

절멸위기종 낙지다리 자생지의 식생구조 및 환경특성*

- 일본 茨城縣 南部를 중심으로 -

강현경* · 大黒 俊哉** · 井手 任**

*도시생태연구소 L·E·T

**일본 농업환경기술연구소

Vegetation Structure and Environmental Characteristics of Native Habitats for a Vulnerable Plant Species "*Penthorum chinense*" - A Focus on the Southern Part in Ibaraki, Japan -

Kang, Hyun-Kyung* · Ohkuro, Toshiya** · Ide, Makoto**

*Urban Ecological Institute L·E·T

**National Institute for Agro-Environmental Sciences, Japan

ABSTRACT

This study was conducted for an understanding of a threatened plant species, '*Penthorum chinense*', which is a vegetation structure and environmental characteristic in the southern part of Ibaraki, Japan. We selected the distribution and the contiguity area where *P. chinense* is not distributed, and we set up 69 sites by the quadrat method.

The surveyed general characters in each site include mean-height, mean-coverage, moisture condition, water depth, coverage and depth of litter layer. We calculated the degree of succession by the survey data and grasped the main distribution area, vegetation structure, growth environment of *P. chinense* by TWINSpan classification and DCA ordination.

The results of this study are as follows. First, *P. chinense* habitat was categorized into the riverside and abandoned paddy fields. The riverside was influenced by natural disturbance caused by flooding and drought. These conditions led to a poor *P. chinense* growth. The abandoned paddy fields as the artificial disturbance area have high potential value, because the area can preserve *P. chinense* growth space by succession control

* : 이 논문은 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연수지원에 의하여 연구되었음.

and water management.

Second, we executed TWINSpan analysis based on vegetation coverage data of survey sites. The vegetation types were classified into the three categories: annual plant flora (*P. chinense* dominates in wet state), perennial plant flora (*Solidago altissima* dominates in dry state), and perennial plant flora (*Phragmites communis* dominates in wet state).

Third, the data was ordinated by DCA. The sample sequences along the first and second DCA axes effectively reflected moisture condition, number of species, mean height, coverage of litter layer and degree of succession. Especially, *P. chinense* flora has the high correlation with moisture condition and number of species.

Key Words : *Penthorum chinense*, Abandoned Paddy Fields, Moisture Condition, Degree of Succession

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

농촌공간은 취락, 논·밭 등의 경작지, 산림 등의 다양한 구성요소를 지니고 있는 경관이며, 인간과 자연의 상호작용에 의해 형성되어진 문화경관으로 보전대상이 되어왔다. 특히, 기존의 농림지는 보수(保水), 홍수조정, 국토보전, 환경보전, 경관보전, 생태계보전 등의 중요한 공익적 기능을 담당하여 왔다(丸山 등, 1996; 中島, 1999). 이러한 농촌공간의 기능에서 생태계 보전 기능은 최근, 증가하고 있는 휴경답에 관한 새로운 활용 및 재평가 측면에서 더욱 부각되어지고 있다.

특히, 일본에서는 휴경답에 대한 생태적 중요성을 인식하고 생물종 보전, 생태적 네트워크 및 생물종다양성, 생태공원 등의 생태적인 연결공간으로서 방치된 경작지나 늪 등은 작은 소동물, 수서생물들에게는 중요한 서식처가 되고 있는 잠재공간으로 평가하고 있다. 즉, 휴경답을 생물상 보전 및 생물다양성의 공간으로서, 비오름의 창출·복원을 통한 자연과 인간의 교류의 장으로서 해석하는 생태적 사고에서 출발하고 있는 것이다.

1980년대 후반, 일본의 농촌공간은 복잡한 모자이크 구조로서 인간과 생물이 공존하는 가운데 유지되어온 다양한 생물의 서식공간으로서 인식되었으며, 1990년대에 이르러 방치된 논이나 밭, 방목지 등의 이용에 따른 농촌환경의 변화에 대한 문제가 도출되어, 농림지를

생물상 혹은 경관의 관점으로부터 보전하려는 필요성이 높아졌고, 식생관리나 보전대상종의 서식공간으로서 구체적인 방법제시에 관한 연구가 활발히 이루어져 왔다(深町, 2000).

특히, 농촌공간의 생물종다양성의 관점에서 有田와 小林(2000)는 휴경답, 논 및 밭둑, 수로 등의 식생조사를 실시한 결과, 2차림과 연결된 계곡부 휴경답의 종다양성이 가장 높은 것으로 평가되었고, 土田 등 (1997)은 농촌지역내 생물상이 다양한 휴경답에 있어서 야생초지, 나비원, 연못비오름을 인위적으로 만들어 생물상의 변화를 비교, 평가하였다.

또한, 휴경답의 생물종 보전에 관한 연구(角野, 1998; Sato and Maruyama, 1996)로서, 휴경답내에 조류, 곤충류, 습지식물 등의 다양한 희귀식물의 분포현황을 밝히고, 보전가치의 중요성을 강조하였다. 이러한 특정종 보전을 위하여 日置 등(1999)은 생태적 입지구분에 따른 적정한 보전, 비오름 계획의 필요성을 제시하였으며, 관리방안으로서 淺見 등(2001)은 휴경중인 논외의 식생관리를 통한 수생식물의 종 다양성 유지 시스템을 개발하였고, 大黒(2000)는 생물상을 동적으로 보전하기 위한 순환형 관리방법을 제안하였다.

최근, 하천개수 및 습지매립 등에 의해 자연습지가 감소되고 있는 가운데, 휴경답이나 경작방치지는 습지의 생물다양성 관점에서 생물상 보전지, 희귀식물의 대체 서식지로서의 새로운 평가를 받고 있으며, 보전을 위한 구체적인 관리수법 등의 제안, 검토가 요구되어지

고 있다. 이러한 휴경답 및 경작방치지를 생물서식공간으로서 정비, 보전하기 위해서는 보전대상생물의 생태적 특성의 파악과 휴경답 및 경작방치지에 있어서의 특유의 입지특성을 상세히 평가할 필요가 있는 것이다. 즉, 희귀식물을 둘러싸고 있는 생물간의 상호작용의 해명과 개별종의 상태를 밝히는 것이 희귀식물의 종합적인 보전을 위해서도 매우 절실한 과제인 것이다(倉本 등, 2001).

이러한 희귀식물 보전의 관점에서, 본 연구는 일본의 이바라키켄(茨城縣) 남부를 중심으로 절멸위기식물인 낙지다리(*Penthorum chinense*)의 분포현황에 따른 식생구조 및 환경특성의 도출을 목적으로 실시하였다.

낙지다리는 들나물과로 동아시아에 자생하며, 습지에서 자라는 다년초로서(이창복, 1993), 일본에서는 하천변이나 늪, 휴경답의 습한 환경에서 분포하는 것으로 알려져 있으며(Ikeda and Itoh, 2001), 일본내에서는 북쪽지역인 아오모리켄(靑森縣)에서 남서쪽의 지역에 걸쳐 분포하고 있고, 한국 및 중국에 생육하고 있는 식물로 보고되고 있다(大場, 1992).

현재, 하천개수 및 습지매립 등에 의한 생육지의 감소에 따른 Red Data Book의 절멸위기 II류에 속해 있으므로(環境廳野生生物課編, 2000) 낙지다리의 하천변 분포동향 및 발아, 생육특성 등의 실험·기초조사의 수행결과가 보고되고 있다(大村 등, 2002). 특히, 번식방법에서 낙지다리는 실생묘 육성이 가장 최적이거나, 포트식재도 잘 되는 것으로 발표되었다(米村 등, 2000).

한국에서도 서울지역의 생태계보전지역으로 설정된 암사 한강시민공원 광나루지구와 송파구 가락동과 강남구 수서동 사이의 탄천에서 희귀식물 낙지다리가 생육하고 있는 것으로 보고되었다(동부신문, 2002a; 동부신문, 2002b). 낙지다리는 산림청에서 지정된 희귀식물의 보존순위 144위로서 보전을 위한 지속적인 조사 및 모니터링이 필요한 종이나(산림청, 1996) 현재, 희귀식물에 있어서는 국립공원 등의 산림내 목본을 중심으로 하는 생육특성 및 복원계획이나, 환경조건을 제시한 연구보고(임경빈 등, 1994; 이유미와 김성식, 1997; 김용식 등, 1997; 김계환과 박종민, 1998; 박종민, 1998) 등에 제한되어 있어 경작방치된 논이나 밭 등의 휴경답내의 희귀식물별 개체군의 특성에 대한 자료축적은 전무

한 실정이다.

최근, 휴경답이 새로운 생물종다양성의 잠재공간, 희귀식물의 서식지로서, 새로운 대안 및 관리방법이 요구되어지고 있다. 따라서 본 연구는 일본의 이바라키켄(茨城縣) 남부내 낙지다리가 분포하고 있는 하천변, 휴경답의 현황조사를 토대로 식생구조 및 생육에 적합한 환경특성을 파악하여 향후, 보전지침을 위한 적용방안을 제시하고자 한다.

II. 연구범위 및 방법

1. 연구범위

본 연구대상지는 일본 동경도시에 해당되는 이바라키켄(茨城縣)으로 온화한 기후와 180km에 이르는 긴 해안선, 쓰쿠바(つくば)산이나 카스미가우라(霞ヶ浦), 토네가와(利根川) 등의 호수, 하천이 풍부한 자연자원과 광대한 농경지가 있는 전국 5위의 1차 산업지역이다(東洋經濟新報社, 2002).

조사지는 이바라키켄(茨城縣) 남부지역으로 호수인 카스미가우라(霞ヶ浦), 우시쿠누마(牛久沼), 토네가와(利根川) 및 지류인 코가이가와(小貝川), 키누가와(鬼怒川)가 흐르고 있으며, 경작지와 휴경답이 산재되어 있다. 구체적인 조사지역은 휴경답과 하천변으로 구분하였으며, 19개 지역내에 69개의 조사구를 설정하였다(그림 1 참조).

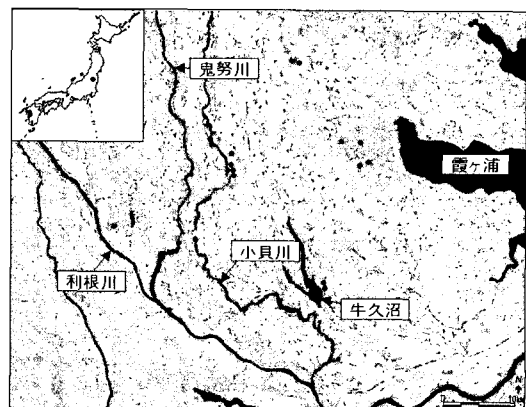


그림 1. 이바라키켄(茨城縣) 남부지역의 조사지 위치도

내용적 범위는 일본의 절멸위기식물인 낙지다리의 보전방안을 위한 현장조사를 통하여, 낙지다리 생육지와 그 생육지에서 인접한 지역이나, 낙지다리가 생육하지 않는 지역으로 구분하여 실시하였다. 특히, 낙지다리는 갈대 및 양미역취 우점지역내에서도 담수상태이거나 갈대 및 양미역취의 밀도가 낮은 지역에서는 생육하고 있었다. 따라서 현장조사시, 낙지다리생육지 및 그 생육지와 인접한 지역의 갈대 및 양미역취 우점지역을 구분하여 실시하였다.

조사항목은 수분상태, 수심 및 군락의 평균높이 · 피도, 부식층 깊이 · 피도 등의 환경특성조사도 병행하여 낙지다리의 생태적 특성 및 생육환경 조건을 파악하여 보전 및 관리방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구방법

조사지 69개 지점에 있어서 낙지다리가 분포하는 지역과 분포하지 않는 인접지역을 대상으로 1m×1m의 방형구를 설정하였다. 식생조사는 전체 출현종에 대한 초고 및 피도를 조사하였으며, 평균 군락고 및 군락피도를 산정하였다. 환경특성으로서 수분상태는 건조~담수에 이르는 5단계로 구분하여 조사하였으며, 수심을 측정, 또한 부식층의 피도 및 깊이를 측정하였다. 위의 조사는 2002년 6월~7월에 걸쳐 실시하였다.

식생자료를 토대로 Numata(1971)의 방법에 의거하여 천이도(Degree of Succession, DS)를 계산하였으며 7단계로 구분하였다.

$$\text{천이도(DS)} = [(\sum d)/n] \times v \quad (\text{식 1})$$

d : 적산우점도, l : 생존년의 한계(생활형으로 구분: 1년생 식물=1, 다년생 식물=10, 관목=50, 야목 및 교목=100), n : 종수, v : 식피율

또한, 식생자료를 기초로 하여 분류(classification)분석은 TWINSPAN(two way indicator species analysis: TWINSPAN)(Hill, 1979a)방법을 이용하여 군락유형을 구분하였으며, 분류된 식물군을 서열(ordination)분석인 Hill(1979b)의 DCA(detrended correspondence analysis: DCA)의 좌표평면상에 배치하여 환경특성과

의 대응관계에 대하여 파악하였다. 이상의 분석은 PC-ORD(McCune and Mefford, 1999)를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사대상지 개황

본 조사대상지는 51개소의 휴경답, 17개소의 하천변 지역, 1개소의 논둑으로 구분하여 총 69개소를 조사하였다.

각 조사대상지의 환경특성을 살펴보면 휴경답과 하천변 지역은 평균수심이 각각 0.5cm, 0.3cm로 담수상태이었다. 부식층의 평균깊이 및 평균피도를 살펴보면, 휴경답과 하천변이 2.7~3.1cm, 34.3~41.2%로 비슷한 양상을 나타내었다. 군락고는 갈대가 우세하거나 왕버들 등, 목본으로의 천이가 진행되고 있는 하천 주변부가 양미역취 및 부들이 우점하고 있는 휴경답보다 높은 양상을 나타내었다. 군락 피도는 휴경답(82.6%)이 하천 주변부(77.1%)보다 높았으며, 논둑에서도 50%이상의 피도를 보였다(표 1 참조).

표 1. 조사대상지의 환경특성

조사 대상지	수심 (cm)	부식층 깊이 (cm)	부식층 피도 (%)	군락 고 (cm)	군락 피도 (%)	주요 내용
휴경답	0.5	2.7	34.3	167.0	82.6	· 논잡초를 중심으로 하는 습지형 1년생 식물 · 양미역취군락, 갈대군락의 산재
하천 주변부	0.3	3.1	41.2	194.5	77.1	· 홍수로 인한 낙지다리군락지 소실 · 천이진행으로 인한 갈대군락지 및 왕버들·갯버들의 우점화가 강해짐
논둑	0	0	0	40.0	63.3	· 논과 경계부, 낙지다리가 소수 분포하는 경향 · 경작을 위한 유지관리로 낙지다리의 소실위험이 높은 지역

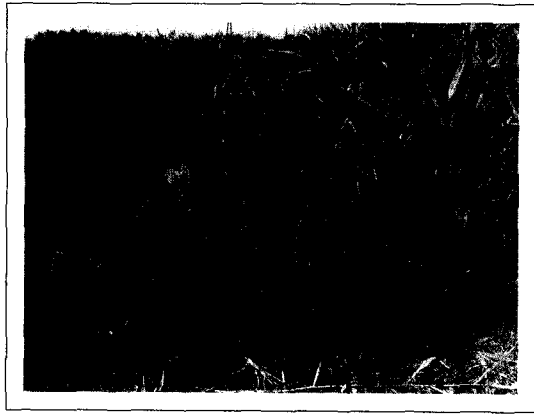


그림 2. 갈대 우점지역의 낙지다리 생육현황

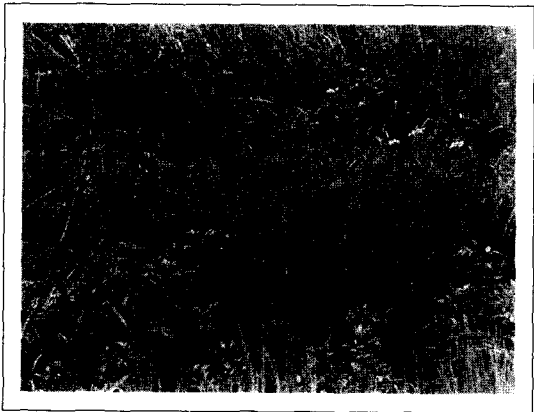


그림 3. 양미역취 우점지역의 낙지다리 생육현황

본 조사대상지에 있어 휴경답은 논잡초를 중심으로 하는 습지형 1년생 초본이 우세한 지역으로, 양미역취 및 갈대로의 천이진행지역이 많이 분포하는 경향을 나타내었다. 휴경답은 불규칙적인 유지관리 및 하에작업 등의 가능성이 높은 지역으로 인위적인 교란지역으로 판단할 수 있었다. 하천변은 홍수로 인한 나지화된 지역과 천이진행으로 인한 갈대 및 왕버들·갯버들 등의 목본이 침입한 지역도 상당히 분포하고 있었다. 특히, 하천변은 홍수로 인한 하천범람 등의 자연적인 교란의 가능성이 높은 지역이었다. 그외 논둑은 경작을 위한 지속적인 유지관리가 이루어지고 있으므로 낙지다리의 생육은 어려울 것으로 판단되었다.

2. 조사구의 분류 및 서열분석

군락유형의 특성을 파악하기 위하여 전 조사구의 피도자료를 이용하여 TWINSpan에 의한 분류분석을 실시하였다. 분석에 있어서 피도를 0%, 5%, 25%, 50%, 75%로 구분하여 1~5계급치로 전환하였다.

그림 4는 TWINSpan에 의한 분리과정과 분리에 적용된 종(Pseudospecies)을 나타낸 것으로 낙지다리의 생육지역과 그 생육지에서 인접한 지역내 낙지다리가 생육하지 않는 지역으로 크게 구분되어 나뉘어졌다. 제 1 분리단계에서는 낙지다리가 출현하였으나 주로 습성 1년생 식물이 우점하는 지역(1P)과 건성 다년생 식물인 양미역취를 중심으로 하는 지역(1N)으로 크게 구분되어졌다.

제 2 분리단계에서는 낙지다리가 알방동사니, 참방동사니, 바람하늘지기, 돌피 등의 1년생 식물과 생육하는 지역(3P)과 양미역취를 중심으로 다년생 식물이 생육하는 지역(3N)으로 구분되었다. 양미역취를 중심으로 하는 조사구(1N)에서는 갈대가 우점하고 있는 지역(2N)으로 재분리되었다.

제 3 분리단계에서는 양미역취 분포지내에서 미국가막사리 등, 습한 환경에서도 생육이 양호한 식물이 우점하는 지역(5P), 비수리 및 계요등과 같이 건조환경에서도 생육이 양호한 식물이 우점하는 지역(5N)으로 분

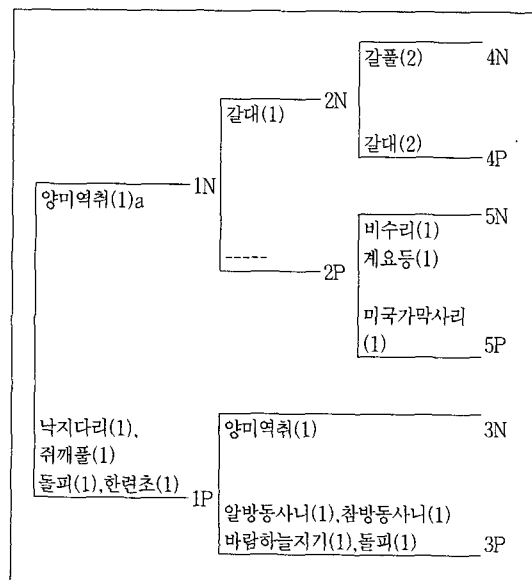


그림 4. 조사지의 분류분석 (TWINSpan)

*: 피도 1: <5%: 2: 5-25%: 3: 25-50%: 4: 50-75%: 5: 75% <

리되었다. 갈대중심의 분포지내에서도 갈대가 우점하는 지역(4P), 갈풀이 우점하는 지역(4N)으로 구분되었다. 따라서 조사구내에 있어서 각 단계의 분포현황을 살펴볼 때, 다년생 식물인 낙지다리가 고르게 분포하지만, 주로 습성 1년생 식물이 우점하는 군락(3P, 3N), 양미역취를 중심으로 하는 건성 다년생 식물이 우점하는 군락(5N, 5P), 갈대 및 갈풀을 중심으로 하는 습성 다년생 식물군락(4N, 4P)으로 분리되었다.

그림 5에서는 TWINSPAN 분류법에 의해 구분된 식물군을 DCA의 좌표평면에 배치하여 환경특성과 제 1축, 제 2축과의 대응관계를 파악하였다. DCA에 의한 서열분석에서도 분류분석의 결과와 같이 제 1축(고유치: 0.51), 제 2축(고유치: 0.33)을 중심으로 습성의 1년생 식물군락(3P, 3N), 건성의 다년생 식물군락(5P, 5N), 습성의 다년생 식물군락(4P, 4N)으로 구분되었다(그림 5 참조). 제 1축의 조사구 점수가 200~250사이에서는 일부, 세 개의 식생유형이 산재되어 나타났다. 즉, 낙지다리가 주로 분포하는 습성 1년생 식물군락은 양미역취 및 갈대의 다년생 식물군락지와 인접해 있었으므로, 일부 지역은 천이진행에 의해 갈대나 양미역취가 우점하는 경향이 나타났다. 따라서 낙지다리는 다년생 식물에 속하나, 1년생 식물과 함께 양호한 생육을 보이고 있었으므로 천이초기단계의 식물로 판단되었다.

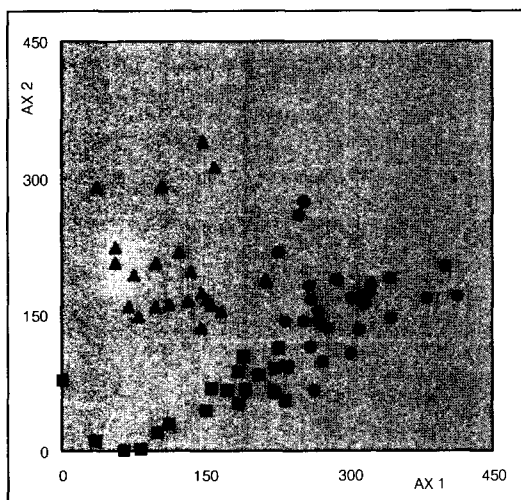


그림 5. 조사지의 서열분석 (DCA)

법례: ●: 습성 1년생 식물군락(3P, 3N); ■: 건성 다년생 식물 군락(5P, 5N); ▲: 습성 다년생 식물군락(4P, 4N)

본 연구대상지내 조사구와 환경특성과의 상호관계를 정량적으로 파악하기 위하여 DCA에 의한 서열분석에 따른 제 1축, 제 2축과의 상관관계를 파악하였다(표 2 참조).

환경특성에는 각 조사구에 있어서 수분단계, 수심, 부식층의 피도 및 깊이, 평균 군락고, 군락피도, 출현종수, 천이도를 적용하였다. 특히, 수분단계는 제 2축에 상관이 높았으며, 주로 군락고 및 부식층의 피도, 천이도는 제 1축과 대응하여 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

제 1축은 군락고(상관계수: -0.541), 부식층의 피도(상관계수: -0.526)와 상관이 높음으로서, 비례적으로 천이도(상관계수: -0.481)도 높은 상관을 나타내었다. 즉, 양미역취가 우점하는 건성 다년생 식물군락(5P, 5N) 및 갈대, 갈풀 등이 우점하는 습성 다년생 식물군락(4P, 4N)에서 평균 군락고 및 부식층의 피도율이 높음으로서 천이도도 높은 단계로 파악되었다. 따라서 제 1축은 천이의 진행단계를 나타내는 축으로 해석되었다.

제 2축은 수분단계(상관계수: 0.613)와 상관이 높음으로서, 전반적으로 습성의 1년생 식물군락, 갈대를 중심으로 하는 습성 다년생 식물군락이 습한 환경에 있는 것으로 나타났다. 따라서 제 2축은 수분환경을 나타내는 축으로 해석되었다. 결과적으로 낙지다리가 주로 생육하고 있는 1년생 식물군락(3P, 3N)은 군락고가 낮고, 부식층의 피도율이 낮은 곳에서 서식하여 초기의 천이

표 2. DCA의 제 1, 2축과 환경특성과의 상관관계

환경 특성	제 1축		제 2축	
	r	r-sq	r	r-sq
수분단계	0.491***	0.241	0.613***	0.376
수심	0.283*	0.080	0.139	0.019
부식층 깊이	-0.447***	0.200	-0.148	0.022
부식층의 피도	-0.526***	0.277	-0.322**	0.104
군락고	-0.541***	0.292	0.002	0.000
군락피도	-0.366**	0.134	-0.278*	0.077
종수	0.510***	0.261	0.204	0.042
천이도	-0.481***	0.231	-0.175	0.031

*: <5%; **: <1%; ***: <0.1%

단계이었으며, 다양한 종조성을 이루고, 습한 환경에서 출현하는 것으로 나타났다.

3. 군락별 출현종의 피도현황

본 조사대상지의 출현종은 99종, 14번종으로 총 113 종류(taxa)가 출현하였으며 표 3에서는 10회 이상 출현한 종에 한정하였고, 피도조사 자료에 의해 I(5% 이하), II(5~25%), III(25~50%), IV(50~75%), V(75% 이상)단계로 제시하였다.

분류 및 서열분석 결과에 의거하여 낙지다리가 고르게 분포하는 습성 1년생 식물군락 I(3P, 3N), 양미역

취를 중심으로 하는 건성 다년생 식물군락 II(5N, 5P), 갈대 및 갈풀을 중심으로 하는 습성 다년생 식물군락 III(4N, 4P)으로 나누어 출현종의 평균 피도현황을 제시하였다(표 3 참조).

군락별 피도현황에서 27개 조사구가 포함된 군락 I은 낙지다리의 피도가 5~25%로 고르게 분포하고 있었으며, 구성종에 있어 쥐깨풀, 사마귀풀, 돌피, 한련초, 고마리 등, 습성의 1년생 식물이 25% 이하의 피도율을 보였고, 20종 이상의 다양한 종이 출현하였다. 그의 출현종으로 갈대와 양미역취가 5%의 낮은 피도율로 출현하고 있었으며 향후, 천이진행단계에서 군락고가 높고 번식력이 강한 양미역취 및 갈대의 우점화에 따라

표 3. 군락별 출현종의 피도현황

종 명	군락 I		군락 II		군락 III	
	3P(14a)	3N(13)	5P(17)	5N(3)	4P(19)	4N(3)
<i>Equisetum arvense</i> (쇠뜨기)	II	I	-	-	I	-
<i>Typha orientalis</i> (부들)	I	I	-	-	-	-
<i>Typha angustata</i> (애기부들)	-	I	-	-	-	-
<i>Phalaris arundinacea</i> (갈풀)	I	-	-	-	-	III
<i>Leersia japonica</i> (나도겨풀)	I	I	-	-	-	-
<i>Phragmites communis</i> (갈대)	I	I	-	-	IV	I
<i>Panicum bisulcatum</i> (개기장)	I	I	I	-	-	-
<i>Echinochloa crus-galli</i> (돌피)	II	I	-	-	-	-
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (물억새)	-	I	-	I	I	II
<i>Microstegium vimineum</i> (나도바랭이새)	I	I	-	-	-	-
<i>Cyperus iria</i> (참방동사니)	I	-	-	-	-	-
<i>Cyperus difformis</i> (알방동사니)	II	-	-	-	-	-
<i>Aneilema keisak</i> (사마귀풀)	I	I	-	-	-	-
<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> (갈풀)	-	I	-	-	-	-
<i>Salix nipponica</i> (선버들)	I	-	-	I	-	-
<i>Persicaria maackiana</i> (나도미꾸리나시)	-	I	-	-	I	-
<i>Persicaria thunbergii</i> (고마리)	I	I	-	-	I	-
<i>Persicaria hydropiper</i> (여뀌)	I	I	-	-	-	I
<i>Persicaria blumei</i> (개여뀌)	-	I	-	-	-	-
<i>Penthorum chinense</i> (낙지다리)	II	II	I	-	-	-
<i>Glycine soja</i> (돌콩)	I	-	I	-	I	-
<i>Epilobium pyrricholophum</i> (바늘꽃)	-	I	-	-	-	-
<i>Oenanthe javanica</i> (미나리)	I	I	-	-	-	-
<i>Mosla dianthera</i> (쥐깨풀)	I	II	-	-	-	-
<i>Kyllinga brevifolia</i> var. <i>leiolepis</i> (파대가리)	I	I	-	-	-	-
<i>Solidago altissima</i> (양미역취)	I	I	IV	III	II	-
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (쑥)	-	-	I	-	-	I
<i>Eclipta prostrata</i> (한련초)	I	I	-	-	-	-
<i>Bidens frondosa</i> (미국가막사리)	II	I	I	-	-	-

*: a: ()은 조사구 수를 표기한 것임

낙지다리의 생육이 어려울 것으로 판단되었다. 특히, 하천지역은 갈대의 우점화 현상이 강하였으며, 낙지다리의 생육현황이 어려운 상태로 소수의 개체만이 발견되었으나, 천이단계상 자연도태가 예상되었다. 그외에도 하천지역은 홍수로 인한 하천범람 등의 자연교란이 심한 지역으로서 기존의 낙지다리 생육지도 상당히 소실된 상태이었다.

군락 II는 20개 조사구로서 양미역취가 피도 50%이상의 높은 우점현상을 나타내었고, 그 밖의 출현종은 7종 이하로서 단순한 종조성을 나타내었다. 하천의 황폐지 및 건조지역에서도 우세한 성장력을 가지고 있는 양미역취는 북아메리카 원산의 다년생으로서 관상용으로 재배되어온 식물이었으나, 야생화되어 급속히 일본 전국지역에 가장 넓게 확대된 귀화식물 중의 하나이다(林, 1989).

본 조사지내 양미역취를 중심으로 한 다년생 식물군락에서도 습한 환경(5P)과 건조 환경(5N)으로 구분되었고, 습한 환경내에서는 낙지다리가 5% 이하로 소수 분포하고 있었다. 군락 III은 대부분 하천지역으로서 갈대, 갈풀, 물억새에 집중된 우점화 현상으로 인하여 종의 단순화를 초래하였다.

4. 군락별 환경특성

그림 6, 7은 낙지다리가 분포하고 있는 습성의 1년생 식물군락 I, 양미역취가 우점하는 건성의 다년생 식물군락 II, 갈대 및 갈풀이 우점하는 습성의 다년생 식물군락 III의 환경특성을 비교, 분석하였다.

군락 I의 생육환경은 수분단계가 높고, 평균 수심 1cm 이상의 담수상태이었으며 부식층의 깊이가 낮으며, 1년생 식물이 구성종인 초기의 천이단계이었다. 또한, 군락고 및 피도, 부식층의 피도가 적은 상태로 평균 13종의 다양한 종이 출현하였다. 그러나 군락 II, III은 1~2중에 집중된 우점화 현상으로 군락고 및 피도가 높았으며, 평균 7~8종의 단순한 종조성을 나타내었다.

따라서 낙지다리 분포지역의 수분상태는 4단계, 수심 1cm 정도의 습한 담수상태이었으며, 이러한 경향은 낙지다리의 종자발아 및 성장에 있어 가장 적합한 환경은 습지조건으로 나타난 기존의 실험결과(大村 등,

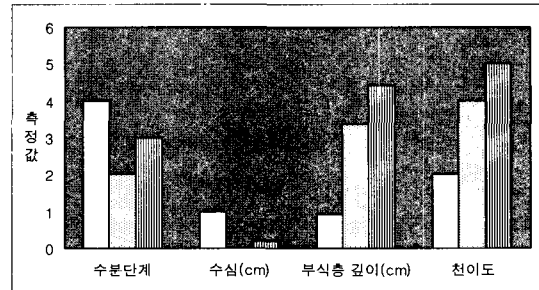


그림 6. 환경특성과 군락별 비교(1)
 범례: □: 군락 I; ▤: 군락 II; ▥: 군락 III

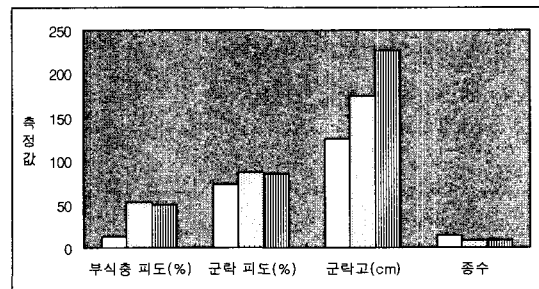


그림 7. 환경특성과 군락별 비교(2)
 범례: □: 군락 I; ▤: 군락 II; ▥: 군락 III

1999)와도 일치하였다. 천이도에 있어서는 7단계로 구분하여 제시하였으며, 낙지다리가 분포하는 습성 1년생 식물군락 I은 대부분 1년생 식물이 구성종으로서, 천이 1~2단계에 속하는 것으로 나타났다. 양미역취, 갈대 우점지역인 군락 II, III은 천이단계 4~5단계로 단일종 우점현상이 나타났으며, 그외 다년생 식물종이 구성종이었다. 일반적으로 휴경답 및 하천변의 식생천이론에 의하면 수분상태에 따른 건성 및 습성 천이계열로 구분되어지며(箱山 등, 1977), 우점종 생활형에 있어서 1년생·2년생 초본→다년생 초본→다년생 벼과 초본→목본으로 2차 천이가 진행되어간다(林, 1990). 본 조사지역도 이러한 천이단계에 있어서 낙지다리가 출현하는 1년생 식물군락에서 양미역취 및 갈대가 우점하는 다년생 식물군락으로 이어지는 천이의 진행단계를 파악할 수 있었다.

이러한 식생유형별 환경특성의 파악결과, 낙지다리의 분포지역에 있어서 자연적, 인위적 교란에 커다란 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 낙지다리의 생육

지인 하천변과 휴경답의 교란 정도가 매우 상이한 환경으로 조사되어졌다. 특히, 하천변은 홍수 및 건조화 현상 등의 자연적 교란 정도가 심한 지역으로서, 토네가와(利根川) 및 키누가와(鬼怒川) 주변에 분포하였던 낙지다리 생육지가 하천범람으로 인하여 소실된 것으로 조사되었다. 이러한 자연교란은 예측이 불가능하기 때문에 낙지다리 생육지의 보전은 어려운 현황이었다. 일부, 낙지다리가 소면적에 국한, 고립된 상태였으며 하천변 우점수종인 갈대 및 갈풀, 물억새의 밀도가 높아짐에 따라 자연도태위기가 예상되었다.

그러나 휴경답은 인간의 관리에 따른 천이조절 및 물관리가 가능한 인위적 교란지역으로서 낙지다리의 생육지 보전을 위해서는 중요한 서식지로서 판단되었다. 그러나 조사지역내에서도 휴경답의 방치년수에 따라 천이가 진행되고 있었으며, 낙지다리의 생육을 위해서는 장기적인 습성의 환경조건이 필요한 것으로 사료되었다. 따라서 휴경후, 참억새나 양미역취 등이 우점하고 있는 건조한 식물군락과 습성의 식물군락지의 분포유형을 파악한 후, 낙지다리의 서식지 보전 및 정비를 위해서는 차별화된 보전지역의 설정 및 관리방안이 요구된다. 즉, 낙지다리의 보전을 위해서는 생육하고 있는 서식지의 입지적 특성 파악 및 수분환경, 종조성에 따른 적절한 관리방안의 도출이 필요하며, 지속적인 모니터링을 통하여 종조성 및 생육환경의 변화에 따른 생태적 관리대안 및 경쟁종에 대한 방안 모색 등이 이루어져야할 것이다.

IV. 결론

절멸위기종인 낙지다리의 분포현황 및 생태적 환경 특성을 파악하기 위하여 일본의 이바라키켄(茨城縣) 남부를 중심으로 분포지역과 분포하지 않는 인접지역으로 구분하여 현장조사를 실시하였다. 하천 및 휴경답을 중심으로 이루어졌으며 특히, 휴경답이 낙지다리의 주요한 생육공간으로 조사되었다. 현장 조사자료를 토대로 TWINSpan, DCA분석을 병행함으로써 절멸위기종인 낙지다리 분포지역의 식생구조 및 생태적 환경 특성을 밝혀, 보전방안 및 지침을 제안하고자 하였다.

본 조사결과, 낙지다리의 주요 분포지역의 현황, 식

생구조, 생육환경의 특성을 파악하였다. 첫 번째, 낙지다리의 주요 분포지역은 하천변과 휴경답으로 구분되었으며, 자연교란 및 인위적 교란이 커다란 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 하천변은 범람 및 건조 등의 자연적 교란에 의해 낙지다리의 생육에 있어 적절한 분포역이 희박한 상태였으며, 인위적 교란지역으로서 휴경답은 방치년수에 따른 천이진행 및 물관리 등에 있어서 낙지다리의 생육공간 보전을 위한 인위적인 조절이 가능한 지역으로 하천변 지역보다 잠재가치가 높은 것으로 판단되었다.

두 번째, 식생구조에 있어서는 조사대상지의 식생 피도자료에 의거한 TWINSpan 분석결과, 낙지다리가 분포하는 습성의 1년생 식물군락(3P, 3N), 양미역취가 우점하는 건성의 다년생 식물군락(5P, 5N), 갈대 및 갈풀이 우점하는 습성의 다년생 식물군락(4P, 4N)으로 구분되어졌다. 일부, 양미역취 및 갈대 중심의 군락내에 소규모로 생육하고 있는 낙지다리의 생육지가 조사되었으나, 생태적 천이단계에 의해 자연도태가 예상되어졌다.

세 번째로 환경특성과 조사구와의 관계성을 파악하기 위하여 DCA의 좌표축상의 제 1축, 제 2축과 환경특성과의 상관관계를 분석하였다. 특히, 수분단계는 제 2축과 상관이 높았으며, 주로 군락고 및 부식층의 피도, 천이도는 제 1축에 대응하여 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 식생유형별 환경특성을 살펴볼 때, 낙지다리가 출현한 습성의 1년생 식물군락은 수분환경과 상관관계가 높았으며, 양미역취, 갈대 및 갈풀을 중심으로 하는 다년생 식물군락은 군락고, 부식층의 피도, 천이도 등과 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 특히, 수분환경에 있어서 낙지다리의 분포지역은 수심 1cm 정도의 습한 환경에서 양호한 생육상태를 나타내었으며, 1년생 식물이 우점하는 초기의 천이단계로 쥐깨풀, 사마귀풀, 들피 등, 평균 13종의 다양한 종이 출현하였다. 따라서 낙지다리의 생육에 있어서는 습한 환경관리 및 초기의 천이단계를 유지할 수 있도록 적절한 하에작업의 병행이 이루어져야할 것으로 사료되었다. 그러나 양미역취 및 갈대중심의 군락은 다년생 식물이 주요 구성종이었으며 단일수종의 우점화 현상에 의해 평균 7~8종의 단순한 종조성을 나타내었다.

따라서 낙지다리의 생육지는 군락고(群落高) 및 식피율이 낮으며, 구성종은 1년생 식물이 중심을 이루는 초기의 천이단계, 개체밀도가 낮은 지역으로 습한 환경이었다. 즉, 건조화나 휴경년수 등에 의해 군락고 및 밀도가 높은 다년생 식물이 우점하지 않는 지역에 한정되어 분포하는 경향을 나타내었다.

최근, 생태적 보전에 있어서 환경잠재력에 의한 생태계 평가(日置, 2002)가 중요하게 지적되고 있는 가운데 휴경답이 새로운 희귀식물의 생육지 뿐만 아니라, 생물다양성의 대체습지로서 잠재가능성이 높은 것으로 사료되었다. 본 연구결과, 낙지다리의 생육지로서 휴경답은 종공급 및 입지의 잠재공간으로서 중요한 역할을 수행하고 있는 대체생식지로 판단되어졌다. 따라서 홍수 등에 의한 부정적인 자연교란의 변화가 심한 하천변보다, 인위적인 관리가 가능한 휴경답이 낙지다리의 보전공간으로서 최적이며 다양한 조사 및 실험, 지속적인 모니터링을 통한 자료축적이 요구된다.

본 연구결과는 낙지다리의 분포 및 식생현황에 의거 하였으므로 향후, 효율적인 보전방안을 모색하기 위해서는 다음과 같은 세부연구들이 수행되어야 할 것이다. 첫 번째, 절멸위기종인 낙지다리의 이동 및 분산에 있어서 주요 서식지인 휴경답과 하천, 호수 등이 연계된 수계네트워크의 관점에서 보전계획 및 평가가 이루어져야 할 것이다. 두 번째, 낙지다리의 주요 생육지에서도 빠른 천이진행이 이루어지고 있었으므로 지속적인 모니터링을 통하여 차별화된 관리방안의 모색이 필요하다. 즉, 분포지역의 특성에 따라 적절한 물관리, 양미역취 및 갈대 등의 경쟁종에 대한 하에관리, 용수 등의 입지잠재력에 따른 차별화된 관리수법이 요구된다.

본 연구대상종인 낙지다리는 한국에서도 희귀식물이며, 습지식물로서 절멸은 가속화되어가고 있다. 이러한 시점에서 휴경답은 대체습지, 대체서식지로서 새로운 해석, 검토가 필요하며 사전조사 및 현황 파악을 통하여 적절한 보전 및 관리방안의 제시가 이루어져야 할 것이다.

인용문헌

- 김계환, 박종민(1998) 변산반도국립공원내 순비기나무군락의 생육환경 및 형태적 특성. 환경생태학회지 12(1): 91-101.
- 김용식, 김선희, 강기호(1997) 설악산 국립공원 외설악의 멸종위기식물. 한국환경생태학회지10(2): 205-210.
- 동부신문(2002a) 방이동 습지, 가락동 탄천, 서울시 생태보전지역 지정. 4월 20일자 377호.
- 동부신문(2002b) 서울시 생태보전지역 확대. 9월 11일자 396호.
- 박종민(1998) 변산반도내 후박나무군락의 서식환경 및 생육실태에 관한 조사연구. 환경생태학회지 12(3): 242-252.
- 산림청(1996) 희귀 및 멸종 위기식물. -보존지침 및 대상식물-.
- 이유미, 김성식(1997) 명지산의 식물상 및 희귀식물. 환경생태학회지 11(3): 336-386.
- 이창복(1993) 대한식물도감. 향문사.
- 임경빈, 김용식, 전승훈, 김선희, 김휘(1994) 덕유산 국립공원내 희귀 및 멸종위기식물의 보전실태. 응용생태연구 7(2): 112-117.
- 角野康郎(1998) 中池見濕地の植物相の多様性と保全の意義. 日本生態學會誌 48: 163-166.
- 大場秀章(1992) タコノアシ “滅びゆく日本の植物50種” 築地書館. 東京.
- 大村保夫, 鈴木正幸, 大野啓一, 高久景一(1999) タコノアシの生活史と異なる水分條件に對するその成長特性. 水草研會報 66: 15-18.
- 大村保夫, 野中俊文, 高久景一, 棚橋晃子, 大野啓一(2002) 相模川におけるタコノアシの個體群動態. 水草研會報 76: 23-29.
- 大黒俊哉(2000) 休耕地・農山漁村と生物多様性 “休耕地・放棄水田を活用した生物多様性の保全”. 家の光協會. pp. 172-187.
- 東洋經濟新報社(2002) 都市データバック.
- 米村惣太郎, 那須守, 田澤龍三, 逸見一郎, 松原徹郎(2000) 絶滅危惧植物タコノアシ(*Penthorum chinense*)群落の保全に關する基礎的研究. 日本緑化工學會誌 25(4): 317-320.
- 箱山晋, 田中日吉, 縣和一, 武田友四朗(1977) 休耕地の植生遷移に關する研究 제 1報 福岡縣西北部地域における休耕地の植生. 日本作物學會地 46: 219-227.
- 深町加津枝(2000) 農村空間における生物相および景觀の保全に關する最近10年間の研究動向. 랜드スケープ研究 63(3): 178-181.
- 有田ゆり子, 小林達明(2000) 谷津田の土地利用變化と水田・畦畔植生の特性. 랜드スケープ研究 63(5): 485-490.
- 日置佳之(2002) 生態系復元における目標設定の考え方: 랜드スケープ研究 65(4): 278-281.
- 日置佳之, 藤原宣夫, 水谷義昭, 淺野文, 田中眞澄, 太田望洋(1999) 濕地植生計劃のための生態學的立地區分に關する研究. 랜드スケープ研究 62(5): 607-612.
- 林彌榮(1989) 野にさく花. 山と溪谷社.
- 林一六(1990) 植生地理學. 大明堂.
- 中島峰廣(1999) 日本の棚田. 古今書院.
- 倉本 宣, 本田裕紀郎, 園田陽一, 石綿利光(2001) 我が國における生物多様性保全に關する研究動向. 랜드スケープ研究 64(4): 288-293.
- 淺見佳世, 中尾昌弘, 赤松弘治, 田村和也(2001) 水生生物の保全を目的とした放棄水田の植生管理手法に關する事例研究. 랜드スケープ研究 64(5): 571-576.
- 土田勝義, 鹽原明彦, 高山光弘 等(1997) 農村地域におけるビオトープづくりとその評價. 環境情報科學 26(4): 49-55.
- 環境廳野生生物課編(2000) 改訂・日本の絶滅のおそれのある

- 野生物・植物Ⅰ(維管束植物). 自然環境研究センター.
29. 丸山利輔, 富田正彦, 三野徹, 渡辺紹裕(1996) 地域環境工学, 朝倉書院.
30. Hill, M. O.(1979a) TWINSpan, A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell University Press, Ithaca, New York.
31. Hill, M. O.(1979b) DECORANA, A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell University Press, Ithaca, New York.
32. Ikeda, H. and K. Itoh(2001) Germination and water dispersal of seeds from a threatened plant species *Penthorum chinense*. Ecological Research 16: 99-106.
33. McCune, B. and M. J. Mefford(1999) PC-ORD. Multivariate analysis for ecological data, version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
34. Numata, M.(1971) Methodological problems in weed-ecological research. Proceed. 1st indon. Weed Sci. Conf., 41-58.
35. Sato, N. and N. Maruyama(1996) Foraging site preference of intermediate egrets *Egretta intermedia* during the breeding season in the eastern part of Kanto Plain, Japan. Journal of the Yamashina Institute for Ornithology 28: 19-34.

원 고 접 수 : 2003년 4월 30일
최종수정본 접수 : 2003년 5월 26일
3인익명 심사필