

## A Preliminary Study for Predicting High Level Ozone in Korea

허정수, 김동술

경희대학교 환경학과 대기오염연구실 및 환경연구센터

## 1. 서론

국내 대기오염의 추세는 1993년도를 기점으로 직접배출에 의한 1차대기오염물질 문제에서 광화학적 2차오염문제로 전환되고 있다. 특히, 오존은 경보제가 1996년 처음으로 실시된 이후, '96년, '97년 여름 수차례에 걸쳐 주의보가 발령된 바 있다. 따라서, 오존에 대한 국민적 관심도는 점점 증가하고 있으며, 고농도 오존예보모델이 절실히 요구되고 있다. 지금까지 오존농도를 예측하는 방법으로, 광화학 확산모델과 통계기법을 이용한 오존농도 예측모델 및 신경망모델 등이 진행되어 왔으나, 뚜렷한 성과를 나타내지 못하는 실정이다. 대기환경기준에 규정된 가장 유해한 오염물질로 알려진 오존은 오존전조물질 농도와 일사량, 풍향, 온도 등의 기상변수에 의해 생성된다. 2차오염물질인 오존의 생성정도는 일정 지역의 환경요인과 깊은 관련이 있다. 따라서, 국내의 오존문제를 해결하고, 합리적 관리를 위해서는 여러 가지 오존전조물질과 기상학적 특성이 연구되어야만 한다. 오존예보모델 개발은 고농도오존 발생을 예방하는 제어전략을 세우는 방법이 될 것이다.

본 연구에서는 고농도 오존예측을 위한 첫 번째 작업으로 오존생성과 관련한 여러 인자들을 대상으로 지역별로 단변수 분석하였다. 이러한 작업은 오존예보모델 개발시 변수 선정과정에서 중요한 단계이며, 국내에서 오존생성의 지역적 특성을 파악하여 지역 특성에 맞는 오존예보모델을 개발 할 수 있는 기초단계이다.

## 2. 연구방법

환경부에서 입수한 1989년부터 1996년도의 8년간 대기오염자동측정망 자료를 활용하였으며, 또한, 기상청에서 입수한 기상자료 (온도, 일사량, 풍향, 풍속)를 이용하였다. 대기오염 자동측정망 자료는 현재, 서울 21개 측정소를 비롯하여 전국 107개 측정소에서 5가지 대기오염물질 ( $SO_2$ , TSP, CO,  $NO_2$ ,  $O_3$ )을 1시간 간격으로 연속 측정하고 있다.

본 연구를 위하여, 우선 국내 대기오염 자동측정망에서의 측정현황을 조사하였다. 즉,  $SO_2$ , TSP, CO,  $NO_2$ ,  $O_3$  농도측정의 결측율을 조사하여, 국내의 대기질 조사작업을 점검해 보는 계기를 마련하고자 하였다. 두번째, 서울 및 수도권지역의 계절별 오존분포와 고농도 오존발생 episode (즉,  $O_3$  60 ppb, 100 ppb 이상 발생한 사례건수)를 조사하였다. 세번째, 오존농도가 60 ppb 이상인 시간대의 다른 오염물질 ( $SO_2$ , TSP, CO,  $NO_2$ )농도와 오존을 비교·분석하였으며, 마지막으로 오존 생성과 기상요인 (일사량, 온도, 습도 등)과의 상호 관련성을 조사하였다.

## 3. 연구결과

국내의 대기오염 자동측정망은 15개 시·도지역의 89측정소에서 1989년부터 1996년까지  $SO_2$ 의 경우, 평균 6.6~20.2 %의 결측자료를 가지고 있었다. TSP는 평균 1993년 22.7 %에서 1989년 74.8 %의 비교적 높은 결측율을 보였으며, CO는 11.7~24.6 %,  $NO_2$ 는 12.2~25.7 %가 측정되지 않은 것으로 나타났다. 표 1에는  $O_3$ 의 8년간 결측자료를 나타낸 것으로, 1991년 평균 22.6 %로 결측자료가 가장 많았으며, 1996년에 11.6 %로 가장 높은 측정율을 보였다. 서울의 경우는 1993년 22.2 %를 기점으로 결측율이 점점 감소하고 있는 추세이다.

서울시의 오존분포 현황은 광화문의 경우, 1994년 여름에 최고 322 ppb까지 기록하였으며, 1시간 기

순치인 100 ppb를 초과한 건수가 18회였다. 1992년 가을에는 오존농도 60 ppb 이상 초과한 경우가 97회, 100 ppb 이상인 경우는 42회로 나타났다. 한강하류에 위치한 방이동은 매년 가장 높은 오존농도를 기록하는 지역으로, 1994년 여름에 최고 오존농도가 168 ppb였으며, 100 ppb 이상 초과한 건수도 49회나 되었다. 1996년에는 봄, 여름, 가을, 3계절 모두 최고 100 ppb 이상의 오존농도가 나타났으며, 오존농도 100 ppb 이상의 오존에피소드도 20회나 발생하였다. 서울시는 관악산 측정점을 제외하고 대부분 지역에서 고농도 오존사례가 발생하였다. 1996년 여름에는 관악산에서도 최고 121 ppb를 보였으며, 60 ppb 이상과 100 ppb 이상인 건수가 각각 102회 및 4회나 나타나, 1996년 여름에 고농도 오존이 빈번히 발생한 것으로 나타났으며, 매년 오존 문제가 심각해지고 있는 것으로 파악되었다.

표 1. 전국 15개 시·도지역 대기오염자동측정망의 오존측정 결측율. (단위: %)

지역(측정소 갯수)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
서울 (20)	17.3	21.9	31.1	29.2	22.2	5.0	10.3	9.7
경기 (14)	8.2	17.0	16.6	10.3	34.8	11.8	25.4	19.7
인천 (3)	24.5	12.6	11.3	23.7	23.6	12.7	20.5	9.6
대전 (3)	58.3	15.7	9.4	2.0	18.2	3.3	10.5	4.6
충청 (6)	4.7	23.1	36.2	11.9	27.9	10.3	28.8	22.8
강원 (4)	0.4	32.1	14.6	7.4	9.6	32.9	19.2	8.8
광주 (3)	9.0	22.0	51.5	17.0	19.4	28.7	6.4	6.8
전남 (4)	8.5	13.2	8.5	4.6	21.7	8.2	18.9	7.6
제주 (2)	-	-	-	-	-	-	26.4	9.9
전북 (3)	18.3	12.2	14.9	18.8	9.2	11.4	4.4	5.9
대구 (5)	24.7	29.2	15.2	15.7	21.5	16.5	4.2	8.9
경북 (6)	14.6	38.2	13.2	7.5	20.9	8.0	7.2	12.8
부산 (5)	15.3	20.4	49.7	54.3	14.4	7.0	4.3	6.9
울산 (7)	20.5	14.5	5.9	14.0	25.3	8.9	8.2	33.4
경남 (4)	-	-	37.9	23.9	23.8	32.5	8.3	7.0
평균(총 89측정소)	17.3	20.9	22.6	17.2	20.9	14.1	13.6	11.6

#### 4. 향후 연구과제

본 연구에서는 이미 오존농도의 추이, 계절별 변화 및 고농도 오존발생빈도 조사 등 여러 가지 단변수분석을 수행하였다. 이러한 분석결과를 토대로 다변량 통계기법 중의 하나인 군집분석을 응용하여 지역별로 오존생성에 영향을 주는 오존전조물질과 지역환경요인을 특성별로 분류하고자 한다. 분류된 소집단을 대상으로 다중회귀분석을 응용하여 종속변수(오존)를 가장 잘 설명할 수 있는 독립변수(1차 오염물질, 전일 혹은 전시간의 오존농도, 기상인자)들의 함수로 표현된 회귀모델식을 구하고자 한다. 마지막으로, 오존생성에 영향을 미치는 변수들을 미리 결정된 예측모델식에 적용하였을 때, 바로 오존농도를 확인할 수 있으며, 공간적으로 오존예측농도 분포를 확인할 수 있는 종합적 오존예보모델을 개발하고자 한다. 오존예보모델이 검증되고 보정된 후, 각 대상지역의 고농도 오존사례를 기지의 지식으로 인식하고 스스로 보정하는 전문가시스템을 개발하고자 한다.

#### 5. 참고문헌

- Kmala, N., S.S. Kazuyukikita, and T. Ogawa (1996) Tropospheric ozone behavior observed in Indonesia, Atmospheric Environment, 30(10/11), 1851-1856.
- Ludwig, F.L., J.Y. Jiang, and T. Chen (1995) Classification of ozone and weather patterns associated with high ozone concentrations in the San Francisco and Monterey Bay Areas, Atmospheric Environment, 29(21), 2915-2928.