

SS5)

황해상 덕적도에서 방향족 탄화수소의 농도 측정

Measurement of aromatic compounds at Dukjuk Island on the Yellow Sea

나광삼, 배귀남, 김용표, 이승복, 진현철, 윤용석*, 문길주, 이강봉**, 박현미**
한국과학기술연구원 지구환경연구센터, **한국과학기술연구원 특성분석센터,
*경희대학교 환경학과

1. 서론

비오염 전원지역 (remote rural)과 해안지역 (marine)은 도심과는 달리 직접적인 인위적 휘발성 유기화합물의 배출원이 없거나 적은 곳이다. 이러한 특성은 장거리 이동되는 오염원의 발생지를 추적하거나 이동 특성을 연구하는데 도움이 된다. 또한 오염지역에서의 농도 수준을 결정하거나 농도 특성을 연구하는데 있어서 비오염 지역의 배경농도는 중요한 의미를 갖는다. 이 연구의 목적은 오염원의 영향이 적은 덕적도에서 휘발성 유기화합물의 농도 측정을 통해 농도 수준을 파악하고 제주도과 같은 청정지역에서 측정된 농도 자료와의 비교를 통해 우리 나라에서 휘발성 유기화합물의 배경농도 수준을 관찰하고자 한다. 아울러 오염원의 영향이 큰 서울에서 같은 시기에 측정된 농도와와의 비교를 통해 청정지역에서 관찰될 수 있는 휘발성 유기화합물의 농도 특성을 파악하고자 한다.

2. 측정 및 분석

휘발성 유기화합물의 농도 측정은 1998년 4월부터 5월까지 하루 24시간 실시하여 2개월 동안 총 8개의 시료를 얻었다. 채취를 위해 용기 내부 표면이 매끄러운 니켈과 크롬 산화물과 같은 불활성 물질로 코팅되어 있는 스테인레스스틸의 6 L 용기를 사용하였다. 측정 장치와 채취에 관한 자세한 내용은 나광삼 등 (1998)에 나타나 있다. 채취 장소는 북위 37 ° 13', 동경 126 °9'에 위치한 황해상에 있는 덕적도이다. 측정은 덕적도 해안에서 약 600 m 떨어진 해발 160 m인 산 정상에 있는 한국통신 1층 건물옥상에서 실시하였다. 이곳은 AWS 장비가 설치되어 있어 기상자료 수집이 가능하다는 장점을 지니고 있다.

분석은 한국과학기술연구원 특성분석센터에서 실시하여 70종의 휘발성 유기화합물을 확인/정량화 하였다. 그러나 이 발표에서는 방향족 탄화수소만을 다루었으며, 분석 항목은 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, m- & p- 자일렌, o- 자일렌, 스티렌, 1,3,5-트리메틸벤젠 그리고 1,2,4-트리메틸벤젠으로 총 8종이다. 대기 시료 분석에 대한 상대표준편차는 5회 반복 분석한 결과 3-15 %이었다. 분석에 대한 자세한 내용은 나광삼 등 (1998)에 나타나 있다.

3. 결과

청정지역과 오염지역의 농도 특성을 관찰하기 위해 이 연구의 대상 지역인 덕적도와 제주도, 서울에서 측정된 농도를 표 1에 나타내었으며, 타 지역과의 농도 비교를 위해 5종의 성분만을 표 1에 제시하였다. 제주도의 농도는 1995년 5월과 1996년 4월에 각각 5회 측정된 값의 평균치로 정오를 기준으로 약 1분간 채취하여 얻은 값이다. 서울은 동대문구 회기동에 위치한 청량초등학교 4층 옥상에서 1999년 4월부터 5월까지 24시간씩 8회 측정된 값이다.

표 1을 보면, 덕적도에서 총 방향족 탄화수소의 농도는 1.6 ppb로 오염지역인 서울의 9.2 ppb와 비교하여 약 1/5의 수준이다. 제주도에서의 측정 조건은 덕적도와 다르기 때문에 농도의 직접적인 비교는 어렵지만 하루중 농도가 가장 낮은 낮 시간에 이루어진 것을 감안하면 제주도는 덕적도에서의 총 방향족 탄화수소의 농도와 비슷한 수준일 것으로 판단된다. 방향족 탄화수소의 농도 순위를 보면, 덕적도에서는 톨루엔이 0.8 ppb로 가장 높으며 다음은 벤젠 (0.3 ppb)과 m- & p- 자일렌 (0.3 ppb) 순서로 높다. 그러나 제주도에서의 농도 순위는 덕적도와는 달리 벤젠이 0.4 ppb로 농도가 가장 높고 다음은 톨루엔이 0.2 ppb이다. 이러한 농도 순위를 고려할 때, 전체 방향족 탄화수소에서 벤젠의 농도 비중은 제주도가 덕적도와 서울 보다 큰 것이 특징으로 보인다. 벤젠은 발암 관점에서 매우 중요한 성분이므로 타 지역간의

농도 비교는 의미가 있을 것으로 생각된다. 덕적도에서 벤젠의 4월-5월 평균 농도는 0.3 ppb로 뉴질랜드의 해안지역에서 측정된 벤젠의 평균 농도, 0-0.1 ppb (Clarkson et al., 1996)와 스페인 영의 카나리 군도에서의 연 평균 벤젠 농도, 0.03 ppb 보다는 높은 수준이며, 비오염 전원지역 (remote rural)인 독일의 랑엔브루게에서의 연평균 농도, 0.4 ppb와 영국의 비오염 전원지역인 서 벡함 (West Beckham)에서의 연평균 농도, 0.7 ppb와는 비슷한 수준이다 (Hester and Harrison, 1995). 이러한 타 지역간의 벤젠 농도 비교를 통해 덕적도에서의 벤젠 수준은 비오염 해안 지역 보다는 비오염 전원지역에 더 근접할 것으로 판단된다.

Table 1. Concentrations of aromatic hydrocarbons at Dukjuk Island on Yellow Sea. (unit: ppb)

	This study		Cheju Island		Seoul	
	mean \pm std dev.	range	mean \pm std dev.	range	mean \pm std dev.	range
Benzene	0.3 \pm 0.1	0.2-0.4	0.4 \pm 0.2	0.2-0.8	0.7 \pm 0.2	0.4-0.8
Toluene	0.8 \pm 1.0	0.2-3.3	0.2 \pm 0.2	BDL-0.6	5.9 \pm 4.5	2.6-17.7
Ethylbenzene	0.1 \pm 0.1	<0.1-0.3	BDL	BDL-0.1	0.6 \pm 0.2	0.4-0.8
m-&p-Xylene	0.3 \pm 0.3	<0.1-0.8	BDL	BDL-0.3	1.5 \pm 0.4	1.1-2.1
o-Xylene	0.1 \pm 0.1	<0.1-0.3	BDL	BDL-0.1	0.6 \pm 0.2	0.4-0.8
Sum	1.6 \pm 1.6	0.6-2.4	0.7 \pm 0.4	0.3-1.7	9.2 \pm 5.3	4.9-22.2

덕적도가 다른 지역과 비교되는 농도 특징을 파악하기 위해 톨루엔/벤젠의 농도비를 표 2에 나타내었다. 이 표를 보면, 덕적도 이외에, 제주도를 포함한 비오염지역에서의 톨루엔/벤젠 농도비는 오염지역인 도심 보다 낮다.

Table 2. The concentration ratios of toluene to benzene.

	This study coastal	Cheju Island (Korea) coastal	Baring Head* (New Zealand) Costal	Langenbrugge# (Germany) remote rural	Seoul (Korea) Urban	New York* (US) urban
Toluene/benzene	2.7	0.5	1.0	1.3	8.4	2.1

*: Clarkson et al.(1996); #: Hester and Marrison (1995); *: Gong and Demerjian (1997)

일반적으로 전원 (rural)과 비오염지역 (remote site)에서 이 농도비는 도심보다 낮은 것으로 알려져 있는데 이는 톨루엔이 벤젠보다 광화학적으로 더 빠르게 손실이 되기 때문으로 해석되고 있다 (Gong and Demerjian, 1997). 덕적도에서 이 농도비는 제주도를 포함한 두 비오염지역보다 높으며, 뉴욕과 비슷한 수준이다. 이는 덕적도가 국지 오염원에 의한 영향이 의심되는 부분이다.

참고문헌

- 나광삼, 김용표, 문길주, 백성욱, 황승만, 김성렬, K. Fung, 이강봉, 박현미 (1998) 한국대기보전학회지, 14(5), 507-518.
- Clarkson, T. S., R. J. Martin, J. Rudolph and B. W. L. Graham (1996) Atmos. Environ., 30(4), 569-577.
- Gong, Q. and K. L. Demerjian (1997) J. Geophys. Rev., 102(d23), 28059-28069.
- Hester, R. E. and R. M. Harrison (1995) *Volatile Organic Compounds in the Atmosphere*, The Royal Society of Chemistry.