

불광천 녹조 제거 및 수질 개선 방안에 대한 탐구

강민성, 곽민준, 구민재, 김민서, 서승경, 서재원, 이규빈, 이승훈, 임세환, 정해린, 최정현, 현선빈

연구 동기 및 목적

불광천은 인공하천이기에, 여름철의 잦은 범람으로 인한 수질 오염, 그리고 녹조 제거 사업에도 사라지지 않은 녹조와 그로 인한 악취는 불광천의 고질적인 문제였다. 외국에서는 강의 녹조 등을 제거하기 위해 다양한 방법을 이용한다는 점을 응용하여, 불광천의 녹조 제거를 물리적, 화학적, 생물학적 방법으로 녹조를 제거하고 악취 문제를 해결하는 것을 목표로 하였다.

이론적 배경

수질 정화 식물은 DO를 증가시키고 부가적으로도 수질을 정화시킨다. EM은 유용 미생물군이라는 뜻으로 약 80 여종의 미생물이 들어 있다. 이 미생물들 중 사상균을 활용하여 악취에 원인이 되는 물질을 물에서 분리할 수 있다. 수질검사키트는 박테리아의 유무, 염화 이온, 구리 이온, DO, 경도, 철이온, 질산 이온, 인산 이온의 농도를 ppm 단위로 측정할 수 있도록 한다. DO는 용존산소량으로 하천 생활환경 기준에 따르면 7.5ppm 이상이어야 매우 좋은 상태이다. pH는 6.5~8.5 사이여야 매우 좋은 상태이다. 하천 생활환경 기준을 벗어나보면 질산염,인산염이 있다. 이 무기 영양염류들은 물에 많으면 녹조를 발생시킨다. 철분이 많은 물을 지속적으로 섭취하면 혈색증을 유발할 수 있다. 경도가 높은 물은 설사를 일으킬 수 있다. 염소 이온은 30ppm 이상 검출될 시 인간 및 가축의 배설물이나 가정하수 및 공장 폐수의 오염을 의미한다.

강과 같은 형태에서 물이 흐르는 유동을 개수로 유동 (open channel flow) 라고 하며, 이때 항력(D) 는 식(1) 에 따른다. 이때 A 가 개수로의 단면적을 의미하므로 더 작은 면적에서 항 력을 덜 받아서 더 빠르게 움직이도록 할 수 있다. 즉 쇄기 모양으로 개수로를 좁혀주는 형태 에서 사각형보다 유체의 유동 속도를 더욱 빠르게 할 수 있다. 또한 유체의 저항을 덜 받는다고 알려진 타원형은 구조의 특성상 정면과 후면에 모두 와류로 인한 손실이 적고, 유속 차 이를 이용하는 비행 기구들의 날개과 같은 형태를 가지고 있다는 것을 감안하였을 때 유속 증가 효과도 높다 우리는 위 형태를 물에 적용한hydrofoil을 타원형 돌다리 모양에 사용할 것이다.

$$D = C_d A \frac{\rho V^2}{2} \text{ (1)}$$

연구 방법

1) 대조군 설정과 EM 및 수생생물을 이용한 실험군 설정

불광천에서 채취한 하천수 100ml에 대해 대조군 설정을 위해, 수질검사키트를 이용하여 염소, DO, 철분, 질산염, 인산염의 농도를, pH 미터를 이용하여 pH를 측정하였다. 증류수 1L에 대해서는 EM 원액 20 mL를 넣어 희석시켜 2% EM 용액을 만들었다. 이후, 2% EM 용액에 대하여 수질 검사키트를 이용한 DO 측정 및 pH 미터를 이용한 pH 측정을 시행하였다.

실험군 설정을 위해, 2% EM 용액 5mL를 불광천 물 200mL에 희석한 뒤 1일차에 해당하는 DO과 pH를 측정했고 이물질이 들어가지 않을 정도로만 입구를 막아 놓은 채로 4일 뒤 두 가지 항목을 각각 다시 측정하였다. 2% EM 용액 5mL를 불광천 물 200mL에 희석한 뒤 1일차에 해당하는 DO과 pH를 측정했고 이물질이 들어가지 않을 정도로만 입구를 막아 놓은 채로 4일 뒤 두 가지 항목을 각각 다시 측정하였다.

각 수생식물을 불광천에서 채취한 하천수 100ml와 함께 EM용액에 대한 실험에서와 같이 4일간 이물질이 들어가지 않을 정도로만 입구를 막아 놓은 채로 4일 뒤 각 두 가지 항목을 각각 측정하였다.

2) 징검다리 설치 활용 방식

불광천을 가로지르는 돌다리를 통한 유속 증가 효과로 녹조의 영향을 줄이는 것을 탐구하였다. Ansys (구조 시뮬레이션 프로그래밍) 를 사용해서 시뮬레이션을 진행하는 방식으로 연구를 진행하였다. Ansys Discovery(Ansys 내재 프로그램)을 통해 일정한 크기와 간격의 타원형, 직사각형, 이등변삼각형 형태의 징검다리를 불광천의 1대1 모델링에 구현했다. 제작된 모델에서, 불광천에서의 측량값들을 바탕으로 유체의 출입 방향을 모델에 표시함으로서 접목하였다. 그 뒤 해당 모델에서 물이 출입하는 곳을 표시한 뒤, 물의 물리적 특성을 바탕으로 유체의 점성, 밀도 등을 접목하였다. 초기 유속은 유압은 각각 초속 2cm, 125000Pa로, 불광천에서의 측정값을 바탕으로 설정하였다. 난류 모델은 k-omega 모델로, 일반적인 현실의 저속 유체에 적합한 모델을 사용하였다. 해당 세팅을 바탕으로 시뮬레이션을 진행하여 결과를 도출하였다.

연구 결과

1. EM 및 수생생물을 이용한 수질 복구 실험

수질 검사 결과 경도는 10.1°dH, pH는 7.3으로 약알칼리성을 띠었고 질산염은 5ppm, 인산은 3ppm이 검출되었다. 수질개선 실험 결과 D.O는 수생식물에서 3배 증가했고, EM 용액에서는 2배 증가했다. pH는 EM 용액을 제외한 모든 실험군에서 0.5 이상 감소했다.

검사 항목	검사 대상	1일차	4일차
D.O(ppm)	<i>Spirodela spp.</i>	2(control의 값)	6
	<i>Salvinia spp.</i>	2(control의 값)	6
	EM	2	4
	불광천 하천수(control)	2	2
pH	<i>Spirodela spp.</i>	7.3(control의 값)	6.7
	<i>Salvinia spp.</i>	7.3(control의 값)	6.8
	EM	6.8	6.6
	불광천 하천수(control)	7.3	7.2

2. Ansys를 이용한 돌다리 모형에 따른 유속 변화 실험

- 징검다리 설치 전에는 처음부터 끝까지 거의 계속 같은 압력을 유지하는 양상을 보였다.
- 사각형 징검다리를 설치했을 때 : 압력이 징검다리를 설치하지 않은 모델보다는 더 오래 지속됨을 관찰할 수 있었다.
- 쇄기형 징검다리를 설치했을 때 : 돌다리를 통한 유속의 변화는 크지 않았다.
- 타원형 징검다리를 설치했을 때 : 세가지 모양의 징검다리 중 징검다리 주변의 유속이 가장 빠르게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

3.청계천의 사례와 AOP 기술

청계천의 복원에서 가장 중요한 것은 녹조 문제 관리였다. 녹조의 발생으로 인한 악취 및 물의 변색을 방지하기 위해 물에 질소나 인이 주입되는 경로를 차단하는 방법을 이용하였다. 또한, 지속적으로 물이 흐르는 환경을 조성하기 위해 14개 지하철 역사에서 나오는 지하수 약 22,00 톤과 한강원수 또는 중랑하수처리장 처리수 약 1,700톤을 그 공급원으로 하여 물이 흐르도록 하였다.

AOP는 유기물 및 때로는 무기물을 산화 반응을 통해 수처리 및 폐수 처리에서 제거하기 위한 화학 처리 절차 집합으로, OH 라디칼을 형성하는 것을 주된 목표로 한다. 하지만, OH 라디칼은 생태계에 광범위하게 확산되어 잠재적으로 악영향을 미칠 가능성이 높다.

결론 및 고찰

1. 수생식물과 EM의 활용

불광천에는 pH에 큰 영향을 주지 않을 정도의 EM 희석액과 *Salvinia spp.*와 *Spirodela spp.*를 모두 이용하여 수질을 크게 개선시키고, DO를 늘림으로써, 녹조의 번식 방지에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 보인다. DO와 pH만을 고려할 때, 하천 생활환경 기준 기준 IV~V등급에서 Ib등급까지 상승할 것으로 보인다.

2. 돌다리의 설치

돌다리 설치 전과 비교했을 때, 가장 유속 상승폭이 큰 타원형이 가장 적합하다고 판단하였다. 허나, 돌다리 설치 하나만으로 유속을 극적으로 변화시키지는 못하였기에, 추가적인 해결 방안이 필요하다고 생각된다.

3. AOP의 활용

AOP공정에서 발생하는 OH 라디칼은 생체 내에서 활성산소로 작용할 수 있는 유해 물질로 잠재적인 생태계 파괴 등의 문제가 예상되므로, 다른 방안을 찾아야 할 것으로 보인다.