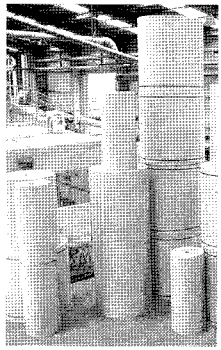




특집 www.kcea.or.kr



국민대학교 김형진 교수

지류포장재의 환경호르몬 종류와 규제실태(下)

환경호르몬은 신체내 호르몬과 유사한 구조를 띠고 있어 인체안에 유입되었을 때 분해 배출되지 않고 마치 호르몬과 같이 작용한다고 하여 환경호르몬이라 부르며, 신체에 큰 영향을 미치는 물질로서 환경유해물질관련 유럽을 중심으로 환경규제가 강화되고 있으며, 국내에서도 환경호르몬에 대한 관심이 높아지고 있는 현실에서 이에 대한 대응책 마련에 앞서 환경호르몬 종류와 규제실태를 점검하고자 한다.

2. 할로겐 원소 포함 화합물

○ PFOA, PFOs

가) PFOA

- ① Chemical name : Perfluorooctanoic acid
- ② Molecular formula : C₈HF₁₅O₂
- ③ Structural formula : F-CF₂-CF₂-CF₂-CF₂-CF₂-CF₂-CF₂-C(=O)-X
- ④ Free Acid (X=OM+ ; M=H)
- ⑤ Ammonium Salt (X=OM+ ; M=NH₄)
- ⑥ Sodium Salt (X=OM+ ; M=Na)
- ⑦ Potassium Salt (X=OM+ ; M=K)
- ⑧ Silver Salt (X=OM+ ; M=Ag)
- ⑨ Acid Fluoride (X=F)
- ⑩ Methyl Ester (X=CH₃)
- ⑪ Ethyl Ester (X=CH₂-CH₃)

표. Physicochemical properties for the PFOA free acid

Molecular Weight	414	Water solubility	3.4g/L
Melting Point	45-50℃	pka	2.5
Boiling Point	189-192℃ / 736mmHg	pH	2.6
Vapor pressure	10mmHg @ 25℃ (approx.)		

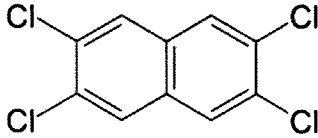
나) PFOA의 노출

- ① Teflon 코팅 물질
- ② 불소수지 생산과정 중 노출 (美, Dupont社)
- ③ 화장품, 샴푸의 첨가제, 종이컵 등 1회용 음식용기 코팅재료 등에 다양하게 쓰인다

다) 인간에게 끼치는 영향

- ① 발암물질
- ② 간, 신장, 이자로 전이되며 이후 신체 내 피부조직으로도 옮겨짐
- ③ 돌연변이성은 없음
- ④ 간에 치명적인 손상
- ⑤ 태아 기형 유발

○ 폴리염화나프탈렌



화학식 : $C_{10}H_{10-n}Cl_n$
 UPAC명 : 2, 3, 6, 7
 - tetrachloronaphthalene

가) 폴리염화나프탈렌의 검출

- ① 전기 와이어
- ② 목재 보존제
- ③ 고무 및 플라스틱 첨가제
- ④ 윤활유 혹은 윤활제

나) 인체에 미치는 영향

- ① 피부질환유발
- ② 간 기능 손상

다) 규제동향

- 1940년 부터 위험성 및 중독증상에 대한 연구 시작하였다. 최초 유럽의 wax 제조회사에서 노출되었고, 현재, 유럽 및 선진국의 유해물질 규제 대상으로 선정되었으며 실험방법 및 그 유해성에 대한 report 작성, 배포하고 있다.

○ 단쇄염화파라핀

가) 파라핀의 종류

- ① short chain CPs (SCCPs, C10-13)
- ② medium chain CPs (MCCPs, C14-17)
- ③ long chain CPs (LCCPs, C17)

나) 단쇄염화파라핀 : 탄소수가 10~13의 염소 함유량이 48wt% 이상 함유된 물질

다) 단쇄염화파라핀의 검출

- 난연제, 플라스틱 가소제, 금속 제조 시 사용되는 첨가제, 도료, 코팅제에 포함

라) 인체에 끼치는 영향

- ① 발암성 물질
- ② 생체 축적 가능

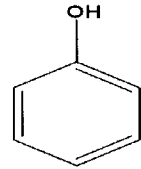
마) 규제 동향

- ① International Agency for Research on Cancer에 발암성 물질로 규제
- ② 유럽 Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants의 금지물질로 규정

3. 페놀류 화합물(Chlorophenol류의 특성)

가) Phenol류

- ① 방향족 탄화수소의 수소원자를 수산기로 치환한 화합물의 총칭
- ② 고분자, 제약, 농화학 및 염료의 중간체, 살균제에서 발생하는 천연유기물의 부생성물
- ③ 할로겐 원소나 니트로기가 증가함에 따라 산도가 증가하는 유기산

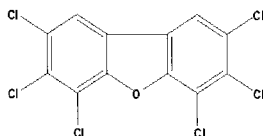
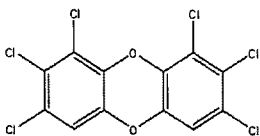


나) Chlorophenol

- ① hypochlorite의 반응시 페놀산이 존재할 경우 부산물
- ② 살균제 또는 페녹시(phenoxy) 제초제의 분해산물
- ③ Chlorophenol 화합물의 냄새는 페놀보다 10~10,000배
- ④ Chlorophenol 화합물의 맛은 10~1,000배 강하다.

Phenol류의 염소 소독 처리시 형태		
	2-chlorophenol	염료나 방부제, 다염화 페놀의 생산에 전구물질로 사용
	2,4-Dichlorophenol	살충제로 사용
	2,4,6-Trichlorophenol	2,4-D의 생산, 살균제, 소독제, 줌약으로 사용

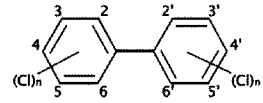
다) 기타 chlorophenol류



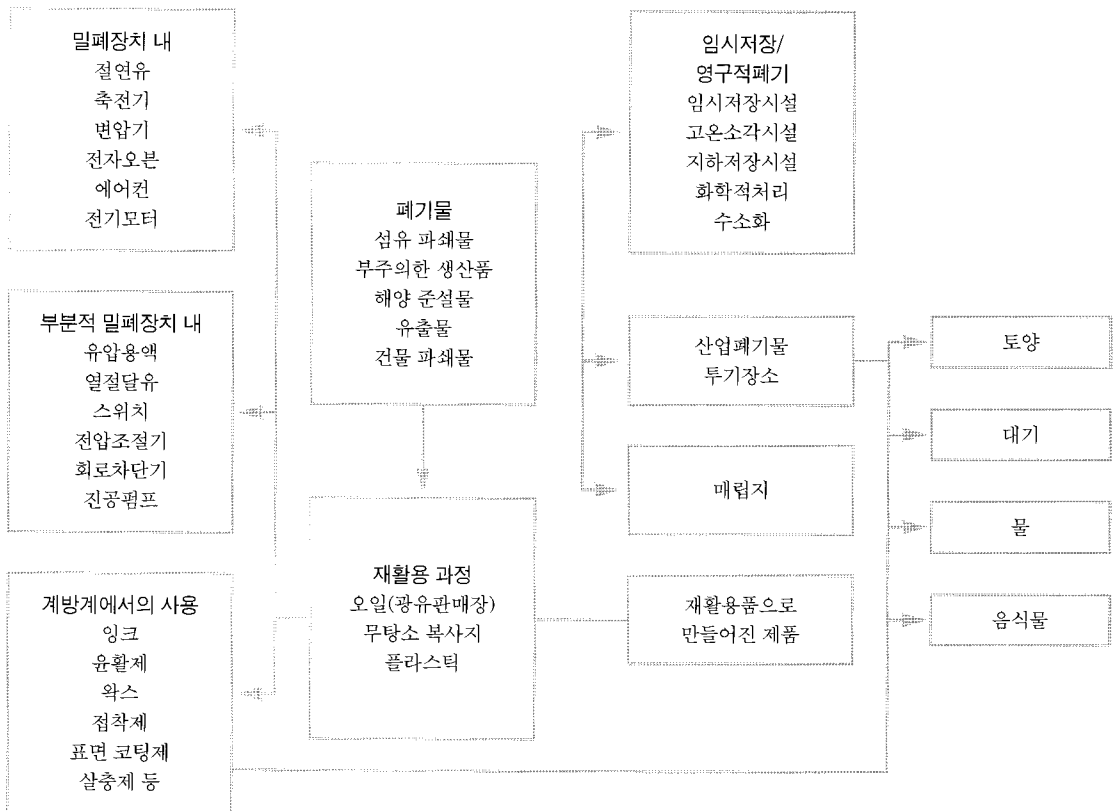
4. PCBs(Polychlorinated biphenyls)

가) PCBs 개요

- ① 2개의 페닐기에 결합되어 있는 수소원자가 염소원자로 치환된 화합물
- ② 염소가 1개에서 10개 치환된 화합물로 염소의 위치와 치환 수에 따라 1염화물에서 10 염화물까지 10 종류의 동족체, 209개의 동질체가 존재
- ③ 동질체 중에서 2개의 페닐기가 서로 Coplanar(共平面)으로 되어 있는 PCBs를 Coplanar PCBs라 하는데 총 12 종류의 Coplanar PCBs는 다이옥신류와 유사한 독성을 가지고 있는 화합물로서 일명 "Toxic PCBs"라고 알려져 있는 물질
- ④ CBs는 1881년 Schmidt에 의해 최초로 합성되었으며, 1930년대에서 1970년대까지 전 세계에서 약 130만 톤이 생산
- ⑤ PCBs는 우수한 전기절연물질로 변압기 및 축전기의 절연유에 널리 이용되었고, 또한 열매체, 제지, 약품, 플라스틱 등 가열을 필요로 하는 공정에 광범위하게 사용됨



나) 환경 중 PCBs 거동



다) 각국의 PCBs 관련 법령 근거

국가	근거법령(최초규제일)	규제내용
한국	폐기물 관리법('87)	PCBs가 용출액 1L 당 0.003mg 이상이면 지정폐기물로 관리
	유해화학물질관리법('96)	PCBs의 제조, 수입, 판매 또는 사용금지
	전기 설비기술기준령('79)	PCBs를 포함하는 절연유를 사용한 기계기구는 전로에 시설하여서는 안됨
	산업안전보건법('90)	PCBs 제조, 사용시에는 허가를 받아야함
미국	40 CFR 761('92)	PCBs의 제조, 수입, 판매 또는 사용금지(50ppm 이상)
	40 CFR 279('92)	폐유 관리규정(PCBs 50ppm 이하 포함)
일본	폐기물의 처리 및 청소에 관한 법률	폐 PCBs 수집, 운반, 보관, 처리에 관한 규정 (특별 관리 산업 폐기물로 관리)
캐나다	SOR/90-5	PCBs 처리 및 처분을 위한 운송에 관한 연방규정 (캐나다 연방 환경성 가이드라인)
	SOR/92-507	PCBs 함유물질의 보관에 관한 규정
	SOR/97-109	PCBs함유 폐기물 수출에 관한 규제
유럽연합	Directive 75/439 ECC('75)	폐유 처분에 관한 규정('87년 개정)
	Directive 76/403 ECC('76)	PCBs 등의 처분에 관한 규정('96년 개정)
	Directive 75/439 EC('94)	유해물질 소각에 관한 규정
	Directive 75/442 ECC('75)	폐기물에 관한규정

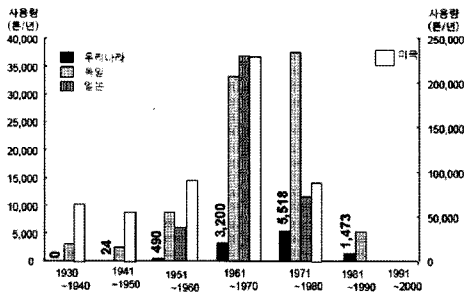
라) 우리나라의 PCBs 관련 환경기준

법	내 용
환경정책기본법	제 2조 : 환경기준 -하천및 호소 : 검출되어서는 안됨 -해역 : 0.0005mg/L
대기환경보전법	제 2조 : 대기오염물질 제 4조 : 특정 대기오염 물질
수질환경보전법	제 2조 : 수질오염물질 제 3조 : 특정수질유해물질 제 8조 : 오염물질 배출허용기준

법	내 용
폐기물관리법	제 3조 : 지정폐기물의 종류(PCBs 함유물질) -액체상태(2mg/L이상) -액체상태외의 것 (용출액 0.003mg/L이상)
토양환경보전법	제 1조의 2 : 토양오염물질 제 1조의 4 : 토양오염우려기준 제 14조 : 특정토양오염유발시설별 토양오염검사항목 제 20조 : 토양오염대책기준
유해물질관리법	제 조 · 수입 또는 사용을 금지하거나 제한화합물질(고시) PCBs 및 이를 0.05% 이상 함유한 혼합물질

마) 우리나라, 미국, 일본, 독일의 연도별 PCBs 사용량

⊕ <폴리염화비페닐류 함유폐기물의 적정 관리방안에 관한 연구(2005)>



바) PCBs의 인체영향

- ① PCB는 인체에서 배설과 분해되지 않고 대부분 지방에 축적됨. 축적된 양이 많아지면 구토, 체중 감소, 황달, 복통의 증세를 나타내며, 간의 장애를 유발함
- ② PCBs 관련 질병
 - 면포, 여드름, 모공확대, 눈곱 · 눈꺼풀의 종양, 눈의 침침함, 구강 및 치육의 색소 침착
 - 식욕부진, 피로, 두통, 복통, 요통, 관절통, 관절 부종창, 사지 부종, 월경이상, 성욕감퇴
 - 기타 호흡기 장애, 신경 내분비 장애, 지질대사 이상

사) 오염 경로

- ① PCB를 사용하는 공장의 폐수 속에 섞여 하천 등으로 흘러 들어 플랑크톤 등에 축적되며 이 플랑크톤을 잡아먹는 물고기를 통해 인체에 들어옴

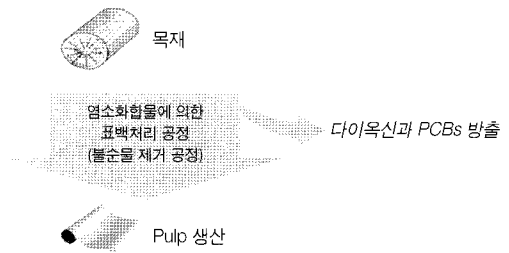
② PCBs가 포함된 제품의 사용을 통해 인체에 들어옴

아) PCBs 제거기술

공정	처리폐기물	장점	단점
조 : 지정폐기물의 화학적 처리 (탈염소화 및 수소화처리)	폐유, PCBs, 제품 잔재물	- 높은 분해율 - 시설에서 할로겐족과 비할로겐족 모두 처리 가능	- 보조연료 사용 - 폐기물 운반 시 고비용 - 민원야기
플라즈마 분해 시스템	액상 PCBs	재활용가능 (예, 윤활유)	재활용가능 (예, 윤활유)
	액상 PCBs, 펄핑 가능 고상	액상 PCBs, 펄핑 가능 고상	제한된 기술 높은 투자비용

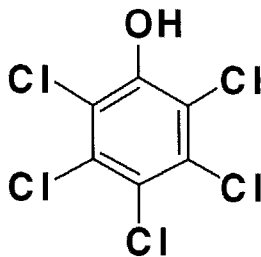
자) PCBs와 종이의와의 관계

- 펄프 제조업, 종이 제조업, 인쇄물 가공업에서 나오는 종이조각 및 PCB를 바른 종이 부스러기



5. PCPs(Pentachlorophenol)

가) PCP의 특성



- 내분비계장애물질 목록에 있는 Chlorophenol류 중 가장 독성이 강한 대표적인 발암성 물질
- IARC - 발암성 2B 등급으로 지정
- 미국 - ATSDR
PCP의 최저위험수준을 0.05mg/kg으로 제시
- 자체 독성뿐 아니라 dioxin의 전구체이기 때문에 그 위험성은 매우 높음

Formula	C ₆ HCl ₅ O
Molecular weight	- 266,3383
Color	- Pure : colorless or white - Crude product : dark gray to brown
Physical state	- Pure : crystalline solid - Crude product : pellets or powder
Melting point	- 174℃
Boiling point	- 310℃
Density	- 1.979g/mL at 22℃ / 4℃
Odor	- Phenolic ; very pungent (only when hot)
Solubility : water	- 14mg/L at 20℃
Organic solvent (s)	- In alcohol and ether : soluble - In benzene : slightly soluble
Vapor pressure at 25℃	- 0.00011 mmHg

나) PCP의 검출

- ① 목재 보존제
- ② 제초제, 방오제, 살균제, 접착제, 라텍스페인트, 종이 코팅제, 가죽 보존제 등
- ③ 종이 및 펄프 제조 공정, 염료 제조 공정 중에도 부산물로 생성되어 함유

다) 규제동향

- ① 환경부 : 유해물질로 사용을 제한.
- ② 농림부 : 농약으로 사용을 폐지
- ③ 광범위한 사용과 잔류성으로 인해 PCP는 현재 독성폐기물질로 분리되었으며 폐기 시에도 철저한 감시 및 통제 받아야 하는 품목으로 고시

라) 오염경로

- ① PCP는 사용 장소로부터의 증발이나 토양으로의 유출, 폐기물 처리소에서의 유출 등에 의해서 환경을 쉽게 오염시키고 인근 하수나 지하수를 통해 쉽게 확산

마) 동물 실험을 통한 PCP의 유해성 평가

- ① chlorophenol 중 가장 강한 급성 독성
- ② 국소 자극과 전신장애의 원인

- ③ 면역체계의 결함
- ④ 간과 신장의 손상
- ⑤ 혈액학적 이상과 생식 기능의 장애 등
- ⑥ 급성 중독에 따른 증상
 - ▶ 고온, 근육 경련 및 경직 ▶ 호흡마비에 의하여 폐사
- ⑦ PCP의 표적 장기
 - ▶ 간장 ▶ 신장 ▶ 골수

간장은 보통 세포 내 막소포체의 증식으로 종착

바) PCP의 인체에 노출경로

- ① 주로 오염된 작업장에서 흡입
- ② 오염된 물질이나 나무에 인한 경구 노출 또는 피부 접촉에 의해서 발생
- ③ 오염된 지하수나 음료수에 의해서 경구로 흡수
- ④ 오염물질에 직접적인 피부 접촉에 의해 노출
- ⑤ PCP로 처리한 나무로 지은 건축물 등에서 흡입을 통하여 노출