

충남 서산지역 대기 중의 오존농도와 그 영향인자와의 관련성

김준겸 · 정용준* · 조영채*

충남보건환경연구원 · 충남대학교 의과대학 예방의학교실*

Relationship Between Ozone Concentrations and Affecting factors in Seosan City of Korea*

Jun-Kyeom Kim · Yong-Jun Jeong* · Young-Chae Cho*

Chung-Nam Institute of Health and Environment

Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine,

*Chungnam National University**

Abstract

This study was conducted to investigate the relation between ozone concentration and the affecting factors in Seosan City of Korea from Jan. 2002 to Dec. 2002. We analyzed the air pollutants such as NO₂, PM₁₀, SO₂, CO and the meteorological factors including solar radiation, air temperature, wind speed and relative humidity. The analytical data were taken statistics by SPSS method. The results were as follows: The seasonal average concentration of ozone were detected 35.0 ppb in Spring, 25.4 ppb in Summer, 23.5 ppb in Autumn and 21.4 ppb in Winter. So the difference of concentrations showed significantly in statistics. The hourly ozone concentration in a day was increased at 7-9 AM, peaked at 3-4 PM. The correlation coefficients was negative to ozone concentration and NO₂, SO₂, CO, relative humidity, but positive to solar radiation, air temperature, wind speed. With stepwise multiple regression analysis on the 8 factors such as NO₂, PM₁₀, SO₂, CO, solar radiation, air temperature, wind speed and relative humidity, the seasonal primary factors were air temperature in spring, relative humidity in summer and solar radiation in autumn and winter.

The above results suggest that ozone is the secondary pollutant by photochemical reaction as the concentration of ozone was increased with the raise of solar radiation.

Key word : Air, Concentration, O₃, NO₂, PM₁₀, SO₂, CO

I. 서론

우리 나라 대기오염의 주 원인은 황산화물(SO_x)과 분진 등으로 대부분의 연구와 정책개발이 이들

물질을 대상으로 이루어지고 있다. 그러나 최근 연료 전환 등으로 황산화물은 감소하고 있는 반면, 자동차의 급격한 증가에 의한 질소산화물과 휘발성 유기화합물 등은 증가하고 있어 이들 물질의

대기 중 광화학 반응으로 발생하는 광화학산화제 관리대책의 중요성이 점차 대두되고 있다¹⁾.

광화학적 오염은 로스엔젤레스나 동경과 같이 자동차 배출가스가 주 오염원이고, 석탄류보다 가스류 연료를 많이 사용하는 지역에서 높게 나타나고 있으며, 1차 오염물질 오염도가 심한 지역의 오존(O₃)농도가 오히려 낮다는 보고²⁾를 고려할 때, 우리 나라도 도시에서의 광화학적 오염도가 앞으로 높아질 가능성이 많다.

광화학 스모그의 원인이 되는 강한 산화력을 가진 O₃이 사람과 동식물에 미치는 영향은 120 ppb 이상 고농도에서의 단시간 노출에서보다는, 80 ppb 정도의 저농도라도 장시간 노출되면 피해가 더욱 큰 것으로 알려져 있다^{3,4,5,6)}.

O₃은 보통 인구와 차량이 밀집된 대도시 산업지역에서 높은 오염도를 나타내고 있고, 생성정도는 전구물질(precursor)의 농도와 기상조건 및 지역 환경인자와 밀접한 관련이 있으며⁷⁾, 계절·일사량·기온·풍속·상대습도 등에 따라서 변한다^{8,9)}.

우리 나라에서의 광화학적 오염 현황 및 그 발생에 영향을 미치는 연구가 주로 서울을 비롯한 대도시 내륙지역을 대상으로 하였으며, 해안도시에 대한 연구는 최소한 상태이다. 2001년도 대기환경연보¹⁰⁾를 보면, 해안 지역의 연평균 O₃농도가 다른 내륙지역보다 1.5배에서 2배정도 높은 값으로 측정되었으며, 전국 52개 도시 중 연평균 30 ppb 이상의 O₃농도가 검출된 5개 도시 모두 해안에 위치한 도시이다.

따라서 본 연구는 서해안에 접하고 있으면서 1990년부터 석유화학단지가 조성되어 가동되고 있는 충남 서산지역을 대상으로 대기중 O₃농도 분포와 계절별, 시간별 변화 특성을 조사하고, 다른 대기오염물질 및 기상인자들과 O₃농도 사이의 관련성을 분석하여 O₃오염으로 인한 피해를 사전에 예방하고, 예보체제를 구축하는 기초자료를 제공할 목적으로 본 조사를 실시하였다.

II. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

충남 서산지역에서 2002년 1월부터 12월까지 1

년 동안 오존(O₃), 이산화질소(NO₂), 미세먼지(particulate matters less than 10 μm in aerodynamic diameter; PM₁₀), 아황산가스(SO₂), 일산화탄소(CO) 등 대기오염물질농도를 측정하였으며, 기상인자로는 일사량, 기온, 풍속, 상대습도를 조사하였다.

2. 조사방법

O₃, NO₂, PM₁₀, SO₂ 및 CO의 측정치는 충청남도보건환경연구원 서산 대기오염측정소에서 매 5분마다 측정된 자료를 이용하였다. 시간평균농도는 5분마다 측정되는 12회 측정값의 평균치로 하였고, 일평균농도는 시간당 측정된 24회 측정값의 평균치로 하였다. 계절평균농도는 봄(3, 4, 5월), 여름(6, 7, 8월), 가을(9, 10, 11월) 및 겨울(12, 1, 2월)로 구분하여 각 3개월 동안의 일평균농도를 평균한 값으로 하였다.

측정방법은 대기오염물질공정시험방법에 따라 O₃은 자외선광도법(UV photometric method), NO₂는 화학발광법(chemiluminescent method), PM₁₀은 베타선흡수법(β-ray absorption method), SO₂는 자외선형광법(pulse UV fluorescence method), CO는 비분산적외선법(non dispersive infrared method)으로 각 항목을 측정하였다.

기상인자는 서산 기상대에서 매시간 관측된 값으로 대기오염물질농도 평균값과 같은 방법으로 일평균값과 계절평균값을 구하였다. 대기오염물질과 기상인자와의 시간대별 변화는 계절별로 구분하여 3개월 동안의 같은 시간대별 평균값으로 비교하였다.

3. 통계처리

측정된 대기오염물질농도와 조사된 기상관측 자료는 SPSSWIN(ver. 10.0) 프로그램을 사용하여 통계처리 하였으며, 대기오염물질과 기상인자의 항목별 계절간 평균치의 차이는 ANOVA test를 하였으며, O₃과 다른 대기오염물질농도 및 기상인자 사이의 관련성은 Pearson 상관계수를 구하였다. 또한 O₃농도에 영향을 미치는 요인분석으로 단계별다중회귀분석(stepwise multiple regression)을 실시하였다.

III. 결 과

1. 대기오염물질과 기상인자의 변화

1) 계절별 변화

대기오염물질에 대한 계절별 오염도 측정결과, O₃ 35.00±10.09 ppb, PM₁₀ 89.59±115.37 µg/m³로 봄에 가장 높게 나타났으며, NO₂ 30.57±15.73 ppb, SO₂ 6.37±2.38 ppb, CO 1.33±1.15 ppm으로 겨울에 가장 높은 농도를 보였다. 반면 SO₂와 CO는 봄에 각각 4.48±2.51 ppb, 0.78±0.33 ppm, NO₂는 여름에 11.35±4.07 ppb, PM₁₀은 가을에 48.04±29.20 µg/m³, O₃은 21.44±8.60 ppb으로 겨울에 각각 가장 낮은 농도치를 보였다.

기상인자의 계절별 변화를 보면, 일사량과 풍속이 각각 17.34±7.20 MJ/m², 3.15±1.30 m/sec로 봄에 가장 높았으며, 기온과 상대습도는 각각 23.15±2.36°C, 79.79±9.33%로 여름에 최대치를 보였다. 각 인자별 최소치는 봄에 상대습도 68.55±13.11%, 가을에 풍속 2.54±1.42 m/sec, 겨울에 일사량 9.46

±4.17 MJ/m², 기온 0.62±3.68°C로 나타났다(표 1).

2) 시간대별 변화

(1) 대기오염물질

O₃농도의 시간대별 변화는 오전 7시에서 9시를 기점으로 증가하기 시작하여 오후 3시에서 4시 사이에 일 최고치를 보였으며, 시간대별 농도변화는 모든 계절에서 일정한 변화 양상을 보였다.

NO₂는 교통량이 많은 아침 시간대에 많이 배출되어 오전 8시에서 9시 사이에 최고치를 나타냈으며, 오후 2시에서 3시 사이에 최저치를 보였다. NO₂의 시간대별 농도 변화는 O₃이 증가함에 따라 감소하는 변화 양상을 보여주고 있다.

PM₁₀은 주로 야간인 22시에서 1시에 높은 값이 측정되었고, 주간에 비교적 낮은 값을 보였다. 봄에는 시간대별 농도 변화가 다른 계절과는 달리 일정하지 않았으며, 주간에도 80 µg/m³ 수준으로 다른 계절에 비하여 높은 농도치를 나타냈다. 여름, 가을, 겨울의 PM₁₀ 농도변화 추세는 유사한 형태로 오후 1시경에 가장 낮은 농도를 나타냈으며,

Table 1. Mean values of air pollutants and meteorological elements in season

(Mean±SD)

Variable	Spring	Summer	Autumn	Winter	p-value
Pollutants					
O ₃ (ppb)	35.00± 10.09	25.41±14.15	23.46± 8.05	21.44± 8.60	0.000
NO ₂ (ppb)	22.01± 8.52	11.35± 4.07	16.56± 7.24	30.57±15.73	0.000
PM ₁₀ (µg/m ³)	89.59±115.37	52.13±22.56	48.04±29.20	58.19±27.16	0.000
SO ₂ (ppb)	4.48± 2.51	5.33± 2.19	6.21± 3.07	6.37± 2.38	0.000
CO(ppm)	0.78± 0.33	0.84± 0.35	1.01± 0.40	1.33± 1.15	0.000
Meteorological elements					
S.R(MJ/m ²)	17.34± 7.20	15.37± 7.83	12.22± 4.74	9.46± 4.17	0.000
Air temp.(°C)	11.43± 5.17	23.15± 2.36	11.95± 7.48	0.62± 3.68	0.000
W.S(m/s)	3.15± 1.30	2.82± 1.43	2.54± 1.42	2.65± 1.44	0.021
R.H(%)	68.55± 13.11	79.79± 9.33	74.29± 9.30	71.05±11.46	0.000

S.R=Solar radiation W.S=Wind speed Air temp.=Air temperature R.H=Relative humidity

그 이후 급격히 증가하는 형태로 나타났다.

SO₂와 CO의 일중 시간대별 농도변화는 오전 8 시에서 9시 사이에 가장 높은 농도를 나타냈고, O₃ 농도가 최고치를 보이는 오후 4시에 SO₂와 CO의 농도치가 가장 낮은 값을 보였다. O₃농도의 변화와 비교하면 각 계절에서 O₃농도가 증가함에 따라 감소하였으며, O₃농도가 감소 시 증가하는 농도변화

를 나타냈다(Fig. 1).

(2) 기상인자

일사량의 시간대별 변화특성을 보면, 오전 6시에 서 7시부터 증가하기 시작하여 오후 1시에 최대치를 나타내고 오후 7시에서 8시까지 지속되었다. 일사량이 최고치를 보인 시점보다 3시간 늦은 시차로 O₃농도는 가장 높은 농도를 나타냈다.

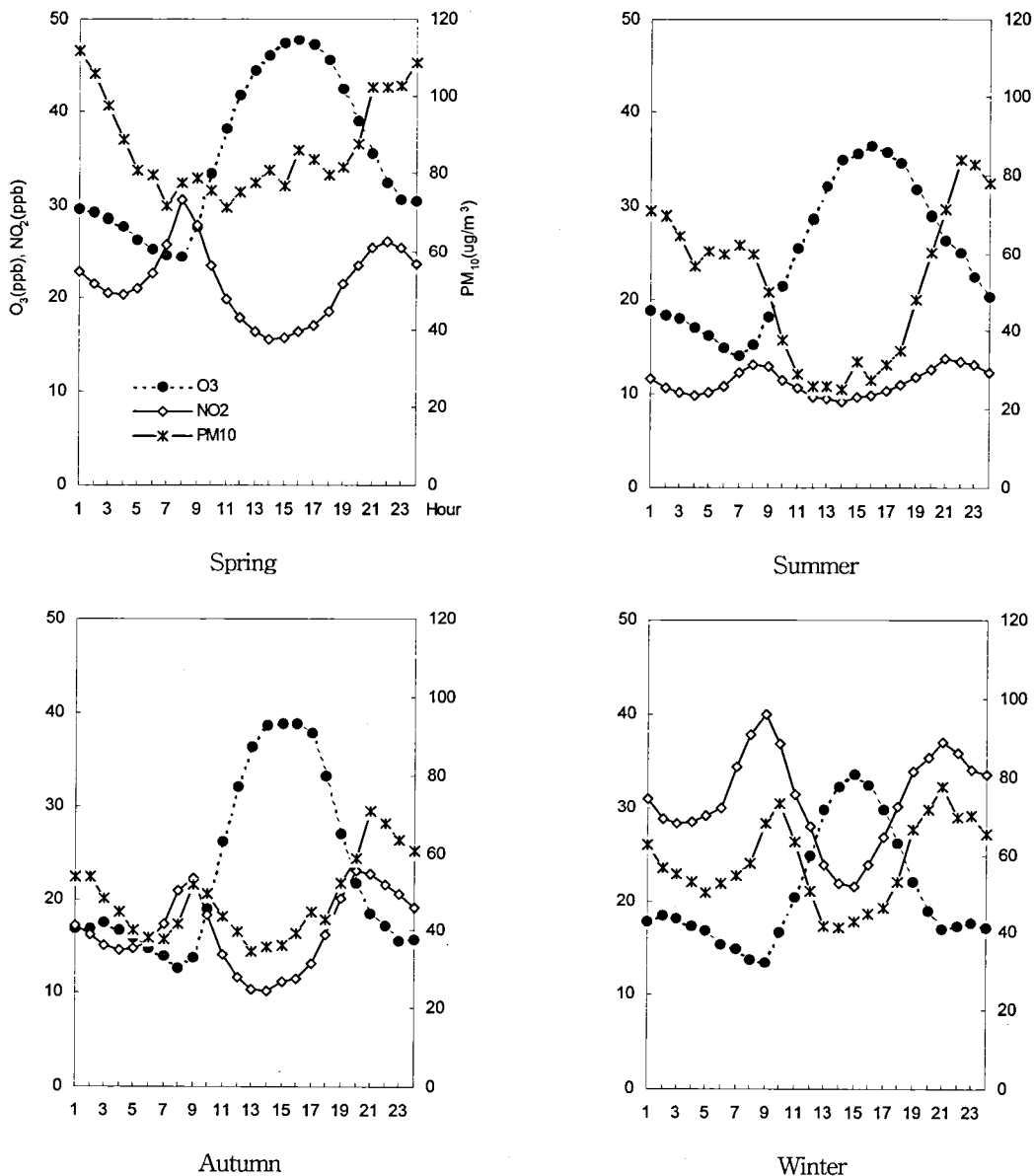
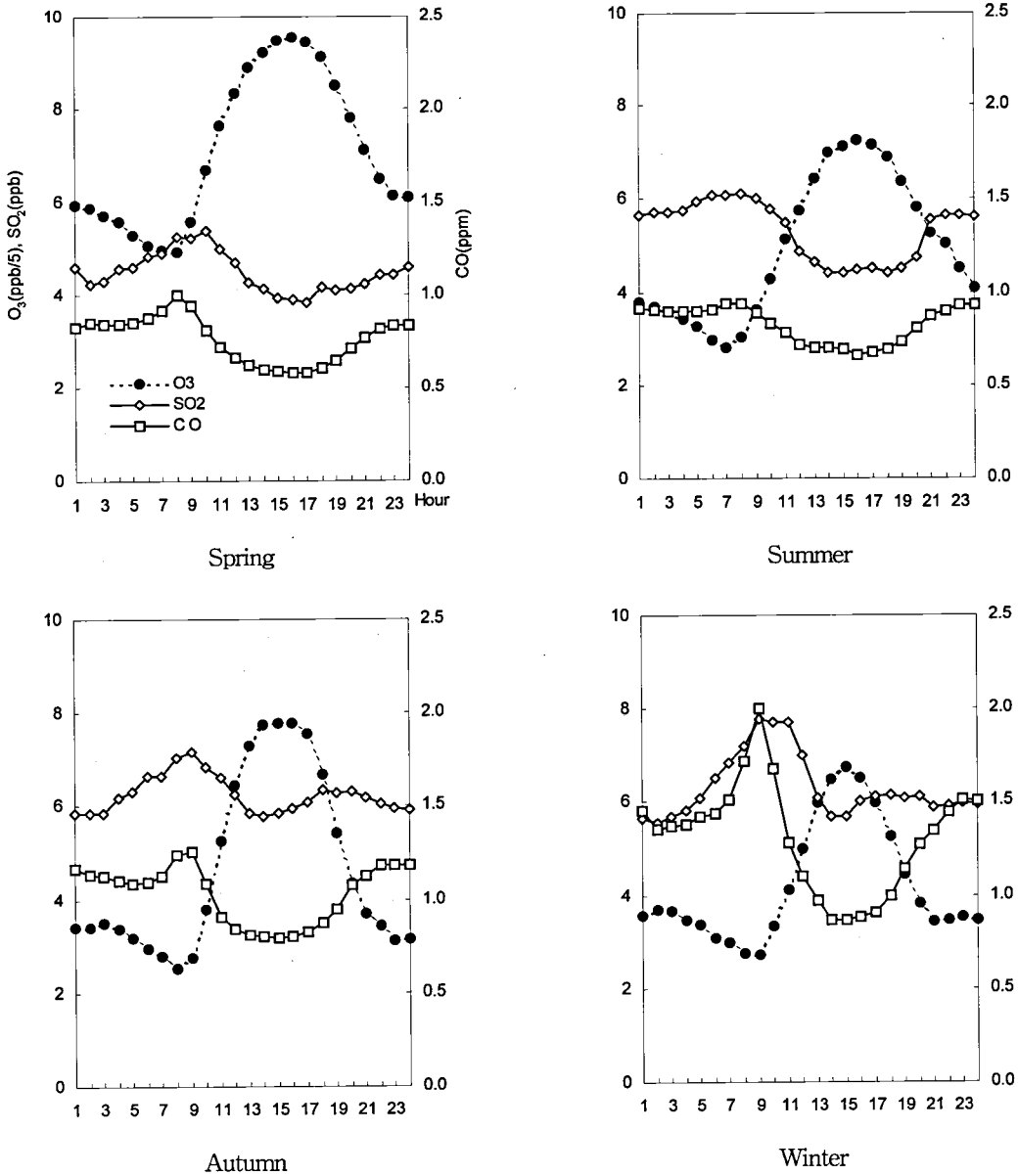


Fig. 1. Diurnal air concentration of O₃, NO₂, PM₁₀, SO₂ and CO in Seosan area by season

Fig. 1. Continued



기온은 일사량의 증가와 더불어 상승하기 시작하여 일사량이 최대치를 나타낸 이후 오후 2시경에 최대치를 보였다. 각 계절별, 시간대별 변화가 일사량, 기온, O₃ 순으로 시간 차이를 두고 최고치를 나타내는 일정한 변화 특성을 나타냈다.

풍속은 O₃농도의 변화와 유사한 형태로 일출 직전인 오전 6시경에 가장 낮은 값을 보이고, 오후 4

시경에 가장 높은 값을 나타냈다. 상대습도는 O₃농도와는 반비례로 O₃이 최고치를 보인 시점에 상대습도는 최저치를 나타냈다(Fig. 2).

2. 오존농도와 영향 인자간의 상관관계

O₃과 관련변수들 간의 상관관계는 전체적으로, 대기오염물질인 NO₂($r=-0.378$, $p<0.01$), SO₂($r=-0.217$,

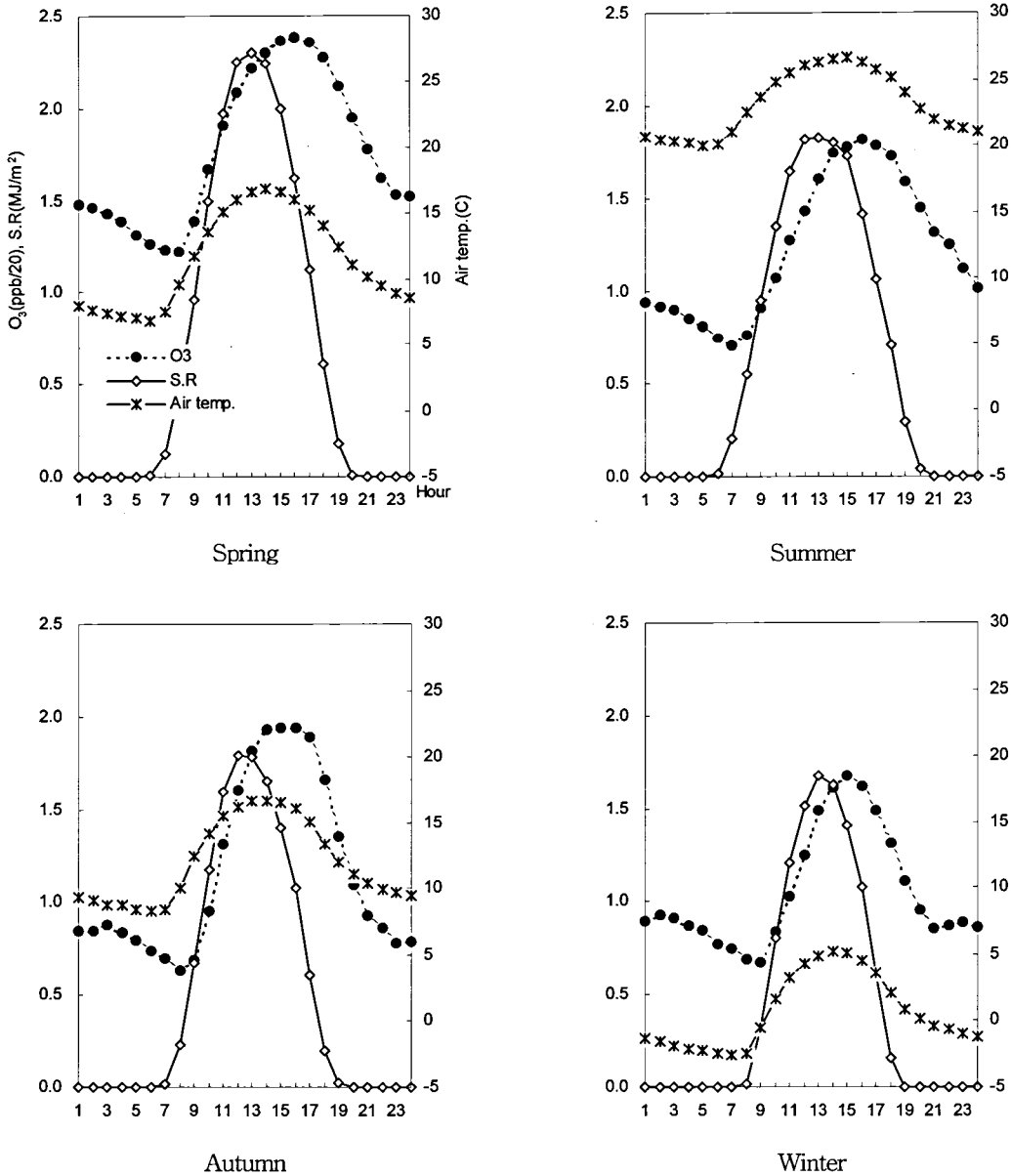
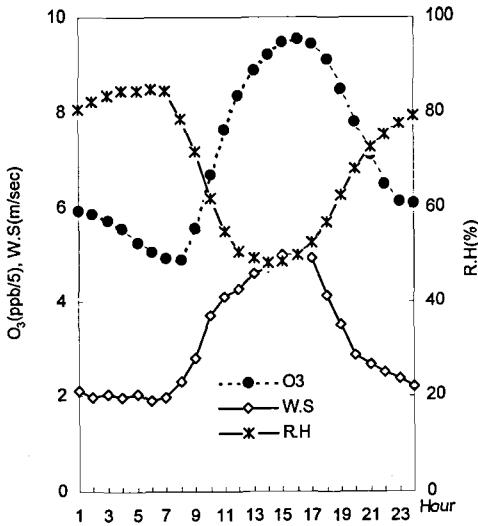


Fig. 2. Comparison of diurnal air concentration of O₃, to the solar radiation(SR), air temperature, wind speed(WS) and relative humidity(RH) in Seosan area by season

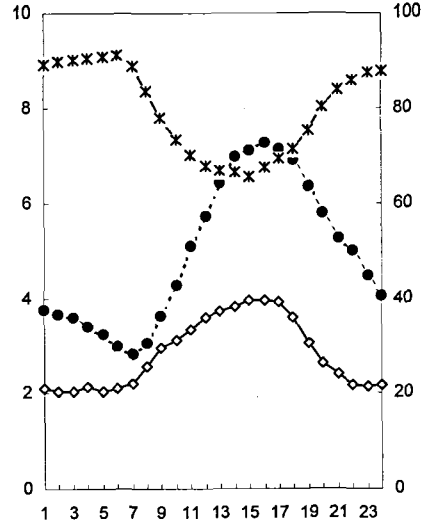
$p < 0.05$), CO($r = -0.251$, $p < 0.05$)와 유의한 음의 상관관계를 보였으며, 기상인자인 일사량($r = 0.607$, $p < 0.01$), 기온($r = 0.289$, $p < 0.05$), 풍속($r = 0.373$, $p < 0.01$)과 유의한 양의 상관관계를 보인 반면, 상대습도($r = -0.490$, $p < 0.01$)와는 유의하게 음의 상관관계를 나타냈다.

O₃과의 상관관계를 계절별로 보면, NO₂는 봄($r = -0.606$, $p < 0.01$), 가을($r = -0.567$, $p < 0.01$), 겨울($r = -0.557$, $p < 0.01$)에 유의하게 음의 상관관계를 보였으며, SO₂는 봄($r = -0.194$, $p < 0.05$), 가을($r = -0.226$, $p < 0.05$), 겨울($r = -0.198$, $p < 0.05$)에 유의한 음의 상관관계를 보였다. CO는 봄($r = -0.416$,

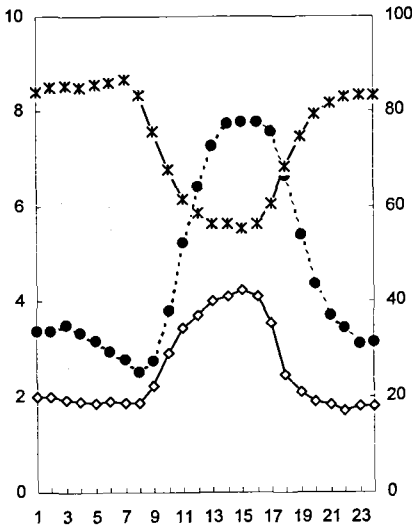
Fig. 2. Continued



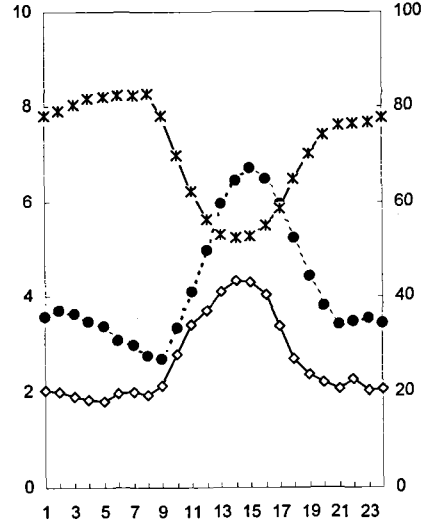
Spring



Summer



Autumn



Winter

$p < 0.01$, 가을($r = -0.436$, $p < 0.01$), 겨울($r = -0.212$, $p < 0.05$)에 음의 상관관계로 유의하였다. 일사량은 봄($r = 0.601$, $p < 0.01$), 여름($r = 0.559$, $p < 0.01$), 가을($r = 0.701$, $p < 0.01$), 겨울($r = 0.605$, $p < 0.01$) 모두 높은 양의 상관관계로 유의하게 나타났으며, 기온은 봄($r = 0.603$, $p < 0.01$), 여름($r = 0.196$, $p < 0.05$), 가을($r = 0.529$, $p < 0.01$), 겨울($r = 0.186$, $p < 0.05$) 모두 유의

한 양의 상관관계를 보였다. 풍속은 봄($r = 0.443$, $p < 0.01$), 가을($r = 0.440$, $p < 0.01$), 겨울($r = 0.614$, $p < 0.01$)에 유의한 양의 상관관계를 보인 반면, 상대습도는 봄($r = -0.420$, $p < 0.01$), 여름($r = -0.520$, $p < 0.01$), 가을($r = -0.493$, $p < 0.01$), 겨울($r = -0.634$, $p < 0.01$) 모두 높은 음의 상관관계로 유의하게 나타났다(표 2).

Table 2. Pearson correlation coefficients between ozone concentration and related factors in season

Season	NO ₂	PM ₁₀	SO ₂	CO	S.R	Air temp.	W.S	R.H
Spring	-.606**	-.086	-.194*	-.416**	.601**	.603**	.443**	-.420**
Summer	.003	.008	-.024	-.036	.559**	.196*	.036	-.520**
Autumn	-.567**	-.154	-.226*	-.436**	.701**	.529**	.440**	-.493**
Winter	-.557**	-.142	-.198*	-.212*	.605**	.186*	.614**	-.634**
Total	-.378**	-.013	-.217*	-.251*	.607**	.289*	.373**	-.490**

* : p<0.05, ** : p<0.01

S.R=Solar radiation W.S=Wind speed Air temp.=Air temperature R.H=Relative humidity

3. 오존농도에 영향을 미치는 요인 NO₂, PM₁₀, SO₂, CO와 기상인자인 일사량, 기온, O₃농도의 변화에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 O₃농도를 종속변수로, 대기오염물질인 NO₂, PM₁₀, SO₂, CO와 기상인자인 일사량, 기온, 풍속, 상대습도를 독립변수(설명변수)로 하여 계절 별로 단계별 다중회귀분석을 실시하였다.

Table 3. Stepwise multiple regression between ozone concentration and related parameters in season

Season	Variable	β	S.E	p-value	R square
Spring	Air temp.	0.944	0.061	0.000	0.654
	NO ₂	-0.575	0.034	0.000	
	S.R	0.689	0.041	0.000	
	SO ₂	0.436	0.129	0.001	
	PM ₁₀	-0.009	0.003	0.000	
	CO	3.207	1.070	0.003	
	W.S	0.354	0.153	0.021	
Summer	R.H	-0.479	0.036	0.000	0.433
	S.R	1.056	0.079	0.000	
	CO	10.398	1.527	0.000	
	PM ₁₀	0.044	0.014	0.001	
Autumn	S.R	1.296	0.070	0.000	0.690
	NO ₂	-0.490	0.039	0.000	
	Air temp.	0.630	0.042	0.000	
	W.S	0.551	0.162	0.001	
Winter	R.H	-0.069	0.021	0.001	0.699
	S.R	0.860	0.069	0.000	
	NO ₂	-0.239	0.015	0.000	
	W.S	1.417	0.134	0.000	
	CO	-1.438	0.223	0.000	
	R.H	-0.101	0.017	0.000	
SO ₂	-0.478	0.082	0.000		
PM ₁₀	0.028	0.007	0.000		

S.R=Solar radiation W.S=Wind speed Air temp.=Air temperature R.H=Relative humidity

계절적으로 봄에 O₃농도에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 기온이 선택되었으며, 다음으로 NO₂, 일사량, SO₂, PM₁₀, CO, 풍속 순으로 7개의 변수가 O₃농도 변화에 영향을 주며, 65.4%의 설명력을 갖는 것으로 나타났다.

여름에는 상대습도, 일사량, CO, PM₁₀ 순으로 4개의 변수가 선택되어 O₃농도 변화에 43.3% 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 다른 계절에 비해 가장 낮은 설명력을 보였다.

가을에는 일사량, NO₂, 기온, 풍속, 상대습도 순으로 5개의 변수가 O₃농도 변화에 69.0% 영향을 주는 것으로 나타났으며, 겨울에는 일사량, NO₂, 풍속, CO, 상대습도, SO₂, PM₁₀ 등 7개 변수가 선택되어 69.9% 설명력을 보였다(표 3).

IV. 고 찰

O₃은 대류권이라 불리는 대기의 낮은 고도에서 존재하지만, 성층권보다는 그 농도가 낮으며, 지표면의 O₃과 성층권의 O₃층 간은 서로 아무런 상관도 없다. 성층권의 O₃은 태양의 해로운 복사광선으로부터 지구를 보호해 주는 반면 지표면 근처의 O₃은 대기오염물질로 작용한다. O₃은 산화력이 큰 물질로 다른 오염물질과 반응하여 또 다른 미세입자상 등의 오염물질을 만들기도 한다. 이들 물질이 자동차나 공장 등에서 배출되는 먼지와 섞이게 되면 하늘이 뿌옇게 보이게 되는 광화학 스모그가 관찰된다. 이러한 현상은 1차 오염물질인 탄화수소와 질소산화물이 태양 자외선과 광화학 반응하여 생성된 2차 오염에서 기인되는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 대기중 O₃ 형성의 중요한 요소인 질소산화물 등 1차 오염물질 및 기상인자와 O₃농도 사이의 관련성을 계절별, 시간별로 분석하였다.

연구 결과 서산지역의 주요 대기오염물질을 계절별 평균농도로 보면, O₃은 봄에 35.0 ppb로 다른 계절에 비해 높게 나타났으며, 여름철에는 다소 낮은 농도치를 보였다. 이는 빈번한 경우에 의한 일사량 감소와 오염물질의 침적효과로 그 값이 적게 나타난다는 보고¹¹⁾와 같은 결과를 보였다. 겨울에는 적은 일사량과 한랭한 대기조건이 2차 오염물질인 O₃생성을 방해하여 가장 낮은 농도치를 나타

낸 반면, 난방시설 등 화석연료를 많이 사용하는 영향 등으로 NO₂, SO₂, CO는 가장 높게 나타났다.

O₃농도의 시간대별 변화는 오전 7시에서 9시를 기점으로 증가하기 시작하여 오후 3시에서 4시 사이에 일 최고치를 보였다. 이것은 O₃ 전구물질인 NO₂가 교통량이 많은 아침 시간대에 많이 배출되어 8시에서 9시 사이에 최고치를 나타냈으며, 오후 2시에서 3시 사이에 최저치를 보이는 것과 비교하면 O₃과 NO₂의 시간대별 농도 변화 양상이 반대 현상을 보여주고 있다. 이는 NO₂가 O₃생성의 주 반응물질임을 알 수 있으며, O₃이 증가하면서 NO₂가 감소하는 양상을 보이고 있는 점에서 미국 로스엔젤레스¹²⁾ 및 St. Louis¹³⁾지역의 경우와 비슷하였다. SO₂와 CO의 일중 시간별 농도변화 또한 O₃농도가 최저치를 보인 오전 8시와 9시 사이에 가장 높은 농도를 나타냈으며, O₃농도가 최고치를 보이는 오후 4시에 SO₂와 CO의 농도치가 가장 낮은 값으로 O₃농도와 시간별 변화는 반대 현상을 보였다. 이러한 변화 양상은 봄, 여름, 가을, 겨울 모든 계절에서 같았다.

O₃은 기상조건에 의해 영향을 가장 많이 받는 대기오염물질로 기상학적 접근이 매우 중요하다. 조사기간 동안 서산지역의 기상인자에 대한 시간별 변화를 보면, 일사량은 O₃농도보다 앞서 1~2시간 전에 진행되어 O₃농도 변화에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 일사량은 오전 6시에서 7시부터 증가하기 시작하여 오후 1시에 최대치를 나타내고, O₃농도는 3시간 후 최고치를 보였다. 기온의 시간별 변화는 일사량과 같은 변화 추세를 보이고 있으며, 일사량보다 1시간 늦은 시차로 최대치를 보였다. 풍속은 오전 6시부터 증가하기 시작하여 오후 4시에 최고값을 나타내고 있으며, O₃농도의 시간별 변화와 유사하였다. 습도는 오전 6시경부터 감소하기 시작하여 오후 3시경에 이르러 매우 낮은 값을 보인 반면, O₃은 오후 4시경에 최고치를 보였으며 다시 습도가 증가하기 시작할 때 O₃은 감소하기 시작하였다. 이는 상대습도가 낮을수록 O₃농도가 높은 것을 알 수 있는데, Pamela 등¹⁴⁾이 실시한 건기와 습기 때의 O₃ 특성에 대한 연구결과, O₃의 시간평균농도가 건기 때 높게 나타난 결과와 일치하는 것이다.

O₃과 대기오염물질, 기상인자와의 상관관계는 NO₂, SO₂, CO, 상대습도는 음의 상관관계를, 일사량, 기온, 풍속은 양의 상관관계를 나타냈다. 계절별로 O₃과 가장 높은 상관관계 갖는 변수로는 봄에는 NO₂($r=-0.606$), 여름과 가을에는 일사량($r=0.559, 0.701$), 겨울에는 상대습도($r=-0.634$)가 유의한 상관관계를 보였다. 이기원 등¹⁵⁾은 O₃농도와 대기오염물질 및 기상인자간의 상관관계가 NO₂는 -0.315 , CO는 -0.289 , 일사량은 0.469 , 상대습도는 -0.402 , 풍속은 0.409 를 나타냈으며, 신찬기 등¹⁶⁾의 연구에서도 O₃농도와 일사량과의 상관계수가 0.51 , 기온 0.11 , 풍속 0.39 의 상관관계가 있음을 보고하였다. 이는 본 연구의 조사지역과 시점은 다르지만 유사한 결과를 보여주고 있다.

O₃농도가 1차 대기오염물질의 배출특성과 기상인자에 의한 확산 효과 등에 의하여 좌우된다는 사실을 고려할 때, 지배인자의 영향이 복합되어 있는 현상을 좀더 명확하게 검토하고자 다중회귀분석을 실시하였다. O₃농도를 종속변수로하고 NO₂, PM₁₀, SO₂, CO와 일사량, 기온, 풍속, 상대습도를 독립변수(설명변수)로 하여 단계별 분석 결과, 계절별 O₃농도 변화에 영향을 미치는 요인으로 봄에는 기온, 여름에는 상대습도, 가을과 겨울에는 일사량이 O₃농도 변화에 가장 높은 설명력을 갖는 변수로 선택되었다.

이상의 결과로 볼 때 서산지역의 계절별 O₃농도 변화에 영향을 미치는 각 요소들의 영향력이 다른 것을 알 수 있었다. 또한 O₃ 생성에 영향을 미치는 1차 오염물질로 NO₂, SO₂, CO는 O₃이 증가함에 따라 감소하였으며, 일사량이 많고, 기온이 높은 상태로 풍속이 빠르고 습도가 적은 기상조건에서 광화학 반응이 활발히 진행되어 O₃ 생성량이 증가하는 것으로 나타났다.

V. 결 론

충남 서산지역에서 2002년 1월부터 12월까지 O₃과 대기오염물질의 농도를 측정하여 기상인자와의 관련성을 계절별로 분석하였다. 대기오염물질은 NO₂, PM₁₀, SO₂, CO를, 기상인자는 일사량, 기온, 풍속, 상대습도를 조사하였다, 그 결과 계절별 평

균 O₃농도는 봄 35.0 ppb로 가장 높게 나타났으며, 여름 25.4 ppb, 가을 23.5 ppb 및 겨울 21.4 ppb로 계절간 유의한 차이를 보였다. 일 중 시간별 O₃농도는 오전 7시에서 9시 사이에 증가하기 시작하여 오후 3시에서 4시 사이에 최고치를 나타냈다. O₃농도와 NO₂, SO₂, CO 및 상대습도는 음의 상관관계를, 일사량, 기온, 풍속은 양의 상관관계를 보였다. O₃농도 변화에 영향을 미치는 요인분석으로 NO₂, PM₁₀, SO₂, CO, 일사량, 기온, 풍속, 상대습도 등 8개 변수에 대한 단계별 다중회귀분석 결과, 봄에는 기온, 여름에는 상대습도, 가을과 겨울에는 일사량이 가장 큰 영향 미치는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과로 볼 때 O₃은 일사량이 풍부한 시간대에 높은 농도를 보여주고 있어, O₃이 광화학반응에 의한 2차 오염물질임을 시사하였다.

참 고 문 헌

1. 전의찬, 김정옥. 오존최대농도지표를 이용한 오존단기예측모형 개발. 한국대기환경학회지, 15(5):545-554, 1999.
2. McClenny MM, Cheney LW. Pollutant variability in the regional air pollution study. J Air Pollution Control Association. 28, 1978.
3. Lefohn AS. Science, uncertainty, and EPA's new ozone standards. ES&T, 3(16): 280-284, 1997.
4. Spektor DM, Lippmann M. Health effects of ambient ozone on healthy children at a summer camp. AWMA for presentation at the 83rd Annual Meeting & Exhibition, Pittsburgh, Pennsylvania, June:24-29, 1990.
5. Tilton BE. Health effects of tropospheric ozone. ES&T, 23(3):257-263, 1989.
6. Sun M. Tighter ozone standard urges by scientists, Science, 240:1724-1725, 1988.
7. Vukovich FM. Regional-scalc boundary layer ozone variations in Eastern United States and their association with meteorological variations. Atmos Environ, 29(17):2259-2273, 1995.

8. Schjoldager J. Observation of high ozone concentration in Oslo, Norway, during the summer of 1977. *Atmos Environ*, 13: 1689-1696, 1979.
9. Shreffler JM, Evans RB. The surface ozone record from regional air pollution study 1975-1976. *Atmos Environ*, 16:1311- 1321, 1982.
10. 환경부. 대기환경연보, 2002; p111, 2001.
11. 김영성. 우리나라의 오존농도 변화 추이와 주요인자. *한국대기환경학회지*, 16(6):607- 623, 2000.
12. Leighton PA. *Photochemistry of air pollution*. Academic press, U.S.A. 1961.
13. Arthur C, Stern, Richard W, Boubel. *Fundamentals of Air Pollution*, 2nd. Academic press, U.S.A. 164-167, 1984.
14. Pamela JE, Frederica W, James NK. Characterization of ozone during consecutive drought and wet years at rural West Virginia site. *J AWMA*, 41(11):1450-1453, 1991.
15. 이기원, 권속표, 정 용. 서울시 대기 중 오존오염도의 연도별 변화와 그 영향인자분석. *한국 대기보전학회지*, 9(1):107-115, 1993.
16. 신찬기, 한진석, 김윤신. 대기오염농도와 기상인자의 관련성 연구. *한국대기보전학회지*, 8(4):213-220, 1992.