

연구논문

비생물 및 생물 요인에 기초한 통합적 하천자연도 평가기법에 관한 연구

표재훈* · 문형태**

청록환경생태연구소*, 공주대학교 생명과학과**

(2010년 6월 7일 접수, 2011년 2월 11일 승인)

Studies on the Integrated Stream Naturalness Assessment Based on Abiotic and Biotic Factors

Jae-Hun Pyo* · Hyeong-Tae Mun**

Chungrok Environmental Ecosystem Research Institute*, Department of Bioscience, Kongju National University**

(Manuscript received 7 June 2010; accepted 11 February 2011)

Abstract

Integrated stream naturalness based on abiotic and biotic factors were developed. Abiotic factors considered in this study were types of land use in the riparian area, river bank and high water bed streamside, revetment, bed substrate and artificial construction of streamside. Biotic factors included types of vegetation, assemblages of fish, macroinvertebrate, bird and mammal(Otter) in streams. The presence/absence of legal species and biological assessment index were also weighted as important parameters in this study. Scoring criteria selected for each matrix was five rating system; 1=poor, 2=moderate, 3=fair, 4=good, 5=excellent. Numerical ratings for the matrix were then summed. This resulted in a minimum score of 13 if all matrix at a site were poor, and a maximum score of 65 if all matrix were excellent. Five grade system from poor(I) to excellent condition(V) was employed. To verify its validity in natural environment, the evaluation system was applied to the Gapchun stream which is a test bed selected. Our result showed that stream naturalness of each reach was clearly distinguished by biotic and abiotic characteristics. Determination of correlation coefficient between abiotic and biotic factors was also high ($R^2=0.96$, $p < 0.05$). In conclusion, assessment for stream naturalness reflecting abiotic and biotic factors was useful method representing stream integrated.

Keywords : Abiotic and biotic factors, Biological assessment index, Integrated stream naturalness

I. 서론

하천은 우수와 유사의 작용으로 형성된 연속성 개념의 독특한 생태로, 이때 형성된 하천 미지형은 다양한 형태의 생물 서식처를 제공함으로써 생물 다양성이 가장 높은 추이대(ecotone) 이다(Vannote *et al.*, 1980). 하천의 자연성과 고유성의 정도를 의미하는 하천자연도는 하천 생태계의 건강성을 나타내는 중요한 지표로 활용되는데, 하천자연도 평가란 인위적 교란이 없는 고유의 자연하천(reference stream)을 하천의 바람직한 모습으로 보고 대상 하천이 원래의 자연하천에 얼마나 가까운지를 평가하여 등급화한 것이다(환경부, 2002).

하천 자연도 평가와 관련하여 독일, 미국, 일본, 영국 등 외국의 경우 1990년대 이전부터 하천관리를 위한 수단으로 하천에 대한 물리환경 및 생물서식 현황을 기반으로 하여 하천의 자연환경을 평가해 오고 있다(Otto, 1995; Prichard *et al.*, 1998; U.S. EPA, 1998; Barbour *et al.*, 1999; Collier and McColl, 1992). 독일에서는 하도의 굴곡을 나타내는 하도사행, 사행침식, 횡단사주, 파랑, 수심, 하상재료의 다양성과 특이성 등 하천의 물리적 구조를 이용한 평가(LAWA, 2000)를 시행하고 있으며, 영국에서는 1980년대 초부터 하천수변조사(River Corridor Survey), 또는 하천서식처조사(River Habitat Survey)라는 명칭으로 수행되어 왔는데, 500m를 표준 구역으로 설정하여 시행하고 있다. 미국의 경우 수변서식처로서 적정 기능상태 평가(Prichard *et al.*, 1998), 물리적 건강성 평가(U.S. EPA, 1998), 또는 하천에서 생물서식처로서의 물리적 구조와 수질, 수생생물 서식현황을 평가하였으며(Barbour *et al.*, 1999), 뉴질랜드는 하천의 보존가치 평가에 목적을 두고 특정종의 서식이나 생존능력 등의 항목을 평가 매트릭스로 이용하였다(Collier and McColl, 1992).

국내 하천자연도 평가에 관한 연구는 1990년대 후반에 하천의 물리적 구조질의 진단 및 파악을 위한 연구가 처음 시작되었다(조용현, 1997). 이후 2000년대에 들어서 수도권 및 도심인근에 입지하

고 있는 중·소형하천에 대한 하천자연도 평가가 광범위하게 이루어졌는데(박익수, 2000; 김동찬 등, 2000; 김종오 등, 2001; 박진원, 2002; 이준호 등, 2003; 박봉진 등, 2003, 2005), 근래에 들어서는 하천자연도 평가를 통해 하천 복원사업 효과를 검증하려는 시도가 이루어지고 있다(안태진, 2007; 김석규 등, 2005). 그러나 국내의 하천자연도 평가에 관한 연구는 하천식생 등 생태 특성을 일부 반영한 연구가 수행되기도 하였으나(이명우와 양호연, 2001; 안영희, 2004), 대부분 하천의 물리적 구조와 수질분석 등 이화학적 특성에 의한 것으로 하천에 서식하는 다양한 생물상을 평가요소로 한 연구는 미흡한 실정이다.

하천자연도 평가의 목적은 서식하는 생물과 생물 서식처로서 물리적인 환경에 대한 기능을 진단하고 평가하여 하천 고유의 모습으로 복원하기 위한 목표와 방향을 설정하기 위함이다. 따라서, 하천의 자연성과 고유성을 제대로 반영하기 위해서는 하천의 물리적 구조의 질과 함께 실제 그곳에 서식하는 다양한 생물종을 평가하는 것이 반드시 필요하다. 본 연구는 이화학적 특성을 평가요소로 하는 기존의 하천자연도 평가기법에 대한 개선방안의 일환으로 하천의 자연성을 평가함에 있어서 물리적 특성과 생물서식 현황 등 생태적 특성이 종합적으로 반영될 수 있도록 통합적 하천자연도 평가기법을 제안하고자 하였다.

II. 하천자연도 평가기법의 제안

1. 공간적 범위 및 평가기준 설정

하천자연도 평가를 위한 공간구분은 미국 NRA(1993)의 하천수변의 권역구분을 기본으로 하여 제방을 중심으로 좌·우안 각 200m 까지를 범위로 설정하였는데, 수로부문에 해당하는 수역권(aquatic zone), 둔치부에 해당하는 수계권(marginal zone), 제방을 포함하는 제방권(bank zone), 하천변지역을 포함하는 하천주변권(adjacent zone)으로 구분하였다. 평가기준의 설정은 물리적 특성에

의한 평가와 생물학적 특성에 의한 평가로 구분하였는데, 물리적 특성에 의한 평가방법은 하천변 토지이용 유형, 제방구조, 둔치유형, 호안구조, 하상재료, 인공적인 하천구조물 등을 대상으로 생물서식처 기능, 자연성 및 연결성 등을 평가기준으로 하였다(Table 1).

생물학적 특성에 의한 평가방법은 수변식생, 저서생물, 어류, 조류, 포유류 등 하천에 서식하는 생물종을 대상으로 법적보호종, 도래 개체수, 생물평가지수 등을 평가요소로 하는 평가기준을 설정하였다(Table 2).

Table 1. Classification and criteria assigned by abiotic factors.

평가부문	평가내용	점수	평 가 기 준	참고문헌
하천변 토지이용 유형	생물서식처 인공화, 연결성	5	근린공원 등 산림지역 또는 현재 하천 및 호소	환경부(2002) 박봉진(2006)
		4	논, 밭 등의 경작지 및 과수원, 묘포장	
		3	자연초지 및 조경수 식재지 등	
		2	시설경작지로서 비닐하우스 등이 설치된 경작지	
		1	주택지, 공업지, 도시부양시설 및 나지 등	
제방구조	연결성, 통로 기능	5	자연식생으로 구성	박익수(2000)
		4	비포장(흙) 농로로 이용	
		3	자전거 도로 및 산책로, 또는 포장된 농로로 이용	
		2	포장된 도로(2차로)로 이용	
		1	포장된 자동차도로(4차로 이상)로 이용	
	제방사면의 자연성	5	자연식생 피복	박봉진(2006)
		4	인공식생 피복	
		3	자연나지(식생없음) 상태	
		2	돌망태, 돌석축	
		1	콘크리트 블럭, 석축옹벽(인공제방)으로 구성	
둔치유형	둔치유형의 자연성, 이용강도	5	자연식생 피복지(자연상태)	박봉진(2006)
		4	경작지 및 묘포장, 인공식생피복지	
		3	식생이 없는 자연나지	
		2	자전거 도로, 산책로 및 친수시설지	
		1	도로 및 주차장(불투수성)	
호안구조	호안구조의 자연성	5	호안공 없음(자연상태)	박익수(2000) 조용현(1997)
		4	거석 및 식생호안	
		3	돌망태, 목책 등(다공성)	
		2	사석, 돌석축 등(투수성)	
		1	콘크리트 호안(불투수성)	
하상재료	하상재료의 다양성	5	바위-호박돌(boulder & cobble)	Milhous <i>et al.</i> , (1993) 시정개발연구원(1996) 한국수자원공사(2003) LAWA(2000)
		4	호박돌-자갈(cobble & pebble)	
		3	자갈 및 잔석(pebble & gravel)	
		2	모래-잔석(sand & gravel)	
		1	모래, 실트 및 점토(sand, silt & clay)	
하천 구조물	하천 구조물에 의한 단절정도	5	횡단구조물이 없음	Vannote <i>et al.</i> (1980) 박봉진(2006)
		4	징검다리 등	
		3	홍수통제시설 등	
		2	보(어도 등 통로기능이 있는), 교량(차량통행 불가능)	
		1	보(어도 등 통로 기능 없음), 교량(차량통행)	

Table 2. Classification and criteria assigned by biotic factors

평가부문	평가내용	점수	평 가 기 준	참고문헌
현존식생	하천식생의 자연성	5	자연식생(자연림 및 인공림), 침수식물 및 부엽식물, 버드나무류의 교목 및 관목림 등	시정개발연구원(1996) 환경부(2007)
		4	장경초지, 습생초지(갈대, 달뿌리풀, 고마리 등)	
		3	단경초지, 건생초지, 외래 목본종 출현지역	
		2	농경지, 묘포장, 과수원 등	
		1	시가지 및 나지(무식생)	
저서성대형 무척추 동물	생물학적 수질평가지수 (KSI)	5	청정지역 지표종 및 출현종이 다양하게 출현 (KSI < 0.8)	Boon(1988) Dudgeon(1994, 1995) Minshall(1988) Rosenberg & Resh(1993) 환경부(2007)
		4	청정지역 지표종 일부 출현, 내성도 낮은 종 출현(0.8 ≤ KSI < 1.7)	
		3	내성도가 높은 종의 출현 증가 (1.7 ≤ KSI < 2.5)	
		2	내성도가 높은 종 우점, 일부 오염 지표종 출현 (2.5 ≤ KSI < 3.4)	
		1	출현종이 거의 없으며, 오염 지표종의 우점 출현 (3.4 ≤ KSI ≤ 5.0)	
어류	생물학적 수질평가지수 (M)	5	민감어종의 개체수 풍부하고, 청정지역 지표어종의 우점(M ≥ 36)	환경부(2007)
		4	민감어종이 존재하며, 내성어종이 일부 출현 (29 ≤ M ≤ 35)	
		3	민감성 생태 지표어종이 희박하고, 잡식어종의 상대풍부도 및 내성종이 증가(22 ≤ M ≤ 28)	
		2	총 종수가 적고, 내성종이 단연우점 (15 ≤ M ≤ 21)	
		1	어류가 거의 출현하지 않으며, 어병 및 기형종 출현 (M ≤ 14)	
조류	법적보호종 및 서식처 특이성	5	법적보호종이 1종 이상 번식. 단, 번식지와 동질(同質)한 구조의 서식처 특이성이 있는 지역까지 포함.	Bub <i>et al.</i> ,(2004) Anderson <i>et al.</i> ,(1983) Tori <i>et al.</i> ,(2002) Coleman <i>et al.</i> ,(2005) 이우신 등(2002) 권영수 등(2007) U.S. EPA(1991) 有田一郎, (1994) 환경부(2009) http://mab.unesco.or.kr/aboutbs.html .
		4	5점 지역의 경계로부터 0.1km이내 지역	
		3	4점 지역의 경계로부터 0.5km이내 지역	
		2	3점 지역의 경계로부터 1.0km이내 지역	
		1	법적보호종의 번식 및 서식흔적이 없는 그 외 지역	
	철새 도래 개체수	5	개체수 2,000개체 이상 또는 한 종 개체수의 0.1% 이상 매년도래	
		4	개체수 500개체 이상 2000개체 미만 또는 한 종 개체수의 0.05% 이상~0.1% 미만이 매년도래	
		3	개체수 100개체 이상 500개체 미만 또는 한 종 개체수의 0.02% 이상~0.05% 미만이 매년도래	
		2	개체수 10개체 이상 100개체 미만 또는 한 종 개체수의 0.01% 이상~0.02% 미만이 매년도래	
		1	개체수 10개체 미만, 또는 한 종 개체수의 0.01% 미만이 매년도래	
포유류 (수달)	수달의 번식유무 및 서식특성	5	법적보호종인 수달의 번식지, 또는 번식흔적이 있는 지역. 단, 번식지와 동질(同質)한 구조의 서식처 특이성이 있는 지역까지 포함.	IUCN(1990) Kruuk(1995) Barbosa <i>et al.</i> ,(2001) Nowak(1999) 민희규(2007)
		4	5점 지역의 경계로부터 0.5km 이내로, 족적 또는 배설물 발견지역	
		3	4점 지역의 경계로부터 1.0km 이내로, 족적 또는 배설물 발견지역	
		2	3점 지역의 경계로부터 2.0km 이내지역	
		1	수달의 번식 및 서식흔적이 없는 그 외 지역	

2. 평가지수 및 평가척도

하천 각 부문별로 물리 및 생물적 기준에 의한 평가지수를 산출한 후 이를 중첩하여 하천자연도를 평가하는데, 물리 및 생물적 특성에 의한 각 평가지수는 1~5점 까지 5단계의 점수로 구분하여 평가하고, 최종적인 하천자연도는 이들의 합산에 의한 평

가점수를 I~V등급까지 5단계의 등급으로 동일하게 환산하여 평가토록 하였다.

하천자연도 평가지수(K) = Σ(물리특성 평가지수 + 생물특성 평가지수)

즉, 물리 및 생물적 특성에 의한 평가지수의 합이 58점 이상 일 경우 하천자연도는 가장 높은 I등급으

Table 3. Classification and criterion of the integrated stream naturalness assessment based on the assessment index of naturalness (K). The K was calculated by sum of all abiotic and biotic assessment scores.

구분	각 부문별 물리특성 및 생물특성 평가지수				
평가지수의 합(K)	$K \geq 58$	$46 \leq K \leq 57$	$33 \leq K \leq 45$	$21 \leq K \leq 32$	$K \leq 20$
하천자연도 등급	I	II	III	IV	V

로 평가하고, 46~57점일 경우 II등급, 33~45점일 경우 III등급, 21~32점일 경우 IV등급, 20점 이하는 하천자연도가 가장 낮은 V등급으로 평가하였다 (Table 3).

3. 적용범위

본 연구에서 제안한 하천자연도 평가기법중 생물 서식에 의한 평가기준은 수달을 포함한 법적보호종 서식유무 및 철새도래 개체수 등을 평가기준으로 설정하였다. 따라서, 실제 적용시에는 국가하천을 포함한 중, 대형 하천의 자연도 평가에 적합한 것으로 판단되며, 지방하천 등 작은 규모의 하천에서는 상대적으로 평가기준을 달리 적용해야 할 것으로 사료된다.

III. 하천자연도 평가기법의 적용

1. 대상하천

본 연구에서 제안한 평가체계의 적용은 갑천을 대상으로 하였다. 갑천은 금강수계의 제 1지류로 유

역면적은 648.87km²이며, 유로연장은 73.7km로, 충청남도 금산군 진산면 행정저수지에서 발원하여 대전광역시 유성구 봉산동에서 본류인 금강과 합류된다(건설교통부, 2002). 대상구간은 서구 가수원동 가수원교에서 봉명동 만년교까지 약 5.5km의 국가하천 구간으로 하천주변은 월평도시공원 및 농경지, 기존시가지 등과 인접하고 있다(Fig. 1).

2. 적용결과

대상구간 상류에서 하류방향으로 각 구간(reach) 별 하천자연도를 평가한 결과 각 특성별 자연도 등급이 뚜렷한 차이를 나타냈다.

하천자연도는 전반적으로 II~III등급을 유지하고 있는 것으로 분석되었으나, 상류~0.5km구간과 4.5km 이후 구간은 IV등급 또는 그 이하로 하류구간으로 갈수록 자연성이 점차적으로 낮아지는 것으로 분석되었다. 하천내에 하상도로, 주차장, 체육시설 등이 집중적으로 분포하고 있어 물리자연도가 낮았고, 생물서식에 의한 생물자연도 또한 매우 낮았다. 대상구간의 중앙부분인 0.5km~4km 구간은

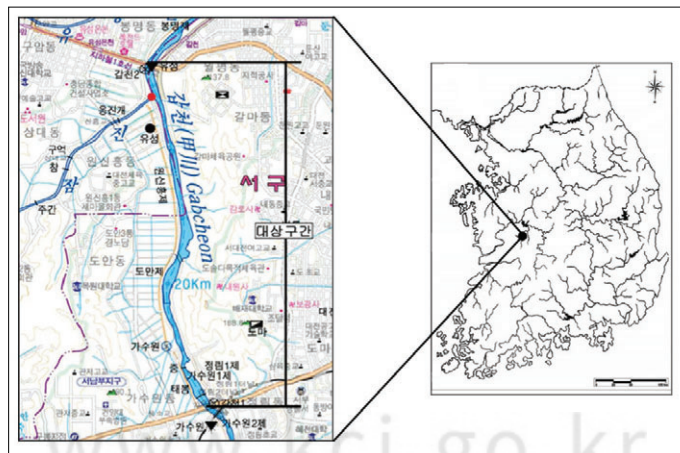


Fig. 1. Map of study site(test bed stream zone). The Gapchun Stream is located in the middle of Korea

우안으로 월평공원이 입지하고, 좌안으로 농경지가 입지하는 지역으로 물리 및 생물서식에 의한 하천 자연도가 전반적으로 높았는데, 어류나 저서생물의 서식에 의한 생물평가지수, 또는, 법적보호종의 서식 등에 의한 생물자연도에 비하여 물리적 특성에 의한 물리자연도가 상대적으로 더 높은 것으로 분석되었다. 따라서 상류 수질에 대한 적극적인 보존 대책이 필요하고, 낚시 등 인간의 간섭을 최소화 한다면 하천의 자연성이 잘 유지 될 수 있을 것으로 판단되었다. 한편, 하천자연도가 급격히 낮은 상류 구간과 자연도가 지속적으로 낮아지는 하류구간의 경우 주차장이나 하상도로를 철거하는 물리적 환경 복원과 아울러 생물종의 서식을 적극적으로 유도하는 생태복원이 필요한 것으로 분석되었다(Fig. 2).

물리적인 구조와 서식하는 생물상에 대한 상호 연관성을 분석하기 위하여 물리 및 생물자연도에 대한 상관관계를 분석하였다. 물리적인 구조와 생물서식 간에는 상관성이 매우 높은 것으로 분석되었는데 ($R^2=0.96$, $p<0.05$), 물리자연도가 높은 구간은 그곳에 서식하는 생물상에 의한 생물자연도도 높았고, 물리자연도가 낮은 지역은 생물자연도도 낮은 것으로 분석되었다. 따라서, 생물서식처로서 물리적인 질이 저하된 지역을 중심으로 복구 또는 복원 사업을 지속히 시행함으로써 생물종의 재이입에 의한 생태복원이 가능할 것으로 판단되었다(Fig. 3).

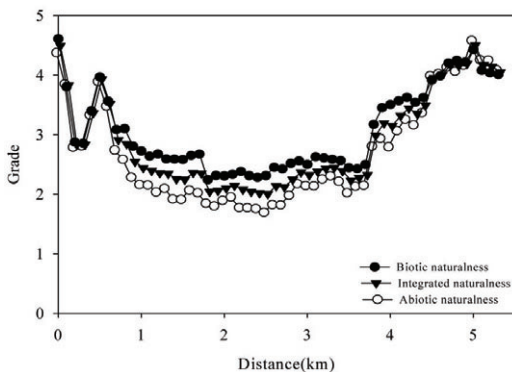


Fig. 2. Comparison of the naturalness produced by abiotic and biotic factors for each reach of the Gapchun stream

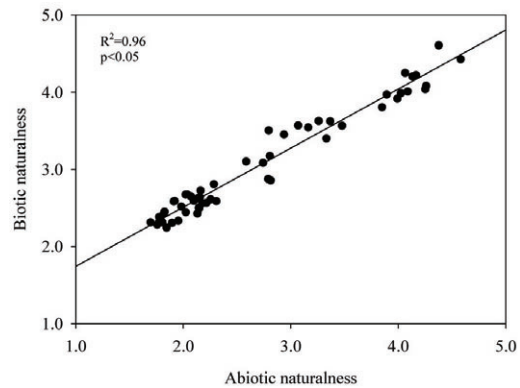


Fig. 3. Correlation analysis of the naturalness scores produced by abiotic and biotic factors

IV. 결론

국내에서는 하천관련 사업 시행 이전에 환경에 미치는 영향을 최소화 하고자 사업 규모에 따라서 사전환경성검토서 및 환경영향평가를 작성하도록 제도적으로 규정하고 있다. 그러나, 관련 보고서에 제시하는 하천자연도 평가분야는 현재까지 평가항목 및 기준 등이 규정되어 있지 않아 하천의 물리적인 구조를 주된 평가항목으로 하는 ‘하천자연도 평가지침 업무 매뉴얼(한국수자원공사, 2003)’을 활용하고 있는 실정이다. 하천을 평가하기 위해서는 현재의 하천상태를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 하천의 물리적인 구조와 아울러 생물서식에 의한 생태적 특성을 종합적으로 반영하여 평가 할 수 있는 통합적인 하천자연도 평가기법을 제안하여 기존의 하천자연도 평가방법을 개선하고자 하였다. 평가체계를 갑천에 적용한 결과 하천 공간별, 구간별로 물리 및 생물자연도 등급이 뚜렷이 분석되어 차후 하천관리에 있어서 복원 및 보전 지역 설정 등 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단되었으며, 상관관계 분석결과 물리적인 구조와 생물서식 간에는 상관성이 높은 것으로 분석되었다. 생물은 환경의 변화에 따른 출현양상이 다양하다. 따라서, 생물서식처로서 하천의 자연성에 대한 질적 평가를 위해서는 하천의 형태, 규모, 하천차수 등 하천 유형에 따른 평가기준을 상대적으로 다르게 적용해야 하며, 특히, 하천의 물리적인

환경 이외에 법적보호종의 번식, 또는 서식 등 생물 서식에 의한 평가기준을 설정하는데 있어서는 모든 하천에 보편, 타당하게 적용할 수 있는 평가기준을 마련하는 것이 필요하다. 또한, 하천의 물리적 구조, 생물상, 지형·지질, 인문적 특성에 대한 평가 지표와 이를 통합할 수 있는 평가기법에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

사 사

본 연구는 2010년 교육과학기술부(지역거점연구 단육성사업/에너지자립형그린빌리지 핵심기술사업 단)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 건설교통부, 2002, 금강 수계 하천정비기본계획.
- 권영수, 남형규, 유정칠, 박영석, 2007, 서울 도시 하천에서 월동하는 수조류의 분포특성, 한국환경생태학회지, 21(1), 55-66.
- 김동찬, 이정, 박익수, 2000, 자연형 하천복원을 위한 하천자연도 평가 -수원천을 중심으로-, 한국조경학회지, 27(5), 138-149.
- 김석규, 김철, 정장면, 2005, 하천정비 전·후의 하천자연도 평가, 한국수자원학회논문집, 1296-1301.
- 김종오, 김옥선, 김선혜, 2001, 하천의 자연도 평가 및 활용에 관한연구 -진주시 지방하천을 대상으로-, 경상대학교 공학연구원 논문집, 1, 31-38.
- 민희규, 2007, 무선추적에 의한 수달의 행동생태 및 서식지 환경에 관한 연구, 경상대학교 박사학위청구논문.
- 박봉진, 성영두, 강태호, 2003, 우리나라 하천특성을 고려한 하천자연도 평가의 제안, 한국수자원학회지, 36(6).
- 박봉진, 신종이, 정관수, 2005, 하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도 평가(I)평가방법의 제안, (II)평가방법의 적용, 한국수자원학회 논문집, 38(1), 37-57.
- 박봉진, 성영두, 정관수, 2006, 하천 생물 서식처 평가를 위한 하천자연도와 수질의 상관성 분석, 한국수자원학회논문집, 386-390.
- 박익수, 2000, 자연형하천복원을 위한 도시중·소하천의 하천자연도 평가에 관한 연구, 경희대학교 석사학위청구논문.
- 박진원, 2002, 서울지역 도시하천의 식생현황과 하천자연도 평가, 경상대학교 석사학위청구논문.
- 시정개발연구원, 1996, 자연형하천으로의 정비방안 연구, p125, p206.
- 안영희, 2004, 경기도 남부 주요 도시 하천의 식물상, 식생, 식물자연도에 대한 군락 생태학적 연구, 안동대학교 박사학위청구논문.
- 안태진, 2007, 소하천 환경조성사업의 평가를 위한 소하천자연도 평가, 한국수자원학회 논문집, 40(5), 359-369.
- 이명우, 양호연, 2001, 생태하천계획을 위한 하천자연도 평가기준의 설정-만경강 생태하천 가꾸기 사업을 중심으로-, 한국조경학회 학술 발표 논문집, 15-18.
- 이우신, 박찬열, 임신재, 허위행, 2002, 만경강 지역 조류 군집의 특성과 관리방안, 한국생태학회지, 25(2), 61-67.
- 이준호, 강태호, 성영두, 윤세의, 2003, 하천복원을 위한 하천평가기법의 적용성 연구, 한국방재학회 논문집, 3(4), 131-143.
- 조용현, 1997, 생태적복원을 위한 중소하천자연도 평가방법 개발, 서울대학교 박사학위청구논문.
- 한국수자원공사, 2003, 하천자연도평가지침, 업무매뉴얼, 한국수자원공사.
- 환경부, 2002, 하천복원 가이드라인, 환경부.
- 환경부, 2007, 수생태계 건강성 조사 및 평가 지침, 환경부.
- 환경부, 2009, 생태·자연도 작성지침, 환경부.
- 有田一郎, 1994, 코가이강에서 조류의 도피거리조사, 생태계획연구소연보, 1-14.

- Anderson, B. W., R. D. Ohmart, and J. Rice., 1983, Avian and Vegetation Community Structure and Their Seasonal Relationships in the Lower Colorado River Valley, *Condor*, 85, 392-405.
- Barbosa, A. M., R. Real, A. L. Marquez, and M.A. Rendon., 2001, Spatial, environmental and human influences on the distribution of Otter(*Lutra lutra*) in the spanish provinces, *Diversity and Distribution*, (7), 137-144.
- Barbour, M. T., J. Geristen, B. D. Synder, and J. B. Stribling, 1999, Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers : Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D. C.
- Boon, P. J., 1988, The Impact of River Regulation on Invertebrate Communities in the U. K. Regulated Rivers: Research and Management, 2, 389-409.
- Bub, B. R., D. J. Flaspohler, and C. J. F. Huckins., 2004, Riparian and Upland Breeding-bird Assemblages along Headwater Streams in Michigan's Upper peninsula, *Journal of Wildlife Management*, 68(2), 383-392.
- Coleman, J. T. H., M. E. Richmond, L. G. Rudstam, and P. M. Mattison., 2005, Foraging Location and Site Fidelity of the Double-crested Cormorant on Oneida Lake, New York. *Waterbirds*, 28(4), 498-510.
- Collier, K. J. and R. H. S. McColl., 1992, "Assessing the Natural Value of Newzealand Rivers," in P. J. Boon *et al.*, 1992, *River Conservation Management*, New York: John Wiley & Sons, 195-211.
- Dudgeon, D., 1994, Functional Assessment of the Effects of Increased Sediments Loads Resulting from Riparian-zone Modification of a Hong Kong Stream. *Verh. Internat. Verein. Limnol*, 25, 1790-1792.
- Dudgeon, D., 1995, Environmental Impacts of Increased Sediment Loads Caused by Channelization: A Case Study of Biomonitoring in a Small River in Hong Kong. *Asian Journal of Environmental Management*, 3(1), 69-77.
- IUCN, 1990, IUCN Red List of Threatened Animals-IUCN, Gland.
- Kruuk, H., 1995, Wild otters: Predation and Populations. *Inst, Terrestrial Eco., Banchory, Scotland, Oxford Univ.*
- LAWA(Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser), 2000, *Gewaesserstrukturguetekartierung in der BRD. 1. Auf. Schwerin.*
- Milhaus, R. T., R. C. MacArthur, F. D. Shields, Jr., and J. R. Adams., 1993, Sediment and Aquatic Habitat Associations in River Systems: Result from the ASCE Task Commitee on Sediment Transport and Aquatic Habitat. *Long Term Resource Monitoring Program*, 93-R008.
- Minshall, G. W., 1988, Stream Ecosystem Theory: A Global Perspective. *Journal of the North American Benthological Society*, 7(4), 263-288.
- National River Authority, 1993, *Landscape Assessment, Conservation Techical Handbook 2, NRA, p2.*
- Nowak, R. M., 1999, "Walkers Mammals of the World". The Johns Hopkins University

- Press, Baltimore.
- Otto, A., 1995, Rheinland-Pfalz Aktion Blau: Gewässerentwicklung Rheinland Pfalz, Ministerium für Umwelt und Forsten.
- Prichard, D., H. Barrett, J. Cagney, R. Clark, J. Fogg, K. Gebhart, P. L. Hansen, B. Mitchell, and D. Tippy., 1998, Riparian Area Management: Process for Assessing Proper Functioning Condition. TR 1737-9(Revised 1998). Bureau of Land Management, REV 98, Service Center, Co, 51.
- Rosenberg, D. M. and V. H. Resh., 1993, Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York, p488.
- Tori, G. M., S. Mclord, K. Mcknight, T. Moorman, and F. A. Reid., 2002, Wetland Conservation and Ducks Unlimited: Real World Approaches to Multispecies Management. Waterbirds (Special publication 2), 115-121.
- U. S. Environmental Protection Agency (EPA)., 1991, Selection of Biological Indicators for Integrating Assessments of Wetland, Stream, and Riparian Habitats. Biological Criteria; Research and Regulation.
- U. S. Environmental Protection Agency (EPA)., 1998, Stream Visual Assessment Protocol. National Water and Climat 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, 37(1), 130-137.
- <http://mab.unesco.or.kr/aboutbs.html>.

최종원고채택 11. 02. 15