

상업용 주방후드의 배기성능에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Exhaust Performance of Commercial Kitchen Hood

○ 지 승 현* 김 진 명* 김 기 훈** 이 언 구***
Ji, Seung Hyun Kim, Jin Myung Kim, Ki Hoon Rhee, Eon Ku

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the performance of kitchen ventilation system by comparing the exhaust efficiency of the supplementary supply hood system and exhaust-only hood system. First of all, field measurements were performed to understand the current status of kitchen environment. Then, the exhaust performance experiments by tracer gas and airflow visualization were conducted to find the optimum supply air rate in the supplementary supply system.

The results of this study can be summarized as follows. The current kitchen environment showed that the improved kitchen ventilation system should be provided for the thermal comfort and indoor air quality. According to the results of the exhaust efficiencies of the objective hoods, the supplementary supply system is 14% more efficient than the exhaust-only system.

키워드 : 상업용 주방후드, 배기효율, 기류 가시화

Keywords : Commercial Hood, Exhaust Efficiency, Airflow Visualization

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 소득증대 및 생활패턴의 변화에 의해 일반 가정에서의 외식이 증가함에 따라 외식산업이 발전하고 있다. 외식산업의 발전은 소비자 측면에서는 여가의 활용과 일상의 재충전이라는 점에서 쾌적하고 안락한 시간이 될 수 있으나, 조리사의 측면에서는 주방에서의 재실시간과 조리 양의 증가로 인해 많은 오염물질에 노출되는 위험을 가지게 된다. 따라서 주방에서 발생하는 오염물질과 열 등으로부터 조리사들의 건강을 보호할 수 있는 방안에 대한 필요성이 대두되고 있다.

현재 국내 상업용 주방에서는 일반적으로 벽부형 배기팬이나 자바라식 후드 등의 배기전용 후드를 이용하여 주방의 환기를 행하고 있다. 그러나, 관련자료¹⁾에 의하면 배기전용 후드는 배기효율이 낮아 발생한 오염물질을 완전히 배출시키지 못하며 실내에 과도한 압력변동을 야기하여 에너지 소비량 측면에서도 불리한 것으로 알려지고 있다.

한편, 선진국에서는 이러한 배기전용 후드의 단점을 보완하기 위하여, 동시 급배기 형태의 주방후드가 사용되고 있으며, 배기효율 및 에너지 소비량에 대한 통합적인 평가 연구가 수행되고 있다²⁾.

본 연구에서는 현재 배기전용 후드를 사용하고 있는 상업용 건물의 주방에 대한 실내환경을 평가하고, 이후 배기전용 후드와 동시 급배기 후드를 대상으로 배기효율을 비교평가함으로써 상업용 건물 주방의 실내환경 개선방안의 기초자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 내용 및 방법

(1) 현행 상업용 건물의 주방에 대한 실내환경 측정

배기전용 후드를 사용하고 있는 서울시내 S건물의 구내 식당을 대상으로 온도, 습도, CO, CO₂의 분포를 측정함으로써 현행 주방의 현황을 평가하고 문제점을 분석하였다.

(2) 후드 형태별 배기성능 실험

배기전용 후드와 동시 급배기 후드를 대상으로 후드형태별 배기성능을 실험하였다. 배기성능 실험은 크게 급배기 기류의 이동패턴 가시화 실험과 환기회수 실험으로 구분되었으며, 환기회수 실험결과로부터 후드 하부의 국소배기효율을 산정함으로써 후드 형태별 배기성능을 평가하였다.

2. 현행 상업용 건물의 주방에 대한 실내환경 측정

2.1 측정개요

측정대상 주방은 서울시내에 소재하고 있는 S건물의 구내 식당에 부속된 주방으로 중앙에 설치된 배기전용 후드를

* 정희원, 중앙대 대학원 건축학과 석사과정
** 정희원, 중앙대 대학원 건축학과 박사과정
*** 정희원, 중앙대 건축학과 교수, 건축학박사

1) J. S. Pekkinen, et. al., Ventilation Efficiency and Thermal Comfort in Commercial Kitchens, ASHRAE Transactions, Symposium on Developments in Kitchen Ventilation Technology, 1992, pp.1214~1218.

2) Vernon A. Smith, et. al., Minimum Energy Kitchen Ventilation for Quick Service Restaurants, ASHRAE Transactions, Symposium on New Research in Commercial Kitchen Ventilation, 1997, pp.950~961.

통하여 주방의 환기를 수행하고 있었다. 실내환경 측정은 2002.2.2.~2.4.에 걸쳐 이루어졌으며 열환경 측면에서의 온도, 습도 및 공기환경 측면에서의 CO, CO₂ 농도를 측정하였다.

대상주방의 실내환경 현황과 후드의 성능을 파악하기 위하여 본 연구에서는 주방을 대표하는 지점을 실내1점(A), 후드외벽2점(B,C), 후드내부2점(D,E)의 5지점으로 선정하여 온습도를 측정하였으며, CO, CO₂의 경우 사용자들의 건강에 관련된 항목이므로 사용자들의 동선 가운데지점이면서 기류정체지역인 (A)지점을 대표점으로 측정하였다.

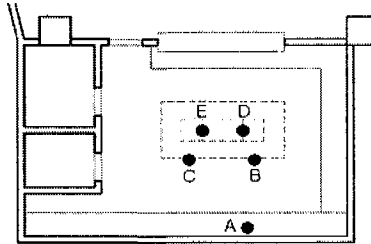


그림 1. 대상주방의 평면 및 측정점

2.2. 측정결과

2.2.1 온열환경

주방의 온습도 측정결과, 조리가 집중적으로 이루어지는 시간에는 후드내부의 온도와 함께 실내온도가 35℃까지 상승되고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 온도상승으로 인하여 습도는 상대적으로 낮아지는 패턴을 보이고 있었으나, 고온의 수증기가 일시에 방출되는 경우 실내의 온습도를 동시에 상승시킬 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 현재 설치된 후드는 주방에서 발생하는 열기와 수증기를 제거하지 못하여 조리사들에게 불쾌감을 주고 있음을 알 수 있었다.

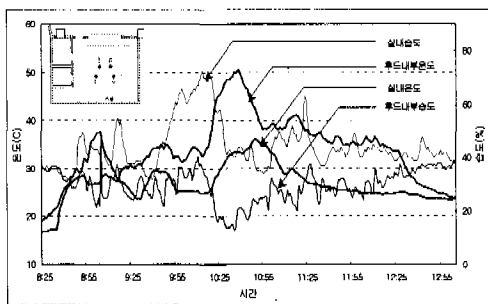


그림 2. 온습도분포 측정결과

2.2.2 공기환경

CO 및 CO₂를 대상으로 한 공기환경 측정결과, CO₂의 경우 6명의 조리사들이 일시에 고온의 조건에서 조리를 할 경우 약 3,200ppm까지 상승함을 알 수 있었다. CO의 경우 측정당일 연소가스 사용이 적은 식단이 준비됨에 따라 기준치 10ppm에는 미치지 못하였으나, 연소작용이 적은 경우에서도 7ppm을 넘어서고 있는 측정치로부터 연소작용이

활발한 식단의 경우 기준치를 넘어설 위험이 있음을 알 수 있었다.

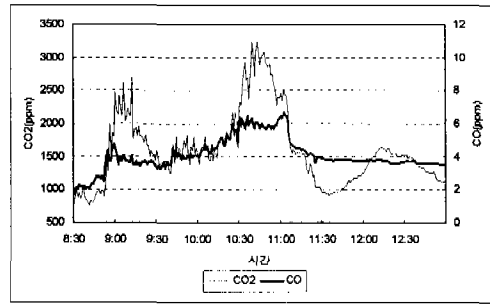


그림 3. CO/CO₂ 농도측정결과

3. 후드 형태별 배기성능 실험

본 연구에서는 기존에 주방으로 사용된 공간을 이용하여 제조사의 권장배기량 930CMH를 기준으로 배기전용 후드와 동시 급배기 후드의 배기성능을 실험하였다. 실험의 전반적인 개요를 표 1에 정리하였으며, 실험항목별 세부개요를 다음에 정리하였다.

표 1. 실험개요

| 실험대상 후드 | 실험변수 | 실험항목 |
|----------|---|---------------|
| 배기전용 후드 | 권장배기량(930CMH) | 급배기 풍량 |
| 동시 급배기후드 | 권장배기량(930CMH)에 따른 급기량변화(200,300,400,500CMH) | 배기성능 기류가시화 |

3.1 실험실 개요

본 실험에 사용된 실험실은 5,300 x 3,300 x 2,500(mm)의 장방형 평면을 가지고 있으며, 출입문을 제외한 모든 개구부는 밀폐된 형태로 후드는 벽면부착형을 사용하였다.

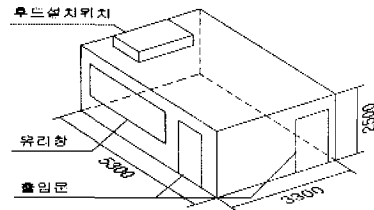


그림 4. 실험실 형상

3.2 실험개요

3.2.1 급배기 풍량산정

대상후드의 배기량은 후드필터와 덕트의 정압을 고려하여 덕트 최종말단부의 평균풍속 측정결과를 토대로 계산하였다. 덕트말단부의 평균풍속은 덕트를 9지점으로 나눈 후 각 지점에서의 풍속을 평균한 값으로 하였다.

3.2.2 기류가시화

본 실험에서는 주방후드의 급배기 기류패턴 촬영을 용이하게 하기 위하여 피사체 주위의 모든 벽과 천정부위를 검은 막으로 차단하여 암실의 조건을 형성하였으며, 기류의

단면을 촬영하기 위하여 후드 정면에 300W 할로겐등 8개를 설치하였다. 또한, 조명기구 주위의 모든 면을 차단한 후 전면부에만 좁은 슬릿을 형성한 조명장치를 제작하여 설치함으로써 가능한 한 조명기구로부터의 빛이 하나의 단면으로 방출될 수 있도록 하였다.

3.2.3 형태별 배기효율

후드의 배기성능은 후드 직하부의 국소배기효율을 산정함으로써 평가될 수 있다. 국소배기효율을 정의하는 방법³⁾에는 여러 가지가 있지만 명목시간상수(Nominal Time Constant)에 대한 잔여체류시간의 비율로 정의하는 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 명목시간상수는 환기회수의 역수로 시간의 차원을 가지며, 국소평균잔여체류시간(Local Mean Residual Life Time: LMRp)은 임의의 지점 p에 도달하는 공기입자 잔여체류시간의 평균값을 말한다.

본 연구에서는 환기회수를 구하기 위하여 CO₂ 가스를 이용한 가스추적법을 사용하였으며, 추적가스의 농도변화를 토대로 환기회수를 산정하였다. 산정된 환기회수는 명목시간상수로 다시 계산되었으며, 이후 계산된 명목시간상수를 국소평균잔여체류시간으로 나누어 줌으로써 후드 직하부의 국소배기효율을 최종적으로 계산하였다.

표 2. 후드배기성능 관련 방정식

| | |
|-------------|---|
| 환기회수 | $\frac{Q}{V} = \frac{[\ln C(t_2) - \ln C(t_1)]}{(t_2 - t_1)}$ |
| 명목시간상수 | $\tau_n = \frac{V}{Q}$ |
| 국소평균 잔여체류시간 | $LMR_{hood} = \int_0^{\infty} \left(\frac{C_{hood}(t)}{C(0)} \right) dt$ |
| 국소배기효율 | $\epsilon_{hood} = \frac{\tau_n}{LMR_{hood}}$ |

3.3 실험결과

3.3.1 형태별 배기풍량

형태별 배기풍속을 측정된 결과, 급기량이 증가함에 따라 후드 하부의 면풍속이 함께 증가함을 볼 수 있는데, 이는 후드에서의 급기기류가 실내 기류를 배기구로 유입함에 기인한 것으로 판단된다. 또한, 배기전용의 경우 개구부 틈새만에 급기를 의지하고 있는 반면, 동시 급배기의 경우 급기의 일부를 후드 자체에서 제공함에 따라 실 전체의 압력변동이 상대적으로 적어져 후드의 배기에 작용하는 저항이 줄어들게 되어 배기량이 증가할 수 있는 것으로 판단된다.

급기량 증가에 따른 배기량 변화형태를 세부적으로 살펴보면 급기량 100CMH 증가시마다 약 3%의 배기량이 증가하고 있었으며, 급기가 없는 배기전용 후드에 비해 500CMH의 급기를 제공하는 후드의 경우에는 약 11%의 배기량이 증가됨을 알 수 있었다. 따라서, 동일한 배기량 가지는 후드의 경우에도 급기량이 증가될수록 자체의 배기량이 증가될 수 있음을 알 수 있었다.

3) 장경진, 추적가스를 이용한 급기 및 배기효율의 측정기술에 관한 연구, 국민대학교 박사학위논문, 2000, pp.14~34.

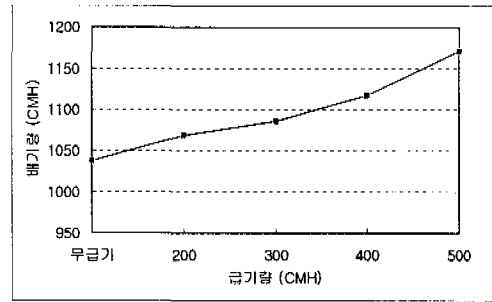


그림 5. 급기량 변화에 따른 배기량의 변화

3.3.2 형태별 기류가시화

일반적으로 동시 급배기 후드의 경우, 후드의부로 유출되는 오염물질을 급기기류를 이용하여 후드내부로 유입하는 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다. 그러나, 동시 급배기 후드에 있어서 배기효율을 최적화하기 위해서는 급기량과 배기량과의 적절한 비율을 유지하여야 한다. 본 실험에서는 실내로 확산되는 오염물질의 효과적인 차단을 위한 적정 급기량을 기류이동 패턴분석을 통하여 파악하고자 하였다.

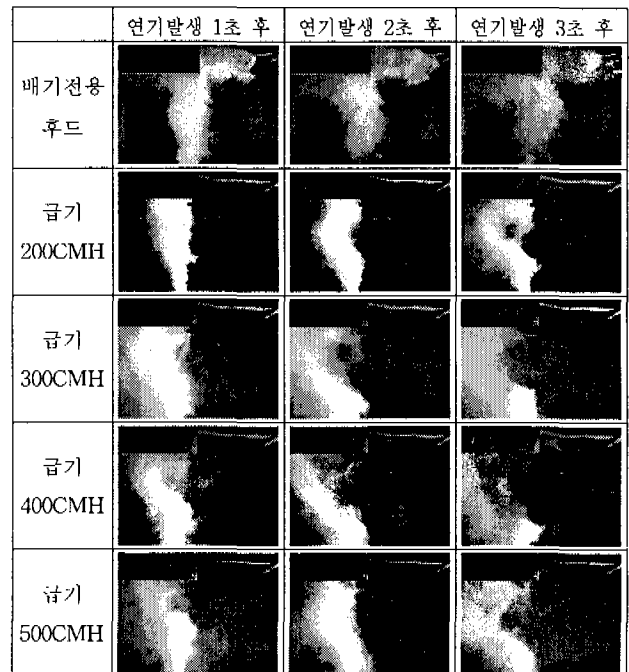


그림 6. 후드형태별 배기기류분포

(1) 배기전용 후드

배기전용 후드의 경우 후드 하부에서 발생된 연기 중 많은 부분이 후드 전면을 통해서 실내로 유출되고 있음을 알 수 있었다. 이후, 유출된 기류는 다시 후드내부로 유입되기는 하지만 유입되는 양보다 실내로 확산되거나 정체되어 있는 양이 많음에 따라 조리사에게까지 그 영향이 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 앞서 급배기량 측정결과에서 나타난 바와 같이 후드 가동시 실내의 압력이 지나치게 낮아짐에 따라 후드에 저항이 크게 작용하여 배기성능을 충분히 발휘하지 못함에 기인한 것으로 판단된다.

(2) 급기 200CMH

기류분포를 촬영한 결과, 앞서 배기전용 후드에서는 후드 외부로 유출되었던 오염물질이 후드내부로 유인되는 현상을 볼 수 있었다. 그러나, 급기량 200CMH의 경우, 급기에 의해 후드내부로 유인되는 범위가 충분하지 못하여 후드 직하부 오염물질의 실내확산 방지에는 효과적이지만, 조리면 높이에서 실내로 확산되는 오염물질의 유인효과는 기대할 수 없음을 알 수 있었다.

(3) 급기 300CMH

급기량 200CMH에 비하여 급기기류의 영향범위가 넓어짐을 볼 수 있으며, 따라서, 조리면 높이에서 실내로 확산되는 오염물질의 차단능력이 급기량 200CMH의 경우보다 우수함을 알 수 있었다. 또한, 급기기류의 유인에 의해 후드전면의 압력이 증가하게 되어 오염물질이 후드의 후면으로 밀려나 배기가 원활하게 이루어짐을 확인할 수 있었다.

(4) 급기 400CMH

후드 직하부 오염물질의 실내확산방지효과는 300CMH와 유사하였으나 급기 토출부의 풍속의 지나치게 높아짐에 따라 일부 급기된 공기가 배기구로 유인되지 못하고 실내로 확산됨을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 급기기류가 배기량에 비하여 지나치게 높아질 경우 오염물질을 오히려 실내로 확산시킬 위험이 있음을 알 수 있었다.

(5) 급기 500CMH

급기량 400CMH와 유사한 결과로, 배기구로 유인되는 급기공기보다 실내로 확산되는 급기공기가 더욱 많아짐에 따라 후드 하부에서 발생한 오염물질이 실내로 확산되는 패턴을 보이고 있음을 알 수 있었다.

3.3.3 형태별 배기성능

주방의 위치별 환기회수를 산정한 결과, 동시 급배기 후드의 경우 배기전용 후드에 비해 조리사 위치에서 2회/h 가까이 환기회수가 많아짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 동시 급배기 형태의 후드를 가동할 경우 조리사 위치에서의 실내공기를 청정하게 유지할 수 있음을 입증하는 것이다. 반면, 후드 하부에서의 환기회수가 동시 급배기 형태에서 더욱 낮아지는 이유는 실내에서의 오염물질이 급기기류에 의하여 후드 하부로 유입된 때문으로 판단된다.

표 3. 위치별 환기회수(단위 : 회/h)

| | 무급기 | 급기 200 | 급기 300 | 급기 400 | 급기 500 |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 후드 하부 | 16.58 | 13.80 | 13.52 | 13.61 | 13.84 |
| 조리사 위치 | 13.57 | 13.33 | 13.57 | 15.65 | 15.33 |

국소배기효율 계산결과, 배기전용 후드에 비해 동시 급배기 후드가 2~14%까지 효율이 상승하는 것으로 나타났다. 또한, 본 실험에서 설정한 배기량 930CMH 조건의 경우, 급기량 300CMH 이상에서는 배기효율 측면에서 큰 차이가 나지 않으므로 급기송풍기의 에너지소비량을 고려한다면

300CMH의 급기량이 가장 적절한 수준임을 알 수 있었다.

표 4. 후드하부의 국소배기효율(단위 : %)

| | 무급기 | 급기 200 | 급기 300 | 급기 400 | 급기 500 |
|-------|-----|--------|--------|--------|--------|
| 후드 하부 | 63 | 65 | 74 | 76 | 77 |

4. 결 론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 현행 주방의 온열환경 및 공기환경 측정결과, 조리가 집중적으로 이루어지는 시기에 후드내부의 온도와 함께 실내온도가 35℃까지 상승되고, CO₂의 경우 조리집중시에 약 3,200ppm으로 기준치를 3배 이상 넘는 농도를 기록함에 따라 현행 주방의 후드성능 개선이 필요함을 알 수 있었다.

(2) 동시 급배기 후드의 경우, 급기량 100CMH 증가시마다 약 3%의 배기량이 증가하고 있었으며, 급기가 없는 배기전용 후드에 비해 500CMH의 급기를 제공하는 후드의 경우에는 약 11%의 배기량이 증가됨을 알 수 있었다. 따라서, 동일한 배기량을 가지는 후드의 경우에도 급기량이 증가될수록 자체의 배기량이 증가될 수 있음을 알 수 있었다.

(3) 기류가시화 실험결과, 배기전용 후드의 경우 후드 하부에서 발생한 연기 중 많은 부분이 후드 전면을 통해서 실내로 유출되고 있었으나, 동시급배기 형태의 후드의 경우 후드 외부로 유출되었던 오염물질이 급기의 영향으로 후드내부로 유인되는 현상을 볼 수 있었다. 또한, 급기량의 변화는 배기기류의 유인효과에서도 차이를 나타내고 있었다.

(4) 국소배기효율 계산결과, 배기전용 후드에 비해 동시 급배기 후드가 2~14%까지 효율이 상승하는 것으로 나타났다. 또한, 배기량 930CMH 조건의 경우, 급기량 300CMH 이상에서는 배기효율 측면에서 큰 차이가 나지 않으므로 급기송풍기의 에너지소비량을 고려한다면 300CMH의 급기량이 가장 적절한 수준임을 알 수 있었다.

실제 주방에서는 조리시 발생하는 열기로 인해 상승기류가 형성되므로 추후 후드 하부의 열원을 형성한 후 후드의 배기성능에 대한 세부적인 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

1. 장경진, 추적가스를 이용한 급기 및 배기효율의 측정기술에 관한 연구, 국민대학교 박사학위논문, 2000.
2. J. S. Pekkinen, et. al., Ventilation Efficiency and Thermal Comfort in Commercial Kitchens, ASHRAE Transactions, Symposium on Developments in Kitchen Ventilation Technology, 1992.
3. Vernon A. Smith, et. al., Minimum Energy Kitchen Ventilation for Quick Service Restaurants, ASHRAE Transactions, Symposium on New Research in Commercial Kitchen Ventilation, 1997.