

## 독도에서의 대기 background 농도

이 동 인  
부산수산대학교 대기과학과

### Atmospheric Background Values at Dokdo Island, Korea

Dong-In LEE

Department of Atmospheric Sciences, National Fisheries University of Pusan,  
Pusan 608-737, Korea

To investigate the background concentration of air pollutants (SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, TSP) and the composition of atmospheric aerosols, air samplings using teflon bags and a high volume air sampler were accomplished from 7 to 8 June 1991 (first time) and from 25 to 26 June 1992 (second time) at the top of Dokdo island, Korea. During observation periods, mean concentrations of SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> gases were 2.3 ppb, 5.57 ppm, 6 ppb and 7 ppb, respectively, and mean concentration of TSP using a high volume air sampler was 153 µg/m<sup>3</sup>. The composition of atmospheric aerosols by SEM-EMAX analyses were mostly Na, Cl and Si, and their sizes were more than 1µm diameter.

From the results, it is found that atmospheric background values at Dokdo island is influenced by oceanic water quality evaporated from sea surface water, and this island has to be used as a stationary observation site for meteorological and air quality data.

**Key words :** background concentration, air pollutants, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, TSP, Dokdo island, aerosols, SEM-EMAX analyses

#### 서 론

대기오염은 각종 배출업소, 일반가정 등 고정오염원과 자동차, 선박, 항공기 등 이동오염원에 의해 발생하는데 오염물질 배출량 뿐만 아니라 주변의 지형 조건과 기상에 따라 크게 영향을 받으며, 특히 대기 오염물질은 폐수나 폐기물과는 달리 일단 대기 중에 배출되면 제거할 방법이 전혀 없어 인체 및 자연 생태계에 큰 영향을 주게 된다. 따라서 사전에 철저한 조사와 더불어 저감 대책 등이 수립되어야 한다. 우리나라에서는 대기질을 측정하기 위하여 대기오염농도 측정망 (Air Pollution Monitoring Network)이 구성되어 서울등 각 지방의 주요도시에서 상시 운영되고 있다. 이 측정망을 통해 아황산가스 (SO<sub>2</sub>), 부유분진 (TSP), 이산화질소 (NO<sub>2</sub>), 오존 (O<sub>3</sub>), 일산화탄소

(CO), 납 (Pb) 등의 오염농도와 풍향, 풍속, 온도, 습도, 일사량 등의 기상요소가 매 시간별로 측정되고 있다 (Kim et al., 1993). 그리고 이러한 오염도에 관한 측정 및 연구는 주로 공업도시나 서울 등과 같은 대도시에 집중되고 있는 실정이다.

그런데 어떤 지역의 대기 오염정도를 보다 정확하게 평가하기 위해서는, 대조위치 (비교지역)에서의 background 농도값을 측정할 필요가 있다. 현재까지 우리나라 환경오염 공정시험법상에서는 오염발생원의 영향을 받지 않는다고 판단되는 적절한 위치를 대조위치로 간주하여 그 지역에서의 농도 값을 background 농도 값으로 하고 있다. 그러나 조사 해당지역의 오염정도를 정확하게 비교, 분석, 평가하기 위해서는 비오염지역에서의 오염물질 농도값에 관한 세밀한 조사가 있어야 한다.

일반적으로 대기중의 background 농도 측정에 관한 연구로는, Hammerle and Pierson (1975), Hewitt (1991), Bower et al. (1991), Lee (1991) 등에 의해 오염이 심각한 대도시를 중심으로 실시된 것이 많다. 그러나 자연상태로 전혀 오염되지 않은 시 외곽이나 연안 역에서의 대기 오염에 관한 조사는 매우 적고, 특히 우리 나라 주변의 섬과 같은 비오염 지역에서의 대기 환경 특성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 비오염 지역에서의 대기환경조사는 오염지역에 대한 상대적인 오염도를 파악하거나, 향후 해양개발이나 섬개발 등과 같은 인위적인 환경파괴 요인에 대한 환경보호 측면에서의 기초자료로 활용하는데 필수적이다.

본 연구에서는, 동경 131°52'33", 북위 37°14'18"에 위치해 있고, 서도 (해발 168m)와 동도 (해발 98m)를 포함한 31개의 부속도와 56개의 암초로 형성되어 있으며, 또한 인간에 의한 생태계 파괴가 거의 없는 비오염 지역인 독도지역 (Fig. 1)에서, 우리 나라 대기 background 농도값의 기준치 산정을 위한 기초자료 조사의 일환으로 기상요소와 함께 대기중의 가스상 (SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) 및 입자상 (TSP) 물질의 농도를 측정하여 독도의 대기환경 특성을 조사하였다.

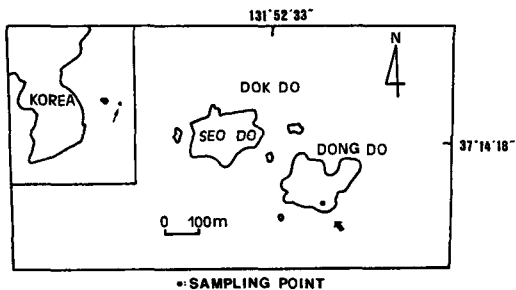


Fig. 1. Location map of Dokdo Island and a sampling site.

## 재 료 및 방 법

### 1. 기상요소

독도의 동도 정상에서의 1991년 6월 7일 15:20 부터 6월 8일 12:30 까지의 1차관측과 1992년 6월 25일 13:30 부터 6월 26일 11:00 까지의 2차관측시, 휴대용 풍향풍속계 (Agostoni-Gabbini, Model VDI)로써 매 10분 간격으로 풍향풍속을 관측하였고, 기온과 습도는 자기온습도계 (Sato Keiryoki, No.12175)를 이용하여 매 시각별로 관측하였다. 관측기간 동안의 종관 상태는 지상일기도 (JMA, 1991, 1992)로 조사하였다.

### 2. 대기오염분석

독도에서의 대기환경 특성을 알아보기 위한 대기오염 분석항목 및 분석방법은 Table 1과 같다. 10 liter용 Teflon bag으로 공기를 채취하여, SO<sub>2</sub>는 UV형광SO<sub>2</sub>분석기, NO<sub>2</sub>는 화학발광NO<sub>2</sub>분석기, O<sub>3</sub>는 UV형광O<sub>3</sub>분석기로 측정하였다. 대기중 CO는 현장에서 바로 Gas Filter Correlation CO analyzer로 측정하였다. 한편 대기중 입자상 물질인 부유분진성분은 High volume air sampler (Model No. ASDI, CEC Co.)를 사용하여 20×25cm 크기의 Filter상에 채취하여 화학저울로 그 양을 재었다 (APHA, 1977). 또한 Membrane filter (pore size 0.1μm)를 이용하여 Fig. 2와 같은 에어로졸 연속채취장치로써 대기중의 에어로졸을 채취하고, 이들의 크기와 모양 및 그 구조를 주사형 전자현미경 (SEM:Hitachi, Model S-430)으로 조사하였으며, 각 입자별 성분분석은 원소분석기 (EMAX: Horiba, Model EMAX-1800S)을 이용하여 조사하였다 (Lee, 1991).

Table 1. Analytical methods of individual items and instruments

Items	Instruments	Analysis method
SO <sub>2</sub>	UV fluorescence SO <sub>2</sub> analyzer	UV fluorescence
CO	Gas filter correlation CO analyzer	NDIR
NO <sub>2</sub>	Chemi-luminescence NO <sub>2</sub> analyzer	Chemical luminescence
O <sub>3</sub>	UV fluorescence O <sub>3</sub> analyzer	UV fluorescence
TSP	High volume air sampler	Chemical balance

결과 및 고찰

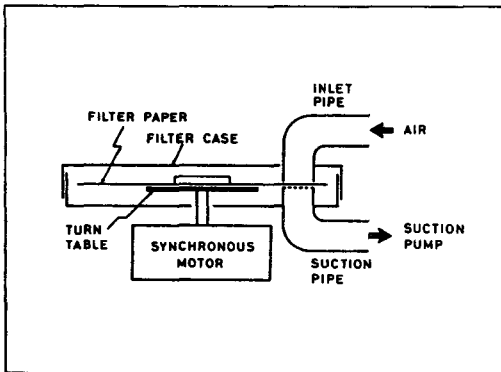
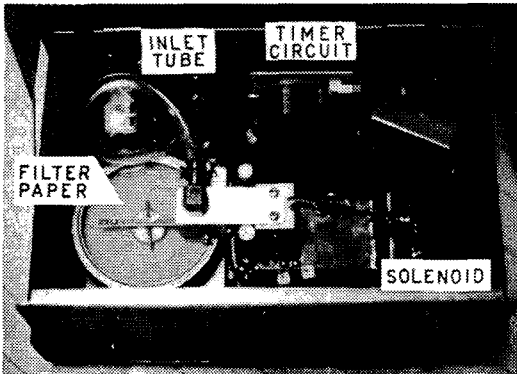


Fig. 2. The photograph (upper) and a schematic diagram (down) of the continuous aerosol sampler.

Fig. 3은 계절적으로 기상적인 변동 양상이 약하고 또한 오염 물질 배출량이 적다고 판단되는 본 연구의 관측시기인 1991년 6월과 1992년 6월의 지상 일기도이다. 그림에서 보면, 92년의 경우 약 970hpa의 약한 저기압대가 한국남해안 부근에 위치하고 있어 91년에 비해 기상상태가 전반적으로 나쁜 경향이 있으나, 독도가 위치한 동해는 대체적으로 1010hpa 이상의 고기압대가 형성되어 있어서 청명한 날씨를 보여주고 있다. 따라서 본 연구의 관측기간동안 전반적으로 기상상태는 맑았고 해양에서의 파랑도 잔잔한 편이었다.

관측 기간동안의 풍향, 풍속, 기온 및 습도 값과 그 값들의 전체 평균치를 Table 2에 나타내었다. 1차 관측시인 91년 6월의 풍향은 대부분이 동풍과 남동계열풍이 탁월하고 풍속은 평균 3.1m/sec로 약한 바람이었으며, 기온은 평균 18.5°C 습도는 91%였다. 2차 관측시인 92년 6월은 풍향, 풍속이 1차 관측시기보다 약하여 오후에는 거의 무풍이었고 26일 새벽부터 동풍과 남풍이 우세하였다. 풍속은 평균 1m/sec로 약하였으며, 기온은 평균 15.7°C, 습도는 81.3%였다.

관측된 가스 (SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) 성분 및 입자상 물질 (TSP)의 결과치는 Table 3에 시각별 농도값으로 나타내었다. 이 값들의 상대적인 농도값을 알아

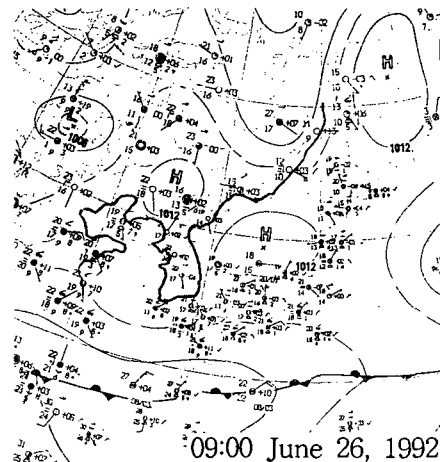
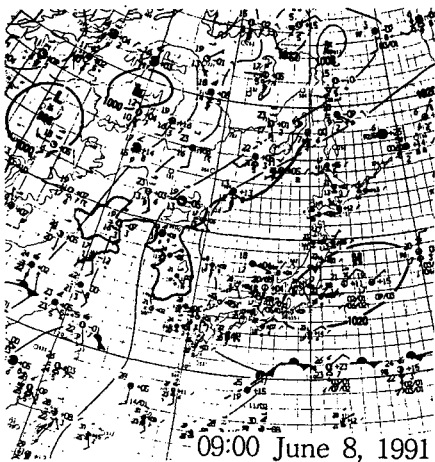


Fig. 3. Surface weather maps on 09 : 00 June 8, 1991 and 09 : 00 June 26, 1992 (After Japan Meteorological Agency).

**Table 2. Mean values of meteorological factors at sampling site**

TIME	W.D.	W.S.(m/s)	TEMP.(°C)	HUMID.(%)
June 7, 15 : 25~	E : 45%, SE : 27%	3.1	18.5	91.0
June 8, 09 : 55 (1991)	EES : 13%, Calm : 15%			
June 25, 13 : 30~	E : 7.1%, SE : 7.1%			
June 26, 11 : 00 (1992)	EES : 21.4%, SSE : 2.4% NNE : 2.4%, Calm : 60%	1.0	15.7	81.3

**Table 3. Concentration values of air pollutants at the Dokdo Island and Pusan City, 1991 and 1992**

DATE		SO <sub>2</sub> (ppb)	CO (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppb)	TSP (µg/m <sub>3</sub> )	O <sub>3</sub> (ppb)
'91. 6. 7	15 : 20	2	9.4	6		
	17 : 20	1	5.1	4		
	19 : 20	1	5.3	9		
	21 : 20					
	23 : 20	2	6.6	3		
'91. 6. 8	1 : 20	1	8.9	5		
	3 : 20	1	9.6	4		
	5 : 20	1	6.9	3		
	7 : 20	1	4.6	4		
	9 : 20	1	0.5	10		
	11 : 20	3	9.5	5	153	
'92. 6. 25	13 : 30	4	2.7	4		6
	16 : 00	4	6.5	4		9
	18 : 00	3	4.2	5		8
	20 : 00	3		4		5
	22 : 00	2	8.8	6		8
	24 : 00	3	4.5		3	7
'92. 6. 26	02 : 00	4		2		6
	06 : 00	3	0.8	21		8
	08 : 00	3		7		7
	10 : 00	3	4.1	11	152	7
mean		2.3	5.57	6	153	7
Pusan (1991, 6)		29	0.7	23	138	10
Pusan (1992, 6)		24	0.7	33	120	15
Standard						
(24hr mean)		140	25	80	300	100
(1 year mean)		30	9	50	150	60

보기 위하여 대도시인 부산지역의 대기질 측정망 7개 지점의 평균 농도값과 환경처에서 제시한 환경기준치 (Son, 1994)의 농도값과 비교하여 보았다.

전반적으로 SO<sub>2</sub>의 농도는 1991년 6월의 경우 약 1~3ppb, 1992년 6월의 경우는 2~4ppb로 92년이 91년에 비해 약간 높은 값을 보였다. 그러나 이 값은

관측기간동안의 전체 평균값 2.3ppb인 점을 고려해 보면 독도에서의 SO<sub>2</sub> 농도값은 24시간 평균 대기환경 기준치 140ppb에 비해 약 70배, 년 평균 기준치 30ppb에 비해 15배 이상의 매우 낮은 농도임을 알 수 있다. 또한 대도시인 부산의 농도값에 비하여도 5배 이상 낮은 농도임을 알 수 있었다.

CO 농도는 91년의 경우 약 0.5~9.6ppm이고, 92년의 경우 약 0.8~8.8ppm으로 시간에 따른 변동양상이 SO<sub>2</sub>에 비해 큰 값으로써 1시간 평균 환경기준치인 25 ppm보다 약 4~5배 이상 낮은 값을 알 수 있다. 그러나 CO농도는 부산지역에 비하여 높은 값을 나타내는데 이는 해양으로부터의 CO<sub>2</sub> 방출량이 많기 때문인 것으로 사료된다 (Watatsu, 1987).

NO<sub>2</sub> 농도는 91년의 경우 약 3~10ppb이고 92년의 경우 2~21ppb로 92년의 변화 폭이 91년에 비하여 다소 큼을 알 수 있다. 이 값은 연평균 환경기준치인 50 ppb에 비하여 상당히 낮음을 알 수 있다.

O<sub>3</sub>는 92년만 관측을 하였는데 5~9ppb (평균 7ppb)로 8시간 평균 환경기준치인 60ppb에 비해 매우 낮은 농도를 보였다. 이상의 관측결과, 독도에서의 가스상 물질농도는 전 항목에 걸쳐 대체적으로 환경기준치와 대도시 부산에 비하여 현저히 낮은 값을 보이고 있음을 알 수 있다.

하이볼륨에어샘플러에 의한 독도 대기중의 부유분진 농도값 TSP는 153 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연 평균값 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 환경기준치에 비하여 약간 상회하나 24시간 평균값 환경기준치인 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비하여는 낮은 농도값으로 나타났다. 그러나 대도시 지역인 부산에서의 평균치인 138 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 약간 상회하는 값을 보이고 있어 이 점이 주목된다.

부유분진 중의 에어로졸의 물리 화학적 성상을 알아보기 위하여 주사형 전자현미경 (SEM)과 원소성분분석기 (EMAX: Energy Dispersive X-ray Microanalyzer)를 이용하여 그 크기 및 모양과 성분 분석을 실시한 결과, Table 4에서 보는 바와 같이 독도의 경우 에어로졸의 성분은 91년과 92년 모두 해양 입자의 주 성분인 Na와 Cl원소가 많이 나타났고, 이 성분들

의 대부분의 크기는 Fig. 4와 5에서 보는 바와 같이 직경이 1 $\mu\text{m}$  이상이며 모양은 거의 구의 형태를 가졌다.

관측 및 자료분석 결과를 살펴보면, 가스성분의 경우 대체적으로 밤과 낮에 따른 일변동이 거의 없는 양상을 보여주고 있음을 알 수 있었다. 이러한 일변동에 따른 차이가 거의 없는 이유는 육상에 비하여 환경적인 변동이 약한 해양성 기후로 인한 결과로 보여진다. 그리고 가스성분의 농도값은 전 항목에 걸쳐 연평균 환경기준치나 대도시인 부산에 비하여 매우 낮게 나타나 오염이 거의 되지 않은 청정대기환경임을 확인할 수 있다. 특히 SO<sub>2</sub>와 같이 주발생원이 자동차 배기가스나 공장매연과 직접 관련된 오염물질의 연평균 환경기준치 농도값은 약15배 정도로 매우 낮게 나타나 자연적인 비오염 지역의 대기상황을 잘 보여주고 있음을 알 수 있다. 그리고 에어로졸의 입자 분석결과 Na와 Cl의 성분이 탁월한 것으로 미루어 보아 해수로부터 증발된 입자들의 영향인 것으로 사료된다. 따라서 독도의 경우 TSP의 주 구성 성분 입자는 해수로부터 직접 공급받고 있음을 잘 보여주고 있다. 즉 주변 해류나 해파와 같은 해양환경적 영향을 직접적으로 받는 섬으로 여겨진다.

흔히 대기오염 정도를 논할 경우 대조지역에서의 가스상 및 입자상 물질의 농도 값은 과연 얼마 정도로 나타나며, 이를 대기질 평가에 어떻게 고려하는가 하는 것은 상당히 중요한 문제일 것으로 판단된다. 특히 본 조사 결과, 가스상 물질들은 환경기준치보다 매우 낮은 농도로 나타나며, 입자상 물질의 경우 대조지역인 독도에서의 에어로졸 농도는 연평균치의 환경 대기 기준치보다 약간 상회하는 것으로 나타났다. 그러나 그 성분분석결과, 1 $\mu\text{m}$ 이상의 크기를 가진 구형

**Table 4. Frequency (%) of elements contained in the aerosol particles at the Dokdo Island, 1991 and 1992.**

Year		Si	Na	S	Ca	Fe	K	Cl	Mg	P	Zn
Number	91	18	28	4	13	9	7	30	1	1	9
	92	16	32	5	15	6	9	45	2	2	10
%	91	38	58	8	27	19	15	63	2	2	19
	92	37	60	7	28	14	18	68	3	2	18

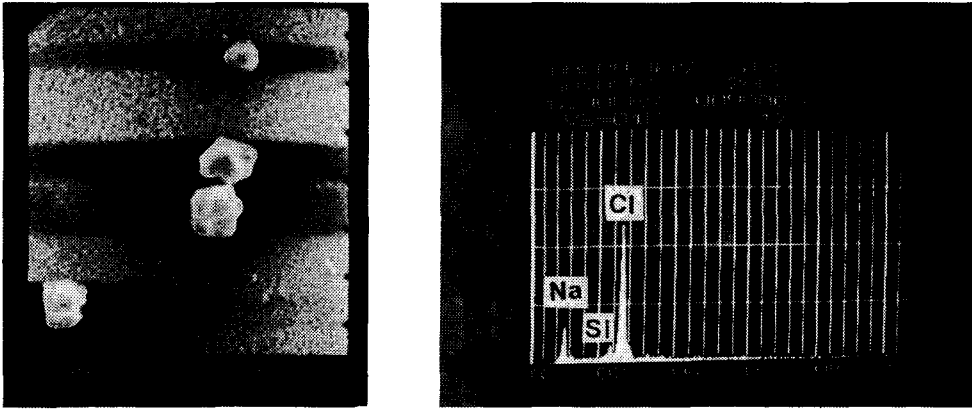


Fig. 4. A typical example of SEM images and spectra of particles in 8 June 1991 at the Dokdo island.

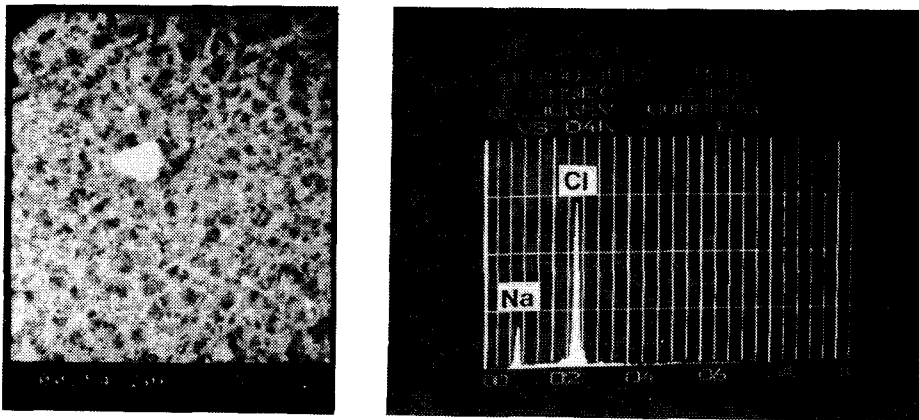


Fig. 5. Same as Fig. 4 for 25 June 1992.

형태의 Giant particle로서 주로 Na와 Cl성분의 해양 입자로 구성되어 있음을 알 수 있었다.

따라서 가스상 물질의 대기 오염 기준치 산정시 대조지역에서의 저농도값을 고려하여야 하며 또한 대기 중의 입자상 물질의 정확한 평가를 위하여는 그 성분 분석도 함께 고려된 환경 기준치 설정이 필요할 것으로 사료된다. 이와 같이 독도를 비오염 지역에서의 오염물질의 background 값과 장기기상 자료 관측을 위한 장소로 이용할 뿐 아니라 전지구 규모적 환경과 기후 변화의 요인이 되고 있는 CO<sub>2</sub>와 O<sub>3</sub> 등의 관측을 위한 조사 지점으로서도 금후 이용될 수 있을 것으

로 생각된다.

## 요 약

1991년 6월 7일~8일, 1992년 6월 25일~26일까지 약 2일 동안 대기중의 background 농도값을 알아보기 위하여 비오염 지역인 독도 정상에서 기상요소와 함께 가스 성분 (SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) 및 입자성분을 채취하여 이를 분석하고, 또한 에어로졸의 형상과 성분 분석을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 독도의 기상상태는 대체적으로 습도가 높은 해안지방의 특성을 가졌으며, 독도 정상 (해발 98m)에서의 대기 중의 시료 채취 결과, 가스상 물질인 SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> 및 O<sub>3</sub>의 평균 농도값은 대기 환경기준치에 크게 미달되는 2.3ppb, 5.57ppm, 6ppb 및 7ppb로써 상당히 좋은 대기질로 판단된다.

2) 부유입자상 물질의 농도값은 153 $\mu$ g/m<sup>3</sup>으로써 년 평균값의 환경기준치보다 약간 상회하였지만 그 성분분석결과, 대부분 입경이 크고 (1 $\mu$ m이상) Na, Cl과 같은 해염성분이 우세하였다. 따라서 대기 입자상 물질의 환경기준치 설정시 그 성분분석도 함께 고려되어야만 할 것으로 사료된다.

3) 독도는 해양에서의 대기질 평가를 위한 지점으로써 뿐만 아니라 기상학적 관측 자료를 얻기 위한 주요한 고정 관측점으로써도 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- APHA Intersociety Committee. 1977. Methods of Air Sampling and Analysis. American Public Health Association, 2nd Ed., 507~841.
- Bower, J. S., J. E. Lampert, K. J. Stevenson, D. H. F. Atkins, and D. V. Law. 1991. A diffusion tube survey of NO<sub>2</sub> levels in urban areas of the U.K. Atmos. Environ., 25B, 2, 255~265.
- Hammerle, R. H. and W. R. Pierson. 1975. Sources and element composition of aerosol in Pasadena, California, by energy dispersive X-ray fluorescence. Environ. Sci. Tech., 9, 1058.
- Hewitt, C. N. 1991. Spatial variation in nitrogen dioxide concentration in an urban area. Atmos. Environ., 25B, 3, 429~434.
- JMA. 1991. Weather Maps. Japan Meteorological Agency, Tokyo, 43p.
- JMA. 1992. Weather Maps. Japan Meteorological Agency, Tokyo, 151p.
- Kim, H. K., D. S. Kim, S. D. Kim, Y. S. Kim, J. K. Na, J. B. Lee, I. R. Jung and I. S. Hong. 1993. Introduction of Air Pollution. Dongwha Eng. Co., Seoul, 275p. (in Korean)
- Lee, D. I. 1991. On the atmospheric aerosol particles in relation to the wind systems. J. Kor. Meteor. Soc., 27(4). 333~352.
- Son, J. S. 1994. Law and Regulation in Air Pollution. 1st ed. Iljin Press, Seoul, 363p. (in Korean)
- Watatsu, S. 1987. Encyclopedia of Oceanography. Tokyo Press, 589p. (in Japanese)

1994년 11월 18일 접수

1995년 1월 7일 수리