

소양강댐 건설에 따른 주변 식생의 변화

최 호* / 박 필 선** / 김 재 근**** / 서 심 은****

Change of the Vegetation Due to Soyanggang Dam Construction

Ho Choi* / Pil Sun Park** / Jae Geun Kim**** / Sim Eun Suh****

요약 : 댐 건설이 주변 환경에 미치는 영향에 대해서는 주로 기후와 농산물에 초점이 맞추어져 연구되어왔다. 본 연구는 댐 건설에 따른 주변 식생의 변화를 알아보기 위하여 조사 장소를 준공 후 33년이 지났으며, 저수용량이 우리나라에서 가장 큰 소양강댐으로 선택하였다. 소양호의 범람지, 범람지보다 고도가 5m 높은 범람지 위쪽, 그리고 호수로부터 능선을 사이에 두고 3km이상 떨어져 있는 대조구에서 방형구법을 통한 식생과 토양함수량 조사가 이루어졌다. 관목층~교목층의 평균상대우점치는 범람지는 버드나무(87.9%)가, 범람지 위쪽과 대조구는 신갈나무(38.9%, 40.4%)가 가장 높았으며, 초본층의 상대우점치는 범람지에서는 사철쭉(34.2%)이, 범람지 위쪽과 대조구에서는 주름조개풀(19.4%, 24.6%)이 가장 높았다. Shannon-Wiener 종다양도 지수는 관목층~교목층에서 범람지(0.26)가 범람지 위쪽(2.34)과 대조구(2.23)보다 낮았으며($p<.01$), 초본층에서는 3 모듬간에 유의한 차이가 없었다. Sørensen의 군집유사도 지수는 범람지와 범람지 위쪽, 범람지와 대조구에서 낮았으며, 범람지 위쪽과 대조구는 비교적 높았다. 교목과 아교목의 흉고직경별 개체수는 범람지에서 5~10cm인 버드나무(240/ha)가, 범람지 위쪽과 대조구는 모두 15~20cm인 참나무속 식물(400/ha, 466/ha)이 가장 높은 밀도를 보였다. 치수는 범람지에서 소나무(7,040/ha)가, 범람지 위쪽과 대조구는 모두 참나무속 식물(720/ha, 400/ha)이 가장 높은 밀도로 출현하였다. 토양함수량은 범람지(6.28%)가 범람지 위쪽(11.13%)과 대조구(10.14%)에 비하여 낮았다($p<.01$). 조사 결과, 소양강 댐 건설로 인해 범람지는 식생이 변하였지만, 그 바로 위쪽에서는 식생의 변화가 나타나지 않았다.

핵심용어 : 댐 건설, 버드나무, 범람지, 소나무, 소양강댐, 식생

Abstract : Most of investigations about the effects of dam construction on the surrounding environments have focused mainly on the change of climate conditions and crop production. In order to research the effect of dam construction on the surrounding vegetation, we chose the Soyanggang dam whose storage capacity is the largest in Korea, and was built 33 years ago. We surveyed and analyzed the surrounding vegetation by using quadrat method and measured the soil moisture content among floodplain (FP), 5m above the flood plain (AFP) and control group (CG) which is 3km far from the lake through ridge. The largest value of mean importance percentage of the canopy-understory layer at FP was *Salix koreensis* (87.9%) and those of AFP and CG was *Quercus mongolica* (38.9% and 40.4% respectively) and the largest important percentage of the herb layer at FP was *Artemisia capillaris* (34.2%) and those of AFP and CG was *Optismenus undulatifolius var. undulatifolius* (9.4% and 24.6% respectively). The Shannon-Wiener diversity index of shrub-canopy layer at FP (0.26) was lower than AFP (2.34) and CG (2.23) and there was not any significant difference in the herb layer among three groups. The Sørensen similarity index between FP and AFP, FP and CG was 0, and that of AFP and CG was relatively high. The highest density of tree and subtree with the DBH level of FP was *S. koreensis* of 5~10cm (240/ha), and that of AFP and CG was *Quercus* spp. of 15~20cm (400/ha and 466/ha respectively). And the highest density of seedlings of FP was *Pinus densiflora* (7,040/ha), and that of AFP and CG was *Quercus* spp. (720/ha and 400/ha

+ Corresponding author : jaegkim@snu.ac.kr
* 서울대학교 사범대학 환경교육협동과정 석사과정
** 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부 교수
*** 서울대학교 사범대학 생물교육과 교수
**** 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부 박사과정

respectively). The soil water content of FP (6.28%) was relatively lower than AFP and CG (11.13% and 10.14% respectively; $p < 0.1$). These results indicated that construction of Soyanggang dam changed the vegetation of the floodplain, without showing a change in its upland areas.

Keywords : dam construction, *Salix koreensis*, floodplain, *Pinus densiflora*, Soyanggang Dam, vegetation

1. 서 론

우리나라의 연평균 강수량은 1,245mm로 세계 평균 강수량 800mm의 1.4배에 해당하지만, 1인당 강수량은 2,591m³/년으로 일본의 56%, 전 세계 평균의 15%에 불과한 수준이며, UN의 국제인구행동연구소의 발표에 따르면 우리나라는 “물압박 국가”에 해당한다(한국수자원공사, 1997, 2008). 그리고 몬순기후의 영향과 국지적 집중호우로 인하여 여름에 집중되어 있는 강수량과, 좁은 국토면적에 비하여 큰 지역 간 강수량 편차, 고도차가 심한 지형은 수자원의 이용에 불리하게 작용한다. 따라서 수자원의 효율적인 관리를 위하여 많은 댐이 건설되었다(농림수산식품부, 2001; 안홍규 등, 2008).

댐은 생활·공업·농업 등 각종 용수의 공급, 전력생산, 홍수조절, 여가활용 공간 제공 등의 역할을 하는 국가의 기간시설물이다. 우리나라에는 약 18,000개소의 크고 작은 댐과 보가 설치되어 있으며, 그 중 대댐 기준에 속하는 댐(높이 15.0m 이상, 또는 높이 10~15m로서 길이가 2,000m 이상, 또는 저수용량이 300만m³ 이상)은 1,214개소이다(김범주 등, 2004). 그리고 2008년 현재에도 계속해서 새로운 댐이 건설되고 있다(한국수자원공사, 2008).

하지만 댐은 수자원의 이용에 편리함을 가져오는 한편, 인위적으로 계류를 차단함으로써 여러 가지 환경변화를 가져올 수 있다. 일반적으로 댐 건설은 생물종의 손실, 농작물의 생육저하, 역사적 문화유적지 수몰, 교통체증의 증가, 호흡기질환의 증가 등 부정적인 영향을 야기하는 것으로 알려졌다(곽승준 등, 2003; 최승엽, 2003). 그러므로 댐 건설이 대한 찬반 갈등은 선진국 뿐 아니라 개발도상국에서도 중요한 문제로 인식되고 있

(Dorcey 등, 1997). 따라서 미국 및 유럽의 많은 국가들은 댐 건설로 인한 환경변화에 대한 꾸준한 모니터링의 실시를 주장해 왔으며(Schmitt와 Dethloff, 2000), 우리나라 역시 1997년 영월댐 건설을 둘러싼 논쟁으로 이에 대하여 관심을 가지기 시작하였다(박종관, 1998).

Dussart 등(1972)은 면적에 따라 인공호수를 분류하였는데, 10km² 이하인 것을 못, 100km² 이하인 것을 소호수, 그 이상의 것을 대호수라 하였으며, 이 기준에 따르면 국내 대부분의 댐건설로 인한 인공호수는 소호수로 분류된다. 소호수가 주변의 환경에 미치는 영향에 대한 연구는 비교적 제한되어 있으며, 대부분의 연구결과가 단기간 조사 자료를 근거로 한 것이다(윤진일 등, 1997). 그 영향의 정도와 범위에 있어서는 연구에 따라 차이가 있는데, Gregory와 Smith(1967)는 주변 300m 안에서 3℃ 범위의 기온 변화가 있음을 밝혔고, Thornthwaite(1958)은 뚜렷한 기후에 대한 영향이 없음을 보고하였다. 국내에서는 이종범 등(1990)이 안개발생이 증가하고 일조량은 감소하였지만, 강수량에는 영향이 없음을 보고하였고, 소선섭과 이명호(1995)는 지역에 따라 차이가 있지만, 안개일수가 최대 88.3%까지 증가하였고, 0.1~0.6℃의 기온 증가가 있음을 보고하였다. 전병일과 이영미(2002)는 온도가 0.5~1.2℃, 잠열이 50~131.1W/m²가 상승함을 언급하였고, 유철상 등(2003)은 기후의 변화시점이 댐 건설 및 담수 기간과 일치함으로써, 댐 주변의 기후변화가 댐 건설로 인한 것임을 밝혔다. 이러한 기후변화와 관련된 연구 외에 농산물 생산성에 대한 연구가 이루어지고 있다. 한국전력공사 기술연구원(1993)은 댐 건설이 감자, 무, 배추 등의 농작물 생산에 영향을 주지 않을 것으로 예측하였지만, 윤진일

등(1997)은 벼, 콩, 옥수수의 생산량이 각각 13%, 5%, 20% 감소하였다고 보고하였다.

위와 같이 댐 건설로 인한 환경변화에 관한 연구는 기상변화와 농산물에 초점이 맞추어져왔으며, 이에 비하여 자연생태계에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 생태계는 무기적 환경과 서식생물이 복잡한 관계를 맺고 있는 만큼, 인공호수로 인한 환경변화는 자연 식물군집에 변화를 가져올 것으로 예상되며, 정연숙(1998)은 댐 건설로 인한 기상변화가 광합성량에 영향을 주어 주변 식생에 영향을 줄 것으로 논의한 바 있다.

자연 식생이 변하기 위해서는 큰 영향력과 오랜 시간이 필요하다. 이종범 등(1990)은 국내에서 주변의 기후를 변화시킬 정도의 규모를 가진 댐으로 12곳을 제시하였는데, 그 중 소양강댐은 1973년에 완공되었으며, 높이와 저수용량으로는 우리나라에서 가장 규모가 크며, 유역면적과 호수면적으로는 충주댐과 대청댐에 이어 세 번째로 큰 규모를 갖는다(한국수자원공사, 2008).

본 연구에서는 소양강호에서의 거리에 따라 방형구구법을 통한 식생조사를 함으로써, 댐 건설이 주변의 자연 식생에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 이는 댐 건설과 관리 방안을 설립하는데 있어 생태학적 기초자료를 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 재료 및 방법

2.1 조사지 개요

소양강은 유로연장 166.2km로, 한강수계를 형성하는 북한강의 최대지류로 태백산맥의 무산(1,320m)부근에서 발원하여 춘천시에서 북한강과 합류된다. 소양강댐은 강원도 춘천시에 위치하고 있으며, 한강 연안과 수도권 지역에 생활·공업·농업용수 공급, 전력생산 및 호수조절의 기능을 갖는 다목적댐이다. 1967년 4월에 가설비공사를 착수한 이후 1973년 12월에 준공되었으며, 댐 높이와 저수용량은 각각 123m, 2,900백만 m^3 로 우리나라

최대이며, 유역면적과 호수면적은 각각 2,703 km^2 , 70.0 km^2 로 충주댐과 대청댐에 이어 세 번째로 규모가 크다(이광률, 2004; 한국수자원공사, 2008). 소양강댐 유역의 연중 평균기온, 1월 평균기온, 7월 평균기온은 각각 10.9 $^{\circ}C$, -4.5 $^{\circ}C$, 24.5 $^{\circ}C$ 이며, 연평균 강수량은 1266.8mm이다(기상청 기후자료).

2.2 방형구의 위치

강원도 춘천시 신북읍과 북산면에 10m×10m 크기의 방형구 11개를 설정하였다. 그 중 방형구 1~5는 소양호의 범람으로 인한 영향을 직접 받는 곳으로, 해발고도는 205~210m, 경사도는 15%미만, 호수로부터 거리는 5~20m에 설정하였다(Floodplain; FP). 조사 당시의 호수면의 해발고도는 200m이었으며, 210m까지는 식물의 잔해가 쌓여있고, 고사한 목본성 식물이 발견되는 등 범람의 흔적을 확인할 수 있었다. 방형구 6~8은 범람지의 바로 윗부분으로, 호수의 간접적인 영향을 받는 것으로 판단되는 곳이며, 해발고도는 210~215m, 경사도는 15~20%, 호수로부터의 거리는 25~40m에 해당한다(Above the floodplain; AFP). 방형구 9~11은 호수의 영향을 거의 받지 않을 것으로 예상되는 곳으로, 호수로부터 능선을 넘어서 거리가 3km 이상 떨어져 있는 곳에 위치한다(Control Group; CG). CG의 해발고도는 210~215m, 경사도는 15~20%로 AFP와 동일한 수준인 곳에 설정하였다. 각각의 모듬에 해당하는 방형구의 위치는 Fig. 1과 같다.

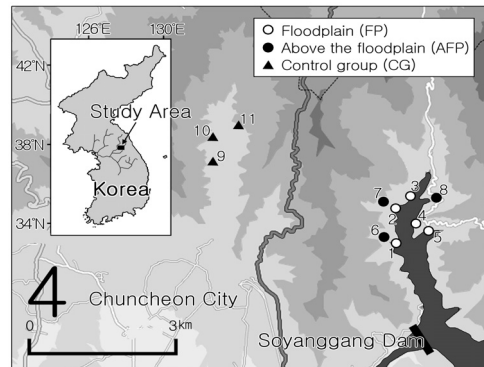


Fig. 1. Location of the study sites

2.3 조사 및 분석 방법

조사지에서 식물군집이 뚜렷한 층위구조를 보이지 않더라도, 각 모듬을 층별로 비교하기 위하여, 높이 8m 이상을 교목층, 4-8m를 아교목층, 0.8-4m를 관목층, 0.8m 이하를 초본층으로 구분하였으며, 높이가 0.8m를 넘더라도 초본성 식물인 경우에는 초본층으로 분류하였다. 관목층 이상의 모든 수목에 대해서는 10m×10m 방형구에서 조사가 이루어졌으며, 종별 개체수와 각각의 수고, 수관폭(장변×단변)을 측정하였다. 초본층의 경우에는 10m×10m 방형구안에 초본층의 상태가 평균적인 지점을 선택하여 5m×5m의 소형 방형구를 설치하여 조사하였으며, 종별 개체수와 피도(방형구의 전체 면적에 대해 한 종이 차지하는 면적의 비율)을 측정하였다. 방형구 2와 7은 층상구조의 단면도를 그렸으며, 종의 동정은 이창복(2003)과 오용자(2006)를 참고하였다.

현지조사 자료를 바탕으로, 각 식물 종의 상대적 우세를 비교하기 위하여, Curtis와 McIntosh (1951)의 중요치(Important value; I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Important percentage; I.P.=(상대밀도+ 상대피도+ 상대빈도)/3)를 수관층위별로 계산하고(Brower와 Zar, 1977), 다시 관목층 이상의 경우에는 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 평균상대우점치(Mean important percentage; M.I.P.=(교목층 I.P.×3+ 아교목층 I.P.×2+ 관목층 I.P.×1)/6)를 구하였다(박인협 등, 1987). 그리고 각 방형구 별로 식물 구성 종의 다양성과 유사정도를 파악하기 위하여, Shannon-Wiener 종다양도 지수(Shannon-Wiener diversity index; $H' = -\sum(P_i \ln P_i)$, P_i =전체 출현종 중에서 i번째의 종이 차지하는 개체수의 비율)와 Sørensen의 군집유사도 지수(Sørensen's similarity index; $C_s = 2C / (A + B)$, A, B=각각 방형구의 출현 종수, C=두

방형구에 공통으로 출현하는 종수)를 각각 계산하였다(Sørensen, 1948; Pielou, 1975). Shannon-Wiener 종다양도 지수와 Sørensen의 군집유사도 지수는 조사 방형구의 면적이 다르기 때문에, 초본층은 따로 구분하여 계산하였다. 그리고 교목층과 아교목층에서 흉고직경 5cm이상의 종에 대해서는 직경급 빈도 분포를, 교목성 종이지만 관목층과 초본층에서 출현한 치수에 대해서는 종별 밀도를 그래프로 나타내었다.

그리고 각 10m×10m 방형구에서 3반복씩 깊이 0~10cm에서 토양을 채취하였으며, 실내에서 토양함수량(Soil water content; $Sw = (Sf - Sd) / Sf \times 100$, Sf=건조 전 토양의 무게, Sd=105℃에서 무게가 변하지 않을 때까지 건조시킨 토양의 무게)을 측정하였다. 일부 자료에 대해서는 SPSS17.0을 이용하여, ANOVA를 수행하였으며, 사후분석으로는 Scheffé Test를 실시하였다. 현지조사는 2006년 8월에 실시하였으며, 조사 당일의 날씨는 맑음, 평균기온은 32.5℃, 과거 10일 간의 강수량은 없었다.

3. 결 과

3.1 층상구조 단면도와 층별 식피율

각 모듬의 층별 식피율은 아교목층을 제외한 모든 층에서 FP는 AFP, CG와 큰 차이를 보이는 반면, AFP와 CG는 모든 층에서 거의 동일한 양상을 나타내었다(Fig. 2). 교목층과 관목층의 식피율은 FP(1%, 2%)가 AFP(81%, 20%), CG(77%, 20%)에 비하여 낮았으며, 반대로 초본층은 FP(45%)가 AFP(8%), CG(7%)에 비하여 높았다. 아교목층에서는 FP(13%), AFP(20%), CG(20%)간에 거의 차이가 없었는데, 이는 FP에서 유일하게 출현하는 신나무와 버드나무의 수고가 대부분 아교목층에 해당하는 5~6m이었기 때문이다.

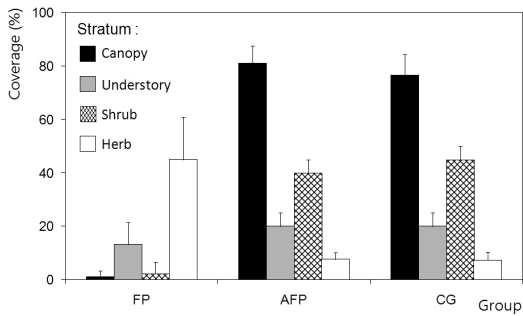
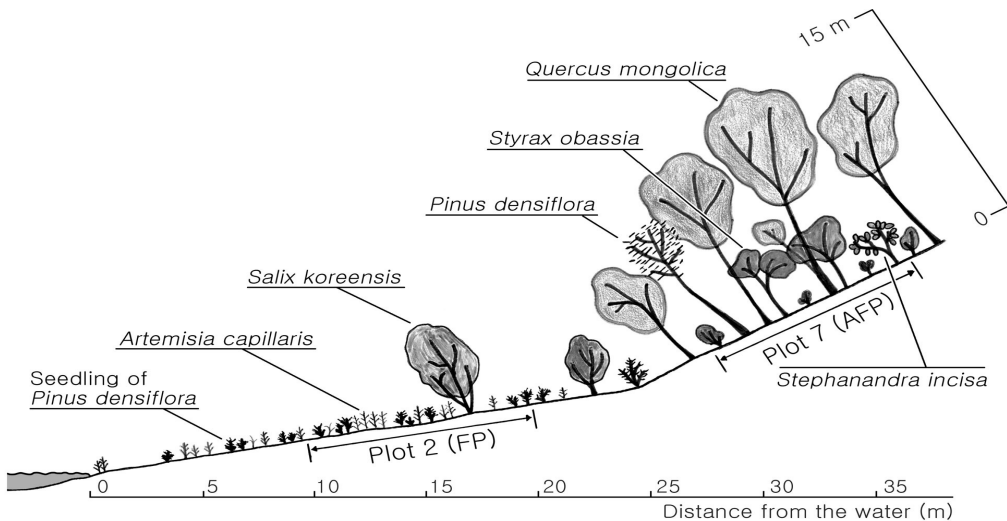


Fig. 2. Mean coverage (%) in each stratum (canopy layer: > 8m, understory layer: 4–8m, shrub layer: 0.8–4m, herb layer: < 0.8m) of three Groups. Group abbreviations are: FP, Floodplain; AFP, Above the floodplain; CG, Control group. Error bars indicate 1 SE

층상구조 단면도와 식물군집을 보면, FP를 대

표하는 방형구 2에서는 초본층이 발달하였으며, 그 중 사철쭉이 가장 넓게 분포하였고, 초본성 식물이 덮지 않은 지역에서는 소나무의 치수가 다수 발견되었다(Fig. 3). 하지만 모두 수고가 0.6m를 넘지 않았으며, 살아있는 개체수의 약 1/2에 해당하는 죽은 개체가 발견되었었기 때문에 성목으로 성장하지 못하고 고사하는 것으로 나타났다. 그리고 아교목층에서 소수의 버드나무만이 존재하였다. AFP를 대표하는 방형구 7에서는 교목층, 아교목층, 관목층이 잘 발달해 있었으며, 교목층은 신갈나무가 눈에 띄게 우세하였으며, 아교목층은 쪽동백나무, 신갈나무가 관목층은 국수나무, 생강나무가 우세하였지만 교목층에 비하여 다양한 종이 함께 존재하였다. 이에 비하여 초본층은 거의 발달하지 않았다. CG는 AFP와 동일한 모습을 보여서 따로 나타내지 않았다.



Plot 2 (FP)



Plot 7 (AFP)

Fig. 3. Bisection of stratification and pictures of plot 2 (FP) and plot 7 (AFP). Group abbreviations are: FP, Floodplain; AFP, Above the floodplain

3.2 층별 상대우점치와 평균상대우점치

관목층, 아교목층, 교목층의 상대우점치와 평균 상대우점치를 산정한 결과, FP에서는 버드나무와 신나무만 존재하였으며, 버드나무의 평균상대우점치가 87.9%로 세 층에서 모두 우점종이었으며, 교목층의 경우에는 버드나무만 존재했다(Table 1). AFP와 CG 모두 평균상대우점치가 가장 높은 종은 신갈나무(38.9%, 40.4%)이었으며, 두 번째와 세 번째로 높은 종 역시 굴참나무(8.7%, 9.4%), 잔털벗나무(7.8%, 6.6%)로 동일하였다. 층별로는 교목층의 경우, 상대우점치가 높은 순서대로 AFP에서는 신갈나무(63.5%), 소나무(10.4%),

잔털벗나무(8.4%), CG에서는 신갈나무(64.3%), 소나무(11.4%), 굴참나무(7.0%) 등의 순이었다. 아교목층의 경우, AFP에서는 신갈나무(17.5%), 굴참나무(15.3%), 쪽동백나무(14.4%), CG에서는 신갈나무(20.9%), 굴참나무(13.3%), 잔털벗나무(13.2%) 등의 순이었으며, 관목층의 경우, AFP에서는 국수나무(12.1%), 생강나무(8.8%), 철쭉(8.3%), CG에서는 국수나무(14.1%), 굴참나무(8.8%), 쪽동백나무(7.8%) 등의 순이었다. 종 구성을 살펴보면, FP는 AFP 및 CG와 일치하는 종이 없었으며, AFP와 CG는 청미래덩굴, 붉나무, 음나무, 두릅나무를 제외하면 모두 일치하였다.

Table 1. Importance percentage in each stratum (canopy layer, understory layer and shrub layer) and mean importance percentage of three groups. Group abbreviations are: FP, Floodplain; AFP, Above the floodplain; CG, Control group

Group / Layer		FP				AFP				CG			
		C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Salix koreensis</i>	버드나무	100.0	82.1	63.3	87.9								
<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i>	신나무		17.9	36.7	12.1								
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무					63.5	17.5	7.7	38.9	64.3	20.9	7.4	40.4
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무					5.3	15.3	5.6	8.7	7.0	13.3	8.8	9.4
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i>	잔털벗나무					8.4	9.0	3.8	7.8	3.0	13.2	4.1	6.6
<i>Styrax obassia</i>	쪽동백나무						14.4	3.2	5.3		11.8	7.8	5.2
<i>Pinus densiflora</i>	소나무					10.4			5.2	11.4			5.7
<i>Morus bombycis</i>	산뽕나무						9.0	5.5	3.9		11.3	7.1	5.0
<i>Quercus serrata</i>	줄참나무					4.1	5.4	4.8	4.7	4.6	3.6	2.6	3.9
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무						8.0		2.7		11.7		3.9
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무					3.0	7.0	2.3	4.2	4.6			2.3
<i>Alnus sibirica</i>	물오리나무					2.1	6.9		3.4		8.8		2.9
<i>Salix caprea</i>	호랑버들						7.6		2.5	2.6			1.3
<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무							12.1	2.0			14.1	2.3
<i>Pinus koraiensis</i>	잣나무							3.3	0.6	2.6		4.1	2.0
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무					3.1			1.6		5.4		1.8
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>mucronulatum</i>	진달래							7.9	1.3			7.7	1.3
<i>Lindera obtusiloba</i> var. <i>obtusiloba</i>	생강나무							8.8	1.5			5.1	0.9
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉							8.3	1.4			5.0	0.8
<i>Weigela florida</i>	붉은병꽃나무							5.8	1.0			6.7	1.1
<i>Rhus tricarpa</i>	개웃나무							5.7	0.9			2.1	0.4
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	조록싸리							2.0	0.3			4.2	0.7
<i>Securinega suffruticosa</i>	광대싸리							4.1	0.7			2.1	0.4
<i>Rubus crataegifolius</i>	산딸기							2.0	0.3			4.2	0.7
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	노린재나무							3.3	0.6			2.6	0.4
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴							3.6	0.6				
<i>Rhus javanica</i>	붉나무							0.3	0.1				
<i>Kalopanax septemlobus</i>	음나무											2.1	0.4
<i>Aralia elata</i>	두릅나무											2.1	0.4

a: importance percentage in canopy layer, b: importance percentage in understory layer, c: importance percentage in shrub layer, d: Mean importance percentage

각 모듬의 초본층의 상대우점치가 높은 순서대로 나타내면, FP에서는 사철쭉(34.2%), 돼지풀(16.8%), 소나무(16.8%), AFP에서는 주름조개풀(19.4%), 산죽제비고사리(9.9%), 맑은대쭉(8.0%),

CG에서는 주름조개풀(24.6%), 산죽제비고사리(14.1%), 개고사리(9.9%) 등의 순이었다(Table 2). 종 구성을 살펴보면, FP와 AFP는 3종이, FP와 CG는 2종이, AFP와 CG는 13종이 일치하였다.

Table 2. Importance percentage of the herb layer in three groups. Group abbreviations are: FP, Floodplain; AFP, Above the floodplain; CG, Control group

Site type		FP	AFP	CG
Species Name				
<i>Oplismenus undulatifolius</i> var. <i>undulatifolius</i>	주름조개풀	5.1	19.4	24.6
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	16.8	3.0	3.1
<i>Lespedeza cuneata</i>	비수리	2.3	3.0	
<i>Artemisia capillaris</i>	사철쭉	34.2		
<i>Phragmites japonica</i>	달뿌리풀	8.6		
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	돼지풀	16.8		
<i>Salix koreensis</i>	버드나무	3.5		
<i>Carex neurocarpa</i>	팽이사초	3.3		
<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>oryzicola</i>	물피	3.3		
<i>Artemisia princeps</i>	쭉	2.5		
<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i>	신나무	2.5		
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	1.2		
<i>Dryopteris bissetiana</i>	산죽제비고사리		9.9	14.1
<i>Athyrium niponicum</i>	개고사리		6.9	9.9
<i>Artemisia keiskeana</i>	맑은대쭉		8.0	5.4
<i>Eupatorium japonicum</i>	등골나물		4.5	8.0
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무		6.7	5.7
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	큰기름새		8.1	4.3
<i>Quercus serrata</i>	줄참나무		6.6	4.7
<i>Quercus variabilis</i>	갈참나무		4.5	6.1
<i>Rubus crataegifolius</i>	산딸기		3.9	5.9
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i>	잔털벚나무		3.0	2.0
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴		3.0	1.0
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	담쟁이덩굴		6.0	
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉		3.7	
<i>Carex lanceolata</i>	그늘사초			5.2

3.3 종다양도와 군집유사도

관목층~교목층에서 FP의 Shannon-Wiener 종다양도 지수 평균은 0.26(0~0.66)으로, AFP와 CG의 2.34(2.22~2.46), 2.23(1.99~2.42)보다 상대적으로 낮았으며(p<.01), AFP와 CG간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다(Fig. 4a). 초본층에서는 FP, AFP, CG 각각 1.45(1.26~1.61), 1.74(1.63~1.87), 1.45(1.22~1.81)로 3 모듬별로 유의한 차이가 없었다(Fig. 4b).

관목층~교목층에서 FP는 AFP, CG에 일치하는 종이 없어 FP-AFP, FP-CG의 모든 조합에서 Sørensen의 군집유사도 지수가 0으로 나타났다

(Table 3a). 이는 FP-FP, AFP-AFP, CG-CG조합의 평균인 0.8, 0.55, 0.52에 비하여 무척 낮으므로, FP는 AFP, CG와 유사도가 무척 낮다고 할 수 있다. AFP-CG조합의 평균은 0.54로, AFP-AFP, CG-CG조합과 큰 차이가 없으므로, AFP와 CG는 유사도가 높다고 할 수 있다. 초본층에서는 FP-FP, AFP-AFP, CG-CG조합의 평균이 각각 0.66, 0.35, 0.32이며, FP-AFP, FP-CG, AFP-CG조합이 각각 0.12, 0.13, 0.35로 FP는 AFP, CG와 유사도가 낮으며, AFP와 CG는 유사도가 높은 것으로 나타나 관목층~교목층의 결과와 동일하였다(Table 3b).

Table 3. Similarity index (Sørensen similarity index) among 11 plots of three groups. Group abbreviations are: FP, Floodplain; AFP, Above the floodplain; CG, Control group. (a): in shrub~canopy layers (plot size = 100m²), (b): in herb layer (plot size = 25m²)

(a) in shrub~canopy layers

		FP					AFP			CG		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FP	1	*	1.00	1.00	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2		*	1.00	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3			*	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4				*	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5					*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AFP	6						*	0.59	0.46	0.52	0.52	0.54
	7							*	0.59	0.50	0.50	0.52
	8								*	0.44	0.61	0.69
CG	9									*	0.50	0.44
	10										*	0.61
	11											*

(b) in herb layer

		FP					AFP			CG		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FP	1	*	0.62	0.75	0.82	0.67	0.24	0.13	0.13	0.27	0.00	0.15
	2		*	0.62	0.57	0.67	0.29	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00
	3			*	0.71	0.53	0.12	0.13	0.13	0.27	0.00	0.15
	4				*	0.63	0.22	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
	5					*	0.13	0.14	0.14	0.29	0.00	0.17
AFP	6						*	0.38	0.25	0.38	0.31	0.29
	7							*	0.43	0.43	0.18	0.33
	8								*	0.57	0.18	0.50
CG	9									*	0.18	0.33
	10										*	0.44
	11											*

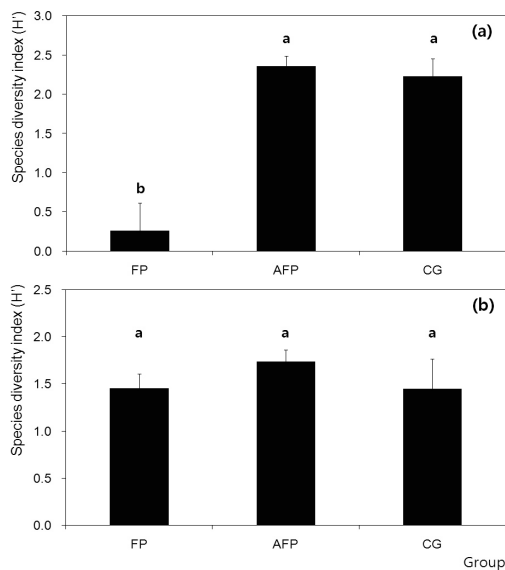


Fig. 4. Mean species diversity analysis (Shannon-Wiener diversity index; H') of three groups. Group abbreviations are: FP, Floodplain; AFP, Above the floodplain; CG, Control group. Different letters indicate significant differences between groups (Scheffé Test at <.01 level) and error bars indicate 1 SE. (a): in shrub~canopy layers (plot size = 100m²), (b): in herb layer (plot size = 25m²)

3.4 교목과 아교목의 직경급 빈도

FP에서 버드나무는 흉고직경 5~10cm인 개체가 240/ha로 가장 높은 밀도를 보였다(Fig. 5). 참나무속(Quercus)의 종은 AFP, CG 모두 흉고직경

15~20cm인 개체가 각각 400/ha, 466/ha로 가장 많았으며, 흉고직경 5~10cm(133/ha, 233/ha), 10~15cm(300/ha, 227/ha), 20~25cm(266/ha, 233/ha), 25~30cm(33/ha, 67/ha)인 개체 역시 AFP와 CG간에 서로 비슷한 밀도를 보였다. 또한 교목층에서 상대우점치가 두 번째로 높은 소나무의 경우에는 AFP와 CG에서 흉고직경 10~15cm, 15~20cm인 개체가 각각 33/ha, 67/ha로 같은 밀도를 나타내었다.

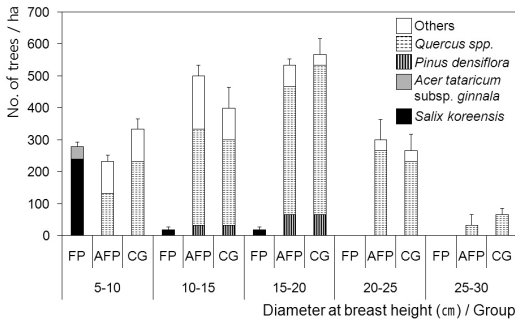


Fig. 5. Mean density of trees in canopy and understory layers with the DBH level of three groups. Group abbreviations are: FP, Floodplain; AFP, Above the floodplain; CG, Control group. Error bars indicate 1 SE

3.5 교목성 종의 치수 밀도

Fig. 6은 각 모듬의 종별 치수 밀도를 나타낸 것이며, 여기에서 치수란, 교목성 종이면서 초본층과 관목층에 출현한 개체를 의미한다. 버드나무와 소나무의 치수는 FP에서만 출현하였으며, 관목층(40/ha, 40/ha)보다 초본층(320/ha, 240/ha)에서 높은 밀도로 나타났다. 소나무의 치수는 FP(7,040/ha)에서 AFP(80/ha)와 CG(80/ha)보다 무척 높은 밀도로 출현하였으며, 모두 초본층에서 나타났다. 참나무속 치수의 경우, FP에서는 초본층에서만 80/ha의 낮은 밀도로 나타났으며, AFP와 CG의 초본층에서는 각각 720/ha, 400/ha, 관목층에서는 180/ha, 240/ha로 FP에 비하여 높은 밀도로 출현하였다. 그 밖에 종으로는 잣나무와 잔털벚나무가 AFP와 CG에서, 물푸레나무가 AFP

에서, 음나무가 CG에서 발견되었다.

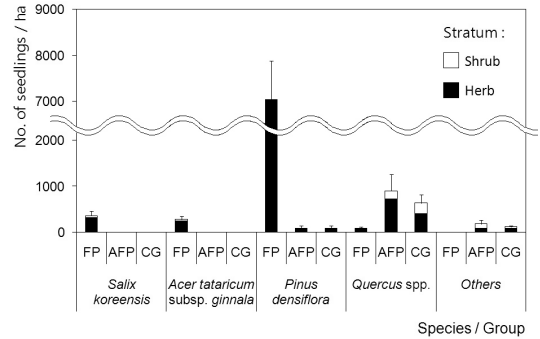


Fig. 6. Mean density of seedlings in shrub and herb layers of three groups. Group abbreviations are: FP, Floodplain; AFP, Above the floodplain; CG, Control group. Error bars indicate 1 SE

3.6 토양함수량

FP의 평균 토양함수량은 6.28%(5.40~6.86%)로, AFP와 CG의 11.13%(10.30~12.03%), 10.14%(8.67~11.65%)보다 상대적으로 낮았으며 ($p < .01$), AFP와 CG간에는 유의한 차이가 나지 않았다(Fig. 7). 현장조사에서 FP는 유기물층이 없이 바로 표토가 드러나고, 반면에 AFP와 CG는 2~3cm의 유기물층이 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

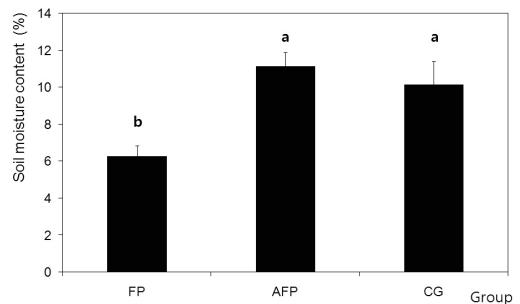


Fig. 7. Mean soil moisture content of three groups. Group abbreviations are: FP, Floodplain; AFP, Above the floodplain; CG, Control group. Different letters indicate significant differences between groups (Scheffé Test at $<.01$ level) and error bars indicate 1 SE

4. 논 의

4.1 댐 건설이 범람지의 식생에 미치는 영향

소양호의 범람지에서는 목본식물 보다는 초본식물이 발달하였고, 종 다양도가 낮으며, 소나무의 치수가 높은 밀도로 계속 발아하여 성장하다가 고사하는 순환을 가지는 등, 범람지 위쪽과 대조구와는 다른 식생 양상을 보였다. 이의 가장 큰 원인은 지속적인 범람으로 보이며, 강상준과 곽애경(1993)은 범람원의 고수위선과 저수위선 사이에는 홍수에 의한 식생의 매몰이나 유출이 일어나 불안정한 성격의 식생이 분포한다고 하였다.

범람지에서는 초본층이 넓게 발달하였다. 임주락 등(2004)은 명조건에서 잡초 종자의 발아조건이 평균 90%이상으로 좋아진다는 것을 보고하였는데, 이와 같이 목본식물의 부재가 광량을 증가시켜, 초본식물의 발아와 성장을 촉진한 것으로 추정된다. 그 중 사철쭉이 가장 우세하였는데, 국화와 쭉쭉(*Artemisia*)의 식물은 번식력이 강하며, 그 중 사철쭉은 서식범위가 매우 넓으며, 전국의 냇가나 모래땅, 길가 빈터에 넓게 분포함이 보고되어 있다(이성우, 1986; 강상준과 곽애경, 1998). 돼지풀과 달뿌리풀도 비교적 높은 출현율을 보이는데, 돼지풀은 높은 번식력을 바탕으로, 전국 각지에 빠르게 확산하여 군락을 이루는 외래식물이며(김해수와 김종희, 2001), 달뿌리풀은 자갈, 모래, 빠른 유속 등의 열악한 서식환경을 잘 견디어내는 하천에 서식하는 식물로 알려져 있다(전승훈 등, 1999; Asaeda 등 2008). 이와 같이 초본식물 중에서도 환경에 대한 적응력과 번식력이 높은 종이 우점하는 것을 알 수 있다.

그리고 소나무의 치수가 다수가 발견되었는데, 그 원인으로서는 첫째, 소나무가 열악한 범람지의 토양환경을 견디어냈기 때문인 것으로 생각되며, 기존의 많은 연구에서 소나무는 활엽수인 참나무속 식물에 비하여 척박한 토양환경에 잘 적응함을 확인하였다(이호준 등, 1998). 둘째, 목본식물의

부재는 양수인 소나무가 발아하고 성장하는데 필수적인 광량의 유입을 증가시켰을 것이며, 이를 뒷받침하는 근거로 초본식물이 높은 피도로 뒤덮은 지역에서는 소나무의 치수가 없었다. 하지만 소나무의 치수는 성목으로 자라지 못하고 고사하게 되는데, 이는 이 지역이 범람될 때, 침수를 견디지 못하기 때문인 것으로 예상된다.

범람지의 관목층~교목층은 식피율이 낮고, 오직 버드나무와 신나무만이 자라고 있었다. 버드나무는 습지 주변 천이과정의 목본성 개척종으로 나지에 빠르게 침입하여 정착하는 것으로 알려져 있으며(Dorn, 1976; Johnson 등, 1985), 이와 같이 목본식물 중에서는 침수에 대한 저항성이 강한 종만이 살아남는 것으로 생각된다.

범람지의 토양에서는 유기물층이 거의 존재하지 않았는데, 이는 주기적인 범람으로 가벼운 유기물이 유실되고, 목본식물의 소실로 인해 낙엽생산량이 줄어들었기 때문으로 생각된다. 유기물은 토양의 물리적·화학적 성질을 개선하여 식물의 성장을 유리하게 하는 역할을 한다(이경준, 1996). 따라서 유기물층이 없는 토양환경과 목본식물의 부재는 서로 순환적인 원인으로 판단된다. 토양속의 유기물은 토양수의 흡착에너지를 증가시키는 역할을 하기 때문에, 토양함수량을 낮추었으며, 목본식물의 부재로 인한 광량 증가도 낮은 토양함수량에 영향을 미쳤을 것이다.

4.2 댐 건설이 범람지 위쪽의 식생에 미치는 영향

조사 결과, 범람지보다 고도는 5m 높으며, 거리는 5~20m 떨어져 있는 범람지 위쪽은 대조구와 차이를 보이지 않았다. 식생의 종 구성, 현재 우점하는 식물의 종과 성장정도 뿐만 아니라 잠재되어있는 식물까지도 동일한 결과를 나타내었다. 즉, 댐 건설은 범람지 외의 지역에서는 가시적인 식생변화를 가져오지 못하는 것으로 판단되며, 이는 댐 건설이 기후와 주변 농작물 생산성에 거의 영향을 주지 않는다는 기존의 연구들과 일치한다(Thornthwaite, 1958; 한국전력공사 기술연구원,

1993). 하지만 위의 결론을 일반화하기에는 무리가 있다. 첫째, 조사가 소양강댐에서만 이루어졌다는 점이다. 인공호수의 영향력은 주변의 바람 방향과 지형 경관에 따라서 달라질 수 있으므로 (소선섭과 이명호, 1995; 전병일 등, 2002), 연구 범위를 확대할 필요가 있다. 둘째, 소양호는 우리나라에서는 규모가 큰 편이지만, Dussart 등 (1972)의 기준에 의하면 소호수로 구분되는 만큼, 자연 식생에 변화를 가져오기에 충분한 영향력을 가지지 않을 수 있다. 셋째, 본 연구는 소양강댐이 준공된 이후, 33년 후에 진행된 것이지만 식생 변화를 나타내기에는 충분하지 않았을 가능성이 있다.

4.3 범람지의 관리방안

댐 건설로 인한 인공호수는 범람지라는 새로운 생태계를 만들어낸다. 일반적으로 범람지는 불안정한 환경으로 인식될 수 있지만, 특별한 환경으로도 작용할 수 있다. 강상준과 곽애경(1993)과 Cylinder 등(1995)은 하천의 주변과 습지는 육지의 특성을 가진 내륙과 수생태계 사이의 전이지대로, 그 상태에 적응한 특별한 식생이 서식하고 있는 곳이며, 보호, 보전, 복원, 창조 등이 더욱 요구되며 전 세계적인 관심이 집중되고 있다고 보고하였다. 하지만 소양강댐에서는 이에 대한 관리가 전혀 이루어지지 않고 있으며, 종다양도가 낮으며, 번식력이 강한 자생 또는 외래 초본식물이 우점하는 모습이였다. 하지만 이는 생태공학적인 노력으로 극복할 수 있으며, 수질정화·동물종의 서식처·자연교육의 가치를 갖는 새로운 공간을 창출할 수 있다고 판단된다. 이를 위해서는 범람지의 환경요인에 대한 면밀한 조사가 필요하며, 그 환경에 적합하면서도 가치있는 식물 종의 도입과 관리가 이루어져야 한다. 이미 범람지에서 자라고 있는 버드나무는 인공호나 교란된 호수의 경계면에서 침식사면의 안정화, 물질 생산 및 분해, 오염물질의 제거, 생물 서식처의 제공 등의 기능을 하는 것으로 알려져 있다(신용석, 1987). 필요에

따라서는 댐의 기능을 상실하지 않는 범위 안에서, 식물의 서식에 적합하도록 환경을 변화시키는 처리도 친 환경적으로 병행되어야 한다.

5. 결 론

본 연구에서는 소양강댐이 주변 식생에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 소양호 근처에 범람지, 범람지보다 고도는 5m 높으며, 거리는 5~20m 떨어져 있는 범람지 위쪽, 그리고 호수로부터 능선을 사이에 두고 3km이상 떨어져 있는 대조구의 3 모둠에서 방형구법을 통한 식생과 토양함수량 조사가 이루어졌다. 조사 결과, 식물군집의 종다양도, 종의 구성과 각각의 우점치, 현재 우점하는 종의 성장정도, 잠재식생의 종 구성과 밀도, 토양함수량에 대하여 범람지는 대조구와 차이를 보였지만, 범람지 위쪽은 대조구와 차이가 없었다. 즉, 소양강댐 건설은 범람지에는 식생 변화를 가져왔지만, 범람지 외에는 33년 동안에는 가시적인 변화를 가져오지 못하는 것으로 나타났다. 이는 댐 건설과 관리 방안을 설립하는데 있어 생태학적 기초자료를 제시할 수 있을 것으로 기대되며, 앞으로도 지속적인 모니터링과 함께, 범람지의 관리에 대한 노력이 필요한 것으로 보인다.

감사의 글

야외조사에 도움을 준 김태휘, 허지수에게 감사의 말을 전한다. 이 연구는 2009년 정부재원으로 한국연구재단(과제번호 313-2007-2-C00735)의 지원과 서울대학교 교수학습개발센터의 지원으로 수행되었다.

참 고 문 헌

1. 강상준, 곽애경, 청주 무심천의 교란에 따른 식생분포의 변화, 한국생태학회지 제21권, 제5호, pp. 435-448, 1998.

2. 광승준, 유승훈, 한상용, 댐 건설로 인한 환경 영향의 독성별 가치평가 : 조건부 선택법을 적용하여, 경제학연구, 제51권, 제2호, pp. 239-259, 2003.
3. 기상청, 기후자료, http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_south.jsp, 2010년 11월 5일에 접속.
4. 김범주, 박한규, 신동훈, 박동순, 한국수자원공사의 댐 시설물 유지관리. 한국지반공학회지, 제20권, 제7호, pp. 6-15, 2004.
5. 김해수, 김중희, 돼지풀의 수용추출물이 수종 식물에 미치는 알레로파시 효과, 한국생태학회지, 제24권, 제1호, pp. 67-73, 2001.
6. 농림수산식품부, 농업생산기반 정비사업 통계연보, 농업기반공사, 2001.
7. 박인협, 이경재, 조재창, 북한산 지역의 삼림군집구조에 관한 연구, 한국환경생태학회지, 제1권, 제1호, pp. 1-23, 1987.
8. 박종관, 영월 · 정선지역 주민들의 동강 및 영월댐 건설에 관한 인식조사. 대한지리학회지, 제33권, 제4호, pp. 655-665, 1998.
9. 소선섭, 이명호, 대청댐 건설에 따른 주변지역의 국지기후 변화, 한국지구과학학회지, 제16권, 제3호, pp. 194-205, 1995.
10. 신용석, 인공호수 경계부의 생태적 특성을 고려한 경관복원방안에 관한 연구, 서울대석사학위논문, p. 151, 1987.
11. 안홍규, 우효섭, 이동섭, 김규호, 기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원-곡릉천 곡릉2보 철거를 대상으로-, 한국환경복원녹화기술학회지, 제11권, 제2호, pp. 40-54, 2008.
12. 오용자, 한국산 사초아과 식물, 성신여자대학교 출판부, 2006.
13. 유철상, 김종관, 김중훈, 윤용남, 댐 건설에 따른 수문기상환경의 변화 : 1. 변화시점의 추정. 대한토목학회지논문집, 제23권, 제2호, pp. 87-94, 2003.
14. 윤진일, 황규홍, 정현향, 신만용, 임준택, 신진철, 주암 다목적댐 건설에 따른 국지기후 변화가 농작물 생산성에 미치는 영향, 한국기상학회지, 제33권 제3호, pp. 409-427, 1997.
15. 이경준, 산림생태학, 향문사. pp. 113-122, 1996.
16. 이광률, 소양강 상류 하안단구의 지형면 특성과 퇴적물 분석, 대한지리학회지, 제39권, 제1호, pp. 27-44, 2004.
17. 이성우, 고려이전의 한국 식생활사, 향문사, p. 388, 1986.
18. 이종범, 봉종헌, 조하만, 댐 건설에 따른 국지기후의 변화 실태, 환경연구, 제7권, 제1호, pp. 75-81, 1990.
19. 이창복, 원색대한식물도감, 향문사, 2003.
20. 이호준, 전영문, 정홍락, 길지현, 홍문표, 김용욱, 장일도, 남산자연공원의 식물군락분류와 토양환경, 한국생태학회지, 제21권, 제5호 pp. 633-648, 1998.
21. 임주락, 추병길, 박춘봉, 김대향, 최정식, 최영근. 사철쭉의 발아 및 파종기별 생육 특성. 한국약용작물학회지, 제12권, 제4호, pp. 295-299, 2004.
22. 전병일, 김일곤, 이영미, 낙동강 수계 중의 댐 건설에 의한 주변의 국지기상환경 변화 : 1. 댐 건설 전 · 후의 기상변화 분석, 한국환경과학회지, 제11권, 제4호, pp. 161-168, 2002.
23. 전병일, 이영미, 낙동강 수계 중의 댐 건설에 의한 주변의 국지기상환경 변화 : 2. 수치모델을 이용한 추정, 한국환경과학회지, 제11권, 제4호, pp. 281-288, 2002.
24. 전승훈, 현진이, 최정권, 하천 미지형 및 하상저질에 따른 갯벌들과 달뿌리풀군락의 분포특성에 관한 연구, 한국조경학회지, 제27권, 제2호, pp. 58-68, 1999.
25. 정연숙. 댐건설이 소나무의 연륜생장에 미치는 영향. 환경연구, 제15권, pp. 486-492, 1998.
26. 최승업, 최근 미국의 물 절약 시책과 추진현황. 환경정책, 제11권, 제1호, pp. 105-126, 2003.
27. 한국수자원공사, 댐 건설 전후의 자연환경변화

- 에 관한 연구 (대청댐 유역을 중심으로), 가나안 인쇄소, p. 3, 1997.
28. 한국수자원공사, 수자원개발사업, pp. 1-10, 2008.
 29. 한국전력공사 기술연구원, 수력발전소 건설전 후의 미기상학적 기후변화 연구, 1993.
 30. Asaeda, T., Siong, K., Kawashima, T., Sakamo, K., Growth of *Phragmites japonica* on a sandbar of regulated river: morphological adaptation of the plant to low water and nutrient availability in the substrate, Vol. 25, No. 7, pp. 874-891, 2008.
 31. Brower, J.E., and Zar, J.H., Field and Laboratory Methods for General Ecology, Wm. C. Brown Company, 1977.
 32. Curtis, J.T., and McIntosh, R.P., An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology Vol. 32, pp. 476-496, 1951.
 33. Cylinder, P.D., Bogdan, K.M., Paris, E.M., Herson, A.I., Wetlands Regulation: A Complete Guide to Federal and California Programs, Point Arena, California: Solano Press Books, p. 150, 1995.
 34. Dorsey, T., Steiner, A., Acreman, M., and Orlando, B., Large Dams: Learning from the Past Looking at the Future, Workshop Proceedings, Gland, Switzerland: IUCN / he World Bank, 1997.
 35. Dorn, R.D., A synopsis of American *Salix*. Canadian Journal of Botany, Vol. 54, pp. 2769-2789, 1976.
 36. Dussart, B.H., Lagler, K.F., Larkin, P.A. Scudder, T., Szesztay, K., and White, G.F. Man-Made Lakes as Modified Ecosystem. Scope Report 2, International Council of Scientific Unions, p. 76, 1972.
 37. Gregory, S., and Smith, K., Local temperature and humidity contrasts around small lakes and reservoirs, Weather, Vol. 22, No. 12, pp. 497-506, 1967.
 38. Johnson, W.B., Sasser, C.E., Gosselink, J.G. Succession of vegetation in an evolving river delta, Atchafalaya Bay, Louisiana, Journal of Ecology, Vol. 73, pp. 973-986, 1985.
 39. Pielou, E.C., Ecological Diversity. John Wiley & Sons, Inc. New York. p. 165, 1975.
 40. Schmitt, C.J., and Dethloff, G.M., Biomonitoring of Environmental Status and Trends (BEST) Program; Selected Methods for Monitoring Chemical Contaminants and Their Effects in Aquatic Ecosystems. U.S Geological Survey, Biological Resources Division, Information and Technology Report, 2000.
 41. Sørensen, T., A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. Det. Kong. Danxke Vidensk, Biology Skr., Vol. 5, No. 4, pp. 1-34, 1948.
 42. Thornthwaite, C.W., "Introduction to arid zone climatology." In Climatology and Microclimatology, Proceedings of the Canberra Stmposium, Arid Zone Research, UNESCO, pp. 15-22, 1958.
- 논문접수일 : 10년 11월 15일
○심사의뢰일 : 10년 11월 15일
○심사완료일 : 10년 11월 24일