

# 습지와 우수지를 이용한 하구담수호 유입하천의 수질개선

Water Quality Improvement of Inflow Stream in Estuary using Wetland and Pond

구 원 석 · 윤 춘 경 · 함 종 화 (건국대)

Koo, Won Suk · Yoon, Chun Gyeong · Ham, Jong Hwa

## 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<sub>5</sub>, TSS, T-N and T-P during growing season was 7.2%, 64.3%, 57.0%, and 60.3%, respectively. And removal rate of BOD<sub>5</sub>, TSS, T-N and T-P during winter was -49.5%, -56.1%, 30.5%, and 47.1%, respectively. In this study, pond-wetland system is more effective than wetland-pond system to remove nutrient.

## I. 서론

근래 우리 나라에서는 저수지 및 하구 등의 수계에서 부영양화가 광범위하게 나타나 유기물과 함께 인과 질소도 제거해야 한다는 당위성이 제고되고 있다. 그러나 인과 질소를 제거하는 데에는 많은 시설비와 운영경비가 소요되므로 아직 이에 대한 규제가 강화되지 않고 있다. 더구나 낮은 농도지만 많은 양의 오염물질이 배출되는 비점오염원의 유출에 대한 대책은 거의 마련되어 있지 않다. 이에 따라 수질개선대안인 인공습지와 우수지를 활용하여 하구담수호 입구에서 유입되는 오염물질과 간척농지에서 발생하는 농지배수 등의 오염물질을 저감시키는 방법이 있다. 습지는 갈대, 줄, 부들 등의 습지식물과 습지식물을 지지하고 미생물 부착의 매체인 자갈과 토양, 그리고 오염물질 분해 등 수질 정화에 가장 중요한 기능을 수행하는 미생물로 구성된다. 습지를 이용한 수질관리는 처리에 대한 비용이 적게 든다는 경제적인 장점과 방법 자체가 자연생태계의 일부분을 이용하고, 오염물질의 제거가 효과적이기 때문에 이와 관련된 연구가 국내, 외에서 많이 진행되고 있다. 그러나 대부분의 연구가 고농도의 오폐수를 처리하는 연구에 집중되어 있고, 오염된 하천이나 농지배수와 같은 저농도, 고유량을 처리하는 연구나 사례는 많지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 하구담수호로 유입되는 하천수 및 농지배수와 같은 저농도, 고유량에서 인공습지 및 우수지의 수질정화효과를 고찰하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

대상지역은 충남 당진군의 석문지구 담수호 유입부 좌안 퇴적구간(고대면 슬항리) 약 30ha를 선정하여, 농지 22ha, 습지 및 우수지 4ha, 기타 부대시설 4ha를 조성하였다.

각각의 습지 및 유수지의 제원은 Table 1과 같다. 최대 자연정화효율을 얻기 위한 적정 폭 및 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.

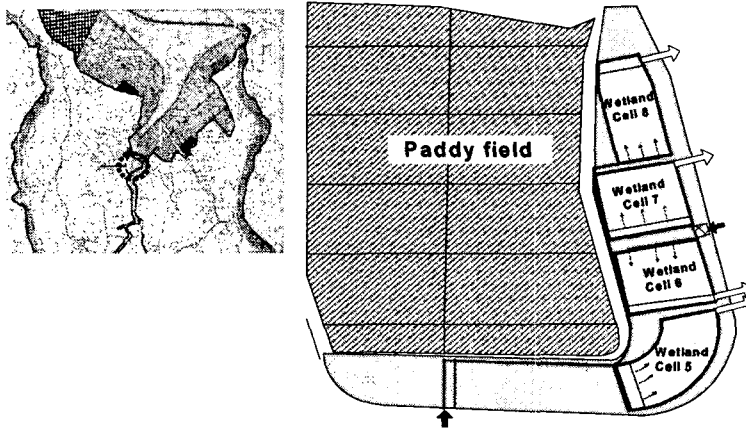


Fig.1. Layout of study area

실험시설은 2001년 3월부터 2001년 12월까지 조성되었으며, 본격적인 실험은 2002년 6월부터 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 0.3 m와 1.5 m를 유지하였다. 각각의 시험포에 약 800m<sup>3</sup>/day의 유량을 유입시켰으며, 그 결과 습지의 체류시간은 3일이고 유수지의 체류시간은 1.5일이 되었다.

Table 1. Design parameters for constructed wetland and pond

		Width (m)	Length (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Depth (m)	Detention Time(days)	Design Flow(m <sup>3</sup> /day)
Cell 5	Wetland	64	125.0	8,000	0.3	3	800
	Pond	64	12.5	800	1.5	1.5	800
Cell 6	Wetland	101	79.2	8,000	0.3	3	800
	Pond	101	7.9	800	1.5	1.5	800
Cell 7	Wetland	101	79.2	8,000	0.3	3	800
	Pond	101	7.9	800	1.5	1.5	800
Cell 8	Wetland	61	131.1	8,000	0.3	3	800
	Pond	51	15.7	800	1.5	1.5	800

### III. 결과 및 고찰

1. **BOD<sub>5</sub>** - BOD<sub>5</sub>는 습지-유수지, 유수지-습지시스템에 상관없이 모두 습지와 유수지를 통과하면서 유입수의 수질이 크게 개선되지는 않았다. 하지만 습지와 유수지를 통과한 유출수의 평균 BOD<sub>5</sub>는 약 3mg/L의 매우 낮은 농도로 큰 문제가 되지 않을 것으로 생각된다. 동절기동안에는 습지와 유수지를 통과하면서 유출수의 농도가 유입수의 농도보다 높게 나타났다. 이는 동절기 동안 낮은 온도로 인해 유기물 분해가 저조하였기 때문이고, 유출수의 농도는 평균 약 5.4mg/L로 성장기의 평균 3mg/L보다 높게 나타났다.

2. **TSS** - 습지의 TSS 제거기작은 주로 습지식물에 의해 유속이 감소되어 입자성 물질이 침전되어 TSS가 제거된다. 얼음이 녹기 시작하면서 수층이 전체적으로 혼합되어 일시적으로 TSS가 높게 나타났으나, 그 이외에는 매우 낮은 유출수의 농도를 나타내었다. 성장기 동안 TSS처리율은 Cell 5를 제외하고 평균 60% 이상으로 나타났다. Cell 5의 경우 2003년도 3월에 습지에서 TSS가 매우 높게 나타났는데, 이는 이 시기에 수심을 가장 낮게 유지한 (30cm, 그 이외의 습지는 40-50cm유지) Cell 5에 매우 많은 새들이 습지에 날아들어 바닥에서 먹이를 찾기 위해 휘저어서 높은 TSS가 발생하였다. 동일한 하천 담수호에서 공급되는 유입수의 경우 유수지를 거쳐 습지로 유입되는 경우(Cell 5, 7)가 유수지를 거치면서 대부분의 입자성 물질이 유수지에서 침전되어 습지로의 입자성 물질 부하를 감소시킨다. 따라서 습지-유수지시스템(Cell 6, 8)보다 유수지-습지시스템(Cell 5, 7)이 습지의 수명을 연장시키고, 장기간 유수지-습지시스템을 운영한 후 유수지에 퇴적물이 많이 쌓이면 준설 후 다시 이용이 가능하다는 장점이 있다. 동절기의 평균 유출수의 농도는 8.1mg/L로 Cell 5를 제외한 성장기의 평균 유출수 농도 7.8mg/L와 비슷한 농도를 나타내었다.

3. **T-N** - 성장기 T-N의 평균 처리율은 50% 이상으로 나타났으며, 유출수의 농도는 평균 약 1.6mg/L를 나타내었다. 2003년도의 유입수의 농도가 더 높았지만, 유출수의 농도는 거의 비슷한 값을 나타내었다. 이는 2002년도보다 2003년도가 더 높은 T-N의 제거율을 나타냄을 알 수 있다. 동절기 처리효율은 Cell 8을 제외한 다른 습지에서 약 30 - 40%의 처리효율을 나타낸 반면, Cell 8은 약 20%의 처리효율을 나타내었다. Cell 8은 다른 습지에 비해 습지내 식물체가 적었다. 따라서 고사한 식물체가 동절기 T-N처리율에 영향을 준다고 판단된다.

4. **T-P** - 성장기 T-P는 조류의 증식에 필요한 영양분이 되어 수역의 부영양화를 지배하는 중요한 인자이다. T-P의 처리율은 평균 50% 이상을 나타냈으며, 습지-유수지 시스템보다는 유수지-습지 시스템이 더 높은 처리율을 나타내었다. 유출수의 농도는 평균 약 0.13mg/L를 나타내었고, 2002년도보다 2003년도의 유입수의 농도가 높은 반면에 유출수의 농도는 크게 차이가 나질 않았다. 동절기의 유출수의 평균 농도는 0.14mg/L로 성장기의 0.13mg/L와 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나, 제거율은 동절기에는 47%인 반면, 성장기는 60%로 다소 차이가 나타났다. 그러므로, 유출수의 농도가 비슷하게 나타난 것은 동절기의 농도가 성장기보다 낮게 나타났기 때문이라 생각된다.

Table 2. Summary of the seasonal performances of wetland and pond.

System		Pond - wetland				Wetland - pond			
Cell Parameter		Cell 5		Cell 7		Cell 6		Cell 8	
		growing season	Winter	growing season	Winter	growing season	Winter	growing season	Winter
BOD <sub>5</sub>	Inf. conc. (mg/L)	3.27	2.73	2.80	4.51	2.80	4.51	2.78	3.18
	Eff. conc. (mg/L)	2.91	5.42	2.69	6.65	2.67	5.56	3.14	4.09
	Removal rate(%)	11.4	-98.5	3.9	-47.5	4.6	-23.2	-12.7	-28.6
TSS	Inf. conc. (mg/L)	30.29	10.50	18.89	10.96	18.89	10.96	37.07	9.20
	Eff. conc. (mg/L)	14.93	9.04	4.65	9.60	7.07	7.84	11.70	6.72
	Removal rate(%)	50.7	13.9	75.4	12.4	62.5	28.5	68.4	27.0
T-N	Inf. conc. (mg/L)	3.95	6.10	3.47	5.39	3.47	5.39	3.88	6.19
	Eff. conc. (mg/L)	1.62	3.88	1.48	3.71	1.58	3.51	1.67	4.98
	Removal rate(%)	59.1	36.4	57.3	31.2	54.5	34.8	56.9	19.6
T-P	Inf. conc. (mg/L)	0.33	0.29	0.34	0.26	0.34	0.26	0.32	0.26
	Eff. conc. (mg/L)	0.12	0.13	0.10	0.14	0.15	0.11	0.15	0.18
	Removal rate(%)	62.4	56.6	71.0	46.1	56.3	56.4	51.4	29.4

#### IV. 요약 및 결론

1. BOD<sub>5</sub>는 유입수의 수질이 성장기때는 2.91mg/L, 동절기때는 3.73mg/L이고 습지와 유수지를 통과한 유출수의 수질은 각각 2.85mg/L, 5.54mg/L로 수질이 크게 개선되지 않았다. 동절기때는 기온의 저하로 미생물에 의한 유기물분해가 잘 이루어지지 않고 습지에 있는 식물 고사체와 저질층에서 유기물이 용출되어 유출수 농도가 더 높게 나왔다.

2. 성장기 동안의 TSS는 수심을 낮게 유지(30cm)한 Cell 5번 습지를 제외하고 60%이상의 높은 처리율을 나타내었다. 또 습지-유수지시스템보다 유수지-습지시스템이 장기간 사용시 습지의 수명을 연장시키고, 처리효과도 더 큰 것으로 판단되었다.

3. 성장기 동안의 T-N과 T-P의 평균 제거율은 50%이상으로 나타났으며 유출수의 농도는 각각 평균 약 1.6mg/L, 0.13mg/L를 나타내었다. 동절기 동안의 T-N과 T-P의 처리효율은 습지내 식물체가 상대적으로 적은 Cell 8을 제외하고 각각 약 34%와 53%를 나타내었다. T-N, T-P모두 2002년에 비해 2003년의 유입수의 농도가 높은 반면 유출수의 농도는 크게 차이가 나질 않았다.

#### V. 참고문헌

1. 농업기반공사 농어촌연구원, 2002, 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.