

부유사 농도에 따른 저서성대형무척추동물 노출실험

이남주*, 김명철**, 정태훈*

*경성대학교 토목공학과
**SOKN 생태보전연구소
e-mail: njlee@ks.ac.kr

Exposure experiment to benthic macroinvertebrates according to suspended sediment concentraion

Namjoo Lee*, Myoung Chu**1, Taehun Jung*
*Dept. of Civil Engineering, Kyung Sung University
**SOKN Institute of Ecology&Conservation

요약

높은 강우강도에 따른 유역 탁수 유출은 하천의 부유사 농도를 증가시킨다. 높은 부유사 농도 상태에서 저서성대형무척추동물의 폐사에 영향을 줄 수 있다. 이 연구에서는 부유사 농도에 따른 깔따구의 생존 범위 확인을 위하여 마이크로코즘 실험을 수행하였다. 실험은 탁수농도별(대조구, 100 NTU, 500 NTU, 1000 NTU, 5000 NTU)로 25 cm 정육면체 수조를 설치하여 진행하였으며, 10일간 매일 생존률을 확인하였다. 실험결과 평균적으로 100 NTU의 조건에서 10개체 중 7.3개체가 생존하여 가장 높은 생존율을 보였고, 500 NTU와 5000 NTU에서 10개체 모두 생존하지 못하여 가장 낮은 생존율을 보였다. 일반적인 하천에서 나타날 수 있는 부유사의 영향성은 농도의 정도와 함께 해당 농도가 지속되어 지는 기간이 깔따구 등의 저서성 대형무척추동물의 생존에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 요인들로 작용될 수 있을 것이다. 이 연구의 결과는 부유사 농도에 따른 노출시간과의 관계 정립을 통하여 유해영향심각도모형(severity of ill effects model: SEV)등에 활용 가능하다.

1. 서론

저서성대형무척추동물은 하천 생태계에서 중요한 역할을 하는 생물군 중 하나이다. 이러한 종은 하천의 생태학적 안정성과 생물 다양성을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 그러나 고농도의 부유사에 노출될 경우 생태학적 특성과 생태학적 역할에 영향을 미칠 우려가 있다. 그러나 현재까지 이에 대한 체계적인 연구는 부족한 상태이다. 본 연구에서는 부유사 농도에 따른 하천에서 생활하는 저서성대형무척추동물의 노출 실험을 통해 이러한 종의 생리학적 및 생태학적 반응을 평가하고자 한다. 이를 통해 하천 생태계에서 부유사 오염이 저서성대형무척추동물에 미치는 영향을 보다 잘 이해하고, 그 결과를 통해 하천 환경의 보전 및 관리에 도움이 될 것으로 기대할 수 있을 것이다.

2. 실험의 내용 및 조건

2.1 실험대상 종의 선정

부유사에 의한 생태적 실험을 위해 담수생태계에 서식하는 생물을 포함하여 국내·외에서 연구된 문헌자료 검토 후 실험에 적합한 종을 선정하였다. 실험 중 선정시 분류학적으로 명확히 구분되며 생활사가 되도록 짧고, 국내 전 지역에 분포하고 있으며, 채집이 용이하고, 실내에서 사육 시 유사한 환경생태를 만들 수 있는 깔따구류(Chironomidae sp.)로 실험을 진행하였다. 실험에 사용한 깔따구류의 주요 특성은 다음과 같다.

- 깔따구류는 유충단계에서 종 분류가 쉽지 않은 상태이며 일부 종만이 성충과 유충을 확인할 수 있다.
- 깔따구류는 대부분 주변 환경요인에 따라서 1년에 2~3번 성충으로 우화하며 많은 종의 유충들은 체내에 헤모글로빈(Hb)을 가져 빨간색을 띠고 간혹 실지렁이와 혼동하기도 한다.
- 하천 생물들에게는 주요한 먹이원으로 작용하기도 하며 전 세계적으로는 20,000여종이 넘으며 우리나라에 보고된 종도 70여종이 기록되었다.
- 산간계류부터 하천, 강, 습지 등 다양한 곳에 서식하며 거의 모든 환경에 적응해서 살아가기 때문에 지표종으로 생태적 가치가 크다.

- 선정된 깔따구류 유충의 생활사를 파악하기 위하여 깔따구류가 많이 서식하는 하천(중랑천)을 대상으로 종을 확보하였으며, 한 세대(F1)를 거쳐 다음 세대(F2)를 실험에 사용하였다.



- 절지동물문 곤충강 파리목에 속하는 수서곤충
- 전국적인 분포 특성: 국내 보편 서식종
- 전체 생활사의 빠른 회전을
- 부유사에 노출된 환경에서 서식이 적합한 종

[그림 1] 깔따구의 특성

2.2 실험의 조건

깔따구를 이용한 실험 시 조건은 표 1과 같다.

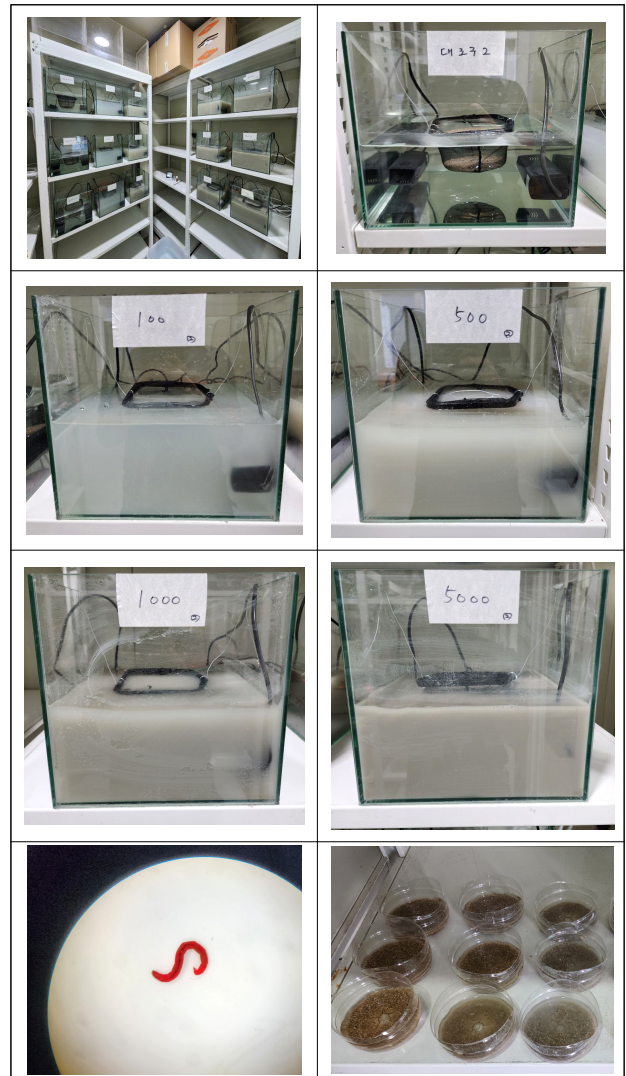
[표 1] 실험 조건

구분	내 용
실험 종	○ 각 수조당 깔따구류(Chironomidae sp.) 10개체
사육조	○ 투명 유리cage(W250 X L250 X H250 mm)
환경 조건	○ 온도: 28±0.5℃ ○ DO: 6.5±0.3mg/L ○ PH: 7.5±0.3 ○ 전기전도도(EC): 158±0.2 μS/cm ○ 광도: 16:8(L:D)
기타 조건	○ 부유물질(Bentonite): 불용성 광물성분 ○ 유충서식 기질(Substrate): 멸균 가는 모래(<0.5 mm) ○ 먹이(Food): Tetramin (<0.2 mm) (TetraWerke, Melle, Germany) ○ 유속(Flow): 3W 유속 발생기 2개

실험 방법은 다음과 같다.

- 실험곤충인 깔따구를 일정한 부유사 농도에 노출시키고, 노출 지속기간별 생존율을 관찰하여 기록하였다.
- 부유사 농도는 실제 발생될 수 있는 농도 범위 내에서 각 농도별 총 반복실험구는 3~5 Case 범위내 구성하고, 깔

- 따구의 생존에 영향을 줄 수 있는 농도로 적용하였다,
- 2차 실험시 부유사 농도의 경우 0(대조구), 100, 500, 1000, 5000NTU로 설정하여 각 농도별로 3개의 cage에서 실험하였다.
- 부유물질은 미세한 화산재 광물질인 Bentonite를 사용하였다.
- 부유사 노출 지속기간은 최대 10일 이내가 되도록 하였다.
- 깔따구 실험 시 각 수조에는 개체밀도가 너무 높지 않게 10개체씩 넣어 관찰하였다.



[그림 2] 깔따구의 부유사 노출 실험 사진

3. 결과

조각깔따구를 농도별 부유사에 10일간 노출 시킨 결과, 평균적으로 100 NTU에서 10개체 중 7.3개체가 생존하여 가장 높은 생존율(73.3%)을 보였고 500 NTU와 5000 NTU에서

10개체 모두 생존하지 못하여 가장 낮은 생존율(0%)을 보였다. 대조구에서 평균적으로 10개체 중 각 6.7개체가 생존하여 66.7%의 생존율을 보였고 1000 NTU에서 10개체 중 0.3개체가 생존하여 3.3%의 생존율을 보였다. 부유사 농도가 500 NTU를 초과할 경우 생존율이 거의 희박하게 나타난 결과, 부유사 농도가 일정 이상이 되면 깔따구가 서식하기 어려운 환경으로 판단된다. 따라서 고농도의 부유사의 농도는 깔따구를 포함하는 저서성대형무척추동물의 생존(survival)에 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 10일 기준의 반수 치사농도는 100~500 NTU 사이로 나타나며 500 NTU의 경우 2일차 시점에서 평균 약 50%의 생존율을 보였다. 1000 NTU 및 5000 NTU에서는 1일차 이후 대부분의 개체들의 사멸이 확인되었다. 이는 부유사에 내재된 독성(toxicity)에 의한 영향보다는 고농도의 저질밀도에 의한 호흡의 저해로 인한 문제로 판단된다.

4. 결론

저서성대형무척추동물 중 깔따구종에 대한 부유사 노출 실험을 수행하였다. 실험을 통하여 부유사 농도와 노출시간에 따른 깔따구의 생존율을 확인하였다. 이 연구의 결과는 부유사 농도에 따른 노출시간과의 관계 정립을 통하여 유해영향 심각도모형(severity of ill effects model: SEV)등에 활용 가능할 것이다.

감사의 글

본 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원 수생태계 건강성 확보 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다 (2020003050002).

[표 2] 부유사 농도별 깔따구 생존 개체

구분 일자	대조구			100 NTU			500 NTU			1000 NTU			5000 NTU		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1일차	10	10	10	10	10	10	9	8	7	6	5	8	3	6	4
2일차	10	10	10	10	9	10	6	5	3	3	2	6	2	3	1
3일차	10	10	10	10	9	10	5	3	2	2	1	4	2	2	1
4일차	10	9	9	10	9	10	5	2	2	2	1	3	2	2	1
5일차	10	9	9	9	9	10	3	2	1	2	-	3	-	2	1
6일차	9	8	9	7	9	8	3	1	1	-	-	3	-	2	1
7일차	9	6	7	7	9	7	-	1	-	-	-	1	-	2	-
8일차	9	6	7	7	9	7	-	-	-	-	-	1	-	-	-
9일차	8	6	7	7	9	7	-	-	-	-	-	1	-	-	-
10일차	8	5	7	7	8	7	-	-	-	-	-	1	-	-	-

[표 3] 부유사 농도별 생존 평균개체수 및 평균생존율

구분	대조구	100 NTU	500 NTU	1000 NTU	5000 NTU
생존 평균개체수	6	7	0	1	0
평균생존율(%)	66.7	73.3	0	3.3	0