

BB3) **대도시 대기중 유기염소계 살충제의 오염도에 **관한 연구** **Studies of Ambient Organochlorine Pesticides Contamination in Seoul****

최민규 · 여현구 · 김태욱¹⁾ · 천만영¹⁾ · 선우영
건국대학교 환경공학과, ¹⁾한경대학교 환경공학과

1. 서 론

최근 많은 종류의 농약들이 개발되었으며, 경작지역(agricultural area) 뿐만 아니라 골프장, 공원 및 정원에 널리 사용해 왔다. 이들 농약들은 인체 및 동물들에 유해한 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 더욱이 농약이 살포된 지역주변의 수질 및 대기의 오염은 사회적 문제로 부각되고 있다. 따라서 환경중 농약들의 농도를 측정하여 그들의 거동을 연구하는 것은 매우 중요하다(Haraguchi et al.,1994). 많은 종류의 농약중 DDT, Hexachlorocyclohexane(HCH), Heptachlor와 같은 유기염소계 살충제들(organochlorine pesticides; OCPs)이 세계적으로 최근 많은 관심을 끌고 있다. 이들은 병균으로부터 작물 보호, 농산물의 수확 증대 및 시민의 안전을 위해 전세계적으로 1950년대부터 1970년대까지 많은 양이 사용되었지만, 이들이 야기하는 문제점들로 인해 현재 대부분의 나라에서 사용을 금지하고 있다. 이런 OCPs은 낮은 용해도(solubility)와 반응성(reactivity)으로 환경중 반감기가 수 십년이나 되며, 친지질성(lipophilicity)으로 식물과 동물의 지방질에 축적되기 쉽고, 내분비계에 악영향을 주는 환경호르몬으로도 분류되어있다. 또한 중간정도의 증기압(moderate vapor pressure)을 갖기 때문에 대기중에 널리 분포한다(여현구 등, 2001). 이러한 특성들로 인해, 첫째로 자연계의 평형에 혼란을 가져왔으며, 둘째는 성분 자체의 급·만성 독성에 따른 인축 및 작물에의 피해를 야기 시켰으며, 셋째로는 농약의 잔류독성으로 인하여 토양을 비롯한 환경오염의 유발과 먹이사슬을 통한 농작물과 가공식품의 오염 등의 문제들이 지적되었다(한기학 등, 1996).

OCPs는 1970년대부터 1980년대 사이에 사용이 금지되었지만, 이전에 오염된 토양에서의 휘발과 현재 사용하는 다른 나라로부터 장거리 수송 및 침착에 의해 여러 지역에서 검출되고 있으며, 심지어는 인류에 가장 청정지역으로 알려진 북극과 남극에서도 검출되고 있다. 한편, 세계적으로 대도시는 심각한 대기오염에 시달리고 있으며, 인구 밀도가 높은 도시지역에서 대기중 존재하는 오염물질들은 많은 인구의 연속적인 노출로 인한 장기간 인체 영향을 주기 때문에 특히 중요하다. 그렇지만, 도시 대기중 OCPs의 농도수준은 매우 낮을 것으로 기대되지만, 우리 나라는 빠른 도시화로 수년 전까지만도 주변에 많은 경작활동을 하였으며, 또한 아직도 외곽지역에는 경작활동 있어 과거에 많은 양의 OCPs가 사용되었을 것으로 추측된다.

본 연구에서는 대도시인 서울에서 대기중 OCPs 농도 분포, 계절변화 그리고 기상과의 관련성을 통해 대기중 OCPs의 특성에 대하여 조사하였다.

2. 연구방법

시료는 서울특별시 광진구에 소재한 건국대학교 공과대학 옥상(지상 15 m)에서 1999년 7월부터 2000년 5월까지 2주 간격으로 모두 19회 채취하였다. 시료채취는 glass fiber filter(GFF, ϕ 47 mm, Whatman)과 두 개의 polyurethane foam(PUF) plugs을 연결한 샘플러로 하였으며, 시료 채취 유량은 약 35 l/min, 2 주일 동안 약 600 m³ 정도를 채취하였다. 채취한 시료는 유리병에 넣어 밀봉한 후 아이스박스에 넣어 실험실까지 옮긴 후 -20 °C 냉동고에 분석 전까지 보관하였다.

시료의 추출은 GFF와 PUF를 동시에 Soxhlet에 넣고 헥산-디클로로메탄(9:1) 250 ml로 24시간 추출하였다. 시료의 회수율과 농도계산을 위하여 시료채취 전 PUF에 ν -HCH isotope(Cambridge Isotope

Laboratories, Inc.)을 spiking 하였으며 추출된 시료는 회전증발농축기에서 약 2 ml까지 농축한 후 실리카 칼럼(silica column, 내경 9 mm)을 사용하여 방해물질을 제거하였다. 또한 Bio-bead(S-X3, 40~80 μ m, Bio Rad사)를 충진한 GPC(Gel Permeation Chromatography) 칼럼(내경 26 mm, 길이 460 mm)을 사용하여 시료를 정제하였다. 이 용출액을 회전증발농축기를 이용하여 2~3 ml까지 농축한 다음 정량적으로 10 ml vial로 옮기고 여기에 keeper로서 도데칸(dodecane) 50 μ l, internal standard로서 4,4'-dibromooctafluorobiphenyl(4,4'-DBOB)를 spike한 다음 질소로 용매를 최종부피를 50 μ l까지 농축시킨 후 Hewlett-Packard사의 gas chromatography-electron impact mass spectrometry (GC-EIMS, HP6980-MSD5973) 및 Shimadzu사의 gas chromatography-negative ion mass spectrometry(QP5050A)를 이용하여 분석하였다(여현구 등, 2001).

3. 결과 및 고찰

3.1 OCPs의 농도분포

표 1은 1999년 7월부터 2000년 5월까지 각 OCPs의 성분별 농도를 나타낸 것이다. 대부분의 OCPs의 평균 농도는 수 ~ 수십 pg/m³를 보이는 반면, 지금도 제한적으로 사용되고 있는 endosulfan과 과거에 가장 많이 사용된 HCH는 수백 pg/m³으로 매우 높은 농도수준을 보였다. 또한 heptachlor, p,p'-DDD 및 p,p'-DDT를 제외한 OCPs는 거의 모든 시료에서 검출되었다. 이들 OCPs는 1980년대 초까지 토양훈증제(soil fumigant), 농업 및 가정용 살충제로서 널리 사용되어 왔지만 1970년대 말과 1980년대 초에 대부분 사용이 금지되었다. 그러나 OCPs의 난분해성(persistence)과 환경 중에서의 높은 잔류성 때문에 아직도 물, 토양 및 식물 등 여러 환경 매체 중에 OCPs가 많이 잔류하고 있다. 따라서 이들 환경매체에서의 휘발 및 수송에 따라 측정지점의 대기중에서 검출된 것으로 추측된다.

본 연구에서 농도를 세계의 여러 지역들과 비교해 볼 때, α -HCH는 전세계적으로 비슷한 시기에 사용이 금지되었고 대기 중에서의 lifetime이 길기 때문에 지역적으로 비교적 큰 농도 차이를 보이지 않았다. 그러나 γ -HCH는 대부분의 유럽과 북미 지역에서 최근까지 사용하였기 때문에 이 번 연구 결과보다 상당히 농도가 높았다. 또한 endosulfan은 잔류성이 낮아 사용 지역에서는 농도가 매우 높은 반면 배경 지역에서는 농도가 매우 낮아 지역적으로 큰 편차를 보였다.

Table 1. The summary of air concentrations(pg/m³) of organochlorine pesticides in Seoul

	Mean	Median	SD	Max	Min	N > LOD (of 19)
HEPT	1.2	ND	3.9	16.8	ND	4
HEPX	2.6	1.1	3.9	17.0	<LOD	16
γ -CHL	19.2	7.0	33.6	147.5	1.7	19
α -CHL	23.3	7.5	38.1	155.0	0.9	19
END	337.4	153.5	377.7	1086.2	16.7	19
ENS	60.6	6.0	109.1	315.6	ND	18
p,p-DDE	8.6	7.8	6.7	29.0	ND	18
p,p-DDD	5.7	ND	12.9	44.2	ND	4
p,p-DDT	24.5	ND	70.3	307.7	ND	7
α -HCH	232.9	92.9	464.8	1977.3	34.4	19
γ -HCH	38.7	11.5	72.7	312.6	5.1	19

HEPT : heptachlor, HEPX : heptachlor epoxide, CHL : chlordane, END : endosulfan, ENS : endosulfan sulfate
 LOD : limit of detection, < LOD : less than LOD, ND : Non Detection

참 고 문 헌

- 여현구, 최민규, 천만영, 김태욱, 선우영(2001), PCBs의 대기-식물간 분배 특성 인자, 한국대기환경학회지, 17(5), pp415-424
 한기학, 박창규, 김복영, 김재정, 이규승, 이영환, 신제성, 엄기태, 정영상, 허종수, 농업환경화학, 동화기술, 1996, pp.216-282
 Harabuchi K., Kitamura E., Yamashita T. and Kido A.(1994), Simultaneous Determination of Trace Pesticides in Urban Air, Atmos. Environ., 28(7), pp1319-1325