

이젝터 기술을 활용한 주방후드용 기류유인 덕트 시스템의 개발에 관한 연구

손유라* · 홍성규* · 양정훈***

*영남대학교 건축학부, 학부생

**영남대학교 건축학부, 교수

Study on Development of Inducing Airflow Duct System for Kitchen Hood Using Ejector Method

Son, Yu-Ra* · Hong, Seong-Gyu* · Yang, Jeong-Hoon***

*Undergraduate Student, School of Architecture, Yeungnam University

**Professor, School of Architecture, Yeungnam University

†Corresponding author: yangjh@ynu.ac.kr

Abstract

Kitchen hoods are limited in discharging all contaminants produced during cooking. Contaminants that have not been discharged can rise to the upper part of the kitchen and become stacked. To solve this problem, there is a way to increase the air volume of the kitchen hood, but there are limits, so a new system is required. This study proposes the Duct System (IADK : Inducing Airflow Duct system for Kitchen hood)through 3D printers and experiments. To do this, the pressure is measured to verify the three levels of air volume provided by the kitchen hood. To check the degree of loss of flow in the existing kitchen hood system, install flexible ducts alone to measure the pressure. Change the internal diameter and type of connection of the IADK and measure the pressure. The air pressure, static pressure difference, and loss factor are calculated and analyzed using the pressure measured through the experiment.

Keywords: 주방후드(Kitchen hood), 유인 기류(Induced airflow), 정압손실(Static pressure loss), 손실계수(Pressure loss coefficient)

1. 서론

주방은 여러 조리 기구를 이용하여 식사를 준비하는 공간이다. 주방 후드는 조리 시 발생하는 오염물질을 효율적으로 배출하고 주방 외의 공간으로 냄새가 확산되지 않도록 하는데 목적이 있다. 주방 후드는 조리 시 발생하는 모든 오염물질을 배출하는 것에 한계가 있다^{1,2,3}.

주방 후드에 의해 일부 영역에서는 주방과 거실의 공기가 혼합되는 모습이 관찰되고 있으며 혼합된 공기가 현관까지 확산되고 있다^{4,5,6}. 그리고 배출되지 못한 오염물질들은 주방 상부로 상승해 적층 되기도 한다. 전반환기를 통해 충분히 오염물질들을 배출할 수 있



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.39, No.6, pp.27-40, December 2019
<https://doi.org/10.7836/kSES.2019.39.6.027>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 03 October 2019

Revised: 11 November 2019

Accepted: 19 November 2019

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

으나 현대의 공동주택은 고단열성과 고기밀성을 만족시키기 위해 노력해왔고, 결과적으로 충분한 필요 환기량은 만족시키지 못하는 경우가 있다^{7,8)}.

주방 배기 시스템에 관련된 연구들은 다음과 같다. Kang et al. (2018)⁷⁾은 CFD (Computational Fluid Dynamics)를 이용한 주택 시설 주방환기 성능 개선에 대한 방안을 제안하였다. Kim et al. (2007)⁹⁾은 초고층 주상복합 건물의 냄새확산 방지를 위한 주방 후드 개선 및 강력 배기 시스템으로 에어커튼과 라인 디퓨저를 제안하였다. 하지만 덕트와 송풍기의 추가적 설치가 필요하다. Jeong et al. (2016)¹⁰⁾은 실험과 CFD를 이용하여 작업 공간의 상부에 쌓인 고온 공기 또는 고농도의 오염물질을 인공 에너지 사용량 증가 없이 환기량을 증가시킬 수 있는 AI-LEV (Airflow Inducing Local Exhaust Ventilation System)을 제안하였다. AI-LEV는 작업 공간의 상부 오염물질을 배기구의 이중 덕트를 이용해 유인하여 배출하는 원리이다. 그러나 AI-LEV는 외기와 직접 면하여 배출하는 시스템이므로 공동주택과 같이 주방과 외기 사이 유틸리티 공간이 존재하는 곳에 적용하기에 무리가 있다.

본 연구는 주방 상부에 적층 되어 배출되지 못한 오염물질을 추가적인 인공동력 사용 없이 배기 덕트로 유인하여 배출시키는 새로운 주방 배기 시스템을 제안하고, 그 배기성능을 평가하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서 새로이 제안하는 주방 배기 시스템은 다양한 설비분야에서 활용되는 이젝터^{11,12,13)}의 작동원리를 주방후드용으로 개발한 것으로서 주방후드용 기류유인 덕트 시스템(IADK : Inducing Airflow Duct system for Kitchen hood)으로 명명한다. IADK의 배기성능을 평가하기 위하여 IADK를 적층식 3D 프린터로 제작하고, 실험을 통해 IADK로 유인되는 유량 및 정압차를 측정한다. 이 때 IADK의 내부 노즐 직경과 덕트계통의 연결방식의 차이가 배기성능에 영향을 줄 수 있기 때문에 이에 대한 검토를 수행한다.

2. 주방후드용 기류유인 덕트 시스템의 개요

2.1 주방후드용 기류유인 덕트 시스템의 구성

주방후드용 기류유인 덕트 시스템 (IADK : Inducing Airflow Duct System for Kitchen hood)의 구성은 Fig. 1에 나타내었다. IADK는 주방후드의 동력 외에 추가적인 인공동력 없이 주방 상부에 적층되는 오염물질 유인하여

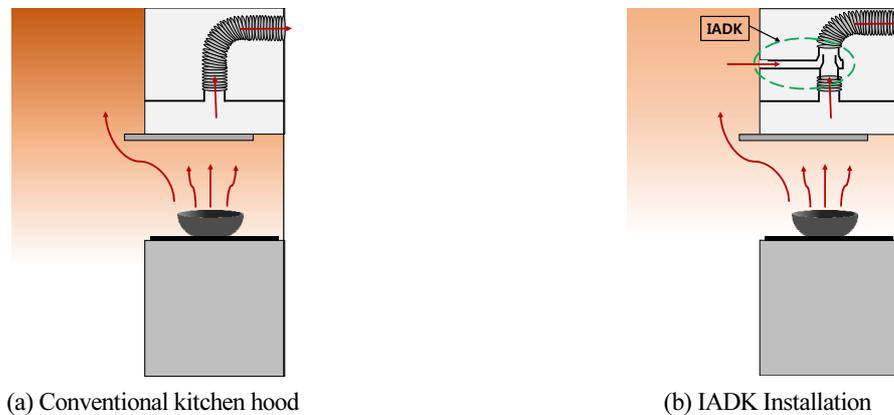


Fig. 1 Kitchen hood duct composition according to IADK installation

배출하기 위해 고안한 시스템이다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 본 시스템은 주방후드의 배기덕트가 설치되어있는 상부수납장에 0.3 m 높이를 가진 슬릿형 유입구를 추가로 설치한 시스템이다.

2.2 배기성능 평가 방법

Fig. 2은 IADK의 개념도를 나타내었다. 본 시스템은 주방후드에서 공급된 유량(Q_1)과 IADK의 슬릿형 유입구에서 유인된 유량(Q_2), 이상의 두 유량이 혼합된 유량(Q_3)이 발생한다. 유인된 유량(Q_2)은 아래의 식과 같이 질량 보존의 법칙과 Bernoulli 정리에 의해서 평가할 수 있다.

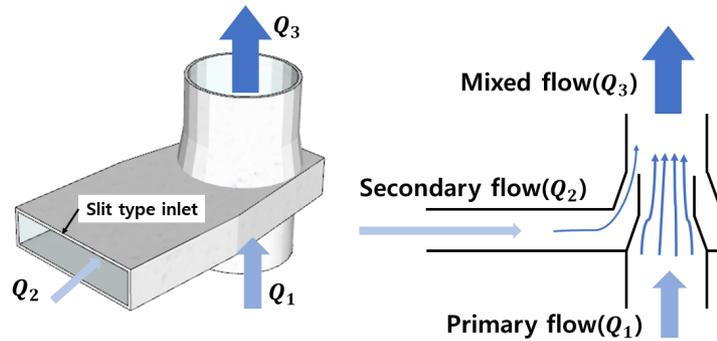


Fig. 2 A Conceptual Drawing of IADK

$$Q_2 = Q_3 - Q_1 \quad (1)$$

$$\rho_2 A_2 v_2 = \rho_3 A_3 v_3 - \rho_1 A_1 v_1 \quad (2)$$

$$P_2 + \frac{\rho_2 v_2^2}{2} + mgh_2 = P_3 + \frac{\rho_3 v_3^2}{2} + mgh_3 - \left(P_1 + \frac{\rho_1 v_1^2}{2} + mgh_1 \right) \quad (3)$$

여기서, Q 는 유량[m³/h], ρ 는 밀도[kg/m³], A 는 단면적[m²], v 는 유속[m/s], P 는 정압[Pa], $\rho v^2/2$ 는 동압[Pa], mgh 는 위치압[Pa]을 의미한다. 식(1)에 의해 $Q_3 > Q_1$ 이면 Q_2 의 유입이 발생한다. 반대로 $Q_3 < Q_1$ 이면 Q_2 가 슬릿형 유입구를 통해 주방후드로부터 공급된 유량이 빠져나간다. 또한, Q_2 가 증가하기 위해서는 B_2 가 작고 v 가 커야 한다.

주방후드는 플렉시블 덕트를 이용하여 직선 및 곡선 관로를 형성하여 압력손실이 발생한다. 또한, 본 연구에서 제안한 IADK는 추가적인 부품의 범주에 포함되므로 부차적 손실¹⁴⁾이 발생한다. 따라서 식(4)와 (5)에 나타난 바와 같이 주방후드의 공급측과 IADK의 혼합측의 정압차(ΔP)를 이용하여 플렉시블 덕트 및 IADK의 부차적 손실계수(K_I)를 평가한다. 부차적 손실계수에 사용되는 유속은 혼합측의 유속을 사용한다.

$$K_L = \frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho v^2} \quad (4)$$

$$\Delta P = P_1 - P_3 \quad (5)$$

3. 배기성능 평가 실험의 개요

3.1 실험체 구성

Fig. 3은 본 연구의 실험체 구성을 나타내었다. 실험에 사용된 주방후드는 598(W) × 480(D) × 193(H)mm의 크기로 제조사에서 제공한 유량 성능[m³/h]은 255/345/495의 3단계이다. 본 실험의 목적은 IADK의 성능평가이기 때문에, 제조사에서 제공한 주방후드의 풍량을 그대로 사용하기 위하여 주방후드 필터를 제거하였다¹⁵⁾. 또한, 주방후드의 원활한 흡입을 위하여 바닥면에서 일정거리를 이격시켜 설치하였다¹⁶⁾. IADK는 실험조건 및 Case에 따라 적층식 3D 프린터를 이용하여 다수 제작하였다. 주방후드로부터 포집되고 IADK로 유인되는 공기가 최종적으로 혼합되어 배출되는 과정에서, 각 위치의 유량 및 압력을 측정하기 위하여 KIMO사의 Debimo Blade를 사용하였다.

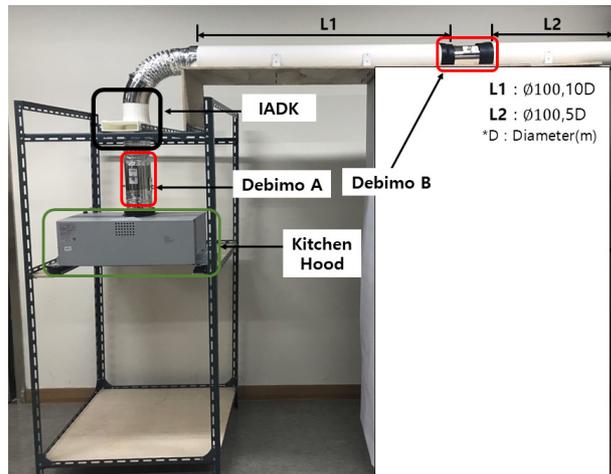


Fig. 3 Experimental Composition

Debimo Blade는 피토관의 원리를 이용하는 측정기로써 측정 위치의 전압과 정압의 압력차를 측정하여 동압 및 유량을 산출할 수 있는 장치이다. 자세한 측정 원리는 3.2절에 서술한다. 주방후드로 포집된 공기는 직경이 100mm인 배출구로 빠져나가게 된다. 주방후드의 유량을 측정하기 위하여 주방후드 배출구에 Debimo Blade A (이하 Debimo A)를 설치하였다. 일반적으로 주방후드에서 포집된 공기가 실외로 배출되는 경로에는 플렉시블 덕트와 PVC 파이프의 조합으로 이루어져 있다. 따라서 이 경로에서의 유량을 측정하기 위하여 Debimo

Blade B (이하 Debimo B)를 설치하였다. 또한 Debimo B에는 IADK의 유량을 정확히 측정하기 위해 제조사가 제안한 안전거리를 확보하였고, 이를 위해 PVC 파이프를 이용하였다. 제조사가 제안한 Debimo Blade의 안전 거리는 풍상측이 5D 이상, 풍하측이 3D 이상이다. 그러나, 본 실험에서 Debimo A는 IADK 시스템의 설치 높이 제약으로 인하여 안전거리를 고려하지 않았고, Debimo B는 풍상측에 10D, 풍하측에 5D의 안전거리를 확보하였다. 주방후드와 Debimo A 또는 B, IADK 사이에는 실험조건 및 Case에 따라 플렉시블 덕트와 스테인리스 엘 보를 이용하여 연결하였다. 실험조건 및 Case는 3.3절에 자세히 서술한다.

3.2 측정장비

Table 1은 본 실험에 사용한 측정 장비의 개요를 나타내었다. Debimo Blade는 0 ~ 40 m/s의 유속을 측정할 수 있고, 정확도는 3 ~ 5%이다. 주방후드에서 사용하는 팬은 매우 낮은 정압 특성을 갖고 있으므로 미압 측정용 차압계를 사용하였다. 대기압은 실험실 내에서 측정하였고, T-type 열전대는 IADK를 통과하는 공기의 온도를 측정하였다.

Table 1 Measurement equipment overview

Category	Measurement range	Accuracy	Resolution
KIMO Debimo blade	0 ~ 40 m/s	3 ~ 5%	-
KIMO MP210 (MPR500)	0 ~ ± 500 Pa	± 0.2%	0.1 Pa
Testo 511	300 ~ 1200 hPa	± 3.0 hPa	0.1 hPa
T-type thermocouple	- 200 ~ + 400°C	± 0.4°C	0.1°C

Fig. 4는 Debimo Blade의 외관과 측정원리를 나타내었다. Debimo Blade는 피토관의 원리를 이용하는 장비이다. Blade에는 전압과 정압을 측정할 수 있는 다수의 측정점이 있고, 전압 및 정압은 각각 하나의 실리콘 튜브로 연결되어 평균값으로 변환된다. 평균화 된 전압과 정압은 차압계를 이용하여 압력차(ΔP)를 측정함으로써 동압을 얻을 수 있다. 측정된 동압은 식(6) ~ 식(8)를 이용하여 Debimo Blade를 통과하는 유량을 산출할 수 있다¹⁷⁾.

$$v = C_F \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad [m/s] \quad (6)$$

$$\rho = \frac{P_o}{287.1 \times (T + 273.15)} \quad (7)$$

$$Q = v \times A \quad (8)$$

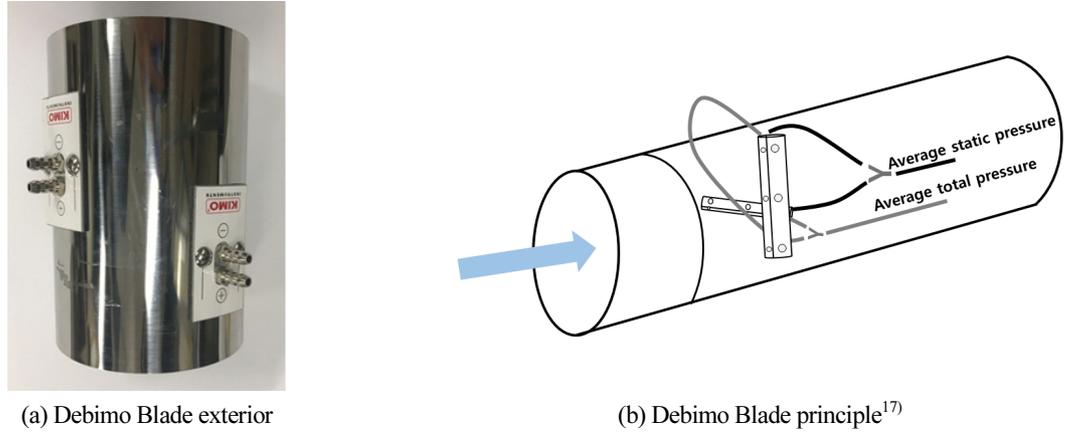


Fig. 4 Debimo Blade

여기서, C_p 는 제조사가 제시한 Debimo blade의 계수 0.8165, ΔP 는 전압과 정압의 압력차로 산출된 동압 [Pa], ρ 는 밀도[kg/m³], P_o 는 대기압[Pa], T 는 덕트 내 공기온도[°C], Q 는 유량[m³/h], v 는 유속[m/s]을 의미한다.

3.3 실험조건 및 Case

(1) 주방 후드의 유량측정

본 실험(Fig. 5)은 제조사가 제공한 주방후드의 유량과 Debimo Blade를 이용하여 측정한 유량과의 차이를 비교하기 위한 실험이다. 3.1절에 설명한 바와 같이, Debimo A는 안전거리를 고려하지 못함에 따라 주방후드의 유량측정에 오차가 발생할 수 있다. 따라서 Debimo A측에 측정된 유량과 제조사측이 제공한 유량과의 비교를 실시하여 Debimo Blade의 정확성을 검증하였다. 이를 위해 주방후드의 유량은 제조사가 제공한 3단계(255/345/495 m³)의 유량(이후 Flow 1, 2, 3로 표기함)을 이용하였고, 각각 5분간 1초 간격으로 압력을 측정하였다.



Fig. 5 Airflow measurement of kitchen hood using Debimo Blade

(2) 플렉시블 덕트에 의한 주방후드의 유량 변화 측정

일반적으로 주방후드에 사용되는 플렉시블 덕트는 알루미늄 박판을 이용하여 제작된 제품으로, 표면은 매끄럽지만 길이 조절과 시공의 편의를 위해 많은 주름이 존재한다. 그로 인해 플렉시블 덕트를 이용할 때 높은 정압손실이 발생할 수 있을 것으로 예측된다. 본 실험은 주방 후드에 플렉시블 덕트를 연결하고 유량을 측정함으로써 플렉시블 덕트가 주방후드의 배출유량에 미치는 영향을 평가하였다. 여기서, 플렉시블 덕트는 Debimo A의 풍하측에 연결한 후, Debimo B의 풍상측 PVC 파이프 말단까지 90°로 굽혀서 엘보와 같은 형태로 설치하였다. 측정 유량은 주방후드 제조사가 제공한 3단계의 유량(Flow 1, 2, 3)을 이용하였고, 각각 5분간 1초 간격으로 압력을 측정하였다.

(3) IADK의 노즐 직경 및 연결방식의 변화에 따른 유량측정

본 실험은 IADK의 내부 노즐 직경과 연결방식의 변화에 따른 유인유량의 차이를 평가하는 실험이다. IADK는 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 적층식 3D 프린터를 이용하여 제작하였다. 주방후드의 배출구는 100 mm의 덕트를 연결하게 되어 있다. 따라서 IADK의 내부 노즐은 100 mm 보다 작은 직경을 사용하여 노즐의 유속을 증가시키고 유인부에 낮은 압력을 형성시켜 유입유량을 증가시켜야 한다. 따라서 IADK의 내부 노즐 직경은 60 mm(이하 D60), 70 mm(이하 D70), 80 mm(이하 D80)로 하였다.

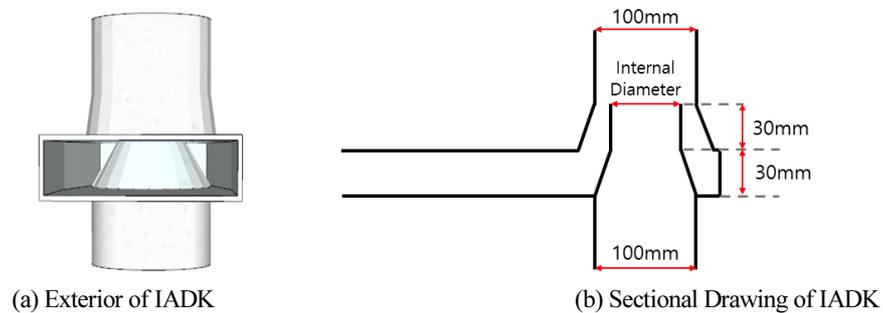


Fig. 6 Exterior and Sectional Drawing of IADK

IADK의 연결방식에 따른 실험 Case의 상세는 Fig. 7과 Table 2에 나타내었다. Case 1은 IADK에 플렉시블 덕트만으로 연결할 경우, Case 2는 플렉시블 덕트와 스테인리스 90° 엘보로 연결할 경우, Case 3는 플렉시블 덕트와 스테인리스 45° 엘보로 연결할 경우에 대하여 정압손실과 유인유량을 평가하였다. 90° 및 45° 엘보는 본 연구에서 사용된 적층식 3D 프린터를 이용하여 제작하기에 한계가 있었다. 그로 인해 실험에서 사용된 엘보는 기성 제품 중 실험에 적합한 크기와 성능을 갖춘 스테인리스 제품을 사용하였다.

IADK의 연결방식에 따른 특이점은 다음과 같다. Case 1과 2는 IADK의 위치가 동일하나, IADK 이후 PVC 파이프에 연결하는 방식(플렉시블 덕트 단독, 플렉시블 덕트 + 스테인리스 90° 엘보)에 따라 플렉시블 덕트의 길이가 달라졌다. Case 3은 스테인리스 45° 엘보의 형상 특성과 실험체의 크기로 인하여 IADK의 위치가 Case 1과 2 보다 약 0.13 m 낮게 설치되었다. 그로 인해 IADK의 풍상측과 풍하측의 플렉시블 덕트의 길이가 달라졌

다. IADK의 풍상측 및 풍하측에 설치된 플렉시블 덕트의 길이는 Table 2에 나타내었다. 본 실험은 Debimo Blade를 이용하여 5분간 1초 간격으로 정압손실과 유량을 측정하였다.

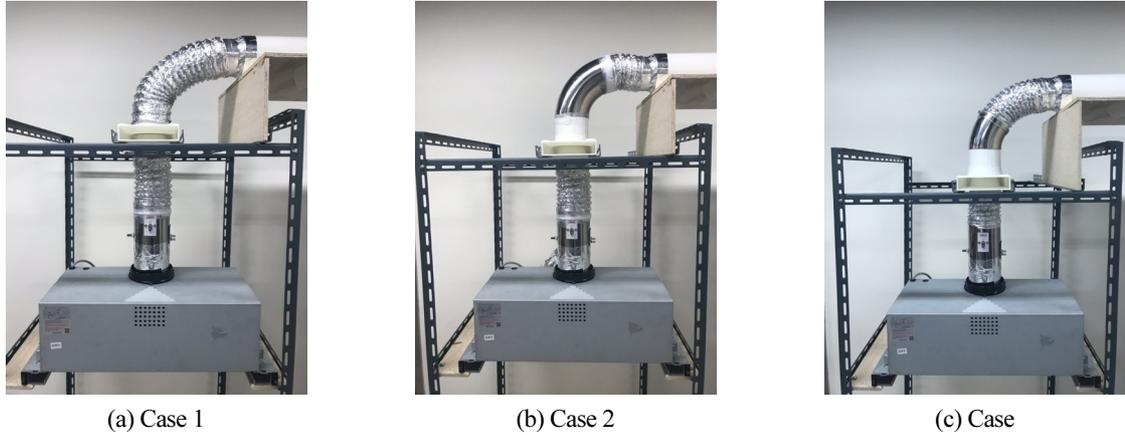


Fig. 7 Experimental Installation Picture by Case

Table 2 Experimental Cases

Case	Connection method	Internal diameter	Flow (Airflow Volume [m ³ /h])	Duct length of Upwind side [m]	Duct length of Downwind side [m]
1	Flexible duct	D60	1 (255)	0.25	0.39
2	Flexible duct + Stainless 90° elbow	D70	2 (345)	0.25	0.12
3	Flexible duct + Stainless 45° elbow	D80	3 (495)	0.12	0.25

4. 실험 결과

4.1 주방후드의 유량측정 결과

Table 3은 Debimo A를 이용하여 주방후드의 유량을 측정한 결과를 나타내었다. 주방후드의 제조사 제공유량 대비 Debimo A의 측정값은 Debimo Blade의 오차범위(3 ~ 5%) 내에 있었다. 이로써 Debimo Blade를 이용한 유량측정은 신뢰성을 확보한 것으로 판단된다.

Table 3 Comparison of the airflow volume in kitchen hood

	Manufacturer's supply airflow volume (V_1) [m ³ /h]	Measured airflow volume (V_2) [m ³ /h]	Ratio (V_2 / V_1) [-]
Flow 1	255	259.7	1.02
Flow 2	345	343.5	0.99
Flow 3	495	481.8	0.97

4.2 플렉시블 덕트에 의한 주방후드의 유량 변화 측정 결과

Table 4에는 주방후드에 플렉시블 덕트를 단독 사용하였을 때, 제조사 제공 유량 대비 Debimo Blade의 측정 유량, 정압손실량, 유량감소율을 나타내었다. 플렉시블 덕트는 90°로 굽혀서 엘보와 같은 형태로 설치되었고, 제조사가 제공한 주방후드의 유량보다 약 26.5 ~ 35.3%가 감소 되었다. 이러한 유량감소는 약 66.3 ~ 194 Pa의 정압손실에 기인하였다. 즉, 주방후드로부터 공급되는 유량이 증가할수록 정압손실 및 유량감소가 증가하였다. Debimo A와 Debimo B에서 측정된 유량의 차이는 Flow 1이 0.7 [m³/h], Flow 2가 2.3 [m³/h], Flow 3가 6.9 [m³/h]로 Debimo Blade의 오차범위 이내로 나타났다. 식(4)에 의해 90° 엘보형 플렉시블 덕트의 부차적 손실 계수는 약 2.5 ~ 2.6으로 산출되었다. 이 수치는 나사이음의 90° 엘보에서 발생하는 부차적 손실계수¹⁴⁾인 1.5 보다 높게 나타났다.

Table 4 Airflow volume variation of kitchen hood by flexible duct

	Manufacturer's supply airflow volume [m ³ /h]	Measured airflow volume [m ³ /h]		Static pressure loss [Pa]	Airflow volume reduction rate [%]
		Debimo A	Debimo B		
Flow 1	255	186.6	187.3	66.3	26.5 ~ 26.8
Flow 2	345	247.3	249.6	115	27.7 ~ 28.3
Flow 3	495	320.5	327.4	194	33.9 ~ 35.3

4.3 IADK의 노즐 직경 및 연결방식의 변화에 따른 유량측정 결과

(1) IADK의 Case별 정압손실 및 부차적 손실계수 평가

IADK 내부 노즐의 직경 변화와 연결방식에 따른 Debimo A와 B의 정압차, 즉 정압손실을 측정하였고, 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. IADK의 노즐 직경이 동일한 경우, 연결방식의 변화에 따른 정압손실은 차이가 매우 적었다. IADK의 노즐 직경이 커질수록 정압손실은 감소하였다. D80의 경우, 모든 Case는 IADK를 설치하지 않고 플렉시블 덕트를 단독으로 설치 되었을 때의 정압손실(Table 4 참조)과 유사하게 나타났다.

Table 5는 식(4)에 의해 IADK와 연결방식에 따른 부차적 손실계수(K_f)를 산출한 결과를 나타내었다. IADK의 노즐 직경이 작을수록 손실계수가 증가하였고, 노즐 직경 D80에 플렉시블덕트 + 스테인리스 90° 엘보 연결 (Case2)에서 가장 낮은 손실계수인 2.0 ~ 2.1이 산출되었다. 이것은 90° 엘보형 플렉시블 덕트의 손실계수인 2.5 ~ 2.6 보다 낮은 수치이다. 이러한 원인은 Fig. 7과 Table 2에서 나타낸 Case별 사용된 총 플렉시블 덕트의 길이 및 굴곡 형태로 알 수 있다. Case 1은 총 64 cm, Case 2와 Case 3는 총 37 cm의 플렉시블 덕트가 사용되었다. 사용된 플렉시블 덕트의 길이가 가장 길고, 플렉시블 덕트로 90° 엘보를 형성한 Case1의 손실계수가 가장 높았다. Case 2와 Case 3에서 사용된 플렉시블 덕트의 길이는 동일하지만, Case 2는 스테인리스 90° 엘보를 Case 3은 스테인리스 45° 엘보를 사용하였다. Case 3은 플렉시블 덕트의 일부가 엘보 형태로 형성되었고, 그 결과 Case 3의 손실계수가 Case 2보다 높게 나타났다.

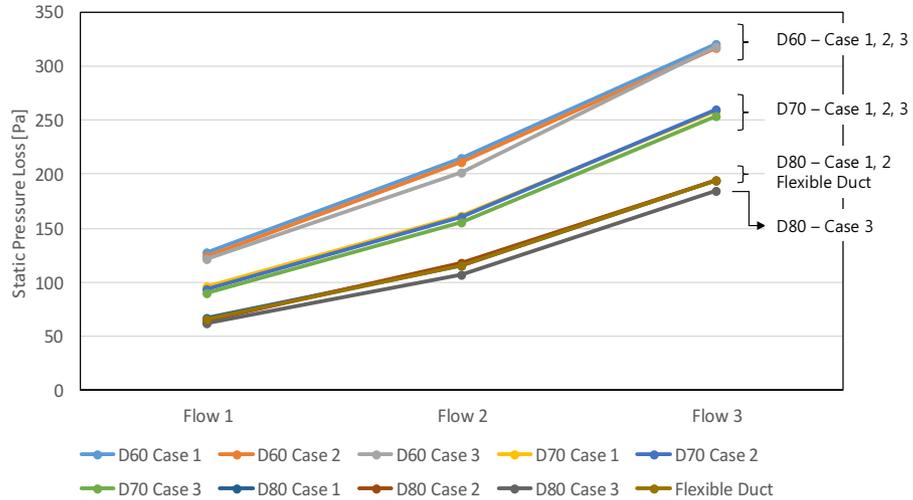


Fig. 8 Results of static pressure loss by Cases

Table 5 Results of pressure loss coefficient by Cases

Category	Case1			Case2			Case3		
	Flow1	Flow2	Flow3	Flow1	Flow2	Flow3	Flow1	Flow2	Flow3
D60	9.0	9.1	9.0	5.8	5.8	5.7	7.3	7.2	7.5
D70	4.7	4.6	4.4	3.4	3.4	3.4	4.1	4.1	4.2
D80	2.7	2.7	2.6	2.0	2.1	2.0	2.4	2.4	2.4

(2) IADK의 Case별 유인유량과 혼합유량 평가

IADK의 성능을 평가하기 위하여 Case별 공급유량과 혼합유량을 측정하였고 유인유량을 산출하였다. Fig. 2와 Fig. 3, 식(1)에 나타낸 바와 같이, IADK의 유인유량(Q_2)은 Debimo A에서 측정된 주방후드의 공급유량(Q_1)과 Debimo B에서 측정된 혼합유량(Q_3)의 차로 산출할 수 있다. Fig. 9에는 각 Case에 따른 IADK의 유인유량

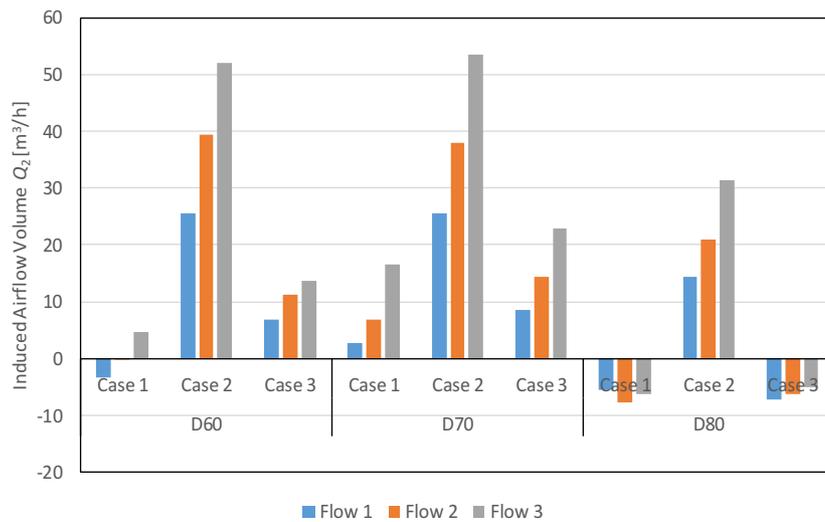


Fig. 9 Induced airflow volume (Q_2) calculated by Debimo A and B

(Q_3)를 나타내었다. IADK를 플렉시블 덕트와 스테인리스 90° 엘보로 연결한 모든 노즐 직경의 Case 2에서 유인유량이 발생하였다. Case 2는 노즐 직경이 작은 D60과 D70에서 유사한 유량이 유인되었지만, 상대적으로 노즐이 크고 노즐 유속이 낮은 D80에서 낮은 유량이 유인되었다. 플렉시블 덕트만으로 연결한 Case 1에서는 주방 후드로부터 공급된 유량(Q_1)의 일부가 IADK의 슬릿형 유인구를 통해 유출되었다. 이것은 Case 1이 타 Case에 비하여 손실계수가 상대적으로 크게 작용하기 때문으로 판단된다.

Fig. 10은 Debimo B에서 측정한 IADK의 혼합유량, 즉 최종 배출유량을 나타내었다. 그래프에서 수평 유색 선은 IADK 설치 없이 플렉시블 덕트를 단독으로 이용했을 때의 주방후드 유량(Table 4 참조)을 표기하였다. Fig. 9와 같이 IADK에 의해 유인유량이 발생하더라도 최종 배출되는 유량이 플렉시블 덕트를 단독으로 이용했을 때 보다 낮게 된다면 IADK는 유용하지 않게 된다. 따라서 Fig. 10은 플렉시블 덕트를 단독으로 이용했을 때와 비교하여 IADK의 배출유량을 검토하여 IADK의 유용성을 평가하였다. 그 결과, IADK의 노즐 직경이 D80에 스테인리스 90° 엘보를 설치한 Case 2에서 플렉시블 덕트를 단독 이용했을 때 보다 많은 유량이 혼합되어 최종적으로 배출됨을 알 수 있었다. 그 외의 노즐 직경 및 Case는 플렉시블 덕트를 단독으로 이용했을 때 보다 낮은 배출유량을 나타내었다. 이것은 Table 5에서 나타낸 바와 같이 노즐 직경 D80의 Case 2가 가장 낮은 손실계수를 나타낸 결과이다.

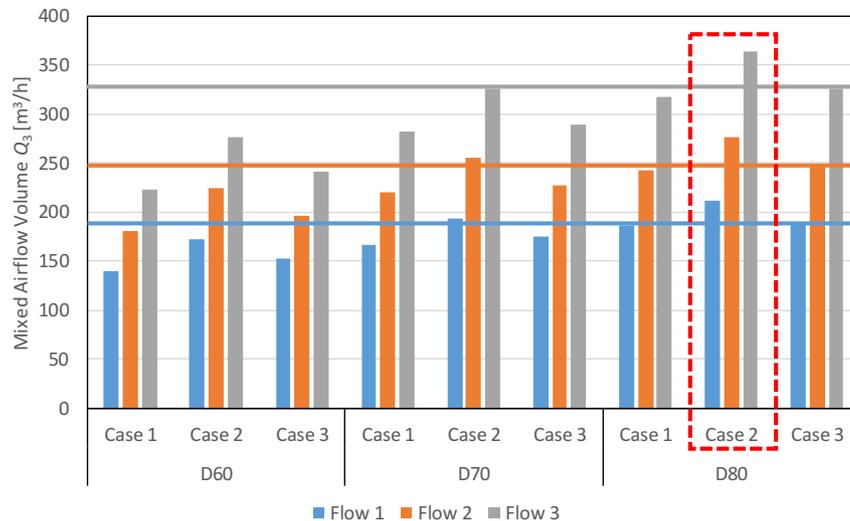


Fig. 10 Mixed airflow volume (Q_3) measured by Debimo B

이상의 실험결과를 종합해 보면, IADK는 낮은 정압손실과 손실계수를 갖는 것이 유리하다. 따라서 IADK를 제작할 경우, 내부 노즐의 직경을 D80으로 하고 90° 엘보를 함께 제작하는 것이 바람직하다. 이때 90° 엘보는 이후에 연결되는 플렉시블 덕트의 방향에 따라 좌우 회전이 가능하도록 방향 전환 성능을 갖출 필요가 있다.

5. 결론

기존의 주방후드는 배출덕트 계통에 플렉시블 덕트로 연결되어 제품의 제공 유량을 만족하지 못하고 오염물질이 주방 상부에 적층되는 단점이 있었다. 이에 본 연구는 다양한 설비분야에서 활용되는 이젝터를 주방후드용으로 개량하여 주방후드용 기류유인 덕트 시스템(IADK System : Inducing Airflow Duct System for Kitchen hood)을 새롭게 제안하였다. IADK는 주방후드의 배출덕트 계통에 추가적으로 설치하여, IADK의 슬릿형 유입구를 통해 상부에 적층된 오염물질을 덕트 내로 유인하여 배출하는 시스템이다. 본 연구에서는 IADK의 유용성을 검토하고 효율적인 시스템 제안을 위하여 유인유량 및 혼합유량, 손실계수를 산출하고 분석하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 기존의 주방후드는 설치의 편의를 위해 배출덕트 계통에서 플렉시블 덕트를 사용한다. 플렉시블 덕트가 90° 엘보 형태로 설치되었을 때, 제조사가 제공한 주방후드의 유량보다 약 26.5 ~ 33.9%가 감소 되었다. 또한, 부차적 손실에 의한 손실계수는 약 2.5 ~ 2.6이 산출되어 나사이음의 90° 엘보에서 발생하는 손실계수보다도 높게 나타났다.
- (2) 본 연구는 적층식 3D 프린터를 이용하여 IADK를 제작하였고, IADK의 내부 노즐 크기와 연결방식을 변화시켜 실험을 실시하였다. IADK의 내부 노즐은 D60, D70, D80으로 하였고, 연결방식은 플렉시블 덕트, 스테인리스 90° 엘보, 스테인리스 45° 엘보를 이용하였다.
- (3) IADK의 노즐 직경이 동일한 경우, 연결방식의 변화에 따른 정압손실의 차이가 매우 적었다. 또한, IADK의 노즐 직경이 커질수록 정압손실은 감소하였다. D80의 모든 Case는 IADK를 설치하지 않고 플렉시블 덕트를 단독으로 설치하였을 때의 정압손실과 유사하였다. 노즐 직경 D80에 플렉시블덕트 + 스테인리스 90° 엘보 연결(Case2)에서 가장 낮은 손실계수인 2.0 ~ 2.1이 산출되었다.
- (4) IADK를 플렉시블 덕트와 스테인리스 90° 엘보로 연결한 Case 2는 모든 노즐 직경에서 유인유량이 발생하였다. 플렉시블 덕트를 연결한 Case 1에서는 주방후드로부터 공급된 유량의 일부가 IADK의 슬릿형 유입구를 통해 유출되었다.
- (5) IADK의 노즐 직경이 D80에 스테인리스 90° 엘보를 설치한 Case 2에서 IADK를 설치하지 않고 플렉시블 덕트를 단독 이용했을 때 보다 많은 유량이 혼합되어 최종적으로 배출되었다. 그 외의 노즐 직경 및 Case는 플렉시블 덕트를 단독으로 이용했을 때 보다 낮은 배출유량을 나타내었다. 이것은 노즐 직경 D80의 Case 2가 가장 낮은 손실계수를 나타낸 결과이다.
- (6) IADK를 제작할 경우, IADK는 낮은 정압손실과 손실계수를 갖는 것이 유리하므로 내부 노즐의 직경을 D80으로 하고 90° 엘보를 함께 제작하는 것이 바람직하다.

본 연구는 IADK의 내부 노즐 직경과 연결방식에 따라 유입 유량과 혼합유량의 성능을 만족하는 최적의 조합을 제안하였다. 그러나, IADK에는 유입구 및 덕트의 형상, 이젝터 내부 노즐의 형상 등 다양한 변수가 존재한다. 이에 대한 추가 연구가 필요하다. 또한, 주방후드에서 IADK의 설치 높이 제약으로 Debimo A의 안전거리를

고려하지 못하였으며, 그 결과 곧은 계통에서의 주 손실을 엄밀히 고려하지 못하였다. 차기 연구에서는 주 손실과 마찰계수를 엄밀하게 측정하여 고려하는 연구가 필요하다.

후기

본 연구는 한국연구재단의 연구비지원으로 수행되었음(과제번호: NRF-2018R1D1A1B07043717).

REFERENCES

1. Min, B. S. and Lee, S. W., The Study on Performance evaluation of gas-range hood and indoor air pollution by cooking, Architectural Institute of Korea, Vol. 18, No. 11, pp. 279-286, 2002.
2. Rhee, D. J., Park, J. C., and Rhee, E. K., A Study on the Measurement of the Indoor Air Quality in the Apartment Kitchen, Architectural Institute of Korea, Vol. 22, No.1, pp. 541-544, 2002.
3. Ji, S. H., Kim, J. M., Kim, K. H., and Rhee, E. K., An Experimental Study on the Exhaust Performance of Commercial Kitchen Hood, Architectural Institute Of Korea, Vol. 22, No.1, pp. 529-532, 2002.
4. Sohn, D. Y., Lim, J. H., Choi, Y. H., and Park, J. H., A Numerical Study on the Performance Improvement of Kitchen Range Hood by Air Induction and Air Curtain, Vol. 19, No. 4, pp. 321-327, 2007.
5. Yi, S. H., A Zstudy on the Ventilation System of a kitchen in Airtight Apartment House, The Society of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea, pp. 1004-1010, 2000.
6. Lim, K. B., Lee, K. S. and Lee, C. H., A Numerical Study on the Flow Characteristics of Kitchen Hood System, The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea, Vol.18, no.4, pp.359-369, 2006.
7. Kang, Y. D., Lee, J. C., and Kim, B. S., The Performance Improvement in Ventilation of Kitchen of Housing by Using CFD Method, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol. 18, No. 1, pp. 119-124, 2018.
8. Kim, J. B., Hwang, D. S., Kang, T. G., Kim, K. Y., and Kim, Y. H., A Study on Variation of Indoor Air Quality focusing on Kitchen Ventilation, The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea, pp. 119-119, 2004.
9. Kim, D. U., Lee, S. M., Lee, J. H. and Kim, T. Y., Improvements of Ventilation System in the Kitchen and Development of High-Powered Exhaust System to Prevent Odor Spread in High-rise Residential Buildings, Architectural Institute of Korea, Vol .23, No. 10, pp. 195-202, 2007.
10. Jeong, S. H., Kwon, H. M., Ahn, S. J., and Yang, J. H., A Study on the Improvement of Ventilation Rate Using Air-flow Inducing Local Exhaust Ventilation System, JAABE ,Vol. 15 No. 1, 2016.
11. Lu, W. and Chen, H., Design of Cylindrical Mixing Chamber Ejector According to Performance Analyses, Energy, No. 164, pp. 594-601, 2018.
12. Tashtouch, B. M., Al-Nimr, M. A., and Khasawneh, M. A., A Comprehensive Review of Ejector Design, Performance, and Applications, Applied Energy, No. 240, pp. 138-172, 2019.
13. Lee, J. J., Jeon, Y. S., Kim, S. J., and Kim, Y. C., Experimental Analysis on the Performance Characteristics of an Ejector According to Inlet Pressure and Nozzle Position, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 27, No. 5, pp. 263-268, 2015.
14. Young, D. F., Brief introduction to fluid mechanics, 5th edition, wiley, 2013.
15. Choi, S. H. and Lee, G. T., An Experimental Study on the Kitchen Ventilation System Effectiveness by

Character of Static Pressure Loss of Each System Component in Apartment Building, Architectural Institute Of Korea, Vol. 28, No. 3, pp. 269-276, 2012.

16. Hongqiang, W. and Liu, B. H., and Yanxia, Numerical Investigation of the Influences of Mixing Chamber Geometries on Steam Ejector Performance, Elsevier, Desalination No. 353, 2014.
17. KIMO Debimo Blade Manual, <http://www.kimocorea.com>