

# 아산호 습지에서 관속식물의 군집 구조와 생산성 및 영양염류의 흡수

김철수 · 손성곤 · 이정환\* · 오경환

경상대학교 사범대학 과학교육학부 및 환경보전연구소, 진주산업대학교 산림자원학과\*

**적 요:** 아산호 연안대의 습지에서 식물군락과 호소 환경과의 상호 관계를 규명하기 위하여 1997년 3월부터 1997년 10월까지 수생식물, 습생식물 및 중생식물의 종조성, 분포 면적, 식생 구조, 현존량, 식물체에 의한 영양염류 흡수 등을 조사하였다. 관속식물은 38과 89속 106종 14변종으로 총 120종류가 분포하였는데, 그 중 수생식물은 정수식물 14종류, 침수식물 5종류, 부수식물 4종류 등 23종류가 출현하였고, 습생식물 및 중생식물은 97종류였다. 조사 지소별 분포 종수는 4~85종류로 조사지소별로 차이가 많았다. 우점종은 줄(*Zizania latifolia*)이었으며, 부들(*Typha orientalis*), 갈대(*Phragmites communis*), 개구리밥(*Spirodela polyrhiza*) 등의 순으로 중요치가 낮아졌다. 정수식물, 습생식물 및 중생식물의 분포 면적은 49.3 ha(90.5%)이고 부수식물이 5.2 ha(9.5%)이며, 부엽식물 및 침수식물은 분포 면적이 매우 적었다. 생활형별 연순생산량은 정수식물, 습생식물 및 중생식물이 547.9 ton D.W./yr, 그리고 부수식물이 10.5 ton D.W./yr로서 이들의 비율은 98: 2이며, 호소 전체의 연순생산량은 558.4 ton D.W./yr에 달한다. 아산호 전체에서 관속식물에 의한 질소 및 인의 연간 흡수량은 각각 7,099 kg 및 1,891 kg이었다.

**검색어:** 양분 흡수, 연순생산량, 수생식물, 습생식물, 습지, 식생구조, 중생식물

## 서 론

습지는 호소에서 육지로 전환되는 중간 지역으로서 다양한 생물상이 나타나는데 주로 여뀌류, 사초류, 부들, 갈대 등의 초본 식물로 구성되어 있다 (정 1989). 그 중에서 자연 늪은 정체수로서 분해 과정이 느린 유기물이 다량 축적되어 수질이 악산성을 나타내며, 강우 조건에 따라 수위의 변동이 심한 것이 일반적인 특징이다 (UNESCO 1978). 호소는 저수, 휴양지, 수초 재배 및 동물 사육에 이용되고(Hejny 1978), 주변의 습지는 수문적, 생물지화학적 순환의 중요한 기능을 갖고 있다 (Richardson *et al.* 1978).

습지에 분포하는 수생식물의 생태학적 의의는 매우 크다. 대부분의 수생 관속식물들이 식량으로서의 가치는 적으나 피자식물의 증자는 새의 먹이가 되고, 소형 무척추동물의 은신처로 중요하다. 그리고 어류의 산란 장소와 치어의 서식 장소가 될 뿐만 아니라, 수중의 독소를 제거해 주고 가축의 사료나 논외 비료로도 이용되며 늪과 강의 홍수를 조절하는데 이용될 수 있다 (Goldman and Horne 1983, Wetzel 1983, Day *et al.* 1989).

수생 관속식물은 부영양화로 인한 호소의 오염 정도를 측정할 수 있는 지표식물로 이용되고(Melzer 1985), 영양염류와 중금속의 섭취(Mickle and Wetzel 1979) 및 오염원을 제거하는 식물군집의 물질대사가 수계의 영양염류 순환에 영향을 준다 (Kucklentz 1985). 이와 같이 수생 관속식물을 통

한 영양염류의 순환은 호소생태계 전체의 물질순환에 기여하는 바가 크므로(Sakurai 1984), 수생 관속식물이 부영양화에 미치는 영향을 규명하는 연구는 대단히 중요하다.

우리 나라에서 수질오염에 따른 생물상의 연구는 수질오염 지표종으로서의 담수조류(박 등 1984), 담수 어류 (최와 전 1979), 담수 이매패류(최 등 1981), 수서곤충(윤 등 1984), 저서생물(조 등 1978), 오수생물(서와 박 1982), 세균(이와 송 1987), 수생 관속식물 군락이 호소생태계의 부영양화에 미치는 영향(오 1990, 이 1993) 등이 보고되었다.

그리고 오(1988)는 정양호에서 수생 관속식물의 군집구조와 생산성 및 질소와 인의 순환을 조사한 바 있으며, 수도권 상수도원인 팔당호에서는 수생 관속식물에 의한 정화 방안(김과 조 1989)과 대형 수생식물에 의한 물질 생산, 질소와 인의 순환에 관한 연구(조 1992)가 수행되었다.

본 연구의 목적은 아산호 생태계에서 수생식물, 습생식물 및 중생식물의 군집 구조를 밝히고, 습지 식물군락이 아산호의 수질 환경에 미치는 영향을 규명하며, 나아가 식물군락의 보존 대책을 수립함으로써 장차 습지 생태계의 변화를 예측하고 적절한 보호 대책을 강구하기 위한 기초 자료를 제공하는데 있다.

## 재료 및 방법

### 조사지 개황

조사 대상 지역인 아산호는 아산만 하구에 축조된 아산

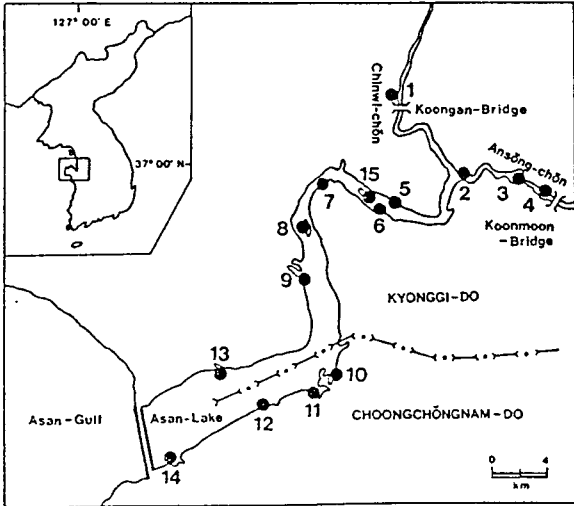


Fig. 1. Map showing the locations in the wetlands of the Asan-Lake.

만 방조제에 의해 형성된 인공호(방조제 길이 2,564 m, 유역 면적 163,400 ha, 총 저수량 12,300 ha·m)로서, 안성천 및 진위천이 아산호로 합류되어 서해안으로 유출된다 (농진공 1995). 조사 대상 지역이 속한 행정 구역은 충남 아산시의 인주면, 영인면, 둔포읍 등과 경기도 평택시의 현덕면, 안중면, 오성면, 고덕면, 팽성읍 등 8개 읍면이다.

관속식물의 조사를 위한 전체 조사 대상 지역은 진위천 상류의 궁안교 하류 및 안성천 상류의 군문교 하류 쪽에서 방조제 상류 쪽에 이르는 아산호의 개방수면 및 습지로서 그 면적은 2,430 ha에 달한다 (Fig. 1). 조사 지점은 인간에 의한 간섭이 적고 자연적인 관속식물 군락이 발달된 지역을 대상으로 15개 지소를 선정하였다. 그 중 Site 1~4번의 4개 지소는 연안대 습지이고, Site 8, 10, 15 등 3개 지소는 하중도의 형태로 발달한 지형이며, 나머지 8개 지소는 아산호로 유입되는 소하천과 농업용 수로에 인접한 연안대로서 관속

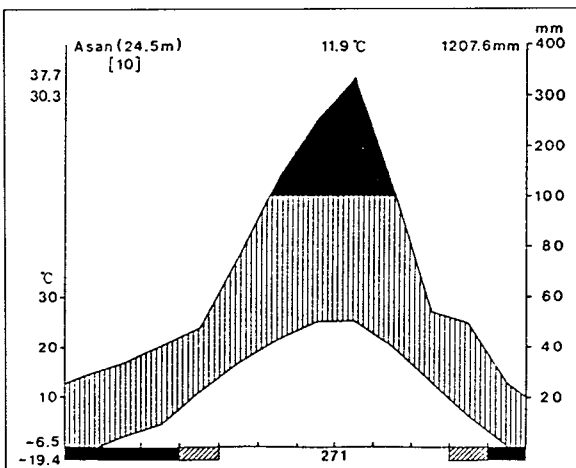


Fig. 2. Climate-diagram for the study area.

식물 군락이 부분적으로 발달된 지역이다.

조사지역의 기후는 아산만 남쪽 12 km 거리에 있는 아산 측후소의 자료(기상청 1988~97)를 Walter(1973)의 방법에 의해 Fig. 2와 같이 나타내었는데, 연평균기온 11.9°C 및 연강수량 1,207.6 mm이다.

조사 방법

식물상과 군집 구조 분석에 필요한 자료는 1997년 3월부터 1997년 10월까지 수집하였다. 채집된 식물은 이(1989), Fassett(1980), 최(1986), 오(1984) 등을 참조하여 동정한 다음 석엽표본을 제작하였다. 각 조사지소별로 그 지역을 대표할 수 있는 지점을 선정하고 1×1 m 방형구를 설치하여 출현하는 관속식물의 종별 피도를 Braun-Blanquet(1932)의 방법에 따라 정리하였다.

각 조사지소 별로 구한 중요치를 이용하여 Shannon -Wiener의 다양성지수(diversity index:  $H'$ )와 균등도(equitability:  $J'$ )를 산정하였고 각 조사지소 사이의 군집유사도지수(community similarity index: CCs)로 Sørensen index를 산정하였다.

$$H' = -\sum p_i \log p_i$$

$H'$  = Shannon-Wiener diversity index

$$p_i = n_i/N$$

$n_i$  = importance value of the  $i$ th species

$N$  = total importance value

$$J' = H'/H_{max}'$$

$H'$  = Shannon-Wiener diversity index

$$H_{max}' = \log s$$

$s$  = number of species

$$CCs = \frac{2C}{S_1 + S_2}$$

CCs = Sørensen community similarity index

$S_1$  = numbers of species in the community 1

$S_2$  = numbers of species in the community 2

$C$  = numbers of species in the both communities

연순생산량 및 무기염류 정량을 위하여 정수식물, 습생 식물 및 중생식물은 최대 성장기인 8월에 지상부의 생체부와 고사부를 구별하고 건중량을 측정하여 순생산성을 추정하였다. 부수식물과 부엽식물은 최대 성장기에 부엽층의 밀도와 직경을 측정하고 비슷한 크기의 식물체를 채취하여 건중량에서 식물량을 추정하였으며, 엽혼의 수에서 추정한 잎의 고사량을 합쳐서 순생산성을 계산하였다 (Tsuchiya and Iwaki 1983). 침수식물은 식물량의 계절변화 곡선이 최대치에 달하는 6월에 최대 식물량을 얻었고 이를 순생산성으로 간주하였다 (오 1988). 그리고 각 종별 및 생활형별 순생산성에 분포 면적을 곱하여 연순생산량으로 추정하였다.

생활형별 주요 종의 식물체에 함유된 영양염류를 정량하기 위하여 건중량을 측정된 시료를 분쇄기(Wiley type)로 분쇄, 40 mesh( $\phi$  0.4 mm) 체로 쳐서 유리병에 보관하고 분석에 사용하였다. 식물체의 기건 시료 0.5 g를 분해 촉진제와 황산으로 분해시킨 후 총질소(total nitrogen)는 micro-Kjeldahl법으로, 총인량(total phosphorus)은 Allen 등(1974)에 따라 각각 정량하였다. 관속식물의 영양염류 함량, 연순생산량, 분포 면적 등을 이용하여 단위 면적당 및 호소 전체의 영양염류 흡수량을 각각 산정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 식물상

조사지역에서 조사된 수생식물, 습생식물 및 증생식물은 34 과 89 속 106 종 14 변종으로 총 120종류였으며, 조사지소 별로는 Site 1이 85 종류로 가장 많이 출현하고, Site 7이 4 종류로 가장 적었다 (Table 1). 조사지역의 수생식물을 Sculthorpe(1967)의 생활형별로 분류한 결과는 Table 2와 같이 정수식물(emergent plants) 14 종류, 부수식물(free-floating plants) 4종류, 침수식물(submersed plants) 5 종류 등 총 23 종류이고, 부엽식물(floating-leaved plants)은 출현하지 않았으며, 습생식물 및 증생식물은 97 종류였다.

다른 지역의 수생식물상과 비교한 결과 식물상이 빈약하였는데, 이는 아산호의 수심이 깊고 연안대에 석축 제방이 축조되어 있어서 습지가 발달하지 못하였기 때문에 판단된다.

Table 1. Number of taxa of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes in the wetlands of the Asan-Lake

Site	Family	Genera	Sp.	Var.	No. of taxa
1	26	64	75	10	85
2	17	39	34	7	41
3	19	33	35	3	38
4	19	32	33	6	39
5	6	8	7	1	8
6	5	8	7	1	8
7	3	4	4		4
8	17	29	32	6	38
9	7	8	9	1	10
10	3	5	6		6
11	9	15	16	1	17
12	4	5	5		5
13	14	21	20	3	23
14	7	9	9	1	10
15	5	5	6		6
Total	34	89	106	14	120

Table 2. Number of species according to the life form of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes in the wetlands of the Asan-Lake

Site	Hydrophytes					H&M	Total
	E	Fl	Ff	S	Subtotal		
1	12		2		14	71	85
2	5				5	36	41
3	2		1		3	35	38
4	2		1		3	36	39
5	4		1		5	3	8
6	4		2	2	8	0	8
7	2		2		4	0	4
8	7		2		9	29	38
9	2		4	3	9	1	10
10	2		4		6	0	6
11	3		4		7	10	17
12	2		2	1	5	0	5
13	3		3	3	9	14	23
14	4		3	2	9	1	10
15	2		1		3	3	6
Total	14	-	4	5	23	97	120

- \* E: emergent hydrophytes
- Fl: floating-leaved hydrophytes
- Ff: free-floating hydrophytes
- S: submersed hydrophytes
- H&M: hygrophytes and mesophytes

#### 종별 중요치

조사지역 전체의 15개 Site에서 출현한 관속식물에 대하여 상대빈도와 상대피도로부터 중요치를 산정하였는데, 그 값이 3.00 이상인 15종의 중요치를 Table 3에 나타내었다. 조사지역 전체에서 우점종은 중요치가 39.58인 줄(*Zizania latifolia* Turcz.)이었으며, 부들(*Typha orientalis* Presl.), 갈대(*Phragmites communis* Trin.), 개구리밥(*Spirodela polyrhiza* Schleid.), 미국가막사리(*Bidens frondosa* L.) 등의 순으로 중요치가 낮아졌다.

조사지역 중 비교적 식물상이 풍부한 4개 Site(1, 3, 4, 8)에서 각 Site별로 중요치가 7.00 이상인 종의 중요치를 Table 4에서 Table 7에 이르기까지 나타내었다. Site 1에서는 달뿌리풀이 중요치 23.57로 우점종이고 세모고랭이, 겨풀, 차풀 등의 순으로 중요치가 낮아졌다 (Table 4).

Site 3에서는 갈대가 중요치 31.24로 우점종이고 환삼덩굴, 고마리, 속속이풀 등의 순으로 중요치가 낮아졌다 (Table 5). Site 4에서는 물억새가 중요치 35.19로 우점종이고 달뿌리풀, 쇠뜨기, 환삼덩굴 등의 순으로 중요치가 낮아졌다 (Table 6). Site 8에서는 줄이 중요치 34.27로 우점종이고 부들, 갈대, 큰고랭이 등의 순으로 중요치가 낮아졌다 (Table 7).

Table 3. Community structure of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes for the fifteen sites in the wetlands of the Asan-Lake

Scientific name	R.F.	R.C.	I.V.
<i>Zizania latifolia</i> Turcz.	32.51	7.07	39.58
<i>Typha orientalis</i> Presl	4.04	10.86	14.90
<i>Phragmites communis</i> Trin.	5.05	8.92	13.97
<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid.	5.05	2.59	7.64
<i>Bidens frondosa</i> L.	4.04	2.07	6.11
<i>Lemna paucicostata</i> Hegelm.	3.54	1.75	5.29
<i>Trapa japonica</i> Flerov.	3.03	2.00	5.03
<i>Leersia oryzoides</i> var. <i>japonica</i> Hack.	3.03	1.75	4.78
<i>Rorippa islandica</i> (Oeder) Borb.	2.53	1.36	3.89
<i>Phragmites japonica</i> Steud.	1.01	2.59	3.60
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	2.02	1.36	3.38
<i>Rumex crispus</i> L.	2.02	1.29	3.31
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach	2.02	1.16	3.18
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Max.) Benth.	1.01	2.13	3.14
<i>Eclipta prostrata</i> L.	2.02	1.03	3.05

Table 4. Community structure of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes in the Site 1 wetland of the Asan-Lake

Scientific name	R.F.	R.C.	I.V.
<i>Phragmites japonica</i> Steud.	5.50	18.07	23.57
<i>Scirpus triqueter</i> L.	5.50	9.98	15.48
<i>Leersia oryzoides</i> var. <i>japonica</i> Hack.	4.40	9.12	13.52
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i> Makin	5.50	3.61	9.11
<i>Polypogon fugax</i> Steud.	4.40	3.96	8.36
<i>Lindernia micrantha</i> D. Don	4.40	3.61	8.01
<i>Eclipta prostrata</i> L.	4.40	2.75	7.15

이와 같이 각 Site별로 출현하는 관속식물의 종조성과 우점종이 다르고, 그 분포에 경향성이 없고 불안정한 서식지가 형성되어 있으므로, 본 조사지역에서 초본층의 식생은 현존식생도에 표현할 정도로 뚜렷한 경계선을 지칭할 수 없었다.

#### 종다양도와 균집유사도

조사 지역 중 비교적 식물상이 풍부한 4개 Site(1, 3, 4, 8)에서 조사된 관속식물의 식생조사 자료에서 종다양성지수(Shannon-Wiener diversity index: H')와 균등도(equitability: J')를 계산한 결과, Site 3이 1.8940과 1.1989로 가장 높았고 Site

Table 5. Community structure of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes in the Site 3 wetland of the Asan-Lake

Scientific name	R.F.	R.C.	I.V.
<i>Phragmites communis</i> Trin.	7.32	23.92	31.24
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	7.32	8.61	15.93
<i>Persicaria thunbergii</i> H. Gross	7.32	8.61	15.93
<i>Rorippa islandica</i> (Oeder) Borb.	7.32	6.22	13.54
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (Pamp.) Hara	7.32	6.22	13.54
<i>Mazus japonicus</i> (Thunb.) Kuntze	7.32	4.31	11.63
<i>Bidens frondosa</i> L.	7.32	4.31	11.63
<i>Artemisia selengensis</i> Turcz.	4.88	6.22	11.10
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	4.88	4.78	9.66
<i>Zizania latifolia</i> Turcz.	4.48	3.83	8.71
<i>Rumex crispus</i> L.	4.88	3.83	8.71
<i>Lobelia chinensis</i> Lour.	4.88	2.87	7.75

Table 6. Community structure of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes in the Site 4 wetland of the Asan-Lake

Scientific name	R.F.	R.C.	I.V.
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Max.) Benth.	6.98	28.21	35.19
<i>Phragmites japonica</i> Steud.	6.98	15.67	22.65
<i>Equisetum arvense</i> L.	6.98	5.02	12.00
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	4.65	6.27	10.92
<i>Artemisia selengensis</i> Turcz.	4.65	6.27	10.92
<i>Rumex crispus</i> L.	6.98	3.13	10.11
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (Pamp.) Hara	4.65	3.13	7.78
<i>Persicaria thunbergii</i> H.Gross	4.65	3.13	7.78
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach	4.65	2.51	7.16
<i>Artemisia apiacea</i> Hance	4.65	2.51	7.16
<i>Eclipta prostrata</i> L.	4.65	2.51	7.16

Table 7. Community structure of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes in the Site 8 wetland of the Asan-Lake

Scientific name	R.F.	R.C.	I.V.
<i>Zizania latifolia</i> Turcz.	5.45	28.82	34.27
<i>Typha orientalis</i> Presl	5.45	12.97	18.42
<i>Phragmites communis</i> Trin.	5.45	5.76	11.21
<i>Scirpus tabernaemontani</i> Gmel.	5.45	4.61	10.06
<i>Scirpus triqueter</i> L.	5.45	4.32	9.77
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>frumentacea</i> (Roxb.) Wight	3.64	4.32	7.96

**Table 8.** Number of species and the Shannon-Wiener diversity indices ( $H'$ ) and equitability indices ( $J'$ ) of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes in the wetlands of the Asan-Lake

Site	1	3	4	8
No. of species	85	38	39	38
$H'$	1.5787	1.8940	1.2916	1.3451
$J'$	0.8182	1.1989	0.8118	0.8514

4가 1.2926과 0.8118로 가장 낮았다 (Table 8).

종다양성지수는 함안군 지역의 자연늪에서 조사된 수생 및 습생식물 군집의  $H'$ 값인 1.164~1.657(이 등 1995)과 유사하며, 낙동강 사주식생의 천이에서  $H'$ 값이 0.74에서 1.2로 시간의 경과에 따라 증가하였다는 결과(문 1984)보다는 높은 수준이다. 그러나 비교적 안정한 묵발의 초기천이에서 시간의 경과에 따라  $H'$ 값이 1.0에서 3.2로 증가하였다는 결과(옥 1984)와 비교해 볼 때 낮은 값이었다. 본 조사지역에서  $H'$ 값이 1.2916~1.8940으로서 비교적 높지 않은 것은, 이 지역이 물리적인 요인에 의해 조절되는 불안정한 생태계로서 식물군락의 안정성이 낮기 때문인 것으로 생각된다.

15개 Site 간의 군집유사도지수(Sørensen community similarity index: CCs)를 비교한 결과는 Site 10과 Site 12 사이가 군집 유사도지수가 73%(0.73)로서 가장 높았는데(Table 9), 이는 두 Site간의 공통 출현종이 많다는 것을 의미한다. 이 두 site는 조사지역에서 모두 골재 채취장과 인접한 연안대의 습지생태계로서 물리적 환경 요인이 유사하고, 관속식물의 분포 종수가 단순하여 유사한 식물군집이 형성되었기 때문인 것으로 판단된다.

한편 함안지역의 자연늪에서 군집유사도를 조사한 정과 최(1987)는 대평늪과 질날벌의 0.5454, 대평늪과 유전늪의

0.3750, 질날벌과 유전늪의 0.3921 등의 값을 보고하였고, 이 등(1995)은 같은 지역에서 0.4839~0.9767의 비교적 높은 군집유사도지수를 보고한 바 있다. 본 조사지역의 군집유사도가 함안지역의 자연늪에서 조사된 값보다 낮은 4~36%인 경우가 많은 것은 아산호 습지생태계의 환경이 조사지소에 따라 차이가 많기 때문인 것으로 생각된다.

**식물군집별 분포 면적**

조사지역에서 관속식물의 전체 분포 면적은 54.5 ha에 달하며, 주요종별 분포 면적을 구적한 결과는 Table 10과 같다. 그 중 정수식물, 습생식물 및 중생식물의 분포 면적은 49.3 ha(90.5%)이고 부수식물인 마름의 분포 면적이 5.2 ha(9.5%)이며, 부엽식물 및 침수식물은 분포 면적을 계산할 수 없을 정도로 매우 적었다.

아산호 연안대의 전체 길이가 방조제(2,564 m)를 제외하고 고도 66,500 m에 달하며 이 연안대를 따라 약 30 m 폭으로 습지대가 조성될 경우, 약 197 ha의 면적에 수생 및 습생 관속식물이 분포할 수 있으므로 현재의 식물군락 분포 면적(54.5 ha)은 이 면적의 28%에 불과한 것이다. 그리고 전체 조사 대상 지역인 2,430 ha의 2.2%에 불과한 면적을 관속식물이 차지하고 있다고 할 수 있다.

이러한 결과는 팔당호에서 수생식물이 차지하는 면적이 전체 호소 면적(3,650 ha)의 7%인 267.1 ha에 달한다는 조(1992)의 결과와 비교해 볼 때 매우 낮은 수준이다. 이와 같이 아산호에서 연안대의 식생 분포 면적이 적은 이유는 이 지역이 골재 채취와 제방 축조 같은 인간의 간섭으로 수생 및 습생 관속식물이 자랄 수 있는 연안대의 수심이 깊어지고, 부유물질을 포함한 각종 오염물질로 인하여 이들의 생장에 악영향을 미쳤기 때문인 것으로 생각된다.

**연순생산량**

**Table 9.** Comparison of the similarity indices (CCs: %) for the fifteen sites in the wetlands of the Asan-Lake

Site	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	47													
3	52	48												
4	48	53	42											
5	17	25	26	17										
6	11	16	13	9	63									
7	7	9	10	5	50	67								
8	40	43	45	47	35	26	19							
9	50	8	13	8	33	44	43	25						
10	9	9	14	4	43	57	60	23	63					
11	26	38	33	29	40	40	29	40	44	52				
12	9	9	14	0	46	62	44	19	53	73	36			
13	32	35	37	33	33	33	31	40	44	36	62	30		
14	13	16	13	12	44	67	57	33	50	50	44	53	38	
15	11	13	9	4	43	29	40	23	38	33	26	36	29	38

Table 10. Distribution area (ha) occupied by the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes for the fifteen sites in the wetlands of the Asan-Lake

Scientific name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
<i>Zizania latifolia</i> Turcz.		0.3			1.1	2.6	2.7	7.3	1.3	2.9	1.0	0.3	0.4	3.1	0.8	23.8
<i>Phragmites communis</i> Trin.		0.1	1.0		0.4	1.3		4.0	0.7	1.9	0.3	0.8	0.2	1.1		11.8
<i>Typha orientalis</i> Presl					2.3	2.5	0.7	1.3	0.2	1.0			0.1	0.5	1.1	9.7
<i>Trapa japonica</i> Flerov.										3.9	1.3					5.2
<i>Phragmites japonica</i> Steud.	1.4			0.3												1.7
<i>Scirpus tabernaemontani</i> Gmel.								0.7								0.7
<i>Typha angustata</i> Bory et Chaub														0.5		0.5
<i>Scirpus triqueter</i> L.	0.3							0.1								0.4
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> Benth.				0.4												0.4
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.			0.3													0.3
Total	1.7	0.4	1.3	0.7	3.8	6.4	3.4	13.4	2.2	9.7	2.6	1.1	0.7	5.2	1.9	54.5

Table 11. Annual net primary production (dry matter, ton) of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes for the fifteen sites in the wetlands of the Asan-Lake

Scientific name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
<i>Zizania latifolia</i> Turcz.		4.9			10.4	11.1	35.9	89.8	4.6	16.4	3.4	1.4	3.6	28.8	17.4	227.7
<i>Phragmites communis</i> Trin.		2.3	7.7		5.3	17.4		45.9	9.4	25.4	4.0	9.3	2.7	14.7		144.1
<i>Typha orientalis</i> Presl					29.0	36.9	6.7	12.7	3.0	14.8			1.5	3.4	38.7	146.7
<i>Trapa japonica</i> Flerov.										7.9	2.6					10.5
<i>Phragmites japonica</i> Steud.	9.6			1.3												10.9
<i>Scirpus tabernaemontani</i> Gmel.								6.9								6.9
<i>Typha angustata</i> Bory et Chaub														3.0		3.0
<i>Scirpus triqueter</i> L.	1.4							0.4								1.8
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> Benth.				5.3												5.3
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.			1.5													1.5
Total	11.0	7.2	9.2	6.6	44.7	65.4	42.6	155.7	17.0	64.5	10.0	10.7	7.8	49.9	56.1	558.4

주요 관속식물의 순생산성과 분포 면적을 곱하여 추정된 조사지역 전체의 연순생산량은 558.4 ton D.W./yr에 달하였다 (Table 11). 따라서 아산호 전체의 연순생산량은 정수식물, 습생식물 및 중생식물 547.9 ton D.W./yr, 부수식물인 마름 10.5 ton D.W./yr, 침수식물 0 ton D.W./yr 등으로서 이들의 비율은 98: 2: 0이다.

이상의 결과를 다른 지역의 호소에서 조사된 연순생산량과 비교하면 Table 12와 같다. 즉 팔당호(조 1992)는 정수식물: 부수 및 부엽식물: 침수식물의 생산량이 83: 3: 14로서 총 1,883 ton D.W./yr에 달하며, 순생산성은 0.52 ton/ha/yr이다. 그리고 정양호, 우포, 용산저수지 등의 순생산성은 각각 8.68, 8.98, 7.43 ton/ha/yr 등이며 부수식물, 부엽식물, 침수식물 등이 차지하는 연순생산량의 비율이 매우 높다 (오 1990).

정양호, 우포, 용산저수지 등은 낙동강 수계에 형성된 배후습지성 호소로서 수심이 얕고 인간의 간섭이 적어서 다양

한 수생 및 습생 관속식물 군락이 발달하고 생산성이 매우 높은 지역으로서 순생산성이 아산호의 30배 이상에 달한다. 물론 이들 지역이 배후습지성 호소로서 본 조사대상 지역인 아산호보다 전체 면적이 좁을 뿐만 아니라 호소의 기원을 달리하고 있어서 연순생산량에 많은 차이가 있다고 할 수 있다.

그러나 호소의 기원이나 면적이 유사한 팔당호에 비해 본 아산호의 순생산성이 44%에 불과한 0.23 ton/ha이며 부수 및 부엽식물에 의한 생산량의 비율이 낮을 뿐만 아니라 침수식물에 의한 생산량이 전혀 없는 것은 특기할 만한 사실이라고 할 수 있다.

#### 질소 및 인의 연간 흡수량

조사지역의 관속식물에 의한 질소와 인의 단위 면적당 연간 흡수량(Table 13)과 연순생산량(Table 11)을 곱하여 추정한 아산호 전체의 연간 흡수량은 Table 14와 같다. 그리고

**Table 12.** Comparisons of the annual net primary production for the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes in the wetlands of the five lakes in Korea

Lake	Production (ton)*				Area (ha)	P/A ratio (ton/ha)	Reference
	E	Ff & Fl	S	Total			
Paldang	1,558 (83%)	62 ( 3%)	263 (14%)	1,883	3,650	0.52	Cho (1992)
Jungyang	405 (65%)	167 (27%)	53 ( 8%)	625	72	8.68	Oh (1990)
Woopo	1,874 (68%)	684 (25%)	209 ( 7%)	2,767	308	8.98	Oh (1990)
Yongsan	1,776 (53%)	1,483 (44%)	83 ( 3%)	3,342	450	7.43	Oh (1990)
Asan	547.9 (98%)	10.5 ( 2%)	- ( 0%)	558.4	2,430	0.23	

\* E: emergent hydrophytes, hygrophytes and mesophytes, Ff & Fl: free-floating and floating-leaved hydrophytes, S: submersed hydrophytes, P: annual net primary production (ton)  
A: distribution area (ha)

**Table 13.** Annual uptake of nitrogen and phosphorus per square meter by the vascular plants in the wetlands of the Asan-Lake

Scientific name	Nitrogen (g/m <sup>2</sup> )	Phosphorus (g/m <sup>2</sup> )
<i>Zizania latifolia</i> Turcz.	13.7	3.6
<i>Phragmites communis</i> Trin.	15.8	4.1
<i>Typha orientalis</i> Presl	16.0	4.6
<i>Trapa japonica</i> Flerov.	3.9	0.6
<i>Phragmites japonica</i> Steud.	5.1	1.6
<i>Scirpus tabernaemontani</i> Gmel.	12.8	3.8
<i>Typha angustata</i> Bory et Chaub	16.0	4.6
<i>Scirpus triqueter</i> L.	6.5	1.5
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Max.) Benth	9.2	4.3
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	9.5	1.1

**Table 14.** Annual uptake of nitrogen and phosphorus by the vascular plants in the wetlands of the Asan-Lake

Scientific name	Nitrogen (kg)	Phosphorus (kg)
<i>Zizania latifolia</i> Turcz.	3,302	865
<i>Phragmites communis</i> Trin.	1,700	447
<i>Typha orientalis</i> Presl	1,584	455
<i>Trapa japonica</i> Flerov.	200	32
<i>Phragmites japonica</i> Steud.	98	31
<i>Scirpus tabernaemontani</i> Gmel.	90	26
<i>Typha angustata</i> Bory et Chaub	32	9
<i>Scirpus triqueter</i> L.	27	6
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Max.) Benth	37	17
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	29	3
Total	7,099	1,891

조사지역 전체에서 정수식물, 습생식물 및 중생식물을 통해 흡수되는 질소 및 인의 연간 흡수량은 각각 전체 관속식물의 97% 및 98%에 이른다.

조사지역에서 정수식물인 줄, 갈대, 부들 및 달뿌리풀의 중요치가 높고, 이들의 분포 지역이 모두 인간의 접근이 쉬운 진연안대이므로 이들 정수식물을 호소 밖으로 제거할 경우, 물의 부영양화로 인한 오염을 예방하는데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

### 인용문헌

- 기상청. 1988~97. 기상연보. 동진문화사, 서울.
- 김준호, 조강현. 1989. 수도권 상수도원인 팔당호의 수생관속식물에 의한 수질의 정화. 53 p.
- 농어촌진흥공사. 1995. 한국의 간척. 농어촌진흥공사. 경기도. 316 p.
- 문형태. 1984. 낙동강 하구의 사주식생 천이에 관한 연구. 서울대 박사학위 논문. 102 p.
- 박종성, 최신석, 신창남, 금종화. 1984. 수질오염 지표종으로서의 담수조류에 관한 연구. 충남대 환경연구소보 2: 1-9.
- 서영희, 박상욱. 1982. 경산 남천수계의 생물학적 수질판정. 한생태지 5: 46-53.
- 오경환. 1988. 정양호 생태계에 있어서 수생관속식물의 군집구조와 생산성 및 영양염류의 순환. 서울대 박사학위 논문. 141 p.
- 오경환. 1990. 수생관속식물이 호소생태계의 부영양화에 미치는 영향. 경상대 기초과학연구소보 6: 91-108.
- 오용자. 1984. 한국산 사초과식물 I~III. 성신여자대학교 출판부, 서울.
- 육영호. 1984. 목발의 초기천이에 있어서 토양의 성질, 종 다양성 및 r-K 선택의 변화. 서울대 석사학위논문. 43 p.
- 윤일병, 강옥철, 변종욱. 1984. 서귀포시내 하천의 수서곤충 군집에 관한 연구. 한옥수지 17: 65-75.

- 이영옥. 1993. 수생관속식물 군락이 수질에 미치는 영향. 한육수지 26: 37-51.
- 이오형, 송태곤. 1987. 영산호의 미생물 분포와 환경요인과의 상관관계. 목포대 연안생물연구 4: 103-108.
- 이창복. 1989. 대한식물도감. 향문사, 서울. 990 p.
- 이팔홍, 김철수, 오경환. 1995. 함안지역 자연늪의 식생구조와 환경요인. 경상대 과교연보 15: 105-124.
- 정영호. 1989. 우리나라 자연늪의 현황과 보호. 자연보존 65: 12-15.
- 정영호, 최홍근. 1987. 함안 소재 자연늪의 수생관속식물상. 환경생물학회지 5: 17-28.
- 조강현. 1992. 팔당호에서 대형수생식물에 의한 물질생산과 질소와 인의 순환. 서울대 박사학위논문. 233 p.
- 조규송, 조동현, 윤경민. 1978. 춘천시 도시하수에 의한 의암호의 수질오염에 관한 생물학적 조사 및 정화 방안에 관한 연구. 한육수지 11: 7-24.
- 최기철, 전상린. 1979. 수질관정을 위한 지표담수어에 관한 연구. 자연보존연구보고서 1: 217-229.
- 최신석, 강태완, 신창남, 오경환. 1981. 수질오염 지표종으로서의 담수산 이매패류에 관하여. 자연보존연구보고서 3: 413-418.
- 최홍근. 1986. 한국산 수생관속식물지. 서울대 박사학위논문. 258 p.
- Allen H.L., H.M. Grimshaw, J.A. Parkinson and C. Quarmby. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Pub., Oxford. 565 p.
- Braun-Blanquet J. 1932. Plant sociology: The study of plant communities (Translated by G.D. Fuller and H.S. Conard, 1965). McGraw-Hill Book Company Inc., London. 377 p.
- Day J.W., C.A.S. Hall and W.M. Kemp. 1989. Yanez-Arancibia, Estuarine Ecology, John Wiley & Sons, New York. 558 p.
- Fasset N.C. 1980. A manual of aquatic plants. The Univ. of Wisconsin Press, Madison. 405 p.
- Goldman C.R. and A.J. Horne. 1983. Limnology. McGraw-Hill, Tokyo. 464 p.
- Hejny S. 1978. Management aspects of fishpond drainage. In D. Dykyjova and J. Kvet (ed.), Pond Littoral Ecosystems: Structure and Functioning. Springer-Verlag, Berlin. pp. 399-402.
- Kucklentz V. 1985. Limnologische Untersuchungen zur Bedeutung der Makrophyten für die Selbstreinigung fließender Gewässer. In, Schadstoffbleatung und Ökosystemschutz in aquatischem Bereich. Bayerischen. Herausgeben v. d. Landesanstalt für Wasserforschung, pp. 465-473.
- Melzer A. 1985. Indikatorwert und Ökologie makrophytischer Wasserpflanzen in Bayerischen File  $\beta$ - and stillgewässern. In Schadstoff-belastung und Ökosystem schutz in a aquatischem Bereich. pp. 407-430.
- Mickle A.M. and R.G. Wetzel. 1979. Effectiveness of submersed angiosperm-epiphyte complexes on exchange of nutrient and organic carbon in littoral system: refractory organic carbon. Aqa. Bot. 6: 339-355.
- Richardson C.J., D.L. Tilton, J.A. Kadlec, J.P.M. Chamie and W.A. Wentz. 1978. Nutrient dynamics of northern wetland ecosystems. In R. E. Good *et al.* (ed.), Freshwater Wetland: Ecological Process and Management Potential. Academic Press, N. Y. pp. 217-241.
- Sakurai Y. 1984. Effects of aquatic macrophytes on the control of organic pollution and eutrophication of inland waters. Proceedings of the fourth international symposium on the eutrophication and conservation of water resources, Chunchon. pp. 183-193.
- Sculthorpe C.D. 1967. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold Ltd., London. 610 p.
- Tsuchiya T. and H. Iwaki. 1983. Biomass and net primary production of a floating leaved plant, *Trapa natus*, community in lake Kasumigaura, Japan. Jap. J. Ecol. 33: 47-54.
- UNESCO. 1978. Water quality surveys. UNESCO/WHO, Paris. 350 p.
- Walter H. 1973. Vegetation of the earth. Springer-Verlag, N. Y. 237 p.
- Wetzel R.G. 1983. Limnology. Saunders College Publishing, Philadelphia. 767 p.

(1999년 8월 19일 접수)



---

## Community Structure, Productivity, and Nutrient Uptake of the Vascular Plants in the Wetlands of the Asan-Lake

Kim, Cheol-Soo, Sung-Gon Son, Jeong-Hwan Lee\* and Kyung-hwan Oh

*Division of Science Education and Research Institute of Environmental Protection,*

*Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea*

*Department of Forestry, Chinju National University, Chinju 660-758, Korea\**

**ABSTRACT:** The flora, distribution area, vegetation structure, annual net primary production, and nutrient uptake of the vascular hydrophytes, hygrophytes and mesophytes were investigated in the wetlands of the Asan-Lake, Chungchongnam-do and Kyonggi-do, Korea from March to October in 1997 to reveal the correlation between the plant community and the lake environment. The flora was composed of 38 families, 89 genera, 106 species, 14 varieties or total 120 kinds of the vascular plants. The life form of the hydrophytes were classified as 14 kinds of emergent plants, 5 kinds of submerged plants, and 4 kinds of free-floating plants, respectively. The number of species was various to 4~85 kinds in each site. The dominant species was *Zizania latifolia*, and the importance values of *Zizania latifolia*, *Typha orientalis*, *Phragmites communis*, and *Spirodela polyrhiza* were 39.58, 14.90, 13.97, and 7.64, respectively. The distribution area of the emergent hydrophytes, hygrophytes, and mesophytes was 49.3 ha (90.5%), and free-floating plants was 5.2 ha (9.5%), whereas the floating-leaved and submersed plants were rare. Annual net production of the emergent hydrophytes, hygrophytes, and mesophytes was 547.9 ton D.W./yr (98%), and those of the free-floating plants was 10.5 ton D.W./yr (2%), and 558.4 ton D.W./yr in the whole lake ecosystem. The total uptake of nitrogen and phosphorus by the vascular plants was 7,099 and 1,891 kg/yr in the whole lake ecosystem.

**Key words:** Annual net primary production, Hydrophytes, Hygrophytes, Mesophytes, Nutrient uptake, Vegetation structure, Wetland

---