

PA7) 2006-2007 제주, 덕적도에서의 계절별 DMS 농도 변화

Seasonal Variations of Atmospheric DMS in Jeju and Deokjeok Island during 2006-2007

천지민 · 권정민 · 이강웅 · 선우영¹⁾ · 차준석²⁾
한국외국어대학교 환경학과, ¹⁾건국대학교 환경공학과,
²⁾국립환경과학원 지구환경연구소

1. 서 론

자연적인 방출원과 인위적인 방출원에서 배출되는 황화합물은 대기 중에서 가스상과 입자상의 형태로 존재하며 잠재적으로 전 지구의 기후 조절에 중요한 부분을 차지하고 있다(Andreae and Crutzen, 1997). 전 지구의 대기에 존재하는 황화합물 중 인위적인 오염원으로부터 연간 64-80 TgS($Tg=10^{12}$)이 발생되고, 자연적인 오염원으로부터는 연간 15-40 TgS가 발생된다고 알려져 있다. 이와 같은 자연적인 발생량은 인위적인 발생량의 40% 이상에 이르는 정도이다(Bates et al., 1992; Andreae, 1990). 이처럼 방대하고 다양한 종류의 황화합물 중에서도 대기에 존재하는 황의 수지균형적인 차원으로 볼 때, 자연에서 발생하는 황화합물의 90%를 차지하는 DMS는 매우 중요하다(Bates et al., 1992; Erickson et al., 1990; Nguyen et al., 1983).

DMS는 SO_2 와 MSA 같은 황화합물의 중요한 기여자로 전 지구적인 황화합물의 순환을 이해하는데 뿐만 아니라 한반도 지역에서의 황화합물의 거동을 추적할 수 있는 자료로써 의미를 지닌다. 이미 마산이나 황해, 동해 및 제주도 연안에서의 DMS에 관한 선행연구가 있었지만 짧은 체류시간과 생물학적인 발생원으로 인해 지속적인 측정이 필요한 요소이다. 이는 황화합물 및 입자상 오염물질의 장거리이동 및 국지적인 발생에 관한 문제의 규명에 중요한 자료로써 가치를 지닌다. 본 연구는 비교적 청정 해안 지역인 제주도 고산과 덕적도에서 DMS를 측정하고 이를 토대로 DMS의 계절적 변화양상과 배출량을 산정하고자 하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 제주도 고산과 덕적도에서 측정하였다. 덕적과 고산은 한반도 서쪽에 위치해 있어 동북아시아 지역적인 측면에서 중국에서 이동되어오는 오염물질의 모니터링에 적합한 위치에 있다, 또한 두 측정지점 모두 내륙과 떨어져 있는 섬에 위치해 있어 비교적 국지적인 인위적 오염원에서의 영향이 덜한 곳이다. 측정기간은 2006년 6월 6일부터 15일, 10월 15일부터 25일, 2007년 1월 11일부터 20일, 4월 16일부터 26일까지 계절별로 10일씩 측정하였다. DMS의 포집을 위해 Tenax TA 65mg과 Carbosieve SIII 50mg을 1/8인치 유리관에 넣고 양끝을 glass wool로 충전한 흡착트랩을 사용하였다. 대기시료의 포집에는 자체 제작한 air sampler을 이용하여 3시간마다 80~100ml/min의 유량으로 대기 중 DMS를 포집하였다. 이 때 Nafion Dryer를 통과시켜 대기 중에 다량 포함되어 있는 수분을 제거 하였고 추가적으로 Potassium iodide(KI) trap을 설치하여 대기 중의 Oxidants(산화제)를 제거하였다.

냉동보관 한 시료는 Sulfur Chemiluminescence Detector(SCD, Sievers Inc.)가 장착된 Gas Chromatography(Donam Instrument)를 사용하여 분석하였다. Thermal Desorption Unit(Dynatherm Analytical Inc.)을 이용하여 300°C에서 3분간 탈착시킨 후 분석 column으로 주입시켰다. column은 chromosol 330(Supelco)을 사용하였다. DMS의 calibration을 위하여 30°C에서 100ml/min으로 분당 14ng의 DMS를 지속적으로 발생시키는 permation tube(VICI Metonics, California)를 이용하여 100ml/min으로 10, 15, 30, 45, 60sec 씩 포집하여 standard curve를 작성하여 정량평가에 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

실험기간동안 측정된 대기 중 DMS의 농도를 표 1에 나타내었다. 제주도 고산지역의 경우는 연평균 농도는 10.77 ± 11.23 pptv이고 계절적 분포는 봄>여름>가을>겨울 순으로 농도 변화가 나타났다. 그리고 덕적도는 연평균 농도는 9.71 ± 9.42 pptv로 나타났으며 여름>봄>가을>겨울 순이었다.

2006년 여름 두 지역의 농도 분포는 덕적도가 고산보다 높은 수준의 농도를 나타내었다. 고산은 덕적도에 비해 주간에 높은 농도를 보였는데 이는 낮 동안 산화제에 의한 DMS소멸이 고산보다 우세하였기 때문이라 판단된다. 2006년 10월 덕적도의 농도수준은 약 5pptv 수준으로 6월에 비해 현저히 낮은 농도 수준을 보였다. 이는 덕적도 지역에서 Solar radiation이 강한 15~18시부터 18~21시 사이에 점차적인 농도의 감소가 일어난 것으로 보아 낮 시간동안 태양복사에 의한 영향이 있었음을 알 수 있다. 반면에 고산지역은 15~18시에 급격한 농도증가가 보였는데 이를 통해서 이 기간 동안 고산은 덕적도보다 태양복사의 영향이 적었음을 알 수 있다. 2007년 1월에 측정된 DMS는 두 지역 모두 06년 6, 10월에 비해서 낮은 농도가 측정되었는데 이러한 결과는 DMS의 방출원인 플랑크톤의 생산력이 해양의 낮은 수온에 의해 저하된 것으로, 계절적인 차이에 의해 기인한 것으로 판단된다. 아울러 평균풍속도 낮게 측정되어 낮은 농도에 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 제주 실험의 일부 기간 중 정전으로 자료를 얻지 못하였다. 2007년 4월에 측정된 DMS는 전반적으로 덕적도 보다 고산에서 높은 농도가 관측되었다. 연구 중 반에 두 곳 모두 저기압의 영향을 받아 덕적도는 5m/s, 고산은 8~12m/s의 강한 풍속이 발생하였다. 이러한 빠른 풍속의 영향으로 고농도의 DMS가 발생 된 것으로 판단된다.

Table 1. Seasonal variations of DMS concentrations in Jeju and Deokjeok island.

	Jun-06 (Summer)		Oct-06 (Autumn)		Jan-07 (Winter)		Apr-07 (Spring)	
	Jeju	Deokjeok	Jeju	Deokjeok	Jeju	Deokjeok	Jeju	Deokjeok
AVERAGE	11.915	20.165	9.686	5.050	3.921	4.279	17.562	9.358
MEDIAN	9.631	14.495	6.717	4.605	2.903	3.398	10.183	5.949
MAX	48.012	127.475	58.531	16.958	22.940	15.439	149.737	68.804
MIN	1.860	4.253	2.877	0.479	0.841	1.415	1.121	0.661
STDEV	10.085	20.149	8.643	3.442	3.446	2.957	22.753	11.117

참고 문헌

- 김기현, 오재룡, 강성현, 이수형, 이강웅 (1996) 해수 및 대기중 DMS의 분석: 마산만을 중심으로, 한국대기보전학회지, 12(4), 495-504.
- 김기현, 이강웅, 허철구, 강창희 (1997) 제주도 연안해역을 중심으로 한 DMS 농도의 관측. 한국대기보전학회지, 13(2), 161-170.
- Bates, T.S., B.K. Lamb, A. Guenther, J. Digon, and R.E. Stoiber (1992a) Sulfur emissions to the atmosphere from natural sources. J. atoms. Chem., 14, 315-337.
- Nguyen, B.C., B. Bonsang, and A. Gaudary (1983) The role of the ocean in the global atmospheric sulfur cycle. J. Geophys. Res., 88, 10903-10914.