

# 잔류성 유기오염물질(POPs)의 관리현황과 대응방향(9)

## - 부산물을 중심으로 -

한국환경정책·평가연구원 박정규, 이희선

### 목 차

#### I. 서론

- 1. 연구의 목적
- 2. 연구의 내용 및 방법

#### II. POPs 부산물 관리의 필요성

- 1. POPs 부산물의 정의
- 2. 국제적인 규제강화
- 3. 발생원 대체방법의 부재
- 4. 기존 관리정책의 미흡
- 5. 심각한 물질독성 및 환경위해
  - 5.1 다이옥신/퓨란
  - 5.2 HCB

#### III. 선진국의 POPs 부산물 관리동향

- 1. 다이옥신과 퓨란
  - 1.1 국가별 배출원
  - 1.2 국가별 오염현황
  - 1.3 국가별 규제현황
- 2. HCB
  - 2.1 국가별 배출원
  - 2.2 국가별 오염현황
  - 2.3 국가별 규제현황

#### IV. POPs 부산물의 국내 배출현황과 문제점

- 1. 다이옥신과 퓨란
  - 1.1 배출원 및 배출현황
  - 1.2 오염현황

#### 1.3 국내 관리상의 문제점

#### 2. HCB

- 2.1 배출원 및 배출현황
- 2.2 오염현황
- 2.3 국내 관리상의 문제점

#### V. POPs 부산물의 효율적 관리방안

- 1. 배출원 및 배출량 조사
- 2. 오염현황 및 위해성 확인사업 실시
- 3. 규제기준 선정
  - 3.1 환경매체별 허용기준
  - 3.2 주요 배출원별 배출기준
- 4. 최적가용기술 개발 및 적용
  - 4.1 다이옥신/퓨란의 저감방안
  - 4.2 HCB의 저감방안
- 5. POPs 부산물의 통합관리를 위한 특별법 제정

#### VI. 결론

#### VII. 참고 문헌

#### 부록 I. 약어정리

#### 부록 II. 각국의 HCB 규제기준

#### 부록 III. 소각시설에서의 다이옥신/퓨란 저감기술

#### IV. POPs 부산물의 국내 배출현황과 문제점

다이옥신과 퓨란은 우리나라에서 국민들이 가장 관심을 갖는 유해화학물질 중 하나일 것이다. 그러나 국민적인 관심도에 비해 아직 관련연구는 초기 단계라 배출이나 오염현황에 대한 기초자료가 턱없이 부족한 실정이다. 향후 이에 대한 적극적인 관심과 투자가 요구되며, 본 보고서에서는 지금까지 부분적으로 수행된 자료를 중심으로 국내 관리현황을 다음과 같이 살펴보았다.

### 1. 다이옥신과 퓨란

#### 1.1. 배출원 및 배출현황

국내에서 발생하는 다이옥신과 퓨란화합물의 배출원은 명확히 규명되어 있지 않으나, 앞장에서 살펴본 외국의 경우와 거의 유사할 것으로 추측된다. 즉, 국내 다이옥신의 주요 배출원은 소각과정이며, 이중 도시폐기물 소각로에서 가장 많이 발생된다(표 IV-1). 소각과정 이외에는 비철금속 용해 및 제련 공정이 주요 배출원으로 확인되었으며, 펄프/제지산업에서도 발생되었다. 그 외 유기염소계 화합물 제조공정이나 chlor-alkali 산업 중 흑연전극 제조공정 등 다양한 산업 및 화학물질 생산공정의 부산물로 다이옥신이 발생될 것으로 예상되므로, 이에 대한 배출원 목록 작성이 요구된다.

우리나라의 도시폐기물 소각로에서 발생하는 다이옥신 배출현황은 <표 IV-2>와 같다. 일부 소각로에서의 다이옥신 배출량은 '97년에 비해 '98년에 감소하는 경향을 나타내는데 이는 다이옥신 배출을 저감하기 위한 공정의 변경 또는 기술의 적용으로 인한 것으로 생각된다.

한편 환경부에서 "1999년 내분비계장애물질 조사·연구사업"의 일환으로 추진된 다이옥신 배출실태 결과, 폐기물 유형별에 따른 다이옥신 배출량은 큰 차이가 없었다(표 IV-3). 그러나 소각장 시설규모에 따라 배출되는 다이옥

신의 수준이 달라, 시간당 0.2톤 이하를 소각하는 소규모 시설에서의 다이옥신 배출량은 평균 65.589ngTEQ/Nm<sup>3</sup>으로 가장 높았고 0.2 ~ 2톤/hr 시설의 다이옥신 값이 가장 낮았다. 0.2 ~ 2톤/hr 규모의 중소형 소각시설에서의 다이옥신 평균값이 낮은 이유는 후단 방지시설에 BF를 적용한 시설이 많아 다이옥신 배출을 저감한 때문으로 추정된다.

<표 IV-1> 국내 대기 중 다이옥신 배출량('95년)

발생원	배출량 (gTEQ/년)
도시 폐기물 소각	303.1
유해 폐기물 소각	0.5
하수 슬러지 소각	-
병원 폐기물 소각	2.2
펄프/종이 생산 공정	4.7
비철금 용해 및 제련 공정	113.8
총 계	424.3

자료: 신동진, 다이옥신의 유해성과 안전관리를 위한 시민포럼회, "다이옥신의 위험성과 인체노출 허용기준", 1998

<표 IV-2> 우리나라의 도시쓰레기 소각로의 다이옥신 배출 현황

(단위: ngTEQ/Nm<sup>3</sup>)

소각시설	1997년 배출농도			1998년	최근 배출농도*
	97년 <sup>a</sup>	6년 <sup>b</sup>	11년 <sup>b</sup>	2~5년 <sup>c</sup>	
일 산	2.86	2.86	19	0.82	0.045('99)
평 촌	0.99	0.99			0.435('98)
의 정 부	8.68	9.68			폐쇄('97)
중 동	23.12	23.12	21	4.54	0.001('99)
목 동	0.06	0.06			0.028('98)
상 계	0.17	0.17			0.114('99)
성 서	20.24	13.46	8.2	1.94	0.05(2호기)('98)
					0.018(3호기)('98)
창 원	1.04	1.28			0.024('99)
성 남	4.02	12.92	10		폐쇄('98)
다 대	0.32	0.32			0.163('99)
해 운 대	0.75	0.75			0.466('99)

자료: a: 국립환경연구원, "다이옥신은 어떤 물질일까요?", 1999

b: 도갑수, "생활폐기물 소각로에 의한 다이옥신의 영향과 제어방안 중 정부발표자료", 한국폐기물학회지, 14권 6호, p501-506, 1997

c: 환경부와 포항공대가 발표, 중앙일보, 1997

d: 환경부발표, 중앙일보, 1998

〈표 IV-3〉 국내 소각시설에서의 다이옥신 배출량

(단위 : ngTEQ/Nm<sup>3</sup>)

규모별 (톤/hr)	생활폐기물 소각시설	1997년 배출농도			평균
		일반	지정	평균	
4 이상	0.051*	-	48.620	48.620	24.336
2 ~ 4	-	15.837	-	15.837	15.837
0.2 ~ 2	20.633	7.263	8.530	7.896	12.142
0.2 미만	89.367	84.011	23.388	53.700	65.589
평균	36.684	35.704	26.846	31.513	33.078

\*환경부, '99 운영기관 측정자료

자료 : 환경부, 국립환경연구원, " '99 내분비계장애물질 조사·연구사업 결과보고서", 2000

## 1.2 오염현황

### 1.2.1 토양

다이옥신은 소각장 주변 토양에서도 다량 검출되었다. 포항공대 장윤석 교수의 연구결과(1997년)에 따르면 경기도 의정부, 경남 온산 소각장 등 두 지역의 반경 1km내 토양시료의 다이옥신 잔류농도는 청정지역보다 최고 11배 높게 검출되었다. 온산 소각장 주변 토양은 일반지역(0.35ng)보다 11배 높은 3.76ng의 다이옥신이 검출되었다. 이는 외국의 도시 소각로 주변 권장평균농도(0.57ng)보다 7배 높은 것이다. 의정부 소각장도 최고 3.22ng이 검출되었는데, 이 소각장은 1997년 소각장 다이옥신 농도가 환경권장치(0.5ng)보다 17배 높게 검출되어 시설은 폐쇄되었다.

### 1.2.2 음식물

#### (1) 어패류

마산과 포항 등 국내 연안 17곳에서 서식하는 굴과 도다리

등 5종의 어패류를 대상으로 한 한국해양연구소의 연구(1996~1998)결과에 의하면, 전남 동부 해역의 광양만에서 채취한 어패류의 경우 여천 굴에서 10.01pg, 광양도다리와 잡어에서 각각 0.49pg과 0.52pg의 다이옥신이 검출되었다.

경남대 민병윤 교수팀의 고등어, 갈치, 조기, 대구 등 국내에서 많이 소비되는 4대 어류에 대한 연구(1999년 6월) 결과에 의하면, 생선 g당 평균 2.1pg의 다이옥신을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 고등어가 3.6pg/g으로 가장 많았고 갈치 2.1pg/g, 조기 1.5pg/g, 대구 0.6pg/g의 순으로 나타났다. 한편 같은 연구팀에 의해 실시된 마산만의 어패류의 다이옥신 농도는 바지락에서 3100ppt, 홍합에서 500ppt, 가자미와 송어 등에서 20~100ppt가 각각 검출되었다.

#### (2) 모유

연세대 신동천 교수와 포항공대 장윤석 교수의 연구결과(1998년 9월), 〈표 IV-4〉에 나타낸 바와 같이 서울과 인천에 사는 산모 10명의 모유에서 모유 지방 1g당 평균 18pg의 다이옥신이 검출되었다. 유아가 이 모유를 매일 800g씩 먹으면 체중 1kg당 하루 평균 52pg의 다이옥신이 축적되는 셈이다.

한국과학기술연구원 김명수 박사팀이 수행한 서울 강남 지역 산모 59명의 초유 분석의 결과(1999년 7~9월)에 의하면 평균 31.78pgTEQ/g fat의 다이옥신이 모유에서 검출되었다. 이와 같은 수치는 아기의 몸무게(3kg), 우유중 포함된 지방분의 비율, 아기가 하루에 먹는 모유량(300~600cc) 등을 감안하면 다이옥신의 1일 섭취허용량(TDI)인 체중 1kg당 4pg<sup>9)</sup>의 24~48배에 달하는 양이다. 이는 분유와 우유 중 다이옥신 잔류 수준이 각각 0.002, 1.41pgTEQ/g fat인 것에 비해서도 크게 높은 수치이다.

9) 국내에서는 다이옥신의 TDI가 아직 최종결정되지 않았으나, 식품의약품안전청에 의해 잠정적인 TDI값으로 4pg가 사용되고 있음

〈표 IV-4〉 서울 및 인천 거주 산모의 모유 중 다이옥신 농도

다이옥신농도 (pgTEQ/g fat)	서울		인천	
	평균	SD*	평균	SD*
PCDD	6.70	1.89	3.77	1.45P
CDF	17.36	10.71	6.07	1.38
합계 (PCDD/PCDF)	24.06		9.84	

자료: 신동현, 다이옥신의 유해성과 안전관리를 위한 시민토론회, "다이옥신의 위험성과 인체노출 허용기준", 1998

\*SD : Standard Deviation

### 1.2.3 인체

경남대 민병윤 교수의 연구결과(1998년)에 의하면 1995년부터 1996년까지 서울, 마산, 진주 지역 병원에서 수집된 36명의 인체 지방세포를 분석한 결과 서울지역 0.784ppb(평균), 마산 0.329ppb, 진주 0.265ppb씩 검출되었다. 이는 일본인 2.56ppb, 캐나다 1.6ppb, 스페인 1.81ppb의 평균 검출량에 비해 훨씬 낮은 수준이나, 서울에서 수집한 일부 세포에서는 1.2ppb가 검출되었다. 다이옥신 수치는 특히 여자에게서 더 낮게 나타났는데, 성인 여자의 경우 출산 때 60~70%의 체내 오염물질이 태아에게 전달되기 때문이라는 견해도 있다.

### 1.3 국내 관리상의 문제점

국내 다이옥신의 관리규정으로는 국립환경연구원에서 1996년 4월에 배출가스중의 다이옥신 측정·분석 공정시험방법을 제정·운영하고 있으며, 환경부에서는 1일 50톤 이상인 생활 폐기물 소각시설의 경우 배출가스중의 다이옥신 농도를 관리토록 1997년 7월에 폐기물관리법 시행규칙을 개정하였다. 동법에는 신설시설 0.1ngTEQ/Nm<sup>3</sup>, 기존시설 0.5ng-EQ/Nm<sup>3</sup>로 다이옥신의 배출기준을 설정하였고, 기존시설에 대한 기준은 2003년 7월부터 0.1ngTEQ/Nm<sup>3</sup>으로 저감하도록 하였다.

그러나 국내 다이옥신의 관리정책에는 다음 몇 가지 문제

점이 있다.

첫째, 다양한 배출원 및 배출량이 확인되고 있지 않다. 우리나라에서 다이옥신의 주요 배출원이라 하면 대다수는 소각로를 연상하고 있다. 물론 소각과정에서 다이옥신이 가장 많이 발생하지만, 앞에서 살펴본 바와 같이 다양한 산업공정에서 발생되고 있는 현상에까지는 아직 관리의 손길이 미치지 못하고 있다. 다이옥신의 관리가 제대로 되기 위하여는 반드시 정확한 배출원을 확인하는 것이 급선무일 것이다. 이를 바탕으로 배출원별 배출량을 실측 또는 추정하기 위한 관련연구의 수행도 강도있게 추진되어야 할 것이다.

둘째, 관련법규가 제한적이다. 현재 다이옥신은 소각로에서 발생할 경우에 한해 배출기준이 정해져 있으며, 이 또한 대형소각시설 위주의 기준이라 소형소각로에 대한 규제는 없는 실정이다. 한편 금속제련공정이나 펄프공정 등의 다른 배출원에서 발생하는 다이옥신 관리는 현재 유해화학물질 관리의 사각지대에 놓여있다. 따라서 다이옥신에 대한 환경 매체별 기준설정과 함께 배출원별 배출기준도 조속히 설정되어야 할 것이다.

셋째, 분석장비와 기술이 부족하다. 다이옥신은 다른 유해화학물질과는 달리 분석이 어렵고 비용도 많이 든다. 특히 국내에서 제대로 다이옥신을 분석할 수 있는 기관이 별로 없어, 관련 기초자료가 많지 않다. 이에 대한 정부의 관심과 투자가 요구된다. 현재 정부의 각 부처별 또는 기관별로 별도예산을 투입하여 다이옥신류 화합물을 분석할 수 있는 시설을 갖추어가고 있으나, 예산의 효율적 사용과 엄격한 관리를 위하여 대형화된 전문분석기관의 육성도 고려해 볼 필요가 있다.

## 2. HCB

UNEP에서 조사한 자료에 의하면 1995년 현재 전세계적으로 사용되고 있는 HCB 포함 농약은 100,000톤 이상이며 그 중 부산물로 생산되는 HCB의 양은 600 -

6,000톤에 이른다.

국내에서는 HCB가 함유된 살충제 또는 살균제가 아직 제조·수입·사용된 적은 없다. 그러나 HCB가 부산물 또는 불순물로 발생가능한 산업공정이 국내에서도 다수 가동되고 있으며, 특히 소각로를 통해 HCB가 발생할 가능성이 매우 높다. 따라서 우리나라도 HCB에 안전하다고 확신할 수 없는 현 시점에서 이에 대한 국내 발생현황과 오염현황, 관리상 문제점 등을 다음과 같이 정리하였다.

### 2.1 배출원 및 배출현황

다음 <표 IV-5>은 선진국에서 조사된 HCB 배출원을 중심으로 국내 생산량과 수입량을 정리한 것이다. 국내에서도 HCB의 발생가능한 산업공정이 다수 운영되고 있으며 그 원료물질의 상당량이 생산 또는 수입되고 있는 것을 알 수 있다. 외국의 경우 HCB와 같은 부산물의 발생현황은 주로 TRI 제도, 배출계수 및 관련 기법, 다양한 실측자료 등을 통해 추정하고 있으나, 현재 국내에서는 HCB의 발생현황을 파악할 만한 기초자료가 거의 전무한 실정이다. 최근 환경부에서 TRI제도를 국내에 도입하기는 하였으나 아직 초기 단계라 활용가능한 관련 산업체에서의 배출량 자료는 거의 없다. 또한 소각시 배출되는 부산물의 경우 주로 다이옥신과 퓨란에 국한되어 연구 및 조사사업이 진행되고 있어 소각시 발생가능한 HCB 수준은 그 추정조차 어려운 실정이다.

그러나 <표 IV-5>에서와 같이 외국에서 분류하고 있는 HCB 배출원의 원료물질 대부분이 국내에서 생산 또는 사용되고 있다는 사실에 비추어볼 때 국내에서 발생하는 HCB의 양도 상당할 것으로 추측할 수 있다. 따라서 HCB의 배출원 및 발생현황을 파악하는 구체적인 조사연구사업이 빠른 시일내에 진행되어야 할 것을 사료된다.

### 2.2 오염현황

지금까지 국내의 HCB 오염에 대한 조사는 간헐적으로 수행되었으며, 본격적인 실태조사 사업은 『내분비계장애 물질 중·장기 연구사업계획(1999년 ~ 2008년)』가 처음이다.

조사사업의 규모는 모든 오염가능한 환경매체를 대상으로 한 것으로 수질시료 43개, 저질시료 11개, 토양시료 35개, 대기시료 24개를 각각 채집하여 HCB의 농도를 분석하고 있다. 조사결과, 환경매체 중 대기시료에서만 HCB가 검출되었으며 범위는 ND<sup>10)</sup> 검출한계 0.03 ng/Nm<sup>3</sup> ~ 및 배출.749ng/Nm<sup>3</sup>이었다. 현재까지 국내에서 농약으로 사용된 HCB는 없으므로, 검출되고 있는 대기중의 HCB는 각종 산업공정 및 소각로에서 발생하는 부산물로 추정된다.

<표 IV-5> 국내 HCB 배출원별 원료물질의 생산량/수입량

배출원	CAS No.	국내생산량 (ton)*	국내수입량 (ton)*
1) 염소계 용매			
Chlorine	7782-50-5	gas 629,985.133	gas 3,006.188
Carbon tetrachloride	56-23-5	6.879	7,360.000
Perchloroethylene	127-18-4	141.100	183.880
Trichloroethylene	79-01-6	329.142	5,705.350
ethylene dichloride	107-06-2	347,153.760	315,719.261
1,1,1-trichloroethane	71-55-6	60.865	3,775.110
Hexachloroethane	67-72-1	27.000	3.550
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	76-13-1	1.812	31.812
1,1,2-Trichloroethane	79-00-5	0	(사용량)1,300
Ethylene dichloride	107-06-2	347,153.760	315,719.261
Chlorinated biphenyls	1336-36-2	-	-
Chlorinated naphthalene	70776-03-3	-	-
Chlorobenzenes	108-90-7	1.090	89.838
Dichloropropenes	26952-23-8	-	-

10) 검출한계 0.03 ng/Nm<sup>3</sup>

배출원	CAS No.	국내생산량 (ton)*	국내수입량 (ton)*
2) 염소계 화합물			
Vinyl chloride monomer	75-01-4	gas874,531.840	gas37,761.789
2-Chlorobutadiene	126-99-88	2.500	27.800
Phosgene	75-44-5	gas67,710.000	0
Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4	0	680.960
Allyl chloride	107-05-1	0	10.100
Cyanuric chloride	108-77-0	0	1,048.800
Tetrachlorophthalicanhydride	117-08-8	0	7.257
3) 기타 화학물질			
Sodium metal	7440-23-5	0	12.570
Sodium chlorate	7601-89-0	132.523	4,772.000
Titanium dioxide	1346367-7	0.800	82.500
Toluene diisocyanate	26471-72-5	33,649.509	212.317
Reactiveazodyes form cyanuric chloride	108-77-5		
Phthalocyaninedyes and pigments			
4) 살충제 제조 및 살포			
atrzine	1912-24-9	-	-
lindane	58-89-9	0	(사용량)0.084
simazine	122-34-9	0.300	17.040
chlorothalonil	1897-45-6	1,521.330	2.550
dimethyl tetrachloro- terephthalate	1861-32-1	-	-
pentachloronitrobenzene	82-68-8	-	-
picloram	1918-02-1	-	-
5) 타이어 제조**			764,593.000
6) Cyclic Crude and intermediate production			
7) 알칼리와 염소의 제조			
benzyltrimethylammonium choride	56-93-9	0	2.800
carbonyl sulfide	463-58-1	-	-
ethylidene norbornene	16219-75-3	9.411	2,714.174
hydrazine	302-01-2	3.500	20.322

배출원	CAS No.	국내생산량 (ton)*	국내수입량 (ton)*
symmetrical tetrachloro- pyridine chelating agent explosive production photographic chemicals rubber chemicals paints and adhesives miscellaneous organic chemicals	33752-16-8	-	-
8) 2차 알루미늄공정 가스제거시**	308,578.000(판) 94,940.000(박) 180,249.000 (샷시)		
9) 폐기물소각 및 시멘트 화로			
10) 무단소각행위			
11) 목재보존(pentachloro- -phenol)**	608-93-5 87-86-5	사용금지	사용금지
12) 하수처리시설			
13) 기타 배출원**			
철 및 강철 생산		41,042,000.000	-
석탄생산		420,000.000	-
도료제조		659,392M	-
pyrotechnic		-	-
생활용품 생산		-	-
비누 생산		세탁비누: 46,473.000(고체) 294.000(분말) 화장비누: 42,269.000	-
펄프 및 종이 제조		8,874,702.000	-
직물제조		2,982,000.000	-

\* 가스의 단위는 루베  
자료: '99년 환경부 화학물질유통량조사자료 (\*\*의 자료는 산업자원부 담당 부서에서  
제공한 자료임)

다음호에 계속...