

AB1) 대기중 Hexachlorocyclohexane(HCH)의 농도 The concentration of Hexachlorocyclohexane in air

최민규, 여현구, 한효경¹⁾, 김태욱²⁾, 천만영³⁾, 선우영⁴⁾
전국대학교 환경공학과, ¹⁾한경대학교 환경공학과

1. 서론

Hexachlorocyclohexane(HCH, 또한 benzene hexachloride(BHC)라고도 부름)은 세계 도처에서 발견되는 주요 난분해성 유기염소계 화합물들(persistent organochlorine compounds)중 하나이며, 또한 환경중 거동 및 영향들과 관련하여 가장 많이 연구되어진 살충제중 하나이다(Li et al., 1996). Technical HCH mixture(α -, β -, γ -, δ - 및 ϵ -HCH 이성질체들의 혼합물)와 technical lindane(거의 단일의 γ -HCH 이성질체로 구성)는 농업, 산림 및 위생 방면에 다양한 목적을 위해 1940년말 이래로 많은 양이 사용되어져 왔다(Li et al., 1996; Breivik et al., 1999). 그렇지만 HCH와 다른 살충제들의 무분별한 사용으로 인해 다양한 환경매개체(media)와 생물체(biota)에 어디에나 존재하게 되었다(Li et al., 1996; Breivik et al., 1999). 또한 이런 오염물질들은 세계에 널리 분포하고 장거리 수송에 의해 심지어 북극과 같은 청정 지역, 광과 해양 조류(ocean currents)에서도 발견되는 것으로 보고된다.

일단 HCH 이성질체가 환경으로 배출되면, 그들은 지구적으로 분포하게 되고 대기, 지표수, 토양 및 살아있는 유기체들에서 발견될 수 있다. HCH 이성질체중 γ -HCH만이 살충효과를 갖지만, 모든 HCH 이성질체들은 포유류에 독특한 성분들이며, 만성노출은 면역적인 문제(immunosuppression)와 신경학적인 문제들을 포함한 인간의 건강학적 영향과 관련이 있고, 쥐(rats)와 생쥐(mice)에게 간암을 유발시킨다. 다른 이성질체중 α -HCH는 가장 높은 발암성을 보이며, 또한 미국 EPA에 의해 technical HCH와 함께 group B2 probable human carcinogen으로 분류되어져 있다. 또한 β -HCH와 γ -HCH 생식계와 내분비계 교란 효과들을 가지는 것으로 보고된다(Li et al., 1996).

세계적으로 대기, 강수 및 지표수중 HCH 잔류량, 특히 α 와 γ 이성질체들에 대한 많은 연구들이 수년간 보고되었다. 그렇지만, 우리나라에서는 농산물중 분석방법 및 농산물과 토양 중 잔류수준은 보고가 있었지만, 대기중 농도수준에 대한 보고는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 경기도 안성시에서 α -HCH와 γ -HCH의 대기중 농도수준을 파악하였으며, 또한 대기중 거동을 파악하기 위해, 계절별 농도 변화 및 온도 의존성을 조사하였다.

2. 연구방법

시료는 경기도 안성시 한경대학교 캠퍼스내에서 1999년 7월부터 2000년 2월까지 2주 간격으로 8개월간 채취하였다. 시료채취는 glass fiber filter(GFF, 47 mm diameter Whatman)과 두 개의 polyurethane foam(PUF) plugs을 연결한 샘플러를 통해 지상 50 cm지점에서 채취되었다. 이때 유량은 약 35 l/min이었으며, 2주일동안 총 약 600m³ 정도 채취하였다.

HCHs는 헥산-디클로로메탄(9:1) 250 ml로 24시간 동안 Soxhlet추출을 이용하여 GFF와 PUF plugs로부터 추출되었다. 시료의 회수율과 농도계산을 위해 시료채취 전 PUFs에 γ -HCH isotope을 30 ng spiking하였다. 추출된 시료는 실리카칼럼(silica column)과 GPC(Gel Permeation Chromatography)칼럼으로 정제하였다. 분석용 시료에 keeper로서 도데칸(dodecane) 50 μ l와 internal standard로서 4,4'-dibromo octafluoro biphenyl를 주입하였으며, 질소로 용매를 증발시킨 후 최종부피를 50 μ l로 하여 gas chromatography - negative ion mass spectrometry(GC-NIMS)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 조사한 α -HCH와 γ -HCH의 농도(n=17)는 표 1에 나타내었다. α -HCH의 농도는 20.6 ~ 829.7 pg/m³의 범위를 보였으며, γ -HCH는 4.8 ~ 325.9 pg/m³의 범위로 매우 큰 농도변화를 보였다. 최

대농도는 두 이성질체 모두 여름기간에 조사되었다. α -HCH 농도는 산술평균(arithmetic mean) 169.3 pg/m³과 기하평균(geometric mean) 78.4 pg/m³이었으며, γ -HCH 농도는 산술평균 50.5 pg/m³과 기하평균 18.2 pg/m³이었다.

그림 1은 α -HCH와 γ -HCH의 월별 평균농도를 나타낸 것이다. 두 이성질체 모두 여름인 8월에 가장 높은 농도를 보였으며 겨울인 12월에 가장 낮은 농도를 보였다. 이러한 변화는 일반적으로 농약의 사용 및 환경중 잔류량의 재회발에 의해서 설명될 수 있다.

본 연구에서는 α -HCH가 γ -HCH보다 매우 높은 농도를 보였고, 비율은 기하평균 4.3과 산술평균 4.5을 나타내었다. 이 비율이 technical HCH mixture와 유사한 값을 나타내었지만, lindane이 많은 양이 사용되었음을 추측할 수 있다. Brubaker와 Hites(1998)은 α -HCH와 γ -HCH 그리고 OH라디칼과의 반응에 대한 실험에서 속도상수를 계산하였다. 298K에서 α -HCH와 γ -HCH의 속도상수들은 각각 1.4×10^{-13} cm³/s와 1.9×10^{-13} cm³/s 이었는데, 이것은 각각 대기중 lifetime 120일과 96일에 해당한다. 이 결과로부터 α -HCH는 γ -HCH보다 대기중에서 lifetime이 약 25%정도 더 길어서 α/γ -HCH의 비율은 시간이 지날수록 증가하게 된다는 것을 알 수 있다. 따라서 사용 금지 된지 20년이 지났지만, technical HCH mixture의 비율과 유사하다는 것은 technical HCH와 동시에 lindane이 상당량이 사용되었음을 의미한다.

Table 1. α -HCH and γ -HCH concentration(pg/m³) during July 1999 - February 2000.

| collection dates | α -HCH | γ -HCH | α/γ -HCH |
|-----------------------|---------------|---------------|----------------------|
| Geomean ¹⁾ | 78.4 | 18.2 | 4.3 |
| average ²⁾ | 169.3 | 50.5 | 4.5 |
| S.D. ³⁾ | 249.7 | 86.5 | 1.3 |
| Max | 829.7 | 325.9 | 6.7 |
| Min | 20.6 | 4.8 | 2.4 |

¹⁾ geometric mean, ²⁾ arithmetic mean, ³⁾ standard deviation

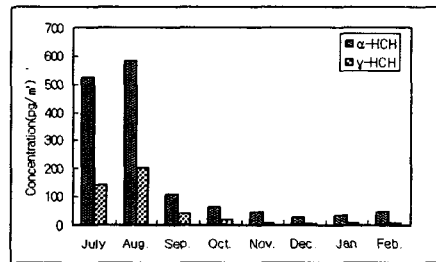


Figure 141. The monthly concentrations of α -HCH and γ -HCH in air.

참고 문헌

- 이동우, 윤재홍, 장기봉(1998), 농산물중 유기염소계 농약의 잔류수준, 한국환경농학회지, 17(3), p. 205-210
- 전옥경, 이강문(1999), 식품중의 유기인계, 유기염소계, 카바메이트계 농약의 다성분 분석법 비교, 한국환경농학회지, 18(2), pp.154-163
- Alegria Henry A., Bidleman Terry F., Shaw Timothy J.(2000), Organochlorine Pesticides in Ambient Air of Belize, Central America, Environ. Sci. Technol. 34(10), pp.1953-1958
- Breivik Knut, Pacyna Jozef M. and Munch Jorg(1999), Use of α -, β - and γ -hexachlorocyclohexane in Europe, 1970-1996, The Science of the Total Environment 239, pp. 151-163
- Kim Jong-Hun and Smith Alistair(2001), Distribution of Organochlorine Pesticides in Soils from South Korea, Chemosphere 43, pp. 137-140
- Li Yi-Fan, Mcmillan Ann, and Scholtz M. Trevor(1996), Global HCH Usage with 1° × 1° Longitude/Latitude Resolution, Environ. Sci. Technol. 30(12), pp. 3525-3533