

김해시 대기오염물질 배출량 산정

박종길·김종필·김지형
인제대학교 환경학과
(1998년 6월 3일 접수)

Emission Estimation of Air Pollutants in Kimhae Area

Jong-Kil Park, Jong-Pil Kim, and Ji-Hyoung Kim
Dept. of Environmental Sciences, Inje University, Kimhae, 621-749 Korea
(Manuscript received 3 June 1998)

This study is to find out the emission estimation in Kimhae area. For this purpose, the Kimhae statistical yearbook and data of waste facilities issued by Kimhae city and the report on energy census issued by the ministry of trade, industry and energy are used. Each item for the emission estimation is SO_2 , CO, HC, NO_x , TSP from point, line, area sources. The results were as follows;

The air pollutants with the highest amount of emission from the emission sources is CO followed by NO_x , SO_2 , TSP, HC in descending order of magnitude. The emission consists of 66.15% of line, 24.65% of area and 9.20% of point sources at Kimhae.

Key words : emission estimation, point sources, line sources, area sources

1. 서 론

오염물질은 인간의 활동에 의해 발생하므로 대기오염의 역사는 역사시대 이전으로 거슬러 올라간다고 주장하는 사람도 있다. 대기오염은 오염물질의 다량 배출에 의해 발생하지만, 배출량이나 배출원의 조건에 큰 변화 없이도 지역 대기환경은 시간적, 공간적으로 크게 변화한다. 그러므로 지역 대기의 환경을 개선하기 위해서는 해당 지역의 지형과 기상조건(Weather conditions)을 포함하여 그 지역에 산재한 대기 오염원의 관리가 무엇보다도 중요하다.

오염물질 배출량 조사란 주어진 영역 내에 있는 대기오염 배출원의 종류와 배출량을 추정하는 것을 의미하며, 이러한 조사는 대기확산 모델을 이용하여 오염물질의 시간적·공간적 분포를 예측하고자 할 때 기상자료와 더불어 필요한 자료이다. 대기질의 효과적인 관리를 위하여 대기중에 방출되는 오염물질의 환경에 대한 영향을 정확히 예측하는 것은 매우 중요하다.

대기오염 물질의 배출량 산정에 관한 선행연구로는 박순웅 등(1993)이 1992년의 서울시와 인접한 도시의 대기오염 예측모델의 개발을 목적으로 각 오염원별 오염물 배출량 자료를 조사한 바가 있으며, 김동영(1992)은 서울지역을 중심으로 오염물의 배출량을 산정하여 각 오염원에 대한 기여도를 분석하였다. 또한 박준대(1990)는 서울시의 자료를 이용하여 먼 오염원에 대한 보다 정확한 배출량 산정방법을 개발하였으며 김유근 등(1996)과 임경택 등(1996)은 부산지역을 대상으로 배출량을 산정하고 지역 대기질 예측모델을 이용하여 대

기질을 예측하기도 하였다.

특히 도로교통은 도시 대기오염의 주요 오염원이므로, 가능한 정확하게 배출수준(emission level)을 정량화하는 것이 필요하며 도로 길이의 분석에 의한 방법과 거리에 따른 배출량 수지에 의한 방법 등 여러 가지가 있는데(Sturm et al., 1997), Alexopoulos et al.(1993)은 그리스 아테네를 중심으로 차량 오염원에 대한 배출량 산정 모델을 개발하고, 이를 이용한 차량 오염원의 배출량 산정 및 대기오염 기여도를 분석하였다. 그 외에도 西川(1994)은 오사카만 해륙수송기관에 의한 배출가스를 조사한바 있으며, Higashini et al.(1995, 1996)은 동아시아의 SO_2 , NO_x , CO_2 등의 배출량을 추정하였다.

본 연구는 1995년 5월 10일 김해시·군의 통합으로 형성된 도농 복합 도시이며 최근 도시화, 산업화를 서두르고 있는 김해시에 산재한 각종 오염원으로부터 배출되는 대기오염 물질 배출량을 산정하여 대기오염에 영향을 미치는 오염물질과 기여도를 분석하고자 한다. 또한 김해시 대기오염을 예측할 수 있는 장·단기 오염예측 모델의 입력자료로 활용하고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1 분석 영역 및 자료

김해시에 산재한 각종 오염원으로부터 오염물 배출량을 산정하기 위하여 분석된 영역은 Fig. 1에서 보듯이 $129^{\circ} 0' 48''E \sim 128^{\circ} 41' 47''E$, $35^{\circ} 9' 10''N \sim 35^{\circ} 23' 31''N$ 로 동서 30 km, 남북 27km의 영역이며

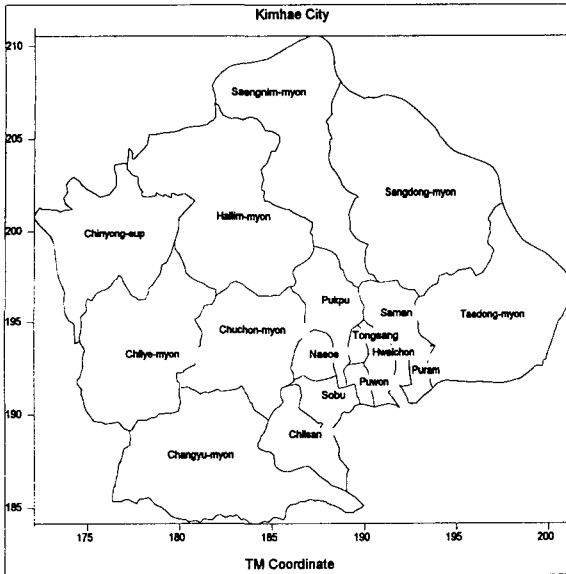


Fig. 1. The topography of Kimhae city.

1995년 5월 10일 김해시와 김해군이 도농복합형태의 도시로 통합되어 북쪽으로는 소백산맥의 기복내의 밀양시와 양산시에 인접해 있으며 남쪽과 동쪽은 낙동강의 본류와 지류에 의해 넓은 김해평야와 화훼단지를 이루며 부산과 경계를 이루고 있다. 또한 서쪽으로는 창원시와 인접하고 있는 인구 약 30만에 463.33 km² 넓이를 가진 도시이다. 최근 도시내에 공단의 유치와 더불어 늘어나는 인구와 주택, 그리고 차량의 증가로 인한 도시 환경오염은 날로 증가하는 추세에 있다.

배출량 산정을 위한 통합된 김해시를 대상으로 SO₂, CO, HC, NO_x, TSP의 오염물질에 대해 TM 좌표인 1 km×1 km의 격자 간격으로 구분하여 각 격자내에 존재하는 배출업소, 차량, 주택 등을 대상으로 대기오염 배출량을 추정하였다. 오염원은 통합된 김해시에 산재하는 각 오염원을 점, 선, 면으로 구분하고, 각 지역의 주택현황과 공해배출업소(4, 5종), 그리고 연료사용량

자료를 이용하여 먼 오염원에 대한 배출량을 산정하였고, 각 지점별 교통량자료와 격자별 도로 길이율을 산정하여 이동 오염원에 대한 배출량을 산정하였다. 그리고 공해배출업소 중 연간 연료사용량이 1,000ton 이상인 1, 2, 3종의 업소를 대상으로, 업소별 연간 연료사용량을 이용하여 점 오염원에 대한 대기오염 배출량을 산정하였다.

이들을 위해 사용된 자료로는 김해시 통계연보(1996), 경상남도 통계연보(1996), 부산광역시 통계연보(1996), 에너지총조사보고서(통상산업부, 1996), 도로현황조사(건설교통부, 1996), 그리고 김해시에서 제공한 공해배출업소 현황자료이다.

2.2 배출량 산정 방법

2.2.1 먼 오염원

먼 오염원은 가정난방에 의한 것과 공해배출업소(4, 5종)에 의한 것으로 나누어 배출량을 산정한다.

(1) 난방에 의한 오염물 배출량

난방에 의한 오염물 배출량을 산정하기 위해서는 시 전체의 연간 연료 총 사용량과 각 주택 유형별 분포 및 연료 사용비, 그리고 각 읍, 면, 동별 인구와 세대분포 자료가 사용되는데, 이는 경상남도 통계연보(1996), 김해시 통계연보(1996), 부산시 통계연보(1996), 그리고 에너지 총조사보고서(통상산업부, 1996)에서 추출하여 사용하였다. 사용된 연료의 종류는 연탄, 등유, 경유, 병커 C유, 프로판가스 및 도시가스로 나누었으며, 주택 유형은 일반주택과 아파트, 기타의 3 종류로 분류하였다.

김해시의 연간 연료 총사용량은 정확한 통계자료가 마련되지 않아 김해시 각 동(읍, 면)의 세대수에 각 세대별 연료사용량을 곱하여 김해시 각 동(읍, 면)별 난방 연료사용량을 구하였으며 분석 영역 내에 속하는 김해시 외곽지역의 각 격자내의 연료 사용량은 일인당 연료 사용량과 격자내의 인구수로 추정하였다. 또한 TM 좌표에서 격자가 속한 동(읍, 면)에 대한 주택 유형별 분포비는 각 동(읍, 면)의 인구와 세대분포 자료, 김해시 통계연보의 주택 유형별 분포현황 자료를 사용하여 계산하였다. 그리고 TM 좌표별 연료 총사용량은 TM 좌표별 주택유

Table 1. Emission factors for each fuel(residential heating) (Unit: coal;ton/1000ton, oil;ton/1000kl)

Pollutants	SO ₂	CO	HC	NO _x	TSP
Fuel Anthracite	12.60	45.00	1.25	1.50	5.00
Lamp oil	1.53	0.63	0.12	2.30	0.31
Light oil	6.8	0.63	0.12	2.30	0.31
Bunker C oil	30.4	0.63	0.12	7.50	2.00
Propane	0.00002	0.235	0.090	0.94	0.225
LNG	1.35×10 ⁻⁷	4.51×10 ⁻⁴	1.8×10 ⁻⁴	2.254×10 ⁻³	2.26×10 ⁻⁴

Table 2. The usage rate(%) of each fuel for house types

Fuel	Anthracite	Lamp oil	Light oil	Bunke-C oil	Propane	LNG
Housing units Detached dwelling	95.92	86.41	87.70	0.0	84.80	53.35
Apartment	1.70	7.15	6.48	100.0	8.83	43.61
etc	2.38	6.42	5.81	0.0	6.37	3.04

김해시 대기오염물질 배출량 산정

Table 3. The distribution of population and house type for each Dong(Myon) at Kimhae

Eup, Myon, Dong	Detached dwelling	Apartment	etc	Population
Chinyong-eup	5,169.63	648.10	16.29	24,221
Changyu-myon	2,705.94	339.23	8.53	12,678
Chuchon-myon	1,171.98	146.93	3.69	5,491
Chilye-myon	1,986.87	249.09	6.26	9,309
Hallim-myon	2,755.88	345.50	8.69	12,912
Saengnim-myon	1,255.86	157.44	3.96	5,884
Sangdong-myon	935.70	117.31	2.95	4,384
Taedong-myon	2,420.15	303.41	7.63	11,339
Tongsang-dong	1,067.71	1,096.79	7.52	10,417
Hoehyon-dong	1,423.58	1,462.35	10.02	13,889
Puwon-dong	845.19	868.21	5.95	8,246
Naeoe-dong	4,056.72	4,167.21	28.56	39,579
Pukpu-dong	2,625.15	2,696.65	18.48	25,612
Chilsan-dong	329.63	338.61	2.32	3,216
Sobu-dong	341.01	350.29	2.40	3,327
Hwalchon-dong	2,640.42	2,712.34	18.59	25,761
Saman-dong	4,458.51	4,579.94	31.39	43,499
Puram-dong	533.09	547.61	3.75	5,201
TOTAL	36723	21127	187	264,965

형 분포비에 주택유형별 연료 종류별 사용비를 곱하여 산정하였고, 구해진 TM 좌표별 연료 총사용량에 면 오염원에 대한 미국 EPA 배출계수(Table 1)를 곱하여 면 오염원에 의한 오염물 배출량을 계산하였다.

김해시의 각 주택유형별 사용하는 연료비는 에너지 총조사보고서(통상산업부, 1996)를 참고로 Table 2 에 나타내었다. 김해시를 포함한 경상남도의 중·소도시에서는 일반주택의 경우 주로 연탄과 경유, 등유, 프로판 가스 순으로 많이 사용하고 있으며 도시가스의 비율도 청정연료의 공급과 더불어 증가하고 있다. 아파트의 경우 병커 C유와 도시가스를 주로 사용하고 있음을 알 수 있다.

김해시 통계연보에 보고된 각 동(읍, 면)별 주택 현황 자료를 이용하여 주택 유형을 일반주택, 아파트, 그 외의 주택으로 구분하여 Table 3에 제시하였다. Table 3에서 보듯이 김해시의 총 주택수(1996년 기준)는 58,037 호이며, 그 중 일반주택이 가장 많아 63.3%를 차지하고 있으며 아파트가 36.4%, 기타 0.3%를 차지하고 있다. 특히 일반주택이 많은 지역은 진영읍, 삼안동, 내외동의 순이며, 아파트가 밀집한 지역은 삼안동, 내외동의 순으로 나타났다. 그러나 상주하는 인구수로 볼 경우 가장 많은 인구수를 나타내는 지역은 삼안동이며 그 다음이 내외동으로 이 두 지역은 주택과 아파트 모두가 밀집한 지역임을 알 수 있다.

(2) 배출업소에 의한 면 오염원의 배출량

배출업소에 의한 면 오염원 배출량 산정은 김해시 공해 배출업소자료(김해시, 1996)에 나타난 대기분야 해당업소 중 연간 고체 환산 연료 사용량이 1,000 ton 미만인 4, 5종을 그 대상으로 하였다. 행정상 편의를 위하여 연료사용량이 무연탄의 양으로 환산되어 표시되었으

Table 4. Emission factor for each mobile (Unit: g/km)

Pollutants Types	SO ₂	CO	HC	NO _x	TSP
Passenger car	0.03	11.89	1.33	0.80	0.01
Taxi	0.00	6.67	0.81	1.01	0.00
Bus	0.83	3.88	0.50	3.50	0.68
Truck	0.89	4.07	0.54	3.24	0.71

Table 5. Emission factors for each industrial fuel (Unit: coal;ton/1000ton, oil;ton/1000kl)

Pollutants Fuel	SO ₂	CO	HC	NO _x	TSP
Anthracite	18S	0.50	0.25	5.00	20.0
Coke	17S	0.63	0.12	2.50	0.27
Lignite	15S	0.75	0.50	5.75	0.33
Peat	15S	0.75	0.50	5.75	0.33
Wood	0.0	60.0	2.50	0.50	10.0
Heavy oil(C)	19S	0.63	0.12	7.50	3.75
Heavy oil(A, B)	19S	0.63	0.12	7.50	1.07
Light oil	17S	0.63	0.12	2.30	0.25
Lamp oil	17S	0.63	0.12	2.30	0.31
Volatile oil	17S	0.63	0.12	2.80	0.25
LPG	16S	0.17	0.036	1.40	0.21

* S는 황함량을 나타낸다.

므로, 연탄과 도시가스는 취사난방용, 등유와 경유는 취사난방용, 자동차용, 산업공정, 그리고 병커 C유는 주로 산업용 보일러나 대규모 아파트 단지의 난방시설용으로 연료의 업종별로 연료의 종류를 결정하였고, 고체연료 환산계수표를 이용하여 업소에서 사용한 연료량을 환산하였다. 각 업소들의 주소와 행정지도들을 이용하여 모든 업소를 TM 좌표화 하였으며, 좌표화되고 연료사용량이 결정된 자료에 점 오염원의 배출계수(Table 5)를 곱하여 배출업소에 의한 면 오염원 배출량을 산정하였다.

2.2.2 선 오염원

선 오염원에 의한 대기오염물질 배출량을 산정하기 위하여 이용한 자료는 김해시 차종별 등록대수현황(김해시, 1996), 차종별 1일 평균 주행거리, 그리고 김해시 지역의 도로길이 추정자료이다. 차량 오염원에 의한 배출량 산정에 있어 차량의 종류는 자가용, 택시, 버스, 트럭으로 구분하여 고려하였다. 또한 각 격자 내에서의 실제 정확한 교통량 자료를 구할 수 없으므로 도로길이를 추정한 방법을 택하였다. 즉 김해지역의 도로망을 잘 나타내는 행정지도를 이용하여 각 격자별 도로길이를 추정하여 김해 전체 도로길이에 대한 각 격자별 도로길이를 구하였다. 이때 도로길이의 추정에 있어 도로 폭은 고려하지 않았다.

등록된 모든 차량은 도로를 따라 임의로 운행한다는 가정하에 김해지역의 도로망을 잘 나타내는 1:25,000의 지도를 이용하여 2차선 도로로 환산한 도로길이를 구하고 여기에 김해시에 등록된 차량대수를 곱하여 각 격자 위에 운행하는 차량별 일일 운행대수를 구하였다. 구해진 격자별 각 차량의 일일 운행대수에 각 차량별 일

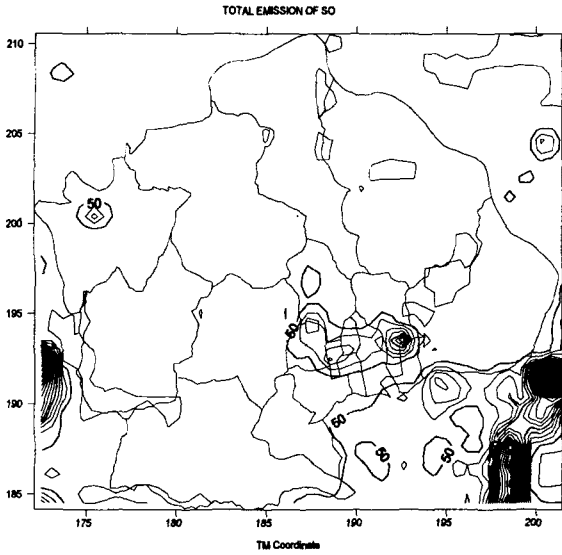


Fig. 2. Distribution of SO₂ emitted from total(point, line, area) source at Kimhae. (Unit : ton/year)

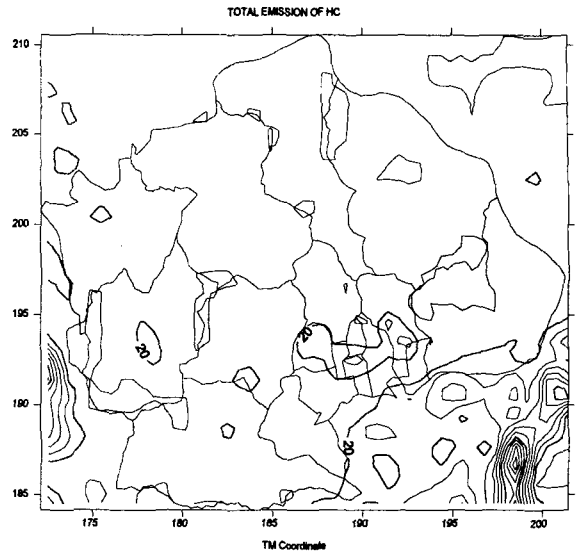


Fig. 4. Distribution of HC emitted from total(point, line, area) source at Kimhae. (Unit : ton/year)

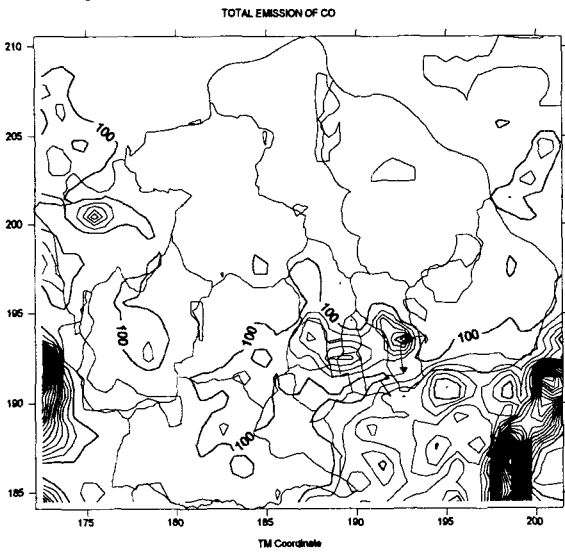


Fig. 3. Distribution of CO emitted from total(point, line, area) source at Kimhae. (Unit : ton/year)

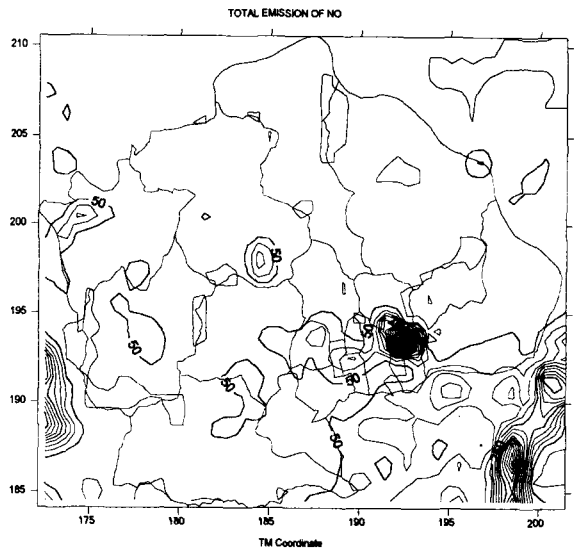


Fig. 5. Distribution of NO_x emitted from total (point, line, area) source at Kimhae. (Unit : ton/year)

일 평균 주행거리(건설교통부, 1997; 교통안전진흥공단, 1989)를 곱하여 격자별 일일 총 운행거리를 구할 수 있다. 그리고 구해진 격자별 일일 총 운행거리에 차종별 각 오염물질의 배출계수(Table 4)를 곱하면 선 오염원에 의한 배출량을 추정할 수 있다. 1년간의 총 선 오염원에 의한 배출량은 총 일수를 곱하여 추정될 수 있다.

2.2.3 점 오염원

점 오염원은 주로 산업 분야의 연동에 의한 것으로 김해시에 산재한 공해배출업소 가운데 연간 고체연료로

환산한 연료 사용량이 1,000ton 이상인 대기 분야 1, 2, 3종의 업소를 대상으로 하였다. 행정의 편의상 연료 사용량이 무연탄 사용량으로 환산되어 있으므로, 연탄과 도시가스는 취사난방용, 등유와 경유는 취사난방용, 자동차용, 산업공정용, 벙커 C유는 주로 산업용 보일러나 대규모 아파트 단지의 난방시설용으로 업소의 업종별로 연료의 종류를 결정하고, 고체연료 환산계수를 사용하여 업소별 사용한 연료량을 계산하였다. 각 업소의 TM 위치는 주소와 행정지도를 이용하여 TM 좌표화 하였다. 각 격자별 연료사용량에 점 오염원의 배출계수를 곱하

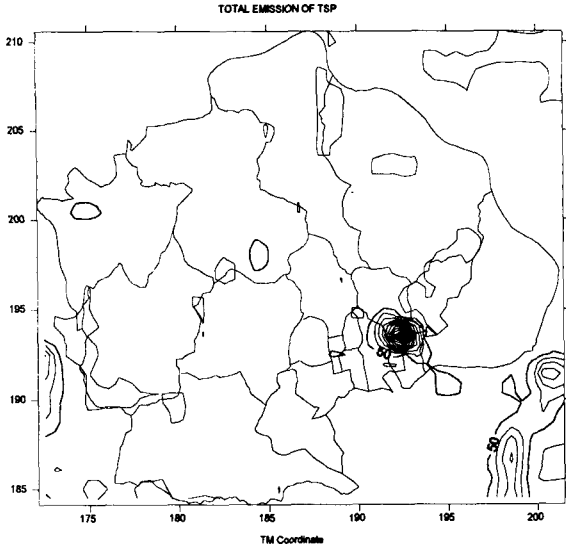


Fig. 6. Distribution of TSP emitted from total(point, line, area) source at Kimhae. (Unit : ton/year)

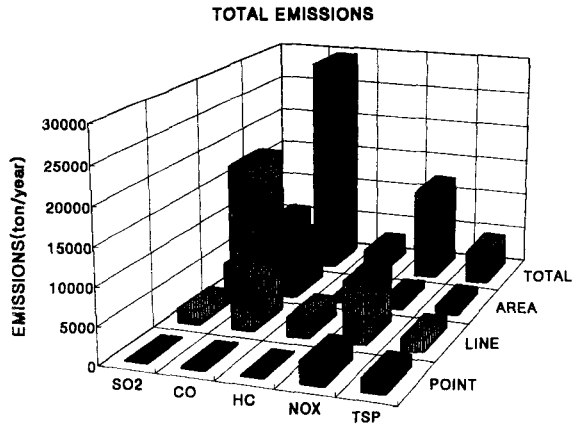


Fig. 7. Total emission for each air pollutants and sources at Kimhae.

여 배출업소에 의한 점 오염원 배출량을 산정한다. 점 오염원에 대한 배출계수는 Table 5와 같다.

3. 결과 및 고찰

도농 복합도시인 김해시를 대상으로 점, 선, 면 오염원으로부터 방출되는 대기오염물질(SO₂, CO, HC, NO_x, TSP)의 총배출량을 산정한 결과를 Fig. 2~6에 나타내었다.

아황산가스는(Fig. 2) 분석 영역내에서 부산 북구와 강서구일대가 가장 높은 배출량을 보이고 있으나, 본 연구의 주대상인 김해시의 경우 삼안동이 475 ton/year 으로 가장 많이 배출하고 있으며, 150 ton/year 이상인 동상동과 회현동, 그리고 내의동이며, 100 ton/year 이상의 많은 배출량을 나타내고 있는 지역은 김해시 중심부와 진영읍일대이다. 일산화탄소(CO)의 경우(Fig. 3)

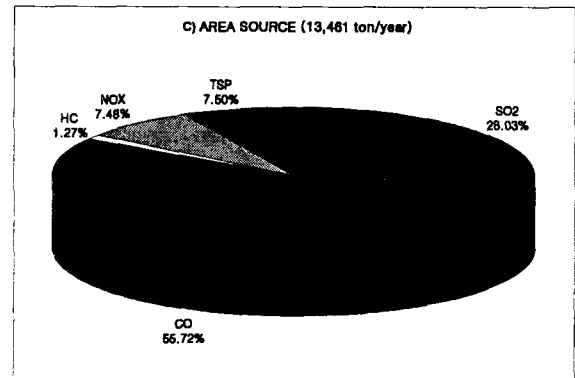
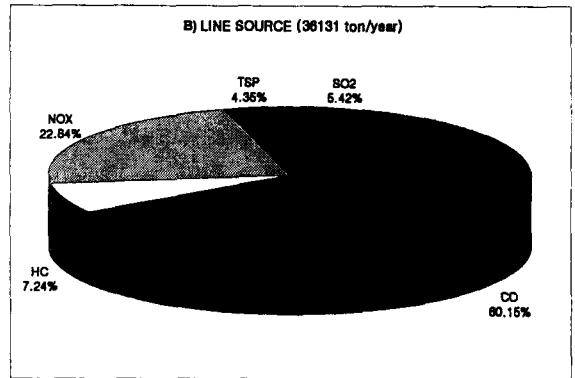
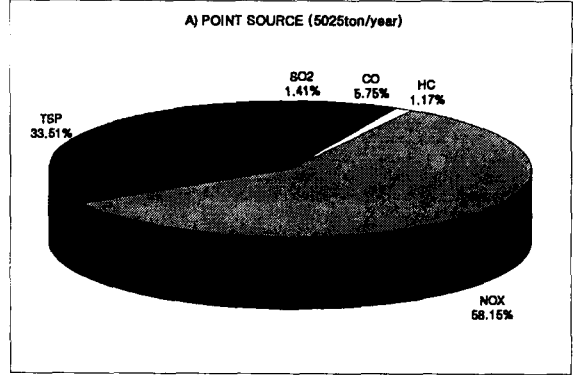


Fig. 8. The percentage for each air pollutants emitted from A)point, B)Line, and C)Area sources at Kimhae.

다량의 배출 지역은 아황산가스와 유사한 분포를 나타내고 있으나, 배출량은 SO₂의 2배 이상으로 추정되며, 안동공단일대가 915 ton/year 으로 가장 많이 배출하고 있다. 그리고 부원동과 회현동, 주택지인 내의동과 삼방동일대가 400 ton/year 이상의 CO 가스를 배출하고 있으며 김해외곽으로는 진영읍과 진례면, 장유면, 그리고 주촌면에서 150 ton/year 이상을 배출하고 있다. 탄화수소(HC)의 경우(Fig. 4) 주요 배출지역은 SO₂나 CO와 유사하나 상당히 적으며 50 ton/year 이상인 지역은 삼안동과 부원동이고, 20 ton/year 이상인 지역은

김해시 중심인 회현동과 활천동, 내의동 등이 포함된다. 질소산화물(NOx)의 경우(Fig. 5) 배출지역은 CO와 유사하나 배출량은 많아 안동공단이 1,417 ton/year 으로 가장 많고, 삼방동일대가 386 ton/year, 부원동이 180 ton/year을 나타내는 등 김해시 중심지일대가 100 ton/year 이상의 많은 배출량을 나타내고 있다. 그리고 김해시 외곽인 진영읍과 진례면, 장유면, 그리고 주촌면 일대에서도 100 ton/year 의 많은 배출량을 나타내고 있어 늘어나는 자동차에 의한 오염이 두드러짐을 잘 반영하고 있다. TSP의 경우(Fig. 6) 김해시 전역이 50 ton/year의 적은 분포를 보이고 있으나, 안동공단의 경우 876 ton/year 으로 가장 많은 양을 배출하고 있어 공장 가동과 난방 및 차량 등의 복합적인 요인에 의해 많은 양의 부유분진을 발생한 것으로 생각된다.

Fig. 7은 오염원별 오염물의 종류에 따른 배출량을 나타낸 그림으로 김해시에서 배출되어진 총배출량은 54,617 ton/year 이었다. 김해시 오염물 배출량에 가장 크게 기여하고 있는 오염원은 전체의 66.15%를 차지한 자동차에 의한 선 오염원이며 그 다음은 24.65%의 먼 오염원, 9.20%의 점 오염원의 순으로 나타나 차량이 많은 도시에서 볼 수 있는 오염물 배출형태를 나타내고 있으며, 각 오염원별로 많이 배출되고 있는 오염물질은 점 오염원의 경우 질소산화물(NOx, 58.15%)과 부유분진(TSP, 33.51%)이 많이 배출되고 있으며, 차량에 의한 선 오염원의 경우는 일산화탄소(60.15%)와 질소산화물(22.84%), 먼 오염원의 경우는 일산화탄소(55.72%)와 아황산가스(28.03%)가 많이 배출되고 있음을 알 수 있다(Fig. 8. 참조).

전체적으로 볼 때 1996년 김해지역에서 배출원의 각 오염물질의 구성비를 보면 일산화탄소(CO)가 29,521 ton/year로 54.05%를 차지해 연간 배출량이 가장 많았고, 그 다음이 NOx(22.31%), SO₂(10.62%), TSP(7.81%), HC(5.21%)의 순으로 나타나 최근 김해시를 통과하고 있는 차량과 김해시에 등록된 차량수의 급격한 증가를 잘 반영해주고 있다고 생각되며, 특히 CO의 배출량이 다른 지역에 비해 많은 것은 차량에 의한 것 외에 주택 난방을 위해 사용되는 무연탄 사용비율이 높았기 때문으로 생각된다.

따라서 김해시는 늘어나는 오염물의 배출량을 줄이기 위해서는 난방에 사용되는 연료를 완전연소 및 황함량이 적은 연료로 점진적 대체하여야 할 것이며 또한 자동차의 증가에 따른 오존량의 증가와 일사량의 증가와 같은 기상요소의 변화와 광화학 스모그의 발생으로 인한 피해가 예상되므로 이를 위한 단계적인 연구와 적극적인 대비를 마련하여야 할 것으로 생각된다.

4. 결 론

1996년의 김해지역을 대상으로 각종오염원에 대한 배출량을 산정한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 1996년 김해시에서 배출된 오염물질의 총 배출량은 54,617 ton/year 이다.
- 2) 오염원별로 보면 일산화탄소(CO)가 54.05% 를 차지해 연간 배출량이 가장 많았으며, 그 다음이 NOx

(22.31%), SO₂(10.62%), TSP(7.81%), HC(5.21%)의 순으로 나타났다.

3) 오염원별로는 자동차에 의한 선 오염원(66.15%)의 영향이 가장 컸으며 그 다음은 먼 오염원(24.65%), 점 오염원(9.20%)의 순으로 나타나 이동오염원의 기여도가 큼을 다시 한번 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

건설교통부, 1996, 도로현황조사.
 건설교통부, 1997, 96도로교통량 통계연보.
 경상남도, 1996, 경상남도 통계연보.
 교통안전진흥공단, 1989, 자동차주행거리 실태조사연구.
 김동영, 1992, 서울시 대기오염도의 배출원별 기여도에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 68.
 김유근, 이화운, 전병일, 방종선, 1996, 부산지역에서의 오염물 배출량 산정에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 제12권 제4호, 361-367.
 김해시, 1996, 김해시 통계연보.
 박순웅, 전종갑, 윤순창, 1993, 장기 대기오염 농도예측을 위한 오염배출량 산정에 관한 연구, 한국환경과학연구협의회, 103.
 박준대, 1990, 지역정보를 이용한 먼 오염원 배출량 산정방법의 개발에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 82.
 부산광역시, 1996, 부산광역시 통계연보.
 임경택, 김유근, 이화운, 박종길, 이부용, 박홍재, 정종순, 1996, 부산광역시 대기오염관련조사, 214.
 통상산업부, 1993, 에너지 총조사 보고서.
 西川榮一, 1994, 大阪湾域の海陸輸送機關の排出ガス量調査と環境保全対策, 環境工学研究, No. 181, 16.
 Alexopoulos A., D. Assimacopoulos, and E. Mitsoulis, 1993, Model for traffic emissions setimation, Atmos. Environ., 27B(4) 435-446.
 Higashino H., Y. Tonooka, Y. Yanagisawa and Y. Ikeda, 1995, Emission Inventory of Air Pollutants in East Asia - Anthropogenic Emissions of Sulfur Dioxide in China, J. Jpn. Soc. Atmos. Environ., 30(6), 374-390(Japanese)
 Higashino H., Y. Tonooka, Y. Yanagisawa and Y. Ikeda, 1996, Emission Inventory of Air Pollutants in East Asia (II) - Focused on Estimation of NOx and CO2 Emissions in China, J. Jpn. Soc. Atmos. Environ., 31(6), 262-281(Japanese)
 Sturm, P. J., R. Almbauer, C. Sudy, and K. Pucher, 1997, Application of Computational Methods for the Determination of Traffic Emissions, J. Air & Waste Manage. Assoc., 47, 1204-1210.