

第 98 回 碩士學位論文

指導教授 李 彦 求

商業用 주방후드의

性能改善方案에 관한 실험적 研究

An Experimental Study on the Performance
Improvement Strategies for Commercial Kitchen Hoods

中央大學校 大學院

建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻

池 昇 炫

2002年 12月

商業用 주방후드의
性能改善方案에 관한 실험적 研究
An Experimental Study on the Performance
Improvement Strategies for Commercial Kitchen Hoods

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

2002年 12月

中央大學校 大學院
建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻
池 昇 炫

池 昇 炫의 碩士學位 論文을 認定함.

審査 委員長 _____ (印)

審 査 委 員 _____ (印)

審 査 委 員 _____ (印)

中央大學校 大學院

建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻

池 昇 炫

2002年 12月

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 내용 및 방법	2
제 2 장 상업용 주방후드에 관한 이론적 고찰	5
2.1 상업용 주방후드의 형태별 특성	5
2.1.1 배기전용후드	5
2.1.2 동시급배기(보충공기, Make-Up Air) 방식	6
2.2 상업용 주방후드의 설계기준	14
2.2.1 후드의 크기 및 배기필터 각도	14
2.2.2 후드의 필요배기량 산정	16
2.3 상업용 주방후드의 성능평가 기법	17
2.3.1 배기풍량 측정방법	17
2.3.2 국소배기효율	22
2.3.3 실내 공기환경	26
2.3.4 실내 온열환경	27
제 3 장 급기방식 및 급배기 풍속에 따른 상업용 주방후드의 성능실험	28
3.1 실험 변수	28
3.1.1 급기방식 및 급기풍속별 성능실험	28
3.1.2 배기면적별 성능실험	31
3.2 실험실개요	34
3.2.1 실험실 형태	34

3.2.2 풍량제어 시스템	35
3.3 실험 개요	38
3.3.1 국소배기효율	39
3.3.2 실내 온열환경	41
3.3.3 실내 공기환경	42
3.3.4 기류가시화	44
제 4 장 실험결과 및 분석	46
4.1 급기방식 및 급기풍속별 성능실험	46
4.1.1 국소배기효율	46
4.1.2 실내 온열환경	49
4.1.3 실내 공기환경	55
4.1.4 기류가시화	59
4.2 배기면적별 성능실험	63
4.2.1 국소배기효율	63
4.2.2 실내 온열환경	65
4.2.3 실내 공기환경	75
4.2.4 기류가시화	79
4.3 소 결	85
제 5 장 상업용 주방후드의 성능개선방안 제시	87
5.1 실험항목별 성능평가	87
5.1.1 국소배기효율	89
5.1.2 실내온열환경	91
5.1.3 실내공기환경	93

5.2 상업용 주방후드의 성능개선방안	97
제 6 장 결 론	100

표 목 차

<표 2.1> 동시급배기형 후드의 종류 및 특징	7
<표 2.2> k-factor 회귀식의 회귀계수(4인치 회전풍속계 측정시)	20
<표 2.3> 추적가스 분출방법에 따른 국소평균연령 및 국소평균잔여체류시간 산정식 · 26	
<표 3.1> 3방향 급기후드 및 2방향 급기후드 부위별 급기풍속	30
<표 3.2> 급기방식별 성능실험 변수	30
<표 3.3> 배기면적별 성능실험 변수	33
<표 3.4> 풍량제어 시스템 구성품	36
<표 3.5> 측정기기	39
<표 4.1> 급기방식별 후드의 국소배기효율	47
<표 4.2> 조리기구 가동에 따른 급기방식별 실중량 온도상승폭	52
<표 4.3> 조리기구 가동에 따른 급기방식별 후드정면 온도상승폭	53
<표 4.4> 조리기구 가동에 따른 급기방식별 후드측면 온도상승폭	54
<표 4.5> 급기방식별 실중량 CO ₂ 농도	56
<표 4.6> 급기방식별 조리사 호흡선 CO ₂ 농도	58
<표 4.7> 배기면적별 후드의 국소배기효율	64
<표 4.8> 조리기구 가동에 따른 배기면적별 실중량 온도상승폭	70
<표 4.9> 조리기구 가동에 따른 배기면적별 후드전면 온도상승폭	71
<표 4.10> 조리기구 가동에 따른 배기면적별 후드측면 온도상승폭	73
<표 4.11> 배기면적별 실중량 CO ₂ 농도	76
<표 4.12> 배기면적별 조리사 호흡선 CO ₂ 농도	78
<표 4.13> 실험변수별 측정치 및 평가등급	85
<표 5.1> 실험변수별 측정치 및 평가등급	88
<표 5.2> 국소배기효율 실험결과 및 평가등급	89
<표 5.3> 정면, 측면, 실중량온도의 상관계수	91
<표 5.4> 실중량 온도상승폭 실험결과 및 평가등급	92
<표 5.5> 정면, 측면, 실중량CO ₂ 농도의 상관계수	94
<표 5.6> 실내공기환경 실험결과 및 평가등급 (실중량 CO ₂ 농도)	95
<표 5.7> 실내공기환경 실험결과 및 평가등급 (조리사부 CO ₂ 농도)	96

그 립 목 차

(그림 1.1) 연구의 흐름도	4
(그림 2.1) 배기전용 후드의 기류분포	5
(그림 2.2) 에어커튼 개념도	9
(그림 2.3) 부적절하게 설계된 에어커튼	10
(그림 2.4) Short-circuit (Compensating) 후드 개념도	11
(그림 2.5) 급기기류속도와 방향에 따른 숯서킷의 기류형태	12
(그림 2.6) 복합형 주방후드 개념도	14
(그림 2.7) 필터 슬롯의 간격과 폭	19
(그림 2.8) 이산점 측정과 연속점 측정에서의 측정부위	20
(그림 2.9) 4인치 회전풍속계를 이용한 필터표면의 풍속측정모습	20
(그림 2.10) 그리스필터표면의 풍속측정을 통한 배기풍량 산정순서	21
(그림 2.11) 공기의 연령과 잔여체류시간의 개념	23
(그림 2.12) 추적가스 분출방법의 기본개념	25
(그림 3.1) 급기방식별 성능실험 대상 후드	29
(그림 3.2) 전면필터 개념도	31
(그림 3.3) 배기면적별 성능실험 대상 후드	32
(그림 3.4) 실험실 형상	34
(그림 3.5) 실험실 및 실험장비 전경	35
(그림 3.6) 풍량제어 시스템 덕트 구성도	36
(그림 3.7) 풍량제어시스템의 제어계통	37
(그림 3.8) 풍량제어시스템 제어패널	37
(그림 3.9) 국소배기효율 측정 개념도	40
(그림 3.10) 배기덕트에 설치된 CO ₂ 측정기기	40
(그림 3.11) 실내 열전대 설치 모습	42
(그림 3.12) CO ₂ 측정기 설치 위치	43
(그림 3.13) 온도 및 CO ₂ 측정점	43
(그림 3.14) 기류가시화 개념도	44
(그림 3.15) 기류가시화 실험시의 가시화 대상단면	45
(그림 3.16) 기류가시화 실험시 사용된 조명장치	45

(그림 3.17) 기류가시화 실험시 연기발생 모습	45
(그림 4.1) 배기덕트에서의 CO ₂ 농도변화	46
(그림 4.2) 급기방식별 후드의 국소배기효율	47
(그림 4.3) 배기전용 후드 가동시 주방내 온도분포 그래프	49
(그림 4.4) 3방향 동시급배기 후드 가동시 주방내 온도분포 (급기풍속2.9m/s)	49
(그림 4.5) 2방향 동시급배기 후드 가동시 주방내 온도분포 (급기풍속3.5m/s)	50
(그림 4.6) 배기전용 후드 가동시 주방내 온도분포도	51
(그림 4.7) 3방향 동시급배기 후드 가동시 주방내 온도분포도(급기풍속2.9m/s)	51
(그림 4.8) 2방향 동시급배기 후드 가동시 주방내 온도분포도(급기풍속3.3m/s)	51
(그림 4.9) 급기방식별 실내온도상승폭	54
(그림 4.10) 실중양 CO ₂ 농도변화	56
(그림 4.11) 조리사부 CO ₂ 농도변화	58
(그림 4.12) 급기방식별 실내 CO ₂ 농도	59
(그림 4.13) 배기전용 후드 기류가시화	60
(그림 4.14) 3방향 급기방식 후드 기류가시화	61
(그림 4.15) 2방향 급기방식 후드 기류가시화	62
(그림 4.16) 급배기풍속 3.5m/s에서의 배기면적별 배기덕트 CO ₂ 농도변화	63
(그림 4.17) 배기면적별 후드의 국소배기효율	64
(그림 4.18) 배기면적 200% 및 급기풍속 1.5m/s 후드의 실내온도변화	66
(그림 4.19) 배기면적 150% 및 급기풍속 1.5m/s 후드의 실내온도변화	66
(그림 4.20) 배기면적 130% 및 급기풍속 2.5m/s 후드의 실내온도변화	67
(그림 4.21) 배기면적 100% 및 급기풍속 3.5m/s 후드의 실내온도변화	67
(그림 4.22) 배기면적 200% 및 급기풍속 1.5m/s 후드의 실내온도분포도	68
(그림 4.23) 배기면적 150% 및 급기풍속 1.5m/s 후드의 실내온도분포도	68
(그림 4.24) 배기면적 130% 및 급기풍속 2.5m/s 후드의 실내온도분포도	69
(그림 4.25) 배기면적 100% 및 급기풍속 3.5m/s 후드의 실내온도분포도	69
(그림 4.26) 조리기구 가동에 따른 배기면적별 실중양 온도상승폭	70
(그림 4.27) 조리기구 가동에 따른 배기면적별 후드정면 온도상승폭	72
(그림 4.28) 조리기구 가동에 따른 배기면적별 후드측면 온도상승폭	73
(그림 4.29) 조리기구 가동에 따른 배기면적별 부위별 온도상승폭	74
(그림 4.30) 급기풍속 3.5m/s에서의 배기면적별 실중양 CO ₂ 농도변화	76

(그림 4.31) 급기풍속 3.5m/s에서의 배기면적별 조리사부 CO ₂ 농도변화	77
(그림 4.32) 배기면적별 실내 CO ₂ 농도	79
(그림 4.33) 배기면적 200% 후드 기류가시화	80
(그림 4.34) 배기면적 150% 후드 기류가시화	81
(그림 4.35) 배기면적 130% 후드 기류가시화	82
(그림 4.36) 배기면적 100% 후드 기류가시화	83
(그림 5.1) 배기풍속과 급기풍속의 상관관계	90

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 소득의 증가에 따른 생활수준의 향상은 여가문화에 대한 국민들의 욕구를 증대시켰으며 여가문화의 일부분인 외식산업 또한 점차적으로 증대되고 있는 실정이다. 즉, 직업의 다양화에 따른 생활패턴의 다변화와 더불어 여가와 일상의 재충전에 대한 욕구가 증가함에 따라 외식산업이 급속히 성장하고 있으며, 이와 같은 성장추세는 앞으로도 지속적으로 유지될 전망이다. 이러한 외식산업의 성장은 요식업소와 조리사의 증가로 이어지고 있으며, 조리사의 측면에서는 주방 재실시간과 조리량의 증가로 인해 많은 오염물질에 노출되는 위험을 가지게 된다. 이에 따라 조리사가 위치하는 주방의 실내환경에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다.

하지만, 대부분의 주방은 그 특성상, 조리시 열원에 의하여 과도한 열기와 오염물질이 발생하는 공간으로 조리사에게 상당히 열악한 작업환경을 제공하고 있다. 따라서, 열기와 오염물질을 효과적으로 배출하기 위하여 열원 상부에 후드를 설치하고 있다.

후드의 종류는 크게 배기전용후드와 동시급배기형 후드로 나뉘어 지는데, 배기전용 후드는 배기효율이 낮아 조리시 발생하는 열기와 오염물질을 원활히 배출하지 못하므로 실내공기 및 온열환경을 효과적으로 제어하지 못하며, 실내에 과도한 부(-)압을 형성하여 배기성능과 건물의 에너지 소비량 측면에서 불리한 환경을 제공¹⁾한다. 따라서, 이러한 단점을 보완하기 위하여 동시급배기형 후드가 개발되었다.

동시급배기형 후드는 급기방식에 따라 정면, 하향, 내부급기 방식으로 구분되며 각 방식을 혼용하여 사용하기도 한다. 동시급배기형 후드의 장점은 보충공기에 의해 건물의 에너지 손실을 줄이며, 오염물질의 실내확산을 방지하는데 효과적인 것으로 알려져 있다.²⁾

그러나, 현재 대부분의 국내 상업용 주방에서는 동시급배기형 후드의 장점에도

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

2) ASHRAE, ARHRAE Applications Handbook, 1999, pp.30.5~30.6

불구하고 후드의 중요성에 대한 인식부족과 경제적인 측면으로 인하여 성능이 뒤떨어진다고 평가되는 배기전용 후드를 사용하고 있으며, 일부 고급 요식업소에 서만 동시급배기형 후드를 사용하고 있는 실정이다. 그러나 생활수준의 향상 및 외식산업의 성장에 따른 주방 실내환경에 관한 관심이 증가됨에 따라 동시급배기형 후드의 수요가 점차적으로 늘어나고 있다.

한편, 동시급배기형 후드의 장점에도 불구하고, 일반적인 동시급배기형 후드는 배기필터가 후면으로 치우쳐 있어, 배기필터를 이탈하여 후드 전면으로 이동하는 오염물질과 열기를 배기하는데 문제가 있다는 연구결과가 보고되었다.³⁾ 또한, 후드의 성능은 우선적으로 배기풍량에 따라 결정되지만, 동일한 배기풍량에서도 배기면적 변화에 따라 배기풍속이 변화하여 성능차이가 발생할 수 있으며, 급기방식 및 급기풍속에 따라서도 성능이 변화할 수 있다. 이렇듯, 후드의 성능에 영향을 미치는 요소가 존재함에도 급기방식 및 배기면적에 대한 성능을 정량적으로 비교평가하기 위하여 수행된 연구는 미흡하며, 배기풍속과 급기풍속의 상관관계를 파악하여 후드의 성능개선 정도를 평가한 연구역시 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 국내 상업용 주방에 설치된 벽면부착형 후드에 있어서 급기방식과 급기풍속, 배기면적에 따른 배기풍속 및 배기구 위치를 성능개선 변수로 설정한 후 후드의 국소배기효율, 실내온열환경, 실내공기환경을 실험실 실험을 통하여 비교평가 하였으며 평가결과를 토대로 후드의 성능개선방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 내용 및 방법

상업용 주방후드의 성능평가에 관한 본 연구는 4단계로 이루어지며, 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

1) 상업용 주방후드 관련이론 고찰

주방후드의 형태 및 특성과 성능개선에 관한 연구들을 고찰하여 후드의 성능개선을 위한 변수인 급기방식, 급기풍속, 배기면적에 따른 배기풍속, 배기구 위치를 도출하였으며 이후 성능실험시 실험변수로 활용하였다.

3) 지승현 외, 동시급배기형 주방후드의 배기효율 개선방안에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술 발표 연구집 제22권 제2호, 2002. 10., pp. 681~684

또한, 후드의 필요배기량 산정에 필요한 사용용도 및 열원의 크기 등에 따른 관련이론을 정립한 후 배기풍량 측정방법에 관한 이론을 고찰하였다.

2) 상업용 주방후드의 성능평가에 관한 이론 정립

주방 후드의 성능평가를 위한 평가기법 중 본 연구에서 평가지표로 선정된 국소배기효율과 실내공기 및 온열환경을 대상으로 각 항목에 관련된 연구자료를 정리함으로써 이후 성능실험시 기초자료로 활용하였다.

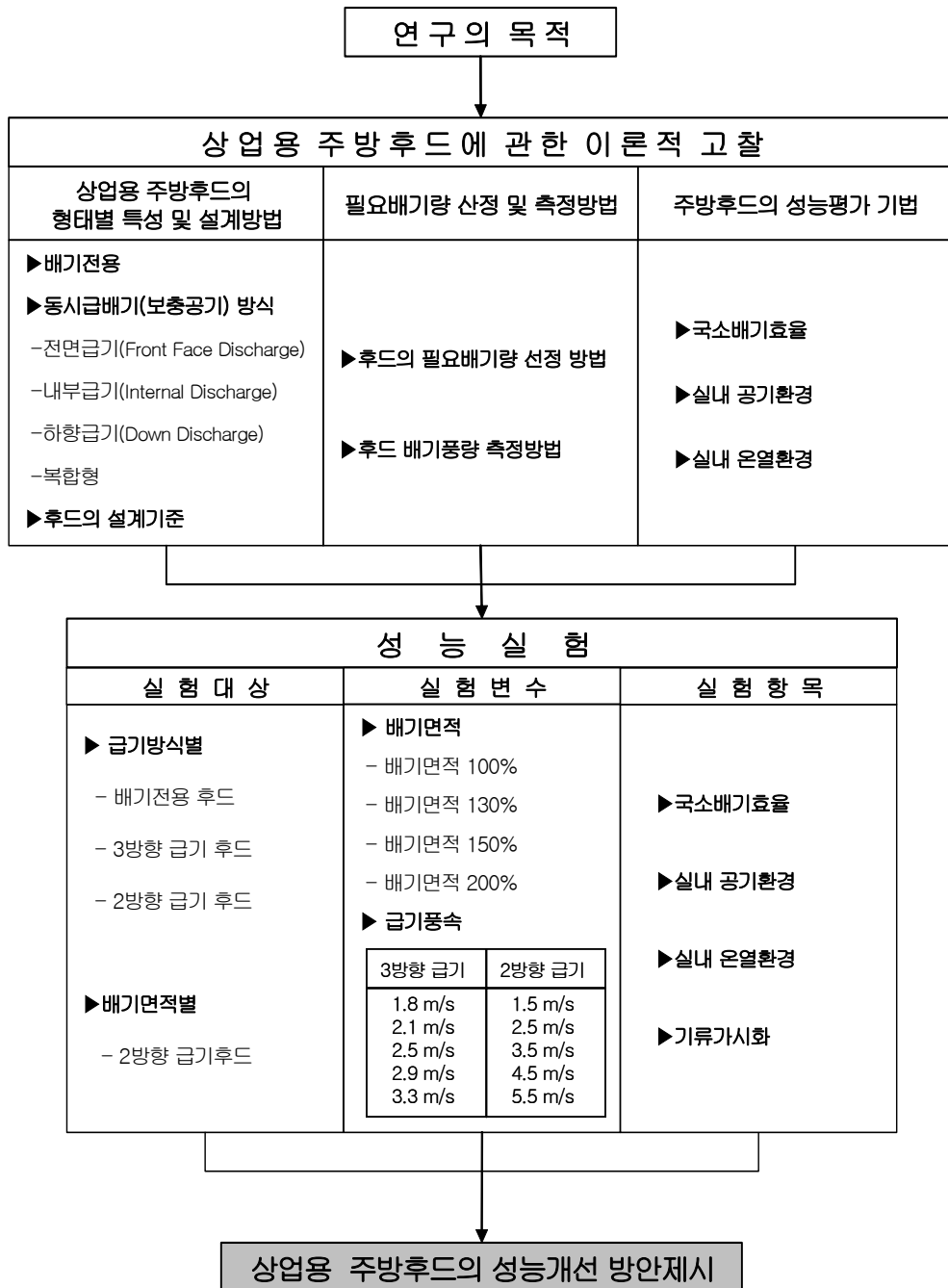
3) 상업용 주방후드 성능실험

성능개선변수에 따른 후드의 성능을 객관적으로 확인하고자 배기전용후드와 동시급배기 방식 후드 중 일반적으로 사용되는 2방향급기 및 3방향급기방식 후드에 대하여 실험실 실험을 수행하여, 급기유무 및 급기방식에 따른 성능개선 효과를 평가하였다. 이후, 2방향급기 방식에 대하여 배기면적을 변화시켜 각 배기면적당 급배기풍속을 변수로 실험실 실험을 수행하여 배기면적 및 급기풍속 변화에 따른 성능개선 정도를 정량적으로 비교평가 하였다.

4) 상업용 주방후드의 성능평가 및 개선방안의 제시

성능평가지표로 선정된 국소배기효율, 실내공기 및 온열환경의 실험결과를 토대로 성능평가를 실시하여 실험변수인 급기방식, 급기풍속, 배기면적에 따른 배기풍속, 배기구 위치변화에 의한 성능개선 효과를 파악하였으며, 후드의 급배기구로부터 발생하는 기류의 이동패턴을 살펴본 기류가시화 실험으로 앞선 실험결과를 검증하였다.

(그림 1.1)은 연구흐름도이다.



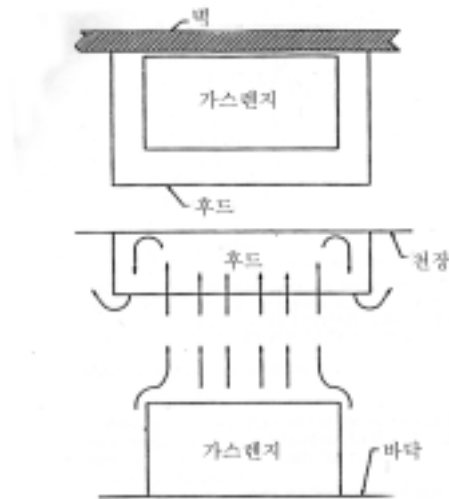
(그림 1.1) 연구의 흐름도

제 2 장 상업용 주방후드에 관한 이론적 고찰

2.1 상업용 주방후드의 형태별 특성

2.1.1 배기전용후드

배기전용 후드는 가장 간단한 형태의 후드로, 배기성능은 포집영역으로 배기가 이루어질 때 형성되는 기류패턴에 의해 결정된다. 또한, 배기필터와 슬롯은 조리면에서 상승하는 오염물질을 배기하기 위하여 조리면의 상부에 위치하여야만 한다. 이때, 위치와 방향이 적절히 이루어지면 후드는 모든 오염된 공기를 제거하게 되며, 최고의 효율을 수행할 수 있으나, 실내 개구부의 위치, 기류분포 등에 따라 적절한 위치 및 방향선정에 어려움이 따르며, 과다한 오염물질 발생시에는 (그림 2.1)과 같이 포집영역을 벗어나는 오염물질이 발생할 위험이 있다.



(그림 2.1) 배기전용 후드의 기류분포

그리스 필터가 사용된다면 필터의 면적은 필터 제조업체가 제공하는 변수의 범위 내에서 필터의 면풍속을 유지할 수 있도록 결정되어야 한다. 필터표면의 면풍속이 너무 높거나 낮으면 필터는 그리스를 추출하지 못하게 된다. 또한, 일부 후드에서는 고속배플이나 슬롯을 이용하여 그리스를 추출하고 있다.

배기전용 후드의 장점으로는 가격이 저렴하고 상대적으로 설치 및 유지가 편

리하며, 급기를 위한 팬이나 급기덕트가 필요 없다는 점을 들 수 있다.

하지만, 배기전용 후드는 조리영역에서 고온의 복사열에 의한 불쾌감을 해소할 수 없으며, 전체적으로 불균형한 실내온도분포들을 보이고 있으므로 실내온열환경 측면에서 재실자에게 불쾌감을 주게된다. 그리고 조리시 발생하는 오염물질이나 유해가스가 조리영역에 편중된 분포를 보인다. 이를 해결하기 위해서는 조리사의 작업영역에 신선한 급기를 공급해야 하는데 배기전용 후드는 동시급배기형 후드와 달리 후드자체에서 급기가 이루어지지 않으므로 작업영역에 신선공기를 공급하기가 어렵다.

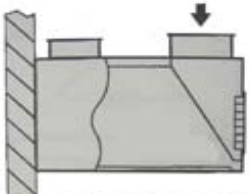
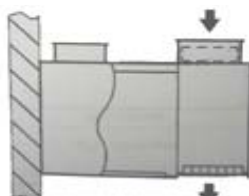
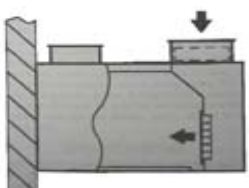
또한, 효율적인 배기성능과 함께 실내온열환경의 개선과 재실자의 쾌적성 향상 및 실내공기 질을 높이는 데에는 배기전용 후드만으로는 한계가 있으며, 이런 문제점을 해결하기 위해서 동시급배기형 후드가 개발되었으며, 특징은 다음과 같다.

2.1.2 동시급배기(보충공기, Make-Up Air) 방식

일반적으로 배기전용 후드가 사용되는 주방에서는 후드배기에 의해 실외로 배출되는 공기의 보충은 공조된 실내공기에 의해 이루어지며, 이는 공조부하증가의 원인이 된다. 또한, 조리에 의해 조리영역에서 극심한 온열환경의 불균형과 오염물질의 집중현상이 일어난다. 따라서, 주방으로부터의 공조공기 손실을 줄이고 배기전용후드가 가지는 문제점을 해결하기 위해서 동시급배기형 후드가 개발되었다.

동시급배기형 후드는 급기형태에 정면급기, 하향급기, 내부급기의 3가지 기본형태로 나뉘어 지며, 기본형태에 따른 일반적인 특징은 <표 2.1>과 같다.

<표 2.1> 동시급배기형 후드의 종류 및 특징

	정면급기	• 적용범위가 넓고 다른 방식에 비해 장점이 많다. • 배기량의 70~80% 급기 • 15℃~18℃ 공기 공급 • 배기에 방해가 되지 않도록 낮은 유속으로 공급
	하향급기	• 조리사 작업영역에 국부냉각효과가 있다. • 조리기구에 따라서 배기량의 70%까지 충전 • 와류가 발생되지 않도록 주위 • 10℃~18℃ 공기 공급
	내부급기	• short-circuit, compensating method 라고도 함 • 급기량은 조리기구의 종류와 배기량에 따라서 달라지며, 적용에 제한이 따른다.

동시급배기형 후드는 이 3가지 형태의 급기방식을 기본으로 보충공기의 양을 증가시키고, 효율적인 배기성과 주방의 쾌적성 향상을 위해서 조합되어 왔다. 동시급배기형 후드를 분석할 때 가장 중요하게 고려해야 할 사항은 보충공기의 취출이 자연상승효과를 촉진시켜 오염물질을 후드의 포집영역으로 유인할 수 있어야 한다는 점이다.

적절히 설계된 동시급배기형 후드는 순수 배기량을 줄일 수 있지만 부적절한 급기방식 도입은 보충공기의 기류가 자연 배기기류의 흐름을 방해하고, 오히려 오염물질을 후드의 포집영역밖으로 밀어내게 된다. 이런 현상은 배기량의 증가를 필요로 하게 되며, 보충공기는 주방으로부터 손실되는 공기의 양을 줄인다는 점에서 아무런 이익을 주지 못한다.

동시급배기형 후드의 배기효율은 급기 취출구의 슬롯방향과 급기속도에 따라서 변화한다. 위에서 언급한 바와 같이 보충공기가 조리면으로부터의 상승기류에 저항하거나 난류를 형성하면 동시급배기형 후드는 효율적인 기능을 수행하지 못하게 된다. 보충공기는 난류발생 없이 오염물질을 포집영역 내부에 가두어두거나

배기필터 쪽으로 유도하여야 한다. 이를 위해서 후드특성에 맞는 적절한 보충공기 슬롯의 방향과 속도를 선정해야 한다.

1) 정면급기(Front Face Discharge) 방식

정면급기 방식은 후드제조업체에 의해 실용화 되고 있으나, 조리기구에서 배출되는 고온의 공기를 효과적으로 차단하지 못하고 있으며, 같은 풍량이라도 보급공기의 위치선정에 따라 제어의 수준에 현저한 차이를 보이므로 보급공기 급기구의 위치선정에 세심한 주의가 필요하다¹⁾는 연구결과가 보고되었다.

반면, ASHRAE의 연구자료에서는 정면급기방식의 특징을 다음과 같이 설명하고 있다.

후드의 정면을 통해 급기되는 정면급기 방식은 적용범위가 넓고 다른 방식에 비해서 많은 장점을 가지고 있는 방식이다. 적절히 설계된 정면급기형 동시급배기 후드는 보충공기의 급기뿐 아니라 작업영역의 온열환경을 개선하며 오염물질의 유인효과를 가진다. 정면급기의 보충공기량은 후드배기량의 70~80%가 되는데, 이는 주방과 다른 실과의 공기균형에 따라 결정된다. 급기온도는 15~18℃범위가 적당하며, 급기량이나, 급기비율, 내부 열부하에 따라서 10℃까지도 내려갈 수 있다. 급기온도가 너무 높거나 낮으면 배기기류나 실내기류패턴에 영향을 주어서 후드의 성능을 저하시킬 수 있다.²⁾

급기방향은 후드의 정면에서 후드와 반대방향으로 취출되어야 하며, 급기취출구가 후드정면의 하부에 면할수록 후드 밖으로 배출되는 오염물질을 실내로 유인하지 않게 하기위해서 취출속도를 낮게 유지해야 한다. 공조가 되는 주방의 경우, 가장 좋은 설계는 배기되는 후드 정면지역으로 취출되어 보충공기가 실내로 퍼지지 않고 후드내부로 자연스럽게 유인되는 것이다. 정면급기속도가 너무 높으면 오히려 오염물질을 포함한 배기기류를 실내로 확산시킬 수 있다. 이런 점 때문에 일부 후드제조업체는 보충공기의 취출속도를 낮추어 공급하기 위하여 후드 정면에 천공판을 사용한다.

이처럼, 정면급기형의 동시급배기후드가 제 역할을 하기 위해서는 적절한 급기

1) 김민정 외, 급기구 위치에 따른 동시 급배기 주방환기시스템의 성능평가, 공기조화 냉동공학회 하계학술발표 연구집, 2000, pp. 626~631,

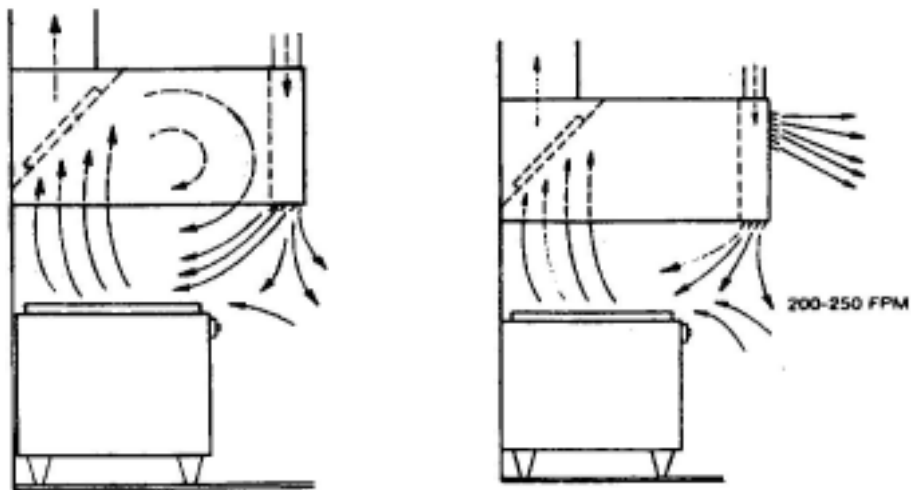
2) ASHRAE, ASHRAE HANDBOOK 1999 HVAC applications, p. 30.5

온도와 속도를 유지해야하며, 급기량에 따라 후드성능이 영향을 받을 수 있다는 점을 이해하고 있어야 한다.

2) 에어커튼(Air Curtain), 하향급기(Down Discharge) 방식

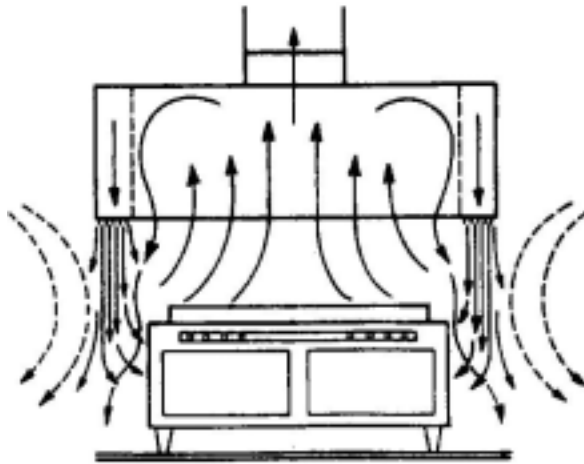
열기차단의 효과, 즉 조리영역에서 발생하는 극심한 복사열에 의해 조리사가 불쾌감을 느낄 경우 국부냉각을 위하여 공기를 이용한 사이드커튼, 에어커튼이라는 개념이 고안되었다. 적절히 설계된 에어커튼은 조리시 발생하는 열기의 실내 유출을 완화할 수 있으나, 에어커튼의 풍속이나 풍향이 적절하지 않으면 후드 하부의 주변의 오염된 공기가 주방 전체를 순환하게 되는 좋지 않은 결과를 유발할 수 있다. 또한 고속의 에어커튼은 그 아래에서 일하는 사람들에게 불쾌감을 유발할 수도 있다.

하향급기방식에서 보충공기는 외부기후조건에 따라서 가열 또는 냉각되어야하며, 급기온도의 경우 10~18℃사이가 적당하다. 급기속도는 조리면에서 난류가 발생되지 않고, 조리사에게 불쾌감을 주지 않도록 하며, 음식물이 식지 않을 정도로 적절하게 선정되어야 한다. 급기량은 배기량의 70%까지 될 수 있으며, 후드에 설치되는 조리기구에 따라서 달라진다.³⁾



(그림 2.2) 에어커튼 개념도

3) Ibid.,



(그림 2.3) 부적절하게 설계된 에어커튼

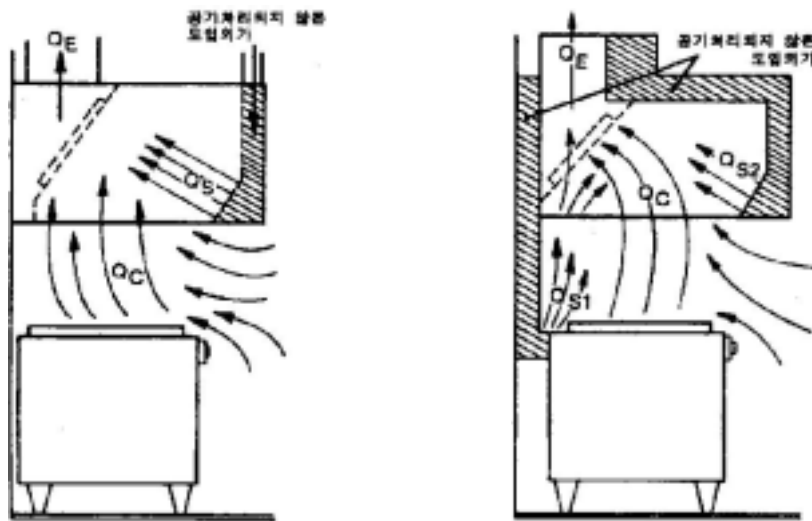
에어커튼 형태의 동시급배기 후드는 후드의 주위를 따라 하강기류를 공급한다. (그림 2.2)와 같이 적절히 균형이 잡힌 경우 보충공기는 오염물질을 후드로 밀어 올려 배출을 가능하게 한다. 그러나, (그림 2.3)과 같이 급기공기의 속도가 지나치게 높을 경우 상승하는 오염물질을 아래로 불어내어 주방으로부터 오염물질을 제거하게 위해서는 배기량이 증가되어야만 한다. 에어커튼의 적정속도는 조리기구에서 발생하는 상승열량에 따라 변화하지만 일반적으로 100-200fpm (0.5-1.0m/s)이다.⁴⁾ 만약 에어커튼의 속도가 지나치게 높아 조리기구 상부에 부딪히면 조리표면에 열불균형이 발생하여 불꽃이 꺼지거나 음식물의 온도가 불균일해질 수 있다. 그러므로, 보충공기의 그릴이나 슬롯의 크기는 적정량의 보충공기를 공급할 때 적절한 속도로 취출될 수 있도록 결정되어야 한다.

3) Short-Circuit(Compensating), 내부급기(Internal Discharge) 방식

또 다른 형태의 후드로는 내부급기(Internal Discharge)를 들 수 있다. 내부급기 방식은 흔히 숏서킷(short-circuit)방식으로 알려져 있다. 이 방식은 후드내부에서 보충공기가 충전되는 형태이며, 급기량은 조리기구의 종류와 배기량에 따라서 달라지며, 이런 요소에 따른 변동요인 때문에 실제적용에 제한이 따른다.

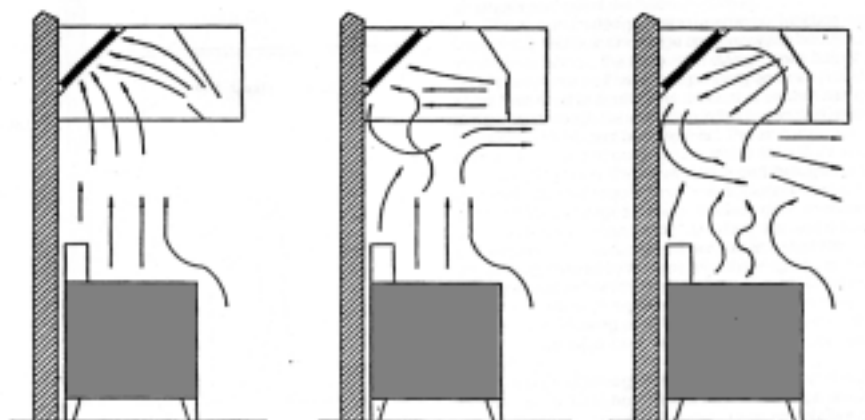
4) R. L. Fritz, A realistic Evaluation of Kitchen Ventilation Hood Designs, AHSRAE Transactions, Vol.95, 1989, pp. 769-779

숏서킷(short-circuit)형태의 후드는 NFPA96등 법규에서의 과도한 배기량을 제어하기 위하여 개발되었다. 즉, 후드의 포집영역으로의 보충공기에 의해 실내에서 주방으로 유입되는 보충공기의 양이 줄어들 수 있다. 따라서, 실내에서 유입되는 보충공기의 증가없이 법규에서 요구하는 배기량을 만족시킬 수 있게 되었다. 그러므로, 이 후드를 적절하게 설계하고 설치하면 건물에서 빠져나가는 공기의 양을 줄일 수 있다.



(그림 2.4) Short-circuit (Compensating) 후드 개념도

숏서킷(short-circuit) 후드의 보충공기는 기후상태나, 조리기구의 종류에 따라서 대부분 공조되지 않는 상태의 외기를 직접 도입할 수 있다. 따라서, 보충공기의 온도를 조절하는 별도의 비용손실이 발생하지 않게 된다.



적절한 급기속도와 방향

급기기류속도가 빠른 경우

급기방향이 잘못된 경우

(그림 2.5) 급기기류속도와 방향에 따른 숯서킷의 기류형태

숯서킷(short-circuit) 형태의 보충공기는 성능을 최적화하고 상승하는 오염물질이 배기필터로 직접 도달하기 위하여 포집영역으로 취출되어야만 한다. 이때 보충공기의 급기속도는 일반적으로 배기필터면의 속도를 초과해서는 안되며, 보충공기가 필터에서 되돌아나와 오염물질을 밀어내는 정도가 되어서도 안된다. 즉, 필요한 양만큼의 보충공기가 포집영역으로 적절한 속도로 유입되어야 한다. 적절히 설계된 숯서킷 후드의 경우 보충공기에 의해 형성되는 공기기류는 오염물질을 배기필터로 유인하게 되지만, 보충공기가 후드의 폭을 가로질러 수평으로 취출되면 오염물질과 필터면과의 막이 형성되어 오염물질을 실내로 밀어내게 된다. 즉 풍속이 높거나 풍향이 부적절하게 설계된 숯서킷 형태의 후드는 필터 앞에서 난류와 롤오프(roll-off)⁵⁾가 발생하여 배기효율이 급감한다. 또한, 롤오프(roll-off)에 의해 후드 내의 오염된 공기가 외부로 넘치게 될 수도 있으며, 후드의 배기량이 숯서킷(short-circuit)의 보충공기와 조리시 발생하는 열기류의 양보다 적을 경우에, 오염물질을 포함한 열기류가 후드 밖으로 유출될 수 있다. 따라서 후드의 배기량 선정 시에 이러한 점에 유의해야한다

숯서킷(short-circuit) 후드의 포집성능은 보충공기의 밀도에 의해 달라질 수

5) 오염공기가 후드 내부를 향해 보급되는 보충기류에 의해 필터를 통하여 배기되지 못하고 후드의 포집영역 내부를 빙빙 돌기만 하는 회오리

있는데, 보충공기의 밀도는 기후조건에 따라 영향을 받게 된다. short-circuit 후드는 보충공기가 차갑고 무거울 때 가장 성능이 떨어진다. 차가운 보충공기는 상승하는 오염물질에 반대방향으로 하강하려고 한다. 따라서 숏서킷(short-circuit) 후드는 후드의 성능이 떨어지는 추운 기간동안은 급배기 균형을 조절해야 한다.

숏서킷(short-circuit) 후드는 부압을 형성하므로 순수 배기량은 공조공기 또는 다른 형태의 보충 공기시스템을 필요하게 된다. 일반적으로 숏서킷(short-circuit) 후드에서 보충되는 급기량과 배기량과의 차이만큼의 공기량이 기존의 주방공조시스템에 의해서 충전되어야 한다. 만약 적절한 공기균형상태를 유지하지 못할 경우 너무 큰 부압이 걸려서 후드의 성능을 저하시킬 수 있다.

4) 복합형

이상 다양한 종류의 후드에 있어서 각각의 후드는 그 형태에 따라 장점과 단점을 가지게 된다. 이에 따라 최근 각 급기방식을 혼합한 복합형 형태의 후드가 개발되었으며, 에어커튼과 숏서킷을 조합한 2방향 급기방식 후드와 정면급기, 에어커튼, 숏서킷을 조합한 3방향 급기방식 후드가 개발되어 사용되고 있다.

숏서킷 후드에 있어서 균형잡힌 적절한 에어커튼은 후드의 성능에 도움을 주며 포집영역으로부터 오염된 공기가 조리사에게 유입될 수 있는 기류를 막아줌에 따라 조리사에게 미치는 발열을 줄여 주는 역할을 한다⁶⁾. 이러한 경우의 공기량은 매우 낮으며 보충공기는 적절한 온도를 유지해야 한다.

에어커튼은 정면급기형태와 조합될 때 더욱 좋은 성능을 발휘하며, 이러한 복합된 형태의 후드는 정면과 에어커튼 양쪽에 공기를 공급할 수 있어야 한다. 에어커튼 설계의 주된 이점은 공기를 직접 조리사에게 공급함으로써 발열로부터 보호를 해 줄 수 있다는 점이지만, 이러한 이점은 급기공기가 적절한 온도(10°C~18°C)를 유지할 때 가능한 것이다.

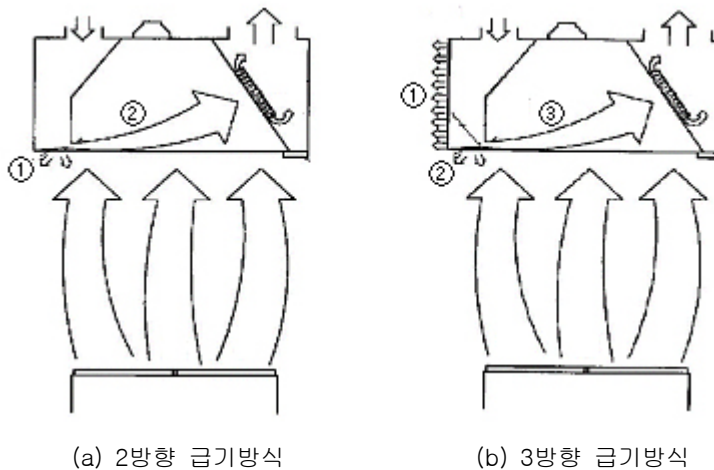
ASHRAE의 한 연구결과⁷⁾에 의하면, 조리사의 위치에 쾌적한 환경을 제공하기 위해서 조리사의 얼굴부위에 0°F(-18°C) 이하의 공기온도를, 조리사의 허리부분에 32°F(0°C)의 공기온도를, 그리고 조리사의 다리부위에는 70°F(21°C) 이하의

6) Ibid.

7) D. K. Black, Commercial Kitchen Ventilation - Efficient Exhaust and Heat Recovery, ASHRAE Transactions, Vol.95, 1989, pp. 780~786.

공기를 필요로 하고 있다. 또한, 주방과 인접공간과의 기류이동은 항상 주방쪽으로 유입되는 것이며, 주방으로부터 유출되는 것이 아니다. 이것을 수행하기 위하여 급기와 배기와의 균형있는 설계가 필요하며 이것은 약간의 주방의 부(-)압으로 결정될 수 있다. 두 공간의 차이는 5~25% 정도까지이며, 개인적인 작업조건에 따라 달라진다. 그러나, NFPA(National Fire Protection Association)에서는 두 공간의 부(-)압의 정도가 0.02in(4.98Pa)을 넘어서서는 안 된다고 규정하고 있다⁸⁾.

이와 같은 점을 고려할 때, 에어커튼 설계의 주된 잇점인 공기를 직접 조리사에게 공급함으로써 발열로부터 보호를 해 줄 수 있다는 점과 솟서킷 형태의 실내 압력변동을 줄일 수 있다는 점, 정면급기의 실내온열환경 향상효과를 동시에 활용한다면 조리사를 열기와 오염물질로부터 보호하면서 후드의 배기성능을 보다 우수하게 할 수 있을 것으로 판단된다.



(그림 2.6) 복합형 주방후드 개념도

2.2 상업용 주방후드의 설계기준

2.2.1 후드의 크기 및 배기필터 각도

8) Ibid.

후드의 일반적인 크기는 조리기구를 덮는 정도를 권장한다. 미국의 대부분 법규에서는 후드의 크기를 조리기구보다 0.152m(6in)씩 돌출된 크기를 요구하고 있으며⁹⁾, ASHRAE의 권장최저기준은 측면 0.15m, 전면 0.3m이며, 일반적으로 0.3m 이상을 준수하고 있다.¹⁰⁾ 또한, 고열이 발생하는 기구가 사용될 때에는 더 큰 면적을 필요로 하기도 한다. UL(Underwriters Laboratory)에서는 실험시 사용되는 조리기구의 크기를 0.914m×0.610m (3ft×2ft)로 규정하고 있으므로, 실험시 사용되는 후드의 크기는 최저돌출기준 적용시 4ft×3ft (1.2m×0.9m), 권장기준 적용시 1.5m×0.9m (5ft×3ft)이다.

후드는 조리기구로부터 상승하는 발열, 그리스, 연기를 고려한 후 포집영역 내에 오염물질을 담아 배출할 수 있도록 설계한다. 조리과정에서 많은 양의 열이 발생하므로 오염물질이 후드단부에서의 포집영역을 벗어날 수 있다. 따라서, 이를 방지하고자 후드에 급기기류를 설치한 동시급배기형 후드를 사용하기도 한다.

후드의 설치 위치는 일반적으로 1.98m(78in) 높이며, 조리기구는 후드아래 0.914~1.219m (3~4ft)에 위치한다. 또한, 발열에 의한 상승기류에 의해 오염물질은 후드의 포집영역으로 상승하게 되며, 배기기류에 의한 보충공기는 후드와 조리기구 사이의 공간으로 유입되어 오염물질과 함께 포집영역으로 상승하게 된다.

음식물과 열원에서 발생하는 배출물은 대부분 열기둥(plume)의 형태로 방출되기 때문에, 조리과정에서 발생하는 열기와 수증기, 그리스, 유해가스 등의 오염물질을 포집하기 위해서는 열기둥(plume)을 제어할 수 있어야 한다. 또한, 열기둥의 기류가 코안다 효과에 의해서 벽면을 타고 자연스럽게 배기필터까지 타고 올라가게 되므로, 배기필터는 후드의 후면인 벽면에 인접하게 설치된다.¹¹⁾ 후드의 배기필터는 조리시 발생하는 각종 오염물질과 그리스를 추출하기 위하여 설치되며, 크게 배플필터(Baffle Filter), 이동식 추출기(Removable extractor), 고정식 추출기(stationary extractor)의 세가지 종류로 나뉘어 지고 있다. 이중 그리스의 관성과 중력을 이용하여 배기기류에서 그리스를 추출하는 배플필터가 가장 널리

9) R. L. Fritz, op. cit.,

10) ASHRAE, op. cit., p 30.3

11) Ibid., p 30.2

사용되어 지고 있으며, 필터내부에 추출된 그리스가 흘러내리도록 하기위해 필터의 각도는 45°이상을 유지하도록 권장하고 있다.¹²⁾

2.2.2 후드의 필요배기량 산정

주방환기시스템에 있어서 가장 중요한 요소는 배기후드이다. 후드의 근본적인 기능은 조리과정에서 발생하는 연기, 그리스 함유 수증기 및 다른 오염물질을 배기하는 것이다. 배기를 수행하기 위해서는 필요배기량이 결정되어야 하며, 필요배기량은 공조된 상태의 보충공기에 의해 치환되므로 가능한 최소한으로 줄이는 것이 중요하다.

상업용 주방의 환기에 사용되는 공기량은 대개 지나치게 많은데, 이는 주방후드의 배기량을 산정할 때 최대부하가 걸리는 것을 가정해서 후드가 설계되기 때문이다. 배기량을 결정하는 가장 널리 알려진 기법은 NFPA96이다. 이 방법은 후드 하부의 담당영역 내에서 일정풍속(100-150fpm/0.508-0.762m/s)를 유지할 수 있는 값을 근거로 계산한다. 하지만 이 방법에 의해 계산된 배기량은 거의 모든 경우에서 실제 필요한 양보다 다소 높은 것으로 입증되었다.¹³⁾ 이런 과정으로 계산된 배기량은 포집성능은 검증받을 수 있는 반면 대량의 공기를 주방으로부터 배기함에 따라 많은 양의 실내 공조공기가 건물에서부터 손실된다.

후드의 배기량을 결정하는 다른 방법은 후드의 UL(Underwriters Laboratory) 분류에 의한 방법이다. UL테스트는 실제 조리조건을 토대로 설계된 곳에서 표준화된 그리스와 수증기실험을 수행하는 것이다. 실험은 3ft×2ft(0.914m×0.610m) 크기의 전기그릴(15.5kW)에 1/3lb(0.151kg)의 70% 쇠고기로 만든 버거를 얹어 5분동안 조리하며, 뒤집어서 5분동안 조리하며, 이때 발생하는 그리스나 수증기가 후드 외부로 배출되면 보다 높은 배기풍량에서 재실험을 실시하여 필요배기량을 산정한다. 실험은 4ft(1.22m)의 후드를 대상으로 실시하게 된다. 이 실험방법은 간단하지만 실험시 실제 주방에서 사용되는 조리예 비해 낮은 열과 수증기를 방출하는 조리를 대상으로 배기량을 산정하므로, 산정된 배기량은 실제 배기량보다 적어질 수 있다. 따라서 UL의 분류에서는 실험에 의한 배기량의 수준이

12) 설비기술연구회 편, 공기조화기술데이터북, 도서출판 한미, 2000, p.

13) R. L. Fritz, op. cit.,

최소치임을 언급하고 있다.¹⁴⁾

필요배기량은 배기후드가 아닌 조리기구를 기준으로 하여 기본적인 배기량이 결정된다. 즉, 조리기구에 따라서 배기량이 달라진다는 것이다. 따라서 후드의 설계와 크기 역시 조리기구에 의해 결정된다.

따라서, 국내의 공기조화 위생 데이터북과 일본의 건기법에서는 필요배기량으로 조리기구에서 발생하는 이론폐가스의 40배에 해당하는 풍량을 배기하도록 권장하고 있다.¹⁵⁾

후드의 배기량은 적어도 후드에 도달하는 열기류의 양과 같아야 하며, 혹은 후드가 주방으로의 가열된 공기나 연기의 일부를 배기시킬 수 있어야 한다. 하지만 실제로는 교차되는 기류, 난류 및 열기류 등에 대응하기 위해 안전율을 더해 주어야 한다. 안전율은 계산, 경험, 판단의 조합으로 얻어지며, 적용, 후드형태, 제조업체 등에 의해 변화한다.

후드에서 과도한 배기량 산정은 초과되는 배기량만큼 내부에 보충공기를 도입하는 결과를 낳게되며, 이는 늘어나는 보충공기량 만큼의 추가비용을 필요로 한다. 조리기구의 요구 배기량을 충족할 수 있는 후드디자인을 위해서는 보다 적절한 기술 원리에 입각한 직접적인 접근을 통한 디자인이 필요하며, 이런 방법은 결과적으로 효율적이며, 에너지 절약적인 시스템을 만들 것이다.

2.3 상업용 주방후드의 성능평가 기법

KS에서 제시하고 있는 후드의 실험방법은 환풍기의 시험방법 및 기준인 KS C 9304에 따른다. 하지만 이 실험방법은 조리기구후드의 구성과 사용공간의 특성을 무시한 실험으로 정확한 후드의 성능을 파악하기에는 무리가 따른다. 따라서, 본 연구에서는 국소배기효율, 실내온열환경, 실내공기환경, 기류가시화의 4가지 실험을 이용하여 후드의 성능을 평가하고자 하였으며, 각각의 실험내용은 다음과 같다.

2.3.1 배기풍량 측정방법

14) Ibid

15) 설비기술연구회 편, op. cit.

일반적으로 상업용 후드에는 조리시 발생하는 그리스를 포집하여 배출시키기 위한 목적으로 그리스필터를 적용하고 있다. 이와 같은 그리스필터는 그 형상으로 인해 부위별 배기풍속이 달라지는 특징이 있음과 동시에 후드의 배기를 위한 배기팬에 큰 저항으로 작용하게 되므로 그리스 필터가 채택된 상업용 후드에서는 실제 주방으로부터 배출되는 풍량을 정확히 측정하는 것이 가장 우선적으로 요구된다.

그리스필터가 채택된 상업용 주방 후드의 배기량 현장측정 방법에 관한 연구¹⁶⁾가 Eliot B. Gordon 등에 의해 이루어졌으며, 연구보고를 통하여 그리스 필터가 장착된 벽면부착형 후드의 배기량을 간단하고 정확하게 측정할 수 있는 방법을 제시하였다. Eliot B. Gordon 등은 주방후드의 표준측정배기량 기준으로 사용되는 AMCA(Air Movement and Control Association)-210 기준배기량 값에 비하여 $\pm 7\%$ 의 오차범위를 가지는 k-factor 회귀방정식을 개발하였으며, 이러한 회귀식으로부터 그리스필터가 장착된 상업용 후드의 배기량을 4인치 회전 풍속계를 이용하여 현장에서 간단하게 측정할 수 있다고 보고하였다.

필터표면의 평균풍속 측정방법에 따라 이산점 측정방법(Discrete Method)과 연속점 측정방법(Continuous Method)으로 나뉘어지며, 회귀식은 필터 슬롯의 간격과 폭, 전체 면적, 측정풍속, 후드필터로부터 측정점까지의 이격거리 5개 항을 독립변수로 가지고 있다. 연구결과로부터 얻어진 k-factor 회귀식의 함수형태는 식(2.1)과 같으며, 최종적으로 도출된 5개 변수를 이용한 9개항의 회귀모델은 식(2.2)와 같다.

$$K_{std} = F(SMVEL, D, FSS, FSW, FBA) \quad \text{식(2.1)}$$

여기서,	K_{std}	= 표준공기에서의 수정계수
	$SMVEL$	= 표준공기에서의 평균측정풍속(fpm/100)
	D	= 필터표면으로부터의 수직이격 측정거리(in)
	FSS	= 필터 슬롯의 간격(in)
	FSW	= 필터 슬롯의 폭(in)
	FBA	= 필터의 면적(ft ²)

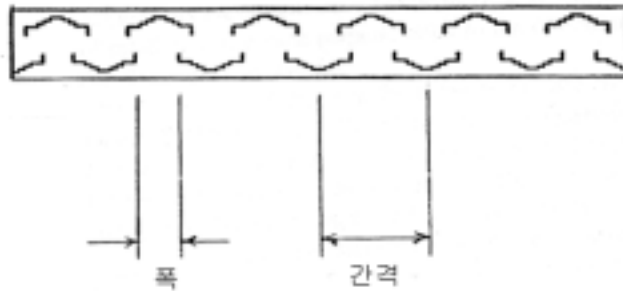
16) Eliot B. Gordon, Fuoad A. Parvin, A Field Test Method for Determining Exhaust Rates in Grease Hoods for Commercial Kitchens, ASHRAE Transactions, Vol. 100, No. 2, 1994, pp. 412~419.

$$K_{std} = a_1 SMVEL^2 + a_2 SMVEL \cdot D + a_3 D^2 + a_4 SMVEL + a_5 D + a_6 FSS + a_7 FSW + a_8 FBA + a_9$$

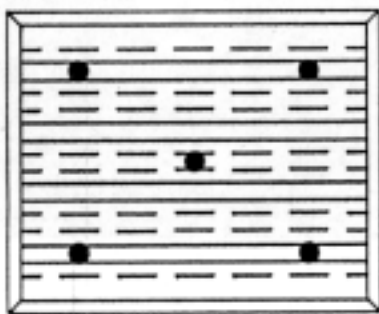
식(2.2)

$a_1 \sim a_9$ = 회귀계수

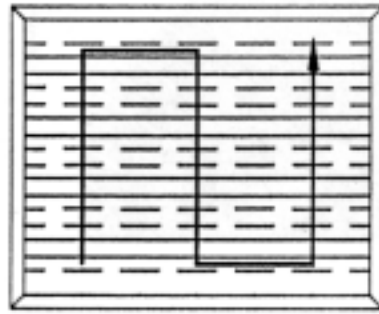
여기서, 필터 슬롯의 간격과 폭은 (그림 2.7)을 기준으로 측정한다. 또한, 식 (2.2)에 적용되는 회귀계수($a_1 \sim a_9$)는 이산점 측정과 연속점 측정의 경우로 나누어지는데 이산점 측정과 연속점 측정의 측정부위는 (그림 2.8)과 같고, 4인치 회전풍속계를 이용하여 풍속을 측정하는 모습은 (그림 2.9)와 같다. 이산점 측정과 연속점 측정에 따른 회귀계수는 <표 2.2>와 같으며, 이후 식(2.3)을 통하여 후드 배기구 필터부위에서의 풍속측정결과에 따라 후드의 배기풍량이 계산된다.



(그림 2.7) 필터 슬롯의 간격과 폭



(a) 이산점 측정부위



(b) 연속점 측정부위

(그림 2.8) 이산점 측정과 연속점 측정에서의 측정부위



(그림 2.9) 4인치 회전풍속계를 이용한 필터표면의 풍속측정모습

<표 2.2> k-factor 회귀식의 회귀계수(4인치 회전풍속계 측정시)

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉
이산	-0.00227387	-0.03849168	-0.00607083	0.12226597	0.27586471	0.07767751	-0.37998932	-0.04270867	0.83738386
연속	-0.00268831	-0.03918449	-0.01158696	0.12545435	0.30267142	-0.01116386	-0.92214016	-0.00507270	1.25997228

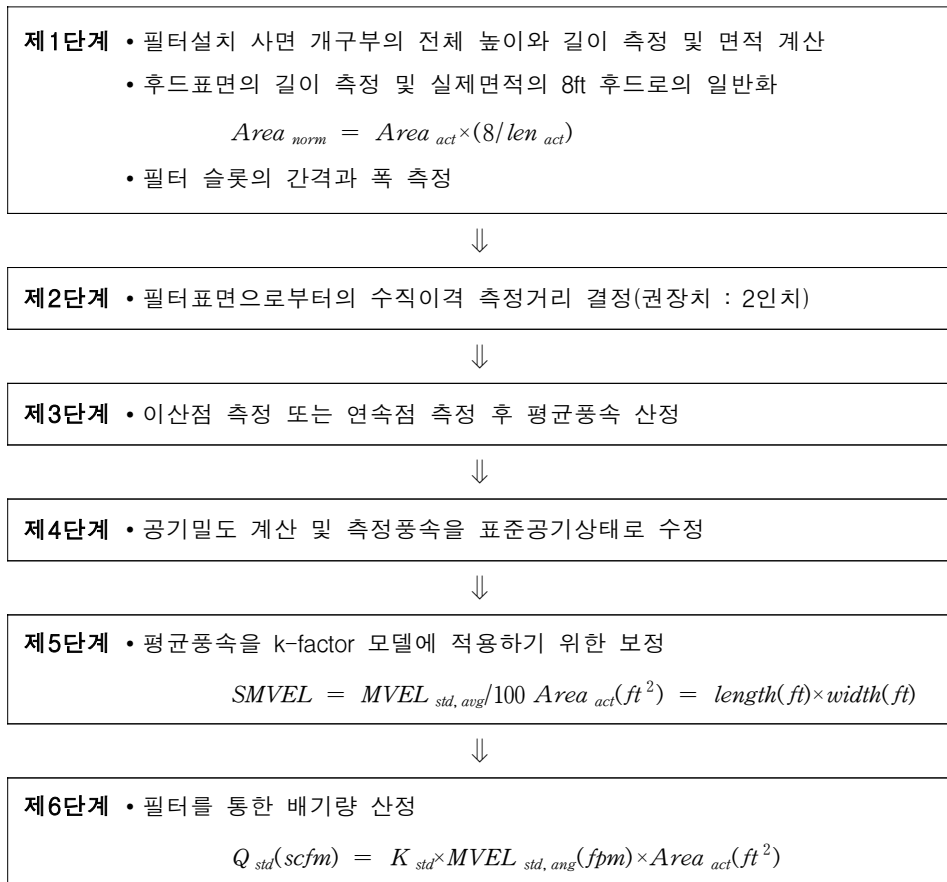
$$Q = MVEL \cdot FBA \cdot K_{std} \quad \text{식(2.3)}$$

$MVEL$ = 표준공기에서의 평균측정풍속(fpm)

FBA = 필터의 면적(ft^2)

K_{std} = 식(2.2)에서 얻어진 표준공기의 수정계수

이상 그리스필터의 필터표면 풍속측정을 통한 배기풍량 산정순서를 요약하면 (그림 2.10)과 같다.



(그림 2.10) 그리스필터표면의 풍속측정을 통한 배기풍량 산정순서

2.3.2 국소배기효율

환기효율은 1937년 Yaglou와 Witheridge¹⁷⁾가 처음으로 환기효율이란 용어를 사용하였고 인체에서 발생하는 이산화탄소 농도와 배기구에서의 농도비를 이용하여 환기효율을 정의하였다. 이후 1981년 Sandberg¹⁸⁾가 공기연령의 개념을 이용한 환기효율을 제시하고, 실내에 공급된 신선외기가 실내공간으로 공급될 때까지 소요되는 시간이 짧을수록 환기효율이 높다고 정의하였으며, 현재 ASHRAE와 AIVC(Air Infiltration and Ventilation Center)에서 사용하고 있는 대부분의 환기효율의 개념은 이를 근거로 하고 있다.

환기효율을 정의하는 방법을 알아보면 다음과 같다. 첫째 농도비에 의한 정의로서 배기구에서의 오염농도에 대한 실내 오염농도의 비율로서 환기효율을 정의하고 실내의 기류상태뿐만 아니라 오염원의 위치에 따라서 값이 변화한다. 따라서 농도비에 의한 정의는 환기효율의 정의보다는 실내오염 정도를 표시하는 데 적합하다. 둘째로 농도감소율에 따른 정의가 있는데 완전혼합시의 농도감소율에 대한 실내 오염농도 감소율의 비로써 환기효율을 정의하고 있다. 농도감소 초기에는 감소율이 시간에 따라서 변화하고, 일정시간 경과 후에는 농도감소율이 위치에 관계없이 일정해진다. 그러므로 비정상상태에서의 농도측정이 필요하고 환기효율보다는 환기회수를 표시하는데 적합하다. 마지막으로 공기연령에 의한 정의가 있는데 명목시간상수에 대한 공기연령의 비율로서 환기효율을 정의하는 방법이 있다. 이 방법은 오염원의 위치에 무관하게 실내의 기류상태에 의하여 결정된다. 문제점으로는 비정상상태의 농도측정이 필요하며 정의 및 계산절차가 매우 복잡하다.

이와 같이 환기효율을 정의하는 데에는 여러 가지 방법이 있지만 현재에는 공기연령에 기초를 둔 정의가 많이 사용되고 있으며, 또한 환기효율을 표시할 때는 오염원의 위치에 관계없이 실내 기류분포에 의한 환기상태를 정량화하는 것이 바람직하다. 그러나 연령의 개념을 이용한 환기효율의 정의는 단지 실내로 급기되는 신선외기의 실내 분배능력을 나타낼 뿐 실내에서 발생하는 오염물질을 제거하는 능력을 표현하기에는 적합하지 못하다. 따라서 환기효율은 크게 실내로

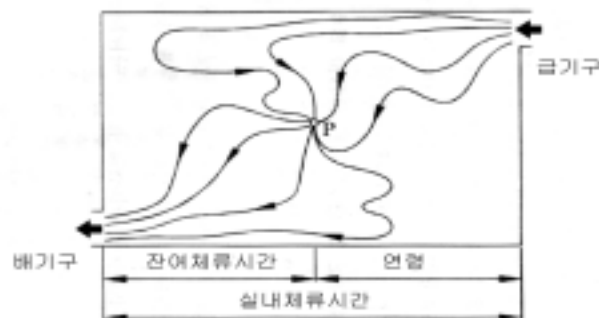
17) Yaglou, C. P. and Witheridge, W. N., Ventilation Requirements, ASHERAE Trans., Vol.42, 1937, pp.423~436.

18) Sandberg, M., What is Ventilation Efficiency, Building and Environment, Vol.16, No.2, 1981, pp.123~135.

급기되는 신선외기의 실내 분배능력을 나타내는 급기효율과 실내에서 발생하는 오염물질을 제거하는 능력을 나타내는 배기효율로서 정의되어야 한다.

(그림 2.11)에 연령과 잔여체류시간의 개념을 나타내었다. 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 평균값으로서 국소평균잔여체류시간(Local Mean Residual Life Time, LMR)이라고 한다. 또한 국소평균연령과 국소평균잔여체류시간의 합은 그 지점을 통과하는 공기입자의 실내체류시간(Residence Time)이 된다.

국소평균연령은 신선외기가 임의의 점까지 도달하는 시간을 의미하므로 급기의 실내분배능을 정량화하는 데 사용될 수 있으며, 국소평균잔여체류시간은 그 지점으로부터 배기되는 데 소요되는 시간을 의미하므로 오염물이 배기되는 성능을 정량화하는 데 이용될 수 있을 것이다.



(그림 2.11) 공기의 연령과 잔여체류시간의 개념

환기효율을 나타내기 위하여 실내의 공기가 완전 혼합되어 위치에 관계없이 일정한 농도분포를 보이는 상태를 기준상태로 생각한다. 완전혼합의 환기상태에서 실내체적 V 에 대한 시간당 환기량 Q 를 환기회수라고 한다. 환기회수의 역수는 시간의 차원을 가지며 명목시간상수(Nominal Time Constant, τ)라고 한다(식 2.4).

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad \text{식(2.4)}$$

따라서 국소급기효율과 국소배기효율은 식(2.5), 식(2.6)과 같이 명목시간상수에 대한 국소평균연령이나 국소평균잔여체류시간의 비율로서 정의한다. 국소급기효율 및 국소배기효율은 그 값이 100% 이상 무한대로도 될 수 있기 때문에 효율이라는 용어보다는 국소급기지수 또는 국소배기지수라는 용어를 사용할 수도 있다¹⁹⁾.

$$\alpha_p = \frac{\tau}{LMA_p} \quad \text{식(2.5)}$$

$$\epsilon_p = \frac{\tau}{LMR_p} \quad \text{식(2.6)}$$

이와 같은 환기효율 즉, 국소평균연령 및 국소평균잔여체류시간의 측정을 위해서는 추적가스를 이용하여 농도변화를 측정하는 시스템이 필요하게 되며, 추적가스의 주입방법에 따라 펄스법(Pulse Method), 체강법(Step-down Method) 및 체승법(Step-up Method)의 세가지 방법이 일반적으로 사용된다.

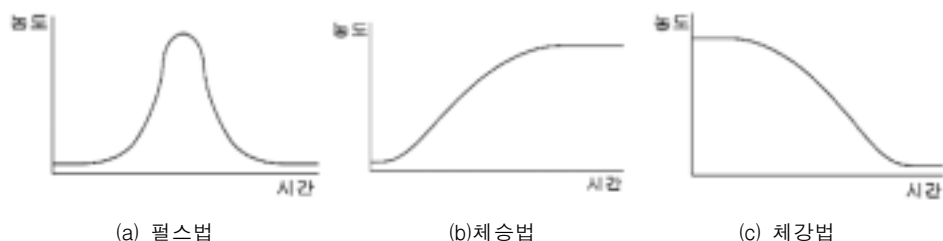
펄스법(Pulse Method)은 추적가스를 짧은 시간에 급기공기에 주입하여 실내 임의의 위치에서 농도변화를 측정하는 방법으로, 주입초기 농도가 상승하여 최대치에 이르고 이후 다시 감소하여 충분한 시간이 지난 후에는 다시 초기상태로 돌아오는 시간과 농도를 이용하는 방법이다. 소량의 추적가스만을 사용하므로 비용이 적게 들지만 평균연령의 계산시 체승법이나 체강법에 비하여 한 차원 높은 모멘트를 구해야 하므로 차수 증가에 따른 오차발생이 크고 보다 정밀한 농도측정기의 사용이 요구된다.

체강법(Step-down Method)은 초기에 실내농도가 균일한 상태에서 추적가스의 주입없이 실내 임의의 위치에서 농도변화를 측정하는 것으로, 신선급기의 연속공급을 통하여 농도를 감소시킨 후 추적가스가 없는 정상상태에 도달하는 시간과 농도를 기준으로 연령과 잔여체류시간을 산정하게 된다. 체승법에 비하여 실 전체의 공기가 표식이 되어 있으므로 침기에 의한 영향을 받지 않으며 매우 안정적인 방법이다. 대기중에 존재하지 않는 추적가스를 사용하는 경우 정상상태에 도달하면 추적가스의 농도가 소멸되어 영(zero)이 되므로 정상상태의 접근값

19) 장경진, 추적가스를 이용한 급기 및 배기효율의 측정기술에 관한 연구, 국민대학교 박사학위연구, 2000, pp.10~15.

을 정확히 아는 상태에서 농도곡선을 적분할 수 있다. 그러나 실험시작 전에 균 일한 농도를 갖는 초기조건을 만들기 위해서는 체승법이 선행되거나 다른 방법 에 의하여 실내공기와 완전혼합이 이루어지도록 강제로 혼합시켜야만 하난. 그러 나, 실제의 경우 실내의 공기를 완전 혼합하여 초기농도를 균일하게 유지시키는 것은 어렵고 특히, 대공간의 경우에는 더욱 어렵게 된다.

체승법(Step-up Method)은 추적가스를 일정한 비율로 연속적으로 급기공기에 주입하여 실내 임의의 위치에서 농도변화를 측정하여 농도상승 이후 정상상태에 도달하는 시간과 농도를 기준으로 연령과 잔여체류시간을 산정하는 방법이다. 체 강법과는 달리 실내의 공기가 실험초기에 완전혼합이 되도록 할 필요가 없는 장 점이 있지만, 다량의 추적가스가 필요하고 추적가스를 발생시키는 급기만이 표식 이 되어 있으므로 틈새를 통한 침기의 영향을 고려하지 못하는 문제점이 있다. 추적가스 분출방법의 기본개념은 (그림 2.12)와 같다.



(그림 2.12) 추적가스 분출방법의 기본개념

급기효율이나 배기효율을 수치해석으로나 실험적으로 구하기 위해서는 연령이 나 잔여체류시간을 구해야 하는데 이를 위해서는 추적가스를 주입한 후 시간에 따른 비정상 농도변화를 측정하여야 한다. 어떠한 추적가스 주입방법을 사용하더 라도 동일한 결과를 얻어야 하며, 각각의 주입방법에 따라서 연령이나 잔여체류 시간의 계산을 위한 수식의 형태는 다르나 기본적인 개념은 동일하다. 추적가스 분출방법에 따른 국소평균연령과 국소평균잔여체류시간의 산정식은 <표 2.3>과 같다²⁰⁾.

20) Ibid., pp.30~34.

<표 2.3> 추적가스 분출방법에 따른 국소평균연령 및 국소평균잔여체류시간 산정식

	국소평균잔여체류시간
필스법	$\frac{\int_0^{\infty} t \cdot C_{ex}^p(t) dt}{\int_0^{\infty} C_{ex}^p(t) dt}$
체승법	$\int_0^{\infty} \left(1 - \frac{C_{ex}^p(t)}{C_{ex}^p(\infty)}\right) dt$
체강법	$\int_0^{\infty} \frac{C_{ex}(t)}{C(0)} dt$

2.3.3 실내 공기환경

상업용 주방후드와 관련된 연구결과를 살펴보면 크게 후드의 배기량을 결정하기 위한 연구와 후드의 배기성능을 평가하기 위한 배기효율 산정연구로 구분된다. 그러나, 주방후드는 조리시 조리기구에서 발생하는 오염물질을 외부로 배출하는 역할을 수행함과 동시에 주방으로 오염물질을 확산시키지 않도록 해야 하는 역할도 가지게 된다.

이와 같이 실내로의 오염물질 확산에 따른 실내의 오염물질 농도측정에 관련된 연구는 대부분 공동주택을 대상으로 이루어지고 있다. 이는 상업용 건물과 달리 공동주택에서는 별도의 공조시스템이 갖추어지지 않음에 따라 환기량이 부족하게 되어 재실자의 건강에 미치는 영향이 더욱 커질 수 있음에 기인한 것으로 판단된다.

그러나, 이러한 오염물질의 실내확산에 따른 문제는 상업용 건물의 주방에서도 간과될 수 없으므로 본 연구에서는 공동주택에서의 실내공기환경 측정관련 연구를 토대로 측정위치와 방법 등에 대한 자료를 검토함으로써 추후 성능실험시 기초자료로 활용하고자 한다.

공동주택 주방의 실내공기환경 측정관련 연구로 1994년 전주영 등²¹⁾은 조리시 주방 및 거실에서의 CO, CO₂ 및 NO₂의 농도를 측정하였으며, 김정태 등²²⁾은

21) 전주영 외, 공동주택에 있어 주방의 공기환경에 관한 측정 연구, 대한건축학회 학술발표대회연구집, 제14권 제1호, 1994.

22) 김정태 외, 공동주택 주방의 조리기구 후드 환기효율에 관한 현장실험, 대한건축학회 학술발표대회연구집, 제15권 제1호, 1999.

1999년 공동주택의 조리기구 후드 환기효율에 관한 현장실험을 통하여 실내 부위별 농도를 측정하였다. 조리시에는 조리기구로부터의 오염물질이 채실공간으로 확산되어 채실자의 건강에 영향을 미치게 되므로, 관련연구에서는 공동주택의 실내공기환경을 평가하기 위한 대표 측정지점으로 주방 및 거실, 안방 등 채실공간에서의 호흡선 높이를 사용함을 알 수 있었다.

2.3.4 실내 온열환경

주방의 공기환경과 더불어 주방 후드의 성능평가지 사용될 수 있는 지표로 주방의 온열환경을 들 수 있다. 주방의 부위별 온열환경은 실내 다수의 지점에 열전대 등의 온도측정 센서를 설치하여 기록함으로써 측정이 가능하며, 측정지점은 주방의 열원을 중심으로 중앙부와 측면부의 단면을 측정하는 것이 일반적이다. 또한, 온열환경을 측정하는 경우 실험 시작 이후 주방 내부가 정상상태에 이르기까지 규칙적인 간격으로 지속적인 측정이 필요하다²³⁾.

23) 赤林伸一 外 3人, 實大實驗による換氣・空調効率の測定, 業務用厨房の高効率換氣・空調システムに関する研究, 第1報, 日本建築學會計劃系論文集, 第534号, 2000, pp. 33~40.

제 3 장 급기방식 및 급배기 풍속에 따른 상업용 주방후드의 성능실험

3.1 실험 변수

3.1.1 급기방식 및 급기풍속별 성능실험

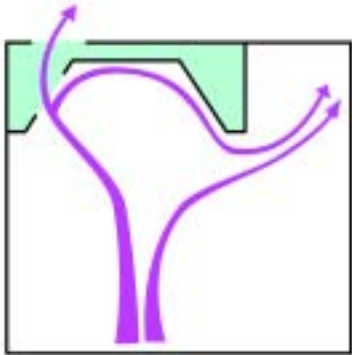
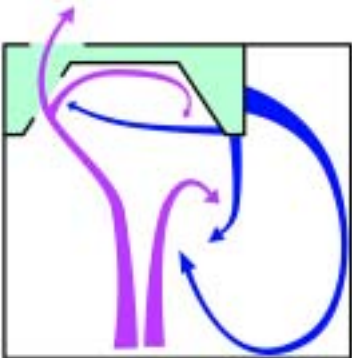
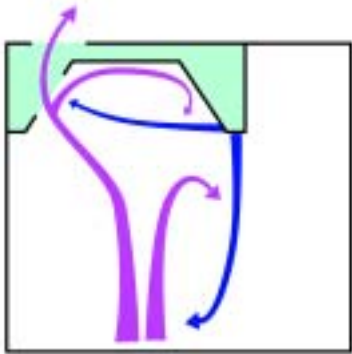
본 연구에서는 후드의 성능에 영향을 미치는 변수로 급기방식, 급기풍속을 1단계로 선정하였다. 즉, 동시급배기 형태 후드의 성능향상을 확인하며, 급기방식에 따른 성능차이를 확인하고자 하였다. 이때 동시급배기형 후드의 급기방식은 복합형중 현재 개발되어 사용중인 3방향 급기방식(정면+하향+내부)과 2방향 급기방식(하향+내부)으로 선정하였다.

후드의 필요배기량은 후드하부에서의 발열조건을 기준으로 산정하였다. 2장에서 언급하였듯 후드의 필요배기량을 산정하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 실험에서는 일본 건기법 및 공기조화위생 데이터북에서 제시하고 있는 산정방법인 이론폐가스량의 40배에 해당하는 배기풍량으로 실험을 수행하였으며, 열원을 LPG로 사용함에 따라 조리기구의 4구 점화(1구당 6,000kcal/h)를 기준으로 하여 1,000CMH를 필요배기량으로 선정하였다¹⁾.

조리기구는 UL의 기준과 유사한 0.9m×0.7m크기의 조리기구를 사용하였으며, 0.9m높이에 설치하였다. 따라서 조리기구의 크기 및 설치높이를 고려하여 후드는 1.5m×1m×0.4m(W×L×H)의 크기로 선정되었다. 3방향 급기후드의 경우 제품으로 출시된 후드를 대상으로 실험을 하였으며, 실험대상으로 선정된 후드의 배기면적은 0.45m²로 나타났다. 이때 배기풍량 1000CMH와 배기면적 0.45m²에서의 배기풍속은 약 0.62m/s로 산정되었으며, NFPA에서 제시하는 권장배기풍속인 0.508~0.762m/s를 만족하는 결과이다.

후드의 크기와 배기면적에 따라 성능차이가 발생할 수 있으므로, 배기전용과 2방향 급기방식 후드는 3방향 급기후드와 동일한 배기면적(0.45m²)을 가지는 후드에 대해 실험을 실시하였으며, (그림 3.1)에 실험대상 후드와 급기방식에 따른 개념도를 나타내었다.

1) LPG의 발열량:12,000kcal/kg, LPG의 이론폐가스량:12.9m³/kg
12.9m³/kg / 12,000kcal/kg=0.001075m³/kcal
·후드배기량 = 40 × 이론폐가스량 × 연료소비량
= 40 × 0.001075m³/kcal × 24,000kcal/h = 1,032CMH

실험대상 후드	실험대상 후드 개념도
 (a) 배기전용 후드	
 (b) 3방향급기 후드	
 (c) 2방향급기 후드	

(그림 3.1) 급기방식별 성능실험 대상 후드

실험대상으로 선정된 3방향 급기후드의 경우 제품으로 출시된 후드를 사용하였으며, 제작사에서 제시하는 권장급기풍량은 배기풍량의 약60~80%이다. 따라서, 본 연구에서는 권장급기풍량에서의 성능과 권장급기풍량을 벗어나는 풍량에

서의 성능을 동시에 파악하기 위하여 배기풍량의 50~90%인 500CMH~900CMH를 실험변수로 설정하였으며, 실험시 급기풍량은 100CMH단위로 변화시켰다. 2방향 급기후드의 경우 유사한 주제의 논문에서 제시한 적정급기풍속은 0.5~1.0m/s 이지만²⁾ 예비실험을 통하여 낮은 풍속으로 판단되었으며, 5.5m/s 이상의 급기풍속에서는 풍속이 높아 급기기류가 화구에 부딪혀 불꽃이 흔들리는 모습을 보임에 따라 급기풍속을 1.5~5.5m/s(100CMH~300CMH)범위에서 1m/s 단위로 변화시켜 실험을 수행하였다. <표 3.1>에 실험대상후드의 급기풍량에 따른 급기구별 급기풍속을 정리하였으며, <표 3.2>에 실험변수를 정리하였다.

<표 3.1> 3방향 급기후드 및 2방향 급기후드 부위별 급기풍속 (단위: m/s)

급기풍량 및 풍속		500CMH	600CMH	700CMH	800CMH	900CMH
3방향 급기방식 (정면+하향+내부)	정면	2.3	2.7	3.2	3.7	4.1
	하향	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3
	내부	3.1	3.8	4.4	5.0	5.7
급기풍량 및 풍속		100CMH	150CMH	200CMH	250CMH	300CMH
2방향 급기방식 (하향+내부)	하향	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	내부	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5

<표 3.2> 급기방식별 성능실험 변수

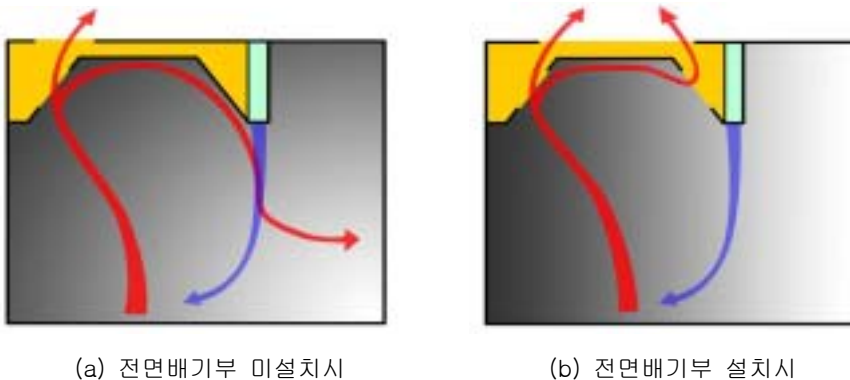
급기풍속 ³⁾		무급기	1.8m/s (500CMH)	2.1m/s (600CMH)	2.5m/s (700CMH)	2.9m/s (800CMH)	3.3m/s (900CMH)
배기전용	0.64	○	-	-	-	-	-
3방향 급기방식	0.64	-	○	○	○	○	○
		무급기	1.5m/s (100CMH)	2.5m/s (150CMH)	3.5m/s (200CMH)	4.5m/s (250CMH)	5.5m/s (300CMH)
2방향 급기방식	0.64	-	○	○	○	○	○

2) R. L. Fritz, op. cit.,

3) 본 연구에서는 후드종류별 급기풍속을 변수로 실험을 수행하였으며, 3방향 급기방식은 급기부위별 급기풍속이 동일하지 않으므로 2방향 급기방식과 비교가능한 부위인 하향급기기류의 급기풍속을 명시하였다.

3.1.2 배기면적별 성능실험

(그림 3.2)의 (a)와 같이 일반적인 동시급배기형 후드는 배기필터가 후면으로 치우쳐 있어, 배기필터를 이탈하여 후드 전면으로 이동하는 오염물질과 열기를 배기하는데 문제가 있다는 연구결과가 보고되었다.⁴⁾ 따라서, (그림 3.2)의 (b)와 같이 후드전면에 보조적인 배기필터를 설치하였을시 배기성능이 향상될 것으로 가정하여, 전면필터 유무를 2단계 실험변수로 선정하였다. 또한, 고정된 배기풍량에서 배기부 추가 설치시 배기면적 변화에 따라 배기풍속이 변화하므로 배기풍속 변화에 따른 성능변화를 파악하고자 하였다. 즉, 전면배기부 유무에 다른 성능향상 효과와 배기풍속에 따른 적정 급기풍속의 상관관계를 정량적으로 파악하려 하였다.



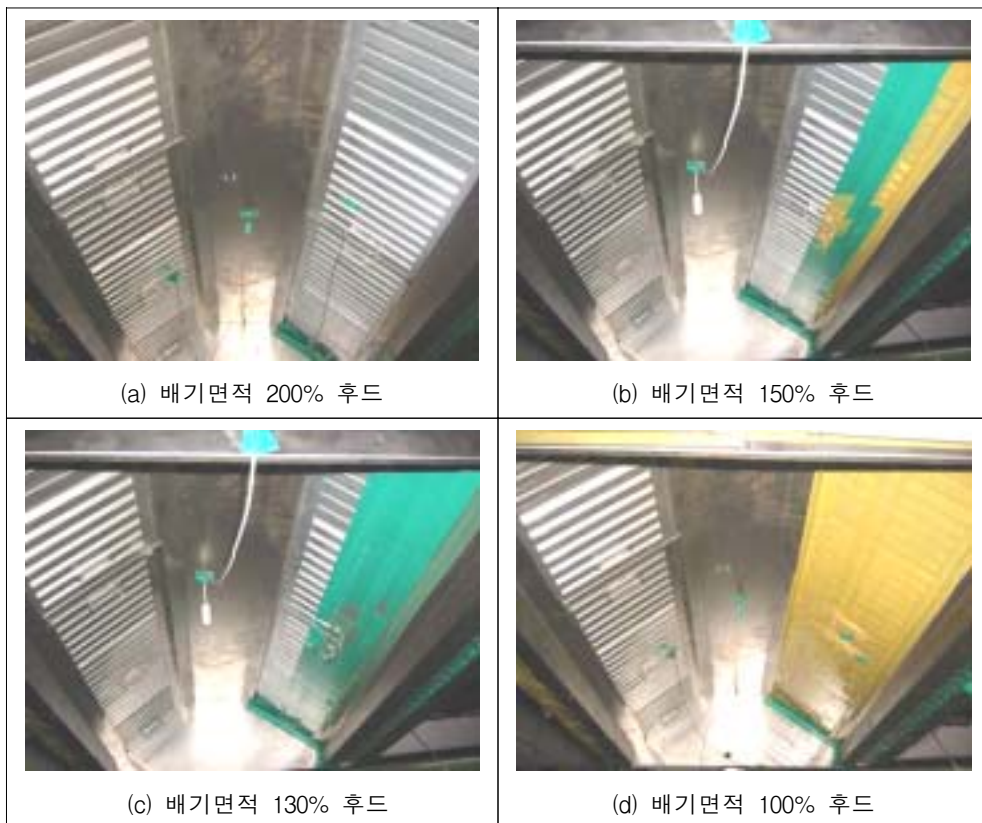
(그림 3.2) 전면필터 개념도

일반적인 동시급배기형태 후드는 $1.5\text{m} \times 1\text{m} \times 0.4\text{m}$ (W×L×H)의 크기와 0.45m^2 의 배기면적을 가짐에 따라, 0.45m^2 크기의 배기부를 전면에 추가로 설치하여 200%의 배기면적을 가질 수 있는 배기면적 0.9m^2 의 2방향급기방식 후드를 제작하였으며, 배기부의 면적을 200%(0.9m^2), 150%(0.675m^2), 130%(0.585m^2), 100%(0.45m^2)로 변경할 수 있도록 하였다. 이때, 배기면적이 증가하더라도 배기량은 동일하게 1,000CMH로 제어함으로써 동일한 배기풍량 조건에서 후드의 배기풍속이 변화될 경우의 성능을 비교 평가하고자 하였다. 또한, 배기면적을 확대함과 동시에 각 면적별로 후드의 급기풍속을 1.5~5.5m/s의 범위에서 1m/s 간격으로 변화시킴으로써 배기풍속과 급기풍속과의 상관관계를 파악

4) 지승현 외 3인, op. cit.

하고자 하였다. <표 3.3>에 실험에 사용된 변수를 정리하였으며, <표 3.3>로부터 동일한 배기량 조건에서 배기면적이 확대됨에 따라 배기풍속이 0.64~0.41m/s까지 줄어듦을 알 수 있다.

(그림 3.3)은 실험에 사용된 배기전용 후드와 3방향 급기방식 후드, 2방향 급기방식의 배기면적 변화후드이다.



(그림 3.3) 배기면적별 성능실험 대상 후드

<표 3.3> 배기면적별 성능실험 변수

급기풍속 및 풍량 대상후드 및 배기풍속(m/s)			1.5m/s (100CMH)	2.5m/s (150CMH)	3.5m/s (200CMH)	4.5m/s (250CMH)	5.5m/s (300CMH)
2 방향 급기 후드	배기면적 200% (0.9m ²)	후면:0.41 전면:0.41	○	○	○	○	○
	배기면적 150% (0.675m ²)	후면:0.48 전면:0.41	○	○	○	○	○
	배기면적 130% (0.585m ²)	후면:0.55 전면:0.41	○	○	○	○	○
	배기면적 100% (0.45m ²)	후면:0.64 전면: 0	○	○	○	○	○

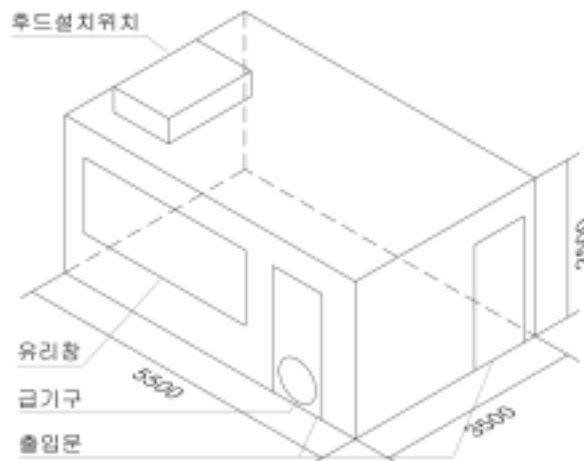
3.2 실험실개요

3.2.1 실험실 형태

상업용 주방후드의 성능실험에 있어서 본 연구에서는 기존에 주방으로 사용된 공간을 이용하여 실험을 수행하였다. 본 연구에 사용된 실험실은 $5,500 \times 3,500 \times 2,500(\text{mm})$ 의 전형적인 장방형 평면을 가지고 있으며, 출입문을 제외한 모든 개구부는 밀폐되었으며, 벽면부착형 후드가 단부에 설치된 형태이다.

일반적으로 주방은 후드 가동에 의하여 부(-)압이 형성되어 개구부 등에 의해 급기가 이루어지는 것이 일반적이나, 외기조건과 개구부의 개폐여부, 실의 기밀 성능 등에 따라 동일한 실험실임에도 실내에 형성되는 압력의 차이와 오차가 발생할 수 있으며, 본 실험의 목적이 후드의 급기방식과 급기풍속, 배기면적에 따른 배기풍속 및 배기구 위치에 따른 배기성능을 정량적, 가시적으로 비교평가하기 위한 것임에 따라 후드의 성능평가에 영향을 미칠 수 있는 압력차이를 최소화하고자 전면부 배식대를 유리창으로 기밀하게 밀폐시켰으며, 실내를 비닐슈트를 이용하여 완전한 기밀상태로 유지하였다.

실내 급기는 측면 출입문에 설치한 급기구를 통하여 이루어졌으며, (그림 3.4)는 실험실 형상을 나타내며, 실험실 및 실험장비 전경은 (그림 3.5)와 같다.



(그림 3.4) 실험실 형상

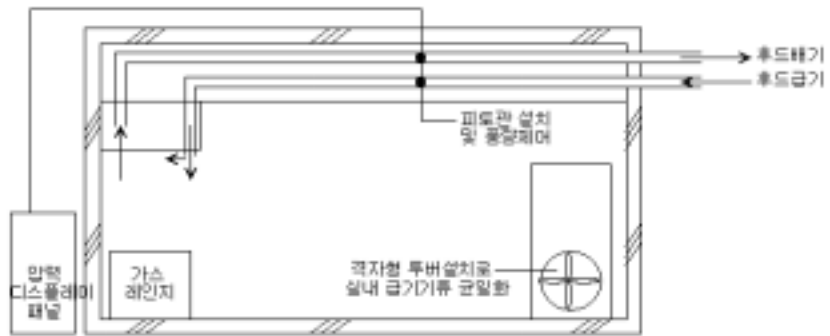


(그림 3.5) 실험실 및 실험장비 전경

3.2.2 풍량제어 시스템

본 실험에서는 배기전용 후드와 동시급배기형 후드에 대하여 실험을 수행하였으며, 급기량과 배기량의 증감에 따라 후드의 배기성능은 현저한 차이가 발생할 수 있으므로 급기량과 배기량을 정확히 제어할 수 있는 풍량제어 시스템을 실험실에 갖춘 후 실험을 수행하였다.

먼저 실험실에 대상후드를 설치한 후 후드형태에 따라 필요한 급기 및 배기덕트를 연결하였다. 후드와 연결된 급배기덕트는 덕트에서의 누기를 최소화하기 위하여 실리콘으로 기밀하게 마감하였으며, 후드로 급배기되는 풍압을 정확히 측정하기 위하여 압력센서가 위치한 부위의 급배기덕트의 길이는 덕트직경의 25배 이상의 직관을 사용하였다. 후드 급배기 및 실내외의 차압 및 정압을 측정하기 위한 압력센서는 미압용 정밀급 다이어프램 방식의 트랜스듀서를 사용하여 데이터의 정도를 높이고 디지털 인디케이터를 사용하여 계측오차를 최소화하였다. 후드의 급기 및 배기 각 라인에 풍량을 조절할 수 있는 인버터 송풍기와 하니컴 및 스크린을 설치하고 각 덕트에 피토판을 설치하여 실험풍량의 조절 및 계산, 실험조건의 설정에 있어서 최대한의 정밀도를 유지하도록 하였다. 이후 모든 덕트에서의 풍압을 제어할 수 있는 제어패널을 구성하여 실험실 외부에서 급배기덕트의 부위별 풍압을 수치로 확인하면서 변경할 수 있도록 하였으며, Data Acquisition Board 및 프로그램에 의한 자동운전 및 수동운전이 가능하도록 하여 실험효율을 최대한 높이도록 하였다.



(그림 3.7) 풍량제어시스템의 제어계통



(그림 3.8) 풍량제어시스템 제어패널

제어패널에 기록된 부위별 풍압은 동압을 나타내는 값임에 따라 식(3.1)의 풍속산정식을 이용하여 풍속으로 환산하였으며, 환산풍속과 덕트의 단면적을 곱하여 풍량을 산정하였다. 또한, 계산결과의 풍량과 실제풍량과의 오차를 최소화하기 위하여 실제 덕트에서의 풍속을 측정하여 계산결과와 비교한 후 보정계수를 계산에 활용함으로써 실제 덕트를 흐르는 풍량을 정확히 제어할 수 있도록 하였다. 본 실험에 있어서 풍량계산에 사용된 식은 식(3.2)와 같으며, 부위별 보정계수는 급배기덕트에서 각각 0.92와 1.00을 나타내었다.

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot P}{\gamma}} \quad \text{식(3.1)}$$

여기서, v = 풍속(m/s)
 g = 중력가속도(9.8m/s²)
 P = 동압(mmAq)
 γ = 공기의 비중(1.18kg/m³)

$$Q = A \times \epsilon \times \sqrt{\frac{2g \cdot P}{\gamma}} \quad \text{식(3.2)}$$

여기서, A = 덕트의 단면적(m²)
 ϵ = 보정계수(후드급기 : 0.92, 후드배기 : 1.00)

3.3 실험 개요

필요배기량이 1000CMH로 산정됨에 따라 배기풍량을 풍량제어 시스템에 의한 압력값을 이용하여 1000CMH로 제어후 회전풍속계를 이용한 풍량측정을 통하여 설정한 배기풍량과 실제 배기되는 풍량을 비교 확인 후 실험을 수행하였다.

배기성능은 주방의 오염물질 발생지점인 열원부분의 국소배기효율을 기준으로 평가하였으며, 조리기구와 후드의 가동여부에 따른 주방의 공기 및 온열환경을 지속적으로 측정함으로써 후드의 배기성능이 주방의 재실자에게 미치는 영향을 파악하였다. 또한, 후드의 급배기구로부터 발생하는 기류의 이동패턴을 살펴본 기류가시화 실험으로 앞선 실험결과를 검증하였다.

실험에 사용된 측정기기는 <표 3.5>와 같으며, 실험시 동시에 3지점의 CO₂를 측정해야 하므로, 실험전 각 기기의 보정상태를 확인하였으며, 동일한 지점에서 동시에 예비측정을 통하여, 측정기기간의 오차가 발생하지 않음을 확인 후 실험을 수행하였다.

<표 3.5> 측정기기

기 기 명	EA	측정항목	비 고
Gastek CMCD-10p	1	CO ₂	비분산 적외선측정법
TSI Q-trak	2	CO ₂	비분산 적외선측정법
TSI VELOCICALC-8384	1	풍속측정	열선풍속계
TSI VELOCICALC-8324	1	풍속측정	회전풍속계
DATA Logger	1	온 도	DATA LOGGER (48CH)
열전대	1	온 도	T-type (+):Cu (-):Cu-Ni합금 Range : -200~300°C

3.3.1 국소배기효율

본 실험에서는 열원으로부터 발생하는 상승기류를 고려하기 위하여 열원에서 연소시 발생하는 CO₂ 가스를 추적가스로 사용하였으며, 열원에 점화직후부터 배기구 말단에서 1분단위 CO₂ 가스농도를 20분간 측정하여 국소배기효율을 산출하였다. 즉 주방에서의 오염물질 발생지점인 열원지점에서 발생한 CO₂ 가스가 후드를 통하여 실외로 배기되는데 걸리는 평균시간과 배기효율을 알아봄으로서 후드의 배기성능을 평가하였다.

배기효율은 조리기구로부터 발생한 오염물질이 외부로 배출되는데 소요되는 시간 즉, 잔여체류시간이 짧을수록 우수하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 후드 하부에서 오염물질을 발생하기 시작하여 배기구에서의 농도를 측정하는 체승법을 이용하여 국소평균잔여체류시간(LMR : Local Mean Residence time)을 산출하였으며, 식(3.5)를 이용하여 명목시간상수(τ)를 구한 후 식(3.4)를 이용하여 국소배기효율(ε)을 산출하였다. 체승법을 이용한 국소평균잔여체류시간 산정식은 식(3.3)과 같다.

$$LMR_p = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{C_{ex}^p(t)}{C_{ex}^p(\infty)}\right) dt \quad \text{식(3.3)}$$

$$\varepsilon_p = \frac{\tau}{LMR_p} \quad \text{식(3.4)}$$

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad \text{식(3.5)}$$

여기서, LMR : 국소배기효율
 C_{ex} : 배기덕트 CO₂ 농도
 ε_p : 국소배기효율
 τ : 명목시간상수

(그림 3.9)는 국소배기효율 측정개념도이며, 배기덕트에 설치된 CO₂ 측정기기의 모습을 (그림 3.10)에 나타내었다.



(그림 3.9) 국소배기효율 측정 개념도



(그림 3.10) 배기덕트에 설치된 CO₂ 측정기기

3.3.2 실내 온열환경

배기전용후드는 조리시 오염물질과 열기가 후드의 포집영역을 벗어나 실내로 확산될 위험이 있어 이를 방지하고자 후드 전면에 급기구를 설치한 동시급배기형 후드가 개발되었다. 따라서, 본 실험에서는 배기전용 후드와 동시급배기 후드 설치시 조리기구 가동에 따른 실내와 급기구가 위치한 정면 그리고, 측면의 온도 변화를 측정하여 정면급기기류에 의한 열기의 실내확산 차단효과를 살펴보고자 하였으며, 조리시 발생하는 뜨거운 공기에는 오염물질이 다량 함유되어 있으므로, 실내 온열환경을 이용하여 급기기류의 오염물질 차단효과를 유추할 수 있을 것이라 판단하였다.

실험시 온도센서는 T-type 열전대를 사용하여, 실내 40지점을 측정하였으며, 후드 필터부위 3지점, 급배기 덕트 각각 2지점, 실외 1지점, 후드 급기구 2지점의 총 48지점에서 온도를 측정하였다. (그림 3.11)에 열전대 설치모습을 나타내었으며, (그림 3.13)에 온도측정위치를 나타내었다.

온도측정은 실험기간중 연속적으로 측정하였으며, 실험시 온도조건을 동일하게 유지하기 위하여 실내 각지점의 온도가 초기실험 이전과 동일한 온도에 도달한 것을 확인 후 다음 실험을 수행하였다.

실험결과는 조리기구 가동후 30분간의 데이터를 이용하였으며, 실내온도 상승폭은 정상상태 도달후의 평균온도와 조리기구 가동전의 온도차를 이용하여 산출하였으며, 사용된 식은 다음과 같다.

$$t_{\text{상승폭}} = t_{\text{초기온도}} - t_{\text{정상상태평균}} \quad \text{식(3.5)}$$



(그림 3.11) 실내 열전대 설치 모습

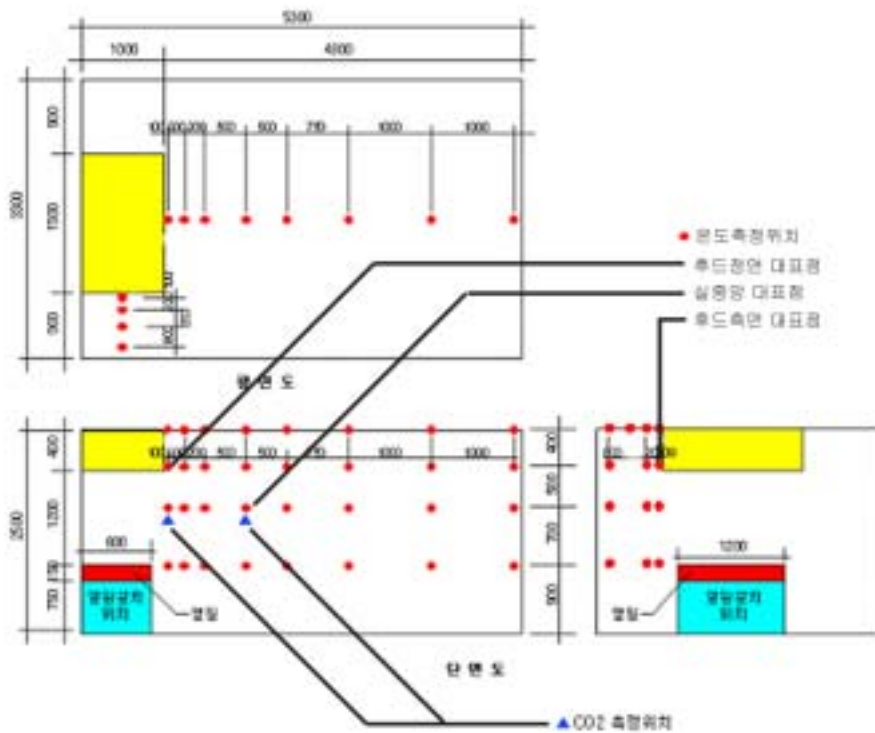
3.3.3 실내 공기환경

실내의 조건을 대표하는 측정지점으로는 조리기구 주위에서 주방 중앙부 등으로 이동하는 조리사의 이동패턴에 따라 조리시 조리사가 위치하는 조리기구 인접지점과 주방의 중앙부지점 2지점으로 설정하였다. 실내의 오염물질 농도는 수평위치뿐만 아니라 수직높이에 따라서도 달라질 수 있으나 본 연구에서는 앞서 2장에서 살펴본 공동주택의 측정위치를 기초로 하여 재실자의 호흡선 높이로 실내의 조건을 대표하여 실험을 수행하였다.

본 실험의 조건이 실내에 재실자가 없는 상태임에 따라 발생하는 오염물질을 연소가스인 CO_2 가스로 설정하여 조리기구 가동시 CO_2 가스를 실내 2지점에서 측정함으로써 조리기구에서 발생하는 CO_2 가스의 확산정도와 범위를 평가하고자 하였으며, 주방의 실내공기환경을 초기 점화 후부터 30분동안 1분간격으로 측정후 정상상태 농도의 평균을 구하여 실내 CO_2 농도를 산정하였다. 각 지점에 설치된 CO_2 측정기기의 모습과 실내 측정지점을 (그림 3.12)와 (그림 3.13)에 나타내었다.



(그림 3.12) CO₂ 측정기 설치 위치

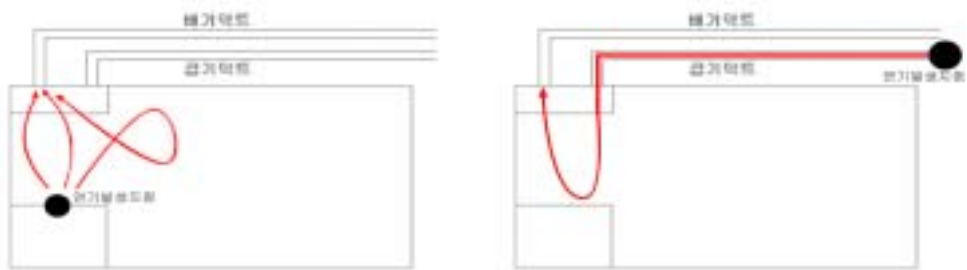


(그림 3.13) 온도 및 CO₂ 측정점

3.3.4 기류가시화

본 연구에서는 상업용 주방후드의 배기성능을 가시적으로 평가하기 위하여 연기를 이용한 가시화실험을 수행하였다. 공간에서의 기류가시화를 위해서는 우선적으로 암실의 조건을 형성할 수 있어야 하며 연기발생장치 및 기류의 단면을 촬영할 수 있는 조명장치가 설치되어야 한다. 따라서 실험시 피사체 주위의 모든 벽과 천정부위를 검은 막으로 차단함으로써 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.

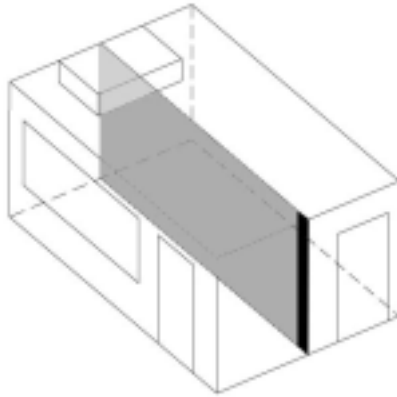
한편, 기류이동패턴은 실험실의 측면에 설치된 유리창을 통하여 외부에서 디지털 카메라를 이용하여 촬영함으로써 사진촬영시 인체의 움직임으로 인한 기류의 변화를 방지하였다. 실험은 (그림 3.14)의 (a)와 같이 조리기구 가동후 조리기구 직하부에서 연기를 발생하여 조리시 발생하는 열기 및 오염물질의 이동패턴을 확인하는 배기기류 가시화 실험과, (그림 3.14)의 (b)와 같이 실외의 급기구에서 연기를 발생하여 후드 급기구에서 토출된 기류의 이동패턴을 알아보는 급기기류 가시화의 두가지 항목으로 실험을 수행하였다. (그림 3.15)에 기류가시화의 단면을 나타내었고, (그림 3.16)에 기류가시화 실험에 사용된 조명장치, (그림 3.17)에 조리기구에서 발생한 오염물질의 가시화실험인 배기기류 가시화를 위한 연기 발생 모습을 나타내었다.



(a) 배기기류 가시화 개념도

(b) 급기기류 가시화 개념도

(그림 3.14) 기류가시화 개념도



(그림 3.15) 기류가시화 실험시의 가시화 대상단면



(a) 내부형태



(b) 암막설치 전 점등시



(c) 암막설치 후 점등시

(그림 3.16) 기류가시화 실험시 사용된 조명장치



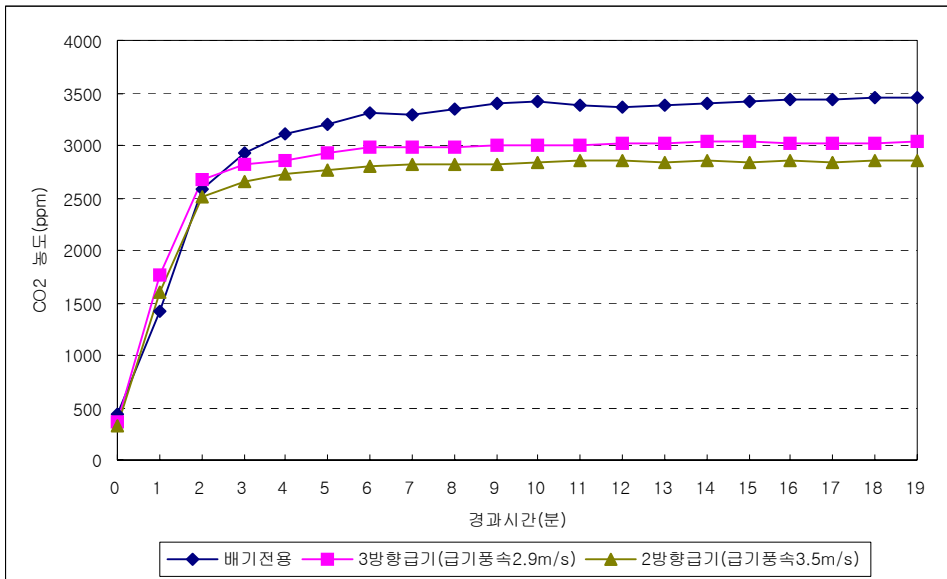
(그림 3.17) 기류가시화 실험시 연기발생 모습

제 4 장 실험결과 및 분석

4.1 급기방식 및 급기풍속별 성능실험

4.1.1 국소배기효율

동시급배기 방식후드의 성능향상 및 급기방식별 성능차이를 알아보기로자 국소배기효율 실험을 수행하였으며 실험결과인 급기방식 및 급기풍속별 배기덕트의 CO₂ 농도변화를 (그림 4.1)에 나타내었다.



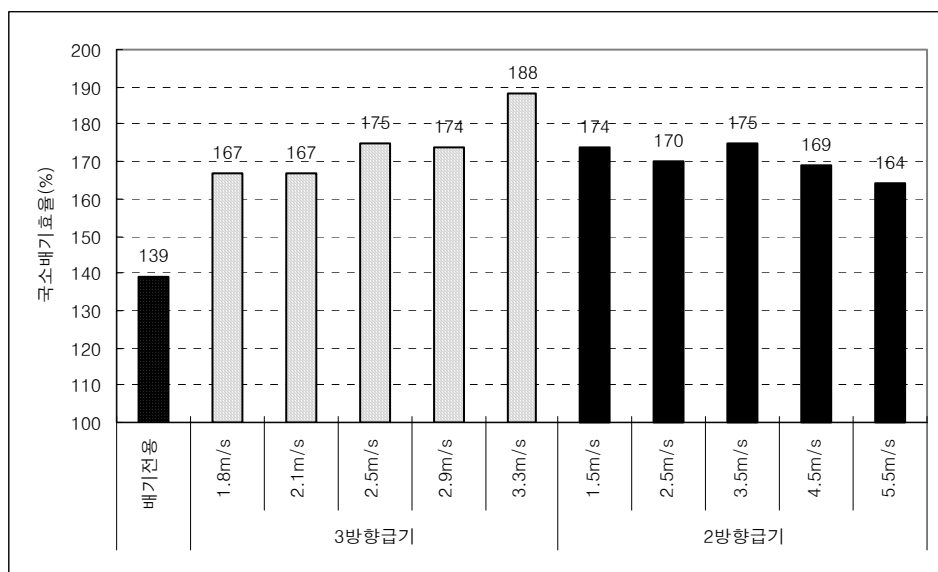
(그림 4.1) 배기덕트에서의 CO₂ 농도변화

(그림 4.1)을 살펴보면 배기덕트에서의 농도는 조리기구 가동 직후부터 급격히 상승하는 모습을 나타내고 있으며, 정상상태 도달시간, 농도상승시 기울기, 정상상태 농도를 이용하여 식(3.3)~식(3.5)로 국소배기효율을 산정할 수 있다. 급기방식별 후드의 국소배기효율 산정결과는 <표 4.1>,(그림 4.2)와 같다.

<표 4.1> 급기방식별 후드의 국소배기효율

(단위 : %)

급기풍량 및 풍속 실험변수	무급기	500CMH	600CMH	700CMH	800CMH	900CMH
		1.8m/s	2.1m/s	2.5m/s	2.9m/s	3.3m/s
배기전용	139	-	-	-	-	-
3방향 급기방식 (정면+ 내부+ 하향)	-	167	167	175	174	188
	무급기	100CMH	150CMH	200CMH	250CMH	300CMH
		1.5m/s	2.5m/s	3.5m/s	4.5m/s	5.5m/s
2방향 급기방식 (내부+ 하향)	-	174	170	175	169	164



(그림 4.2) 급기방식별 후드의 국소배기효율

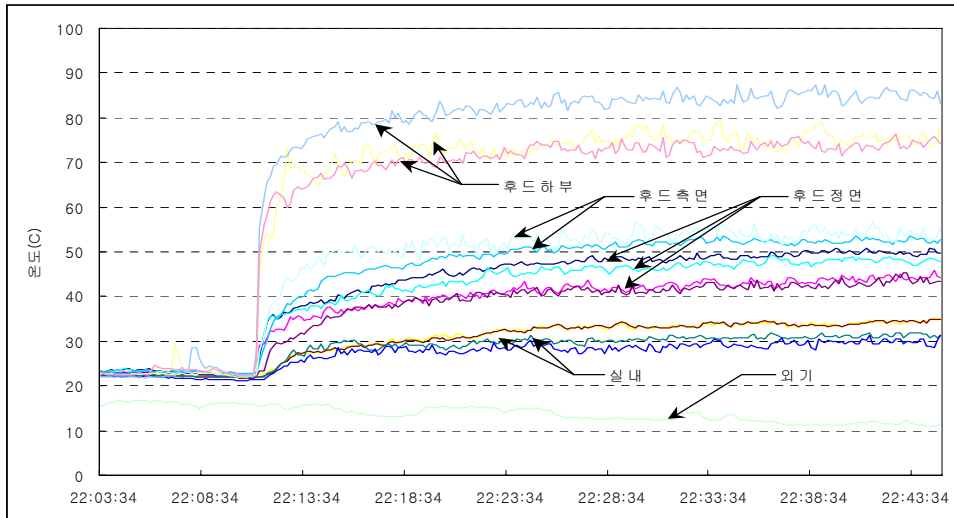
급기방식별 국소배기효율 산정결과인 <표 4.1>과 (그림 4.2)를 살펴보면 배기 전용 후드와 3방향 급기방식 및 2방향 급기방식 후드의 효율 차이는 28~47% 및 25~37%로 3방향 및 2방향 급기후드가 높은 효율을 나타내고 있으므로 배기 전용 후드에 비해 동시급배기형 후드의 배기효율이 높음을 알 수 있다. 따라서, 후드에 급기구 설치시 후드의 배기효율을 향상시키는데 효과적임을 알 수 있다.

3방향 급기방식은 급기풍속 3.3m/s, 2방향 급기방식은 3.5m/s에서 가장 높은 효율을 보이고 있으나, 3방향 급기방식의 3.3m/s의 급기풍속은 풍량으로 환산하

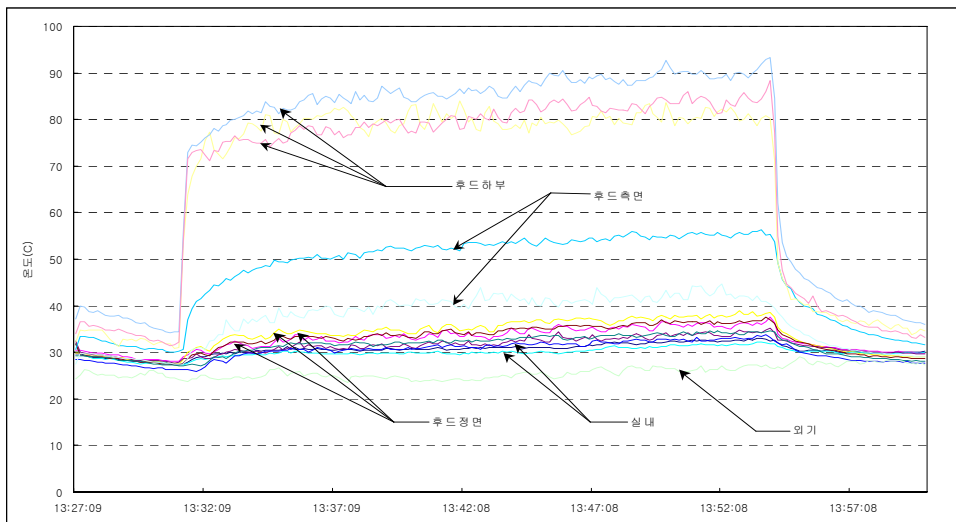
면 900CMH로서 배기풍량의 90%에 해당하는 풍량이다. 후드는 사용시간 경과에 따라 필터면에 그리스 침적과, 배기팬의 성능저하로 배기풍량이 감소할 수 있으므로, 배기풍량의 90%에 해당하는 급기풍량 적용시는 배기풍량이 감소하여 급기풍량이 배기풍량을 초과하여 실내에 부압(-)이 아닌 정압(+)을 형성할 위험이 있다. 주방에 정압(+)이 형성되면 조리시 발생하는 오염물질을 인접실로 확산시킬 위험이 있으므로, 3방향 급기후드에서는 700~800CMH(2.5~2.9m/s)의 안전한 범위의 풍량이 적정급기풍량으로 판단된다. 또한, 3방향 급기방식의 900CMH 이외의 급기풍량인 700~800CMH(2.5~2.9m/s)의 경우 174~175%의 효율을 보여 2방향 급기방식 후드와 비슷한 수준을 나타내고 있어 2방향 및 3방향 급기의 급기방식에 따라 성능의 차이는 발생하지 않는 것으로 판단된다.

4.1.2 실내 온열환경

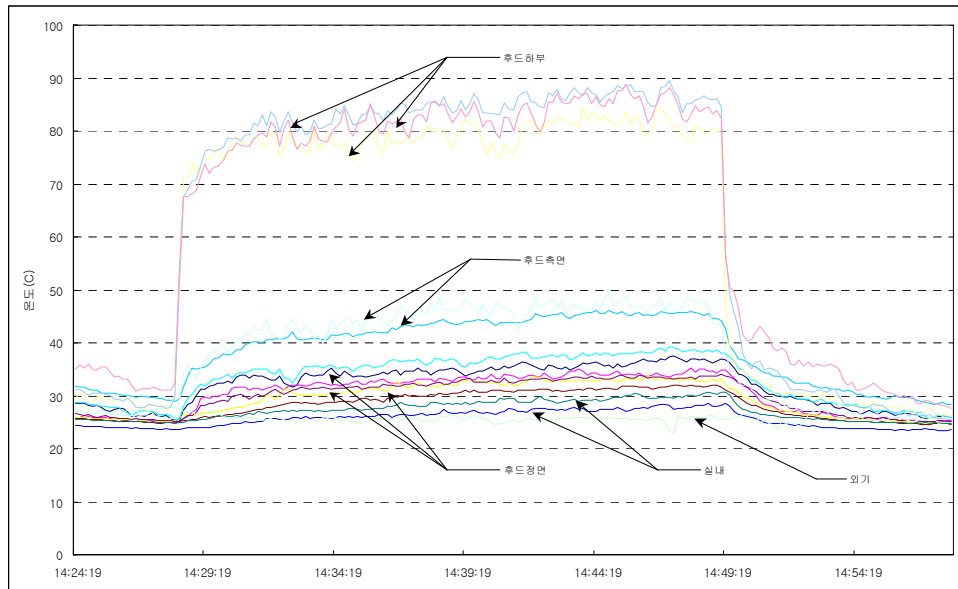
실내 온도측정결과 각 급기방식별로 최고의 성능을 나타내는 급기풍속에서의 실내온도변화 그래프를 (그림 4.3)~(그림 4.5)에 나타내었다.



(그림 4.3) 배기전용 후드 가동시 주방내 온도분포 그래프



(그림 4.4) 3방향 동시급배기 후드 가동시 주방내 온도분포 (급기풍속2.9m/s)

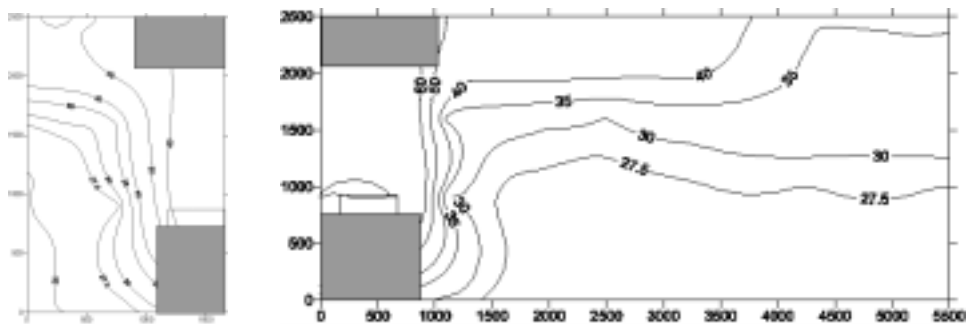


(그림 4.5) 2방향 동시급배기 후드 가동시 주방내 온도분포 (급기풍속3.5m/s)

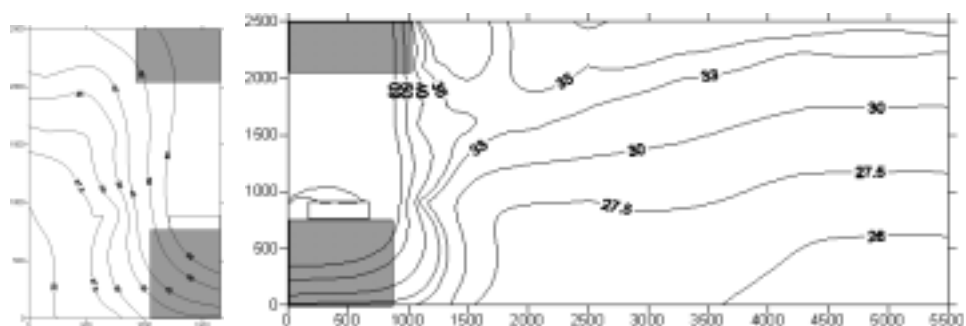
(그림 4.3)~(그림 4.5)로부터 조리기구 가동 직후 실내 각부위의 온도가 상승하며 시간경과에 따라 상승폭이 줄어들어 정상상태에 도달함을 알 수 있다.

(그림 4.3)을 살펴보면 후드 측면 및 후드정면 온도는 약 40~50°C를 나타내고 있으나 (그림 4.4)와 (그림 4.5)의 동시급배기 후드 가동시는 후드정면 온도가 40°C이하로 내려감을 알 수 있다. 따라서, 동시급배기 후드는 정면으로의 열기 유출을 감소시킬 수 있는 것으로 판단된다.

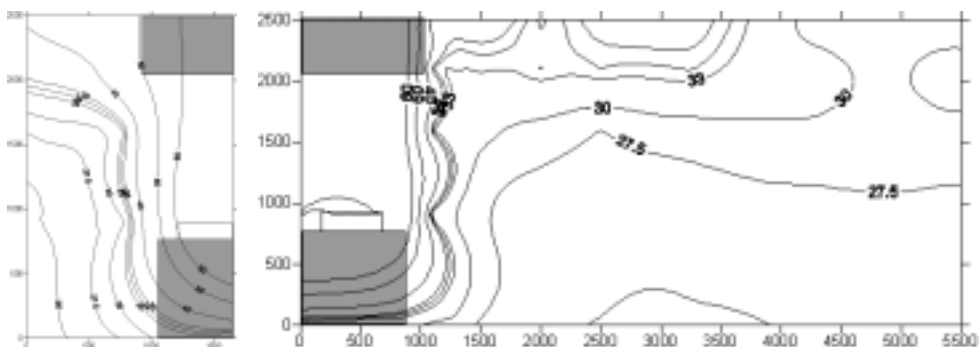
이상의 온도측정결과를 토대로 정상상태 도달시의 부위별 평균온도를 산정하여 실내온도 분포도를 (그림 4.6)~(그림 4.8)에 나타내었다.



(그림 4.6) 배기전용 후드 가동시 주방내 온도분포도



(그림 4.7) 3방향 동시급배기 후드 가동시 주방내 온도분포도(급기풍속2.9m/s)



(그림 4.8) 2방향 동시급배기 후드 가동시 주방내 온도분포도(급기풍속3.3m/s)

(그림 4.6)을 살펴보면 배기전용 후드를 사용시 거주역의 온도는 약 35℃까지 상승함을 알 수 있다. 반면, (그림 4.7)의 3방향 동시급배기 후드의 결과에서는

거주역의 온도는 30~33°C의 범위를 나타내고 있어 배기전용 후드사용시의 실내 온열환경이 열악함을 알 수 있다. 또한, (그림 4.8)의 2방향 급기후드의 결과에서는 거주역은 30°C 안팎의 온도분포를 나타내어 3방향 급기방식에 비해 보다 안정된 실내온도분포를 보임을 알 수 있다.

그러나, 모든 실험에서 거주역의 온도는 30°C를 넘어서고 있으므로, 후드의 성능향상만으로 실내온열환경을 쾌적하게 하는 것은 현실적으로 불가능함을 알 수 있다.

한편, 후드의 설치목적은 조리기구에 의해 발생된 오염물질과 열기의 원활한 배출에 있으므로, 실내 온열환경에 미치는 영향이 적을수록 그 성능이 우수하다고 판단할 수 있다. 따라서, 실내온열환경의 대표점을 (그림 3.13)과 같이 실중양 1점으로 선정하여 조리기구 가동 전후에 따른 온도차이를 알아보았으며, 후드정면과 측면으로의 열기유출정도를 알아보기 위해 후드정면과 측면의 각 1점의 측정점을 선정하여 온도상승폭을 알아보았다.

위치별 온도상승폭 결과는 <표 4.2>~<표 4.4>에 나타내었다.

<표 4.2> 조리기구 가동에 따른 급기방식별 실중양 온도상승폭 (단위: °C)

급기풍량 및 풍속 실험변수	무급기	500CMH	600CMH	700CMH	800CMH	900CMH
		1.8m/s	2.1m/s	2.5m/s	2.9m/s	3.3m/s
배기전용	9.2	-	-	-	-	-
3방향 급기방식 (정면+ 내부+ 하향)	-	7.7	8.0	7.7	6.9	3.9
	무급기	100CMH	150CMH	200CMH	250CMH	300CMH
		1.5m/s	2.5m/s	3.5m/s	4.5m/s	5.5m/s
2방향 급기방식 (내부+ 하향)	-	7.9	5.7	4.8	5.6	5.7

<표 4.2>의 실중양 온도상승폭 산정결과에서 실중양온도 상승폭은 배기전용에서 9.2°C, 동시급배기형태의 후드에서 3.9~8.0°C임을 알 수 있다. 즉, 후드에 급기기류가 있을 경우 실내온도 상승폭은 1.2~5.3°C의 차이를 보이고 있으므로 동시급배기 형태의 후드는 실내로 확산되는 열기를 차단하는데 효과적이며, 실내온

열환경을 향상시키는데 적합함을 유추할 수 있다. 이 때, 3방향 급기방식의 최적 급기풍속은 3.3m/s로 나타났지만, 배기효율 결과에서 언급하였듯 3.3m/s의 급기 풍속은 다소 높은 풍속임을 고려하여 3.3m/s의 결과를 제외하면, 2방향 급기방식 후드의 실내온도 상승폭이 상대적으로 낮음을 알 수 있다. 따라서, 2방향 급기방식 후드의 성능이 3방향 급기방식보다 안정적인 것으로 판단된다.

<표 4.3> 조리기구 가동에 따른 급기방식별 후드정면 온도상승폭 (단위: °C)

급기풍량 및 풍속 실험변수	무급기	500CMH	600CMH	700CMH	800CMH	900CMH
		1.8m/s	2.1m/s	2.5m/s	2.9m/s	3.3m/s
배기전용	27.2	-	-	-	-	-
3방향 급기방식 (정면+ 내부+ 하향)	-	4.4	5.3	5.1	4.9	1.1
	무급기	100CMH	150CMH	200CMH	250CMH	300CMH
		1.5m/s	2.5m/s	3.5m/s	4.5m/s	5.5m/s
2방향 급기방식 (내부+ 하향)	-	16.9	13.3	10.9	11.4	11.3

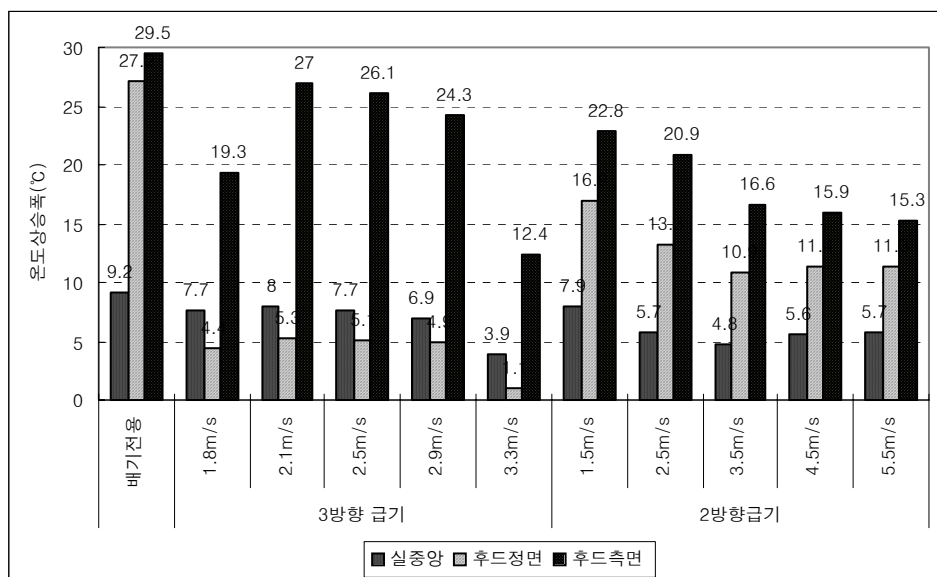
<표 4.3>의 후드정면 온도상승폭 산정결과 실증양온도상승폭 결과와 동일하게 동시급배기형 후드가 배기전용 후드에 비해 열기차단효과가 뛰어남을 알 수 있다. 3방향 급기방식과 2방향 급기방식을 비교하면, 3방향 급기방식 후드는 1.8~2.9m/s의 모든 급기풍속에서도 1.1~5.3°C의 낮은 온도상승폭을 나타내고 있으며, 2방향 급기방식의 경우 10.9~16.9°C의 온도상승폭을 나타내고 있어, 3방향 급기방식의 온도상승폭이 낮음을 알 수 있다. 이는 3방향 급기방식의 정면 급기가 온도측정점에 직접적으로 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다.

<표 4.4> 조리기구 가동에 따른 급기방식별 후드측면 온도상승폭

(단위: °C)

급기풍량 및 풍속 실험변수	무급기	500CMH	600CMH	700CMH	800CMH	900CMH
		1.8m/s	2.1m/s	2.5m/s	2.9m/s	3.3m/s
배기전용	29.5	-	-	-	-	-
3방향 급기방식 (정면+ 내부+ 하향)	-	19.3	27	26.1	24.3	12.4
	무급기	100CMH	150CMH	200CMH	250CMH	300CMH
		1.5m/s	2.5m/s	3.5m/s	4.5m/s	5.5m/s
2방향 급기방식 (내부+ 하향)	-	22.8	20.9	16.6	15.9	15.3

후드측면 온도상승폭 산정결과에 따르면, 동시급배기 방식의 후드가 배기전용 방식에 비해 측면으로의 열기유출이 적음을 알 수 있다. 이때, 2방향 급기방식의 경우 5.5m/s의 급기풍속에서 가장 낮은 온도상승폭을 나타내고 있는데, 이는 급기되는 공기가 외기임에 따라, 급기풍량이 증가할수록 조리시 발생한 열기와 희석되는 비율이 증가하여 측면으로 확산되는 공기의 온도가 낮아졌기 때문으로 판단된다.



(그림 4.9) 급기방식별 실내온도상승폭

(그림 4.9)는 실중양, 후드정면 및 측면의 3지점 온도상승폭을 하나의 그래프로 나타낸 결과이다.

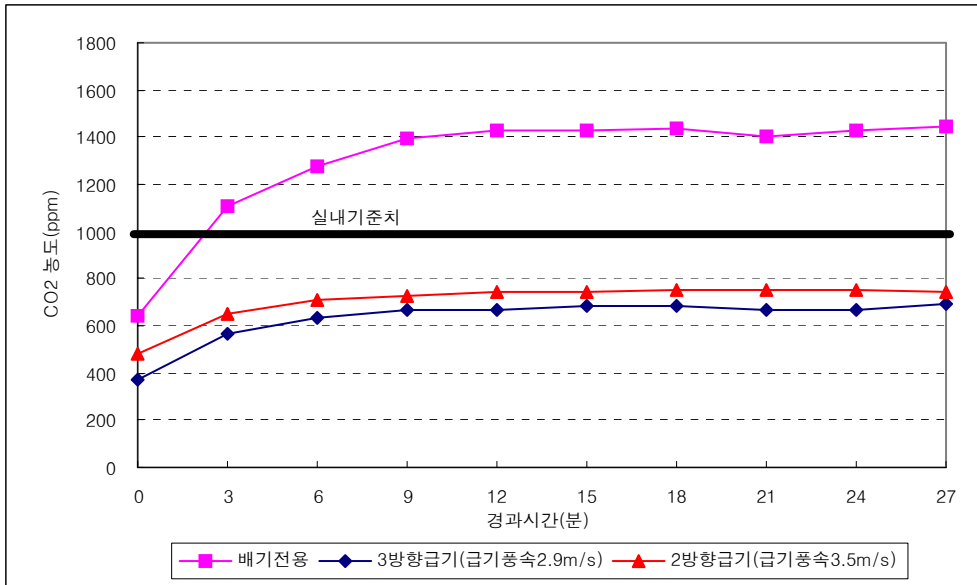
실중양 온도상승폭 산정결과에 따라 2방향 급기방식에서는 3.5m/s, 3방향 급기방식에서는 3.3m/s의 급기풍속에서 가장 우수한 성능을 나타내지만, 안전율을 고려하면 3방향 급기방에서는 2.9m/s의 급기풍속이 가장 적합한 것으로 판단되며, 이는 국소배기효율 산정 결과와 동일한 결과이다.

3방향 급기방식은 정면에 위치한 급기기류의 영향으로 후드정면의 온도상승폭은 배기전용에 비해 20°C이상 낮아지지만, 측면의 온도상승폭은 배기전용과 비슷한 수준을 유지하고 있음을 알 수 있다. 이에 반해, 2방향 급기방식의 정면 온도상승폭은 다소 높지만, 측면의 온도상승폭이 상대적으로 낮음을 알 수 있으며, 전반적으로 2방향 급기방식이 3방향 급기방식에 비해 실중양 온도상승폭이 낮게 측정되었다. 따라서, 3방향 급기방식에서 정면의 온도상승폭이 낮게 측정된 이유는 열기의 차단효과에 의한 것이 아니며, 단순히, 급기기류에 의해 열기가 희석되어 나타난 결과라고 판단되므로, 3방향 급기방식보다 2방향 급기방식의 성능이 상대적으로 우수하다고 판단된다.

4.1.3 실내 공기환경

1) 실중양 공기환경

실중양 부분의 CO₂ 농도는 실중양 온도측정시의 대표점과 동일한 지점에서 측정하였으며, 대표급기풍속에서의 조리기구 가동에 따른 배기전용, 3방향 및 2방향 급기방식 후드의 CO₂ 농도변화를 (그림 4.10)에 나타내었다.



(그림 4.10) 실중양 CO₂ 농도변화

(그림 4.10)의 그래프를 토대로 정상상태 도달후의 평균농도를 산정하여 <표 3.10>에 나타내었다.

<표 4.5> 급기방식별 실중양 CO₂ 농도

(단위 : ppm)

급기풍량 및 풍속 실험변수	무급기	500CMH	600CMH	700CMH	800CMH	900CMH
		1.8m/s	2.1m/s	2.5m/s	2.9m/s	3.3m/s
배기전용	1430	-	-	-	-	-
3방향 급기방식 (정면+ 내부+ 하향)	-	713	678	684	758	781
	무급기	100CMH	150CMH	200CMH	250CMH	300CMH
		1.5m/s	2.5m/s	3.5m/s	4.5m/s	5.5m/s
2방향 급기방식 (내부+ 하향)	-	916	914	835	856	875

실중양 CO₂ 농도 산정결과 배기전용 후드는 실내 농도가 기준치인 1000ppm

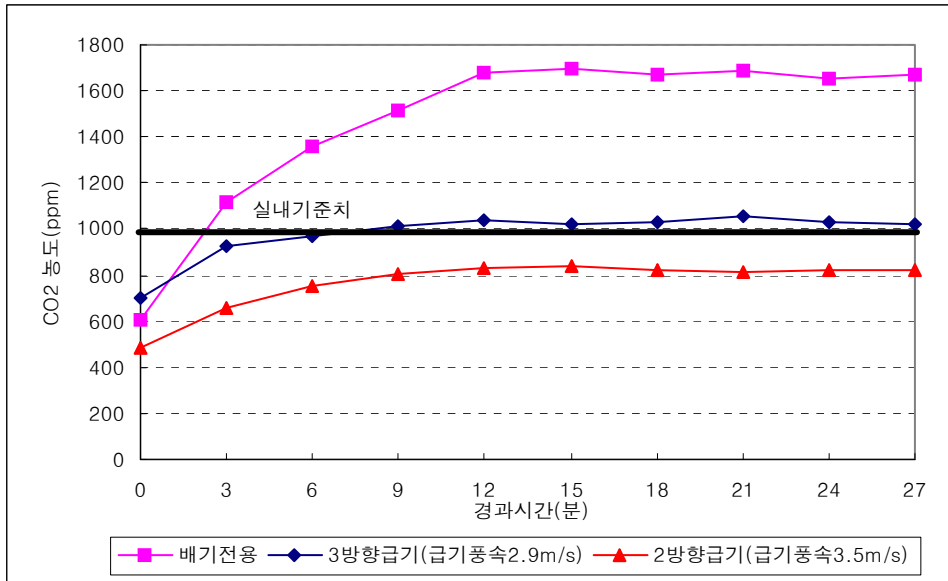
을 초과하는 농도를 나타내므로 실중앙의 공기환경은 열악한 것으로 나타났다.

반면, 3방향 급기방식후드 가동시는 1.8~3.3m/s의 모든 급기풍속에서 실중앙 CO₂ 농도가 800ppm을 넘지 않는 낮은 측정치를 나타내고 있으며, 2방향 급기방식역시 1000ppm이하의 농도를 나타내고 있으므로 앞선 결과와 동일하게 동시 급배기 방식 후드의 성능이 배기전용 후드에 비해 우수함을 확인할 수 있었다. 이는 급기기류에 의해 조리사 부위의 CO₂ 가스가 실내로 확산되지 못하였으며, 실내로 확산되는 일부분의 CO₂ 가스는 급기기류에 의해 희석되었기 때문으로 판단된다.

그러나, 2방향 급기방식은 전체적인 실중앙 CO₂농도가 3방향 급기방식 후드에 비해 높게 나타나고 있다. 이는 실중앙 측정점이 3방향 급기방식의 정면급기구에 서 토출된 급기기류의 영향범위내에 위치하여 신선한 외기의 영향을 받았기 때문으로 실중앙 공기환경 측면에서는 2방향 급기방식 후드에 비해 3방향 급기방식 후드의 성능이 더욱 우수하다고 판단된다.

2) 조리사 호흡선 공기환경

조리사 호흡선 위치는 (그림 3.13)에 나타나듯 조리사 조리사가 위치하는 지점의 1.5m 높이에서 측정하였다. (그림 4.10)은 조리기구 가동에 따른 배기전용, 3방향 및 2방향 급기방식 후드의 조리사부위 CO₂ 농도변화를 나타내고 있다.



(그림 4.11) 조리사부 CO₂ 농도변화

조리사 호흡선 위치의 CO₂ 농도역시 조리기구 가동직후부터 서서히 상승하여 정상상태에 도달하는 패턴을 나타내고 있으며, (그림 4.11)의 그래프를 토대로하여 급기방식별로 정상상태 도달후의 평균농도를 산정하여 <표 4.6>에 나타내었다.

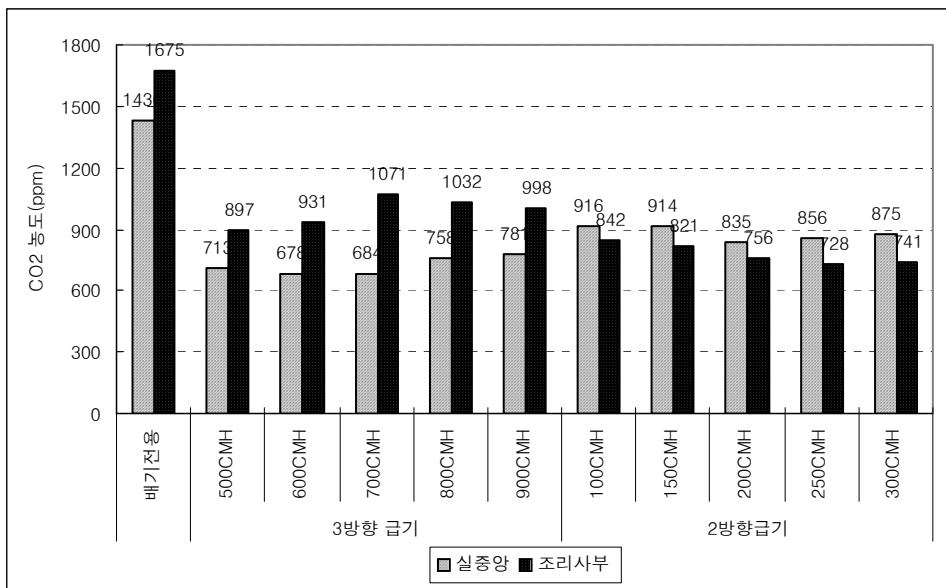
<표 4.6> 급기방식별 조리사 호흡선 CO₂ 농도

(단위 : ppm)

실험변수 \ 급기풍량 및 풍속	무급기	500CMH	600CMH	700CMH	800CMH	900CMH
		1.8m/s	2.1m/s	2.5m/s	2.9m/s	3.3m/s
배기전용	1675	-	-	-	-	-
3방향 급기방식 (정면+ 내부+ 하향)	-	897	931	1071	1032	1029
	무급기	100CMH	150CMH	200CMH	250CMH	300CMH
		1.5m/s	2.5m/s	3.5m/s	4.5m/s	5.5m/s
2방향 급기방식 (내부+ 하향)	-	842	821	756	728	741

조리사부위 CO₂ 산정결과, 동시급배기 형태의 후드가 배기전용 후드에 비해

성능이 우수함을 확인할 수 있었다. 하지만, 2방향 급기방식후드의 조리사부 CO₂ 농도는 728~842ppm을 나타낸 반면, 3방향급기방식의 경우 897~1071ppm을 나타내고 있어 실중양 CO₂ 농도 산정결과와는 반대로 조리사부위 공기환경은 2방향 급기방식이 우수한 것으로 판단된다. 또한, 3방향 급기방식은 최고 1000ppm을 넘는 농도를 나타내고 있어 조리기구 근처에 위치한 조리사에게는 열악한 환경을 제공하고 있으므로, 적용시 주의가 필요하다.



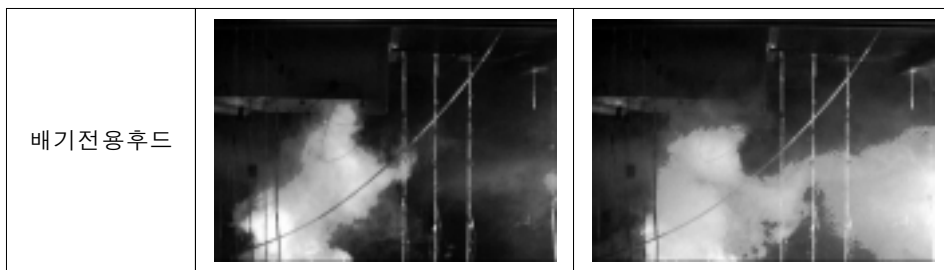
(그림 4.12) 급기방식별 실내 CO₂ 농도

급기방식별 실중양 및 조리사 호흡선 위치의 CO₂ 농도를 그래프로 (그림 4.12)에 나타내었다.

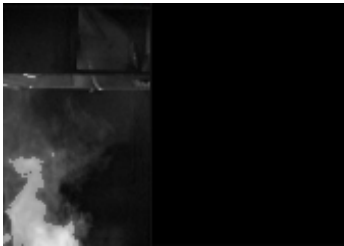
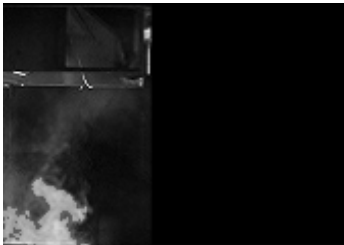
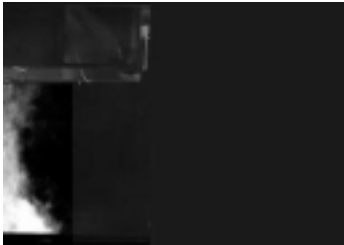
동시급배기형 후드가 배기전용 후드에 비하여 실내공기환경 측면에서 성능이 우수한 것으로 확인되었으며, 3방향 급기방식과 2방향 급기방식후드중 실중양 공기환경은 3방향 급기방식이 우수하며, 조리사부의 공기환경은 2방향 급기방식이 우수함을 알 수 있다.

4.1.4 기류가시화

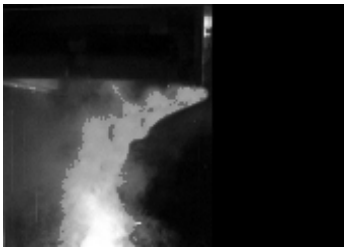
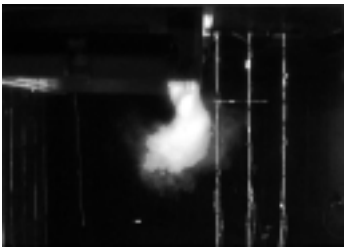
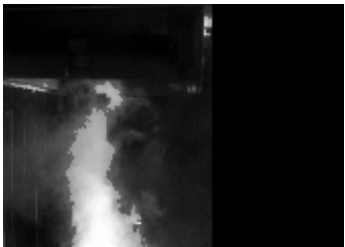
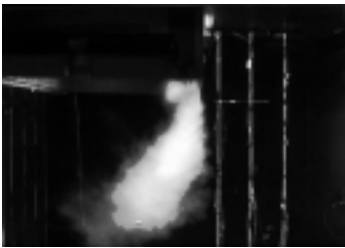
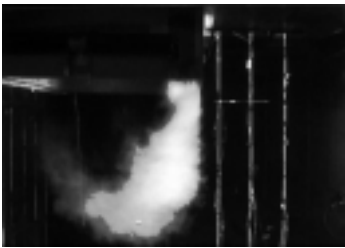
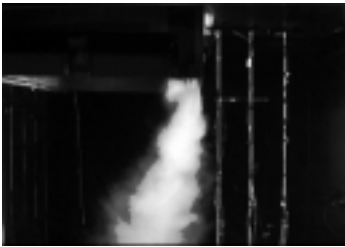
기류가시화 실험은 조리기구 하부에서 연기를 발생시켜 조리시 발생하는 열기 및 오염물질의 발생시부터 배기시까지의 이동패턴을 알아보는 배기기류가시화 실험과 실외의 급기구에서 연기를 발생시켜 후드의 급기구로부터 토출된 기류의 이동패턴을 알아보는 급기기류 가시화 실험의 두가지 항목으로 수행되었으며, 실험결과는 (그림 4.13)~(그림 4.15)와 같다.



(그림 4.13) 배기전용 후드 기류가시화

3방향급기	배기기류 가시화	급기기류 가시화
급기풍속 1.8m/s (500CMH)		
급기풍속 2.1m/s (600CMH)		
급기풍속 2.5m/s (700CMH)		
급기풍속 2.9m/s (800CMH)		
급기풍속 3.3m/s (900CMH)		

(그림 4.14) 3방향 급기방식 후드 기류가시화

2방향급기	배기기류가시화	급기기류가시화
급기 풍속 1.5m/s (100CMH)		
급기 풍속 2.5m/s (150CMH)		
급기 풍속 3.5m/s (200CMH)		
급기 풍속 4.5m/s (250CMH)		
급기 풍속 5.5m/s (300CMH)		

(그림 4.15) 2방향 급기방식 후드 기류가시화

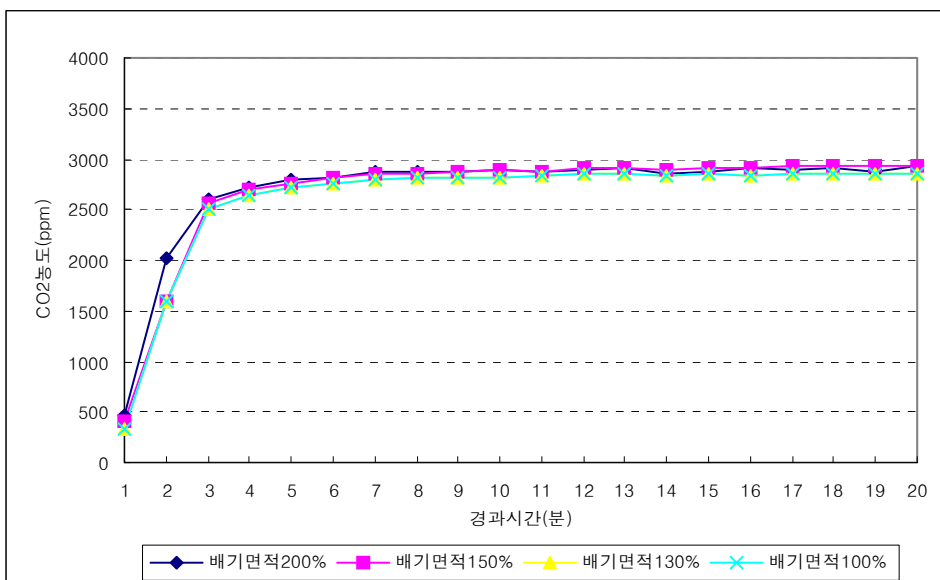
기류가시화 실험결과 동시급배기형 후드의 급기기류는 조리기구에서 발생하는 열기와 오염물질의 차단효과가 뛰어남을 알 수 있다.

하지만, 급기풍속이 낮을 경우는 급기기류의 영향범위가 조리기구 상부에 미치지 못하여 급기기류 영향범위 하부로 열기와 오염물질이 실내로 확산될 수 있으며, 급기풍속이 지나치게 높을 경우는 보충공기의 역할을 하지 못하고 오염물질과 함께 실내로 확산되는 경향을 나타내고 있다.

4.2 배기면적별 성능실험

4.2.1 국소배기효율

전면배기부 유무에 따른 효율 상승효과와 배기면적 확대에 따른 배기풍속 증가시 후드급기풍속 변화와의 상관관계를 파악하기 위한 국소배기효율 실험을 실시하였으며, 대표급기풍속으로 선정한 급기풍속 3.5m/s일시 조리기구 가동후의 시간에 따른 배기덕트의 CO₂ 농도변화를 배기면적별로 (그림 4.16)에 나타내었다.



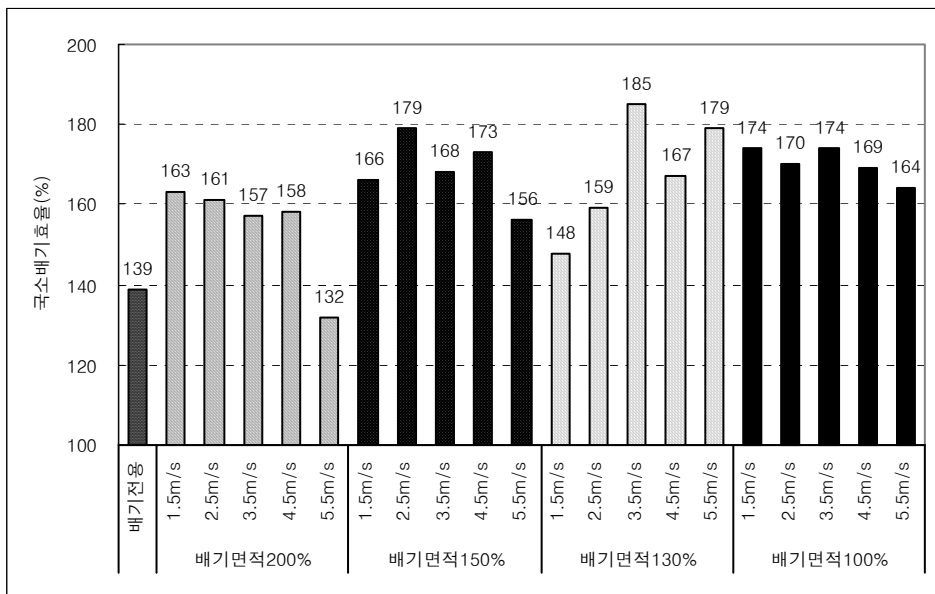
(그림 4.16) 급배기풍속 3.5m/s에서의 배기면적별 배기덕트 CO₂ 농도변화

(그림 4.16)의 결과를 토대로 식(3.3)~식(3.5)를 이용하여 배기면적 및 급기풍속별 국소배기효율을 산정하였으며, 산정결과를 <표 4.7>과 <그림 4.17>에 나타내었다.

<표 4.7> 배기면적별 후드의 국소배기효율

(단위 : %)

급기풍속 실험변수(배기속도:m/s)	1.5m/s (100CMH)	2.5m/s (150CMH)	3.5m/s (200CMH)	4.5m/s (250CMH)	5.5m/s (300CMH)
배기면적 200% (후면: 0.41 전면:0.41)	163	161	157	158	132
배기면적 150% (후면: 0.48 전면:0.41)	166	179	168	173	156
배기면적 130% (후면: 0.55 전면:0.41)	148	159	185	167	179
배기면적 100% (후면: 0.64 전면:0.41)	174	170	176	169	164



(그림 4.17) 배기면적별 후드의 국소배기효율

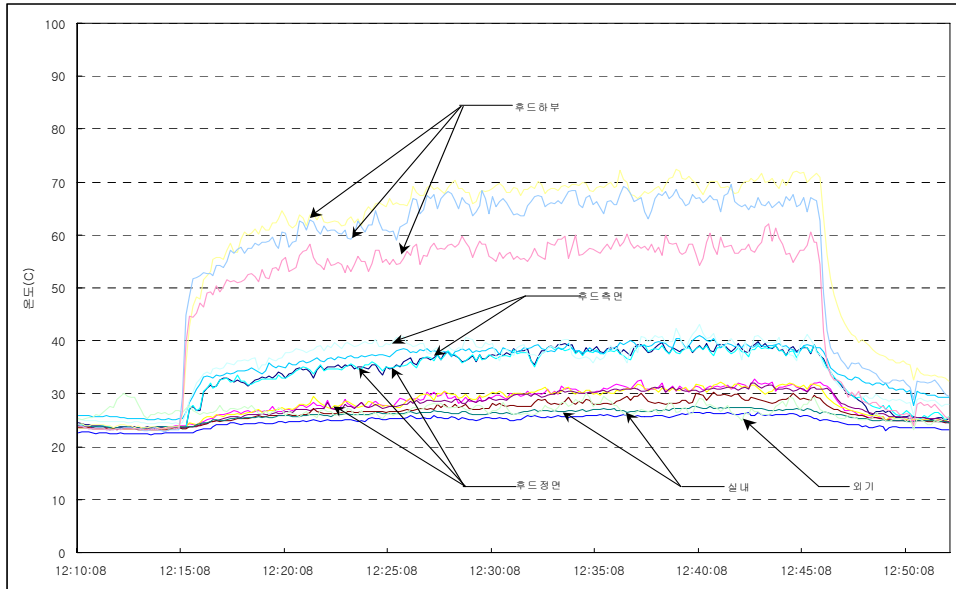
배기면적에 따라 특정한 급기풍속을 꼭지점으로 하여 최고의 효율을 나타내며

전후의 급기풍속에서는 효율이 감소하는 패턴을 나타내고 있으므로, 배기면적에 따라 적정급기풍속이 확보되었을시 최고의 성능을 나타냄을 알 수 있으며, 배기면적 200%의 경우 1.5m/s, 150%의 경우 2.5m/s, 130% 및 100%의 경우 3.5m/s의 급기풍속에서 가장 높은 효율을 나타내고 있으므로, 배기면적이 축소되어 배기풍속이 증가할 경우 적정 급기풍속 역시 증가함을 알 수 있었다.

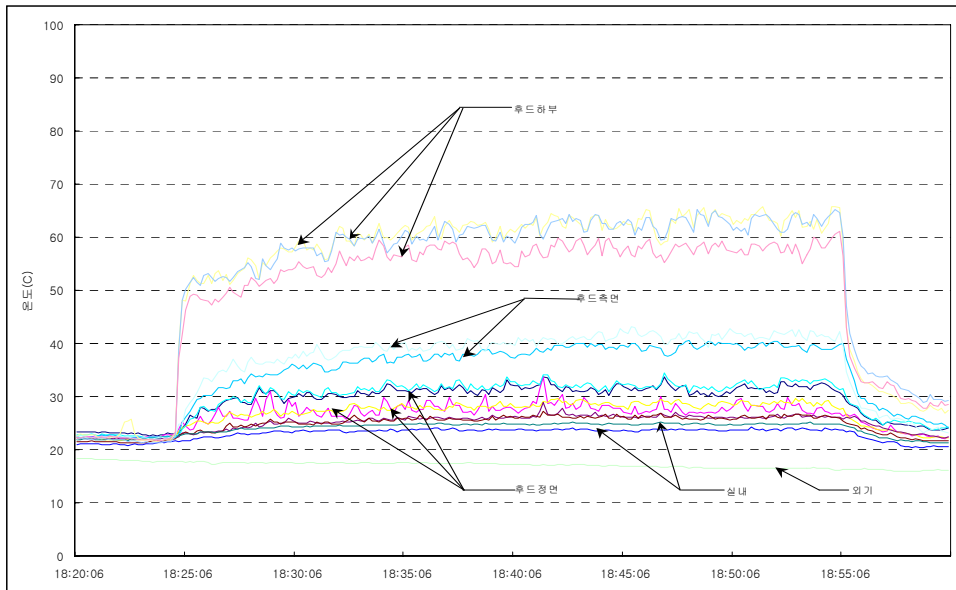
배기면적별 효율을 비교하면 배기면적 150%와 130%, 100% 후드의 성능이 200% 후드에 비해 우수하며 배기면적이 100%에서 150%로 배기면적이 증가할수록 최적급기풍속에서의 성능은 상승하였으므로, 배기면적 확대(전면추가 배기부설치)시 후드의 성능이 향상됨을 알 수 있었다. 다만, 배기면적 200%의 경우 배기면적 100%~150% 후드에 비해 상대적으로 낮은 성능을 나타내고 있는데, 이는 배기면적 확대에 의해 배기풍속이 적정기준치 이하로 감소하여 성능이 저하되었기 때문으로 판단된다. 따라서, 배기면적 200% 후드의 배기풍속 0.41m/s는 적정수준 이하의 풍속임을 유추할 수 있으며, 배기효율 측면에서 본 연구에 사용된 후드의 적정배기풍속은 0.48~0.64m/s로 판단된다.

4.2.2 실내 온열환경

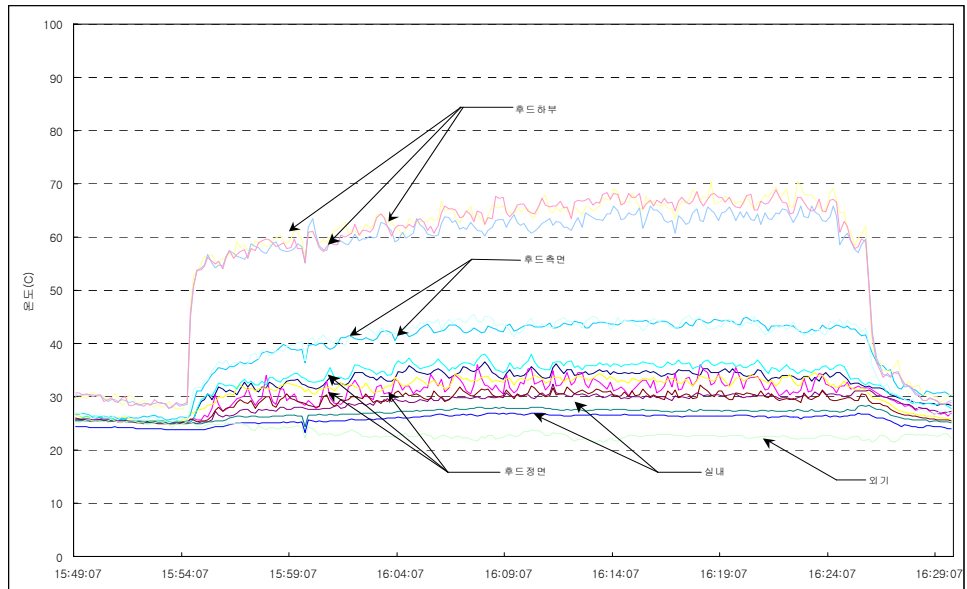
각 배기면적별 최고의 성능을 나타내는 급기풍속의 실내온도변화 그래프를 (그림 4.18)~(그림 4.21)에 나타내었다.



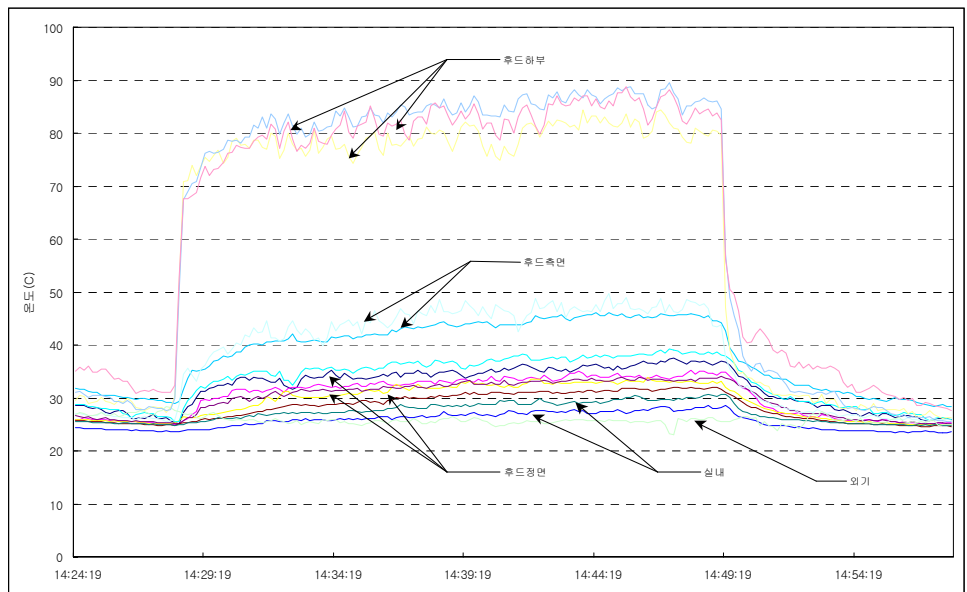
(그림 4.18) 배기면적 200% 및 급기풍속 1.5m/s 후드의 실내온도변화



(그림 4.19) 배기면적 150% 및 급기풍속 1.5m/s 후드의 실내온도변화



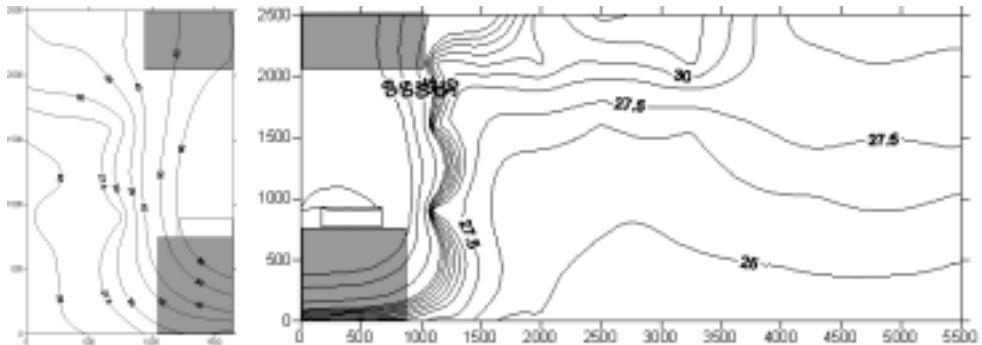
(그림 4.20) 배기면적 130% 및 급기풍속 2.5m/s 후드의 실내온도변화



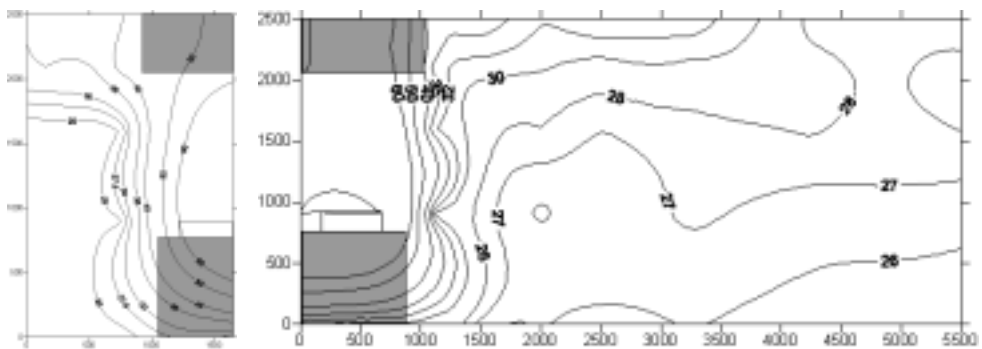
(그림 4.21) 배기면적 100% 및 급기풍속 3.5m/s 후드의 실내온도변화

(그림 4.18)~(그림 4.21)를 살펴보면 조리기구 가동 직후 각 부위의 온도가 급격히 상승하며 시간경과에 따라 상승폭이 줄어들어 정상상태에 도달하고 있다.

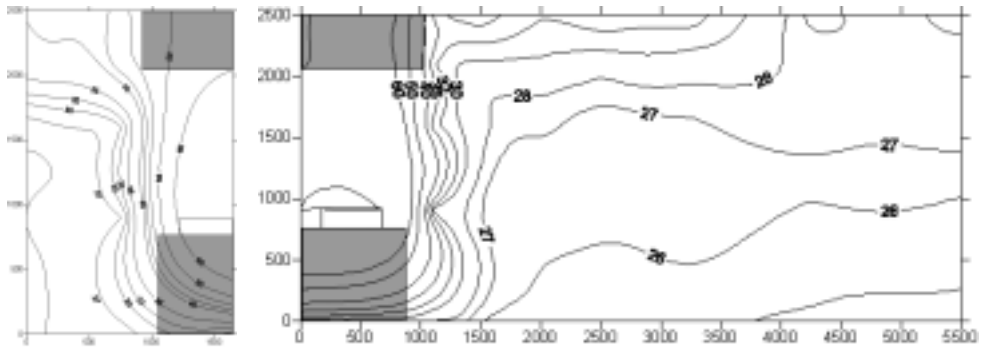
배기면적별 후드의 성능차이를 파악하기 위해 측정결과를 토대로 정상상태 도달후 평균온도를 산정하였으며, 평균온도를 토대로 작성된 실내온도 분포도를 (그림 4.22)~(그림 4.25)에 나타내었다.



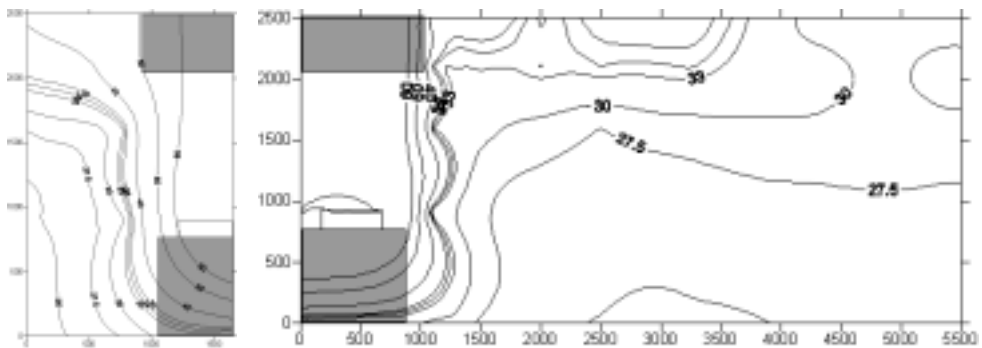
(그림 4.22) 배기면적 200% 및 급기풍속 1.5m/s 후드의 실내온도분포도



(그림 4.23) 배기면적 150% 및 급기풍속 1.5m/s 후드의 실내온도분포도



(그림 4.24) 배기면적 130% 및 급기풍속 2.5m/s 후드의 실내온도분포도



(그림 4.25) 배기면적 100% 및 급기풍속 3.5m/s 후드의 실내온도분포도

(그림 4.222)~(그림 4.25)의 실내온도분포도를 살펴보면 후드정면의 천정부위 온도가 가장 높으며 하부 및 조리기구 반대방향으로 갈수록 온도가 감소하는 패턴을 보이고 있다. 즉, 전면배기부 설치 및 급기기류에 의해 후드정면의 열기유출을 차단하고자 하였지만 조리기구에서 발생한 열기가 후드 정면을 통해 실내로 일부분 유출되고 있음을 확인할 수 있다. 따라서, 배기면적별 열기 유출정도를 파악하기 위해 (그림 3.13)과 같이 후드정면과 측면의 각 1점의 대표점을 선정하여 조리기구 가동전후에 따른 온도차이를 알아보았으며 열기유출에 의한 실내온도 상승폭을 알아보기 위해 실내온열환경의 대표점으로 실중양 1점을 선정하여 온도상승폭을 산정하였다.

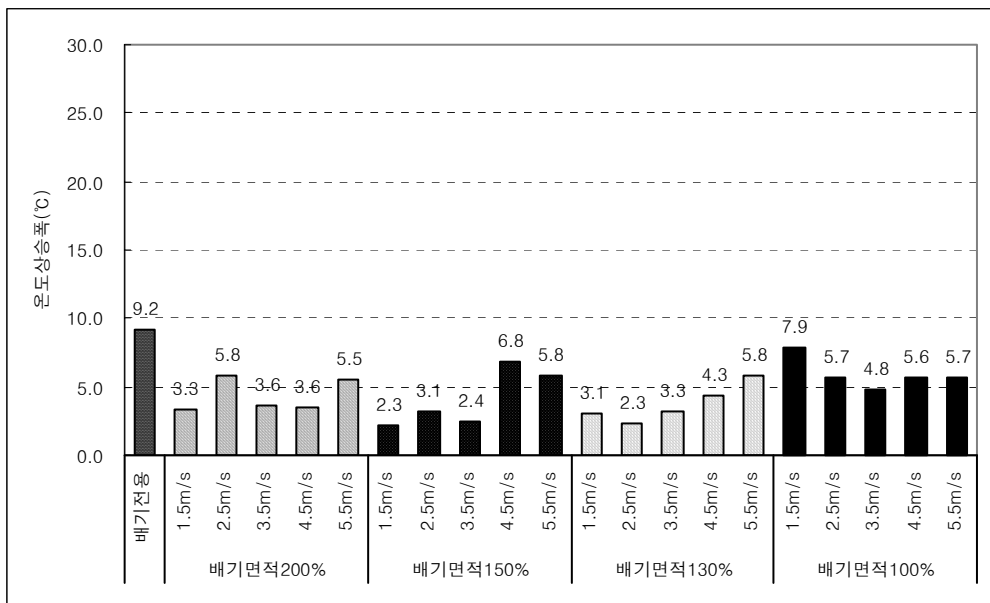
위치별 온도상승폭 결과는 <표 4.8>~<표 4.10>과 (그림 4.26)~(그림 4.28)에

나타내었다.

<표 4.8> 조리기구 가동에 따른 배기면적별 실중량 온도상승폭

(단위:°C)

급기풍속 실험변수(배기속도:m/s)	1.5m/s (100CMH)	2.5m/s (150CMH)	3.5m/s (200CMH)	4.5m/s (250CMH)	5.5m/s (300CMH)
배기면적 200% (후면: 0.41 전면:0.41)	3.3	5.8	3.6	3.6	5.5
배기면적 150% (후면: 0.48 전면:0.41)	2.3	3.1	2.4	6.8	5.8
배기면적 130% (후면: 0.55 전면:0.41)	3.1	2.3	3.3	4.3	5.8
배기면적 100% (후면: 0.64 전면:0.41)	7.9	5.7	4.8	5.6	5.7



(그림 4.26) 조리기구 가동에 따른 배기면적별 실중량 온도상승폭

실중량 온도상승폭 산정결과 배기면적 200% 및 150%의 경우 1.5m/s, 130% 시 2.5m/s, 100%시 3.5m/s의 급기풍속에서 가장 낮은 온도상승폭을 나타내고 있으므로 배기풍속 증가에 따라 급기풍속이동시에 증가해야 최적의 성능을 나타

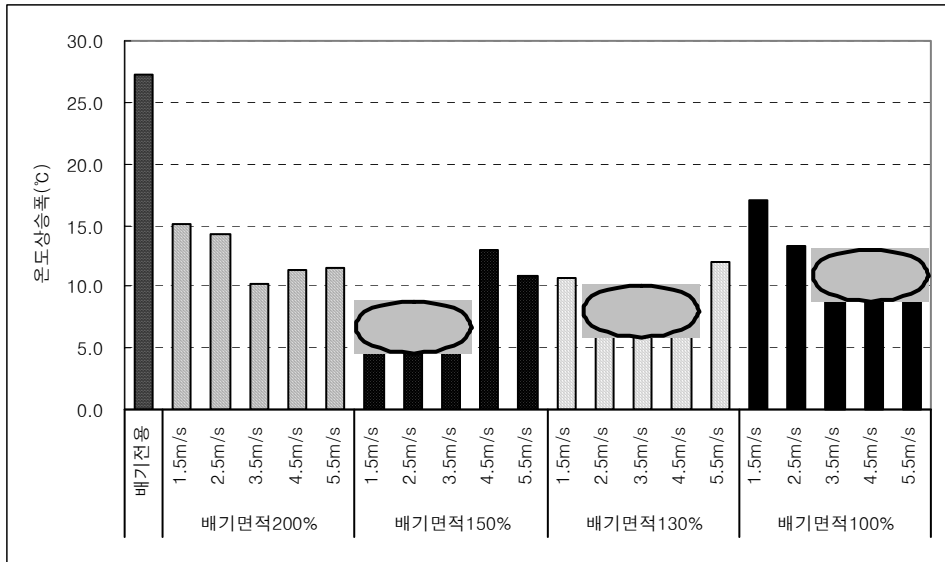
냄을 알 수 있으며, 급기풍속을 벗어난 풍속에서는 온도상승폭이 높아지는 패턴을 나타내고 있으므로, 배기풍속에 적절한 급기풍속을 선정해야 함을 알 수 있다.

배기면적별 온도상승폭을 비교하면, 배기면적 200%는 3.3~5.8°C, 150%는 2.3~6.8°C, 130%는 2.3~5.8°C, 100%는 4.8~7.9°C로 나타났다. 100% 후드에 비해 배기면적 확대시 실내온도상승폭이 낮음에 따라, 배기면적 확대시(전면 추가배기부 설치) 실내 온열환경을 향상시킬 수 있음을 유추할 수 있다.

그러나, 배기면적 200% 후드는 100% 후드에 비해 성능은 향상되지만, 급기풍속 변화에 따라 온도상승폭이 하나의 패턴을 나타내지 않으며, 불안정한 모습을 보이고 있다. 국소배기효율의 결과에서 배기면적 200% 후드의 0.41m/s의 배기풍속은 적정수준 이하의 풍속으로 판단되었으므로 낮은 배기풍속으로 인한 성능저하로 불안정한 온도변화폭을 나타낸다고 판단된다. 따라서 배기면적 130%~150% 후드가 실내온열환경 향상에 적합한 조건임을 알 수 있으며, 이때의 배기풍속 0.48~0.55m/s가 본 연구에 사용된 후드의 적정배기풍속이라 판단된다.

<표 4.9> 조리기구 가동에 따른 배기면적별 후드전면 온도상승폭 (단위:°C)

급기풍속 실험변수(배기속도:m/s)	1.5m/s (100CMH)	2.5m/s (150CMH)	3.5m/s (200CMH)	4.5m/s (250CMH)	5.5m/s (300CMH)
배기면적 200% (후면: 0.41 전면:0.41)	15	14.3	10.2	11.4	11.5
배기면적 150% (후면: 0.48 전면:0.41)	8.4	6.8	6.3	13	10.9
배기면적 130% (후면: 0.55 전면:0.41)	10.8	9.0	7.5	9.6	12.1
배기면적 100% (후면: 0.64 전면:0.41)	16.9	13.3	10.9	11.4	11.3



(그림 4.27) 조리기구 가동에 따른 배기면적별 후드정면 온도상승폭

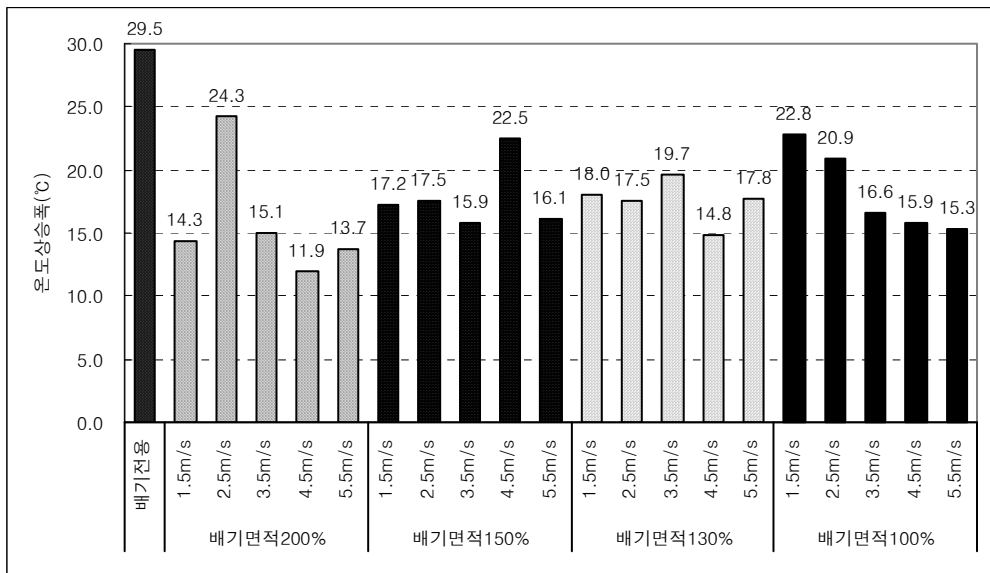
후드정면의 온도상승폭은 모든 배기풍속에서 급기풍속 3.5m/s일시 가장 낮은 상승폭을 보이고 있어 앞선 국소배기효율과 실내온도상승폭의 결과와는 다른 패턴을 나타내고 있다. 그러나, 배기면적 200%의 배기풍속은 낮은 풍속임을 고려하여 배기면적 200%의 결과를 제외하면, 배기풍속이 상승할수록 3.5m/s이하의 급기풍속에서의 온도상승폭이 높아지며, 3.5m/s이상의 급기풍속에서의 온도상승폭이 줄어듦을 알 수 있다. 즉, 배기면적 150%는 1.5~3.5m/s, 배기면적 150%는 2.5~4.5m/s, 배기면적 100%는 3.5~5.5m/s의 급기풍속에서 상대적으로 우수한 성능을 나타내고 있으며, 배기풍속이 높아짐에 따라 높은 급기풍속에서 온도상승폭이 낮은 집단이 형성됨을 알 수 있다. 따라서, 모든 배기풍속에서 급기풍속이 3.5m/s일때 최소의 온도상승폭을 나타내지만, 전후의 급기풍속에서의 결과를 살펴보면, 배기풍속이 증가할수록 급기풍속이 증가해야 효과적임을 나타내고 있다.

배기면적별 온도상승폭을 비교하면 배기면적 200%후드는 10.2~15°C, 150%후드는 6.3~13°C, 130% 후드는 7.5~12.1°C 100% 후드는 10.9~16.9°C로 배기면적 150% 및 130% 후드의 성능이 상대적으로 우수하며, 100%에서 130% 및 150%로 배기면적 증가시 후드성능이 향상되지만, 200%로 배기면적 확대시 성능이 저하되는 패턴을 나타내고 있다. 따라서, 배기면적 확대시(전면 추가

배기부 설치) 후드의 성능은 향상되지만, 지나친 배기면적 확대는 배기풍속 감소로 후드의 성능을 저하시킴을 알 수 있었으며, 본 연구에서 사용된 후드의 배기면적은 130%~150%가 적정함에 따라 적정 배기풍속은 0.48~0.55m/s의 범위인 것으로 판단된다.

<표 4.10> 조리기구 가동에 따른 배기면적별 후드측면 온도상승폭 (단위:°C)

급기풍속 실험변수(배기속도:m/s)	1.5m/s (100CMH)	2.5m/s (150CMH)	3.5m/s (200CMH)	4.5m/s (250CMH)	5.5m/s (300CMH)
배기면적 200% (후면: 0.41 전면:0.41)	14.3	24.3	15.1	11.9	13.7
배기면적 150% (후면: 0.48 전면:0.41)	17.2	17.5	15.9	22.5	16.1
배기면적 130% (후면: 0.55 전면:0.41)	16.8	17.5	19.7	14.8	17.8
배기면적 100% (후면: 0.64 전면:0.41)	22.8	20.9	16.6	15.9	15.3

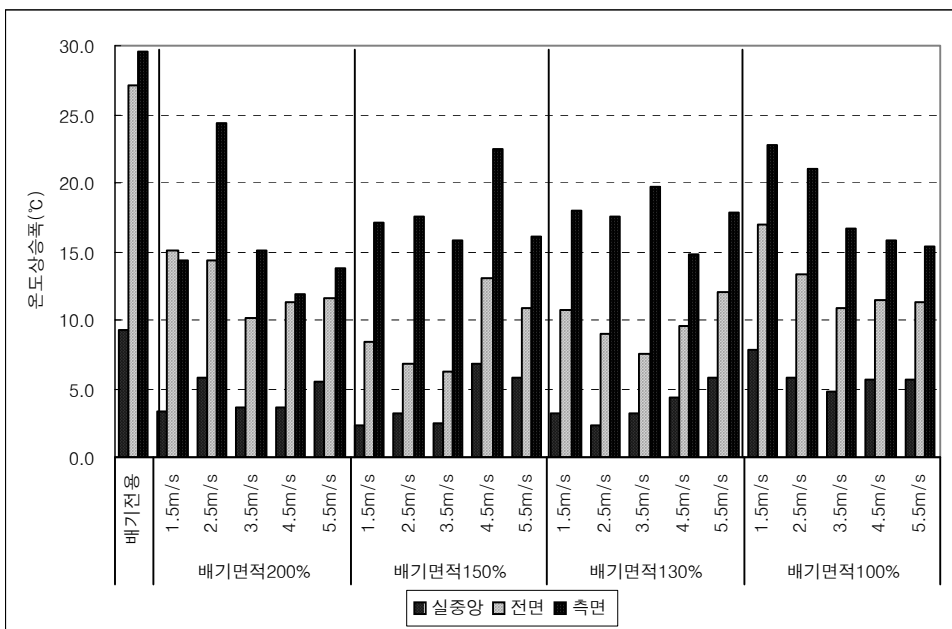


(그림 4.28) 조리기구 가동에 따른 배기면적별 후드측면 온도상승폭

일반적인 동시급배기형 후드는 후드전면에 급기구가 위치하며, 후드 후면의 벽

이 일종의 사이드 커튼과 같이, 정면급기에 의해 벽쪽으로 치우치는 오염물질을 가두어 두는 역할을 한다. 이렇듯 정면급기는 후면의 벽을 이용하여 후드의 포집 영역을 확장하지만, 후드의 측면은 두면이 개방되어 있어, 후면 벽과 같은 사이드커튼역할을 기대할 수 없다. 따라서, 별도의 급기구를 위치시키기 곤란하며, 실험에 사용된 후드역시 측면으로 확산되는 열기와 오염물질에 대해서는 확산을 완화시킬 어떠한 장치도 설치되어 있지 않다. 따라서, 후드측면의 온도상승폭 산정결과를 살펴보면, 후드전면에 비해 상승폭이 높게 측정되었다.

<표 4.10>에서 배기면적 200% 후드는 4.5m/s, 배기면적 150% 후드는 3.5m/s, 배기면적 130% 후드는 4.5m/s, 배기면적 100% 후드는 5.5m/s 의 급기 풍속에서 최저의 온도상승폭을 나타내고 있다. 배기면적 200% 후드의 결과를 제외하면 배기풍속이 증가할수록 급기풍속이 증가해야 최적의 성능을 나타내고 있으므로 배기풍속 증가시 급기풍속이 동시에 증가해야 효과적임을 알 수 있다. 이때 배기면적 200% 후드는 배기풍속 감소에 의한 성능저하로 급기풍속과 배기풍속의 상관관계를 만족시키지 못하는 것으로 판단된다.



(그림 4.29) 조리기구 가동에 따른 배기면적별 부위별 온도상승폭

배기면적별 온도상승폭의 결과를 종합하여 그래프로 (그림 4.29)에 나타내었다.

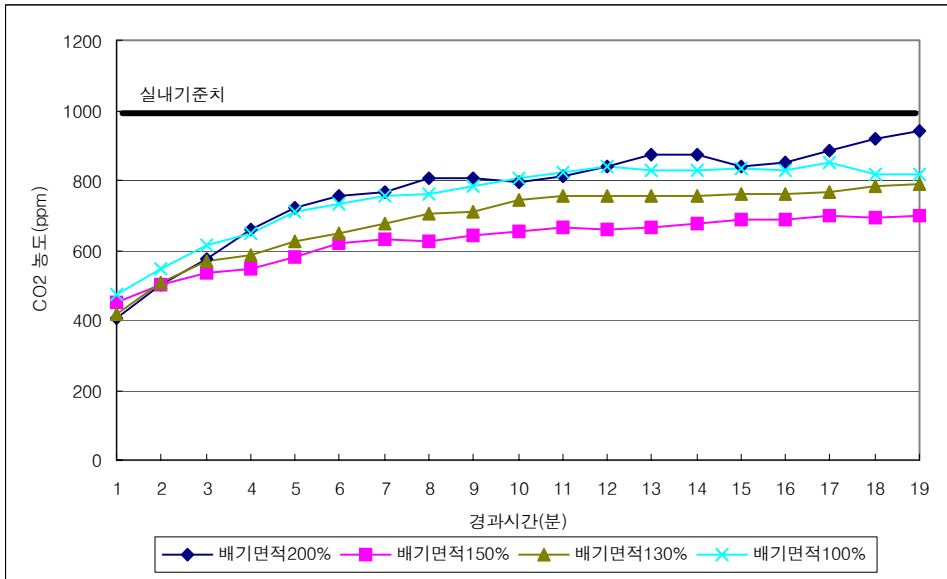
본 연구에서 후드 정면과 측면의 온도상승폭을 비교하고자 함은 급배기 풍속에 따른 후드 정면과 측면을 통한 열기의 유출정도를 알아보며, 이에 따른 실 중앙의 온도상승폭을 알아보고자 함이다.

배기면적이 100%에서 150%까지 증가할수록 온도상승폭이 낮아지는 패턴을 보이고 있지만, 배기면적 200% 후드는 배기풍속이 적정수준 이하이므로 급기풍속 변화에 따른 온도변화폭이 불안정한 모습을 보이고 있다. 따라서, 배기면적 확대(전면 추가 배기부설치)는 후드의 성능을 향상시킬 수 있지만, 적정수준 이하의 배기풍속은 불안정한 성능을 나타냄을 알 수 있으며, 배기면적 130%~150% 후드의 성능이 우수함에 따라 본 연구에 사용된 후드의 적정배기풍속은 0.48~0.55m/s임을 알 수 있었다.

4.2.3 실내 공기환경

1) 실중앙 공기환경

배기면적 변화 및 급기풍속 변화에 대한 실중앙 공기환경성능을 파악하기 위해 실중앙 부분의 CO₂ 농도를 측정하였으며, 측정점은 실중앙 온도측정시의 대표점과 동일한 지점에서 측정하였다. (그림 4.30)에 대표급기풍속에서의 조리기구 가동에 따른 배기면적별 CO₂ 농도측정 결과를 나타내었다.



(그림 4.30) 급기풍속 3.5m/s에서의 배기면적별 실중양 CO₂ 농도변화

(그림 4.30)의 결과에서 실중양 CO₂ 농도는 조리기구 가동후 부터 서서히 상승하여 일정시간후 정상상태에 도달함을 알 수 있으며, 실험에 사용된 배기면적 100%~200%후드는 1.5~5.5m/s의 급기풍속에서 실내 기준치인 1000ppm을 넘지 않고 있음을 알 수 있다.

측정결과를 토대로 정상상태 도달후의 평균농도를 산정하였으며, <표 4.11>에 산정결과를 나타내었다.

<표 4.11> 배기면적별 실중양 CO₂ 농도

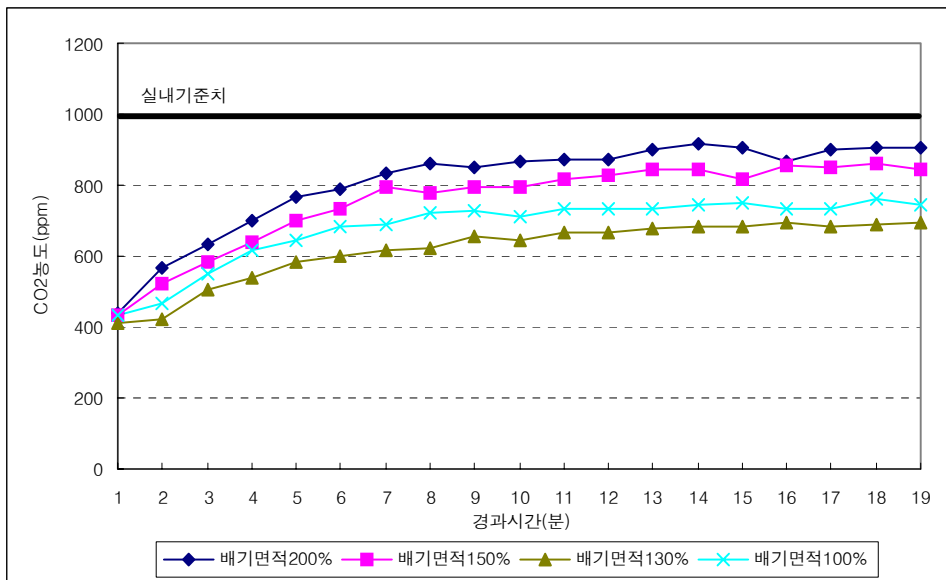
(단위:ppm)

급기풍속	1.5m/s	2.5m/s	3.5m/s	4.5m/s	5.5m/s
실험변수(배기속도:m/s)	(100CMH)	(150CMH)	(200CMH)	(250CMH)	(300CMH)
배기면적 200% (후면: 0.41 전면:0.41)	979	961	890	799	841
배기면적 150% (후면: 0.48 전면:0.41)	887	823	713	680	684
배기면적 130% (후면: 0.55 전면:0.41)	868	830	787	739	750
배기면적 100% (후면: 0.64 전면:0.41)	916	914	835	856	875

실중량 CO₂ 농도산정결과 배기면적 200% 후드는 799~979ppm, 150% 후드는 684~887ppm, 130% 후드는 739~868ppm, 100% 후드는 835~916ppm의 농도를 나타내고 있다. 모든 실험항목에서 기준치인 1000ppm이하를 나타내고 있으므로, 실내공기환경을 쾌적하게 유지할 수 있다고 판단된다. 다만, 배기면적 150% 및 130% 후드는 배기면적 200% 및 100% 후드에 비해 상대적으로 낮은 농도를 나타내고 있으므로, 보다 쾌적한 공기환경을 위해서는 배기면적 130%~150% 후드가 적합하다고 판단된다. 따라서, 배기면적 130%~150% 후드의 배기 풍속인 0.48~0.55m/s가 적정 배기풍속임을 알 수 있다.

2) 조리사 호흡선 공기환경

조리사 호흡선 위치는 조리시 조리사가 위치하는 지점의 1.5m 높이의 지점에서 측정하였으며, (그림 4.31)에 조리기구 가동에 따른 배기전용, 3방향 및 2방향 급기방식 후드의 조리사부위 CO₂ 농도측정결과를 나타내었다.



(그림 4.31) 급기풍속 3.5m/s에서의 배기면적별 조리사부 CO₂ 농도변화

(그림 4.31)의 조리사 호흡선 위치 CO₂ 농도측정결과를 이용하여 정상상태 도

달후의 평균농도를 산정하였으며, <표 4.12>에 나타내었다.

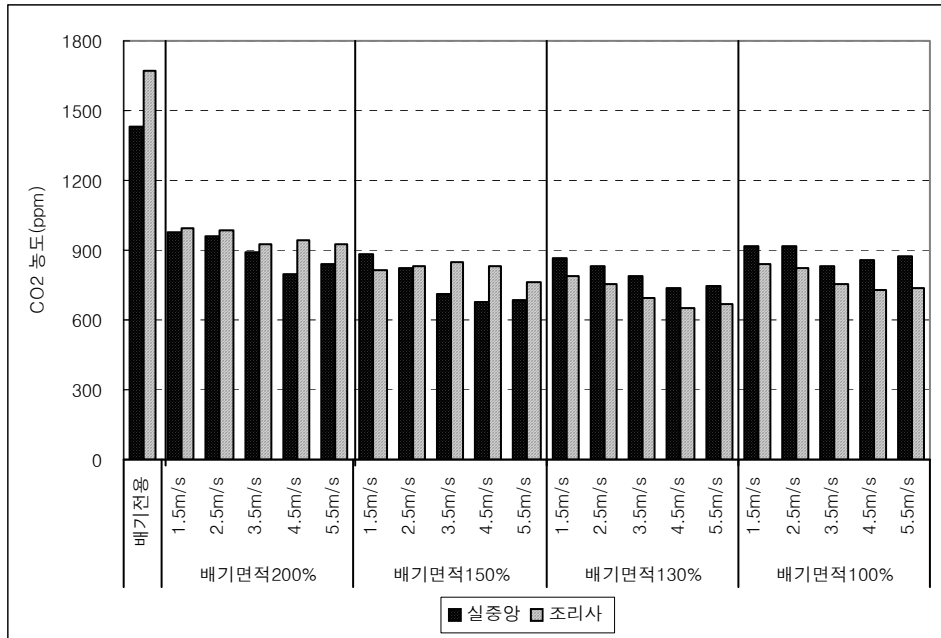
<표 4.12> 배기면적별 조리사 호흡선 CO₂ 농도

(단위:ppm)

급기풍속 실험변수(배기속도:m/s)	1.5m/s (100CMH)	2.5m/s (150CMH)	3.5m/s (200CMH)	4.5m/s (250CMH)	5.5m/s (300CMH)
배기면적 200% (후면: 0.41 전면:0.41)	991	982	926	940	929
배기면적 150% (후면: 0.48 전면:0.41)	815	830	848	833	762
배기면적 130% (후면: 0.55 전면:0.41)	791	756	698	653	665
배기면적 100% (후면: 0.64 전면:0.41)	842	821	756	728	741

조리사 호흡선 위치의 CO₂ 농도는 배기면적 200%시 926~991ppm, 150%시 762~848ppm, 130%시 653~791ppm, 100%확대시 728~841ppm을 나타내고 있다. 실증양 농도와 동일하게 모든 실험항목에서 기준치인 1000ppm이하의 농도를 나타내고 있으므로, 성능이 양호하다고 판단된다.

배기면적 100%에서 130%로 배기면적 증가시 CO₂ 농도가 하락하여 성능향상 효과가 나타나지만, 배기면적 130%를 기점으로 배기면적이 증가할수록 CO₂ 농도가 증가하고 있으며, 특히 배기면적 200%에서는 급격한 농도상승으로 기준치인 1000ppm에 근접하는 농도를 나타내고 있다. 배기면적 200%시 후드의 배기풍속이 낮아져 성능이 저하되었음을 알 수 있다. 다만, 배기면적 150%, 130%, 100% 후드는 유사한 범위의 CO₂ 농도를 나타내고 있으므로, 배기면적 200% 후드의 배기풍속 0.41m/s를 제외한 0.48~0.64m/s의 배기풍속이 실내공기환경 측면에서의 적정배기풍속이라 판단된다.



(그림 4.32) 배기면적별 실내 CO₂ 농도

실중양 CO₂ 농도와 조리사부 CO₂ 농도를 종합하여 (그림 4.32)에 나타내었으며, 모든 실험항목에서 실내 기준치인 1000ppm이하의 결과를 나타내고 있으므로 사용상 무리가 없다고 판단되며, 특히 실중양 공기환경은 배기면적 150%후드가 가장 우수하며, 조리사부 공기환경은 배기면적 130%후드의 성능이 가장 우수함을 알 수 있다.

또한, 실중양 공기환경 측면에서의 적정배기풍속은 0.48~0.55m/s 조리사부 공기환경 측면에서의 적정배기풍속은 0.48~0.64m/s로 나타났으므로 실내공기환경 향상에 적합한 배기풍속은 0.48~0.55m/s임을 유추할 수 있다.

4.2.4 기류가시화

기류가시화 실험은 조리시 발생하는 열기 및 오염물질의 발생시부터 배기시까지의 이동패턴을 알아보는 배기기류가시화 실험과 후드의 급기구로부터 토출된 기류의 이동패턴을 알아보는 급기기류 가시화 실험의 두가지 항목으로 수행되었

으며, 사진촬영시 촬영범위는 후드최상부의 천정면부터 조리기구 직상부까지의 범위로 설정하였다. 기류가시화 실험결과는 (그림 4.33)~(그림 4.36)과 같다.

배기면적 200%	배기기류 가시화	급기기류 가시화
급기 풍속 1.5m/s (100CMH)		
급기 풍속 2.5m/s (150CMH)		
급기 풍속 3.5m/s (200CMH)		
급기 풍속 4.5m/s (250CMH)		
급기 풍속 5.5m/s (300CMH)		

(그림 4.33) 배기면적 200% 후드 기류가시화

배기면적 150%	배기기류 가시화	급기기류 가시화
급기 풍속 1.5m/s (100CMH)		
급기 풍속 2.5m/s (150CMH)		
급기 풍속 3.5m/s (200CMH)		
급기 풍속 4.5m/s (250CMH)		
급기 풍속 5.5m/s (300CMH)		

(그림 4.34) 배기면적 150% 후드 기류가시화

배기면적 130%	배기기류 가시화	급기기류 가시화
급기 풍속 1.5m/s (100CMH)		
급기 풍속 2.5m/s (150CMH)		
급기 풍속 3.5m/s (200CMH)		
급기 풍속 4.5m/s (250CMH)		
급기 풍속 5.5m/s (300CMH)		

(그림 4.35) 배기면적 130% 후드 기류가시화

배기면적 100%	배기기류 가시화	급기기류 가시화
급기 풍속 1.5m/s (100CMH)		
급기 풍속 2.5m/s (150CMH)		
급기 풍속 3.5m/s (200CMH)		
급기 풍속 4.5m/s (250CMH)		
급기 풍속 5.5m/s (300CMH)		

(그림 4.36) 배기면적 100% 후드 기류가시화

(그림 4.33)~(그림 4.36)의 결과를 살펴보면 급기풍량의 증가에 따른 배기기류의 기류이동을 살펴볼 수 있다.

왼쪽의 배기기류 가시화 결과와 오른쪽의 급기기류 가시화 결과를 비교하면, 급기기류의 영향범위가 조리기구 상부, 즉 사진의 최하부에 도달시 배기기류가 가장안정적인 형태를 보임을 알 수 있다. 이 때, 급기기류가 부족할 경우는 열기 및 오염물질의 차단효과가 저하되어 후드 전면으로 뜨거운 공기와 오염물질이 확산되는 모습을 나타내고 있으며, 급기기류가 과다할 경우는 조리기구의 화구에 영향을 미쳐 조리기구의 불꽃이 흔들리며, 급기기류가 조리면에 영향을 미침에 따라, 열기에 의한 상승기류를 방해하여 조리기구 하부에서 발생한 연기가 후드의 포집영역으로 상승하지 못하고 정체하는 패턴을 보였다. 즉, 조리면 상부에 난기류가 발생하여 기류의 이동이 불안정하며, 열기와 오염물질이 후드의 포집영역으로 도달하는 이동을 방해하는 모습을 나타내었다. 또한, 조리기구 상부에서 발생한 오염물질을 오히려 실내로 확산시키는 악영향을 나타내었다.

배기풍속의 변화에 따른 급기기류의 이동패턴을 기류가시화 결과에서 살펴보면, 앞선 결과와 동일하게 배기풍속이 증가할수록 급기풍속이 증가해야 급기기류의 영향범위가 조리기구 상부에 도달함을 확인할 수 있었다. 예로서, 배기면적 200% 후드(배기풍속 0.41m/s)와 배기면적 100% 후드(배기풍속 0.64m/s)의 급기풍량 300CMH(5.5m/s)을 비교하면 동일한 급기풍량과 풍속임에도 배기풍속 증가시 급기기류의 영향범위가 줄어들음을 알 수 있다. 따라서 배기풍속에 적절한 급기풍속이 선정되어야 함을 알 수 있으며, 배기풍속 증가시 급기풍속이 동시에 증가해야 할 것으로 판단된다.

4.3 소 결

본 연구에서는 주방후드의 성능을 개선하고자 급기방식 및 배기면적(배기구 위치)을 변화한 후드에 대하여 급기풍속과 배기풍속을 변수로 국소배기효율, 실내 온열환경, 실내공기환경의 3가지 평가항목으로 실험을 수행하였다. 항목별 실험 결과를 종합하여 나타내면 <표 4.13>과 같으며, 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

<표 4.13> 실험변수별 측정치 및 평가등급

실험변수 \ 실험항목				국소배기효율 (%)	실중양 온도 상승폭 (°C)	실중양 CO ₂ 농도 (ppm)	조리사호흡선 CO ₂ 농도 (ppm)
급기 방식	배기면적 (배기풍속)	급기풍속	급기풍량	-	-	-	-
배기 전용	0.45m ² (0.64m/s)	-	-	139	9.2	1430	1675
3 방향 급기	0.45m ² (0.64m/s)	1.8m/s	500CMH	167	7.7	713	897
		2.1m/s	600CMH	167	8.0	678	931
		2.5m/s	700CMH	175	7.7	684	1071
		2.9m/s	800CMH	174	6.9	758	1032
		3.3m/s	900CMH	188	3.9	781	1029
2 방향 급기	0.45m ² 배기면적 100% (0.64m/s)	1.5m/s	100CMH	174	7.9	916	842
		2.5m/s	150CMH	170	5.7	914	821
		3.5m/s	200CMH	176	4.8	835	756
		4.5m/s	250CMH	169	5.6	856	728
		5.5m/s	300CMH	164	5.7	875	741
배기면적 확대 (2 방향 급기)	0.585m ² 배기면적 130% (0.55m/s 0.41m/s)	1.5m/s	100CMH	148	3.1	868	791
		2.5m/s	150CMH	159	2.3	830	756
		3.5m/s	200CMH	185	3.3	787	698
		4.5m/s	250CMH	167	4.3	739	653
		5.5m/s	300CMH	179	5.8	750	665
	0.675m ² 배기면적 150% (0.48m/s 0.41m/s)	1.5m/s	100CMH	166	2.3	887	815
		2.5m/s	150CMH	179	3.1	823	830
		3.5m/s	200CMH	168	2.4	713	848
		4.5m/s	250CMH	173	6.8	580	833
		5.5m/s	300CMH	156	5.8	584	762
	0.9m ² 배기면적 200% (0.41m/s, 0.41m/s)	1.5m/s	100CMH	163	3.3	979	991
		2.5m/s	150CMH	161	5.8	961	982
		3.5m/s	200CMH	157	3.6	890	926
		4.5m/s	250CMH	158	3.6	799	940
		5.5m/s	300CMH	132	5.5	841	929

1) 국소배기효율과 실내공기 및 온열환경 실험결과 모든 항목에서 배기전용 후드에 비해 동시급배기형 후드의 성능이 뛰어남을 확인할 수 있었다.

2) 국소배기효율 측면에서는 2방향 급기와 3방향 급기후드의 성능차이가 없으며, 실내온열환경 및 조리사부 공기환경측면에서는 2방향 급기후드, 실내공기환경측면에서는 3방향 급기후드의 성능이 뛰어나다. 하지만, 3방향 급기방식 후드는 조리사부의 공기환경이 열악하여 적용시 주의가 요망된다.

3) 배기면적 0.45m^2 의 3방향 급기후드와 2방향 급기후드의 최적 급기풍속은 각각 3.3m/s 와 3.5m/s 로 나타났으나, 3방향 급기방식 후드의 급기풍속 3.3m/s 는 풍량으로 환산하면 배기풍량의 90%이므로 다소 높은 풍속으로 판단된다. 따라서, 3방향 급기후드에서는 배기풍량의 80%에 해당하는 2.9m/s 의 급기풍속이 적합할 것으로 판단된다.

4) 배기면적 0.45m^2 의 2방향 및 3방향 급기방식에서 최고의 성능을 나타내는 하향급기풍속은 3.5m/s 및 3.3m/s 이므로 본 연구에서 사용된 크기 ($1.5\text{m} \times 1\text{m} \times 0.4\text{m}$)와 배기면적(0.45m^2)을 가지는 후드의 배기풍량 1000CMH에서의 최적 하향급기풍속은 $3.3 \sim 3.5\text{m/s}$ 라고 판단된다.

5) 배기면적 변화에 따른 실험결과 후드전면에 배기부를 추가하여 배기면적 확대시 후드의 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다. 또한, 배기면적이 확대되어 배기풍속 감소시 급기풍속이 동시에 감소해야 최적의 성능을 발휘하며, 배기풍속에 적합한 급기풍속 선정시 성능은 더욱 향상될 수 있다.

6) 후드의 적정배기풍속은 국소배기효율 측면에서는 $0.48 \sim 0.64\text{m/s}$, 실내온열환경 측면에서는 $0.48 \sim 0.55\text{m/s}$, 실내공기환경 측면에서는 $0.48 \sim 0.55\text{m/s}$ 로 나타남에 따라, 본 연구에 사용된 $1.5\text{m} \times 1\text{m} \times 0.4\text{m}$ ($W \times L \times H$)크기와 0.45m^2 의 배기면적을 가지는 후드의 적정배기풍속은 $0.48 \sim 0.55\text{m/s}$ 임을 알 수 있다.

제 5 장 상업용 주방후드의 성능개선방안 제시

5.1 실험항목별 성능평가

상업용 주방후드의 성능을 개선하기 위하여 본 연구에서는 상업용 주방후드의 특징을 알아본 후, 급기방식 및 배기면적(배기구 위치)을 변화한 후드에 대하여 급기풍속과 배기풍속을 변수로 국소배기효율, 실내온열환경, 실내공기환경의 평가항목으로 성능실험을 실시하였다. 이후 실험결과를 토대로 변수별 특징과 성능개선 정도를 알아보았다.

본 장에서는 3장에서의 실험결과와 분석을 토대로 상업용 주방후드의 성능개선 방안을 제시하고자 한다.

성능개선 방안을 제시하기 위하여 3장의 실험결과를 종합하여 <표 5.1>에 나타내었다.

단, 본 연구에서의 실험대상 후드의 형상과 변수가 모든 후드를 대표한다고 보기에는 무리가 있음에 따라 실험결과를 등급으로 분류하여 본 실험에서 사용한 변수에 따른 후드의 성능을 상대적으로 평가하였다. 이때 평가지표는 국소배기효율 186이상 ‘매우우수’, 176~185 ‘우수’, 166~175 ‘보통’, 156~165 ‘열악’, 155이하를 ‘매우열악’으로 설정하였으며, 실내온도상승폭 2.5°C이하 ‘매우우수’, 2.6~3.5°C ‘우수’, 3.6~4.5°C ‘보통’, 4.6~5.5°C ‘열악’, 5.6°C이상을 ‘매우열악’으로 설정하였다. 마지막으로 실내공기환경인 CO₂ 농도는 700ppm이하 ‘매우우수’, 701~800ppm ‘우수’, 801~900ppm ‘보통’, 901~1000ppm ‘열악’, 1001ppm 이상 ‘매우열악’으로 설정하여 성능을 평가하였다.

<표 5.1> 실험변수별 측정치 및 평가등급

실험변수				실험항목		국소배기효율 (%)		실중량 온도 상승폭 (°C)		실중량 CO ₂ 농도 (ppm)		조리사호흡선 CO ₂ 농도 (ppm)	
급기 방식	배기면적 (배기풍속)	급기풍속	급기풍량	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급
배기 전용	0.45m ² (0.64m/s)	-	-	139	×	9.2	×	1430	×	1675	×		
3 방 향 급 기	0.45m ² (0.64m/s)	1.8m/s	500CMH	167	○	7.7	×	713	◎	897	○		
		2.1m/s	600CMH	167	○	8.0	×	678	●	931	△		
		2.5m/s	700CMH	175	○	7.7	×	684	●	1071	×		
		2.9m/s	800CMH	174	○	6.9	×	758	◎	1032	×		
		3.3m/s	900CMH	188	●	3.9	○	781	◎	1029	×		
2 방 향 급 기	0.45m ² 배기면적 100% (0.64m/s)	1.5m/s	100CMH	174	○	7.9	×	916	△	842	○		
		2.5m/s	150CMH	170	○	5.7	×	914	△	821	○		
		3.5m/s	200CMH	176	◎	4.8	△	835	○	756	◎		
		4.5m/s	250CMH	169	○	5.6	×	856	○	728	◎		
		5.5m/s	300CMH	164	△	5.7	×	875	○	741	◎		
배 기 면 적 확 대 (2 방 향 급 기)	0.585m ² 배기면적 130% (0.55m/s 0.41m/s)	1.5m/s	100CMH	148	×	3.1	◎	868	○	791	◎		
		2.5m/s	150CMH	159	△	2.3	●	830	○	756	◎		
		3.5m/s	200CMH	185	◎	3.3	◎	787	◎	698	●		
		4.5m/s	250CMH	167	○	4.3	○	739	◎	653	●		
		5.5m/s	300CMH	179	◎	5.8	×	750	◎	665	●		
	0.675m ² 배기면적 150% (0.48m/s 0.41m/s)	1.5m/s	100CMH	166	○	2.3	●	887	○	815	○		
		2.5m/s	150CMH	179	◎	3.1	◎	823	○	830	○		
		3.5m/s	200CMH	168	○	2.4	●	713	◎	848	○		
		4.5m/s	250CMH	173	○	6.8	×	580	●	833	○		
		5.5m/s	300CMH	156	△	5.8	×	584	●	762	◎		
	0.9m ² 배기면적 200% (0.41m/s, 0.41m/s)	1.5m/s	100CMH	163	△	3.3	◎	979	△	991	△		
		2.5m/s	150CMH	161	△	5.8	×	961	△	982	△		
		3.5m/s	200CMH	157	△	3.6	○	890	○	926	△		
		4.5m/s	250CMH	158	△	3.6	○	799	◎	940	△		
		5.5m/s	300CMH	132	×	5.5	△	841	○	929	△		

범례	국소배기효율	실내온열환경	CO ₂ 농도
● 1등급 (매우우수)	186 이상	2.5°C 이하	700ppm 이하
◎ 2등급 (우수)	176~185	2.6~3.5°C	701~800ppm
○ 3등급 (보통)	166~175	3.6~4.5°C	801~900ppm
△ 4등급 (열악)	156~165	4.6~5.5°C	901~1000ppm
× 5등급 (매우열악)	155이하	5.6°C 이상	1001ppm 이상

5.1.1 국소배기효율

국소배기효율 실험결과를 정리하면 <표 5.2>와 같다.

배기전용 후드는 평가등급중 최하위인 ‘매우열악’을 나타낸 반면 3방향 급기 및 2방향급기(0%확대) 후드는 대부분 보통이상의 성능을 나타내고 있어 동시급 배기형 후드의 성능이 뛰어난을 알 수 있다.

<표 5.2> 국소배기효율 실험결과 및 평가등급

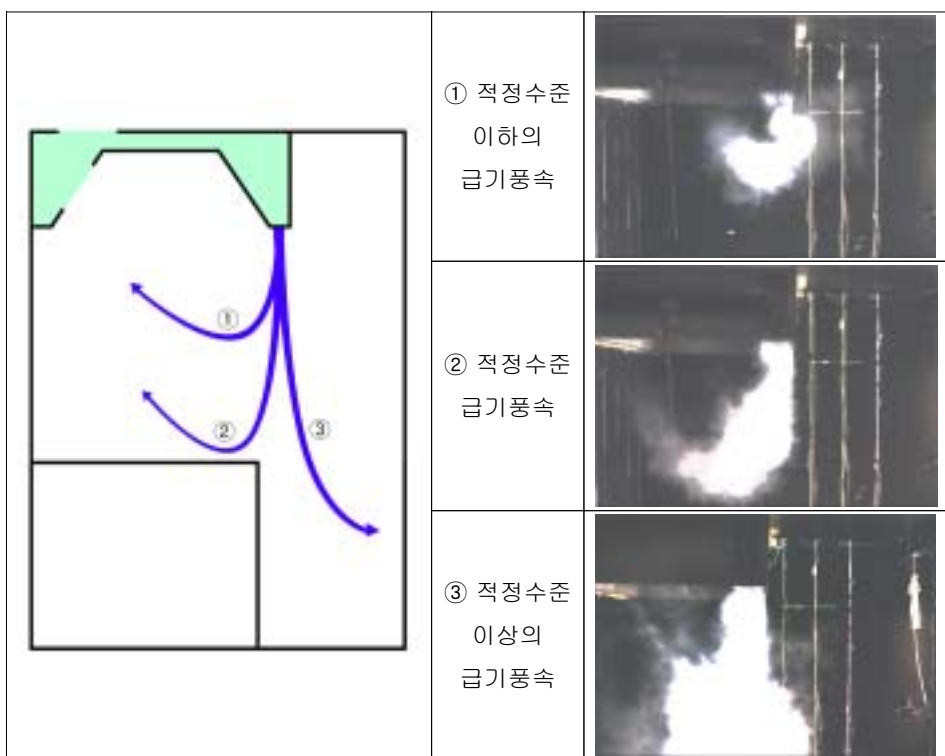
실험대상 후드 및 배기풍속				배기전용		3방향급기		2방향급기		배기면적 확대(2방향 급기)					
								100%		130%		150%		200%	
								후면:0.64m/s		후면:0.55m/s 전면:0.41m/s		후면:0.48m/s 전면:0.41m/s		후면:0.41m/s 전면:0.41m/s	
실험변수				급기풍속(m/s)		급기풍량(CMH)		측정치		등급		측정치		등급	
3방향	2방향	3방향	2방향	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급
-	-	-	-	139	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.8	1.5	500	100	-	-	167	○	174	○	148	×	166	○	163	△
2.1	2.5	600	150	-	-	167	○	170	○	159	△	179	◎	161	△
2.5	3.5	700	200	-	-	175	○	176	◎	185	◎	168	○	157	△
2.9	4.5	800	250	-	-	174	○	169	○	167	○	173	○	158	△
3.3	5.5	900	300	-	-	188	●	164	○	179	◎	156	△	132	×

범례		국소배기효율
●	1등급 (매우우수)	186 이상
◎	2등급 (우수)	176~185
○	3등급 (보통)	166~175
△	4등급 (열악)	156~165
×	5등급 (매우열악)	155이하

배기면적 200% 후드를 제외한 150%, 130%, 100% 후드에서 전반적인 성능은 ‘보통’이상을 나타내었으며, 배기면적 200% 후드는 ‘보통’이하의 성능을 나타내고 있어, 지나친 배기면적의 확대는 배기효율의 저하를 야기하고 있음을 알 수 있다. 즉, 3장의 실험에서 살펴본 바와 같이 후드의 적정성능을 발휘하기 위해서는 0.48~0.55m/s의 후드배기풍속이 우선적으로 만족되어야하는데 배기면적 200% 후드에서의 배기풍속은 적정배기풍속 이하인 0.41m/s이므로 배기효율이 저하된 것으로 판단된다. 따라서 동시급배기형 후드설계시에는 필요배기량을 고려하여 적정배

기풍속을 만족시키는 배기면적을 선정하여야 함을 알 수 있다.

또한, 배기면적 100%와 130%후드는 3.5m/s, 150%후드는 2.5m/s, 200%후드는 1.5m/s의 급기풍속에서 가장 높은 성능을 나타내고 있으며, 적정급기풍속 전후의 급기풍속을 벗어나는 실험에서는 효율이 저하되는 패턴을 나타내므로 적정 급기풍속 선정시 최고의 성능을 발휘하며, 배기풍속 감소시 적정급기풍속이 동시에 감소함을 알 수 있다. 이는 (그림 5.1)에 나타나듯 적정 급기풍속시는 급기기류가 ②와 같은 패턴을 나타내지만, 급기풍속이 적정수준 이하일 경우는 ①, 적정수준 이상일 경우는 ③과 같은 패턴을 나타내기 때문에 성능차이가 발생하는 것으로 판단되며, 배기풍속 증가시는 배기필터에서의 압력이 증가하여 보충공기를 흡입하는 능력이 증가하므로 동일한 급기풍속임에도 ②와 같은 패턴에서 ①과 같은 패턴으로 짧은 이동경로를 가지는 형태로 기류의 이동이 변화할 수 있으므로 보다 높은 급기풍속이 요구되는 것으로 판단된다.



(그림 5.1) 배기풍속과 급기풍속의 상관관계

5.1.2 실내온열환경

후드의 설치목적은 조리시 발생하는 열기등의 오염물질 배출을 위함이며, 후드의 성능이 실내온열환경에 미치는 영향은 실중양 1점을 대표점으로 선정하여 조리기구 가동전후에 따른 온도상승폭을 기준으로 평가하였다. 즉, 조리기구 가동에 따라 실내온도가 상승하게 되며, 실내온도변화에 영향을 최소화 하는 후드일 수록 성능이 우수하다고 평가할 수 있다.

실내 온도상승에 영향을 미치는 요인이 정면과 측면으로의 열기유출임을 확인하고자, 정면과 측면 및 실 중양온도의 상관관계를 통계적 분석방법으로 파악하였다. 통계적 분석을 위한 변수 선정시 3방향 급기방식후드의 정면온도 상승폭은 조리기구에서 발생하는 열기가 정면급기의 영향으로 회석되어 후드정면을 통해 실내로 유출되는 열기의 정도를 나타내고 있지 않음에 따라 제외하였으며, 배기 전용후드와 배기면적 변화후드의 온도상승폭을 변수로 분석하였다. 분석결과 상관관계수인 r 값은 <표 5.3>과 같다.

<표 5.3> 정면, 측면, 실중양온도의 상관관계수

	후드 정면온도 상승폭	후드 측면온도 상승폭
실중양온도 상승폭	0.801	0.652

<표 5.3>을 살펴보면, 실중양온도는 후드정면과 측면을 통하여 실내로 확산되는 열기에 상당한 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 실내온도상승 요인은 후드의 포집영역을 벗어나는 열기류에 의한 것임을 알 수 있다. 이때 후드정면의 온도상승폭이 실중양온도 상승에 보다 많은 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 이는 측정점의 위치가 후드정면과 가까운 위치이며, 후드정면길이가 1.5m인 반면 후드측면의 길이는 1m이므로, 면적비에 의해 전면을 통한 열기유출이 보다 많을 것이다. 이로 인해 전면온도상승폭에 영향을 많이 받는 것으로 판단된다.

이후, 정면과 측면온도 상승폭에 따른 실 중양온도의 다중회귀분석을 수행하였다. 이 때 R^2 값은 0.625로 나타났으며, 회귀분석에 의해 도출된 식은 다음과 같

다.

$$T_{room} = 0.285 \times T_{front} + 0.0889 \times T_{side} - 0.195 \quad (\text{식 4.1})$$

여기서, T_{room} : 실중양온도 상승폭

T_{front} : 후드정면 온도상승폭

T_{side} : 후드측면 온도상승폭

실중양 온도상승폭 실험결과를 정리하면 <표 5.4>와 같다.

<표 5.4> 실중양 온도상승폭 실험결과 및 평가등급

실험대상 후드 및 배기풍속				배기전용		3방향급기		2방향급기		배기면적 확대(2방향 급기)					
								100%		130%		150%		200%	
				실험변수				후면:0.64m/s 전면 : 0		후면:0.64m/s 전면 : 0		후면:0.64m/s 전면 : 0		후면:0.55m/s 전면:0.41m/s	
급기풍속(m/s)		급기풍량(CMH)		측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급
3방향	2방향	3방향	2방향												
-	-	-	-	9.2	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.8	1.5	500	100	-	-	7.7	×	7.9	×	3.1	◎	2.3	●	3.3	◎
2.1	2.5	600	150	-	-	8.0	×	5.7	×	2.3	●	3.1	◎	5.8	×
2.5	3.5	700	200	-	-	7.7	×	4.8	△	3.3	◎	2.4	●	3.6	○
2.9	4.5	800	250	-	-	6.9	×	5.6	×	4.3	○	6.8	×	3.6	○
3.3	5.5	900	300	-	-	3.9	○	5.7	×	5.8	×	5.8	×	5.5	△

범례		실내온열환경
●	1등급 (매우우수)	2.5℃ 이하
◎	2등급 (우수)	2.6~3.5℃
○	3등급 (보통)	3.6~4.5℃
△	4등급 (열악)	4.6~5.5℃
×	5등급 (매우열악)	5.6℃ 이상

<표 5.4>의 실중양 온도상승폭 평가등급을 살펴보면, 배기전용후드와 3방향 급기 및 2방향 급기(배기면적 100%)후드 모두 매우열악한 성능을 나타내고 있지만, 측정치를 비교하면 배기전용 후드의 온도상승폭이 다소 높음을 알 수 있다. 따라서, 동시급배기형 후드는 급기기류의 열기차단효과에 의해 실내온열환경

향상에 효과적임을 알 수 있다. 또한, 3방향 급기와 2방향 급기(배기면적 100%) 후드의 결과를 비교하면, 동일하게 최하위인 ‘매우열악’의 빈도가 높지만 측정치를 비교하면 2방향 급기(배기면적 100%)의 온도상승폭이 낮음을 알 수 있으므로, 실내온열환경 향상에는 2방향 급기(배기면적 100%) 후드가 3방향 급기후드에 비해 우수한 것으로 판단된다.

후드 전면에 추가의 배기부를 설치한 배기면적 130%, 150%, 200% 후드의 실중양 온도상승폭은 추가배기부를 설치하지않은 배기면적 100%후드에 비해 낮아지고 있으며, 평가항목중 ‘보통’이상의 빈도가 높아지고 있음을 알 수 있다. 특히 배기면적 130% 및 150% 후드는 적정급기풍속에서 매우우수한 성능을 나타내고 있으며 배기면적 200% 후드는 ‘우수’이하의 성능을 나타내고 있어 배기면적 130% 및 150% 후드의 성능에는 미치지 못하고 있다. 이는 국소배기효율의 분석결과와 동일하게 배기면적 200% 후드의 배기풍속이 0.41m/s 로 적정배기풍속인 0.48~0.55m/s 이하이므로 성능저하가 발생했음을 유추할 수 있다. 따라서, 전면에 배기부를 추가 설치하여 배기면적 확대시 실내온열환경 향상에는 유리하지만, 적정한 배기풍속을 확보하였을시 최적의 성능을 나타내며, 실내온열환경측면에서의 적정배기풍속은 0.48~ 0.55m/s임을 확인할 수 있었다.

또한, 배기면적당 최고의 성능을 나타내는 급기풍속은 각각 3.5m/s(배기면적 100%), 2.5m/s(배기면적 130%), 1.5m/s(배기면적 150%/200%)이며 최적급기풍속에서는 ‘우수’이상의 성능을 나타내었지만, 이외의 급기풍속에서는 ‘보통’ 이하의 성능을 나타내는 결과도 있음에 따라, 배기풍속에 적합한 급기풍속 선정시 후드는 최고의 성능을 나타내며, 배기풍속 감소시 적정급기풍속 역시 감소함을 확인할 수 있었다.

5.1.3 실내공기환경

후드설치는 조리시 발생하는 열기 외에 냄새등 오염물질의 배출에도 목적이 있으므로 실내 공기환경이 향상될수록 성능이 좋다고 판단할 수 있다. 따라서, 실내중양 지점과, 조리기구 정면의 조리사 호흡선 위치의 2지점을 실내공기환경 측정의 대표점으로 선정하여 후드의 성능을 비교 평가하였다. 이때, 후드정면과 측면을 통하여 실내로 확산되는 공기에 CO₂ 가스가 다량 함유되어 있을 것으로

판단되어, 정면과 측면온도 상승폭 및 실 중앙 CO₂ 농도의 상관관계를 통계적 분석방법을 통하여 파악하였다. 통계적 분석을 위한 변수 선정시 실내온열환경과 동일하게 3방향 급기방식후드의 정면온도상승폭은 제외하였으며, 배기전용후드와 배기면적 변화후드의 온도상승폭을 변수로 분석하였다. 분석결과 상관계수인 r값은 <표 5.5>와 같다.

<표 5.5> 정면, 측면, 실중앙CO₂ 농도의 상관계수

	후드 정면온도 상승폭	후드 측면온도 상승폭
실중앙 CO ₂ 농도	0.781	0.591

<표 5.5>을 살펴보면, 실중앙 CO₂ 농도는 후드정면을 통하여 실내로 확산되는 공기에 많은 영향을 받는다.

이는 조리기구에서 발생한 상승기류에 의해 측면과 정면으로 열기와 CO₂ 가스가 확산되는데, CO₂ 는 공기에 비하여 무거운 성질¹⁾을 가지고 있어, 전면의 급기기류에 의해 바닥으로 가라앉는 패턴을 보이는 것으로 판단된다. 따라서 호흡선 높이인 1.5m 위치에서 농도가 낮게 나타났으며, 상승기류에 의한 측면유출 보다는 급기기류가 존재하는 전면으로의 유출이 더욱 많을 것이며, 후드정면과 측면의 면적비율을 살펴보면 후드정면의 비율이 높으므로, 실중앙 CO₂ 농도는 측면의 유출 보다는 전면으로의 유출이 더욱 많을 것이며, 이로 인해 측면온도상승폭 보다는 정면온도상승폭과 더욱 밀접한 상관관계가 있는 것으로 사료된다.

따라서, 후드의 포집영역을 벗어나는 공기에 다량의 CO₂ 가스가 포함되어 있음을 알 수 있다.

이후 정면과 측면온도 상승폭에 따른 실중앙 CO₂ 농도를 다중회귀분석을 통하여 회귀식을 도출하였다. 이 때 R²값은 0.617로 나타났으며, 통계적으로 유의함을 알 수 있었다. 따라서, 정면과 측면을 통하여 CO₂ 가스가 실내로 확산됨을 알 수 있었으며, 도출된 식은 다음과 같다.

1) CO₂ 의 비중은 공기비중 1에 대하여 1.529

$$C_{room} = 27.203 \times T_{front} + 4.359 \times T_{side} + 452.282 \quad (\text{식 4.2})$$

여기서, C_{room} : 실중양 CO_2 농도

T_{front} : 후드정면 온도상승폭

T_{side} : 후드측면 온도상승폭

실내공기환경 실험결과를 실중양 CO_2 농도와 조리사부 CO_2 농도로 정리하면 다음과 같다.

<표 5.6> 실내공기환경 실험결과 및 평가등급 (실중양 CO_2 농도)

실험대상 후드 및 배기풍속				배기전용		3방향급기		2방향급기		배기면적 확대(2방향 급기)					
								100%확		130%		150%		200%	
				실험변수		후면:0.64m/s		후면:0.64m/s		후면:0.64m/s		후면:0.55m/s 전면:0.41m/s		후면:0.48m/s 전면:0.41m/s	
급기풍속(m/s)		급기풍량(CMH)		측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급
3방향	2방향	3방향	2방향												
-	-	-	-	1430	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.8	1.5	500	100	-	-	713	◎	916	△	868	○	887	○	979	△
2.1	2.5	600	150	-	-	678	●	914	△	830	○	823	○	961	△
2.5	3.5	700	200	-	-	684	●	835	○	787	◎	713	◎	890	○
2.9	4.5	800	250	-	-	758	◎	856	○	739	◎	580	●	799	◎
3.3	5.5	900	300	-	-	781	◎	875	○	750	◎	584	●	841	○

범례		CO ₂ 농도
●	1등급 (매우우수)	700ppm 이하
◎	2등급 (우수)	701~800ppm
○	3등급 (보통)	801~900ppm
△	4등급 (열악)	901~1000ppm
×	5등급 (매우열악)	1001ppm 이상

<표 5.7> 실내공기환경 실험결과 및 평가등급 (조리사부 CO₂ 농도)

실험대상 후드 및 배기풍속				배기전용		3방향급기		2방향급기		배기면적 확대(2방향 급기)					
								100%확		130%		150%		200%	
								후면:0.64m/s		후면:0.55m/s 전면:0.41m/s		후면:0.48m/s 전면:0.41m/s		후면:0.41m/s 전면:0.41m/s	
급기풍속(m/s)	급기풍량(CMH)			측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급	측정치	등급
3방향	2방향	3방향	2방향												
-	-	-	-	1675	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.8	1.5	500	100	-	-	897	○	842	○	791	◎	815	○	991	△
2.1	2.5	600	150	-	-	931	△	821	○	756	◎	830	○	982	△
2.5	3.5	700	200	-	-	1071	×	756	◎	698	●	848	○	926	△
2.9	4.5	800	250	-	-	1032	×	728	◎	653	●	833	○	940	△
3.3	5.5	900	300	-	-	1029	×	741	◎	665	●	762	◎	929	△

범례		CO ₂ 농도
●	1등급 (매우우수)	700ppm 이하
◎	2등급 (우수)	701~800ppm
○	3등급 (보통)	801~900ppm
△	4등급 (열악)	901~1000ppm
×	5등급 (매우열악)	1001ppm 이상

<표 5.6>과 <표 5.7>의 결과에서 배기전용 후드는 ‘매우열악’한 성능을 나타낸 반면 3방향 및 2방향급기(배기면적 100%) 후드는 대부분 ‘열악’ 이상의 성능을 나타내고 있어, 동시급배기형 후드가 배기전용 후드에 비하여 실내공기환경 측면에서 유리한 것으로 판단되며, 3방향 급기방식과 2방향 급기방식(배기면적 100%) 후드의 실중양 농도를 비교하면, 3방향 급기방식은 ‘우수’이상, 2방향급기방식(배기면적 100%)은 ‘보통’이하의 성능을 나타내고 있어, 3방향 급기방식이 유리한 것으로 나타났다. 이는 실중양 측정점이 정면급기구에서 토출된 급기기류의 영향범위내에 위치하여 신선한 외기의 영향을 받았기 때문으로 판단된다. 반면, 조리사부의 농도는 3방향 급기방식이 ‘보통’이하, 2방향 급기방식은 ‘보통’이상을 나타내고 있어 2방향 급기방식이 유리한 것으로 나타났으며, 특히 3방향급기방식은 조리사부의 공기환경이 열악하여 적용시 주의가 요망된다.

후드 전면에 추가의 배기부를 설치한 배기면적 확대에 따른 실험결과 실중양 CO₂ 농도는 배기면적 100%에서 ‘보통’이하의 성능을 나타낸 반면 배기면적 130% 및 150%의 경우 ‘보통’이상의 성능을 나타내어 배기면적이 넓어질수록 실

중앙 CO₂ 농도가 낮아짐을 알 수 있다. 그러나, 100%확대의 경우 ‘보통’이하의 성능을 나타내고 있어, 배기면적이 지나치게 넓어져 배기풍속이 적정수준 이하로 내려가면, 후드의 성능은 급격히 떨어짐을 알 수 있다.

조리사부 CO₂ 농도 측정결과역시 후드전면에 배기부 추가 설치시 성능이 향상됨을 알 수 있다 하지만, 적정수준이상의 배기면적 확대는 역효과를 일으킬 수 있으므로 배기면적 선정시 세심한 주의가 요구되며, 전체적인 실내공기환경 분석 결과에서도 후드의 적정배기풍속은 0.48~0.55m/s임을 확인할 수 있었다.

이상의 실내공기환경 분석으로부터 배기면적 130%~150%의 후드는 대부분의 급기풍속에서 ‘보통’이상의 성능을 나타내어 실내공기환경향상에 효과적임을 알 수 있다. 다만, 배기전용 후드사용시의 실내농도는 약 1500ppm을 나타낸 반면, 배기전용 후드를 사용하며, 재실자가 위치하는 일반적인 주방의 경우 실내 농도가 3,200ppm 까지 상승한다는 연구결과²⁾로부터 실험실에 재실자 위치시 배기면적을 확대한 동시급배기형 후드를 사용함에도 실내 CO₂ 농도는 기준치인 1000ppm을 초과할 위험성이 있는 것으로 판단된다.

5.2 상업용 주방후드의 성능개선방안

본 연구에서는 주방후드의 성능을 개선하고자 급기방식 및 배기면적(배기구 위치)을 변화한 후드에 대하여 급기풍속과 배기풍속을 변수로 국소배기효율, 실내 온열환경, 실내공기환경의 3가지 평가항목으로 실험을 수행하여 성능을 비교평가 하였으며 평가결과를 토대로 상업용 주방후드의 성능개선 방안을 제시하고자 한다.

상업용 주방후드의 국소배기효율 개선방안을 위해서는 후드에 급기구를 설치하여 조리시 발생하는 열기 및 오염물질의 유출을 최소화하는 동시급배기형 후드를 사용하는 것이 바람직하며, 동시급배기형 후드중 3방향 급기방식과 2방향

2) 지승현외 3인, 상업용 주방후드의 배기성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제22권 제1호, 2002, p530

급기방식의 배기효율은 비슷한 수준으로 나타났다.

적정급기풍속 전후의 급기풍속을 벗어나는 풍속에서는 효율이 저하되는 패턴을 나타냄에 따라 배기풍속을 고려한 적정 급기풍속이 선정되어야 한다.

실내온도상승에 영향을 미치는 요인은 후드정면과 측면으로의 열기 유출이며, 후드정면으로의 열기유출이 측면으로의 유출보다 실내온열환경에 미치는 영향이 크므로, 실내온열환경 개선을 위한 방안으로는 동시급배기형 후드를 사용하여 급기기류에 의한 후드 정면으로의 열기유출을 최소화 하는 방안이 있으며, 동시급배기형 후드중 2방향 급기방식의 후드가 3방향 급기방식의 후드에 비하여 실내온열환경적인 측면에서의 성능은 우수하다.

후드전면에 추가 배기부를 설치하여 배기면적 확대시 성능향상 효과가 있으며, 특정한 급기풍속에서는 최고의 성능을 나타내고 있으므로, 배기풍속에 적합한 급기풍속 선정시 후드의 성능은 더욱 향상될 수 있다.

후드의 포집영역을 벗어나는 공기에 다량의 CO₂ 가스가 포함되어 있으므로 실내 CO₂ 농도상승에 영향을 미치는 요인은 후드정면과 측면으로의 CO₂ 가스 유출이며, 후드정면으로의 가스유출이 측면으로의 유출보다 실내CO₂ 농도에 미치는 영향이 큰 것으로 판단되므로, 실내공기환경을 향상시키는 방안으로는 동시급배기형 후드를 사용하여 후드정면으로의 가스유출을 최소화해야한다. 이때, 조리사부의 공기환경은 2방향 급기방식이 우수하며, 실중양 공기환경은 3방향 급기방식이 우수하다. 하지만 3방향 급기방식의 경우 조리사부의 공기환경이 열악하여 적용시 주의가 필요하다.

또한, 후드 전면에 추가의 배기부를 설치하여 배기면적 확대시 배기면적이 넓어질수록 실내공기환경이 향상될 수 있다.

국소배기효율, 실내온도상승폭, 실내공기환경이 세가지 측면에서 바람직한 효과를 나타내기 위해서는 후드의 배기풍속이 0.48~0.55m/s의 범위를 만족시켜야 함을 알 수 있었다. 이는 NFPA에서 제시하는 0.508~0.762m/s의 배기풍속과는 상이한 결과이지만, NFPA에서 제시하는 적정배기풍속은 실제 필요한 양보다 다소 높은 것으로 입증³⁾되었으므로 본 연구에서 제시한 배기풍속이 보다 합리적인

3) R. L. Fritz, op. cit.,

범위로 판단되며, 본 연구에서 사용된 후드와 크기 및 배기면적이 상이한 후드의 경우에도 적용가능하다고 판단된다.

제 6 장 결 론

본 연구에서는 상업용 주방의 실내 환경을 향상시키는 방안으로 주방후드의 성능을 개선하고자 급기방식 및 배기면적(배기구 위치)을 변화한 후드에 대하여 급기풍속과 배기풍속을 변수로 국소배기효율, 실내온열환경, 실내공기환경의 3가지 평가항목으로 실험실 실험을 수행한 후 상업용 주방후드의 성능개선 방안을 제시하였으며, 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 국소배기효율과 실내공기환경 및 온열환경 측면에서 배기전용 후드에 비해 동시급배기형 후드의 성능이 우수함을 확인하였다.

2) 국소배기효율 측면에서는 2방향 급기와 3방향 급기후드의 성능차이가 없으며, 실내온열환경 및 조리사부 공기환경측면에서는 2방향 급기후드, 실내공기환경측면에서는 3방향 급기후드의 성능이 뛰어나다.

3) 기류가시화 실험을 통하여 동시급배기형 후드의 급기기류가 조리기구에서 발생하는 열기 및 오염물질의 실내확산 방지효과가 뛰어남을 확인할 수 있었다.

4) 배기면적 0.45m^2 의 3방향 급기후드와 2방향 급기후드의 최적 급기풍속은 각각 3.3m/s 와 3.5m/s 로 나타났으나, 3방향 급기방식 후드의 급기풍속 3.3m/s 는 풍량으로 환산하면 배기풍량의 90%이므로 다소 높은 풍속으로 판단된다. 따라서, 3방향 급기후드에서는 배기풍량의 80%에 해당하는 2.9m/s 의 급기풍속이 적합할 것으로 판단된다.

5) 배기면적 0.45m^2 의 2방향 및 3방향 급기방식의 최적 하향급기풍속은 3.5m/s 및 3.3m/s 이므로 본 연구에서 사용된 크기($1.5\text{m} \times 1\text{m} \times 0.4\text{m}$)와 배기면적(0.45m^2)을 가지는 후드의 배기풍량 1000CMH에서의 최적 하향급기풍속은 $3.3 \sim 3.5\text{m/s}$ 라고 판단된다.

6) 후드전면에 배기부를 추가 설치하여 배기면적 확대시 성능향상 효과가 있

음을 확인하였으며, 지나친 배기면적의 확대는 낮은 배기풍속으로 인하여 배기효율의 저하를 야기한다.

7) 배기풍속에 따른 적정급기풍속이 존재하며, 배기풍속 변화에 따라 적정급기풍속 역시 변화한다. 즉, 배기풍속 감소시 적정급기풍속은 동시에 낮아지며 배기풍속 증가시 적정급기풍속 역시 증가하는 패턴을 가진다.

이와 같은 실험결과를 근거로 제시된 상업용 주방후드의 성능개선방안을 요약하면 다음과 같다.

1) 동시급배기형 후드의 급기기류는 후드의 포집성능을 향상시키므로, 국소배기효율 측면에서 배기전용 후드에 비해 동시급배기형 후드의 성능이 우수하다.

2) 실내온도 상승에 영향을 미치는 요인은 후드정면과 측면으로의 열기 유출이며, 특히 후드정면으로의 유출이 실내온열환경에 미치는 영향이 큼을 확인하였다. 따라서 동시급배기형 후드의 급기기류가 열기 및 오염물질 유출을 최소화 할 수 있으므로 실내 온열환경을 향상시키기 위해서는 동시급배기형 후드의 사용이 효과적이다.

3) 실내 CO₂ 농도 상승에 영향을 미치는 요인 역시 후드정면과 측면으로의 CO₂ 가스 유출이며, 후드정면으로의 유출이 실내공기환경에 미치는 영향이 크므로 동시급배기형 후드의 사용이 효과적이다. 하지만, 실험시 실내CO₂ 농도는 기준치인 1000ppm 미만을 나타내었지만, 실험시 채식자가 위치하지 않았으므로, 실제 주방에 조리사 위치시 기준치를 초과할 위험이 있다.

4) 동시급배기형 후드중 3방향 급기방식 후드는 조리사부의 공기환경이 열악한 반면, 2방향 급기방식은 전체적으로 안정적인 성능을 나타내므로 2방향 급기방식 후드 적용이 권장된다.

5) 후드전면에 추가 배기부를 설치하여 배기면적 확대시 성능이 향상되며, 배기면적 선정시 필요배기량 산정하에 적정배기풍속을 만족하도록 배기면적을 산정

하여야 한다.

6) 본 연구에서의 적정배기풍속은 0.48~0.55m/s로 나타났다. 반면, NFPA에서는 0.508~0.762m/s의 풍속을 적정배기풍속으로 제시하고 있지만, 일부 연구논문에서 NFPA의 적정배기풍속은 다소 높은 풍속임을 입증하였으므로, 본 연구에서 제시한 적정배기풍속이 보다 합리적인 풍속으로 판단된다.

7) 배기풍속에 따라 적정급기풍속 확보시 후드의 성능은 더욱 향상될 수 있으며, 급기구의 형상에 따라 토출부의 풍속이 동일하여도 도달거리와 거리별 풍속이 다를 수 있으므로 급기풍속 선정시 급기구 형상을 고려해야 한다.

이상의 연구는 상업용 주방후드의 성능개선방안을 제시하였으나, 실험의 제약 조건과 계절적 요인등으로 다음과 같은 후속연구가 요구된다.

1) 동시급배기형 후드는 우수한 배기성능외에 건물의 냉난방부하를 절감하여 에너지의 효율적인 사용의 장점이 있지만, 본 연구에서는 국소배기효율, 실내공기 및 온열환경만을 대상으로 실험 및 분석을 실시하였다. 따라서, 동시급배기의 급기방식 및 배기면적 변화에 따른 에너지 소비량을 분석하는 연구가 보완되어야 할 것이다.

2) 실험시 3방향 급기방식과 2방향 급기방식 중 실험시 제약조건에 따라 2방향 급기방식후드에서만 배기면적을 확대(전면 배기부 추가설치)하여 실험을 실시하였다. 따라서, 3방향 급기방식 후드에 대하여 배기면적을 확대시(전면 배기부 추가설치) 성능개선을 알아보는 연구가 보완되어야 할 것이다.

3) 동시급배기형 후드의 성능은 급기온도에 따라 달라질 수 있지만, 본 연구에서는 하절기의 외기를 급기공기로 사용함에 따라 급기온도는 약 24~27°C에 국한시킨 실험을 실시하였다. 이에, 급기온도 변화에 따른 후드의 성능개선 효과를 정량적으로 파악하는 연구가 후속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 강영모, 한화택, 보급공기방식에 따른 주방배기시스템의 포집효율에 관한 연구, 대한설비공학회 동계학술발표논문집, 2001
- 2) 강영모, 한화택, 보조급배기 방식에 의한 주방환기시스템의 성능, 대한설비공학회 하계학술발표논문집, 2001
- 3) 김경환 외 3인, 가스렌지와 창문위치에 따른 주방 배기성능 예측, 공기조화냉동공학회 논문집 제12권 제1호, 2000
- 4) 김민정 외 3인, 급기구 위치에 따른 동시급배기 주방환기 시스템의 성능평가, 공기조화냉동공학회 하계학술발표논문집, 2000
- 5) 김영호, 건축설비, 보문당, 1994.
- 6) 김정태, 노지웅, 정유근, 공동주택 주방의 레인지후드 환기효율에 관한 현장실험, 대한건축학회논문집 제15권 제1호, 1999
- 7) 박명석 외 4인, 공동주택에서 환기방식에 따른 주방배기 포집효율, 공기조화냉동공학회 하계학술발표논문집, 1998
- 8) 박영우 외 3인, 자연급기시스템이 고려된 주방배기의 실험적 성능평가, 대한설비공학회 하계학술발표논문집, 2001
- 9) 설비기술연구회 편, 공조위생 기술데이터북, 도서출판 한미, 2000.
- 10) 송수정 외 5인, 공동주택 주방 및 거실의 환기성능에 관한 현장실험, 대한건축학회학술발표논문집 제18권 제1호, 1998
- 11) 신치웅, 공기조화설비, 기문당, 2002.
- 12) 이상수, 공동주택의 주방배기시스템 개선에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 1994
- 13) 이성환, 고기밀 공동주택 주방 환기설비에 관한 연구, 공기조화냉동공학회 하계학술발표논문집, 2000
- 14) 이성환, 주방환기설비 개선에 관한 연구, 공기조화냉동공학회 하계학술발표논문집, 1999
- 15) 장경진, 추적가스를 이용한 급기 및 배기효율의 측정기술에 관한 연구, 국민

- 대학교 박사학위논문, 2000.
- 16) 전주영, 박진철, 이연구, 공동주택에 있어서 주방의 공기환경에 관한 측정연구, 대한건축학회 학술발표논문집 제14권 제1호, 1994
 - 17) 전주영, 공동주택에 있어서 주방의 공기환경 개선에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 1994
 - 18) 정현종, 한화택, 보급공기가 주방배기시스템의 성능에 미치는 영향, 공기조화냉동공학회 동계학술발표논문집, 2000
 - 19) 이동주, 박진철, 이연구, 공동주택 주방의 취사시 실내공기환경에 관한 측정연구, 대한건축학회 학술발표논문집 제22권 제1호, 2002
 - 20) 중소기업청, 에어제트를 이용한 개선형 상업용 주방후드 개발 (중간보고서), 2002. 3.
 - 21) 지승현 외 3인, 상업용 주방후드의 배기성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제22권 제1호, 2002
 - 22) 지승현 외 3인, 동시급배기형 주방후드의 배기효율 개선방안에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표 연구집 제22권 제2호, 2002
 - 22) 한화택, 환기효율의 정의에 관하여, 공기조화냉동공학회 제28권 제1호, 1999
 - 23) ASHRAE, ASHRAE 1993 HANDBOOK FUNDAMENTALS, 1993
 - 24) ASHRAE, ASHRAE APPLICATIONS HANDBOOK, 1999
 - 25) ASHRAE, ASHRAE Standard ANSI/ASHRAE 119-1988(RA 94), Air leakage performance for detached single-family residential buildings, 1988
 - 26) ASHRAE, ASHRAE Standard ANSI/ASHRAE 110-1985, Method of testing performance of laboratory fume hoods, 1985
 - 27) ASHRAE, ASHRAE Standard ANSI/ASHRAE 129-1997, Measuring Air-Change Effectiveness, 1997
 - 28) D. K. Black, Commercial Kitchen Ventilation - Efficient Exhaust and Heat Recovery, ASHRAE Transactions Vol.95, 1989.

- 29) David Doldbeck, The Smart Kitchen, Ceres Press, 1996
- 30) Eliot B. Gordon, Fuoad A. Parvin, A Field Test Method for
Determining Exhaust Rates in Grease Hoods for Commercial Kitchens,
ASHRAE Transactions, Vol.100, No.2, 1994.
- 31) Eliot B. Gordon, Douglas J. Horton, Fuoad A. Parvin, Description of A
Commercial Kitchen Ventilation(CKV) Laboratory Facility, ASHRAE
Transaction Vol.101, No.1, 1995
- 32) Ferdinand P. et. al., Swierczyna, Schlieren Flow Visualization in
Commercial Kitchen Ventilation Research, ASHRAE Transactions,
Vol.103, No.2, 1997
- 33) Jan F. Kreider, Handbook of Heating, Ventilation, and Air
Conditioning, CRC Press, 2001
- 34) J. S. Pekkinen, et. al., Ventilation Efficiency and Thermal Comfort in
Commercial Kitchens, ASHRAE Transactions, Symposium on
Developments in Kitchen Ventilation Technology, 1992.
- 35) R. L. Fritz, A Realistic Evaluation of Kitchen Ventilation Hood
Designs, ASHRAE Transactions, Vol.95, 1989.
- 36) Sandberg. M., What is Ventilation Efficiency, Building and
Environment, Vol.16, No.2, 1981
- 37) Vernon A. Smith, et. al., Minimum Energy Kitchen Ventilation for
Quick Service Restaurants, ASHRAE Transactions, Symposium on
New Research in Commercial Kitchen Ventilation, 1997.
- 38) Vernon A. Smith. et. al., Application and Enhancement of the Standard
Test Method for the Performance of Commercial Kitchen Ventilation,
ASHRAE Transaction, Vol.101, 1995
- 39) Yaglou. C. P. and Witheridge. W. N., Ventilation Requirements,
ASHERAE Transaction., Vol.42, 1937
- 40) 赤林伸一 外 3人, 實大實驗による換気・空調効率の測定, 業務用厨房の高効率

換氣・空調システムに関する研究，第1報，日本建築學會計劃系論文集，第534号，2000.

41) <http://www.e-shimadzu.co.kr/ds/Web/data/Technical/unit.htm>

42) <http://www.gaylordusa.com>

43) <http://www.gomagic.co.kr/grtop1.htm>

44) <http://www.haltongroup.com>

45) http://www.metooeng.co.kr/business_2_5.htm

국 문 초 록

상업용 주방후드의 성능개선방안에 관한 실험적 연구

중앙대학교 대학원

건축공학과

건축계획 및 환경전공

지 승 현

지도교수 이 언 구

최근 소득의 증가에 따른 생활수준의 향상은 여가문화에 대한 국민들의 욕구를 증대시켰으며 여가문화의 일부분인 외식산업 또한 점차적으로 증대되고 있는 실정이다. 즉, 직업의 다양화에 따른 생활패턴의 다변화와 더불어 여가와 일상의 재충전에 대한 욕구가 증가함에 따라 외식산업이 급속히 성장하고 있으며, 이와 같은 성장추세는 앞으로도 지속적으로 유지될 전망이다. 이러한 외식산업의 성장은 요식업소와 조리사의 증가로 이어지고 있으며, 이에 따라 조리사가 위치하는 주방의 실내 환경에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 상업용 주방의 실내 환경을 향상시키는 방안으로 주방 후드의 성능을 개선하고자 급기방식 및 배기면적(배기구 위치)을 변화한 후드에 대하여 급기풍속과 배기풍속을 변수로 국소배기효율, 실내온열환경, 실내공기환경의 3가지 평가항목으로 실험실 실험을 수행한 후 상업용 주방후드의 성능개선 방안을 제시하였으며, 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 국소배기효율 측면에서 배기전용 후드에 비해 동시급배기형 후드의 성능이 우수하다.

2) 실내온도 및 CO₂ 농도 상승에 영향을 미치는 요인은 후드정면과 측면으로의 열기 및 CO₂ 가스 유출이며, 특히 후드정면으로의 유출이 실내공기 및 온열환경에

미치는 영향이 큼을 확인하였다. 따라서 동시급배기형 후드의 급기기류가 열기 및 오염물질 유출을 최소화 할 수 있으므로 실내 공기 및 온열환경을 향상시키기 위해서는 동시급배기형 후드의 사용이 효과적이다. 그러나, 동시급배기형 후드 사용시 실내CO₂ 농도는 기준치인 1000ppm 미만으로 공기환경은 개선되지만 재실자 위치시 기준치를 초과할 위험이 있다.

3) 국소배기효율 측면에서는 2방향 급기와 3방향 급기후드의 성능차이가 없으며, 실내온열환경 및 조리사부 공기환경측면에서는 2방향 급기후드, 실내공기환경측면에서는 3방향 급기후드의 성능이 뛰어나다. 하지만, 3방향 급기방식 후드는 조리사부의 공기환경이 열악하여 적용시 주의가 요망된다.

4) 배기면적 0.45m²의 3방향 급기후드와 2방향 급기후드의 최적 급기풍속은 각각 3.3m/s와 3.5m/s로 나타났으나, 3방향 급기방식 후드의 급기풍속 3.3m/s는 풍량으로 환산하면 배기풍량의 90%이므로 다소 높은 풍속으로 판단된다. 따라서, 3방향 급기후드에서는 배기풍량의 80%에 해당하는 2.9m/s의 급기풍속이 적합할 것으로 판단된다.

5) 배기면적 0.45m²의 2방향 및 3방향 급기방식의 최적 하향급기풍속은 3.5m/s 및 3.3m/s이므로 본 연구에서 사용된 크기(1.5m×1m×0.4m)와 배기면적(0.45m²)을 가지는 후드의 배기풍량 1000CMH에서의 최적 하향급기풍속은 3.3~3.5m/s라고 판단된다.

6) 후드전면에 배기부를 추가 설치하여 배기면적 확대시 성능향상 효과가 있지만, 지나친 배기면적의 확대는 낮은 배기풍속으로 인하여 배기효율의 저하를 야기한다. 따라서, 추가배기부 설치시 필요배기량 확보하에 적정배기풍속인 0.48~0.55m/s를 만족하도록 배기면적을 산정하여야 한다.

7) 배기풍속에 따라 적정급기풍속 확보시 성능향상에 효과적이며, 배기풍속 감소시 적정급기풍속은 동시에 낮아지는 패턴을 가진다. 또한, 급기구의 형상에 따라 토출부의 풍속이 동일하여도 도달거리와 거리별 풍속이 다를 수 있기 때문에 급기풍속 선정시 급기구 형상을 고려해야 한다.

ABSTRACT

An Experimental Study on the Performance Improvement Strategies for Commercial Kitchen Hoods

Ji, seung hyun

Department of Architecture

The Graduate School of Chung-Ang University

Advised by Prof. Rhee, Eon-Ku, Ph.D.

The increasement of people's income and the improvement of social economic status have brought people to interest of leisure. So the restaurant industry, a kind of the leisure industries, has also increased. Since the restaurant industry has grown rapidly and this trend is expected to be continued, the number of restaurants and cooks has increased. Hence the interest in the environment of the kitchen which is cook's the working place has increased.

The purpose of this study is to suggest the strategies to improve the environment of the commercial kitchen using the kitchen hood. The laboratory experiments were performed to evaluate the local exhaust efficiency, IAQ and thermal comfort with the variation of replacement air, exhaust area and supply/ exhaust air velocity.

The results of this study can be summarized as follows.

1) In the aspect of local exhaust efficiency, the performance of hoods with replacement air is better than hoods for only exhaust.

2) To improve IAQ and thermal comfort, the use of hoods with replacement air is effective since replacement air of hoods can minimize

the outflow of heat and pollution material. When hood with replacement air is used, indoor air quality is improved by below 1000ppm that is a standard CO₂ density. However, if the cook is present in the kitchen, CO₂ density will be exceed over standard value

3) In the aspect of local exhaust efficiency, the performance is the same between the combinations of two method and the combination of three method. In the aspect of thermal comfort and air quality at the cooking area, the combination of two method is better. In the aspect of IAQ, the combination of three method is better. But the combination of three method is inferior at the cooking area in terms of air quality, so when it is applied, the user pay heed

4) The best suitable supply air velocity for the combinations of three method and two method hoods with the exhaust area of 0.45m² is 3.3m/s and 3.5m/s, respectively. When the 3.3m/s, supply velocity of three combination method, is conversed with flow rate, it is 90% of exhaust flow rate. The 90% of exhaust flow rate is estimated to a little high velocity. Therefore, the velocity of 2.9m/s, which is 80% of exhaust flow rate, is suitable for the combination of three method.

5) Since the most suitable velocity of down discharge at the combinations of two and three method is 3.5m/s and 3.3m/s for each. The best suitable velocity of down discharge at the hood which is used in this study is estimated 3.3~3.5m/s at 1000CMH of flow rate.

6) To improve the efficiency of hood, increasing the exhaust area is effective. However, if the exhaust area is exceedingly increased, the efficiency is lowered because of low exhaust velocity. So when increasing the exhaust area, suitable exhaust velocity, 0.48~0.55m/s, must be satisfied.

7) To improve the efficiency of hood, the supply air velocity is suitable to exhaust velocity. And the case of exhaust air velocity is increased, the supply air velocity is increased at the same time. But if the supply air velocity is exceedingly increased, the efficiency is lowered. Although the supply air velocity is same, the effect of supply air is different from each other as the diffuser's shape. so to select the supply air velocity, diffuser's shape must be considered

감사의 글

2001년 1월, 앞으로 2년간 생활할 자리를 정리하면서 연구실 대청소를 한게 엇그제 같은데 어느덧 대학원에 입학한지 2년이란 세월이 지나갔습니다. 지난 2년간 많은 시간을 학업에 투자하지 못한 것이 후회가 됩니다만, 조그만 결실이나마 얻을 수 있게 되어서 안도할 따름입니다. 또한, 논문이 완성될 때까지 저를 도와주신 많은 분들에게 감사드립니다.

94년도 학부 입학을 위한 면접시 처음 뵈게되어 9년이란 기간동안 못난 제자를 따뜻하게 보살펴주시고 아껴주신 이연구 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한, 인자하신 웃음으로 많은 가르침을 주신 이명호 교수님, 학부와 대학원을 통해 가르침과 충고를 아끼지 않으신 이현호 교수님, 정현수 교수님, 최윤경 교수님, 이은택 교수님, 이정형 교수님, 강재훈 교수님께 감사드립니다.

제가 환경연구실을 진학하는데 많은 영향을 주시고, 2년간 따뜻한 충고를 아끼지 않으셨으며, 논문 심사에 이르기까지 많은 가르침을 주신 송국섭 교수님, 논문의 완성까지 세심한 지적과 자상한 조언을 아끼지 않으신 이현우 교수님께 감사드립니다.

연구실 선배님으로서 바른길로 이끌어주신 박진철 교수님, 권영철 교수님, 김남규 교수님, 김세훈 교수님, 이동주 교수님께 감사드리며, 나박사님, 관호형, 성원이형, 주영이 누나, 상형이형, 우진식 과장님, 황하진 박사님 모두에게 감사드립니다.

특히, 3월달부터 실험을 위해 못나고, 못되고, 말안듣고, 버릇없고, 멍청하고, 자존심만 강한 후배와 동거동락하느라 속이 까맣게 타들어갔을, 같은말 10번은 넘게 하느라 입이 많이 아팠을, 후배 때문에 담배만 늘게된 기훈형에게 진심으로 감사드립니다. 실험간 많은 도움을 준 진명이, 음성 실험실에서 본 논문이 있기까지 많은 편의와 고생을 아끼지 않으신 (주)엑타의 이창근 주임님, 윤준진 주임님, 주경민 주임님께 감사드리며, 바른길로 이끌기 위해 많은 도움을 아끼지 않으셨지만, 인사한번 제대로 드리지 못해 죄송한 마음 감출길 없는 호준형께도 감사의 뜻을 전합니다.

지난 1년간 연구실 선배로서의 모범을 보이지 않았음에도, 깍듯하게 선배대접해준 기혁이, 현규, 소이, 진경이에게 감사하며, 연구실 동기로서 그간 동거동락했던 진처리, 선, 현진, 경옥에게 고마움을 표합니다.

끝으로, 오늘이 있기까지 물심양면으로 보살펴주신 엄마, 아빠,
매일보고 싶어 울적해 하면서도 꼭 참아준 사랑하는 숙영이에게.. 정말정말 고맙습니다.

지면을 통해 언급하지는 못했지만, 오늘날의 승현이가 있기까지 도움을 주신 많은 분들과, 친구들에게도 감사의 뜻을 전합니다.

2002년 12월 지승현