

SM9)

변조기상변수에 의한 대기오염농도예측

Forecasting Pollutant Levels from Moderating

Meteorological Variables

박종길, 석경하¹⁾, 김지형, 차주환²⁾

인제대학교 환경학과, ¹⁾ 인제대학교 응용통계학과, ²⁾ 기상청 기상연구소

I. 서론

인구의 도시집중과 산업 발달과 더불어 도시의 대기오염은 심각한 수준에 이르렀으며, 이러한 도시 대기오염의 episode는 대기오염물질의 배출량의 급격한 증가보다는 오히려 대기오염물질의 확산을 저해하는 대기안정도나 난류와 같은 기상조건이 더 큰 영향을 준다. 서울과 부산과 같은 대도시의 경우 오존경보제도를 도입하여 주의보 및 경보를 발령하고 있으며, 최근 경보의 횟수마저 증가하고 있는 실정이다. 도시 대기오염의 주역은 오존(Oxidants)으로 알려져 있으며 이를 형성하게 하는 mechanism 또한 잘 알려져 있다. 광화학 반응 물질의 하나이며 발전소나 소각로와 같은 고정오염원이나 자동차와 같은 이동오염원에 의해 많이 배출되는 이산화질소(NO_2) 역시 도시 대기오염을 일으키는 주요 오염물질이다. 이 오염물질의 제어는 도시 대기오염을 개선할 수 있는 좋은 지표가 될 수 있다.

따라서 본 연구는 해안에 인접해 있는 부산 광복동지점의 대기오염농도 자료(1994~1996)와 부산지방 기상청의 시간별 기상자료(1994~1996)를 사용하여 이산화질소(NO_2)의 농도 분포의 특성과 그들에 영향을 미치는 기상변수를 변조하고 대기오염농도를 예측하는 통계모형을 구축하고자 한다.

II. 자료 및 방법

도시 대기오염의 특성을 알아보기 위하여 사용한 자료는 낙동강 환경관리청 산하의 부산 광복동 지점의 2년간(1994~1995)의 시간별 NO_2 농도 자료이며, 같은 기간의 기상자료와 더불어 만들어진 이산화질소의 농도를 예측모형을 1996년의 이산화질소 시간별 농도 자료로 검증하였다. 여기에 사용된 기상인자는 온도, 강수량, 습도, 운량, 일사량, 풍향, 풍속으로 이산화질소가 고농도를 나타내는 episode day를 선정하여 농도에 영향을 주는 최적 변수를 선행연구(김유근 외, 1996; Ziomas *et al.* 1995; Ludwig and Dabbert, 1976)와 농도와의 관계를 조사하였으며, 선택된 변수와 이산화질소 농도사이의 상관 및 중회귀 분석을 하였다. 또한 전날의 최고농도에 비해 증가할 경우와 감소할 경우를 나누어 각각 중회귀분석하여 이산화질소 농도를 예측하고자 하였다.

III. 변수의 선택

(1) 온도 : 온도는 NO_2 가 O_3 으로 광화학 변화를 일으키는데 큰 영향을 미치고 있다(Sanchez and Sanz, 1994). 그러므로 대체로 일 중 최고온도를 나타내며, 다른 기상변수와의 같은 시간대로 맞추기 위해 15시의 온도와 일 최고온도를 추출하여 비교해본 결과, 15시의 온도나 일 최고 온도가 episode day에 미치는 영향은 거의 비슷하였다. 그러나 농도를 예측할 때 들어가는 예측인자로서는 15시 온도 보다 일 최고 온도를 예측하는 것이 쉬우므로 일 최고 온도를 기상 변수로 선정하였다.

(2) 강우지수 : 강수에 의한 rainout 및 washout 현상은 대기오염물질의 세거 및 농도변화에 크게 기여하나, 강수량과 오염물의 제거 및 희석에 대한 충분한 지식이 없으므로 강수량을 정량적으로 예측하여 이산화질소의 농도를 예측하는 것은 매우 어려우므로 강수량을 지수화하여 강수량에 의한 오염물질의 농도예측에 있어 오차를 줄이고자 하였다(Ziomas *et al.*, 1995)

(3) 풍향지수 : 풍향의 경우에는 풍향각을 그대로 변수로 사용할 경우 북풍의 경우는 0° 와 360° 두 가지 경우로 나타나서 같은 풍향인데도 불구하고 다른 값을 나타내게 된다. 이런 이유로 풍향각을 지수화하였는데 부산지역에서 해풍이 불어오는 시간인 15시의 풍향을 이용하여 남서풍을 $\text{WD}=0$ 으로 두었고 그와 정 반대인 북동풍을 2로 두었다.

(4) 일사지수 : 일사지수는 운량을 이용하여 일사량의 값을 대변하게 됨으로서 변수의 수를 줄일 수 있

게 된다. Ludwig *et al.*(1976)에 의해 일사 지수는 다음 식과 같이 나타낸다.

$$I = (1 - 0.5N) \sin \alpha$$

여기서 N은 전운량, 0.5는 도시지역에서의 알베도, α 는 천정각을 나타낸다. 일사 지수는 운량과 일사량의 변수를 대별할 수 있을 뿐아니라, 오염물의 확산에 기여하는 대기안정도까지 설명할 수 있다.

(5) 습도, 풍속 : 풍속은 NO₂의 peak가 발생하는 오전 9시의 data를 이용하였고 습도는 하루중의 최저습도를 변수로 사용하였다.

(6) 교통지수 : NO₂의 농도는 교통량이 증가하는 rush hour에 높게 나타남을 알 수 있다. 그러나 교통량 자체를 변수에 넣는 것은 상당한 무리가 따름으로 교통지수를 이용하여 간단하게 나타낼 수 있다.

IV. 결과 및 고찰

(1) NO₂의 농도변화

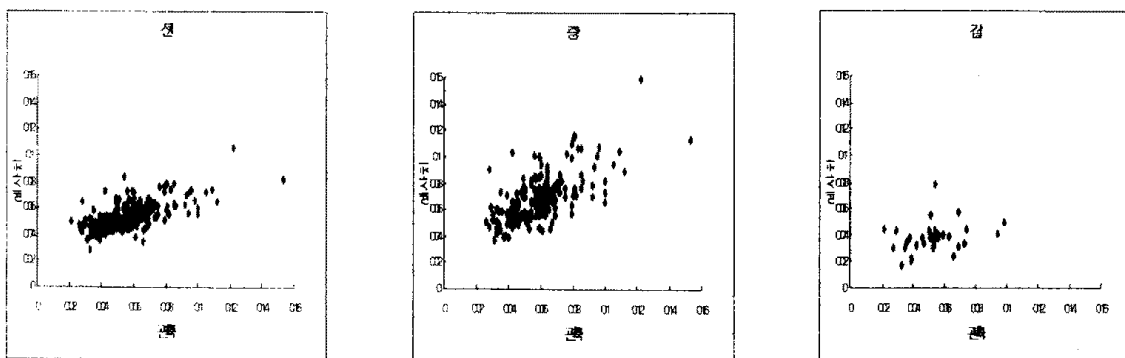
NO₂ 농도의 연 변화를 보면 94년에 비해 95년이 약간 증가하는 것을 알 수 있으며 월 평균 농도는 6월과 10월, 11월에 높게 나타나 하계와 동계에 높은 농도를 보여주고 있다. 이산화질소의 일변화는 일중 두 번의 peak을 나타내는데 첫 번째 peak는 오전 6시부터 10시까지이며 두 번째 peak는 오후 5시부터 9시까지 나타나 교통량이 증가하는 rush hour와 잘 일치함으로써 NO₂의 농도는 이동오염원의 영향을 크게 받음을 알 수 있다. 이러한 경향이 1994년에는 1월~4월, 9월~11월, 그리고 1995년에도 1월~3월, 9월, 11월, 12월에 뚜렷하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 비교적 높은 농도를 나타낸 날은 1995년 6월 1일(0.139 ppm)과 1996년 5월 16일(0.153 ppm)이었다.

(2) 변조기상변수와 이산화질소의 농도

앞에서 선정된 episode period와 이 기간의 기상인자간을 비교하여 보면 NO₂의 농도는 episode day를 정점으로 최고치를 나타내고 있으며 온도 역시 NO₂의 농도와 유사한 pattern을 나타내고 있으나, WDI와 WS는 이와는 반대인 episode day에 가장 낮은 값을 나타내고 있는데 이것은 온도와는 양의 관계, WDI와 WS와는 음의 관계가 있음을 알 수 있다. 온도의 경우에는 15시와 최고 온도가 거의 유사한 pattern을 보였으나 예측인자는 최고 온도가 유용함으로 최고온도가 선정되었다.

(3) 중회귀식의 산출

1994년과 1995년 NO₂의 자료를 전체 data와 전날보다 같거나 증가한 data를 I(increase), 그리고 전날보다 0.01ppm이하로 감소한 data를 D(decrease)로 구분하였고 전체 data와 I, D data 세가지를 SAS 통계프로그램을 이용하여 중 회귀분석을 실행하였고, 산출된 중 회귀 모델을 이용하여 1996년 data의 예보 값을 산출하였다. 예측방법은 먼저 전체 회귀 식으로 예보 값을 산출한 후 이 예보 값이 전날의 농도보다 같거나 증가하였으면 증가식에, 0.01ppm 이하로 감소하였으면 감소식에 넣어 다시 한번 더 NO₂ 농도를 예측하였다. 전체적으로 보면 예측치가 관측치보다 높게 나타나 예측이 잘 된 것을 볼 수 있으나 농도가 감소하는 경우는 좋은 결과를 기대할 수 없었으며 실제로 예측된 날이 33일 밖에 안되었다.



(a) 전체

(b) 증가

(c) 감소

Fig. 1. 이산화질소의 실측치와 (a)전체 (b)증가 (c)감소 회귀모델에 의한 예측치와의 관계