

東京電力株式会社潮田火力発電所納

150t ボイラ用ベーンコントロール附

ターボファンの構造及び特性に就いて

河 田 直 幸*

Vane-Controlled Turbo-Fan for 150 t Boiler
Construction and Features

By Naoyuki Kawata

Kawasaki Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The turbo-fan equipment for 150t boiler, recently manufactured by the Company for the service at the Ushioda Steam Power Station is attracting the special attention of the industries concerned because of the adoption of vane control system in both forced and induced draught fans. (As to the features of the vane control system the readers are referred to the last year special issue, No. 1.)

In this article, the writer expounds the construction and materials used in the above vane control device as well as the method of the tests together with their results. Also, he has tried a comparison between this control system and the speed control system basing on the above results.

The article also gives out that, as the equipment is driven by the two, high and low, speed motor, the results of the measurements carried on the time required for change-over of the speeds.

〔I〕 緒 言

ボイラの押込み及び吸出し送風機のように、ボイラの負荷の変動に依り風量の調節を絶えず必要とする場合の風量調節方法は過去に於ては、主としてダンパコントロールが採用されて来たが、近頃は電力の節約のため、又ボイラの負荷が絶えず変わる煩雑さに対し、A.C.C. (自動燃焼調節装置)が採用され始めるに及び、風量調節もそれに伴ない自動的に行う事が必要になつた。それに対して低廉な定速度電動機を使用し流体接手により送風機の回転数を変えて風量を調節するか或はダンパコントロールよりも有利で且つ構造も比較的簡単なベーンコントロールが近頃盛んに使用されるようになって来た。ベーンコントロールの一般的な特長及び利点等は既に良く知られており、又本誌により既に紹介⁽¹⁾されている通りである。

* 日立製作所川崎工場

この度東京電力株式会社潮田火力発電所納の 150 t ボイラ用ベーンコントロール附ターボファンが完成した。このファンは押込み、吸出し共ベーンコントロール附で、風量調節はこのベーンコントロールを A.C.C. に連結し運転するものである。火力発電所の吸出しファンにベーンコントロールを採用したのは非常に稀で各方面よりその成果を注目している。

仕様は下記の通りである。

押込みファン

大 き さ	 #9 ¹ / ₂
型 式	 ODT-CH (両吸込型ターボファン)
風 量	 1,850 m ³ /min
風 圧	 230 mmAq
取 扱 気 体	 20°C 空気
回 転 数	 970/725 r.p.m.
電 動 機	 175/75 HP 6/8P

吸出しファン

大きさ.....	#15
型式.....	PDT-CH (両吸込型ターボファン)
風量.....	3,140 m ³ /min
風圧.....	230 mmAq
取扱気体.....	185°C 汽罐廢ガス
回転数.....	725/580 r.p.m.
電動機.....	300/160 HP 8/10 P

〔II〕 構造

(1) 押込みファン

押込みファンは第1図～第3図のような形態であるが、大体の構造は第4図の通りである。

このファンは工場にては電動、手動兼用の減速器に依り吸込側に取付けられた十数枚のベーンの開度を一様に調整して風量を加減し、現地にてはこの減速器の代りに、A.C.C. に連結して運転するものである。尚吐出口にもダンパーが装備され、これも電動、手動兼用の減速器に依り必要に応じて開閉されるものである。

本機の駆動用電動機は極数切替の二段速度電動機が使用され、ボイラの負荷に応じ自動的に速度は切替えられ且つそれに適するようにベーンは必要な開度に A. C. C. にて調整される。ファン自体の構造は一般のファンと余り異ならぬが下記のような構造にして、又今迄の実験結果に基づき特にベーンコントロールを取付けた場合、この利点を大いに生かすため各部にも相当の考慮を払い設計製作した。

(A) ファン本体

1. 羽根車は心板、側板に羽根を鋳付し、羽根形状は精密なホワールの計算及び過去の豊富な経験に依り理想的な形状とした。

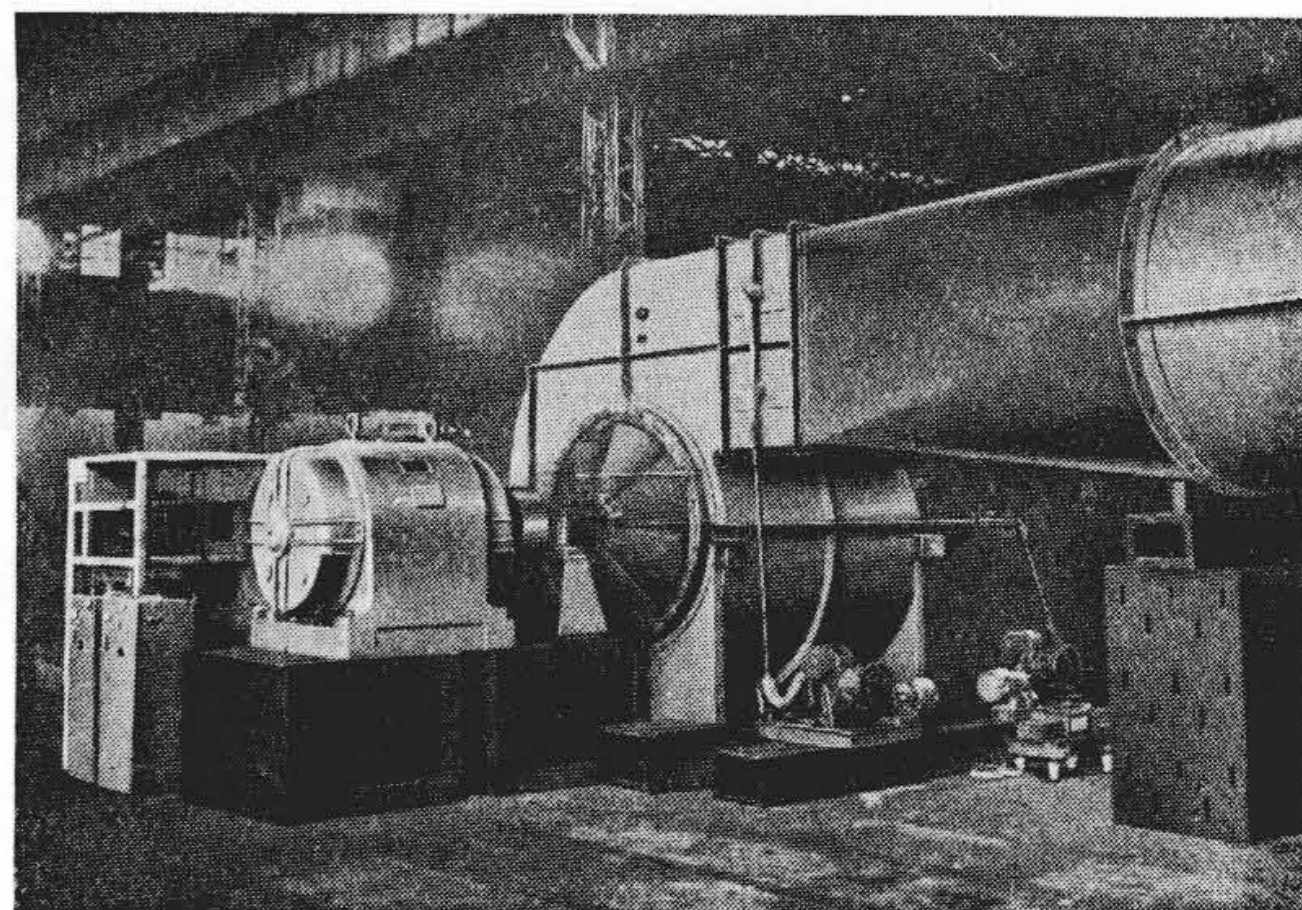
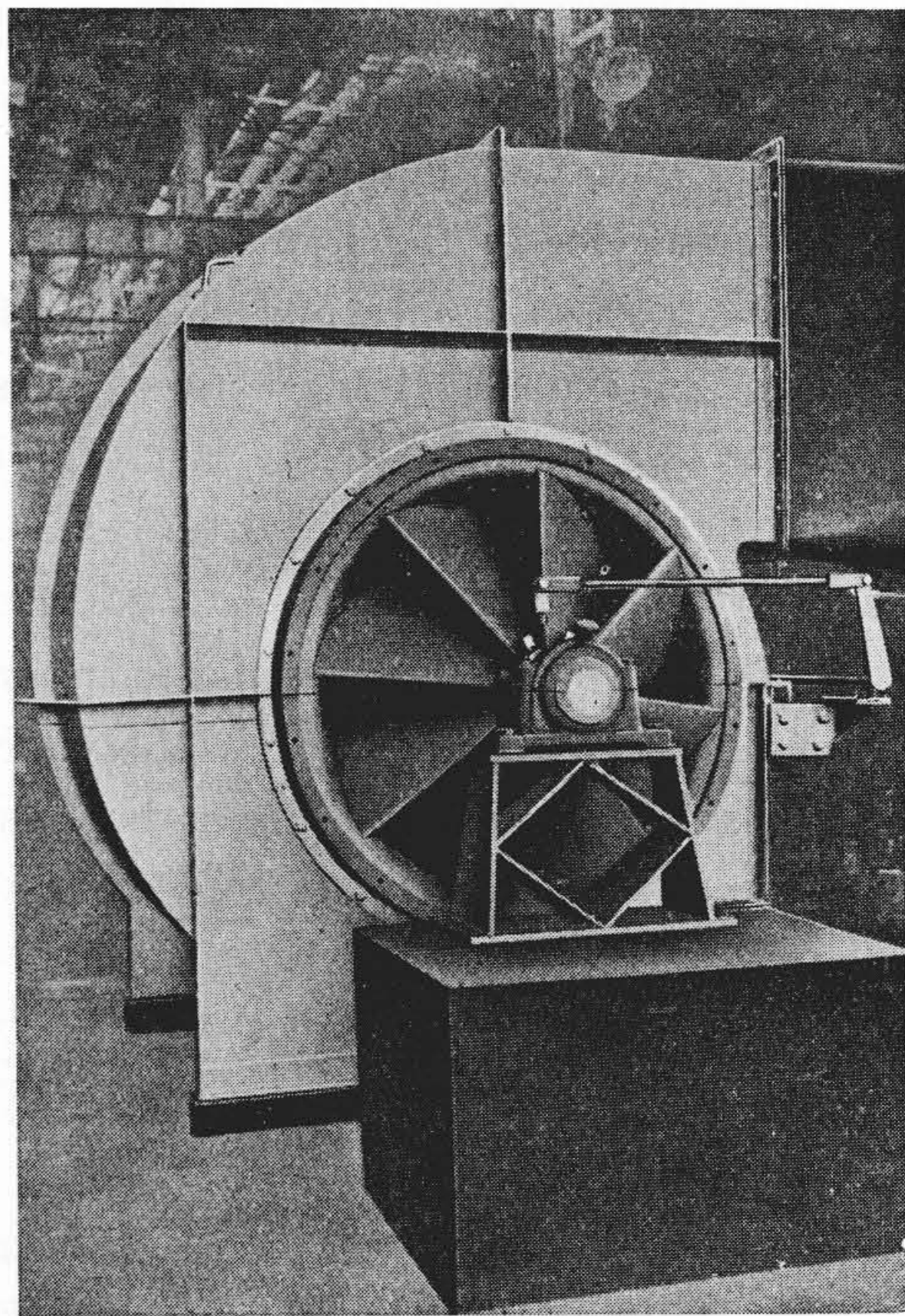
2. 軸は良質の鍛造鋼を総仕上したものを用い、この中央にランナーを装備し一端にとりつけられたフレキシブルカップリングにより電動機と直結運転する構造である。

3. 軸受はラジアル荷重に対してはシリンдриカルローラベアリングを用い、スラスト荷重に対してはボールベアリングを使用し、機械的損失を極力少くした。

4. 吸込口は渦流を少なくするためベルマウスとし、これを羽根車吸込口迄入れて漏洩損失を極力少くした。

5. ケーシングのスパイラルは多年の実験と計算により最も合理的な形状とし、極力動圧を回収するようにした。

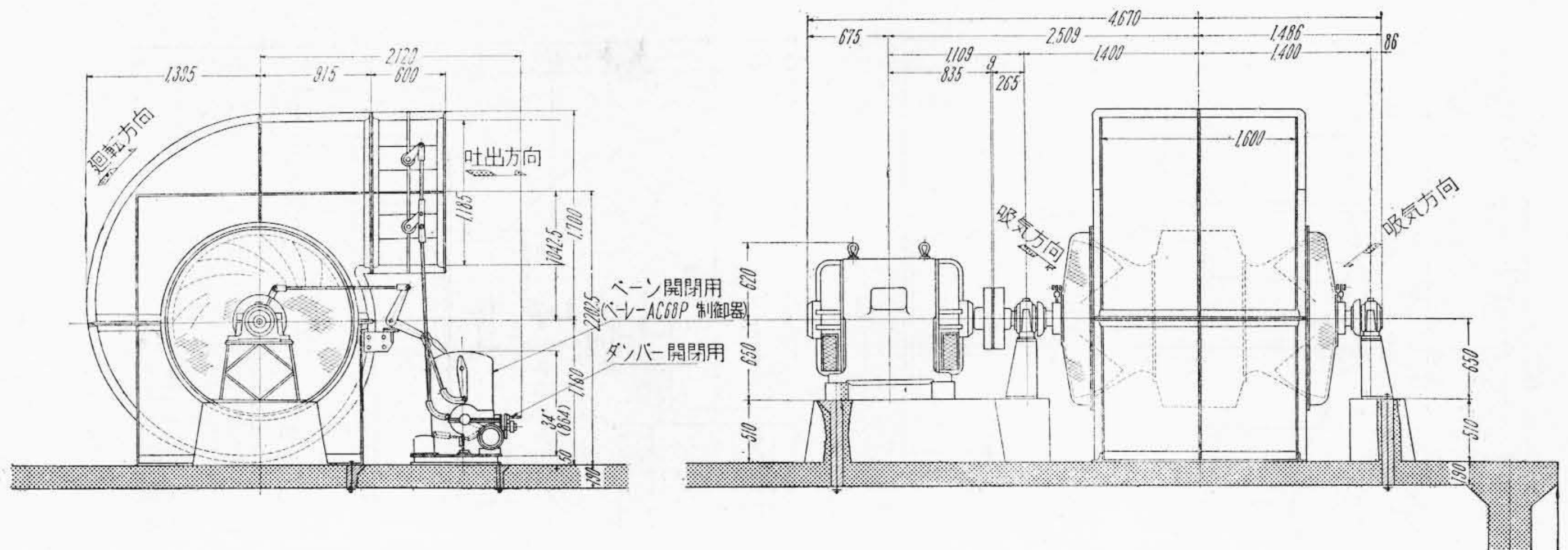
(B) ベーンコントロール機構

第1図 #9¹/₂ 押込みファンFig. 1. #9¹/₂ Forced Draught Fan第2図 #9¹/₂ 押込みファンFig. 2. #9¹/₂ Forced Draught Fan

1. ベーンは鋼板製とし、断面は流線形翼型をとり、風の流れに依る抵抗を極力減少し、ベーンコントロール採用の利点をなるべく多くした。

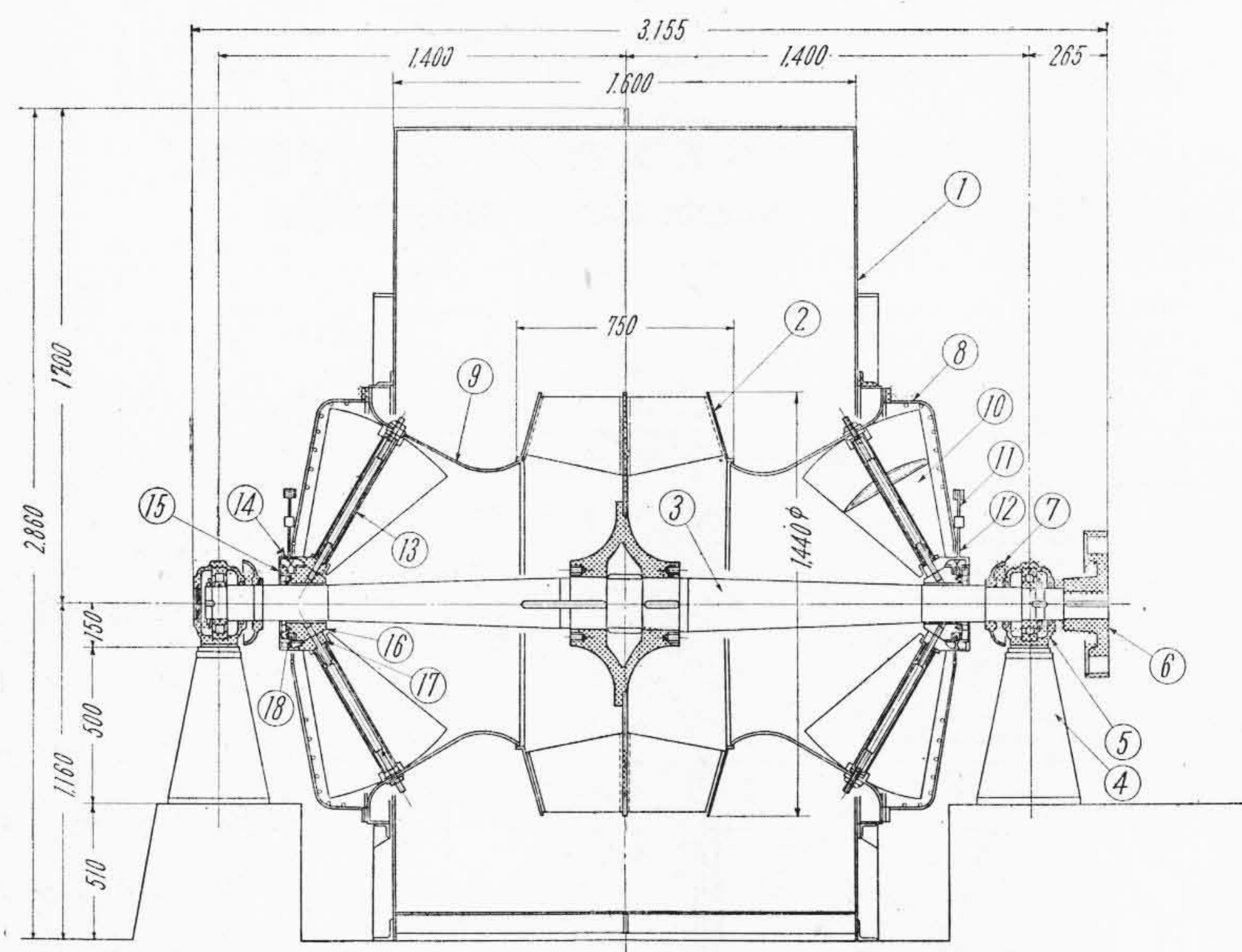
2. 摺動ピン及び摺動リングは特殊鋼を鍛造し耐磨耗及び注油の不要な機構とした。

3. ベーン開度と風量変化の割合が一定でないため、全開から全閉への速度を変化させることに依り絶えず風量の変化を一定にし全閉近くでも A. C. C. による微妙な変化を完全に伝え得る構造にした。



第3図 ベーラー方式を採用した押し込みファンの外観図

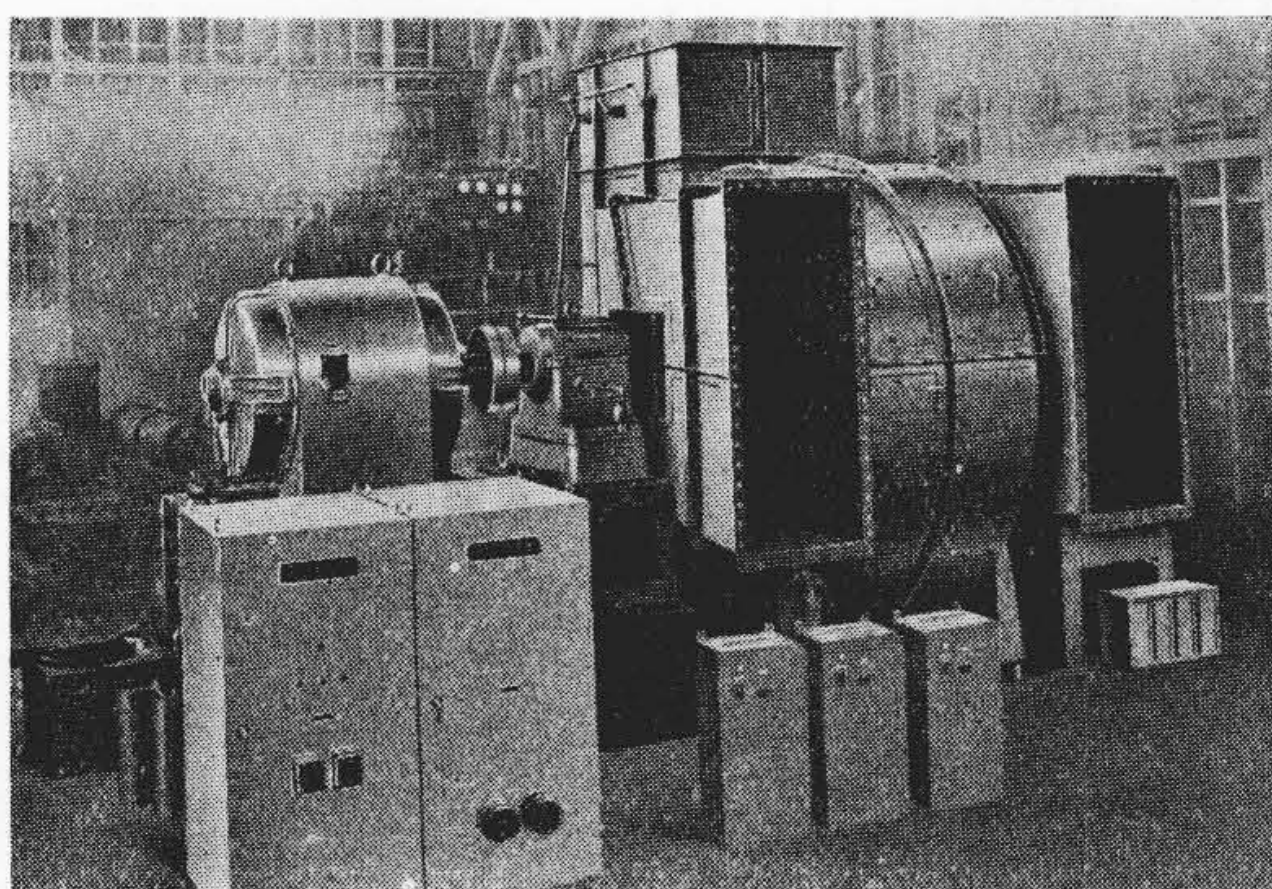
Fig. 3. General View of Forced Draught Fan on Bailey Method



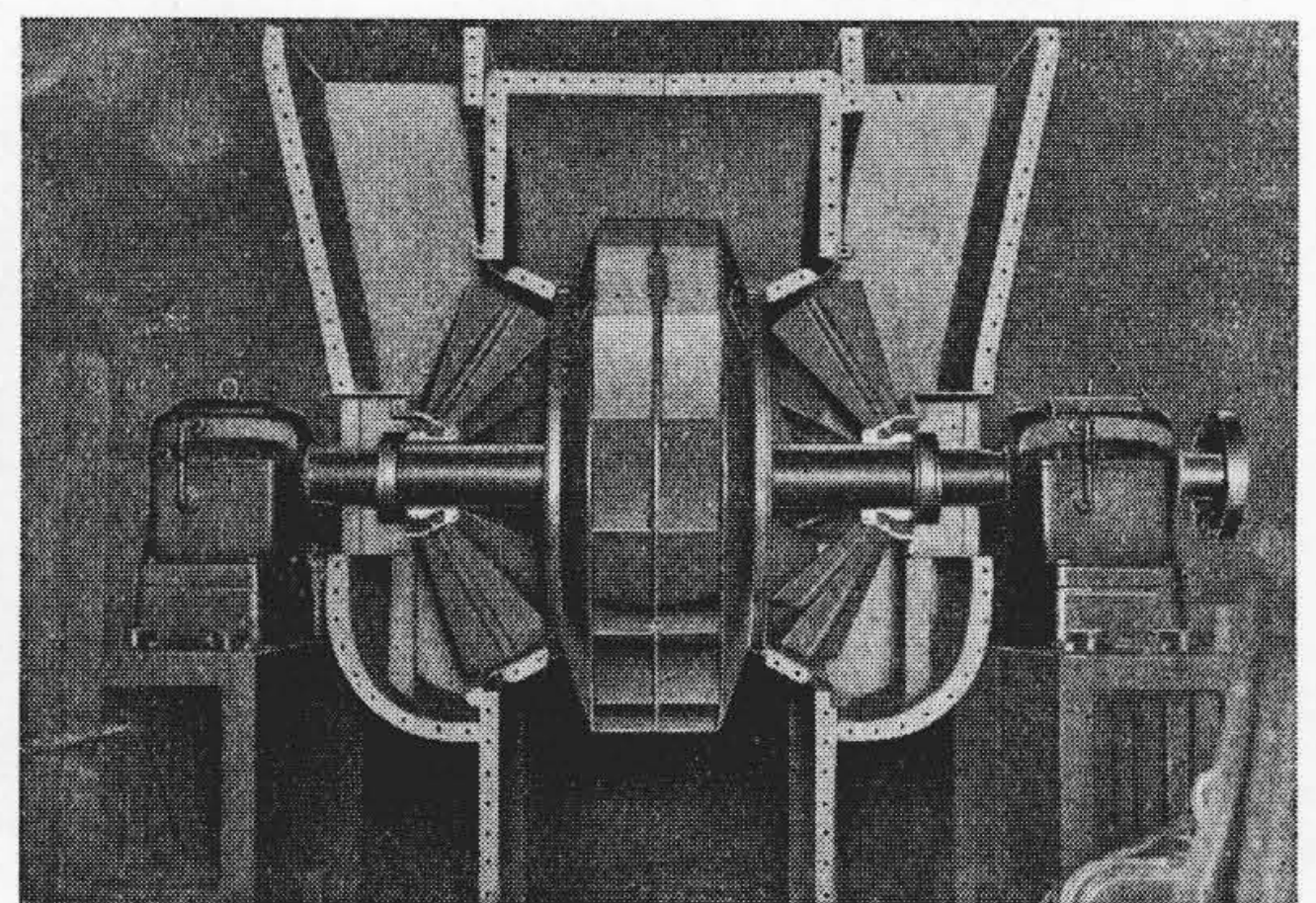
品番	品名
①	ケース
②	羽根車
③	シャフト
④	ベース
⑤	ベアリング
⑥	カップリング
⑦	シャフトコーン
⑧	金網
⑨	サクシヨンコーン
⑩	ベーン
⑪	フォーク
⑫	アーム
⑬	スピンドル
⑭	ピン
⑮	リング止め輪
⑯	ボス
⑰	クランクアーム
⑱	コントロール リング

第4図 #9 1/2 押し込みファン組立断面図

Fig. 4. Section of #9 1/2 Forced Fan



第5図 #15 吸出しファン
Fig. 5. #15 Induced Draught Fan



第6図 #15 吸出しファン断面
Fig. 6. Section of #15 Induced Draught Fan

(2) 吸出しファン

第5図、第6図(第37頁参照)及び第7図が吸出しファンの形態であるが、概略の構造は第8図に示す通りである。

この吸出しファンも押込みファンと同様に工場にては減速器に依りベーンの開度を一樣に調整して風量を加減したのであるが、現地にてはこのベーンを A.C.C. に連結運転される。

電動機も二段速度電動機が使用されるのは前と同じであるが、このファンにて特筆大書すべきは火力発電所のボイラの吸出しファンにベーンコントロールが採用された事である。火力発電所のあらゆる設備の進歩しているアメリカに於てさえも、吸出しファンの風量調節は流体接手が多く採用されている状態である。これはダストが非常に多い高温ガスを取り扱うので、磨耗及び熱膨脹等種々面倒な問題があるためである。これらを十分考慮しベーンに特殊な材料を使用し、又構造上にも種々注意を払えば、吸出しファンにベーンコントロールを採用することは一向差支えないのは勿論ベーンコントロールの方が動力消費が少くて有利な事は言をまたない。

以上の点に特に留意しこのファンは設計製作されたもので主な特長は下記の如くである。

(A) ファン本体

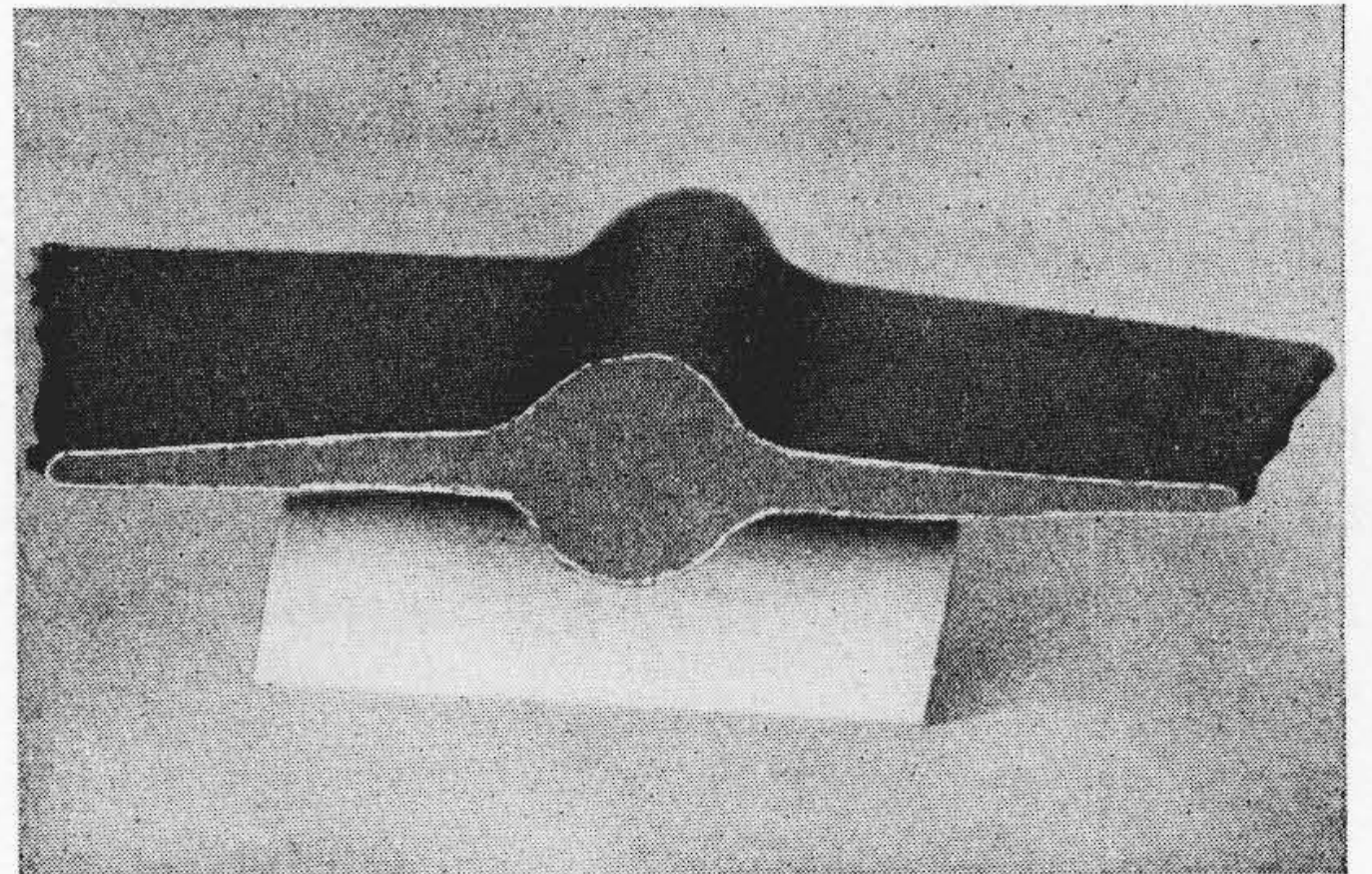
構造的には押込みファンと殆ど異ならないが主な特長は次の通りである。

1. 羽根車はダストによる磨耗を考慮、鋳は全部丸皿鋳を使用した。
2. ダストを多量に含む高温ガスを取扱うため、振動の点に特に留意し第一次危険回転数を常用回転数より大巾に高くとつてある。
3. 軸受は鑄鉄製上下二つ割れにして内面に JIS 規格第6種バビットメタルを裏付し内1組は推力軸受とし主軸を正しく位置せしめる。給油はオイルリング式を採用し十分投影面積を有しており軸受箱はジャケット水冷式とした。
4. ケーシングのスパイラル形状は押込みファンと同様最も合理的な形とし且つダストに依る磨耗を考慮し、鋼板製ライナーを取付け、ライナーはこれを数箇に分割し皿ネジにてケースに取付け容易に取替え得る構造にした。

(B) ベーンコントロール機構

1. ベーン材質は鑄鉄製とし、鑄型塗料にテルル(Te)を添加する独特な技術によつて表面の硬化をはかり、表面は第9図に見られるように一樣な厚さに白銹化されておる。

この方法は日立製作所に於て、日本で始めて成功し製



第9図 吸出しファンのベーン断面

Fig. 9. Section of Vane on Induced Draught Fan

品化されたものである。尚断面形状は流線形翼型に近い型をとり能率の向上を計り、全く他社に例を見ないものである。

2. ベーンコントロール及び吐出口ダンパーの摺動面にダストの附着を防止し、給油しなくても非常に軽く操作し得る構造にした。

尚押込みファンのベーンコントロール機構に記した2, 3項はこのファンに就いても当然考えられている。

3. 各部の構造は高温ガスを取扱うため強度は勿論、熱膨脹に依る歪等にも十分注意を払つた。

4. 押込みファンと同様吐出口には電動、手動何れにても操作し得るダンパーがついている。

〔III〕 ベーンコントロールと二段速度電動機

上記押込みファン及び吸出しファンの駆動用電動機は何れも極数切替の二段速度電動機を採用した事は前記の通りである。

通常ボイラは最初経済負荷にて運転され、ボイラの効率の変化或は炭質の変化等により最大負荷にて運転される事もあり得る。

この両仕様は相等の開きがあり、この両仕様を1台のファンにて満足させるためにはどうしても二段速度電動機を必要とする。

この電動機とベーンコントロールを併用し、両仕様点をベーンコントロールによつて生ずる有利部分(電動機速度制御に比較し)におくようにすれば最も有利な風量調節方法であることはいふ迄もない事である。尚この時の高速、低速の切替点の問題、その他ベーンコントロールに依る風量調節が電動機速度制御に依る方法に比較しどの位有利であるか等は既に報告⁽¹⁾した通りである。

〔IV〕 試験及び試験結果

（1）試験方法

押込み、吸出し両ファン共試験方法は通常ファンの性能試験を行う場合と何等異ならず、ベーン開度を 90° 、 45° 、 30° と変えて、それぞれの特性を求め、且つ電動機が二段速度なる故高速の場合と低速の場合の各々に就いて行つた。

（2）試験結果

第 10 図は押込みファンの試験結果、第 11 図は吸出しファンの試験結果を示す。吸出しファンの試験は常温にて行いこれを前記仕様の温度に換算したものである。

第 10 図、第 11 図に於て実線は高速回転、点線は低速回転の場合を示す。

（3）試験結果に対する検討

第 10 図に於て高速の場合はベーン開度 90° （全開）の場合が効率が最高であるが、低速の場合はベーン開度 45° の場合が効率が最高である。

第 11 図に於ては高速、低速ともベーン開度 45° の場合が最高効率を示している。

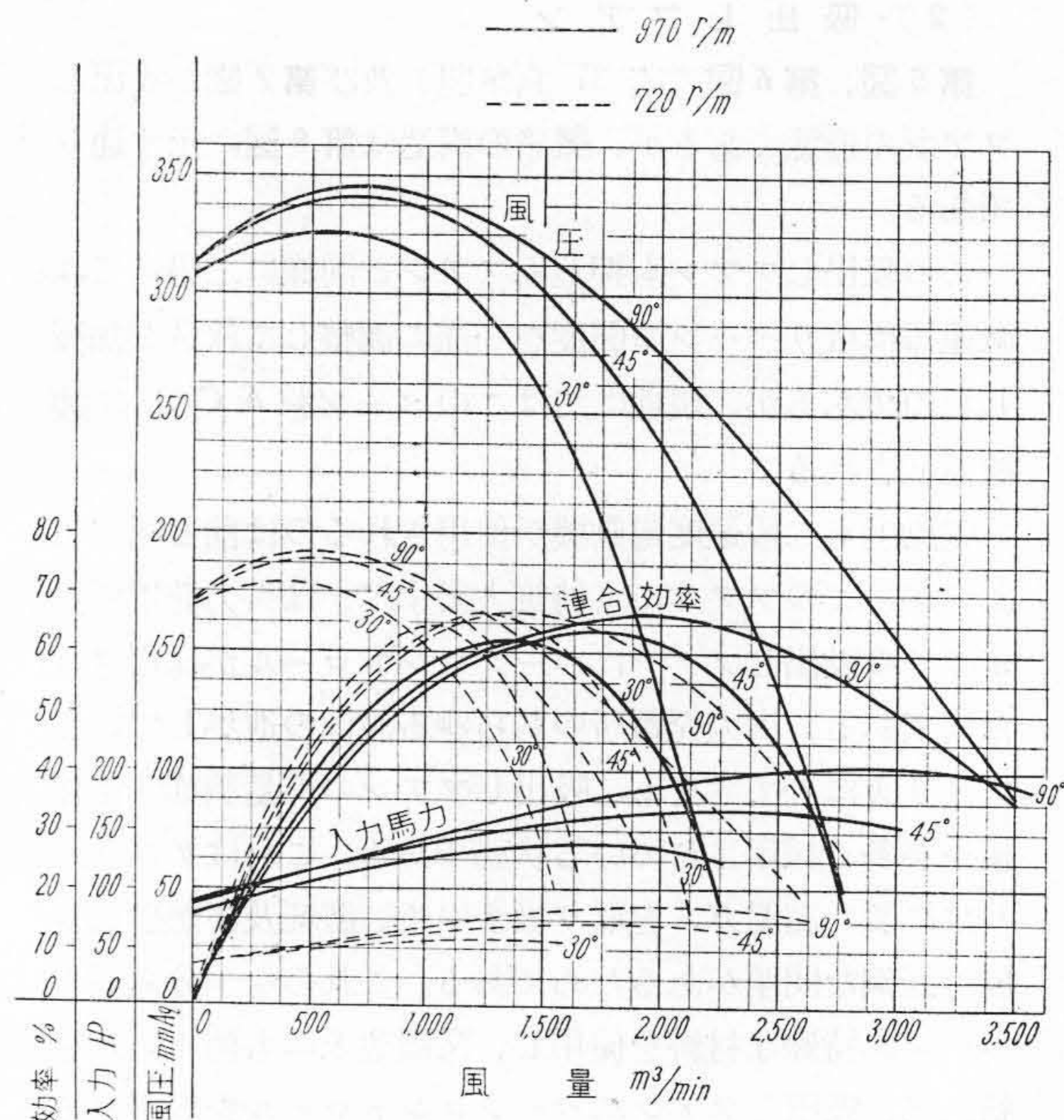
何故押込みの高速の場合のみがベーン開度 90° で効率最高にして、他はベーン開度 45° の場合が最高になつたかを検討して見るに、前者のみ羽根車入口の風速が約 20 m/sec にして他は何れも $14 \sim 15 \text{ m/sec}$ の値になつてゐる。従てこのように速度の早い流れに対しベーンコントロールによりホワールを与える場合はベーンを閉めて行く事によりベーン入口の衝撃損失が大きくなるためと思われる。

〔V〕 ベーンコントロールとスピードコントロール

ベーンコントロールとダンパーコントロールの入力を比較した時は常にベーンコントロールの方が有利であることは既に良く知られている事であるが、今押込みファンの電動機 175 HP, 75 HP, 又吸出しファンの電動機 300 HP, 160 HP の四種類に就きこれらをそれぞれ誘導電動機と仮定し、二次抵抗に依る速度制御を行つたと考え、この時のファン入力とベーンコントロールの場合の入力を比較したものが第 12 図、第 13 図である。

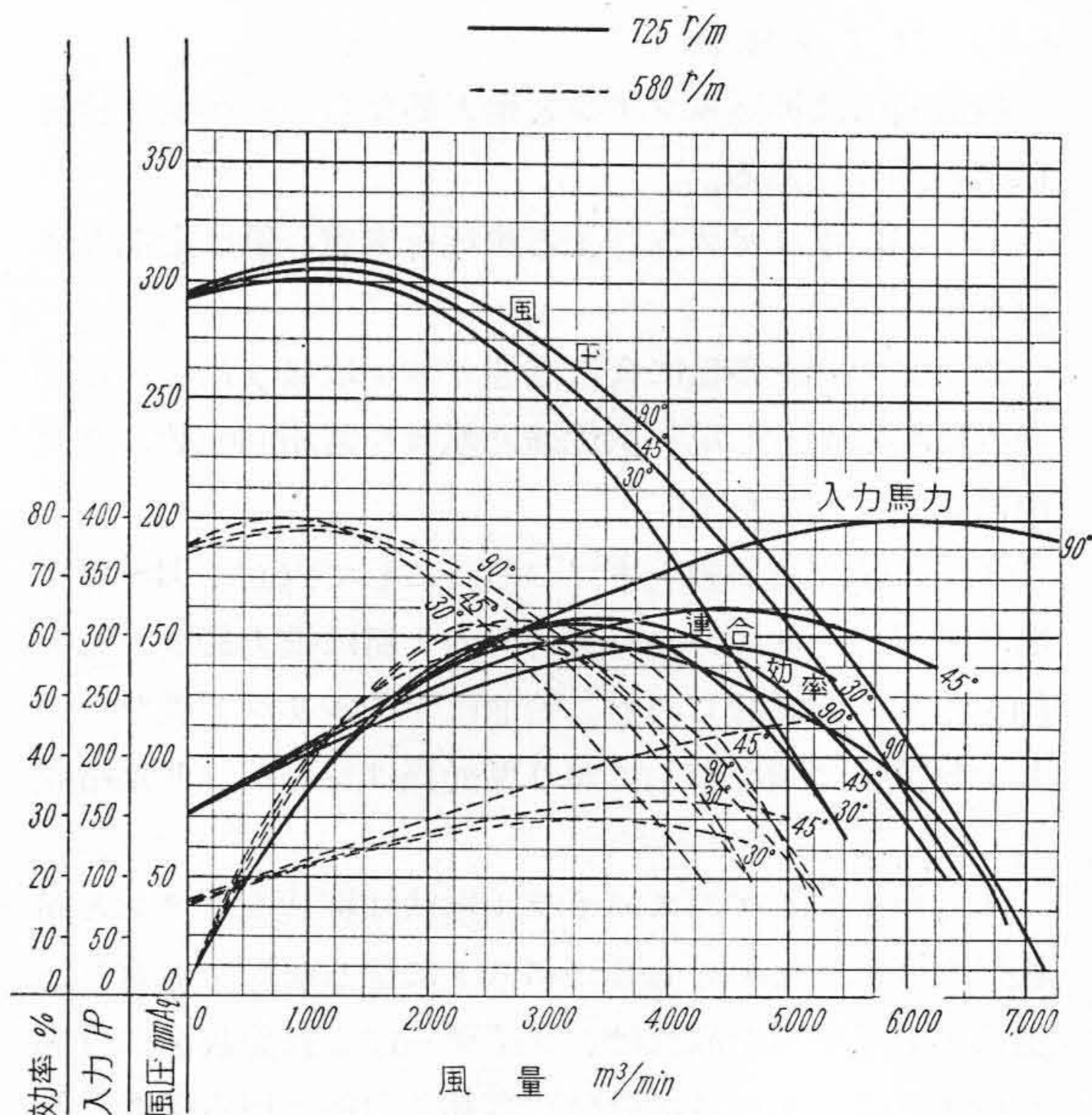
第 12 図に於て高速電動機の場合で約 21.5%，低速の場合約 23.5% はベーンコントロールの方が入力が少ない。

尙これは高速、低速の二種類の電動機をスピードコントロールしたと考えた場合で、一般にスピードコントロールを行う時は 1 台の電動機にて行ふのが通常で低速のベーン開度約 15° 風圧曲線上の作動点迄、高速電動機を



第 10 図 押込みファンの試験結果

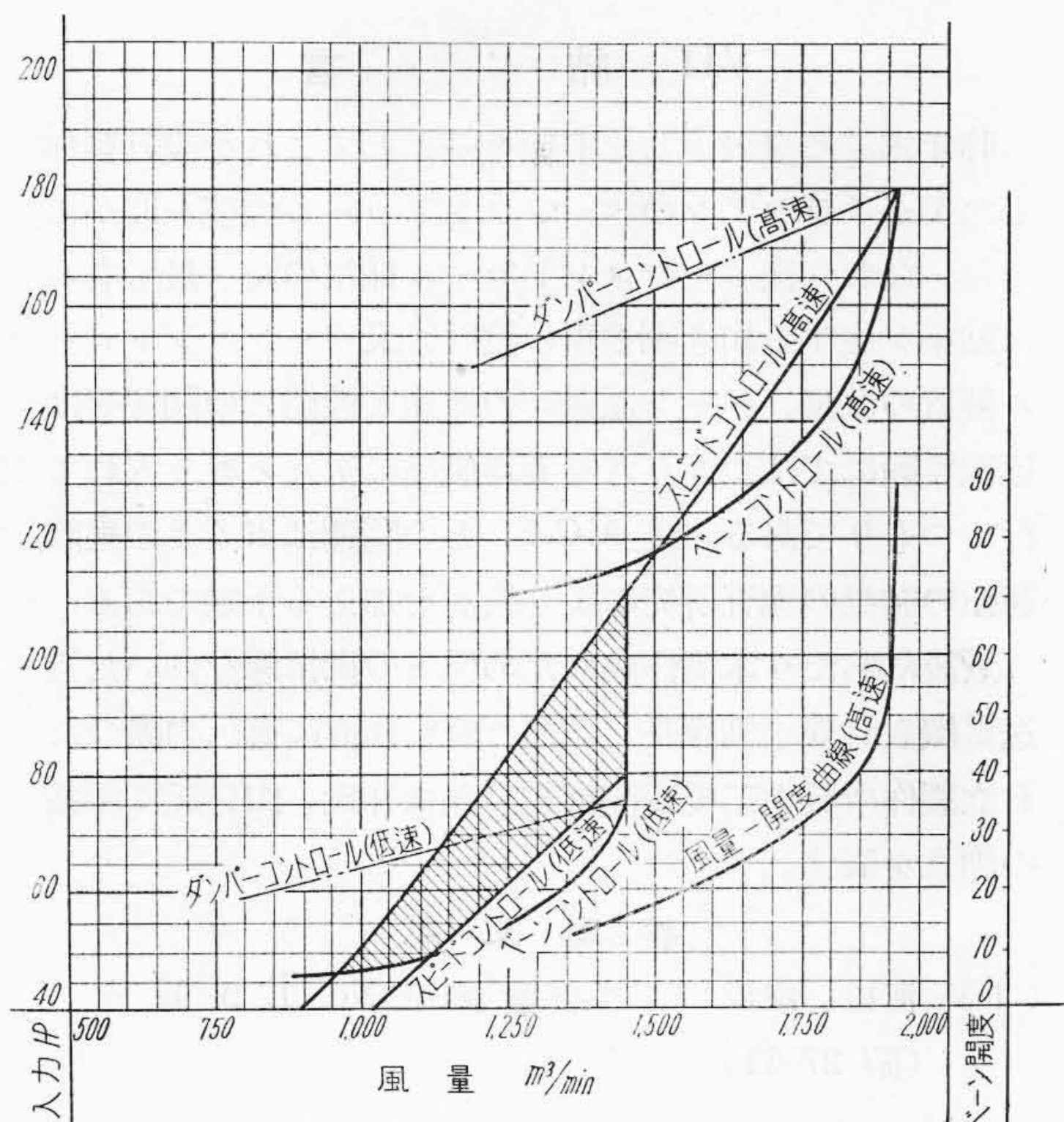
Fig. 10. Result of Test Done in Forced Draught Fan



第 11 図 吸出しファンの試験結果

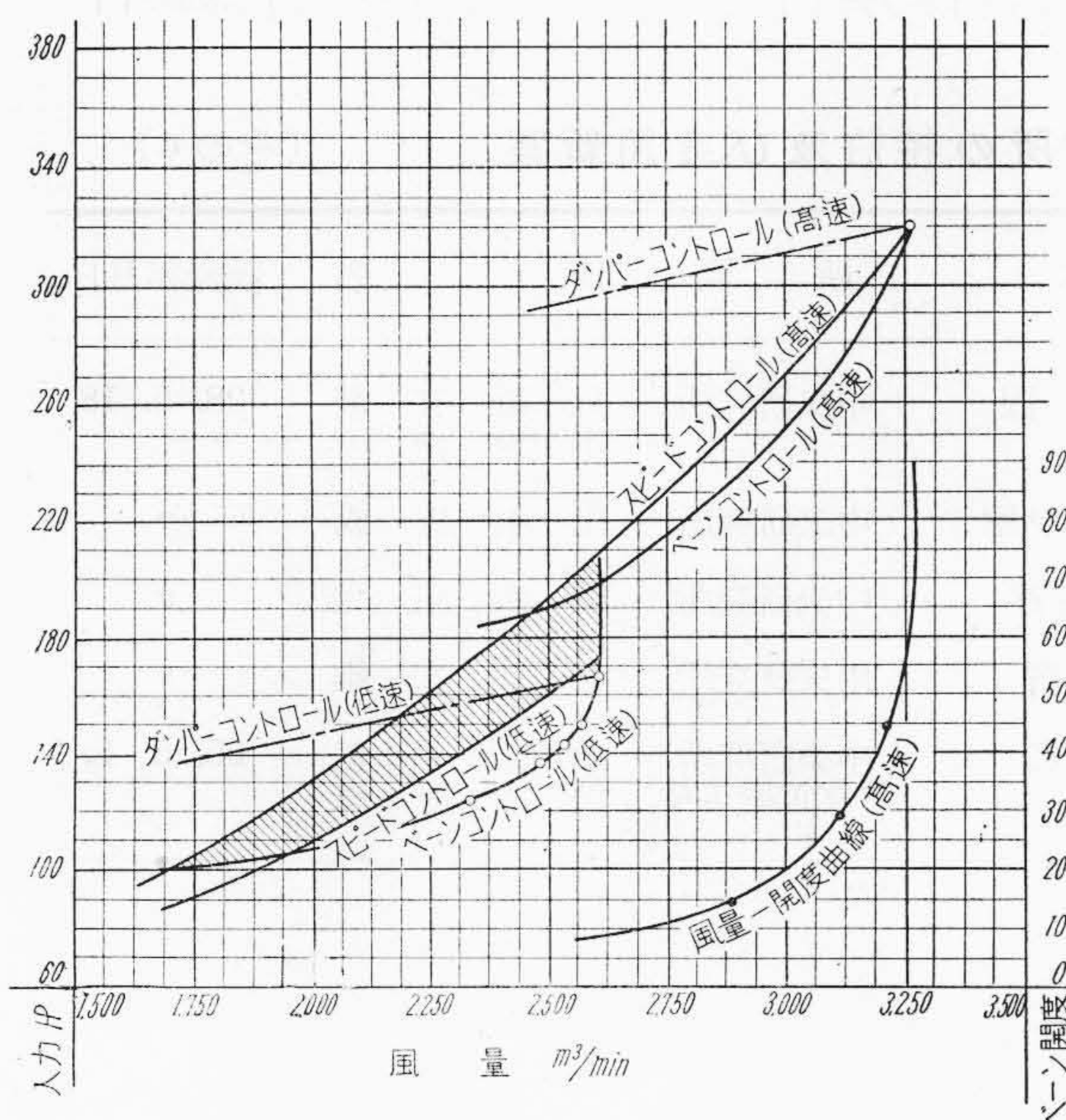
Fig. 11. Result of Test in Induced Draught Fan

スピードコントロールすると仮定すれば約 50% のスピードコントロールを行えば良い事になる。その時は、第 12 図の斜線部分が更に有利になることは言をまたない。



第 12 図 押込みファンのベーンコントロールとスピードコントロールの入力比較

Fig. 12. Comparison of Input of Vane Control and Speed Control in Forced Draught Fan



第 13 図 吸出しファンのベーンコントロールとスピードコントロールの入力比較

Fig. 13. Comparison of Input of Vane Control and Speed Control in Induced Draught Fan

尚高速の場合と低速の場合の相違 2% は前述の通り高速の場合は羽根車の入口風速が特に早い為損失が大きい事によるものと思われる。

第 13 図に於ても全く第 12 図と同じ事がいえる。この場合は高速で約 24%, 低速で約 25% はベーンコントロールの方が有利である。尚高速電動機 1 台でスピードコントロールすれば斜線部分が更に有利になる事は第 12 図の場合と同様である。

以上の結果を総合して見るに大体に於て有利部分が少いが、これはスピードコントロールは実測値でなく予想値のためと思われるが、尚全閉消費動力即ち風量零のときの入力小さいものほど他の条件が同じなら風量の減少に伴うベーンコントロールの入力の減少が割合に大きい故、そのような羽根車を設計しなければならぬ。

又風量と開度との関係を見るに、このように風量の多い時はベーン開度は 90° より 45° 位迄は殆ど風量の変化は見られず 45° 以下にて急激に変化している。

高速と低速と各々で生じた有利部分が或る程度重なるのが一番望ましいが、押込みファンの場合は一部高速より低速に変化するときスピードコントロールの方が有利な部分が見られるが、最初仕様を定める時この点も十分考慮して仕様点を定める必要がある。

〔VI〕 二速度電動機の切替時間

ボイラの負荷の変動に沿つて押込みファン、吸出しファンの電動機の消費電力を最も経済的に使用するためには 1 台の電動機を二速度にしてこれを A.C.C. に連結する事によつて得られる。この場合当然この二速度の切替時間が問題になつて来る。今押込みファン用電動機 (高速 970 r.p.m., 175 HP, 低速 720 r.p.m., 75 HP) に就いて調査した。然しこれはダンパーを全閉とし無負荷状態にし、唯ファンベアリングの摩擦その他機械的負荷のみは掛つた時で、相等切替時間が早い。即ち高速回転から完全に低速回転になる迄 1 sec, 低速回転から完全に高速回転になる迄 4 sec, 又停止状態から低速回転になる迄 9 sec かゝつている。従つて停止状態から高速回転迄は 13 sec という事になる。

吸出しファン用電動機 (高速 725 r.p.m., 300 HP, 低速 580 r.p.m., 160 HP) に就いては高速回転から完全に低速回転になる迄 3 sec, 低速回転から高速回転迄 8 sec, 又停止から低速回転迄 59 sec かゝつているが、これも無負荷状態である事は押込みの場合と同様である。押込みファン、吸出しファン共負荷状態に置けばこれより幾らか時間がふえる事と思われる。

次にベーンの全開から全閉迄負荷状態でも無負荷でも殆ど変わらず約 56 sec を要している。又全閉から全開迄も同じく約 56 sec を要している。これは押込みファンの場合で吸出しファンの場合も大体同じ位の時間を要すると想像される。然しこれはベーンを今減速機を通して電動

で操作した場合で、実際使用の時はベーンは A.C.C. に連結されるためリンク機構により開閉時間は最も適すように変更し得るので、押込み、吸出し両ファンの切替時間に合やす事は可能と思われるが、尙その切替の頻度を少くし、又時間的遅れによる不安等をも解消させる意味に於ても切替点の所は問題で、これに対しこの切替点の所に約 10% の巾をとれば解消出来るという一例は昨年本誌上に於て発表した通りである。

尙風量が押込み、吸出し両ファン共ベーン開度 45° 位迄は殆ど変らぬため、ベーン開度と時間との関係は一定とせず全開から全閉に近づくにつれて、ゆつくり閉まるリンク機構として全閉近くの微妙な風量変化にも応じ得る構造とした。

これは実験によりベーン開度に対する風量変化の一樣でない事を確めこゝに特殊なリンク機構を応用しなるべく一樣な時間により風量の減少もこれに比例するような方法を採用しその難点を解決した。

〔VII〕 結 言

昨年本誌に発表⁽¹⁾した実験を基としてこれを設計製作したがボイラファンのベーンコントロール性能を明かにした。なお今後ベーンコントロール採用の時、最も有利な結果を生ずる如き羽根車の設計、又ベーンコントロール装置の改良、ベーン通過時の風速と性能との関係等は逐次実験にてはつきりさせ実際製品に次々と取り入れて行くつもりである。又 A.C.C. との関連はボイラの実際運転の結果の調査研究により検討を加える予定である。

最後にあたり本稿作成のため種々の御指導を仰いだ当送風機設計課小橋課長、又種々資料作成に御尽力願った日立製作所日立工場交流機設計課桜井氏、山口氏に深甚の謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) 河田、家坂：日立評論 別冊 No. 1. p. 11
(昭 27-11)



(第34頁より続く) 最近登録された日立製作所の特許及び実用新案

(その 4)

区 別	登録番号	名 称	所 属	氏 名	登録年月日
実用新案	402646	電 顕 微 鏡 の ピ ン ト 合 せ 装 置	中央研究所	只 野 文 哉 木 村 博 一	28. 5. 18
"	402649	電子顕微鏡又は電子廻折装置用カメラ室	中央研究所	出 射 義 成	"
"	402665	電子顕微鏡の試料微少調整装置	中央研究所	明 山 正 元	"
"	402672	定 電 圧 装 置	中央研究所	三 浦 武 雄	"
実用新案	402677	高 電 圧 用 絶 縁 変 圧 器	中央研究所 日立電線工場	秋 山 正 恵 松 山 好 恵	25. 5. 18

