

공동주택 주방의 급·배기효율을 고려한 기계환기 설계에 관한 연구

A Study on the Mechanical Ventilation Design that Consider Supply and Exhaust Efficiency of the Apartment House Kitchen

함진식*
Ham, Jin-Sik

Abstract

To find more efficient exhaust effect, air curtain of upward or downward trend in gas table and left or right side of range hood were made. As result that film vapor from range hood lower part by digital camera, the air current change by moving existence and nonexistence of exhaust fan and direction of air curtain were known. Under all experiment condition, upward air curtain superior exhaust performance.

Keywords : Air Curtain, Kitchen Ventilation, Gas Table, Temperature

주요어 : 에어커튼, 주방환기, 가스 테이블, 온도

1. 서 론

1. 연구배경 및 목적

공동주택의 주방은 일반적으로 가스를 연소시켜 취사를 하는데, 이 가스는 그을음 등이 생기지 않기 때문에 보통은 청정한 연료라 생각하고 배기에 그다지 적극적이지 못한 실정이다.

그러나, 가스는 연소하는 과정에 고온의 열과 다량의 이산화탄소 및 수증기가 발생하기 때문에 보다 적극적인 급·배기 계획을 세워야만 한다.

외기에 면하는 면적이 적은 공동주택의 주방에서 가스를 연료로 하여 취사할 경우 배기팬에 의한 국소배기를 하면 배기량과 같은 양의 외기가 필수적으로 주방이외의 실을 경유해서 주방으로 공급되게 된다.

이 도입 외기는 급기 경로로 되는 실의 공기정화 역할을 할 수도 있으나, 난방시기 등에는 실의 열 부하 증대나 콜드 드래프트를 유발시키므로 도입 외기

를 가급적 줄일 수 있는 적절한 대책이 요망된다고 하겠다.

이러한 문제를 해결 또는 완화하기 위한 대책으로서 취사 중에 적당량의 외기를 직접 조리기구나 렌지후드 부근으로부터 도입하는 에어커튼에 의한 국소급기의 방법을 생각할 수 있다.

본 연구는 공동주택 주방의 보다 효율적인 환기를 위한 일련의 연구로서 가시화 실험과 후드하부에서의 온도변화를 측정하여 에어커튼에 의한 국소급기가 렌지후드의 배기효과에 미치는 영향을 검토하기 위한 내용이다.

前報에서는 후드하부에서의 온도 측정시 모든 측정점의 온도를 동시에 측정하지 않았기 때문에 逐次 측정에 따른 온도 변화로 인하여 정확한 양상을 파악할 수가 없었다.

따라서, 금번 연구에서는 급·배기조건에 따라서 19개소에 이르는 측정점에서 온도를 동시에 측정하고, 기류의 가시화 실험을 병행하여 국소급기에 따른 배기효율을 검토하고자 하였다.

*대구대학교 건설환경공학부 교수, 공학박사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2002-000-01138-0) 지원으로 수행되었음.

2. 연구방법 및 범위

따라서, 본 연구에서는 주방의 랜지후드 가동시 주방과 인접한 거실, 안방, 화장실 등으로부터 흡인되는 공기량을 줄일 목적으로 랜지후드와 가스태이블의 좌·우측에 급기용 에어커텐이 상향 또는 하향으로 형성되도록 에어커텐 조성용 덕트를 설치하여, 이들 에어커텐이 주방환기에 어떠한 영향을 미치는가를 가시화 실험을 통하여 파악하기로 하였다.

또한, 조리시에 후드내부와 가스태이블의 중앙 및 좌우에서의 온도변화를 동시에 측정함으로써 상향 또는 하향의 급기용 에어커텐이 랜지후드의 환기성능에 미치는 영향을 측정 분석하여 국소 급기가 고려되지 않았을 경우와를 비교 검토하고자 하였다.

II. 실험 계획

1. 측정개요

급기용 에어커텐의 동작유무에 따른 랜지후드의 환기성능을 실측하기 위하여 대구대학교 환경실험실내에 <사진 1>에서 보는 것과 같은 주방환기시스템을 제작 설치하였다.

주방 환기시스템을 설치한 환경실험실은 전실과 실험실로 구분되어 있으며, 후드로 포집된 배기가스와 熱氣 등은 지름 15cm의 배기덕트를 통하여 전실로 배출시켜 후드로 재 흡입되지 않도록 하였다.

실험에 사용된 가스태이블은 2火口형이며, 사용연료는 LP가스를 사용하였다.

2. 측정방법

<그림 1>에 나타난 것과 같이 가스태이블과 랜지후드 각각의 좌·우측에 급기용 에어커텐을 조성하기 위한 덕트를 설치하고, 송풍기로 신선외기를 덕트에 불어넣어 에어커텐을 상향 또는 하향으로 조성하였다.

상향 또는 하향의 에어커텐에 의한 주방 후드의 배기효과를 파악하기 위하여 후드 하부에서의 수증기의 배출성상을 디지털 카메라를 사용하여 가시화 장면을 촬영하고, T타입 열전대를 사용하여 후드하부에서의 온도를 측정하였다.

온도 측정점으로는 <그림 1>에 나타난 바와 같이 랜지후드의 하측으로 10cm 떨어진 중앙부를 측정점 2로 하였으며, 랜지후드 좌측에 부착된 에어커텐 조성용 덕트로 부터 외측으로 10cm 이격된 지점을 측정점 1로 하였고, 우측 에어커텐으로부터 외측으로 10cm 이격된 지점을 측정점 3으로 선정하였다.

또한, 랜지후드의 하부 10cm 위치부터 각각 10cm씩 아래로 60cm까지를 측정점으로 하였으며, 덕트내부를 측정점 19로 선정하여, 전 측정점을 T타입 열전대를 연결하여 동시에 연속적으로 온도를 측정하였다.

가스태이블의 작은 버너 위에는 직경 20cm의 냄비, 큰 버너 위에는 직경 25cm의 냄비를 각각 올려 놓고, 냄비 속에 물을 약 80%정도를 채운 뒤, 최대의 화력으로 비등점에 도달할 때까지 끓인 뒤, <그림 1>에 나타난 각각의 측정 위치에 T타입 열전대

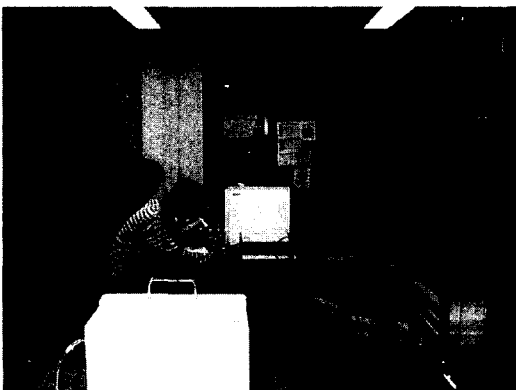


사진 1. 주방 환기시스템과 측정풍경

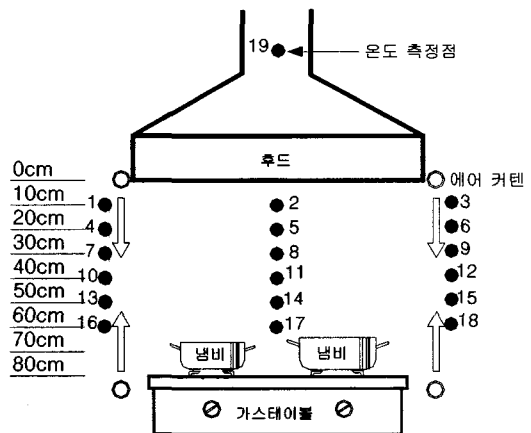


그림 1. 에어커텐의 설치 위치 및 온도 측정점

센서를 28채널 Multi-Channel Data Acquisition System에 연결하여 온도를 측정하였다. T타입 열전대에 의해서 측정된 온도 데이터는 RS-232C를 통하여 2초당 10개의 온도 데이터를 읽어 들인 후 평균하여 1개의 온도 데이터만을 컴퓨터의 하드 디스크에 저장되도록 하였다.

온도측정은 각각의 화구에 냄비를 올려 놓고 물을 끓이면서 배기팬의 전압을 100 V(약운전, 풍량 173 m³/h)로 설정하여 운전하면서, 에어커튼이 없을 경우 2분간에 걸쳐 연속적으로 온도를 측정을 하다가, 에어커튼을 상향으로 조성하면서 2분간에 걸쳐 측정하였다. 각각의 측정조건에 대하여 두 번에 걸쳐 반복적으로 실시하였다.

또한, 에어커튼을 하향으로 조성한 경우에도 같은 방법으로 각각 두 번에 걸쳐서 측정하였는데, 냄비속의 물이 약 40% 정도로 줄어들 때까지 연속적으로 실시하였다. 배기팬의 운전전압을 160 V(중운전, 풍량 277 m³/h), 220 V(강운전, 풍량 380 m³/h)의 경우에도 동일한 방법으로 실험하였다.

실험에 사용된 장비는 <표 1>에 나타내었다.

표 1. 측정장비

측정기	모델명
온도측정	Multi-Channel Data Acquisition System 28채널(열전대)
풍속계	KANOMAX MULTICHANNEL ANEMOMASTER MODEL 1560
전압변환기	진우 슬라이더스 HK-60
디지털카메라	Fuji Fine Fix F601 Zoom
전압테스트	8050 DIGITAL MULTIMETER
가스레이블	TGR-29RP(LP가스)
환풍기	MV(14 m ² /min), 220 V
송풍기	MAKITA 4014B, 소비전력 310 W

III. 측정결과 및 고찰

1. 에어커튼의 풍속 분포

에어커튼을 작동시킨 상태에서의 풍속을 측정하기 위하여, 아네모마스터 무지향성 센서를 이용하여 에어커튼의 취출구로부터 10 cm 떨어진 위치에서 <그림 2>에 나타난 바와 같이 측정점 1~측정점 12까지를 순차적으로 각각 3회에 걸쳐서 측정하였다.

<그림 3>에서 알 수 있듯이 에어커튼의 풍속은 송

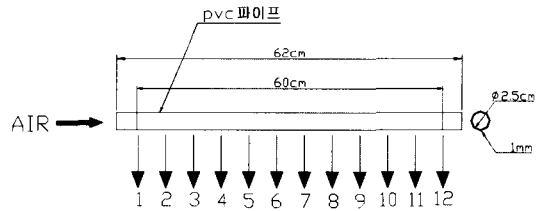


그림 2. 에어커튼의 구조 및 풍속 측정점

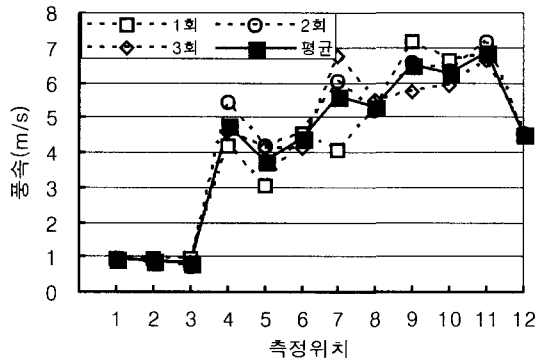


그림 3. 에어커튼의 측정점별 풍속과 평균풍속

풍기에서 가까운 측정점 1에서는 풍속이 낮고, 측정위치 11위치로 갈수록 강해지는 것으로 나타났다.

2. 후드 하부에서의 기류성상의 가시화 실험

배기팬의 작동 유무와 에어커튼의 조성 유무에 따른 랜지후드 하부에서의 배기 성상을 파악하기 위하여 가시화 실험을 실시하였다.

주방환기시스템에서 약 3 m 정도 떨어진 전면에 디지털 카메라를 높이 1.5 m의 삼각대에 고정 설치하고, 냄비뚜껑을 닫은 채로 비등점에 도달할 때까지 끓였다.

냄비속의 물이 끓기 시작하면, 화력을 최소한으로 낮추고 냄비뚜껑을 연 채로 각각의 배기팬 및 에어커튼의 운전조건에 따라 촬영하였다.

<사진 2>에 배기팬을 가동시키지 않았을 경우에 촬영한 랜지후드 하부에서의 배기성상을 나타내었다.

배기팬을 가동하지 않을 경우에는 사진에서 알 수 있듯이 냄비위에 피어오르는 수증기는 후드로 빠져나가지 못하고 랜지후드와 가스레이블의 중간 높이에서 좌우로 흐트러짐을 볼 수 있다.

한편, 에어커튼을 조성시키지 않은 채로 배기팬만

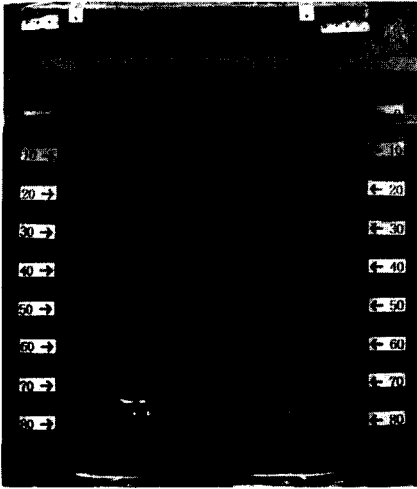


사진 2. 배기팬을 가동하지 않은 경우

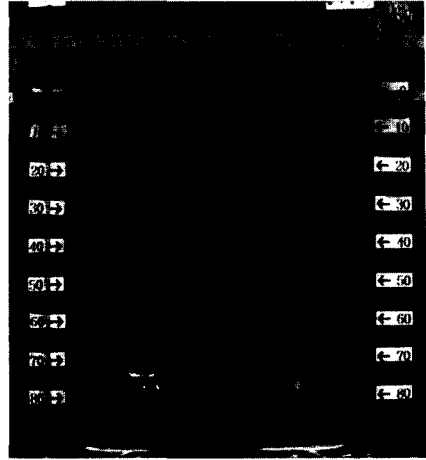


사진 4. 배기팬과 상향 에어케텐 조성시

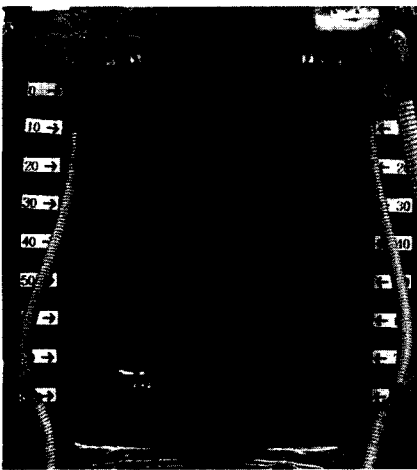


사진 3. 배기팬만 가동한 경우

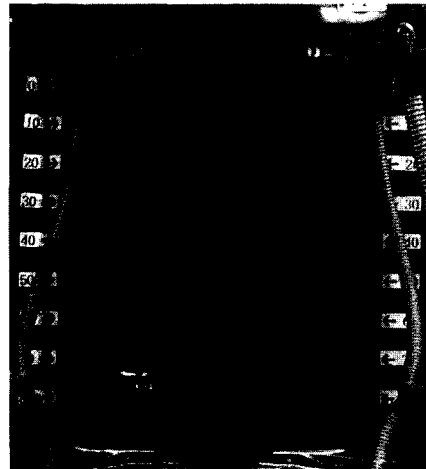


사진 5. 배기팬과 하향 에어케텐 조성시

을 가동시킨 경우에는 <사진 3>에 나타낸 바와 같이 냄비위의 수증기가 수직으로 후드 주위로 상승하지만, 후드 직하에서 옆으로 퍼지는 현상을 나타내었다. 그러나, 본 실험에 사용된 후드의 가로크기가 70cm이고, 시판 후드의 가로 크기가 60cm인 점을 감안하면, 시판 후드를 사용할 경우에는 냄비위에서 다량의 수증기 또는 오염물질이 발생하면 이를 제대로 흡인하기가 어려울 것으로 추정된다.

그러나, 배기팬을 가동시키고 상향의 에어케텐을 조성하였을 경우에는 <사진 4>에 나타낸 바와 같이 후드하부 40cm 높이 부근에서 냄비에서 발생한 수

증기가 안쪽으로 모아지는 현상을 나타내어 후드 속으로 원활하게 배출되는 모습을 볼 수 있다.

이와 같은 현상은 에어케텐에서 방출된 공기막이 수증기를 모아주기 때문인 것으로 사료되어 상향의 에어케텐이 수증기의 배출성상에 관여하고 있음을 알 수 있다.

한편, 배기팬을 가동시키면서 에어케텐을 하향으로 조성시킨 경우 후드하부에서 촬영한 수증기의 배출성상을 <사진 5>에 나타내었는데, 상당부분의 수증기가 후드 밖으로 밀려 나가고 있음을 확인할 수 있다. 이와 같은 현상은 에어케텐 조성용 덕트에서 후드하부로 방출된 공기막이 냄비위에서 수직방향으로

상승하는 수증기를 흐트러 버리기 때문인 것으로 사료되어 하향의 에어커텐은 후드하부의 수증기 배출에는 오히려 악영향을 미치는 것으로 판단된다.

3. 에어커텐에 의한 랜지후드의 배기성능

前報에서 조리시에 후드하부 10~60 cm까지를 가로 세로 각 10 cm 간격으로 각각의 측정점에서 온도를 측정된 결과, 높고 낮음의 차이는 있었으나, 전 측정 조건에서 후드 중앙부의 온도가 높게 측정되어, 후드 중앙부의 온도가 실내 온도상승에 가장 크게 영향을 미칠 것이라 판단되어 이를 중심으로 측정하기로 하였다.

<그림 4>에 냄비뚜껑을 닫은 채로 물을 끓이면서, 배기팬을 약운전한 상태로, <그림 1>에 나타난 전 측정점에서 2분간의 온도를 측정된 뒤, 에어커텐을 상향(↑)으로 조성시켰을 경우의 온도 변화를 측정된 결과를 나타내었다.

<그림 4>에서 온도가 비교적 낮게 나타난 아래측의 선들은 에어커텐 작동 유무에 따라 측정된 좌우측 에어커텐으로부터 10 cm 떨어진 측정점들의 온도이며, 랜지후드 하측 중앙부인 2, 5, 8, 11, 14, 17 측정점의 온도는 가스스테이블에서 가까울수록 온도가 높고, 랜지후드에 가까워질수록 온도가 낮게 나타났다.

또한, 에어커텐을 조성시키지 않은(X) 전반 2분간의 온도에 비하여 에어커텐을 상향(↑)으로 조성하였을 경우의 2분간에 걸친 온도측정치가 약 25°C~35°C 정도 낮아지는 것으로 측정되었다.

한편, 좌측 측정점에 비하여 우측 측정점의 온도

가 전반적으로 약간 높게 나타난 것은 좌측보다 우측의 화구가 크기 때문에 일어난 현상이라 생각되어진다.

이와 같이 에어커텐을 조성하지 않았을 때(X) 보다 상향기류의 에어커텐을 조성하였을 경우에 에어커텐 외측의 측정점인 12, 15 등에서 온도가 낮아지는 이유는 <그림 3>에서 알 수 있듯이 가스스테이블의 좌우측에서 조성된 상향의 에어커텐 기류에 의해 가스스테이블의 열류가 차단되었기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 에어커텐을 조성하지 않았을 경우에 약 70~100°C 정도로 온도가 높게 나타난 측정점은 가스스테이블에서 가장 가까운 17 측정점의 온도인데, 이 온도는 에어커텐으로 상승기류를 조성함과 동시에 50~70°C 정도로 낮아져, 상향의 에어커텐이 조성되지 않았을 경우에 비하여 약 20~30°C 정도 떨어지는 것으로 나타났다.

한편, 배기덕트 내부인 측정점 19에서는 에어커텐이 동작하지 않을 때의 측정온도는 약 60°C 정도 이던 것이 에어커텐에 의한 상승기류가 조성되면 약 50°C 정도로 측정되어 약 10°C 정도 떨어지는 것으로 나타나, 에어커텐 작동에 따른 온도변화는 후드 중앙부보다 크지 않은 것으로 나타났다.

랜지후드 하부의 중앙부 측정점에서는 가스스테이블에서 가까울수록 에어커텐 동작 유무에 따른 온도변화폭이 더욱더 커지는 것으로 나타났는데, 이는 에어커텐에 의해 국부적으로 급기된 온도가 낮은 신선공기가 후드 내부로 빨려 들어가면서 후드 중앙부의 열기와 혼합되기 때문인 것으로 사료된다.

한편, 에어커텐을 조성시켰을 경우에는 배기덕트 속에서는 거의 일정한 온도폭을 유지하지만, 후드중앙부에서는 가스스테이블과 냄비로부터의 열류의 영향을 많이 받아 온도의 변화폭이 큰 것으로 나타났다.

이와 같은 이유는 배기덕트 내부의 온도는 가스랜지로부터의 열기가 급기용 에어커텐의 신선한 공기와 혼합되어 배기덕트로 빠져나가기 때문에 후드 중앙부에서보다는 변화폭이 적어진 것으로 추측된다.

<그림 5>에 <그림 1>의 온도측정 조건 중에서 에어커텐을 하향(↓)으로 조성하였을 경우의 온도 변화를 나타내었는데, 측정된 온도 중 중앙 측정점에서의 온도가 에어커텐을 상향으로 조성하였을 경우

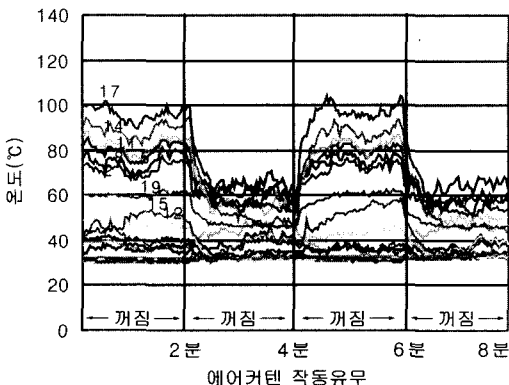


그림 4. 에어커텐 작동 여부에 따른 전 측정점에서의 온도분포 (에어커텐 ↑, 배기팬 약운전)

에 비하여 온도가 큰폭으로 변동하며, 에어컨텐의 외측 온도는 전 측정점에서 40°C 이하의 비교적 안정적인 것으로 나타났다.

특히, 중앙 측정점 중 랜지후드에 가까운 14와 17 측정점에서의 온도변화폭이 큰 것으로 나타났다.

<그림 6>에 후드 하부 10 cm 높이에서 냄비뚜껑을 연 상태에서 에어컨텐을 상향 또는 하향으로 조성하여, 배기팬을 약·중·강운전 하였을 경우의 온도 측정치의 평균을 나타내었다.

온도 측정치의 평균은 <그림 4>와 <그림 5>에서 알 수 있듯이 에어컨텐을 하향으로 조성하였을 경우, 각 2분간씩의 온도 측정치 중에서 에어컨텐을 조성하지 않았을 경우와 조성시켰을 때의 경계 시간대를 전후한 약 30초간은 기류가 불안정하여 온도가 대폭으로 변동하므로 이들 전후 시간대의 온도를 제외한

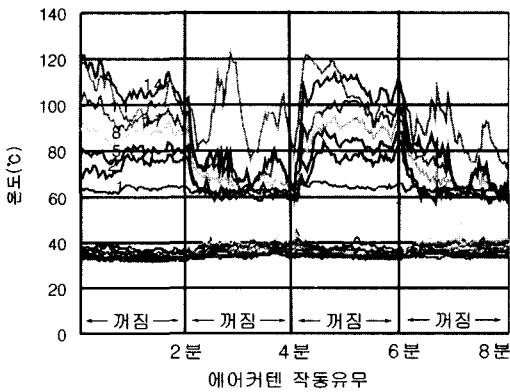


그림 5. 에어컨텐 작동 여부에 따른 전 측정점에서의 온도분포 (에어컨텐, 배기팬 약운전)

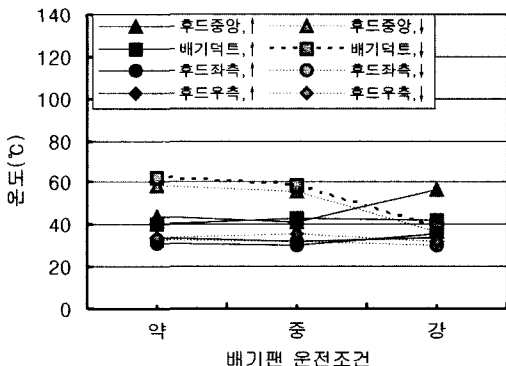


그림 6. 후드하부 10 cm에서의 배기팬 운전조건에 따른 온도 분포 (냄비뚜껑 열림)

비교적 온도가 안정된 시간대인 30초~1분 30초와 2분 30초~3분 30초간의 1분씩의 온도측정치로 산출하였다.

에어컨텐이 상향으로 조성되었을 경우의 후드 중앙에서의 온도는 배기팬을 약운전하였을 경우에는 44°C이던 것이 중운전하면 41°C, 강운전시에는 57°C로 상승하는 것으로 측정되어, 에어컨텐이 오히려 온도를 상승시키는 것으로 나타났다.

그러나, 에어컨텐을 하향(↓)으로 조성하였을 경우에는 후드 중앙부(측정점 2)에서의 온도가 약운전 59°C, 중운전 56°C, 강운전 37°C로 측정되어 배기팬의 풍량이 많을수록 온도가 낮아지는 것으로 나타났으며, 후드 내부에서 측정된 온도도 이와 유사한 경향으로 나타났다.

<그림 7>에 냄비뚜껑을 닫은 상태에서 후드하부 10 cm 높이에서 배기팬의 운전조건에 따라 측정된 온도를 나타내었는데, 배기팬의 풍량이 많을수록 온도가 약간 낮아지는 경향인 것으로 나타났다.

<그림 8>에 냄비뚜껑 열림, <그림 9>에 냄비뚜껑 닫힘의 상태에서 후드하부 60 cm 높이에서 측정된 온도 분포를 나타내었는데, 에어컨텐을 하향(↓)으로 조성하였을 경우 후드 중앙부(측정점 17)에서의 온도가 가장 높게 나타났으며, 배기팬의 풍량이 많아질수록 측정온도는 높아지는 것으로 나타났다.

이와 같이 상향 급기가 하향급기에 비하여 온도 저감효과가 높은 이유는 가스테이블 쪽에서 후드쪽으로 상향 급기되면서 배기덕트에서 빨아들이는 힘에 의하여 에어컨텐으로부터 급기된 신선공기가 후드 중앙부의 온도를 저감시키는데 역할하기 때문인

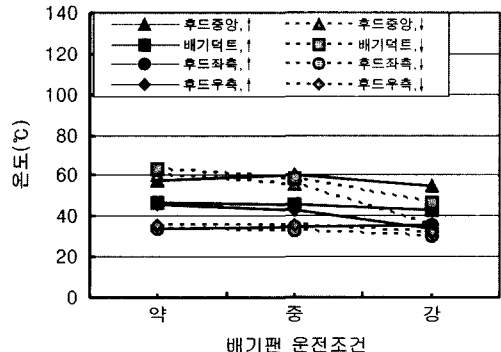


그림 7. 후드하부 10 cm에서의 배기팬 운전조건에 따른 온도 분포 (냄비뚜껑 닫힘)

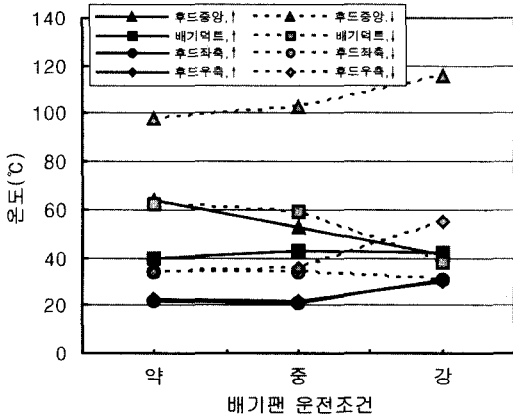


그림 8. 후드하부 60 cm에서의 배기팬 운전조건에 따른 온도 분포 (냄비뚜껑 열림)

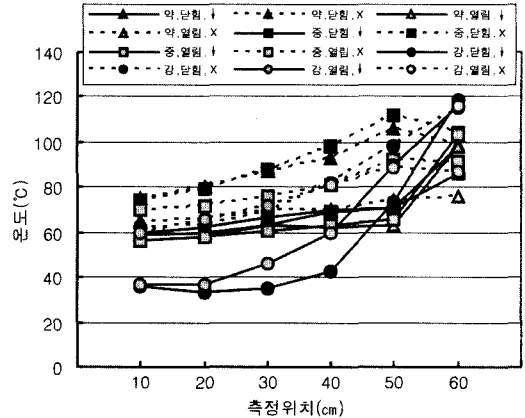


그림 10. 에어커텐 하향시의 측정 높이별 온도

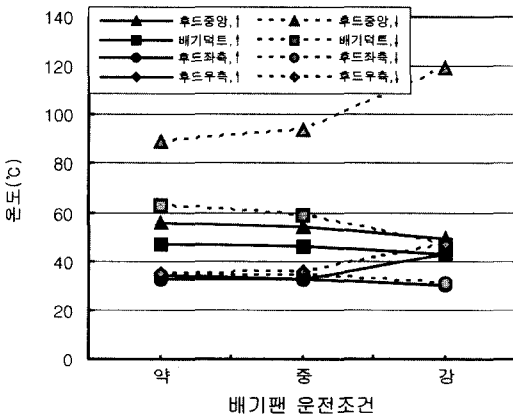


그림 9. 후드하부 60 cm에서의 배기팬 운전조건에 따른 온도 분포 (냄비뚜껑 닫힘)

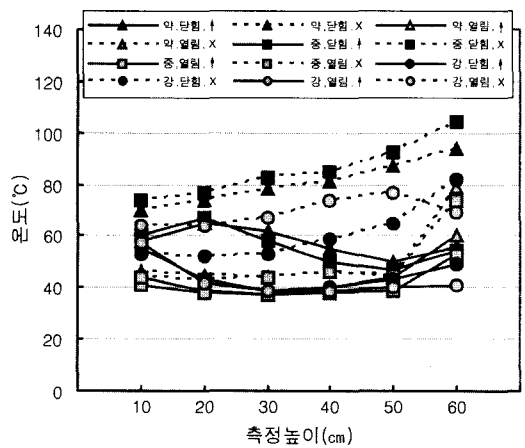


그림 11. 에어커텐 상향시의 측정 높이별 온도

것으로 사료된다.

<그림 10>에 냄비뚜껑을 각각 닫은 상태와 연 상태로 에어커텐을 하향으로 조성하였을 경우와 조성하지 않았을 경우에 있어서의 후드 중앙부 측정점인 2, 5, 8, 11, 14, 17에서 각각 측정된 온도를 나타내었고, <그림 11>에 <그림 10>과 동일한 조건에서 에어커텐만을 상향(↑)으로 조성하였을 경우의 온도를 나타내었는데, 에어커텐을 조성하지 않았을 경우(X)에 비하여 상향 및 하향으로 조성하였을 경우의 온도가 낮은 것으로 나타나, 에어커텐이 조리시의 후드 하부에서의 온도를 하강시키는데 커다란 역할을 하는 것으로 나타났다.

또한, <그림 12>에서 알 수 있듯이 에어커텐을 하

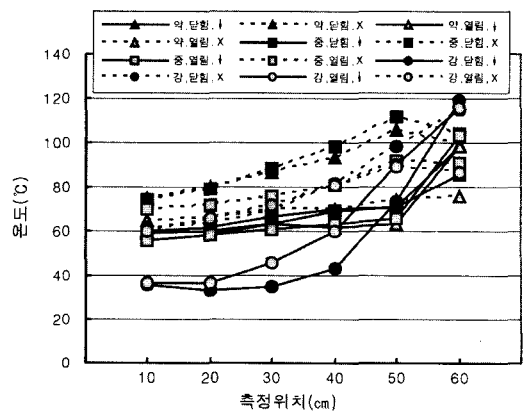


그림 12. 에어커텐 하향시의 측정 높이별 온도

향(↓)으로 조성하였을 경우에 비하여 상향(↑)으로 조성하였을 경우가 후드 중앙부에서의 온도 저감 효과가 우수한 것으로 나타났다.

IV. 결 론

랜지후드와 가스스테이블의 좌·우측에 급기용 에어커텐을 상향 또는 하향으로 조성되도록 하여 후드하부에서의 배기성상을 가시화 실험하고, 후드내부와 가스스테이블의 중앙 및 좌·우측에서의 온도 변화를 측정함으로써 상향 또는 하향으로 설치된 급기용 에어커텐이 랜지후드의 배기 성능에 미치는 영향을 측정 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 후드하부에서의 수증기 등의 배기성상을 가시화 실험한 결과, 배기팬을 운전하지 않을 경우와 운전시의 배기성상에 커다란 차이를 확인 할 수 있었으며, 상향으로 설치된 에어커텐은 배기성능향상에 커다란 역할을 하였으나 하향의 에어커텐은 오히려 배기성능 향상에 장애가 되는 것으로 나타나 바람직하지 못한 것으로 나타났다.

② 에어커텐에 의한 국소급기가 없을 경우에 비하여 상향 또는 하향으로 에어커텐이 조성되는 경우가 온도저감에 효과적이며, 특히, 상향으로 에어커텐을 조성하는 경우가 하향으로 조성하는 경우보다도 온도 변화가 적어 안정적인 것으로 나타났다.

③ 약·중·강의 모든 환풍기 운전조건에서 급기용

에어커텐을 하향기류로 조성하는 것 보다 상향기류로 조성하는 것이 온도 저감 효과가 우수한 것으로 나타났는데, 이는 가시화 실험과도 잘 일치하고 있는 것으로 나타났다.

④ 향후, 본 연구에서 얻어진 지견을 바탕으로 실제로 건설된 공동주택에서 랜지후드의 가동 여부와 에어커텐의 조성 여부에 따라 주방과 인접한 안방, 거실, 화장실 등으로 부터의 공기흡인량을 Tracer Gas Method 가스농도 감쇠법에 의하여 측정하여 국소급기의 효율성을 검토하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 함진식(2001. 6), 급기용 에어커텐이 랜지후드의 환기성능에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 17권 6호.
2. 송필동, 박명길, 함진식(2001. 11), 랜지후드의 설치 높이에 따른 오염물질의 배출성능에 관한 연구, 한국주거학회 학술발표대회 논문집.
3. 박명길, 함진식(2001. 11), 가스를 연료로 사용한 주방에서의 오염물질 발생특성에 관한 연구, 한국주거학회 학술발표대회 논문집.
4. 함진식(1998. 11), 급배기 성능을 고려한 공동주택의 환기설계에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 14권 11호.
5. 김정태, 노지용, 정유근(1999. 1), 공동주택 레인지 후드 환기효율 현장실험, 대한건축학회 논문집 15권 1호.
6. 서승직(1990. 3), 환경개선을 위한 배기의 효율, 대한 건축학회지 34권 3호.
7. 전주영, 박진철, 이언구(1994. 4), 공동주택에 있어서 주방의 공기환경에 관한 측정 연구, 춘계학술발표대회 논문집.

(接受: 2004. 3. 16)