

상업용 주방후드의 배기성능 개선방안에 관한 연구

박진철[†]

경민대학 건축과

A Study on the Improvement Strategies for Exhaust Performance in Commercial Kitchen Hoods

Jin Chul Park[†]

Department of Architecture, Kyungmin College, Euijeongbu 480-702, Korea

(Received March 14, 2003; revision received April 19, 2003)

ABSTRACT: The purpose of this study is to suggest the improvement strategies for exhaust performance in composite kitchen hoods. The Exhaust only hood, the 2-way compensating hood and the 3-way compensating hood were selected, and the laboratory experiments were performed to compare the local exhaust efficiency and the indoor temperature distributions according to the variations of the hood type and supply/exhaust air velocity.

The results of this study can be summarized as follows. The compensating hood has better performance than exhaust only hood in the aspect of local exhaust efficiency and temperature distribution. The 3-way compensating hood shows the best performance when the supply air velocity is about 2.7 m/s, and the 2-way compensating hood at the supply air velocity of 3.5 m/s. In the same exhaust rate condition, if the exhaust area of the hood is increased and therefore the exhaust velocity is lowered, the supply air velocity is also lowered to get the optimum performance. The optimum exhaust velocity range of the commercial kitchen hood which derived from this study is 0.48~0.55 m/s.

Key words: Commercial kitchen hood(상업용 주방후드), Exhaust area(배기면적), Supply velocity(급기풍속), Local exhaust efficiency(국소배기효율), Temperature distribution(온도분포)

기 호 설 명

그리스 문자

LMA : 국소평균연령 [h]

LMR : 국소평균잔여체류시간 [h]

Q : 환기량 [m^3/h]

V : 실내 체적 [m^3]

α_p : 국소급기효율, τ/LMA_p

ϵ_p : 국소배기효율, τ/LMR_p

τ : 명목시간상수

1. 서 론

일반적으로 주방에서는 조리시 다량의 오염물질 발생으로 실내환경이 악화된다. 특히, 상업용 주방과 같이 규모가 크고 요리의 종류가 다양한

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-828-7291; fax: +82-31-828-7410

E-mail address: jcpark@kyungmin.ac.kr

경우, 다량의 오염물질과 과도한 열이 방출되므로 조리기구의 상부에 배기후드를 설치하여 오염물질의 확산을 최소화하고 있다.

배기후드는 크게 배기전용후드와 동시급배기형 후드로 나뉘어지는데, 이중 배기전용후드는 배기효율이 낮아 조리시 발생하는 열기와 오염물질을 원활히 배출하지 못하며, 실내에 과도한 부(-)압을 형성하여 배기성과 건물에 에너지소비량 측면에서 불리한 환경을 제공하는 것으로 보고되고 있다.⁽¹⁾ 따라서 선진국에서는 배기전용후드의 단점을 보완한 동시급배기형 후드가 일반화되고 있으며, 동시급배기형 후드의 배기효율 및 에너지소비량에 대한 통합평가⁽²⁾가 수행되고 있다.

그러나, 동시급배기형 후드의 배기풍속, 급기방식 및 급기풍속은 배기효율과 주방 내 실내환경의 변수가 될 수 있다. 즉, 동시급배기형 후드의 전반적인 성능에 영향을 미치는 요소가 존재함에도 급기방식 및 배기풍속에 대한 성능을 정량적으로 평가한 연구는 미흡한 실정이며, 배기풍속과 급기풍속의 상관관계를 파악하여 후드의 배기효율 개선 정도를 평가한 연구 역시 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 배기전용후드와 동시급배기형 후드를 대상으로 동시급배기형 후드의 급기방식, 급기풍속, 배기풍속에 따른 국소배기효율과 실내온도분포를 실험함으로써 상업용 주방후드의 배기성능 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 상업용 주방후드에 관한 이론적 고찰

2.1 상업용 주방후드의 형태별 특성

상업용 주방후드는 크게 배기전용후드와 동시급배기형 후드로 나뉜다. 배기전용후드의 장점은 가격이 저렴하고 설치 및 유지가 편리하며, 급기팬이나 덕트가 필요 없다는 점을 들 수 있다. 그러나, 조리영역에서 발생하는 고열과 오염물질로 인해 실내환경이 열악해진다는 문제점이 있다.

동시급배기형 후드는 정면급기, 에어커튼, 쏘서킷 방식으로 나뉠 수 있다.

정면급기방식은 후드의 정면을 통해 급기되는 방식으로 보충공기의 급기와 주방의 온열환경을 개선하는 효과를 가진다. 정면급기방식의 급기량은 후드배기량의 70~80% 정도이며, 급기온도는

15~18℃ 범위가 적당하다.⁽³⁾

또한, 조리영역의 국부냉각을 위한 에어커튼 형태의 급기는 오염물질을 후드로 밀어 올려 배출을 가능하게 한다. 에어커튼의 적정속도는 조리기구에서 발생하는 상승열량에 따라 변화하지만 일반적으로 100~200 fpm(0.5~1.0 m/s)이다.⁽⁴⁾

쏘서킷 방식은 후드 내부에서 급기가 충전되는 형태로 포집영역으로 직접 급기를 하므로 주방에서 유입되는 보충공기의 양을 줄일 수 있다.

최근에는 에어커튼과 쏘서킷을 조합한 2방향 급기후드와 정면급기, 에어커튼, 쏘서킷을 조합한 3방향 급기후드가 개발되어 사용되고 있다.

한편, 주방후드의 배기풍속은 배기성능의 중요한 요소로서, NFPA에서는 0.508~0.762 m/s를 권장배기풍속으로 하고 있다. 배기풍속은 후드의 배기량 및 배기면적과 관계를 가지므로 적절한 배기면적을 선정함으로써 주방후드의 성능개선이 가능해진다. 즉, 상업용 주방후드의 배기성능 개선변수에는 급기방식, 급기속도 및 배기풍속 등이 있을 수 있음에 따라 본 연구에서는 급기방식과 급기풍속 및 배기풍속을 변수로 선정하였다.

2.2 국소배기효율의 산정

환기효율은 크게 급기효율과 배기효율로 정의되며, 급기효율 및 배기효율을 산정하기 위해서는 연령과 잔여체류시간이 우선적으로 필요하다.

급기구를 통하여 실내로 유입된 공기가 실내 임의의 점에 도달할 때까지 소요된 시간을 연령이라고 한다. 공기입자는 여러 가지 경로를 통하여 그 지점에 도달할 수 있으므로 그 지점에 도달하는 공기입자 연령의 평균값을 국소평균연령(Local Mean Age, LMA)이라 한다. 또한, 실내 임의의 점으로부터 배기구까지 빠져나갈 때까지 소요된 시간을 잔여체류시간이라고 하는데 이것도 여러 가지 경로를 통한 입자들의 평균값으로 국소평균잔여체류시간(Local Mean Residual Life Time, LMR)이라고 한다.

한편, 완전혼합상태에서 실내 체적(V)에 대한 시간당 환기량(Q)를 환기회수라고 하고, 환기회수의 역수를 명목시간상수(τ)라 한다(식(1)). 국소급기효율과 국소배기효율은 식(2), 식(3)과 같이 명목시간상수에 대한 국소평균연령이나 국소평균잔여체류시간의 비율로 정의한다.⁽⁵⁾

Table 1 LMA and LMR calculation formula

	LMA	LMR
Pulse method	$\frac{\int_0^\infty t \cdot C_{sup}^p(t) dt}{\int_0^\infty C_{sup}^p(t) dt}$	$\frac{\int_0^\infty t \cdot C_{ex}^p(t) dt}{\int_0^\infty C_{ex}^p(t) dt}$
Step-up method	$\int_0^\infty \left\{ 1 - \frac{C_{sup}^p(t)}{C_{sup}^p(\infty)} \right\} dt$	$\int_0^\infty \left\{ 1 - \frac{C_{ex}^p(t)}{C_{ex}^p(\infty)} \right\} dt$
Step-down method	$\int_0^\infty \frac{C_p(t)}{C(0)} dt$	$\int_0^\infty \frac{C_{ex}(t)}{C(0)} dt$

$C^p(t)$: t 시간 p 점에서의 농도, $C(0)$: 초기농도

$$\tau = \frac{V}{Q} \tag{1}$$

$$\alpha_p = \frac{\tau}{LMA_p} \tag{2}$$

$$\varepsilon_p = \frac{\tau}{LMR_p} \tag{3}$$

국소평균연령 및 국소평균잔여체류시간의 측정을 위해서는 시간에 따른 추적가스의 농도를 측정하여야 하며, 추적가스 주입방법에 따라 펄스법(Pulse Method), 체강법(Step-down Method) 및 체승법(Step-up Method)이 사용된다. 가스주입법에 따른 각각의 산정식은 Table 1과 같다.

3. 배기효율 및 실내온도분포 실험

3.1 실험개요

본 연구에서는 후드의 급기방식과 급기풍속, 배기풍속을 변수로 배기성능을 평가하고자 하였으며, 일반적인 배기전용후드와 3방향 및 2방향 급기방식 동시급배기 후드를 대상후드로 선정하였다(Fig. 1).

후드 하부의 열원에서 발생하는 이론폐가스량

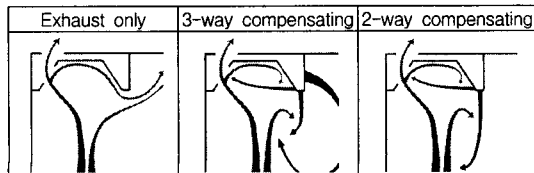
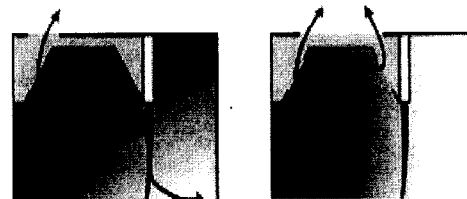


Fig. 1 Conceptual diagram of supply and exhaust type for hood in experiment.

을 기준으로 본 연구에서는 1,000 CMH를 후드의 배기량으로 산정하였다. 조리기구는 0.9m×0.7m 크기를 사용하였으며, 0.9m 높이에 설치하였다. 또한, 조리기구의 크기 및 설치 높이를 고려하여 후드는 1.5m×1m×0.4m의 크기로 선정하였다.

실험대상이 된 모든 후드의 배기면적은 0.45m²로 나타났으며, 배기량 1,000 CMH에서의 배기풍속은 0.64 m/s로, NFPA의 권장배기풍속 0.508~0.762 m/s를 만족하였다.

한편, 동일한 배기량에서 배기풍속의 차이에 따른 배기성능을 평가하기 위하여 Fig. 2의 (b)와 같이 전면에 배기부를 설치한 후드를 제작하여 배기면적에 따른 배기풍속 변화시의 성능실험을 하였다. 즉, 일반적인 배기면적 0.45m²과 동일한 면적의 배기부를 후드 전면에 추가로 설치하여 200%(0.90m²)의 면적을 가지는 후드를 제작하였으며, 이후 배기면적을 200%(0.90m²), 150%(0.68m²), 130%(0.59m²), 100%(0.45m²)로 변화시키면서 실험을 하였다. 또한, 배기풍속을 변화시킴과 동시에 급기풍속을 3방향 1.8~3.3 m/s(500~900 CMH) 및 2방향 1.5~5.5 m/s(100~300 CMH)의 범위에서 1 m/s 단위로 변화시키며 실험을 함으로써 배기풍속과 급기풍속과의 상관관계를 파악하



(a) Not installed (b) Installed

Fig. 2 Conceptual diagram of front exhaust.

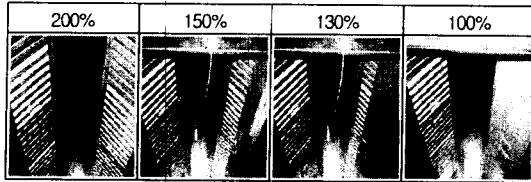


Fig. 3 Object hoods as the exhaust area (actual fig.).

Table 2 Exhaust velocity as the exhaust area

Exhaust area (m ²)	0.90 (200%)	0.68 (150%)	0.59 (130%)	0.45 (100%)
Exhaust velocity (m/s)	0.41	0.48	0.55	0.64

고자 하였다. Fig. 3은 실제 제작된 후드사진을 나타낸 것이며, 배기풍속은 면적확대에 따라 0.64~0.41 m/s까지 줄어들었다(Table 2).

실험실은 5.5×3.5×2.5(m)의 장방형 평면을 가지며 벽면부착형 후드가 단부에 설치된 형태로, 후드의 급기량과 배기량을 제어할 수 있는 풍량 제어 시스템을 실험실에 갖춘 후 실험을 수행하였다. 또한, 실내의 40지점과 후드 필터부위 3지점, 급배기 덕트 2지점, 실외 1지점 및 후드 급기구 2지점의 총 48지점의 온도분포를 측정하였다.

3.2 실험결과

3.3.1 급기방식 및 급기풍속별 배기성능

(1) 국소배기효율

열원에서 발생하는 CO₂를 추적가스로 체승법을 이용하여 국소배기효율을 산정하였다. 측정은 열원에 점화 직후부터 배기덕트 말단에서 1분단위로 20분간 CO₂ 농도를 측정하는 것으로 하였다.

Table 3을 살펴보면 배기전용후드와 3방향 및 2방향 급기방식 후드의 효율차이는 배기전용 139

%, 2방향 급기 167~188%, 3방향 급기 164~175%로 변수에 따라 28~49% 및 25~36%까지 배기전용 후드에 비해 동시급배기형 후드의 배기효율이 높아짐을 알 수 있었다.

또한, 3방향 급기방식은 급기풍속 3.3m/s, 2방향 급기방식은 3.5m/s에서 가장 높은 효율을 보이고 있었다. 그러나, 3방향 급기방식의 3.3m/s의 급기풍속은 약 900 CMH의 풍량으로 배기풍량의 90%에 해당하므로 추후 사용시간 경과에 따른 필터면의 그리스 침적 등에 의해 배기풍량이 감소할 경우 주방의 압력을 오히려 정(+)압으로 만드는 위험이 있게 된다. 따라서 3방향 급기후드는 2.5~2.9 m/s(700~800 CMH)의 범위의 풍속이 실내환경관리 측면에서 적절할 것으로 판단된다. 또한, 3방향 급기방식과 2방향 급기방식 후드의 배기효율은 비슷한 수준을 나타냄에 따라 2방향 및 3방향 급기방식에 따른 성능의 차이는 없는 것으로 판단된다.

(2) 실내온도분포

실내온도분포는 조리기구 가동 후 30분간의 데이터를 이용하여 분석하였으며, 온도상승폭은 조리기구 가동 후 정상상태의 온도와 조리기구 가동 전의 온도차를 이용하여 산출하였다.

급기방식별 온도분포도는 Figs. 4~6과 같다. Fig. 4의 배기전용후드의 경우, 후드 정면 온도가 40~50℃까지 상승하고 있으나, Fig. 5와 Fig. 6의 동시급배기형 후드에서는 40℃ 이하로 내려감을 확인할 수 있었다. 또한, 배기전용후드 사용시 조리사 거주역은 약 35℃까지 상승하는 반면, 3방향과 2방향 급기후드 가동조건에서는 30℃ 전후를 나타내고 있어 동시급배기형 후드가 배기전용후드에 비해 열기유출 및 거주역의 온도상승을 억제할 수 있음을 알 수 있었다.

Table 4의 실중양 온도상승폭 산정 결과, 상승폭은 배기전용후드에서 9.2℃, 동시급배기형 후드

Table 3 Local exhaust efficiency as the type and supply air velocity

	Not supply	500 CMH 1.8 m/s	600 CMH 2.1 m/s	700 CMH 2.5 m/s	800 CMH 2.9 m/s	900 CMH 3.3 m/s
Exhaust only	139	-	-	-	-	-
3-way compensating	-	167	167	175	174	188
	Not supply	100 CMH 1.5 m/s	150 CMH 2.5 m/s	200 CMH 3.5 m/s	250 CMH 4.5 m/s	300 CMH 5.5 m/s
2-way compensating	-	174	170	175	169	164

Table 4 Temperature increasement at the center of the kitchen (°C)

	Not supply	500 CMH 1.8 m/s	600 CMH 2.1 m/s	700 CMH 2.5 m/s	800 CMH 2.9 m/s	900 CMH 3.3 m/s
Exhaust only	9.2	-	-	-	-	-
3-way compensating	-	7.7	8.0	7.7	6.9	3.9
	Not supply	100 CMH 1.5 m/s	150 CMH 2.5 m/s	200 CMH 3.5 m/s	250 CMH 4.5 m/s	300 CMH 5.5 m/s
2-way compensating	-	7.9	5.7	4.8	5.6	5.7

에서 3.9~8.0°C로 나타났다. 즉, 후드에 급기기류가 있을 경우 실내온도는 크게는 5°C 이상 낮아 지므로 동시급배기 형태의 후드는 실내로 확산되는 열기를 차단하는 데 효과적임을 다시 한번 확인할 수 있었다. 또한, 3방향 급기후드와 2방향

급기후드의 경우에서 실온상승폭을 비교한 결과 두 경우에서 온도상승폭은 1~2°C 정도의 차이를 보이며 유사한 성능을 보이고 있었다. 또한, 각 급기방식에서의 최적 급기풍속은 3방향 급기후드 3.3 m/s, 2방향 급기후드 3.5 m/s 전후로 국소배기효율에서의 최적범위와 같은 범위로 나타났다.

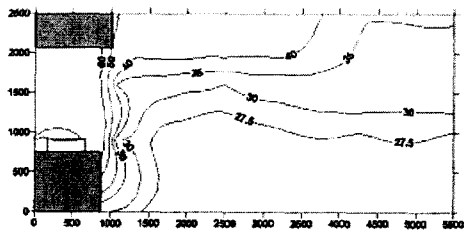


Fig. 4 Temperature distribution (exhaust only hood).

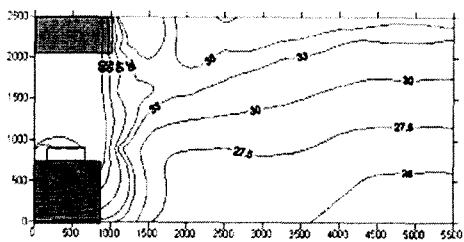


Fig. 5 Temperature distribution (3-way compensating hood, supply - 2.9 m/s).

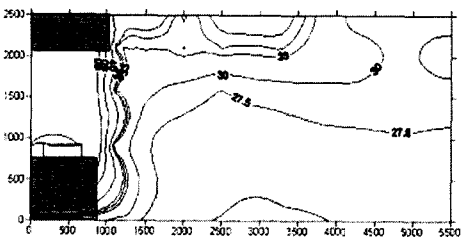


Fig. 6 Temperature distribution (2-way compensating hood, supply - 3.3 m/s).

3.3.2 배기풍속(배기면적)별 배기성능

(1) 국소배기효율

배기면적 확대에 따른 배기풍속 증가시 후드급기풍속 변화와의 상관관계를 파악하기 위한 실험 결과를 Table 5와 Fig. 7에 나타내었다. 단, 배기면적 확대에 따른 실험에 있어서 실험대상후드는 2방향 급기후드로 제한하여 실험을 수행하였다.

Table 5 Local exhaust efficiency as the supply and exhaust air velocity

Exhaust vel.	Supply vel.			
	1.5 m/s	2.5 m/s	3.5 m/s	4.5 m/s
0.41 m/s	163	161	157	158
0.48 m/s	168	179	169	180
0.55 m/s	148	159	185	167
0.64 m/s	174	170	174	169

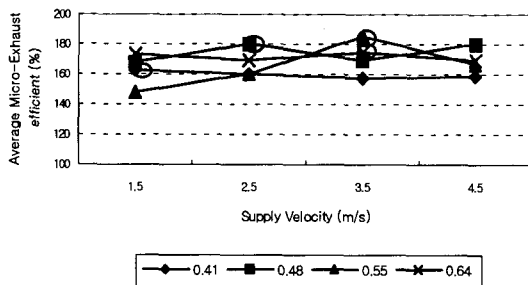


Fig. 7 Local exhaust efficiency as the supply and exhaust air velocity.

Table 5와 Fig. 7로부터 배기면적이 축소되어 배기풍속이 증가할 경우 급기풍속이 함께 증가하여야 효율이 상승됨을 알 수 있었다. 그러나, 배기풍속에 비해 급기풍속이 지나치게 증가할 경우 오히려 배기효율은 감소하는 것으로 나타남에 따라 배기풍속에 따라 적절한 급기풍속이 선정되어야 함을 알 수 있었다.

또한, 현재 실험조건인 1,000 CMH의 배기량에서 배기면적은 0.59 m^2 (130%)인 경우에서 가장 높은 수치를 보였으나, 전후의 급기속도 범위에서의 변화폭을 기준으로 볼 때 0.68 m^2 (150%)의 경우에서보다 안전한 것으로 나타났다. 즉, 0.59 m^2 (130%)의 경우에는 급기속도 1.5 m/s 및 3.5 m/s에서의 효율차이가 20% 가까이 나타나는 반면, 0.68 m^2 (150%)인 경우 급기속도에 따른 효율차이는 10% 전후이면서 0.59 m^2 (130%)와의 효율차이는 5% 정도에 불과함을 알 수 있었다. 따라서 사용자의 편리성을 감안할 때 0.68 m^2 (150%) 조건에서 급기속도를 1.5~3.5 m/s의 넓은 범위로 유지하는 것이 보다 안전할 것으로 판단된다.

(2) 실내온도분포

배기면적별 열기 유출 정도에 따른 실내온도 상승폭을 파악하고자 실 중앙 1점을 선정하여 온도상승폭을 산정하였다(Table 6).

Table 6으로부터 배기면적 200% 및 150%의 경우 1.5 m/s, 130% 2.5 m/s, 100% 3.5 m/s의 급기풍속에서 가장 낮은 온도상승폭을 보이므로 배기풍속 증가시 급기풍속이 동시에 증가해야 최적의 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 그러나, 급기풍속이 지나치게 증가한 경우 온도상승폭이 커지므로 적절한 급기풍속을 선정해야 함을 알 수 있었다.

배기면적별 온도상승폭 비교결과, 200% 3.3~5.8℃, 150% 2.3~6.8℃, 130% 2.3~5.8℃, 100% 4.8~7.9℃로 나타났다. 100% 후드에 비해 배기면적 확대시 실내 온도상승폭이 낮아짐에 따라, 배기면적 확대(전면 배기부설치)시 실내 온열환경

을 향상시킬 수 있음을 유추할 수 있었다.

그러나, 배기면적 200% 후드는 100% 후드에 비해 성능은 향상되지만, 급기풍속 변화에 따라 온도상승폭이 불안정한 모습을 보이고 있었다. 국소배기효율 실험결과, 배기면적 200% 후드(배기풍속 0.41 m/s)에서 가장 낮은 효율을 나타냄에 따라 후드의 지나친 낮은 배기풍속은 불안정한 온도변화로도 이어짐을 알 수 있었다. 따라서 배기면적 130~150% 후드가 실내온열환경 향상에 유리함을 알 수 있었으며, 이때 배기풍속은 0.48~0.55 m/s의 범위가 적정함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 국소배기효율과 실내온도분포 실험결과, 배기전용후드에 비해 동시급배기형 후드의 성능이 우수함을 알 수 있었으며, 2방향 급기후드와 3방향 급기후드의 성능은 유사한 것으로 급기방향보다는 급기의 유무가 전체적인 후드성능에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

(2) 배기면적 0.45 m^2 의 3방향 급기후드와 2방향 급기후드의 최적 급기풍속은 각각 3.3 m/s와 3.5 m/s로 나타났으나, 3방향 급기후드의 급기풍속 3.3 m/s는 급기량이 과다함에 따라 3방향 급기후드는 2.7 m/s 전후, 2방향 급기후드는 3.5 m/s 전후의 급기풍속이 배기효율과 실내온도 측면에서 더욱 적절한 것으로 판단된다.

(3) 동시급배기형 후드의 배기풍속 감소시 급기풍속은 낮아져야 하고 배기풍속 증가시 급기풍속은 증가해야 배기성능 향상이 가능하다.

(4) 배기면적 변화에 따른 실험결과 후드 전면 배기부를 추가하여 배기면적을 확대하면 후드의 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다. 그러나 지나친 배기면적의 확대는 낮은 배기풍속으로 인하여 배기효율의 저하와 실내환경의 악화를 야기하므로 배기면적은 필요배기량 조건하에서 적정

Table 6 Temperature increasement at the center of the kitchen as the exhaust area (℃)

Exh. area (exh. vel.: m/s)	Supply vel.				
	1.5 m/s	2.5 m/s	3.5 m/s	4.5 m/s	5.5 m/s
Area 200% (0.41)	3.3	5.8	3.6	3.6	5.5
Area 150% (0.48)	2.3	3.1	2.4	6.8	5.8
Area 130% (0.55)	3.1	2.3	3.3	4.3	5.8
Area 100% (0.64)	7.9	5.7	4.8	5.6	5.7

배기풍속을 만족하도록 산정하여야 한다.

(5) 후드의 적정 배기풍속 실험결과, 배기풍속은 국소배기효율과 실내온도분포를 감안할 때 0.48~0.55 m/s의 범위가 적절한 것으로 나타났다.

후 기

본 연구는 중소기업청 부품소재 공동기술개발 사업으로 2001.11~2002.10까지 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Pekkinen, J. S., 1992, Ventilation efficiency and thermal comfort in commercial kitchens, ASHRAE Trans., Symposium on Developments in Kitchen Ventilation Technology, pp. 1214-1218.
2. Smith, V. A., 1997, Minimum energy kitchen ventilation for quick service restaurants, ASHRAE Trans., Symposium on New Research in Commercial Kitchen Ventilation, pp. 950-961.
3. ASHRAE, 1995, ASHRAE Handbook HVAC Applications, 28.5.
4. Fritz, R. L., 1989, A realistic evaluation of kitchen ventilation hood designs, ASHRAE Trans., Vol. 95, pp. 769-779.

1. Pekkinen, J. S., 1992, Ventilation efficiency