

## 구담습지 식생의 생태적 특성 및 관리에 관한 연구

이일원·김기대<sup>†</sup>

한국교원대학교 환경교육과

## A Study on the Ecological Characteristics and Management of Vegetation in Gudam Wetland

Il Won Lee·Kee Dae Kim<sup>†</sup>

Department of Environmental Education, Korea National University of Education  
(Received : 08 February 2021, Revised : 07 March 2021, Accepted : 08 April 2021)

### 요약

본 연구의 목적은 낙동강 수계의 하도습지인 구담습지의 식물군락을 분류하고 식생의 수직적 구조에 따라 군락 특성을 파악하여 관리방안을 마련하는 것이다. 구담습지 식물군락은 식생상관적 분류를 통해 총 19개의 군락이 나타났으며, 식생 수직구조에 따라 교목 우점 군락, 관목 우점 군락, 초본 우점 군락으로 나누어 분석하였다. 군락 특성 분석 결과를 살펴보면, 종다양도 지수는 교목 우점 군락이 가장 높았으나 가시박과 같은 외래식물의 유입으로 종다양도 감소가 우려되었다. 관목 우점 군락은 관목식물의 종수에 의해서 종다양도 지수가 편중된 경향을 보였다. 초본 우점 군락은 종다양도 지수에 의해 습생초지 군락과 건생초지 군락으로 나뉘었고, 인위적인 교란으로 인한 종다양도 지수 감소에 대한 대책이 필요하였다. 중요치는 교목 우점 군락에서는 교목성 버드나무속이 가장 높았고, 관목 우점 군락에서는 족제비싸리와 같은 외래식물의 중요치가 높았다. 또한, 초본 우점 군락에서는 달뿌리풀과 같은 습생초지식물이 높았다. 서열법에 따른 분석결과, 교목 우점 군락과 관목 우점 군락은 외래식물 종수에 의해서 군락이 분화되었고, 초본 우점 군락은 계층 수와 경사도에 의해서 군락이 분화되었다.

핵심용어 : 식물군락, 수직구조, 종다양도, 중요치, 서열법

### Abstract

This study aims to classify the plant communities of the Gudam wetland, a riparian wetland in Nakdong River basin, and to identify the characteristics of the communities according to the vertical structure to prepare management plan. In the Gudam wetland, a total of 19 plant communities were found through physiognomical vegetation, and were analyzed by dividing into tree dominant community, shrub dominant community, and herbaceous dominant community according to the vertical structure. When examining the results of the community characteristics analysis, the species diversity index was the highest in the tree dominant communities but there was concern about a decrease in species diversity due to the influx of exotic plants such as *Sicyos angulatus*. The shrub dominant community tended to have a biased species diversity index on shrub plants. The herbaceous dominant communities were divided into wetland herbaceous communities and dryland herbaceous communities according to the species diversity index, and measures were needed to reduce the species diversity index due to artificial disturbances. The importance value was the highest in the arboreal *Salix* genus in the tree dominant communities, and the exotic plants such as *Amorpha fruticosa* were the highest in the shrub dominant communities. In the herbaceous dominant communities, wetland herbaceous plants such as *Phragmites japonicus* were high. As a result of the analysis according to ordination the tree dominant communities and shrub dominant communities were differentiated by exotic plant factors, and the herbaceous dominant communities were differentiated by hierarchy number and slope.

Key words : Plant community, Vertical structure, Species diversity, Importance value, Ordination

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.

Department of Environmental Education, Korea National University of Education, Cheongju, Chungbuk, Republic of Korea  
E-mail: kdkim@knue.ac.kr

• Il Won Lee Department of Environmental Education, Korea National University of Education / graduate student(nanna210@hanmail.net)  
• Kee Dae Kim Department of Environmental Education, Korea National University of Education / professor(kdkim@knue.ac.kr)

## 1. 서 론

습지는 지하수위가 지표 근처이거나 표면이 얇은 물로 덮인 곳으로, 영구적 또는 계절적으로 수분에 의해 포화된 지역을 의미한다. 수분의 포화는 지속적으로 수위(우수, 지하수, 지표수)가 공급되는 수문환경이 유지되고, 배수가 불량한 습윤토양이 갖춰져야 발생한다. 수분 및 토양과 같은 비생물적 환경요인이 구축되면, 그 특수성에 적응한 습지식생이 정착하게 되는데, 이 때 식생의 구조는 육상생태계와 수중생태계의 상호작용의 결과로 매우 다양한 군락을 보인다.

우리나라에서는 습지를 기능과 구조, 지리적 위치 등 다양한 특성에 따라 여러가지로 분류하고 있는데, 일반적으로 연안습지와 내륙습지로 대분류한다(Kwon, 2006). 연안습지는 '만조선에 수위선과 지면이 접하는 경계선으로부터 간조선에 수위선과 지면이 접하는 경계선까지의 지역'을 말하며(Gong, 2005), 대표적인 예로 갯벌이 있다. 반면 내륙습지는 '육지 또는 섬 안에 있는 호 또는 소와 하구 등의 지역'을 말하며, 크게 하천형, 호수형, 산지형으로 나뉜다(Ministry of Environment, 2011). 이 연구의 조사지역인 구담습지는 내륙습지의 하천형에 속하며, 제외지에 위치한 하도습지(riparian wetland)로 구분된다. 하도습지는 물의 흐름에 의한 침식, 운반, 퇴적의 복합적 작용으로 생성되며 유수는 하천의 폭을 변화시키고, 유로를 사행화한다. 이 과정에서 발생하는 유로의 이동은 여울, 웅덩이, 모래톱, 하중도 등 다양한 입지를 형성하고, 형성된 유역과 주위 수변은 다양한 식물 군락이 형성될 수 있는 공간이 된다(Yeon, 2004).

유역과 주위 수변 입지를 구성하는 수목은 종자의 생산, 산포, 발아, 유묘의 정착, 치수의 성장 등 생활사의 전 단계에서 하천변의 다양한 교란현상과 특유의 수분 및토양과 같은 비생물적 환경요인에 적응한다(Saiko et al. 1995). 이는 습지 식생들이 1차 생산자의 역할뿐 아니라, 하천에서 발생하는 교란에 대한 지표이자 완충 및 정화 작용을 하는 기능을 수행할 수 있도록 한다. 따라서 식생 구조와 환경변수와의 관계성을 파악하는 연구는 습지를 구성하는 습지식생의 건강성 유지 및 습지식생을 활용한 생태적 하도습지의 보존을 위하여 필수적이다.

그런데 하도습지를 대상으로 한 연구를 살펴보면, 연구의 방향이 수리수문학적, 지형적 내용에 치중된 것을 확인할 수 있다(Park et al., 2005; Lee et al., 2011; Ann et al., 2014; Kim et al., 2015; Yeom and Kim, 2016). 이들 연구는 하도습지의 기능을 평가하는 것에 집중하고 있으며 식생중심이 아닌 수리수문학과 지형학이 주가 되는 평가기준틀을 마련하여 하도습지의 건강성을 평가하고 있다. 하도습지를 식생에 집중하여 연구한 논문에서는 하천의 자연도를 현존식생도의 식생상관과 토지 이용 유형을 기준으로 미국의 습지분류 및 특성 평가에서 적용하는 습지식생 우세도 지수로 평가하는 방법을 사용하였는데(Chun et al., 2011), 오직 식생 군집의 식생유형에만 집중하여 타 환경요인을 감안하지 못하는 한계가 있다.

또한 구담습지 관한 연구로는 식생, 식물상, 어류상, 조류, 양서파충류, 저서성 대형무척추동물 군집 등 생태계 현황과 지

형적 특성에 관한 연구가 수행되었다(Lee and Kim, 2001; Cho, 2009; Woo et al., 2010; Kang, 2012; National Institute of Ecology, 2015). 식생에 대한 연구는 단순 현황 파악 정도 수준에서 수행되었으며, 군집 구조 특징과 환경요인과의 관계성에 대한 종합적인 이해와 분석은 미흡하여 이 부분에 대한 연구가 절대적으로 필요한 상태이다.

이에 따라 본 연구의 목적은 구담습지를 대상으로 군락을 분류하고 분류된 군락을 종다양도, 중요치, 서열법(ordination)을 활용하여 분석하고 군락구조의 특성을 파악하며 군락구조와 환경요인의 관계성을 파악하려는 것이다. 이러한 과정을 통해 도출된 연구 결과는 습지 보전 계획에 대한 수립 기초 자료로 제공 및 활용될 수 있을 것이다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구장소

구담습지는 안동시 풍천면 구담리 구담교 일대에서부터 광덕리 광덕교까지(길이 4km, 폭 360m) 이르는 제외지 곳곳이 소규모의 자연제방과 배후습지로 형성된 망상하천의 유형에 속한다(Kang, 2012)(Fig. 1). Kang(2012)에 따르면, 구담습지는 안동댐 건설 전에는 하천의 운반능력이 커 모래나 자갈을 제외한 점토나 실트는 퇴적이 될 수 없어, 광범위하게 사주만 발달하는 지역이었다. 하지만 1976년 안동댐 건설 이후, 유량의 감소로 하천 운반에너지가 급격하게 감퇴하였고, 이는 구담습지지역의 퇴적작용을 증대시키는 결과를 초래하여 모래, 자갈 이외에 실트와 점토 같은 다양한 퇴적물이 나타는 현상으로 이어졌다(Kang, 2012). 이러한 현상의 지속적인 반복은 하상에는 크고 작은 하중도를 만들었고, 토양의 지력 상승으로 많은 식물상 번성을 유발하였다. 수생 및 수변식물의 번성은 유속과 흐름에 영향을 주고, 이는 구담리 인근 하천환경이 하천습지로 변화하는 계기가 되었다. 2008년부터는 4대강(한강, 낙동강, 금강, 영산강) 정비사업이 시작이 되었으며, 2012년 사업 종료 때까지 4대강 총 16개보, 낙동강 유역 8개보가 건설되었다(Ministry of Land Infrastructure and Transport, 2010). 조사지역인 구담교 인근에도 4대강 정비사업으로 건설된 구담보가 있으며, 이는 하천 유량 및 흐름, 하천토지이용 등에 큰 영향을 주고 있다. 연구지역의 기후는 인접한 안동시 기상 관측지 기준으로 연평균 기온 11.9°C, 연평균 강수량 1066.4mm를 나타내었고, 연구기간이었던 2020년에는 연평균 기온 12.6°C, 연평균 강수량 1,211.8mm가 측정되어 평년보다 따뜻하지만, 강수량이 급증한 것으로 나타났다.

### 2.2 연구방법

#### 2.2.1 식생, 입지환경 조사 및 군락 분류

식생조사는 2020년 6월부터 7월까지 3회에 걸쳐 실시되었다. 사전 예비조사 결과와 드론을 활용한 항공촬영 결과를 토대로 line transect 설치지점을 선정하였다. 하천제방권 상부에서부터 수변권까지 line transect를 설치한 후, 그 안에 우점하는 종에

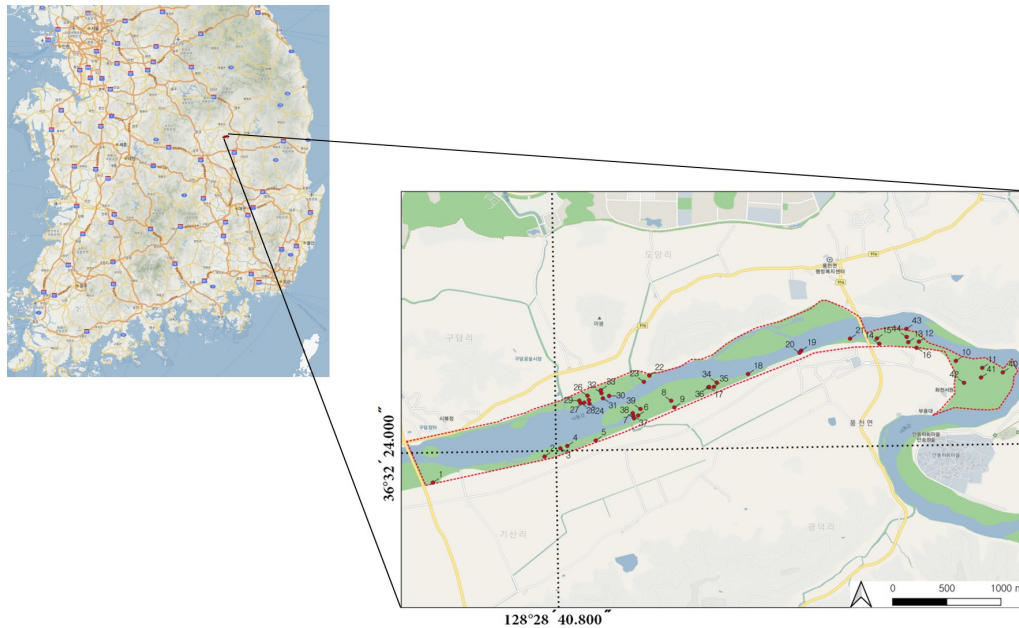


Fig. 1. The location of the Gudam wetland, study sites. The dots and figures on the map are the locations of quadrats surveyed.

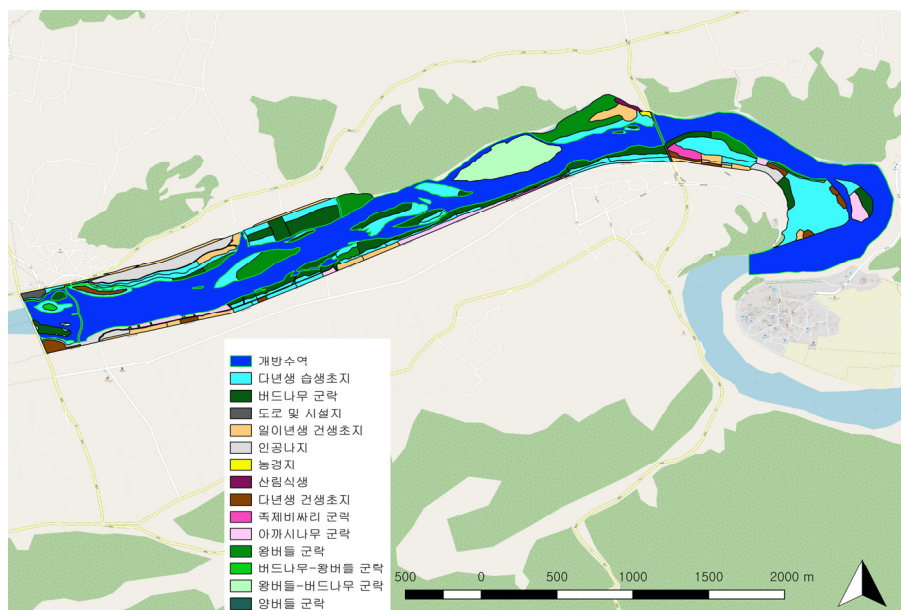


Fig. 2. Actual vegetation in the Gudam wetland. The polygons are delineated by 15 classification types.

따라서 크기를 다르게 방형구를 설치하여 조사하였다(교목 100 m<sup>2</sup>, 관목 4m<sup>2</sup>, 초본 4m<sup>2</sup>, 1m<sup>2</sup>)(Fig. 1). 식물군집은 전국내륙습지 조사지침(Guideline of National Wetland Survey Protocol)(Ministry of Environment, 2011))에 제시된 상관식생적(physiognomical vegetation) 관점으로 분류하였고, 방형구 내에 출현한 식물종의 피도는 Braun-Blanquet scale에 따라 측정되었다(Fig. 2).

입지 환경요인은 비생물 환경요인으로 조사지의 방위, 경사도, 고도, 토성을 측정하였고, 생물 환경요인으로 고라니의 교란 유무를 조사하였다. 방위는 나침반을 사용하여 방위각으로 나타내었고, 경사도는 경사계, 해발고도는 GPS 장비(GPSMAPS64S, GARMIN, USA)를 이용하여 측정하였다. 토

성은 촉감법을 사용하여 구별하였다. 촉감법은 촉감에 의한 간이토성 분석법으로 현장에서 토성을 구분하는 방법인데, 사토의 경우 점토 함량이 적어서 손바닥 안에서 뭉쳐지지 않고 그대로 부서지고 양토는 손 안에서 뭉쳐지지만 피를 만들 때 2.5 cm 이상 길어지지 않는다(Brower et al., 1998). 식양토는 뭉쳐지며 5cm 이상 피가 만들어지고 까끌거리는 느낌이 있으며 식토는 점토함량이 많아 손 안에서 뭉쳐지고 피가 5cm 이상 만들어지며 매끄러운 느낌이 든다(Brower et al., 1998). 고라니는 방형구 내 교란 유무와 피압정도를 측정하였다.

## 2.2.2 군락 특성 분석

군락 구조의 특징을 정량적으로 나타내고, 이를 통한 습지 식

생의 안정성 유추 및 비교를 위하여 종별 중요도(importance value)와 Shannon의 종다양도 지수( $H'$ )를 산출하였다. 종별 중요도는 각 군락별 방형구 조사를 기반으로 분류된 각 군락에서 출현한 종들의 상대피도(relative coverage)와 상대빈도(relative frequency)를 계산하여 도출하였다(Kim, 2007). 또한 각 방형구 내의 종 구성상태의 다양도를 피도(coverage)를 기반으로 한 Shannon의 종다양도 지수( $H'$ )를 이용하여 산출하였고, 같은 군락별로 각 방형구의 종다양도 지수(Species Diversity Index)를 평균을 내어 정리하였다.

방형구에서 나타난 군락의 층상구조의 형성이 환경요인과 어떤 영향을 주고 받는지 살펴보기 위해서 방형구별 출현종 식생 자료를 층상구조에 따라 행렬(vegetational data matrix)로 작성하였고 환경요인을 정리한 환경 자료 행렬(environmental data matrix)를 준비하였다. 이 자료를 바탕으로 서열법(Ordination)을 활용하여 층상 구조에 따라 분류된 식물 군락을 환경 요인으로 공간에 배열하고 식물과 환경간의 관계를 2차원적으로 해석을 하였다(Kim, 2007). 서열법은 Canoco for Windows Version 4.55를 이용하였고, DCCA(Detrended Canonical Correspondence Analysis)를 수행하였다.

Ordination 분석은 방형구별 경사도(Slope), 고도(Altitude), 토성(Soil texture), 각 층의 피도(T1, T2, S, H1, H2), 출현종 수(Number of species), 외래종 수(Exotic species), 계층 분화(Hierarchy), 고라니 교란 유무(Waterdeer)와 같은 환경요인과 각 군락별 식생과의 관계에 대해 분석하였다. 분석 시 방위는 방위각( $^{\circ}$ )으로, 경사도는 도( $^{\circ}$ ), 해발고도는 m 단위를 사용하였고, 토성은 미사토(1), 사질식토(2), 식토(3), 사질토(4),

사질양토(5), 습지(6)으로 구분하였다. 피도는 백분율(%)로 환산하였고, 출현종 수와 외래종 수는 조사된 종의 수를 그대로 사용하였으며, 고라니 교란 유무는 고라니 서식지 흔적과 분변 유무를 통해 방형구가 고라니에 의해서 교란되었을 경우(1), 교란이 없을 경우(0)로 표현하여 구분하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 군락 분류

44개의 방형구를 대상으로 조사한 결과, 식생상관적으로 분류된 군락은 총 19군락이었고, 군락은 층상구조(stratification)에 따라 분류되었다(Table 1). 44개 방형구에서 나타난 19개 군락 중 교목 군락은 4개의 군락이 나타났는데, 가장 많은 방형구를 차지하는 군락은 왕버들군락(*Salix chaenomeloides* community, 9개 방형구)이었고, 그 뒤를 이어 버드나무군락(*Salix pierotii* community, 7개 방형구)이 나타났다. 버드나무-왕버들군락(*Salix pierotii*-*Salix chaenomeloides* community, 5개 방형구)은 세 번째로 많은 비중, 왕버들-버드나무군락(*Salix chaenomeloides*-*Salix pierotii* community, 3개 방형구)은 네 번째로 많은 군락을 차지하며, 교목성 버드나무속(*Salix*) 식생이 구담습지의 층상구조에서 상층부를 우점하였다. 층상구조에서 중간층을 차지하는 관목성 식생 군락은 족제비싸리군락(*Amorpha fruticosa* community, 1개 방형구)과 호비수리-개망초군락(*Lespedeza davurica*-*Erigeron annuus* community, 1개 방형구),

Table 1. The names of community, the number of quadrats and the ratios by total quadrats classified by stratification(tree, shrub and herbaceous communities).

| Classification by stratification              | Name of community                                                               | Number of quadrats(%) |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tree communities                              | <i>Salix chaenomeloides</i>                                                     | 9(20.45)              |
|                                               | <i>Salix pierotii</i>                                                           | 7(15.91)              |
|                                               | <i>Salix pierotii</i> - <i>Salix chaenomeloides</i>                             | 5(11.36)              |
|                                               | <i>Salix chaenomeloides</i> - <i>Salix pierotii</i>                             | 3(6.82)               |
| Total number of Tree community quadrats       |                                                                                 | 24(54.55)             |
| Shrub communities                             | <i>Amorpha fruticosa</i>                                                        | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Lespedeza davurica</i> - <i>Erigeron annuus</i>                              | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Lespedeza davurica</i> - <i>Coreopsis lanceolata</i>                         | 1(2.27)               |
| Total number of Shrub community quadrats      |                                                                                 | 3(6.82)               |
| Herbaceous communities                        | <i>Phragmites japonicus</i>                                                     | 4(9.09)               |
|                                               | <i>Phragmites japonicus</i> - <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i> | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Phragmites japonicus</i> - <i>Conyza canadensis</i>                          | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Phragmites japonicus</i> - <i>Artemisia capillaris</i>                       | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Miscanthus sacchariflorus</i>                                                | 2(4.55)               |
|                                               | <i>Scirpus wichurae</i>                                                         | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Artemisia capillaris</i>                                                     | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Erigeron annuus</i> - <i>Artemisia princeps</i>                              | 2(4.55)               |
|                                               | <i>Erigeron annuus</i> - <i>Miscanthus sacchariflorus</i>                       | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Coreopsis lanceolata</i>                                                     | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>                               | 1(2.27)               |
|                                               | <i>Oenothera biennis</i> - <i>Phragmites japonicus</i>                          | 1(2.27)               |
| Total number of Herbaceous community quadrats |                                                                                 | 17(38.64)             |

호비수리-큰금계국군락(*Lespedeza davurica*-*Coreopsis lanceolata* community, 1개 방형구)으로 3개 군락에 불과하였으며, 차지하는 방형구 수도 3개에 그치며 층상구조의 중간층은 크게 발달하지 않았다. 반면, 층상구조의 하층부를 차지하는 초본성 식생은 달뿌리풀군락(*Phragmites japonicus* community, 4개 방형구), 달뿌리풀-개밀군락(*Phragmites japonicus*-*Elymus tsukushiensis* var. *transiens* community, 1개 방형구), 달뿌리풀-망초군락(*Phragmites japonicus*-*Conyza canadensis* community, 1개 방형구), 달뿌리풀-사철쭉군락(*Phragmites japonicus*-*Artemisia capillaris* community, 1개 방형구), 물억새군락(*Miscanthus sacchariflorus* community, 2개 방형구) 등이 수변에 다수 분포하며, 다년생습생초지가 하층부를 우점하였다. 수변에서 거리가 떨어진 하천제방권에는 개망초-쭉군락(*Erigeron annuus*-*Artemisia princeps* community, 2개 방형구), 개망초-물억새군락(*Erigeron annuus*-*Miscanthus sacchariflorus* community, 1개 방형구), 달맞이꽃-달뿌리풀군락(*Oenothera biennis*-*Phragmites japonicus* community, 1개 방형구) 등 일년생 건생초지가 발달하여, 수변권과 하천제방권의 군락 조성의 차이를 보였다.

이 결과는 Ministry of Environment(2009)의 구담습지 식생조사에서 교목층은 왕버들, 버드나무 등의 버드나무 혼생군락이 잘 발달하였다는 연구내용과 동일하였으며, 초본층에서 달뿌리풀, 환

삼덩굴, 망초, 가시박 등의 군락이 발달하였다고 한 내용은 본 연구 결과의 군락 조성에서 다소 차이가 있으나 대체로 일치하였다.

## 3.2 군락 특성

### 3.2.1 종다양도 분석

종다양성은 식생 구조를 정량적으로 평가하는 것으로 풍부성(richness)과 균등성(evenness)이라는 두 가지 요인으로 결정되며, 식물군락의 천이정도와 안정도를 유추하고 서로 다른 지역의 종다양성을 같은 척도로 비교할 수 있다는 장점이 있다(Park et al., 2001).

구담습지 군락의 종다양도를 살펴보면, 층상구조에 따라 상층부의 교목 우점군락과 중층부의 관목 우점군락 그리고 하층부의 초본 우점군락으로 구분하여 비교할 수 있다(Table 2).

일원분산분석(One-way ANOVA)에 따라 세 표본(교목, 관목, 초본 군락의 종다양도 평균)의 평균 종다양도를 비교한 결과, 세 표본은 유의미한 평균 차이가 난다는 것을 확인할 수 있었다(Table 3, Fig. 3).

특히 교목 우점군락(Tree communities)의 종다양도 평균은 약 2.15로 다른 층에 비해 높아 식생이 풍부함을 나타냈다. 이는 교목성 버드나무속 혼생 군락이 육지환경과 습지환경의 접미지대인 고수부지권에 발달함으로써 각기 다른 환경에 적응한

Table 2. Species diversity index of communities classified by stratification. The species diversity index is calculated by averaging the Shannon diversity indices.

| Classification by stratification             | Name of community                                                               | Species Diversity Index |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Tree communities                             | <i>Salix chaenomeloides</i>                                                     | 2.39                    |
|                                              | <i>Salix pierotii</i>                                                           | 1.92                    |
|                                              | <i>Salix pierotii</i> - <i>Salix chaenomeloides</i>                             | 2.01                    |
|                                              | <i>Salix chaenomeloides</i> - <i>Salix pierotii</i>                             | 2.30                    |
| Average of Tree communities( $\pm$ SD)       |                                                                                 | 2.15( $\pm$ 0.22)       |
| Shrub communities                            | <i>Amorpha fruticosa</i>                                                        | 1.56                    |
|                                              | <i>Lespedeza davurica</i> - <i>Erigeron annuus</i>                              | 1.20                    |
|                                              | <i>Lespedeza davurica</i> - <i>Coreopsis lanceolata</i>                         | 1.28                    |
| Average of Shrub communities( $\pm$ SD)      |                                                                                 | 1.34( $\pm$ 0.19)       |
| Herbaceous communities                       | <i>Phragmites japonicus</i>                                                     | 1.05                    |
|                                              | <i>Phragmites japonicus</i> - <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i> | 1.49                    |
|                                              | <i>Phragmites japonicus</i> - <i>Conyza canadensis</i>                          | 0.68                    |
|                                              | <i>Phragmites japonicus</i> - <i>Artemisia capillaris</i>                       | 1.21                    |
|                                              | <i>Miscanthus sacchariflorus</i>                                                | 1.06                    |
|                                              | <i>Scirpus wichurae</i>                                                         | 0.93                    |
|                                              | <i>Artemisia capillaris</i>                                                     | 0.57                    |
|                                              | <i>Erigeron annuus</i> - <i>Artemisia princeps</i>                              | 1.91                    |
|                                              | <i>Erigeron annuus</i> - <i>Miscanthus sacchariflorus</i>                       | 1.78                    |
|                                              | <i>Coreopsis lanceolata</i>                                                     | 1.63                    |
|                                              | <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>                               | 2.09                    |
|                                              | <i>Oenothera biennis</i> - <i>Phragmites japonicus</i>                          | 0.69                    |
| Average of Herbaceous communities( $\pm$ SD) |                                                                                 | 1.25( $\pm$ 0.51)       |

Table 3. One-way ANOVA table of species diversity index for three vertical structures.

|                    | Sum of Squares | Degree of Freedom | F-statistics | P-value |
|--------------------|----------------|-------------------|--------------|---------|
| vertical structure | 2.464          | 2                 | 6.327        | 0.00945 |
| Residuals          | 3.115          | 16                |              |         |

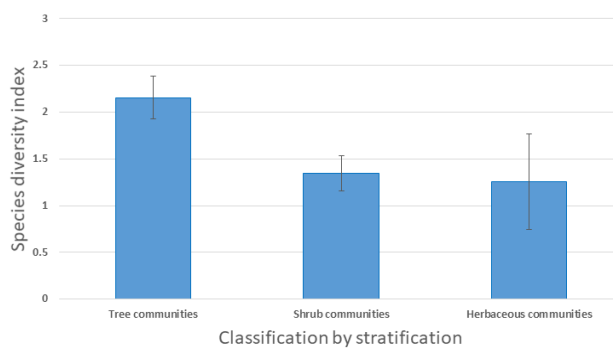


Fig. 3. Comparison of means and standard deviations of species diversity index according to classification by stratification.

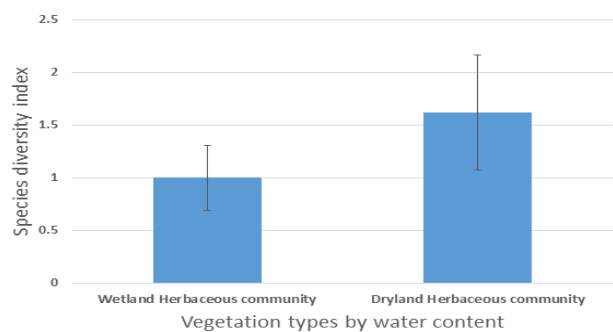


Fig. 4. Comparison of means and standard deviations of species diversity index between wetland herbaceous community and dryland herbaceous community.

식물종이 출현하여 다른 군락보다 종다양도가 높음을 보여주는 것이다. 하지만 출현종 수가 많음에도 불구하고 교목에 편중된 구성비율은 종다양성을 다소 감소시키는 결과도 가져 왔다.

층상구조에서 중층부를 차지하는 관목 우점군락(Shrub communities)은 종다양도가 평균 1.34으로 나타나며, 교목 우점군락보다 종다양도가 낮으나 초본 우점군락보다는 종다양도가 큰 결과가 나왔지만 통계적 유의성은 없었다(Fig. 2). 그 이유는 관목층

이우점하는 군락이 나타난 방형구가 44개중 3개 밖에 되지 않아 종다양도의 결과에 영향을 준 것으로 판단되었다.

층상구조 하층부를 차지하는 초본 우점군락(Herbaceous communities)은 습생초지 우점군락(Wetland herbaceous communities)과 건생초지 우점군락(Dryland herbaceous communities)으로 종다양도가 이분화되는 경향을 보였는데, 습생초지 우점군락은 종다양도 평균이 1.00을 보였고, 건생초지 우점군락은 평균 1.62을 나타냈으나 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(Fig. 4). 그러나 이러한 결과는 침수 빈도가 갖은 수변권이라는 공간은 습생식물인 달뿌리풀이나 물억새가 독점하여 종다양성이 낮은 반면 하천제방권과 같은 육상식물이 등장하는 곳은 습생식물과 건생식물이 혼생하며 종다양성이 증가하는 경향을 보이는 것으로 환경적 요인에 의한 군락의 분화를 나타낸다고 볼 수 있다.

### 3.2.2 중요치 분석

구담습지 44개 방형구에 출현한 모든 종에 대해 생태적 중요도를 파악하기 위하여 중요치를 층상 구조에 따라 분석하였다. 상층부를 구성하는 교목 우점군락의 중요치는 Table 4와 같다.

층상구조 상층부인 교목층을 구성하는 4개의 군락에서 출현한 종은 총 79종이었으며, 가장 중요치가 높은 종은 버드나무군락의 버드나무 31.12이었고, 그 뒤를 이어 왕버들군락에 속하는 왕버들 29.96, 버드나무-왕버들군락의 버드나무 29.34, 왕버들-버드나무군락의 왕버들 21.87 순이었다. 관목성 식물들은 대부분 중요치가 낮아 군락에서 큰 영향을 나타내지 못한 반면, 초본성 식물은 임상에서 습생초지식물과 건생초지식물이 두루 높은 중요치를 나타냈다. 특히 갈풀, 달뿌리풀, 개밀 등이 높은 중요치를 나타내며, 고수부지권의 육상과 습지의 점이지대적 식생 특성을 분명하게 보여주었다. 또한 생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률 제21조의2에 따라 생태계교란 생물로 지정고시된 환삼덩굴, 가시박의 중요치가 4개의 군락에서 모두 높게 나왔다.

Table 4. Importance values(IV) of dominant communities classified by vertical structure(tree communities). The species with importance value  $\leq 5$  are omitted.

| Community<br>Structure | <i>Salix chaenomeloides</i>                       |       | <i>Salix pierotii</i>                             |       | <i>Salix pierotii</i> - <i>Salix chaenomeloides</i> |       | <i>Salix chaenomeloides</i> - <i>Salix pierotii</i> |       |
|------------------------|---------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------|-------|
|                        | species                                           | IV    | species                                           | IV    | species                                             | IV    | species                                             | IV    |
| Tree communities       | <i>Salix chaenomeloides</i>                       | 29.96 | <i>Salix pierotii</i>                             | 31.12 | <i>Salix pierotii</i>                               | 29.34 | <i>Salix chaenomeloides</i>                         | 21.87 |
|                        | <i>Sicyos angulatus</i>                           | 12.04 | <i>Phragmites japonicus</i>                       | 13.07 | <i>Salix chaenomeloides</i>                         | 16.95 | <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>   | 16.02 |
|                        | <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i> | 11.16 | <i>Humulus japonicus</i>                          | 9.34  | <i>Phragmites japonicus</i>                         | 12.33 | <i>Salix pierotii</i>                               | 15.98 |
|                        | <i>Artemisia princeps</i>                         | 8.72  | <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i> | 8.68  | <i>Humulus japonicus</i>                            | 10.01 | <i>Phalaris arundinacea</i>                         | 13.05 |
|                        | <i>Humulus japonicus</i>                          | 7.99  | <i>Phalaris arundinacea</i>                       | 6.72  | <i>Phalaris arundinacea</i>                         | 9.85  | <i>Humulus japonicus</i>                            | 11.05 |
|                        | <i>Salix pierotii</i>                             | 7.51  | <i>Sicyos angulatus</i>                           | 6.68  | <i>Sicyos angulatus</i>                             | 8.23  | <i>Sicyos angulatus</i>                             | 10.66 |
|                        | <i>Phalaris arundinacea</i>                       | 7.13  | <i>Carex dimorpholepis</i>                        | 5.03  | <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>   | 6.83  | <i>Phragmites japonicus</i>                         | 10.39 |
|                        |                                                   |       | <i>Morus bombycis</i>                             | 5.00  | <i>Carex atrata</i>                                 | 5.69  | <i>Achyranthes japonica</i>                         | 7.78  |
|                        |                                                   |       |                                                   |       |                                                     |       | <i>Artemisia selengensis</i>                        | 6.65  |

Table 5. Importance values(IV) of dominant communities classified by vertical structure(shrub layer). The species with importance value  $\leq 5$  are omitted.

| Community<br>Structure | <i>Amorpha fruticosa</i>       |       | <i>Lespedeza davurica</i> - <i>Erigeron annuus</i> |       | <i>Lespedeza davurica</i> - <i>Coreopsis lanceolata</i> |       |
|------------------------|--------------------------------|-------|----------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------|-------|
|                        | species                        | IV    | species                                            | IV    | species                                                 | IV    |
| Shrub communities      | <i>Amorpha fruticosa</i>       | 50.31 | <i>Lespedeza davurica</i>                          | 51.50 | <i>Lespedeza davurica</i>                               | 61.86 |
|                        | <i>Erigeron annuus</i>         | 17.32 | <i>Erigeron annuus</i>                             | 27.68 | <i>Coreopsis lanceolata</i> L.                          | 14.86 |
|                        | <i>Lespedeza davurica</i>      | 10.51 | <i>Coreopsis tinctoria</i>                         | 12.37 | <i>Artemisia princeps</i>                               | 14.73 |
|                        | <i>Artemisia princeps</i>      | 10.26 | <i>Oenothera biennis</i>                           | 9.59  | <i>Metaplexis japonica</i>                              | 7.53  |
|                        | <i>Rosa multiflora</i>         | 8.15  |                                                    |       | <i>Erigeron strigosus</i>                               | 7.53  |
|                        | <i>Oenothera biennis</i>       | 7.96  |                                                    |       |                                                         |       |
|                        | <i>Ambrosia artemisiifolia</i> | 7.39  |                                                    |       |                                                         |       |

Table 6. Importance values(IV) of dominant communities classified by vertical structure(herbaceous communities). The species with importance value  $\leq 5$  are omitted.

| Community<br>Structure | <i>Phragmites japonicus</i>      |       | <i>Phragmites japonicus</i> - <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i> |       | <i>Phragmites japonicus</i> - <i>Conyza canadensis</i> |       | <i>Phragmites japonicus</i> - <i>Artemisia capillaris</i> |       |
|------------------------|----------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-------|
|                        | species                          | IV    | species                                                                         | IV    | species                                                | IV    | species                                                   | IV    |
| Herbaceous communities | <i>Phragmites japonicus</i>      | 64.43 | <i>Phragmites japonicus</i>                                                     | 35.07 | <i>Phragmites japonicus</i>                            | 64.87 | <i>Phragmites japonicus</i>                               | 48.64 |
|                        | <i>Sicyos angulatus</i>          | 9.99  | <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>                               | 33.92 | <i>Conyza canadensis</i>                               | 42.84 | <i>Artemisia capillaris</i>                               | 35.55 |
|                        | <i>Artemisia selengensis</i>     | 9.72  | <i>Conyza canadensis</i>                                                        | 29.59 |                                                        |       | <i>Oenothera biennis</i>                                  | 14.76 |
|                        | <i>Miscanthus sacchariflorus</i> | 7.89  | <i>Polygonum perfoliatum</i>                                                    | 8.66  |                                                        |       | <i>Conyza canadensis</i>                                  | 11.37 |
|                        | <i>Humulus japonicus</i>         | 6.89  | <i>Bromus japonicus</i>                                                         | 5.72  |                                                        |       |                                                           |       |

| Community<br>Structure | <i>Miscanthus sacchariflorus</i> |       | <i>Scirpus wichurae</i>     |       | <i>Artemisia capillaris</i> |       | <i>Erigeron annuus</i> - <i>Artemisia princeps</i> |       |
|------------------------|----------------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|----------------------------------------------------|-------|
|                        | species                          | IV    | species                     | IV    | species                     | IV    | species                                            | IV    |
| Herbaceous communities | <i>Miscanthus sacchariflorus</i> | 61.67 | <i>Scirpus wichurae</i>     | 54.42 | <i>Phragmites japonicus</i> | 48.64 | <i>Erigeron annuus</i>                             | 27.76 |
|                        | <i>Eragrostis curvula</i>        | 14.86 | <i>Polygonum thunbergii</i> | 36.36 | <i>Artemisia capillaris</i> | 35.55 | <i>Artemisia princeps</i>                          | 27.30 |
|                        | <i>Artemisia princeps</i>        | 9.76  | <i>Polygonum sagittatum</i> | 10.95 | <i>Oenothera biennis</i>    | 14.76 | <i>Miscanthus sacchariflorus</i>                   | 10.86 |
|                        | <i>Lespedeza davurica</i>        | 5.42  |                             |       | <i>Conyza canadensis</i>    | 11.37 | <i>Glycine soja</i>                                | 9.36  |
|                        | <i>Imperata cylindrica</i>       | 5.18  |                             |       |                             |       | <i>Ambrosia artemisiifolia</i>                     | 8.91  |
|                        | <i>Phleum pratense</i>           | 5.09  |                             |       |                             |       | <i>Equisetum arvense</i>                           | 7.09  |
|                        |                                  |       |                             |       |                             |       | <i>Lespedeza davurica</i>                          | 5.27  |

| Community<br>Structure | <i>Erigeron annuus</i> - <i>Miscanthus sacchariflorus</i> |       | <i>Oenothera biennis</i> - <i>Phragmites japonicus</i> |       | <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i> |       | <i>Coreopsis lanceolata</i> |       |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                        | species                                                   | IV    | species                                                | IV    | species                                           | IV    |                             |       |
| Herbaceous communities | <i>Erigeron annuus</i>                                    | 29.51 | <i>Phragmites japonicus</i>                            | 55.16 | <i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i> | 29.47 | <i>Coreopsis lanceolata</i> | 29.96 |
|                        | <i>Miscanthus sacchariflorus</i>                          | 28.61 | <i>Oenothera biennis</i>                               | 51.72 | <i>Phalaris arundinacea</i>                       | 21.24 | <i>Chamaecrista nomame</i>  | 26.32 |
|                        | <i>Artemisia princeps</i>                                 | 14.32 |                                                        |       | <i>Humulus japonicus</i>                          | 19.13 | <i>Artemisia princeps</i>   | 25.57 |
|                        | <i>Rubus parvifolius</i>                                  | 12.48 |                                                        |       | <i>Fallopia dumetorum</i>                         | 9.76  | <i>Festuca arundinacea</i>  | 10.37 |
|                        | <i>Imperata cylindrica</i>                                | 11.14 |                                                        |       | <i>Rosa multiflora</i>                            | 9.18  | <i>Oenothera biennis</i>    | 8.25  |
|                        | <i>Oenothera biennis</i>                                  | 9.34  |                                                        |       | <i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>    | 9.07  | <i>Erigeron annuus</i>      | 8.25  |
|                        | <i>Festuca arundinacea</i>                                | 5.06  |                                                        |       | <i>Ambrosia artemisiifolia</i>                    | 8.06  |                             |       |
|                        |                                                           |       |                                                        |       | <i>Carex dimorpholepis</i>                        | 7.52  |                             |       |
|                        |                                                           |       |                                                        |       | <i>Stellaria media</i>                            | 6.74  |                             |       |



환삼덩굴의 경우 왕버들군락에서 7.99, 버드나무군락 9.34, 버드나무-왕버들군락 10.01, 왕버들-버드나무군락 11.05를 나타내며, 다른 종들에 비해 높은 중요치를 나타냈다. 가시박은 왕버들군락에서 12.04, 버드나무군락 6.68, 버드나무-왕버들군락 8.23, 왕버들-버드나무군락 10.66을 보이며 높은 중요치를 보였다.

중층부를 구성하는 관목 우점군락의 중요치는 Table 5와 같다.

층상구조 중층부인 관목층을 구성하는 3개의 군락에서 출현한 종은 총 17종이고, 가장 중요치가 높은 종은 호비수리-큰금계국군락의 호비수리 61.86이고, 그 다음은 호비수리-개망초군락의 호비수리 51.50, 족제비싸리군락의 족제비싸리 50.31로 나타났다. 구담습지는 전반적으로 관목층의 발달이 저조하여 관목이 우점하는 군락이 적고, 관목이 우점하는 군락의 종별 중요치를 살펴보았을 때 관목이 전체 피도의 대부분을 차지하고 있어 중요치가 한층에 편중되는 경향을 보였다. 또한 관목이 우점하는 곳은 하천제방권의 다소 건조한 지역으로 개망초, 큰금계국과 같은 건생초지 식물과 군집을 구성하는 특성을 보였다.

층상구조의 하층부를 차지하는 초본 우점군락의 중요치는 Table 6과 같다.

층상구조 하층부인 초본층은 12개의 군락으로 구성되며, 출현종은 총 49종이었다. 가장 중요치가 높은 종은 달뿌리풀-망초군락의 달뿌리풀로 중요치가 64.87이었고, 달뿌리풀군락에서도 달뿌리풀이 64.43으로 높은 중요치를 보였다. 그 외에도 물억새군락의 물억새가 61.67, 방울고랭이군락의 방울고랭이가 54.42, 달맞이꽃-달뿌리풀군락의 달맞이꽃이 51.72 등 높은 중요치를 나타냈다. 초본층은 중요치를 통해서도 습생초지군락과 건생초지군락으로 양분화되는 경향성이 나타났다. 습생초지군락에서는 달뿌리풀, 물억새 등의 다년생습생초지식물들이 다른 종에 비해 압도적으로 높은 중요치를 보이며, 습한 환경에서의 우점을 확인할 수 있었다. 반면 건생초지에서는 개망초, 개밀, 큰금계국, 달맞이꽃 등의 일년생건생초지식물이 우점을 하였고, 중요치는 군락내에서 크게 높지 않고 다른 종과 고르게 분포한다는 것을 알 수 있다.

### 3.2.3 Ordination 분석

종다양도와 중요치를 통해 구담습지의 식생군락이 층상구조에 따라 분화됨을 알 수 있었다. 이러한 층상구조 형성에 영향을 끼치는 환경인자를 서열법을 통해 알아본 결과는 다음과 같다. 전체 방형구를 환경요인에 따른 분포로 배열한 결과, Hierarchy(계층 세분화정도)가 0.8184로 Axis I과 가장 큰 연관성을 나타냈고, 그 다음은 Tree1(교목의 존재유무), slope(경사도) 순으로 나타났다(Fig. 5). Axis II는 Herbaceous II층 0.4950이 가장 높은 연관성을 보였다. Figure 4에서 보듯이 방형구의 분포는 공간상에 크게 4가지 group으로 나뉘는 것을 볼 수 있다. 가장 우측에 분포하는 group은 교목성 버드나무속으로 구성된 수직구조의 상층부 group으로 나타났다. 중간에 분포하는 group은 수직구조에서 하층부를 차지하는 초본층으로 대부분이 습생초지식물로 나타났다. 가장 좌측에 분포하는 group은 역시 수직구조 하층부를

차지하는 초본층으로 건생초지식물이 주로 분포하는 것으로 나타났다. 마지막으로 가장 하위에 위치한 방형구는 수직구조 중층부를 차지하는 관목층으로 빈약한 구성을 나타냈다.

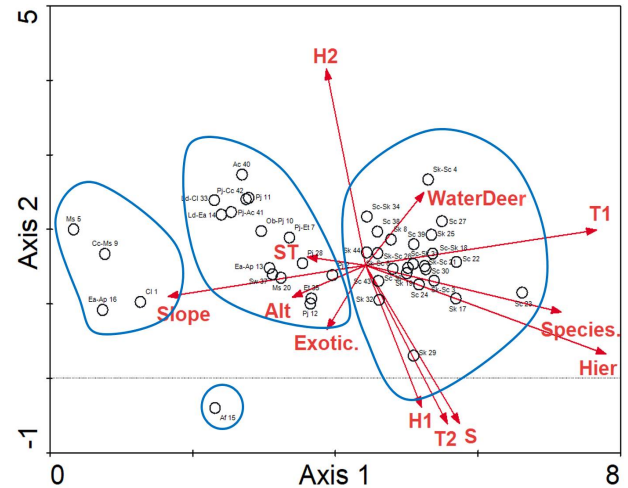


Fig. 5. Detrended canonical correspondence analysis of recorded community with environmental factors(T1: Tree1, 0.7833, T2: Tree2, 0.2816, S: Shrub, 0.3221, H1: Herbaceous1, 0.1930, H2: Herbaceous2, -0.1372, Alt: Altitude, -0.2480, Slope: Slope, -0.6694, Hier: Hierarchy, 0.8184, Species: Number of species, 0.6663, Exotic: Exotic species, -0.1298, ST: Soil texture, -0.1978, Waterdeer: the impact on *Hydropotes inermis*, 0.1974).

The figure after environmental factors is the correlation coefficient with the first axis. The contour lines indicate the clustering of communities by similar species composition.

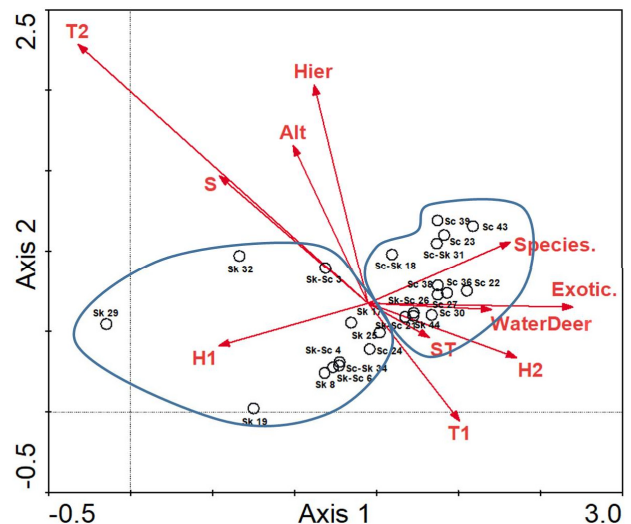


Fig. 6. Detrended canonical correspondence analysis of Tree communities with environmental factors(T1: Tree1, 0.1312, T2: Tree2, -0.5189, S: Shrub, -0.2696, H1: Herbaceous1, -0.4270, H2: Herbaceous2, 0.3372, Alt: Altitude, -0.0498, Hier: Hierarchy, 0.0601, Species: Number of species, 0.4287, Exotic: Exotic species, 0.5304, ST: Soil texture, 0.1281, Waterdeer: the impact on *Hydropotes inermis*, 0.3159).

The figure after environmental factors is the correlation coefficient with the first axis. The contour lines indicate the clustering of communities by similar species composition.



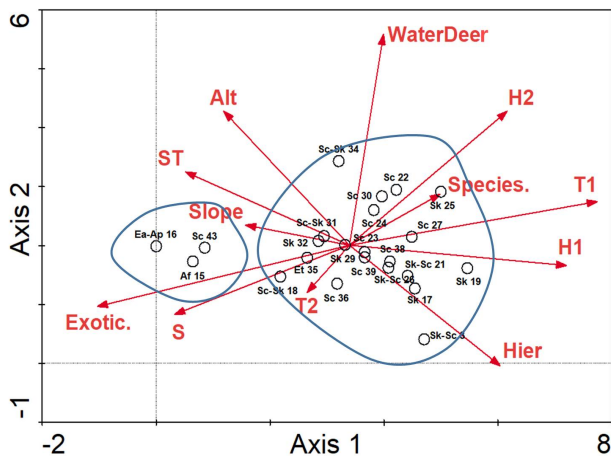


Fig. 7. Detrended canonical correspondence analysis of shrub communities with environmental factors(T1: Tree1, 0.6610, T2: Tree2, -0.1209, S: Shrub, -0.4735, H1: Herbaceous1, 0.5682, H2: Herbaceous2, 0.4409, Alt: Altitude, -0.3067, Slope: Slope, -0.2699, Hier: Hierarchy, 0.3751, Species: Number of species, 0.2489, Exotic: Exotic species, -0.6760, ST: Soil texture, -0.4184, Waterdeer: the impact on *Hydropotes inermis*, 0.1287). The figure after environmental factors is the correlation coefficient with the first axis. The contour lines indicate the clustering of communities by similar species composition.

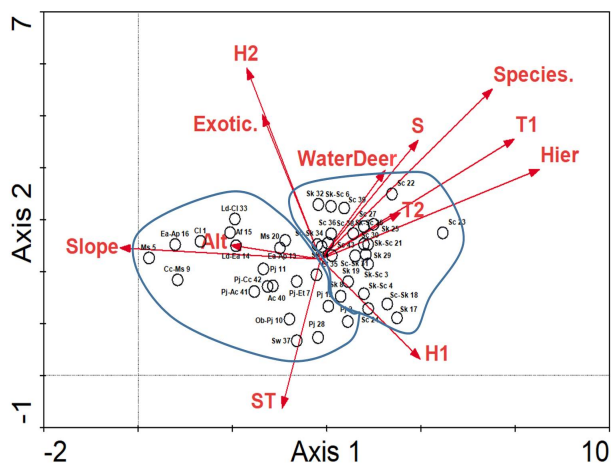


Fig. 8. Detrended canonical correspondence analysis of herbaceous communities with environmental factors(T1: Tree1, 0.6790, T2: Tree2, 0.2786 S: Shrub, 0.3450, H1: Herbaceous1, 0.3411, H2: Herbaceous2, -0.2471, Alt: Altitude, -0.3103, Slope: Slope, -0.6963, Hier: Hierarchy, 0.7653, Species: Number of species, 0.6055, Exotic: Exotic species, -0.1952, ST: Soil texture, -0.1414, Waterdeer: the impact on *Hydropotes inermis*, 0.2287). The figure after environmental factors is the correlation coefficient with the first axis. The contour lines indicate the clustering of communities by similar species composition.

수직구조의 상층부를 차지하는 교목 수목이 포함된 방형구와 환경요인의 관계를 공간상에 배열한 결과, Exotic species (외래식물 출현)이 0.5304로 Axis I과 가장 큰 연관을 가지고 있는 환경요인이었고, 그 다음으로는 Number of species

(출현종 수)가 0.4287이었다(Fig. 6). Axis II는 Hierarchy가 0.5617의 값을 나타냈다. Fig. 6을 보면 상층부를 구성하는 교목층 우점군락은 우측 왕버들 우점군락과 좌측 버드나무 우점군락으로 양분되는 것을 확인할 수 있다.

수직구조의 중층부를 차지하는 관목층 수목이 포함된 방형구와 환경요인과의 관계를 서열법으로 살펴보면 교목층과 혼합된 group과 관목림만으로 구성된 group으로 나뉘었다(Fig. 7). Axis I과 가장 큰 연관을 가진 환경요인은 Exotic species(외래종 수)로 -0.6760이었고, 뒤를 이어 Tree1(교목층1)이 0.6610이었다. Axis II와 연관이 있는 요인은 WaterDeer(고라니 영향)로 0.3861이었다. 고라니의 영향을 자세히 살펴보기 위해, 고라니의 영향을 받은 방형구의 관목층 피도 평균과 고라니의 영향을 받지 않은 방형구의 관목층 피도 평균을 비교한 결과,  $p < 0.1$ 보다 작은 값이 나와 차이는 있는 것으로 나타났다.

수직 구조의 하층부를 차지하는 초본층을 포함한 군락들과 환경요인과의 관계를 서열법으로 공간에 배치하였다(Fig. 8). Axis I과 가장 큰 연관을 갖는 요인은 Hierarchy(계층 세분화 정도)로 0.7653을 나타냈고, 뒤를 이어 Slope(경사도)가 -0.6963을 나타내며 높은 연관성을 보였다. Axis II와 연관을 갖는 환경요인으로는 Herbaceous2(초본층2)가 0.5146으로 높은 수치를 보였다. 공간 배열을 살펴보면, 우측에는 canopy층이 발달한 곳의 하부층을 형성하는 초본이 우점한 군락이 group을 형성하였고, 좌측에는 상층부나 중층부를 차지하는 교목과 관목없이 오직 초본이 우점하는 군락이 group을 형성하여 분포하는 것을 확인할 수 있었다.

## 4. 결 론

구담습지의 식생은 상관적 관점으로 보았을 때, 하도 습지의 지형적 단면 유형에 따라 수직 구조로 분화되는 것을 알 수 있었다. 하도 습지의 지형적 단면 유형은 수증권, 수변권, 고수부지권, 하천제방권으로 나뉘지는데(Lee and Kim, 2005), 수변권에는 수직 구조의 하층부인 초본우점 군락 가운데 습생초지 식물이 우점하였고, 고수부지권에는 수직 구조의 상층부인 교목우점 군락이 발달하였다. 하천제방권에는 수직 구조의 중층부를 구성하는 관목우점 군락과 하층부를 차지하는 초본우점 군락이 나타났는데, 관목우점 군락의 발달은 미비하였고, 초본우점 군락은 건생초지 식물이 주로 나타났다. 전체 방형구를 서열법(Ordination)으로 분석한 결과를 살펴봐도 교목성 버드나무속으로 구성된 상층부, 발달이 저조한 관목성 식물로 구성된 중층부, 습생 초본식물이 우점하는 하층부와 건생 초본식물이 우점하는 하층부로 수직 구조에 의해 세분화되는 것을 볼 수 있다.

수직구조의 상층부를 차지하는 교목우점 군락은 교목성 버드나무속에 속하는 버드나무, 왕버들이 가장 큰 중요치를 보였고 그 뒤를 이어 습생초지식물인 갈풀, 달뿌리풀과 건생초지식물인 개밀 등이 높은 중요치를 나타냈다. 이는 교목우점 군락이 발달한 고수부지권의 환경적 특징인 습지와 육상의 점이지대적 성격이 드러나는 것으로 건생과 습생의 식물이 혼생하여 종다양도

지수도 가장 높은 값을 나타냈다. 또 하나 특징적인 것은 외래식물에 의한 교목우점 군락의 분화이다. 가시박과 같은 외래식물은 모든 교목우점 군락에서 높은 중요치를 나타냈는데 서열법에 따르면 교목층 군락을 나누는 가장 큰 요인이 가시박과 같은 외래식물 출현에 따른 것으로 나타났다. 따라서 교목우점 군락의 식생 모니터링을 통해 습생식물과 육상식물의 구성비를 검토하여 습지의 건조화를 예측하고 대비해야 할 필요가 있으며, 외래식물의 번식이 다른 상층부 식물들에게 미치는 영향을 분석하여 외래식물 개체 수 조절에 대한 대책을 강구해야 한다.

수직구조의 중층부를 차지하는 관목우점 군락은 호비수리, 족제비싸리와 같은 관목이 가장 높은 중요치를 보였고 뒤를 이어 건생초지식물인 개망초, 큰금계국, 돼지풀 등이 비교적 낮은 중요치를 나타냈다. 관목우점 군락은 관목성 식물이 압도적으로 큰 피도를 차지하여 중요치가 편중되어 있고, 이는 매우 낮은 종다양도 지수로 나타났다. 또한 중요치가 높은 종으로 족제비싸리, 개망초, 큰금계국, 돼지풀 등 외래식물이 많아 향후 서식면적 확대에 따른 토착종 면적 축소 및 위협이 예상된다. 이와 더불어 서열법 분석 결과 고라니에 의한 교란이 관목우점 군락 구조 형성에 기여하는 것으로 나타났다. 고라니에 의한 교란 정도가 우려되는 정도는 아니지만, 계속적인 모니터링으로 고라니에 의한 군락 구조의 변화 양상을 살펴볼 필요가 있다.

수직구조의 하층부를 차지하는 초본우점 군락은 달뿌리풀이 가장 높은 중요치를 나타냈으며, 뒤를 이어 물억새, 방울고랭이, 달맞이꽃 등이 높은 중요치를 보였다. 종다양도 지수에 따라서 초본군락은 양분되는 경향을 보였는데, 달뿌리풀과 물억새 등 습생초지가 우점하는 군락은 종다양도 지수가 낮았고, 개망초, 개밀, 큰금계국, 달맞이꽃이 우점하는 건생초지는 종다양도 지수가 높았다. 이는 수변권에 주로 분포하는 습생식물들은 습한 환경에 적응한 종으로 편중되는 경향을 보여 종다양도가 낮았고, 하천제방권에 주로 분포하는 건생식물들은 습생식물과 육상식물들이 중첩되는 환경과 인위적 교란이 많은 가장자리에 분포하기 때문에 종다양도가 높게 나타난 것이다. 서열법에 따른 분석에서는 경사도라는 환경인자가 다층구조로 된 군락과 단층구조로 된 군락으로 나누는 중요 요인으로 나타났는데, 이는 다층구조로 된 군락은 교목층이 자라는 수변권과 고수부지권으로 경사가 거의 없으며, 단층구조로 된 건생초지 식물이 자라는 하천제방권은 제방사면의 경사가 크기 때문에 나타난 결과라고 볼 수 있다. 하천제방권 제방사면에 주로 분포하는 건생초지 군락은 하천제방권 상부에 위치한 자전거 도로 및 각종 인위적 시설과 맞닿아 있어 인위적 교란에 쉽게 노출된다. 이는 장시간이 지날 경우 외래식물이나 생태계교란생물에 의한 종다양성 획일화를 불러오거나 외래식물과 생태계교란생물의 서식 면적 확대와 같은 문제에 직면할 수 있다. 따라서 본 습지의 생물 다양성과 피해 면적 축소를 고려하였을 때 인위적 교란 문제를 해결하기 위한 적극적인 대처가 필요하다.

## References

- Ann, BY, Kim, TM, Hong, SJ, Kim, GH, Kim SJ, Kim JG and Kim, HS (2014). Study on River Management Plan Considering Ecological Preservation and Flood Control of Riverine Wetland, *Journal of Wetlands Research*, 16(4), pp. 463-476. [in Korean with English abstract] DOI: <https://doi.org/10.17663/JWR.2014.16.4.463>
- Brower, JE, Zar, JH and von Ende, CN (1998). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*, Kane, KT, The McGraw-Hill Companies, Inc, USA.
- Cho, H (2009). Sand-gravel bars of mountainous rivers and their genetic association with geomorphological traits of drainage basin-Case study of some major rivers in South Korea-, Ph.D. Dissertation, Korea National University of Education. [Korean Literature]
- Chun, SH, Ko, SH, Ahn, HK and Chae, SK (2011). Naturalness Assessment of Riverine Wetland by Vegetational Prevalence Index, *Journal of Wetlands Research*, 13(3), pp. 535-545. [in Korean with English abstract] DOI: <https://doi.org/10.17663/JWR.2011.13.3.535>
- Gong, GJ (2005). A study on the Wetland Classification in the Wetland Conservation Act, *Ocean Policy Research*, 20(1), pp. 97-122. [in Korean with English abstract]
- Kang, YH (2012). Fish fauna and structural change of the fish community in the Nakdong River, Ph.D. Dissertation, Kyungpook National University. [in Korean with English abstract]
- Kim, KD (2007). A Study on the Vegetation Ecological Characteristics and Management of Ansan Reclaimed Wetlands, *Korean Journal of Environment and Ecology*, 21(4), pp. 318-335. [in Korean with English abstract]
- Kim, TM, Hong, SJ, Kim, JW, Kim, JG and Kim, HS (2015). Function Assessment of Imjin Riverine Wetland by Modified HGM Method, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 14(14), pp. 128. [Korean Literature]
- Kwon, DH (2006). Results of the Research on Korea's Wetlands and Tasks. *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 13(1), pp. 25-34. [in Korean with English abstract]
- Lee, JE, Kim, JS (2001). The Benthic Macroinvertebrates Community of Gudam Swamp(Andong, Gyeongsanbuk-do), *Journal of Wetlands Research*, 3(1), pp. 19-28. [in Korean with English abstract]
- Lee, JI, Lee, GS, Ahn, HK and Ha, SR (2011). Estimation of Habitats Suitability Index based on Hydraulic Conditions, *Journal of Wetlands Research*, 13(1), pp. 149-160. [in Korean with English abstract] DOI: <https://doi.org/10.17663/JWR.2011.13.1.149>
- Lee, YK, Kim, JW (2005). *Riparian vegetation of South Korea*, Keimyung University Press. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE) (2011). *Guideline of National Wetland Survey Protocol*, Ministry of Environment. [Korean Literature]

- Ministry of Environment (MOE) (2009). *Nakdong River Major Wetlands Survey Report (2009.10): Geomam Wetland, Gudam Wetland, Haepyeong Wetland, Dalseong Wetland*, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Land Infrastructure and Transport (2010). *4 Rivers Guide*. <http://www.riverguide.go.kr>. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology (2015). *The 4th National Ecosystem Survey in Korea*, National Institute of Ecology. [Korean Literature]
- Park, EJ, Kim, SH and Yun, KS (2005). Geomorphic Landscape of Riverine Wetland in the Large River Upper Stream, Korea Peninsula-The case of Riverine Wetland in the Youngsan River Upper Stream-, *The Geographical Journal of Korea*, 39(4), pp. 469-478. [in Korean with English abstract]
- Park, YS, Song, HK, Yee, S and Lee, MJ (2001). An Analysis of Vegetation Structure and Vegetation-Environment Relationships with DCCA in the Valley Part of Kyeryongsan National Park, *Journal of Korean Society of Forest Science*, 90(3), pp. 249-256. [in Korean with English abstract]
- Sakio, H, Nakamura, F, Oshima, Y (1995). Overview of studies on riparian vegetation: past, present and future perspectives, *Japanese Journal of Ecology*, 45, pp. 291-294 [in Japanese with English abstract]
- Woo, HS, Park, MH, Cho, KH, Cho, HJ, Chung, SJ (2010). Recruitment and Succession of Riparian Vegetation in Alluvial River Regulated by Upstream Dams-Focused on the Nakdong River Downstream Andong and Imha Dams-, *Journal of Korea Water Resources Association*, 43(5), pp. 455-469. [in Korean with English abstract] DOI: <https://doi.org/10.3741/JKWRA.2010.43.5.455>
- Yeom, JH, Kim, TS (2016). Improvement of Functional Assessment for Riverine Wetlands using HGM Approach, *Journal of Wetlands Research*, 18(4), pp. 378-385. [in Korean with English abstract] DOI: <https://doi.org/10.17663/JWR.2016.18.4.378>
- Yeon, JI (2004). The study of vegetation diversity and bird biotope on stream channel characters in Geum-River, MA Dissertation, Chungnam National University. [in Korean with English abstract]