

OH2 저수지 유입부에 조성한 저류지의 수질개선효과 및 미생물학적 특성

남귀숙*, 김형중, 이광식, 손형식¹, 손홍주², 이상준¹
¹농업기반공사 농어촌연구원, ¹부산대학교 미생물학과,
²밀양대학교 생물공학과

1. 서 론

농업지역에서 비점오염원 유출의 가장 큰 문제는 유기물에 해당하는 오염물질의 유출보다는 영양성분의 함량이 비교적 높은 표토의 유실이다. 강우와 함께 유출된 표토 등이 가지는 다량의 영양염류는 또한 저수지의 부영양화를 가속화시키는 직접적인 요인이 되기도 한다. 따라서, 유출된 토사가 큰 하천 또는 저수지에 도달하기 전에 침전 처리할 수 있도록 저류지를 설치하여 주기적 토사 제거를 통한 수계유입을 막는 방안을 고안하여 왔으며, 물질침전 및 활발한 미생물학적 물질 분해를 유도할 수 있는 충분한 체류시간 및 용량이 확보된다면 강우시 유출되는 다량의 비점오염원의 처리방법으로 효과적임이 입증되어지고 있다. 특히 유역의 경사가 비교적 급하고, 소규모 축산농가의 미처리된 축산폐수 및 농경지 배수, 산재된 마을하수 등 비점오염원의 유출이 강우시 집중적으로 이루어지는 중간간 농업용 저수지의 수질개선을 위한 공법으로 저류보, 부댐, 저류지 등은 호소 유입부에 강우시 초기유출 등 오탁부하가 많은 유입하천수를 일시저류하여 유속의 저하 등에 의해 자연중력침전을 촉진시켜 고액분리를 하여 상등수는 방류하는 방법으로 입자성 성분의 비율이 높은 질소, 인, COD 등에 관해 효과적인 시설이다. 본 연구는 부영양화된 농업용저수지인 충남 아산 마산저수지의 유입부에 깊게 준설하여 조성한 저류지를 이용한 수질개선효과 및 물질분해자로서 미생물학적 군집구조를 분석 연구함으로서 향후 유사한 농업용저수지의 수질개선 방안으로 실용화 가능성을 모색하고자 하였다.

2. 본 론

본 연구에 조성한 저류지 면적은 14.0 ha이며, 저류지의 용량은 174,000 m³이며, 마산저수지의 연평균 유입량은 14,504,000 m³/yr이며, 100년 빈도 설계 홍수량은 111.0 m³/s이다. 연평균 유입량과 최대홍수량을 기준으로 저류지의 체류시간을 계산하면 각각 18.4일과 1.9시간이 된다. 마산저수지의 저류지에 대한 수질개선효과를 분석하기 위한 이화학적 수질조사 및 세균군집동태 조사는 2000년 3월부터 2002년 11월까지 수행하였으며, 조사지점은 유입수로 유입하천 2지점과 저류지 1지점, 유출수로 저류지를 거쳐 유출된 저수지 1지점으로 하였다. 유입하천의 시료 채취는 각 조사지점에서 하상의 교란이 없도록 용기를 이용하여 채취하였으며, 저류지 및 저수지는 Van Dorn 채수기를 이용하였다. 채취한 시료는 즉시 일반시료와 황산전처리 시료로 구분하여 분석실로 운반, 실내분석하였으며, 유량 및 수심은 현장에서 측정하여, 체류시간을 계산하였다. 휴대용 수질측정장치를 사용하여 수온,

pH, 전기전도도, 용존산소량 등을 현장에서 즉시 측정하였으며, BOD실험 및 Chl-a 여과는 현장에서 바로 적정한 방법으로 수행하였다. 수질이화학적 특성분석을 위한 실내 분석은 수질오염공정 시험법 및 Standard method 제 19판에 준하여 실시하였다.

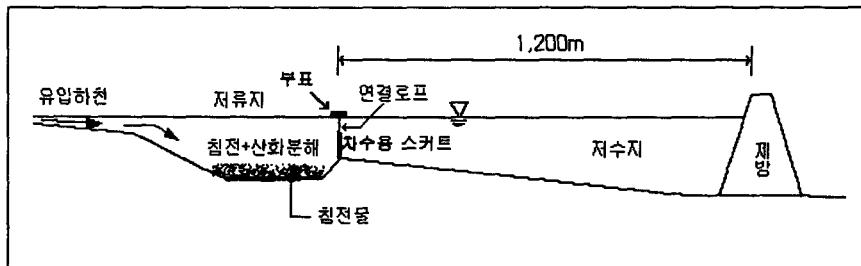


Fig. 1. Conceptual layout of the Settling Pond in Masan Reservoir.

유입수인 유입하천의 수질은 전기전도도(Conductivity, EC) $250.5 \pm 35.4 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($197.6 \sim 316.2 \mu\text{S}/\text{cm}$), 생물화학적산소요구량 (BOD) $2.7 \pm 2.2 \text{ mg/L}$ ($0.7 \sim 9.3 \text{ mg/L}$), 화학적산소요구량 (COD) $6.1 \pm 2.7 \text{ mg/L}$ ($3.4 \sim 14.1 \text{ mg/L}$), 부유물질 (SS) $14.6 \pm 23.0 \text{ mg/L}$ ($2.1 \sim 113.1 \text{ mg/L}$) 총질소(TN) $4.433 \pm 1.785 \text{ mg/L}$ ($1.633 \sim 8.551 \text{ mg/L}$), 총인(TP) $0.207 \pm 0.093 \text{ mg/L}$ ($0.064 \sim 0.459 \text{ mg/L}$)로 평수기 및 강우기의 수질차이에 따른 변동이 비교적 크게 나타났다.

저류지에서의 수질은 EC $204.1 \pm 31.6 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($118.5 \sim 266.4 \mu\text{S}/\text{cm}$), BOD $8.0 \pm 3.6 \text{ mg/L}$ ($4.2 \sim 16.9 \text{ mg/L}$), COD $11.7 \pm 2.5 \text{ mg/L}$ ($8.0 \sim 16.6 \text{ mg/L}$), SS $22.7 \pm 10.3 \text{ mg/L}$ ($6.0 \sim 60.4 \text{ mg/L}$), TN $2.899 \pm 0.862 \text{ mg/L}$ ($1.744 \sim 4.914 \text{ mg/L}$), TP $0.258 \pm 0.157 \text{ mg/L}$ ($0.024 \sim 0.572 \text{ mg/L}$)로 유입수의 수질 보다 변화의 폭이 낮게 나타났으며, 체류시간의 증가로 인한 식물플랑크톤의 1차생산으로 BOD 및 COD의 농도가 유입수에 비해 증가하였다.

저류지를 거쳐나온 유출수의 수질은 EC $182.4 \pm 32.8 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($107.5 \sim 227.3 \mu\text{S}/\text{cm}$), BOD $7.7 \pm 4.0 \text{ mg/L}$ ($3.3 \sim 19.2 \text{ mg/L}$), COD $11.9 \pm 2.8 \text{ mg/L}$ ($8.4 \sim 17.7 \text{ mg/L}$), SS $17.8 \pm 6.4 \text{ mg/L}$ ($7.2 \sim 30.7 \text{ mg/L}$), TN $2.131 \pm 0.640 \text{ mg/L}$ ($1.405 \sim 4.048 \text{ mg/L}$), TP $0.163 \pm 0.081 \text{ mg/L}$ ($0.068 \sim 0.371 \text{ mg/L}$)로 저류지와 마찬가지로 정체수역으로 인한 식물플랑크톤의 1차생산으로 BOD 및 COD의 농도가 유입수에 비해 증가하였으나, 전기전도도 및 부유물질, 질소, 인 등의 영양염류의 농도는 유입수에 비해 현저히 감소하여 나타났음을 알 수 있었다.

저수지 유입부에 조성한 저류지의 수질정화효과는 EC $25.9 \pm 16.9 \%$ (Max. 52.3 %), BOD $-284.8 \pm 264.4 \%$ (Max. -5.2 %), COD $-122.3 \pm 82.0 \%$ (Max. 25.8 %), SS $-161.4 \pm 216.8 \%$ (Max. 83.4 %), TN $46.6 \pm 24.3 \%$ (Max. 79.6 %), TP $16.7 \pm 44.8 \%$ (Max. 77.1 %)로 총질소와 총인의 개선효과가 높게 나타났다. 유입수의 수질보다 식물플랑크톤의 생산에 더 큰 영향을 받고 있는 BOD, COD, SS 등은 강우시에는 제거효과가 크게 나타났으나(Max.) 평시에는 오히려 (-)효과를 보여주고 있으나 대상수역이 내부생산이 활발한 저수지라는 특성을 감안하면 크게 문제되지 않을 것으로 판단된다.

저류지의 주요기능은 입자성 오염물질의 침전과 함께 유입된 오염물질의 활발한 분해작용을 들수 있다. 유입수와 저류지, 저수지 각각의 수체에서 조사된 총세균수는 유입수

$2.0 \pm 1.6 \times 10^6$ cells/ml, 저류지 $2.0 \pm 0.8 \times 10^6$ cells/ml, 유출수 $2.5 \pm 2.2 \times 10^6$ cells/ml로 유입수보다는 저류지에서 저류지보다 유출수에서 높은 세균수를 보이고 있었으며, 유기물질의 분해에 직접적으로 기여하고 있는 진정세균수를 총세균수에 대한 비율로 나타내면, 유입수 $75.4 \pm 22.2\%$, 저류지 $77.4 \pm 15.8\%$, 유출수 $77.6 \pm 14.6\%$ 로 총세균수와 마찬가지로 유입수보다는 저류지에서, 저류지보다 유출수에서 높은 비율을 나타내어 저류지의 유기물질 분해 활성이 높음을 추정할 수 있었다.

3. 결 론

유역으로부터 유입되는 오염물질을 효과적으로 제거하기 위해 저수지 유입부에 저류지를 조성하고 수질정화효과를 2000년부터 2002년까지 3년간 분석, 연구하였다. 3년 평균 수질정화효과는 전기전도도가 25.9%, 총질소 46.6%, 총인 16.7%로 영양염류의 정화효과가 비교적 우수하여 저류지가 저수지의 부영양화요인으로서 영양염류의 효과적 제거기구가 될 수 있음이 입증되었으며, 유기오염물질로서 BOD, COD, SS 등은 평균 수질정화효과는 (-)의 값을 보여주고 있어 유입수질의 영향보다는 저류지가 저수지 내호에 조성된 특성상식물 플랑크톤에 의한 내부생산의 영향을 크게 받고 있음을 알 수 있으나, 강우기에는 정화효율이 COD 25.8%, SS 83.4%로 유입되는 입자성 물질의 침전으로 인한 개선효과가 높게 나타남을 보여주었다. 또한 유입수와 저류지, 저수지 각각의 수체에서 조사된 총세균수 및 유기물질의 분해에 직접적으로 기여하고 있는 진정세균수의 총세균수에 대한 비율이 유입수 < 저류지 < 유출수 순으로 나타나 저류지의 유기물질 분해 활성이 높음을 보여주고 있다. 따라서 저수지 유입부에 조성한 저류지의 수질개선효과는 강우시 입자성 유기물질의 효과적 제거 뿐만아니라 영양염류의 제거효과, 특히 질소의 제거효과가 높은 정화기구로서 설치비용이 적고, 유지관리가 간단한 특성을 살려 유사한 중규모 농업용저수지의 수질개선 기법으로 널리 활용할 가치가 있음으로 사료된다.

4. 요 약

유역의 경사가 비교적 급하고, 소규모 축산농가의 미처리된 축산폐수 및 농경지 배수, 산재된 마을하수 등 비점오염원의 유출이 강우시 집중적으로 이루어지는 중산간 농업용 저수지의 수질개선을 위한 공법으로 부영양화된 충남 아산 마산저수지의 유입부에 조성한 저류지를 이용한 수질개선효과 및 물질분해자로서 미생물학적 특성을 2000년부터 2002년 까지 3년간 연구함으로서 향후 유사한 농업용저수지의 수질개선 방안으로 실용화 가능성을 모색하고자 하였다.

그 결과 수질정화효과는 총질소와 총인 등 영양염류의 정화효과가 비교적 우수하게 나타났으며, 유기오염물질로서 BOD, COD, SS 등은 평균 수질정화효과는 (-)의 값을 보여주었으나, 강우기에는 정화효율이 높게 나타났다. 또한, 저류지의 물질 침전기능 외 오염물질의 활발한 분해작용을 살펴보고자 세균 분포 특성을 조사한 결과 유입수와 저류지, 저수지 각각의 수체에서 조사된 총세균수 및 총세균수에 대한 진정세균수의 비율이 유입수 < 저류지 < 유출수의 순으로 나타나 저류지의 유기물질 분해 활성이 높음을 보여주고 있다. 따라

서 저수지 유입부에 조성한 저류지의 수질개선효과는 강우시 입자성 유기물질의 효과적 제거 뿐만아니라 영양염류의 제거효과, 특히 질소의 제거효과가 높은 정화기구로서 설치 비용이 적고, 유지관리가 간단한 특성을 살려 유사한 중규모 농업용저수지의 수질개선 기법으로 널리 활용할 가치가 있음으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 권순국, 1998, 우리나라 비점원 수질오염 관리의 문제점과 개선방안, 대한환경공학회지 20(11), pp.1497-1510
- 박병흔, 2000, 호소수질정화공법의 효과분석과 수질모형에 의한 적용성 평가, 서울대학교 박사학위논문
- 박병흔, 장정렬, 권순국, 1999, 저수지 수질개선을 위한 저수지 내 침전지 조성, 한국농공학회지, 42(1), pp.73-82
- Amandes, C. B., and P. B. Bedient, 1980, Stormwater detention in developing watersheds, J. Envir. Engrg. Div., ASCE, 106(2), pp.403-419.
- APHA. 1995. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 19th edition.
- Boney, A. D. 1976. Phytoplankton, Edward Arnold, London, 117pp.
- Grizzard, T. J., C. W. Randall, B. L. Weand, and K. L. Ellis, 1986, Effectiveness of extended retention ponds, Urban runoff quality, ASCE, New York, N.Y.
- Imhoff K. R., 1982, Experiences with purification Lakes and Polishing Lagoons, Water Sci. Tech., 14
- Oliver, J. L. and S. G. Grigoropoulos, 1981, Control of storm-generated pollution using a small urbal lake, J. Water Pollut. Control Fed., 53(5), pp.594-603
- Public Works Research Institute. 1998. Publication of comprehensive Countermeasure in River and Then River Basin. Technical Note of Public Works Research Institute. p.89-94
- Randall, C. W., K. L. Ellis, T. J. Grizzard, C. W. and W. R. Knocke, Urban runoff pollutant removal by sedimentation, Proc. Stormwater detention facilities, New England College, Henniker, N.H., Aug.