

부산광역시 NO₂ 농도 분포 특성에 관한 연구

장 난 심

부산대학교 대기과학과

(2005년 9월 27일 접수; 2005년 11월 23일 채택)

A study of Distribution Characteristic of NO₂ Concentration at Busan Metropolitan City

Nan-Sim Jang

Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Manuscript received 27 September, 2005; accepted 23 November, 2005)

By using hourly NO₂ concentration data(1998~2000) at the Busan Metropolitan City air quality monitoring sites, characteristics of daily mean value of NO₂ concentration was discussed in space and time.

The correlation between NO₂ concentration and other relating air pollutants was analyzed by using SAS program and meteorological parameters as well.

After choosing representative 4 areas, this study used hourly concentration data(1998~2000) from air quality monitoring sites on NO₂, NO, O₃, CO, SO₂ and PM₁₀.

Typical metropolitan characteristics of two peaks in a day was shown in the variation of NO₂ concentration of Busan city.

Key Words : NO₂ concentration, Hourly concentration, Weather condition, Busan

1. 서 론

도시 대기 오염 물질의 인간에 대한 노출 가능성은 꾸준히 증가되고 있다. 엔진을 개량하여 열효율을 높이고 청정 연료를 개발하고 있음에도 불구하고 도로 교통과 관련된 오염은 지속적으로 증가하고 있다. 따라서 도시 교통량은 도시 대기 오염의 주요한 원인이다.

본 논문의 연구 대상지역인 부산은 면적 759.86 km², 인구는 약 380만인 우리나라에서 2번째로 큰 대도시이며, 부산에는 신평·장림 공업단지, 신호공업단지, 부산과학 산업연구단지, 녹산 공업단지의 4개의 큰 공업단지가 있으며 그 점유면적은 총 19 km²이고, 그 밖의 학교, 병원, 사무소, 백화점, 문화시설들이 차지고 있다.

부산은 지리적으로 우리나라 남동 해안에 위치하

여 바다와 접하고 있으며, 이 영향으로 겨울철은 온화하고 여름철에는 시원한 날씨를 보일 때가 많다. 연평균 기온은 14.1℃로 인근의 울산·통영지방보다 조금 높고, 연평균 강수량은 1,472.7 mm로 울산·통영지방보다 많으며, 바람은 연중 북북동풍 및 북동풍이 많이 불고, 4월에서 7월 사이에는 해무·안개로 인한 시정(視程) 장애 현상이 많은 곳이다¹⁾. 이와 같이 부산지역은 해륙풍과 산곡풍 등 국지풍이 탁월하게 나타나는 연안지역이면서 도시화가 뚜렷하게 이루어진 대도시이다.

질소산화물은 화석연료 등의 고온 연소 시에 발생하는 것으로 자동차를 주배출원으로 분류하고 있다. 선행 연구사례를 보면, 1991년 6월부터 12월까지 영국의 363개 장소를 대상으로 NO₂ 측정에 확산 튜브를 사용하여 측정된 평균 도시 농도는 북부 스코틀랜드에서 10 ppb 미만, 런던의 도로 근처에서 약 50 ppb까지 분포 하였고²⁾, 이탈리아 밀라노 지역에 위치한 19개 측정지점의 5년간 시간평균농도를 이용하여 NO₂와 CO 고농도 사건의 지속과 횡수에 대한 통계를 간단한 경험 상자 모형으로 나타내었

Corresponding Author : Nan-Sim Jang, Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea
Phone: +82-51-510-2282
E-mail: nsjang@pusan.ac.kr

다³⁾. 그리고 1970년 이후 4일 동안 계속된 NO₂ 에 피소드(episode)를 분석한 결과, 낮은 기온과 안정된 고기압 하에서⁴⁾. 1993년 9월부터 1997년 4월까지 영국의 Rothamsted 지역의 대기권 NO₂ 농도는 계절, 지역의 공간 변화, 배경 식생의 유형과 밀접한 관계가 있음을 밝혀졌다⁵⁾. 유럽 네 곳의 도시를 연구 지역으로 설정하여 교통과 연관된 오염 지표로써 오염원과 NO₂ 농도 변화 패턴을 조사하였다. 조사 결과 측정 농도가 겨울에 더 높게 나타났는데, 이 기간 동안의 낮은 기온과 혼합고를 반영함이 밝혀졌다⁶⁾.

질소산화물에 의한 대기 오염은 차량이 많은 영향을 미치고 있고, 부산의 도로 총연장은 2,334 km, 도로율은 17%로 서울을 비롯한 6대 광역시 중 가장 낮으며, 도로증가율에 비해 자동차 보유대수 증가율이 앞서고 있으며 전국 최대규모의 항만이 도심에 위치하여 대형 화물 차량이 시내도로를 통과하고 있어 도심의 교통체증이 가중되고 있다.

자동차 중에서도 버스·트럭 등 전체 자동차의 46%에 불과한 대형 경유차가 전체 자동차 공해의 47%를 차지하고 있다. 실제로 시내버스 1대가 내뿜는 배출가스는 승용차의 약 50배에 이를 정도로 그 양이 많다.

질소산화물은 태양광선과 광화학반응을 일으켜 오존발생을 야기하여 호흡기 질환 등을 유발하며, 미세 먼지는 입자의 크기가 10 μm 이하의 작은 먼지로서 호흡기에 쉽게 침투하여 폐에 흡착됨으로써 기관지 질병과 암을 유발하는 것으로 알려지고 있다. 특히 우리나라 대도시지역은 인구가 밀집되어 있고, 차량 정체 시간이 길며, 도로주변과 거주 지역 사이의 거리가 짧다. 또한 대형버스 및 트럭 등 경유차량의 운행이 빈번하여 시민들이 느끼는 체감오염도는 더욱 높아 대책이 시급한 실정이다. 그러나 지속적인 차량 증가를 고려할 때 단기간에 이러한 오염물질들을 감소시키는 것이 쉽지 않을 것으로 판단된다. 차량이 대기 오염에 미치는 영향이 크므로 이를 관리하는 것이 곧 대기질 관리의 핵심이라고 할 수 있다.

본 연구는 부산지역의 지역별 NO₂ 농도 분포 특성을 고찰하고 농도에 영향을 주는 요인을 분석하여 대기질 관리에 활용하기 위해, 1998년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지 부산 지역의 대기질 측정망 자료를 분석하였다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 자료

본 연구에서 사용되는 대기오염 농도 자료는 1998년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지 3년간의 부산 지역의 환경부 산하 9개 대기오염측정망(주거지역:

대연동, 덕천동, 재송동, 연산동; 상업지역: 광복동, 범천동; 공업지역: 신평동, 감전동; 해안녹지지역: 동삼동)에서 화학발광법에 의해 측정된 시간별 NO₂ 자료를 이용하였다. 연산동의 경우 측정망 위치 주변이 상업적인 특성이 강한 지역이나 환경부에서 측정망 위치를 주거지역으로 분류하여 이 기준에 따라 주거지역으로 분류하였다.

기상자료는 풍속, 기온, 일조 시간 및 운량을 사용하였다. 풍속과 기온은 가덕도와 금정구를 제외한 영도, 해운대, 부산진, 동래, 북구, 그리고 대연동의 6개 지역의 AWS 측정망 자료 및 부산지방기상청 자료를 사용하였고, 일조 시간, 운량은 부산지방기상청의 자료를 9개 지역 상관관계 분석에 사용하였다. 대기오염측정망과 관련있는 기상자료를 추출하기 위해서 부산광역시 AWS 측정망 위치 중 대기오염측정망 위치에 가장 근접해 있는 곳을 선택하여 활용하였다.

2.2. 자료의 통계처리

측정된 대기오염물질 및 기상자료는 통계분석처리 프로그램인 SAS(Statistical Analysis System)를 사용하여 통계처리를 하였다. 우선 부산의 9개 대기오염측정망에서 측정된 NO₂ 농도를 지역별로 시계열 변화 경향 및 분포 특성을 분석한 후, 다른 대기오염물질 및 기상인자들과의 상관관계를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 부산광역시 NO₂ 농도 분포 특성

본 연구에서는 3년간의 부산지역에서의 대기오염 측정망에서 측정된 시간별 NO₂ 농도 자료를 이용하였다. 9개의 각 지역을 공업, 주거, 상업, 해안녹지 지역으로 분류한 후, 각 지역별로 연도별 일변화, 3년간의 월평균 값을 라인 플롯(Line plot)으로 나타내었고 3년간 1일 평균값을 박스 플롯(Box plot)으로 그린 후 변화 경향 및 분포 특성을 분석하였으며, 다른 오염물질 및 기상요소와의 상관관계를 분석하여 어떤 성분 및 기상요소가 NO₂ 농도에 영향을 미치는지를 조사하였다.

3.1.1. 지역별 일 변화 경향 및 분포 특성

선행연구에서 1994년부터 1997년까지 도심지 도로변의 NO₂ 농도를 분석한 결과, 농도는 차량의 통행량에 크게 의존하고 연도별 평균 일변화는 모든 지점에서 오전 최고점이 나타났으며, 20시경에 오후 최고점이 나타나는 전형적인 일변화 양상을 알아내었다⁷⁾.

또한 1999년말 부산의 자동차 등록대수는 760,699대로 이는 '91년의 346,437대의 약 2배이며 우리나라 전체 차량대수(11,163,728)의 6.8%에 이른다. 지

난 10년간 부산의 년평균 차량 증가율은 매년 약 17%로 나타났으나 '99년도에는 5.7% 증가 하였다¹⁾. 이는 NO₂ 농도가 교통량 변화량에 영향을 받음을 시사하고 있다.

Fig. 1부터 Fig. 4는 부산 지역의 9개 대기오염측정망에서 1998년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지 3년 동안 측정된 NO₂ 농도의 연도별 일변화를 나타낸 것이다. 지역에 따라 약간의 차이는 있으나 모든 지역에서 일변화 양상은 하루에 두 번 최고점을 나타내는 주기적인 형태를 보였다. 오전 최고점은 대부분의 지역이 오전 9시경에 나타났고 오후 최고점은 오전 최고점보다는 조금 변화의 폭이 커서 20시 전후에 나타났다. 오전 9시, 오후 20시는 출퇴근 시간대이므로 NO₂의 일변화 그래프는 NO₂ 농도 변화가 교통량과 밀접한 관계가 있다는 것을 나타낸다.

Fig. 1의 공업지역인 신평동은 전체적인 농도분포가 감전동보다 낮고 해마다 꾸준히 감소하는 추세를 보였다. 이것은 신평공단의 위축으로 인해 물동량이 줄어들고 노동인구의 감소로 인해 오염 발생원인 교통량이 해마다 꾸준히 감소하기 때문인 것으로 사료된다. 공업지역인 감전동은 신평동과는 반대로 해마다 증가하는 경향을 보였다. 감전동은 공단의 크기는 줄어들었으나 새로운 주택가의 형성과 새로운 상권의 형성으로 교통량이 증가된 것이 원인인 것으로 사료된다. 특히 2000년은 오후 최고점이 오전 최고점보다 조금 높게 나타나므로 오후 교통량이 오전 교통량보다 많다고 볼 수 있다. 부산의 대부분의 지역에서 경기 침체기인 1999년의 농도가 1998년보다 낮았으나 감전동은 예외적으로 높아지는 특징을 보였다.

Fig. 2는 주거지역인 대연동, 덕천동, 재송동, 연산동을 나타낸 것이다. 대연동은 1998년, 1999년은 변화가 거의 없다가 2000년에 농도가 많이 증가하였다. 이것은 2000년에 교통량이 큰 폭으로 증가하

였음을 나타낸다. 다른 지역과는 달리 오후 최고점이 1시간 정도 늦은 21시경에 나타났다. 덕천동은 큰 변화는 보이지 않고 1999년에 낮아졌다가 다시 증가하는 경향을 보인다. 재송동은 1999년에 감소하여 이후 큰 변화가 없다. 오후 최고점이 대연동과 마찬가지로 21시경에 나타났다. 특히 오전 최고점 이후 오후 1시경까지 농도가 급감한 후 서서히 농도가 증가하는 특징을 보인다. 덕천동과 재송동은 1999년의 경기침체 영향을 반영하는 것으로 사료된다. 연산동은 3년간 변화가 거의 없어 이 지역의 오염 발생원이 큰 변화가 없음을 반영한다. 이것은 연산동 측정망이 도심의 주택가에 있으므로 상업지역보다는 주거지역으로 분류한 환경부의 정책이 옳은 것으로 판단된다.

Fig. 3은 상업지역인 광복동, 범천동을 나타낸 것이다. 광복동은 서서히 감소하는 경향을 보이고 있어 이 지역의 상권이 위축되는 경향을 반영하고 있다. 광복동의 오전 최고점은 다른 지역과는 달리 10시에서 11시경에 나타났다. 이것은 이 지역이 상업지역인 만큼, 주거지역에서 출발한 차량들이 집중하는 시간을 고려한다면 오전 교통량의 최고치를 보이는 시간이 다른 지역보다 늦다는 것으로 해석할 수 있다. 범천동은 1999년에 농도가 많이 감소하였다가 다시 1998년의 수치로 회복하는 경향을 보여 경기 침체를 민감하게 반영함을 알 수 있다.

Fig. 4는 해안녹지지역인 동삼동을 나타낸 것이다. 1999년까지는 농도가 다른 지역에 비해 뚜렷하게 낮았으나 2000년 들어 급격히 증가하였고 오후 최고점이 나타나지 않고 자정까지 계속 증가하는 패턴을 보인다. 해안에 위치한 녹지지역인 이곳이 최근에 교통량이 급격히 증가하여 자동차에 의한 대기질 오염이 점차 증가하고 있음을 알 수 있다. 녹지지역으로서의 이 곳 특성을 유지하기 위해서는 대기질 관리가 시급함을 알 수 있다.

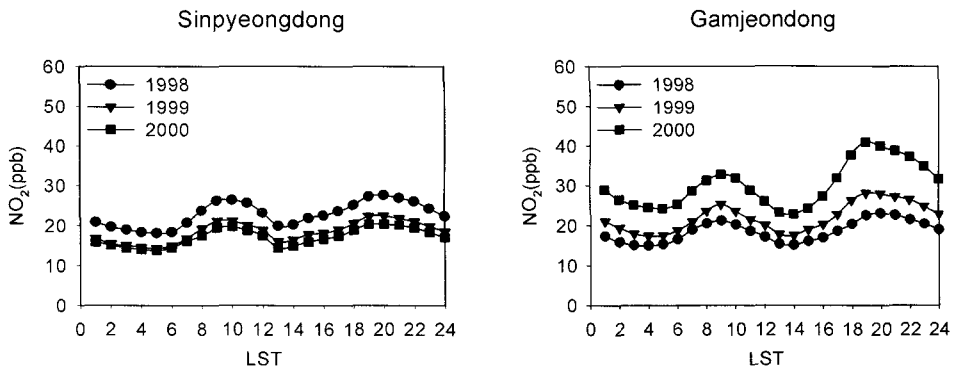


Fig. 1. Diurnal variations of NO₂ Concentration at industrial region from 1998 to 2000.

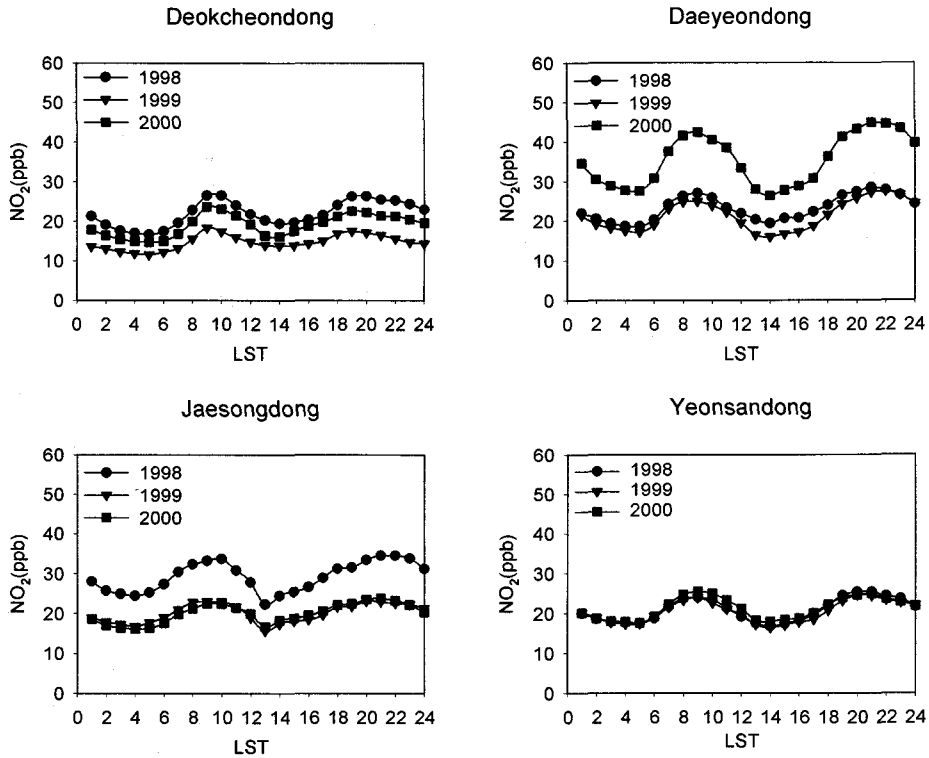


Fig. 2. Diurnal variations of NO₂ Concentration at residential region from 1998 to 2000.

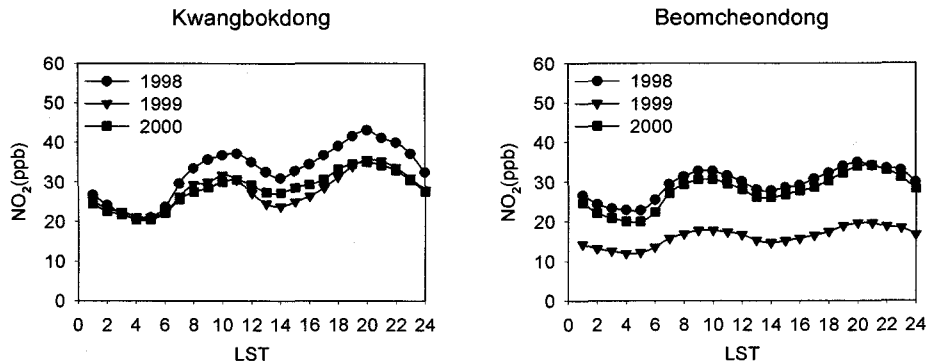


Fig. 3. Diurnal variations of NO₂ Concentration at commercial region from 1998 to 2000.

3.1.2. Box Plot으로 본 지역별 1일 평균값의 분포 특성

어떤 주어진 해에 대한 오염자료를 보여주는 한 방법으로 Box Plot이 있다. Box Plot은 주어진 데이터를 중앙값(median)과 백분위(percentile)로 나타내고 데이터의 통계값을 박스로 나타낸다. 하나의 칼럼에 대하여 하나의 박스를 만들며, 그 칼럼에 있는 데이터에 대한 통계값들을 간단히 박스 그래프에서 나타낼 수 있다.

Fig. 5는 공업지역인 신평동, 감전동의 년도별 일평균 ppb단위 NO₂ 농도 분포를 Box Plot으로 나타

낸 것이다. 신평동은 일평균의 평균값이 23 ppb, 18 ppb, 17 ppb로 계속 감소하고 있는 반면, 감전동은 18 ppb, 22 ppb, 30 ppb로 농도가 꾸준히 증가하고 있다. 감전동은 1998년 IQR(Interquartile Range:사분위범위)값이 낮았으나, 1999년부터 다시 증가하였다. 이것은 일평균 값의 변화가 심하다는 것을 의미한다.

Fig. 6은 주거지역인 대연동, 덕천동, 재송동, 연산동의 년도별 일평균 NO₂ 농도 분포를 Box Plot으로 나타낸 것이다. 대연동은 일평균 평균값이 1998년부터 2000년까지 각각 23 ppb, 21 ppb, 35 ppb이

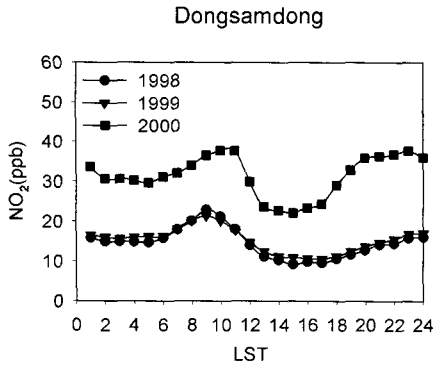


Fig. 4. Diurnal variations of NO₂ Concentration at coastal greenbelt region from 1998 to 2000.

다. 2000년에는 평균값도 많이 증가하였으며 IQR값이 증가하고 최고값이 79 ppb를 보여 농도의 심각함을 보여준다. 원인으로서는 지하철 2호선 공사로 인한 자동차 정체가 증가하여 NO₂ 방출이 높은 것으로 사료된다. 덕천동은 일평균 평균값이 1998년부터 2000년까지 22 ppb, 15 ppb, 19 ppb로 대체로 낮아 발생원이 다른 지역에 비해 낮다는 것을 알 수 있다. 일평균 고농도 일도 다른 지역에 비해 낮다는 것을 보여준다. 재송동은 일평균 평균값이 1998년부터 2000년까지 29 ppb, 20 ppb, 20 ppb로 다소 낮은 값을 나타낸다. 2000년은 IQR값이 감소하였으며, 이것은 발생원이 안정적이어서 농도가 일정 수준을

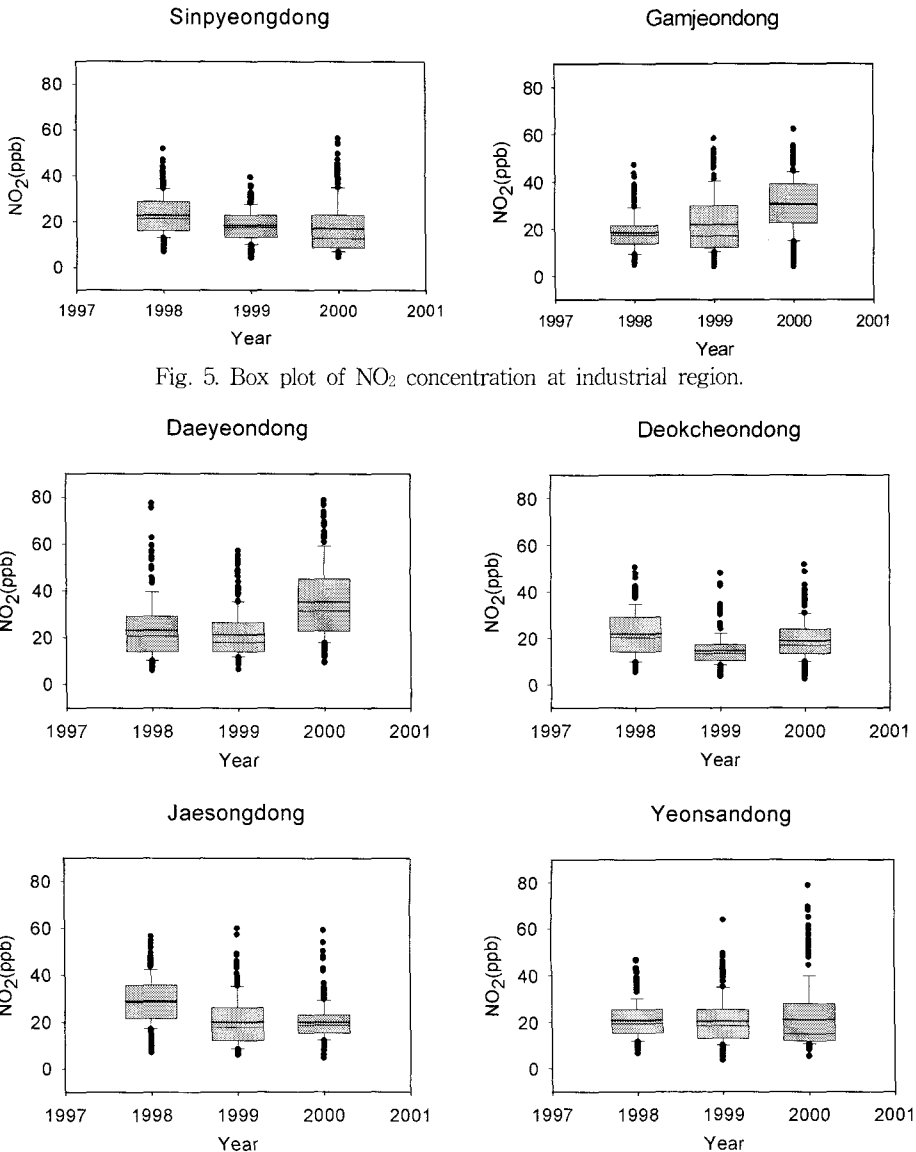


Fig. 5. Box plot of NO₂ concentration at industrial region.

Fig. 6. Box plot of NO₂ concentration at residential region.

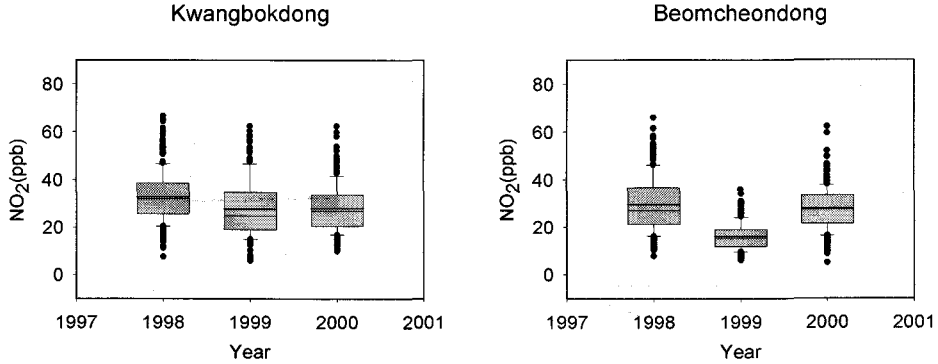


Fig. 7. Box plot of NO₂ concentration at commercial region.

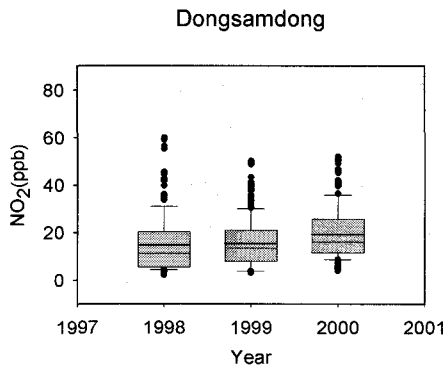


Fig. 8. Box plot of NO₂ concentration at coastal greenbelt region.

유지한다는 것을 나타낸다. 연산동의 일평균 평균값은 1998년부터 2000년까지 21 ppb, 20 ppb, 21 ppb로 거의 일정하나 일평균 최고값은 1998년부터 2000년까지 47 ppb, 64 ppb, 79 ppb로 계속 증가하고 있으며 특히 2000년에는 평균값이 21 ppb로 중간값보다 상당히 크며 이것은 고농도 출현일수가 많다는 것을 의미한다. 따라서 연산동 지역은 교통량 변화가 크고 고농도 발생일이 많으므로 교통량 조절을 통한 대기질 오염 관리가 지속적으로 필요한 지역이다. 주거지역은 대연동을 제외하고는 농도가 점차 낮아지고 있다. 원인은 대연동의 최근 교통량의 증가와 차량 정체에 의한 것으로 사료된다.

Fig. 7은 상업지역인 광복동, 범천동의 3년간 일평균 NO₂ 농도 분포를 Box Plot으로 나타낸 것이다. 1999년 범천동을 제외하고는 다른 지역에 비해 일평균 평균값이 거의 일정하다는 것을 알 수 있다. 이는 이들 상업지역의 교통량이 일정 수준을 유지하고 있음을 시사한다. 광복동의 일평균 평균값은 1998년부터 33 ppb, 28 ppb, 28 ppb이고 IQR도 거의 변화가 없다. 범천동의 일평균 평균값은 1998년부터 29 ppb, 16 ppb, 27 ppb이며 1999년에는 16 ppb

로 1998년보다 13 ppb 감소한 매우 낮은 수치를 나타내며 IQR이 감소하여 낮은 농도 수준을 유지하고 있음을 보여준다.

Fig. 8은 해안녹지지역인 동삼동의 3년간 일평균 NO₂ 농도 분포를 Box Plot으로 나타낸 것이다. 녹지지역인 만큼 다른 지역에 비해 평균 농도도 낮아, 1998년부터 2000년까지 15 ppb, 15 ppb, 19 ppb였으나 2000년 들어 농도가 4 ppb 증가한 것은 최근의 교통량 증가를 반영한 것으로 사료된다.

3.1.3. 지역별 월평균 변화 경향 및 분포 특성

NO₂ 농도는 계절, 지역의 공간적 특성, 배경 식생 유형 등과 관계가 있다. 대부분의 지역에서 농도는 계절적 변동을 보인다. 일반적으로 겨울에 높고 여름에 낮다. 겨울에 높은 이유는 기상요인과 인위적 여건으로 나눌 수 있다. 기상요인으로 보면, 겨울에는 지표의 기온이 낮아져 상층부와의 대류현상이 감소하여 기온역전이 자주 발생하기 때문에 오염물질 확산이 원활하지 않는 것이다. 인위적 요인으로 겨울에는 기온저하로 인하여 난방용 연료 사용량이 증가하고 이것이 대기오염 증가의 주요 원인이 되는 것이다. 차량의 실내온도 유지를 위해 공회전이 증가하는 것도 대도시 지역의 대기오염 증가의 원인이 된다. 또한 겨울의 야외 공사장, 작업장에서 난방용 연료 사용이 증가하고 이에 따른 폐유 등 불법 연료 유통과 폐기물 무단 소각도 인위적 오염 증가의 원인이 된다. 이 외에도 유류값의 변화에 따른 자동차 운행시간의 증감, 겨울 가뭄에 의한 대기질 악화, 지하철 공사로 인한 교통체증과 이에 따른 오염 증가 등도 오염 증가의 원인이 된다. 주행속도가 시속 30 km에서 20 km로 감속되면 자동차 오염물질은 20% 정도 더 배출되고 교통 정체로 인한 잦은 급출발과 급제동, 정차 시 공회전 등으로 많은 연료가 소모된다¹⁾.

Fig. 9는 9개 지역의 3년간 월평균 농도 변화를

나타낸 것이고 이 결과를 좀더 상세하게 나타낸 것이 Fig. 10이다. Fig. 10의 (A)는 공업지역인 신평동, 감전동의 농도 변화를 나타낸 것이다. 두 지역 모두 여름에 낮고 겨울에 높은 계절적인 특성을 나타내고 있다. 3년간의 평균값은 신평동이 20 ppb, 감전동이 23 ppb로 감전동이 높게 나타났다. 월평균 최고치는 신평동이 33 ppb, 감전동이 40 ppb로 감전

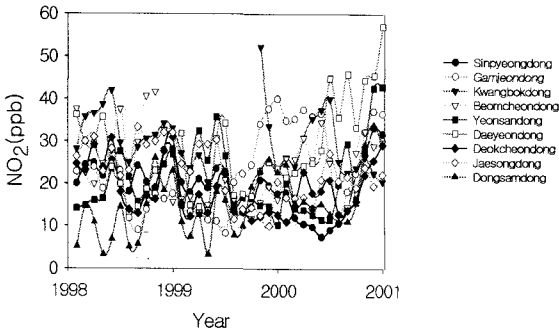


Fig. 9. Monthly variation of NO₂ concentration at air quality monitoring sites of Busan from 1998 to 2000.

동이 역시 높게 나왔다. 신평동은 점차 감소 추세를 보이다가 2000년 하반기에 급격히 높아졌다. 감전동은 1999년 겨울에서 2000년 봄까지 높은 농도를 유지하다가 급격히 감소한 후 다시 빠르게 증가하는 형태를 나타낸다. 신평동은 점차 농도가 감소하는 경향을 보이고 감전동은 점차 증가하는 경향을 보이고 이러한 형태는 1999년 하반기부터 뚜렷해진다.

Fig. 10의 (B)는 주거지역인 대연동, 덕천동, 재송동, 연산동의 농도 변화를 나타낸 것이다. 월평균 평균값은 대연동이 28 ppb, 덕천동이 19 ppb, 재송동이 23 ppb, 연산동이 21 ppb이며 월평균 최고치는 대연동이 57 ppb, 덕천동이 31 ppb, 재송동이 33 ppb, 연산동이 43 ppb로 대연동이 가장 높게 나타났다. 덕천동, 재송동은 큰 변화가 없으나 대연동은 점차 증가하는 경향을 보이고 있고 이는 이 지역의 차량통행량이 증가하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

Fig. 10의 (C)는 상업지역인 광복동, 범천동의 농도 변화를 나타낸 것이다. 월평균 평균값은 광복동이 30 ppb, 범천동이 24 ppb이며 월평균 최고치는 광복동이 52 ppb, 범천동이 42 ppb로 광복동이 높게 나타났다. 범천동은 1999년의 농도값이 비교적 낮게

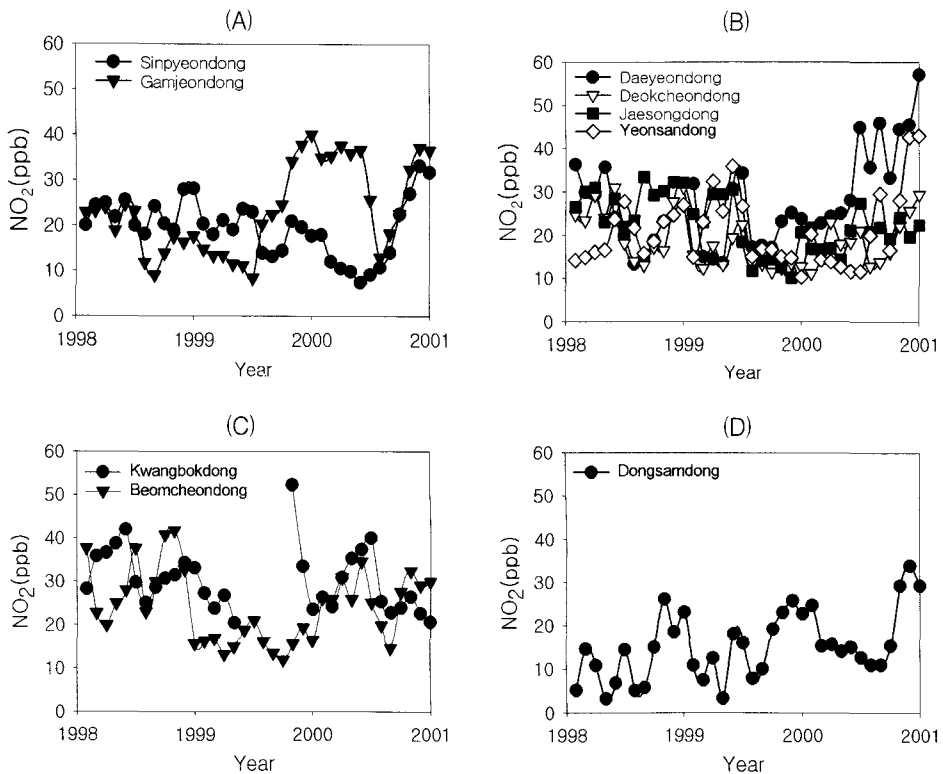


Fig. 10. Monthly variation of NO₂ concentration at air quality monitoring sites of Busan from 1998 to 2000. (A) Industrial region, (B) Residential region, (C) Commercial region, (D) Coastal greenbelt region

나왔다. 광복동은 계절에 따른 농도 변화 폭이 작아 같은 상업지역인 범천동에 비해 오염원이 일정하게 유지되고 있음을 보여준다.

Fig. 10의 (D)는 해안녹지지역인 동삼동의 농도 변화를 나타낸 것이다. 월평균 평균값은 15 ppb, 월평균 최고치는 34 ppb이다. 여름에 낮고 겨울에 높은 농도를 보이는 계절적 패턴을 보이고 있으며 점차 농도가 증가하고 있고 2000년 12월은 34 ppb로 최고치를 나타낸다. 동삼동은 부산의 다른 지역에 비해 가장 낮은 농도를 나타내나 월평균 최고치는 상당히 높게 나오고 있다. 1998년 이후 꾸준히 농도가 증가하고 있어 청정지역인 이곳의 대기질 관리가 시급함을 보여주고 있다.

부산광역시 대기 중 NO₂ 농도는 대기환경기준에 미치지 못하고 있으며 1999년에 조금 감소 추세를 보이다가 이후 점차 증가하는 경향을 보인다. 1999년의 감소 추세는 경기침체로 인한 자동차 운행의 감소와 연료사용량 저감에 기인되며, 앞으로는 경기가 회복될 것이 예상됨에 따라 조금 증가할 것으로 사료된다.

3.2. NO₂ 농도 상관 분석

선행연구에서 계절별 O₃ 농도와 영향 인자간의 상관성은 봄에는 일사량(R=0.44), 여름에는 상대습도(R=-0.59), 가을에는 상대습도(R=-0.55), 겨울에는 NO₂(R=-0.58)가 가장 큰 상관관계가 있고, O₃ 농도는 4계절 모두 일사량과 큰 상관성이 있으며, NO₂, NO, 상대습도, 풍속이 계절에 관계없이 비교적 큰 영향을 미치고 있음을 확인하였다⁸⁾.

1998년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지의 매 시간 NO₂ 농도와 NO, O₃, CO, SO₂ 그리고 PM₁₀의 5가지 다른 대기오염 물질의 농도 및 풍속, 기온, 일조 시간, 운량의 4가지 기상인자 간의 상관성을 알아보기 위해 각 지역별로 상관분석을 하였다.

3.2.1. 공업 지역(신평동, 감전동)

공업지역인 신평동의 3년간 NO₂ 농도와 다른 대기오염 물질 농도 및 기상 인자간의 상관관계를 Table 1에 나타내었다.

신평동의 경우, NO₂ 농도와 다른 오염 물질 간에는 모두 0.3 보다 상관성이 높게 나타났고 특히 SO₂(0.46)와 O₃(-0.41)이 가장 큰 상관관계를 나타냈다. 다음으로 NO(0.32), CO(0.33), PM₁₀(0.38)이 높은 상관관계를 나타냈다. 기상 인자는 풍속(-0.33)이 가장 큰 상관관계를 나타냈다. 신평동은 모든 오염 물질들과 0.3 이상의 상관관계를 나타내었다.

공업지역인 감전동의 3년간 NO₂ 농도와 다른 대기오염 물질의 농도 및 기상인자간의 상관관계를 Table 2에 나타내었다.

감전동의 경우, 오염물질은 NO(0.52)가 가장 높은 상관관계를 보였고, O₃(-0.30), PM₁₀(0.35)이 다음으로 높은 상관관계를 보였다. 기상인자는 풍속(-0.29)이 가장 큰 음의 상관성을 나타내었다.

신평동은 SO₂가 0.46, CO가 0.33의 상관관계를 보인 반면 감전동은 SO₂(0.17), CO(0.08)가 낮은 상관관계를 보였다.

3.2.2. 주거 지역(대연동, 덕천동, 재송동, 연산동)
주거 지역인 대연동의 3년간 NO₂ 농도와 다른 대

Table 1. Pearson correlation matrix between air pollutants and meteorological parameters at Sinpyeongdong

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	1.000	0.321	-0.412	0.333	0.460	0.377	-0.330	-0.039	0.012	-0.115
X2	0.321	1.000	-0.189	0.393	0.311	0.337	-0.177	-0.040	0.106	-0.108
X3	-0.412	-0.189	1.000	-0.259	-0.251	-0.117	0.312	0.255	0.177	0.034
X4	0.333	0.393	-0.259	1.000	0.405	0.340	-0.211	-0.468	0.187	-0.294
X5	0.460	0.311	-0.251	0.405	1.000	0.444	-0.186	-0.103	0.115	-0.139
X6	0.377	0.337	-0.117	0.340	0.444	1.000	-0.130	-0.110	0.147	-0.220
X7	-0.330	-0.177	0.312	-0.211	-0.186	-0.130	1.000	0.062	0.016	0.118
X8	-0.039	-0.040	0.255	-0.468	-0.103	-0.110	0.062	1.000	-0.035	0.337
X9	0.012	0.106	0.177	0.187	0.115	0.147	0.016	-0.035	1.000	-0.537
X10	-0.115	-0.108	0.034	-0.294	-0.139	-0.220	0.118	0.337	-0.537	1.000

X₁: NO₂ concentration (ppb) X₆: PM₁₀ concentration (µg/m³)
 X₂: NO concentration (ppb) X₇: wind speed(m/s)
 X₃: O₃ concentration (ppb) X₈: temperature(°C)
 X₄: CO concentration (ppm) X₉: duration of sunshine(h)
 X₅: SO₂ concentration (ppb) X₁₀: cloud amount

부산광역시 NO₂ 농도 분포 특성에 관한 연구

기오염 물질 농도 및 기상인자간의 상관관계를 Table 3에 나타내었다.

주거 지역인 대연동은 NO(0.55)가 가장 높은 상관성을 보였고, 다음으로 O₃(-0.33)이 음의 상관관계를 보였다. 기상인자는 풍속(-0.32)이 가장 큰 상관

관계를 나타내었다.

주거 지역인 덕천동의 3년간 NO₂ 농도와 다른 대기오염 농도 및 기상인자간의 상관관계를 Table 4에 나타내었다.

덕천동은 SO₂(0.46)이 가장 큰 상관관계를 보였

Table 2. Pearson correlation matrix between air pollutants and meteorological parameters at Gamjeondong

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1.000	0.517	-0.302	0.077	0.165	0.345	-0.290	-0.197	-0.103	-0.186
X ₂	0.517	1.000	-0.271	0.271	0.302	0.379	-0.232	-0.201	-0.045	-0.170
X ₃	-0.302	-0.271	1.000	-0.320	-0.255	-0.109	0.369	0.459	0.210	0.100
X ₄	0.077	0.271	-0.320	1.000	0.505	0.296	-0.210	-0.390	0.096	-0.215
X ₅	0.165	0.302	-0.255	0.505	1.000	0.391	-0.218	-0.213	0.100	-0.185
X ₆	0.345	0.379	-0.109	0.296	0.391	1.000	-0.191	-0.053	0.093	-0.163
X ₇	-0.290	-0.232	0.369	-0.210	-0.218	-0.191	1.000	0.250	-0.113	0.278
X ₈	-0.197	-0.201	0.459	-0.390	-0.213	-0.053	0.250	1.000	-0.035	0.331
X ₉	-0.103	-0.045	0.210	0.096	0.100	0.093	-0.113	-0.035	1.000	-0.537
X ₁₀	-0.186	-0.170	0.100	-0.215	-0.185	-0.163	0.278	0.331	-0.537	1.000

Table 3. Pearson correlation matrix between air pollutants and meteorological parameters at Daeyeondong

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1.000	0.549	-0.328	0.173	0.226	0.007	-0.317	-0.059	-0.066	-0.153
X ₂	0.549	1.000	-0.299	0.342	0.258	0.069	-0.218	-0.180	-0.041	-0.060
X ₃	-0.328	-0.299	1.000	-0.304	-0.146	0.030	0.367	0.311	0.230	0.034
X ₄	0.173	0.342	-0.304	1.000	0.366	0.181	-0.273	-0.344	0.060	-0.175
X ₅	0.226	0.258	-0.146	0.366	1.000	0.294	-0.215	-0.160	0.113	-0.138
X ₆	0.007	0.069	0.030	0.181	0.294	1.000	-0.070	0.001	0.220	-0.083
X ₇	-0.317	-0.218	0.367	-0.273	-0.215	-0.070	1.000	0.081	0.176	0.120
X ₈	-0.059	-0.180	0.311	-0.344	-0.160	0.001	0.081	1.000	-0.058	0.355
X ₉	-0.066	-0.041	0.230	0.060	0.113	0.220	0.176	-0.058	1.000	-0.537
X ₁₀	-0.153	-0.060	0.034	-0.175	-0.138	-0.083	0.120	0.355	-0.537	1.000

Table 4. Pearson correlation matrix between air pollutants and meteorological parameters at Deokcheondong

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1.000	0.351	-0.339	0.199	0.462	0.306	-0.185	-0.110	0.028	-0.130
X ₂	0.351	1.000	-0.180	0.352	0.256	0.208	-0.094	-0.167	0.075	-0.073
X ₃	-0.339	-0.180	1.000	-0.245	-0.125	-0.064	0.336	0.404	0.245	0.062
X ₄	0.199	0.352	-0.245	1.000	0.278	0.224	-0.244	-0.425	0.138	-0.187
X ₅	0.462	0.256	-0.125	0.278	1.000	0.283	-0.028	-0.118	0.116	-0.089
X ₆	0.306	0.208	-0.064	0.224	0.283	1.000	-0.178	-0.044	0.163	-0.165
X ₇	-0.185	-0.094	0.336	-0.244	-0.028	-0.178	1.000	0.250	-0.113	0.278
X ₈	-0.110	-0.167	0.404	-0.425	-0.118	-0.044	0.250	1.000	-0.035	0.331
X ₉	0.028	0.075	0.245	0.138	0.116	0.163	-0.113	-0.035	1.000	-0.537
X ₁₀	-0.130	-0.073	0.062	-0.187	-0.089	-0.165	0.278	0.331	-0.537	1.000

고, 다음으로 NO(0.35), O₃(-0.34) 및 PM₁₀(0.31)이 상관관계를 보였고 기상인자는 풍속(-0.19)이 가장 큰 상관성을 나타냈다.

주거 지역인 재송동의 3년간 NO₂ 농도와 다른 대기오염 물질 농도 및 기상인자간의 상관관계를 Table 5에 나타내었다.

재송동의 경우, 오염물질은 NO(0.45), SO₂(0.50), CO(0.40) 순으로 상관성을 보였고, 다음으로 O₃(-0.32)이 음의 상관관계를 나타내었다. 기상인자는 풍속(-0.34)이 가장 큰 상관관계를 보였다. 재송동은 4종류의 오염물질들과 0.3 이상의 상관관계를 나타내는 특징을 보인다.

주거 지역인 연산동의 3년간 NO₂ 농도와 다른 대기오염 농도 및 기상인자간의 상관관계를 Table 6에 나타내었다.

연산동의 경우, 오염물질은 SO₂(0.35), CO(0.32), O₃(-0.31)순으로 상관성을 보였고, 기상인자는 풍속(-0.34)이 가장 큰 음의 상관 관계를 보였고 다른 요인들은 아주 낮은 값을 보였다.

주거지역은 NO와의 상관관계가 연산동(0.16)을 제외한 다른 지역의 경우, 대연동이 0.55, 덕천동이 0.35, 재송동이 0.45로서, 다른 오염물질보다 높은 상관관계를 보였고 O₃과는 모두 -0.3이상의 상관관계를 보였으며, 기상인자는 덕천동(-0.19)을 제외하고는 모두 -0.3이상의 상관관계를 보였다.

3.2.3. 상업 지역(광복동, 범천동)

상업 지역인 광복동의 3년간 NO₂ 농도와 다른 대기오염 물질 농도 및 기상인자간의 상관관계를 Table 7에 나타내었다.

상업지역인 광복동의 경우, 오염물질은 NO(0.51), SO₂(0.41), O₃(-0.41) 및 CO(0.31) 순으로 상관성을 보였다. 기상인자는 풍속(-0.29)이 가장 큰 음의 상관관계를 보였다. 광복동은 4종류의 오염물질들과 0.3이상의 상관관계를 나타내었다.

상업 지역인 범천동의 3년간 NO₂ 농도와 다른 대기오염 농도 물질 및 기상인자간의 상관관계를 Table 8에 나타내었다.

Table 5. Pearson correlation matrix between air pollutants and meteorological parameters at Jaesongdong

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1.000	0.449	-0.318	0.396	0.499	0.282	-0.342	0.004	0.033	-0.122
X ₂	0.449	1.000	-0.339	0.479	0.406	0.110	-0.250	-0.108	0.025	-0.122
X ₃	-0.318	-0.339	1.000	-0.369	-0.248	0.021	0.475	0.165	0.229	0.052
X ₄	0.396	0.479	-0.369	1.000	0.483	0.230	-0.287	-0.517	0.044	-0.250
X ₅	0.499	0.406	-0.248	0.483	1.000	0.322	-0.236	-0.263	0.108	-0.166
X ₆	0.282	0.110	0.021	0.230	0.322	1.000	-0.100	-0.078	0.252	-0.182
X ₇	-0.342	-0.250	0.475	-0.287	-0.236	-0.100	1.000	0.094	0.107	0.187
X ₈	0.004	-0.108	0.165	-0.517	-0.263	-0.078	0.094	1.000	-0.069	0.343
X ₉	0.033	0.025	0.229	0.044	0.108	0.252	0.107	-0.069	1.000	-0.537
X ₁₀	-0.122	-0.122	0.052	-0.250	-0.166	-0.182	0.187	0.343	-0.537	1.000

Table 6. Pearson correlation matrix between air pollutants and meteorological parameters at Yeonsandong

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1.000	0.156	-0.313	0.317	0.347	0.162	-0.341	0.029	-0.083	-0.047
X ₂	0.156	1.000	-0.213	0.476	0.236	0.173	-0.136	-0.185	0.059	-0.114
X ₃	-0.313	-0.213	1.000	-0.345	-0.289	0.040	0.496	0.236	0.316	-0.045
X ₄	0.317	0.476	-0.345	1.000	0.461	0.286	-0.333	-0.263	0.081	-0.206
X ₅	0.347	0.236	-0.289	0.461	1.000	0.379	-0.308	-0.127	0.084	-0.093
X ₆	0.162	0.173	0.040	0.286	0.379	1.000	-0.119	0.022	0.144	-0.153
X ₇	-0.341	-0.136	0.496	-0.333	-0.308	-0.119	1.000	-0.039	0.216	0.011
X ₈	0.029	-0.185	0.236	-0.263	-0.127	0.022	-0.039	1.000	-0.039	0.338
X ₉	-0.083	0.059	0.316	0.081	0.084	0.144	0.216	-0.039	1.000	-0.537
X ₁₀	-0.047	-0.114	-0.045	-0.206	-0.093	-0.153	0.011	0.338	-0.537	1.000

Table 7. Pearson correlation matrix between airpollutants and meteorological parameters at Kwangbokdong

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1.000	0.509	-0.409	0.305	0.411	0.154	-0.286	0.133	-0.106	0.041
X ₂	0.509	1.000	-0.372	0.476	0.511	0.172	-0.295	0.036	-0.013	0.007
X ₃	-0.409	-0.372	1.000	-0.135	-0.285	0.072	0.294	0.048	0.272	-0.102
X ₄	0.305	0.476	-0.135	1.000	0.424	0.258	-0.231	-0.319	0.146	-0.141
X ₅	0.411	0.511	-0.285	0.424	1.000	0.095	-0.238	0.003	0.076	-0.058
X ₆	0.154	0.172	0.072	0.258	0.095	1.000	0.011	0.162	0.102	-0.056
X ₇	-0.286	-0.295	0.294	-0.231	-0.238	0.011	1.000	0.062	0.016	0.118
X ₈	0.133	0.036	0.048	-0.319	0.003	0.162	0.062	1.000	-0.035	0.337
X ₉	-0.106	-0.013	0.272	0.146	0.076	0.102	0.016	-0.035	1.000	-0.537
X ₁₀	0.041	0.007	-0.102	-0.141	-0.058	-0.056	0.118	0.337	-0.537	1.000

Table 8. Pearson correlation matrix between air pollutants and meteorological parameters at Beomcheondong

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1.000	0.323	-0.272	0.228	0.138	0.313	-0.237	0.100	-0.067	-0.049
X ₂	0.323	1.000	-0.275	0.482	0.446	0.241	-0.198	-0.112	0.018	-0.053
X ₃	-0.272	-0.275	1.000	-0.346	-0.222	-0.118	0.385	0.167	0.275	-0.022
X ₄	0.228	0.482	-0.346	1.000	0.474	0.298	-0.317	-0.330	0.146	-0.262
X ₅	0.138	0.446	-0.222	0.474	1.000	0.332	-0.246	-0.225	0.121	-0.164
X ₆	0.313	0.241	-0.118	0.298	0.332	1.000	-0.229	0.122	0.077	-0.091
X ₇	-0.237	-0.198	0.385	-0.317	-0.246	-0.229	1.000	0.094	0.107	0.187
X ₈	0.100	-0.112	0.167	-0.330	-0.225	0.122	0.094	1.000	-0.069	0.343
X ₉	-0.067	0.018	0.275	0.146	0.121	0.077	0.107	-0.069	1.000	-0.537
X ₁₀	-0.049	-0.053	-0.022	-0.262	-0.164	-0.091	0.187	0.343	-0.537	1.000

범천동의 경우, 오염물질은 NO(0.32), PM₁₀(0.31) 순으로 상관성을 보였고 기상인자는 풍속(-0.24)과 가장 큰 음의 상관관계를 나타냈다. 범천동의 NO₂ 농도와 다른 오염물질 및 기상인자간의 상관성이 다른 지역에 비해 낮게 나타났다.

상업지역의 경우, 광복동은 PM₁₀(0.15)을 제외한 모든 오염물이 0.3이상의 상관관계를 보인 반면, 범천동은 NO와 PM₁₀ 만이 각각 0.32, 0.31의 상관관계를 보였으며 기상요인은 두지역 모두 풍속만이 -0.2 이상의 상관관계를 보였다.

3.2.4. 해안 녹지 지역(동삼동)

해안에 가장 근접하고 9개 측정소 중 가장 청정 지역인 동삼동의 3년간 NO₂ 농도와 다른 대기오염물질 농도 및 기상인자간의 상관관계를 Table 9에 나타내었다.

동삼동의 경우, 오염물은 NO(0.55), SO₂(0.53)과

O₃(-0.50)순으로 상관성을 보였고, CO(0.39)가 다음으로 높은 상관관계를 나타냈다. 기상인자는 풍속(-0.26)이 가장 큰 상관성을 보였으며 다른 기상인자의 상관값은 매우 낮다. 9개 지역 중에서 오염물질들과 가장 높은 상관관계를 보였다.

3.2.5. 지역별 상관분석 결과 고찰

각 지역별로 상관 분석 결과를 보면 모든 지역이 동일하지는 않으나 비교적 공통적으로 상관성을 나타내는 오염물과 기상인자를 발견할 수 있었다. NO₂를 포함한 대기오염물질의 농도는 발생원으로부터의 배출 특징 및 기상 요소로 인한 확산효과에 의해 결정된다. Table 10에 각 지역별로 NO₂와 기타 오염물질 및 기상인자간의 상관계수를 나타냈다. 전체적으로 NO, O₃가 가장 높은 상관성을 보이고 있고, 다음으로 SO₂, CO, PM₁₀ 순서이다. 기상인자는 풍속만이 범천동(0.19)을 제외하고 모든 지역에서

Table 9. Pearson correlation matrix between air pollutants and meteorological parameters at Dongsamdong

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1.000	0.550	-0.497	0.385	0.527	0.083	-0.262	-0.066	0.039	-0.173
X ₂	0.550	1.000	-0.322	0.363	0.511	0.076	-0.072	-0.078	0.027	-0.084
X ₃	-0.497	-0.322	1.000	-0.331	-0.421	0.025	0.203	0.087	0.145	0.001
X ₄	0.385	0.363	-0.331	1.000	0.532	0.193	-0.156	-0.380	0.126	-0.232
X ₅	0.527	0.511	-0.421	0.532	1.000	0.156	-0.174	-0.133	0.109	-0.168
X ₆	0.083	0.076	0.025	0.193	0.156	1.000	-0.036	-0.116	0.122	-0.089
X ₇	-0.262	-0.072	0.203	-0.156	-0.174	-0.036	1.000	0.035	-0.093	0.268
X ₈	-0.066	-0.078	0.087	-0.380	-0.133	-0.116	0.035	1.000	-0.090	0.339
X ₉	0.039	0.027	0.145	0.126	0.109	0.122	-0.093	-0.090	1.000	-0.537
X ₁₀	-0.173	-0.084	0.001	-0.232	-0.168	-0.089	0.268	0.339	-0.537	1.000

Table 10. Correlation coefficient between air pollutants and meteorological parameters with NO₂ concentration(ppb) in nine sites

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Sin.	1.000	0.321	-0.412	0.333	0.460	0.377	-0.330	-0.039	0.012	-0.115
Gam.	1.000	0.517	-0.302	0.077	0.165	0.345	-0.290	-0.197	-0.103	-0.186
Dae.	1.000	0.549	-0.328	0.173	0.226	0.007	-0.317	-0.059	-0.066	-0.153
Deok.	1.000	0.351	-0.339	0.199	0.462	0.306	-0.185	-0.110	0.028	-0.130
Jaе.	1.000	0.449	-0.318	0.396	0.499	0.282	-0.342	0.004	0.033	-0.122
Yeon.	1.000	0.156	-0.313	0.317	0.347	0.162	-0.341	0.029	-0.083	-0.047
Kwang.	1.000	0.509	-0.409	0.305	0.411	0.154	-0.286	0.133	-0.106	0.041
Beom.	1.000	0.323	-0.272	0.228	0.138	0.313	-0.237	0.100	-0.067	-0.049
Dong.	1.000	0.550	-0.497	0.385	0.527	0.083	-0.262	-0.066	0.039	-0.173

X₁: NO₂ concentration (ppb) X₆: PM₁₀ concentration (μg/m³)
 X₂: NO concentration (ppb) X₇: wind speed(m/s)
 X₃: O₃ concentration (ppb) X₈: temperature(°C)
 X₄: CO concentration (ppm) X₉: duration of sunshine(h)
 X₅: SO₂ concentration (ppb) X₁₀: cloud amount

0.2이상의 상관성을 보였고 다른 기상인자들은 상관성이 약하게 나타났다.

공업지역의 경우, 신평동은 모든 오염물과 0.3이상의 상관관계를 보였고, 감전동은 CO(0.08), SO₂(0.17)를 제외하고는 0.3이상의 상관관계를 보였다.

주거지역의 경우, 지역에 따라 0.3이상의 상관관계를 보이는 오염물의 종류가 다양하게 나타났으며, 연산동을 제외하고는 NO와의 상관관계가 다른 오염물에 비해 높게 나타났으며, O₃은 모든 지역에서 -0.3 이상의 상관관계를 보였다.

상업지역의 경우, 광복동은 PM₁₀(0.15)을 제외한 다른 오염물질들과 0.3이상의 상관관계를 보인 반면 범천동은 NO, PM₁₀만이 0.3이상의 상관관계를 보였다.

해안녹지지역인 동삼동은 PM₁₀(0.08)을 제외한 모든 오염물질들과 0.39이상의 상관성을 나타내 전 지역 중 가장 큰 상관관계를 보였다.

상관성이 높더라도 변수간의 인과성을 쉽게 결론 지을 수 없다. 즉 두 변수간의 연관성이 높더라도 어느 한 변수가 다른 변수의 원인이라고 확신할 수 없기 때문이다. 또한 독립변수들간의 상관관계가 높아 다중공선성(multicollinearity)이 있으면 모형 해석에 악영향을 미친다. 이런 점들을 고려해 볼 때 각 지역별로 NO₂와 독립변수인 다른 오염물질과 기상인자간의 상관계수를 고려하여 중회귀분석을 한다면 NO₂ 농도에 영향을 주는 인자들을 좀더 명확하게 알 수 있을 것이다.

4. 결 론

부산의 NO₂ 농도의 분포 특성을 분석하였으며, NO₂ 농도와 다른 오염물질 및 기상인자간의 상관관계를 고찰하였다.

부산의 NO₂ 농도의 일변화 특징은 하루에 두 번 최고점을 보이는 전형적인 도시지역의 특징을 보인다.

3년간의 연도별 일평균 Box plot을 분석한 결과, 공업지역의 경우, 신평동은 일평균값이 꾸준히 감소하고 있는 반면, 감전동은 꾸준히 증가하고 있다. 주거지역의 경우, 대연동은 2000년 일평균이 많이 증가하였고, 연산동은 2000년의 경우 고농도 일수가 많음을 반영하였다. 주거지역은 대연동을 제외하고는 평균값이 감소하는 특징을 보인다. 상업지역은 1999년 범천동을 제외하고는 일평균값의 큰 변화가 없었다. 해안녹지지역인 동삼동은 2000년에 일평균값이 큰 폭으로 증가하여 오염원의 증가를 반영하였다.

월평균 변화의 특징은 여름에 낮고 겨울에 높아지는 경향을 나타냈다. 겨울철의 발생원 증가와 혼합과 감소가 그 원인으로 사료된다. 공업지역인 감전동은 계속 농도가 증가하는 추세를 나타냈다. 주거지역의 경우, 대연동은 농도값이 계속 증가하는 추세를 나타냈으며, 다른 지역은 큰 변화가 없다. 상업지역인 광복동은 계절적인 차이가 다른 지역에 비해 낮아 오염원이 일정한 수준을 유지하고 있음을 나타냈다. 해안녹지지역으로 청정지역인 동삼동은 1998년 이후 농도가 꾸준히 증가하고 있어 대기질 관리가 특히 요구되고 있다.

지역별로 상관관계를 보면, 공업지역인 신평동은 SO₂(0.46)와 감전동은 NO(0.52)와 가장 높은 양의 상관성을 보였고 두 지역 모두 풍속과는 약한 음의 상관성을 나타냈다. 주거지역은 연산동을 제외하고는 모두 NO와 가장 큰 상관성을 나타냈다. 상업지역 모두 NO와 가장 큰 상관성을 보였고 특히 동삼동은 NO(0.55)와 가장 높은 상관성을 보였다.

참 고 문 헌

- 1) 부산광역시, 2000, 부산환경백서, p. 3, p. 110.
- 2) Campbell, G. W., J. R. Stedman and K. Stevenson, 1994, A survey of nitrogen dioxide concentration in the United Kingdom using diffusion tubes July to December 1991, *Atmos. Environ.*, 28(3), 477-486.
- 3) Giugliano, M., S. Cernuschi and F. Marzolo, 1998, The duration of High NO₂ and CO Concentration in an Urban Atmosphere, *Atmos. Environ.*, 32(17), 2923-2929.
- 4) 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.
- 5) Hargreaves, P. R., A. Leidi, H. J. Grubb, M. T. Howe and M. A. Mugglestone, Local and seasonal variations in atmospheric nitrogen dioxide levels at Rothamsted, UK, and relationships with meteorological conditions, *Atmos. Environ.*, 34, 843-853.
- 6) Lebre, E., D. Briggs, H. Reeuwijk, P. Fischer, K. Smallbone, H. Harssema, B. Kriz, P. Gorynski and P. Elliott, 2000, Small area variations in ambient NO₂ concentrations in four European areas, *Atmos. Environ.*, 34, 177-185.
- 7) 장난심, 2000 연안 도시 지역의 이산화질소 농도 예측에 관한 연구, 부산대학교 박사학위논문.
- 8) 이기원, 권숙표, 정용, 1993, 서울시 대기 중 오존 오염도의 연도별 변화와 그 영향인자 분석, *한국 대기보전학회지*, 9(1), 107-115.