

부산광역시에서의 NO₂농도 특성 및 기상 영향인자 분석

이 화 운 · 김 유 근 · 장 난 심 · 이 용 희
부산대학교 대기과학과
(1999년 6월 15일 접수)

The Effect of Meteorological Factors on Variation and Temporal and Spatial Characteristics of NO₂ Concentration in Pusan Area

Hwa-Woon Lee, Yoo-Keun Kim, Nan-Sim Jang, and Yong-Hee Lee

Dept. of Atmospheric sciences, Pusan National University, Pusan, Korea

(Manuscript received 15 June, 1999)

The concentration of air pollution in a large city such as Pusan has been increased every years due to the increase on fuel consumption at factories and by vehicles as well as the gravitation of the population.

In this study, we have analyzed NO₂ concentration data and various data of meteorological factors during 1994-1997 to investigate the characteristics of NO₂ concentration and how the high NO₂ concentration is generated under the meteorological condition. According to the study, NO₂ peak concentration at most sites occurred about 1h later after the rush hour. In the characteristics of emissions in sites, sinpyeong-dong was highly contributed to point source while the other sites were highly contributed to line source. The high NO₂ concentration had high generation probability when temperature contained typical seasonal characteristics and wind speed was low.

Using the relationship between meteorological factors and the daily average NO₂ concentration, correlation analysis was practiced. The seasonal variation of the daily average NO₂ concentration was correlated with air temperature, solar radiation and wind speed, but the correlation coefficient between meteorological factors and the daily average NO₂ concentration was not so much high. Thus we have known that the daily average NO₂ concentration is partially explained by meteorological factors.

Key words : NO₂ concentration, meteorological factors

1. 서 론

오늘날 대도시 지역에서는 인구 증가와 함께 대기오염도 크게 증가하고 있으며 그 중에서도 급격한 차량의 증가와 아황산가스 등의 오염도를 감축시키기 위한 연료의 전환 등의 에너지 정책의 변화로 인하여 광화학 오염물질의 증가가 점차 심화되고 있다. 실제로 자동차 배출가스가 주 오염원이고, 연료 사용에 있어서는 석탄류 보다는 가스류에 의해서 광화학 오염이 심화된다. 특히 NO₂는 갈색을 띠며 부식성이 있고 강한 질식성 악취를 가지는 유독성기체로 그 농도가 0.11 ppm이상 1시간 정도 지속되면 호흡기 장애를 일으킬 수 있다.¹⁾ 광화학 오염물질의 농도를 지배하는 요인 중에서 배출원을 제외하고 기상인자에 의한 영향이 가장 크다고 알려져 있다.^{3~6,8)} 특히 풍향, 풍속, 강수, 일사, 운량 등의 상태에 따라 그 농도가 크게 좌우되는 것으로 밝혀져 있으며⁷⁾ 다양한 규모로 일어나는 대기운동에 따라 수송·확산되기 때문에 도시

지역 내의 한 위치가 받는 오염물질의 양은 배출량, 기상 그리고 지형의 조건에 따라 달라진다.

김시완¹⁾은 NO_x는 주로 이동성 고기압이 한반도에 위치하여 지상기압이 높고 건조하며 바람이 약하고 강수가 적은 종관 유형에서 높게 나타난다고 하였다.

Bower^{10,11)}은 NO₂농도가 산업지역보다는 차량이 많은 도시지역에서 더 높게 나타난다고 했고, 영국에서 1970년도부터 측정이 시작된 이후로 도시 배경농도가 가장 높게 기록된 1991년 12월 12~15일의 기간(최고 농도가 423 ppb)을 선정하여 조사한 결과 NO₂ episode는 장기간에 걸쳐 안정적인 고기압 조건하에서 자동차배출량에 의해 발생된다고 하였다.

이에 따라 도시 지역의 대기오염 저감대책은 주로 청정연료의 사용 등에 의한 오염물질 배출량의 저감이 근간을 이루게 되지만, 이러한 대책을 효율적으로 수립, 이행하려면 지역적 특성에 따른 오염농도의 특성을 조사하

고 기상 특성이 오염물질 농도 분포에 어떤 영향을 미치는지를 알아야 한다.

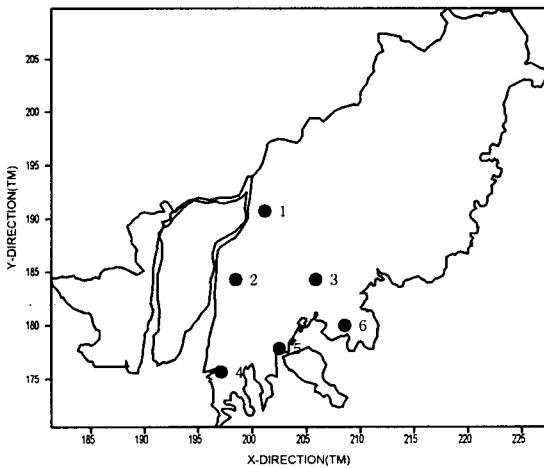
따라서 본 연구에서는 4년간의 부산지역에서의 대기 오염 측정망에서 관측한 시간별 NO₂농도 자료를 이용하여 유럽공동체 권고 기준치인 70 ppb를 초과하는 날을 추출하여 고농도 일때의 NO₂농도의 분포 특성과 기상요소와의 관계를 조사하였다.

또한 NO₂농도에 영향을 미치는 기상인자를 파악하기 위하여 4년간의 일평균 NO₂농도와 기상인자를 이용하여 상관분석을 하였다.

2. 자료 및 분석 방법

부산 지형은 남동쪽으로 해안을 끼고 있으며, 북북동에서 남남서로 길게 도시가 형성되어 있다. 해운업과 상공업이 발달된 인구 400만명, 면적 526 km²의 거대도시로서⁹⁾ 전국에서의 도로 점유율이 최하위이며, 교통량이 상위를 나타내고 있어 NO, NO₂등 여러 가지 대기오염물질이 증가하고 있다.

본 연구에서 사용되는 대기오염 농도 자료는 부산지역의 환경부 산하 6개(명륜동체외-96년 4월경에 연산동으로 이전) 대기질 자동측정망(주거지역 : 대연동, 덕천동, 상업지역 : 광복동, 범천동, 공업지역 : 신평동, 감전동)에서 화학발광법에 의해 측정된 시간별 NO₂자료를 이용하였으며, 부산지역의 대기질 측정망의 위치는 Fig. 1과 같다.



- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. DEOKCHEON DONG | 2. GAMJEON DONG |
| 3. BEOMCHEON DONG | 4. SINPYEONG DONG |
| 5. KWANGBOK DONG | 6. DAEYEON DONG |

Fig. 1. Sites of air quality monitoring system that is used for the study in Pusan city.

측정 자료의 선택은 1994년, 1995년, 1996년 그리고 1997년의 자료에서 24시간 중에서 70%(18시간)이상 측정된 자료를 선택하여 5지점에서 공통적으로 있는 날 중 강우가 없는 날의 자료를 이용하였다.

고농도일 선정에 있어서는 선정 목적에 따라 여러 기준을 사용할 수 있는데, 프랑스와 영국의 1시간 NO₂농도 대기환경기준과 유럽공동체 권고기준치는 70 ppb이며, 우리 나라에서는 연평균 환경기준치가 50 ppb이하, 24시간 평균기준치가 80 ppb이하 그리고 1시간 평균 환경기준치가 150 ppb이하로 규정하고 있다. 우리 나라의 환경기준은 프랑스, 영국 그리고 유럽공동체에 비해 1시간 NO₂농도의 대기환경기준치가 높게 책정되어 있다. 그래서 본 연구에서는 비교적 고농도인 날을 대상으로 분포 특성을 살펴보고자 유럽공동체 권고 기준치를 적용하여 부산지역의 대기오염측정지점 중 최소 1개 지점 이상에서 70 ppb이상(1시간 평균)의 시간별 NO₂농도가 나타난 날을 조사하였다.

또한 NO₂농도가 70 ppb를 초과하는 날과 관련되는 기상 상태를 분석하기 위하여 해당 일의 부산 지방기상청의 일평균 기상 자료를 이용하였다.

3. NO₂농도 변화 특성

3.1. NO₂농도의 일반화와 지역별 특성

Fig. 2는 부산 지역의 대기오염농도 측정지점에서 관측기간 동안 측정된 NO₂농도의 연도별 평균 일반화를 분석한 것이다. 모든 지점에서 해가 떠오름에 따라 증가하여 9시경에 오전 피크가 나타났으며, 농도가 감소하다가 교통량이 다시 증가되면서 덕천동을 제외한 모든 지점에서 20시경에 오후 피크가 나타나는 전형적인 일반화 현상이 나타났다. 이와 같이 NO₂의 일반화는 교통량이 NO₂농도 변화에 주요 원인을 나타내주고 있다.

연도별 변화를 보면 시청과 서면 그리고 동래를 잇는 부산 도심지를 통과하는 지역(광복동, 범천동, 대연동)은 낙동강을 잇는 지역(신평동, 감전동, 덕천동)보다 연도별 변화폭이 그다지 크지 않음을 알 수 있었다. 이것으로 도심지 지역의 교통량 변화폭은 크게 변화하지 않았을 것으로 추정된다.

각 지점 NO₂농도의 연도별 일반화를 보면(Fig. 2) 광복동, 범천동과 대연동은 연도별 변화가 뚜렷하지는 않았지만, 광복동은 1997년도부터 감소하는 변화를 보이고, 범천동은 1994년과 1995년도에 변화가 없다가 1996년도부터 증가하는 경향을 보인다. 대연동은 1996년도에 감소하다가 1997년도에 증가하는 경향을 나타내고, 덕천동은 1996년도까지 증가하다가 1997년도에 감소하는 경향을 나타낸다. 감전동은 1996년도부터 갑작스럽게 증가하는 경향을 보였고, 신평동은 1996년도부터 감소하는 경향을 나타냈다. 감전동의 경우는 최근 사상공단의 공장이 외곽으로 이전했음에도 불구하고 그 농도가 증가하고 있음을 알 수 있었다.

대기 오염 측정소 지점의 배출원별 대기오염 기여도를 살펴보면(Fig. 3) 신평동이 다른 지역에 비해 총배출량이 가장 많고 범천동, 광복동, 대연동, 덕천동 순으로 높게 나타났다.

각 지점의 배출 기여도는 점오염원의 기여도가 높은 신평동을 제외한 그 외 지역은 선 오염원의 영향이 가장 컸음을 알 수 있었다. 점오염원의 기여도가 높은 신평동

부산광역시에서의 NO₂농도 특성 및 기상 영향인자 분석

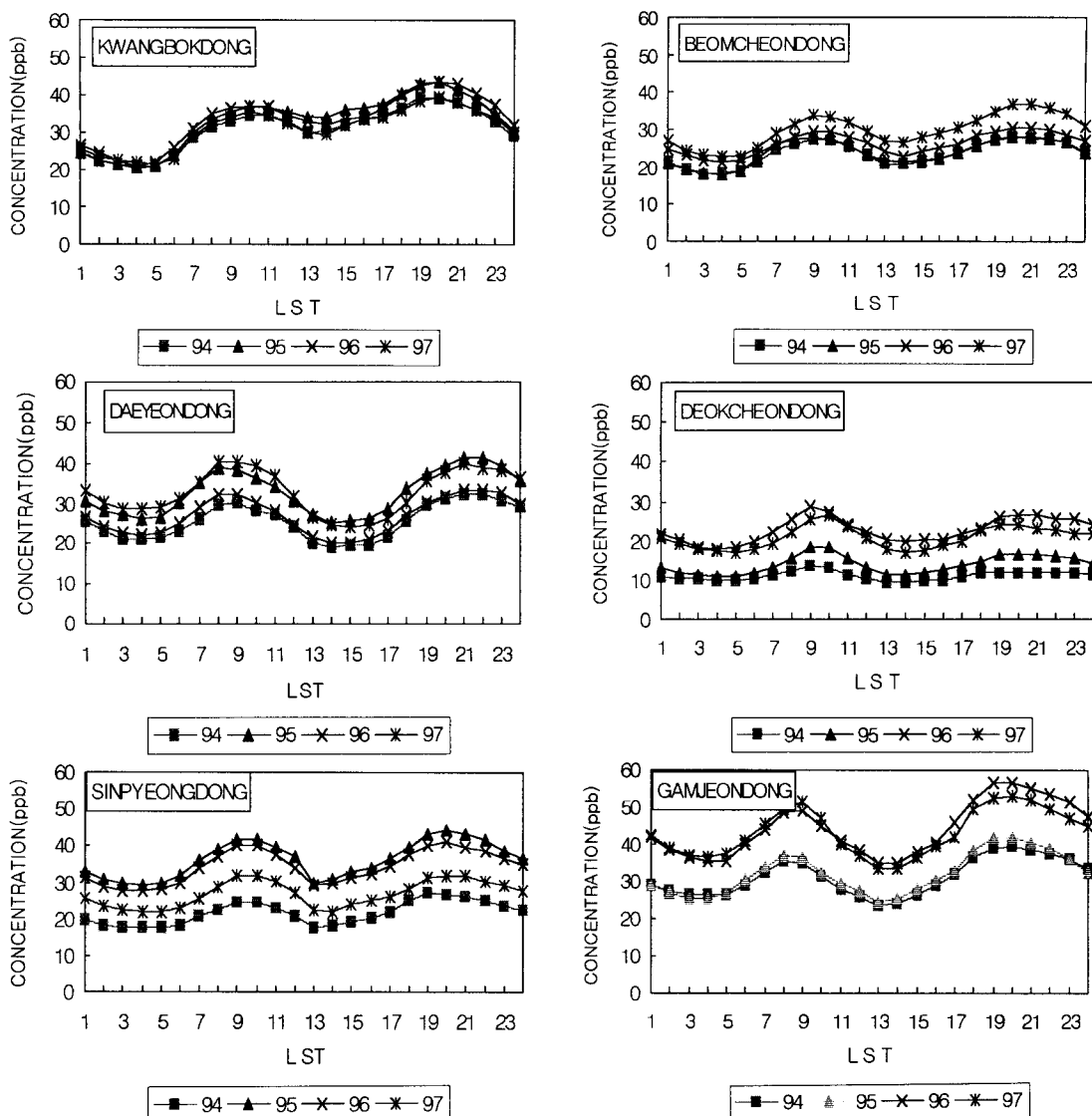


Fig. 2. Daily variations of NO₂ in air quality monitoring sites.

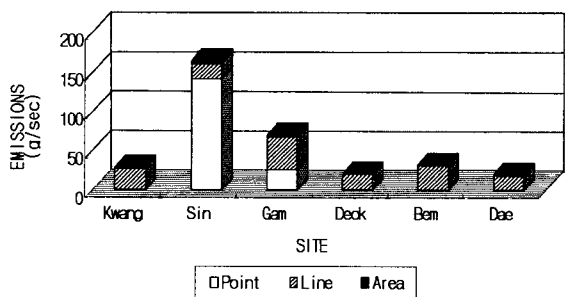


Fig. 3. Characteristics of emissions in air quality monitoring sites in 1996.

의 경우 NO₂농도가 감소하는 것으로 나타났으나 감전동의 경우는 선오염원의 기여도가 높으므로 공장지역의 외

곽 이전에도 불구하고 농도가 증가하는 것으로 사료된다. 거의 선오염원의 영향을 받고 있는 그 외 지역은 약간의 증가 경향을 나타내는 것으로 사료된다.

1996년도에 산출된 배출량과 NO₂농도와와의 관계를 통해서 NO₂농도는 다양한 규모로 일어나는 대기운동에 따라 수송·확산되기 때문에 도시지역 내의 한 위치가 받는 오염물질의 양은 배출량 뿐만 아니라 기상과 지형의 특성이 함께 고려되어 지면서 달라짐을 알 수 있었다.

3.2. 시간별 고농도 NO₂ 발생 빈도

Table. 1은 유럽공동체 권고 기준치인 70 ppb를 분석 기준으로 선정하여 측정지점별 각 기준을 초과하는 농도의 발생빈도를 조사한 것이다. 연도별로는 1995년도에서 발생빈도가 가장 높았고, 신평동, 대연동 그리고 광복동

지점 즉, 낙동강을 지나는 위치와 도심지를 지나는 위치에서 해안가 쪽으로 갈수록 그 발생빈도가 현저하게 증가함을 나타내고 있다. 지점별로 보면 감전동에서 발생빈도가 가장 높고 그 다음은 광복동, 신평동으로 높았다. 특히 감전동의 경우는 1996년도에 발생빈도가 급격히 높았고, 광복동의 경우는 다른 지점과는 달리 연도별에 따른 발생빈도의 변화폭은 크지 않았다.

Table 1. Occurrence frequency of a NO₂ episode day (≥70ppb) in air quality monitoring sites in Pusan for last 4 years(1994, 1995, 1996, 1997).

Years	Occurrence frequency of a NO ₂ episode day(≥70ppb)						Total
	Kwangbok	Beomcheon	Daeyon	Sinpyeong	Gamjeon	Deokcheon	
1994	37	5	16	16	21		95
1995	40	18	60	65	30	16	229
1996	37	11	9	41	106	2	206
1997	34	28	22	7	71		162
Total	148	62	107	129	228	18	692

Fig. 4는 각 지점에서 고농도 NO₂의 일변화를 나타낸 것으로 9~10시 사이에 그리고 19~22시 사이에서 발생빈도가 높았다. 감전동에서는 오전 피크가 다른 지역에 비해서 1시간 이른 9시경에 나타났고, 그 외 지역은 10시경에 동일하게 오전 피크가 나타났다. 그러나 오후 피크에서는 감전동과 신평동만 동일 시간대인 19시경에 오후 피크가 나타나고 다른 지역은 20~22시 사이에서 오후 피크가 나타났다. 주로 공단지역에서 고농도 피크가 나타나는 시간대가 빠른 것으로 나타났다.

오전과 오후 피크를 비교해보면 광복동과 덕천동에서는 오전 피크의 발생빈도가 높고 그 외 지역은 오후 피크의 발생빈도가 높았다.

NO₂농도의 변화가 시간적, 공간적으로 차이가 나타날 뿐만 아니라 지형적인 조건에 따른 국지적인 기상특성도 주요 요인으로 작용했을 것으로 생각된다.

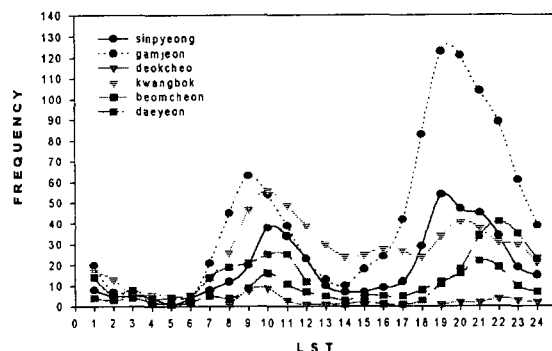


Fig. 4. Diurnal frequency of a NO₂ episode above the EC standard in Pusan for last 4 years(1994, 1995, 1996 and 1997).

Fig. 5는 계절에 따른 고농도 NO₂의 발생 빈도를 나타내고 있다. 시간에 따른 농도 변화는 계절별로 거의 유사하며 모든 계절에서 6시 이후로 증가하여 9시경에 오전 피크가 나타나고 19~21시경에 오후 피크가 나타난다. 오전 피크는 겨울과 봄에 발생빈도가 가장 높았고, 오후 피크는 겨울과 가을에 발생빈도가 높게 나타났다. 전반적으로 여름은 오전 피크와 오후 피크의 빈도수가 가장 적었다. 이러한 농도 변화의 시간 변화와 계절적 변화 경향에서 시간 변화는 주로 시간에 따른 배출량의 변화가 크게 기여하고, 계절적 변화는 기상상태의 변화가 크게 기여할 것으로 사료된다.

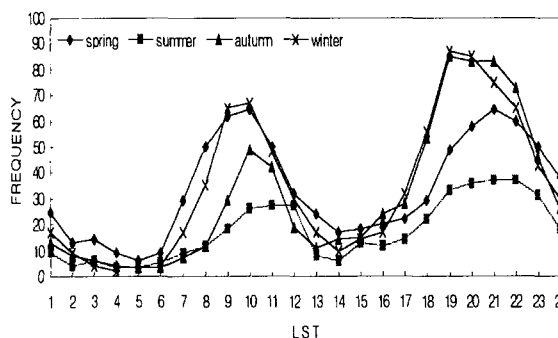


Fig. 5. Seasonal frequency of a NO₂ episode in Pusan for last 4 years(1994, 1995, 1996 and 1997).

3.3. 고농도 NO₂일과 기상인자와의 관계

연구 기간동안 고농도 NO₂가 최소 한 지점이상에서 발생한 417일(1994년 : 55일, 1995년 : 124일, 1996년 : 125일, 1997년 : 113일)즉, 고농도 NO₂ 발생일에 대하여 계절별로 기상인자(일 최고기온, 풍속, 일사량)와의 관계를 분석하여 Fig. 6에 나타내었다.

먼저 여기서 막대그래프는 연구기간동안 부산지역의 일반적인 계절 기상특성을 알아보기 위해서 각 기상상태의 빈도수를 나타내며 이것은 NO₂ 농도가 높았던 날의 기상상태 특성 파악시 활용할 수 있다. 꺾은 선 그래프는 고농도 일때의 각 계절의 기상특성을 알아보기 위해서 기상변화에 따른 고농도 NO₂ 빈도수를 나타낸 것이다. 각 계절의 기상그래프의 양극단(발생빈도수가 5이하)은 그 계절에 자주 발생하지 않는 특이 기상상태를 나타내므로 고농도 기상상태를 분석할 때 제외시켰다. 각 계절에서 고농도가 발생할 확률이 높은 기상요소를 선택하여 그 기상요소 중 어느 범위에서 발생할 확률이 높은지를 분석하였다.

봄기상의 경우를 보면 일 최고기온은 온도가 증가할수록 고농도가 발생할 확률이 높았다. 풍속은 저 풍속일 경우(2~5m/s 이하)에 발생할 확률이 높고, 일사량은 15~23MJ/m² 구간에서 일사량이 증가할수록 발생할 확률이 크다.

여름기상의 경우 일 최고기온은 온도가 증가할수록 발생할 확률이 감소한다. 풍속은 저 풍속일 때 발생 확률이 높고, 일사량은 20~25MJ/m² 구간에서 일사량이 증가할수록 고농도가 발생할 확률이 크다.

부산광역시에서의 NO₂농도 특성 및 기상 영향인자 분석

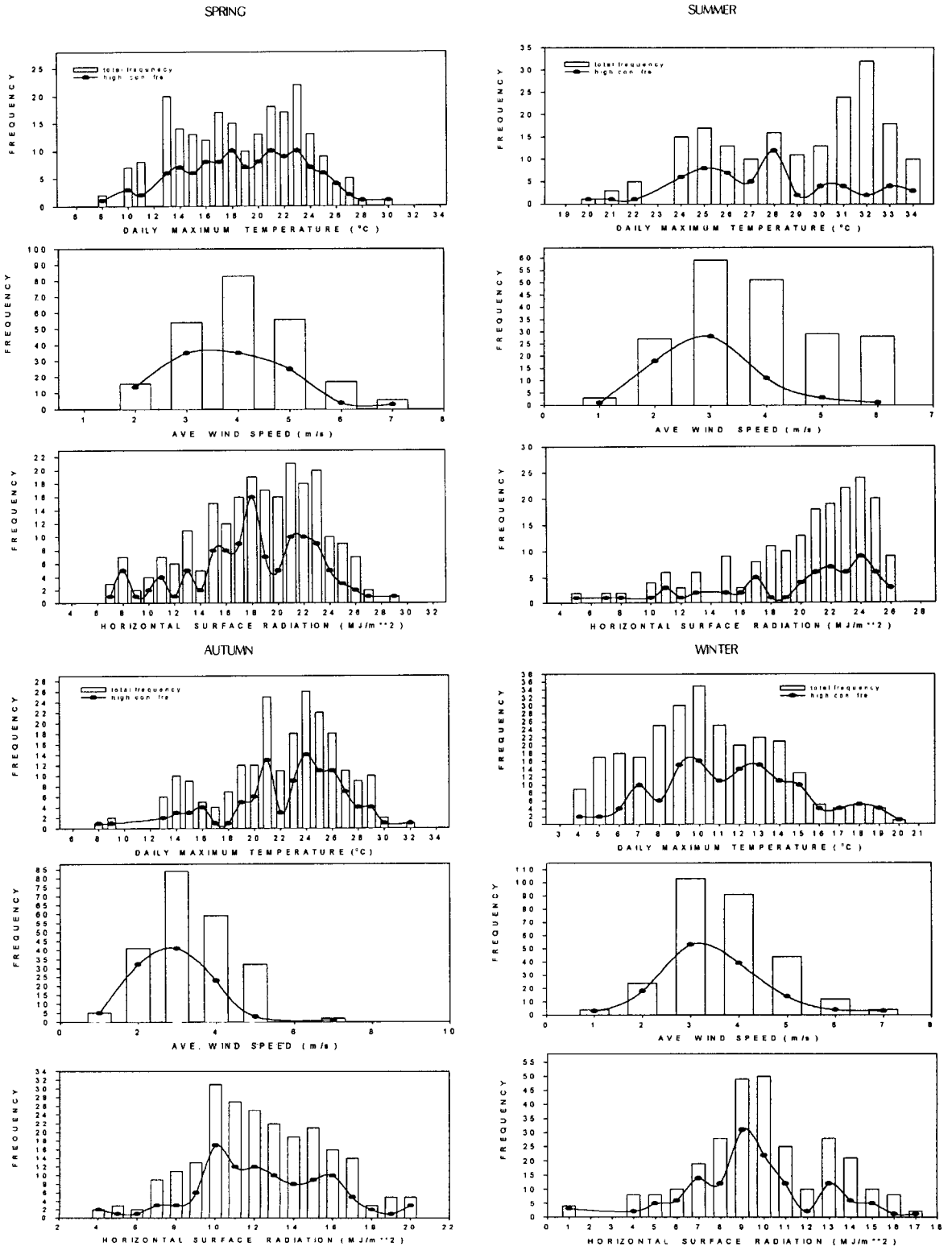


Fig. 6. Occurrence frequency of meteorological factors during the high NO₂ episode above the EC standard in Pusan for last 4 years(1994, 1995, 1996, 1997).

가을기상의 경우 타 계절에 비해 일 최고기온에 덜 민감하며, 풍속은 저 풍속일 때 발생할 확률이 높고, 일사량은 9~16MJ/m² 구간에서 일사량이 증가할수록 발생할 확률이 증가한다.

겨울기상의 경우 일 최고기온은 온도가 증가할수록 발생할 확률이 증가하며, 풍속은 저 풍속일 때 발생할 확률이 높다. 일사량은 7~13MJ/m² 구간에서 일사량이 증가할수록 발생할 확률이 감소한다.

전체적으로 NO₂ 고농도일 동안 오염물질의 이류·확산이 풍속, 온도, 일사량과 같은 요소들에 의해서 제어를 받을 수 있었는데, 다른 오염물질에 비해 기상요소에 덜 민감한 것으로 나타났다.

계절별로 온도는 전형적인 계절 특성을 잘 나타내는 날 풍속이 약할수록 고농도가 발생할 확률이 높은 것으로 나타났다.

4. 일평균 NO₂농도와 주요 기상 요소 간의 상관관계

계절별 NO₂농도와 선택된 주요 기상요소간의 상관관계를 Table 2와 Table 3에 나타냈다. NO₂농도와 기상인자간은 계절에 따라 대체적으로 유의한 관계를 보이고 있다(p<0.01 or p<0.05). Table 2의 가로축과 세로축은 각각 여름, 봄의 NO₂농도와 각 기상인자와의 상관관계를 나타낸 것으로 봄은 봄의 NO₂농도와 기상인자간에 모두 유의한 관계를 보이고 있으며 일조시간(0.328)과 일 최고기온(0.28)이 가장 큰 상관관계를 보였다. 여름은 일사량과 해면기압을 제외한 기상인자와는 유의한 관계를 보였고 최저기온이 -0.512로 가장 큰 상관관계를 나타내는 것이 특징이다. Table 3의 가로축과 세로축은 겨울, 가을의 NO₂농도와 각 기상인자와의 상관관계를 나타낸 것으로 가을의 경우는 일 최고기온과 최고 오존농도를 제외한 기상인자와는 유의한 관계를 보이고 풍속이 -0.410

으로 가장 큰 상관관계를 나타내며 겨울은 일사량과 해면기압을 제외한 기상인자와는 유의한 관계를 보이고 있으며 일 최고기온이 0.352로 가장 큰 상관관계를 나타냈다.

따라서 NO₂농도는 대체로 일 최고기온, 일사량, 일조 시간, 평균 풍속과 상관관계가 높다는 것을 알 수 있었다.

5. 결 론

부산광역시를 중심으로 1994년부터 1997년까지 4년간의 NO₂농도분포특성과 유럽공동체 권고기준치(70 ppb)를 초과하는 날의 NO₂농도의 계절별 기상인자 특성을 살펴보았다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, NO₂농도의 일변화와 연변화 경향과 지역에 따른 배출기여도를 살펴 보았다. 유럽공동체 권고 기준치인 70 ppb를 초과하는 날의 발생빈도를 살펴보았다.

1) NO₂농도의 일변화는 출퇴근 시간 때보다 1시간 지연된 9시경과 20시경에 높게 나타났고, 연도별 경향은 광복동, 신평동, 덕천동은 감소하는 경향을 보이고 범천동, 감전동, 대연동은 증가하는 경향을 보였다.

2) 지점별 배출기여도를 보면 신평동은 점오염원의 기여도가 높았고 그 외 지역은 선 오염원의 기여도가 높게 나타나고, 감전동은 공단 외곽 이동에도 불구하고 NO₂농도가 감소되지 않았다.

3) 유럽공동체 권고 기준치인 70 ppb를 초과하는 날의 발생빈도는 감전동, 광복동, 신평동, 대연동, 범천동, 덕천동 순으로 높았고, 덕천동과 광복동은 오전 피크 발생 빈도가 높았고 그 외의 모든 지점에서 오후 피크 발생 빈도가 더 높았다.

둘째, 유럽공동체 권고 기준치인 70 ppb를 초과하는 NO₂고농도일과 동일 날짜의 계절별 기상인자 특성을 살

Table 2. Pearson correlation matrix in spring and summer.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	1	-0.126	-0.188**	-0.402**	0.233**	-0.339**	-0.512**	-0.491**	-0.433**	-0.096
X2	0.262**	1	0.912**	0.545**	-0.141	-0.242**	0.239**	0.391**	-0.101	0.286**
X3	0.328**	0.958**	1	0.665**	-0.217**	-0.192*	0.387**	0.532**	-0.056	0.285**
X4	0.280**	0.450**	0.358**	1	-0.449**	-0.068	0.883**	0.956**	0.039	0.147
X5	-0.15*	0.269**	0.205**	0.410**	1	0.055	-0.440**	-0.471**	0.152*	-0.045
X6	-0.254**	0.072	0.099	-0.126	0.034	1	0.087	0.025	0.778**	-0.185*
X7	0.156*	0.077	-0.023	0.871**	0.406**	-0.204**	1	0.974**	0.206**	0.089
X8	0.221**	0.257**	0.159*	0.955**	0.432**	-0.167*	0.969**	1	0.127	0.114
X9	-0.274**	0.012	0.005	-0.088	0.092	0.781**	-0.081	-0.079	1	-0.038
X10	0.206**	0.151*	0.197**	-0.409**	-0.351**	-0.177*	-0.561**	-0.515**	-0.241**	1

**Correlation is significant at the 0.01 level

X1 : NO₂ concentration (ppb)

X2 : Horizontal Surface Radiation(MJ/m**2)

X3 : Duration of Sunshine

X4 : Max. Temperature(°C)

X5 : Max. O₃ concentration(ppb)

* Correlation is significant at the 0.05 level

X6 : Max. Wind Speed(m/s)

X7 : Min. Temperature(°C)

X8 : Average Temperature(°C)

X9 : Ave. Wind Speed(m/s)

X10 : Ave. S. L. Pressure(mb)

Table 3. Pearson correlation matrix in autumn and winter.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	1	0.108	0.237**	0.352**	0.159*	-0.155*	0.166*	0.265**	-0.168*	0.120
X2	0.150*	1	0.806**	-0.234**	0.132	0.081	-0.441**	-0.370**	0.207**	0.090
X3	0.307**	0.816**	1	-0.173*	0.155*	0.138*	-0.440**	-0.337**	0.177**	0.168*
X4	-0.074	0.541**	0.149*	1	0.004	-0.266**	0.857**	0.954**	-0.224**	-0.349**
X5	0.009	0.018	0.051	0.000	1	0.010	-0.013	-0.006	0.134*	0.062
X6	-0.150*	-0.130	-0.059	-0.315**	-0.004	1	-0.285**	-0.277**	0.683**	-0.127
X7	-0.228**	0.285**	-0.145*	0.918**	0.038	-0.270	1	0.957**	-0.233**	-0.428**
X8	-0.166*	0.400**	-0.026	0.969**	0.017	-0.290	0.980**	1	-0.233**	-0.410**
X9	-0.410**	-0.085	-0.095	-0.149*	0.016	0.735	-0.054	-0.100	1	-0.210**
X10	0.168*	-0.196**	0.108	-0.550**	0.208**	-0.064	-0.596**	-0.604**	-0.063	1

**Correlation is significant at the 0.01 level

X1 : NO₂ concentration (ppb)

X2 : Horizontal Surface Radiation(MJ/m**2)

X3 : Duration of Sunshine

X4 : Max. Temperature(°C)

X5 : Max. O₃ concentration.(ppb)

* Correlation is significant at the 0.05 level

X6 : Max. Wind Speed(m/s)

X7 : Min. temperature(°C)

X8 : Average Temperature(°C)

X9 : Ave. Wind Speed(m/s)

X10 : Ave. S. L. Pressure(mb)

펴보았다.

유럽공동체 권고 기준치인 70 ppb를 초과하는 NO₂고농도일과 동일 날짜의 계절별 기상인자 특성을 이동 및 확산 그리고 대기안정도와 관계가 있는 변수 일 최고기온, 일사량, 풍속 을 선택하여 분석한 결과 봄기상의 경우는 일 최고기온이 증가할수록 고농도가 발생할 확률이 높았다. 풍속은 저 풍속일 경우(2~5m/s 이하)에 발생할 확률이 높았고, 일사량은 15~23MJ/m² 구간에서 일사량이 증가할수록 발생할 확률이 컸다.

여름기상의 경우 일 최고기온이 증가할수록 발생할 확률이 감소하였다. 풍속은 저 풍속일 때 발생할 확률이 높았고, 일사량은 20~25MJ/m² 구간에서 일사량이 증가할수록 고농도가 발생할 확률이 컸다.

가을기상의 경우 타 계절에 비해 일 최고기온에 덜 민감하며, 풍속은 저 풍속일 때 발생할 확률이 높았고, 일사량은 9~16MJ/m² 구간에서 일사량이 증가할수록 발생할 확률이 증가하였다.

겨울기상의 경우 일 최고기온이 증가할수록 발생할 확률이 증가하며, 풍속은 저 풍속일 때 발생할 확률이 높았다. 일사량은 7~13MJ/m² 구간에서 일사량이 증가할수록 발생할 확률이 감소하였다.

셋째, 일평균 NO₂농도를 계절별 기상인자로서 상관 분석하였다.

계절별로 부산지역의 일평균 NO₂농도의 변화는 온도, 일사량, 풍속과 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 계절별에 따른 일평균 NO₂농도와 기상인자와의 상관계수(R)를 보면 그다지 높지 않은 것으로 보아 기상요소가 NO₂농도에 대해 부분적인 설명력을 가지고 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1) 김시완, 박순용, 이보람, 1997, 중관 기상장에 따른

SO₂, NO_x, CO 그리고 O₃농도의 변화, 한국기상학회지, 33(2), 273~287.

- 2) 한국환경정책평가연구원, 1998, 대기오염건강 피해에 관한 연구.
- 3) 박일수, 이덕길, 강인구, 1991, 서울지역 겨울철 SO₂농도를 지배하는 기상인자, 한국대기보전학회지, 7(2), 96~104.
- 4) 신찬기, 한진석, 김윤신, 1992, 대기 오염 농도와 기상인자의 관련성 연구, 한국대기보전학회지, 8(4), 213~220.
- 5) 이기원, 권숙표, 정용, 1993, 서울시 대기 중 오존오염도의 연도별 변화와 그 영향인자 분석- 광화문 지역을 중심으로 -, 한국대기보전학회지, 9(1), 107~115.
- 6) 이지연, 이동인, 한영호, 옥근, 1997, 기온 역전 발생에 따른 대기 경계층에서의 O₃, NO₂ 농도의 연직분포에 관한 연구, 한국기상학회지, 33(2), 315~326.
- 7) 정용승, 정재섭, 1991, 서울 수도권 지역의 광화학 오존에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 7(3), 169~179.
- 8) 정영진, 이동인, 한영호, 이협희, 1998, 기상조건에 따른 부산지역 대기오염물질 농도변화와 예측에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 14(3), 177~189.
- 9) 환경부, 1990, 한국환경연감, 제3호, 7.
- 10) Bower, J. S., G. F. J. Broughton, M. T. Dando, A. J. Lees, K. J. Stevenson, J. E. Lampert, B. P. Sweeney, V. J. Parker, G. S. Driver, C. J. Waddon, and A. J. Wood, 1991, Urban NO₂ concentrations in the U. K. in 1987, Atmos. Environ., 25B, 267~283.
- 11) Bower, J. S., G. F. J. Broughton, and J. R. Stedman, 1994, A winter NO₂ Smog Episode in the U. K., Atmos. Environ., 28, 461~475.