

TECHNICAL NOTE

대기오염측정망 정도관리의 문제점과 개선방향

김덕승 · 박정호^{1)*}

한국산업기술시험원, ¹⁾경남과학기술대학교 환경공학과

Problems and Improvements in the Quality Control of the Air Monitoring Network

Duck-Sung Kim, Jeong-Ho Park^{1)*}

Korea Testing Laboratory(KTL), Jinju 52852, Korea

¹⁾Department of Environmental Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

Abstract

This study presented problems and improvements in the quality control of an air monitoring network, using Gyeongnam as an example. 1) The effective utilization rate of the air monitoring was 95%, which showed good management, but the maximum of 2% was indicated by zero or detection limit among measurement data. 2) In the equivalence evaluation of $PM_{2.5}$, the slope and intercept satisfy the evaluation criteria; however, 1% of the $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratios were outliers. 3) All air monitoring stations meet the quality control standards; however, the management status is added to the quality inspection, management system is unified and the related budget is expanded, and systematic commission management is required.

Key words : Air monitoring network, Gyeongnam, Quality control

1. 서론

우리나라는 1991년 대기환경보전법의 제정 이후 2020년부터 시행되는 '대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법'에 이르기까지 대기질 개선을 위한 제도적 장치 마련에 큰 힘을 기울여 오고 있다. 더불어, 대기오염에 대한 시민들의 인식은 과거 공장, 자동차의 배출가스나 냄새나는 연기 등 주로 체감적인 오염물질로만 생각했으나(Kim, 2013), 최근 미세먼지 문제의 사회적 이슈

로 보다 전문적이고 폭넓은 지식으로 확산되고 있다.

대기오염 현황 파악을 위한 우리나라 최초의 대기질 조사는 신문기사 검색을 통해 1963년 서울시위생시험소(현 서울보건환경연구원)에서 서울시내 아황산가스, 이산화질소, 산화성물질(오존 등) 및 분진의 양을 공업지대, 상업지대, 주택지역, 녹지대로 구분하여 20개 지점에서 측정하였다는 기사가 있다(The Chosunilbo, 1963). 또한, 대기오염측정망의 구축은 대기질의 변화추이 파악과 대기질의 개선 및 보전정책의 추진성과 평가 등을 위한

Received 1 May, 2020; Revised 7 July, 2020;

Accepted 14 July, 2020

*Corresponding author: Jeong-Ho Park, Department of Environmental Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea
Phone : +82-55-751-3345
E-mail : jhpark@gnitech.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

중요한 요소이며, 세계 최초로 1962년 미국 CAMP (Continuous Air Monitoring Program)에서는 공기 중 자동차 배출가스의 역할을 조사하기 위해 시카고 등 7개 도시에 측정망을 구축하고 SO₂, NO₂, NO, CO, total Oxidants, THC, 오존 등 7개 항목을 연속적으로 측정하기 시작하였다(Jutze and Tabor, 1963). 우리나라의 경우 1973년 서울시 4개소에 측정소를 설치 운영을 시작한 이후, 1979년 아황산가스의 환경기준 설정, 1983년 일산화탄소, 이산화질소, 먼지, 오존, 탄화수소의 환경기준 설정 및 측정망의 전국 확대추진, 1989년 측정망의 설치 기본계획 수립, 1991년 측정망의 운영지침 마련, 2000년부터 광역적 범위의 배경농도와 비기준성 오염물질 측정 등을 비롯하여, 2019년 12월말 기준 전국 11개 종류의 측정망 676개소가 운영되는 등 비약적으로 발전되고 있다(Seoul, 2015; NIER, 2016; NIER, 2020).

한편, 과거 전국적으로 측정소의 숫자가 제한적이었을 때, 대기질 측정 자료의 활용성을 극대화하기 위해서는 측정망의 합리적인 배치가 중요하였고, 이에 대기질 실측자료 등을 이용한 측정망 설치 위치의 대표성을 평가한 연구들이 많이 진행되었고(Jeon, 1996; Woo et al. 1997), 최근 수년간 미세먼지 문제로 전국적으로 측정소가 크게 확충됨에 따라 측정소의 배치 문제는 점차 해결되고 있다. 그러나, 급속한 측정망의 확대에 따른 측정망의 효율적 운영 및 유지·보수 측면 그리고 측정장비의 정확성을 위한 정도관리 측면 등 측정 데이터의 신뢰성 확보가 주요 과제로 등장하고 있다(NIER, 2015; Park et al., 2017). 대기측정망은 대기오염물질의 연속 측정과 정보체계 구축, 방지대책 수립의 기초자료, 환경기준의 달성여부, 대기예측모형의 보정자료, 대기배출원의 감시 등 여러 목적으로 정확히 활용하기 위해서는 측정소의 정도 관리시 문제점을 파악하고 개선·보완하여 보다 신뢰성 있는 측정 자료의 생성이 중요하다.

본 연구에서는 경남의 대기측정망을 사례로 측정소의 효율적 운영관리 측면에서 오염물질별 유효 가동률 등을 분석하고, 측정 데이터의 정도관리 측면에서 PM_{2.5} 등가성 결과 및 PM_{2.5}/PM₁₀ 농도비의 평가하고 더불어, 실제 현장에서 위탁관리 및 정도검사 시 느낀 문제점과 그 개선방향을 제시함으로써 향후 측정망의 운영방안과 보다 신뢰성 있는 측정 데이터 확보를 위한 기초연구 자료로 삼고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 대기측정망의 운영관리

대기환경보전법 제3조(상시측정 등)에 의거 “대기오염측정망 설치·운영지침(이하 ‘측정망 지침’이라 함)”에서는 측정망의 설치 및 운영 그리고 측정장비의 유지관리 적용범위에 관해, 측정소의 설치, 지점 선정, 측정 및 분석방법, 측정주기, 측정기 관리, 위탁관리, 자료 선별 및 확정, 측정값 관리, 자료보고 등으로 필요한 사항을 규정하고 있다(NIER, 2019a).

측정망 지침의 측정기 관리 중 정도관리에서 사용되는 측정기기는 환경분야 시험검사 등에 관한 법률 제11조(측정기기의 정도검사)에 의거 한국환경공단, 한국산업기술시험원, 한국표준과학연구원 등 해당 검사기관에서 정도관리를 받아야 하며, 측정값의 신뢰도 향상을 위해 정기점검(주간, 월간, 연간 등)과 수시점검을 직접 자체관리나 위탁관리를 통해 실시한다. 특히, 위탁관리의 경우 측정자료의 신뢰성 제고를 위해 기술인력의 경우 행정구역내 5개 이하 측정소를 기준으로 기술자 고급 1인, 중급 2인, 초급 1인 등 4인이 필요하다.

한편, Table 1에는 최근 5년간 경남지역의 측정소 추이 및 측정소의 설치 및 운영관리에 관한 예산액을 나타냈다(Gyeongnam, 2020). 여기서, ①측정소(이동측정차량 1대 포함)의 증가 추이 및 측정소 관련 총 예산액은 ②설치비 및 ③운영 및 장비유지관리비의 합계이며, ④측정소 위탁관리 용역비 그리고 측정소당 위탁관리비(④÷①)의 예산액 추이를 나타냈다.

경남의 측정망은 1991년 창원 명서동 및 웅남동 도시 대기 2개 측정소가 처음 설치된 이후 최근 모든 군지역 단위까지 설치되는 등 2019년 12월말 기준 총 34개 측정소(도시대기 32개소, 도로변 1개소, 이동측정차량 1대 포함)가 운영되고 있으며, 2020년도에는 5개소의 도시 대기 측정소를 추가 신설할 계획이다. 또한, 위탁관리하고 있는 경남의 측정소 관련 총 예산액은 매년 증가하여 '20년 기준 2,710백만원으로 측정소 증설로 인한 설치비가 65%(1,766백만원) 및 운영관리비가 35%(966백만원)를 차지하며, 운영관리비 중 위탁관리 용역비는 22%(592백만원)로 매년 증가하나, 측정소당 위탁관리 용역비는 15백만원으로 오히려 전년도 대비 줄어들었다.

Table 1. The budget for air monitoring networks in Gyeongnam

	2016	2017	2018	2019	2020
① Number of air monitoring stations(AMS)	21	23	28	34	39
Total budget(②+③)	630	1,827	1,692	2,235	2,710
Budget for AMS (million ₩)					
② Installation	245	945	1,125	1,470	1,755
③ Operation & maintenance	385	882	567	765	955
④ Consignment management	239	309	409	581	592
④÷① Cost per AMS	11	13	15	17	15

① Includes one mobile measurement vehicle.

Table 2. Air monitoring stations in Gyeongnam

City	Code	Location	Instal	City	Code	Location	Instal
1	MS	Myeongseo-dong	1993.12	12	Hadong	HD	Hadong-eup
2	UN	Ungnam-dong	1999.06	13		DS	Dongsang-dong
3	GJ	Gaumjeong-dong	1997.02	14	Gimhae	SA	Sambang-dong
4	YG	Yongji-dong	2007.07	15		JY	Jangyu-dong
5	SP	Sapa-dong	2009.03	16	Yangsan	BB	Bukbu-dong
6	GW	Gyeonghwa-dong	1994.03	17		WS	Wngsang-eup
7	HW	Hoewong-dong	1993.09	18	Geoje	AJ	Aju-dong
8	BA	Bongam-dong	1995.12	19	Sacheong	SC	Sacheong-eup
9	SB	Sangbong-dong	1998.01	20	Miryang	NI	Naeil-dong
10	DA	Daeam-dong	1997.11	21	Tongyeong	MJ	Mujeon-dong
11	SD	Sangdae-dong	1995.07	22	Changwon	BS	Bangsong-ro

2.2. 대기질 자료 수집 및 분석

본 연구에서는 경남의 측정소를 사례로 측정소의 효율적 운영관리 측면 및 측정 자료의 정도관리 측면에서 평가해 보기 위해, Table 2에 나타난 바와 같이 최근 대기환경연보를 통해 최종 확정자료인 경남 21개 도시대기 및 1개 도로변 등 총 22개 측정소를 대상으로 하였다 (NIER, 2019b).

여기서, 대기질 자료는 에어코리아(<http://www.airkorea.or.kr/>)에서 2018년 기준 경남지역 22개 측정소의 1년간 시간별 최종확정 데이터를 수집하고, 측정소의 효율적인 운영관리 및 정도관리 측면에서 오염물질별 측정 데이터는 유효 가동률 및 결측/Zero/검출한계 등으로 구별하여 분석하였다.

측정망 지침의 측정값 관리에서 측정소의 유효 가동

률은 1시간 측정값을 기준으로, “유효 가동률(%) = (유효 측정시간 수 ÷ 유효 총 측정시간 수) × 100”로 산정한다. 여기서, 유효 총 측정시간 수는 측정기의 시험가동, 정기점검, 장비교정 및 보수, 정전 등으로 인한 가동중단 시간을 총 측정시간 수에서 제외한 시간 수를 말한다. 또한, 유효(무효) 측정시간 수는 국립환경과학원의 최종 확정시, 유효(무효) 처리된 시간 측정값의 개수를 의미하며, 결측 시간 수는 장비 고장, 전원 단절 등으로 측정되지 않은 시간 수를 의미한다. 다만, 본 연구에서 유효 총 측정시간 수는 측정소별 및 오염물질별로 모두 상이하여 상세한 파악이 쉽지 않기에 1년간 모두 정상 가동을 가정한 8,760시간(=365일×24시간) 수를 기준으로 하였다. 또한, 수집된 데이터 중 장비점검, 통신장애 등 이상 자료가 발생하여 "-999" 또는 blank로 처리되는 자료를 결측

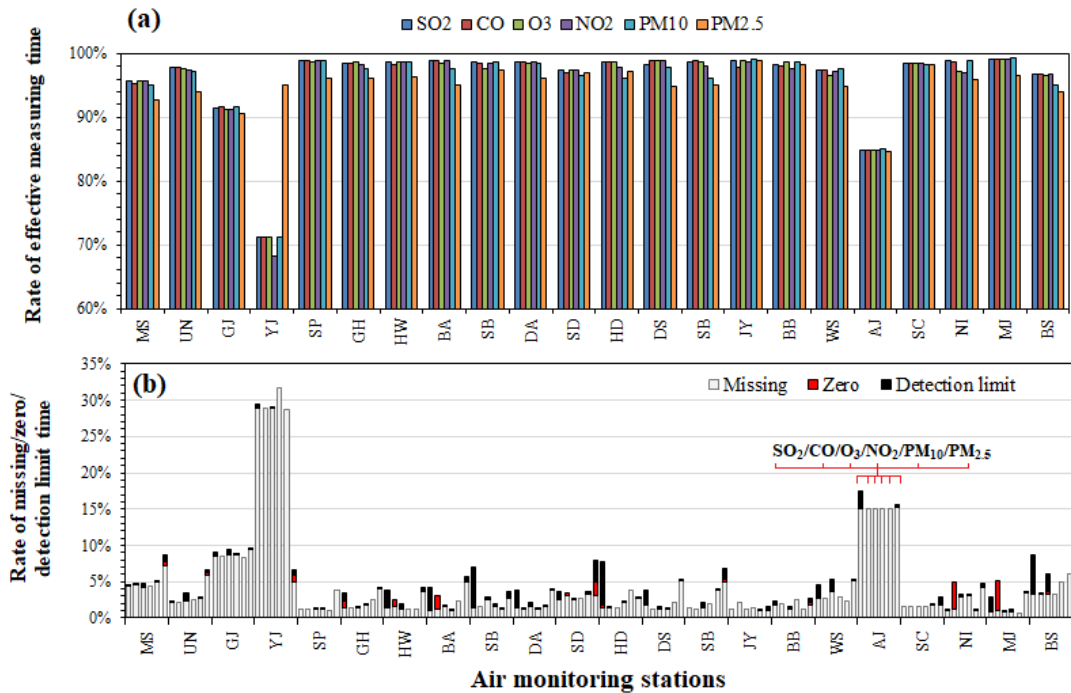


Fig. 1. Rate of effective measurement and missing/zero/detection time of 22 air monitoring stations in Gyeongnam (18).

(Missing) 자료 및 측정값이 Zero로 표시된 자료 그리고 오염물질별 최종 유효자리수인 SO₂, NO₂, O₃은 0.001 ppm, PM₁₀ 및 PM_{2.5} 1 μ g/m³으로 표시된 자료를 검출한계(Detection limit) 자료로 표시하고 각각 구별하였다. 단, CO의 경우 최종 유효자리수인 0.1 ppm이나, 대기오염공정시험기준의 검출한계가 0.05 μ mol/mol 임을 고려하여 검출한계 자료 수는 없는 것으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 측정소의 유효 가동률

과거부터 지금까지 대기오염측정소는 설치 위치나 높이로부터 측정기기 고장의 문제점에 이르기까지 다양한 사회적 의견이 제시되고 있으며, 이에 측정망 지침의 마련과 수차례 개정을 통해 측정소의 합리적 설치·운영관리를 위한 기준을 업그레이드하고 있다. 따라서 측정소는 측정 데이터의 신뢰성 확보를 위한 기본적인 제도적 장치는 마련되어 있으나, 더 높은 수준의 신뢰성 있는 자료 확보를 위한 다양한 측면에서 평가해 볼 필요가 있을

것이다.

우선 측정소의 효율적인 운영관리 측면에서 평가해 보기 위하여, Fig. 1에는 2018년 기준 경남 22개 도시대기 측정소의 오염물질별 (a) 유효 가동률 그리고 (b) 결측(Missing)/Zero/검출한계(Detection limit) 시간 수의 비율을 나타냈다. 여기서, (a)에서 유효 총 측정시간 수는 1년간 모두 정상 가동을 가정한 8,760시간(=365일×24시간) 수를 기준으로 하였고, (b)에서 8,760시간 수 중 측정자료 값에서 blank로 처리되는 결측시간 수, 측정값이 zero로 처리된 시간 수 그리고 측정값이 검출한계로 처리된 시간 수의 비율이고 단, CO는 검출한계 시간 수는 없는 것으로 처리하였다.

(a)의 오염물질별 유효 가동률은 22개 지점 평균 SO₂ 96.1% > CO 96.0% > O₃ 95.9% > NO₂ 95.7% > PM₁₀ 95.6% > PM_{2.5} 95.2%로 나타났다. 다만 장비고장 및 수리 등으로 인해 YJ 지점의 경우 PM_{2.5} 95.0%를 제외한 항목은 약 70% 그리고 AJ 지점의 경우 약 85%로 평균보다 유효 가동률이 훨씬 낮았다. 참고로 2018년 기준

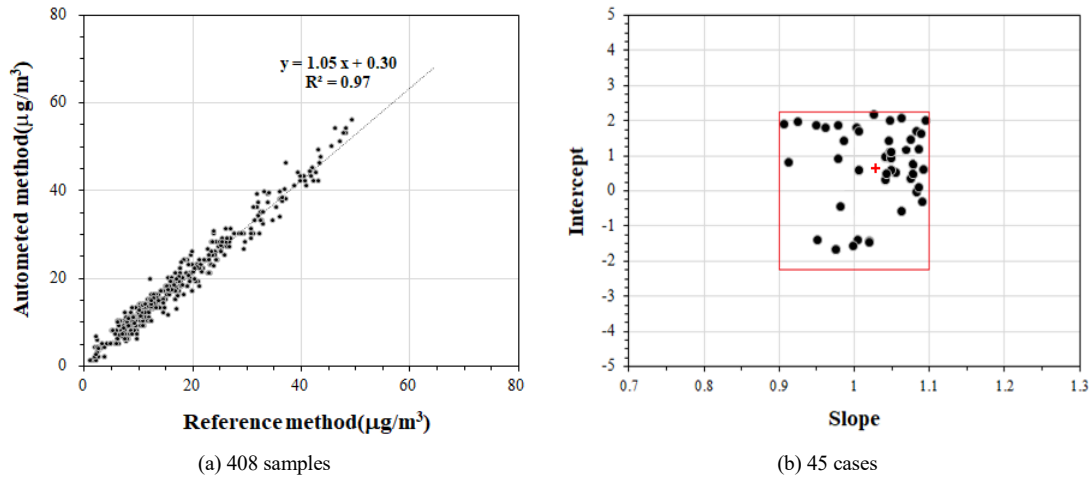


Fig. 2. Slope and intercept of relationship for PM_{2.5} automated samplers with the reference sampler. The red solid line box in (b) denotes the acceptance limits.

전국 도시대기 측정소(329개소)의 유효 가동률은 유효 총 측정시간 8,760시간 수 중 평균 약 90% 수준으로 나타나, 경남의 경우 전국 평균보다 양호한 유효 가동률을 나타내고 있었다(NIER, 2019b).

(b)의 오염물질별 결측률은 100%에서 (a)의 유효 가동률을 뺀 약 3.9~4.8% 수준이며, 통상적인 정기점검 시간이 연간점검 24시간, 월간점검 6시간, 주간점검 2시간의 장비교정 시간을 고려한다면 실제 약 2~3%로 비교적 낮은 결측률로 판단된다. 또한, zero로 표시된 비율은 CO 0.53% > PM_{2.5} 0.26% > O₃ 0.05% > NO₂ = PM₁₀ 0.01% > SO₂ 0.08% 그리고 검출한계 비율은 SO₂ 1.71% > PM_{2.5} 0.52% > O₃ 0.46% > NO₂ 0.06% > PM₁₀ 0.02%로 각각 미미한 수준으로 나타났다. 특히, 오염물질별 zero 또는 검출한계의 비율은 SO₂의 경우 총 1.79%로 가장 높게 나타났다.

3.2. PM_{2.5} 등가성평가 및 PM_{2.5}/PM₁₀ 농도비

대기 중 미량으로 존재하는 초미세먼지(PM_{2.5})에 대해 실제 정확한 농도 가늠과 베타선 흡수법의 자동측정 장비의 신뢰성 분석을 위해 중량농도 수동측정 장비 대비 측정성능을 평가하는 등가성 평가의 지침 마련과 관련된 연구가 진행되고 있다(NIER 2014; Ghim et al., 2017; Park et al., 2017).

본 연구에서는 측정기기의 정도관리 측면을 검토하기

위해, Fig. 2에 나타낸 바와 같이 2018년 기준 경남 23개 측정소의 PM_{2.5} 자동측정기에 대한 등가성 평가결과를 살펴보았다.

PM_{2.5} 등가성평가 결과에 대해 평가기간 중 PM_{2.5} 평균농도는 18(1~56) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, (a)의 총 408개의 평가 데이터에 대한 수동측정기 대비 자동측정기와의 측정농도 상관성은 기울기 1.05, 절편 0.30 및 R² 0.97의 양호한 결과 그리고 (b)의 측정소별 45개 평가결과는 등가성 평가기준인 기울기(slope, 0.9~1.1) 및 절편(intercept, ± 2.25) 이내를 모두 만족하고 있었다.

통상 등가성평가의 자동 측정기기는 제조사 모델 그리고 대기 중 습도 및 제습방법에 따른 계절별 차이를 보일 수 있으나, 본 연구에서는 등가성 평가 기준을 만족하는 등 정도관리 측면에서는 큰 문제점이 없는 것으로 판단되었다(Im et al., 2015).

한편, 측정소의 측정값을 살펴보면 전반적으로 정도 관리에 문제점이 없어도 PM_{2.5}가 PM₁₀보다 높은 농도 등 측정값의 이상치를 보이는 경우가 발견된다. 이에, Fig. 3에 나타낸 바와 같이 2018년 기준 경남 22개 측정소별 시간별 PM_{2.5}/PM₁₀ 농도비를 통해 측정값의 이상치 정도를 살펴보았다.

PM_{2.5}/PM₁₀ 농도비는 전체 평균 0.48로 나타나, 일반적인 농도비 수준으로 판단되었다(Park and Suh, 2018). 다만, PM_{2.5}가 PM₁₀보다 높은 농도의 경우 즉, 농도비

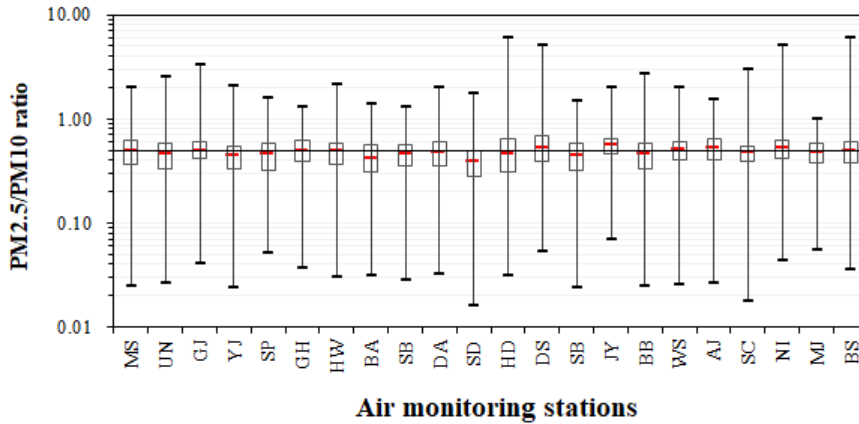


Fig. 3. $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio of 22 air monitoring stations in Gyeongnam('18).

1 이상이 0.31% 그리고 PM_{10} 중 $PM_{2.5}$ 이 거의 없는 경우 즉, 농도비 0.1 미만이 0.67% 등 전체 측정자료 중 최소 1% 정도는 매우 비 이상적인 측정 데이터로 판단되었다.

3.3. 정도관리시 문제점 및 개선점

Fig. 4 (a)~(c)에는 측정소의 현장 점검시 일부 측정소의 불량한 관리 모습의 사례를 나타냈다.

(a)는 미세먼지 샘플러 inlet 부분의 오염된 모습, (b)는 측정소 지붕 플랜지 마운팅의 접합부분 불량, (c)는 물로 가득 찬 수집병의 모습이다. (a)의 경우 미세먼지가 총돌판에 부착되어 오히려 데이터가 감소하는 경향이 발생한다. (b)의 경우 측정소 지붕의 방수 처리 실리콘 접착부분이 손상되어 측정소 내부로 누수 되어 누전이나 장비 고장으로 이상 데이터를 발생시킬 수 있다. (c)의 경우 여름철 집중호우로 미세먼지 입경분리장치 입구 유리병에 빗물이 유입되어 미세먼지 데이터의 이상을 초래할 수 있다. 측정망의 정도관리는 위탁관리와 정도검사로 나뉘지는데 위탁관리 부분이 제대로 이뤄져야 데이터의 신뢰성 부분을 확보할 수가 있으며, 1년에 1회 진행되는 정도검사만으로는 측정기의 신뢰성을 확보했다고 보기는 어려운 것이 현실적이다.

정도검사는 이틀에 걸쳐서 진행하며 24시간 Zero, Span 편차, 직선성, 반복성, 응답시간을 검사 하며, 최초 측정망 설치 시 수행하고 2년 후 매년 진행한다. 이러한 정도검사로는 측정기의 성능을 최소한 유지하고 있는지의 정도만 파악할 수 있으며, 1년 동안 축적된 데이터의

신뢰성에 대한 부분은 오히려 위탁관리를 어느 기관에서 누가 어떻게 했는지가 더 중요하기 때문이다.

측정망 지침에서 측정기의 정도 관리는 측정기에 대한 수시, 주간, 월간, 연간점검을 통해 zero 및 span 교정 등을 시행하나, 점검이 미미하거나 특히, 측정기에 대한 부분 점검만 실시할 경우 1년에 1박 2일로 진행되는 정도 검사를 통과할 수 있을지 모르나, 측정자료의 신뢰성 문제가 발생할 수 있다. 또한, 6개월~1년 교체주기 소모품인 표준가스의 경우 검사기관에서 검사를 받지 않았거나 유효기간이 초과되어 사용된 경우라도 정도 검사를 통과할 수도 있겠지만 신뢰성이 높은 데이터를 얻기 힘들 것이다.

이에, 정도 검사 시 측정기의 성능 검사뿐만 아니라 주기적인 교체 부품 및 소모성 부품의 교체 유무, Manifold system 청소관리 상태, Zero air supply 내 각종 scrubber 교체 유무, Sample line 교체 유무 및 관리 상태, PM_{10} 및 $PM_{2.5}$ 측정기 Inlet 청소 상태, 에어컨 및 부대시설 관리 등 측정소의 관리 상태로 측정자료의 신뢰성에 영향을 미칠 인자에 대한 점검 부분을 정도 검사 항목에 첨부할 필요가 있을 것이다.

한편, 환경부에서 운영하고 있는 국가측정망의 경우는 한국환경관리공단에서 위탁관리를 진행하고 있으며, 매년 1회 진행되는 정도검사는 한국산업기술시험원 또는 한국표준과학연구원 등에서 수행하고 있다. 지자체측정망은 측정기 수입 및 제작사 또는 측정대행기관, 측정기

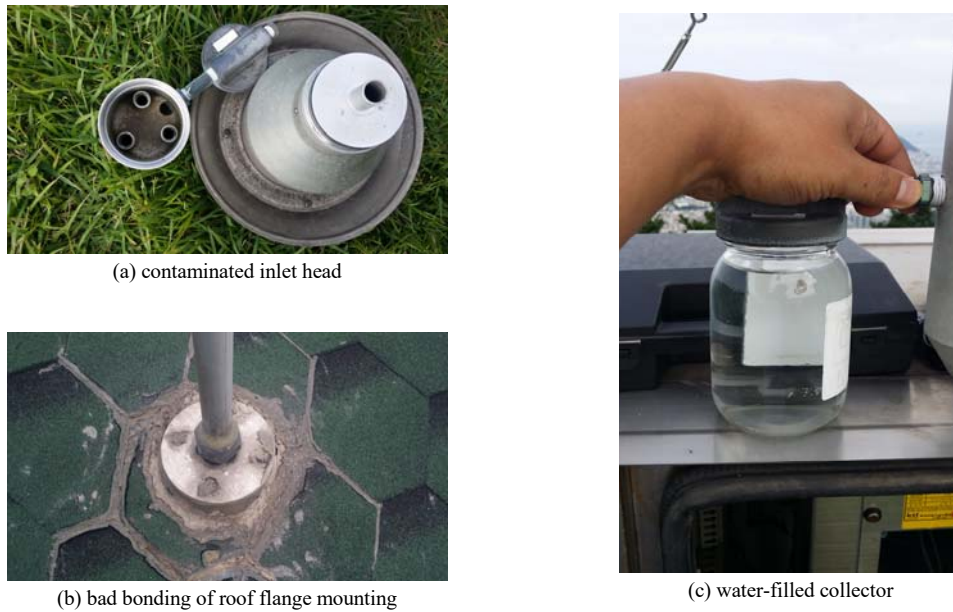


Fig. 4. Poor management cases at the air monitoring stations.

검사기관에서 유지 보수를 진행하고 있으며, 매년 1회 정도 검사는 한국산업기술시험원, 한국환경공단, 한국표준과학연구원 등에서 접수받아 진행하고 있다.

국가측정망의 위탁관리 경우 한국환경공단에서 수행하고 있으나 관련 인력이 현장에 배치되어 업무를 수행하다 3년 정도의 시간이 경과되면 타 부서로 전환되어 신규 인력이 수행하는 경우가 대부분이며, 지역적인 관리 체계가 정비되어 있으나 전문 기술력과 경험을 가진 인력이 부족하여 효과적인 관리가 이뤄지기 힘든 실정이다.

지자체 측정망은 관리 실태가 더욱 심각한데 지자체의 관련 예산 부족으로 시·도 보건환경연구원에서 관리 하던 측정망을 시군으로 이관하여 관리하는 측정망이 최근 많이 발생하고 있다. 보건환경연구원의 예산 부족에 따른 시·군 단위로의 측정망 이관은 데이터의 부실과 관리 부실을 유발할 가능성이 매우 높는데, 그 이유는 담당자의 빈번한 교체로 인해 측정망관련 위탁관리의 대금 지급 정도만 이뤄지며, 측정망 관련 교육과 관리 방법에 대한 부분은 업무 인수인계시 효과적으로 이뤄지지 않고 있기 때문이다. 시·군의 담당자를 정도검사 시 면담해 보면 본인 업무의 아주 작은 부분이라서 신경 쓸 여력이 없다는 곳이 태반이다. 경기도와 경상북도, 전라북도, 전라

남도를 비롯하여 최근에 급격한 측정망 확대에 인해 강원도까지도 시·군으로 이관하여 측정망을 운영하고 있다.

또한, 측정소 위탁관리의 경우 업체들의 입찰 경쟁으로 실제 관리비용 대비 입찰가가 낮을 경우 측정소의 관리 부실로 이어져, 측정 자료의 신뢰성 및 정확성에서 부정적인 요소로 작용 될 수 있다. 특히, 위탁관리의 기술 인력은 행정구역 내 5개 이하 측정소를 기준으로 고급 1인, 중급 2인, 초급 1인 등 4인의 기술자가 필요하며, 측정소 1개소 추가마다 0.5인/개소의 기술인력 추가가 되어야 한다. 위탁업체에서는 매년 인건비, 부품비 등 관리 비용은 증가하지만, 경쟁 입찰로 인한 위탁관리 비용이 줄어들 경우 그리고 차기년도 불확실한 경쟁 입찰로 기술 인력의 증원이 어렵고 고급 대신 초급 기술자를 투입하거나 정기 및 수시 점검과정이 편법으로 이어 질수 있으며, 결국 정도검사에 합격한다고 해도 데이터의 신뢰성에 심각한 문제가 발생 될 수도 있다.

측정망의 위탁관리는 고급 기술자, 중급기술자, 초급 기술자로 구분되어 지고 있는데 이 또한 문제점이 존재하며 엔지니어링 협회 기준으로 등급이 주어지나 이는 측정망 관리를 하는 인력과 그렇지 않은 인력을 구분할

수 없으며, 측정망 관리를 10년 넘게 수행하였으나 등급은 초급기술자인 인력과 고급기술자지만 측정망 관리를 해본적이 없는 인력이 존재하는 문제점이 있다.

이에, 위탁관리 비용은 매년 일정 부분 예산을 증액하고, 운영지침 상 관련 장비의 확보 여부 및 필요 기술인력 현황 등을 관련 행정기관에 보고토록 하는 등 위탁업체의 관리 그리고 위탁관리 업체에 대한 평가를 통해 측정소 관리 개수를 지정할 수 있도록 지침 마련 등이 필요하다.

4. 결론

최근 전국적으로 급격한 측정망의 확충으로 과거 측정소의 배치 문제를 벗어나, 이젠 측정소의 운영관리 및 정도관리의 문제점을 점검하고 개선하여, 보다 높은 신뢰성 있는 데이터 확보가 주요 과제로 나타남에 따라, 본 연구에서는 경남 사례를 들어 다음과 같은 내용을 평가하고 각각의 결론을 도출하였다.

1) 측정소의 운영 관리 측면의 평가에서, 유효 가동률은 약 95%로 전국 평균보다 높고 실제 결측률도 약 2~3%로 비교적 낮은 등 현재 측정망 지침에 따른 양호한 운영 관리 상태를 보였다. 다만, 측정 데이터 중 zero 또는 검출한계로 표시되는 경우(SO₂ 경우 약 2%)에 대한 보다 신뢰성 높은 데이터의 축적이 개선점으로 여겨진다.

2) 측정기기의 정도관리 측면의 평가에서, PM_{2.5}의 경우 등가성평가 기준인 기울기(slope, 0.9~1.1) 및 절편(intercept, ±2.25) 이내를 모두 만족하고 있었다. 다만, PM_{2.5}/PM₁₀ 농도비에서 PM₁₀ 농도 대비 PM_{2.5} 농도가 오히려 높거나 매우 낮은 수준으로 나타나는 등 전체 측정자료 중 최소 1% 정도는 이상치로 판단되어 이후 개선 방향을 모색할 필요가 있다.

3) 현장 위탁관리 및 정도관리에서 느낀 점으로, 현행 측정망 지침에 의거 모든 측정소는 관리되고 측정기기 대부분은 정도관리를 통과하고 있다. 다만, 보다 신뢰성이 높은 데이터를 얻기 위해서는 ① 정도검사 시 측정기의 성능 검사뿐만 아니라 부품의 교체 유무, 청소관리 상태, 부대시설 관리 등 측정데이터의 신뢰성에 영향을 미칠 인자의 점검 부분을 정도검사 항목에 추가하거나, ② 관련 예산의 확대인데 지방자치단체 별로 자립도가 다르

고 관리 체계가 다르기 때문에 각 시도 보건환경연구원으로 관리체계를 일원화할 경우, 관련 예산 부족은 환경부에서 측정망 구축 시 지원하는 예산의 50% 포함 측정망 1개소 당 정도검사 비용과 위탁관리 비용을 매년 일정 부분 지원해 주면 될 것 같다. 예산 지원은 보건환경연구원에서 일괄 관리하는 방식을 취할 수 있을 것이며, 전문 연구 인력이 데이터의 취합과 위탁관리 업체 관리를 할 수 있을 것이다. 대부분 측정소가 위탁관리 되고 있는 점에서 위탁관리 비용은 매년 일정 부분 예산을 증액하고 위탁관리 업체 평가를 통해 관리 지침 마련 등 위탁관리의 부실을 막기 위한 노력이 필요할 것이다. ③ 측정망 관리 인력의 등록, 경력관리, 인력의 효과적인 교육을 통해 측정망 위탁관리를 보다 체계적이고 전문적으로 관리할 필요성이 있다.

결국, 대기측정소는 현행 측정망 지침에 따른 운영관리 및 정도관리의 측면에서 그 기준을 만족할 수 있으나, 보다 신뢰성 높은 데이터를 얻기 위해서는 상기의 측정망 정도관리의 문제점들에 대한 향후 개선점을 모색할 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 경남과학기술대학교 교원 연구 활성화 지원 사업의 예산지원으로 수행되었음.

REFERENCES

- Air Korea, 2020, <http://www.airkorea.or.kr>.
- Ghim, Y. S., Choi, Y., Park, J., Kim, P., Han, Y. K., 2017, Comparison of PM_{2.5} Concentrations by Measurement Method, J. KOSAE, 33(5), 515-520.
- Gyeongnam, 2020, <http://www.gyeongnam.go.kr/budget/finance/>.
- Im, Y. S., Kim, S. P., Chol, Y. S., Ahn, M. J., Cho, S. J., Jung, K., 2015, Evaluation of seasonal measuring properties of different real-time PM_{2.5} samplers, Seoul Research on Public Health and the Environment, 51, 195-203.
- Jeon, E. C., 1996, Evaluation of representativeness of air quality monitoring network in Seoul through actual measurement, J. Environ. Impact Asses, 5(1), 79-85.
- Jutze, G. A., Tabor, E. C., 1963, The continuous air

- monitoring program, Journal of the Air Pollution Control Association, 13(6), 278-280.
- Kim, D. S., 2013, Air pollution history, regulatory changes, and remedial measures of the current regulatory regimes in Korea, J. KOSAE, 29(4), 353-368.
- National Institute of Environmental Research (NIER), 2014, PM_{2.5} automatic machine operating instructions, Seoul, 2-6.
- National Institute of Environmental Research (NIER), 2015, Quality control of air pollution monitoring system and establishment of data evaluation scheme (I), Seoul, 1-2.
- National Institute of Environmental Research (NIER), 2016, Atmospheric measurement network operation plan(2016~2020), Seoul, 1-7.
- National Institute of Environmental Research (NIER), 2019a, Air pollution monitoring network installation and operation guidelines, Seoul, 7-31.
- National Institute of Environmental Research (NIER), 2019b, Annual report of air quality, 2018, Seoul.
- National Institute of Environmental Research (NIER), 2020, Monthly report of air quality, December 2019, Seoul, 1-3.
- Park, J. H., Suh, J. M., 2018, Characteristics of PM₁₀, PM_{2.5} and PM_{2.5}/PM₁₀ ratio in air monitoring stations in Gyeongnam, Journal of Environmental Science International, 27(10), 925-931.
- Park, M., Park, J. S., Jo, M., Lee, Y. H., Kin, H. J., Oh, J., 2017, Comparison of the real-time measurements for PM_{2.5} and quality control method, J. KOSAE, 33(6), 616-623.
- Seoul, 2015, 2014 Health environment white paper, Seoul, 12-21.
- The Chosunilbo, 1963, <http://srchdb1.chosun.com/pdf/>.
- Woo, J. H., Kim, S. T., Kim, J. W., 1997, Evaluation and complement of the representativeness of air quality monitoring stations using passive air samples, J. KOSAE, 13(6), 415-426.
-
- Senior Researcher Engineer. Duck-Sung Kim
Korea Testing Laboratory(KTL)
dock@ktl.re.kr
 - Professor. Jeong-Ho Park
Department of Environmental Engineering, Gyeongnam
National University of Science and Technology
jhpark@gntech.ac.kr