

# 流体の方向転換に伴う諸問題 (第7報 軸流送風機の性能改善)

緒方正幸\* 上松順二\*\*

## 1. 序

前報までの様に翼列の実験として平板翼列を用いて性能改善対策について研究を進めてきた<sup>(1)~(5)</sup>。すなわち翼列においては二次流に伴って翼脊側の壁面沿いに渦流を生じ、この渦流域においては渦にエネルギーを取られるために圧力に回収出来るエネルギーが小さくなるといわれている。これを改善する方法として翼前縁の壁面部にテーパのついた突起を設けた翼を考案し、渦流域にエネルギーの豊富な中央部の主流からエネルギーを分岐補充し性能改善を行なった。今回はこの改善対策をトンネル工事、地下駐車場の排気ガス換気、排煙、他に冷却用、乾燥用として実用されている単段軸流送風機の翼に適用し、改良前後の性能を測定して比較することによって、突起の有効性、即ち(1)効率を向上させる、(2)風圧を向上させる、そして(3)操業可能範囲の拡大、を確認することに取り組んできた。以下これについて報告する。

## 2. 記号

本研究においては次のような記号を用いている。

$A$ : 管路断面積	$[\text{m}^2]$
$c$ : 翼弦長 (=90mm)	$[\text{mm}]$
$D$ : 測定部直管直径 (=475mm)	$[\text{mm}]$
$g$ : 重力の加速度 (=9.8m/s <sup>2</sup> )	$[\text{m/s}^2]$
$h$ : 改良翼に取付けた突起の高さ	$[\text{mm}]$
$h_d, h_s, h_t$ : 動圧, 静圧, 全圧	$[\text{mmAq}]$
$i$ : 迎え角	$[\text{°}]$
$L$ : 全圧空気動力	$[\text{kW}]$
$L_s$ : 軸動力	$[\text{kW}]$
$l$ : 改良翼に取付けた突起の長さ	$[\text{mm}]$
$P$ : 空気の絶対圧力	$[\text{kg/m}^2]$
$p$ : ピッチ (=90mm)	$[\text{mm}]$
$Q$ : 流量	$[\text{m}^3/\text{min}]$
$R$ : ガス定数 (=29.27m/k)	$[\text{m/k}]$
$r_1 \sim r_5$ : 流速測定点	$[\text{mm}]$
$T$ : 空気の絶対温度	$[\text{k}]$
$W$ : 流速	$[\text{m/s}]$
$W_1, W_2$ : 翼列前後の理論流速	$[\text{m/s}]$

\* 理工学部機械工学科助手 流体工学

\*\* 理工学部機械工学科教授 流体工学

$W_a, \Delta W$ : 軸流及び偏向流の理論流速	[m/s]
$\alpha_1, \alpha_2$ : 流入角, 流出角	[°]
$\gamma$ : 空気の比重量	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\eta$ : 効率	[%]
$\xi$ : 取付角 (=30°)	[°]
$\phi$ : 無次元静圧上昇率	[-]
-は平均値を表わす。	

### 3. 実験装置, 実験方法

#### 3. 1 実験装置

図1に実験装置の概略及び名称を示す。測定管路は内面が十分滑らかなものである。風量の測定には $\phi 6$ のJISタイプのピトー管を用い、このほかに使用機器として電力計、回転速度計、気象計などを用いる。ピトー管より得られた動圧、静圧の計測には小型万能デジタル測定器を用いた。

供試単段軸流送風機、電動機の仕様、概略を表1、図2にそれぞれ示す。

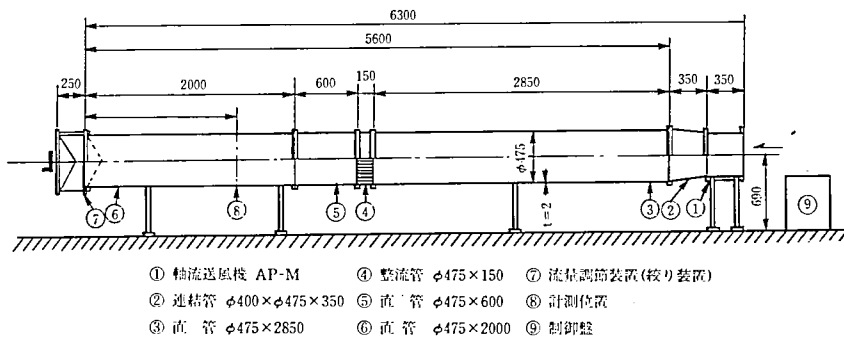


図1 実験装置

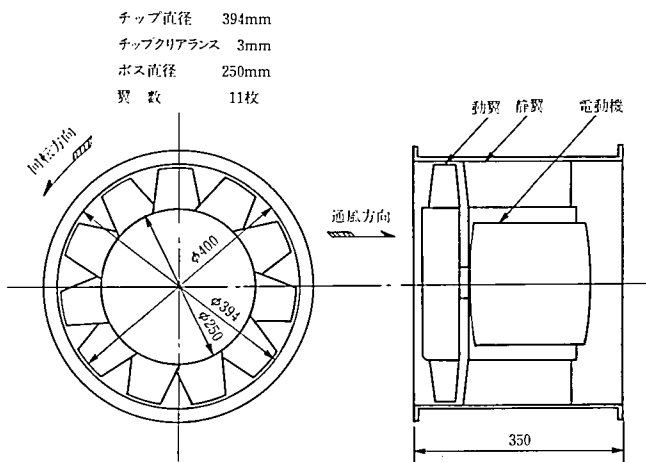


図2 供試送風機, 電動機

表 1 供試送風機、電動機の仕様

送風機		電動機	
形式	AP-M	形式	TFO-K
風量	60m <sup>3</sup> /min	電圧	200V
風圧	13mmAg	周波数	50～
回転数	1500rpm	回転数	1500rpm
温度	20℃	出力	0.3kW
番号	MFG No.8285867	番号	MFG No.B 23463615

### 3. 2 実験方法

計測，結果のまとめは JIS<sup>®</sup> に従っておこなう。

計測は風量調節装置によって全開の状態から絞りはじめ，サージングポイント前後までの間で数種類の風量に対して行なう。各風量毎に回転数，電動機入力，静圧，動圧を計測し，風量の測定はピトー管を計測位置に取り付けて図 3 に示すように測定管路内の各測定点において，その動圧測定値  $h_{d1} \sim h_{d20}$  の平均値  $\bar{h}_d$  より式(2)，(3)により算出する。

改良（突起を取り付けた）翼についても同様な計測を繰り返す。

尚 動圧  $h_{d1} \sim h_{d20}$  の各点の測定についてはデータの信頼性を得るために，4 秒間隔で 10 点計測し，その 10 点の内大小 2 データずつを取り除き残りの 6 点の平均値を取ってその計測点の動圧値  $\bar{h}_d$  とした。

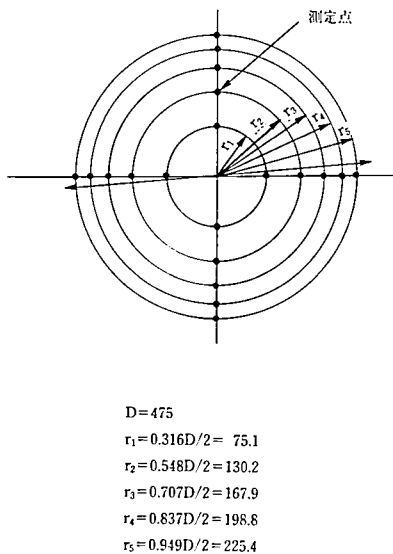


図 3 ピトー管による流速の測定点

### 3. 3 改良翼（突起）の寸法決定，制作

図 4<sup>(4)</sup> に示す様に配置された図 5<sup>(4)</sup> に示す 3 種類（在来翼，改良翼 I 形，改良翼 II 形）の翼列によって行なった実験結果の一例として  $\phi-i$  曲線を図 6<sup>(4)</sup> に示す。他の改良翼の

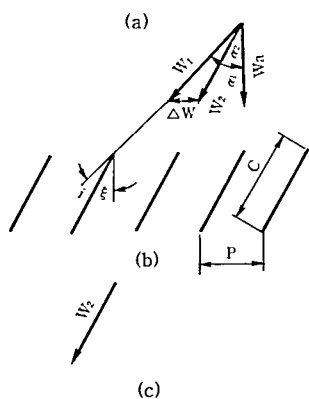


図4 翼列実験の記号説明

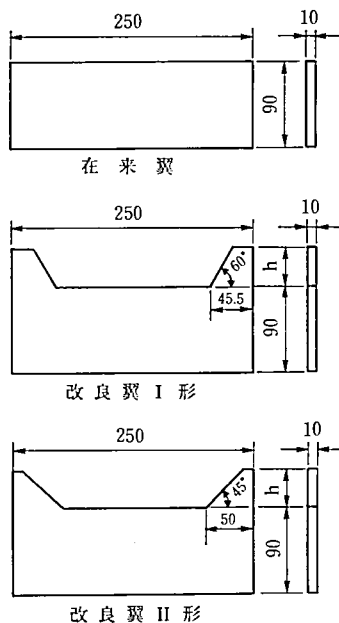


図5 翼列の実験翼

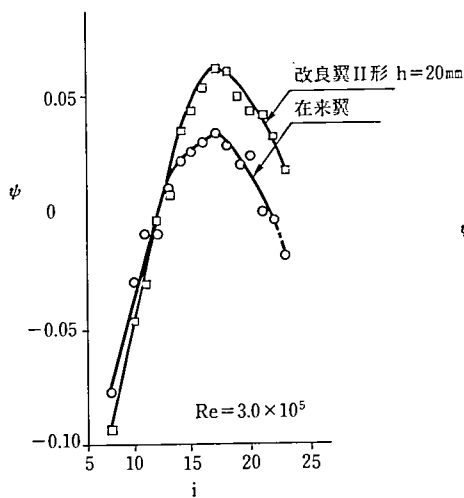


図6 無次元静圧上昇率と迎え角

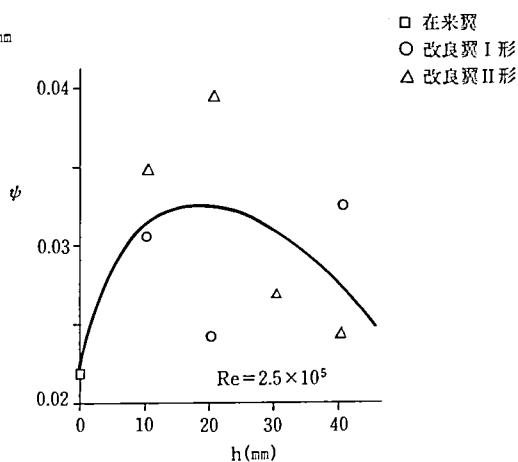


図7 無次元静圧上昇率と突起高さ

翼列も類似した特性を示す。すなわち  $i$  が小さい間はその値が増すと共に  $\psi$  の値は大きくなるが、 $i=15^\circ$  に近づくとその増加率は減少し、 $i=15^\circ$  を越えると以後あまり増加せずやがて急減少する。このことを参考にして各翼列の性能比較を  $i=15^\circ$  で比較して、図7<sup>(4)</sup>に  $h-\psi$  曲線で示すと改良翼II形で  $h=20\text{mm}$  が改善度合が大きくなっているの、この  $h$  の値を基にして翼列実験の翼と供試送風機の翼との面積比と改良翼II形の寸法を考慮して形状を決めると図8の様な突起を得る。それゆえ本報告では  $h=15\text{mm}$  の突起をつけた改良翼を製作する。

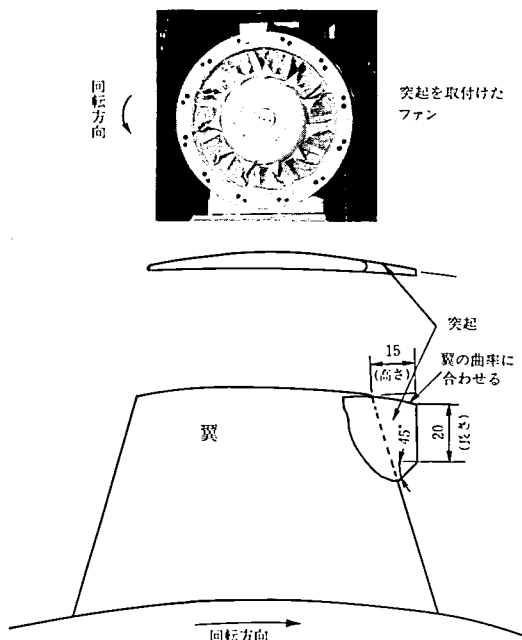


図8 突起形状, 取り付け方

製作する突起は軽量で加工しやすい材料の石膏を用いた。

突起部分の加工は次のことを考慮して形枠を製作し石膏を注入し完成させる。(1)翼頂と翼頂より20mm下で10mm伸ばした時の延長翼頂と腹側延長との相対位置, (2)翼の先端は現有翼の先端と同じとする。

形枠材料は常温硬化で離形性のすぐれているシリコンラバーを使用する。

取付方法としては図8に示す如く取付部に段差が生じない様に, 遠心力で突起が飛ばされない様に, また突起部における空気抵抗を減少さす様にアルミテープを用いて固定する。実機に取付けた状態の写真を図8に示す。

突起の翼頂部分は翼の曲率と同一としチップクリアランスは3mmを保ようにする。

## 4 実験結果及び考察

### 4. 1 データの整理

空気の比重量  $\gamma$ , 平均流速  $\bar{W}$ , 風量  $Q$  は(1), (2), (3)で算出する。

$$\gamma = \frac{P}{RT} \quad (1)$$

$$\bar{W} = \sqrt{\frac{2gh_d}{\gamma}} \quad (2)$$

$$Q = 60A\bar{W} \quad (3)$$

全圧空気動力  $L$ , 送風機効率  $\eta$  は(4), (5)で算出する。

$$L = \frac{Qh_t}{60 \times 102} \quad (4)$$

$$\eta = \frac{L}{L_s} \times 100$$

(5)

4. 2 結果, 考察

得られた計測値よりそれぞれ式(1)~(5)を用いて整理した結果を表 2, 3 のようにまとめ、図 9, 10, 11, 12 に改良前後の送風機性能曲線の比較を示す。

静圧値に対しては図 9 に示す通り流量 60~80m<sup>3</sup>/min にわたって改良翼のほうが上まっている、全圧値（図 10）もほぼ類似しており改善度合を定格風量の m<sup>3</sup>/min で比較すると、静圧で 15.4mmAq から 16.0mmAq に、全圧で 17.2 から 18.0 に上昇し、それぞれ約 4%と 5%の改善効果が見られた。

動力に対しては図 11 に示す様に 70m<sup>3</sup>/min 付近では改良前後で同値であるが 60, 80 m<sup>3</sup>/min 付近で改良前に比較して小さい動力である、定格規定風量時で 0.396kWが 0.392

表 2

風 量	静 圧	全 圧	軸 動 力	全圧空気動力	効 率
Q	h <sub>s</sub>	h <sub>t</sub>	L <sub>s</sub>	L	η
(m/min)	(mmAq)	(mmAq)	(kW)	(kW)	(%)
55.56	16.20	17.78	0.384	0.159	41.27
57.04	15.94	17.67	0.388	0.165	42.44
59.73	15.63	17.51	0.400	0.171	42.73
60.98	15.16	17.14	0.392	0.171	43.56
62.59	14.48	16.52	0.392	0.169	43.11
64.73	13.41	15.63	0.396	0.165	41.75
65.51	12.77	15.04	0.396	0.161	40.65
72.31	8.14	10.78	0.372	0.127	34.25
74.83	6.74	9.56	0.364	0.117	32.10
80.35	2.98	6.36	0.352	0.084	23.73
83.41	1.68	5.30	0.344	0.072	21.01

表 3

風 量	静 圧	全 圧	軸 動 力	全圧空気動力	効 率
Q	h <sub>s</sub>	h <sub>t</sub>	L <sub>s</sub>	L	η
(m/min)	(mmAq)	(mmAq)	(kW)	(kW)	(%)
58.92	16.13	17.93	0.392	0.173	44.04
61.32	15.08	17.03	0.392	0.171	43.54
61.95	14.83	16.82	0.392	0.170	43.43
62.74	14.74	16.75	0.392	0.172	43.82
63.37	14.60	16.86	0.392	0.173	44.07
65.36	14.43	16.66	0.392	0.178	45.38
66.02	13.01	15.27	0.388	0.165	42.45
66.70	12.86	15.16	0.392	0.165	42.16
67.83	12.35	14.72	0.388	0.163	42.06
69.39	11.97	14.41	0.376	0.163	43.45
70.46	11.17	13.74	0.388	0.158	40.76
73.25	8.28	11.06	0.372	0.132	35.60
74.83	6.61	9.51	0.364	0.116	31.93
77.88	5.71	8.78	0.352	0.112	31.73
81.28	2.90	6.24	0.340	0.083	24.37
83.11	1.60	5.11	0.332	0.069	20.88
81.94	1.63	5.04	0.324	0.067	20.82
83.77	1.79	5.35	0.332	0.073	22.06

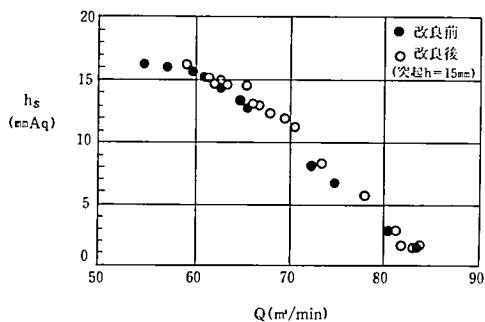


図9 特性曲線(静圧と流量)

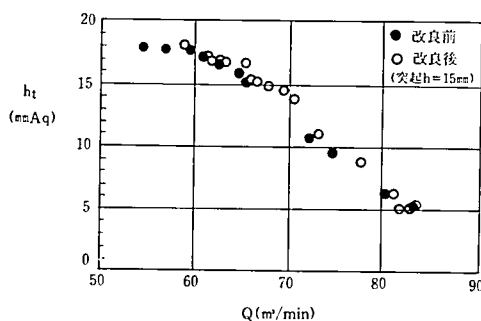


図10 特性曲線(全圧と流量)

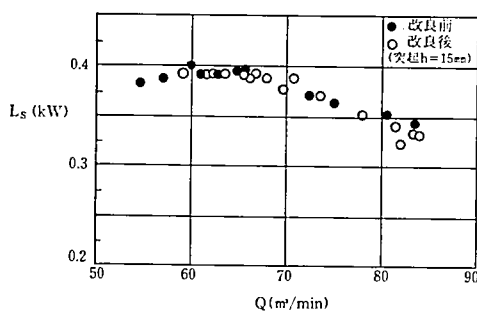


図11 特性曲線(軸動力と流量)

kWと-1.0%となり、同風量の場合、わずかであるが動力軽減を果たしている。

効率に関してはほぼ全流域にわたって改良翼の方が上回り改善度合で43%から44.5%の3.5%上昇であった。

図13には流量調節装置のバルブを一定(=90mm)にした時の測定位置における速度分布を示している、これによると管壁付近の速度勾配が改良前に比較して改良後は小さくなっている。これは突起を付けることによって主流のエネルギーの一部をチップ側に導いている事が理解出来る。この結果、翼の失速発生を遅らせる役目を果たす。また同一バルブ開度でも改良翼を用いた方が高流速が得られ、このことから改良翼は効果を発揮

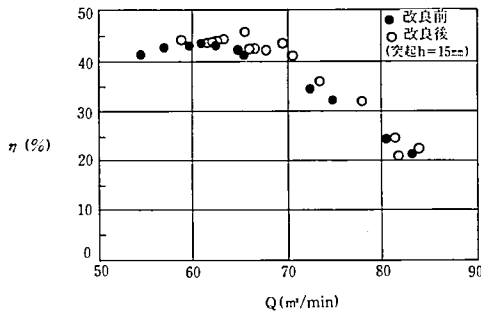
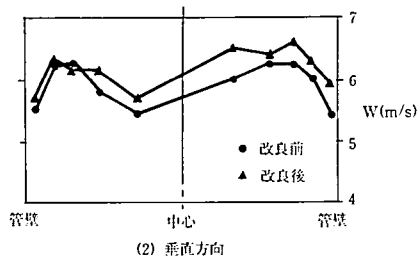
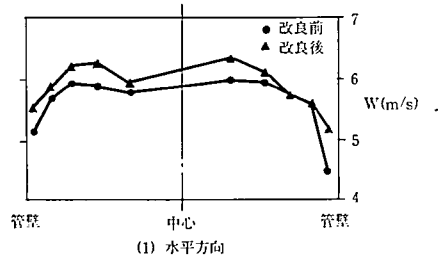


図 12 特性曲線(効率と流量)



(2) 垂直方向



(1) 水平方向

図 13 計測位置における流速分布(同開度の場合)

している。

## 5 まとめ

実験の結果は以下のまとめたとき成果をあげた。

(1) 実用されている軸流送風機翼のチップ側に高さ  $h=15\text{mm}$ 、長さ  $l=25\text{mm}$ 、突起斜面部の角度は  $45^\circ$  の運転に支障のない大きさの突起を取付ることによって、効率で  $3.5\%$ 、静圧で  $4\%$  の上昇があり性能改善がみられ、突起の有効性が確認された。

(2) ボス側に偏りつつある主流を突起を取付けることにより主流の持つエネルギーの一部を翼チップ側に導き翼チップ側から発生する失速を遅らせる。すなわちこれも有効に使える風量すなわち操業可能範囲を拡大する事の一因であろう。

(3) 同風量を得る場合、改良翼の方が動力がわずかであるが小さくなり経済的である。

以上の様に本報告では一例のみであったが実用性に富んだ改良翼を完成の手掛かりを得た。



今後の課題としては(1) 突起の形状(長さ, 厚さ), (2) 突起の取付方法(先端をキャンパーライン上, 翼腹側延長上), (3) 騒音対策 等を検討し更に有効な突起を創る。尚, 本研究は多くの卒業研究生によって数年にわたり採取された記録を基にしました, 学生諸氏に謝意を表わします。

#### 参考文献

- (1) 緒方・上松 「流体の方向転換を伴う諸問題」 明星大学研究紀要－理工学部 第17号 P77-91 1981-3
- (2) 緒方・上松 「翼列及び壁面により形成される流路の性能改善対策」(第1報 改良翼 I 形の性能調査) 機講論 No.810-6 P126-132 1981-4
- (3) 緒方・上松 「流体の方向転換を伴う諸問題」(第2報) 明星大学研究紀要－理工学部 第18号 P59-70 1982-3
- (4) 緒方・上松 「軸流圧縮機翼列の性能改善」(第1報 二種の改良翼翼列の失速点の改善) 機講論 No.827-2 P186-193 1982-10
- (5) 緒方・上松 「流体の方向転換を伴う諸問題」(第6報 翼列通路内の流れについて) 明星大学研究紀要－理工学部 第25号 P79-91 1989-3
- (6) JIS B 8330 「送風機の試験及び検査方法」 日本規格協会 1976