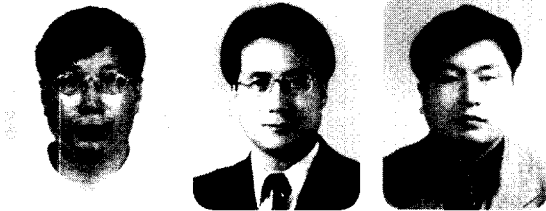


우리나라의 하천특성을 고려한 하천자연도 평가의 제안



박 봉 진 | 과장, 한국수자원공사 유역조사부
bongjin@kowaco.or.kr

성 영 두 | 부장, 한국수자원공사 유역조사부
ydsung@kowaco.or.kr

강 태 호 | 부장, (주)삼안건설기술공사 수력부
thkang@samaneng.com

1. 서론

하천자연도란 하천 생태계의 자연스러운 정도를 의미한다. 하천자연도 평가는 현재 하천이 자연스러움에서 어떻게, 어느 정도 벗어나 있는지, 그리고 그러한 차이가 하천생태계에 어떤 중요성이 있으며, 자연에 가까운 하천구조를 다시 만들기 위해서는 얼마나 큰 행동이 필요한지를 보여주기 위해서 시행하는 것이다.

국외의 하천자연도 평가는 독일의 하천복원을 위한 하천 구조질에 대한 평가, 뉴질랜드 자연보호구역계획(PNAP: Protected National Areas Program)의 생태계보전 가치를 위한 평가, 일본 건설성 동북지방 건설국의 하천현황 및 자연상태를 파악할 목적인 물리적 요소와 생물적 요소를 복합적으로 고려한 자연도 평가, 영국 국립하천청(NRA: National River Authority)의 하천의 환경기능을 보전, 재생 및 복원 시키고자 하는 하천경관에 관한 평가 등이 있다.

국내의 하천자연도 평가는 조용현(1997a)의 하천의 물리적 구조질의 진단 및 파악을 위한 평가, 김동찬 등(1999)의 국내외 하천자연도 평가기준을 비교·분석하여 생태환경복원을 위한 하천자연도 평가를 제시한 연구가 있다. 그러나 우리나라 하천을 체계적으로 평가하고, 자연친화적인 하천 정비와 복원을 위한 방향을 제시하는 연구는 아직 부족한 실정이다.

따라서 국내의 하천자연도 평가에 관한 연구성과를 검토하여, 비교적 체계적인 평가부문 분류와 구체적인 객관적인 항목들을 제시한 조용현의 하천자연도 평가방법(조용현, 1997b)에 따라 복하천, 내린천, 안양천 3개 시범하천을 선정, 현장평가를 시행하고 문제점을 검토·개선하여, 함평천에 그 적용성을 재검토하여 우리나라의 하천특성에 맞는 하천자연도 평가방법을 제시하였다.

금번 제시한 하천자연도 평가방법은 하천의 이수 및 치수 기능을 증진하고 하천생태계의 서식처 기능을 확보하기 위해, 하천의 환경적인 측면에서의 건전성을 평가하여 하천환경정비의 방향성을 제시할 수 있는 지표로 활용될 것으로 기대된다.

2. 국외 및 국내의 하천자연도 평가

2.1 국외 하천환경 평가기준

2.1.1 독일 하천 구조질 평가 기준

하천의 생태적 복원을 위한 방법론 개발은 라인란트-팔츠주에서 개발되었으며, 수질을 나타내는 '하천질 규정'이라는 기존 방법에 대응하여, 개발 초기부터 하천 구조의 파악 및 평가를 위해 '하천 구조질 규정'이라는 명칭으로 일컬어졌다. 하천의 구조질 평가는 조사와 평가로 구성되며, 평가는 다시 라인란트-팔츠

방식과 노르트라인-베스트팔렌 방식을 나란히 수행 하도록 되어 있다. 조사와 두 가지 평가 모두 수로 발달, 종단면, 횡단면, 하상구조, 하천변 구조, 하천 주변의 6개 부문으로 나누어 이루어졌다. 독일의 하천 구조질 평가방법은 개발 초기부터 하천 복원을 위해서 개발되었고, 평가 항목들은 하천복원 조치를 강구 하는데 충분한 정보를 포함하고 있으며, 비전문가들도 쉽게 평가할 수 있는 객관적이고 정량화시킬 수 있는 항목들로 구성되어 있다.

2.1.2 영국 NRA 하천경관 평가기준

영국은 하천 조사에서 하천환경과 관련된 특별한 조사는 수변조사로 일컬어지는 RCS(River Corridor Survey)이다. 이 RCS 방법은 경관조사의 관점에서 1980년대 초에 시작되었고, 이 평가는 목적의 정의, 내업, 현장조사, 분석 및 보고의 순으로 시행되며, 하천생태조사를 바탕으로 주로 현장조사 단계에서 시행되고 있다. 평가는 대략 1.5~2km 구간의 특성평가를 작성 평가하는 거시적 평가와 미시적 평가로 구분하여 시행하고 있다.

2.1.3 일본의 하천자연도 평가기준

일본 건설성 동북지방건설국은 하천현황의 자연상태를 파악할 목적으로 자연도 평가방법을 개발하였다. 자연형 하천계획을 수립하기 위해 하천의 현황, 즉 하천자연도를 평가하는데, 일반적인 자연도 평가에 의해 자연구역, 중간구역, 인공구역으로 나누고, 자연, 중간 구역에 대해서는 상세 자연도 평가를, 인공구역에 대해서는 문화도 평가를 실시한다. 일본 자연도 평가 기준은 하천현황의 자연상태를 파악하는

기준으로 활용 가능하며, 하천생태계, 경관 및 인문 사회적 평가항목들로 구성되어 비교적 종합지수로서 가치가 있다.

2.1.4 뉴질랜드 PNAP 평가기준

뉴질랜드의 자연보호는 희귀한 자연자원 외 지역의 고유성을 대변하는 생태계들을 보호지역 연결망에 포함시켜 관리하는 자연보호구역 계획을 수립한다. 평가목적은 생물 보존가치평가에 있으며, 평가기준으로는 생태계의 생태적 대표성 혹은 희귀유형, 변형정도, 다양성과 패턴, 그리고 희귀성과 독특한 특징이나 종을 정량적으로 나타내는 일차적인 서술항목을 고안하였다.

2.2 국내 하천환경 평가기준

2.2.1 조용현의 서식처 질에 의한 하천자연도 평가기준

조용현의 평가는 생태적 복원을 위한 진단적 성격의 평가방법 개발과 실현 가능한 수준의 목표를 하천의 물리적 조건의 복원이라는 평가목적으로 규정하고 이에 따른 체계적 평가부문 분류와 구체적인 객관적인 항목들을 제시하고 있다. 또한 그 기준들이 구체적인 객관적이어서 쉽게 이해하고 사용할 수 있는 평가 틀이라 할 수 있다(조용현, 1997b).

2.2.2 김동찬 등의 하천자연도 평가기준

자연형 하천복원을 위하여 그 목적을 생태특성을 고려한 하천의 물리적 형태 및 구조복원에 두는 평가 기준에 의하여 수원천의 자연도평가를 실시한 바 있

표 1. 조용현의 하천자연도 평가기준

평가 부문	세 부 항목
수로의 발달	수로의 굴곡, 축방침식, 종사주, 특수한 수로구조
종 단 면	횡구조물, 횡사주, 흐름의 다양성
횡 단 면	횡단면 유형, 제방재료, 폭 다양성, 하천 상부구조물
하 상 구 조	저질 다양성, 특수한 하상구조
저수로변 구조	저수로변 식생, 호안공, 특수한 저수로변 구조, 저수로변 종방향 배열
하 천 주 변	인접 토지이용, 하천변 대상수림, 자연스럽지 않은 구조

표 2. 김동찬, 이정, 박익수의 하천자연도 평가기준

평가부분	세부항목
종단면	수로의 굴곡, 하상경사, 축방침식, 종사주, 횡구조물, 횡사주
횡단면	횡단면 유형, 제방재료, 둔치 폭/저수로 폭, 하천 상부구조물, 호안공, 하천주변 식생구조, 인접 토지이용
하상구조	하상 저질 다양성, 하상재료, 하천 미지형
수환경	평수위, 수질, 수면폭/하천폭, 하천이용

다. 평가항목으로는 종단면, 횡단면, 하상구조, 수환경 등 4개 부문으로 나누어 20개 평가항목으로 분류하여 실시한 바 있다. 조사하천은 도시하천인 수원천의 총 3.0km 구간을 500m 구간별로 나누어 하천수변조사(NRA, 1992)와 병행하였다(김동찬 외 2인, 2000).

3. 우리나라의 하천자연도 평가 검토

3.1 하천자연도 평가의 필요성

우리나라의 하천 중 국가가 직접 관리하는 국가 및 지방1급 하천은 120개소에 총연장이 4,115km이며, 이 중 하천정비기본계획이 수립된 하천은 113개소에 총 연장 4,001km에 이른다(건교부, 2001). 건교부에서는 1999년 하천법을 전면 개정하고, 하천정비사업도 치수·이수·환경기능의 조화를 이루도록 시행방향을 설정함에 따라, 하천환경을 충분히 고려할 수 있는 자연친화적인 하천계획이 필요하게 되었다(건교부, 2002). 자연친화적인 하천정비계획은 수변지역의 물리, 화학, 생물 등의 다양한 수변조사와 모니터링이 수반되어야 하나, 120개소에 4,115km에 이르는 국가가 관리하는 모든 하천에 대하여 수변조사를 일시에 시행하는 것은 어려운 일이다. 따라서 국가가 관리하는 국가 및 지방1급 하천까지 하천의 이수 및 치수 기능을 증진하고 하천생태계의 서식처 기능을 확보하기 위해, 하천의 환경적인 측면에서의 건전성을 평가하여 하천환경정비의 방향성을 제시할 수 있도록 우리나라의 하천특성에 맞는 하천자연도 평가의 개발이 필요하게 되었다.

3.2 하천자연도 평가 개발방향

하천자연도 평가는 하천생태계의 구조와 기능을 이해하고, 그 생태계를 만드는 물리적, 화학적, 생물적 과정을 모두 반영하여 평가하는 것이 중요하다. 하지만, 하천생태계에 대한 체계적인 조사가 시행되지 않고 있는 우리나라 실정과, 하천의 환경기능 중에서 가장 기본적인 것은 생태 서식처 기능이며, 진정한 의미의 하천복원은 하천서식처의 복원(환경부, 2002)에 있음을 고려하고, 비용 및 시간 등의 시행 가능한 정도, 하천변화에 대한 적응정도, 생태계의 포용 정도, 하천복원시 공학적인 연계성 정도를 고려하여 하천 생물 서식처의 질을 평가하는 방향으로 평가지표를 개발하고자 하였다. 하천은 유수와 유사의 상호작용에 의해서 하천 미지형이 형성되고, 생물의 다양한 서식처를 제공하게 된다. 이러한 서식처는 질적·양적으로도 생태계에 매우 중요한 역할을 한다(안홍규 외 2인, 2003). 따라서 하천자연도 평가를 하천 생물 서식처의 질로 평가하는 것은 그 의미가 크다고 볼 수 있다.

3.3 평가지표 개발의 방향

바람직한 평가지표의 개발방향은 ①평가목적이 잘 규정되어야 하며, ②다양한 교란체계하에서 생태계의 구조적 기능적 특징을 통합하며, ③하천내 특징을 조절하는 메커니즘에 대한 정보를 전달하고, ④자연관리자들 간의 통일적인 값은 이해가 가능하고, ⑤저렴한 비용으로 달성 가능해야 하고, ⑥평가 기준은 객관적이고 정량적이어야 하며, ⑦컴퓨터가 도입되어야 한다는 것으로 집약될 수 있으며, 추가

적으로 복원을 전제로 할 때 ⑧평가결과를 통해 복원 조치를 제시할 수 있어야 한다(조용현, 1997b).

3.4 평가 부문 및 항목 선정시 고려 사항

3.4.1 평가 부문 선정시 고려사항

평가 부문을 선정하기 위하여 하천생태계 변이의 축으로서 보편적인 공간적(종적, 횡적, 수직적) 및 시간적 축에 개념적 축을 더하여 총 5가지의 축을 고려한다.

1) 종적축

종적인 축은 상류에서 중류를 거쳐 하류까지의 선형적 공간 변이를 나타내며, 상류는 급경사, 급류, 입경이 큰 저질, 깨끗한 수질, 빈 영양으로 대변된다. 중류는 중경사, 여울과 소, 저질 분급, 다양한 식생, 높은 종 다양성으로 특징지어지고, 하류는 완경사, 미사질토, 넓은 범람원, 부영양, 다양한 서식처, 높은 종 다양성을 특징으로 한다.

2) 횡적축

횡적인 축은 하천에 흐르는 물, 즉 수체에서부터 횡방향으로 하안 전이대, 하원, 수변림으로 이어진다. 하천의 자연 환경은, 그것을 둘러싼 주변 육지역의 자연적·사회적 환경과도 직접·간접의 여러 가지 관계를 통하여 결부하고 있기 때문에 하천관리에 있어서 횡적인 축에 대한 고려가 중요하다.

3) 수직적축

수직적인 축은 수심에 따른 수중생태계의 변이, 즉 하상 깊이의 차이에 의한 여울과 소 같은 환경특성의 차이와 동일 단면에서 수심부위별 환경특성의 차이를 발생시킨다.

4) 시간적축

시간적축은 하천생태계의 동적 특성, 물의 역사를 파악하는 것을 가능케 한다. 예를 들어 장기적으로 하천은 유역의 특성이 반영되는 동시에 반대로 유역

의 지형성을 돕는다. 우리들이 현재 접하고 있는 하천의 자연경관은 단순하며 변하지 않고 고정되어 있는 것 같이 보이지만, 한시도 멈추지 않고 변하고 있으며 계절별로 심한 변이를 보이고 있기 때문이다.

5) 개념적축

개념적축은 하천에 대한 철학, 정책, 기술 등과 같은 비선형적, 비가시적, 비물리적 축을 지칭한다.

이러한 5가지의 축 가운데 특히 의미가 있는 것은 하천의 생태적 복원의 직접 대상이 될 수 있는 선형적이고 가시적이며 물리적인 축이라고 할 수 있는 공간적 축들로서 일반적으로 단순하여 이해하기 쉬운 3가지 축 즉, 종적인 축, 횡적인 축, 수직적인 축에 초점을 맞추어 평가부문을 선정하고 있다.

3.4.2 평가항목 선정시 고려사항

평가부문을 결정한 후에는 이들 각 부문을 대변할 수 있는 상세한 항목을 선정해야 하며, 하천생태계의 자연성을 평가할 수 있는 항목들로 구성하여야 한다. 지금까지 하천생태계를 평가하려는 많은 시도들 가운데 특히 강조되는 자연성 평가항목으로는 변형정도, 다양성, 희귀성과 독특한 특징이나 종 등을 들 수 있다. 변형정도, 다양성, 희귀성과 독특성을 고려하여 평가항목을 선정하되 객관성이 유지되고, 단순하여 효율적이고 경제적인 것을 고려하여야 한다.

1) 변형정도

변형정도란 인간의 영향에 의한 하천의 물리적, 환경적 혹은 하천생태계의 구조와 기능의 변화 정도를 의미한다.

2) 다양성

생물 다양성(biological diversity)이란 모든 생물체의 유전적 변이와 다양성을 종합하는 개념으로 생물의 서식지와 생태적 복잡성을 포괄하는 것이다. 이 용어는 멸종률이 증가하기 시작하면서 나타났으며, 생물 다양성은 한 국가의 가장 기본적인 자원으로 이

의 보전은 궁극적인 국가 발전의 원동력이 된다.

3) 희귀성

희귀성은 주로 천연보호구역, 야생동식물 보호구역 등 보전지로 지정된 곳이나, 자연의 작용에 의해 지질, 지형, 식생, 동식물상 등의 특이한 곳, 또는 다양한 형태의 희귀성을 지칭하며, 이들을 측정하는 지표로는 희귀요소의 종류수 혹은 각 희귀요소의 수를 들 수 있다.

3.5 국내 하천자연도 평가지표의 적용성 검토

우리나라 중소하천의 하천자연도 평가기준을 마련하기 위하여 국내 하천자연도 평가 연구성과 중 하천의 생태적 복원에 활용이 가능하고, 하천의 물리적 구조질 파악, 구조질 관련 평가부분의 체계성과 항목의 구성이 입증된(김동찬 외 1인, 1999) 조용현의 평가방법에 수질항목을 포함하여 자연경관이 비교적 잘 보전되어 교란이 적은 전원하천인 복하천, 산지하천인 내린천과 교란이 많은 도시하천인 안양천 3개 하천을 시범하천으로 선정하여 적용성을 평가하였다.

평가 항목 선정에 선행하여 위에 설명한 5가지 변이의 축 가운데 공간적 변이의 축에 의해서 항목들의 집합체인 부분을 결정하였다. 하천의 종적인 변이는 동적 에너지를 가지는 물의 측방 침식에 의한 수로의 발달과 하방 침식에 의한 종단면의 변이로 나타난다. 이를 각각의 부분으로 선정하였고, 명칭은 각각 수로의 발달, 종단면으로 부여하였다.

하천의 횡적인 변이는 하천 횡단면 특성 변이다. 그런데 하천의 횡단면 부위별로 수류의 영향 정도가 다르고, 특히 국내 하천의 경우 하상계수가 매우 커서 대개 고수부와 저수로변의 경관이 확연히 구분된다. 게다가 하천의 수생물 서식조건과 관련하여 저수로변의 구조가 특히 중요하므로 이를 감안할 때 전체 횡단면의 변이와 별도로 저수로변의 구조를 독립적인 부분으로 구분하였다. 각 부분의 명칭은 전자를 횡단면, 후자를 저수로변 구조로 명명하였다. 수직방향의 변이는 여울과 소 등 하상형태의 변이로 나타낼 수 있으므로 세부항목 선정시 조정이 필요하다. 마지막으로 종적, 횡적, 수직적 공간변이의 축에 포함되어야 함에도 불구하고 하천관리대상에서 제외된 하반림을 포함한 인접지의 상태를 독립된 부분으로 추가하였다.

이를 정리하면 구간별로 생태계 기반을 형성하는 물리적 구조의 특성을 평가하기 위하여 수로의 발달, 종단면, 횡단면, 하상구조, 저수로, 하천주변 부분을 설정하고, 하천의 수질평가 항목을 추가하여 총 7개의 부분을 설정하였다. 수질부분은 조사 구간에 BOD의 측정 자료가 있을 경우에는 하천수질기준에 따라 1- 5등급으로 구분하여 이를 직접 부분별로 점수화하고, 측정 자료가 없을 경우에는 물의 색, 부유물의 정도, 물의 냄새, 조류 등을 이용하여 평가기준을 선정하였다.

각 부분별 세부항목들은 각 부분을 잘 대변할 수 있도록 구성하되, 평가 척도로서 하천의 변형 정도, 다양성, 희귀성과 독특성을 나타낼 수 있는 복수개 항목들로 세분하였는데, 이러한 과정을 거쳐 선정된

표 3. 하천자연도 평가부분 및 세부항목

평가부분	세부항목
수로의 발달	수로의 굴곡, 측방침식, 종사주, 특수한 수로구조
종 단 면	횡구조물, 횡사주, 흐름의 다양성
횡 단 면	횡단면 유형, 제방재료, 폭 다양성, 하천 상부구조물
하 상 구 조	저질 다양성, 특수한 하상구조
저수로변 구조	저수로변 식생, 호안공, 특수한 저수로변 구조, 저수로변 종방향 배열
하 천 주 변	인접 토지이용, 하천변 대상수림, 자연스럽지 않은 구조
하천의 수질	BOD(물의 색)

부문별 세부 평가항목들의 이름, 평가내용, 평가기준의 한 예를 표 4에 나타냈으며, 최종적으로는 총 7개 부문, 24개 항목이 선정되었다.

3.5.1 복하천

전원하천의 평가대상지로 복하천의 국가하천 구간을 선정하였다. 평가 대상구역은 국가하천의 시작 구간인 원두천 합류점에서부터 1km 하류부 영동고

속도로의 복하천교로부터 대월면의 복하교까지 약 3km 구간을 총 30개 구간으로 나누어 상류방향으로 평가를 시행하였다.

그림 1은 총괄지수 및 부문별 평가지수를 나타내고 있다. 평균지수는 3.1로 3등급을 나타내며, 최빈치는 3.8로 4등급을 나타내고, 최상치는 2.9로 3등급을 나타내고 있다. 조사구간 시점은 복하천의 하류부로 콘크리트 호안 블록으로 직선화되어 정비된

표 4. 자연도 평가부문 및 세부항목의 예(수로의 발달 및 종단면 부문)

항 목	조 사 내 용	점 수	평 가 기 준	
수 로 의 발 달	수로의 굴곡	저수로 사행 정도	1	사 행(중심각)180)
			2	강하게 휜(중심각)90)
			3	가볍게 휜(중심각)60)
			4	약하게 휜(중심각)30)
			5	직 선
	측방침식	수류의 수로변 침식의 빈도와 강도	1	강하고 빈번
			2	강하고 드문
			3	약하고 빈번
			4	약하고 드문
			5	없 음
	종사주	퇴적에 의한 종방향 사주 발달 정도, 사주의 종류수	1	3 종류 이상
			2	3 종류
			3	2 종류
			4	1 종류
			5	없 음
	특수한 수로구조	자연적으로 형성된 특이하고 희귀한 수로내 구조	1	3 종류 이상
			2	3 종류
			3	2 종류
			4	1 종류
			5	없 음
종 단 면	횡구조물	어류 이동을 방해하는 인공구조물의 방해 정도	1	횡구조물이 없음
			2	우회로 있는 보, 울퉁불퉁한 경사수로
			3	어도를 가진 보
			4	평평한 경사수로, 0.3~0.4m 보
			5	0.7m 이상 보
	횡사주	물흐름의 다양성을 유발하는 자연적인 하천 횡단사주	1	3회 이상
			2	3회
			3	2회
			4	1회
			5	없음
	흐름의 다양성	종방향과 횡방향의 물 흐름의 다양성	1	매우 큼
			2	큼
			3	적당
			4	경미
			5	없음
역류정체	역류, 정체 정도	생략	물흐름의 역류나 정체가 클수록 큰 점수 부여	

구간으로 특수한 하천의 구조나 수로의 발달이 미약하며, 수질 또한 좋지 못하여 수로의 발달, 횡단면, 저수로변 구조, 하천주변 등의 평가가 4등급으로 나타났다. 부문지수별로 살펴보면 하천의 수질, 종단면, 횡단면, 하상구조, 저수로 구조, 하천주변 등은 3등급이며, 수로의 발달은 4등급으로 최빈 등급을

나타내고 있다. 이는 복하천의 국가하천 구간은 이미 정비가 되어 있고, 주변 토지이용의 대부분이 농경지로 사용되며 하상저질이 대부분 모래이기 때문에 하상의 다양성이 적은 결과로 판단된다.

3.5.2 내린천

산지하천의 평가대상지로 내린천 하류부 소양강 합류점에서 약 1km 떨어진 서하교부터 황소유원지까지 이어지는 약 2.6km 구간을 100m 간격으로 26개 구간으로 나누어 서하교에서 황소유원지(상류) 방향으로 평가를 시행하였다.

그림 2는 총괄지수 및 부분별 평가 지수를 나타내고 있다. 평균지수는 1.7로 1등급으로 평가되었으며, 최빈치는 2.6으로 2등급이고, 최상치는 1.5로 1등급으로 평가되어 전구간에서 비교적 균등한 분포로 평가되었다. 부분별 평균지수에 의하면 수질은 전구간의 평점이 1점으로 가장 높은 등급으로 평가되었고, 저수로변 구조와 하상구조는 1.5, 하천주변 1.6, 횡단면 1.7로 나타나 수질과 같은 1등급으로 평가되었다. 그리고 종단면과 수로의 발달은 2.6과 2.4로 2등급으로 평가되었다. 내린천의 평가대상구간 전구간에서 비교적 자연상태가 잘 보존되어 수질과 하천의 주변환경은 1등급으로 평가되었으나, 수로의 발달이 부분적으로 미약하여 평가에 영향을 미친 서하교에서 상류로 600m 구간은 2등급으로 나타났고, 그 다음 1km 구간은 수로의 만곡으로 인한 수로와 사주의 발달로 1등급으로 평가되었다.

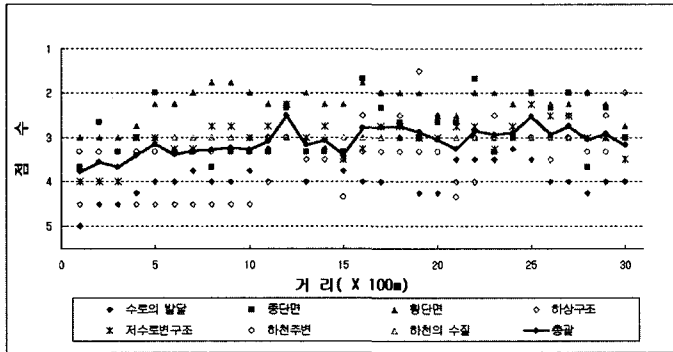


그림 1. 복하천 자연도평가 총괄 지수분포

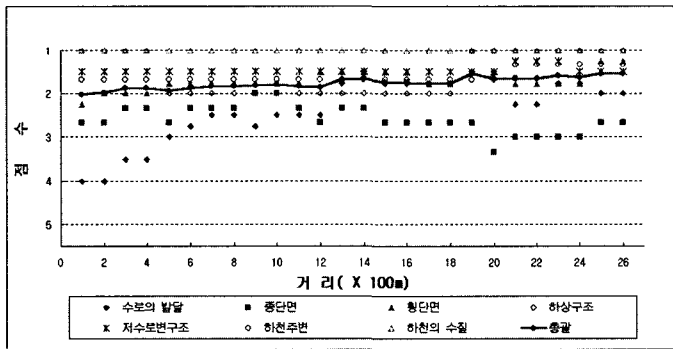


그림 2. 내린천 자연도평가 총괄 지수분포

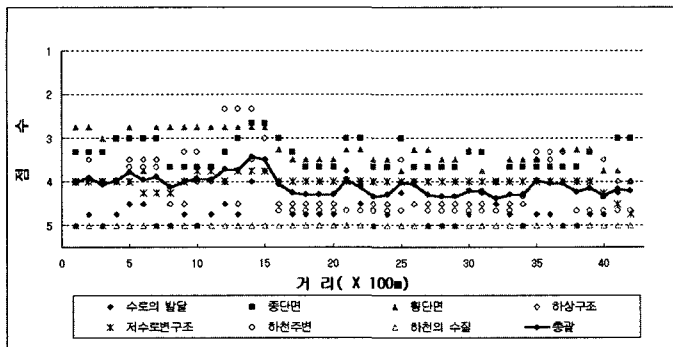


그림 3. 안양천 자연도평가 총괄 지수분포

3.5.3 안양천

도시하천의 평가대상지로 선정된 안

양천의 평가대상 구간은 경부선 철도교를 기점으로 하여 하류로 유로연장 약 4.2km에 달하는 안양대교까지의 국가하천구간이다. 조사구간은 100m 간격으로 42개 구역으로 나누어 평가를 시행하였다. 안양천의 평가등급은 그림 3과 같이 4등급과 5등급이 주를 이루고 있으며, 부분적으로 3등급으로 평가된 구간도 있었다. 총괄 평균지수는 4.1로 4등급으로 평가되었으며, 최빈치는 4.4로 5등급으로 평가되었고, 최상치는 3.4로 3등급으로 평가되었다. 부문별 평균지수를 살펴보면 종단면과 횡단면의 평가는 각각 3.3, 3.4로 3등급으로 평가되었으며, 하상구조, 저수로변구조, 하천주변은 4.0~4.1로 4등급으로 평가되었고, 수로의 발달과 수질은 가장 낮은 5등급으로 평가되었다.

안양천은 도시하천으로 호안 및 제방이 콘크리트 블록으로 하천정비가 이루어져 있으므로, 하천의 횡단면이 사다리꼴 단면으로 일정하고 수로 또한 직선화되어 있다. 따라서 하천의 자연적 특성이 미소하므로 전체적으로 등급이 낮게 평가되었다.

3.5.4 문제점 및 개선방향

조용현의 평가방법에 따라 전원하천, 산지하천, 도시하천 등의 각각의 하천특성이 다른 3개 하천을 평가한 결과, 하천생태계 변이의 축인 종적축, 횡적축, 수직적축과 변형정도, 다양성, 희귀성 등 자연도 평가의 부문과 항목에 있어서 그 적용성이 상당히 우수한 것으로 평가되었다. 그러나 중소규모의 하천이 아니라 국가가 직접 관리하는 국가 및 지방1급 하천을 평가대상으로 할 경우, 평가에 소요되는 비용 및 시간 등 시행 가능정도를 고려하면 평가구간의 간격이 상당히 넓어질 수밖에 없으므로(일반적으로 하천폭의 4~5배 정도), 수로의 발달과 종단면, 횡단면, 하상구조 등의 평가지표는 평가부문 및 항목의 분리가 어려워지는 경향이 있었다. 또한 하천변화에 대한 적응정도, 생태계의 포용정도, 자연친화적인 하천정비와 복원을 위한 공학적인 측면과 평가완료 후 평가결과의 정보화 측면에서도 평가부문의 일부 조정이 필요한 것으로 판단되었다.

4. 우리나라 하천특성을 고려한 하천자연도 평가안 제시

4.1 평가부문 및 평가항목의 제시

우리나라 하천특성에 맞는 하천의 자연도 평가 시행을 위하여 평가 부문 및 항목의 선정은 국가가 관리하는 국가하천 및 지방1급하천까지 자연도 평가의 시행을 목표로 하였으며, 자연친화적인 하천정비계획수립에 필요한 상세한 수변조사를 시행하기 전단계에 시행하는 하천의 개략적인 평가이므로 하천정비계획수립에 기본이 되는 하천의 연속성, 다양성, 평가결과의 정보화 및 활용성을 고려하여 표 5와 같이 선정 제시하고자 한다.

4.2 평가 부문 및 항목별 검토

금번 제시한 하천자연도 평가는 평가부문 선정시 고려사항인 하천생태계의 변이축으로서 보편적인 공간적(종적, 횡적, 수직적)축을 반영하였으며, 생태계의 자연성 평가 항목으로서는 변형정도, 다양성, 희귀성 중에서는 변형성이나 다양성은 충분히 반영하였으나 희귀성은 반영하지 못하였다. 일반적으로 희귀성은 천연보호구역, 야생동식물 보호구역 등 보전지로 지정된 곳이나, 자연작용에 의해 지질, 지형, 식생, 동식물상 등의 특이한 곳으로서 객관적으로 정량화하기 어려운 항목으로 평가항목에 반영하지 못하였으나, 현장조사시 특이사항을 평가자가 평가지에 직접 기입하도록 하는 방안을 채택하였다.

과거 하천정비는 홍수소통 능력을 증대시키기 위해 하천을 직강화하고, 양안에 제방을 축조하여 저수로를 정비하는데 주안점을 두어왔다. 이로 인하여 하천 상·하류간, 제내지와 제외지간, 육역과 수역간의 하천생태계의 심각한 단절(심우경 외 1인, 2000)을 초래하였다. 따라서 자연친화적인 하천정비와 복원을 위한 공학적인 측면에서 이들에 대한 평가항목의 반영이 필요하다. 따라서 금번에 제시한 하천자연도 평가는 이런 평가부문과 항목이 설정되도록 하였다.

표 5. 개선된 하천자연도 평가안

평가 부분	평 가 부 분	평 가 지 표					
하 천 의 형 태	1	수로의 굴곡	하천(제방선형)의 종방향 사행 개소수(중심각 60° 이상)				
			1	2	3	4	5
	2	중·횡사주	중·횡방향 사주의 개소수(토사이동으로 형성된 사주)				
			1	2	3	4	5
	3	흐름의 다양성	여울과 소의 존재에 따라 중·횡방향으로 흐름의 다양한 정도				
			1	2	3	4	5
	4	하상재료	하상에 분포하고 있는 하상재료의 구성(지배적인 하상재료)				
			매우 큼	큼	적당함	경미함	없음
	5	저수로폭 다양성	자연적인 현상에 의한 저수로 수면폭(수제역)의 다양한 정도				
			1	2	3	4	5
	6	저수로 호안공	저수로 호안공의 종류 및 인공화 정도				
			1	2	3	4	5
	7	제방호안 재료	제방호안 재료의 종류 및 인공화 정도				
			1	2	3	4	5
하 천 의 환 경	8	저수로변 식생	저수로변 식생 유무와 식물군락의 형성				
			1	2	3	4	5
	9	홍수로 식생	홍수로(고수부지)의 식생 및 식물군락의 형성				
			1	2	3	4	5
	10	제내지 수변구역 토지이용	지배적인 토지이용으로 인공화 정도(하천제방에서 제내지측으로 약 500m 구간)				
			1	2	3	4	5
	11	제외지 홍수터 토지이용	지배적인 토지이용으로 인공화 정도				
			1	2	3	4	5
	12	횡방향 인공구조물	어류 등의 이동을 방해하는 인공구조물의 존재 및 방해 정도				
			1	2	3	4	5
	13	수질(BOD)	BOD 수질등급에 의한 분류/물 색에 의한 분류(홍수, 강우 등으로 유량이 급격히 증가한 경우 제외)				
			1	2	3	4	5
	14	수면폭/하천폭 비	수면폭에 대한 하천폭의 비 % (흐름이 안정된 저수로 수면폭 대 하천제방폭 비)				
			1	2	3	4	5
특이 사항							

표 6. 평가부문 및 항목의 적용성 검토

평가 부문	세부 평가부문	평가 항목 분류
생태계 변이축 (보편적인 공간적인 축)	종적인 축	수로의 굴곡, 중·횡사주, 흐름의 다양성, 저수로폭 다양성, 저수로변 식생, 홍수로 식생
	횡적인 축	흐름의 다양성, 저수로폭 다양성, 저수로변 식생, 홍수로 식생, 제내지 수변구역 토지이용, 제외지 홍수터 이용, 횡방향 인공구조물, 수면폭/하천폭 비
	수직적인 축	저수로 호안공, 제방 호안재료
생태계의 자연성	변형 정도	수로의 굴곡, 저수로 호안공, 저수로변 식생, 홍수로 식생, 제내지 수변구역 토지이용, 제외지 홍수터 이용, 횡방향 인공구조물, 수질
	다 양 성	중·횡사주, 저수로폭 다양성, 저수로변 식생, 홍수로 식생, 수면폭/하천폭 비
	희 귀 성	(평가지에 직접 기입)

표 7. 하천복원의 공학적인 적용성 검토

생태계의 단절	복원 및 정비 방법	평가항목 분류
상류와 하류(종적인 축)	• 횡방향 인공구조물의 제거	횡방향 인공구조물
제내지와 제외지(횡적인 축)	• 제방재료의 변경 • 제내·외지의 토지이용 규제	홍수로 식생, 제방호안 재료, 제내·외지 토지이용
육역과 수역(수직적인 축)	• 저수로 호안공의 철거 • 저수로 폭의 다양성 확보	저수로 폭 다양성, 저수로변 식생, 저수로 호안공, 제외지 토지이용

4.3 개선된 하천자연도 평가안의 적용

모두 3등급, 함평 나비축제가 열리는 중류부는 하천의 형상 및 환경 모두 5등급, 하류부는 하천의 형상은

4.3.1 함평천의 적용 및 평가

함평천은 유역면적 196.4km², 유로 연장 28.8km, 유역 평균폭 6.82km, 하상경사는 상류부 약 1/800, 하류부 약 1/8,000이며, 유역의 농경지 비율은 약 37%이다. 전라남도 함평군과 무안군 등 2개 군에 걸쳐 위치하고 있는 영산강 제 1지류로서 동측으로는 고막원천, 서측으로는 서해안, 북측으로는 영광군이 위치하고 있으며, 남측으로는 영산강 본류와 접하고 있다.

함평천의 자연도 평가는 대동제로부터 영산강 합류점까지 9개 구간과 대동댐에서 함평천 합류점까지 2개 구간으로 모두 11개 지점으로 나누어 평가를 시행하였다.

평가결과는 대동제과 대동댐의 직하류부인 상류부는 하천의 형상 및 환경

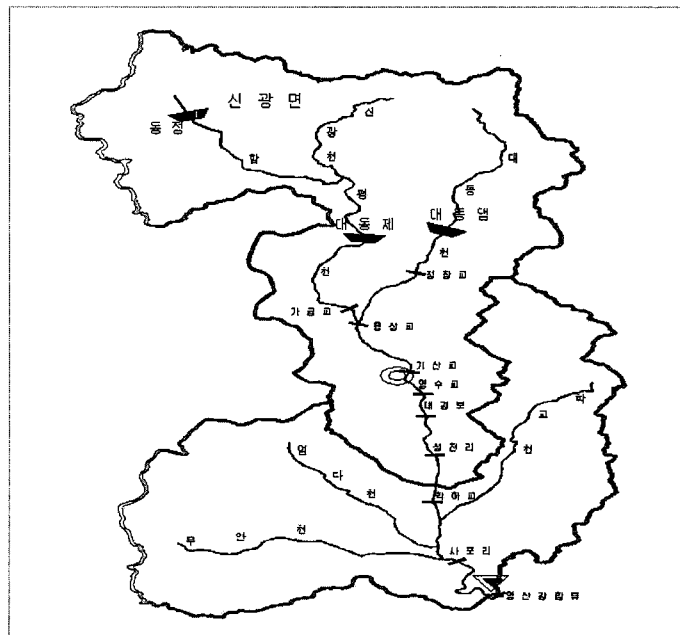


그림 4. 함평천 유역현황도

4등급, 하천의 환경은 2등급으로 평가되었다. 하천 상·하류 하천생태계의 연속성은 횡방향 인공구조물 항목으로 평가할 수 있으며, 상류는 농업용 취수보, 중류는 수심 유지용 보가 많이 설치되어 있어 5등급으로 분류되었으며, 하류는 1등급으로 분류되었다. 제내지와 제외지의 하천생태계의 연속성을 고려할 수 있는 홍수로 식생, 제방호안 재료, 제외지 토지이용, 제내지 토지이용의 항목은 상류는 3등급, 중류부는 5등급, 하류부는 3등급으로 평가되었다. 또한 유역과 수역의 하천생태계 연속성을 고려할 수 있는 저수로 폭 다양성, 저수로변 식생, 저수로 호안공, 제외지 토지이용 항목에 있어서는 상류부 3등급, 중류부 5등급, 하류부는 3등급으로 평가되었다. 이것은 지자체에서 합평천 저수로부에 호안공을 설치하고 고수부지 등을 이용하여 지역 특성화를 위한 이벤트장(나비축제)으로 활용, 친수환경공간으로 개발·이용하고 있어, 저수로의 발달로 하천 서식환경의 단순화 및 서식종의 감소로 환경생태계 악화, 고수부지의 고착화 및

식생 번무로 홍수시 통수능 부족 등의 하천환경이 열악함을 반영하고 있는 것으로 판단된다. 또한 합평천이 대동제 및 대동댐에서 극히 제한된 유량을 방류함에 따라 하류 하천의 하상변화를 일으키지 못하여 식생이 침입·번무하여 고착화되고, 제외지의 절대면적을 경작지로 이용하고 있는 점을 반영하고 있다.

5. 결론

하천자연도란 하천 생태계의 자연스러운 정도를 의미한다. 하천자연도 평가는 하천생태계의 구조와 기능을 이해하고, 그 생태계를 만드는 물리적, 화학적, 생물적 과정을 모두 반영 평가하는 것이 중요하지만, 하천생태계에 대한 체계적인 조사가 시행되지 않고 있는 우리나라 실정을 감안하여 비용 및 시간 등 시행 가능한 정도를 고려하여 국가가 관리하는 국가하천 및 지방1급하천을 대상으로 우선적으로 하천생물서식처의 질을 평가하는 방향으로 하천자연도

표 8. 합평천 하천자연도 평가 결과

부 분	구간 항목	대동제	대동댐	정창교	용성교	기산교	영수교	합평교	대경보	성전리	학야교	사포리-
		-기금교	-정창교	-용성교	-기산교	-영수교	-합평교	-대경보	-성전리	-학야교	-사포리	영산강합류
하 천 의 형 상	수로의 굴곡	4	3	3	2	3	4	4	4	4	3	2
	종사주	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5
	흐름의 다양성	3	3	3	3	5	5	5	5	5	4	5
	저질 다양성	4	3	3	5	4	5	5	4	4	4	4
	저수로폭 다양성	3	3	2	5	5	5	5	3	4	1	3
	저수로 호안공	1	1	1	3	5	5	5	1	1	3	3
	제방호안 재료	2	2	5	5	5	4	5	5	2	3	4
	부문 합계	21	19	21	27	32	33	34	26	25	23	26
부문 평균	3.0	2.7	3.0	3.9	4.6	4.7	4.9	3.7	3.6	3.3	3.7	
하 천 의 환 경	저수로변 식생	3	2	2	4	5	5	5	2	2	1	2
	홍수로 식생	3	3	2	3	5	5	4	1	1	2	1
	제내지 수변구역 토지이용	3	3	3	3	2	5	5	3	3	3	3
	제외지 홍수터 토지이용	3	3	3	3	2	5	5	3	3	3	3
	횡방향 인공구조물	5	2	5	4	5	5	5	5	1	1	1
	수질(BOD)	2	2	3	3	3	4	4	3	2	3	3
	수면폭/하천폭 비	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	1
	부문 합계	21	17	21	23	24	31	31	20	15	15	14
부문 평균	3.0	2.4	3.0	3.8	3.4	4.4	4.4	2.9	2.1	2.1	2.0	
평가 결과(등급)		3	3	3	4	5	5	5	4	3	3	3

평가방법을 제안하고자 하였다. 따라서 향후 금번 제시한 하천자연도 평가와 병행하여 지속적인 하천 수변지역의 물리, 화학, 생물 등의 다양한 수변조사와 모니터링을 함께 시행하고 상호관계를 비교·분석하여 평가부문 및 평가항목을 개선함으로써 금번에 제시한 우리나라 하천특성에 맞는 하천자연도 평가의 공감대를 넓히고, 하천복원에 필요한 정보를 제공할 수 있는 과학적인 적용성과 보편성 및 타당성을 확보할 수 있으리라 본다.

금번 제안한 하천자연도 평가방법은 지형학적 인자를 고려하는 하천분류체계와 함께 생물 서식처 특성을 반영하는 평가방법으로써, 자연친화적인 하천

정비와 복원에 필요한 기초적인 정보를 제공할 수 있으며, 하천의 이수 및 치수 기능을 증진하고 하천생태계의 서식처 기능을 확보하기 위해, 하천의 환경적인 측면에서 건전성을 평가하여 향후 하천환경정비 사업의 방향을 제시할 수 있는 지표로서 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 건설교통부 수자원정책과의 “전국 유역조사” 사업에 의한 연구결과로서 지원당국에 깊이 감사드립니다.

참/고/문/헌

- 건설교통부(2001), 전국하천일람
건설교통부(2002), 자연친화적 하천관리지침
김동찬, 박익수(1999), “생태환경복원을 위한 하천자연도 평가기준에 관한 연구”, 한국정원학회지, 17(3), pp.123-134
김동찬, 이정, 박익수(2000), “자연형 하천복원을 위한 하천자연도 평가 : 수원천을 중심으로”, 한국조경학회지, 27(5), pp.138-149
심우경, 백경중(2000), “하천 저수로 호안의 친환경적 조성기법의 개발”, 한국조경학회지, 28(1), pp.83-91
안홍규, 우효섭, 권보애(2003), “모래하천 생태서식처의 유형과 분석 : 복하천을 중심으로”, 2003년 한국수자원학회 학술발표논문집, pp.903-906
조용현(1997a), “우리나라 중소하천 코리도의 자연성 평가기법 연구”, 한국조경학회지, 25(2), pp.73-82
조용현(1997b), “생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발”, 서울대학교 대학원 협동과정 조경학 전공 박사학위논문
환경부(2002), 하천복원가이드라인
National Rivers Authority(1992), “River Corridor Surveys, Methods and Procedures”, Conservation Technical Handbook No. 1. NRA, Bristol
Yoon, sei Eui, Kang, Tae Ho and Sung, Young Du(2003), “Evaluation of Stream Naturalness of Stream Corridors in Han River Basin”, Proceedings of the 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region APHW2003, Vol 2. pp.856-861