

河川 微地形 및 河床低質에 따른 갯버들과 달뿌리풀群落의 分布特性에 관한 研究

진승훈* · 현진이* · 최정권*

*경원대학교 조경학과

A Study on the Distribution Patterns of *Salix gracilistyla* and *Phragmites japonica* Communities according to Micro-landforms and Substrates of the Stream Corridor.

Chun, Seung-Hoon* · Hyun, Jin-Yi* · Choi, Jung-Kwon*

*Dept. of Landscape Architecture, Kyungwon University

ABSTRACT

This study was carried out to verify the distribution patterns of *Salix gracilistyla* and *Phragmites japonica* communities known as obligatory riparian species according to physical factors such as micro-landforms, substrates, etc.. at Soo-ip stream corridor.

Firstly four vegetation types - *Salix gracilistyla* dominant type, *Phragmites japonica* dominant type, mixed type of two species, and mixed type of two species to other species, were classified by cluster analysis based on UPGMA-Euclidean distance. Also these vegetation types showed many different distribution patterns in response to the longitudinal and lateral view along the stream corridor and substrate composition. *Salix gracilistyla* was major component of dominant vegetation types developed at attack point of bending reach and on substrates composed of rock fragments, but contrastly *Phragmites japonica* was most important component of dominant vegetation types at point bar of bending reach and floodplain, and on substrates composed of soil materials.

Secondly the species and environment biplot from CCA strongly supported the vegetation types divided by classification. Namely *Salix gracilistyla* was closely correlated with rock fragments and steep slope, which is resistant to physical action even though located near running water. But *Phragmites japonica* showed a high correlation with soil particles sedimented at floodplain by divergent flow.

Key Words : Classification, CCA, Obligatory Riparian Species, Microlandforms, Substrates

1. 서론

도시하천의 생태적 복원에 있어 가장 핵심적인 과제는 하천경관의 유형구분 설정과 더불어 물리적 기반의 안정화 재료이자 생물종의 서식기반인 식생의 도입과 정착을 어떻게 할 것 인가이다. 하천은 물이 흘러내리면서 침식과 퇴적으로 형성된 지형이고 흐르는 물과 힘이 주기적으로 변동하면서 작용하는 유수생태계에 속하며, 이러한 환경에 정착, 분포하는 식생은 유수(流水), 암석입자, 토양 등의 하상저질(河床低質) 등의 물리적 환경요인과 밀접한 연관성을 지니고 있다(Kondolf, 1997; USDA, 1998; Katoh, 1997).

따라서 자연형 하천조성시 식생의 도입은 식생의 구조와 기능뿐만 아니라 이들의 분포에 영향을 미치는 제반 환경인자와의 관련성이 이해되었을 때 비로소 하천식생복원의 근거와 방향성을 확보할 수 있고, 초기단계의 기술적 실행성을 높일 수가 있다(이삼희, 1995; 최정권, 1997; 현진이, 1998; USDA, 1998).

그럼에도 불구하고 우리나라의 자연하천의 식생에 대해서는 군락유형(群落類型)이나 종조성(種組成) 등에 대한 식물사회학적 접근(김종원, 1998; 김은식과 전승훈, 1997)이나 식물의 수질정화 기능 등에 관한 연구가 주류일뿐, 일정한 하천구간을 대상으로 하천 미지형(微地形) 특성과 식생과의 연관성을 분석한 연구는 미진한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 절대하천식물종(絶對河川植物種, obligatory riparian species)으로 알려진 갯비들과 달뿌리풀 군락이 하천 미지형과 하상저질 등 하천의 물리적인 환경에 따라 어떠한 분포특성을 가지고 있는가를 구명함으로써 도시하천의 자연형 하천공법에 적합한 식물소계의 적용방안을 마련하기 위하여 수행하였다.

II. 연구방법

1. 대상지의 선정

본 연구는 도시하천과 유황(流況)이 유사하면서 인위적인 교란을 덜 받아 자연하천에 가까운 상태를 유지하고 있는 수입천을 대상으로 하였다. 수입천은 경기도

양평군 용문산(해발 1,157m)에서 발원하여 북한강에 유입되는 준용하천으로서 지형학적 측면에서 보면 하천양안이 산지로 둘러싸여 있고, 유로(流路)의 사행(蛇行)이 발달한 특징을 보여준다(Figure 1). 유역분지의 면적은 78.28km²이며, 유역 현황은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical conditions of Soop watershed area

Parameters	Values	Parameters	Values
meander coefficient	1.67	stream bed slope	1/71
watershed area	78.28km ²	mean channel width	15-76m
length of stream channel	32.06km	stream density	0.291km ⁻¹
discharge	- upper stream : 0.10-1.27cms		
	- middle stream : 0.08cms		
	- lower stream : 0.16-4.11cms		

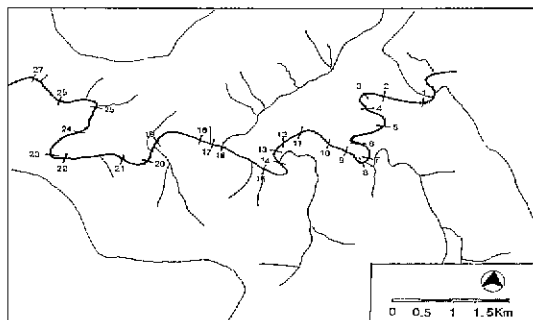


Figure 1. Watershed drainage patterns of investigated areas and location of transects(no. 1-27)

2. 하천 미지형의 분류

하천 미지형(微地形)의 분류는 수입천을 대상으로 하천자연도 및 경관분석 연구에서 안홍규 등(1997)이 적용한 일반적인 하천 미지형 분류기준을 사용하여 종단상(縱斷上) 미지형을 크게 직류부(直流部, straight reach)와 곡류부(曲流部, bending reach)으로 구분하고 이를 다시 유수의 특성, 하상조건 등 물리적 특성에 따라 침식이 발생하는 수충부(水衝部, attack point)와 퇴적이 일어나는 사주부(沙洲部, point bar)로 구분하여, 모두 5개의 종단상 미지형 유형(직류부, 직류 수충부, 직류 사주부, 곡류 수충부, 곡류 사주부)으로 분류하였으며(Figure 2), 또한 횡단상(橫斷上)의 미지형은 유로안(流路岸, margin of stream

channel), 유로주(流路洲, mid-channel bar), 범람원오지(汎濫原凹地, floodplain concave), 범람원철지(汎濫原凸地, floodplain convex), 범람원평지(汎濫原平地, floodplain terrace), 단구사면(段丘斜面, transitional upland fringe) 등으로 구분하였다 (Figure 2).

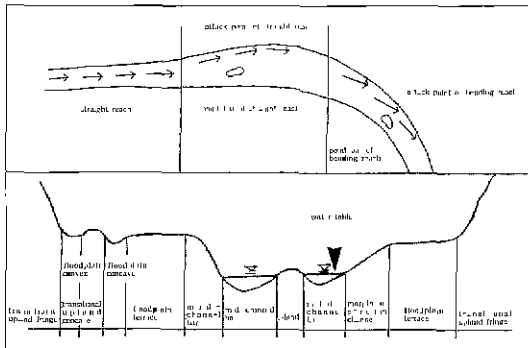


Figure 2. A longitudinal view(above) along stream corridor and lateral view (below) across stream corridor

3. 조사구의 설정

조사구의 샘플링은 하천 종단상 및 횡단상의 미지형 단위에 따른 식생의 분포특성을 체계적으로 구명하기 위하여 층화추출법(層化抽出法, stratified sampling)¹⁾을 적용하여 조사지점을 선정하고 조사지점에서 횡단상으로 대상조사구(帶狀 調査區, belt transect)를 설치하고(Figure 1), 대상조사구마다 식생층의 높이를 고려하여 2mx2m크기의 정방형 조사구(quadrat)를 설정하였다.

본 연구에서는 설정한 조사구 중에서 절대하천식물종(絶對河川植物種, obligatory riparian species)²⁾인 갯버들(*Salix gracilistyla*)과 달뿌리풀(*Phragmites japonica*)이 출현하는 201개의 조사구를 분석에 사용하였다. 연구대상지의 종단상 및 횡단상 미지형별로 분류한 조사구의 수는 Table 2, 3과 같다.

Table 2. A number of sampling quadrats by micro-landform types of longitudinal view along stream corridor

Micro-landform types	No. of sampling by each type	Ratio to no. of total sampling
straight reach	57	28.3
attack point of straight reach	19	9.4
point bar of straight reach	34	16.9
attack point of bending reach	40	19.9
point bar of bending reach	51	25.3
no. of total sampling quadrats	201	100

Table 3. A number of sampling quadrats by micro-landform types of lateral view across stream corridor

Micro-landform types	No. of sampling by each type	Ratio to no. of total sampling
margin of stream channel	61	30.3
mid-channel bar	38	18.9
floodplain concave	16	7.9
floodplain convex	16	7.9
floodplain terrace	65	32.3
transitional upland fringe	5	2.5
no. of total sampling quadrats	201	100

4. 조사내용 및 방법

식생분포에 영향을 미치는 환경요소를 조사하기 위해 종, 횡단상의 미지형에 대한 물리적 특성을 조사하였다. 조사항목은 조사구의 미지형 유형(MS, micro-landforms)과 경사(LS, land slope), 하상저질(河床低質), 하천폭(河川幅), 저수로(低水路 幅), 유속(流速), 수심(水深), 하상경사(河床傾斜) 등을 조사하였다(Appendix 1). 미지형 단위의 구분은 1/5,000 지형도와 현지에서 지형특성을 조사하여 확인하였고, 하상저질은 토양(soil, 粒徑 2mm이하)과 암석입자(rock fragment, 粒徑 2mm-60cm)로 크게 구분하여 각 조사구마다 피도(被度, coverage)백분율로 측정하였으며, 입경구분은 미국 농무성 토양보전국의 기준(Miller and Donahue, 1990)을 따랐다.

식생요소는 절대하천식물종인 갯벌들과 달뿌리풀의 피도백분율을 출현 조사구마다 측정하여 수입천 전체의 식생유형과 종횡단상의 미지형 단위별 식생유형의 구분에 사용하였다.

현지조사기간은 1998년 5-6월의 2회 예비조사에 이어 10월 22-24일 사이에 본조사를 수행하였다.

5. 자료의 분석 및 고찰

식생유형의 분류(classification)는 조사구의 유사성(類似性)과 비유사성(非類似性)에 근거하여 정량적인 자료의 분석에 적합한 유클리드 거리지수(距離指數, Euclidean distance)를 사용하였고, 비가중산술평균법(非加重算術平均法, UPGMA)에 의한 군집분석(群集分析)을 수행하여 분포패턴을 서로 비교, 고찰하였다.

한편, 식생정착의 기반환경인 미지형 유형과 경사, 토양(SO, soil)과 암석입자(RF, rock fragment) 등 하상저질 등 환경요소와 식물군집과의 관계를 분석하기 위하여 서열분석(序列分析, ordination analysis)을 실시하였다. 서열분석은 분석요소사이의 다중상관과 회귀관계를 이용한 정준상응분석(正準相應分析, CCA, canonical correspondence analysis)³⁾에 의해 이루어졌다.

이상의 자료분석은 다변량 통계분석(多變量 統計分

析) 프로그램인 MVSP 3.0(Kovach,1998)을 이용하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 하천 종단상의 미지형과 식생유형의 분포특성

수입천의 미지형 단위는 일반적인 자연형 하천과 마찬가지로 크게 직류부, 직류수충부, 직류 사주부, 곡류수충부, 곡류 사주부 등 5개 유형이 분포하였으며, Table 2에서 집계한 미지형 유형별 조사구의 수는 직류부와 곡류부에서 거의 비슷하게 분포하였다. 수입천 전체를 대상으로 갯벌들(*Salix gracilistyla*)과 달뿌리풀(*Phragmites japonica*), 그리고 다른 식생(갯벌들과 달뿌리풀을 제외한 모든 식물종)이 어떻게 분포하는가를 분석한 결과 갯벌들이 우점하는 군락(Group I, II), 달뿌리풀이 우점하는 군락(Group V, VI), 다른 식생이 우점하는 군락(Group III, IV) 등 크게 3가지 유형으로 분류되었다(Figure 3).

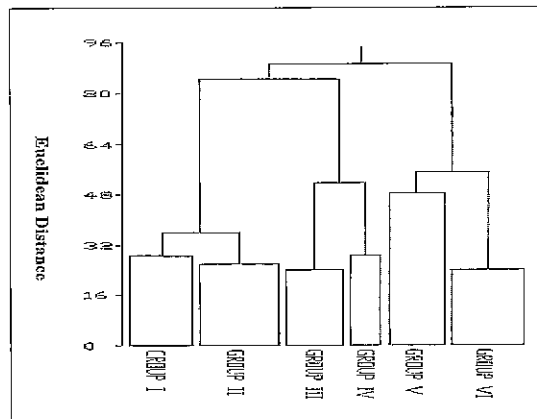


Figure 3. A classification of dominant vegetation types at Soop(dominant by *Salix gracilistyla* : I, II, dominant by other species III, IV ; dominant by *Phragmites japonica* : V, VI)

Figure 3은 종단상의 미지형 단위와 우점 식생유형을 고려하여 Table 2의 미지형단위별 조사구수 비율에 따라 할당하여 무작위(無作爲)로 추출한 조사구 40개를 토대로 분석한 것으로서 거리지수 32와 48부근에

서 크게 3그룹으로 나누어 졌다. Group I과 II는 갯버들 우점 식생유형으로서 이들은 다시 갯버들이 50-70% 우점하는 Group I과 갯버들의 피도가 80-100%에 달하는 Group II로 구분된다. 달뿌리풀 우점 식생유형인 Group V와 VI은 달뿌리풀의 피도가 30-40% 정도인 Group V와 70%이상인 Group VI로 구분되었다. 다른 식물 우점 식생유형인 Group III과 IV는 다른 식생의 피도가 70%이상인 Group III과 다른 식생이 50-70%이고 갯버들이 20-30%정도 혼합되어 있는 Group IV로 구분되었다.

한편 수입천 전체를 대상으로 물리적인 환경요소와 식물종 분포와의 관계를 분석하기 위하여 정준상분석(CCA)을 실시한 결과 Fig. 1와 같이 나타났다.

Fig. 4에서 제1축과 제2축으로 형성된 2차원 공간(biplot)은 식생요소와 환경요소사이의 다중 상관과 회귀관계를 통해 얻어진 수치로 만들어졌다. 그래프상에서 원형의 흑점은 해당 식물종의 공간적 위치를 나타내며, 화살Table는 각 환경요소를 나타내고 방향은 해당 환경요소의 최대 변화방향을, 그리고 화살표의 길이는 그 방향으로의 변화크기를 의미한다. 따라서 긴 화살표를 갖는 환경요소들은 짧은 화살표를 갖는 환경요소들보다 서열분석에 더 밀접하게 연관되어 있기때문에 식물종의 분포에 더 큰 영향을 미친다고 할수 있다(Kent and Coker, 1994).

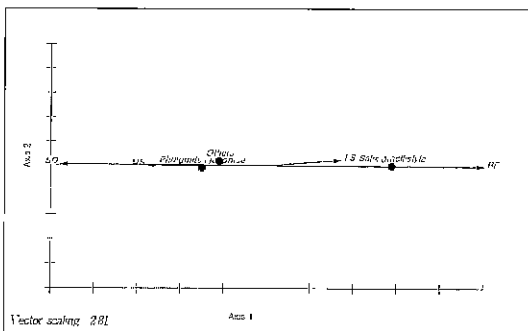


Figure 4. Species and environment biplot from CCA at Soop stream corridor (MS-microlandforms; LS-land slope; SO-soil substrates; RF-rock fragments)

Figure 4에서 4가지 환경요소를 나타내는 화살표의 방향과 식물종의 공간상 분포가 제1축과 거의 평행하

게 위치함으로써 이들 요소의 변화 폭이 대부분 제1축으로 설명되었다. 갯버들은 제1축의 양의 값 방향으로 밀접하게 연관되어 있는 반면, 달뿌리풀과 다른 식생은 음의 값 방향으로 밀접하게 연관되어 있는 것으로 나타나 두 식물군락은 미지형단위(MS), 경사(LS), 토양(SO), 암석입자(RF) 등 4가지 환경요소와의 관계에서 상호 배타적인 분포양상을 보여주었다. 즉 갯버들의 분포는 암석입자와 미지형 경사 등의 환경요소와 높은 관련성을 나타낸 반면, 달뿌리풀과 다른 식생은 토양요소 및 미지형 단위와의 관련성이 높았다.

한편 종단상의 미지형별로 우점 식생유형을 분석해 본 결과 직류부와 직류 수층부 및 사주부 구간에서는 달뿌리풀의 피도가 90% 이상인 조사구의 수가 전체 조사구수의 80% 이상으로 나타났고, 나머지 20%의 조사구에서도 갯버들의 피도는 낮거나 다른 식생이 섞여 있어 달뿌리풀이 절대적으로 우점하는 미지형이라 할수 있었다. 이러한 결과는 직류부구간을 대상으로 한 CCA 결과에서도 뒷받침되었다. 즉 달뿌리풀의 분포는 범람원과 완만한 경사도와 밀접한 상관을 지닌 것으로 나타났고, 이러한 사실은 직류부 구간에 범람원 지역이 넓게 나타나고 이곳에는 주로 달뿌리풀이 우점하고 있음과 일치하는 것이었다.

그러나, 곡류부 하천구간에서는 우점 식생유형의 분포가 다르게 나타났다. 갯버들과 달뿌리풀 군락이 주로 발달하는 반면 다른 식생의 분포는 거의 출현하지 않았

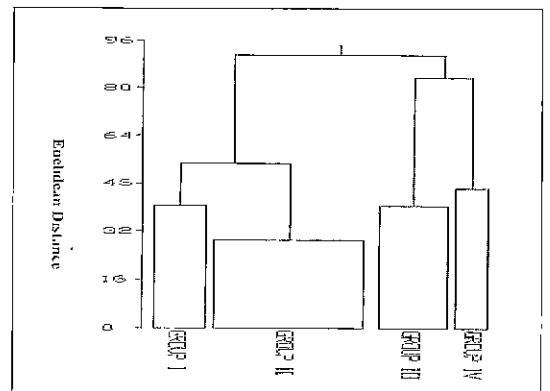


Figure 5. A classification of dominant vegetation types at attack point of bending reach (dominant by *Salix gracilistyla* : I, II; dominant by *Phragmites japonica* : III, IV)

다. 먼저 곡류 수층부의 경우 Fig.5에서 나타낸 바와 같이 Group I과 GroupII는 갯버들이 우점하는 식생 유형으로서 이들은 다시 갯버들의 피도가 30-50%이고 다른 식생이 일부 섞여있는 Group I과 갯버들의 피도가 70%이상인 Group II로 구분되었다.

반면 Group III과 Group IV는 달뿌리풀이 우점하는 식생유형으로서 이들은 다시 달뿌리풀의 피도가 60-80%이고 갯버들의 피도가 30-60%인 Group III과 달뿌리풀의 피도가 70%이상이고 갯버들이 거의 출현하지 않는 Group IV로 구분되었다.

따라서 곡류 수층부구간에서는 갯버들 우점 식생유형이 달뿌리풀 우점식생유형을 압도한다고 볼 수 있으며, 이는 수층부에 작용하는 집중류(集中流, convergent flow)에 대해 갯버들이 달뿌리풀보다 더 잘 견딜수 있다는 점을 보여주는 결과라 할 수 있다.

곡류수층부 구간의 우점 식생 분포특성에 비해 곡류 사주부 구간에서는 달뿌리풀 우점 식생유형이 갯버들 우점 식생유형을 압도하는 양상을 나타내었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 Group I은 다른 식생이 우점하나 달뿌리풀의 피도가 20-40%인 식생유형이며, Group II, Group III, Group IV는 달뿌리풀이 우점하는 식생유형으로 가장 많은 조사구 수를 지니고 있었다. 이들 그룹에서 달뿌리풀의 피도는 70-100%로서 거의 순군락(純群落)에 가까운 특징을 보였다. 이에 반해 Group V는 갯버들이 우점하는 식생유형으로

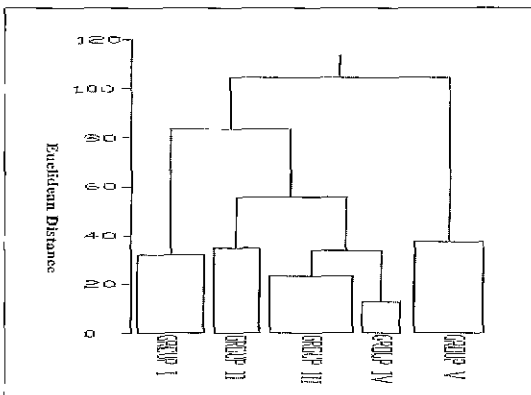


Figure 6. A classification of dominant vegetation types at point bar of bending reach (dominant by other species : I; dominant by *Phragmites japonica* : II, III, IV, dominant by *Salix gracilistyla* : V)

서 매우 적게 분포하였으며, 더욱이 일부 조사구에서는 다른 식생도 함께 출현하였다.

이와 같은 곡류부 구간에 분포하는 우점 식생유형으로부터 갯버들과 달뿌리풀을 곡류 수층부와 사주부를 특징짓는 지표 식물군락(指標 植物群落)으로 추정할 수 있었다.

Figure 7과 Figure 8은 곡류부 하천구간에서 수층부와 사주부에 분포하는 식물군집과 환경요소사이의 관계를 분석한 결과를 나타낸 것이다.

Figure 7에서 나타낸 바와 같이 수층부의 경우 갯버들이 암석입자, 달뿌리풀은 토양입자와 각각 밀접한 연관성을 나타내었다. 반면 사주부의 경우 Fig. 8에서 보는 바와 같이 갯버들의 분포가 암석입자 및 경사에 의해 영향을 받는 데 비해, 달뿌리풀의 분포는 4가지 환경요소 모두의 영향을 받는 것으로 나타났다.

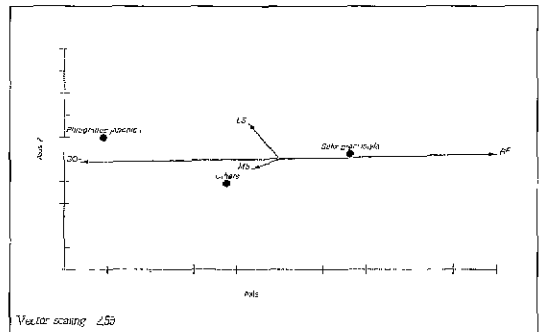


Figure 7. Species and environment biplot from CCA at attack point of bending reach(MS-microlandforms; LS-land slope; SO-soil substrates; RF-rock fragments)

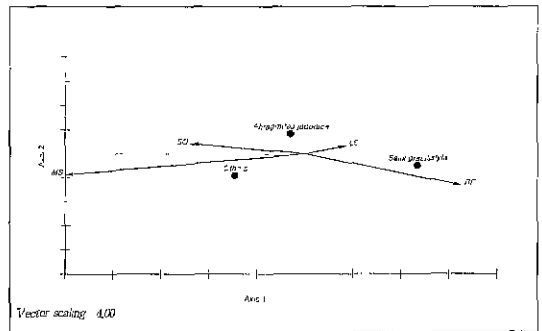


Figure 8. Species and environment biplot from CCA at point bar of bending reach(MS-microlandforms, LS-land slope; SO-soil substrates, RF-rock fragments)

이상의 결과를 종합해 볼 때 갯버들과 달뿌리풀의 분포양상은 지금까지 알려진 것과는 다른 특징을 보여 주었다. 일본생태학회지(1995)는 갯버들과 달뿌리풀이 유속이 빠르고 지하수위가 높으며 하상저질이 모래와 암반이 발달하여 빈영양(貧營養)상태의 입지조건을 갖춘 하천의 중, 상류지역에 주로 분포한다고 밝힌 바 있다. 따라서 이들 두 식물종은 하천의 중, 상류지역에 함께 출현하여 절대적인 공생관계에 놓여있는 것처럼 인식된 것이 사실이었다.

그러나 본 연구에서 나타난 결과에 의하면 갯버들은 유속의 힘이 빠르고 물리적인 힘이 강하게 작용하여 침식이 많이 일어나 큰 암석입자가 주로 남아있는 수층부나 유로안 등에 주로 분포하는 반면, 달뿌리풀은 갯버들의 배후지나 유속이 힘이 약하게 미치는 사주부에 주로 넓게 발달한다는 사실을 확인할 수 있었다. 이와 같은 사실은 집중류(集中流, convergent flow)와 분산류(分散流, divergent flow)형태의 수류(水流)에 의해 분급(分給)이 이루어진 하상저질 특성과의 관계에서도 충분히 입증되었다. 즉 CCA 결과에서도 갯버들은 토양저질보다는 암석입자가 잘 형성되어 있는 하상과 비교적 경사가 급하고 유수와 접촉이 빈번한 유로안이나 수층부 등 물리적인 힘에 잘 견디는 조건을 가진 입지에 잘 적응되어 있는 반면, 달뿌리풀은 입경이 작은 토양입자가 퇴적하고 평탄한 범람원과 유수의 힘이 비교적 약한 사주부에 주로 군락을 이루고 있었다.

이상의 결과에 대한 고찰과 관련하여 갯버들과 달뿌리풀이 모두 유수의 힘이 강하게 작용하는 중, 상류역의 계류에 잘 적응하는 생태적 습성을 지녔으나, 다년생 초본류인 달뿌리풀에 비해 갯버들은 다년생 목본류로서 수명이 길고 구조적으로 보다 안정적이기 때문에 서로 다른 분포양상을 보인 것으로 추정해 볼 수 있겠다. 다만 이 부분에 대해서는 이들 두종의 생태적 천이에 따른 경쟁관계에 대한 구명이 전제되어야 할 것으로 판단된다.

한편 이러한 결과로부터 도시하천의 생태적 재생시 갯버들과 달뿌리풀의 소재적용에 있어서는 중단상의 미지형을 고려한 갯버들과 달뿌리풀 군락의 식생학적 배치가 이루어져야 할 것으로 판단되었다. 즉 갯버들 군락은 직류부의 유로안이나 수층부, 또는 곡류부의 수층부에 도입되어야 하는 반면, 달뿌리풀은 직류부의 범

람원 등 갯버들의 배후지나 곡류부의 사주부에 적용시키는 것이 바람직하겠다.

Coppin and Richards(1990)는 생태공학적으로 적합한 식물소재의 선택시 고려해야 할 사항으로 뿌리의 특성, 잎과 줄기의 특성, 성장형태와 습성, 성장속도, 물리적인 힘에 대한 저항력 등의 조건을 제시한 바 있다. 이 기준과 관련해서 갯버들과 달뿌리풀의 소재 적용성을 평가해보면, 갯버들의 경우 유수에 의한 종자 분산 및 정착, 여러 개의 줄기가 형성되어 군락을 이루는 습성 및 줄기의 유연성, 좁고 긴 선형의 잎, 그리고 성장속도가 빠르며 물리적인 힘에 대한 높은 저항력 등 모든 조건에서 적합한 특성을 지닌 것으로 평가되며, 달뿌리풀도 포복경에 의한 발생 및 확산하는 정착습성과 유연한 줄기형태 및 가는 선형의 잎, 그리고 물리적인 힘에 의한 저항력이 클 뿐아니라 회복력도 빠르기 때문에 매우 양호한 소재로 평가된다.

그러나 하상저질과 관련해서는 도시하천의 경우 입자가 보다 작은 미사 또는 점토질이 대부분이고, 또 하천 중, 상류나 인근 지역에서 유입된 유기물질이 축적되어 부영양(富營養)상태에 놓여 통기성이나 배수능이 떨어질 뿐아니라 혐기적(嫌氣的)상태로 진행될 여지가 많다(경원대 환경계획연구소, 1995; 조용현 1997). 따라서 하천 중, 상류의 빈영양 상태에 잘 적응한 이들 소재가 도시하천역에서의 정착가능성에 대해서는 후속적인 연구에서 밝혀야 할 것으로 사료된다.

2. 하천 횡단상의 미지형과 식생유형의 분포특성

수입천의 횡단상의 미지형은 크게 유로안, 유로주, 범람원 요지, 범람원 철지, 범람원 평지, 단구사면, 중주 등 7개 유형으로 구분되었으며, 구하도나 경계요지 등이 발달하지 못한 것은 수입천 유역이 경사가 급한 산지에 형성되어 범람원이 넓게 형성되지 못하였기 때문으로 판단된다. Table 3에서 집계한 미지형 단위별 샘플링 조사구의 수를 고려할 때 갯버들과 달뿌리풀의 전체적인 분포역은 유수에 가까운 유로주와 유로안 및 범람원지역에 집중되어 있음을 확인할 수 있었다.

한편 횡단상의 미지형 단위별 식생유형을 분류한 결과 먼저 유로안의 경우 갯버들이 우점하는 식생유형(Group I, II), 다른 식물이 우점하는 식생유형

(Group III). 달뿌리풀이 우점하는 식생유형(Group IV)으로 크게 구분되었다(Figure 9). 갯비들 우점 식생유형은 갯비들의 피도가 40-70%이고 일부 달뿌리풀이 낮은 피도로 함께 출현하는 Group I과 갯비들의 피도가 80% 이상인 Group II로 구분되었다. 다른 식생이 우점하는 유형에서는 다른 식물종의 피도가 70% 이상임에도 갯비들과 달뿌리풀이 낮은 피도로 함께 나타났고, 달뿌리풀이 우점하는 식생유형에서는 달뿌리풀의 피도가 60-95%로 나타났다. 따라서 유로안의 경우 전체적으로는 갯비들의 분포가 우점하는 양상을 보였으나 순군락보다는 다른 식생이나 40-70%의 피도를 가진 조사가 많은 것이 특징이었다.

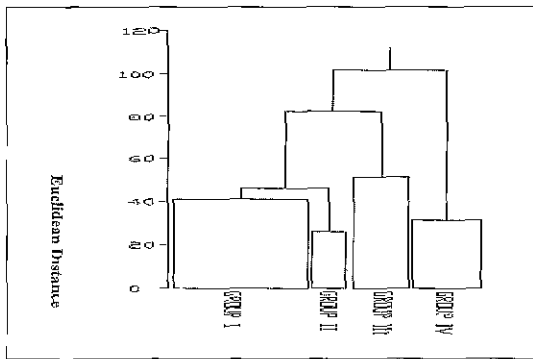


Figure 9. A classification of dominant vegetation types at margin of stream channel (dominant by *Salix gracilistyla* : I, II, dominant by other species : III, dominant by *Phragmites japonica* : IV)

이러한 사실은 유로안이 종단상의 미지형 구분에서 수층부나 사주부 구간에 해당되지 않을 경우 비교적 다양한 식생형이 나타날 수 있다는 점을 의미하는 것이라 할 수 있다. 유로주의 경우는 유로안과 마찬가지로 3가지 유형이 나타났으나 양상은 다소 달랐다. 즉 갯비들과 달뿌리풀이 우점하는 식생유형이었으나 갯비들의 경우 70%이상의 높은 피도백분율을 보인 반면, 달뿌리풀의 경우 30-40%이하의 낮은 피도백분율을 나타내었다.

한편 범람원 지형에서는 먼저 평지의 경우 Figure 10에 나타난 바와 같이 Group I과 Group II는 달뿌리풀이 우점하는 식생유형으로서 이들은 다시 달뿌리풀의 피도가 50-70%인 Group I과 70%이상으로 순

군락에 가까운 Group II로 구분되었다. Group III은 다른 식물종이 우점하는 식생유형으로서 50-70%의 피도를 보이나 일부에서는 달뿌리풀과 갯비들이 혼합되어 나타났다.

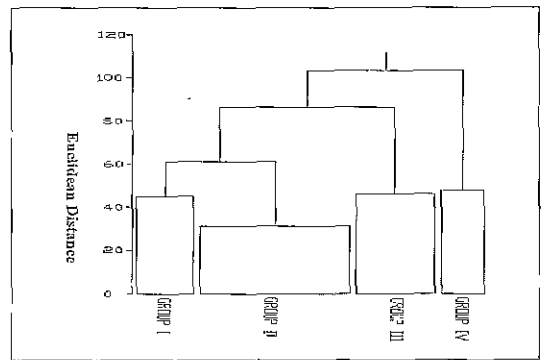


Figure 10 A classification of dominant vegetation types at floodplain terrace(dominant by *Phragmites japonica* : I, II; dominant by other species : III, dominant by *Salix gracilistyla* : IV)

Group IV는 갯비들이 우점하는 식생유형이나 분포의 범위가 매우 제한되어 있는 것으로 나타났다. 유수의 흐름이 약하여 대부분 모래 등이 퇴적하여 발달하는 범람원의 경우 달뿌리풀이 뚜렷하게 우점하는 미지형단위라 할 수 있었다. 이러한 사실은 범람원 요지와 철지에서도 유사한 결과를 보여 주었다.

한편 하천 횡단상의 미지형 단위별 식물군집의 분포와 하천의 물리적 환경요소사이의 관계를 파악하기 위하여 대표적인 미지형 단위인 범람원 평지를 대상으로

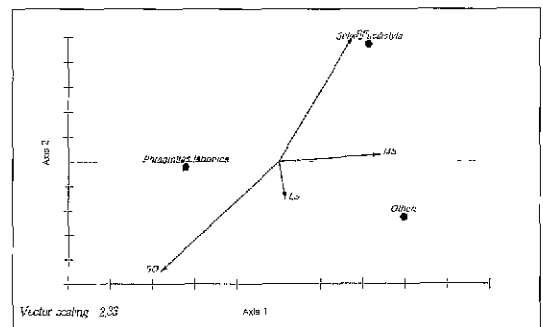


Figure 11 Species and environment biplot from CCA at floodplain terrace(MS-microlandforms; LS-land slope; SO-soil substrates; RF-rock fragments)

정준상응분석을 실시한 결과, Figure 11에 나타난 바와 같이 달뿌리풀은 토양요소와 밀접한 연관성을 보여준 반면 갯버들은 암석입자와 연관성을 보여주었다. 이러한 결과는 수입천 전체와 종단상의 미지형단위에서 얻은 결과와 큰 차이가 없었으나, 다만 갯버들의 공간상 위치가 제1축보다는 제2축에 가깝게 놓여있어 범람원 지역이 식생유형 분류에서 보여준 바와 같이 달뿌리풀이 우점하는 분포역임을 입증해 주었다.

N. 결론

본 연구는 절대하천식생으로 알려진 갯버들과 달뿌리풀 군락이 하천 미지형과 하상저질 등 하천의 물리적인 환경에 따라 어떠한 분포특성을 가지고 있는가를 구명함으로써 도시하천의 자연형 하천공법식물소재의 적용방안을 마련하기 위하여 수행되었다.

수입천에 분포하는 갯버들과 달뿌리풀의 군집유형은 크게 갯버들이 우점하는 식생유형, 달뿌리풀이 우점하는 식생유형, 갯버들과 달뿌리풀이 섞여있는 식생유형, 그리고 두 종이 다른 식생과 섞여있는 식생유형 등으로 분류되었다. 수입천의 종단상, 횡단상 미지형별로 분포하는 식생유형의 차이가 확인되었다. 종단상의 미지형인 직류부, 직류 수충부 및 사주부 구간에서는 좁은 대상분포를 보이는 갯버들 군락과 이들의 배후지인 범람원을 중심으로 넓게 발달한 달뿌리풀 군락이 특징적이었으나, 곡류 수충부의 경우 갯버들 군락이 우점하는 반면 달뿌리풀의 분포는 매우 미약하였고, 이와 반대로 곡류 사주부 구간에서는 달뿌리풀 군락의 우점 식생유형이었다. 따라서 갯버들과 달뿌리풀은 곡류 수충부와 사주부를 구분짓는 지표식물군락으로 판단되었다.

또한 횡단상의 미지형에서는 갯버들과 달뿌리풀이 유로안, 유로주, 범람원 등에 주로 분포하였으며, 집중류에 의한 물리적인 힘이 강하게 작용하는 유로안은 갯버들 군락과 다른 식생의 분포가 특징적인 반면 분산류가 형성되어 물리적인 힘이 상대적으로 미약한 범람원에서는 달뿌리풀 군락이 주로 우점하였다.

한편 하천의 미지형단위, 경사, 토양입자, 암석입자 등 하천환경의 지표가 되는 물리적 환경요인과 갯버들과 달뿌리풀의 식물군집과의 연관관계를 밝히기 위해 정준상응분석(CCA)을 실시한 결과 갯버들은 미지형

의 경사 및 암석입자와 밀접한 연관을 보여준 반면 달뿌리풀은 미지형 단위(유수로부터의 이격거리) 및 토양입자와 밀접하게 연관되어 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 종, 횡단상의 미지형별 구분에서도 별다른 차이가 없었다. 따라서 이러한 CCA 결과는 하천 종, 횡단상의 미지형별로 분류한 식생유형의 분포양상을 매우 강하게 뒷받침하는 것이라 할 수 있다.

본 연구에서 밝혀진 갯버들과 달뿌리풀 군락의 분포 특성은 도시하천의 생태적 재생시 하천 미지형과 하상저질 등 환경요인에 따른 식물종과 식재위치의 선정에 유용한 기준이 될 수 있을 것이다.

주1. 식물군집생태학에서 일반적으로 사용하는 셀플링기법으로서, 조사구의 구분은 먼저 선행적인 답사나 항공사진 자료 등으로 조사지 환경을 인지한 후, 일차적으로 식물의 생육형이나 빙위, 경사, 경관과 같은 입지환경의 차이 또는 식생천이과정의 차이로 크게 구분하고, 이차적으로 우점종이나 주요 식생형에 따라 조사구를 나누는 방법임 (Kent and Coker, 1994).

주2. 절대종(OBL, obligatory species)은 Reed가 1988년 미국의 수생식물 목록을 작성하면서 사용한 개념으로 해당 생태계에 절대적으로 생존을 의존하고, 확률적으로 99% 이상이 해당 생태계에 분포하는 종으로 정의하였고, 반대로 해당 생태계와 다른 생태계에 33-67%의 유사한 비율로 동시에 분포하는 종을 임의종(FAC, facultative species)이라 하였다(Committee on Characterization of Wetlands, 1995).

주3. 가장 최근에 개발된 서열기법(ordination techniques)으로서 응용생태학 분야에 널리 적용되고 있다. 과거의 서열기법 모두가 먼저 분석된 식물분포자료위에 이들과 연관된 환경요소를 겹쳐서 환경적 해석을 하는 간접기법인데, 비해, CCA는 서열분석과정에서 식물종조성 자료와 환경요인사이의 상관과 다중회귀 관계를 통합, 적용하여 두 요소사이의 관계를 직접분석하는 기법으로서 식물종의 분포패턴 파악뿐 아니라 식물종과 각 환경요소사이의 상관성을 밝힐 수 있는 장점이 있다(Kent and Coker, 1994).

인용문헌

1. 경원대학교 환경계획연구소(1995) 수변식생조사와 실험하천에서의 식생호안제 선정 및 적용. 한국건설기술연구원 용역보고서.
2. 김은식, 전승훈(1997) 하천내 자생수목의 특성 및 분포도 작성. 한국건설기술연구원 용역보고서.
3. 김종원 등(1998) 생물과 어우러진 도시하천복원을 위한

식생자원 발굴(국여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발-하천생태계의 구조와 기능. 환경부), pp.311-359.

4. 안홍규, 천전고백, 시원환일(1997) 하천상류지역의 하반식생 자연도 및 경관분석에 관한 연구 한국조경학회지 25(3):222-233
5. 이삼희(1995) 자연형 하천종합정비. 한국건설기술정보 134.16-21.
6. 일본 건설성 토목연구소(1996) 하도특성에 따른 식물군락의 분류. 산해당
7. 일본생태학회(1995) 버드나무과 식물의 생활사 특성과 하천환경. 일본생태학회.
8. 조용현(1997) 생태적 복원을 위한 중소하천 지연도 평가 방법 개발. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
9. 최정권(1997) 도시하천에서 자연형 저수로 호안공법의 적용과 식생복원 모니터링 - 서울시 양재천의 하역울 구간을 사례지역으로-. 환경생태학회지 11(2):1-13.
10. 현진아(1998) 하천식생복원을 위한 식재기준 설정에 관한 연구. 경원대학교 대학원 석사학위논문.
11. Bach, D .H. and I. A. Macaskii(1984) Vegetation in Civil and Landscape Engineering. London: Granada.
12. Committee on Characterization of Wetlands(1995) Wetlands-Characteristics and Boundaries. National Academy Press.
13. Coppin, N. J. and I G. Richards(1990)Use of Vegetation in Civil Engineering. CIRIA, Butterworths.
14. Katoh, K.(1997) Ecological Analysis and Evaluation to Find Environmental Factors Influencing Lotic Communities. Proceedings of the 5th Urban/Environmental Policy Seminar. Environmental Planning Institute, SNU, pp.57-77.
15. KenL, M. and P. Coker(1994) Vegetation Description and Analysis-A Practical Approach John Wiley & Sons.
16. Kondolf, G. M(1997) Geomorphology in Ecological Restoration of Rivers and Streams. Proceedings of the 5th Urban/Environmental Policy Seminar. Environmental Planning Institute, SNU, pp.9-20.
17. Kovach, W. L.(1998) MVSP-A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver. 3.0 Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales. U. K.
18. Miller, R W.and R. L. Donahue(1990) Soils - An Introduction to Soils and Plant Growth(6th). Prentice-Hall.
19. USDA(1998) Stream Corridor Restoration - Principles, Practices, and Process-.Final Manuscript Draft. USDA.

Appendix 1. Vegetation and environmental data from Soop stream corridor

Parameters	Transect 27			Transect 26					Transect 25		
	a1	a2	a3	b1	b2	b3	b4	b5	c1	c2	c3
channel width(m)	28			29					28		
low flow channel width(m)	8			16					12		
velocity of streamflow(cm/sec.)	0.3			0.3					0.3		
channel depth(m)	0.7-1.0			0.7-1.0					0.7-1.0		
micro-landform types of longitudinal view	straight reach			attack point of bending reach					point ber of bending reach		
micro-landform types of laterla view	1	2	6	1	1	1	4	9	6	6	6
land slope(%)	15	8	3	15	5	10	15	15	5	5	5
coverage of <i>salix gracilistyla</i> (%)	40	20	15	50	5	40	70	90	-	-	-
cover of <i>phragmites japonica</i> (%)	-	25	15	-	-	-	5	-	40	30	10
coverage of other vegettions(%)	-	-	-	-	-	-	5	-	60	50	15
coverage of soil substrtes(%)	30	40	30	85	30	20	20	25	50	85	75
coverage of rock fragments (%)	50	50	40	10	45	45	70	85	25	10	10

1(margn of stream channel), 2(mid channel ber), 3(old stream channel), 4(floodplain concave), 5(floodplain convex), 6(floodplain terrace), 7(island), 8(transitional upload concave), 9(transitional upload fringe)

(Appendix 1. continued)

Parameters	Transect 24										
	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11
channel width(m)	50										
low flow channel width(m)	10										
velocity of streamflow(cm/sec.)	0.4										
channel depth(m)	0.7-1.0										
micro-landform types of longitudinal view	attack point of bending reach										
micro-landform types of latera view	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5
land slope(%)	3	3	5	5	5	7	7	7	8	8	5
coverage of <i>salix gracilistyla</i> (%)	20	30	20	-	30	40	70	50	-	-	-
cover of <i>phragmites japonica</i> (%)	30	10	-	20	10	-	-	20	40	15	40
coverage of other vegetations(%)	-	60	80	80	60	60	30	-	40	5	-
coverage of soil substrates(%)	50	90	25	75	70	30	90	100	100	70	65
coverage of rock fragments (%)	45	10	60	15	15	60	10	-	-	30	25

1(margin of stream channel), 2(mid channel ber), 3(old stream channel), 4(floodplain concave),

5(floodplain convex), 6(floodplain terrace), 7(island), 8(transitional upload concave), 9(transitional upload fringe)