

## 청정지역 및 서울지역의 대기오염도 특성 비교연구

환경조사과

윤 중 섭 · 김 광 진 · 임 재 영 · 임 귀 철

### On the Characteristics of Air Pollutants in Rural Areas and Seoul City

*Division of Environment Research*

Joong-Sup Yun, Kwang-Jin Kim, Jae-Young Lim, Gui-Cheol Lim

#### = Abstract =

A study had been performed on the characteristics of air pollutants in rural areas and Seoul city for the period of May 16 to 23 and Oct. 2 to 8 in 1996. The monitoring stations of rural areas were located at Soback Mt. and Deokyou Mt. and other urban monitoring stations were located in Seoul city. The results were as follows :

1. In rural areas, O<sub>3</sub> concentrations at Soback Mt. and Deokyou Mt. were 97ppb(Seoul 24ppb), 33ppb(Seoul 10ppb), respectively. These concentrations were 3~4times higher than those measured in Seoul. At Deokyou Mt. diurnal variation of O<sub>3</sub> concentration was similar to diurnal variation of O<sub>3</sub> maximum concentration in Seoul. But the diurnal variation hardly appeared at Soback Mt.. O<sub>3</sub> concentration was higher than O<sub>3</sub> maximum concentration in Seoul.
2. At Soback Mt. and Deokyou mt., SO<sub>2</sub> concentrations were 5ppb(Seoul 12ppb), 2.5ppb(Seoul 6ppb) and NO<sub>2</sub> concentrations were 6ppb(Seoul 49ppb), 2ppb(Seoul 31ppb), respectively. And at Deokyou Mt. CO concentration was 0.2ppm(Seoul 0.8ppm).  
Also, in rural areas SO<sub>2</sub> concentrations were 2~3times, NO<sub>2</sub> concentrations were 8~15times, and CO concentration was about 4times lower than in Seoul.
3. Diurnal variation of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO hardly appeared in rural areas.
4. At Soback Mt. and Deokyou Mt., PM-10 were 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Seoul 96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Seoul 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), respectively. These concentrations were 2times higher than those in Seoul.

#### 緒 論

일천만 이상의 인구가 거주하는 서울시의 대기오염도에 관한 관심이 날로 증가하고 있으며, 급격한 차량증가, 인구

증가등으로 시민이 느끼는 체감오염도 역시 더욱 증가하고 있는 실정이다. 그러나, 서울의 최근 대기오염도 변화율은 화석연료에 의해 발생하는 아황산가스, 먼지 등은 현저히 감소를 나타내고 있는데, 이는 이들 물질의 주된 발생원인

연료에 대한 각종 규제조치 및 연료전환으로 석탄소비량이 급격히 줄고, 1988년 이후 LNG(Liquified Natural Gas) 등 청정연료의 사용과 탈황시설에 의한 저유황 연료의 사용에 기인하기 때문이다. 그러나, 이산화질소, 오존 등은 자동차의 급격한 증가로 조금씩 증가하는 추세이고, 여름철에 오존의 고농도 사례가 빈번히 발생하고 있으므로 자동차의 배기가스에 의한 대기오염은 계속 관심을 기울여야 할 것이다.<sup>1), 2)</sup>

대기환경을 보전하기 위해서는 주로 인간의 산업활동에 의하여 진행되고 있는 대기환경의 변화추이와 그 원인에 대해서 정확히 규명할 필요가 있다.

인간의 산업활동에 의하여 발생되는 오염물질의 종류는 먼지, 아황산가스와 같은 1차 오염물질에서 오존 등과 같은 2차, 3차 오염물질에 이르기까지 그 수가 수백종에 이르고 있으나, 이 중에서 온실효과나 인체에 유해한 7~8개의 오염물질을 중점관리 대상으로 하고 있다. 이를 위해서 미국을 비롯한 선진국에서는 청정공기법(Clean Air Act)을 제정하여 자국 및 지구 대기보전을 위하여 노력하고 있으며 우리나라도 1983년에 주요 오염물질에 대한 기준치를 선정하였다. 또한, 각 국은 청정공기법의 제정과 더불어 인간의 산업활동에 의하여 최소한으로 오염된 대기(청정대기)중에 포함된 주요 오염물질의 농도(배경농도)를 장기간에 걸쳐 지속적으로 측정 및 분석하고 있다.<sup>3)</sup>

배경농도 측정은 가능하면 지역적인 영향을 적게 받는

곳으로서 공업 및 상업지역이나 인구밀집지대에서 100km 이상 떨어진 곳이 적당하다고 WHO에서 권장하고 있으나, 우리나라는 지역이 협소하고 산업시설이 산재하여 이러한 조건을 갖춘 곳은 찾기가 매우 힘들다. 다만, 우리나라에서는 태안반도에서 이산화탄소에 대한 배경농도를 측정하고 있으며, 도심지역의 주요 관심사인 대기오염물질에 대한 측정은 제주도 고산리 측정소에서 행하여진 바 있으며, 내륙에서는 아직 보고된 바가 없는 실정이다.

제주도 고산리 측정소에서 측정된 대기오염도는 오존을 제외한 먼지, 일산화탄소, 질소산화물 등은 매우 낮은 농도를 나타내지만, 오존은 1년의 전기간에 걸쳐 다른 도시지역보다 20~30ppb 정도로 높을뿐 아니라 4월, 5월에는 55ppb로 매우 높은 값을 보이고 있었다.<sup>4), 5)</sup>

따라서, 본 연구는 내륙의 高山지역이나 도심에서 멀리 떨어진 시골환경에서의 오염물질을 측정하여 청정지역의 오염도 변화를 파악하고, 청정지역 및 서울에서의 대기중 오염물질 특성 및 농도변화 추세와 그 경향을 살펴보고, 대기환경관리에 유용한 자료를 제공코져 하였다.

## 연구 방법

### 1. 대상지역 및 분석자료

시간별, 지역별 대기오염 수준과 변화추세를 고찰하기 위하여 청정지역의 배경농도 측정은 고산지역은 충북 단양

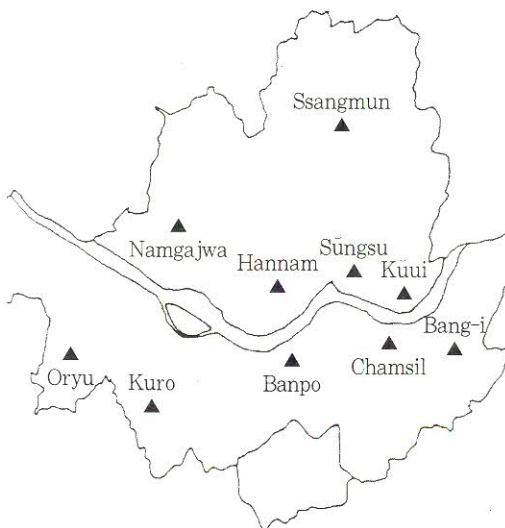


Fig. 1. Air monitoring site at Seoul3



Fig. 2. Location of air monitoring site of background level

## 결과 및 고찰

### 1. 기상자료

소백산의 '96년 5월 측정기간의 평균기온은 10.8℃, 평균습도는 30%, 풍속은 3.1m/s정도였으며, 주풍향은 북풍으로 약 50%를 차지하고 있었으며, 이때 서울의 평균기온은 14.5℃, 평균습도는 41.5%, 풍속은 1.0m/s정도였고, 주풍향은 남서 및 북서풍이 약 50%를 차지하였다.

덕유산의 '96년 10월 측정기간의 평균기온은 10.6℃, 평균습도는 64%, 풍속은 1.1m/s정도였으며, 주풍향은 남풍이 약 30%를 차지하고 있었으며, 이때 서울의 평균기온은 14.5℃, 평균습도는 41.5%, 풍속은 1.0m/s정도였고, 주풍향은 북서풍이 약 30%를 차지하였다.

소백산과 덕유산의 풍향은 매우 상이하게 나타났으며, 이는 계절 및 지형적인 영향에 기인하는 것으로 사료된다.

또한, 소백산은 풍속이 3.1m/s로 서울보다 풍속이 강하게 나타나나, 덕유산은 1.1m/s로 서울과 유사하였다. 이는 고산지대를 제외한 우리나라의 내륙지방의 풍속은 지형적인 영향은 있겠지만 거의 유사하다고 할 수 있다.

### 2. 시간별 농도 변화

#### 1) 오존

지표면 부근의 오존은 대개 20ppb 이하의 미량으로 관측되고 있으며, 서울의 경우 성층권 고도인 23km 부근에서 최대분압을 나타내고 있고, 오존전량의 70% 이상이 14 ~ 33km 사이의 오존층에 분포하고 있으며, '96년도 서울의 오존농도는 년평균 12ppb를 나타냈다.

오존은 성층권에서 대기중의 산소분자가 240nm이하의 자외선에 의해 광분해되어 생성된다. 이 성층권 오존은 거대한 난류혼합에 의해 대류권 중층까지 유입이 가능하며, 드물게는 고농도의 오존이 지표면 근처에서 측정되기도 한다.<sup>3)</sup> 또한, 대류권에서의 오존의 발생은 주로 질소산화물과 탄화수소의 광화학 반응으로 생성된다.

오존의 일변화는 Fig.3 및 Fig.4와 같다.

Fig.3은 봄에 서울시와 소백산에서 측정한 일변화이고, Fig.4는 가을에 서울시와 덕유산에서 측정한 일변화이다.

Fig.3에서 소백산의 오존의 일변화는 서울시와 같은 도심지역에서 야간에는 농도가 낮고 14 ~ 16시경에 최고치를 나타내는 전형적인 변화추이와는 상이하게 야간에도 주간과 유사한 농도값으로 시간별 변화의 폭이 좁으며, 서울시의 일 최고농도보다도 높은 농도를 나타내고 있다.

한편, 김, 등<sup>3)</sup>, 홍, 등<sup>4)</sup>에 의하면 제주도의 고산리 측정소에서 관측되었던 오존농도도 일변화폭이 매우 적다고 하였

군내의 소백산 정상부근(해발 1340m)에 위치한 소백산 기상관측소 (위도 36.5°, 경도 128.3°)로써 인접도로와는 약 8km, 인근의 중소도시(단양읍, 풍기읍)과는 약 20km 떨어져 있으며, 시골지역은 전라북도 무주군 안성면 덕유산 국립공원내의 칠연계곡 주변의 자연학습원으로써 해발 450m정도이고, 인접도로와는 약 6km 인근의 중소도시(무주읍)와는 약 30km 떨어진 곳으로써 반경 2km내에는 촌가가 150여호가 산재하여 있었으며, 측정기간은 소백산은 '96. 5. 16. ~ 23일이었고, 덕유산은 '96. 10. 2. ~ 8일로써 각각 1주일씩 하였으며, 서울지역은 서울시 관리 10개 측정망의 자료중 배경농도 측정기간과 동일한 기간의 측정치를 이용하였다.

Fig.1은 서울시 대기오염 측정망 나타낸 것이고, Fig.2는 배경농도를 측정한 청정지역인 소백산과 덕유산의 위치를 나타낸 것이다.

### 2. 측정장비 및 측정방법

#### 1) 측정장비

대기오염 측정장비는 서울의 경우 일본의 KIMOTO Electric사의 MCSAM-2, MCSAM-3을 같이 사용하고 있었으며, 배경농도를 측정한 장비는 일본의 KIMOTO Electric사의 MACSAM-2을 이용함으로써 측정방법상의 차이점이 없었다. 각 기기들은 정확도가 높은 데이터를 얻기 위하여 주기적으로 교정과정을 거쳤으며, 교정시 필요한 기체는 pure air와 표준가스를 사용하였다.

#### 2) 측정방법

대기오염물질 측정방법은 Table1과 같으며, 표에서 나타난 측정항목이외에 기상자료를 얻기 위하여 풍향, 풍속, 온도, 습도 등을 측정하였다.

**Table1.** Measured Method of Air Pollutants Measured Item

Measured Item	Measured Method
Sulfur Dioxide(SO <sub>2</sub> )	Pulse U. V. Fluorescence Method
Carbon Monoxide(CO)	Non-Dispersive Infrared Method
Suspended Particulate Matter (PM-10)	β-Ray Absorption Method
Ozone(O <sub>3</sub> )	U. V. Photometric Method
Nitrogen Monoxide(NO)	Chemiluminescent Method
Nitrogen Dioxide (NO <sub>2</sub> )	Chemiluminescent Method

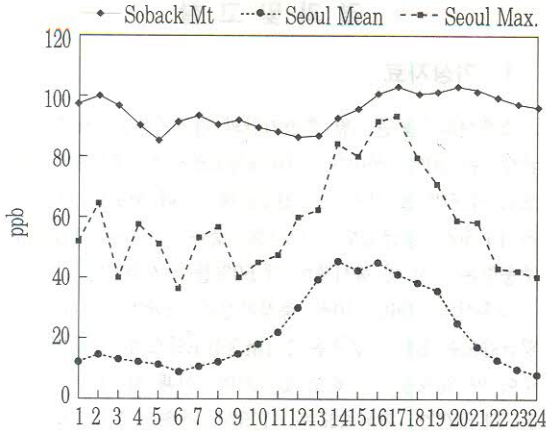


Fig. 3. Diurnal variation of ozone at Seoul city and Soback Mt. in May 1996

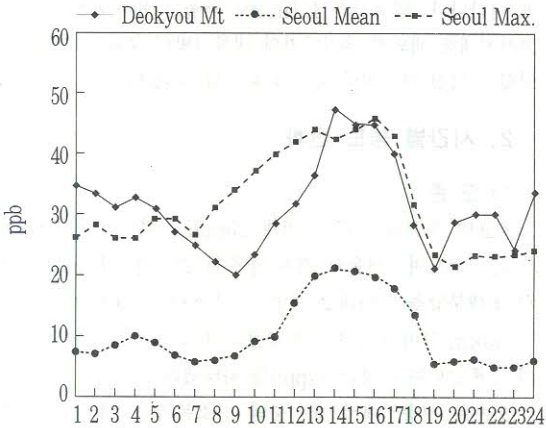


Fig. 4. Diurnal variation of ozone at Seoul city and Deokyou Mt. in Oct. 1996

으며, 일본에서 관측된 바에 의하면 대기혼합층 위의 오존 농도는 일변화가 거의 없으며 지표면 부근의 오존농도 최고값과 거의 같다고 하였다.<sup>9)</sup>

瀬戶信也<sup>10)</sup>에 의하면 1981년 5월에 일본의 오오다계시(大竹)에서 측정된 오존의 고도별 농도와 그 시간변화는 지표면 부근에서는 오존농도의 일변화폭이 크고 고도가 증가함에 따라 그 변동폭이 작아졌으며, 500m의 고도에서는 일변동이 거의 없으며 고농도를 유지하였다고 하였다. 또한, 아침 9시경에는 지표면 부근의 저고도 오존농도가 급증하기 시작하여 11시경에는 고도별 차이가 거의 없게 되어 이 상태가 17시경까지 계속되다가 야간에 들어서 각 고도별

농도차이는 다시 커지게 된다고 하였다.

또한, 윤.등<sup>7)</sup>에 의하면 태양복사에 의해 지표가 가열되면 혼합층이 높아지고 이로 인하여 혼합층위의 오존이 유입되어 섞일 수 있고, 지표오존의 일 최고값이 나타내는 시간은 하루중 혼합층 고도가 최고로 되는 시간대와 동일한 경향이 있어 지표면 부근의 오존은 지표면에서 파괴되어도 혼합이 활발하여 생물권 상부의 오존과 광화학으로 생성된 오존의 영향으로 높게 되며, 야간이 되면서 기온은 감소하고 혼합층 고도가 내려오면서 단위 기주당 지표면에서의 오존 파괴율은 증가하게 되고 접지역역에 의해 대류권 하층의 오존 유입이 차단되어 오존농도가 최소값을 나타나게 된다고 하였다.

성층권과 대류권의 혼합은 주로 봄에 이루어지므로 혼합층 위의 오존농도가 매우 높을 것으로 판단되며, 소백산의 경우도 해발고도가 1300m정도이고 측정당시 대기혼합층의 깊이가 900 ~ 2400m로 평균 1600m이었으므로 측정지점이 혼합층 위에 있거나 혼합층과 경계를 이뤄 오존농도가 매우 높게 나타나며, 일변화가 거의 없었던 것으로 사료된다.

한편, 서울시의 경우 지표면 부근의 오존이 측정기간동안 1시간 기준 환경기준치( $\leq 100$ ppb)를 초과한 일수는 없었지만, 세계보건기구(WHO)가 권고한 일 최고허용 한계치인 70ppb를 초과한 횟수는 25회로 매우 양호한 것으로 판단된다.

Fig. 4는 덕유산(시골환경)에서 측정된 오존농도의 일변화이다.

덕유산은 소백산, 제주도등의 청정지역과는 상이하게 서울시의 오존의 일변화곡선과 농도의 차이는 있지만 거의 유사한 경향을 나타내고 있고, 덕유산의 오존농도가 3배이상 높다. 이는 질소산화물에 의한 영향이라기 보다는 자연에서 발생하는 테르펜, 이소프렌과 같은 휘발성 유기화합물에 기인하는 것으로 사료되며, 오염된 도심지역의 평균농도보다 높다는 Jacques Fortan<sup>8)</sup>의 연구와 일치하였다.

덕유산의 평균 오존농도 33ppb는 서울시의 일최대 오존농도 32ppb와 거의 유사하고 최고농도 변화도 덕유산의 변화와 유사하였다.

이와같이 오존은 오염된 도시지역의 질소산화물과 탄화수소와 같은 물질이 강한 햇빛에 의해 광화학반응을 야기하여 고농도의 오존을 발생하기도 하지만 성층권 오존의 유입과 자연에서 발생하는 휘발성 유기화합물에 의해 발생한다 불수 있으며 오존은 다른 오염물질과는 상이하게 청정지역에서 높다는 것을 알수 있다.

또한, 청정지역인 소백산과 덕유산의 일변화가 상이한

것과 덕유산의 오존농도 변화가 서울과 유사한 것에 대한 연구가 더 필요하겠다.

## 2) 아황산가스

연료의 연소과정에서 생성되는 아황산가스(SO<sub>2</sub>)는 연료 중에 포함되어 있는 황성분이 공기중의 산소와 결합하여 생성되며, 대기중에서 산화되고 수분과 결합하여 황산이 형성되어 생물에 위해를 끼치며, 건축물을 부식시키는 산성비를 야기시킨다.<sup>9)</sup>

Fig.5 및 Fig.6은 서울시와 청정지역의 아황산가스 일변화를 나타낸 것이다.

Fig.5에서 서울시는 오전 8시경에 최고치를 나타내다가 계속 감소하여 오후 4시에 최소값을 나타내다가 다시 약간 증가하였다. 이는 서울시의 아황산가스 일년중 일변화와 유사한 경향이었다. 그러나, Fig.6의 10월중 일변화는 Fig.5의 서울시 아황산가스 곡선처럼 변화폭이 적으며, 농도간의 차이가 매우 적게 나타나고 있다. 이는 난방연료에 의한 황산화물 배출량이 매우 적었던 것으로 사료된다.

또한, Fig.5 및 Fig.6에서 청정지역은 11시 ~ 13시 사이에 서울시와 상이하게 최대값을 나타내고 점차 감소하다가 19시이후에 변화가 거의 없었다. 이는 측정지점주변에 오염원이 없고, 기상요인 등에 의한 기류이동으로 인근의 중소도시에서 배출된 오염원에 의한 것으로 사료된다.

## 3) 이산화질소(NO<sub>2</sub>)

이산화질소는 아황산가스와 함께 대기오염물질의 주요인자중의 하나로서 일반열공급시설, 자동차의 운행 등에 의하여 주로 배출되는 오염물질로서 아황산가스나 분진등과 연료대체정책으로 저감할수 없으며 아직 실용화된 뚜렷한 제어방법이 없는 실정이고 서울의 경우 자동차가 기하급수적으로 증가하여 이산화질소농도가 매년 증가하고 있는 추세이다.

이산화질소 및 질소산화물은 오래된 탄화수소 및 태양광선중의 자외선과 반응하여 회백색의 옥시단트 등의 광화학스모그 현상을 일으켜 도시 대기오염에 큰 영향을 미친다.

Fig.7 및 Fig.8에서 처럼 서울시의 이산화질소는 9시 ~ 11시경에 최대치를 나타내다 점차 감소하여 오존농도가 최대값을 나타내는 16시경에 최소값을 나타내다가 다시 증가하였다.

이는 도시의 질소산화물의 주배출원인 자동차에 의한 것이고 일산화질소가 자동차에 의해 출퇴근시간에 배출된 다음 이산화질소로 산화되기 때문에 출퇴근 시간대보다 조금

늦게 최대값을 나타낸 것으로 사료된다.

그러나, 청정지역인 소백산과 덕유산은 일중변화가 매우 적었고, 소백산의 경우 14시경에 최고치를 나타내는데, 이는 약 8km정도 떨어진 인근도로의 자동차에 의해 배출된 질소산화물이 바람에 의해 이루어져 온 것으로 사료된다.

## 4) 일산화탄소(CO)

일산화탄소는 주로 연료의 불완전 연소시 많이 발생되며 이는 자동차 배기가스와 석탄의 연소등에서 많이 배출된다. 또한, 인위적인 배출원에 의한 배출뿐만 아니라 자연적인 배출원에 의해서도 방출되는데, 배출물질중 가장 중요한 것은 메탄의 산화이며, 대류권에 있는 자연발생적인 탄화수소와 식물로부터의 직접적인 방출과 해양 및 토양에 있는 미생물의 활동등에 의해 방출되기도 한다. 이들 추정치는 불확실하여 특히 자연적인 배출원에서는 더욱 크다.<sup>10), 11)</sup>

소백산에서 일산화탄소는 기계고장으로 측정하지 못하였다.

일산화탄소의 일변화는 서울의 경우 Fig.9와 같이 8시 ~ 9시경에 높게 나타내다가 점차 감소하여 15시 ~ 17시경에 가장 낮게 나타내다가 다시 증가하여 19시이후에 극대치를 나타내고 있다. 이는 늦은 봄부터 초가을까지는 일산화탄소는 주로 자동차에 의한 영향을 받고 있음을 암시하여 주고 있다.

또한, 덕유산은 Fig.9와 같이 일별 변화가 거의 없었다.

## 5) 부유입자상물질(PM-10)

대기중의 입자상 물질은 물리, 화학적 과정에 의해 생성된다. 이들 입자상 물질들은 호흡기에 침적되거나 점막을 자극하여 호흡기 질환을 일으키고 전파의 산란 및 시정장애, 기후 등 환경에 미치는 영향은 매우 크다. 특히, 부유입자상물질(PM-10)은 대기중에 부유하는 입자상 물질중 입경이 공기동력학적으로 10 $\mu$ m이하인 것을 말하고, 이는 대기중에서 침강속도가 늦고 비교적 장시간 체류하며 인체 건강상 기도 또는 폐포에 침착하여 호흡기에 영향을 미치기 때문에, 선진국에서는 오래전부터 미세먼지만을 대기중 환경기준으로 설정하여 관리하고 있으나, 우리나라에서는 1995년 1월부터 총부유먼지(TSP)와 함께 환경기준으로 선정하고 있는 실정이다.

부유입자상물질(PM-10)의 일변화는 Fig.10 및 Fig.11에서와 같이 서울시는 출근시간대인 7시에 농도가 상승하여 8 ~ 10경에 최대치를 나타내다가 계속 감소하여 15시경에 극소치를 나타낸다음 퇴근시간대에 다시 증가하였다. 이는 자동차의 운행시 배출되는 배출가스가 주요오염원임을

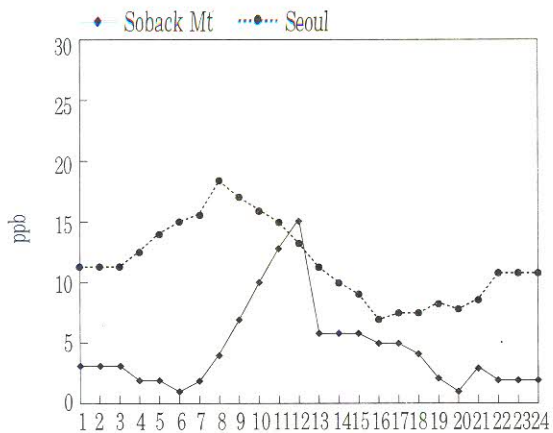


Fig. 5. Diurnal variation of  $\text{SO}_2$  at Seoul city and Soback Mt. in May 1996

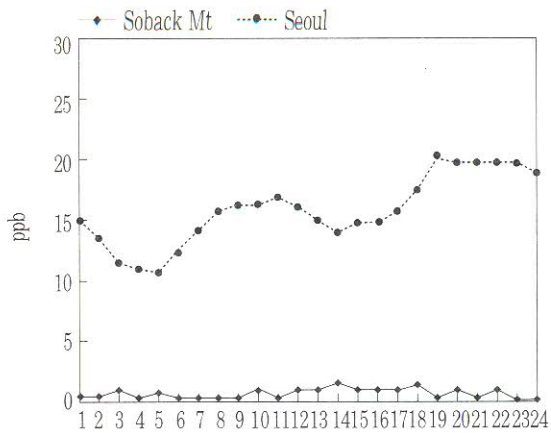


Fig. 8. Diurnal variation of  $\text{NO}_2$  at Seoul city and Deokyou Mt. in Oct. 1996

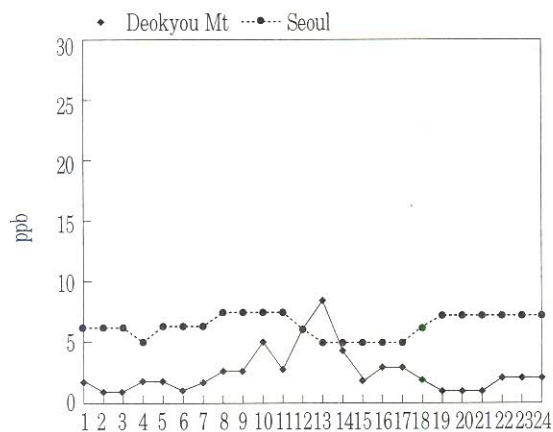


Fig. 6. Diurnal variation of  $\text{SO}_2$  at Seoul city and Deokyou Mt. in Oct. 1996

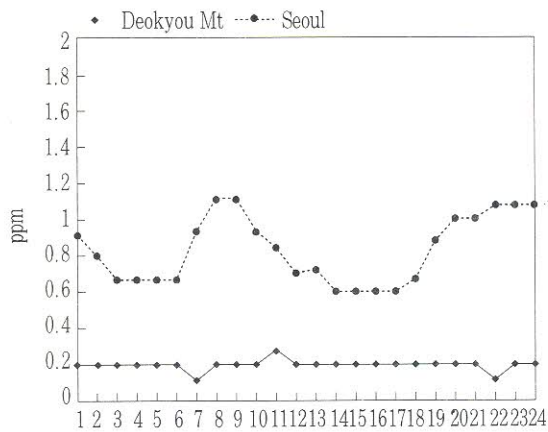


Fig. 9. Diurnal variation of CO at Seoul and Deokyou Mt. in Oct. 1996

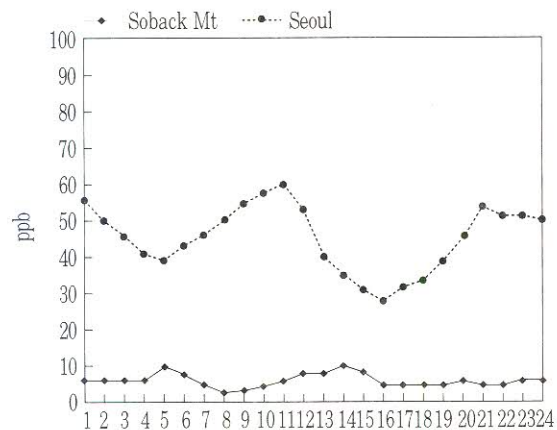


Fig. 7. Diurnal variation of  $\text{NO}_2$  at Seoul city and Soback Mt. in May 1996

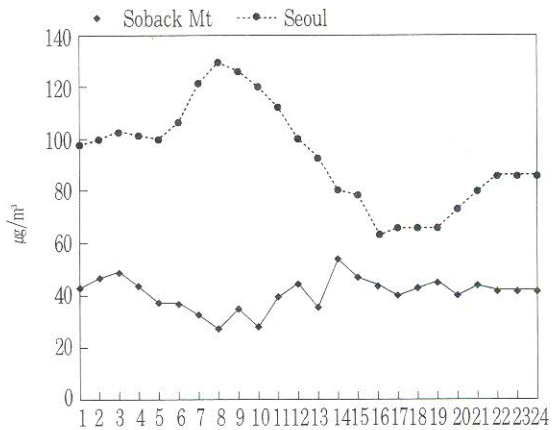


Fig. 10. Diurnal variation of PM-10 at Seoul city and Soback Mt. in May 1996

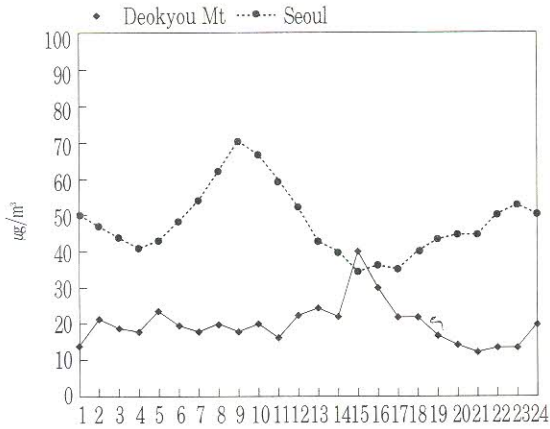


Fig. 11. Diurnal variation of PM-10 at Seoul city and Deokyou Mt. in Oct. 1996

알 수 있다.

또한, 청정지역인 소백산이나 덕유산은 일변화가 매우 적게 나타내고 있는데, 이는 인위적인 오염원에 의한 영향 이라기보다는 토양등과 같은 자연발생적인 영향으로 사료되며, 덕유산의 경우 15시경에 평균농도보다 2배이상 높게 나타났다.

### 3. 평균농도

측정기간동안의 평균농도는 Table 2, Fig. 12 및 Fig. 13 과 같다.

Fynlayson, Pitts<sup>13)</sup>에 의하면 세계 각지의 청정지역의 전형적인 오존농도는 20 ~ 80ppb이고, 봄은 일반적으로

24ppb, 10ppb로써 청정지역이 도심지역보다 3 ~ 4배정도 높게 나타내고 있었고, 덕유산의 경우는 전형적인 청정 지역농도를 나타내는데, 소백산은 앞에서 언급하였듯이 혼합층과 경계에 위치해 있기 때문에 높은 것으로 사료된다.

아황산가스는 청정지역의 평균농도는 소백산은 5ppb, 덕유산은 2.5ppb이고, 이 기간동안 서울시는 각각 12ppb, 6ppb로써 청정지역보다 아황산가스농도가 2배이상 높게 나타내고 있다.

WHO에서 권장하고 있는 청정지역의 아황산가스 권고치는 0.34 ~ 1.36ppb이나, 제주도 고산지역에서 1992년 2월에 측정된 평균값이 1.4ppb를 나타낸 바 있으며,<sup>12)</sup> 제주도는 내륙과 멀리 떨어진 위치이고 소백산 및 덕유산은 내륙에 위치하여 있어 주변지역의 지역난방 및 인접한 도로의 교통량에 의한 영향을 받은 것으로 사료된다.

이산화질소농도는 청정지역인 소백산은 6ppb, 덕유산은 2ppb이고, 이 기간동안 서울시는 각각 49ppb, 31ppb로써 8배에서 15배정도의 차이를 나타내고 있다. 제주도 고산지역에서 1994년 3 ~ 4월에 측정된 NOx의 농도는 3.5ppb 인데 이때에 NO의 농도는 0.1ppb로써 NOx값을 NO2와 같다고 볼수 있다<sup>5)</sup>. 덕유산의 경우는 제주도 고산과 비슷한 수준이나, 덕유산은 2배정도 높게 나타내고 있었다. 이는 이는 약 8km정도 떨어진 인근도로의 자동차에 의해 배출된 질소산화물이 바람에 의해 이루어져 온 것으로 사료된다.

덕유산의 일산화탄소는 측정기간동안 평균농도는 0.2ppm이었고, 이 기간동안 서울시의 농도는 0.8ppm으로 약 4배정도가 높았다. 또한, 1991년도 태안반도에서

Table 2. Mean concentration of air pollutant

Month	Site	O <sub>3</sub> (ppb)	SO <sub>2</sub> (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	CO(ppm)	PM-10(µg/m <sup>3</sup> )
May	Soback Mt. (B)	97	5	6	1	40
	Seoul (U)	24	12	49	-	96
	B/U	4.0	0.42	0.12		0.42
Oct	Deokyou Mt. (B)	33	2.5	2	0.2	20
	Seoul (U)	10	6	31	0.8	49
	B/U	3.3	0.42	0.06	0.25	0.41

\* B : background level, U : urban

50 ~ 80ppb로 최고치를 나타낸다고 하였다. 또한, 우리나라의 경우 제주도 고산리 측정소에서 측정된 결과 92년도에는 48ppb정도이고, '94년도 3 ~ 4월에는 55ppb 정도로 높게 나타내는 경향을 보였다.<sup>4),5)</sup> 측정 기간동안 소백산은 97ppb, 덕유산은 33ppb로써 각 기간동안 서울시는

측정된 일산화탄소의 농도는 0.4ppm정도였으므로 덕유산의 농도가 태안반도보다 더 낮았다. 이는 시간적인 격차에 의해 불완전연소를 야기하는 화석연료의 사용이 줄어들고 청정연료로 대체되었기 때문이며, 또한, 일산화탄소가 많이 발생하는 동절기의 측정치가 포함되었기 때문에 태안

반도에서 덕유산보다 높게 나타난 것으로 볼수 있으며, 같은 기간이라면 유사하게 측정되었을 것으로 사료된다.

부유입자상물질(PM-10)의 평균농도는 청정지역인 소백산은  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 덕유산은  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인데 반해 서울시는 같은 기간 각각  $96\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $49\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로써 청정지역의 2.2 ~ 2.5배정도로 매우 높게 나타나고 있다. 이는 자동차와 같은 인위적인 오염원에 기인한다고 사료된다.

## 結 論

청정지역의 대기오염도와 서울의 대기오염도 특성을 비교하기 위하여 청정지역으로는 '96. 5월에 소백산과 '96. 10월에 덕유산에서 측정된 대기오염도와 같은 기간의 서울에서의 대기오염도를 비교한 결과 다음과 같다.

1. 청정지역에서 오존의 평균농도는 소백산 97ppb(서울 24ppb), 덕유산 33ppb(서울 10ppb)로 서울보다 3 ~ 4배정도 높게 나타났으며, 일변화는 시골지역인 덕유산은 서울의 일최고 오존농도의 변화와 유사하나, 고산지역인 소백산은 일변화가 거의 없었으며, 서울의 일최고농도보다 높게 나타났다.

2. 청정지역에서 아황산가스의 평균농도는 소백산 5ppb(서울 12ppb), 덕유산 2.5ppb(서울 6ppb)로 서울보다 2 ~ 3배정도, 이산화질소의 평균농도는 소백산 6ppb(서울 49ppb), 덕유산 2ppb(서울 31ppb)로 8 ~ 15배정도, 일산화탄소는 덕유산 0.2ppm(서울 0.8ppb)으로 4배정도 낮게 나타났다.

3. 청정지역에서 아황산가스, 이산화질소, 일산화탄소의 일변화는 서울에 비해 매우 작았다.

4. 입자상부유물질(PM-10)은 소백산  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ (서울  $96\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 덕유산  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ (서울  $49\mu\text{g}/\text{m}^3$ )으로 서울보다 2배정도 낮게 나타내었으며, 일변화도 서울에 비해 매우 작았다.

## 參 考 文 獻

1. 서울시정개발연구원 : 서울시 대기오염 특성 연구, (1994).
2. 어수미, 여인학, 김길식, 이상열, 이규남 : 1993 ~ 1995년 서울시 대기오염 특성, 서울시보건환경연구원보, 31 : 234 (1995).
3. 서명석, 박경운, 이호근, 장광미, 강창희, 허철구, 김영준 : 청정지역과 도시지역의 오존농도 특성 연구, 한국대기보전학회, 11(3) : 253 (1995).
4. 홍민선, 이상훈, 이동섭, 강창희, 박경운 : 제주도 고산에

- 서의 대기오염물질 측정 및 분석에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 8(4) : 257 (1992).
5. 김용표, 김진영, 박세욱, 심상규, 문길주, 박경운, 허철구 : 고산에서 1994년 3월 ~ 4월 측정연구(기체상 대기오염물질의 특성), 한국대기보전학회, 12(1) : 91 (1996).
6. 瀬戸信也 : Case study on the Vertical Profile of Oxidant Concentration at the Coastal region of Seto Inland sea, 天氣, 39 : 347 (1992).
7. 윤마병, 정용승 : 충북 청원군에서 관측된 지표면 부근의 오존, 한국대기보전학회, 11(1) : 85 (1995).
8. Jacques Fortan, Alexis Minga, Alain Lopez, Aime Druilhet : Vertical ozone profiles in a pine forest, Atmospheric Environment, 26A(5) : 863 (1992).
9. 이동식, 이길화, 이승천, 김홍주, 이규남 : 서울시 터널내 공기오염도 조사연구(제 9보), 서울시보건환경연구원보, 31 : 207 (1995).
10. 정용승, 이근준 : 한국의 태안반도에서 관측된 CO의 지역적 배경농도에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 9(3) : 200 (1993).
11. David F. Miller and Flores : Sulfur dioxide concentrations in western U.S., Atmospheric Environment, 26A(2) : 345 (1992).
12. 김종석 : 대기환경 기준설정 배경에 대하여, 한국대기보전학회 7(1) : 67 (1991).
13. Finlayson B. J. and Pitts J. N. : Atmospheric Chemistry, John Wiley & Sons Inc., New York : 140 (1986).
14. Chung Y.S. and Dann T. : Observation of Stratospheric ozone at the ground level in Regina, Canada, Atmos. Environ., 19 : 157 (1985).
15. 전병일, 김유근, 이화운 : 부산지역의 SO<sub>2</sub> 농도 변화특성에 관한 고찰, 한국대기보전학회, 10(4) : 245 (1994).
16. 김영성 : 1991 ~ 1993년 사이 우리나라의 오존농도 변화, 한국대기보전학회, 12(1) : 55 (1996).
17. 김용표, 박세욱, 김진영, 심상규, 문길주, 이호근, 장광미, 박경운, 강창희 : 고산에서 1994년 3월 ~ 4월 측정연구(입자상 오염물질의 이동), 한국대기보전학회, 12(1) : 79 (1996).
18. 국립환경연구원 : 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(Ⅲ), (1991).
19. 전병일 : 부산연안지역의 고농도 오존일의 예측기법 개발과 오존농도 수치모의, 부산대학교 대학원 박사학위논문, (1997).
20. 전병일, 김유근, 이화운 : 부산지역의 오존농도 특성과 기상인자에 관한 연구, 한국대기보전학회, 11(1) : 45 (1995).
21. Cheng C. K. J., C. F. Callis, and M. H. Hirschler : Global man-made emission of carbon monoxide and hydrocarbons, Paper presented at the World Clean Air Congress, Sydney, Australia, August : 25 (1986).
21. George T. Wolff and Patricia E. Korsog : Ozone



- Control Strategies Based on the Ratio of Volatile Organic Compounds to Nitrogen Oxides, *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 42(9) : 1173 (1992).
22. 기상청 : 기상월보, (1996).
23. Angle, R. P. and H. S. Sandhu : Urban and Rural Ozone Concentrations in Alberta, Canada, *Atmospheric Environment*, 23 : 215 (1989).
24. Chung Y. S. : Ground - level ozone and regional transport of air pollution, *J. Appli. Meteor*, 16 :1127 (1977).
25. B. J. Finlayson Pitts and J. N. Pitts, Jr. : Atmospheric Chemistry of Tropospheric Ozone Formation : Scientific and Regulatory Implications : *Air & waste*, 43 : 1091 (1993).