



잔류성 유기오염물질(POPs)의 관리현황과 대응방향(3)

- 부산물을 중심으로 -

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



1.1.2 캐나다

캐나다는 1995년 CEPA의 연방-주정부자문위원회(Federal-Provincial Advisory Committee, CEPA-FPAC)하에 다이옥신과 퓨란에 관한 연방-주정부대위원회를 구성하여, 캐나다내의 다이옥신 배출목록과 함께 실질적인 저감을 위한 지속적인 실천계획을 수립하였다. 다이옥신 대책위원회에서 발표한 캐나다내 다이옥신 배출원별 배출량은 다음 <표 III-3>과 같다. 캐나다에서 다이옥신의 주요한 대기배출원은 도시폐기물 소각으로, 이는 미국 등 다른 국가와 유사하다. 도시폐기물 소각으로 인한 배출량은 1990년 204gTEQ/년에서 1999년 82.2gTEQ/년로 저감될 것으로 추정된다. 다이옥신의 총 대기배출량은 1997년의 경우 1990년에 비해 18%정도 감소한 것으로 관측되었으며, 1999년의 경우 산업체에서의 시설을 개선했으므로써 추가로 25% 정도의 저감효과를 유발할 것으로 예측된다. 따라서 1990년에 비해 다이옥신의 대기배출량은 총 43%이상 저감할 것으로 예측된다.

캐나다에서 발생하는 다이옥신 중 수계로의 배출원은 펄프/제지업체, 화학물질 제조업체 등이며, 이중 펄프/제지업체에서의 다이옥신 배출량은 1990년 450gTEQ/년이었으나, 1999년에는 약 4.7gTEQ/년으로 측정가능농도 이하로 저감될 것으로 예측되었다.

다이옥신/퓨란의 토양으로의 직접 배출은 농약의 다량 사용이나 하수슬러지에 의해 발생되었다. 캐나다 농약관리규제청(PMRA²⁵⁾은 현재 농약사용에 의한 다이옥신 배출량을 측정중이며, 하수슬러지는 PCDDs/PCDFs의 배출원으로 생각되지만 토양으로의 배출량은 아직 측정되지 않고 있다.

특히 제품을 통해 배출되는 다이옥신은 주로 목재방부제가 처리된 목재에서 발생되며, 1999년 발생총량

은 1990년에 비해 저감되지 않았다. 이에 캐나다내 2개의 작업그룹에서 목재방부제로 인한 다이옥신의 오염방지 또는 저감방안에 대한 연구를 수행중이다.

<표 III-3> 캐나다의 다이옥신/퓨란 배출원별 배출량(gTEQ/년)

배출원	1990년	1997년	1999년 (예측치)
대기배출			
도시폐기물 소각	204	152	82.2
목재연소(주거용)	35.7	35.7	35.7
제철산업: 방화공정	429	429	235
펄프 & 제지: 보일러	105	105	105
제철산업: 전기화로	91	102	102
디젤기관의 연료연소(교통)	8.7	8.7	8.7
석유연소(주거용)	7.0	7.0	7.0
발전/에너지 생산	3.4	4.6	4.6
목재폐기물연소	4.4	4.4	4.4
시멘트화로	2.6	2.8	2.8
병원 소각로	8.3	2.5	2.5
화학물질제조(대기배출)	2.2	2.0	0.3
In-service Utility Poles	1.9	1.9	1.9
목재방부제 공장	1.8	1.8	1.8
유해폐기물 소각로	2.1	1.3	0.8
펄프/제지: Kraft Liquor Boilers	0.7	0.7	0.7
연방 소각로	1.3	0.6	0.6
강철주조 EAF	0.4	0.5	0.5
하수슬러지 소각로	0.3	0.3	0.3
기초급속제련	0.1	0.1	0.1
이차 납 제련소	0.1	0.1	0.1
생의약 폐기물 소각	4.9	0	0
총대기배출량	353	290	199

25) The Pest Management Regulatory Agency



〈표 III-3〉 캐나다의 다이옥신/퓨란 배출원별 배출량 (gTEQ/년)(계속)

배출원	1990년	1997년	1999년 (예측치)
수계배출			
펄프 & 제지	4500	47	47
화학물질 제조	37	0	0
수계배출 합계	454	5	5
토양으로부터의 배출			
In-Service Utility Poles	9	9	9
In-Service Utility ties	164	164	164
토양배출 합계	173	173	173
제품 중			
펄프 & 제지: 보일러	137	137	137
Out-of-Service treated wood	89	89	89
총배출량	226	226	226

자료: '99년 Dioxins and Furans and Hexachlorobenzene Inventory of Releases, Environment Canada

1.1.3 일본

도시폐기물의 73% 가량을 소각에 의존하고 있는 일본의 경우 다이옥신은 일찍이 중요한 사회문제로 대두되었다. 일본의 후생성(Ministry of Health and Welfare)은 1984년부터 다이옥신에 대한 본격적인 연구를 시작하여, 그동안 다이옥신에 대한 규명, 위해성 평가 및 제어를 위한 각종 연구프로그램을 진행하여 왔다. 그 결과 <표 III-4>에서와 같이 일본의 다이옥신 배출은 주로 쓰레기 소각에서 발생되고 있음이 조사되어졌다. 특히 1990년의 경우 전체 다이옥신 배출량의 약 84.6%가 도시쓰레기 소각에서 발생되었으며, 그 외 유해폐기물이나 의료폐기물 소각도 주요 배출원으로 밝혀졌다. 1998년에는 전체 다이옥신 배출량이 1990년에 비해 약 1/3가량 감소되었으며, 이는 주로 도시쓰레기에서 발생하는 다이옥신 양의 감소로 기인되었

다. 그러나 유해폐기물의 소각으로 발생하는 다이옥신 양은 오히려 1990년도 배출량의 약 2배로 증가하였다.

한편 <표 III-5>는 연소, 소각관련 오염원별 배출량과 함께 제품에 함유된 다이옥신 농도를 나타낸 것이다.

〈표 III-4〉 일본의 다이옥신 배출량

배출원	배출량 (gTEQ/year)	
	1990년	1998년
합계	6,206(100)	2,921(100)
도시쓰레기소각	5,250(84.6)	1,340(45.9)
유해폐기물소각	460(7.4)	961(32.9)
의료폐기물소각	160(2.6)	335(11.5)
하수슬러지소각	7(0.1)	3(0.1)
자동차배기가스	<1(0.0)	2(0.1)
제지, 철강, 화력발전	292(4.6)	262(9.0)
KP(黒液)회수보일러	3(0.1)	2(0.1)
담배연기	16(0.3)	7(0.2)
기타	17(0.3)	9(0.2)

* 배출량은 조사된 범위내의 평균값을 사용하였음.

()는 %을 나타냄.

자료: 일본 후생성 수도환경부 환경정비과: 일반폐기물소각시설의 배출가스 중의 다이옥신류 농도 등에 대하여, 1999

〈표 III-5〉 일본에서의 배출원별 다이옥신 추정 배출량

연소, 소각 관계 등	다이옥신류 농도		폐기물 1분당 배가스 발생량(Nm ³ /ton)	추정 연간 소각처리량		추정 연간 배출량	
	PCDD (ng/Nm ³)	PCDF (ng/Nm ³)		추정 폐기물량 (ton/year)	소각처리 율 등(-)	PCDD (kg/year)	PCDF (kg/year)
도시쓰레기 소각	290- 1,700	300- 1,900	5,000	58,700,000		85-500 ^a	88-560 ^a
유기염소계 폐기물, 폐 유등의 소각	150	340	15,000	3,627,000	1.0	82	19
의료폐기물 소각	140	300	8,000	1,326,000- 3,977,000	1.0	15-45	32-95
하수오니 소각	5.0	30	2,500	3,116,000	1.0	0.039	0.234
제지슬러지 소각	5.0	30	2,500	4,034,000	0.3	0.015	0.091



제지공정회수율보일러	1.0	0.7	6,700	12,281,000	1.0	0.082	0.058
복재, 폐재소각	150	100	8,100	8,500,000	0.3×0.0015 ^b	0.005	0.003
금속정련관련시설	320	940	250	45,283,000	1.0	3.6	10.6
활성탄재생처리	1.0	1.0	3,000	20,000	1.0	0.00006	0.00006
담배연기	5256	-	0.002(Nm ³ /개피)	306×10 ⁹ (Nm ³ /개피)	1.0	32	-
종이, 판지제품	160	30(μg/ton)	-	22,537,000(유불량)	0.6 ^c	22	0.41
자동차배가스	20(ng-TCDD/km)×10(km/L-oil)×340,000,000(L-oil/year)				0.007 ^d	-	-
석유원기(원활유)	30(ng/g)×800(g/L-oil)×648,000,000(L-oil/year)				a160,007 ^d	-	-
농약 ^e	주용도	다이옥신류함량농도(ppm)	생산량(ton/year)	다이옥신 배출량(μg/year)			
24-PA제 ^f	제초제/병정조합제	0.001-238	160	-38			
MCP제 ^f	제초제	0.033-1564	162	-0.25			
CNP제 ^g	제초제						
클로메톡시닐제 ^g	제초제	23	591	136			

a: 기하평균식 - 산술평균식 b: 목재방부제 처리율 c: 염소표백률 d: TCDD만
e: 문헌에 의해 f: Phenox계 농약 g: 디페닐에테르계 농약
자료: 다이옥신대책(1993), 서울시 청소사업본부 시설 2부, 6월 1993

1.1.4 EU 국가

EU 국가 중 영국과 네덜란드의 다이옥신/퓨란 주요 배출원과 배출원별 배출량은 다음과 같다.

(1) 영국

영국내에서 다이옥신/퓨란의 배출원 및 배출량은 일차적으로 1993년에 조사되었으며, 이 자료와 추가적인 대기(HMIP, 1995)와 토양 및 수계로의 배출량(환경청, 1997) 자료를 다음 <표 III-6>에 정리하였다.

영국 역시 오래된 도시폐기물 소각로들이 대기와 토양으로의 다이옥신 주요 배출원이다. 그러나 최근에 신설되는 소각로에서 배출되는 물질에 대한 기준이 1996년부터 적용되어, 신설배출원에서의 배출량은 10gI-TEQ/년으로 감소하였다. 다이옥신의 주요 대기 배출원 중 비산업용 배출원인 화재나 폐기물의 무

단소각 등의 자료는 1993년 조사에서 파악되지 못하여, <표 III-6>의 소각 이외의 배출원은 주로 산업공정에 국한되어 있다. 이 중 perchloro-ethylene과 trichloroethylene의 제조공정은 다량의 다이옥신/퓨란의 잔류물을 배출하는 것으로 평가되었다. 한편 1998년 영국 환경청은 규제대상인 대규모 산업공정에서의 배출량을 조사하였으며, 그 결과 대기로의 다이옥신 총배출량은 약 110gI-TEQ/년으로 추정되었다(영국 환경청, 1999). 이는 1993년의 430-840gI-TEQ/년에 비하면 크게 향상된 것으로, 영국 정부의 지속적인 규제에 의한 것으로 생각된다.

한편 수계로 배출되는 다이옥신 양은 활용가능한 자료의 부족으로 인해 잠재적으로 중요성을 갖는 배출원에 대해 H(1gI-TEQ/년이상), M(0.1-1gI-TEQ/년), L(0.1gI-TEQ/년이하)등으로 각각 표현하였다.

<표 III-6> 영국의 다이옥신/퓨란의 배출원별 배출량

배출원	배출량 (gTEQ/year)		
	대기('95)	토양('97)	수계('97)
도시폐기물 소각	460-580	520-2400	M/L
기타 폐기물 소각	20-100	13-40	H
석탄 연소	25-100	19-120	L
금속산업	37-130	210-540	M/L
교통	1-45	-	-
화장로	1-35	-	-
농약사용(특히 PCP)	-	100-3200	-
화재	조사되지 않음	75-2400	H
농약생산	0.1-0.3	89-2000	H
per-, trichloroethylene	<0.02	350-630	M
총배출량*	560-1100	1500-12,000	

자료: Ministry of Environment, New Zealand inventory of dioxin emissions to air, land and water, and reservoir sources, 2000

*: 표에 언급되지 않는 기타 배출량 포함



(2) 네덜란드

네덜란드는 자국내에서 발생하는 다이옥신의 배출원 및 배출량을 확인하기 위해 1989년부터 관련연구기관(Organization for Applied Scientific Research, National Institute of Public Health and Environmental Protection)을 중심으로 대규모의 다이옥신 측정 프로그램을 운영하였다. 프로그램에 요구되는 기초자료를 위하여 자국내의 모든 도시폐기물 소각로(MWI)와 60여 개의 공업시설에 대해 다이옥신을 직접 측정하였으며, 그 결과 산출된 다이옥신의 배출량은 <표 III-7>과 같다.

네덜란드에서의 다이옥신도 다른 국가와 유사하게 소각시설에서 가장 많이 발생하고 있으며, 1989년의 경우 도시폐기물에서 발생하는 다이옥신 양이 전체 발생량의 약 82%를 차지하고 있다. 그 후 네덜란드 정부는 도시폐기물 소각로의 폐쇄 또는 개선을 위한 여러 노력으로 인해 1991년에는 다이옥신의 배출량을 절반('89년 기준)으로 감소하는데 성공하였다. 최근에는 기존의 소각시설뿐 아니라 신규 소각시설에 대해 엄격한 다이옥신의 배출농도를 적용하고 있어 소각로에서 발생하는 2000년도 다이옥신의 배출량(추정치)은 현격히 감소될 것으로 예상된다.

폐기물 소각 이외의 주요한 다이옥신 배출원으로는 목재방부제의 사용을 들 수 있다. 이는 1990년대부터 급격히 증가하여 최근에는 목재 방부제의 사용이 가장 큰 오염원으로 나타났다.

<표 III-7> 네덜란드의 다이옥신 배출량

공정 목록	1989년 (gTEQ/년)	1991년 (gTEQ/년)	2000년* (gTEQ/년)
도시고형폐기물 소각	790	382	max. 4
유해폐기물의 소각	12	16	1.7
하수 슬러지의 소각		0.3	1.5

케이블 및 전기모터 연소		15	15
병원 폐기물의 소각	40	2.1	0
아스팔트 혼합 공장		0.3	0.3
기름 연소	2	1.0	1.0
석탄 연소		3.7	3.7
목재 연소 플랜트	16	12	9
화장		0.2	0.2
자동차		7.0	max. 5
탕화공정		26	3
비철 플랜트	51	4.0	4.0
화학약품 생산 공정	5	0.5	0.5
목재방부제의 사용		25	20
여러 고온처리 공정들		2.7	2.7
농약	50		
화재	9		
기타	15		
합계(실화 제외)	965	484	max. 58

* 2000년도 자료는 다이옥신 배출량 추정치

자료 : Koning, J. de, A.A. Sien, L.M. Troost, and h.j. Bremmer (1994), Source of Dioxin Emissions in the Netherlands. Organohalogen Compounds, vol. 14, 315. Technical Report, No. 49, (1992).
"Exposure of man to Dioxin: A Perspective on Industrial Waste Incineration, Brussels.

1.1.5 각국의 배출량 비교

각 국가별 다이옥신과 퓨란의 배출원 및 배출량을 비교하는 것은 매우 어렵다. 이는 각국의 배출량을 조사하는 접근방법이 상이하고, 산업구조나 오염방지기술의 수준 역시 국가별로 매우 다르기 때문이다. 또한 다이옥신과 퓨란의 배출량은 오염방지시설의 설치나 노후된 시설의 교체에 따라 매우 변화가 심하기 때문에 모든 자료에는 반드시 기준년도가 명시되어야 한다.

다이옥신과 퓨란에 대한 UNEP의 최근 검토에 따르면, 15개 국가²⁶⁾에서 이들 물질의 대기배출량에 대한 목록을 작성하였다. 그러나 일부 기존의 목록은 낙후

26) 유럽의 11개 국가, 미국, 캐나다, 일본, 호주



되어 개정이 필요하며 미국의 배출목록은 아직 초안 단계인 것으로 파악되었다. 그외 다른 국가에서의 배출목록은 준비중인 것으로 알려졌으며, 일부 국가에서는 국가적인 배출목록과 함께 지역적인 배출목록도 작성중이다.

<표 III-8>는 현재까지 UNEP에 의해 검토된 국가별 대기배출목록을 정리한 것이다. 그러나 앞에서 설명하였듯이 국가별 배출목록의 비교시 작성방법의 차이까지 비교하는 것은 불가능하므로, 작성방법이 결과에 많은 영향을 준다는 사실을 유념하여야 할 것이다. 국가별 배출목록을 정리할 수 있는 구조적인 접근방법을 수립하기 전까지는 제한된 범위내에서 세부적인 비교만이 가능하리라 생각된다. 특히 국가별로 다이옥신/퓨란의 배출원이 매우 다른데, 어떤 국가는 화재나 폐기물의 무단소각, 매립지의 화재 등을 포함시키지 않았다. 이러한 배출원이 제외됨으로써 총 다이옥신/퓨란의 배출량이 과소 평가될 수 있으며, 대부분의 국가에서 주로 대기 배출목록만을 작성하고 토양과 수계를 통한 배출량이 제외되어 있으므로 <표 III-9>는 제한적인 자료임을 거듭 밝혀둔다.

<표 III-8> 국가별 다이옥신/퓨란의 대기배출량 비교

국 가	배출량 (gTEQ/년)	기준년도	참고문헌
호주	150-2,300	-	EPG, 1998
오스트리아	28.7	1994	UBAVIE, 1996
벨기에	662	1995	De Fre and Wewers, 1999
캐나다	290	1997	Environment Canada, 1999
덴마크	37-45	1995	Ministry of Environment and Energy, 1997
프랑스	674-2,737	1997	Ademe, 1999
독일	333	1994	FEU, 1998
헝가리	104	1996	KG, 1997
일본	3,981-8,351	1990	Hiraoka & Okejima, 1994
네덜란드	484	1991	Bremmer et al., 1994
뉴질랜드	14-51	1998	Ministry for the Environment, 2000
슬로바키아	425	1993	Kocan, 1994
스웨덴	21.6-88	1993	de Wit, 1995
스위스	180	1995	BUWAL, 1997
영국	560-1,100	1993	HMP, 1995
미국	1,026-7,541	1995	USEPA, 1998

자료 : Ministry of Environment, New Zealand inventory of dioxin emissions to air, land and water, and reservoir sources, 2000

다음호에 계속...

원고를 모집합니다.

- 어려운 현실에서도 환경보전을 위한 작은 실천 내용을 나누고 싶습니다.
- 주위의 따뜻하고 진솔한 삶의 소리를 듣고 싶습니다.
- 열심히 공부하고 모은 기술자료를 공유하고 싶습니다.
- 좋은 것은 나누고 슬픔은 함께 했으면 합니다.

- 자격 : 회원 및 가족
- 접수 : E-mail 및 우편
- 문의 : 852-2291 (편집국)
- 마감 : 매월 10일까지

※ 채택된 원고에는 소정의 상품권을 드립니다.