

## '93~'95 서울시 대기오염 특성

환경조사과

어수미 · 여인학 · 김길식 · 이상열 · 이규남

### The Characteristics of Air Pollution in Seoul from 1993 to 1995

*Environmental Research Division*

Soo-Mi Eo, In-Hak Yeo, Gil-Sik Kim, Sang-Yeoul Lee  
and Kyu-Nam Lee

#### = Abstract =

To investigate characteristics of air pollution phenomena in Seoul from '93 to '95, the data of seven pollutants from 10 sites of air pollution monitoring systems were used. The results were as follows;

1. The concentrations of Dust, SO<sub>2</sub> and CO were decreased gradually for three years and that of NO<sub>x</sub> was increased slightly. The concentration of O<sub>3</sub> was not different significantly.
2. From the analysis of seasonal differences of concentrations, the concentrations of Dust, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> were high in winter and low in summer, and that of O<sub>3</sub> was converse. That of CO was not different by season.
3. From the analysis of concentration differences by a day of the week, primary pollutants were increased gradually in weekday and decreased significantly on Sunday, and O<sub>3</sub>, secondary pollutant, was not showed differences significantly.
4. From the analysis of the concentration variation by time, the concentrations of Dust, SO<sub>2</sub>, NO showed peak in 7-9AM and that of O<sub>3</sub> showed peak in 2-4PM, and that of NO<sub>2</sub> showed peak two times in a day(bimodal) 9-10AM and 7-8PM.
5. From the analysis of correlation between air pollutant concentrations, six kinds of pollutants except O<sub>3</sub> showed positive significance highly( $p < 0.01$ ), but O<sub>3</sub> showed significant negatively.

#### 서 론

일천만 이상의 인구가 거주하는 서울시의 대기오염도에 관한 관심이 날로 증가하고 있으며, 급격한 차량 증가, 인구 증가 등으로 시민이 느끼는 체감오염도 역시 더

욱 증가하는 실정이다. 그러나 서울의 최근 대기오염도 변화율은 전<sup>1)</sup>에 의하면 '84년에 비해 '93년도는 아황산가스 및 부유분진이 64.8%, 58.1%, 일산화탄소가 53.1%의 현저한 감소를 나타냈으며, 이는 이들 물질의 주된 발생원인 연료에 대한 각종 규제 조치 및 연료 전환으로 석탄소비량이 급격히 줄고 도시가스 소비량이 증가했기 때

문이라 사료된다. 그 외 이산화질소, 오존 등은 자동차 증가 등으로 계속 조금씩 증가하는 추세를 보여 전<sup>1)</sup>에 의하면 이산화질소는 10.7%, 오존은 62.3%의 증가율을 나타내 점차 1차오염물질보다는 이와 광화학적 반응으로 생성된 2차오염물질이 증가하는 것을 알 수 있다. 더우기 전국 자동차의 26%가 서울에('94년에 193만대) 집중되어 있어서 향후 자동차 배기가스에 의한 대기오염은 계속 관심을 기울여야 한다.

따라서 본 연구에서는 '93년부터 최근 3년간의 서울시 대기오염도의 특성 및 이들 오염물질 농도의 계절별, 요일별, 시간별 특성과 통계적으로 유의한 차이가 있는지 살펴보고자 본 연구를 실시하였다.

### 연구 방법

'93~'95년 서울시 대기오염도는 본 연구원 대기오염 측정소 10곳(쌍문, 구의, 성수, 한남, 남가좌, 화곡, 오류, 구로, 반포, 방이동)에서 시간별로 측정된 자료

중 대기오염 물질 7가지 즉, Dust, SO<sub>2</sub>, 질소산화물(NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), CO, O<sub>3</sub>의 자료를 이용하였으며, 이를 SAS program을 이용하여 연도별, 계절별, 요일별 및 시간별 오염도 차이 및 항목간 상관성 등을 살펴보았다.

### 연구 결과

#### 1. 연도별, 계절별 대기오염물질 농도 변화

'93~'95년 시간별 대기오염물질 농도 자료에서 오전 9시와 오후 3시 자료를 선택하여 연도별, 계절별 농도변화를 살펴본 결과 다음과 같았다.

#### 1) Dust

'93~'95 연도별 분진의 농도는 점점 감소하여 Table 1과 같이 '93년에 오전 9시 평균 농도가 144.78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 '95년에 114.76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 감소하였으며, 오후 3시에도 '93년에 평균 88.59  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 '95년에 평균

Table 1. Dust concentration in Seoul from '93 to '95.

time	seasons	'93	'94	'95	Mean $\pm$ S. D.
9	spring	177.00 $\pm$ 92.62	121.61 $\pm$ 69.96	109.41 $\pm$ 59.44	136.01 $\pm$ 80.59
	summer	94.94 $\pm$ 55.37	86.43 $\pm$ 49.62	77.36 $\pm$ 41.96	86.22 $\pm$ 49.64
	fall	114.93 $\pm$ 70.92	98.30 $\pm$ 50.27	110.37 $\pm$ 67.11	107.87 $\pm$ 63.56
	winter	192.98 $\pm$ 101.12	157.51 $\pm$ 84.37	162.88 $\pm$ 78.60	171.12 $\pm$ 89.59
	Mean $\pm$ S. D.	144.78 $\pm$ 91.34	118.51 $\pm$ 71.28	114.76 $\pm$ 69.90	
15	spring	103.67 $\pm$ 60.67	74.19 $\pm$ 37.29	72.83 $\pm$ 32.14	83.56 $\pm$ 47.15
	summer	83.48 $\pm$ 49.95	73.38 $\pm$ 42.65	68.77 $\pm$ 30.87	75.44 $\pm$ 42.13
	fall	62.80 $\pm$ 41.63	56.71 $\pm$ 40.31	63.44 $\pm$ 38.15	60.98 $\pm$ 40.02
	winter	104.49 $\pm$ 50.27	90.10 $\pm$ 57.86	86.68 $\pm$ 47.07	93.75 $\pm$ 52.31
	Mean $\pm$ S. D.	88.59 $\pm$ 53.70	73.57 $\pm$ 46.83	72.88 $\pm$ 38.36	

unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Table 2. The result from significant test of air pollutant concentration differences by seasons in Seoul from '93 to '95.

time	pollutant	F-value	p-Value	The order of seasons
9	Dust	66.02	0.0001	winter > spring > fall > summer
	SO <sub>2</sub>	190.08	0.0001	winter > spring > fall > summer
	NO	108.57	0.0001	winter > fall > spring > summer
	NO <sub>2</sub>	54.72	0.0001	winter > spring > fall > summer
	NO <sub>x</sub>	98.80	0.0001	winter > fall > spring > summer
	O <sub>3</sub>	112.76	0.0001	spring > summer > fall > winter
	15	Dust	24.86	0.0001
SO <sub>2</sub>		184.88	0.0001	winter > spring > fall > summer
NO		78.80	0.0001	winter > fall > spring > summer
NO <sub>2</sub>		10.26	0.0001	winter > fall > spring > summer
NO <sub>x</sub>		48.94	0.0001	winter > fall > spring > summer
O <sub>3</sub>		108.94	0.0001	summer > spring > fall > winter

72.88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 감소하였다. 계절별 분진농도의 차이는 Table 2와 같이 오전에는 겨울>봄>가을>여름의 순으로, 오후에는 겨울>봄>여름>가을 순으로 유의한 차이를 나타냈다.

2)  $\text{SO}_2$

최근 3년간의 아황산가스의 농도변화는 Table 3와 같

이 '93년에 오전 9시 농도가 평균 0.030 ppm에서 '95년에는 평균 0.021 ppm으로 감소하였으며, 오후 3시에도 '93년에 평균 0.014 ppm에서 '95년에 평균 0.011 ppm으로 감소하였다. 계절별로는 오전 오후 모두 겨울>봄>가을>여름순으로 난방 연료 사용이 많은 겨울이 높고 여름이 낮았다.

Table 3.  $\text{SO}_2$  concentration in Seoul from '93 to '95.

time	seasons	'93	'94	'95	Mean±S. D.
9	spring	0.032±0.020	0.025±0.016	0.023±0.012	0.026±0.017
	summer	0.009±0.005	0.010±0.007	0.008±0.005	0.009±0.005
	fall	0.023±0.015	0.021±0.012	0.019±0.011	0.021±0.013
	winter	0.057±0.033	0.040±0.019	0.034±0.016	0.044±0.025
	Mean±S. D.	0.030±0.027	0.025±0.018	0.021±0.015	
15	spring	0.014±0.008	0.012±0.006	0.013±0.005	0.013±0.006
	summer	0.007±0.004	0.007±0.004	0.006±0.003	0.007±0.004
	fall	0.011±0.006	0.010±0.005	0.010±0.006	0.010±0.006
	winter	0.025±0.011	0.019±0.010	0.017±0.008	0.021±0.010
	Mean±S. D.	0.014±0.010	0.013±0.008	0.011±0.007	

unit : ppm

Table 4. NO concentration in Seoul from '93 to '95.

time	seasons	'93	'94	'95	Mean±S. D.
9	spring	0.060±0.045	0.057±0.048	0.054±0.043	0.057±0.045
	summer	0.036±0.022	0.031±0.018	0.037±0.022	0.035±0.021
	fall	0.085±0.062	0.090±0.059	0.108±0.077	0.094±0.067
	winter	0.102±0.071	0.116±0.069	0.132±0.080	0.116±0.074
	Mean±S. D.	0.071±0.059	0.077±0.062	0.082±0.072	
15	spring	0.014±0.008	0.011±0.006	0.014±0.008	0.013±0.007
	summer	0.011±0.007	0.010±0.005	0.015±0.012	0.012±0.009
	fall	0.018±0.018	0.019±0.021	0.021±0.019	0.019±0.019
	winter	0.030±0.026	0.033±0.024	0.033±0.025	0.032±0.025
	Mean±S. D.	0.018±0.018	0.019±0.019	0.021±0.019	

unit : ppm

Table 5.  $\text{NO}_2$  concentration in Seoul from '93 to '95.

time	seasons	'93	'94	'95	Mean±S. D.
9	spring	0.039±0.011	0.041±0.014	0.041±0.014	0.040±0.013
	summer	0.029±0.009	0.030±0.015	0.030±0.012	0.029±0.012
	fall	0.035±0.010	0.037±0.009	0.040±0.011	0.037±0.010
	winter	0.037±0.010	0.043±0.011	0.045±0.013	0.041±0.012
	Mean±S. D.	0.035±0.011	0.038±0.013	0.039±0.014	
15	spring	0.027±0.013	0.026±0.012	0.028±0.012	0.027±0.012
	summer	0.026±0.010	0.024±0.011	0.026±0.011	0.025±0.010
	fall	0.026±0.012	0.027±0.013	0.032±0.011	0.028±0.014
	winter	0.029±0.013	0.032±0.016	0.032±0.015	0.031±0.014
	Mean±S. D.	0.027±0.012	0.028±0.014	0.029±0.014	

unit : ppm



### 3) 질소산화물

대기 중에 존재하는 기체상 질소화합물중 NO와 NO<sub>2</sub> (이 둘을 합하여 NO<sub>x</sub>)는 대류권에서 광화학 스모그 발생의 중요한 물질로서 '93~'95 연도별 질소산화물의 농도는 NO, NO<sub>2</sub> 모두 약간씩 증가하여 NO의 경우 Table 4와 같이 오전 9시에 '93년에 0.071 ppm에서 '95년에 0.082 ppm으로 증가하였으며, NO<sub>2</sub> 역시 Table

5와 같이 '93년에 0.035 ppm에서 '95년에 0.039 ppm으로 나타났다. 또한 계절별로 겨울이 가장 높고 여름이 가장 낮았다.

### 4) 일산화탄소

일산화탄소는 탄소화합물이나 탄소와 같은 가연성 성분의 불완전 연소에 의해 주로 발생하며 '93~'95년 일산

Table 6. NO<sub>x</sub> concentration in Seoul from '93 to '95.

time	seasons	'93	'94	'95	Mean±S.D.
9	spring	0.100±0.053	0.041±0.014	0.095±0.055	0.097±0.056
	summer	0.065±0.029	0.061±0.030	0.067±0.031	0.064±0.029
	fall	0.120±0.071	0.126±0.067	0.148±0.088	0.131±0.076
	winter	0.140±0.080	0.158±0.072	0.176±0.092	0.158±0.084
	Mean±S.D.	0.106±0.067	0.115±0.072	0.121±0.083	
15	spring	0.040±0.019	0.038±0.017	0.042±0.018	0.040±0.018
	summer	0.037±0.013	0.033±0.014	0.041±0.018	0.037±0.015
	fall	0.044±0.028	0.046±0.032	0.053±0.032	0.048±0.030
	winter	0.059±0.037	0.066±0.037	0.066±0.039	0.063±0.038
	Mean±S.D.	0.045±0.027	0.047±0.030	0.029±0.014	

unit : ppm

Table 7. CO concentration in Seoul from '93 to '95.

time	seasons	'93	'94	'95	Mean±S.D.
9	spring	1.709±0.872	1.521±0.767	1.252±0.665	1.494±0.792
	summer	0.984±0.386	0.972±0.347	0.847±0.337	0.929±0.363
	fall	1.770±1.054	1.782±0.842	1.653±0.896	1.735±0.933
	winter	2.910±1.505	2.559±1.155	2.379±1.063	2.616±1.270
	Mean±S.D.	1.838±1.237	1.772±1.016	1.528±0.966	
15	spring	0.749±0.299	0.674±0.220	0.635±0.234	0.686±0.257
	summer	0.666±0.184	0.656±0.190	0.596±0.197	0.637±0.192
	fall	0.703±0.378	0.743±0.412	0.659±0.326	0.702±0.374
	winter	1.143±0.499	1.034±0.469	0.888±0.403	1.022±0.469
	Mean±S.D.	0.814±0.404	0.787±0.385	0.693±0.320	

unit : ppm

Table 8. O<sub>3</sub> concentration in Seoul from '93 to '95.

time	seasons	'93	'94	'95	Mean±S.D.
9	spring	0.011±0.004	0.013±0.008	0.012±0.007	0.012±0.006
	summer	0.012±0.004	0.013±0.008	0.010±0.007	0.011±0.006
	fall	0.008±0.004	0.006±0.005	0.006±0.004	0.007±0.004
	winter	0.006±0.003	0.005±0.003	0.004±0.003	0.005±0.003
	Mean±S.D.	0.009±0.005	0.009±0.007	0.008±0.006	
15	spring	0.029±0.011	0.041±0.013	0.032±0.013	0.034±0.013
	summer	0.035±0.017	0.047±0.025	0.036±0.020	0.038±0.021
	fall	0.027±0.014	0.030±0.017	0.027±0.012	0.028±0.014
	winter	0.015±0.006	0.017±0.007	0.018±0.008	0.017±0.007
	Mean±S.D.	0.027±0.015	0.032±0.019	0.028±0.016	

unit : ppm

**Table 9.** The result from significant test of air pollutant concentration differences by a day of the week in Seoul from '93 to '95.

time	pollutant	F-value	p-Value	The order of a day of the week
9	Dust	2.27	0.0350	Sat>Thur>Fri>Wed>Tue>Mon>Sun
	NO	3.15	0.0045	Thur>Sat>Fri>Wed>Tue>Mon>Sun
	NO <sub>2</sub>	5.89	0.0001	Thur>Fri>Sat>Tue>Wed>Mon>Sun
	NO <sub>x</sub>	3.78	0.0010	Thur>Sat>Fri>Wed>Tue>Mon>Sun
	O <sub>3</sub>	2.57	0.0179	Sun>Wed>Tue>Sat>Mon>Fri>Thur
15	Dust	2.62	0.0157	Fri>Thur>Sat>Wed>Tue>Mon>Sun
	SO <sub>2</sub>	2.48	0.0218	Fri>Thur>Sat>Wed>Tue>Mon>Sun
	NO	2.57	0.0178	Fri>Thur>Wed>Sat>Tue>Mon>Sun
	NO <sub>2</sub>	5.86	0.0001	Fri>Sat>Wed>Thur>Tue>Mon>Sun
	NO <sub>x</sub>	4.45	0.0002	Fri>Thur>Wed>Sat>Tue>Mon>Sun

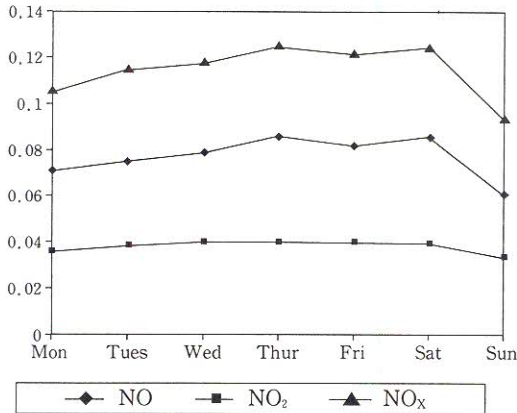
화탄소 농도는 약간 감소하여 Table 7과 같이 오전 9시에 '93년에 1.838 ppm에서 '95년에 1.528 ppm으로 감소하였으며, 오후 3시에도 '93년에 0.814 ppm에서 '95년에 0.693 ppm으로 감소하였다. 계절별 차이는 나타나지 않았다.

**5) 오존**

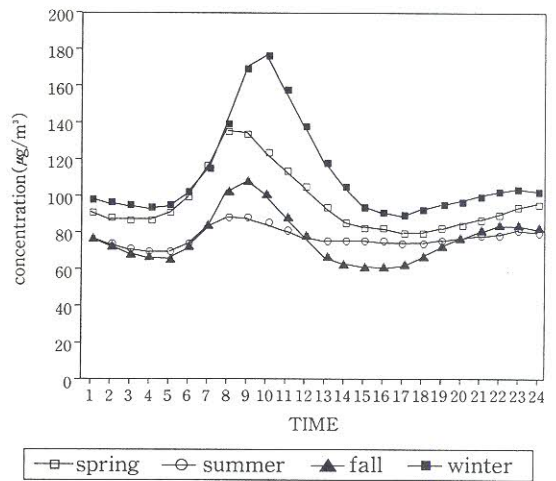
질소산화물과 휘발성 유기 화합물의 광화학 반응으로 발생하는 오존의 '93~'95 3년간의 농도 변화는 Table 8과 같이 거의 차이를 나타내지 않았으며, 계절별로는 일사량이 많은 여름에 비교적 높고 겨울에 낮았다.

**2. 요일별 차이**

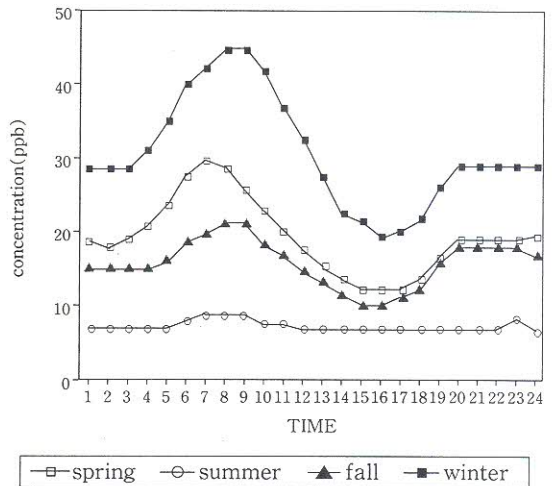
대기오염물질 농도의 요일별 차이를 살펴본 결과 Table 9와 같이 질소화합물에서 매우 유의한 차이를 나타냈으며, Fig. 1과 같이 일요일이 가장 낮았고 점차 주중에 농도가 상승하여 목~토요일에 가장 최고치를 나타



**Fig. 1.** The variation of NO<sub>x</sub> concentration at 9AM by a day of the week in Seoul from '93 to '95.



**Fig. 2.** The variation of Dust concentration by season in Seoul from '93 to '95.



**Fig. 3.** The variation of SO<sub>2</sub> concentration by season in Seoul from '93 to '95.

났다.

또한 오존은 오전 9시에는 유의수준 5%에서 유의한 차이를 나타내 일요일이 높았으나 오후 3시에는 요일간 유의한 차이를 나타내지 않았다.

SO<sub>2</sub>는 오전에는 요일별로 유의한 차이를 나타내지 않았으나 오후 3시에 5% 유의수준으로 금요일이 높았으며, 분진 역시 오후에는 금요일이 높았으며 5% 유의수준에서 요일별 유의한 차이를 나타냈다.

### 3. 시간별 차이

대기오염물질의 일중 시간별 농도 변화는 Fig. 2~Fig.

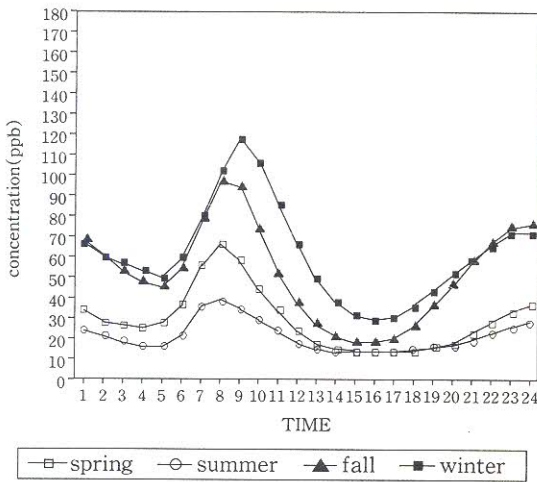


Fig. 4. The variation of NO concentration by season in Seoul from '93 to '95.

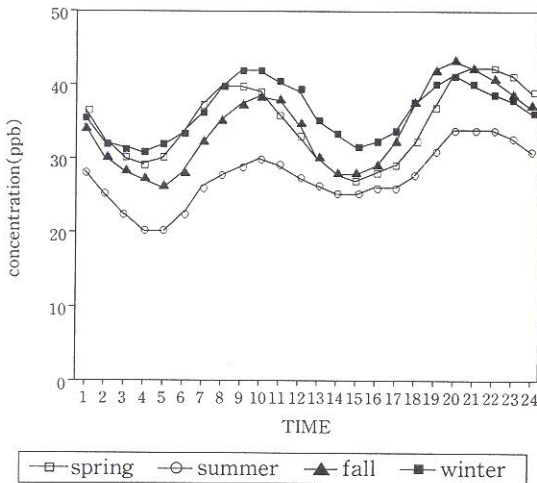


Fig. 5. The variation of NO<sub>2</sub> concentration by season in Seoul from '93 to '95.

7과 같이 분진은 오전 8~10시 사이에 peak를 나타내다가 점차 감소하였으며, 전술한 바와 같이 계절별로 특히 겨울에 높았다. 아황산가스는 오전 7~9시 사이에 peak를 나타내다가 오후에 계속 감소하여 오후 3~4시경에 가장 낮게 나타내다가 다시 약간 증가하였다.

질소산화물 중 일산화질소는 아황산가스와 마찬가지로 오전 8~9시 사이에 peak를 나타내다가 오후 3~5시 사이에 가장 최저점을 나타낸 후 다시 약간 증가하였다.

이산화질소는 오전 9~10시 사이와 오후 7~8시 사이에 두 번 peak를 나타내 bimodal 형태를 나타냈으며 오존은 자외선량이 가장 많은 오후 2~4시에 peak를 나타

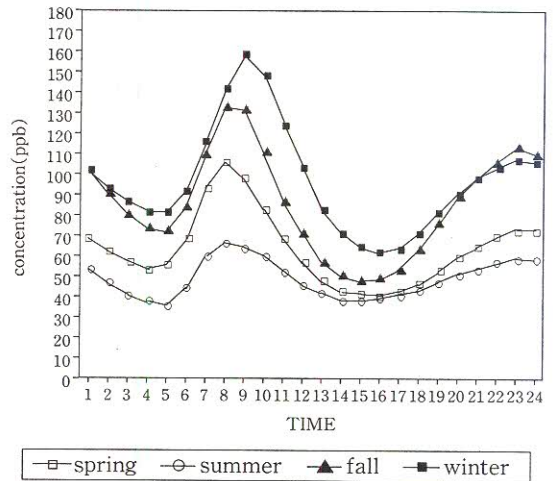


Fig. 6. The variation of NO<sub>x</sub> concentration by season in Seoul from '93 to '95.

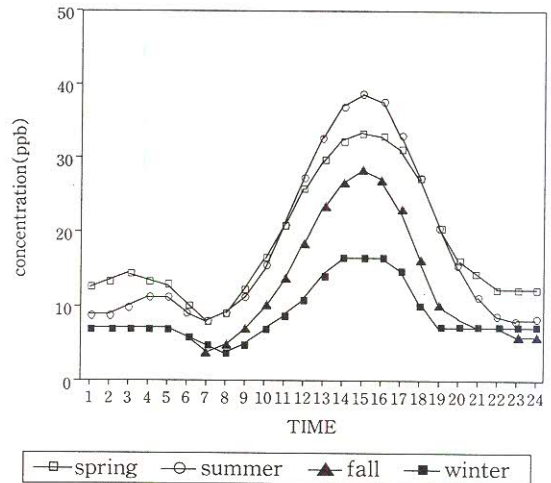


Fig. 7. The variation of O<sub>3</sub> concentration by season in Seoul from '93 to '95.



Table 10. The correlation coefficient (r) between concentration of air pollutant.

	Dust	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	O <sub>3</sub>
Dust	1.0000	0.8233	0.7792	0.7455	0.8023	0.8631	-0.3809
SO <sub>2</sub>		1.0000	0.7245	0.6284	0.7351	0.8848	-0.4241
NO			1.0000	0.7447	0.9935	0.9131	-0.5874
NO <sub>2</sub>				1.0000	0.8153	0.7074	-0.4318
NO <sub>x</sub>					1.0000	0.9120	-0.5834
CO						1.0000	-0.5492
O <sub>3</sub>							1.0000

났다.

#### 4. 항목별 상관성

대기오염물질 농도(오전 9시)간의 상관성을 살펴본 결과 Table 10과 같이 오존을 제외한 모든 항목에서 매우 유의한 ( $p < 0.01$ ) 양의 상관성을 나타냈으며, 오존은 모든 항목과 매우 유의한 ( $p < 0.01$ ) 음의 관계를 나타냈다.

### 결 론

서울시내 10개 대기오염 자동 측정소에서 측정된 대기오염 시간별 측정자료 중 7개 오염물질 (Dust, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>) 자료를 이용하여 '93~'95년 3년간의 서울시 대기오염 특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연도별 Dust, SO<sub>2</sub>, CO의 농도는 3년간 계속 감소하였으며, 질소산화물은 약간 증가하였고, 오존은 거의 차이를 나타내지 않았다.
2. 계절별로 1차오염물질인 Dust, SO<sub>2</sub>, 질소산화물은 모두 겨울이 높고 여름이 낮았으며, 오존은 반대로 여름이 높고 겨울이 낮았고, 일산화탄소는 계절별 차이를 나타내지 않았다.
3. 요일별 대기오염물질 농도는 1차 오염물질은 주중에 점차 농도가 증가하여 목~토요일에 높다가 일요일에 급격히 감소하였으며, 오존은 오전에는 일

요일이 높았으나 오후에는 요일별 차이를 나타내지 않았다.

4. 하루 중 시간경과별 대기오염물질 농도 변화는 분진, 아황산가스, 일산화질소는 오전 Rush Hour인 7~9시에 peak를 나타냈으며, 오존은 일사량이 가장 많은 오후 2~4시에 peak를 나타내는 unimodal 형태를 나타냈으며, 이산화질소는 오전 9~10시와 오후 7~8시의 2회 peak를 나타내는 bimodal 형태를 나타냈다.
5. 대기오염물질간의 항목별 상관성을 살펴본 결과 오존을 제외한 모든 항목간에는 매우 유의한 ( $p < 0.01$ ) 양의 상관성을 나타냈으며, 오존과 다른 항목간에는 매우 유의한 ( $p < 0.01$ ) 음의 상관성을 나타냈다.

### 참 고 문 헌

1. 전의찬 : 대기오염 현황-서울시를 중심으로, 대기문제 개선을 위한 시민 대토론회, 5(1995).
2. 동종인 : 서울시지역 대기오염 배출원의 특성, 대기문제 개선을 위한 시민 대토론회, 35(1995).
3. 대기환경연구회 : 대기오염개론, 동화기술, 서울, p. 67(1995).
4. 환경부 : 환경백서, p.34(1995).
5. 박세욱, 백남준, 김용표, 문길주, 김영성 : 1980~1993년 기간의 서울의 시정 추이, 한국대기보전학회지, 10(3), 203(1994).