

학술정보 ①

환경호르몬과 水産業

여수대학교 수산생명의학과 교수 오 명 주

(E-mail: ohmj@yosu.ac.kr)

최 근에 들어, 선진국으로 분류되는 OECD회원국을 중심으로 인간의 생활터전인 지구의 환경에 대한 관심이 높아지고, 안정된 환경의 유지를 위한 다양한 측면에서의 연구투자가 행해지고 있다. 그 중에서 '오존층 파괴', '지구온난화' 문제와 함께 가장 관심의 대상이 되어지고 있는 것이 '환경호르몬 문제'이다.

산업화 및 도시화로 인한 다양한 배출수가 최종적으로 집결되어지는 연안 환경 수계내에서 자연서식 또는 인위적으로 관리되어진 수산생물을 포획, 생산하는 것이 수산업의 주요 부분이라고 생각해 볼 때, 환경호르몬 문제는 수산업관련 종사자들에게는 실제로 반가운 일이 아닌 것이 사실이다.

하지만, 정확한 실태를 파악하고, 연안 생산물의 안전성을 확인하며 나아가 국민의 식량자원으로서 안정된 공급을 통하여, 수산업 종사자 및 일반 소비자가 가질 수 있는 불안을 해소하는 것은 관련 연구자들에게는 피하여서는 안될 의무이다.

따라서, 지금까지의 알려진 환경호르몬의 위험성을 파악하고, 그 연구의 필요성을 논함으로서 그 대책방안을 모색하는 계기로 삼고자 한다.

1. 환경호르몬의 정의 및 특성

호르몬이란 인간이든 동물이든 나아가 수서생물이든, 모든 생물생체의 특정한 세포에서 만들어

져 분비되는 물질의 일종이다. 생체의 구성 기본 단위라 할 수 있는 일련의 세포에서 만들어진 호르몬은 혈액으로 유출된 후 표적세포(target cell)에 생화학적인 효과를 나타내는데 이러한 효과를 나타내는 물질을 일반적으로 지칭하는 말이다.

어떤 호르몬은 하나의 표적장기에만 작용하고(갑상선자극호르몬: 갑상선에만 작용), 또 어떤 호르몬들은 여러 세포들에 작용을 일으킨다(예: 인슐린이나 갑상선 호르몬 - 간, 뇌, 피부 등에 작용). 이러한 호르몬들은 작용하는 장기에 독특하게 결합되는 호르몬 수용체가 있어 호르몬-수용체라는 복합체를 형성하여 특히 장기에 선택적으로 독특하게 결합하여 생화학적 효과를 일으킨다.

한편 세포가 나타내는 반응은 그 특정세포의 유전적 프로그램에 따르기 때문에 동일한 호르몬이 다른 조직에서 다른 효과를 나타내는 경우도 있다. 예를 들어 부신피질 호르몬인 당류코르티코이드(glucocorticoid)는 림프구의 세포용해를 일으키기도 하고 간에서는 포도당의 생성에 필요한 효소를 유도하기도 한다.

“환경호르몬”이란 학술용어로는 “내분비계 교란물질(endocrine disrupters)”이라고 하는데, 이들 내분비계 교란물질들은 생물 체내에 들어가서 내분비계의 정상적인 기능을 방해하거나 혼란시키는 화학물질로 정의된다. 1997년 5월 일본의 학자들이 NHK방송에 출연하여 “환경 중에 배출

된 화학물질이 생물체내에 유입되어 마치 호르몬 처럼 작용한다”고 하여 環境ホルモン(간교우호루몬, environmental hormone)이라고 명명한 신조어이다.

이들 환경 호르몬은 생태계 및 인간의 생식기능 저하, 기형, 성장장애, 암 등을 유발하는 물질로 추정되고 있으며, 생태계 및 인간의 호르몬 계에 영향을 미쳐 전세계적으로 생물 중에 위협이 될 수 있다는 경각심을 일으켜 오존층 파괴, 지구온난화 문제와 함께 세계 3대 환경문제로 등장하였다.

환경호르몬은 크게 수용체와 붙은 채 영향을 미치는 경우와 분리된 채 작용하는 경우로 구분된다. 수용체와 붙은 경우, 우선 어떤 이유에서인지 세포 수용체가 환경호르몬을 진짜인 줄 알고 감쪽 같이 속는 사례를 들 수 있다. 이런 환경호르몬의 양이 증가하면 세포 유전자는 평소보다 과도하게 활동을 벌인다. 예를 들어 제노에스트로겐이라는 합성 물질은 여성호르몬 에스트라디올과 거의 비슷하게 작용한다. 흔히 여성호르몬의 양이 지나치게 많아지면 유방암이나 자궁암에 걸릴 확률이 높아진다고 알려져있다. 따라서 이는 환경호르몬의 축적이 많아질수록 암에 걸릴 가능성이 커진다는 의미이다. 가장 유명한 사례는 한때 유산 방지약으로 제조돼 세계적으로 절찬리에 사용된 DES다. 불행하게도 DES를 투여한 산모로부터 출생한 자녀의 경우 생식기의 기형화와 암발생이 정상인보다 훨씬 높게 나타났으며, 특히 태아의 뇌와 면역계에 평생 악영향을 미쳤음이 보고되었다.

이에 비해 수용체와 결합하긴 하되 세포에 영향을 미치지 않고 단지 천연호르몬의 결합을 방해하는 경우가 있다. 예를 들어 남성호르몬인 테스토스테론이 붙을 자리에 DDE (제초제 DDT의 부산 물질)가 결합하면 남성은 성징이 감소해 ‘여성화’된다. 이 때문에 미국 플로리다주 아포프카 호수에 서식하는 악어 수컷의 경우 음경이 위축돼 번식물

이 줄어들었음이 보고되어졌으며, 또 쓰레기 소각장의 유해잔류물로 알려진 다이옥신의 경우 여성 호르몬 에스트로겐의 작용을 억제한다고 알려지고 있다.

2. 환경호르몬에 의한 피해

현재 ‘세계 자연 보호기금 목록 (World Wildlife Fund List)’에서 67종, 일본 후생성에서 143종, 미국에서 73종의 화학물질을 ‘환경호르몬’으로 규정하고 있다. 얼마나 더 늘어날지는 아직 예측할 수 없는 상태이고, 1991년부터 환경호르몬의 피해가 본격적으로 보고되기 시작했다.

환경호르몬은 생체 내 호르몬의 합성, 방출, 수송, 수용체와의 결합, 수용체결합 후의 신호전달 등 다양한 과정에 관여하여 각종 형태의 교란을 일으킴으로써 육상 생태계 및 수중 생태계에 영향을 발현하며, 차세대에선 성장억제와 생식이상 등을 초래하기도 한다.

대표적 환경호르몬인 폴리염화비페닐(PCB)이 수중 어류의 ‘먹이사슬’을 거쳐 최고 2,500만배까지 농축되어지는 것으로 밝혀졌다. PCB는 전기 절연재 등으로 널리 쓰이는 화학물질이다. 미국의 환경호르몬 권위자인 테오 콜번, 다이안 듀마노스키, 존 피터슨 마이어 박사가 최근 공동 집필한 ‘잃어버린 미래(Our Stolen Future)’란 책에 따르면 미국 오대호(湖)의 식물성 플랑크톤은 호수 내 오염원인 침전된 오니(汚泥)와 PCB를 섭취해 농도가 250배로 늘어난다. 식물성 플랑크톤을 먹고사는 동물성 플랑크톤은 PCB 체내 축적률이 식물성 플랑크톤의 2배인 500배로 증가한다. 플랑크톤을 먹이로 하는 새우 등 갑각류는 체내 축적률이 4만 5,000배로 늘어나고, 갑각류를 먹는 빙어는 체내 축적률이 기하급수적으로 늘어 83만 5,000 배로 증가한다. 빙어를 먹는 호수내 송어는 체내 축적률이 280만배로 경충 뛰고, 호수 주변에서 물고기를 잡

아먹는 재갈매기는 체내 축적률이 2,500만배나 된다. 즉 그들에 따르면, 오대호내 수중의 PCB 농도는 극히 낮지만 체내 축적률은 먹이 사슬을 거슬러 올라갈 때마다 기하급수적으로 증가하며, 이 같은 독성의 체내 축적은 육상생태계내의 동물들에게도 심각한 위협이 되어진다고 경고하고 있다.

1988년 4월 덴마크 연안 앤포드섬에 서식하는 바다표범들이 집단적으로 폐렴증세를 보였다. 그 후 바다표범의 사체들이 북해 전역의 바닷가로 떠 올랐다. 이듬해 2월까지 유럽 북해 연안에서 모두 1만 7천마리가 사망했다. 조사결과 숨진 바다표범들의 면역능력이 크게 떨어져 있었음이 확인되었다. 호르몬 이상도 광범위하게 발견됐다. 독일 키일 대학 연구팀이 전기 절연체로 사용되는 PCB(폴리염화페비닐)가 바다표범들의 신체 저항력을 떨어 뜨려 나타난 비극임을 입증했다.

미국 플로리다 올랜드 인근 아홉카라는 호수의 악어 개체수가 80년대 들어 급격히 감소했다. 플로리다 대학의 길레트 교수팀은 92년 악어 수컷들의 남성호르몬(테스토스테론)이 크게 떨어져 있음을 확인했다. 반면 암컷들의 여성 호르몬(에스트로젠) 수준은 정상치의 두 배였다. 또한 수컷들의 성기 크기가 정상보다 25% 작았고, 정자의 활동성도 매우 약했다. 아홉카 호수에서는 80년 타워 케미컬이라는 화학회사의 저장연못에서 DDT와 디코폴이라는 살충제 등이 넘쳐흐르는 사고가 있었다. 과학자들은 이런 화학물질들이 먹이사슬을 거쳐 악어 체내에 농축돼 일어난 일로 분석하고 있다.

80년대 중반 이후 미국 오대호 유역 가마우지들에서 기형이 속출했다. 한쪽 눈이 없다거나 장기가 몸체 바깥에 붙어 있곤 했다. 아래 위의 부리가 나선형으로 구부러진 경우도 많았다. 죽은 채 발견되는 알 속 태아 중에는 암컷이 85%나 되었다. 과학자들은 이러한 기형이 PCB에서 비롯되었다고 주장했다.

영국의 하천에서는 합성세제가 원인이 되어 자웅동체 잉어가 발견되었고, 92년 덴마크의 스카케 벡 교수는 지난 50년 동안 인간의 정자수가 반으로 줄어들었음을 보고하기도 했다. 이러한 환경호르몬은 생물체내에 축적되어 수 세대에 이르기까지 영향을 미치며, 일부는 불가역적인 변화를 일으키는 것으로 알려져 있다.

환경호르몬이 사회문제로 대두된 결과 대대적인 규명작업을 벌이고 있는 나라는 일본이다. 일본 환경청은 1997년부터 연구팀을 설치해 어류를 대상으로 하는 환경호르몬의 영향을 조사하고 있으며, 1998년 4월 9일에는 과학기술청이 학계, 산업계와 공동으로 실태조사작업을 벌였다. 자민당 등은 정부부처의 연구활동을 지원하기 위해 예산을 대규모 증액 편성하였다. 또 통산성이 업계에서 사용할 수 있는 독자적인 환경호르몬 검사방법 개발을 행하고 있으며, 노동성도 유해화학물질 제조업체의 노동환경을 연중 조사하고 있다. 이밖에 도쿄도가 환경호르몬 조사를 위해 '환경회의기획조사위원회'를 설치하는 등 각 지방자치단체들도 대책 마련에 활발한 움직임을 보이고 있다.

4. 수산생물과 환경호르몬

한국해양연구소(1996; 1997)와 서울대(1996)의 조사결과를 보면 국내 대부분의 항구, 어항, 조선소 주변 등은 이미 TBT 오염에 의한 복족류의 임포섹스현상이 나타나고 있으며, 굴의 패각기형 현상도 진해만, 추자도 등 남해안 여러 곳에서 확인되고 있다. 뿐만 아니라 선박활동이 활발한 연안해역의 생물이나 퇴적물중의 TBT농도 역시 외국의 오염해역에 비해 결코 낮지 않은 것으로 조사되고 있다. 특히 울산만 퇴적물에서는 세계에서 가장 높은 농도가 측정돼 우리나라 연안의 TBT오염의 심각함을 잘 나타내 주고 있다. 결국 해수 소통이 원활치 못한 항만의 주변해역은 대부분 TBT오염이 심화

되어 있다고 해도 과언은 아니다. TBT는 매우 강한 독성을 지닌 화합물로서 어패류 등에 농축되기는 하지만 지속성 오염물질은 아니다. 그러나 오염이 매우 심화되면 굴의 패각이 기형화되고 성장도 더디게 된다. 또한 고등, 대수리, 소라 등 복족류(gastropod)에서는 암컷에 수컷의 생식기가 생김으로써 불임을 유발하는 임포섹스(imposex) 현상을 일으킨다.

TBT로 인한 생태계 교란현상은 '80년대초 영국과 프랑스에서 참굴(*Crassostrea gigas*)의 패각기형과 개체군의 감소를 통해 처음 보고되었다. 프랑스의 아카송만에서는 연간 1만5천톤의 굴생산량이 감소하는 원인을 추적한 끝에 요트 정박지 및 조선소에서 유입되는 TBT염이 밝혀지기도 했다. 프랑스는 곧바로 '82년부터 선체길이 25m이하의 소형선박에 대한 TBT사용을 규제한 결과 수년 내에 아카송만의 TBT농도가 감소하였으며 굴 생산량도 회복되었다. 연이은 독성실험을 통해서 TBT가 굴의 성장억제와 패각기형을 일으키고(Stephenson et al., 1986; Stephenson, 1991), 치패의 성장에 영향을 미치며(Lawler & Aldrich, 1987), 홍합의 성장속도를 감소시키고(Stephenson et al., 1986), 홍합 유생의 높은 사망률을 유도한다는 것이 밝혀졌다(Beaumont & Budd, 1984). 또한 복족류에 임포섹스를 일으키는 것이 밝혀지면서 임포섹스는 TBT 오염의 유용한 생물지표로서 활용되고 있다(Bryan et al., 1986; Horiguchi et al., 1994; Ten Hallers-Tjabbes, 1994).

오 등 (1999)은 낙동강과 순천 동강의 잉어와 붕어를 대상으로 암수성비와 생식기의 조직학적 연구, 혈중 비테로게닌의 측정을 행하여 낙동강의 붕어에 암수동체의 붕어가 출현하고 있으며, 암수동체 붕어는 생식소내에 oocytes와 spermatocytes를 동시에 가지고 있고, 비테로게닌의 농도는 암컷과 동일하였음을 세계환경호르몬(내분비교란화학물질)

학회에서 발표하고있다.

5. 환경호르몬의 연구 동향

현재 미국을 비롯한 선진국에서는 내분비교란물질 관련 연구가 활발히 진행되고 있어 지금까지 67종의 화학물질이 내분비교란물질로 분류되었고 새로운 피해사례들이 보고되고 있다. 또한 내분비교란물질 시험지침과 규제를 위한 OECD의 관련 위원회에서는 인간 및 야생동물 뿐 아니라 어류 및 무척추동물까지 그 규제범위를 넓히고 있다. 일본에서도 국립환경연구소를 중심으로 본격적인 연구에 착수하였으나 우리나라의 경우는 몇몇 언론 및 학계에 의해 소개되었고 연구의 필요성이 제기되고 있는 실정이나 구체적인 연구 추진이 미흡한 상황이다.

지금까지의 내분비교란물질은 주로 여성호르몬인 에스트로젠(estrogen)의 구조 및 기능과 연관된 것이었으나 최근 미국 EPA는 다른 생식관련 호르몬인 안드로젠(androgen) 등 남성호르몬으로 그 연구범위를 확장하며 대상생물범주도 인간 및 포유류에서 어류, 조류, 파충류, 양서류는 물론 무척추동물까지 확대할 것을 발표하였다. 그리고 미국 정부, 학계, 산업계, 환경단체의 대표로 구성된 <내분비교란물질 조사, 분석위원회>를 EPA내에 설치하여 종합적인 내분비교란물질 규제 및 피해저감 대책을 마련 중이다.

1997년 미국 플로리다주에서 개최된 제5차 선진 8개국 환경부장관회의에서는 내분비교란물질을 주요과제로 선정하여 향후 이 분야에 대한 상호정보교환 및 연구의 활성화방안을 마련하였다. OECD의 경우 '내분비교란물질 위해성 평가 지침'을 마련중이며 제27차 화학물질합동회의(1998년 2월)에서도 내분비교란물질에 대한 연구를 지속시키기로 합의하였다. 일본은 1997년 67개 화학물질을 내분비교란물질로 분류, 이들의 작용기작 규명

과 규제대책 마련에 들어갔고 1997년 6월에는 그 간의 연구결과를 토대로 '유해화학물질의 호르몬 관련 효과 연구'라는 보고서를 OECD에 제출하였다.

우리나라의 경우 환경부에서 '내분비장애물질 이란'이라고 하는 출판물을 통해 내분비장애 물질에 대한 일반적인 특성과 생체에 대한 영향, 평가방법 및 관리방안을 소개하여 그 관심을 기울이고 있으며, 몇 종류의 물질에 대한 규제 대책을 발표하여 앞으로의 생물체내 환경호르몬 물질의 관리에 관심을 기울이기 시작하였으며, 환경운동연합 등의 사회단체에서도 인터넷 등의 관련 사이트 및 특별 심포지움 등을 통하여 그 관심을 표출하고 있다.

6. 결 언

우리나라의 과거 연안 수산 자원은 세계 어느 나라와도 비교할 수 없을 정도로 다종 다양하였고 또한 그 생산물의 품질이 우수하여 70년대 공업화 이전의 국가수익에 크게 일익을 담당하여왔다. 하지만 그 이후, 공업화 및 도시화에 따른 연안 환경의 오염 및 남획 등의 이유로 이른바 자연산 생산량은 급격히 줄어들었다. 이렇듯 부족한 수산물을 자연 생산량에 의존하지 아니하고 인공적으로 관리 확보하여 공급하고자 육성 보급되어진 것이 수산증·양식업이다. 우리나라의 수산양식업은 세계 어느 나라와 비교하여도 손색없는 높은 기술력을 확보하고 있으며, 그 생산물의 상품성도 우수하게 유지되어지고 있다.

최근에 들어 우리나라의 수산업계는 구조혁신으로 생산품의 부가가치를 높이고 식품으로서의 안전성을 확보하여 경쟁력을 강화함으로써 수산인의 소득을 향상시키고 국민 식량자원으로서의 안정적 공급 기반을 확보할 목적으로 '수산물 유통 개혁', '수해양정보 전산화', '기르는 어업 육성', '연

안수산자원관리' 등의 다양한 노력을 경주하고 있다. 이러한 노력은 수산업을 생계로 하는 수산업 종사자 뿐만 아니라 일반 소비자들의 기호와 수요에 맞는 생산물을 원활히 공급하여 줄 수 있는 점에서 볼 때, 보다 많은 국가적인 지원이 필요한 사업임에 틀림이 없다.

나아가, 이들에 추가하여 가까이 닥쳐온 환경호르몬 문제에 대한 관심을 가지고, 우리 연근해 수산생물에 대한 영향을 냉정하게 확인하여 그 평가를 내리고, 안전한 수산 자원의 공급을 위한 방법을 마련하는 것이 필요할 것으로 생각되어진다. 이러한 노력은 연안자원 육성 등을 위한 정부의 정책과 연계시켜 우리 수산 생산물의 경쟁력을 높이게 됨으로서, 다양한 나라들로부터 전혀 검정되지 않은 상태로 대량 유입되어지는 수산물 및 우리의 수출대상국 수산물과의 차별화를 통해 국내 수산업을 유지 및 발전시키는 계기로 삼을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- D. Roy, M. Palangat, C. Chen, R. D. Thomas, J. Colerangle, A. Atkinson and Z. Yan (1997). Biochemical and Molecular Changes at the Cellular Level in Response to Exposure to Environmental Estrogen-like Chemicals *J. of Toxicology and Environmental Health*, 50, 1-29.
- A. Atkinson and D. Roy (1995). In vitro conversion of environmental estrogenic chemical bisphenol A to DNA binding metabolite(s), *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 210(2), 424-433.
- C.A. Harris, P. Henttu, M. G. Parker, J. P. Sumpter. (1997). The Estrogenic Activity of Phthalate Esters in Vitro, *Environmental Health Perspective*, 105(8), 802-811.
- A. M. Soto, K. L. Chung, A. Sonnenschein. (1994). The pesticides Endosulfan, Toxaphene, and Dieldrin have Estrogenic Effects on Human Estrogen-sensitive Cells, *Environmental Health*

- Perspective*, 102(4), 380-383.
- C. Wang & M.S. Kurzer (1997). Phytoestrogen Concentration Determines Effect on DNA Synthesis in Human Breast Cancer Cells, *Nutrition and cancer*, 28(3), 236-247.
- 서울대학교 (1996). TBT 오염실태 조사 및 대책수립 연구. 농림수산부보고서. pp.121.
- 한국해양연구소 (1996). 유류 및 유독물질 오염이 수산 자원에 미치는 영향에 관한 연구(I II). 한국해양연구소보고서 BSPN 00324-983-4. pp316.
- 한국해양연구소 (1997). 유류 및 유독물질 오염이 수산 자원에 미치는 영향에 관한 연구(III). 한국해양연구소보고서 BSPE 97609-00-1077-4. pp411.
- Bailey, S.K. & Davies, I.M. (1989). The effects of tributyl on dog-whelks (*Nucella lapillus*) from Scottish coastal waters. *J. Mar. Bio. Ass. U.K.* 69: 335-354.
- Bryan, G.W., Gibbs, P.E., Hummerstone, L.G. and Burt, G.R. (1986). The decline of the gastropod *Nucella lapillus* around south-west England: evidence for the effect of tributyltin from anti-fouling paints. *J.Mar. Biol. Ass. U.K.* 66: 611-640.
- Bryan, G.W., Gibbs, P.E., and Burt, G.R. (1988). A comparison of the effectiveness of tri-n-butyltin chloride and five other organotin compounds in promoting the development of imposex in the dog-whelk, *Nucella lapillus*. *J.Mar. Biol. Ass U.K.* 68: 733-744.
- Dowson, P.H., Bubb, J.M. and Lester, J.N. (1992). Organotin distribution in sediments and waters of selected east coast estuaries in the U.K. *Mar. Poll. Bull.* 24(10): 492-498.
- Evan, S.M., Hutton, A. Kendall, M.A. and Samosir, A.M. (1991). Recovery in populations of dog-whelks *Nucella lapillus* (L.) suffering from imposex. *Mar. Poll. Bull.* 22(7): 331-333.
- Gibbs, P.E. and Bryan, G.W. (1986). Reproductive failure in populations of the dog-welk, *Nucella lapillus*, caused by imposex induced by tributyltin from antifouling paints. *J.Mar. Biol. Ass. U.K.* 66: 767-777.
- Higashiyama, T., shiraishi, H., Otsuki, A. and Hashimoto, S. (1991). Concentrations of organotin compounds in blue mussels from the wharves of Tokyo Bay. *Mar. Poll. Bull.* 22(12): 585-587.
- Horiguchi, T., Shiraishi, H., Shimizu, M., Yamazaki, S. and Morita, M. (1994). Imposex and organotin compounds in *Thais clavigera* and *T. bronni* in Japan. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 74:651-669.
- Sarradin, P.-M., Astruc, A., Sabrier, R., and Astruc, M. (1994). Survey of butyltin compounds in Arcachon Bay sediments. *Mar. Poll. Bull.* 28(10): 621-628.
- Stephenson, M.D. (1991). A field bioassay approach to determining tributyltin toxicity to oysters in California. *Mar. Environ. Res.* 32: 51-59.
- Ten Hallers-Tjabbes, C., Kemp, J.F. and Boon, J.P. (1994). Imposex in whelks(*Buccinum undatum*) from the Open North Sea : Relation to shipping traffic intensities. *Mar. Poll. Bull.* 28(5): 311-313.
- Thompson, J. A., Sheffer, M.C., Pierce, R.C., Chau, Y.K., Cooney, J.J., Cullen, W.P. and Maguire, R.J. (1985). Organotin compounds in the aquatic environment : Scientific criteria for assessing their effects on environmental quality. National Research Council Canada. pp. 284.
- Folmar, L.C., Denslow, N.D., and Guillette, L.G. (1996). Vitellogenin induction and reduced serum testosterone concentrations in fetal male carp (*Cyprinus carpio*) captured near a major metropolitan sewage treatment plant. *Environmental Health Prespect.* 104(10). p1096-1101
- Colborn, T., Dumanoski, D. and Myers, J.P. (1997). Our stolen future.
- Thomas M., Eric D., Ralph L. (1996). Special report on environmental endocrine disruption: an effects assessment and analysis. Risk Assessment Forum, U.S.EPA, Washington D.C.20460.
- Oh, Myung-Joo, Jung, S. Cho, H.S. and Arizono, K. (1999). Vitellogenin detection in wild fish of male and homothallic crucian carp *Carassius carassius* in Korea. International symposium on environmental endocrine distruptors '99, proceeding, 219pp.