

통계분석을 이용한 광주지역 대기오염도

서광엽[†] · 백계진 · 신대운*

광주광역시보건환경연구원, *조선대학교 환경공학부

An Assessment of Air Quality Using Statistical Analysis in Gwangju Area

Gwang Yeob Seo[†] · Ke Jin Paik · Dae Yewn Shin*

Public Health and Environment Institute of Gwangju City

*Department of Environmental Engineering Chosun University

(Received Sep. 13, 2004/Accepted Dec. 2, 2004)

ABSTRACT

We investigate changing characteristics and concentration distribution of ambient air quality using data from which obtained local ambient air monitoring network and local meteorological measuring sites in Gwangju area from January to December in 2003. Sulfur dioxide (SO₂) showed that increase from 8 AM and decrease in 6 PM but, it was not drastically changed concentration. it also 0.010 ppm in 1995 from at this time it's decrease step by step and than some constant in year 2001 to 2003. Nitrogen dioxide (NO₂) concentration was showed highest peak in 10 AM and increase again at 6 PM. And also it showed peak concentration (0.026 ppm) in 2001 and decreased from after that times. Ozone was showed peak concentration in 1 PM and Nitrogen dioxide was ditto in 10 AM from this data, we can conclude that this two article ws showed chemical reaction by 3 to 5 hours. There was no case of Ozone alarm in Gwangju area since 1995, but it showed highest ozone concentration (over 0.070 ppm) in May and June of the year and 2 to 4 PM of the day and sometimes it showed increase at the dawn. Ozone product optimum condition was that air temperature is over 25°C, no rain and increase solar radiation (over 20 MJ/m²) and no wind or below 2.0 m/s wind speed.

Keywords: sulfur dioxide, nitrogen dioxide, ozone alarm, wind rose, correlation coefficient

I. 서 론

대기 중에 존재하는 오염물질은 각종 공장, 주택, 자동차, 석유화학제품 제조시설, 주유소 등에서 다양하고 복잡한 오염물질이 배출되고 있으며, 이 오염물질들은 인체나 동·식물에 유해한 영향을 미친다는 것을 누구나 다 알고 있는 사실이다. 하지만 아직도 대기오염에 대한 관심과 이해가 부족하여 노천소각이나 낙엽을 태우거나 하는 행위를 하고 있으며, 대기환경 개선을 위한 연구투자 또한 미비한 실정이다.

최근 수도권을 비롯한 대도시에서의 인구집중과 증가, 자동차 수의 증가, 산업규모 확대 등에 따라 대기오염물질은 더욱 다양화하고 있는 실정이다. 이에 따라

대기오염에 의한 건강피해 유형 역시 복잡해지고 있다. 하지만 이처럼 많은 오염물질 중에서 아황산가스 등 몇 개 항목만이 환경기준을 통해 관리되는 이유는 이들 오염물질의 배출량이 다른 오염물질에 비해 상대적으로 많으며, 분석방법이 비교적 용이하여 대기오염 상태를 전반적으로 파악할 수 있는 지표가 되기 때문이다.

1980년대 이후부터 정부의 청정연료 및 저황유 공급의 확대 추진에 따라 SO₂와 CO의 배출량이 점차 감소하고 있다. 반면에 최근 들어 자동차의 증가와 유기용제 사용증가 등으로 인하여 NO₂, 미세먼지, 오존의 오염도는 증가추세에 있으며 오존의 오염도가 환경기준치인 시간당 0.100 ppm을 초과하는 사례가 빈번하고 있어 대도시 지역에 있어 주민들의 건강피해에 대한 우려와 함께 시정장래의 한 요인으로 관심을 모으고 있다.¹⁾

도시지역 대기오염농도에 영향을 미치는 인자 중에서

[†]Corresponding author : Public Health and Environment Institute of Gwangju City
Tel: 82-62-380-1854, Fax: 82-62-375-9022
E-mail : sky521@chol.com

가장 크게 영향을 주는 요소는 기상인자로 알려져 있으며, 외국의 여러 자료에서도 풍속과 대기오염도 관계는 역비례 관계가 있다는 것이 잘 나타나 있다. 또한 대도시 내 고층건물은 건축물의 배치형태, 높이, 도로 폭 등에 따라 복잡한 기상변화를 나타나게 되며, 이러한 변화는 오염물의 배출량과 난류확산 및 바람수송으로 인한 대기오염 농도분포에 영향을 미치게 되므로 이들을 지배하는 기상인자는 대기오염의 이해에 중요한 것이다.^{2,4)}

따라서 대기오염도 자료의 종합적이고 과학적인 분석을 통해 정확한 대기오염 현황을 파악하고 합리적인 환경기준의 설정, 배출규제지역 계획 등 대기관리 계획수립에 필요한 기초자료의 확립이 절실한 실정으로 본 연구에서는 광주광역시에 위치한 농성동, 두암동, 송정동, 충금동 측정지점을 대상으로 아황산가스(SO₂), 이산화질소(NO₂), 오존(O₃), 일산화탄소(CO), 미세먼지(PM-10)의 측정자료와 광주지방기상청의 기상자료인 기온, 상대습도, 풍향, 풍속, 일사량, 시정거리, 전운량, 현지기압을 중심으로 시간대별 변화특성을 알아보고, 통계학적으로 분석하여 대기관리 계획수립에 기초자료로 활용코자 통계프로그램인 SAS(Statistical Analysis System)를 사용하여 각 항목간의 상관성을 산출하였으며, 대기오염농도와 기상인자들과의 관련성 구조를 규명하여 기상인자가 대기오염에 미치는 영향을 연구하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상지역 및 연구방법

광주광역시의 대기오염도와 기상자료의 상관관계를 조사하기 위해 광주광역시 대기오염측정망인 농성동,

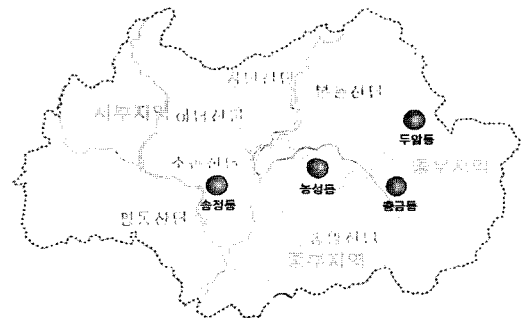


Fig. 1. Map of air monitoring site in Gwangju.

두암동, 송정동, 충금동 측정소와 광주지방기상청의 1년간(2003년 1월 1일~12월 31일)의 자료를 토대로 시간대별, 일별, 월별, 계절별(봄(3, 4, 5월), 여름(6, 7, 8월), 가을(9, 10, 11월), 겨울(12월 1, 2월))로 분석하였다. 특히 고농도 오존(0.070 ppm 이상)이 발생하는 날의 질소산화물과 기상자료를 분석하여 광주광역시의 고농도 오존현상이 발생하는 원인을 규명하고자 하였으며, Fig. 1은 연구대상 지역인 광주광역시의 대기오염 측정망 위치를 나타낸 지도이다.

2. 연구방법

본 연구에서 사용되는 자료는 2003년 1월부터 12월까지의 시간 평균자료이며 대기오염도는 광주광역시에서 운영중인 농성동, 두암동, 송정동, 충금동 지점에서 측정된 자료이다. 여기에 사용된 측정기기는 Table 1과 같으며, 기상자료는 광주지방기상청에서 측정한 자료이며, 측정지점 풍속계의 지상높이 등을 Table 2에 나타냈다.

Table 1. Instruments for measuring air pollution

Component	Instrument	Method	Supplier
SO ₂	SO ₂ analyzer	Pulse U.V.-fluorescence	Dasibi, M/L, Kimoto
CO	CO analyzer	Non-Dispersive Infrared	Dasibi, M/L, Kimoto
O ₃	O ₃ analyzer	U.V. Photometric Chemiluminescent	Dasibi, M/L, Kimoto
PM-10	PM-10 analyzer	β-ray Absorption	Wedding, Dasibi, Verewa, Kimoto
NO ₂	NO ₂ analyzer	Chemiluminescent	Dasibi, M/L, Kimoto

Table 2. The status of meteorological observatory⁵⁾

(Unit : m)

NL	EL	H	Hb	Ht	ha	hr
35.10	126.54	70.5	71.3	1.5	17.5	0.6

NL: The north latitude, EL: The east longitude, H: Height of observation field above mean sea level, Hb: Height of barometer above mean sea level, Ht: Height of thermometer above the ground, ha: Height of anemometer above the ground, hr: Height of rain gauge above the ground

2. 통계처리

최근에는 거의 모든 학문에서 통계학을 응용하는 경우가 많다. 특히 통계분석 중 상관분석을 많이 응용하는데 상관분석이라 함은 두 변수 또는 여러 변수간에 밀접도를 나타내는 것으로, 본 연구에서는 대기오염측정망에서 측정된 아황산가스, 이산화질소, 오존, 일산화탄소, 미세먼지와 광주지방기상청에서 측정한 풍향, 풍속, 기온, 상대습도, 일사량, 시정거리, 전운량, 현지기압의 1시간 평균자료를 토대로 통계프로그램인 SAS를 이용하여 각 항목간의 상관성을 비교·분석하였다.

III. 결과 및 고찰

I. 대기오염농도의 시간대별, 월별 변화특성

1) 아황산가스(SO₂)

광주광역시에서 운영·관리하고 있는 지점인 농성동, 두암동, 송정동, 충금동의 대기오염도 자료 중 2003년 1월 1일부터 12월 31일까지의 시간자료를 산술 평균하여 시간대별로 정리하였으며, SO₂, NO₂, O₃, CO의 하루 중 시간대별 변화특성을 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 2에서 SO₂는 일출 후 오전 8시부터 증가하다가 18시부터 감소하는 경향을 보여주고 있으며 큰 농도 변화율은 나타나지 않았다. 다른 광역자치단체(0.004~0.007 ppm)와 거의 비슷한 결과를 나타내고 있으며,⁶⁾ Fig. 3에서와 같이 연도별로 비교 검토한 결과, 1995년

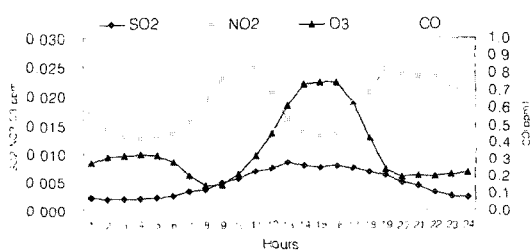


Fig. 2. The variation of air pollution in each hour in Gwangju.

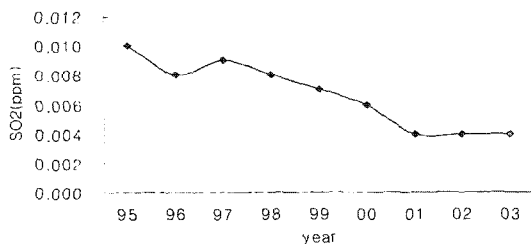


Fig. 3. The variation of SO₂ in each year in Gwangju.

0.010 ppm에서 점차적으로 감소하여 2001년부터 2003년까지는 0.004 ppm으로 변화 없이 일정하게 유지되고 있다. 이는 연료사용이 점차적으로 고체연료나 액체연료에서 황분이 적은 저유황의 액체연료나, 기체연료의 사용이 증가됨⁷⁾에 따라 SO₂의 농도 변화율이 크지 않은 것으로 사료된다.

2) 이산화질소(NO₂)

NO₂의 농도 변화를 살펴보면 Fig. 2와 같이 오전 10시에 가장 높은 농도를 나타냈으며 오후 18시 이후부터 다시 농도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 자동차나 난방연료의 연소 과정에서 배출되는 NO가 NO₂로 변화됨에 따라 출·퇴근시간대보다 조금 늦게 농도가 올라가는 것을 나타내고 있으며, Fig. 4와 같이 연도별 이산화질소의 변화를 보면 2001년도에 최고농도인 0.026 ppm에서 점차 감소하는 추세이며, 서울, 부산, 인천 등 다른 광역시(0.026~0.038 ppm)보다 아주 깨끗한 편이다.

3) 오존(O₃)

Fig. 2에서와 같이 O₃의 경우 일사량이 가장 많은 14시에서 16시 사이가 가장 높게 나타났으며 과거와는 달리 새벽에 농도가 올라가는 경향이 보이는 이봉형태로 나타나고 있으며 O₃을 생성하는 가장 큰 원인은 자동차 증가에 따라 질소산화물과 탄화수소계통의 오염물질이 증가됨에 따라 농도가 증가되고 있는 것으로 사료된다. 질소산화물은 하루 중 10시에 최고농도가 되며, 오존은 하루 중 13시 이후에 최고농도가 나타나는

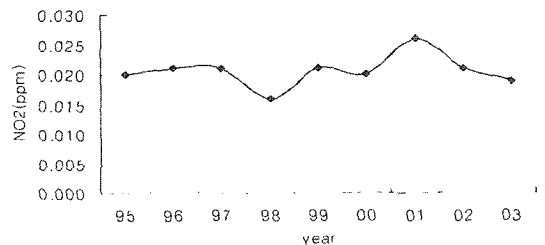


Fig. 4. The variation of NO₂ in each year in Gwangju.

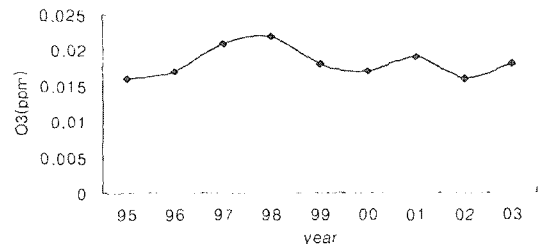


Fig. 5. The variation of O₃ in each year in Gwangju.

Table 3. Frequency of order on ozone alarm (2003)

	Total	Seoul	Busan	Daegu	Incheon	Gwangju	Daejeon	Ulsan	Gyeonggi	Chungbuk	Cheonnam	Gyeoeobug	Gyeongnam
Days	17	2	2	4	2	-	-	2	8	1	3	-	-
Times	48	2	5	7	2	-	-	4	23	1	4	-	-

Table 4. Frequency of yearly order on ozone alarm (Nation)

Month	Year										
	Total	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	
Total	106 (289)	1 (2)	6 (11)	12 (24)	14 (38)	16 (41)	17 (52)	15 (29)	9 (45)	17 (48)	
May	11 (34)	-	-	-	4 (12)	1 (1)	1 (2)	1 (2)	-	4 (17)	
Jun.	41 (123)	-	2 (3)	4 (10)	1 (1)	10 (29)	8 (21)	4 (8)	5 (36)	5 (15)	
Jul.	24 (68)	1 (2)	1 (3)	6 (11)	3 (3)	1 (2)	5 (26)	3 (7)	1 (6)	3 (8)	
Aug.	21 (33)	-	3 (5)	2 (3)	2 (2)	3 (6)	2 (2)	6 (11)	-	4 (4)	
Sept.	10 (30)	-	-	-	4 (20)	1 (3)	1 (1)	1 (1)	2 (2)	1 (4)	
Oct.	1 (1)	-	-	-	-	-	-	-	1 (1)	-	

것으로 보아 다른 복잡한 어떤 발생요인이 있었지만 단순 평가 시 질소산화물과 반응시간은 3~5시간 소요되는 것으로 판단된다.

오존경보제가 시행된 1995년 이후 9년이 지난 지금까지 Table 3에서와 같이 광주지역에서는 단 한차례의 오존경보를 발령한 적이 없으며, 이점을 고려하여 대기오염도를 관장한다면 아직 광주지역은 깨끗하고 청정한 도시라 할 수 있겠다. Table 4에서와 같이 다른 지역(타시도)의 경우 6월, 7월, 8월에 전체발령일(81.9%) 및 발령횟수(78.3%)가 집중되어 있는 특성을 가지고 있다. 이와 직접 비교하기는 곤란하나 광주지역 오존의 특성을 살펴보면 고농도 오존(0.070 ppm 이상) 발생일수를 월별 측정소별 분석한 결과 Table 5와 Fig. 6에서와 같이 고농도 오존 발생확률이 5월, 6월(70%, 5월-46%, 6월-24%)에 집중되어 있으며, 과거 오존 최고농도를 살펴보면 2000년 6월 15일 15시에 107 ppb, 2003년도 5월 23일 17시에 109 ppb가 나타났으며, 이를 보면 광주지역의 고농도 오존 발생가능성이 큰 시기는 5월, 6월임을 단편적으로 보여주고 있다. 광주지역의 고농도 오존 발생은 Table 6에서와 같이 일 최고온도가 25°C 이상으로 기온이 상승하여야 하며, 또한 하루 일사량 합계가 20 MJ/m² 이상으로 몇 일간 지속하여야 하며, 풍속은 2.0 m/s 이하로

Table 5. The frequency of highly ozone concentration occurrence in each month in Gwangju (over 0.070 ppm hourly data)

Month	Site				
	Total	Nongseong	Duam	Songjeong	Chunggum
Total	153	56	3	11	73
Feb.	6	2	3	1	-
Mar.	7	-	-	-	7
May	65	24	-	1	40
Jun.	34	14	-	3	17
Jul.	6	2	-	-	4
Aug.	4	-	-	-	4
Sept.	2	1	-	-	1
Oct.	16	13	-	3	-
Nov.	3	-	-	3	-

이 세가지 조건이 충족되었을 때 고농도 오존이 발생할 가능성이 크다. 고농도 오존이 발생된 이후에 새벽이나 저녁에도 고농도 오존이 측정되는 것은 자연적으로 소멸시킬 수 있는 자정능력을 초과하여 계속적으로 누적되어 생성되기 때문인 것은 사료되며, 비가 온다 할지라도 오존이 바로 소멸되는 것이 아니라 점진적으로 소멸된다.

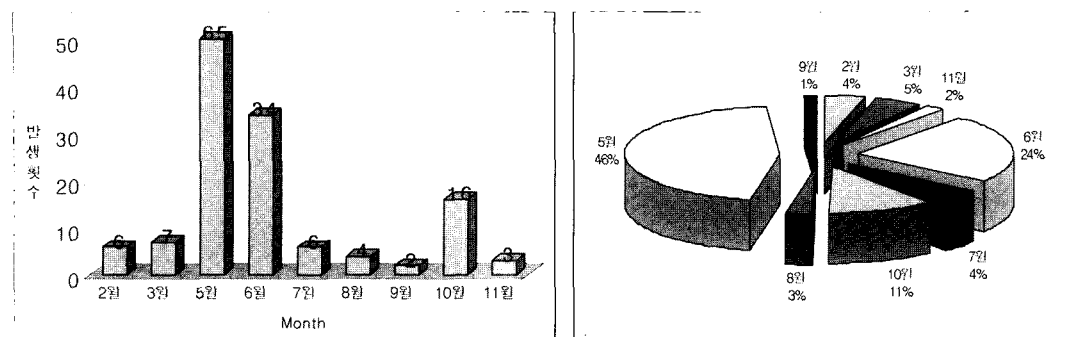


Fig. 6. The frequency of high ozone concentration occurrence in each month (over 0.070 ppm).

Table 6. The status of meteorological data on the day before high ozone concentration (over 0.070 ppm) day (May, 2003)

Day	Temp. (°C)			TCV (%)	Hum (%)	SR (MJ)	Rain	WS (m/sec)	
	Avg.	Max.	Min.					Avg.	Max.
16	19.6	26.9	15.2	61	70.8	24.02	-	1.9	6.0
17	19.7	26.3	14.8	30	66.7	21.92	-	1.6	4.1
18	19.7	26.2	14.8	63	66.7	20.84	-	1.3	3.4
19	19.5	26.4	14.3	32	59.8	25.40	-	1.6	3.8
20	18.8	25.5	13.9	16	58.3	22.85	-	1.7	4.6
21	19.5	26.4	13.6	23	62.0	23.32	-	1.4	3.5
22	20.8	27.4	15.7	52	64.2	20.33	-	1.4	4.8
23	21.8	28.6	14.8	42	59.8	22.51	-	1.9	5.1

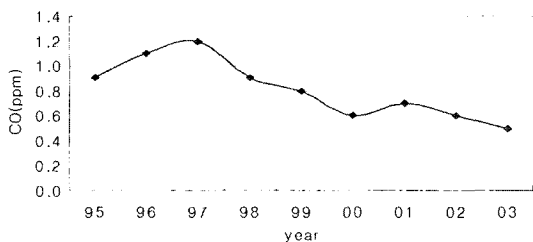


Fig. 7. The variation of CO in each year in Gwangju.

4) 일산화탄소(CO)

CO의 변화특성을 살펴보면 Fig. 7와 같이 1997년에 최고농도(1.2 ppm)를 나타내다가 점차 감소하고 있으며, 다른 광역자치단체(0.6~0.7 ppm)와 비교 시 가장 낮은 오염도(0.5 ppm)를 나타내고 있다. Fig. 2와 같이 출근시간대인 8시에서 10시 사이, 18시부터 22시 사이 하루 중 두 번의 변화 폭을 보이고 있다. 이는 출근시간과 퇴근시간대의 자동차로 인한 영향과 난방을 위한 연료의 연소과정에서 배출되는 것으로 사료된다. 또한 하루 중 사람들의 활동이 적은 14시에서 16시 사이가 가장 낮은 농도를 나타내고 있어 겨울철 난방 연료의

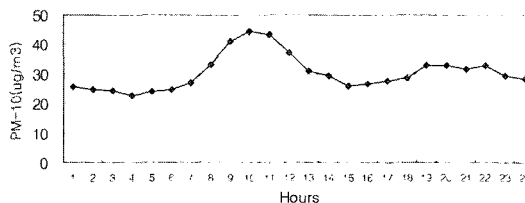


Fig. 8. The variation of PM-10 in each hour in Gwangju.

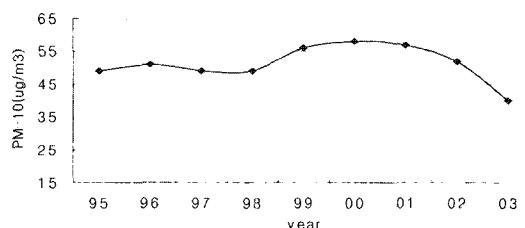


Fig. 9. The variation of PM-10 in each year in Gwangju.

감소와 자동차 통행량의 감소에 따른 것으로 사료된다.

5) 미세먼지(PM-10)

Fig. 8에서와 같이 시간대별로 평가한 결과 오전시간대인 10시에 최고농도가 나타났으며, 11시 이후에 점차

Table 7. The number of CNG (compressed natural gas) buses replaced by diesel fuel bus in each city and province

	Total	Seoul	Busan	Daegu	Incheon	Gwangju	Daejeon	Ulsan	Gyeonggi	Chungbuk	Chunnam	Cheonbuk	Gyeongnam
No. of bus	3776	1113	106	432	413	281	316	116	624	52	38	134	151

감소하다가 15시에 최저농도를 나타냈으며, 다시 18시 이후에 점차적으로 증가하였으며, 변화의 폭은 크지 않았다. 이는 여러 가지요인이 있겠지만 상대습도와 출퇴근시간대인 8~9시 이후와 18시 이후에 높게 나타나는 경향이 있는 것으로 보아 자동차 배출가스에 의한 요인으로 사료된다. Fig. 9에서와 같이 1995년도에 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 점차 증가하여 1997년도에 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 최고농도를 기점으로 하여 점차 감소추세에 있으며, 2003년도의 경우 황사 발생일수가 적었을 뿐만 아니라 발생 시 미세먼지농도가 2002년도에 비해 아주 작게 나타났고 Table 7에서와 같이 경유 시내버스를 대기오염물질 발생량이 비교적 적은 천연가스버스로 교체하는 등 여러 가지 노력의 결과로 여겨진다.

2. 대기오염농도와 기상자료와의 변화 특성

Fig. 10은 PM-10과 대기 중 상대습도의 변화특성을 나타낸 것으로 PM-10은 6시부터 7시 사이가 가장 높게 나타났다가 상대습도가 증가됨에 따라 농도가 감소되어 다시 퇴근시간인 오후 18시부터 증가되는 경향을 보이고 있다.

봄(3, 4, 5월), 여름(6, 7, 8월), 가을(9, 10, 11월), 겨울(12, 1, 2월)로 나누어 계절별로 PM-10의 농도를 살펴본 결과 PM-10은 겨울 > 봄 > 가을 > 여름 순으로 나타났다. 이는 김의 결과와 일치한다.⁸⁾

Fig. 11은 일사량과 상대습도의 분포 특성을 나타낸 것으로 상대습도는 24시 이후부터 9시까지 70% 이상의 상대습도가 유지되다 9시 이후부터 감소하여 15시에 최저를 기록하고 다시 증가하는 곡선을 보이고 있다. 또한 일사량이 증가됨에 따라 상대습도가 감소하는

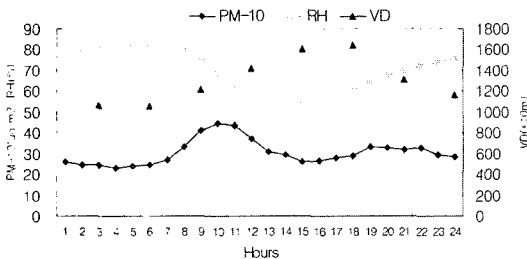


Fig. 10. The variation of PM-10, relative humidity and visible distance in each hour.

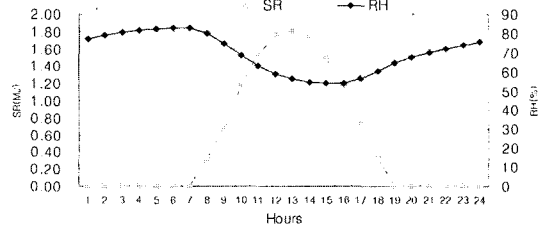


Fig. 11. The variation of relative humidity and solar radiation in each hour.

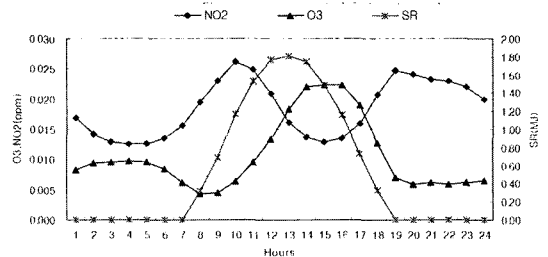


Fig. 12. The variation of NO₂, O₃ and solar radiation in each hour.

경향을 보이고 있다.

Fig. 12는 일사량과 오존의 농도 특성을 나타낸 것으로 오전 9시부터 일사량이 증가됨에 따라 오존농도가 10시부터 증가되어 13시부터 16시 사이에 높은 농도를 나타냈다. 이것은 오존농도는 일사량과 밀접한 관계가 있다는 것을 보여주고 있다. Fig. 12는 NO₂와 일사량과의 분포특성을 나타낸 것으로 오전 7시부터 NO₂의 농도가 증가되다가 일사량이 증가됨에 따라 감소하는 경향을 보이고 있으며 일사량이 감소됨에 따라 다시 증

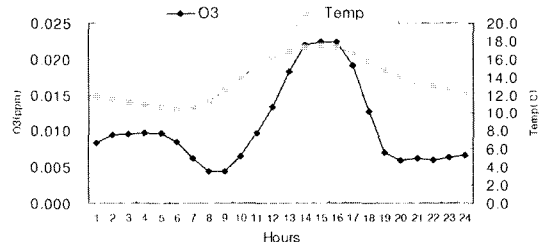


Fig. 13. The variation of O₃ and air temperature in each hour.

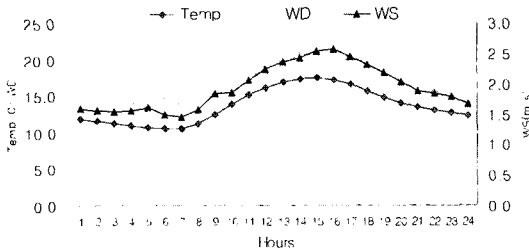


Fig. 14. The variation of air temperature, wind direction and wind speed in each hour.

가하는 경향을 나타내고 있다.

Fig. 13은 기온과 O₃의 분포특성을 나타낸 것으로 일사량으로 인한 기온이 상승됨에 따라 O₃의 농도가 증가되는 경향을 보이고 있다. Fig. 14은 기온과 풍속과의 분포특성을 나타낸 것으로 풍향(WD, Wind Direction)과 풍속(WS, Wind Speed)은 대기 중에 배출된 오염물질의 시·공간적인 이동 및 확산에 큰 영향을 미치는 기상인자로 낮 시간 동안 기온이 올라감에 따라 풍속이 증가되는 경향을 보이고 있다.

시정거리의 감소의 주요 원인은 먼지 즉 부유분진과 대기 중으로 배출된 SO₂와 NO_x의 2차 생성물인 황산염과, 질산염과 인위적인 연소활동으로 생성된 유기물 입자들에 의한 태양복사의 산란에 의해 야기된다. 황산염, 질산염과 유기물입자는 대개 2.5 μm 이하의 작은 입자(fine particle)이다. 특히 높은 상대습도(예, >80%)에서 황산염과 질산염은 수증기를 흡수하여 질량이 증가하며, 이러한 수적들과 함께 수증기는 종종 대기 중 작은 입자 질량의 대부분을 차지한다.⁹⁾ 이것은 도심지역에서 아침에 미스트를 발생시켜 도시시정을 감소시키는 주요 요인이다. 한편 황산염, 질산염과 같은 작은 입자의 산란에 의한 시정감소 외에도 오늘날 자동차 수의 급속한 증대는 광주와 같은 대도시에서 광화학스모그에 의한 시정감소가 예상되며, 자동차에서 배출되는 NO_x는 1차적으로 가시광선의 청색영역을 잘 흡수하여 오염된 도시대기의 황갈색(brownish)에 부분적(<10%)으로 기여할 뿐만 아니라,¹⁰⁾ NMHC(non-methane hydrocarbons)와 태양복사와의 광화학반응에 의해 O₃을 비롯한 Aldehyde, PAN 등의 산화제는 인체와 식물에 매우 유독한 독성물질로 알려졌다.¹¹⁾ 이러한 광화학스모그는 오늘날 자동차 대수의 증가로 인한 NO_x, NMHC의 대기 중 농도증대에 원인이 있으며, 기온과 상대습도(<70%)가 높은 따뜻한 계절에 자주 발생한다. 그러나 안개와 같이 상대습도가 높을 때는 (>95%) 오존(O₃)이 Sink 되어 광화학스모그가 발생하지 않는다.¹²⁾

2003년 1월 01일 01시 - 2003년 12월 31일 24시 (시간대:01시 - 24/1)

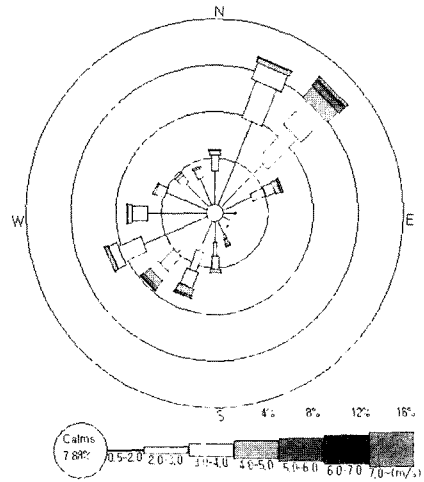


Fig. 15. The wind rose of Gwangju area in 2003.

시정거리의 Fig. 10에 시간대별 변화를 나타냈으며, 시정거리는 90 m~35,000 m이며, 평균 13,100 m로 관측되었다.

Fig. 15는 광주지역의 2003년도 바람장미(Wind Rose)를 그린 것으로 무풍(1m/sec 이하)일 확률이 7.88%이고 주 풍향은 NE이며, 주로 2~3m/sec의 풍속을 나타내고 있으며, 연중 최대 풍속은 5월 30일 10.7m/sec이며 연평균 풍속은 1.9 m/sec로 나타났다. 계절별로 살펴보면, 계절에 따른 바람장미(Wind Rose)는 Fig. 16과 같으며, 무풍일 확률은 봄(3, 4, 5월) 7.84%, 여름(6, 7, 8월) 6.97%, 가을(9, 10, 11월) 9.80%, 겨울(12, 1, 2월) 6.90%로 가을철에 가장 무풍일 가능성이 크며, 주 풍향은 봄, 가을은 NE이며, 겨울은 NNE, 여름은 SSW로 사계절 중 여름철을 제외한 모든 계절에서 NE임을 알 수 있고, 주 풍향에서 빈도수에 따른 풍속을 살펴보면 봄, 가을, 겨울철의 풍속은 모두 0.5~2.0 m/sec이고, 여름철에는 약간 센 2.0~3.0 m/sec임을 알 수 있으며, 계절별 최대풍속을 보면, 봄 10.7m/sec, 여름 8.4m/sec, 가을 10.2 m/sec, 겨울 9.2 m/sec이며, 계절별 평균 풍속은 봄 2.2 m/sec, 여름 2.1 m/sec, 가을 1.7 m/sec 겨울 1.8 m/sec로 나타났다.

3. 대기오염도와 기상인자의 관련성 분석

2003년 1월부터 12월까지 측정된 대기오염도와 기상인자와의 관련성을 검토하기 위해 단순 상관분석, 단순 회귀분석을 하였다

Table 8은 대기오염도와 기상인자들 사이의 관계를 단순상관계수로 나타낸 것이다. 기온(Temp. Temperature)

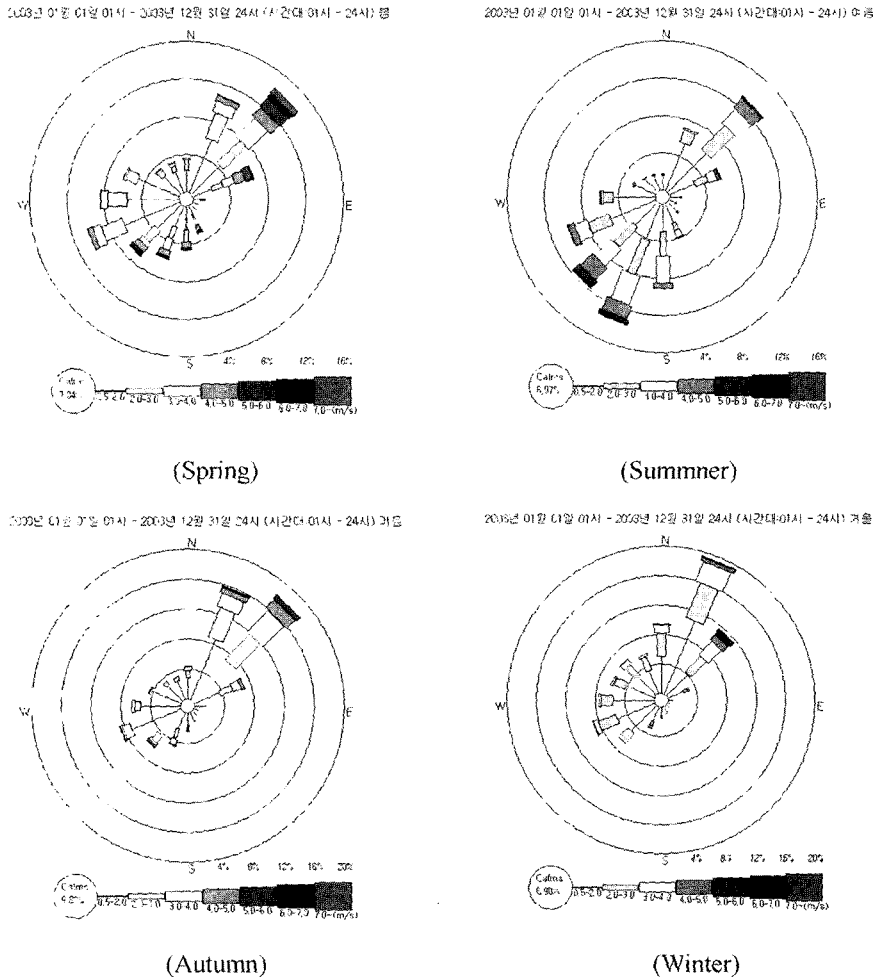


Fig. 16. The wind rose of four seasons in Gwangju area in 2003.

Table 8. The correlation coefficient between each items

	Temp	WD	WS	RH	SR	VD	TCV	AP	SO ₂	NO ₂	CO	PM-10	O ₃
Temp	1.00												
WD	0.02	1.00											
WS	0.13*	-0.09*	1.00										
RH	0.04*	-0.07*	-0.17*	1.00									
SR	0.32*	0.10*	0.08*	-0.62*	1.00								
VD	0.18*	-0.09*	0.25*	-0.52*	0.19*	1.00							
TCV	0.19*	0.01	0.16*	0.39*	-0.45*	-0.18*	1.00						
AP	-0.73*	-0.07*	-0.17*	-0.35*	0.01	0.12*	-0.38*	1.00					
SO ₂	-0.33*	0.11*	-0.02*	-0.31*	0.05*	0.01	-0.16*	0.38*	1.00				
NO ₂	0.02	-0.03*	-0.24*	-0.08*	-0.05*	-0.11*	-0.14*	0.00	0.10*	1.00			
CO	-0.39*	0.02*	-0.08*	-0.19*	0.02	-0.15*	-0.13*	0.30*	0.24*	0.29*	1.00		
PM-10	-0.06*	0.13*	-0.19*	-0.21*	0.17*	-0.30*	-0.31*	0.11*	0.33*	0.34*	0.16*	1.00	
O ₃	0.37*	0.12*	0.34*	-0.50*	0.48*	0.25*	-0.03	-0.26*	-0.04*	-0.16*	-0.06*	0.10*	1.00

과 현지기압(AP, Atmospheric Pressure), 상대습도(RH, Relative Humidity)와 일사량(SR, Solar Radiation), 상대습도와 시정거리(VD, Visible Distance), 상대습도와 O₃만이 상관계수 0.5 이상으로 비교적 높은 상관계수를 보였으나 다른 인자들간의 상관계수는 높게 나타나지 않았다.

SO₂와 CO, NO₂는 대체적으로 역의 상관관계를 나타내고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 주로 기온이 낮은 계절에 난방을 위한 연료 사용량의 증가에 따른 배출량의 증가가 그 요인으로 작용된 것으로 사료된다.

SO₂와 다른 인자들간의 상관관계를 살펴보면 기온, 현지기압, PM-10만이 약간의 상관성을 보일 뿐 다른 인자들과의 상관성은 없는 것으로 생각된다. NO₂는 CO, PM-10만이 약간의 상관성을 보이고, O₃는 상대습도, 일사량과 높은 상관성을 보이며, 기온과도 약간의 상관성을 보이고 있다.

Table 7에 나타난 상관계수를 토대로 단순회귀분석을 실시한 결과 기온(Temp.) = -0.8441 × 현지기압(AP) + 8660.1369(R² = 0.5083), 상대습도(RH) = -0.1221 × 일사량(SR) + 75.2028(R² = 0.3163), 전운량(TCV, Total Cloud Volume) = 0.1075 × 상대습도(RH) - 0.9624(R² = 0.3063), 오존(O₃) = -0.3883 × 상대습도(RH) + 45.8858(R² = 0.3131)과 같은 4개의 식이 산출되었으며, 그 외항목간의 상관성 분석은 아주 낮게 나타났다.

IV. 결 론

2003년 1월부터 12월까지 1년간 광주광역시에서 운영관리 중인 지역대기측정망에서 측정된 대기오염자료와 광주지방기상청에서 관측된 기상자료를 이용하여 그들의 농도분포와 변화특성을 조사하고 통계분석을 통하여 관련성을 검토하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아황산가스(SO₂)는 일출 후 오전 8시부터 증가하다가 18시부터 감소하는 경향을 보여주고 있으며 큰 농도 변화율은 나타나지 않았으며, 다른 광역자치단체(0.004~0.007 ppm)와 거의 비슷한 결과를 나타내고 있으며, 1995년 0.010 ppm에서 점차적으로 감소하여 2001년부터 2003년까지는 0.004 ppm으로 변화 없이 일정하게 유지되고 있다.

2. 이산화질소(NO₂)의 농도 변화는 오전 10시에 가장 높은 농도를 나타냈으며 오후 18시 이후부터 다시 농도가 증가하는 경향을 보이고 있으며, 연도별 변화는 2001년도에 최고농도인 0.026 ppm에서 점차 감소하는 추세이며, 서울, 부산, 대구, 인천 등 다른 광역시

(0.026~0.038 ppm)보다 아주 깨끗한 편이다.

3. 이산화질소는 하루 중 10시에 최고농도가 되며, 오존은 하루 중 13시 이후에 최고농도가 나타나는 것으로 보아 다른 복잡한 어떤 발생요인이 있겠지만 단순 평가시 질소산화물과 반응시간은 3~5시간 소요되는 것으로 판단된다.

4. 광주지역 오존경보 발령현황은 1995년 시행 이후 단 한차례도 없었으며, 다른 지역의 경우 6월, 7월, 8월에 전체발령일(81.9%) 및 발령횟수(78.3%)가 집중되어 있는 특성을 가지고 있으며, 이와 직접 비교하기는 곤란하나 광주지역 고농도오존(0.07 0ppm 이상) 발생일은 5월, 6월에 집중(70%)되어 있으며, 오존(O₃)의 경우 일사량이 가장 많은 14시에서 16시 사이가 가장 높게 나타났으며 과거와는 달리 새벽에도 농도가 올라가는 경향이 보이는 이봉형태로 나타나고 있으며, 발생조건은 강우가 없어야하며, 기온(최고기온 25°C 이상), 일사량(20.00 MJ/m³ 이상)의 지속적인 증가와 무풍 또는 2.0 m/sec 이하의 풍속일 경우로 사료된다.

5. 바람장미(Wind Rose)를 살펴보면 광주지역은 무풍(1 m/sec 이하)일 확률이 6.90~9.80%이며, 연 주 풍향은 NE이며, 주로 2~3 m/sec의 풍속을 나타내고 있다. 계절별 풍향은 봄, 가을은 NE이며, 겨울은 NNE, 여름은 SSW로 사계절 중 여름철을 제외한 모든 계절에서 NE로 나타났으며, 주 풍향에서 빈도수에 따른 풍속을 살펴보면 봄, 가을, 겨울철의 풍속은 모두 0.5~2.0 m/sec이고, 여름철에는 약간 센 2.0~3.0 m/sec임을 알 수 있다.

6. 기온과 현지기압, 상대습도와 일사량, 상대습도와 시정거리, 상대습도와 O₃만이 상관계수 0.5 이상으로 비교적 높은 상관계수를 보였으나 다른 인자들간의 상관계수는 높게 나타나지 않았으며, SO₂와 CO, NO₂는 대체적으로 역의 상관관계를 나타내고 있으며, 상관계수를 토대로 단순회귀분석을 실시한 결과 기온(Temp.) = -0.8441 × 현지기압(AP) + 8660.1369(R² = 0.5083), 상대습도(RH) = -0.1221 × 일사량(SR) + 75.2028(R² = 0.3163), 전운량(TCV) = 0.1075 × 상대습도(RH) - 0.9624(R² = 0.3063), 오존(O₃) = -0.3883 × 상대습도(RH) + 45.8858(R² = 0.3131)로 나타났다.

참고문헌

1. 김윤신 : 대기오염과 시민건강. 한양대학교 산업의학 교실, 2001.
2. 나진균 외 6인 : 대기오염 예측을 위한 대기안정도와 혼합고 분석에 관한 연구. 국립환경연구원소보, 17-33, 1985.

3. Wilkins, E. T. : Air pollution in a london smog. *Mechanical Engineering*, 426-429, 1954.
4. Fukuko, Y. : Meteorological study of air pollution. Faculty of Education. Fukushima Univ. Sci. Rep., **23**, 51-61, 1973.
5. 에니텍 홈페이지 : (http://www.enitech.com/technology/tech_04.asp).
6. 환경부 : 대기환경연보(2002), 144-163, 2003.
7. 환경부 : 대기환경연보(2003), 266-271, 2004.
8. 서울시의 대기중 SO₂와 TSP의 농도에 관한 연구. 대한보건협회지, **18**(1), 128, 1992.
9. Cover *et al.* : A study of the relation of chemical composition and humidity to light scattering by aerosol. *J. Appl. Meteor* **11**, 968-976, 1972.
10. Finlayson-pitts, B. J. and Pitts, J. N. : Atmospheric chemistry; Fundamentals and experimental techniques. John Wiley, New York, 1098, 1986,
11. Stoker, H. S. and Seager, S. L. : Environmental chemistry air and water pollution scott. *Dallas*, **231**, 1976.
12. 정용승, 김태균, 정재섭 : 도시의 대기오염과 시정감소에 관하여. 한국대기보전학회지, **8**(1), 2, 1992.