

## AC3) 도시 및 교외 지역에서 대기 중 PCBs의 온도 의존성 및 발생원 평가 Temperature Dependence and Source Estimation of PCBs in Urban and Rural Atmosphere

여현구 · 최민규 · 김태욱<sup>1)</sup> · 천만영<sup>1)</sup> · 선우영

건국대학교 환경공학과, <sup>1)</sup> 한경대학교 환경공학과

### 1. 서 론

1960년 이전 대기 중 PCBs(polychlorinated biphenyls)의 유입은 여러 나라에서 다량으로 사용한 PCBs에 의해 많이 좌우되었다. 대기 중 PCBs의 최대 배출은 1960년대 후반이었으며 그 이후로 점점 감소하는 추세이다. 오늘날 이 화합물은 사용이 금지되었으며 대부분의 국가에서 법적인 근거를 마련하였다. 그러므로 최근 대기 중 PCBs의 발생원은 이전에 배출된 화합물이 재휘발(revolatilization)한 결과라고 할 수 있다. 그러나 현재에도 PCBs가 포함된 설비를 사용하고 있으며, PCBs가 함유된 쓰레기가 여전히 환경중으로 배출되고 있는 실정이다. 또한 국지적인 오염원(local point sources)과 오염된 공기 덩어리(air mass)의 이동은 PCBs의 지역적규모(regional scale)의 이송을 초래한다. 도시지역에서 PCBs의 오염도는 대체적으로 교외지역에 비해 높게 나타난다. 대기 중에서 PCBs의 오염도는 교외지역들 내에서도 지리적인 면과 기상적인 면의 차이로 인해 다르게 나타난다. 대기 중에서 PCBs의 침착(deposition), 휘발(volatilization), 이동(transport) 및 전환(transformation)은 온도와 기상적인 상태에 의존한다. 대기 중 PCBs의 농도는 온도와 양의 상관성을 보인다는 연구결과가 보고되며, 대부분 여름철에 최대농도를 보이는 계절변화를 나타낸다. 대기와 토양, 물 및 식물잎간 SOC의 침착과 재휘발로 인한 대기중 SOC의 농도는 기온과 대기 중의 SOC 농도(분압) 간의 관계를 나타낸 Clausius-Clayperon 식으로 해석이 가능하다. 즉, Clausius-Clayperon 식은 대기 중 SOC가 오염된 공기의 장거리 이동에 의한 것이 아니고 단지 기온이 높을 때는 토양, 물 및 식물잎등 2차 발생원에서 재휘발되고 기온이 낮을 때는 역으로 대기중 SOC가 토양, 물 및 식물잎에 침착된다면 대기중 SOC의 농도(분압)는 기온에만 의존한다는 것을 의미한다. 그러므로 대기중 SOC 농도(분압)의 온도 의존성은 PCBs가 2차 발생원에서 재휘발된 것인지 아니면 오염된 공기의 장거리 이동이나 국지적인 1차 발생원에 의한 것인지를 평가할 수 있는 중요한 지표로 사용된다(Bidelman et al., 1987). 본 연구에서는 도시와 교외지역에서 PCBs의 농도분포 및 온도의존성을 비교함으로써 지역별로 PCBs의 주된 발생원을 평가하고자 한다.

### 2. 실험 방법

본 연구는 서울시 광진구에 소재한 건국대학교에서 공과대학 옥상(지상 15m)과 경기도 안성시 석정동에 소재한 한경대학교내 잔디밭(지상 0.5m)에서 1999년 7월부터 2000년 1월까지 대기 중 PCBs를 채취하였다. 대기시료는 PUF(polyurethane foam) 측정기를 이용하여 입자상(Whatman  $\phi$  47 mm glass fiber filter : 이하 GFF)과 가스상(PUF)을 동시에 채취하였으며 전체 유량은 약 600 m<sup>3</sup>로 2주간 측정하였다.

시료의 추출은 GFF와 PUF를 동시에 Soxhlet에 넣고 헥산-디클로로메탄(9:1) 250 ml로 24시간 추출하였다. 시료의 회수율 보정과 농도계산을 위하여 시료채취 전 PUF에 PCBs isotope(PCB 28, 52, 101, 153, 138, 180 및 209)를 일정 농도로 희석하여 spike 하였다. 추출된 시료는 실리카 칼럼(silica column)과 Bio-bead(S-X3, 40~80  $\mu$ m)를 충전한 GPC(Gel Permeation Chromatography) 칼럼을 사용하여 시료를 정제하였다(여현구 등, 2001).

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 측정기간 중 도시와 교외지역에서 검출된 총 PCBs의 농도분포를 나타낸 것이다. 도시와 교외지역에서 검출된 PCB congeners는 각각 32종과 24종으로 도시지역이 교외지역에 비해 8종의 congener가 더 검출되었다. 그리고 측정기간 중 두 지역에서 동시에 검출된 PCB congener는 20종으로 교외지역에서만 검출된 PCB congeners는 PCB 27, 38, 126, 157로 지역적인 차이를 보였다. 즉, 도시는 교외지역에 비해 많은 PCB congeners가 검출된 반면 몇몇 PCB congeners는 교외지역에서만 검출되어 측정지점별로 차이를 보였다. 도시와 교외지역에서 검출된 총 PCBs의 평균 농도는 각각  $64.59 \pm 29.63$  pg/m<sup>3</sup> 및  $26.17 \pm 13.59$  pg/m<sup>3</sup>으로 도시가 교외지역에 비해 2.2배 높은 농도를 보였으며 총 PCBs의 최대 농도는 도시의 경우 137.0 pg/m<sup>3</sup>, 교외의 경우 67.08 pg/m<sup>3</sup>로 여름철 기간(8/4 ~ 8/31) 중에 나타났다.

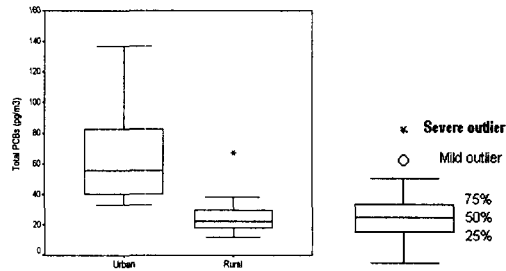


Fig. 1. Distribution of total PCBs between urban and rural atmosphere.

그림 2는 도시와 교외지역에서 총 PCBs 중 각각의 congeners 비율(%)을 이용한 회귀식을 나타낸 것이다. 도시와 교외지역에서 동시에 검출된 PCB congeners는 20종이었으며, 회귀식의 기울기는 0.97로 유의한 값( $p < 0.001$ )을 보였으나 절편은  $-0.454$ ( $p = 0.510$ )로 유의한 값을 보이지 못해 회귀식에서 제외시켰다. 그 결과 회귀식은  $[Rural] = 0.97[Urban]$ 으로 기울기가 거의 1을 나타내어 도시와 교외에서의 PCB congeners의 비율이 매우 유사하였다. 이는 도시와 교외의 지역적인 발생원 차이보다는 대기중 PCB congeners별 물리·화학적 특성에 의해 좌우된 것으로 판단된다.

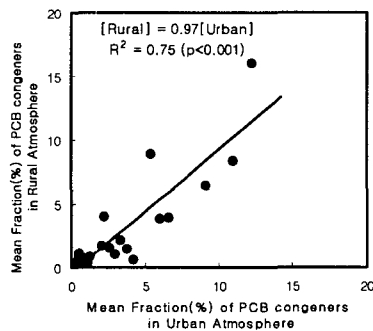


Fig. 7. Regression analysis of mean fraction(%) of PCB congeners in urban and rural

### 참고 문헌

Bidelman, T.F, Wideqvist, U., Jansson, B., Soderlund, R.(1987) Atmos. Environ. 21, 641-654.  
 여현구, 최민규, 천만영, 김태욱, 선우영 (2001) PCBs의 대기-식물간 분배 특성 인자들, 한국대기환경학회지, 17(5), 415-424.