

# 서울시 대기중 오존의 오염도와 그 영향인자 분석

## An Analysis of Influencing Factors on Ozone Concentration in the Ambient Air in Seoul

정 용  
Yong Chung

장재연  
Jae Yeon Jang

권속표  
Sook Pyo Kwon

### Abstract

This study is carried out to determine the concentration of the ozone and the factors affecting the variation of ozone concentration in the ambient air in Seoul.

The one-hour average concentration of ozone ( $O_3$ ), sulfur dioxide ( $SO_2$ ), nitrogen oxides (NO and  $NO_2$ ), suspended particulate (TSP), carbon monoxide (CO) and non-methane hydrocarbon (NMHC) at 5 sites in Seoul measured from September to October in 1983 and 1984 were analysed statistically along with meteorological data for the same period.

The results were as follows;

1. The average concentrations of ozone at 5 sites during the period ranged from 3.3 to 9.1 ppb, they were below 20 ppb of the ambient air quality standard of Korea.
2. The maximum hourly concentration of ozone occurred between 2 and 3 p.m. in a day and concentration at night were very low but higher concentrations were observed at around 4 a.m.
3. The concentration ratio between NO and  $NO_2$  in Seoul was relatively lower than that for the cities of foreign countries reported so far.
4. The ozone concentration had negative relationships with the concentration of other primary pollutants ( $SO_2$ , NO,  $NO_2$ , CO and NMHC) in simple regression analyses.
5. The ozone concentration was positively correlated to wind speed, temperature and insolation intensity but negatively correlated to relative humidity.
6. Stepwise multiple regression analysis of the ozone concentration to the pollutants and meteorological factors indicate that insolation intensity and  $[NO_2]/[NO]$  were the primary influencing factors.
7. The three factors of insolation intensity,  $[NO_2]/[NO]$  and  $NO_2$  concentration had a significant combined effect on the ozone concentration ( $r^2=0.47-0.57$ ).

## 1. 서 론

1930년대 이래로 전세계적으로 급격한 산업화와 인구증가 및 도시로의 인구집중등으로 인하여 대기오염도가 급격히 증가하였으며 곳곳에서 그 피해가 다양하게 보고되고 있다. 또한 그 원인물질도 날로 다양해 지고 있다. 배출원에서 배출된 1차오염물질들이 서로 반응하거나 대기중의 다른 성분들과 반응하여 2차오염물질을 생성하기도 한다. 2차오염물질의 가장 대표적인 것이 광화학 스모그로서 그 생성메카니즘은 매우 복잡한 과정을 거치나 크게 나누어 1단계로 1차오염물질이 태양광선의 에너지를 받아 오존을 생성하고 2단계로 이 오존과 대기성분간의 화학반응에 의한 연무질을 생성하는 것으로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 이 광화학 스모그의 발생메카니즘이나 원인물질간의 반응에 관해서는 아직도 많은 연구과제가 남아있다. 더욱이 광화학 스모그 현상의 예측이나 추계역시 많은 방법들이 연구되고 있으나<sup>2,3)</sup> 반응의 복잡성과 기술적인 어려움으로 인하여 많은 제한점이 있다.

우리나라는 지역마다 다소 차이가 있으나 현재 주 대기오염의 형태는 아황산가스와 분진이 주요오염물질을 이루고 있으며 오존등의 광화학적 오염은 그 심각성이 높지 않다.<sup>4)</sup> 그러나 서울시에서도 일부 도심지역에서는 오존의 농도가 환경기준치를 넘고 있는 곳도 있으며 장래의 급격한 차량의 증가와 아황산가스등의 오염도를 감축시키기 위한 연료의 전환등의 에너지 정책의 변화로 인하여 오존의 오염도는 크게 증가할 가능성이 있다. 실제로 로스안젤레스, 동경등과 같이 자동차 배출가스가 주 오염원이고 연료가 석탄류보다는 가스류를 많이 사용하는 지역이 광화학적 오염이 높고 1차오염물질의 오염도가 심한 지역의 오존의 농도가 오히려 낮다는 보고<sup>5)</sup>등을 고려할 때, 서울지역을 비롯한 대도시에서의 광화학적 오염도가 가까운 장래에 높아질 가능성은 많다. 따라서 우리나라에서의 광화학적 오염의 현황 및 그 발생에 영향을 미치는 요소에 관한 연구가 필요하나 국내에서 이에 관한 연구는 매우 미비한 실정이다.

또한 오존농도의 추계에 관해서는 외국의 경우에는 많은 모델이 연구되어 있고 개발되어 있으나 우

리나라의 경우에는 김<sup>6)</sup>의 대기경제층내에서의 일변화 모형등의 연구이외에 실용적인 오존농도의 추계방법이 제시되지 못하고 있다.

본 연구의 목적은 서울시 오존오염의 현상적인 상황을 밝히고 각종 오염물질들 및 기상조건들이 대기중의 오존농도에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 가. 연구대상 지역 및 기간

본 조사연구의 대상지역을 서울시의 잠실, 성수, 반포, 구로, 마포등 5개 지역으로 이들지역은 서울시관내에 20여개의 대기오염측정망중 오염도자료의 입수가 가능한 지역중 그 자료가 비교적 충실한 지역이었다.

대상기간은 1983년과 1984년의 9월, 10월이었다. 대상기간을 2년으로 한 것은 서울시 오염측정망의 자료의 결손율이 높은 것을 고려한 것이며 9, 10월로 기간이 제한된 것은 자료입수의 곤란때문이었다.

### 나. 오염도 및 기후자료의 수집

오염도 자료는 오존과 그외에 NO, NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, TSP, NMHC등을 조사하였으며 이들자료는 서울시의 대기오염측정망의 매시간측정자료를 이용하였다. 기상자료로는 일사량, 풍속, 풍향, 비습도, 운량, 기온등을 조사하였으며 이들 자료는 중앙기상대의 시간별 측정자료를 사용하였다.

### 다. 통계분석

5개 지역별로 오존오염도의 통계치를 구하였으며 다른 오염물질의 오염도 및 기후요소들과의 상관관계를 조사하였고 중회귀분석을 시행하여 오존의 예측식을 구하였다. 모든 통계처리는 SPSS (Statistical Package for Social Sciences)를 사용하였다.

## 3. 결 과

표1은 조사기간중 5개지점에서의 오존의 오염도를 나타낸 것이다. 5개지점 모두 오존의 연평균 환경기준인 20ppb보다 낮았으며 최대값들도 1시간 기준치인 100ppb보다 낮게 나타나 환경기준에 적

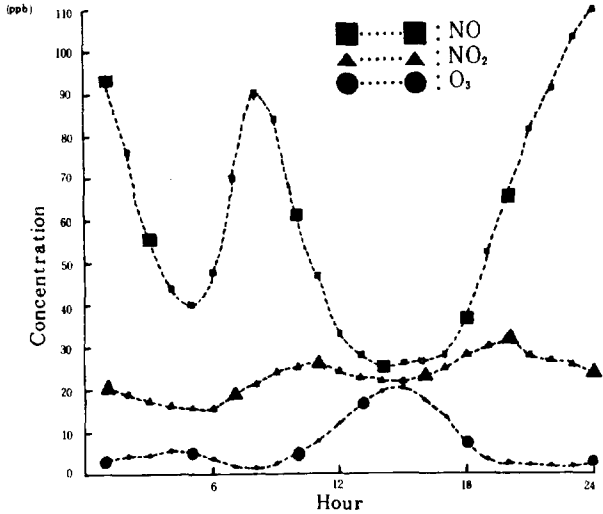


Fig. 1. Diurnal Variation of NO, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> Concentration (Sep. - Oct. in 1983, 1984)

합한 것으로 나타났다.

그림1은 오존의 농도와 생성에 영향을 주는 것으

로 알려진 NO와 NO<sub>2</sub>의 일중 변화로 나타낸 것이다. 이것은 조사대상지역의 자료 전부를 이용하여 구한 것이다. 오존의 일중변화는 오후 2~3시에 가장 높게 나타나며 야간 4시경에 약간 높아지는 경향을 보였다. NO는 새벽에 계속 낮아지다가 6시경부터는 높아지기 시작하여 8시경에 피크를 이루고 오존이 가장 높아지는 오후 2~3시경에는 가장 낮은 농도를 나타낸 후 다시 높아지는 경향을 나타내었다.

NO<sub>2</sub>는 일중에 크게 변화하지는 않으나 오후 2~3시경에 약간 낮아지고 오전 11시경과 오후 8시경에 농도가 높은 양상을 보였다.

표2는 각 지역에서의 오존과 다른 오염물질간의 상관계수(r)의 값을 나타낸 것이다. 각 지역에서 오존과 다른 오염물질간에는 거의 대부분이 역상관 관계를 나타내었다. SO<sub>2</sub>와의 상관은 -0.26~-0.43, NO와는 -0.38~-0.52, NO<sub>2</sub>와는 -0.11~-0.55, CO와는 -0.40~-0.45, 분진과는 -0.37~-0.52를 나타내었으며 전지역을 대상으로

Table 1 Ozone Concentration at Five Sites in Seoul (September-October in 1983 and 1984) (unit:ppb)

	No. of cases observed	Arithmetic Mean $\pm$ SD	Max.	Min.
Jamsil	742	6.8 $\pm$ 8.5	47	0
Sungsoo	1303	6.6 $\pm$ 8.1	47	0
Banpo	1792	9.1 $\pm$ 14.5	87	0
Kuro	1132	8.2 $\pm$ 10.2	50	0
Mapo	1210	3.3 $\pm$ 4.6	28	0
Total	6179	6.9 $\pm$ 10.8	87	0

Table 2 Correlation Coefficients(r) between Ozone and Other Pollutants (September-October, 1983 and 1984 in Seoul)

Sites	Pollutants	NO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	Dust	NMHC*
Jamsil		-0.26	-0.45	-0.19	-0.40	-0.43	-0.35
Sungsoo		-0.42	-0.46	-0.11	-0.45	-0.40	-0.20
Banpo		-0.36	-0.41	-0.43	-0.41	-0.37	-
Kuro		-0.43	-0.52	-0.55	-0.43	-0.52	-
Mapo		-0.26	-0.38	-0.13	-0.42	-	-0.36
Total		-0.27	-0.35	-0.21	-0.37	-0.42	-0.11

\*NMHC:Non Methane Hydrocarbome

Table 3

## Correlation Coefficients(r) between Ozone and Meteorological Factors

(September-October, 1983 and 1984 in Seoul)

Meteorological factors Site	Wind Speed	Temperature	Relative Humidity	Insolation Intensity	Cloud
Jamsil	0.24	0.43	-0.31	0.52	0.05
Sungsoo	0.25	0.48	-0.36	0.52	0.06
Banpo	0.46	0.19	-0.40	0.42	-0.03
Kuro	0.42	0.53	-0.40	0.60	0.05
Mapo	0.39	0.33	-0.38	0.48	0.01
Total	0.33	0.28	-0.34	0.42	0.04

하였을때는 다소 상관계수의 값이 낮았다.

오존과 특징적으로 높은 상관율을 보이는 오염물질은 없었다.

표3은 각 지역에서의 오존농도와 기후요소간의 상관계수(r)의 값을 나타낸 것이다. 풍속, 기온, 일사량과는 순상관관계를 나타내었으며 습도와는 역상관관계를 나타내었고 운량과는 상관관계가 매우 낮았다. 대부분의 지역에서 일사량과의 상관이 가장 높아 상관계수의 값이 0.42~0.60의 범위의 값을 나타내었다. 전체 지역을 대상으로 하였을 때에도 일사량과의 상관이 가장 높아 r=0.42의 값을 보였으나 지역별로 상관을 구한 경우보다는 낮은 값을 보였다.

표4는 오존의 농도에 대한 중회귀분석(Multiple Regression)의 결과치이다. 독립변수로 NO<sub>2</sub>와 NO의 농도비, NO<sub>2</sub>농도, 기온, 습도, 풍속, 일사량을 택하였으며 분석방법으로는 계단분석(Stepwise Analysis)을 하였다. 오존오염도와 가

장 큰 관련이 있는 인자는 일사량인 것으로 나타났으며 다음이 NO<sub>2</sub>와 NO의 농도비, 풍속의 순이었다. 6개 변수에 의한 오존농도에 대한 추계식의 r<sup>2</sup> 값은 0.32이었다.

또한 오존에 대한 중회귀 방정식은 다음과 같이 구해졌다.

$$Y = 2.9X_1 + 0.8X_2 + 1.1X_3 - 0.2X_4 - 0.1X_5 + 0.2X_6 + 9.5$$

Y : 오존의 농도(ppb)

X<sub>1</sub> : 일사량(MJ)

X<sub>2</sub> : NO<sub>2</sub>의 농도/NO의 농도 ([NO<sub>2</sub>]/[NO])

X<sub>3</sub> : 풍속(m/sec)

X<sub>4</sub> : NO<sub>2</sub>의 농도(ppb)

X<sub>5</sub> : 비교습도(%)

X<sub>6</sub> : 기온(°C)

같은 방법으로 지역별로 오존에 대한 중회귀분석을 행한 결과는 6개변수에 의한 회귀방정식의 r<sup>2</sup> 값이 잠실지역에서 0.53, 성수지역이 0.53, 반포지역

Table 4

## Stepwise Analysis for Ozone to Several Variables in Seoul

Step	Variable entered	Multiple R	R Square	Simple R	Overall F	Significance (Pi)
1	Insolation Intensity	·41568	·17279	·41568	990.73786	0.001
2	[NO <sub>2</sub> ] / [NO]	·48003	·23043	·28984	709.92750	0.001
3	Wind speed	·51843	·26877	·33339	580.87701	0.001
4	NO <sub>2</sub>	·54279	·29462	-·21274	494.94182	0.001
5	Humidity	·55833	·31173	-·33861	429.28566	0.001
6	Temperature	·56866	·32338	·27837	377.40339	0.001

Table 5

## Multiple Regression Analysis for Ozone to Some

Variables in Different Sites of Seoul

Sites	Multiple Regression Equation (*)	r	r <sub>2</sub>
Jamsil	$Y=4.60X_1+0.68X_2-0.08X_3+2.65$	0.73	0.53
Sungsoo	$Y=3.79X_1+5.49X_2-0.13X_3+2.73$	0.73	0.53
Banpo	$Y=13.57X_1+4.70X_2--0.49X_3+17.3$	0.69	0.48
Kuro	$Y=0.52X_1+1.69X_2--0.42X_3+14.6$	0.76	0.57
Mapo	$Y=2.15X_1+1.69X_2--0.03X_3-0.25$	0.71	0.50

(\*) Y=The Concentration of Ozone(ppb)  
 $X_1$ =Insolation Intensity (MJ)  
 $X_2$ =[NO<sub>2</sub>]/[NO]  
 $X_3$ =The Concentration of NO<sub>2</sub>(ppb)

이 0.49, 마포지역이 0.53, 구로지역이 0.58로 나타나 전 지역을 대상으로 하였을 때의 0.32보다 월등히 높았다.

표5는 독립변수를 일사량, NO<sub>2</sub>, NO와 NO<sub>2</sub>의 농도비등 3개 변수를 택하여 오존오염도와와의 중회귀방정식 및 그에 따른 통계치를 지역별로 나타낸 것이다. 각 지역의 중회귀방정식의 r값이 0.69~0.76, r<sup>2</sup>값이 0.47~0.57로 앞에 기술한 6개 변수에 의한 중회귀방정식과 거의 비슷한 설명력을 나타내었다.

#### 4. 고 찰

우리나라에서는 대기오염의 원인물질규명이나 오염현상의 연구등이 주로 아황산가스와 분진에 관해 관심이 집중되어 있다. 실제로 현재 서울지역에서도 대부분의 지역이 SO<sub>2</sub>와 분진의 오염도가 심하고 기타 질소산화물, 오존, 일산화탄소등 기타 오염물질의 오염도는 그 농도가 그다지 높지 않은 것으로 알려져 있다.<sup>6)</sup>

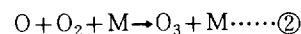
그러나 서울지역 내에서도 광화문, 덕수궁등 시내에 위치한 대기오염 측정망의 자료에 의하면 이들 지역은 오존농도의 시간평균치가 0.1ppm을 넘는 고농도 오염이 빈번하게 발생하고 있다. 이와같은 사실과 McClenny<sup>7)</sup>가 1차오염물질의 농도가 높은 지역에서는 오존의 농도가 낮다고 보고한 바와

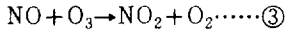
마찬가지로 본 조사결과에서도 다른 오염물질과 오존과는 역상관관계를 보이고 있는 사실을 고려해 볼때 그 원인에 대한 정확한 이유를 규명할 수 없으나, 대기오염 관리대책에 의해 SO<sub>2</sub>, 분진등의 오염도가 낮아질 경우에 오존농도가 높아질 가능성이 있다. 앞으로 이에 관한 계속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

서울지역에서의 오존과 NO와 NO<sub>2</sub>의 일중변화의 형태는 NO가 가장 먼저 증가하기 시작하고 약간 후에 NO<sub>2</sub>가 증가하며 그 다음에 오존이 증가하면서 NO<sub>2</sub>는 감소하는 양상을 보이고 있는 점에서는 미국의 로스안젤레스<sup>9)</sup> 및, St. Louis지역<sup>10)</sup>의 경우와 비슷하였으며 오존의 농도가 오후 2시경에 최고에 도달하는 것도 비슷하였다. 그러나 NO와 NO<sub>2</sub>의 일중변화는 다소 차이가 있어 서울에서는 8시경에 매우 특징적으로 NO의 농도가 증가하는 현상을 보였다. 또한 야간에 NO의 농도가 매우 높은 현상은 St. Louis와는 비슷하였으나 로스안젤레스 지역에서는 NO의 야간중의 농도는 높지 않았다.

서울이 로스안젤레스나 St. Louis지역과 크게 다른 점은 NO와 NO<sub>2</sub>의 농도비가 크게 다르다는 점이다.

오존생성의 가장 기본적인 과정은 다음의 ①-③식으로 표현되며<sup>(11)</sup>





이들 반응이 평형에 도달하여 있을때 오존농도와 NO, NO<sub>2</sub>는 다음과 같이 나타나 진다.<sup>10)</sup>

$$[\text{O}_3] = k[\text{NO}_2] / [\text{NO}]$$

따라서 NO<sub>2</sub>와 NO의 농도비는 오존생성량에 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

로스안젤레스<sup>9)</sup>와 St. Louis<sup>10)</sup> 등의 지역에서는 NO의 농도와 NO<sub>2</sub>의 농도가 비슷한 범위를 나타내며 오존의 농도가 높은 시간대에서는 NO<sub>2</sub>의 농도가 NO의 농도보다 훨씬 높게 나타나고 있다. 그러나 서울에서는 NO<sub>2</sub>보다 NO의 농도가 일중 계속해서 월등히 높게 나타나고 있어 이와 같은 현상이 서울의 조사지역에서 오존의 농도가 낮게 나타나는 원인인 것으로 생각된다.

이와 같이 서울지역에서 NO가 NO<sub>2</sub>에 비해 매우 높은 현상은 연소기관, 주요오염원에 기인하는 것으로 예측되나 자세한 연구결과가 없어 이에 대한 원인규명이 필요한 것으로 생각된다.

오존과 다른 1차오염물질들 간의 상관은 본 조사에서도 역상관관계를 나타내었으나 상관계수는 그다지 높지는 않았다. 오존농도에 영향을 미치는 기후요소들과의 상관은 일사량이 가장 상관관계가 높은 것으로 나타나 오존의 형성이 광에너지와 밀접한 관련이 있음을 입증하고 있다.

오존의 생성에 관련이 있는 것으로 알려진 NO<sub>2</sub>와 기후요소중 오존과 상관이 비교적 있는 것으로 나타난 풍속, 기온, 비습도, 일사량 그리고 NO와 NO<sub>2</sub>의 농도비([NO<sub>2</sub>]/[NO])등 6개 변수를 사용하여 오존에 대하여 중회귀분석을 행하였다. NO는 [NO<sub>2</sub>]/[NO]와 상관이 높은 것으로 나타나 변수에서 제외하였고 오존생성에 관여하는 것으로 알려져 있는 NMHC(non methane hydrocarbon)은 자료의 수가 적어 제외하였다. 그 결과 표4에 나타난 것과 같이 일사량이 가장 큰 영향을 미치는 변수로 밝혀졌으며 그다음에 [NO<sub>2</sub>]/[NO]이었다. 6개 변수에 의한 설명력(r<sup>2</sup>)은 0.32로 크게 높지는 않았다. 그러나 지역별로 분리하여 추계한 결과에서는 지역별로 r<sup>2</sup>=0.49~0.58의 높은 설명력을 나타내었다. 또한 변수를 줄여서 일사량, [NO<sub>2</sub>]/[NO], 그리고 NO<sub>2</sub>등 3개 변수만으로 중회귀분석을 한 결과 6개 변수에 의한 결과와 큰 차이를 보이지 않았다.(표5)

따라서 이와같이 지역별로 구한 오존에 대한 경험적인 추계식은 상관계수도 높고 또한 식이 간단하여 각 지역의 오존오염도에 대한 예측식으로 사용이 가능할 것으로 생각된다.

이와 같은 결과를 볼때 같은 서울내에서도 지역별로 오존농도에 영향을 미치는 각 요소들의 영향력이 다른 것을 알 수 있으며 대부분의 지역에서 오존생성에 큰 영향을 주는 인자들은 일사량, [NO<sub>2</sub>]/[NO], 그리고 NO<sub>2</sub>의 오염도 이었다. 기후요소들의 영향은 기온이 높을수록, 풍속이 빠를수록, 습도가 낮을수록, 일사량이 높을수록 오존생성량이 증가하는 것으로 나타났다.

오존의 생성반응과정들은 빠른 시간내에 이루어지고 지역마다 그 양상이 달라 오존에 관한 연구에서는 다른 오염물질보다도 더 짧은 시간별 변화에 관한 많은 자료가 필요하다. 본 연구에서는 총 6,179건의 시간측정자료를 사용하여 수행하였으나 서울지역내에서도 오존이 높은 시내지역의 자료나 계절적인 차이를 볼수 있는 자료를 입수할 수 없어 다소 연구의 제한점이 있었으나 추후에 보다 광범위하고 자세한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

## 5. 결론

1983년과 1984년의 9월~10월 기간중의 서울시내의 잠실, 성수, 반포, 구로, 마포등 5개지역의 오존오염도와 그에 미치는 오염물질, 기상조건들의 영향을 조사하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 대상기간중 5개지역의 평균오존오염도는 3.3~9.1ppb의 농도를 나타내었고 1시간 평균오염도 역시 0.1ppm을 초과한 경우가 나타나지 않아 환경기준을 초과하지 않는 것으로 나타났다.
2. 오존농도의 일중변화를 오후 2~3시경에 가장 높게 나타났으며 야간에는 농도가 매우 낮았으나 새벽 4시경에 약간 높아지는 경향을 보였다.
3. 서울지역의 오존, NO, NO<sub>2</sub>농도의 일중 변화의 양상은 외국도시의 경우와 비슷하였으나 NO<sub>2</sub>와 NO의 농도의 비([NO<sub>2</sub>]/[NO])가 매우 낮게 나타나 조사대상 지역의 오존의 농도가 낮게 나타나는 원인중의 하나로 생각된다.
4. 오존농도는 아황산가스, 분진, 일산화탄소,

비메탄계 탄화수소, 질소산화물등 1차오염물질의 농도와 역상관관계를 나타내었다.

5. 오존농도와 기후요소들간의 상관관계는 풍속, 기온, 일사량과는 순상관관계를 나타내었다. 일사량과는 상관계수  $r$ 값이 지역별로 0.42~0.60을 나타내어 가장 높은 상관을 보였다.

6. 오존농도와  $\text{NO}_2$ ,  $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ , 기온, 일사량, 습도, 풍속등 6개 변수와의 계단식 중회귀 상관분석을 한 결과 일사량이 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났으며 그 다음은  $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ 이었다. 각지역별로 중회귀분석을 한 결과 상관계수  $r$ 은 0.70~0.76( $r^2$ 은 0.49~0.58)으로 높게 나타났다.

7. 오존농도에 대하여 일사량,  $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ ,  $\text{NO}_2$ 농도등 3개 변수만을 사용하여 지역별로 중회귀분석을 한 결과도 각지역별로  $r^2$ 이 0.47~0.57을 나타내어 양호한 결과를 보였다.

이상의 결과와 논의를 통해서 서울지역에서의 오존오염도에 영향을 미치는 요인들을 분석한 결과 현재 서울지역은 특징적인 오염의 양상을 보이고 있어 오존의 오염도가 대부분의 지역에서 낮지만 앞으로 연료형태나 오염원의 형태가 바뀔에 따라 오존의 농도가 크게 증가할 가능성이 있어 이에 대한 보다 깊은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

(原稿接受 '86. 5. 3)

### 참고 문헌

- 1) 권숙표, 심상항 외4인, (1979), 최신훈경위생학, 62-64, 집현사.
- 2) Kenneth E. Bencala and John H. Seinfeld, (1979), An Air Quality Model Performance Assessment Package, Atmospheric Environment, 13, 1181-1185.
- 3) Gregory J.M and John H. Seinfeld, (1983), Development of a Second-generation Mathematical Model for Urban Air Pollution-II, *ibid*, 173, 501-522.
- 4) Robin L. Dennis and Mary W. Downton, (1984), Evaluation of urban photochemical Models for regulatory use, *ibid*, 18, 10, 2055-2069.
- 5) Alan M. Dunker, Sudarshan Kumar and Peteris H. Berzins, (1984), A Comparison of Chemical Mechanisms used in Atmospheric Models, *ibid*, 18, 2, 311-321.
- 6) 정 용, 장재연, 권숙표, (1986), 오염물질지수(PSI)를 이용한 대기질의 평가, 예방의학회지, 19, 1, 65-
- 7) McClenny M.M. and Cheney L.W., (1978), Pollutant Variability in the Regional Air Pollution Study, J. Air Pollution Control Association, 28.
- 8) 김필수, (1983), 대기경계층내 Ozone농도의 일변화 모형에 관한 연구, J. of Basic Science, 2, 1.
- 9) P.A. Leighton, (1961), Photochemistry of Air Pollution, Academic press, U.S.A.
- 10) Arthur C. Stern, Richard W. Boubel, et al, (1984), Fundamentals of Air Pollution, 2nd ed, 164-167, Academic press, U.S.A.
- 11) Arthur C. Stern, (1976), 3rd ed, vol.1. 278-279, Academic Press, U.S.A.