

누수구역 판단을 위한 농업용 저수지 사면식생의 특성 분석

박승기 · 김현수* · 김남호* · 이종보* · 정남수+
공주대학교 지역건설공학과 · *공주대학교 대학원

Characteristics Analysis of Agricultural Reservoir Slope Vegetation for Judging the Leakage Zone

Park, Seung Ki · Kim, Hyun Soo* · Kim, Nam Ho* · Lee, Jong Bo** · Jung, Nam su

Professor, Dept. of Rural Engineering, Kongju Nat'l Univ.

**Graduate School of Agricultural Engineering, Kongju Nat'l Univ.*

***Korea Rural Community Corporation*

ABSTRACT : This study is a basic research with the aim of developing the method of judging the leakage zone by grasping the habitat characteristic of agricultural reservoir slope in inhabiting characteristics appear differently according to natural inhabiting environment. To this end, this study is intending to investigate slope vegetation using a quadrat technique at Sinheung reservoir located at Gwangsi-myeon, Yesan-gun, Chungnam, and to perform the analysis of importance value using relative frequency and relative coverage, etc. Also, this study intended to present the necessity of having to consider the eco-system of the relevant region in time of a reservoir slope afforestation for the time to come by suggesting that the reservoir slope vegetation after a stable period becomes similar to the regional vegetation by comparing this study result with the existing research which carried out the analysis of importance value of forest vegetation for Yesan Region. The reservoir slope vegetation is similar to the indicator species which appear in the regional forest vegetation, so there was a need to select afforestation species in the light of this in time of slope afforestation. As a result of the analysis of the importance value, this study grasped that there was an emergence characteristic similar to the vegetation at a birthplace of a forest fires because growth and development of forest trees, and perennial plants were restricted by annually implemented brush-cutting work, etc.; however, indigo plant and bush clover, etc. were found to show the characteristic differing from this. Consequently, this study was able to confirm that there is the necessity of having to create the Importance Value Table suited for reservoir slopes by region through a lot more data construction in the near future.

Key words : Agricultural Reservoir, Slope Vegetation, Analysis of Importance Value

I. 서 론

작물재배에 사용되는 용수 대부분 수리시설물에 의해 공급 받는다. 수리시설물에는 저수지, 양수장, 집수암거, 취입보 등이 있는데, 수리답 면적 772천ha에 공급하고 있다. 이 중 58.2%인 449천ha를 저수지가 공급하고 있다(PAWRIS, 2011).

우리나라 농업용 저수지는 2014년 현재 17,401개이며 총저수량은 3,142,374천 m^3 이나 저수용량이 일십만 m^3 미만 저수지가 15,274개로 전체 저수지의 87.8%, 일백만 m^3 미만 저수지가 16,896개로 전체 저수지의 97.1%로 그 규모가 매우 작은 편이다. 우리나라 농업용 저수지는 준공연도가 70년 이상 경과된 1945년 이전 농업용저수지는 8,984개로 전체저수지의 51.6%를 차지하며, 준공연도가 70년 미만 50년 이상 경과(1946-1964년)된 농업용저수지는 3,321개로 전체저수지의 19.1%를 차지하고, 준공연도가 50년 미만 30년 이상 경과(1965-1984년)된 농

Corresponding Author : Jung, Nam Su
Tel.: +82-041-330-1265
E-mail : ruralplan@kongju.ac.kr

업용저수지는 4,339개로 전체저수지의 24.9%를 차지하여 전체저수지의 96.6%가 30년 이상 된 노후화 시설이다 (MAFRA and KRC, 2015).

2013년 4월 경북 군위군의 수태저수지에서 독 일부가 함몰되고, 누수가 발생하는 것이 발견되어 붕괴 직전에 10만여 톤의 물을 모두 방류 했으며, 독이 절개되었다. 이외에도 경기도 여주군 옥촌저수지와 이천시 대관저수지, 그리고 금년 들어 경남 밀양시 요고저수지, 경북 청송군 구천저수지와 군위군 화본저수지 등에서 독 붕괴, 누수 등과 같은 사고가 잇달아 발생한 이력이 있다 (Bae, 2014). 이처럼 농업용 저수지의 노후에 따라 누수가 발생하게 되고, 누수발생은 저수지의 붕괴를 유도하여 막대한 재해를 일으킨다.

농업용 저수지 누수에 의한 붕괴와 재해의 방지를 위해 누수대 탐지가 필요하다. 농업용 저수지의 누수대를 탐지하기 위한 방법으로 물리탐사를 이용하는 방법, 지중의 온도변화를 감시하는 Fibre Optical Temperature Measurement 등의 방법이 있다. 그러나 전자의 방법은 긴급사항에 대비하기에는 시간적으로 부족하며 후자의 방법은 댐 건설 시에 설치되어야 하는 문제점이 있다.

농업용 저수지는 대부분 필댐으로 흙, 자갈, 암괴 등 자연재료로 만든 댐이며 체체의 구성재료에 따라 흙댐, 사력댐 등으로 구분되기도 한다. 흙댐 축조 시 하류사면은 강우, 동해 기타에 의해 침식·손상되는 것을 방지하기 위하여 소요의 보호공에 따라 잔디를 식재한다 (MAFRA, 2002). 잔디가 식재된 저수지는 시간이 경과함에 따라 주변의 식생의 천이와 태양광도, 토양수분조건, 입지조건, 기후조건에 의해 새로운 식물군락이 형성된다. 특히 식물군락 변화의 중요한 요인은 지표수나 지하수 등 토양수분의 급속한 변화이다(Park and Spatz, 1986). 따라서 습생식물의 자생유무에 따라 농업용 저수

지의 누수상태를 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

이에 따라 KRC(2011)는 누수 지표종으로 갈대, 쇠뜨기, 머위, 이끼류 등의 습생식물 자생유무로 체체의 습윤 포화된 상태를 파악하는 방안을 제안한 바 있다. 그러나 농업용 저수지 사면식생 분포를 보면 한국농어촌공사에 제안한 누수 지표종은 농업용 저수지 사면 상단부에서도 흔히 발견되어 누수상태를 파악하기 위한 누수 지표종으로 적합하지 않은 것으로 판단된다.

농업용 저수지 식생에 관한 연구를 찾아보면 경남 창원시 주남저수지를 대상으로 수생 및 수변 식물군락의 식생변화에 대한 연구(Kim et al, 2014)와 정수, 부엽, 부유, 침수식물 등의 수생식물 분포에 대한 연구(Park et al, 2012), 전북 남원시 금풍저수지를 대상으로 침수식물의 분포와 식생구조 및 생물량에 대한 연구(Kim et al, 2012), 전북 고창군 공산저수지를 대상으로 수변 및 수생식물 조사 및 분석, 악영향을 끼치는 귀화식물에 대한 연구가 있다. 그러나 농업용 저수지 사면식생에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 자연적인 서식환경에 따라 식물군락의 형성이 다르게 나타나는 특성을 고려하여 누수 구역을 판단하는 방법을 개발하기 위한 기초자료를 제시하기 위하여 농업용 저수지 식생조사 방법으로 측구법 (Plot sampling method)을, 식물 종의 영향력 또는 우세력을 평가하는 중요치 분석법(Importance value analysis)을 활용하여 농업용 저수지의 누수구역 탐지를 위한 사면식생의 특성을 분석하고자 한다.

II. 자료 및 방법

1. 자료

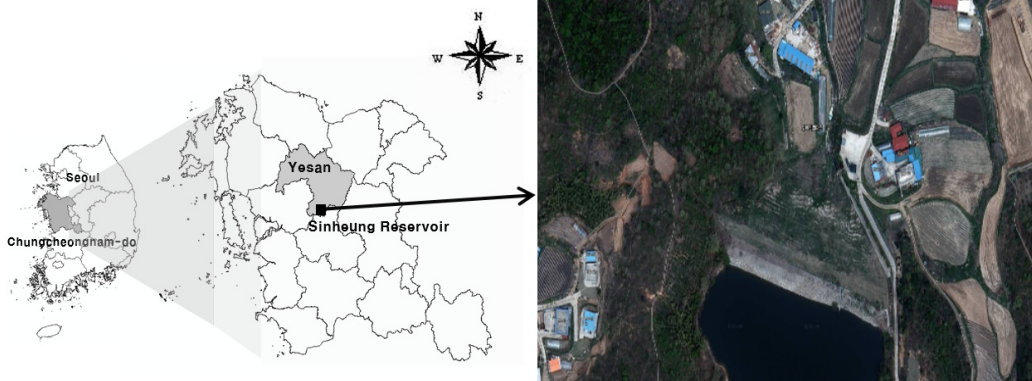


Figure 1. Location map of Sinheung reservoir in Gwangsi-myeon Yesan-gun

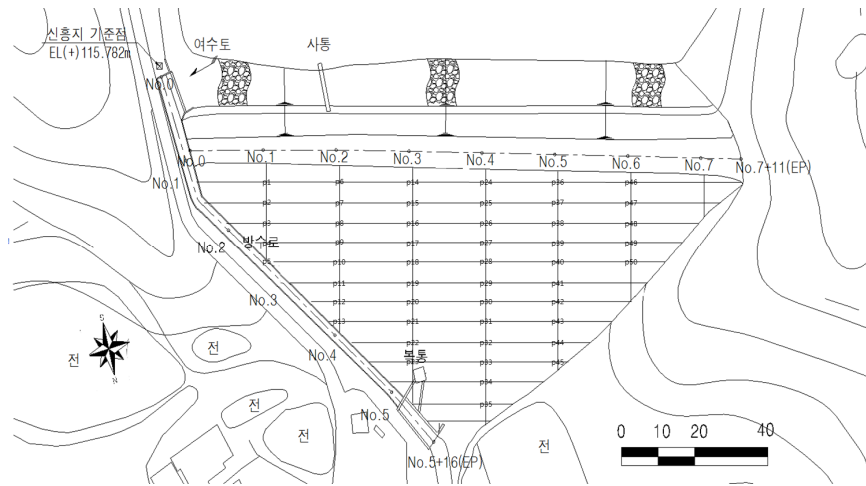


Figure 2. Survey point of vegetation survey at Sinheung reservoir

가. 신흥저수지개황

신흥저수지는 2014년 한국농어촌공사 농업용 저수지 정밀안전진단 대상 저수지이기 때문에 식생조사지로 선정하였다. 신흥저수지는 Figure 1과 같이 충청남도 예산군 광시면 신흥리에 위치하고 있으며 1990년에 착공하여 1997년에 준공하였고 유역면적은 약 56ha, 유로연장은 1.22km, 유역 평균 폭은 0.46km로 장방형의 형상으로 유역경계를 이루고 있다. 댐 형식은 댐 중심에 불투수층을 갖고 있는 준형 필댐으로서, 총 저수량 16.5천m³의 규모로 댐 높이가 25.3m(제정고 EL. 117.07m), 댐 길이는 151.0m의 소규모 저수지인 농업생산기반시설 2중 시설물이며 하류부 수혜면적 28ha 일대 농경지에 농업용수로 공급되고 있는 주수원공이다. 준공시 제체의 상류측 사면은 사석으로 피복하였고 하류측 사면은 잔디로 피복하였다.

2. 방법

가. 식생조사방법

식생조사는 정방형 1m×1m 크기의 방형구를 이용하였고, 개체군이나 군집의 종조성과 구조를 정량적으로 조사하는 표본추출법인 측구법(Plot sampling method)을 적용하였다. 조사선은 Figure. 2와 같이 신흥저수지 정밀안전진단 조사망의 경계선과 동일하게 20m 간격으로 선정하였고, 식생조사측점은 댐마루를 기준으로 5m 간격으로 하였다.

식생조사는 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 조사구내에 출현하는 모든 종의 양과 생육상태를 실시하였고, 양으로는 출현하는 각종의

피도와 개체수를 조합시킨 우점도 계급을 판정하여 기록하였으며, 생육상태는 종 개체의 집합 혹은 이산의 정도에 따른 군도 계급 등을 측정하였다. 식물동정은 원색한국식물도감(Lee, 2007), 한국 식물생태보감(Kim, 2003), 국가 식물종 지식정보시스템(<http://www.nature.go.kr/index.jsp>)을 참고하였다.

나. 식생조사항목

식생조사항목으로 1m×1m 방형구 내에 출현하는 모든 식물종과 현재 가장 널리 사용되고 있는 Braun-Blanquet (1964)의 피도와 군도의 판정방법을 이용하여 피도와 군도를 측정하였다(Table 1, Table 2). 피도(Coverage)계급은 식물이 지표면을 덮는 정도와 개체수를 조합시켜 결정한다. 식물이 지표면을 75%이상, 50~75%, 25~50%, 5~25%, 5% 미만 덮으면서 개체수가 많을 경우와 개체수가 적을 경우 그리고 피복면적이 미약하고 개체수가 한 개정도일 경우를 각각 5, 4, 3, 2, 1, +로 나타낸다. 군락 속에 어떤 식물종의 여러 개체가 서로 어떤 관련성을 가지고 분포되어 있는지를 나타내는 군도(Sociability)계급은 카펫상, 대반상, 소반상, 소군상, 단독으로 생육할 경우로 각각 5, 4, 3, 2, 1로 나타낸다.

다. 중요치 분석

연구 대상지의 각 집단에 분포하고 있는 수종구성을 파악하기 위해 Curtis와 McIntosh(1951)에 고안된 중요치(Importance value, I.V.) 산출방법을 이용하였다. 중요치는 저수지 수문 사면 내 식물종의 영향력 또는 우세력에 대한 평가에 효과적이고, 가장 객관적으로 종구성을 파악할 수 있는 방법으로 평가 받고 있다(Brower and Zar, 1977).

Table 1. Dominance degree of present species(Braun-Blanquet, 1964)

Degree	Description
5	covering more than 75% of the area
4	any number of individuals covering 50% to 75% of the area
3	any number of individuals covering 25% to 50% of the area
2	any number of individuals covering 5% to 25% of the area
1	a lot of number of individuals, covering less than 5% of the area
+	a few number of individuals, covering less than 5% of the area
r	number of individuals is one, weakly covering area

Table 2. Sociability degree of present species

Degree	Description
5	pure population stands
4	small colonies, broken mat
3	small patches or cushions
2	clumps or dense groups
1	solitarily, single

$$R.F. = \frac{a \text{ Number of emergence species}}{\text{Total Number of emergence species}} \times 100 \quad (1)$$

$$R.D. = \frac{a \text{ Number of individuals}}{\text{Total Number of individuals}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Importance Value (I.V.)} = \frac{R.D. + R.F.}{2} \quad (3)$$

즉, Curtis와 McIntosh(1951)는 전체 종에 대한 각 종의 상대빈도, 상대밀도 및 상대피도를 합한 중요치를 산출하여 구성종의 생태적 중요도를 표현하는 객관적인 방법을 고안하였지만, 중요치를 산출하는 측도가 반드시 세 가지일 필요는 없고 두 가지의 상대 측도를 합하여 표시할 경우도 있으므로(Lee, 2014), 식물사회학적 방법으로 조사한 자료를 이용하여 중요치를 산출하였다.

본 연구에서는 중요치를 산출하기 위해 상대빈도(Relative Frequency, R.F.)와 상대밀도(Relative Density, R.D.) 두 가지 측도를 조합하여 중요치(Importance Value, I.V.)를 산출하였다. 먼저 상대빈도(R.F.)는 식(1)을 이용하여 한 종의 출현빈도를 모든 종의 총 출현빈도로 나누고 백분율 시켜 산출하였다. 상대밀도(R.D.)는 식(2)를 이용하여 한 종의 개체수를 모든 종의 총 개체수로 나누고 백분율 시켜 산출할 수 있는데, 본 연구에서는 Braun-Blanquet(1964)의 판정방법으로 피도와 군도계급을 조사하였기 때문에 조사된 피도 값을 개체수로 환산할 필요가 있어 기준을 Table 3와 같이 피도등급 5를 88개,

4를 63개, 3을 38개, 2를 15개, 1을 4개, +를 2개 그리고 r을 1개 개체수로 환산하여 상대밀도 값을 산출하였다. 마지막으로 식(3)과 같이 산출된 두 가지 측도 상대빈도와 상대밀도를 합한 후 2로 나누어 중요치 값을 산출하였다.

Table 3. Change standard of dominance degree and number of individuals

Dominance degree	Number of individuals
5	88
4	63
3	38
2	15
1	4
+	2
r	1

III. 결과 및 고찰

1. 현장 식생조사

본 조사는 2014년 7월 21일부터 2014년 7월 25일까

지 신홍저수지 사면의 식생을 파악하기 위해 Figure 2의 측선을 따라 방형구를 이용하여 측구법(Plot sampling method)으로 저수지사면을 조사하였다. 피도계급과 군도(Sociability) 계급은 Table 1, Table2와 같은 판정 기준에 따라 Table 4와 같이 단면번호, 단면거리, 피도, 군도 순으로 조사하였다.

신홍저수지의 조사단면수는 6개 나누고 방형구수는 총 50개소(1m×1m)의 조사구를 선정하여 조사를 실시하였다. 신홍저수지 사면에서 조사된 식물 종의 총 출현횟수는 575회이다.

신홍저수지 맴마루는 칩과 땅비싸리와 같은 건생식물이 자생하고 있고, 누수구역을 중심으로 대표적인 습생 식물인 사초, 처녀고사리, 메자기, 골풀이 우점종으로 자

생하였다.

KRC(2011)은 제체하류사면에 갈대, 쇠뜨기, 머위, 이끼류 등의 습지식물의 자생유무로 제체의 습윤 포화된 상태를 파악하는 방안을 제시하였으나 신홍저수지는 갈대, 이끼류는 출현하지 않았다. 쇠뜨기는 상류·하류사면 구분 없이 우점종으로 분포하는 모습을 보여 습윤 포화 구역을 나타내는 지표 식물로 적용하기 곤란한 것으로 판단된다.

2. 출현빈도

신홍저수지 제체사면의 50개 방형구에서 출현한 식물의 종수는 68종이고 종의 총 출현횟수는 575회이다. 흙

Table 4. Field-book for plot sampling method in Sinheung reservoir(Example-Section. 1)

Num.	Distance (m)	Scientific name	Dominanc degree	Sociability degree	Num.	Distance (m)	Scientific name	Dominanc degree	Sociability degree				
1-1	2	Pueraria lobata	4	4	1-3	11	Dunbariavillosa	r	1				
		Equisetum arvense	3	3			Lactuca indica	r	1				
		Dunbaria villosa	3	3			Fagaceae	r	1				
		1-4	16	Miscanthussinensis var. purpurascens	2	2	1-4	16	Puerarialobata	4	4		
				Erigeron annuus	1	1			Equisetum arvense	3	3		
				Rubus crataegifolius	r	1			Miscanthussinensis var. purpurascens	2	2		
				Lactuca indica	r	1			Artemisia princeps	1	1		
				Fagaceae	r	1			Dunbaria villosa	1	1		
1-2	6			Pueraria lobata	5	5			1-5	21	Acalypha sp.	r	1
				Equisetum arvense	2	2					Commelina communis	r	1
		Persicaria senticosa	1	1	Phragmites japonica	r	1						
		Rubus crataegifolius	1	1	Erigeron annuus	r	1						
		Artemisia princeps	1	1	Rubuscrataegifolius	r	1						
		Dunbaria villosa	1	1	Pueraria lobata	4	4						
		Miscanthussinensis var. purpurascens	r	1	Equisetum arvense	3	3						
		Dunbaria villosa	r	1	Achyranthes japonica	2	2						
		Lactuca indica	r	1	Artemisia princeps	1	1						
		Fagaceae	r	1	Humulusjaponicus	1	1						
1-3	11	Pueraria lobata	4	4	1-5	21	Erigeron annuus	r	1				
		Equisetum arvense	3	3			Carexlanceolata	r	1				
		Miscanthussinensis var. purpurascens	3	3			Dioscoreabatatas	r	1				
		Artemisia princeps	1	1			Chelidoniummajusvar.as iaticum	r	1				
		Erigeron annuus	r	1			Dunbaria villosa	r	1				
		Dioscorea batatas	r	1			Lactuca indica	r	1				
		Persicaria senticosa	r	1			Fagaceae	r	1				
		Aster yomena	r	1			Miscanthussinensis var. purpurascens	+	1				

Table 5. R.F., R.D. and I.V. of slope vegetation in Sinheung reservoir

Scientific name	R.F.	R.D.	I.V.	Scientific name	R.F.	R.D.	I.V.
<i>Equisetum arvense</i>	8.35	19.22	13.79	<i>Juncuseffusus</i> var. <i>decepiens</i>	1.22	0.23	0.72
<i>Puerarialobata</i>	5.39	16.01	10.70	Gramineae	0.52	0.78	0.65
<i>Artemisia princeps</i>	8.00	12.94	10.47	<i>Chelidoniummajus</i> var. <i>asiaticum</i>	1.04	0.21	0.63
<i>Erigeron annuus</i>	6.09	3.97	5.03	<i>Aster yomena</i>	0.87	0.24	0.56
<i>Dioscoreabatatas</i>	6.43	3.60	5.02	<i>Rumex</i> sp.	0.87	0.23	0.55
<i>Phragmites japonica</i>	2.96	6.75	4.85	<i>Persicaria perfoliata</i>	0.87	0.16	0.51
<i>Miscanthussinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	4.00	4.58	4.29	<i>Rumex acetosa</i>	0.70	0.19	0.44
<i>Indigoferakirilowii</i>	1.57	4.80	3.18	<i>Salix graciliglans</i>	0.70	0.17	0.43
<i>Glycine soja</i>	4.17	1.95	3.06	<i>Petasites japonicus</i>	0.17	0.66	0.42
<i>Scirpusmaritimus</i>	1.74	3.38	2.56	<i>Achyranthes japonica</i>	0.52	0.30	0.41
<i>Commelina communis</i>	3.48	1.32	2.40	<i>Rhus javanica</i>	0.70	0.12	0.41
<i>Carex</i> sp.	1.74	2.04	1.89	<i>Metaplexis japonica</i>	0.70	0.07	0.38
<i>Persicaria senticosa</i>	2.43	0.59	1.51	<i>Trifolium repens</i>	0.35	0.33	0.34
<i>Cocculus trilobus</i>	2.09	0.92	1.50	<i>Actinidia arguta</i>	0.35	0.28	0.31
<i>Dunbaria villosa</i>	1.74	1.03	1.38	<i>Spiraeaprunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>	0.52	0.05	0.29
<i>Sophora flavescens</i>	2.09	0.50	1.30	<i>Celastrus orbiculatus</i>	0.17	0.26	0.22
<i>Agropyron</i> sp.	2.09	0.37	1.23	<i>Liriope spicata</i>	0.35	0.09	0.22
<i>Robinia pseudoacacia.</i>	2.09	0.26	1.17	<i>Calystegiasepium</i> var. <i>japonicum</i>	0.35	0.09	0.22
<i>Rubus parvifolius</i>	1.04	1.24	1.14	<i>Kummerowia striata</i>	0.35	0.03	0.19
<i>Thelypteris palustris</i>	1.39	0.89	1.14	<i>Osmunda japonica</i>	0.35	0.03	0.19
<i>Stellaria aquatica</i>	1.22	1.01	1.11	<i>Clinopodiumchinense</i> var. <i>shibetchense</i>	0.35	0.03	0.19
<i>Clematis apiifolia</i>	1.39	0.78	1.09	<i>Persicaria thunbergii</i>	0.35	0.03	0.19
<i>Rubus crataegifolius</i>	1.74	0.23	0.98	<i>Persicaria hydropiper</i>	0.17	0.02	0.10
<i>Rumex crispus</i>	0.70	1.22	0.96	<i>Vicia amoena</i>	0.17	0.02	0.10
<i>Lactuca indica</i>	1.74	0.17	0.96	<i>Oenothera biennis</i>	0.17	0.02	0.10
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	0.35	1.55	0.95	<i>Rumex obtusifolius</i>	0.17	0.02	0.10
<i>Humulus japonicus</i>	1.39	0.49	0.94	<i>Conyza canadensis</i>	0.17	0.02	0.10
<i>Carex lanceolata</i>	1.04	0.80	0.92	<i>Duchesnea indica</i>	0.17	0.02	0.10
<i>Acalypha</i> sp.	1.39	0.43	0.91	<i>Erechtites hieracifolia</i>	0.17	0.02	0.10
<i>Lycopus lucidus</i>	0.17	1.53	0.85	<i>Amaranthus mangostanus</i>	0.17	0.02	0.10
<i>Bromus japonicus</i>	1.39	0.23	0.81	<i>Lespedeza cuneata</i>	0.17	0.02	0.10
Fagaceae	1.39	0.14	0.77	<i>Prunus sargentii</i>	0.17	0.02	0.10
<i>Lycium chinense</i>	1.39	0.14	0.77	Caryophyllaceae	0.17	0.02	0.10
<i>Lespedeza bicolor</i>	1.39	0.14	0.77	<i>Akebia quinata</i>	0.17	0.02	0.10
Sum.	100	100	100	Sum.	100	100	100

댐 축조 시 강우, 동해 기타에 의해 침식·손상되는 것을 방지하기 위하여 소요의 보호공에 따라 잔디를 식재한다 (MAFRA, 2002). 1997년 준공당시 소요의 보호공에 따라 체제사면에 식재된 잔디는 발견되지 않았다.

주요 식물 종의 출현횟수는 쇠뜨기 48회, 쭈 46회, 마 37회, 개망초 35회, 칩 31회, 돌콩 24회, 억새 23회, 닭의 장풀 20회, 달뿌리풀 17회이다. 누수지표종인 골풀, 처녀 고사리, 눈갯버들의 출현 횟수는 각각 7회, 8회, 4회이며, 50개 방형구 중에서의 출현율은 각각 14%, 16%, 8%이다.

Park et al(2005)은 효율적인 과수원 잡초 방제기술 및 잡초 종합관리를 위한 기반 구축을 목적으로 우리나라 전 지역의 11개 주요 과수작목(배, 사과, 포도, 복숭아, 감, 매실, 감귤, 유자, 참다래, 대추, 자두)과수원에서 발생하는 잡초의 발생양상과 군락특성 연구를 수행하였다. 충청도는 44과 229종, 충청도는 국화과 44종(19.2%), 화 본과 30종(13.1%), 마디풀과 21종(9.2%) 순이었고, 충청 도는 바랭이(5.96%), 뚝새풀(3.61%), 닭의장풀(3.56%) 순 으로 우점하는 것으로 확인되었다.

Kim et al(1982)은 과수원에 발생하는 잡초 중 바랭이가 가장 우점하는 잡초이며 밭에서 발생하는 대부분의 잡초가 과수원에서도 마찬가지로 발생한다고 하였다. 이런 결과는 Woo and Pyon(1988) 및 Hwang(2004)의 연구에서도 같은 경향이였다.

신흥 저수지 사면 식생의 특성은 농작물을 생산하기 위하여 지속적으로 관리된 밭과 과수원에서 우점종 잡초인 바랭이가 발견되지 않았고 화분류 종류 및 출현빈도 매우 미미한 서로 다른 출현특성을 보였다.

신흥저수지를 구성하고 있는 식물종의 생태적 영향력을 파악하기 위하여 식(1), 식(2), 식(3)과 같이 상대빈도(Relative Frequency, R.F.)와 상대밀도(Relative Density, R.D.)를 조합하여 중요치(Importance Value, I.V.)를 산출하였고, 산출된 결과는 Table 5와 같다. 본 연구에서는 식생조사를 통해 피도등급을 조사하였기 때문에 상대밀도를 구하는데 어려움이 있어 피도등급 5를 88개, 4를 63개, 3을 38개, 2를 15개, 1을 4개, +를 2개 그리고 r을 1개 개체수로 환산하였다. 조사된 신흥저수지 사면식생의 총 종수는 68개, 총 개체수는 5748개이고, 신흥저수지 구성종의 전체 중요치 비율은 쇠뜨기가 13.79%로 가

3. 상대빈도, 상대피도, 중요치

Table 6. I.V. and wetland habitats degree of slope vegetation in Sinheung reservoir and other ecology habitats

Species	Slope	Fired	Artificial	Nature	Wetland habitats degree
<i>Equisetum arvense</i>	13.79				3
<i>Pueraria lobata</i>	10.70	5.44	2.54		4-3
<i>Artemisia princeps</i>	10.47				3-2
<i>Erigeron annuus</i>	5.03				3
<i>Dioscorea batatas</i>	5.02				3-2
<i>Phragmites japonica</i>	4.85				4-3
<i>Miscanthussinensis var. purpurascens</i>	4.29	3.40			3-2
<i>Indigofera kirilowii</i>	3.18	6.09	1.37	4.70	4-3
<i>Glycine soja</i>	3.06				4-2
<i>Scirpus maritimus</i>	2.56				5-4
<i>Commelina communis</i>	2.40				3-4
<i>Carex sp.</i>	1.89				-
<i>Persicaria senticosa</i>	1.51				3-4
<i>Cocculus trilobus</i>	1.50	1.21			3
<i>Dunbaria villosa</i>	1.38				3
<i>Sophora flavescens</i>	1.30				3
<i>Agropyron sp.</i>	1.23				-
<i>Robinia pseudoacacia.</i>	1.17	0.95			4-2
<i>Rubus parvifolius</i>	1.14				4-3
<i>Thelypteris palustris</i>	1.14				3
<i>Stellaria aquatica</i>	1.11				4-3
<i>Clematis apiifolia</i>	1.09		3.69		4-3
<i>Rubus crataegifolius</i>	0.98	1.89			3

* Over wet [5] - Thoroughly saturate the surface of land with water. ex) in the water, gully floor
 Less wet [4] - Boundary of Over wet land and memory of temporary inundation. ex) a flood plain, the bank lower part around a rice field, valley cliff, mountain slope lower part
 Standard wet [3] - Appropriate moisture condition and not memory of temporary inundation. ex) mountain slope middle part
 Less dry [2] - Boundary of Over dry land and sometimes happening plant moisture stress. ex) mountain slope upper part
 Over dry [1] - Not effect of groundwater and the surface of land is always dry or easily dry. ex) ridge, rocky area

an Illustrated Guide to Ecology of Korean Flora(Kim, 2003)

장 높았고, 다음으로는 칩(10.70%), 쑥(10.47%), 개망초(5.03%), 마(5.02%), 달뿌리풀(4.85%), 억새(4.29%) 등의 순으로 나타났다.

Lee(2014)는 신흥저수지가 위치한 예산군의 산림지 식생특성분석에서 산불 발생지의 중요치는 졸참나무 11.07%, 땅비싸리 6.09%, 칩 5.44%, 산거울 4.36%, 고사리 3.97%, 밤나무 3.77%, 싸리 3.42%, 억새 3.4%, 조록싸리 3.29%, 청미래덩굴 3.25%이다. Lee(2014)에서 제시한 주요 식물과 본 연구에서 중복 출현한 식물의 중요치로 칩(10.70%) 2위, 억새(4.29%) 7위, 땅비싸리(3.18%) 8위로 유사한 특성을 보였다.

서식처별 중요치와 습생등급 등을 파악하기 위하여 Table 6과 같이 저수지사면에서 중요치가 높은 지표종에 대한 자료를 구체적으로 살펴보았다. 산불발생지와 비교한 결과, 중요치 땅비싸리와 산딸기가 6.09%와 1.89%를 차지하여 높은 순위를 차지하고 있는 반면 사면식생에서는 땅비싸리와 산딸기가 중요치 3.18%와 0.98%로 낮은 순위를 차지하는 등 일부 다른 특징을 나타내고 있지만 대체적으로 유사한 경향을 보였다. 인공림 또한 사위질빵의 중요치가 3.69%로 비교적 높은 순위를 나타내는 점 외에는 유사한 경향을 보였다. 자연림은 땅비싸리 외에 사면식생과 중복되는 종이 없었는데, 이는 매년 1회 저수지 사면에서 실시하는 예초에 의한 영향으로 보인다. 반면 기존의 서식처에서는 중요치가 낮게 나타나는 쇠뜨기, 쑥, 개망초, 마, 달뿌리풀 등이 사면식생에서 중요치가 높게 나타나 이에 대한 추가적인 해석이나 특성 분석이 필요할 것으로 판단된다.

저수지사면에서 중요치가 높은 식물종을 누수구역탐지에 활용하기 위해서는 식물종의 습생등급을 살펴보아야 한다. 본 연구에서는 한국 식물 생태보감(Kim, 2003)에서 5개 등급으로 기준하고 조합하여 종의 습생등급을 정한 기준에 따라 등급을 정하였고, 한국 식물 생태보감에 명시되지 않은 종은 국가생물종지식정보시스템(<http://www.nature.go.kr/index.jsp>) 검색을 통해 한국 식물 생태보감의 수분환경 기준에 따라 습생등급을 분류하여 Table 6에 추가 정리하였다.

사면식생의 수분환경 특성을 살펴보면 전체적으로 습생환경에서 서식하는 식생이 주를 이룬다. 이는 신흥저수지가 수리구조물로서의 특성을 나타내는 결과로 볼 수 있으며 누수의 위험성을 나타내기도 한다. 중요치 순위 2위(10.70%), 6위(4.85%), 8위(3.18%)를 차지하는 칩, 달뿌리풀, 땅비싸리는 과습한 입지의 경계, 일시적 범람과 침수 경험이나 적절한 수분환경, 침수를 경험한 적은 조건에서 서식한다. 이러한 결과는 사면의 많은 장소가 일시적으로나마 누수로 인한 침수를 경험한 적이 있으며

현재에도 적절한 수분환경에 놓인 것으로 판단된다. 특히 10위(2.56%)를 차지하고 있는 매자기는 ‘과습-약습’등급으로 지표면이 물 분자로 늘 완전히 포화되었거나, 침수를 경험한 것에 해당되므로 매자기 자생구역은 누수의 가능성이 있다고 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 자연적인 서식환경에 따라 식물의 서식특성이 다르게 나타나는 특성을 고려하여 저수지 사면에 서식하는 지표습생식물종의 서식특성을 파악하여 누수구역을 판단하는 방법을 개발하기 위한 기초연구로 충남 예산군 광시면 신흥저수지에서 측구법을 이용하여 사면식생을 조사하고 상대빈도와 상대피도 등을 활용한 중요치 분석을 수행하였다.

1) 신흥저수지 사면의 50개 방형구에 출현한 식물 총종수는 575종이고 1997년 준공당시 사면에 식재한 잔디는 발견되지 않았다. 신흥저수지의 방형구 조사 결과는 1개 방형구당 6~18종이 출현하였다. 조사 방형구별 대표 우점종은 계절상과 위치적 특성을 반영하여 칩, 땅비싸리, 쇠뜨기, 달뿌리풀, 쑥, 토끼풀, 고삼, 개망초, 사초, 처녀고사리, 매자기, 골풀, 습싸리, 억새, 왕대로 비교적 다양하게 출현하였다.

2) 주요 식물 종의 출현횟수는 쇠뜨기 48회, 쑥 46회, 마 37회, 개망초 35회, 칩 31회, 돌콩 24회, 억새 23회, 닭의장풀 20회, 달뿌리풀 17회이다. 누수지표종인 골풀, 처녀고사리, 눈갯벌들의 출현 횟수는 각각 7회, 8회, 4회이며, 50개 방형구 중에서의 출현율은 각각 14%, 16%, 8%이다.

3) 신흥저수지의 체제하류사면에서는 KRC(2011)에서 제시한 습윤포화구역 지표 식물의 출현을 보기 어려웠으며, 쇠뜨기는 상류-하류사면 구분 없이 우점종으로 분포하는 모습을 보여 습윤 포화구역을 나타내는 지표 식물로 적용하기 곤란한 것으로 판단된다.

4) 상대밀도를 구하기 위해 피도계급을 Table 3와 같은 환산기준을 세워 총 5748개의 개체수를 산출하였고, 신흥저수지를 구성하고 있는 식물종의 생태적 영향력을 파악하기 위하여 상대빈도와 상대밀도를 조합한 중요치를 Table 5와 같이 산출하였다. 신흥저수지 구성종의 전체 중요치 비율은 쇠뜨기가 13.79%로 가장 높았고, 다음으로는 칩(10.70%), 쑥(10.47%), 개망초(5.03%), 마(5.02%), 달뿌리풀(4.85%), 억새(4.29%) 등의 순으로 나타났다.

5) 예산군 산림지의 자연식생의 중요치를 조사한 기존 연구와 비교한 결과 산림지 자연식생에서 우점종인 참나

무과 팽아 등을 제외하면 저수지 사면식생과 유사한 특성을 보이고 있다. 산불발생지와 비교한 결과, 중요치 땅비싸리와 산딸기가 6.09%와 1.89%를 차지하여 높은 순위를 차지하고 있는 반면 사면식생에서는 땅비싸리와 산딸기가 중요치 3.18%와 0.98%로 낮은 순위를 차지하는 등 일부 다른 특징을 나타내고 있지만 대체적으로 유사한 경향을 보였다. 인공림 또한 사위질빵의 중요치가 3.69%로 비교적 높은 순위를 나타내는 점 외에는 유사한 경향을 보였다. 자연림은 땅비싸리 외에 사면식생과 중복되는 종이 없었는데, 이는 매년 1회 저수지 사면에서 실시하는 예초에 의한 영향으로 보인다. 반면 기존의 서식처에서는 중요치가 낮게 나타나는 쇠뜨기, 쭉, 개망초, 마, 달뿌리풀 등이 사면식생에서 중요치가 높게 나타나 이에 대한 추가적인 해석이나 특성분석이 필요할 것으로 판단된다.

6) 사면식생의 수분환경 특성을 살펴보면 전체적으로 수분환경에서 서식하는 식생이 주를 이룬다. 이는 신흥저수지가 수리구조물로서의 특성을 나타내는 결과로 볼 수 있으며 누수의 위험성을 나타내기도 한다. 쭉, 달뿌리풀, 땅비싸리의 출현 결과로 사면의 많은 장소가 일시적으로나마 누수로 인한 침수를 경험한 적이 있으며 현재에도 적절한 수분환경에 놓인 것으로 판단된다. 특히 매자기의 출현으로 누수의 가능성이 있다고 판단된다.

연구결과와 고찰과정에서 KRC(2011)가 제시한 누수지 표종인 쇠뜨기 외에 높은 습생등급을 갖는 매자기, 쭉, 달뿌리풀 등이 습한 생태환경을 나타낼 수 있는 특징이 있으므로 향후 연구에서 이들의 특징들을 정량화하여 비저항탐사 등 물리적인 내용과 비교할 수 있다면 농업용 저수지의 누수구역 탐지에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 공주대학교 자체 학술 연구비 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

References

1. Agricultural Water Total Information System. (https://rawris.ekr.or.kr/facilities.do?page=facilities_summary)
2. Bae, M. S., 2014, the Current Status of Deteriorated Reservoir and Countermeasures, National Assembly Research Service.
3. Braun-Blanquet, J., 1964, Pflanzsoziologie Grundzuge der Vegetation der Vegetation 3, Auf, Springer-Verlang, Wien, N. Y., p. 865.
4. Brower, J. E. and J. H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. W.M.C. Brown Co. Publ. Dubuque, Iowa. :194.
5. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest boarder region of Wisconsin. Ecology 32: 476-498.
6. Ellenberg, H., 1956, Grundlagen der vegetations gliederrung. I. Aufgaben und Methoden der Vegetations kunde. In : Walter, H.(Hrsg.) Einfuhrung in die Phytologie IV. :136. Stuttgart.
7. Hwang, J. B., Song, S. B., Lee, D. C., Park, S. T., Kim, S. C. and Park, J. U., 2004, Occurrence Characteristics and Dynamics of Weed Flora in Orchards of the Yeong-nam Area, The Korean Journal Of Weed Science, 24(1):45-50.
8. Kim, J. W., 2003, An Illustrated Guide to Ecology of Korean Flora, Nature and State.
9. Kim, K. U., Pyon, J. Y., Guh, J. O. and Shin, D. H., 1982, Major Weeds Occurring in Orchard and Their Effective Control by Oxyfluorfen, The Korean Journal Of Weed Science, 2(1):57-62.
10. Kim, K. H., Jin, S. N., Cho, H. J. and Cho, K. H., 2012, Distribution, Vegetation Structure and Biomass of Submerged Macrophytes in a Small Agricultural Reservoir, Keumpoong Reservoir, Korea, Korean J. Limnol, 45(1): 52-61.
11. Kim, S. H., Kim, I. T. and Oh, C. H., 2014, A Study on the Monitoring of Vegetation Change in Junam Reservoir, Korean Society of Environment and Ecology, 24(2): 22-23.
12. Korea Biodiversity Information System. (<http://www.nature.go.kr/index.jsp>).
13. Korea Rural Community Corporation, 2011, Irrigation Facilities Precise Safety Diagnosis Executive (in Korean).
14. Lee, W. H., 2014, Study of Community and Population Structure of Forest Vegetation in Yesan-gun, Chung-nam Province, Doctoral dissertation, : 109.
15. Lee, Y. R., 2007, an Original Colors Illustrated Guide to Korean Flora, KyoHakSa.
16. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs,

- 2002, The Design Criteria for Planning Agricultural Infrastructure Projects -Fill Dam Edition-.
17. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs & Korea Rural Community Corporation, 2015, Statistical yearbook of land and water development for agriculture in 2014.
18. Park, J. E., Lee, I. Y., Oh, S. M., Park, T. S., Kim, C. S., Moon, B. C., Cho, J. R., Lim, S. T., Im, I. B., Kang, J. G., Kim, S., Hwang, J. B., Song, S. B., Ji, S. H., Kang, D. S. and Chung, K. R., 2005, Characteristics of Weed Flora and Weed Community on Orchard Field in the Korea, The Korean Journal Of Weed Science, 25(4):267-274.
19. Park, K. H., Seo, J. Y. and You, J. H., 2012, Analysis on Characteristics of Aquatic Ecosystem Environment in Junam Reservoir, Korean Society of Environment and Ecology, 26(5): 694-706.
20. Park, G. J. and G. Spatz, 1986, Vegetation Mapping and Fodder Value of Plant Communities at the natural Grassland, Journal of The Korean Society of Grassland Science, 6(2):91-96.
21. Woo, I. S. and Pyon, J. Y., 1988, Characteristics of Weed Flora in Arable Land of Korea, The Korean Journal Of Weed Science, 8(2):164-168.
-
- Received 6 April 2017
 - First Revised 16 May 2017
 - Finally Revised 24 May 2017
 - Accepted 24 May 2017