

지구 멸망의 신호탄, 환경호르몬

얼마전 일본의 데이교대학 의학부 조사에 의하면 20대 남성 34명에 대한 정액을 조사한 결과 정자의 농도와 운동성이 WHO기준을 충족시키는 사람은 단 1명에 불과했다는 충격적인 보도가 있었다. 우리생활의 편리를 위해 사용해오던 화학물질이 소위 개발이라는 이름아래 다량·다종 생산으로 자리잡게 되었고, 일반에 상용되기전, 위해성 평가와 같은 사전 스크린 제도의 부재로 인하여 인류 생존 및 지구멸망의 위협에 맞서야 하는 커다란 부담을 지게 되었다. 오존파괴와 지구온난화에 이어 인류생존을 위협하는 제 3의 환경물질로 대두되는 환경호르몬의 실체와 성질, 그리고 실생활속에서 대응전략을 살펴보기로 하자.

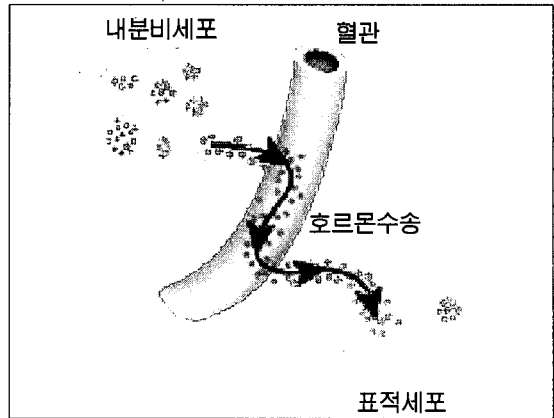
<최화봉 기자>

■내분비계 교란물질(일명 환경호르몬)이란 무엇인가

내분비계 교란물질(Endocrine disruptors)이란 생명체의 정상적인 호르몬 기능에 영향을 주는 합성 혹은 자연상태의 화학물질이다. 미국 환경보호부(EPA)에서는 이물질을 “항상성 유지와 발달과정의 조절을 담당하는 체내의 자연호르몬의 생산, 방출, 이동, 대사, 결합, 작용, 혹은 배설을 간섭하는 체외물질”로 정의하고 있다.

즉, 내분비계(호르몬계)란 생체의 항상성, 생식, 발생, 행동 등에 관여하는 각종 호르몬을 생산, 방출하는 기관으로서 선(gland), 호르몬(hormones), 표적세포(target cell)등 3가지의 부분으로 구성되어 있는 것이고, 내분비선으로부터 생산된 화학적 신호인 호르몬은 마치 통신네트워크와 같은 역할을 하며, 혈액을 통해 체내 이곳저곳의 표적이 되는 세포 및 조직에 정보와 지령을 전달하게 된다.

결국, 환경호르몬이라는 것은 호르몬이 표적세포에 정보와 지령을 전달하는 과정에서 이를 방해·교란하는 물질을 말한다. 일반적으로 이것은 합성물질로 존재하며, 생체호르몬과는 달리 쉽게 분해되지 않고 안정하여, 생체내 잔존율이 높아 심지어 수십년간 지속이 가능하고, 인체등 생물체의 지방 및 조직에 농축되는 성질이 있다.



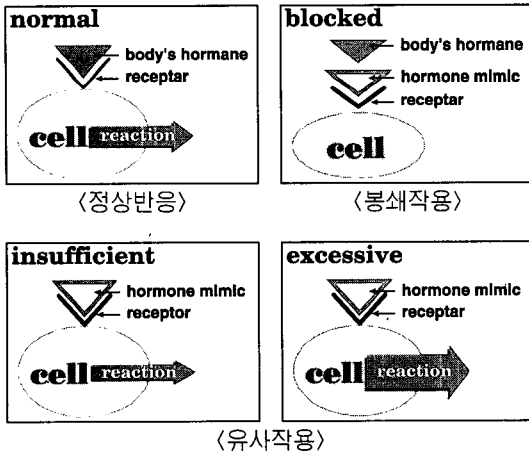
<그림1> 호르몬의 수송과정

■내분비계 장애 메카니즘

호르몬은 크게 스테로이드 호르몬과 단백질 호르몬의 두가지 그룹으로 나뉘어 진다. 스테로이드 호르몬은 직접 세포내로 들어가, 수용체와 결합하여 작용하며, 단백질 호르몬은 세포막의 수용체와 결합하여 신호를 2차 메신저에 전달하는 작용을 한다 이들 호르몬은 일반적으로 합성, 방출, 목적장기의 세포로의 수송, 수용체결합, 신호전달 등의 역할을 수행하며, 이들 호르몬의 작용을 방해 혹은 교란하는 물질은 다음의 세가지 작용기전에 의해 이루어지게 된다.

- 유사작용 (minics)
- 봉쇄작용 (blocking)
- 촉발작용 (trigger)

- (1) 유사작용은 호르몬수용체와 결합하여 내분비계 장애물질이 마치 정상호르몬의 형태와 비슷하여 정상호르몬보다 강하거나 약한 신호강도로 내분비계를 교란하는 작용을 말한다. 대표적인 것으로는 합성에스트로젠(DES)이 있다.
- (2) 봉쇄작용은 정상호르몬 수용체의 결합부위를 내분비계 장애물질이 봉쇄·차단함으로써 정상적인 호르몬 역할을 수행하지 못하게 하는 것으로 대표적인 것으로는 DDE(DDT의 분해산물)가 있다.
- (3) 촉발작용은 내분비계 장애물질이 수용체와 결합하여, 전혀 엉뚱한 작용기전을 나타내는 것으로 대표적인 물질로 다이옥신이 있다.



<그림 2> 내분비계 장애물질의 수용체에서의 작용 메커니즘
(촉발작용은 유사작용과 비슷하여 생략함)

■ 내분비계 교란물질의 피해사례

- 1) 플로리다주의 호수에 사는 악어의 숫자가 반으로 줄어들어, 그 원인을 조사해보니 수컷 악어의 생식기가 매우 왜소하여 정상크기의 절반밖에 안되었고, 그 원인물질은 농약회사에서 흘러

보낸 DDT의 대사물인 DDE였다.

- 2) 유산방지와 안전한 임신상태를 유지하기 위해 쓰이는 Diethylstilbestrol(DES, 합성에스트로젠)을 산모가 복용하였을 경우, 산모는 아무이상 없이 출산하지만, 그 산모가 낳은 딸은 성년이 되었을 때 임신이 잘 안되고 생식기 계통에 암이 발생하며, 아들일 경우는 성기의 발육부진으로 왜소한 생식기를 가지거나 정상이라해도 정자가 형성되지 못하는 이상증상이 다수 발생함.
- 3) 양산 LG 전자부품공장에서 솔벤트5200을 사용하다가 이에 폭로된 근로자 33명(여성 25명, 남성 8명)중 17명의 여성이 난소기능 저하증을 보이거나, 영구적 불임상태에 빠졌고, 남성 6명이 정자생성기능 저하증을 나타냈다.
- 4) 프랑스 아카송만에서는 연간 1만5천톤의 굴을 생산해 왔으나, 근처 요트정박장 및 조선사에서 유입되는 TBT를 함유하는 방오페인트의 유입으로 생산량 저하를 보였다.
- 5) 1980년대 후반 영국각지에서 암수 구분이 어려운 물고기가 대량 발견되었는데 그 원인을 조사해본 결과 합성세제와 유화제의 성분인 비이온성 계면활성제의 분해물이 알킬페놀이 다량 검출되었다.
- 6) 갈매기, 가마우지, 왜가리, 물수리, 펠리칸, 독수리 등이 PCBs에 오염된 물고기를 잡아먹어, 생식능력 및 성적숙성의 변화, 면역능력의 감소, 부리의 기형등이 나타났다.

■ 내분비계 교란물질 분류

현재 세계생태보전기금(WWF, World Wildlife Fund) 목록에는 67종의 화학물질이 등재되어 있으며, 일본 후생성에서는 산업용화학물질, 의약품, 식품첨가물 등의 142종의 물질을 내분비계장애물질로 분류하고 있다.

내분비계 장애와 관련해 연구결과 및 그 사례가 보고된 대표적 물질로는 식품이나 음료수캔의 코팅물질 등에 사용되는 비스페놀A와 과거 농약이나

〈표-1〉 내분비계 장애가 우려되는 물질 및 주변 생활용품

세계생태보전기금(WWF) 분류(67종)	일본 후생성의 분류(142종)	내분비계장애물질 함유의심 생활용품
- 다이옥신류 등 유기염소물질 6종 - DDT 등 농약류 44종 - 펜타 - 노닐 페놀 - 비스페놀 A - 디에틸헥실프탈레이트 등 프탈레이트 8종 - 스티렌 다이머, 트리머 - 벤조피렌 - 수은 등 중금속 3종	- 프탈레이트류 등 가소제 9종 - 플라스틱에 존재하는물질 17종 - 다이옥신 등 산업장 및 환경오염 물질 21종 - 농약류 75종 - 수은 등 중금속 3종 - DES 등 합성에스트로젠 8종 - 식품 및 식품첨가물 3종 - 식물에 존재하는 에스트로젠 유사호르몬 6종	- 플라스틱 용기, 음료캔, 병마개, 수도관의 내장코팅제, 치과치료시 이용되는 코팅제 : 비스페놀 A - 합성세제 : 알킬페놀 - 컵라면 용기 : 스티렌 다이머, 트리머 - 폐건전지 : 수은

변압기절연유로 사용되었으나 현재 사용이 금지된 DDT와 PCB, 소각장에 주로 발생하는 다이옥신류, 합성세제원료인 알킬페놀, 플라스틱 가소제로 이용되는 프탈레이트 에스테르 및 그밖에 스티로폴의 성분인 스티렌다량체 등이 내분비계장애물질로 의심을 받고 있다.(표-1 참조)

■ 국가적 대응방안

1. 대책협의회 및 전문연구협의회의 구성

○ 목적

부처간 조정된 노력을 통하여 내분비계 장애물질에 대한 효율적인 관리 및 연구를 추진, 동 물질로부터 국민의 건강과 환경을 보호하는데 있으며, 이를 위해 관련 부처, 연구기관, 민간 전문가로 “대책협의회”와 “전문연구협의회”를 구성하고, 장·단기 계획을 수립·추진한다.

○ 내분비계장애물질대책협의회

- 구성(총 8명)
식품의약품안전청, 농촌진흥청, 국립환경연구원, 농업과학기술원 담당과장 및 전문가(KAIST, 서울대 교수)로 구성
- 주요 기능
 - 내분비계 장애물질 관련 장·단기계획(안)을 수립·확정
 - 전문연구협의회의 지원방안 검토 및 연구결과

심의·확정

- 연구결과에 따른 후속 규제조치 추진

○ 내분비계장애물질전문연구협의회의

- 구성(총 9명)
 - 국립환경연구원, 식품의약품안전청, 농업과학기술원, 산업보건연구원 담당연구관과 민간전문가(KIST 등)로 구성
- 주요 기능
 - “실태조사”, “독성평가”, “시험지침” 작성 등 분야별 실행계획 작성
 - 실행계획에 따른 연구결과를 대책협의회에 보고
 - 국내·외 정보에 대한 분석 및 공유체계 확립

2. 추진계획

2.1 '99년 계획

○ 내분비계 장애물질 관련 연구사업 및 시범사업 추진

- 사업내용
 - 내분비계 장애물질 관련 국제동향과 현황 조사
 - 우선 연구대상물질 선정 및 효율적인 중·장기 추진전략 연구
 - 특정물질의 잔류실태조사 등에 관한 시범사업
- 추진기관 : 환경부(국립환경연구원)
- 추진기간 : '98.8-'99.2

○ '98 하반기 개최될 “한·일 환경협력공동위”에

리포트 - 1

양국 협력사업을 제안

- 일본도 금년부터 내분비계 장애물질에 대한 연구를 추진중이며, 양국간 상호 보완적인 연구의 필요성 강조

cycle) 평가를 통한 오염방지 및 청정 생산 기술 이행

- 내분비계장애물질에 의한 제품의 오염여부 감시를 위한 측정

2.2 중·장기 추진계획('99-2008)

- 내분비계 장애물질의 연구범위가 광범위함을 감안, 4개의 전문분야로 구분, 참여기관별 업무 분담 등을 통하여 효율적으로 추진
 - 실태조사, 독성평가, 시험지침, 국제공동연구
- 우선순위에 따라 단계별로 세부실행과제를 추진
 - 제1단계('99-2001) : 실태조사
 - 국내 환경중 내분비계 장애물질 현황 조사
 - 환경생태계에 대한 영향 연구 및 Screening
 - 내분비계 장애물질에 대한 시험지침(안) 제정
 - 제2단계(2002-2004) : 위해성 평가 및 정보망 구축
 - 내분비계 장애물질에 대한 위해성 평가기법 개발
 - 내분비계 장애관련 국내 역학조사 및 평가
 - 환경매체중 한계농도치 권고기준(안) 설정
 - 안전·예방 차원의 정보망(DB) 구축
 - 제3단계(2005-2008) : 과학적 통합관리 방안 마련
 - 대체물질 등 안전한 물질의 개발을 촉진하기 위한 지침(안) 개발
 - 노출경로별(환경매체, 제품 등) 오염도 감시체제 구축
 - 내분비계 장애물질의 지정 및 규제방안 마련
 - 내분비계 장애물질의 총량규제(안) 개발

2. 연구계

- 내분비계장애물질 관련 실험, 연구, 조사 결과 등을 수집, 평가하기 위한 관련부처연구기관 및 민간전문가로 구성된 연구기관간 전문연구 협의체 운영
- 과학적이고 합리적인 연구 수행을 위한 중·장기 연구추진전략 수립
- 내분비계장애물질에 대한 현황과 환경생태계에 대한 영향 등을 조사
- 내분비계장애물질 규제를 위한 평가 및 시험방법 등의 확립
- 내분비계장애물질에 대한 환경중의 노출량 및 인체 노출량 조사
- 내분비계장애물질의 지정 및 환경중 기준농도 등을 마련하기 위한 역학조사 및 위해성 평가

■생활속의 환경오르몬 관리방안

1. 음식물 및 용기

- 지방질이 많은 육류보다는 곡류, 채소, 과일이 풍부한 식단 선택
- 전자렌지에 플라스틱 또는 랩으로 음식을 씌워 데우는 일 삼가
- 과일이나 야채는 흐르는 물에 깨끗이 씻고 되도록 껍질을 벗겨 섭취
- I회용 식품용기 사용 자제
- 바퀴벌레 퇴치(붕산 등과 같은 물질로 예방)

2. 생활주변 관리

- 금연
- 파리, 모기 등 해충 구제를 위한 살충제의 과도한 사용 억제
- 주거지 주변의 정원이나 텃밭에 농약 살포 자제

■산업계 및 연구계 대응방안

1. 산업계

- 생산 또는 폐기하는 물질에 대한 내분비 장애독성 평가 및 시험
- 소비자에게 상품과 위해성에 대한 정보 제공
- 생산에서부터 폐기에 이르기까지의 전과정(life-

리포트 - I

- 플라스틱제품을 어린이가 입에 대지 않도록 주의
- 폐건전지, 파손된 수은온도계, 형광등 등과 같은 유해폐기물의 적절한 처리
- 세척력이 지나치게 강한 세제의 사용 자제
- 손의 청결 유지
- 3. 소비자로서의 선택
 - 치아 치료시 아말감 사용 억제
 - 세제를 사용할 때는 내분비계장애물질(노닐페놀 에톡시레이트류)이 함유된 세제 사용 자제
 - PVC가 포함된 어린이용 장난감 구매 자제(가능한 목재 또는 천연 소재로된 장난감 선택)

〈표-2〉 세계생태보전기금(WWF)분류 내분비계장애물질목록 67종

내분비계장애물질로 알려진 물질	내분비계장애물질로 의심되는 물질
Persistent Organohalogens(유기염소계물질) dioxins/furans, PCBs, PBBs, octachlorostyrene, hexachlorobenzene, pentachlorophenol	
Pesticides(농약) 2,4,5-T, 2,4-D, alachlor, aldicarb, amitrole, atrazine, benomyl, bata-HCH, carbaryl, chlordane, cypermethrin, DBCP, DDT, DDT, metabolites, dicofol, dieldrin, endosulfan, esfenvalerate, ethylparathion, fenvalerate, lindane, heptachlor, h-epoxide, kelthane, kepone, malathion, mancozeb, maneb, methomyl, methoxychlor, metribuzin, mirex, nitrofen, oxychlordane, metiram, permethrin, synthetic pyrethroids, toxaphene, transnonachlor, tributyltin oxide, trifluralin, vinclozolin, zineb, ziram	2,4-dichlorophenol Diethylhexyl-adipate
Penta-to Nonyl-Phenols(펜타-노닐 페놀)	Benzophenone
Bisphenol A(비스페놀A)	N-butyl benzene
Phthalates(프탈레이트) Di-ethylhexyl phthalate (DEHP), Di-hexylphthalate (DHP) Butyl benzyl phthalate (BBP), Di-propyl phthalate (DprP) Di-n-butyl phthalate (DBP), Dicyclohexyl phthalate (DCHP) Di-n-pentyl phthalate (DPP), Diethyl phthalate (DEP)	
Styrene dimers and trimers(스티렌 다이머 및 트리머)	
Benzo(a)pyrene(벤조피렌)	
Heavy metals(중금속) mercury, lead, cadmium	

리포트 - 1

〈표-3〉 일본 후생성 분류 내분비계장애물질목록 142종

가소제 9종	butylbenzyl phthalate(BBP), diethylhexyl adipate(DEHA), di-nbutyl phthalate(DBP), dihexyl phthalate(DHP), dicyclohexyl phthalate(DCHP), di-n-pentyl phthalate(DPP) diethyl phthalate(DEP), dipropyl phthalate(DprP), di(2-ethylhexyl) phthalate(DEHP)
플라스틱용 화학물질 17종	alkylphenol ethoxylates, 4-propylphenol, nonylphenol ethoxylates, 4-sec-butylphenol, octylphenol ethoxylates, 4-n-butylphenol, bisphenol A, 2-t-butylphenol, alkylphenol, 3-t-butylphenol, 2-octylphenol, 4-t-pentylphenol, 4-nonylphenol, 4-t-octylphenol, 4-octylphenol, styrene dimers and trimers, p-octylphenol, octylphenol
산업용화학 물질 및 환경 오염물질 21종	alkylphenol ethoxylates, hexachlorobenzene, PCBs/aoloclor, tributyltin compound, benzophenone, para-nitrotoluene, benzo(a)pyrene, nonylphenol, 6-bromonaphthol-2, octachlorostyrene, chlorobenzenes, PBB, chlorophenate, pentachlorophenol, dibromoacetic acid, TCDF, PCDF, furan, 2,4-dichlorophenol, TCDD, PCDD, dioxin, 4,4'-dihydroxybiphenyl, tributyltin oxide, 4-dodecylphenol
농약 75종	alachlor(Lasso)(제초제), aldicarb(살선충제), aldrin(살충제, 살균제), amitrole(제초제), atrazine, aminotriazol(제초제), azadirachtin(살충제) benomyl(살충제), carbendazim(살균제), carbaryl(살균제, 살충제), chlordanes(살균제), chlordecon(살충제), chlorpropham(제초제), clofentezine(제초제), cyanazine(제초제), cypermethrin(제초제), dinoseb(제초제), 2,4-D(제초제), DDE(살충제), DDD(살충제), DDT(살충제), 1,2-dibromo-3-chloropropane(살선충제), dichlorovos(살충제, 살균제), dicofol(kelthane)(살충제, 살균제), dieldrin(살충제, 살균제), diflubenzuron(살충제), endosulfan(살충제), endrin(살충제), esfenvalerate(살충제), ethiozin(제초제), ethylene dibromide(살균제), ethylenebisdithiocarbamate(살균제)(mancozeb, maneb, metiram, zineb), ethylene thiourea(ETU)(살균제), fenozycarb(살충제), fenvalerate(살충제), fluázifop-butyl(제초제), heptachlor(살충제), heptachlor epoxide(살충제), hexaconazole(살균제), beta-hexachlorocyclohexane(살균제), ioxynil(제초제), iprodione(살균제), kepone, chlordecon, lindane(살균제), linuron(제초제), malathion(살충제, 살균제), methomyl(살충제), methoxychlor(살충제, 살균제), Methyl parathion(살충제), metribuzin(제초제), mirex(살충제, 살균제), molinate(제초제), nitrofen(제초제), oryzalin(제초제), oxychlorane(살충제, 살균제), oxydemeton-methyl(살충제), parathion(ethyl phrathion)(살충제), pendimethalin(제초제), pentachloronitrobenzene(PCNB)(살충제), pentachlorophenol(살균제), permethrin(살충제), phenylphenol(살균제), procymidone(살균제), pronamide(제초제), pyrimidine carbionol family(살충제), simazine(제초제), synthetic pyrethroids(살충제), 2,4,5-T(제초제), toxaphene, camphechlor(살균제), hexachlorobenzene(살균제), trans-nonachlor(살충제), tributyltin compound(살충제), trifluralin(제초제), triforine(살균제), vinclozoline(dicarboximides)(살균제), ziram(살균제)
중금속 3종	cadmium, mercury, lead
합성 에스트로젠 8종	centchroman, hexestrol, estradiol, 2-hydroxyestradiol, ethynylestradiol, tamoxifen, DES(diethylstilbestrol) raloxifene
음식물 첨가제 3종	BHA(butylated hydroxyanisole), enterolactone equol
식물에 존재하 는 호르몬 유 사물질 6종	phytoestrogens, daidzein, coumestrol, biochanin A, formononetin, genistein