

독중개 서식지의 하천식생 특성¹

이울경^{2*} · 권순교² · 백현민²

The Riparian Vegetation Characteristics in habitats of *Cottus koreanus* (Cottidae: Osteichthyes)¹

Youl-Kyong Lee^{2*}, Sun-Gyo Kwon², Hyun-Min Baek²

요약

독중개가 서식하는 장소의 식생 환경을 분석하였다. 그 결과 물푸레나무군락, 버드나무-신나무군락, 갯버들-달뿌리풀군락, 갯버들군락, 달뿌리풀군락, 아까시나무군락, 고마리-미나리군락이 분류되었다. 특히 물푸레나무군락, 버드나무군락, 갯버들-달뿌리풀군락, 갯버들군락이 고빈도로 관찰되며, 최고빈도 식물군락은 갯버들-달뿌리풀군락이다. 식물사회는 제방권에서 물푸레나무군락과 버드나무-신나무군락으로, 고수부지권에는 갯버들-달뿌리풀군락으로 대표되었다. 하천복원의 적용 우선대상 순위인 식물종의 상대기여도는 제방권에는 느릅나무, 버드나무, 신나무, 갯버들, 물푸레나무 순으로 나타났다. 고수부지권에서는 갯버들, 달뿌리풀, 쭈순이었다. 식생의 공간분포는 하천 단면에 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났으며, 이는 입지의 물리적 안정성으로 이해되었다. 식물종다양성 역시 입지의 물리적 안정성 정도에 따라 확연히 구별되었다.

주요어 : 갯버들-달뿌리풀군락, 공간분포, 기여도, 종다양성, 하천 단면

ABSTRACT

We analyzed the vegetation environment at the stream section of habitat in which *Cottus koreanus* lives. The plant communities were classified into *Fraxinus rhynchophylla* community, *Acer ginnala-Salix koreensis* community, *Phragmites japonica-Salix gracilistyla* community, *Salix gracilistyla* community, *Phragmites japonica* community, *Robinia pseudo-acacia* community, and *Oenanthe javanica-Persicaria thunbergii* community. The frequency of *Phragmites japonica-Salix gracilistyla* community was the most. And also the frequencies of *Fraxinus rhynchophylla* community and *Salix gracilistyla* community were high. In stream bank zone and terrace zone, the typically represented vegetation was the *Fraxinus rhynchophylla* community and *Acer ginnala-Salix koreensis* community and *Phragmites japonica-Salix gracilistyla* community, respectively. The rNCD of the top-priority plants applied to restoration of the vegetation in stream bank zone came out by the order of *Ulmus davidiana* var. *japonica*, *Salix koreensis*, *Acer ginnala*, *Salix gracilistyla*, and *Fraxinus rhynchophylla*. The rNCD in terrace zone was arranged by the order of *Salix gracilistyla*, *Phragmites japonica*, and *Artemisia*

1 접수 5월 9일 Received on May. 9, 2007

2 국립환경과학원 자연생태부 Nature and Ecology Research Department, National Institute of Environmental Research, Gyeongseo-dong, Seo-gu, Incheon(404-708), Korea

* 교신저자, Corresponding author(ecology@paran.com)

princeps. The spatial distribution of vegetation was the most greatly influenced by cross-sectional position of the surveyed stream, and this aspect is believed to be due to the habitat's physical stability. Species diversity also obviously makes a great difference depending on their surrounding physical stability.

KEY WORDS : PHRAGMITES JAPONICA-SALIX GRACILISTYLA COMMUNITY, DISTRIBUTION, NCD(rNCD), SPECIES DIVERSITY, CROSS-SECTION

서론

하천은 구조·기능적으로 상호 작용 및 연결을 담당하는 중요한 연결경관요소(Zonnoveld and Forman, 1990)로 국가 생태계 관리를 위한 핵심 요소이다(Naiman *et al.*, 1993; 이울경, 2004). 오늘날 하천은 인간간섭에 의한 생태계 교란이 집중되고 있어 생물 다양성 감소와 생태계의 기능 교란 및 구조 변형이 심각하게 진행되고 있다(Primack, 2004). 이로 인해 20세기 후반에 들어 하천생태계에 관한 생태적 기능이 중요하게 인식되면서 다각적인 연구와 더불어 활발한 보전·복원 활동이 진행되고 있으며(USDA, 1998; 환경부, 2002), 2005년 청계천 복원 이후 전국민적 관심이 되었다.

전 세계적으로 인간 활동에 의한 하천생태계의 교란과 수질오염으로 어류다양성은 감소하고 있으며, 멸종위기에 처한 종들이 증가하고 있다. 국내에서도 담수어류 중 18종이 멸종위기야생동물 I, II급으로 지정되어 법적으로 보호받고 있으며(환경부, 2006), 그 외에 대부분의 종들도 다양성이 감소추세에 있는 실정이다. 이러한 종들에 대한 복원과 보전은 시급하고, 필수적인 국가 과제이다. 이를 위해서는 서식처에 포함되어 있는 다양한 환경 조건들을 정성 정량적으로 밝히는 연구가 선행되어야 한다. 특히 서식처(하천)의 이화학적, 물리적 환경 특성과 더불어 하천과 상호 작용하는 수변의 식생(식물) 환경도 서식지의 주요 인자로서 중요한 위치를 차지하며, 관련 생태정보의 발굴과 활용은 지속가능하고 건강한 하천생태계를 만드는 밑거름이 된다.

현재 국가적으로 점증하는 하천복원에 있어 비생태적인 적용 사례는 빈번하게 관찰되며, 이를 해결하기 위한 심도 깊은 생태학적 고찰이 필요하다. 특히, 하천복원 계획 단계에서 하천식생의 원형적 구조 규명은 선결과제이나, 그렇지 못한 경우가 많다. 식물종의 현장 적용 오류 사례는 종류의 물리적 특성을 갖는 유수(lotic water)하천에 줄, 애기부들과 같은 정수(lentic water)습지에 생육하는 식물들을 식재하는 경우로, 경기도의 수원천과 안양천 복원 구간 등지에서 흔히 볼

수 있다. 본 연구는 이러한 오류들을 사전에 제거하는 보전생태학적 식생 연구로 중요한 의미를 가진다.

본 연구는 환경부 지정 국가 중요종(important species)인 멸종위기종의 서식환경을 규명하고자 시작되었으며, 독중개를 대상으로 하였다. 독중개는 헛대목(Scopaeniformes) 독중개과(Cottidae)에 속하는 한반도 고유종으로 주로 한강과 임진강 최상류 자연하천 구간에 서식하는 냉수성 어종으로(Fujii *et al.*, 2005; 변화근, 1995; 김익수와 박종영, 2002), 물이 맑고 수온은 20℃ 이하로 높지 않다. 이러한 수온은 주변 식생이 그늘을 제공함으로써 낮게 유지될 수 있다. 독중개는 최근 급격한 감소추세에 있어 현재 환경부 멸종위기동물 II급으로 지정되어 보호받고 있다. 관련 연구로는 분류와 생태에 관한 연구가 일부 있으나(Kim and Yoon, 1992; 변화근, 1995; 전상린, 1998; Park and Song, 2006), 서식환경에 대한 정량적인 평가는 전혀 이루어지지 않았다. 흔히 멸종에 처한 생물(특히, 어류)의 보호는 하천환경의 종합적 분석을 토대로 해야 한다. 외국에서도 Rosenfeld(2004), Drake(2007) 등에 의해 환경에 대한 종합분석은 이루어진 바 있으나, 주로 하도(수면) 내의 미세환경(microhabitat)에 대한 연구로 제한된다. 또한 국내에서는 자연하천이나 농촌하천이 아닌 도시하천의 환경개선을 위한 연구가 주를 이루어지고 있는 실정이다. 하천식생 자체의 분류에 관한 연구는 존재하나, 특정 어류의 서식지 구조를 분석한 연구는 선행되지 않았다. 한편, 한국의 하천식생에 대한 전형적이고 거시적인 구조 이해는 미시적인 규모인 독중개 서식지를 이해하는데 매우 중요하다. 이를 가능하게 하는 연구는 이울경(2004)에 의해 최근에 이루어졌으며, 식물군락의 전형성과 자연성 판정에 중요한 기초자료로 된다.

본 연구는 이에 기초하여 독중개가 서식하는 하천구간 내의 식생(식물) 환경을 정성 정량적으로 종합 고찰하는데 목적이 있다. 이는 향후 훼손된 독중개 서식지의 복원과 보전 계획 수립과 실무 가이드라인을 제시하는데 중요한 생태정보로 활용될 것으로 사료된다.

조사 및 방법

1. 현장 식생연구

현장 식생조사는 Z.-M. 학파(Zürich-Montpellier school)의 전통식물사회학적 방법(Braun-Blanquet 방법, Braun-Blanquet, 1965; Becking, 1957; Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974; 김종원과 이울경, 2006)에 따랐다. 식생자료(relevé)는 독중개가 서식하는 14개의 하천 구간에서 총 29개가 획득되었다(Figure 1). 행정구역으로는 홍천군, 평창군, 홍성군, 횡성군, 가평군에 속하며, 북한강과 남한강 수계에 해당된다. 조사 하천 구간의 선정은 제2차 전국자연환경조사(환경부, 1996-2005)에서 독중개의 분포가 확인된 지점을 대상으로 현장에서 서식을 재확인한 후 이루어졌다.

현장 식생조사표는 하천식생연구에 맞도록 개발된 것으로 식물상 정보(flora data)와 환경 정보

(environment data)를 기재하도록 구분되어 있다(이울경과 김종원, 2005). 식물상 정보는 현장에서 식생 구조를 파악하여 각 층별로 출현식물종을 정성 정량 기재하였다. 양적 기재는 1~9까지의 기명척도(ordinal scale)인 9계급의 통합우점도(combined cover-abundance scale; Westhoff and van der Maarel, 1973)로써 표현하였다. 이는 특히 수리분석(numerical analysis)에 매우 유리한 방법이다(김종원과 이울경, 2006). 현장조사는 2006년 식물 생육기 내에 이루어졌다. 특히 하천식생의 공간분포는 물리적 영향 정도에 따라 그 분포 특성이 구별됨으로 단면상 공간유형을 구분하였다. 공간유형은 크게 수변권(waterside zone), 고수부지권(terrace zone), 제방권(stream bank zone)으로 구분하였다(Figure 2). 식생조사는 이에 기초하여 전형적인 입지(homogeneous habitat)를 선정할 후 최소면적 이상으로 이루어졌다. 식물종의 기준명은 이우철(1996a; 1996b)에 따랐으며, 누락된 종은 박수현(1999; 2001)에 따랐다.

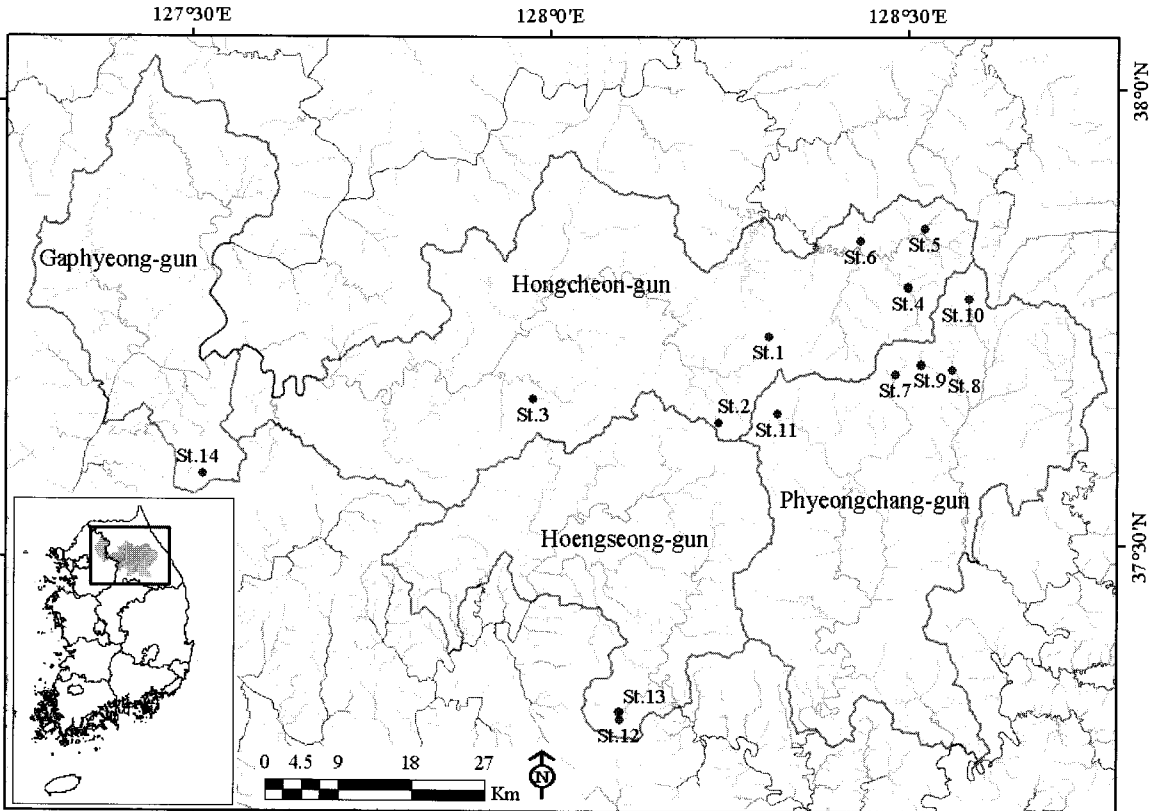


Figure 3. The sites of study area. Site address were omitted.

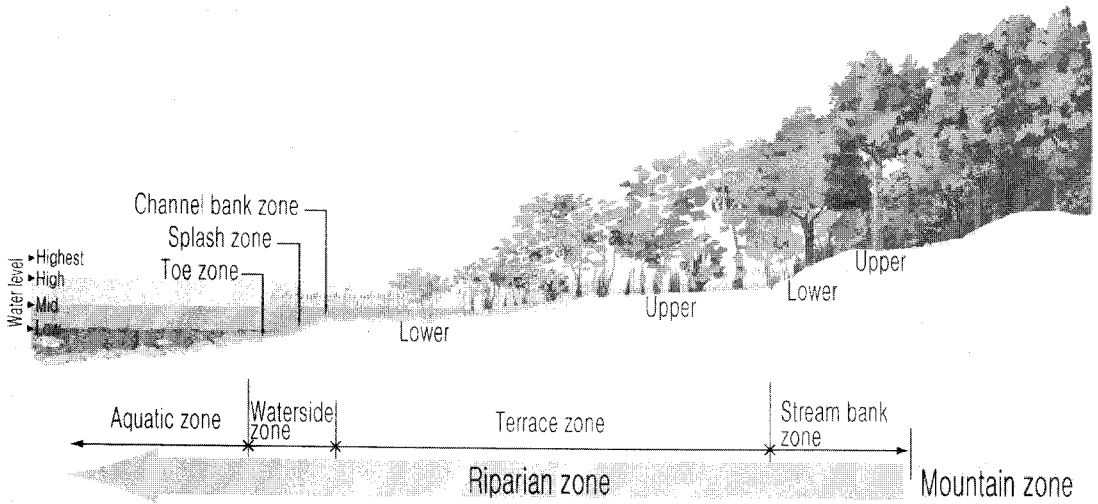


Figure 2. A cross-sectional diagram in stream

2. 실내 분석

분류된 식생단위에 대한 비교 검토는 기여도(NCD: Net Contribution Degree)와 이를 이용하여 정량적 상대값을 나타내는 백분율 상대기여도(rNCD: relative Net Contribution Degree)로 이루어졌다(Kim and Manyko, 1994). 또한 군락분류와 식생의 공간적 분포 특성 이해는 수리 분석을 통한 통합분류방법(hybrid sorting method; Becking, 1957)으로 정밀도를 높였다. 이를 위해 RIM(김종원과 김성렬, 2006), SYN-TAX 2000(Podani, 2001), MS-Excel(Microsoft corp., 2003) 등의 다수 프로그램이 이용되었다. 수리 분석에는 좌표결정법(ordination)이 사용되었다. 각각의 식생자료는 식생학에서 많이 사용되는 간접분석(indirect analysis)법 가운데 PCoA(principal coordinates analysis)로 좌표결정되었다.

$$NCD_i = \frac{\sum C_i}{N} \times \frac{ni}{N} \quad (C_{min} \leq NCD \leq C_{max})$$

$\sum C_i$: 식생단위(군락/군집) 내의 i 종의 피도 적산값

N : 전체 조사구 수

ni : i 종이 출현한 조사구 수

$$rNCD_i = \frac{NCD_i}{NCD_{max}} \times 100$$

NCD_i : 대상 식생단위에 대한 i 종의 기여도

NCD_{max} : 대상 식생단위 내의 기여도 최대값

결과 및 고찰

1. 식물군락의 다양성

독중개가 서식하는 하천 구간 내에는 자연적으로 발달하는 물푸레나무군락, 버드나무-신나무군락, 갯버들-달뿌리풀군락, 갯버들군락, 달뿌리풀군락, 고마리-미나리군락에서부터 식재로부터 유래된 아까시나무군락까지 총 6개의 식물군락이 구분되었다(Table 1, Table 2).

물푸레나무군락(*Fraxinus rhynchophylla* community)은 물푸레나무, 당단풍나무, 털야광나무, 귀룽나무, 고추나무에 의해 구분되며, 조사지 내에서 상대적으로 최상류 구간이다. 특히, 강원도 일대 전석지의 선구식물(pioneer plant)인 물황철은 다른 식물군락에서는 관찰되지 않고, 본 군락에서만 고빈도로 관찰된다. 본 군락은 독중개 서식 지점들 내에서 주변이 산으로 되어 있는 지역에서 출현빈도가 높다. 이는 상대적으로 훼손이 적은 곳을 의미한다. 출현 식물종은 총 137종으로 종다양성이 비교적 높다. 하천 단면적으로는 제방권에 발달한다. 임지 내에 거석(rock) 또는 호방돌(boulder) 수준의 퇴적물이 존재한다. 이러한 퇴적물은 주변 산지 또는 하천 상부로부터 이동, 퇴적된 것이다. 식물상적 특성을 볼 때, 식생 지리적으로 대륙형 식생단위에 해당된다(이울경, 2004).

버드나무-신나무군락(*Acer ginnala-Salix koreensis* community)은 버드나무와 신나무에 의해 구분된다.

Table 1. Synthesized vegetation table using *r*NCD value(A: *Fraxinus rhynchophylla* community, B: *Acer ginnala-Salix koreensis* community, C: *Phragmites japonica-Salix gracilistyla* community, D: *Salix gracilistyla* community, E: *Phragmites japonica* community, F: *Robinia pseudo-acacia* community, G: *Oenanthe javanica-Persicaria thunbergii* community)

Plant community	A	B	C	D	E	F	G	NCD
Number of relevé	6	4	13	3	1	1	1	
Total number of occurrence species	137	153	89	20	5	56	9	
군락의 구분종(Differential species of plant communities)								
물푸레나무 <i>Fraxinus rhynchophylla</i>	100.0	13.6	0.1	.	.	.	.	0.342
당단풍나무 <i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	88.0	3.4	.	.	.	.	.	0.208
틸아광나무 <i>Malus baccata</i> var. <i>mandshurica</i>	56.0	13.6	.	.	.	.	.	0.193
귀룽나무 <i>Prunus padus</i>	80.0	3.4	.	.	.	.	.	0.193
쉬망나무 <i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i>	40.0	.	0.3	.	.	.	.	0.113
고추나무 <i>Staphylea bumalda</i>	33.3	4.5	0.5	.	.	.	.	0.162
고로쇠나무 <i>Acer mono</i>	32.0	3.4	.	.	.	.	.	0.089
버드나무 <i>Salix koreensis</i>	37.3	100.0	0.3	.	.	.	.	0.417
신나무 <i>Acer ginnala</i>	32.0	90.9	0.3	.	.	12.5	.	0.428
달뿌리풀 <i>Phragmites japonica</i>	13.3	47.7	100.0	.	100.0	25.0	.	3.191
갯버들 <i>Salix gracilistyla</i>	33.3	72.7	97.8	100.0	.	.	.	4.132
산비늘사초 <i>Carex heterolepis</i>	0.7	6.8	0.1	26.1	.	.	.	0.092
왜갯냉이 <i>Cardamine yezoensis</i>	1.3	2.3	0.8	21.7	.	.	.	0.114
아까시나무 <i>Robinia pseudo-acacia</i>	.	18.2	.	.	.	100.0	.	0.057
고마리 <i>Persicaria thunbergii</i>	0.7	18.2	2.8	8.7	.	25.0	100.0	0.414
미나리 <i>Oenanthe javanica</i>	.	.	.	.	.	.	37.5	0.004
수반종(Companion species of plant communities)								
느릅나무 <i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	60.0	72.7	.	.	.	.	.	0.364
노루오줌 <i>Astilbe rubra</i>	33.3	13.6	0.3	5.8	.	.	.	0.257
산뽕나무 <i>Morus bombycis</i>	36.7	17.0	0.5	.	.	.	.	0.226
고광나무 <i>Philadelphus schrenckii</i>	21.3	2.3	.	.	.	.	.	0.059
병꽃나무 <i>Weigela subsessilis</i>	53.3	18.2	.	.	.	25.0	.	0.247
소나무 <i>Pinus densiflora</i>	9.3	37.5	.	.	.	.	.	0.107
다래나무 <i>Actinidia arguta</i>	13.3	27.3	0.1	.	.	.	.	0.128
메역순나무 <i>Tripterygium regelii</i>	30.0	6.8	0.1	.	.	.	.	0.124
층층나무 <i>Cornus controversa</i>	4.0	23.9	1.3	.	.	.	.	0.150
강활 <i>Ostericum praeteritum</i>	18.7	13.6	1.3	30.4	.	.	.	0.366
미나리냉이 <i>Cardamine leucantha</i>	6.0	13.6	1.7	11.6	.	.	.	0.235
개키버들 <i>Salix integra</i>	0.7	17.0	0.2	7.2	.	.	.	0.093
국수나무 <i>Stephanaadra incisa</i>	10.0	27.3	0.1	.	.	.	.	0.117
들메나무 <i>Fraxinus mandshurica</i>	20.0	.	.	.	.	.	.	0.036
모시물통이 <i>Pilea mongolica</i>	.	10.2	1.0	.	.	12.5	.	0.067
물봉선 <i>Impatiens textori</i>	0.7	6.8	0.7	.	22.2	25.0	.	0.100
물향찰 <i>Populus koreana</i>	13.3	.	.	.	.	.	.	0.024
백당나무 <i>Viburnum opulus</i> var. <i>calvescens</i>	2.0	15.9	.	.	.	.	.	0.036
붉나무 <i>Rhus javanica</i>	8.0	13.6	0.3	.	.	50.0	.	0.141
사위질빵 <i>Clematis apiifolia</i>	5.3	9.1	0.3	.	.	25.0	.	0.100
광대싸리 <i>Securinega suffruticosa</i>	0.7	9.1	0.8	.	.	25.0	.	0.083
쇠뜨기 <i>Equisetum arvense</i>	0.7	1.1	0.8	2.9	.	25.0	25.0	0.105
쑥 <i>Artemisia princeps</i>	10.7	20.5	14.2	1.4	.	75.0	12.5	0.832
찔레나무 <i>Rosa multiflora</i>	16.0	20.5	.	2.9	.	50.0	.	0.193
삿갓사초 <i>Carex dispalta</i>	2.7	1.1	1.3	.	.	.	.	0.058
두릅나무 <i>Aralia elata</i>	2.7	17.	.	1.4	.	12.5	.	0.075
등침 <i>Aristolochia manshuriensis</i>	8.0	.	0.1	.	.	.	.	0.024
답의장풀 <i>Commelina communis</i>	.	4.5	0.1	.	.	50.0	.	0.033

The other species(almost accidental species) were omitted by author.

Table 2. Occurrence of plant communities at the cross-sectional position(Ba: Stream bank zone, Te: Terrace zone, Wa: Waterside zone)

Site	Plant community*							Around land type
	A	B	C	D	E	F	G	
St.1			Ba,Te		Te			Mountain
St.2	Te							Mountain, Field
St.3		Ba	Te					Paddy field
St.4	Ba		Te					Mountain, Field
St.5	Ba		Te					Mountain
St.6			Te					Mountain, Field
St.7	Ba			Te				Mountain, Field
St.8		Ba	Te				Wa	Paddy field
St.9		Ba		Te				Mountain
St.10	Ba		Te	Te				Mountain
St.11	Ba		Te					Mountain
St.12		Ba	Te					Paddy field
St.13			Wa		Te	Ba		Field
St.14			Te					Field

* : See table 1

출현종수는 총 153종으로 관찰되는 식물군락 가운데 종다양성이 가장 높다. 이는 제방권의 다른 식물군락에 비해 유역적으로 비교적 넓은 분포역을 가지기 때문인 것으로 판단된다. 생육 구간의 주변 토지 유형은 식물의 훼손 잠재력이 높은 밭 또는 논으로 외지식물(비하천식물; 예: 아까시나무, 꼭두선이, 닭의장풀 등)의 생육이 높은 것도 주요인이다. 또한 하천정비 또는 홍수 피해 복구 등에 의해 전체 조사지 내에서 본 군락이 인위적으로 제거된 경우가 많았다. 하천 단면적으로 제방권에서 주로 관찰되며, 퇴적물은 전술의 물푸레나무군락에 비해 크기가 작은 호박돌 또는 자갈(cobble)이다. 이는 물푸레나무군락에 비해 주변 산지에서 유입되기 보다는 하천작용에 의해 상부에서 이동된 퇴적물이 많으며, 홍수에 대한 물리적 영향이 보다 크다는 것이다.

갯버들-달뿌리풀군락(*Phragmites japonica-Salix gracilistyla* community)은 갯버들과 달뿌리풀에 의해 구분되며, 출현식물종은 총 89종으로 비교적 단순하다. 생육 입지는 하천 단면적으로 주로 활주사면(transition zone)의 저수위-중수위역에 해당되는 수변권과 고수부지권 사이에 발달하였다. 입지 특성 상 홍수 시에는 식생이 물리적 교란을 강하게 받아 식생구조가 부분적으로 빈번히 파괴된다. 토양은 굽은 모래가 주를 이루고 있으며, 자갈(cobble 또는 gravel)이 혼재되어 있다.

갯버들군락(*Salix gracilistyla* community)은 갯버들 1종에 의해 구분된다. 출현식물종은 평균 7종으로 단순하며, 이는 주로 공격사면(erosion zone)에 발달

하기 때문이다. 공격사면은 초본층의 발달이 매우 미약할 뿐만 아니라, 초본식물이 정착하더라도 주기적인 홍수 등에 의해 제거되기 쉽다. 따라서 초본층의 피도는 5~25%로 매우 낮다. 이는 안홍규(2000), 전승훈 등(1999), 이윤경(2004)의 연구와 유사하다. 공간적 생육입지는 전술의 갯버들-달뿌리풀군락과 유사하나, 침식력이 보다 강한 곳이다. 토양은 주로 굽은 모래로 이루어져 있으며, 토양 내에 자갈(cobble 또는 gravel)이 혼재되어 있다.

달뿌리풀군락(*Phragmites japonica* community)은 달뿌리풀 1종에 의해 구분되는 다년생 초본식생이다. 달뿌리풀이 단순 우점하며, 초본 제2층의 피도는 5%로 매우 낮다. 전술의 갯버들-달뿌리풀군락에 비해 상대적으로 작은 크기의 자갈 성분을 포함한 모래 우점 토양에 주로 발달한다. 하천 단면 공간상 고수부지권에 주로 분포한다.

아까시나무군락(*Robinia pseudo-acacia* community)은 과거 아까시나무의 식재에 의해 구분되는 조림식생으로 제방권에서 관찰되었다. 총 출현식물종은 56종으로 비교적 다양하나, 구성 식물종은 대부분 일이년생 식물 또는 외지식물에 해당된다. 이러한 특성을 내포하는 대표적인 식물종들은 쑥, 사위질빵, 쇠뜨기, 쫄레나무, 개밀, 개망초, 강아지풀, 겹달맞이꽃, 금강아지풀, 나도바랭이새, 망초, 산딸기나무, 새콩, 애기똥풀, 왕고들빼기, 익모초, 덩굴딸기, 한삼덩굴 등이다. 본 입지에 발달하는 전형적인 자생 식물군락은 버드나무-신나무군락이다.

고마리-미나리군락(*Oenanthe javanica*-*Persicaria thunbergii* community)은 고마리와 미나리에 의해 구분되는 일년생 초본식생이다. 흔히 상류부의 농촌 마을에서 유입되는 생물학적 오염물인 생활오수에 의해 발달, 관찰되는 식물군락이다(이울경, 2004). 본 식생이 발달하는 지역은 주변이 주로 논 또는 밭으로 이용되며, 상류부에 농촌형 주거지가 존재하는 곳이다. 하천 단면적으로는 수변권의 저수변부(toe zone; Figure 2)가 전형적인 입지이다. 생육입지는 연중 빈번한 물리적 교란이 발생하는 곳으로 구성종들은 생활사가 짧은 식물종들로 구성된다. 관찰되는 식물종수는 총 9종이다.

2. 공간분포의 다양성

조사지 전체의 종급원(species pool)은 269종(미동정 식물종 4종 포함)이다. 제방권에서 218종, 고수부지권에서 129종, 수변권에서 15종이 분포하였으며, 종다양성의 측면에서 입지의 물리적 안정성 정도에 따라 그 정도가 확연히 구분되었다. 이러한 식물상적 특성은 하천의 상류역(계류역)에 관찰되는 식물군락의 다양성 및 종다양성은 제방권에서부터 유래됨을 의미한다.

식물종별 상대기여도는 전체 조사지역 내에서 갯버들, 달뿌리풀, 쑥, 신나무, 버드나무, 고마리, 강활, 느릅나무, 물푸레나무 순으로 나타났다(Table 3). 기여도가 높다는 것은 독종개의 서식지에서 관찰되는 식물

종의 빈도와 피도가 높으며, 식물군락의 주요종으로 기여할 가능성이 높음을 의미한다.

한편 하천의 단면적 공간유형(Figure 2)에 따른 식물종의 분포가 명백히 구별되므로 구분하여 이해할 필요가 있다. 제방권에서 상대기여도가 높은 식물종은 느릅나무, 버드나무, 신나무, 갯버들, 물푸레나무, 털야광나무, 당단풍나무, 병꽃나무, 달뿌리풀, 귀룽나무 순이었으며, 모두 40을 상회하였다. 특히 갯버들과 달뿌리풀은 상류역에서 상대적으로 높은 피도를 갖는 식물종으로(이울경, 2004), 고수부지권에서 보다 높은 상대기여도로 나타나 제방권의 주요종으로 규정짓기 어려운 것으로 나타났다. 고수부지권에서 상대기여도는

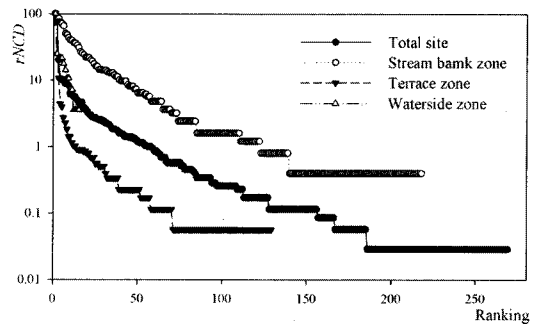


Figure 3. Change of the *rNCD* order to occurrence species at the cross-sectional position

Table 3. The species order by *rNCD* ranking

No.	Total site	Stream bank zone	Terrace zone	Waterside zone
1	<i>Salix gracilistyla</i> (100.0)	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (100.0)	<i>Salix gracilistyla</i> (100.0)	<i>Persicaria thunbergii</i> (100.0)
2	<i>Phragmites japonica</i> (77.2)	<i>Salix koreensis</i> (87.5)	<i>Salix gracilistyla</i> (77.9)	<i>Salix gracilistyla</i> (25.0)
3	<i>Artemisia princeps</i> (20.1)	<i>Acer ginnala</i> (84.7)	<i>Artemisia princeps</i> (10.7)	<i>Artemisia princeps</i> (21.4)
4	<i>Acer ginnala</i> (10.4)	<i>Salix gracilistyla</i> (74.2)	<i>Ostericum praeteritum</i> (4.4)	<i>Bidens frondosa</i> (21.4)
5	<i>Salix koreensis</i> (10.1)	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (70.6)	<i>Cardamine leucantha</i> (4.0)	<i>Equisetum arvense</i> (21.4)
6	<i>Persicaria thunbergii</i> (10.0)	<i>Malus baccata</i> var. <i>mandshurica</i> (65.3)	<i>Cardamine yezoensis</i> (2.8)	<i>Phragmites japonica</i> (17.9)
7	<i>Ostericum praeteritum</i> (8.9)	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i> (50.8)	<i>Carex heterolepis</i> (2.3)	<i>Cardamine flexuosa</i> (14.3)
8	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (8.8)	<i>Weigela subsessilis</i> (48.4)	<i>Persicaria thunbergii</i> (1.8)	<i>Mentha arvensis</i> var. <i>piperascens</i> (10.7)
9	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (8.3)	<i>Phragmites japonica</i> (43.5)	<i>Astilbe rubra</i> , <i>Cornus controversa</i> (1.4)	<i>Oenanthe javanica</i> (10.7)
10	<i>Astilbe rubra</i> (6.2)	<i>Prunus padus</i> (40.3)	-	<i>Agropyron tsukusinense</i> var. <i>transiens</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> (7.1)

Note : The other species were omitted by author.

갯버들, 달뿌리풀, 쭉, 강활, 미나리냉이, 왜갯냉이, 산비늘사초, 고마리, 노루오줌, 층층나무의 순이었다. 특히 갯버들과 달뿌리풀의 상대기여도는 100.0과 77.9로서 매우 높았으며, 그 다음 높은 값을 갖는 쭉(10.7)과 큰 차이가 있었다. 이는 홍수 시 강한 물리적 교란(수력) 환경 하에서는 다른 식물에 비해 상대적으로 우위의 생존전략을 갖는 갯버들과 달뿌리풀과 같은 식물종들의 조합으로 이루어지는 식물사회가 형성됨을 의미한다. 따라서, 식물종의 상대기여도 순위별 변화가 급격하게 하향하는 패턴을 보인다(Figure 3). 제방권은 연간 수위변동에 대한 교란이 상대적으로 적어 식물사회의 구조적 발달이 양호하여 식물종의 상대기여도 순위별 변화가 상대적으로 완만하다. 고수부지권에서 쭉의 상대기여도 10.7에 해당하는 제방권의 식물종은 노박당굴(11.3), 꼭두선이(11.3), 고마리(10.1)로 상대기여도 순으로 37~39위에 해당된다. 수변권의 상대기여도는 고마리, 갯버들, 쭉, 미국가막사리, 쇠뜨

기의 순으로 나타났다. 특히, 상대기여도 1순위인 고마리와 다른 식물종의 상대기여도 값의 차이는 매우 크다. 이는 고마리가 단순우점하거나, 여러 교란이 다른 식물 또는 식생의 정착과 발달을 어렵게 하기 때문이다.

식생자료를 토대로 좌표결정분석이 이루어졌다(Figure 4). 제 1축의 고유값은 0.29, 제 2축은 0.13으로 제 1축에 대한 의존도가 비교적 높게 나타났다. 식생자료들은 하천 단면의 공간유형에 따라 제 1축에 좌표결정되는 것으로 분석되었으며, 입지의 물리적 안정성(수위)으로 이해된다. 제 2축은 상대적으로 유역적 특성을 갖는 것으로 그래프에서 공간상 하부가 상부보다 상류역인 것으로 판단된다. 이는 이윤경(2004)의 연구결과와 비슷하다. 따라서, 하천식생의 공간분포를 결정짓는 가장 중요한 일차적 요인은 단면이며, 이차적 요인은 유역으로 평가될 수 있었다. 즉, 그래프 우측 하단에 집중 분포하는 물푸레나무군락은 상류역의 제방

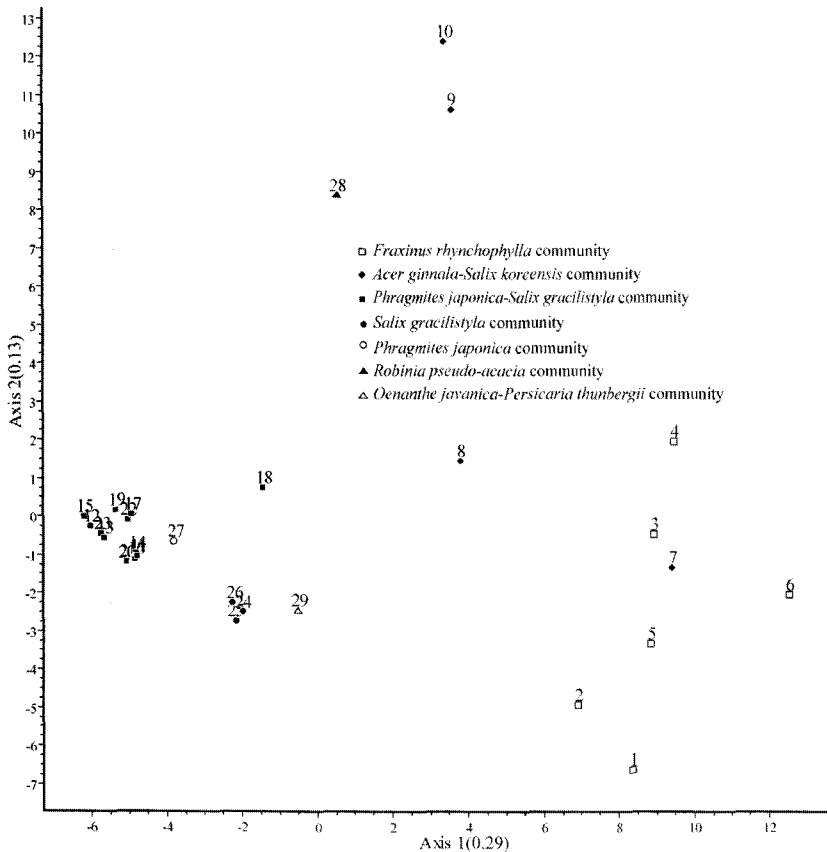


Figure 4. Ordination of the 29 relevés based on species composition and their quantitative variation using the PCoA

권인 것으로 이해될 수 있다. 특히 버드나무-신나무군락 가운데 물푸레나무군락과 많은 종조성을 공유하는 이행대(ecotone) 식분(No. 7 in Figure 4)은 물푸레나무군락과 유사한 공간에서 좌표결정되었다. 또한 갯버들-달뿌리풀군락, 갯버들군락은 상류역의 수변권으로 그래프에서 좌측 하단에 위치하였다.

결론

하천 내에 멸종위기에 처한 어류들은 국가적으로 보전해야 할 중요한 생물자원이다. 최근 사회적 관심 증대로 보전과 복원 사업들이 어류자원의 서식처인 하천에 집중되고 있으며, 보전생태학적 정보 축적은 중요하다. 따라서, 본 연구의 목적은 법적 멸종위기어류인 독중개 서식하는 하천구간 내의 식생(식물) 환경을 정성 정량적으로 밝히는데 있다.

독중개 서식지에는 6개의 식물군락이 분포하였으며, 그 가운데 물푸레나무군락, 버드나무군락, 갯버들-달뿌리풀군락, 갯버들군락이 고빈도로 관찰되며, 특히 갯버들-달뿌리풀군락의 빈도가 가장 높았다. 제방권의 식물사회는 물푸레나무군락과 버드나무-신나무군락으로, 고수부지권에는 갯버들-달뿌리풀군락으로 대표되었다. 즉, 자연하천 내에서는 물푸레나무군락과 버드나무-신나무군락, 갯버들-달뿌리풀군락이 발달하는 하천 구간이 독중개의 전형적인 입지인 것으로 이해할 수 있다. 이러한 식물사회는 하천 상부가 식생에 의해 밀폐된 계류역의 식생구조가 아닌 일중 하도(channel) 내로 일정한 시간 빛이 유입되는 곳이다. 따라서, 독중개는 하천 상부가 부분 개폐되기 시작하는 곳이나, 하천식생이 만드는 그늘 등에 의해 낮은 수온이 유지되는 곳에서 정량적 증가를 예상할 수 있다. 한편, 수온 범위에 대한 보다 명확한 규명은 추가조사 분석을 통해 밝혀질 수 있을 것이다.

식물종의 상대기여도는 독중개 서식지의 식생(식물) 보전과 복원의 우선순위로 이해될 수 있다. 제방권의 식물종 상대기여도는 느릅나무, 버드나무, 신나무, 갯버들, 물푸레나무, 털야광나무, 당단풍나무, 병꽃나무, 달뿌리풀, 귀룽나무 순이었으나, 갯버들과 달뿌리풀은 하천 제방권의 전형적인 대표 식물종은 아니었다. 고수부지권에서는 갯버들, 달뿌리풀, 쑥, 강활, 미나리냉이, 왜갯냉이, 산비늘사초, 고마리, 노루오줌, 층층나무의 순이었다. 특히 고수부지권은 상대적으로 강한 물리적 교란을 받는 입지로 이에 생존가능한 전략을 갖는 식물사회가 형성됨으로 갯버들, 달뿌리풀과 그 다음 높은 값을 갖는 쑥과의 차이는 크게 나타났다. 또한, 종

다양성 역시 상대적으로 낮게 나타났다.

조사지역 식물종 다양성은 물리적 안정성에 따라 배분되었다. 이는 공간유형별 종급원을 통해 이해할 수 있으며, 제방권에서 218종, 고수부지권에서 129종, 수변권에서 15종이 분포하였다. 이러한 식물종의 분포 특성은 우리나라 하천 상류지역의 일반적인 특성과 유사하였다(이울경, 2004; 이울경과 김종원, 2005).

본 연구의 결과는 하천생태계의 보전과 복원에 부적합한 식물 적용을 제거하고, 온전하고 건강한 하천생태계로의 유지를 가능하게 하는 기초정보로 활용될 것으로 판단된다. 한편, 향후 유기적인 생태계적 관점에서 보다 총체적 접근과 기능적 분석이 요구되어 진다.

인용문헌

- 김익수, 박종영(2002) 한국의 민물고기. 교학사, 서울, 465쪽.
- 김종원, 김성열(2006) 식생분류-프로그램 [RIM] ver. 2.1. 한국생태계관리연구소. 대구.
- 김종원, 이울경(2006) 식물사회학적 식생 조사와 평가 방법. 월드사이언스, 서울, 240쪽.
- 박수현(1999) 한국귀화식물원색도감(중판). 일조각, 서울, 371쪽.
- 박수현(2001) 한국귀화식물원색도감: 보유편. 일조각, 서울, 178쪽.
- 변화근(1995) 한국산 독중개, *Cottus poecilopus* Heckel (Cottidae)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문, 125쪽.
- 안홍규(2000) 토양의 물리적 특성 및 수분조건에 따른 하반 식물의 분포: 토양환경과 식생과의 관계를 중심으로. 한국조경학회지 28: 39-47.
- 이우철(1996a) 원색한국기초식물도감. 아카데미서적, 서울, 624쪽.
- 이우철(1996b) 한국식물명고 (I)-(II). 아카데미서적, 서울, 2383쪽.
- 이울경(2004) 우리나라 하천식생의 군락분류 및 군락생태. 계명대학교 박사학위논문, 168쪽.
- 이울경, 김종원(2005) 한국의 하천식생. 계명대학교출판부, 대구, 293쪽.
- 전상린(1998) 한국산 독중개와 한독중개(독중개과)의 검색과 분포. 상명대학교 기초과학연구소. 기초과학연구 11: 1-16.
- 전승훈, 현진이, 최정권(1999) 하천미지형 및 하상저질에 따른 갯버들과 달뿌리풀 군락의 분포특성에 관한 연구. 한국조경학회지 27: 58-68.
- 환경부(1996-2005) 제2차 전국자연환경기초조사: 어류편. 과천시.

- 환경부(2002) 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발: 사람과 생물이 어우러지는 자연환경의 보전, 복원, 창조 기술의 개발. 과천시.
- 환경부(2006). 자연환경보전법령집: 야생동·식물보호법. 과천시, 291-483쪽.
- Becking, R.W.(1957) The Zürich-Montpellier school of phytosociology. Bot. Rev. 23: 411-488.
- Braun-Blanquet, J.(1965) Plant sociology. In: G.D. Fuller and H.S. Conard(Transl.), The study of plant communities(Reprint 1966). New York, 439p.
- Drake, D.(2007) Multivariate analysis of fish and environmental factors in the grande(www.deq.state.or.us/lab/techrpts/docs/Bio012.pdf).
- Fujii, R., Y. Choi and M. Yabe(2005) A new species of freshwater sculpin, *Cottus koreanus*(Pisces: Cottidae) from Korea. Species Diversity 10: 7-17.
- Kim, I.S. and C.H. Yoon(1992) Synopsis of the Family Cottidae(Pisces: Scorpaeniformes) from Korea. Kor. J. Ichthyol. 4: 54-79.
- Kim, J.W. and Y.I. Manyko(1994) Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cool-temperate mixed forest in the southern Sikhote Alin, Russian Far East. Kor. J. Ecol. 17: 391-413.
- Microsoft corp.(2003) Microsoft Office 2003 Excel. Microsoft corp.
- Muller-Dombois, D. and H. Ellenberg(1974) Aims and methods of vegetation ecology. John Willy & Sons, New York.
- Naiman, R.J., H. Décamps and M. Pollock(1993) The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. Ecological Application by the Ecological Society of America 3: 209-212.
- Park, G.M. and H.B. Song(2006) Karyotypes of five species in Odontobutidae and Cottidae of Korea. Kor. J. Ichthyol. 18: 155-162.
- Podani, J.(2001) SYN-TAX 2000: Computer program for data analysis in ecological and systematics. Scientia Publishing. Budapest.
- Primack, R.B.(2004) A primer of conservation biology(3rd eds.), Sunderland, Massachusetts, 320p.
- Rosenfeld, J.(2004) Assessing the habitat requirements of stream fishes: an overview and evaluation of different approaches. Transactions of the American Fisheries Society 132: 953-968
- USDA, 1998. Stream corridor restoration: Principles, process, and practices. USDA, Washington.
- Westhoff, V. and E. van der Maarel(1973) The Braun-Blanquet approach, Ed. R. H. Whittaker, Ordination and classification of communities. Dr. W Junk by Publisher, Hague, pp.167-726.
- Zonneveld, I.S. and R.T. Forman(eds.)(1990) Changing landscapes: An Ecological Perspective. Springer-Verlag, New York.