

대기배출시설의 입자상물질 측정과정과 배출허용기준 개선방안 연구*

Study on the Measurement Process of Particulate Matter and the
Improvement of Emission Allowance Standard in Air Discharge Facility

조광운** · 서동주** · 김승호*** · 김난희*** · 서광엽**** · 배석진***** · 조영관*****

Gwang-un Jo · Dong-Joo Seo · Seung-Ho Kim · Nan-hee Kim · Gwang-Yeob Seo ·
Seok-Jin Bae · Young-Gwan Cho

요약: 본 연구는 2013년부터 2017년까지 광주지역 대기배출시설에서 배출되는 입자상물질과 총탄화수소의 주요 배출특성을 분석하여 입자상물질 측정과정 검토 및 총탄화수소 배출허용기준에 대한 평가를 하였다. 1) 대기배출시설의 배출유량을 측정할 결과, 실제 측정유량이 시설유량을 초과하는 차이가 있는 시설이 많았고, 실제유량의 정확한 측정을 위하여 측정구 위치 변경이나 시설개선이 필요하며, 측정유량이 너무 적거나 유량이 측정되지 않을 경우에는 반드시 방지시설의 철저한 점검을 통한 운영이 필요하다. 2) 먼지측정용 원통여과지를 아세톤 세척 후 건조 등의 전처리 후 측정하면 원통여과지가 먼지 측정결과의 정확성을 높일 수 있어 대기오염공정시험기준 중 먼지(ES 01301.1)시험법에 여과지 세척 등에 대한 전처리 내용을 추가 할 필요가 있다. 3) 총탄화수소의 배출허용기준은 배출시설에 따라 배출허용기준을 세분화 할 필요가 있다. 4) 대기배출업체수의 약 90%가 4~5종으로, 이들 소규모업체의 측정자료를 데이터베이스화 하여 대기배출시설의 개선 및 정책에 활용할 수 있도록 하여야 한다.

핵심주제어: 대기배출시설, 측정유량, 입자상물질(먼지), 전처리, 총탄화수소

Abstract: In this study, we assessed the main emission characteristics of particulate matter and total hydrocarbons from an air discharge facility in the Gwangju area from 2013 to 2017. We examined the measurement process of particulate matter and evaluated the permissible emission standards for total hydrocarbons. 1) By measuring the discharge flow rate from the air discharge facility, we found that there were many facilities where the measured flow rate exceeded the facility flow rate. In order to accurately measure the actual flow rate, it is necessary to either change the position of the measurement port or improve the facility. Alternatively when the flow rate is not measured, it is necessary to

* 이 논문은 2018년도 환경부 환경분야 시험검사의 국제적 적합성 기반구축사업과 광주광역시보건환경연구원 연구역량강화 사업의 지원으로 완성되었기에 감사드립니다. 또한 소중한 논평과 제안을 해주신 익명의 심사위원님들께도 감사드립니다.

** 주저자, 교신저자, 광주광역시보건환경연구원 환경연구사

*** 공동저자, 광주광역시보건환경연구원 환경연구사

**** 공동저자, 광주광역시보건환경연구원 생활환경과장

***** 공동저자, 광주광역시보건환경연구원 환경연구부장

***** 공동저자, 광주광역시보건환경연구원 원장

thoroughly inspect the preventive facility. 2) After acetone washing and drying of the cylindrical filter for dust measurement, it is possible to reduce the influence of the cylindrical filter paper on the measurement result by measuring after removing the residue outside the filter. Therefore, pretreatment methods such as cleaning, etc., should be added to the dust test method(ES 01301.1). 3) The emission allowance standard of total hydrocarbons need to be subdivided according to the emission facility. 4) Approximately 90% of the air polluters were composed of fourto fine, so the measurement data of these small companies should be databaseed so that they can be utilized for the improvement and poliies of air discharge facilities.

Key Words: Air Emission Facilities, Measured Flow, Particulate Matter, Pre-Treatment, Total Hydrocarbons(THC)

I. 서론

세계보건기구(WHO)에서는 대기오염을 “대기 중에 인위적으로 배출된 오염물질이 한 가지 또는 그 이상 존재하여 오염물질의 양, 농도 및 지속 시간이 어떤 지역의 불특정 다수인에게 불쾌감을 일으키거나 해당지역에 공중보건상 위해를 끼치고, 인간이나 동·식물의 활동에 해를 주어 생활과 재산을 향유할 정당한 권리를 방해받는 상태”로 정의하고 있다(국립산림과학원, 2011).

대기환경보전법에 대기오염물질은 입자상물질 등 총 64종이 지정되어 있지만, 28개 항목에 대해서만 배출허용기준이 정해져 있고, 나머지 항목은 배출허용기준 조차 아직 없는 상태이다. 대기오염물질을 배출하는 대표적인 것으로 자동차, 공장, 발전소, 농장 등이 있고, 이 중 공장, 발전소 등에서 대기오염물질을 배출하는 시설을 대기배출시설이라 한다(환경부, 2018a).

최근 이슈가 되고 있는 미세먼지는 다양한 발생원에 의해 영향을 받는데, 전국적으로 미세먼지 국내 발생량 중 공장 등 사업장의 비중이 38%로 매우 높은 것으로 분석되고 있다(환경부, 2018b). 미세먼지 경보제 운영에 의한 주의보, 경보 발생 일수가 많아지면서¹⁾(에어코리아, 2018) 국민이 실

1) 경보제 운영에 따른 광주광역시 주의보 및 경보발령 횟수: '15년-13회, '17년-12회,

생활에서 체감하는 미세먼지에 의한 불편함을 호소하는 경우가 점점 많아지고 있고, 청정한 대기환경을 요구하는 국민의 기대에 부응하고자 환경부에서는 초미세먼지 경보제 발령기준을 강화하였다(환경부, 2017).

미세먼지를 줄이기 위해 미세먼지 저감 및 관리에 관한 법을 제정하여 비상저감조치까지 시행하고 있지만(환경부, 2018a), 최근 몇 년 동안 가시적인 미세먼지 개선효과를 보지 못하고 있어(광주광역시, 2017), 미세먼지를 줄이기 위해 미세먼지 주요 배출원 중 하나인 산업단지 대기배출시설에서 배출되는 먼지를 줄일 필요가 있는데, 이를 위해 수도권 이외 지역에서도 대기오염물질 배출농도 위주의 정책에서 배출총량 위주의 정책으로 전환이 필요하며, 이를 위해선 대기배출업체와 검사현장에서 대기환경이나 지구온난화에 영향을 주는 대기오염물질에 대한 정확한 농도 및 배출량 파악을 위한 노력이 반드시 필요하다.

현재 우리나라는 전국의 1~3종 대기배출사업장에 대해서만 대기배출관련 자료를 국가 대기배출원관리시스템(Stack Emission Management System, SEMS)에 입력하여 국가 배출량산정, 대기보전정책 수립 및 관련 연구에 필요한 기초자료로 이용하고 있지만(한중수 등, 2012), 4~5종 대기배출 업체의 대기오염물질 측정자료를 이용한 운영 및 총배출량에 대한 자료는 거의 찾아보기 어려운 것이 현실이다.

국가 및 지방자치단체에서 실시하고 있는 대기배출시설 지도점검에서도 대기오염도 검사결과는 대기배출허용기준 준수 여부에만 사용할 것이 아니라 측정유량 및 측정과정에서 시설 및 측정과정의 문제점을 개선하기 위해서는 매년 측정된 대기배출시설 오염도 검사자료에 대해 측정기관이나 지자체별로 종합적인 자료분석이 필요하다고 할 수 있다. 특히 우리나라 대기배출업체²⁾의 약 90%를 차지하고 있으면서 SEMS에 자료를 거의 찾아보기 힘든 4~5종 업체의 측정자료를 데이터베이스화하여 측정자료를 활용할 수 있도록 하여야 하며, 데이터베이스 자료를 이용하여 대기오염

¹⁾ 18년-15회.

2) 전국의 대기오염물질 사업장은 '16년 12월말 기준으로 총 57,500개로 이중 1종 1,707개, 2종 1,707개, 3종 2,082개, 4종 18,704개, 5종 33,300개로 조사되었다.

총량관리를 위한 지역별 배출량 계산, 오염배출원별 정확한 측정과 측정값의 검증, 측정정밀도 향상방안 등에 대한 다양한 연구를 할 수 있어야 한다.

따라서 본 연구에서는 광주지역 대기배출시설에 대한 5년간(2013~2017년)의 대기오염도 검사결과를 이용하여 배출유량, 입자상 물질, 총탄화수소에 대한 배출특성과 시료채취와 측정시 측정과정의 문제점을 파악하고 개선방안을 제시하여 정확도와 신뢰성이 높은 측정자료 생산을 통한 대기오염총량제도의 기초자료로 제공하고 대기관리기준의 개정자료로 활용할 수 있도록 하고자 하였다.

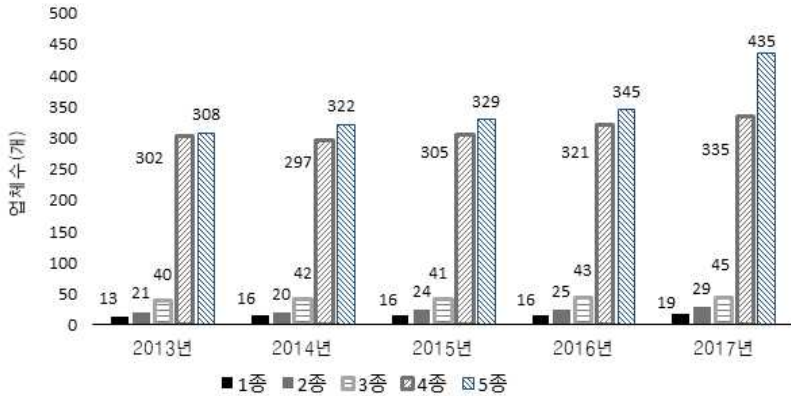
II. 광주시 대기배출업체 및 대기오염도 검사 현황

1. 광주광역시 대기배출업체 현황

광주광역시 대기배출업체의 연도별 종별 사업장수는 <그림 1>과 같고, 매년 대기오염물질 배출업체수가 증가추세를 보였고, 이 중 1종~3종은 2013년 61개 업체에서 2017년 93개 업체로 32개 업체가 증가한 반면, 4종~5종은 2013년 610개 업체에서 770개 업체로 증가하였다.

특히 2017년에는 5종사업장이 2016년에 비해 90개 업체가 증가하여, 소형사업장인 4~5종이 2017년에는 770개 업체로 광주시 전체 대기배출업체 863개의 89.2%로 조사되었다(광주광역시, 2018).

〈그림 1〉 광주광역시 대기배출업체 연도별 종별 업체수 현황



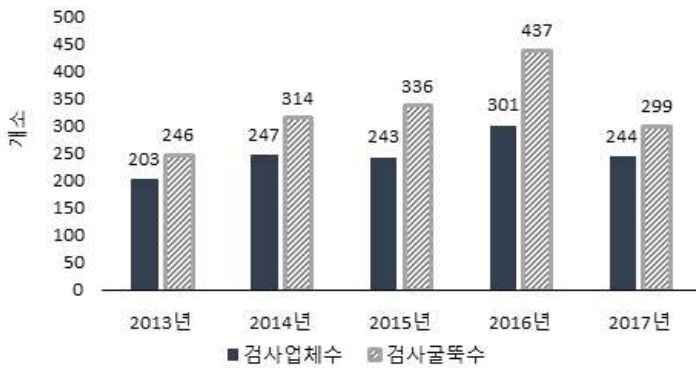
자료: 광주광역시 환경백서('13~'17년), 업무보고 자료(2018)를 이용하여 작성

2. 지도점검에 의한 연도별 검사시설 수

본 연구에서 2013년부터 2017년까지 광주에서 5년간 조사한 검사업체수와 검사항목은 〈그림 2〉와 같다. 연구기간인 5년동안 매년 업체수는 200~250여개, 굴뚝수는 250~300여개를 검사하였는데, 2016년도에 TCE 배출량이 많은 업체가 환경문제로 이슈화 되면서 지도점검이 강화되어 업체수가 301개, 굴뚝은 437개로 다른 년도 보다 업체수와 검사건수가 상당히 증가했던 것으로 나타났고, 전체적으로는 해마다 광주시 대기 배출업체 전체의 25%정도와 굴뚝수의 10% 정도를 검사를 실시했던 것으로 나타났다.

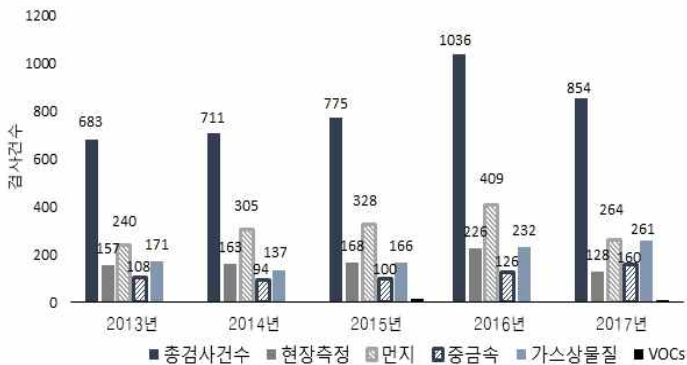
검사항목은 〈그림 3〉과 같이 '13년~'17년까지 5년간 총 4,063건을 검사하였는데 기본배출부과금 항목인 입자상물질(먼지)이 1,550건(38.1%)으로 가장 많이 검사되었고, 현장에서 바로 검사가 이루어지는 총탄화수소, 일산화탄소, 질소산화물, 매연이 911건(22.4%), 아연, 납 등 중금속 물질이 588건(14.5%), 암모니아, 불소 등 가스상 물질이 967건(23.8%), 그리고 벤젠, 스티렌, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄 등 휘발성유기화합물질(VOCs)이 47건(1.2%)의 검사가 이루어진 것으로 나타났다.

〈그림 2〉 연도별 검사 업체수 및 굴뚝수



자료: 대기오염도 검사의회('13년~'17년)자료를 정리하여 작성

〈그림 3〉 연도별 검사항목

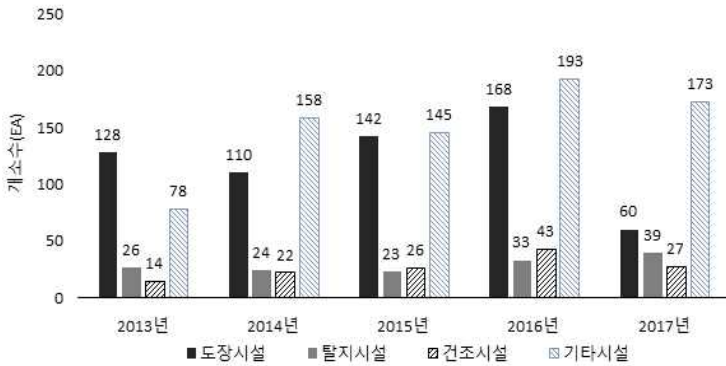


자료: 대기오염도 검사의회('13년~'17년)자료를 정리하여 작성

3. 대기오염도검사 배출시설 개소수

광주지역에서 2013년부터 2017년까지 검사한 대기배출시설은 총 1,632개소의 굴뚝을 검사하여 배출시설로는 도장시설 608개소(37.3%)로 가장 많이 검사가 이루어졌고, 탈지시설(8.9%), 건조시설(8.1%), 혼합시설, 연마시설, 탈사시설, 주물사처리시설 등(45.8%)로 검사가 이루어진 것으로 나타났다.

〈그림 4〉 주요 배출시설별 검사 건수



자료: 대기오염도 검사의회('13년~'17년)자료를 정리하여 작성

Ⅲ. 대기오염도 검사방법 및 자료분석

1. 검사방법

광주광역시나 각 구청 환경관리 부서에서 대기배출시설 및 방지시설 정상가동 여부, 자가측정 이행사항 확인, 기타 불법사항 등을 확인하기 위해 주기적으로 대기오염물질 배출업체를 방문하여 지도점검을 하면서 주요 배출구에 대해 대기오염도 검사를 의뢰를 하고 있다.

산업단지 및 산업단지 외 1~3종 업체와 특정대기 유해물질 배출업체를 관리하고 있는 광주광역시 환경관리에서 총 검사업체의 90% 이상을 의뢰하고 있으며, 의뢰받은 업체를 방문해서 시료채취 및 대기오염도 검사를 실시하여 성적을 의뢰부서로 통보하고 있다. 대기오염물질(항목)의 검사방법은 배출 대기분야 대기오염공정시험기준에 따라 실시하였다.

배출유량은 대기오염도 검사 항목에 속하지는 않지만 기준을 초과했을 때 기본배출부과금이나 초과배출부과금을 계산할 때 반드시 필요하며, 먼지와 중금속 검사를 위한 등속흡인을 위해서는 필수이기에 측정을 하고 있다.

배출유량은 굴뚝 직경을 측정한 후 먼지 측정을 위해 측정한 유속과 수분량을 이용하여 건가스 유량으로 계산하였고, 먼지측정은 대기오염공정시험기준(Es 013101.1a)의 반자동 먼지 시료채취법으로 먼지시료채취기(KNJ, M-5)를 이용하였고, 등속흡인(Isokinetic Sampling)을 위해 배출가스압력, 수분량, 유속, 배출가스의 온도 등을 측정하고 오리피스 차압을 계산한 후 시료채취를 실시하였고 원통형여과지는 정밀저울로 칭량하여 시료채취 전·후 무게차로 농도를 계산하였다.

원통형여과지는 Advance(Japan)사의 88R여지를 사용하였고, 총탄화수소는 TVA-1000(Thermo scientific, USA)을 이용하였고, 메탄 300 ppm을 이용하여 측정기를 교정한 후 총탄화수소 배출시설의 조업시간이 연속식일 경우는 30분 이상, 간헐식일 경우는 작업시간 내에 측정을 실시하여 측정시간 내 평균농도로 계산하였다.

2. 자료분석

광주광역시에서 지도점검을 통한 대기오염도 검사시 측정된 자료 중에서 '13년부터 '17년까지의 측정자료를 DB화하여 배출유량, 입자상 물질 측정결과, 총탄화수소 측정결과를 이용하여 연도별, 배출시설별, 방지시설별로 배출특성을 조사하였다. 특히 입자상물질의 경우 원통형여과지의 문제점을 파악하여 전처리를 실시하여 측정한 결과와 전처리를 실시하기 전의 측정결과를 비교하여 측정결과의 문제점 파악하였다.

또한 매년 또는 주기적으로 동일한 업체의 굴뚝을 검사했거나 기준초과로 인해 재검사 했더라도 검사시기와 측정 당시의 조업 조건에 따라 측정결과가 달라지기 때문에 모든 측정값은 개별 자료로 구분하여 비교분석을 실시하였다.

Ⅳ. 입자상물질, 총탄화수소 측정결과 분석 및 배출허용기준 검토

1. 광주지역 대기배출허용기준 초과 현황

연구대상 기간동안 총 4,063건을 검사해서 47건이 배출허용기준을 초과하여 기준 초과율은 1.16%였으며, 이 중 먼지는 총 검사건수 1,550건 중 3건으로 검사건수 대비 0.19%, 총탄화수소는 총 568건을 검사하여 36건이 기준을 초과하여 6.34%가 배출허용기준을 초과한 것으로 조사되었고, 질소산화물, 일산화탄소, 암모니아, 디클로로메탄이 1회 이상씩 배출허용기준을 초과했던 항목으로 나타났다.

배출시설별로는 2013년도에 B-C유를 연료로 하는 보일러의 굴뚝에서 먼지 1건과 2016년~2017년에 목재펠릿 이용시설 보일러의 굴뚝에서 먼지와 일산화탄소가 연속으로 배출허용기준을 초과하였고, 화장시설의 소각로 2개소에서 질소산화물이 각 1회씩 초과하였다. 총탄화수소는 대량으로 페인트나 잉크를 사용하는 도장시설과 인쇄건조시설에서 배출허용기준을 많이 초과한 것으로 조사되었다.

〈표 1〉 광주시 최근 5년간 대기배출허용기준 항목별 초과건수

구 분	총 계	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
초과건수/검사건수 (초과율)	47/4,063 (1.16 %)	6/683 (0.88 %)	6/711 (0.84 %)	17/775 (2.19 %)	7/1,036 (0.68 %)	11/854 (1.29%)
입자상물질(먼지)	3	1(50)	-	-	1(50(12))	1(50(12))
질소산화물	2	-	2(100)	-	-	-
총탄화수소	36	18	2(40)	3(40)	9(40)	4(40)
		18	3(200)	3(200)	5(200)	1(200)
암모니아	3			1(30(12))		1(50)
						1(30(12))
일산화탄소	2	-	-	-	1(200(12))	1(200)
디클로로메탄	1	-	-	-	-	1(50)

※ 항목별 초과건수 뒤에 초과된 배출시설의 배출허용기준을 ()로 표시하였고, 단위는 입자상물질은 mg /Sm³, 가스상 물질은 ppm임

자료: 대기오염도 검사의회('13년~'17년) 및 검사결과를 이용하여 작성

또한 비금속광물제품제조업의 주물사처리시설에서 암모니아가 초과되었고, 고무제품제조업의 건조시설에서 디클로로메탄이 초과한 것으로 조사되었다.

2. 방지시설 시설유량과 측정유량의 비교분석

대기오염 배출업체의 굴뚝에서 배출되는 공기의 유량을 측정하는 것은 대기 중으로 배출되는 대기오염물질의 총배출량을 계산하는데 반드시 필요하다.

배출되는 공기 유량은 배출시설에 설치된 송풍기의 용량과 관계가 있으며 대기방지시설의 송풍기 용량과 비교하여 적정 유량이 발생한다는 것은 배출시설에서 발생하는 대기오염물질이 대기방지시설까지 잘 이동되고, 이동된 오염물질이 대기방지시설을 통과하면서 흡착, 흡수 등의 메커니즘에 의해 오염물질이 제거 될 수 있게 함으로써 이는 대기방지시설 운영목적이 달성되고 있음을 의미한다고 할 수 있다(부산광역시, 2014).

대기방지시설에서 배출되는 유량은 배출시설에서 발생하는 대기오염물질과 함께 대기방지시설로 흡입되는 양이라고 할 수 있기 때문에 적정한 배출유량은 배출시설이 설치된 공간에서 대기오염물질을 작업자들이 호흡 등을 통해 직접 접촉하는 것을 줄여 줄 수 있어 안전한 작업환경 유지를 위해서도 아주 중요한 요소라 할 수 있다(신동천, 2013).

따라서 대기배출시설에서 발생하는 오염물질을 적절하게 제거하기 위해서는 최적의 방지시설 선택과 더불어 적정한 용량의 송풍기를 필요로 하며, 대기오염도 검사시마다 배출유량을 측정하기 때문에 대기배출업체에서는 오염도 검사결과 뿐만 아니라 방지시설의 유량을 확인하여 송풍기의 성능이 적절히 발휘되고 있는지 관심을 가져야 한다.

광주지역에서 대기오염도 검사시 측정한 실제 배출되는 유량과 대기 방지시설의 송풍기 시설유량을 비교한 결과는 <표 2>와 같다.

2013년부터 2017년까지 총 1,594개 굴뚝의 배출유량을 측정한 결과, 시설유량보다 배출유량이 100% 이상으로 많게 측정된 경우가 222개

(13.9%)인 것으로 조사되었고, 80% 이상 100% 미만이 222개(13.9%), 60% 이상 80% 미만이 315개(19.8), 40% 이상 60% 미만이 413개(25.9%), 20% 이상 40% 미만이 320개(20.1%) 이었고, 배출되는 공기의 양이 시설유량보다 아주 적게 배출되고 있다고 할 수 있는 20% 이하로 배출되는 시설이 102개(6.4%)로 조사되었다.

〈표 2〉 대기방지시설 송풍용량 대비 배출유량 비 (2013~2017)

배출유량/방지시설 송풍용량 비(%)	굴뚝수 (개)	점유율(%)
20% 이하	102	6.4
20%~ 40%	320	20.1
40% ~ 60%	413	25.9
60% ~ 80%	315	19.8
80% ~ 100%	222	13.9
100% ~ 150%	149	9.3
150% ~ 200%	35	2.2
200 % 이상	38	2.4
총 계	1,594	100

자료: '13년~'17년 대기오염도 검사 의뢰자료 및 유량측정 결과를 이용하여 작성

대기방지시설은 처리공정에 의해 종류에 따라 최소 10~15mmAq(중력집진시설)에서 최대 300~800Aq(스크리버)까지 압력손실(대구지방환경관리청, 1999)이 발생하기 때문에 대부분 시설용량보다 배출유량이 적게 측정되는 것이 타당한데, 〈표 2〉에서와 같이 송풍기 시설유량보다 측정유량이 20% 이하이거나 100% 이상 측정된 경우는 우선적으로 측정구를 비롯한 측정시설이 대기오염공정시험기준에 적합한지를 확인하여야 하고, 측정구 및 측정시설이 정확한 측정에 적합하지 않았다면 대기오염공정시험기준에 준해서 측정시설을 개선하도록 유도하여야 한다.

또한 유량이 시설에 비해 적정량이 측정되지 않더라도 측정 농도가 대기배출허용기준만 초과하지 않는다면 대부분 대기배출업체에서 배출유량에는 관심을 갖지 않기 때문에 지도점검기관에서는 실제로 허가나 신고시 방지시설의 송풍시설 용량이 정확하게 기록되었는지 확인하여야 한다.

배출 시설용량보다 측정유량이 20% 이하로 송풍시설 용량에 비해 비교적 적게 측정되었을 경우는 당초 예상보다 작업량이 줄었거나 배출공정의 일시적인 변화에 따라 인버터방식으로 송풍량이 조절된 경우, 그리고 대기방지시설과 연결된 일부 배출시설이 가동 중단되어 댐퍼가 잠긴 경우, 송풍시설의 고장으로 유량이 적게 측정되는 경우 등 명백한 사유를 제외한다면 대기방지시설 운영상태의 점검이 반드시 필요하다.

특히, 대기방지시설 중 흡착에 의한 시설은 휘발성물질을 제거하기 위해 운영하는 경우가 많은데 흡착제인 활성탄의 크기, 적재방법과 적재량의 차이로 교체시마다 유량이 달라지기도 하고, 흡착성능이 떨어져 교체를 하기도 하지만, 흡착 대상물질 중 점성이 있는 경우는 전단에 설치된 필터와 적재된 활성탄을 아예 폐색시켜 정상적인 유량의 흐름을 방해하여 유량이 줄어들거나 거의 측정되지 않은 경우가 있기 때문에 활성탄 교체 후 최초 측정유량과 운영에 따른 측정유량에 차이가 많아지면 교체를 해야 한다.

흡수에 의한 시설의 경우는 물방울이 튀어 밖으로 배출되지 않도록 데미스터가 설치되어 있는데, 굴뚝에서 작은 물방울이 튀는 현상은 기본적으로 탑내 통과 속도가 너무 빨라서 생기는 것이므로 이런 문제가 발생하면 흡수에 의한 시설의 본체 크기가 너무 작아서 생기는 문제일 수 있기 때문에 대기방지시설 탱크의 크기나 송풍량에 대한 검토가 필요하다(경기도공단환경관리사업소, 2013).

대기배출시설을 운영할 때 일정 시간이 경과한 뒤 배출유량이 급격히 줄어들었다면, 데미스터나 폴링층에 이물질이 끼어 탑내 압력이 상승하기도 하며 이로 인해 배출유량이 급격히 줄어들 수 있기 때문에, 배출유량이 너무 적게 측정되는 경우는 세정펌프에 의하여 폴링층 윗부분이 항상 깨끗하게 유지되도록 하고, 데미스터도 세척하거나 교체하여야 한다(경기도공단환경관리사업소, 2014).

대기오염도검사는 방지시설의 최종 배출구에서 최우선적으로 유량이 측정되어야만 대기오염물질에 대한 검사가 가능하기 때문에 배출유량이 전혀 배출되지 않는 시설에 대해서는 검사를 하지 않고 이를 지도점검기

관에 검사불가만 통보하고 있는 실정으로 유량이 측정되지 않는 방지시설이나 시설용량대비 적정유량이 측정되지 않을 때는 시설개선 뿐만 아니라 행정처분에 대한 방안도 강구하여야 한다. 다만 방지시설별 시설유량에 대한 적정 배출유량에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

3. 입자상물질의 측정 및 농도 특성

1) 먼지시료 채취시 사용하는 원통형여과지³⁾ 전처리 방법 및 전처리 실시 전/후 측정결과 비교

입자상 물질 측정을 위해 2016년 상반기까지는 대기오염공정시험기준에 따라 원통형여과지를 120℃에서 2시간 이상 항량 건조 후 데시케이터에서 방냉한 후 무게를 측정하여 시료채취를 하였다,

먼지 측정시 시료채취 후의 여과지 무게가 여지속에 먼지가 포집되어 있어 시료채취 전/후 칭량결과가 양수(+)가 되어야 함에도 음수(-)가 된 경우가 있어 원통형여과지에 대한 문제점을 조사를 한 결과, 입자상물질을 채취할 때에 원통여과지 바깥쪽 부분에서 오리피스 흡입압력에 의해 쉽게 떨어져 나갈 수 있는 작은 입자들이 많이 있음을 확인하였다.

〈표 4〉 원통형여과지 전처리에 따른 손실량 비교

구분	전처리방법	10개 여과지 무게 (g)	여과지1개당 전처리 전/후 무게 차이(g)	입자상물질 (먼지)량 (mg/Sm³)	계산조건
1회	아세톤세척후건조(2시간)	14.0902	-	-	θm(℃): 20 Pa(mmHg): 760 △H(mmH₂O): 25.4 Vm(l): 424.75
	솔로 털기	14.0752	0.0015	3.8	
2회	아세톤세척후건조(2시간)	14.1339	-	-	
	솔로 털기	14.1261	0.0008	2.0	

자료: 2016년 6월에 전처리 시험한 결과를 정리한 것임

- 3) 대기오염공정시험기준에 “원통형 여과지는 실리카 섬유제 여과지로서 99% 이상의 먼지포집율(0.3 μm 다이옥틸프탈레이트 매연 입자에 의한 먼지 통과시험)을 나타내는 것이어야 하며, 사용 상태에서 화학변화를 일으키지 않아야 하며, 화학변화로 인하여 측정치의 오차가 나타날 경우에는 적절한 처리를 하여 사용토록 하고, 유효직경 25mm 이상의 것을 사용한다.”라고 규정되어 있다.

여과지를 단순 건조과정만 거쳐 사용하게 되면 시료채취 중에 여과지 외부에서 작은 입자들의 탈리로 인해 공정시험기준에 따라 아주 정밀하게 채취하더라도 원통형여과지에서 탈리되는 양 만큼 실제 배출되는 먼지량이 적게 계산될 수 있다.

또 탈리되는 양보다 배출되는 먼지의 양이 적을 경우에는 음수(-)로 계산되어 2016년 하반기부터는 원통형여과지에 대한 전처리를 실시한 후 시료채취를 실시하였고, 전처리를 실시한 이후에는 시료 전/후 무게를 칭량한 결과값이 음수(-)가 되는 경우는 없었다.

원통형여과지의 전처리 방법은 여과지 바깥부분 잔재물을 제거하기 위해 원통형여과지를 아세톤⁴⁾으로 2~3회 세척 후 2시간 건조하였고, 건조된 여과지의 바깥쪽을 아주 부드러운 솔로 재차 털어낸 후 여과지의 무게를 측정한 결과 탈리되는 무게 범위가 여과지 1개당 0.0008~0.0015 mg이었고, 탈리되는 무게를 일반적인 먼지 측정조건에서 먼지량이 2.0~3.8 mg/Sm³로 계산되어 전처리를 하지 않으면 실제 먼지 측정시마다 여지상태와 흡입압력에 따라 측정값이 실제 배출농도보다 적게 측정될 수밖에 없는 것으로 확인되었다.

실제로 많은 측정기관 및 측정대행업체에서 먼지측정시 시료채취 전/후 여과지 칭량값 차이가 음수(-)가 되는 것을 경험 했을 것이며, 이러한 경우 측정기관에서는 일부 보정하는 방법으로 먼지데이터를 생산하기 때문에 전처리를 실시하지 않았던 먼지측정 결과자료에 대한 정확성에 의문을 가지는 것이 합리적이라 할 수 있을 것이다,

또한 현재 주로 사용하는 원통형여과지는 전처리를 하지 않은 상태에서 시료채취를 한다면 칭량값이 음수(-)가 되지 않더라도 탈리되는 양만큼 먼지측정값에 영향을 줄 수밖에 없다.

〈표 4〉와 같이 전처리를 실시하더라도 여지상태와 시험자의 세척강도 등에 따라 탈리되는 양은 조금씩 달라지겠지만 먼지를 정확히 측정하기 위해서는 먼지측정용 원통형여과지를 전처리를 반드시 실시하거나 여과

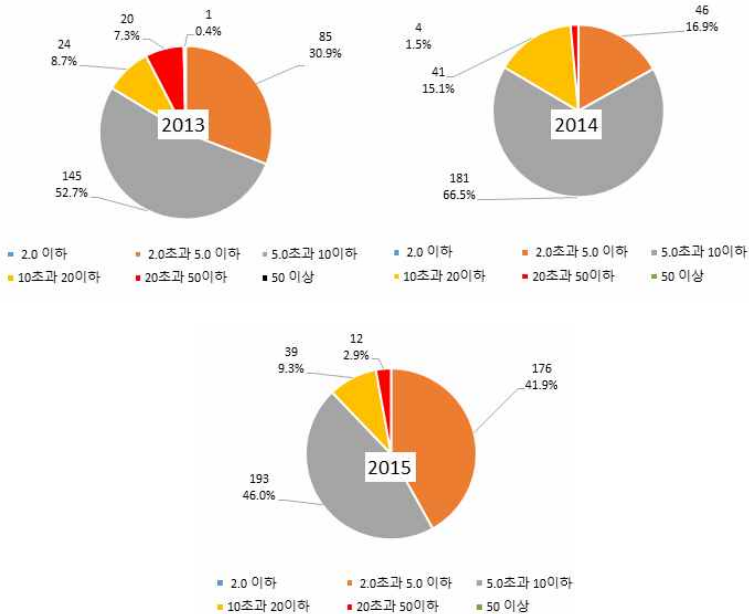
4) 잔류성유기오염물질 공정시험기준(ES 10101)의 원통형여과지 세정방법에서 아세톤을 이용하여 세척한다고 되어 있어 이를 이용하였음.

지의 품질을 개선하여야 할 것으로 판단되었다.

2) 광주지역 대기배출시설 먼지농도의 구간별 건수와 점유율 분포

2013년부터 2017년까지 측정한 먼지 농도를 농도범위별 건수와 점유율을 <그림 5><그림 6>으로 나타냈는데 2013년부터 2015년까지는 먼지농도가 5.0 mg/Sm³ ~ 10.0 mg/Sm³ 구간이 검사건수 대비 53%로 가장 많이 측정되었고, 그 다음은 2.0 mg/Sm³ ~ 5.0 mg/Sm³ 구간이 31%였다.

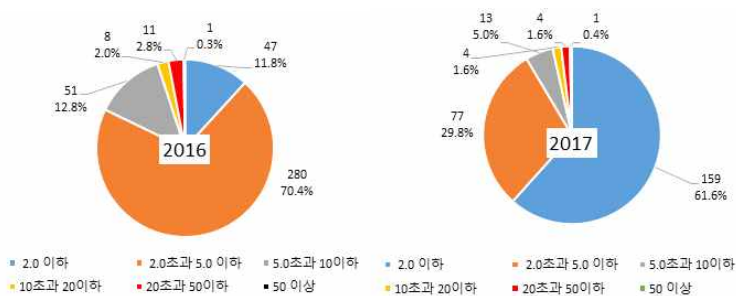
<그림 5> 광주지역 대기배출시설 먼지농도 구간별 건수와 점유율 1('13~'15)



자료: '13년~'15년까지의 대기오염도검사중 입자상물질 측정결과를 정리하였음

2016년에는 2.0 mg/Sm³ ~ 5.0 mg/Sm³ 농도의 구간 점유율이 70%로 가장 높았고, 5.0 mg/Sm³ ~ 10.0 mg/Sm³의 점유율은 13% 이었으며, 2.0 mg/Sm³ 이하의 점유율은 12%로 나타났고, 2017년에는 2.0 mg/Sm³ 이하의 낮은 농도로 측정된 건수의 점유율이 62%에 이를 정도로 많아졌고, 2.0 mg/Sm³ ~ 5.0 mg/Sm³는 30%, 5.0 mg/Sm³ ~ 10.0 mg/Sm³은 5%인 것으로 나타났다.

〈그림 6〉 광주지역 대기배출시설 먼지농도 구간별 건수와 점유율 2('16~'17)



자료: '16년~'17년까지의 대기오염도감사중 입자상물질 측정결과를 정리하였음

여과지 전처리를 실시했던 '16년은 $2.0 \text{ mg/Sm}^3 \sim 5.0 \text{ mg/Sm}^3$, '17년은 2.0 mg/Sm^3 이하에서 가장 많이 측정된 것에 비해 '13년~'15년은 $5.0 \text{ mg/Sm}^3 \sim 10.0 \text{ mg/Sm}^3$ 에서 가장 많이 측정되었고, 평균값도 뚜렷하게 차이가 있을 정도로 더 높았던 것으로 나타났다.

그리고 먼지 측정값이 0.0 mg/Sm^3 인 경우도 없었는데 이는 인위적인 보정 등에 의한 영향으로 생각되었다. 먼지를 측정 했던 굴뚝수와 검사시설이 매년 달라졌다는 것을 감안하더라도 동일한 원통형 여과지를 사용하고 업체에 따라 매년 동일한 굴뚝에 대한 검사도 많이 이루어졌기 때문에 배출농도별 구간분포가 많이 다르진 않을 것으로 생각하였으나, 2016년부터 구간별 농도 점유율이 2013년부터 2015년까지와 비교하여 크게 달라진 것은, 이는 2016년 하반기부터 전처리를 실시한 것이 가장 큰 영향을 주었고, 또한 전처리 실시 후 시험결과는 인위적 보정을 하지 않았기 때문으로 판단되어 대기배출시설에서 배출되는 먼지를 정확하게 측정하기 위해서는 측정기술의 숙련도 향상뿐만 아니라 원통형여과지에서 탈리되는 입자가 없도록 여과지의 전처리 및 품질 개선이 필요하다,

3) 연도별 입자상물질(먼지)의 측정결과 분석

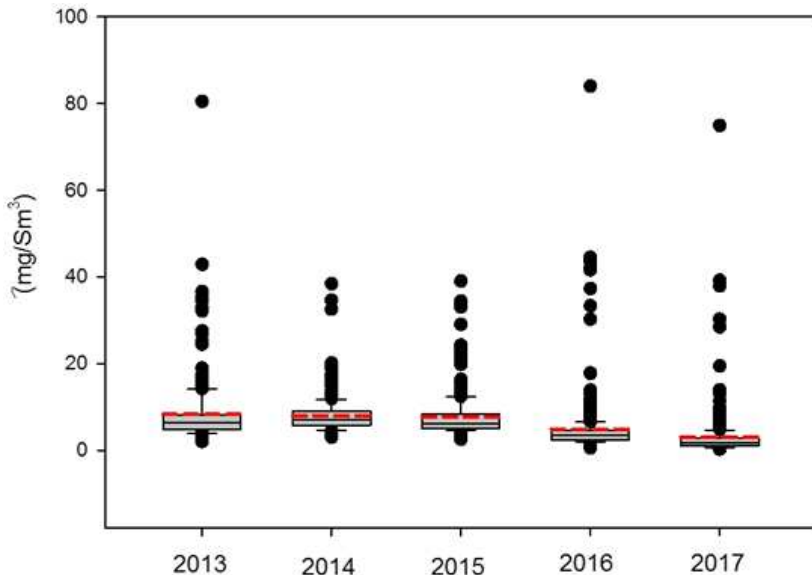
광주지역 대기배출시설 배출구에서 입자상물질(먼지) 농도를 측정한 결과는 〈그림 7〉과 같고, 2013년에는 먼지 농도가 $2.0 \sim 80.5 \text{ mg/Sm}^3$ (평균 8.3

mg/Sm³), 2014년에는 3.0~38.4 mg/Sm³ (평균 7.9 mg/Sm³), 2015년에는 2.5~39.0 mg/Sm³(평균 7.7 mg/Sm³), 2016년에는 0.5~84.0 mg/Sm³ (평균 4.7 mg/Sm³), 2017년에는 0.2~74.9 mg/Sm³(평균 3.0 mg/Sm³)으로 측정되었다.

배출허용기준을 초과했던 시설 2013년 벙커-C유 보일러(기준 50 mg/Sm³, 측정농도 80.5 mg/Sm³), 2016년, 2017년 연속으로 목재펠릿 사용시설 보일러(기준 50 mg/Sm³, 측정농도 84.0 mg/Sm³, 74.9 mg/Sm³, 측정농도 80.5 mg/Sm³)에서 연소시 발생하는 그을음과 재로 인해 기준을 초과하였고, 특히 목재펠릿 보일러의 경우 원심력에 의한 방지시설로는 기준준수가 쉽지 않아 별도의 방지시설 설치 할 필요가 있다고 생각되었다.

그리고 기준을 초과했던 두 업체는 4종 사업장으로 먼지의 대기배출허용기준을 준수하기 위해서는 전문인력에 의한 운전 및 유지관리 뿐만 아니라 벙커-C유나 목재펠릿이 아닌 가스를 사용하는 보일러로 교체를 검토 할 필요가 있다고 판단되었다.

〈그림 7〉 광주지역 산업단지 배출구에서 먼지 농도분포



자료: '13년~'17년까지의 대기오염도검사를 정리한 결과임

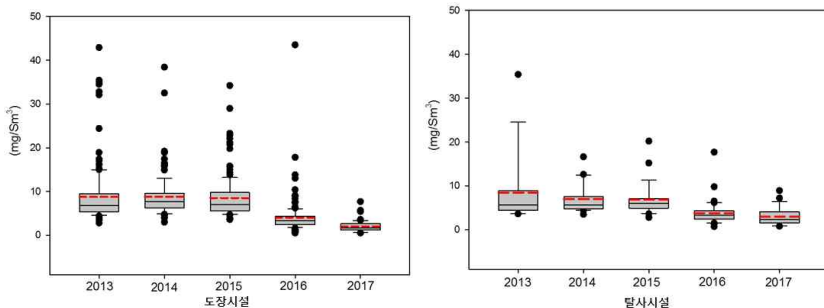
2013년부터 2017년까지 5년간 검사업체, 검사 굴뚝수, 검사 시기나 주기 등이 다르긴 했지만 검사한 방지시설에서 측정되는 먼지 평균농도는 매년 감소하고 있는 것으로 나타났다.

이는 최근 대기 중 미세먼지에 의한 위험성이 알려지면서 국민들의 관심이 높아지고, 산업형태도 조금씩 변하면서 업체의 시설개선과 정상적인 운영, 관련 기관의 지도점검 강화, 원통형여과지에 대한 전처리 실시에 의한 측정방법 개선 등 복합적인 요인에 의해 먼지 농도가 낮아진 것으로 판단되었다.

광주지역 대기 배출시설별로 구분하여 검사횟수가 많았던 도장시설 등 10개 시설에서 배출되는 먼지 농도를 분석하였는데 도장시설, 탈사시설에서 먼지의 배출농도가 높은 것으로 나타났다.

〈그림 8〉을 보면 5년 동안 도장시설에서 먼지의 평균 농도가 6.8 mg/Sm^3 , 최고 43.5 mg/Sm^3 로 가장 높게 배출되는 시설로 나타났는데 이는 도장시설은 분체도장이나 액체도장 또는 로봇에 의한 도장 등 배출시설 공정이 다양하고 또한 운전방식도 단락운전이나 연속운전으로 구분되고 방지시설의 종류도 연소방식, 여과시설, 흡착시설 등 단일 방지시설, 또는 여러 가지 방식을 혼용하여 처리하기 때문으로 다른 배출시설보다는 전체적으로 높게 배출되고 편차가 많았던 것으로 판단되었다.

〈그림 8〉 광주지역 대기배출시설별 먼지측정결과('13~'17)



자료: '13년~'17년까지의 대기오염도검사를 정리한 결과임

그리고 탈사시설은 5년 평균 먼지농도가 평균 6.7 mg/Sm^3 , 최고 37.9 mg

/Sm³로 조사되었고, 주물사처리시설에서 평균 6.2 mg/Sm³, 최고 14.2 mg/Sm³로 조사되었다.

하지만 대부분의 대기방지시설에서 측정하는 입자상물질은 원통형여지의 공극보다 큰 물질만 걸러서 무게를 칭량하여 측정한 것으로 요즘 관심이 높아지고 있는 초미세먼지(PM-2.5)까지 반영하는 것은 아니기 때문에 산업부분에서 발생하는 미세먼지와 초미세먼지 발생이 환경대기에 미치는 기여율을 파악하기 위해서는 향후 입자상물질 뿐만 아니라 미세먼지(PM-10), 초미세먼지(PM-2.5)의 측정, 암모니아, 질소산화물, 황산화물 등과 같은 가스상 물질까지 포함하여 종합적인 분석이 필요하다고 할 수 있다(정유현, 2018; 국립환경과학원, 2012).

4. 총탄화수소 측정결과 및 배출허용기준 평가

광주지역에서 주로 총탄화수소를 배출하는 시설은 자동차정비업체를 포함한 도장시설⁵⁾과 인쇄건조시설⁶⁾이라 할 수 있는데, 일반 도장공정은 제품의 세척, 도포 및 건조공정으로 구성되며, 도료는 톨루엔, 자이렌, 메틸에틸케톤, 메틸이소부틸케톤 등의 휘발성유기화합물(VOCs)로 구성된 희석제에 용해된 후 도포된다.

총탄화수소는 도장원료 자체의 높은 휘발성으로 인하여 도포/분사 및 건조공정에서 주로 발생되며, 도장 공정에서 발생하는 총탄화수소는 작업장 밀폐에 의하여 외부확산을 방지하거나, 각 시설 상부 국소포집장치를 통하여 총탄화수소를 포집한 후 대부분 업체에서는 세정탑이나 활성탄에 의한 흡착 등의 대기방지시설을 이용하여 처리하고 있다.

인쇄시설에서 발생하는 VOCs는 잉크, 접착제, 세척제, 현상액의 사용

5) 도장시설은 페인트, 니스 등 도료를 사용하여 피도장체를 공기, 물, 약품 등으로부터 보호하기 위해 차단하거나 또는 전기절연, 장식 등을 위해 켈리처·압출·침지·분무 등의 가공법을 이용하여 물체표면을 피막으로 쌓는 시설을 말하며, 금속, 또는 비금속 물질의 표면에 페이 등을 도포하는 시설도 이에 포함된다.

6) 인쇄시설은 인쇄기계를 이용하여 판에 옮겨진 인쇄잉크를 종이 등의 피인쇄체에 전이시키는 업종으로 옵셋 인쇄, 그라비아 인쇄가 대표적이다.

으로 발생하며, 도장시설과 인쇄건조시설에 대해서는 VOCs 개별항목 보다는 총탄화수소로 배출규제를 하고 있다. 총탄화수소의 대기배출허용기준은 배출시설이 8시간 이상 가동되는 연속식이 40 ppm, 8시간 이하 가동되는 비연속식 및 인쇄건조시설은 200 ppm을 적용하고 있다.⁷⁾

1) 도장시설 총탄화수소 배출특성

자동차공업사 등과 같은 비연속식 소규모 도장시설 외에도 광주지역에는 완성차업체와 가전제품을 생산하는 대형 업체가 있어 부품을 생산하여 납품하는 협력업체에서 운영하는 연속식 도장시설에서 배출되는 총탄화수소에 대해 검사가 많이 실시되고 있다.

2013년부터 2017년까지 총 568건을 검사한 결과, 2013년에 5건, 2014년에 6건, 2015년에 14건, 2016년에 5건, 2017년에 4건이 배출허용기준을 초과한 것으로 조사되어 기준초과율이 6.34%로 광주시 대기오염물질 오염도 검사항목에서 총탄화수소의 기준초과율이 가장 높은 것으로 조사되었다.

광주에서 배출허용기준을 초과한 업체는 인쇄건조시설의 업체를 제외하면 대기방지시설 관리를 소홀히 했거나 8시간 이상 연속 운영함에 따라 40 ppm의 낮은 배출허용기준을 적용받는 업체에서 기준을 초과한 것으로 조사되었다.

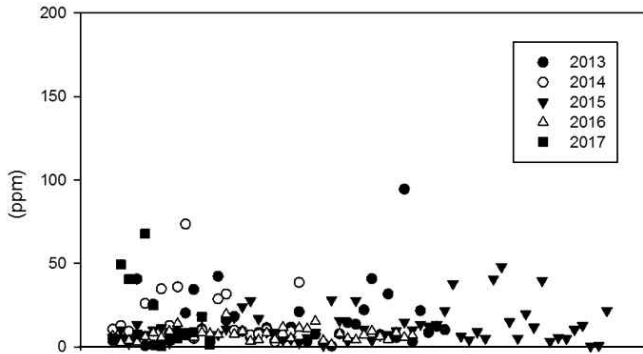
기준을 초과한 업체의 방지시설은 대부분 활성탄 흡착에 의한 시설이었고, 대부분 활성탄 교체 등의 방식으로 운영을 지속하고 있으나, 2종 사업장으로 배출허용기준 40 ppm을 적용받는 우리시의 1개 업체는 2016년 상반기까지 대기방지시설로 활성탄 흡착방식을 사용하다가 총탄화수소가 대기배출허용기준을 간헐적으로 초과함에 따라, 2016년 하반기부터 축열연소 설비로 대기방지시설을 개선함에 따라 대기배출허용기준을 안정적

7) 환경부에서는 2020년 1월 1일부터 비연속식 도장시설 및 인쇄건조시설은 대기배출허용기준을 110 ppm으로 대폭 강화하고, 세정시설, 건조시설, 저장시설에 대한 총탄화수소 배출허용기준을 200 ppm으로 새롭게 추가할 예정으로 있다.

으로 준수하면서 운영을 하고 있기도 하다.

〈그림 9〉는 작업시간이 8시간 이내이면서 비연속식 도장시설 중 대표적인 업종이라 할 수 있는 자동차정비업체와 특장차 적재함 등을 만드는 업체에서 총탄화수소를 측정된 결과인데 2013년부터 2017년까지 검사한 모든 업체의 배출구에서 배출허용기준인 200 ppm 이내로 측정되어 기준을 초과한 업체는 없었다.

〈그림 9〉 비연속식 도장시설에서 총탄화수소 측정결과 (자동차정비공업사 등)



자료: '13년~'17년까지의 총탄화수소검사 결과를 정리한 것임

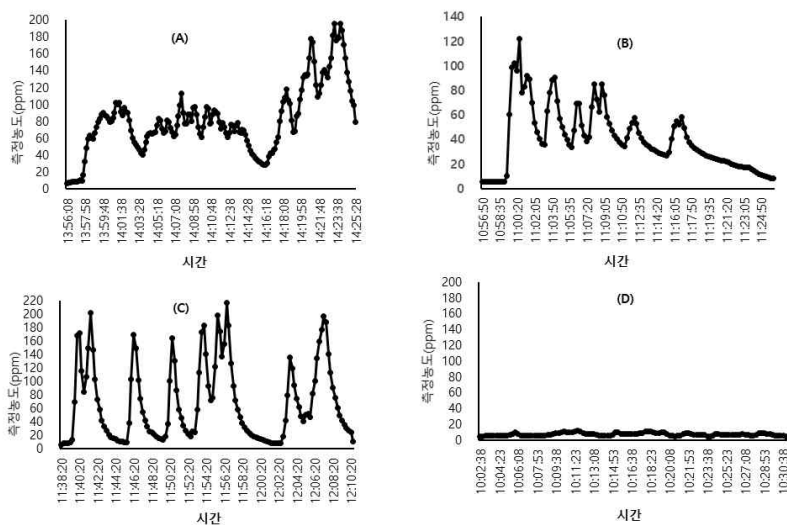
하지만 대부분의 자동차 정비업체 등의 도장시설에 설치되어 있는 대기 방지시설은 먼지를 제거하기 위한 여과필터와 총탄화수소를 제거하기 위한 흡착용 활성탄이나 활성탄 필터를 사용하는 경우가 대부분이다(김한나 등, 2013).

자동차 정비 업체와 같은 곳에서 운영하는 도장시설은 지속적으로 장시간 연속적인 작업을 실시하는 것이 아니고 짧은시간 간헐적으로 작업하는 특성이 있는데 이러한 배출시설에 설치되어 있는 흡착에 의한 방지시설이 정상적으로 처리가 된다면 분무시 배출농도가 급격하게 상승하는 것이 아니라 적정농도로 연속적으로 측정되거나 완만하게 상승하여야 하는데 〈그림 10-A, B, C〉를 보면 총탄화수소 측정농도가 급격하게 높아지고 낮아지는 형태로 측정되고 있는 것을 확인할 수 있다.

이는 대부분의 자동차 정비업체의 방지시설이 여과필터와 흡착용 활성탄이나 활성탄 필터가 총탄화수소를 흡착하는 능력이 거의 없기 때문에 판단되었다. 도장시설에서 도장작업시 비산되는 도장원료가 방지시설을 통과하면서 활성탄의 흡착메커니즘에 의해 흡착되어 제거되어야 하지만 자동차공업사 등의 대기방지시설인 여과 및 흡착에 의한 방지시설은 완충과 흡착메커니즘이 거의 이루어지지 않아 분무시마다 곧바로 대기중으로 배출되기 때문에 총탄화수소 측정값의 변화가 많았던 것으로 판단되었다.

〈그림 10-D〉는 총탄화수소가 아주 낮게 측정되면서 변화가 거의 없는 경우는 처리효율이 높았다기보다는 측정시간 동안 도장 작업의 양이 아주 적었거나 측정시간에 간헐적인 작업만을 했기 때문으로 판단되었다.

〈그림 10〉 비연속식 도장시설의(자동차정비공업사) 측정시간에 따른 총탄화수소 농도변화



자료: '13년~'17년까지의 자동차 정비공업사 등의 총탄화수소검사 결과 중 일부를 정리한 것임

이렇게 자동차 정비공업사등에 설치된 여과 및 흡착에 의한 방지시설이 총탄화수소의 제거와 지속성을 크게 기대할 수 없는 시설이 대부분임에도 불구하고 대기배출허용기준 초과가 전혀 없었던 것은 측정시 작업량을 적게 하였거나 흡착되지 않고 바로 배출되더라도 배출허용기준이 높게 설정

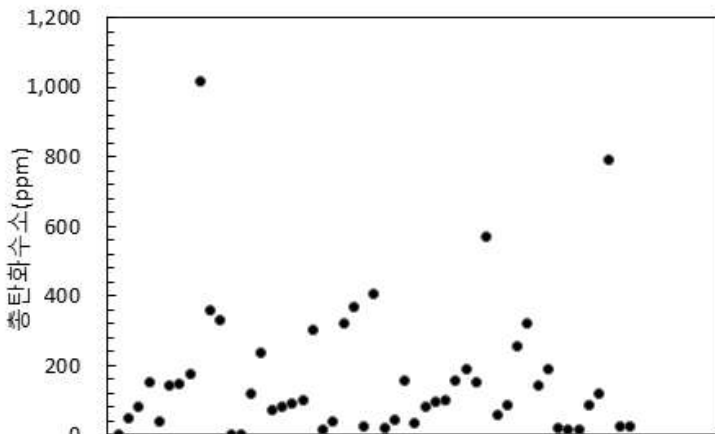
되어 초과하지 않았을 것으로 판단된다.

2) 인쇄건조시설 총탄화수소 배출특성

인쇄건조시설의 경우는 벤젠, 톨루엔 등 VOCs 물질을 다량 사용하는 업종인데 광주광역시에서는 방지시설로 축열연소 방식을 운영하고 있는 1개 업체를 제외하고는 대부분 활성탄을 이용한 흡착에 의한 방법으로 대기방지시설로 설치하여 운영하고 있다.

2013년부터 2017년까지 광주시의 인쇄건조시설에서 총탄화수소가 대기배출허용기준을 초과한 건수는 총 51건 중 14건으로 배출허용기준 초과율이 27.5%에 이르는 것으로 조사되었다.〈그림 11〉

〈그림 11〉 인쇄건조시설 총탄화수소 측정결과('13~'17)



자료: '13년~'17년까지의 인쇄건조시설 총탄화수소검사 결과를 정리한 것임

특히, 인쇄건조시설에서 배출되는 총탄화수소가 배출허용기준 200 ppm을 5배 이상 초과한 1,018.3 ppm까지 측정된 경우가 있어 오존이나 미세먼지를 증가시키는데도 많은 영향을 주고 있는 것으로 판단되어 향후 인쇄건조시설을 운영하는 업체 주변의 환경대기에서 미세먼지(PM-10)나

초미세먼지(PM-2.5)에 대한 측정을 실시할 필요가 있다(환경부, 2016; 최유진, 2012).

또한 2013년부터 2017년까지의 검사 자료를 향후 2020년 1월부터 강화되는 배출허용기준 110 ppm을 적용해 보면, 전체 51건 중 23건이 기준을 초과하는 것으로 조사되었고, 초과율은 45.1%로 배출시설이 인쇄건조시설인 경우 흡착에 의한 방식의 대기배출시설로는 대기오염 배출허용기준을 준수하기가 쉽지 않을 것으로 생각되어 기준이내로 운영을 위해서는 축열연소설비 등으로 방지사설 개선이 필요한 업종으로 판단되었다.

V. 결론

2013년부터 2017년까지의 광주시에서 시행한 대기배출시설의 대기오염도 검사 자료를 분석하여 배출유량, 입자상물질 측정과정과 총탄화수소 배출허용기준 평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 대기오염물질 배출시설의 측정유량이 시설용량보다 100%를 초과하는 곳과 시설용량보다 20% 이하로 아주 적게 배출되는 곳은 대기방지사설 용량의 정확한 확인과 필요시 정확한 측정이 이루어지도록 대기오염 공정시험기준에 맞도록 시설개선 유도를 하여야 한다.

특히, 방지사설의 송풍기 고장이나 막힘 등이 원인으로 시설유량에 비해 유량이 송풍시설 용량에 비해 20% 이하 혹은 전혀 측정되지 않는다면 반드시 원인을 찾아 해결한 후 가동을 하여야 하고, 위와 같은 사유로 배출유량이 측정되지 않는 방지사설에 대해서는 대기환경보전법 개정을 통해서 배출유량 미발생시 부적정 운영에 대한 개선명령 등 행정지도 실시에 대한 검토를 할 필요가 있다.

둘째, 먼지 측정시 사용되는 원통형여과지가 먼지 측정결과에 영향을 미치는 것을 확인하고 전처리를 실시하여 측정한 결과 여과지 전처리 및 관리의 중요성을 확인하였다.

검사기관의 먼지측정 결과의 정확도를 높이기 위해서는 원통형여과지를 아세톤을 이용한 세척 후 사용하도록 대기오염공정시험기준 중 먼지(ES 01301.1)시험법에 전처리 방법을 포함토록 보완하여야 하고, 시료채취를 위한 원통형여과지 탈/부착시 원통형여과지의 부서짐이 발생하지 않도록 품질을 높일 필요가 있다.

셋째, 총탄화수소는 배출허용기준 초과가 많은 항목으로 초과배출부담금은 없지만 3회 연속 초과되면 영업정지 등의 행정처분이 따르기 때문에 사업장별로 배출시설에 따른 적절한 방지시설의 크기, 활성탄교체주기, 처리방법의 전환에 대해 세밀히 검토하여 운영 하여야 하며, 인쇄건조시설 업체 등 배출하는 총탄화수소 배출량을 줄이기 위해서는 축열연소설비 등으로 시설개선을 적극적으로 유도하여야 하지만, 비교적 규모가 작은 영세업체들이 있어 우리시의 경우 방지시설 개선비용에 대해 보조금 지원사업을 실시할 필요가 있는 업종이라고 생각되었다.

넷째, 지도점검기관에서는 대기배출업체의 다수를 차지하고 있는 4~5종 업체에 대하여 배출허용기준 준수여부에만 관심을 가지지 말고 지도점검 기관에서는 정확한 대기오염물질 배출량을 파악하기 위하여 대기오염도 측정시 생산되는 운영자료와 측정자료 등 DB화하고 배출시설 가동시간을 기록하여 시설개선과 정확한 배출량 파악을 통해 정책을 수립하는 자료로 활용할 수 있도록 하여야 한다.

특히 환경부에서도 대기환경보전법 개정('17. 12. 28)을 통해 4~5종 업체에 대해서도 SEMS를 이용하여 관리를 할 수 있도록 추진하고 있어 지자체에서는 SEMS를 이용한 운영자료 확보를 위한 노력이 필요하다.

다만 이번 연구에서는 대기배출시설의 지도점검에 의한 한정된 측정자료만 가지고 연구를 수행했기 때문에 가동시간 등의 자료가 없어 배출량 계산까지는 수행할 수 없었다.

향후 대기배출시설 검사시 검사자료 뿐만 아니라 가동시간까지 파악하여 대기배출시설 업종의 대부분을 차지하고 있는 4~5종 업체까지 정확한 배출량을 계산하여 정책에 반영할 수 있는 연구 역시 필요하다.

최근 대기 중의 미세먼지 농도가 일반 국민들에게도 관심대상이 되면서 사업장에서도 배출되는 대기오염물질을 줄이기 위해 대기오염물질 방지시설을 철저히 운영하는 것은 물론이고 대기오염도 측정결과를 이용하여 대기오염에 대한 대기배출시설의 기여율 등을 파악하여 정책 활용성을 높이기 위해서는 무엇보다도 측정자료의 신뢰성 및 정확성을 확보하는 것이 매우 중요한 전제조건이기 때문에 자료의 철저한 검증과 보완을 위해 공정시험기준의 개선, 측정자의 숙련도 향상이 더해져야 한다.

대기오염물질 배출사업장에서 배출되는 대기오염물질을 배출구에서 측정되는 결과만으로 모든 것을 판단할 것이 아니라 배출시설 및 작업환경에 문제가 있으면 이를 수정하고 개선해가는 과정이 필요하다.

시대가 발전하면서 요구되는 생활환경 수준도 높아지고 각종 매체를 통한 환경문제를 관심을 가지는 사람들도 많아졌기 때문에 과거의 자료를 가지고 문제점을 현재에 맞게 개선해 나간다면 좀 더 쾌적한 환경에서 삶을 살아갈 수 있을 것이다.

■ 참고문헌 ■

- 광주광역시, 2013-2017, 『환경백서』, 광주: 광주광역시.
- _____, 2017, 『대기질 평가보고서』, 광주: 광주광역시보건환경연구원.
- _____, 2018, 『업무보고자료』, 광주: 광주광역시.
- 경기도공단환경관리사업소, 2013-2014, 『흡수에 의한 시설의 데미스터 및 충전물 교체에 따른 공정환경개선』, 경기: 경기도공단환경관리사업소.
- 국립산림과학원, 2011, 『대기오염과 산림 생태계 변화』, (연구보고: 제11-23), 서울: 국립산림과학원.
- 국립환경과학원, 2012, 『굴뚝미세먼지 공정시험기준 마련을 위한 조사연구』, (NEIR-RP; 2012-292), 인천: 국립환경과학원.
- 김한나, 봉춘근, 김용구, 전준민, 2013, “자동차도장시설에서 발생하는 유해대기오염물질 및 미세먼지의 배출특성에 관한 연구,” 『한국대기환경학회지』, 29(6), pp.713-721
- 대구지방환경관리청, 1999, 『대기오염방지시설 설계실무편람』, 대구: 대구지방환경관리청.
- 부산광역시, 2014, 『2014 환경기술지원사례집』, 부산: 부산광역시 환경보전과.

- 신동천, 2013, “대기환경부문 건강위해성평가의 국내연구 동향과 발전방향,” 『한국대기 환경학회지』, 29(5) pp.528-535.
- 정유현, 2018, “전라북도 연소시설에서 배출되는 미세먼지 특성연구,” 석사학위논문, 전북대학교, 전북.
- 최유진, 2012, 『대기환경개선을 위한 휘발성 유기화합물 관리방안』, (SDI 정책리포트; 제122호), 서울: 서울연구원.
- 한종수, 이영하, 이대균, 유철, 조정화, 이용미 등, 2012, “SEMS 자료를 이용한 국내 대기 배출시설 특성분석 연구,” (NEIR-RP; 2012-291), 인천: 국립환경과학원.
- 환경부, 2014, 『대기오염물질 배출시설 해설집』, 세종: 환경부.
- _____, 2016, 『바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?』, 세종: 환경부.
- _____, 2017, 대기환경보전법, 세종: 환경부.
- _____, 2018a, 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법, 세종: 환경부.
- _____, 2018b, 『환경백서』, 세종: 환경부
- 에어코리아, 2018, <http://airkorea.kr>.

조광운: 전남대학교에서 환경공학 석사학위를 취득하고 광주광역시보건환경연구원 환경연구부 환경조사과에서 환경연구사로 재직 중이다. 광주시 대기배출시설 오염도검사를 수행하였으며 현재는 대기측정망 분야에서 업무를 하면서 연구를 수행중이다(naya1102@korea.kr).

서동주: 전남대학교에서 환경공학 석사학위를 취득하고 광주광역시 보건환경연구원 환경연구부 대기연구과에서 환경연구사로 재직 중이다. 주요논문은 공동주택 배치각도별 도로교통 소음저감 특성 연구(2017) 등이 있다(estwine83@korea.kr).

김승호: 조선대학교에서 환경공학 박사학위를 취득하고 광주광역시보건환경연구원 환경연구부 대기연구과에서 환경연구사로 재직 중이다. 주요 논문으로는 이산화탄소 저감을 위한 플라즈마트론 장치 개발(2015), 소각로 연소실내의 폐기물층 연소현상에 대한 수치모델링(2003) 등이 있다(goodone@korea.kr).

김남희: 조선대학교에서 환경공학 박사학위를 취득하고 광주광역시보건환경연구원 환경연구부 먹는물검사과에서 환경연구사로 재직 중이다. 주요 논문으로는 네일샷 종사자의 휘발성유기화합물 노출실태와 건강에 미치는 영향(2016), 수분응축관 사용에 의한 시료채취가 악취 검출농도에 미치는 영향(2015) 등이 있다(knhee68@korea.kr).

서광엽: 조선대학교에서 환경공학 박사학위를 취득하고 광주광역시보건환경연구원 환경연구부 생활환경과에서 생활환경과장으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 실내환경정책, 실내공기질 개선, 대기 환경정책 등이다(sky521@korea.kr).

배석진: 동신대학교에서 환경공학 석사학위를 취득하고 광주광역시보건환경연구원 환경연구부장으로 재직 중이며, 주요관심분야는 미세먼지저감, 환경오염 등 대기환경 정책 등이다(bsj4833@korea.kr).

조영관: 전남대학교에서 이학 박사학위를 취득하고, 광주광역시보건환경연구원장으로 재직 중이다. 다년간 상수도 수질관리연구를 하면서 녹조연구와 저서, 상수도시설기준 집필 참여 등 상수도수질분야 연구경험과 환경 전반에 걸친 연구참여로 미세먼지 등 환경정책 연구에 관심이 많다(cyg2192@hanmail.net).

투 고 일: 2019년 02월 26일
심 사 일: 2019년 03월 12일
게재확정일: 2019년 03월 21일