

TECHNICAL NOTE

대기오염 측정 자료에 의한 지방도시의 대기환경규제지역 설정에 관한 타당성 검토

유미선 · 양성봉* · 우경빈
울산대학교 화학과

Investigation on the Validation for Designating Air Quality Control Region among Provincial Cities by the Data Measured with Air Quality Monitoring Network

Mee-Seon Yu, Sung-Bong Yang*, Kyung-Bin Woo
Department of Chemistry, University of Ulsan, Ulsan 44610, Korea

Abstract

Regional air quality regulation is a system that allows the Minister of Environment to designate the local area as air quality control region where the concentrations of air pollutants are exceeding the environmental standards, and the local governments that administrate the regulated area have to develop and practise a plan for reducing the air pollutants. From the data observed yearly by the monitoring stations in 8 provincial cities with more than 0.5 million people was judged the compliance with air quality standards in each municipality for the period of 2003 to 2013. As the result of investigation on air pollutants concentrations of each city, it was found that there was no station that exceeds the ambient air quality standards of CO, SO₂ and 24-hour NO₂. But all municipalities exceeded the standards of 8-hour O₃, annual and 24-hour PM₁₀, and therefore 8 municipalities can be designated to be under the local air regulation. For the annual NO₂ were the monitoring sites necessary requirements for designation of the air quality regulation region in Cheongju, Cheonan, Daejeon and Gwangju area. In case of 1-hour O₃, some of stations in Pohang, Cheongju, Cheonan and Changwon area were over the designation standards for the air quality control region.

Key words : Air quality control region, Ambient air quality standards, Monitoring network

1. 서론

우리나라의 대기환경규제제도란, 환경부장관이 환경기준을 초과하였거나 초과할 우려가 있는 지역으로서 대기질의 개선이 필요하다고 인정하는 지역을 대기환경규제지역으로 지정·고시할 수 있도록 한 것으로, 이 조항에 의해 대기오염도의 상시 측정결과, 환경기준을 초과하거

나 혹은 상시측정을 하지 아니하는 지역 중 조사된 대기오염물질 배출량을 기초로 산정한 대기오염도가 환경기준의 80% 이상인 지역에 대해 대기환경규제지역으로 지정할 수 있도록 하고 있다. 그리고 대기환경규제지역으로 설정된 지역에 대해서는 규제지역을 관할하는 시·도 지사가 대기오염물 줄이기 위한 실천계획을 수립하여 환경부장관의 승인을 받아 시행하도록 함이 명시되어 있다

Received 7 December, 2015; Revised 5 January, 2016;

Accepted 6 January, 2016

*Corresponding author: Sung-Bong Yang, Department of Chemistry, University of Ulsan, Ulsan 44610, Korea
Phone: +82-52-259-2340
E-mail: sby1024@ulsan.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.

(MOE, 2008).

대기로 다량 배출되고 인간을 비롯하여 생태계에 나쁜 영향을 줄 수 있다는 이유(Yoo et al., 2008)로, 대부분의 나라에서는 아황산가스, 이산화질소, 일산화탄소, PM₁₀ 및 오존에 대해서 대기환경기준(US EPA, 2008)을 설정하여 국가적으로 관리하고 있다. 이들 기준 물질의 관측농도가 대기환경기준을 만족하지 못하고 있는 지역에 대해서는 각 나라마다 나름대로 저감대책을 수립하여 실천하고 있지만, 대기환경기준이 국가마다 약간의 차이가 있어 저감대책 역시 각국의 국내 사정에 따라 차이를 보이고 있다(US EPA, 2013). 우리나라의 경우는 1996년 대기환경보전법 제8조 3의 대기환경규제지역에 대한 규정에 따라 1997년 환경기준의 80%를 초과하는 서울시, 인천시 및 경기도의 일부(수원, 부천, 안양, 시흥, 안산, 성남, 광명 등 15개 시)가, 1999년에는 김해 및 부산, 대구 및 광양만권(여수, 광양, 순천, 하동화력발전소)이 대기환경규제지역으로 지정·고시되었다(Yang et al., 2008).

대기환경규제지역으로 지정된 지역의 지자체는 대기질 개선목표 및 오염물질별 삭감목표량, 오염저감방안 및 투자재원 조달방안을 포함한 실천계획을 수립(BDI, 2005; DAE, 2004; GRI, 1995; KECC, 2000; SI, 1999; WGC, 2004)함과 동시에 목표연도에 대기환경개선이 어느 정도 달성되었는지를 확인하기 위한 이행실적 평가 보고서를 작성토록 되어 있다. 현재 규제지역으로 지정된 지역의 지자체에서 작성한 이행실적 평가보고서(GPG, 2006; IMCH, 2006; SMG, 2006)도 발간되어 있다.

그러나 2015년 현재 인구 50만 명 이상의 지방도시 중 앞서 고시된 지역 이외에 새로 규제지역으로 지정된 곳은 없다. 따라서 본 연구에서는 인구 50만 이상 도시의 대기측정망에서 관측된 대기오염물의 농도로부터 대기환경규제지역 설정에 대한 필요성을 검토하였다.

2. 자료 및 분석방법

지방도시의 대기환경규제지역 설정에 대한 타당성 검토를 위해 이미 대기환경규제지역으로 설정된 지역을 제외한 대전시(153만 명), 광주시(147만 명), 창원시(108만 명), 청주시(67만 명), 전주시(65만 명), 천안시(59만

명), 김해시(52만 명) 그리고 포항시(52만 명)를 연구대상으로 하였다. 창원시는 2010년 창원시, 마산시, 진해시가 통합됨으로 인해 100만 이상의 도시가 되어 연구대상이 되었다.

검토대상지역에서의 대기환경과 관련된 측정 자료는 국립환경과학원에서 작성한 대기환경연보(2003년~2013년)를 기본 자료로 활용하였다.

2.1. 대기환경기준

우리나라의 대기환경기준은 환경정책기본법 시행령 [시행일 : 2005.1.1] [별표] 환경기준(제2조 관련)에 따라 Table 1에 나타낸 SO₂, CO, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, Pb 및 벤젠에 대해 제시하고 있다.

이들 항목 중 1시간 평균치는 99.9 백분위수(percentile)의 값, 8시간 및 24시간 평균치는 99 백분위수의 값이 그 기준을 초과해서는 안 된다고 명시하고 있으며, 미국 대기환경기준의 경우도 각 물질별 연평균, 8시간 평균 및 1시간 평균에 대한 농도기준을 명시하고 있다. 그러나 표의 주석에 나타낸 바와 같이 측정된 결과로부터 환경기준의 초과여부를 확인하는 방법이 다르기 때문에 우리나라와 미국의 환경기준을 단순히 비교하기에는 무리가 있다고 생각된다. 우리나라와 미국의 환경기준 초과여부를 확인하는 방법 중 동일한 항목은 NO₂의 연 평균 뿐이며, 미국의 PM_{2.5}의 24시간 평균에 대한 초과여부에는 3년 평균값의 98 percentile 값을, Pb에 대해서는 연속 3개월 동안의 평균농도가 기준농도를 초과하지 않아야 하는 등 우리나라와는 다른 환경기준과 초과판정 방법이 제시되어 있다.

2.2. 대기환경규제지역 설정기준

앞서 서론에서 설명한 바와 같이 환경기준을 초과하거나 혹은 상시측정을 하지 아니하는 지역인 경우 조사된 대기오염물질 배출량을 기초로 산정한 대기오염도가 환경기준의 80% 이상인 경우 대기환경규제지역으로 지정할 수 있도록 하고 있다. 이 규정에 따라 서울시 등 몇몇 지자체가 환경기준의 80%를 초과한다는 이유로 대기환경규제지역으로 설정되었다.

그러나 대기환경기준에 만족여부는 앞서 Table 1에 나타낸 바와 같이 단순히 연평균치의 부합여부만 가지고 판정되는 것이 아니라 백분위수 혹은 천분위수라는 차수

Table 1. National ambient air quality standards in Korea and USA

| Pollutants | Korea | | USA | |
|-------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Averaging time | Level | Averaging time | Level |
| Sulfur dioxide | Annual ^{a)} | 0.02 ppm | - | - |
| | 24-hour ^{e)} | 0.05 ppm | 3-hour ^{e)} | 0.5 ppm |
| | 1-hour ^{d)} | 0.15 ppm | 1-hour ^{f)} | 75 ppb |
| Carbon monoxide | 8-hour ^{e)} | 9 ppm | 8-hour ^{e)} | 9 ppm |
| | 1-hour ^{d)} | 25 ppm | 1-hour ^{e)} | 35 ppm |
| Nitrogen dioxide | Annual ^{a)} | 0.03 ppm | Annual ^{b)} | 53 ppb |
| | 24-hour ^{e)} | 0.06 ppm | - | - |
| | 1-hour ^{d)} | 0.10 ppm | 1-hour ^{g)} | 100 ppb |
| Ozone | 8-hour ^{e)} | 0.06 ppm | 8-hour ^{h)} | 0.075 ppm |
| | 1-hour | 0.1 ppm | - | - |
| PM ₁₀ | Annual ^{a)} | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - |
| | 24-hour ^{e)} | 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 24-hour ⁱ⁾ | 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| PM _{2.5} | Annual ^{a)} | 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Annual ^{b)} | 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| | 24-hour ^{e)} | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 24-hour ⁱ⁾ | 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Lead | Annual ^{a)} | 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Rolling 3 month ^{k)} | 0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Benzene | Annual ^{a)} | 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | |

a) Annual mean not to be exceeded.

b) Annual mean, averaged over 3 years.

c) 99th percentile of 8-hour or 24-hour concentrations not to be exceeded.

d) 99.9th percentile of 1-hour concentrations over one year.

e) Not to be exceeded more than once per year.

f) 99th percentile of 1-hour daily maximum concentrations, averaged over 3 years.

g) 98th percentile of 1-hour daily maximum concentrations, averaged over 3 years.

h) Annual fourth-highest daily maximum 8-hr concentration, averaged over 3 years.

i) Not to be exceeded more than once per year on average over 3 years.

j) 98th percentile, averaged over 3 years.

k) Not to be exceeded.

의 초과 여부를 검토해야 함으로 각 측정소의 측정 자료를 상세히 검토할 필요가 있다.

2010년 환경부는 "대기환경규제지역 지정기준 개선 및 관리방안" 연구용역 보고서(Kim and Hong, 2010)를 통해 대기환경지역 설정을 위한 환경기준 초과여부와 관련한 판정법을 상세히 기술하여 제안하였다. Table 2는 당시 제안된 대기환경 규제지역 지정 요건과 측정된 자료로부터 각 대기오염물의 단시간 및 장시간 평균치를 계산하는 방법을 나타낸 것으로, 8시간 오존의 경우는 95 percentile에 해당하는 측정치를 대기환경 규제지역 지정에 따른 규제농도로 설정하고 있다.

2.3. 연구대상 도시와 대기오염물질

대기보전법 상 대기환경규제지역의 지정대상이 되는 도시의 조건으로 50만 명 이상 도시이어야 하므로, 대전시(153만 명), 광주시(147만 명), 창원시(108만 명), 청주시(67만 명), 전주시(65만 명), 천안시(59만 명), 김해시(52만 명) 그리고 포항시(52만 명)를 연구대상으로 하였다. 창원시의 경우 2010년 창원시, 마산시, 진해시가 통합되어 연구대상이 되었으며, 김해시의 경우는 현재 김해시의 일부 지역만 대기환경규제지역으로 설정되어 있지만, 최근 인구가 급증하는 김해시 전체의 변화를 반영하여 본 연구의 검토대상으로 포함시켰다.

Table 2. Calculation method of average values of each air pollutant for assigning the air quality control region

| Criteria | Calculation method | Pollutants | Ave. |
|--|---|------------------|---------|
| 1) In case, when the most recently measured annual average is over 80% of the standard. | (1) Calculate each 1-day average from the measured 1-hour data of each pollutant. | SO ₂ | Annual |
| | (2) 1-Day data are only useful when more than 18 1-hour data can be available. | PM ₁₀ | |
| | (3) Annual average can be calculated by 1-day data of one year. | NO ₂ | |
| | (4) 3-year average data can be obtained from the data of 3 consecutive year. | Benzene | |
| | (5) Multiply 0.8 to result of (4). | | |
| 2) In case, when the most recently measured 3-year average of annual 99 percentile concentration of each pollutant is over the corresponding standard. | (1) Calculate 24-hour average concentration according to (1) and (2) of 1). Maximum number of effective 24-hour average concentration is 366 per one year. | SO ₂ | 24-hour |
| | (2) 8-Hour average must be calculated by forward moving average method, and 8-hour data are only obtained from the 1-hour data when more than 6 1-hour data can be available. Maximum number of one-year 8-hour data is 366/year × 3/day. | PM ₁₀ | |
| | (3) Calculate (0.99)×(cn). cn is number of effective data per one year. From the calculation result, integer is assigned as i. | NO ₂ | |
| | (4) By use of $P_{0.99,y} = x_{[i+1]}$, get 99 th percentile value of specific year y. Here, $x_{[i+1]}$ is the concentration of (i+1)th in the continuous series. | CO | |
| | (5) Get the 3-year average from the result of (4). | | |
| 3) In case, when the most recently measured 3-year average of annual 95 percentile concentration of 8-hour ozone is over the standard. | (1) Calculate 8-hour average from (2) of 2). | | 8-hour |
| | (2) Calculate (0.95)×(cn). cn is number of effective data of the one year. Integer of the result is assigned as i. | | |
| | (3) From $P_{0.95,y} = x_{[i+1]}$, get the 95 th percentile concentration of the year y. Here, $x_{[i+1]}$ is the concentration of (i+1)th in the continuous series. | O ₃ | |
| | (4) Calculate 3-year average from the result of (3). | | |
| 4) In case, when the most recently measured 3-year average of annual 99.9 percentile 1-hour data is over each of 1-hour standards. | (1) Use only effective each of 1-hour data. Maximum number of 1-hour data per year is 366/year × 24/day/일다. | SO ₂ | 1-hour |
| | (2) Calculate (0.999)×(cn). cn is number of effective data of the year y. Integer of the result is assigned as i. | O ₃ | |
| | (3) By use of $P_{0.999,y} = x_{[i+1]}$, get the 99.9 th percentile concentration of the year y. Here, $x_{[i+1]}$ is the concentration of (i+1)th in the continuous series. | NO ₂ | |
| | (4) Calculate 3-year average from the result of (3). | CO | |

Table 3. Attainment ratio of air monitoring stations to National Ambient Air Quality Standards, as of 2014

| Pollutants | Standard | Total No. Stations | Effective No. Stations | No. Stations | | Attainment ratio(%) | |
|------------------|----------|-----------------------|------------------------|--------------|----------------|---------------------|------|
| | | | | Attainment | Non-attainment | | |
| SO ₂ | Annual | 0.02 ppm | 254 | 253 | 253 | 0 | 100 |
| | 24-hour | 0.05 ppm | | | 253 | 0 | 100 |
| | 1-hour | 0.15 ppm | | | 251 | 2 | 99.2 |
| NO ₂ | Annual | 0.03 ppm | 257 | 256 | 184 | 72 | 71.9 |
| | 24-hour | 0.06 ppm | | | 168 | 88 | 65.6 |
| | 1-hour | 0.1 ppm | | | 197 | 59 | 77 |
| O ₃ | 8-hour | 0.06 ppm | 257 | 256 | 0 | 256 | 0 |
| | 1-hour | 0.1 ppm | | | 96 | 160 | 37.5 |
| CO | 8-hour | 9 ppm | 253 | 252 | 252 | 0 | 100 |
| | 1-hour | 25 ppm | | | 252 | 0 | 100 |
| PM ₁₀ | Annual | 50 µg/m ³ | 257 | 255 | 156 | 99 | 61.2 |
| | 24-hour | 100 µg/m ³ | | | 21 | 234 | 8.2 |
| Pb | Annual | 0.5 µg/m ³ | 54 | 54 | 54 | 0 | 100 |
| Benzene | Annual | 5 µg/m ³ | 31 | 31 | 30 | 1 | 96.8 |

Table 3은 최근 환경부에서 발표된 국내 대기오염물질 측정소의 환경기준 달성율을 나타낸 것으로, 환경기준 달성율 100%는 모든 측정소가 환경기준을 달성하였음을 의미하므로 해당 대기오염물질의 농도가 환경기준에 비해 상당히 낮다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 환경기준 100%를 달성한 성분 즉, CO, Pb 그리고 측정소가 많지 않은 벤젠에 대해서는 연구대상에서 제외하였다. 또한 SO₂의 미달성 측정소는 위의 연구대상의 도시에 포함된 측정소가 아니기 때문에 제외시켰다. 각 대기오염물질의 2003년부터 2013년까지의 각 지방도시의 도시별 측정결과를 대기환경연보의 자료로부터 추출하여 대기환경규제지역 대상여부를 판정하였다.

3. 결과 및 토의

국립환경과학원에서 발간한 연도별 대기환경 연보의 자료를 바탕으로 8개 도시에 대한 대기환경 규제지역 설정여부를 검토하였다.

3.1. PM₁₀

PM₁₀에 의한 대기환경 규제지역 설정여부에 대한 검토는 Table 2에 나타난 바와 같이 연평균 농도에 대해서는 3년간의 농도가 기준농도의 80% 초과한 경우, 24시간 농도에 대해서는 최근 3년간 99 percentile 농도가 환경기준을 초과한 경우를 기준으로 하고 있다.

Fig. 1은 검토대상인 8개시에서의 3년간 평균농도를 나타낸 것으로 환경기준의 80%를 초과하고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 2는 24시간 PM₁₀의 연도별 99 percentile 농도로 초과율을 나타낸 것으로 청주와 천안, 전주에 다른 검토대상 지역에 비해 다소 높은 수준임을 알 수 있으며, 2012년에 포항, 창원, 김해, 광주가 기준치 이하의 농도를 나타내었으나, 최근 3년간의 농도추이를 감안할 때 김해지역을 제외한 7개 지역에서 환경기준을 만족하지 못함을 확인할 수 있었다.

3.2. NO₂

NO₂의 경우 최근 3년간 연평균의 평균이 환경기준의

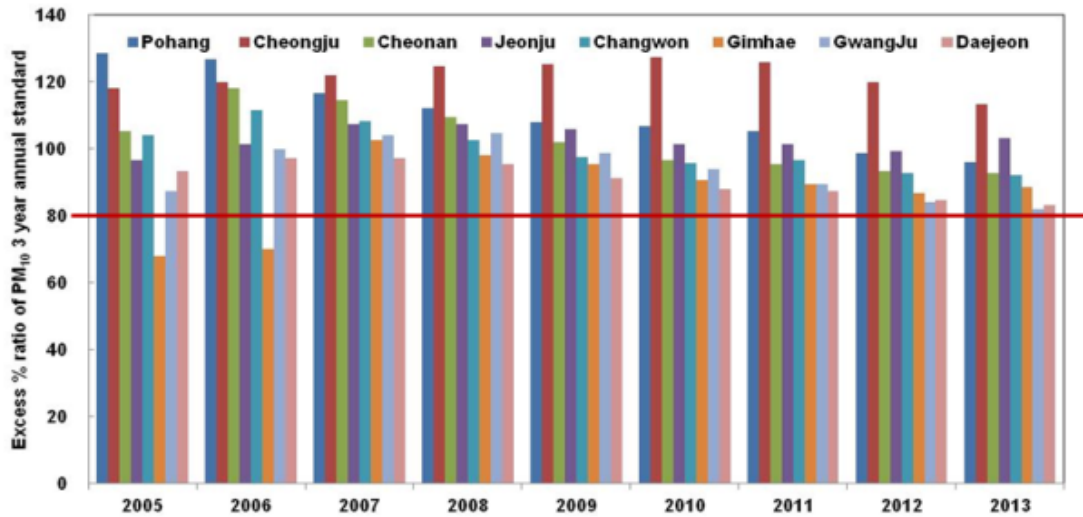


Fig. 1. Excess % ratio of PM₁₀ 3 year annual standard of 8 local cities with 0.5 million population and assignment line of air quality control region.

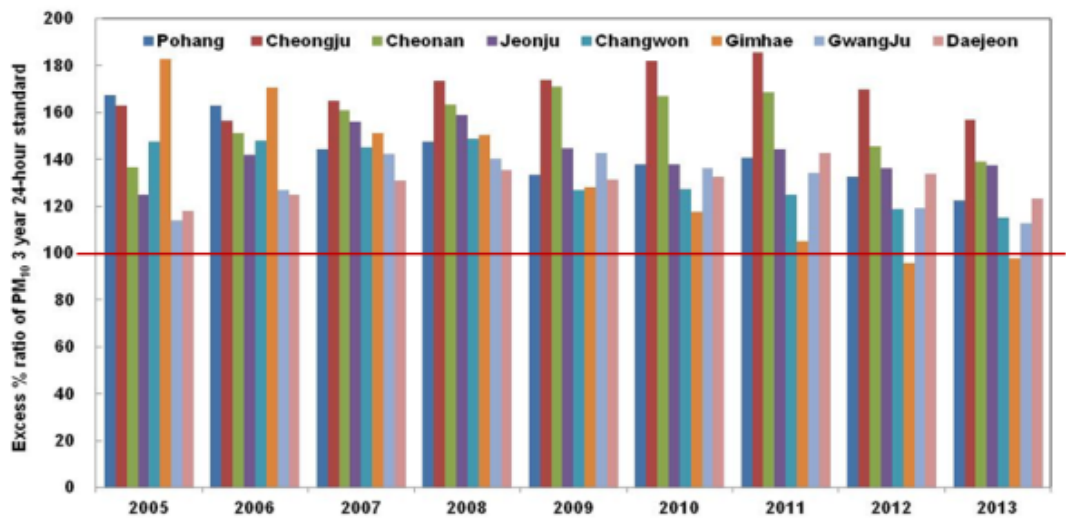


Fig. 2. Excess % ratio of PM₁₀ 3 year 24-hour standard of 8 local cities with 0.5 million population and assignment line for air quality control region.

80% 초과, 24시간에 대한 99 percentile 농도와 1시간에 대한 99.9 percentile 농도의 3년간 평균치가 환경기준을 초과한 경우 대기환경규제지역으로 지정할 수 있다. 대기환경규제지역 설정 가능여부를 확인하기 위해 우선 NO₂의 연도별 연평균 자료를 3년간에 대한 자료로 산정

하여 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 연도별 NO₂에 대한 농도가 다소 높은 지역으로는 청주와 천안이며, 최근 3년간 평균농도가 환경기준의 80%를 만족하지 못하는 지역은 청주뿐이었다.

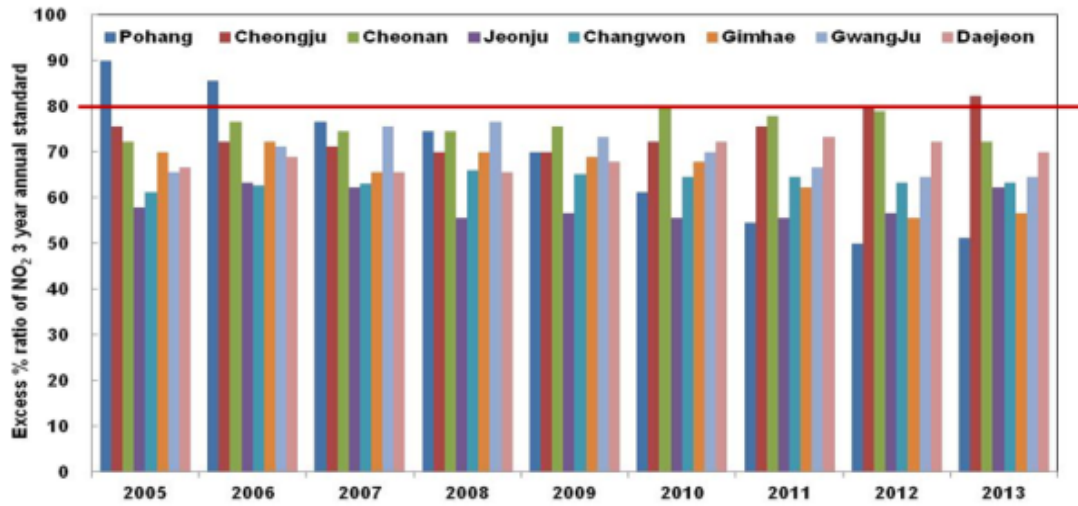


Fig. 3. Excess % ratio of NO₂ 3 year annual standard of 8 local cities with 0.5 million population and assignment line for air quality control region.

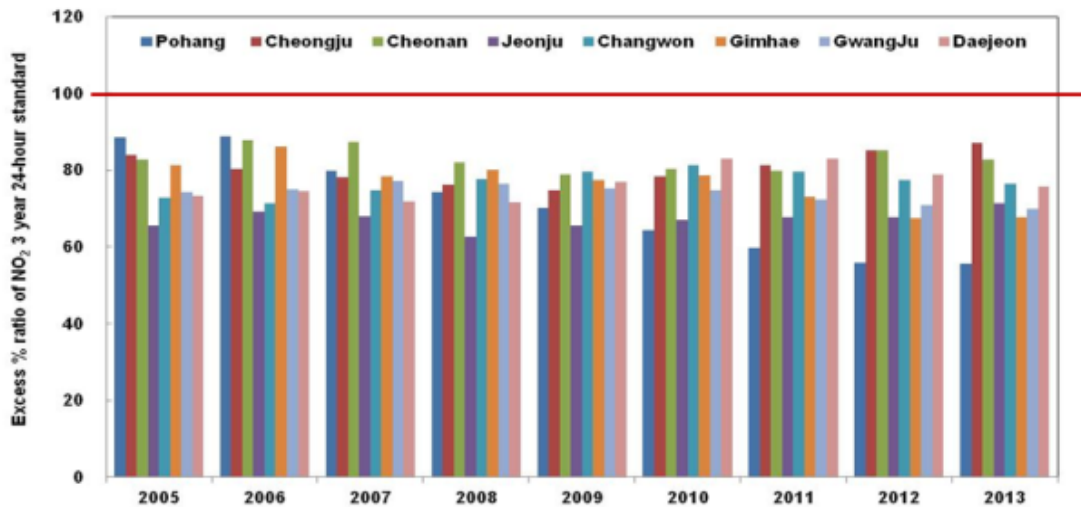


Fig. 4. Excess % ratio of NO₂ 3 year 24-hour standard of 8 local cities with 0.5 million population and assignment line for air quality control region.

Fig. 4는 인구 50만 이상 지방도시의 NO₂ 24시간 측정치 중 99 percentile에 해당하는 농도를 3년간 평균하여 환경기준인 0.06 ppm으로 나눈 초과율을 나타낸 것으로, 8개 지역 모두 대기환경규제지역 설정기준을 만족하고 있음을 알 수 있다.

8개 지방도시의 NO₂ 1시간 측정치의 99.9 percentile

농도를 3년간 평균하여 환경기준인 0.1 ppm으로 나눈 초과율을 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 8개 지방도시 모두 대기환경기준을 충분히 만족하였다.

3.3. O₃

오존에 대한 대기환경규제지역 설정기준은 8시간의

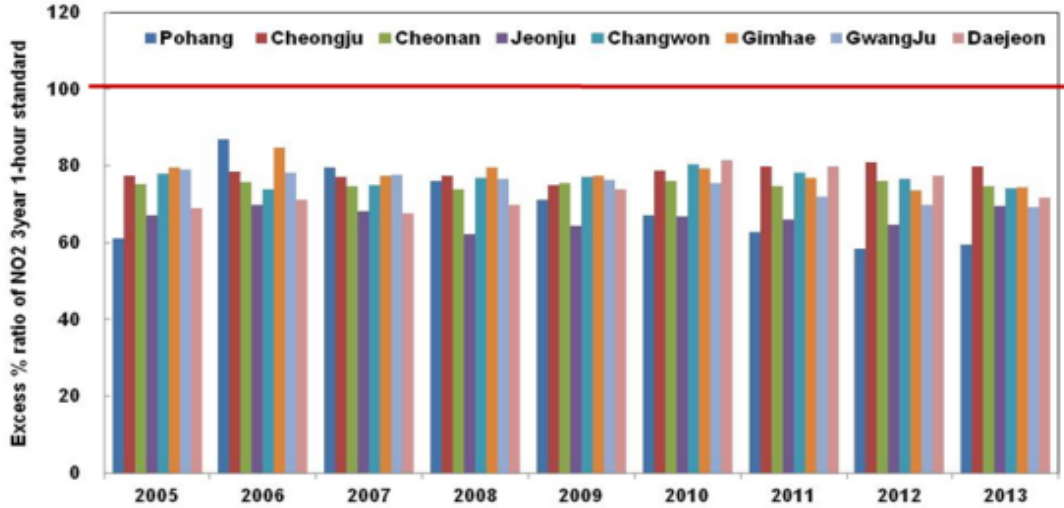


Fig. 5. Excess % ratio of NO₂ 3 year 1-hour standard of 8 local cities with 0.5 million population and assignment line for air quality control region.

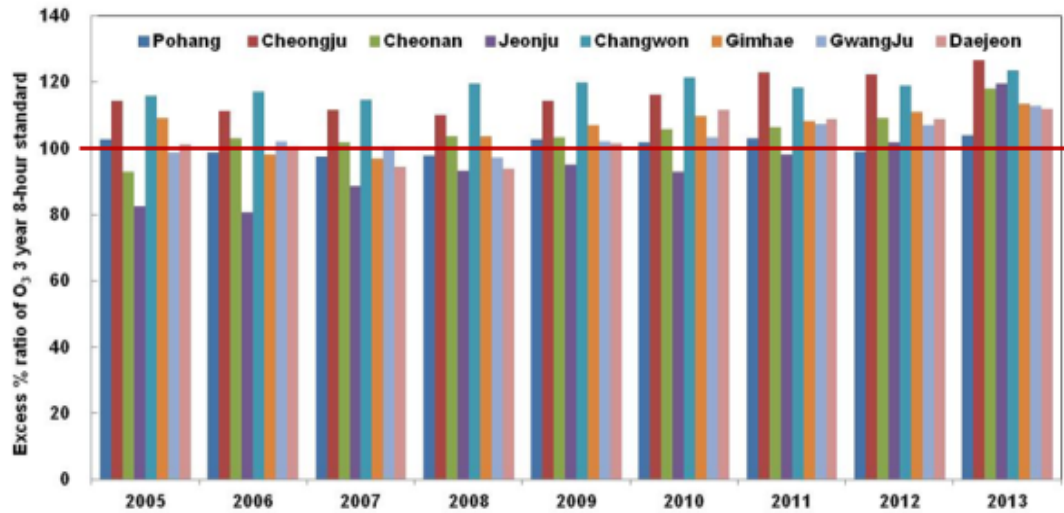


Fig. 6. Excess % ratio of O₃ 3 year 8-hour standard of 8 local cities with 0.5 million population and assignment line for air quality control region.

95 percentile의 농도와 1시간의 99.9 percentile의 농도의 최근 3년의 평균치가 대기환경기준을 초과하는 경우에 해당한다. 특히, 8시간에 대한 대기환경기준은 99 percentile의 농도로 만족여부를 확인하지만 대기환경 규제지역의 지정과 관련해서는 95 percentile의 농도의

최근 3년간 농도가 대기환경지역 설정기준을 초과하였는지로 판정하도록 되어있다.

Fig. 5는 8시간의 95 percentile O₃농도를 최근 3년 평균한 값의 대기환경기준 초과율을 나타낸 것으로 청주, 창원, 천안, 김해시는 대기환경규제지역 설정기준을 초과

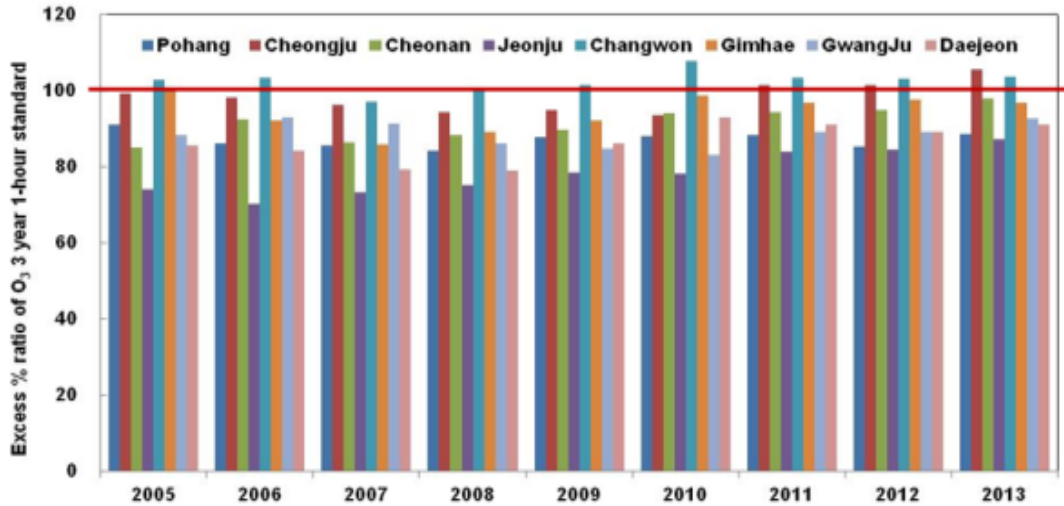


Fig. 7. Excess % ratio of O₃ 3 year 1-hour standard of 8 local cities with 0.5 million population and assignment line for air quality control region.

하며, 광주와 대전은 2005년 이후 점차 초과율이 증가하여 2009년 이후 완전히 초과되었음을 알 수 있다. 반면, 포항시의 경우는 2005년부터 2013년까지 대기환경기준과 거의 동일한 수준이었으며, 2013년에는 7개 검토대상 지자체에 비해서는 현저히 낮은 수준이기는 하지만 대기환경기준은 초과되었음을 알 수 있었다.

O₃의 1시간 99 percentile의 3년 평균치를 대기환경지역 설정기준으로 나누어 산정한 초과율을 Fig. 6에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 2007년~2009년에는 대기환경기준 초과율이 낮은 수준을 보였으나, 이후 증가세로 달라졌음을 알 수 있었다. 포항시와 전주시, 천안시, 광주시, 대전시, 김해시 등은 대기환경규제지역 설정기준을 항상 만족하는 수준을 나타낸 반면, 청주시와 창원시는 2011년 이후부터 초과하고 있음을 알 수 있었다.

4. 결론

대기환경규제지역 제도는 대기오염이 심각하거나 심각해질 우려가 있는 지역을 지정하여 대기오염물의 저감 계획 수립 후 실천을 하는 제도이다. 대기환경규제지역으로 설정된 지역은 해당 지자체가 대기오염저감을 위해

목표를 정해 저감활동을 실천하는 것이어서 지자체로서는 많은 경제적 부담과 노력이 따르게 된다.

대기환경규제지역 설정여부를 알아보기 위해 현재 대기환경기준물질 중 SO₂와 CO를 제외한 PM₁₀, NO₂, O₃의 연평균, 24시간, 8시간, 1시간 등의 percentile 농도를 바탕으로 최근 3년간의 평균농도를 산정하였다. 그 결과, PM₁₀에 대해서는 연평균의 3년 평균치의 80%로 설정된 초과율을 8개 지방도시 모두 초과함을 알 수 있었으며, 99 percentile에 대한 초과율은 김해시가 2012년과 2013년에 만족하는 것 외에 7개 도시 모두 대기환경 규제지역 설정기준을 만족하지 못하였다.

NO₂의 경우는 연평균 기준은 청주시만이 만족하지 못하는 수준이었으나, 24시간과 1시간 규제지역 설정기준에 대해서는 모두 만족하고 있음을 확인하였다. O₃에 대해서는 8시간에 대한 규제지역 설정기준에 대해서는 8개 지방도시 모두가 만족하지 못하였으나, 1시간에 대한 규제지역 설정기준에 대해서는 청주시와 창원시가 만족하지 못하는 수준을 나타내었다.

따라서, PM₁₀과 O₃에 대해서는 8개 도시 모두에서 저감대책이 시급할 것으로 보여지며, NO₂에 대해서는 청주시가 대기오염도 개선을 위한 저감활동이 타 도시에 비해 시급하다고 판단되었다.

감사의 글

본 논문은 2015년도 경북지역 녹색환경지원센터의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- BDI(Busan Development Institute), 2005, Implementation plan for air quality improvement by designation of air quality control region, A report published by Pusan Metropolitan City Government (Korean).
- DAE(Dong-A Engineering), 2004, A final report on the implementation plan of improving air quality by designating Kwangyang Bay area as the air quality control region, Published by Jeollanam-do Provincial Government.(Korean).
- GRI(Gyeonggi Research Institute), 1995, 21C Gyeonggi implementation plan for air conservation, A report published by Gyeonggi-do Provincial Government (Korean).
- GPG(Gyeonggi-do Provincial Government), 2006, A report of practical plan for improving air quality of Gyeonggi-do Province (Korean).
- IMCH(Incheon Metropolitan City Hall), 2006, Practical plan for improving air quality of Incheon Metropolitan City (Korean).
- KECC(Korea Engineering Consultants Corp.), 2000, A report for implementation plan for air quality improvement according to designation of air quality control region, A report published by Incheon Metropolitan City Hall (Korean).
- Kim, S. T., Hong, M. S., 2010, Final report of the strategy for improving regulation standards of ambient air quality for assigning the air pollution control and management district (in Korean), Ministry of Environment, 46-47.
- MOE(Ministry of Environment), 2008, Clean Air Conservation Law, Article 18, Designation of air quality control region (Korean).
- SI(The Seoul Institute), 1999, A study on set-up for the implementation plan according to designation of air quality control region, A report published by Seoul Metropolitan Government (Korean).
- SMG(Seoul Metropolitan Government), 2006, Practical plan for improving air quality of Seoul Metropolitan City (Korean).
- US EPA, 2008, National Ambient Air Quality Standards.
- US EPA, 2013, State Implementation Plan.
- Yang, S. B., Shon, H. G., Yu, M. S., Jung, C. H., Kim, T. O., 2008, Final report on the improving strategy of regulation system for air pollution control district and improvement of ambient air quality of local cities with populations more than 0.5 million (in Korean), Ministry of Environment, 23-61.
- Yoo, A. H., Kwak, S. J., Lee, J. S., 2008, Using a choice experiment to measure the environmental costs of air pollution impacts in Seoul, Journal of Environmental Management, 86, 308-318.
- WGC(Wooshin General Corporation), 2004, Implementation plan for improvement of air quality of Kimhae and Hadong in Gyeongsangnam-do Province (Korean).