多翼送風機の羽根車およびスクロール形状の
軸方向変化が性能と騒音に及ぼす影響*山崎 進^{*1}, 橋本克彦^{*2}, 深作良範^{*3}Influence of Shape Change of Impeller and Scroll in the Axial Direction
on Performance and Noise for Multiblade Blower

Susumu YAMAZAKI, Katsuhiko HASHIMOTO and Yoshinori FUKASAKU

In this paper, the influence of shape change of the impeller and scroll in the axial direction on performance and noise are investigated. It is shown that a 14% increase in the hub-side diameter of the impeller over that of the shroud side leads to a 4% increase in the efficiency η_t and a 2dB reduction in the specific sound level SLs. It is also shown that an increase in the diffusion angle of the hub side of the scroll to that of the shroud side raises the efficiency by 2%.

Key Words: Fluid Machinery, Velocity Distribution, Aerodynamic Performance, Aerodynamic Acoustics, Multiblade Blower

1. 緒 言

多翼送風機の内部流れは、主流が主板に傾斜して流れること、また側板側と主板側で流速差が大きいこと、さらに羽根出口の流速が非軸対称であること、など複雑な三次元流れをしており、これが多翼送風機の低効率、高騒音の主因になっている^{(1)~(8)}。本報告は、多翼送風機の高効率化と低騒音化を目的に、まず送風機の内部流れを測定して流動状態を検討し、次に羽根車およびスクロールの形状を流れに合せて軸方向に変形させた場合の空力性能と騒音への影響を検討している。

2. 記 号

b : 羽根幅 mm, m
 Δb : 流れがブロックしている領域の羽根幅 mm
 c : 絶対流速 m/s
 D : 羽根径 mm, m

i : 入射角 °
 L : 軸動力 W
 p_s : 静圧 Pa
 p_t : 全圧 Pa
 Q : 風量 m³/s
 SL : 騒音レベル(吸込口1m) dB
 SLs : 比騒音レベル dB
 $= SL - 10 \log [60Q(P_t/\rho)^2]$
 u : 羽根風速 m/s
 W : スクロール幅 mm
 x : 羽根幅方向の座標
 α : 流出角 °
 β_∞ : 羽根設計角度 °
 β : 流れ角度 °
 δ : 回転軸に対する流れの傾き角
 $= \tan^{-1}(c_m/c_x)$ °
 ρ : 密度 kg/m³
 η_t : 全圧効率 %
 λ : 動力係数 $= L/(\rho/2)\pi D_2 b_2 u_2^3$
 ϕ : 圧力係数 $= p/(\rho/2)u_2^2$
 ϕ : 流量係数 $= Q/\pi D_2 b_2 u_2$
 添 字
 m : メリジアン方向成分

* 原稿受付 1996年12月10日。

*¹ 正員, (株)日立製作所機械研究所 (〒300 土浦市神立町502)。*² (株)日立製作所自動車機器事業部 (〒101-10 東京都千代田区神田駿河台4-6)。*³ (株)日立製作所自動車機器事業部 (〒312 ひたちなか市高場2520)。

Fig. 1 Schematic of experimental apparatus

Fig. 2 Inspection points

u : 周方向成分

1: 羽根内径の位置

2: 羽根外径の位置

3. 実験装置および実験方法

本実験に用いた供試羽根車(No. 1)は外径 D_2 が 140 mm, 内径 D_1 が 120 mm, 羽根幅 b_2 は 57 mm, 羽根出口角 β_{200} は 175° , 羽根入口角 β_{100} は 90° , 羽根数が 43 枚のプラスチック製であり, スクロールは 84 mm の等幅対数らせんの形状である。

図 1 は, 実験装置の概略図である。装置は JIS に基づく装置で, 二つのチャンバ間に取付けたノズルにより精度よく流量を測定する方式であり, 流量が比較的小さい場合の測定に適した流量, 圧力測定装置である。騒音はスクロールの吸入口で, 正面 1 m の位置で測定している。供試羽根車の軸動力は小さいのでトルク計を使わずに直流モータに直結し, モータ出力を軸

Fig. 3 Velocity diagram

Fig. 4 Aerodynamic performance of testing blower

動力として計算した。モータ特性は, あらかじめモータの入力電圧, 電流, 回転数, 周囲空気温度とモータ出力との関係を実験的に詳細に測定した。供試羽根車は電圧を調整して 2 500 rpm の一定速度で回転させている。

図 2 は, 供試送風機の内部流れを調べるための測定点および供試羽根車の形状因子を示す。測定点は羽根車入口(点 A~C), 羽根車出口(点 D~F)の 6 箇所である。点 A~C では羽根前縁より約 10 mm 離れた点を, 点 D~F では羽根外周より 3 mm 離れた点において, 五孔ピトー管(直径 6 mm)を軸方向にトラバースしている。

図 3 は, 羽根入口, 羽根出口の流速と流れ角度の記号を示す。図 3(a), (b)とも, 絶対速度は c , 径方向流速成分は c_m , 円周方向流速成分は c_u としている。

4. 実験結果および考察

4.1 内部流れの検討 図 4 は, 本研究で使した多翼送風機の空力性能を示す。本研究では内部流れを検討する作動点として, サージングなどの不安定な状態がなく, また全圧効率が最高効率に近く, 工業上

Fig. 5 Velocity distribution at inlet of blade

Fig. 6 Angle of flow at inlet of blade

の設計点として採用されている流量で行うこととし、流量係数 ϕ が 0.23 の流量を選んだ。

図 5 は、No. 1 羽根車入口における半径方向流速成分 C_{m1}/U_2 と軸方向流速成分 C_{x1}/U_2 を示す。流れの分布は側板付近では C_{x1} が大きくて C_{m1} が小さく、主板に近づくにつれ流れは主板に沿って流れるので C_{x1} が

Fig. 7 Velocity distribution of outlet of blade

小さく C_{m1} が大きくなる。 C_{m1} の大きさを円周方向で比較すると $A < B < C$ で、その差異はサクシヨンコーンの面よりさらに大きくなる。側板付近の C_{m1} が小さい領域 (Δb , 軸方向ブロックage⁽¹⁾) は、羽根幅 b_1 の 35% を占めている。また、図 6 は羽根車入口側における流入角 γ , 入射角 $i (= \beta_{1\infty} - \beta_1)$ と軸方向傾斜角 δ_1 を示す。羽根幅の中心で点 B における流れを考察すると、軸方向傾斜角 δ_1 は 32° で主板側に大きく傾斜しており、またこの点の羽根入口の入射角は 65° で大きく、羽根背面側に大きな離れの発生が予測された。一方、羽根幅全体では側板付近は i が大きく γ と δ_1 が小さく、主板に近づくにつれて γ と δ_1 が大きくなる。

図 7 は、羽根車出口における流速分布を示す。全般に絶対流速の比 C_2/U_2 は約 1.5 であり、流出角 α_2 は $0 \sim 15^\circ$ でほぼ接線方向に流出している。半径方向成分 C_{m2}/U_2 の軸方向分布は、側板側が小さく主板側が大きい⁸、 C_{m2} の主板側への偏向の傾向は羽根入口の場合よりさらに増し、軸方向ブロックageは羽根幅 b_2 の 40% を占めている。円周方向の C_{m2} の分布を見ると、 C_{m2} の大きさは $D < E < F$ で羽根入口と同じ順序であり、点 F の流量 $\int_0^{b_2} C_{m2} dx$ の値は点 D の約 1.6 倍である。流れの傾斜角 δ_2 は、羽根幅の中心の位置 ($x = 0.5b_2$) で 79° 、主板に近い位置 ($x = 0.75b_2$) で 84° である。

4・2 傾斜羽根車の検討 図 8 は、羽根径が軸方向に平行な羽根車 (No. 1) と傾斜羽根車 (No. 2) のおの

Fig. 8 Effect of Inclined Impeller

おののファン性能で、○印は流量係数 ϕ が 0.23 の場合、□印は ϕ が 0.30 の場合である。 ϕ が 0.23 の点は No. 1 羽根車の場合に全圧効率 η_t が最大の流量であり、 ϕ が 0.30 の点は No. 1 羽根車の場合に圧力係数 ψ_t が最大の流量である。傾斜羽根車 (No. 2) の ψ_t の計算における周速 u_2 として、側板側周速 (20.9 m/s) と主板側周速 (18.3 m/s) の算術平均値 (19.6 m/s) を使用している。

図 8 の No. 51 スクロールは羽根径として 140 mm、拡大角が 5.3° のスクロール、また No. 52 スクロールは 160 mm、 5.3° で羽根径が大きい分だけスクロールも大きいので、両者の性能の比較は、全圧効率 η_t と比騒音レベル SLs で比較した。全般に傾斜羽根車のほうが平行羽根車より η_t , SLs のいずれにおいても優れ、特に大流量域ほど η_t , SLs の差が大きい。 ϕ が 0.30 の場合 (□印)、傾斜羽根車は平行羽根車より η_t は 4%、SLs は 2 dB おおの改善される。

図 9 は、平行羽根車および傾斜羽根車の同一流量における羽根出口の流速分布を示す。傾斜羽根車の場合、平行羽根車に比べ側板側の羽根径が大きいいため絶対速度の比 c_2/u_2 は約 7% 大きくなるが、半径方向成分 c_{m2}/u_2 は逆に約 12% 小さくなる。流出角 α_2 の大きさは傾斜羽根車のほうが若干小さくなる。図 9 より、傾斜羽根車の c_{m2}/u_2 の軸方向分布は、平行羽根車に比べ、若干軸方向に均一化の傾向が表れている。

Fig. 9 Velocity distribution of outlet of inclined blade

Fig. 10 Effect of Inclined Scroll

本研究では、羽根径の傾斜化により、流速 c_2 , c_{m2} の軸方向均一化を目標にしたが、今回のデータでは流速の片寄りの均一化の効果は小さかった。これは、羽

根径の軸方向のこう配 $[=\tan^{-1}(D_{2S}-D_{2H})/2B)]$ が 8° で小さく、この程度のこう配では側板側の羽根の仕事量の増加が小さいためと考えられる。

4.3 傾斜スクロールの検討 図 10 は、スクロールの背板が軸方向に平行な場合 (No. 51) と背板を軸方向に傾斜させた場合 (No. 53) のおのおののファン性能である。主板側の径方向流速 c_{m2} が側板側より大きいので、傾斜スクロールは c_{m2} の傾向と同様にスクロールの拡大角を側板側で 4° 、主板側で 7° にして背板を傾斜させ、 ϕ_t 、 η_t の向上を目的としている。図 10 より、傾斜スクロールは平行スクロールに比べ、 η_t は全般に中流量域 (○印) は低下するが、大流量域 (△印) では逆に向上し、 ϕ が 0.30 の場合 (△印)、傾斜羽根車のほうが平行羽根車より 2% 向上する。一方、比騒音レベルは、傾斜羽根車と平行羽根車は全流量域でほぼ同じである。上述の図 9 より、羽根車内の主流は主板側へ傾いており、傾斜スクロールは主板側の拡大角を大きくしているので、特に大流量域の動圧の静圧への変換が十分に行われたためと考えられる。

5. 結 言

(1) 羽根車の入口では主流は回転軸に対し $4\sim 20^\circ$ で主板側に傾斜して流れ、軸方向ブロックage は、羽根入口では羽根幅全体の 35%、また出口では

40% を占めている。

(2) 側板側の羽根径を主板側より 14% 大きくすると、径方向流速成分の軸方向均一化が促進し、全圧効率が 4%、比騒音レベルが 2 dB 向上する。

(3) 主板側のスクロール拡大角を側板側より大きくすると、大流量域での動圧の静圧への変換がスムーズに行われ、全圧効率が 2% 向上する。

文 献

- (1) 山崎進・佐藤良次, 多翼送風機の空力性能に関する研究 (第 1 報), 機論, 52-484, B(1986), 3987-3992.
- (2) 山崎進・佐藤良次, 多翼送風機の回転羽根車内の流れ, 流れの可視化, 7-7(1987), 425-430.
- (3) Raj, D. and Swim, B., Measurements of Mean Flow Velocity and Velocity Fluctuations at Exit of Centrifugal Fan Rotor, *Trans. ASME, J. Eng. for Power*, (1981), 393-399.
- (4) 山本勝・川橋正昭・ほか 2 名, 多翼ファン翼間流れの流速分布可視化計測, ターボ機械, 23-10(1995), 604-609.
- (5) 門田茂・川口清司・ほか 2 名, 多翼ファン低騒音化の研究 (第 1 報), 機論, 60-570, B(1994), 452-457.
- (6) 川口清司・門田茂・ほか 2 名, 多翼ファン低騒音化の研究 (第 2 報), 機論, 60-570, B(1994), 458-463.
- (7) 近藤泰司・浅野秀夫, カーエアコン用低騒音シロッコファンの開発, 自動車技術講演全論文集, No. 941(1995), 145-148.
- (8) 山崎進・佐藤良次・ほか 1 名, 多翼送風機の空力性能に関する研究 (第 3 報), 機論, 53-490, B(1987), 1730-1735.