

## 하천생태계 생물서식처의 통합적 분석 및 평가

# Integrated Analysis and Assessment of Biological Habitats in Stream Ecosystem

전승훈<sup>1</sup> · 고신혜<sup>1</sup> · 김영주<sup>2</sup> · 안홍규<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경원대학교 조경학과, <sup>2</sup>경원대학교 산업환경연구소, <sup>3</sup>한국건설기술연구원

## 서론

생태계는 생물군집과 무생물 환경요인으로서 구성되며, 하천생태계에서는 홍수터(범람원)를 포함한 수변의 육서생태계와 흐르는 물을 포함한 수서생태계를 포함한다. 이 두 생태계는 서로 인접하며 서로의 생태적 기능이 밀접히 연결되어 있다.(하천복원가이드라인, 환경부, 2002)

또한, 생물서식처란 생물의 서식장소를 나타내는 하나의 기본단위로써 생물의 먹이섭취, 휴식, 피난, 산란을 도우며, 하상의 형태, 물의흐름 및 하안형상과 매우 관련이 깊다. 따라서 본 연구에서는 생물과 무생물적 요소간의 통합적 분석을 실현하고자 하천생태계에 나타나는 서식처유형을 구분하고, 서식처유형별 물리·화학·생태적 특성 분석을 통하여 각 서식처 유형별 평가 및 이에 반응하는 생물 상호간 관련성에 대하여 분석하고 생물서식처유형별 복원가이드라인을 제시하고자 한다.

## 연구방법 및 범위

### 1. 연구대상지 선정

한 수계 내에서 자연성이 풍부한 자연하천과 도심과 인접해 있어 하천이 직강화되어 생물서식공간이 훼손되어 있는 도심하천이 공존하고 있는 강원도 홍천의 홍천강을 연구대상하천으로 선정하였다. 본 연구 대상지의 경우 대조구간으로 도심하천구간과 자연하천구간을 선정하여 비교하는 것으로 도심하천구간은 남산교와 홍천교 사이 약 2km 구간을 선정하였으며, 자연하천구간은 철정교와 주음치1교 사이 약 4.5km 구간을 설정하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 생물서식처유형 구분

하천의 수리·지형학적 특성을 반영하여 홍천강의 자연형 하천 구간은 개방형하도습지, 셋강, 폐쇄형 하도습지, 거석형 웅덩이, 징검형 여울, 사행형 웅덩이 평여울, 급여울, 댐형웅덩이, 낙차형 웅덩이 등 10개의 서식처유형으로 구분하고, 도시형하천 구간은 인공호안 및 구조물이 있는 지역에 대해 댐형 웅덩이, 낙차형 웅덩이, 평여울, 급여울의 4개의 서식처유형으로 구분한다.

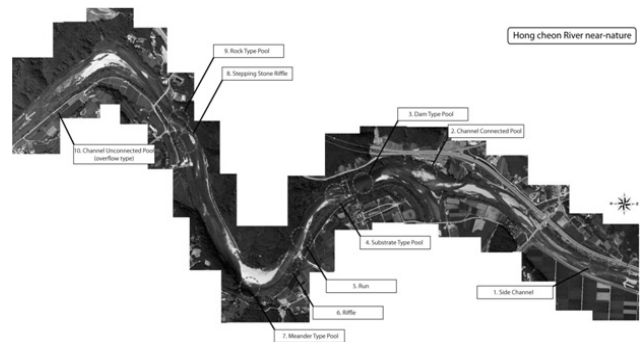


그림1. 홍천강(자연구간) 생물서식처 유형 위치도

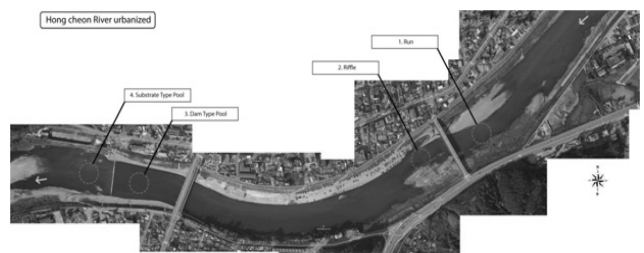


그림2. 홍천강(도심구간) 생물서식처 유형 위치도

## 2) 물리적 특성분석

본 연구에서의 물리적 특성 조사는 기 구분된 서식처유형별 하천의 횡단면, 유속분포, 수심 및 하상재료 분석 등이 수행되었다.

## 3) 화학적 특성분석

수질조사는 현장조사와 실내실험으로 구분되며 현장조사에서는 수온, pH, EC, DO등을 측정하였으며, 실험실 내에서는 SS, BOD, T-N, T-P등을 분석하였다. 현장조사에서 실시한 항목들은 HACH-HQ40d를 이용하였으며, 실내실험 항목들은 수질공정시험법에 준하여 실시되었다.

## 4) 생태적 특성분석

### ① 어류

어류의 채집은 정량 조사를 위하여 투망(5×5mm)과 족대(4×4mm)를 각각 15회, 40분간 사용하였다. 채집된 어류는 현장에서 10% 포르말린 용액으로 고정된 다음 실험실로 운반하여 동정·분류하였다. 어류의 동정에는 국내에서 발표된 검색표(김과 박, 2005; 김등, 2005)를 이용하였고, 분류체계는 Nelson(2006)을 따랐다. 군집분석은 각 조사지점에 대하여 우점도(McNaughton, 1958), 종다양도(Shannon Weaver, 1963), 균등도(Pielou, 1966)를 산출하여 분석하였다.

### ② 식생

본 연구에서 선정한 홍천강 하천구간과 주요 생물서식처 유형의 지점을 기준으로 작성된 기준 도면을 이용하여 현장 조사를 수행하였다. 현장조사는 하천 생태계의 수리·수문학적 특성에 따른 홍수범람시기 전·후를 최대한 고려하여 2009년 8월과 11월, 2010년 4월에 걸쳐 실시하였으며, 현존식생도는 선행 자료를 기준으로 추가적인 조사 시기에 따라 지속적으로 보완하는 방식을 적용하여 최종의 도면을 작성하였다. 대표적인 하도 생물서식처 유형의 대표단면에 따른 식생조사는 선상 횡단법(Line transect method)을 적용하여 수행하였고, 그 결과를 바탕으로 식생 단면도를 작성하였다.

## 저서성 대형무척추 동물

현장조사는 각 서식처유형별 수량과 물리적인 환경을 고려하여 계류형 정량채집망인 Surber net(25×25cm, 망목지름 0.5mm)을 이용하여 채집을 하였으며 폐쇄형 하도습지 등

정수지점의 경우 각 지점의 특성에 따라 0.5mm 망목의 뜰채, D형 수서 채집망(25×25cm, 망목 1×1mm), 족대(망목 3×3mm)에 의한 정성채집을 병행하였다. 또한, 각 분류군별 형태와 특징에 따라 동정하였으며, 군집구조의 분석은 조사지점별로 정량적으로 채집된 자료로부터 출현한 분류군의 수를 비교하여 출현개체수, 우점종, 군집지수(우점도지수, 다양도지수, 풍부도지수 및 균등도지수)를 산출하였다.

## 연구결과

### 1. 물리적 특성

홍천강의 자연하천 구간과 도심하천 구간을 분석한 결과, 자연하천 구간의 각 서식처 유형별 수심의 범위는 최소 6m에서 최대 91m까지 나타났고, 유속의 분포는 정체성 수역의 서식처에서는 유속이 거의 나타나지 않았으며, 낙차형 웅덩이에서 가장 빠른 유속의 분포를 나타내고 있었다. 하상재료의 입경범위는 0.50mm~1.70mm로 나타났다. 한편, 도심형 하천구간에서 수심의 범위는 23m~70m로 나타났고, 유속의 범위는 0.08%~0.40%, 하상재료의 입경범위는 0.80mm~3.00mm로 나타났다. 이는 상대적으로 유속이 느린 서식처유형에서는 비교적 작은 입경의 하상재료가 나타났기 때문이며, 유속이 빠른 서식처 유형일수록 하상재료의 크기가 크게 나타났다.

### 2. 화학적 특성

홍천강 자연하천 구간과 도심하천 구간에서 각 서식처유형별 수온의 차이는 거의 없었으며, Ph 경우 두 구간의 수치 모두 생활환경기준(6.5~8.5) 범위를 유지하고 있었다. 그리고 EC와 DO의 분석결과, 각 서식처유형별 차이는 있으나 자연하천구간의 수질등급은 Ia(매우 좋음)로 나타났으며, 도심하천구간은 Ib(좋음)로 나타나 두 구간 모두 적정 수준의 용존산소량과 함께 오염물질이 없는 청정상태의 생태계 수준을 보여주고 있다.(그림 3.)

### 2. 생태적 특성

#### 1) 어류

홍천강 자연하천 구간의 생물서식처유형 중 징검여울에서 가장 많은 종수가 조사되었다. 출현 어종 중 한국고유

표 1. Community indices at each station in the Hong cheon river(nature course).

	셋강	개방형 하도습지	댐형 웅덩이	낙차형 웅덩이	평여울	급여울	사행형 웅덩이	징검다리 여울	거석형 웅덩이	폐쇄형 하도습지
DI(우점도지수)	0.73	0.78	0.68	0.71	0.58	0.58	0.81	0.66	0.74	0.48
H'(다양도지수)	1.38	1.18	1.61	1.56	1.80	1.86	1.06	1.71	1.36	1.94
EI(균등도지수)	0.60	0.51	0.73	0.71	0.82	0.78	0.44	0.67	0.62	0.88

종은 묵납자루, 쉬리, 돌상어, 꾸구리, 배가사리, 돌마자, 가는돌고기, 긴물개, 참갈겨니, 참종개, 미유기, 통가리, 꺾지, 얼룩동사리, 동사리 등 총 16종 713개체(66.7%)로 높은 고유성을 띄고 있었다. 한편 멸종위기 II급 종으로는 묵납자루, 돌상어, 꾸구리, 가는돌고기 등 총 4종 6개체(16.7%)가 확인되었는데 이들 종을 보호하기 위한 대책이 필요한 것으로 사료된다. 또한 우점도, 다양도, 균등도 지수를 통한 군집분석결과 (표 1.)과 같이 확인되었다.

홍천강(도시형 구간)에 대한 조사한 결과 총 5과 23종 634개체가 확인되었다. 조사 지점 중 댐형 웅덩이, 낙차형 웅덩이에서 가장 많은 종수인 18종씩 확인되었고, 급여울(St. 2)에서 12종으로 가장 적은 종수로 조사되었다. 또한 홍천강 자연형 구간에서와 마찬가지로 멸종위기 II급 종인 묵납자루, 돌상어, 꾸구리, 가는돌고기 등 6개체(16.7%)가 확인되었으며, 멸종위기 II급 종들을 보호하고 증식시킬 수 있는 방안이 시급히 마련되어야 할 것으로 사료된다. 홍천강(도시형 구간)의 우점도, 다양도, 균등도 지수를 통한 군집분석 결과는 다음과 같다.

표 2. Community indices at each station in the Hong cheon river(city course).

	평여울	급여울	댐형 웅덩이	낙차형 웅덩이
DI(우점도지수)	0.62	0.63	0.87	0.66
H'(다양도지수)	1.72	1.69	0.70	1.73
EI(균등도지수)	0.65	0.68	0.32	0.60

2) 식생

홍천강 자연형 구간의 식생유형은 상관 식생 및 토지 이용상태에 따라 개방수역(37.0%), 달뿌리풀 군락(18.3%), 자갈 및 모래 사주(17.6%), 산림식생(6.3%), 버드나무류 군락(5.6%), 갯버들 군락(5.0%), 콘크리트 제방(3.0%), 아까시나무 군락(2.6%) 순으로 나타났으며, 적은면적을 보인 기타 식생으로는 비짜루국화 군락, 뽕나무 군락, 붉나무 군락,

족제비싸리 군락, 가죽나무 군락, 환삼덩굴 군락, 신나무 군락, 달맞이꽃 군락 등으로 나타나 자연식생이 비교적 잘 보존된 가운데 인위적인 교란의 영향도 어느 정도 발생된 것으로 판단되었다. 홍천강의 자연구간은 사행정도에 따른 자갈 및 모래사주가 비교적 잘 발달하는 특성을 보여주고 있으며, 이들 환경특성과 밀접한 관련을 맺는 달뿌리풀 군락, 버드나무류 및 갯버들 군락이 우점하는 전형적인 산지형 상류하천의 특성을 보여주었다.

반면 홍천강의 도시구간은 직강화 및 콘크리트 제방축조, 그리고 하상평탄화 및 고수부지의 인위적인 토지이용 등으로 비교적 단조로운 인공하천경관을 보여주고 있는데, 주요 식생유형은 개방수역(36.0%), 혼생 초지(17.5%), 잔디 식재지(11.7%), 갈대 군락(6.7%), 체육운동공간(6.6%), 물억새 군락(5.4%), 망초 및 개망초 군락(8.6%) 등으로 나타났으며, 기타 식생으로 환삼덩굴, 수크령, 줄, 갯버들, 코스모스 등이 주로 발생하였다. 자연구간에 비해 자연식생의 분포정도가 확연하게 차이를 나타내었으며, 일부 우안의 고수부지상에 물억새와 갯버들 군락이 보존된 상태로 잔존하였을 뿐 대부분의 지역의 교란식생의 천이단계에 놓여있었다.

3) 저서성 대형무척추 동물

홍천강의 조사구간에서 전체적으로 출현한 저서성 대형 무척추동물은 총 분류군은 5문 6강 16목 65과 166종으로 나타났다. 서식처 유형에 따라 우점군은 대부분 하루살이류, 날도래류, 깔따구류 등의 곤충류로 나타났으며, 그 외에 환형동물류의 실지렁이 및 연체동물류의 쇠우렁이 등도 소수 서식처에서 우점종으로 확인되었으며, 중요 저서성 대형 무척추동물 그룹 역시 우점군을 포함한 하루살이류, 날도래류, 깔따구류, 실지렁이류, 쇠우렁이류 등으로 나타났다.

종합적으로 저서성 대형무척추동물의 서식처 복원 및 조성에 대한 기술 개발시 유수성 구간일 경우 하루살이류 중 납작하루살이류, 날도래류 중 줄날도래 등이 주요 목표종으로 판단되며, 정수성 구간의 경우에는 잠자리류중 잠자리과

의 주요종 및 실잠자리류, 비곤충류 중 갑각류인 새뱅이류, 연체동물류인 우렁이류, 물달팽이류 등이 주요 목표종으로 판단된다. 다만, 자연하천구간과 도시하천구간 모두 다소 인위적 교란에 노출되어 있어 특히 깔따구류가 우점하여 나타나는 서식처의 경우 서식처의 오염도를 저감할 수 있는 노력 이후 복원 목표종을 고려할 필요가 있다.

## 종합적 고찰 및 제언

하천에서 서식처는 물의 흐름, 토사의 이동 등에 의해 항상 변화를 반복한다. 따라서 하천생태계의 서식공간을 분석하기 위해서는 하천 특성에 따른 서식처유형을 인식하고 물리, 화학, 생태, 공간적 특성이 서로 긴밀하게 연관되어 있음을 인지해야한다.

따라서 본 연구에서 각 생물서식처유형별 통합적 분석을 통하여 하천생태계에서 생물서식공간으로서 역할을 하기 위해서 수질의 개선은 절대적으로 필요하며, 생물의 생활사 먹이, 산란, 이동을 고려한 개방형 하도습지나, 폐쇄형 하도 습지와 같은 특정한 서식처 유형의 기능이 매우 중요하다고 판단되었다. 또한, 생물들의 피난과 은신처를 위한 수변 식생대 형성과 다양한 유속의 변화가 필요하며 더불어 일정 정도의 유속과 수심이 유지되는 안정적인 서식환경도 필요하

다고 판단되었다.

앞으로 더 집적적인 분석을 위하여 통합적 접근이 절대적으로 필요하며, 이를 위해서는 통계학적 접근을 통한 데이터 정량화를 통하여 통합적 분석의 기준을 마련하여 다른 하천에도 적용·평가할 수 있도록 일반화 시키려는 노력과 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업(06건설핵심B01)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 환경부(2003) 중규모 하천의 생물다양성 평가를 위한 복하천 특성조사, 한국건설기술연구원.
2. 환경부(2002) 하천복원가이드라인, 한국건설기술연구원.
3. Allan, J. D.(1995) Stream Ecology. Structure and function of running waters, Chapman & Hall, London. 388.
4. 杉山惠一(1999) 피오어의 구조-하비타트·에코로지入門-東京: 朝倉書店.