인쇄소 발생 대기오염 특성 및 기술적 저감 방안

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

Technical Effectiveness to Reduce Air Pollutants Emitted from printing facility

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

요 약
서울시는 생활환경 주변의 대기오염 배출 가능 시설이 다수 존재하고 특히, 생활권 대기오염 배출시설과 주거시설이 혼재되어 있어 이에 대한 저감 방안과 대책 마련이 필요이다. 또한 정부에서는 미세먼지 사각지대 관리 및 감축을 위한 대응 강화와 지역별 특성을 고려한 맞춤형 감축 정책 수립을 유도하고 있어 서울시 생활주변 소규모 배출원의 대기오염 물질 농도 및 성분을 정확히 파악하여, 오염물질 저감을 위한 적정 기술의 모색 및 파악 시급한 실정이다.
본 연구에서는 도심 내 사각지대 관리 등 지역 단위의 자체적 저감 대책 수립을 위해 생활주변 대기오염 배출원인 인쇄로 발생 오여물질 특성을 파악하여, 적정 제어 기술을 모색하고 기술적 저감방안을 제안하였다.

1. 서론

시민의 건강에 직접적 위해를 가할 수 있는 생활주변 대기환경 개선을 위해 생활권 대기오염 배출의 저감이 필요함에도 불구하고 상대적으로 생활권 대기오염에 관심이 부족하고, 생활환경 주변에 대기오염 배출 가능 시설 다수가 주거시설과 혼재되어 이를 개선할 수 있는 저감 방안과 대책 마련을 위한 맞춤형 정책 수립이 유도돼야 하지만 저감 및 관리 방안은 미비한 상태이다. 따라서 생활권 배출원을 위한 대기오염 특성을 고려한 맞춤형 감축 정책을 설정하여 생활권 소규모 대기오염 배출을 저감할 수 있는 저감기술 모색과 관리 방안 토대 구축이 필요하다. 또한 국정과제의 실증적인 영향을 생활주변에 제시하여 국민이 미세먼지 걱정 없이 쾌적한 대기환경을 접할 수 있게 하는 방향 제시가 필요하다.

기존 국정과제 중 하나인 미세먼지 저감 대책의 대응 방안을 지방자치단체 차원에서 구축함으로써, 기존 배출원 관리에서 제시되지 않았던 기술적 가능성을 고려함으로써 효율적인 대책 추진에 타당성을 제시하였다. 이를 위해 대기오염 배출 저감을 위한 지방자치단체의 대응 전략을 구축하기 위해서는 서울시에 다수 존재하고 있는 생활환경 주변의 대기오염 배출원이 미치는 영향에 관해 지방자치단체 차원의 대응 방안을 구축하여 도심 내 사각지대 관리 등 서울 지역 특성에 맞는 자체적 저감 대책을 수립하는 것이 필요하다.

본 연구는 서울시 대기오염 배출 현황을 파악했으며, 그중 우선 관리 대상인 인쇄소 대기오염 배출 특성에 따른 적정 제어 기술을 모색하여 기술적 저감 및 관리 방안을 제시하였다. 이를 위해 사전적으로 생활권 배출원 대기오염 배출 특성, 대기오염 저감 방지기술 및 신기술 현황을 파악하였으며 적정 저감기술 모색과 기술적 저감 가능성 분석을 통해 기술적, 정책적 저감 방안을 제안하였다.

2. 연구방법

[입자상 대기오염물질 측정 방법]

입자상 대기오염물질의 측정은 대표적 미세먼지 측정방법인 E-BAM(Environmental Beta-Attenuation Particulate Monitor) 장비를 활용하였으며, 실시간으로 측정된 자료를 바탕으로 최종 산출 자료는 1시간 평균치를 사용하였다. 장비와 규격은 그림 1과 같다.

항목	규격
측정원리	베타선 흡수법
Beta Source 베타소스	C^{14}, < 75 microcurie, 반감기 5730 년
측정방법	중량법
측정범위	0 –65 mg/M3
정밀도	표시 값의 +/- 10%(1 시간 값)
측정사이클	24 시간
검출기	Scintillation probe
아날로그 출력	0-1V, 0-5V, 0-10V(선택가능) 12 bit 정밀도
필터테이프	연속 유리섬유필터
흡입구	PM10 임팩터 타입
유량	16.7 LPM, 조정가능
유량정밀도	측정 값의 +/- 3%
유량제어	DC 모터 제어장치로 질량유량 제어
샘플펌프	이중 다이어프램 방식(내장)
알람신호	필터, 유량, 전원 및 작동오류
사용전원	AC: 120 VAC, 3 A @ 360 Watts
화면	4 줄 X 20 문자 VFD
키 패드	막 형태, 3 행 X 4 열
알람 접점신호	일반적으로 닫힘, .5 A @ 100 VDC
통신	표준 RS-232
작동온도범위	-25 Deg C 에서 40 Deg C
저장온도범위	-30 Deg C 에서 40 Deg C
함체	방수 알루미늄 함체(14" W, 16" H, 8" D)

[그림 1] 입자상 대기오염물질 측정 장비(왼쪽)와 규격(오른쪽)

E-BAM은 베타선 흡수법을 이용한 이동형 미세먼지 측정기로 베타선 흡수법은 40년 이상 검증된 미세먼지 측정 방법으로 알려져 있다. 측정 원리는 베타선 흡수법(Beta attenuation)이란 중간매개체를 통과하면서 베타입자 수가 감소하는 것으로 규정할 수 있으며, E-BAM 장비는 베타입자로 자연적으로 방사성동위원소를 발생시키는 14C을 베타입자의 소스로 사용한다. 14C 베타입자는 중성자가 광자와 전자로 나눠지면서 원자의 핵으로부터 방출되는 전자이며, 이러한 베타입자의 흡수성을 이용하여 입자의 질량을 측정할 수 있다.

[가스상 대기오염물질 측정 방법]
가스상 대기오염물질의 측정은 NOx, O_3, CO_2를 대상으로 측정하였으며, 실시간 측정자료는 1시간 평균치를 최종 산출 자료로 사용하였다. 각 장비는 그림 2에서 확인 가능하며, 세부적인 제원은 표 1에 나타냈다.

NOx analyzer　　O_3 analyzer　　CO_2 측정기

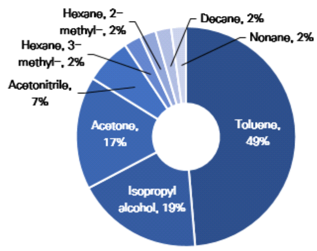
[그림 2] 가스상 대기오염물질 측정 장비

[표 1] VOCs 분석 조건과 크로마토그램

구분	분석기기 사양 및 분석 조건
GC	Agilent 7890 B
Detector	5977A-MSD(Agilent)
Column	HP-1 capillary column(60m×0.32㎜×1㎛)
Column temperature	40℃(5min) → 70℃(5min) → 150℃(5min) → 200℃(5min) → 220℃(5min)
Column flow	1.2mL/min
Ramp rate	5℃/min to 200℃, 10℃/min to 220℃
MS ion source temp	230℃
MS scan 범위	35~350amu
Carrier gas	He(99.999%)

3. 결과

인쇄에서 배출되는 대기오염물질과 현장 파악을 위해 오프셋 인쇄가 이루어지고 있는 인쇄시설 2개소를 선정해 분석을 진행하였다. AA사업장의 1차 측정은 총 3일간 수행하였으며, 입자상 물질의 평균농도는 PM10이 49.8㎍/㎥, PM2.5이 19.8 ㎍/㎥으로 측정되었고, 가스상 오염물질의 경우 NO_2, O_3, CO_2의 평균농도가 0.015ppm, 0.020ppm, 503ppm으로 나타났다. 검출된 주요 VOCs 배출 물질은 Toluene, Acetone, Isopropylalcohol(IPA), Acetonitrile 등이었고, 알데하이드류는 Formaldehyde, Acetone 등이었다.



[그림 3] AA사업장 인쇄시설의 VOCs 측정 결과

이러한 오염물질 저감을 위해 적정 제어 기술을 모색하여 기술적 저감 가능성을 분석해보았으며, 시제품 제작을 통해 오프셋 인쇄기기가 운영 중인 인쇄시설에 적용하여 오염물질 저감효율을 확인하였다. 시제품 작동 유무에 따라 THC 측정을 진행해 시제품 작동에 따른 농도 변화와 저감효율을 확인해 보았다. 1시간 간격으로 측정했을 때, 시제품이 off일 때, THC 평균 농도가 413ppm이 시제품 on을 했을 때 246ppm으로 감소하는 것을 확인하였다.

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

참고문헌

[1] Lee, H. J., Kim, K. H., Choi, Y. L., and Kim, D. K. 2021. Atmosphere, 12, 637
[2] Zhang, X., Gao, B., Fang, J., Zou, W., Dong, L., Cao, C., Wang, H.(2019)., 218, 680-686.
[3] 국립환경과학원, 소규모 대기배출사업장(4,5종) 배출원 조사, 2018
[4] 서울기술연구원, 소규모 도장시설 배출 VOCs 관리방안, 2020