

공동주택의 주방공용배기시스템 성능개선에 관한 연구 A Study on the Performance Improvement of the Kitchen Common Exhaust System for Multi-family Houses

이갑택* · 심창섭** · 이경희***†
Gab-Taek Lee*, Chang-Seop Sim** and Kyung-Hee Lee***†

(Received 24 July 2020, Revision received 06 August 2020, Accepted 06 August 2020)

Abstract : As a result of developing and evaluation the performance of the kitchen ventilation system, a new kitchen ventilation system, which can improve the exhaust performance of the kitchen ventilation system installed in the existing apartment house and improve the noise problem from the range hood, was conducted as follows. The same conclusion was reached. First, the development system is a kitchen exhaust system, and consists of a roof fan with a power fan, an exhaust standing duct, and a range hood that can selectively incorporate a power fan. It was possible to improve the exhaust performance through the control of the roof fan with a built-in PCB, and the noise level in the kitchen could be reduced below the standard value by removing the power fan in the range hood. Second, the noise level generated by the range hood could be reduced to below the standard value by removing the power fan. The noise level of the range hood measured under various assumed conditions met the standards of the Korean Standard for Equipment Association. As a result of verifying the performance of the kitchen exhaust performance, noise in the range hood, dew condensation, and backflow into the household, which have been pointed out as problems in the existing kitchen ventilation system. It shows that natural ventilation performance, convenience of use, maintenance and energy cost are reduced through the electric air damper.

Key Words : Kitchen ventilation system, Range hood, Apartment house, Ventilation noise level

1. 서 론

공동주택 주방에서 도시가스를 사용하여 음식

물을 조리하는 경우, 연소과정에서 발생하는 고온의 열기, 일산화탄소, 이산화탄소, 연소화합물, 수증기 및 냄새 등 많은 양의 오염 물질이 발생한다.^{1,2,3)} 주방에서 발생하는 오염물질을 원활히 배

***† 이경희(ORCID:https://orcid.org/0000-0002-3559-2881) : 교수, 부산대학교 건축공학과
E-mail : samlgh@pusan.ac.kr, Tel : 051-510-7630
*이갑택(ORCID:https://orcid.org/0000-0002-7598-7140) : 대학원생, 부산대학교 건축공학과
**심창섭(ORCID:https://orcid.org/0000-0002-5682-9032) : 대표, ㈜동오

***† Kyung-Hee Lee(ORCID:https://orcid.org/0000-0002-3559-2881) : Professor, Department of Architectural Engineering, Pusan National University.
E-mail : samlgh@pusan.ac.kr, Tel : 051-510-7630
*Gab-Taek Lee(ORCID:https://orcid.org/0000-0002-7598-7140) : Graduate student, Department of Architectural Engineering, Pusan National University.
**Chang-Seop Sim(ORCID:https://orcid.org/0000-0002-5682-9032) : Representation, Dongo Inc.

출시키고, 주거공간으로의 확산을 방지하는 방법 중 하나는 주방환기시스템을 사용하는 것이다. 주방환기시스템이 갖추어야 할 성능은 고온의 열과 함께 빠른 속도로 상승하는 오염 공기를 충분히 포집하면서 내장된 팬과 모터의 소음⁴⁾은 적어 실내 사용자의 쾌적한 환경에 영향을 주지 않아야 한다.

주방에서 발생된 오염물질을 효율적으로 배출시키기 위해 조합연도(AD, Air Duct)를 이용하는 기존의 공용배기시스템은 건물 높이가 높을수록 배기성능의 저하, 오염물질의 체류시간 증가, 인접 세대로의 역류현상 및 동절기 연도 내의 결로 발생 등 문제점이 나타나고 있다.^{5,6)}

본 연구는 주방에서 가열하여 조리하는 과정에서 발생하는 오염물질의 제거와 열기를 배출하는 것이 주된 목적인 레인지후드를 배기성능 저하와 소음 등의 문제로 사용을 기피함으로써 쾌적한 주거생활이 곤란해지는 것을 개선하기 위하여 새로운 주방 공용배기시스템을 개발하고, 개발된 시스템의 성능을 평가하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

공동주택의 주방 배기시스템은 개별방식과 공용배기방식으로 구분할 수 있는데, 주방 배기방식에 대한 입주자 선호도 파악을 위한 LH공사의 조사 결과에 의하면 개별방식보다 공용배기방식을 사용하는 것에 더 긍정적인 반응을 보이는 것으로 나타났다. 일반적인 공동주택의 자연환기방식은 달리 20층 이상의 고층 공동주택의 주방에 연결되는 공용배기입상덕트의 옥상에 팬을 설치한 강제배기방식은 실내 장치와 별도로 배기능력을 유지할 수 있으므로 공용 배기입상덕트를 통한 원활한 배기가 가능하게 되어 주방환기시스템의 배기 능력을 계획한 대로 확보하는 것이 가능하다.

이에 본 연구는 무동력 흡출기를 사용하는 공용배기방식의 여러 문제점을 해소하고, 고층 공동주택 주방에서 발생하는 레인지후드의 소음의 저감 및 오염물질을 효율적으로 제거할 수 있는 개선된 주방 공용배기방식을 개발하고, 그 성능을 확인하기 위하여 현재 공사 중인 공동주택에 개

발된 제품을 설치하여 풍량, 압력, 전류 및 소음을 측정하였으며, 측정된 값을 활용하여 배기성능을 평가하였다.

3. 측정대상 제품의 개요 및 특징

3.1 대상 제품의 구성

개발제품은 루프팬, 방화댐퍼, 정풍량 전동댐퍼 및 레인지후드이다. 먼저, 루프팬은 오염된 공기를 강제적으로 배출하기 위하여 옥상에 설치하는 환기장치이고, 방화댐퍼⁷⁾는 화재 발생 시 AD와 덕트를 통하여 인접한 다른 세대로 연소가 확대되는 것을 방지하는 것으로 건축물 내의 방화구획을 관통하는 덕트 내에 온도가 상승하면 덕트를 자동적으로 폐쇄하는 댐퍼이다. 정풍량 전동댐퍼는 레인지후드의 1단, 2단, 3단 제어에 따른 댐퍼 각도를 조정하여 자동으로 정풍량을 유지하는 장치이다. 마지막으로 레인지후드는 일정 성능 이상의 배기능력을 갖추고, 고온의 열과 함께 빠른 속도로 상승하는 오염공기를 충분히 포집할 수 있으며, Fig. 1과 같다.

3.1.1 루프팬

공용입상배기덕트에 연결되어 있는 임의의 층에서 주방의 레인지후드를 작동시키면 옥상의 루



Fig. 1 Magnetic bearing system

Table 1 Specification of Roof fan

| Division | | Value |
|-----------------------|-------------------|--------------|
| Standards | AC Single-Phase | 220 V |
| | AC Three-Phase | 380 V |
| Motor | BLDC or EC | - |
| CASE | Coating over 1.0t | - |
| Power Consumption | | 300 ~ 1200 W |
| Insulation class | | F |
| Operating temperature | | -25 ~ 60 °C |

프팬은 최초 작동을 시작하게 되고, 루프팬의 최초 작동 이후에 레인지후드를 사용하게 되는 중도 사용자는 동시 사용에 따른 부하율 증가를 위한 루프팬의 속도 제어 신호를 발생하게 된다. 레인지후드 마지막 사용자가 레인지후드를 정지시키면 루프팬은 연동하여 정지하게 된다.

루프팬의 동력 모터는 AC단상과 삼상제어가 가능하고, 층수에 따라 소비전력은 300~1,200 W 이하로 적용하여 부하의 신호에 따라 가변제어가 가능한 BLDC 또는 EC Motor를 사용하였다. 루프팬의 사양은 Table 1과 같다.

3.1.2 동력팬이 없는 레인지후드

개발된 레인지후드는 정풍량 전동댐퍼의 작동 램프, 타이머의 설치를 기본사항으로 하여 전자식으로 1단, 2단, 3단, 파워배기 스위치 단자가 설치되어 있으며, 파워배기(강제배기)를 위하여 레인지후드에 동력 팬을 부착하여 적용할 수도 있다.

레인지후드의 공급전원은 AC 220 V 60 Hz, 소비전력은 5 W 미만으로 가동하고, 레인지후드의 사양은 Table 2와 같다.

Table 2 Specification of Range hood

| Division | Value |
|-------------------|-----------------|
| Standards | AC 220 V 60 Hz |
| CASE | Stainless Steel |
| Power consumption | Less than 5 W |

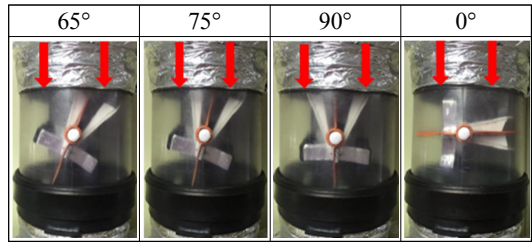


Fig. 2 Electric damper operation condition

Table 3 Specification of Constant air volume electric damper

| Division | Value |
|-------------------|--------------------|
| Standards | DC 5 V |
| Motor | DC Geared |
| Power consumption | Less than 2.2 W |
| Driving force | More than 120 N-cm |
| Driving method | 1, 2, 3 speed |

3.1.3 정풍량 전동댐퍼

정풍량 전동댐퍼의 풍량조절은 댐퍼에 설치된 보조 차단판이 풍압에 따라 순차적으로 열리고 닫힘으로써 정풍량을 유지하게 된다. 또한, 정지시에는 보조차단판이 0°로 되어 밀폐를 완벽하게 유지시켜 외부 풍량을 완벽하게 차단함으로써 역류에 의한 문제점을 해소하였다. 정풍량 전동댐퍼의 작동 상태는 Fig. 2와 같다.

정풍량 전동댐퍼는 DC 5 V, 소비전력은 2.2 W 이하, 모터는 DC Geared Motor를 사용한다. 정풍량 전동댐퍼의 사양은 Table 3과 같다.

3.2 작동 프로세스 및 제어방식

배출공기는 주방 레인지후드 → 정풍량 전동댐퍼 → 방화댐퍼 → 입상덕트(AD) → 루프팬의 순으로 배기되며, 시스템의 구성은 Fig. 3과 같다.

개발된 주방 공용배기시스템은 세대 내에 동력팬이 내장되지 않은 레인지후드와 공용 입상덕트의 상부에 루프팬을 설치한 방식으로 배기풍량의 조절은 레인지후드에서 작동단수의 조절을 통하여 루프팬의 모터 회전수를 조절함으로써 가능하다.

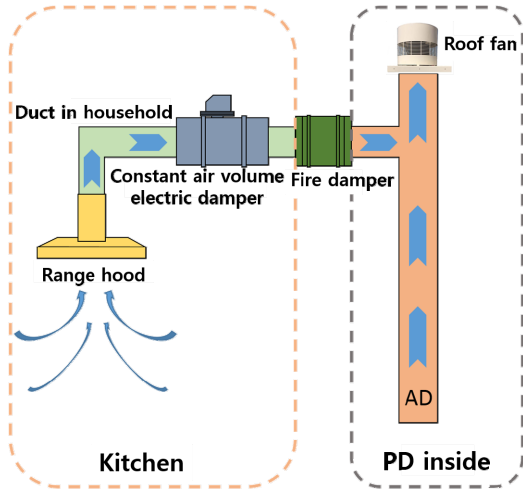


Fig. 3 System configuration

루프팬은 주방공기를 배기시키는 경우에만 사용자의 동시 사용률에 의한 부하율에 따라 여러 단계로 나누어 가동하고, 사용자가 없을 시에는 루프팬이 정지하는 기능을 가지고 있으며, 세대 내의 레인지후드에는 동력팬이 내장되어 있지 않으므로 레인지후드에서 발생하는 소음을 상당히 줄일 수 있다.

옥상의 루프팬 모터의 회전수 제어를 통하여 공용 입상덕트 내의 압력을 조절함으로써 주방의 배기를 극대화할 수 있으며, 루프팬 모터의 회전수를 조절하기 위한 작동단수는 레인지후드 1, 2, 3단 및 파워배기로 구분하여 조작하게 된다. 평상시에는 루프팬의 배기 1, 2, 3단을 가동하여 무진동, 저소음의 루프팬형 레인지로 사용하고, 생선 등의 조리과 같이 냄새가 많이 발생하는 요리를 할 때에는 별도로 에너지 사용량을 증가시키지 않더라도 일시적으로 정풍량을 해제시키는 파워 배기를 통하여 빠르게 주방 오염공기를 배출할 수 있다.

개발된 주방 공용배기시스템은 세대 내 레인지후드에 동력팬을 설치하지 않은 제품이지만, 기존에 주로 사용하였던 방식과 동일하게 레인지후드 내에 동력팬을 선택적으로 설치하여 사용할 수도 있다. 세대 내 레인지후드에 선택적으로 동력팬을 설치한 강제배기제품은 평상시에는 루프팬만 가

동하여 소음이 적게 발생하는 루프팬의 작동단수를 배기 1단으로 사용하고, 강한 냄새가 발생하는 생선 등의 조리를 하는 경우에는 레인지후드 내 동력팬의 작동단수를 1, 2, 3단으로 하여 배기효과를 극대화할 수 있다.

옥상에 설치된 루프팬의 제어를 위하여 각 세대마다 1개의 ID를 다르게 부여하여 루프팬과 1 : 1 또는 1 : 다수 통신을 하더라도 루프팬이 레인지후드를 사용 중인 세대를 정확하게 알 수 있도록 하였고, 배기풍량에 따른 루프팬의 속도제어는 사용세대의 동시사용에 의한 부하율에 따라 여러 단계로 나누어 작동하도록 하였다. 이것은 각 ID당 할당된 레인지후드의 1단, 2단, 3단에 제어를 각 세대 출력된 값에 의해 루프팬의 풍량을 가변 제어할 수 있도록 하였다.

30세대 이상일 경우에는 중복 ID가 발생할 수 있으므로 이를 방지하기 위하여 중계기를 설치하고, 통신선(UTP)은 전용라인 또는 홈네트워킹방식을 적용한다.

4. 주방 공용배기시스템의 성능 측정

4.1 측정 개요

4.1.1 장소의 건축적 개요

개발된 주방 공용배기시스템의 배기성능확인을 위한 측정은 경상남도 양산시 물금읍에 시공 중인 D사의 공동주택(아파트) 공사현장에서 실시하였으며, 성능확인을 위한 측정 대상의 건축적 개요는 Table 4와 같다.

Table 4 Architectural abstract

| Division | Value |
|--------------------------|--------------------------------|
| Business name | Apartment housing construction |
| Business location | Yangsan-si, |
| Scale | 36~37 stories above ground |
| The number of households | 568 |

4.1.2 측정 계통

개발된 주방 공용배기시스템의 동시 사용에 따른 부하율을 고려하기 위하여 2층, 4층, 8층, 10층, 14층, 18층, 22층, 26층, 30층, 32층, 34층, 36층의 12개층의 주방에는 레인지후드를, 옥상층에는 루프팬을 설치하였다. 12개의 각층에는 전동팬이 내장되지 않은 레인지후드를 설치하였으나, 10층에는 강제배기의 효과를 판단하기 위한 전동 팬을 내장한 레인지후드를 설치하였다.

부하율은 각 층의 세대 주방에 설치된 레인지후드를 동시에 사용되는 비율을 나타낸 것으로 부하율 100%는 12대, 50%는 6대, 30%는 4대, 10%는 1대가 동시에 가동하는 것으로 하였다.

레인지후드에 부착된 조정스위치의 조작단계는 1단, 2단, 3단으로 하여 레인지후드의 배기풍량을 구분하는데, 이는 조작단수에 따른 레인지후드의 배기풍량을 루프팬에 부착된 PCB에 의해 회전수를 제어하여 조절하는 단계를 의미한다. 각 제어량에 따라 루프팬에 부착된 PCB에 의해 회전수를 제어하여 일정한 풍량을 배출하게 된다.

이때 1단의 배기풍량은 160 CMH, 2단의 배기풍량은 180 CMH, 3단의 배기풍량은 200 CMH로 설정하였다. 파워배기는 많은 배기량이 필요할 경우 정풍량 기능을 해제함으로써 배기량을 늘려 많은 배기성능을 확보하는 기능을 말한다.

4.1.3 주방 공용배기시스템의 구성

주방 공용배기시스템을 구성하는 루프팬, 루프팬 제어를 위한 PCB 패널, 레인지후드, 정풍량 전동댐퍼, 플렉시블 덕트 및 방화댐퍼를 Fig. 5와 같이 현장에 설치하였다.

주방 공용배기시스템 성능 확인을 위한 풍량, 소음도, 정압 및 전류 측정 장비는 Table 5와 같다.

4.2 측정 결과

4.2.1 루프팬 단독방식

개발된 주방 공용배기시스템의 성능확인을 위하여 전동팬이 내장되지 않은 레인지후드와 옥상의 루프팬에 의해서 배기되는 경우 레인지후드의 배기성능을 측정하였다.

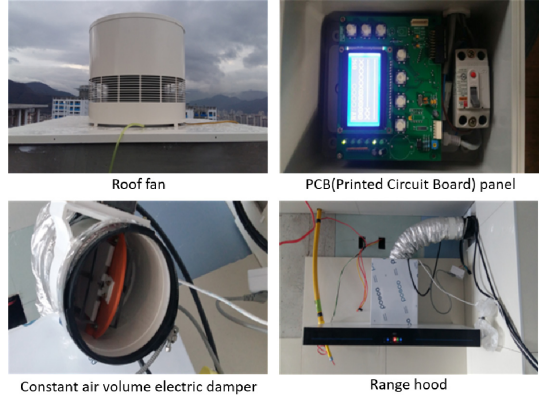


Fig. 5 Field installation for experiments

Table 5 Parameter of magnetic bearing

| Measurement system | Equipment name |
|--------------------|------------------------------------------------------|
| Air volume | Differential pressure gauge SHORTRIDGE / ADM-870C |
| Noise | Sound level meter RION / NL-52 |
| Pressure | Differential pressure gauge SHORTRIDGE / ADM-870C |
| Current / Voltage | Clamp type ammeter/voltmeter HIOKI / 3280-10 |

레인지후드의 배기성능은 1개 층에서만 배기하는 경우와 여러 개 층에서 동시에 배기하는 경우로 구분하여 배기성능을 측정하였다.

1) 1개 층(2층)에서만 배기하는 경우

공용 배기덕트에 연결된 전체 세대 중 1세대(1개 층)에서만 레인지후드를 사용하는 것으로 가정하여 유동손실이 가장 크게 예상되는 2층의 레인지후드의 배기성능을 확인하기 위하여 루프팬의 배기풍량에 따른 배기 1단, 2단, 3단 및 파워배기에 대하여 성능확인에 필요한 풍량, 소음도, 정압, 전류를 측정하였다.

부하율은 레인지후드가 동시에 가동되는 대수를 나타낸 것으로 1개 층에서만 배기하는 경우 레인지후드의 가동 대수가 1대이므로 부하율은 10%로 하였으며, 성능을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다.

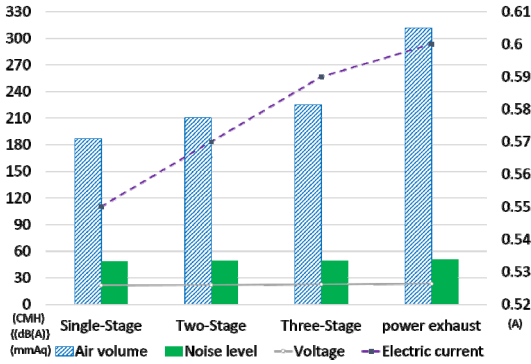


Fig. 6 Exclusive exhaust performance

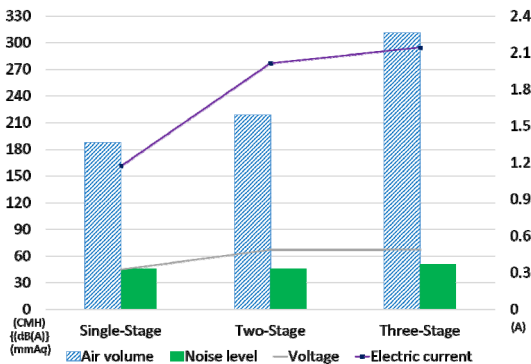


Fig. 7 Exclusive exhaust performance

루프팬의 배기풍량을 1단에서 파워배기로 증가시키는 경우 레인지후드의 풍량은 187 CMH에서 311 CMH로 증가하였으며, 레인지후드 소음도는 48.5 dB(A)에서 50.5 dB(A)로 증가하였다. 루프팬을 가동하는 정압은 21.2 mmAq에서 23.2 mmAq로 증가하였으며, 루프팬의 가동전류는 0.55 A에서 0.60 A로 증가하였다.

2) 여러 개의 층에서 동시에 배기하는 경우

대상 건물의 12개 층에서 동시에 가동하는 경우를 가정하여 부하율 100%로 설정하여 루프팬의 배기성능을 1단(160 CMH), 3단(200 CMH), 및 파워배기로 하여 각종 레인지후드의 배기성능을 측정하였다. 조작단수를 파워배기로 하여 측정하는 경우, 측정하는 층 외의 다른 층은 루프팬이 3단 가동상태로 두고 측정하였다.

루프팬의 조작단수가 1단인 경우, 레인지후드의 배기성능으로 풍량은 181~196 CMH, 소음도는 40.2~48.6 dB(A)로 나타났으며, 3단인 경우 레인지후드의 배기성능으로 풍량은 213~229 CMH, 소음도는 40.8~49.5 dB(A)로 나타났다. 파워배기를 실시한 경우 레인지후드의 배기성능으로 풍량은 301~321 CMH, 소음도는 45.4~53.1 dB(A)로 나타났다.

각 측정지점에서 측정된 결과는 현장측정인 점을 감안하더라도 배기풍량은 약간의 편차를 보이고 있지만, 레인지후드에 설정된 풍량을 확보하고 있으며, 소음도는 주택용 주방환기장치의 소음기준(SPS-KARSE B 0037-0199 : 2015)에서 정하고 있는 기준치 이하로 측정되어 전반적으로 만족할 만한 결과를 나타내고 있다. 특히, 소음도의 측정은 창호와 문 등의 일부가 설치되지 않아 주변에서 발생한 암소음(White Noise)이 실내로 전달되어 레인지후드의 가동 소음도에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 주방가구가 설치되지 않아 레인지후드의 구동부 및 플렉시블이 외부로 노출되어 있어 소음도가 다소 높게 발생하는 것으로 판단되지만, 건축마감이 완료된 후 주방배기시스템을 가동할 경우 더 낮은 소음도를 나타낼 것이다.

8층 세대의 레인지후드를 1단에서 파워배기로 조작하면 풍량은 181 CMH에서 301 CMH로, 소음도는 41.6 dB(A)에서 45.4 dB(A)로 증가함을 알 수 있다. 파워배기로 하여 측정하는 경우 측정하는 층 외의 다른 층은 레인지후드의 조작단수가 3단 가동상태로 가동되고 있는 상태이므로 조작단수를 다양하게 변화시키더라도 다른 세대의 작동상태와 무관하게 배기성능을 확보할 수 있다.

4.2.2 루프팬과 레인지후드팬 병용방식

일반적으로 사용하고 있는 전동 팬이 내장된 레인지후드를 통한 기존의 배기방식에 적용을 위하여 기존 제품과의 성능판단을 위한 특성을 구분하기 위하여 개발된 시스템에서도 10층 1개 층의 주방에 전동팬이 내장된 레인지후드를 설치하여 배기성능을 확인하였다.

측정 대상 공동주택 10층 1개 층에서 전동 팬이 내장된 레인지후드의 배기성능을 측정하기 위

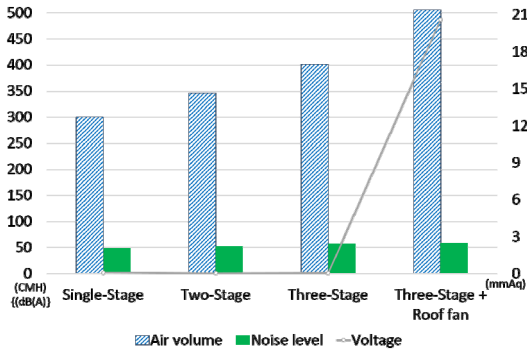


Fig. 8 Range hood exhaust performance at 100% load factor

하여 레인지후드와 전동팬의 배기풍량을 1단, 2단, 3단으로 설정하여 배기풍량을 측정하였으며, 또한, 레인지후드의 전동팬을 3단으로 동작시킴과 동시에 루프팬을 가동해 배기성능을 확인하였다.

전동팬이 내장된 레인지후드와 루프팬을 병용한 방식의 배기성능 확인을 위하여 10층에서 측정한 결과는 Fig. 8과 같다.

옥상의 루프팬을 가동하지 않은 상태에서 레인지후드의 전동팬의 동력제어에 따른 1단, 2단, 3단에 따라 풍량과 소음도를 측정된 결과, 풍량은 300 CMH에서 401 CMH로 증가하였으며, 소음도는 49.0 dB(A)에서 57.0 dB(A)로 증가하였다. 레인지후드의 전동팬의 제어를 3단으로 하고, 옥상의 루프팬을 동시 가동한 결과, 풍량은 505 CMH, 소음도는 59.0 dB(A)으로 나타나 가장 많은 풍량과 높은 소음도를 나타내었다.

5. 결 론

기존 공동주택에 설치되고 있는 주방용 환기장치의 배기성능 저하와 레인지후드에서 발생하는 소음 문제를 개선할 수 있는 새로운 주방용 환기장치인 주방공용배기시스템을 개발하여 실험실시험을 통한 성능평가를 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 개발된 시스템은 주방공용배기시스템으로 동력팬이 부착된 루프팬, 배기입상덕트, 동력팬을

선택적으로 내장할 수 있는 레인지후드 등으로 구성되어 있다. PCB가 내장된 옥상 루프팬의 제어를 통하여 배기성능을 향상시킬 수 있었으며, 레인지후드 내의 동력팬을 제거함으로써 주방에서 발생하는 소음도를 기준치 이하로 줄일 수 있었다.

2) 공동주택의 공사현장에 개발된 실물제품을 설치하여 주방 환기장치의 다양한 사용조건을 상정하여 배기성능을 확인한 결과, 회전수제어에 의한 레인지후드의 조작단수에 따른 성능이 확인되었으며, 여러 세대에서 동시에 사용하는 경우 일정한 배기성능을 확보하였다. 또한 동력팬이 내장된 레인지후드를 사용하는 기존방식과의 비교를 위한 루프팬과 후드팬의 병용방식의 배기성능도 확보하였다.

3) 동력팬을 제거함으로써 레인지후드에서 발생하는 소음도를 기준치 이하로 줄일 수 있었는데, 상정된 다양한 조건에서 측정된 레인지후드의 소음도는 한국설비기술협회 단체표준의 기준을 만족하였다.

이상으로 개발된 주방공용배기시스템의 성능확인 결과, 기존 주방 환기시스템의 문제점으로 지적되어 왔던 배기성능저하, 레인지후드에서의 소음, 결로현상, 세대내로의 역류현상 등의 문제점에 대해 알아보았고, 특히 정풍량 전동팬패를 통한 자연환기성능, 사용의 편리성, 유지관리 및 에너지비용의 절감되는 것으로 나타났다.

후 기

본 연구는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

Author contributions

G. T. Lee; Conceptualization. C. S. Sim; Data curation. K. H. Lee; Writing-review & editing.

References

1. Y. S. Kim, 2000, "Indoor Air Quality and

- Problems in Korea", Journal of The Korean Society for Health Education and Promotion, pp. 3-18.
2. K. M. Kang, 2017, "Analysis of Size-resolved Indoor Particles from Cooking Activities", Spring Conference Proceedings of the Architectural Institute of Korea, Vol. 37, No. 1, pp. 481-482.
 3. M. G. Lee, M. J. Jeong and M. J. Kang, 2018, "Characteristics and Management of Particulate Matter(PM2.5) Emission on Cooking Condition", Journal of the Convergence on Culture Technology, Vol. 4, No. 1, pp. 325-329. (<https://doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.1.325>)
 4. J. H. Lim, M. S. Yoon and S. Y. Song, 2015, "Noise Evaluation of Residential Kitchen Hood in Korea", Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 9, No. 6, pp. 431-436.
 5. S. H. Choi and G. T. Lee, 2012, "An Experimental Study on the Kitchen Ventilation System Effectiveness by Character of Static Pressure Loss of Each System Component in Apartment Building", Journal of the architectural institute of Korea : Planning & design, Vol. 28, No. 3, pp. 269-276.
 6. N. S. Lee, M. J. Song and Y. K. Oh, 2015, "Evaluation of Architectural Design Alternatives for Kitchen Hood Noise Reduction of Apartment Buildings", Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 9, No. 6, pp. 456-461.
 7. S. C. Jang, J. H. Lee and C. W. Lee, 2014, "A Study on Heat Transfer Characteristics of H-120 Class Fire Damper for Offshore Structures", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 19-24.