

## 4B6) 극지 및 남태평양 과학기지에서의 유기염소계 농약류 대기 모니터링

### Air Monitoring of OCPs at the Korean Polar and South Pacific Science Stations

최성득 · 백송이<sup>1)</sup> · 장윤석<sup>1)</sup>

토론토대학교 물리·환경과학과, <sup>1)</sup>포항공과대학교 환경공학부

#### 1. 서 론

2000년대 중반부터 잔류성 유기오염물질(Persistent Organic Pollutants: POPs)의 대기모니터링을 위해 수동대기채취기(Passive Air Sampler: PAS)의 사용이 전 세계적으로 급증하고 있다. PAS는 흡착제를 장착한 간단한 장치이므로, 기존의 고용량대기채취기(high volume air sampler: HiVol)를 설치하기 어려운 지점에 설치하여 비교적 장기간(수주에서 1년) 평균농도를 파악할 수 있다. 특히, 극지와 산악지역과 같은 청정지역에도 손쉽게 설치할 수 있으므로 POPs의 장거리 이동을 파악하는데 유용하다.

한국해양연구원에서는 남극세종기지와 북극다산기지를 운영하면서 다양한 극지환경연구를 수행해왔다. 또한 2000년부터는 마이크로네시아 축주(State of Chuuk)에 남태평양 해양연구센터를 설립하여 지구환경변화 등의 연구를 수행하고 있다. 그러나 아직까지 이들 연구기지에서 POPs 연구를 수행한 경우는 없었다. 따라서 본 연구진은 한국해양연구원의 지원을 통해 2004년에 남극세종기지를 시작으로, 2005년부터는 북극다산기지, 2006년부터는 남태평양 해양연구센터에 PAS를 설치하여 1년 간격으로 POPs 모니터링을 실시하고 있다. 이번 학술대회에서는 유기염소계 농약류(organochlorine pesticides: OCPs) 1차 분석결과를 소개하고자 한다.

#### 2. 시료채취 및 분석

본 연구진은 북극다산기지(2005년 8월), 남태평양 해양연구센터(2006년 2월), 남극세종기지(2004년 12월)에 직접 방문하여 기지별로 세 지점(총 9개 지점)에 PAS를 설치하였다(그림 1). 본 연구에 사용한 PAS는 토론토대학교에서 개발된 것으로서, XAD-resin을 흡착제로 사용하였다. XAD-resin PAS는 극한환경(저온 및 강풍)에도 안정적으로 시료를 채취할 수 있으므로 극지 모니터링에 적합한 것으로 알려졌다(Wania et al., 2003). XAD-resin PAS의 일반적인 시료채취 기간은 1년이므로, 매년 흡착제 컬럼을 교체하고 있으며 현장 공시료(field blank)도 회수하고 있다.

실험실로 옮긴 시료는 속실험을 이용하여 톨루엔/아세톤 혼합용매로 추출하였으며, 컬럼을 통한 정제 과정을 거친 후 농축하였다. 최종농축액은 GC-HRMS(Micromass, UK)를 이용하여 스톡홀름협약에서 규제하는 9종의 OCPs(aldrin, chlordane, dieldrin, endrin, heptachlor, hexachlorobenzene(HCB), mirex, toxaphene, DDT)를 포함한 총 27종의 OCPs를 분석하였다. 그러나 일부 저염화벤젠류가 시료채취 지점별로 일관성 없는 농도를 보였으므로, 이를 제외한 21종 OCPs 결과를 제시하였다. PAS 농도(pg/PAS)는 공기 채취율( $m^3/day$ )과 모니터링 기간(day)을 이용하여 대기농도( $pg/m^3$ )로 환산하였다. 본 연구에서는 기존에 알려진 XAD-resin PAS의 공기 채취율인  $0.52m^3/day$ 를 사용하였다

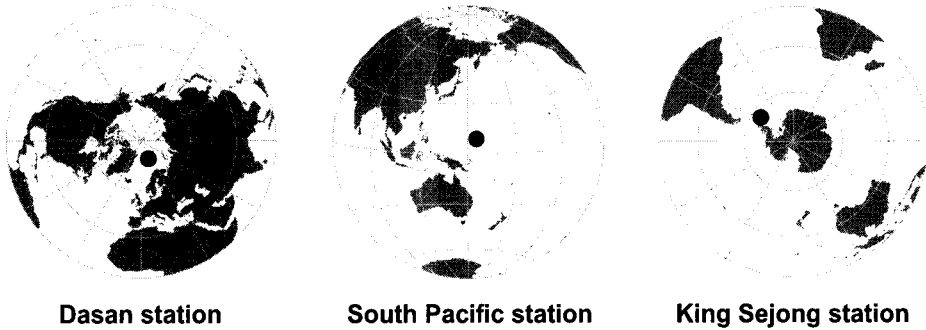


Fig. 1. Passive air sampling sites of Korean Arctic, South Pacific, and Antarctic research stations.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 21종 OCPs의 연구기지별 평균 농도분포를 나타낸다. HCB가 가장 높은 농도를 보이고 있으며,  $\alpha$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, endosulfan, p,p-DDE 등이 비교적 높게 검출되었다. HCB는 1940년대부터 항진균제(fungicide)로 제조되었으며, 산업용으로도 사용되다가 1960년대부터 사용이 규제되기 시작했다. 그러나 HCB는 산업부산물(열공정, 연료연소, 소각 등)로 생성되어 지속적으로 배출되고 있다. 본 연구에서 산정된 HCB 농도(평균  $250\text{pg}/\text{m}^3$ )는 기존에 알려진 북반구( $55\text{pg}/\text{m}^3$ )와 남반구의 평균 배경농도( $18\text{pg}/\text{m}^3$ )보다 상당히 큰 값이다(Barber et al., 2005). 이에 비해 HCHs, endosulfan, p,p-DDE 등의 OCPs들은 기존 연구에서 보고된 극지수준과 비슷하였다(Pozo et al., 2006). HCB의 농도가 높게 산정된 이유로 크게 세 가지를 고려할 수 있다. 첫째, 연구기지 자체에서 HCB가 배출되어 고농도로 검출되었을 가능성이 있다. 과학기지 내의 건물들이 대부분 오래되어 건물자체의 배출 가능성이 있다. 둘째, HCB는 다른 OCPs보다 현장 공시료에서도 높은 수준(수 ng)으로 검출되었다. 따라서 흡착제 킬럼을 장기간 운반/저장하는 과정에서 오염되었을 가능성이 있다. 마지막으로 PAS의 공기채취율 오차가 있을 가능성이 있다.

비록 HCB 환산농도의 불확도는 큰 것으로 보이지만, 북극>남태평양>남극 순서의 농도구배는 뚜렷이 확인할 수 있다. 그러나 endosulfan과 같이 현재 사용되고 있는 OCPs는 남태평양보다 남극에서 고농도로 검출되었다. 이는 세종기지가 남미대륙으로부터 상당히 가깝게 위치하고 있으므로 남미의 농약류 사용영향을 받았을 가능성이 있다. 한편, p,p-DDE는 남태평양센터에서 가장 높은 결과가 나왔으며, 이는 일부 열대국가에서는 여전히 DDT를 사용하기 때문인 것으로 추정된다. 앞으로 지속적인 모니터링을 통해 보다 많은 자료를 확보하고, 각 지역별 기상자료와 주변지역의 OCPs 사용량을 파악하는 등 추가연구를 수행할 예정이다.

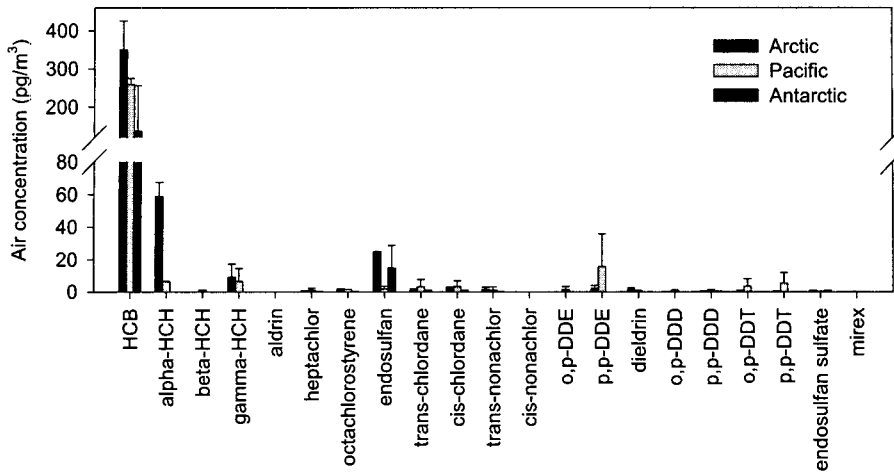


Fig. 2. Annual averaged air concentrations of organochlorine pesticides at the three research stations.

#### 참고 문헌

- Barber, J.L., A.J. Sweetman, D. van Wijk, and K.C. Jones (2005) Hexachlorobenzene in the global environment: Emissions, levels, distribution, trends and processes, *Science of the Total Environment*, 349, 1-44.
- Pozo, K., T. Harner, F. Wania, D.C.G. Muir, K.C. Jones, and L.A. Barrie (2006) Toward a global network for persistent organic pollutants in air: Results from the GAPS study, *Environmental Science and Technology*, 40, 4867-4873.
- Wania, F., L. Shen, Y.D. Lei, C. Teixeira, and D.C.G. Muir (2003) Development and calibration of a resin-based passive sampling system for monitoring persistent organic pollutants in the atmosphere, *Environmental Science and Technology*, 37, 1352-1359.