

직화구이전문점 실내공기 오염물질 및 악취배출 특성평가

황수연*, 조영성, 전남수, 박선영, 조영민, 이범열, 강희규, 방기인, 이성모
인천광역시보건환경연구원 생활환경과

Assessment of indoor air pollutants and odor emission characteristics at under-fired charbroiling cooking process

Su-Yeon Hwang*, Yeong-Seong Jo, Nam-Soo Jun, Sun-Young Park, Young-Min Cho,
Boem-Yeol Lee, Hee-Gyu Kang, Ki-In Bang, Sung-Mo Lee

Indoor Environment Division, Incheon Metropolitan City Institute of Public Health
and Environment

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the odor substances generated in indoor air quality and outdoor ventilation of under-fired charbroiling cooking process during the winter and summer seasons. In the case of carbon dioxide, the values in winter were higher than those in summer, and the values of PM₁₀, carbon monoxide and total floating bacteria were high. The percentage of fine particulate matter (PM_{2.5}/PM₁₀) is 82.4%, and PM_{2.5} occupies a very high proportion among fine particulate matter, which is considered to be harmful to human body. In case of odor, the concentration of complex odor and aldehydes was high. According to the results of this study, it would be desirable to use two or more methods instead of treating air pollutants with one kind of technology. Through this research project, restaurant odor will be reduced, and it will expect positive roles and functions for improving the air environment with efficient operation and active interest.

Key words : Under-fired charbroiling cooking process, Indoor air quality, Odor substances, PM_{2.5}, PM₁₀, carbon monoxide, carbon dioxide, total floating bacteria, complex odor, aldehydes.

I. 서론

최근 현대인들은 생활수준이 향상되면서 대기오염에 의한 건강 위해성과 쾌적성에 대한 관심과 우려가 높아지고 있다. 도심지역 내에서의 대기오염 발생원 중 상당 부분은 법적 규제 대상으로 포함되어 있어 효과적으로 관리가 되고 있으나, 음식점은 현재 ‘악취방지법’ 상 악취배출시설로 분류되어 있지 않은 상태이고, 실내공기질 또한 현행 ‘실내공기질 관리법’으로 관리하는 대상 시설도 아니다. 따라서 별다른 강제적인 규제방안이 없는 상태이다. 수년전부터 악취 민원 중에는 음식점 배기의 냄새가 대두되기 시작하였고, 특히 직화구이 음식점에서 생물성연소시 발생하는 미세먼지와 악취는 생활 주변 대기질 악화와 민원발생의 요인으로 부각된다. 생물성연소시 배출되는 미세먼지는 먼지 그 자체로서 유해성을 가지고 있을 뿐만 아니라, 발암물질인 Benzo(a)pyrene 등의 다환방향족탄화수소류(PAHs)가 다량으로 함유되어 있어 적극적인 배출원 제어가 필요한 실정이다(서영화, 2010). 그러나 국내에서 주로 사용되고 있는 통상적인 악취처리 방법은 단순환기 및 국소배기 후 확산 희석하는 등의 매우 단순한 방법이 대부분이다. 배출구에는 수증기가 응축하여 응축수로 흘러내리며, 나머지 증기와 휘발성유기화합물(VOCs)과 휘산물질, 질소산화물 및 일산화탄소 등은 그대로 배출되기 때문에 이에 대한 적절한 처리방안이 필요하다.

이에 본 연구는 직화구이 전문점의 현황, 직화구이 전문점에서 생물연소시 발생하는 실내 공기 오염물질 및 대기환경문제를 조사하여 직화구이 전문점의 문제점을 알아보고 특성을 파악하여 위해환경 배제를 위한 대책 및 정책수립 자료

로 활용하여 건강한 삶 실현에 기여하고자 한다.

II. 기초조사

2.1. 국내 정책

환경부 수도권대기환경청에서 1차 수도권 대기환경관리 기본계획('05 ~ '14)을 추진하였으나 관리대상물질에 인체위해성이 큰 PM_{2.5}가 포함되지 않아 인체위해성 관리에 한계가 있었으며, 생물성연소 시설 배출원에 대한 기초자료 및 관리 수단 부재로 VOCs 저감 성과가 저조하였다. 이를 개선하기 위하여 2차 수도권 대기환경관리 기본계획에 인쇄소, 도장시설, 생물성연소 등 생활주변 배출원에 대한 인벤토리 추가 등 대기정책지원시스템(Clean Air Policy Support System, CAPSS) 보완 및 오염우심지역(도로변, 공단 등)에 대한 측정망 확충, 측정항목 추가 등을 실시하였다.

수도권 대기오염물질 배출량 및 오염도 전망 중 생물성연소 등 누락배출원 포함 시 대기오염물질 배출량 추가 증가가 예상되어 이를 저감시키는 대책이 추진되었다(생물성 연소는 일상생활에서 대기오염을 가중시키는 중요한 부문으로 농업 잔재물 및 생활폐기물의 노천소각, 나무 등을 연료로 쓰는 아궁이, 화목난로와 보일러, 고기의 직화구이, 숯가마에서의 숯 굽기 등을 포함하는 배출원이다(국립환경과학원, 2014).

기본방향 중 생물성연소 배출원 관리 강화의 일환으로 300 m² 이상 대형 직화구이 음식점에 PM_{2.5} 제거효율이 높은 방지시설 설치지원사업을 우선 추진하고 있다. 수도권에 특화된 배출원·배출량정밀관리시스템(SM-CAPSS) 구축을 통해 생물성 연소 등 누락배출원 인벤토리 보완, 배출계수 개발·보완에 힘을 쏟고 있다(환경부 수도권대기환경청, 2013).

Table 1. System chart of the Second Metropolitan Area Plan.

	Field	Major Projects
P L A N	Automobile management measures	① Expansion of eco-friendly cars ② Enhance the emission allowance and follow-up management of production car ③ Management of exhaust emissions of vehicles ④ Non-road mobile pollution source management ⑤ Strengthen traffic demand management
	Discharge facility management	① Strengthening the total emission of air pollutants ② Discharge facility management other than the total amount of workplace
	Life pollution source management	① Strong management of living pollution VOCs, NO _x emission sources ② Strong management of living pollution PM ₁₀ , PM _{2.5} emission sources ③ Energy conservation and expanded use of renewable energy
	Establishment and promotion of scientific management infrastructure	① Strengthen management of countermeasures by scientific basis ② Mid-and long-term policy research(R&D)and strengthen international cooperation for long distance ③ Promote the public and promote environment-friendly living

「악취방지법」 제2조제5호의 신고대상시설과 지속적으로 악취 민원이 발생하는 사업장에 대하여 예산의 범위에서 악취방지시설 설치사업비 또는 개선사업비를 지원할 수 있으며, 도지사는 해당 조례에 따른 보조사업의 추진상황을 파악하기 위하여 필요하다고 판단된 경우에는 시장, 군수에게 업무를 보고하게 하거나 소속 공무원에게 확인, 검사를 이행하도록 할 수 있다.

이에 따라 서울특별시 기후환경본부는 대기질 개선의 일환으로 직화구이 음식점 중 신규시설에 대해서는 배출가스 처리시설 설치에 대한 의무화 조항을 삽입하도록 대기환경보전법 개정 건의 중에 있다(서울특별시 기후환경본부, 2014). 또한 2013년 4월부터 2013년 11월까지 총 사업비 37백만원(국비, 지방비, 자부담)을 들여 ‘숯불구이 음식점 악취저감장치 설치 사범사업’을 추진하

였다(오제법, 2014).

경기도는 2015년 10월 ‘경기도 생물성연소 배출원 개선 지원에 관한 조례안’으로 의회에 발의되었으나 2015년 12월부터 시행된 「악취방지법」 제 16조3에 근거하여 생활악취와 관련된 내용이 추가됨으로써 조례안의 제목 및 지원 범위 등이 보완되어 2016년 2월 「경기도 생활악취 방지 지원 조례」로 명칭이 변경되어 제정되었다(경기도의회, 2016). 또한 ‘경기도 악취방지시설 설치 및 개선 보조금 지원 조례’는 악취물질 배출시설을 설치·운영 중인 사업장에 대하여 악취방지시설 설치비 또는 개선비용의 일부를 지원함으로써 인위적으로 발생하는 악취문제를 근원적으로 해결하기 위하여 필요한 사항을 규정하고 있다.

Table 2. Budget plan of life pollution sources.

Division	Promotion period	Budget required	Business volume
Installation and inspection of gas station vapor recovery system	'15 ~ '24	18.4 billion	744 units
Replacement and maintenance of sealed washing machine	'17 ~ '24	36.8 billion	7,000 units
Establishment and operation of regional joint recycling center	'16 ~ '24	80.0 billion	5 units
Installation of preventive facilities of Under-fired charbroiling cooking process	'17 ~ '24	45.0 billion	1,800 units
Household low NOx boiler replacement	'15 ~ '20	120.0 billion	600,000 units
Construction and operation of mobile measurement system	'15 ~ '24	18.3 billion	-
Dust removal device supply	'15 ~ '24	76.0 billion	380 units
Building roof and wall greening project	'15 ~ '24	28.5 billion	285 locations

2.2. 국외 정책

일본 요코하마시에서는 ‘음식점의 냄새’라는 도시생활형 환경문제의 해결에 대해 규제뿐만 아니라 행정과 주민과 사업자와의 파트너쉽에 의한 대처를 중시하여 배려지침과 목표가 되는 수치기준(참고치) 등을 운용해 나가는 것이 중요하다고 생각하여, 음식점 등의 냄새에 대한 대책을 2003년 4월 시행한 ‘요코하마시 생활환경의 보전 등에 관한 조

례’ 안에 포함시켜 관리하고 있다. 음식점에서 발생하는 악취에 대한 현황은 국내와 비슷한 실정으로서 대부분 국소포집 후 대기 중으로 확산시켜 희석하는 방법을 사용하고 있다. 그러나 음식점에서 대기 중으로 확산시키는 배출구를 한 쪽으로 집중되게 하는 국내와는 다르게 여러 곳으로 분산 설치하여 주변 건물에 영향을 최소화시켜 민원 발생을 줄이려는 노력을 하고 있었다.

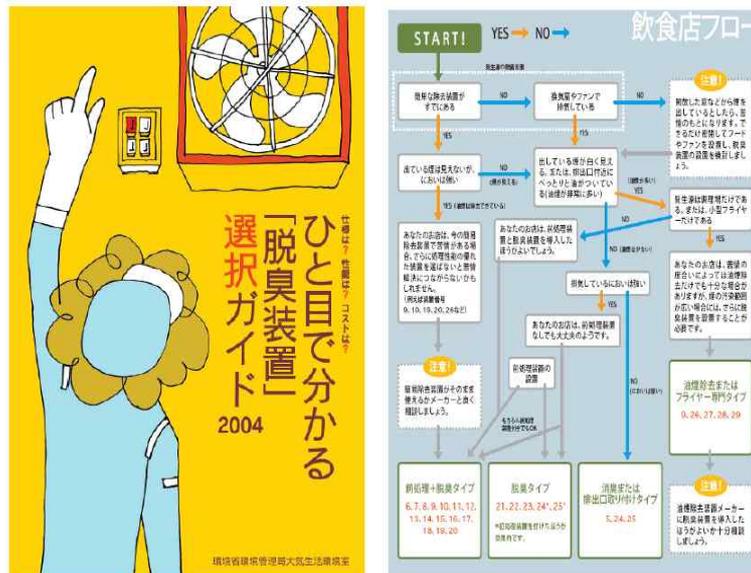


Fig. 1. Guide for selecting the deodorizing device for restaurants of the Japanese Ministry of the Environment.

음식점에서 발생하는 악취를 제어하기 위해 미국은 직화구이 음식점에 대한 미세먼지 및 악취제거 장치 설치를 의무화하고 있으며, 캘리포니아 주에서는 국내의 조례 성격과 비슷하게 Regulation이나 Rule을 마련하여 시행하고 있다. 이러한 Regulation 및 Rule의 주요 내용을 살펴보면, 고기구이 점포에서 발생하는 VOCs와 PM₁₀의 규제를 목적에 두고 규제 대상이 되는 시설은 육류의 판매량이나 음식점의 위치에 따라 구분하고 있다(전준민, 2009). 캘리포니아에서는 육류 판매가 1 주당 400 kg 이상인 직화구이 음식점은 촉매산화장치 (Catalytic Oxidizer) 혹은 동일한 기능을 가진 시설을 설치운영하고 장비의 유지 및 보수 기록의 보존을 의무화하고 있으며(Rule 4692 Commercial Charbroiling), 장치 설치 시 먼지는 92 %, 휘발성유기화합물은 94 % 이상 제거할 수 있는 것으로 평가되고 있다(U.S. EPA)(김동영, 2010). 또한 중국 베이징에서는 도시관리국이 주체가 되어 노상 꼬치구이집에 대한 단속을 강화하고 있다. 또한 베이징에 위치한 등청구, 시청구, 하이텐구 등 베이징 도심 6개구와 퉁저우, 이창개발구 내에서는 야외 바비큐를 금지하며, 법을 어긴 경우 200(약 3만 5천원) ~ 2만 위안(약 350만원)의 벌금을 적용하고 있다(권우중, 2016).

2.3. 음식점 시설의 악취관리

산업공정이나 매립장 또는 소각시설과 같은 환경기초시설 등에서 발생하는 악취는 연속적이거나 어느 정도 일정한 상태를 유지하고 있으나, 음식점에서의 악취 발생은 이들 시설과는 다르게 다음과 같은 독특한 특성을 가지고 있다.

첫째, 악취원인물질 종류 및 농도가 다양하게 변화한다는 것이다. 재료에 따라서 변하며, 동일한 재료일지라도 조리방법이나 조리시간에 의해서도 변화한다. 즉, 육류의 종류, 동일한 육류라도 양념의 여부 및 조리하는 시간의 변화에 따라서 악취원인물질 농도는 다르게 나타난다. 아울러 동일 육류, 양념 및 조리시간이라도 어떠한 조리기구를 사용하느냐에 따라 변화하는 특징을 가지고 있기 때문에 대표적 배출농도값을 산정하는 것은 매우 어렵다.

둘째, 악취원인물질을 포함한 처리해야 할 배기 가스량이 일정치 않다. 동일한 음식점에서도 이용하는 손님의 수에 따라 처리 가스량 폭은 0에서 음식점의 최대범위까지 다양한데, 처리 가스량은 음식점에 설치된 접객용 Table 수를 기본적인 단위로 하여 산정한다.

셋째, 악취의 발생기간이 연속적이거나 일정하지 않고, 고객의 이용 정도에 따라 불규칙하다. 즉, 음식점에서 발생하는 악취는 원인물질의 종류나 농도 및 배기 가스량이 여러 조건에 의해 다양하게 변화하며, 발생시기조차 연속적이거나 일정하지 않은 특성을 가지고 있다고 할 수 있다.

Table 3. Standards for restaurant odor in California, USA.

Regulation/Rule	Applicable institutions	Adopted Date
Rule 4692	San Joaquin Valley Unified Air Pollution Control District	2002. 03. 21.
Rule 1138	South Coast Air Quality Management District	1997. 11. 14.
Regulation 6, Rule 2	Bay Area Air Quality Management District	2007. 12. 05.



Fig. 2. Local collection for odor control in restaurants.

음식점 시설은 현재 ‘악취방지법’ 상 악취배출시설로 분류되어 있지 않은 상태이고, 환경부에서 2017년 6월 28일 ‘악취방지법 일부법률안’ 에도 이에 대한 내용이 포함되어 있지 않으며 또한, 현행 ‘실내공기질 관리법’ 에서 지정하는 대상 시설도 아니다. 따라서 별다른 강제적인 규제방안이 없는 상태에서 현재 국내 대부분의 음식점들이 적용하고 있는 악취제어 방법은 (Fig. 2)에서 보는 바와 같이 국소 배기 후 외부로 환기하여 희석하는 방법을 취하고 있다.

그러나 이러한 방법은 각 음식점의 조리과정, 상태, 넓이 등이 고려되어 설계되지 못한 국소배기 시설과 낮은 위치의 배출구를 가질 경우 외부로 배출되어도 걱정하게 외부로 확산되는 효과를 나타내는 경우는 극히 일부이고, 각 사업장의 편리에 따라 무분별하게 배출시킴으로서 주위의 건물형태나 기상조건에 의하여 악취물질이 지상 근처에 존재하며 민

원 등의 문제를 일으킬 충분한 소지를 가지고 있다. (Fig. 3)과 같이 사업장 건물의 옥상까지 배출구를 연장하여 주위 건물 등의 영향을 받지 않고 대기 중으로 확산시키는 경우는 매우 일부이며, 배기관이 토출구가 지면을 향하고 있거나 중간 부분을 절단 혹은 처마 밑에 설치하여 주위 건물의 영향으로 확산되지 않으며, 더욱 심한 경우는 배출 송풍기를 빗물 등으로부터 보호하기 위해 덮개 등을 설치함으로써 주변에서의 악취가 증폭되는 결과를 초래하는 경우도 있다.

따라서 현재의 국소포집 후 대기로 확산 희석시키는 방법은 악취물질을 근본적으로 제거하지 못할 뿐만 아니라, 희석효과도 충분하지 않으므로 걱정한 대응책이 될 수 없다. 이 경우 악취와 관련된 민원이 발생한다면 문제 해결에 상당한 어려움이 뒤따를 것으로 보인다.



(a) Top discharge.



(b) Side discharge.



(c) Bottom discharge

Fig. 3. Local collection for odor control in restaurants.

Table 4. Indoor air quality maintenance standard.

	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ₂ (ppm)	Formaldehyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Total floating bacteria (CFU/m ³)	CO (ppm)
Underground station, underground shopping mall, passenger car terminal waiting room, railroad station waiting room, passenger terminal among airport facilities, waiting room among port facilities, library, museum and art museum, funeral hall, bathhouse, large-scale store, movie theater, computer game facility service business facility, sales facility of bathing business	≤ 150	$\leq 1,000$	$\leq 1,000$		≤ 10
Medical institutions, day nurseries, geriatric care facilities, nursing homes	≤ 100			≤ 800	
Indoor parking	≤ 200				≤ 25

2.4. 실내공기질 관리법

직화구이 전문점의 실내공기질 시료는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6 조제1항제4호에 따른 환경오염공정시험기준을 적용하여 채취하고 측정하였다. 직화구이 전문점은 ‘실내공기질 관리법’에서 지정하는 대상시설은 아니지만 본 연구에서는 직화

구이 전문점의 실내공기질 측정값을 ‘실내공기질 유지기준(실내공기질 관리법 제3조관련)’ 과 ‘신축 공동주택의 실내공기질 권고기준(실내공기질 관리법 제7의2조관련)’ 을 비교하여 적용하고자 한다. ‘실내공기질 유지기준’ 과 ‘신축 공동주택의 실내공기질 권고기준’ 은 (Table 4), (Table 5)와 같다.

2.5. 악취관리법

직화구이 전문점의 복합악취는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항 제4호에 따른 환경오염공정시험기준의 공기희석관능법을 적용하여 측정하고, 지정악취물질은 기기분석법을 적용하여 측정하였다. 복합악취의 시료는 배출구와 부지경계선에서 채취하고 지정악취물질의 시료는 배출구에서 채취하였다.

직화구이 전문점은 ‘악취관리법’에서 지정하는 악취배출시설은 아니지만 본 연구에서는 직화구이 전문점의 악취 측정값을 ‘복합악취 배출허용기준(악취방지법 시행규칙 별표3)’ 과 ‘지정악취물질 배출허용기준(악취방지법 시행규칙 별표3)’ 을 비교하여 적용하고자 한다. ‘복합악취 배출허용기준’ 과 ‘지정악취물질 배출허용기준’ 은 (Table 6), (Table 7)과 같다.

Table 5. Indoor air quality recommendation standard of newly built apartment.

	Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ethylbenzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Xylene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Styrene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Formaldehyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Newly built housing	≤ 30	$\leq 1,000$	≤ 360	≤ 700	≤ 300	≤ 210

Table 6. Complex Odor Emission Standards

Division	Emission Standards (Dilution factor)		Strict mission Standards (Dilution factor)	
	Industrial area	Other area	Industrial area	Other area
Outlet	$\leq 1,000$	≤ 500	500 ~ 1,000	300 ~ 500
Site boundaries	≤ 20	≤ 15	15 ~ 20	10 ~ 15

Table 7. Specified Odor Emission Standards.

Division	Emission Standards (ppm)		Strict mission Standards (ppm)
	Industrial area	Other area	Industrial area
Ammonia	≤ 2	≤ 1	1 ~ 2
Methyl mercaptan	≤ 0.004	≤ 0.002	0.002 ~ 0.004
Hydrogen sulfide	≤ 0.06	≤ 0.02	0.02 ~ 0.06
Dimethyl sulfide	≤ 0.05	≤ 0.01	0.01 ~ 0.05
Dimethyl disulfide	≤ 0.03	≤ 0.009	0.009 ~ 0.03
Trimethylamine	≤ 0.02	≤ 0.005	0.005 ~ 0.02
Acetaldehyde	≤ 0.1	≤ 0.05	0.05 ~ 0.1
Styrene	≤ 0.8	≤ 0.4	0.4 ~ 0.8
Propionaldehyde	≤ 0.1	≤ 0.05	0.05 ~ 0.1
Butylaldehyde	≤ 0.1	≤ 0.029	0.029 ~ 0.1
n-Valeraldehyde	≤ 0.02	≤ 0.009	0.009 ~ 0.02
i-Valeraldehyde	≤ 0.006	≤ 0.003	0.003 ~ 0.006
Toluene	≤ 30	≤ 10	10 ~ 30
Xylene	≤ 2	≤ 1	1 ~ 2
Methyl ethyl ketone	≤ 35	≤ 13	13 ~ 35
Methyl isobutyl ketone	≤ 3	≤ 1	1 ~ 3
Butyl acetate	≤ 4	≤ 1	1 ~ 4
Propionic acid	≤ 0.07	≤ 0.03	0.03 ~ 0.07
n-Butyric acid	≤ 0.002	≤ 0.001	0.001 ~ 0.002
n-Valeric acid	≤ 0.002	≤ 0.0009	0.0009 ~ 0.0002
i-Valeric acid	≤ 0.004	≤ 0.001	0.001 ~ 0.004
i-Butyl alcohol	≤ 4.0	≤ 0.9	0.9 ~ 4.0

Table 8. Threshold of Odor.

Substance	Threshold (ppm)
Ammonia	0.1
Methyl mercaptan	0.0001
Hydrogen sulfide	0.0005
Dimethyl sulfide	0.0001
Dimethyl disulfide	0.0003
Trimethylamine	0.0001
Acetaldehyde	0.002
Styrene	0.03
Propionaldehyde	0.002
Butyraldehyde	0.0003
n-Valeraldehyde	0.0009
i-Valeraldehyde	0.0007
Toluene	0.9
Xylene	0.041
Methyl ethyl ketone	0.44
Methyl isobutyl ketone	0.2
Butyl acetate	0.008
Propionic acid	0.002
n-Butyric acid	0.00007
n-Valeric acid	0.0001
i-Valeric acid	0.00005
i-Butyl alcohol	0.01

Ⅲ. 조사방법

3.1. 조사지점

인천광역시에는 2016년 기준 약 1,200 개 이상의 직화구이 전문점이 영업하고 있으며, 허가면적 100 m² 이상 음식점(약 50 석 규모)은 약 500 여개, 300 m³ 이상의 음식점(약 150

석 규모)은 76 개소가 있다. 이 중 시·군구에서 사업장 규모 및 민원 발생 등을 고려하여 조사대상을 선정하기 위한 직화구이 전문점 현황조사 및 의견수렴을 통해 16 개 음식점을 선정하여 식재료, 연료, 환기시설 등의 기초조사를 실시하였다.



Fig. 4. Survey subject map.

식재료에 따라 분류한 결과, 돼지고기(15개 사업장), 소고기, 오리고기, 닭, 장어의 순으로 조사되었다. 사용원료는 숯을 사용하는 사업장 15개, 전기그릴을 사용하는 사업장 1개로 조사되었다. 전기그릴을 사용하는 사업장은 과거에 민원이 발생하였던 사업장이라 이번 조사에 포함되었다. 숯을 사용하는 사업장은 대부분 참숯을 사용한다고 조사되었고, 비장탄, 생숯을 사용하는 사업장도 1개 사업장으로 조사되었다.

숯은 검탄과 백탄으로 나뉘는데 검탄은 숯가마에 나무를 넣고 400 ~ 700 °C로 올린 다음 구멍을 막고 숯가마 내에서 자연적으로 꺼지게 하는 방식으로 생각하는데 탄질이 부드럽고 불이 잘 붙으며 잘 꺼지는 일이 적고 지속시간은 비교적 짧으나 많은 열을 내므로 제련, 대장간 등에서 사용한다. 일산화탄소를 많이 발생하고 유황성분을 포함하고 있어 인체에 유해하다. 백탄은 숯가마에 나무를 넣고 1,000 °C 이상으로 열을 가한 다음 냉각할 때 타고 있는 나무를 재빨리 숯가마에서 꺼내 축축한 재와 흙으로 덮어 식힌다. 이렇게 불을 끄면 재가 나무의 겉에 묻어있어 하얗게 보이는데 이 때문에 백탄이라고 한다. 온도가 높을수록 올라가기 때문에 그만큼 숯에 기공이 많

다. 가마 속에서 수분이나 인체에 해로운 유황성분 등이 완전연소 되어 가스 중독 사고가 없으며 한번 불이 붙으며 오래가기 때문에 요리에 사용한다. 일반적으로 요리할 때 사용하는 참숯은 백탄을 의미한다. 비장탄은 백탄의 일종으로 숯의 휘발성분을 더 휘발시킨 것으로 큰 차이가 없다. 생숯은 숯을 성형, 가공하여 높은 온도에서 구워 만든 것으로 연기, 냄새가 없어 요리용으로 많이 사용한다.

실내 덕트에 따라 분류한 결과 상향식 덕트를 사용하는 직화구이 전문점은 13개 사업장, 하향식 덕트를 사용하는 곳은 3개 사업장으로 조사되었다. 상향식 덕트는 하향식 덕트에 비해 설치비가 저렴하고 고기의 향미가 뛰어나며 연기가 실내로 확산되기 쉽다. 하향식 덕트는 강제 환기로 인해 실내에 연기 및 냄새가 덜 확산되는 경우가 많고 미관상 및 시야확보가 용이하여 사용하는 음식점이 많다.

4인 기준 테이블 수는 6개에서 139개로 조사되었으며, 외부 배출구는 1개에서 7개까지 보유하고 있는 것으로 조사되었다. 악취 및 오염물질 저감장치를 보유한 음식점은 없었으며, 냉난방기에 의해 일부 실내공기가 환기되는 것으로 조사되었다.

Table 9. Basic Survey Results by Restaurants.

Total	Food ingredients	Fuel	Duct	External outlet
Restaurants-1	Beef, Pork	Charcoal	Bottom-up	1
Restaurants-2	Beef, Pork	Charcoal	Bottom-up	6
Restaurants-3	Beef, Pork	Charcoal	Bottom-up	1
Restaurants-4	Beef, Pork	Charcoal	Top-down	2
Restaurants-5	Pork, Eel	Charcoal	Bottom-up	3
Restaurants-6	Beef, Pork, Duck	Charcoal	Bottom-up	7
Restaurants-7	Beef, Pork, Chicken	Charcoal	Top-down	1
Restaurants-8	Pork	Charcoal	Bottom-up	2
Restaurants-9	Beef, Pork	Charcoal	Bottom-up	6
Restaurants-10	Beef, Pork, Duck	Charcoal	Bottom-up	1
Restaurants-11	Pork	Electric grill	Bottom-up	8
Restaurants-12	Beef, Pork	Charcoal	Top-down	8
Restaurants-13	Beef, Pork	Charcoal	Bottom-up	3
Restaurants-14	Beef, Pork	Charcoal	Bottom-up	6
Restaurants-15	Beef, Pork	Charcoal	Bottom-up	1
Restaurants-16	Beef, Pork	Charcoal	Bottom-up	4

3.2. 조사내용

실내공기질과 악취조사는 해당 음식점을 방문하여 내부 직화구이 설비가 있는 곳에서는 실내공기질 조사를 직화구이 덕트의 최종배출구에서는 악취조사를 실시하였다. 실내공기질 부분의 조사항목은 실내공기질 유지기준에 해당하는 미세먼지(PM₁₀), 이산화탄소, 폼알데하이드, 총부유세균, 일산화탄소와 신축공동주택의 실내공기질 권고기준에 해당하는

벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌, 폼알데하이드(실내공기질 유지기준과 항목 중복) 그리고 미세먼지(PM_{2.5}), 미세먼지 분율(PM_{2.5}/PM₁₀)로 총 12 항목을 조사하였다. 악취 부분의 조사항목은 배출구의 경우 복합악취와 지정악취물질인 황화수소 등 22 항목을 대상으로 하였고, 부지경계선의 경우 복합악취를 조사하였다. 분석은 실내공기질공정시험기준과 악취공정시험기준을 적용하였으며(국립환경과학원, 2007), 자세한 사항을 (Table 10), (Table 11)과 같다.

Table 10. Odorous substance items and methods of analysis.

Substance	Sampling	Instrument
Complex odor	Suction box method	Odorless air production equipment
Ammonia	Impingement method	UV/Vis spectrometer
Methyl mercaptan	Suction box method	GC/PFPD
Hydrogen sulfide	Suction box method	GC/PFPD
Dimethyl sulfide	Suction box method	GC/PFPD
Dimethyl disulfide	Suction box method	GC/PFPD
Trimethylamine	Impingement	GC/NPD
Acetaldehyde	DNPH Cartridge method	HPLC
Propionaldehyde	DNPH Cartridge method	HPLC
Butyraldehyde	DNPH Cartridge method	HPLC
n-Valeraldehyde	DNPH Cartridge method	HPLC
i-Valeraldehyde	DNPH Cartridge method	HPLC
Styrene	Solid adsorption method	GC/MS
Toluene	Solid adsorption method	GC/MS
Xylene	Solid adsorption method	GC/MS
Methyl ethyl ketone	Solid adsorption method	GC/MS
Methyl isobutyl ketone	Solid adsorption method	GC/M
Butyl acetate	Solid adsorption method	GC/MS
i-Butyl alcohol	Solid adsorption method	GC/MS
Propionic acid	Impingement method	GC/MS
n-Butyric acid	Impingement method	GC/MS
i-Valeric acid	Impingement method	GC/MS
n-Valeric acid	Impingement method	GC/MS

Table 11. Odorous substance items and methods of analysis.

Substance	Sampling	Instrument
Particular matter	Suction box method	Gravimetric method
Carbon dioxide	Electrochemical sensor method	non-dispersive infrared spectrometer
Formaldehyde	DNPH Cartridge method	HPLC
Total airborne bacteria	Impacter method	Bacterial incubator
Carbon oxide	Electrochemical sensor method	non-dispersive infrared spectrometer
Benzene	Solid adsorption method	GC/MS
Toluene	Solid adsorption method	GC/MS
Ethylbenzene	Solid adsorption method	GC/MS
Xylene	Solid adsorption method	GC/MS
Styrene	Solid adsorption method	GC/MS

IV. 조사결과

4.1. 사업장 조사결과

4.1.1. 사업장-1

사업장-1은 중구에 위치한 직화구이 전문점으로 소, 돼지를 판매하고 비장탄을 연료로 사용한다. 테이블 수는 34 개이고, 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 1 개가 있으며 하부배출형태로 되어있었다. 사업장 내부 벽면에 환풍기를 설치하여 배출구와 출입구 이외의 환기시설이 설치되어있다.

동절기에만 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 미세먼지 PM₁₀은 294.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{2.5}는 270.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 미세먼지분율 (PM_{2.5}/PM₁₀)은 91.9 %, 이산화탄소 1,200 ppm, 폼알데하이드 52.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 총부유세균 212.7 CFU(Colony Forming Unit)/m³, 일산화탄소는

44.8 ppm, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준과 비교 시 미세먼지(PM₁₀), 이산화탄소, 일산화탄소가 기준을 초과하는 수치를 나타내었다.

악취의 경우 배출구 복합악취는 300 배, 암모니아 118.8 ppb, 황화수소 4.5 ppb, 메틸머캅탄 1.1 ppb, 트라이메틸아민 8.7 ppb, 아세트알데하이드 839.0 ppb, 프로피온알데하이드 148.0 ppb, 뷰티르알데하이드 110.0 ppb, n-발레르알데하이드 137.4 ppb, i-발레르알데하이드 23.7 ppb, 스타이렌 61.9 ppb, 메틸에틸케톤 52.7 ppb, 톨루엔 233.4 ppb, 자일렌 160.8 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 복합악취는 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준 이내이고, 지정악취는 트라이메틸아민, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드, i-발레르알데하이드가 비교적 높은 값을 나타내었다.

4.1.2. 사업장-2

사업장-2는 남구에 위치한 직화구이 전문점으로 소, 돼지를 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 101 개이고 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 6 개가 있으며 상부배출형태로 되어있었다. 사업장 외벽의 개폐식 창문과 출입구, 배출구로 내부 공기의 환기가 가능하다. 이 사업장은 2016년 8월에 직화구이 전문점으로 개장한 이후 업소 주변 주민들로부터 다수의 악취 민원이 제기되었다. 식품위생법 및 악취방지법에 위반사항은 없으나 인근 주민들의 불편을 인지하여 사업주도 점진적으로 해결책을 모색하고자 하고 있다.

동절기와 하절기에 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 동절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $186.9 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $148.9 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 79.7 %, 이산화탄소 981 ppm, 폼알데하이드 $15.1 \mu g/m^3$, 총부유세균 $1,038.9 CFU/m^3$, 기타항목은 미량 검출되었다. 하절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $170.8 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $139.8 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 81.8 %, 이산화탄소는 753 ppm, 폼알데하이드는 $130.9 \mu g/m^3$, 부유세균 $569.9 CFU/m^3$, 일산화탄소는 13.3 ppm, 벤젠 $1,643.9 \mu g/m^3$, 톨루엔 $1,009.7 \mu g/m^3$, 에틸벤젠 $605.4 \mu g/m^3$, 자일렌 $703.4 \mu g/m^3$, 스타이렌 $269.8 \mu g/m^3$, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준과 비교 시 미세먼지(PM_{10}), 일산화탄소가 기준을 초과하는 수치를 나타내었고, 신축공동주택 실내공기질 권고기준과 비교 시 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스타이렌이 기준을 초과하는 수치를 나타내었다. 하반기의 경우 더운 날씨임에도 100 개 이상의 테이블(4인 기준)이 만석이였으며, 환기시설이 정상적으로 가

동되고 있었으나 충분한 배기가 되지 않아 이번 연구사업에서 가장 높은 실내 VOCs 수치를 나타내었다.

악취의 경우 동절기에는 배출구 복합악취는 1,000 배, 황화수소 22.2 ppb, 메틸머캅탄 12.0 ppb, 다이메틸설파이드 16.5 ppb, 아세트알데하이드 2,074.0 ppb, 프로피온알데하이드 214.0 ppb, 뷰티르알데하이드 145.0 ppb, n-발레르알데하이드 100.2 ppb, i-발레르알데하이드 48.8 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 하절기에는 배출구 복합악취는 667 배, 황화수소 10.0 ppb, 아세트알데하이드 835.3 ppb, 프로피온알데하이드 134.9 ppb, 뷰티르알데하이드 116.0 ppb, i-발레르알데하이드 34.0 ppb, 스타이렌 79.3 ppb, 메틸에틸케톤 235.5 ppb, 톨루엔 303.0 ppb, 자일렌 72.2 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 복합악취는 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준초과이고, 지정악취는 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드, i-발레르알데하이드가 비교적 높은 값을 나타내었다.

4.1.3. 사업장-3

사업장-3은 남구에 위치한 직화구이 전문점으로 곱창을 판매하고 생숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 6 개이고 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 1 개가 있으며 상부배출 형태로 되어있었다. 이 사업장은 아파트 상가 단지 내에 위치하고 있으며 배출구가 지상 4 m에 위치하고 있으며 직선거리 20 m 정도 지점에 아파트가 위치하고 있어 아파트 주민들로부터 악취 민원이 제기되어 이번 연구사업 지점으로 선정하였다. 사업주는 주민들의 피해를 인지하여 방법을 모색 중이며 특히나 정부차원에서의 악취방지시설 지원 등에 관한 내용에 많은 관심을 보였다.

사업장 내부가 협소한 관계로 실내공기질 조사는 진행하지 못하고 동절기 약취 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

배출구 복합약취는 206 배, 암모니아 121.6 ppb, 황화수소 8.0 ppb, 메틸머captan 5.7 ppb, 트라이메틸아민 26.6 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 복합약취 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준이내이고, 지정약취는 트라이메틸아민이 비교적 높은 값을 나타내었다.

4.1.4. 사업장-4

사업장-4는 남동구에 위치한 직화구이 전 문점으로 소, 돼지를 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 120 개이고 하향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 8 개가 있으며 상부배출 형태로 되어있었다.

동절기에 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 미세먼지 PM_{10} 은 $189.1 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $168.7 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 89.3 %, 이산화탄소 711 ppm, 폼알데하이드 $35.1 \mu g/m^3$, 총부유세균 $169.6 CFU/m^3$, 일산화탄소 11.2 ppm, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준과 비교 시 미세먼지(PM_{10}), 일산화탄소가 기준을 초과하는 수치를 나타내었다.

약취의 경우 배출구 복합약취는 300 배, 암모니아 151.5 ppb, 황화수소 1.8 ppb, 메틸머captan 1.4 ppb, 아세트알데하이드 113.5 ppb, 프로피온알데하이드 15.1 ppb, 뷰티르알데하이드 28.7 ppb, n-발레르알데하이드 27.0 ppb, i-발레르알데하이드 6.1 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 복합약취는 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준이내이고, 지정약취는 아세트알데하이드, n-발레르알데하이드, i-발레르알데하이드가 비교적 높은 값을

나타내었다.

4.1.5. 사업장-5

사업장-5는 남동구에 위치한 직화구이 전 문점으로 소, 돼지를 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 93개이고 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 3개가 있으며 상부배출형태로 되어있었다.

동절기와 하절기에 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 동절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $40.2 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $28.3 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 70.4 %, 이산화탄소 790 ppm, 폼알데하이드 $20.4 \mu g/m^3$, 총부유세균 $233.4 CFU/m^3$, 일산화탄소 17.7 ppm, 기타항목은 미량 검출되었다. 하절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $42.6 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $29.0 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 68.0 %, 이산화탄소 646 ppm, 폼알데하이드 $11.9 \mu g/m^3$, 총부유세균 $127.5 CFU/m^3$, 일산화탄소 21.1 ppm, 벤젠 $469.8 \mu g/m^3$, 톨루엔 $480.9 \mu g/m^3$, 에틸벤젠 $161.5 \mu g/m^3$, 자일렌 $332.7 \mu g/m^3$, 스타이렌 $98.4 \mu g/m^3$ 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준과 비교 시 일산화탄소가 기준을 초과하는 수치를 나타내었고, 신축공동주택 실내공기질 권고기준과 비교 시 벤젠이 기준을 초과하는 수치를 나타내었다.

약취의 경우 동절기에는 배출구 복합약취는 20 배, 암모니아 130.5 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 하절기에는 배출구 복합약취는 10 배, 암모니아 309.7 ppb, 황화수소 2.0 ppb, 메틸머captan 0.6 ppb, 아세트알데하이드 258.0 ppb, 프로피온알데하이드 40.7 ppb, 스타이렌 31.6 ppb, 메틸에틸케톤 63.4 ppb, 톨루엔 105.6 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 복합약취 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준이내이고, 지정약취

는 아세트알데하이드가 비교적 높은 값을 나타내었다.

4.1.6. 사업장-6

사업장-6은 부평구에 위치한 직화구이 전문점으로 소, 돼지를 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 24개이고 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 6개가 있으며 상부배출 형태로 되어있었다. 사업장 외벽의 개폐식 창문과 출입구, 배출구로 내부 공기의 환기가 가능하다.

동절기와 하절기에 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 동절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $133.0 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $80.8 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 60.8 %, 이산화탄소 498 ppm, 폼알데하이드 $22.8 \mu g/m^3$, 총부유세균 $41.7 CFU/m^3$, 기타항목은 미량 검출되었다. 하절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $110.9 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $70.0 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 63.1 %, 이산화탄소는 374 ppm, 폼알데하이드는 $15.8 \mu g/m^3$, 총부유세균 $404.5 CFU/m^3$, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준, 신축공동주택 실내공기질 권고기준과 비교 시 기준이내의 수치를 나타내었다.

악취의 경우 동절기에는 배출구 복합악취는 5 배, 암모니아 234.7 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 하절기에는 배출구 복합악취는 3 배, 암모니아 180.0 ppb, 메틸에틸 케톤 32.5 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 복합악취는 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준 이내로 나타났으며, 지정악취는 모두 낮은 값을 나타내었다.

본 사업장은 2016년 6월에 직화구이 악취 불편 민원이 1회 접수되었던 곳인데 이번 동, 하절기 연구조사사업에서는 낮은 수치를 보

였다.

4.1.7. 사업장-7

사업장-7은 부평구에 위치한 직화구이 전문점으로 소, 돼지를 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 66 개이고 하향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 2 개가 있으며 상부배출형태로 되어있었다.

동절기와 하절기에 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 동절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $50.0 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $31.6 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 63.1 %, 이산화탄소 984 ppm, 폼알데하이드 $25.9 \mu g/m^3$, 총부유세균 $156.2 CFU/m^3$, 일산화탄소 8.5 ppm, 기타항목은 미량 검출되었다. 하절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $50.4 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $31.6 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 62.7 %, 이산화탄소 705 ppm, 폼알데하이드 $67.3 \mu g/m^3$, 총부유세균 $125.2 CFU/m^3$, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준, 신축공동주택 실내공기질 권고기준과 비교 시 기준이내의 수치를 나타내었다.

악취의 경우 동절기에는 배출구 복합악취는 66 배, 암모니아 140.9 ppb, 황화수소 1.6 ppb, 아세트알데하이드 43.7 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 하절기에는 배출구 복합악취는 15 배, 암모니아 220.9 ppb, 황화수소 1.8 ppb, 메틸머캅탄 1.0 ppb, 아세트알데하이드 20.3 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 복합악취는 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준 이내로 나타났으며, 지정악취는 모두 낮은 값을 나타내었다.

4.1.8. 사업장-8

사업장-8은 계양구에 위치한 직화구이 전문점으로 장어, 돼지를 판매하고 참숯을 연료

로 사용하였다. 테이블 수는 14 개이고 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 3 개가 있으며 상부배출형태로 되어있었다.

이 사업장은 악취 민원이 발생하였던 사업장이다. 이 사업장은 골목 내에 위치하고 있으며 기존의 사업장에는 숲을 피우는 별도의 공간이 마련되어있지 않아 사업장 앞 골목에서 숲 발화 작업을 진행하였고 이 과정에서 발생하는 악취 때문에 민원이 발생하였다고 한다. 이후 사업장 뒤편에 숲 발화 장소를 따로 마련하여 민원의 요인을 제거하였다.

이 사업장은 동절기와 하절기에 실내공기질 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

동절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $22.1 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $13.7 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 57.4 %, 이산화탄소 752 ppm, 폼알데하이드 $57.7 \mu g/m^3$, 총부유세균 $232.7 CFU/m^3$, 기타항목은 미량 검출되었다. 하절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $20.6 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $13.4 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 65.2 %, 이산화탄소는 481 ppm, 폼알데하이드는 $27.5 \mu g/m^3$, 총부유세균 $220.9 CFU/m^3$, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준, 신축공동주택 실내공기질 권고기준과 비교 시 기준이내의 수치를 나타내었다.

4.1.9. 사업장-9

사업장-9는 계양구에 위치한 직화구이 전문점으로 소, 돼지, 오리를 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 60 개이고 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 7 개가 있으며 상부배출 형태로 되어있었다.

이 사업장은 악취 민원이 발생하였던 사업장이다. 이 사업장의 배출구 방향이 인근 아파트 방향을 향하고 있어 아파트 주민들로부터 악취 민원이 발생하였고 배출구의 방향을

변경하여 악취요인을 제거하였다.

이 사업장은 동절기와 하절기에 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 동절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $61.4 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $56.2 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 91.6 %, 이산화탄소 726 ppm, 폼알데하이드 $21.8 \mu g/m^3$, 총부유세균 $120.3 CFU/m^3$, 기타항목은 미량 검출되었다. 하절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $63.4 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $58.3 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 92.0 %, 이산화탄소 436 ppm, 폼알데하이드 $38.6 \mu g/m^3$, 총부유세균 $1,284.1 CFU/m^3$, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준과 비교 시 총부유세균이 기준을 초과하는 수치를 나타냈으며, 신축공동주택 실내공기질 권고기준과 비교 시 기준이내의 수치를 나타내었다.

4.1.10. 사업장-10

사업장-10은 서구에 위치한 직화구이 전문점으로 소, 돼지를 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 29개이고 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 2개가 있으며 상부배출형태로 되어있었다.

동절기와 하절기에 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 동절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $227.7 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $202.1 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 88.7 %, 이산화탄소 742 ppm, 폼알데하이드 $28.5 \mu g/m^3$, 총부유세균 $213.1 CFU/m^3$, 일산화탄소 6.9 ppm, 기타항목은 미량 검출되었다. 하절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $226.6 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $202.3 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 89.3 %, 이산화탄소 604 ppm, 폼알데하이드 $35.5 \mu g/m^3$, 총부유세균 $281.6 CFU/m^3$, 일산화탄소 21.4 ppm, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모

모점포의 실내공기질 유지기준과 비교 시 일산화탄소가 기준을 초과하는 수치를 나타내었고, 신축공동주택 실내공기질 권고기준과 비교 시 기준이내의 수치를 나타내었다.

악취의 경우 동절기에는 배출구 복합악취는 1,000 배, 암모니아 172.5 ppb, 황화수소 2.9 ppb, 메틸머captan 0.2 ppb, 아세트알데하이드 1,048.3 ppb, 프로피온알데하이드 250.1 ppb, 뷰티르알데하이드 166.0 ppb, n-발레르알데하이드 200.8 ppb, 스타이렌 46.9 ppb, 메틸에틸케톤 65.8 ppb, 톨루엔 233.5 ppb, 뷰티르아세테이트 93.4 ppb, 자일렌 78.1 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 하절기에는 배출구 복합악취는 10 배, 암모니아 309.7 ppb, 황화수소 2.0 ppb, 메틸머captan 0.6 ppb, 아세트알데하이드 258.0 ppb, 프로피온알데하이드 40.7 ppb, 스타이렌 31.6 ppb, 메틸에틸케톤 63.4 ppb, 톨루엔 105.6 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 동절기에는 복합악취 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준 초과이고, 지정악취는 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드가 비교적 높은 값을 나타내었다. 하절기에는 사업장의 일부시설을 사용하지 않고 있었으며 미 사용시설에 연결된 배출구에서 시료를 채취하였으며, 복합악취는 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준이내의 수치를 나타냈으며, 지정악취는 모두 낮은 값을 나타내었다.

4.1.11. 사업장-11

사업장-11은 서구에 위치한 직화구이 전문점으로 소, 돼지, 닭을 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 23 개이고 하향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 1 개가 있으며 상부배출 형태로 되어있었다.

이 사업장은 악취 민원이 발생하였던 사업

장이다. 이 사업장의 배출구와 인도의 가로수의 거리가 짧아 배출구의 연기가 가로수에 직접적인 영향을 미쳐 가로수의 성장에 방해요인이 된다는 민원이 발생하였으나 인도의 확장으로 인해 가로수와 배출구의 거리가 멀어지면서 민원사항이 해소되었다.

이 사업장은 동절기에 배출구에서 복합악취 시료를 채취하였고, 그 수치는 300 배가 측정되었다. 복합악취는 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준이내를 나타내었다.

4.1.12. 사업장-12

사업장-12는 연수구에 위치한 직화구이 전문점으로 소, 돼지를 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 36 개이고 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 2 개가 있으며 상부배출형태로 되어있었다.

동절기에 시료를 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 동절기에는 미세먼지 PM_{10} 은 $205.3 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $188.4 \mu g/m^3$, 미세먼지분율($PM_{2.5}/PM_{10}$)은 91.7 %, 이산화탄소 668 ppm, 폼알데하이드 $32.0 \mu g/m^3$, 총부유세균 $38.8 CFU/m^3$, 일산화탄소 19.9 ppm, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준과 비교 시 미세먼지(PM_{10}), 일산화탄소가 기준을 초과하는 수치를 나타내었고, 신축공동주택 실내공기질 권고기준과 비교 시 기준이내의 수치를 나타내었다.

악취의 경우 배출구 복합악취는 3,000 배, 황화수소 5.3 ppb, 메틸머captan 0.8 ppb, 아세트알데하이드 896.4 ppb, 프로피온알데하이드 192.0 ppb, 뷰티르알데하이드 140.3 ppb, n-발레르알데하이드 158.9 ppb, i-발레르알데하이드 18.5 ppb, 스타이렌 63.0 ppb, 메틸에틸케톤 58.1 ppb, 톨루엔 285.8 ppb, 자일렌 68.6

ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 복합악취 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준 초과이고, 지정악취는 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드, i-발레르알데하이드가 비교적 높은 값을 나타내었다.

이 사업장의 경우 배출구에 전기집진기가 설치되어있다. 전기집진기는 전리부(Ionizing)와 집진부(Collector electrode) 그리고 After filter로 구성되어있다. 전리부에 방전극(Discharge Electrode)에서 고전압의 인가로 생성되는 이온 또는 전자를 이용하여 배기가스 중의 입자상 물질을 집진극으로 이동시켜 제거하는 원리로 정상적으로 운전이 되고 있으면 입자상 물질은 95 % 이상의 제거효율 유지가 가능하나 가스상 물질의 제어에는 많은 어려움이 있기 때문에 전기집진 방식을 이용한 탈취방법은 단독시설로는 적절한 탈취 성능을 기대하기는 곤란하다(전준민, 2010). 이는 시료채취 현장에서 육안으로 확인하기에도 연기나 오일(기름)미스트 등은 제거된 것으로 보이나, 배출구의 복합악취와 지정악취 발생량을 살펴보았을 때 악취 제거에는 효율적이지 않은 것으로 판단된다.

4.1.13. 사업장-13

사업장-13은 연수구에 위치한 직화구이 전문점으로 소, 돼지를 판매하고 참숯을 연료로 사용하였다. 테이블 수는 139 개이고 상향식 덕트를 설치하였다. 배출구는 6 개가 있으며 측면배출 형태로 되어있었다.

동절기에는 사업장 내부 공사로 인하여 연구사업을 진행하지 못하였고, 하절기에 채취하여 분석하였으며 결과 값은 아래와 같다.

실내공기질의 경우 미세먼지 PM₁₀은 140.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{2.5}는 109.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 미세먼지분율(PM_{2.5}/PM₁₀)은 77.8%, 이산화탄소 529 ppm, 폼알데하이드 29.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 총부유세균 118.0 CFU/m³, 일산화탄소 12.1 ppm, 기타항목은 미량 검출되었다. 대규모점포의 실내공기질 유지기준과 비교 시 일산화탄소는 기준을 초과하는 수치를 나타내었고, 신축공동주택 실내공기질 권고기준과 비교 시 기준이내의 수치를 나타내었다.

악취의 경우 배출구 복합악취는 30 배, 황화수소 0.6 ppb, 아세트알데하이드 1,099.2 ppb, 프로피온알데하이드 212.1 ppb, 뷰티르알데하이드 182.9 ppb, i-발레르알데하이드 24.8 ppb, 톨루엔 145.7 ppb, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 복합악취는 기타지역 배출구 배출허용기준과 비교 시 기준 이내이고,

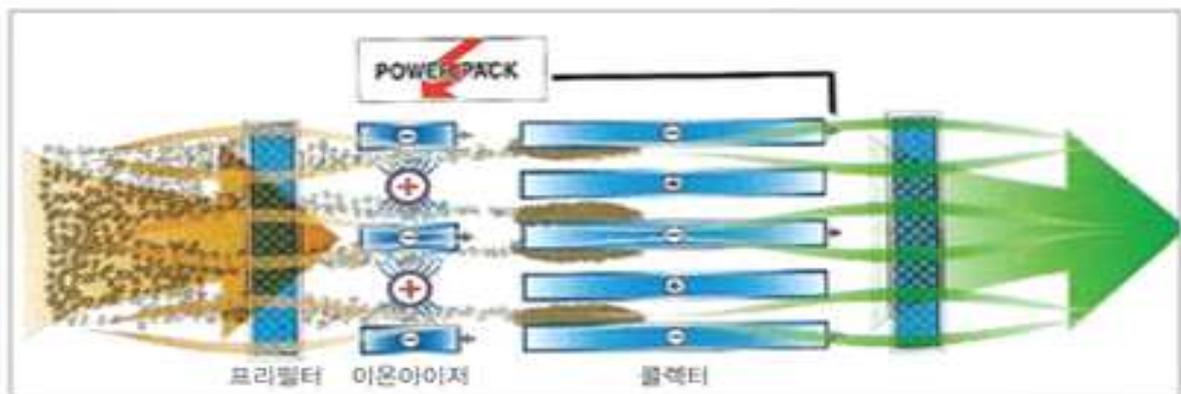


Fig. 5. Electrostatic precipitator.

지정악취는 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, i-발레르알데하이드가 비교적 높은 값을 나타내었다.

4.2. 조사결과

본 연구사업은 동절기(2017년 3월 7일 ~ 2017년 3월 23일)와 하절기(2017년 6월 14일 ~ 2017년 7월 20일)까지 직화구이 전문점의 실내공기질과 외부 배출구에서 발생하는 악취 물질에 대한 조사를 진행하였다.

실내공기오염 물질의 경우 미세먼지(PM_{2.5}, PM₁₀)는 계절에 관계없이 각 사업장별로 동절기와 하절기가 비슷한 수치를 나타내는 것으로 보아 사업장의 시설 및 재료, 연료 등에 따른 특징으로 판단된다. 이산화탄소의 경우 평균값이 동절기 평균값 805.2 ppm, 하절기 평균값 566.0 ppm로 동절기에 대비하여 하절기가 29.7 % 낮은 수치를 나타냈다. 이는 동절기와 하절기의 기온 및 냉난방기, 창문 개폐 등에 의한 환기에 의한 차이로 나타나는 계절적 특징으로 판단된다. 이외의 실내공기오염 물질들은 계절적, 사업장 별 특징을 찾을 수 없었다.

2017년도 다중이용시설 조사결과(76 개소)의 평균값과 비교 시 미세먼지(PM₁₀) 50.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 일산화탄소 1.1 ppm보다 각각 2.5 배, 10.4 배 높은 124.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 11.4 ppm을 나타내었다.

대규모점포의 실내공기질 유지기준(미세먼지(PM₁₀) 150.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 이산화탄소 1,000 ppm 이하, 폼알데하이드 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 일산화탄소 10 ppm 이하, 총부유세균은 기준 없음)와 비교 시 미세먼지(PM₁₀)는 5 개 사업장, 이산화탄소는 1 개 사업장, 일산화탄소는 7 개 사업장이 기준보다 높은 수치를 나타내었다. 총부유세균의 경우 의료기관, 어린이집 등의 실내공기질 유기기준(800 CFU/m³)보다

높은 수치를 나타내는 사업장이 2개소 있었다.

미세먼지 중 PM_{2.5}가 실내공기질 권고기준 70.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상인 사업장이 7 개소이고, 미세먼지 평균값의 비율(PM_{2.5}/PM₁₀ = 102.4/124.2)은 82.4 % 로 전체 미세먼지에서 차지하는 PM_{2.5}의 비중이 상당히 높은 편으로 인체에 더욱 유해하다.

미세먼지는 호흡을 통해 인체에 침투하게 되는데 5 μm 이상의 먼지는 인후 또는 기관지 점막에 의해 걸러지지만, 2 μm 이하의 먼지의 경우는 폐포에 침착되고, 혈관으로 침투하여 기관지질환이나 심장질환을 유발한다고 알려져 있다(Lippmann, 1999, 2002, 김윤신). Carlton et al.(1999)와 Choudhury et al.(1997)의 연구에서는 미세먼지(PM₁₀)의 농도가 100.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 씩 증가할 때마다 사망률이 약 13 % 증가한다는 결과가 도출되었다. 미세먼지의 경우 표면에 유해성분 및 중금속을 흡착시켜 유해물질을 체내에 전달하는 매개체 역할을 하기도 한다(Chow, 1995). 특히, 미세먼지(PM_{2.5})는 미세먼지(PM₁₀)에 비해 상대적으로 고농도의 발암성물질을 포함하는 것으로 알려져 있다(김동술, 2008).

이처럼 미세먼지 중 PM_{2.5}가 차지하는 비율이 높다는 점과 실내 자체에서의 위해한 오염원의 존재 등으로 볼 때 향후 직화구이 전문점에서의 실내공기질 관리 기준의 설정이 필요하다고 판단된다.

배출구의 악취오염물질에 대하여 살펴보면, 복합악취가 3 ~ 3,000 배로 나타났으며 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드 등 알데하이드류의 농도가 높은 편이었다. 이는 육류에 포함된 알콜이나 유기산 성분들이 대사(분해)과정을 거쳐 암모니아나 아세트산 물질로 전환되면서 생성되어 검출되는 것으로 판단된다.

악취방지법 시행규칙의 복합악취 배출허

용 기준과 비교 시 기타지역의 배출구 배출허용기준을 초과하는 사업장은 3 개 사업장(기준 500 배 이하)으로 조사되었고, 지정악취물질의 기타지역 부지경계선 배출허용기준(황화수소 20.0 ppb 이하, 메틸머캅탄 2.0 ppb 이하, 다이메틸설파이드 9.0 ppb 이하, 트라이메틸아민 5.0 ppb 이하, 아세트알데하이드 50.0 ppb 이하, 프로피온알데하이드 50.0 ppb 이하, 뷰티르알데하이드 29.0 ppb 이하, n-발레르알데하이드 9.0 ppb 이하, i-발레르알데하이드 3.0 ppb 이하)과 비교 시 황화수소는 1 개 사업장, 메틸머캅탄은 1 개 사업장, 다이메틸설파이드는 1 개 사업장, 트라이메틸아민은 1 개 사업장, 아세트알데하이드는 7 개 사업장, 프로피온알데하이드는 6 개 사업장, 뷰티르알데하이드는 5 개 사업장, n-발레르알데하이드는 5 개 사업장, i-발레르알데하이드는 7 개 사업장이 부지경계선 배출허용기준을 상회하는 수준으로 조사되었다.

이번 연구조사사업에 참여했던 사업장 중에 3 개소를 제외하고는 모든 사업장이 실내 공기질 유지기준의 대규모점포, 악취 기타지

역 배출구 및 부지경계선의 배출허용기준을 초과하는 항목이 1 개 항목 이상으로 조사되어 향후 관리기준 설정 및 오염원 제거를 위한 노력이 시급한 것으로 판단된다.

악취방지기술에 대하여 고찰해보면, 고기류를 조리하는 과정에서 발생하는 냄새원인물질은 일반산업시설과는 다르게 항상 일정하지 않고 여러 변수에 따라 다양한 종류의 악취 물질이 발생하며, 냄새원인물질의 종류 및 농도 또한 지속적으로 변화한다. 즉, 재료에 따라서도 변화하며, 동일한 재료일지라도 조리방법에 따라 냄새원인물질의 종류나 농도가 변화하는 것으로 나타난다. 이로 인하여 특정의 방지기술이나 장치가 가장 적당하다고 결정할 수 없는 특징을 가지고 있는 오염원이기 때문에 광범위하게 적용될 수 있는 악취물질 처리 시스템이 필요하다. 일본에서도 음식점은 음식점 탈취 흐름도에 따라 탈취 방법을 선택하도록 되어있어 여러 변수에 대한 선택을 통해 적절한 방지시스템을 구상하도록 한다(일본환경성, 2003).

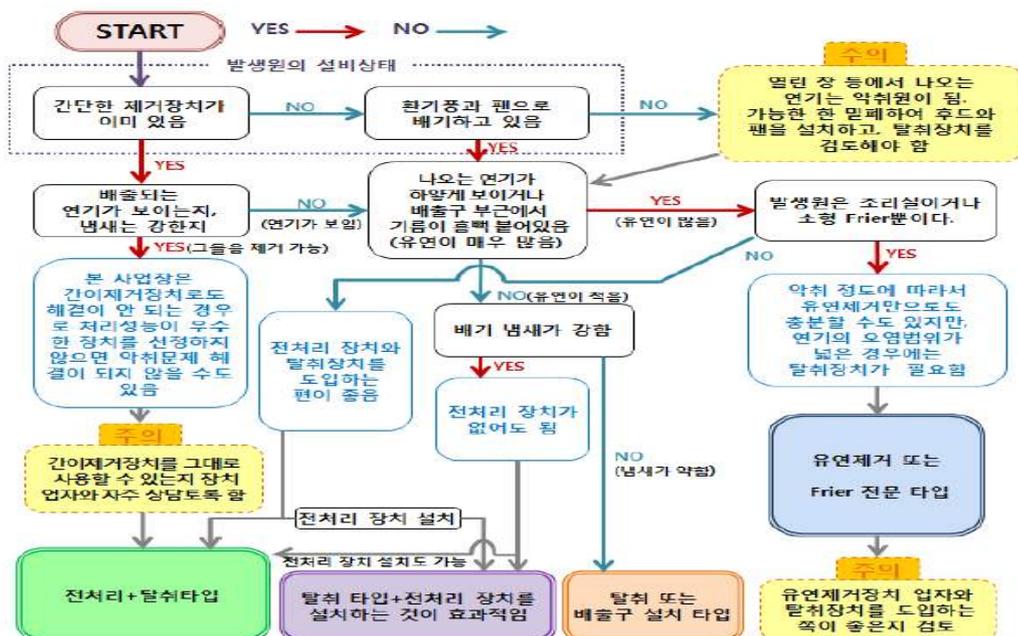


Fig. 6. Takeover Flowchart of restaurants in Japan.

기본적으로 고려되는 방지시설의 종류는 다음과 같으며, 이런 다양한 특성을 고려하여 적합한 방지시설을 선택하여야한다.

첫째, 유적 제거장치이다. 유적 제거장치는 음식점 악취물질 중 가스상 오염물질의 처리장치 성능을 유지시키기 위한 전처리 과정의 역할을 수행하도록 계획하며, 발생하는 음식점 악취물질 중 전단에서 유적/유증기 성분의 악취물질을 제거하는 전처리 장치로서의 기능을 가지고 있다.

둘째, 플라즈마 발생장치이다. 기체 상태의 물질에 계속 열을 가하여 온도를 올려주면, 이온핵과 자유전자로 이루어진 입자들의 집합체가 만들어진다. 물질의 세 가지 형태인 고체, 액체, 기체와 더불어 '제 4의 물질상태'로 불리며, 이러한 상태의 물질을 플라즈마라고 한다. 플라즈마는 전기적으로 중성인 원자들로만 이루어진 고온기체와는 달리 서로 반대인 전하를 띤 입자들, 즉 전자와 원자핵이 뒤섞여 존재하며 중성이지만 국부적으로 이온과 전자사이의 전하분리에 의해 전기장이 전하의 흐름에 의해 전류와 자기장이 발생하게 되는 현상이다. 집진기에 들어온 대기오염물질을 양극의 방전극에서 강력한 플라즈마 반응을 통해 가스상 물질을 제거하는 방법이다.

셋째, 전기집진장치이다. 코로나 방전을 이용하여 대기오염물질 중의 입자상 물질에 전하를 주어 이 전하 입자를 정전기력에 의해 제거하는 원리로 입자상 물질의 제거에는 아주 효과적이거나 가스상 물질의 제어에는 많은 어려움이 있어 단독시설로서 직화구이 전문점에서의 적절한 탈취 성능을 기대하기는 곤란하다.

이외에서 활성탄 등의 흡착제, 수세정, 촉매 등을 이용한 방법이 있으며, 한 종류의 기술로 처리하기 보다는 물리·화학·생물학적 방법들을 혼합하여 처리하는 방식이나 광촉매, 전기집진, 플라즈마 등의 악취저감기술을 적용 또는 혼합하는 방법을 각 사업장에 적절하게 적용하여 선택

하는 것이 바람직하다.

현재 인천광역시는 악취방지시설 보조금 지원에 관한 조례를 개정 중에 있다. 생활악취배출 시설 중 생물성 연소 악취저감시설의 신규 및 개선 비용을 지원하는 내용으로 인위적으로 발생하는 악취문제를 해결하기 위한 하나의 조치이다. 이를 시작으로 직화구이 음식점의 악취문제가 개선되길 바라고 더 나아가 본 논문의 자료를 기초로 직화구이 전문점의 악취 저감을 위한 효율적인 운영과 적극적인 관심으로 대기환경개선에 긍정적인 역할과 기능을 기대할 것이다.

V. 결론

5.1. 실내공기 오염물질

5.1.1. 미세먼지

실내공기오염 물질의 경우 미세먼지(PM_{2.5}, PM₁₀)는 계절에 관계없이 각 사업장별로 동절기와 하절기가 비슷한 수치는 나타내는 것으로 보아 계절적 특성은 없었다.

측정대상 11 개 사업장 중 5 개 사업장이 미세먼지 중 PM₁₀은 대규모점포 등의 유지기준(150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과하고, PM_{2.5}가 실내공기질 권고기준(70.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 이상인 사업장이 7 개소이었으며, 미세먼지 평균값의 분율(PM_{2.5}/PM₁₀ = 102.4/124.2)은 82.4 %로 전체 미세먼지에서 차지하는 PM_{2.5}의 비중이 상당히 높게 나타났다.

5.1.2. 가스상 물질

이산화탄소의 경우 평균값이 동절기 평균값 805.2 ppm, 하절기 평균값 566.0 ppm로 동절기에 대비하여 하절기에는 29.7 %로 낮은 수치를 나타냈다. 이는 동절기와 하절기의 기온 및 냉·난방기, 창문 개폐 등 환기에 의한 차이로 나타나는 계절적 특징으로 판단된다. 이외의 실내공기오염 물질들은 계절적, 사업장 별 특징을 찾을 수 없었다.

측정대상 11 개 사업장 중 이산화탄소 1 개소, 일산화탄소 6 개 사업장이 대규모점포 등의 실내공기질 유지기준을 초과하였으며, 벤젠 2 개소 및 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스타이렌은 각 1 개소가 신축공동 주택 권고기준을 초과하였다. 폼알데하이드는 기준을 초과하지는 않았으나 대부분의 사업장에서 검출되었다.

5.2. 악취물질

5.2.1. 복합악취

배출구의 복합악취가 3 ~ 3,000 배로 나타났으며, 악취방지법 시행규칙의 복합악취 배출허용 기준과 비교 시 기타지역의 배출구 배출허용기준을 초과하는 사업장은 3개 사업장(기준 500 배 이하)으로 조사되었다.

5.2.2. 지정악취

지정악취물질의 기타지역 부지경계선 배출허용기준과 비교 시 황화수소는 1 개 사업장, 메틸머캅탄은 1 개 사업장, 다이메틸설파이드는 1 개 사업장, 트라이메틸아민은 1 개 사업장, 아세트알데하이드는 7 개 사업장, 프로피온알데하이드는 6 개 사업장, 뷰티르알데하이드는 5 개 사업장, n-발레르알데하이드는 5 개 사업장, i-발레르알데하이드는 7 개 사업장이 부지경계선 배출허용기준을 상회하는 수준으로 조사되었다.

아세트알데하이드, 프로피온알데하이드 등 알데하이드류의 농도가 높은 편이었다. 이는 육류에 포함된 알콜이나 유기산 성분들이 대사(분해)과정을 거쳐 암모니아나 아세트산 물질로 전환되면서 생성되어 검출되는 것으로 판단된다.

5.3. 실내공기질 개선 및 악취저감 대책

5.3.1. 실내공기질

직화구이전문점의 실내공기질관리의 대책으로 가장 중요한 것은 생물연소 시 발생하는 가스상 물질 및 유분이 포함된 매연을 원활하게 제거하기 위하여 각 시설에 맞는 충분한 용량의 배출시설을 설치 운용해야 하며, 후드와 덕트를 매일 깨끗이 청소하는 등의 관리가 필요하다. 또한 환기가 가능한 경우에는 자주 환기를 해 주어야 하며, 조사결과 미세먼지, 이산화탄소, 일산화탄소가 높게 나타났으며, 미세먼지 중 인체에 더 유해한 PM_{2.5}가 차지하는 비율이 높다는 점과 실내 자체 오염원(생물성 연소)에서 벤젠 등 위해 오염물질이 발생하는 것으로 볼 때 향후 직화구이 전문점 실내공기질 관리기준을 설정하여 오염물질에 대한 관리를 해야 한다고 판단된다.

5.3.2. 악취

직화구이 전문점에서 복합악취 배출허용 기준과 비교 시 기타지역의 배출구 배출허용 기준을 초과하는 사업장은 3 개 사업장(기준 500 배 이하)으로 조사되었으며, 대부분이 주거지역에 있어 실외로 배출되는 악취로 인해 주민들에게 피해를 주고 있다. 특히 창문을 열어놓고 생활하는 여름철에는 배출허용기준을 초과하지 않아도 민원이 자주 발생하고 있어 이에 대한 대책이 필요하다.

이에 대한 대책으로 배출구에 백연, 냄새 제거장치를 설치해야 할 것으로 판단되며 다음과 같은 방식들이 있다.

첫째, 유적 제거장치와 활성탄 흡착탑이다. 유적 제거장치는 음식점 악취물질 중 가스상 오염물질의 처리장치 성능을 유지시키기 위한 전처리 과정의 역할을 수행하도록 계획하며, 발생하는 음식점 악취물질 중 전단에서 유적/유증기 성분의 악취물질을 제거하는 전처리 장치로서의 기능을 가지고 있으며, 후단에 활성탄 흡착탑을 설치하여 가스상 오염

물질을 제거하는 방식이다.

둘째, 플라즈마 발생장치이다. 집진기에 들어온 대기오염물질을 양극의 방전극에서 강력한 플라즈마 반응을 통해 가스상 물질을 제거하는 방법이다.

셋째, 전기집진장치이다. 코로나 방전을 이용하여 대기오염물질 중의 입자상 물질에 전하를 주어 이 전하 입자를 정전기력에 의해 제거하는 원리로 백연(오일미스트), 흙, 미세먼지 등 입자상 물질의 제거에 아주 효과적이며, 악취를 탈취하는 효과도 있어 현재 방지시설로 가장 많이 적용하고 있다.

이외에서 활성탄 등의 흡착제, 수세정, 촉매 등을 이용한 방법이 있으며, 한 종류의 기술로 처리하기 보다는 물리·화학·생물학적 방법들을 혼합하여 처리하는 방식이나 광촉매, 전기집진, 플라즈마 등의 악취저감기술을 적용 또는 혼합하는 방법을 각 사업장에 적절하게 적용하여 선택하는 것이 바람직하다.

VI. 참고문헌

1. 서영화, 고광윤, 장영기 (2010), 고기구이 스톱에서 채취한 PM₁₀입자에서 콜레스테롤, 지방산과 PAH의 분포, 대한환경공학회지, 32권(2호), 155~164.
2. 전준민(2010), 대형음식점에서 배출되는 오염물질 저감대책 및 방지시설 개발 연구, 서울지역환경기술개발센터
3. 김동영(2010), 직화구이 음식점에 의한 대기환경문제 개선 방안, 경기개발연구원
4. 권우중(2016), 직화구이시 발생하는 미세먼지의 경제적 처리에 관한 연구, 충남대학교 대학원
5. 국립환경과학원(2014), 생물성 연소에 의한 대기오염물질 배출량 산정방법 편람.
6. 환경부 수도권대기환경청(2013), 2차 수도권

권 대기환경관리 기본계획[2015 - 2024]

7. 서울특별시 기후환경본부(2014), 대기질 개선 종합대책.
8. 오제범(2014), 음식점 악취관리방안 - 육류구이 음식점을 중심으로, 한국냄새환경학회 학술발표회, 9~23
9. 경기도의회(2016), 경기도 생물성연소 배출원 개선 지원에 관한 조례안
10. Lippmann, M(1999), Rationale for particle size-selective aerosol sampling. In: J. Vincent(Ed), Particle size-selective sampling for particulate air contaminants. Cincinnati, OH, ACGIH, 19~22.
11. 김윤신(2002), 미세먼지의 인체영향, 공기청정기술지, 15(1), 29~37.
12. Carlton, A, G., Turpin, J.B., Johnson, W., Vuckley, B.T., Simcik, M. and Eisenreich, S.J.(1999), Microanalysis methods for characterization of personal aerosol seposures, Aerosol Sci. Tech., 31(1), 66~80
13. Choudhury, A.H., Gordian, M.E., and Morris, S.S.(1997), Associations between respiratory illness and PM₁₀ air pollution, Archit. Environ. Health, 52(2), 113~117.
14. Chow, J.C.(1995). Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particle, Air & Waste Manage. Assoc., 45(5), 320~382.
15. 김지현, 이태정, 황인조, 김동술(2008), 대학도서관 내 실내공기질 조사 및 입자상물질의 특성에 관한 연구, 한국실내환경학회, 5(1), 24~36.
16. 일본환경성(2003), 한 눈에 알 수 있는 탈취장치 선택 가이드 2003-음식점편.