

부산지역에서의 오염물 배출량 산정에 관한 연구

A Study on the Emission Estimate of Pollutants in Pusan

김유근 · 이화운 · 전병일 · 방종선
부산대학교 대기과학과
(1995년 3월 9일 접수, 1996년 9월 3일 채택)

Yoo-Keun Kim, Hwa-Woon Lee, Byung-Il Jeon, Jong-Sun Bang
Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University
(Received 9 March 1995; accepted 3 September 1996)

Abstract

In order to accurately predict air pollution concentration according to reduction of air pollutant emission, a numerical model is needed. And the total emission amount of air pollutants should be estimated to explain the air pollution phenomena. The characteristics of the emission amount from area, line, and point sources in Pusan were studied by using emission data during one year (1992).

The result showed that the annual total emission amount of pollutants is about 299,744 tons in Pusan. The emission consists of 31.8% of SO₂, 48.4% of CO, 4.6% of HC, 11.0% of NO_x and 4.1% of TSP, as well as 52.1% of line, 24.1% of area and 23.7% of point sources. The result also showed that emission amount becomes larger in winter than that of the others.

Key words : emission amount, Pusan, numerical model

1. 서 론

대기질을 개선하고 보전하기 위해서는 대상지역에서 장기적으로 대기오염농도를 예측할 수 있는 수치모델 개발이 요구되며, 이러한 수치모델을 적용하여 오염물질의 공간적인 분포를 예측하고자 할 때에는 대상지역에 대한 대기오염물질 배출량 자료와 기상자료가 반드시 필요하게 된다.

박순웅 등 (1993)은 1992년의 오염물 배출자료를 이용하여 서울시와 그 인접지역에서의 대기오염 예측모델 개발을 목적으로 각 오염원별 오염물 배출량을 산정한 바 있으며, 김동영 (1992)은 서울지역을 대상으로 오염물 배출량 산정을 수행하고 각 오염원에 대한 기여도를

분석하였다. 또한, 박준대 (1990)은 서울시의 자료를 이용하여 보다 정확한 먼 오염원에 대한 배출량 산정방법을 개발하였고, Alexopoulos *et al.* (1993)은 그리스 아테네지역을 대상으로 차량오염원에 의한 오염물 배출량 산정을 위한 모델을 개발하고 실제 모델을 이용하여 각 차량의 배출량을 산정하고 대기오염에 대한 기여도를 분석한 바 있다.

본 연구에서는 부산지역의 1992년도 배출원별 자료를 이용하여 각 오염원별 배출량을 산정하고, 장기적으로 부산지역에 적합한 대기오염농도 예측 수치모델에 필요한 오염물 배출량 산정 모델을 개발하는 것이 본 연구의 목적이다. 또한 오염물질별 대기오염농도에 대한 기여도를 파악하여 부산지역에서의 대기오염현상을 체계적으로 분석하고자 하였다.

2. 대기오염물질 배출량 산정

2.1 배출량 산정 영역 및 자료

배출량 산정 영역은 128° 12' 38"E~129° 45' 54"E, 34° 18' 36"N~34° 53' 10"N의 부산지역으로 동서 35.8 km, 남북 31.5 km의 영역이다. 이 지역을 TM 좌표인 1km×1km의 격자계로 만들어 각 격자내에 존재하는 배출업소, 차량, 주택들을 대상으로 오염물 배출량을 산정하였다. 본 연구에 사용된 자료는 부산시 통계연보(부산시, 1993), 에너지 총조사 보고서(동력자원부, 1993) 그리고, 부산시 공해배출업소 현황(부산시, 1993)이다.

2.2 배출량 산정 내용

부산시내에 존재하는 배출업소, 차량, 주택들을 대상으로, 점, 선, 면 오염원으로 구분하여 배출량을 산정하였다. 점 오염원은 배출업소 중 연간 고체연료로 환산한 연료 사용량이 1,000톤 이상인 1, 2, 3종의 업소만을 대상으로 하였고, 면 오염원은 배출업소와 가정난방으로 나누고, 배출업소에 의한 오염물 배출량은 연간 고체연료 사용량이 1,000톤 이하인 4, 5종의 업소를 대상으로 산정하였고, 가정난방에 의한 오염물 배출량은 부산시내 존재하는 주택을 일반주택, 아파트, 기타로 나누어 산정하였다. 선 오염원에 의한 배출량은 부산시에 등록된 총 차량을 버스, 트럭, 승용차, 택시로 구분하여 미국 환경보호청(EPA)의 선 오염원에 대한 오염물질 배출계수를 적용하여 산정하였다. 배출량 산정 대상 오염물질은 SO₂, CO, NO_x, TSP 그리고 연소과정에 의해 발생하는 HC이다.

2.3 대기확산 모델에 요구되는 오염원 자료

오염물질 배출량 자료와 더불어 대기확산 모델에서 요구되는 오염원 자료로서는 각 오염원별 지형고도 자료와 점 오염원에 대한 굴뚝높이, 굴뚝직경, 배출온도, 배출속도 그리고 선 오염원에 대한 차선수 및 차선의 수평폭 등이 있다. 점, 선, 면 오염원에 대한 지형고도의 자료는 1:50,000의 지형도를 이용하여 격자별로 직접 그 고도를 읽도록 하였으며, 점 오염원에 대한 굴뚝 및 배기가스에 대한 자료는 환경부에서 1994년과 1995년에 조사한 배출업소관리카드를 각 업소별로 적용하여 모델링을 실시토록 하였다. 또 선 오염원에 대한 차선수 및 격자별 차선의 수평폭 등은 자료의 한계상 본 연구에서는 추정치 못하여 선 오염원을 면 오염원으로 고려하여 모델링을 실시토록 하였다.

2.4 배출량 산정 방법

2.4.1 면 오염원

(1) 가정 난방에 의한 오염물 배출량

가정난방에 의한 오염물 배출량을 산정하기 위하여 이용한 자료는 부산시에서 연간 가정난방용으로 사용하는 총 연료사용량(부산시, 1993), 부산시 각 구별 주택유형별 분포 현황(부산시, 1993), 각 주택유형별 연료사용비(동력자원부, 1993) 그리고 각 동별 인구 및 세대 분포(부산시, 1993) 등이다.

연료의 종류는 연탄, 등유, 경유, 벙커 C유, 프로판가스, 도시가스이고, 주택유형은 아파트, 일반주택, 기타의 3종류이다. 가정난방에 의한 오염물 배출량을 구하기 위해, 구별 난방연료 종류별 사용량은 부산시 가정난방용 총 연료사용량(표 1)과 구별 주택유형별 분포비 그리고 주택유형별 연료 종류별 사용비율을 이용하여 추

Table 1. Annual total fuel consumption in Pusan (1992).

(단위 : 톤)

연료	연탄	등유	경유	벙커 C유	프로판	도시가스
사용량	851,000	324,882	1,362,261	431,494	171,894	71,402

Table 2. Emission factor for each fuel (residential heating).

(단위 : 석탄=톤/천톤, 유류=톤/킬로리터)

연료 \ 오염물	SO ₂	CO	HC	NO _x	TSP
연탄	12.60	45.00	1.25	1.50	5.00
등유	1.53	0.63	0.12	2.30	0.31
경유	6.80	0.63	0.12	2.30	0.31
벙커 C유	30.40	0.63	0.12	7.50	2.00
프로판	0.00002	0.235	0.09	0.94	0.225
도시가스	1.35 × 10 ⁻⁷	4.51 × 10 ⁻⁴	1.8 × 10 ⁻⁴	2.25 × 10 ⁻³	2.26 × 10 ⁻⁴

정하였다. 각 TM 좌표에서 격자가 속한 구에 대한 주택유형별 분포비는 각 동별 인구 및 세대분포 자료와 통계연보의 주택유형별 분포현황 자료를 사용하여 계산하였다. TM 좌표별 총 연료사용량은 TM 좌표별 주택유형 분포비에 주택유형별 연료 종류별 사용비를 곱해서 산정되었다. 계산된 TM 좌표별 총 연료사용량에 면 오염원에 대한 미국 EPA 배출계수(표 2)를 곱하여 면 오염원에 의한 오염물 배출량을 산정하였다.

(2) 4, 5종의 배출업소에 의한 오염물 배출량

배출업소에 의한 면 오염원 배출량 산정은 부산시에서 각 업소별로 설문조사한 부산시 공해 배출업소자료(부산시, 1993)에 나타난 대기분야 해당업소 중 연간 고체연료로 환산한 연료사용량이 1,000톤 이하인 4, 5종을 대상으로 하였다. 모든 업소의 연료사용량을 확인하지는 못하고 난수표를 이용해 무작위로 업소를 선택하여 전화로 연료사용량을 확인하였다. 또, 행정상의 편의를 위하여 연료 사용량이 무연탄의 양으로 환산되어 표시 되었으므로, 연탄과 도시가스는 취사난방용, 등유와 경유는 취사난방용, 자동차용, 산업공정, 병커 C유는 주로 산업용 보일러나 대규모 아파트 단지의 난방 시설용으로 업소의 업종별로 연료의 종류를 결정하며, 고체연료 환산계수표를 이용하여 업소에서 사용한 연료량을 환산하였다. 그리고 각 업소들의 주소와 행정지도를 이용해 각 업소별로 TM 좌표화하였으며, 좌표화되고 연료사용량이 결정된 자료에 점 오염원 배출계수를 곱하여 배출업소에 의한 면 오염원 배출량을 산정하였다.

2.4.2 선 오염원

선 오염원에 의한 오염물 배출량을 계산하기 위해 이용한 자료는 부산시 차종별 차량 등록대수현황(부산시, 1993), 차종별 일일 평균 주행거리, 부산시 도로길이 추정자료이다.

차량 오염원에 의한 배출량 산정에 있어 차량 종류를 자가용, 택시, 버스, 트럭으로 구분하여 고려하였고 각 격자내에서의 정확한 교통량 자료가 필요하다. 그러나 실제 정확한 교통량 자료는 구할 수 없으므로 도로길이율로서 대신하였다. 부산시내의 도로망을 잘 나타내는 행정지도를 이용해 각 격자별 도로길이를 추정하여, 부산시 전체 도로길이에 대한 각 격자별 도로길이율을 구할 수 있다. 도로길이의 추정에 있어 도로폭은 고려하지 못하였다. 등록된 모든 차량들은 도로를 따라 임의적으로 운행한다는 조건하에, 격자별 도로길이율에 부산시에 등록된 차종별 대수(표 3)를 곱하여 각 격자위를 운행하는 차량별 일일 운행대수를 구하였다. 위에서 구해진

격자별 각 차량의 운행대수와 차량조합에서 통계조사로 구한 각 차종별 일일 평균주행거리(전화문의)를 곱하면 각 격자에 대한 일일 총 운행거리를 구할 수가 있다. 또 구해진 격자별 일일 총 운행거리에 선 오염원에 대한 배출계수(표 4)를 곱하면, 선 오염원에 대한 배출량을 산정할 수 있다. 1년간의 총 선 오염원 배출량은 선 오염원 배출량에 총 일수를 곱함으로써 산정될 수 있다.

Table 3. Number of mobile enrollment for Pusan (1992). (단위 : 대)

차 종	버 스	택 시	자가용	트 렉
등록대수	40,187	21,921	236,312	104,388

Table 4. Emission factor for each mobile(traffic source). (단위 : g/km)

오염물 차 종	SO ₂	CO	HC	NO _x	TSP
자가용	0.03	11.89	1.33	0.80	0.01
택 시	0.00	6.67	0.81	1.01	0.00
버 스	0.83	3.88	0.50	3.50	0.68
트 렉	0.89	4.07	0.54	3.24	0.71

2.4.3 점 오염원

점 오염원은 부산시 공해배출업소자료(표 5) 중 연간 고체연료로 환산한 연료 사용량이 1,000톤 이상인 대기분야 1, 2, 3종의 업소를 대상으로 하였다. 그러나 입수한 공해배출업소자료 중 실제 표기된 종 등급 및 연료사

Table 5. Number of point sources for each district (1992). (단위 : 개소)

구	종	1종	2종	3종	4종	5종
중 서 구	구	-	-	3	23	95
	구	-	-	5	13	87
동 영 도 구	구	-	-	2	12	121
	구	-	-	2	9	84
진 래 구	구	3	8	1	18	238
	구	2	5	4	33	247
남 북 구	구	6	7	2	20	228
	구	5	40	55	204	914
해운대 구	구	1	8	6	19	88
	구	7	10	14	41	256
금 정 강 서 구	구	2	3	1	21	141
	구	1	-	1	3	24
합 계		27	81	96	426	2,523

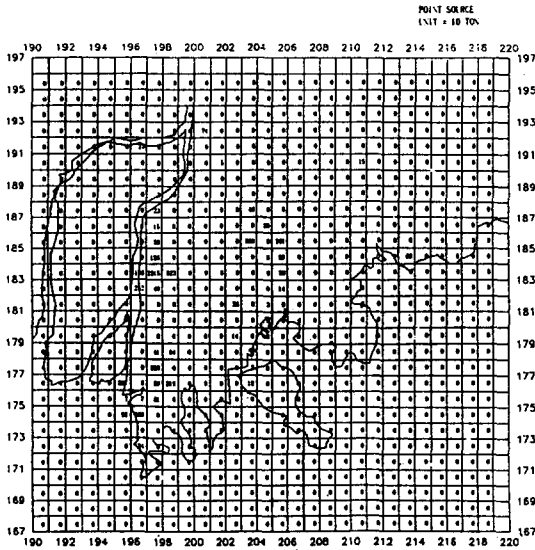


Fig. 4. Same as Fig. 1 except for point source.

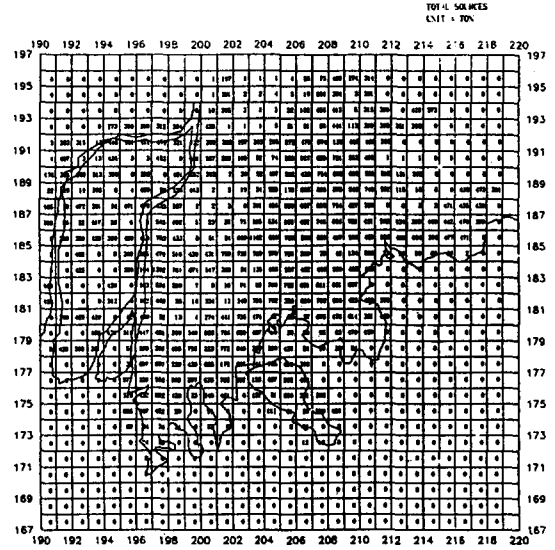


Fig. 6. Same as Fig. 4 except for CO.

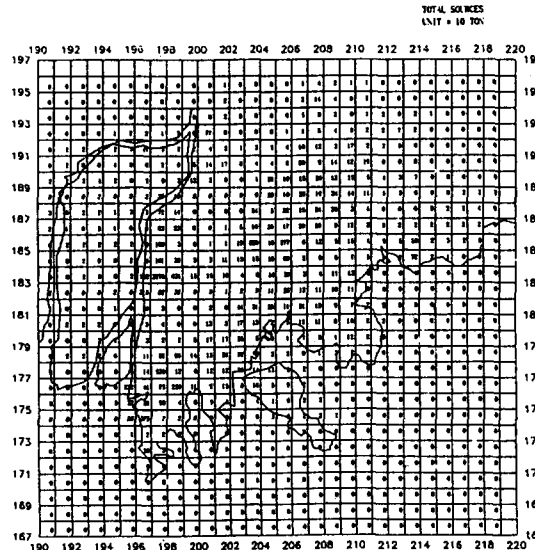


Fig. 5. Distribution of SO₂ emitted from total sources.

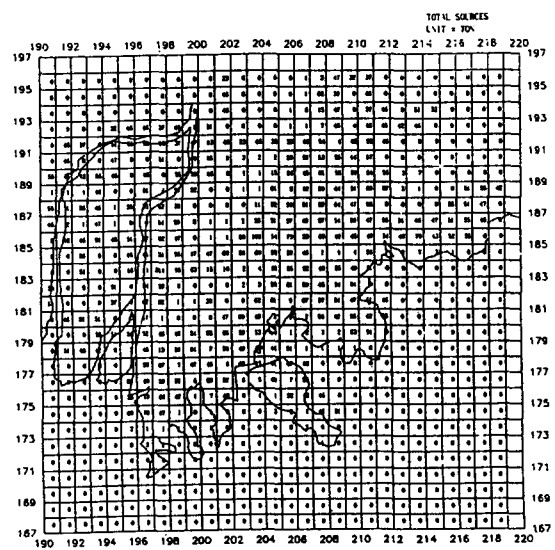


Fig. 7. Same as Fig. 4 except for HC.

제외하면 지역적으로 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 그림 4는 점 오염원에 의한 SO₂의 연간 배출량을 나타내고 있다. 점 오염원에 의한 SO₂의 배출량 역시 배출업소가 밀집되어 있는 사상 공단지역에서 가장 많음을 알 수가 있다. 그림 5~9에서는 점, 선, 면 오염원의 모든 오염원에 의해 배출된 SO₂, CO, HC, NO_x, TSP의 지역적 분포를 각각 나타내고 있다. 모든 오염물질이

사상 공단지역에서 최대 배출량을 보임을 알 수 있었다. 또한, 오염물질 배출량의 월별 변화경향과 계절별 변화 경향을 그림 10~11에 나타내었다. 각 오염물질의 배출량이 하계보다 동계에 오염물질의 배출량이 많음을 알 수 있다. 특히 SO₂, CO, TSP는 월별, 계절별 변화경향이 뚜렷하게 나타나는데, 이는 연료 사용의 월별, 계절별 변화가 큰 면 오염원의 기여도가 크기 때문이라고 생각된다. HC와 NO_x는 SO₂, CO, TSP에 비해 월별,

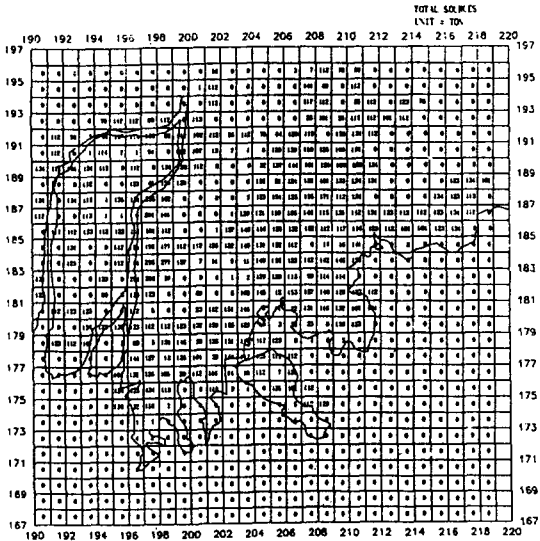


Fig. 8. Same as Fig. 4 except for NO_x.

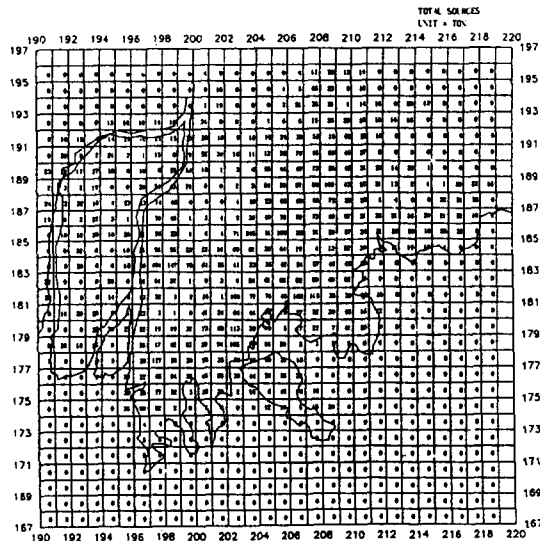


Fig. 9. Same as Fig. 4 except for TSP.

계절별 변화가 상대적으로 작게 나타나는데, 이는 동계와 하계에 따라 변화가 거의 없는 선 오염원에 의한 기여도가 크기 때문이라고 사료된다. 1992년 부산지역에서의 각 오염물질별 구성비를 보면, CO가 총 배출량에 대해 48.4%로 가장 큰 비율을 보이고, SO₂가 31.8%로 그 다음으로 높게 나타났다.

MONTHLY EMISSION AMOUNT
Total Sources

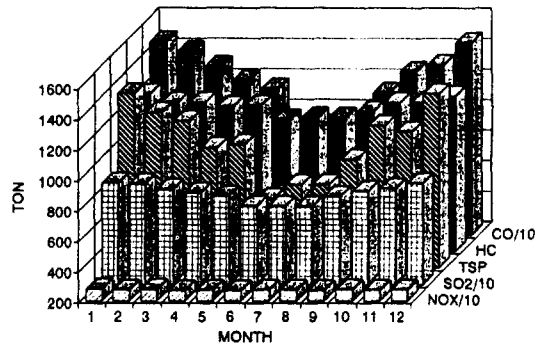


Fig. 10. Monthly variation trends of SO₂, CO, HC, NO_x and TSP.

SEASONAL EMISSION AMOUNT
Total Sources

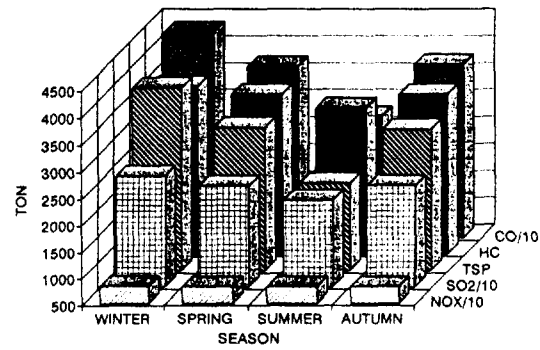


Fig. 11. Seasonal variation trends of SO₂, CO, HC, NO_x and TSP.

4. 결 론

부산지역을 대상으로 1992년의 오염물질 배출량을 산정한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 계절적으로 보았을 때 겨울철이 다른 계절보다 배출량이 많았다.
- (2) 각 오염원별로 보았을 때 선 오염원이 부산시 전체 오염물질 배출량의 약 52.1%로 가장 큰 기여도를 보였고, 점 오염원은 23.7%, 면 오염원은 24.1%의 기여도를 나타내었다.
- (3) 1992년 부산시 오염물질 총 배출량은 약 299,744톤이었다.

- (4) 전체 오염물 배출에 대해 SO₂는 31.8%, CO는 48.4%, HC는 4.6%, NO_x는 11.0%, TSP는 4.1%의 구성비를 보였다.
- (5) 바다와 인접해 있는 부산지역의 지형적 특성을 고려하여 점, 선, 면 오염원뿐만 아니라 선박 오염원에 대한 배출량 산정도 앞으로는 고려되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

김동영 (1992) 서울시 대기오염도의 배출원별 기여도에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 68pp.

동력자원부 (1993) 에너지 총조사 보고서.
 박순웅, 전종갑, 윤순창 (1993) 장기 대기오염 농도예측을 위한 오염 배출량 산정에 관한 연구, 한국환경과학연구협의회, 103pp.
 박준대 (1990) 지역정보를 이용한 면오염원배출량 산정 방법의 개발에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 82pp.
 부산시 (1993) 부산시 공해배출업소 현황.
 부산시 (1993) 부산시 통계연보.
 Alexopoulos, A., D. Assimacopoulos, and E. Mitsoulis (1993) Model for traffic emissions estimation, Atmos. Environ., 27B(4), 435-446.