

## 미세 다공판을 이용한 레인지 후드의 소음저감

### Noise Reduction of a Range Hood using Micro-Perforated Panel

김 덕 한<sup>†</sup> · 송 화 영<sup>\*</sup> · 이 동 훈<sup>\*\*</sup> · 이 창 근<sup>\*\*\*</sup> · 김 동 윤<sup>\*\*\*</sup>

Deok-Han Kim, Hwa-Young Song, Dong-Hoon Lee, Chang-Kun Lee, Dong-Yun Kim

**Key Words :** Noise Reduction(소음 저감), Normal Incidence(수직입사), Micro-Perforated Panel System(미세 다공판 시스템)  
Range Hood(레인지 후드), Sound Absorption Coefficient(흡음계수), Sirocco Fan(시로코 팬)

#### ABSTRACT

This paper introduces a study for the noise reduction of a range hood for household. Generally, range hoods have a built-in sirocco fan from which rumbling noise is generated. Though the rumbling noise has low noise level, this noise makes most of the users nervous due to its low frequency characteristics. For the purpose of noise reduction, in this study, a micro-perforated panel system is installed in the fan housing of range hood. From the experimental results, it is confirmed that the noise level emitted from the range hood is decreased over 2dB(A) in all frequency regions due to the effect of noise reduction by micro-perforated panel system.

#### 1. 서 론

경제 성장과 소득 수준의 증대와 웰빙 열풍으로 인해 종전에는 크게 문제화 되지 않았던 거주 공간 편안성 및 실내 공기질 개선 문제가 삶의 질 향상에 큰 비중을 차지하고 있다. 주거 공간에서 실내 공기의 주된 오염물은 실내 건축자재에서 발생하는 유기화합물(volatile organic compounds, VOCs)과 요리시 사용하는 가스연료로부터 발생되는 이산화질소(NO)와 취기이다.<sup>(1)</sup> 이러한 실내 오염물질을 제거하기 위해서 자연환기, 공기 청정기 그리고 환기 시스템을 이용하며, 특히 가정에서 요리 시 발생하는 오염물질을 제거하기 위해서는 국부 환기 시스템의 일종인 레인지 후드가 보급되어 사용되고 있다.

현재 레인지 후드의 제작 기술은 성능보다는 주방기구의 일부로서 레인지 후드의 외관 및 주방기구와의 조화를 중점으로 선정하고 있다. 그러나 생활환경 개선 요구의 증대로 인하여 레인지 후드 기능의 개선과 저소음화에 대한 요구가 늘어가고 있다. 가정용 레인지 후드에 주로 사용되는 팬은 시로코팬(sirocco fan)으로서, 시로코 팬의 깃의 모양과 설치 방향은 효율, 가압정도, 풍량 등을 결정하는 중요한 인자이지만, 이는 소음 발생의 정도와 밀접한 관련이 있다.<sup>(2)</sup>

레인지 후드의 저소음화를 위해 팬 형상의 변형, 팬의 공력 소음 발생에 관한 수치적 연구, 그리고 레인지 후드의 진동에 의해 발생하는 소음을 제진제를 이용하여 소음을 저감시킨 연구 사례<sup>(3~5)</sup>가 발표 되었다. 그러나 이러한 저소음화에 관한 많은 연구에도 불구하고 연구결과가 레인지 후드에 채용되어 상용화 된 바는 없다. 따라서 국내의 사용자들은 레인지 후드 작동 시 발생하는 소음에 대해서 많은 불만을 표출하고 있는 실정이다. 그러나 유럽 선진국의 가정용 레인지 후드의 소음 성능은 매우 정온한 것으로 알려져 있으며, 실내소음이 NC-35를 만족하는 제품도 판매되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 흡음성능이 검증된 다공판 시스템<sup>(6,7)</sup>을 이용하여 레인지 후드의 소음저감 설계를 수행한 연구 결과<sup>(8,9)</sup>의 일부를 정리하여 소개하고자 한다. 다공판 시스템의 흡음성능 계산은 소음기의 일차원 성능해석에 널리 쓰여 왔던 전달행렬법을 이용하였으며, 측정은 전달함수법을 이용하였다. 또한 KS C IEC 60704-2-13<sup>(10)</sup>에 의거하여 레인지 후드 소음측정을 실시하였고, 다공판 시스템의 설치 전과 후의 레인지 후드 소음을 측정하여 소음저감 결과를 다공판 시스템의 흡음계수와 비교하였다.

#### 2. 실 험

Fig. 1은 실험에 사용된 임피던스관과 측정기기에 대한 개략도를 나타낸 것이다. 임피던스관의 단면은 60mm x 60mm인 정사각형이며, 길이 1300mm 그리고 두께 10mm

† 서울산업대학교 산업대학원 기계공학과 석사과정

E-mail : ninja550@snut.ac.kr

Tel : (02)970-6331, Fax : (02) 979-7331

\* 서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지시스템공학과 박사과정

\*\* 서울산업대학교 기계공학과

\*\*\* (주) 엑타 기술연구소

인 아크릴판으로 제작하였다. 관의 입구측에는 스피커가 부착되어 있으며, 출구측에는 시험대상체인 다공판이 설치되어 있다. 다공판의 재질은 일반강재로 하였으며, 본 연구에 사용된 다공판의 상세제원은 Table 1과 같다. 측정주파수의 상한 범위는 3200Hz로 하였으나, 임피던스관의 등가지름이 67.7mm 이므로 고차모드에 의한 차단주파수를 감안하면, 평면과 음장조건을 유지하는 주파수의 상한범위는 2900Hz 가 된다.

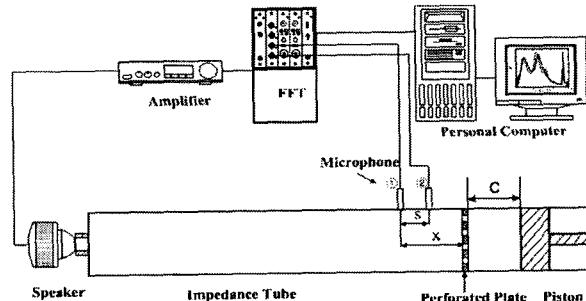


Fig. 1 Experimental setup for sound absorption coefficient measurement.

흡음계수는 임피던스관의 두 지점에 설치된 두 개의 마이크로폰간의 음향전달함수 측정값으로부터 음향임피던스를 구한 후, 식 (1)에 대입하여 구하였다. 마이크로폰은 1/4인치 압력형 마이크로폰을 사용하였으며, 다공판으로부터 첫 번째 마이크로폰까지의 거리와 두 마이크로폰의 간격은 각각  $x=100\text{mm}$  그리고  $s=40\text{mm}$ 로 하였다.

$$\alpha_a = \frac{4Re(z)}{(1+Re(z))^2 + (Im(z))^2} \quad (1)$$

Table 1 Dimensions of the perforated panels.

Porosity(%) $\sigma$	Thickness $t(\text{mm})$	Hole diameter $d(\text{mm})$
20		
15	1	1
10		
5		
2	0.7	0.5
1		
0.5		

Fig. 2는 KS C IEC 60704-2-13<sup>(10)</sup>에 의거하여 제작한 가정용 레인지 후드의 소음측정 실험장치이다. 소음측정시 레인지 후드 밑으로 배출 유동소음이 회절되는 것을 방지하기 위해 칸막이벽과 덕트형 소음기를 제작하여 출구에 설치하였다. 팬 하우징 측면에 다공판을 설치하여 레인지 후드에 장착된 시로코 팬의 회전수가 890RPM, 1150 RPM 그리고 1400RPM 일 때 4종류의 다공판을 이용하

여 다공판의 구멍 지름 및 공극율을 변화 시키면서 측정하였으며, 공동깊이는 모든 조건에서 30mm로 고정시킨 상태에서 다공판 시스템 설치 전과 후의 레인지 후드 소음을 측정하였다.

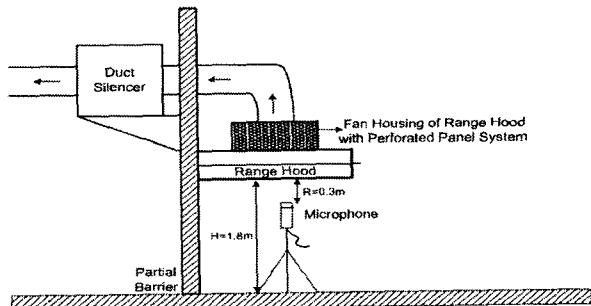


Fig. 2 Test facility for noise measurement of range hood.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 공동 깊이  $c = 30\text{mm}$ , 구멍지름  $d_h = 0.5\text{mm}$  그리고 다공판은 4종으로 고정한 상태에서 공극율의 배치순서만을 변화시키면서 흡음계수를 계산하고 측정한 결과이다. 결과에서 공극율이 작은 다공판이 음원쪽에 위치한 경우보다 공극율이 큰 다공판이 음원쪽에 위치하여 있는 경우가 흡음계수의 피크값의 증가와 함께 흡음대역 폭도 확장되는 것을 알 수 있었다. 이것은 선행연구<sup>(7)</sup>에서도 밝힌 바 있듯이 다공판의 음향임피던스가 정합(matching)이 되도록 배치되었기 때문이다.

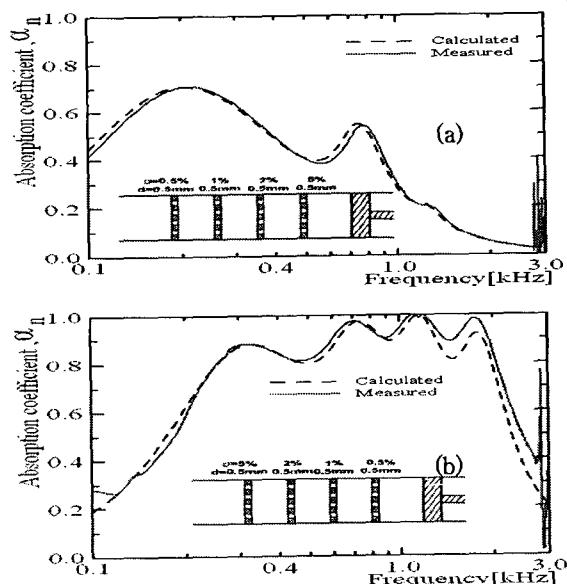


Fig. 3 Effect of the array of perforated panels on the absorption coefficient of four-layer perforated panel system

Fig. 4는 Fig. 3의 흡음성능을 갖는 다공판 시스템을 레인지 후드 측면에 설치하였을 때와 설치하지 않았을 때의 소음 스펙트럼을 측정하여 비교 도시한 결과이다. 팬은 1400RPM 으로 작동하며, 다공판의 세부제원은 Fig. 3 과 동일하다.

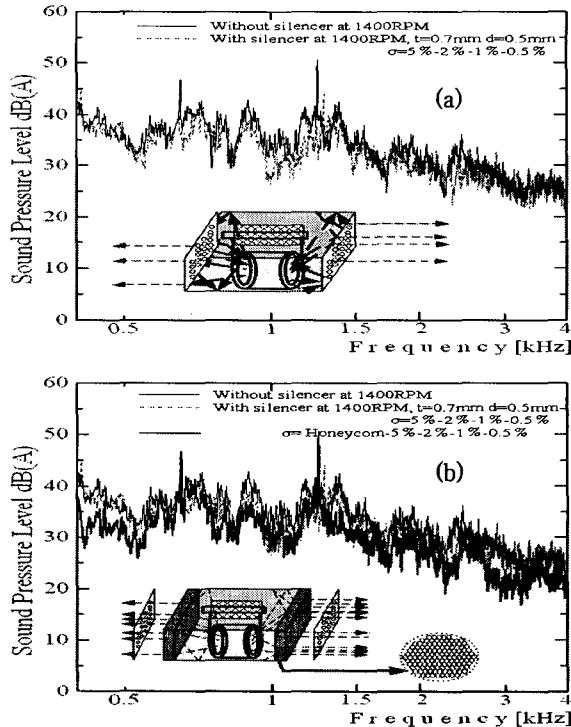


Fig. 4 Effect of the sound-guide plate on the noise reduction performances of range hood having built-in four-layer perforated panel system

그림 (a)의 스펙트럼 결과에서 Fig. 3(b)와 같은 우수한 흡음성능을 갖는 다공판 시스템을 레인지 후드에 장착하였으나 소음저감 효과는 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 팬으로부터 방사된 소음이 다공판으로 입사되기 보다는 여러 방향으로 난반사되므로서 다공판으로 입사되는 음에너지 양이 상대적으로 작기 때문에 공명효과에 의한 음에너지의 소산도 작은 것으로 판단된다. 따라서 이를 확인하기 위해서 그림 (b)의 결과에서는 음안내판을 다공판 시스템의 전면에 부착한 상태에서 동일한 실험을 수행한 결과이다. 이 결과를 안내판이 없는 그림 (a)의 결과와 비교해 보면 음안내판을 부착하므로서 소음레벨이 상당히 저감된 것을 알 수 있다. 이러한 결과로 볼 때 현재의 레인지후드 시스템에 부착되는 다공판 시스템의 설계에서는 음원의 가까운쪽에 설치되는 다공판은 가급적 많은 양의 소음이 유입되도록 공극율이 큰 다공판을 배치하는 것이 소음저감 측면에서 매우 유리한 것으로 판단된다.

따라서 Fig. 5는 음원 가까운 쪽 다공판의 공극율을 15%로 하여 흡음계수를 측정하고 계산한 결과이다. 다공판의 제원은  $\sigma = 15\%$ 는  $d_h = 1mm$ 이며  $\sigma = 5\%$ ,  $\sigma = 2\%$ ,  $\sigma = 1\%$ 는  $d_h = 0.5mm$ 로 하였다. 결과에서 보듯이 300Hz 이상에서 우수한 흡음성능을 나타내고 있다.

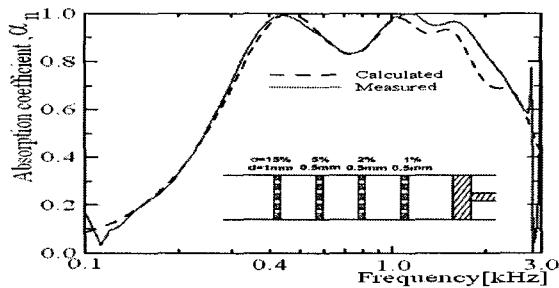


Fig. 5 Effect of the porosity of perforated panels on the absorption coefficient of four-layer perforated panel system

Fig. 6은 Fig. 5의 흡음성능을 갖는 다공판 시스템을 레인지 후드 측면에 설치하였을 때와 설치하지 않았을 때의 소음 스펙트럼을 비교 도시한 결과이다. 팬은 1400RPM 으로 작동하며, 다공판의 제원은 Fig. 5와 동일하다.

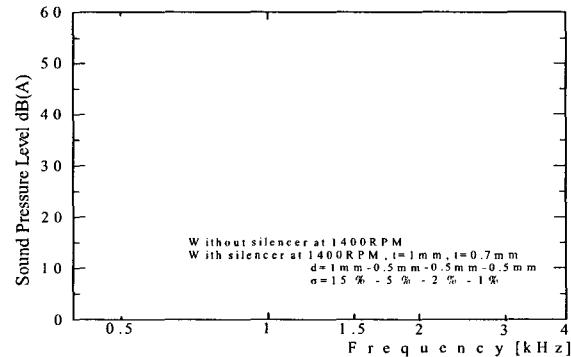


Fig. 6 Effect of the porosity of perforated panels on the noise reduction performance of range hood having built-in four-layer perforated panel system

Fig. 6의 결과로부터 음원 가까운 쪽 다공판에 음안내판을 설치하는 대신에 공극율이 큰 다공판을 설치해도 음원으로부터 방사된 소음이 다공판 시스템으로 유입되게 되어 결과적으로 소음이 저감되는 것을 알았다.

Fig. 7은 공극율  $\sigma = 20\%$ ,  $\sigma = 15\%$ ,  $\sigma = 10\%$ ,  $\sigma = 5\%$ 인 순서로 배치한 다공판 시스템의 흡음계수를 측정하고 계산한 결과이다. 결과에서 흡음성능은 Fig. 5만큼 좋지는 않았다. 그러나 이 다공판 시스템을 레인지 후드에 장착하여 소음 스펙트럼을 측정한 Fig. 8의 결과

에서는 약 2 dB(A)이상의 소음저감성능이 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 수직입사 시험결과에서의 흡음성능이 그리 좋지 않는 다공판 시스템이더라도 공극율을 크게 하여 실제 시스템에 장착하였을 경우에는 우수한 소음저감 효과를 나타내었다. 이에 대한 이유로는 음원으로부터 소음의 유입정도를 들 수 있으며, 따라서 다공판 시스템을 실제 시스템에 장착하여 설계할 때에는 이러한 요인을 설계단계에서 고려하여야 함을 알았다.

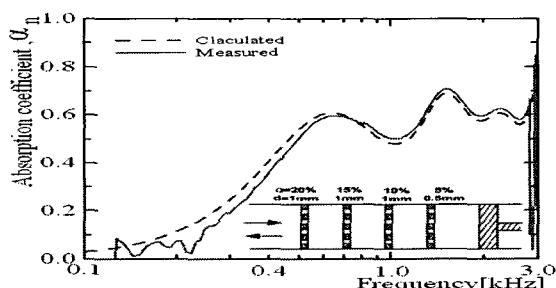


Fig. 7 Effect of the perforated panels with large porosity on the absorption coefficient of four-layer perforated panel system

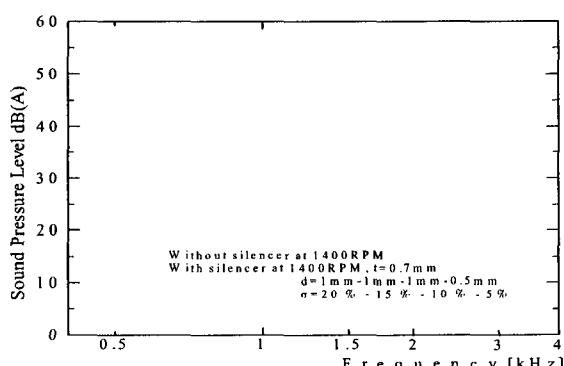


Fig. 8 Noise reduction performance of range hood having built-in four-layer perforated panel system with large porosity

#### 4. 결 론

본 연구에서는 미세 다공판 시스템을 레인지 후드에 장착하고 소음저감 시험을 수행하였으며, 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

공극율 5%이하인 4개의 미세 다공판으로 구성된 다공판 시스템에 대한 수직입사 흡음성능은 우수하였으나, 이를 실제의 레인지 후드에 장착하여 소음저감 정도를 측정한 결과에서는 소음저감이 거의 없음을 확인하였다. 이에 대한 대책으로 팬으로부터 방사되는 음을 가급적 다공판 시스템으로 유입되게 하기 위하여 음안내판을 팬과 가까운 다공판에

부착하여 소음을 측정한 결과, 전주파수 대역에서 소음이 저감되는 것을 알았다. 따라서 이러한 맥락에서 음원과 가까운 쪽의 다공판을 공극율 15%이상인 다공판으로 교체하여 소음을 측정한 결과에서도 레인지 후드 소음이 상당히 감소하는 것을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 배귀남, 2004, “실내공기 오염물질과 인체 위험도 평가”, 설비/공조·냉동·위생, 1월호 pp.41 ~ 51.
- (2) 김두훈, 1994, “공조설비의 소음·진동”, 한국소음진동공학회 논문집 제4권, 제2호, pp. 116 ~ 123.
- (3) 김철호 등, 2005, “렌지 후드용 개선된 시로코 팬의 소음특성 변화”, 춘계학술발표회 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 209 ~ 212.
- (4) 전완호 등, 2002, “시로코 팬의 공력소음 발생에 관한 수치적 연구”, 한국소음진동공학회 논문집 제12권, 제1호 pp. 42 ~ 47.
- (5) 김철호 등, 2004, “주방 환기 시스템에서 렌지 후드의 소음 감소 방안”, 춘계학술발표회 논문집 한국소음진동공학회, pp. 848 ~ 851.
- (6) 이동훈, 허성춘, 권영필, 2002, “전달행렬법을 이용한 다중 다공판 시스템의 흡음성능 예측”, 한국소음진동공학회논문집 제 12권 제 9호, pp.709 ~ 716.
- (7) D.H.Lee and Y.P.Kwon, 2004, "Estimation of the Absorption Performance of Multiple Layer Perforated Panel Systems by Transfer Matrix Method", Journal of Sound and Vibration, Vol.278, pp.847~860
- (8) 홍병국, 송화영, 이동훈, 이창근, 김동윤, 2005, “가정용 레인지 후드의 소음저감의 관한 연구”, 추계학술발표회 논문집 한국소음진동공학회, pp. 449 ~ 452.
- (9) 홍병국, 송화영, 이동훈, 이창근, 김동윤, 2005, “주방환기 시스템의 소음저감과 실내 음장분포 예측에 관한 연구”, 동계학술대회 논문집 대한설비공학회, pp. 494 ~ 499.
- (10) KS C IEC 4074-2-13 가정용 및 이와 유사한 전기 기기의 소음 측정 방법-제2-13부:레인지 후드의 개별 요구 사항