

연구논문

## 저수지 주변 식물의 침수시 수질 영향

이요상 · 박종근

한국수자원공사 수자원연구원

(2005년 6월 22일 접수, 2005년 8월 23일 승인)

### Assessment of Water Quality Impact of Submerged Lakeside Macrophyte

Yo-Sang, Lee · Jong-Geun, Park

KOWACO, Korea Institute of Water and Environment, Daejeon 305-730, Korea

(Manuscript received 22 June 2005; accepted 23 August 2005)

### Abstract

In summer and early autumn, eutrophication occurs occasionally in many reservoirs. Lakeside macrophyte which is one of internal pollutants effects on water quality when it is submerged during water surface is rising after rainy season. This study include examination of pollutant load, species of plant, community structure and productivity of macrophyte in unit area at lakeside. The result of this research will be used as a guideline of water quality management on reservoir through assessing water quality effect of submerged plant. The areal distribution, composition of species and submerged area of macrophyte changes according to rainfall pattern every year, so it is difficult to calculate nutrient load annually from submerged macrophyte. In this study, the nutrient load from submerged macrophyte assess from Daecheong and Juam reservoir in 2001. TN and TP load of submerged macrophyte shows 0.043% and 0.069%, respectively, of annual discharge load on Daecheong watershed. At lake Juam, TN and TP shows 0.64% and 1.28% load, respectively. The reason that nutrient load of lake Juam is greater than that of lake Daecheong is that macrophyte distribution area of lake Juam is 5 times greater than that of lake Daecheong. Total nutrient load of lake Daecheong is 3 times greater than that of lake Juam.

Key words : Submerged macrophyte, Lakeside, Pollutant load, Nutrient

## I. 서론

국내의 많은 댐저수지는 영양염류의 유입으로 여름과 초가을 고수온기에 부영양화 현상이 일어나기도 하는데, 이런 현상은 많은 요인과 상관성이 있지만 특히 저수지내 영양염 증가가 한 요인으로 작용한다(Graneli and Solander, 1988). 저수지의 영양염 증가에 영향을 주는 대표적인 오염원으로는 상류로부터 유입되는 점 및 비점오염원과 호수내부에서 생산되는 유기물로 인한 부하이다. 따라서 효율적인 저수지 수질관리를 위해서는 다양한 오염원에 대한 부하를 산정해야 하며 이를 근거로 수질관리 방안을 수립해야 한다(이 등, 2000).

호수내부에서 생성되는 오염원으로는 식물플랑크톤의 증가와 저수구역내 잡초의 침수에 의한 영향이 대표적이다. 하절기 식물플랑크톤의 증가는 이취미 발생 등으로 수질문제를 야기하며 수심이 낮은 저수구역내 잡초는 저수지 수위 변동에 따라 물에 잠기면서 수질에 영향을 미치게 된다(Carignan and Kalff, 1982; Twilley and Blanton, 1985). 우리나라의 다목적댐은 건설 목적에 따라 저수량 관리를 효과적으로 하기 위하여 여름 홍수기 전에 수위를 최대한 낮추며 여름 홍수기 이후에 높은 수위를 유지시켜 그 이듬해 홍수기 전까지의 수자원이용에 효율성을 기하고 있다(한국수자원공사, 2002). 따라서 여름 홍수기전 2~3개월 동안 많은 수변지역에 잡초가 번성하게 되며 홍수기 이후에는 다시 침수되어 수질에 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는 이 시기에 자라는 초본류의 종류와 군락의 구조, 생산성 등을 산출하고 침수식물이 수질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 대청호와 주암호를 대상으로 조사를 실시하였으며 향

후 저수지 수질관리의 기초자료로 삼고자 연구를 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시료 채취

식물에서 물로의 용출량 결정을 위한 시료는 주암호와 대청호 저수구역 안에서 직접 채취하였다. 2001년 3월 13일부터 16일까지 건조된 시료를 취하였고 6월 5일부터 8일까지 새로 생산한 수변식물 시료를 취했으며 식물종류는 Table 1과 같다. 총 식물량 산정을 위하여 5×5 m의 방형구를 설치하여 조사 분석하였으며 방형구 설치시 군락의 대표성을 나타낼 수 있는 곳을 정하였다. 현존량의 측정을 위하여 설치한 방형구내(5곳)의 지상부를 절취하여 현장에서 용수철 저울로 생중량을 측정하였고 일부시료를 실험실로 옮겨 80°C에서 향량이 될 때까지 건조시킨 후 수분함량을 구하여 건조량으로 환산하였다.

### 2. 영양염 분석

건조된 식물과 생체 식물 체내의 총인(TP), 총질소(TN)의 함유량을 알아보기로 각각 아스코르빈산 환원법과 Kieldahl 법을 사용하여 2회 반복 실험한 후 평균값을 계산하였다(Jackson, 1967; APHA, 1989). 식물체내에서 수체로 용출된 COD, TP, TN은 과망간산칼륨법, 아스코르빈산환원법, 자외선흡광광도법을 사용하여 분석하였다. 수체 내 일반세균은 Nutrient Agar(NA) 배지를 사용하여 spread plate 법을 사용하여 37°C에서 24시간 배양하여 검사하였다.

Table 1. Sampled species of lakeside macrophyte

	Species
Dead body macrophyte	<i>Phragmites australis</i> , <i>Rumex crispus</i> , <i>Alix gracilistyla</i> , <i>Phragmites japonica</i> , <i>Persicaria hydropiper</i>
Living body macrophyte	<i>Bidens tripartita</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Rumex crispus</i> , <i>Phragmites japonica</i> , <i>Persicaria hydropiper</i> , <i>Camellia</i> sp.

### 3. 영양염 용출실험

호소에 침수된 식물체는 환경조건에 따라 생물·물리·화학적 과정에 의해 수층으로 분해 용출되어 수질 및 수생태계에 영향을 미친다. 호소내에서 영양염류의 용출에 영향을 미치는 인자로는 수온, pH, 용존산소 농도, 미생물 등을 들 수 있다. 용출실험에 사용한 물은 현장에서 채취한 호소수를 여과하여 반응기에 넣었으며, 일정량의 식물시료를 물의 이동이 원활한 비닐봉지에 넣고 부유되지 않도록 돌을 넣어 침강시켰다. 시료를 넣은 후에는 대기로부터의 공기유입을 원활히 하기 위하여 미약하게 폭기하였다. 용출 조건은 Table 2와 같다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 식물의 분포

주암호 및 대청호 저수구역 내 표본지역 1 m<sup>2</sup>당 식물의 전체 및 생체의 중량은 Table 3, 4와 같다. 채취시료 중 소리쟁이가 전체중량 2,576 g/m<sup>2</sup>, 생체

Table 2. Nutrient release test condition

Factors	Condition
temperature	25 ~ 27
DO	> 6 mg/l
pH	> 6
light	sunlight
sample amount	5 g
water volume	7 L

Table 3. Dead body and living body weight on lakeside of Daecheong Unit : g/m<sup>2</sup>

Species	Dead body weight	Living body weight
<i>Bidens tripartita</i>	264	1,440
<i>Rumex crispus</i>	2,576	11,400
<i>Phragmites japonica</i>	669	2,400
<i>Persicaria hydropiper</i>	600	2,900
<i>Camellia</i> sp.	373	1,200

Table 4. Dead body and living body weight on lakeside of Juam Unit : g/m<sup>2</sup>

Species	Dead body weight	Living body weight
<i>Rumex crispus</i>	773	3,420
<i>Phragmites japonica</i>	201	720
<i>Bidens tripartita</i>	79	432
<i>Persicaria hydropiper</i>	183	875
<i>Carex dimorpholepis</i>	391	1320
<i>Camellia</i> sp.	112	360
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	35	222

중량 11,400 g/m<sup>2</sup>으로 가장 높은 생물량을 보였으며, 전체중량에서는 가막사리 264 g/m<sup>2</sup>, 생체중량에서는 카멜리아 1,200 g/m<sup>2</sup>으로 가장 낮은 생물량을 보였다. 이상의 생물량은 2001년 조사된 생물량이며, 동일장소에 동일한 식물이 매년 나타나는 것이 아니므로 생물종과 생물량은 매년 달라질 수 있다.

### 2. 군락의 특징

#### 1) 달뿌리풀 군락

달뿌리풀 군락은 피도 70%에 이르며 여뀌와 혼생하고 있고 일부 달뿌리풀 군락은 갯버들의 하층군락으로 나타나고 있으며, 군락의 구성 종은 큰조아재비, 억새, 대가래, 말즘, 새우가래, 검정말, 큰산장대 등이다. 달뿌리풀은 다년초로서 군락이 위치한 지역은 다른 지역에 비하여 수위변동이 적기 때문에 비교적 안정된 군락의 구조를 형성하고 있으며 인접군락으로 세력을 넓혀 나가고 있다.

#### 2) 여뀌 군락

여뀌 군락은 대청호 수변과 주암호 수변의 주요 우점종으로서 대부분 지역에서 우점군락으로 나타나고 있다. 여뀌는 일년초로서 수심의 변동이 심한 지역에서도 나타나고 있으며 따라서 댐의 수위변동에 따라 군락의 크기와 분포지역의 변동이 심하다. 군락은 대부분 순군락을 형성하고 있으나 미국가막사리, 쇠털골, 문모초, 논뚝외풀, 발뚝외풀, 좁개갯냉이 등이 낮은 빈도로 출현한다.

### 3) 소리쟁이 군락

소리쟁이 군락은 주암호내의 보성군 복내면 시천리에서 나타나고 있으며 흔적으로 보아 전년도에 대규모군락에서 대부분 사멸하고 일부 수심이 낮은 지역에만 생존해 있다. 이것은 급격한 수심의 변동에 의한 다년생식물인 소리쟁이의 군락의 범위와 분포는 수위변동이 심한 댐유역의 특성상 예측이 불가능하며 해마다 군락의 급격한 변동을 동반한 매우 불안정한 군락의 양상을 나타내고 있다.

### 4) 쇠털골 군락

쇠털골은 다른 군락에 비하여 수변에 가장 가까운 지역에 분포하고 있으며 주암호 수변의 대표적 군락이다. 쇠털골은 대부분 순군락을 형성하고 있으며 이는 다른 식물군에 비하여 비교적 수물시 적응성이 있기 때문에 사료된다. 따라서 댐의 수위변동이 지속적으로 일어나는 지역이나 수변 가장 가까운 지역에 지속적인 군락을 유지할 것으로 사료된다.

### 5) 미국가막사리 군락

미국가막사리군락은 대청호의 옥천읍 수북리 일원의 수변에서 약간 떨어진 비교적 건조한 지역에서 출현하며 군락의 수반종은 문모초, 꽃여뀌, 논뚝외풀, 개피, 자운영, 개갓냉이, 독새풀, 메꽃등이 출현하였다.

### 3. 식물체내의 함수율 및 총인(TP) 및 총질소(TN) 함유량

저수 구역내에서 채취한 식물의 함수율 및 총인, 총질소량은 Table 5와 같다. 건조된 식물은 2000년에 성장하여 겨울을 지나면서 자연적으로 탈수된 식물로 함수율은 7.3~12.7% 범위에서 분석되었으며, 2001년 봄부터 새로 자라나서 6월에 채취된 호소 주변의 생체 식물의 함수율은 73.0~82.7%이었다.

건조된 식물이 함유한 총인의 양은 0.38~1.15 mgP/g sample, 생체식물의 총인 양은 1.53~2.50 mgP/g sample로 분석되었으며, 총질소 함유량은 건조된 식물이 3.45~7.60 mgN/g sample, 생체 식물이 6.62~9.98 mgN/g sample 포함하고 있었다.

### 4. 식물체내로부터 영양염의 용출 및 일반세균의 변화

생체 식물에서의 영양염의 용출은 실험 시작 후 15~20일까지 서서히 용출되어 20일부터는 더 이상 용출되지 않는 안정화 된 값을 보였다(Fig. 1). 식물의 분해 역할을 맡는 미생물의 증가는 실험 시작 후 8일까지는 서서히 증가하다가 그 후로 15일까지 급격한 증가 양상을 보였다(Fig. 2).

건조된 식물체 내에서의 영양염의 용출은 실험 시작 후 5일 안에 급속히 용출 되는 현상을 보이나 그 후로는 안정화 된 값을 보였으며 일반세균의 변화 양상을 보면 용출 실험 5일 안에 일반세균의 급격한 증

Table 5. Component contents of lakeside macrophyte

Species	Dead body macrophyte(mgP/g Sample)			Living body macrophyte(mgP/g Sample)		
	hydrate(%)	TP	TN	hydrate(%)	TP	TN
<i>Bidens tripartita</i>	-	-	-	82.7	2.50	9.14
<i>Phragmites australis</i>	7.3	0.58	6.30	73.2	1.53	9.81
<i>Rumex crispus</i>	8.9	0.38	4.15	80.5	1.59	9.98
<i>Salix gracilistyla</i>	12.7	1.52	7.60	-	-	-
<i>Phragmites japonica</i>	9.4	1.00	3.45	73.0	1.57	6.62
<i>Persicaria hydropiper</i>	9.4	1.15	5.60	73.7	1.69	8.60
<i>Camellia</i> sp.	-	-	-	69.7	1.87	8.97

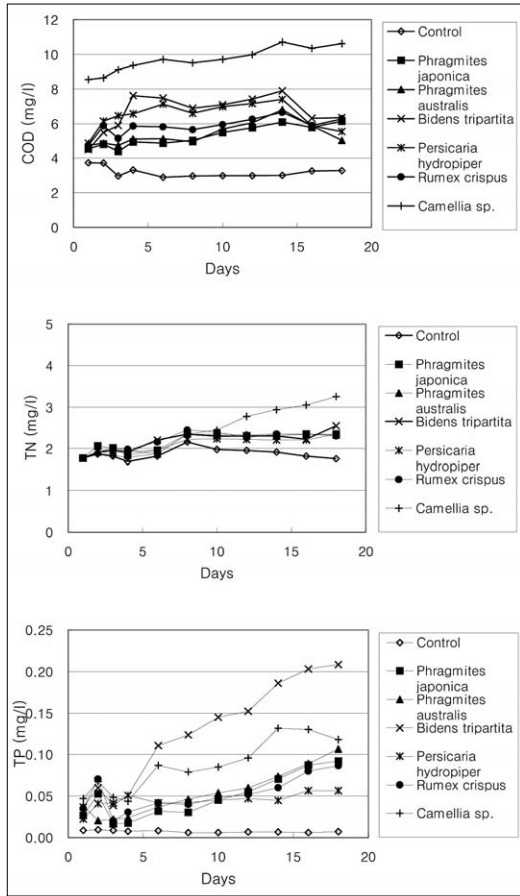


Fig. 1. Nutrient release rate of living body of macrophyte in lakeside

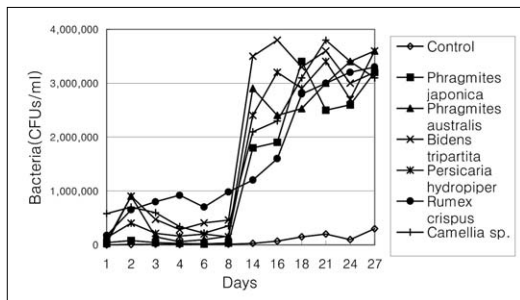


Fig. 2. Variation of bacteria on living body of macrophyte during release test

가를 보였다. 이는 건조된 식물의 분해가 일반세균의 분해 작용으로 이루어진 것으로 사료된다. 이에 따라 식물체내에서의 영양염 용출량의 평가는 21일 동안

의 농도변화를 토대로 산출하였다.

저수구역 내에서 채집한 식물의 중량당 수체로의 영양염 용출량은 Table 6과 같다. 건조된 식물에서 COD 성분은 1.32~6.55 mg/g sample, TP는 0.013~0.340 mgP/g sample, TN은 0.216~0.902 mgN/g sample의 양으로 용출 되었으며, 생체 식물에서 COD 성분은 3.94~11.41 mg/g sample, TP는 0.080~0.279 mgP/g sample, TN은 0.731~1.991 mgN/g sample의 양으로 용출 되었다.

건조된 식물과 생체 식물에서의 중량당 영양염의 용출량은 생체식물이 조금 더 큰 것으로 나타났지만, 저수구역 내 1 m<sup>2</sup>당 건조된 식물과 생체 식물의 중량 차이가 4~5 배 정도 생체 중량이 많은 것을 감안 하면, 생체 식물에서 영양염의 용출이 그 중량비인 4~5 배 이상 큰 것을 알 수 있다.

건조된 식물 조각재에서의 영양염 용출량은 COD 성분이 0.22~0.36 mg/g sample, TP는 0.017~0.102 mgP/g sample, TN은 0.024~0.056 mgN/g sample의 양으로 용출 되었다. 이는 건조된 식물과 비교하였을 경우 TP의 용출량은 유사하지만, COD 성분의 용출은 갈대 3.4%, 소리쟁이 11.0%, 여뀌 8.9%의 양이며, TN의 용출은 갈대 6.1%, 소리쟁이 7.2%, 여뀌는 13.4%의 양이다.

식물 사체의 분해와 분해로 인한 수체로의 영양염의 용출은 미생물과 많은 상관성이 있으며, 용출된 영양염은 미생물에 의해 이용되어 질 수 있다. Fig. 2와 같이 용출 실험 장치에서 일반세균의 증가가 이를 보여주며, 영양염의 급격한 용출 시기와 미생물의 증가 시기가 일치하는 양상을 보인다. 대조군에서는 일반세균이  $2.0 \times 10^5$  CFU/mL의 증가를 보였으며, 식물시료가 들어있는 시료에서는  $2.5 \sim 3.5 \times 10^6$  CFU/mL의 증가를 보였다. 이는 대조군에서의 적은 양의 일반세균 증가는 대조군으로 사용한 대청담 원수 자체에 포함된 적은 양의 영양염을 이용하였기 때문이며, 반면에 시료가 있는 용출실험 장치에서의 증가는 미생물에 의해서 분해되어진 영양염을 이용하였기 때문에 대조군보다 10배 이상 증

Table 6. Release rate of lakeside macrophyte

Species	Dead body macrophyte(mg/g sample)			Living body macrophyte(mg/g sample)		
	COD	TP	TN	COD	TP	TN
<i>Bidens tripartita</i>	-	-	-	4.44	0.279	0.743
<i>Phragmites australis</i>	6.55	0.154	0.395	4.64	0.163	0.731
<i>Rumex crispus</i>	3.28	0.013	0.773	3.99	0.174	0.743
<i>Salix gracilistyla</i>	1.32	0.340	0.902	-	-	-
<i>Phragmites japonica</i>	5.44	0.136	0.479	3.96	0.131	0.743
<i>Persicaria hydropper</i>	2.91	0.183	0.216	3.94	0.080	0.742
<i>Camellia</i> sp.	-	-	-	11.41	0.148	1.991

가한 것으로 사료된다.

### 5. 호수 수질에 미치는 영향

대청호 저수지 유역 고도 EL.65m와 EL.76m 사이에서의 초목류 성장면적 산정은 현장조사결과를 유역도에 표시하여 CAD상에서 산정하였으며, 대청호 주변의 초목류 성장면적은 총 1,217,936 m<sup>2</sup>이며, 주암호는 유역고도 EL.90m와 EL.105m사이에서 5,590,561 m<sup>2</sup>로 나타났다(Table 7, 8). 수변식물의 오염부하는 용출실험에 의한 용출량 자료와 저수구역 내 1 m<sup>2</sup>당 식물의 생체중량과 건체중량 그리고 수변식물의 성장면적에 의한 자료를 근거로 산출하

였다. 그 산출 방법은 해당지역의 면적에 제1, 제2 우점종, 그리고 기타 식물 각각의 우점도를 곱한 후 여기에 저수구역내 1 m<sup>2</sup>당 식물의 생체중량, 건체중량과 각각의 g당 용출량을 적용하여 총합하였다. 그리고 기타 식물의 생체중량, 건체중량과 g당 용출량은 조사된 모든 식물의 생체중량 평균값, 건체중량 평균값과 용출실험에 사용한 식물의 용출량 평균값을 적용하였다.

대청호와 주암호 유역의 2001년 오염부하 현황은 Table 9와 같다. 호수 저수구역 내 수변식물이 강우기에 20일 이상 물에 잠겼을 경우 영양염의 용출량은 2001년 기준으로 대청댐에서 COD 성분 4,901.1

Table 7. Status of lakeside macrophyte on Daecheong watershed

Location	Area(m <sup>2</sup> )	Weight(kg)	Portion (%)		
			Dominant species	Sub-dominant species	Residual species
Muneu-Myeon Intake Tower	446,696	350,120	<i>Persicaria hydropper</i> (40%)	<i>Camellia</i> sp.(15%) <i>Bidens tripartita</i> (15%)	Residual(30%)
Heonam-Myeon Shindae-ri	68,212	53,887	<i>Persicaria hydropper</i> (50%)	<i>Camellia</i> sp.(25%)	Residual(25%)
Gunbuk-Myeon Yongho-ri	264,432	213,529	<i>Persicaria hydropper</i> (40%)	<i>Camellia</i> sp.(25%)	Residual(35%)
Okcheon-eup Subuk-ri	181,528	124,982	<i>Bidens tripartita</i> (50%)	<i>Persicaria hydropper</i> (30%)	Residual(20%)
Daejeon Intake tower	257,068	198,714	<i>Persicaria hydropper</i> (40%)	<i>Camellia</i> sp.(30%)	Residual(30%)
Total	1,217,936	941,232			

※ Growth area of lakeside macrophyte is calculated from EL. 65 m to EL. 76 m at water level. (Total area is 16 km<sup>2</sup> from EL.65 m to EL. 76 m)

Table 8. Status of lakeside macrophyte on Juam watershed

Location	Area(m <sup>2</sup> )	Weight(kg)	Portion (%)		
			Dominant species	Sub-dominant species	Residual species
Nam-Myeon Dansan-ri	258,423	906	<i>Persicaria hydropiper</i> (60%)	<i>Fimbristylis dichotoma</i> Vahl(40%)	Residual(0%)
Nam-Myeon Namgae-ri	605,254	1,742	<i>Fimbristylis dichotoma</i> Vahl(70%)	<i>Persicaria hydropiper</i> (20%)	Residual(10%)
Songkwang-Myeon Deoksan-ri	294,364	1,129	<i>Persicaria hydropiper</i> (30%)	<i>Fimbristylis dichotoma</i> Vahl(50%)	Residual(20%)
Mundeok-Myeon Sicheon-ri	545,381	4,451	<i>Hordeum vulgare var. hexastichon</i> (50%)	<i>Rumex crispus</i> Linne (30%)	Residual(20%)
Boknae-Myeon Bongjeong-ri	566,616	1,683	<i>Hordeum vulgare var. hexastichon</i> (50%)	<i>Persicaria hydropiper</i> (30%)	Residual(20%)
Boknae-Myeon Boknae-ri	1,566,976	6,069	<i>Hordeum vulgare var. hexastichon</i> (50%)	<i>Persicaria hydropiper</i> (30%)	Residual(20%)
Mundeok-Myeon Juksan-ri	333,684	4,385	<i>Persicaria hydropiper</i> (40%)	<i>Fimbristylis dichotoma</i> Vahl(40%)	Residual(20%)
Others	1,519,863	2,531			
Total	5,690,561	22,896			

Table 9. Pollutant load of lake watershed

	Production load (kg/day)		Discharge load (kg/day)	
	Lake Daecheong	Lake Juam	Lake Daecheong	Lake Juam
BOD	61,093.2	20,714.0	8,965.0	2,001.1
TN	23,560.4	7,873.9	5,606.3	1,482.6
TP	4,418.1	1,834.0	497.6	126.9

※ Annual report of water quality on multi-purpose Dam at 2002, Kowaco

kg, TP 성분 125.1 kg, TN 성분 878.3 kg으로 산출되었으며, 주암댐에서는 COD 성분 18,835.3 kg, TP 성분 592.8 kg, TN 성분 3,467.9 kg으로 산출되었다. 이는 TN의 경우 대청호 유역의 연간 배출부하의 0.043%이며, TP의 경우는 0.069%로 나타났고, 주암호의 경우에는 TN이 0.64%, TP가 1.28%를 나타냈다. 주암호 유역에서의 용출 부하가 대청호에서 보다 높게 나오는 것은 주암호 유역에서 잡초의 생장 면적이 대청호보다 약 5배정도 넓기 때문이며, 유역에서 발생하는 총 오염부하는 대청호가 약 3배 많기 때문인 것으로 판단된다.

#### IV. 결론 및 제언

저수지 주변의 1년생 잡초는 매년 분포면적이나 종조성이 바뀌며, 강우사상에 따라 침수되는 양상도 바뀌므로 매년 정확하게 부하를 산정 하기는 어렵다 (Pompgyi *et al*, 1984). 본 연구에서는 2001년 대청호와 주암호 유역의 1년생 초본류의 분포특성을 조사하였으며, 각 초본별 용출특성을 평가하였다. 조사 결과에 의하면 대청댐에서는 COD성분 4,901.1 kg, TP성분 125.1 kg, TN성분 878.3 kg가 용출 되는 것으로 산정 되었으며, 주암댐에서는 COD성분 18,835.3 kg, TP성분 592.8 kg, TN성분 3,467.9

kg이 용출 되는 것으로 산출되었다. 이는 TN의 경우 대청호 유역의 연간 배출부하의 0.043%이며, TP의 경우는 0.069%로 나타났고, 주암호의 경우에는 TN이 0.64%, TP가 1.28%로 산정 되었다. 이상의 결과에서 나타난 바와 같이 1년생 잡초의 침수에 의한 수질영향은 매우 작은 것으로 나타나 수질에는 영향이 거의 없는 것으로 판단할 수 있다.

### 참고문헌

- 고경식, 김윤식, 1989, 원색한국식물도감. 아카데미서적. p. 500.
- 박만규, 1974, 한국쌍자엽식물지(초본편). 정음사. p. 593.
- 육창수, 1988, 원색한국약용식물도감. 아카데미서적. p. 665.
- 이창복, 1985, 식물분류학. 향문사. p. 287.
- 이요상, 강병수, 2000, 댐저수지 유역의 오염부하 유출특성, 한국수자원학회, 33, 757-764.
- 임양재, 전의식, 1980, 한반도의 귀화식물분포. 한국식물학회지, 23, 69-84.
- 정태현, 1956, 한국식물도감. 신지사.
- 한국수자원공사, 2002, 다목적댐수질환경연감.
- 鈴木勤, 1984, 植物大圖鑑, I, II, p.431.
- 北村四郎, 佐竹義輔, 富成忠夫, 1985, 日本 野生植物(草本). 平凡社. pp.I: 207., II: 272., III: 224.
- 野草檢索圖鑑編集委員會編, 1985, 野草檢索圖鑑(1~8). 學習研究社.
- 笠原安夫, 1985, 日本雜草圖說. 養賢堂. pp. 518.
- APHA, 1989, Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, Baltimore. p. 1482.
- Carignan, R. and J. Kalff, 1982, Phosphorus sources by submerged macrophytes: Significance to epiphyton and phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*; 27, 419-427.
- Graneli, W. and D. Solander, 1988, Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes. *Hydrobiologia*, 170, 245-266
- Jackson, M. C., 1967, Soil chemical analysis. Prentice-Hall, New York. p.497.
- Pomogyi, P., E. P. H. Best, J. H. A. Dassen, and J. J. Boon, 1984, On the relation between age, plant composition and nutrient release from living and Killed *Ceratophyllum* plants. *Aquat. Bot.*, 19, 243-250.
- Twilley, R. R., L. R. Blanton, M. M. Brinson, and G. J. Davis, 1985, Biomass production and nutrient cyclings in aquatic macrophyte communities of the Chowan River, *North Carolina. Aquat. Bot.*, 22, 231-252.