

잔류성 유기오염물질(POPs)의 관리현황과 대응방향(10)

- 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. 최적이용기술 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

2.3 국내 관리상의 문제점

그동안 HCB는 국내에서 농약 및 기타 다른 원제로 사용된 적이 없다는 이유로 유해화학물질 관리 및 조사연구대상에서 제외되어 왔다. 그러나 외국의 경우 HCB는 다양한 산업공정에서 부산물로 발생하고 있다는 사실이 확인됨에 따라서, 우리나라에서도 부산물로서의 HCB가 상당량 발생되고 있을 것으로 추정된다. 내분비계 장애물질 연구의 일환으로 실시된 환경생태조사(1999 ~ 2000년 조사)에서 상업 및 주거지역을 포함한 다양한 지역에서 대기 중의 HCB가 관측되었다. 이러한 조사결과로 미루어 보아 HCB가 부산물로 발생하는 산업공정을 운영하는 산업체 주변의 생태계에는 이보다 훨씬 많은 양의 HCB가 관측될 것으로 쉽게 추정된다. 따라서 발암성 물질로 알려진 HCB는 배출원 주변의 생태계, 산업체 근로자 및 인근 주민들의 건강을 위협하고 있는 물질일 것으로 예측된다.

이와 같이 HCB의 위해성에도 불구하고 우리나라에서 부산물로 발생하는 HCB의 관리는 제대로 이루어지고 있지 않아 다음과 같은 문제점이 안고 있다.

첫째, HCB의 명확한 배출원 및 배출현황이 파악되지 않았다. 앞의 <표 IV-5>에서 확인한 바와 같이 국내에서도 부산물로 HCB의 발생이 예상되는 산업공정이 다수 운영되고 있으므로, 우선 HCB의 배출원을 확인하는 것이 시급하다. 또한 부산물로 발생하는 유해화학물질의 배출현황을 파악하는 것은 쉽지 않으나, 선진국에서와 같이 산업공정별 배출계수 등을 개발·적용하여 각 배출원별 배출량을 예측하여야 할 것이다.

둘째, 배출원 주변의 환경매체에 대한 HCB의 오염현황이 파악되지 않았다. 이미 환경부에서 추진중인 특히 내분비계 장애물질 실태조사의 1차년도 연구결과, HCB 배출원인 산업체가 위치하지 않은 상업지역 또는 주거지역의 대기중에서도 HCB가 검출되었다. 이는 HCB의 배출원으로 의심되는 산업체 주위의 환경에는 이보다 많은 HCB로 오염되어 있을 가능성이 매우 높음을 의미한다.

따라서 우선 HCB의 배출원을 확인한 후, 배출원 주변의 환경매체를 대상으로 한 오염실태를 조사하여야 할 것이다. 특히 다이옥신이나 퓨란화합물과는 달리 HCB는 분석기법이 용이하므로, 저비용으로 환경매체별 오염현황을 파악할 수 있을 것이다.

셋째, 부산물로 발생하는 HCB에 대한 규제기준이 없다. 현재 HCB와 관련된 국내 환경법규는 대기환경보전법으로 벤젠화합물(C6H6)의 배출허용기준이 제시되어 있다. 즉, 모든 배출시설에서의 벤젠화합물의 적용기간 및 배출허용기준은 50ppm으로 명시되어 있으나('99. 1. 1 이후), HCB에 대한 구체적인 배출허용기준은 아직 마련되어 있지 않다. 또한 대기 이외의 수질과 토양 등 환경매체에서의 HCB 허용기준도 마련되어 있지 않다. 외국의 경우 부록 I과 같이 다양한 매체별 HCB의 규제기준이 마련되어 있으므로, 우리도 이를 시급히 마련하여야 할 것이다. 이와 선행하여 HCB의 규제기준 마련을 위한 환경위해성평가도 수행되어야 할 것이다.

V. POPs 부산물의 효율적 관리방안

지금까지 살펴본 바와 같이 2001년 체결을 목표로 하는 POPs 규제협약의 관리예정 물질 중 부산물은 우리가 관리를 시급히 서둘러야 할 물질이다.

POP의 협약 초안에는 부산물의 배출을 저감하거나 제거하기 위한 수단을 첫째, 신속한 배출원의 감소, 둘째, 부산물의 발생과 배출을 저감하기 위한 물질/제품/공정의 개발 및 적용, 셋째, 부산물의 신규배출원에 대해 최적기술을 적용할 것 등을 명시하고 있다. 이들 수단을 수행하기 위해 각국은 배출원 목록 개발과 배출량 평가, 배출관리와 관련된 적절한 법률 및 정책의 개발, 산업체와 국민들에 대한 관련정책의 교육과 훈련, 지속적인 모니터링과 이에 대한 보고서를 제출하도록 권고하고 있다.

따라서 선진국과 UNEP등 국제기구에서 진행중인 부산물에 대한 규제동향과 국내 관리현황에 비추어 볼 때

POPs중 부산물에 대한 대응전략을 다음과 같이 제안하고자 한다.

1. 배출원 및 배출량 조사

지금까지 다이옥신과 퓨란은 주요 배출원인 소각로에 중점을 두고 연구를 수행하여 왔으며, 부산물로서의 HCB는 배출원조차 확인되지 않고 있다. 물론 부산물은 소각시설에서 가장 많이 발생되나, 이들 부산물이 배출되는 발생원은 매우 다양하며 특히 산업공정에서 발생하는 양은 고려되고 있지 않다. 따라서 부산물의 효율적인 관리를 위해 무엇보다도 가장 시급한 것은 다양한 배출원을 확인하고, 각 배출원별 배출량을 파악하는 것이다. 현재 국내에서 화학물질 배출량보고제도가 시행되고 있으며, 이 제도를 부산물에 적용한다면 배출량을 확인할 수 있을 것이다.

화학물질 배출량 보고제도는 유해화학물질관리법 제14조 제2항 및 동법시행규칙 제9조 제4항 규정에 의하여 "화학물질의 배출량 조사 및 산정계수에 관한 규정"에 고시⁵⁷⁾되어 있다. 본 규정에 의하여 1999년부터 "유해화학물질 환경배출량 조사" 제도가 시행되고, 석유정제업과 화학업종은 2000년 2월, 기타 제조업은 2001년 2월부터 사업장내의 화학물질에 대해 환경배출량 및 이동량을 산정⁵⁸⁾하여 보고하여야 한다(표 V-1).

〈표 V-1〉 국내 산업체에 대한 배출량보고제도 시행현황

시행연도	대상물질	대상업종
1999	벤젠 등 80종	종업원수 100인 이상인 석유·정제 화학업종
2000	벤젠 등 80종	종업원수 100인 이상인 화학등 23개 업종
2001이후	매년 60종씩 확대	종업원수 50인 이상인 화학등 23개 업종

자료 : 환경부, 유해화학물질관리기본계획(안), 2000. 10

2000년 12월 현재 조사대상 화학물질은 다음에 해당하는 총 80여 개이며, 이를 연간 50톤 이상 제조 또는 사용하는 사업장이 보고대상에 해당된다.

- ① 사업장에서 생산하는 화학물질 및 제품
- ② 사업장에서 사용하는 원료 및 첨가제(보조원료, 반응가스 등 직접 또는 화학적 변화를 통해 제품 속에 함유되는 모든 물질을 포함)
- ③ 사업장에서 사용하는 공정보조물질(제품에 함유되지는 않지만, 제품생산과정에 사용되는 물질)
- ④ 기타 사업장에서 사용되는 화학물질(폐수처리 등 사업장의 시설 및 장치의 유지·보수에 사용되는 물질을 포함)

그러나 현재의 제도에서는 원료물질만을 배출량 조사대상으로 선정하였기 때문에 부산물은 제외되어 있다. 또한 본 제도는 제조 또는 생산량이 연간 50톤 이상인 사업장에만 적용되기 때문에, 이와 같은 기준치는 주로 소량으로 발생하는 부산물에는 적합하지 않다.

미국의 경우는 부산물로 발생하는 다이옥신, 퓨란, HCB가 TRI 대상물질에 포함되어 있다. 이는 EPA가 1999년 10월 29일에 EPCRA(Emergency Planning and Community Right-to-Know Act)의 313조에 따라 유해화학물질을 보고하는 대상물질 목록에 다이옥신과 다이옥신류의 화합물을 포함하는 최종법률(64 FR 58666)을 확정·공표함으로써 시행되고 있다. 일반적인 TRI제도에서는 매년 10명 이상의 작업자가 근무하는 산업체 중 이들 물질을 25,000파운드 생산 또는 10,000파운드를 사용하는 산업체는 배출량을 보고하도록 규정되어 있다.

그러나 미국 EPA는 환경중에 저농도로 존재하여도 분해가 되지 않아 인간이나 생태계에 위해를 미칠 가능성이 큰 POPs 물질⁵⁹⁾은 다음 〈표 V-2〉와 같이 생산량 또는 사용

57) 환경부 고시 제 198-155호, 1999년 1월 1일

58) 산정방법은 ①직접측정에 의한 방법, ②물질수지에 의한 방법, ③배출계수의 의한 방법, ④공학적 계산에 의한 방법 등이 제시되어 있음

59) 미국에는 PBT(Persistent, bioaccumulative and toxic chemicals)이라는 용어를 사용함

량의 기준을 일반 유해화학물질과 달리 지정하고 있다. 다이옥신 또는 다이옥신류 화합물같이 소량 배출되는 부산물에 대해 ① 다이옥신의 제조, ② 다이옥신의 사용, ③ 다른 화학물질 제조시 다이옥신의 발생, ④ 다른 화학물질에 오염물질 등으로 0.1g 이상 제조, 사용 또는 배출될 경우 반드시 그 양을 보고하여야만 하며, HCB의 배출보고기준은 10파운드(4.5kg)일 경우에 해당한다.

미국의 TRI제도와 같이 POPs 물질을 국내 『화학물질의 배출량 조사 및 산정계수에 관한 규정』에 적용하는 방안은 다음 몇 가지로 나누어 생각해 볼 수 있다.

첫째, 조사대상물질의 “사업장에서 사용 또는 생산되는 물질”을 “사업장에서 사용, 생산 또는 배출되는 물질”로 확대한다. 이 경우 각종 산업공정에서 발생되어 외부로 배출되는 다양한 부산물이 모두 이 기준에 적용되므로, 보고 대상 산업체에 막대한 업무부담이 된다.

둘째, 조사대상물질에 “잔류성 유기오염물질”을 포함시킨다. 그러나 부산물을 제외한 유기염소계 농약은 이미 국내에서 사용하지 않으므로 배출량을 조사할 필요가 없다. 향후 국제적으로 규제대상이 되는 POPs 물질의 종류가 늘어날 경우 적용가능하다.

셋째, 조사대상물질에 “사업장에서 발생하는 POPs중 부산물”을 포함시키고, 이에 대한 기준을 다른 화학물질(년간 50톤)보다 낮게 책정한다. 그러나 부산물에 해당하는 POPs 물질은 유해화학물질관리법에 의해 관리되는 물질이 아니므로, 원료물질만을 대상으로 하는 유해화학물질관리법상의 관련규정을 수정하여야 하는 번거로움이 있다.

따라서 기존의 관련법으로는 부산물의 배출원 및 배출량 조사를 규정하는 것이 현실적으로 어려우므로, 부산물에

관한 관리법을 별도로 제정하여 이를 명시하는 것이 가장 효과적인 것이라 생각된다.

2. 오염현황 및 위해성 확인사업 실시

UNEP에서 지정한 12종 POPs중 부산물을 포함한 몇몇 화학물질은 이미 내분비계 장애물질로 구분되어, 환경부의 『내분비계 장애물질 중·장기연구사업계획』에 따라 해당 물질들의 기초오염실태 조사가 수행되고 있다. 그러나 부산물을 현행과 같이 내분비계 장애물질의 일환으로 국한시켜 오염실태 및 영향조사, 위해성평가 및 관리연구 등을 수행한다면 POPs협약에 능동적으로 대처하기 어려울 가능성이 매우 크다.

POP스중 내분비계 장애물질로 밝혀진 유기염소계 농약은 이미 국내 사용이 금지되어 있으므로, 협약이 체결된다 해도 우리가 대처해야 할 사항은 기존의 사용으로 인한 잔류성을 파악하고 지속적인 모니터링을 실시하는 것이다. 이와 같은 연구는 『내분비계 장애물질 중·장기연구사업계획』에 따라 수행 가능하고, POPs 협약에서 요구하는 기초자료 생산에 큰 문제는 없을 것이다.

그러나 부산물에 대해서는 아직 배출원조차 명확히 파악되지 않은 상황에서, 국제협약이 요구하는 엄격한 규제내용 및 절차를 원활히 대응하기 위하여는 협약체결 내용에 따른 집중적인 연구가 요구된다. 만약 일반적인 내분비계 장애물질의 중장기연구계획에 따라 부산물의 관련연구를 수행할 경우 자칫 POPs 협약을 대응하기 위한 연구결과가 시기적절하게 생산되지 못할 수도 있다.

따라서 POPs 중 부산물에 대하여는 다른 내분비계 장애물질과는 구별하여 주요 배출원과 배출량을 파악한 후, 오염이 심각할 것으로 예상되는 배출원별로 오염실태조사를 병행하여 수행할 수 있는 가치 『POP스 통합관리를 위한 오염실태조사(안)』를 수립하는 것이 필요하다. 이는 부산물의 위해성평가도 함께 포함되어야 할 것이며, 이를 부산물 관리를 위한 특별법을 제정하여 명시하는 것이 타당

〈표 V-2〉 미국 TRI의 POPs 기준치

	다이옥신/다이옥신 유사화합물	잔류성·생물농축성·독성이 매우강한 POPs물질	그 외 POPs 물질
제조·사용·배출량	0.1g	4.5kg (10파운드)	45.5kg (100파운드)

자료 : <http://www.epa.gov/tri>

할 것으로 사료된다.

3. 규제기준 선정

앞에서 살펴본 바와 같이 다이옥신과 퓨란은 소각시설에 대한 배출허용기준만 제시되어 있으며, HCB에 대해서는 아무런 기준이 마련되어 있지 않다.

향후 부산물의 적절한 관리를 위하여는 반드시 규제기준이 요구되며, 이는 환경매체별 허용기준과 주요 배출원별 배출기준으로 나눌 수 있다.

3.1 환경매체별 허용기준

POPs는 생물농축이 쉽게 일어나고 환경에 오래 잔류하는 난분해성 물질이므로, 환경매체간 통합관리가 필요하다. 현재 외국에서도 모든 환경매체별 허용기준이 설정되어 있지는 않으나, 각국마다 인체나 생태계에 특히 위해가 클 것으로 예상되는 환경매체에 대해서는 부분적으로 기준이 설정되어 있다(표 V-3, 표 V-4). 아직 규제기준이 없는 환경매체에 대해서는 관련연구가 진행되고 있으며, 2001년 POPs 협약체결과 함께 규제가 강화되면 주요매체별 허용기준은 조만간 설정될 가능성이 크다. 따라서 부산물에 대한 국내 오염실태 조사의 결과를 바탕으로, 특히 오염이 심각한 주요매체별 부산물의 허용기준은 반드시 마련되어야 할 것이다.

〈표 V-3〉 환경매체별 다이옥신 허용기준

국가	매체별 규제기능
미국	○수질 1.3 x 10 ⁻⁸ ug/l ○음용수 0.3pg/l(MCL)
일본	○TDI 4pg/kg/일
독일	○농지용 슬러지 100ngTEQ/kg ○퇴비 17ngTEQ/kg ○우유 5pgTEQ/g

60) Municipal Waste Combustors

61) Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators

62) Hazardous Waste Combustor

국가	매체별 규제기능
독일	○유제품 3pgTEQ/g지방 ○TDI 10pgTEQ/kg
네덜란드	○하수슬러지 190ngTEQ/kg ○퇴비 63ngTEQ/kg ○토양 1,000ngTEQ/kg ○TDI 10pgTEQ/kg

자료 : 본 보고서 제 III장에 정리한 각국의 규제내용 참조

〈표 V-4〉 환경매체별 HCB 허용기준

국가	매체별 규제기능
미국	○수질 0.13mg/l
캐나다	○공정배출기준 0.0005mg/l
영국	○음식물 0.01 - 0.2mg/kg ○지표수 0.03ug/l
독일	○음용수 0.001mg/l ○음식물 0.01 - 0.5mg/kg
EU	○사료 0.01mg/kg

자료 : 본 보고서 제 III장에 정리한 각국의 규제내용 참조

3.2 주요 배출원별 배출기준

최근 미국은 다이옥신의 주요 배출원별 배출기준을 수립 중이며, 이중 도시폐기물연소(MWCs⁶⁰)시설, 병원/의약/감염성 폐기물 소각로(HMIWIs⁶¹)유해폐기물연소시설(HWCs⁶²)등에서의 배출기준을 일부 수립하였거나 의회에 상정중이다. 우리나라는 아직 다이옥신 배출원이 파악되지 않은 실정이라 소각로에서의 다이옥신 배출기준만이 설정되어 있다. 향후 배출원이 파악되면, 각 배출원별 배출기준을 설정하여야 할 것이다.

한편 국내에서 다이옥신의 배출원별 배출기준은 대형생활폐기물 소각시설(처리용량 일일 50톤 이상)에 대해서만 신설시설 0.1ngTEQ/Nm³, 기존시설 0.5ngTEQ/Nm³이 선정되어 있으나, 일부 개선되어야 부분이 있다.

우선 앞장의 〈표 IV-3〉과 같이 소각로에서의 다이옥신은

처리시설 규모가 4톤/hr인 대형소각시설 뿐 아니라 중소형 소각시설에서도 다량의 다이옥신이 발생되고 있다. 그러나 현재의 다이옥신 배출기준은 대형시설에만 국한되어 있어, 중소형 소각시설에서 발생하는 다이옥신에 대한 규제는 이루어지고 있지 않다.

대부분의 선진국은 소각시설의 수가 적고, 중소형 소각에 의한 폐기물처리가 거의 없어 대부분의 소각료가 대형(4톤/hr)이다. 따라서 모든 소각시설에서 배출되는 다이옥신에 대한 동일한 기준치를 적용하고 있으며, 이는 우리의 규제실정과는 차이가 있다(표 V-5). 그러나 선진국 중 일본은 <표 III-28>과 같이 중소형 소각시설이 운영되고 있으며, 소각시설의 규모별로 배출기준을 차별화하고 있다.

최근의 국내 관련연구⁶³⁾에서는 중소형 소각시설에 대해 일본과 같은 배출기준을 적용하자는 결론이 도출되었다. 즉, 신설시설의 경우 4톤/hr 이상은 0.1ngTEQ/Nm³, 2~4톤/hr은 1ngTEQ/Nm³, 0.2~2톤/hr은 5ngTEQ/Nm³의 기준치를 제안하였다. 기존시설에 대해서는 긴급대책단계, 항구대책 1단계, 항구대책 2단계 등 3단계로 나누어 배출기준을 설정하여, 단계별 다이옥신 배출량 저감효율이 긴급대책 38.5%, 항구대책 1단계 78.6%, 항구대책 2단계 86.4%를 기대할 수 있도록 제안하였다.

따라서 현재 부산물의 배출별 규제기준 중 가장 시급히 서둘러야 할 사항은 기존의 소각시설에 대한배출기준을 국내의 관련연구 결과를 바탕으로 개정하여야 할 것이다. 또한 국내 주요 배출원이 파악된 후에는 이에 대한 배출기준 수립을 위한 연구가 함께 수행되어야 할 것이다.

〈표 V-4〉 환경매체별 HCB 허용기준

국 명	배 출 기 준	
	신규시설(ngTEQ/Nm ³)	기존시설(ngTEQ/Nm ³)
독일	0.1	0.1
네덜란드	0.1	0.1
스웨덴	0.1	0.5~2
오스트리아	0.1	0.1
덴마크	0.1	0.1
노르웨이	2	0.5~2
영국	1	
캐나다	0.14	
미국	0.3~0.9 (97년 11월 이전시설) 0.1~0.3 (97년 11월 이후시설)	0.3~3.6 (250톤/일 미만)
일본	0.1~5	1~10 80(긴급대책)

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

다음호에 계속...

63) 1999년도 환경부 용역과제 「중소형 소각시설에 대한 다이옥신 및 대기오염 물질 배출특성 조사」, '99 내분비계장애물질 조사·연구사업 결과보고서