

### 3D3) 국내 잔류성유기오염물질(Persistent Organic Pollutants) 배출목록 개발 - 부산물 PCBs, HCB, PAHs를 중심으로 - Development of National Emission Inventories for Persistent Organic Pollutants (Unintentionally Formed PCBs, HCB and PAHs)

조규탁 · 이동수<sup>1)</sup> · 이지윤<sup>2)</sup> · 김경미<sup>2)</sup> · 이지은<sup>2)</sup>

이엔위즈(주) 부설연구소, <sup>1)</sup>서울대학교 환경대학원, <sup>2)</sup>서울대학교 환경계획연구소

#### 1. 서 론

잔류성유기오염물질(Persistent Organic Pollutants, 이하 POPs)은 환경에 노출되면 장기간 잔류하면서 인체 및 생태계에 악영향을 끼치며 또한 장거리 이동하는 특징으로 인하여 전지구적인 규제·관리의 필요성이 제기되고 있다. 이러한 필요에 부응하여 UNEP를 중심으로 국제적인 관리를 위한 논의가 이루어져 2001년 5월 스톡홀름협약(Stockholm convention for Persistent Organic Pollutants)이 당사국회의에서 채택되었고, 우리나라는 외교적 서명을 함으로써 협약가입의사를 분명히 하였다. 따라서 향후 협약이 정하는 바에 따라 규제대상 POPs의 국가 감축계획을 수립하여 집행해야 하며, 이를 위해 무엇보다도 배출목록 개발이 시급히 이루어져야 한다.

이러한 배경하에 본 연구에서는 협약 대상물질 중에서 부산물로 발생하는 PCBs 및 HCB와 향후 협약 대상물질로 지정될 가능성이 높은 PAHs를 중심으로 배출량 평가기법을 살펴보고 국내 예비배출목록을 작성하여 향후 협약에 대한 국가이행계획 수립시 기초자료를 제공하고자 하였다.

#### 2. 연구 방법

##### 2. 1 배출량 평가방법

배출량 평가방법은 배출원중심(Source-oriented) 평가방법과 수용체중심(Load-oriented) 평가방법으로 구분되는데, 본 연구에서는 배출원중심 평가방법을 이용하였다. 배출량을 산정하기 위해서는 배출특성에 따라 물질수지법(Mass Balance Method) 또는 통계적 배출계수법(Emission Factor Method)을 이용할 수 있는데, 본 연구에서는 배출계수법을 적용하였다. 배출량 산정식은 아래와 같으며, 배출량은 전국 수준에서 연간배출량을 평가하였다.

$$E = EF \times A$$

$$\begin{cases} E : \text{배출량(kg/yr)} \\ EF : \text{배출계수(kg/ton, kg/kl 또는 kg/m}^3\text{)} \\ A : \text{활동도(ton/yr, kl/yr 또는 m}^3\text{/yr)} \end{cases}$$

##### 2. 2 배출계수

배출계수는 현재 국내에서 개발된 자료가 없기 때문에 본 연구에서는 외국의 선행 연구를 조사하여 주로 영국 AEAT tech.에서 제공한 자료와 U.S. EPA FIRE 및 L & E 문서의 배출계수를 적용하였다.

##### 2. 3 주요 배출원 및 활동도

현재 POPs에 대한 국내 연구는 전무한 실정이므로 본 연구에서는 유럽 및 미국의 선행연구를 고찰하여 배출원을 파악한 후 국가 통계, 관련 단체 발행 통계 등을 이용하여 활동도 자료를 수집하였고, 일부 자료는 전화 설문문을 통하여 확보하였다.

#### 3. 배출량 추정 결과

배출량 추정 결과를 살펴보면, 부산물 PCBs의 주요 배출원은 연료연소부문, 폐기물소각부문, 열공정을 포함한 생산공정부문, 이동배출원부문으로 추정되었으며, 연료연소부문, 폐기물소각, 철강산업, 비철금속, 비금속광물 등에 대해서만 배출량 평가가 가능하였다. 2000년도 부산물 PCBs 배출량은 연간 1,085

kg으로 산정되었다. 철강산업 1,006 kg/년(92.77%), 연료연소 64 kg/년(5.92%), 폐기물소각 14 kg/년(1.31%) 등을 배출하는 것으로 평가되었다.

HCb는 주로 연료연소, 폐기물소각, 열공정을 포함하고 있는 철강산업, 비금속산업, 그리고 염소관련 화학물질 제조산업 등에서 배출되는 것으로 나타났으며, 총배출량은 연간 245 kg으로 추정되었다. 소각 부문 151 kg/년, 철강산업 47 kg/년, 석탄연소 35 kg/년, 시멘트 9 kg/년 등의 배출량을 보여주었는데, 소각부문 중에서는 생활폐기물에서 약 140 kg/년(57%)의 배출량을 나타냈다.

PAHs의 주요 배출원은 에너지연소 과정, 열공정을 수반한 제품 생산 과정, 폐기물 소각 과정 등이었으며, 2000년도 배출량은 7-PAHs는 55,245 kg으로 평가되었는데, 약 52,514 kg(95%)이 생산공정에서 배출되는 것으로 나타났다. 16-PAHs는 연간 856,989 kg이 배출되는 것으로 평가되었는데, 약 559,387 kg(80%)이 산업공정에서 배출되는 것으로 나타났다.

**Table 1.** Preliminary emission inventories for unintentionally formed three POPs developed on this study(2000) (unit : kg/year)

level 1	level 2	HCb	PCBs	7-PAHs	16-PAHs
fuel combustion	boiler	35.1	64.2	699.9	163,317.8
production	oil refinery			6,703.8	127,614.2
	iron & steel	46.9	1,006.3	43,945.5	522,053.9
	inorganic chem.			108.3	1,039.5
	nonmetallic minerals	8.7		1,733.2	32,247.3
	pulp & paper			23.4	4,046.5
on-road	automobiles	2.4		1,923.8	4,250.3
off-road	aircraft			1.1	30.6
waste management	incineration	151.9	16.6	16.5	1,732.4
others	cigarette smoking			98.9	656.7
total		245.0	1,087.1	55,254.4	856,989.2

#### 4. 결 론

자료를 이용할 수 있는 주요 배출원에 대하여 부산물 POPs의 배출량을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1) 현재 국내의 경우 일부 배출원에 대해서는 부산물 POPs 배출량을 평가할 수 있었으나, 적용된 배출계수가 외국의 연구결과를 그대로 적용한 것이어서 상당한 불확실성이 존재할 것으로 판단되며, 향후 이에 대한 연구가 필요하다.

2) 물질에 따라서 주요 배출원이 약간씩 다르기는 하지만 금속산업, 폐기물 소각, 석탄 연소 등의 배출기여도가 높은 것으로 나타났다.

3) 본 연구의 배출량 산정결과는 예비적인 성격의 연구로서 향후 체계적인 조사연구를 통하여 보다 신뢰할 수 있는 배출목록을 작성해야 하며, 이를 바탕으로 국내 배출량 저감계획을 수립·시행하고 나아가 스톡홀름협약 등 국제적인 POPs 관리에 기여해야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- EPA, 1999, Hexachlorobenzene(HCB): Sources and Regulations.
- NAEI, UK Emissions of Air Pollutants 1970 to 1999 (<http://www.aeat.co.uk/netcen/airqual>).
- U.S. EPA, 1987, Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polychlorinated Biphenyl(PCB), US EPA-450/4-84-007n, pp. 28-29.
- U.S. EPA, 1998, Locating and estimating air emissions from sources of polycyclic organic matter, Office of air quality planning and standards, Research triangle park, NC, EPA-454/R-98-014.
- U.S. EPA, Factor Information Retrieval (FIRE) Data System, Office of Air Quality Planning and Standards(Database Report Date November 16, 1999) (<http://www.epa.gov/ttn/chief/firehtml#order>).
- UNECE/EMEP emission database, WebDab 2002 (<http://webdab.emep.int/>).