

# 자연형 소하천정비사업의 식생특성 분석

## Analysis of Vegetation Characteristics of Close-to-nature Creek Improvement

연규방<sup>1)</sup>, 강상준<sup>2)</sup>, 윤강훈<sup>3)</sup>, 이종형<sup>4)</sup>  
Gyu Bang Yeon, Sang Jun Kang, Kang Hun Yun, Jong Hyung Lee

### 요    지

본 연구에서는 자연형 소하천정비 시범사업 중에서 2003년 하천정비공사가 완료된 후 식생의 침입과 정착하는 과정을 조사함으로서 교란된 하천을 자연형 하천으로 복원하는데 생태학적으로 어떤 공법이 최적의 공법인가를 알아보고자 각 호안공법 별로 식생의 변화특성을 분석한 것으로 결론은 다음과 같다.

이동 소하천에 적용된 다양한 공법(자연석 쌓기, 식생축조블록, 그린리버(환경)블록, 스톤넷, 친환경 돌망태, 식생매트, 환경블록 H형, 반딧불 블록, 지오그린셀, 자연석 3단쌓기 호안)으로 정비된 자연형 하천 복원 후의 식생조성과 목본식물의 침입 및 정착 과정을 조사하였다. 9가지의 공법 중에서 식생 조성과 목본식물의 침입과 정착에 양호하다고 판단된 공법은 자연석 2단 및 3단 쌓기가 가장 좋다고 판단되었고, 그 다음은 지오그린셀 공법, 식생 매트 공법 그리고 그린리버 공법의 순이었다. 친환경 돌망태 공법, 환경블록 공법, 환경 H블록 공법, 식생 축조 블록 공법 및 반딧불 블록 공법은 다른 공법에 비하여 적절하지 못한 공법이었다.

각 공법 간 식생 조성의 유사도 비교에 의하면 시간이 지남에 따라 하천 복원 후 하천 변의 식생이 한 방향으로 서서히 수렴되어 가고 있었다. 하천 공법에 관계없이 봄에 침입하는 식물을 보면 둑의 사면에는 갈퀴나물, 큰김의털, 쑥, 환삼덩굴, 점나도나물 이었고, 수로에는 고마리, 소리쟁이, 미나리, 개구리자리였다. 여름에는 둑 사면에 망초, 억새, 환삼덩굴, 토끼풀이, 수로에는 고마리, 미나리, 미국가막사리, 닭의장풀, 그리고 가을에 많이 침입한 식물은 사면에 파종된 외래식물인 큰김의털, 식재한 억새, 강아지풀 및 환삼덩굴이었음을 알 수 있었다. 처음 침입한 목본은 갯버들, 아카시나무, 내버들 및 버드나무 등 4종이었으나, 1년 후에는 쌔리, 산딸기, 쥐똥나무 및 뽕나무가 새로 침입하였다. 이렇게 침입한 목본식물들은 복원된 하천에 다른 물리적인 교란이 심하게 가해지지 않는다면 당분간 계속 생장할 것으로 사료된다.

**핵심용어 :** 자연형 소하천정비, 식생조사, 유사도, 호안공법

### 1. 서 론

자연형 이동소하천 시범사업은 축제공, 배수공, 구조물공, 조경공 등의 공종과 자연석 쌓기, 식생축조블록, 그린리버(환경)블록, 스톤넷, 친환경 돌망태, 식생매트, 환경블록 H형, 반딧불 블록, 지오그린셀, 자연석 3단쌓기 호안 등 9개의 다양한 호안공법이 적용되어 2003년 5월부터 공사를 시작하여 2003년 12월에 준공하였다. 본 자연형 이동소하천 정비시범사업에서는 공사 전·중·후에 “수질, 유량, 흥수량 측정 및 수리분석 그리고 생태계, 하천수리”에 대한 모니터링 사업을 현재까지 계속적으로 수행하고 있다.

본 연구에서는 자연형 소하천정비 시범사업 중에서 2003년 하천정비공사가 완료된 후 식생의 침입과 정착하는 과정을 조사함으로서 교란된 하천을 자연형 하천으로 복원하는데 생태학적으로 어떤 공법이 최적의 공법인가를 알아보고자 각 호안공법 별로 식생의 변화특성을 분석한 것이다.

1) 정회원 · 충청대학 건설교통과 교수 · E-mail : gbyeon@ok.ac.kr  
2) 정회원 · 충북대학교 과학교육학과 명예교수 · E-mail : sjkang@hanmail.net  
3) 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · E-mail : khyun@kict.re.kr  
4) 정회원 · 공주대학교 토목공학과 교수 · E-mail : jhlee@kongju.ac.kr

## 2. 식생조사 및 결과

이동소하천의 식생조사는 2003년 공사 전·중·후 매년 계절별로 4회 실시하였으며, 조사방법은 각 호안 종류에 따라 10×10m 또는 20×20m 크기로 설치한 방형구에 출현하는 식물의 우점성(dominance)을 Braun-Blanquet(1964)의 피도-수도 계급(cover-abundance scale)으로 나타내었으며, 피도-수도 계급치는 沼田(1969)의 방법에 따라 환산하였다. 식생조사 결과의 한 예로 2005년 7월에 실시한 조사결과는 다음과 같다.

Table 1. Importance values(IV) and Orders of plant species found in each type of construction blocks(July 2005)

Types of construction method	Native rock 2 & 3 stairs		Geo-green cell		Eco-cobble net		Vegetation mat		Firefly block		Environment block		Environment H block		Green-river block		Vegetation construction		
	I.V.	Order	I.V.	Order	I.V.	Order	I.V.	Order	I.V.	Order	I.V.	Order	I.V.	Order	I.V.	Order	I.V.	Order	Korean name
<i>Persicaria thunbergii</i>	18.67	1	19.83	1	36.69	1	15.38	4	18.09	2	34.63	1	57.93	1	22.21	1	92.32	6	고마리
<i>Erigeron canadensis</i>	14.81	2	3.91	9	7.04	5	15.15	1	4.54	7	20.09	3	57.35	2	17.76	2	34.41	1	망초
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>									36.16	1	34.63	2			10.00	10			억새
<i>Humulus japonicus</i>	10.95	4	14.13	4	8.46	6	5.27	7	4.54	9	8.46	10			12.76	4	15.39	4	환삼덩굴
<i>Oenanthe javanica</i>	9.02	6	19.13	3	8.46	4	5.27	5	10.56	4	8.46	4	12.33	1	10.76	5			미나리
<i>Bidens frondosa</i>	5.23	13	8.45	6	8.46	7	4.02	15	18.09		8.46	6	5.67	6	6.26	12			미국가막사리
<i>Trifolium repens</i>	9.02	7	14.13	5			5.27	8	4.54	10			12.33	4	10.76	6			토끼풀
<i>Commelinia communis</i>	3.69	19	3.80	20	8.46	5	5.27	6	10.56	5	8.46	5	12.33	5					닭의장풀
<i>Setaria viridis</i>	3.69	20	3.00	22	8.46	11			3.33	13	8.46	9			13.21	3	7.93	8	강아지풀
<i>Phragmites communis</i>	7.47	8	8.45	7	6.14	16					6.14	13	4.33	15			15.39	5	갈대
<i>Bidens bipinnata</i>			3.91	11			6.03	3							13.56	3			도깨비바늘
<i>Echinochloa crus-galli</i>	3.54	21	8.45	8			5.27	9	3.33	14			4.33	8	10.26	8	7.93	7	돌의
<i>Festuca arundinacea</i>	9.34	5			8.46	10			4.54	8	8.46	7	5.67	7	5.00	21			큰김의단
<i>Lactuca indica</i> var. <i>lochneri</i>	7.10	10			6.14	13	4.02	20			6.14	12	4.33	10	5.46	16	6.86	13	왕고들빼기
<i>Rumex obtusifolius</i>	2.00	26	3.91	13			4.02	17	4.54	11					10.26	7	14.75	6	동소무쟁이
<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i>	3.32	25	3.00	21	8.46	9	3.77	23			8.46	8	4.33	12	5.00	22			새풀
<i>Typha angustata</i>					6.14	12	6.03	2			6.14	17							해기부풀
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1.69	29	2.82	29	6.14	14	4.02	21			6.14	15	4.07	23	5.86	14			아끼시나무
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	12.88	3	3.91	17									4.33	9	7.76	11			쑥
<i>Salix gracilistyla</i>	3.69	16	3.91	10	8.46	8	4.02	19			8.46	11			0.10	24			갓비풀
<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>	3.69	18	3.91	16					3.09	29			4.33	11	5.36	17	6.98	11	애기똥풀
<i>Zygia japonica</i>	7.41	9	10.80	2															잔디
<i>Chrysanthemum morifolium</i>	3.54	23					5.27	11					4.33	16			6.86	12	국화
<i>Leonturus sibiricus</i>	1.63	37			6.14	17					6.14	14	4.33	18					익모초
<i>Plantago asiatica</i>			3.00	24			4.02	16	10.56	6									질경이
<i>Equisetum arvense</i>	3.69	17	3.91	12			5.27	12					4.33	19					쇠뜨기
<i>Rumex crispus</i>	5.23	14					4.02	18	3.33	15			4.33	14	0.10	25			소리풀이
<i>Osmunda odorata</i>	5.48	12					5.27	13							5.76	15			달맞이꽃
<i>Stachys riederi</i> var. <i>japonica</i>					6.14	15	3.77	24			6.14	16			0.02				식점풀

Table 1에서 2005년 5월의 결과를 보면, 식생매트로 축조된 곳을 제외하고 모든 공법에서 고마리(*Persicaria thunbergii*)가 중요치 227.8로 가장 우점하였고, 망초(*Erigeron canadensis*) 188.0, 억새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*) 115.4, 환삼덩굴(*Humulus japonicus*) 80.0, 미나리(*Oenanthe javanica*) 79.0, 미국가막사리(*Bidens frondosa*) 64.6, 토끼풀(*Trifolium repens*) 56.0, 닭의장풀(*Commelinia communis*) 51.8, 강아지풀(*Setaria viridis*) 48.1 및 갈대(*Phragmites communis*) 47.9의 순으로 우점성을 보이었다.

각 공법에 따라 침입한 식물의 종수는 자연석 3단 쌓기에서 43종, 지오그린 셀에서 36종, 친환경 돌망태에서 18종, 식생매트에서 27종, 반딧불 블록에서 33종, 환경 블록에서 18종, 환경 H블럭과 그린리버 블럭에서 각각 25종 그리고 식생축조 블록에서 17종의 출현하였다. 가장 많은 식물종이 침입한 공법은 자연석 3단 쌓기이었고, 30종 이상의 식물이 침입한 공법은 지오그린 셀 및 반딧불 블록이었으며, 가장 적게 침입한 공법은 친환경 돌망태, 환경 블록 및 식생축조 블록이었다.

한편, 침입한 목본은 총 16종으로 자연석 3단 쌓기에서 6종, 식생축조 블럭에서 6종, 지오그린 셀에서 5종, 식생매트에서 3종, 환경 블록과 그린리버 블록에서 각각 2종, 반딧불 블록과 환경 H블럭에서 각각 1종의 목본이 침입하였다. 침입한 목본을 보면, 아끼시나무는 반딧불 블록과 식생축조 블록을 제외한 모든 공법에서, 갯비들은 반딧불 블록, 환경 H블럭 및 식생축조 블록을 제외한 모든 공법에서 침입하였다. 아카시나무가 거의 모든 공법에서 침입한 것은 이동 소하천의 최상류에는 아카시나무 성숙림이 분포하고 있다.

### 3. 유사도 지수

유사도 지수(Similarity index, SI)는 Sørensen(1949)의 방법에 따라 다음의 식(1)으로 계산하였다.

$$S.I = \frac{2C}{A+B} \quad (1)$$

여기서, A: A 지역에 존재하는 종수, B: B 지역에 존재하는 종수, C: 양 지역에 공통적으로 존재하는 종수

Sørensen(1949)에 따라 계산된 각 공법간의 유사도 지수(Similarity index)의 값을 보면, Table 2에서 2005년 7월에 자연석 3단 쌓기와 환경 블록 간에 64.7로 가장 높았으나 자연석 3단 쌓기 공법과 식생 조성이 비슷한 공법인 반딧불 블록과 57.9, 그린리버 블록과 55.9 그리고 지오그린 셀과 55.7로 이들 공법 간에는 침입한 식생 조성이 거의 유사하였다. 그리고 유사도 지수의 값이 가장 낮은 공법은 식생축조 블록과 지오그린 셀 블럭 간에 30.5로 가장 낮았고, 식생축조 블록과 유사도 지수가 낮은 공법은 식생매트 32.0, 반딧불 블록 32.1, 환경 블록 33.3이었다.

Table 2. Similarity index for seven types of construction blocks(July 2005)

	Native rock	Geo-green cell	Vegetation mat	Firefly block	Environment H	Green-river	Vegetation construction
Native rock	55.7		51.4	57.9	64.7	55.9	39.4
Geo-green cell			47.6	46.4	45.9	45.9	30.5
Vegetation mat				40.0	50.0	53.8	32.0
Firefly block					41.4	48.3	32.1
Environment H						56.0	33.3
Green-river							41.7
Vegetation construction							

Table 3에서 2006년 6월의 조사 결과를 보면, 그린리버 블록과 환경 블록간의 78.8로 가장 비슷하였고, 이 외에도 환경 블록과 식생매트간의 68.4, 그린리버 블록과 식생매트간의 64.9, 환경 블록과 자연석 3단쌓기 간의 63.2로 식생조성 60% 이상이 비슷했으나, 식생축조 블록과 지오그린 셀 간에는 27.6으로 식생조성에서 매우 달랐다.

Table 3. Similarity index for nine types of construction blocks(June 2006)

	Native rock	Geo-green cell	Eco-friendly cobble	Vegetation mat	Firefly block	Environ. block	Environment H	Green-river	Vegetation construction
Native rock	35.3		44.4	63.2	43.2	64.7	55.6	54.5	55.2
Geo-green cell			59.3	52.6	59.5	47.1	50.0	36.4	27.6
Eco-friendly cobble				51.6	46.7	59.3	55.2	53.8	45.5
Vegetation mat					43.9	68.4	60.0	64.9	54.5
Firefly block						54.1	51.3	50.0	56.3
Environ. block							61.1	78.8	62.1
Environment H								51.4	45.2
Green-river									50.0
Vegetation construction									

2년간 3회에 걸쳐 조사한 공법간의 유사도 지수를 보면, 2005년 7월의 경우 총 21개 Matrix 중 상호 50% 이상의 유사도를 보이는 것은 8개 Matrix, 2005년 10월의 경우 총 36개 Matrix 중 8개 Matrix가 50% 이상의 유사도 지수를, 그리고 2006년 6월의 경우 총 36개 Matrix 중 26개 Matrix가 50% 이상의 유사도를 보이는 것으로 보아, 해가 지남에 따라 식생조성의 유사도가 커지고 있음을 알 수 있다. 이것은 시간이 지남에 따라 하천 복원 후 하천변의 식생이 한 방향으로 서서히 수렴되어 가고 있음을 의미한다.

#### 4. 목본식물의 수고 및 지표면 직경

2005년 7월 조사에서 침입한 목본식물은 아카시나무, 갯버들, 산딸기, 쥐똥나무, 붉나무, 복사나무, 시무나무, 조팝나무 외에 식재된 영산홍 등 총 16종이 관찰되었고, 2005년 10월에는 아카시나무, 갯버들, 내버들, 베드나무, 사위질방, 복사나무 등 9종이, 그리고 2006년 6월에는 아카시나무, 베드나무, 내버들, 사위질방 등 6종이 확인되었다. 조사 때마다 목본식물의 종수에 차이가 나는 것은 둑이나 하상에 침입한 목본식물이 대부분 유묘(幼苗, seedling) 상태이므로 초본식물의 최대 생장기에는 피복되기 때문에 관찰이 잘 되지 않기 때문이다.

비교적 생장이 양호한 목본식물을 대상으로 수고(樹高, tree height)와 지표직경(地表直徑, diameter of ground surface)을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 수고는 내버들  $2.32m \pm 80.1$ , 아카시나무  $2.20m \pm 93.8$ , 베드나무  $1.94m \pm 49.0$ , 복사나무  $1.72m \pm 66.5$  그리고 갯버들  $1.23m \pm 70.1$ 이었고, 지표 직경은 내버들  $2.2cm$ , 아까시나무  $3.0cm \pm 0.80$ , 베드나무  $2.4cm \pm 1.22$ , 복사나무  $2.3cm \pm 1.06$ , 갯버들  $2.5cm \pm 0.63$ 이었다.

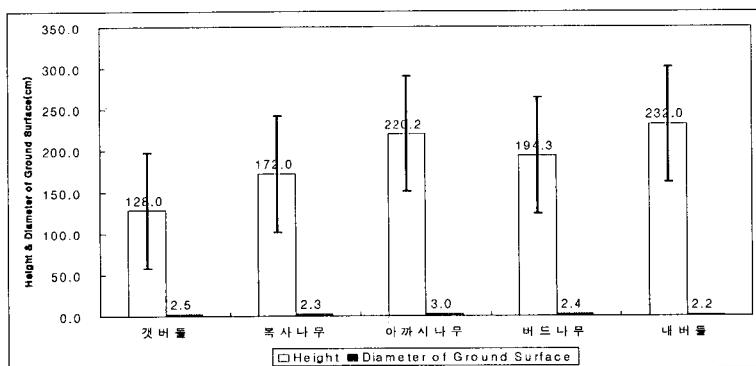


Fig. 1. Distribution of height and diameter of ground surface of several trees invaded.

#### 5. 침입 및 정착

지금까지 얻은 자료를 근거로 하천공사 후 식물의 침입과 정착되는 과정을 묘사해 보면 다음의 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다. 하천 공법에 관계없이 봄에 침입하는 식물을 보면(Fig. 2), 둑의 사면에는 갈퀴나물, 큰김의털, 쑥, 환삼덩굴, 점나도나물이었고, 수로에는 고마리, 소리쟁이, 미나리, 개구리자리였다. 여름에는 둑 사면에 망초, 억새, 환삼덩굴, 토끼풀이, 수로에는 고마리, 미나리, 미국가막사리, 닭의장풀, 그리고 가을에 많이 침입한 식물은 사면에 파종된 외래식물인 큰김의털, 식재한 억새, 강아지풀 및 환삼덩굴이었음을 알 수 있었다.

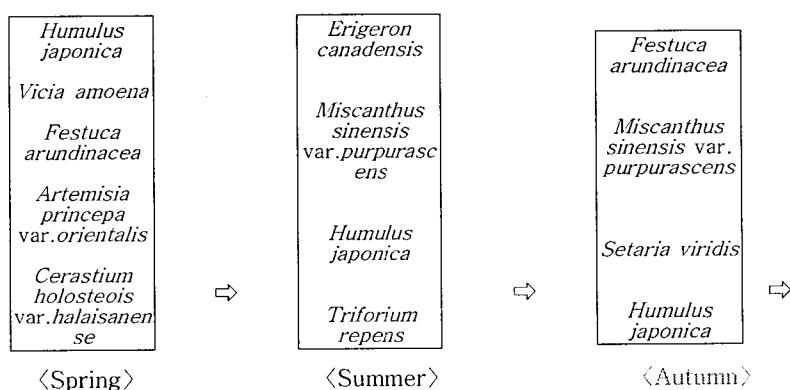


Fig. 2. Changes of herb plants invaded and established on close to nature creek according to season

한편 목본식물의 침입을 보면(Fig. 3), 공사 후 칫해에 침입한 식물은 갯버들, 아카시나무, 내버들, 벼드나무의 4종이었고, 이듬해에는 이들 4종의 목본 외에 쥐똥나무, 싸리, 산딸기 및 뽕나무 등이 새로 침입하였다. 이렇게 침입한 목본은 하천에 큰 변화가 일어나지 않는다면 당분간은 계속 생장할 것으로 사료된다.

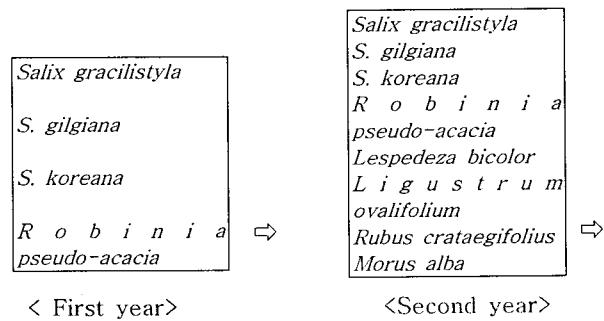


Fig. 3. Changes of invasion and establishment of trees at close to nature creek

## 6. 결 론

본 연구에서는 자연형 소하천정비 시범사업 중에서 2003년 하천정비공사가 완료된 후 식생의 침입과 정착하는 과정을 조사함으로서 교란된 하천을 자연형 하천으로 복원하는데 생태학적으로 어떤 공법이 최적의 공법인가를 알아보고자 각 호안공법 별로 식생의 변화특성을 분석한 것으로 결론은 다음과 같다.

이동 소하천에 적용된 다양한 공법(자연석 쌓기, 식생축조블록, 그린리버(환경)블록, 스톤넷, 친환경 돌망태, 식생매트, 환경블록 H형, 반딧불 블록, 지오그린셀, 자연석 3단쌓기 호안)으로 정비된 자연형 하천 복원 후의 식생조성과 목본식물의 침입 및 정착 과정을 조사하였다. 9가지의 공법 중에서 식생 조성과 목본식물의 침입과 정착에 양호하다고 판단된 공법은 자연석 2단 및 3단 쌓기가 가장 좋다고 판단되었고, 그 다음은 지오그린셀 공법, 식생 매트 공법 그리고 그린리버 공법의 순이었다. 친환경 돌망태 공법, 환경블록 공법, 환경 H블록 공법, 식생 축조 블록 및 반딧불 블록 공법은 다른 공법에 비하여 적절하지 못한 공법이었다.

각 공법 간 식생 조성의 유사도 비교에 의하면, 하천 복원 후 식생이 한 방향으로 수렴되고 있음을 알 수 있었다. 처음 침입한 목본은 갯버들, 아카시나무, 내버들 및 벼드나무 등 4종이었으나, 1년 후에는 싸리, 산딸기, 쥐똥나무 및 뽕나무가 새로 침입하였다. 이렇게 침입한 목본식물들은 복원된 하천에 다른 물리적인 교란이 심하게 가해지지 않는다면 당분간 계속 생장할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 연규방, 윤기정(2006). 자연형 하천공법에 따른 식생의 침입 및 정착, 한국자연보존연구지 제4권 3호.
2. 연규방(2006). 이동소하천 정비시범사업 모니터링 학술용역 보고서, 괴산군.
3. 연규방, 김양수(2005). 자연형 소하천정비사업 수리특성분석, 한국수자원학회 학술발표논문집.
4. 이종설(2001). 지역여건을 고려한 자연형 호안공법의 선정방안, 국립방재연구소.
5. 정재욱(2002). 자연형 소하천 정비공법 개발, 국립방재연구소.
6. 沼田眞(1969), 圖說 植物生態學, 朝倉書店, 東京, p.286.
7. Braun-Blanquet, J.(1964). Plant Sociology: The study of plant communities.(Transl. by G.D. Fuller and H.S. Conard.) Transl. of 1st ed. of Pflanzensoziologie(1928). McGraw-Hill, New York and London. p.438.
8. Sørensen, T.(1949). A method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. K. Danske Vidensk Seη. 5:1-34.