

# 흡입저항이 높은 원심팬 소음특성에 관한 연구

## Study on the Noise Characteristic of Centrifugal Fan operating at High Pressure Region

정윤영† · 박진원\* · 전완호\*\*

Yeun Young Jung, Jin Won Park, Wan-Ho Jeon

**Key Words :** Centrifugal Fan(원심팬), High Pressure (고압력), CFD(전산유체역학), Low Noise (저소음)

### ABSTRACT

Turbo blower generates high peaks when it operates at high pressure region. The fan of the air-cleaner system, operates especially high pressure region due to several filters, generates high noise level. In this case, the tonal sound of BPF makes people annoyance. The blower of air-cleaner has several high resistance filters in its inlet area and rotates above 900rpm. Moreover, for the compact design, the size of the blower should be reduced 10%. The reduced diameter of blower makes low flow rate and high noise level. In order to reduce the noise, new blade shape was suggested and optimized

### 1. 서론

산업의 발전과 건강에 대한 많은 관심이 높아지고 있는 ‘웰빙 시대’의 지속화와 IT 산업의 발전에 의한 ‘유비쿼터스 시대’의 도래로 디스플레이 제품을 비롯한 많은 가전제품의 소형화 추세가 가속화 되고 있다. 이러한 제품의 소형화는 제품의 크기에 대한 소형화는 물론 한정된 크기에 더 많은 기능을 장착시키고자 하는 노력에 이르게 되었고 이러한 열망으로 제품에서 발생하는 열을 방출시키는 냉각 시스템이나 기타의 중요한 기능을 담당하고 있는 송풍시스템에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

본 연구는 팬의 흡입부에 다공성 재질의 저항체로 인하여 흡입저항이 높게 작용하는 공기청정기에 사용되는 전향익형 원심팬 소음에 대한 연구이다. 일반적으로 흡입압력이 존재하지 않거나 미약한 경우의 소음과 흡입압력이 크게 존재했을 경우(성능곡선에서 저유량 영역)의 소음은 매우 다른 특성을 보이게 되고, 그 중에서팬에 의한 피크 소음인 BPF(Blade Passing Frequency)의 증가가 가장 두드러지게 나타난다. 일반적으로 이와 같은 경우 팬의 직경을 늘려 풍량을 증대시키고 회전수를 낮추어 소음을 저감시키거나 흡입부에 작용하는 흡입정압을 낮춰 소음을 개선하고 있다. 흡입압력의

상승은 송풍시스템 내부유동을 불균일하게 만드는 등 매우 복잡한 유동패턴을 만드는 것으로 예상하고 있으며, 이를 확인하기 위하여 전산유체해석 방법을 통하여 예측하고 있다. 보다 정확한 고찰을 위해서는 PIV 와 같은 내부유동 가시화를 통하여 실제거동을 살펴보는 것이 가장 정확하지만 이는 실제로 매우 어려운 실정이다. 이러한 이유는 흡입부 전단에 장착되어 있는 다공성 재질의 필터에 의하여 실험을 위한 입자들이 모두 필터링 되기 때문이다. 본 연구에서는 다공성 재질의 필터가 장착되어 있는 운전조건을 갖는 송풍시스템에 있어 팬의 풍량 증대와 소음저감을 위하여 팬 설계 인자 중 팬 날개의 입구각과 내외경비의 변화에 따른 소음의 변화를 살펴보고, 흡입압력이 존재하는 경우와 그렇지 않은 경우에 대한 소음변화를 관찰함으로써 흡입저항의 상승으로 인한 소음 발생원 규명에 기초자료로 활용하고자 한다. 이를 위하여 상용코드를 이용한 전산해석 결과와 실험적 방법을 통하여 획득된 자료를 비교 평가하였다

### 2. 실험방법

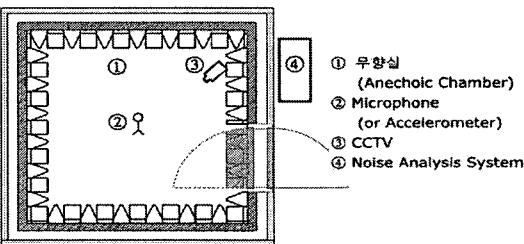
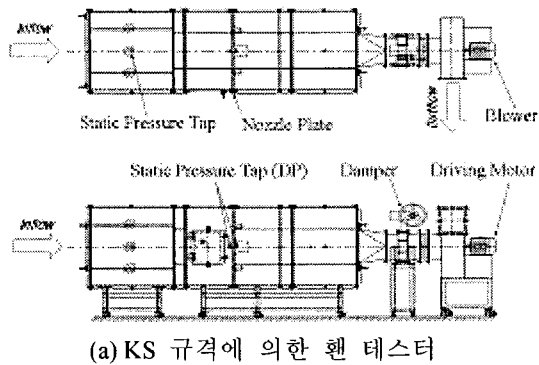
#### 2.1 풍량 및 소음측정방법

송풍기의 유량측정은 Fig. 1(a)과 같이 KS B 6311의 규격에 준하여 설계된 팬테스터 시험장치를 사용하였으며, 소음의 측정은 Fig. 1(b)와 같은 반후향실에서 측정하였다.

† 웅진코웨이 (주)  
E-mail : junggy@coway.co.kr  
Tel : (02) 2172-3731, Fax : (02) 2172-3762

\* 웅진코웨이(주)

\*\* (주) CEDIC 기술연구소 whjeon@cedic.biz



(a) KS 규격에 의한 팬 테스터  
 (b) 소음 측정을 위한 반무향실  
 Fig. 1 Experimental apparatus : (a) Fan Tester (KS B 6311) and (b) Anechoic chamber.

풍량의 측정은 풍동의 하단에 설치된 다수개의 노즐(Nozzle)을 통하여 노즐 전후의 압력차를 이용하여 유량을 산출할 수 있으며, 풍동에 설치된 압력 탭과 압력 변환기(Pressure transducer)를 연결하였으며, 압력변환기에서 출력된 신호는 컴퓨터와 연결되어 시간에 따른 압력 자료를 저장하였다. 소음은 01dB 사의 Symphony 를 이용하고 측정된 소리를 FFT 분석하였다.

연구의 모델이 된 송풍 시스템은 전향익을 갖는 다익 팬(시로코 팬)이며 이의 기하학적 형상과 주요 인자는 Table. 1 과 같고, 개선을 위하여 제안된 팬의 날개형태는 Fig. 2 와 같다. 여기서 H 는 팬 임펠러의 높이를 나타낸다.

Blade No.	D1/D2	H	$\beta 2$
40	0.82	56mm	145 deg
	Type 1	Type 2	Type 3
$\beta 1$	85 deg	108 deg	135 deg

Table. 1 Characteristic shape of basic model fan

일반적으로 흡입정압이 과도하게 발생하지 않는 송풍시스템의 경우 Fig. 3 의 rim 이 설치되어 있는 위치에서 유동차단영역이 발생하는 것으로 알려져 있다. 그러나 흡입압력이 높은 송풍시스템에 있어서는 유동차단영역이 거의 존재하지 않는

것으로 예상되고 있고 있다. 또한 이러한 영향은 Fig. 4 와 같이 팬의 날개 끝단에서 토출된 기체의 일부가 팬과 슈라우드의 사이공간으로 다시 역류하는 reverse flow 를 전산유체해석의 방법으로 예측할 수 있었다. 이러한 역류가 소음과 풍량에 어떠한 영향을 미치는지 고찰해 보았다.

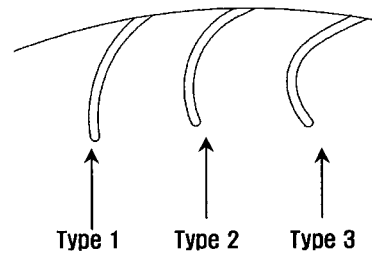


Fig. 2 Original & Modified Blade shape.

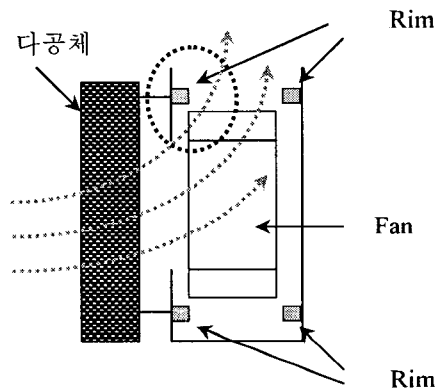


Fig. 3. schematic view of the fan and rim

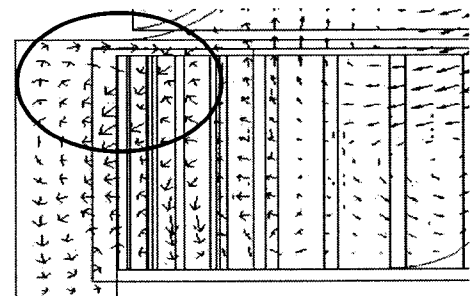


Fig. 4 Z - Direction reverse Flow.

2.2 전산해석 방법

본 연구에서 세부 유동장 파악하기 위하여 상용 프로그램인 SC/Tetra 를 사용하여 유동장 해석을 수행하였다. 공기청정기 팬과 필터 등 구조물의 모델링을 위하여 Fig. 5 와 같이 팬 주변 구조물의 상세 모델링을 진행하였으며, fan tester 와 유

사한 조건으로 대기중으로 토출 되는 유동형태를 고려하여 토출영역은 반구형태로 구성하였으며 정의된 계산 영역에 대하여 정사면체 격자를 사용하여 총 약 470 만개의 격자를 구성하였다.

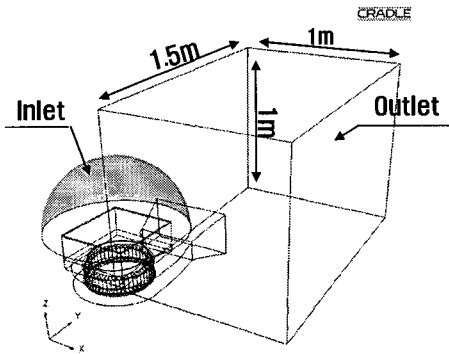


Fig. 5 Computational domain of the air cleaner blower system.

전산유체해석에 사용된 SC/Tetra 는 unstructured 격자를 사용하는 node based FVM 유동 솔버로서 Navier-Stokes 방정식을 푼다.<sup>1)</sup> 난류는 RNG k-ε 모델을 사용하여 모사되었고, 고체면 근처의 경계층을 모사하기 위해서 2 개의 prism 층이 격자에 사용되었다. 압력은 SIMPLEC 를 이용하여 해석되고, convection 항은 2 차의 upwind 스킴을 이용하였다. 유동해석은 비정상상태로 진행되었으며, 소음해석을 위한 압력자료가 파일로 저장되었다.

비정상상태 유동 해석 결과로부터 얻어진 시로코펜의 시간에 따른 압력분포 자료를 바탕으로 계산영역의 단품 소음을 상용 프로그램인 FlowNoise S/W 를 이용하여 예측하였다.<sup>2)</sup> CFD 해석 결과와 소음 결과에 대한 검증은 기 발표된 논문에서 수록하였다.<sup>3)</sup>

### 3. 전산해석 및 실험결과

앞서 선정된 3 가지 날개형태를 대상으로 전산해석을 실시하여 유량과 소음을 예측하였고, 가장 좋은 모델에 대하여 샘플을 제작하여 측정한 실험결과를 전산해석 결과와 비교하였다.

#### 3.1 전산해석 결과

전산해석을 실시한 3 가지 날개형상의 조건은 동일 회전수와 흡입저항을 적용하였으며, 입구와 출구조건은 모두 대기압 조건으로 진행하였다. 임펠러의 회전수는 990rpm 이다. 이에 대한 전산해

석 예측결과는 Table. 2 에 있다.

	$\beta_1$	풍량	소음
Type 1	85 deg	Base	Base
Type 2	108 deg	7% 증가	5% 감소
Type 3	135 deg	10% 증가	2% 감소

Table. 2 Numerical results of flow-rate and noise

Type1 을 Base Model 로 볼 때 Type2 의 경우 풍량은 약 6% 증가하였고, 소음은 Overall Noise 기준 5% 감소하였다. Type3 은 풍량은 Type1 대비 10% 증가하였으며, 소음은 약 2% 감소하였다.

유동의 형태를 살펴보면 Fig. 6 (a)-(c)와 같다. 그림에서 cutoff 부근에서 이차와류에 의한 역류현상이 나타나고 있으며, 이 현상은  $\beta_1$  이 증가할수록 감소하고 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 각도가 증가할수록 입구부근의 음압이 많이 걸려서 유량이 증가한다.

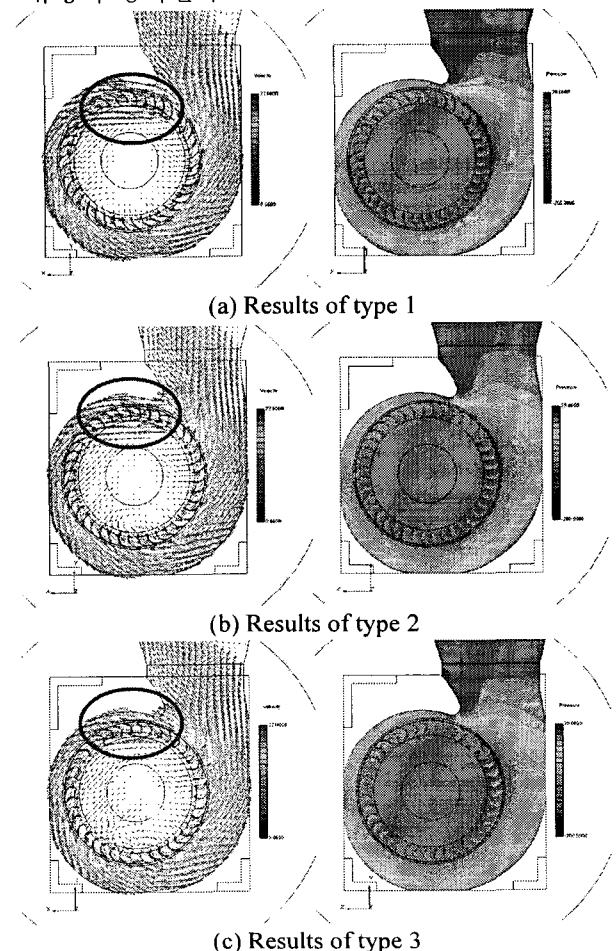


Fig. 6 Velocity vector plot and pressure distribution of a fan

Fig. 7 은 소음을 예측하기 위하여 비정상해석을

통하여 계산된 유동 결과를 바탕으로 상용코드인 FlowNoise 를 이용하여 Type 1 의 소음원을 예측해 보았다. 소음원의 분석결과 모터부분을 포함한 ①~④부분에서의 소음이 다른 영역에 비하여 크게 존재하는 것으로 분석되었으며 ①번 영역인 Cut-off 을 중심으로 모터의 cutoff 영역(③)등에서 소음이 전반적으로 높게 작용하는 것을 알 수 있다.

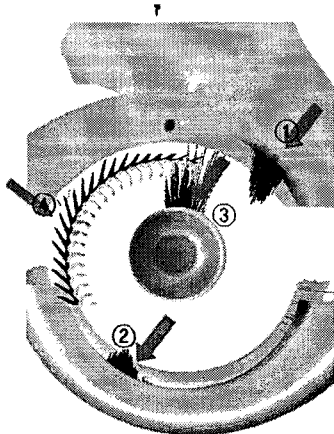


Fig. 7 Noise source locations of a fan

3.2 실험결과

전산해석을 통하여 분석된 결과를 바탕으로 Type 1-3 의 날개형상 중 풍량의 경우 Type3 이 가장 좋지만, 소음개선에 있어 Type2 가 더 좋은 영향을 나타내는 것으로 분석되었다. 이에 Type2 와 Type3 의 샘플을 제작하여 실험한 결과 Table. 3 과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

	$\beta 1$	풍량	소음
Type 1	85 deg	Base	Base
Type 2	108 deg	6% 증가	1.8%감소
Type 3	135 deg	9.4%증가	1.4%증가

Table. 3 Experimental Results

실험에 의한 결과로 Type 3 의 경우 유량이 증가하고 전체 소음레벨이 약간 증가하는 경향을 가진다. 그러나, Fig. 8 에서 확인하듯이 Type 3 은(dotted line 으로 BPF 피크가 있는 실험 결과) 피크소음이 강하게 발생한다. 이를 제거하기 위해서 추가적으로 Type 3 을 대상으로 rim 을 설치하여 실험을 수행하였다. Rim 을 설치하였을 경우, 풍량과 소음 모두 감소하는 것을 확인하였고 풍량의 경우 Type1 보다 풍량은 1% 가 증가된 비슷한 수준이며 소음은 Type 1 보다 감소된 것으로 확인되었다.

특히, Fig. 8 에서와 같이 BPF Level 은 감소하는 것으로 측정되었다.

Fig. 8 은 Type 2, 3 과 Type3 에 rim 을 설치한 세 경우에 대해서 소음 스펙트럼을 그린 것으로 x 축은 주파수를 BPF 로 나눈 무차원 주파수로 바꾼 것이다. Fig. 8 에서 보는 바와 같이 Type 3 (dotted line)이 Type 2(파랑색)보다 BPF 의 영향이 큰 것으로 나타났으며, rim 을 붙이는 것(갈색)이 BPF 의 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다

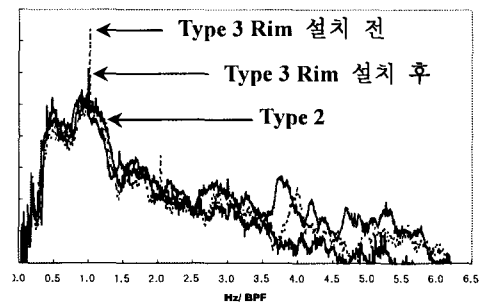


Fig. 8 Measured acoustic pressure for 3 cases

4. 결론

본 연구를 통하여 흡입저항이 크게 작용하는 웬 시스템에서 임펠러 형상을 바꾸어서 소음을 감소시키고 풍량을 증가시키고자 하였다. 그 결과 날개의 입구각이 풍량과 소음에 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 날개의 입구각이 커질수록 풍량이 증가하며, 이에 따른 BPF 가 증가함을 알 수 있었다.

유동차단영역에서 역류현상(Reverse Flow)이 발생하며, 역류감소를 위한 Rim 을 설치한 결과 소음과, 풍량이 동시에 감소하는 결과를 얻을 수 있었다. 이상의 결과를 조합하여 동일 풍량에서 소음이 저감된 웬을 개발하였다.

참고문헌

(1) SC/Tetra V5. Reference Manual  
 (2) Wan-Ho Jeon and Jang-hyung Cho, "Numerical Analysis of Unsteady Flow Field and Flow Noise of a Fan System," The 33<sup>rd</sup> International Congress on Noise Control Engineering, Czech Republic, 2004  
 (3) 정윤영, 김학중, 전완호, 조장형, "전산유체역학 및 유동소음 해석을 통한 공기청정기 터보팬 저소음화," 2005 유체기계공업학회 논문발표회, pp. 219-222