

TECHNICAL NOTE

경남 지역 대기환경기준 설정을 위한 기초조사

박정호*

경남과학기술대학교 환경공학과

Basic Survey for Establishing Regional Air Quality Standards in Gyeongnam

Jeong-Ho Park*

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

Abstract

This study provides a basis for research to establishing air quality standards in Gyeongnam. The trends and deviations in air quality concentrations and short-term environmental standards were analyzed. Furthermore, the regional standards and World Health Organization's (WHO) air quality guidelines (AQGs) were taken into account. The annual average PM₁₀ standard for cities and counties at 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. SO₂ and NO₂ are achieving national standards and need to be strengthened to the minimum regional standard and WHO AQGs. The PM_{2.5} standard, which has not reached national standards, needs to be set at the level of national standards, and is also the target level for 2024 of the Gyeongsangnam and national PM_{2.5} management plans.

Key words : Gyeongnam, Regional air quality standards, WHO air quality guidelines

1. 서론

최근 미세먼지 문제에 따른 저감대책 수립의 필요성이 전국 지자체로까지 확산되고 있으며, 경남의 경우도 대기오염물질 총 배출량 전국 시도별 다섯 번째, 석탄화력의 대기배출량은 충남에 이어 두 번째 그리고 여수·광양권만과 인접해 있는 지리적 여건 등을 고려하여 종합적인 대기질 저감 대책마련 뿐만 아니라 국가기준보다 엄격한 지역 대기환경기준에 대한 설정 검토가 제기되고 있다(NIER, 2019).

환경정책기본법 제3조(정의)에서는 “환경기준”이란 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 국가가 달성하고 유지하는 것이 바람직한 환경상의 조건 또는 질적인 수준을 말한다(national law information center, 2019). 국가 대기환경기준의 경우 `78년 아황산가스(SO₂) 항목에 대해 최초로 기준 설정 이후 최근까지 총 6회에 걸쳐 항목추가 및 기준 강화를 통해, 현재 환경정책기본법 시행령 제2조(환경기준)에는 대기오염물질 8개 항목에 대한 국가기준이 설정되어져 있다(MoE, 2019a). 특히, 미세먼지의 국가기준은 세계보건기구

Received 3 January, 2020; Revised 23 January, 2020;

Accepted 31 January, 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@gntech.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.

Table 1. City air monitoring stations in Gyeongnam

City	Code	Location (PM _{2.5})*	Install year	City	Code	Location (PM _{2.5})*	Install year	
1	MS	Myeongseo-dong(17)	1993.12	17				
2	UN	Ungnam-dong(18)	1999.06	18	Yangsan	BB	Bukbu-dong(15)	
3	SG	Seongju-dong(15)	1997.02	19	Hadong	HD	Hadong-eup(15)	
4	YG	Yongji-dong(15)	2007.07	20	Geoje	AJ	Aju-dong(15)	
5	Changwon	SP	Sapa-dong(18)	2009.03	21	Sacheong	SC	Sacheong-eup(15)
6	GW	Gyeonghwa-dong(15)	1994.03	22	Miryang	NI	Naeil-dong(18)	
7	HW	Hoewong-dong(15)	1993.09	23	Tongyeong	MJ	Mujeon-dong(18)	
8	BA	Bongam-dong(18)	1995.12	24	Hamyang	HY	Hamyang-eup(19)	
9	WY	Woryeong-dong(19)	2019.11	25	Geochang	SH	Sacheon-eup(19)	
10	SB	Sangbong-dong(15)	1998.01	26	Haman	GY	Gaya-eup(19)	
11	Jinju	DA	Daean-dong(18)	1997.11	27	Goseong	GS	Goseong-eup(19)
12	SD	Sangdae-dong(15)	1995.07	28	Namhae	NH	Namhae-eup(19)	
13	DS	Dongsang-dong(18)	1995.07	29	Hapcheon	HC	Hapcheon-eup(19)	
14	Gimhae	SA	Sambang-dong(18)	2003.02	30	Sancheong	SE	Sancheong-eup(19)
15	JG	Jangyu-dong(15)	2012.10	31	Uiryeong	UY	Uiryeong-eup(19)	
16	JY	Jinyeong-eup(19)	2019.11	32	Changyeong	CY	Changyeong-eup(19)	

1) (PM_{2.5})* : PM_{2.5} official measurement year

(WHO)가 2005년에 제시한 잠정목표 2 수준을 채택하고 있으며, 이러한 목표치를 달성하기 위해 정부는 다양한 대기질 개선 정책을 추진하고 있다(WHO, 2005).

또한, 환경정책기본법 제12조(환경기준의 설정)에서는 해당지역의 환경적 특수성을 고려하여 인정할 때에는 해당 시·도의 조례로 국가기준보다 확대·강화된 지역기준을 설정할 수 있도록 되어 있다. 국가법령정보센터의 자치법규 검색에서 지역 대기환경기준을 설정하고 있는 지역은 '97년 서울 및 대전에서 최초로 설정된 이후 현재까지 전국 17개 시·도 중 주로 대도시를 중심으로 11개 지역에 설정되어져 있다(national law information center, 2019). 특히, 도 지역에서는 충남의 경우 석탄화력발전 등 대기오염물질 다량 배출시설이 입지해 있어 도내 모든 지역에 심각한 영향을 줄뿐 아니라 지역 주민의 삶의 질 향상을 위한 환경개선 대책으로 '16년부터 지역기준을 설정하고 있다.

결국 환경기준은 환경정책의 행정목표치로서, 환경개선을 위한 오염 정도를 판단, 예측하고 대책을 강구하는 척도로 사용되며, 특히 지역 대기환경기준은 사회적, 경제적, 기술적 여러 여건 등의 변화에 따라 주기적으로 검토하여 적절한 수준을 설정하는 것이 바람직하다(GRI,

2007). 또한, 합리적인 대기환경기준은 공중보건을 보호토록 엄격하고 미달성 시 강제할 수 있는 수준이어야 하며, 행정목표의 개념을 넘어 대기오염물질의 농도 수준을 낮추는 실질적인 정책과 관리방안의 마련이 필요할 것이다(Park et al., 2016).

본 연구에서는 경남 지역 대기환경기준 설정(초안)을 위한 기초연구로써, 우선 경남 대기오염도의 장기간 추이 및 단기환경기준 초과 여부 등 대기질 특성 분석 그리고 전국 지역기준 및 WHO 권고기준과 비교한 타당성 검토를 통한 지역 대기질 관리정책 수립에 기여하고자 한다. 이후, 경남의 지역기준의 설정은 특히, 전 시·군에 대기측정망이 구축된 후 지역 대기질 현황이 면밀히 분석되는 시점이 합리적이라 판단되며, 전문가들의 검증 및 공청회 등의 절차를 통해 지역기준을 확정할 필요가 있을 것이다(CNI, 2016).

2. 연구 방법

2.1. 경남 도시대기 측정망 현황

Table 1에는 2019년 말 현재 경남 18개 시·군에 설치되어 있는 도시대기 측정소의 현황을 나타냈다. 도시대기

Table 2. National and 11 regional air quality standards

Item	National standard ('19.02)	Seoul	Busan	Daegu	Incheon	Gwangju	Daejeon	Ulsan	Gyeonggi ('18.10)		Chungnam	Gwangyang	Jeju	
		('19.01)	('18.11)	('12.03)	('15.07)	('14.03)	('18.12)	('18.12)	Inside	outside	('16.12)	('15.04)	('13.11)	
SO ₂ (ppm)	Annual	0.02	0.01	0.01	0.015	0.015	0.01	0.01	0.015	0.014	0.008	0.01	0.015	0.01
	24hr	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.015	0.03	0.04	0.03
	1hr	0.15	0.12	0.10	0.12	0.12	0.12	0.10	0.12	0.11	0.05	0.1	0.12	0.1
CO (ppm)	8hr	9	NS	6	7	7	5	5	7	6	2	5	7	5
	1hr	25	NS	15	20	20	15	10	20	10	4	10	20	10
NO ₂ (ppm)	Annual	0.03	NS	NS	NS	NS	NS	0.02	NS	NS	0.02	0.02	NS	0.02
	24hr	0.06	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.03	0.04	NS	0.04
	1hr	0.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.05	0.08	NS	NS
PM ₁₀ (µg/m ³)	Annual	50	NS	NS	NS	NS	NS	40	NS	NS	30	40	NS	NS
	24hr	100	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	50	80	NS	NS
PM _{2.5} (µg/m ³)	Annual	15	NS	NS	25	-	-	NS	NS	NS	NS	20	-	25
	24hr	35	NS	NS	50	-	-	NS	NS	NS	NS	40	-	50
O ₃ (ppm)	8hr	0.06	NS	0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.048	NS
	1hr	0.1	NS	0.07	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.08	NS
Pb (µg/m ³)	Annual	0.5	NS	NS	NS	NS	0.3	0.3	0.4	NS	NS	0.3	0.4	0.25
Bezene (µg/m ³)	Annual	5	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	3	NS	3

1) NS : National standard, 2) Inside ; Atmospheric management zone, 3) Outside ; Outside atmospheric management zone

측정소는 2017년까지 주로 시 지역을 중심으로 21개소가 운영되고 있었으나, 군 지역까지 측정망의 확대 계획에 따라 2018년도 5개소 및 2019년도 6개소가 신규로 설치되어, 2019년 말 현재 32개소(창원(9), 진주(3), 김해(4), 양산(2) 및 하동, 거제, 사천, 밀양, 통영, 함양, 거창, 함안, 고성, 남해, 합천, 산청, 의령, 창녕 등 각 1개소)가 설치되어 최근 전 시·군에 최소 1개소 이상 측정소가 구축되어졌다. 기타 측정소에는 지자체에서 운영하고 있는 도로변 1개소(창원) 및 환경부의 교외대기 3개소(거창, 창원, 거제 각 1개소)가 운영 중에 있다(MoE, 2019a).

한편, 경남의 대기질 특성을 분석하기 위하여, 국립환경과학원의 대기연보(2019년) 및 한국환경공단의 에어코리아 홈페이지(<http://www.airkorea.or.kr>)에서 공개되고 있는 경남의 도시대기측정망의 최종확정 자료인 최근 18년간('01~'18년)의 측정자료를 수집하고 분석하였다. 다만, '18년 및 '19년도에 9개 군 지역과 2개 시 지역에 신설된 11개 측정소의 경우 최종확정 자료의 유효측정값 처리비율이 75% 미만이므로 경남의 대기질 분석

자료에서는 제외하였다(Air Korea, 2019).

2.2. 전국 지역 대기환경기준

국가 환경기준보다 확대·강화된 지역 환경기준을 설정하고 있는 지역을 확인하기 위하여, 국가법령정보센터에서 전국 17개 시·도별 환경조례 검색결과, Table 2에 나타난 바와 같이 지역 대기환경기준은 전국 17개 시·도 중 11개 지역에서 설정되어져 있었다(national law information center, 2019).

특히, 2018년 이전에 지역기준이 마련된 일부 지역에서는 2019년 개정된 초미세먼지(PM_{2.5})의 국가기준을 따르지 못하는 경우도 있으며, 특히 경기도의 경우 “수도권 대기환경개선에 관한 특별법 시행령”에 의거 “대기관리권역” 및 “대기관리권역 외” 지역으로 이원화된 관리 기준 체계로 구분되어 있다. 또한, 지역기준은 전반적으로 경기도의 “대기관리 권역 외” 지역과 대기오염배출 산업이 적은 제주 그리고 대전이 상대적으로 국가기준보다 엄격한 지역 기준을 적용하고 있다.

한편, 지역기준에서도 국가기준과 동일하게 1시간,

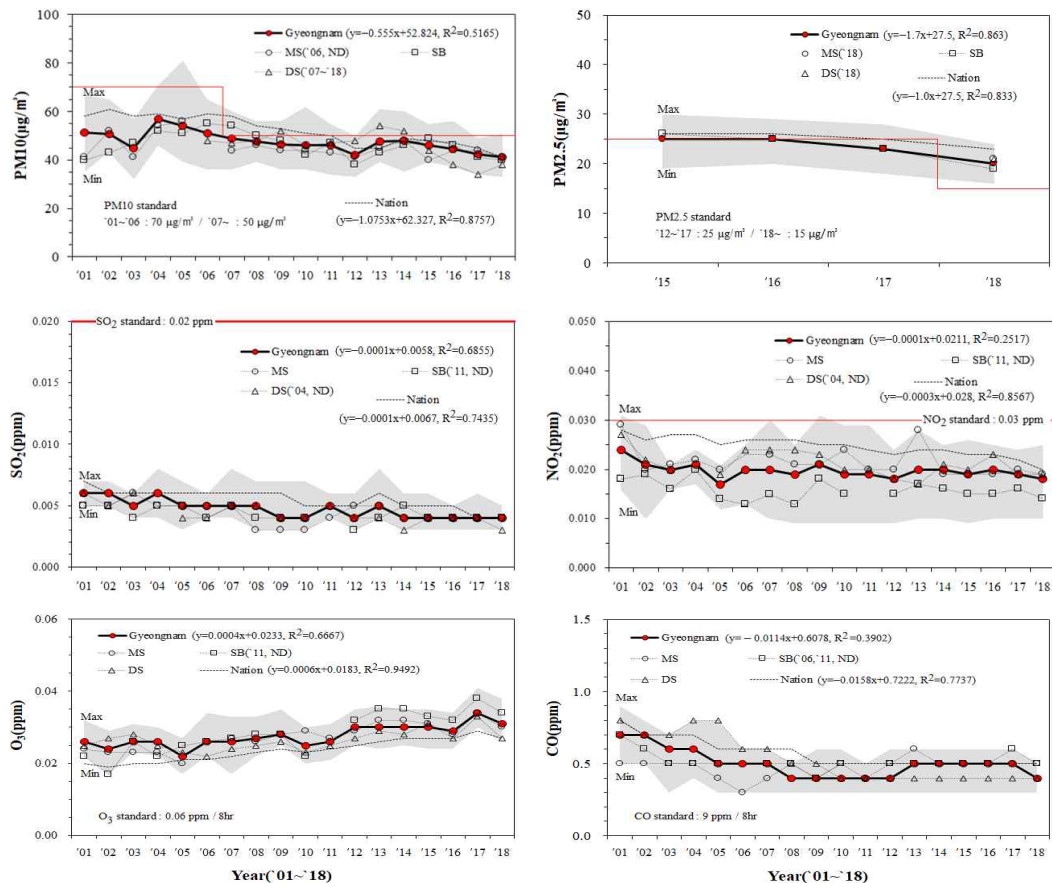


Fig. 1. Annual average air quality trend in Gyeongnam ('01~'18)

8시간, 24시간평균 등 단기간 환경기준 초과여부는 분위수(percentile) 개념을 도입하고 있으며, 이에 1시간평균치는 999천분위수(99.9th percentile) 그리고 8시간 및 24시간 평균치는 99백분위수(99th percentile)의 값이 그 기준을 초과해서는 안 된다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 연평균 대기질 추이

Fig. 1에는 최근 18년간 경남 평균 및 추이측정소 창원 명서동(MS), 진주 상봉동(SB), 김해 동상동(DS) 지점 대기질의 연평균 농도를 전국 평균과 대비하여 나타냈다. 특히, 경남 및 전국의 연평균 농도의 추이 경향을 선형방정식을 통해서 비교하였다.

전반적으로 경남 평균의 대기질은 연평균 환경기준으로 PM₁₀, SO₂, NO₂의 경우 지속적으로 달성하고 있는 반면, PM_{2.5}의 경우 전국 평균과 마찬가지로 감소 경향을 보이지만 지속적으로 초과하고 있었다. 또한, PM₁₀는 감소경향, SO₂는 큰 증감의 변화가 없고, NO₂은 지역 간 큰 농도 차이, O₃은 매년 증가 추세 그리고 CO은 '06년 이후 농도 증감의 큰 변화가 없는 특성을 보이고 있는 등 전국 특성과 유사한 경향을 나타내는 것으로 판단되었다.

오염물질별 PM₁₀의 경우 경남 평균은 '01년 51 µg/m³ → '18년 41 µg/m³으로 △10 µg/m³ 감소로 전국 평균 '01년 58 µg/m³ → '18년 41 µg/m³으로 △17 µg/m³ 감소에 비해 낮은 감소 경향이 나타났으며, 특히 경남은 과거 전국대비 △7 µg/m³ 낮은 수치에서 최근 유사한 농도 수준으로 나타나고 있었다. 이러한 경향은 선형방정식에서

초기 농도인 y절편은 경남 $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 전국 $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 매년 농도 증감 경향인 기울기는 경남 $-0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 전국 $-1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로의 결과로도 비교하여 설명될 수 있다. 한편, 추이측정소인 명서동(MS)은 '01년 $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ → '18년 $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 상봉동(SB)은 '01년 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ → '18년 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 동상동(DS)은 '01년 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ → '18년 $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 등 모든 지점에서 농도 감소 경향이 없었고 18년간 최소~최대 농도는 명서동(MS) $41\sim 56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 상봉동(SB) $38\sim 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 동상동(DS) $34\sim 54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 등으로 $\Delta 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 큰 농도 변화가 나타나고 있었다. 결국 경남의 PM_{10} 감소 경향은 실질적인 대기질 개선뿐만 아니라 '01년 6개소에서 '18년 21개소로 측정망의 확충 등 다양한 원인에 의한 영향도 클 것으로 판단된다.

$\text{PM}_{2.5}$ 의 경우 '15년부터 공식적으로 측정되고 있어 통계적으로 유의한 해석이 어렵지만, 경남은 '15년 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ → '18년 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 $\Delta 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 감소로 전국 '15년 $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ → '18년 $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 $\Delta 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 감소에 비해 조금 높은 감소 경향이 나타났다. 또한, 선형방정식에서 y절편은 경남 및 전국 $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 기울기는 경남 $-1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 전국 $-1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 경남이 전국에 비해 다소 높은 감소 경향이 나타났으나, '15년 11개소에서 '18년 21개소로 측정망의 확충에 따른 기타 영향도 있을 것으로 판단된다.

SO_2 의 경우 경남 평균은 '01년 6 ppb → '18년 4 ppb로 $\Delta 2$ ppb 감소 그리고 전국 평균은 '01년 7 ppb → '18년 4 ppb으로 $\Delta 3$ ppb 감소로 나타났으며, 특히 '18년 기준 최근에는 경남 및 전국 모두 동일한 수준으로 나타났다. 또한 선형방정식에서 기울기는 경남 및 전국 모두 -0.1 ppb로 매년 농도 감소 경향은 매우 미미한 수준으로 나타났으며, 3개 추이측정소에서도 유사한 경향을 보이고 있었다.

NO_2 의 경우 경남 평균은 '01년 2.5 ppb → '18년 1.8 ppb로 $\Delta 0.7$ ppb 감소 그리고 전국 평균은 '01년 2.8 ppb → '18년 2.0 ppb으로 $\Delta 0.8$ ppb 감소로 나타났으며, 기울기는 경남 -0.1 ppb 및 전국 -0.3 ppb로 낮은 감소 경향을 나타냈다. 추이측정소의 경우 명서동(MS)은 '01년 2.9 ppb → '18년 1.9 ppb, 상봉동(SB)은 '01년 1.8 ppb → '18년 1.4 ppb, 동상동(DS)은 '01년 2.7 ppb → '18년 1.9 ppb 등 모든 지점에서 감소 경향을 보였다.

O_3 의 경우 경남 평균은 '01년 2.4 ppb → '18년 3.0

ppb로 $\Delta 0.6$ ppb 증가 그리고 전국 평균은 '01년 2.0 ppb → '18년 2.7 ppb으로 $\Delta 0.7$ ppb 증가로 나타났으며, 기울기는 경남 $+0.4$ ppb 및 전국 $+0.6$ ppb로 증가 경향을 나타냈다. 추이측정소의 경우 명서동(MS)은 '01년 2.4 ppb → '18년 3.0 ppb, 상봉동(SB)은 '01년 2.2 ppb → '18년 3.4 ppb, 동상동(DS)은 '01년 2.5 ppb → '18년 2.7 ppb 등 모든 지점에서 증가 경향을 보였다.

CO의 경우 경남 평균은 '01년 0.7 ppm → '18년 0.4 ppm로 $\Delta 0.3$ ppm 감소 그리고 전국 평균은 '01년 0.8 ppm → '18년 0.5 ppm으로 $\Delta 0.3$ ppm 감소로 나타났으며, 기울기는 경남 -11.4 ppb 및 전국 -15.8 ppb로 감소 경향을 나타냈다. 추이측정소의 경우 명서동(MS)은 '01년 0.5 ppm → '18년 0.5 ppm, 상봉동(SB)은 '01년 0.7 ppm → '18년 0.5 ppm, 동상동(DS)은 '01년 0.8 ppm → '18년 0.4 ppm 등 모든 지점에서 감소 경향을 보였다.

3.2. 단기환경기준 초과횟수

Fig. 2에는 $\text{PM}_{2.5}$ 의 공식적인 측정 및 자료가 공개되고 있는 최근 4년간('15~'18년) PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, NO_2 , O_3 의 연간 단기환경기준 초과횟수를 (a) 연도별 측정소당 평균, (b) 측정소별 4년간 평균으로 나타냈다. 여기서, (a)의 평균은 측정소수로 나눈 평균 그리고 측정소별 최대 및 최소 초과횟수로 나타내었으며, SO_2 , CO의 경우 모든 측정소에서 단기환경기준을 모두 달성하였기에 제외하였고 특히, 최근 신설된 밀양 내일동(NI) 및 통영 무전동(MJ)의 경우 2018년도 측정자료 만 사용하였다.

PM_{10} 의 경우 24시간평균 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 단기환경기준 초과횟수는 측정소당 평균 '15년 7.4회, '16년 6.9회, '17년 4.1회, '18년 5.7회 등으로 연도별 큰 증감 없는 경향을 나타냈으며, 특히 양산 북부동(BB)의 경우 '15년도 연간 16회로 측정소별 최대 초과횟수를 나타냈다.

$\text{PM}_{2.5}$ 의 경우 '18년부터 24시간평균 $50\sim 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 단기환경기준이 강화됨에 따라 초과횟수는 측정소당 평균 '15년 14.5회, '16년 13.5회, '17년 5.6회로 감소하다가 '18년 38.1회로 크게 증가하였으며, 특히 창원 웅남동(UN)의 경우 '18년도 연간 72회로 측정소별 최대 초과횟수를 나타냈다.

NO_2 의 경우 1시간평균 0.1 ppm 및 24시간평균 0.06 ppm의 단기환경기준 초과횟수는 측정소당 평균 '15년 1.9회 및 0.6회, '16년 3.6회 및 0.5회, '17년 2.1회 및

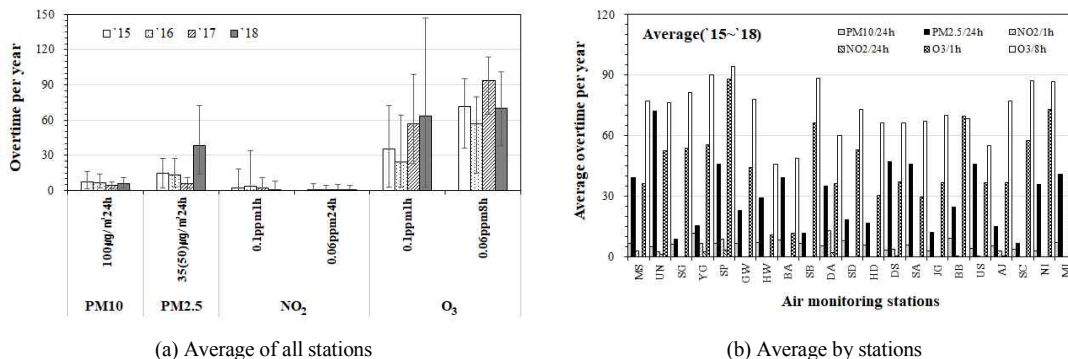


Fig. 2. Number of short-term environmental standards exceeded.

0.4회, '18년 0.7회 및 0.3회로 나타났으며, 특히 진주 대안동(DA)의 경우 '16년도 1시간평균 연간 34회 초과 및 '15년도 24시간평균 연간 6회 초과 등 측정소별 최대 초과횟수를 나타냈다.

O₃의 경우 1시간평균 0.1 ppm 및 8시간평균 0.06 ppm의 단기환경기준 초과횟수는 측정소당 평균 '15년 35.0회 및 71.5회, '16년 24.3회 및 56.5회, '17년 56.7회 및 93.6회, '18년 63.7회 및 70.3회로 나타났으며, 특히 창원 사파동(SP)의 경우 '18년도 1시간평균 연간 147회 초과 및 진주 상봉동(SB) '17년도 24시간평균 연간 114회 초과 등 측정소별 최대 초과횟수를 나타냈다.

한편, 측정소별 초과횟수는 24시간평균의 PM₁₀ 경우 창원 용지동(YG) 12회 그리고 PM_{2.5} 경우 창원 용남동(UN) 72회로 가장 높게 나타났다. NO₂의 1시간평균은 진주 대안동(DA) 13회 및 24시간평균은 창원 사파동(SP) 3회 그리고 O₃의 1시간평균 및 8시간평균은 창원 사파동(SP) 측정소가 88회 및 95회로 각각 가장 높은 초과횟수를 나타내고 있었다.

또한, 오염물질별 4년간 평균 초과횟수를 모두 합한 경우 측정소별 최소 93회에서 최대 247회로 나타났으며, 창원 사파동(SP) 247회, 용남동(UN) 210회, 용지동(YG) 182회, 진주 상봉동(SB) 및 양산 북부동(BB) 173회, 창원 명서동(MS) 162회 등으로 높았으며, 반대로 창원 회원동(HW) 93회, 창원 봉암동(BA) 108회, 하동읍(HD) 119회 등으로 낮았다. 또한, 2018년부터 가동된 밀양 내일동(NI) 199회 그리고 통영 무전동(MJ) 176회로 각각 나타났다.

3.3. 지역 환경기준 설정 수준

본 연구에서 경남 지역 대기환경기준의 목표년도는 2024년도를 고려하였으며, 이는 정부의 미세먼지 관리 종합계획(2020~2024년)의 목표연도 및 경상남도 미세먼지 저감대책 수립 계획의 목표연도를 고려하였다(MoE, 2019b). 연평균 지역기준 설정에 있어, 참고적으로 경남의 연평균 대기질이 Fig. 1에 나타난 PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂ 농도가 선형적 추세로 전망된다면, PM₁₀는 '18년도 기준 현행농도 41(33~51) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 '24년도 기준 전망농도 38(32~47) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{2.5}는 '18년 20(16~24) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 '24년 14(12~16) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 그리고 SO₂는 '18년 4(3~5) ppb에서 '24년 3(3~4) ppb, NO₂는 '18년 18(10~25) ppb에서 '24년 16(9~23) ppb으로 각각 감소 경향을 예상할 수 있다.

또한, Fig. 3에는 최근 4년간('15~'18년) 경남 21개 도시대기 측정소별 연평균 농도 및 국가기준, 전국 최저 지역기준, WHO 권고기준과 비교하여 나타냈다(WHO, 2005).

전반적으로 측정소별 연평균 농도는 PM₁₀, SO₂, NO₂ 등의 경우 거의 대부분 국가기준을 달성하고 있으며, PM_{2.5}의 경우 미달성되고 있다. PM₁₀의 연평균 지역기준은 경남의 현행 및 전망농도 모두 국가기준 보다 낮기 때문에 경남의 시 지역의 경우 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 그리고 상대적으로 오염도 수준이 낮은 군 지역의 경우 전국 최저 지역기준 및 WHO의 잠정목표 3 기준인 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준으로 강화할 필요가 있다. PM_{2.5}의 경우 전망농도가 국가기준과 유사하기에 국가기준과 동일한 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준으로 설정할 필요가 있으며, 이는 경상남도 및 국가의 미세먼지

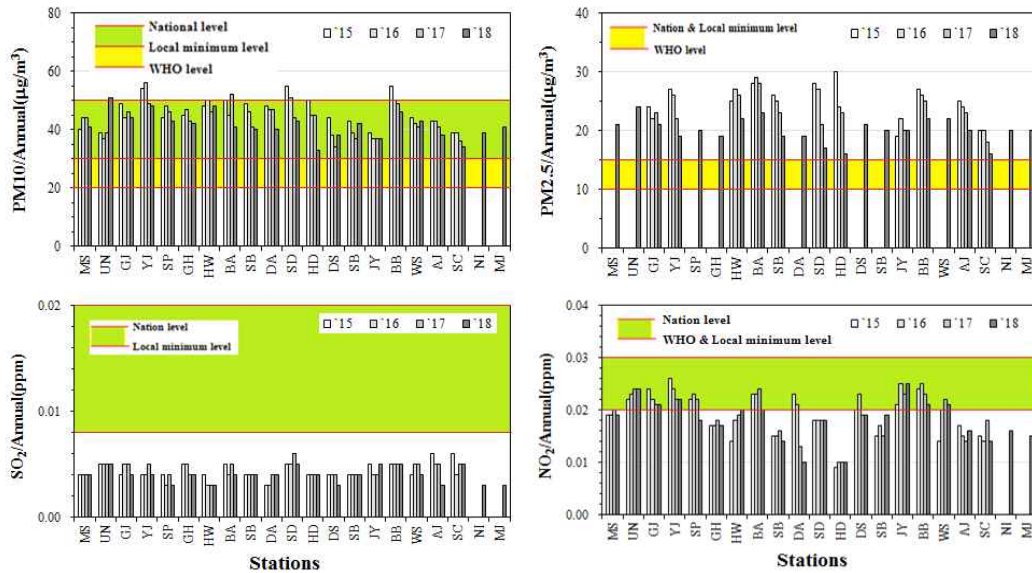


Fig. 3. Annual average concentration and air quality standard.

관리 종합계획의 목표수준이다. SO₂의 경우 현행 및 전망농도 모두 국가기준이나 전국 최저 지역기준보다 매우 낮은 농도 수준이며, 특히 전국적으로도 장기적 기준을 충족하고 미국, 일본 및 WHO 등에서도 연평균 기준을 적용치 않고 있는 등 연평균 기준을 폐지할 필요성이 보고되고 있다(Park et al., 2016). NO₂의 경우 현행 및 전망농도 모두 국가기준을 달성하고 있기에 전국 최저 지역기준 및 WHO의 권고기준(40 μg/m³)인 20 ppb 수준을 고려할 필요가 있다.

한편, 1시간, 8시간, 24시간평균 등 단기 지역기준의 설정에 있어, 국가기준과 WHO의 권고기준 혹은 전국 지역 최저기준 수준 사이에서 설정할 필요가 있으며, 반면 지속적 국가기준 초과 시에는 국가기준과 동일한 수준으로 설정을 고려하였다.

Fig. 4에는 최근 4년간(15~18년) 경남 21개 도시대기 측정소별 단기환경기준 1시간평균의 경우 99.9th 그리고 8시간 및 24시간평균의 경우 99th 퍼센타일 농도로 나타내고 국가기준, 전국 최저 지역기준, WHO 권고기준 수준과 비교하였다. 여기서, 국가기준을 초과한 항목은 PM₁₀ 및 PM_{2.5}의 24시간평균, NO₂의 1시간평균 및 24시간평균, O₃의 1시간평균 및 8시간평균 이었으며, 반면 SO₂의 1시간평균 및 24시간평균, CO의 1시간평균 및 8

시간평균의 경우 모두 달성하고 있다.

PM₁₀ 24시간평균의 경우 최근 4년간 99th 퍼센타일 농도는 98~109 μg/m³ 그리고 국가기준 초과 측정소 비율은 38~79%로 나타났다. 또한, 연평균 농도 감소 추세 및 경남의 미세먼지 저감대책 추진 계획 등을 고려한다면 지역기준은 국가기준 80 μg/m³ 보다 강화된 WHO 권고 기준 및 전국 최저 지역기준인 50 μg/m³ 사이에서 설정할 필요가 있으나, PM₁₀ 지역기준을 80 μg/m³ 미만으로 설정시 최근 4년간 전체 측정소에서 모두 미달성으로 평가됨으로 이러한 점을 고려하여 할 것이다.

PM_{2.5} 24시간평균의 경우 최근 4년간 99th 퍼센타일 농도는 52~63 μg/m³ 그리고 모든 측정소에서 국가기준을 지속적으로 미달성으로 나타났다. 이에 PM_{2.5} 지역기준은 2024년까지 국가기준과 동일한 수준으로 설정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

SO₂의 1시간평균 및 24시간평균의 퍼센타일 농도는 국가기준 대비 약 15% 및 약 5% 수준으로 매우 낮았고, 모든 측정소가 국가기준을 달성하였다. 이에 SO₂의 지역기준은 1시간평균의 경우 전국 최저기준 그리고 24시간평균은 WHO 권고기준의 수준을 고려할 필요가 있다.

마찬가지로 CO의 경우에도 1시간평균 및 8시간평균의 퍼센타일 농도가 국가기준 대비 약 5% 수준으로 매우

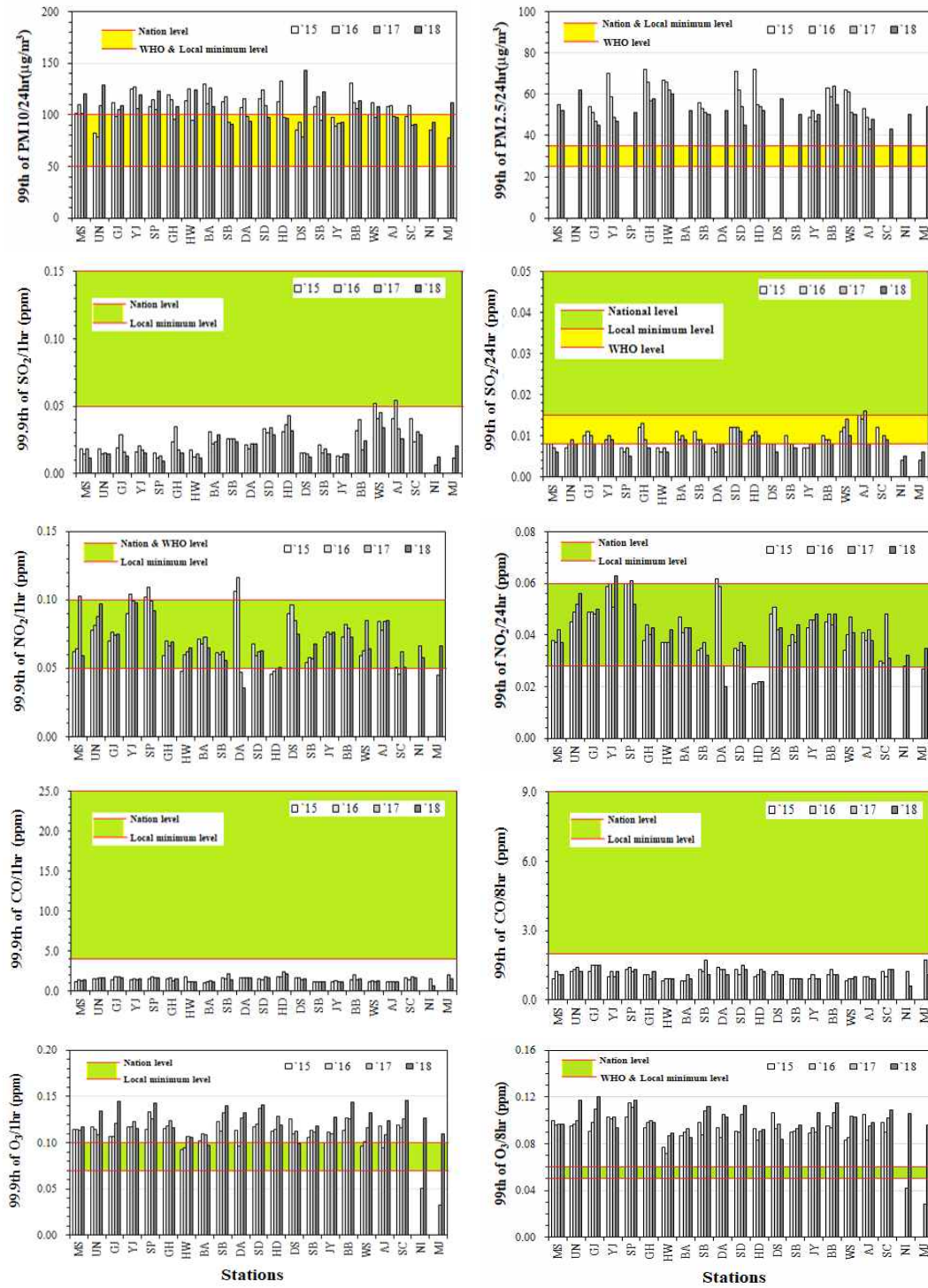


Fig. 4. Percentile concentration and short-term air quality standard.

낮고 기준을 초과하는 측정소는 없었으므로 전국 최저기준 이하로 지역기준을 고려할 필요가 있다.

NO₂의 1시간평균 및 24시간평균의 경우 퍼센타일의 평균농도는 최근 4년간 증감변화가 없이 유지되고 국가 기준을 초과하는 측정소도 약 10% 이하로 나타나고 있다. 다만, 경남의 배출량 저감 계획인 2016년 대비 2024년 삭감량 약 54%를 설정하고 있는 점을 고려하여 전국 최저 지역기준으로의 설정을 고려할 필요가 있다.

다만, O₃의 1시간평균 및 8시간평균의 경우 퍼센타일의 평균 농도가 매년 증가하는 경향과 기준을 초과하는 측정소도 약 90% 이상으로 높게 나타나고 있는 점을 고려하여, 지역기준은 국가기준과 동일한 수준으로 설정할 필요가 있을 것이다.

4. 결론

최근 경남의 지역 대기환경기준의 설정 필요성이 대두됨에 따라, 지역 장기간 대기질 농도 추이 및 단기환경기준 초과 횟수 등을 분석하고 전국 지역기준 및 WHO 권고기준 등을 참고하여 경남 지역기준의 설정 타당성과 기준 수준을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 연평균 농도의 지역기준 수준은 특히, 2024년도 전망농도를 고려하여, PM₁₀의 경우 시 지역은 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 그리고 군 지역은 전국 최저 지역기준 및 WHO의 잠정목표 3 기준인 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준, SO₂, NO₂의 경우 거의 대부분 국가기준을 달성하고 경남 대기배출량 삭감계획을 고려하여 전국 최저 지역기준 및 WHO 권고기준의 수준으로 강화할 필요가 있다. 반면, 국가기준이 미달성되고 있는 PM_{2.5}의 경우 국가기준의 수준으로 설정할 필요가 있으며, 이는 경상남도 및 국가의 미세먼지 관리 종합계획의 2024년도 목표수준이기도 하다.

2) 단기간 농도의 지역기준 수준은 PM₁₀의 경우 연평균 농도 감소추세 및 경남의 미세먼지 저감대책 추진 계획 등을 고려하여 국가기준 보다 다소 강화된 수준, PM_{2.5}의 경우 지속적 국가기준 미달성을 고려하여 연평균의 경우와 마찬가지로 국가기준의 수준으로 고려할 필요가 있다. 또한, 국가기준을 달성하고 있는 SO₂ 및 CO의 경우 전국 최저기준 또는 WHO 권고기준의 수준을 고려, NO₂의 경우 최근 4년간 증감변화가 없으나 국가

기준 초과율이 약 10% 이하이고 경남의 배출량 삭감계획을 고려하여 전국 최저 지역기준의 수준으로 고려할 필요가 있다. 다만, O₃의 경우 퍼센타일의 평균 농도가 매년 증가하고 미달성 측정소가 90% 이상으로 높게 나타나고 있는 점을 고려하여, 국가기준의 수준으로 설정할 필요가 있다.

한편, 구체적인 경남의 지역 대기환경기준의 설정 시점은 2019년 이후 경남 전 시군별 대기측정소 구축 이후 대기질 자료가 평가된 이후가 합리적이며, 지역기준이 행정목표치에만 국한되지 않고 종합적인 대기오염물질 저감정책에 따른 평가와 기준 미달성시 실질적으로 강제할 수 수단도 동시에 마련될 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 2019년도 경남녹색환경지원센터 연구사업비를 지원받아 연구되었음(과제번호 19-11-2-40-41-1).

REFERENCES

- Air Korea, 2019, <http://www.airkorea.or.kr>.
- Chung Nam Institute (CNI), 2016, Basic research on setting air quality standards in Chungcheongnam-do, Policy support task 2016-13, Chungnam, Korea.
- Gyeonggi Research Institute (GRI), 2007, Determination of air quality standard for Gyeonggi-do, Gyeonggi, Korea.
- Gyeongsangnam-do, 2019, Establishment of reduction measures for each PM_{2.5} emission source (in printing), Gyeongnam, Korea.
- Ministry of Environment (MoE), 2019a, Annual report of air quality in Korea 2018, Seoul, Korea.
- Ministry of Environment (MoE), 2019b, <http://www.me.go.kr/cleanair>.
- National law information center, 2019, <http://www.law.go.kr>.
- National Institute of Environmental Research (NIER), 2019, Nation air pollutants emission, Seoul, Korea.
- Park, M. B., Lee, T. J., Lee, E. S., Kim, D. S., 2016, A Comparative study on the ambient air quality standard strength among Korea, the U.S.A. and the EU, J. Korean Soc. Atmos. Environ., 32(6), 559-574.
- World Health Organization (WHO), 2005, WHO air

quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, WHO/SDE/PHE/OEH/06.02, 1~20, New York, USA.

• Professor. Jeong-Ho Park
Department of Environmental Engineering, Gyeongnam
National University of Science and Technology
jhpark@gntech.ac.kr