

## 하천교란 평가기법 연구

Study on Evaluation Method Development of River Disturbance

김 기 흥\*

Ki Heung Kim

### 요    지

하천환경 복원사업이나 자연형하천 정비사업의 근본 목표는 그 하천 고유의 하천경관이나 생태계 등 특성을 회복(Rehabilitation)시키거나 복원(Restoration)하는 것이다. 현재 이·치수기능 확보를 위한 댐·보의 건설, 하천정비 및 골재채취 등 하천의 인공화가 계속되고 있으며, 이에 따른 하천 및 하도의 물리, 화학, 생물에 미치는 영향은 심각한 수준이다. 이러한 하천의 인위적 교란은 요인, 규모, 빈도 및 강도는 다르지만 하천생태 서식처의 물리적, 화학적 특성이 변형, 변질되어 하천생태계가 변화, 단절, 절멸되는 심각한 상태가 빈발하고 있다.

하천교란(River disturbance)은 요인에 따라 유량 및 유사량 변화, 하상변동, 하도준설, 인공호안, 생태통로 차단 등 하천의 물리적 환경 변화를 초래하고, 그에 따른 영향으로 생물종의 감소 및 단순화, 개체수 감소 등과 같이 하천 생태계가 변화하게 된다. 그러나 하천의 교란평가에 대한 연구가 미흡하고, 또한 표준화된 평가체계가 구축되어 있지 않을 뿐 아니라 하천환경의 복원에 대한 의식 보급도 부족한 것이 현실이다.

따라서, 본 연구에서는 하천의 교란정도를 파악하기 위한 하천교란평가기법 개발을 위한 전단계로서 일본의 하천수변 국세조사, 영국의 River Habitat Survey, 호주의 River Assessment System, 미국의 Stream Corridor Restoration 등에서 제시하는 하천모니터링 및 평가체계를 비교, 분석하였다.

외국사례 분석 결과를 토대로 하천교란 요인을 하천정비, 댐건설, 골재채취로 유형화하고 교란 요인별 조사해야 할 물리적 인자로서 유량, 유사량, 하도 제원, 특징적 내용, 하도형상, 여울과 소, 점사주, 인공구조물, 제방·호안의 재료 및 특징 등으로 선정, 검토하였으며, 생태계 인자로서는 제방 마루의 토지이용 및 석생구조, 하도의 식생유형, 하도주변 토지이용, 하안(bank) 형상 및 구조, 수종 및 구조, 하도 및 하안 특징 및 구조 등으로 선정, 검토하였다.

이상의 하천교란과 관계되는 지표를 선정하여 물리적, 생태적 조사 및 교란평가기법(안)을 개발, 제시하였다.

**핵심용어 :** 복원, 하천교란, 하천정비, 댐건설, 골재채취

\* 정희원, 진주산업대학교 토목공학과 부교수 E-mail : khkim@chinju.ac.kr

## 1. 서 론

하천에 영향을 주는 교란은 자연적, 인위적으로, 또는 두 요소가 동시에 결합하여 작용할 수 있다. 하천에 미치는 교란은 수변의 환경적 기능을 저하시킨다. 수변에 가해진 교란 활동의 영향은 하도와 회랑을 따라 상·하류로 전파될 수 있다. 하천 복원의 대안은 이러한 문제의 원인을 정확히 파악하여 그에 맞는 대책으로서 선정되어져야 한다. 그렇지 않으면 이 대안은 교란의 전파과정 중에 나타나는 영향에 대한 대책으로 끝나며, 근원적인 대책이 되기 어렵다.

교란은 하천 수변의 어느 곳에서도 나타날 수 있으며, 그 주기, 지속 기간, 강도 등이 변한다. 우리나라의 경우 자연적 교란 요인으로는 홍수, 가뭄, 태풍, 산사태, 산불 등을 생각할 수 있으며, 흔하게 나타나는 현상은 홍수(태풍을 포함)와 가뭄이다. 하천과 수변에 영향을 미치는 인위적인 교란은 크게 1) 유역의 토지이용 변화에 따른 하천 영향과 그에 따른 교란, 2) 이·치수 목적으로 하천을 정비함에 따른 하천의 물리적, 화학적 특성 변화와 그에 따른 교란, 3) 하천에 대규모 구조물이나 시설물 설치에 따른 교란, 4) 하천골재 채취에 따른 서식처의 교란 등으로 나눌 수 있다. 현재 우리나라는 하천의 교란평가에 대한 연구가 미흡하고 또한 표준화된 평가체계가 구축되어 있지 않을 뿐만 아니라 하천환경의 복원에 대한 의식 보급도 부족한 것이 현실이다.

따라서, 본 연구에서는 하천의 교란정도를 파악하기 위한 하천교란평가기법 개발을 위한 전단계로서 일본, 영국, 호주, 미국 등에서 제시하는 하천모니터링 및 평가체계를 비교, 분석하여 하천교란평가기법(안)을 개발, 제시하였다.

## 2. 하천교란평가기법

### 2.1 국외의 하천교란평가기법

#### 2.1.1 영국

영국의 RHS(River Habitat Survey) 개발의 주요 목적은 크게 다음의 두 가지로 ① 표준 현장 방법론의 도출로서, 정확한 목적과 통계적으로 확고함을 보유하면서 광범위한 자료구축 및 표현의 표준화로 넓은 적용성 및 실현성을 갖도록 하는 것이며, ② 수치화된 질적 평가 기법 구축으로서, 영국하천의 임의의 장소에 대하여 보존과 복원 가치를 평가하기 위해 수치화된 질적 평가 기법을 구축하는 것이다. 주요특성으로서는 다음 네 가지로서 ① 150개 이상의 서식처 변수들이 기록되는 전문가시스템, ② 통계처리를 통해 명확한 결과를 유도하기 위하여 조사구간은 하도 중심으로 500m 구간을 10개 등간격으로 나누어 실시하는 부분조사(spot-check)와 정밀조사(sweep-up)으로 구성하고, 조사자간의 차이를 줄이기 위해 간단한 선택 채용 후 교육 시험, 훈련자와 조사자를 위한 교육 과정운영, 조사자에 대한 인가방식을 채용하고 있으며, 서로 다른 하천형태에 대하여 검증(전국 하천자료 네트워크 구성)하고 있다. ③ 기초 조사망 구축은 거의 완료단계로 구축된 조사망의 기초자료들은 데이터베이스화되어 실제 적용 및 활용되고 있는데, RHS의 강점은 대조지역(reference site)의 네트워크로서 매 10km마다 적어도 한번은 무작위로 표본추출을 하여 네트워크로 표현하고 있는데 이는 영국하천들의 물리적인 다양성의 특성을 대표할 수 있게 해 준다. ④ 질적인 지표로서 HMS(서식처 개조 점수), HQS(서식처 능력 평가 점수) 사용하고 있는데, HMS 점수 시스템은 해당지역의 자연도를 6개의 등급으로 구분하며, HQS 점수 시스템은 대상지역에서 서식처 요소들에 대하여 점수를 각각 부여해 평가하고 있다. HQS 점수 시스템에서 각 요소에 대하여 해당구간 내에 10개의 지점조사 중 몇 개의 지점조사구역에서 평가지표들이 기록되는가에 따라 점수를 부여하고 전체 지점에서 평가지표들이 각각 나타나면 1점, 2~3개 지점에서 나타나면 2점, 4개 이상 지점에서 나타나면 3점으로 부여하는 방식이다.

## 2.1.2 호주

생물학적 및 지형학적 관점으로부터 하도조건에 대한 평가 사이의 보편적 관계는 생태계에 대한 하나의 기준으로서 하도 서식처 또는 물리적 구조의 표현이다. 생물학적 관점에서 물리적 서식지는 생태학적 조직과 생태계의 역동성을 평가하는 기준이라 할 수 있다(Townsend and Hildrew, 1994 ; Montgomery, 1999). 따라서, 생물학적 서식지의 조사는 생물군집에 직접적으로 영향을 미치는 요소들을 포함시키는 경향이 있다. 영역별 조사항목은 다음과 같다.

① 지형학적 위치 : 고도, 경·위도, 상류 유역면적, 하도경사, ② 수변 식생 : 수변구역폭, 교목·관목·풀의 수변구역 피복도, 하천의 수음, 토착 및 외래 식생 피복도, 수변식생 밀도, 수변식생의 연속성, ③ 하도지형 : 하도 폭, 하도 깊이, 하안 폭, 하안 높이, ④ 수질 : 수온, 전도도, pH, 탁도, DO, 알칼리도, 영양염류, 암모늄, 투명도, ⑤ 수문 : 평균년유량, 평균년유량의 변동계수, 흐름형식, 수위, ⑥ 서식지 구조 : 표본지역의 여울, 둔치, 소, 수생식물, 수변(제)역, ⑦ 구간의 유기물 및 무기물 기반 : 암반하상, 거석, 전석, 호박돌, 자갈, 모래, 실트/점토, 기반, 암설(쇄설) 퇴적, 이끼 피복, 물이끼 피복, ⑧ 여울/저수로/사주 서식지 특성 : 암하상, 거석, 전석, 호박돌, 자갈, 모래, 실트/점토, 기반, 암설(쇄설) 퇴적, 이끼 피복, 물이끼 피복, 수심, 유속, 수음, ⑨ 둔치/지수역/수중 서식지 특성 : 암하상, 거석, 전석, 호박돌, 자갈, 모래, 실트/점토, 기반, 암설(쇄설) 퇴적, 이끼 피복, 물이끼 피복, 수심, 유속, 도류체 식생, 수생식물 구성, ⑩ 서식지의 질적 평가 : 바닥 접촉면/이용가능한 피복, 유속, 수심, 저수로 개변, 바닥 세골과 퇴적, 여울과 소, 직선/만곡비, 하안 안정도, 하안 식생 안정도, 하도주변 피복도, 총 서식지 득점, ⑪ 현장조사 : 물과 유사의 냄새 및 기름, 유량 및 재한, 국부적인 하안 및 유역 침식, 토지이용, 계곡 지형, 하천 망상 및 사주, 국부적인 점 오염원 및 비점 오염원.

## 2.1.3 미국

하천의 환경요인에 대한 변화과정을 손쉽게 측정하고, 전반적인 생태계 변화의 파악과 예측에 유용하게 활용할 수 있는 가이드라인을 제시하고 있다. 모니터링에서 평가 변수는 물리적, 생물적, 화학적 변수들로 구분하고 있는 데 구체적인 내용을 요약하면 다음과 같다.

① 물리적 성능평가와 안정성 평가를 위한 물리적 변수 : 평면형(만곡도, 폭, 사주, 여울, 소, 거석 등), 종단형(하상재료 분포, 수면경사, 하상경사, 여울 크기/형태 및 종단형, 소 크기/형태 및 종단형), 현하도의 분류(전구간 : 분류체계의 선정에 따라 달라짐), 수문학적 유황분석(하상계수, 2년·5년·10년 빈도별 홍수수문곡선, 기저유량, 유속), 하도 진화 추적 결정(유출의 증감, 돌발홍수, 하도의 횡방향/종방향 침식, 하폭의 과다 증가/하상상승, 만곡경향-진화상태 및 측방이동, 만곡도의 증감, 제방침식 양상), 관련 수변조건(수변의 포화나 저류, 충적 테라스와 자연제방, 산지/양호한 배수/경사지나 테라스 지형, 수변식생 구성, 집단양상과 연속적 변화), 관련 유역의 추이(토지이용과 피복, 토지관리, 토양종류, 지형, 지역적인 기후/양상)

② 성능평가와 관련된 생물속성과 지표 : 1차 생산자(부착조류, 플랑크톤, 관속식물, 대형식물), 동물성 플랑크톤/돌말, 무척추동물군(종, 수의 다양성, 생물량, 대형/소형, 수생/육생), 어류집단(회유성/상주성 어종, 비 집단이나 생애단계, 바다로 나가는 새끼 연어의 수, 회유하는 성어의 수), 수변 야생/육지 동물 집단(양서류/파충류, 포유류, 조류), 수변식생(구조, 구성, 상태, 기능, 시간에 따른 변화(계열, 군체의 형성, 절멸 등))

## 2.1.4 일본

하천의 정비, 관리에 있어서 양호한 하천환경의 보전·복원을 위해 『河川水邊の國勢調査』 결과(하천조사·생물조사·공간이용실태조사)를 분석하고 하천환경의 특징을 파악하여 양호한 하천환경의 보전·복원에 이바지하는 것을 목적으로 하고 있다. 하천국세조사는 항공사진을 기본도로

하천환경기본도를 작성한다. 하천환경기본도는 육역(陸域)(식생도 작성)조사에 의해 작성된 식생도를 기본으로 수역(水域)조사에서 얻어진 여울, 소, 지수역(止水域), 간석지, 유입지천 등의 정보 및 구조물 조사에서 얻어진 호안, 하천횡단구조물 등의 정보를 추가로 그려서 하천환경정보기본도의 기본도가 된다. 하천국제조사의 구체적인 내용을 요약하면 다음과 같다.

① 대상 하천의 환경 특성 : 하천특성(지형, 지질, 세그멘트 구분, 하상경사, 하폭, 수면폭, 하상이나 하도상황, 하천형태, 소여울 및 지수역의 분포, 항공사진 등에 의거하여 역사적 변천, 하천 개수 상황 등), 자연환경(수량, 수질, 취·배수 상황, 대표적 식생 및 동식물의 현황, 주목해야 할 생물의 생식·생육지 현황), 사회환경(토지이용 상황, 법규제 상황(조수보호구역 등), 명승·주요 조망지점, 경관자원, 근방의 풍경, 특징적 구조물, 수면이나 수변의 이용, 하천부의 이용, 어업, 주운, 끌재채취 상황 등), 대표종 및 특정종, 하천구분.

② 종단분포도 : 거리표, 약도, 하천특성, 자연환경, 사회환경, 하천구분 등

③ 구역별 하천환경의 특징 정리 : 하천의 구역구분과 그 이유, 구간별 특징 정리(하천특성, 자연환경, 사회환경, 대표종 및 특정종, 구역의 특징).

## 2.2 하천교란평가기법(안)

본 연구에서는 앞에서 언급한 영국, 호주, 미국, 일본 및 한국에서 적용된 하천수변의 서식지 또는 자연도 조사 기법을 비교, 분석하여 하천교란평가기법(안)을 제안하고자 한다.

표 1. 하천교란평가기법의 분야별 조사변수 요약(안)

분 야	조 사 변 수
하천교란 요인	하천정비, 댐, 끌재채취 등
거리표	하류 시점에서 조사대상 지점까지의 거리 및 상류, 하류, 중류 등
약 도	개략적 하천평면도 위에 교량, 보, 공원, 댐, 지천유입점 등
하천특성	주변 지형지질(평지, 자연제방, 선상지, 산간지 등), 하상경사(1/100) 하상상황(접토, 모래, 사력, 자갈, 호박돌 등), 하도상황(감조-사행-협착-산간부 등), (중주발달-교호사주 발달), (하반림-습지) 하폭(00~00m), 수면폭(00~00m)
저수로	하상재료(기반암, 거석, 호박돌, 자갈, 모래, 실트, 접토 등) 개수정도(미개수, 직강화, 수위 및 하상조절 구조물), 하상특성(여울, 소, 사주 등) 흐름특성(급류, 완류, 정체류), 저수로 식생(30% 이상, 30% 미만)
하천횡단 구조물	위치, 종류(보, 낙차공 등), 수위조절 여부, 목적, 제원, 어도유무, 어도(위치, 형식, 통수상황, 제원 등)
제방	제방재료(기반암, 거석, 호박돌, 자갈, 모래, 실트, 접토), 호안(불록, 바구니, 사석 등) 개수정도(미개수, 개수후 보강 여부), 특성(침식, 퇴적, 안정 등), 식생(00~00%)
생태계	식물(나대지, 재배지, 1종 우점, 2-3종 우점, 다양) 어류, 양서류, 조류, 포유류, 곤충류 서식환경(적합, 보통, 부적합) 종합(우수, 양호, 보통, 미흡, 열악)
수환경 및 하천공간 이용	수량(계획홍수량, 유황곡선 여부, 갈수량, 계획홍수량 변화 여부) 수질(탁도[우수, 양호, 보통, 미흡, 불량], BOD, 취도[우수, 양호, 보통, 미흡, 불량]) 취매수(oo용수[00m <sup>3</sup> /s], oo지천합류[00m <sup>3</sup> /s], 유지유량[00m <sup>3</sup> /s]) 경관(우수, 양호, 보통, 미흡, 불량), 접근성(우수, 보통, 불량) 이용목적(산책, 낚시, 물놀이, 자전거, 기타), 이용자 수(무, 1~5인, 5인 이상)
사회환경	토지이용(주택근접, 시가화 확장, 주택과 농경 혼재, 농경지, 산지), 도시계획구역 관광지, 명승지(oo정, oo개목 등), 지역주민활동(oo천 애호단체 등) 흐름특성(급류, 완류, 정체류), 저수로 식생(30% 이상, 30% 미만)

### 3. 결 론

본 연구에서는 하천의 교란정도를 파악하기 위한 하천교란평가기법 개발을 위한 전단계로서 일본의 하천수변 국세조사, 영국의 River Habitat Survey, 호주의 River Assessment System, 미국의 Stream Corridor Restoration 등에서 제시하는 하천모니터링 및 평가체계를 비교, 분석하였다.

외국사례 분석 결과를 토대로 하천교란 요인을 하천정비, 댐건설, 골재채취로 유형화하고 교란 요인별 조사해야 할 물리적 인자로서 유량, 유사량, 하도 계원, 특징적 내용, 하도형상, 여울과 소, 점사주, 인공구조물, 제방·호안의 재료 및 특징과, 생태계 인자로서 제방 마루의 토지이용 및 식생구조, 하도의 식생유형, 하도주변 토지이용, 하안(bank) 형상 및 구조, 수종 및 구조, 하도 및 하안 특징 및 구조 등으로 선정, 검토하여 하천교란평가기법(안)을 개발하였다. 개발된 하천교란평가 기법(안)이 앞으로 하천 복원, 보전 및 관리를 위한 기본방향 설정에 기여할 것으로 기대된다.

### 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06 건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원 수자원환경연구부(2001), 자연 친화적 하천정비기법 개발(I) 관련 영국 환경청 방문 조사, pp. 50-59
2. 환경부 G-7 국내여건에 맞는 자연형하천공법 개발 연구팀(2002), 하천복원 가이드라인, pp. 51-63, 175-183
3. 財團法人 リバーフロント整備セゾメー(2001), 河川水邊總括資料作成調査の手引書き(案).
4. Federal Agencies Stream Restoration Working Group(FISRWG)(1998), Stream Corridor Restoration : Principles, Processes, and Practices, US Department of Commerce, NTIS, Springfield, VA, USA.
5. M. Parsons, M. Thomas and R. Norris(2002), Australian River Assessment System, University of Canberra and Commonwealth of Australia