

P305

담수 패류를 이용한 호소의 생물학적 수질개선

황순진^{PC}, 박정환¹, 김호섭¹

건국대학교 지역건설환경공학과, 서울 143-701

수생태계에서의 여과섭식성 이매패류는 수중의 박테리아, 식물플랑크톤, 원생동물 및 동물플랑크톤과 함께 무생물적 부유성입자를 섭식한다. 저서성 생물인 이매패류는 수체내의 식물플랑크톤을 포함하는 부유성미생물 생산력의 상당부분을 퇴적층의 2차 생산력으로 전환함으로써 수중먹이망과 저서먹이망을 연결시키는데 중요한 역할을 할 수 있다. 이러한 경로를 거치면서 담수패류는 생태계 전반에 대한 물질순환과 에너지 흐름을 재조정하게 된다. 담수에서 이매패류들의 강력한 여과 능력은 이들이 높은 밀도로 생태계 내에 투입되었을 때 입자성물질을 제어함으로써 수질개선에 기여할 수 있는 "생물학적 여과자(Bio-filter)" 역할로서 수질관리적 측면에서 조망될 수 있다. 북미와 유럽 등의 지역에서 얼룩말조개와 재첩을 비롯한 몇 종의 이매패류들이 생태계 규모에서 자연적 또는 인위적인 처리를 함으로써 호소와 수처리 공정에서 수질개선에 대해 positive한 결과들이 제시되었다. 본 연구는 우리나라 보편적으로 분포하고 있는 담수산 패류들의 여과능력을 비교하고, 이들의 여과섭식능력에 영향을 미치는 요인들을 분석하여 호소 수질개선에 대한 생물학적 기법으로서의 적용가능성을 파악할 목적으로 실험실, Pilot 및 현장연구를 3년 동안(2001~2003) 수행하였다. 1. 생물학적 수질개선에 이용가능한 후보 담수산 조개종의 선발실험참재첩(*Corbicula leana*)과 재첩(*Corbicula fluminea*) 그리고 말조개(*Unio douglasiae*)의 식물플랑크톤에 대한 여과율과 섭식과정 중에 feces와 pseudofeces와 같은 형태로의 영양염 배출율을 고려할 때, 참재첩이 가장 효과적인 여과섭식자로 나타났다. 참재첩은 Chl-a 농도와 총인과 같은 입자성 물질에 대한 제거율이(0.630.06 ml AFDWmg⁻¹hr⁻¹) 높게 나타난 반면, 섭식에 따른 수중의 암모니아성 질소(NH₃-N) 농도는 체내 물질 저장시간이 상대적으로 긴 것으로 알려져 있는 말조개에 비해 낮게 나타났으며, 식물플랑크톤의 성장을 제한하는 영양염류인 용존인은 말조개 처리구가 대조구에 비해 약 1.5배 증가한 것을 제외하고는 차이가 없었다(P> 0.05, ANOVA). 2. 국내 담수산 조개의 여과율 비교영양상태가 다른 두 호수에서 식물플랑크톤 군집에 대한 재첩의 섭식효과를 조사하였다. 총질소와 총인 그리고 Chl-a 농도가 상대적으로 낮고, 외편모조류가 우점하였던 소양호의 시료에 대해 재첩을 투입하였을 때 총 식물플랑크톤의 감소율은 1.70~7.39 d⁻¹로 나타나 남조류가 우점하였던 일감호에서 보다 높았다(0.38~1.64 d⁻¹). 시간에 따른 식물플랑크톤의 감소를 바탕으로 한 재첩의 여과율(ml mgAFDW⁻¹h⁻¹)은 일감호 (0.24~0.88)에서 보다 소양호 (1.70~3.06)에서 높았다. 조개 개체당 여과율(Imussel-1 day⁻¹)은 소양호에서 1.6~7.8l, 일감호에서 1.7~3.0l로 나타났다. 생물량에 대한 C-flux로 고려할 때, *Corbicula leana*는 소양호의 경우 식물플랑크톤 현존량의 0.8~4.4배를, 일감호에서는 0.4~1.6배를 하루 동안 섭식하는 것으로 조사되었다. 패류의 섭식 활동으로 인해 용존무기인의 농도는 조개가 없는 대조구에 비해 30~50% 증가하였다. 이러한 결과들은 참재첩(*Corbicula leana*)의 여과 섭식 활동이 식물플랑크톤의 밀도와 군집구조에 따라 차이가 있음을 의미하며, 매우 부영양화된 호수에서도 참재첩의 높은 여과율을 나타냄으로서 국내 소규모의 부영양화된 호수에서 수질관리에 담수패류를 이용할 수 있는 가능성을 제시하였다. 3. 섭식율에 영향을 주는 요인 분석참재첩의 여과율은 수온, Chl a의 농도, 및 수체 내에서의 패류의 위치에 따라 차이를 보이는 것으로 나타났다. 수온의 경우, 참재첩의 섭식활동이 가장 왕성한 수온은 14℃로 나타났으며, 24℃와 4℃에서는 섭식율의 상대적인 감소가 관찰되었다. Chl-a의 농도에 따라 재첩의 섭식율의 변화가 나타났다. 30~40 µg/l의 농도까지는 섭식율이 증가하였으나, 이후에는 감소하는 경향이 나타났다. 대형 메스 실린더를 이용한 참재첩의 유효 여과수심 실험에서는 10 cm이하의 수심에서 섭식율이 높았고 수체의 중간 부분에 위치하는 경우에 섭식현상에 따라 침전현상이 최대화 되는 것으로 나타났다. 따라서 수체의 순환이 잘 이루어지지 않는 경우와 조개에 의한 침전효과의 증강시키기 위한 방안으로 구조물의 이용을 통해 조개의 위치를 수체의 중간 부분에 위치시키는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 4. 실외 Enclosure 적용을 통한 재첩의 수질개선효과 분석실외 Enclosure(2m x 2m x 2m 규모)에 조개(600개체/6000L)를 투입하여 수질과 생물의 시간적인 변화를 4개월 동안 조사하였다. 실내 실험에서 나타난 결과와 동일하게 엽록소, 총인, 부유물질과 같은 입자성 물질의 감소가 관찰되었다. 처리구에서 Chl-a 농도와 순1차생산력은 87.34.5 µg/L와 106.38.8 µgC L⁻¹hr⁻¹에서 대조구와 거의 동일한 수준인 25.00.5 µg/L와 15.613.3 µgC L⁻¹hr⁻¹까지 감소하였다(P<0.05, n=6, ANOVA). 엽록소 농도의 감소와 동시에, 투명도는 0.48 m에서 1.2 m까지 향상되었고, 부유물질과 총인 농도는 각각 221.0 mg/L 에서 75.05 mg/L, 1330.8 µg/L에서 700.0 µg/L까지 감소하였다(P<0.001, r²>0.71, n=11). 대조구와 비교할 때 처리구에서 용존무기인과 무기질소의 변화는 증감이 반복되어 특별한 경향은 나타내지 않았고 대조구의 농도와 비교할 때 유의적인 차이는 없었다. 조개의 섭식과정 중에 식물플랑크톤의 현존량과 생물량의 감소 뿐 만 아니라 우점종의 변화가 나타났다. 재첩이 투입된 이후 대조구와 처리구에서 우점하였던 *Microcystis viridis*와 *M. aeruginosa*는 대조구에서는 *Oscillatoria*로, 처리구에서는 녹조류와 외편모조류로 우점종이 변화하였다. 처리구에서의 *Microcystis* 소멸은 재첩의 직접적인 섭식에 의한 결과라기보다는, 섭식결과에 따른 수체 내 물질순환의 변화로 인해 나타난 결과로 판단되었다. 실외 enclosure에서 재첩의 섭식활동 중에 나타난 영양염류와 식물플랑크톤 중 조성의 변화는 재첩을 비롯한 이매패류들이 입자성물질을 조절함에 있어 중요한 역할을 수행하며, 남조류가 대량 발생하는 호소의 수질관리를 위해 생물학적 수질조절자로서 적용할 수 있음을 제시한다. 본 연구는 농림부의 농림기술개발 기획과제(과제번호: H0273500)에 의해 지원되었음.