

# 주방환기 시스템의 소음 저감과 실내 음장분포 예측에 관한 연구

† 홍 병 국\*, 송 화 영\*, 이 동 훈\*\*, 이 창 근\*\*\*, 김 동 윤\*\*\*

\*서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지시스템공학과 석사과정,

\*\*서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지시스템공학과, \*\*\*(주)엑타 기술연구소

## A Research on the Noise Reduction of a Kitchen Ventilation System and the Prediction of Sound Distribution in a Kitchen and Room

Byung-Kuk Hong\*, Hwa-Young Song\*, Dong-Hoon Lee\*\*, Chang-Kun Lee\*\*\*, Dong-Yun Kim\*\*\*

**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 harsh noises are generated. Though the harsh noises have low noise level, these kinds of noises make most of the users nervous. For the purpose of noise reduction, in this study, a perforated plate 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 was decreased more than 10dB(A) in all 1/3 octave bands due to the effect of noise reduction by perforated plate systems.

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

### 1. 서 론

경제 성장과 소득 수준의 증대와 웰빙 열풍으로 인해 중전에는 크게 문제화 되지 않았던 거주 공간 쾌적성 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 발생하는 이산화질소(NO)와 취기이다.<sup>(1)</sup> 이러한 실내 오염물질을 제거하기 위해서 자연환기, 공기 청정기와 주방환기 시설인 레인지 후드를 이용한다. 이 중 어느 가정에서나 요리시 발생하는 오염물질을 제거

하기 위해 국부 환기 시스템인 레인지 후드를 사용한다. 현재 레인지 후드의 제작 기술은 성능보다는 주방기구의 일부로서 레인지 후드의 외관 및 주방가구와의 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 공력소음 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 저소음화 연구결과가 레인지 후드 상용제품에 채용되지 못하고 있으며, 대부분의 국내 사용자들은 레인지 후드 작동 시 발생하는 소음에 대해서 많은 불만을 표

† Corresponding author

Tel.: 02-970-6331; Fax: 02-979-7331

E-mail address: bkhong@snut.ac.kr

출하고 있는 실정이다. 이와는 대조적으로 유럽 선진국의 가정용 레인지 후드의 소음 성능은 매우 정온한 것으로 알려져 있으며, 실내소음이 NC-35를 만족하는 제품도 판매되고 있는 실정이다.

일반적으로 소음방지를 위하여 널리 쓰이는 대표적인 흡음재로는 유리섬유와 폴리우레탄 폼을 들 수 있다. 이들 흡음재는 음에너지의 소산을 촉진시키기 위하여 내부구조가 다공형이거나 복잡한 음전파 경로를 갖도록 되어 있어 우수한 흡음 성능을 갖는다. 그러나 소음저감과 레인지 후드 팬의 설계 변형에 드는 비용과 시간을 단축하기 위해서, 환경공해와 인체의 호흡기에 치명적인 피해를 가하며, 법적으로 사용 규제를 받고 있는 유리섬유나, 조리 기구의 열에 의해 화재의 문제 때문에 폴리우레탄 폼을 사용할 수 없는 것이 현실이다. 또한 회전기계인 팬에서 발생하는 저주파 소음의 저감을 위해서는 효과적이지 못하다. 따라서 이와 같은 기존 흡음재의 문제점을 해결하기 위해서 선행 연구자들은 얇은 철판에 구멍을 뚫어 만든 다공판과 공동을 조합한 다중 다공판 시스템의 흡음성능 예측과 측정을 통해 다공판 시스템의 흡음성능을 입증한 바 있다.<sup>(6~7)</sup>

따라서 본 연구에서는 레인지 후드의 소음저감을 위해 비산과 화재의 염려가 없는 다공판 시스템을 이용하였다. 두개의 마이크로폰이 부착된 임피던스관에 레인지 후드의 회전수 변화에 따른 각 단별 소음을 녹음하여 스피커를 통하여 임피던스관내로 소음을 입사시켜, 다공판의 공극율과 공동의 깊이가 60mm와 120mm 일 때 흡음성능을 예측하고 측정하여 상호 비교하였다. 또한 다공판 구멍의 지름이 0.5mm와 1mm인 다공판을 제작하여 레인지 후드의 팬 하우징 양쪽 측면에 설치하여, 다공판 시스템의 설치전과 후의 소음을 측정하여 소음저감 효과를 확인하고 다공판 시스템의 흡음계수 결과와 비교하였다. 레인지 후드 소음성능은 무향실에서 KS C IEC 60704-2-13<sup>(8)</sup>에 준하여, 단일과 2중 다공판을 설치 전과 후에 대하여 레인지 후드로부터 방사된 소음의 음압레벨을 측정하여, 음향파위레벨과 음압레벨의 관계식을 통해서 레인지 후드의 음향파위레벨을 산출하였다. 또 산출한 음향파위레벨을 이용하여 29평형 공동주택에 대하여 실내 음장분포를 예측하였다.

## 2. 실험 및 예측

Fig. 1은 실험에 사용된 임피던스관과 측정기에 대한 개략도를 나타낸 것이다. 임피던스관은 60mm x 60mm인 정사각형이며, 길이 1300mm 그리고 두께 10mm인 아크릴판으로 제작하였다. 관의 입구측에는 스피커가 부착되어 있으며, 출구측에는 시험대상체인 다공판이 설치되어 있다. 측정주파수의 상한 범위는 3200Hz로 하였으나, 본 연구에 쓰인 사각형 임피던스관의 등가지름이 67.7mm 이므로 고차모드에 의한 차단주파수를 감안하면, 평면파 음장조건을 유지하는 주파수의 상한범위는 2900Hz가 된다. 대상음원에 대한 다공판의 흡음성능을 알아보기 위해 레인지 후드에 장착된 시로코펜의 화전수별 소음을 녹음하여 임피던스관내로 같은 레벨의 음압을 입사하여 흡음성능을 측정하였다.

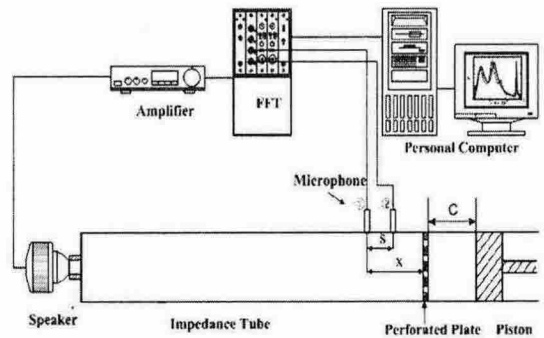


Fig. 1 Experimental setup for sound absorption coefficient measurement.

흡음계수는 임피던스관의 두 지점에 설치된 두개의 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.

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

Table 1은 본 연구에 사용한 다공판 제원을 나타낸 것이다.

Table 1 Dimensions of the perforated plates.

Porosity (%) $\sigma$	Thickness $t$ (mm)	Hole diameter $d$ (mm)
1	1	1
2		
1	0.7	0.5
2		
5		

Fig. 2는 KS C IEC 60704-2-13<sup>(8)</sup>에 준하여 제작한 가정용 레인지 후드 소음측정 실험장치이다. 레인지 후드 전방에서 소음 측정시 배출 유동소음이 회절되는 것을 방지하기 위해 칸막이 벽과 흡음형 덕트 소음기를 제작하여 출구에 설치하였다.

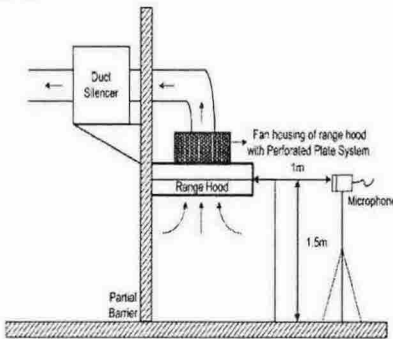


Fig. 2 Experimental setup for noise measurement of range hood.

팬 하우스 측면에 다공판을 설치하여 레인지 후드내의 시로코 팬의 회전수가 890RPM, 1150RPM 그리고 1400RPM 일 때 단일 다공판의 공극율을 변화시키면서, 공동 깊이 60mm와 120mm의 조건에서 다공판 시스템 설치 전과 후에 대하여 레인지 후드의 좌우 측면을 기준으로 시계방향과 반시계방향으로 마이크로폰을 20°씩 이동하면서 소음을 측정하였다. 이 결과를 통해서 음향파워레벨과 음압레벨의 관계식을 이용하여, 레인지 후드에 다공판 시스템 설치 전과 후에 대한 음향파워레벨을 산출하였다. 실내 음장분포의 예측을 위해  $\sigma = 5.0\%$ 와  $\sigma = 1.0\%$  그리고

$d_h = 0.5mm$ 을 조합한 다공판 시스템을 설치한 레인지 후드의 음향파워레벨을 이용하였다. 또한 29평형 공동주택에서 1400RPM으로 운전되고 있는 레인지 후드에 다공판 시스템을 설치한 경우와 설치하지 않은 경우에 대하여 실내 음장분포를 예측하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 레인지 후드가 1400RPM으로 운전될 때의 소음 스펙트럼을 임피던스관에 입사시킨 상태에서 공동깊이  $c = 60mm$ 로 고정하고 단일 다공판 시스템의 공극율만을 변화시키면서 흡음계수를 측정하고 계산한 결과이다. 다공판의 제원은  $t = 1.0mm$  그리고  $d_h = 1mm$ 이다. 결과에서 저주파수대역을 제외하면 측정결과와 계산결과는 전반적으로 잘 일치하는 것으로 판단된다. 또 공극율이 증가할수록 흡음능력의 피크값은 점차 감소하면서 피크치의 주파수는 고주파쪽으로 이동하는 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 레인지 후드가 1400RPM으로 운전될 때의 소음 스펙트럼을 임피던스관에 입사시킨 상태에서 공동깊이  $c = 120mm$ 로 고정하고 단일 다공판 시스템의 공극율만을 변화시키면서 흡음계수를 계산하고 측정된 결과이다. 다공판의 제원은  $t = 1.0mm$ ,  $d_h = 1mm$ 이다. 이 결과에서도 공극율이 증가함에 따라서 흡음계수의 첫 번째 피크값은 감소하고 피크 주파수는 고주파수 대역으로 이동하는 것을 볼 수 있다.

이상의 연구결과를 이용하여 공동 깊이 60mm와 120mm로 조절할 수 있는 레인지 후드 일체형 다공판 시스템을 제작하여 레인지 후드 팬 하우스 양쪽 측면에 부착하여 소음저감 정도를 측정하였다. 소음 측정결과로부터 레인지 후드 시로코팬의 운전 회전수인 890RPM, 1150RPM 그리고 1400RPM 모두에서 단일 다공판은 공극율  $\sigma = 2.0\%$ 가 가장 좋은 소음저감 효과를 나타냈으며, 그 중 공동깊이가 120mm와 구멍 지름이 0.5mm일 때의 소음저감 효과가 더 좋았다. 2중 다공판 시스템은 구멍지름 0.5mm, 공극율  $\sigma = 5.0\%$ 와  $\sigma = 1.0\%$ 를 조합한 경우가 우수한 소음저감 효과를 나타내었다.

Fig. 5는 팬이 1400RPM으로 운전될 때 다공판의 제원이  $\sigma = 2.0\%$ 이고  $t = 0.7mm$ 와  $t = 1mm$  그

리고  $d_h = 0.5\text{mm}$ 와  $d_h = 1\text{mm}$ 이며, 공동깊이  $c = 120\text{mm}$ 인 다공판 시스템을 레인지 후드 양쪽 측면에 각각 설치하였을 때와 설치하지 않았을 때의 소음 스펙트럼을 측정하여 비교 도시한 결과이다.

Fig. 6은 레인지 후드가 1400RPM으로 운전될 때,  $d_h = 0.5\text{mm}$ 이고 공극율  $\sigma = 1.0\%$ 와  $\sigma = 2.0\%$ 인 다공판 시스템을 설치한 경우와 설치하지 않은 경우에 대하여 소음 스펙트럼을 비교 도시한 결과이다.

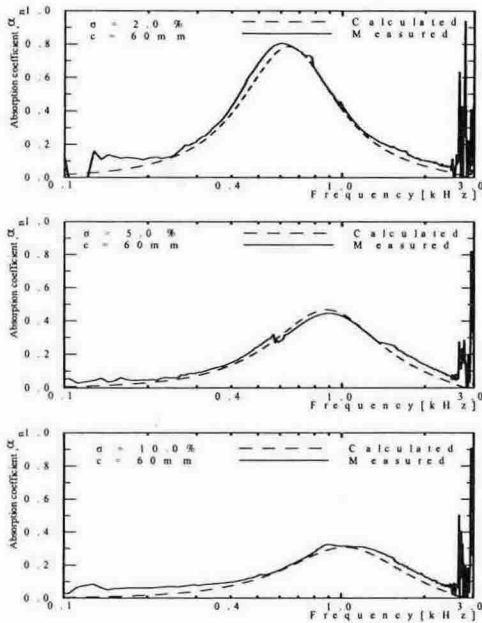


Fig. 3 Comparison between the measured and calculated absorption coefficients for various porosities of single perforated plate with cavity depth of 60mm

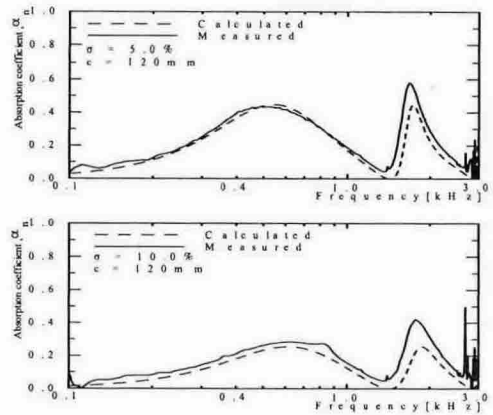
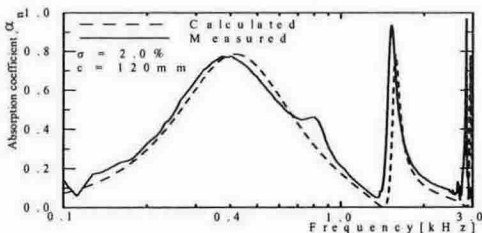


Fig. 4 Comparison between the measured and calculated absorption coefficients for various porosities of single perforated plate with cavity depth of 120mm.

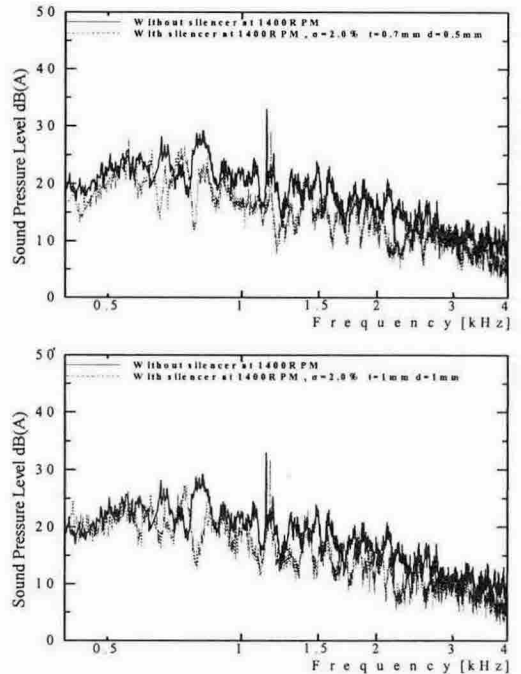


Fig. 5 Effect of the hole diameter of a perforated plate on the noise reduction of range hood

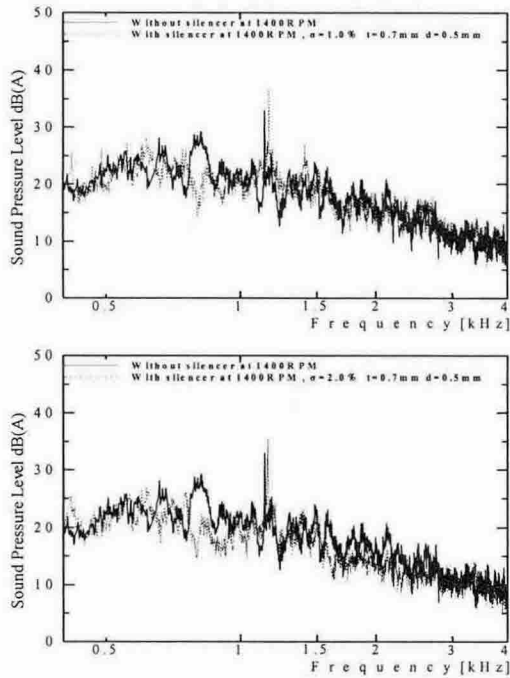


Fig. 6 Effect of the porosity of a perforated plate on the noise reduction of range hood

결과에서 레인지 후드로부터 방사된 소음은 다공판 시스템으로 인하여 모든 주파수에서 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. Fig. 5에 도시된 결과에서 공극율이 같고 구멍 지름이 다를 때는 구멍지름이 작은 경우가 더 좋은 소음저감 효과를 나타내었다. Fig. 6의 결과처럼 구멍 지름은 같고 공극율이 다른 경우는 공극율이 큰 것이 1.5k~3k 대역에서 좋은 소음저감 효과가 있음을 알았다.

Fig. 7은 레인지 후드에  $\sigma=5.0\%$ 와  $\sigma=1.0\%$  그리고  $d_h=0.5mm$ 을 조합하여 다공판 시스템을 부착하기 전과 후의 음향파워레벨을 1/3 옥타브 밴드로 산출하여 비교 도시한 결과이다. 도시된 결과에서 보듯이 전 주파수대역에서 10 dB(A) 이상 저감되었음을 알 수 있다.

Fig. 8은 Fig. 7에서 산출한 음향파워레벨을 이용하여 다공판 시스템을 설치한 레인지 후드와 설치하지 않은 레인지 후드에 대하여 실내 음장을 예측한 결과이다. 공동주택의 평형은 29평형이며, 레인지 후드의 1400RPM으로 운전되고 있

는 상태이다.

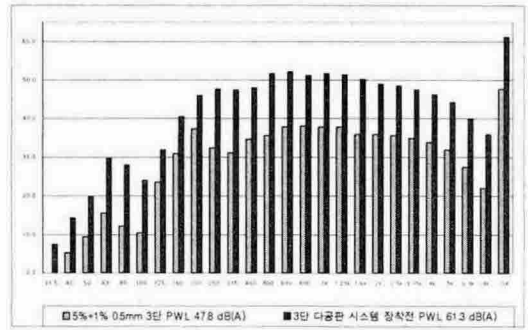
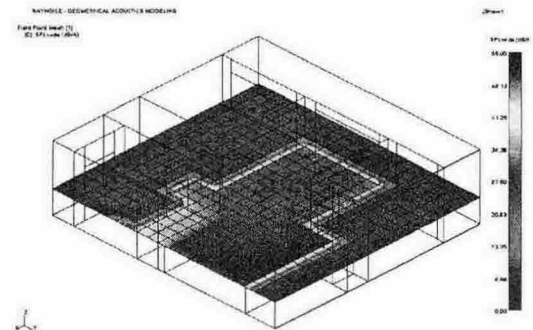
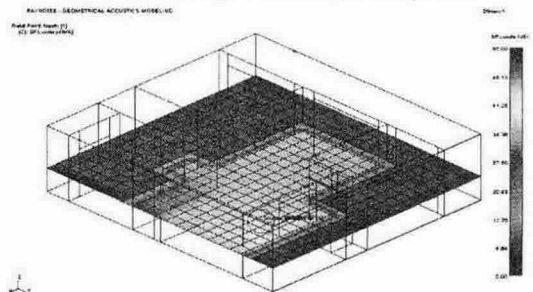


Fig. 7 1/3 octave band sound power levels reduced by perforated plate systems



(a) Noise distribution emitted from the range hood without perforated plate system



(b) Noise distribution emitted from the range hood with perforated plate system

Fig. 8 Prediction results for sound distributions in the kitchen and living of an apartment

실내 음장 예측 결과로부터 레인지 후드에 다

공판 시스템을 설치하지 않은 경우는 거실 중앙에서의 실내 소음도가 NC-45 정도로 평가 되었으며, 다공판 시스템을 설치한 경우는 실내 소음도가 NC-30 정도로 평가되었다. 레인지 후드에 소음저감 장치인 다공판 시스템을 부착함으로써 대폭적으로 실내소음이 개선된 것을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

(1) 다공판 시스템은 공극율이 증가할수록 흡음 성능의 피크값은 점차 감소하면서 피크치의 주파수는 고주파 영역으로 이동하는 것을 알 수 있었다. 그리고 같은 공극율 조건에서 공동 깊이가 증가할수록 흡음계수의 차이는 없으나 흡음대역이 저주파 대역으로 이동하는 것을 알 수 있었다. 또한 같은 공극율 조건에서 구멍 지름이 작을수록 소음저감 효과가 뛰어난 것을 알 수 있었다.

(2) 다공판의 공극율과 구멍지름 그리고 공동깊이에 대한 저소음화 설계변수를 도출하여 최적의 다공판 시스템을 설계하여 레인지 후드에 장착하면 전 주파수대역에서 최고 10dB(A) 이상의 소음저감이 가능함을 확인하였다.

(3) 레인지 후드에 소음저감 장치인 다공판 시스템을 장착함으로써 NC-45 에서 NC-30 정도로 실내소음을 개선시켰다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부 공통핵심기술개발사업의 연구비지원으로 수행된 연구결과로서 지원에 사의를 표합니다.

#### 참 고 문 헌

(1) 배귀남, 2004, "실내공기 오염물질과 인체 위해도 평가", 설비/공조·냉동·위생, 1월호 pp.41-51.  
 (2) 김두훈, 1994, "공조설비의 소음·진동", 한국소음진동공학회 논문집, 제4권, 제2호, pp. 116-123.  
 (3) 김철호, 최영석, 2005, "렌지 후드용 개선된 시로코 팬의 소음특성 변화", 춘계학술발표회 논문집,

한국소음진동공학회, pp. 209-212.

(4) 전완호, 백승조, 김창준, 2002, "시로코 팬의 공력소음 발생에 관한 수치적 연구", 한국소음진동공학회 논문집, 제12권, 제1호 pp. 42-47.

(5) 김철호, 최영석, 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", 한국소음진동공학회 논문집, 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) KS C IEC 4074-2-13, 가정용 및 이와 유사한 전기기기의 소음 측정 방법-제2-13부 : 레인지 후드의 개별 요구 사항