

수질개선 및 생태복원을 위한 자연식물섬 조성방안

권오병 / (주) 아섬 대표이사

I. 서론

상수원수나 농업용수로 이용되고 있는 우리나라의 호소와 하천은 오염물질에 쉽게 노출되어 있어서 인위적인 요인뿐만 아니라 자연적인 요인에 의해서도 부영양화가 발생할 수 있는 특징을 가지고 있다.

부영양화가 진행됨에 따른 유기물의 증가는 남조류의 증식을 가져오고 이를 적절히 제어하지 못하면 무산소층의 생성, 어류 및 곤충의 사멸, 악취 발생 등으로 이어져 결국에는 죽은 호수로 전락할 수도 있다.

지금까지의 부영양화 저감을 위한 수질개선의 노력은 주로 점오염원을 중심으로 이루어져, 폐수처리장과 하수처리장 건설에 따른 고농도 유기물제거에 치중해 왔다. 그러나 이러한 환경처리시설의 확충에도 불구하고 호소와 하천의 수질은 개선의 기미를 보이지 않고 있는 상황이다. 이렇게 수질개선이 미비한 원인은 호소, 하천 유역에 산재해 있는 비점오염원의 유출 때문인 것으로 추정되고 있으며 따라서 호소, 하천의 수질개선을 위해서는 유역의 비점오염원의 관리가 꼭 필요하다. 비점오염원의 홍수시 유출은 오·폐수 처리장 건설에 의해서는 해결이 불가능하고, 이에 맞는 적절한 대안에 대한 연

구와 공법개발이 절실하게 요구되고 있다.

본 자연식물섬(ASSUM)에 대한 연구는 이러한 비점오염원에 의한 수질오염 해결방안으로서 수생식물을 이용한 부영양화의 원인물질인 영양염류의 저감과 저농도 유기물의 효율적 제거에 목적을 두고 자연정화에 의한 환경친화적 수처리연구로서 진행하고 있다.

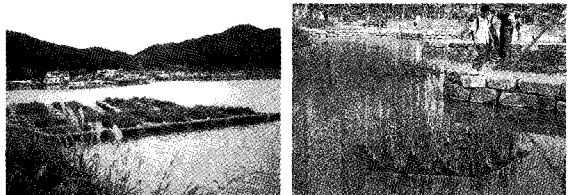


그림 1. 자연식물섬의 새로운 경관향출 (좌·충남 아산 저수지 우·여의도공원)

II. 본론

1. 자연식물섬의 개념

일본에서는 자연식물섬을 浮島(부도)라 표현한다. 浮島란 원래 자연상태에서도 존재하는 것으로 니탄층이 수체위로 떠오르거나 호반의 일부가 잘려 나가 호소위를 표류하는 것을 말한다. 이러한 원리를 이용한 것이 人工浮島로 부력이 큰 부

체 또는 부유물 위에 수생식물을 심어 물 위에 뜨게 하는 것을 말한다.

자연식물섬의 설치가 필요한 곳은 부영양화된 정체수역이며, 방법은 부력이 강한 재질로 부유체를 만들어 띄우고, 그 위에 정수식물이 자랄수 있도록 부체와 매질을 결합한 후 장마시 등의 급속한 수위변동과 유속에 견딜 수 있는 계류장치를 수면 아래에 해 주는 것이다.

2. 연구방법

충북 진천군 진천읍 송두리에 위치한 (주)아섬 부설호소생태연구소의 부지내에 조건과 크기가 다른 실험연못 3개조와 pilot 3개조를 설치하여 수표면적의 일정비율로 자연식물섬을 띄워 1998년~1999년 1년간 수질분석, 미생물분석 및 생태변화 분석을 진행하였다.

표 1. 실험연못 실태

실험 연못	크기 (수표면적×수심)	형태	자연식물섬 설치 비율	수생식물	비고
제 1 조	148m×0.95m	콘크리트 밀폐형	27.70%	노랑꽃창포, 부들, 갈대, 달뿌리풀	1995년 시공 콘크리트구조 유입·유출이 거의 없음
제 2 조	112m×0.80m	자연형	8.93% (수변식물11.61%)	노랑꽃창포, 부들	유입과 유출이 원 활함
제 3 조	180m×0.74m	자연형	수변식물 26.11%	갈대, 달뿌리풀, 노랑꽃창포	유입된 물이 2조로 유출됨
제 4 조	4m×1m	밀폐형	25%	갈대	Pilot형으로 유입과 유출이 없음
제 5 조	4m×1m	밀폐형	50%	갈대	Pilot형으로 유입과 유출이 없음
제 6 조	4m×1m	밀폐형	0%	없음	Pilot형으로 유입과 유출이 없음

표 2. 분석방법

분석방법	담당자	분석항목	분석기간
수질분석	농이촌진흥공사 담수호연연구소 수질분석실	수온, pH, EC, Cl, SS, DO, BOD, COD, T-N, T-P, 중금속류	1회×12개월 1주일간 매일 1회×7일 1일간 시간대별 5회
생태조사	서울대 환경계획연구소	어류조사, 곤충조사, 식물조사	2개월 간격×6회
미생물분석	강원대 환경연구소	Phytoplankton Chlorophyll a, AODC	월 1회×12개월
생태관찰일지	회사 연구원	수온측정, 육안관찰	매일 1회×365일

3. 자연식물섬의 기능

- 1) 호반침식의 방지 및 보호기능을 한다.
- 2) 각종 수생생물의 서식공간을 창출함으로써 수면 위에 위치한 최소 규모의 BIO-TOPE 기능을 한다.
- 3) 직사광선을 차단함으로써 나타나는 직접적인 효과로 녹조류의 증식을 억제하며 자연식물섬 밑의 그늘 부위에 동물성 플랑크톤이 늘어나 생태조성을 위한 기반을 제공한다.

직사광선 차단 → 식물성 플랑크톤의 증식억제 → 동물성 플랑크톤 증식

→ 수서 곤충 → 양서류·파충류 → 어류·갑각류

→ 조류·포유류

- 4) 수생식물의 뿌리에서 부영양화의 핵심물질인 질소(N)와 인(P) 성분을 흡수하여 제거한다.
- 5) 갈대, 줄, 부들, 달뿌리풀, 노랑꽃창포의 뿌리는 3개월~6개월간의 성장기를 거치는 동안 40cm에서 95cm까지 자라며 뿌리 부분을 채취하여 미생물을 분석한 결과 무성하게 자란 뿌리 자체가 미생물 접촉여재의 기능을 하고 있었다.
- 6) 생태계의 구조변화가 일어남으로서 물을 모체로 하는 각종 수인성 전염병 세균들이 크게 줄어들어 전염병을 예방할 수도 있음이 관찰되었다.
- 7) 부유물질을 흡착·분해·침전시키는 기능을 함으로써 6개월이내에 부유물질의 70%정도를 제거하여 물의 탁도(SS)가 현저히 감소되었다.
- 8) 수표면 위에 자연식물섬이 부유하고 있으므로 연못의 전체용량에는 거의 영향을 미치지 않았다.

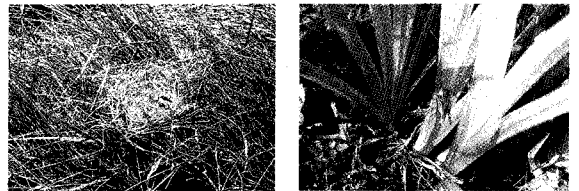
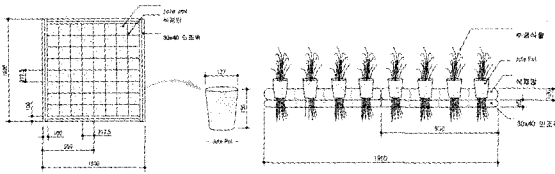


그림 2. 식물섬에 조성된 생태

4. 자연식물섬의 구조

- 1) 부유물 - 부유쓰레기나 파랑, 유속등의 충격으로부터 자연식물섬을 보호한다.
- 2) 부체 - 매질과 수생식물을 띄우고 고정시키는 역할을 한다.
- 3) 수생식물 - 갈대, 줄, 애기부들 등 총 18종 가능하다.
- 4) 계류장치 - 수위변동, 유속, 유량의 변동에 견딜 수 있는 장치.
- 5) 수상방책 - 장마시 부유쓰레기를 차단하는 시설.
- 6) 부교 - 관찰 및 관리를 위한 접근통로

[자연식물섬 구조도]



5. 수생식물의 선정기준표

(단위 : g/m2/day)

수종명	정화가 가능한 오염물질					홍수유입방지용	수질유리	유기물흡착	재형성	내환경성	내염성	내오염성	내인간위험
	N	P	K	Ca	Mg								
꽃창포						○	○	△	△	△	○	○	○
애기부들	1.413	0.0248	1.3255	0.3157	0.2302	○	○	△	○	○	○	○	○
갈대류	2.796	0.0425	1.6982	0.1127	0.1443	○	○	△	△	△	○	○	○
줄	1.9011	0.0384	1.1455	0.0935	0.0834	○	○	△	△	△	○	○	○
달뿌리풀						○	△	△	△	△	○	○	△
물억새						○	△	△	△	△	○	○	△
부레옥잠화	1.3557	0.268				△	○	○	×	×	○	○	△
좁개구리밥	0.243	0.0627				△	○	○	×	○	△	○	○
마름류	0.150	-				△	△	×	×	△	△	○	○
미나리	0.734	0.0925				○	○	○	△	△	○	○	○
연꽃						△	△	×	△	△	×	○	△
검정말						△	△	×	×	△	△	○	△

○양호 △보통 ×부적합

주) 발달호 수질관리 특별대책 수립을 위한 오염 저감기술, 국립환경연구원 수생식물에 의한 수질개선기법 연구(II), 농어촌진흥공사

6. 수질정화개선안

- 1) 수경시설의 폭기장치는 효과위주, 고가제품(300만원이상/개소)이며 지속적인 경비가 소요.
- 2) 연못주변의 edge를 자연형으로 변경(습지조성)
- 3) 연못에 bio-topo(생태공원) 기능 부여
- 4) 연못규모에 따라 다소 차이는 있으나 수질정화 기준에 대비하여 산출한다면 20~40%이상을 ASSUM으로 덮어줄 경우 수질정화와 경관적인 면에서도 탁월한 효과를 볼 수 있다.
- 5) ASSUM의 설치최소단위인 4m²이상을 설치하여야 하며 사각형, 팔각형 및 육각형 등 다양한 형태를 제작하고 있다.

7. 자연식물섬 관리운영

1) 기본방향

수질과 녹조를 막기 위한 1차적인 목적으로 설치하므로, 타 공정과는 달리 운영관리방식을 달리하여야 한다.

- 수초재배섬 변화과정은 모니터링(Monitoring)할 것.

- 관찰자의 수와 빈도를 한정할 것.

- 관리운영계획은 유지관리(식재망, 부교 등), 홍수후 관리, 식생관리, 이용자 관리지침, 관리요원의 조직구성으로 구분한다.

2) 유지관리계획

- 시공완료후가 아닌 설치때부터 지속적인 유지관리가 행해질 때 식물재배용 부유물의 설치목적을 달성할 수 있다.

3) 홍수후 관리

- 홍수시 다량의 토사가 퇴적할 경우 주기적으로 제거하여야 한다.

- 수상방직책이 설치된 곳은 1차적으로 부유쓰레기를 수상방직책이 차단하나, 유입된 쓰레기들이 있으면 인력으로 제거한다.

- 부교를 설치한 장소는 물로 깨끗이 부교를 청소해야 장기간 사용할 수 있다.

4) 식생관리

- 설치후 인위적인 관리보다는 자연형성과정에 맡기도록

한다.

- 타 수중(외래수중)의 침입으로 피압 및 부정적인 영향을 미칠수 있으나, 자연적인 현상이므로 그대로 두어야 한다.

- 도복하기전(11월초)에 3회정도 밑둥자르기를 하여 맹아력의 발생을 유도한다.

- 제거된 식물체는 수중의 특성에 따라 목초용, 비료용, 제지용으로 활용

5) 관리지침 (관리운영요원, 이용자)

- 설치목적에 맞는 이용빈도는 좋으나, 타 목적으로 사용되는 것은 자제하여야 한다.

- 주민 홍보차원에서 안내원의 통제하에 관찰활동이 수행되도록 한다.

- 안전사고에 주의하여 이용자관리에 주의를 요한다.

6) 관리요원의 조직

- 총괄적인 관리 및 운영은 지자체에서 한다.

- 운영관리는 전문성을 갖고 있는 민간단체 또는 자문을 받으면서 관리를 하여야 한다.

8. 사후 활용계획

1) 본 사업은 주민들에게 홍보할 수 있는 시설 및 휴식시설등 조경계획이 수립되어야 한다.

2) 모니터링(Monitoring)작업을 통하여 자연식물섬의 정착과정, 식생의 변화, 정화능력 측정 등을 통하여 체계적인 자료를 축적하여 차후에 활용하도록 한다.

3) 환경단체 또는 보호단체와 공조체제를 구축하여 수질 및 생태보호를 위해 적극적인 자세를 갖추어야 한다.

4) 유지관리 노력과 비용을 최소화 하기 위하여 체계적인 계획을 수립한다.

III. 결론

1. 자연식물섬이 호소의 수질개선에 미치는 효과

본 실험의 수질분석은 외부의 영향으로부터 통제가 비교적 가능했던 제 4 실험조(자연식물섬이 설치된 연못) 와 제 6 실험

조(자연식물섬이 없는 연못)를 비교하는 것으로 하였고, 제 1 실험조는 제 4 실험조와 제 6 실험조의 기준수로 하여 참고 하였으며 요약하면 다음과 같다.

① 화학적 산소요구량(COD), 총질소(T-N)의 변화를 최종측정농도로 살펴보면 각각 42%, 46%로 자연식물섬을 설치하지 않은 연못이 높게 나타났고 총인(T-P)의 농도도 약 3배 높게 나타났다.

일주일간의 수질변화를 측정한 결과 식물섬이 없는 곳이 변화가 크게 일어났는데 측정당시 폭우와 강우를 동반한 태풍의 영향으로 보이며 이것은 식물섬이 있는 곳이 강우나 바람의 영향에 비교적 안정적인 것으로 사료된다.

엽록소 a의 최종농도는 설치한 곳이 7.1mg/m³ 였고 설치하지 않은 곳은 13.5mg/m³ 로 나타났다. 이것으로 식물섬이 햇빛 차단효과, 영양염류의 흡수와 제거 효과가 있는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 부유물질(SS)에 대한 측정을 하지 않았으나 제 4 실험조와 제 6 실험조를 관찰한 결과 초기의 물은 같은 탁도를 나타냈으나 시간이 지남에 따라 제 4 실험조는 바닥이 보일 정도로 맑은 상태이지만 제 6 실험조의 경우는 30cm도 보이지 않을 정도로 부유물질이 짙 차 있었다. 이것은 식물의 뿌리와 매질인 천연섬유가 부유물질을 흡착하는 것으로 볼 수 있으며 8월 19일 오후 2시의 SS측정치는 제 4 실험조가 2.4mg/l 이고 제 6 실험조가 5.2mg/l 로 나타났다.

2. 자연식물섬이 호소의 생태계 변화에 미치는 영향

생태조사분석은 제 1, 2, 3 실험조를 중심으로 하되 pilot 실험조인 제 5, 6 실험조와 수변을 포함한 실험구역 750m² 전체를 조사 대상으로 하여 다음의 결론을 얻을수 있었다.

① 자연식물섬 자체에 처음 설치할 때 이식한 종은 갈대, 달뿌리풀, 줄, 꽃창포, 노랑꽃창포, 큰고랭이 등 6종이며 1년 2개월 후에 조사한 결과는 6종 외에 발톱외풀, 꽃여뀌 등 33종이 자연식물섬 위에서 자라고 있음이 조사되었다. 이는 자연식물섬이 다양한 식물종이 살 수 있는 비오토프(bio-topo)의 기능

을 하고 있음을 알 수 있다.

② 곤충상의 변화는 실잠자리, 물사마귀, 개아재비, 거머리, 물방개, 우렁이, 거미 등 다양한 종이 관찰되었다. 학술적인 조사를 하지 못하고 일반적인 지식으로 육안 관찰만으로 끝낸 아쉬움이 남는 분야이다.

③ 어류상의 변화는 본 실험의 동기가 될 만큼 중요한 의미를 갖는다. 98년 9월에 처음으로 제 1 실험조에서 발생의 원인을 알 수 없는 참붕어의 치어가 발견되었고, 그 후 2차례의 방사실험과 4회의 채집 조사에 의해 7종 474개체가 조사되었고 그중에 참붕어, 밀어, 송사리는 치어가 다수 발견되어 연못 안에서 산란을 한 것을 확인하였다.

④ 양서 파충류상의 변화는 참개구리 등 5종과 유혈목이 등 3종, 총 8종이 확인되었으며 산개구리와 아무르산개구리가 자연식물섬 위에 알을 산란하였고 청개구리가 수변으로 이동하여 은신처로 이용하고 있음이 발견되었다.

⑤ 그 외에 육안으로 관찰된 바에 의하면 청둥오리, 해오라기, 알락할미새 등이 날아들어 먹이사슬의 최상층부에 속하는 조류까지 발견됨으로서 완전한 bio-topoi 형성된 것으로 해석할 수 있다.

⑥ 경관적인 측면에서는 봄에 꽃창포와 노랑꽃창포가 개화함으로써 삭막하던 시멘트 콘크리트 벽면이 꽃으로 뒤덮여 아

름다운 경관을 창출하였고, 가을에는 갈대, 줄 등의 수생식물의 개화로 연못의 정취를 살려 주었다. 또한 다양한 식물섬의 디자인으로 연못의 형태에 맞는 식물섬을 연출함으로써 친수 환경의 경관적 개선을 기대할 수 있다.

이러한 효과 이외에도 환경오염에 의해 가장 먼저 사라져 가고 있는 수생식물의 종의 보존 기능도 중요한 부분이며, 환경복원을 위한 노력을 하고 있음을 일반인들에게 알림으로써 환경보존의 중요성을 일반인들에게 심어 줄 수 있는 교육적 측면의 효과도 크리라고 판단된다. 끝으로 이번 실험에서는 충분히 하지 못했지만 호안의 구조물이 파랑에 의해 침식되는 것을 자연식물섬이 막아주는 효과도 대단히 크리라는 점은 확실하리라 본다.

기술 상담 전화
 裕星技研工業(株)
 Filter사업부: 課長 지 광 집
 Tel: 02 842 - 1212
 http://www.yfilter.com
 E-mail: s-filter@hanmail.net

환경기술정보총람3 발간
원고 및 당고문의: (02)2638-0186