

## 翼付き多層円板ファンの流体力学的特性と騒音に関する実験的研究\* (第2報, 翼取付角, 円板肉厚, 円板内径および翼枚数の影響)

濱田 靖夫\*<sup>1</sup>, 児玉 好雄\*<sup>1</sup>, 林 秀千人\*<sup>1</sup>  
深野 徹\*<sup>2</sup>, 原賀 久人\*<sup>3</sup>, 赤松 克志\*<sup>3</sup>

### Aerodynamic and Noise Characteristics of Bladed Multiple-Disk Fans (2nd Report, Effects of Setting Angle of the Blade, Thickness of the Disk, Inner Radius of the Disk and Number of the Blades)

Yasuo HAMADA, Yoshio KODAMA, Hidechito HAYASHI,  
Tohru FUKANO, Hisato HARAGA and Katushi AKAMATSU

The effects of four parameters—the setting angle of the blade, the thickness of the disk, the inner radius of the disk and the number of blades—on both noise and fluid dynamic characteristics of bladed multiple-disk fans were experimentally investigated and discussed, with consideration of the measured velocity field at the outlet of the impeller. The results showed that as the setting angle increased, the pressure rise of the fan and the fan noise increased. A thicker disk produced a lower pressure rise of the fan. If the number of blades BB was less than 24, the sound power of the fan was proportional to the number of blades. However, this did not hold for BB of 36, because of the interference among blades. Judging from the specific noise level, it was recommended that the optimum design conditions be number of blades of approximately 24, the span length of 0.7 mm and the setting angle of 35°.

**Key Words:** Fluid Machine, Fluid Dynamic Characteristics, Fan, Turbulent Noise, Discrete Frequency Noise

#### 1. 緒 言

従来の円板ファン(層流ファン)の流体力学的特性と騒音特性の改善を目的として著者らは円板と円板の間にスパン長さが0.7~2.8 mmの翼を多数設置したファンを製作し,これを翼付き多層円板ファンと名付けた。翼付き多層円板ファンは直径および回転数が等しい通常の遠心ファンに比べ,流量が後者より少ないという短所があるが,騒音や比騒音レベルが低い長所を有する。第1報では,翼の有無,円板間隔および翼取付位置が流体力学的特性と騒音特性に及ぼす影響について実験的に調査し,(1)翼を付けることによって流量,圧力および全圧効率が大幅に高められること,(2)翼付き多層円板ファンは翼なし多層円板ファンに比較して騒音は多少高いが流量が増加し,圧力が上昇するため比騒音レベルは低下すること,(3)心配される舌部と翼との干渉騒音<sup>(1)</sup>は問題ない程度に抑えることができること,などを明らかにした。また,騒音の発生源は円板面上の乱流境界層の圧力変動<sup>(2)(3)</sup>や

翼後縁の後流<sup>(4)-(9)</sup>であることを示唆するデータを得た。

本報では,さらにそのほか空力と騒音特性に影響を与えると考えられる翼取付角,円板肉厚,円板内径および翼枚数について実験的に調査した。最後に,最適な翼付き円板ファンについて検討した。

#### 2. おもな記号

BB: 2枚の円板間の翼枚数  
BD: 円板枚数  
 $D_t$ : 円板肉厚 mm  
 $f$ : 周波数 Hz  
 $H_T$ : 全圧ヘッド mmAq  
 $K_s(A)$ : 比騒音レベル(A特性) dB  
 $K_s(L)$ : 比騒音レベル(L特性) dB  
 $L$ : 軸動力 W  
 $L_{BT}$ : 翼後縁と舌部との半径距離 mm  
 $L_i$ : 翼前縁と円板内縁との距離 mm  
 $L_e$ : 翼後縁と円板外縁との距離 mm  
 $N$ : 回転数 rpm  
 $Q$ : ファン流量  $m^3/s, m^3/min$   
 $R_i$ : 羽根車入口半径 mm  
 $R_o$ : 羽根車出口半径 mm

\* 原稿受付 平成5年4月2日。

\*<sup>1</sup> 正員,長崎大学工学部 (☎852 長崎市文教町1-14)。

\*<sup>2</sup> 正員,九州大学工学部 (☎812 福岡市東区箱崎町6-10-1)。

\*<sup>3</sup> 東陶機器商品研究所 (☎253 茅ヶ崎市本村2-8-1)。

SPL(A): A 特性の全帯域音圧レベル dB

SPL(L): L 特性の全帯域音圧レベル dB

$u$ : 羽根車外縁の周速度 m/s

$u_1$ : 翼入口の周速度 m/s

$u_2$ : 翼出口の周速度 m/s

$V_1$ : 翼入口の絶対速度 m/s

$V_2$ : 羽根車出口または翼出口の絶対速度 m/s

$W_1$ : 翼入口の相対速度 m/s

$W_2$ : 羽根車出口または翼出口の相対速度 m/s

$Z$ : 音源と観測点との距離 m

$\beta_2$ : 相対流出角

$\delta_0$ : 2枚の円板間の間隔 mm

$\eta_r$ : 全圧効率

$\xi$ : 取付角 °

$\theta$ : 絶対流出角 °

$\theta_c$ : スクロールケーシングの広がり角 °

$\omega$ : 角速度 rad/s

### 3. 実験装置および方法

図1は送風機の羽根車周りの流動様相と騒音特性を測定する際の実験装置を示したものである。吸込口にはJIS規格に従って製作した内径144mm、長さ65mmの入口ノズルが取付けられており、吐出し側には内径75mm、長さ1115mmの吐出し管が設けられている。この管にはJIS規格に従って整流格子、静圧孔およびオリフィスが、また、出口端には流量調整用のダンパが設けられている。電動機騒音を遮断するために、電動機は吸音材が内張りしてあるアルミニウム製の箱の中に入れた。この状態での電動機騒音は回転数が約3000rpmの場合で40dB(A)であり、ファンを取付けたときより10dB以上低いので、電動機騒音は無視できる。騒音測定は暗騒音が30dB(A)以下の無響室で行った。騒音測定位置は送風機の軸中心上で羽根車上面から1m上流の点(遠距離場)である。騒音計からの出力は狭帯域のスペクトルアナライザで周波数分析され、高速度レベルレコーダで記録された。なお、無響室の遮断周波数はほぼ200Hzであるが、200Hz

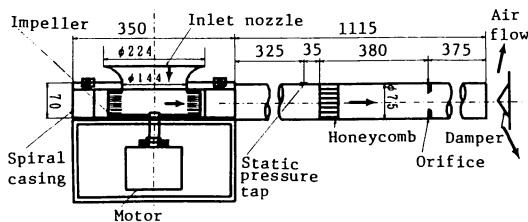


図1 実験装置の概要

以下でも研究上差し支えない程度の音場を有している。また、送風機の空力特性を測定する際には第1報に示した実験装置を用いた。

図2は平行壁スクロールケーシングを示したものである。広がり形状は対数らせん線で、広がり角 $\theta_c$ は $3.6^\circ$ とした。図2中のM1~M4は羽根車出口の流動様相の測定場所である。この場所は羽根車半径より10mm大きい半径の円周上に位置している。なお、舌部と円板外縁との距離で定義される舌部すきまは5mmである。

図3は供試羽根車の概要図を示したものである。羽根車は厚さ0.15mm、外径200mm、内径140mmのドーナツ状のアルミニウム製円板の間にスパン長さが0.7~2.8mm、最大厚み4.4mm、弦長25mmの翼形翼を挿入したものを多数重ね合わせたものから構成されている。翼は円板間に等ピッチ間隔に24枚が設置されている。本研究で使用している羽根車はすべて回転

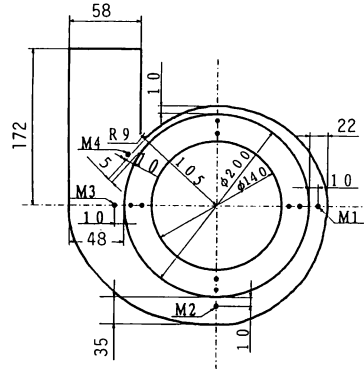


図2 ケーシングの形状

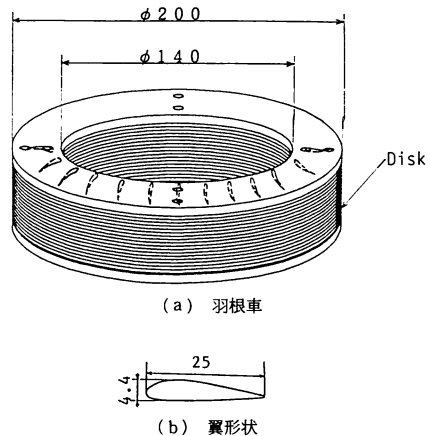


図3 供試羽根車の概要

軸方向長さを 40 mm とし、シュラウドすきまはファン効率を考慮して 2 mm とした<sup>(11)</sup>。供試羽根車には取付角  $\xi$  (周方向からの角度) の影響を調べるためのものとして  $\xi=90, 45, 35^\circ$  および  $25^\circ$  の 4 種類、円板厚み  $D_t$  の影響を調べるための  $D_t=0.15, 0.3$  mm および  $0.5$  mm の 3 種類、円板内径  $R_i$  の影響を調べるための  $R_i=50, 70$  mm および  $80$  mm の 3 種類、翼枚数 BB の影響を調べるための BB=36, 24 および 12 の 3 種類がある。代表速度に入口半径方向速度、代表長さに円板間隔を用いて表される入口レイノルズ数は最大で約 500 である。

4. 実験結果および考察

4.1 性能曲線 遠心送風機の全圧上昇量  $H_t$  は次式で与えられる。

$$H_t = [(V_2^2 - V_1^2) + (u_2^2 - u_1^2) + (W_2^2 - W_1^2)] / 2g \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $V, u, W$  はそれぞれ絶対速度、動翼の周速度、相対速度であり、添字 1, 2 は翼入口と出口を表す。また、右辺第 1 項は運動エネルギーを、第 2 項は遠心力による圧力上昇を、第 3 項は羽根車の減速によって静圧上昇に変換されるエネルギーを表している。

図 4 は翼の取付角  $\xi$  が性能曲線に及ぼす影響を示したもので、前縁距離  $L_i$  は 5 mm、翼スパンは 0.7 mm である。図 4 中の○、△印および□印はそれぞれ  $\xi=90, 35^\circ$  および  $25^\circ$  の結果である。設計の取付角は  $\xi=35^\circ$  であるにもかかわらず取付角が  $90^\circ$  (半径向き羽根、○印) から  $35^\circ$  (△印)、 $25^\circ$  (□印) と取付角が小さくなるに伴って全流量域にわたって全圧ヘッド、最大流量および全圧効率は低下している。この原因とし

て、式 (1) の三つの項から判断すれば、取付角が小さくなるにつれて図 4 中の○、△印および□印に対応して翼後縁半径位置  $R_i$  はそれぞれ 97, 86.7, 82.6 mm と小さくなり、翼入口と出口の半径方向距離の差が小さくなるから、この場合は取付角の影響というよりはむしろ翼後縁位置の影響が強いと考えられる。なお、 $\xi=45^\circ$  と  $35^\circ$  とは性能の差はほとんど見られない(図省略)。また、取付角の影響は羽根車の回転数  $N$  が 1500 rpm の場合も同様の傾向を示している(図省略)。翼弦長 25 mm (図 4 中の○印) と 17 mm を  $L_i$  を同じにして比較すれば、弦長が長いほど効率と全圧ヘッドが高くなるが、これも弦長が長いほど翼出口半径が大きくなるためである。前者が最高効率は約 7%、全圧ヘッドは 10~15 mmAq 高い。

図 5 は円板肉厚がファンの空力特性に与える影響を 3 種類の肉厚について示したものである。回転数は 2960 rpm、翼スパンは 0.7 mm、2 枚の円板間の翼枚数 BB は 24 である。円板肉厚  $D_t$  を厚くしていくに従い、全流量域にわたり全圧ヘッドが低下している。これは円板肉厚が厚いと羽根車入口および出口における流れの縮小拡大による損失が増加するためである。また、同一ファン流量に対して  $D_t$  が厚くなるほど円板枚数が少なくなるので円板間の流量は大きくなる。このため、流体の周方向速度が低下し、全圧上昇量が低下することも要因の一つである [第 1 報の式(1)参照<sup>(12)</sup>]。わずかではあるが最大流量も肉厚が厚いほど減少している。これは円板肉厚が増加するほど羽根車出口における拡大損失が増大するため、抵抗曲線のこう配が増加し、流量-圧力曲線との交差点が低流量側に来るためである。

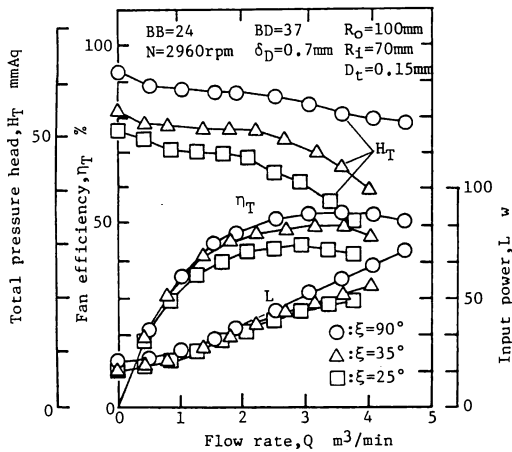


図 4 性能曲線に及ぼす翼取付角の影響

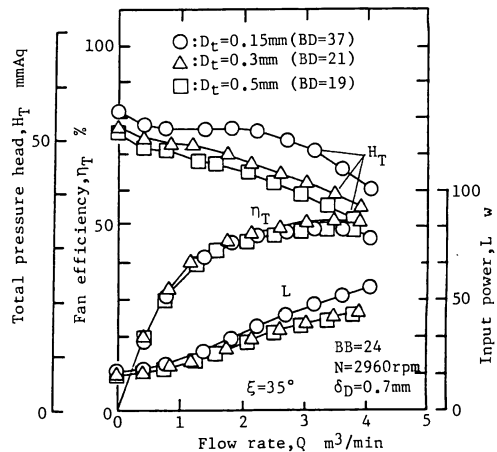


図 5 性能曲線に及ぼす円板肉厚の影響

円板の内・外径比がファン特性に及ぼす影響は大きい。児玉らは層流ファンの内・外径比が全圧力損失に及ぼす影響について理論計算を行っている。その結果に基づけば、円板間隔  $\delta_D$  が一定の場合、全圧力損失係数は内・外径比が0.6から0.8の領域では0.01~0.02と極めて小さい。しかし、この領域より大きくても小さくても損失は急激に大きくなる<sup>(10)</sup>。また、揚程は内・外径比が小さくなるにつれて高流量域で低く、低流量域で高くなる傾向を示す。図6は回転数が2960rpmの翼付き円板ファンについて内径が空力特性に及ぼす影響を示したものである。最高効率の内半径  $R_i$  が70mm(△印)と80mm(□印)(内・外径比=0.7, 0.8)では50%とほぼ同じであるが、 $R_i$  が50mm(○印, 内・外径比=0.5)になれば最高効率は約6%低下する。これは前述したように全圧力損失が増大する

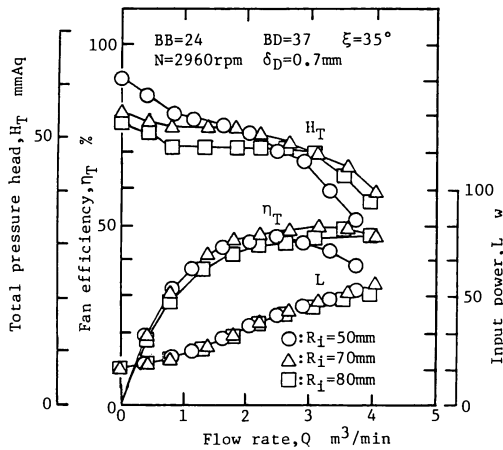


図6 性能曲線に及ぼす円板内径の影響

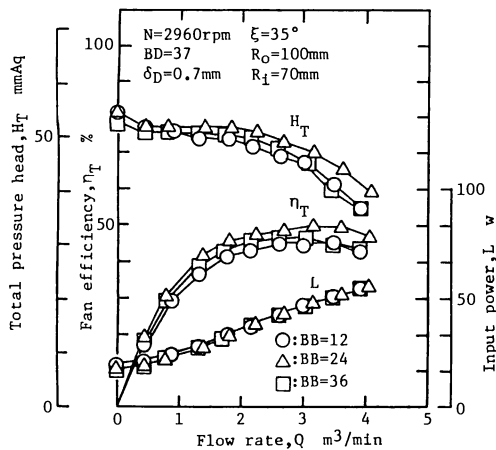


図7 性能曲線に及ぼす翼枚数の影響

ためと考えられる。また、 $R_i$  が50mmと70mmを比較してみると高流量域では70mmが低流量域では50mmが高い。本実験では  $\delta_D$  が0.7mmと一定であり、円板すきまが狭いので翼の影響は円板の影響に比べて小さく、上述の翼なし多層円板ファン(層流ファン)と同様の結果となっている。

図7はファンの流体力学的特性に与える翼枚数の影響を回転数  $N$  が2960rpmについて示したものである。翼枚数が24枚(△印), 36枚(□印), 12枚(○印)の順で全圧効率, 全圧ヘッドともに減少している。この原因として、翼枚数が36枚と多くなれば、翼間における通路断面積が狭くなり、流速が増加し、摩擦損失や翼出口での混合損失が増えること、逆に12枚と少なくなれば、流れの周方向非一様性が強くなり、そのため混合損失が増えることなどが考えられる。したがって本実験範囲内では翼枚数は24枚近傍が全圧ヘッド, 全圧効率ともに高く、最適であることがわかる。

4.2 羽根車出口の速度分布 図8は羽根車出口の絶対速度  $V_2$  に与える翼取付角  $\xi$  の影響を最高効率点について示したものである。図8中の○, △印および□印はそれぞれ  $\xi=90^\circ, 35^\circ$  および  $25^\circ$  の場合であり、それぞれ測定場所 M1~M4(図2)の平均値を呈示している。図8から  $\xi$  が大きくなるにつれて  $V_2$  は増加することがわかる。

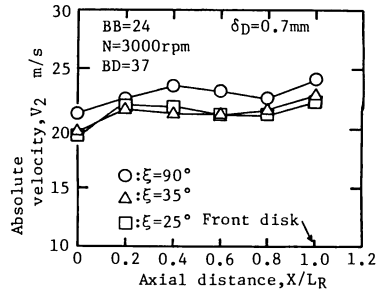


図8 絶対速度に与える取付角の影響

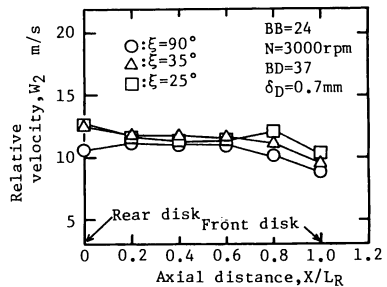


図9 相対速度に与える取付角の影響

図9には実測した4点の平均絶対速度と平均流出角から出口速度三角形を用いて算出した相対速度  $W_2$  を示している<sup>7)</sup>。相対速度は  $\xi$  が大きくなるにつれて減少する傾向が見られる。しかし  $\xi=45^\circ$  と  $35^\circ$  ( $\Delta$ ,  $\square$  印) ではほとんど差異はない。乱流騒音は基本的には相対速度の六乗に比例することを考慮すれば、 $\xi$  をあまり小さく採ることは図4に示した空力特性と同様に騒音の面からも好ましくないといえる。

図10は出口偏差角分布に及ぼす翼取付角  $\xi$  の影響を  $BB=24$ ,  $N=3000$  rpm,  $\delta_D=0.7$  mm の場合について表したものである。偏差角の絶対値が小さいほど流れが翼に沿っていることを示している。図10から  $\xi$  が  $35^\circ$  と  $25^\circ$  の場合は、流れはほぼ翼に沿って流れているが、 $90^\circ$  の場合には出口偏差角は  $-40 \sim -70^\circ$  の範囲にあり流れはく離している可能性がある。

#### 4.3 発生騒音

**4.3.1 騒音のスペクトル分布** 図11は円板間隔  $\delta_D$  が  $0.7$  mm の羽根車について取付角  $\xi$  が騒音のスペクトル分布に及ぼす影響を最高効率点について示したものである。羽根車の回転数は  $2960$  rpm である。図11からほぼ全周波数帯域において  $\xi=35, 25, 90^\circ$  の順

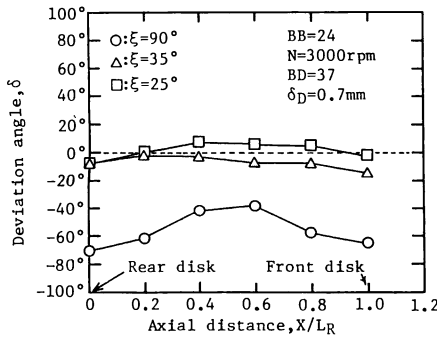


図10 出口偏差角に及ぼす取付角の影響

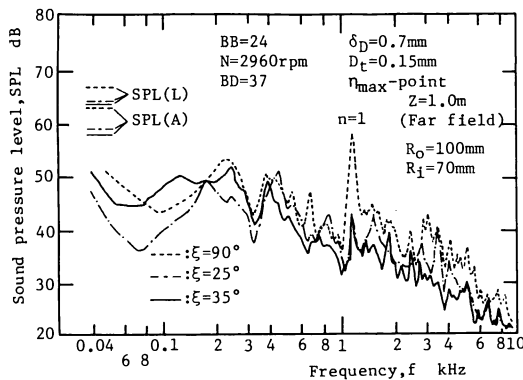


図11 騒音のスペクトル分布(取付角の影響)

に音圧レベルは増加しており、特に  $\xi=90^\circ$  の場合  $1.2$  kHz に高いレベルの離散周波数騒音が発生しているのがわかる。この離散周波数騒音が、 $\xi$  が増加するに伴い増加するのは、本研究では翼弦長を一定に、前縁距離(円板内縁と翼前縁との距離)を  $1$  mm 以上採っているため、 $\xi$  が増加するに伴い翼後縁と舌部との距離  $L_{BT}$  が短くなるためである ( $\xi=90^\circ$  の場合  $L_{BT}=9$  mm)。これは第1報の図11の一点鎖線 ( $L_{BT}=13$  mm,  $L_t=8$  mm) と本図の破線を比較すれば明らかである。この比較から  $\xi=90^\circ$  の場合も  $L_{BT}=13$  mm にすれば干渉騒音は乱流騒音レベルまで下げられるが、図4で説明したように弦長が短くなるので空力特性は下がる。したがって、騒音の面からは翼弦長が一定の場合には  $L_{BT}$  が  $15$  mm 程度になるように  $\xi$  を決めることが肝要である。

図12は円板内径が騒音のスペクトル密度分布に及ぼす影響を3種類の内径について示したものである。なお、翼の取付角は  $35^\circ$ 、円板間隔は  $0.7$  mm、翼枚数は  $24$  枚、回転数は  $2960$  rpm であり、翼通過周波数は約  $1184$  Hz である。 $R_i$  が  $80$  mm の場合には図12中の  $n=1$  で示される  $1.184$  kHz に音圧レベルのピークが存在するが、これは内径を大きくした分、翼後縁が舌部に近づき、後流の拡散があまり促進されないまま円板から流出するため、その流れと舌部との強い干渉が発生したためである。また、 $R_i$  が  $50$  mm において約  $2$  kHz に離散周波数騒音の発生が見られるが、この音は  $R_i=80, 70$  mm には発生しないことや羽根車の固有振動数の測定結果を考慮して、これは円板の片持支持部が長くなったため、円板が振動し、これと装置とが共鳴したために発生したものと考える。

図13は翼枚数が騒音のスペクトル分布に及ぼす影響を最高効率点について示したもので、図13中の破

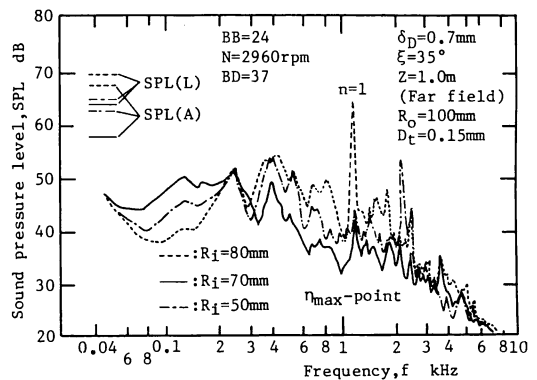


図12 騒音のスペクトル分布(円板内径の影響)

線、一点鎖線および実線はそれぞれ翼枚数 BB が 36, 12 枚および 24 枚の結果である。なお、実験時の回転数は 2960 rpm である。全帯域騒音 [SPL(L)] は BB が 36 枚と 24 枚では大差ないが、12 枚になると 24 枚に比べ 3 dB 減少しており、翼枚数に比例していることがわかる。36 枚の場合には翼間が狭くなり翼同士が干渉するため各翼が独立した音源となり得ないために翼枚数に比例しなかったことが推測される。0.4~0.6 kHz に盛り上がりが見られる騒音は翼なし多層円板ファン(第1報参照)との比較から翼後縁から放出される渦によるものと考えられる。

**4.3.2 全帯域騒音の流量特性** 図 14 は翼の取付角  $\xi$  が全帯域騒音に及ぼす影響を示したもので、図 14 中の白抜きと黒塗りの記号はそれぞれ騒音計の L 特性 [SPL(L)] と A 特性 [SPL(A)] で計測された結果である。SPL(L) で比較すれば、 $\xi$  が 25° と 35° (△, □印) とは差はほとんどないが 90° (○印) の場合は 3 dB ほど高い。これは主として図 11 で示したように翼と舌部との干渉による干渉騒音のためである。SPL(A) の場合も同様の傾向が見られる。

図 15 は円板内径  $R_i$  が全帯域騒音に及ぼす影響を翼スパン  $\delta_D$  が 0.7 mm, 取付角  $\xi$  が 35° について示

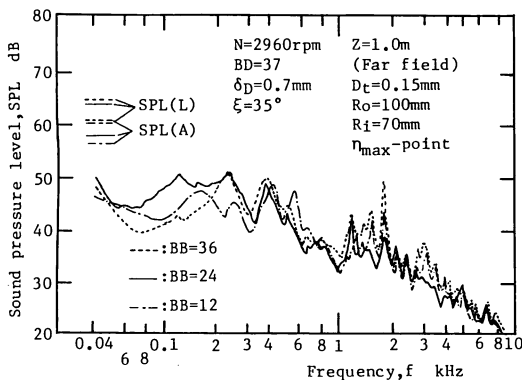


図 13 騒音のスペクトル分布(翼枚数の影響)

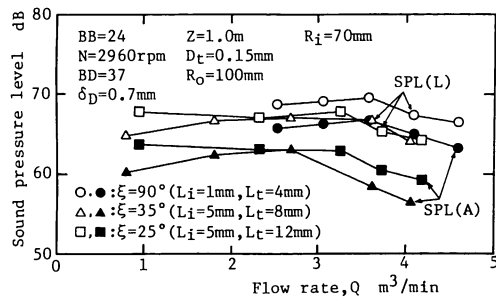


図 14 全帯域騒音に及ぼす取付角の影響

したものである。L 特性(白抜き記号)では  $R_i$  が 70, 50, 80 mm の順に音圧レベルが高くなる。本実験では翼弦長は一定としているため翼後縁と舌部との距離は内半径が大きくなるにつれて小さくなる。その距離は  $R_i$  が 50, 70, 80 mm に対して 27, 13, 6 mm となる。したがって翼後流と舌部との干渉騒音レベルは前報で示したようにこの順に高くなるが、その距離が 13 mm 以上になるとその差は極めて小さい。 $R_i=80$  mm が音圧レベルが最も高いのは主としてこの干渉騒音が高いためである。また、 $R_i=50$  mm が  $R_i=70$  mm よりも音圧レベルが高い原因として前者が後者よりも円板面積が大きいため放射面積が大きくなることが考えられる。しかしながら、A 特性(黒塗り記号)では前者が後者よりもほぼ全流量域で低い。このことは低周波数成分の音響エネルギーが前者が後者よりも多いことを意味している。以上の結果より翼付きファンにおいては舌部と翼後縁との距離を 13 mm 程度保つことが必要である。

図 16 は翼枚数が全帯域騒音に及ぼす影響を 3 種類の枚数をパラメータとして表したものである。翼枚数が 36 枚と 24 枚とでは差異はほとんど見られない。このことは両者の音源の数がほぼ同一であることを示唆している。この一因は 36 枚になると翼間の流路幅が狭くなり、翼同士が干渉することにあると考える。翼枚

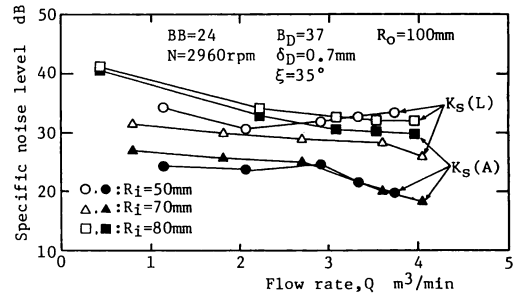


図 15 全帯域騒音に及ぼす円板内径の影響

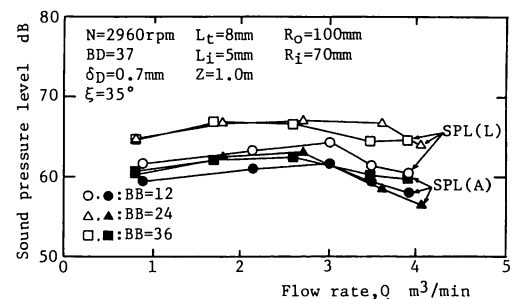


図 16 全帯域騒音に及ぼす翼枚数の影響

数 12 枚と 24 枚では全流量域にわたって後者が前者より約 3 dB 音圧レベルは高くなっており、それぞれの翼が音源として互いに独立していることが示される。

これらのことから、本報で対象としている翼付き多層円板ファンの支配的騒音は乱流騒音であり、その発生機構は翼面上、円板面上の乱流境界層および翼後縁から放出される渦によることが考えられる。また、スペクトル分布形がほぼ同じであることから判断して、全流量域にわたって発生機構は同じであることが推測される。

**4・3・3 比騒音レベル** 比騒音レベル  $K_s$  は送風機の良否の一つの目安とされているものであり、式(2)で定義されている。 $K_s$  の値が低いほど良好な羽根車とされている。

$$K_s = \text{SPL} - 10 \log_{10}(QP^2) + 20 \dots\dots\dots (2)$$

ここで SPL は音圧レベル (dB)、 $Q$  は流量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )、 $P_T$  は全圧上昇 (Pa) である。

図 17 は翼取付角  $\xi$  が比騒音レベルに及ぼす影響を  $\xi=90, 35, 25^\circ$  の 3 種類について示したものである。白抜きの記号は  $L$  特性で計測した音圧レベルに、黒塗りの記号は  $A$  特性の音圧レベルに基づいて算出した結果である。図 14 に示した SPL で比較すれば、相互の差は小さいが、比騒音レベルでは、 $K_s(L)$ 、 $K_s(A)$  とともに  $\xi=35^\circ$  (△, ▲印)、 $25^\circ$  (□, ■印)、 $90^\circ$  (○, ●印)

の順にやや高くなっている。これは 4・3・2 項で述べたように翼を立てると翼後流と舌部との干渉騒音が増加し全帯域音圧レベルが高くなるためであり、一方あまり寝せ過ぎると全圧が低下し、式(2)の右辺第 2 項が小さくなるためである。

図 18 は円板内径が比騒音レベルに与える影響を回転数が 2960 rpm について示したものである。本実験範囲内ではこの場合も図 15 に示した SPL と同様に  $K_s(L)$  は円板内径  $R_i$  が 70, 50, 80 mm の順に高くなっている。これは圧力や流量より音圧レベルがより強い支配的要因となっているためである。また、 $K_s(A)$  では  $R_i$  が 70 mm と 50 mm とでは差はほとんどない。以上の比騒音レベルが全流量域で低いこと、図 15 で示した SPL の結果および図 6 で示したように全圧効率が全流量域でいちばん高いことなどから判断して、 $R_i/R_0=0.7$  近傍に設計条件として最適値が存在すると考えられる。

図 19 は円板肉厚が比騒音レベルに与える影響を示したものである。 $K_s(L)$  では円板肉厚による差は見られないが、 $K_s(A)$  では 0.15 mm の場合が低くなっている。これは円板肉厚を薄くすることによって広帯域騒音のエネルギー分布が低周波数側へ片寄ったことを意味する。

4・3・2 項で広帯域騒音は翼枚数に比例することを示

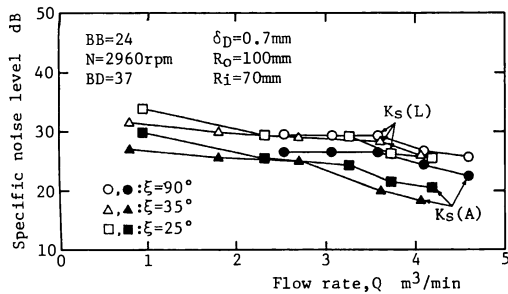


図 17 比騒音レベルに及ぼす取付角の影響

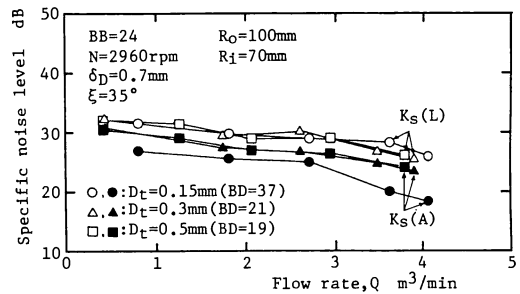


図 19 比騒音レベルに及ぼす円板肉厚の影響

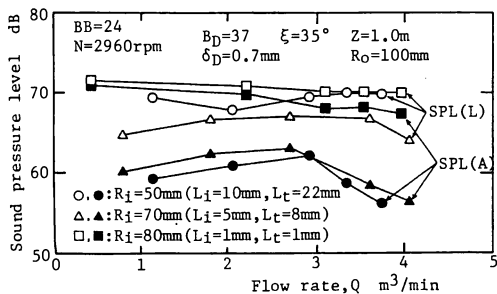


図 18 比騒音レベルに及ぼす円板内径の影響

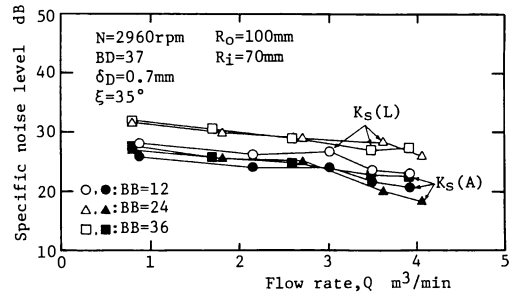


図 20 比騒音レベルに及ぼす翼枚数の影響

した。特性曲線より判断すれば翼枚数は24枚が効率、圧力ともに高い。これらを別々に検討したのでは、最適値は得られない。図20は翼枚数が比騒音レベルに与える影響を回転数が2960rpmについて示したものである。 $K_s(L)$ ,  $K_s(A)$ ともにほぼ全流量域で比騒音レベルが最も低いことより、本実験範囲ではBB=12の羽根車がいちばん良好といえる。

## 5. 結 論

本研究では翼付き多層円板ファンに関して、翼取付角、円板内径、円板肉厚、翼枚数がファンの空力特性および騒音に与える影響を実験的に調査した。その結果、次の結論を得た。

(1) 翼取付角 $\xi$ が大きいほど全圧ヘッドは増加するが、全帯域騒音も増加するので、比騒音レベルで比較すれば、本研究範囲では $\xi=35^\circ$ がほぼ全流量域でレベルが低く、この近傍に最適取付角が存在する。

(2) 円板肉厚が薄いほど羽根車出口における拡大損失が小さくなるので、全圧ヘッドは増加する。一方、比騒音レベル $K_s(A)$ も全流量域で低くなるので、肉厚は薄いほうが望ましい。

(3) 円板内径が小さいと低流量域で、大きいと高流量域で全圧ヘッドは高くなる。音圧レベルは内径が80mmになると翼後縁と舌部との間隔が狭くなり過ぎて干渉騒音が増加するため全帯域音圧レベルは全流

量にわたって高い。内径を50mmにすれば、音の放射面積が増大するため騒音が高くなる。本研究範囲では70mmの場合が、音圧レベルは最も低く、比騒音レベルも低い。したがって、最適円板内径は70mm近傍に存在する。

(4) 翼枚数24枚の場合が全圧効率、全圧ヘッド、最大流量とも若干高く、12枚と36枚では大差ない。比騒音レベルはほぼ全流量域で12枚が多少低いことを勘案すれば翼枚数は12~24が望ましい。

おわりに本研究に協力された長崎大学大学院生の筒井丈雄氏に謝意を表す。

## 文 献

- (1) Embleton, T. F. W., *J. Acoust. Soc. Am.*, 35-5(1963), 700.
- (2) Mugridge, B. D., *J. Sound Vib.*, 16-4(1971), 593.
- (3) Mugridge, B. D., *J. Sound Vib.*, 18-4(1973), 475.
- (4) Sharland, I. J., *J. Sound Vib.*, 1-3(1964), 302.
- (5) Clark, L. T., *Trans. ASME, Ser. A*, 93-4(1971), 366.
- (6) 深野・ほか2名, 機論, 41-345(1975), 1479.
- (7) 深野・ほか2名, 機論, 43-375(1977), 4168.
- (8) 深野・ほか2名, 機論, 51-468, B(1985), 820.
- (9) 児玉・深野, 機論, 54-500, B(1988), 883.
- (10) 児玉・ほか4名, 長崎大学工学部研究報告書, 21-35(1990), 21.
- (11) 児玉・ほか3名, 機論, 55-518, B(1989), 3096.
- (12) 濱田・ほか5名, 機論, 59-567, B(1993), 3422.