

연안의 선박오염배출을 포함한 부산지역의 대기오염물질 배출량 산정

An Emission Estimation of Pollutants Including Ship Sources in the Pusan Metropolitan Area

이화운 · 김유근 · 원경미 · 조인숙*
부산대학교 대기과학과, *환경시스템학과
(1999년 1월 7일 접수, 1999년 9월 14일 채택)

Hwa-Woon Lee, Yoo-Keun Kim, Gyeong-Mee Won and In-Suk Cho*
Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University
**Department of Environmental System, Pusan National University*
(Received 7 January 1999; accepted 14 September 1999)

Abstract

In recent years emissions of pollutants from ship sources, especially NO_x and SO_x, is controlled by IMO (International Maritime Organization). The emissions of pollutants from ship sources in Pusan is considerably large, because the number of ship's coming and going in Pusan port is larger than that of other ports in Korea. Since Pusan is under the strong influence of land-sea breezes, pollutants emitted from ship sources will be transported into the inland. Control of emissions from ship sources is required to devise effectively the policy of air quality management in Pusan. Therefore this paper considered the present condition of total pollutant sources and emission characteristics including in coastal urban area.

Key words : ship source, coastal urban area, emissions of pollutants, emission characteristics

1. 서 론

국제해사기구(International Maritime Organization: IMO)의 해양환경보호위원회(Marine Environment Protection Committee: MEPC)의 보고에 의하면 1990년에 선박에서 배출되는 대기오염물질(질소산화물 및 황산화물)은 지구전체의 4~7%에 달하고 있다고 한다. 선박에서 배출되는 대기오염물질의 규제에 대해서는 1988년 제29회 MEPC에 노르웨이로

부터 제출되어진 보고서를 최초로 하여 유럽, 미국, 일본, 영국 등지에서 활발한 조사와 연구가 진행 중에 있으며, 근간에 와서 지구규모의 환경문제가 심각화됨에 따라 선박에 대해서도 대책의 필요성이 제기되고 있다(日本船用機關學會, 1995).

특히 선박배출 대기오염문제가 문제시되는 것은 육상에서 사용하지 않는 저질연료가 선박에서 사용되며, 항만구역과 내해 등 주거지역에 가까운 해역에서는 선박이 대기에 미치는 영향이 상당하기 때문이다. 더우기 선박의 화석연료 연소에 의해 생성

되는 CO₂, NO_x, SO_x 등의 대기오염물질이 지구온난화 현상과 산성우 등의 환경문제를 유발할 수 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다(財田武彦, 1995). 또한 IMO는 선박에서 배출되는 모든 종류의 대기오염 유발물질을 통제한다는 계획아래 강력한 대기오염 규제 조치를 도입하고, 위반선박에 대해서는 항만국의 통제로 운항을 금지시킬 방침을 가지고 있어 우리 나라에서도 이에 대한 적절한 대응책이 필요하다(해양수산부, 1996).

우리 나라에서도 국내 산업의 발전에 따른 수·출입의 증가로 항만의 건설이 촉진되었으며, 이러한 항과 부두에서의 외항선, 여객선, 어선 등의 입항, 출항, 정박 선박은 수적인 면 뿐만 아니라 크기면에서도 급격한 증가를 보이고 있다(해운항만 통계연보, 1996). 특히 연안역에 위치한 부산광역시에는 한국 제일의 항구도시로서 해륙풍의 순환과 같은 극지풍계의 영향으로 연안지역 선박으로부터 발생한 대기오염물질들이 내륙지역까지 운송되고 있어 효율적인 배출규제를 위해서는 선박오염원의 고려가 필수적이다(이화운 등, 1997).

이상에서 볼 때 선박에 의한 대기오염의 영향은 분명히 존재할 것으로 보이나 우리나라는 이에 관한 조사나 연구가 전무한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 연안도시지역에서 선박배출 대기오염물질의 실태 및 영향을 예측할 수 있는 대기질 모델을 개발하기 위한 선행작업으로 선박 배출원과 내륙지역 배출원에 대한 대기오염물질 배출량을 산정하였고, 산정된 배출분포를 따라 연안도시지역의 오염원 현황 및 배출특성에 대해 고찰하였다.

2. 연구 및 방법

배출량은 1995년 자료를 이용하여 부산광역시의 내륙지역과 연안지역(부산항 주위 내, 외항의 영역)으로 나누어 산정하였다(Fig. 1. 참조). 부산항은 행정상으로는 볼 때 중구 해안에 1, 2부두와 연안 여객부두가 있고, 동구 해안에 3, 4, 5, 6부두 그리고 남구 해안에 7, 8부두가 있고 그 외 용호부두, 부산북항, 감천항, 다대포항, 수영만 등의 작은 항들이 있다. 선박배출원은 크게 선박의 정박지와 항행시로 나누었으며, 정박지는 하역지와 비하역지를 구분하여 설정하였고, 정박지를 점오염원으로 항행시를 선

오염원으로 하였다. 산정대상물질은 SO_x와 NO_x로 하였는데, 이는 이들 물질이 선박배출량에서 특히 많은 부분을 차지하고 있으며, 그 산정방법이 정립되어있기 때문이다. 톤수등급별로 선박 1척마다의 배출량 원단위를 선박의 연료사용량과 기관부하율, 항행모드, 항행속도, 체제시간 등을 고려하여 1 km × 1 km 격자간격으로 산정하였다.

내륙지역에 대해서는 부산광역시의 SO_x, TSP, NO_x, CO 및 HC 오염물질에 대해 1 km × 1 km 격자간격으로 배출량을 산정하였다. 산정방법은 부산광역시내 존재하는 각 오염원을 먼, 선, 점오염원으로 구분하여, 각 지역의 주택현황자료, 대기오염 배출업소(4, 5종) 자료와 연료사용량을 이용하여 먼오염원에 대한 배출량을 산정하고, 각 지점별 교통량 자료와 격자별 도로길이를 자료로 이용하여 선오염원에 대한 배출량을 산정하였다. 그리고 대기오염 배출업소 중 연간 고체연료사용량이 1,000톤 이상인 1, 2, 3종의 업소를 대상으로 업소별 연간 연료사용량으로 점오염원에 대한 배출량을 산정하였다(박순웅 등, 1993). 사용된 자료는 부산광역시 통계연보(부산광역시, 1996), 에너지 총조사 보고서(동력자원부, 1996), 부산광역시 공해배출업소 현황(부산광역시, 1996) 등이다.

3. 선박배출원의 배출량 산정

대상선박으로는 부산항을 입·출항하는 화물선, 유조선, 여객선, 컨테이너선, 어선 등으로 하며, 선박에 탑재되어 있는 기관으로서는 주 엔진(main engine) 디젤기관, 보조 엔진(auxiliary engine) 디젤기관, 보조 보일러 등이 있다. 각각의 기관은 선박의 운항이나 정박상황에 따라 달리 가동되므로 항행중과 정박중으로 나누어 선종별 톤수 구간별 선박 1척마다의 배출량 원단위를 설정하였다. 그리고 선박의 항로와 정박지를 격자화하여 각항로에 대한 교통량 비중계수를 이용하여 격자별 배출량을 산정하였다

3.1 선박항행에 관한 자료

선박에서의 배출량을 산정하기 위해서는 각 기관의 주 엔진출력, 운항상태에 따른 부하율, 기관별 각종 원단위식, 정박시간 등을 설정해 줄 필요가 있

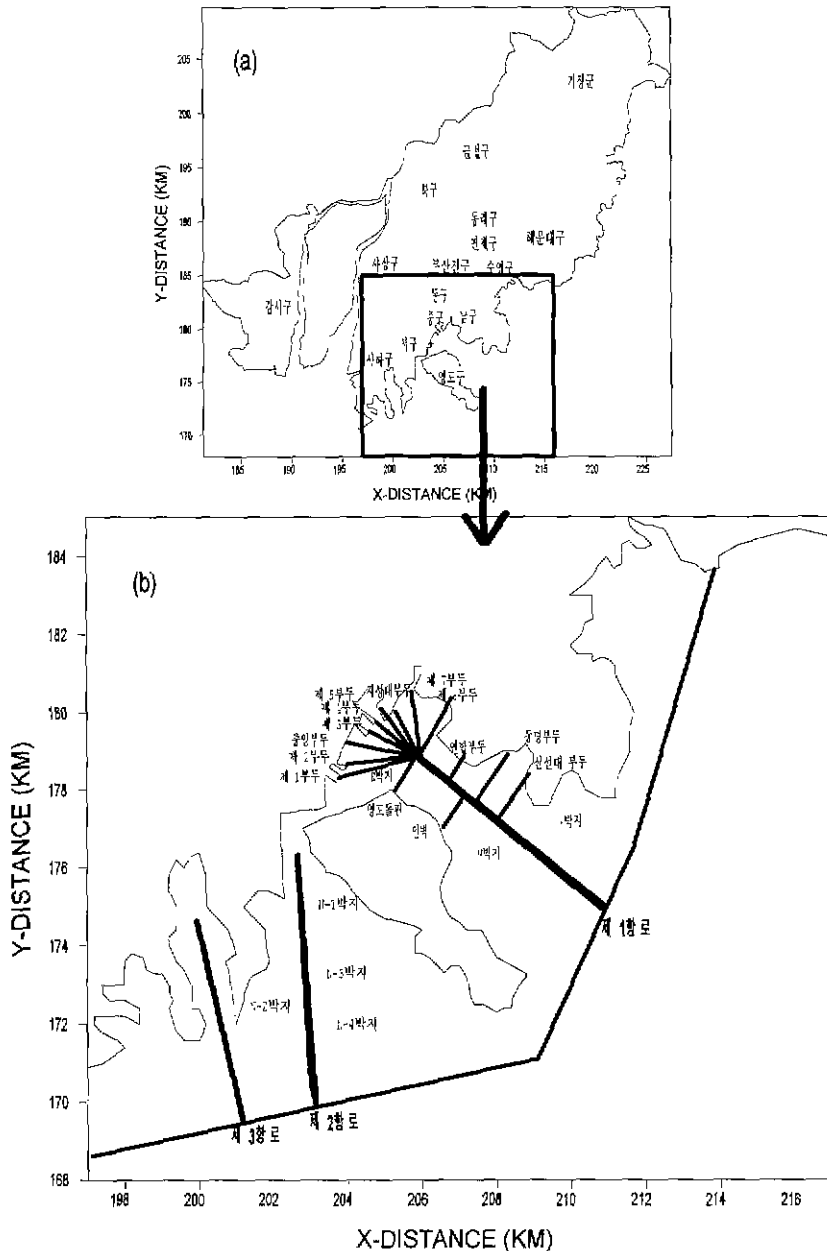


Fig. 1. Calculation domain for estimation of pollutant emissions.
 (a) Pusan area (b) Pusan port area

다. 이러한 설정치들은 일본 선용기관학회(1995), 일본 선박매연문제연구회(1985) 등에서 행한 성능시험과 설문조사, 방사선조사를 토대로 한 경험식을 이용하였고, 정박시간, 입출항자료, 항행모드 등은 부

산지역의 자료를 토대로 하여 설정하였다.

먼저 선박 톤급별로 선박의 크기를 500톤 미만(I 구간), 500톤 이상 1,000톤 미만(II 구간), 5,000톤 이상 10,000톤 미만(III 구간), 10,000톤 이상(IV 구

간)의 4구간으로 나누었고. 선박의 항행모드는 F (Full), SF (Standby Full), H (Half), S (Slow), DS (Dead Slow)의 5단계로 나누었다 (日本船用機關學會, 1995). 그리고 선박이 내항을 항해할 때에는 Half 이하로 운행한다고 하였다. 각각의 항행모드에 따른 항행속도는 톤수 구간에 따라 차이가 있으며, Half의 속도는 5,000t 미만에서는 6knot이고 5,000t 이상에서의 7knot의 속도이다

주 엔진의 출력은 선종별로 톤수와 출력의 상관식을 이용하였으며 각 선종별 상관식은 Table 1과 같다. KW수를 PS수로 바꾸는 경우 KW수에 1.88를 곱한다.

선박의 주 엔진 부하율의 설정은 각 항로에 대한 선박의 크기별 항행모드에 대해 선박의 운항상태에 따라 주 엔진 디젤기관과 보조 엔진 디젤기관, 보조 보일러의 부하율을 각각 설정하였다 (Table 2, Table 3). 선박의 운항상태는 항행중, 정박중 하역시, 정박중 비하역시로 구분하였다

선박은 입항해서부터 하역작업을 행하지만 보조 엔진의 사용상황은 하역을 행하지 않을 때와 상당히 다르므로 여기서는 하역을 하고 있는 시간을 하역시간, 그 외에 간단히 정박하고 있는 시간을 비하역시간, 하역시간과 비하역시간을 합한 시간 즉, 입

Table 1. Rated generation power of diesel engine.

kind of ship	main diesel engine (PS)	auxiliary diesel engine (KW)
passenger ship	7.9×0^{87}	$1.5 \times 0^{65} \cdot 3$
contamer ship	1.9×0^{97}	$2.2 \times 0^{60} \cdot 2$
oil tankers	12×0^{70}	$10 \times 0^{37} \cdot 2$
cargo vessel	19×0^{65}	$7.7 \times 0^{40} \cdot 2$
fishing boat	73×0^{50}	$13 \times 0^{43} \cdot 3$

(x : gross tonnage of vessel)

자료 日本船舶ばい煙問題研究會 (1985)

Table 2. Setting for load factor of main diesel engine. (unit : %)

ship size / running mode	I	II	III	IV
F (Full)	83	61	61	46
SF (Standby Full)	68	42	30	19
H (Half)	46	32	20	14
S (Slow)	26	21	11	11
DS (Dead Slow)	17	15	8	9

자료 日本船用機關學會 (1995)

Table 3. Setting for load factor of auxiliary diesel engine and boiler. (unit : %)

anchorage pattern		ship size			
		I	II	III	IV
auxiliary diesel engine	unloading	42	47	48	52
	loading	54	62	56	63
auxiliary boiler	unloading	50	55	50	52
	loading	70	61	55	60

자료 日本船用機關學會 (1995)

Table 4. Setting for anchorage time. (unit : hour)

time / ship size	I	II	III	IV
anchorage	6.8	16.3	19.5	39.3
loading	6.8	8.6	12.6	27.1

자료 日本船用機關學會 (1995)

항해서 출항할 때까지의 시간을 정박시간이라 설정했으며, 부산항에서의 설정치는 Table 4에 나타냈다.

3.2 선박배출량 산정식

NOx 배출량은 기관에 따라 다르고 같은 기관이라도 연소상태에 따라 달라지며, 연료에 따라 서로 변화하므로 정확한 추정치는 힘들다 (庶田和則, 1996). 이 때문에 지금까지 조사되어져 있는 자료에 따라 배출량 추정식은 미세한 차이가 있었다. 추정방법으로는 기관출력과의 상관을 다룬 것과 연료소비량과의 상관을 다룬 것으로 나눌 수 있는데, 여기서는 기관출력과의 상관식을 사용했다.

SOx 배출량은 연료중의 유황분에 의해 결정되며 연료소비량에 비례하는 추정식이 이용되고 있다. 항행중, 정박중에 사용한 연료전체의 평균 유황분은 공통적으로 2.0 wt%로 하였는데, 이는 항행, 정박중의 각 연료의 평균 유황함유율에서 기중평균에 따른 전체의 평균을 취한 것이다.

따라서 선박탑재기관별 배출 원단위식은 Table 5와 Table 6에 나타냈다.

3.3 항행중의 배출량

항행중은 선박의 입·출항시와 항만구역외 운항을 포함하는 것으로, 입·출항시는 선박이 입·출항하는 때에 계류장소에서 주항로까지 구간의 배출을

Table 5. Equation of unit emission of diesel engine.

	main diesel engine	auxiliary diesel engine
rated fuel consumption W (kg/h)	$W=0.21P^{0.95}$	$W=0.17P^{0.98}$
NOx unit emission N (kg/h)	$N=1.49P^{1.14} \cdot 10^{-3} \cdot (46/22.4)$	$N=1.49P^{1.14} \cdot 10^{-3} \cdot (46/22.4)$
SOx unit emission S (kg/h)	$S=W \cdot s \cdot (1/100) \cdot (64/32)$	$S=W \cdot s \cdot (1/100) \cdot (64/32)$

자료 : 日本船用機關學會 (1995)
 s : sulfur content in fuel (wt %), P : rated generation power (PS unit)

Table 6. Equation of unit emission of boiler.

	auxiliary boiler
boiler capacity B (t/h)	$B=0.0267 \times 0.48 \cdot 2$
rated fuel consumption W (kg/h)	$W=73.48B^{0.41}$
NOx unit emission N (kg/h)	$N=W \cdot n$ (n=0.008)
SOx unit emission S (kg/h)	$S=W \cdot s \cdot (1/100) \cdot (22.4/32) \cdot (64/22.4)$

자료 : 日本船用機關學會 (1995)
 n : NOx emission factor

고려하였다. 디젤 주 엔진선의 경우 입·출항시에 가동하는 기관은 주 엔진 디젤기관, 보조 엔진 디젤기관, 보조 보일러이며, 1척의 선박이 1회의 입항 혹은 출항에서 배출하는 오염물질의 양은 각 배출량의 합으로 구해진다. 각 항로에 대한 격자당 체제시간은 각 항로별 각 항행모드에 대한 항행속도 (Table 7)와 항로 전길이에 대한 격자길이로서 격자내에 항행선박이 체류하고 있는 평균시간을 산정할 수 있다. 각 격자내 항행선박의 체제시간이 구해지면 각종 원단위식과 부하율을 이용하여 어느 1척의 선박이 임의의 격자를 항행하는 동안의 배출량을 산정할 수 있다. 그리고 각 부두에서의 선종별 톤구간별 입항척수를 토대로 한 각 항로의 교통량 통계를 곱하면 각 격자, 각 항로별 배출량이 산정된다.

3. 4 정박중의 배출량

정박중에 선박이 가동하는 기관은 보조 엔진 디젤기관과 보조 보일러가 있으며, 각각의 기관이 정박중 하역시와 비하역시에 가동하는 때의 부하율은 Table 3에 나타내었다. 이상에서 설정된 각 부두에서의 선종별 톤구간별 입항척수와 원단위식, 정박중·하역중의 각 탑재기관의 부하율, 항내 체제시간과 하역시간을 이용해 각 부두에서의 정박중 하역시와 비하역시의 NOx, SOx 배출량을 추정하였다. 각 부두에서의 선종별 톤구간별 입항척수는 해운항만 통계연보 (1996)와 부산지방 해양수산부 (1996)의

Table 7. Setting for running speed with running mode. (unit : knot)

ship size running mode	running mode			
	I	II	III	IV
F (Full)	10	11	11	12
SF (Standby Full)	8	8.5	8.5	9
H (Half)	6	6	7	7
S (Slow)	3	3	3.5	3.5
DS (Dead Slow)	2	2	2	2

자료 : 日本船用機關學會 (1995)

자료를 이용하여 설정하였다.

이상의 선박배출원의 배출량 산정과정을 요약하여 Fig. 2에 나타내었다.

4. 내륙지역의 배출량 산정

내륙지역의 배출량은 면오염원과 선오염원, 점오염원으로 구분하여 각각 다른 방법으로 산정하였다.

4. 1 면오염원

면오염원은 가정난방과 4, 5종 배출업소의 배출량을 합한 것으로, 가정난방에 의한 오염물질 배출량은 먼저 부산광역시의 구별 연료 종류별 연료사용량을 식 (1)로 구한다.

$$F_i^G = (TF)_i \times \sum_{k=1}^3 H_k^G P_k \quad (1)$$

여기서 F_i^G 는 G구에서 연간 사용하는 i종류의 연료량 (i=연탄, 등유, 경유, B-C유, 프로판, LNG), $(TF)_i$ 는 전체지역에서 연간 사용하는 i종류의 연료량, H_k^G 는 G구가 차지하는 k유형의 주택비율(일반주택, 아파트, 기타), P_k 는 k유형의 주택에서 사용하는 연료의 비율이다.

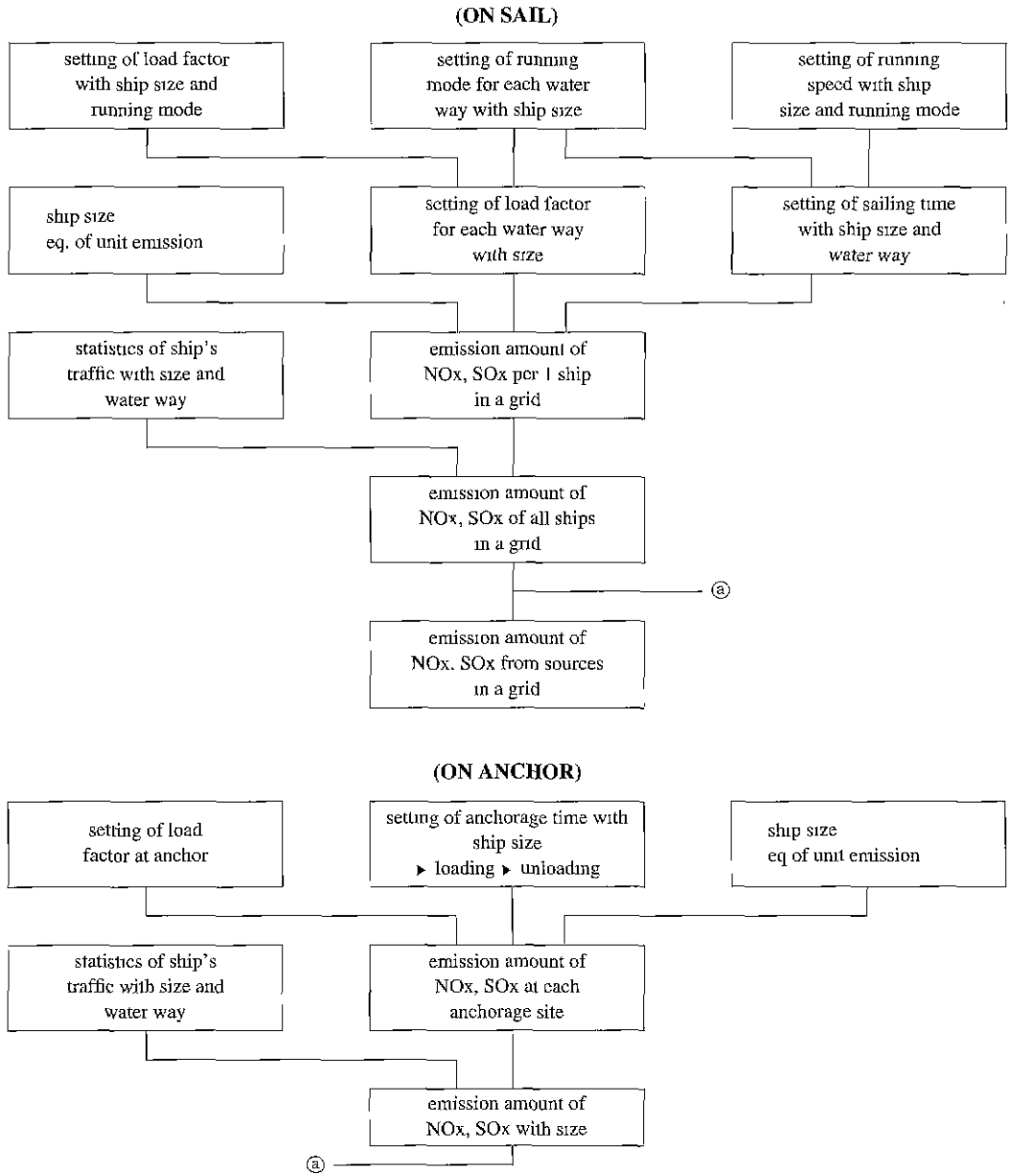


Fig. 2. Flow chart for estimation of pollutants emission from ship sources.

구별 연료 종류별 사용량이 구해지면 식(2)를 이용하여 격자별 연료 종류별 사용량을 구할 수 있다.

$$F_i^{Gn} = F_i^G \times \sum_{k=1}^3 \left[\frac{H_k^{Gn} P_k^n}{\sum H_k^{Gn}} \right] \quad (2)$$

여기서 F_i^{Gn} 는 G 구에 속하는 n 격자내의 i 종류의 연료사용량, F_i^G 는 G 구에서의 i 종류의 연료사용량, H_k^{Gn} 는 G 구에 속하는 n 격자내의 주택유형이 k 인 주택비율, P_k^n 는 n 격자내의 k 유형주택에서 사용하는 연료종류의 비율이다

격자별 연료사용량이 구해지면 각 연료사용량과 먼오염원에 대한 배출계수(EPA, 1985)를 이용하여 격자당의 가정난방에 의한 배출량을 산정하였다.

4, 5종의 배출업소에 대해서는 격자별 총 연료사용량과 점오염원에 대한 배출계수(EPA, 1985)를 이용하여 산정하였다.

4.2 선오염원

선오염원에 의한 오염물질 배출량을 산정하기 위해 차종별 1일 평균 주행거리와 차종별 등록차량대수, 그리고 전체 도로길이에 대한 격자내 도로길이의 비율인 격자별 도로길이율을 이용하여 격자별 차종별의 1일 총 운행거리를 산정하고 이것과 선오염원에 대한 배출계수(국립환경연구원, 1992)를 이용하여 배출량을 산정하였다. 각 격자에 대한 1일 총 운행거리는 다음과 같이 구하였다.

$$\begin{aligned}
 & \text{격자별 } l \text{ 차종의 1일 총 운행거리} \\
 &= l \text{ 차종의 1일 평균 주행거리} \times l \text{ 차종의 등록된} \\
 & \text{대수} \times \text{격자별 도로길이율} \\
 & l=1, 2, 3, 4 \text{ (자가용, 택시, 버스, 트럭)} \quad (3)
 \end{aligned}$$

4.3 점오염원

1, 2, 3종 배출업소를 대상으로 하여 각 업소가 위치한 격자별의 총 연료사용량과 점오염원에 대한 배출계수(EPA, 1985)를 이용하여 격자당 배출량을 산정하였다.

5. 배출량 산정결과 및 고찰

5.1 선박에 의한 오염물질 배출현황

부산항 전역에서 선박배출 오염물질 NOx 및 SOx의 배출량을 산정한 결과, 총배출량으로 NOx는 8677.5 ton/y 이었고, SOx는 5470.4 ton/y로 추정되었다. 선종별로는 NOx 및 SOx 모두 컨테이너선에 의한 배출량이 전체의 65%를 차지하고 있으며, 화물선 25%, 유조선 7%, 여객선 2%, 어선 1%순이었다(Fig 3). 이는 부산이 전국 컨테이너의 95% 이상 되는 많은 양의 컨테이너가 입·출항하고 있음과 컨테이너선의 대형화 경향에 기인한 것으로 사료된다.

NOx와 SOx의 배출분포를 살펴보면(Fig. 4), 제1항로를 중심으로 한 북항에서의 배출비율이 높음을 볼 수 있고 정박지인 부두와 박지를 중심으로 그

배출량이 큼을 알 수 있다. 특히 컨테이너 전용부두인 자성대와 신선대부두에서 그 배출량 비율이 컸다. 또한 정박중과 항행중의 배출량을 비교해보면 NOx의 경우 정박중인 경우가 항행에 비해 2.5배 정도 더 많이 배출되었으며, SOx는 정박중인 경우가 항행에 비해 2.8배 정도 더 많이 배출되었다. 따라서 연만에 정박해 있는 선박에서 특히 하역시 배출되는 대기오염물질의 양은 내륙지역에 상당히 영향을 미칠 수 있음을 추정할 수 있다.

5.2 부산지역의 오염원현황 및 배출특성

내륙지역의 점, 선, 먼오염원과 연안의 선박오염원을 포함한 부산지역 전역의 오염원을 분석해 보면, NOx의 경우 육상 수송 72%, 선박 11%, 1, 2, 3종업체 11%, 난방 5%, 4, 5종 업체 1%이였으며, SOx의 경우 1, 2, 3종 업체 44%, 난방 21%, 4, 5종

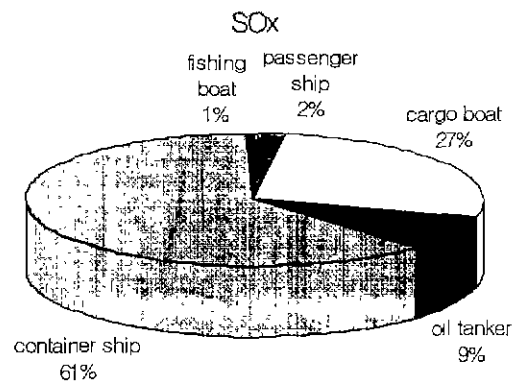
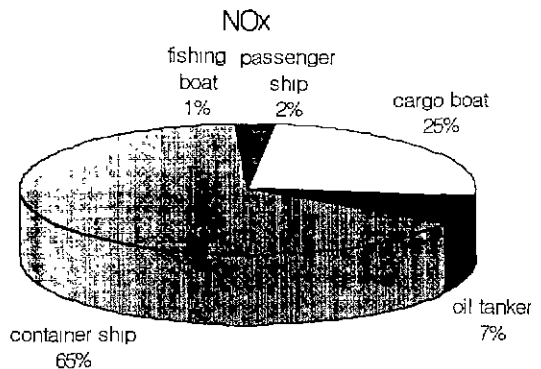


Fig. 3. Distribution ratio of air pollutant emissions emitted from different ships.

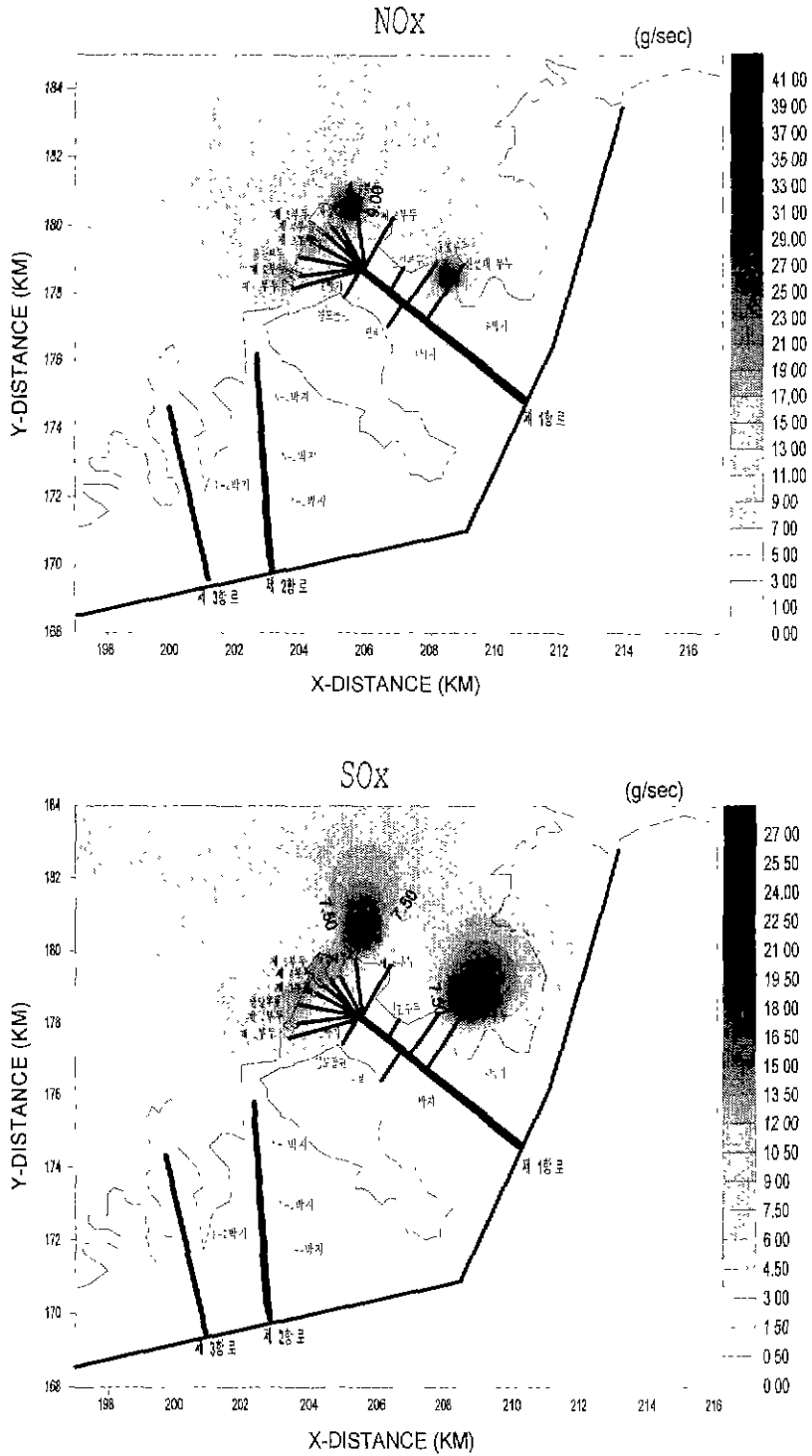


Fig. 4. Distribution of air pollutants emitted from ship sources.

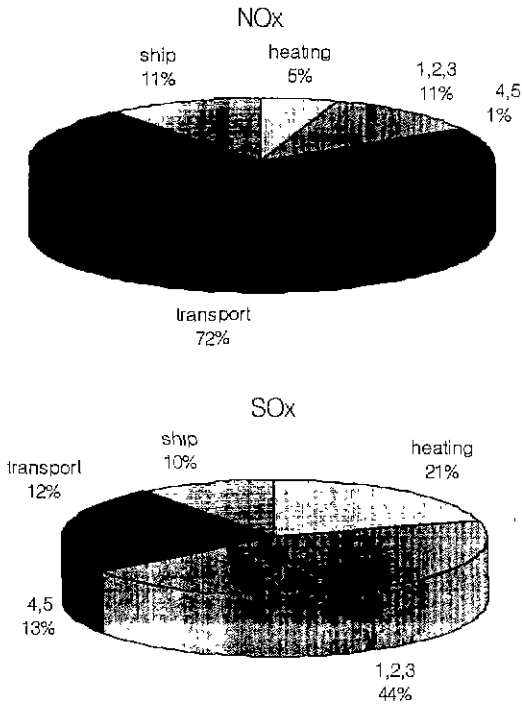


Fig. 5. Distribution ratio of pollutant emitted from total sources in Pusan coastal urban area.

업체 13%, 육상 수송 12%, 선박 10%를 각각 차지하였다(Fig. 5). 특히 내륙지역의 배출량에 대한 선박배출량의 비율은 NOx가 12.1%이었고, SOx는 11.4%로 나타났다. 이는 해안이 내륙지역의 면적에 비해 좁은 부분을 차지함에도 불구하고 상당히 높은 양을 나타내었는데, 연안도시지역의 대기질 특성에 크게 기여할 것으로 추정된다.

또한 각 오염물질들에 대한 배출량의 분포는 NOx 배출의 경우(Fig. 6) 선오염원이 탁월하기 때문에 전반적으로 오염원이 넓게 분포하고 있으며 특히 차량통행이 많은 서부 시외버스터미널 부근과 남포동 일대 그리고 선박배출에 의한 부산항에서 배출비율이 높게 나타난 것을 볼 수 있다. SOx의 분포(Fig. 7)는 부산광역시의 주 오염원이 되는 사상과 장림공단지역에서의 배출이 많은 부분을 차지하고 있을 뿐 아니라, 연안부근에서도 배출분포가 높은 것을 볼 수 있다.

그밖에 선박배출원을 고려하지 않은 CO, TSP, HC의 경우(Figs. 8-10)에는 모두 차량에 의한 수송 부분에서의 배출량이 가장 컸으며 전반적인 배출량 분포경향이 서로 유사함을 볼 수 있다.

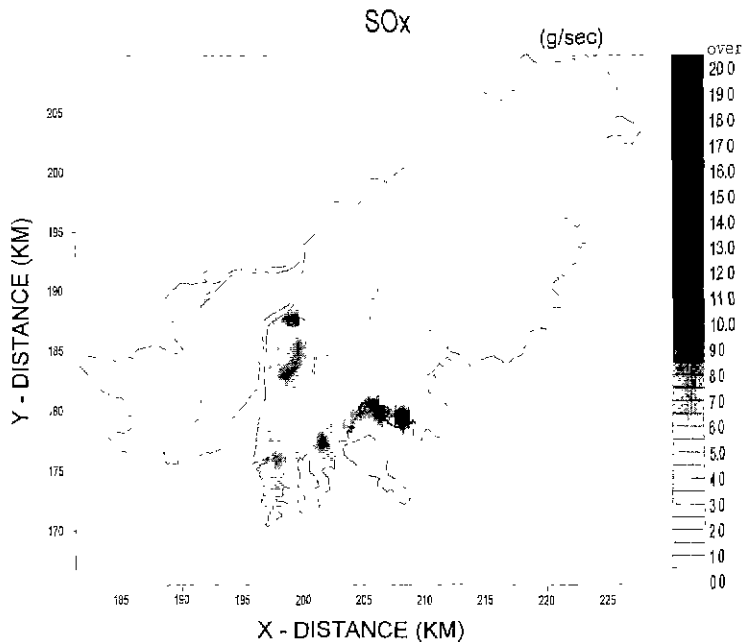


Fig. 6. Distribution of SOx emitted from total sources.

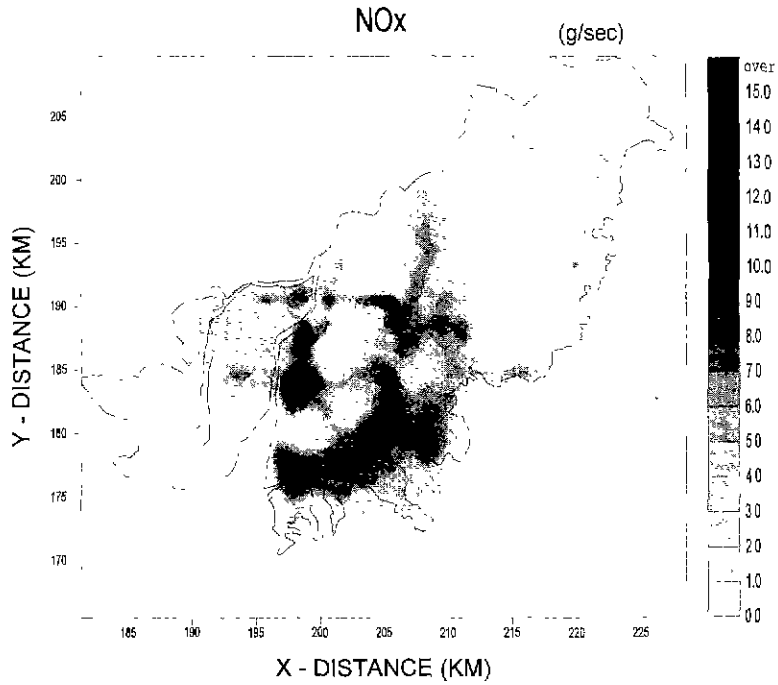


Fig. 7. Distribution of NOx emitted from total sources.

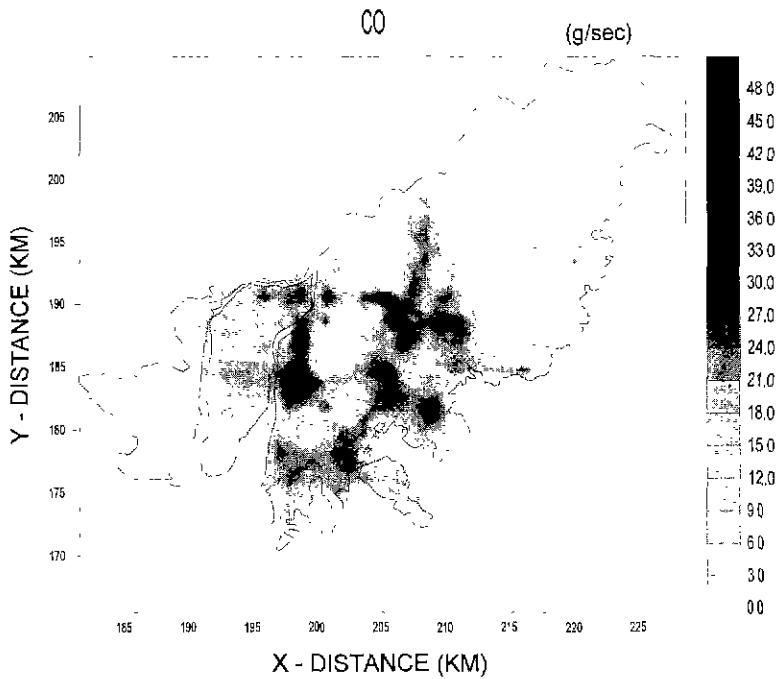


Fig. 8. Distribution of CO emitted from the sources excluding ship sources.

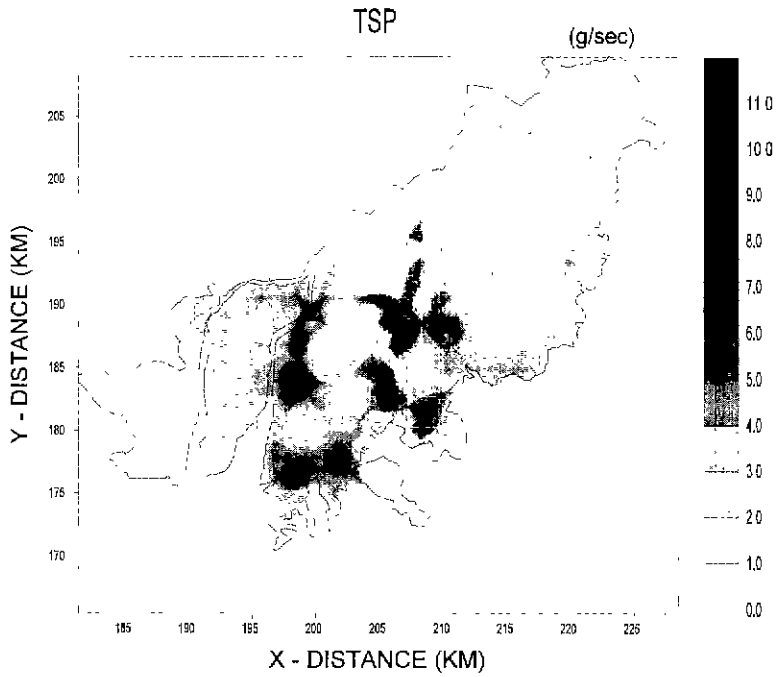


Fig. 9. Distribution of TSP emitted from the sources excluding ship sources.

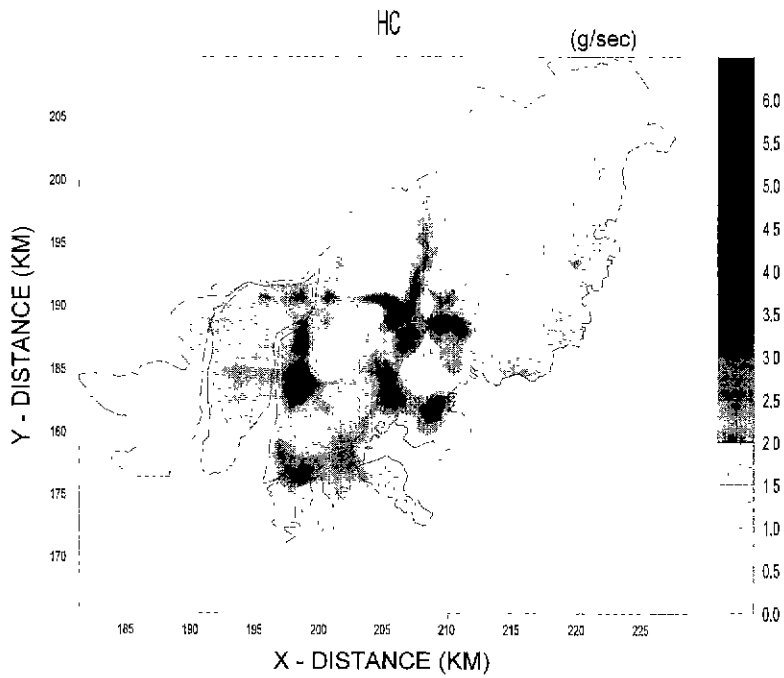


Fig. 10. Distribution of HC emitted from the sources excluding ship sources.

6. 결 론

본 연구에서는 연안도시지역에서 내륙지역 배출원뿐만 아니라 선박배출원에 대한 산정방법을 제시하였고, 연안도시지역인 부산광역시의 오염원 현황 및 배출특성을 분석하였다. 본 연구의 결과에 의하면, 선박에서 배출되는 오염물질의 기여도와 배출분포는 선종별로 컨테이너에 의한 비중이 가장 컸으며, 항행중보다 정박중에 배출 오염물질의 양이 더 컸다. 그리고 1항로 중심의 북항에서 2, 3항로 중심의 남항과 감천항에 비해 배출비중이 높았고 특히 컨테이너 전용부두인 자성대와 신선대의 경우 가장 높은 배출분포를 보였다.

그리고 부산지역 전체의 배출분포 특성은 NOx와 SOx에 대해 볼 때 NOx의 경우 육상 수송 72%, 선박 11%, 1, 2, 3종업체 11%, 난방 5%, 4, 5종 업체 1%였으며, SOx의 경우 1, 2, 3종 업체 44%, 난방 21%, 4, 5종 업체 13%, 육상 수송 12%, 선박 10%를 각각 차지하였다. 선박배출원이 내륙배출원에 대해 NOx와 SOx 배출량 각각에 대해 11.4%, 12.1%를 차지하고 있는데, 이는 부산항이 전체 부산광역시에 대해 차지하는 면적을 고려해 볼 때 상당히 많은 배출량을 가짐을 알 수 있었다. 또한 CO, TSP, HC의 경우 수송부문에서의 배출비율이 컸다.

이상과 같은 결과를 통하여 볼 때 선박에 의한 오염물질 배출량은 상당히 크다고 볼 수 있으며 특히 항구내에서의 배출량은 육상지역에 직접적인 영향을 미친다. 그러므로 부산지역의 효과적인 대기오염물질의 저감과 대기질 수치 모델링을 위해서는 선박오염원에 대한 고려가 반드시 수반되어야 할 것이다.

또한 각각의 배출원으로부터 오염물질의 배출량을 정확히 산정하는 것은 오염원의 실태를 파악하여 효과적인 방지대책을 세우는데 중요하다. 때문에 육상 배출원 뿐만 아니라 앞으로 항공기, 철도, 선박

등을 포함한 총체적인 배출량의 산정이 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 한국과학재단 지정 환경기술·산업개발연구센터(RRC-IETT)의 지원(과제번호 : 97-10-18-99-B-1)에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 국립환경연구원 (1992) 자동차 배출가스에 의한 오염물질 배출량에 관한 연구.
- 동력자원부 (1996) 에너지 총조사 보고서
- 박순웅, 전종갑, 윤순창 (1993) 장기 대기오염 농도에측을 위한 오염배출량 산정에 관한 연구, 한국환경과학연구협의회.
- 부산광역시 (1996) 부산광역시 통계연보.
- 부산광역시 (1996) 부산광역시 공해배출업소 현황.
- 이화운, 김유근, 원경미, 오은주 (1997) 연안도시지역의 대기유동장에서 대기오염물질의 확산과 이동에 관한 수치모의 한국환경과학회지, 6(5), 437-449
- 해양수산부 (1996) 해운항만 통계연보.
- 해운산업연구원 (1996) 선박대기오염 방지협약 제정동향과 대책.
- 日本船用機關學會 (1995) 船舶排出大氣汚物質削減手法檢討調査報告書.
- 日本船舶ばい煙問題研究會 (1985) 船舶からのばい煙量算定手法調査報告書.
- 財田武彦 (1995) 大阪灣における船舶からの大氣汚染物質排出量の評價, 神戸商船 大學大學院 碩士學位論文.
- 庶田和則 (1996) 大阪灣ヘイエリアの大氣環境の測定と分析, 神戸商船大學 大學院 碩士學位論文.
- U.S. Environmental Protection Agency (1985) Compilation of Air Pollutants Emission Factors. 1, AP-42, 4th Edition