

AB2) 도시 대기 중 Polychlorinated Biphenyls의 온도 의존성 Temperature Dependence of Polychlorinated Biphenyls in Urban Atmosphere

여현구 · 최민규 · 이재연¹⁾ · 천만영²⁾ · 김태욱³⁾ · 선우영⁴⁾
건국대학교 환경공학과, ¹⁾ 한경대학교 환경공학과

1. 서 론

반휘발성 유기화합물(Semivolatile organic compounds ; 이하 SOCs)은 높은 증기압과 낮은 반응성 때문에 지구 전역에 폭넓게 존재하고 있다. SOCs중 Polychlorinated Biphenyls(이하 PCBs)는 난분해성 및 친지질성에 특성으로 환경중에서 순환하기 때문에 최근들어 많은 관심의 대상이 되고 있다. 이들 대부분은 태초의 환경과 모든 matrix(예, 토양, 식물, 대기, 수계 등)에서 발견되어 지고 있다.

Polychlorinated biphenyls(이하 PCBs)와 같은 SOCs는 토양, 식물 및 수계등의 2차 발생원에서 대기 중으로 재취발되는 특성을 가진다. 이런 2차 발생원을 지배하는 영향인자를 살펴볼 때, 대기 중 온도는 PCBs의 응축(condensation)/휘발(volatilization)을 야기시키는데 매우 중요한 역할을 하여 대기중 PCBs의 순환에 영향을 준다. 온도에 따른 대기 중 PCBs의 순환은 많은 연구자들에 보고되었다(Manchester-Neesvig and Andren, 1989; Hoff et al., 1992 ; Halsall et al., 1995). 그러므로 온도에 따른 SOCs 순환은 대기 중 위 성분의 체류시간과 환경 중에서 거동을 파악하는데 중요한 인자가 된다고 할 수 있다. 본 연구에서는 도시 대기 중 PCBs의 농도 분포 및 온도의존성을 살펴봄으로써 위 성분의 대기 중 거동을 이해하는 것을 목적으로 한다.

2. 실험 방법

본 연구는 서울시 광진구에 소재한 건국대학교에서 1999년 7월 ~ 2000년 1월까지 대기중 PCBs를 채취하였다.

대기시료는 PUF(polyurethane foam)를 이용하여 입자상(Whatman 47 mm glass fiber filter : 이하 GFF)과 가스상(PUF)을 동시에 채취하였으며 전체 유량은 약 600 m³로 2주간 측정하였다. 측정된 PUF와 GFF는 디클로로메탄(Dichloromethane:이하 DCM) 250 ml를 이용하여 Soxhlet에서 세척 과정을 거친 후 진공건조기에서 용매를 완전히 건조시켜 시료채취에 사용하였다. 측정 후 필터와 PUFs는 유리 초자에 넣어 -26 °C의 냉동고에 보관하였으며, 취급 시 오염을 최대한 줄였다.

시료의 추출은 Soxhlet에서 hexan(DCM) (9:1) 혼합액 250 ml로 24시간 동안 GFF와 PUF를 함께 추출하였다. 추출된 시료는 회전증발농축기를 이용하여 2~3 ml 까지 농축하고 분석 시 방해물질을 제거하기 위하여 실리카 칼럼을 통과시켰고, 실리카 칼럼을 통과한 시료는 회전 증발농축기에서 약 1 ml 까지 농축하였다. 그러나 실리카 칼럼 통과 후에도 제거 되지 않은 시료중의 오염물질은 GPC(gel permeation chromatography column)로 다시 정제하였다. 정제된 시료는 2 ml 정도까지 농축하여 keeper로 dodecane(SIGMA 社, D-4259)가하여 최종 부피를 50 µl로 한후 GC/MSD(HP社, HP-5973)로 분석하였다

3. 결과 및 고찰

PCBs의 대기중 농도 분포 및 온도와의 관련성

측정기간 중 PCB homologs별 대기 중 농도분포 및 온도와의 관련성을 그림 1에 나타내었다. 이 기간 중 검출된 PCB congeners는 총 32종[tri-(PCB 18, 27, 28, 33), tetra-(PCB 47, 49, 52, 60, 61/74, 66), penta-(PCB 79, 87, 101, 105, 110, 113, 123), hexa-(PCB 141, 149, 151, 153, 155, 156, 169), hepta-(170, 180, 183, 187, 189), Octa-(194, 198) deca-CB(PCB 209)]으로 Σ₃₀PCB(이하 총PCBs)의 평균농도는 59.9 pg/m³(29.4-131pg/m³)이었으며, tri-CBs(18.0pg/m³) > tetra-CBs(16.3pg/m³) > penta-CBs(15.0pg/m³) >

hexa-CBs($12.4\text{pg}/\text{m}^3$) > hepta-CBs($2.19\text{pg}/\text{m}^3$) > Octa-CBs($0.49\text{pg}/\text{m}^3$) > deca-CB($0.26\text{pg}/\text{m}^3$)의 순으로 높은 농도를 보였다. 즉, Cl의 수가 증가할수록 대기중의 농도가 감소하는 경향을 보이고 있는데 이 PCBs의 물리·화학적 특징인 $\log K_{oa}$ (octanol-air partition coefficients), $\log K_{ow}$ (octanol-water partition coefficients), 증기압(vapor pressure) 및 용해도(solubility)등으로 설명할 수 있다. 검출된 tri-CBs의 평균 $\log K_{oa}$, $\log K_{ow}$ 및 증기압은 각각 8.19, 5.47 및 1.1×10^{-4} mmHg, tetra-CBs은 8.68, 5.95 및 1.0×10^{-4} mmHg, penta-CBs은 9.50, 6.34 및 1.1×10^{-5} mmHg, hexa-CBs은 9.94, 6.75 및 5.5×10^{-6} mmHg, hepta-CBs은 10.27, 7.06 및 1.3×10^{-6} mmHg 및 deca-CB은 14.02, 9.6(Harner 와 Bidleman, 1996 ; Brodskyy 와 Ballschmitter, 1988)으로 Cl 수가 증가(> penta-CBs)할 수록 $\log K_{oa}$ 와 $\log K_{ow}$ 가 증가하여 tri-, tetra-CBs에 비해 식물이나 토양 및 수계의 지질층에 잘 침착되는 친지질성 특성을 보였고, 또한 증기압은 낮은 값을 보여 대기중의 휘발능이 감소되는 경향을 보였다. 그러므로 대기중에서 고농도를 보이는 PCB homologs는 증기압이 커서 대부분 가스상 형태로 존재하는 penta-CBs이하의 PCBs가 주종을 이루었다. 측정기간 중 총 PCBs와 대기중 온도($^{\circ}\text{C}$)와의 관련성을 살펴본 결과 두 인자간의 상관계수(r)는 0.752($p < 0.001$)로 매우 양호하여 온도 의존성을 크게 나타내었다. 그러므로 측정기간 중 총 PCBs의 농도는 온도가 상승하는 여름철에 최대농도를, 온도가 낮아지는 겨울철에 최소농도를 보였다.

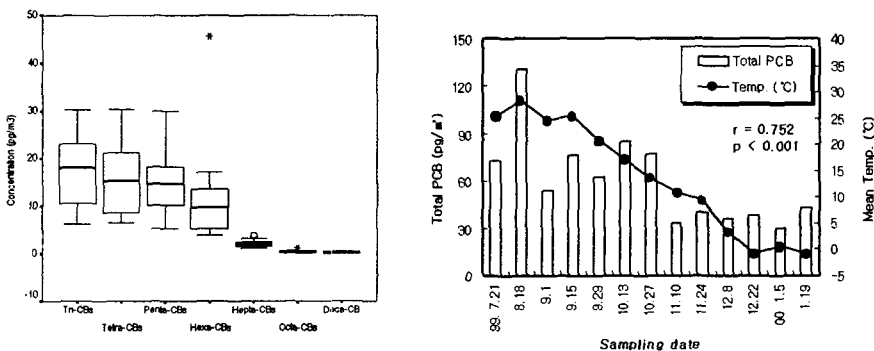


Fig. 1. Distribution of PCB homologs and relationship of total PCBs and Temperature

참고 문헌

- Halsall, C.J., Lee, R.G.M., Coleman, P.J., Burnett, V., Harding Jones, P., Jones, K.C., (1995) PCBs in UK Urban Air, Environmental Science and Technology, 29, 2368-2376.
- Hoff, R.M., Muir, D.C.G., Grift, N.P., (1992) Annual Cycle of Polychlorinated Biphenyls and Organohalogen Pesticides in Air in Southern Ontario 2. Atmospheric Transport and Sources, Environmental Science and Technology, 26, 276-283.
- Manchester-Neesvig, J.B., Andren, A.W., (1989) Seasonal Variation in the atmosphere concentration of Polychlorinated Biphenyl Congeners, Environmental Science and Technology, 23, 1138-1148.
- Harner, T. and Bidleman, T. F. (1996) Measurements of octanol-air partition coefficients for polychlorinated biphenyls, J. Chem. Eng. Data, 41, 895-899.
- Brodsky, J. and Ballschmitter, K. (1988) Reversed phase liquid chromatography of PCBs as a basis for the calculation of water solubility and log Kow for polychlorobiphenyls, Fres Z Anal Chem, 331, 295-301.