

区分流路系理論 遠心送風機の効率及び性能 改善に対する1考察

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

(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)

79

(終了ページ / End Page)

87

(発行年 / Year)

1970-07

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004231>

区分流路系理論

(遠心送風機の効率及び性能改善に対する1考察)

教授 森田正孝

助手 岡村正志

Theory of Part Flow Passage System

Tadataka MORITA, *Professor*

Masashi OKAMURA, *Assistant*

Abstract

On the basis of the paper of experiment study on the pressure distribution and the flow in the diffuser of centrifugal blower and the further study on the blower suction, front shroud, back shroud, volute chamber, spiral casing, throat and blower discharge in addition the author introduced the following theory of part flow passage system to improve blower efficiency.

The blower is thought being composed of following three part flow passage systems, such as the first, second and third flow passage system that belong to the flow passage from the blower suction to the impeller inlet, from the impeller inlet to the impeller outlet, from the impeller outlet to the blower discharge respectively. Each part flow passage systems have a peculiar balancing flow quantity individually. It doesn't always follow that these three balancing flow quantities and the design working flow quantity overlap one another. From these view it is suggested that three balancing flow quantities and the design working flow quantity overlap and don't one another. According to the theory of part flow passage system the efficiency of blower that the balancing flow quantities for the each part flow passage systems and the design flow quantity overlap one another is higher than one don't overlap.

Accordingly, the designer of centrifugal blowers should like to press on his consideration "Matching" among the first, second and third flow passage one another. But it need more further study whether each balancing flow quantities for the three part flow passage systems overlap one another.

1. 緒 言

比較的小さい比較回転度の遠心送風機のデフューザ内の圧力分布に関する実験的研究でデフューザにはある特定のオプティマムの流量が存在するが、これは送風機の最高効率の流量と必ずしも一致しないということがわかった。しかし、さらに送風機吸込口、フロントシュラウド、バツ

クシュラウド、渦室、渦巻室、咽部及び送風機吐出口の研究の結果、デフュザのみならず送風機吸込口から吐出口まで考えを拡張し、それぞれの流路のオプティマムな流量と、送風機効率が最大になる流量との関連などについて考察した。その結果、遠心送風機の効率及び性能改善に役立つと考える区分流路系理論を提唱したので、その概要を報告する。

2. 区 分 流 路 系 論

(a) 区分流路系理論

ユーザーの立場から遠心送風機をみる場合は送風機吸込口と送風機吐出口とによって決まる送風機性能曲線について考察すれば充分である。しかしながら送風機内でどのような圧力変換及び流れの状態経過を経ていくかという問題や、送風機の性能改良及び設計を目的にする研究者や設計者の立場から、遠心送風機をみる場合は、送風機吸込口と送風機吐出口について論ずるのみならず、送風機内の圧力交換の機能及び送風機内部流路設計から観て、送風機内部の取り扱い方についての、しっかりとした知識を確立すべきである。そして、遠心送風機の実験者や設計者は、遠心送風機内の圧力変換や流れに関する漠然とした考え方や混乱した考えから脱出するためにも次のような「区分流路系理論」を導入するのがよと思う。

遠心送風機吸込口から送風機吐出口までを1つの流路系とみなす。その送風機流路系は圧力変換の機能あるいはその流路の根本的役割からみて、全く独立に存在していると考えられるところのいくつかの「区分流路系 (part flow passage system)」に分割して取り扱う。さらに、ある区分流路系は、必要に応じて、いくつかの「小区分流路系 (Element part flow passage system)」に分割して取り扱うことができる。

一つの送風機流路系を、いくつかに分割した区分流路系はそれぞれの区分流路系独自の根本的役割を持っており、それらを最も効率よく全うするような最良流れを満足し、圧力分布すなわち、静圧分布、動圧分布等が一様になるところの「それぞれ、一つづつの均衡流量」をもっている⁽¹⁾。

そこで次のような二つの送風機が考えられる。(1)は、それぞれの区分流路系の均衡流量が互いに一致しているような送風機。(2)はそれぞれの区分流路系の均衡流量が互いに一致していないような送風機である。

送風機全体から考えた場合、送風機の目的は「ある流量をもって送風機吸込口から送風機吐出口へ最も効率よく全圧上昇を成し遂げること」にあるといえる。圧力変換の機能あるいはその流路系の根本的役割からみて全く独立に存在していると考えた各々の区分流路系は、このような送風機の一つの目的の本に初めて相互に関連をもって結ばれる。換言すると、各々の区分流路系は、各自の区分流路系の機能あるいは役割を満す勝手な均衡流量を持つのではなくって、各々の区分流路系の目標が「送風機の目的の達成」という共通の目的の本に互いに結びついていなければな

らない。すなわち、各々の区分流路系を勝手に設計するのではなくって、区分流路系と区分流路系との相互間の「Matching」が必要となる。

このように、各々の区分流路系、相互間の Matching を考えるとき、各々の区分流路系は同一の作動点において Optimum になるべきである。すなわち、各々の流路系は同一の均衡流量を持っていることが好ましい。

「各々の区分流路系の均衡流量の値が一致する送風機は、一致しない送風機より送風機全圧効率が大きい」これは次のように説明することができる⁽²⁾。各々の区分流路系の効率⁽³⁾、というものを考える。各々の区分流路系は、それぞれの区分流路系から決まる独自の形状の効率曲線を形成し、一般に、独自の均衡流量と最高効率の値を持っている。各区分流路の最高効率の値は、互いに同一であるとか同一でないということではなしい、ただ、各々の区分流路の可能である限り大きな値を実現させるべき性質のものである。送風機全体としての送風機全圧効率曲線の形状、最高効率の値及び、最高効率の流量（すなわち設計流量）は、各々の区分流路系の効率曲線から決定される。すなわち、ある流量を考え、各々の区分流路系、その流量点に対するそれぞれの効率の値の積を作れば、その値が、送風機全体としての効率曲線上の、その流量高に対する効率の値である。種々の流量点に対して、同様の処理をすれば、区分流路系の効率曲線から新しい一つの効率曲線すなわち、送風機効率曲線が得られる。このような考えに基づけば、送風機効率曲線が最高になる流量、すなわち、送風機の設計点の流量は、各々の区分流路系の均衡流量が一致している送風機では、区分流路系の均衡流量に一致する。他方、各々の区分流路系の均衡流量が一致していないときは区分流路系の均衡流量に一致しない。この場合、各々の区分流路系の均衡流量が一致している送風機は一致していない送風機の送風機最高効率よりも最高効率の値が大きいということは自明である。

以上述べたように、遠心送風機内に区分流路系理論を導入した結果、各々の区分流路系は一般に、独自の均衡流量を持っているが、それらを一致させるとき、送風機効率は最大になるということが分かった。

しかしながら、各々の区分流路系の均衡流量は、實際上互いに一致させることが出来る性質のものであるか否か、すなわち、送風機設計点に、各々の区分流路系の均衡流量を一致させることが出来るものか否かが問題である。もし、一致させることが出来る性質のものであれば、そのような設計法の確立。及び、そのような決定的な設計法がありうるものかどうか等が、今後の残された研究の課題である。

将来、遠心送風機の区分流路系相互間の Matching の問題に関連して、区分流路系理論の研究が、さらに進んで行なわれ、各々の均衡流量が一致するような設計法、換言すれば、各々の均衡流量が、送風機の設計流量に一致するような設計法が確立されるならば、現在の遠心送風機の効率を相当程度、向上させることが可能であると考えられる。

以上は、一つの送風機流路系を、いくつかの区分流路系に分割して取り扱う考え方を述べたが、一つの区分流路系に対しても、全く同様の考えに基づいて、必要に応じて、いくつかの小区分流路系に分割して取り扱うことができる。

区分流路系の圧力分布及び流れは、その区分流路系の均衡流量のとき一様になり、均衡流量より少ない流量でも、一様にならず、その区分流路系独特の性質をもっている。均衡流量よりも少ない流量と多い流量の場合とでは、圧力分布及び流れの特性が逆である⁽⁴⁾。

各々の区分流路系の均衡流量が送風機の設計流量に一致する送風機では、送風機の設計流量のとき送風機内部の圧力分布及び流れは送風機吸込口から送風機吐出口まで一様になる。しかしながら、各々の区分流路系の均衡流量が送風機の設計流量に一致しない送風機では、送風機の設計流量のとき、送風機内部の圧力分布及び流れは一様にならない。そして、ある区分流路系の均衡流量の流量になったとき、その区分流路系の圧力分布及び流れが一様になり、他の区分流路系の圧力分布及び流れは一様にならない。

(b) 遠心送風機の区分流路系

送風機を含む装置すなわち、送風機系 (Fig 1 の 1~6) で、送風機吸込口と送風機吐出口間をもって、送風機と呼ぶことにすれば、送風機系は、送風機吸込口以前の吸込管路 (Fig 1 の 1~2)、送風機 (Fig 1 の 2~5)、送風機吐出口以後の吐出管路 (Fig 1 の 5~6) に分割して考えることができる。

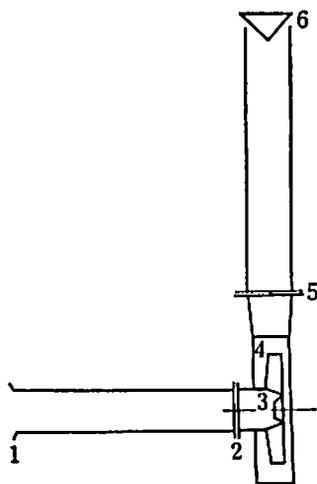


Fig 1. Blower

送風機は、送風機吸込口から翼車入口まで (Fig 1 の 2~3)、翼車入口から翼車出口まで (Fig 1 の 3~4)、翼車出口から送風機吐出口まで (Fig 1 の 4~5) の三つの「区分流路系」に分割して考えられる。そして、それぞれを、第1流路系、第3流路系と呼ぶことにする。さらに必要に応じて、第3流路系は、渦室流路、デフューザ流路、渦巻室流路、咽部流路の四つの小区分流路系に分割して考えられる。

る。

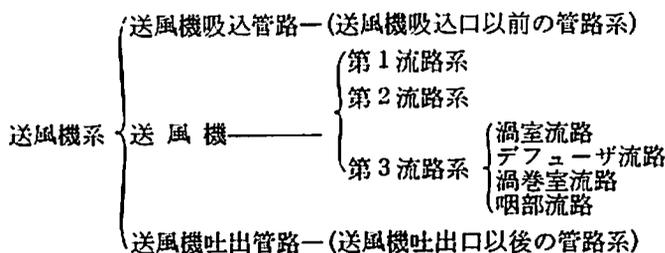


Fig 2. Flow passage systems in the Blower

Fig 2 は遠心送風機の区分流路系及び小区分流路系等の概念を現わした図である。

(c) 遠心送風機内の圧力変換

Fig 3. は送風機吸込口から送風機吐出口まですなわち、第1流路系、第2流路系、第3流路系内でどのように圧力変換が行なわれるか。また、それぞれの区分流路系相互間の関連等をあらわした図である。第3流路系は必要に応じ、*a, b, c, d*の4つの小区分流路系に分割できる。そして、それぞれの小区分流路系の圧力変換及び相互間の関連等をあらわしている。斜線の部分は圧力損失の分布をあらわしたものである。 P_T 線は全圧; P_S 線は静圧の分布をあらわす。 P_T 線と P_S 線間の値($P_T - P_S$)は動圧である。

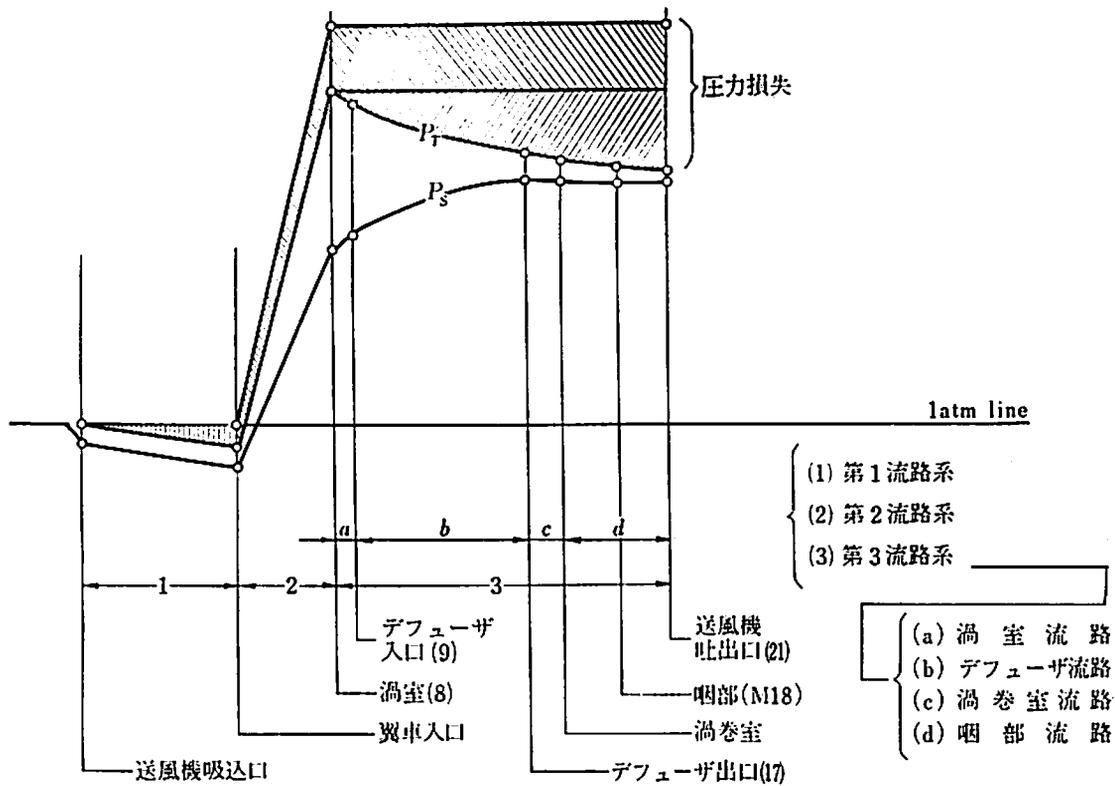


Fig 3. Conversion of pressure in the blower

第1流路系の基本的役割は、送風機吸込口から翼車入口まで、出来るかぎり損失なく空気を導入し、しかも翼車が最も受け入れ容い流れを実現し、翼車の使命を助長することにある。

第2流路系の基本的役割は、送風機の軸から導入された軸動力すなわち、機械エネルギーを翼車入口から翼車出口までの間に最も損失少なく、出来る限り、大きな全圧上昇、すなわち流体エネルギーに変換すること。第一流路系から導入される空気流を適切に受け入れ、送風機内で最も大きなエネルギーを持っている翼車出口から流出する流体を、第3流路系で最も受け入れ容いようなFlow-patternにしてやることにある。

第3流路系の基本的役割は、送風機内において最も大きなエネルギーを持っている翼車出口から

流出した流体を最小の損失と最良の Flow-pattern で受け入れ、大き過ぎる動圧をできる限り、損失なく静圧に変換して、これらエネルギーを持った空気流を最小の圧力損失の本に、一個所に集め、送風機吐出口では適当な動圧と静圧の割合から構成された全圧をもっているようにすることにある。

第1, 第2, 第3 流路系は以上述べたような基本的役割を全うしなければならないが、さらに、その上、区分流路系と区分分流路との相互間で Matching していなければならない。従って、三つの区分流路系のうち、一つ、あるいは二つの区分流路系を非常に注意深く設計製作し、いかに優れた性能を持っていても、残りの区分流路系が隣り合う区分流路系に Matching しなければ、送風機全体としては、優秀な性能を決して発揮することはできない。

Fig 3. は第1, 第2, 及び第3 流路系の均衡流量 q_1, q_2, q_3 がそれぞれ送風機設計流量 q に一致する送風機の場合の設計流量 q の作動点における圧力分布を示したものである。設計流量 q 以外の作動点では円周角 φ によって、圧力分布は異なる。従って、 P_r 及び P_s 分布は一本の線とはならないで、 φ の函数となる⁽⁴⁾。

Fig 3. から、1つの区分流路系、あるいは小区分流路系内では、部分によってエネルギーの内容を異にすることが分かる。このことから、一つの区分流路系、あるいは小区分流路系内で、エネルギーの内容によって、設計への注意深さを、各部分によって、変えることが望ましい。例えば、デフューザ入口部分より動圧が非常に大きいので、より注意深い設計が必要である。

(d) 第1, 第2, 第3 流路系の均衡流量 q_1, q_2, q_3 と送風機設計流量 q との関連及び効率

「各々の区分流路系の均衡流量 q_1, q_2, q_3 が互いに一致する送風機は一致しない送風機より、送風機全圧効率が大きい」ということは、(a) で各々の区分流路系の区分流路系効率を考えることによって証明した。しかしながら、この場合「各区分流路系は、均衡流量のとき、最大高率になる。」という仮定をしている。

このような仮定に基づけば、「均衡流量のとき、その区分流路系圧力損失が最小になる。」ということができる。

この章では、 q_1, q_2, q_3 及び q の関連、及び効率についてを、圧力損失の観点から考えてみる。第1, 第2, 第3 流路系は、独自の圧力損失曲線の形状と、均衡流量をもっている。そして、それぞれの流路系の圧力損失曲線を代数的に加えることによって、送風機全体としての送風機圧力損失曲線を得る。送風機効率が最大になる流量すなわち、設計点は、送風機圧力損失曲線が最小となる所に生じる。このように、送風機圧力損失曲線及び設計点は、各区分流路系の圧力損失曲線から完全に決定されるべき性質のものである。

説明の便宜上、第2, 第3 流路系のみを考える。圧力損失曲線は、2次函数の形をとるものと

仮定する。Fig 4. は、区分流路系の圧力損失曲線と送風機圧力損失曲線の関係をあらわしたものである。図(4-1)は $q_2 < q_3$ の場合、 $q_2 < q < q_3$ になる。図(4-2)は $q_2 > q_3$ の場合で $q_2 > q > q_3$ になる。図(4-3)は $q_2 = q_3$ の場合で $q_2 = q_3 = q$ になる。図(4-1)と図(4-3)を比較することによって、 $q_2 = q_3 = q_3$ の送風機は $q_2 \neq q_3 \neq q$ の送風機より、送風機設計点において $\Delta P'$ だけ圧力損失が小さい。このことから、一般に「各々の区分流路系の均衡流量 q_1, q_2, q_3 が互いに一致している送風機は一致していない送風機より、送風機全圧効率が大きい。」と結論することができる。

図4は第2, 第3流路系を考えたが, 第1, 第2, 第3流路系を考えた場合も全く同様にして, 送風機圧力損失曲線が決定される。

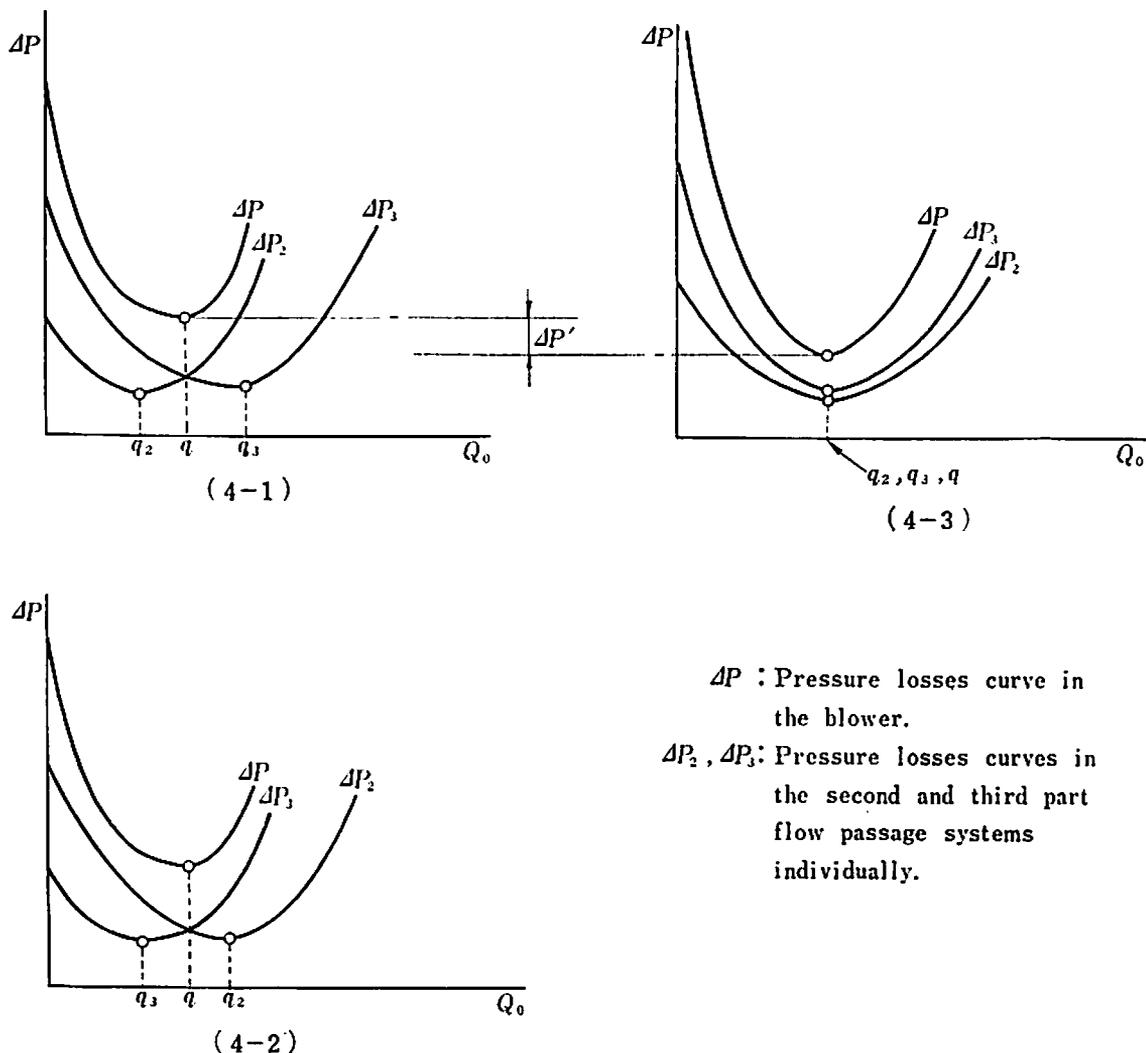


Fig 4. Pressure losses curves in the part flow passage systems

(e) 区分流路系間の Matching

各々の区分流路系の均衡流量 q_1, q_2, q_3 が互いに一致していない送風機では、区分流路系と区分流路系との隣接部は、設計流量 q の作動点においてさえ、圧力分布が一様にならない。そしてある一つの区分流路系の均衡流量の作動点になると、その流路系の圧力分布は一様になるはずであ

るが、実際には、他の区分流路系に隣接した部分は隣接した区分流路系の一様でない圧力分布の影響を受けて、なお一様にならない。このように区分流路系の隣接部分は、「圧力分布の混合作用」が生ずる。

例えば、第3流路系の均衡流量 q_3 の作動点では、第3流路系の圧力分布は一様ではあるが、第2流路系は均衡流量 q_2 ではないので一様にはならない。そこで実際には、第2流路系の隣接した、第3流路系に属する渦室の圧力分布は圧力分布の混合作用のために、なお一様にならない。同様のことが送風機吸入口と翼車入口との隣接部にもいえる。このようなことは区分流路系間の Matching の問題である。このように考えると、 $q_1 \neq q_2 \neq q_3$ の送風機では設計点において、区分流路系と区分流路系との隣接部の流路における流れが Matching しているような設計にするのが望ましい。

さらに厳密にみて、第3流路系を小区分流路系、すなわち、渦室、デフューザ、渦巻室、咽部に分割して考えると、それぞれの小区分流路系は、それぞれの「小均衡流量」互いに近接しているが をもっていると考えられる。そのようなときは、流量が第3流路系の均衡流量 q_3 になっても、第3流路系全域に渡って圧力分布は、わずかではあるが一様にならない。しかしながら、各々の小区分流路系の小均衡流量が互いに一致している送風機では全域に渡って一様になる。このようなことは、小区分流路系間の Matching の問題である。

以上述べたように、Matching という観点から考えても、やはり $q_1 = q_2 = q_3$ 及び小区分流路系の均衡流量も互いに一致している送風機が好ましいと考えられる。そして、このような送風機では設計点で送風機内部全域に渡って、Matching することになる。

(f) 区分流路系理論の適用例

Table 1 に示すような性能をもった1段片吸込の遠心送風機の実験結果を考察してみた。実験

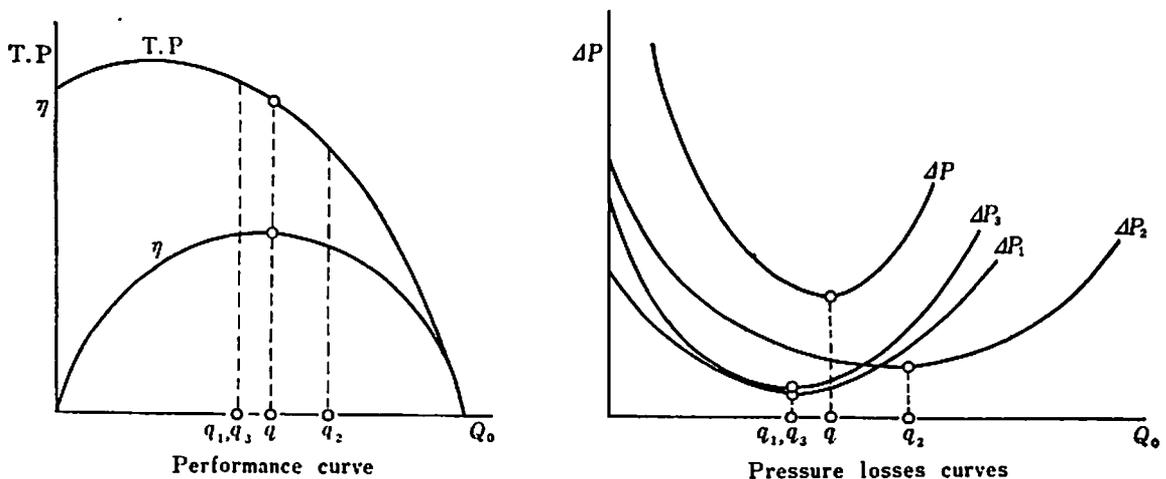


Fig 5. Blowes for experiment

は第3流路系のみ行ない、第1流路系は全く行なっていない。実験の結果、第3流路系の均衡流量、 $q_3=15\text{ m}^3/\text{min}$ 、第1流路系の均衡流量 $q_1=15\text{ m}^3/\text{min}$ 、送風機効率最大の流量 $q=19\text{ m}^3/\text{min}$ であった。区分流路系理論によれば、第2流路系の均衡流量 q_2 は、Fig. 5 に示した値になると考えられることになる。本送風機は $q \neq q_1, q_2, q_3$ の場合であるが、もし、 $q=q_1, q_2, q_3$ に設計されるならば、効率は相当程度向上するものとする。

Table 1. Specification of the blower

Total pressure increase	510 mmAg
Suction capacity	19 m ³ /min
Speed of rotation	4620 vpm
Motor output	3.7 kw
Total efficiency	75 %

3. 結 語

区分流路系の理論によって遠心送風機を第1, 第2, 第3流路系に分割して考える。各流路系はそれぞれ静圧及び動圧分布及び流れが一樣になる均衡流量 q_1, q_2, q_3 をもっている。均衡流量以外の流量域では、それぞれの流路系独特の圧力分布とフローパターンをもっている。

区分流路系理論によれば q_1, q_2, q_3 が送風機効率最大の流量 q に一致する場合と一致しない場合の2種類の送風機が与えられる。 $q=q_1, q_2, q_3$ である送風機の送風機効率は、 $q \neq q_1, q_2, q_3$ である送風機より大きい効率をもっている。現在、一般におこなわれている設計によって作られた送風機は一般に $q \neq q_1, q_2, q_3$ であると思われる。

今後の研究では各区分流路系の均衡流量 q_1, q_2, q_3 の間にどのような関係があるのか、そして、それぞれの均衡流量は互いに一致させることができる性質のものか否かの説明が残された課題である。将来、さらに進んだ研究により、これらのことが具体的に体系づけられ、各区分流路系の均衡流量が送風機設計流量に一致するような設計法が確立されるならば、送風機の性能改善や相当程度の効率の向上を期待できるものと思う。

4. 謝 辞

実験に御協力をしていただいた流体実験室の新屋紀男氏に対し、ここに厚く感謝の意を表します。

【註記】

- (1) 区分流路系の静圧及び動圧分布が一樣になる送風機吸込流量を、その区分流路系の均衡流量と呼ぶことにした。この流量では、その区分流路系の圧力損失は最小、すなわち、効率が最大になると仮定する。
- (2) 2章 (d) 節参照
- (3) 区分流路系の効率 = $\frac{\text{(その区分流路系に入る全圧)} - \text{(その区分流路系を通過する間の圧力損失)}}{\text{その区分流路系に入る全圧}}$
- (4) 森田, 岡村「遠心送風機のデフューザー内における圧力分布に関する実験的研究」で実証された。