

서울시 소규모 배출원별 대기오염 특성 및 제어 기술

송민영, 전해준
서울기술연구원 기후환경연구실
e-mail:mysong@sit.re.kr

A Study on characteristics and control technology for Air Pollutants Emitted from Urban Areas

Min Young Song, Haejoon Chun
Department of Climate & Environmental Research, Seoul Institute of Technology

요 약

서울시는 소규모 대기오염 배출사업장이 다수 존재 하고 있으며, 특히 대기환경보전법 상 대기배출시설에 해당되지 않는 비규제 대상 사업장이 많이 분포되어 있다. 이러한 오염물질은 지속적으로 배출되며 일상 생활권에서 고농도로 발생되거나 농축되어 직접적으로 시민의 건강에 위해를 가할 수 있지만 상대적으로 관심이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 서울시 생활주변 소규모 배출원의 대기오염물질 배출 현황 및 농도와 성분을 파악하여 배출원별 제어기술을 분류하여 효율적 관리방안을 마련하고자 한다.

1. 서론

생활권 대기오염물질 배출은 직화구이 등 고기구이 음식점, 노천 소각, 보일러, 숯가마 찜질방, 지하주차장, 건물 철거 또는 폐기물 수거, 유기용제를 사용하는 시설에서 발생하는 각종 오염물질, 이동오염원에서 발생하는 매연, 담배 연기 등에서 지속적으로 배출되는 오염물질이며, 일상생활권에서 고농도로 발생되거나 농축되어 직접적으로 시민의 건강에 위해를 가할 수 있지만, 생활권 미세먼지는 상대적으로 관심이 부족한 실정이다.

「대기환경보전법」에서는 연료 제조와 사용 등의 규제, VOCs의 규제 등 생활 환경상의 대기오염물질 배출규제를 위해 법의 개정과 추가를 시도하며 정책을 유도하고 있고 기술 개발과 정책지원을 위한 지역별 특성 분석과 공동연구가 요구되고 있다. 또한 정부에서는 미세먼지 사각지대 관리 및 감축을 위한 대응 강화와 지역별 특성을 고려한 맞춤형 감축 정책 수립을 유도하고 있다. 대기오염물질과 미세먼지 감축을 위해 사업장을 중심으로 제조업 부문, 발전 부문, 운송 부문 등에서 발생하는 미세먼지 대응에 집중해 왔으며, 일부 생활권 미세먼지 저감을 위해 도로 재비산먼지 저감, 난방시설 관리와 지원 강화, 소규모 사업장 지원과 감시 체계 강화 등에

초점을 맞춘 사업과 정책이 시행되고 있다. 하지만 도심 내 생활 주변의 소규모 배출시설 관리는 미흡한 실정이다.

따라서 생활권 대기오염물질 저감 방안과 대책 마련을 위해 서울시 생활권 소규모 배출원의 배출 현황 파악과 특성분석이 필요하며, 특히 대기오염물질 저감기술을 분석하여 생활권 대기오염물질 배출을 최소화할 수 있는 관리 방안 마련이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 서울시 생활주변 소규모 배출원의 대기오염물질 농도와 성분을 정확히 파악하여, 배출원별 대기오염 특성을 분석하고, 제어기술을 모색하여 배출원별 효율적 관리방안을 마련하고자 한다.

2. 서울시 대기오염물질 배출원 현황

2.1 대기오염물질 배출원 현황

2018년 CAPSS 기준 서울시 대기오염물질 배출량은 CO 59,091톤, NOx 88,319톤, SOx 1,095톤, TSP 31,069톤, PM10 15,130톤, PM2.5 3,973톤, VOCs 72,393톤, NH₃ 3,469톤, BC 1,498톤으로 나타났으며, 자세한 내용은 [표 1]에 정리하였다. 2017년 대비 배출량 변화 추이는 CO 2,097톤, NOx 11,223톤, TSP 6,165톤, PM10 4,577톤, PM2.5 1,047톤, VOC 5,445톤, BC 521톤 증가한 것으로 나타났으며, SOx 398톤, NH₃ 335톤

감소한 것으로 나타났다.

[표 1] 서울시 대기오염물질 배출원 및 물질별 배출량 (2018년 CAPSS 기준)

(단위: 톤/년)

배출원 대분류	CO	NOx	SOx	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH ₃	BC
에너지산업 연소	350	432	2	8	8	8	47	12	3
비산업 연소	9,985	20,202	690	177	167	137	701	256	37
제조업 연소	66	200	2	1	1	1	9	3	
생산과정								18	
에너지수송 및 저장							452		
유기용제 사용							59,283		
도로 이동 오염원	31,793	35,419	22	585	585	539	7,084	376	275
비도로 이동 오염원	15,691	31,603	129	1,649	1,648	1,516	3,960	12	1,169
폐기물 처리	62	434	249	11	8	6	693	3	
농업								348	
기타 연오염원	948	22		61	39	35	78	2,441	2
비산먼지				28,466	12,573	1,640			7
생물성 연소	198	7	0	111	101	92	85	0	5
합계	59,091	88,319	1,095	31,069	15,130	3,973	72,393	3,469	1,498

2.2 생활권 배출원 대기오염 특성 조사

본 연구에서는 생활권 대기오염물질 배출원을 CAPSS 배출량 자료를 기반으로 통계청, 국토교통부 자료를 활용해 서울시 대기오염물질 배출량 우선순위를 파악하였고, 국가 미세먼지 배출량 4개 부문 중 생활 부문에 해당하는 배출에 중점을 두었다. 측정 대상으로 선정한 주요 생활권 배출원은 7개 업종으로 가스히트펌프(GHP: Gas Heat Pump), 자동차수리업(도장), 금속세정공정, 세탁시설, 인쇄시설, 일반음식소, 집단급식소이다.



[그림 1] 서울시 생활권 배출원 측정 대상 선정

3. 연구결과

3.1 서울시 배출원별 대기오염 특성

CAPSS 자료와 통계청 자료를 기반으로 선정된 서울시 생활권 배출원(가스히트펌프, 자동차수리업(도장), 세정시설, 세탁시설, 인쇄시설, 일반음식점(직화구이), 집단급식소)의 입자상 물질과 가스상 물질을 각각 현장 측정된 결과는 [표 2]와 같으며, 배출원별로 대기 배출 특성이 다른 것을 확인할 수 있다.

[표 2] 생활권 배출원 대기오염 측정 결과 요약

배출원	특성	기준 문헌 측정 결과
도장시설	입자상 물질	• 도장 시설 작업장 내 미세먼지 발생
	VOCs	• Toluene, Acetone, Xylene, Acetone 등 검출 • 원료 검출 성분과 유사하게 나타남
인쇄시설	자동차 도장공정	• 조색실 및 공정별 VOCs 측정을 통해 작업 특성에 따른 대기오염물질 배출 특성을 파악 • TVOCs: 클리어(33.285ppm) > 작업공정(7.112ppm) > 조색실(5.563ppm) > 프라이머(5.250ppm)
	입자상 물질	• 작업장에 따른 미세먼지(PM ₁₀ & PM _{2.5}) 농도 변화 발생
세탁시설	VOCs	• TVOCs: 작업 전 대비 3~5배 농도 증가, 작업량에 따라 농도 차이 (작업 전 12.146ppm → (1차)6.533ppm, (2차)10.905ppm) • Toluene, Isopropyl alcohol, Acetone, Acetone 등 검출 • 원료(인크 및 용제) 검출 성분과 유사하게 나타남
	VOCs	• TVOCs: 실내 대비 배출구 2~3배 농도 증가, 드라이 대비 건조 공정 농도 3~4배 높음 (실내)13.930ppm, (역트 후)24.321ppm • VOCs 개별 물질: 작업 전 대비 약 50배 가량 증가 (예: Propylalcohol, Acetone, Decane 등) (작업 중)1.255ppm
일반음식점	고기구이	• PM ₁₀ & PM _{2.5} max. 2278 & 1996µg/m³ • CO ₂ & NO ₂ 발문 손잡이 의한 고기구이 시 농도 증가 • VOCs: 열처리 과정에서 휘발되는 유기물질 확인 가능
	튀김(저온)	• 입자상 물질: 음식 조리 내 미세먼지 발생 • NO ₂ , CO ₂ 상대적으로 높은 농도 발생 • VOCs: 조리 전/후 발생물질 구성비율 변화 있고, 낮은 농도로 발생
집단급식소	PM ₁₀ , CO ₂ VOCs 일부 검출되나 농도가 낮음	• PM ₁₀ • Benzene, Toluene, Xylene, Ethylbenzene, Isopropyl alcohol, Decane, Nonane, n-Undecane, Hexane, Ammonia, Acetaldehyde, Benzene, Toluene, Formaldehyde, NO ₂

3.2 서울시 배출원별 대기오염 제어 기술

생활권 소규모 배출원은 종류에 따라 배출 특성이 상이하게 나타나고 있었으며, 이에 따라 배출 특성에 맞는 적정 제어기술 적용과 운영이 필요하다. 아래 [그림 2]와 같이 다양한 저감 기술 중 배출특성에 맞는 제어기술 선정 및 적용이 되어야 한다.

	여과집진	세정집진	전기집진	흡수	흡착	작업연소	촉매산화	저온응축	세정
저유량 저농도	○	○	○	○	○	△	○	△	○
저유량 고농도	△	○	○	△	△	○	○	○	×
고유량 저농도	△	×	○	△	○	○	△	△	△
고유량 고농도	△	△	△	△	×	○	△	○	×
만속식	△	△	○	○	○	○	○	○	○
1화식	○	○	○	△	○	×	×	○	○
전처리공정	○	○	○	○	○	×	×	○	○
자연배	중	저	고	저	중	고	고	고	중
운영비	중	중	고	고	중	고	고	중	고
적용가능 배출원	인쇄, 일반음식점, 집단급식소	일반음식점, 집단급식소	인쇄, 일반음식점, 집단급식소	도장, 인쇄, 일반음식점, 집단급식소	도장, 인쇄, 세탁, 도장, 인쇄, 세탁	세탁	일반음식점, 집단급식소		

○: 좋음, △: 보통, ×: 불가
참고: '열처리 기술용 VOCs/악취 처리기술 및 관리현황' 자료 인용

[그림 2] 대기오염 저감 적정 제어기술 요약: 상용단계

사사(Acknowledgment)

본 연구는 서울기술연구원 과제 (2021-AE-002, 서울시 오존생성 VOCs 배출시설의 특성 및 오존저감방안 연구)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

- [1] 국립환경과학원, 소규모 대기배출사업장 배출원 조사, 2018
- [2] 통계청, 전국사업체조사, 2019
- [3] 통계청, 한국표준산업분류, 2017
- [4] 환경부, 생활주변 VOCs(휘발성유기화합물) 관리방안 마련 연구, 2015
- [5] 환경부, 대기오염물질 배출시설 인·허가 업무 가이드라인 개정판, 2020