

# 국내 자연하천의 식생 출현과 환경 요인과의 상관성\*

## The Correlation Between Occurrence of Vegetation and Environmental Factors at the Natural Streams in Korea

김혜주<sup>1</sup> · 신범균<sup>1</sup> · 유영한<sup>2</sup>

<sup>1</sup>김혜주자연환경계획연구소, <sup>2</sup>공주대학교 생명과학과

### 서론

하천 식생은 토양의 필터역할을 하여 수질을 보존하고, 그 뿌리는 하안의 침식을 방지한다. 또한 그늘을 형성하여 하천수 내의 산소농도를 증가시키고 수온상승을 방지하여 녹조류의 번성을 억제하고, 그 외에 생물서식처 및 산란처, 하천의 경관 향상, 친수적 휴식공간 제공 등의 다양한 기능을 가진다(Kraus, 1994; Iowa State University, 1997). 이에 따라 선진 외국의 경우 하천 식생의 중요성을 인식하고 이를 효과적으로 하천 복원에 이용하고자 많은 연구를 하여왔다. 예를 들어 영국의 경우 Ecological Site Classification Decision Support System(ESC-DSS)등을 참고하여 하안림에 도입할 수종을 선택하도록 하거나, 기존의 자료가 없다면 현존 식생을 조사하여 적합한 수종을 선정하도록 하였으며(Broadmeadow & Nisbet, 2002), 독일의 경우 고산지 및 산지하천, 구릉지 하천, 평지 및 저지대하천 등과 같이 하천 유형에 따라서 잠재자연식생군락을 제시하고, 평수위선에 식재 가능한 수종과 평수위선 이상에 식재 가능한 수종을 제시하였다(Baden-Wuerttemberg, 1989). 한편 미국 Iowa State University(1997)는 하안림 구성에 적절한 수종을 상세히 제시하고 있다.

이에 국내에서도 보다 더 효과적인 하천 복원을 위하여서는 앞으로 하천변의 식생 조성이 반드시 필요하며 이에 본 연구에서는 하천에 효율적으로 식생을 도입하기 위하여 하천 특성에 따른 적절한 하천 식생을 선정하기 위한 기초단계로서, 하천유형별 하천 수목 분류를 위한 중요한 환경인

자를 선별하기 위하여 식물출현과 하천환경인자의 상관성을 규명하고자 하였다.

### 연구방법

#### 1. 조사구 하천의 선정

조사구 하천의 선정은 아래의 표에서와 같이 위도, 고도, 저수로 수면 폭, 하상 재료, 수계, valley 유형을 고려하여 인간의 영향을 받은 흔적이 전혀 없는 또는 거의 없는 하천 구간을 항공사진과 현장방문 및 기타 문헌을 참고하여 선정하였다. 조사구의 위치는 그림 1에 나타나 있으며 총 69개 소이다.

표 1. 조사구 하천의 분류

구분	내용
위도	37°~37.9°(중북부/한온대), 36°~36.9°(중부/온대), 34.5°~35.9°(남부/난온대)
고도 (한국환경정책·평가연구원, 2006)	200 m 미만, 200~500 m 미만, 500 m 이상
저수로의 수면 폭	20 m 미만, 20~100 m 미만, 100 m 이상
하상재료의 크기	빨/진흙, 모래, 자갈(Ø 2~10 cm), 돌(Ø 5~10 cm), 큰돌(Ø 5~30 cm), 돌과바위(Ø 5~30 cm 이상), 바위(Ø 30 cm 이상)
수계	북한강, 남한강, 금강, 섬진강, 영산강, 낙동강, 낙동강동해권, 태화강
valley 유형(Otto, 1991)	A-깊은 골의 단면, B-날카롭게 자른 듯한 V자형 단면, C-사행 단면, D-웅덩이형 단면, E-돌 또는 모래하상의 평평한 단면

\* 본 연구는 2006~2010년도 국토해양부의 'ECORIVER 21 자연과 함께하는 하천복원 기술개발' 사업의 일환으로 수행되었음.



에 따른 식물 분포를 알기 쉽게 표현하는 것이 목적이므로 통계적인 유의 수준은 고려하지 않았다.

## 결 과

### 1. belt-transect 출현종과 환경인자의 상관성

62개 하천조사구의 belt-transect 조사결과 총 출현종은 616종이었다. 이들과 환경인자와의 CCA 분석 결과, 5개 환경인자에 의해 설명되는 식물종의 분산은 17.3 %( $\lambda=0.838$ )이었으며 Ordination 그래프의 가로축인 Axis 1은 전체 식물종 분산에 대하여 7.0 %( $\lambda_1=0.340$ ), 출현식물과 환경인자의 관계에 대하여 40.6 %를 설명하였다. 식물출현과 대입된 환경인자의 상관관계는  $R_1:0.934$ 로 높았으며, Axis 1에서는 환경인자 중에서 위도가 가장 강한 영향력을 나타내었다( $c_1:0.7637$ ,  $r_1:0.8322$ ).

Axis 2는 전체 식물종 분산에 대하여 4.7 %( $\lambda_2=0.226$ , 11.7-7.0 %)를 설명하며 식물종과 환경인자의 관계에 대하여 27 % (67.6-40.6 %)를 설명하고 있다. Axis 2의 식물종과 환경인자의 상관성은  $R_2:0.917$ 이었으며, Axis 2에서는 환경인자 중에서 저수로 수면 폭의 영향이 가장 컸으며 ( $c_2:0.688$ ), 고도가 가장 높은 상관성을 나타내었다

( $r_2:-0.7481$ ).

CCA 분석 결과를 Ordination 그래프로 나타내면 아래의 그림 3에서와 같이 616개 식물종의 분포에 가장 큰 영향력을 나타내는 환경인자는 위도이었고, 다음으로 저수로 수면 폭이었으나, 그 차이는 미미하였고, 서로간의 상관성은 약하였다. 위도와 저수로 수면 폭 다음으로 영향력이 있는 인자는 고도 > valley 유형 > 하상재료의 크기 순이었다. 환경인자간의 관계를 살펴보면, 저수로 수면 폭(넓음)은 valley 유형(폭이 넓은, E)과 양의 상관성을 나타내었다. 즉 저수로 수면폭이 넓으면, valley의 폭도 넓고, 저수로 수면폭이 좁으면, valley의 폭도 좁다는 것이며, 실제의 조사구하천의 현황을 그대로 나타내고 있다. 한편 저수로 수면폭(넓음)은 고도(높음) 및 하상재료의 크기(크다)와는 음의 상관성을 나타내었는데, 이것의 의미는 저수로 수면폭이 넓으면, 고도는 낮고, 하상재료의 크기는 작은 경우이며, 반대로 저수로 수면폭이 좁으면 고도는 높고, 하상재료의 크기는 큰 경우이다. 이와 같이 저수로 수면 폭, 고도, valley 유형, 하상재료의 크기의 4개 환경인자가 서로서로 높은 연관성을 나타내었으나, 위도의 경우 다른 환경인자와의 상관성이 없거나 약하였다.

표 2. belt-transect 조사 출현종과 환경인자와의 CCA 결과

Result	Axis		Total variable	
	Axis 1	Axis 2		
Sum of all eigenvalues			4.840	
Sum of all canonical eigenvalues			0.838	
Eigen values( $\lambda$ )	0.340	0.226		
Cumulative percentage variance				
of species data	7.0	11.7		
of species-environment relation	40.6	67.6		
Species-environment correlations(R)	0.934	0.917		
Canonical coefficients(c) and intra-set correlations(r)	$c_1$	$r_1$	$c_2$	$r_2$
of environmental variable 위도(높음)	<b>0.7637</b>	<b>0.8322</b>	-0.5146	-0.5341
of environmental variable 고도(높음)	-0.0799	-0.0049	-0.4019	<b>-0.7481</b>
of environmental variable 저수로 수면 폭(넓음)	0.5866	0.6797	<b>0.688</b>	0.6731
of environmental variable 하상재료의 크기(크다)	0.1099	-0.2599	0.1995	-0.3069
of environmental variable valley 유형(폭이 넓은, E)	-0.0232	0.2592	0.0407	0.5592
Summary of Monte Carlo test				
Test of significance of first canonical axis	P-value = 0.0010			
Test of significance of all canonical axes	P-value = 0.0010			

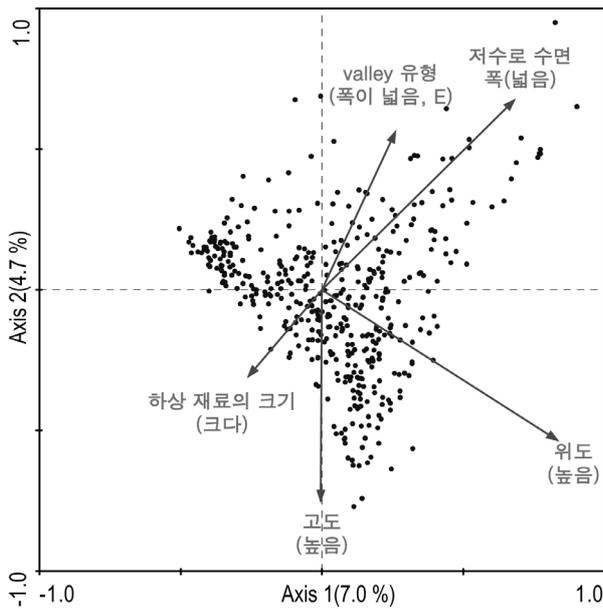


그림 3. belt-transect 조사 출현종과 환경인자의 CCA 분석 그래프

락을 제외하면 총 174개 군락으로 출현종은 591종이었다. 이들의 출현피도를 이용하여 환경인자와의 CCA를 실시한 결과, 5개 환경인자에 의해 설명되는 식물종의 분산은 17.9% ( $\lambda=0.965$ )이었으며, CCA Ordination 그래프의 가로축인 Axis 1은 전체 식물종 분산에 대하여 7.0% ( $\lambda_1=0.375$ ), 출현식물과 환경인자의 관계에 대하여 38.9%를 설명하고 있다. Axis 1에서 식물출현과 대입한 환경인자의 상관관계는  $R_1:0.938$ 로 높았고, 환경인자 중에서 저수로 수면 폭이 가장 강한 영향성을 나타내었다( $c_1:0.7403, r_1:0.846$ ). Axis 2는 전체 식물종 분산에 대하여 5.5% ( $\lambda_2=0.297, 12.5-7.0\%$ )를 설명하고 식물종과 환경인자의 관계에 대하여 30.8% ( $69.7-38.9\%$ )를 설명하고 있다. Axis 2의 식물종과 환경인자의 상관성은  $R_2:0.944$ 로 높았으며, Axis 2에서는 위도가 식물종 분포에 가장 강한 영향력을 나타내었다 ( $c_2:-0.723, r_2:-0.7219$ ).

위의 CCA 결과를 Ordination 그래프로 나타내면 아래의 그림에서처럼 Braun-Blanquet 조사에서 591개 출현종에 대한 환경인자의 영향성 크기는 저수로 수면 폭, 위도 순으로 식물군락의 분포에 큰 영향을 주는 것으로 나타났으나 둘의 영향력의 크기는 거의 비슷하였고, 저수로 수면 폭과 위도 다음으로 영향력이 있는 환경인자는 고도 > valley 유

## 2. Braun-Blanquet 조사 출현종과 환경인자의 상관성

62개 하천조사구의 Braun-Blanquet 조사결과 겹치는 군

표 3. Braun-Blanquet 조사에서의 출현종의 피도와 환경인자와의 CCA 결과

Result	Axis				Total variable
	Axis 1		Axis 2		
Sum of all eigenvalues					5.391
Sum of all canonical eigenvalues					0.965
Eigen values( $\lambda$ )	0.375		0.297		
Cumulative percentage variance					
of species data	7.0		12.5		
of species-environment relation	38.9		69.7		
Species-environment correlations(R)	0.938		0.944		
Canonical coefficients(c) and intra-set correlations(r)	$c_1$	$r_1$	$c_2$	$r_2$	
of environmental variable 위도(높음)	0.5674	0.6662	<b>-0.723</b>	<b>-0.7219</b>	
of environmental variable 고도(높음)	-0.1301	-0.2277	-0.3347	-0.6793	
of environmental variable 저수로 수면 폭(넓음)	<b>0.7403</b>	<b>0.846</b>	0.4925	0.4797	
of environmental variable 하상재료의 크기(크다)	0.0412	-0.3885	0.1255	-0.2666	
of environmental variable valley 유형(폭이 넓음, E)	-0.045	0.3988	0.0943	0.5083	
Summary of Monte Carlo test					
Test of significance of first canonical axis					P-value = 0.0010
Test of significance of all canonical axes					P-value = 0.0010

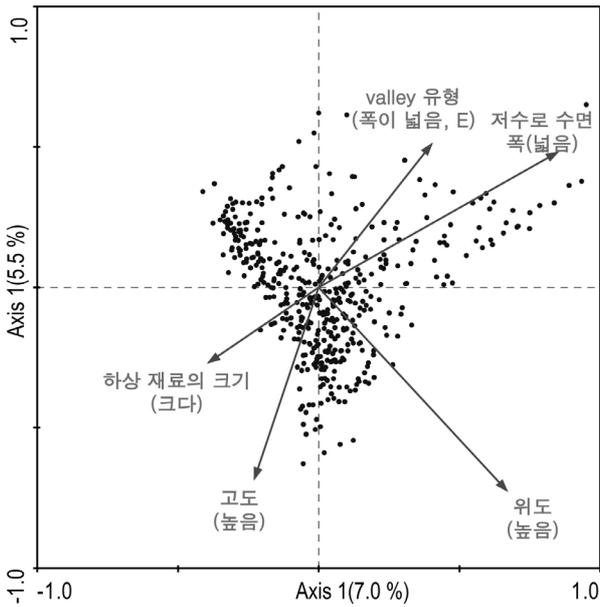


그림 4. Braun-Blanquet 조사에서의 출현종의 피도와 환경인자와의 CCA 분석 그래프

형> 하상재료의 크기로서 하상재료는 그 영향성이 가장 작았다. 5개 환경인자간의 관계를 살펴보면, 저수로 수면 폭(넓음)은 고도(높음), 하상재료의 크기(크다)와 높은 음의 상관관계를 나타내었다, 즉 저수로 수면폭이 넓으면, 하상재료의 크기가 작고, 고도가 낮으며, 반대로 저수로 수면폭이 좁으면, 하상재료의 크기가 크고, 고도가 높은 경우와 상관성이 있다. 아울러 저수로 수면 폭은 valley 유형(폭이

넓음, E)과는 높은 양의 상관관계를 나타내었는데, 이것은 valley의 폭이 넓으면, 저수로의 폭이 넓어진다는 것으로 실제의 조사구하천의 현황이 그대로 반영된 분석결과이다. 한편 위도의 경우 다른 4개 환경인자와는 상관성이 약한 것으로 나타나 belt-transect 출현종을 이용한 CCA 분석 결과와 같았다.

### 3. 물로부터의 거리에 따른 식물종의 분포

물로부터의 거리에 따른 식물종의 분포를 살펴 보기 위하여 MVSP를 이용하여 CCA 분포도를 작성하였다.

그 결과 아래의 그림에서와 같이 저수로 물과 가까운 곳에서는 갯버들, 쇠뜨기, 달뿌리풀, 궁궁이, 고마리, 갈풀, 물봉선, 쑥, 산철쭉, 미나리, 이삭사초, 조팝나무, 노루오줌 등이 출현하였으며, 저수로와 먼 곳에서는 천남성, 참억새, 참취, 굴참나무, 담쟁이덩굴, 쪽동백, 산수국, 생강나무, 조릿대, 둥굴레, 졸참나무, 대사초, 산뽕나무, 선밀나무, 소나무 등이 우점하였다. 그래프의 가운데 부분에 위치하는 종들은 저수로 물과의 거리에 상관없이 출현하였거나 물과의 거리가 보통인 부분에서 주로 관찰된 종들로서 노박덩굴, 느릅나무, 느티나무, 싸리, 으름, 좁개잎나무, 작살나무, 쇠별꽃, 쥐똥나무, 애기똥풀, 왕버들, 물푸레나무, 마, 지리대사초, 고로쇠나무, 마삭줄, 사위질빵, 송악, 굴피나무, 방아풀 등이다.

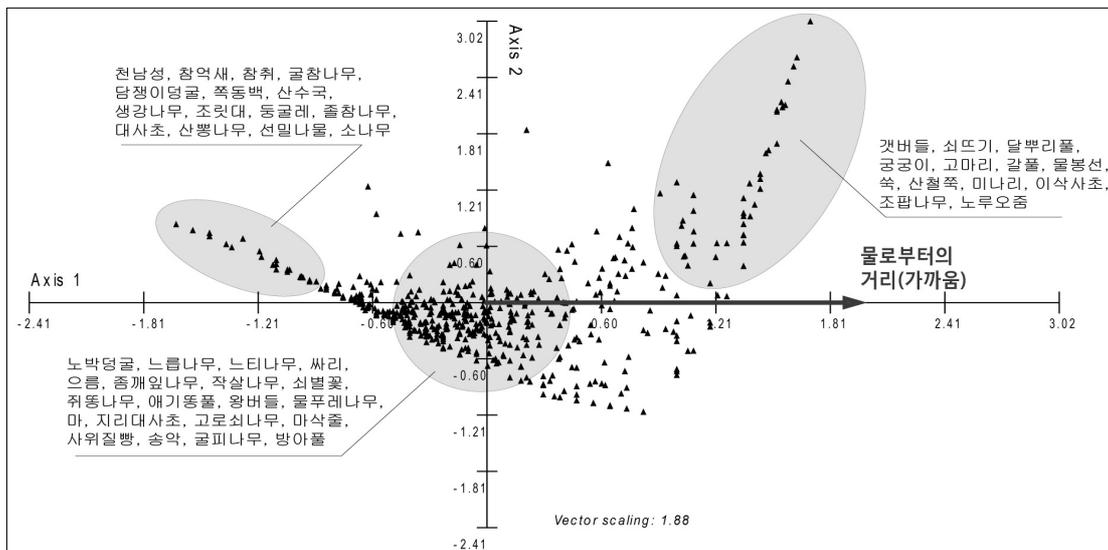


그림 5. 물로부터의 거리에 따른 식물종의 분포도

## 결론 및 고찰

식생 출현과 환경인자의 상관성 분석 결과 5개 환경인자(위도, 고도, 저수로 수면 폭, 하상재료의 크기, valley 유형)는 모두 식물출현과 유의한 영향을 주는 것으로 나타났으나 그 중에서도 특히 위도, 저수로 수면 폭, 고도의 3개 환경인자가 식물출현과 비교적 높은 상관성을 나타내었다. 그리고 환경인자 중에서 고도와 저수로 수면 폭, 하상재료의 크기, valley 유형은 서로 간에 높은 상관성을 나타내었으나 위도와는 상관성이 없거나 미약하여 실제 조사구하천의 현황을 그대로 반영하였다.

본 연구의 최종 목표인 하천 수목 선정을 위하여 상관성이 높은 환경인자 별로 하천유형을 분류하고 그에 따른 공통적 특성을 보이는 식생을 분류하여 하천 수목으로 선정할 계획에 있다. 또한 선정된 수목의 물로부터의 거리에 따른 출현 특성과 그 동반종을 고려하여 식재패턴을 작성하여 하천 계획 및 설계자들이 실질적으로 실무에 활용할 수 있는 방안을 마련하고자 한다.

## 인용문헌

한국환경정책·평가연구원 (2006), 환경 훼손 회복에 따른 하천에서

의 생물군집변화 예측프로그램 개발 -가상하천연속체 개념 정립과 적용-

Baden-Wuerttemberg (1989), Handbuch Wasserbau. Gehoelze an Fließgewässern.

Braun-Blanquet, J. (1964), Pflanzensoziologie. 3. Aufl. Wien.

Broadmeadow, S. and Nisbet, T. (2002), The Effect of Riparian Forest Management on the Freshwater, Environment: A Literature Review of Best Management Practice.

Iowa State University (1997), Stewards of our Streams-Buffer strips design, establishment, and maintenance.

Kovach Computing Services (2006), MVSP(Multi Variate Statistical Package) ver. 3.13n.

Kraus, W. (1994), Uferstreifen-unverzichtbare Bestandteile von Tallandschaften. In: Z.f. Kulturtechnik und landentwicklung 35, 130-139.

Otto, A. (1991), Grundlagen einer morphologischen Typologie der Baeche, Mitt. d. Inst. f. Wasserbau u. Kulturtechnik der Uni. Karlsruhe(180). 1-94.

SPSS Inc. (2004), SPSS 13.0 for Windows Release 13.0.

Ter Braak, C.J.F. and Šmilauer, P. (2002), CANOCO for Windows Version 4.5.