

백색부후균에 의한 환경호르몬의 에스트로젠성 제거

김 명 길

국립산림과학원 임산공학부

1. 환경호르몬의 정의

환경호르몬(내분비계 장애물질, endocrine disruptors, EDs)은 생명체의 정상적인 호르몬 기능에 영향을 주거나 방해하는 합성, 혹은 자연 상태의 화학물질로 정상적인 호르몬을 대신하여 내분비계의 기능을 혼란시켜 마치 생체 호르몬처럼 작용하여 성기의 기형, 생식기능의 저하, 행동의 변화, 암의 발생 등을 유발할 수 있다. 환경호르몬은 일반적으로 합성화학물질로서 물질의 종류에 따라 저해호르몬의 종류 및 저해방법이 각각 다르다. 생체 내에 합성되는 호르몬과 비교하여 환경호르몬의 특성은 다음과 같다. 생체 호르몬과는 달리 쉽게 분해되지 않고 안정하다. 환경 및 생체 내에 잔존하며 심지어 수년간 지속되기도 한다. 인체 등 생물체의 지방 및 조직에 농축되는 성질이 있다. 미국, 일본과 같이 우리나라는 세계야생보호기금(WWF)에서 정한 67개 물질에 대한 우리나라 수질, 지질, 대기, 토양 등의 잔류농도 분석 결과 다이옥신, 비스페놀-A, 프탈레이트류, 알킬 페놀류(그림 1) 등이 환경매체에서 검출되었다.

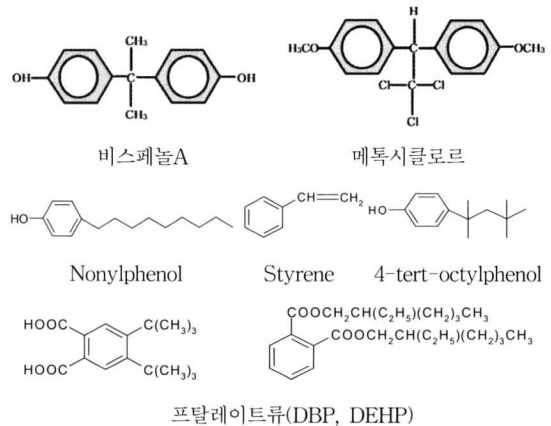


그림 1. 환경호르몬의 화학적 구조

환경호르몬에 생명체가 노출되는 근본적인 원인은 폐기물 소각장, 화학공장, 음식물의 잔류 농약 등의 직접적인 접촉이나 흡입이다. 또한 농약류나 환경오염물질에만 국한되어 있지 않고 식품, 의약품, 생활용품, 산업물질 등 광범위하게 분포되고 있다는 것이다(그림 2). 이를 크게 농약류와 합성화합물류, 두 종류로 구분할 수 있다. 농약류는 대부분 자연계에 오랫동안 잔류하는 특성을 가진 염소(Cl)를 포함한다. 대표적인 사례는 DDT로

1940년대초 살충제로 사용되어 농업 생산을 크게 증가시키고, 모기를 박멸해 학질이나 황열병으로부터 수백만 생명을 구했지만, 여기저기서 피해가 속출하자 1970년대에 사용이 금지된 물질이다. 같은 시기에 알드린, 일드린, 클로르단과 같은 농약 역시 비슷한 이유로 사용이 금지되었다. 한편 합성화학물질류는 농약류를 제외하고 각종 산업계에서 파생하는 유해화학물질을 일컫는다. 예를 들어 다이옥신은 제초제를 만들 때 부산물로 발생하거나, 소각장에서 피복전선이나 페인트처럼 유기염소계 화합물을 태울 때 생성되는 대표적인 환경호르몬이다. 또 폴리염화비닐(PCB)은 전기나 열의 전달을 막는 절연유의 원료인데, 변압기나 콘덴서를 비롯해 거의 전 공업분야에 이용된다. 주로 산업폐수에서 많이 검출되며, 한국에서도 오래 전부터 낙동강을 오염시키는 주범으로 인식되는 물질이다. 이외에도 계면활성제로 사용되는 페놀류나 선박의 도료로 사용되는 트리부틸주석(TBT) 등 다양한 종류가 있다.

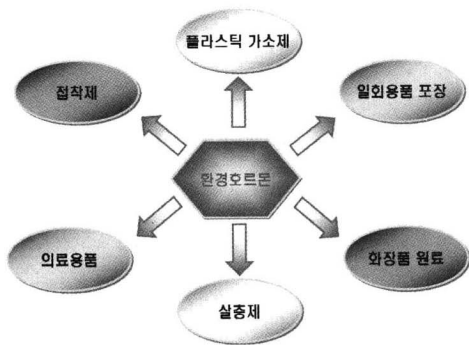


그림 2. 환경호르몬이 사용되는 예

II. 환경호르몬의 국내·외 연구 동향

최근 환경호르몬으로 문제가 되고 있는 품목들은 유아용 젖병, 컵라면 용기, 캔음료 등이다. 이

들 제품에서 환경호르몬으로 추정되는 스타이렌 다이머와 스타이렌 트리머 등이 검출되었으며, 이 때문에 이들 제품에 대한 사용 제한을 해야 한다는 주장이 있다. 그러나 아직 연구 결과들이 현저하게 나타난 것은 없지만 기초 연구를 진행하고 있는 단계이다. 따라서 환경호르몬에 대한 구체적인 규제는 하지 않고 있으며, 미국의 연방환경청도 상식적인 예방 안전 규명만 두고 있다. 하지만 인류의 생존을 위협할 수 있다는 가정 하에 실제의 규명 작업과 예방 등의 대책을 준비 중에 있다. 각 나라에서의 환경호르몬에 대한 연구 결과와 대응을 살펴보면, 미국에서는 95년부터 연방환경청을 중심으로 특별자문위원회를 구성, 종합적인 전략 계획을 수립하고 있으며, 98년 8월까지 내분비계 장애물질의 검증, 검색법 및 시험법을 개발하였다. 또한, 위험물질이 환경에 확산되지 않도록 규제할 수 있는 과학적인 근거 자료를 마련하였다. 일본은 유해화학물질 가운데 143종을 내분비계 장애물질로 분류하고 있으며 연구에 상당한 재원을 투자하고 있다. 한편 컵라면 용기의 스타이렌 다이머, 스타이렌 트리머는 내분비계 장애 작용을 하지 않으며 폴리스타이렌 용기의 사용 금지 규제 기준을 개정할 필요가 없다는 결론을 내렸다. 영국은 음식물 포장 비닐이나 테트라팩을 제작하는데 프탈레이트를 사용하지 못하도록 하고 있으며, 1976년부터 알킬페놀로 가정용 세제 제조 방법을 구체화하고, 연방환경청은 일부 농약, 다이옥신 등 인체 내 호르몬 교란과 상관있는 것으로 알려진 화학물질의 위해성을 재평가하고, 쓰레기 소각장의 다이옥신 방출허용기준을 조정하였다. 유럽의 관련기업들도 내분비계 장애물질에 대한 관심을 표명하고 있다. 또한 환경호르몬으로 의심가는 화학물질의 사용을 중지하는 기업들도 생겨나고 있는 추세이다. 그러나 아직 대

부분은 어떠한 규제조치를 취하기 전에 충분한 연구 조사를 하도록 요구하면서 나름대로 대책을 강구하고 있다. 우리나라에서는 내분비계 장애물질에 대한 효율적인 관리 및 장단기 대책 수립을 위해 환경부, 노동부, 식약청 등 관련 기관과 환경전문가로 '대책협의회'를 구성하고, 그 산하에 '전문연구협의회'를 두어 환경호르몬의 실태 조사와 유해성 평가를 하고 연구 성과를 높이기 위해 일본과 공동 협력 사업으로 내분비계 장애물질을 연구하는 방안을 협의하고 있다. 연구가 앞선 선진국들의 동향을 예의 주시하여 내분비계 장애물질로 밝혀질 경우, 잔류 기준 설정 등 필요한 조치를 하나, 현재 국내에서는 환경부 주관 하에 관리대상물질의 우선 순위, 모니터링, 내분비 교란 정도 측정 방법, 화학적 구조와 독성간의 평가방법, 내분비계 작용을 판정하는 스크리닝법 개발 등의 추진이 활발하다. 그러나 분해 기술에 대한 연구는 아직 미진한 실정이며 환경호르몬에 대한 사회적 관심 고조로 관련 산업의 생산성이 약화되어 대책 마련이 시급하다.

이러한 환경호르몬의 현재 오염 또는 기피물질 처리를 위한 미생물 이용 또는 향상 공정은 총칭적으로 생물학적 복구법(bioremediation, mycoremediation)이라는 표제 아래 최근 관심의 초점이 되고 있다. 따라서 국립산림과학원은 세계생태보전기금 및 일본후생성 분류 내분비계 장애물질 목록에 있는 금속관의 코팅제인 bisphenol-A 및 독성이 강한 살충제인 methoxychlor, 계면활성제인 nonylphenol과 4-t-octylphenol, 주로 컵라면 용기에서 검출되는 styrene, 플라스틱제품 가소제인 프탈레이트류가 함유되어 있는 폐수를 대상으로 산림미생물 중의 하나인 버섯(아교버섯, 벽돌빛잔나비버섯, 겨울우산버섯 및 숲주름버섯)의 균사체를 배양하여 7~14일 안에 환경호르몬

을 50~90% 이상 분해할 수 있는 기술을 개발하였고 그 분해기작을 구명하였다(그림 3과 4).



그림 3. 환경호르몬을 분해하는 버섯들

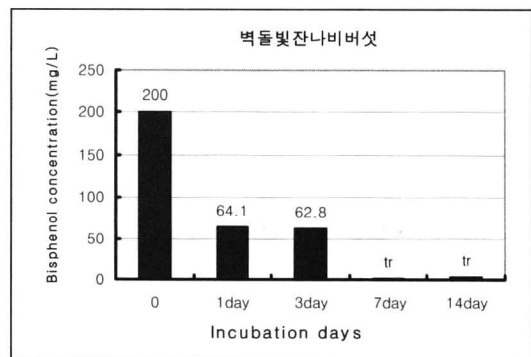


그림 4. 벽돌빛잔나비버섯에 의한 Bisphenol A의 배양기간별 분해능

또한 위 버섯들에 의해 분해된 물질이 여전히 환경호르몬의 부작용으로 알려진 에스트로젠성(여성 성을 가지게 하는 성질)을 계속 가지고 있는지의 여부를 알기 위해 자궁암 세포증식성과 자궁내피세포 유전자 발현 정도로 분석한 결과 그 특성을 낮추는 결과를 얻어 백색부후균에 의

한 환경호르몬의 분해 및 에스트로겐성 저하 효과를 볼 수 있었다(그림 5와 6).

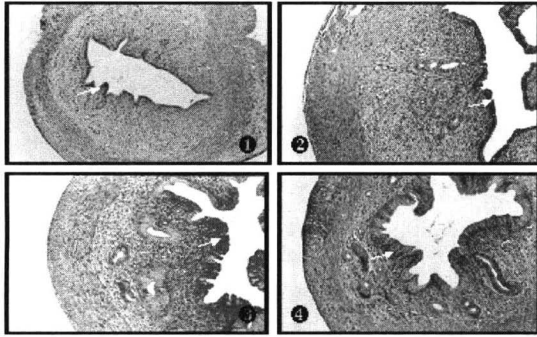


그림 5. 환경호르몬 첨가에 따른 자궁비대 현상 시험

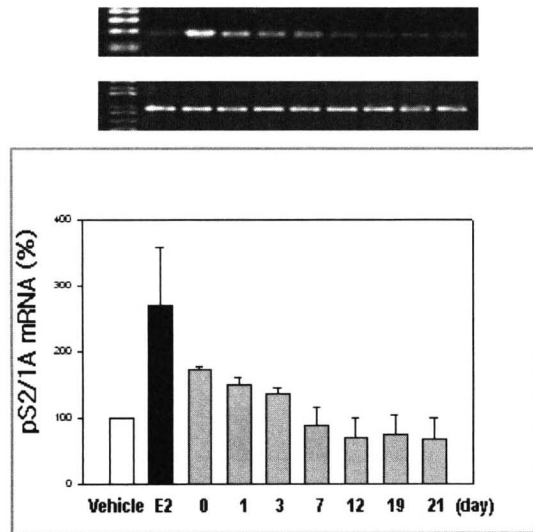


그림 6. 아교버섯에 의해 환경호르몬의 에스트로겐성이 줄어드는 현상

그림 5를 보면 미약한 자궁층의 세포형성을 보이던 것이 환경호르몬이 첨가됨에 따라 자궁의 선과 상피세포가 현저히 증가하는 것을 관찰할 수 있다. 즉, 여성이 가지는 에스트로겐성이 증가함을 알 수 있다(1-4로 갈수록 환경호르몬의 농도가 증가함).

따라서 국립산림과학원에서는 우리나라 산림에서 흔히 볼 수 있는 산림미생물인 목재부후균(버섯)을 이용하여 환경호르몬에 대한 분해 기술, 독성평가, 작용기작 해명, 동물실험에 의한 반응시험을 실시하여 산림미생물의 새로운 자원 발굴 및 고부가가치화인 동시에 이러한 물질에 대한 경각심을 부각시키고 관련분야에 적용해 볼 예정이다.

