

청주 무심천의 교란에 따른 식생분포의 변화

강 상 준 · 곽 애 경*

충북대학교 사범대학 과학교육학부

한국과학기술원 인공지능연구센터*

Changes of Riparian Vegetation in Relation to Disturbance of Musim-Chon Stream, Cheongju

Kang, Sang-Joon and Ae-Kyung Kwak*

School of Science Education, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Center for Artificial Intelligence Research, Korea Advanced Institute of Science and Technology,

Daejeon 305-701, Korea*

ABSTRACT

The phytosociological investigation was carried out at 32 sites of the riparian vegetation in Musim-Chon stream passed through Choengju-City, Chungcheongbuk-Province by Braun-Blanquet's method from August to October, 1997.

The flora of vascular plants in this survey was 202 species. The riparian vegetation was classified into 25 communities as follows. The submerged hydrophytes are *Potamogeton malaianus* var. *latifolius* community, *Potamogeton crispus* community, *Myriophyllum verticillatum* community, *Hydrilla verticillata* community and *Ceratophyllum demersum* community. The floating-leaved hydrophyte is *Trapa japonica* community. The emerged hydrophytes are *Phragmites communis* community, *Persicaria thunbergii* community, *Phragmites japonica* community, *Oenanthe javanica* community, *Zizania latifolia* community and *Persicaria hydropiper* community. The herbaceous vegetation of floodplain are *Artemisia montana* community, *Humulus japonicus* community, *Miscanthus sacchariflorus* community, *Erigeron annuus* community, *Impatiens balsamina* community, *Bidens frondosa* community, *Setaria viridis* community, *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior* community and *Eragrostis ferruginea* community. The woody vegetation of floodplain are *Robinia pseudo-acacia* community, *Stephanandra incisa* community and *Clematis apiifolia* community.

The species diversity was low in the upper and down stream, while the diversity was high in the mid stream situated at the center of Choengju-City because of frequent disturbance by citizens. These results suggested that distribution of communities and species diversity was closely related to the disturbance.

Key words : Riparian vegetation, Hydrophyte, Disturbance, Species diversity.

서 론

하천생태계는 최근들어 생물다양성의 유지, 관리란 측

면에서 보호, 보전, 복원, 창조 등이 더욱 요구되며 전 세계적인 관심사의 하나가 되고 있다 (Boyd 1968, Laskman 1979, Wetzel 1983, Reddy *et al.* 1983, Tripathi *et al.* 1991, 大熊 1993, 강 1993, 류 1993). 우

리나라와 같이 산악이 많은 곳에서의 하천은 대부분이 짧은 급류로서 수위변동이 심하기 때문에 상·중류에서는 수생식물이 서식하지 못하고, 범람원의 고수위선 (floodplain of high level)과 저수위선 (floodplain of low level)의 사이에는 홍수에 의한 식생의 매몰이나 유출이 일어나서 불안정한 성격의 식생이 분포한다.

이러한 불안정한 상태인 하천의 개조는 친수공간으로서의 amenity를 상실하게 되었고 더우기 물리적, 화학적, 생물학적 변화 등의 요인에 의해 생태계의 변화를 가져와 Biotope로서의 기능마저 사라져 버릴 위기에 처해있다 (주 등 1994). 무심천의 경우에도 예외는 아니어서 이미 수로 대부분이 직강화되어 있고, 범람원에는 주차장이나 하상도로가 조성되어 본래의 하천의 모습을 잃어버렸다.

본 연구에서는 충북 청주시 도심을 관통하고 있으며 인간의 간섭을 많이 받아 점점 훼손이 우려되는 도심하천인 무심천을 조사지로 선택하여, 발원지에서부터 미호천 합류지점에 이르기까지 수생 및 수변식물군락의 식생구조와 분포를 알아보는 것은 훼손된 하천생태계를 복원하는데 기초자료를 제공하고, 도심하천의 자연 습지 식생을 보전 또는 복원하는데 기여하고자 한다.

조사지 개황

본 연구의 조사지역은 동경 127°26'~127°38', 북위 36°31'~36°42'에 위치하고 있으며, 충청북도 청원군 낭성면 추정리, 한계리 및 가덕면 내암리에서 발원하여 청주시내를 관통한 후, 금강수계의 지방하천인 미호천과 합류되는 총 연장 32.4 km의 준용하천이다. 또한 이 하천은 월운천 (7.0 km), 미평천 (6.0 km), 영운천 (4.0 km), 명암천 (4.5 km) 및 울량천 (4.5 km)의 5개 지천으로 구성되어 있으며, 총 유역면적은 192.80 Km²로, 청주시 유역면적의 53.7%가 본 하천으로 배수되는 바, 도시 기능상 매우 중요한 역할을 하고 있다 (Fig. 1).

조사 방법

조사는 1997년 8월 6일부터 9일까지와 10월 17일부터 18일까지 무심천 유역 32개 지점에서 실시하였다 (Fig. 1). 조사지소는 소하천의 지류가 무심천으로 합류되는 지점의 유로 좌·우측을 선택하였다. 식생단위는 수생식물 군락, 범람원의 초본식생과 목본식생별로 분류하여 정리하였으며, 또한 유로와 범람원 구역 범위를 포함한

지역의 식물상을 조사하고, 종다양성지수와 균등성지수를 구하여 조사지소별로 비교하였다.

종다양성은 Shannon-Wiener (1949) 지수로, 균등성지수는 Pielou (1960)로 계산하였다. 수생식물은 Sculthope (1967)의 생활형 분류법에 따라 정수식물 (Emerged hydrophyte), 부엽식물 (Floating-leaved hydrophyte), 침수식물 (Submerged hydrophyte)과 같은 유근수생식물 (rooted aquatic plant)로 한정하였다.

식생의 조사는 Braun-Blanquet (1964)의 식물사회학적 연구방법에 따라 조사하였으며, 표본구는 입지조건과 상관에 따라 식분이 균질한 지점에서 실시하였다. 표본구의 크기는 수생식물에서는 1 m², 범람원 지역의 식물은 5~10 m²방형구를 설치하여 식생조사를 실시하였다.

자료의 처리는 85개의 조사된 식생자료를 대상으로 Ellenberg (1956) 및鈴木 등 (1985)의 표 조작법에 따라 군락의 상재도표를 작성하여 군락을 분류하였고, 이들 분류와 상관적인 우점군락을 기준하여 식생단면도를 작성하였다. 종의 동정은 이 (1993)에 따랐다.

결과 및 고찰

식물상

무심천변에 분포하고 있는 유관속 식물은 5강 61과 152속 176종 25변종 1아종으로 총 202종이었다. 수생식물은 정수식물 11종, 부엽식물 1종, 침수식물 5종 등 총 17종으로, 이는 한강의 4종 (김 등 1991), 탄천 12종 (김과 임 1990)보다 다양한 것으로 나타났다.

수변에 식재한 식물은 10종이었다. 또한 귀화식물은 총 21종으로, 그 중 도심에 가까운 지역인 조사지소 17번 부터 하류 (30, 31)에 이르기까지 8종류 이상이 분포하고 있는 것으로 보아, 도시화에 따른 교란과 관계가 있는 것으로 볼 수 있다.

식물군락

식생은 침수식물 군락, 부엽식물 군락, 정수식물 군락, 범람원 초본 및 목본식물 군락으로 구분되었으며, 종조성표 (Table 1)에 따라 25개 군락으로 분류되었다.

1. 침수식물 군락

조사지소 5번부터 20번 범위에 걸쳐, 대체로 유로 주

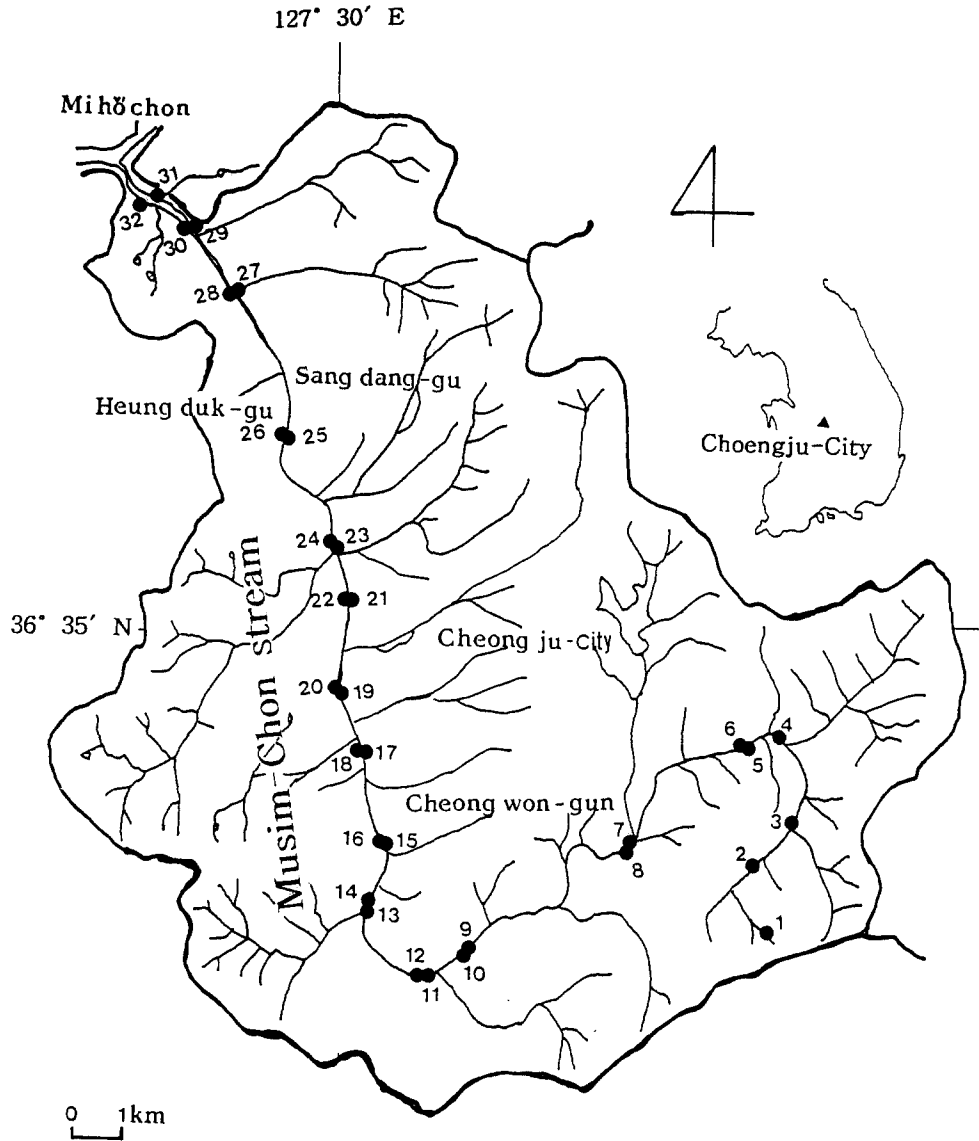


Fig. 1. Map showing the watershed of Musim-Chon stream. Numerals near closed circles indicate sampling sites. 1-3: Headstream, 21-28: Center of Cheonju city, 31-32: confluence.

변의 물이 정체된 지역을 중심으로 유속이 느린 곳에 분포하고 있는 특징을 보여 주었다 (Fig. 1).

1) 대가래 군락 (*Potamogeton malaianus* var. *latifolius* community)

Fig. 1의 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 20번 지소에서 출현하였으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은

대가래이고, 평균 식피율은 94%, 평균 출현종수는 3종이며, 수반종은 말즘, 물수세미, 검정말 등이고, 수심이 0.8 m 이하의 낮은 쪽을 중심으로 분포하고 있었다. 이 군락은 전국적으로 분포되고 있으며 (이 1993), 영산강 조사 보고 (임 등 1994, 김 1996), 보성강댐 수역조사 (김 등 1994) 및 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996)에서 보고된 바 있다.

2) 말즘 군락 (*Potamogeton crispus* community)

Fig. 1의 5, 10, 12, 13, 18, 19번 지소에서 출현하였으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 말즘이고, 평균 식피율은 89%, 평균 출현종수는 3종이며, 수반종은 대가래, 붕어마름, 마름 등으로 나타났다. 이 군락은 탄천의 상류지역 (김과 임 1990)과 영산강 집수역의 조사 (김 1996)에서도 보고된 바 있다.

3) 물수세미 군락 (*Myriophyllum verticillatum* community)

Fig. 1의 7, 9, 11, 17번 조사지소에서 출현하였으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 물수세미이고, 평균 식피율은 87.5%, 평균 출현종수는 3종이며, 수반종은 대가래, 검정말, 마름 등으로 나타났다. 이 군락 역시 전국적으로 분포되고 있으며 (이 1993), 영산강 조사 보고 (임 등 1994, 김 1996) 및 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996)에서도 보고되었다.

4) 검정말 군락 (*Hydrilla verticillata* community)

Fig. 1의 8, 11번의 두개 지소에서만 출현하였으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 검정말이고, 평균 식피율은 97.5%, 평균 출현종수는 3종이며, 수반종은 말즘, 물수세미, 등으로 나타났다. 이 군락은 탄천의 대형수생식물군집 (김과 임 1990)과 보성강댐 수역조사 (김 등 1994) 및 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996) 등에서 보고된 바 있으며, 전국적인 분포역 (이 1993)을 갖고 있다.

5) 붕어마름 군락 (*Ceratophyllum demersum* community)

Fig. 1의 7번 지소에서만 출현하였으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 붕어마름이고, 평균 식피율은 90%, 평균 출현종수는 1종으로 나타났다. 이 군락은 다른 지역에서는 별로 출현하지 않았는데, 이는 최근의 수질오염과 하천 준설공사 등으로 서식처가 서서히 훼손 또는 파괴된 때문이라고 생각된다. 붕어마름 군락은 영산강 집수역의 조사 (김 1996)에서도 보고된 바 있다.

2. 부엽식물 군락

1) 마름 군락 (*Trapa japonica* community)

Fig. 1의 27, 28번 지소에서 출현하였으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 마름이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 4종이며, 수반종은 말즘, 검정말 등으로 나타났다. 물이 정체된 주변지역과 비교적 하천바닥이 안정된 지역에 분포하고 있는 것으로 보아 하천준설이 계속되어 서식처가 소실되면 생육이 어려울 것이라고 판단된다. 이 군락은 영산강 집수역의 조사 (김 1996)에서 보고되었다.

3. 정수식물 군락

1) 갈대 군락 (*Phragmites communis* community)

Fig. 1의 16, 17, 20, 21, 28, 31번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 갈대이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 16종으로 나타났으며, 수반종은 고마리, 부들, 달뿌리풀, 미나리 등으로 나타났다. 이 군락은 중류에서부터 하류에 이르기까지 분포하는 특징을 보여주고 있어 오염물질에 강한 내성을 갖고 있는 것으로 사료된다. 갈대군락은 수계와 습지에 우점할 뿐만아니라 생산량도 높으며 수계의 영양염류를 제거하는 것으로 알려져 있다 (Reddy 1983, 김 1990, 임 등 1994). 이 군락은 보성강 조사 (김 등 1994)와 남창천과 삼향천 조사 (임 등 1995), 영산강 집수역의 조사 (김 1996), 낙동강 상류 한천 일대 (송과 송 1996) 및 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996) 등에서 보고된 바 있다.

2) 고마리 군락 (*Persicaria thunbergii* community)

Fig. 1의 8, 9, 13번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 고마리이고, 평균 식피율은 97%, 평균 출현종수는 17종으로 나타났으며, 수반종은 갈대, 부들, 미나리, 쑥, 환삼덩굴 등으로 나타났다. 강변과 하천의 하상이 드러난 주변지역과 특히 강 상류의 계곡을 중심으로 분포하고 있으며, 수심이 0.2~0.3 m 정도의 얇은 수로 주변지역에서 대군락을 형성하는 특

Table 1. Phytosociological table of riparian vegetation in the Musim-Chon stream

Vegetation unit	A			B			C						D						E							
	1	2	3	4	5	1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	
Community type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Serial No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Number of records	10	9	4	2	1	2	6	3	3	3	2	2	1	9	9	6	4	1	1	1	1	1	2	1	1	
<u>Differential species of submerged and floating-leaved hydrophytes</u>																										
<i>Potamogeton malaianus</i> var. <i>latifolius</i> community	V (3-5)	II (+-2)	I (+)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potamogeton crispus</i> community	III (+-2)	V (1-5)	3 (1-2)	2 (1-2)	.	2 (1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Myriophyllum verticillatum</i> community	IV (1-2)	IV (1-3)	4 (2-5)	1 (2)	.	2 (1-2)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hydrilla verticillata</i> community	II (2)	III (+-2)	1 (2)	2 (3-5)	.	2 (2-2)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ceratophyllum demersum</i> community	I (1-2)	I (+)	1 (1)	1 (2)	1 (3-5)	1 (+)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trapa japonica</i> community	.	I (+)	1 (1)	.	.	2 (5)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<u>Differential species of emerged hydrophytes</u>																										
<i>Phragmites communis</i> community	V (3-5)	2 (2)	1 (1)	.	1 (2)	.	.	.	I (3)	II (1-4)	II (1)	1 (1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria thunbergii</i> community	III (+-4)	3 (3)	2 (1-3)	3 (1-2)	1 (1)	2 (1-2)	.	.	II (1-2)	I (1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Typha orientalis</i> community	3 (1-2)	3 (1-4)	.	1 (2)	1 (1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phragmites japonica</i> community	I (1)	.	.	3 (4-5)	1 (2)	.	.	.	.	.	.	.	1 (2)	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Oenanthe javanica</i> community	II (+-1)	1 (3)	1 (1)	2 (+-1)	2 (2-3)	2 (1)	.	.	.	.	.	2 (+-1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Zizania latifolia</i> community	I (6)	.	.	1 (1)	.	2 (3-4)	.	.	.	.	.	1 (2)	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria hydropiper</i> community	I (2-4)	1 (+)	.	2 (+)	.	1 (1)	1 (3)	I (+-1)	.	II (+-1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<u>Differential species of herbaceous vegetation in floodplain</u>																										
<i>Artemisia montana</i> community	II (+-3)	2 (2)	.	3 (+-2)	2 (+-1)	.	1 (2)	V (3-4)	IV (+-1)	V (2-2)	4 (2-3)	1 (+)	1 (1)	.	1 (+)	1 (+)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (+)
<i>Humulus japonicus</i> community	V (+-4)	2 (1-2)	.	3 (+-1)	1 (1)	.	.	.	V (1-3)	V (2-5)	V (+-3)	4 (2-1)	.	1 (1)	1 (+)	1 (1)	.	.	.	.	.
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> community	I (2)	.	.	.	.	.	.	.	IV (+-3)	II (+-2)	V (3-5)	1 (+)	1 (1)	.	.	.	.	.	.	1 (+)	.
<i>Erigeron annuus</i> community	2 (+-1)	.	.	.	.	.	III (2-2)	III (+-3)	III (+-1)	4 (1-4)	1 (2)	.	1 (+)	1 (1)	1 (1)	.	.	.	.
<i>Impatiens balsamina</i> community	I (1)	.	.	1 (3)	.	.	.	.	.	.	.	1 (3)	1 (1)
<i>Bidens frondosa</i> community	II (+-1)	II (+)	III (+-2)	2 (+)	.	2 (2)	.	.	.	.	.	.	.
<i>Setaria viridis</i> community	I (1)	.	.	.	.	.	.	1 (1)	III (+-2)	III (2-1)	II (+-1)	2 (1)	.	1 (2)	1 (1)	.	.	.	.	.	.
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> community	III (+-1)	.	.	.	.	.	.	.	IV (+-3)	II (2-2)	III (+-2)	2 (1-2)	.	.	.	1 (3)	.	.	.	.	.
<i>Eragrostis ferruginea</i> community	II (+)	I (1)	I (+)	1 (+)	.	.	.	.	1 (4)	.	.	.	.
<u>Differential species of woody vegetation in floodplain</u>																										
<i>Robinia pseudo-acacia</i> community	1 (1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2 (2)	.	.
<i>Stephanandra incisa</i> community	1 (2)	.
<i>Clematis apiifolia</i> community	1 (1)	1 (1)	.
<u>Companions</u>																										
<i>Ixeris dentata</i> community	I (1)	1 (1)	.	2 (2-4)	.	.	.	1 (1)	V (2-1)	V (2-1)	II (2-4)	2 (+-1)	1 (+)	1 (+)	.	.	.	1 (1)	2 (1)	.	1 (1)
<i>Equisetum arvense</i> community	III (1-2)	1 (+)	.	.	.	.	.	.	IV (+-4)	IV (+-2)	I (1)	3 (1-2)	.	.	.	.	1 (1)	1 (2)	.	.	.
<i>Erigeron canadensis</i> community	III (2-1)	II (2-1)	IV (2-1)	4 (1-3)	.	.	.	.	1 (+)	1 (1)	.	.	.
<i>Commelina communis</i> community	IV (+-1)	1 (+)	.	1 (1)	.	.	1 (1)	IV (2-1)	III (2-1)	II (+-1)	2 (+-1)	1 (2)	1 (+)	.	.	.	.	.	.	1 (1)	.
<i>Persicaria hydropiper</i> community	III (2-1)	II (+)	V (+-1)	3 (+)	.	.	.	.	.	.	.	1 (+)	.
<i>Oenothera odorata</i> community	I (+)	2 (+)	.	.	.	.	.	.	II (+-3)	III (2-1)	II (+)	4 (+-3)	.	1 (+)	1 (1)	.	.	.	.	.	.
<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> community	V (+-2)	2 (1-2)	.	1 (2)	1 (+)	.	1 (1)	III (+-2)	IV (+-3)	I (3)	4 (1-2)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Corchoropsis psilocarpa</i> community	IV (+-1)	.	.	1 (1)	.	.	.	.	II (+-2)	III (2-1)	II (+-1)	3 (+-1)	.	.	.	.	1 (1)	1 (1)	.	.	.
<i>Calystegia japonica</i> community	III (2-2)	.	.	.	.	.	.	.	III (2-2)	III (+-2)	II (+)	2 (+)	.	.	.	1 (1)	1 (1)	.	.	.	.
<i>Rumex crispus</i> community	I (2-2)	1 (+)	.	1 (1)	1 (2)	.	1 (1)	IV (2-1)	II (+)	III (+-1)	2 (+-1)	.	.	.	.	.	1 (2)	.	.	.	.
<i>Persicaria senticosa</i> community	I (2)	.	.	1 (+)	.	.	1 (1)	IV (2-2)	II (+)	I (+)	1 (+)	.	.	.	.	.	.	1 (1)	.	1 (2)	.
<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> community	II (+-1)	1 (+)	.	.	.	.	.	.	II (+-1)	II (2-1)	IV (2-1)	2 (+-1)	.	.	.	.	1 (+)	1 (+)	.	.	.
<i>Cyperus iria</i> community	II (+-4)	.	.	.	.	.	1 (1)	II (1)	III (+-1)	IV (+-1)	2 (+)	.	.	.	.	.	1 (1)	1 (1)	.	.	.
<i>Metaplexis japonica</i> community	II (2)	1 (1)	.	1 (+)	.	.	.	.	II (+-1)	II (1)	II (+)	2 (2)	.	.	.	1 (1)	.	1 (+)	.	.	.
<i>Lespedeza cuneata</i> community	I (+)	1 (1)	.	1 (1)	.	.	.	.	I (1)	II (2-2)	IV (+-3)	4 (1-4)	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aeschynomene indica</i> community	IV (+-1)	.	.	.	.	.	.	.	II (1)	I (1)	IV (2-1)	1 (1)	.	.	.	.	1 (1)	.	.	.	.
<i>Digitaria sanguinalis</i> community	II (2-3)	II (1)	V (2-2)	2 (1-2)	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Kummerowia striata</i> community	II (+-1)	1 (+)	.	1 (1)	.	.	1 (2)	II (2-1)	II (+-1)	II (1)	1 (1)	.	.	.	.	.	1 (1)	1 (1)	.	.	.
<i>Portulaca oleracea</i> community	II (2-4)	I (1)	III (2-1)	2 (+-1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Capsella bursa-pastoris</i> community	II (2-1)	1 (+)	.	.	.	.	.	.	II (2-1)	I (+)	II (1-3)	2 (+-2)	.	.	.	.	.	1 (2)	.	.	.

<i>Metaplexis japonica</i>						II (4)	I (1)	I (4)				II (4-1)	II (1)	II (1)	2 (2)			1 (1)		1 (4)			
<i>Lespedeza cuneata</i>						I (4)	1 (1)	1 (1)				I (4)	II (4-2)	IV (4-3)	4 (4-4)								
<i>Aeschynomene indica</i>						IV (4-1)						II (4)	I (4)	IV (4-3)	1 (1)					1 (1)			
<i>Digitaria sanguinalis</i>												II (4-3)	II (4)	V (4-2)	2 (1-2)								
<i>Kummerowia striata</i>						II (4-1)	I (4)	1 (1)			1 (2)	II (4-1)	II (4-1)	II (4)	1 (1)					1 (1)	1 (4)		
<i>Portulaca oleracea</i>												II (4-4)	I (4)	III (4-1)	2 (4-1)								
<i>Capsella bursa-pastoris</i>						II (4-1)	I (4)					II (4-4)	I (4)	II (4-3)	2 (4-1)						1 (2)		
<i>Trifolium repens</i>						II (4)	I (4)	1 (4)			1 (2)	II (4-2)	II (4-1)	V (4-1)									
<i>Artemisia capillaris</i>						I (4)	I (4)					II (4-1)	II (4)		I (4)								
<i>Scilla scilloides</i>												II (4-3)	I (4)	I (2)						1 (2)			
<i>Zoysia japonica</i>												II (4-3)	I (2)	I (2)						1 (2)			
<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>												II (4-1)	II (4-1)		I (1)								
<i>Boehmeria spicata</i>												I (4)	II (4-1)		I (1)								1 (4)
<i>Phragmites communis</i>												I (3)	III (4-4)	III (1)	1 (1)								
<i>Achyranthes japonica</i>												III (4-1)	I (4)							1 (1)			
<i>Polygonum aviculare</i>												II (4)		I (4)						1 (1)			
<i>Viola patrinii</i>												II (4)	I (4)		1 (1)								
<i>Stellaria aquatica</i>						II (4)						II (4-1)			1 (4)					1 (1)			
<i>Eleusine indica</i>												I (4)			1 (4)								
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>frumentacea</i>						II (4-1)					1 (4)	II (4-3)			1 (4)								
<i>Salix koreensis</i>						II (4-1)		1 (1)					I (4)		1 (1)					1 (1)	1 (1)	1 (1)	
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>												I (4)	II (4-2)		I (4)								
<i>Pueraria thunbergiana</i>												II (4-4)			I (4)								1 (1)
<i>Amaranthus lividus</i>												I (4)	I (2)		1 (4)					1 (1)			
<i>Bilderdykia dumetora</i>												I (4)	II (4)	I (4)									
<i>Echinochloa crus-galli</i>						I (4)					1 (4)	I (4)		II (4-1)									
<i>Bilderdykia dentato-alata</i>							1 (1)						I (4)	I (1)									1 (1)
<i>Securinega suffruticosa</i>													I (4)							1 (1)	1 (1)	1 (1)	
<i>Oplismenus undulatifolius</i>												I (4)			1 (1)								
<i>Oxalis corniculata</i>															1 (4)					1 (1)			
<i>Rubus crataegifolius</i>												I (4)	I (1)							1 (1)			
<i>Trifolium pratense</i>												I (4)			1 (4)								
<i>Cardamine flexuosa</i>												II (4)											
<i>Pharbitis nil</i>												I (4)	I (1)	I (4)		1 (4)							
<i>Youngia sonchifolia</i>												II (4-1)											
<i>Potentilla chinensis</i>												II (4-1)			1 (4)								
<i>Phaseolus nipponensis</i>												I (4)	I (4)										
<i>Sium suave</i>						III (4-1)		1 (4)	1 (4)	2 (4-1)	1 (1)	1 (1)	II (4)	II (4-1)	II (4-1)								
<i>Teucrium japonicum</i>								1 (1)	1 (1)			1 (1)		II (4)	I (4)								
<i>Cosmos bipinnatus</i>												I (4)			2 (4-1)								
<i>Amorpha fruticosa</i>							1 (1)					I (4)		I (1)					1 (4)				
<i>Plantago lanceolata</i>														I (4)	1 (4)				1 (1)				
<i>Plantago asiatica</i>														I (4)	I (4)	1 (4)							
<i>Miscanthus sinensis</i>												I (1)	I (3)	I (2)									
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>														I (4)									
<i>Dioscorea batatas</i>																						1 (4)	1 (4)
<i>Lespedeza bicola</i>														I (4)								1 (1)	
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i>																1 (1)							1 (4)
<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>parviflorum</i>																2 (4)							
<i>Rubus oldhamii</i>																						1 (2)	1 (1)
<i>Lespedeza pilosa</i>																							1 (1)
<i>Leersia japonica</i>															II (4-1)	1 (4)							
<i>Amaranthus mangostanus</i>															I (4-1)	1 (4)				1 (1)			
<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i>																							1 (4)
<i>Forsythia koreana</i>																							1 (1)
<i>Potentilla dickinsii</i>																							I (4)
<i>Geranium nepalense</i> subsp. <i>thunbergii</i>																							I (4)
<i>Leonurus sibiricus</i>																							I (4)
<i>Coreopsis drummondii</i>							1 (2)																I (4)
<i>Pinellia ternata</i>																							I (4)
<i>Persicaria sieboldi</i>																							I (4)
<i>Cedrela sinensis</i>																							I (2)
<i>Desmodium oxiphyllum</i>							1 (2)																I (4)
<i>Lonicera japonica</i>																							1 (1)
<i>Cocculus trilobus</i>																							I (1)
<i>Rosa multiflora</i>																							I (1)
<i>Rubus parvifolius</i>																							I (1)
<i>Weigela subsessilis</i>																							I (1)
<i>Salix gilgiana</i>							1 (1)		2 (1)		1 (1)												
<i>Sparganium stoloniferum</i>							1 (1)		1 (1)		2 (2-1)												
<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>							I (4)		1 (2)		1 (1)												

Species occurred once in community type C-1: *Serratula coronata* var. *insularis* I (1), C-2: *Trichosanthes kirilowii* I (1), C-5: *Lathyrus davidii* I (1), C-6: *Commelina coreana* I (1), D-1: *Corydalis oconotensis* I (1), *Duchesnea chrysantha* I (1), D-2: *Coriandrum sativum* I (1), *Spiraea begulfolia* I (1), *Ampelopsis brevipedunculata* var. *heterophylla* I (1), D-3: *Pharbitis nil* I (1), *Prunus serrulata* var. *spontanea* I (1), *Echinochloa crus-galli* II (4-1), D-5: *Potentilla fragarioides* var. *major* I (1), *Lysimachia clethroides* I (1), *Eupatorium chinense* var. *simplicifolium* I (1), D-8: *Phragmites japonica* I (2), *Melica oneoi* I (1), E-1: *Xanthium strumarium* I (1), E-2: *Artemisia japonica* I (1), *Quercus aliena* I (1).

정을 나타내고 있다. 이 군락은 전국적인 분포역 (이 1993)을 갖고 있으며, 낙동강 상류 한천 일대 (송과 송 1996), 보성강 조사 (김 등 1994)와 남창천과 삼향천 조사 (임 등 1995) 및 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996) 등에서도 보고되었다.

특히 김 등 (1990)은 한강 지천의 상류 비오염지역에서만 이 식물이 우점적으로 조사되어 비오염지역의 지표식물로 이용될 수 있는 가능성이 높다고 하였으며, 조 (1995)는 경안천 하천변에서 이 식물의 중요도가 가장 높은 순군락으로 우점되어 출현한다고 보고하였다.

3) 부들 군락 (*Typha orientalis* community)

Fig. 1의 9, 11, 20번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 부들이고, 평균 식피율은 78%, 평균 출현종수는 4종으로 나타났으며, 수반종은 갈대, 고마리, 개밭나물 등으로 나타났다. 하천, 연못, 저수지의 가장자리와 늪 또는 하천의 자갈, 모래, 저니 등의 퇴적물이 퇴적된 지역을 중심으로 분포하며, 홍수나 호우시에 유량의 변화에 따라 토양이 물에 잠기기도 하지만 갈수기와 평상시에는 습윤한 토양에서 형성되는 군락이다. 이 군락은 영산강 집수역의 조사 (김 1996)에서 보고된 바 있다.

4) 달뿌리풀 군락 (*Phragmites japonica* community)

Fig. 1의 5, 14, 19번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 달뿌리풀이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 12종으로 나타났으며, 수반종은 고마리, 미나리, 쭉, 환삼덩굴 등으로 나타났다. 바위, 자갈, 모래 등의 서식환경이 열악한 조건에서도 물억새와 중간 경쟁을 하며 분포한다. 이 군락이 발달하면 갈대 군락과 천이가 연속되며 하천변을 중심으로 포복성 뿌리의 생장은 유속에 직접적인 영향을 받고 있어 수심과 유속에 따라 군락 분포와 구성종의 식생변화를 예측할 수 있다. 이 군락은 영산강 조사 (임 등 1994)와 보성강 조사 (김 등 1994), 낙동강 상류 한천 일대 (송과 송 1996), 한강 지천 (김 등 1991)과 영산강 집수역의 조사 (김 1996) 및 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996) 등에서 보고되었다.

5) 미나리 군락 (*Oenanthe javanica* community)

Fig. 1의 6, 7번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 미나리이고, 평균 식피율은 88%, 평균 출현종수는 12종으로 나타났으며, 수반종은 갈대, 고마리, 쭉, 환삼덩굴 등으로 나타났다. 이 군락은 영산강 집수역의 조사 (김 1996)에서 보고된 바 있으며, 습한 지역에서 흔히 볼 수 있으나 최근 들어 그 분포역이 서서히 좁아지는 경향이 있다.

6) 줄 군락 (*Zizania latifolia* community)

Fig. 1의 15, 18번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 줄이고, 평균 식피율은 95%, 평균 출현종수는 7종으로 나타났으며, 수반종은 고마리, 부들, 미나리, 여뀌 등으로 나타났다. 일반적으로 농경지가 유입된 소하천을 중심으로 대군락을 형성하는 특징을 나타내고 있다. 이 군락에 대한 보고는 보성강 조사 (김 등 1994)와 남창천과 삼향천 조사 (임 등 1995) 및 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996) 등이 있다.

7) 여뀌 군락 (*Persicaria hydropiper* community)

Fig. 1의 22번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 여뀌이고, 평균 식피율은 95%, 평균 출현종수는 17종으로 나타났으며, 수반종은 고마리, 부들, 미나리, 쭉, 닭의장풀 등으로 나타났다. 이 군락은 김 등 (1991)에 의해 한강 지천에 있어서 상류역의 비오염 지역에 분포하는 것으로 보고된 바 있으며, 조 (1995)는 이 군락이 습기가 많은 곳을 좋아하는 대표적인 하천변식물로서 경안천 전역에서 출현한다고 하였다.

4. 범람원 초본 식생

1) 쭉 군락 (*Artemisia montana* community)

Fig. 1의 2, 4, 8, 19, 24, 28, 29, 30, 31번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 쭉이고, 평균식피율은 100%, 평균 출현종수는 22종으로 나타났으며, 수반종은 환삼덩굴, 물억새, 개망초 등으로 나타났다. 이 군락은 서식범위가 매우 넓은 것으로 알려져 있는데, 하천식생의 경우 낙동강 상류 한천 일대 (송과 송 1996)에서 보고된 바 있다.

2) 환삼덩굴 군락 (*Humulus japonicus* community)

Fig. 1의 4, 5, 6, 7, 11, 12, 16, 30번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 환삼덩굴이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 21종으로 나타났으며, 수반종은 썩, 물억새, 개망초, 미국가막사리, 강아지풀 등으로 나타났다. 이 군락은 하천주위 뿐 아니라 집 주위의 건조한 지역에서도 흔히 볼 수 있는 군락인데, 하천식생의 경우 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996)에서 보고된 바 있다.

3) 물억새 군락 (*Micanthus sacchariflorus* community)

Fig. 1의 20, 23, 25, 30, 32번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 물억새이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 23종으로 나타났으며, 수반종은 썩, 환삼덩굴, 개망초, 갈대, 여뀌 등으로 나타났다. 하천의 하상이 드러난 주변지역을 중심으로 분포하고 있으며, 하천변 농경지와 폐경지 주변에서 형성된 군락은 육상식물 식생천이의 첫단계 위치를 갖고 있어 하천의 식생변화를 예측할 수도 있는 군락이다. 이 군락은 낙동강 상류 한천 일대 (송과 송 1996), 보성강 조사 (김 등 1994)와 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996) 및 영산강 집수역의 조사 (김 1996)에서 보고된 바 있다.

4) 개망초 군락 (*Erigeron annuus* community)

Fig. 1의 15, 18, 21, 27번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 개망초이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 20종으로 나타났으며, 수반종은 썩, 환삼덩굴, 미국가막사리, 돼지풀, 비수리

등으로 나타났다. 이 군락은 목밭이나 나지에 천이 초기에 침입하는 r-선택종으로 알려져 있다 (옥 1984).

5) 물봉선 군락 (*Impatiens balsamina* community)

Fig. 1의 1번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 물봉선이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 39종으로 나타났으며, 수반종은 달뿌리풀, 썩, 개망초, 썩바귀, 닭의장풀 등으로 나타났다. 바닥이 자갈 등으로 깔려있고 유속이 빨라서 수생식물이 서식하지 않는 상류 발원지에 분포하였으나, 유로가 아닌 물가의 습한 지역에 주로 분포한다. 이 군락은 낙동강 상류 한천 일대 (송과 송 1996)에서 보고된 바 있다.

6) 미국가막사리 군락 (*Bidens frondosa* community)

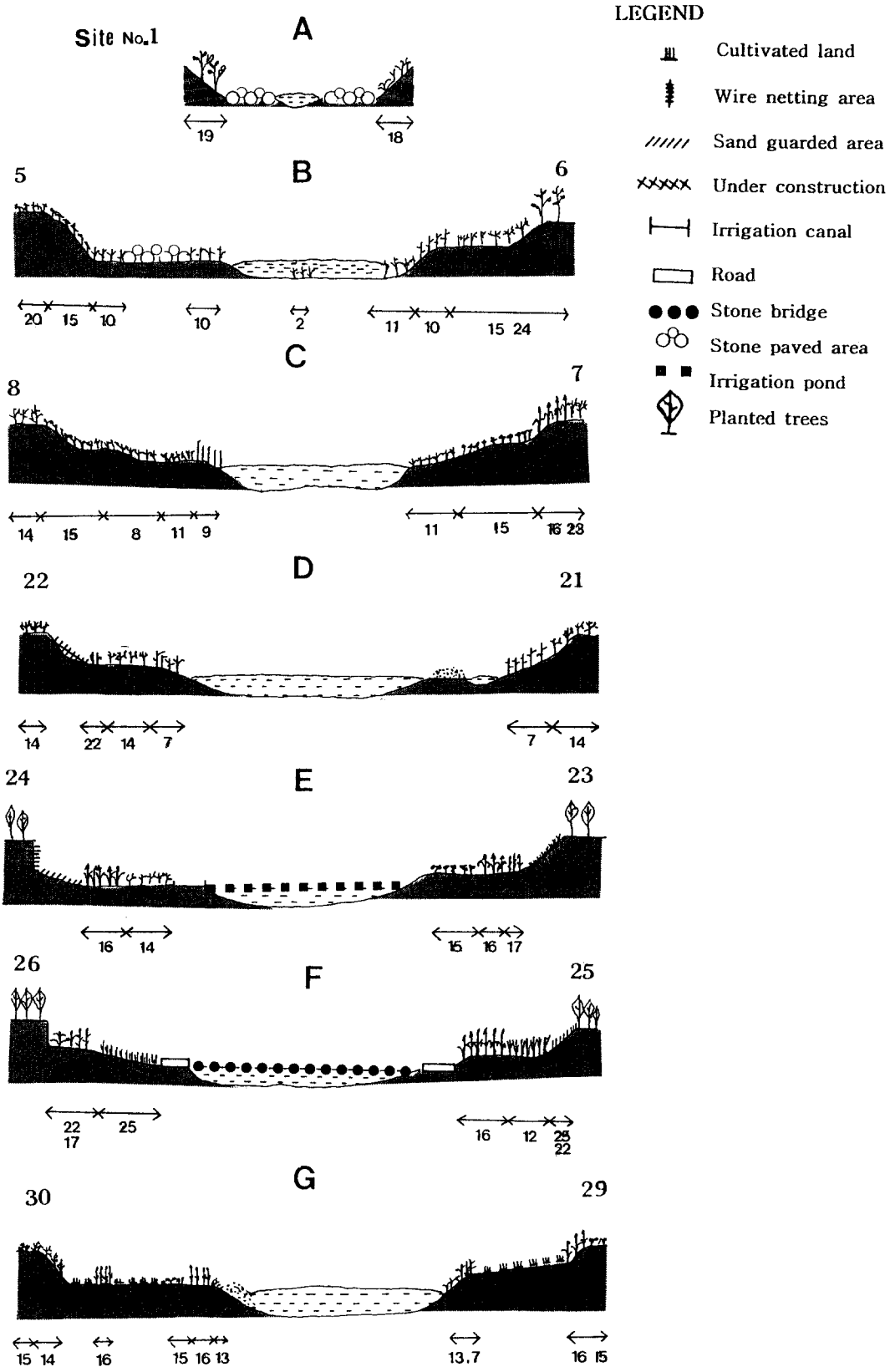
Fig. 1의 3번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 미국가막사리이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 8종으로 나타났으며, 수반종은 썩, 썩바귀, 닭의장풀 등으로 나타났다. 이 군락이 우점인 지역은 청원군 가덕면 내암리 마을지역으로 무심천의 상류지역에 해당되지만 하천에 보를 축조하여 식물이 거의 침투할 수 없었고, 길가로부터 하천까지 1 m 폭에 노변 잡초식물만이 자라고 있었다. 미국가막사리 군락은 김 등 (1990)에 의해 한강 지천의 상류 비오염 지역에서 조사 보고된 바 있다.

7) 강아지풀 군락 (*Setaria viridis* community)

Fig. 1의 3번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 강아지풀이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 6종으로 나타났으며, 수반종은 환삼덩굴, 개망초, 달맞이꽃 등으로 나타났다.

Fig. 2. Cross-section diagram of the Musim-Chon stream from the representative upper (A) to down streams (G).

- | | | |
|--|--|---|
| 2. <i>Potamogeton crispus</i> community | 7. <i>Phragmites communis</i> community | 8. <i>Persicaria thunbergii</i> community |
| 9. <i>Typha orientalis</i> community | 10. <i>Phragmites japonica</i> community | 11. <i>Oenanthe javanica</i> community |
| 12. <i>Zizania latifolia</i> community | 13. <i>Persicaria hydropiper</i> community | 14. <i>Artemisia montana</i> community |
| 15. <i>Humulus japonicus</i> community | 16. <i>Miscanthus sacchariflorus</i> community | 17. <i>Erigeron annuus</i> community |
| 18. <i>Impatiens balsamina</i> community | 19. <i>Bidens frondosa</i> community | 20. <i>Setaria viridis</i> community |
| 22. <i>Eragrostis ferruginea</i> community | 23. <i>Robinia pseudo-acacia</i> community | 24. <i>Stephanandra incisa</i> community |
| 25. <i>Clematis apiifolia</i> community | | |



8) 돼지풀 군락 (*Ambrosia artemisiifolia* var. *elator* community)

Fig. 1의 9번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 돼지풀이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 20종으로 나타났으며, 수반종은 썩, 환삼덩굴, 개망초, 달맞이꽃, 메꽃 등으로 나타났다. 이 군락이 우점인 지역은 가덕면 행정리 새터말로 비교적 인간의 교란을 많이 받는 지역이었다.

9) 그령 군락 (*Eragrostis ferruginea* community)

Fig. 1의 26번 조사지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 그령이고, 평균 식피율은 100%, 평균 출현종수는 28종으로 나타났으며, 수반종은 썩, 환삼덩굴, 썩바귀, 참방동사니 등으로 나타났다. 이 군락은 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996)에서 보고된 바 있다.

5. 범람원 목본 식생

1) 아까시나무 군락 (*Robinia pseudo-acacia* community)

Fig. 1의 10, 17번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 아까시나무이고, 평균 식피율은 93%, 평균 출현종수는 10종으로 나타났으며, 수반종은 썩, 환삼덩굴, 개망초, 썩바귀 등으로 나타났다. 과거에 사면붕괴지 등에 사방공사용으로 많이 식립된 이 군락은 번식력이 강하여 덕 전체에 그 분포범위가 확산되고 있었다. 안동 임하댐 일대 (송과 김 1993)와 전남 흑석산 계곡천 (임과 양 1996)에서도 보고된 바 있다.

2) 국수나무 군락 (*Stephanandra incisa* community)

Fig. 1의 1번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 국수나무이고, 평균 식피율은 95%, 평균 출현종수는 7종으로 나타났으며, 수반종은 썩, 물억새, 물봉선, 버드나무 등으로 나타났다. 수생식물이 서식하지 않고 하천바닥이 자갈로 깔려진 상류에 분포하였다. 이 군락은 낙동강 상류 한천 일대 (송과 송 1996)

에서 보고된 바 있다.

3) 사위질빵 군락 (*Clematis apiifolia* community)

Fig. 1의 2번 지소에서 실시되었으며, 종조성은 Table 1과 같다. 식별종은 사위질빵이고, 평균 식피율은 95%, 평균 출현종수는 17종으로 나타났으며, 수반종은 물봉선, 썩바귀, 닭의장풀, 버드나무, 칩 등으로 나타났다. 계곡식생의 특징을 그대로 보여주고 있는 상류 발원지에 분포하였다.

식생단면도

무심천 상류로부터 하류에 이르기까지 수생식물과 정수식물의 서식지 및 범람원 구역까지를 포함한 단면도를 작성하여 Fig. 2에 도시하였다. 발원지인 청원군 가덕면 내암리 계곡 (Fig. 2-A)은 하상이 바위와 자갈로 덮여있고, 침수식물이 없었으며 수변에 물봉선, 국수나무, 썩, 고마리, 강아지풀 군락 등이 우점하고 있었다.

수생식물 군락이 출현하기 시작한 가덕면 병암리 (Fig. 2-B)는 마름, 미나리, 달뿌리풀 군락 등의 수생식물과 환삼덩굴 군락 등이 우점하였으며, 종다양성 지수는 1.65로 중구성이 비교적 단순하였다 (Fig. 3). 종다양성 지수가 2.59 ~ 2.83 범위로 (Fig. 3) 높아진 가덕면 두산리 소터골 인차교 주변 (Fig. 2-C)부터 청주시 방서동 (Fig. 2-D)까지는 하천길이가 약 12 km로 중류지역에 해당되는 지역이었다. 이곳은 수변의 두께가 약 4 m 높이며 보를 축조하여 물이 정체된 곳에 대가래, 검정말, 마름 군락 등의 침수식물과 부엽식물인 붕어마름 군락 그리고 미나리, 고마리, 줄 군락 등의 정수식물이 분포하고 있었다. 또한 수변에 아까시나무가 식재되어 있고, 마을로부터 유입되는 오폐수의 영향으로 인간의 간섭이나 교란이 잦은 지역에 환삼덩굴 군락과 귀화식물인 돼지풀, 미국가막사리 군락이 분포하고 있었다. 그러나 중류의 맨끝 조사지역에 해당되는 청주시 방서동 (Fig. 2-D) 이후부터는 수생식물의 출현을 전혀 볼 수 없었다.

청주시 영운동 (Fig. 2-E) 지역은 상가 상류지역으로 하천변가에 철망이 쳐져 있으며, 사방공사 지역사이에 식물이 침투되고 있었고, 수로의 고인 웅덩이안에서 식물이 죽어가고 있고 쓰레기도 걸쳐있는 서식지 환경을 보였다. 썩, 물억새, 환삼덩굴 군락이 수변에 우점하고 있는 이 지역은 도꼬마리, 소리쟁이, 미국가막사리, 돼지

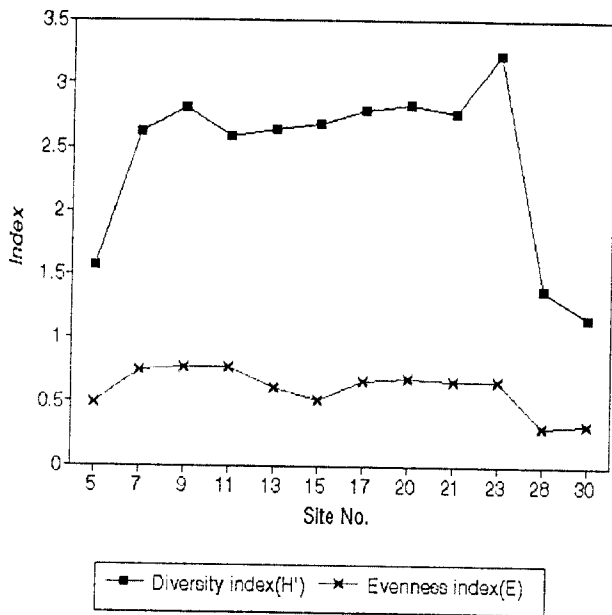


Fig. 3. Changes in species diversity and evenness indices of riparian vegetation from upper stream to down stream in the Musim-Chon stream.

풀, 토끼풀, 망초 등의 귀화식물도 출현하였다. 이 지역은 종다양성 지수가 3.23으로 (Fig. 3) 무심천 전역에서 가장 높은 특징을 보여주지만, 균등성지수 (Fig. 3)가 0.66으로 중류지역과 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 인간의 간섭이나 교란이 잦아서 종이 다양하게 분포하면서도 비교적 다수의 종에 의해 점유되고 있는 혼생 지역으로 볼 수 있다.

하류지역 (Fig. 2-F, G)의 대부분은 쭉, 물억새, 개망초, 그렁, 환삼덩굴 군락 등의 범람원 초본 식생만으로 우점되어 있으며, 귀화식물의 출현 경쟁과 더불어 수로와 하상 도로, 식재지, 경작지, 생활오폐수, 공장폐수 등의 인간 간섭이 많은 환경 가운데 다른 조사지역보다 1.16이하의 낮은 종다양성지수를 나타내었다 (Fig. 3). 이는 도시의 오염된 유입수가 많은 이 지역이 종구성도 낮게 나타나, 오염된 하천의 종다양성지수는 수질에 영향을 받고 있어 수생식물 군락의 분포가 낮게 나타난 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 청주시를 흐르는 무심천에서 Braun-Blanquet의 방법으로 1997년 8월부터 10월까지 하천변 식

생구조를 실시하였다. 유관속 식물은 총 202 종이었다. 수생식물로서 침수식물인 대가래 군락, 말즘 군락, 물수세미 군락, 검정말 군락, 붕어마름 군락, 부엽식물인 마름군락, 정수식물인 갈대 군락, 고마리 군락, 부들 군락, 달뿌리풀 군락, 미나리 군락, 줄 군락, 여뀌 군락과 범람원 초본 식생으로 쭉 군락, 환삼덩굴 군락, 물억새 군락, 개망초 군락, 물봉선 군락, 미국가막사리 군락, 강아지풀 군락, 돼지풀 군락, 그렁 군락 그리고 범람원 목본 식생으로 아까시나무 군락, 국수나무 군락, 사위질빵 군락 등 총 25개 군락으로 식생이 분류되었다. 식물군락의 종다양성은 상류와 하류 지역에서 낮았으나, 청주시의 중심지역이 포함된 중류 지역에서 높았다. 중류지역의 종다양성이 높은 것은 시민들에 의한 잦은 교란의 영향으로 판단되었다.

인 용 문 헌

강상준. 1993. 집수역에 있어 삼림생태계의 중요성. 담수 생태계의 보존대책. 한국생태학회. 한국육수학회 pp.13-22.

김선호, 김성중, 김용욱. 1991. 한강 지천의 수질오염과 식생변화. 한국자연보존협회 연구보고서 11: 131-141.

김용범, 임양재. 1990. 탄천의 대형수생식물군집의 분포와 환경. 한국생태학회지 13(4): 297-309.

김종홍, 정영철, 배창휴. 1994. 보성강댐 수역의 수생관속 식물. 주암댐 건설에 따른 생태계 변화 연구. 전라남도 보성군 pp. 97-113.

김준호. 1990. 팔당호에서 대형수생식물을 이용한 수질정화의 전망. 자연보존 70: 12-18.

김하송. 1996. 영산강 집수역에서 삼림과 수생식물의 분포 및 하천 수질과의 관계. 목포대학교 박사학위 논문 165p.

류재근. 1993. 우리나라 호소수질의 현황과 보존전략. 담수생태계의 보존대책. 한국생태학회. 한국육수학회 pp. 89-115.

송종석, 송승달. 1996. 낙동강 상류 한천 일대의 하천변 식생의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 19(5): 431-451.

鈴木兵二, 伊藤秀三, 豊原源太郎. 1985. 植生調査法Ⅱ. 生態學研究法講座 3. 共立出版, 東京. 190p.

大熊孝. 1993. Biotope回廊としての川と文化. 彬山編 "Biotope-復元と創造". 信山社, 東京. p. 41-48.

- 옥영호. 1984. 묵밭의 초기천이에 있어서 토양의 성질, 종다양성 및 r-K선택의 변화. 서울대학교 석사학위 논문. 44p.
- 이창복. 1993. 대한식물도감. 향문사. 서울. 990p.
- 임병선, 김하송, 이점숙, 임현빈, 김명화. 1994. 영산강 유역의 수생식물상과 분포에 관한 연구. 목포대학교 연안환경연구 11: 1-14.
- 임병선, 이점숙, 조승원, 양효식, 김명화, 꺾에경. 1995. 남창천과 삼향천에 분포한 주요 수생식물의 수질 정화능. 목포대학교 연안환경연구 12: 49-58.
- 임병선, 양효식. 1996. 계곡천의 식생에 관한 연구. 목포대학교 연안환경연구 13: 13-24.
- 조도순. 1995. 경안천에서 하천변 식생의 분포에 관한 연구. 한국생태학회지 18(1): 55-62.
- 주현수, 위인선, 정미량. 1994. 광주천 수계에 있어서의 AGP에 관한 연구. 한국환경생물학회지 12: 125-136.
- Boyd C.E. 1968. Fresh water plants : A potential source of protein. *Econ. Bot.* 22: 359-368.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie*. 3rd ed. Springer-Verlag. Wien-New York. 631p.
- Ellenberg, H. 1956. *Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde*. Eugen Ulmer, Stuttgart. 136p.
- Laskhman, G. 1979. An ecosystem approach to the treatment of wastewater. *J. Environ. Qual.* 8:353-361.
- Pielou, E.C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *J. Theoret. Biol.*, 10: 370-383.
- Reddy, K.R. 1983. Fate of nitrogen and phosphorus in a wastewater retention reservoir containing aquatic macrophytes. *J. Environ. Qual.*, 12: 137-41.
- Sculthorpe, C.D. 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward-Arnold. London, 610p.
- Shannon, C.E., and W. Wiener. 1963. *The mathematical theory of communication*. Univ. of Illinois Press, Urbana. 117p.
- Tripathi, B.D., J. Srivastava and K. Misra. 1991. Nitrogen and phosphorus removal capacity of four chosen aquatic macrophytes in tropical freshwater ponds. *Environment Conservation*. pp. 143-147.
- Wetzel, R.G., 1983. *Limnology*, Saunders College Publishing, Philadelphia, 767p.

(1998년 6월 30일 접수)