

Mattress/Filter용 수중 슬래그의 생물막 형성 검토

Biofilm Formation on Aquatic 슬래그 for Mattress/Filter

여운기¹⁾, 허창환²⁾, 지홍기³⁾, 이순탁³⁾

1. 서론

개발시대에 축조되어 사용해오던 각종 건설구조물의 해체, 리모델링 등으로 많은 건설폐기물이 발생하고 있으며, 산업현장(제철, 열병합발전소 등)에서는 산업폐기물(슬래그)이 양산되고 있어 이들의 처리가 매우 어렵고 처리에 고비용을 부담하고 있어 산업체의 제품생산원가에 부담을 주고 있다. 이를 해결하기 위해서는 자연의 재료뿐만 아니라 건설폐자재 및 슬래그를 여재로 이용함으로써 친환경 및 친생태적인 공간을 확보하여 자연생태계를 보전하고 복원시킬 수 있는 친환경적인 구조물의 개발 및 복원 기술의 확보가 절실히 필요하다.

Mattress/Filter시스템은 건설폐자재와 슬래그 등을 채움재로 사용하여 식재를 통한 수질정화, 수중 생물들의 은신처 제공 등 친 환경적으로 하천생태계를 복원시켜준다. 또한 하천의 오염원인 유기물질은 미생물들의 훌륭한 먹이가 되어 채움재에 생물막을 형성시킨다. Mattress/Filter의 채움재로 사용되는 수중 슬래그가 유기물·무기물을 분해시키는 작용을 하는 미생물이 번식하여 생물막을 형성하는데 충분한 조건을 가지고 있는지 검토해 볼 필요가 있다.

2. Mattress/Filter용 슬래그의 생물막 형성

2.1 여재의 기본조건

여재에 생물막이 형성되어 하천의 수질을 개선시키기 위해서는 여재가 다음과 같은 조건들을 만족시켜야 한다.

- ① 생물막이 부착하기 쉬워야 한다.
- ② 생물학적, 화학적으로 안정되고 장기 사용이 가능해야 한다.
- ③ 비표면적이 넓을수록 좋다.

Mattress/Filter에 사용되는 수중 슬래그의 경우 공극이 많은 다공성의 성질을 가지고 있으므로 생물막이 부착하기 쉽고 생물학적, 화학적으로 안정되어 있으며 2차 오염을 일으킬 위험도 없다. 또한 공극이 많아 비표면적이 굉장히 넓어서 생물막을 형성시키기 위한 여재의 조건은 충분히 만족하였다.

1) 영남대학교 토목도시환경공학부

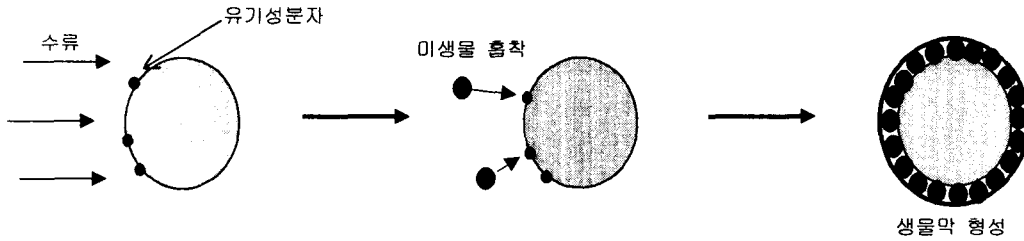
2) 충주대학교 강사

3) 영남대학교 토목도시환경공학부 교수

2.2 Mattress/Filter용 슬래그의 생물막 형성 메카니즘

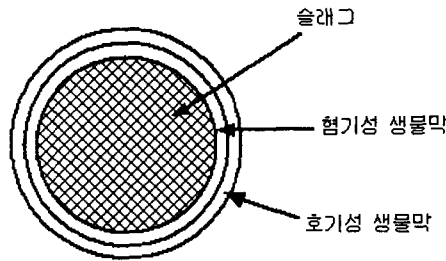
생물막의 형성 메카니즘은 매우 복잡하며 여러 단계로 일어난다. 먼저 유기성 분자가 슬래그 표면에 흡착되어 표면에서 미생물이 가역적으로 흡착한다. 그 위에 미생물이 체외물질을 분비하여 단단히 결합한 뒤 분비물질 사이에서 다른 미생물이나 용해성 또는 부유성 유기물 분해가 일어나게 된다.

생물막의 두께는 환경 조건과 부착되는 미생물에 의해 결정되는데 보통 100~200 μm 정도의 막이 형성된다. 이 중 활성이 있는 두께는 약 70~100 μm 정도이며 고등생물 또는 조류를 포함하고 있는 경우에는 수 cm 이상 되는 경우도 있다.



<그림 2.1> 수중 슬래그의 생물막 형성과정

생물막에 의한 수질정화는 오염된 하천수가 생물막 표면을 통과하면서 용존 유기물이 막내로 확산되고 미생물에 의해 대사된다. 콜로이드 유기물은 생물막 표면에 흡착된 후 미생물의 체외효소에 의해 용해되어 이용된다. 생물막표면 근처의 미생물들은 접촉되는 하천수 내의 유기물 농도가 높기 때문에 빠른 성장을 보이지만 표면 아래쪽은 상대적으로 유기물이 부족하며 용존산소 역시 표면에서 산소가 소모되므로 생물막 안쪽에서는 혐기성층이 생성된다.



<그림 2.2> 슬래그표면에서 형성되는 생물막의 구조

생물막이 어느정도 두꺼워져 유기물이 막 내부까지 들어가지 못하게 되면 생물막 안쪽의 미생물들이 내생 호흡을 하게 되어 슬래그와의 부착력을 상실하게 된다. 이 때 하천수가 생물막을 통과하면 슬래그와 생물막 사이에 탈리작용이 일어나고 매질 표면에는 새로운 생물막이 생성된다. 이렇게 부착된 생물막은 하천오염의 원인이 되는 유기물을 감소시켜 수질을 정화할 뿐 아니라 다양한 생물의 먹이가 되어 하천의 생태계 유지에도 도움이 된다.

2.3 Mattress/Filter용 슬래그의 생물막 형성 검토

하천내 오염물질은 하상에 침전·흡착되거나, 하상에 서식하는 생물에 의해 형성된 생물막에 흡착·분해되어 정화된다. 슬래그를 채움재로 사용한 Mattress/Filter는 이 하상의 면적을 인위적으로 늘려서 단위용적

에 따른 정화능력을 증대시킨다. 슬래그에 부착하여 성장하는 생물막에 하천수중의 유기물 또는 무기물이 침전·흡착되며 유기물은 생물막을 구성하는 생물군에 의해 산화·분해된다.

하천의 수질을 정화하기 위해 생물막을 형성시키고자 할 때 형성하고자 하는 소재의 물리적 특성이 거친 표면을 가지고 공극이 많은 다공성인 것이 요구된다. Mattress/Filter에 사용할 수 있는 여러가지 재료들 중에서 슬래그는 다른 재료들에 비해 특히 표면이 거칠어서 넓은 표면적을 가지며 또한 공극이 많은 다공성이어서 미생물들이 번식하여 생물막을 형성하는데 좋은 조건을 지닌다. 그리고 산업현장에서 발생하는 산업폐기물을 재 이용하는 것이어서 가격도 저렴하며 친환경적인 요소도 갖추고 있다.

다공구조의 공간에는 생물막이 형성되고 이 공간은 유기물을 분해할 수 있는 최적의 장소가 되어 수질개선 효과에 크게 기여할 수 있으며 회귀종의 서식 및 산란 등 중요한 서식환경을 특별히 배려하므로 하천생태계상 양호한 환경의 창출이 가능하다.

3. Mattress/Filter용 슬래그의 생물막 형성에 의한 수질개선

하천의 오염된 물이 Mattress/Filter를 통과하면서 채움재인 슬래그에 형성된 생물막의 다음과 같은 작용에 의해 수질이 개선된다.

① 접촉 침전작용

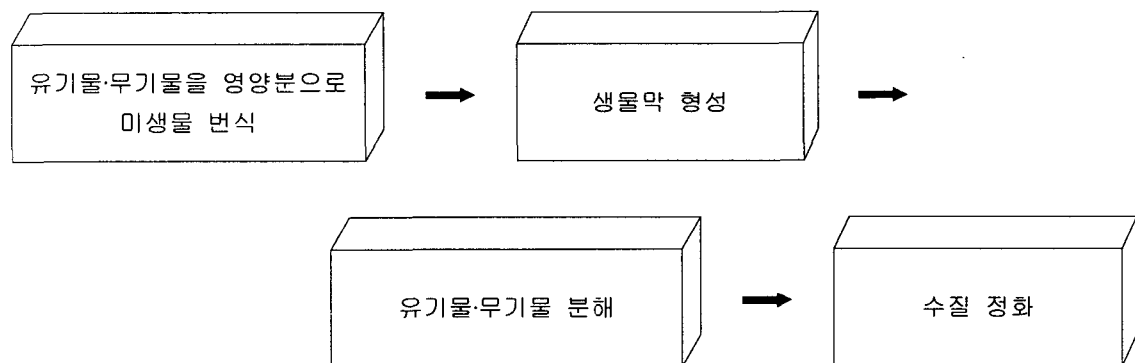
슬래그와 슬래그의 사이에는 대소의 간극이 존재하는데, 그 공간에서는 수류의 흐름이 느려지고 침전거리가 극히 짧아 침전이 일어나기 쉽다. 이러한 간극으로 각종 고형 오염물질들이 침전되는 효과가 있다.

② 생물 흡착작용

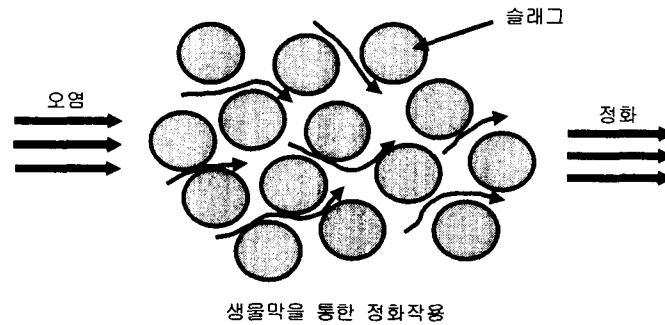
수중의 부유물과 슬래그는 상반되는 전기적 성질을 갖기 때문에 흡착현상이 생기며 슬래그 표면에 생긴 생물막의 점성에 의해 부유물이 흡착·분해된다.

③ 생물산화의 분해작용

슬래그 표면에 발달한 생물막은 수중의 유기물을 흡수하여 에너지원으로 삼는다. 따라서 유기물의 일부는 생물체의 형성에 도움이 되고 일부는 이론적으로 물과 탄산가스 상태까지 분해된다. 하지만 완전한 분해를 위해서는 유입 유기물량에 상응하는 충분한 생물량, 용존산소 및 체류시간이 필요할 것으로 판단된다.



<그림 3.1> Mattress/Filter를 통한 수질정화 과정



<그림 3.2> Mattress/Filter를 통한 수질정화

4. 결론

Mattress/Filter의 채움재로 사용되는 슬래그는 다른 재료들에 비해 표면이 거칠어 넓은 표면적을 가지며 공극이 많은 다공성이기 때문에 미생물들이 번식하여 유기물·무기물을 분해할 수 있는 최적의 장소가 되어 수질개선에 크게 기여를 하며 산업폐기물을 재활용·처리하므로 가격이 저렴하고 유지관리가 용이하며 다른 재료에 비해 수생생물의 생태를 보존하는데 매우 우수하다. 본 연구에서는 슬래그의 생물막 부착성에 대해 검토하여 다음과 같은 결론을 내렸다.

- 1) Mattress/Filter에 사용되는 수중 슬래그는 다공성이며 2차 오염성이 없고 비표면적이 넓어 생물막이 부착하기에 매우 적합하다.
- 2) 수중 슬래그에 형성되는 생물막은 호기성과 혐기성의 2중층으로 되어 있어 유기물의 분해에 매우 뛰어나다.
- 3) 수중 슬래그는 생물막에 의한 수질정화 효과 뿐 아니라 오염물질을 침전시켜주는 효과도 있어 수질정화 효과가 매우 뛰어나다

그러므로 슬래그는 수질정화의 측면에서 생물막을 형성시켜 유기물·무기물을 분해하기에 충분한 조건을 가지고 있으며 친환경적, 친생태적인 의미 또한 크므로 Mattress/Filter의 재료로 적합하다.

감사의 글

이 논문은 환경부 한국환경기술진흥원이 추진하는 “2002년도 차세대 핵심환경기술개발사업”의 자유공모과제(과제번호: 02-22-66) 연구수행 결과의 일부이며, 연구비지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 배상수, 이경욱, 송시훈, 허창환, 지홍기(2002), Mattress/Filter를 이용한 하천수질개선기법, 대한상하수도학회·한국물환경학회 공동추계학술발표회 논문집
2. 임연택, 하천의 직접정화기술, 환경부
3. 이성유(2001), 응집·침전 및 입상화를 이용한 생물막여과 하수처리기술, 환경신기술발표회
4. 石巻専修大學・高崎研究室, 川が栄養をつくる仕組み
5. J. Komlos, A.B. Cunningham, B. Warwood, and G. James(1998), Biofilm Barrier Formation and Persistence in Variable Saturated Zones, Conference on Hazardous Waste Research