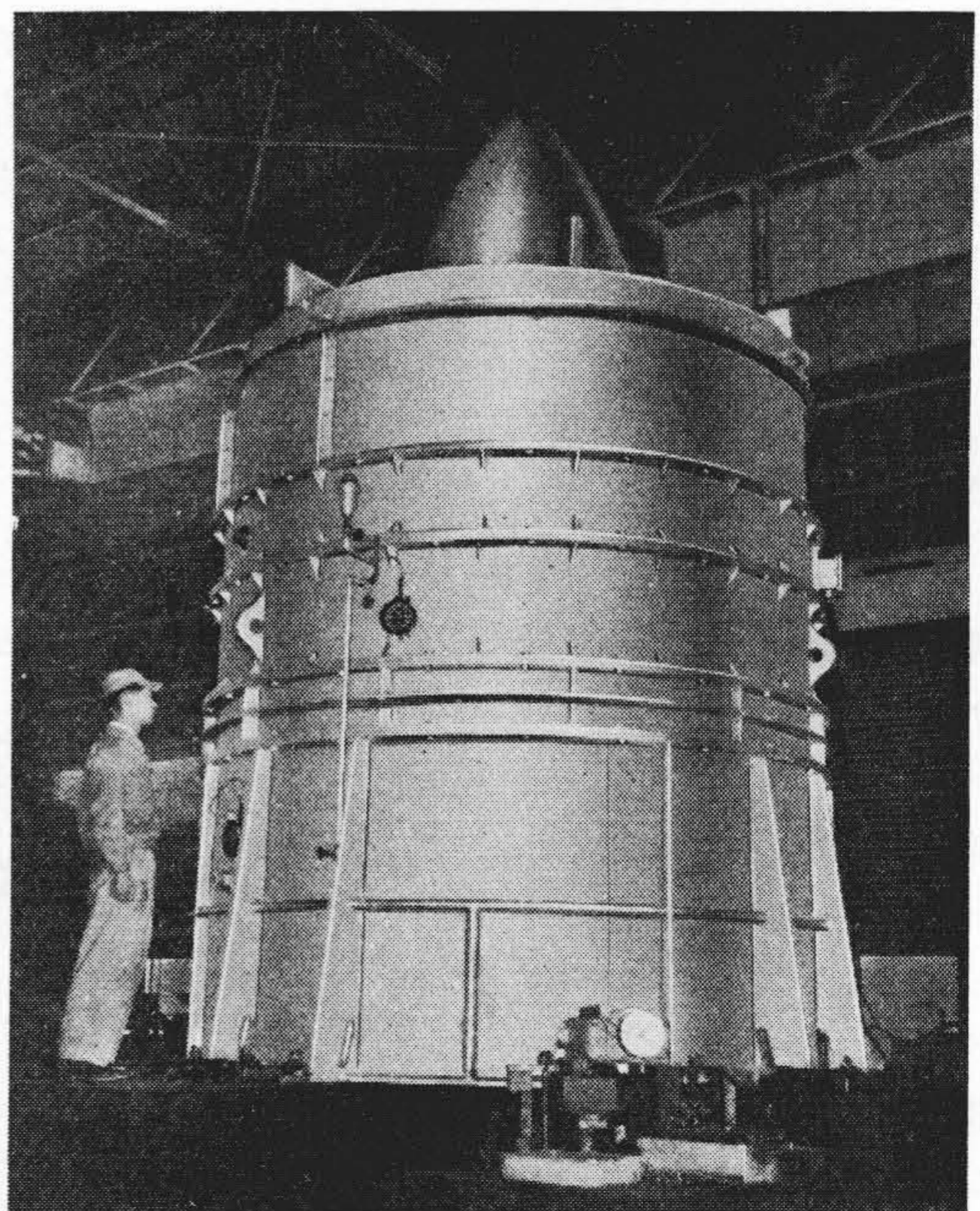
第二の方法はファンの運転は停止するが，操作時間を短くするため，ケース外部に取付けられたハンドルを操作して，主軸に挿入したスリーブを軸方向に動かし，レバーを介して翼の取付角度を全部一斉に変更する方法で，約2分間でその操作を完了することができる。ただしこの機構では翼取付部に運転中の翼の遠心力を支えるベアリングを装備していないので，運転中は遠心力による摩擦が大きく，角度変更の操作はできない。

第3図はこの方法による羽根車の可変ピッチ機構を，

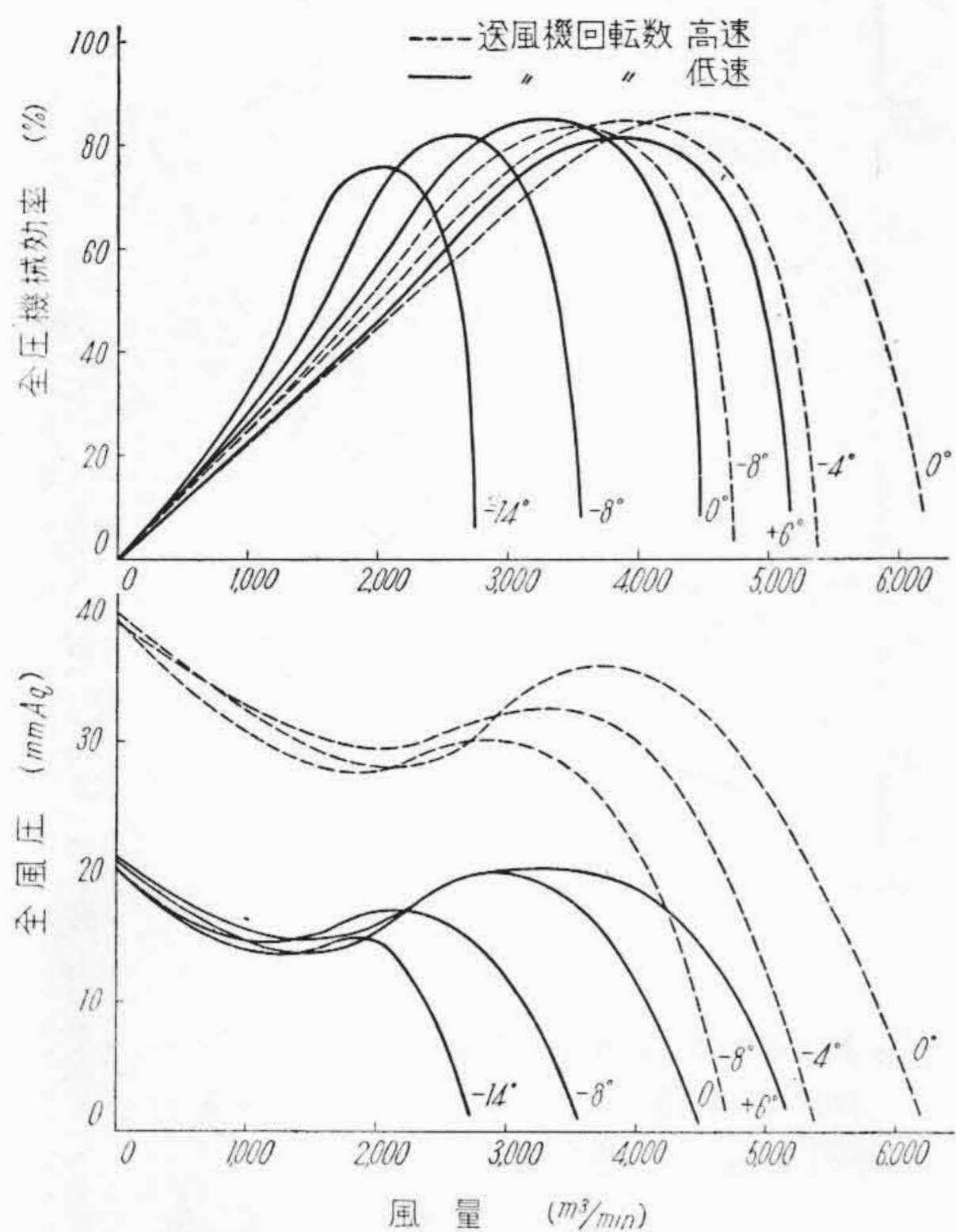
第4図はこの構造をもつ炭鉱用主通風機の断面を第5図は現地の据付外観を示す。なおこの場合，運転中翼は取付角度によつて異つた回転モーメントをうけるので，これに対しては特別の考慮をほらい，常に適当な回転力で一方向へ押えつけ，運転中に取付角度が変つたり，振動が起つたりすることがない構造になつている。なおこれらの機構は，工作上的精度を必要とするため，専用治具を用いて精度の向上，運転の円滑を期している。

第三の方法は頻繁に風量の調節を行う必要から，運転中でも自由自在に角度を変更できるように，可変ピッチコントロール操作用小型電動機を用い，減速機レバーを介して操作する方法で，翼の取付部にはスラストボールベアリングを装備して遠心力による摩擦を僅少にし，軽く小馬力で操作できる構造になつている。

第6図はこの構造をもつ縦形3,000φ 1段プロペラファンで，関門国道トンネルの換気用として製作納入したものである。本トンネルの換気方法はトンネルを通過する自動車から排出されるCOガスによるCO濃度の変化をCO検出器により検出しその指令によつて，CO濃度が常に0.03%内外になるよう換気量を調節するものでこの場合なるべく経済的に調節を行うため二つのダクトに対して3台ないし1台の台数変更を行うほか，主電動機の極数変換と，



第6図 日立縦型3,000 mm プロペラファン
(トンネル換気用)



第7図 3,000 mm プロペラファン特性曲線 (トンネル換気用)

可変ピッチコントロールを運転中に行うようになっている。第7図はこのプロペラファンの特性曲線を示す。

〔III〕 特 性

プロペラファンの速度三角形は第8図のようである。

- いま u : 羽根車の円周速度 (m/s)
- γ : 取扱気体の比重量 (kg/m^3)
- g : 重力の加速度 (m/s^2)
- Δp : 羽根車前後の圧力差 (mmAq)
- ΔCu : 羽根車前後における絶対速度の円周方向分速度の差 (m/s)
- Cm : 羽根車における軸方向速度 (m/s)

とすれば

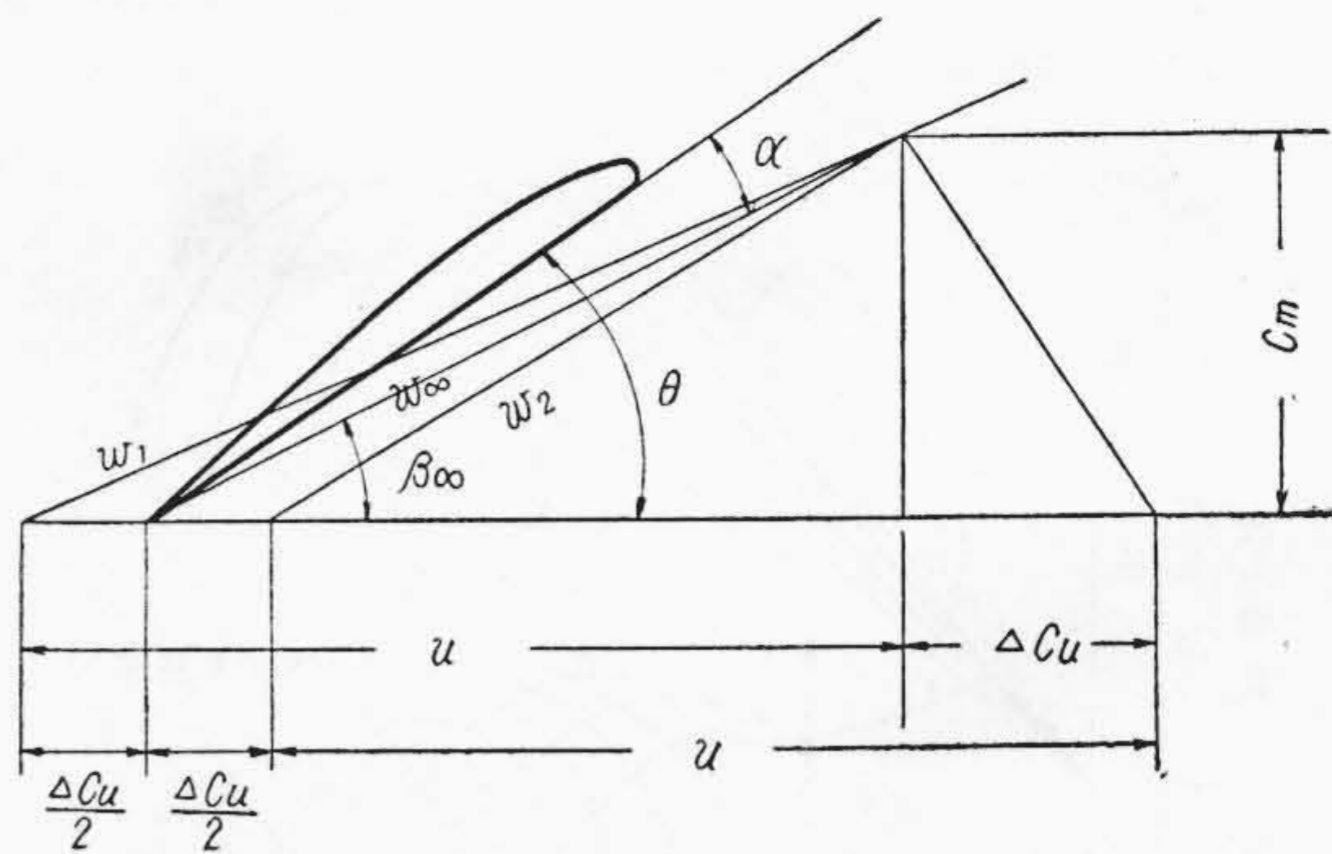
$$\Delta p = \frac{\gamma}{g} u \cdot \Delta Cu$$

$$\tan \beta_{\infty} = \frac{Cm}{u - \frac{\Delta Cu}{2}}$$

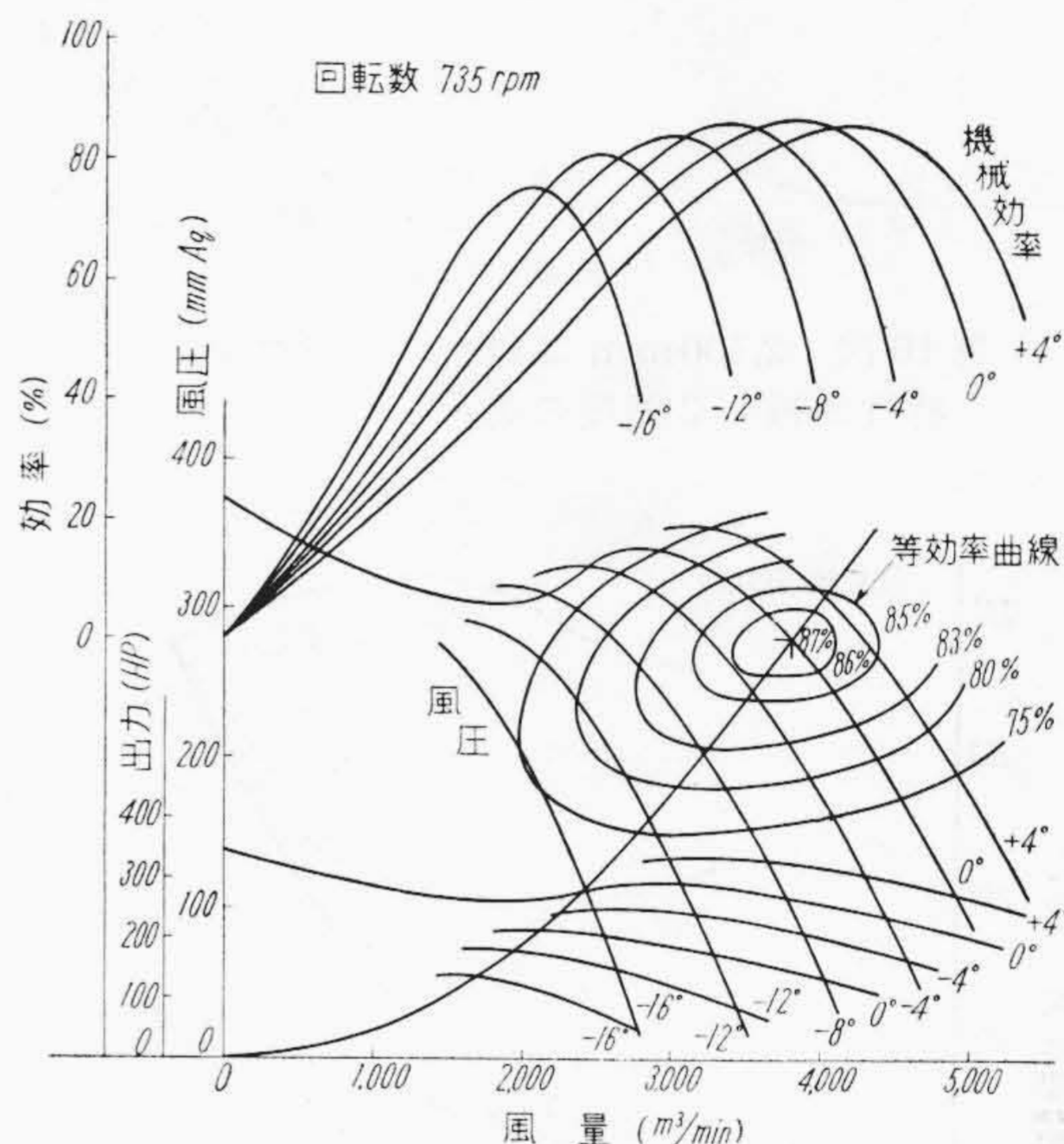
また翼の取付角度 θ は

$$\theta = \beta_{\infty} + \alpha$$

となる。したがって今、 u 、 Cm 一定のまま θ を小とすれば翼の迎角 α は小となつて圧力が減じ、また u 、 ΔCu が一定のまま θ を小とすれば Cm は小となつて風量は減少する。翼の先端とボス部では周方向との角度が異つているが、可変ピッチコントロールではこれを一様に変更するので設計角度以外では均一な圧力上昇が得られな



第8図 プロペラファン速度三角形



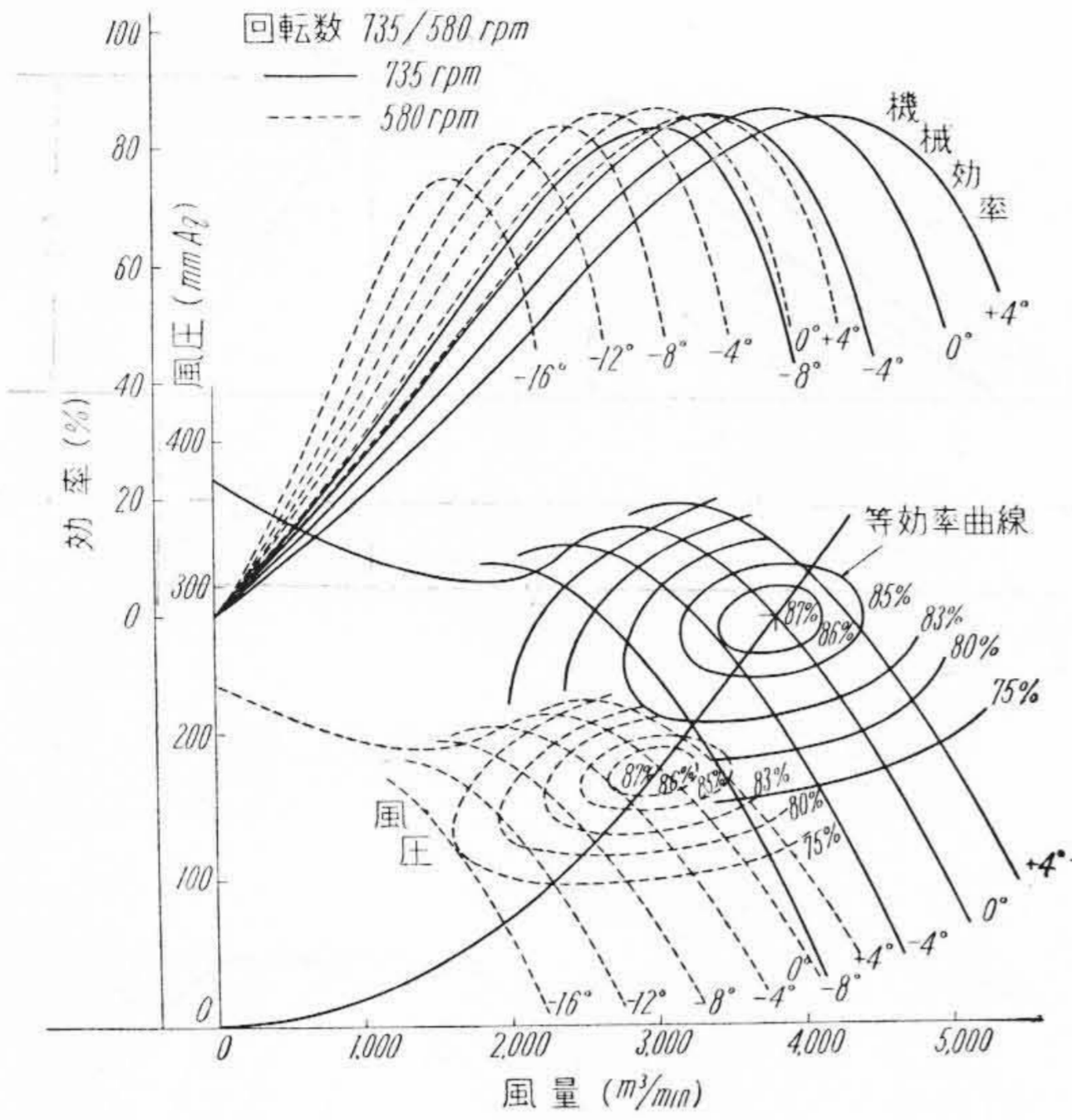
第9図 2,100 mm 2段プロペラファン特性曲線 (1速度の場合)

第1表 仕様一覧表

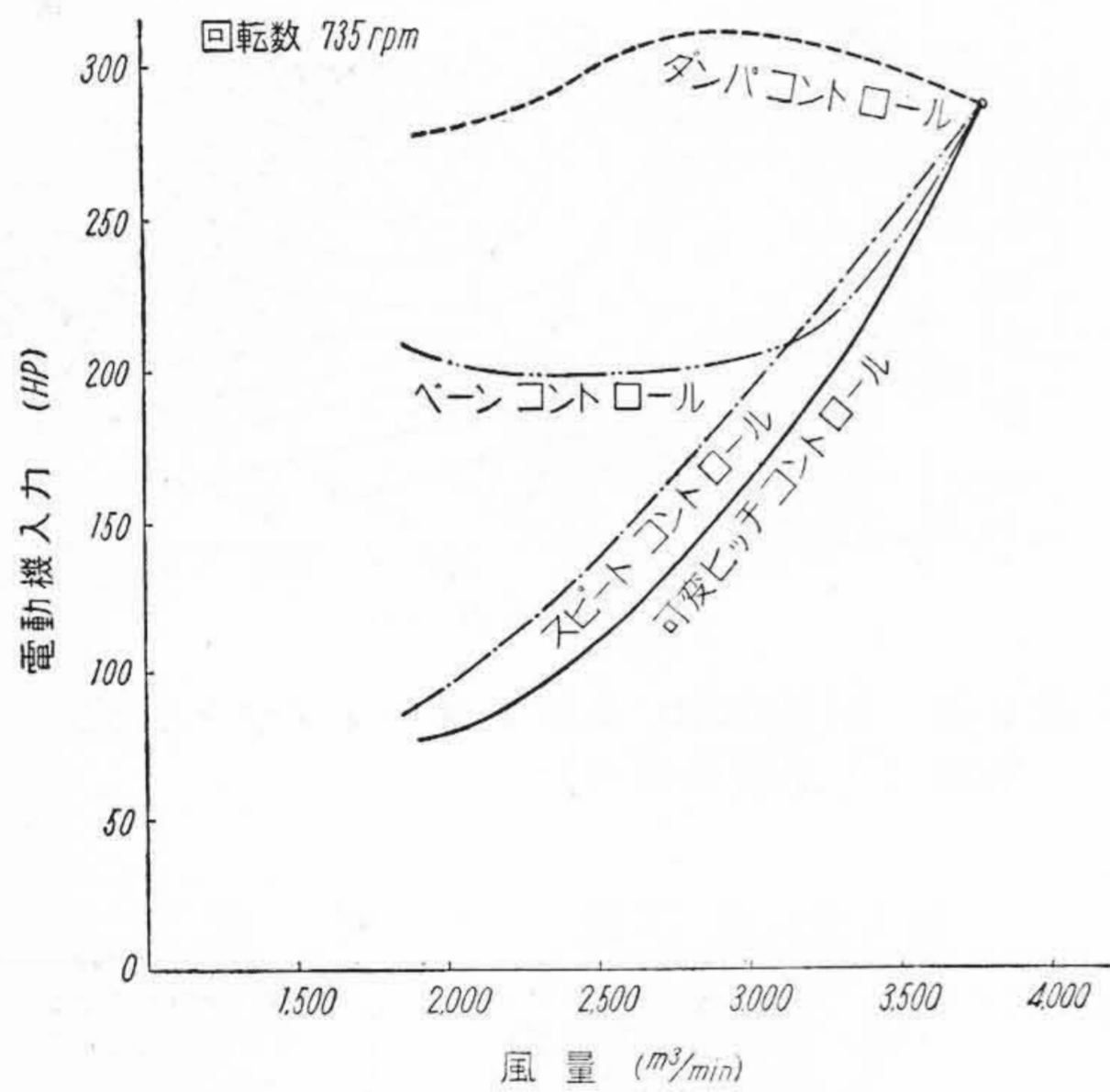
機 種	プロペラファン (1速度)	プロペラファン (2速度)
大 き さ	2,100 mmφ 2 st	2,100 mmφ 2 st
型 式	MBMP-CH (排気塔付2段プロペラファン)	MBMP-CH (排気塔付2段プロペラファン)
風 量 (m^3/min)	3,800	3,800/3,000
風 圧 (mmAg)	280	280/175
取扱気体 ($^{\circ}\text{C}$ 空気)	20	20
回 転 数 (rpm)	735	735/580
電動機 (HP×P)	350×8	350/175×8/10

注：可変ピッチコントロール、ベーンコントロール、ダンパーコントロールの場合は籠型電動機を使用し、スピードコントロールの場合は巻線型電動機を使用した。

くなり、効率は低下する。この場合、それぞれの角度の最高効率点は大体比速度 Ns 一定の線上にある。したが



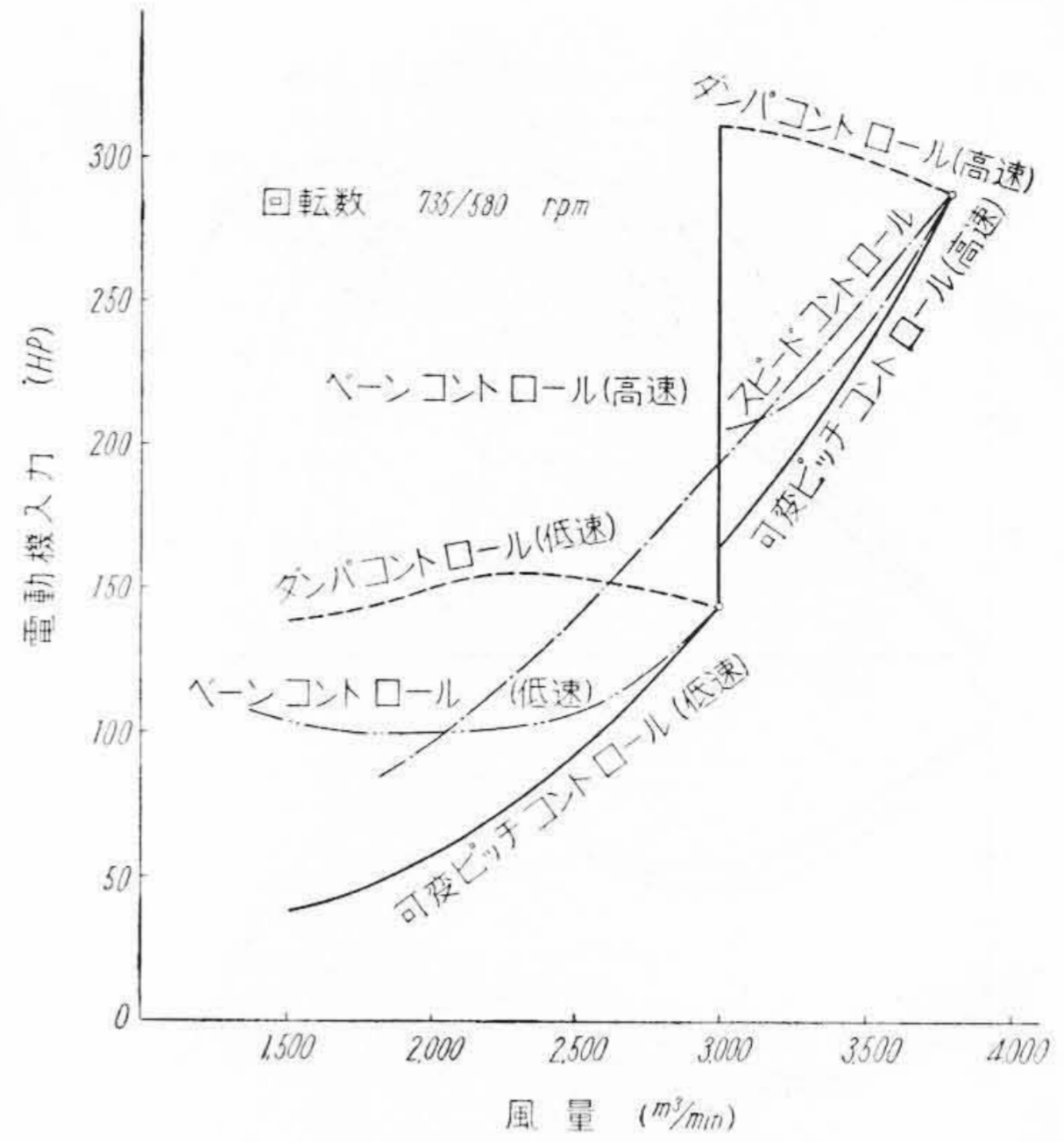
第10図 2,100mm 2段プロペラファン特性曲線 (2速度の場合)



第11図 2,100mm 2段プロペラファンにおける各種コントロール方式の入力比較 (1速度の場合)

つてこの線上で仕様点が移動するような場合——たとえば炭鉱用主通風機の各年度の通風計画による仕様点はこのようになることがよくある——には効率の低下は非常に小さい。しかし一般には同一の抵抗曲線上で風量の調節が行われることが多いと考えられるので、これから述べる各方式の効率比較では設計角度、すなわち角度0度における最高効率点を基準とし、この点を通る抵抗曲線上を移動するように風量の調節を行う場合について行つた。

第9図は第1表に示す2,100mm 2段プロペラファンの1速度の場合の特性を示す。図に示すごとく可変ピッ

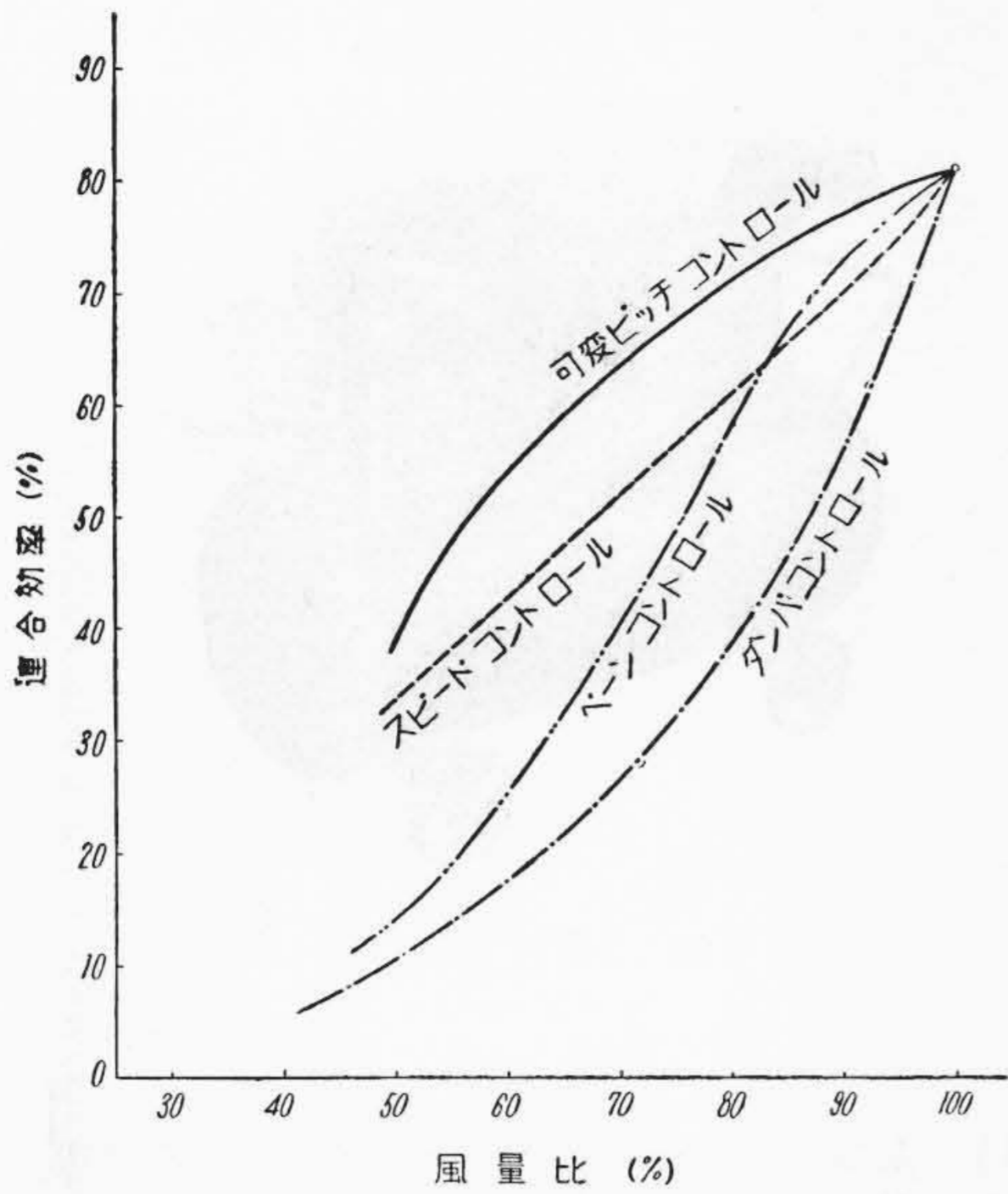


第12図 2,100mm 2段プロペラファンにおける各種コントロール方式の入力比較 (2速度の場合)

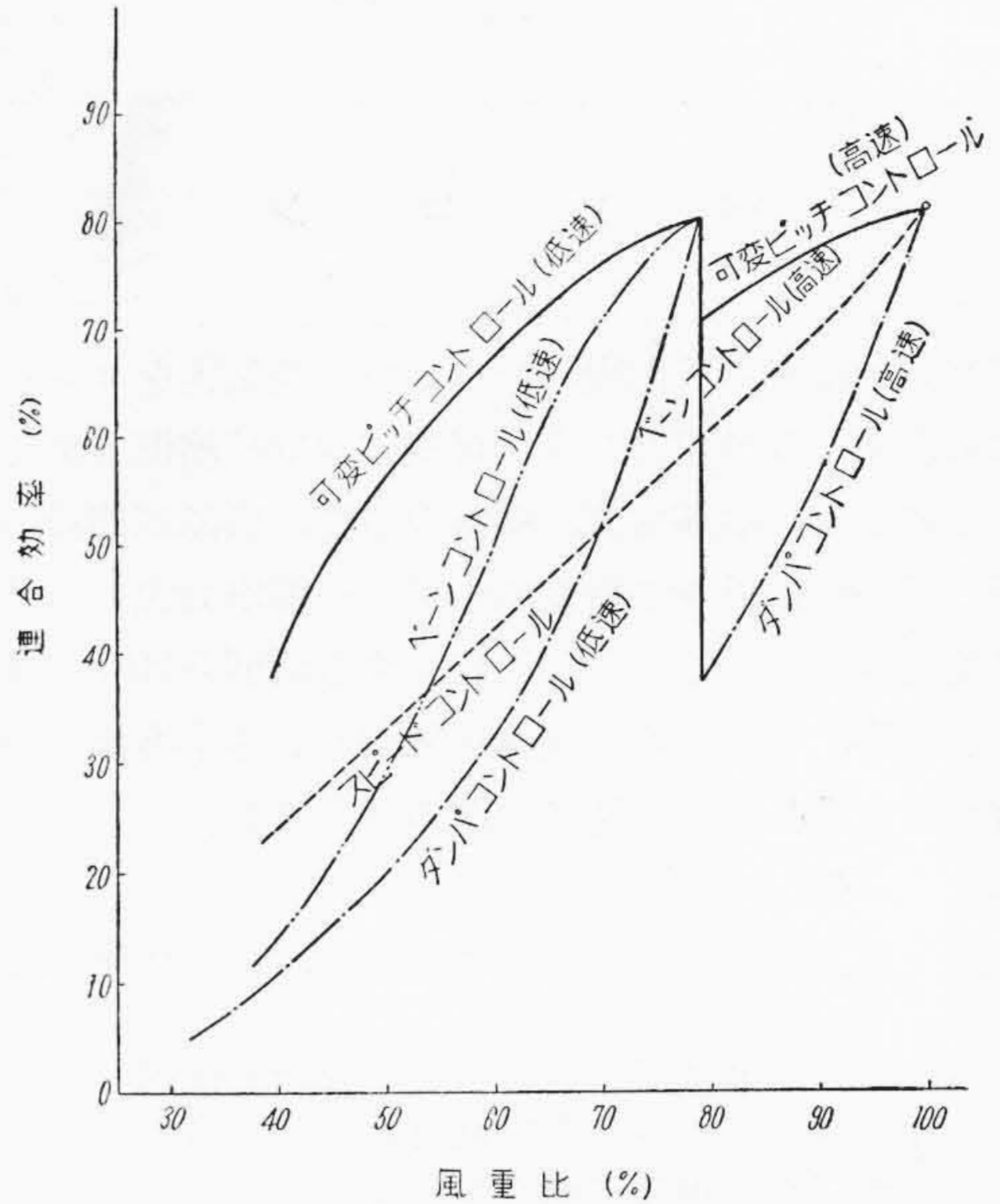
チコントロールは翼角度を(-)すなわち周方向に対する角度を小にすれば風量を減らすことができるばかりでなく、逆に(+)にすることによつて、電動機出力のゆるす限り、仕様以上の風量を効率よく出すこともできる長所をもっている。上記のプロペラファンの2速度の場合の特性は第10図に示す通りで、極数変換によつて角度0度の風量はその回転数に比例して減少し、その点の効率は再び最高効率に戻るため、1速度の場合に較べて風量調節における効率はずつとよくなる。この間の関係は第9、10図の等効率曲線を見れば判然とする。

第11図は上記2,100mmプロペラファンの可変ピッチコントロール、ベーンコントロール、スピードコントロールおよびダンパーコントロールの入力を1速度の場合について比較したものである。可変ピッチコントロールはスピードコントロールおよびベーンコントロールに比較してかなり入力が増加するし、ダンパーコントロールと比較すると大幅な入力の節約となる。なおベーンコントロールは風量調節が20%位まではスピードコントロールにまさるが、それ以上では効率が急に悪くなる。第12図は2速度の場合の各種コントロール方式における入力の比較を示す。この場合スピードコントロールのみは1速度である。可変ピッチコントロールはスピードコントロールに比較して入力の節約は非常に大きくなる。またベーンコントロールは2速度とすれば55%までの風量調節ではスピードコントロールよりもすぐれておりかなりの入力の節約ができる。

第13図および第14図はそれぞれ第11図および第12図を風量比-効率の曲線に書き直したもので、プロペラファンの各種コントロール方式の効率の比較を示す。プロ



第13図 プロペラファンの各種コントロール方式の効率比較 (1速度の場合)



第14図 プロペラファンの各種コントロール方式の効率比較 (2速度の場合)

ペラファンの設計諸元によつてその有利部分および効率の絶対値に多少の変動があるが大体の傾向は変わらない。

なお、ターボファンの風量調節についてはすでに本誌に紹介されており⁽¹⁾この場合よく用いられるベーンコントロール方式の傾向はプロペラファンとほとんど同じである。したがつてプロペラファンの可変ピッチコントロールと、ターボファンのベーンコントロールとを比較すれば、プロペラファンの方が全範囲にわたつて効率よく、かなりの入力節約となる。しかも設計点における効率はプロペラファンの方がかなり良くなるので、さらにその分だけ全般的に有利となる。

〔IV〕 結 言

可変ピッチプロペラファンは炭鉱用主通風機、トンネルの換気用送風機をはじめとして各種用途にさかんに使

用されるようになったが、その機構は運転中、停止時のいずれの場合の操作に対してもきわめて確実で、かつ取扱いは容易である。可変ピッチコントロール方式はプロペラファン独特の風量調節方式で、スピードコントロールと比較して、全範囲の風量調節においてかなりの入力の節約が得られ、ベーンコントロールと比較すると約20%までの風量調節では大きな相違はないが、20%を超えると入力の節約は顕著となる。またベーンコントロール付きターボファンと比較すれば、風量調節の全範囲にわたつてはるかに効率がよいため炭鉱用、換気用のみならず各種用途においてターボファンの領域に進出している。

参 考 文 献

- (1) 河田：日立評論 35, 1171 (昭 28-8)

継手は

印

日立鐵管継手

第 5024 号
JIS B 2301

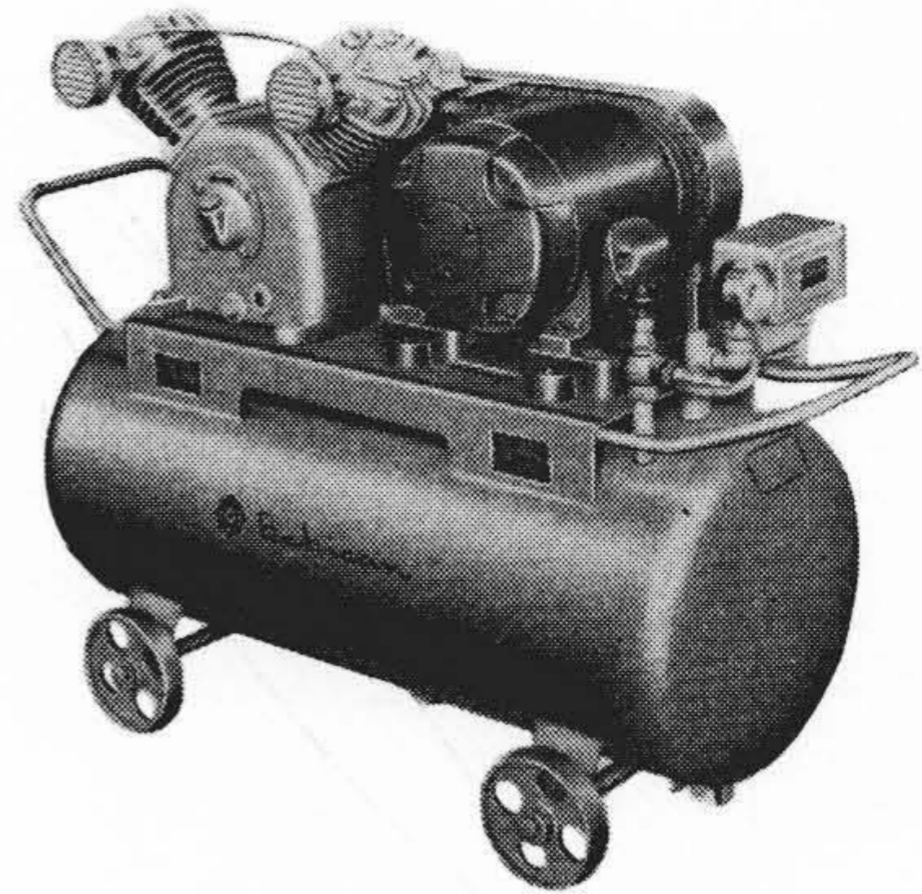
日立金属工業株式会社

ベビコン

ベビコンは空気圧縮機、モートル、空気槽をコンパクトに取纏めた取扱容易な小型可搬式空気圧縮機である。タイヤの充気、噴霧塗装、機器の清掃、自動調節器の作動用などのほか種々の用途に小容量圧縮空気源として盛んに使用されている。ここに紹介する新型5 HP、3 HP および2 HP ベビコンは空気圧縮機の高速小型化の方向に合致した製品でその特長は次の通りである。

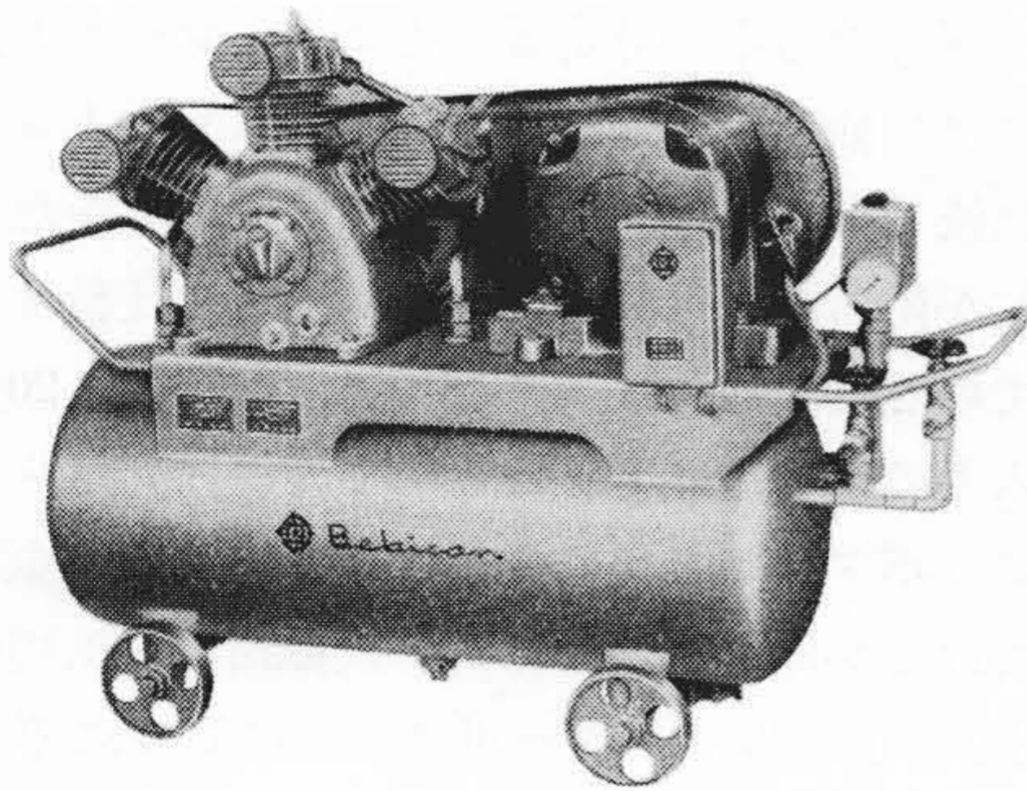
特 長

- (1) 高速小型かつ軽量なので運搬、取扱に便利である。
- (2) シリンダはバランスのよい合理的配列とし、ピストンはアルミニウム合金を使用しているので、高速回転でも振動少く円滑な運転ができる。
- (3) クランク室は全閉型で塵埃の浸入、油の漏出が

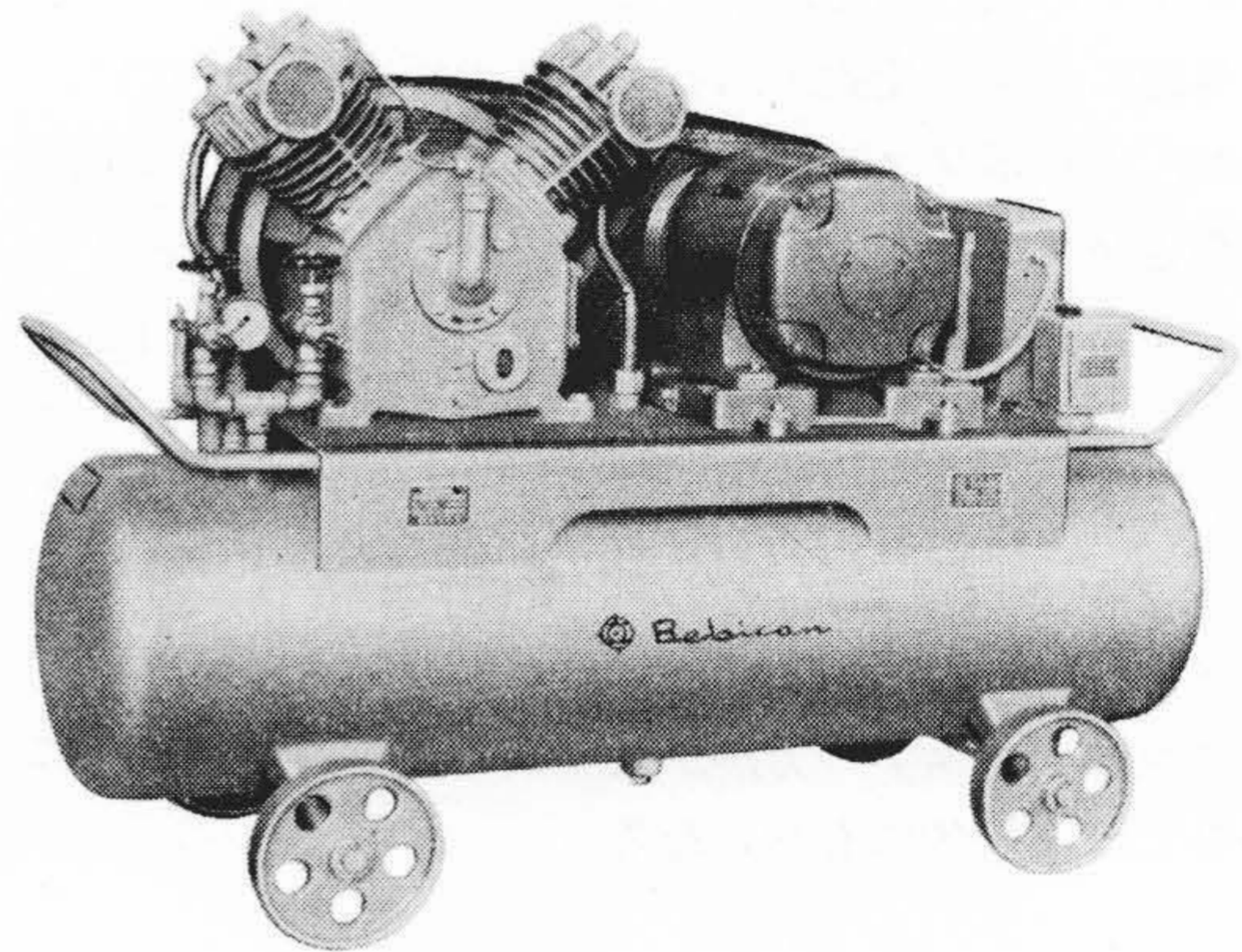


第1図 2 HP ベビコン

- ない。
- (4) 主軸受はテーパローラベアリングを使用しているため円滑な運転ができる。
- (5) 外から見える明確な油面計を備えている。



第2図 3 HP ベビコン



第3図 5 HP ベビコン

第1表 ベビコン仕様一覧表

項目 機種	空 気 圧 縮 機						空 気 槽 容 積 (l) および寸法 (mm)	モ ー ト ル 種 類 および出力	概 略 寸 法 高 × 幅 × 長 (mm)	裸 概 略 重 量 (kg)
	最大圧力 (kg/cm ²)	気筒径 × 衝程 × 数 (mm)	回 転 数 (rpm)		容 量 (P.D.)* (l/min)					
			50~	60~	50~	60~				
2 HP ベビコン	10	60 × 45 × 2	1,000	1,200	255	306	105	三 相 200V 2 HP	850 × 460 × 1,100	165
	5.5		1,350		345		385φ × 995L			
3 HP ベビコン	10	60 × 45 × 3	1,000	1,200	382	460	105	三 相 200V 3 HP	920 × 480 × 1,150	200
	5.5		1,350		515		385φ × 995L			
5 HP ベビコン	10	90 × 60 × 2	800	960	610	730	150	三 相 200V 5 HP	980 × 540 × 1,405	250
	5.5		1,100		835		385φ × 1,405L			

備考：運転方式は圧力スイッチによる自動運転とす。
* P.D. はピストンジスプレースメットの略。