

토출구의 형상에 따른 원심 송풍기의 성능특성

김재원* · 김진민** · 이국도**

Characteristics of Performance for Centrifugal Blower with Different Outlet Geometries

Jae-Won Kim*, Jin-Min Kim**, Kook-Do Lee**

Key Words : Centrifugal Blower(원심송풍기), Scroll Casing(스크롤 케이싱), Inlet Resistance(흡입 저항), Flow Visualization(가시화), Fluctuation(맥동)

ABSTRACT

Comprehensive investigation on the outlet's geometric shapes of a centrifugal blower with higher inlet resistance than an atmospheric pressure is carried out for improvements of its performance. Most unwanted behaviors of such blower are pulsating flows because of unbalance between inflows and outflows in a scroll casing. In order to reduce this undesirable phenomenon a triumph is made for both the shape of outlet duct and an accessory structure inserted in the outlet port of the blower. The modification on the shape is concerned with the contraction of cross sectional area and the attached structure is for an intentional obstruction to cause a flow resistance. The details of the modification are examined for different cases and results. The methodologies for the work are performance evaluations including noise level and velocity measurements with PIV. Consequently, the performance of improved system is close to that of the system operating with atmospheric pressure at the inlet.

1. 서 론

본 연구는 친환경적 가전기기인 공기청정기에서 사용되는 원심형 송풍기의 성능 향상에 관한 연구이다. 21세기를 접어들면서 환경에 대한 관심과 생활 수준의 질적 향상등에 의한 보다 폐적인 환경에서 생활하고자 하는 인간의 욕망은 점점 증가되고 있다. 또한 최근 새집증후군(Sick-House) 문제로 공동생활 공간내의 실내환경에 대한 관심이 증가되고 있다.⁽¹⁾ 이로 인하여 실내공기 개선을 위한 제품들이 속속 등장하고 있다. 공기청정기도 실내 공기

질 향상을 위한 제품으로 많은 기업체에서 신제품을 쏟아 내고 있다. 하지만 공기청정기는 기존의 송풍기 시스템과 다른 작동환경을 가지고 있기 때문에 기존의 송풍기 설계 방법으로는 소비자들이 원하는 조용하고 성능이 좋은 제품을 개발하기에 다른 어려운 요인이 있다.⁽¹⁻²⁾

공기청정기는 기기 특성상 송풍기 전단에 유동저항이 큰 필터 시스템이 장착되어 진다. 이로 인하여 오염된 공기가 청정 공기로 재 생산 되기 때문에 반드시 필요하지만 송풍기의 성능에 지배적인 영향을 미쳐 필터 시스템이 없는 송풍기 시스템보다 유체역학적 성능이 현저히 떨어지게 되는 것이다.⁽²⁾

이에 본 연구에서는 고 흡입저항을 가진 송풍기 시스템을 분석하여 고 효율, 저 소음의 송풍기 시스

* 선문대학교 기계공학부

** 선문대학교 대학원 기계공학과

E-mail: jwk@sunmoon.ac.kr

템을 개발하기 위한 선행연구로 기존 송풍기 시스템과 흡입저항이 큰 필터시스템을 장착한 송풍기의 성능을 비교하여 필터시스템에 의한 송풍기 유체역학적 성능저하를 확인하고, 스크를 케이싱의 형상변경과 토출구 내부의 구조물 설치에 의한 성능변화를 관찰하여 단편적이지만 기존의 송풍기 개발기법과 다른 고 흡입저항을 가진 송풍기 시스템의 설계 기법을 개발하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 풍동 무향실

시료의 소음 측정을 위하여 Fig. 1에 나타낸 풍동 무향실을 이용하였다. 풍동 무향실은 무향실과 풍동이 결합되어 있어 무향실 단독으로 각종 기기류의 음향 특성 연구와 소음원 측정 및 분석을 할 수 있고 무향실에 결합되어 있는 풍동을 가동하여 유체역학적 성능을 확인 할 수 있다. 풍동 무향실은 무향실과 방음실, 풍동실로 구성되어 있으며 무향실의 cut-off frequency는 125Hz이고, 암소음은 17dBA이다. 풍동은 4~80m³/min까지의 유량범위가 측정 가능하다. 또한 방음실에서는 16채널의 LMS사의 PIMENTO 소음 및 진동 측정장비가 배치되어 소음 측정 및 분석을 수행하게 된다.

2.2 팬테스터

시료의 유체역학적 성능을 확인하기 위하여 사용한 팬테스터는 미국 공조학회(ASHRAE)⁽³⁾의 규격에 따라 제작된 팬테스터를 사용하여 해당 송풍기의 성능곡선을 획득 할 수 있었다. 송풍기의 성능 평가를 위해서는 유량과 송풍기의 토출 유량의 정압상승의 정도 등이 측정되어야 하며, 이를 위하여 사용된 Fig. 2의 팬테스터는 시험용 송풍기의 하류측에 안정실(Plenum chamber)을 마련하여 대상 시료 토출 유동의 정압 상승을 확인 할 수 있게 하였다. 또한 풍동의 하단에는 다수의 노즐(Nozzle)이 설치되어 있어 노즐 양단의 압력차를 이용하여 1.7~50CMM 까지의 유량을 측정 할 수 있다.⁽³⁻⁴⁾

2.3 유동가시화(Flow Visualization)

유동장을 확인하기 위한 방법으로는 정성적인 방법과 정량적인 방법으로 나누어 질 수가 있는데 유동장의 해석목적에 따라 여러 가지 방법이 있다. 정성적인 방법은 염료주입법, Tuff법, 유막법 외에 가시적 수단으로 유동장을 이해하기 위한 방법이며, 정량적인 방법은 PIV

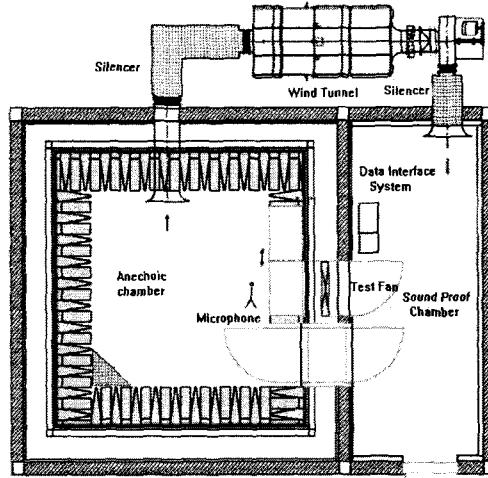


Fig. 1 Anechoic chamber connected with wind tunnel

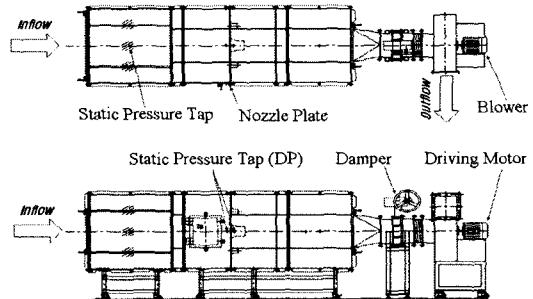


Fig. 2 Fan-tester for performance evaluation
(Particle Image Velocimetry), PTV(Particle Tracking Velocimetry), Holography 등으로 광학장비와 상호상관법으로 실제 유체의 거동을 확인 할 수 있는 방법이 있다. 본 연구에서는 시료 내부의 유동장 분석을 위하여 TSI사의 50mJ Dual Pulse Laser를 사용하는 PIV시스템을 사용하였다. 또한 영상을 획득하는 카메라는 1M CCD 카메라를 사용하였다.

2.4 실험내용

기존 송풍기와 고 흡입 저항을 가진 송풍기의 성능을 고찰하기 위하여 송풍기 시료를 제작하였다. 송풍기는 크게 스크를 케이싱과 팬으로 구분 할 수 있다. 본 연구에서 사용한 팬은 기 개발된 팬으로 고흡입 저항을 견디기 위하여 블레이드 흡입각 β_1 과 토출각 β_2 가 적절히 조화를 이룬 시로코팬이다. 또한 케이싱은 고흡입 압력을 견디기 위하여 확장지수가 0.065인 기본 스크를 케이싱으로 형상 변수는 Table 1에 나타내었다.⁽⁵⁻⁹⁾

Table 1 Parameters of blower

	Design parameters	Dimension
Fan	Dia. (D_1)	330 mm
	Inlet Dia. (D_2)	275 mm
	Blade number(z)	47 ea.
	Width(b)	92mm
	Blade inlet angle(β_1)	130°
	Blade outlet angle(β_2)	30°
Scroll casing	Cut-off radius	19.8mm
	Cut-off clearance	19.8mm
	Inlet Dia.	275 mm
	Expansion index	0.06
	Outlet expansion angle	90°
	Cut-off	0°
	Cut-off outlet angle	50°

송풍기 시스템의 성능을 파악하기 위하여 다음과 같은 식을 사용하여 성능을 정량화 하였다.

$$\psi = \frac{\Delta p}{\left(\frac{\rho}{2}\right) u_2^2} \quad (\text{식1})$$

$$\varphi = \frac{Q}{\frac{u_2 \pi d_2^2}{4}} \quad (\text{식2})$$

$$\eta = \frac{\Delta p Q}{P} \quad (\text{식3})$$

위 식의 ψ 는 압력계수, φ 는 유량계수, η 는 전효율이며, Q 는 체적유량, ρ 는 유체의 밀도, u_2 는 팬의 원주속도, d_2 는 팬의 직경, P 는 시스템에 인가된 동력, Δp 는 (식 1)과 (식2)에서는 전압을 의미하며, (식3)에서는 전압과 필터압력손실의 합을 의미한다.⁽⁵⁻⁶⁾

모든 실험은 실험조건을 맞추고 비교자료의 정확성을 획득하기 위하여 동일 회전수인 550rpm에서 수행되었다.

우선 고흡입 저항을 가진 송풍기 시스템을 분석하기 위하여 기존 송풍기와 고 흡입 저항을 가진 송풍기의 성능을 분석하였다. Figs. 3과 4는 기존 송풍기 시스템과 고 흡입 저항을 가진 송풍기 시스템의 효율과 토출 유속 분포를 비교한 실험결과이다. 유속 분포 실험 시 열선유속계를 이용하여 속력을 측정하였다. Figs. 3과 4에서 MODEL S는 기존 송풍기이고, MODEL A는 MODEL S에 고 흡입 저항을 가진 필터를 적용한 송풍기이다. 결과에서 알 수 있듯이 기존 시스템에 비해 50%정도의 효율 감소를 확인 할 수 있어 유체역학적 성능이 크게 감소한다는

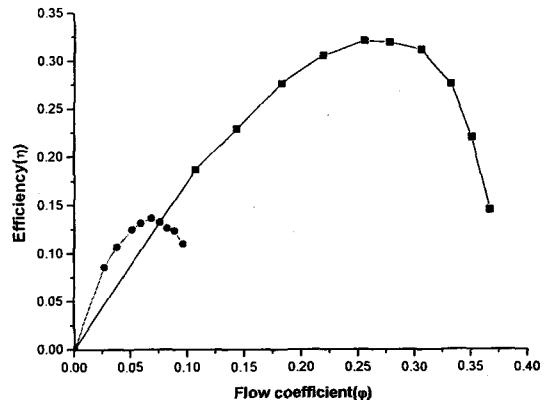


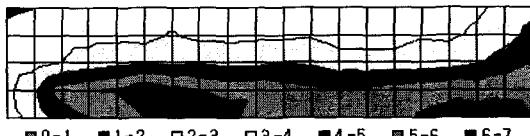
Fig. 3 Comparison of running blower(■) and blower with high inlet resistance(●)

MODEL S



■ 0-2 ■ 2-4 □ 4-6 □ 6-8 ■ 8-10 ■ 10-12 ■ 12-14 □ 14-16

MODEL A



■ 0-1 ■ 1-2 □ 2-3 □ 3-4 ■ 4-5 ■ 5-6 ■ 6-7

Fig. 4 Comparison of running blower and blower with high inlet resistance for outlet velocity profile

것을 알 수 있었다. 또한 Fig. 4 토출유속 분포를 확인한 결과 MODEL S는 균일한 유속 분포를 보였지만 MODEL A의 경우 상단과 확장된 토출구 방향으로 유속이 현저히 감소한 것을 확인 할 수 있었다. 또한 토출구 왼쪽의 토출 확장 부분에서 유동의 불균일성을 확인 할 수 있었다. 따라서 유동의 불균일성을 확인하기 위하여 유동가시화 실험을 실시 하였다.

Fig. 5가 MODEL A의 토출구 유동가시화 실험 결과이다. Fig. 5의 굵은 점선이 토출면인데 유동이 도출면 인쪽으로 향하는 형태를 띠고 있다. 이로 인하여 확장 부분에서 유동의 역류를 확인 하였으며, 이로 인하여 고 흡입 저항을 가진 송풍기의 소음 및 성능 저감의 원인이 될 것이라 판단 하였다. 따라서 고 흡입 저항을 가진 송풍기의 성능향상을 위해 토출구의 형상 변경 및 역류의 방지자를 위한 구조물 설치의 필요성이 대두 되었다. 따라서 유동의 분리가 어느 위치에서 시작 되는지 알아 볼 필요가 있었다. Fig. 6은 유동가시화 측정 위치를 보여준다.

유동 분리의 시작점을 파악하기 위하여 Fig. 6에서 보여지는 것처럼 내부 유동을 확인하였다. 그 결과가 Fig. 7의 그림이다. 결과에서 분명한 유동의 분리가 이루어 지는 것을 확인 할 수 있었다. 유동의 분리 영역은 스크롤 케이싱의 컷오프 위치를 0° 로 정의 했을 때 290° 의 위치에서 분리가 일어났다. 위의 결과로부터 역류 유동으로 인한 맥동 소음의 존재를 예상 할 수 있었고 이를 소음 실험을 통하여 확인하였다. Fig. 8이 그 결과이다. 그림의 횡축은 시간을 의미하며, 종축은 음압레벨을 나타낸다. 전체적으로 시간에 따른 총괄소음도(Overall noise)의 변화를 보여준다.

총괄소음도(Overall noise)는 크기는 2dB정도의 크기로 변화하였으며 이는 맥동 유무를 확인하는 근거 자료가 될 수 있을 것이다. 맥동은 실험상 청각으로 구분 할 수 있는 정도의 크기였지만 이의 공학적인 근거 자료가 필요하였기에 소음 실험을 수행하였다.

위 결과들을 토대로 고 흡입 저항을 가진 송풍기는 기존 송풍기 시스템과 비교하여 효율이 감소하고 토출 유속 분포가 설부방향으로 편향된다는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 토출 유속 분포를 균일하게 함으로서 고 흡입 저항을 가진 원심 송풍기의 성능을 개선하고자 한다. 이에 따라 고 흡입 저항을 가진 원심형 송풍기의 성능 개선 인자를 토출구의 구조변경과 토출 유동의 균일 분포를 위한 구조물의 추가로 확정하였다. 성능 검증은 위의 결과들과 같이 유체역학적 성능 실험과 유동 가시화, 소음 실험, 토출구 유속 분포 실험을 통하여 비교 검증할 것이다.

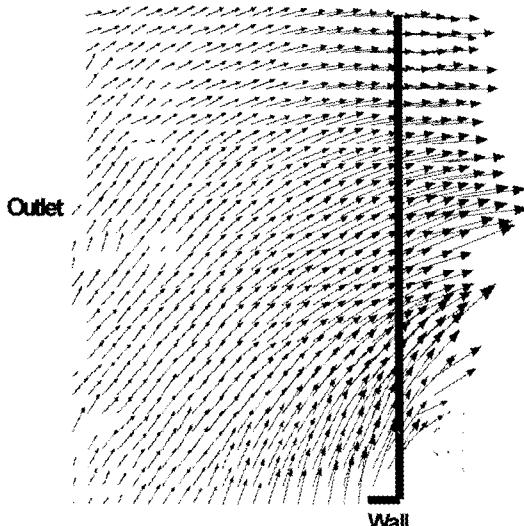


Fig. 5 Visualization of outlet flow for MODEL A

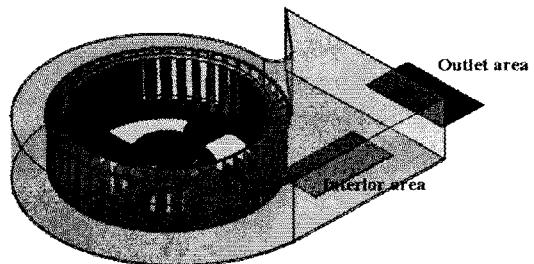


Fig. 6 Test section for Visualization

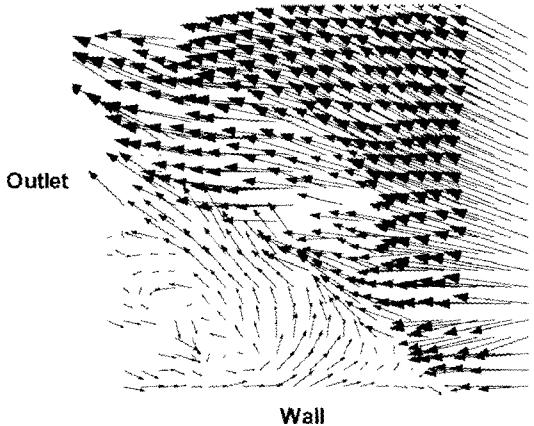


Fig. 7 Velocities field of Test section at interior of MODEL A

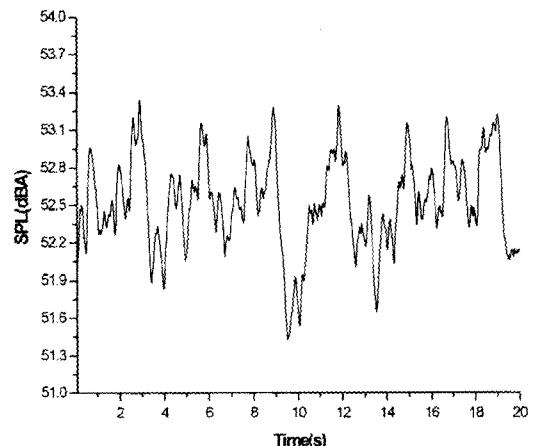


Fig. 8 Fluctuation of sound pressure level at near outlet of blower of MODEL A

3. 실험 결과

3.1 실험내용

본 연구에서는 고 흡입 저항을 가진 원심 송풍기의 토출

구의 형상 변경과 토출구 내부의 구조물을 추가하여 유속 분포를 균일하게 유도하여 송풍기 성능을 개선하고자 한다. 따라서 Fig. 9와 같은 시료들을 준비하였다. 기준의 MODEL A는 토출구 확장각이 90° 로 토출구를 향하여 곧게 뻗어 있지만 토출각도를 5° 단위로 75° 까지 줄인 시료 MODEL B, C, D와 MODEL A를 포함한 4가지의 토출구 형상변경 시료를 준비하였다. 만약 확장각이 늘거나 75° 보다 더 줄어 든다면 Table 2의 자료에서처럼 성능에 좋지 않기 때문에 본 연구에서는 배제되었다.

Table 2의 자료는 산학연구과제인 청풍(주)의 공기청정기 개발보고서에서 인용한 자료로 시료는 직경 380mm의 시로코 팬을 사용하였으며, 작동 회전수는 757rpm이었다.

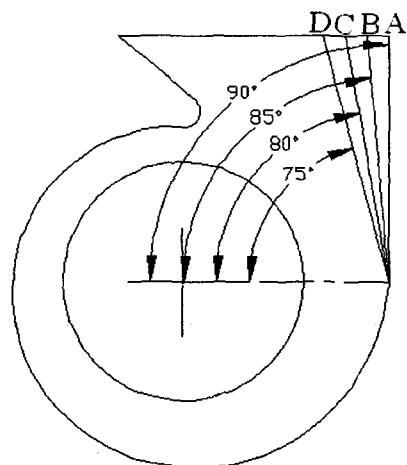


Fig. 9 Different outlet shapes

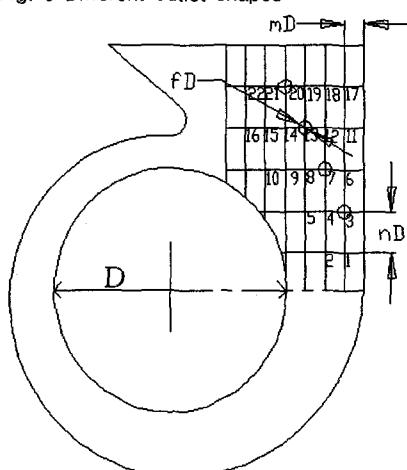


Fig. 10 Schematic of outlet with addition at interior of blower

Table 2 Comparison of different expansion index

Flow rate (CMM)	Outlet expansion index					
	95°	90°	85°	80°	75°	70°
	12.5	13.1	13.7	13.6	14.7	12.9

또한 Fig. 10과 같이 MODEL A의 유동이 분리되는 영역과 분리각을 고려하여 추가 구조물의 위치를 Fig. 10의 3, 7, 13, 20번으로 확정하여 MODEL E, F, G, H라 명명하였다. Fig. 10의 f, m, n은 각각 직경의 5, 7.5, 15.1%이다. 구조물의 형상은 여러 형태가 있지만 제조상의 문제로 팬 지름에 5%인 등근 원통형 구조물을 사용하였다. 길이는 스크롤 케이싱의 폭인 104mm이다. 따라서 스크롤 케이싱에 잘 끼워진 구조를 가진다. 추가 구조물의 형상이나 길이, 설치 위치등이 성능에 많은 영향을 줄것이라 판단 하지만 본 연구에서는 단순화한 구조물을 사용하여 그 효과를 확인하고자 한다.

3.2 스크롤 케이싱의 최적화

본 연구에서 주된 관심은 고 흡입 저항을 가진 원심 송풍기의 성능 개선 인자의 획득으로 인한 설계 기법 확립에 있다. 그 방법으로 소음과 유체역학적 성능에 영향이 있는 토출구의 유속 분포를 기준으로 MODEL A, B, C, D와 MODEL E, F, G, H의 성능을 판단하여 각 한가지의 모델을 선정하여 보다 정확한 성능 분석을 수행할 것이다. 토출구 유속 측정 구역은 유속이 작은 출구 확장 영역은 10mm의 간격으로 10개 측정점을 두었고 그 이후는 20mm씩 10개의 총 20개의 횡축 측정점과 높이 방향으로 5개로 총 100개의 측정점을 계측하여 토출구 유속 분포를 관찰하였다.

Fig. 11에서와 같이 MODEL A, B, C, D의 토출구의 속도장이 측정되었다. MODEL A는 이미 언급한 것과 같이 토출구 확장 영역에서 유속 분포가 설부 영역보다 현저히 떨어지는 현상을 보였다. 확장각이 줄어 들수록 유속 분포는 균일하게 진행하였다. MODEL D의 경우에는 Fig. 4의 MODEL S와 거의 비슷하게 전영역에서 고른 유속 분포를 확인 할 수 있었다. 따라서 토출 확장영역의 형상 변경에 의한 시료는 MODEL D가 최적이라 판단된다.

Fig. 12는 토출구 추가 구조물에 의한 토출구의 속도분포 측정 결과이다. 결과에서 알 수 있듯이 MODEL E는 구조물의 위치가 올바르지 못하여 유속 분포가 불균일한 것을 볼 수 있다. 토출구 중앙의 유속이 미미하여 오히려 MODEL A보다 좋지 않은 유속 분포를 보이고 있다. Fig. 12의 결과를 종합해 볼때 MODEL G에서 가장 균일

한 토출구 유속 분포를 볼 수 있었다.

MODEL G는 추가 구조물의 위치가 컷오프와 거의 동일 선상에 있는 것으로 유동 생성 지역에 위치해 있는 MODEL E, F보다 훨씬 균일한 유속 분포를 보임을 Fig. 12를 통하여 확인 할 수가 있다. 또한 MODEL H또한 유속 분포가 비교적 균일한 형태를 띠고 있는데 이것은 MODEL G와 같이 유동발달 영역을 지나 설치되고 유동 분리 각의 위치와 근접했기 때문인 것으로 판단 된다. 따라서 완전 발달 영역에서 유동 박리의 위치를 적절히 고려하여 추가 구조물의 설치 위치를 정하는 것이 흡입 저항을 가진 송풍기 시스템의 성능향상에 중요한 설계 요소라 할 수 있겠다.

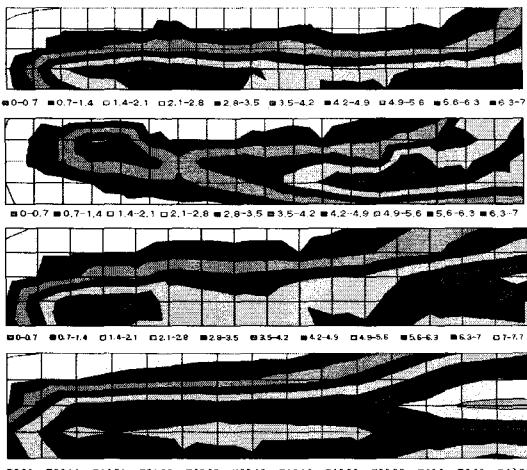


Fig. 11 Velocity profiles at outlet of MODEL A, B, C, D, inspectively(upper A)

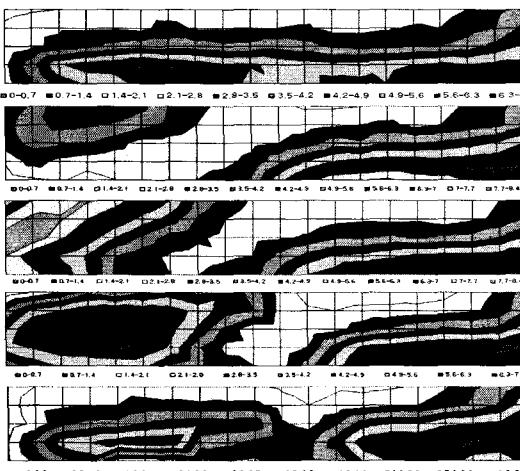


Fig. 12 Velocity profiles at outlet of MODEL A, E, F, G, H, inspectively(upper A)

Table 3 Comparison of performance for different models

	MODEL			
	A	B	C	D
Q(CMM)	4.7	4.8	4.72	4.81
MODEL				
E	F	G	H	
Q(CMM)	4.5	4.64	4.88	4.82

또한 Table 3에서 알 수 있듯이 토출 각이 줄어 들어 토출목이 좁아진다해도 유동이 안정화 되어 유량이 증가하고 또한 토출구 내부에 구조물을 설치한다는 것 자체가 내부 저항 증가를 의미하지만 내부 유동 안정화에 기여해 균일한 토출 유속 분포를 보이고, 송풍기 성능을 증가하는 요인이 된다는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과로 토출구 확장각은 본 연구에 사용한 시스템일 경우에 MODEL D가 최적임을 보였고, 토출구 내부 구조물 위치 최적화에서는 MODEL G가 최적임을 밝혔다.

3.3 성능 실험

최적화된 MODEL D, G 두가지 경우에 대한 MODEL A와의 성능 비교를 통한 검증이 수반 되어야 한다. 성능 검증은 팬테스터를 통한 유체역학적 성능검증과 PIV를 통한 내부 유동장의 유동 분리 현상과 토출구의 역류 유무를 판단할 것이다. 또한 유동장의 변화로 인한 소음의 영향을 검토하기 위하여 MODEL A의 맥동에 의한 소음의 감소 유무도 측정할 것이다.

Fig. 13은 MODEL A, D, G의 유체역학적 성능을 비교한 실험 결과이다. 결과에 나타 나듯이 MODEA D,G가 MODEL A보다 유량과 압력 상승 면에서 보다 우수한 특성을 보이고 있다. 또한 Fig 14의 효율 비교 결과에서도 마찬 가지로 최고 효율점에서 약 10%의 효율 향상을 기대 할 수 있다. 또한 동일 송풍기 작동 환경에서 유량이 우수함에도 소비전력은 MODEL A, D, G 각각 54.9, 54.9, 56.8W로 크게 늘어 나지 않았다. 흡입 저항이 대기압 이상인 경우에는 유량의 증가에 따라 소비 전력은 선형적으로 증가하나 MODEL A, D, G는 비슷한 특성을 보이는 것으로, 판단컨대 MODEL A보다 최적 설계에 MODEL D, G가 근접해 있다고 판단 할 수 있겠다. 이것은 불안정한 토출 유동의 균일화로 내부 유동장에도 영향을 미쳐 송풍기 전체적으로 안정화가 이루어 젖음을 의미한다.

고 흡입 저항을 가진 송풍기의 내부 유동장은 최적화되지 않았을 경우에 Figs. 5와 7의 유동에서 볼 수 있듯

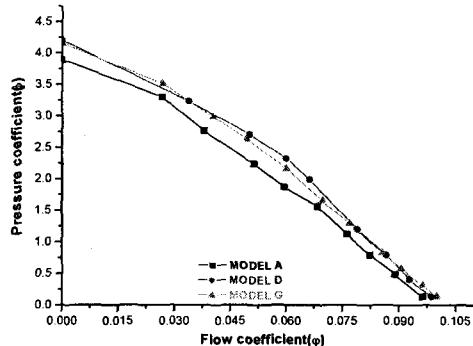


Fig. 13 Comparison of performance for different models

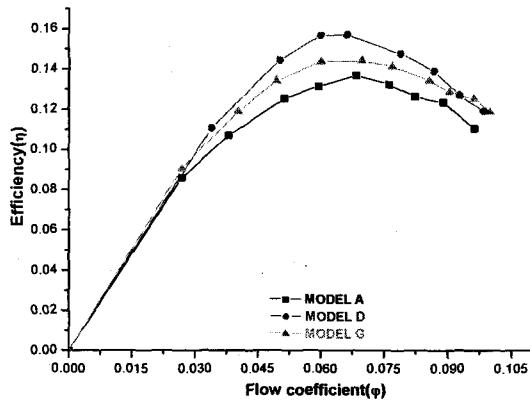


Fig. 14 Comparison of efficiency for three kinds blowers

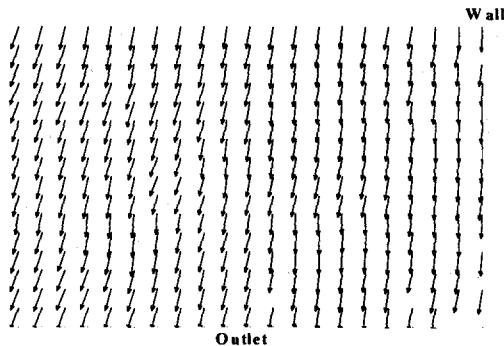


Fig. 15 Velocity field of outlet for MODEL D

이 내부의 유동 분리와 토출구의 역류 유동을 가지고 있었다. 따라서 MODEL D, G도 MODEL A의 같은 영역에서 유동가시화를 실시하였다. Figs. 15~18은 MODEL D와 G의 유동가시화 결과이다. MODEL A(Figs. 5, 7)와 비교하면 완전히 다른 유동 패턴을 확인 할 수 있다.

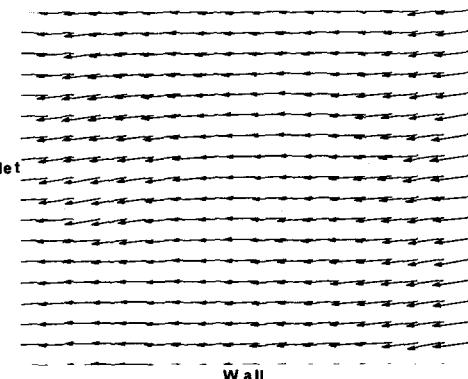


Fig. 16 Velocity field of interior for MODEL D

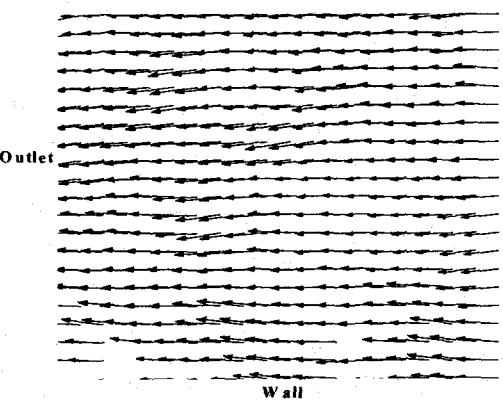


Fig. 17 Velocity field of interior for MODEL G

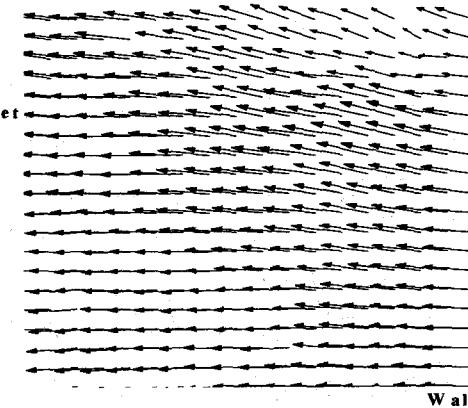


Fig. 18 Velocity field of outlet for MODEL G

우선 기존에 존재했던 토출구의 역류 유동이 사라졌다. 또 내부 영역에서의 유동 분리 현상을 볼 수 없다. 토출구의 출구 확장각 변화나 토출구 내부의 추가 구조물의 설치가 고 흡입 저항을 가진 원심 송풍기의 내부 유동장을 안정시키며, 그로 인하여 성능도 향상 시킨다는 것이

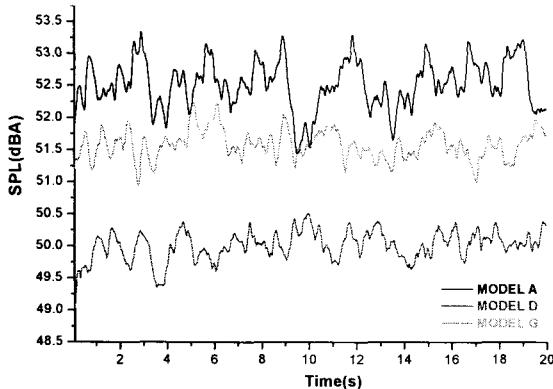


Fig. 19 Flucuation of sound pressure level for three kinds blower

유동가시화를 통하여 증명되었다.

토출구 형상 변경이나 추가 구조물에 의해 내부 유동과 토출 유동이 개선되고 유체역학적 성능이 향상된 MODEL D, G가 개선된 결과들이 소음에 어떤 영향을 미치는가 확인하기 위하여 MODEL A, D, G의 소음을 비교하였다.

주파수 분석 결과에서는 430Hz대역에서 BPF(Blade Passing Frequency)가 MODEL A와 MODEL G에서 뚜렷하게 측정 되었고, MODEL B에서는 다소 작게 측정되었다. MODEL G에서 BPF가 크게 측정된 것은 토출구 구조물의 존재로 인한 증가로 예상 된다. 또한 MODEL D 와 G의 유동소음 영역인 중주파수 영역에서 MODEL A 보다 감소한 특징을 보였다. 유동의 안정에 의한 소음 레벨의 감소로 판단 된다.⁽⁴⁾ 또한 Fig. 19의 총괄소음도변동을 살펴보면 역류와 내부 유동의 분리 현상에의한 맥동으로 인한 소음 준위 차이가 약2dB에서 MODEL D에서는 1dB이하로 줄었다는 것을 확인 할 수 있다. 이상으로 유동이 안정화 됨으로서 유체역학적 성능향상과 소음 감소의 효과를 확인 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 송풍기 시스템과 고 흡입 저항을 가진 원심 송풍기의 성능 차이를 분석하고 기존 시스템과 설계 기법이 다른 송풍기 설계 기법을 보였다.

고 흡입 저항을 가진 원심 송풍기의 경우 토출 확장각이 기존의 송풍기 시스템과는 다르게 축소관 형태의 토출목을 가져야 역류등의 성능 저감 요소를 제거 할 수 있다는 것을 알 수 있었고, 토출유동의 균일화 및 안정화를 위하여 토출구 내부에 기하학적 형상을 가진 구조물을 설치하면 유동의 균일화 및 안정화 됨을 알 수 있었다. 또한

유체역학적 성능과 소음, 유동가시화등을 이용하여 고 흡입 저항을 가진 원심 송풍기 성능의 개선 방향을 찾을 수 있었다. 본 연구는 공기 청정기등에 사용되는 고 흡입 저항을 가진 원심 송풍기의 선행연구로 토출구 추가 구조물의 형상이나 길이 등에 대한 효과가 고려되지 않았고, 스크롤 케이싱 형상 변수 전체에 대한 효과는 평가되지 않았다. 따라서 차후에는 위에서 언급한 내용들에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 한다고 생각한다.

후 기

본 연구는 선문대학교 공조기술연구 센터의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) 서국섭, 2004, 공기청정기의 필요성과 원리, 설비저널, 제33권, 제4호, pp. 8~11.
- (2) 김용진, 2004, 실내 공기청정기 기술 개발 동향, 설비저널, 제33권, 제4호, pp. 12~16
- (3) ASHRAE Standard, Laboratory Methods of Testing Fans for Rating, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1985.
- (4) Korea Standards, 1992, Industrial fans – performance testing, (KS B 6311), KSSA, pp. 1~13.
- (5) Wright, T. G., 1999, Fluid Machinery, CRC press, New York.
- (6) Bruno Eck, 1972, Fans, Ddsign and Operation of Centrifugal, Axial-Flow and Cross-Flow Fans.
- (7) Cau, G., Mandas, N., Manfrida., G., and Nurzia, F., 1987, Measurement of Primary and Secondary Flows in an Industrial Forward-Curved Centrifugal Fan, J. Fluids Engineering, Vol. 109, pp. 353~360
- (8) Neise, W. 1992, Review of Fan Noise Generation Mechanism and Control Method, An International INCE Symposium, pp. 45~56.
- (9) Morinushi, K., 1987, The Influence of Geometric Parameters on F.C Centrifugal Fan Noise, Trans. ASME. Journal of Vibration, Acoustics, Stress, and Reliability in Design, Vol. 109, pp. 227~234.