

遠心送風機のデフューザ内における圧力分布に関する実験的研究(2)動圧分布

MORITA, Tadataka / OKAMURA, Masashi / 岡村, 正志 / 森田, 忠孝

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Bulletin of the Technical College of Hosei University / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

7

(開始ページ / Start Page)

61

(終了ページ / End Page)

77

(発行年 / Year)

1970-07

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004232>

遠心送風機のデフューザ内における 圧力分布に関する実験的研究

(第二報)

— 動 圧 分 布 —

教 授 森 田 忠 孝

助 手 岡 村 正 志

Experimental Study on the Pressure Distribution in the Diffuser of Centrifugal Blowers

(2nd Report)

—Dynamic Pressure—

Masashi OKAMURA, *Assistant*

Tadataka MORITA, *Professor*

Abstract

The present paper is shown with respects to the practical dynamic pressure distribution mainly in the parallel wall diffuser of low specific speed blowers.

By connecting with the practical static pressure (1st Report) and dynamic pressure distribution together the author obtained following interesting results.

The radial static and dynamic pressure distribution in the diffuser is concentric for a certain flow quantity, while by other flow quantities the pressure distribution deform concentric circle, having peculiar distribution figure for each flow quantities, and these figures have close connection as the existence and position of the tangeue of spiral casing.

From these results it is found that there is only optimum flow quantity (balancing flow quantity) for the diffuser. Then it doesn't always follow that the optimum flow quantity for the diffuser and the blower overlap one another. The pressure distribution and the flow above and below the balancing flow quantity for the diffuser is symmetry.

1. 緒 言

すでに第1報⁽¹⁾で主としてデフューザ内の実際の静圧分布の特性を明らかにした。本報では実際の動圧分布の特性を述べ、さらに静圧分布と動圧分布を合せ考えることにより、比較回転度の

比較的小さい遠心送風機内の主として、デフューザ内の実際の圧力分布と流れの特性を明らかにした。

2. 実験装置及び実験方法

第1報と同じ実験装置で同一条件の本で実験を行なった。また各々の実験結果の整理も第1報にならっている。

(2-1) 全圧の測定

全圧の測定は渦巻室等の壁面に孔を開け、そこに広角全圧管⁽²⁾を注意深く挿入して行なった。渦室、デフューザ、渦巻室及び咽部等の全圧の測定点の位置を Fig. 1 に示した。すなわち、円周角 φ が A($0, 2\pi$), B($2.1\pi/18$), C($2.9\pi/18$), D($\pi/4$), E($\pi/2$), F($3\pi/4$), H($5\pi/4$), K($15\pi/8$), 及び送風機咽部の記号 A, L, M, N, 送風機吐出口 (記号21), 連結管出口 (記号22), 等について、また r 座標は、直径で渦室 $D_8=360$, デフューザ $D_{10}=376$, $D_{12}=430$, $D_{14}=510$, $D_{16}=950$ mm ϕ , 及び渦巻室断面の中心 (記号18), 中心の内側すなわち、デフューザ側 (記号19), 外側 (記号20) 等について行なった。このようにして、全圧、渦室の6箇所、デフューザの24箇所、渦巻室の13箇所、咽部8箇所、送風機吐出口1箇所、連結管出口1箇所等の合計53箇所の全圧測定点についての測定をおこなった。

測定点 ($\varphi \times 2r$) で、Z 方向の位置、あるいは全圧管の yaw angle によって指示全圧が異なる場合は、測定点における最大指示全圧を、その点の全圧とした。

(2-2) 動圧の測定

全圧と静圧を実測し、それらの差によって動圧を求めた。静圧は静圧孔によって測定し、全圧は広角全圧管によって測定した。

この実験で使用したような幅の狭いデフューザ内の流れは境界層の影響が大きいということ、

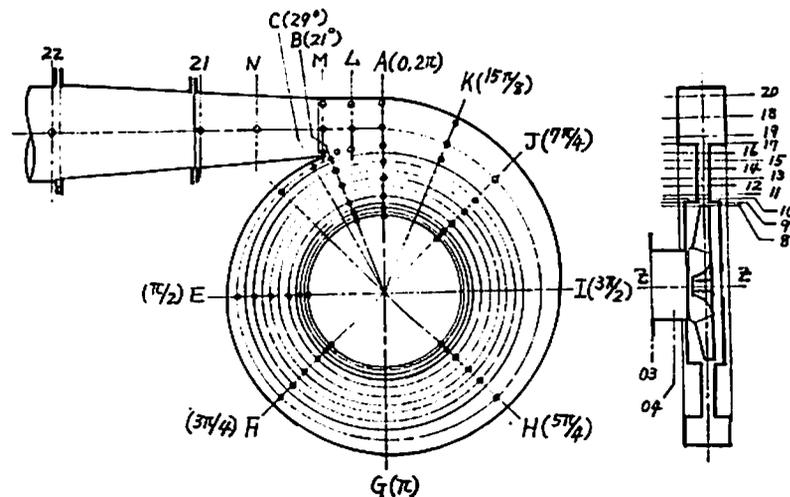


Fig. 1. Positions and notations of total pressure measurement

及び送風機内の独特の流れ方自身のために、Z方向の速度分布を考慮しないでデフューザ内の流れを論じるわけにはいかないが、ここではZ方向の速度分布はひとまずおいて、測定点における最大全圧を全圧管によって、測定し、デフューザ内の動圧がどのように分布しているかを観察する。なお翼車周囲すなわち渦室及び渦巻室内等の動圧の測定も上述にならっておこなった。

3. 実験結果及び考察

(3-1) 渦巻, デフューザ及び渦巻室の動圧分布

Fig. 2 は運転状態 a, b, c, d, e, f, g, h における渦室, デフューザ, 及び渦巻室の円周方向の動圧分布の測定結果を半径 r をパラメータとして示したものである。

Fig. 3 は渦室, デフューザ, 渦巻室までの半径方向の静圧分布及び、渦巻室, 咽部, 送風機吐出口及び連結管出口までの動圧分布の測定結果を円周角 φ をパラメータとして示したものであ

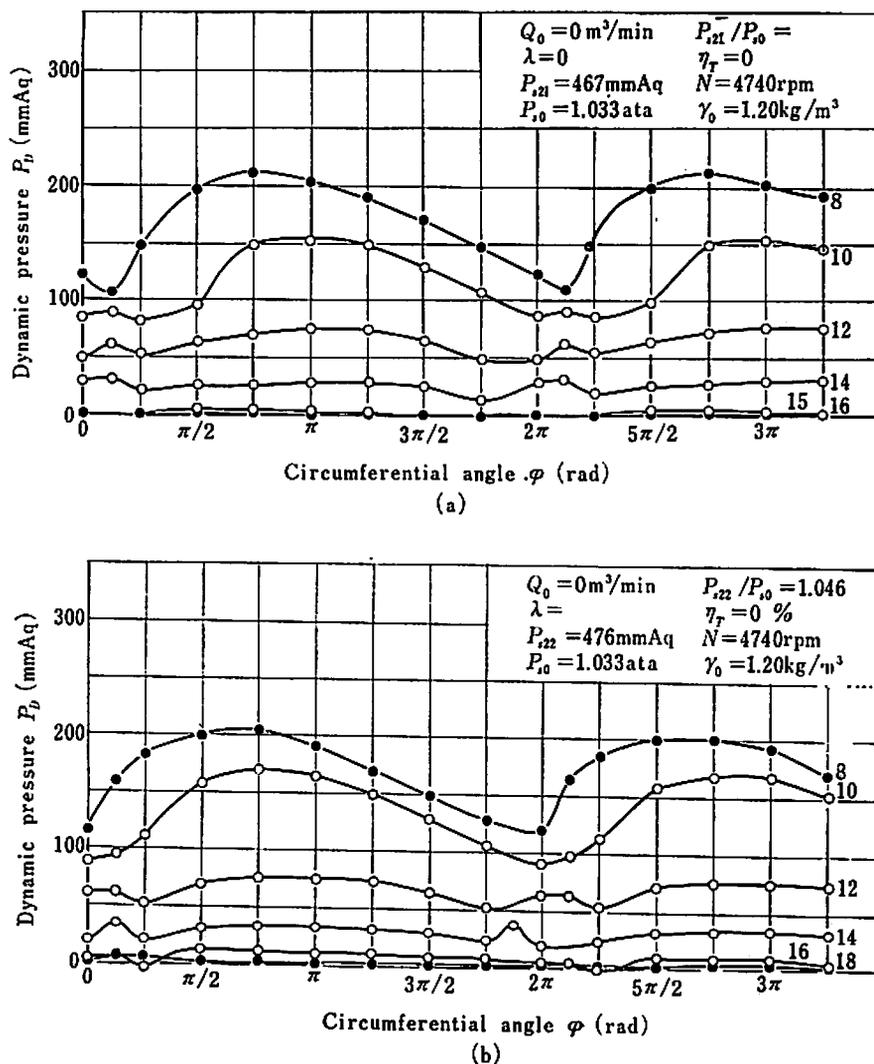
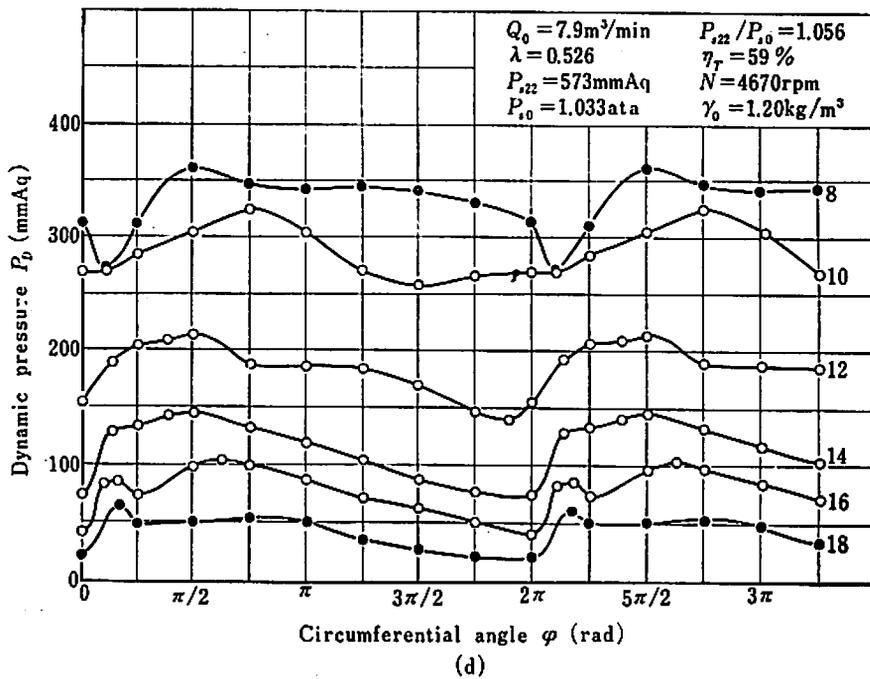
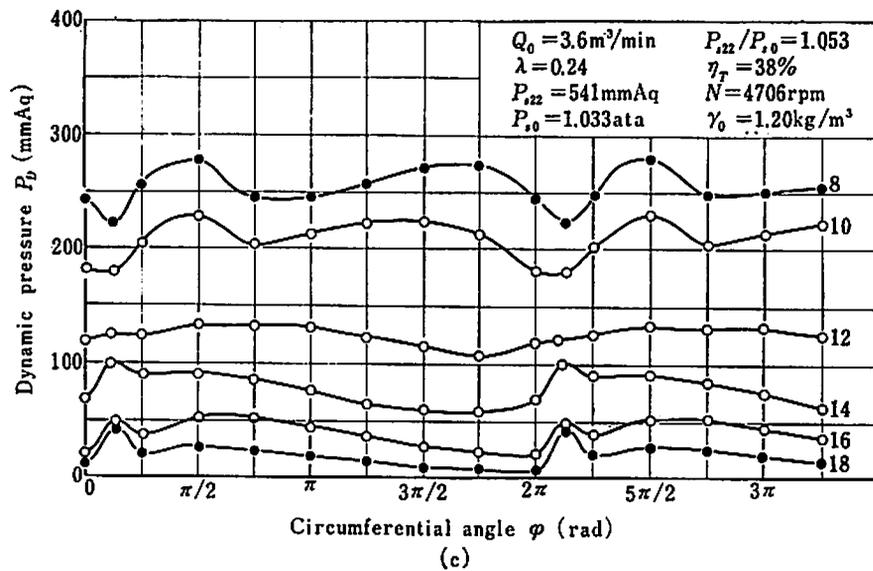
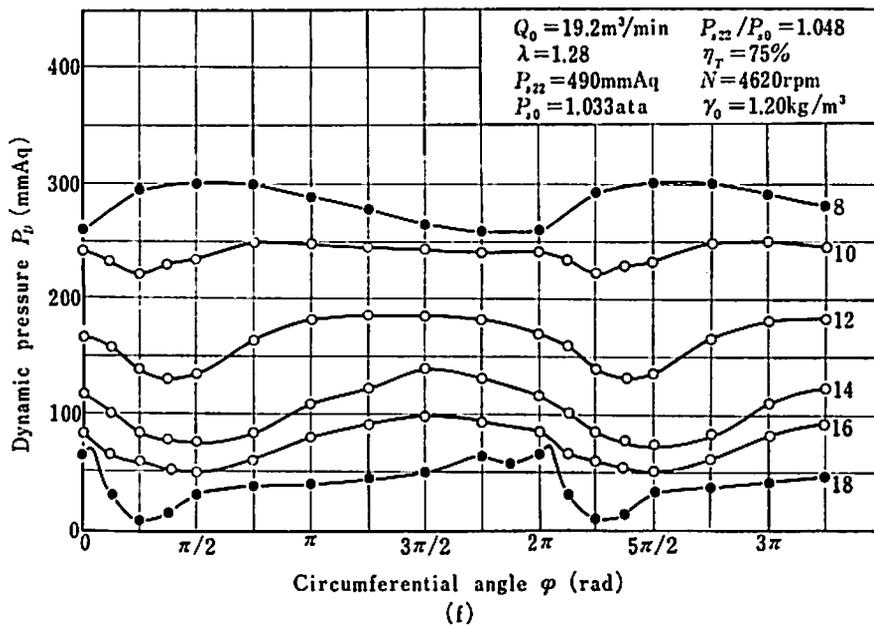
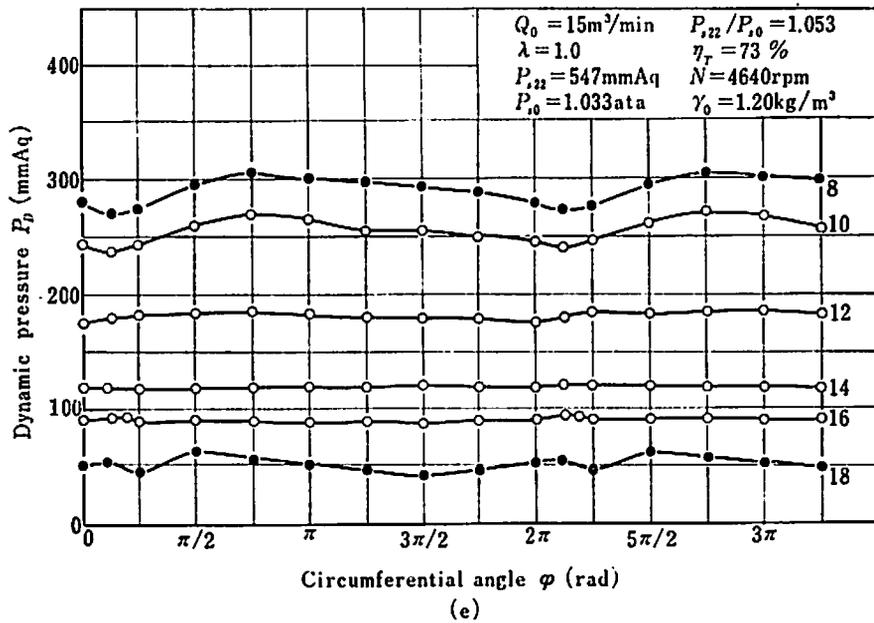


Fig. 2. Circumferential dynamic pressure distribution around the impeller outlet, diffuser and spiral casing for various flow quantities



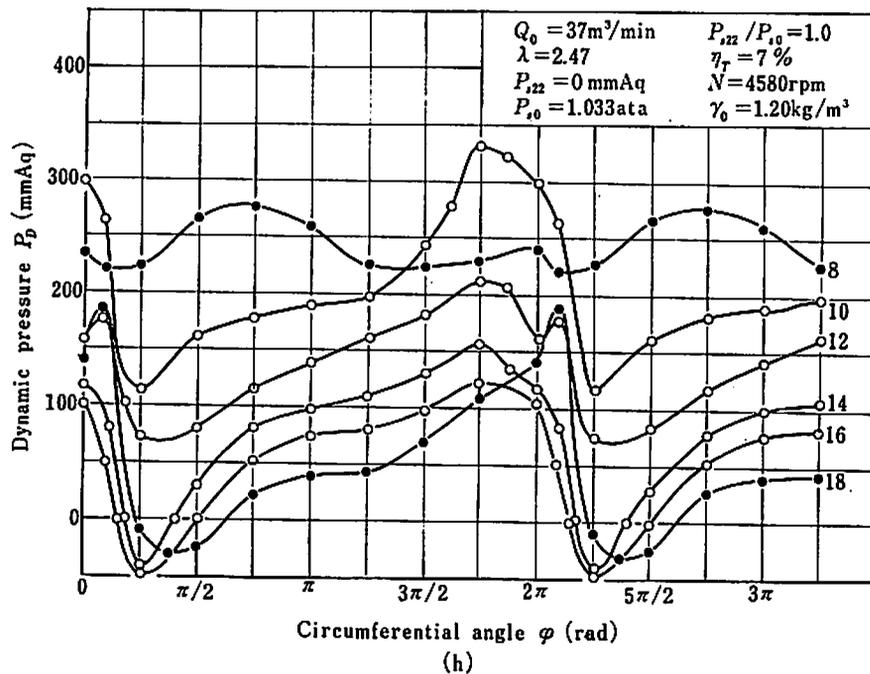
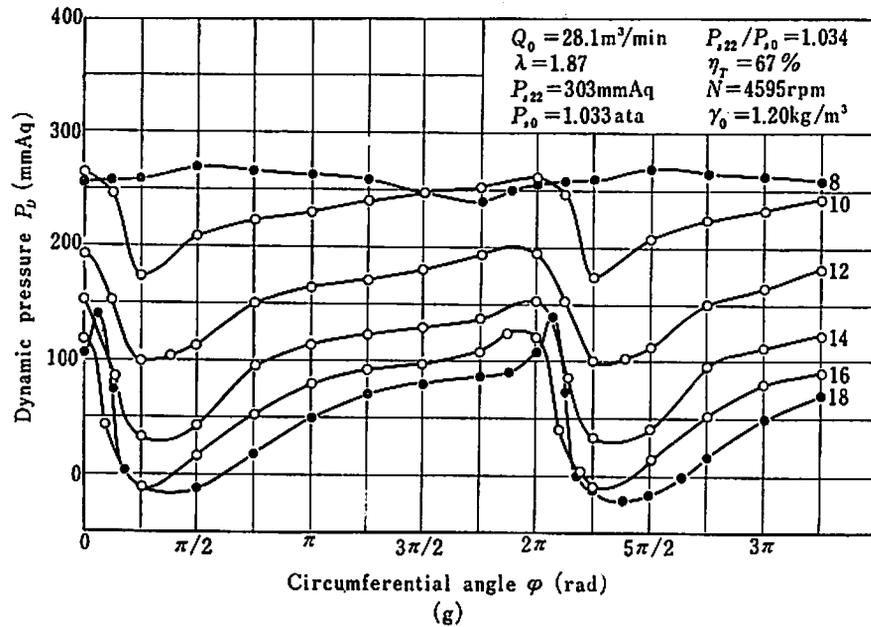
る。図は $D(\pi/4)$, $F(3\pi/4)$, $H(5\pi/4)$, 及び $J(7\pi/4)$ の 7 個所の円周角を取りあげ示している。横軸は渦室 (D_8) からデフューザ出口 (D_{10}) までを直径比 D/D_8 によって半径方向の位置を現わしている。すなわち $D/D_8=1\sim 1.03$ に相当する破線は渦室からデフューザ入口まで, $D/D_8=1.03\sim 1.7$ に相当する実線はデフューザ入口からデフューザ出口までを現わしている。デフューザ出口から渦巻室, 咽部 (A18, L18, M18), 送風機吐出口 (21), 及び連結管出口 (22) まではグラフに位置記号を併記して, 位置を表示している。すなわち, デフューザ出口から, 渦巻室, 咽部 (L18) までの動圧分布はデフューザ出口に続く破線で示し, 咽部 L18, M18, 及び N18 から送風機吐出口 (位置記号 21), 及び連結管出口 (位置記号 22) までの動圧分布は×印を結んだ実線であらわしている。



また Fig. 2 と Fig. 3 を利用してデフューザ内の動圧分布を等動圧線として円形図表に記入したのが Fig. 4 である。

(3-1-1) 第3流路系の均衡流量⁽³⁾ (q_3) の存在

Fig. 2 における運転状態 (e) をみると、円周方向の動圧分布はそれぞれの半径に対して一様になっており、同一半径の円周上の動圧は一定値になっていることが分かる。Fig. 3 の (e) をみると、半径方向の動圧分布は円周角 φ に法関係に一曲線として現われ、半径方向に一様な動圧減少がなされていることが分かる。Fig. 4 の (e) をみると、等動圧線は同心円となり、動圧はデフューザ内において半径方向に対し、同心的に減少していることが分かる。



このように実験の結果、流量を全流量域にわたって変化させると、運転状態 (e) においてのみ一様な動圧分布が実現されえる。一方、この作動点の流量は静圧分布が一様になるところの第 1 報の均衡流量 (q_3) に一致している。これらのことから次のような結論を得る。“ある決った一台の送風機は第 3 流路系個有の唯一の均衡流量 q_3 を持っている。そしてその流量は第 3 流路系の静圧及び動圧分布を一様にするところの、その流路系の最良流れ状態を実現する”。

第 3 流路系の均衡流量 q_3 の作動点においては吸込流量、 $q_3 = 19 \text{ m}^3/\text{min}$ 、送風機全圧効率 $\eta_r = 73\%$ である。しかしながら、Fig. 2 あるいは Table 1 から送風機的设计点では $q = 19 \text{ m}^3/\text{min}$ 、

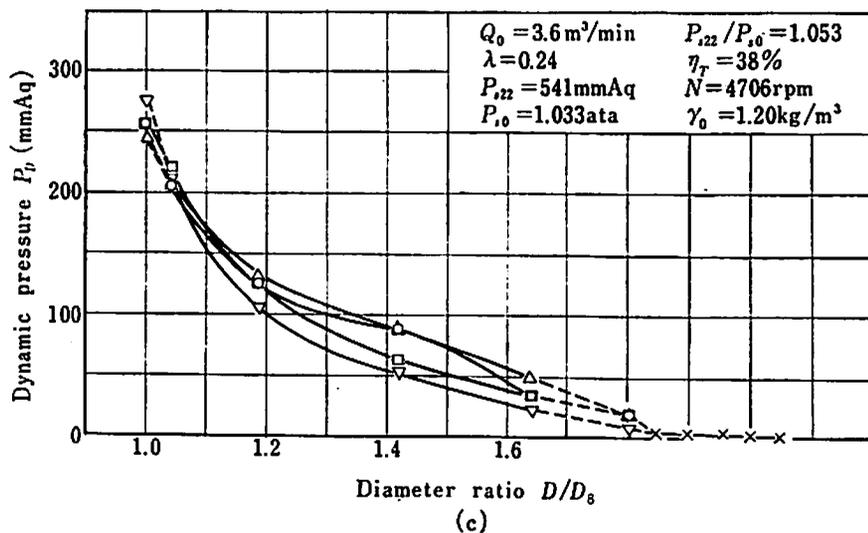
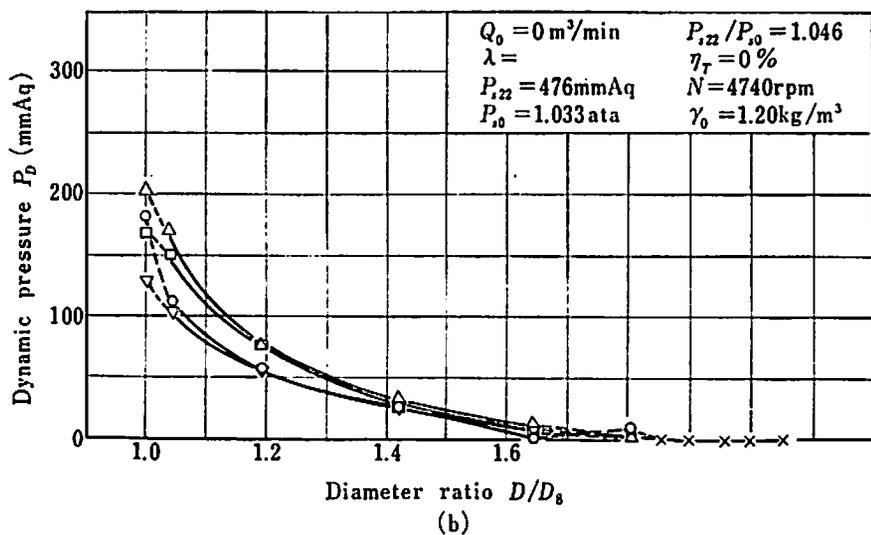
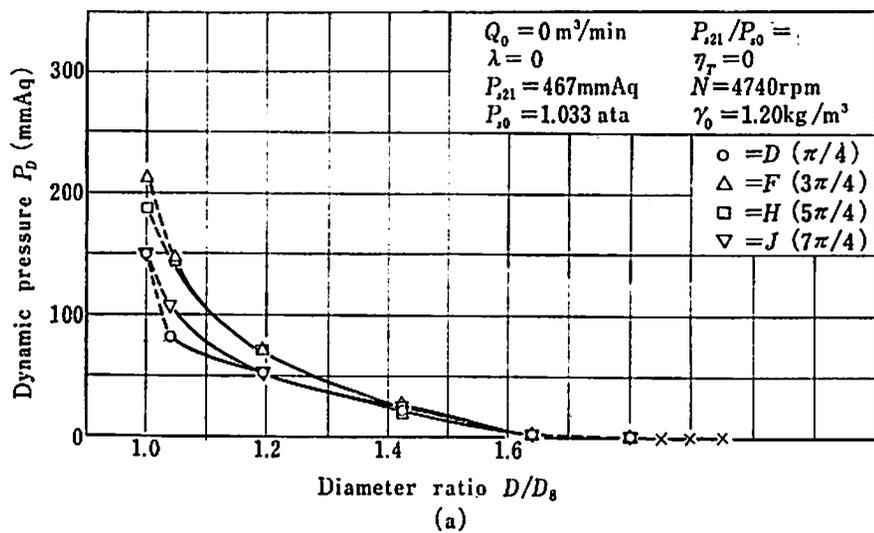
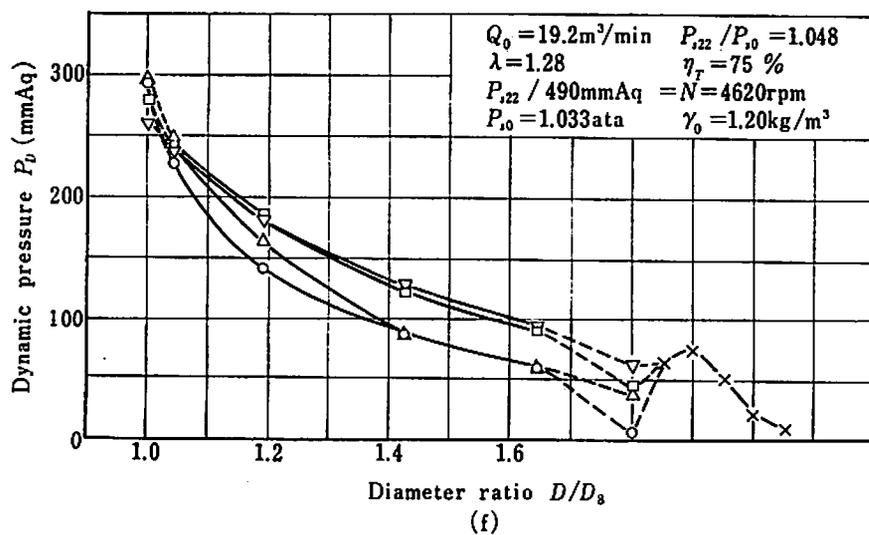
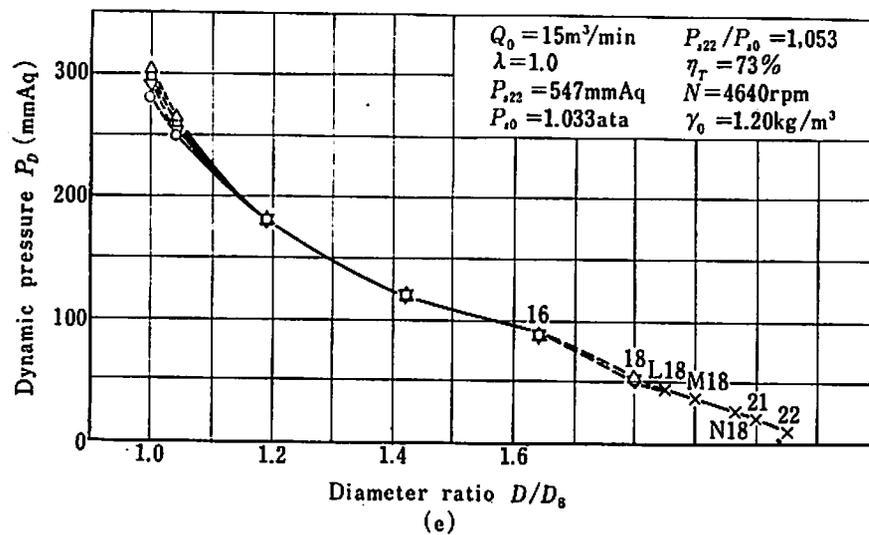
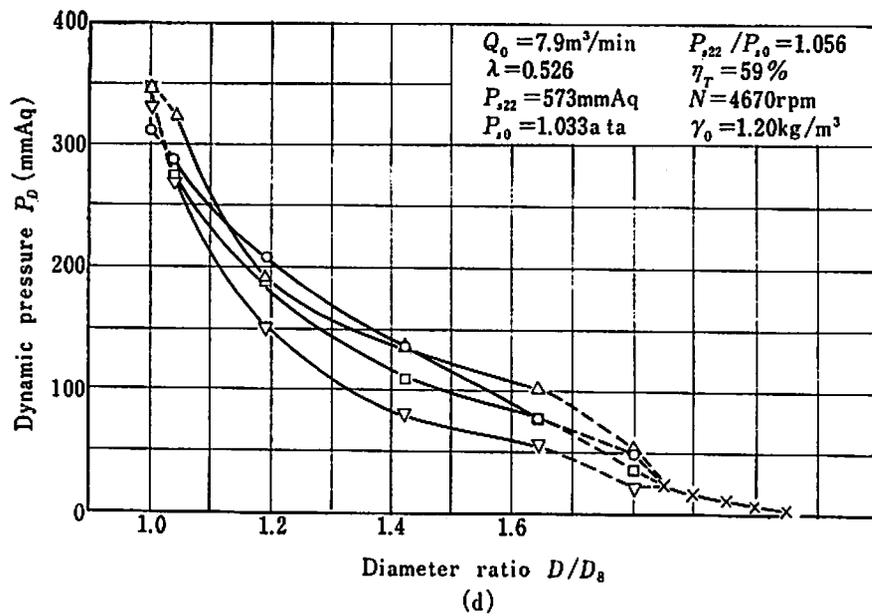
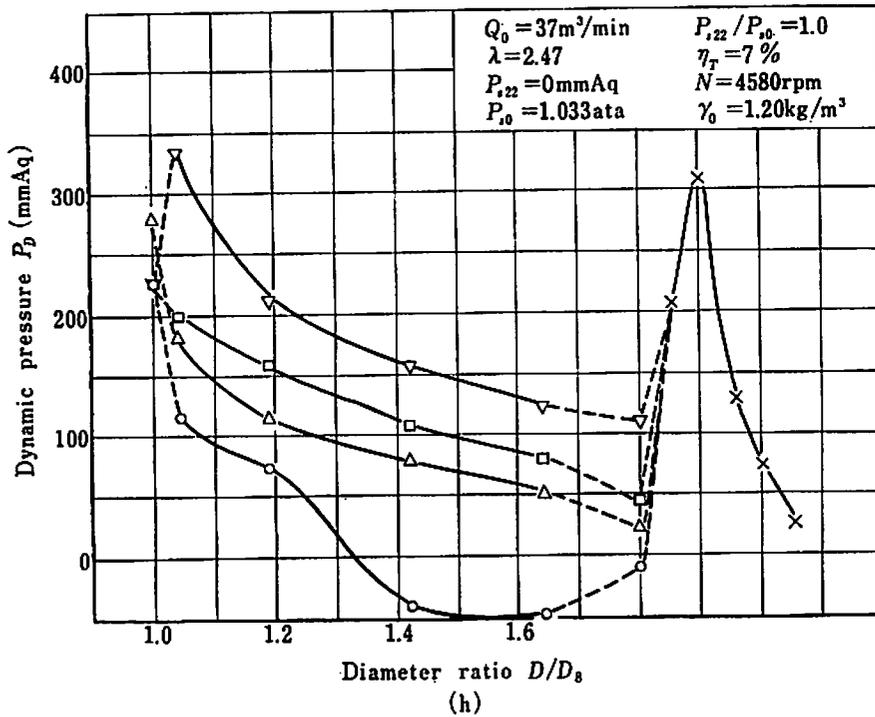
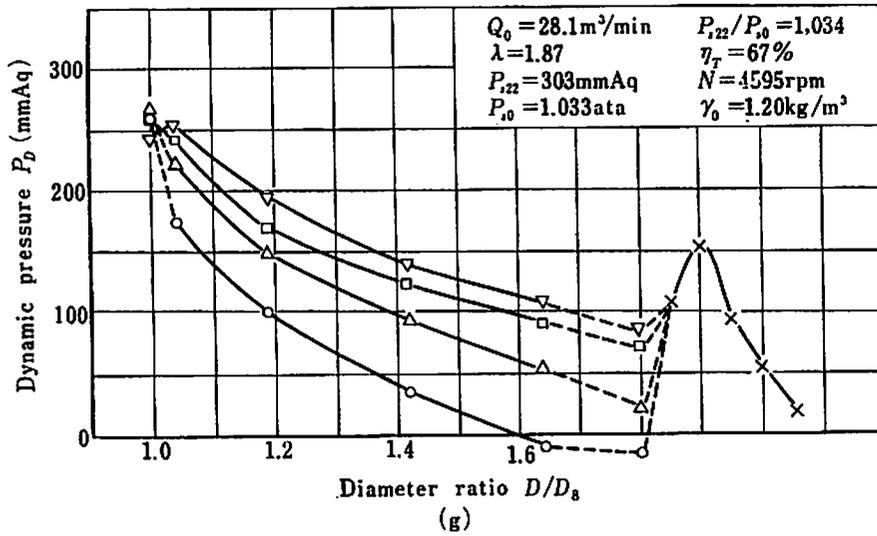


Fig. 3. Radial dynamic pressure distribution in the diffuser and spiral casing for various flow quantities





$\eta_T=75\%$ である。すなわち設計流量 q においては静圧及び動圧分布が完全に一樣でない。(Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4. の (f) 参照), 換言すれば第3 流路系の流れが最良でないにもかかわらず送風機全体としての効率が最大値になっている。このように“設計流量と第3 流路系の均衡流量 q_3 とは必ずしも一致していない。これは第1 流路系の均衡流量 q_1 , 第2 流路系の均衡流量 q_2 , 及び第3 流路系の均衡流量が互いに一致していないことのために, 設計流量 q に一致しないものと考えられる。”

半径方向の動圧分布について Fig. 3 の (e) をみるとデフューザ出口 (D_{16}) から, 渦巻室内 (18), 咽部 (A18, L18, M18, N18) 送風機吐出口 (21) 及び連結管出口 (22) に至る動圧分布は,

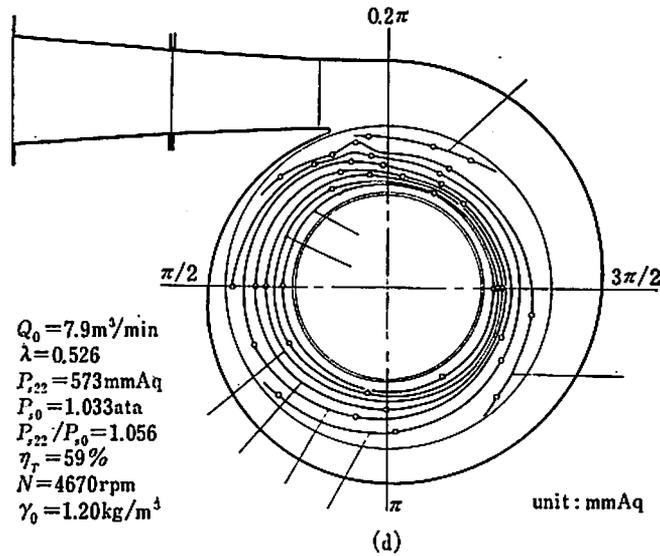


Fig 4. Equi-dynamic pressure distribution curves in the diffuser for various flow quantities

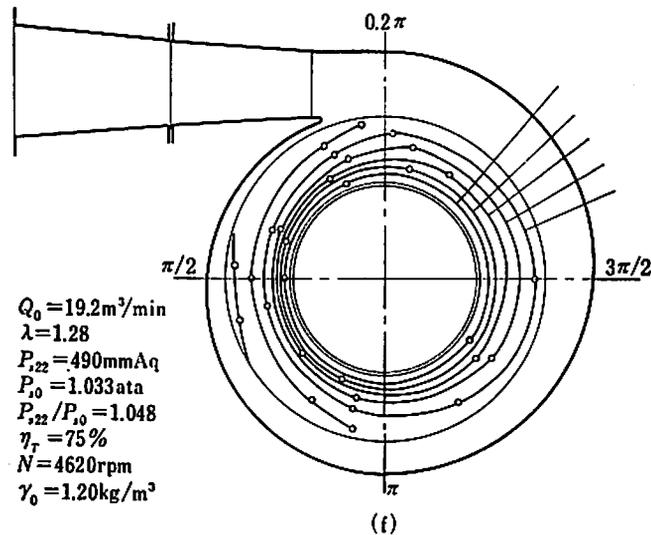
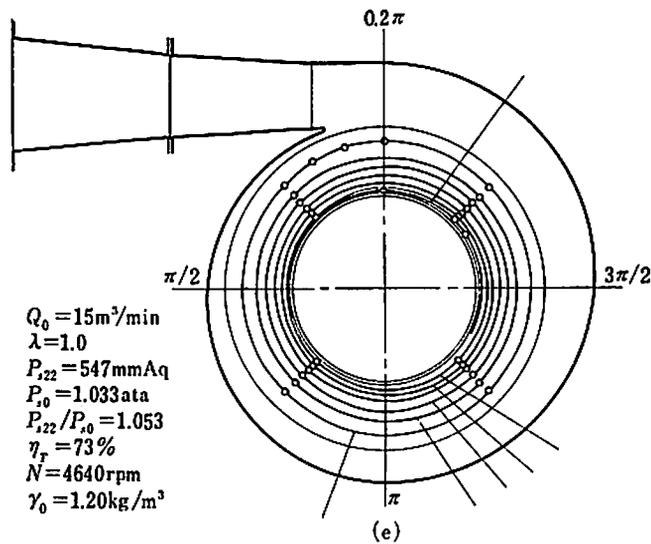
ほぼ理想的になっていることが分かる。

渦巻室内の動圧は送風機設計流量 q のときではなくて、第3流路系の均衡流量 q_3 のときに、設計通り、 φ 方向に一定値となっている。そして q_3 より少ない流量でも、多い流量でも一定値にはならない。

(3-1-2) 均衡流量 q_3 よりも少ない流量域における動圧分布

Fig. 2 において均衡流量 q_3 に対する流量の割合がそれぞれ 0, 0, 0.24, 0.526 である運転状態 a, b, c, d をみると、円周方向の動圧分布は φ に対して一様にならないで同一半径の円周上の動圧がデフューザ及び渦巻室共に舌部附近を途いては φ の報す方向に減少する圧縮流れとなっている。さらに舌部附近は、その影響のために凸型をなし、動圧は大きくなっている。その舌部の存在と位置は渦巻室、デフューザ等の動圧分布に影響を及ぼし独特の歪みをもった形をなしている。 λ が小さくなって $\lambda=0$ になると、デフューザ出口から渦巻室内では動圧は、ほとんど零にまで小さくなり、流動はなくなり、渦巻室からデフューザ内の入口寄り附近までの間で大きな動圧減少がなされ、しかもこの部分は舌部の影響を受け、さらに大きな歪みをもつようになることが Fig. 2 の (a), (b) から分かる。

渦室 ($D_8 \sim D_9$) では $\varphi=3\pi/4$ 附近で最大値を示し、 φ と兵にじよじよに減少して行き、 $\varphi=2\pi$ 附近で最小値を示し、以後 φ と共に報大する性質を示している (Fig. 5-1)。デフューザ内では $\varphi=5\pi/8$ 附近で最大値を示し、 φ と兵に減少し $\varphi=2\pi$ 附近で最小値を示し、以後 φ と共に報大する性質を示している (Fig. 5-2)。渦巻室内では $\varphi=2.5\pi/18$ 附近で最大値を示し、 φ と共に減少して行き、 $\varphi=2\pi$ 附近で最小値を示し、以後報大する性質を示している (Fig. 5-3)。このように半径が大きい外側の円周上になるほど舌部附近から $\varphi=2\pi$ 附近まで過少流量のために



流動空気は φ と共に動圧は減少し、圧縮流れとなっている。これらの概念図を Fig. 5 に示した。このような動圧の性質は第1報で説明した静圧の性質と考え合わせると、互いに満足する。

Fig. 3 の運転状態 a, b, c, d をみると、半径方向の動圧減少は過少流量域でも遂行されているが、円周角 φ によってその分布を異にしている。動圧減少は λ の値が小さくなるにつれて渦室からデフューザ内の入口寄り附近でのみ有効になされ、デフューザ内の出口寄り附近では非常に悪くなり、デフューザとしての効用は認められなくなる。そして $\lambda=0$ となると、デフューザの外径附近では動圧はほとんど零になる。渦室内及びデフューザ内の入口寄りの部分では動圧減少が非常に大きいということが分かる。デフューザ出口から渦巻室への半径方向の動圧分布はデフューザ出口の各々の円周角 φ 上の動圧より減少している。咽 $\varphi=2\pi$ から咽部を経て送風機吐出口へ向う動圧分布は一様に減少しているが、 $\varphi=2\pi$ から渦巻室の舌部へと向う動圧分布は急に増大している。

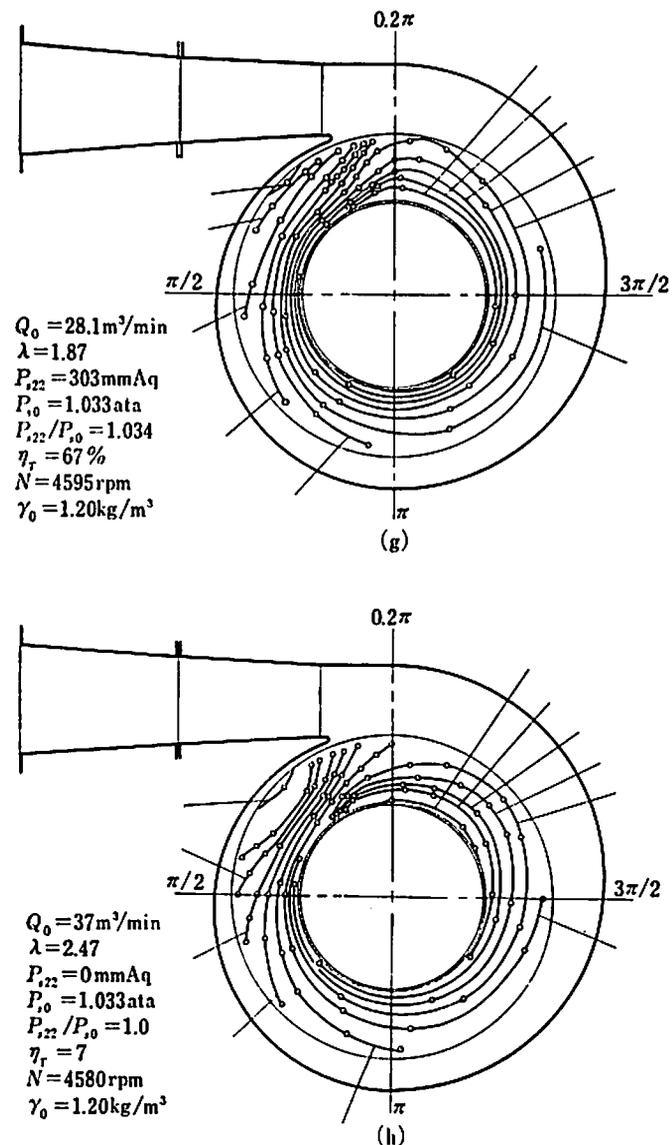


Fig. 4 の運転状態 (d) の等動圧線分布から分るように、過少流量になると、等動圧線は同心円を保つことができなくなり、 $\varphi = F(3\pi/4)$ 附近の半径方向に偏心してゆき、やがて舌部附近の外周の方から形が崩れていく。

運転状態 (b) は吐出管ダンパを全閉にして $\lambda=0$ にした場合であり、送風機全体から見ると流量は零であるが、送風機内部に目を向けると、實際上、翼車は回転し、そして流動が行なわれている。渦室からデフューザ入口寄り附近で大きな速度減少 (velocity reduction) があることが Fig. 2 及び Fig. 3 の (b) から分かる。また運転状態 (a) は送風機吐出口 (記号21) で全閉にして $\lambda=0$ にした場合であるが、この場合は一層翼車出口よりでのみ、大きな速度減少が行なわれるようになることが Fig. 2 及び Fig. 3 の (a) から分かる。

(3-1-3) 均衡流量 q_3 より多い流量域における動圧分布

Fig. 2 において q_3 に対する流量の割合 λ がそれぞれ 1.28, 1.87, 2.47 である運転状態 f, g, h

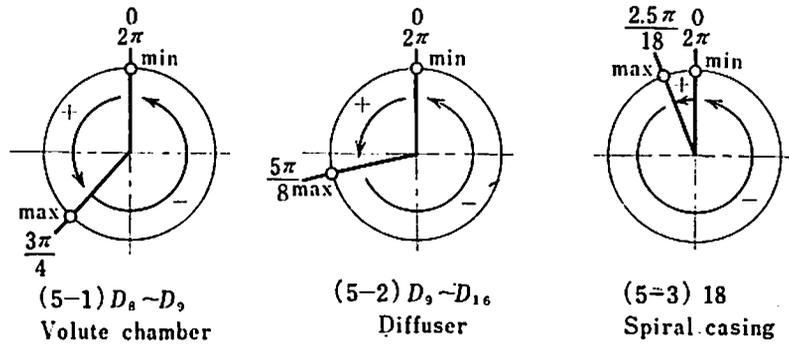


Fig 5. Position of maximum and minimum dynamic pressure
(+ : Velocity increase, - : Velocity reduction)

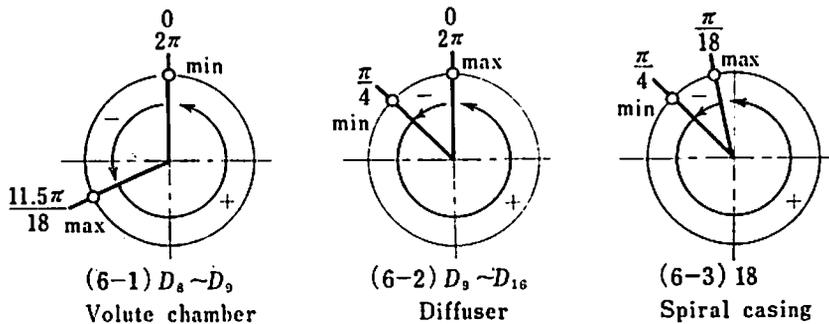


Fig 6. Position of maximum and minimum dynamic pressure
(+ : Velocity increase, - : Velocity reduction)

をみると円周方向の動圧分布は λ の値が大きくなると共に φ に対して一様にならないで過少流量の場合と、ほぼ対称的な性質を示す。すなわち、同一半径の円周上の動圧がデフューザ及び渦巻室、共に舌部附近を余いては φ の増加する方向に増大する膨張流れとなっている。さらに舌部附近は、その影響のために大きな凸型をなして、動圧は高くなっている。舌部の存在とその位置は渦巻室、デフューザ等の動圧分布に影響を及ぼし、円周方向の動圧分布は独特の歪みをもった形をなしている。このような動圧分布に関する性質は均衡流量 q_3 よりも、多い流量域のどの作動点においても言及することができる。

渦室では $\varphi=0$ 附近で最小値を示し、 φ と共にじょじょに増大して行き、 $\varphi=11.5\pi/18$ 附近で最大値を示し、以後 φ と共にじょじょに減少する傾向を示している (Fig. 6-1)。デフューザ内では、 $\varphi=\pi/4$ 附近で最小値を示し、 φ と共に増大してゆき、 $\varphi=2\pi$ 附近で最大値を示し、以後 φ と共に急激に減少する性質を示している (Fig. 6-2)。渦巻室内では $\varphi=\pi/4$ 附近で最小値を示し、 φ と共に増大して行き $\varphi=\pi/18$ の舌部前部附近で最大値を示し、以後 φ と共に急激に減少する性質を示している (Fig. 6-3)。このように、半径が大きい外側の円周上になるほど舌部附近から $\varphi=2\pi$ 附近まで過大流量のために流動空気はと共に動圧は増大し、膨張流れとなっている。これらの概念図を Fig. 6 に示した。このような動圧の性質は、Fig. 20 で述べた静圧の性質と考え合わせると、互いに満足する。

Fig. 3 の運転状態 f, g, h をみると、半径方向のデフューザ内の動圧減少は過大流量域でも遂行されているが、円周角 φ によって、その分布を異にしている。 λ の値が大きくなると共に動圧減少はデフューザ出口寄り附近でも有効に遂行されるようになる。

デフューザ出口から渦巻室への半径方向の動圧分布をみると、デフューザ出口の各々の φ 上の動圧より減少している (Fig. 2 の f.)。しかしながら λ が、だんだん大きくなって、ある λ より大きな値になると (Fig. 2 の g, h), $\varphi=33\pi/18$ から $\varphi=5\pi/18$ 附近までは渦巻室内の動圧はデフューザ出口寄り附近の各々の φ の動圧より増大していることが分かる。その上 $\varphi=2\pi/18\sim 10\pi/18$ ではデフューザ外周部から渦巻室にかけて、動圧は負となっている。すなわち、 φ に対して逆流が生じていることが分かる。そして λ が大きな値になるに従って逆流部分が広がっている (Fig. 2 の g, h)。

4. 結語 (遠心送風機内の実際の圧力分布と流れの特性)

実際の静圧分布特性 (第一報) と動圧分布特性を合せ考えることにより、比較回転度の比較的小さい遠心送風機のデフューザ内の圧力分布及び流れは、ある特性をもっているということが明らかになった。

一般に設計ではデフューザ内の圧力分布及び流れの状態が円周方向に一様であると考えているが、このような状態は実際の送風機のデフューザ内においては、いつも実現できるものではない。ある特定の運転状態の流量、すなわち第3流路系の均衡流量 q_3 においてのみ圧力分布がデフューザ内において、半径方向に対し同心的になる。この流量よりも流量が大きい場合も、又少ない場合にも、圧力分布は同心的にならず、それぞれの場合に対し、特有の形状をした圧力分布を示し、それは渦巻室の舌部の存在と位置に密接な関連がある。

デフューザ内の最適な流量 q_3 の運転状態と送風機効率が最大になる流量 q の運転状態とは必ずしも一致しない。そこで q_3 と q は一致する性質のものかどうか、また q_3 と q との間にはどのような関連があるのかは現段階では残された研究課題である。

(4-1) 第3流路系の均衡流量 (q_3) の存在

送風機の流量を全流量域にわたって変化させると、ある特定の吸込流量の運転状態においてのみ、渦室、デフューザ及び渦巻室にわたって、すなわち、第3流路系は、静圧、及び、動圧分布が半径方向に対して、同心的に分布し、いわゆる一様な圧力分布が実現される。このような運転状態においては、咽部から送風機吐出口までの静圧、及び、動圧分布もまた一様になっている。このような運転状態にある吸込流量を第3流路系の均衡流量 q_3 と呼ぶことにすれば次の結論を得る。「ある決った一台の送風機は唯一の第3流路系の均衡流量 q_3 をもっている。そして、その流量は、第3流路系の静圧及び動圧分布を一様にするところの、その流路系の最良の流れ状

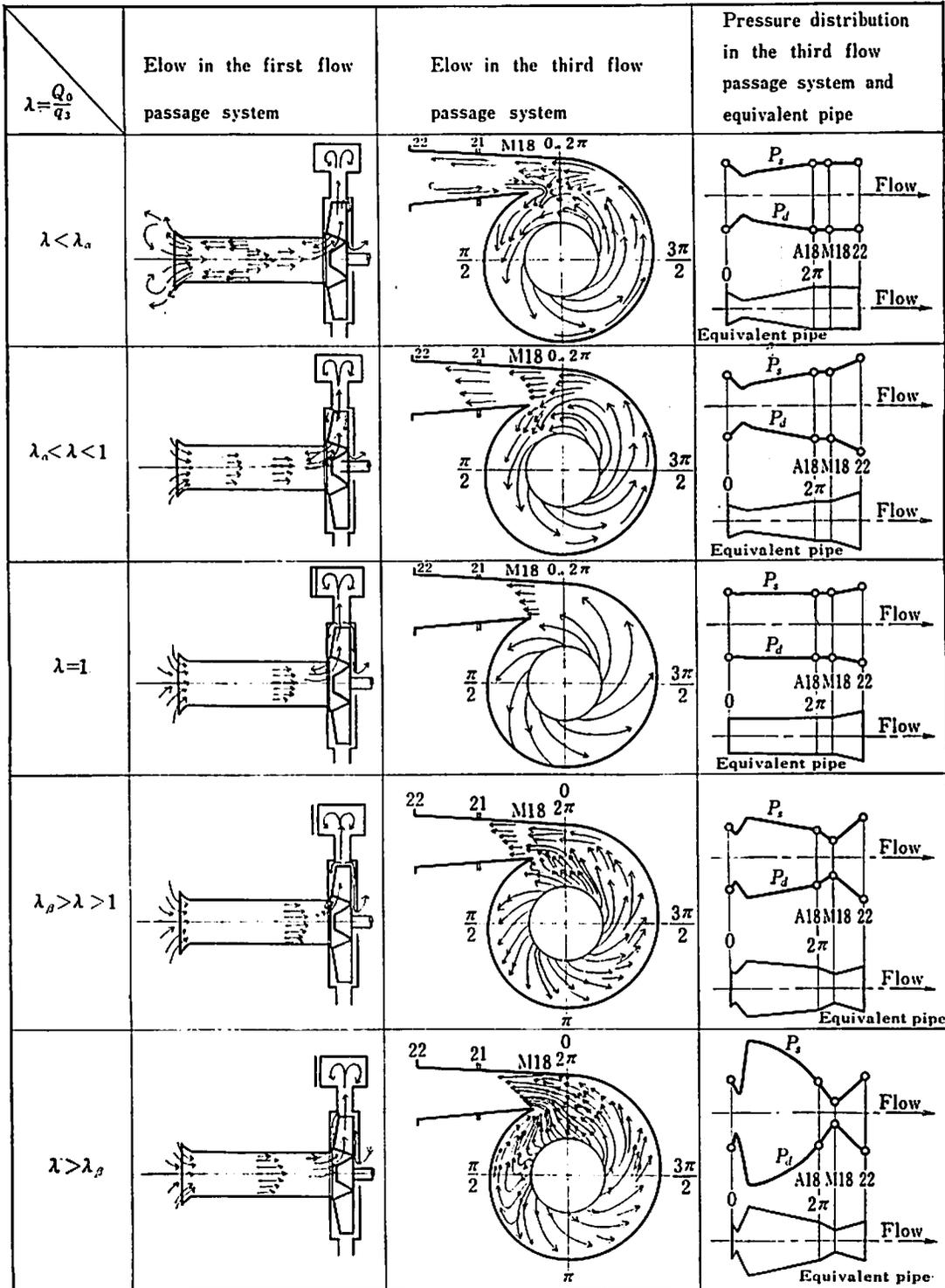


Fig 7. Flow patterns in the first and third flow passage system for various flow quantities

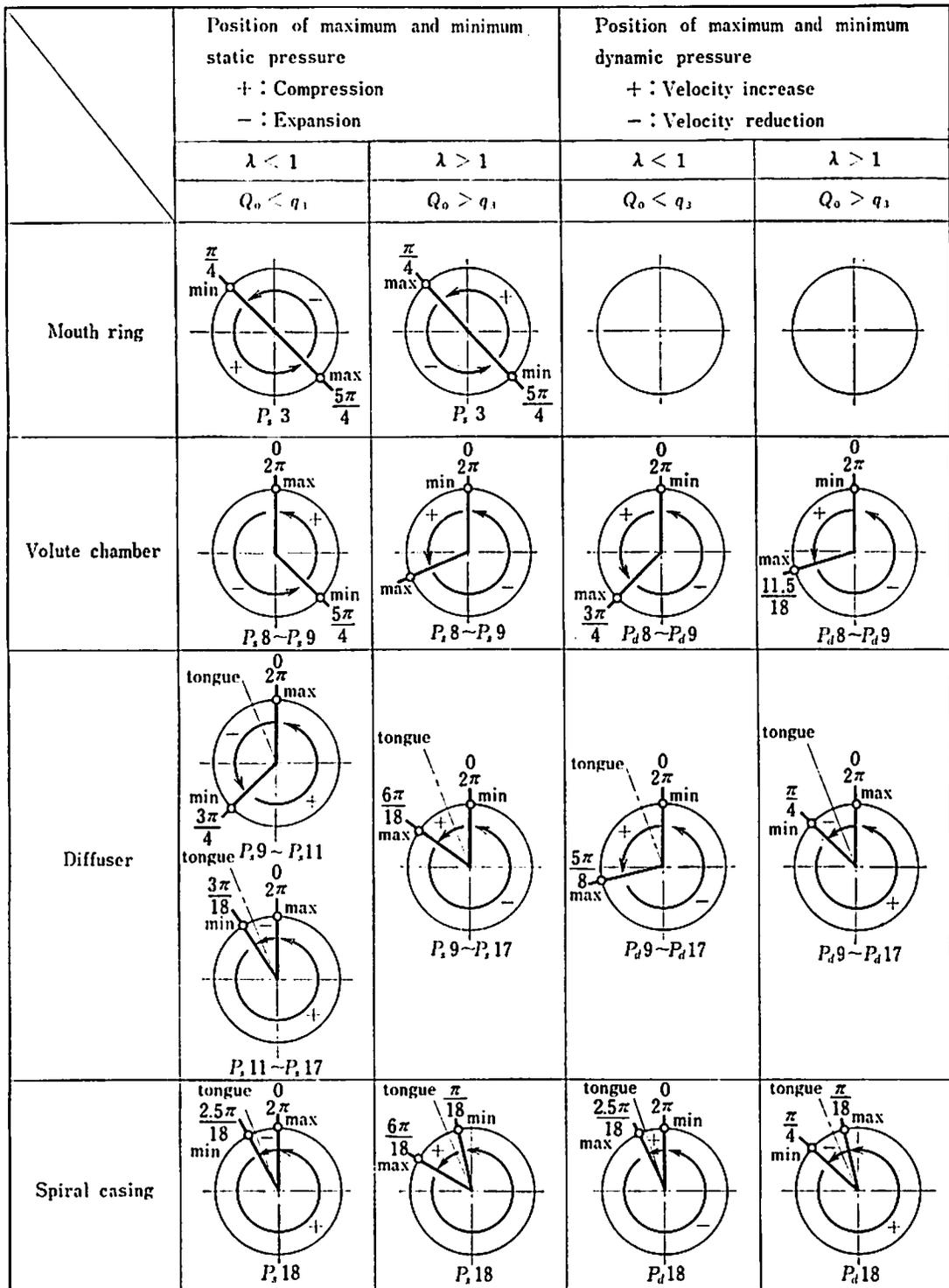


Fig 8. Flow patterns outside of a balancing flow quantity (q_3) in the third flow passage system

態である。」

Fig. 7 における, $\lambda=1$ の場合が q_3 の運転状態であり, 第3流路系の円周方向の静圧分布 P_s , 動圧分布 P_d , 及び流れの様子などをあらわしている。

(4-2) 均衡流量 q_3 より少ない流量域

第3流路系の静圧, 動圧分布は, 半径方向に同心的にならないで, 舌部附近から, 円周角 φ の増大する方向に静圧が上昇し, 動圧が降下するところの圧縮流れとなる。

Fig. 7 における $\lambda < 1$ の流域の場合が, この運転状態である。 $\lambda < \lambda_p$ の流域では舌部附近で逆流が発生する。

(4-3) 均衡流量 q_3 より多い流量域

第3流路系の静圧, 動圧分布は, 半径方向に同心的にならないで, 舌部附近から, 円周角 φ の増大する方向に静圧が降下し, 動圧が上昇するところの膨張流れとなる。これは (4-2) と逆の関係である。

Fig. 7 における $\lambda < 1$ の流域の場合が, この運転状態である。 $\lambda > \lambda_p$ の流域では舌部附近で逆流が発生する。

5. 謝 辞

実験を進めるに当って, 御配慮を賜った池田弘教授, 実験に終始御協力を賜った流体実験室の新屋紀男氏に対し, ここに厚く感謝いたします。

【註 記】

- (1) 森田, 岡村, 遠心送風機のデフューザ内における圧力分布に関する実験的研究, 法大I研究集報, 第6号, 1969
- (2) 森田, 岡村, 広角全圧管の試作研究, 法大工研究集報第7号, 1970
- (3) 送風機吸込口から, 送風機吐出口までを, 1つの流路系と考え, その流路系をさらに送風機吸込口から翼車入口, 翼車入口から翼車出口, 翼車出口から, 送風機吐出口までの, 3つの区分流路系に分割して考える考え方を導入した。このとき, 3つの区分流路系を, それぞれ第1, 第2, 第3流路系と呼ぶことにした。そして, 考えている流路系の圧力分布が一樣になる流量を, その流路系の均衡流量と呼ぶことにした。