습지와 유수지를 이용한 하구담수호 수질개선

Water Quality Improvement in Estuary using Wetland and Pond

함 종 화* · 윤 춘 경 · 문 용 현(건국대)

Ham, Jong Hwa · Yoon, Chun Gyeong · Moon, Yong Hyun

Abstract

Wetland systems are widely accepted natural water purification systems around the world in nonpoint sources pollution control. In this study, the field experiment to reduce nonpoint source pollution loadings from agricultural drainage and polluted stream waters using wetland and pond system was performed. The removal rate of BOD_5, TSS, TN, TP, and Chl-*a* was 52%, 90%, 56%, 59%, and 81%, respectively. Performance of the experimental system was compared with existing data base (NADB), and it was within the range of general system performance. Overall the water quality improvement was apparent in wetland and pond system.

Ⅰ. 서론

하구담수호 운영에 있어서 수량 확보를 중요하게 생각했던 시기는 지나고, 근래에는 확보한 수자원의 수질문제에도 관심을 가지게 되면서 유역 및 하구담수호의 수질개선을 위하여 여러 가지 노력이 이루어지고 있다. 하구담수호와 같이 흐르는 강을 막아서 인위적으로 조성한 경우는 유역에서 유입되는 외부 부하량이 대부분을 차지하고 있으므로 외부부하량을 저감시키는 것이 저수지 수질개선을 위해서는 필수적이다.

담수호로 유입되는 외부 오염부하량의 저감을 위하여 실질적으로 적용할 수 있는 수질개선대안 중에 인공습지와 유수지를 활용하여 하구담수호 입구에서 담수호로 유입되는 오염물질과 간척농지에서 발생하는 농지배수 등의 오염물질을 저감시키는 방법이 있다. 인공습지를 이용한 수질개선은 구미지역에서 활발하게 연구되어 왔으며, 국내에서도 연구가 진행되고 있다. 그러나 대부분의 연구가 고농도의 오폐수를 처리하는 연구에 집중되어 있고, 오염된 하천이나 농지배수와 같은 저농도, 고유량을 처리하는 연구나 사례는 많지 않은 실정이다.

본 연구에서는 하구담수호로 유입되는 하천수 및 농지배수와 같이 저농도, 고유량에서 인공습지 및 유수지의 수질정화효과를 고찰하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

대상지역은 충남 당진군의 석문지구 담수호 유입부 좌안 퇴적구간(고대면 슬항리) 약 30ha를 선정하여, 농지 22ha, 습지 및 유수지 4ha, 기타 부대시설 4ha를 조성하였다. 각각의 습지 및 유수지의 제원은 Table 1과 같다. 최대 자연정화효율을 얻기 위한 적정 폭 및

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

길이를 구하기 위해, 폭과 길이를 달리 적용하여 설계하였다. 또한 습지와 유수지의 배치에 따른 수질개선효과의 차이를 확인하기 위해 습지-유수지와 유수지-습지의 2가지 형태로 나누어 배치하였다.

Table 1. Design parameters for Constructed wetland and pond

		Width (m)	Length (m)	Area (m^2)	Depth (m)	Detention Time(days)	Design Flow(m^3/day)
Cell 1	Wetland	64	125.0	8,000	0.5	4-20	200-1,000
	Pond	64	12.5	800	2.0	2-8	200-1,000
Cell 2	Wetland	101	79.2	8,000	0.5	2-20	200-1,000
	Pond	101	7.9	800	2.0	2-8	200-1,000
Cell 3	Wetland	101	79.2	8,000	0.5	4-20	200-1,000
	Pond	101	7.9	800	2.0	2-8	200-1,000
Cell 4	Wetland	61	131.1	8,000	0.5	4-20	200-1,000
	Pond	51	15.7	800	2.0	2-8	200-1,000

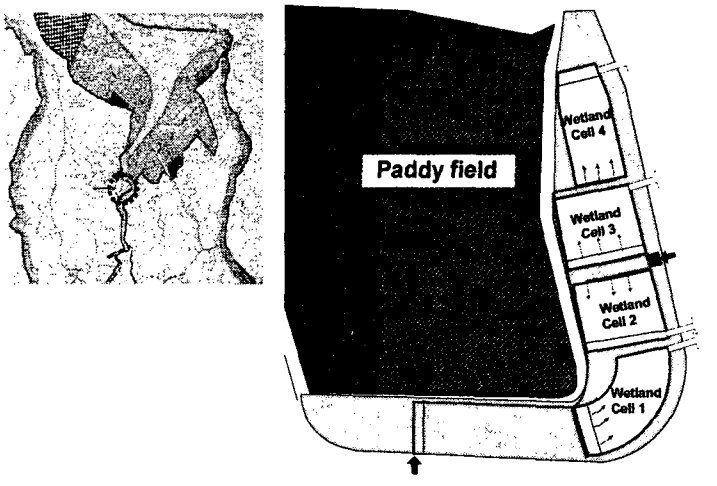

Fig.1. Layout of study area

실험시설은 2001년 3월부터 2001년 12월까지 조성되었으며, 본격적인 실험은 2002년 3월부터 시작하였다. 주변에 대규모 갈대군락이 존재하고, 공사과정 중 일부 갈대군락의 토양이 유입되었기 때문에 자연적으로 습지식물이 성장할 수 있을 것으로 판단되어 식재를 실시하지 않았다. 펌프를 이용하여 하천수를 유입수로로 펌핑하였으며, 펌핑된 하천수는 습지 및 유수지로 자연유하 하도록 설계하였다. 습지 및 유수지로 유입되는 유량을 제어하기 위해 밸브를 설치하였으며, 습지 및 유수지의 수위를 제어하기 위해 웨어를 설치하였다. 습지 및 유수지의 수심은 각각 0.3m와 1.5m를 유지하였다. 각각의 시험포에 약 900m^3/day의 유량을 유입시켰으며, 그 결과 습지의 체류시간은 3일이고 유수지의 체류시간은 1일이 되었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1 습지 및 유수지의 처리효율

유입수의 평균 BOD_5 농도는 2.9mg/L로 하천수로서는 낮은 농도를 나타내었고, 습지 및 유수지를 통과하면서 유기물이 분해되어 유출수의 농도는 1.4mg/L로 약 52%의 처리효율을 얻었다. TSS의 유입수의 농도는 44.9mg/L로 매우 높게 나타났는데 이는 공사 중 토사가 하천으로 유입되었기 때문이며, 토사가 유입되지 않은 시기의 유입수의 평균농도는 15.9mg/L이었다. 토사가 유입된 시기를 포함한 유출수의 평균농도는 4.3mg/L로 약 90%가 처리되었다.

습지 및 유수지로 유입되는 TN의 평균 농도는 2.816mg/L로 다소 높은 농도를 나타내었지만, 습지 및 유수지를 통과하면서 약 56%가 처리되어 유출수에서 약 1.228mg/L의 농도를 나타내었다. 이는 질산화와 탈질화가 습지 및 유수지에서 활발히 일어나 제거된 것이다. TP는 하구담수호의 부영양화에 크게 영향을 미치는 인자로 펌핑된 하천수의 평균농도는 0.372mg/L로 높은 농도를 나타내었지만, 습지 및 유수지를 거치면서 약 59%가 감소하여 약 0.151mg/L의 유출수 농도를 나타내었다. 유기물과 영양물질 뿐 만 아니라 Chl-*a*도 습지를 거치면서 약 81%가 감소하였다. 펌핑된 하천수에 포함되어 있던 식물성플랑크톤은 동물성플랑크톤이 풍부한 습지를 지나면서 섭식되어 크게 감소하였다.

이상의 결과는 특히 강우에 의한 유출이 많았던 2002년 7월과 8월의 결과가 포함된 것으로, 강우유출수가 습지와 저류지를 통과하면서 처리되어 낮은 유출수의 농도를 나타냄을 알 수 있었다.

Table 2. Summary of the wetland and pond system performances

	BOD_5 (mg/L) (mean±S.E.[a])	TSS (mg/L) (mean±S.E.)	TN (mg/L) (mean±S.E.)	TP (mg/L) (mean±S.E.)	Chl-*a* (μg/L) (mean±S.E.)
Influent conc.	2.9±0.85	44.9±20.36	2.816±0.2029	0.372±0.0472	18.3±2.33
Effluent conc.	1.4±0.28	4.3±0.75	1.228±0.1902	0.151±0.0163	3.5±0.61
Removal rate (%)	52	90	56	59	81

[a] Standard Error

2. 부하량 검토

본 처리시설에 적용된 부하량 및 유출수의 농도가 적합한지 판단하기 위해, 다른 연구자들에 의해 얻어진 결과인 NADB(North America Data Base)의 자료와 비교·분석하였다. 분석한 결과 BOD_5, TSS, TN, TP 모두 동일 유입부하량에 대해 대부분 NADB 보다 낮은 유출수의 농도를 나타내었다. NADB에 의하면 본 연구에서 적용한 BOD_5, TSS, TN의 유입부하량을 보다 적게 유입시키더라도 유출수의 농도는 더 이상 큰 폭으로 감소하지 않음을 확인할 수 있다. 하지만, TP의 경우 유입부하량을 감소시키면 유출수의 농도는 더욱 감소할 가능성이 있음을 알 수 있었다.

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

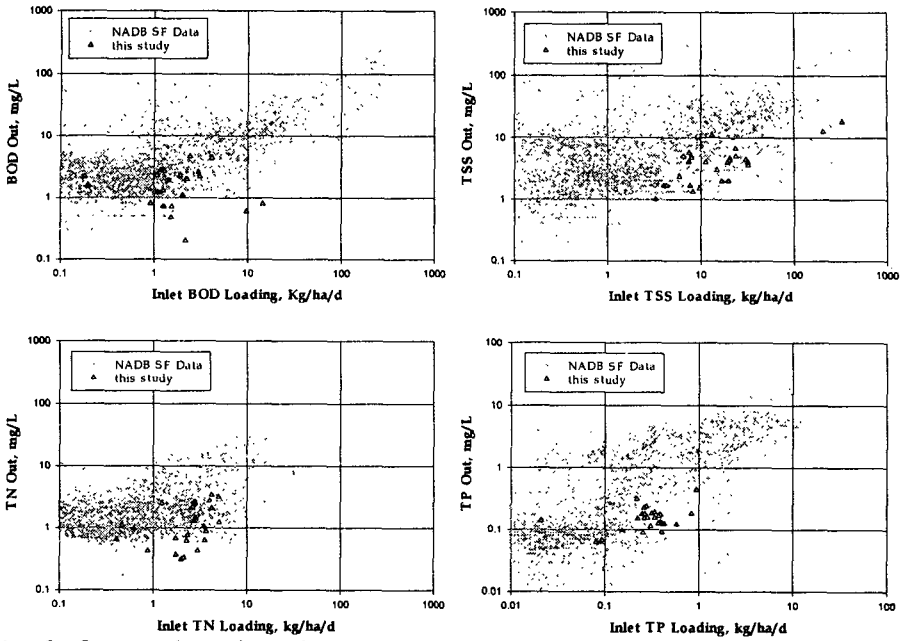

Fig. 2. Scatterplot of wetland and pond performance and NADB SF data

Ⅳ. 요약 및 결론

본 연구는 하구 담수호의 수질 개선을 위해 습지와 유수지를 이용하여 하구담수호로 유입되는 하천수의 처리가능성을 검토하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. BOD_5는 52%가 제거되어 유출수의 농도가 1.4mg/L를 나타내었으며, TSS의 평균 제거율은 90%로 높은 농도의 TSS가 유입되더라도 높은 처리율 및 낮은 유출수의 농도를 얻을 수 있었다.

2. TN과 TP의 제거율은 각각 56%와 59%로 높은 제거율을 얻을 수 있었고, Chl-*a* 역시 습지와 유수지를 통과하면서 약 81%가 제거되어 유출수의 평균 Chl-*a* 농도는 3.5μg/L를 나타내었다.

3. 유입부하량과 유출수의 농도를 다른 연구자들과 비교한 결과 대부분 NADB 보다 낮은 유출수의 농도를 나타내었다. TP의 경우 유입부하량은 감소시킨다면 더욱 낮은 유출수의 TP 농도를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

4. 이상과 같이, 처리시설이 아직 안정화되지 않았음에도 불구하고 확실한 처리 효과를 얻을 수 있었다. 습지와 유수지에 의한 강우유출수의 처리효율, 습지와 유수지의 배치에 따른 처리효율 비교, 동절기 처리효과에 대한 추가 연구가 필요하다.

Ⅴ. 참고문헌

1. 농업기반공사 농어촌연구원, 2001, 인공습지 및 유수지에 의한 수질개선 현장시험.
2. Kadlec, R. H. and R. L. Knight, 1996, Treatment wetlands, CRC Press.
3. Mitsch W. J., and J. G. Gosselink, 1993, Wetlands, Van Nostrand Reinhold, New York, NY.