

모래하천 생태서식처의 물리적 특성 분석

-복하천을 중심으로-

○안홍규¹⁾, 유대영²⁾, 우효섭³⁾

I. 연구 목적

우리나라의 자연형 하천복원에 관한 연구는 1995년말부터 시작된 환경부 선도기술개발사업이 효시라 할 수 있다. 이러한 사업의 성공적 바탕위에 시민들의 환경에 대한 욕구가 상대적으로 증가하였는데 즉, 하천의 치수 안정성을 유지하면서 환경기능 개선 복원을 위한 다양한 개발이 요구되었다.

기존 하천환경에 대한 개발은 치수 및 이수위주의 개발이 중심이 되어 이루어져 왔고, 최근 환경을 부가시켜 진행하고 있지만 그 하천이 본래 가지고 있던 생태적 기능을 중시한 복원에는 미치지 못하고 있는 것이 현실이다.

이에 본 연구는 하천생물에 대한 생태적 정보와 생물과 환경사이의 상호관계를 규명하고, 각 생물군 서식처의 물리적 특성을 파악함으로써 하천개수시 하천의 생태기능을 고려한 복원을 위한 기초 연구라 할 수 있다

II. 연구방법

1. 연구대상지

본 연구는 모래하천인 경기도 여주 소재의 복하천을 대상으로 2001년 8월부터 시행하였다.

2. 화학적 분석

대상하천의 화학적 모니터링(수질조사)를 통하여 구체적 대상지의 현황을 파악하였다.

3. 수리학적 분석

총연장 약 600m의 집중 연구구역을 설정하여, 이 집중 연구구역에서 수리학적 모니터링과 각 생물분야별 조사를 실시하였다. 수리학적 모니터링에서는 대상하천의 평면변화와 종·횡단조사를 시행하였다. 평면형상변화는 1998년과 2000년도에 촬영된 항공사진을 비교 분석하였으며 횡단조사에 있어서는 광파트렌시를 이용하였다.

1) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

2) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

3) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구위원

4. 생물상 조사

생물상 조사에서는 식물, 저서동물, 조류, 어류와 같은 각 분야별 종조사와 그 분포역을 조사하였다. 또한 각 생물들의 서식처를 9개 장소로 구분하여 각 생물상의 서식환경을 비교분석하였다. 식물 및 어류는 종조사를 통하여 분포도를 작성하였고 식물과 토양환경과의 관련성, 식물과 조류의 서식관련성을 분석하였다. 저서동물 및 어류의 경우 정성·정량 채집을 통하여 생태자연도를 분석하였다.

5. RHS(River Habitat Servey)분석

하천에서 생육하는 주요 생물군들의 서식환경을 조사·분석하기 위하여 RCS(River Corridor Servey)조사를 기초로하여 RHS(River Habitat Servey)를 분석하였다.

6. 생태 연관성 분석

이러한 기초적 조사를 토대로 하천횡단 미지형과 하반식생과의 연관성, 하반식생의 환경요인에 의한 서열분석과 하천횡단형상과 하천미세 서식처의 연관성을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 화학적 분석(수질분석)

수질분석 결과 대부분의 구역에서 수질기준과 비교하여 3급수에 해당하는 양호한 수질로 나타났으며 특히, S형 후배수역은 2급수에 해당하는 수질을 나타내었는데 이는 홍수에 의한 교란후 정체구간으로써 체류하는 동안 오염물질이 침전되어 양호한 상태를 유지하는 것으로 판단된다<표 1 참조>.

2. 수리학적 분석

1) 종단면 분석

조사구역내의 14개 지점에 대한 횡단측량자료를 바탕으로 최심하상고를 이용하여 회귀분석한 결과 하상경사는 1/2,200로 하천정비기본계획에 명시된 값보다 작은값을 갖는 것으로 나타났다. 하상재료분석에서는 중앙입경(D_{50})의 분포는 1.0-1.5mm 로 나타나 하상이 사질로 구성되어 있음을 알 수 있다. 유로의 형태는 횡단측량 자료를 바탕으로 등고선도와 표면도를 도시하였다.

2) 평면도 분석

조사구간은 만곡도가 1.21<1.5인 직류하천과 사행하천의 천이구간으로 나타났다. 항공사진분석에 의한 하천의 평면변화는 유로가 하천 중심축쪽으로 이동한 곳과 여러곳에 사주가 형성되는등 비교적 짧은 기간에 많은 변화가 발생하였으며 그 변화요인으로 1998년 건설된 홍천대교 교량이 홍수시 유량과 유사량변화에 관계된 것으로 판단된다.

3) 횡단면 분석

유로사면은 유로안(channel shelf)이 잘 형성되어 있으며 유로안보다 완경사로 높이가 낮은 유로주(channel bar)가 널리 형성되어있다. 또한 강턱의 대응각은 좌우안 22° (경사 1:2.5)정도 되는 것으로 나타났다.

<표 1> 북하천 소규모 생태 서식처별 수질 분석

측정지점 측정항목	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
현장수온(℃)	12.8	12.5	12.2	12.0	11.5	11.6	12.3	11.0	12.4
현장DO(mg/l)	10.6	7.6	7.3	8.3	7.9	7.6	8.0	16.5	7.7
현장 pH	6.5	7.4	7.4	7.4	7.3	7.4	7.2	6.4	7.4
BOD ₅ (mg/l)	2.1	10.2	14.9	3.2	5.7	6.2	4.6	9.2	3.6
CODcr(mg/l)	29.3	41.4	42.5	25.0	26.6	8.8	8.6	19.1	8.3
SS(mg/l)	1.7	14.3	24.3	4.3	8.0	14.7	7.0	22.3	6.7
VSS(mg/l)	1.7	5.7	8.0	3.3	3.7	2.7	5.0	9.7	2.3
FSS(mg/l)	0	8.7	16.3	1.0	4.3	12.0	2.0	12.7	4.3
T-N(mg/l)	1.2	5.6	5.7	3.9	6.2	5.6	5.0	3.6	5.6
NH ₄ -N(mg/l)	0.1	3.4	3.3	3.1	3.4	3.4	3.1	1.1	3.2
T-P(mg/l)	0.1	1.0	1.1	0.5	1.0	0.8	0.8	0.7	0.8
탁도(NTU)	1.5	6.0	12.5	3.6	5.1	7.9	4.0	11.3	4.1

3. 생물상 조사

1) 식물

비교란지에서는 갈대, 물억새, 갈풀, 달뿌리풀 군집이 발달하였으며 인위적 교란지에서는 환삼덩굴, 쑥, 왕포아풀, 망초 군집이 출현하였다. 또한 홍수와 같은 자연교란지에서는 속속이풀 군집이 물가에 분포하였고 제방사면에는 명석딸기, 아까시 나무 군집이 분포하였다.

2) 저서동물

조사결과 바위호안 지역이 우점도 0.21, 풍부도 4.72, 다양도 3.89로 우점하고 있는 종이 적고 다양한 저서동물이 서식하고 있는 것으로 나타났다. 구간에 따른 환경질, 오수생물계열 평가표 및 생태자연도 등급분석에 있어서 조사지역의 대부분 지역이 생태자연도 II-III등급으로 나타났다.

3) 조류

관찰된 종과 개체수는 모두 24종 327개체로서 이 가운데 최우점종은 23.55%(77개체)를 차지한 흰뺨검둥오리이고, 우점종은 15.90%(52개체)의 멧비둘기 8.87%(29개체)의 노랑턱멧새, 7.65%(25개체)의 붉은머리오목눈이 순으로 나타났으며 종다양도는 2.485, 균등도는 0.782로 나타났다.

4) 어류

조사 수역에서 출현한 어종은 총 4과 20종이 출현하였다. 이들 출현 어종 중 천연기념물이나 환경부에서 지정한 멸종위기종이나 보호종은 없었다. 출현어종 중 한반도 고유종에 속하는 종으로 각시붕어, 줄납자루, 물개, 긴물개, 얼룩동사리등 6종(종 구성비 30%)이 출현하였다. 본 하천의 하상 구조가 단순한 모래로 구성되어있는 관계로 한반도 고유종의 구성비가 낮았다.

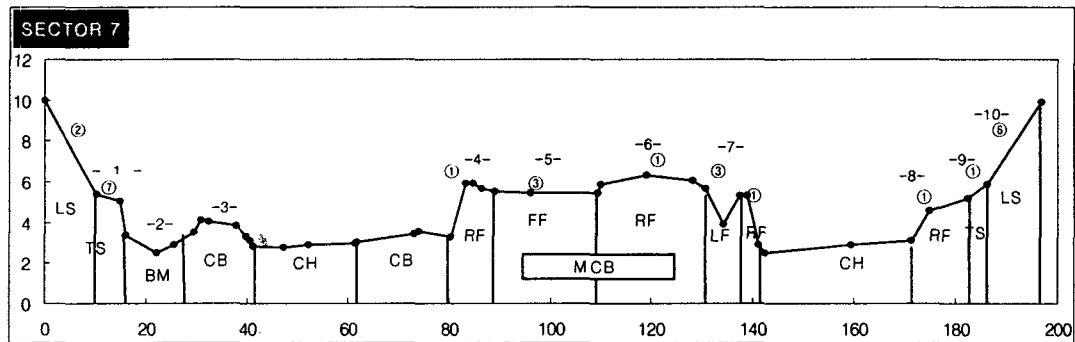
4. RHS(River Habitat Servey)분석

RCS(River Corridor Servey)조사를 기초로하여 그 위에 각 생태별 분포역을 중첩시킴으로써 본 조사구역내의 출현 생물의 서식 및 분포역을 나타내었으며 그 결과 각 생물군은 소규모 서식처를 중심으로한 특정 지역에 중점적으로 분포하고 있음을 알 수 있었다.

5. 수리학적 특성과 생태 연관성 분석

1) 횡단미지형과 하반식생과의 관계

하천공간에서 홍수나 수위상승에 의한 자연적 교란이 회귀하는 주기가 달라지면 그 주기에 따라 하천지형의 형태도 변화하며 이러한 미지형의 조성과 배열의 변화는 하천식생의 변화 및 천이에 직접적으로 관여한다(그림 1 참조).



(그림 1) 복하천 횡단미지형별 하반 식생분포도

2) 하반식생의 환경요인에 의한 서열분석

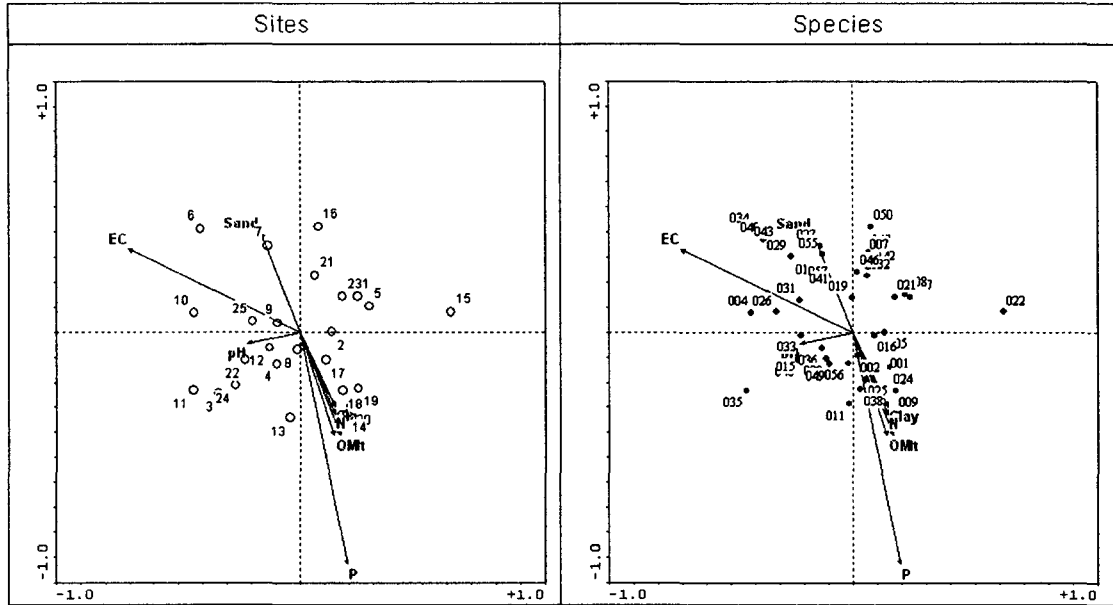
토양의 pH는 4.8-6.3의 범위로 약산성이었으며 유기물함량은 8.4% 이하로 매우 낮았다. 식생과 토양환경과의 관계파악을 위한 DCCA분석에서는 토성, 인 함량 및 전기전도도에 의해 결정되었다(그림 2). 또한 횡단미지형에 따른 토양함수량과 식생과의 관계에서는 하천교란을 받은 지형중 토양함수율이 상대적으로 낮은 곳에서는 환삼덩굴이 우점하는 것으로 나타났으며 그 지점은 <표 2>와 같이 사주부와 제방사면을 제외한 지역중 가장 얇은 입경분포를 나타내었다(<표 3>참조).

<표 2> 횡단미지형 입도분포

미지형 토양채취 Plot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
중양입경 d_{50} (mm)	0.22	0.37	1.21	0.22	0.55	0.11	0.09	0.11	0.18	0.92

3) 하천 횡단형상과 하천 미세서식처의 관계

후배수역, M형 여울, R형 소, 징검다리 여울과 같은 소규모 서식처는 수심, 유속, 미지형 등 서식처의 물리적 조건이 전체적으로 균일한 곳으로 각각의 장소가 단독적으로 그 기능을 수행하며 이러한 소규모 서식처가 어우러져 중규모 서식처를 구성하고 있다. 본 연구구역에서는 상류부의 바위호안을 중심으로한 구역, R형 소를 중심으로한 구역, 하류부의 셋강과 후배수역으로 이루어진 구역으로 구분되었다. <표 4>에 소규모 생물 서식처의 유형구분에 따른 특성분석을 나타내었다.



(그림 2) DCCA 서열 결과

주) 화살표의 방향과 길이는 상호 관계의 방향과 강도를 나타낸다.

<표 3> Sector 7의 횡단 미지형 및 토양함수량과 식생과의 관계

Survey Plot	Microtopographical Feature	Dominant Species	Moisture Content (%)	Mass of Dry Soil (g)	Dry Density (g/cm ³)	Rate of Three Phase(%)		
						Gas	Liquid	Solid
1	toe slope	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	43.8	98.37	0.983	7.8	43.1	49.2
2	backmarsh	<i>Rorippa islandica</i>	33.9	130.61	1.305	3.6	44.3	55.2
3	channel bar	Non	0.1	146.04	1.459	27.0	0.1	73.0
4	ridge floodplain	<i>Phragmites communis</i>	42.5	127.65	1.275	26.0	3.2	70.9
5	flat floodplain	<i>Humulus japonicus</i>	16.9	125.88	1.258	18.3	21.2	60.6
6	ridge floodplain	<i>Phragmites communis</i>	42.5	90.77	0.907	19.2	38.5	42.4
7	low floodplain	<i>Phragmites communis</i>	44.7	106.06	1.060	1.0	47.4	51.7
8	ridge floodplain	<i>Phragmites japonica</i>	46.0	86.65	0.866	20.9	39.8	39.4
9	toe slope	<i>Phragmites communis</i>	43.5	84.61	0.845	17.1	36.8	46.2
10	levee slope	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	21.0	109.63	1.095	15.7	23.1	61.3

<표 4> 소규모 생물 서식처의 유형구분에 따른 특성분석

구분 번호	유형 구분	수리학적 특성	물리적 특성				출현 종				
			수심 (cm)	유속 (cm/s)	하상 재료	교란빈도 (회/년)	식물	저서 동물	어류	조류	
①	S형 후배수역	○본천의 유황에 따라 본천과 접속상황 변화	80	0	모래 진흙	5-6회	속속이풀 여뀌	17종	3과 5종 12개체	교목 하안	2종 31개체
②	M형 여울	○하도사행으로 발생. ○완만한 평여울임.	15	75	모래 자갈	상시	갈대 달뿌리풀	7종	무	관 목 하안	1종 39개체
③	R형 소	○바위 주위 세굴로 인 하여 생긴 소.	60	25	자갈 모래 진흙	상시	갈대	25종	무	관 목 둔치	1종 39개체
④	징검다리 여울	○통수단면이 축소되어 빠른 유속으로 생기는 여울	20	5	자갈 모래	상시	무	6종	1과 1종 2개체	사 주	3종 15개체
⑤	하중도 말단 모래톱	○하중도 하류 말단 흐 름의 분리나 유속감소 로 토사퇴적에 의한 모래톱	10	40	모래	상시	갈대	6종	무	사 주	3종 15개체
⑥	완도	○만곡부 내측, 흐름의 사수역에 형성.	70	70	모래 진흙	상시	갈대 달뿌리풀	18종	4과 7종 16개체	갈 대 둔치	4종 48개체
⑦	셋강	○하도 주흐름에서 벗어 나 별도로 생성되는 하도.	20	5	자갈 모래	상시	갈대	20종	무	갈 대 둔치	4종 48개체
⑧	R형 후배수역	○본천 접속빈도 · 후 배수역내 생태권이 긴 행정도에 따라 어류 현존량 · 생산성 변화	70	0	모래 진흙	1-2회	갈대 달뿌리풀	15종	3과 6종 21개체	갈 대 둔치	4종 48개체
⑨	비교구역	○생물서식처가 조성되 어 있지 아니한 곳	10	15	모래	상시	무	3종	무		

본 연구는 하천의 생태적 기능을 복원하기 위한 공법 즉, 수제나 여울과 응덩이의 조성, 배후습지와 하중도의 조성, 어도 등의 설치공법을 위한 하천생태계의 mechanism을 분석함으로써 효율적인 공법을 개발하고자 하는 기초적 연구라 할 수 있다. 따라서 이러한 생태요인에 대한 지속적이며 장기적인 추적조사와 하천 수문 및 수리학적자료의 축적에 따른 생태계와의 관련성에 관한 연구가 필요하며 이에 기초한 다양한 생태적기능복원을 위한 공법개발이 향후의 과제라 할 수 있다.

참고문헌

1. 우효섭 · 김성태, 수변복원의 이해와 외국의 관련 가이드라인 검토, 한국환경복원녹화기술학회지 3권 3호, 2000
2. 李三熙, 扇狀地礫床河道における安定植生域の形成機構に関する研究, 日本筑波大学박사학위논문, 1999