

잔류성 유기오염물질인 절연유 중 PCBs에 대한 분석 기술동향

소진중, 심대섭, 김규섭, 김연석
한국전기연구원

Technical trend of analysis for PCBs in Transformer oil

Jin Joong Soh, Dae Sub Shim, Kyu Sub Kim, Oun Seok Kim
KERI

Abstract - 스톡홀름협약은 잔류성유기오염물질(POPs)의 위해로부터 국민의 건강과 환경을 보호하고자 동 물질의 저감 또는 근절을 목적으로 2004. 5. 17에 발효된 국제협약이다. 현재 150 여개국이사명, 120개국이사 비준하였으며 우리나라는 2001. 10. 4 서명하였다. 이 협약의 주요 의무사항은 의도적으로 생산되는 POPs 제품의 생산·사용 금지 또는 제한하고 비의도적으로 생산되는 POPs 배출저감 또는 근절(대상물질 : 다이옥신, 퓨란, HCB, PCBs)이다.

1. 배 경

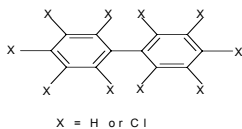
잔류성유기오염물질(POPs : Persistent Organic Pollutant)은 PCBs, 다이옥신, 퓨란, DDT 등 독성이 강하고 잘 분해되지 않아서 환경 중에 오랫동안 잔류하면서 생물 중에 고농도로 축적되어 인간과 생태계에 큰 위해를 주는 물질이다. POPs중 PCBs(Poly Chlorinated Biphenyls)를 사용하는 관리 대상기기는 유입식 변압기, 유입식 콘덴서, 유입식 계기용 변압전류기 및 기타 전기절연유를 절연매체로 사용하는 전력장비(안정기, 유입식 개폐기 및 차단기, 방전코일, 유입식 케이블 등)이다. 우리나라는 1985년까지 절연유의 특성을 향상시키기 위하여 PCBs를 사용하여 왔다. 스톡홀름협약에는 2025년까지 PCBs 함유 제품의 사용 금지, 2028년까지 PCBs 함유 폐기물을 환경친화적으로 처리 및 EU, 캐나다, 일본 등의 국가에서는 목표시한을 정하고 PCBs 함유 제품 및 폐기물 처리를 단계적으로 진행하고 있는 실정이다. 우리나라도 국제사회에서의 책임 있는 일원으로서의 임무를 수행하기 위하여 국내의 산제한 PCBs 함유 제품 및 폐기물 오염 상황 파악의 필요성, 모니터링 조사에 필요한 분석 수법의 정립 및 대량시료의 효율적인 처리 분석 수법의 적용이 필요하다. 국내 조사 대상 변압기를 추정하여 보면, 한국전력공사의 발전용(1,000 여대), 송변전용(3,000 여대), 배전용(160 만여대), 철도공사(2,000 대 이상), 학교(15,000 대 이상), 군부대(18,000 대 이상) 및 민간 수용 변압기(130,000 대 이상) 등으로 한전의 배전용변압기의 비율은 90% 이상을 차지하고 있다.

2. PCBs 란

Biphenyl(C₁₂H₁₀)에 하나 이상의 수소원자가 염소로 치환된 물질을 총칭하며, 치환된 염소 1~10개의 위치에 따라 이론적으로 209종의 이성체가 존재하는 발암 물질이다.

2.1 물리화학적 성질

- 외관 : 무색액체, 백색분말, 비중 : 1.3 ~ 1.8(30℃, liq.)
- 치환된 염소의 수가 적은 화합물은 액체이며 염소의 수가 증가함에 따라 점도가 증가하여 수지상으로 변함
- 용해도 : 거의 불용(물), 유기용매에 용해, 글리세롤류에는 거의 녹지 않음.
- 주용도 : 절연유, 열매체유, 가소제, 도료



<그림 1> Polychlorinated biphenyls

2.2 독성

- 급성독성(LD50, rat) : 1,100mg/kg(경구), 1,900mg/kg(경구, mouse)

- 발암성 : EPA-B2, NTP-b, IARC-2A, CAL, OSHA, 생식독성
- 농축성(BCF) : 2500 - 9400*
- EU의 분류 : Xn(만성장애), N(급성독성, 농축성)
- 염소수에 따른 PCBs의 농축성 및 어독성

3. PCBs 함유 변압기 발생원인

- 3.1** PCBs 사용이 규제된(1970년대 후반) 이후에도 미국, EU 등에서 미량의 PCBs가 변압기에서 검출되어 원인조사 결과, 변압기 절연유가 PCBs에 오염된 것으로 확인
- 3.2** PCBs를 함유한 절연유가 신규 또는 사용 중인 변압기에 재활용되거나, PCBs 절연유가 흡착된 변압기의 케이스 등을 재활용
- 3.3** 동일 장비로 PCBs 절연유와 광유를 취급하여 광유가 PCBs에 오염
- 3.4** 우리나라도 과거 PCBs가 사용된 변압기를 폐기한 이후 PCBs 분석 없이 변압기를 관리해 왔다는 점을 고려할 때, 외국의 사례와 유사한 원인에 의해 PCBs 오염 변압기가 발생된 것으로 추정

4. 잔류성유기오염물질 관리법 시행규칙 (환경부령 제275호)

4.1 제정이유

유해화학물질관리법, 농약관리법, 폐기물관리법 등을 통하여 부분적으로 관리되어 온 다이옥신 등 잔류성유기오염물질을 효율적으로 관리하기 위하여 잔류성유기오염물질의 제조·수출입 및 사용을 제한하며, 잔류성유기오염물질의 배출을 제한하는 내용으로 「잔류성유기오염물질 관리법」이 제정(법률 제8292호, 2007. 1. 26. 공포, 2008. 1. 27. 시행)됨에 따라 법률 및 대통령령에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 정하여 잔류성유기오염물질로 인한 국민건강 피해를 예방하고, 「잔류성유기오염물질에 관한 스톡홀름협약」의 비준 및 국내 이행에 대비하려는 것

4.2 주요내용

- 4.2.1** 배출시설 주변지역 영향조사 방법 및 범위(안 제15조 및 별표 7)
 - 법률의 위임에 따라 잔류성유기오염물질 배출시설의 주변지역에 대한 영향조사의 방법 및 범위를 정하려는 것
 - 배출사업자는 3년마다 겨울철에 1회 이상 배출시설이 주변지역에 미치는 영향을 조사하고, 그 조사가 끝나면 그 날부터 30일 이내에 조사결과를 시·도지사에게 제출하도록 함
 - 주변지역에 대한 영향조사의 방법 및 범위를 정함으로써 잔류성유기오염물질의 배출로 인한 환경 피해를 예방할 수 있을 것으로 기대됨
- 4.2.2** 잔류성유기오염물질 함유폐기물의 처리방법 및 기준(안 제18조 및 별표 8)
 - 법률의 위임에 따라 잔류성유기오염물질 처리방법 및 기준을 정하려는 것임
 - 잔류성유기오염물질 함유폐기물은 폐기물관리법령에 따른 지정폐기물 처리기준을 따르도록 하되, PCBs 함유폐기물은 화학처리방법이나 환경기술개발 및 지원에 관한 법률에 따라 기술검증을 받은 방법으로 처리하도록 함
 - 잔류성유기오염물질 함유폐기물의 처리방법 및 기준을 정함으로써 잔류성유기오염물질 함유폐기물이 친환경적으로 처리되고 관리될 수 있을 것으로 기대
- 4.2.3** 잔류성유기오염물질 함유폐기물의 재활용 방법(안 제19조)
 - 법률의 위임에 따라 잔류성유기오염물질 함유폐기물의 재활용 종류 및 용도를 정하려는 것
 - 잔류성유기오염물질 함유폐기물은 폐기물관리법에 따른 지정폐기물의 재활용 용도 및 기준에 따라 재활용하도록 하되, PCBs 함유폐기물 중 폐절연유는 정제연료유로 재활용하고, 금속류는 전기변환장치 제조 외의 용도로만 재활용하도록 함
 - 잔류성유기오염물질 함유폐기물의 재활용 용도 및 종류를 정함으로써 잔류성유기오염물질 함유폐기물의 재활용으로 인한 2차 오염을 예방

할 수 있을 것으로 기대됨

5. 잔류성유기오염물질 관리법 시행에 따른 PCBs 함유기기 관리 업무처리 지침

- 5.1 업무처리** : 사용에서부터 폐기까지 PCBs 함유기기의 전과정 관리
- 5.2 역할 분담**
- PCBs 함유기기 소유자 : 해당 지자체에 관리대상기기 신고 및 오염기기 안전관리 및 적정처리
 - 지자체 : 관리대상기기 및 오염기기 목록 작성 및 보고, PCBs 함유기기 적정 관리 추진
 - 환경부 : PCBs 함유기기의 전과정 관리 계획 수립 및 수행
- 5.3 대상기기** : 변압기, 콘덴서, 계기용 변압변류기(유입식 기기로 한정)
- 5.4 신고내용** : 제조사, 제조연월일, 용량 및 총중량, 절연유량, 절연유 교체여부, PCBs농도(유입식 변압기 만)
- 5.5 신고기간** : 관리대상기기 신규설치 후 30일 이내
- 발전용, 송·배전용 지상용 변압기 : 2008. 7.27 까지
 - 콘덴서, 계기용 변압변류기, 전력장비 : 2008. 4.27 까지 (구정별로 신청기일을 유예 함)
 - 주상용 변압기 : 수리, 폐기를 위해 지상으로 내려온 후 1월 이내
- 5.6 신고기관** : 시·도지사(구정으로 이관됨)
- 변경신고 : 신고 후 절연유 교체(2 ppm이상), 폐기 시 30일 이내
 - 신고의무 불이행시 벌칙 : 1천만원 이하의 과태료 부과
 - PCBs 분석전문기관 현황 : (주)랩프런티어, 전북대학교 화학물질안전관리연구소, 한국기초과학연구원, (주)에코서비스코리아, 극동정유(주), 한국환경분석센터(주),(주)영웅과학 환경생명연구원,(주)신호정유,(재)한국화학시험원, (재)포항산업과학연구원, 한국산업기술시험원, 다산생명과학원(주), 한국전력연구원, 한국전기연구원(준비중)
 - PCBs 재활용업체 현황(PCBs 2ppm 미만) : 33개 업체
 - PCBs 중간처리업체 현황(PCBs 2ppm 이상) : 7개 업체
 - 전주에 매달려 있는 주상용 변압기는 절연유 시료채취가 곤란하므로 수리 및 폐기하기 위하여 전주에서 떼는 날부터 30일 이내 PCBs 농도를 분석하여 시·도지사에 신고

6. 폐기를 측정분석 전문기관의 인정에 관한 절차

- 6.1 인정신청**
- 6.1.1** 사업자등록증 및 법인등기부등본(법인에 한함)
- 6.1.2** 보유 기술인력
- 기술인력기준에 해당하는 기술인력증빙자료 첨부
 - 책임자 및 담당자는 소속기관의 대표자에 의해 임명된 사실을 입증할 수 있는 서류첨부
- 6.1.3** 시설 및 장비 등의 확보내역서(거래명세서 및 세금계산서)
- 6.1.4** 측정분석능력이 있음을 입증할 수 있는 서류
- 6.1.5** 측정분석 업무수행 계획서(수수료, 업무수행 절차·방법, 시설·장비 유지관리 계획)
- 6.2 평가방법 및 기준**
- 6.2.1** 인정신청서가 별표1의 폐기물분석전문기관의 인정에 적합한 경우
- 기술인력 (책임자 1인이상, 담당자 2인이상)
 - 분석능력
 - 인정 대상항목(PCBs)
 - 시설보유기준 : 총면적 120㎡이상, 항온·제습시설, 기기실40㎡이상, 후드시설, 사무실구분
 - 장비보유기준 : 분야별 장비는 반드시 갖추어야 함

<표 1> 필요 장비

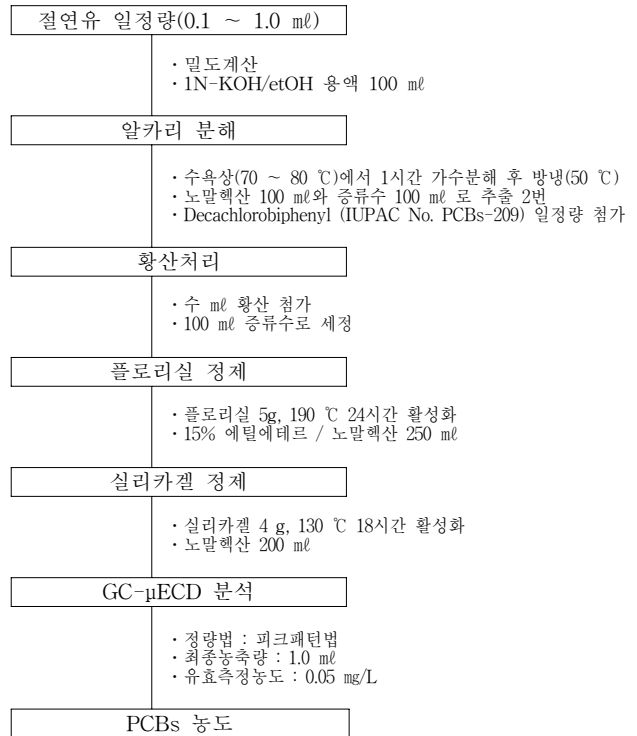
장비명	수량
GC/ECD	1
회전증발농축기	1
정제용컬럼	10
수욕조(water bath)	1
증류수 제조기	1
저울(0.1mg 단위)	1
시료냉장보관실(4℃)	1
왕복진탕기(수평,200rpm이상)-용출용	1
체(철, 비철 재질- 0.5mm, 5mm)	1
시료추출용 장치(분액깔대기 진탕추출기, 200rpm이상)	1
속실텟 추출장치	1
환류냉각기	1

- 6.2.2** 인정신청서의 검토 및 평가 세부기준
- 인정신청서가 적정하게 제출·보완 되었을 경우 분석능력평가용 표준

시료(평가시료)배부

- 시료배부일로부터 20일 이내에 평가시료의 분석결과 및 관련 자료 제출
- 위원장이 선임한 2인 이내의 현지평가위원은 인정신청서와 평가시료에 대한 분석결과를 가지고 현지방문 별지 제5호서식의 폐기물분석능력 평가표에 따라 평가
- 운영관리 평가는 현지평가위원과 담당공무원이 분석능력평가와 동시에 별지 제7호 서식의 폐기물 측정분석 전문기관 운영관리 평가표에 따라 기술인력, 실험실시설, 장비보유현황, 분석업무에 관한 사항 등의 일반사항으로 구분하여 평가한다.

7. PCBs 분석 흐름도



8. PCBs 사용량 및 국내 현황

- 8.1** PCBs 사용량은 Breivik(2002)의 발표자료를 토대로 파악
- 8.2** PCBs 유통구조, 나라별 경제수준, PCBs 사용규제 시기 등의 특성을 고려하여 추정된 값으로 다소 부정확
- 8.3** 우리나라는 1955년부터 수입을 시작으로 1975년경 최대 500톤 사용하였고, 1985년 이후로 수입 금지
- 8.4** 우리나라의 1955년부터 1985년까지 예상 사용량 2,000~5,000톤
- 8.5** 전세계적으로 27여종의 PCBs가 제품으로 시판되어 총 130만톤 생산
- 8.6** 한전과 6개 발전사가 사용 중인 변압기를 분석한 결과 다수의 기기가 표 2. 과 같이 PCBs에 오염된 것으로 나타나고 있으며, 국방부 및 산업체의 조사결과도 이와 유사

<표 2> 한전 변압기 분석 결과

분석대상	0 ~ 2 ppm	2 ~ 50 ppm	50 ppm 이상
총 1,237기	965 (78%)	253 (20.5%)	19 (1.5%)
총 90기	69 (77%)	19 (21%)	2 (2%)

[참 고 문 헌]

- [1] 환경부, “PCBs 함유기기 관리 업무처리 지침”, 2008.04
- [2] 환경부, “폐기물 측정분석 전문기관 인정 등에 관한 규정”, 국립환경과학원고시 제2007-17호, 2007.10.25
- [3] 환경부, “잔류성유기오염물질 관리법 시행규칙”, 환경부령 제275호
- [4] 신성경, “PCBs 함유 폐기물의 적정관리방안에 관한 연구”, 국립환경과학연구원
- [5] 환경부, “폐기물 측정분석 전문기관의 인정 등에 관한 규정”, 국립환경과학원고시 제2007-17호
- [6] 환경부, “절연유 중 PCBs 세부분석지침”, 국립환경과학연구원