

OH1 PAHs가 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 초기 발생에 미치는 영향

문상희*, 감상규¹, 이영돈², 나오수³, 이민규⁴

제주대학교 대학원 환경공학과, ¹제주대학교 해양과학부,

²제주대학교 해양과환경연구소, ³제주대학교 대학원 수산생물학과,

⁴부경대학교 화학공학부

1. 서 론

PAHs는 2개 이상의 벤젠고리를 지닌 방향족탄화수소로서, 탄화수소화합물 중에서 가장 독성이 강하며, 생물체에 농축되어 발암, 돌연변이원성을 가진 잠재적 물질로서 (Keith와 Walker, 1993) 정상적인 대사활동을 방해한다. 해마다 약 23만톤의 PAHs가 화석연료의 연소, 가정하수나 산업폐수의 유입, 선박으로부터 석유의 누출 등 인위적인 활동에 의해 해양 환경으로 유입되어 해양환경을 크게 오염시키고, 해양 생물체에 커다란 위해를 끼치고 있다. 청어류(*Gadus morhua*)의 간과 생식소에 PAHs가 14~26 ng/g 정도 축적되는 것으로 보고 되었으며(Hellou 등, 1994), 대서양 croaker는 PAHs에 노출될 경우 GSI 값과 스테로이드 호르몬의 양이 감소하는 것으로 밝혀졌다(Thomas, 1988). 그러나 PAHs가 독성물질에 가장 민감한 시기인 초기생활사중 수정란의 발생과 부화 그리고 부화자어에 미치는 영향에 관한 연구는 없는 실정이다.

본 연구에서는 제주도 해양환경에서 검출되는 PAHs중 비교적 높은농도로 검출되고 있는 수종의 PAHs에 대해 넙치를 대상으로 초기발생에 미치는 영향을 탐색하기 위해 넙치 수정란과 부화자어에 PAHs를 농도별로 처리하여 수정란의 생존율, 부화율, 기형을 그리고 부화자어의 생존율을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

PAHs 중에서 해양환경중 비교적 높은농도로 검출되고 있는 naphthalene (NA), fluorene (FL), pyrene (PY), fluoranthene (FLR), benzo(a)pyrene (BaP)를 각각 1, 10, 100, 1,000 그리고 10,000 $\mu\text{g/L}$ 농도로 넙치에 침적처리하여 수정란의 생존율, 부화율, 기형을 그리고 부화자어의 생존율을 조사하였으며 이의 실험과정은 다음과 같다.

2.1. 수정란

각각의 PAHs가 침적 처리한 6 well plate (10 mL/well)에 상실기(morula) 단계에 있는 넙치 수정란을 100개씩 수용하였다. PAHs 처리구의 농도는 1, 10, 100, 1,000 그리고 10,000 $\mu\text{g/L}$ 가 되도록 여과해수 9.9 mL에 미리 조제한 각각의 stock solution을 0.1 mL 첨가하였고, 대조구는 여과해수만을 공급한 실험구와 여과해수 9.9 mL에 PAHs의 용매로 사용한 hexan을 0.1 mL 첨가한 실험구를 두었다. 실험동안 사육수온은 $18\pm 0.5^\circ\text{C}$, pH

는 8.1이었으며, 각각의 PAHs 농도 유지를 위해 8시간마다 사육수를 전량 환수하였다. 생존율은 실험개시 후 8시간 간격으로 48시간 동안 죽은 개체를 계수하여 실험 시작할 때 수용한 100개의 수정란에 대한 죽은 알 수의 백분율로 산출하였다. 부화율은 실험개시 후 48시간까지 부화된 개체를 계수하여 100개의 수정란에 대한 백분율로 산출하였다. 기형율은 수정란의 발생과정에서 백탁된 개체와 부화시 꼬리부분의 유실과 척추만곡 개체의 출현비율로 조사하였다.

2.2. 부화자어

각각의 PAHs가 침적 처리한 6 well plate (10 mL/well)에 갓 부화한 넙치 자어를 100마리씩 수용하였다. PAHs의 처리와 실험 방법은 수정란 실험과 동일하게 하였다. 생존율은 실험개시 후 8시간 간격으로 48시간 동안 죽은 개체를 계수하여 실험 개시할 때 수용한 100마리의 부화자어에 대한 백분율로 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

넙치를 대상으로 PAHs (NA, FL, PY, FLR, BaP)의 초기발생에 미치는 영향을 살펴 보기 위해 이들 PAHs를 2. 재료 및 방법에서와 같이 농도별로 처리하여 수정란의 생존율, 부화율, 기형률 그리고 부화자어의 생존율을 검토하였다.

3.1. PAHs가 수정란의 생존율, 부화율 및 기형물에 미치는 영향

넙치 수정란의 생존율은 FL, FLR, BaP, PY를 10 $\mu\text{g/L}$ 이상의 농도로 처리하였을 때 대조구에 비해 낮았고, NA를 100 $\mu\text{g/L}$ 이상의 농도로 처리하였을 때 대조구에 비해 낮았으며, 처리농도가 증가함에 따라 감소하였다. 48시간 LC_{50} 은 NA, FL, FLR, BaP, PY 처리구에서 각각 870.8, 642.2, 183.6, 538.4, 142.2 $\mu\text{g/L}$ 로 FLR과 PY가 다른 PAHs에 비해 비교적 낮은 농도에서 넙치의 수정란에 독성을 갖는 것으로 생각된다.

수정란의 부화율 또한 처리농도가 증가함에 따라 감소하였다. NA와 BaP 처리구는 100 $\mu\text{g/L}$ 이상의 농도에서 각각 대조구에 비해 낮았고, FL, FLR, PY 처리구는 10 $\mu\text{g/L}$ 이상의 농도에서 대조구에 비해 낮았다.

수정란의 기형율은 처리농도가 증가함에 따라 증가하였다. BaP 처리구는 100 $\mu\text{g/L}$ 이상의 농도에서 대조구에 비해 높았고, 나머지 처리구는 10 $\mu\text{g/L}$ 이상의 농도에서 대조구에 비해 높았다.

3.2. 부화자어의 생존율에 미치는 영향

넙치 부화자어의 생존율은 수정란의 결과와 유사하였으며, 10 $\mu\text{g/L}$ 이상의 농도에서 대조구에 비해 낮았고, 처리농도가 증가함에 따라 감소하였다. 48시간 LC_{50} 은 NA, FL, FLR, BaP, PY 처리구에서 각각 281.4, 157.0, 92.1, 141.4, 110.7 $\mu\text{g/L}$ 로 FLR 처리구가 가장 낮은 값을 보였고, 수정란의 결과와 비교해서도 각각 낮은 값을 보여 수정란 보다는 부화자어가 PAHs의 독성에 보다 민감한 것으로 나타났다. 48시간 LC_{50} 은 NA, FL,

FLR, BaP, PY 처리구에서 각각 517.4, 389.6, 184.2, 409.2, 120.8 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 넙치 수정란의 결과와 같이 FLR과 PY 처리구가 낮은 값을 보였다.

이상의 결과에서 PAHs는 넙치 수정란 보다는 부화자어에 더 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 각각의 PAHs가 해양생물의 초기발생에 미치는 영향은 $\text{PY} \geq \text{FLR} > \text{FL} \geq \text{BaP} > \text{NA}$ 로 판단된다. 그리고 자연환경에 존재할 수 있는 적은 농도의 PAHs가 해양생물의 초기발생에 장애를 초래할 수 있기 때문에 자원생물의 산란과 부화장으로 이용되는 연안에서 PAHs에 노출될 경우 자원량 감소를 가져올 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(RO5-2001-000-00278-0)지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- Hellou, J., Warren, W.G. and Payne, J.F., 1993, Organochlorines including polychlorinated biphenyls in muscle, liver and ovaries of cod *Gadus morhua*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 25, 497-505.
- Keith, L.H. and Walker, 1993, EPA's clean air act Air toxics database, Air Toxics Chemical and Physical Properties, Lewis Pub.
- Thomas, P., 1988. Reproductive endocrine function in female Atlantic croaker exposed to pollutants. Mar. Environ. Res. 24, 179-183.