

환경 및 생태독성에 대한 동물의 감시기능과 수의사의 역할

임 채 응* · 임 병 무**

공기오염, 수질오염, 산림황폐, 토양부식, 온난화 현상, 오존층 감소 등 지구의 환경과 생태계 파괴는 날로 심각해가고 있다. 산업발달과 더불어 다양한 합성화학물질들이 생산되고 그 사용은 삶의 질적, 사회적 향상 및 경제적 성장 등 인류 문명화에 많은 공헌을 해왔음에 틀림없다. 그러나 환경오염 물질의 발생과 이에 대한 관리대책 소홀로 동·식물을 포함한 많은 생물체에 유해하다는 것을 알게 되면서 환경과 생태독성에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

우리나라도 산업발달에 따라 폐기물 및 오염물에 의한 강물, 대기, 토양오염의 정도는 날로 심각성을 더해가고 있는 바 90년대 들어 낙동강 Phenol, 서해안 기름유출, 인천 폐유리 사건 등 환경오염과, 지구 생태계 파괴에 의한 온난화의 영향으로 생각될 수 있는 작년 여름의 폭염과 지속되는 가뭄을 이미 경험한 바 있다. 숨통을 막는 대기, 검게 죽은 강물, 골프장과 도로건설, 심지어 생태계의 보고인 지리산의 심산 계곡까지 개발을 명분으로 산줄기가 잘려나가 환경과 생태계는 계속 위협받는 실정이다.

한편 세계 최대의 민물 저장고의 하나인 Michigan호를 보호코저 가정 하수를 함유한 Chicago 강물이 Michigan호로 흐르는 것을 막기 위해 강줄기를 바꾸어 미시시피강으로 흐르게 한 역사적 사실은 인간의 의지적 노력을 실감케 한다. 그러나 이미 살포된 농약, PCB(polychlorinated biphenyl)를 포함한

dioxin 등의 잔류성과 지속성에 의해 조류의 기형발생 등 환경오염에 따른 피해들을 문헌을 통해 얼마든지 접하게 되는 현실이다.

지구는 화학 공해물질, 중금속, 농약, 화학비료, 약물 등에 지속적으로 노출되면서 공해로 인한 스트레스와 산업병, 희귀 동식물의 멸종위기와 더불어 생태계의 근본이 되는 먹이사슬의 수적 불균형은 또 다른 문제들을 야기하여 생태독성을 나타내고 있다. 이제 환경 및 생태계 오염은 한 국가적 문제가 아니라, 오염물질의 이동으로 인해 인근 국가에 직접적인 영향을 미칠 수 있어 범세계적 문제로 부각되고 국제적 대응이 날로 강화되고 있는 상황이다. 그러기에 환경보호를 위한 협약과 선언들은 1970년대부터 있어 왔으며, 1992년에 기후변화 협약, 생물종 다양성 협약, 산림보호원칙, 지속개발위원회 설치 등 국제협정체계를 위해 노력할 것을 천명한 세계 각국 정상들의 Rio 선언에 이르렀다.

최근에는 산업화학공정 동안에 생기는 산업폐기물을 최소화한다는 녹색기술(Green Technology) 그리고 그들의 독성을 없애거나 최소화한다는 녹색화학(Green Chemistry) 등 청정기술이 강조되고, 이미 유엔은 환경오염을 범죄로 규정하고 있어 제품의 생산, 판매, 소비, 폐기에 이르기까지 모든 과정에서 오염물질을 금하는 환경과 무역에 대한 다국간 협상인 Green round로 환경전쟁시대를 맞이하게끔 되었다.

환경 및 생태계 파괴는 전 인류 모두가 부분적으로 그 원인을 제공했고 모두가 피해자가 되었기에

* 미국 일리노이 수의과대학

** 전북대학교 수의과대학

더이상 방관할 수 없게 되었고, 인간은 자연을 정복 하려는 것보다는 자연과 더불어 조화를 이루는 삶을 추구하여 모든 생물체에게 좀 더 나은 삶의 터전이 될 수 있도록 배전의 노력을 경주해야 할 것이다.

필자는 환경독성과 생태독성학적 개념을 통해 사람과 환경을 공유하는 동물들이 가지는 환경유해물질의 감시기능을 개괄해보면서 기본적인 생물의학으로부터 임상수의학까지 다양한 비교의학적식을 갖춘 전문인으로서 환경 및 생태보호를 위해 수의사들이 담당하는 역할에 대해서 생각해 보기로 하였다.

1. 환경 및 생태독성

환경독성학(environmental toxicology)이란 환경의 노출에 기인하는 즉, 인간을 비롯한 모든 척추, 무척추 동물, 식물, 원충, 세균, 곰팡이, 바이러스 등에 대한 유해물질의 오염과 독성작용을 다루는 학문으로 그 대부분이 인간이 만들어낸 화학물질과 관계가 있다고 볼 수 있다.

1970년대부터 공기, 물, 토양 혹은 식품에서 화학물질을 검출하는 분석화학이 급속도로 발전하면서 환경독성학적 확대개념이 시작되었다. 그러나 생산물질과 화학공정과정에서 생기는 부산물이나 사용되는 화학물질에 대한 독성학적 지식과 생물 혹은 무생물학적 분해과정 중 다른 물질과의 반응으로 생겨나는 또다른 물질에 대한 지식은 매우 부족했었다. 1976년 이탈리아 북부 세베소의 농약공장 폭발 사고로 dioxin이 인근에 오염되어 기형아 출생이 보고된 것은 충격적인 일이었으며, 그후 환경오염물질이 인간에 미칠 수 있는 가능성을 다양한 실험동물의 적용과 생태계에 나타나는 결과를 토대로 인류보건학적 이해가 점진적으로 발전하게 되었다.

1970년도 후반에 들어서야 막대한 경비와 분석화학의 한계를 알게 되었고, 이를 대신할 수 있는 어류를 포함한 수중 무척추 동물을 Biomarker로 평가하기 시작하였다. 이것은 지속적 환경오염물질의 노출에 의한 부작용의 조기진단에 가치가 있음이 인정

되었고 특히 환경독성물질에 노출된 일반적인 스트레스 증후군(stress syndrome) 및 다양한 독성물질의 농도 등을 평가할 수 있어 좋은 이점을 지니고 있다. 이는 사람을 대신하는 실험동물과 그들의 조직(tissues), 세포(cells), 소기관(organelles), 효소(enzymes) 등을 이용하여 독물이 체내에서의 작용, 활성 혹은 해독, 제거 등의 기전을 이해하는데 사용되어 왔다.

분석화학의 발전으로 dichlorodiphenyltrichloroethane(DDT)의 독성기전이 stickel 등에 의해 실험적으로 동물 지방조직내에 축적후 뇌조직으로 독성물질이 이동하여 치사되는 것이 밝혀지고, PCB가 독수리 체내에 잔류성이 있음이 알려졌다.^{1,2)} 이어서 많은 화학물질들에 대한 유해 가능성이 광범하게 조사되기 시작했으며 식품과 환경오염에 문제를 야기하는 DDT, hexachlorobenzene, cyclodiene 살충제와 PCB는 선진국 대부분이 사용과 그 생산을 금하고 있지만 지금까지도 물, 토양, 공기, 음식물과 사람을 포함한 수중 및 토양 생물체에서 여전히 검출되고 있다. 현재도 dioxin 혹은 dioxin 유사물질의 저용량 노출에 대해서 신경 내분비, 생식, 발생, 면역 독성학적 평가가 계속되고 있는 실정이다.

일반적으로 화학물질은 복잡한 경로를 통해 환경에 분포된다. 살충제, 제초제 등은 직접 환경에 노출이 되는가 하면 carbon dioxide, sulfur dioxide, nitrogen oxide, polycyclic aromatic hydrocarbon(PAH), polychlorinated phenol 등은 연소과정을 통해서 대기중으로 노출된다. 많은 제조과정중 hexachlorobenzene, polychlorinated dibenzodioxin, polychlorinated dibenzofuran와 같은 원하지 않는 부산물이 생겨나고 어떤 것은 원료나 주 생산물보다 더 독성이 강할 수 있다. 폐수나 상수처리의 정화시 염소처리는 더 많은 염소유기물질을 만들 수 있는데 예를 들면 dichloroacetic acid, trichloroacetic acid chloral hydrate, bromodochloromethane 등은 동물실험결과 발암물질로 알려져 있다.³⁾

환경오염은 생태계(ecosystem)와 밀접한 관계가 있는데 생태계는 지구위의 생물권(biosphere) 모두를

포함하고 있어 생물권내 생물 뿐만아니라 무생물과의 관계와 상호작용을 다루는 것으로 그 자체가 방대한 범위를 차지하기 때문에, 생태학적 독성평가는 많은 시간과 노력 및 경비가 소요된다. 생태독성은 Truhaut에 의해 1969년에 처음 사용되었는데 개체에 대한 것 보다는 생태계의 집단 혹은 군집에 대한 독성물질의 실질적 혹은 잠재적 제반영향에 관련되어 있어 복잡하고 그 효과 또한 한 생태계에서도 종에 따라 서로 다르며 같은 독성물질이라 해도 또 다른 생태계에서는 동일 종에 대한 반응양상이 다를 수 있어 생물학적 및 무생물학적 조건들을 모두 고려해야 된다. 따라서 이러한 연구들은 생태계의 항상성(homeostasis)을 유지할 수 있도록 생태 안정성 평가에 대한 자료를 제공하게 된다고 볼 수 있다.

한편 생태독성(ecotoxicology)은 이러한 독성물질이 모든 생물체에 나타나는 독성을 다루며, 생태계 독성(ecosystem toxicity)은 군집, 미생물계 혹은 지역적으로 한정된 호수 등을 대상으로 나타나는 생태계 집단의 특성을 다룬다고 할 수 있다. 근래들어 biomarker와 bioassay의 진보에 따라 환경오염과 관련된 저농도 독성물질의 노출에 의한 스트레스와 행동변화 등 새로운 분야에 대한 연구가 시작되었고, 오염물질의 분포 및 분해과정의 예측, 생물체의 축적, 조직내의 잔류와 독성학적 반응과의 관계를 관찰하는 독성학적 안전성 평가(toxicologic risk assessment)에 더 많은 노력을 기울이는 경향이다.

대기 독성 오염물질 분포에 따른 생태계에 미친 영향을 역사적으로 고찰을 해볼 때 1960년 후반기에 남극대륙의 눈에서 DDT가 검출되었고, 70년대 중반 북극의 포유동물 체내에서는 PCB의 오염이 발견되었다. 또한 70년대초 Michigan호의 중금속 오염 검출, 70년대말 Siskiwit호에서 PCB에 오염된 어류발견, 80년대말 Chesapeake만의 질소오염 등이 대기중에 축적된 환경물질에 기인함이 지속적으로 밝혀지면서 80년대 말에는 오대호의 환경오염물질에 대한 집중적인 조사가 있었다. 이러한 연구결과 오대호의 오염물질은 대기에 함유되었던 화학물질에 기인한다는 결과로 그 심각성을 충분히 깨닫게

하였으며 최소한 오대호에서 12종의 야생동물이 화학오염물질에 의해 생식장애와 수적 감소가 있었음을 보여주었다.⁴⁾

철새도래지인 을숙도의 하구댐 건설로 서식지를 잃은 철새는 다른 곳으로 이동하거나 자취를 감추듯 인간들도 간혹 삶의 터전을 잃는 경우가 있다. 허말리아 산맥의 황폐화가 그 심각성을 더해주는 방글라데시의 홍수를 해마다 발생케 하고, 아프리카 일부 지역의 지속적인 가뭄 및 지구 온난화에 의한 해수면 상승으로 생태계 난민(ecological refugee)이 생기고 있다.⁵⁾ 적도 부근에 분포한 우림지(rain forest)는 수 많은 천연물과 이를 이용한 의약품의 보고일 뿐만아니라 지구 생태계를 유지하는데 중요한 역할을 해왔다. 2차 세계대전 이전에 우림지는 지구 전체 대륙의 약 14%를 덮고 있었지만 무분별한 벌목과 화전농업 등으로 말미암아 현재는 그 절반 가량이 없어지고 심지어는 사막으로 변한 곳도 있어 생태계에 미치는 영향이 대단히 크다.

지구에 조사되는 자외선 차단막은 성층권의 오존층은 1985년에 와서야 감소되고 있음이 확인되었고, 그간 냉매제로 사용해왔던 화학적으로 매우 안전한 chlorofluorocarbons(CFCs)가 오존층 파괴의 주원인이었음이 밝혀졌는데⁶⁾, 93년에 미항공 우주국(NASA)는 남극대륙 상공의 오존층이 절반가량 파괴되었고, 오존홀은 점점 넓어진다고 하였다.⁷⁾ 오존층 파괴로 인한 과다 자외선 조사가 피부 및 면역학적 영향에 대해서 많이 알려지면서 1987년 "Montriol 의정서" 선포와 함께 세계적으로 CFCs의 생산과 사용이 규제되고 대체물질 개발에 투자와 노력을 기울이고 있는 중이다.

1977년 이전에는 산성비에 대한 관심도가 거의 없었으나 SO₂, NO_x가 저수지, 산림 그리고 다른 생태계를 파괴함이 밝혀져 수중 생물체를 고갈시키고 중금속의 부식으로 지하수 오염을 유발시켜 인간과 동물에 직·간접적으로 영향을 미치고 있다. 통상적으로 산성비란 기능적으로 pH 5.65 이하를 말하며 눈에 띄게 영향을 받는 것은 어족류이다. 남부 노르웨이의 2,000개가 넘는 저수지에서 1940년 이래 약 1/3

정도로 어족이 줄었다고 하며, 어족이 없는 저수지는 pH 5.0 이하였으며 pH 5.4에서는 산란이 되지 않는 것으로 보고되었다.⁸⁾ 최근 산업화가 활발히 진행되고 있는 중국 남부의 13개 도시에서 연평균 pH 4.5 이하의 산성비가 오고 pH 3.1 정도의 산성도를 기록하기도 한다.⁹⁾ 한편 중금속을 포함한 대기오염 물질이 봄철 황사바람과 함께 우리나라로 이동되는 것이 관찰되고 pH 5 이하의 산성비가 종종 기록되어 인체 및 동식물에 피해를 주고 있는 실정이다.

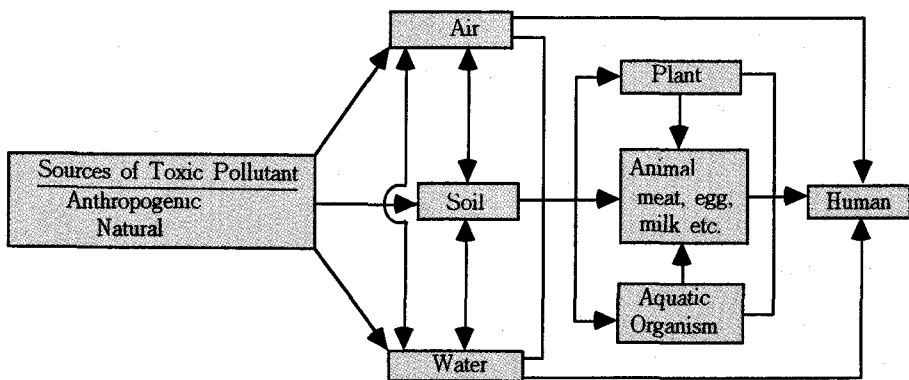
이미 언급한 바와 같이 오염물질이 이동성을 고려할 때 토양은 환경에 분포하는 대부분의 오염물질에 대한 수용체라 할 수 있다. 공기중에 분포한 화학물질이 결국에 토양이나 지표수로 내려오고 지표수에서는 이 물질들이 바닥으로 침전될 수 있다. 위험한 유해물질이 토양에 존재함은 또다시 대기, 지하수, 지표수 등을 통해 또다른 환경으로 계속 오염되는 악순환의 성질을 지니고 있다. 이러한 화학오염물질의 환경분포와 이동경로는 다음 그림에서와 같이 설명될 수 있다.

산업폐수, 하수, 해양사고 등에 기인하는 수질오염에 따른 수중 생태계에 미치는 영향은 실로 심각한 상태이다. 흔히 강물에 하얀 거품이 떠있는 것을 볼 수 있는데 이는 합성세제의 과다사용으로 수면에 떠있어 햇볕을 차단하고 수중생물의 광합성을 방해한다. 물속으로 산소가 녹아들어가는 것을 막아 하천의 자정능력을 떨어뜨리는 반면 부영양화를 부추긴다. 부영양화(eutrophication)란 질소, 인 등 영양

이 많아 급격히 플랑크톤이 번식하여 물고기나 다른 생물체에 먹이기 전에 죽고 썩으면서 산소를 소모해 물고기가 살 수 없게 되는 현상이다. 또한 유화수소, 질소, 에탄가스 등이 올라와 물수면에 거품이 이는 것을 볼 수도 있다. 플랑크톤의 종류에 따라서는 갈색, 녹갈색, 황갈색 등 다양한 색깔을 보이며 바다의 적조현상이 바로 이러한 현상인 것이다.¹⁰⁾ 한편 plankton 혹은 algae가 생산하는 독소들에 의해 물고리가 폐죽음을 당할 수도 있는데 예를 들면 간에 강독성을 보이는 microcystin이나 cylindrospermopsin 등이 있다. 이러한 물질들은 상수도를 통해 식수로 들어오게 되므로 박테리아가 증가하고 수질이 나빠져 물에서 메스꺼운 냄새가 날 뿐만아니라 지속적으로 독소에 노출되기도 한다.

수은 같은 중금속은 체내에 축적되는 성질이 있어서 해양오염시에는 먹이사슬을 통해 어류에 축적되고 그 어류를 먹은 인간에게로 이동되며 어떤 오염물질은 태반을 통해 태자에 옮겨질 수도 있다. Selenium은 주위의 오염된 수질보다 수중식물에서 500배까지나 더 검출되고 그것을 섭취하는 어류는 식물보다 2~6배 더 검출된 보고도 있다.¹¹⁾

생태계는 약육강식에 따른 먹이사슬의 수적 상관성 유지가 항상 이루어져야 하나 환경과 생태계 파괴는 수적 균형을 깨뜨리고 기후변화는 특정 곤충들의 수적 증가를 야기시켜 농작물 피해와 곤충 매개성 질병이 더 많이 번지게 하기도 한다. 특정한 독성물질에 민감한 종(species)은 행동적 변화를 일으



켜 먹이를 잡는 일에 실패하며 결과적으로 불량한 영양상태나 번식장애를 일으켜 수적 감소를 가져오게 된다. 오존층 파괴로 더 많이 조사되는 자외선은 먹이사슬의 원천인 plankton의 파괴와 양서류의 알(egg)에서 DNA를 구조적으로 변화시켜 치사케 함으로써 그 수적 감소를 야기한다는 사실이 최근에서야 알려졌다. 생태학적 의미는 매우 크다 할 수 있다.

한 생물체의 멸종이 경쟁, 질병, 약육강식 등의 생물학적 상호관계나 지속적인 물리적 스트레스에 의해 일어나는 자연적인 현상일 때도 있다. 근래에 지구상에서 없어지는 동물과 멸종위기에 있는 동물의 수는 증가추세에 있다. 현재까지 지구상에 170만종의 생물체가 동정되어 왔으나 최근 4세기동안 100여종의 포유류와 160여종의 조류를 포함하여 그간 알려져 있던 700여종의 생물체가 멸종되었다 한다.¹²⁾ 6,500만년전 홍적세에 공룡이 멸종되는 것과는 달리 현대의 종들의 멸종은 인간의 행위에 따른 생태계 파괴에 의한 것이다. 지구의 기후변화와 식량, 식수, 산소부족 등으로 이들의 약탈을 위한 개인간, 국가간 가공할만한 전쟁이 일어날지도 모를 일이며, 결국 이로 인해 인류의 멸망을 초래할지도 모르는 일이다.

선진국을 중심으로 중화학공업이 발달하면서 자정능력을 넘는 오염물질을 배출하였고, 개발도상국은 그 전철을 밟아가고 있는 중이다. 석유문명시대는 과연 언제까지 이어질지? 대기오염의 주범인 화석연료 사용으로 황산화물, 질소산화물, 일산화탄소 등이 지구의 숨통을 막고 있다. 이제는 원자력, 태양, biomass(폐기물을 매립하여 생기는 메탄 혹은 식품을 발효시켜 얻은 알콜) 수소에너지 등 대체에너지 개발에 많은 노력을 경주하고 있는 실정이다. 오늘날에는 생물학적, 무생물학적으로 다양한 환경 stressor들 간의 상호관계를 포함한 단기적, 장기적인 종합적인 평가와 모든 생물체가 적절한 환경속에서 살 수 있도록 인위적, 자연적으로 크게 변하는 생태계를 보호하겠다는 관리적 대책의 의미인 생태계 건강(ecosystem health)이 강조되어야 하겠다.¹³⁾

2. 유해물질에 대한 동물의 감시기능

동물은 인류생활에 꼭 필요한 존재이며 식품의 일부로 애완동물로 혹은 교통수단, 생물학적 실험, 의약품 등 다양한 유익성과 기능을 가지고 있으나 환경과 생태독성에 대한 좋은 감시기능이 있음은 그리 강조되지 않았다. 어류, 가축, 야생동물을 포함한 모든 생물체는 공기, 물, 토양 및 먹이를 통해 인간과 마찬가지로 환경유해물질에 노출되어 있다. 환경물질의 감시대상, 노출방법, 시간 또는 어떤 유해작용에 대한 검사나에 따라 동물종(species)이 고려되어야 하나, 동물은 인간에 비해 수명이 짧기 때문에 가끔 사람보다 병적 상태가 빨리 유도되어 독성물질에 대한 Biomarker로서 장점을 가지고 있다.¹⁴⁾ 사람을 대상으로 하는 유해물질의 만성작용에 대해서는 실험과 결과가 매우 제한된 상태이고, 환경에 의한 사람의 질병은 다양한 원인을 동반하고 있어 유해물질과 많은 복합화합물에 대한 대사기전과 노출 및 축적농도가 다를 수도 있고, 용량의존성 효과가 다르기 때문에 적절한 동물 모델선정은 역시 중요한 문제이다.

환경유해물질에 대한 동물의 감시는 적절하게 가축이나 야생동물 혹은 관찰코져 하는 곳에 존재하지 않은 외래성 동물을 사용할 수가 있다. 카나리아가 일산화탄소에 감수성이 높은 것을 이용하여 광산에서 사용되었음이 잘 알려져 있는 사실이다. 의심되는 독성물질은 동물의 서식상태로 증거될 때 있는데 특정한 곳에서의 오염도와 오염의 경시적 변화를 통해 인간의 독물 노출에 대한 예상적 가능성을 예측할 수 있으며 또한 다양한 동물을 사용함으로써 중별 반응을 비교할 수도 있다. 오염대상 즉, 토양, 공기, 수질, 식물 또는 사람 거주지에 따라 감시동물의 선택이 다양해질 수가 있는데 토양오염은 지렁이, 토양곤충, 마우스 등을 사용할 수 있다. 지렁이는 진정한 토양 서식동물로서 *Eisenia fetida*, *Dendrobaena octaedra* 등 일부 종에서는 토양환경물질에 대해 매우 민감하게 반응을 보여 실험적 독성검사에 사용되고 있다. 지렁이는 번식과 다루기가 간편해 단기간 혹은 장기간 살충제 효과 및 유해물질 폐기장소의 토양오염조사에 사용되어 왔다.¹⁵⁾

공기오염은 호흡기, 피부 등 다양한 경로를 통해 노출됨으로 감시 동물의 적용에 제한적이긴 하나 꿀벌이 좋은 소재이고 organochloride제에는 박쥐가 사용되었으며 도심의 대기에 함유된 납오염 감시를 위해 비둘기나 개, 고양이 등 애완동물이 사용되었다.^{16,17)} 애완동물인 개와 고양이는 사람보다 집안의 토양, 먼지 혹은 오염물에 더 잘 노출되기 때문에 사람 거주지에 대한 오염감시 역할을 많이 할 수 있다. 예를 들면 어린아이들이 쉽게 접할 수 있는 곳이나 물건에 묻은 흙을 먹을 수 있어 애완동물의 급성 납중독 등은 어린아이의 만성 중독의 위험성을 알릴 수 있다.¹⁸⁾ 애완동물에 나타난 중피종(mesothelioma)을 비롯한 각종 암발생은 집안에 오염된 석면 등의 분진 함량이나 기타 발암물질을 감시하는데 도움을 줄 수 있다.¹⁹⁾

수질오염은 조개류를 포함한 어류를 이용하고 있다. 오염된 물에서 살아가는 물고기는 포유류의 발암물질에 대하여 반응을 잘 보이고 특히 간암의 발생빈도가 높아 양서류와 함께 인간 종양에 새로운 이해 및 종양학에 기본적인 기전을 밝히는데 좋은 모델이 되어 왔다.²⁰⁾ 조개류는 주위 환경의 농도보다 어떤 오염물질에 대해서는 만배 내지 십만배나 체내에 축적이 되고 오염물질에 대한 대사효소가 거의 없어 특정지역의 수질오염 정도를 측정하는데 사용될 수 있다.²¹⁾

환경유해물질에 대한 동물의 감시는 역사적으로 인체 유해가능성에 대해 조기적 경고역할을 해왔는데 실험적 동물실험에 비해 어떤 경우에는 더 신속하게 정보를 제공해왔다. 동물의 중독증을 통해 환경 독성물이 최초로 동정된 대표적인 역사적 사건들을 알아보면 다음 표와 같다.^{14,22)}

최근에는 야생동물과 사람의 생식장애를 일으키는 환경 estrogen 물질에 대해서 비상한 관심을 모으고 있다. 1940년 이후 전세계적으로 남성의 정중수가 40% 이상 감소했다고 하면 믿어지지 않을 것이다.²³⁾ 지난 50년간 남성의 전립선 암과 고환종양이 각각 두세배 증가하였고, 여성에서의 자궁내막증(endometriosis)과 유방암의 급격한 발생률 증가 등

여성 및 남성 생식기 질환으로 불임과 임신장애를 갖는 사람이 늘고 있다. 인간이 만든 환경 estrogen 물질은 체내 estrogen의 작용을 방해하거나 유사반응을 보여 유방암을 야기하거나 태반을 통과해서 태아의 생식기 성장 및 발육의 장애를 일으키거나, 출생후 암으로 발전할 수 있는 요인을 제공하게 되고 본다.^{24,25)}

농약, 살충제, 하수처리 등과 관련하여 수질이 나빠진 미국 남부 Apopka 호에 사는 악어의 수가 1970년 후반에 비해 1980년대에 약 십분의 일로 줄어든 일이 있다. 악어알의 생존율 및 부화율의 불량, 부화된 새끼악어의 생존율이 낮고 수컷의 여성화 및 음경의 길이가 정상의 1/2~1/4 정도로 심각하게 작아져 있음을 알고 조사를 시작하였다. 주요 원인은 환경 estrogen 물질에 노출되어 부화된 수컷 악어는 체내 estrogen이 많이 분비되어 남성 홀몬인 testosterone 분비가 억제되고 비정상적인 저정낭을 갖게 된 것이다. 암컷은 과다 estrogen으로 난소에 비정상적인 난자가 존재하고 수적으로 암수가 불균형을 이루고 있음을 알게 되었다.²⁶⁾ 악어와 몇몇 거북이 종류는 부화중 특정시기에 estrogen 물질에 노출되면 성전환이 이루어진다. 따라서 환경오염물질인 estrogen과 유사물질의 존재를 생태계에서 감시할 수 있는 좋은 모델이 될 수 있다.

영국에서는 폐수처리공장의 물질이 유입되는 강의 어류에서도 증거를 찾게 되었다. 알을 낳는 성숙한 암컷 어류는 난황의 전구물질인 vitellogenin이 정상적으로 분비되나 수컷은 분비하지 않는다. 그러나 estrogen 물질에 노출되면 수컷도 분비할 수 있다. 케이지에 담은 무지개 송어를 폐수처리공장의 물질이 유입되는 근처에 몇주간 노출시킨 바 vitellogenin이 500배까지 높아졌다. Vitellogenin이 가장 높이 증가된 곳은 폐수유입지점이었고 그곳에서 수 kilometer가 떨어진 곳에서도 유의성 있는 증가가 관찰되어 수컷 어류에서 vitellogenin이 수중환경 estrogen 물질의 감시기능을 할 수 있는 것으로 보고되고 있다.²⁰⁾

DDT의 내분비계 효과로 독수리, 펠리칸, 가마우

표 1. 동물의 중독증을 통해 최초로 동정되었던 주요 환경 유해물질

독성물질	중독동물	위치 및 연도	증상 및 원인
Aflatoxin	개, 소, 돼지	미국 1952~1955	Hepatitis X, 간변성, 전신적 출혈 <i>Aspergillus flavus</i> 감염 땅콩
		영국 1960	Turkey X disease, 간변성, 출혈 <i>Aspergillus flavus</i> 감염 땅콩
	송어	미국 1968	간 압 곡류의 <i>Aspergillus flavus</i> 감염
		미국 1964	급성 신경증상 오염된 건초
Lead	말, 소	미국 1964	신경증상 오염된 건초
Mercury	고양이	일본 1950년대	신경증상 Minamati판에서 수은에 오염된 물고기
Polychlorinated dibenzo-p-dioxins	산란계	미국 1957, 1960	부종, 산란율 감소 사료 유입
		미국	높은 치사
	말, 고양이, 개, 설치류, 조류	10972-1974	오염된 폐유
PCBs	소	미국 1973	식욕결핍, 유량 및 체중감소 각화증, 임신지연 방화제에 오염된 사료
Polybrominated biphenyls			
Polychlorinated dibenzofurans	어류, 독수리	발틱해, 스위스 1966	높은 치사율 먹이 사슬을 통한 섭취
		미국 1974	산란률 저하 오염된 어류
	산란계	미국 1974	오염된 어류
Smog	소	영국 1873~1952	질식 질은 자극성 안개
Trichloroethylene	소	미국 1948~1952	재생 불량성 빈혈

지 등의 난각이 얇아지는 것이 알려져 있다. 1960년 후반 남부 캘리포니아에서 1.9만kg의 DDT가 해안에 노출되어 펠리칸과 그곳에 서식하는 가마우지가 전멸한 적이 있고, 그 해변가에서 1970년대 들어 갈매기는 수적으로 암컷이 우세했으며 수컷은 수태불능의 상태임이 밝혀진 일이 있다. 메사추세츠의 New Dedfwd 항구에 DCD를 포함한 독성물질 폐기장소의 조류 알을 채취해 조사한 바 유사하게 비정상적인 발육이 이루어짐이 밝혀졌다.²⁶⁾

최근 Ludwig 등에 의해 PAH의 농도가 조류의 알이나 어류에서 10배나 혹은 100배 많았던 20년전에

는 나타나지 않았던 dioxin 물질에 의한 결과로 이제야 알려지게 되어 많은 의문과 경각심을 가지게 한다. 많은 야생동물은 사람보다 PCB와 같은 polychlorinated hydrocarbon에 더욱 민감하게 반응을 하여 오염물질에 대한 규제가 인간의 발암성에 방차원보다 야생동물을 보호하는 입장에서 더 엄격한 규제가 있어야 한다고 생각된다.²⁷⁾ 야생동물이야말로 중요한 자원일 뿐만 아니라 생태계의 환경보호에 대한 지표로서 중요한 역할을 하게 되는 것이다.

3. 수의사의 역할

수의사는 독성물질 뿐만아니라 전염병, 영양상태, 기생충, 기타 부적절한 환경요인 및 다양한 스트레스 등에 기인한 가축과 야생동물을 비롯한 모든 동물의 질병을 진단하고 치료하도록 기초수의학과 임상수의학 그리고 다양한 비교의학에 대한 지식을 겸비하여 임상수의사로 혹은 각분야의 연구자로 활동하게 된다.

소동물 및 대동물 임상수의사들은 비단 동물에 국한되지 않고 인간이 안전한 환경속에서 살 수 있도록 많은 정보를 제공하게 된다. 즉, 소동물 임상수의사는 인간과 동일한 환경속에서 살아가는 동물의 중독을 발견함으로써 집안환경에 노출된 유해물질에 대한 정보를 제공하게 된다. 대동물 임상수의사는 토양, 수질, 공기 등 목장주변환경과 사료에 포함될 수 있는 유해물질 및 전염병 등을 관찰하고 관리하는데 도움을 줄 수 있다. 따라서 수의사들은 다 소간에 환경 및 상태독성분야에 항상 부분적으로 관련되어 있는 것이다.

모든 식용동물은 먹이사슬의 일부로서 사람에게 전파될 수 있는 전염원과 축적성 유해물질에 여러 경로로 노출될 수 있다. 미생물이 분비한 독성 혹은 농약, 중금속 등은 흡수된 후 동물조직내에 분포될 수 있어 동물의 조직에 대한 분석을 통해 검출할 수 있다. 이는 수의사의 고유업무 중의 하나이며 도축 과정을 통해 검사하게 된다. 그러나 실상 식용동물 조직내에 오염된 화학물질의 검출은 검사 및 그 규제가 아직은 미비한 상태에 있다. 더욱이 근래 수입 개방에 따른 축산물의 무역이 더욱 증대되고 있어 이에 따른 수입육류에 대한 화학물질 잔류에 대한 검색과 감시가 더욱 강화되어야 하겠다.

일반적으로 수의사는 사람에 유해한 물질을 실험동물을 대상으로 규명하게 되는 연구활동과 환경문제에 관련된 정부 혹은 개인 기업체에서 일을 할 수 있는 기회가 늘어나고 있다. 하지만 독성물질에 의해 유도된 병리학적 조건을 관찰할 수 있는 일부 수의 독성 병리학자들을 제외하고는 수의사로서 환경 및 생태독성연구에 관련된 수는 그리 많지 않다고 본다. 기본적으로 수의 독성학은 주요 가축에서 일

어나는 독성물질에 대해 연구하는 학문으로 중금속, 곰팡이 독소, 독성식물, 살충제, 첨가제를 포함한 수의약품, 인체약품, 가정에 있는 화학물질, 또는 독가스 등 뿐만아니고 고기, 우유, 계란 등의 잔류 독성도 연구대상에 포함하고 있다. 수의 임상 독성학 및 진단 독성학은 병력을 근거로 천연 혹은 화학 독성물을 찾아내 동물치료와 향후 중독사건을 줄이는데 정보를 제공하게 된다. 이를 위해 육안적, 조직학적, 혈액 혹은 혈청학적 조사와 독성학적 실험실 검사결과를 토대로 독성물 검출과 대사과정 등을 알아내는 것이다.

아직은 수의임상 및 진단 독성학에 관여하는 전문적인 수의사와 실험실의 도움이 부족한 점을 고려할 때 일반 임상수의사로서는 동물 중독증의 감별진단은 그리 쉬운 일이 아니다.²⁸⁾ 그런데 일반가축과 더불어 조류 및 야생동물을 대상으로 하는 중독증의 감별진단을 돕는 세계적인 전문기관과 수의사를 위한 환경 및 생태독성에 대한 교육기관이 있어 잠시 소개하고자 한다. 프랑스 Lyon 수의대의 Centre Veterinaire Anti-Poison와 미국의 Illinois 수의대의 National Animal Poisoning Control Center(NAPCC)가 바로 세계적으로 유명한 기관이다. 1970년대 후반 비슷한 시기에 설립이 되었으나 프랑스 관계자에 의한 교육과 기술이전 등으로 NAPCC가 모체적 역할을 담당하고 있다.

NAPCC는 임상 및 진단 독성수의학을 전공하거나 독성학 전문가들이 24시간 동물의 중독증으로 의심되는 증례를 미국과 캐나다 전역의 환축주나 일반 임상수의사로 부터 병력과 같이 보고 받고, 컴퓨터 data bank를 통해 중독증에 대한 지식과 치료에 도움이 되도록 정보를 제공하는 기관이다. 이미 일부 유럽국가와 오스트레일리아에서도 이용하고 있으며 94년 한해만도 32,000건을 다루었다. 1984년 이후 모든 중독예를 전산화하였고 250,000이 넘는 증례와 새로운 원인에 기인한 3,500 넘는 증례자료를 가지고 있다. 수의독성학 관계자들은 NAPCC의 지식을 문헌을 통해 종종 접할 수 있는데 세계적으로 야생동물을 포함한 동물의 독물중독에 대해 가장 방대한

자료를 가지고 있어 수의독성학은 물론 유해물질을 감시하는데 많은 자료를 제공하고 있다.

환경과 생태독성에 이해를 돕는 수의사를 위한 교육제도로는 미국 환경보건청(EPA)의 후원을 받는 Envirovet 프로그램이 있다. 이는 학교, 정부, 산업체, 사설기업체가 참여하여 독성물질에 의해 나타나는 야생 혹은 수중 동물들의 병리, 생리적 결과 및 병변을 관찰하고 생태계 안전성 평가 등을 공부하게 된다.

결국 가축과 해양동물을 포함한 야생동물은 환경오염에 훌륭한 파수꾼이며 환경에 노출된 독성물질에 대해 가끔씩 이들 동물이 최초의 첨병이 된다. 즉, 임상수의사 및 수의독성학 관련자들이 가장 먼저 환경오염물질에 의한 동물의 중독증을 다루게 될 경우가 많이 있다.

동식물이 살 수 없는 곳에서 사람이 건강하게 살아갈 수는 없는 것이다. 아직은 우리나라의 지구환경과 생태계에 대한 인식은 비교적 낮은 편이나 그 중요성을 고려할 때 우리나라에서도 수의교육과정을 통해서 이러한 문제점들이 더욱 강조되어야 할 때라고 생각한다. 야생동물을 비롯한 모든 동물의 전염병, 영양상태 기타 질병 뿐만아니라 독성물질 노출에 의한 상태를 잘 관찰하고 판단할 수 있는 수의사의 교육과 참여가 더욱 진지하게 이루어져야 하겠다.

감사의 말 : 이 글을 쓰는데 조언을 해준 일리노이 수의대 Drs. Wanda M Haschek과 Val Richard Beasley 그리고 NAPCC에 대한 도움말씀 주신 NAPCC manager, Dr. Louise-Marie Côté에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Stickel LF : Pesticide residues in birds and mammals In : Environment pollution by pesticides. C.A. Edwards, ed. Plenum Press, London, 1973; 254~312.
2. Bagley GE, Reichel WL, Cromartie E : Identification of polychlorinated biphenyls in two bald eagles by combined gas chromatography-mass spectrometry. J Assoc Office Agr Chem, 1970 : 53 : 251~261.
3. Tibbetts J : What's in the water : the disinfectant dilemma. Environmental Health Perspectives, 1995 : 103 : 30~34.
4. US-EPA : Deposition of air pollutants to the Great Waters : First report of Congress. EPA-453/R-93-055. Environmental Protection Agency. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. 1994. 136.
5. Last J, Guidotti TL : Implications for human of global ecological changes. Public Health Rev. 1991 : 18 : 49~67.
6. Lindley D : CFCs cause part of global ozone decline. Nature. 1988 : 323 : 293.
7. Henriksen A, Lien L, Rosseland BO et al : Lake acidification in Norway : Present and Predicted fish status. Ambio. 1989 : 18 : 314~321.
8. Hongfa C : Air pollution and its effects on plants in China. J Appl Ecol. 1989 : 26 : 763~773.
9. Harper D : Eutrophication of freshwater. In : What is eutrophication? 1st eds. Chapman & Hall, 1992 : 1~28.
10. Freedman B : Environmental Ecology. In : Biodiversity and extinctions. 2nd eds. Academic Press, 1995 : 338~387.
11. Beasley V : Exicology and exosystem health : Roles of veterinarians; Goals of the envirovet program. JAVMA, 1993 : 203 : 617~628.
12. National Research Council : Animals as sentinels of environmental health hazards. Washington, DC. National Academy Press, 1991.
13. Honeycutt ME, Roberts BL, Roane DS : Cadmium disposition in the earthworm *Eisenia fetida*. Ecotoxicology and Environment Safty. 1995 30 : 143~150.
14. Bromenshenk JJ, Carlson SR, Simpson JC et al : Pollution monitoring of Puget Sound with honey bees. Science; 227 : 632~634.
15. Sakai T, Ito M, Aoki H et al : Hair mercury concentrations in cats and dogs in central Japan. Br Vet J. 1995 : 151 : 215~219.
16. Stanek EJ, Calabrese EJ : Daily estimates of soil ingestion in children. Environmental N Ldi D calabrese 100e : 100 : 393~393.
17. Ilgren EB, Wagner JC : Background incidence of mesothelioma : animal and human evidence. Reg Tox & Pharmacol, 1991 : 13 : 133~149.
18. Malins DC, Ostrander GK : Aquatic Toxicology. In : Moore MJ, Myers M, eds. Pathobiology of Chemical-Associated Neoplasia in Fish. CRC Press, 1994 : 327~386.
19. Buck WB : Animals as monitors of environmental quality. Veterinary and human Toxicology. 1979 : 277~284.
20. Carlen E, Giwercman A, Keiding N et al : Evidence for the decreasing quality

of semen during the past 50 years. Br Med J. 1992 : 305 : 609~612. 21. Bette Hileman : Environmental estrogens linked to reproductive abnormalities cancer. C & EN, 1994 : 19~23. 22. Safe SH : Environmental and dietary estrogens and human health : is there a problem? Environ Health Perspect. 1995 : 103 : 346~351. 23. Gross TS, Guillette HF, Masson GR et al : Contaminant-induced reproductive anomalies in Florida. Comp Path Bull, 1994 : 26 : 2~8. 24. Ludwig JP, Geisy CL, Summer CL : A comparison of Water Quality Criteria for the Great Lakes based on human and wildlife criteria. J Great Lakes Res, 1993 : 19 : 789~807. 25. Jerry LaBonde : Toxicity in pat avian patients. Seminars in Avian and Exotic Pet Med. 1995 : 4 : 23~31.

유선내 감염이외의 요인은 체세포수의 변화에 거의 영향을 미치지 않는다.

Factors Other Than Infection Status Have Little Impact on SCC; *Journal of Dairy Science*, Vol. 77(7), p. 2103, 1994.

우유에서 체세포의 변화에 영향을 미치는 주 요인은 유선내 감염이다. 다른 요인도 종종 體細胞數의 증가에 어느 정도 관여하고 있지만 중요한 영향을 미치지 못하는 것이다. 다음의 내용은 체세포수에 영향을 미칠 가능성이 있는 몇몇 다른 요인을 다시 생각해보는 시간을 가짐으로써 체세포수의 변화에 대한 지금까지의 그릇된 생각을 분명하게 정립시키는데 기여할 것이다.

1) 泌乳期와 젖소의 나이 : 일반적으로 체세포는 비유연령과 비유기가 빨라짐에 따라 증가한다고 하지만 유방내 세균감염이 없을 경우에는 거의 변화가 없다. 따라서 체세포수의 변화는 주로 유선내 감염 여부에 따라 결정된다고 하겠다.

2) 스트레스 : 젖소에게 가해지는 여러가지 스트레스는 체세포수의 증가와 연관이 있지만 유방염에 감염되지 않은 젖소에서 실험적으로 체세포수의 변화를 유도하려는 시도는 아직까지 이렇다할 효과가 없거나 미약하였다. 더위에 의한 스트레스를 받은 젖소에서 우유의 체세포수가 증가된 것으로 인식되어 왔지만 이런 체세포수의 증가는 일반적으로 더위에 의한 스트레스를 받은 젖소에서 볼 수 있는 젖생산의 감소때문에 상대적으로 체세포수가 증가한 것처럼 생각되는 것이다. 착유과정에서 발생하는 放電流(stray voltage)가 젖소에서 비정상적인 행동의 변화를 일으킨다고 하더라도 건강한 젖소의 유방장에서 체세포수 증가의 직접적인 원인이 된다고 하는 증거는 아직까지 보고되지 않았다. 또한 젖소의 발정도 체세포수의 변화에 거의 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.

3) 계절 : 일반적으로 체세포수는 사계절중 겨울에 가장 낮고 여름에 가장 높게 나타난다. 신규감염과 臨床型 乳房炎의 수가 겨울에 비해 여름이 더 높은 것은 아마도 유두끝이 병원균에 노출될 기회가 겨울보다 여름이 더 많기 때문이지 고온때문인 것 같지는 않다. 따라서 고온과 습도는 체세포수를 증가시키는 주 요인은 되지 못한다.

4) 다른 요인 : 체세포수의 정상적인 변동(normal variation)은 일회의 착유후 집유한 우유에서 일어나며 체세포수의 일간변동(diurnal variation)은 착유시간 동안에 일어난다. 일반적으로 체세포수는 搾乳시 가장 높고 착유 바로 직전에 가장 낮다. 자연적으로 증가한 체세포수는 착유 4시간 후까지 지속되다가 점차 감소한다. 높은 체세포수와 낮은 체세포수의 차이는 분방당 4에서 70배로 다양하다.

결론적으로 현저한 체세포수의 증가는 局所的인 유방내 감염시에 생성되는 매개물의 염증반응으로 체세포가 乳腺조직으로 유주한 결과이므로 유방건강에 직접적인 영향을 미치지 않는 요인은 체세포수의 변화에 직접적인 또는 아주 심각한 영향을 미치지 않는 것 같으며 日間變動(diurnal variation) 이외의 다른 요인은 體細胞數의 변화에 중요한 변수로 작용한다는 보고는 아직까지 없다(초역; 서울大 大醫院 獸醫內科學 專功 朴熙銘).