

서울시 오존농도 변화 특성에 대한 연구

환경조사과

어 수 미 · 김 길 식 · 이 상 열 · 배 화 영 · 김 광 진 · 이 규 남

The Characteristics of Ozone Concentrations in Seoul

Environmental Research Division

Soo-Mi Eo, Gil-Sik Kim, Sang-Yeoul Lee,

Hwa-Young Bae, Kwang-Jin Kim and Kyu-Nam Lee

= Abstract =

The characteristics of ozone concentration in Seoul were as followed.

1. Ozone warning system was announced 1 day in '95, and 6 days in '96 in Seoul. When this system applied to the past, the days over 120ppb were 3 days in '93, and 15 days in '94.
2. The days over 100ppb, short-term(1 hour) environmental standard for ozone, were 15 days in '93, 20 days in '94, 5 days in '95, and 26 days in '96.
Those days were concentrated from 2PM to 5PM in summer. And the regions showed high frequencies over standard were east part (north and south east) in Seoul.
3. The analysis of relationship between ozone concentration and related air pollutants, climatic conditions showed that the climatic conditions, especially UV lights more influence on ozone concentration than air pollutant.

緒 論

질소화합물과 휘발성 유기화합물(VOCs)이 태양빛과 반응하여 생성된 오존은 Oxidants의 대표적인 물질이며, 온실가스로도 작용하는 동시에 광분해 반응으로 생성된 OH기가 메탄, HCFC 등의 다른 온실가스의 대류권 수명을 조절하는 의미에서 지구온난화에도 간접적으로 관련이 있다.¹⁾

오염된 대기중의 오존은 LA스모그 사건에서 처음 확인되었으며, 대기중 오존이 80-200ppb 사이에 단기간 건강 영향으로 기도자극이나 호흡기능 감소를 야기시키는 등^{2,3)} 인체에 직접 영향을 주고 있다. 따라서 국내에서는 1995년 7월부터

오존경보제를 시행했으며, 오존농도가 120ppb 이상일 때 주의보, 300ppb 이상일 때 경보, 500ppb 이상일 때 중대경보를 지역별로 발령하여 서울시 거주자들이 오존오염으로 인한 피해로부터 최소화하도록 하고 있다.

오존에 관한 연구결과를 살펴보면, 광화학반응이 활발한 지역일수록 오존의 일변화가 크며, 오존 오염이 심할수록 계절별로 여름철에 높아진다고 하였다.⁴⁾

Weston⁵⁾은 고농도 오존 발생을 위한 기상학적 인자로 오염물질과 재반응하도록 풍속이 약해야 하며, 연직확산이 제한되도록 경계층 깊이가 낮고, 야간의 강한 역전층과 강한 일사를 들었다.

이렇듯 지역적특성에따라 오존농도가 변화하며 특히 서울시는 자동차 급증으로 배출가스로 인한 광화학 오염이 높아지고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 '95년부터 실시된 오존 경보제 실시 현황 및 단기 환경기준 초과 현황, 서울시의 오존농도 변화 특성을 시간별, 월별로 파악하고 기상학적 인자와의 관계를 규명하고자 한다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

서울시 오존 오염도를 파악하기 위해 Table 1, Fig.1과 같이 서울시에 소재하는 대기오염 자동 측정망 20개소(서울시 관리 10개소와 환경부 관리 10개소)에서 매시간별로 측정된 자료중 오존 농도 및 기상자료, 기타 대기오염물질

Table 1. The site of air pollution monitoring system in Seoul

Area	Site	Adress
Northwest	Kwanghwamun	5-1, Jeong-dong, Joong-gu
	Bulkwang-dong	174-11, Bulkwang-dong, Eunpyung-gu
	Mapo	150, youmri-dong, Mapo-gu
	Hannam-dong	726-78, Hannam-dong, Yongsan-gu
	Namgajwa-dong	250-6, Namgajwa-dong, Seodaemun-gu
Northeast	Myunmok-dong	192, Myunmok 2-dong, Joongrang-gu
	Shinseol-dong	109-5, Shinseol-dong, Dongdaemun-gu
	Kileum-dong	1064-1, Kileum 3-dong, Seongbook-gu
	Ssangmun-dong	156-3, Ssangmun 3-dong, Dobong-gu
	Kui-dong	164, Kui-dong, Kwangjin-gu
Southwest	Seongsu-dong	299-240, Seongsu 2-ga, Seongdong-gu
	Munrae-dong	6-9, Munrae 2-dong, Youngdeungpo-gu
	Shinrim-dong	56-1, Shinrim-dong, Kwanak-gu
	Hwagok-dong	1019-1, Hwagok-dong, Kangseo-gu
Southeast	Kuro-dong	199-2, Kung-dong, Kuro-gu
	Oryu-dong	Oryu 1-dong, Kuro-gu
	Daechi-dong	642-2, Daechi-dong, Kangnam-gu
	Jamsil-dong	230-1, Jamsilbon-dong, Songpa-gu
	Banpo-dong	355, Banpo-dong, Seocho-gu
	Bangi-dong	88, Bangi-dong, Songpa-gu

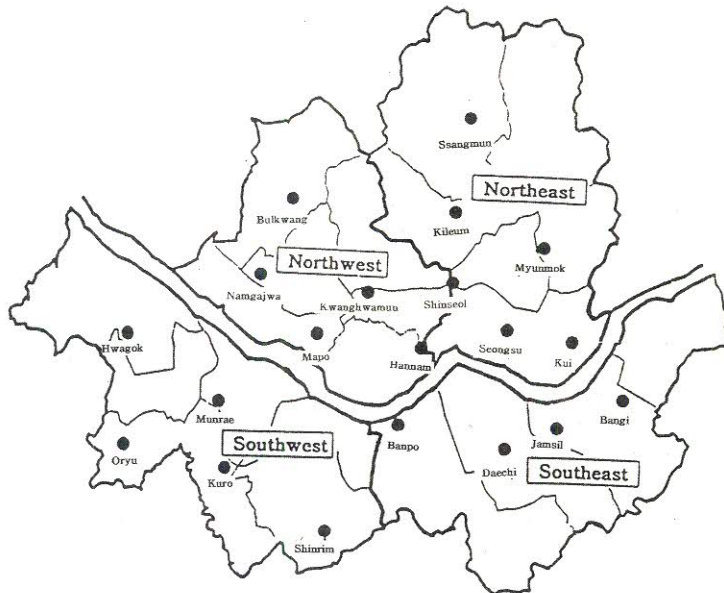


Fig. 1. The site of air quality monitoring system in Seoul

농도 자료를 대상으로 하였다.

오존농도 측정은 환경정책 기본법 시행령에서 정한 자외선 광도법(U.V. Photometric Method)으로 측정하였으며, 대상기간은 1993년부터 1996년까지 4년간에 측정된 자료를 대상으로 분석하였다.

2. 연구 방법

20개소에서 측정된 대기오염 측정자료는 SAS(Statistical Analysis System) Program을 이용해서 시간별, 월별 및 연도별로 통계처리 하였고, 오존과 다른 오염물질 및 기상인자와의 상관성 등을 분석하였다.

Table 2. The phenomena over ozone short-term environment standards in Seoul in '93-'96

month	'93		'94		'95		'96	
	date(No. of site ^a / No. of occu. ^c)	range [#] of O ₃	date(No. of site ^b / No. of occu. ^c)	range [#] of O ₃	date(No. of site ^b / No. of occu. ^c)	range [#] of O ₃	date(No. of site ^b / No. of occu. ^c)	range [#] of O ₃
5	19 (1/1) *28 (2/6) 30 (2/2) 31 (1/2)	101 107-159 105-109 104-112					31 (3/4)	102-109
6	*17 (5/9) 18 (1/1)	101-130 108	3 (1/1) *11 (6/9) *15 (10/24) 16 (2/2) *17 (9/26)	117 101-120 101-164 101-103 103-168	17 (3/4) 8 (1/1)	102-117 103	1 (4/7) 6 (1/1) *8 (6/13) *9 (8/12) 13 (1/2) 15 (1/1) 19 (1/1) 26 (1/1)	102-119 101 101-128 101-126 101-109 109 114 107
7	2 (1/1) 3 (2/2) 4 (1/3) *5 (2/4) 7 (1/2)	106 102-105 103-106 108-125 111-116	*12 (13/42) *16 (4/13) *17 (7/23) *18 (4/11) *19 (1/2) 21 (1/3) *22 (2/2) *23 (4/10) *24 (4/8) *25 (1/2)	102-172 101-144 102-227 104-126 130-134 101-119 111-121 102-147 102-127 120-123	7 (2/3) *22 (4/11)	101-108 101-167	19 (1/1) 23 (2/3) *31 (11/25)	103 101-106 101-162
8	29 (1/2) 30 (1/1)	103-108 103	*23 (8/23) *24 (5/20) 27 (2/5)	101-322 102-243 103-118	15 (2/2) 29 (3/7)	102-110 103-118	*1 (9/24) *2 (14/42) 6 (1/2) 9 (2/5) 11 (2/3) 16 (2/3) 17 (2/4) *18 (4/9) 19 (5/7) 20 (5/7) 21 (2/3)	101-143 101-137 102-104 102-116 101-110 105-108 101-106 101-126 101-115 101-111 102-111
9	1 (1/1) 2 (1/2)	114 102-103	3 (4/4) *7 (8/16)	102-112 103-141			7 (1/2)	105
total	15 (23/39)	101-159	20 (96/246)	101-322	6 (15/28)	101-167	24 (89/182)	101-137

* : the day over 120ppb

: the range of ozone maximum concentration over 100ppb at each site

a : the number of site that maximum concentration was over 100ppb among 10 sites

b : the number of site that maximum concentration was over 100ppb among 20sites

c : the number of occurrence that over 100ppb

결과 및 고찰

1. 오존경보제 실시 현황 및 단기환경기준 (100ppb/hr) 초과 현황

오존경보제는 1995년부터 처음 실시되었으며, 오존오염도에 따라 0.12ppm이상일 때 주의보, 0.3ppm이상일 때 경보, 0.5ppm이상일 때 중대경보를 발령하며, 지역별로 서울을 4개지역으로 구분하여 Fig.1과 같이 북서지역은 은평, 서대문, 마포, 용산, 종로, 중구, 북동지역은 도봉, 강북, 성북, 동대문, 성동, 중랑, 광진, 노원구이며, 남서지역은 강서, 양천, 영등포, 동작, 관악, 구로, 금천구, 남동지역은 서초, 강남, 송파, 강동구로 구분하여 서울시 관리 대기오염 측정소 10개소와 환경부관리 대기오염 측정소 10개소, 총 20개소에서 측정된 매시간별 자료를 근거로 발령하고 있다.

오존경보제 실시 현황은 Table 2와 같이 '95년에 1일, '96년에 6일 발령하였으며, 이를 소급해서 '93년과 '94년에 적용해 본 결과 0.12ppm을 초과한 것이 '93년에는 3일, '94년에는 15일이었다. 이를 외국과 비교해 볼 때 일본이 주의보(0.12ppm이상) 발령일수가 東京이⁶⁾ '95년에 19회, '94년에 12회, '96년에 23회였으며, 大阪이⁷⁾ '95년에 8회, '94년에 15회로 우리나라와 비슷하거나 약간 높았다. 그러나 Mexico가 허용치 0.11ppm을 초과한 일 수가 '88년에 300일,⁸⁾ 미국 LA에서 '89년에 0.12ppm 초과일수가 196일⁹⁾인것에 비하면 극히

낮은 수준이라 할 수 있다. 그러나 현재와 같이 자동차가 급증하여 오존생성 전구물질 배출이 계속 증가하고 이에 대한 저감 대책이 미흡하다면 주의보 발생일수는 계속 증가할 것으로 사료된다.

오존 단기환경기준인 100ppb/hr를 초과한 현황은 Table 2에서와 같이 '93년에는 서울시에서 관리하는 10개소중 15일이 초과하였으며, '94년부터는 서울시 관리 10개소, 환경부관리 10개소, 총 20개소에서 측정된 자료이며, '94년에 20일, '95년에 6일, '96년에 26일이었다. 여기서 '95년이 전체적으로 초과일수가 적은 것은 Table 3과 같이 강수량이 다른해에 비해 하절기에 유의하게 많은것과 관련이 있는 것으로 사료된다. 또한 월별로 특히 '94년 7월에 10일, '96년 8월에 11일로 집중적으로 초과되었는데, 이중 '94년 7월은 Table 4와 5에서처럼 온도와 일사량이 다른해 7월보다 현저히 높았기 때문이라 사료되며, '96년 8월은 다른해 8월과 온도와 일사량은 거의 차이가 없었으나 강수량이 다른해보다 적었기 때문이라 사료된다.

또한 우리나라 단기환경기준이 선진국에 비해 비교적 높게 설정되어 있어 전¹⁰⁾은 WHO권고기준인 60ppb로 하향 조정하여 환경기준을 강화할 필요가 있다고 하였다.

시간별로 단기환경기준 초과현황을 살펴본 결과 Table 6과 같이 14-17시에 전체의 80.8%가 초과되었으며 특히 15시가 가장 높아 23.8%, 그 다음이 16시가 22.2%로 높게 검출되었다. 또한 지역별로는 Table 7과 같이 '93,

Table 3. The amount of rainfall from '93 to '96 in Seoul

month	'93	'94	'95	'96
5	135.7	152.4	60.6	29.3
6	198.2	85.0	70.7	249.7
7	424.4	139.5	436.1	512.8
8	197.8	232.7	786.6	132.4
9	56.1	60.7	47.2	11.0
total	1012.2	670.3	1401.2	935.2

unit : mm

Table 4. The monthly average of temperatures in Seoul from '93 to '96

month	'93	'94	'95	'96
5	19.19±3.17	18.95±2.72	18.12±2.78	19.29±3.45
6	22.50±2.42	23.85±2.88	22.78±2.59	23.08±2.06
7	24.52±2.18	29.18±2.23	25.80±1.79	25.33±1.70
8	24.23±2.23	28.72±2.02	27.36±1.69	26.52±2.02
9	22.12±2.81	22.01±2.64	21.53±2.53	22.63±2.94
mean	22.51	24.54	23.12	23.37

unit : ℃

Table 5. The monthly average of UV from 7AM to 6PM in Seoul

month	'93	'94	'95	'96
5	0.72±0.48	0.85±0.57	0.79±0.54	0.76±0.48
6	0.62±0.37	0.93±0.64	0.91±0.59	0.68±0.42
7	0.66±0.41	0.88±0.55	0.78±0.48	0.75±0.50
8	0.64±0.38	0.78±0.49	0.67±0.39	0.60±0.35
9	0.67±0.42	0.64±0.39	0.56±0.33	0.48±0.30
mean	0.66	0.82	0.74	0.65

unit : mW/cm²

'95, '96년 모두 북동지역에서 가장 많이 대기환경기준을 초과하였으며, '94년에는 남동지역이 가장 많이 초과하였다. '93-'96년까지 4년간 총 초과회수를 보면 북동지역이 37.8%로 가장 많았고, 남동지역이 33.1%로 서울지역은 편서풍 영향으로 오존이 동쪽에서 높은 것을 알 수 있다.

Table 6. The frequencies over short-term environmental standards for ozone by hour in Seoul

hour	'93	'94	'95	'96	total(%)
11	-	1	-	1	2 (0.4)
12	-	8	-	1	9 (1.8)
13	2	30	1	12	45 (9.1)
14	8	47	3	40	98 (19.8)
15	13	50	7	48	118 (23.8)
16	9	50	7	44	110 (22.2)
17	3	38	4	29	74 (15.0)
18	3	16	3	7	29 (5.9)
19	1	3	3	-	7 (1.4)
20	-	1	-	-	1 (0.2)
21	-	1	-	-	1 (0.2)
22	-	1	-	-	1 (0.2)
total	39	246	28	182	495 (100.0)

Table 7. The frequencies over short-term environmental standards for ozone by subregion in Seoul

subregion	'93	'94	'95	'96	total (%)
northeast	18	62	14	93	187 (37.8)
northwest	5	37	7	21	70 (14.1)
southeast	8	93	6	57	164 (33.1)
southwest	8	54	1	11	74 (15.0)
total	39	246	28	182	495(100.0)

2. 오존농도 변화 특성

1) 서울시 오존의 시간별, 월별 변화 특성

'96년도 서울시 오존농도를 시간별, 월별로 평균을 산출한 결과 Fig. 2와 같이 시간별로는 하루중 15시가 가장 높

았으며, 15시를 전후로 2시간, 즉 13-17시 사이가 가장 높았고, 오전 7-8시 사이가 가장 낮았다. 또한 월별 오존농도 변화는 Table 8과 같이 월별 평균은 5월이 가장 높아 23.96±13.44ppb로 나타났으나, 오존이 비교적 높은 13-17시 사이의 평균농도는 8월이 가장 높았으며, 오존농도 일간 변동폭도 8월이 가장 높았다.

서울시내를 크게 4지역으로 구분하여 지역별 오존농도 특성을 살펴본 결과 Table 8과 같이 전체 지점에서 년평균이 15.90±8.49ppb인 반면, 북동지역이 19.71±9.87ppb로 가장 높았으며, 북서지역이 13.04±6.05ppb로 가장 낮게 나타났다.

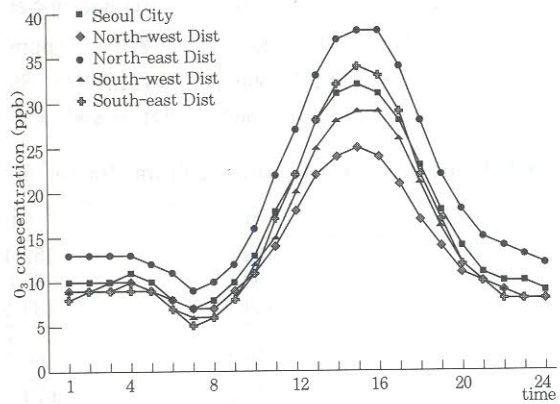


Fig. 2. The average concentration of Ozone by time in Seoul in 1996

2) 오존과 기타 대기오염 물질 및 기상인자와의 관계

'96년도 대기오염물질중 오존과 관련있는 질소산화물과 탄화수소와의 관계를 살펴본 결과 Table 9와 같이 모든지역에서 매우 유의한 역상관 관계를 나타냈으며, 특히 동쪽지역인 북동과 남동지역이 서쪽보다 상관성이 더 크게 나타났다.

오존생성의 전구물질로 널리 알려진 질소산화물의 농도는 오존농도가 비교적 높은 하절기에는 비교적 낮고, 동절기에 높으며, 특히 NO₂/NO의 비가 오존농도와 높은 상관

성이 있다는 보고등^{11, 12)}에 따라 NO₂/NO비를 산출한 결과 Table 10과 같이 NO₂/NO의 비는 5-6월에 가장 높았으

나, 오존이 가장 높은 8월에는 오히려 감소하여 오존이 반 드시 NO₂/NO비에 비례해서 생성되는 것이 아니라고 사료

Table 8. The average concentration of Ozone by time, month and region in Seoul in 1996

time	month													region			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	mean	NW	NE	SW	SE
1	11	10	13	14	14	13	9	9	11	7	7	5	10	9	13	9	8
2	11	11	14	14	14	14	10	10	11	7	7	6	10	9	13	9	9
3	10	11	14	14	13	15	12	10	10	7	7	6	10	9	13	10	9
4	10	10	13	14	14	16	12	10	10	7	7	6	11	10	13	10	9
5	9	9	12	13	13	15	12	11	9	7	7	6	10	9	12	9	9
6	8	8	10	10	11	12	9	9	8	6	6	5	8	8	11	7	7
7	6	7	8	8	10	10	8	7	6	5	5	4	7	7	9	6	5
8	5	6	8	10	12	11	9	8	5	6	5	4	8	7	10	6	6
9	6	7	10	14	15	14	11	11	6	7	6	5	10	9	12	8	8
10	8	10	13	20	19	19	14	17	8	9	8	6	13	11	16	12	11
11	11	13	16	27	25	25	18	26	11	12	9	7	18	14	22	15	17
12	14	16	21	32	32	33	22	36	14	16	11	8	22	18	27	20	22
13	16	19	25	37	40	39	27	45	16	21	12	10	28	22	33	25	28
14	17	21	27	40	47	43	30	50	17	23	14	12	31	24	37	28	32
15	18	23	28	40	48	45	33	51	18	25	14	13	32	25	38	29	34
16	17	23	27	38	48	43	33	48	17	24	14	12	31	24	38	29	33
17	15	21	26	36	45	38	31	43	15	20	11	9	28	21	34	26	29
18	12	17	21	31	38	32	28	34	12	13	7	6	23	17	28	21	22
19	8	13	16	25	31	27	21	27	8	8	6	5	18	14	22	16	17
20	8	11	13	20	24	21	15	19	8	6	6	5	14	11	18	12	12
21	8	10	13	17	19	17	10	14	8	7	6	5	11	10	15	10	10
22	8	11	13	16	16	15	8	12	8	7	7	5	10	9	14	9	8
23	9	10	13	14	14	13	7	9	9	6	7	4	10	8	13	8	8
24	9	11	13	14	13	13	8	9	9	7	7	5	9	8	12	8	8
mean	10.58	12.83	16.12	21.58	23.96	22.63	16.54	21.88	10.58	10.96	8.17	6.63	15.90	13.04	19.71	14.25	15.04
±S.D.	±3.74	±5.17	±6.30	±10.7	±13.4	±11.7	±9.07	±15.6	±3.74	±6.64	±2.87	±2.65	±8.49	±6.05	±9.87	±7.91	±9.62

unit : ppb

Table 9. The statistical relationship between Ozone and related air pollutants, climatic conditions by region in Seoul in 1996

region	r & p-Value	related air pollutants				climatic conditions			
		NO	NO ₂	NO _x	THC	WS	UV	Temp.	Hum.
NW	r*	-0.3847	-0.2037	-0.3765	-0.2351	0.1729	0.4972	0.4657	-0.1375
	p#	<0.0001	0.0001	<0.0001	0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001
	N@	14549	14549	14549	12150	14928	14870	14460	14458
NE	r	-0.4247	-0.3199	-0.4328	-0.3580	0.3763	0.5457	0.3361	-0.2832
	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	N	25036	25036	25036	25176	25615	25617	25501	25498
SE	r	-0.4299	-0.3619	-0.4552	-0.3025	0.3010	0.5595	0.4105	-0.2832
	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001
	N	17194	17194	17194	15692	17244	16835	16779	16778
SW	r	-0.2980	-0.2802	-0.3177	-0.2524	0.2300	0.4445	0.2194	-0.3484
	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001	0.0001	<0.0001	0.0001	<0.0001
	N	21773	21773	21773	11157	22372	22257	21810	22001

* r = correlation coefficient

p = probability value

@N = number of samples

Table 10. The ratio of NO₂/NO by time and month in Seoul in 1996

month time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	mean±S.D.
1	0.52	0.64	0.88	1.86	1.26	1.89	0.80	1.25	0.52	0.50	0.47	0.37	0.91±0.53
2	0.54	0.64	0.88	1.77	1.25	2.00	0.87	1.29	0.54	0.53	0.50	0.39	0.93±0.53
3	0.58	0.65	0.85	1.76	1.27	1.93	0.95	1.20	0.58	0.56	0.53	0.41	0.94±0.50
4	0.66	0.65	0.86	1.59	1.30	1.86	1.00	1.22	0.66	0.59	0.56	0.44	0.95±0.45
5	0.69	0.64	0.83	1.44	1.31	1.73	0.94	1.17	0.70	0.61	0.57	0.46	0.92±0.40
6	0.63	0.56	0.75	1.11	1.00	1.32	0.87	1.05	0.63	0.54	0.52	0.41	0.78±0.28
7	0.52	0.49	0.59	0.73	0.75	0.97	0.70	0.77	0.52	0.42	0.42	0.36	0.60±0.18
8	0.45	0.42	0.51	0.64	0.72	0.92	0.71	0.70	0.45	0.35	0.35	0.31	0.54±0.19
9	0.38	0.39	0.53	0.81	0.88	1.09	0.75	0.84	0.38	0.39	0.34	0.29	0.59±0.27
10	0.41	0.43	0.65	1.06	1.11	1.29	0.93	1.14	0.41	0.50	0.38	0.30	0.72±0.36
11	0.50	0.52	0.82	1.36	1.50	1.59	1.04	1.48	0.50	0.68	0.46	0.38	0.90±0.47
12	0.60	0.66	1.00	1.67	2.18	1.83	1.14	1.65	0.60	0.87	0.56	0.47	1.10±0.58
13	0.67	0.80	1.25	1.80	2.80	2.00	1.21	1.79	0.67	1.16	0.70	0.63	1.29±0.68
14	0.76	0.91	1.56	2.00	3.17	2.07	1.33	1.85	0.76	1.43	0.90	0.77	1.46±0.73
15	0.84	1.03	1.65	2.08	3.18	2.42	1.39	1.85	0.84	1.57	0.97	0.93	1.56±0.73
16	0.91	1.15	1.81	2.17	3.40	2.82	1.59	1.92	0.91	1.70	1.00	0.98	1.70±0.80
17	1.03	1.33	1.94	2.33	3.70	3.00	1.65	2.08	1.03	1.76	1.03	0.98	1.82±0.86
18	0.95	1.44	2.00	2.67	3.73	3.27	1.67	2.14	0.95	1.57	0.88	0.81	1.84±0.97
19	0.76	1.33	1.86	2.64	3.54	3.17	1.63	2.36	0.76	1.20	0.73	0.65	1.72±1.00
20	0.68	1.10	1.54	2.47	3.19	3.25	1.57	2.25	0.68	0.88	0.66	0.55	1.57±0.99
21	0.61	0.93	1.31	2.20	2.57	2.86	1.36	1.94	0.61	0.71	0.58	0.49	1.35±0.85
22	0.56	0.86	1.24	0.87	2.00	2.41	1.03	1.59	0.56	0.59	0.50	0.44	1.14±0.68
23	0.52	0.73	1.05	1.69	1.50	1.90	0.86	1.30	0.52	0.50	0.47	0.39	0.95±0.53
24	0.51	0.69	0.95	1.68	1.30	1.81	0.83	1.18	0.51	0.49	0.46	0.38	0.90±0.49
mean ±S.D.	0.64 ±0.17	0.79 ±0.30	1.14 ±0.47	1.73 ±0.57	2.03 ±1.05	2.06 ±0.71	1.12 ±0.33	1.50 ±0.48	0.64 ±0.17	0.84 ±0.46	0.61 ±0.21	0.52 ±0.22	-

된다. 따라서 오존생성은 전구물질의 량보다는 기상인자, 특히 기온, 일사량 및 강수량 등에 의해 더 큰 영향을 받는 것으로 사료되며 이 중 상관성이 가장 높은 인자는 일사량으로 나타났다.

結 論

서울시 오존 오염도 특성 및 오존경보체계 실시 현황을 살펴본 결과 다음과 같았다.

1. 오존농도 120ppb 이상시 발령하는 오존경보체의 실시 현황은 '95년에 1일, '96년에 6일 발령하였으며, 이를 소급해서 '93년과 '94년에 적용해 본 결과 '93년에는 3일, '94년에는 15일로 '94년이 비교적 높았으나 이를 외국과 비교해 본 결과 비교적 낮은 수준이었다.

2. 오존의 단기환경기준인 100ppb 초과현황을 살펴본 결과 '93년에는 15일, '94년에는 20일, '95년에는 5일, '96년에는 26일 이었으며, 이들 대부분이 하절기 14-17시 사이에 초과되었으며, 지역별로 서울을 4지역으로 구분하였을 때 북동지역이 가장 초과회수가 많았고, 그 다음이 남동지역으로 서울의 주풍향인 편서풍의 영향으로 오존농도가

동쪽에서 높은 것을 알 수 있다.

3. 오존 생성에 영향을 미치는 인자를 파악하기 위해 관련된 대기오염 물질인 질소산화물과 탄화수소와의 관계를 살펴본 결과 모두 매우 유의한 역상관 관계를 나타냈으나, 질소산화물이 하절기보다 동절기에 높은 점과 NO₂/NO의 비가 5-6월에 높게 나타난 점등으로 이들 오염물질 보다는 기상인자가 오존 생성에 더 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다. 기상인자중 일사량, 풍속, 온도, 습도등과의 상관성을 살펴본 결과 일사량이 가장 상관성이 높은 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

1. 대기환경연구회 : 대기오염개론, 동화기술, 서울, p78 (1995).
2. J. Alejandro Cano-Ruiz, Mark P. Modera and William W. Nazaroff : Indoor Ozone concentrations : ventilation rate impacts and mechanisms of outdoor concentration attenuation, University of California (1992).
3. Edward L. Avol, William S. Linn, Theodore G.

- Venet, Deborah A. Shamoo, and Jack D. Hackney : Comparative respiratory effects of Ozone and Ambient Oxidant pollution exposure during heavy exercise, JAPAC, 34:804(1984).
4. 김영성 : 1991-1993년 사이 우리나라의 오존농도 변화, 한국대기보전학회지, 12(1):55 (1996).
 5. Weston K. J. : Mass budget studies of photochemical ozone production over the U.K., Atmos. Environ., 23:1349 (1989).
 6. 東京都 : 東京都 環境白書, p.91(1996).
 7. 大阪府 : 大阪府 環境白書, p.13(1996).
 8. 윤마병, 정용승 : 충북 청원군에서 관측된 지표면 부근의 오존, 한국대기보전학회지, 11(1):85 (1995).
 9. 전병일 : 부산 연안역의 고농도 오존일의 예측기법 개발과 오존농도수치 모의, 부산대학교 대학원 박사학위 논문, p.119 (1997).
 10. 전의찬 : 광화학 산화제의 단기예측 모형 개발 - 서울시를 중심으로 -, 서울대학교 대학원 박사학위 논문, p.117 (1996).
 11. 이기원, 권숙표, 정용 : 서울시 대기중 오존오염도의 연도별 변화와 그 영향인자 분석 - 광화문 지역을 중심으로 -, 한국대기보전학회지, 9(1):107 (1993).
 12. 정용, 장재연, 권숙표 : 서울시 대기중 오존의 오염도와 그 영향인자 분석, 한국대기보전학회지, 2(1):73 (1986).
 13. N. C. Possiel and W. M. Cox : The relative effectiveness of NOX and VOC strategies in reducing Northeast U.S. Ozone concentrations, Water, Air and Soil Pollution, 67:161 (1993).
 14. Tataki Mizuno, Hirishi Yoshikado, Hiroaki Kondo, Susumu Yamamoto, Osayuki Yokoyama and Keizo Kobayashi : Study on photochemical air pollution, especially on the behavior of Ozone in the lower atmosphere, Kogai Shigen Kenkyusho Hokoku, 30:81 (1984).
 15. Gary Thayer, R. Wayne Hardie and Adrian Barrera Roldan : Development of pollution reduction strategies for Mexico city : estimating cost and ozone reduction effectiveness, NTIS contract W-7405-Eng-36