

오존 농도에 영향을 미치는 주 기상요소의 도출 및 예측모형 수립

Statistical Analysis of the Meteorological Elements for Ozone and Development of the Simplified Model for Ozone Concentration

전 의 찬 · 우 정 현¹⁾

동신대학교 환경공학과, ¹⁾서울대학교 환경대학원

(1998년 11월 11일 접수, 1999년 2월 7일 채택)

Eui Chan Jeon and Jung Hun Woo¹⁾

Department of Environmental Engineering, Dongshin University

¹⁾*Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University*

(Received 11 November 1998; accepted 7 February 1999)

Abstract

In order to analyze the effect of meteorological elements on ozone concentration, we carried out cross-correlation of the elements with ozone concentration, and time series analysis on them. as a result, it revealed that temperature, wind speed and humidity are not independent variables with ozone concentrations, and also, solar radiation and mixing height are the major elements that affect them.

We developed models for ozone with solar radiation and mixing height as dependent variables to verify the effect of major meteorological elements. The predicted ozone concentration has strong correlation coefficients, So, We could conclude that we can predict ozone concentration only with solar radiation and mixing height as dependents.

Key words : Ozone, meteorological element, simplified model

1. 서 론

서울지역에 1995년 7월 '오존경보제'가 처음 도입된 이래, '98년 들어서만 오존주의보가 38회 발령되었으며, 발령지역도 서울 뿐만 아니라, 경기, 인천, 부산 등으로 확산되고 있다.

이러한 대기오염경보제를 효율적으로 운영하는데 필수적인 단기예측모형의 수립이 광화학산화제의

경우에는 대단히 어려운데, 그것은 광화학산화제 예측모형의 경우 60개가 넘는 반응물질간의 160개 이상의 광화학반응을 고려하여야 하기 때문이다(전의 찬, 1996).

그동안 우리나라에서의 광화학산화제 예측모형과 관련된 연구들을 살펴보면, 오염도 현황 및 오존과 영향인자들 사이의 관계 분석, 다중회귀모형과 판별 분석모형 등 통계모형의 개발, 그리고, 수치모형의 민감도 분석 등이 대부분이다. 즉, 윤마병(1995), 전

병일(1995), 정 용(1986) 등은 각각 서울, 부산, 창원 등을 대상으로 오존과 영향인자 사이의 관계를 분석하였다. 또, 박육현(1984)은 판별분석으로 각각 서울과 부산의 오존 고농도일을 예측하였고, 이기원(1993), 김민영(1989), 김화일(1987) 등은 오존과 영향인자 사이의 관계를 이용하여 오존 농도를 예측하는 다중회귀모형을 작성하였다. 윤정임(1993)은 서울시에서 오존 및 원인물질의 시계열 특성을 분석하였으며, 이진순(1993)은 시계열모형을 이용하여 오존 농도를 예측하였다. 한진석(1995)은 광화학단상자모형을 이용하여 원인물질 배출량에 따른 모형의 민감도를 분석하였다.

이러한 연구들은 광화학산화제의 시·공간적 특성이나, 영향인자들이 광화학산화제 농도에 미치는 영향을 분석하는데 기여한 바 크다. 그러나, 개발된 통계모형들은 오존 농도에 영향을 미치는 인자들에 대한 설명이 불충분하고, 광화학반응에 따른 시간 지연 효과를 고려하지 않고 있거나, 미래의 오염도 예측시 필요한 인자를 추정할 수 없어서, 모형의 예측 성능이 떨어지는 결함이 있다. 모형에 따라서는 하나의 원인물질이 예측지역에 따라 양의 상관관계를 나타내기도 하고, 음의 상관관계를 나타내기도 한다. 또, 예측 시점에 따라 같은 기상요소가 오존 농도에 상반된 영향을 미치기도 한다. 이와 같은 현상은, 통계모형 개발시 사용한 변수들이 적절하지 못하다는 것을 의미하며, 통계모형에 의한 대기질 예측의 신뢰도를 저하시키는 한 원인이 되고 있는 것이다. 본 연구에서는 오존에 영향을 미치는 기상요인을 중심으로 교차상관관계 분석 및 시계열 분석을 이용하여 실질적으로 오존 오염도에 영향을 미치는 주 기상요소를 도출하고, 주 기상요소를 이용한 오존 단기예측모형의 기본식을 개발하고 모형에 의한 예측치와 실측치를 비교하여 분석 결과를 검증하고자 하였다.

2. 연구방법

본 연구는 오존의 1시간 환경기준인 0.1 ppm을 1994년 한해에만 251회나 초과하였던 서울시를 대상으로 하였다. 오존 특성을 분석하기 위한 자료는 환경부 및 서울시에서 운영하고 있는 20개소 대기오염자동측정소의 1993. 1. 1 ~ 1993. 12. 31까지 1년

간 시간별 측정자료를 이용하였다. 상기기간 중 오존과 질소산화물의 결측율은 각각 5.9%와 7.4%였으며, 탄화수소의 경우도 결측율이 60% 내외로 매우 높았던 불광동과 대치동을 제외하면 결측율이 12%로서 매우 낮은 편이다. 기상자료는 같은 기간 기상청 서울측후소의 일 기상자료와 대기오염자동측정소 관측자료를 이용하였고, 3시간 간격으로 측정된 풍속 및 기온 등은 내삽하여 시간별 측정치로 환산하였다.

오존 농도 변화에 미치는 기상요소들의 영향을 분석하기 위하여 상관분석을 실시하고, 기상요소들의 독립성을 분석하였다. 또, 광화학반응에 따른 시간 지연 효과를 고려하기 위하여 오존과 기상요소간의 시계열 분석을 통한 교차상관계수를 산출하여 오존 농도에 가장 큰 영향을 미치는 기상요소와 시차를 도출하였다. 그리고, 본 연구를 통하여 도출된 기상인자를 이용하여 단순한 오존예측모형 기본식을 수립하고, 실제 자료를 이용하여 정합도를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기상요소의 시간별 변화특성 분석

그림 1은 기상청 서울측후소의 1993년 관측자료를 이용하여 산출한 기상요소들의 연평균 값과 연평균 오존 농도의 시간별 변화 특성을 나타낸 것이다.

일사량은 오전 6시부터 증가하기 시작하여, 오후 1시(정오에서 오후 1시까지 일사량의 누계)에 최대값인 1.56 MJ/m²를 나타내고, 오후 7시까지 지속된다. 연평균 기온의 시간별 변화를 살펴 보면, 오전 6시에 최저값인 8.9°C를 기록한 후, 계속 증가하여 오후 3시에 최고 온도인 15.7°C를 나타내고, 다음날 아침까지 계속 감소한다. 기온의 일변화는 일사량의 일 변화와 2시간의 시차를 갖고 있으며, 최대값이 나타나는 시각과 변화 추세가 오존의 그것과 거의 일치한다. 기온이 오존 농도 변화에 영향을 미치는 것은 사실이지만, 절대온도를 기준으로 할 경우 기온의 일변화는 크지 않으므로, 기온이 오존 농도변화에 미치는 영향은 그렇게 크지 않을 것이다. 따라서, 기온의 일변화와 오존의 일변화가 일치하는 것은 일사량과 약 2시간의 시간 지연을 갖는 기온의

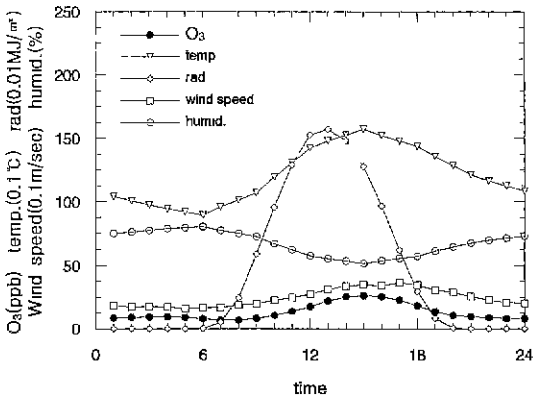


Fig. 1. Yearly average diurnal variations of meteorological elements and ozone concentration in Seoul (1993).

열관성 현상에 기인하는 것이다. 풍속은 일출 직전인 오전 5시에 1.6m/sec로서 최소값을 기록하고, 오후 2시~6시에 3.4~3.6m/sec로서 최대값을 나타내는데, 변화 추세가 오존의 변화 추세와 유사한 형태를 보이고 있다. 이것은 일출 후 태양에너지의 입사로 인하여 대기중의 난류가 증가하기 때문이다. 상대습도는 오전 6시에 80%로 최대값을 나타내고, 계속 감소하여 오후 3시에 51%로 최소값을 나타내며, 다시 증가하기 시작하여 다음날 아침에 최대값을 나타내게 된다. 상대습도의 일변화는 기온의 일변화와 반비례 관계에 있는데, 이것은 제 2장에서 분석한 바와 같이, 기온이 올라 가면서 상대습도가 감소하기 때문이다.

3.2 기상요소의 영향 분석

3.2.1 오존과 기상요소의 상관관계

기상요소와 광화학산화제 사이의 상관관계를 분석하기 위하여, 기상요소들과 오존의 상관관계를 분석하였는데, 그 결과는 표 1과 같다.

표 1에서 보는 바와 같이, 일사량, 기온, 풍속은 오존과 양의 상관관계를 보이고 있는데, 그 상관계수는 각각 0.618, 0.410, 0.448로서 일사량이 가장 높은 상관관계를 나타내고 있다. 그리고, 기온과 풍속은 일사량과 각각 상관계수 0.298과 0.269의 양의 상관관계를 보이고 있는데, 이것은 이들 인자들

Table 1. Correlation coefficients between ozone and meteorological elements (Seoul, 1993).

Parameters	Radiation	Temperature	Humidity	Wind speed	Ozone
Radiation	1.0000				
Temperature	0.2980	1.0000			
Humidity	-0.4953	0.1544	1.0000		
Wind speed	0.2688	-0.0543	-0.3642	1.0000	
Ozone	0.6178	0.4103	-0.4196	0.4481	1.0000

이 일사량과 증속적인 관계에 있음을 보여주는 것이다.

상대습도는 오존과의 상관계수가 -0.420으로 음의 상관관계를 보이고 있다. 또, 상대습도는 일사량과도 상관계수 -0.495로서 음의 상관관계를 보이고 있는데, 이것은 상대습도의 시간별 변화추세가 오존 및 일사량의 변화추세와 상반되는 경향을 보이고 있음을 나타내는 것이다.

3.2.2 오존과 기상요소의 시계열 분석

오존 농도와 기상요소 모두 특정한 시간별 변화 추세를 보이는 일변화 주기 특성을 갖고 있으므로, 시계열 분석을 통하여 이들 사이의 관계를 밝히는 것이 이들 사이의 관계를 규명하는데 효율적일 것이다.

그림 2는 1993년 총 시계열 자료를 이용하여 분석한 일사량과 오존의 교차상관관계 결과이다. 이 그림에서 보는 것처럼 일사량과 오존은 시차 2시간에서 교차상관계수 0.766의 매우 높은 상관관계를 보였다. 또, 오존 농도는 계절별 변화가 크므로, 계절별로 일사량과 오존의 교차상관관계를 분석하였다. 일사량과 오존의 계절별 상관관계는 표 2에서 보는 것처럼, 어느 계절이나 시차 2시간에서 가장 높은 상관도를 보였는데, 계절별로는 여름, 가을에 오존과 일사량의 상관관계가 높았고, 겨울에는 오존과 일사량의 교차상관계수가 다른 계절에 비하여 현저하게 작아졌다.

기온과 오존의 교차상관관계를 분석한 결과는 그림 3과 같다. 이 그림에서 볼 수 있는 바와 같이, 기온과 오존은 시차 -10시간~10시간 범위에서 양의 상관관계를 나타내고 있는데, 가장 큰 상관관계는 시차 0시간에서 나타났으며, 이때 상관계수 0.41이었다. 한편, 일사량과 기온의 교차상관관계를 분석한

결과는 그림 4와 같은데, 이들은 시차 -5시간~10 시간 범위에서 양의 상관관계를 보였으며, 시차 2시간에서 상관계수 0.337로서 가장 큰 상관관계를 보였다. 이것은 기온과 오존 농도가 시차없이 같은 변

화 방향을 갖고 있음을 의미하며, 기온과 일사량이 종속적인 관계임을 보여주는 것이다.

풍속과 오존의 교차상관관계를 분석한 결과는 그림 5와 같다. 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이, 풍

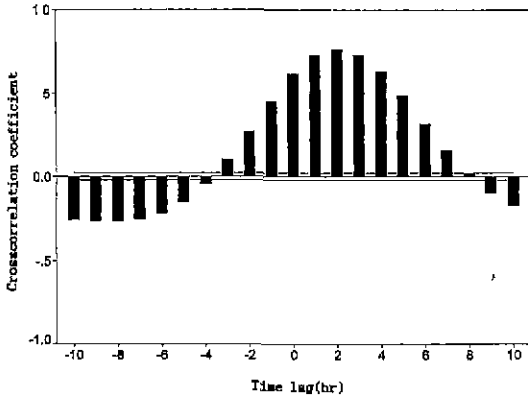


Fig. 2. Crosscorrelation diagram between solar radiation with ozone in Seoul (1993).

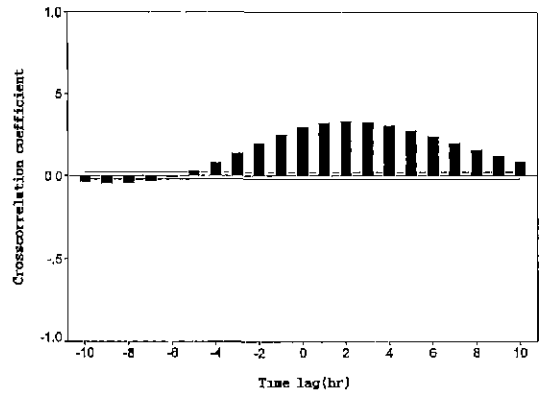


Fig. 4. The same as in Fig. 3. except for solar radiation with temperature.

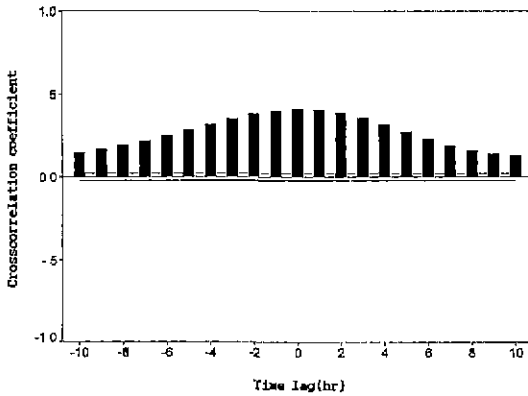


Fig. 3. Crosscorrelation diagram between temperature with ozone in Seoul (1993).

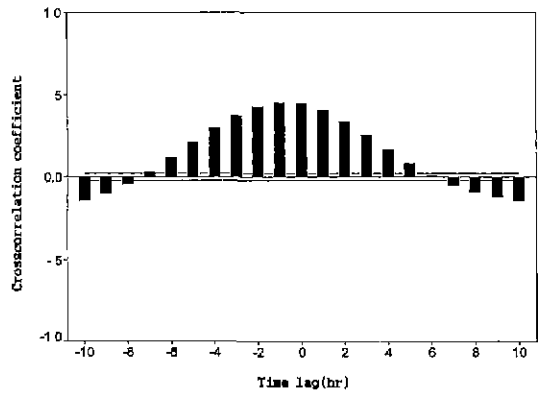


Fig. 5. The same as in Fig. 3. except for wind speed with ozone.

Table 2. Crosscorrelation analysis between ozone and solar radiation (Seoul, 1993).

Season	Time lag										
	(t-3)	(t-2)	(t-1)	(t-0)	(t+1)	(t+2)	(t+3)	(t+4)	(t+5)	(t+6)	(t+7)
Spring	0.043	0.233	0.428	0.601	0.717	0.760	0.730	0.635	0.490	0.320	0.147
Summer	0.102	0.282	0.469	0.640	0.759	0.800	0.770	0.673	0.523	0.346	0.163
Autumn	0.052	0.245	0.453	0.646	0.778	0.825	0.782	0.660	0.488	0.293	0.104
Winter	0.029	0.176	0.339	0.482	0.563	0.563	0.489	0.363	0.214	0.071	-0.042

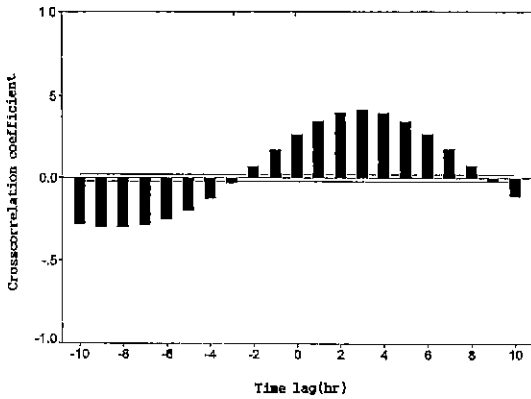


Fig. 6. The same as in Fig. 3. except for solar radiation with wind speed.

속과 오존은 시차 -7시간~6시간의 범위에서 양의 상관관계를 나타내고 있는데, 가장 큰 상관관계는 시차 -1시간과 시차 0에서 나타났으며, 이때 상관계수는 모두 0.45였다. 한편, 일사량과 풍속의 상관관계를 분석한 결과는 그림 6과 같은데, 시차 2시간~4시간에서 상관계수 0.40~0.42의 양의 상관관계를 나타내고 있다. 이것은, 풍속과 오존이 시차없이 같은 시간별 변화 추세를 갖고 있으며, 풍속과 오존 모두 일사량과 종속적인 관계에 있음을 보여주는 것이다.

상대습도와 오존의 교차상관관계를 분석한 결과는 그림 7과 같다. 상대습도와 오존은 시차 -6시간~5시간의 범위에서 음의 상관관계를 나타내고 있는데, 시차 0에서 상관계수 -0.42로서 비교적 높은 음의 상관관계를 나타내고 있다. 또, 일사량과 상대습도를 교차상관분석한 결과는 그림 8과 같다. 이 그림에서 볼 수 있는 바와 같이, 일사량과 상대습도는 시차 2시간에서 -0.586의 비교적 높은 음의 상관관계를 나타내고 있다. 이것은 일사량과 기온이 2시간의 시차에서 높은 상관관계를 갖는다는 앞서의 분석 결과와, 이론적으로 상대습도와 기온이 음의 상관관계를 갖는다는 사실에 비추어 상대습도 또한 일사량과 독립적인 변수라고 보기 어렵다.

기온은 기본적으로 태양복사와 지구복사에 의하여 비롯되는 것이고, 풍속은 대기권의 에너지 평형을 유지하기 위한 물리적 현상이며, 상대습도는 현재 기온의 포화수증기압에 대한 대기중의 수증기압

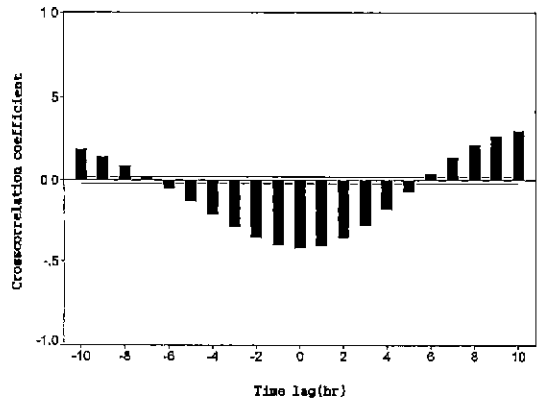


Fig. 7. The same as in Fig. 3. except for relative humidity with ozone.

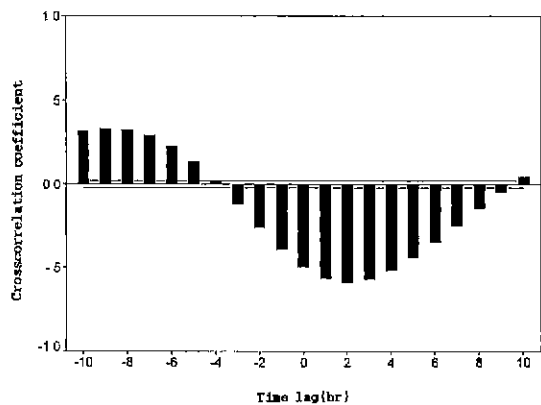


Fig. 8. The same as in Fig. 3. except for solar radiation with relative humidity.

의 비이므로 기온과 반비례 관계에 있다. 앞서 살펴본 상관관계 및 시계열 분석은 일사량과 기상요소 사이의 관계를 잘 나타내주고 있다. 따라서, 주요 기상요소인 독립적으로 오존 농도에 영향을 미치는 기상요소는 일사량 뿐이며, 다른 기상요소들은 모두 일사량과 종속적인 관계에 있음을 알 수 있다.

일사량은 오존과 2시간의 시차에서 가장 큰 상관관계를 나타냈는데, 봄, 여름, 가을에는 상관계수 0.760~0.825의 매우 높은 상관관계를 갖고 있었고, 겨울에는 0.563으로 다른 계절에 비하여 낮은 상관관계를 보였다.

3.3 기상요소를 고려한 단순예측모형

3.3.1 광화학산화제와 일사량

3.2항에서 분석한 바와 같이, 일사량은 오존과 0.618로서 가장 높은 상관관계를 가지고 있었다 또, 시계열 분석 결과, 일사량과 오존은 시차 2시간에서 가장 큰 상관관계를 보였으며, 이때의 상관계수는 0.766으로서 매우 높은 상관관계를 보였다.

또, 기온, 풍속은 일사량과 양의 상관관계를, 상대 습도는 음의 상관관계를 갖고 있지만, 앞서 분석한 바와 같이 풍속과 상대습도는 모두 일사량과 종속적인 관계에 있는 것으로 분석되었다.

일사량이 오존 농도 변화에 미치는 영향을 검증하기 위하여, 일사량만이 오존 농도의 제한인자라는

가정하에, 일사량의 변화와 시차를 고려하여 일 최대 오존 농도로부터 어느 시각의 오존 농도를 식 1과 같이 계산하도록 하였다.

$$O_3(t)_{Rad} = rm (O_3)_{max} \times \frac{Rad(t-2)}{Rad_{max}} \quad (1)$$

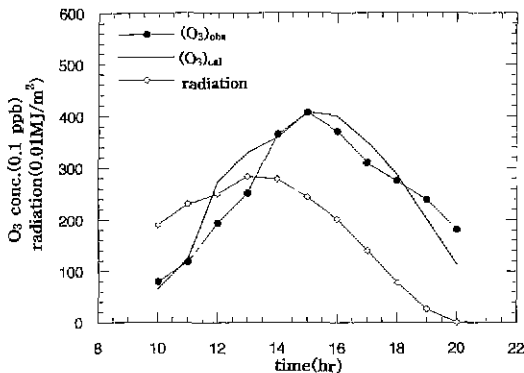
여기서, $O_3(t)_{Rad}$: 일사량만을 고려하여 계산한 시각 t 의 오존 농도 (ppb)

$(O_3)_{max}$: 측정된 오존 농도 중 일 최대값 (ppb)

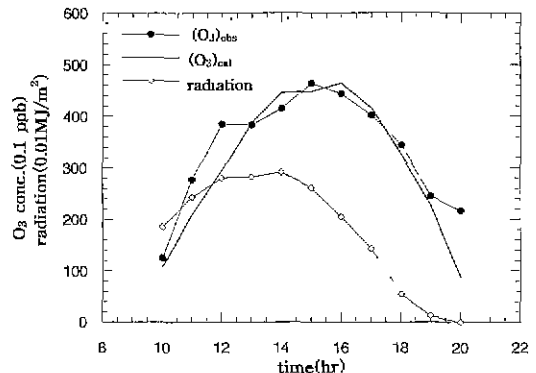
$Rad(t-2)$: 예측시각보다 2시간전의 일사량 (MJ/m^2)

Rad_{max} : 일 최대 일사량 (MJ/m^2)

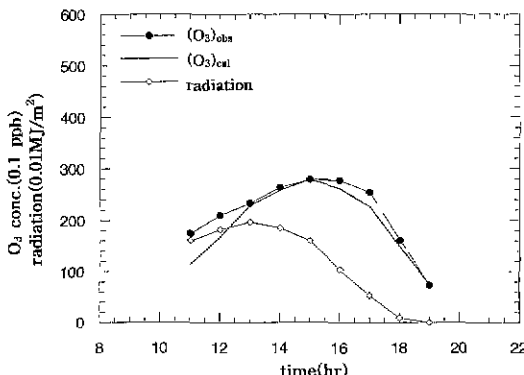
일사량과 측정된 오존 농도, 그리고 일 최대 오존



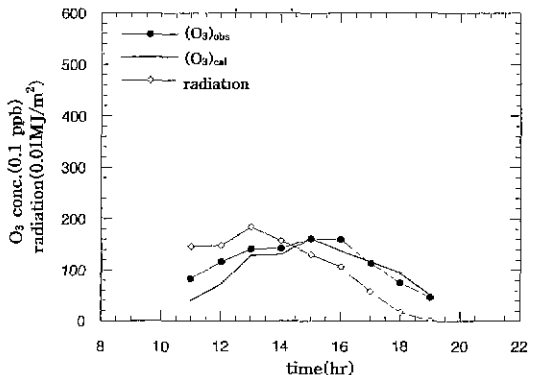
(a) May 18, 1993



(b) Aug. 11, 1993



(c) Oct. 6, 1993



(d) Feb. 19, 1993

Fig. 9. Diurnal variations of observed and calculated ozone concentrations (ppb) and solar radiation (May 18, 1993).

농도로부터 일사량을 고려하여 계산한 오존 농도의 시간별 변화는 그림 9(a~d)와 같다. 측정된 오존 농도와 일사량을 고려하여 계산한 오존 농도의 상관계수는 '0.791'로서 그 상관관계가 매우 높은 것으로 나타났다.

3. 3. 2 광화학산화제와 혼합고

지표에서 발생한 난류에 의하여 연직 혼합이 잘 이루어지는 층을 혼합층이라 하며, 혼합층 위에는 역전층이 존재하고 있다. 이 역전층은 수직 확산을 제한하기 때문에 오염물질이 역전층 내에서 잘 혼합되는데, 지표에서 역전층 하단까지의 높이를 혼합고(mixing height 또는 mixing depth)라 한다. 혼합고에 의하여 오염물질의 확산공간이 제한되므로, 혼합고가 낮으면 대기오염도가 높아지고, 혼합고가 높아지면 대기오염도가 낮아지게 된다. 즉, 대기오염도와 혼합고는 반비례 관계를 갖게 된다. 이와 같이, 혼합고는 대기오염도에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 일사량과 함께 오존 농도를 예측하는 주요 인자의 하나로 고려하였다.

이러한 혼합고의 변화는 복사역전층의 변화와도 밀접한 관계가 있다. 혼합고는 일출 직후 최저값을 갖게 되며, 이후 지표면 가열에 의하여 역전층이 소멸되고 혼합층이 형성되면서 일사량이 최대가 되는 시각까지 급격히 상승하게 된다. 이후에도 열적난류로 인하여 혼합고가 계속 성장하여 일몰전에 최대 혼합고(MMD : maximum mixing depth)에 도달하게 된다. 최대혼합고를 지나면 지표면이 느린 속도로 냉각되기 시작하여 혼합층내의 난류는 약해지게 된다. 일몰 후에도 상부 혼합층은 거의 그대로 유지되지만, 지표면의 급속한 냉각으로 지표역전이 시작되고 지표역전층은 일출전까지 계속 성장하게 된다.

혼합고를 산정하기 위하여, 대기안정도가 중립일 경우에는 Blackadar와 Tennekes (1968)가 제시한 유사이론(similarity theory)을, 안정일 경우에는, Zilitinkevich (1970)가 제시한 방법을 사용하였으며, 불안정일 경우에는, Carson과 Smith (1974)의 혼합고 성장율식을 이용하였다.

혼합고와 오존 농도의 상관관계를 분석한 결과, 상관계수 0.774로 산출되어 혼합고와 오존 농도의 변화 추세는 높은 양의 상관관계를 갖고 있는 것으로 분석되었다. 또, 혼합고와 오존 농도의 시계열 자

료에 대한 교차상관관계를 분석한 결과는 그림 10과 같은데, 혼합고와 오존 농도는 시차 -7시간~3시간 범위에서는 양의 상관관계를 그 외의 시간에서는 음의 상관관계를 나타냈으며, 가장 높은 상관관계는 시차 -2시간에서 상관계수 0.9였고, 진행방향(양의 시차)으로는 시차 0에서 가장 높은 상관관계를 나타냈다. 그러나, 이 분석 결과로서 혼합고가 오존 농도를 증가시키는 인자로 해석해서는 안된다. 왜냐하면, 이론적으로 혼합고가 오존 농도를 증가시킨다는 것을 설명할 수 없기 때문이다. 이것은 혼합고와 오존 농도 모두 일사량과 밀접한 관계를 갖고 있음을 나타내는 것이다

오존 농도에 미치는 혼합고의 영향 정도를 분석하기 위하여, 식 2와 같이 일사량과 혼합고의 일변화를 고려하여 일 최대 오존 농도로부터 시각별 오존 농도를 계산하였다. 여기서, 'n'은 혼합고 지수로서, 'n'의 값을 '0.1'에서 '1'까지 변화시키면서 오존 농도를 계산하고, 이 값들과 자동측정소에서 측정된 오존 농도 사이의 상관관계를 분석함으로써, 오존 농도 예측에 가장 적합한 혼합고 지수를 선정하기 위하여 도입한 것이다.

$$O_3(t)_{\text{mix}} = (O_3)_{\text{max}} \times \left\{ \frac{\text{Rad}(t-2)}{\text{Rad}_{\text{max}}} \right\} \times \left\{ \frac{\text{H}_{\text{mix}_{\text{max}}}}{\text{H}_{\text{mix}}(t)} \right\}^n \quad (2)$$

여기서, $O_3(t)_{\text{mix}}$: 혼합고와 일사량을 고려하여 계산한 시각 t의 오존 농도(ppb)

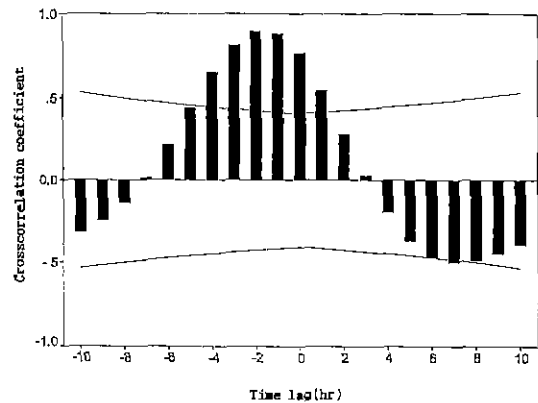


Fig. 10. Crosscorrelation diagram between mixing height with ozone in Seoul (1993).

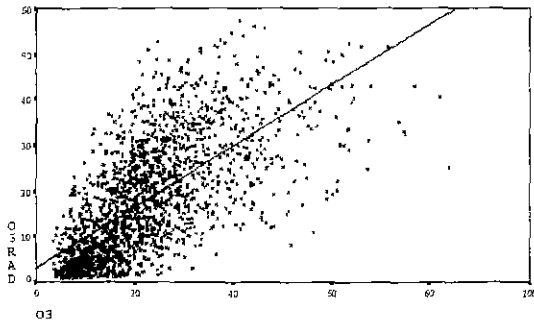
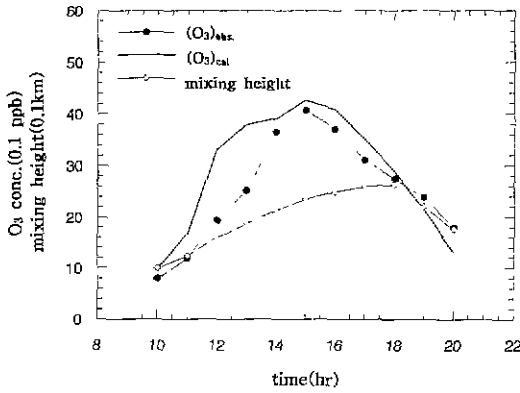


Fig. 11. Scatterplot of observed and predicted ozone concentration (1993).

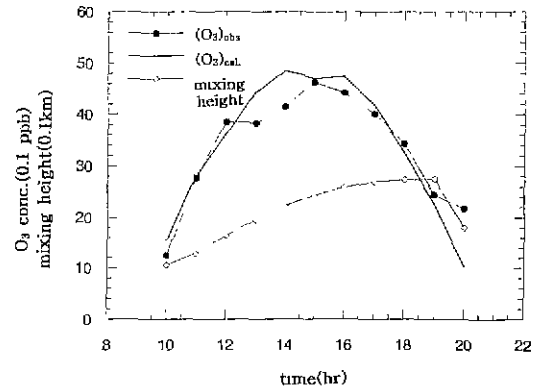
$H_{mix_{max}}$: 일 최대 혼합고 (km)

$H_{mix}(t)$: 시각 t 의 혼합고 (km)

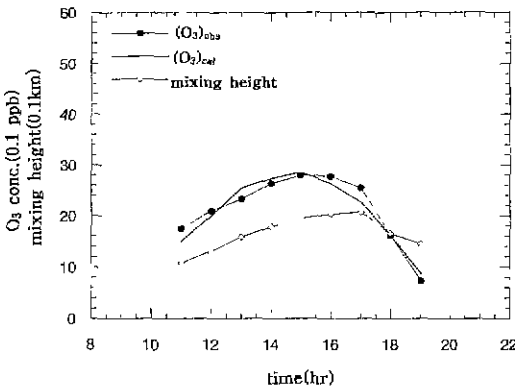
측정한 오존 농도와 식 2에 의하여 계산한 오존 농도의 상관관계를 분석한 결과, 혼합고 지수에 따라 상관계수 '0.797' ~ '0.826'의 높은 상관관계를 나타냈다. 여기서, 가장 높은 상관관계가 나타난 것은 혼합고 지수 'n'이 0.4일 때였으며, 가장 낮은 상관관계가 나타난 것은 혼합고 지수 'n'이 1일 때였는데, 상관관계가 가장 높을 때, 오존 예측 농도와 측정 농도의 산점도는 그림 11에서 보는 바와 같다. 이러한 결과를 3.3.1절에서 일사량만 고려하여 계산한 오존 농도와 오존 측정 농도와의 상관계수



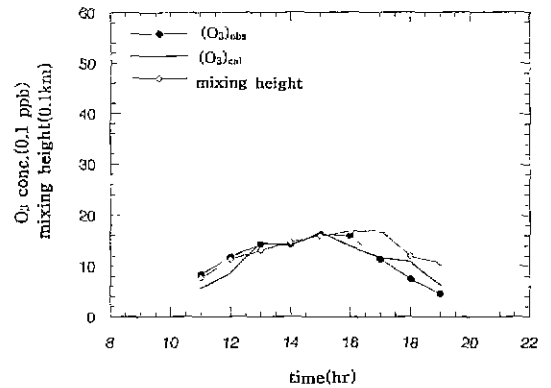
(a) May 18, 1993



(b) Aug. 11, 1993



(c) Oct. 6, 1993



(d) Feb. 19, 1993

Fig. 12. Diurnal variations of observed and calculated ozone concentrations (ppb), mixing height, and solar radiation.

'0.791'과 비교하여 보면, 일사량과 혼합고를 동시에 고려하여 계산한 오존 농도가 측정된 오존 농도와 더 높은 상관관계가 가지고 있음을 알 수 있다. 그리고, 혼합고 지수에 따른 상관관계의 변화가 매우 적었는데, 이것은 식 2에서 혼합고를 그대로 사용하지 않고, (혼합고/일 최대 혼합고)를 사용함으로써, 혼합고를 표준화시켰기 때문인 것으로 판단된다. 혼합고와 오존 농도의 측정값, 그리고 혼합고와 일사량을 고려하여 계산한 오존 농도의 시간별 변화는 그림 12(a~d)와 같다.

4. 결 론

오존에 대한 기상인자의 영향을 분석하기 위하여, 이들 사이의 교차상관관계를 분석하였다. 그 결과, 일사량과 오존은 0.62의 비교적 높은 상관관계를 보였다. 기온과 풍속은 오존과 각각 상관계수 0.41과 0.45의 양의 상관관계를 보였고, 상대습도는 시차없이 -0.42의 음의 상관관계를 보였다. 그런데, 일사량과 다른 기상인자들의 상관관계를 분석한 결과, 기온, 풍속, 상대습도 등은 일사량과 양 또는 음의 상관관계를 갖고 있어서 독립적인 변수라고 보기 어려웠다.

오존과 기상요소 모두 특정한 시간별 변화 추세를 보이는 일 주기 특성을 갖고 있으므로, 시계열 분석을 통하여 이들 사이의 관계를 규명하였다. 일사량과 오존은 시차 2시간에서 교차상관계수 0.766의 매우 높은 상관관계를 보였다. 기온도 오존과 양의 상관관계를 갖고 있었지만, 일사량과 기온 역시 시차 2시간에서 양의 상관관계를 갖고 있으므로, 기온이 일사량과 독립적이라고 보기 어렵다. 풍속도 일사량과 시차 2시간~4시간에서 양의 상관관계를 나타내고 있으므로, 풍속 역시 일사량과 독립적이라고 보기 어렵다. 상대습도는 일사량과 시차 2시간에서 -0.586의 비교적 높은 음의 상관관계를 나타내고 있으며, 이론적으로 상대습도와 기온이 음의 상관관계를 갖고 있으므로, 상대습도 또한 일사량과 독립적인 변수라고 보기 어렵다. 분석 결과, 오존 농도에 영향을 미치는 주 기상요소는 일사량인 것으로 분석되었으며, 혼합고 또한 오존 농도에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 이러한 결과를 검증하기 위하여,

일사량만이 변수인 예측모형과, 일사량과 혼합고가 변수인 예측모형을 수립하고 예측치와 실측치의 정합도를 분석하였다. 일 최대 오존 농도로 부터 일사량의 변화만을 고려하여 시간별 오존 농도를 예측한 결과, 예측 농도는 오존 측정 농도와 상관계수 0.791의 매우 강한 상관관계를 나타냈다. 또, 이 예측농도에 혼합고의 일 변화를 고려하여 오존 농도를 산출한 결과, 이 예측 농도와 측정 농도는 상관계수 0.826의 매우 강한 상관관계를 나타내어, 일사량만 고려했을 때보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

따라서, 종속변수로 일사량과 혼합고 만을 고려하여도 정확한 오존농도를 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 김화일 (1987) 서울시 광화학 스모그의 영향인자 분석에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 박성배 (1989) "오존농도의 등래 및 영향인자에 관한 연구", 한국 대기보전학회지, 5(2).
- 박영주 (1990) 서울시에서 혼합고의 일변화에 관하여, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 1990.
- 박옥현 외 (1984) '간단한 대기화산 모델과 통계학적 방법을 병용한 도시 대기오염의 예측', 대한환경공학회지, 6(2).
- 윤마병, 정용승 (1995) "충북 청원군에서 관측된 지표면 부근의 오존", 한국대기보전학회지, 11(1).
- 윤정임 (1993) 시계열분석을 이용한 광화학 스모그 물질의 변화특성조사, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 이기원, 권숙표, 정 용 (1989) "서울시 대기중 오존오염도의 연도별 변화와 그 영향인자 분석", 한국대기보전학회지, 9(1).
- 이진순 (1993) 자기 회귀모형을 이용한 광화학산화제 농도의 단기예측 방법에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 전병일, 김유근, 이화운 (1995) "부산 지역의 오존 농도 특성 및 기상 인자에 관한 연구", 한국대기보전학회지, 11(1).
- 전의찬, 정진희, 조규탁, 김성미 (1994) 대기질 측정방법의 효율화 방안에 관한 연구, 서울시정개발연구원.
- 전의찬, 정진희, 조규탁, 김성미 (1994) 서울시 대기오염 특성 연구, 서울시정개발연구원.

- 전의찬(1996) 광화학산화제의 단기예측모형 개발, 서울대학교 환경대학원 박사학위논문.
- 전의찬, 우정현, 장영기(1996) 오존 오염도에 대한 기상요소의 영향 분석 및 예측모형 수립, 대한환경공학회 추계발표회 초록집, 128-131.
- 전의찬, 김정옥(1997) 오존최대농도지표를 이용한 오존단기예측모형 개발, 한국대기보전학회 추계학술대회 요지집, 93-95.
- 정귀원, 이광목, 전영선, 최병철, 남재철(1990) 경인지역의 지상통계에 따른 대기오염 상태의 변화(I): 상자 오염모형 구성 및 평가, 기상연구소
- 정 용, 장재연, 권숙표(1986) "서울의 대기 중 O₃의 오염도와 그 영향인자 분석", 한국대기보전학회지, 2(1)
- Blackadar, A.K. and H. Tennekes (1968) Asymptotic Similarity in Neutral Barotropic Planetary Boundary Layers, *J. Atmos. Sci.*, 25, 1015-1020.
- Carson, D.J. and F.B. Smith (1974) *Thermodynamic model for the development of a convectively unstable boundary layer in Turbulent Diffusion in Environmental Pollution*, edited by F.N. Frenkiel and R.E. Munn, *Advances in Geophysics*, Vol. 18A, Academic Press, New York, 111-24.
- Chock, D.P. and N. Barbara (1993) A Monte-Carlo Simulation of the Ozone Attainment Process, *J. Air and Waste Management Association*, 43.
- David Fairley (1993) Photochemical Model Bias, *J. Air and Waste Management Association*, 43
- Gery, M.W. and R.R. Crout (1991) *User's Guide for Executing OZIPR*, U.S. Department of Commerce.
- Gery, M.W., G.Z. Whitten, J.P. Killus and M.C. Dodge (1989) A photochemical kinetics mechanism for urban and regional scale computer modeling, *J. Geophys Res.* 94, 12925-12956.
- Iqbal, Muhammad (1989) *An Introduction to solar Radiation*, Canada: Academic Press
- Kelly, Nelson A., M.A. Feman, T. George (1986) The Chemical and Meteorological Conditions Associated with High and Low Ozone Concentrations in Southeastern Michigan and Nearby Areas in Ontario, *J. of Air Pollution Control Association*, 43.
- Letohn, Allens *et al.* (1993) *Changes in Diurnal Patterns Related to Changes in Ozone Levels*, *J. Air and Waste Management Association*, 43.
- Post, K. (1981) Ozone Formation and the Special Distribution of Precursor Emissions in Sydney, *Atmospheric Environment*, 15.
- Raiver, S. and S. Bernhard (1984) *Simulation of Photochemical Smog Episode in the Rhine-Ruhr Area with a Three Dimensional Grid Model*, New York and London . Plenum Press.
- Savidson, A. (1993) update on Ozone Trends in California's South Coast Air Basin, *J. Air and Waste Management Association*, 43.
- Schere, K.L. (1988) *Ozone Air Quality Models : Critical Review Discussion Papers*, *J. of Air Pollution Control Association*, 38.
- Wispelaere, C.D. (1984) *Air Pollution Modeling and its Application III*, Newyork : Plenum press.
- Zilitinkevich, S.S. (1970) *Dynamics of the Atmospheric Boundary Layer*, Leningrad, Gidrometer, 291.