

김병곤, 한진석, 황동진, 최덕일
국립환경연구원 대기연구부

오존은 성층권에서 인간과 동식물의 생명을 자외선으로부터 보호하는 작용을 하지만 지표면 근처에서는 반응성이 큰 광화학 스모그의 지표물질중의 하나이며 적은 농도에서도 생명체에 해로운 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있다. 오존은 자연중이나 인위적인 발생원으로부터 직접 배출되는 1차 오염물질인 휘발성 유기화합물(VOC)과 NOx 그리고 햇빛이 광화학 반응을 일으켜 생성되는 2차 오염물질이다.

최근 10년 동안 측정된 서울시의 대기오염도에 의하면 청정연료의 보급 및 배출시설 단속 등의 지속적인 정부 노력으로 서울시의 대기환경은 크게 개선되었다. 반면에 기하급수적인 자동차의 공급과 VOC사용량의 증가로 오존농도가 높게 나타나는 사례가 빈번히 발생하고 있다. 최근 3년간('92~'94) 오존 농도가 120ppb를 초과하는 횟수는 각각 71회, 18회, 그리고 150회로 나타났다.

서울지역의 경우 동서를 가로질러 한강이 흐르고 있고 남북에 높은 산들이 위치하며 해안선에서 멀지 않기 때문에 오존의 시·공간적 분포가 변화무쌍할 것으로 생각되었다. 본 연구에서는 고농도 오존 사례가 발생하였을 당시의 특정사례를 선택하여 변화양상을 살펴보았다.

1994년 6월 11일~6월 16일 동안 수도권지역의 일부지점에서 최고 오존농도가 100ppb를 상회하거나 100ppb에 근접하는 경우가 많았다. 오존농도의 수평분포는 도심중심에서 높고 변두리로 갈수록 낮아지는 사례보다는 주로 일부지역에 편중되어 나타나는 사례가 많아 오존농도의 증가가 수도권 전지역에서 동시에 일어나는 것이 아닌 것으로 판단되었다. 이 기간동안의 일기도 패턴을 살펴보면 장마 시작전으로써 한반도 남쪽 북태평양상에 장마전선이 존재하고 한반도에 중위도 고압대가 계속 위치하고 있어 맑은 날이 계속되며, 일사량이 많았다. 상층 850mb 일기도를 보면 수평기압경도 역시 작아 시스템의 이동이 느리고 안정하고 정체된 상태로 판단되었다(Fig. 1).

1994년 6월 11일의 사례만을 선택하여 기상조건을 살펴보면 오전 11시 이후로 서풍과 북서풍 계통의 해풍이 발달하는 것을 볼 수 있으며, 최고 일사량은 오후 1시에 $767\text{W}/\text{m}^2$, 최고온도는 오후 3시에 28.5°C 로 나타났다(Fig. 2). 오존의 수평분포를 살펴보면, 정오부터 서울 서쪽 변두리와 부천을 중심으로 고농도 오존핵이 발달하기 시작하여 오후 2시에 강서구에서 오존농도가 110ppb를 초과하였다. 해풍의 진입으로 고농도 오존핵이 동쪽으로 서서히 진입하기 시작하여 오후 4시에는 용산부근까지 진입하여 성동구 부근에 기존에 존재하고 있던 고농도 핵과 합쳐지게 되었다. 그리고 2시간 후 잠실을 거쳐 서울을 완전히 벗어났다(Fig. 3). 해풍은 오전 11시 이후부터 시작하였지만 일사량이 증가하는 오후 1시까지의 고농도 오존핵이 발달하다가 일사량이 감소한 후부터 오존의 생성률보다 수평방향의 바람에 의한 이류가 크게 작용하여 고농도 오존 핵이 이동하기 시작하였다. 시간별 이류속도는 오후 2시에서 5시까지 약 $1.4\text{m}/\text{s}$ 에서 $3\text{m}/\text{s}$ 로 점차 증가하고 있었다.

이는 다량의 광화학 옥시난트의 전구물질(precursor)을 함유한 일종의 상자(Cell)가 동쪽으로 이동하면서 오존이 생성되었음을 잘 보여주는 것으로 생각된다. 상자내에서 전구물질의 감소와 확산이 일어나 농도는 낮아지겠지만 해풍의 풍하측에 위치한 서울의 동쪽으로 높은 농도의 핵이 상당거리 이동할 것으로 추측된다. 전구물질중의 하나인 NO_x 의 수평분포를 오존의 경우와 비교한 결과 서로의 상관성이 크지 않은 점을 고려할 때 오존의 증가에 VOC의 역할이 컸을 것으로 추측된다.

수도권 지역에서 오존의 생성 메카니즘과 오존농도의 변화양상에 대한 이해를 위해서는 VOC배출량은 물론 환경 대기중 VOC양에 대한 정확한 산정과 복잡하고 독특한 지형을 가진 수도권 지역에서의 기류 흐름에 대한 파악이 함께 이루어져야 할 것이다.

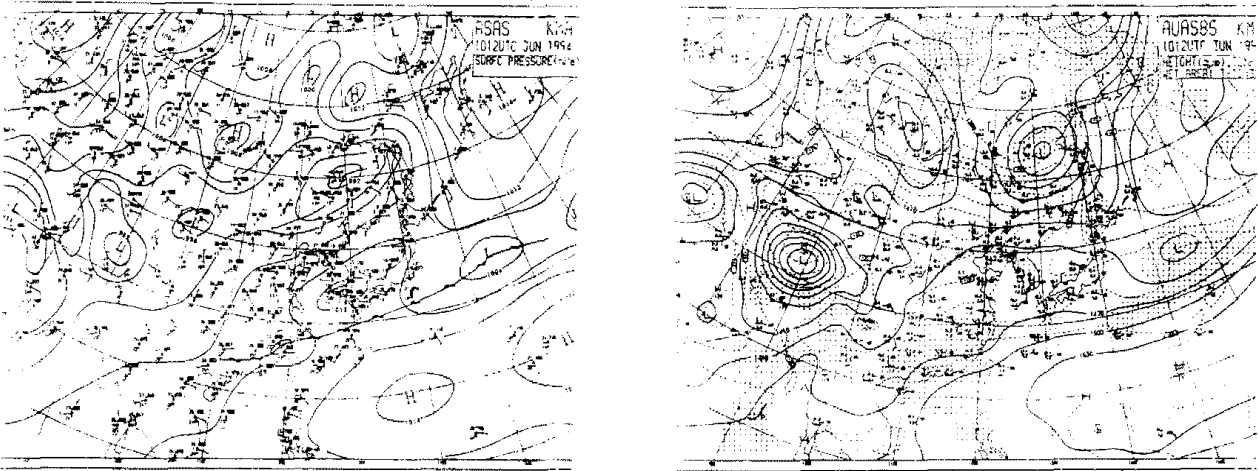


Fig. 1. Meteorological map(surface and 850mb).

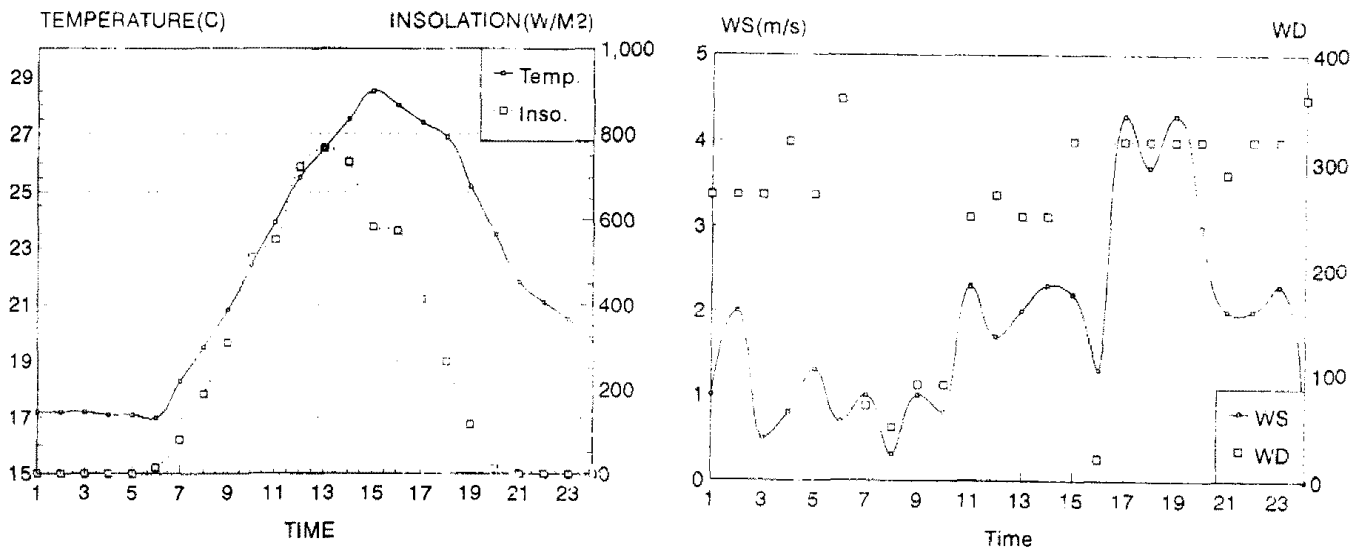
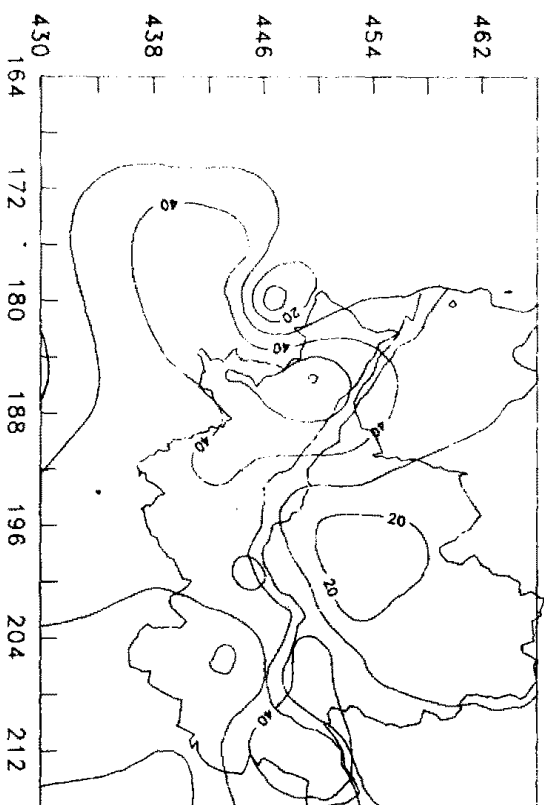
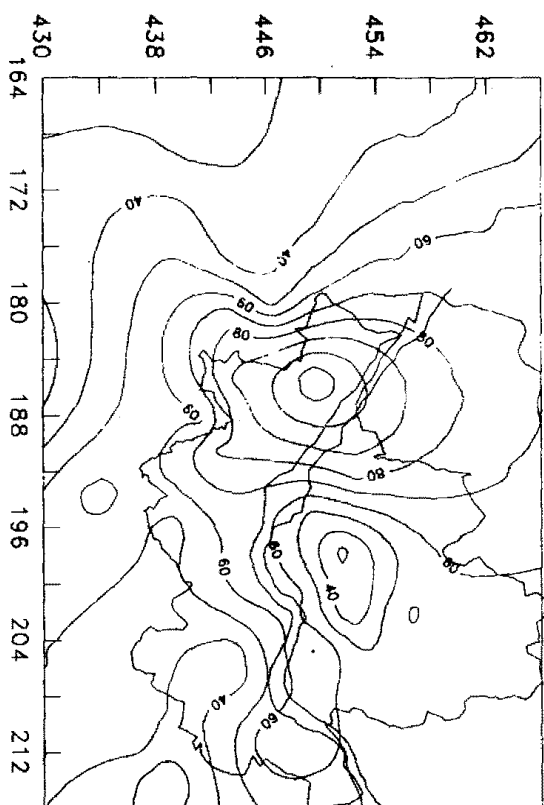


Fig. 2. Time series of meteorological variables.
(wind speed and direction, temperature and insolation)

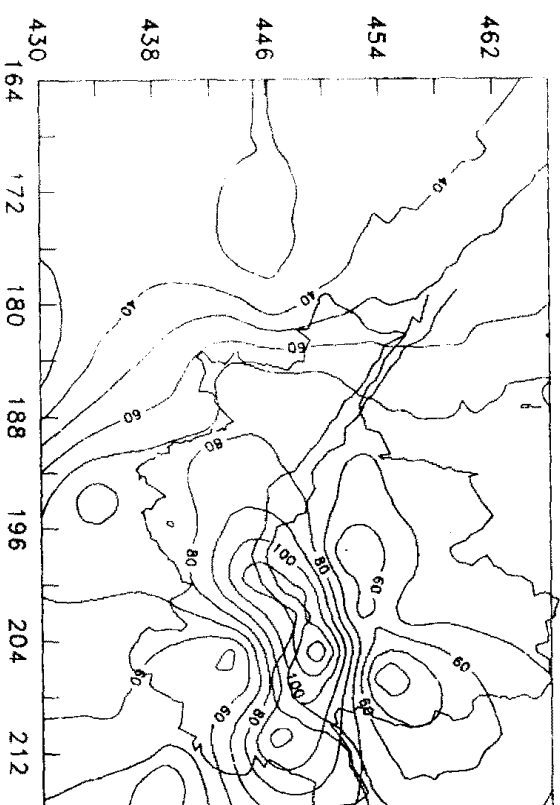
1994/6/11 12LST



1994/6/11 14LST



1994/6/11 16LST



1994/6/11 18LST

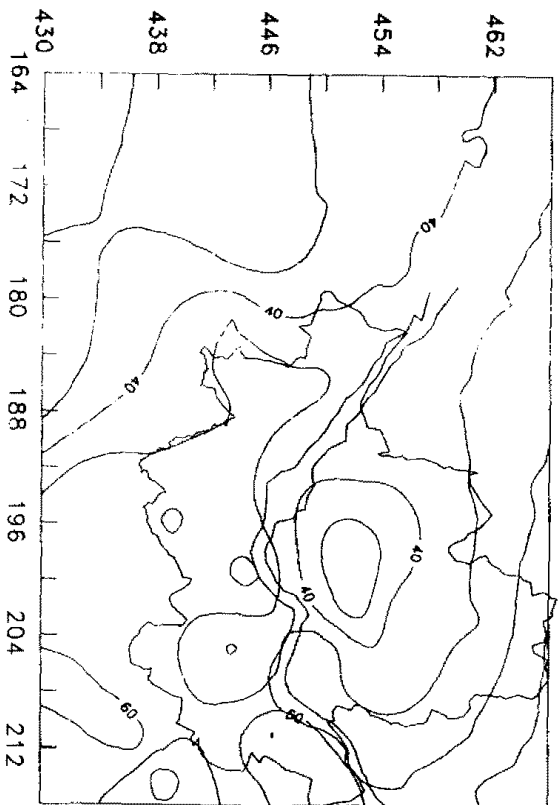


Fig. 3. Horizontal distributions of ozone concentration.