

잔류성 유기오염물질(POPs)의 관리현황과 대응방향(8)

- 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

2.2 국가별 오염현황

HCB의 오염현황에 대한 연구는 다이옥신과 프란화합물에 비해 상대적으로 적게 수행되어 왔다. 향후 이에 대한 중점연구가 요구되며, 주로 캐나다의 자료를 근거로 살펴본 HCB의 잔류성 및 생물농축성은 다음과 같다.¹⁾

우선 HCB는 대기중으로 기체상과 고체상으로 분배되어 배출된다. 기체상 HCB의 직접적인 광분해에 의한 반감기는 대략 80일 정도이고, 광산화작용에 의한 반감기는 156.5일에서 4.2년까지로 추정된다. Mackay et al.(1992)에 의하면 대기 중 HCB의 반감기는 2년에서 6년으로 알려져 있다. HCB는 대기중에서 장거리 이동이 가능하여 북극의 대기나 눈, 해수, 초목, 생물군 등에서 검출되고 있으며, 그 외 북태평양 등지에서도 다수 검출되고 있다.

토양내 HCB의 잔류성을 알아본 Mackay et al.(1992)의 연구결과에 의하면 HCB의 토양내 반감기는 6년 이상으로 밝혀졌고, 다른 연구결과에서는 토양내 호기성 생분해에 의한 HCB 반감기는 2.7 ~ 5.7년으로 밝혀졌다. 한편 HCB를 포함한 곡물중자처리용 살충제를 사용한 지 10년 내지 15년 후에도 토양에서 HCB가 검출되는 되는 것으로 나타났다.

그 외 수질중에서 HCB의 반감기는 6년 이상으로 추정되며 호기성분해의 조건에서 반감기는 2.7 ~ 5.7년, 지하수에서의 반감기는 5.3 ~ 11.4년이었다.

한편 퇴적물 내 HCB의 잔류를 조사하기 위해 fugacity model과 반응속도를 이용한 결과 반감기는 6년 이상인 것으로 나타났다.

HCb의 생체내 생물농축 정도를 표시하는 생물농축계수(BCF, bioconcentration factors)를 조사한 결과, 담수조류 24,800, worm 106,840, 녹색개복치(green

sunfish) 21,900 등으로 매우 높은 수치를 나타냈다. 해양 생물내 생물농축계수는 새우의 경우 11,458, sheephead minnows는 6,692, pinfish는 21,000이었다. 이와 같은 HCB의 생물농축은 먹이사슬을 통해 이루어지며, 농축 정도는 열대지방에 사는 생물이수록 커졌다.²⁾

캐나다에서는 1960년대부터 무척추동물, 어류, 파충류, 조류, 포유류 등 다양한 생물종에서 HCB가 검출되고 있으나 1970년대 중반에 최고 농도를 나타낸 후 점차 감소 추세를 나타내고 있다.

2.3 국가별 규제현황³⁾

2.3.1 미국

미국에서 해충방제의 목적으로 사용되는 HCB에 대해서는 이미 1984년에 FIFRA⁴⁾에 의해 사용이 금지되었다. 그러나 농약이나 염소계 용매 생산공정, 소각 등에 의해 발생하는 부산물로서의 HCB에 대한 규제는 <표 III-33>과 같이 6개의 관련법에 의해 규제되고 있다. 또한 이러한 물질을 제조하는 업체들은 EPA의 TRI에 의해 보고하여야만 한다. 다음은 미국내 HCB 관련법의 규제내 용을 정리한 것이다.

(1) 대기청정법(Clean Air Act, CAA)

미국내의 모든 대기오염을 규제하는 CAA는 EPA, 주 정부, 지역내 대기질 관련국 등이 모두 이 법의 시행에 관여되어 있다. CAA의 주요 규제요건은 유해대기오염물질의 배출기준(National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants, NESHAPS)과 최대수행가능 규제기술(Maximum Achievable Control Technology,

1) Environment of Canada, Priority Substances List Assessment Report(1993) 참조

2) Environment of Canada, Toxic Substances Management Policy(1997.3) 참조

3) 세부적인 규제기준은 부록 II를 참조

4) Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act, 연방상충·살균·살서제법

MACT) 등이며, 미국내 유해 대기오염물질을 대분류 및 소분류하여 관리하고 있다. 그러나 CAA에는 현재 부산물로 대기질로 배출되는 HCB에 대한 직접적인 규제기준은 마련되어 있지 않으나, 다음과 같이 간접적으로 규제할 수 있는 제도를 수행하고 있다.

우선 EPA는 농약활성물질에 대한 대기독성물질규칙(Air Toxics Rule for Pesticide Active Ingredient Production)⁵⁾을 제정하여 농약제조시 유해물질의 대기 배출을 규제하고 있다.

따라서 미국에서 운영되는 농약 제조공장은 이 기준을 준수하기 위하여 대기오염물질배출 억제장치나 대체오염방지기술 등을 도입하고 있다. 이 규제로 인해 불순물로서 HCB를 포함하고 있는 농약인 Chlorothalonil와 Dacthal의 생산시 유해대기오염물질이 약 65% 정도 감소하였다고 미국 EPA가 보고한 바 있다.

한편 합성유기화학물질 제조산업(Synthetic Organic Chemical Manufacturing Industry, SOCMI)의 VOC(Volatile Organic Compounds)의 배출에 대한 수행 기준은 CAA의 40 CFR 60.489(7/1/97)에 의해 규제되고 있다. 또한 부산물로 배출되는 HCB에 대한 규제는 합성유기화학물질 제조산업에서 배출되는 유해유기화학물질 대기배출기준(Synthetic Organic Chemical Manufacturing Industry Hazardous Organic NESHAP, SOCMI HON)(40 CFR 63.100)에 의해 이루어지고 있다. 이는 합성유기화학물질 제조 산업체에서 화학제품의 제조 중 발생하는 유해한 유기물질에 대한 기준이다.

도시폐기물이나 의료폐기물 소각시 발생하는 유기화학물질에 대해서는 최대수행규제기술(MACT)에 근거한 배출한계가 규정되어 있다. 이와 유사하게 유독 폐기물을 소각하는 소각로, 시멘트 화로, 경량재(lightweight aggregate) 화로에 대한 유해물질 배출기준이 있으며,

이 규제로 인해 소각로에서 발생가능한 HCB의 배출이 억제되고 있다.

(표 III-33) 미국의 HCB관련 규제법규 및 관련조항

법규	법규
CCA	§112(b): Designated a HAP: Major source categories identified under §112(c)(6): NESHAPS established for SOCMI(40CFR 63.100): other MACT standards to be promulgated. Air toxic rule for pesticide active ingredient production(62 FR 60566)
CWA	CWA Priority: Listed Priority pollutant (40 CFR 423):subject to NODES effluent limitations under §04(b)(40 CFR 122) and general pretreatment(40CFR403) Bioaccumulative Chemical ofConcern (BCC) under the Great Lakes Water Quality Guidance
SDWA	NPDWR/MCL: 0.001 mg/L(enforceable) MCL goal is zero
RCRA	Subtitle C:HCB-containing substances are characterized as(D032) hazardous wastes-many as F&K wates (40 CFR 261.24 and 261.32): subject to hazardous waste regulations(40 CFR261.1) HCB is also listed as a Toxic Commercial Pesticide Product(U127)(40 CFR 261.33) Universal treatment standards for HCB in waste(40 CFR 268.48:some F, K, and U wastes with HCB as a regulated treatment performance constituent prior to disposal can be found in CFR 268.40)
SARA/EPCRA	§13: Releases (by facilities with 10 or more employees and that process 25,000 lbs., or otherwise use 10,000 lbs.) must be reported to TRI(40 CFR 372.65) Jan. 5, 1999 Federal Register proposed reduction of TRI reporting threshold to 10 lbs. per year (64 CFR687)
CERCLA	§03: Spills of HCB > 10 lbs. must be reported to the National ResponseCenter
< 약어설명 > CAA: Clean Air Act CERCLA: Comprehensive Environmental Response, Comensation, and Liability Act	

5) Clean Air Act 112조에 의해 제정됨

CWA: Clean Water Act
 HAP: Hazardous Air Pollutant
 MCL: Maximum Contaminant Level (drinking water standard)
 NESHAPS: National Emissions Standards for Hazardous Air pollutants(HAPs)
 NPDES: National Pollutant Discharge Elimination System
 NPDWR: National Primary Drinking Water Regulations
 RCRA: Resource Conservation and Recovery Act
 DWA : Safe Drinking Water Act
 SOCM: Synthetic Organic Chemical Manufacturing Industry
 SARA/EPCRA: Superfund Amendment Reauthorization Act/Emergency Planning and Community Right-to-Know Act
 TRI : Toxics Release Inventory

SDWA는 음용수의 오염으로부터 인체 건강을 보호하고 지하수 공급의 오염을 방지하기 위하여 1974년 제정되었다. SDWA의 기본적인 음용수 기준에는 최대오염수준(Maximum contaminant levels, MCLs)과 'Non-enforceable maximum contaminant level goals (MCLGs)'이 규정되어 있으며, 이 규정에 의한 HCB의 최대오염 농도는 0.001mg/L(1ppm)이며 MCLGs의 목표는 무배출로 명시되어 있다.

(2) 수질청정법(Clean Water Act, CWA)

CWA는 지표수의 화학적, 물리적, 생물적 보전을 유지하고 복원하기 위한 목적으로 미국내 지표수에 대한 오염물질의 배출을 규제하는 법이다. 미국 EPA는 점오염원의 배출을 방지하기 위해서 CWA 조항에 산업체의 배출규모에 따라 배출조건이나 폐수를 제한하는 국가적 오염배출저감시스템(National Pollution Discharge Elimination System, NPDES)을 규정·운영하고 있다.

오염배출저감시스템에 의하면 도시의 폐수처리 시설이나 하수처리 시설을 통한 유해물질의 간접적인 배출은 반드시 EPA의 전처리(pretreatment) 요건을 만족하여야만 한다. 이들 시설로부터 수계로의 직접 배출과 전처리 기준에 대한 폐수정책 규정은 각 관련 산업체별로 구분되어 있다. 또한 오염된 유거수(runoff)의 위해성을 다루기 위해서, 산업활동과 관련된 모든 강수의 배출(storm water discharge-중소도시의 storm sewer system, 혹은 EPA나 주정부가 수질을 오염시킬 수 있다고 판단되는 배출수, 혹은 중대한 수질오염을 일으킬 수 있다고 판단되는 것)은 NPDES의 강수(storm water) 허가가 요구된다.

(3) 음용수관리법(Safe Drinking Water Act, SDWA)

(4) 자원보전·회복법

(Resource Conservation and Recovery Act, RCRA)

RCRA는 유독성 고체 폐기물의 취급, 저장, 처리, 배출에 대한 규제법이다. 이 중 RCRA의 Subtitle C에는 점오염원에서 배출되는 유독 폐기물의 발생에서부터 처리까지를 모두 다루고 있다. HCB를 함유하는 고형폐기물은 RCRA법 40 CFR 261.24에 정해진 방법에 따라 독성실험을 수행하여야 하며, 만약 독성이 있다고 인정되면 유해폐기물로 분류·관리되고 있다. 또한 동법의 40 CFR 261.33 조항에 의해 HCB가 포함된 어떠한 상업적 화학제품 또는 제조 중간산물은 반드시 연방정부/주정부의 유해폐기물 규정에 따라서 관리되어야 한다. 그러나 이러한 폐기물을 소량 배출하는 배출업자들의 경우 동법 40 CFR 261.5 조항에 따라 부분적인 면제를 받을 권리가 있다.

(5) CERCLA⁶⁾ 보고량

HCB는 CERCLA 또는 Superfund 관련규정에는 배출을 보고해야 하는 유해물질의 목록에 포함되어 있다. 따라서 HCB의 환경내 배출량이 10파운드(또는 4.54kg)을 초과할 경우 즉시 배출량을 국립대책센터(National

6) Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act

Response Center)에 보고하여야 한다.

(6) Superfund Amendment and Reauthorization Act (Emergency Planning and Community Right-to-Know Act)

미국내에서 사용되고 유해화학물질은 SARA Title III(Superfund Amendment and Reauthorization Act)와 EPCRA(Emergency Planning and Community Right-to-Know Act)에 의해 이들 물질에 대한 정보를 보고 및 통보를 해야만 한다. 즉, EPCRA의 주요 규제내용으로는 유해물질에 대한 비상시계획(emergency planning), 배출량통보, 지역사회에 대한 알권리를 충족시키는 보고⁷⁾, 유해물질배출량보고(TRI) 등이 포함되어 있다.

(7) 주정부 법

미국내 모든 주는 연방정부의 환경기준과 더불어 자체적인 환경규제 기준을 갖추고 있으며, 현재 몇몇 주에서는 이미 HCB에 대한 규제기준이 마련되어 있다.

HCB에 대한 수질기준 및 지침서는 인디애나, 미시간, 미네소타, 뉴욕, 오하이오, 위스컨신 등에서 마련되어 수행 중에 있다(ATSDR, 1999). 인디애나, 미시간, 뉴욕, 펜실바니아주의 경우 HCB에 대한 평균적으로 수용가능한 대기 농도를 구한 바 있다. 한편 일리노이, 미네소타, 펜실바니아주는 HCB에 대한 유해폐기물의 독성학적 특성을 규정한 바 있고, 미시간과 미네소타주는 유해폐기물의 무단소각을 엄격히 규제하여 HCB의 발생을 억제하고 있다.

2.3.2 캐나다

(1) POPs 물질의 규제

캐나다 연방정부는 1995년 독성물질관리정책(Toxic Substance Management Policy, TSMP)을 수립하여 관리 대상물질을 Track 1 물질과 Track 2 물질로 구분하였다. 다음 <표 III-34>의 4가지 특징을 갖고 있는 물질은 캐나다 환경내에서 완벽히 제거되어야할 Track 1 물질로 선정·관리되고 있다.

Track 1 물질은 UNEP의 12개 POPs 물질과 동일한 물질이 선정되어 있어, HCB도 여기에 속한다(<표 III-35>). Track 1 물질 이외의 독성물질과 유해한 영향이 우려되는 물질을 Track 2 물질로 구분하여 환경내로의 배출을 최소화하도록 관리하고 있다. <표 III-34>의 선정기준에 적합하지 않은 물질들이 Track 2 물질에 해당되며, 현재 이들 물질의 오염방지, 오염제어 및 복원 등을 위한 프로그램이 활발히 수행중에 있다.

<표 III-34> 캐나다의 Track 1 물질 선정기준

잔류성		생체축적성	독성	주요배출원
매체	반감기			
대기	2일	BAF)=5,000 or BCF)=5,000 or log Kow)=5.0	CEPA-toxic or CEPA-toxic Equivalent	대부분 인간의 활동에 의해 환경으로 배출됨
물	182일			
퇴적물	365일			
토양	182일			

BAF : Bioaccumulation Factor
BCF : Bioconcentration Factor

한편 Track 1 물질에 대한 캐나다 정부의 오염방지전략은 배출원에서 Track 1 물질이 검출한계 이상으로 배출되는 것을 방지하고, 2개 국가간 또는 여러 국가간의 협약을 통해 국외의 배출원에서 Track 1 물질이 배출되는 것을 방지하고자 하는 것이다. 이러한 목표는 배출원 자체를 관리하거나 이미 환경에 배출된 경우 물질을 제거하거나 관리함으로써 달성될 수 있다.

연방정부는 우선 12개 물질을 Track 1 물질로 선정하여

7) Community right-to-know reporting

정책을 수행중이며, 이들 물질 이외의 13개 염소계 탄화수소류(short-chain chlorinated paraffin)는 현재 심의중이다. 12개 Track 1 물질에 대해 캐나다 내에서는 이미 엄격한 기준을 마련하여 생산이나 사용, 배출을 금하고 있다.

(2) HCB의 규제

1994년 배출 후 즉시 혹은 장기적으로 환경과 인간의 건강에 유해한 영향을 주는 HCB가 상당량 환경에 배출되는 것으로 밝혀졌다. HCB는 캐나다 환경보호법의 11조⁸⁾

(a)항과 (c)항에서 정의한 독성물질에 해당된다.

캐나다에서 HCB는 살충제와 부산물로서 Track 1 로 구분되어 관리되고 있다. 과거에는 염소계 용매의 제조시에 배출되었고 현재는 폐기물 조각로, 시멘트 화로, 철탕화공정(iron sintering plants), 강철공정(steel plants)과 목재 연소시에 는 국제적으로 2000년까지 배출저감을 위한 국제협상을 주도하고 있다. 또한 캐나다 내에서는 배출원이 유사한 다이옥신, 퓨란과 더불어 저감계획을 실시중이며, 용매중에 포함되어 있는 HCB의 관리를 위한 계획과 살충제중에 포함된 HCB를 위해 Pest Management Regulation Agency(PMRA)의 계획도 실시중이다.

〈표 Ⅲ-35〉 캐나다의 Track 1 물질의 종류 및 배출원

물질		배출원		관리전략
		과거	현재	
살충제	Aldrin, mirex, chlordane, dieldrin, DDT, endrin, heptachlor, HCB(활성물질)	살충제, 쥐약, 살균제,	캐나다 내에서 사용되고 있지 않음	- 배출 저감을 위한 국제 협상을 주도 - 대체물질의 개발촉진 - 기존 배출물의 안전한 제거
	다이옥신/퓨란	펄프 및 제지산업	상업적으로 제조되지 않고 부산물로만 배출됨.	- 배출 저감을 위한 국제 협상을 주도 - 기준을 마련하여 기준 달성을 위한 계획 실시 중.
	HCB(부산물)	염소계 용매의 제조나 사용시 부산물	산업 부산물로 배출되고 용매나 살충제에 의해 오염됨	- 배출 저감을 위한 국제 협상 주도 - 다이옥신과 퓨란의 공동 대응 - 용매와 살충제 중 포함된 HCB의 관리
	PCBs	페인트, 열교환액, 복사용지, 플라스틱, 전기관련 제품	수입·생산되지 않음, 일부 변압기에서 사용되어 배출될 가능성이 있음	- 배출저감을 위한 국제 협상 주도 - 2008년까지 전면사용 금지 - CEPA의 규제기준 강화

다음호에 계속...

8) 캐나다 환경법의 11조 내용은 다음과 같다: 11조. 어떤 물질이 환경내에 다음과 같은 조건으로 배출될 때 그 물질은 독성을 갖는다.

a) 환경에 즉시 혹은 장기적으로 유해한 영향을 주거나 줄 가능성이 있을 때