

4E2) 고산에서 잔류성 유기염소계 오염물질의 농도 특성 Characteristics of Persistent Organochlorinate Pollutants at Gosan

김정아 · 김용표 · 김영성¹⁾

이화여자대학교 환경학과, ¹⁾한국과학기술연구원 대기자원연구센터

1. 서 론

잔류성 유기오염물질(POPs; Persistent Organic Pollutants)은 환경 내에서 분해가 느려 잔류성이 높고, 생체 지질에 축적되는 독성이 강한 특성이 있다. 따라서 스톡홀름 협약(2001년 5월 23일)에서 12종의 POPs 물질에 대해 국제적 사용금지 및 관리가 결정되었다. POPs는 대부분 반휘발성(semi-volatile)이어서 대기 중 장거리 이동되어 배출지와 다른 곳에 침적되는 것이 보고되어있다. 이러한 물질들의 대기 중 잔류량과 기체상과 입자상의 분포 특성을 살펴서 환경 내 이동성을 파악하는 것은 인체위해성 수준을 알아내는데 중요한 자료이다. 그리고 국지적인 환경 내 잔류량과 지구적 규모 및 주변 국가로부터의 장거리 이동으로 인한 수송량의 기여도를 예측하여 환경관리 및 제어에 도움을 주기 위한 기본 자료를 제시하는데 중요하다. 이 연구는 우리나라의 배경지역인 고산에서 POPs 대기 중 배경농도를 알고, 장거리 이동의 영향을 살펴보는데 목적이 있다.

2. 자료 및 방법

연구 자료는 제주도 고산에서 2001년 11월부터 2002년 9월 사이에 세 차례의 집중측정기간 동안 측정된 잔류성 유기염소계 오염물질의 기체상과 입자상(TSP)의 대기 중 일평균 농도 자료이다. 세 차례 집중측정기간은 이른 겨울(11월), 봄(3-4월), 늦여름(8-9월)으로 구분할 수 있다. 자세한 측정 및 분석 방법은 한국과학기술연구원(2003)에 제시되어있다.

이 연구에서는 세 차례의 집중측정기간 동안 측정된 Aldrin, Chlordane, DDT, Dieldrin, Endrin, HCB (Hexachlorobenzene), Heptachlor, Mirex 8가지 물질의 농도 특성과 여름철 대기 일평균 온도와와의 상관성을 살펴보았다. 또한 이 연구에서 선정한 8가지 물질 중 우리나라에서 사용되지 않았고, 산업공정의 부산물로서도 발생하지 않는 Mirex를 장거리 이동 현상을 알아보기 위한 기본 물질로 정하였다. Mirex는 중국의 경우 POPs 중 특정면제목록(예외적으로 10년간 국가별로 등록 물질의 생산 및 사용이 UNEP 사무국에 의해서 허용된 물질 목록, UNEP, 2002) 이어서, 공기의 역궤적 분석을 통하여 Mirex의 농도가 검출된 12일과 그렇지 않은 날(28일)의 공기피의 이동경로와 Mirex의 농도와의 관계를 알아보았다.

3. 결과 및 고찰

3. 1 농도 분포 특성 및 공기의 역궤적 분석

고산에서 기체상과 입자상을 합친 유기염소계 오염물질은 늦여름 Aldrin과 Chlordane (1.2 ng/m^3 이하 최고 농도) 이외의 다른 물질은 주로 N.D. (Not Detected)- 0.2 ng/m^3 농도로 분포하고 있었다. 각각 총 농도 분포는 그림 1에 나타내었다. 물질별 평균 기체상 분율(기체상 농도/총 농도)을 살펴보면, 이른 겨울에는 Aldrin과 DDT, Endrin은 주로 입자상(N.D.-0.16)으로, Dieldrin (0.82)은 기체상으로, Chlordane, HCB, Heptachlor와 Mirex (0.42-0.66)는 기체상과 입자상에 비슷하게 존재하였다. 봄에는 Heptachlor (0)는 전부 입자상으로, Mirex (0.67)는 기체상과 입자상으로, 검출되지 않은 Dieldrin과 Endrin을 제외한 나머지는 주로 기체상(0.9-1)으로 존재하였다. 늦여름에는 모든 물질이 주로 기체상(0.77-1)으로 존재하였다. 일반적으로 대기 평균 온도가 상승할수록 유기염소계 오염물질은 주로 기체상으로 분포하고 있음을 보여주고 있다.

집중측정기간별 역계적 분석을 Kim et al. (1998)에서 제시한 5가지 지역구분기준을 적용한 결과를 그림 1에 실었다. 우리나라에서는 Chlordane과 Heptachlor가 유기염소계 오염물질 중 특정면제물질(UNEP, 2002)이며, HCB인 경우 소각 및 산업공정의 부산물로서 대기 중 배출되기 때문에 근거리 영향을 보기 위해서 풍향을 살펴보았다. 다른 측정기간과 달리 이른 겨울에는 주풍향이 제주시를 포함한 북동풍이었다. 앞에서 제시한 3가지 물질의 측정기간별 평균 농도 비교(Kruskal-Wallis test)에서 유의적 차이 ($p < 0.05$)를 보인 것은 Chlordane과 HCB이었다. 이 물질들에 대해 다중비교(Mann-Whitney test)를 한 결과, Chlordane의 경우 이른 겨울의 농도가 유의적으로 높음($p < 0.05/3 = 0.0167$)에 따라 제주도 국지적인 영향을 받는 것으로 보인다. HCB인 경우 늦여름에 농도가 유의적으로 높은 것($p < 0.0167$)으로 볼 때, 인접지역의 이류에 의한 영향이거보다 장거리 이동, 재취발 등의 요인으로 보인다.

대기 중 Mirex 농도가 검출된 12일을 구분하여 역계적 분석을 한 결과, 한반도 1회, 중국 북부 8회, 중국 남부 1회, 태평양 0회, 일본 2회였다. 공기괴의 66.7%가 중국 북부로부터 유입되었다. Mirex가 중국의 경우 특정면제물질이고, 우리나라에서는 도입 및 사용한 적이 없는 물질이란 점을 볼 때, Mirex는 중국 지역에서 이동해 와서 영향을 받는 것으로 보인다.

3. 2 여름철 대기 중 기체상 농도와 온도와의 상관성

잔류성 유기염소계 오염물질이 대기로 휘발하는지를 알아보기 위해서, 휘발하기 좋은 조건인 온도가 높은 여름철 대기 중 기체상 농도와 대기 온도와의 상관성을 살펴보았다. 여름철 집중측정기간 평균 풍속(2.9 m/s)은 다른 계절 및 제주도 평균 풍속(6.9 m/s)보다 느려서 측정 지역의 대기 중 농도가 다른 지역으로의 이류가 적었다. 8가지 물질 중 계절별 대기 일평균 온도가 상승함에 따라 대기 중 평균 농도가 증가한 물질 중에서 Clausius-Clapeyron 식에 의한 기온 상관성이 나타난 것은 DDT ($r^2 = 0.47$), Endrin ($r^2 = 0.55$)이다. 이 결과는 토양 및 수계에서 DDT와 Endrin의 재취발 가능성을 제시하고 있다.

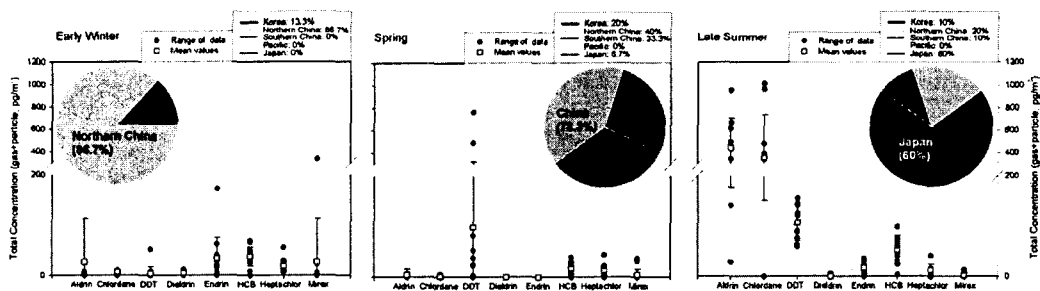


그림 1. 집중측정기간별 유기염소계 물질의 대기 중 총 농도 분포와 공기괴의 역계적 분포 특성

사 사

이 연구는 환경부 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

한국과학기술연구원, 2003, 미량독성 유해물질의 장거리 이동 특성분석과 영향평가기술, 중간보고서.
 UNEP (United Nations Environment Programme), 2002, Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances. Central and Northeast Asia Regional Report, Global Environment Facility, URL(<http://www.chem.unep.ch/pts/regreports/C&NE%20Asia%20full%20report.pdf>).
 Kim, Y. P., Shim, S.-G., Moon, K. C., Hu, C.-G., Kang, C. H., and Park, K. Y., 1998, Monitoring of Air Pollutants at Kosan, Cheju Island, Korea, during March-April 1994, Journal of Applied Meteorology, 37, 1117-1126.