

대구지역 대기환경용량 산정에 관한 연구

박명희 · 최근식¹⁾ · 정우식²⁾ · 김해동^{1)*} · 이준수

국립수산과학원, ¹⁾계명대학교 환경대학, ²⁾인제대학교 대기환경정보공학과/대기환경정보연구센터
(2010년 8월 24일 접수; 2010년 9월 16일 수정; 2010년 9월 23일 채택)

An Evaluation of Atmospheric Environmental Capacity in Daegu

Myung-Hee Park, Geun-Sik Choi¹⁾, Woo-Sik Jung²⁾, Hae-Dong Kim^{1)*}, Joon-Soo Lee

National fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea

¹⁾College of Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

²⁾Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information
Research Center, Gimhae 621-749, Inje University, Korea

(Manuscript received 24 August, 2010; revised 16 September, 2010; accepted 23 September, 2010)

Abstract

This study aims to implement the modeling of selected substances for the evaluation of Atmospheric Environmental Capacity by means of the data of 2006 atmospheric pollution substance emissions. As a result, it turned out that the substance with the concentration higher than Atmospheric Environmental standard concentration was NO₂, and 17.6% of the total regions researched turned out to exceed the standard concentration.

In addition, set was the targeted amount to be reduced in the areas where the upper limit of emission per unit lattice was exceeded, and the model was adopted accordingly. As a result, it turned out that about 80% of the actual emission should be reduced to meet the 2006 Atmospheric Environmental standard over the Daegu. In reality, it is impossible to reduce 80% of the actual emission. Thus, the same ratio of reduction was applied in all of the Daegu regions, and the modeling was applied. The results are as follows: When 30% was reduced, the level went down to 50 ppb, which is as high as 2006 Atmospheric Environmental standard; when 50% was reduced, the level went down to 30 ppb, which is as high as 2007 Atmospheric Environmental standard.

Key Words : Atmospheric environmental capacity, Air monitoring station, Correlation diagram, The limited emission rate

1. 서론

최근의 대기오염현상은 복잡한 대기물리 및 대기 화학과정을 거치므로 발생원리가 매우 복잡할 뿐만 아니라 장거리이동에 의한 영향 등 대상 영역도 광역

화되고 있어 이를 해결하기 위해서는 기존의 방법에 비해 새로운 방식으로서의 접근이 필요하다(Kim 등, 2002).

특히 우리나라의 수도권대기질은 선진국의 주요 도시에 비해 대기오염 상태가 좋지 않은 것으로 평가됨에 따라 정부는 대기질을 OECD선진국 수준으로 개선한다는 목표를 세우고 있으나, 지역의 대기상태 및 그 동안의 대기질 개선을 위해 이행된 정책의 효율성 측면에서 볼 때 사후적인 규제위주의 방식으로는

*Corresponding author : Hae-Dong Kim, College of Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Phone: +82-53-580-5930
E-mail: khd@kmu.ac.kr

급증하는 대기오염배출시설의 배출량 총량관리가 어렵고, 지자체별로 개별적인 분산관리로도 광역적으로 이동되는 대기오염물질의 관리가 불가능하다. 이와 더불어 대기오염과 연관성이 큰 에너지정책, 산업정책, 도시계획 등 관련 정책과의 통합적 접근 또한 어렵기 때문에 종합적으로 사전에 이를 예방하는 차원에서 총량관리방안을 마련할 수 있는 환경용량에 대한 관심이 증대되고 있다.

환경용량의 개념은 1930년부터 생태학, 인구학, 관광학, 환경계획학 등에서 다양한 형태로 응용되고 있으며, 자연환경의 보전가치에 따라 인간생활을 건전한 방향으로 이끌며 보호할 수 있는 범위로 정의하고 있다. 환경영향평가란 환경용량 구성요소의 한계치를 기준으로 하여 관심지역의 경제규모가 해당지역의 환경용량을 초과했는지 여부를 파악함으로써 각종 개발사업이 환경에 어느 정도 영향을 미치는지를 정책적 관점에서 평가하는 과정이다. 현재까지 국내외에서 수행되어진 환경용량 산정사례는 시스템 다이내믹스 활용방법, 생태적 발자국 지수 산정방법, 에머지 분석 방법, Onishi 접근 방법 등이 있다(Moon, 1998; Odum, 1996; Onishi, 1994; Park 등, 2008)

대기환경용량을 파악하는 것은 현재의 대기질 수준을 가능하고 개선해야 할 양 등에 대한 구체적인 정보를 제공하게 되는 체계적인 접근방법이라 할 수 있다. 우리나라 공단 및 대도시의 대기오염도 변화를 살펴보면 과거에 비해 청정연료 사용을 권장하는 연료정책의 일환으로 SO₂ 오염도가 확연히 개선된 것을 볼 수 있다. 하지만 PM₁₀, NO_x, O₃농도는 오히려 조금씩 악화 되는 추세를 보이고 있는데, 이는 황사현상과 같은 외부적인 요인을 비롯하여 산업단지의 확대나 자동차의 증가 등으로 인한 오염물질 배출량 증가에 기인한 것으로 볼 수 있다. 그러나 동일한 오염물질이 배출되더라도 지형, 기상 등의 영향으로 인해 대기질 상태는 다양하게 나타날 수 있으므로 지역별 대기환경용량의 파악은 중요한 의미를 가진다(Park 등, 2008).

대기환경용량을 적용한 국외사례로는 캐나다에서 호소수의 산정화 방지 대책으로서, 황산염의 습성침적(wet deposition)의 양을 호소수의 환경용량으로 정하여 조사하였고, 태국에서 황화합물의 변화가 환경용

량에 미치는 영향을 조사한 바 있으며 중국 Lanzhou 지역에서 아황산가스에 대한 대기환경용량 산정을 수행한 연구가 있다(Towprayoon 등, 2001; Ro와 Robert, 1999). 국내에서는 충주지역을 대상으로 대기환경개선을 위한 사례와, 국내 대도시지역대상으로 효과적인 대기질 관리를 위하여 대기환경용량을 산정한 바 있다(Park 등, 2008; Kim 등, 2002).

본 연구에서는 대구지역을 대상으로 대기오염농도 및 대기오염물질배출량에 대한 현황 조사를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 고농도가 자주 발생되거나 그러할 가능성이 높은 NO₂를 대상으로 대기오염기여도를 평가하였다. 또한, 대기확산모델을 통하여 대기환경용량을 산정하고 효율적인 대기관리를 위하여 배출량의 삭감 목표량을 제시하고자 하였다. 본 연구의 결과는 향후 대기환경개선을 위한 관리방안 수립과 대기총량규제 도입 시 기초 자료로 활용될 것으로 판단된다.

2. 자료 및 방법

2.1. 대상지역

본 연구에서는 동경 128°21' ~ 128°46', 북위 35°36' ~ 36°01'에 위치한 대구지역을 대상으로 각종 오염원으로부터 배출되는 대기오염물질배출량을 파악하고, 대기환경용량을 산정하였다.

대구지역의 지리적 특성(Fig. 1)은 한반도의 동남부 내륙에 위치하고 있으며, 북쪽으로 팔공산, 남쪽으로는 대덕산과 비슬산 등 높은 산줄기가 여러 곳으로 뻗어 병풍처럼 도심지를 둘러싸여 있고, 동서로는 완만한 구릉지로 둘러싸인 분지형 도시이다. 도심에서는 신천이 가로질러 흐르고, 도시 북쪽에서는 금호강이 동편에서 서편으로 휘돌아 낙동강과 합류한 후 남쪽으로 흐르고 있다. 이러한 지형적 특징으로 인하여 대구는 뚜렷한 대륙성 기후를 나타내고 있어, 기온의 일교차가 크고, 강수량이 다른 지역에 비해 적고, 여름과 겨울의 기온차가 크게 나타난다(Park 등, 2003).

2.2. 연구방법

본 연구에서는 대구지역의 대기환경용량 산정에

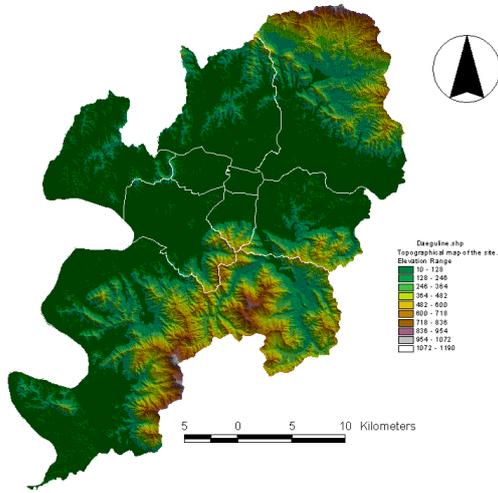


Fig. 1. Topography in Daegu.

앞서 대구지역의 대기질 상태를 파악하기 위해 대구 지방환경청에서 제공하는 2003년부터 2007년까지의 5년간의 대기오염측정망별 5개 오염물질(NO₂, SO₂,

CO, O₃, PM10)의 농도자료를 활용하여 연간 대기오염 농도현황을 분석하였다. Fig. 2와 Table 1은 대구지역에 설치된 11개의 대기오염관측지점의 위치와 현황을 나타낸 것이다. Table 1에 제시된 바와 같이 대구지역에는 9개의 지역대기측정망(상업지역 1, 공업지역 2, 주거지역 5 그리고 자연녹지지역 1)과 2개의 자동차 배출가스 측정망(상업지역 1, 공업지역 1)이 있다.

대기환경용량 산정을 위하여 이용된 모델은 ISCST3 (Industrial Source Complex short term 3) 모델이며, 초기 입력 자료는 2006년의 대기오염물질배출량 자료와 기상자료를 이용하였다. 대기오염물질 배출량은 대기정책지원 시스템(CAPSS)에서 구축한 2006년도 격자별 NO_x, SO_x, CO, PM-10 자료를, 기상자료는 대구기상대에서 제공하는 2006년의 기온, 풍향, 풍속, 운량, 운고, 기압, 상대습도의 시간대별 자료를 이용하였다.

먼저 모델링 수행을 통하여 오염물질 마다 기여율을 파악하고 개선하고자 하는 대상물질을 선정하였다.

Table 1. The present condition of urban air monitoring station

Type	Number	Name	Source category	TM_X	TM_Y	Site
Air	1	Suchang	Commercial	343000	263000	73, Suchang-Dong, Jung-Gu (Suchang elementary school)
	2	Nowon	Industrial	340000	268000	262, 3Ga, Nowon-Dong, Buk-Gu (Samyoung elementary school)
	3	Galsan	Industrial	334000	259000	971-1, Galsan-Dong, Dalseo-Gu (College of Korea Textile & Fashion Polytecnic)
	4	Ihyeon	Industrial	337000	264000	48-60, Ihyeon-Dong, Seo-Gu (Jung-ni elementary school)
	5	Sinam	Residential	348000	267000	Sinam5-Dong Dong-Gu (Sinam5 Dong office)
	6	Yulha	Residential	354000	264000	254-1, Yulha-Dong Dong-Gu (Anil elementary school)
	7	Manchon	Residential	350000	263000	934, Manchon2-Dong Suseong-Gu (Dongwon elementary school)
	8	Jisan	Residential	347000	259000	761-11, Jisan-Dong, Suseong-Gu (Daegu Regional Environmental Office)
	9	Daemyung	Residential	342000	261000	3050, Daemyung-Dong, Nam-Gu (Sungmyoung elementary school)
	10	Taejeon	Residential	339000	271000	1076-5, Taejeon-Dong Buk-Gu (Taeam elementary school)
	11	Hyeonpung	Natural green space	330000	245000	247, Buri, Hyeonpung-myeon, Dalsong-Gun

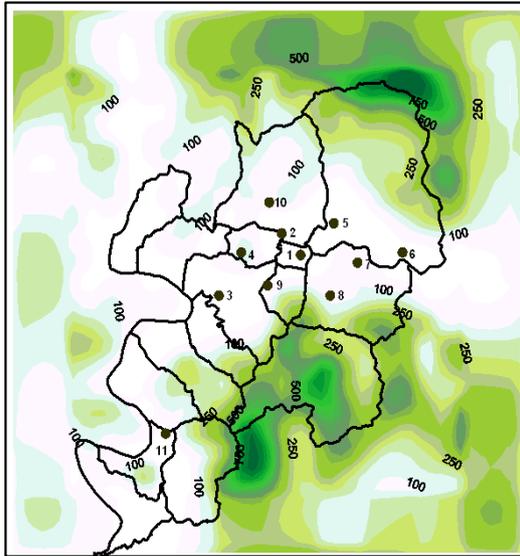


Fig. 2. The locations of urban air monitoring station in Daegu.

선정된 물질을 대상으로 1 km×1 km 간격의 격자별 배출량과 모델링을 통해 산정한 예측농도간의 상관관계를 분석하였다. 다음으로 면오염원을 1 km×1 km 단위격자에서 고르게 배출된다고 가정하여 목표농도(대기환경기준(Table 2), 대기환경기준 80%수준)달성에 필요한 적정배출량을 추정하는 한계배출을

을 파악하여 대기환경용량을 산정하였다. 일부 지역에서 목표치를 초과하는 경우, 초과농도 감축을 위해 다음과 같은 방안을 모색하였다. 첫 번째는 고 배출지역에 대한 적정 삭감량을 추정한 후 모델링을 통한 예상농도를 평가하고, 두 번째는 대구시 전 지역에 대기오염배출량을 동일한 비율로 삭감하였을 때 나타나는 예상농도를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 대기오염물질 농도의 연변화

대기오염물질의 연변화 특성을 알아보기 위하여 대기오염물질별 평균농도를 이용하여 물질별, 지점별 비교를 수행하였다.

Fig. 3은 2003년~2007년까지 5년간 대구지역에서의 대기오염물질농도의 연변화를 나타낸 것이다. PM10과 CO는 2003년 이후 매년 감소하는 경향을 보였으며 SO₂는 2003년 이후 약 0.006 ppm으로 거의 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 PM10과 CO, 그리고 SO₂의 농도가 감소하는 이유는 1990년대 중반 이후 저황 연료유 공급·사용 확대, 고체연료의 사용금지, 청정연료(천연가스)의 사용을 의무화 하는 정부의 연료규제제도의 정책적 효과로 판단된다.

Table 2. Atmosphere environmental standard in Korea

Category	Section	1993	1994	2001	2007
Nitrogen dioxide (NO ₂ , ppm)	year	0.05	0.05	0.05	0.03
	24hour	-	0.08	0.08	0.06
	1hour	0.15	0.15	0.15	0.10
Sulfurous acid gas (SO ₂ , ppm)	year	0.05	0.03	0.02	0.02
	24hour	0.15	0.14	0.05	0.05
	1hour	-	0.25	0.15	0.15
Carbon dioxide (CO, ppm)	year	8	-	-	-
	8hour	20	9	9	9
	1hour	-	25	25	25
Ozone (O ₃ , ppm)	year	0.02	-	-	-
	8hour	-	0.06	0.06	0.06
	1hour	0.10	0.10	0.10	0.10
Particulate Matter (PM10, ug/m ³)	year	-	80	70	50
	24hour	-	150	150	100

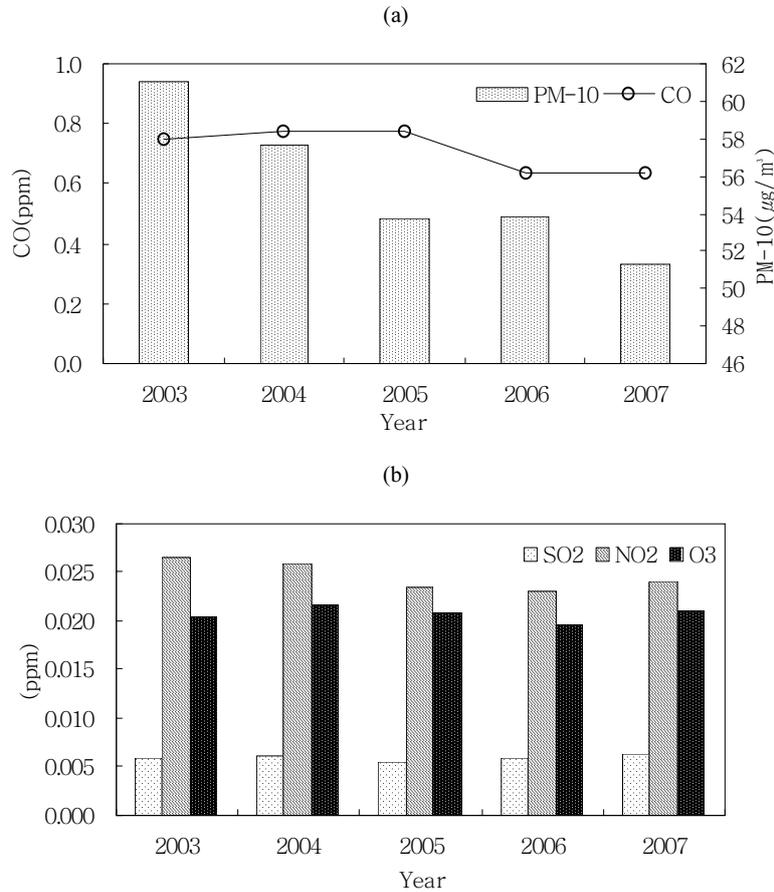


Fig. 3. The annual variation of air pollutant concentrations in Daegu.

반면 O₃과 NO₂ 농도의 경우는 2003년 이후 2년간 0.002 ppm 감소하였으나, 2005년 이후 거의 변화를 보이지 않고 있으며, NO₂의 농도가 O₃ 농도에 비해 매년 약 0.003 ppm 이상 높게 나타났다.

3.2. 대기오염물질배출 현황

다음은 대구지역의 점, 선, 면오염원에서 배출되는 대기오염물질별 분포를 살펴본 결과이다(Fig. 4). 점오염원의 경우는 성서공단, 서대구 공단과 3공단, 달성공단 순으로 높은 배출량을 보였다. 오염물질별 기여율은 NO_x가 전체의 52%(3846.34 ton/year), SO_x는 41%(3043.5ton /year), 다음으로 CO가 4.5%(311.13 ton/year), PM10이 2%(311.19 ton/year)를 차지하는 것으로 나타났다. 면오염원의 경우는 대단위 아파트

단지가 밀집되어 있는 주거지역을 중심으로 난방연료의 사용이 많은 달서구, 남구, 서구 순으로 뚜렷하게 높은 값이 나타났다. 대기오염물질별 기여율은 NO_x가 전체의 31.4% (6049.63 ton/year), CO가 34.9%(5969.1 ton/year), SO_x가 21.6%(4388.15 ton/year), PM10이 4.1%(693.9 ton/year)를 차지하는 것으로 나타났다. 선오염원의 경우는 고속도로의 분기점(성서인터체인지와 남대구 인터체인지)이 위치한 달서구가 가장 높은 배출량을, 넓은 도로와 유동인구가 많은 수성구와 북구가 다음 순이었다. 오염물질별 기여율은 CO가 전체의 50.1%(36845 ton/year), NO_x가 40.6%(29429 ton/year), PM10이 8.4%(6096.3 ton/year), SO_x가 0.2%(173.1 ton/year)를 차지하는 것으로 나타났다.

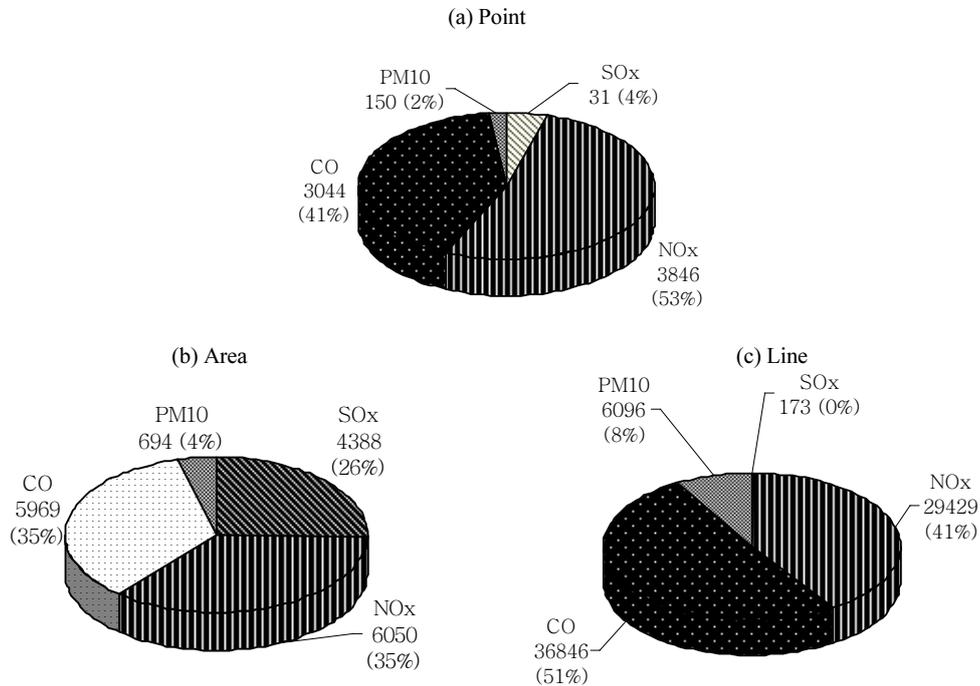


Fig. 4. The percentage for each air pollutants emission for (a) Point, (b) Area, (c) Line source in Daegu.

3.3. 대기환경용량산정

3.3.1. 대기환경용량 대상물질 선정

대기정책지원시스템에서 산정한 2006년도 대기오염물질배출량 자료를 활용하여 대기환경기준에 따라 NO₂, SO₂, PM10은 연간을 대상으로, CO는 8시간을 대상으로 모델링을 수행하여 그 결과를 Fig. 5에 제시하였다. 모델링 수행에 있어 점오염원은 배출원에 따라 분류하였고, 선오염원은 면오염원으로 간주하여 합산하여 수행하였다. Fig. 5의 모델링 결과를 살펴보면 PM10(Fig. 5(a))의 중심농도는 약 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, SO₂(Fig. 5(b))는 약 0.02 ppm, CO(Fig. 5(c))는 약 1.4 ppm으로 모두 최대 농도값이 대기환경기준 이하임을 알 수 있었다. 그러나 NO₂(Fig. 5(d))의 경우는 최대값이 약 0.08 ppm으로 대기환경기준인 0.03 ppm보다 약 3배 정도 높았으며, 대기환경기준 이상인 면적은 전체 면적의 17.6%(156km²)를 차지하고 있었다. 이러한 결과로 인하여 NO₂를 대기환경용량산정 대상물질로 선정하였다.

또한 대기환경용량 산정에 앞서 적용 모델의 타당성을 검증하기 위하여 선정된 NO₂를 대상으로 대기오염측정망의 농도와 모델링 결과를 비교하여 Table 3에 제시하였다. 그 결과를 살펴보면 수창과 지산, 대명지점을 제외하고는 거의 차이를 보이지 않았다. 지산과 대명, 수창 지점의 모델링 결과가 대기오염측정망의 농도에 비해 다소 높은 값을 나타내는 것은 다른 지점에 비해 대기오염측정망의 위치가 배출원에서 떨어져 비교적 대기질이 청정한 공간건물과 학교의 옥상에 설치되어 있기 때문으로 판단된다.

3.3.2. NO₂의 배출량과 오염농도 간의 상관관계

일반적으로 기상조건을 일정하다고 가정하면 대기오염도는 배출량에 비례하게 된다.

다음으로, 1 km×1 km 간격의 격자별 배출량과 모델링을 통해 산정한 해당격자의 예측농도간 관계를 살펴보았다(Fig. 6). 이 과정은 배출량과 오염도간의 연관성을 알아보기 위한 것으로 상관성이 높을수록 배출량을 감축시켰을 때 오염도 개선이 명확히 나타

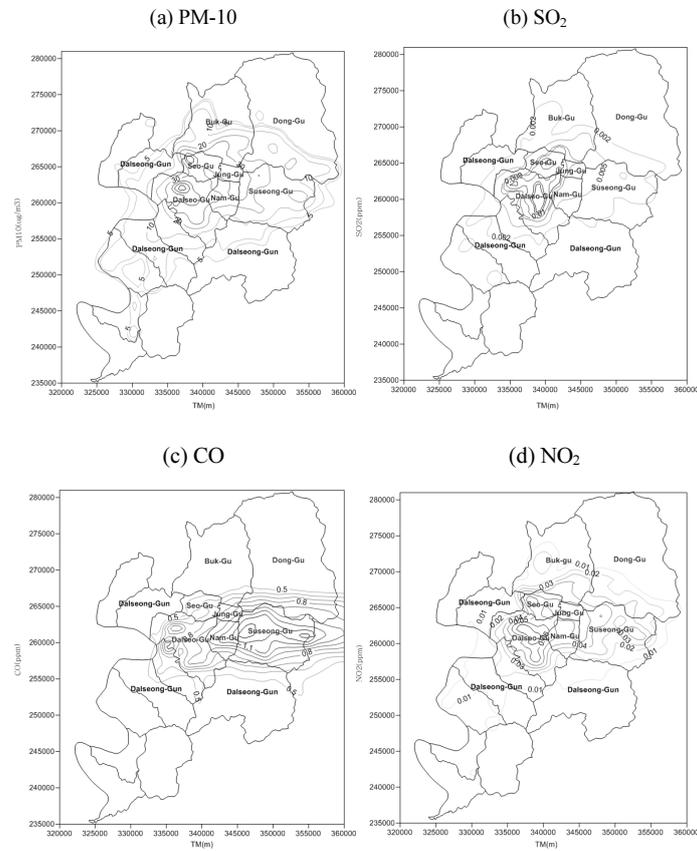


Fig. 5. Modeling result of air pollutants.

Table 3. Comparison of NO₂ concentration of model result and air monitoring station

Air quality monitoring network	Source category	Environmental standard	Concentration of model	Concentration of air monitoring station
Suchang	Commercial	30 ppb	48	25
Nowon	Industrial		25	25
Galsan	Industrial		21	21
Ihyeon	Industrial		29	31
Sinam	Residential		26	25
Yulha	Residential		26	22
Manchon	Residential		27	23
Jisan	Residential		36	19
Daemyung	Residential		50	23
Taejeon	Residential		25	26
Hyeonpung	Natural green space		10	19
Average concentration			29	23

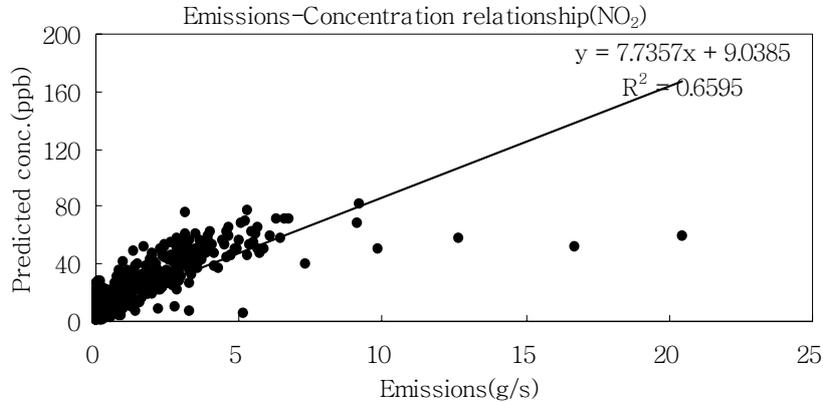


Fig. 6. Scatter diagram for Emissions-Concentration relationship in Daegu.

나는 것을 의미하고 상관성이 낮을수록 해당지역 자체의 배출원보다 주변지역의 영향을 더 많이 받는다는 것을 의미하는 것으로, 이 과정은 모델의 정확도를 나타내는 것과는 무관하다.

Fig. 6을 통해 살펴본 NO₂의 상관도는 0.659로 비교적 높게 나타났다. 이를 통해 대구지역의 대기오염 배출량을 감축시켰을 때 오염도 개선이 명확하게 나타날 것으로 기대할 수 있다.

3.3.3. 한계배출을 산출식

다음으로, 대기환경용량을 산정하기 위하여 단위격자당 한계배출율을 알아내는 작업을 실시하였다. 한계배출율이란 대구지역의 단위격자에 동일하게 배출하였을 때 목표농도가 되는 배출율을 의미하며, 목표농도란 대기환경기준치 장기기준(연간) 30 ppb농도 또는 그의 80%인 24 ppb를 말한다.

대구지역의 20 km×20 km 지역에서 1 m²의 단위격자로부터 전체적으로 고르게 2 g/s로 배출된다고 가정했을 때 중심지역에서의 예측농도(모델농도)는 30.06으로 나타났으며, 대기오염측정농도와 상관도를 작성하여 다음과 같은 식을 산출하였다.

$$C = (C_p \times A) + B \quad \text{식(1)}$$

$$= (C_p \times 1.539) - 27.57$$

C : Calibrated concentration

C_p : Predicted concentration

A : Slope

B : intercept

식 1에서 구한 30 ppb와 24 ppb에 대한 예측 농도값은 각각 37.41 ppb, 33.51 ppb이며, 기준치를 만족시키기 위한 임의의 지역 전체에서의 NO₂ 평균배출율을 X1, 기준치의 80%를 만족시키기 위한 NO₂의 평균배출율을 X2라 하면 식 2와 같이 표현 할 수 있다.

$$2 : 30.06 = X1 : 37.41 \quad X1 : 2.49 \text{ g/s} \quad \text{식(2)}$$

$$2 : 30.06 = X2 : 33.51 \quad X2 : 2.23 \text{ g/s}$$

위의 식을 통해, 대구지역에 동일하게 대기환경기준을 유지하기 위해서는 2.49 g/s의 배출량이, 환경기준 80%를 유지하기 위해서는 2.23 g/s의 배출량이 필요한 것으로 분석되었다.

3.3.4. 구별 대기환경용량 산출

여기서는 식 2에서 산출한 한계배출율을 사용하여 장기환경기준치의 80%수준 달성을 목표로 하는 경우의 대기환경용량을 산정하고 실제 배출량과 비교, 분석하였다(Table 4).

대구지역 중 달성군은 대기오염물질배출량은 낮은데 비해 면적이 너무 광범위하여 대기환경용량 산정시 오차를 유발할 수 있을 것으로 판단되어 본 연구의 대기환경용량 산출시 제외하였다.

Table 4. Emission of the district in Daegu

	Average concentration (ppb)	The average rate of emission (ton/yr)	Area (km ²)	Actual emission (ton/yr)	Environmental capacity (ton/yr)
Nam-Gu	37.22	68.18	15	1022.70	1054.95
Jung-Gu	54.29	130.21	8	1041.69	562.64
Seo-Gu	49.82	152.33	20	3046.65	1406.60
Buk-Gu	19.54	39.05	92	3592.16	6470.36
Dong-Gu	10.93	19.63	162	3180.27	11393.46
Suseong-Gu	30.30	53.15	72	3826.82	5063.76
Dalseo-Gu	42.63	114.77	56	6427.36	3938.48
Total emission				22137.65	29890.25

달성군을 제외한 대구시의 대기환경용량과 실제 배출량을 비교하여 보면(Table 4), 대구시의 대기환경용량은 약 3만 톤으로 실제 배출량 2만2천 톤에 보다 약 8천 톤 낮았는데, 이는 대구지역의 경우 약 8천 톤

이상의 배출량을 포함할 수 있는 여유가 있다는 것을 의미한다. 그러나 구별 대기환경용량을 비교하여 보면 상이한 차이가 있다. 먼저 단위면적당 배출량을 살펴보면 중구, 서구, 달서구는 환경용량의 2배 이상을 실제로 배출하고 있으나, 반대로 북구, 동구, 수성구는 절반 이하를 배출하는 것으로 나타났다. 중구와 서구의 높은 배출량은 그 지역에 거주하는 사람들의 호흡곤란과 안과질환, 대사장애 등 인체의 피해를 유발할 가능성이 높다. 그러므로 해당지역 전체가 아닌 단위구역별로 고 배출지역에서의 배출량 저감은 절실히 요구된다고 할 수 있다.

3.3.5. 한계배출을 초과지역 삭감

한계배출을 초과지역을 대상으로 배출량 초과분에

대하여 50%, 80% 삭감한 경우의 모델링을 실시하고 초과면적에서의 대기오염농도변화를 Table 5에 제시하였다. 그 결과 초과배출량의 80%를 삭감해야만 대구지역 전체에서는 2006년 대기환경기준인 50 ppb 이하로 떨어짐을 확인할 수 있었다. 그러나 현재 고배출지역에서 NO₂의 주된 배출원을 차지하고 있는 큰 공장과 같은 고정배출원과 자동차 등 이동배출원을 대상으로 정부에서 추진하고 있는 대기오염방지법만으로는 초과배출량의 80%를 삭감하는 것은 불가능하다. 따라서 고배출지역 뿐만 아니라 주변 지역에 대해서도 동일한 삭감율을 적용하여 대기환경용량 삭감 목표 달성이 필요할 것으로 판단된다.

3.3.6. 대구 전 지역에서 동일한 비율로 삭감한 경우

다량의 대기오염물질 배출지역에서 초과배출량에 대한 삭감을 이행하지 못하였을 경우를 가정하여 대구지역에서 배출된 대기오염배출량을 전 지역에서 동일한 비율로 배출량을 삭감하여 모델링을 실시하였을

Table 5. Exceeded area when reducing the area exceeding the limited emission rate

	Min.	Mean	Max.	Exceed area(km ²)		
				50 ppb (Atmosphere environmental standard in 2006)	30 ppb (Atmosphere environmental standard in 2007)	24 ppb (80% atmosphere environmental standard)
No reduction	0.53	16.34	82.09	59(7%)	160(19.6%)	196(23.1%)
50% reduction	0.49	14.30	58.65	11(1.3%)	141(16.6%)	181(21.3%)
80% reduction	0.46	13.01	44.56	0(0%)	121(14.3%)	169(19.9%)

Table 6. Exceeded area when reducing Daegue with the same percentage

	Min.	Mean	Max.	Exceed area(km ²)		
				Air pollutant concentration (ppb)	50 ppb (Atmosphere environmental standard in 2006)	30 ppb (Atmosphere environmental standard in 2007)
No reduction	0.53	16.34	82.09	59(7%)	160(19.6%)	196(23.1%)
30% reduction	0.37	11.51	57.49	5(0.6%)	98(12%)	131(15.5%)
50% reduction	0.27	8.25	41.08	0(0%)	17(2%)	66(15.5%)
Area only	0.51	15.95	80.51	50(5.9%)	156(19%)	194(19.4%)

때 나타나는 대기오염농도와 초과면적에 대한 변화를 Table 6에 나타내었다.

Table 6을 살펴보면, 실제 배출량에 대한 농도는 최대 82.09 ppb였고, 2007년 대기환경기준인 30 ppb를 초과하고 있는 지역은 160 km²로 전체 대구의 19.6%를 차지하였다. 또한 30%삭감했을 때는 최대농도가 2007년 이전의 환경기준인 50 ppb 수준을 만족하였고, 50%삭감했을 때는 달성구 일부를 제외하고는 2007년 강화된 환경기준치 30 ppb를 만족하는 것으로 나타났다.

4. 결론

우리나라에서는 대기환경보전법 제9조에서 배출되는 오염물질을 총량으로 규제할 수 있도록 규정하고, 수도권대기질개선특별대책을 수립하면서 총량관리 특별법안을 제정하여 부분적으로 시행하고 있다. 이러한 총량관리가 현재에는 수도권에 국한되어 실시되고 있으나, 점차 타 도시까지 광역적으로 확대될 것으로 예상되는 바 이에 필요한 제반 사항들에 대한 조사·분석을 통하여 정책방향을 설정하는 많은 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대구에서 실시될 총량관리에 대비하여 대기확산모델 수행결과 대기환경기준농도 이상의 농도 값을 나타내는 NO₂를 대상으로 대기환경용량 산정하고, 한계배출율을 파악하여 초과지역에 대한 적정삭감량을 추정하고 예상농도를 평가하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 배출량과 오염농도간의 상관관계를 분석한 결과 0.659로 높게 나타났으며, 이로 인해 배출량 삭감시 대기오염농도의 개선이 명확히 나타날 것으로 판단된다. 둘째, 단위격자당 한계배출율을 산정한 결과 대구지역을 동일하게 대기환경기준의 80%수준인 22.4 ppb를 만족시키기 위해서는 단위격자당 한계배출율은 2.23 g/s가 요구됨을 알 수 있었다. 이렇게 산출된 한계배출율을 이용하여 대기환경용량을 산정하고 실제 배출량과 비교·분석한 결과, 대구지역 전체의 환경용량은 약 3만 톤으로 실제 배출량 2만2천 톤에 약 8천 톤 이상의 여유가 있는 것으로 파악되었으나, 구별로 상이한 차이를 보여, 이에 따른 구별 대기환경개선정책이 필요할 것으로 판단되었다. 따라서 단위격자당 한계배출율을 초과한 지역을 대상으로 삭감 목표량을 설정하고 그에 따라 모델을 수행하였다. 그 결과 초과배출량의 80%를 삭감해야만 대구의 전지역이 2006년 대기환경기준인 50 ppb이하가 됨을 알 수 있었다. 그러나 실제로 초과배출량의 80%를 삭감하는 것은 불가능하다. 따라서 대구 전지역을 동일한 비율로 삭감량을 적용하여 모델링을 수행하였다. 그 결과 30% 삭감했을 때 2006년 대기환경기준인 50 ppb 이하 수준을 달성하였고, 50%삭감한 경우에는 2007년 대기환경기준인 30 ppb 이하 수준을 달성할 수 있었다.

본 연구의 결과는 향후 대기환경개선을 위한 관리방안 수립과 대기총량규제 도입 시 기초 자료로 활용될 것이다.

감사의 글

본 연구는 국립수산과학원의 한국해양자료센터 운영(RP-2010-ME-041)과제의 일환으로 수행하였습니다.

참 고 문 헌

- Kim, J. S., Park, I. S., Lim, S. K., Chung, D. V., Kim, R. H., Yoo, C., Lee Y. H., Kim, B. G., 2001, An evaluation of atmospheric environmental critical loads for the management of urban air quality(I), Report of NIER, Korea, 23, 157-169.
- Kim, J. S., Park, I. S., Lim, S. K., Chung, D. V., Kim, R. H., Yoo, C., Lee Y. H., Kim, B. G., 2002, An evaluation of atmospheric environmental critical loads for the management of urban air quality(II), Report of NIER, Korea, 24, 227-241.
- Moon, T. H., 1998, A Study on the Modelling of Environmental Carrying Capacity and Developing Environmental Indicators for a Sustainable Development, 7(1), 123-149.
- Odum, H. T., 1996, Environmental accounting : Emerge and environmental decision making, John Wiley & Sons, Inc, NY, USA. 260-278.
- Onishi, T., 1994, A capacity approach for sustainable urban development: An empirical study, Journal of the Regional Studies Association, 28(1), 39-51.
- Park, M. H., Kim, H. D., Hong, J. H., 2003, Emission estimation of air pollutants in Daegu, Journal of Korean Environmental Sciences, 12(1), 23-34.
- Park, S. C., Yeon, I. J., Cho, B. R., Cho, J. S., Kang, B. W., 2008, A study on the atmospheric environmental capacity in Chungju Area, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 24(1), 122-127.
- Ro C. U., Rover V., 1999, Acid wet deposition and critical loads in eastern Canada, Proceeding of fifth international joint seminar on regional deposition process in the atmosphere, Seoul, Korea, 227-234.
- Towpnyoon, S., Milindalekha, J., Bashkin, V. N., 2001, The impact of economic crisis on the exceedance of sulfur critical loads in Thailand, Proceedings of 7th international joint seminar on the regional deposition processes in the atmosphere, Tsukuba Japan, 58-65.