

업무용 주방에서의 에너지소비량과 환기 · 공조시스템

-Energy Consumption and HVAC System in Commercial Kitchens-

Yasushi Kondo · Yasuhiro Nagasawa, Takaharu Kawase · Osamu Nagase
Toshiki Ishikawa · Takeshi Murota, Sin-ichi Akabayashi
(空氣調和 · 衛生工學, Vol.75, No.9, 2001)

번역 : 이 상 렬 / 정회원 (주)리우스(srleecla@chol.com)

키워드 : 업무용 주방(Commercial Kitchen), 에너지소비(Energy Consumption),
환기 · 공조시스템(HVAC System)

본고에서는, 업무용 주방에서 소비되는 에너지 실태에 대하여 논하고, 업무용 주방의 환기 · 공조설비에 관한 연구가 왕성한 유럽과 일본에 있어서의 기준을 비교하여 각각의 특징이나 차이점 등에 대해서 소개한다. 더욱이 유럽에서 채택되고 있는 쾌적성이나 에너지절약을 배려한 환기 · 공조시스템의 적용예와 유럽에 있어서의 최근의 연구동향을 소개한다. 또한 작업구역의 환기효율이나 공조효율을 개선하기 위한 환기 · 공조시스템에 대해서 검토한 사례를 보고한다.

서론

업무용 주방에서는 열이나 폐기를 효율적으로 배출하고 작업공간의 온열 · 공기환경을 쾌적한 상태로 유지하기 위한 환기 · 공조설비가 필요하다. 또한, 연소 기구를 사용할 때에는 산소공급(외기도입)이 필요한데, 이로 인해 냉난방에 소비되는 에너지가 매우 커진다. 이에 대응하여, 유럽에서는 에너지절약을 배려하여 건강하고 효율이 좋은 작업환경을 실현하기 위한 업무용 주방의 환기 · 공조설비에 관한 기준이

많으며, 또한 효율이 좋은 환기 · 공조시스템들이 도입되고 있다.

본 보고문에서는 업무용 주방에 있어서 냉난방에 소비되는 에너지의 실태에 대해서 기술한다. 또한 미국 · ASHRAE¹⁾, 유럽의 대표적인 기준의 하나인 독일 · VDI^{2),3)} 및 일본에 있어서의 업무용 주방의 환기 · 공조설비에 관한 기준 · 법규를 비교하고 유럽에서 도입되고 있는 환기 · 공조시스템의 예를 소개한다. 그리고 업무용 주방의 환기효율이나 공조효율을 개선하기 위한 환기 · 공조시스템의 검토사례를 보고한다.

1. 업무용 주방에서의 에너지소비량

업무용 주방은 호텔이나 일반 레스토랑 외에도 오피스빌딩 내의 사원식당, 극장 · 집회시설, 병원, 패스트푸드 등 다양한 용도의 건물에서 볼 수 있다. 이와 같은 업무용 주방은 앞으로도 증가할 것으로 예상되며, 예를 들면, 그림 1에서와 같이 외식산업의 시장규모는 1975년에 비해 약20년 사이에 3배 이상 성장했으며, 건물 · 설비갱신을 고려하면 앞으로도

*1 독일 · VDI(Verein Deutsche Ingenieure, 독일 엔지니어링 협회)에서는 식품관리 · 노동환경 · 안전기준에 관한 상세한 기준을 정하고 있으며, 주방환경의 지침에 대해서는 1999년에 개정되었다. 또한, VDI는 독일 규격협회(DIN)의 기초가 되었고, DIN규격은 유럽 통일규격(CEN)을 결정할 때에 기초자료가 되었다.

많은 업무용 주방이 건설될 것이다.

한편, 최근에 건설된 업무용 주방에서는, 렌지로부터의 열·연소가스의 배기 및 연소 기구를 사용하는 경우에 필요한 다량의 외기를 도입하기 위한 환기와, 작업공간의 쾌적성을 양호한 상태로 유지하기 위한 공조설비가 필요하게 된다. 또한, 수년 전 대장균(O157)소동으로 후생성(지금의 후생노동성)으로부터 주방내의 온열환경에 관한 지침이 하달되어 쾌적하고 위생적인 주방환경을 실현하는 것의 중요성에 대한 인식이 높아졌다. 이와 같은 배경으로, 그림 2에서와 같이 현재 업무용 주방의 70% 이상에 냉방설비가 설치되어 있다⁴⁾.

그림 3에서와 같이 업무용 주방은 호텔 전체의 바닥면적에 대한 비율이 3~5% 정도로 비교적 작는데 비해서 주방내의 공조설비에 의한 에너지소비 비율은 매우 크다¹⁰⁾. 건물전체에 사용되는 에너지 중에서 공조설비가 30% 이상의 에너지를 소비하는 호텔도 있다. 즉, 업무용 주방의 에너지 소비량을 삭감하는

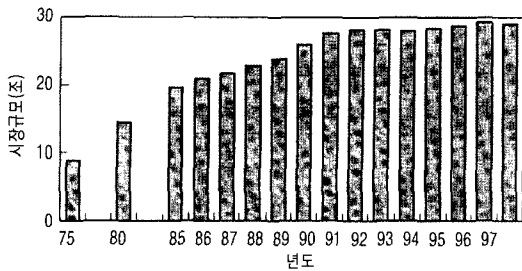
일은 건물전체의 에너지절약에 직결된다고 해도 과언이 아니다.

한편, 표 1에서와 같이 업무용 주방의 관리자와 사용자에게 주방의 사용실태와 실내 온열환경에 관한 설문지 조사를 실시하였다. 그 결과, 그림 4에 나타난 바와 같이 “만족” 혹은 “거의 만족”이란 대답은 10% 이하인 것에 비해 “약간 불만” 혹은 “불만”이라는 대답이 50% 이상이며, 그 중 “더워서”라는 이유가 70% 이상이었다.

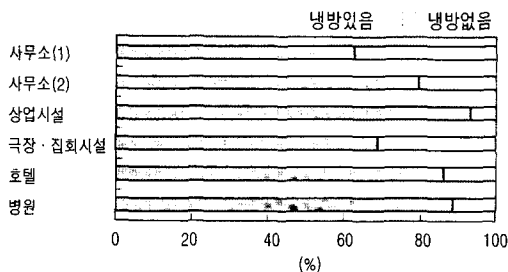
이상에서와 같이, 업무용 주방에 있어서는 필요 환기량을 만족시키면서 공조부하를 최소한으로 억제하고도 작업공간의 쾌적성을 유지하기 위한 연구가 중요하다는 것을 이해할 수 있다.

<표 1> 주방내 사용실태와 온열환경에 관한 조사

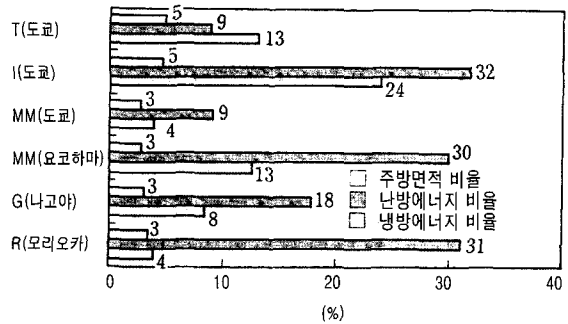
조사대상	배포건수	회수		
		건수	관리자	조리자
호텔	9	9	8부	25부
패스트푸드	7	6	6부	16부
사원식당	9	9	7부	14부
합계	25	24	21부	55부



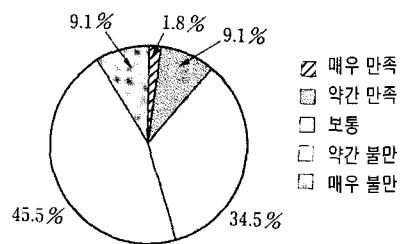
[그림 1] 외식 산업규모의 추이(추계값)³⁾



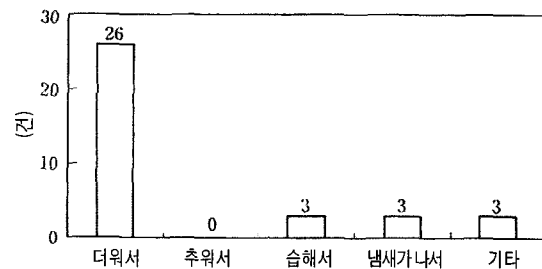
[그림 2] 건물 용도별 주방내의 냉방비율⁴⁾



[그림 3] 호텔에서의 업무용 주방면적과 에너지 소비량⁵⁾



(a) 하계 주방내 환경에 대한 만족도



[그림 4] 주방내 사용실태와 온열환경에 관한 조사결과

2. 유럽과 일본의 업무용 주방환기·공조설비의 기준

업무용 주방의 환기·공조시스템에 대한 상기와 같

은 인식은, 유럽에서는 오래전부터의 일이다. 특히, 기술향상이나 사회정세의 변화에 따른 환기·공조설비에 관한 기준의 개정은 유럽에서는 매우 빈번하게 실시되고 있다.

본 장에서는, 미국·ASHRAE, 유럽·VDI, 일본에 있어서 업무용 주방의 환기·공조설비에 관한 기준·법규에 대해 비교하고, 각각의 특징이나 차이점 등을 소개한다.

〈표 2〉 미국·ASHRAE의 배기풍량 산정¹⁾

후드형상	필요배기량 Q[m³/s] (A: 후드 개구면적 [m²]) (L: 후드 길이 [m])	기기 그룹별 필요배기량 [m³/s] (후드 길이 1m당 풍량)			
		약	중	강	초강
1) 벽걸이 카노비형	Q = 0.5 m/s × A	0.23~0.31	0.31~0.46	0.31~0.62	0.54이상
2) 싱글아일랜드 카노비형	Q = 0.75 m/s × A	0.39~0.46	0.46~0.60	0.46~0.93	0.85이상
3) 더블아일랜드 카노비형	Q = 0.5 m/s × A	0.23~0.31	0.31~0.46	0.39~0.62	0.77이상
4) 백셀프형	Q = 0.47 m³/s × L	0.15~0.31	0.31~0.46	0.46~0.62	권장치 없음
5) 아이블로우형	Q = 0.5 m/s × A	0.23~0.39	0.23~0.39	—	—
6) 패스오버스타일형	Q = 0.47 m³/s × L	0.15~0.31	0.31~0.46	0.46~0.62	권장치 없음

2.1 배기후드 및 배기풍량

미국·ASHRAE에서의 기준에서는 후드 형상을 표 2와 같이 대표적인 6개의 종류²⁾

〈표 3〉 유럽·VDI에 있어서 배기풍량 산정 순서²⁾

조리기에서 발생하는 발열량을 식(A1)에서 산출한다.
 $Q_{s,k} = P \cdot Q_b$ (A1)
 식(A1)의 값에서 식(A2), (A3)에서 열상승류를 산출한다.
 $V_{m,up} = k \cdot Q_{s,k} \cdot (Z + 1.7 \cdot d_{top})^{0.5} \cdot r$ (A2)
 단, $d_{top} = 2 \cdot L \cdot B \cdot (L + B)$
 열상승류와 같은 양을 배기풍량으로 하고, 각 배기후드의 배기풍량은 열상승류의 누출, 급기방식에 의해 발생하는 교란을 고려하여 식(A3)에서 구한다.
 $V_{m,ex} = V_{m,up} \cdot a$ (A3)
 배기후드가 없는 부분의 조리기의 배기량을 포함한 주방내의 전 배기량을 식(A4)에서 산출한다.
 $V_{m,ex} = \sum V_{m,ex} = V_{m,ex} \cdot a$ (A4)
 $V_{m,ex}$ 가 배기후드에 의한 배기량의 10% 이하인 경우는 식(A5)를 만족하는 보조적인 배기량을 천정면에서 실시한다.
 $V_{m,ex} + V_{m,add} < 0.1 \sum V_{m,ex}$ (A5)
 또한, 배기방식에 관계없이 결로방지를 위한 식(A6)에 의해 배기풍량의 체크를 실시한다.
 $V_{m,ex} + \sum m_i \cdot \rho_i \cdot (x_{i,s} - x_{i,e})$ (A6)

기호표

$Q_{s,k}$: 주방기기 발열량	[W]
P : 기기부하	[kW]
Q_b : 현열 발생량	[W/kW]
b : 대류비(=0.5를 가정)	
ϕ : 동시 사용률	[—]
$V_{m,up}$: 열상승류	[m³/h]
k : 정수	
d_{top} : 기류직경	[m]
L : 조리기의 길이	[m]
B : 조리기의 폭	[m]
Z : 조리기 상면에서 후드 하단까지의 높이	[m]
r : 기기설치 위치에 의한 감소계수	[—]
a : 폐기 누출계수	[—]
$V_{m,ex}$: 배기후드의 배기량	[m³/h]
$V_{m,ex}$: 주방내(전 배기량)	[m³/h]
$V_{m,ex}$: 배기후드가 없는 기기의 배기량	[m³/h]
$V_{m,add}$: 보조적인 천정배기풍량	[m³/h]
m : 기기에서의 방습량	[kg/h]
$x_{i,s}$: 배기 절대습도	[kg/kg]
$x_{i,e}$: 급기 절대습도	[kg/kg(DA)]
ρ : 밀도	[kg/m³]

로 분류하고, 필요 배기풍량을 후드면 풍속 혹은 대상이 되는 조리기구의 종류에 따라 산출한다. 후드면 풍속에 의한 필요 배기풍량의 산정에서는, 배기후드 형상마다 후드 개구면적 및 후드면 풍속에서 산출한다. 조리기구에 따른 산출에서는, 조리기구를 표 2의 우측과 같이 4개의 그룹으로 분류하고 그룹마다 필요 배기량을 규정한다. 표 2를 근거로 산출한 2개의 값 중에서 큰 쪽을 필요 배기량으로 채택하는 것으로 정하고 있다.

유럽·VDI에서의 기준²⁾에서는 조리작업(약10종류) 및 조리기구(약20종류)를 상세하게 분류하여 각 조리기구의 발열량(현열·잠열) 및 방습량에 관한 상세한 데이터를 보여주고 있다. 이 상세한 데이터 외에, 조리기구 열원, 설치위치, 주방 용도별의 조리기기 동시 사용률, 폐기 누출계수, 조리기기 치수 등을 고려하여 표 3과 같은 순서에 따라 배기후드 및 주방 전체 배기풍량을 산출하고 있다.

이와 같이, 유럽의 규격에서는 매우 섬세하게 환기풍량의 산정이 이루어지고 있다. 한편, 일본에서의 기준^{6), 7), 8)}은 표 4와 같이 조리기구의 종류에 상관없이 기기의 이론 연소가스량과 배기후드의 유무 등으로 산출된 값을 채택하거나, 또는 후드면 풍속 0.3 m/s 이상이 되도록, 주방 배기풍량을 산출한다. 이와

*2 6개의 대표적인 후드형상의 특징은 이하와 같다.

- 1) 벽걸이 카노비형: 뒷면을 벽에 붙여서 설치, 조리기기상에 설치
- 2) 싱글아일랜드 카노비형: 섬형 일렬로 설치, 조리기기상에 설치
- 3) 더블아일랜드 카노비형: 싱글아일랜드 카노비형을 뒷면을 붙여서 설치한 상태
- 4) 백셀프형: 뒷면을 벽에 붙여서 설치, 카운터 높이의 조리기기상에 설치
- 5) 아이블로우형: 오픈, 식기 세척기에 직접설치
- 6) 패스오버스타일형: 조리측에서 배식측으로 연결된 카운터높이의 조리기기상에 설치

*3 이번 비교를 실시한 일본에서의 기준에서는 열원을 가스(도시·LP), 등유로 하고 있으며, 여기에서는 전화주방을 대상으로 하지 않는다.

같이, 일본의 기준은 유럽에 비해 극히 단순하다.

2.2 급기풍량 및 급기방식

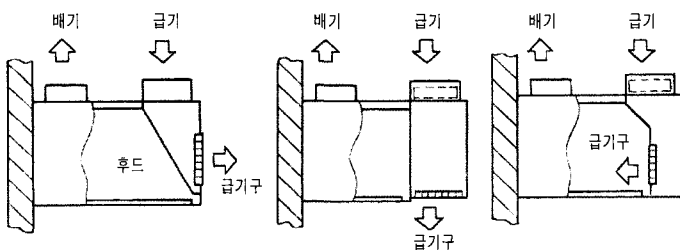
미국 및 일본에서는, 주방내의 공기가 옆방으로 누출되지 않게 하기 위하여, 일반적으로 배기풍량의

〈표 4〉 일본에서의 필요배기량 산정순서^{6),7)}

연소기구가 있는 실내의 필요 환기량을 배기후드 유무 등에 따라 식(B1)~(B3)에서 선택하여 산출한다.	
1) 환기팬을 골뎛에 설치할 경우 $V=2kQ$ (B1)
2) 배기후드를 설치할 경우 $V=3kQ$ 혹은 후드 면풍속을 0.3m/s이상으로 한다. (B2)
3) 배기후드를 설치하지 않을 경우 $V=40kQ$ (B3)
기호표	
V : 필요 환기량	[m ³ /h]
k : 이론 연소배기 가스량	[m ³ /(kW · h)]
Q : 연료소비량	[kW]

〈표 5〉 미국·유럽·일본의 법규 기준 비교^{1), 2), 6)-9)}

항 목	미국·ASHRAE	유럽·VDI	일 본
배기풍량	배기후드종류, 후드현상, 조리기기 그룹별에 의한 산정	조리기기의 열원, 발열량, 동시 사용율, 기기치수, 설치위치, 폐기누출계수 등에 의해 산정. 결로방지를 위한 계산을 한다.	이론 연소배기 가스량, 연료 소비량에 의한 산출
급기풍량	배기풍량에 대해 85~90% (주방 옆방에 비해 부압)	배기풍량과 동량	배기풍량에 대해 85~90% (주방 옆방에 비해 부압)
급기방식	외기급기 및 공조급기	외기급기 및 공조급기	외기급기
급기위치	천정레지스터(종래형) 배기후드 일체형	천정 레지스터(종래형) 처환환기형(작업구역급기·천정급기)	벽면, 천정, 옆방 등의 외기에 면한 급기구를 설치하여 급기경로를 확보한다.
급기조건 (취출온도·풍속 등)	배기후드 일체형 : 10~18℃	처환급기형의 경우 19℃ 이상 천정급기 0.2 m/s 이하 작업구역급기(원형) 0.4 m/s 이하 작업구역급기(평면) 0.2 m/s 이하	특별히 없음
온열환경조건	동계21~23℃, 하계20~31℃	온도 18~26℃, 상대습도 30~65%	온도 25% 이하, 상대습도 80% 이하



(a) 앞면급기 방식 (b) 하향급기 방식 (c) 내부급기 방식
[그림 5] 환기 후드 일체형 시스템의 예(미국·ASHRAE)

85~90%를 급기풍량으로 하고 주방 내를 옆방에 대하여 부압으로 유지한다.⁴⁾ 한편, 유럽·VDI에서는, 배기풍량과 같은 풍량을 급기하도록 규정하고 있다. 일본에서는 주로 외기급기방식(주방 작업 공간내에 외기를 직접 급기한다.)에 대하여 규정되어 있다. 한편, 미국과 유럽에서는, 외기를 직접 급기하는 방식은 주방내의 쾌적성을 악화시키기 때문에 권장하지 않고, 공조급기방식(공조기에 의해 온·습도를 조정한 후 급기한다.)에 대한 기술이 많이 보인다. 미국·ASHRAE에서는 공조급기방식은 주방내의 환경을 쾌적한 상태로 하는 이상적인 방법임을 기술하고 있으며, 유럽·VDI에서도 미국과 같이 작업자의 쾌적성, 안전성, 작업효율을 고려한 공조급기방식을 주장하고 있다.

2.3 온열환경에 관한 규정

유럽·VDI의 기준은 작업공간의 쾌적성 및 공기 품질의 관점에서 주방내의 권장 온습도나 최소 외기 취입량 등을 규정하고 있으며, 의복의 상태와 활동량을 고려하여 주방 내를 허용온습도 범위내(온도18~26℃, 상대습도30~65℃)가 되도록 규정하고 위생적인 관점에서 작업에 따라 인접실의 실내 온습도조건도 규정하고 있다. 한편, 미국·ASHRAE나 일본의 기준에서는 주방내 작업자의 쾌적성을 고려한 권장 온습도 등은 명기되어 있지 않다. 단지 일본에서는 식품의 위생유지관리에 관한 기준이나 후생대신의 통고에 의해서·조리장은 습도80% 이하, 온도25℃ 이하로 유지하는 것이 바람직하다.고 되어있고, 미국에서도 주방내 온도에 관한 기준이 있다.

3. 유럽의 있어서 환기·공조시스템과 주방에 관한 연구동향

유럽에서는 주방 내 작업공간의 온열·공기환경을 쾌적한 상태로 유지하고 작업자의 안전성과 작업효율을 고려하여 조리기기에서 발생하는 열이나 오염물질을 효율적으로 배기하기 위한 환기·공조시스템이

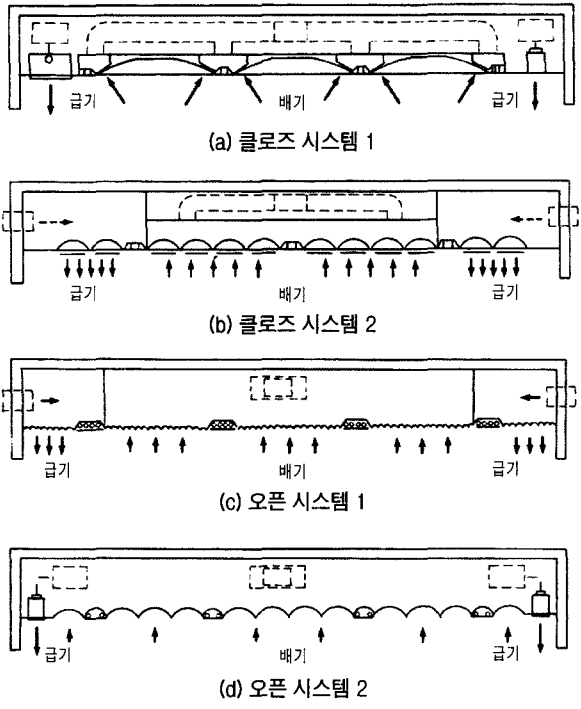
*4 일본에서는, 주방옆방이나 식당에러 등에서, 주방내에 공기를 취입하는 계획은 위생상 좋지 않다는 이유로, 보건소등에서 지도를 받는 경우도 있다.

도입되고 있다.

여기서는 미국·ASHRAE¹⁾나 유럽·VDI²⁾의 기준 등에서 최근 채택되고 있는 대표적인 환기·공조시스템을 소개한다.

3.1 배기후드 일체형 시스템

미국·ASHRAE 기준에서는 후드에 의해 제거되는 배기가 급기에 의해 교란되지 않는 시스템의 일례로써 그림 5와 같은 배기후드 일체형 시스템을 들고 있다. 각 방식은 이하와 같은 특징이 있다.



[그림 6] 천정배기 시스템의 예(유럽·VDI)

<표 6> 각 케이스별 취출·흡입 풍량

	케이스 1 (외기급기: 천정)	케이스 2 (외기급기: 후드하단)	케이스 3 (외기급기: 렌지상단)
공조급기 (급기 풍량, 취출 풍속 등)	급기 1: 400m ³ /h, 0.427m/s (0.26m×1m) 냉방시 15℃, 난방시 30℃	급기 2: 400m ³ /h, 0.435m/s (0.15m×0.85m:2개소) 냉방시 15℃, 난방시 30℃	급기 2: 400m ³ /h, 0.435m/s (0.15m×0.85m:2개소) 냉방시 15℃, 난방시 30℃
외기급기 (급기 풍량, 취출 풍속 등)	외기 1: 400m ³ /h, 0.427m/s (0.26m×1m) 하계 30℃, 동계 5℃	외기 2: 400m ³ /h, 0.463m/s (0.1m×0.6m: 4개소) 하계 30℃, 동계 5℃	외기 3: 400m ³ /h, 0.794m/s (0.1m×0.35m:4개소) 하계 30℃, 동계 5℃
배기 (배기 풍량)	환기: 400m ³ /h(0.2m×0.2m) 배기: 400m ³ /h(0.6m×0.6m)	환기: 400m ³ /h(0.2m×0.2m) 배기: 400m ³ /h(0.6m×0.6m)	환기: 400m ³ /h(0.2m×0.2m) 배기: 400m ³ /h(0.6m×0.6m)

-전면급기방식: 급기를 배기후드로부터 먼 곳을 향하여 불어내도록 하여 렌지위의 열상승류를 교란하지 않는 특징이 있다.

-하방급기방식: 후드 하부에 설치된 강한 방사열 조리기의 영향을 완화할 필요가 있는 경우와 같이 조리 작업자에의 집중 공조를 실시할 때에 이용된다.

-내부급기방식: 쇼트서킷방식 혹은 보상방식이라 하며, 급기는 후드 안에서 도입된다. 일반적으로 열·연소 배기가스의 발생량과 배기후드 배기풍량과의 차를 주방작업공간으로부터 배출하지만, 이 방식에서는 배기후드 내에 급기 함으로써 적절한 주방 작업공간의 공조가 가능한 것으로 되어 있다.

3.2 천정배기시스템

유럽·VDI에서, 주방내의 조리기에서 발생하는 열이나 오염물질을 급기로 치환하여 이들을 효율적으로 배기시키는 시스템의 일례로써 그림 6과 같은 몇 가지의 천정배기시스템을 들고 있다. 이 시스템은 주방내의 조리기에서 발생하는 열상승류를 교란하지 않도록 천정 혹은 바닥면 부근에서 저풍속으로 작업구역에 급기하고, 조리기에서 발생하는 열·연소 배기가스의 작업구역으로의 누출을 경감시켜 천정면 전체에서 배기하는 시스템이다. 유럽·VDI에서는 바닥면 부근에 급기구를 만들어 정확하게 급기할 경우, 종래의 천정레지스터나 천정에 급기구를 설치하는 환기·공조시스템에 비해 작업구역으로의 오염물질 부하를 60~70%, 열 부하를 50% 삭감할 수 있다고 기술되어 있다.

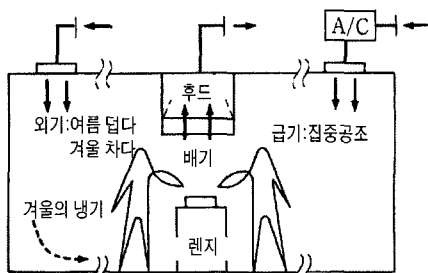
3.3 최근의 업무용 주방에 관한 연구 동향

미국·ASHRAE에서는 기술위원회 5.10(이하, TC 5.10)을 만들어 업무용 주방의 환기에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. TC 5.10에서는 업무용 주방의 효율적인 환기제어와 오염물질의 포집이나 조리에 의해 발생하는 열의 효율적인 제거에 관해 검토하고, 주방내의 온열환경 및 오염물질 제어프로세스에 영향을 미치는 외기급기나 공조급기의 도입 방법 등을 주제로 계획적인 연구가 진행되고 있다. TC 5.10 연구 소위원회의 주요 주제들을 표 7에 보여준다¹⁰⁾. 특히, 처음 5개는 장기적인 연구주제로 되어있다.

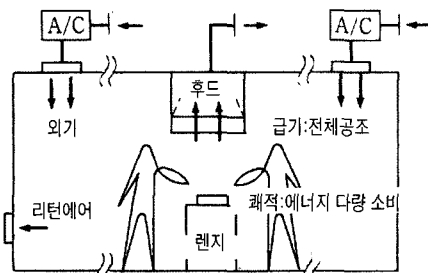
또한, TC 5.10에서는 ASHRAE의 하계 및 동계회의에서 업무용 주방에 관한 연구나 기술소개를 위한

<표 7>ASHRAE TC 5.10에서의 주요 연구과제¹⁰⁾

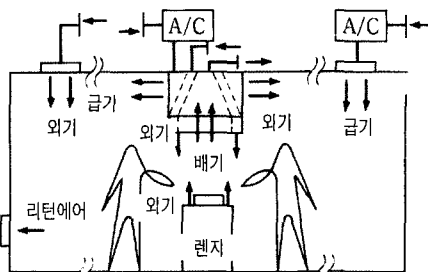
- 1) 업무용 주방내의 배기후드에 대한 각종 공조 급기방식의 평가
- 2) 업무용 주방내의 실내 공기품질
- 3) 조리과정에 대해 타입1 후드가 필요하지 않지 않음을 결정하기 위한 시험 방법 개발
- 4) 조리기기의 종류나 위치가 배기후드 성능에 미치는 영향
- 5) 고품연료를 사용하는 조리에 의해 발생하는 배출물 특성
- 6) 배기시스템에 있어서 풍량조절과 능력의 절감
- 7) 환기계획이나 그 응용에 CFD를 적용하는 일의 평가
- 8) 하방에서 연료를 공급하는 브로일러의 배기 특성
- 9) 루프틀에서 배기할 경우의 주변환경에의 영향
- 10) 업무용 주방 환기성능의 현장 시험
- 11) 주방내 공기품질에 관한 환기시스템의 각종 요인예의 영향



(a) 주방 환기용의 직접 취출한 경우 (집중공조)



(b) 주방 환기용의 외기를 직접 공조한 경우(전체공조)



(c) 검토한 환기 공조시스템

- 주 1) 렌지상에서 발생하는 열상승류에 유인되는 공기를 공조하지 않은 외기까지 공급할 수 있도록 외기급기를 렌지 근방에서 실시한다(환기효율의 개선).
 2) 렌지근방의 고온영역과 작업공간과의 열·공기의 상호교환을 작게 하여 공조를 효율적으로 실시한다(공조효율의 개선).

[그림 7] 업무용 주방에서의 환기공조 효율

세미나를 개최하고 있다. 나아가서 이들의 연구성과, 최근의 기술향상, 사회정세의 변화에 등에 대응하여 TC5.10의 기준책정 소위원회에서는 새로운 환기·공조설비에 관한 기준을 검토, 책정하고 있다.

4. 환기·공조시스템의 검토 예

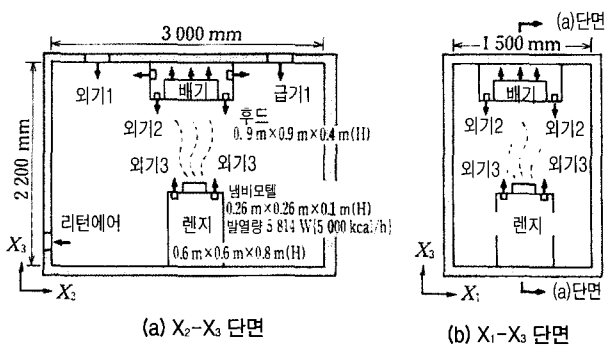
전술한 바와 같이, 유럽에서는 주방내 작업공간의 쾌적성이나 에너지절약을 고려한 효율이 좋은 환기·공조시스템이 많이 보급되고 있다. 본 장에서는 그림 7과 같은 환기·공조시스템의 개념을 바탕으로 이하의 2가지 목적으로 실험·실측 및 수치해석(Computational Fluid Dynamics : CFD)을 통하여 검토한 예를 소개한다.

- 렌지의 연소 배기가스 배출을 위한 환기를 효율적으로 실시(환기효율의 개선)
- 렌지 발열이나 환기용 외기급기의 영향이 공조영역에 미치지 않도록 할 것(공조효율의 개선)

4.1 해석 개요

그림 8과 같은 업무용 가스렌지를 주방내의 중앙에 설치한 싱글 아일랜드형 업무용 주방의 일부를 모델화한 공간에 대해서 검토한다.

해석 케이스를 그림 9 및 표 6에 나타낸다. 케이스 1은 종래의 환기·공조시스템과 같이 천정에서 외기를 도입하는 경우를 상정한다. 케이스2는 배기 후드 일체형으로써 후드전면에서 공조급기를 실시하고, 후드하단에서 외기도입을 실시한다. 케이스3은 케이스2와 같이 후드전면에서 공조급기를 실시하는 배기 후드 일체형이지만, 외기급기를 렌지상단에 설치하는 케이스이다. 또한, 공조급기 온도를 냉방시 15℃,



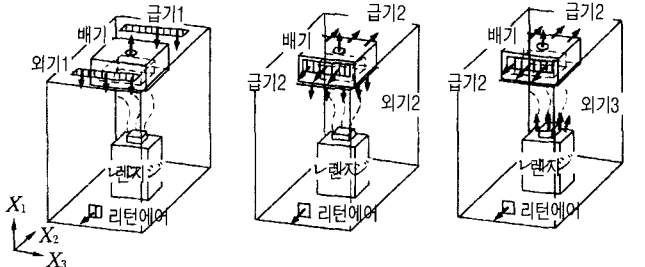
(a) X₂-X₃ 단면

(b) X₁-X₃ 단면

[그림 8] 해석모델

난방시 30℃로 하고, 외기급기 온도를 하계 30℃, 동계 5℃로 하여 검토한다. 실험이나 CFD의 상세한

것에 대해서는 문헌11)을 참조할 것. 여기에서는 현열 발생량이 5814W (5000kcal/h)인 경우의 결과와 총 발열량이 6977W (6000kcal/h)인 경우의 실험결과를 비교한다.

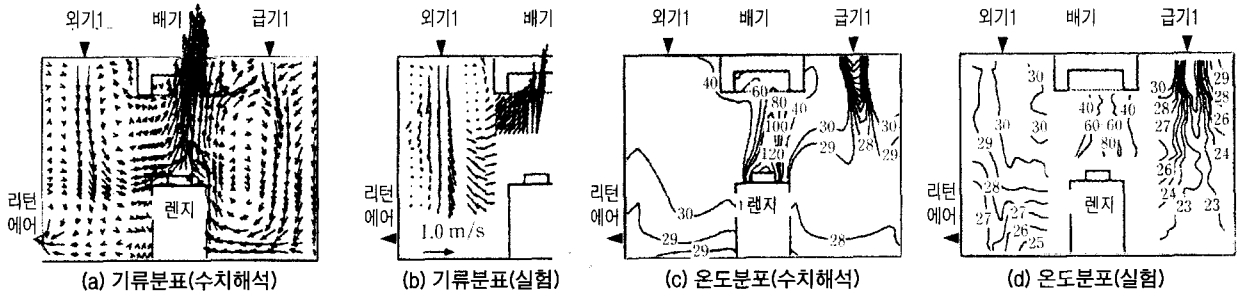


케이스1(외기급기:천정) 케이스2(외기급기:후드) 케이스3(외기급기:렌지)
[그림 9] 검토 케이스 개념도

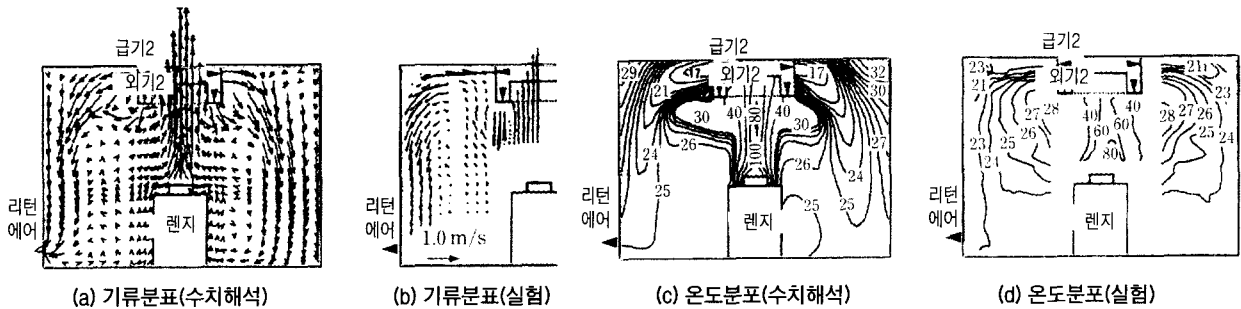
4.2 냉방시의 유동장 및 온도장

• 기류분포(그림10~12(a), (b))

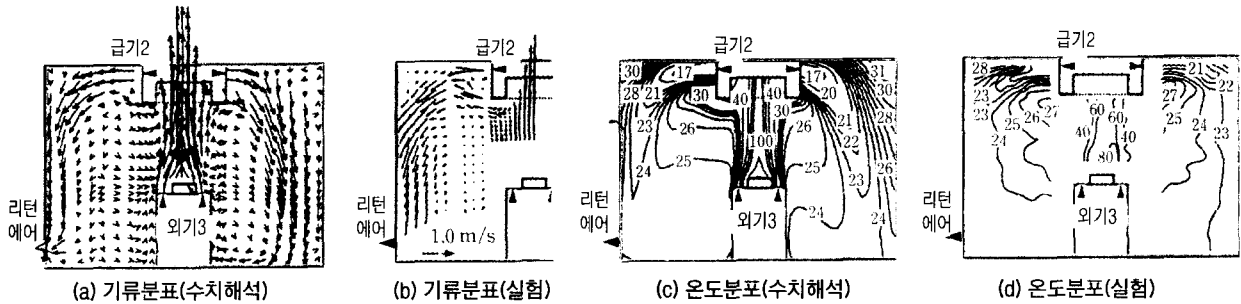
각 케이스의 거의 모두가 렌지상의 열상승류를 후드에서 포집하고 있다. 단, 케이스1(외기급기:천정) 및 케이스3(외기급기:렌지상단)에서는, 열상승류의 일부가 작업구역에 누출되고 있다. 특히 케이스1 그림 10(a)의 후드 우측에서의 누출이 비교적



[그림 10] 케이스1(외기급기:천정) : 냉방시(외기 30℃, 공조 15℃)



[그림 11] 케이스2(외기급기:후드하단) : 냉방시(외기 30℃, 공조 15℃)



[그림 12] 케이스3(외기급기:렌지하단) : 냉방시(외기 30℃, 공조 15℃)

크다. 실험결과 그림 10~12(b)에 있어서도 거의 같은 경향이 나타나고 있다.

• 온도분포(그림10~12(c), (d))

케이스3<케이스2<케이스1의 순서로 주방내의 공간온도가 높다. 이것은 외기급기(30℃)에 의한 영향으로 생각되며, 고온의 외기급기의 세력범위가 케이스3<케이스2<케이스1의 순서로 넓기 때문이다. 또한, 각 케이스 모두에서 수치해석결과는 실험결과보다 1~2℃높아지는 경향이 보인다. 이것은 실험에서 주변 벽면에서의 열관류 손실 등이 있었기 때문이라 생각된다.

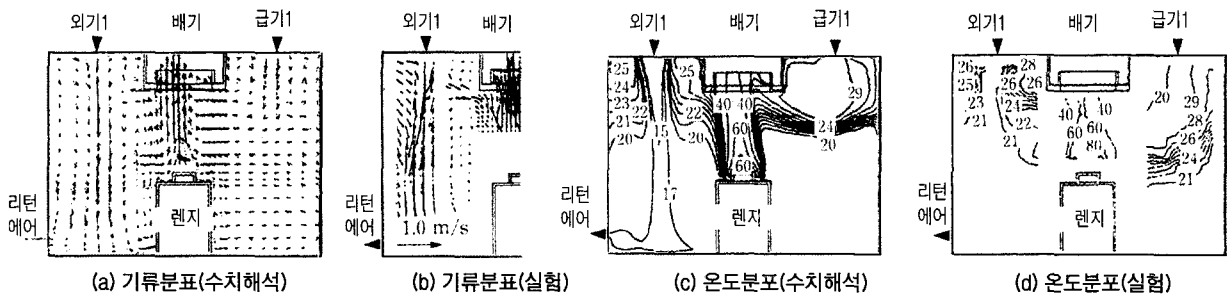
이와 같이, 같은 온도에서 같은 풍량의 공조급기에 의해 냉방을 실시하여도 케이스2나 케이스3과 같이

급기위치 등을 궁리하여 작업구역의 온열환경을 개선할 수 있다.

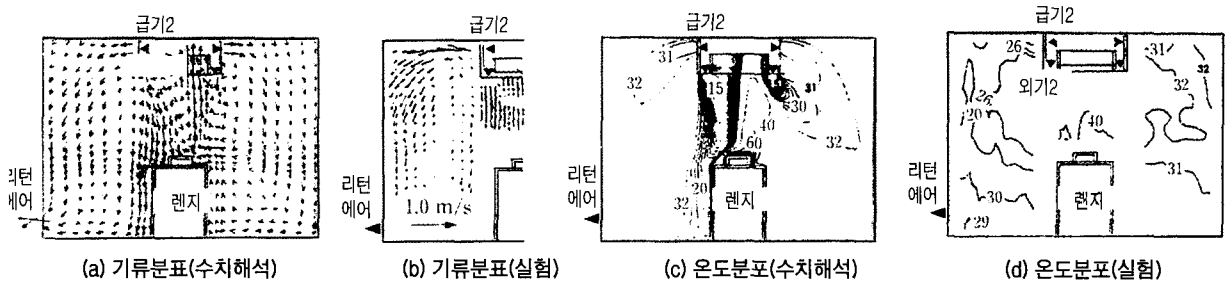
4.3 난방시의 유동장 및 온도장

• 기류분포(그림13~15(a), (b))

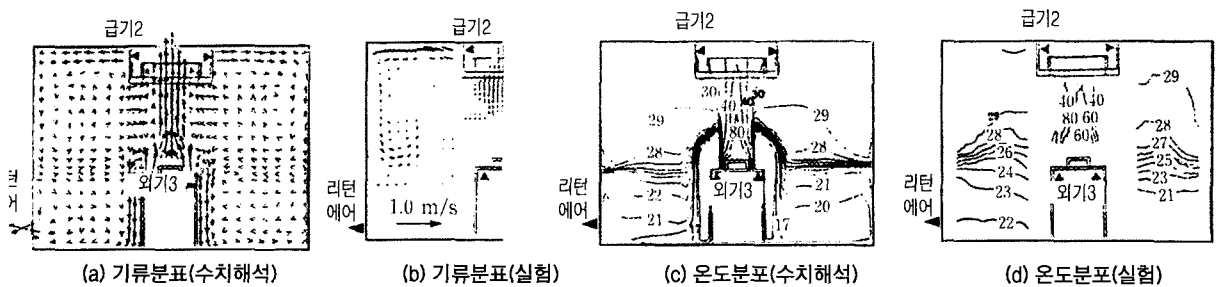
케이스1, 2에 있어서 렌지상의 열상승류가 후드에 완전히 포집되고 있지 않다. 특히, 케이스1(외기급기 : 천정)에 대해서는 그림 13(a)에 보이는바와 같이 후드좌측에서 누출이 발생한다. 케이스2[그림 14(a)]에서는 왼쪽의 후드하단에서의 외기급기와 열상승류가 충돌하여 외기일부는 렌지의 좌측하방에서 누출되고 있다. 한편, 케이스3(그림 15(a))에서는 후드측면에서의 공조급기(30℃)가 고온이



[그림 13] 케이스1(외기급기:천정) : 난방시(외기 5℃, 공조 30℃)



[그림 14] 케이스2(외기급기:후드하단) : 난방시(외기 5℃, 공조 30℃)



[그림 15] 케이스3(외기급기:렌지하단) : 난방시(외기 5℃, 공조 30℃)

때문에, 냉방시(그림 12(a))에 비해 하강의 정도가 작다. 또한, 렌지 상단에서의 저온의 외기급기(5℃)가 후드에 포집되기 전에 하강하여 바닥면을 기는 듯이 흐르고 있다. 이들의 경향은 실험결과(그림 13~15(c), (d))에서도 나타나고 있다.

• 온도분포(그림 13~15(c), (d))

케이스1<케이스3<케이스2의 순서로 주방내의 공간온도가 낮다. 외기급기(5℃)의 영향이 크게 나타나며, 케이스1(그림 13(c))에서는 천정에서, 케이스3(그림 15(c))에서는 렌지 상단에서 내뿜어진 저온의 외기가 공간의 하방에 체류해 있다. 이 때문에 케

이스1에서는 외기급기구 밑의 공간은 저온이 되어 그림 중의 좌우에서 3~4℃의 온도차가 생기고 있다. 케이스3에서는 외기의 바닥면 부근에서의 체류에 의해 공간전역의 상하온도차가 10℃정도 생기고 있다. 이러한 결과들은 실험결과(그림 13~15(d))들과 거의 일치하고 있다.

냉방상태에서 효율이 좋았던 케이스2나 케이스3은, 이와 같이 난방시를 상정하면 바람직하지 않은 결과가 나타난다. 이것은 난방시의 외기온도가 낮기 때문이며, 케이스2, 3과 같은 시스템에서는 외기온도를 더 가열할 필요가 있음을 시사하고 있다.

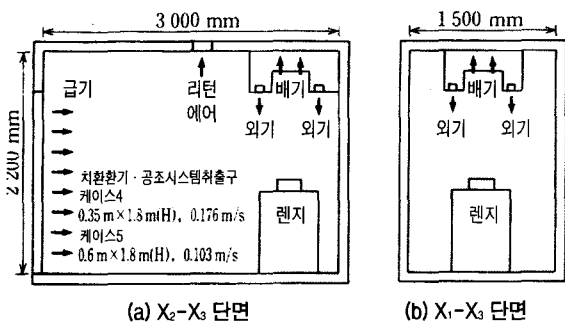
5. CFD에 의한 치환환기·공조시스템의 검토 예

최근에 유럽을 중심으로 주목받고 있는 치환환기·공조시스템(displacement ventilation and air-conditioning system)에서는 취출 기류속도가 매우 작고 렌지상의 열상승류에의 영향을 작게 할 수가 있어서 작업구역의 효율적 공조가 기대된다. 이 시스템은 유럽에서 업무용 주방에 적용하고 있지만, 취출구 면적이 크고, 주방 내에 넓은 공간을 필요로 하기 때문에 일본에서의 실시 예는 거의 볼 수가 없다.

본 장에서는, 치환환기·공조시스템을 업무용 주방에 적용한 경우에 대해서 수치해석을 실시하고, 특히 취출구 면적을 작게 한 경우의 결과를 소개한다.

5.1 해석개요

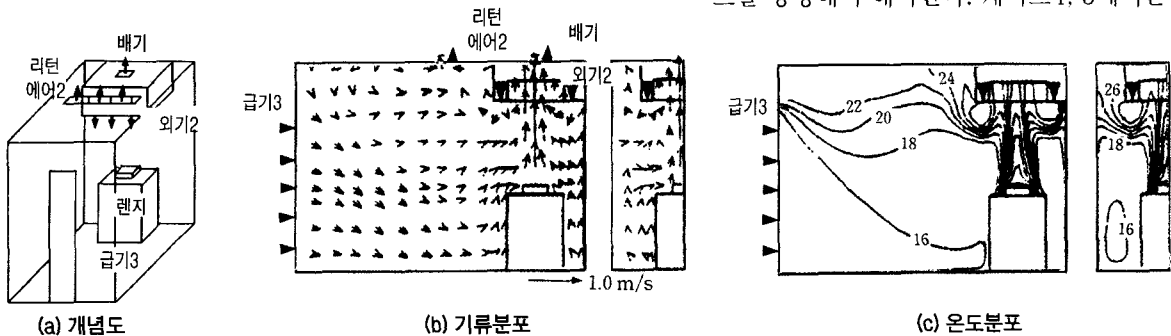
해석모델 및 해석케이스는 그림 16~18(a)에 보여주는 업무용 주방의 일부를 모델화한 공간으로써, 표 8에 보이는 2개의 케이스를 상정해서 해석한다. 케이스4, 5에서는



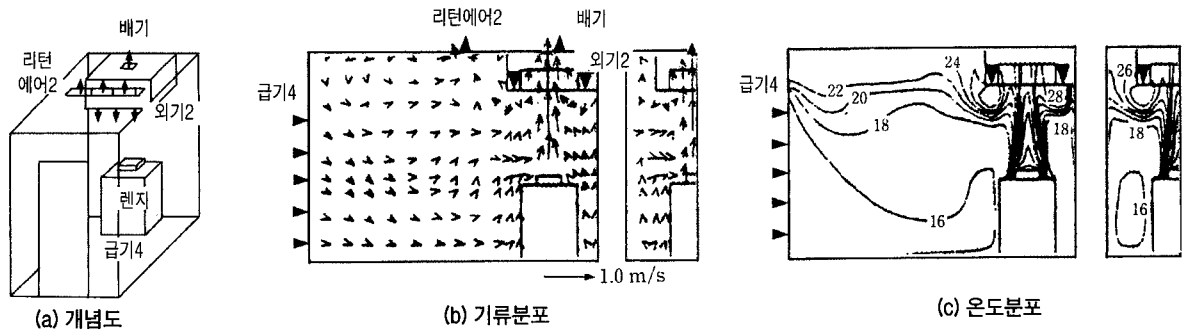
[그림 16] 해석모델(치환환기·공조시스템)

<표 8> 각 케이스별 취출·흡입 풍량(치환환기·공조시스템)

	케이스 4	케이스 5
공조급기(급기풍량, 취출풍속 등)	급기3 : 400m ³ /h, 0.176m/s[0.35m×1.8m(H)] 취출온도 15℃	급기4 : 400m ³ /h, 0.103m/s[0.6m×1.8m(H)] 취출온도 15℃
외기급기(급기풍량, 취출풍속 등)	외기2 : 400m ³ /h, 0.463m/s(0.1m×0.6m:4개소) 취출온도 30℃	외기3 : 400m ³ /h, 0.463m/s(0.1m×0.6m:4개소) 취출온도 30℃
배기(배기풍량)	환기 : 400m ³ /h(0.2m×0.2m) 배기 : 400m ³ /h(0.6m×0.6m)	환기 : 400m ³ /h(0.2m×0.2m) 배기 : 400m ³ /h(0.6m×0.6m)



[그림 17] 케이스4[공조급기 취출구:좁다. 0.35mX1.8m(H):냉방시(외기 30℃, 공조 15℃)



[그림 18] 케이스5[공조급기 취출구:넓은 경우 0.35mX1.8m(H)]·냉방시(외기 30℃, 공조 15℃)

후드하단 4변에서 외기급기를 실시하고, 공조 급기 취출구를 주방내의 작업구역에 설치하여 작업구역의 공조를 실시한다. 케이스5에서의 취출풍속은 약 0.10 m/s이다. 또한, 케이스4는 케이스5보다 취출구 면적을 작게하여 취출풍속을 약 0.18 m/s로 하고 있다. CFD의 상세에 대해서는 문헌¹²⁾를 참조 바람.

5.2 냉방시의 유동장·온도장

• 기류분포(그림 17, 18(b))

케이스4, 5에서 모두 렌지상의 열상승류는 거의 후드에서 포집되고 있다. 또한, 케이스4에 비해 취출면적이 넓은 케이스5에서는 취출면 풍속이 작기 때문에 급기구에서 취출된 공조급기는 하강할 비율이 약간 커진다. 케이스4, 5에서 모두 약간 후드하단에서 급기된 외기가 거주구역 쪽으로 누출되고 있지만, 누출한 외기는 환기구(환기2)에 의해 빨려 들어가고 있기 때문에 거주구역에의 영향은 작다.

• 온도분포(그림 17, 18(c))

케이스4, 5의 주방내 온도는 16~20℃정도가 된다. 이것은 공조 급기온도(15℃)의 영향이 크기 때문이고, 급기온도를 더 올려도 주방내의 쾌적성이 유지될 것으로 생각된다. 또한, 급기온도를 올렸을 경우에 기류의 하강의 정도도 작아지는 것을 예상할 수 있다. 케이스4는 케이스5에 비해 취출 면적이 작을 경우의 치환·환기시스템이지만, 케이스5와 거의 같은 효과를 기대할 수 있다.

이와 같이 업무용 주방에 치환환기·공조시스템을 적용하는 것이 매우 유효하며, 급기구의 면적이나 위치도 연구할 여지가 있음을 알 수 있다. 여기서는 지면의 제약 때문에 실지 않았지만, 천정 가장자리에

급기구를 설치한 경우도 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 전술한 유럽·VDI의 천정 배기시스템(그림 6 참조)도 치환환기·공조시스템의 응용으로서 생각할 수 있다.

결론

여기에서는 업무용 주방의 환기·공조시스템의 최근 동향 등을 소개하였다. 특히, 업무용 주방에서 소비되는 환기·공조용 에너지는 매우 크며, 이를 삭감하는 노력이 필요하다는 것을 강조하고 있다. 이에 반해, 여러 가지 기술기준의 정비나 시스템의 개발이 유럽에서 활발히 이루어지고 있으며, 일본에서도 같은 기준의 정비 등이 필요하다고 생각된다. 또, 치환환기의 개념을 업무용 주방에 적용하는 일이 유효하다는 것을 보여주고, 일본에 있어서도 적용이 가능하다고 생각된다.

이 보고문이 효율이 좋은 환기·공조시스템의 보급에 도움이 되었으면 하는 바랍니다. 그리고, 여기서 보여준 문헌조사·설문조사·실험·수치해석을 실시함에 있어서, 당시의 니이가타대학의 아카바야시연구실 멤버, 무사시공업대학의 콘도연구실 멤버 등 많은 분들이 애써 주셨다. 감사할 따름이다.

참고문헌

- 1) ASHRAE: ASHRAE Handbook 1999 HVAC Application: SI Edition Chapter 30. Kitchen Ventilation
- 2) VDI: VDI 2052 Juni 1999: Ventilation Equipment for Kitchens

- 3) (社)日本후드서비스協會:外食産業데이터핸드북(1999)
- 4) (社)建築設備技術者協會:建築設備情報年鑑・竣工設備데이터
- 5) 川瀬:IBEC(1991.5),住宅建築省에너지機構
- 6) 建築省告示第1826號:換氣設備의 衛生上有效한換氣를 確保하기 위한 構造(1970)
- 7) 日本가스機器檢査協會:가스機器의 設置規準 및 實務指針(1995)
- 8) 厚生省生活衛生局衛食第85號:大規模食中毒對策등에 대해서((1997.3.24)
- 9) 長澤・近藤・川瀬・永瀬・石川・室田:유럽에 있어서 業務廚房의 換氣・空調設備에 關한 規準 및 研究의 最近動向,日本建築學會關東支部 研究報告集1(2001.3)pp.445~448
- 10) ASHRAE Web Site: <http://www.ashrae.org>
- 11) 近藤・赤林외:業務用廚房의 高效率換氣・空調 시스템에 關한 研究(그1)~(그17),日本建築學會大會,空氣調和・衛生工學會學術講演會(1994.9~1997.9)
- 12) 荻田・近藤:業務廚房에 있어서 置換換氣空調方式의 有效性에 關한 研究,日本建築學會大會學術講演梗概集(1999.9), pp.649~650