

해륙풍을 고려한 울산지역 대기오염물질농도의 수치모의

이 화 운 · 원 경 미 · 정 우 식 · 오 은 주 · 김 민 선 · 도 우 곤
부산대학교 대기과학과
(2002년 3월 21일 접수; 2002년 8월 5일 채택)

A Numerical Simulation of Air Pollutant Concentration Considering Land and Sea Breeze in Ulsan Area

Hwa Woon Lee, Gyeong-Mee Won, Woo-Sik Jung, Eun-Joo Oh
Min-Sun Kim and Woo-Gon Do

Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 617-736, Korea
(Manuscript received 21 March, 2002; accepted 5 August, 2002)

The urban pollution is affected by local environmental, so it is necessary to consider area characteristics such as emission source and meteorological phenomena, in studying urban air pollution. Ulsan is located on south-east coast and has many industrial facilities, so many people have concerned about air pollution. This study contains conducting numerical simulation of air pollutant concentration considering land and sea breeze in Ulsan area with the numerical model.

Key word : land and sea breeze, urban pollution, air quality modeling

1. 서 론

인구의 증가 및 도시집중, 산업의 발달 그리고 에너지개발 등으로 편리한 생활과 문화·문명을 영위하게 되었지만 이로 인한 인간활동의 증가로 대량의 열과 오염물질이 대기로 방출되고 있다. 특히, 인간활동이 집중적으로 일어나는 도시지역은 주변지역과 달리 기온의 고온화, 풍속과 일사량 감소와 같은 대기환경의 변화가 일어나고 있다. 이러한 대기환경의 변화는 오염원의 위치, 오염물질의 특성과 지형 및 기상조건 등 여러 가지 요인들의 영향을 받으며, 이러한 조건에 대한 분석과 예측에 대한 연구가 시도되고 있다. 그러나 도시지역 대기환경의 변화는 해당 도시의 지역적인 특성의 영향을 많이 받기 때문에 그 지역의 오염물질 배출특성이나 기상현상 등의 특수성을 함께 고려하는 것이 필요하다.

국내뿐 아니라 세계적으로 대도시들은 연안지역에 위치하며, 이러한 지리적 특성으로 인한 중규모 순환은 내륙과 다른 형태의 대기오염현상을 일으킬

수 있다. 이러한 연안도시의 대기질에 대하여 연구자들은 해륙풍과 산곡풍의 복합적인 국지류가 존재할 때 가상적인 유체입자의 이동을 모사하고, 화학반응을 고려한 오염물질 농도를 예측하였다^{1,2)}. 또한 대규모 점오염원이 대기질에 미치는 영향을 예측하고 그 평가를 위한 오일리안-라그랑지안 광화학 모델을 개발하였다³⁾. 그리고 해륙풍순환에 따른 대기오염물질 농도 예측에 대한 수치모의가 국내에서도 실행되었다^{4,5)}.

따라서 본 연구에서는 우리나라 남동연안의 대규모 공업도시로서 중공업과 비료공장, 정유공장이 위치해 있어 일찍부터 대기오염방출에 대한 관심이 집중된 울산지역에 대하여 대기오염물질 배출량을 산정하여 그 특성을 분석하고, 이를 바탕으로 해륙풍을 고려한 울산지역의 대기오염물질 농도 분포를 수치모의하고 분석하였다.

2. 울산지역의 대기오염 배출량의 산정과 그 특성

2.1. 배출량 산정영역 및 자료

배출량 산정영역은 울산광역시를 대상으로 하였으며 면적은 약 182km²이다. 이 영역을 TM좌표를

Corresponding Author : Hwa Woon Lee, Dept. of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 617-736, Korea
Phone : +82-51-510-2291
E-mail : hwlee@pusan.ac.kr

이용하여 1km×1km의 각 격자내의 오염원을 대상으로 배출량을 산정하였다.

점오염원은 울산지역의 배출업소자료에서 5개종업체에 대한 연료사용량과 연료종류별 배출계수를 이용하였고, 선오염원에 의한 배출은 울산시내 주요 교차로별 교통량 조사자료와 격자별 도로길이, 차종별 오염물질 배출계수를 이용하여 산정하였다. 마지막으로 면오염원은 주로 가정난방에 의한 배출로 울산지역의 주택종류, 주택종류별 사용연료의 종류, 연료별 배출계수를 이용하여 산정하였고, 배출량 산정 대상 오염물질은 TSP, SO₂, NO_x이다.

2.2 배출량 산정 방법

2.2.1. 점오염원

점오염원은 울산시의 점오염원 배출업소시설 조사표⁶⁾를 이용하여 각 업소의 연간 연료사용량에 점오염원 오염물질 배출계수를 적용하여 산정하고 업

체들의 주소와 지도를 이용하여 계산영역 내에 좌표를 설정하였다. 산정된 점오염원에 대한 배출량을 Table 1에 나타내었다.

2.2.2. 선오염원

선오염원에 의한 오염물질 배출량을 산정하기 위하여 차종을 택시, 승용차, 소형버스, 대형버스, 소형트럭, 대형트럭으로 구분하였다. 또 각 격자별 통행량을 산정하기 위하여 울산시 9개 주요 교차로에서 차종별 통행량^{8,9)}을 바탕으로 인구비례를 이용하였다. 각 격자내의 차종별 통행량에 격자별 도로연장을 적용한 후, 차종별 오염물질 배출계수를 곱하여 선오염원의 배출량을 산정하였다(Table 2).

격자별 l 차종의 오염물질 배출량

$$= l \text{ 차종의 1일 통행량} \times \text{격자내의 도로 연장} \times \text{오염물질 배출계수}$$

(l : 택시, 승용차, 소형버스, 대형버스, 소형트럭, 대형트럭)

2.2.3. 면오염원

가정난방에 의한 오염물질 배출량을 산정하기 위하여 주택을 유형별로 나누고 그에 따른 사용연료¹¹⁾를 조사하여 각 구의 주택 유형에 따른 난방연료 종류별 사용량을 추정하였다. 다음으로 각 동별 인구 밀도와 주택유형의 분포로 각 격자별 주택유형 분포비를 계산하였다. 그러면 각 격자내의 연료별 총 사용량은 해당격자의 주택유형 분포비에 격자가 해당하는 구의 주택유형에 따른 연료종류 사용비를 곱한다.

계산된 격자별 총 연료사용량에 EPA의 난방연료에 대한 오염물질 배출계수를 곱하여 면오염원의 배출량을 산정하고 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 1. Emission factor for each fuel (point source)
(unit : ton/1000ton, kl/1000kl)

fuel \ pollutant	TSP	SO ₂	NO _x
anthracite	20.0	18S	5.0
cokes	0.27	17S	2.5
brown coal	0.33	15S	5.75
wood	10.0	0	0.5
bunker-C	3.75	19S	7.5
bunker-A, B	1.07	19S	7.5
light oil	0.25	17S	2.3
kerosene	0.31	17S	2.3
gasoline	0.25	17S	2.8
LPG	0.21	16S	1.4

(U. S. EPA, 1992⁷⁾)

Table 2. Emission factor for each mobile

(unit : g/km)

fuel \ pollutant	TSP	SO ₂	NO _x
LPG taxi	0	0	2.61
passenger car	0	0.05	2.50
small bus	0.19	0.60	2.90
bus	2.01	2.10	16.40
small truck	0.20	0.60	3.08
large truck	2.26	2.70	15.87

(National Institute of Environment Research, 1992¹⁰⁾)

Table 3. Emission factor for each fuel (residential heating)

(unit : briquette = ton/1000ton, oil = ton/1000kl)

fuel \ pollutant	TSP	SO ₂	NO _x
briquette	5.00	12.60	1.50
kerosene	0.31	1.53	2.30
light oil	0.31	6.80	2.30
bunker-C	2.00	30.4	7.50
propane	0.225	0.00002	0.94
LNG	2.26×10 ⁻⁴	1.35×10 ⁻⁷	2.25×10 ⁻³

(U. S. EPA, 1992⁷⁾)

2.3. 배출량 산정결과

위에서 울산지역을 대상으로 TSP, SO₂, NO_x 세 물질에 대한 점, 선, 면오염원 배출량을 산정하였다. 점오염원은 연간 연료사용량¹¹⁾ 1000ton을 기준으로 그 이상인 1, 2, 3종과 그 이하인 4, 5종으로 구별하였다.

울산지역의 배출량의 합계를 Table 4에 나타내었다. 각 배출량 특성은 선오염원을 제외하고 NO_x와 TSP보다 SO₂의 배출량이 크게 나타났다. 반면, 자동차 배출이 대부분인 선오염원은 NO_x의 배출량이 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 울산은 대단위 공업 도시이므로 선, 면오염원의 배출량보다 점오염원에 의한 배출량이 더 많은 것으로 나타났다. 그러나 선오염원과 면오염원은 도로망과 주택분포에 따라 전체적으로 분포하지만 점오염원은 여천, 온산, 용연 등 공업단지를 중심으로 집중적으로 분포하였다.

3. 울산지역의 대기질 특성

본 연구에서는 1992년~1996년에 걸쳐 울산지역의 주요 대기오염물질에 대한 연변화 및 월변화 경향에 대하여 분석하였다.

울산지역의 SO₂, NO₂, O₃의 연평균 농도변화를 Fig. 1에 나타내었다. 저유황유의 공급확대 및 청정 연료 사용의 증가 등 지속적인 저감대책으로 SO₂와 NO₂ 농도는 두드러진 감소 추세를 보이는 반면, O₃는 증가하는 경향을 나타내어 오존에 의한 대기오염의 중요성이 높아지는 것을 알 수 있다.

오염물질의 월평균 농도를 Fig. 2에 나타내었다. 월평균 농도는 변화 경향이 연평균농도와 비교적 비슷한 것으로 나타났다. TSP의 경우 중국에서 유입되는 황사의 영향으로 3, 4, 5월에 고농도가 나타나고, SO₂와 NO₂는 겨울과 봄철에 높은 반면, 여름에 낮은 농도 분포를 나타냈다. 이것은 겨울철 난방을 위한 연료사용 증가 때문인 것으로 분석된다. 또한 O₃는 겨울철에 낮은 농도를 나타내었다.

울산지역에는 7개 지점의 대기질 자동측정망이 있으며 각 지점별 위치를 Fig. 3에 나타내었다.

Table 4. Total emission amount

fuel	pollutant	(unit : g/sec)		
		TSP	SO ₂	NO _x
point source - 1, 2, 3		38.9836	126.8263	26.7790
point source - 4, 5		171.0281	238.2637	2563.5491
line source		91.39	6514.02	1783.16
area source		307.800	8784.8161	161.2377

(U. S. EPA, 1992⁷⁾)

Table 5는 각 지점별 TSP, SO₂, NO₂, O₃ 농도의 평균값을 나타낸 것이다. 전체적으로 공업지역인 P2(부곡동)와 P3(여천동)의 농도가 다른 지역에 비하여 높은 것으로 나타났으며, SO₂는 P1(성남동, 상업지), P4(야음동, 주거지), P5(상남리, 주거지)를 제외한 나머지 지점에서 연평균 환경기준을 넘어서는 심각한 수준인 것으로 나타났다. 각 지점별 SO₂의 월평균 농도변화에 대한 그림을 Fig. 4에 나타내었다.

4. 모델링 대상영역과 지형

모델링 대상영역은 그림과 같이 해안선을 끼고 있으며, 크고 작은 오염원들이 밀집해 있는 울산 동쪽지역(Fig. 5)으로 설정하였으며, TM 좌표로 X방향 223~243, Y방향 211~231 범위이다. 계산영역의 지형은 그림과 같으며 동쪽해안을 따라서 태백산맥의 끝자락이 자리잡고 있으며, 계산영역의 서쪽과 남쪽 경계부분에도 크고 작은 언덕이 위치해 비교적 지형의 변화가 심한 형태를 나타내고 있다(Fig. 6).

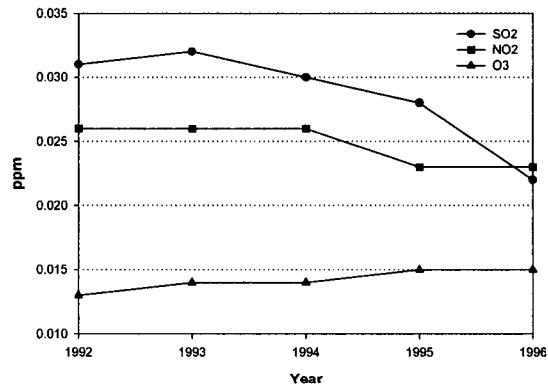


Fig. 1. Annual variation of SO₂, NO₂, O₃ concentration.

Table 5. Pollutant concentration at automatic air quality monitoring network

station	TSP(μg/m ³)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)
P1	64	0.018	0.022	0.013
P2	117	0.034	0.024	0.013
P3	123	0.032	0.022	0.017
P4	-	0.021	-	0.015
P5	115	0.026	0.023	0.014
P6	-	0.033	-	0.017
P7	65	0.033	-	0.016

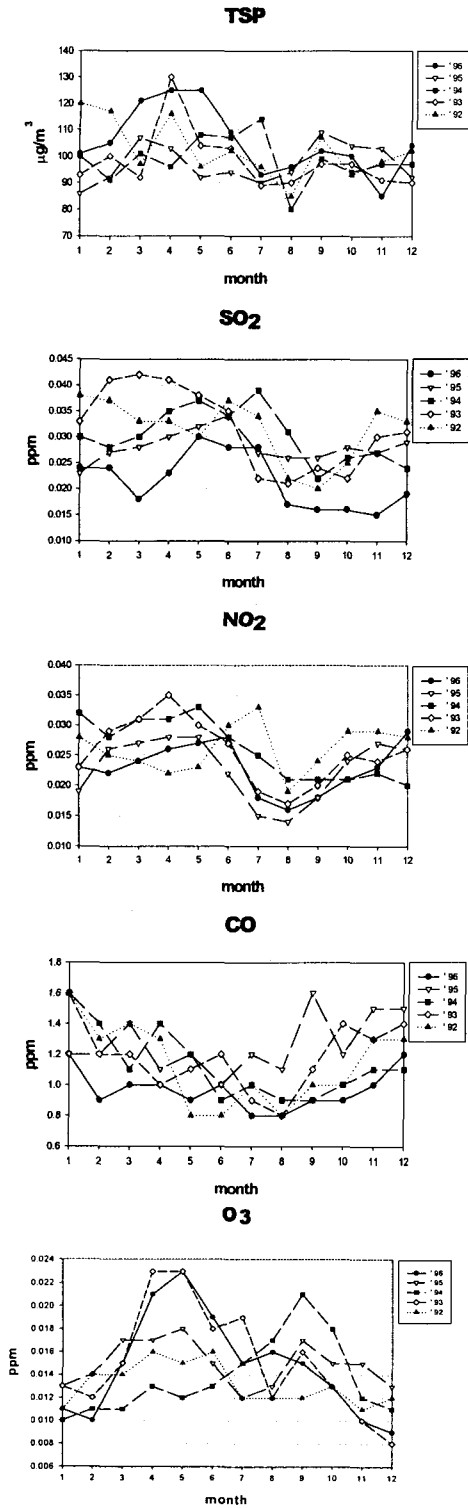


Fig. 2. Monthly variation of TSP, SO₂, NO₂, CO and O₃.

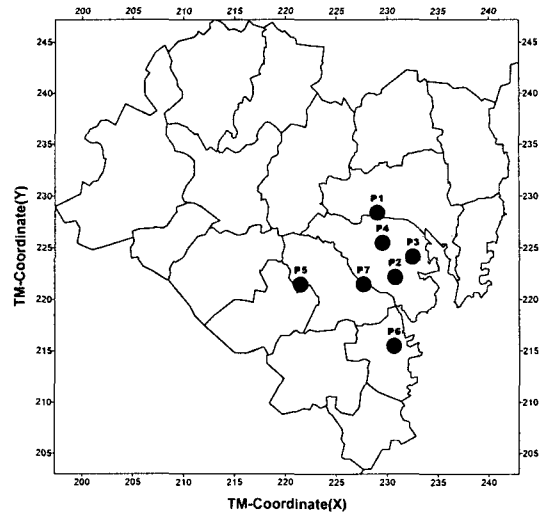


Fig. 3. Position of automatic air quality monitoring network.

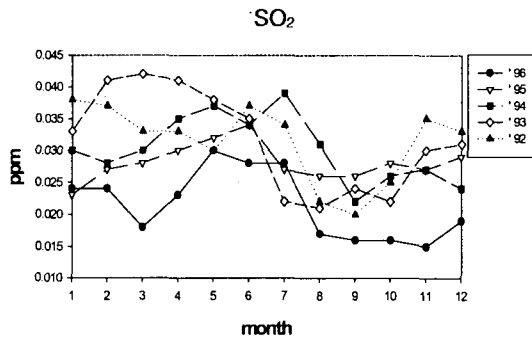


Fig. 4. Monthly variation of SO₂ concentration at automatic air quality monitoring network.

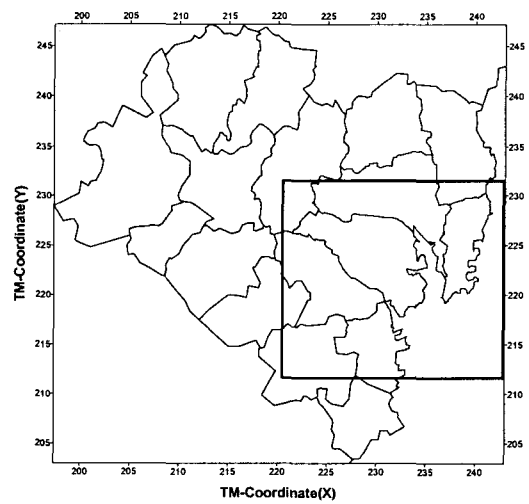


Fig. 5. The inner box shows the calculated region.

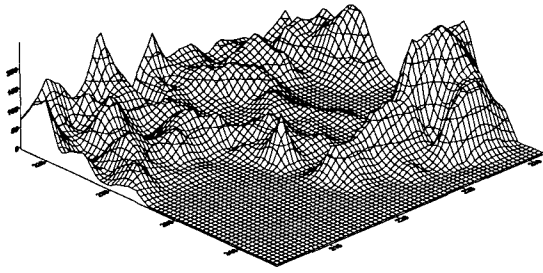


Fig. 6. The topography of calculated region.

5. 수치모형을 이용한 울산지역 대기오염물질 농도분석

5.1. 울산지역 대기유동장의 수치모의

기본적인 기상현상을 표현하기 위하여 운동량, 질량, 열에너지 등의 보존식에 기초한 운동방정식, 온위방정식, 비습방정식, 연속방정식, 정역학방정식의 기초 방정식을 사용하였다.

초기조건은 계산대상 전 영역을 정상상태로 가정하였다. 연직방향의 풍속성분은 전 영역에서 $w=0$ 로 두었고, 수평방향 풍속성분은 지균풍이 없는 경우를 가정하여 $u=v=0$ 으로 하였다.

경계조건은 연직방향 풍속에 대해서 $w=0$ 로 두었고, 수평방향 풍속 u, v 는 지표면에서 격자점이 없기 때문에 지표면에서 가장 가까운 값을 지표층 마찰속도로 계산하여 그 값을 경계치로 하였다.

해륙풍이 발생하는 8월의 전형적인 여름날에 대하여 울산의 실제 지형을 고려하여 계산한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 1000LST의 경우 바다와 육지의 비열차로 인해 해풍이 발달하기 시작하며, 산지에는 지형에 의한 곡풍이 강하게 발생하는 것으로 나타났다. 1300LST는 산지를 중심으로 바람장의 수렴대가 발생하고 해안선 주위에는 아주 뚜렷한 해풍이 불고 있는 것이 보인다. 특히 산지 주변은 해풍과 곡풍이 합쳐진 지역풍으로 바람은 더 강하게 나타난다. 1700LST는 지형에 의한 지역풍이 거의 소멸되고, 바람장은 해풍이 뚜렷하게 나타난다. 2200LST는 지형에 의한 약한 산풍이 서서히 불기 시작하고, 육상에서는 육풍이 발달하고 있다. 0100LST는 육풍과 산풍이 합쳐져 흐름이 강해지며, 특히 해안쪽은 강한 바람이 발생하는 것을 알 수 있다. 즉, 울산지역의 바람장은 산곡풍이 해륙풍보다 먼저 발달하고 해안지역에서는 해륙풍과 합성되어 더 강한 흐름장을 나타내는 특징이 있다.

5.2. 울산지역 대기오염농도 수치모의

본 연구에서는 대기오염물질의 농도 예측을 위하

여 대기유동장을 따라 이동하는 오염물질의 농도를 광화학반응과 침적과정을 모사하는 오일리안 이류 확산모형을 사용하였다. 또한 앞에서 산정한 대기오염물질 배출량자료를 바탕으로 대기유동장 모델과 대기오염농도를 예측하였으며, SO₂, NO₂, O₃에 대한 결과를 나타내었다.

5.2.1. 계산조건

고연돌 등의 고소 배출원은 식의 q_{sp} 로 나타내어 계산격자 안에 설정하였다. 이 때 배출을 q_{sp} 는 식 (1)과 같이 표현된다

$$q_{sp} = Q / \Delta V \quad (1)$$

여기서 Q 는 배출량, V 는 q_{sp} 가 설정된 격자점을 포함하는 control volume이다. 모델에 사용된 격자별 배출량은 1995년 울산지역의 배출량 중 모델링 지역에 포함되는 부분을 사용하였다.

지상배출원은 q_{sf} 로 저면의 경계조건으로 취급되며, 식(2)와 같이 표현된다.

$$q_{sf} = Q / \Delta S \quad (2)$$

여기서 ΔS 는 q_{sf} 가 설정된 격자점을 둘러싸는 control area이다.

계산대상 오염물질은 SO₂, NO₂, NO, O₃, HC, RCHO이고, 수치모의를 위한 지표면의 초기농도는 각 오염물질에 대하여 1996년 8월 울산지역의 평균 농도를 입력하였으며, 그 농도 값은 Table 6에 제시하였다. 이들 값은 지표면에서 측정된 값으로, 연직방향의 농도분포는 높이 100m까지 같은 값으로 두고, 그 이상 고도는 계산영역 상한에서 1/10이 되게 선형적으로 감소하도록 모델화하였다.

5.2.2. 대기오염물질 농도분포 특성

울산지역의 대기오염물질 농도분포에 대한 수치모의 결과를 Fig. 8 ~ Fig. 10에 나타내었다. SO₂와 NO₂의 경우는 아침과 낮에 비교적 농도가 높고 밤에는 낮은 전형적인 일변화 형태를 보였다. 또한 해안의 공업지대와 주거밀집 지역에서 대량으로 발생

Table 6. Initial pollutant concentrations at surface

pollutant	initial concentration (ppb)
SO ₂	26
NO ₂	14
NO	14
O ₃	13
HC	100
RCHO	3

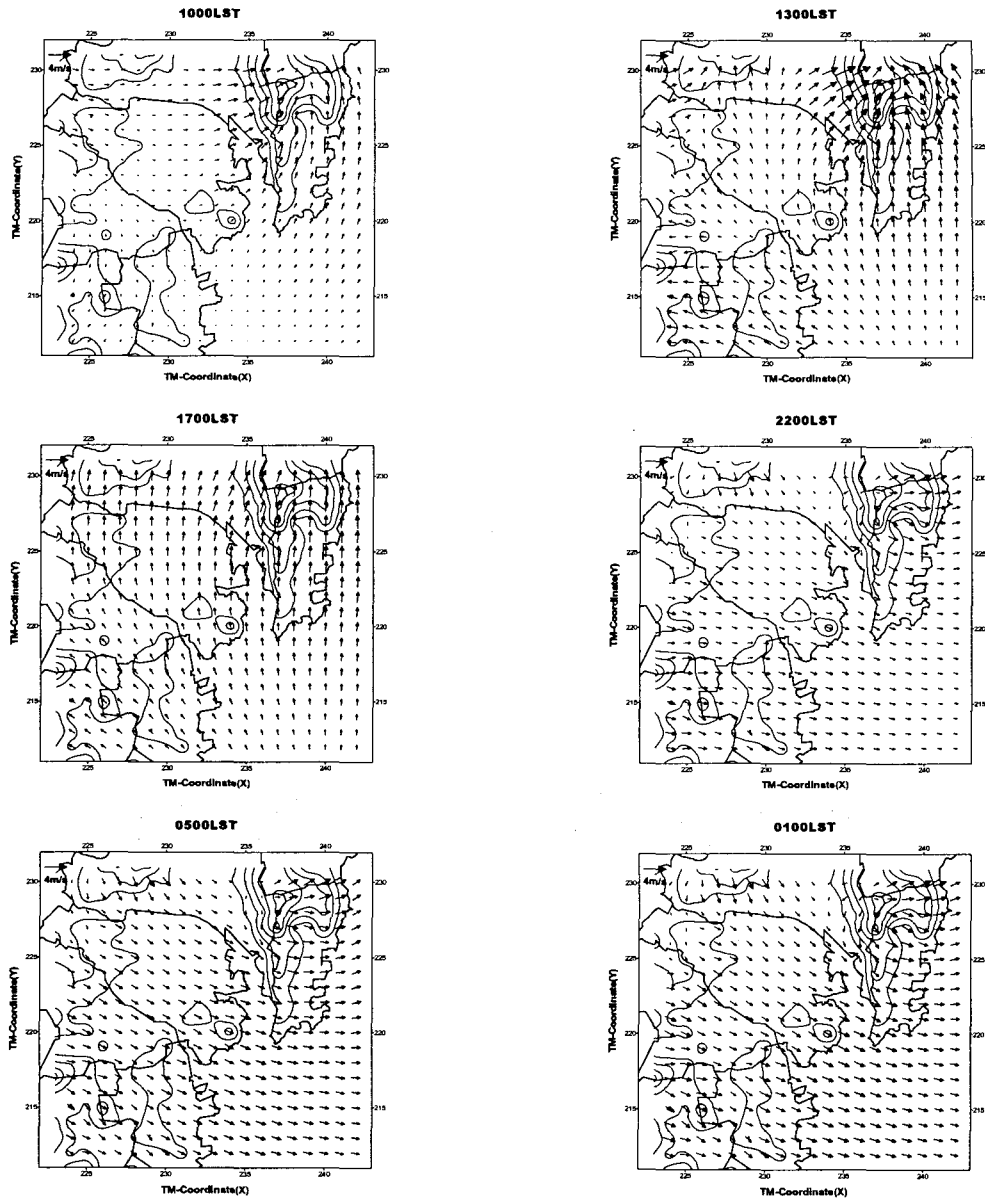


Fig. 7. Horizontal wind fields.

하는 오염물질은 낮에는 해풍에 의해서 내륙으로 확산이 되며, 밤에는 배출량의 감소로 해안과 내륙의 농도차이가 크지 않으나 내륙의 오염물질이 새벽이 되면서 육풍에 의해 해안으로 이동하는 형태를 나타낸다. 즉, 해풍의 발달과 함께 낮시간대(1000LST~1700LST)에 고농도로 나타났던 내륙지역은 밤시간대(2200LST~0500LST)에 농도가 낮아지면서 내륙으로 이동하며 다시 육풍과 함께 해안부근으로 내려와 새벽 무렵 해안지역의 농도가 다소 높아지는 해륙풍순환에 따른 국지형태를 볼 수 있었

다. 또한 내륙과 해안에 걸쳐 전체적인 분포를 보이는 SO_2 와 달리 NO_2 의 경우는 해안까지 넓게 분포하지 않고 내륙의 일부 지역에서만 나타난다. 이것은 앞의 배출량분포와 같이 계산영역에 위치한 공업지대의 SO_2 배출이 NO_2 보다 높기 때문인 것으로 분석된다.

O_3 의 경우는 전체적으로 해안과 내륙의 농도차이가 크지 않으며, 밤시간대에 일사량의 감소로 낮은 농도가 나타나며, 새벽이 되면서 해안에 고농도가 분포한다.

해륙풍을 고려한 울산지역 대기오염물질농도의 수치모의

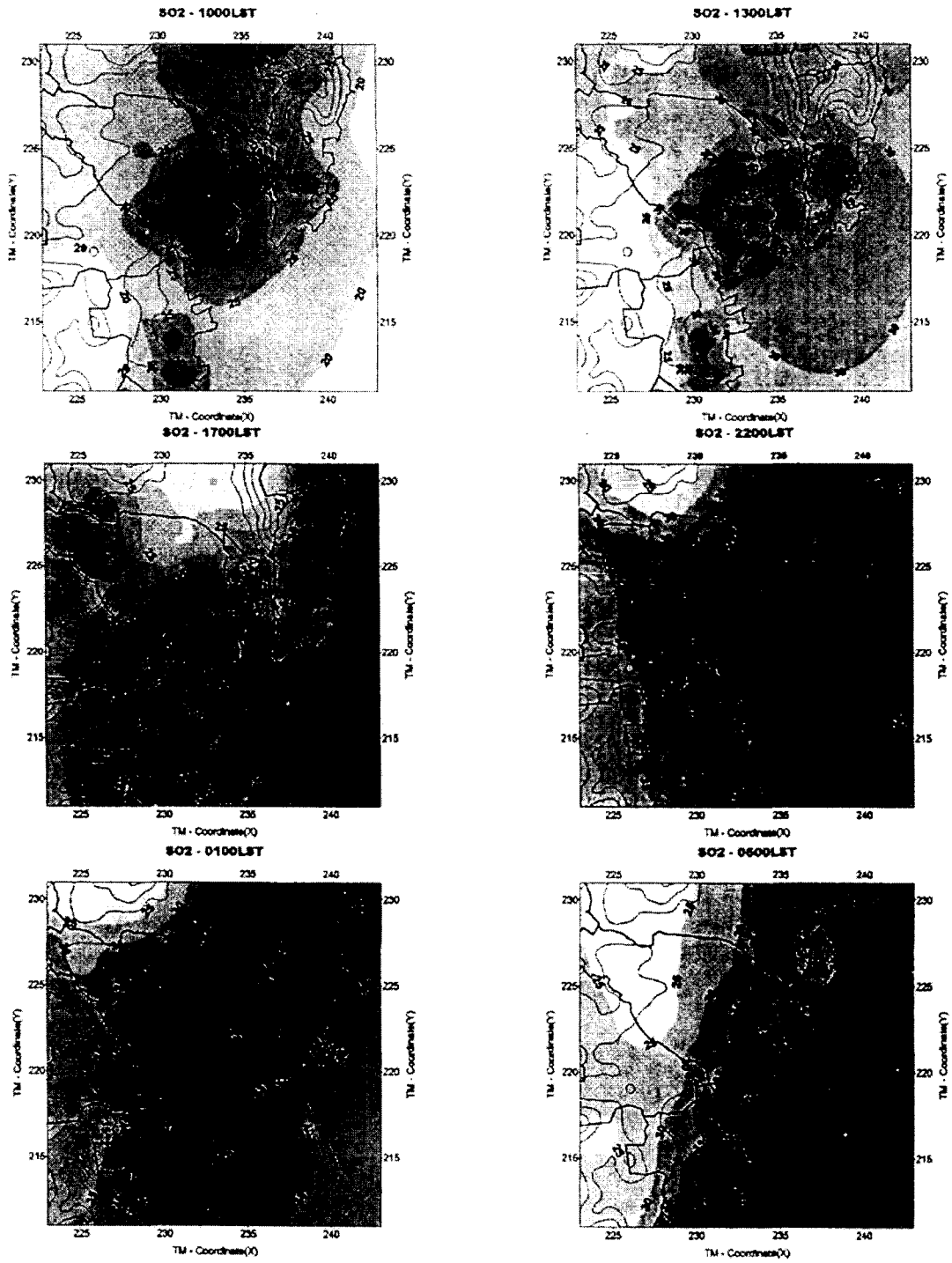


Fig. 8. Concentration distribution of SO₂.

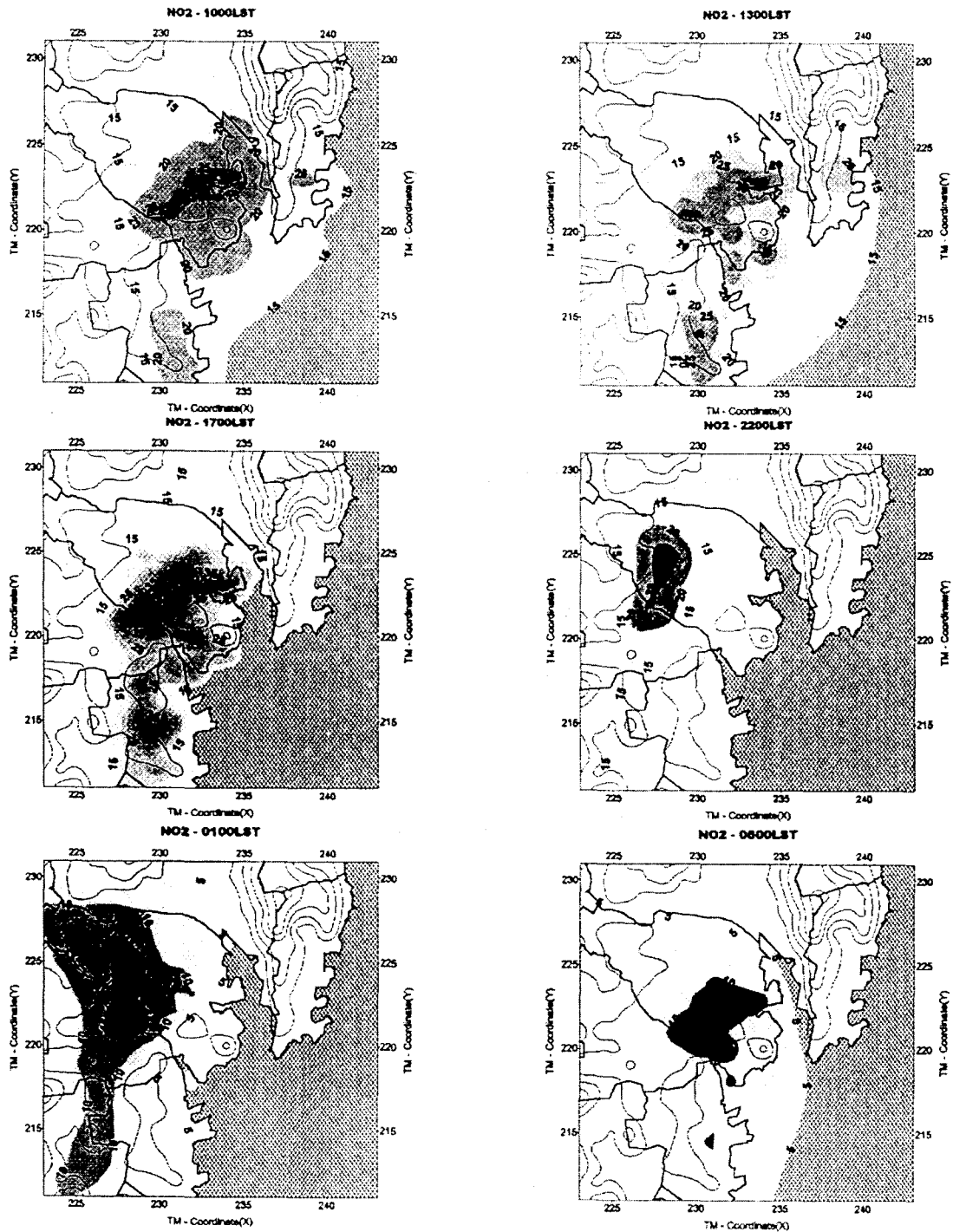


Fig. 9. Concentration distribution of NO₂

해륙풍을 고려한 울산지역 대기오염물질농도의 수치모의

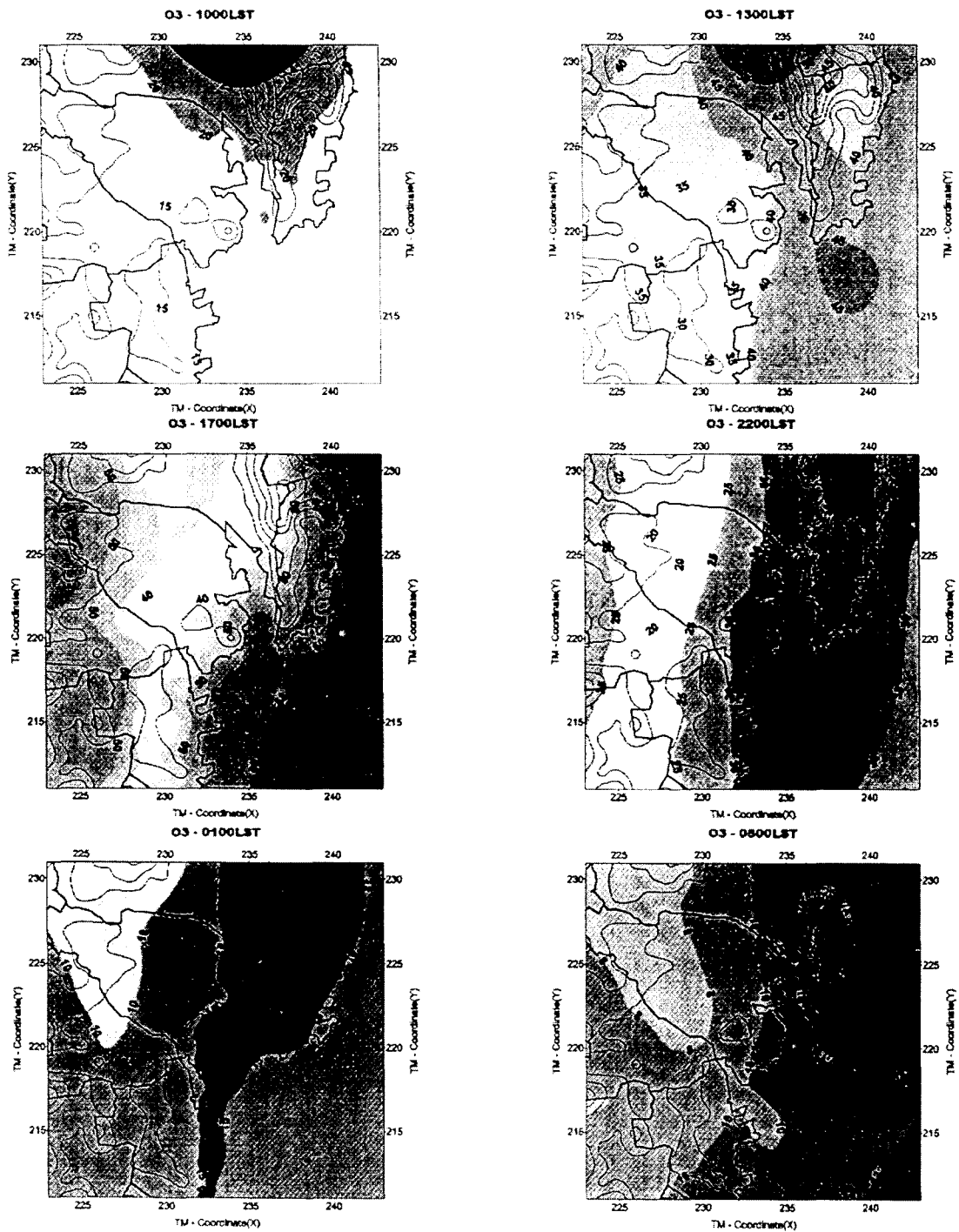


Fig. 10. Concentration distribution of O_3 .

5.2.3. 실측자료와 비교

수치모델 결과의 타당성을 검증하기 위해 실측자료와 비교하였다(Fig. 11). 비교대상은 울산지역 대기질 자동측정망 중 상업지역인 P1과 공업지역인 P3를 이용하였다. 이 두지점의 1995년과 1996년 8월 자료중 해륙풍이 발생한 날 각각의 시간대별 관측 평균값과 같은 지점의 모델값을 비교하였다.

먼저 P1지역과 P3지역으로 나누어 분석하면, 상업지역인 P1의 경우 SO₂의 모델값이 야간시간대와 이른 새벽에 관측값과 비교적 일치하며, 전시간에 걸쳐 농도 변화 경향이 비슷한 것으로 나타났다. NO₂는 전 시간에 걸쳐 모델값과 관측값의 농도 변화 경향이 일치하는 것으로 나타났다. O₃의 경우 모델값과 관측값 각각의 최고치에서 약간의 차이가 있으나, 전체적으로 변화형태는 대부분 일치하는 것으로 나타났다.

공업지역인 P3의 경우는 SO₂의 모델값과 관측값이 전체적으로 약간의 차이를 보이지만, 농도의 변화 경향은 비교적 일치하며, NO₂는 18시에 모델값의 최고치가 기록되었으나 실제 관측값은 낮게 나타났다. 그러나 18시를 제외한 나머지 시간대에서 농도값과 농도 변화 경향은 모델값이 잘 재현한 것으로 나타났다. 마지막으로 O₃는 모델값과 관측값이 전시간에 걸쳐 비교적 일치하며, 농도 변화 경향도 잘 맞는 것으로 나타났다. 그러나 모델값이 이른 새벽시간대의 농도를 과소평가 하였다.

P1지역과 P3지역의 모델값과 관측값을 비교한 결과 두 지역 모두 관측값에 대해서 모델값이 비교적 잘 맞는 것으로 나타났다. 특히 상업지역인 P3지역에서 세 물질 모두 관측값을 잘 재현하였고 O₃의 경우는 P1지역과 P3지역 모두에서 잘 맞는 결과를 보였다.

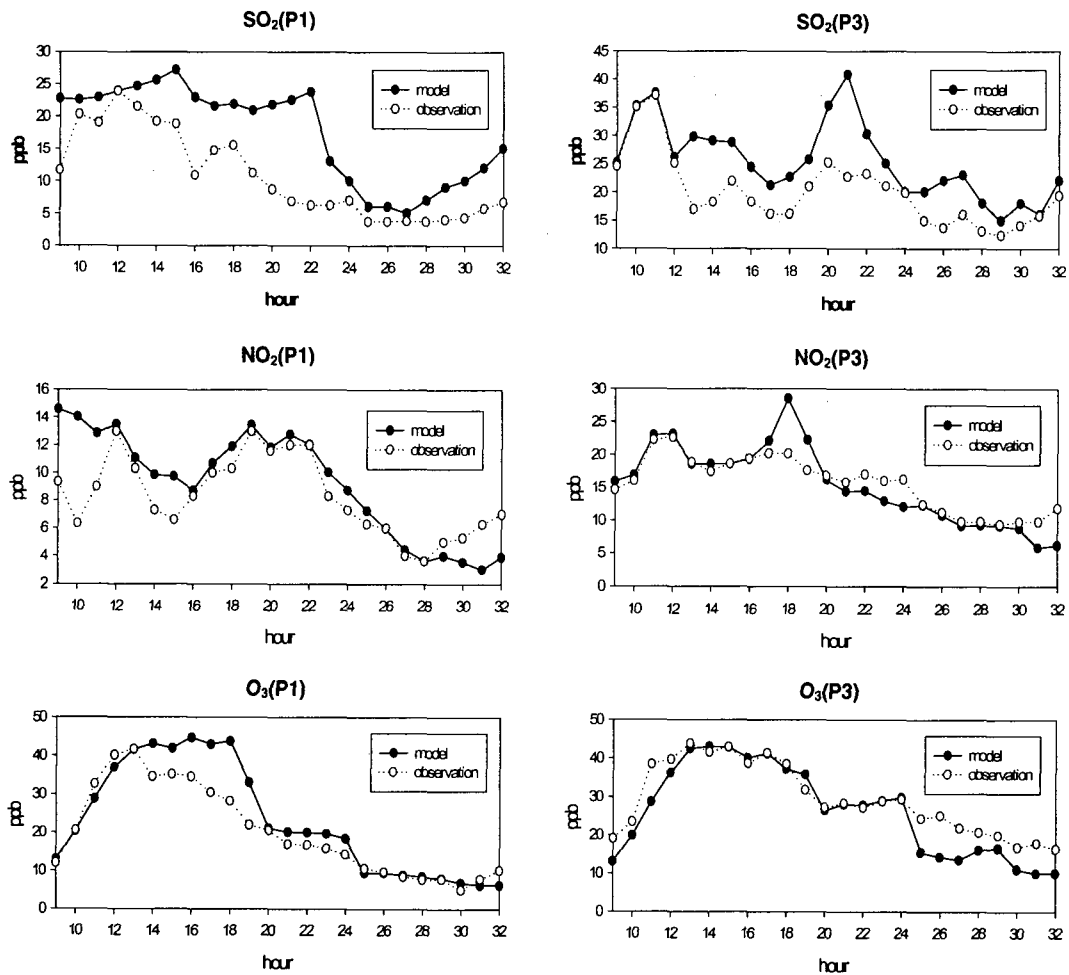


Fig. 11. Comparison of observed values and modeled values.

6. 결 론

본 연구에서는 대표적인 공업도시인 울산지역 대기오염물질 배출량을 정량적으로 산정하고 해륙풍 현상을 고려하여 수치모델을 이용하여 대기오염물질의 농도분포를 예측하였다.

울산지역의 배출특성은 선오염원을 제외하고는 SO₂의 배출량이 NO₂와 TSP의 배출량보다 크며, 자동차 배출원인 선오염은 NO₂의 배출량이 가장 크게 산정되었다. 또한 울산은 대단위 공업도시이므로 먼, 선오염원 보다 점오염원의 배출량이 더 지배적인 것으로 나타났으며, 점오염원은 다른 오염원과는 달리 여천, 온산, 용연 등 공업단지를 중심으로 집중적으로 분포하는 것으로 나타났다.

울산지역의 바람장은 산곡풍이 발달한 후 해륙풍 발달하며, 해안지역에서는 지형에 의한 바람이 해륙풍과 합성되어 더 강한 흐름장을 나타내는 특징이 있다.

수치모델을 이용하여 SO₂, NO₂, O₃의 농도분포를 예측한 결과 SO₂와 NO₂는 낮동안 연안지역에서 대량의 배출이 해풍에 의하여 내륙으로 이동한 후 밤 동안 육풍에 의하여 연안지역에 고농도를 나타나게 하는 해륙풍순환에 의한 국지순환계를 알 수 있고, O₃의 경우는 내륙과 연안지역의 농도차이가 크지 않으나 일출 후 증가하는 형태를 보였다.

수치모델결과의 타당성을 검증하기 위하여 관측값과 비교한 결과 상업지역인 P1과 공업지역인 P3 지역에서 SO₂, NO₂, O₃의 관측값과 모델값이 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났고, 특히 상업지역에 대한 모델값이 잘 일치하였다. 세 물질중 O₃는 P1, P3 두 지역 모두 관측값과 모델값의 농도 변화가 가장 잘 맞는 것으로 나타났다.

이상의 연구를 통해 대규모 공단이 밀집한 울산지역의 대기질 특성을 알 수 있었고, 수치모의를 통해 울산지역 대기질 특성과 농도분포를 상세히 살

펴볼 수 있었다. 앞으로 대도시 뿐 아니라 전국 중소도시를 대상으로 이와 같은 연구가 수행된다면 각 지역의 대기환경연구에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Tothihiro, K. and K. Igarashi, 1986, Numerical analysis of air pollution in a combined field of land/sea breeze and mountain/valley wind, American Meteo. Sci.
- 2) Mahrer, Y. and R. A. Pielke, 1975, A numerical study of air flow over mountains using the two dimensional version of the university of Virginia mesoscale model, J. Atmos. Sci., 31, 2144-2155.
- 3) Hess, G. D., 1989, A photochemical model for air quality assessment : model description and verification, Atmos. Environ., 23(3), 643-660.
- 4) 장은숙, 1997, 연안도시지역의 기류와 대기오염물질 농도예측에 관한 수치모의, 부산대학교 대학원박사학위 논문.
- 5) 전병일, 1997, 부산연안역의 고농도 오존일의 예측기법 개발과 오존농도 수치모의, 부산대학교 대학원 박사학위 논문.
- 6) 환경부, 1994, 점오염원 배출업소 시설 조사표
- 7) U. S. Environmental Protection Agency(a), 1992, User's Guide for the Industrial Source Complex(ISC2) Dispersion Models, Volume I, 175pp.
- 8) 울산시, 1995, 교통정비 기본계획.
- 9) 건설교통부, 1996, 고속도로 교통량조사.
- 10) 국립환경연구원, 1992, 자동차 배출가스에 의한 오염물질 배출량에 관한 연구.
- 11) 동력자원부, 1993, 에너지 총조사 보고서.