

산업체의 내분비계 장애물질에 대한 대책방안

최 주 섭 / (사)한국발포스티렌재활용협회 상무이사

사단법인 식품과학회에서 발간한 '식품과학과 산업' 32권 2호 중
'산업체의 내분비계 장애물질에 대한 대책방안'에 대한 내용을 간추린 것입니다. - 편집자주 -

1. 머리말

내분비계 장애물질이란 아직 국제적으로 통일된 정의는 내려지지 않고 있다. 1996년 12월 영국 웨이브리지에서 개최된 EU/WHO/OECD 워크숍에서 "내분비계 기능을 변화시켜 개체나 그의 자손에게 건강장애를 유발하는 외인성 물질"로 정의를 내렸다.

1997년 1월 미국 워싱턴에서 개최된 스미소니언 워크숍에서는 "생체에서 항상성을 유지하고 생식이나 발생과정의 조절에 필수적인 내인성 호르몬의 생성, 방출, 이동, 대사, 결합, 작용 또는 배출을 방해하는 외인성 물질"로 정의하고 있다.

1998년 6월 미국 내분비계 장애물질 검색 및 시험 자문위원회 보고서에서는 "과학적인 원리, 자료, 유력한 증거, 예방적 원리에 근거하여 개체나 후손, 집단 및 아집단 수준에서 내분비계 기능을 변화시켜 건강장애를 유발하는 외인성 화학물질 또는 혼합물"로 정의하였다. 내분비계 장애물질은 식물에서 자연적으로 합성되는 식물 에스트로젠과 인위적으로 합성되는 화학물질로

분류된다.

식물 에스트로젠은 16개 과 이상의 약 300여 종의 식물에서 20종류의 자연 화학물질이 발견되었다. 식물 에스트로젠을 함유하고 있는 주요 식품에는 콩, 보리, 양배추, 옥수수 등이 포함된다. 국제적으로는 일본을 제외하고는 미국이나 유럽연합 국가에서는 언론이나 시민단체들은 오히려 침착하게 정부의 대책을 기다렸다.

미국은 환경보호청을 중심으로 내분비계 장애물질 검색 및 시험 연구를 착수하였고, OECD는 국제표준 검색 및 시험방법의 검토에 착수하였다.

국내에서는 환경부와 식품의약품안전청에서 내분비계 장애물질 중장기 대책의 발표와 연구 사업이 시작되고 최근 해외 특히 일본으로부터 추가적인 관련 보도가 없어지자 국내의 내분비계 장애물질 이슈는 어느 정도 진정되었다.

한편 산업계에서는 해당 물질의 독성시험에 착수하여 일부 물질의 무해성 입증을 시도하였다. 그리고 일부 업계에서는 새로운 대체물질 개발을 착수하거나 신제품 출시를 서둘러 발표하기도 하였다.

2. 국내외 산업계의 입장과 그간의 대응

2-1. 산업계의 입장

1) 과학적인 근거 없이 일부 여론에 의해 유용 물질의 생산을 포기할 수 없다.

산업계는 소비자에게 안전한 제품을 생산, 공급하여야 한다는 책임 아래 각종 규제법규에 의한 기준의 준수뿐만 아니라 자율적인 생산공정 및 품질 관리에 만전을 기하고 있다. 그러나 내분비계 장애물질과 관련해서는 아직 가설에서 과학으로의 검증 과정에 있는 상태이며, 해당 물질에 대한 검색 및 시험방법 조차 국제적으로 정립되지 않은 상태에서 일부 시민단체 등의 압력에 의해 규제 당할 수 없다는 입장이다.

일부 시민단체는 화학물질의 무해성을 생산자가 입증할 때까지 그 제품의 생산을 포기하라고 주장하고 있으나 현재는 내분비계 장애물질의 유무를 판단할 수 있는 기준이 국내외적으로 정립되지 않은 상태이다. 산업계는 차후에 그 물질이 위해성이 없는 것으로 밝혀지는 경우 입게 되는 산업계의 손해를 변상 받는다는 보장이 없는 상태에서 갑자기 생산을 중단할 수는 없을 것이다. 사회적으로도 그간 화학물질의 위해성 관리 체계하의 어떤 독성 문제도 없던 물질을 내분비계 장애 물질 혐의만으로 건강 보호, 식량 생산 증대, 산업 발전 및 생활 향상에 유효하게 쓰이고 있는 물질을 사용 중단할 수 있는가 라는 부담도 있지만, 이를 대체할 수 있는 새로운 물질을 개발하여 상용화하는 것도 미지의 위해성 부담은 있게 마련이다.

국내 전문가도 국내에서 제기된 내분비계 장애물질 문제는 전반적인 위해성 평가 및 관리 개념에서 볼 때 제1단계의 위험성 확인(Hazard

identification) 단계에 와있다고 볼 수 있으므로 제2단계인 용량-반응단계, 제3단계인 노출평가, 제4단계인 위해도 결정단계를 상정하여 이에 필요한 자료를 모으고, 이에 부족한 자료들은 국내 기술로 마련하고 이를 근거로 최선의 위해성 평가를 내려야 할 것임을 주장하였다. 한국환경정책평가연구원의 '선진적 화학물질 규제 개념의 정립과 기존 제도의 개선' 연구보고서에 의하면 미국에서는 신규 화학물질과 기존 화학물질 모두의 경우에 있어 대상 화학물질의 고유 독성과 인간과 환경에의 노출 가능성, 사회경제적 영향을 종합적으로 고려해 규제 요구성 위해를 야기하는 화학물질에만 규제 조치하고 있다는 점을 명심해야 할 필요가 있다.

2) 내분비계 장애물질 목록 지정 근거에 대해 이의가 있다.

1998년 4월 8일 미국 산안토니오에서 개최된 국제스티렌공업포럼(ISIF)에서 미국 스티렌 정보연구회(SIRC)는 일리노이즈 지방 환경청(EPA)이 내분비계 장애물질 예비목록 중에 'Provable'로 스티렌(Styrene)을 포함시킨 것에 대하여 반론 자료를 제출하여, 일리노이즈 EPA로부터 스티렌이 잠재적 내분비계 장애물질이 아니라는 회신을 받았다고 발표하였다. 1998년 4월 7일자 내분비/여성호르몬 보고서에 따르면 일리노이즈 환경보호청에서 "스티렌(Styrene)은 내분비 교란을 일으킨다고 추정되는 물질과는 관련성이 적다. 만일 이러한 결론에 반하는 추가 증거가 드러나지 않는 한 당 기관은 다른 화학물질에 대한 연구에 초점을 맞추고 활동을 계속할 것이다" 라고 발표한 바 있어서 스티렌은 내분비계 장애물질로 추정되는 공식 리스트에서 제외될 것으로 보인다.

미국 플라스틱산업협회(SPI)와 유럽 화학산업위원회(CEFIC) 비스페놀 에이 분과위는 1997년 Vom Saal의 연구(시험 결과 소량의 비스페놀 에이를 투여한 어미 쥐가 후 세대 쥐의 정자 생산력 감소와 전립선의 중량 증가가 있었다)와 같은 내용을 반복 시험하여 비스페놀 에이의 투여량을 같은 량, 10배 증량, 10배 감량으로 독성시험을 한 결과 시험 쥐에 아무런 영향이 없었다는 새로운 연구 결과를 공동으로 발표하였다. 전세계폴리스티렌산업회의 회원인 일본의 JSIA, 유럽의 SSC, 미국의 PSPC 임원들은 1998년 12월 교토에서 개최된 국제회의를 마치고 일본 환경청을 방문하여 폴리스티렌 추출물질의 독성시험 결과를 설명하고, 일본 환경청의 내분비교란물질 대책계획(SPEED 98)에 내분비교란물질로 분류된 스티렌 다이머와 트라이머를 목록에서 삭제해주도록 공식 문서를 제출하였다.

미국화학공업협회(CMA) 공공건강팀 샌드라 티레이 부팀장은 "여성호르몬 물질 규명을 위한 시험방법의 제정이 환경보호청의 최우선 과제가 되어야 한다. 미국의 화학산업계는 여성호르몬 연구를 위해 100만 달러 이상을 투자하고 있다. 산업계는 환경보호청과 계속적으로 일할 것이다. 그리고 공공정책의 수립에 건전한 과학이 기초가 되어야 함을 계속 강조할 것이다"라고 산업계를 대변하였다.

3) 외국 정부에서도 사용규제는 검토되고 있지 않다.

1998년 3월 미국 환경보호청은 음용수안전법에 의해 음용수 오염 후보물질 최종안을 발표하였다. 이 리스트에 포함되는 화학물질의 경우 음용수 및 환경모니터링, 폐수 및 음용수 처리

등 기술적인 주목을 받을 뿐만 아니라 산업계로서도 상당한 저감 노력을 해야한다. 그러나 후보물질 리스트에는 연구가 종료되지 않은 상태에서 내분비계 장애물질 가능성만으로 리스트에 포함시킬 수 없다는 논거로 내분비계 장애물질들은 제외되었다.

한편 1998년 11월 9일 일본 후생성 내분비교란화학물질의 건강영향에 관한 검토위원회의 중간보고서에 의하면 폴리스티렌(PS)의 경우 스티렌 모노머, 다이머, 트라이머에 대한 시험관내 시험 결과 여성호르몬 수용체 등에 대한 결합능력이 인정되지 않았고, 아직 쥐의 자궁 비대 시험에서도 자궁 중량의 증가나 병리조직학적인 변화는 인정되지 않았다고 지적하면서 즉시 사용 금지 등 조치를 강구할 필요가 없다고 결론을 내렸다. 폴리카보네이트(PC)의 경우 주원료인 비스페놀 에이에 관해 생체내 시험 결과 실제 폭로량의 수준에 독성을 가리키는 데이터는 얻지 못하고, 아직 극저용량의 마시는 물 혼입에 의한 자궁내 및 포유 중 시험에서도 폴리카보네이트로부터 용출된 비스페놀 에이가 사람의 건강에 중대한 영향을 준다고 하는 과학적인 의견을 얻을 수 없었다고 현상을 소개하면서 사용금지 조치가 불필요하다는 판단을 내렸다. 또한 PVC에 있어서는 가소제인 프탈산 에스테르를 채택하여 집쥐나 생쥐에 프탈산 디에틸 헥실을 투여해도 자궁 비대가 인정되지 않았고 저농도에서도 여성호르몬 수용체와 결합하지 않았다는 시험보고를 근거로 규제할 필요가 없다고 결론을 내렸다.

일본 농림수산성은 1998년 8월 11일 일본 내분비교란물질에 관한 National Citizen's Group Table의 요청에 의해 컵라면 용기의 농업규격(JAS) 개정 요청에 따른 공청회를 개최

하고 후생성의 내분비 교란물질의 건강에 미치는 영향 연구팀의 중간보고서를 검토하였다.

1998년 12월 11일 농림수산성은 “컵라면 용기가 인체 건강에 심각한 영향을 야기한다는 아무런 과학적인 증거를 발견하지 못하였으므로 이 시점에서 컵라면 용기에 대한 일본농업규격을 개정할 필요가 없다”고 공식 견해를 발표하였다.

환경호르몬연구회 창립기념 국제심포지엄에서 일본 국립의약품식품위생연구소 객원 연구원인 강경선 박사도 컵라면에서 용출된 스티렌 다이머와 트라이머의 경우 일본 가와무라 박사가 이들 물질이 용출된다고 보고했을 뿐이고, 그 호르몬성에 대해서는 언급한 바가 없었으며 아직 세계적으로 검증된 바가 없다. 본인의 현재까지의 연구 결과로는 아직까지 이들 물질이 특히 여성호르몬성을 띠 가능성이 있을 아무 과학적인 증거를 찾지 못했다고 설명하였다.

일본 미쓰비시화학 안전과학연구소는 프탈레이트계 화합물인 가소제인 DBP, DOP, DnOP, DINP, DIDP에 대한 인비보 시험 결과 에스트로젠 활성이 없었고, DOP의 영장류에 대한 고환의 안전성평가 시험 결과 고환의 기능 저하나 이상 증후는 전혀 나타나지 않았다고 발표하였다. 또한 DOP는 환경에 잔류하는 양이 극히 적고 미생물에 의해 쉽게 분해되며, 생체 내 대사가 빠르게 일어나 체외 배출이 용이함을 지적하였다.

4) 국내에서도 내분비계 장애성을 근거로 규제된 화학물질은 없다.

환경부가 1998년 6월 내분비계 장애물질에 대한 정부대책의 발표 내용을 보면 세계야생기금(WWF) 내분비계 장애물질 목록 67종 중 국

내에서 제조, 수입 및 사용 사례가 없는 물질이 16종, 사용사례가 있는 물질이 51종이었다. 그 51종 중 42종은 기존의 독성 기준에 따라 유해화학물질관리법, 농약관리법 등에 의해 규제되고 있었고, 미규제 물질은 9종이었다. 미규제물질 9종 중 유해화학물질관리법 규정에 의한 관찰기준 및 요건인 난분해성물질(옥탄올 물 분배 계수가 4 내지 7 또는 어류에 대한 생물농축계수 500 이상), 유전독성 우려물질(유전자 독성시험 또는 염색체 이상시험에서 양성이거나 유전적 손상을 준다고 나타난 물질), 발암성 우려물질(1종 이상의 동물에서 암을 유발하거나 국제암연구센터에서 인간에 대한 발암 가능성이 있다고 판정한 물질), 만성독성 우려물질(시험동물을 이용한 번식독성 또는 최기형성 시험에서 차세대에 영향을 주지 않는다는 증거가 불충분한 물질)에 해당되는 4종의 물질에 대해서는 관찰물질로 지정(98. 6. 27)하여 제조, 수입 및 사용용도를 신고하도록 의무를 부여하였다. 다시 말하면 지금까지는 내분비계 장애 독성으로 국내법에 의해 규제되고 있는 물질은 없는 것이다.

2-2. 그간의 대응

1) 스티렌 다이머와 트라이머에 대한 내분비계 장애물질 독성 연구 실시

스티렌 관련 국내외 업계에서는 스티렌 용기 추출물질인 스티렌 다이머와 트라이머에 대한 여성호르몬성 연구를 실시하고 그 결과를 발표하였다.

일본 일청식품 중앙연구소(JCFIA)는 스티렌 다이머와 트라이머를 합성하여 여성호르몬 수용체 시험(Estrogen receptor binding assay), 남성호르몬 수용체 시험(Androgen receptor

binding assay), MCF-7 인체 유방암 세포 증식시험, 고환 세포에 의한 스테로이드호르몬의 생합성시험, Rat uterotrophic assay 등을 수행하였으나 그들 중 어느 것도 여성호르몬 작용을 하지 않았으며, 같은 방법으로 스티렌 모노머도 시험하였으나 역시 여성호르몬성이 나타나지 않았다. 네덜란드 TNO Nutrition and Food Research Institute의 M. J. Appel이 행한 폴리스티렌(GPPS)의 자궁영양시험 연구 결과에 의하면 폴리스티렌의 에탄올 추출물질에는 여성호르몬 영향은 없었다. TNO 시험은 생쥐를 10마리씩 7개 군으로 나눠 각각에 각종 시료를 투여하여 각 군의 생쥐의 중량을 측정하여 비교하는 방법을 택하였다. 그 결과 스티렌 다이머와 트라이머를 주성분으로 하는 폴리스티렌 추출물질에는 각 군의 자궁 중량의 비교에 유의차가 없었다는 것이 확인되어 에스트로젠성은 없다는 것이 판정이 내려졌다. 폴리스티렌 추출물질의 추출에 50% 에탄올을 사용하였는데 이는 미국 FDA의 지방식품에 접촉하는 경우의 용출시험 방법에 준거한 것으로 폴리스티렌 속의 다이머와 트라이머의 추출량이 많아지도록 엄격한 조건을 선정했기 때문이다.

독일 BASF사의 Sabine Backmann 등이 23종의 폴리스티렌 추출물질의 자궁영양시험 연구 결과에 의하면 저농도부터 고농도까지의 23종의 폴리스티렌 올리고머(EPS 6종, HIPS 8종, GPPS 9종)에서 여성호르몬 작용은 나타나지 않았다.

미국 Research Triangle Institute의 Patricia A. Fail 등이 폴리스티렌 추출물질의 여성호르몬 작용성에 대한 시험 평가한 연구 결과에 의하면 생체내 시험(in vivo tests)에서 폴-

리스티렌 추출물질인 스티렌 다량체에 대한 새끼 쥐의 자궁자극시험을 이용한 세포실험에서 자궁 중량에 영향을 주지 않았으며, 시험관내 시험(in vitro tests)에서도 인체의 유방암 세포를 이용한 시험실 시험 결과 여성호르몬 수용체의 중재 역할을 유도하지 않았다. 결론적으로 폴리스티렌 추출물질은 두 가지 시험에서 아무런 여성호르몬 작용을 하지 않는 것으로 평가되었다. 생체내 시험에서 어린 스프라그 들리 암쥐들(무리당 10마리)에게 추출물질(2가지 복용량: 하나는 폴리스티렌 추출 가능물질에 대한 잠재적인 인간의 일상 노출의 최대치를 나타내며, 다른 하나는 최대노출의 1/10), 대조구(참기름, 그리고 양성 반응 물질(몸무게 1Kg 당 200마이크로그램 수준의 합성여성호르몬)을 경구 투여한 후에 이들의 자궁 중량이 조사되었다. 아울러 5개의 처리집단에 에스트라디올(몸무게 1kg 당 1, 50, 500 마이크로 그램씩)과 합성여성호르몬(몸무게 kg 당 2, 200마이크로 그램씩)이 피하 주사로 투약되었다. 투약은 생후 21일부터 시작되어 23일까지 매일 계속되었다. 몸무게는 연구 개시일(생후 21일)과 검시일(생후 24일)에 조사되었다. 연구 개시일 이나 검시일에 있어서 처리 집단의 사이의 쥐의 중량은 통계상 차이점이 없었다.

자궁의 습윤 중량과 상대적인 자궁의 중량은 에스트라디올 50마이크로 그램/kg과 500마이크로 그램/kg에서, 합성여성호르몬 2마이크로 그램/kg과 200마이크로 그램/kg에서, 합성여성호르몬 200마이크로 그램/kg(경구투여시)에서 대조구보다 상당히 증가했다. 그러나 폴리스티렌 추출물질은 자궁의 습윤 중량에 아무런 영향이 없었다. 시험관내 시험에서는 일시적으로 감

염된 인체 유방암세포 MCF-7에, Gal4-HEGO 그리고 17m5-G-Luc 들이 뒤엎힌 재조합 여성 호르몬 수용체/보고 유전자분석이 사용되었다. 보고유전자 17m5-G-Luc의 투약 양에 따른 진통작용이 양성 반응물질에서 관찰되었으며, 10nM E2를 갖고 있는 감염된 MCF-7 세포의 24시간 잠복기를 거쳐 100배 이상의 진통작용을 갖고 있는 17 베타 에스트라디올(E2)에서도 관찰되었다. 같은 분석조건을 사용한 디메틸황산(DMSO)에 용해된 1.0mg/ml 또는 0.1mg/ml, 0.01mg/ml의 폴리스티렌 추출물질은 어떠한 보고유전자 활동의 진통작용도 관찰되지 않았다. 이 결과는 폴리스티렌 추출물질이 Gal4-HEGO/17m5-G-Luc 재결합 수용체/보고유전자 분석을 이용한 여성호르몬 중개활동을 유발하지 않는다는 것을 보여준다.

결론적으로 폴리스티렌 추출물질은 쥐의 자궁 자극분석이나 여성호르몬 수용체 중개활동을 위한 MCF-7 세포 분석 모두에서 아무런 여성 호르몬 반응을 나타내지 않았다. 우리나라의 경우 동부한농화학(주)에서 실시한 급성독성시험(1998. 8. 22 - 9/8) 결과에 의하면 폴리스티렌

추출물질 1,000mg/kg, 2,500mg/kg, 5,000mg/kg 을 쥐에 경구 투여하였을 때 대조구에 비하여 특이 사항이 발견되지 않았다.

국내의 산업계의 폴리스티렌에 대한 내분비계 장애물질 연구 상황은 [표 1]와 같다.

2) 해외 산업계의 연구 활동

유럽화학산업협회(CEFIC)는 위해성 관련 연구에 900만~1300만 달러를 배정하여 3년간의 기초연구를 위해 사용하고, 유럽과학재단과 함께 향후 3년간 남성 생식보건의 문제 여부를 결정할 계획이다. 미국의 화학산업독성연구소(CIIT)는 1996년부터 연간 150만 달러를 연구비로 조성하여 내분비독성학을 연구하고 있다. 미국화학산업협회(CMA)는 500만~6900만 달러 연구비를 배정하여 위해성 관련 연구를 하고 있고, 1996년 6월 15일~16일에는 시험방법에 대한 워크숍을 개최하였다. 듀폰(DuPont)사는 250만 달러를 배정하여 주로 m-RNA probe 및 신경내분비계 probe 개발 연구를 실시하고 있다. 미국플라스틱산업협회(SPI)는 1998년 9월 PS실무그룹을 통하여 PS추출물질의 독성시험을 실시하였다. 그리고 미국, 유럽, 일본 등이 실

[표 1] 국내외 산업계의 폴리스티렌에 대한 내분비계 장애물질 연구 상황

구분	연구 현황	금후 연구 계획
미국 PSPC/SPI	다량체에 대해 동물실험(in vivo) 및 시험관내 시험(in vitro) 실시 (시험결과: 여성호르몬 작용하지 않음)	○검색 및 시험 실시 ○검색 및 시험 결과 자료집 발간
유럽 SSC/CEFIC	다량체에 대해 동물실험(in vivo) 실시 (시험결과: 여성호르몬 작용하지 않음)	○차세대 시험의 타당성 연구 ○유럽, 미국의 시험결과 자료집 발간
일본 JSIA/JCFIA/NIHS	다량체에 대해 동물실험(in vivo) 및 시험관내 시험(in vitro) 실시 (시험결과: 여성호르몬 작용하지 않음)	○1세대 독성시험 실시
한국 KFRA	미국, 유럽, 일본의 독성시험 결과 자료집 발간, 세미나 개최	○식품의약품안전청과 국립환경 연구원에서 독성시험 실시

자료 출처: ISIF, Executive Summary of The 4th International Oligomers Technical Meeting, Sep. 29, 1998

시한 PS추출물질의 여성호르몬성 시험 결과를 취합하여 PS의 안전성과 건강에 대한 지침서를 1999년 3월에 발간할 계획이다.

일본화학공업협회(JCIA)는 1996년에 일본 화학물질안전성조사센터에 위탁하여 내분비교란물질에 대한 포괄적인 조사를 하였다. 당협회는 내분비교란물질의 문제점으로 인과관계의 해명, 시험평가방법의 확립, 리스크 커뮤니케이션, 화학물질에 대한 막연한 불안감 등을 지적하고 금후 문제가 되고 있는 물질의 위험성 정밀조사, 화학물질 시험방법 작성, 내분비교란물질의 위해성 연구 등을 실시하고 관련 업계에 정보를 제공할 계획이다.

국제순정응용과학연합(IUPAC)은 천연물 및 인공화학물질에 의한 환경오염으로 야생생물계와 인간 집단에 미치는 유해작용, 특히 내분비계 성호르몬과 갑상선 호르몬의 교란으로 발생하는 문제에 대응하기 위한 과제로 외인성 물질과 호르몬 수용체 작용기구의 관련 해명, 에스트로젠 호르몬 및 갑상선 호르몬의 생합성과 대사에 관한 생화학적 연구 및 외인성 물질의 작용기구 연구, 호르몬 수준에서의 조절 기작에 대한 외인성 물질의 영향에 관한 생물학적 연구, 각종 생물 종에서의 독성학적 시험, 인간 집단에 미치는 건강 영향 및 질병에 관한 역학적 연구 등을 추진할 것을 권고하고 있다.

3. 산업계의 금후 대처방안

그간 내분비계 장애물질과 관련한 산업계의 대응 형태는 국내의 독성 연구자료를 증거로 당해 제품에 문제가 없음을 발표하는 적극적 방어를 나타낸 업계도 있으나, 대부분의 업계는 지금

까지의 자료가 과학적인 신빙성이 없으므로 금후 법적 규제의 근거가 될 수 없다는 논리로 별도의 대응 없이 관망하는 자세를 취하고 있다. 그러나 내분비계 장애물질 혐의에서 벗어난 경쟁 품목과 신제품을 개발하는 사업자들은 내분비계 장애물질의 이슈화를 새로운 시장의 진입 기회로 삼아 내분비계 장애물질 목록에 포함되지 아니한 자사의 신제품 개발 및 상용화에 적극적으로 이용하고 있다. 그러나 산업계 내부적으로 보면 내분비계 장애물질에 대한 종합적인 검색과 시험이 국내외적으로 진행되면서 미래에 발생될 수 있는 위해성과 소비자들의 안전성 욕구를 충족시키기 위해서 공식, 비공식적으로 여러 가지 대안을 검토하고 있다.

최근 한국화학연구소가 내분비계 장애물질과 관련하여 산업계에 설문 조사한 결과에 의하면 국가적인 연구의 우선 순위에 있어 환경호르몬 관련 정보의 구축 및 공유, 환경호르몬 추정물질에 대한 위해성 평가 및 관리, 외국 정부의 규제현황 및 대체기술 비교 및 분석, 대체물질 개발, 저감기술 개발, 대체공정 개발 등이 필요하다고 응답하였다. 또한 상기의 연구에서 산업계는 내분비계 장애물질 관련 연구 또는 대응전략 수립의 애로점으로 독성 및 노출자료의 부족, 관련 정보의 불충분, 언론 및 소비자단체로부터의 비논리적 요구사항 및 압력, 정부의 소극적 태도, 자사의 환경호르몬 문제의 인식 부족 등을 꼽았다.

3-1. 대체 소재의 개발

내분비계 장애 혐의물질 이외의 소재를 이용 신제품 개발은 소비자의 안전에 대한 욕구에 부응하기 위해 관련 제조업체들이, 그리고 신규 시장 진입을

[표 2] 대체 소재 개발 상황

구분	대체 소재 개발 내용
비스페놀 에이	A-PET(새한), PEN계 엔지니어링 플라스틱(코오롱), 라미네이트캔(일본 도요세이칸)
스티렌 올리고머	폴리프로필렌수지에 천연식품 소재 첨가(우리캠테크), PE 코팅 종이용기, 펄프몰드 용기
PVC	테크플렉스(비PVC수액제: 중외제약), PET 용기, EVA, PE랩
Phtalate-free 제품	폴리오레핀, 폴리에스테르류, Non-Phtalate PVC(Synergistic사)
Non-Phtalate 가소제	Benzoflex가소제(Velcicol사), Epoxidized soybean oil
TBT	구리가 함유된 에폭시화합물 등 대체화합물, 해양천연물, Non-stick coating
알킬페	천연합성세제, 글리코사이드계 계면활성제
피씨비	폴리오레핀계 화합물, 폴리에스테르, 실리콘오일
중금속류	폴리머전지(니켈카드뮴전지 대체), 자동차용 신 전착도료(VOC와 중금속 함유 도료 대체)
	Triax2153(카드뮴 함유 염료 대체, Monsanto Canada)
농약류	신농약 개발, 생물농약

자료 출처: 한국화학연구소, 내분비계 장애물질 규제 대응 종합기술개발전략 집 초안, 1999. 4

원하는 후발업체를 중심으로 진행되고 있다. 국내의 산업계의 대체 소재 개발 상황은 [표 2]와 같다.

등의 표면 개질 등 다양한 요소 기술 동원이 가능하다고 판단하고 있다.

3-2. 생산공정의 개선

합성수지의 중합 후 존재하게 되어 통상의 분리정제 과정에서 제거되지 못한 미량물질이 내분비계 장애물질 목록에 포함된 폴리스티렌 중의 스티렌 올리고머류와 폴리카보네이트와 에폭시 레진 중의 비스페놀 에이 등을 허용한계 기준 이하로 정제하는 기술이 검토되고 있다. 합성수지 중 잔류하는 환경호르몬 물질의 제거에 대한 연구 개발 사례는 없으나, 최근 한국화학연구소에서는 합성수지 중 잔류물질인 스티렌 올리고머 또는 비스페놀 에이의 제거 방안으로 초임계 유체를 이용하여 분리하는 기초기술연구를 수행하여 기술적 가능성을 확인하였다.

동연구소는 관련 산업계를 협력기관으로 참여시켜 다자간 산-연 협동연구과제로 추진할 것을 제안하고 있다.

PVC 제품인 경우 제품 표면을 적절히 처리하여 가소제의 유출을 차단하거나 코팅, 가교화

3-3. 기타 기술

TBT의 경우 배에 붙어있는 유기체들을 주기적으로 세척하여 오염층이 두꺼워지거나 오염의 강도가 심해지는 것을 막을 수 있다. 그리고 조선소의 건조도크의 방오제 저감기술로서 오염의 확산을 막을 수 있다. 환경오염물질인 다이옥신의 발생억제를 위해서는 폐기물 소각시 폐기물의 조성, 로 내 온도, 연소공기 배분 및 공급량의 조절, 체류시간 등 운전조건을 최적화 하거나 캔, 전선, 건전지 등 다이옥신 생성에 촉매 역할을 하는 물질의 사전 제거하는 방법이 있다. 중금속의 경우 석탄재에 의한 중금속 흡착기술, 게 껍질을 이용한 납의 생물 흡착기술 등이 제시되고 있다.

4. 결론

내분비계 장애물질이 인체에 미친다는 몇 가지 현상들에 관해서는 아직 확실한 증거가 확보

되었다고 볼 수 없어 “과연 이러한 현상들이 사실인가?”, “설사 그런 현상들이 사실이라고 해도 내분비계 장애물질 노출 때문이라 할 수 있나?” 등의 의문이 있다. 지적되는 몇 가지 현상들은 20~30년간의 장기적인 전향적 코호트 연구(Prospective Cohort Study) 결과가 나와야만 이 문제에 관한 과학적인 해답이 주어질 수 있을 것이다.

미국 산업화학독성연구소의 로저 맥클레란 대표는 식품의약품안전청의 내분비계 장애물질의 국제연구동향 및 전략 워크숍의 주제 발표에서 “지금껏 환경호르몬으로 규명된 물질은 하나도 없다. 미국에서는 환경호르몬이 과학자의 연구영역일 뿐 대중 관심사는 아니다. 환경호르몬 연구는 3단계의 복잡한 실험을 거쳐야 하며 지금까지 알려진 사실은 모두 1단계 연구결과이다. 불확실한 연구결과들이 대중에게 알려져 사회 문제화되는 것은 바람직하지 않다”라고 역설하였다.

미국, 일본, EU 등 선진국들은 내분비계 장애물질에 대한 정확한 정보를 얻기 위해 검색 및 시험평가방법을 3년 이내에 완료하고 이를 바탕으로 위해성 여부를 규명해 대응책을 모색하는 등 과학적인 해명에 힘쓰고 있는 반면 우리나라는 위해성이 아직 정확히 입증되지 않은 물질을 둘러싸고 위해성 및 사용규제 논쟁이 우선하고 있어 국익은 물론 경제, 사회적으로도 바람직하지 않다.

다행스럽게도 정부는 금년도부터 내분비계 장애물질 중장기연구사업계획(1999년- 2008년)을 수립하여 환경실태조사 및 독성평가사업을 착수할 계획이며, 과학기술처도 내분비계 장애물질 규제 대응 종합기술 개발전략을 수립하

여 산관연 합동으로 산업계 지원방안을 모색할 계획이다.

한편 내분비계 장애물질에 대한 소비자의 우려는 내분비계 장애물질이 환경 또는 식품, 제품을 통해 생활 전반에 걸쳐 무방비로 노출되어 있고, 생식장애, 발육장애 등 인간에게 치명적인 부작용들이 보고되어 있어 현재의 삶의 형태 즉 소비 형태와 밀접한 관련이 있다는 것이다.

따라서 소비자단체는 생활정보의 차원에서 정부와 기업이 생산한 내분비계 장애물질에 대한 정보를 소비자에게 제공할 것임을 천명하고 있다.

즉 유용한 생활정보로서 내분비계 장애물질로부터 소비자가 어떻게 노출되어 있는지 노출 경로를 알려줌으로서 소비자가 이를 활용토록 하고 궁극적으로는 현재의 소비생활에 대한 시민의식을 제고시켜 환경친화적, 지속 가능한 소비형태로의 전환을 유도하겠다는 것이다.

이제 산업계는 화학물질의 위해성에 대하여 소비자와 생산자간의 인식의 격차를 좁힐 수 있도록 화학물질의 리스크 커뮤니케이션(Risk Communication) 활동을 전개하여야 한다. 이를 위해서는 화학물질의 유용성을 널리 알리는 동시에, 산업에서 생산 및 방류하는 물질에 대한 조직적인 위해성 검색 및 시험을 실시하고, 그 결과에 대하여 소비자에게 위해도 정보를 제공하며, 청정 생산과 오염 예방 대책을 적극적으로 추진해야 할 것이다.

한편 다국적 기업들의 앞선 연구능력을 이용한 대체물질의 조기 개발과 이를 이용한 국제 규격화의 촉구 전략 가능성을 동종 업계는 염두에 두고 다각적인 대응책을 서둘러야 할 것이다. ☐