

시화호 인공습지를 이용한 오염된 하천의 수질 정화

Performance of Shi-hwa Constructed Wetland for the treatment
of severely polluted stream water

이 경 도* · 권 순 국
Lee, Kyung-Do* · Kwun, Soon-Kuk

Abstract

A prototype of 76 ha Shi-hwa constructed wetland was constructed for the first time in Korea to purify severely polluted stream water. Hydrology, vegetation(macrophyte) and water quality for Banwol and Donghwa wetland built in Shi-hwa tidal reclaimed area were monitored to evaluate the performance of the wetlands. The overall efficiency for the treatment of polluted stream water using the wetlands showed no significant improvement. The monthly average removal rates on SS, BOD, TN and TP for Banwol and Donghwa wetlands showed 66.5% and 62.8%, 14.8 and 34.3%, 33.9 and 47.1% and 20.8 and 51.6%, respectively. It is considered that three major factors, ie. wide fluctuations in inflow rate, short hydraulic retention time and small open area compared with vegetated area could have a great influence on low system efficiency.

I. 서론

우리나라에서 원형 형태의 현장 인공습지로는 최초로 건설된 총면적 76ha의 시화호 인공습지에 대한 습지 수문, 식생 변화 및 수질 처리 능력을 조사하여 전반적인 수질 정화 능력을 파악하므로서 향후 이와 유사한 대규모 현장 인공습지에 대한 설계 및 운영 관리에 관한 기초 자료로 제공하고자 이 연구를 수행하였다.

II. 연구방법

1. 습지 수문

조사지점에 압력식 수위계를 설치하여 수위변동에 따른 연속적인 압력 값을 측정하고, 유량을 실측하여 수위-유량곡선을 작성하였다. 강우량과 증발산량은 인공습지에서 가장 가까운 지역에 위치한 수원 기상대의 강우량, 증발계증발량 등의 기상자료로부터 산출하였다.

2. 습지 식생

조사지점에서 30cm×30cm 면적 안에 자라는 갈대의 수를 측정하고 이 중 3개의 갈대를 채취하여 건조시킨 후 건물 중을 측정하였다. 이를 통해 단위 면적당 식물 건물중을 구하였다.

3. 습지 수질

유입하천의 경우 2001년 8월 29일부터 2002년 10월 25일까지 각 하천별로 평상시 44회, 강우시 2회를 실시하였다. 인공습지의 경우 2001년 10월 17일부터 2002년 10월 25일까지 반월 습지 54회, 동화 저습지 39회의 수질 시료를 채취하여 분석하였다. 구간별 실험은 반월과 동화 저습지를 대상으로 2002년 5월 24일부터 6월 28일까지 7개 지점, 5회를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 습지의 수문

1.1 물수지 (2001/10/26~2002/10/25)

Table 1 Hydrologic balance

(unit : mm)

Index	Total inflow		Total outflow		
	Stream inflow	Rainfall	Discharge	Loss	
				Evapotranspiration	Filtration and Management
Banwol wetland	82,249.9(98.5%)	1,220.7(1.5%)	59,454.3(71.2%)	970.1(1.2%)	23,046.2(27.6%)
Donghwa wetland	69,975.2(98.3%)	1,220.7(1.7%)	51,255.6(72.0%)	970.2(1.4%)	18,970.1(26.6%)
				19,940.3(28%)	

1.2 수리부하 및 체류시간

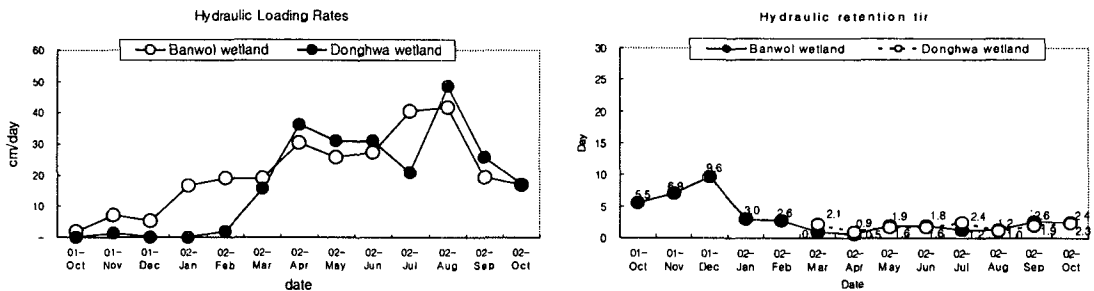


Fig. 1 Hydraulic loading rates and hydraulic retention time in wetland

유량이 적은 겨울에는 수리부하가 적었다가 봄과 여름에는 크게 증가하는 것으로 나타났는데 이는 또한 습지 체류시간이 겨울에는 컸다가 봄과 여름에는 매우 짧아지는 결과를 가져왔다. 이러한 체류시간의 감소는 다른 문헌과 비교 할때²⁾ 습지내 식생 및 기질이 충분한 정화능을 발휘하기에는 부족한 요인으로 작용하는 것으로 판단된다.

2. 습지의 식생

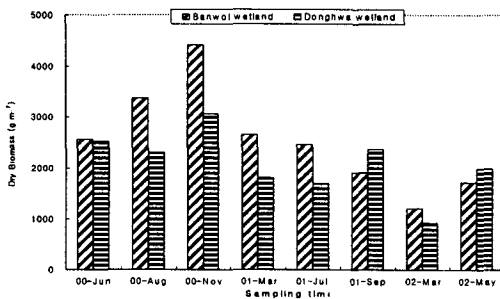


Fig. 2 Change of the macrophyte weight

습지별 갈대 건물중의 변화를 조사하였는데 조사기간 동안 여름철에는 갈대의 성장이 왕성하였다가 겨울철에는 급격히 감소하는 경향을 보였으며 전반적으로 습지의 식생이 감소한 것으로 나타나 식재된 갈대가 천이과정을 거치는 것으로 추정되었다. 그러므로 앞으로 몇 년간 갈대의 보식이 필요할 것이며, 천이과정에서 좀 더 우수한 수생 식물의 침입을 가정한다면 추후 주 식생을 바꾸는 작업도 고려할 수 있다.

3. 습지의 수질

3.1 유입하천의 수질

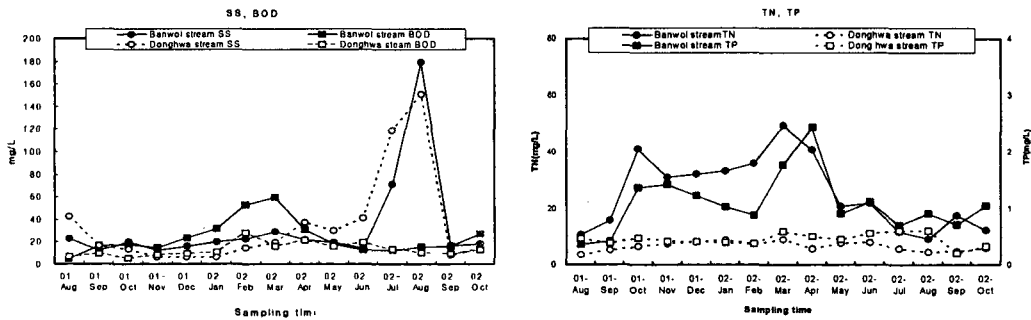


Fig. 3 Characteristics of the polluted stream water quality

조사기간 동안 2002년 봄철의 하천 수질이 가장 나쁜 것으로 나타났다. 이는 가물었던 겨울 동안 하천 유역에 쌓였던 오염물질들이 하천의 유량이 증가하는 봄에 하천으로의 유입이 증가된 것과 하천 유역의 오염배출원의 특성에 따른 것으로 보인다. 특히 반월천의 경우 인근유역의 생활하수와 공장폐수 및 농업하수가 함께 유입되는 특성상 유량이 적었던 겨울과 봄에 걸쳐 BOD, COD, TN, TP가 높은 농도의 수질이 유입된 것으로 나타났다. SS의 경우에는 강우기에 집중적으로 많은 양이 배출되는 특성을 보였다.

3.2 수질 처리효율

Table 2 Summary of monthly average overall removal efficiencies of constituents

Constituents		MAX	MIN	AVE	MED	S. D.
SS	Banwol wetland	93.1	26.3	66.5	70.4	20.0
	Donghwa wetland	85.0	8.3	62.8	67.2	23.1
BOD	Banwol wetland	31.9	8.9	14.8	13.1	6.5
	Donghwa wetland	75.1	0.0	34.3	34.1	20.9
TN	Banwol wetland	60.6	-2.4	33.9	38.8	18.9
	Donghwa wetland	61.8	16.8	47.1	50.5	12.1
TP	Banwol wetland	72.1	-65.6	20.8	19.0	38.5
	Donghwa wetland	78.0	6.2	51.6	55.7	22.5
Chl-a	Banwol wetland	87.7	-156.2	20.8	41.2	72.9
	Donghwa wetland	93.2	0.2	58.7	61.4	26.7

반월 저습지와 동화저습지의 SS 처리효율은 각각 평균 66.5%, 62.8%로 양호한 제거를 보였다. 이는 유입된 부유성 물질이 침전지 및 습지 내를 통과하면서 침전 및 갈대 줄기에 부착되어 제거된 양이 많았기 때문이다. BOD의 경우 각각 평균 13.1%, 34.1%의 낮은 효율을 보였다. TN, TP의 경우 반월 저습지의 평균 처리효율이 38.8%, 19%인 반면, 동화저습지의 경우 50.5%, 55.7%로 좀더 양호한 결과를 보였다.

3.3 구간별 수질의 변동

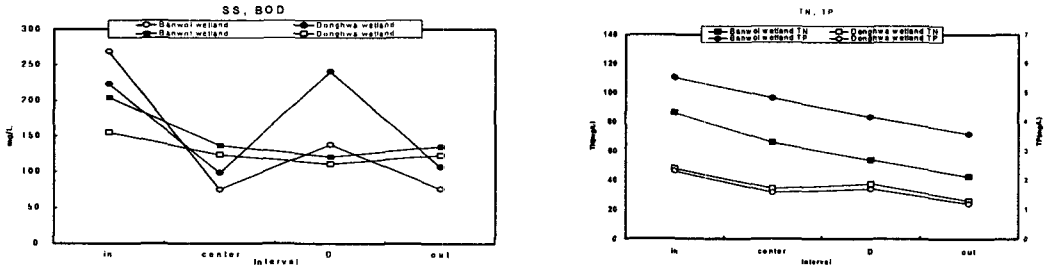


Fig. 3 Change of the water quality by interval

SS, TN, TP의 경우 중앙부에서 유출부까지의 D지점에서 농도의 증가가 있었고, BOD, COD는 최종유출부에서 그 농도가 증가했다. 이는 D지점과 유출부 2개 지점 모두 인공섬 혹은 자유수면 지역으로 개방수면이라 수체의 이동이 빨라서 퇴적되어 있는 갈대 또는 여타 식생의 고사체나 오염물질이 일부 재용출 될 수 있는 가능성이 큰 것과 부영양화에 의한 조류의 번성이 쉽게 나타날 수 있는 특성에 따른 것으로 보인다.

IV. 결론 및 요약

방조제 건설 후 생성된 시화호의 수질 개선을 위해 반월천, 동화천, 삼화천 등의 3개 상류 하천의 오염부하를 감소시키고자 인공습지가 건설되었으며, 인공습지 건설 후 초기 2년간의 수질 정화능을 조사한 결과 습지의 전반적인 처리 성능은 낮게 나타났다. 이는 유입유량의 변동이 심하고 체류시간에 짧은 것, 아직 갈대가 충분한 정화능을 갖출 정도로 적응하지 못한 것, 그리고 자유수면 및 수로의 면적이 넓은 것 때문인 것으로 판단된다.

효율적인 처리효율을 달성하기 위해서 습지내 흐름의 균일화와 안정화를 위한 수리특성이 개선되고 오염물질의 처리기작이 안정화 된 후에는 보다 우수한 처리 성능을 보일 것으로 예상된다.

Reference

1. Kwun, Soon-Kuk, 2002. Study on Operation and Management of Shi-hwa Constructed Wetland, Korea Water Resources Corporation.
2. USEPA, 1998. Design manual : Constructed Wetlands and Aquatic plants System for Municipal Wastewater Treatment, EPA/625/1-88/022, Washington, DC, USA.