

물벼룩을 이용한 하천수계 퇴적물의 독성도

이찬원, 권영택, 양기섭¹, 장풍국, 윤종섭¹
경남대학교 환경보호학과, ¹경남대학교 환경문제연구소

1. 서론

수서 환경이 얼마나 오염되었는지 종합적으로 평가하기 위해서는 수서환경의 주요구성성분(물, 퇴적물, 수서생물)에 대한 물리·화학적 분석(이화화적인 수질평가)과 함께 생물학적 분석(생물학적 수질평가)이 요구된다.

오염된 퇴적물이 생물에게 미칠 수 있는 영향은 생물이 퇴적물과 접촉하였을 때, 생물이 퇴적물에서 먹이를 얻기 위해 퇴적물을 먹을 경우 소화기관을 통해 흡수될 때, 퇴적물로부터 용출된 오염물질을 흡수할 경우이다. 또한 물고기나 무척추 동물과 같은 수서 생물은 유생기를 수체 바닥에서 보내기 때문에 퇴적물에서의 오염은 심각한 문제이다.

하천으로 유입된 오염물질은 하천을 오염시키고, 중금속 및 미량의 독성물질들은 부유 물질과 흡착되어 퇴적되고, 호수나 만에 유입이 되면 바닥에 퇴적된다.

본 연구의 목적은 퇴적된 오염물질의 물벼룩독성도 측정방법과 물벼룩의 치사율 및 포란율을 비교 분석하고자 하였다.

2. 재료 및 실험방법

퇴적물 독성실험을 위하여 간극수를 얻는 방법과 용출(elutriate)하는 방법으로 나누어 그 결과를 비교하였다.

첫번째, 퇴적물 간극수는 퇴적물을 원심분리 시킨 다음 상등수를 여과지(0.45 cm diameter, 1.2 μ m nominal pore size; Whatman GF/C)를 통과시켜 얻고, 간극수는 4°C로 보관하면서 7일 이내에 실험을 하였다.

본 실험에서는 1500rpm, 3000rpm, 8000rpm으로 원심분리 조건을 달리하였으며, 그 때 얻어진 간극수를 이용하여 물벼룩(*Ceriodaphnia dubia*, *Daphnia magna*)독성도를 비교하였다.

두 번째, Elutriate test(용출시험)는 빠르고 경제적이며, 쉽게 표준화시킬 수 있는 방법으로 알려져있다. 또한 물에 녹을 수 있는 오염물질도 측정할 수 있는 잇점이 있다. 이 방법은 용출수와 퇴적물의 비율을 달리 할 수 있는 실험방법이다.

낙동강 중류지역(강정취수장, 강창교, 황강, 남강, 칠서정수장)에서 퇴적물을 채취하여 용출실험을 하였으며, 창원시 공단하천인 남천에서 채취한 퇴적물시료로는 간극수 실험과 용출실험을 적용하였다. 용출실험에 사용된 메디아로 물벼룩 배양액과 채취된 퇴적물의 강물과 하천수를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

퇴적물의 실험 방법을 비교하기 위하여 각기 다른 원심 분리속도로 퇴적물의 간극수를 추출하였다. 그리고 각각의 간극수 특성 및 독성도를 Table 1에 나타내었다.

*C.dubia*의 독성시험에 있어서 원심 분리속도에 따라서는 별다른 차이를 나타내고 있지 않지만, 지점에 따라서 달리 나타났다. 이에 대한 경향은 *D.magna*에서도 유사하게 나타났다. 하지만 *C.dubia*가 *D.magna*보다 더 민감하다는 것을 알 수 있다. Winner(1988) 및, Giesy et, al.(1988)는 물벼룩의 종류와 독성도 실험방법에 따라 독성도의 민감성에 차이가 나타나는 것을 보고하였다.

Table 1에서 보는 바와 같이 간극수량, 간극수내의 오염물질농도, 물벼룩 독성도를 종합적으로 고찰할 때 8,000rpm(2,949×g)의 원심분리가 최적조건임을 알 수 있었다.

Table 1. Pore water characteristics and lethality data by different centrifugation with *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia*

Parameters	Centrifuse rpm	1500				3000				8000			
		2	5	8	AVG	2	5	8	AVG	2	5	8	AVG
Site		2	5	8	AVG	2	5	8	AVG	2	5	8	AVG
Pore water Yield (mL/g)		0.48	0.43	0.35	0.42	0.59	0.50	0.38	0.49	0.61	0.64	0.54	0.60
NH ₃ -N(mg/L)		13.74	59.94	77.76	50.35	19.94	55.21	84.18	53.11	25.84	71.80	72.94	56.89
pH	initial	7.9	7.61	7.51	7.67	7.89	7.74	7.58	7.74	7.4	7.75	7.51	7.55
	final	8.28	7.99	8.21	8.16	8.20	7.96	8.20	8.12	8.24	7.89	8.08	8.07
Heavy - metal (μg/L)	Zn	0.129	0.423	0.378	0.31	0.174	0.306	0.523	0.334	0.153	0.191	0.178	0.174
	Pb	13.7	50.0	2.5	22.07	30.4	8.4	157.7	65.5	24.9	8.3	18.6	17.27
	Cd	0.3	1.3	0.2	0.6	1.6	1.1	1.4	1.37	0.7	0.9	0.3	0.63
	Ni	2.2	22.4	11.1	11.9	2.5	20.6	18.4	13.83	9.0	8.4	14.9	10.7
	Cu	4.6	3.1	6.7	4.3	3.6	5.5	10.5	6.53	3.6	3.4	3.6	3.53
LT50	<i>C.dubia</i>	14.8	3.3	4.3	7.47	15.5	3.1	2.2	6.93	10.0	10.0	2.0	7.33
	<i>D.magna</i>	NT	28.2	10.6	-	NT	27.9	20.7	-	NT	40.3	27.5	-

용출실험의 미디어로 퇴적물 채취지점의 하천수를 사용하였을 때가 물벼룩 배양액을 사용했을 때보다 높은 독성도를 보여주었다. 이는 하천수의 수질에 포함된 음이온 계면활성제 및 암모니아성 질소농도가 물벼룩 독성도에 영향을 주는 것으로 생각된다. 그리고 두가지 경우 모두 *C.dubia*가 *D.magna*보다 민감한 독성도가 나타났다.

Table 2. Toxicity of *C. dubia* and *D. magna* in elutriate test

지점 항목	E1								E2							
	<i>D.magna</i>				<i>C.dubia</i>				<i>D.magna</i>				<i>C.dubia</i>			
	1	7	8	9	1	7	8	9	1	7	8	9	1	7	8	9
48h-mortality(%)	0	0	5	0	0	0	42	0	0	24	0	0	3	100	6.7	10
96h-mortality(%)	0	0	5	5	0	0	73.7	0	0	100	0	20	3	100	90	42.9
48h-LT50(h)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11.5	.	.

E1(Elutriate test 1): 퇴적물+배양액, E2(Elutriate test 2): 퇴적물+퇴적물 채취지점의 물

낙동강 퇴적물 용출 시험에서는 강창교에서만 48h-LT50이 26.4h이고, 나머지는 나타나지 않았다(Table 3). 포란율은 남강, 황강, 강정 취수장, 칠서 정수장, 강창교 순으로 나타났다. 퇴적물 용출수로 물벼룩 독성도를 실험할 때 물벼룩의 치사율보다 포란율을 측정하는 것이 상대적인 퇴적물 독성도를 분명하게 구별할 수 있었다.

Table 3. 48-LT50, 48h- mortality, 98h-mortality and rate of pregnancy of *Ceriodaphnia dubia* by elutriate test with sediments.

항목 지점	48-LT50 (h)	48h-mortality (%)	98h-mortality (%)	rate of pregnancy(%)
강정 취수장	.	.	.	43
강창교	26.4	100	100	.
황강	.	4.3	4.3	63
남강	.	4.3	4.3	89
칠서 정수장	.	.	4.3	15

칠서 취수장에서 포란율이 낮게 측정되어졌는데 이는 칠서 취수장 지역의 퇴적물이 유기물을 포함한 silt로 구성되어 있어서 모래가 대부분인 다른 지역에 비하여 많은 오염물질이 퇴적물에 존재하기 때문인 것으로 고려된다.

4. 결론

1. 남천에서의 간극수 실험에서는 8000rpm(2,949xg)에서 간극수와 고형물의 분리가 쉽고, 많은 양의 간극수가 나오고 모든 지점에서 암모니아 ($\text{NH}_4\text{-N}$)의 농도가 높은 것으로 나타나 간극수 실험에 있어서 8000rpm을 선택하는 것이 좋다고 판단된다.
2. 도시공단하천의 퇴적물 간극수 실험에서 *C.dubia*가 *D.magna*보다 민감한 독성도를 보여주었다.
3. 낙동강 퇴적물 용출에 의한 독성도 실험에서 물벼룩 포란율은 남강, 황강, 강정 취수장, 칠서 취수장, 강창교 순으로 나타났다. 강창교 및 칠서 취수장의 퇴적물 용출수의 실험에서 강창교 및 칠서 취수장의 포란율이 낮게 나타나 퇴적물의 상대적인 생물 독성도를 잘 반영해 주었다.

참고 문헌

- 이찬원, 권영택 1995. 퇴적물의 준설과 해양 환경 변화. 아카데미 예원. 34-48.
- 권영택 1993. 중공업단지 하천 퇴적물의 중금속 오염 특성 (창원 남천을 중심)경남대학교 환경연구 Vol 15, 5-15
- 이찬원, 이규환 1993. 낙동강 지류가 낙동강 수질에 미치는 영향. 경남대 환경연구소 환경소보. 제 15집, 23 - 41
- Nebker, A.V., M. A. Carins, J.H Gakstatter, K.W. Malueg, G.S. Schuytema and D.F.Krawczuk. 1984. Biological methods for determining toxicity of contaminated freshwater sediments to invertebrates Environ. Toxicol. Chem. 3:617-630
- Winner, R. W. (1988). Evaluation of the relative sensitivities of 7-d *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia* toxicity tests for cadmium and sodium pentachlorophenate. *Environ. Toxicol. Chem.*, 7, 153-159.
- Giesy, J. P., Graney, R. L., Rosiu, C. J. and Benda, A. (1988). Comparison of three sediment bioassay methods using Detroit river sediments. *Environ. Toxicol. Chem.*, 7, 483-498.