

# 대구-경북지역 광역대도시와 산업도시 환경기준 대기오염물질의 시간적 및 공간적 오염도 특성

이 현 철, 조 완 근<sup>1,\*</sup>, 김 종 태<sup>1</sup>

지구환경측정(주), <sup>1</sup>경북대학교 환경공학과

## Temporal and Spatial Pollution Characteristics of Ambient Criteria Pollutants in Metropolitan and Industrial Cities of Daegu-Gyeongbuk Area

Hyun-Cheol Lee, Wan-Kuen Jo<sup>1,\*</sup> and Jong-Tae Kim<sup>1</sup>

*Corporation of Global Environment,*

<sup>1</sup>*Department of Environmental Engineering, Kyungpook National University,  
Daegu 702-701, Korea*

### ABSTRACT

This study considers the characteristics of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), ozone (O<sub>3</sub>) and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) in three cities of Daegu-Gyeongbuk Area (Daegu, Pohang, and Gumi), which have different city or industrial characteristics, over a time period of 2 years. The diurnal, weekly, monthly and seasonal concentration variations of criteria air pollutants were attributed to compounds or city types. However, the seasonal variations of O<sub>3</sub> concentrations were dependent on compounds, but not on city types. Lower O<sub>3</sub> concentrations were observed in July when comparing with other summer months. For SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub>, the concentrations were higher in Daegu when compared to Pohang and Gumi, while the concentrations of O<sub>3</sub> were higher in Pohang and Gumi. SO<sub>2</sub> exhibited higher levels in the morning hours, while O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> exhibited higher levels in the afternoon hours for all cities. For O<sub>3</sub>, the concentrations observed during Sunday were higher than those of other week or weekend days. Furthermore, the monthly and seasonal concentration variations of air pollutants depended on compounds or city types. It is noteworthy that the current monthly and seasonal variations were consistent with several previous studies.

**Key words** : criteria pollutants, diurnal variation, weekly, monthly, seasonal, city type

### 서 론

아시아의 다른 개발 또는 개발도상 국가들과 유

사하게, 국내의 많은 도시는 지난 수 년 사이에 급격한 근대화 및 산업화되어 왔다. 이러한 과정에서 자동차와 고정오염원의 연소과정에서 배출되는 오염물질은 도시의 대기질을 악화시켜왔다(Kim, 1992; Jo and Nam, 1999; Jo *et al.*, 2000). 이러한 상황으로부터 국민들의 건강과 복지를 보호하기 위하여 국

\* To whom correspondence should be addressed.  
Tel: +82-53-950-6584, Fax: +82-53-950-6579  
E-mail: wkjo@knu.ac.kr

내 환경정책 결정자들이 대기환경기준을 설정하고 수정을 해 오고 있다(Jo and Nam, 1999). 국내 대기환경기준은 1980년에 최초로 설정되었고 그 이후에 여러 차례 수정되어 왔다. 그러나, 합리적인 대기오염기준의 수정 과정에는 대기오염의 특성과 이로 인한 건강에 미치는 영향 그리고 제어 방안이 적절하게 반영되어야 하지만, 국내 대기환경기준의 수정 과정에는 이러한 주요 인자들이 반영되지 못하였다. 특히, 대기오염의 특성은 산업 특성에 따라 많은 변화를 나타내기 때문에 대기오염 특성을 과학적으로 평가하기 위해서는 이러한 산업 특성이 고려되어야 한다(Legge *et al.*, 1991; USEPA, 1995; John and Chameides, 1997; Logan 2003). 대표적인 국내 산업 특성은 염색산업, 기계산업, 전자산업 및 철강산업을 포함한다.

대구광역시의 경우, 2002년 대구지역 환경백서(2002)에 따르면, 대구지역에서 발생하는 대기오염물질 배출량은 연간 120,610톤으로 자동차에서 77.8%인 93,773톤을 배출하고, 난방과 산업용에서 각각 9.5%, 12.6%가 배출된다. 연간 연료사용량을 보면 유류가 2,472천kL로 휘발유 560천kL, 등유 629천kL, 경유 801천kL, 중유 13천kL, 방카C유 469천kL이며, 석탄은 351천톤으로 무연탄 34천톤, 유연탄 317천톤이고, 도시가스 618백만 m<sup>3</sup>, LPG 338천톤을 사용하였으며, 사업장과 공동주택, 업무용 빌딩에서는 도시가스로 대체되었다. 오염물질별 배출량을 살펴보면 전체 배출량 중 아황산가스 8.7%, 먼지 4.8%, 일산화탄소 50.3%, 탄화수소 6.6%, 질소산화물이 29.6%를 차지하고 있다. 대구지역은 주변이 산으로 둘러싸여 오염물질의 확산이 용이하지 않고 역전현상이 빈번하게 일어나는 분지형태의 지형으로 염색공단, 3공단, 서대구공단, 성서공단 등이 북서부에 위치하고 있어 동절기에는 북서계절풍의 영향으로 이들 공단에서 발생한 대기오염물질들이 도심으로 이동하여 도시 주거지역의 대기오염도를 심화시키는 요인이 되고 있다(조완근과 손상호, 1996; 조완근, 2002).

구미는 국내 전자산업 중심도시로서 전자기기의 수출과 전자공업체의 전문화·계열화를 목적으로 이루어진 내륙공업단지를 가지고 있다. 단지는 일반단지라고 하는 섬유단지와 전자단지인 제1단지, 반도체단지라고 하는 제2단지로 이루어져 있으며, 2002년 구미 환경백서(2002)에 따르면 업종별 가

동현황 조사 결과, 영상, 음향 및 통신장비 제조업종이 190개소로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 전기·전자업종이 58개소, 섬유·의복 업종이 125개소, 기계업이 105개소, 비금속업이 31개소, 섬유화학업종이 38개소 등으로 이러한 산업관련 유기용제 사용에 따른 휘발성 유기화합물질의 오염도는 높을 것으로 예상되지만, 대부분의 사업장이 연료의 연소에 의존하지 않는 업종이 주종을 이루고 있어 국내 다른 도시와 비교할 때 대기오염기준물질에 대한 오염도는 예측이 쉽지 않다. 이러한 상황이 구미지역의 대기오염기준물질에 대한 특성평가의 필요성을 뒷받침하고 있다.

포항시는 국내 철강 산업 중심도시로서 2002년 포항시 환경백서(2002)에 따르면, 연간 연료사용량에 따른 대기오염물질 총 배출량은 55,666톤으로 이 중 유류의 사용으로 인한 배출량은 33,712톤이고, 석탄 및 가스사용으로 인한 배출량은 21,954톤을 배출하고 있다. 오염물질의 항목별로 살펴보면 일산화탄소가 22,878톤으로 가장 많고 다음이 질소산화물 19,982톤, 아황산가스 7,125톤, 탄화수소 3,540톤 그리고 먼지 순으로 배출되고 있으며, 부문별 발생원별 오염배출량은 수송용이 32,318톤인 58%로 가장 많고 다음이 산업용과 난방용으로 각각 40%와 2%를 배출하고 있다. 한편 포항시 남동쪽에 자리 잡은 포항철강산업단지의 경우 1960년대 후반 중공업육성을 위한 포항종합제철 건설에 따른 연관단지와 자동차 등록대수의 급격한 증가로 인해 대기오염문제가 심할 것으로 예측이 되기 때문에 효율적인 관리를 위하여 기본 단계인 대기오염 특성에 대한 평가가 요구된다. 따라서, 본 연구는 대기오염기준의 합리적인 수정 과정에 반영되어야 할 도시특성에 따른 대기오염의 건강 영향평가와 대기오염 제어 방안을 수립하는데 요구되는 자료를 제공하기 위하여 대기오염기준물질의 오염 특성을 시간과 공간적 차원에서 광역도시인 대구광역시, 전자산업중심도시인 구미시 그리고 철강산업중심도시인 포항시를 대상으로 평가하였다.

## 연구 방법

본 연구는 대구지방환경관리청이 대기질 모니터링을 위해 설치·운영하고 있는 대기오염 자동측

정망으로부터 얻은 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>), 및 이산화질소(NO<sub>2</sub>)에 대한 측정 자료를 이용하여 대구지역의 서대구공단, 경북지역의 주요산업단지인 포항철강공단, 그리고 구미 전자산업단지에서의 대기오염특성을 평가하고 포항철강공단과 인근 상업지역 및 주거지역에서의 오염도를 평가·분석하여 이들 지역의 대기오염 관리대책 수립을 위한 기초 자료를 제공하고자 하는 목적으로 수행되었다. SO<sub>2</sub>는 Fluorescent Sulfur Dioxide Analyzer (Model 100, Advanced Pollution Instrumentation, Inc.), NO<sub>2</sub>는 Oxides of Nitrogen Analyzer (Model 202V, Advanced Pollution Instrumentation, Inc.), 그리고 O<sub>3</sub>은 Ozone Analyzer (Model 400, Advanced Pollution Instrumentation, Inc.)을 이용하여 측정되었다.

대구지역의 경우, 염색산업 및 기계산업 단지 인근에 위치한 이현동 측정소, 구미지역은 국가산업단지 내 공단동 측정소 그리고 포항지역은 철강산업단지 내의 장흥동 측정소에서 2000년 1월부터 2001년 12월까지 2년동안 측정된 자료를 이용하여 대구·경북의 주요 공단지역에서의 공단특성에 따른 대기오염도 특성을 비교 평가하였다. 산업단지별 대기오염도 평가를 위하여 시간별, 월별, 계절별, 요일별 농도변화를 조사 평가하였으며 철강산업단지 외 인근지역의 대기오염도 평가를 위하여 시간별, 요일별, 월별 분석을 실시하였다. 본 연구에 사용된 대기오염 측정자료는 대구지방환경관리청과 각 지자체에서 운영·관리하고 있는 대기오염 자동측정기에서 생산된 측정자료로서 대기오염 공정시험방법에 의거 자동으로 연속 측정된 자료를 이용하였다.

자료에 통계적 의미를 부여하기 위하여 자료의 선택은 각 지점별로 24시간 관측자료 중 20시간 이상이 관측된 날과 한달 동안의 관측자료 중 20일 이상이 관측된 달을 선별하였다. Larsen (2003)에 의하면 실측자료의 수가 2/3 이상일 때 통계적인 의미를 가지며, 일본의 경우에는 일 평균시간이 20시간 이상 되는 자료만 이용하도록 통계분석 자료의 조건을 엄격히 관리하고 있다. 따라서 엄격한 자료 관리를 위해서 본 연구에서는 20시간 이상의 자료만을 선정하였으며 16시간 이상 관측횟수와 20시간 이상 관측횟수의 비가 10:9 정도로 크게 차이가 없어서 정상적으로 관측이 시작된 날은 대부분 결측이 없었음을 알 수 있었다. 위와 같이 자

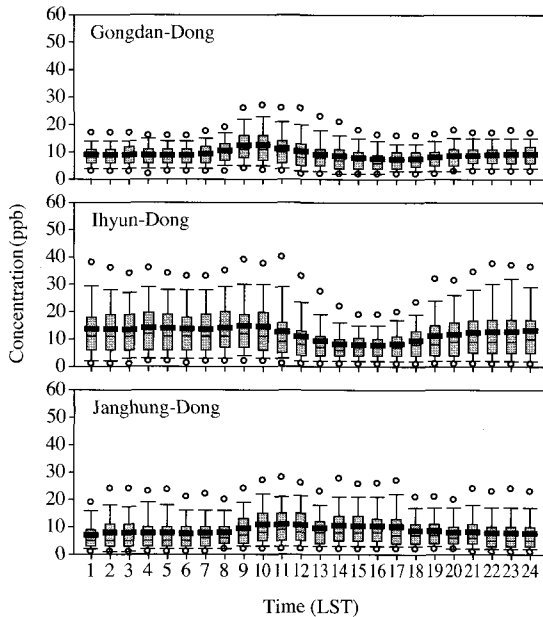
료를 선정한 후 이 자료를 이용하여 각 관측지점별 한 시간 최대농도를 컴퓨터 프로그램을 만들어 계산하였으며 계산치의 정확성을 재확인하기 위하여 임의로 날짜를 선택하여 재검토하였다. 이상의 전처리과정과 그 결과를 이용한 자료의 분석을 위해서 통계소프트웨어인 SAS를 활용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 시간대별 대기오염도 변화

Fig. 1에 나타난 바와 같이 SO<sub>2</sub>의 경우 대구광역시 외곽의 이현동에서 오전 9시에 14.9 ppb로 일일 중 최대농도를 보였으며 오후 4시에 최저농도를 나타냈는데 비교적 오전시간대에 비해 오후시간대에 낮은 농도를 나타내고 있다. 이러한 결과는 일반적으로 오후보다 오전에 기온이 낮기 때문에 동절기의 연료 연소의 증대의 영향이 평균 농도에 영향을 미치고 오후에 비해 오전의 생산활동이 높기 때문으로 추정된다(이현철, 2003). 포항시의 장흥동에서는 오전 10시와 11시 사이에 10.9 ppb로 일일 중 시간 최대농도를 보였으며 오전 1시에 7.0 ppb로 일일 중 최저농도를 나타냈다. 장흥동의 경우는 야간에 비해 주간에 비교적 높은 농도를 보였으며 공장들의 조업이 일시적으로 중지되는 중식 시간의 대기 중 SO<sub>2</sub>의 농도가 급격히 낮아짐을 볼 수 있는데 이는 대부분의 생산라인이 연료의 연소에 의존하는 철강공업의 특성에 따른 시간별 특성이 나타난 것으로 보여진다(이현철, 2003). 구미시의 공단동의 경우에도 일일 중 시간 최대농도는 12.6 ppb로 오전 10시에 나타났으며 오후 4시에 7.5 ppb로 최저농도를 보였다. 공단동에서도 주간에 비해 야간의 SO<sub>2</sub>농도가 비교적 높게 나타났다. 구미지역에서는 공장들의 조업이 일시적으로 중지되는 중식 시간의 대기중 SO<sub>2</sub>의 농도 특성이 포항지역과는 다르게 나타났다. 따라서, 구미지역의 경우, SO<sub>2</sub> 오염도는 대부분의 생산라인의 연료 연소가 아닌 다른 인자에 의존하는 것으로 판단된다.

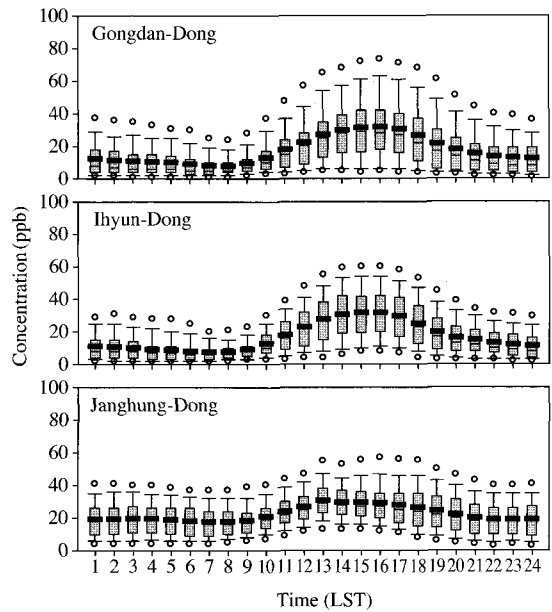
O<sub>3</sub>의 경우 장흥동에서는 오후 1시에 30.8 ppb로 일일 중 최고농도를 보였으며 오전 7시에 17.6 ppb로 최저농도를 나타냈다(Fig. 2). 공단동과 이현동에서는 오후 4시에 각각 31.9 ppb로 일일 중 최고 농도를 보였으며 공단동의 경우 오전 8시에 8.0



**Fig. 1.** Diurnal variation of mean  $\text{SO}_2$  concentration in three areas (Gongdan-Dong in Gumi, Ihyun-Dong in Daegu, and Janghung-Dong in Pohang).

ppb, 이현동에서는 오전 7시에 7.5 ppb로 일일 중 최저농도를 보였다. 모든 지역에서 오후 3시를 전후하여 최고농도를 나타내었으며 오후 7시부터  $\text{O}_3$ 의 농도가 낮아지다가 다시 오전 1시에서 오전 5시 사이에 두 번째 높은 농도가 나타나고 오전 7시에서 오전 8시 사이에  $\text{O}_3$  농도가 최저치를 나타내었다. 이러한 양상은 전병일 등(1995)이 보고한 해안도시인 부산광역시 오존의 시간대 변화 분석 결과와도 유사하다. 한편, 이러한 일변화 형태의 차이는 배출원의 가동, 기상조건의 차이 및 오염물질의 생성속도와 1, 2차 오염물질 소비 속도에 의해 영향을 받는 것으로 보인다.

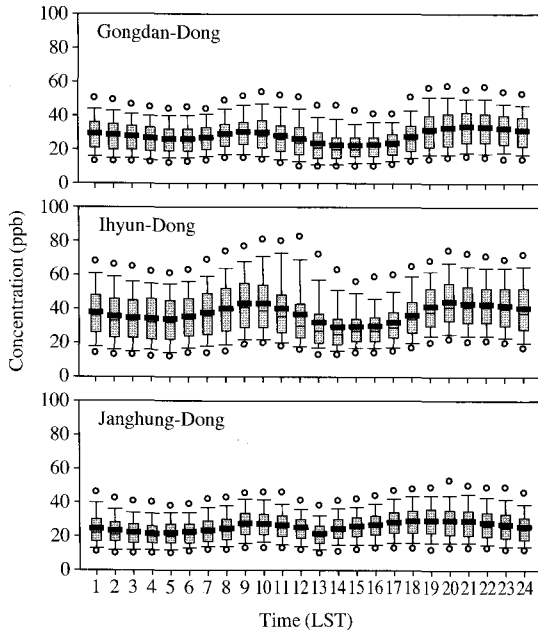
Fig. 3에 나타난 바와 같이  $\text{NO}_2$ 의 경우 장흥동에서 오후 7시와 오후 8시 사이에 29.3 ppb로 일일 중 최고농도를 보였으며 오전 9시에 두 번째 높은 농도를 나타냈는데 이는 공장들의 조업에 따른 배출시설들의 가동과 출·퇴근 차량으로부터 배출되는 자동차 배출가스에 의한 영향으로 보여진다. 공단동과 이현동에서도 장흥동과 비슷한 경향을 보였는데 공단동에서는 오전 9시에 30.5 ppb, 오후 9시에 33.7 ppb로 최대 농도가 나타났으며 이현동의



**Fig. 2.** Diurnal variation of mean  $\text{O}_3$  concentration in three areas (Gongdan-Dong in Gumi, Ihyun-Dong in Daegu, and Janghung-Dong in Pohang).

경우 오전 9시에 43.4 ppb, 오후 8시에 44.5 ppb로 하루 두 번의 높은 농도가 나타났다. 또한 장흥동의 경우 오후 1시에 21.6 ppb, 공단동과 이현동의 경우 오후 3시에 22.5 ppb, 29.6 ppb로 하루 중 일사량이 가장 높은 시간대에 일일 중 최저 농도를 보였는데 이는 기온 및 일사량에 의해 대기 중의  $\text{NO}_2$ 가 광화학반응에 의해 소멸되었기 때문으로 사료되며 장흥동의 경우 오후 1시에 각 공장들의 중식시간을 전후한 생산중단에 따른  $\text{NO}_x$ 의 배출량이 감소한데 따른 것으로 보여진다(이현철, 2003).

따라서 각 항목에 따른 시간대별 농도분포의 분석결과를 종합해 보면 포항시의 장흥동에서는  $\text{SO}_2$ 의 경우 각 공장들의 배출시설이 가동됨에 따른 영향을 가장 많이 받고 있는 것으로 나타났으며 연안지역의 해륙풍에 의해 야간의 기온 차이에 의한 역전현상이 거의 일어나지 않아 하루 중 새벽녘의 대기가 비교적 양호한 것으로 나타났으며 공단동과 이현동의 경우 주간에 비해 야간의 대기오염도가 높게 나타났다. 오존의 경우 기온과 일사량에 의한 영향을 가장 많이 받고 있는 것으로 사료되며 일사량이 가장 많고 기온이 가장 높은 오후 2

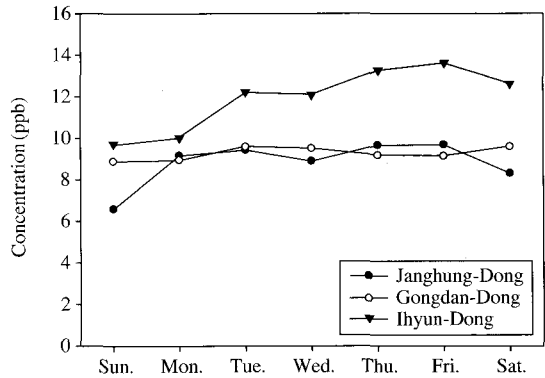


**Fig. 3.** Diurnal variation of mean NO<sub>2</sub> concentration in three areas (Gongdan-Dong in Gumi, Ihyun-Dong in Daegu, and Janghung-Dong in Pohang).

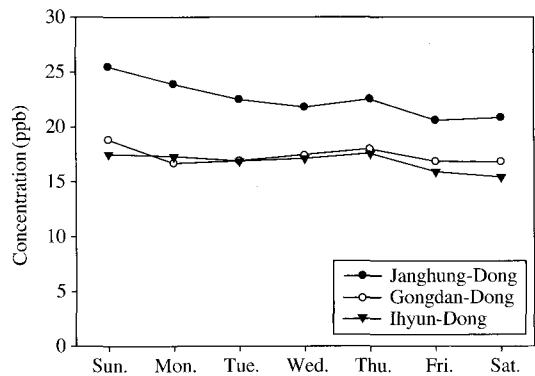
시에서 오후 3시 사이에 일증 최대 농도를 보였으며 일출직전에 최저농도가 나타났다. NO<sub>2</sub>의 경우 각 사업장의 산업활동과 출·퇴근에 따른 자동차 운행량의 증가 및 야간 시간대의 난방에 의한 영향을 받고 있는 것으로 추정된다.

**2. 요일별 대기오염도 변화**

Figs. 4~6에서 나타난 바와 같이 조사대상지역에서의 요일에 따른 오염물질별 농도에서는 모든 공단지역에서 서로 비슷한 결과를 나타냈는데 이현동에서 SO<sub>2</sub>와 NO<sub>2</sub> 농도가 비교적 높게 나타났으며, 장흥동에서는 O<sub>3</sub> 농도가 다른 지역에 비해 비교적 높은 농도를 나타내었다. SO<sub>2</sub>의 경우 이현동과 장흥동에서는 일요일에 최저농도인 9.7 ppb와 6.6 ppb를 나타냈으며 금요일에 최고농도인 13.6 ppb와 9.7 ppb를 나타냈다. 또한 공단동에서는 수요일에 9.6 ppb로 주간 요일별 최대농도를 보였으며 일요일에 8.9 ppb로 최저농도를 나타냈다. O<sub>3</sub>의 경우 장흥동에서는 일요일이 주중 최고농도인 25.5 ppb의 농도를 보였으며 금요일에 주중 최저농도인



**Fig. 4.** Weekly variation of mean SO<sub>2</sub> concentration in three areas (Gongdan-Dong in Gumi, Ihyun-Dong in Daegu, and Janghung-Dong in Pohang).



**Fig. 5.** Weekly variation of mean O<sub>3</sub> concentration in three areas (Gongdan-Dong in Gumi, Ihyun-Dong in Daegu, and Janghung-Dong in Pohang).

20.6 ppb를 나타냈다. 공단동과 이현동에서도 일요일에 최고농도인 18.8 ppb와 17.5 ppb를 보였으며, 공단동에서는 금요일과 토요일에 16.8 ppb, 이현동에서는 토요일에 15.4 ppb로 주중 최저농도를 보였다. 1차 오염물질인 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>와는 달리 주중의 농도에 비해 일요일의 농도가 높게 나타났는데 이에 대한 명확한 설명은 가능하지 않으며 이러한 결과를 이해할 수 있는 장래 연구가 요구된다. NO<sub>2</sub>의 경우 모든 지역에서 일요일에 최저농도를 보였으며 주중의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 NO<sub>2</sub>의 경우 주된 배출원이 자동차에 의한 오염물질로서 주중에 비해 일요일에 공장 가동율이 낮

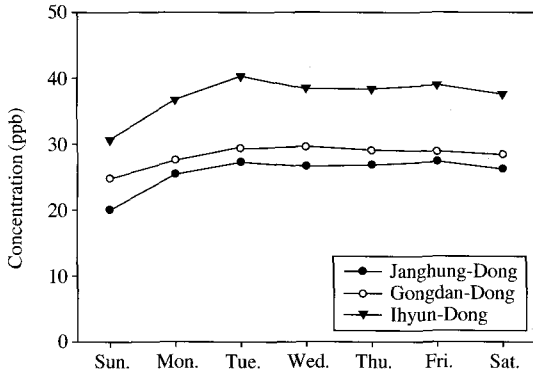


Fig. 6. Weekly variation of mean NO<sub>2</sub> concentration in three areas (Gongdan-Dong in Gumi, Ihyun-Dong in Daegu, and Janghung-Dong in Pohang).

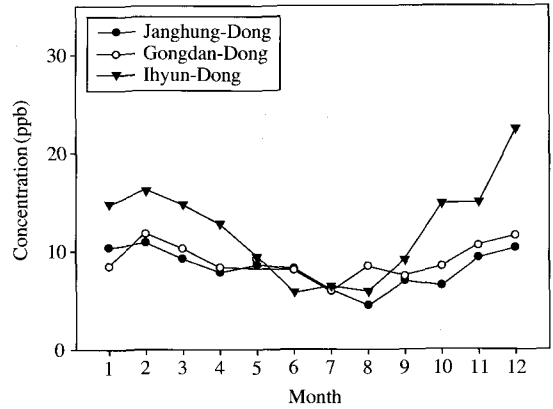


Fig. 7. Monthly variation of mean SO<sub>2</sub> concentration in three areas (Gongdan-Dong in Gumi, Ihyun-Dong in Daegu, and Janghung-Dong in Pohang).

아침에 따라 자동차 운행량이 줄어들어 배출량이 감소한 것에 기인한 것으로 사료되며, 대기 중에서 비교적 빠른 광화학반응에 의해 체류시간이 짧아 다음날의 농도에 영향을 주지 않기 때문으로 사료된다 (이현철, 2003).

요일별 오염도는 오존을 제외한 모든 조사대상 항목이 토요일과 일요일에 비해 평일의 농도가 높게 나타나 산업체의 가동에 따라 대기오염이 심화됨을 알 수 있었는데, 오염물질들이 월요일에서 금요일까지 지속적으로 축적되는 것을 볼 수 있었는데 오염물질의 성상에 따라 축적되는 정도는 다르게 나타났다. 또한 이현동과 공단동에 비해 연안지역에 위치한 장흥동에서의 대기확산이 비교적 용이하게 이루어짐을 볼 수 있었다.

### 3. 월별 대기오염도 변화

Figs. 7~9에서 나타난 바와 같이, 월별 대기오염도 변화 특성에서 SO<sub>2</sub>의 경우 이현동이 12월 22.4 ppb로 최고농도를 보였으며, 6월과 8월에 5.9 ppb로 월별 최저농도를 보였다. 장흥동과 공단동도 동절기에 비교적 고농도를 보였으며, 하절기에 낮은 농도를 보였는데 이러한 농도분포는 겨울철 난방에 의한 배출량의 증가와 함께 풍향, 풍속, 대기안정도 등의 기상인자에 의한 영향과 지형적인 영향과 여름철에 집중된 강우에 의한 영향으로 인해 더욱 뚜렷하게 나타난 것으로 보인다(이현철, 2003). O<sub>3</sub>의 경우 장흥동과 이현동이 4월에 32.9 ppb, 21.6

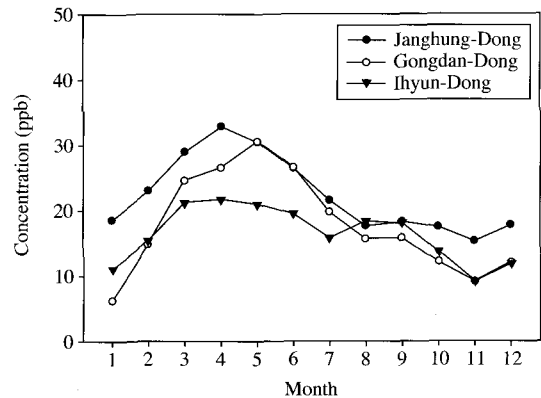


Fig. 8. Monthly variation of mean O<sub>3</sub> concentration in three areas (Gongdan-Dong in Gumi, Ihyun-Dong in Daegu, and Janghung-Dong in Pohang).

ppb, 공단동이 5월에 30.5 ppb로 최고농도를 보였으며 공단동과 이현동에서 1월에 6.2 ppb, 11.1 ppb로 최저농도를 보인 반면 장흥동은 11월에 15.2 ppb로 최저농도를 보였다. O<sub>3</sub>의 농도는 SO<sub>2</sub>, 분진, CO, 비메탄계탄화수소, NO<sub>2</sub> 등 1차 오염물질농도 및 풍속, 기온, 일사량과의 상관관계에 의해 영향을 받는데 이러한 결과는 선행연구들과 일치한다(이기원 등, 1993; 전병일 등, 1999; 손임영과 윤일희, 2002).

NO<sub>2</sub>는 일반적으로 자동차의 배기가스와 연소에 의해 발생하는 가스상 오염물질로 알려져 있는데

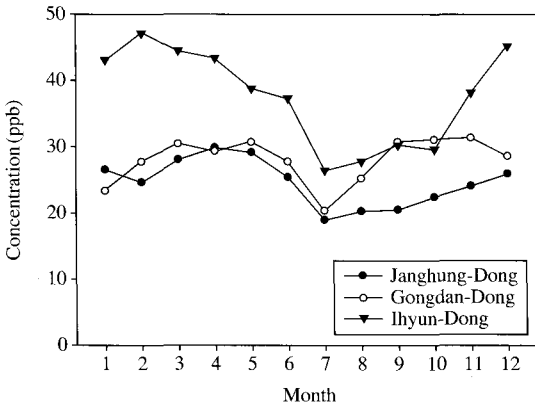


Fig. 9. Monthly variation of mean NO<sub>2</sub> concentration in three areas (Gongdan-Dong in Gumi, Ihyun-Dong in Daegu, and Janghung-Dong in Pohang).

이현동은 11월에서 4월까지 높은 농도를 보였는데 이는 기상 및 지형적인 영향, 겨울철 난방에 의한 배출량의 증가에 의한 영향으로 사료된다. 공단동의 경우 3월에서 5월까지 높은 농도를 보였으며, 9월에서 11월 사이에 다시 고농도의 NO<sub>2</sub>가 나타나는데 이는 인접한 경부고속도로에서의 봄철과 가을철의 행락차량의 증가에 의한 영향으로 사료된다. 장흥동은 5월에 최고농도를 보였으며 7월에 최저농도를 보였다.

월별 대기오염도를 비교 분석한 결과 6월에서 9월까지 높은 기온과 일사량의 증가에 의해 O<sub>3</sub>의 농도가 증가할 것으로 보이나 실제로는 감소한 것으로 나타났는데 이는 O<sub>3</sub>이 강수에 습윤 침착되었기 때문으로 사료된다. 겨울철의 적은 일사량과 한랭한 대기조건에 의해 광화학반응이 미약하여 전구물질인 NO<sub>2</sub>의 농도는 증가하고 O<sub>3</sub>의 농도는 낮아진 것으로 사료된다.

#### 4. 계절별 대기오염도 변화

계절별 대기오염 특성에서 SO<sub>2</sub>의 경우 이현동에서는 겨울철의 농도가 17.1 ppb로서 년중 계절별 최고농도를 나타냈으며 여름에 6.1 ppb로 최저농도를 보였다. 장흥동에서는 10.5 ppb로 겨울에 최고농도를 보였으며 6.2 ppb로 여름철에 최저 농도를 보였다. 공단동의 경우 다른 지역에 비해 계절별 농도 차이를 적게 나타냈는데, 겨울철에 10.6 ppb로

최고농도를 보였으며 여름철에 7.6 ppb로 최저농도를 보였다. 이러한 결과는 선행연구(전병일 등, 1994; 이현철, 2003)의 결과와 일치하는 것으로서, 겨울철이 여름에 비해 일반가정에서의 난방에 의한 연료사용량이 증가하고 낮은 온도로 인한 연료의 불완전연소에 의해 산업 및 자동차의 열효율이 떨어져 연료 사용량이 증가함에 따라 대기 중 SO<sub>2</sub>의 농도가 증가하게 되기 때문으로 설명된다. 한편, 여름철에는 여름철에 집중되는 장마의 영향으로 인해 비교적 물에 쉽게 녹는 SO<sub>2</sub>가 강수에 의해 녹아 제거되었기 때문으로 설명된다(Jo *et al.*, 2000).

O<sub>3</sub>의 경우, 장흥동에서 봄의 농도가 30.7 ppb로 계절에 따른 최고농도를 보였고 가을철의 농도가 17.0 ppb로 최저농도를 보였다. 그리고 공단동과 이현동에서는 봄의 농도가 26.6 ppb, 21.2 ppb로 최고농도를 보인 반면 겨울철의 농도가 10.9 ppb, 12.6 ppb로 계절에 따른 최저농도를 나타냈다. O<sub>3</sub>의 경우에도 선행연구(전병일 등, 1999; Jo and Nam, 1999; Jo *et al.*, 2003)의 계절적 연구 결과와 일치하는 것으로서, 겨울철에 저농도를 보인 것은 적은 일사량과 한랭한 대기조건에 의한 것으로 사료되며 봄철의 고 농도는 일사량의 증가에 의해 광화학반응의 증대에 따른 것으로 보인다(Jo and Nam, 1999; Jo *et al.*, 2003). 상대적으로 O<sub>3</sub> 발생조건에 더 부합하는 여름철의 O<sub>3</sub> 농도가 봄철에 비해 낮은 것은 강수에 의해 O<sub>3</sub>가 제거된 것으로 보인다(Jo and Nam, 1999; Jo *et al.*, 2003).

NO<sub>2</sub>의 경우 이현동에서는 겨울철과 봄철의 농도가 44.8 ppb와 42.5 ppb로 높게 나타났으며 여름철과 가을에 29.9 ppb와 32.8 ppb로 저 농도를 보였다. 장흥동에서는 봄철에 29.0 ppb로 최고농도를 보였으며 여름철에 21.5 ppb로 최저농도를 보였다. 겨울철에도 25.7 ppb로 가을과 여름철에 비해 높은 농도를 보였다. 공단동에서는 오히려 가을철에 31.0 ppb로 최고농도를 보였으며 봄철에도 30.1 ppb로 높은 농도를 보였다. 여름철에 24.8 ppb로 최저농도를 보였는데 모든 지점에서 여름철 저 농도를 보이는 것은 일사량과 대기온도의 상승에 의한 광화학반응의 영향으로 NO<sub>2</sub>가 감소되었기 때문으로 사료 된다(USEPA, 1995). 계절별 오염도는 겨울철과 봄철의 농도가 비교적 높게 나타났으며 여름철에는 강수량의 증가에 따른 영향으로 비교적 낮은 농도를 보였다. 오존의 경우는 여름철의 평균

농도는 낮게 나타났으나 높은 기온과 많은 일사량으로 인해 오존의 연중 최고농도는 여름철에 더 많이 나타났다.

### 요약 및 결론

본 연구는 대구광역시의 염색 및 기계 산업단지, 포항시의 철강산업단지 그리고 구미시의 전자산업단지의 대기오염측정망에서 관측된 대기질 자료를 이용하여 아황산가스, 오존 및 이산화질소의 세 개 대기오염물질에 대하여 공단별 농도특성, 농도의 월별 변화추세, 증감경향, 그리고 요일별, 시간별, 계절별 대기오염물질의 농도변화를 분석하였다. 대구·경북지역의 주요공단지역에서의 대기 오염도를 분석한 결과 서대구염색공단의 경우 SO<sub>2</sub>와 NO<sub>2</sub>가 다른 지역에 비해 높게 나타났으며, 포항철강공단에서는 다른 지역에 비해 오존의 농도가 비교대상 공단지역 중 가장 높은 농도를 보였다. 또한 각 공단지역에서의 시간대별 농도변화를 비교 분석한 결과 오전시간대에 SO<sub>2</sub>가 모든 공단지역에서 일중 최고농도를 보였다. 또한 NO<sub>2</sub>는 산업활동을 위해 많은 열원을 필요로 하는 포항철강산업단지를 제외한 모든 지역에서 출·퇴근 시간대에 일중 최고농도를 보였으며, 오존은 모든 지역에서 1400 LST를 전후하여 일중 최고농도를 나타냈다. 따라서 공단지역에서의 효율적인 대기질 관리를 위해서는 오전시간대에 집중적인 대기오염관리대책이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요일별 오염도는 공단지역에서 오존을 제외한 모든 항목이 주말에 비해 산업활동이 이루어지는 주중에 높은 농도분포를 보였으며, 오존은 일요일에 최고농도를 보였다. 반면 주거지역과 상업지역에서는 모든 항목이 큰 농도변화를 보이지 않았다. 월별 및 계절별 대기오염 농도변화는 기상요소에 의한 영향을 많이 받고 있는 것으로 나타났는데 연중 강수량 및 강우일수가 적고 상대적으로 일조시간이 길었던 3월과 4월에 대기오염도가 높게 나타났다. 그러나, 현실적으로 수집 가능한 자료만을 활용하여 본 연구 조사에서 확인된 대기오염 특성만을 이용하여 본 결론을 내리기는 불확실성이 제기될 수 있기 때문에 본 연구결과를 뒷받침할 수 있는 장래연구가 추천된다.

### 참고 문헌

- 구미시. 환경백서, 2002. 12. 31: 378.  
 대구광역시. 시정백서, 2002. 12. 31: 417.  
 손임영, 윤일희, 김희중. 대구시 고농도 오존 사례일일 경우 대기오염물질 농도의 일반화특성, 한국환경과학회지 2002; 11(12): 1253-1259.  
 이기원, 권숙표, 정용. 서울시 대기중 오존오염도의 연도별 변화와 그 영향인자 분석, 한국대기보전학회지 1993; 9: 107-115.  
 이현철. 대구·경북 주요공단의 대기질 특성평가 및 관리 방안, 석사학위논문, 경북대학교, 2003.  
 전병일. 부산 동삼동 지역의 대기오염농도 특성, 한국환경과학회지 1999; 8(3): 281-286.  
 전병일, 김유근, 이화운. 부산지역의 SO<sub>2</sub> 농도 변화 특성에 관한 고찰, 한국대기보전학회지 1994; 10(4): 245-251.  
 전병일, 김유근, 이화운. 부산지역의 오존농도 특성과 기상인자에 관한 연구, 한국대기보전학회지 1995; 11(1): 45-56.  
 조완근. 대구시 대기질관리대책수립을 위한 공단지역 유해 휘발성 유기화합물질 오염평가, 2001 대구지역환경기술과제, 2002.  
 조완근, 손상호. 인체 호흡 영역에서의 대구시 대기 질에 관한 연구, 한국환경과학회지 1996; 5(1): 7-14.  
 포항시. 환경백서, 2002. 12. 31: 398.  
 John JCS and Chameides WL. Climatology of ozone exceedances in the Atlanta metropolitan area: 1-hour vs 8-hour standard and the role of plume recirculation air pollution episodes, Environ Sci Technol 1997; 31: 2797-2804.  
 Jo WK and Nam CW. Characteristics of urban ground-level ozone in Korea, J Air & Waste Manage Assoc 1999; 49: 1425-1433.  
 Jo WK, Yoon IH and Nam CW. Analysis of air pollution in two major Korean cities: trends, seasonal variations, daily 1-hour maximum versus other hour-based concentrations, and standard exceedances, Environ Poll 2000; 110: 11-18.  
 Kim YS. A literature review on indoor air quality in Korea, J Kor Public Health 1992; 18: 147-165.  
 Larsen R. An air quality data analysis system for interrelating effects, standards, and needed source reduction, J Air Poll Cont Assess 1973; 23: 933-939.  
 Legge AH, Nosal M, McVehil GE and Krupa SV. Ozone and the clean troposphere: ecological implications, Environ Poll 1991; 70: 157-175.  
 Logan JA. Trospheric ozone: seasonal behavior, trends and anthropogenic influence, J Geophys Res 2003; 90:



10463-10482.

USEPA (United States Environmental Protection Agency).

National air quality and emissions trends report, 1994.

EPA/600/p-95/001/1aF, U.S. Government Printing  
Office: Washington, DC. 1995.