

## 하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가 :

### I. 평가방법의 제안

## The Evaluation of River Naturalness for Biological Habitat Restoration :

### I. Proposal of Evaluation Method

박 봉 진\* / 신 종 이\*\* / 정 관 수\*\*\*

Park, Bong Jin / Shin, Jong Iee / Jung, Kwan Sue

#### Abstract

The evaluation methods of river naturalness were reviewed, and one of the best methods was applied to three sample rivers-Narinchun, Bokhachun, Anyangchun. As a result, Narinchun with well preserved state, Bokhachun with being to restoration stage from the damaged, Anyangchun with severe damaged state showed 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Grade. The application result shows the method is reliable for evaluating the damaged habitat in river. The method was improved on the evaluation items to apply lager river systems. This suggested method have 14 evaluation items with two category-river shape and river environment and five different Grades for evaluation degree according to state of natural closeness. The every 2,000-3,000m along the river system is recommended as the interval of evaluation unit. According to calssification of evaluation items, this method can supply various information related to river environment and ecology such as ecological deformation and diversity, cross sectional structure and continuity of river shapes.

**keywords** : River Environment, Biological Habitat, River Restoration, Evaluation of River Naturalness, Assessment Criterion, Assessment Index

#### 요 지

본 연구에서는 국내·외의 하천자연도평가에 관한 방법을 조사하고, 국내에서 연구·제안된 하천자연도평가방법에 따라 내린천, 북하천과 안양천의 3개하천의 시범평가를 시행하였다. 시범평가 결과, 자연상태가 비교적 잘 보전된 내린천은 2등급, 인위적인 훼손에서 회복단계에 있는 북하천은 3등급, 인위적인 훼손이 심각한 안양천은 4등급으로 평가되어 비교적 하천의 생물서식처의 훼손정도를 적절히 반영하고 적용성이 우수한 것으로 검토되었다. 따라서 본 평가방법을 국가하천 및 지방1급하천 등 대하천에서도 적용이 가능하도록 평가부문 및 평가항목을 개선하여 하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가 방법과 절차를 제안하였다. 금번 제안한 하천자연도평가는 하천형태와

- 
- \* 한국수자원공사 조사기획처 과장  
Section Chief, Water Resources Investigation & Planning Dept., Korea Water Resourecs Corporation San 6-2 Yeonchuk-Dong Daeduk-Gu, Daejon, 306-711, Korea  
(e-mail: bongjinpark@kowaco.or.kr)
- \*\* 한국수자원공사 조사기획처 처장  
Director, Water Resources Investigation & Planning Dept., Korea Water Resourecs Corporation San 6-2 Yeonchuk-dong Daeduk-Gu, Daejon, 306-711, Korea  
(e-mail: enaice1@hanmail.net)
- \*\*\* 충남대학교 공과대학 토목공학과 부교수  
Associate Professor, Dept. of Civil engineering, ChungNam National University, Daejon, 305-764 Korea  
(e-mail: ksjung@cnu.ac.kr)

하천환경의 2개 평가부문과 14개의 평가항목으로 구성하고, 평가척도는 자연성 저감정도에 따라 5등급으로 구분하였으며, 평가단위는 최적간격을 2,000m ~ 3,000m로 하였다.

**핵심용어** : 하천환경, 생물서식처, 하천복원, 하천자연도평가, 평가부문, 평가지표

## 1. 서 론

우리나라는 지난 30년간 고도 경제성장, 산업화, 도시화와 더불어 하천유역의 토지이용증대 및 개발 등으로 인해 하천의 많은 구간이 자연하천에서 인공하천으로 변하였다. 특히 1960년대 하천법의 제정 이후 주요 하천개수사업은 홍수시 우수의 빠른 소통을 위한 제방의 축조, 하도의 직강화, 저수로 및 고수부지의 정비 등의 치수와 하천공간 이용위주로 시행되어 하천의 동식물 서식처를 훼손시키고, 하천의 생태학적 구조와 기능에 큰 변화를 가져왔다. 따라서 하천생태계의 보호 필요성이 부각되고 있는 상황에서, 이를 하천관리실무에 구현하기 위해서는 설득력 있는 하천의 생태환경에 관한 평가 지표가 필요하게 되었다.

하천자연도란 하천 생태계의 자연스러운 정도를 의미한다. 하천자연도평가는 인위적 하천환경훼손의 영향을 상대적으로 평가하여, 현재 하천이 자연스러움에서 어떻게 어느 정도 벗어나 있는지를 가늠하며, 그러한 차이가 하천생태계에 어떤 중요성이 있으며, 하천을 자연에 가깝도록 복원하기 위해서는 무엇이 필요한지를 보여주기 위해서 시행하는 것이다. 따라서 하천생태계의 자연도평가는 인위적인 환경훼손의 영향을 상대적으로 평가는 방법이라고 할 수 있다. 그러나 생태계의 총체적인 환경을 정량적으로 평가하는 것은 쉽지 않으며, 주관적으로 흐르거나 전문가의 경험에 의존하는 경우가 많다. 그럼에도 불구하고 하천과 같이 환경변화와 오염에 취약한 생태계일수록 환경훼손의 정도를 반영할 수 있는 평가의 방법이 필요하다(배연재 등, 2003).

국외의 하천자연도평가는 미국 토지관리국(USBLM)과 농무성(USDA)의 어류 및 야생동물국(Fish and Wildlife Service)과 자원보전국(NRCS)에서 공동으로 개발한 적정기능상태평가(Prichard 등, 1998), 농무성(USDA)의 자원보전국(NRCS)에서 개발한 시각적 하천건강성평가법(USDA, 1998), 환경청에서 개발한 현장서식처평가서(Barbour 등, 1999) 등이 있으며, 뉴질랜드의 자연지역보전 프로그램(Protected National Ares Program)의 생태계보전가치를 위한 평가(Coller 등, 1992), 일본 건설성 동북지방 건설국의 하천현황의 자연상태를 파악할 목적인 물리적 요소와 생물적 요소를 복합적으로 고려한 자연도평가(建設省東北地方建設局,

1994), 영국 환경청(Environment Agency)의 하천서식처 조사(Environment Agency, 1997) 등이 있다.

국내의 하천자연도평가는 조용현(1997a, 1997b)의 하천의 물리적 구조질의 진단 및 파악을 위한 평가, 정성채와 이상석(1998)의 중·소도시하천의 친환경적활용 잠재력평가에 관한 연구, 김동찬과 박익수(1999)의 국내의 하천자연도평가기준을 비교·분석하여 생태환경 복원을 위한 하천자연도평가를 제시한 연구, 박병철 등(2002)의 GIS를 이용한 하천의 자연성 평가, 배연재 등(2003)의 하천생태계에 대한 환경평가기법과 생물다양성 관리시스템의 개발과 적용에 관한 연구, 박진원과 마호섭(2003)의 양제천의 식생현황과 하천자연도평가에 관한 연구 등이 있다. 그러나 우리나라의 하천을 체계적으로 평가하고, 자연 친화적인 하천 정비와 복원을 위한 방향을 제시하는 연구는 아직 부족한 실정이다.

자연친화적인 하천정비는 수변지역의 물리, 화학, 생물 등의 다양한 수변조사와 모니터링이 수반되어야 하나, 국가가 직접 관리하는 국가하천과 시·도지사가 관리하는 지방1, 2급하천이 3,893개소에 총연장은 30,245 km(건설교통부, 2003)에 이르고 있어, 모든 하천에 대하여 수변조사를 일시에 시행하는 것은 어려운 일이다. 따라서 우선적으로 하천의 중요도를 고려하여 하천생태계의 서식처 기능을 회복하기 위해 하천의 환경적인 측면에서의 건전성을 평가하여 하천환경정비의 방향성을 제시할 수 있도록 하천자연도평가가 필요하게 되었다. 하천은 유수와 유사의 상호작용에 의해서 하천미지형이 형성되고, 생물의 다양한 서식처를 제공하는 등 생태계에 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 하천의 생물서식처 복원을 위하여 하천자연도평가를 시행 하는 것은 그 의미가 크다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 환경적인 측면에서 우리나라 하천의 자연성을 평가하여 하천의 생물서식처를 복원할 수 있는 하천자연도평가 방법을 제안하고자, 국내·외의 하천자연도평가에 관한 방법을 조사하였다. 또한 국내의 연구성과 중 평가부문의 체계성과 평가항목의 구체성이 입증된 조용현의 하천자연도평가 방법으로 내린천, 복하천, 안양천의 3개 하천을 선정하여 시범평가를 시행하고, 평가부문과 평가항목을 개선하여 국가하천 및 지방1급하천과 같은 대하천에 적용할 수 있도록 하천자연도평가 방법과 절차를 제안하였다.

## 2. 기존 하천자연도평가방법의 적용성 검토

### 2.1 국외의 자연도평가

#### 2.1.1 미 내부성(USDI) 토지관리국(USBLM)의 적정기능상태 평가

적정기능상태(Proper Function Condition)평가는 미 내부성(USDI)의 토지관리국(USBLM)과 미농무성(USDA)의 어류 및 야생동물국(Fish and Wildlife Service)과 자원보전국(NRCS)에서 공동으로 개발한 모형으로, 수변과 습지지역에서의 물리적 기능의 적정성을 평가하는 것을 목적으로 한다. 적정기능상태의 물리적 지표는 표 1과 같이 수변서식처 건강상태의 일차적인 평가기준이 되는 수문, 식생, 침식과 퇴적, 토질, 수질 등 17개의 항목으로 구성되어 있으며, 각 항목은 “적정(Yes)”, “부적정(No)”, “부적합(Not Applicable)”으로 평가하고 최종적으로 대상수변의 물리적 기능상태를 적정기능상태(Proper Functioning Condition), 기능위험상태(Functional- At Risk), 기능정지상태(Nonfunctional)로 평가하여 제시한다(Prichard 등, 1998).

#### 2.1.2 미 농무성(USDA)의 시각적 하천건강성평가법

시각적 하천건강성평가법(Stream Visual Assess-

ment Protocol)은 미 농무성(USDA)의 자원보전국(NRCS)에서 개발한 모형으로 하천의 물리적인 건강상태를 평가하는 것을 목적으로 한다(USDA, 1998). 본 모형은 생태계를 평가하는 화학적변수(Chemical Variables), 생물학적요소(Biotic Factor), 에너지원(Energy Source), 흐름의 지배형태(Flow Regime) 등의 평가지표와 함께, 하천의 물리적인 건강상태를 평가하는 첫 단계의 평가방법으로써, 생태와 수문에 관한 약간의 지식과 교육만으로도 평가가 가능하여, 토지소유자, 토지이용과 관련된 사람들과 직접 평가를 시행하고, 토지자원의 상태와 보전 방법과 건강한 하천이 주는 효과 등에 대하여 상호 의견교환이 가능하다. 시각적 하천건강성평가법은 표 2와 같이 15개의 항목으로 구성되어있으며, 각 항목별로 1에서 10의 점수로 평가하고, 그 결과를 평균하여 빈약한(Poor), 적당한(Fair), 좋은(Good), 아주좋은(Excellent)의 4등급으로 평가하도록 되어있다. 시각적 하천건강성평가법은 주로 미국의 Maryland주, Virginia주 등 동부지역에서 많이 적용되고 있으며(Yetman, 2002), 수질, 어류, 수서곤충 등 평가지표인 종합생태지표(Index Biotic Integrity) 등과 함께 조사되어 인간의 간섭도 지표(Human Disturbance Index)로 이용되고 있다(USDA, 2001).

표 1. 적정기능상태 평가(Prichard 등, 1998)

평가부문	평가항목
수문지형 (Hydrogeomorphic)	지하수(Ground water discharge), 홍수터(Active floodplain), 지하수함양(Ground water recharge), 홍수터의 지류 및 방류(Floodplain storage and release), 홍수조절(Flood modification), 강턱폭(Bankfull width), 하폭/수심비(Width/Depth ratio), 사행(Sinuosity), 수류력(Stream power), 수리학적조절(Hydraulic controls), 하상높이(Bed elevation)
식생 (Vegetation)	군락형태(Community types), 군락형태분포(Community type distribution), 식피도(Canopy), 식물 군락의 변화와 천이(Community dynamics and succession), 회복/번식(Recruitment/Reproduction), 근밀도(Root density), 생존(Survival)
침식/퇴적 (Erosion/Deposition)	제방안정성(Bank stability), 하도안정성 : 하상재료이동비(Bed stability: Bedload transport rate), 침전물(Depositional features)
토양 (Soil)	토양종류(Soil type), 혐기성/혐기성토양의 분포(Distribution of aerobic/anaerobic soils), 모세관현상(Capillarity), 토양수분의 연간추이(Annual pattern of soil water states)
수질 (Water Quality)	온도(Temperature), 염도(Salinity), 영양물질(Nutrients), 용존산소(Dissolved oxygen), 유사(Sediment)

표 2. 시각적 하천 건강성 평가법(USDA, 1998)

평가구분	평가항목
하천의 서식처 건강성 (Stream Health: Habitate Structure)	하도상태(Channel condition), 수문학적 대안(Hydrologic alteration), 하안(Riparian zone), 제방의 안정성(Bank stability), 물의 상태(Water appearance), 영양물 풍부도(Nutrient enrichment), 어류이동을 방해하는 시설(Barriers to fish movement), 어류서식처의 하상재료(Instream fish cover), 소(Pool), 무척추동물서식처(Invertebrate habitat), 식생피도(Canopy cover), 비료사용(Manure presence), 염분(Salinity), 여울구조(Riffle embeddedness), 조사된 대형무척추동물(Macroinvertebrates observed)

### 2.1.3 미국 환경청(USEPA)의 현장서식처평가서

현장서식처평가서(Habitat Assessment Field Data Sheet)는 미국 환경청에서 개발한 모형으로 하천 생태계에 영향을 주는 물리적 서식처의 구조질과 수질, 수생생물의 생태를 평가하는 것을 목적으로 한다. 현장서식처평가서는 미 환경청에서 개발한 간이생물학적 평가법(Rapid Bioassessment Protocol)의 시각적 서식처평가(Visual-Based Habitat Assessment)이며, 이 간이생물학적 평가법은 서식처평가와 물리화학적 요인(Habitat Assessment and Physicochemical Parameters), 부착조류평가법(Periphyton Protocols), 저서성 대형무척추동물평가법(Benthic Macroinvertebrate Protocols), 어류평가법(Fish Protocols)으로 구성 되어있다(Barbour 등, 1999). 현장서식처평가서는 표 3과 같이 급경사 하도(High Gradient stream)과 완경사 하도(Low Gradient stream)로 구분하여 각 10개의 평가항목으로 구성되어 있으며, 각 항목을 최적(Optimal), 부분적 최적(Sub-optimal), 제한적(Marginal), 빈약(Poor)의 4등급으로 구

분하고, 각 등급의 평가점수는 5점 간격으로 하여 20점 만점으로 평가하도록 하고 있다.

### 2.1.4 영국 하천서식처조사

영국의 하천서식처조사(River Habitat Survey)는 영국 자연보전협회(Nature Conservancy Council)에서 제안한 방법론에 기초한 것으로 서식처의 위치와 형태, 취약성, 복원력 및 하천수변에 관계된 정보가 기록되며, 하천 생태계에 관련된 다양한 자료확보를 통하여 자연보존의 중요성에 관한 구체적인 평가를 시행하는데 목적이 있다. 하천서식처조사는 영국 환경청(Environment Agency)에서 개발한 하천서식처에 관한 조사, 자료구축 및 평가, 하천계획 등 전반적인 분야에서 이용되고 있으며, 영국 환경청 각 분야의 정책결정과 운영관리 뿐만 아니라 지역관련기관, 자연보전단체, 학계에서도 활용되고 있다. 하천서식처조사는 표 4와 같이 하도를 중심으로 500m 구간을 표본단위(Sample Unit)로 10개소의 등간격으로 나누어 지점평가(Spot-Check)와 상세평가(Sweep-up)를 시행한다(Environment Agency, 1997).

표 3. 현장서식처평가서(Barbour 등, 1999)

평가구분	평가항목
급경사 하도 (High Gradient stream)	기질/하상재료(Epifaunal substrate/available cover), 퇴적(Embeddedness), 지배적인 유속/수심(Velocity/Depth regime), 하도흐름상태(Channel flow status), 하도개수(Channel alteration), 여울의 출현정도 또는 만곡의 출현정도(Frequency of ripples or bends), 제방안정성(Bank stability), 식생보호(Vegetative protection), 홍수터식생구역의 넓이(Riparian vegetative zone width)
완경사 하도 (Low Gradient stream)	기질/하상재료(Epifaunal substrate/available cover), 소내 물질의 특성(Pool substrate characterization), 여울의 다양성(Pool variability), 유사퇴적(Sediment deposition), 하도흐름형태(Channel flow status), 하도의 변경(Channel alteration), 하도의 사행(Channel sinuosity), 제방안정성(Bank stability), 식생보호(Vegetative protection), 홍수터 식생구역의 넓이(Riparian vegetative zone width)

표 4. 하천서식처조사(Environment Agency, 1997)

평가구분	평가항목
기본정보	지도배경정보(Background map-based information), 현장조사사항(Field survey details), 지배적인 하도형태(Predominant Valley form), 여울의 수(Number of Ripple), 소와 점사주(Pools and point bars)
지점평가(Spot-Checks)	물리적속성(Physical attributes) : 지배적인 제방재료(Predominant bank material), 지배적인하상재료(Predominant channel substrate), 지배적인 흐름형태(Predominant flow type), 하도개수(Channel modification), 하도형태(Channel features), 제방상단의 식생토지이용(Banktop land-used vegetation structure) : 제방상단에서 50m 구간의 토지이용(land-used within 5m top of banktop), 식생구조(Vegetation structure), 하도식생형태(Channel vegetation types)
상세평가(Sweep-Up)	하천50m 구간의 토지이용(Land used within 50m of river, Bank profile), 교목들의 규모아 연관특성(Extent of trees and associated features), 하도구조물의 범위(Extend of channel features), Channel dimensions, 인공구조물 수(Number of artificial features), 최근 하도관리흔적(Evidence of recent management), 특별한 형상(Features of special interest), 하도막힘(Choked channel), 주목할만한 천적(Notable nuisance species), 하도의 전반적인특성(Overall characteristics), 오리나무(Alders)

## 2.2 국내의 하천자연도평가

### 2.2.1 조용현의 평가방법

조용현은 하천자연도평가의 목적을 하천의 생태학적 복원에 직접 활용할 수 있는 하천의 물리적 구조의 질을 파악하여, 하천관리방침을 결정(진단)하고, 복원의 수단을 결정(처방) 하는 데 두고 있으며, 평가부문 및 평가항목은 표 5와 같이 하천생태계의 변이축인 공간적 축, 즉 종적, 횡적, 수직적축에 초점을 맞추어 6개 부문으로 선정하고, 평가항목 24개의 세부평가항목을 선정하였다. 평가단위는 평가대상 파악의 충분성, 조사의 수월성 및 비용, 육안관찰거리, 평가결과의 표현 등을 고려하여 100 m 일정간격을 적용하고 있다. 평가척도는 등간격 척도로써 자연성 저감정도에 따라 5점의 점수를 부여하였다(조용현, 1997b).

### 2.2.2 정경진의 평가방법

정경진은 하천자연도평가를 GIS를 활용하여 평가함으로써 평가결과에 따라 하천환경정비계획의 접근방식을 유역별로 다양하게 적용하고 도시하천의 새로운 정비기법인 자연형 하천공법의 적지선정과 하천의 생태적 재생을 위하여 효율적인 정보수집, 분석, 관리방안의 제시를 목적으로 하고 있다. 평가부문 및 평가항목은 표 6과 같다. 하천자연도 평가기준의 도출을 위하여 국·내외 및 유사개념을 기반으로 하여 국내에 적용할 수 있

는 항목을 제시하였으나 평가부문의 분류기준의 체계성이 부족하며, 항목도출을 위한 명확한 평가목적의 규정과 그 개념적 근거가 미흡한 점이 있다(김동찬과 박익수, 1999).

## 3. 하천자연도의 시범평가

### 3.1 평가방법과 시범하천의 선정

국내의 하천자연도평가에 관한 연구성과 중 하천의 생태적 복원에 활용이 가능하고 하천의 물리적 구조질 파악 평가부문의 체계성과 항목의 구체성이 입증된(김동찬과 박익수, 1999) 조용현의 하천자연도평가를 시범하천에 적용할 평가방법으로 선정하였다. 조용현의 하천자연도 평가부문 및 평가항목은 표 5와 같으며, 평가척도는 표 7과 같이 자연성 저감정도에 따라 1등급은 높은 평가등급으로 5등급은 낮은 평가등급으로, 각 등급간 지수를 0.8점씩 부여하는 5등급체계를 적용하고 있다. 본 연구에서는 조용현의 하천자연도평가 방법에 물의 색깔과 부유물, 냄새로 평가하는 수질항목을 포함하여 자연상태가 비교적 잘 보전되어 인위적인 훼손이 적은 내린천, 인위적인 훼손에서 회복단계에 있는 복하천과 인위적인 훼손이 많은 안양천 등의 시범하천을 선정하여 시범평가를 시행하고 하천자연도평가의 적용성 및 문제점과 개선방안을 검토하고자 하였다.

표 5. 조용현의 하천자연도 평가부문 및 평가항목

평가 부문	평가 항목
수로의 발달	수로의 굴곡, 총방침식, 종시주, 특수한 수로구조
종 단 면	횡구조물, 횡시주, 흐름의 다양성
횡 단 면	횡단면유형, 제방재료, 폭다양성, 하천상부구조물
하상구조	저질다양성, 특수한 하상구조
저수로변 구조	저수로변 식생, 호안공, 특수한 저수로변 구조, 저수로변 종방향 배열
하천주변	인접토지이용, 하천변 대상수립, 자연스럽지 않은 구조

표 6. 정경진의 하천자연도 평가부문 및 평가항목

평가 부문	평가 항목
하천저수로	미지형변화율, 하도형태변화율, 수질(BOD), 하상재료
인공구조물	호안재료, 보, 하수유입구, 제방재료
하천식생	식생구조, 습생식물피도, 하변립
인접토지이용	제외지토지이용, 체내지토지이용
야생동물	어류, 조류, 수서생물종류

표 7. 하천자연도 평가척도(조용현, 1997b)

자연도평가등급	지수범위(I)	하천의 상태	의 미
1등급	$1.0 \leq I \leq 1.8$	자연스러운	원자연 상태
2등급	$1.8 < I \leq 2.6$	거의 자연스러운	자연상태를 유지 하지만 부분적으로 제한요인이 있음
3등급	$2.6 < I \leq 3.4$	제한적으로 자연스러운	전체적으로 자연상태를 보이고 있으나 제한 요인인 많음
4등급	$3.4 < I \leq 4.2$	훼손된	심한 훼손으로 자연요소가 상당히 희박함.
5등급	$4.2 < I \leq 5.0$	극히 심하게 훼손된	인위적인 지나친 훼손으로 자연요소가 거의 없음

### 3.2 시범하천의 평가

내린천의 하천자연도평가는 서하교부터 황소유원지까지 약 2.6 km 구간을 100 m 간격으로 26개 구간으로 나누어 상류방향으로 시행하였다. 내린천은 자연환경이 비교적 잘 보전된 하천으로 종합평가결과는 평균지수 1.88점의 2등급으로 평가되었다. 이것은 내린천이 산지하천으로 다양한 식생이 형성되어 있고, 호안은 자연상태로 인공적인 호안공이 없어 저수로변 구조도 다양하게 나타났으며, 하상재료도 모래, 자갈, 호박돌 등 비교적 다양하게 구성되어 급류와 여울, 소 등이 형성되어 높은 등급으로 평가되었다. 따라서 현 상태로 보존이 필요한 하천이다.

북하천의 하천자연도평가는 국가하천의 시점인 원두천 합류점 1 km 하류인 북하천교로부터 대월면의 북하교까지 약 3 km를 100 m 간격의 총 30개구간으로 나누어 상류방향으로 시행하였다. 북하천은 치수위주의 하천정비에 의해 하천이 교란이 있었으나, 하천정비 후 상당한 시간이 흘러 식생근육의 번무와 하천의 침식, 퇴적에 따른 영향으로 천천히 자연하천의 모습을 되 찾아가는 과정에 있어 종합평가결과가 평균지수 2.89점의 3등급으로 평가되었다. 따라서 기존의 치수위주의 하천정비에서 탈피하여 하천의 생태환경을 고려하고 다양한

생물들의 서식처가 될 수 있는 하천환경정비와 지속적인 유지관리가 필요한 하천이다.

안양천의 하천자연도평가는 국가하천 구간인 경부선철도교를 기점으로 하여 안양대교까지 4.2 km를 100 m 간격의 42개구간으로 나누어 상류방향으로 시행하였다. 안양천은 치수위주의 하천정비가 시행된 전형적인 도시하천으로 종합평가결과 평균지수 4.08점의 4등급의 평가를 받았다. 특히 수로의 굴곡, 종사사주 등을 평가하는 수로의 발달이 가장 낮은 5등급으로, 하상구조, 저수로변구조, 하천주변은 4등급으로 평가되었다. 따라서 현재의 직선화된 저수로를 사행화하고, 저수로 호안을 식생호안으로 조성하여 저수로변 구조를 다양화 시키고, 어류의 이동을 방해 하는 낙차공은 하상구조를 고려하여 치수에 지장이 없도록 하되 가급적 자연석 등으로 교체할 필요가 있다. 제방호안은 콘크리트 블럭으로 설치되어 있으므로 식생의 성장이 가능하고 다양한 생물서식공간을 줄 수 있는 호안공법을 도입하는 등 하천자연도를 높일 수 있는 복원조치가 시급히 필요하고 근본적인 수질개선대책도 동시에 수립되어야 할 것으로 판단된다.

시범하천의 평가구간과 부문별 평가 결과는 표 8에 나타내었으며, 자연도평가 결과의 비교는 그림 1과 같다. 사진 1은 하천자연도평가 현장사진이다.

표 8. 시범하천의 하천자연도평가 결과

하천명	평가구간			부문별 평가 결과								
	시점 - 종점	연장 (km)	평가 개소	수로의 발달	중단면	횡단면	하상 구조	저수로 변구조	하천 주변	하천의 수 질	평균 지수	평가 등급
내린천	서하교 - 황소유원지	2.6	26구간	3.13	2.59	1.69	1.54	1.47	1.59	1.00	1.88	2
북하천	북하천교 - 북하교(대월면)	3.0	30구간	3.84	2.86	2.24	3.37	3.01	3.33	1.62	2.89	3
안양천	경부선철도교- 안양대교	4.2	42구간	4.64	3.40	4.27	4.12	4.02	4.10	2.99	4.08	4

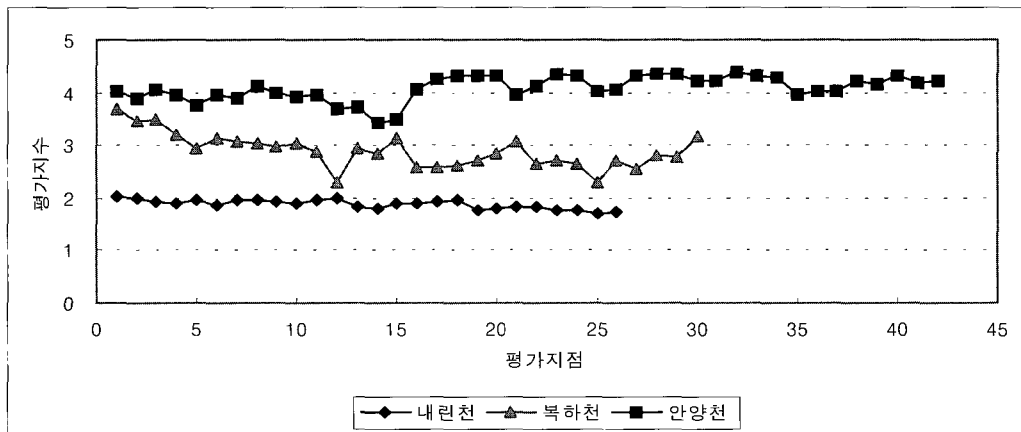
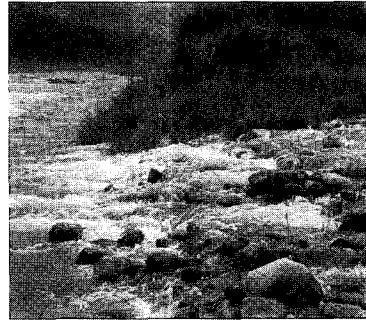


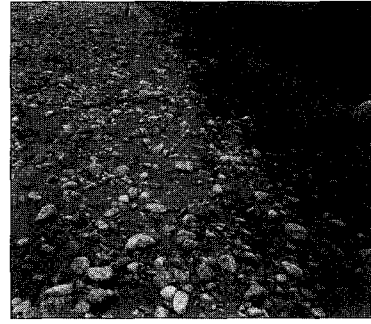
그림 1. 시범하천의 하천자연도평가 결과의 비교



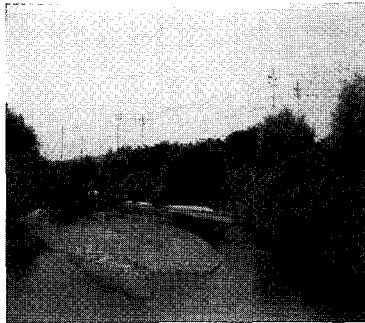
(a) 저수로 및 홍수터 구조(내린천)



(b) 흐름의 다양성(내린천)



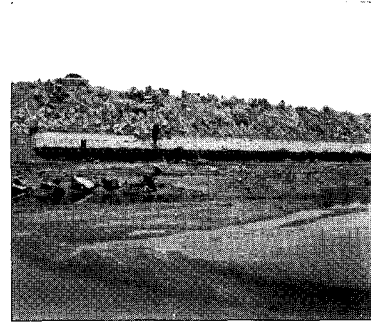
(c) 하상저질의 다양성(내린천)



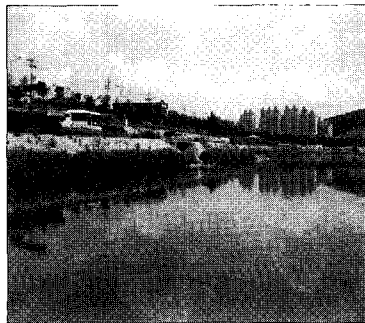
(d) 수로내 사주발달(북하천)



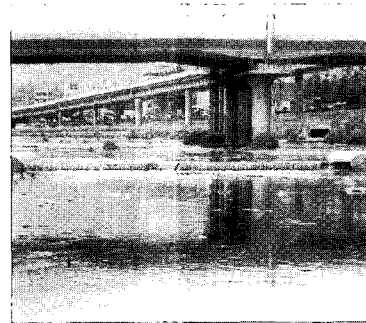
(e) 인공단면의 자연단면화(북하천)



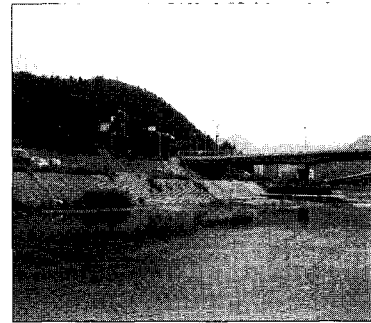
(f) 제방공사구간(북하천)



(g) 직선화 된 수로(안양천)



(h) 하천 횡단구조물(안양천)



(i) 제방호안 및 제외지이용(안양천)

사진 1. 시범평가하천의 하천자연도평가 현장사진

### 3.3 시범평가방법의 검토

하천의 특성이 다른 내린천, 북하천, 안양천 등 3개 하천을 선정하여 시범평가한 결과 조용현의 하천자연도 평가 방법은 평가부문과 평가항목에 있어서 하천의 생물서식처의 훼손정도를 적절히 반영하여 적용성이 상당히 우수한 것으로 검토되었다.

그러나 조용현의 하천자연도평가 방법은 중소규모의 하천을 대상으로 평가하기 위하여 만들어졌기 때문에 바람직한 평가구간의 간격을 100 m 정도로 설정하고 있다(조용현, 1997b). 따라서 국가하천 및 지방1급과 같이 대하천을 평가대상으로 할 경우 일부 평가지표의 개선이 필요하였다. 일반적으로 하천자연도평가는 평가구간의 간격을 하천폭의 5~10배 정도(USDA, 2001)로 정하고 있다. 우리나라의 국가하천 및 지방1급하천의 경우

평균 하폭이 약 200 m~400 m 정도인 점을 고려하면 평가구간의 간격을 약 1,000 m ~ 4,000 m 이내로 결정할 수 있다. 따라서 평가구간의 간격이 길어지므로, 하천의 종단면과 횡단면이 하나의 연속체(Vannote, 1998)인 평면개념으로 평가되어야 타당하기 때문에 조용현의 평가방법에서 하천의 종단면 및 횡단면과 같은 평가부문의 지표는 조정이 필요한 것으로 검토되었다. 또한 하천환경의 심미적인 요소인 하천경관을 평가할 수 있는 항목으로써 수질과 수면폭 대 하천폭 비와 같은 평가항목이 추가적으로 필요한 것으로 검토되었다.

하천자연도평가 결과의 분석 및 관리를 위하여 컴퓨터에 의한 통계처리와 데이터베이스의 구축, GIS에 의한 평가도작성과 평가결과의 시각화, 인터넷을 통한 정보 공유 및 교환 등을 고려하여, 평가부문은 가급적 줄이고 평가부문내의 평가항목은 가급적 많은 항목을 포함

하여 조사된 평가항목들로 구성된 평가부분의 설정과 통계처리 방법에 따라 다양한 평가지표로 활용될 수 있도록 하는 방안이 필요한 것으로 검토되었다.

#### 4. 하천자연도평가의 제안

##### 4.1 평가부문 및 평가항목의 결정

본 연구에서 제안하는 하천자연도평가 방법은 하천의 환경기능 중에서 가장 기본적인 것이 생물서식처 기능이며 진정한 의미의 하천복원은 서식처의 복원(환경부, 2002)에 있음을 고려하고, 평가에 소요되는 비용 및 시간과 하천변화에 대한 평가정도, 생태계의 포용정도, 하천 복원시 공학적인 연계성 정도를 고려하여 하천생물서식처의 질을 평가하는 것으로 평가지표 제안의 기본방향을 설정하였다. 또한 수자원단위지도상의 중권역별 대표하천인 국가하천 및 지방1급 하천을 평가대상으로 하였다. 건설교통부에서 시행하는 “전국유역조사”의 일환으로 하천, 수자원, 국토, 생태, 환경 등 5개 분야의 하천자연도평가 자문팀을 구성하고 자문회의를 거쳐 평가부문과 평가항목을 선정하였다. 자연도평가팀을 구성하여, 자문회의에서 선정한 평가부분과 평가항목에 따라 합평천에 적용·평가(박봉진 등, 2003)하여 각 평가항목에 대한 평가방법 등을 최종 결정하였다.

금번 제안한 하천자연도평가의 평가부분은 표 9와 같이 하천의 형태, 하천의 환경으로 2개 부문으로 단순화하고, 각 부문의 평가항목은 평가부분간의 균형을 고려하여 7개의 평가항목씩 14개의 평가항목을 선정하였다. 일반적으로 하천의 형태는 중단, 횡단, 하상구조 등으로 평가부분을 구분할 수 있으나, 평가구간이 길어질 경우

중단과 횡단개념보다는 하천의 평면개념으로 파악하여야 하므로, 하천형태부분은 수로의 굴곡, 사주, 흐름의 다양성 등 하도특성과 하상재료의 다양성, 저수로폭 다양성, 저수로 호안공, 제방 호안공 등을 포함하여 1개의 부분으로 정하여 평가할 수 있도록 하였다. 하천환경부분은 저수로 및 홍수로식생, 제내지 및 제외지의 토지이용, 댐 및 보 등과 같은 하천 상·하류간의 연속성을 저해하는 횡단구조물, 수질, 경관과 수량 풍부도를 파악할 수 있는 수면폭대 하천폭 비를 선정하였다.

##### 4.2 평가척도의 결정

평가척도는 평가요인별로 단위가 다르고 범위가 다양하기 때문에 통계처리 및 분석을 용이하게 하기 위하여 척도의 표준화가 필요하다. 우리나라 하천자연도평가의 평가척도를 검토한 결과, 조용현(1997a, 1997b), 정성채와 이상석(1998), 김동찬과 박익수(1999), 박병철 등(2002), 박진원과 마호섭(2003)은 모두 자연성 저감정도에 따라 1등급에서 5등급까지 각 등급간 0.8점을 고르게 배분하는 체계를 적용하고 있으며, 배연재 등(2003)은 10등급의 10점 만점에서 자연성 저감정도에 따라 감점제를 적용하고 있어, 모두 정량적인 평가척도를 사용하고 있다. 이것은 평가척도가 자료의 비교·분석 등이 용이하고 통계적 처리가 가능하여야 하기 때문에 정량적인 평가척도를 사용하고 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서 제안한 하천자연도평가의 평가척도는 표 10과 같이 자연성 저감정도에 따라 자연에 아주 가까운 자연스러운 상태를 1점, 극히 심하게 훼손되어 자연스러움이 거의 없는 상태를 5점을 부여하는 5단계로 체계로 하였다. 평가결과의 집계과정은 먼저 부문별로

표 9. 하천자연도 평가부문 및 평가항목

평가부문	평가항목
하천의 형태	수로의굴곡, 종·횡사주, 흐름의다양성, 하상재료의다양성, 저수로폭다양성, 저수로호안공, 제방호안 재료
하천의 환경	저수변식생, 홍수로식생, 제내지수변구역토지이용, 제외지홍수터이용, 횡방향인공구조물, 수질, 수면폭대 하천폭비

표 10. 하천자연도 평가척도

자연도평가등급	지수범위(I)	하천의 상태	의미
1등급	$1.0 \leq I \leq 1.8$	자연스러운	자연상태에 아주 가까운
2등급	$1.8 < I \leq 2.6$	비교적 자연스러운	비교적 자연상태에 가깝도록 유지되었지만 부분적으로 제한적인 요인이 있음
3등급	$2.6 < I \leq 3.4$	제한적으로 자연스러운	전체적으로 자연상태에 가깝다고 볼 수는 있지만, 제한적인 요인이 많음
4등급	$3.4 < I \leq 4.2$	자연스러움이 없는	훼손으로 자연상태가 상당히 희박함.
5등급	$4.2 < I \leq 5.0$	자연스러움이 거의 없는	극심하게 훼손되어 자연상태가 거의 없는



평가결과를 단순평균 하여 부문별 평가지수로 결정하고, 부문별 평가지수를 단순평균 하여 총괄 평가지수를 계산하였다. 산출된 부문별 평가지수와 총괄 평가지수들을 표 10의 지수범위에 따라 1등급에서 5등급까지 자연도평가등급으로 환산하였다.

### 4.3 평가단위의 결정

평가단위는 하천의 현황을 충분히 반영할 수 있어야 하며, 평가에 소요되는 시간과 비용을 고려하여야 한다. 일반적으로 하천자연도평가는 평가단위를 하천폭의 5~10배 정도(USDA, 2001)로 정하고 있다. 본 연구에서 제안한 하천자연도평가의 평가단위는 최적간격을 2,000 m ~ 3,000 m 범위로 결정하였다. 이것은 하천자연도평가의 대상인 국가하천 및 지방1급하천의 평균 하폭(200~400 m)과 시범평가 결과분석 및 우리나라의 하천지도인 우리가람길라잡이(건설교통부, 2002)를 이용하여 한강과 낙동강의 국가하천, 지방1급하천의 도상 예비평가지점을 선정하여 분석한 결과에 따라 결정하였으며, 건설교통부에서 시행하는 “전국유역조사”의 일환으로 시행된 한강의 4개 하천과 낙동강의 9개 하천을 대상으로 하천자연도평가를 시행한 결과에서도 평가단위가 적절한 것으로 검토되었다.

### 4.4 하천자연도평가의 제안

금번 연구에서는 우리나라 국가하천 및 지방1급하천과 같은 대하천에 적용할 수 있는 하천자연도평가의 평가 부문, 평가항목과 평가지표를 표 11과 같이 제안하고자 한다.

## 5. 하천자연도평가 시행절차

본 연구에서 제안한 하천자연도평가는 생태학자이나 하천관련 전문가가 아니더라도 누구든지 간단한 교육만으로 평가를 시행할 수 있는 장점이 있다.

평가자의 사전교육은 평가자가 개인적인 주관성을 배제할 수 방향에서 중점을 두고, 평가의 목적, 평가항목의 의미, 사전준비사항, 현장조사시 유의할점, 사진촬영 방법, 자료정리 및 평가도와 평가보고서 작성방법 등에 대하여 간단히 실시한다. 교육 교재는 건설교통부에서 시행하는 “전국유역조사”의 일환으로 시행된 한강의 4개 하천과 낙동강의 9개 하천의 평가결과를 바탕으로, 각 평가항목별 평가방법과 평가 등급별 사진을 수록한 “하천자연도평가 가이드라인(안)”(건설교통부, 2004)을 활용할 수 있다. 사진촬영은 촬영각도에 따라 하천에 관한 많은 정보를 담을 수 있으므로, 사진촬영 위치, 방향

등에 대한 교육을 포함한다. 하천자연도평가가 적합한 기간은 년중 약 6개월 정도이다. 자연도평가는 하천의 식생과 유황이 가장 중요한 요소이다. 또한 평가소요시간(평가, 사진촬영, 이동 등)을 고려하면 4월부터 6월까지와 9월부터 11월까지가 가장 적합하고, 우기철인 7월부터 8월까지의 하천유량의 변화가 심하므로 가급적 피하는 것이 좋다. 또한 동절기와 해빙기인 12월부터 다음해 3월까지의 평가는 가능하지만 이동중 안전사고 등을 고려하여 가급적 피하는 것이 좋다. 일반적으로 하천자연도평가 절차는 다음과 같이 4 단계로 시행한다.

1단계 도상조사 : 도상조사는 평가대상하천을 결정하고, 우리나라의 하천지도인 우리가람길라잡이(건설교통부, 2002)를 참고하여 도상에서 조사지점이 일정간격이 되도록 선정하여 “평가예비도”를 작성한다. 평가예비도를 참조하여, 도로, 교량, 제방, 하천시설물 등 하천의 접근에 관한 이동계획과 시간계획을 수립한다. 또한 문헌조사를 통하여 평가대상 하천의 하천연장, 하천경사, 유역면적, 유황뿐만 아니라, 하천주변 역사적인 사항, 인문, 지리, 천연기념물 등도 조사하여 평가시 참고토록 한다.

2단계 현지조사 : 현지조사는 평가예비도에 따라 평가 대상위치로 이동하여, GPS에 의한 평가위치를 확인하고, 평가 및 평가지의 작성, 사진촬영 순으로 시행하는데, 대상하천의 상류에서 하류(또는 하류에서 상류로) 방향으로 순차적으로 평가하도록 한다. 이때 GPS를 사용하는 것은 평가위치를 정확히 기록할 수 있으며, 향후 평가자료를 데이터베이스화하여 GIS분석과 평가도 작성에 긴요하게 사용되기 때문이다. 평가지에는 평가대상 하천명, 평가자, 평가일자, 평가지점명과 GPS TM좌표, 하천과 하천변에 관한 기록과 수위, 우량관측소, 수질관측지점 등에 관한 기록도 함께 한다. 사진촬영은 하천의 제내지와 제방, 하도 등을 한 장의 사진에 담을 수 있도록 하고 촬영순서는 상류방향, 하류방향 순으로 촬영하고, 특이사항은 추가로 촬영하되, 촬영번호를 평가지에 기록하여 사진 분류시 참고한다.

3단계 자료의 정리 : 현지조사 평가를 완료하면, 내업으로 평가지와 사진촬영 자료를 정리하고 평가결과를 데이터베이스화 한다. 평가결과는 ArcView, ArcMap 등을 활용하여 평가도를 작성한다.

4단계 평가결과분석 : 평가지와 평가도, 사진촬영결과를 활용하여 평가결과를 분석하고 하천자연도평가 분석 보고서를 작성한다.

표 11. 하천자연도평가 평가부문 및 항목

평가부문	평가항목	평가지표					
하천형태	1	수로의 굴곡	하천제방선형의 중심각 60. 이상(만곡의 시점에서 중심이 잘 보이지 않을 정도) 수로굴곡 개소수				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	2	중·횡사주	중·횡방향 사주의 개소수				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	3	흐름의 다양성	어울과 소의 존재에 따라 중·횡방향으로 흐름의 다양한 정도				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	4	하상재료의 다양성	하상에 분포하고 있는 하상재료 구성의 다양성 (지배적인 하상재료로 판단함)				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	5	저수로폭 다양성	자연적인 현상에 의한 저수로의 수면폭(수제역)의 다양한 정도				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	6	저수로 호안공	저수로 호안공의 재료 및 인공화정도				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	7	제방호안재료	제방 호안공의 재료 및 인공화정도				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
하천환경	8	저수로변 식생	저수로변 식생유무와 식물군락의 형성				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	9	홍수터 식생	홍수터(교수부지)의 식생 및 식물군락의 형성				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	10	제내지 수변구역 토지이용	지배적인 토지이용으로 인공화정도(하천제방에서 제내지측으로 약 500m구간)				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	11	제외지 홍수터 토지이용	지배적인 토지이용으로 인공화정도				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	12	횡방향 인공구조물	어류 등의 이동을 방해하는 인공구조물의 존재 및 방해정도				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	13	수질(BOD)	물색과 냄새에 의한 분류(강우 등으로 유량이 급격히 증가한 경우 : BOD수질등급에 의한 분류)				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
	14	수면폭대 하천폭 비	흐름이 비교적 안정된 하천에서의 저수로 수면폭 대 하천제방폭비				
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급

## 6. 결 론

본 연구에서는 국내·외의 하천자연도평가에 관한 방법론을 조사하였으며, 국내에서 개발된 하천자연도평가 방법에 따라 시범평가 후 국가하천 및 지방1급하천 등 대하천에 적용할 수 있도록 하천자연도평가 방법과 절차를 제안하였다. 급변 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 국외의 하천자연도평가는 미국 토지관리국과 농무성의 적정기능상태평가, 농무성의 시각적 하천건강성평가법, 환경청의 현장서식처평가서 등이 있으며, 뉴질랜드와 일본, 영국 등도 그 나라의 하천특성을 고려한 하천자연도평가 방법이 있었다. 국내에는 조용현, 정성채와 이상석, 김동찬과 박익수, 박진원과 마호섭 등의 연구가 있었다.
2. 국내에서 연구·제안된 조용현의 하천자연도평가 방법을 적용하여 내린천, 복하천과 안양천의 3개 하천의 시범평가를 시행한 결과, 자연상태가 비교적 잘 보전된 내린천은 2등급, 인위적인 훼손에서 회복단계에 있는 복하천은 3등급, 인위적인 훼손이 심각한 안양천은 4등급으로 평가되어 비교적 하천의 생물서식처의 훼손정도를 적절히 반영하고 적용성이 우수한 것으로 검토되었다.
3. 시범평가결과에 따라 조용현의 하천자연도평가 방법을 국가하천 및 지방1급하천 등 대하천에서도 적용이 가능하도록 하천형태와 하천환경의 2개 평가부문을 나누고, 평가항목을 14개 항목으로 개선하여 하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가 방법과 절차를 제안하였다.

급변 연구에서 제안한 하천자연도평가는 향후 지속적인 수변구역의 물리, 화학, 생물 등의 다양한 조사와 모니터링과 함께 시행하면, 하천 생물서식처의 복원에 필요한 정보를 제공할 수 있는 공학적인 적용성과 하천 환경평가로서의 보편·타당성을 확보할 수 있으리라 본다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부 수자원정책과에서 시행하는 “전국유역조사”의 일환으로 시행되었습니다. 본 연구가 수행될 수 있도록 지원하여 주신 당국에 깊이 감사합니다.

## 참 고 문 헌

김동찬, 박익수 (1999). “생태환경복원을 위한 하천자연도 평가기준에 관한연구.” **한국조경학회지**, 한국조경학회, Vol. 17, No. 3, pp. 123-134.

- 김동찬, 이정, 박익수 (2000). “자연형 하천복원을 위한 하천자연도 평가 : 수원천을 중심으로.” **한국조경학회지**, 한국조경학회, Vol. 27, No. 5, pp. 138-149.
- 박봉진, 성영두, 강태호 (2003). “우리나라의 하천특성을 고려한 하천자연도평가의 제안.” **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제36권, 제6호, pp. 92-103.
- 박병철, 신영철, 서애숙 (2002). “GIS를 이용한 하천의 자연성 평가 : 청주시 무심천 지역을 중심으로.” **한국지리정보학회지**, 제5권, 제1호, pp. 48-57.
- 박원진, 마호섭 (2003). “양재천의 식행현황과 하천자연도 평가.” **경상대학교 농업생명과학 연구원**, 농업과학생명연구, 제37권, 제2호, pp. 57-70.
- 배연재, 원두희, 이용재, 승현우 (2003). “하천생태계에 대한 환경평가 기법과 생물다양성 관리시스템의 개발 및 적용.” 제21권, 제3호, pp. 223-233.
- 정성채, 이상석 (1998). “중·소도시 하천의 친환경적 활용 잠재력평가에 관한 연구.” **한국조경학회지**, 한국조경학회, Vol. 26, No. 1, pp. 96-112.
- 조용현 (1997a). **생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발**, 박사학위논문, 서울대학교.
- 조용현 (1997b). “우리 나라 중소하천 코리도의 자연성 평가기법연구.” **한국조경학회지**, Vol. 25, No. 2, pp. 73-81.
- 건설교통부 (2002). **우리가람길라잡이**.
- 건설교통부 (2003). **전국하천일람**.
- 건설교통부 (2004). **하천자연도평가 가이드라인(안)**, 한국수자원공사.
- 환경부 (2002). **하천복원 가이드라인**.
- 建設省東北地方建設局 (1994). **東北の自然豊かな川づくりに-近自然化河道改修計画検討マニュアル**.
- Barbour, M.T., J. Gerristen, Synder B.D., Stribling J.B. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers : Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish Second Edition*. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
- Collier, K.J., McColl, R.H.S. (1993). “Assessing the Natural Value of New Zealand Rivers.” *River Conservation and Management*, Edited by P. J. Boon, P. Calow, G.E. Petts, New York, John Wiley & Sond, pp. 195-211.
- Environment Agency (1997). *River Habitat Survey : 1997 Field Survey Guidance Manual*.
- Prichard, D., Barrett H., Cagney J., Clark R., Fogg J., Gebhart K., Hansen P.L., Mitchell B., Tippy D. (1998).

- Riparian Area Management : Process for Assessing Proper Functioning Condition. TR 1737-9 (Revised 1998).* Bureau of Land Management, BLM/SC/ST-93/003+1737+REV95+REV98, Service Center, CO. 51.
- USDA (1998). *Stream Visual Assessment Protocol.* National Water and Climate Center Technical Note 99-1.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C. E. (1980). "The River Continuum Concept." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, Vol. 37, No. 1, pp. 130-137.
- Yetman, K. T. (2002). "Using Maryland's Stream Corridor Assessment Survey to Prioritize Watershed Restoration Efforts." *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 38, No. 4, pp. 905-914.
- (논문번호:04-90/접수:2004.09.30/심사완료:2004.12.24)